4차 순환도로 건설공사

사면 안정성 검토 및 보강공사 설계보고서

2000. 3

코오롱건설 (주)

제 출 문

코오롱건설 (주) 귀하

1999년 10월 20일자로 귀사와 계약 체결한 "대구 4차 순환도로 건설 공사 사면 안정성 검토 및 보강공사 설계" 용역에 대한 과업 수행을 완료하고, 그 결과 보고서를 제출합니다.

2000. 3

대구광역시 수성구 중동 321-2번지

주식회사 창신종합엔지니어링

대 표 이 사 박 명 호

책 임 기 술 자
토질 및 기초기술사 오 병 철

목 차

제1장 과업의 개요 / 1

1.1 과업목적 1

1.2 과업의 위치 : <그림 1.1~그림 1.4> 1

1.3 절취사면의 현황 1

1.4 과업기간 6

1.5 과업내용 6

제2장 현장조사 및 시험 / 7

2.1 지표지질 조사 7

2.1.1 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 7

2.1.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 8

2.1.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 9

2.1.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 10

2.2 조사구획 설정 11

2.3 사면 상단부 토사사면의 조사 및 시험 16

2.3.1 토사 구간의 조사 및 시험 16

2.3.2 흙의 물리적 성질시험 16

2.3.3 흙의 역학적 성질시험 18

2.3.4 흙의 물리적, 역학적 성질시험 결과 18

2.4 암반사면의 조사 및 시험 22

2.4.1 불연속면의 정의 및 발달상태 22

2.4.2 슈미트 해머시험 (Schmidt Hammer Test) 58

2.4.3 점하중강도시험 (Point Load Strength Test) 69

제3장 암반의 분류 및 평가 / 81

3.1 암반의 분류 81
3.1.1 건설품셈에 의한 암반분류 81
3.1.2 지질조사 표준품셈에 의한 암반분류 83
3.1.3 Geomechanics Classification (RMR)에 의한 분류 84
3.1.4 SMR (Slope Mass Rating) 분류법 85
3.2 암반 분류에 의한 평가 87
3.2.1 RMR에 의한 평가 87
3.2.2 SMR에 의한 평가 97

제4장 사면의 안정검토 / 99

4.1 사면안정검토 방법 99
4.1.1 토사 사면의 안정검토 99
4.1.2 암반사면의 안정검토 방법 103
4.2 사면안정 검토시 적용하는 소요안전율 113
4.2.1 국내외 적용기준 113
4.2.2 적용기준 115
4.3 안정검토용 강도정수의 결정 116
4.3.1 토사사면의 강도정수 결정 116
4.3.2 암반사면의 강도정수 결정 117
4.4 사면안정검토 135
4.4.1 토사사면(각 사면의 상단부)에 대한 안정성 검토 135
4.4.2 암반사면의 안정검토 140
4.5 안정성 종합 평가 170

제5장 사면안정 대책공 설계 / 171

5.1 암반사면 보강공법 개요 171

5.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 보강 대책공 설계 173

5.2.1 대책공 설계 제1안 173

5.2.2 대책공 설계 제2안 179

5.2.3 사면안정 대책공 결정 179

5.3 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 보강 대책공 설계 181

5.3.1 ZONE 1 및 ZONE 2구간 보강 181

5.3.2 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락우려구간 보강 183

5.3.3 ZONE 5구간 보강 186

5.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 보강 대책공 설계 193

5.4.1 사면안정 대책공 설계 제1안 193

5.4.2 사면안정 대책공 설계 제2안 205

5.5 사면안정 대책공 결정 208

5.6 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 보강 대책공 설계 209

5.6.1 보강범위 및 방법 209

5.6.2 낙석방지 및 암괴의 국부적인 탈락방지를 위한 Rock Bolt 설계 209

5.7 사면 보강대책공사 시방서 211

5.7.1 Rock Bolt 공사 211

5.7.2 횡배수공 시공 212

5.7.3 균열 발생부위 Grouting 213

5.8 공사비 예산내역서 및 설계도면 214

부 록

부록 1. 절개사면 전경사진 I

부록 2. 흙의 물리적, 역학적 시험성과표 II

부록 3. 절취사면의 불연속면 분포도, 강도 및 풍화정도 III

부록 4. 불연속면의 거칠기 형상 및 점하중강도시험 성과표 IV

부록 5. 토사사면의 안정성 검토 V

부록 6. 암반사면의 한계평형해석 VI

부록 7. 암반사면 보강 Rock Bolt 설계결과 VII

부록 8. STA.2+280~STA.2+340 좌측사면 파괴구간 역해석 결과 VIII

부록 9. STA.2+280~STA.2+340 좌측파괴사면 보강설계 IX

제 1장

과업의 개요

1.1 과업목적

본 과업은 대구광역시에서 시행중인 4차 순환도로(범물~안심) 건설공사중 안정이 우려되는 사면을 대상으로 현지 지표 지질조사, 현장시험 및 측정, 실내분석 및 검토 등을 통하여 사면의 안정성을 검토하고, 그 결과에 기초하여 적절한 사면 보강공사 실시설계를 수행할 목적으로 실시되었다.

1.2 과업의 위치 : <그림 1.1~그림 1.4>

본 과업의 위치는 4차 순환도로 건설공사 구간내 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면, STA.0+080~STA.0+280 우측사면 및 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면, STA.2+400~STA.2+640 우측사면을 그 대상으로 한다.

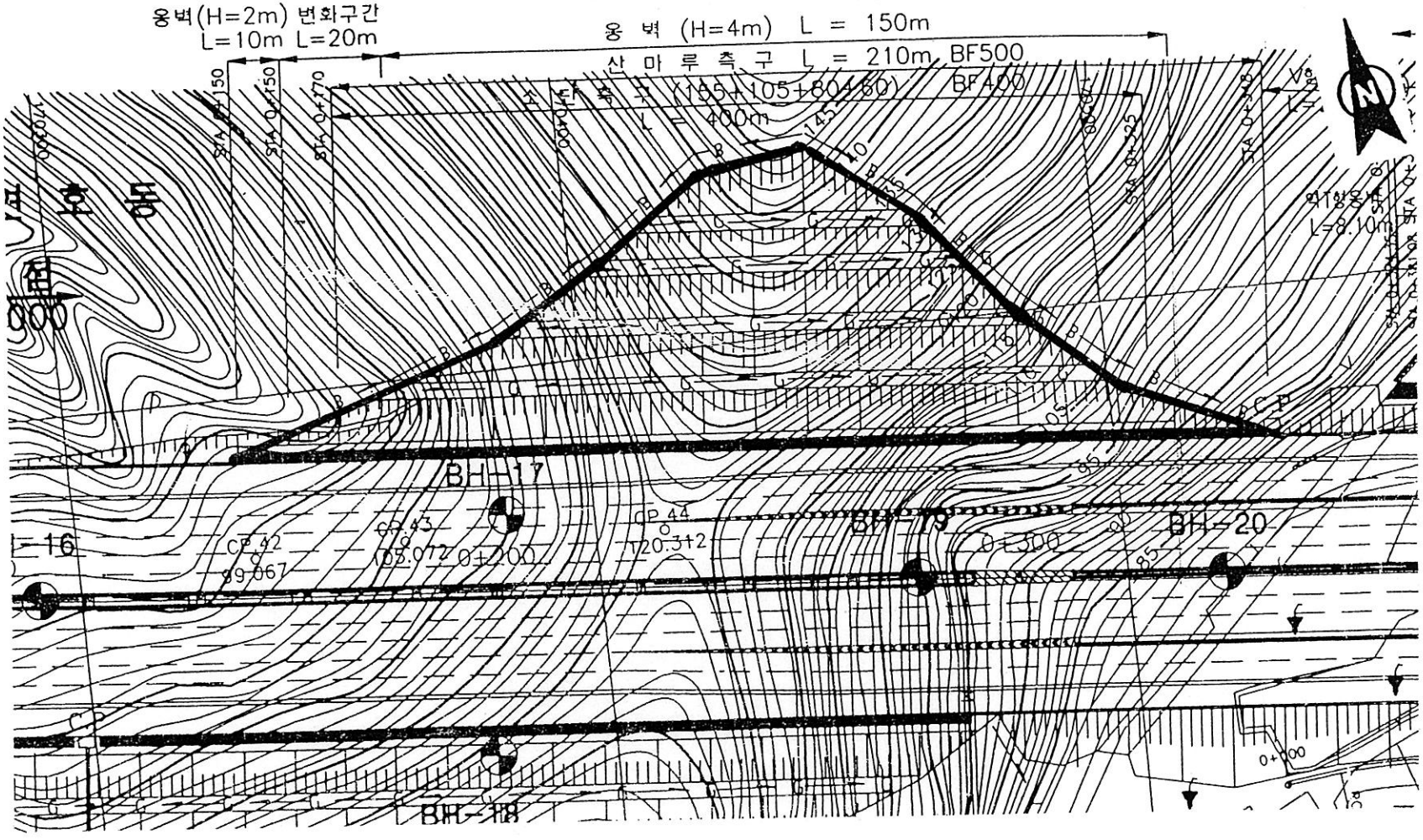
1.3 절취사면의 현황

본 과업의 수행 대상인 절취사면의 현황은 <표 1.1>과 같다.

<표 1.1> 절취사면의 현황

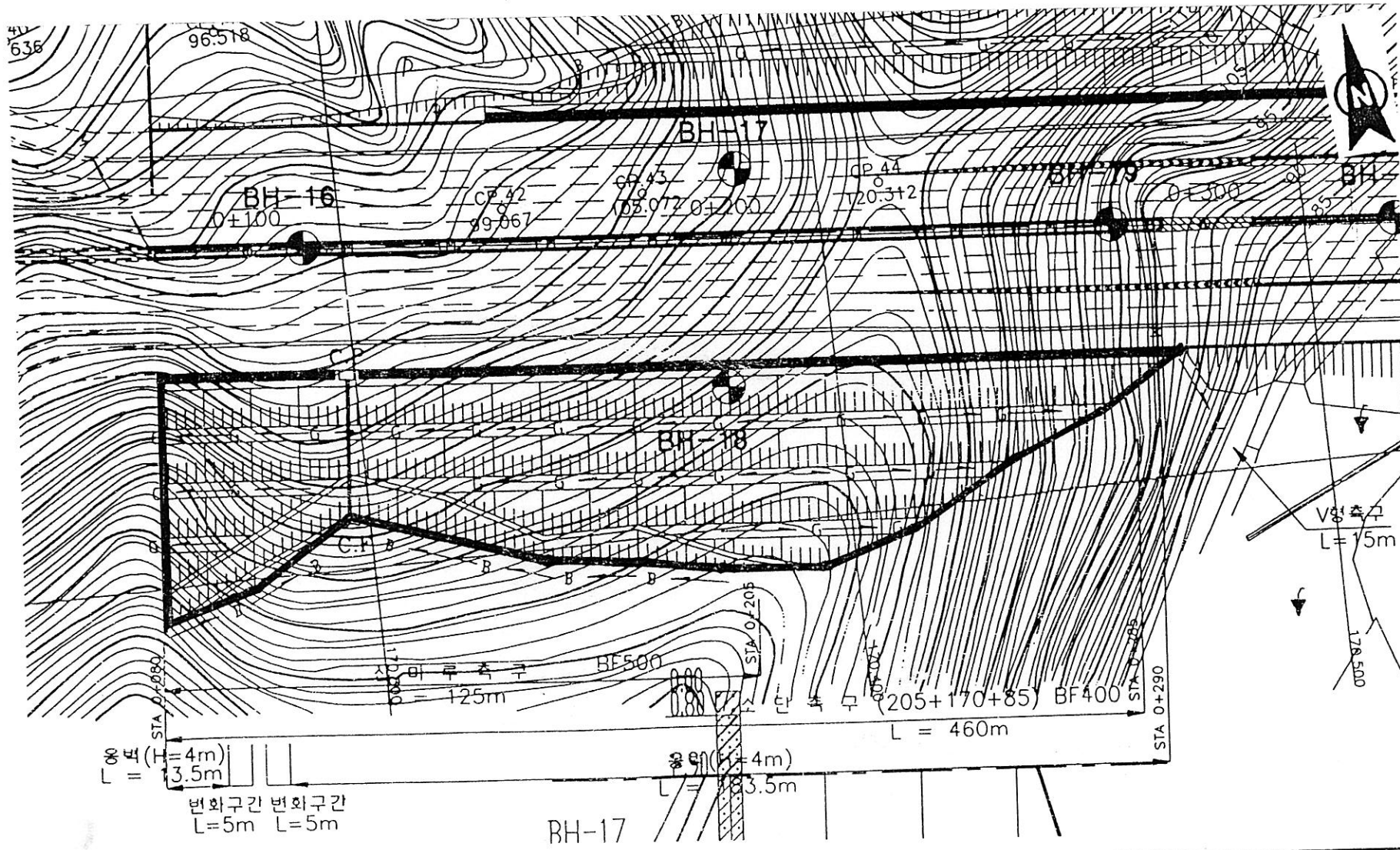
위 치		연 장 (m)	절취사면의 방향	
사 면 명	측 점		경사방향/경사	주향/경사
삼덕동 ~ 시지택지간 도로	STA.0+160~STA.0+320 좌측사면	160	185/45~51	N85W/45SW~51SW
	STA.0+080~STA.0+280 우측사면	211	010/51	N80W/51NE
범물지구 ~ 고산국도간 도로	STA.2+280~STA.2+460 좌측사면	180	118/45~112/51	N62E/45SE~N68E/51SE
	STA.2+400~STA.2+640 우측사면	240	300/45, 350/51, 298/51	N60W/45NW, N10W/51NW, N62W/51NW

삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160 ~ 0+320 좌측사면



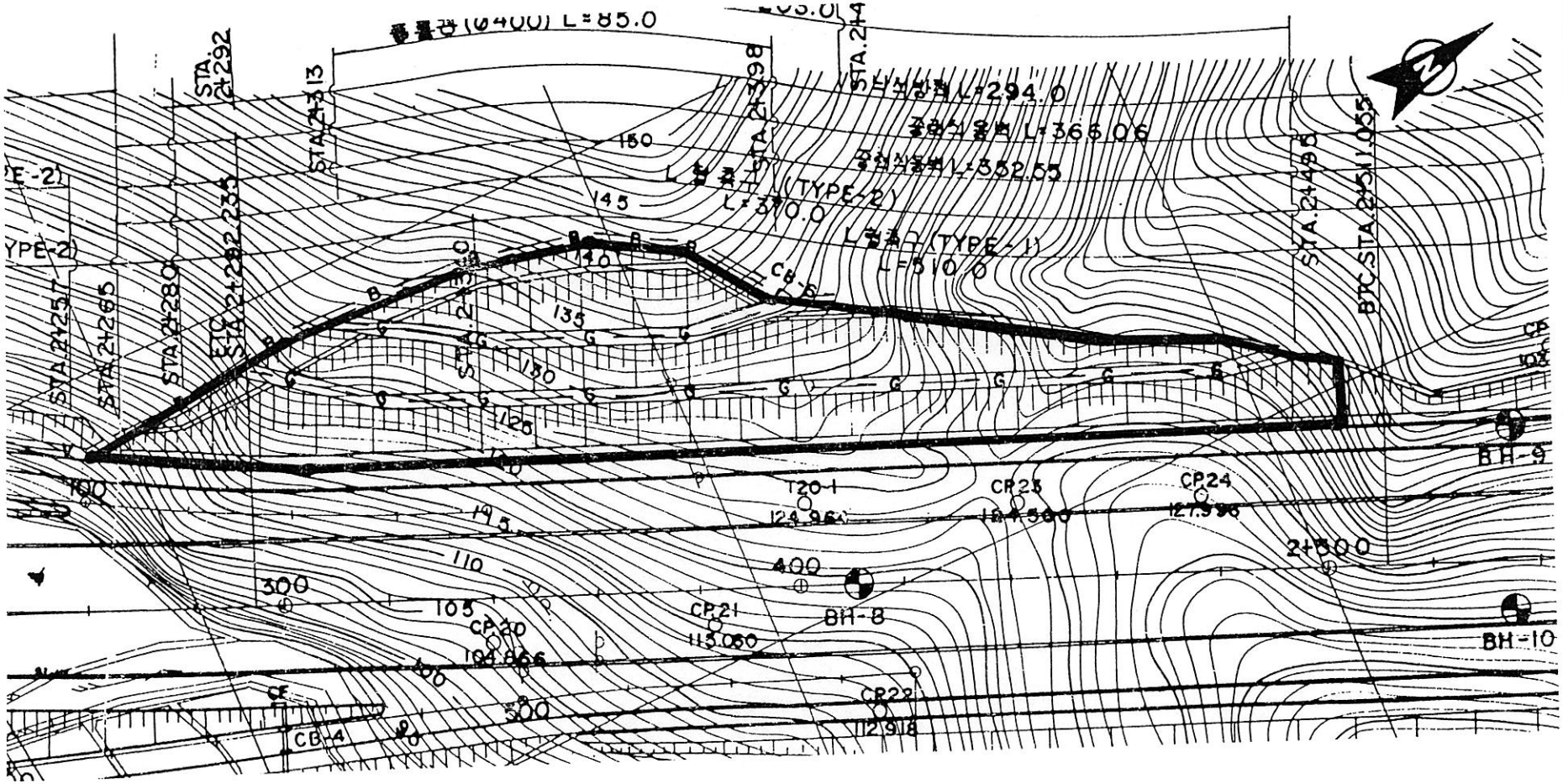
<그림 1.1> 삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160 ~ 0+320 좌측사면 위치도

삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+080 ~ 0+280 우측사면



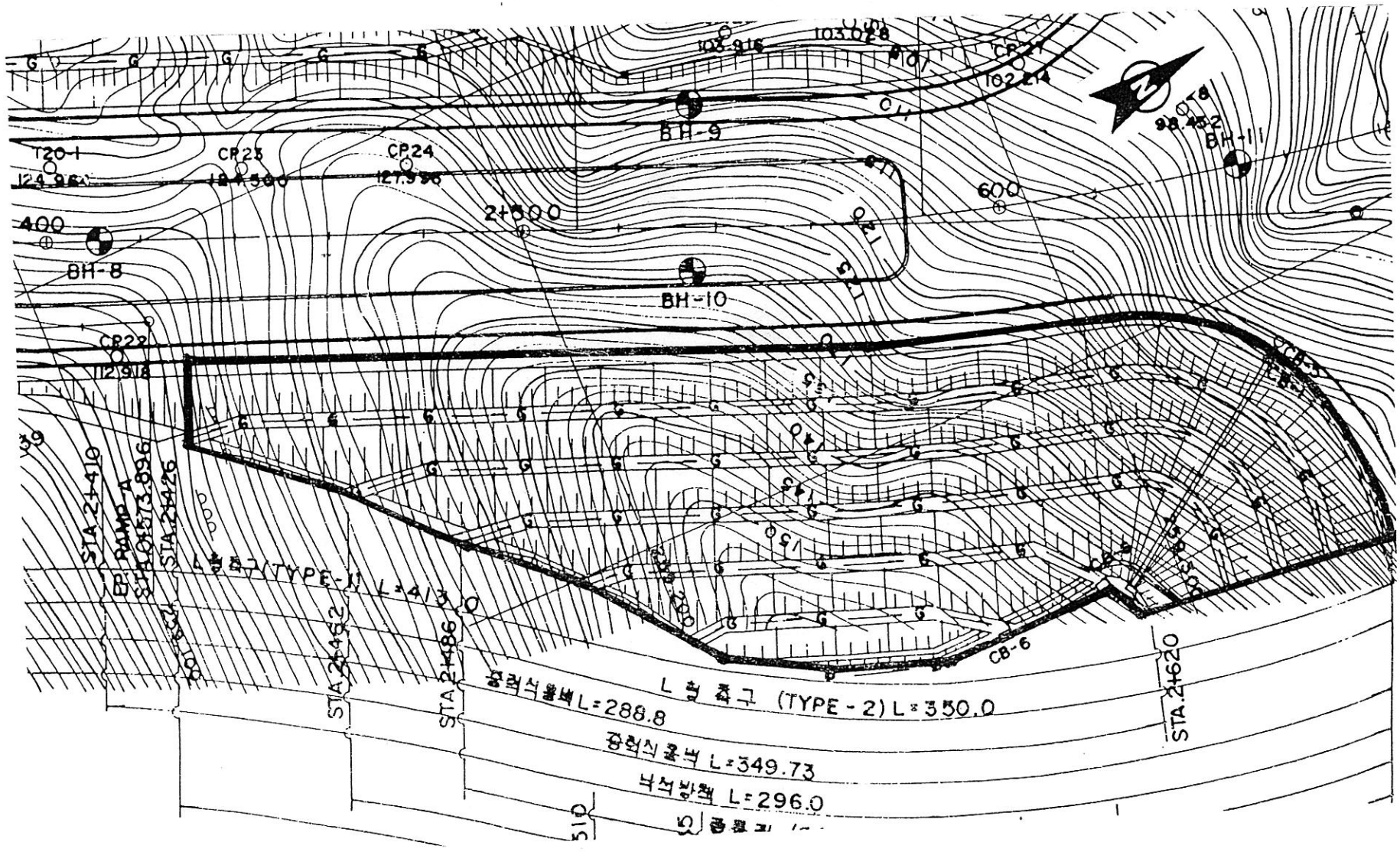
<그림 1.2> 삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+080 ~ 0+280 우측사면 위치도

범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+280 ~ 2+460 좌측사면



<그림 1.3> 범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+280 ~ 2+460 좌측사면 위치도

범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+460 ~ 2+640 우측사면



<그림 1.4> 범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+400 ~ 2+640 우측사면 위치도

1.4 과업기간

본 과업은 1999년 10월 20일부터 절취사면의 안정검토 및 보강공사 실시설계 자료를 얻기 위한 현장조사, 사면의 안정검토 및 분석, 사면보강공법 강구, 대구시 체육시설부 중간보고(1999. 10), 건설본부 중간보고(1999. 12. 10), 자문회의 개최(2000. 1. 7) 등의 순으로 과업을 수행중 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+260~STA.2+340 좌측사면 구간의 사면 중간부를 횡단하는 층리면에서 평면파괴(변형량 약 15cm 내외)가 발생하여 이의 조사 및 대책회의 개최(2000. 2. 2), 보강대책 강구를 추가로 수행하여 본 과업을 완료하였다.

1.5 과업내용

본 과업을 위하여 수행된 내용은 다음과 같다.

- 현장 조사 및 시험
- 암반사면내에 발달되어 있는 각종 불연속면들의 특성조사
- 절취사면의 안정성 분석, 파괴 유형 및 가능성 규명
- 사면안정대책공법 강구
- 사면보강공사 실시설계

제2장

현장조사 및 시험

2.1 지표지질 조사

2.1.1 삼덕동-시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면

o 표토층 : 기반암이 완전히 풍화되어 형성된 실트~점토층으로 두께 0.3~2m 정도로 분포함.

o 풍화암층 : 기반암인 셰일의 생성과정에서 발생한 층리면이 굴착에 의한 응력 해방으로 심하게 이완되어 있고 절취후 대기 노출로 인한 풍화로 그 표면의 균열이 매우 심한 상태이다. 특히 No.0+220 상부 절리를 따라서 발생한 균열의 폭이 5~10cm에 달하는 등 전반적으로 불안정한 상태를 나타내고 있다.

o 연암층 이하 : 본 사면의 대부분을 이루고 있는 암반으로서 층리의 방향성이 사면 절취의 방향성과 거의 동일하여 평면파괴~전도파괴를 발생시키는 전형적인 기하구조를 나타내고 있으며, 조산운동을 받는 과정중에서 암반내의 면들이 휘어지거나 구부러지는 소위 습곡구조도 관찰되었다. 사면의 입면형상을 가로지르는 단층은 대부분 그 틈새에 단층점토~단층각력을 함유하고 있어서 지하수 통로역할을 하며, 그면을 경계로 붕락하기 쉬운 구조로 되어 있다.

또한 암반의 전단저항력을 현저히 감소시키는 침투수의 유출이 다수발생되어 있으며, 이와함께 사면 붕괴의 최대 원인인 층리면 사이의 점토충진물이 사면 중반부 이상에 협재되어 있다.

특히 이러한 암반의 열화특성은 퇴적암 생성후 지각운동에 의한 응력을 받아 미세한 절리가 형성되었으나 지중의 봉압에 의해 나타나지 않고 있다가 지표에 노출되므로서 균열이 확대되어 수많은 절리를 형성시키며, 강우의 접촉에 의해 결합면이 쉽게 파괴되어 절리가 더욱 발달되고 이들의 간격이 점점 좁아져 파괴되기 쉬운 구조로 된다. 이러한 현상은 절취후 대기에 노출된 기간이 약 3~4개월 정도 지나면서부터 나타나기 시작한다.

2.1.2 삼덕동-시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면

- 표토층 : 층두께 0.8~1.5m의 사질점토와 암편으로 구성되어 있으며 현재 산림을 형성하고 있다.

- 붕적층 : 표토 하부 또는 최상부층 지표에 노출되어 산림을 형성하고 있으며 사질점토~자갈로 구성되어 있다. 지표하 0~1.5m, 하부에서 2~4m의 층두께로 분포하고 있으며 고결상태로서 갈색을 띄고 있다.

- 풍화암층 : 대체적으로 사면 최상단에서 첫번째 소단까지의 부분으로서 대부분 사암으로 형성되어 있다. 불연속면의 발달상태는 불분명하며, 불연속면 내에 점토 등의 충진물은 관찰되지 않았으나, 절취작업시 발생한 균열 및 풍화로 인하여 낙석의 위험성이 매우 높은 상태이다.

- 연암층 이하 : 최상단에서 3번째 소단까지는 사암으로 형성되어 있으며 청회색~희록색의 색조를 띄고 있다.
  사면 최하단부는 암회색~흑색의 셰일로 구성되어 있으며, 비교적 안정된 상태를 나타내고 있다. 불연속면 내에 점토 등의 충진물은 관찰되지 않았으나, 사암 절취면은 낙석의 위험성이 매우 높다.

2.1.3 범물지구-고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면

- 표토층 : 모래질 점토와 암편 또는 점토와 모래를 함유한 암편으로 구성되어 있으며, 두께 0.3~0.5m 정도로 분포함.

- 풍화토층 : 사면 좌측부에서만 나타나는 층으로서 지표하 0.3m에서 두께 1.5m 내외의 모래질 실트와 암편으로 구성되어 있다.

- 풍화암층 : 기반암인 셰일의 생성과정에서 발생한 층리면이 굴착에 의한 응력 해방으로 심하게 이완되어 있고 절취후 대기 노출로 인한 풍화로 그 표면의 균열이 매우 심하며 암의 강도는 매우약함~약한 상태이다. 지표하 0.5~1.7m 에서 두께 1~4m로 분포하고 있다.

- 연암층 : 본 층은 기반암인 셰일의 연암 부분으로 심한풍화~보통풍화 정도이며, 암강도는 매우약함~보통강함 정도이다. 사면 우측부분에는 조산운동을 받는 과정중에서 암반내의 면들이 휘어지거나 구부러지는 소위 습곡구조도 관찰되었다. 또한 사면 붕괴의 최대 원인인 층리면 사이의 점토충진물이 사면 중반부 이상에 협재되어 있다.

- 경암층 : 본 층은 기반암인 셰일의 경암 부분으로 사암을 협재하고 있는 부분도 관찰되었다. 사면 중반부 이하에 나타나며, 풍화정도는 중간풍화~신선한 상태로, 보통강함~매우강함 정도의 강도를 나타내고 있다.
  층리는 밀착되어 있으며 점토 충진물은 관찰되지 않아 사면 상부에 비해 상당히 안정된 구조를 이루고 있다.

2.1.4 범물지구-고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면

- 표토층 : 모래질 점토와 암편 또는 점토와 모래를 함유한 암편으로 구성되어 있으며, 층두께는 0.3~0.5m로서 현재 산림을 형성하고 있다.

- 풍화암층 : 기반암인 셰일의 하부 풍화대로 완전풍화~심한풍화 정도이며 암석의 강도는 약함 정도로서 심한 균열상태를 나타내고 있다.
  층두께는 지표하 0.5~2m에서 0.5~4m의 두께로 분포하고 있으며 갈색을 띄고 있다.

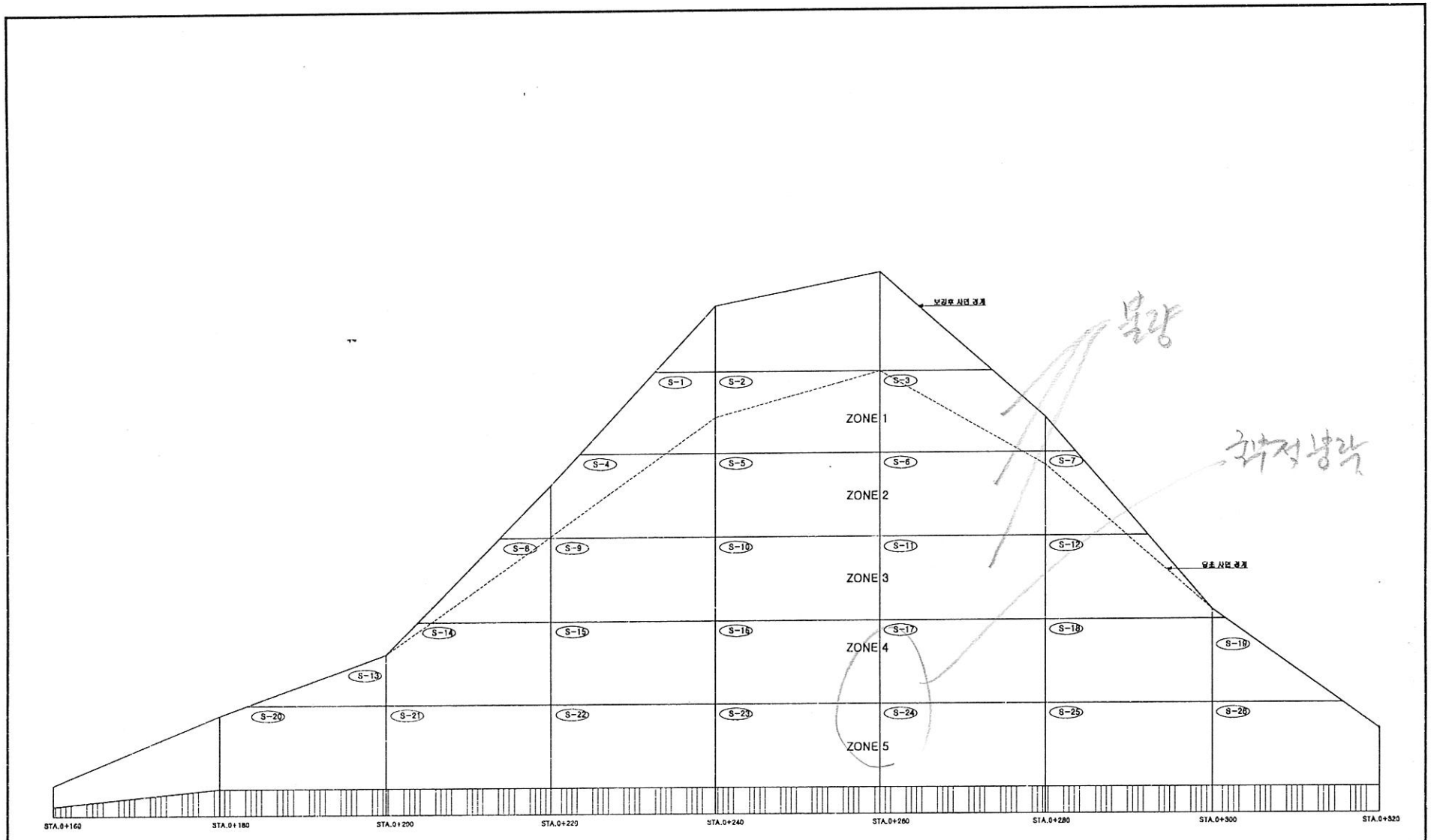
- 연암층 : 기반암인 셰일의 연암부분으로서 심한풍화~보통풍화 정도이며, 암석의 강도는 약함~보통 강함 정도이다.
  최상단에서 2번째 소단까지에 분포하며 색조는 갈색~암회색을 띄고 있다.

- 경암층 : 기반암인 셰일의 경암 부분으로서 색조는 암회색~흑색을 띄고 있다. 부분적으로 사암을 협재하고 있으며 불연속면 내에 점토 충진물은 없으며 밀착되어 있어 비교적 안정한 상태를 나타내고 있다.

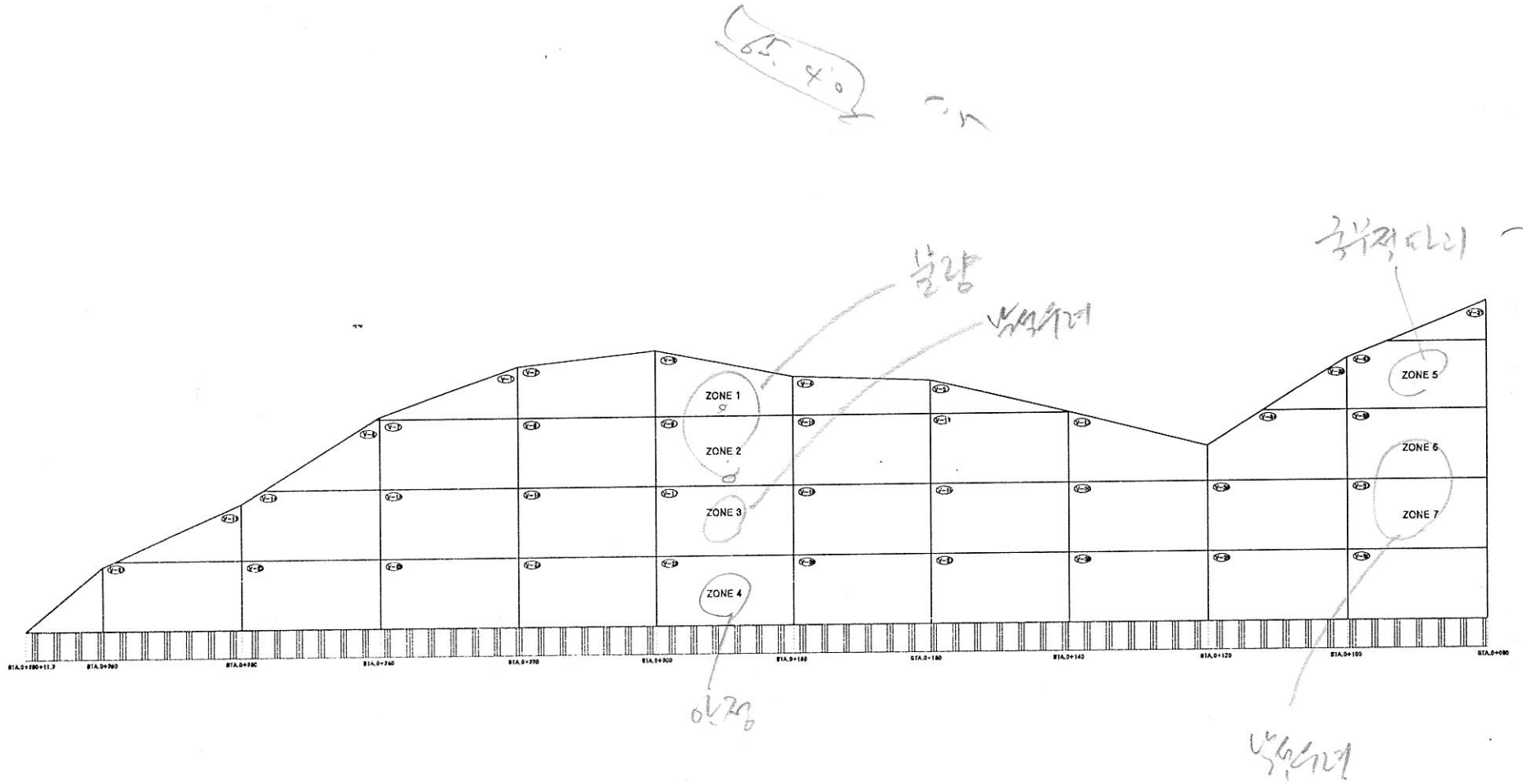
2.2 조사구획 설정

사면의 정량적인 조사와 정리를 위하여 조사구간을 당초 도로건설공사 설계시 부여된 No.chain을 토대로 하여 삼덕동-시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면은 26개 SECTION으로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면은 30개 SECTION으로, 범물지구-고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면은 27개 SECTION으로, STA.2+400~STA.2+640 좌측사면은 61개 SECTION으로 구분하였으며, 동 사면에 분포하는 암석의 종류, 풍화상태, 암질특성, 불연속면의 발달상태 및 사면의 기하학적인 형태 등을 고려하여 과업구간을 삼덕동-시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면은 5개 ZONE으로, STA.0+080~STA.0+280 우측사면은 7개 ZONE으로, 범물지구-고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면은 4개 ZONE으로, STA.2+400~STA.2+640 우측사면은 6개 ZONE으로 나누었으며, 각 ZONE별로 사면의 안정해석을 실시하였다.

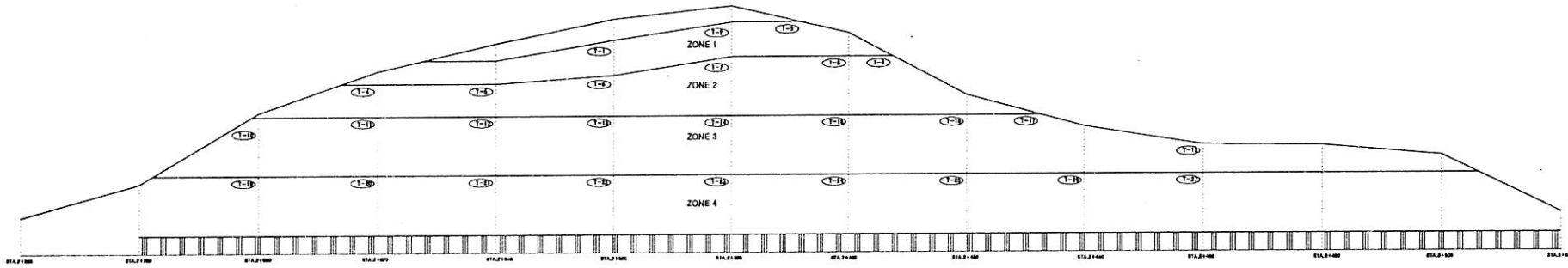
조사구획 현황도는 <그림 2.1>~<그림 2.4>와 같다.



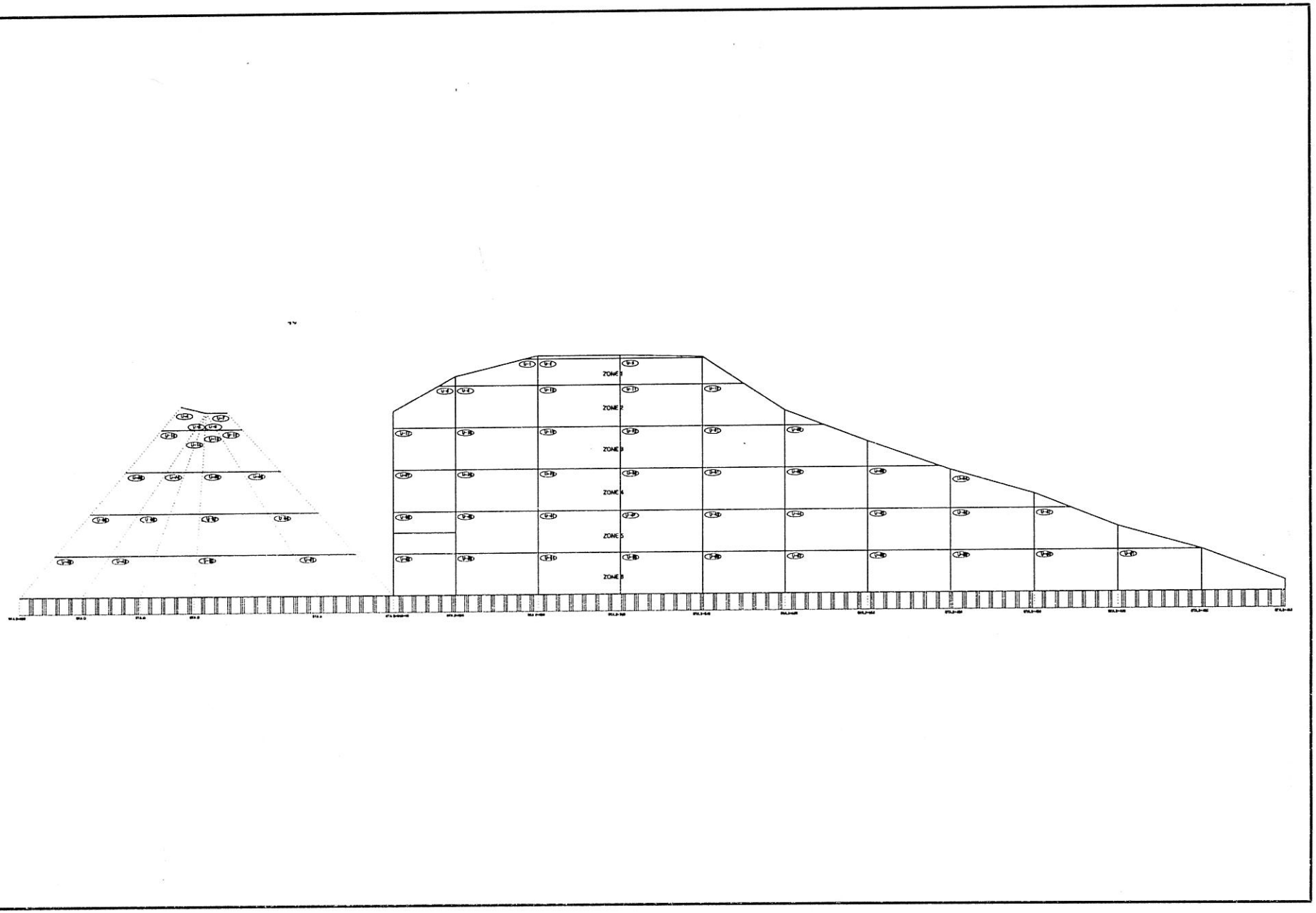
<그림 2.1> 삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면 조사구획 현황도



<그림 2.2> 삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 조사구획 현황도



<그림 2.3> 범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+280 ~STA.2+460 좌측사면 조사구획 현황도



<그림 2.4> 범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+460 ~ STA.2+640 우측사면 조사구획 현황도

2.3 사면 상단부 토사사면의 조사 및 시험

2.3.1 토사 구간의 조사 및 시험

각 사면의 상단부는 토사층으로 구성되어 있다.

흙의 성질은 매우 복잡하기 때문에 여러가지 토질시험에 의하여 규명하여야 한다. 토질시험을 대별하면 물리적 성질시험, 역학적 성질시험 및 화학적 성질시험으로 나눌 수 있다.
이 중에서 화학적 성질시험은 특수한 목적이 있는 경우에 한해서 실시하고 있다.
예를 들면 흙의 화학적 특성이나, 유기물 함량에 따라서 지반개량 효과가 좌우되는 연약지반 개량공사를 계획하는 경우 등이다.

따라서 본 과업에서는 흙의 물리적 성질시험과 역학적 성질시험만을 실시하는 것을 전제로 4개소에서 시료를 채취하였다.

2.3.2 흙의 물리적 성질시험

흙의 물리적 성질시험은 흙의 기본적인 성질을 알기 위해 실시하며 본 과업에서는 다음의 시험을 실시하였다.

- o 흙 의 밀 도
- o 함 수 비
- o 비 중
- o 입 도
- o 컨시스턴시

(1) 흙의 밀도

흙의 자연상태에서의 밀도를 습윤밀도라 하며 이는 함수비, 간극비 등과 함께 지반의 성상을 잘 나타낸다.

본 과업에서는 KS F 2311 규정에 의한 "현장에서의 모래 치환법에 의한 흙의 단위중량 시험방법"에 따라 습윤밀도를 측정하였다.

(2) 함 수 비

함수비는 물의 질량의 토립자에 대한 비율을 백분율로 나타낸 것으로서 자연상태의 함수비를 자연함수비라고 하며, 현장에서 채취한 시료로 KS F 2306 규정에 의한 "흙의 함수량 시험방법"에 따라 자연함수비를 구하였다.

(3) 비 중

토립자의 비중은 풍화 분해하기전의 모암의 밀도와 대략 같으나 모암은 단일광물에 불과하기 때문에 토괴 전체의 토립자의 비중을 구하며, KS F 2308 규정에 의한 "흙의 비중시험방법"에 의해 비중을 구하였다.

(4) 입 도

입도시험은 흙을 구성하는 토립자의 크기 및 범위에 있는 토립자의 전중량에 대한 비율을 알기 위하여 실시한다.

시험방법은 0.074mm(No.200체 통과분) 보다 큰 것은 체분석에 의하고 그 이하는 비중계에 의한 침강분석에 의하여 실시하며, KS F 2302 규정에 의한 "흙의 입도시험방법"에 의하여 입도시험을 실시하였다.

이와 병행하여 KS F 2309 규정에 의한 흙의 No.200체 통과량 시험도 실시하였다.

(5) 흙의 컨시스턴시

흙의 컨시스턴시 한계는 일명 Atterberg한계라고도 하며 흙의 함수량 변화에 따른 유동상태 및 소성상태의 변화를 일으키는 변기점의 한계를 각각 액성한계와 소성한계라 한다.

흙의 액성한계시험은 KS F 2303 규정에 따라, 흙의 소성한계시험은 KS F 2304에 따라 실시하였다.

2.3.3 흙의 역학적 성질시험

흙의 역학적 성질시험은 흙의 강도 및 변형특성을 알기위해 실시하며 본 과업에서는 일축압축시험 및 직접전단시험을 실시하였다.

(1) 일축압축시험

일축압축시험은 주로 점성토에 대하여 실시하는 것으로서 시험으로부터 구한 흙의 최대 압축강도를 일축압축강도라 하며 KS F 2314 규정에 의한 "흙의 일축압축강도 시험방법"에 의하여 시험을 실시하였다.

(2) 직접전단시험

직접전단시험에서 가장 일반적으로 실시되고 있는 것은 일면 전단시험으로서 삼축압축시험에 비해 정밀도가 떨어지나 조작이 간단하고, 시료가 적고, 활동면이 명확하게 나타나는 등의 장점도 있다.
시험은 KS F 2343 규정에 따라 실시하였다.

2.3.4 흙의 물리적, 역학적 성질시험 결과

흙의 물리적, 역학적 시험은 삼덕동-시지택지간 도로 STA.0+240 좌측사면(시료 No.1), STA.0+100 우측사면(시료 No.2), 범물지구-고산국도간 도로 STA.2+540 좌측사면(시료 No.3), STA.2+380 우측사면(시료 No.4)에 대하여 실시하였으며 그 성과는 "부록 2"에 첨부하였다.

(1) 흙의 습윤밀도시험 결과 : <표 2.1>

<표 2.1> 흙의 습윤밀도시험 결과

구 분	시 험 방 법	습윤밀도 γ_t (t/m^3)	비 고
시료 No.1	KS F 2311	1.70	
시료 No.2	KS F 2311	1.75	
시료 No.3	KS F 2311	1.80	
시료 No.4	KS F 2311	1.81	

(2) 흙의 함수비시험 결과 : <표 2.2>

<표 2.2> 흙의 함수비시험 결과

구 분	시 험 방 법	함 수 비 ω (%)	비 고
시료 No.1	KS F 2306	19.71	
시료 No.2	KS F 2326	22.34	
시료 No.3	KS F 2306	23.65	
시료 No.4	KS F 2306	20.93	

(3) 흙의 비중시험 결과 : <표 2.3>

<표 2.3> 흙의 비중시험 결과

구 분	시 험 방 법	비 중 G_s	비 고
시료 No.1	KS F 2308	2.62	
시료 No.2	KS F 2308	2.57	
시료 No.3	KS F 2308	2.46	
시료 No.4	KS F 2308	2.51	

(4) 흙의 입도시험 결과

흙의 입도시험 결과는 "부록 2"의 입도시험 성과표 참조.

(5) 흙의 컨시스턴시 시험 결과 : <표 2.3>, <표 2.4>

<표 2.3> 흙의 액성한계시험 결과

구 분	시 험 방 법	액성한계 LL (%)	비 고
시료 No.1	KS F 2303	23.90	
시료 No.2	KS F 2303	28.50	
시료 No.3	KS F 2303	37.30	
시료 No.4	KS F 2303	25.50	

<표 2.4> 흙의 소성한계시험 결과

구 분	시 험 방 법	소성한계 PL (%)	비 고
시료 No.1	KS F 2304	20.93	
시료 No.2	KS F 2304	25.74	
시료 No.3	KS F 2304	30.49	
시료 No.4	KS F 2304	23.21	

(6) 흙의 일축압축시험 결과 : <표 2.5>

<표 2.5> 흙의 일축압축시험 결과

구 분	시 험 방 법	일축압축강도 q_u (kg/cm^2)	비 고
시료 No.1	KS F 2314	0.282	
시료 No.2	KS F 2314	0.183	
시료 No.3	KS F 2314	0.378	
시료 No.4	KS F 2314	0.260	

(7) 흙의 직접전단시험 결과 : <표 2.6>

<표 2.6> 흙의 전단시험 결과

구 분	시 험 방 법	점 착 력 c (kg/cm^2)	전단저항각 ϕ (°)	비 고
시료 No.1	KS F 2343	0.38	25.54	
시료 No.2	KS F 2343	0.31	22.58	
시료 No.3	KS F 2343	0.43	25.01	
시료 No.4	KS F 2343	0.41	24.34	

2.4 암반사면의 조사 및 시험

2.4.1 불연속면의 정의 및 발달상태

(1) 불연속면의 정의

불연속면이란 암반내에 존재하는 인장강도가 작거나 또는 전혀 없는 역학적 불연속면을 총칭한다. 즉 암반에서 나타나는 모든 연약한면을 총괄적으로 나타내는 용어이다.

불연속면은 그 크기면에서 작은 열극에서 큰 단층까지 다양하다.

이면을 경계로 암석은 구조적으로 불연속면이다. 불연속면은 반드시 분리면은 아니지만 실제로 대부분의 불연속면은 분리면이고 매우 작은 인장강도를 갖거나 인장강도가 없다.

가장 흔한 불연속면은 층리나 절리면, 단층 및 파쇄대 등이며 이밖에 중요한 불연속면으로는 벽개, 편리, 열극 등이다.

(2) 불연속면의 발달상태

암반사면의 안정성은 암반내에 발달된 불연속면의 분포, 형태, 공학적 특성이 가장 중요한 요소이므로 본 사면지역의 암반내에 분포하는 불연속면의 공학적인 성질을 파악하기 위하여 방향, 간격, 연장성, 틈새, 조도, 불연속면 강도, 충진물질, 종류수 등의 불연속면의 성질을 조사하였다.

2.4.1.1 불연속면의 특성

(1) 불연속면의 방향 (Orientation)

불연속면 방향은 주향과 경사로 정의되는데 클리노콤파스 등을 사용하며 불연속면을 이루고 있는 면 중에서 주요 암괴의 안정에 영향을 미치는 불연속면들에 대하여 측정한 불연속면들의 주향과 경사를 Stereonet에 투영하므로서 대표적인 불연속면의 방향을 검토할 수 있다.

(2) 불연속면의 간격 (Spacing - DS)

불연속면 간격은 인접한 불연속면간의 수직거리이고, 일반적으로 불연속면의 각 종류에 따라서 각각 평균 수직간격을 측정한다. 불연속면의 간격은 암반을 구성하고 있는 암괴의 크기를 결정하고 암반의 공학적인 성질(예 : 암반굴착의 난이도, 파쇄특징, 투수성)에 영향을 준다.

본 조사에서는 각각의 불연속면에 대해서 평균적인 불연속면간의 거리를 측정하였으며, 불연속면의 간격을 구분하는 기준은 <표 2.7>과 같다.

<표 2.7> 불연속면 간격의 등급

구 분	간 격 (mm)	등 급
극히조밀 (Extremely close spacing)	< 20	V
매우조밀 (Very close spacing)	20 ~ 60	IV
조 밀 (Close spacing)	60 ~ 200	III
보 통 (Moderately close spacing)	200 ~ 600	II
넓 음 (Wide spacing)	600 ~ 2,000	I
매우넓음 (Very wide spacing)	2,000 ~ 6,000	
극히넓음 (Extremely wide spacing)	> 6,000	

(3) 불연속면의 연속성 (Persistence)

절취면에서의 절리의 크기 또는 불연속면이 연장되는 정도이고 이는 암반의 공학적인 성질을 지배하는 중요한 요소이다. 불연속면의 연속성은 노두의 크기 때문에 현장에서 조사하는데 곤란한 경우가 있다. 암반사면과 댐사면의 안정성 검토시에는 불안정한 것으로 고려되는 불연속면의 연속성 정도를 추정하는 것이 매우 중요하다. 불연속면의 연속성 등급의 표시는 <표 2.8>과 같다.

<표 2.8> 불연속면 연속성의 등급

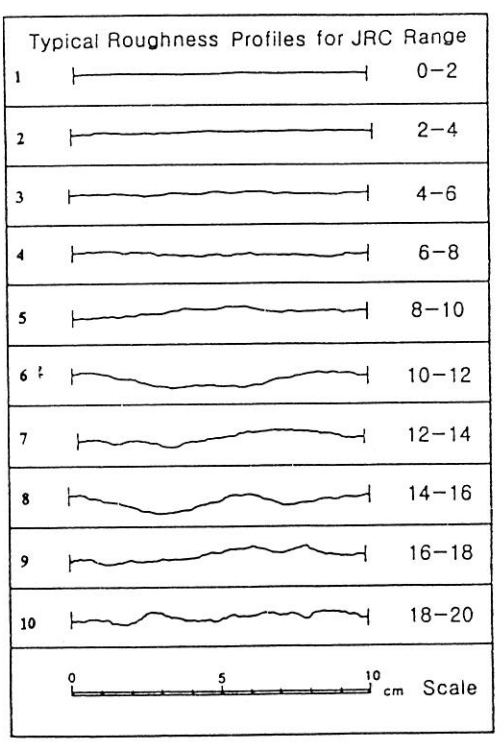
표 시 방 법	평 균 길 이 (m)
매우낮은 연속성 (Very low persistence)	< 1
낮 은 연속성 (Low persistence)	1 ~ 3
보 통 연속성 (Medium persistence)	3 ~ 10
높 은 연속성 (High persistence)	10 ~ 20
매우높은 연속성 (Very high persistence)	> 20

(4) 불연속면의 거칠기 (Roughness)

불연속면의 굴곡은 작은 규모의 요철(Unevenness)과 큰 규모의 만곡(Waviness)으로 정의한다. 이 요철과 만곡은 불연속면의 전단강도에 영향을 주기 때문에 불연속면의 전단강도를 추정하는데 반드시 필요하고, 특히 충진물질이 없는 경우에는 Profile gauge 등을 이용하여 측정한다. 불연속면의 거칠기의 구분은 <그림 2.5>, <그림 2.6>과 같다.

등 급	조 도 형 태	J_r	JRC 200mm	JRC 1m
거 침 (Rough)		4	20	11
완 만 (Smooth)		3	14	9
매끄러움 (Slickensided)	계단형	2	11	8
거 침 (Rough)		3	14	9
완 만 (Smooth)		2	11	8
매끄러움 (Slickensided)	파동형	1.5	7	6
거 침 (Rough)		1.5	2.5	2.3
완 만 (Smooth)		1.0	1.5	0.9
매끄러움 (Slickensided)	평면형	0.5	0.5	0.4

<그림 2.5> 불연속면의 거칠기



<그림 2.6> 불연속면의 조도형태에 따른 JRC의 범위

(5) 불연속면의 강도 (Wall strength)

불연속면 부근에 있는 암석 즉 불연속면의 벽면을 구성하는 암석의 일축강도로서 정의한다. 불연속면의 강도는 불연속면 부근에서 종종 발달하는 풍화와 열수변질에 의해서 암괴의 내부에 위치하는 암석의 강도 보다도 낮은 경우가 있다. 불연속면이 거의 벌어지지 않고 불연속면 사이에 충진물질이 없는 경우에 불연속면의 일축강도는 전단강도에 중요한 영향을 미친다. 다음 <표 2.11>은 현장에서 지질 해머를 이용하여 암석강도를 판정하는 기준이다.

<표 2.11> 암석강도 판정기준

분류등급	용 어	암 반 의 상 태
1	매우강함	해머로 여러번 강하게 타격하여야 부서지나, 단지 약한 부분만 쪼개어져 나감
2	강 함	해머로 한 두번 강하게 타격했을 때 부서짐
3	중간정도	해머로 한번 쳤을 때 쉽게 모서리가 부서짐 포켓 칼로 긁어지지 않음
4	약 함	해머로 쉽게 부서짐, 칼로 어렵게 벗길 수 있음
5	매우약함	해머로 눌러 부서짐, 칼로 벗길 수 있음
6	극히약함	엄지손가락으로 눌러 부서짐

(6) 불연속면의 틈새 (간극, Aperture)

불연속면의 틈새가 아주 좁아 밀착되어 있을 경우에는 점토나 모래와 같은 이물질이 유입되기 어렵지만 틈새가 비교적 넓을 경우에는 지하수의 유입과 유동이 자유로워지며 이러한 지하수의 흐름에 따라 모래나 작은 암편들이 유입되어 틈새를 충진하게 된다. 이와 같이 불연속면에 충진된 물질은 사면의 전단저항력에 큰 영향을 미치게 된다.
특히 충진된 물질이 연약한 점토일 경우에는 전단저항력이 현저히 감소된다.

불연속면의 틈새는 그 틈새의 크기에 따라 다음 <표 2.12>와 같이 분류할 수 있으며, 불연속면의 틈새 정도는 불연속면의 전단강도를 감소시키는 요인이 된다.

<표 2.12> 불연속면의 틈새에 의한 분류

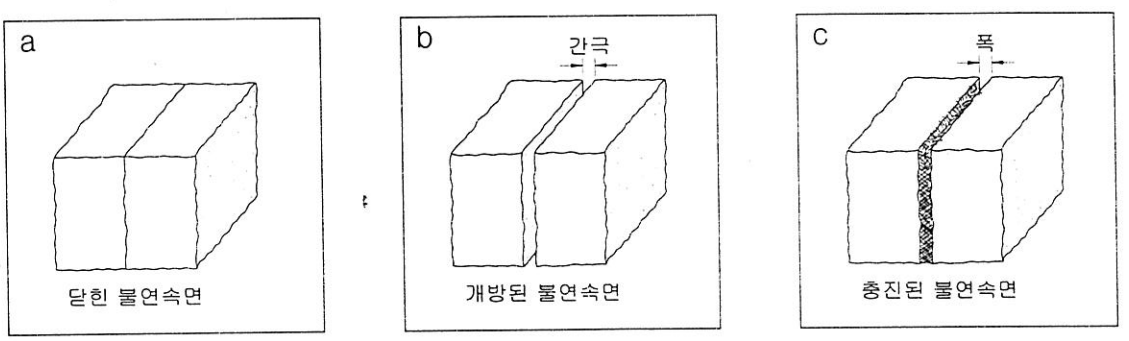
틈 새	표 시 방 법	형 태
< 0.1 mm 0.1 - 0.25 mm 0.25 - 0.5 mm	매우 촘촘함 (Very Tight) 촘 촘 함 (Tight) 부분적 벌어짐 (Partly Open)	폐 쇄 형 (Closed Features)
0.5 - 2.5 mm 2.5 - 10 mm > 10 mm	벌 어 짐 (Open) 약간넓음 (Moderately Wide) 넓 음 (Wide)	틈 새 형 (Gapped Features)
1 - 10 cm 10 - 100 cm > 1 m	매우넓음 (Very Wide) 극히넓음 (Extremely Wide) 동굴같음 (Carvernous)	개 방 형 (Open Features)

(7) 불연속면의 충진물질 (Filling)

불연속면의 틈새가 벌어진 사이로 물질이 흘러들어 틈새를 충진시키는 경우로서 이 물질은 일반적으로 모암보다 강도가 약하다.

충진물질은 주로 방해석 (Calcite), 점토, 실트, 모래 등이다.

이런 경우 충진물질의 종류, 두께, 연약성, 점성 및 투수성 등에 대해 기록하여야 하며, 불연속면의 형태는 <그림 2.7>과 같이 틈새와 충진상태에 따라 밀착형(Closed Type), 개구형(Open Type), 충진형(Filled Type)으로 구분된다.



<그림 2.7> 불연속면의 틈새와 충진상태에 따른 형태

(8) 불연속면 군의 수 (Number of Sets)

불연속면 군의 수는 상호교차하는 불연속면계를 이루고 있는 불연속면 방향군의 숫자를 뜻하며, 암반체내에 불연속면이 많이 발달되어 있을 경우 파쇄의 단위가 작아져서 심할 경우에는 파쇄대를 형성하게 되어 결국 전단저항력을 감소시키게 된다.

이러한 불연속면 군의 수가 많아질수록 사면체의 붕괴 가능면도 많아지게 되어 사면의 안전율이 떨어지게 된다. 불연속면 군의 수에 대한 표현은 다음 <표 2.13>과 같다.

<표 2.13> 불연속면 군의 수를 나타내는 등급 표시

등 급	정 의
I	괴상, 가끔 불규칙한 절리들
II	한개군의 절리
III	한개군의 절리 + 불규칙한 절리
IV	두개군의 절리
V	두개군의절리 + 불규칙한 절리
VI	세개군의 절리
VII	세개군의 절리 + 불규칙한 절리
VIII	넷 이상의 절리군
IX	파쇄된 암석, 토사같은 암석

(9) 풍화상태

일반적으로 암석은 지표에 노출되면 기계적 및 화학적 작용에 의하여 풍화작용을 받는데 풍화작용의 정도에 따라 구성성분, 결합력, 강도 등에 많은 차이가 발생한다.

본 절취사면의 풍화상태를 <표 2.14>의 기준에 의거 조사하였으며, 조사결과 지역에 따라 차이가 있으나 대체로 완전풍화 내지 보통풍화(CW~MW) 정도의 풍화상태를 보이고 있다. 절취사면의 강도 및 풍화상태 조사 결과는 "부록 3"에 수록하였다.

<표 2.14> 풍화의 정도에 의한 분류

국 제 통 용 용 어	풍 화 정 도	국내일반 분류
완 전 풍 화 (Completely Weathered. CW)	암석전체가 완전히 풍화되어 흙으로 변화되었으나 모암의 원조직과 구조를 지니며, 간혹 풍화를 받지 않은 암편을 함유하는 상태	풍화토 (잔적토보다 다소 강함)
심 한 풍 화 (Highly Weathered. HW)	암석 내부까지 풍화가 진행중이며, 점토 물질이 협재되어 있어 부분적으로 쉽게 부스러뜨릴 수 있는 상태	풍 화 암
보 통 풍 화 (Moderately Weathered. MW)	전 암석표면에서부터 풍화가 진행중이며, 색조는 변하였으나 손으로 부스러 뜨릴 수 없는 상태	보통암~연암
약 간 풍 화 (Slihgtly Weathered. SW)	기반암중에 발달된 불연속면을 따라 이미 약한 풍화작용이 시작되고 있으나 암석 자체에는 아무런 풍화작용이 일어나지 않은 상태	경 암
신 선 (Fresh. F)	풍화작용의 흔적이 없는 상태	경암~극경암

2.4.1.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 조사결과

(1) ZONE 1 (STA.0+240~0+280, 최상단부 사면)

본 절취면은 185/51의 방향성을 지니며 적색 셰일(Shale) 및 상부 표토로 구성되어 있고, 암반의 풍화정도는 대체로 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태이다.

본 구역의 불연속면의 발달 양상은 층리가 130/08~160/24이며, 우세하게 발달한 절리군은 없다.

불연속면의 틈새는 조도가 비교적 매끈하고, 점토 충진물이 있는 것으로 조사되었다.

본 구역의 조사 자료는 <표 2.15>와 같다.

<표 2.15> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 ZONE 1구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
S-1	130/08	5	5~10	0.1~0.2	점토충진	U/sm	CW	97	139
S-2	160/24 165/12	5~10	5~10	0.1~0.2	점토충진	U/sm	HW~CW	215	139
S-3	153/19	5~10	5~10	0.1~0.2	점토충진	U/sm	HW	249	139

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

※ 본 표의 PLT 및 SCH 측정치는 절취작업 완료후 상당기간 경과하여 풍화가 많이 진행된 암반의 표면에서 측정한 강도이기 때문에 토공사용 암반 분류기준으로 사용할 수 없음 (이하 동일함)

(2) ZONE 2 (STA.0+220~0+280, 상단에서 2번째 사면)

본 절취면은 185/51의 방향성을 지니며 적색 세일, 관입사암으로 구성되어 있고, 암반의 풍화도는 대체로 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태이다.

본 구역의 불연속면의 발달 양상은 층리가 158/28~190/32이며, 2개의 단층이 발달하여 있다.

불연속면의 틈새는 조도가 비교적 매끈하고, 점토가 충진되어 있으며 부분적으로 점토의 두께가 50mm 정도인 곳도 조사되었다. 또한 ZONE 하단부 전길이에 걸쳐 용수가 발생하여 있으며, 그 부분의 점토 충진물이 포화상태로서 사면의 안정에 극히 불안정적인 요인으로 작용하고 있다. 본 구역의 조사 자료는 <표 2.16>과 같다.

<표 2.16> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 ZONE 2구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
S-4	260/85 (단층) 168/15	10~15	2~6	0.2 이하	점토충진	U/sm	HW~CW	156	135
S-5	260/88 (단층) 168/12	10~20	2~6	50	점토충진	U/sm	HW	924	706 이상
S-6	190/32 170/18	10~20	5~10	0.2	점토충진	U/sm	HW~CW	524	671
S-7	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(3) ZONE 3 (STA.0+200~0+300, 상단에서 3번째 사면)

본 구역은 절취면이 185/51의 방향성을 지니며 적색~암회색 셰일로 구성되어 있고, 구역 전반에 걸쳐 다수의 소규모 단층 및 절리가 발달되어 있다. 풍화정도는 대체로 보통풍화~심한풍화(MW~HW) 상태이다

불연속면의 틈새는 조도가 비교적 매끈한 편이고 점토가 충진되어 있다. 특히 S-10 Section의 278/88 단층을 경계로 층리가 휘어진 습곡현상이 관찰되었다.

본 구역의 조사 자료는 <표 2.17>과 같다.

<표 2.17> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 ZONE 3구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
S-8	170/14	5~10	2~6	0.6	점토충진	U/sm	HW~CW	215	147
S-9	170/14 035/83 (단층)	10~20	2~5	0.3~0.6	점토충진	U/sm	MW~HW	645	518
S-10	169/12 278/88 (단층)	10~20	2~6	0.3	점토충진	U/sm	MW~HW	419	518
S-11	169/12	10~20	2~6	0.3	점토충진	U/sm	MW~HW	542	412
S-12	169/12	5~10	2~6	0.3	점토충진	U/sm	MW~HW	379	488

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움

② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함

③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(4) ZONE 4 (STA.0+200~0+300, 상단에서 4번째 사면)

본 절취면은 185/51의 방향성을 지니며 암회색~흑색 셰일로 구성되어 있고, ZONE 우측 가장자리 부분에는 습곡현상이 발생되어 있다.

풍화정도는 대체로 보통풍화 내지 심한풍화(MW~HW) 상태로서 불연속면의 틈새는 비교적 촘촘하며 조도는 완만한 상태이고, 충진물은 거의 없는 상태이다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.18>과 같다.

<표 2.18> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 ZONE 4구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
S-13	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-
S-14	178/14	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW~HW	615	471
S-15	178/14	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW	728	518
S-16	178/14	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW	597	682
S-17	190/13	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW	925	635
S-18	224/09 130/40 (단층)	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW~HW	527	412
S-19	272/18	5~10	10~20	0.1내외	-	U/r	MW~HW	384	482

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(5) ZONE 5 (STA.0+160~STA.0+320, 최하단 사면)

본 절취면은 185/51의 방향성을 지니며 암회색~흑색 셰일로 구성되어 있고, ZONE 우측 가장자리 부분에는 습곡현상이 발생되어 있다.

풍화정도는 대체로 약간풍화 내지 보통풍화(SW~MW) 상태로서 불연속면의 틈새는 비교적 촘촘하며 조도는 완만한 편이고 충진물은 없는 상태이다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.19>와 같다.

<표 2.19> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 ZONE 5구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
S-20	182/13	5~10	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	MW~HW	454	376
S-21	182/13	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	1,275	706 이상
S-22	182/13	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	1,319	706 이상
S-23	178/14	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	958	706 이상
S-24	178/14	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	712	647
S-25	220/12 130/40 (단층)	10~20	10~20	0.1~0.3	-	U/r	MW~HW	354	238
S-26	272/18	5~10	10~20	0.1~0.3	-	U/r	MW~HW	298	147

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움

② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함

③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

2.4.1.3 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 조사결과

(1) ZONE 1 (STA.0+140~STA.0+200, 최상단부 사면)

본 절취면은 010/51의 방향성을 지니며 상부 표토와 암회색 사암으로 구성되어 있고, 전반적으로 약간풍화 내지 보통풍화(SW~MW) 상태로서 3개소에 걸쳐 소규모 단층이 발달되어 있다.

불연속면의 틈새는 조도가 완만한 편이며, 촘촘~부분적으로 벌어진 상태로서 점토등의 충진물은 관찰되지 않았고, 절취시 발생한 2차 균열에 의해 낙석의 위험성이 높다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.20>과 같다.

<표 2.20> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 1구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-1	341/36	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	685	547
V-2	341/36 312/73 (단층)	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,293	706
V-3	341/36 292/89 (단층)	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,452	706 이상
V-4	341/36 346/50 (단층)	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,327	706 이상
V-5	341/36	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	544	682

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(2) ZONE 2 (STA.0+120~STA.0+260, 상단에서 2번째 사면)

본 절취면은 008/51의 방향성을 지니며 청회색 사암~적색 셰일로 구성되어 있고, 풍화도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태로서 ZONE 우측 V-11 Section에는 용수부위가 발생되어 있다. ZONE 전체에 걸쳐 구조적인 파괴 우려는 희박하나 절취시 발생한 2차 균열 및 그간의 풍화로 인한 균열이 다수 발생하여 낙석 우려가 농후하다.

불연속면의 틈새는 비교적 개구형으로서 조도는 완만한 상태이고 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.21>과 같다.

<표 2.21> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 2구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-6	337/38 038/82	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	596	471
V-7	337/38 305/88 (단층)	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	705	506
V-8	016/78 038/82	5이하	20~50	0.5 ~밀착	-	U/r	SW~MW	924	506
V-9	337/38	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	1,695	706 이상
V-10	356/42 290/86 (단층)	5이하	5~20	0.2~0.5	-	U/sm	SW~MW	742	447
V-11	010/50 255/85 (단층)	5이하	2~5	0.2~0.5	-	U/sm	HW	249	135 이하
V-12	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(3) ZONE 3 (STA.0+120~STA.0+280, 상단에서 3번째 사면)

본 절취면은 010/51의 방향성을 지니며, 청회색 사암~적색 셰일로 구성되어 있고, 풍화도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태이다. ZONE 우측부분은 적색~암회색 셰일로서 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있다. 특히 ZONE 우측 셰일구간에는 다수의 불연속면이 발생하여 있어 향후 풍화가 계속 진행될 경우 소규모의 평면파괴가 우려된다.

그 외에 대부분의 구간은 비교적 양호한 상태를 나타내고 있다.

불연속면의 틈새는 0.5~1mm로서 점토 등의 충진물은 관찰되지 않았으며, 조도는 비교적 거친 상태이다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.22>와 같다.

<표 2.22> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 3구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-13	298/82	5이하	20~50	0.5~1.0	-	U/r	SW~MW	1,542	706 이상
V-14	298/82 297/78 (단층)	5이하	20~50	0.5~1.0	-	U/r	SW~MW	1,327	706 이상
V-15	298/82 305/88 (단층)	5이하	20~50	0.5~1.0	-	U/r	SW~MW	957	706 이상
V-16	319/33	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	842	582
V-17	319/33	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	875	618
V-18	319/33 175/10	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	952	635
V-19	180/20 280/83 (단층)	5이하	5~20	0.2 ~밀착	-	U/sm	MW	847	588
V-20	180/20 352/58	5이하	5~20	0.5	-	U/sm	HW~CW	325	171

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(4) ZONE 4 (STA.0+080~STA.0+280, 상단에서 4번째 사면)

본 절취면은 010/51의 방향성을 지니며, 암반의 풍화상태는 대부분 약간풍화(SW) 상태이고, 대부분 흑색 셰일로 구성되어 있다.

불연속면의 틈새는 촘촘하며, 조도는 비교적 거친 상태이고, 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.23>과 같다.

<표 2.23> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 4구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-21	188/19	5이하	50이상	밀착	-	U/r	SW	424	635
V-22	188/19	5이하	50이상	밀착	-	U/r	SW	951	706 이상
V-23	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	1,215	706 이상
V-24	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	848	706 이상
V-25	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	795	706
V-26	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	924	706
V-27	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	1,325	694
V-28	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	1,084	706 이상
V-29	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	952	706 이상
V-30	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	847	694

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(5) ZONE 5 (STA.0+080~STA.0+120, 최상단부 사면)

본 절취사면의 갱구상단은 002/51의 방향성을 지니며 상부 표토층과 적색 세일 및 암회색 사암으로 구성되어 있고, V-31 Section 하단 소단부분의 표토층에는 인장균열이 다수 발생하여 있다.

사면의 풍화도는 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태로서 불연속면의 틈새는 조도가 비교적 매끈하나 점토 등의 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.24>와 같다.

<표 2.24> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 사면 ZONE 5구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-31	056/40	5~10	5~10	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	235	171
V-32	002/55	5~10	5~10	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	315	147
V-33	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(6) ZONE 6 (STA.0+080~STA.0+120, 상단에서 2번째 사면)

본 절취사면은 002/51의 방향성을 지니며 대부분 적색 세일로 구성되어 있고, 풍화정도는 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태이다.

불연속면의 틈새는 대부분 열려 있고, 조도는 비교적 매끈하며 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 구역 전반에 걸쳐 균열의 발달이 심하며 엽리현상이 극심하고 2개소의 용수부위가 발생되어 있다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.25>와 같다.

<표 2.25> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 6구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-34	002/51	5~10	0.5~5	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	216	147
V-35	006/51	5~10	0.5~5	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	142	159

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(7) ZONE 7 (STA.0+080~STA.0+120, 상단에서 3번째 사면)

본 절취면은 006/51의 방향성을 지니며 대부분이 적색 세일로 구성되어 있고 풍화정도는 심한풍화 내지 완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있다.
구역 전반에 걸쳐 절리가 매우 복잡하게 발달되어 있어 불안정한 상태이며, 불연속면의 틈새는 조도는 비교적 완만한 상태이고, 점토 등의 충진물은 관찰되지 않았다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.26>과 같다.

<표 2.26> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 7구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
V-36	180/20 320/63 (단층)	5~10	2~5	0.2	-	U/sm	HW~CW	315	171
V-37	180/20 358/63 (단층)	5~10	2~5	0.2	-	U/sm	HW~CW	299	200

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

2.4.1.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 조사결과

(1) ZONE 1 (STA.2+340~STA.2+400, 최상단부 사면)

본 절취면은 118/45의 방향성을 지니며 적색~암회색 셰일로 구성되어 있고, 풍화정도는 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있다.

본 구역 전반에 걸쳐 작업 완료후에 발생한 불규칙한 균열이 매우 발달되어 있으며 잔적토의 흘러내림 상태가 매우 심하다.

불연속면의 틈새는 대부분 열려 있는 상태로서 조도는 완만하고, 점토가 다량 충진되어 있으며 국부적으로 점토의 두께가 20mm에 달하는 곳도 관찰되었다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.27>과 같다.

<표 2.27> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 1구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
T-1	152/25	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	192	147 이하
T-2	165/24	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	218	147 이하
T-3	165/24 015/63 (단층)	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	251	129

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(2) ZONE 2 (STA.2+320~STA.2+420, 상단에서 2번째 사면)

본 절취면은 112/51의 방향성을 지니며 적색~암회색 셰일로 구성되어 있고, 풍화정도는 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있다.

ZONE 좌측부분에는 엽리현상이 매우 심하며, ZONE 전반에 걸쳐 풍화에 따른 잔적토의 흘러내림 상태가 심하다. T-6 및 T-7 Section은 030/62 단층을 경계로 층리의 굴곡이 발생하여 있는 점으로 보아 습곡작용을 받은 것으로 보인다.

불연속면의 틈새는 열려 있는 상태로서 조도는 완만한 상태이며 점토가 다수 충진되어 있다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.28>과 같다.

<표 2.28> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 2구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
T-4	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-
T-5	160/37	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	216	135 이하
T-6	160/37 030/62 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	327	147 이하
T-7	170/15 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	299	129 이하
T-8	170/15 000/45 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	248	147 이하
T-9	185/13 022/65 (단층)	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	156	129 이하

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(3) ZONE 3 (STA.2+280~STA.2+460, 상단에서 3번째 사면)

본 절취면은 112/51의 방향성을 지니며 ZONE 좌측은 적색 셰일, 중앙부는 적색~암회색 셰일, 우측부는 적색~흑색 셰일로 구성되어 있다. 풍화정도는 약간풍화~심한풍화(SW~HW) 상태로서 그 범위가 넓다.

ZONE 우측 T-16 및 T-17 Section에 습곡작용으로 인한 향사구조가 발달하여 있으며, 엽리현상이 심하다.

불연속면 틈새의 상태는 점토가 충진되어 있으며, 조도는 비교적 완만한 편이다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.29>와 같다.

<표 2.29> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 3구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
T-10	177/11	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	212	135 이하
T-11	177/11 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	315	159
T-12	177/11 180/13	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	489	247
T-13	177/11 160/38	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	524	376
T-14	174/12	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	327	294
T-15	170/12	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	424	329
T-16	140/18 122/20	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	135 이하
T-17	170/18	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	188
T-18	170/18	5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	425	171

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(4) ZONE 4 (STA.2+280~STA.2+460, 상단에서 4번째 사면)

본 절취면은 112/51의 방향성을 지니며 주로 암회색~흑색 셰일로 구성되어 있고, 풍화정도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW)의 상태를 나타내고 있다.

틈새는 비교적 촘촘하며, 점토 등의 충진물은 다소 분포하는 것으로 조사되었다.

상부층에 비하여 암석의 강도가 높고, 안정적인 것으로 조사되었으며, 그 결과는 <표 2.30>과 같다.

<표 2.30> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 ZONE 4구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm²)	
								PLT	SCH
T-19	112/51 180/13	5~10	5~10	1내외	점토충진	U/r	MW	386	188
T-20	112/51 180/13	10~20	5~10	1내외	점토충진	U/r	SW~MW	942	435
T-21	112/51	10~20	5~10	1내외	점토충진	U/r	SW~MW	748	541
T-22	112/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	SW~MW	521	412
T-23	112/51	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	895	294
T-24	112/51	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	928	376
T-25	112/51	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	327	294
T-26	112/51	10~20	10~20	0.1~0.2	-	U/r	HW	458	553
T-27	112/51	5~10	10~20	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	712	671

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(5) STA.2+260~STA.2+340구간 사면 파괴후 조사결과

(가) 파괴발생 개요

파괴발생은 STA.2+260~STA.2+335 구간에서 180/13 층리면을 따라서 평면파괴가 발생하였으며 파괴블럭의 변형량은 사면의 경사방향으로 10~15cm 정도에 달한다.

파괴발생 직후 즉시 사면 하단에 압성토를 실시하여 더 이상의 파괴진전을 방지한후 파괴원인 분석을 위한 조사를 실시하였다.

(나) 파괴평면 및 횡단면

파괴는 평면적으로 사면의 하단인 ZONE 3에서 ZONE 4를 가로지르는 180/13 층리면에서 시작하여 사면의 최상단부인 산마루 측구까지를 파괴블럭으로 하는 전형적인 평면파괴 형태로 발생하였다.

파괴발생 부위의 평면도 및 횡단면도는 각각 <그림 2.8>~<그림 2.15>와 같다.

파괴구간 길이는 도로노선 방향으로 70m, 사면상단 균열발생 부위에서 파괴면(180/13, 층리)까지 깊이는 최대 12m, 활동면(층리면)의 연장은 사면 횡단방향으로 20m 내외이다.

(다) 파괴면(180/13, 층리) 조사결과

파괴면은 두께 1~5mm의 점토가 충진되어 있으며 그 하부는 암회색 셰일이 분포하고 있고 그 상부는 적색 셰일이 분포되어 있다.

하부 암회색 셰일은 보통풍화~심한풍화(MW~HW) 상태이며, 상부 적색 셰일은 심한풍화~완전풍화(HW~CW) 상태를 나타내고 있고, 파괴면의 조도는 매끄러움 상태를 나타내고 있다.

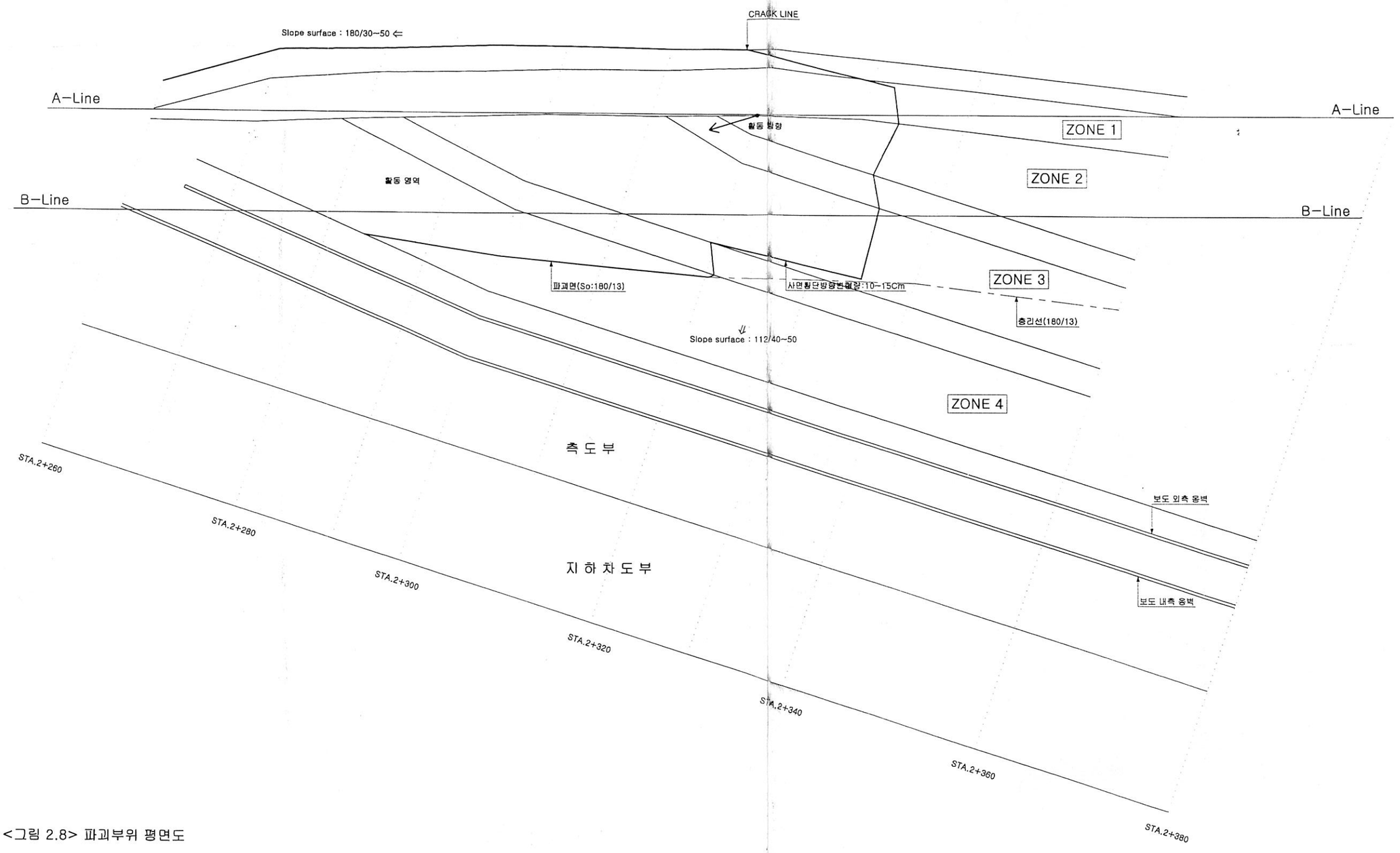
파괴 조사결과 요약은 <표 2.30-1>과 같다.

<표 2.30-1> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+260~STA.2+340 파괴면 조사결과

구분		주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
ZONE	SECTION								PLT	SCH
2~4	T11~T12 T19~T20	180/13	20이상	10~20	1~5	점토충진	U/si	HW~CW	224	129

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

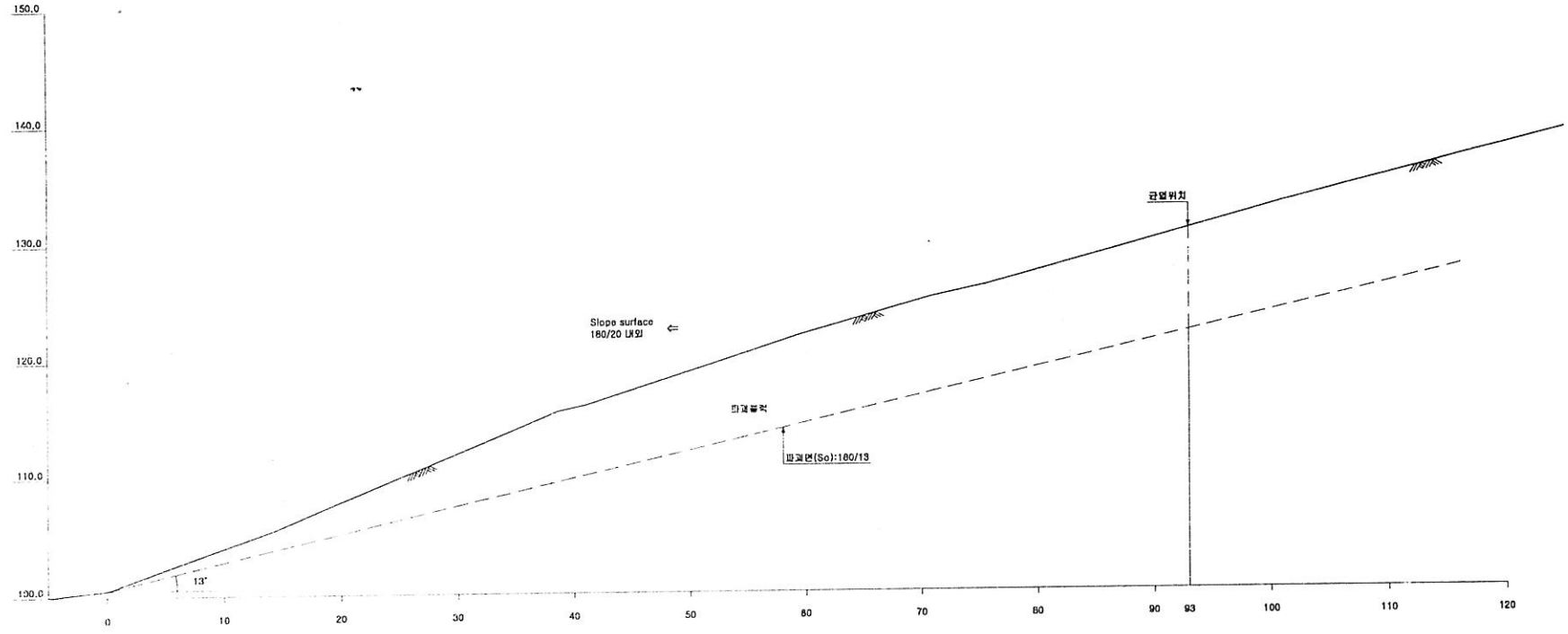
STA.2+260~STA.2+340 구간 사면 파괴(활동)현황 평면도



<그림 2.8> 파괴부위 평면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=1:200	도면명 사면 파괴(활동) 현황 평면도
	설 계 자								
	제 도 자						일 자	2000. 3.	관련번호 / 매중 매

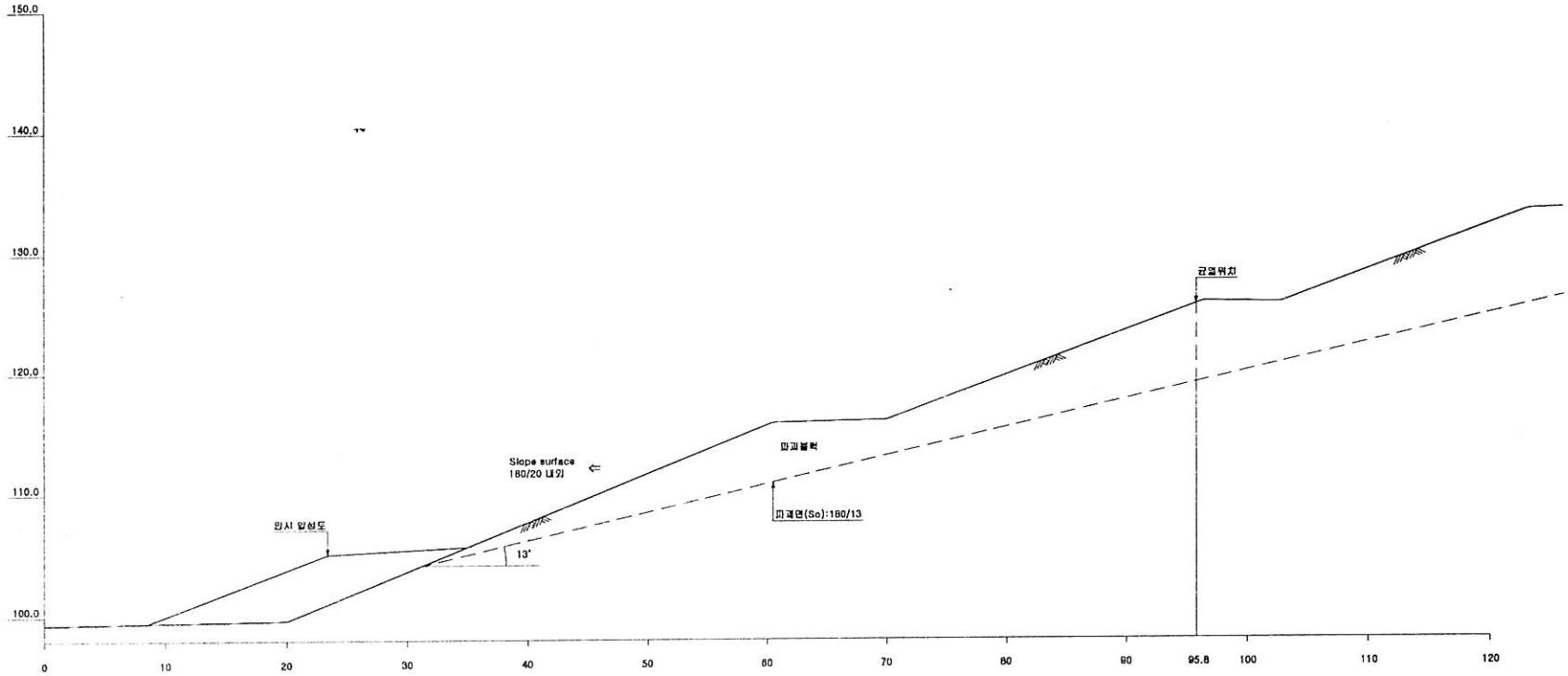
A-LINE 횡단면도



<그림 2.9> 파괴부위 A-Line 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범용지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도면명	A-Line 횡단면도
	설 계 자									입 자	리비번호	매중 매
	제 도 자										

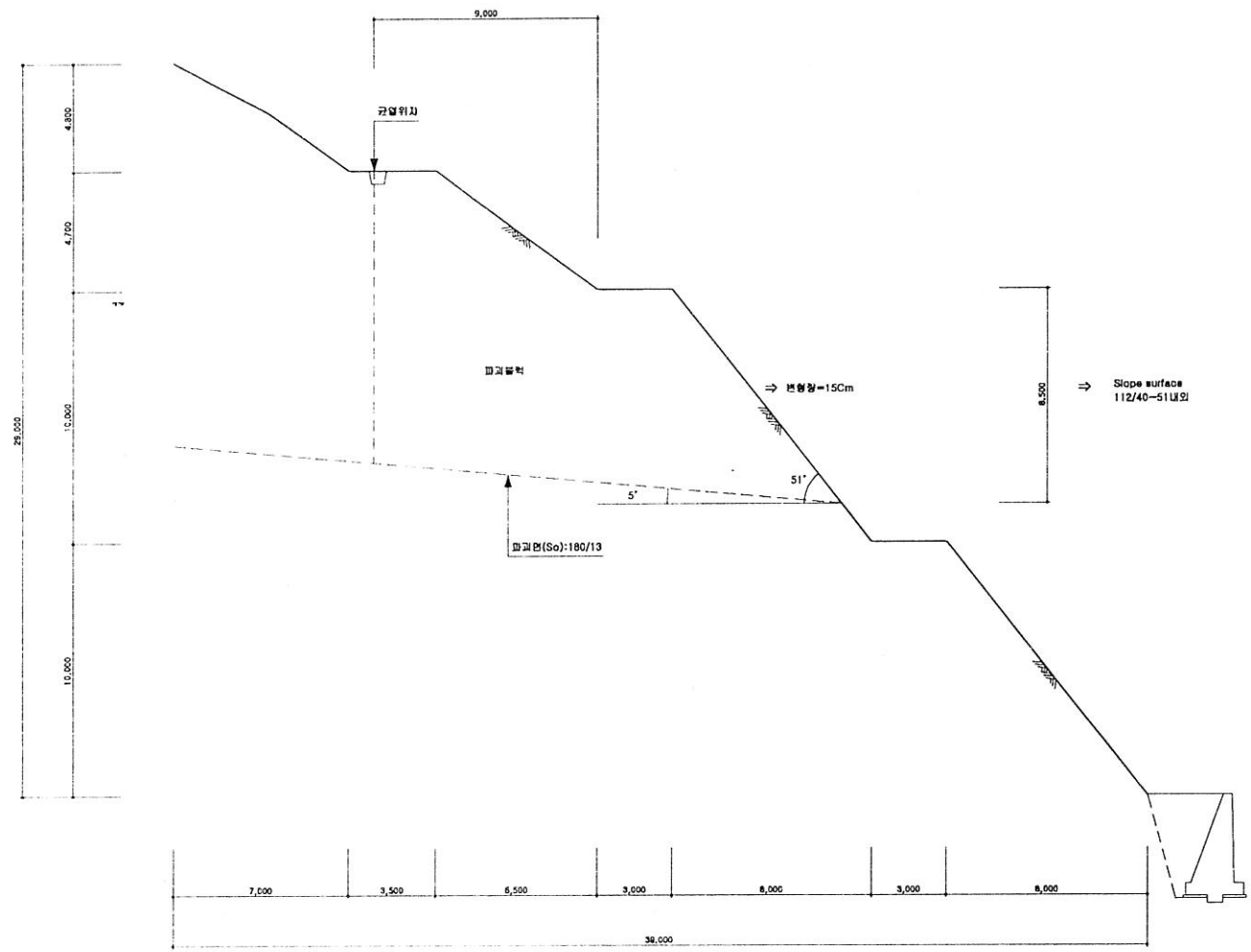
B-LINE 횡단면도



<그림 2.10> 파괴부위 B-Line 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축척 S=NONE	도면명	B-Line 횡단면도
	설 계 자									
	제 도 자								일 자	검토번호 / 매장 매

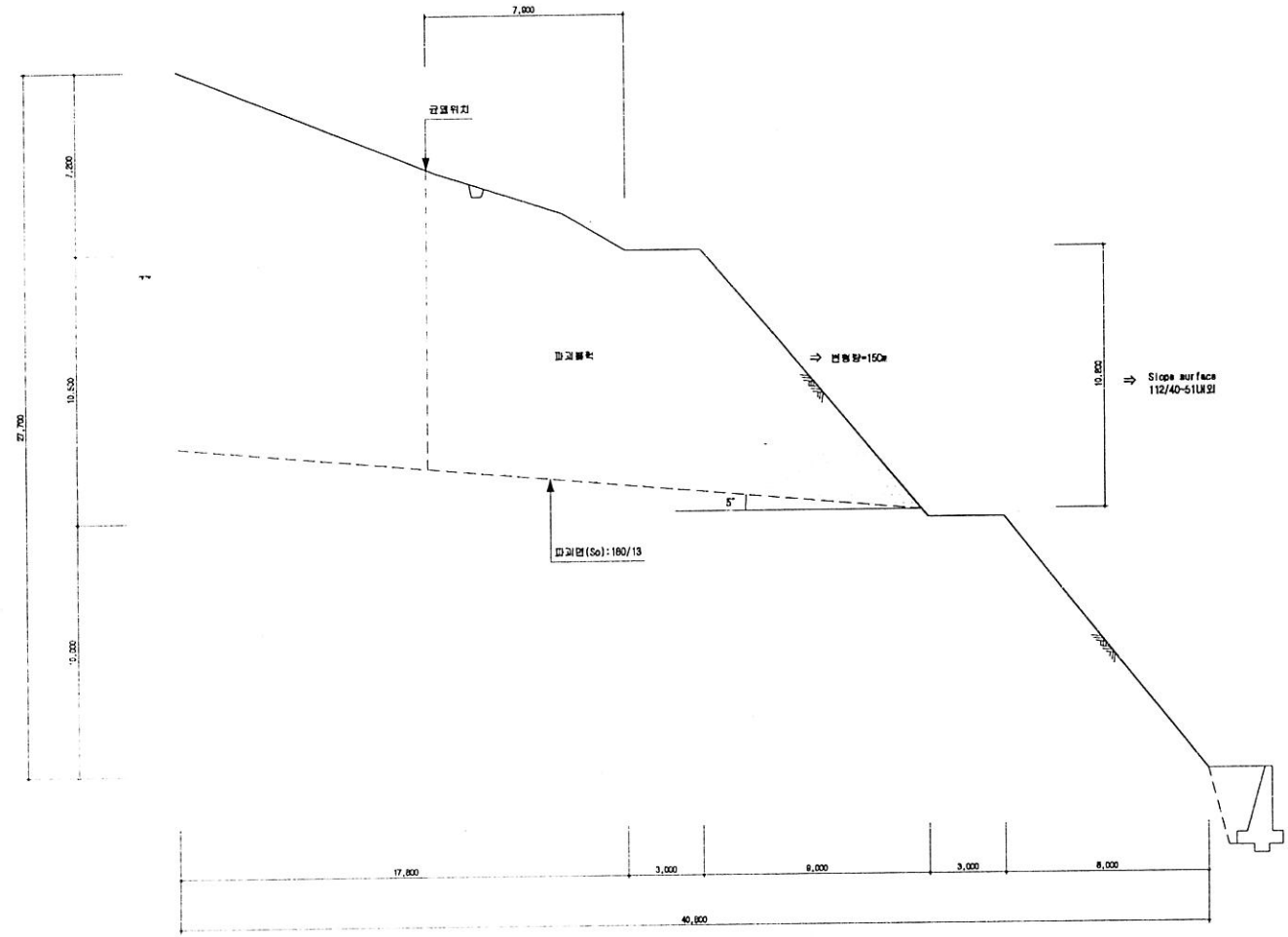
STA.2+330 횡단면도



<그림 2.11> 파괴부위 STA.2+330 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축척	S=NONE	도면명	STA.2+330 횡단면도
	설계자									일자	관련번호	매수	매
	제도자												

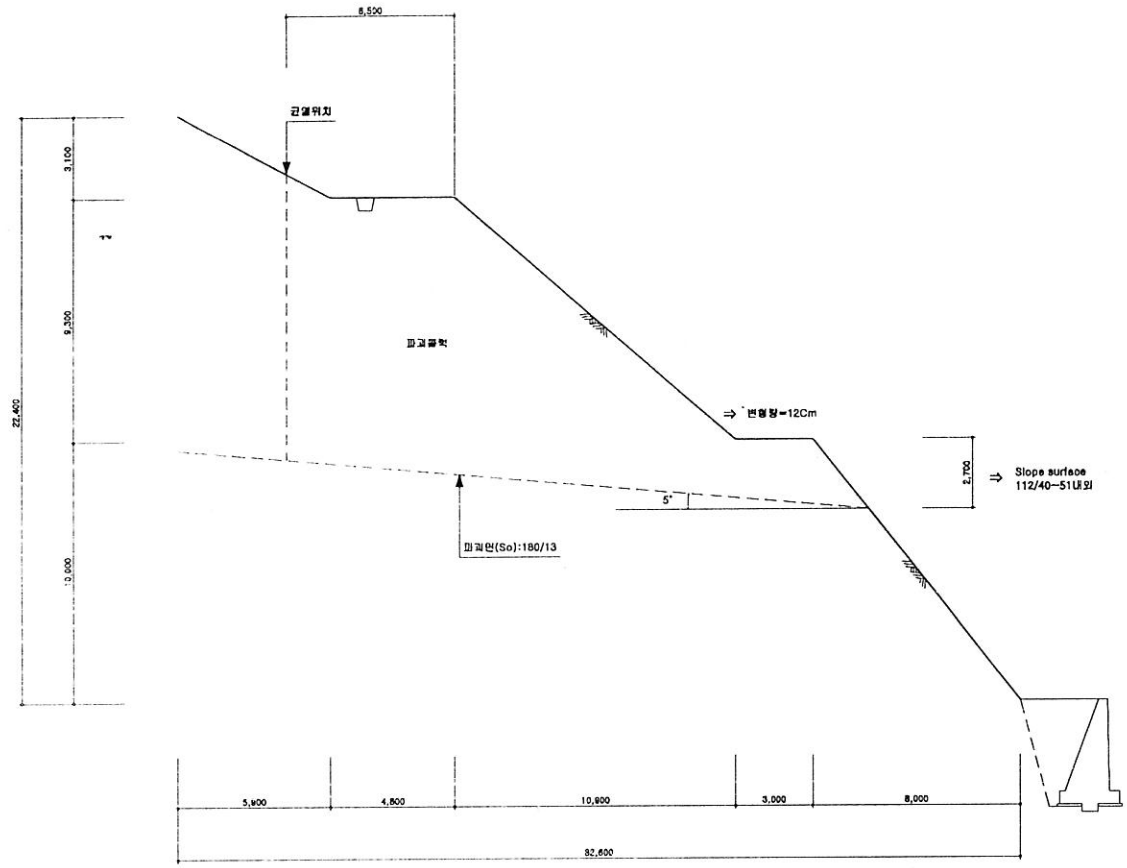
STA.2+320 횡단면도



<그림 2.12> 파괴부위 STA.2+320 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도면명	STA.2+320 횡단면도
	설 계 자									일 자	컴퓨터번호	매종 매
	제 도 자										

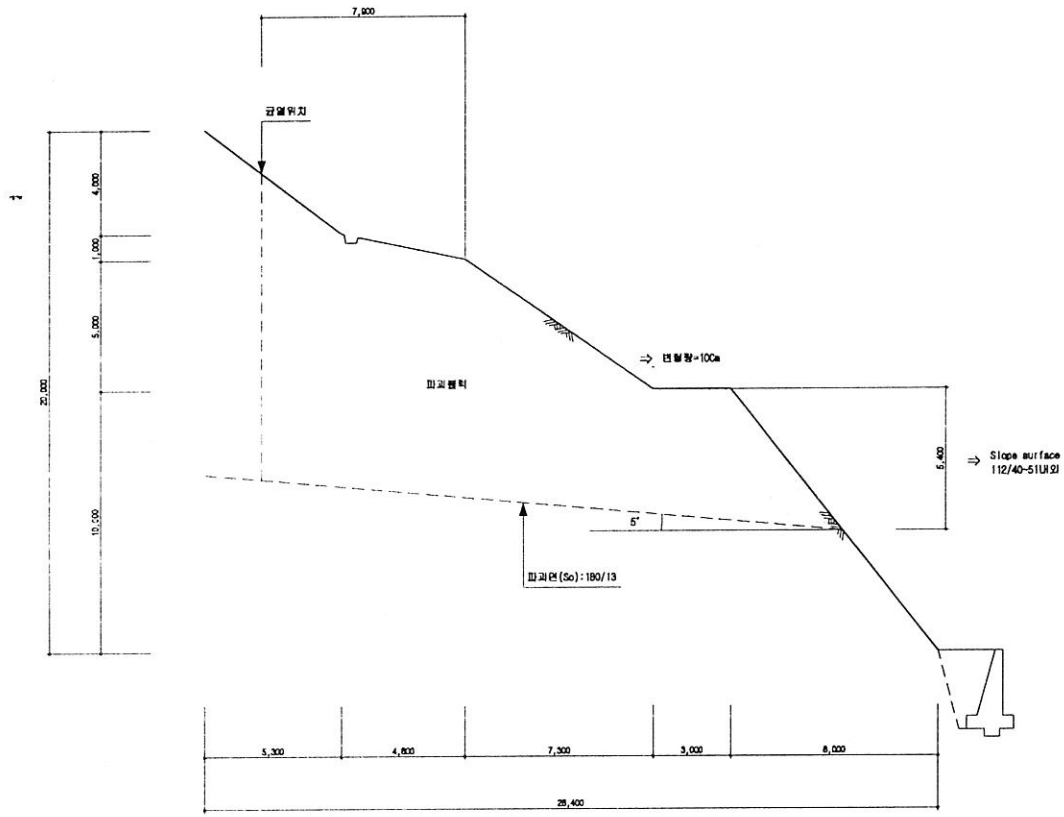
STA.2+310 횡단면도



<그림 2.13> 파괴부위 STA.2+310 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도면명	STA.2+310 횡단면도
	설 계 자									입 지	관련번호 / 매장 / 매
	제 도 자										

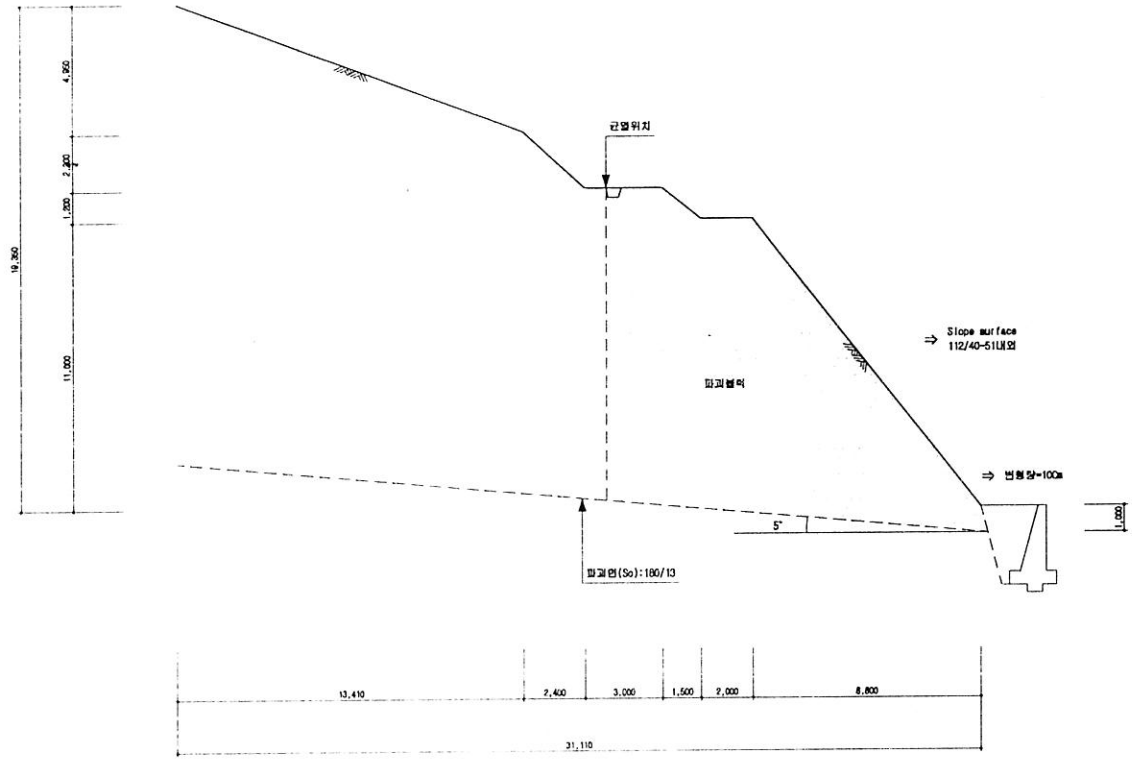
STA.2+300 횡단면도



<그림 2.14> 파괴부위 STA.2+300 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자 / 검 토 자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=NONE	도 면 명	STA.2+300 횡단면도
									일 자	관리번호 / 매장 매

STA.2+280 횡단면도



<그림 2.15> 파괴부위 STA.2+280 횡단면도

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=NONE	도 면 명	STA.2+280 횡단면도
	설 계 자								입 자	관련번호 / 매장 / 예
	제 도 자									

2.4.1.5 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 조사결과

(1) ZONE 1 (STA.2+520~STA.2+600, 최상단부 사면)

본 절취면은 300/45의 방향성을 지니며 청회색 사암으로 구성되어 있고, 풍화정도는 약간풍화~보통풍화(SW~MW)의 상태를 나타내고 있다.

불연속면의 틈새는 비교적 촘촘하며, 점토 등의 충진물은 없는 것으로 조사되었으나 절취 작업시 발생한 2차 균열 및 그간의 풍화로 인하여 낙석의 위험이 잠재하고 있다.

본 구역의 조사 결과는 <표 2.31>과 같다.

<표 2.31> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 ZONE 1구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
U-1	300/45	5이하	30~50	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	474	565
U-2	300/45	5이하	30~50	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	615	588
U-3	300/45	5이하	30~50	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	527	471

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(2) ZONE 2 (STA.0+080～STA.2+520, 상단에서 2번째 사면)

본 절취면은 010/51, 350/51 및 300/51의 방향성을 지니며 적색 셰일, 청회색 사암으로 구성되어 있고, 풍화도는 ZONE 좌측의 경우 심한풍화～완전풍화(HW～CW), 그 외는 대체적으로 약간풍화(SW) 상태를 나타내고 있다.

전반적으로 구조적인 파괴보다는 낙석의 위험성이 높은 편이다.

불연속면의 틈새는 다소 촘촘한 편이며 조도는 비교적 완만한 상태이고 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.32>와 같다.

<표 2.32> 범물지구～고산국도간 도로 STA.2+400～STA.2+640 우측사면 ZONE 2구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
U-4	170/18	10～20	5～10	1.0	-	U/sm	HW～CW	781	506
U-5	150/18	10～20	5～10	0.2～0.5	-	U/sm	HW～CW	485	529
U-6	358/51	10～20	5～10	0.2～0.5	-	U/sm	HW～CW	274	471
U-7	358/51	10～20	5～10	0.2～0.5	-	U/sm	HW～CW	519	329
U-8	358/51 340/52 (단층)	10～20	5～10	0.2～0.5	-	U/sm	HW～CW	314	259
U-9	290/20	5이하	30～50	0.2～0.5	-	U/r	SW～HW	541	365
U-10	292/20	5이하	30～50	0.1내외	-	U/r	SW	1,084	706 이상
U-11	292/20	5이하	30～50	0.1내외	-	U/r	SW	985	706 이상
U-12	009/58 (단층)	5이하	30～50	0.1내외	-	U/r	SW	1,048	706 이상

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움
② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함
③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(3) ZONE 3 (STA.0+080~STA.2+500, 상단에서 3번째 사면)

본 절취면은 010/51, 350/51, 300/51의 방향성을 지니며 청회색 사암 및 적색~암회색 셰일로 구성되어 있고, 풍화도는 ZONE 좌측의 경우 심한풍화(HW) 상태를 나타내고 있고 그 외의 구간은 대체적으로 약간풍화(SW) 상태를 나타내고 있다. ZONE 우측부분은 잔적토의 흘러내림이 진행중에 있고, 사면 전체에 걸쳐 낙석의 위험성이 존재하고 있다.

불연속면의 틈새는 다소 촘촘한 편이며 조도는 완만~다소 거친 상태이고 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.33>과 같다.

<표 2.33> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 ZONE 3구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
U-13	180/15	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	415	171
U-14	180/15	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	375	188
U-15	180/15	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	324	147
U-16	180/15	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	372	159
U-17	187/13	5이하	10~30	0.2~0.5	-	U/r	SW	1,144	706 이상
U-18	187/13	5이하	10~30	0.5	-	U/r	MW	512	447
U-19	178/13	5이하	10~30	0.2 ~밀착	-	U/r	SW	664	471
U-20	178/13	5이하	10~30	0.2 ~밀착	-	U/r	SW	507	506
U-21	178/13	5이하	10~30	밀착	-	U/r	SW	314	471
U-22	337/55	5이하	10~30	밀착	-	U/r	SW	1,212	706 이상

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움

② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함

③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(4) ZONE 4 (STA.0+080~STA.2+460, 상단에서 4번째 사면)

본 절취면은 010/51, 350/51, 298/51의 방향성을 지니며 적색~흑색 셰일로 구성되어 있고, 풍화도는 ZONE 좌측의 경우 심한풍화(HW) 상태이고, 기타구간은 대체적으로 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태를 나타내고 있다. ZONE 좌측 U-23~U-26 Section에는 사면의 절취경사와 평행한 절리면에서 얇은 두께의 판상탈락 및 풍화 잔적토의 흘러내림 현상이 진행중에 있다.

불연속면의 틈새는 다소 촘촘한 편이며 조도는 매끄러움~완만한 상태이고 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.34>와 같다.

<표 2.34> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 ZONE 4구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
U-23	352/60	5~10	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	315	159
U-24	183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	275	247
U-25	183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	345	235
U-26	183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	216	235
U-27	156/14	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	925	624
U-28	156/14	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	1,088	682
U-29	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,215	706 이상
U-30	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,147	706 이상
U-31	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,317	706 이상
U-32	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,219	706 이상
U-33	180/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW~HW	1,048	706 이상
U-34	180/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	HW	912	706 이상

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움

② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함

③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(5) ZONE 5 (STA.0+080~STA.2+440, 상단에서 5번째 사면)

본 절취면은 010/51, 350/51, 298/51의 방향성을 지니며 적색~암회색 셰일로 구성되어 있고, 풍화도는 ZONE 좌측의 경우 심한풍화(HW) 상태를 나타내며 기타구간은 대체적으로 약간풍화(SW) 상태를 나타내고 있다. ZONE 좌측 U-35~U-38 Section에는 사면의 절취 경사와 평행한 절리면에서 암석의 판상 탈락이 진행중에 있고, 풍화 잔적토의 흘러내림 현상이 진행중에 있다.

불연속면의 틈새는 다소 촘촘한 편이며 조도는 매끄러움~완만한 상태이고 점토 충진물은 관찰되지 않았다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.35>와 같다.

<표 2.35> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 ZONE 5구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
U-35	358/63	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	244	259
U-36	183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	316	280
U-37	183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	458	259
U-38	183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	312	280
U-39	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	478	565
U-40	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	875	565
U-41	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	681	547
U-42	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	804	659
U-43	196/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	758	682
U-44	196/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	926	694
U-45	196/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	454	582
U-46	175/22	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	388	280
U-47	175/22	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	605	412

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움

② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함

③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

(6) ZONE 6 (STA.0+080~STA.2+400, 상단에서 6번째 사면)

본 절취면은 010/51, 350/51, 598/51의 방향성을 지니며 대부분 흑색 셰일로 구성되어 있고, 풍화도는 약간풍화(SW) 상태로서 강도가 높고 안정되어 있다.

불연속면의 틈새는 촘촘하며 조도는 완만~거침 상태이고 점토 충진물은 관찰되지 않았으나 U-53 Section에 용수부위가 발생되어 있다. 본 구역의 조사 결과는 <표 2.36>과 같다.

<표 2.36> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 ZONE 6구역 조사결과

구분	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태	거칠기 ①	풍화정도 ②	압축강도 ③ (kg/cm^2)	
								PLT	SCH
U-48	220/08	5~10	5~10	0.1	-	U/r	SW	493	471
U-49	220/08	5~10	5~10	0.1	-	U/r	SW	481	435
U-50	220/08	5~10	5~10	0.1	-	U/r	SW	514	435
U-51	220/08	5~10	5~10	0.1	-	U/r	SW	846	694
U-52	220/08	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	924	706 이상
U-53	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,077	706 이상
U-54	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,042	706 이상
U-55	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,475	706 이상
U-56	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,331	706 이상
U-57	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,205	706 이상
U-58	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,118	706 이상
U-59	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	978	706 이상
U-60	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,217	706 이상
U-61	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	781	647

① S : 계단형, U : 파동형, P : 평면형, r : 거침, sm : 완만, si : 매끄러움

② CW : 완전풍화, HW : 심한풍화, MW : 보통풍화, SW : 약간풍화, F : 신선함

③ PLT : 점하중강도 시험(Point Load Strength Test), SCH : 슈미트해머 시험

2.4.2 슈미트 해머시험 (Schmidt Hammer Test)

2.4.2.1 시험방법

슈미트 해머는 스프링의 힘, 즉 미리 압축한 스프링에 축적된 힘을 해방시켜 해머가 암반 표면에 부딪칠 때 그 반발력(탄성적인 튀어오름)을 측정함으로서 얻어지는 반발경도로 암석, 암반의 강도나 탄성계수를 측정하는 것으로 신선하고 단단한 암석일수록 해머의 반발 거리는 크게 된다. 이 반발 거리를 해머가 충격을 주기전에 스프링의 힘에 의하여 움직인 거리에 대한 백분율로 나타내며, 이것을 슈미트 해머의 반발치(Rebound value) R 이라고 한다.

본 조사에서는 절취사면의 풍화정도 및 불연속면 정도에 따라 슈미트 해머로 암석의 강도를 측정하였으며 한 개소에서 10회 이상 실시하여 높은 값 5개의 평균값을 반발수치로 사용하였다. (ISRM)

2.4.2.2 시험결과

현장에서 측정된 각 ZONE별 SECTION별 슈미트 해머의 반발수치 및 환산된 일축압축강도는 <표 2.37>~<표 2.40>과 같으며 사면을 절취한후 상당기간이 경과한 부분은 암반 표면에서 풍화가 내부로 어느정도 진행되었기 때문에 측정강도에 편차가 매우 심하게 나타났다.
(본 슈미트해머에 의한 일축압축강도 시험치는 절취작업 완료후 상당기간 경과하여 풍화가 많이 진행된 암반의 표면에서 측정한 강도이기 때문에 토공사용 암반 분류기준으로 사용할 수 없음)

<표 2.37> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 우측사면의 슈미트해머에 의한 일축압축강도 측정결과

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
1	S-1	20	-45°	135	CW	적색 셰일
	S-2	20	-45°	135	HW~CW	적색 셰일
	S-3	20	-45°	135	HW	적색 셰일
2	S-4	20	-45°	135	HW~CW	적색 셰일
	S-5	56	-90°	706 이상	HW~CW	적색 셰일
	S-6	51	-90°	671	HW~CW	적색 셰일
	S-7	-	-	-	RS	풍 화 토
3	S-8	20	-90°	147	HW~CW	적색 셰일
	S-9	43	-90°	518	MW~HW	적색 셰일
	S-10	43	-90°	518	MW~HW	적색 ~ 암회색 셰일
	S-11	38	-45°	412	MW~HW	적색 ~ 암회색 셰일
	S-12	42	-45°	488	MW~HW	적색 ~ 암회색 셰일
4	S-13	-	-	-	RS	풍 화 토
	S-14	43	0°	471	MW~HW	암회색 셰일
	S-15	43	-90°	518	MW	흑색 셰일
	S-16	52	-90°	682	MW	흑색 셰일
	S-17	49	-90°	635	MW	흑색 셰일

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
4	S-18	38	-45°	412	MW~HW	흑색 셰일
	S-19	41	-90°	482	MW~HW	암회색 ~ 흑색 셰일
5	S-20	36	-45°	376	MW~HW	적색 ~ 암회색 셰일
	S-21	58	-90°	706 이상	SW~MW	암회색 셰일
	S-22	59	-90°	706 이상	SW~MW	암회색 셰일
	S-23	56	-45°	706 이상	SW~MW	흑색 셰일
	S-24	50	-90°	647	SW~MW	흑색 셰일
	S-25	26	-90°	238	MW	적색~ 암회색 셰일
	S-26	20	-90°	147	MW~HW	적색 셰일

<표 2.38> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 좌측사면의 슈미트해머에 의한 일축압축강도 측정결과

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
1	V-1	47	0°	547	SW~MW	암회색 사암
	V-2	53	-90°	706	SW~MW	암회색 사암
	V-3	55	-45°	706 이상	SW~MW	암회색 사암
	V-4	54	-90°	706 이상	SW~MW	암회색 사암
	V-5	52	-90°	682	SW~MW	암회색 사암
2	V-6	43	-45°	471	SW~MW	청회색 사암
	V-7	45	0°	506	SW~MW	청회색 사암
	V-8	45	0°	506	SW~MW	청회색 사암
	V-9	60	0°	706 이상	SW~MW	청회색 사암
	V-10	40	-45°	447	SW~MW	청회색 사암
	V-11	17	-45°	135 이하	HW	적색 셰일
	V-12	-	-	-	RS	풍 화 토
3	V-13	57	-45°	706 이상	SW~MW	청회색 사암
	V-14	56	0°	706 이상	SW~MW	청회색 사암
	V-15	55	0°	706 이상	SW~MW	청회색 사암
	V-16	47	-45°	582	SW~MW	청회색 사암
	V-17	49	-45°	618	SW~MW	청회색 사암

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm²)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
3	V-18	50	-45°	635	SW~MW	청회색 사암~암회색 셰일
	V-19	47	-90°	588	MW	적색 ~ 암회색 셰일
	V-20	23	-45°	171	HW~CW	적색 셰일
4	V-21	50	-45°	635	SW	흑색 셰일
	V-22	56	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	V-23	57	-90°	706 이상	SW	흑색 셰일
	V-24	58	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	V-25	56	0°	706	SW	흑색 셰일
	V-26	56	0°	706	SW	흑색 셰일
	V-27	53	-45°	694	SW	흑색 셰일
	V-28	58	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	V-29	58	-90°	706 이상	SW	흑색 셰일
	V-30	53	-45°	694	SW	흑색 셰일
5	V-31	22	-90°	171	HW~CW	적색 셰일
	V-32	21	-45°	147	HW~CW	암회색 사암 ~ 적색 셰일
	V-33	-	-	-	RS	풍 화 토
6	V-34	20	-90°	147	HW~CW	풍 화 토 ~ 적색 셰일
	V-35	21	-90°	159	HW~CW	적색 셰일
	V-36	23	-45°	171	HW~CW	적색 셰일
	V-37	24	-90°	200	HW~CW	적색 셰일

<표 2.39> 범물지구~고산국도간 도로 STA.0+280~STA.2+460 좌측사면의 슈미트해머에 의한 일축압축강도 측정결과

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
1	T-1	13	-90°	147 이하	HW~CW	적색 셰일
	T-2	14	-90°	147 이하	HW~CW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-3	22	0°	129	HW~CW	적색 ~ 암회색 셰일
2	T-4	-	-	-	RS	풍 화 토
	T-5	18	-45°	135 이하	HW~CW	적색 셰일
	T-6	19	-90°	147 이하	HW~CW	적색 셰일
	T-7	20	0°	129 이하	HW~CW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-8	18	-90°	147 이하	HW	암회색 셰일
	T-9	16	0°	129 이하	HW	적색 셰일
3	T-10	18	-45°	135 이하	HW	적색 셰일
	T-11	22	-45°	159	HW	적색 셰일
	T-12	28	-45°	247	HW	적색 셰일
	T-13	35	-90°	376	HW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-14	30	-90°	294	SW~MW	흑색 셰일
	T-15	32	-90°	329	SW~MW	흑색 셰일
	T-16	18	-45°	135 이하	HW	적색 셰일
	T-17	23	-90°	188	HW	적색 셰일

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
4	T-18	22	-90°	171	HW	적색 셰일
	T-19	24	-45°	188	MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	T-20	41	0°	435	SW~MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	T-21	45	-45°	541	SW~MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	T-22	37	-90°	412	SW~MW	흑색 셰일
	T-23	30	-90°	294	SW~MW	흑색 셰일
	T-24	35	-90°	376	SW~MW	적색 ~ 흑색 셰일
	T-25	30	-90°	294	SW~MW	적색 ~ 암회색 셰일
	T-26	45	-45°	553	HW	적색 ~ 흑색 셰일
	T-27	52	-45°	671	SW~MW	흑색 셰일

<표 2.40> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면의 슈미트해머에 의한 일축압축강도 측정결과

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
1	U-1	46	-45°	565	SW~MW	청회색 사암
	U-2	47	-90°	588	SW~MW	청회색 사암
	U-3	41	-45°	471	SW~MW	청회색 사암
2	U-4	43	-45°	506	HW~CW	적색 셰일
	U-5	44	-45°	529	HW~CW	적색 셰일
	U-6	40	-90°	471	HW~CW	적색 셰일
	U-7	35	0°	329	HW~CW	적색 셰일
	U-8	31	0°	259	HW~CW	적색 셰일
	U-9	35	-45°	365	SW~HW	청회색 사암 ~ 적색 셰일
	U-10	57	-45°	706 이상	SW	청회색 사암
	U-11	57	-45°	706 이상	SW	청회색 사암
	U-12	61	-45°	706 이상	SW	청회색 사암
3	U-13	22	-90°	171	HW	적색 셰일
	U-14	23	-90°	188	HW	적색 셰일
	U-15	20	-90°	147	HW	적색 셰일
	U-16	22	-45°	159	HW	적색 셰일
	U-17	55	-45°	706 이상	SW	청회색 사암

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
3	U-18	40	-45°	447	MW	적색 셰일
	U-19	41	-45°	471	SW	청회색 사암~ 암회색 셰일
	U-20	43	-45°	506	SW	청회색 사암~ 암회색 셰일
	U-21	41	-45°	471	SW	청회색 사암
	U-22	55	-45°	706 이상	SW	청회색 사암
4	U-23	21	-90°	159	HW	적색 셰일
	U-24	28	-45°	247	HW	적색 셰일
	U-25	27	-45°	235	HW	적색 셰일
	U-26	27	-45°	235	HW	적색 셰일
	U-27	51	0°	624	MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-28	54	0°	682	MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-29	61	0°	706 이상	SW	암회색 ~ 흑색 셰일 사암관입
	U-30	60	0°	706 이상	SW	암회색 ~ 흑색 셰일 사암관입
	U-31	61	0°	706 이상	SW	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-32	63	-45°	706 이상	SW	암회색 셰일 사암관입
	U-33	56	-45°	706 이상	MW~HW	적색 셰일
	U-34	58	-45°	706 이상	HW	적색 셰일

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm²)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
5	U-35	29	-45°	259	HW	적색 셰일
	U-36	30	-45°	280	HW	적색 셰일
	U-37	29	-45°	259	HW	적색 셰일
	U-38	30	-45°	280	HW	적색 셰일
	U-39	48	0°	565	MW	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-40	48	0°	565	SW	흑색 셰일
	U-41	47	0°	547	SW	흑색 셰일 사암관입
	U-42	51	-45°	659	SW	흑색 셰일
	U-43	52	-90°	682	SW	흑색 셰일
	U-44	53	-45°	694	SW	흑색 셰일
	U-45	47	-45°	582	SW~MW	흑색 셰일 사암관입
	U-46	30	-45°	280	MW	암회색 셰일 사암관입
	U-47	37	-90°	412	MW~HW	암회색 셰일 사암관입
6	U-48	41	-45°	471	SW	흑색 셰일
	U-49	38	-90°	435	SW	흑색 셰일
	U-50	38	-90°	435	SW	흑색 셰일
	U-51	53	-45°	694	SW	흑색 셰일

ZONE	SECTION	반발수치		일축압축강도 환산치(kg/cm^2)	비 고	
		반발수치(R)	타격각도		풍화도	암석의 종류
6	U-52	61	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-53	60	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-54	59	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-55	68	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-56	67	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-57	61	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-58	58	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-59	59	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-60	58	-45°	706 이상	SW	흑색 셰일
	U-61	50	-90°	647	SW	흑색 셰일

2.4.3 점하중강도시험 (Point Load Strength Test)

2.4.3.1 시험방법

점하중 시험은 암판정을 정량적으로 쉽고 빠르게 현장에서 수행할 수 있을 뿐 아니라, 일축압축강도를 비교적 정밀하게 추정할 수 있는 방법으로도 사용된다. 점하중 시험은 시료에 점하중을 가하여 시료내에 인장강도가 발생하게 하여서 암석을 파괴하는 방법이다. 일반적으로 암석의 인장강도는 압축강도 보다도 1/10~1/15 정도로 매우 작기 때문에 이러한 성질을 이용하여 현장에 운반이 가능한 비교적 적은 유압시험기로 암석의 인장강도를 구하여 일축강도를 추정하고자 하는 목적에서 개발된 방법이다. 점하중 시험은 시추코아와 같은 성형된 정형시료로서도 가능하나 일반적인 무정형시료도 가능한 것이 본 시험의 장점이다.

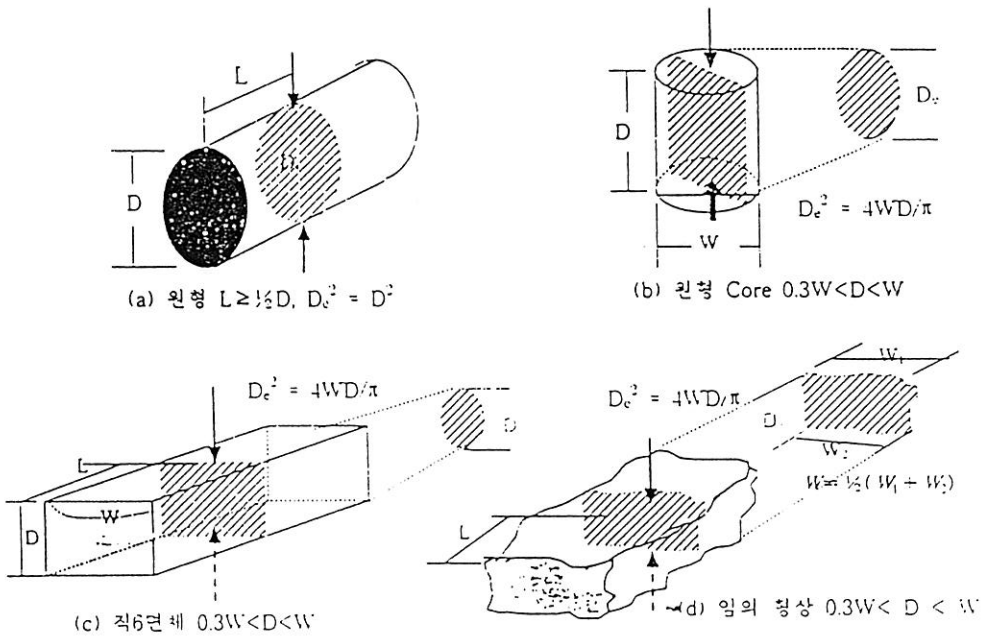
불규칙한 시료는 현장에서 쉽게 구할 수 있을 뿐만 아니라, 특히 성형하기에도 너무 약한 시료로서도 점하중 시험이 가능하다. 이 시험은 Brook의 사고방식에 의하면 <그림 2.16>에 제시한 바와 같이 4종류 시료 형상에 대하여 그림과 같이 재하하는 시험을 생각하여 각각 (a)직경방향 시험, (b)축방향 시험, (c)블록시험, (d)불규칙 암괴시험이라고 하며, 이들 시험결과로부터 무수정 점하중강도 I_s라 하는 것을 다음과 같이 정의 하고 있다.

$$I_s = \frac{P}{De^2}$$

여기에서 P는 최대하중, De는 등가 core 직경이라고 하는 것이며 다음과 같이 주어진다.

- 직경방향의 시험의 경우 : $De^2 = D^2$
- 축방향, 블록, 불규칙 암괴시험의 경우 : $De^2 = 4A/\pi$

여기에서 A는 양 재하점을 포함한 시료 단면 중에서 면적이 최소로 되는 면의 면적이며, $A = W \cdot D$로 된다. W는 그림과 같이 횡축을 나타내는 값이다.



<그림 2.16> 점하중강도시험과 시료형상

요컨대 De는 최소단면적 A를 가진 단면을 동등한 면적을 가진 원에 환산했을 때의 직경이라고 할 수 있다. 그런데 I_s는 De의 함수로 되며 같은 특성을 가진 암석이라도 De가 다르면 I_s도 다르게 된다. 따라서 De = 50mm의 core를 사용하고 직경방향시험을 했을 때의 점하중강도를 기준으로 선택하여, 다른 De시료에 대해서는 이것으로 환산하고 수정점하중 강도 $I_{s(50)}$으로하여 점하중시험을 규준화 한다. 단, $I_{s(50)}$에의 환산은 다음과 같이 한다.

$$I_{s(50)} = F \cdot I_s, \quad F = \left(\frac{De}{50}\right)^{0.45}$$

2.4.3.2 시험결과

각 사면별 점하중강도시험 결과는 <표 2.41> 및 <표 2.44>와 같으며 풍화가 심한 경우에는 점하중 시료의 채취가 불가능하여 사면의 표면을 약간 걷어낸후 그 안쪽의 시료를 채취하였다.

점하중강도시험 성과는 "부록 4"에 첨부하였다.

(본 점하중강도 시험치는 절취작업 완료후 상당기간 경과하여 풍화가 많이 진행된 상태에서 채취한 시료로 시험했기 때문에 실제 모암의 강도에 비해 현저히 저하된 상태의 값이므로 토공사의 암반 분류기준으로 사용할 수 없음)

<표 2.41> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 점하중강도시험 결과표

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
1	S-1	4.0	97	적색 셰일
	S-2	9.0	215	적색 셰일
	S-3	10.4	249	적색 셰일
2	S-4	6.5	156	적색 셰일
	S-5	38.5	924	적색 셰일
	S-6	21.8	524	적색 셰일
	S-7	-	-	풍 화 토
3	S-8	9.0	215	적색 셰일
	S-9	26.9	645	적색 셰일
	S-10	17.5	419	적색 ~ 암회색 셰일
	S-11	22.6	542	암회색 셰일
	S-12	15.8	379	적색 ~ 암회색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
4	S-13	-	-	풍 화 토
	S-14	25.6	615	암회색 셰일
	S-15	30.3	728	흑색 셰일
	S-16	24.9	597	흑색 셰일
	S-17	38.6	925	흑색 셰일
	S-18	22.0	527	흑색 셰일
	S-19	16.0	384	적색 ~ 흑색 셰일
5	S-20	18.9	454	적색 ~ 암회색 셰일
	S-21	53.1	1,275	암회색 셰일
	S-22	55.0	1,319	암회색 셰일
	S-23	39.9	958	흑색 셰일
	S-24	29.6	712	흑색 셰일
	S-25	14.8	354	적색 ~ 암회색 셰일
	S-26	12.4	298	적색 셰일

<표 2.42> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 점하중강도시험 결과표

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
1	V-1	28.6	685	암회색 사암
	V-2	53.9	1,293	암회색 사암
	V-3	60.5	1,452	암회색 사암
	V-4	55.3	1,327	암회색 사암
	V-5	22.7	544	청회색 사암
2	V-6	24.8	596	청회색 사암
	V-7	29.4	705	청회색 사암
	V-8	38.5	924	청회색 사암
	V-9	70.6	1,695	청회색 사암
	V-10	30.9	742	청회색 사암
	V-11	10.4	249	적색 셰일
	V-12	-	-	풍 화 토
3	V-13	64.3	1,542	청회색 사암
	V-14	55.3	1,327	청회색 사암
	V-15	39.9	957	청회색 사암
	V-16	35.1	842	청회색 사암
	V-17	36.5	875	청회색 사암
	V-18	39.7	952	청회색 사암~ 암회색 셰일
	V-19	35.3	847	적색 ~ 암회색 셰일
	V-20	13.5	325	적색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
4	V-21	17.7	424	흑색 셰일
	V-22	39.6	951	흑색 셰일
	V-23	50.6	1,215	흑색 셰일
	V-24	35.3	848	흑색 셰일
	V-25	33.1	795	흑색 셰일
	V-26	38.5	924	흑색 셰일
	V-27	55.2	1,325	흑색 셰일
	V-28	45.2	1,084	흑색 셰일
	V-29	39.7	952	흑색 셰일
	V-30	35.3	847	흑색 셰일
5	V-31	9.8	235	적색 셰일
	V-32	13.1	315	암회색 사암 ~적색 셰일
	V-33	-	-	풍 화 토
6	V-34	9.0	216	풍화토 ~ 적색 셰일
	V-35	5.9	142	적색 셰일
7	V-36	13.1	315	적색 셰일
	V-37	12.5	299	적색 셰일

<표 2.43> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 점하중강도시험 결과표

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
1	T-1	8.0	192	적색 셰일
	T-2	9.1	218	적색 ~ 암회색 셰일
	T-3	10.5	251	적색 ~ 암회색 셰일
2	T-4	-	-	풍 화 토
	T-5	9.0	216	적색 셰일
	T-6	13.6	327	적색 셰일
	T-7	12.5	299	적색 ~ 암회색 셰일
	T-8	10.3	248	암회색 셰일
	T-9	6.5	156	적색 셰일
3	T-10	8.8	212	적색 셰일
	T-11	13.1	315	적색 셰일
	T-12	20.4	489	적색 셰일
	T-13	21.8	524	적색 ~ 암회색 셰일
	T-14	13.6	327	흑색 셰일
	T-15	17.7	424	흑색 셰일
	T-16	9.0	215	적색 셰일
	T-17	8.9	215	적색 셰일
	T-18	17.7	425	적색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
4	V-19	16.1	386	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-20	39.2	942	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-21	31.1	748	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-22	21.7	521	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-23	37.3	895	암회색 ~ 흑색 셰일
	V-24	38.7	928	적색 ~ 흑색 셰일
	V-25	13.6	327	적색 ~ 암회색 셰일
	V-26	19.1	458	적색 ~ 흑색 셰일
	V-27	29.7	712	흑색 셰일

<표 2.44> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 점하중강도시험 결과표

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
1	U-1	19.8	474	청회색 사암
	U-2	25.6	615	청회색 사암
	U-3	22.0	527	청회색 사암
2	U-4	32.5	781	적색 셰일
	U-5	20.2	485	적색 셰일
	U-6	11.4	274	적색 셰일
	U-7	21.6	519	적색 셰일
	U-8	13.1	314	적색 셰일
	U-9	22.5	541	청회색 사암 ~적색 셰일
	U-10	45.2	1,084	청회색 사암
	U-11	41.0	985	청회색 사암
	U-12	43.7	1,048	청회색 사암
3	U-13	17.3	415	적색 셰일
	U-14	15.6	375	적색 셰일
	U-15	13.5	324	적색 셰일
	U-16	15.5	372	적색 셰일
	U-17	47.7	1,144	청회색 사암
	U-18	21.3	512	적색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
3	U-19	27.7	664	청회색 사암~ 암회색 셰일
	U-20	21.1	507	청회색 사암~ 암회색 셰일
	U-21	13.1	314	청회색 사암
	U-22	50.5	1,212	청회색 사암
4	U-23	13.0	315	적색 셰일
	U-24	11.5	275	적색 셰일
	U-25	14.4	345	적색 셰일
	U-26	9.0	216	적색 셰일
	U-27	38.6	925	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-28	45.3	1,088	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-29	50.6	1,215	암회색 ~ 흑색 셰일 사암관입
	U-30	47.8	1,147	암회색 ~ 흑색 셰일 사암관입
	U-31	54.9	1,317	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-32	50.8	1,219	암회색 셰일 사암관입
	U-33	43.7	1,048	적색 셰일
	U-34	38.0	912	적색 셰일
5	U-35	10.2	244	적색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
5	U-36	13.2	316	적색 셰일
	U-37	19.1	458	적색 셰일
	U-38	13.0	312	적색 셰일
	U-39	19.9	478	암회색 ~ 흑색 셰일
	U-40	36.5	875	흑색 셰일
	U-41	28.4	681	흑색 셰일 사암관입
	U-42	33.5	804	흑색 셰일
	U-43	31.6	758	흑색 셰일
	U-44	38.6	926	흑색 셰일
	U-45	18.9	454	흑색 셰일 사암관입
	U-46	16.2	388	암회색 셰일 사암관입
	U-47	25.2	605	암회색 셰일 사암관입
6	U-48	20.5	493	흑색 셰일
	U-49	20.0	481	흑색 셰일
	U-50	21.4	514	흑색 셰일
	U-51	35.2	846	흑색 셰일
	U-52	38.5	924	흑색 셰일
	U-53	44.9	1,077	흑색 셰일

ZONE	SECTION	표준점하중강도 지수 ($I_{s(50)}$)	일축압축강도 환산값 (kg/cm^2)	비 고
6	U-54	43.4	1,042	흑색 셰일
	U-55	61.5	1,475	흑색 셰일
	U-56	55.4	1,331	흑색 셰일
	U-57	50.2	1,205	흑색 셰일
	U-58	46.6	1,118	흑색 셰일
	U-59	40.7	978	흑색 셰일
	U-60	50.7	1,217	흑색 셰일
	U-61	32.5	781	흑색 셰일

제3장

암반의 분류 및 평가

3.1 암반의 분류

암반분류는 일반적으로 암반굴착의 난이도 및 강도에 의한 분류(건설품셈, 지질조사 표준품셈)와 터널설계를 위한 공학적인 분류인 RMR (South African Council for Scientific and Industrial Research), Q-System (Norwegian Geotechnical Institute) 및 각국의 기관에서 정한 기준 등이 있으나, 본 검토에서는 RMR 분류 기준을 근거로하여 사면검토에 응용된 SMR (Slope Mass Rating) 분류를 적용하여 대상 사면의 암반평가 및 안정성을 검토하였다.

3.1.1 건설품셈에 의한 암반분류

건설품셈에 의한 암반분류는 일축압축강도 및 탄성파 속도를 기준으로 작성하였으며, 분류기준은 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 건설품셈에 의한 암반분류

구분 / 암종	그룹	자연상태의 탄성파속도 V(km/sec)	암 편 탄성파속도 Vc(km/sec)	암편 내압 강 도 (kg/cm^2)	그룹분류 / 부 분	A 그룹	B 그룹
풍화암	A B	0.7~1.2 1.0~1.8	2.0~2.7 2.5~3.0	300~700 100~200	대표적 암명	편마암,사질편암,녹색편암,석회암,사암,안산암,현무암,역암,화강암,휘록응회암, 감람암	흑색편암,녹색편암,휘록응회암,혈암,이암,응회암,집괴암
연 암	A B	1.2~1.9 1.8~2.8	2.7~3.7 3.0~4.3	700~1,000 200~500	함유물 등에 의한 시각판정	사질분,석영질분을 다량 함유하고 암질이 단단한 것	사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 것 천매상의 것
보통암	A B	1.9~2.9 2.8~4.1	3.7~4.7 4.3~5.7	1,000~1,300 500~800	500~1,000 gr해머의 타격에 의한 판정	타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되거나 거의 암분으로 남기지 않는 것	타격점의 암 자신이 부서지지 않고, 분상이 되어 남으며 암편이 별로 비산되지 않는 것
경 암	A B	2.9~4.2 4.1이상	4.7~5.8 5.7이상	1,300~1,500 800이상			
극경암	A	4.2이상	5.8이상	1,600이상			

3.1.2 지질조사 표준품셈에 의한 암반분류

지질조사 표준품셈의 암반분류는 시추조사시의 굴진의 난이도, 암반의 풍화상태, 균열상태, 암석코아 상태, Hammer Blow, 암반의 투수성, 탄성파 속도 등을 기준으로 작성되었으며, 분류기준은 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> 지질조사 표준품셈에 의한 암반분류

암반분류	시추굴진 상황	암반의 성질						비고 qc kg/cm²
		풍화변질 상태	균열상태	코아상태	함마타격	침수시험	탄성파 속도 km/sec	
풍화암	Metal bit로 용이하게 굴진 가능하며 때로는 무수 보링도 가능	암내부까지 풍화진행. 암의 구조 및 조직이 남아 있음	균열은 많으나 점토화의 진행으로 거의 밀착상태	세편상 암편이 남아 있고, 손으로 부서짐. 원형코아가 없음	손으로 부서짐	원형보존이 거의 불가능하며 세편상으로 분리됨	< 1.2	125 이하
연암	Metal bit로 용이하게 굴진 가능한 암반	암내부의 일부를 제외하고 풍화진행, 장석, 운모등 변질	균열이 많이 발달, 균열간격은 5 cm 이하이고, 점토 협재	암편상-세편상 (간력상) 원형코아가 적고 원형복구 곤란	함마로 치면 가볍게 부서짐	세편상으로 분리되고, 암괴로도 분리됨	1.2~2.5	125~400
보통암	Metal bit로 굴진 가능 하나 Diamo-nd bit를 사용하면 코아 회수율이 양호한 암반	균열을 따라 다소 풍화진행, 장석 및 유색광물은 일부 변색됨	균열이 발달, 일부는 점토를 협재함. 균열간격은 10cm 이내	암편상-단주상, 10cm 이하이며, 특히 5cm 내외의 코아가 많음	함마로 치면 탁음을 내고 부서짐	암괴로 분리, 입자의 분산은 거의 없고 변화하지 않음	2.5~3.5	400~800
경암	Diamond bit를 사용하지 않으면 굴진하기 곤란한 암반	대체로 신선, 균열을 따라 약간 풍화 변질됨. 암내부는 신선함	균열의 발달이 적으며, 균열간격은 5~15cm, 대체로 밀착상태이나 일부는 Open 됨	단주상-봉상, 대체로 20cm 이하 1m당 5-6개 이상	함마로 치면 금속음을내고 튀는 경향을 보임	거의 변화하지 않음	3.5~4.8	800~1,200

주) 지질조사 표준품셈

3.1.3 Geomechanics Classification (RMR)에 의한 분류

RMR(Rock Mass Rating)은 1973년 Bieniawski가 제안(1989년 수정안 제시)한 방법으로 5가지 평가항목, 즉 신선한 암석(Intact Rock)의 일축압축강도, RQD(Rock Quality Designation), 불연속면의 간격, 불연속면의 상태, 지하수의 유입량에 따라 평점을 부여하고 불연속면의 주향과 경사에 의해 보정한 평점 합계에 의하여 암반을 5등급으로 구분하며 암반등급에 따라 점착력 및 내부마찰각을 추정할 수 있다.

암반의 평가항목과 평점, 불연속면의 주향과 경사에 따른 보정기준, 암반등급별 제안 강도정수는 <표 3.3>~<표 3.5>와 같다.

<표 3.3> 평가항목 및 평점

분류기준			값의 범위						
1	신선암강도	점하중강도지수	>10 Mpa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	일축압축강도 적용		
		일축압축강도	> 250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	< 1 Mpa
	점수		15	12	7	4	2	1	0
2	암질지수 (RQD)		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
	점수		20	17	13	8	3		
3	불연속면의 간격		> 2m	0.6-2m	0.2-0.6m	60-200mm	< 60mm		
	점수		20	15	10	8	5		
4	불연속면의 상태		매우거침 불연속 이격없음 신선	다소거침 이격 < 1mm 약간풍화	다소거침 이격 < 1mm 심한풍화	매끄럽다 홈두께 < 5mm두께 이격1-5m	연약한 홈 > 5mm 두께 이격 > 5mm 연속된 이격		
	점수		30	25	20	10	0		
5	지하수	터널길이 10m당 유입량	없음	< 10 (1/min)	10-25 (1/min)	25-125 (1/min)	> 125 (1/min)		
		불연속면수압 / 최대주응력의 비	0	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		일반적 조건	완전 건조	습기가 있음	젖어 있음	물방울이 떨어짐	물이흐름		
	점수		15	10	7	4	0		

※ 1 Mpa = 10.917 kg/cm^2

<표 3.4> 평점 보정 기준

불연속면의 주향과 경사		매우유리	유 리	양 호	불 리	매우불리
점 수	터 널	0	-2	-5	-10	-12
	기 초	0	-2	-7	-15	-25
	사 면	0	-5	-25	-50	-60

<표 3.5> 암반강도 분류기준 및 제안강도정수

점 수	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
등 급	I	II	III	IV	V
구 분	매우양호	양 호	보 통	불 량	매우불량
점착력(kg/cm^2)	> 4	3~4	2~3	1~2	< 1
내부마찰각	> 45°	35~45°	35~45°	35~45°	< 15°

3.1.4 SMR (Slope Mass Rating) 분류법

SMR 분류법은 Mr. Romana(1993년)가 제시한 암반분류법으로서 RMR 분류법을 암반사면의 안정성 평가에 적합하도록 수정한 것이다. 평가항목 및 평점은 RMR 분류법과 동일하며, 평점의 보정기준을 불연속면과 절취사면의 주향 차이각, 평면파괴시 불연속면의 경사각, 불연속면과 절취사면 경사각의 상관관계; 절취공법에 따라 세분화하였다.

평점 보정기준 및 보정후 평점 합계에 의한 암반등급분류, 사면안정성 평가 내용은 <표 3.6>~<표 3.8>과 같으며 RMR 분류법의 기준에 따라 평가된다.

$$SMR = RMR + \{(F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4\}$$

여기서 $F_1 \sim F_4$: <표 3.6>~<표 3.8>의 값

<표 3.6> 불연속면에 대한 보정

구 분		매우양호	양 호	보 통	불 량	매우불량
P	$\lvert \alpha_j - \alpha_s \rvert$	> 30°	30-20°	20-10°	10-5°	<5°
T	$\lvert (\alpha_j - \alpha_s)-180 \rvert$					
P/T	F1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	$\lvert \beta_j \rvert$	< 20°	20-30°	30-35°	35-45°	> 45°
P	F2	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
T	F2	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	> 10°	10-0°	0°	0 ~ -10	< -10°
T	$\beta_j + \beta_s$	> 110°	110-120°	> 120°	-	-
P/T	F3	0	-6	-25	-50	-60

P : 평면파괴, α_j : 불연속면의 경사방향, β_j : 불연속면의 경사각
T : 전도파괴, α_s : 사 면 의 경사방향, β_s : 사 면 의 경사각

<표 3.7> 절토방법에 대한 보정

방 법	자연사면	Presplitting (사전파괴사면)	Smooth Blasting	일반발파 기계적 리핑	불완전한 발파
F4	15	10	8	0	-8

<표 3.8> SMR 평가 (SMR = RMR + (F1×F2×F3) + F4)

등 급	SMR	판 정	안 정 성	예 상 파 괴
I	81~100	매우양호	매 우 안 정	-
II	61~80	양 호	안 정	약간의 블럭
III	41~60	보 통	부분적안정	일부 불연속면 다수의 쐐기형 파괴
IV	21~40	불 량	불 안 정	평면파괴 큰 쐐기형 파괴
V	0~20	매우불량	매우불안정	대규모 평면파괴 토사형의 파괴

3.2 암반 분류에 의한 평가

3.2.1 RMR에 의한 평가

RMR 분류 기준을 토대로 본 절토사면에 노출된 암반의 등급을 SECTION 별로 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

3.2.1.1 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측 사면의 RMR에 의한 평가

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
1	S-1	118	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
	S-2	177	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
	S-3	194	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
2	S-4	145	2	40	8	40	5	2	4	1	2	1	4	29	Ⅳ
	S-5	815	7	40	8	40	5	1	0	1	2	1	4	29	Ⅳ
	S-6	597	7	40	8	75	10	1	4	1	2	1	4	38	Ⅳ
	S-7	-	토	사	사	면	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S-8	181	2	50	8	40	5	2	4	1	2	1	15	40	Ⅳ
	S-9	581	7	50	8	35	5	1	4	1	2	3	15	46	Ⅲ
	S-10	468	4	50	8	40	5	1	4	1	2	3	15	43	Ⅲ
	S-11	477	4	50	8	40	5	1	4	1	2	3	15	43	Ⅲ
	S-12	433	4	50	8	40	5	2	4	1	2	3	15	44	Ⅲ
4	S-13	-	토	사	사	면	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S-14	543	4	60	13	150	8	1	5	3	6	3	15	58	Ⅲ
	S-15	623	7	60	13	150	8	1	5	3	6	3	15	61	Ⅱ
	S-16	639	7	60	13	150	8	1	5	3	6	3	15	61	Ⅱ

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
4	S-17	780	7	60	13	150	8	2	5	3	6	3	15	62	II
	S-18	469	7	60	13	150	8	2	5	3	6	3	15	62	II
	S-19	433	7	60	13	150	8	2	5	3	6	3	15	62	II
5	S-20	415	7	60	13	150	8	1	5	3	6	3	15	61	II
	S-21	990	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II
	S-22	1,012	12	60	13	150	8	1	6	3	6	5	15	69	II
	S-23	832	7	60	13	150	8	1	6	3	6	5	15	64	II
	S-24	679	7	60	13	150	8	1	6	3	6	5	15	64	II
	S-25	296	7	60	13	150	8	1	4	3	6	3	15	60	III
	S-26	222	4	60	13	150	8	1	4	3	6	3	15	57	III

※ 압축강도 : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치의 평균치를 채택함.

※ R Q D : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치 및 현장조사 결과를 고려하여 사면 최상단부(ZONE 1)는 20%, 상단에서 2번째 사면(ZONE 2)은 40%, 상단에서 3번째 사면(ZONE 3)은 50%, 그 이하 사면(ZONE 4 및 5)은 60%를 적용함.

3.2.1.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측 사면의 RMR에 의한 평가

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
1	V-1	616	7	20	3	300	10	2	5	3	6	5	15	56	Ⅲ
	V-2	999	7	20	3	300	10	2	5	3	6	5	15	56	Ⅲ
	V-3	1,079	7	20	3	300	10	2	5	3	6	5	15	56	Ⅲ
	V-4	416	4	20	3	300	10	2	5	3	6	5	15	53	Ⅲ
	V-5	613	7	20	3	300	10	2	5	3	6	5	15	56	Ⅲ
2	V-6	533	4	40	8	300	10	2	4	3	6	5	15	57	Ⅲ
	V-7	605	7	40	8	300	10	2	4	3	6	5	15	60	Ⅲ
	V-8	715	7	40	8	300	10	2	4	3	6	5	15	60	Ⅲ
	V-9	1,200	12	40	8	300	10	2	4	3	6	5	15	65	Ⅱ
	V-10	594	7	40	8	125	8	2	4	3	6	5	15	58	Ⅲ
	V-11	192	2	40	8	35	5	2	4	1	6	1	15	44	Ⅲ
	V-12	-	토	사	사	면	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	V-13	1,124	12	60	13	300	10	2	4	3	6	5	15	70	Ⅱ
	V-14	1,016	7	60	13	300	10	2	4	3	6	5	15	65	Ⅱ
	V-15	831	7	60	13	300	10	2	4	3	6	5	15	65	Ⅱ
	V-16	712	7	60	13	300	10	2	4	3	6	5	15	65	Ⅱ
	V-17	746	7	60	13	300	10	2	4	3	6	5	15	65	Ⅱ
	V-18	793	7	60	13	300	10	2	4	3	6	5	15	65	Ⅱ
	V-19	717	7	60	13	125	8	2	5	1	6	3	15	60	Ⅲ
	V-20	248	2	60	13	125	8	2	5	1	6	1	15	53	Ⅲ

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
4	V-21	529	4	80	17	500	10	2	6	3	6	5	15	68	II
	V-22	828	7	80	17	500	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-23	960	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-24	777	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-25	750	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-26	815	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-27	1,015	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-28	895	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-29	829	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
	V-30	770	7	80	17	350	10	2	6	3	6	5	15	71	II
5	V-31	203	2	20	3	75	8	2	4	3	6	1	10	39	IV
	V-32	231	2	20	3	75	8	2	4	3	6	1	10	39	IV
	V-33	-	토	사	사	면	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	V-34	181	2	40	8	27	5	2	4	1	6	1	7	36	IV
	V-35	150	2	40	8	27	5	2	4	1	6	1	7	36	IV
7	V-36	243	2	60	13	35	5	2	4	1	6	1	15	49	III
	V-37	249	2	60	13	35	5	2	4	1	6	1	15	49	III

※ 압축강도 : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치의 평균치를 채택함.

※ R Q D : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치 및 현장조사 결과를 고려하여 사면 최상단부(ZONE 1 및 5)는 20%, 상단에서 2번째 사면(ZONE 2 및 6)은 40%, 상단에서 3번째 사면(ZONE 3 및 7)은 60%, 그 이하 사면(ZONE 4)은 80%를 적용함.

3.2.1.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측 사면의 RMR에 의한 평가

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
1	T-1	169	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
	T-2	182	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
	T-3	190	2	20	3	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
2	T-4	-	토	사	사	면	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	T-5	181	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
	T-6	237	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
	T-7	214	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
	T-8	197	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
	T-9	142	2	40	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
3	T-10	173	2	50	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
	T-11	237	2	50	8	75	8	1	4	1	2	1	15	42	Ⅲ
	T-12	368	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	Ⅲ
	T-13	450	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	Ⅲ
	T-14	310	4	50	8	150	8	1	5	3	6	5	15	55	Ⅲ
	T-15	376	4	50	8	150	8	1	5	3	6	5	15	55	Ⅲ
	T-16	175	2	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	43	Ⅲ
	T-17	201	2	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	38	Ⅳ
	T-18	298	4	50	8	75	8	2	4	1	2	1	15	45	Ⅲ
4	T-19	287	4	60	13	75	8	2	5	3	6	3	15	59	Ⅲ
	T-20	688	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	Ⅱ

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
4	V-21	644	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II
	V-22	466	4	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	60	III
	V-23	594	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II
	V-24	652	7	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	63	II
	V-25	310	4	60	13	150	8	1	5	3	6	5	15	60	III
	V-26	505	4	60	13	150	8	1	4	3	6	1	15	55	III
	V-27	691	7	60	13	75	8	2	4	3	6	5	15	63	III

※ 압축강도 : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치의 평균치를 채택함.

※ R Q D : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치 및 현장조사 결과를 고려하여 사면 최상단부(ZONE 1)는 20%, 상단에서 2번째 사면(ZONE 2)은 40%, 상단에서 3번째 사면(ZONE 3)은 50%, 그 이하 사면(ZONE 4)은 60%를 적용함.

3.2.1.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측 사면의 RMR에 의한 평가

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
1	U-1	519	4	20	3	400	10	2	4	3	6	5	15	52	Ⅲ
	U-2	601	7	20	3	400	10	2	4	3	6	5	15	55	Ⅲ
	U-3	499	4	20	3	400	10	2	4	3	6	5	15	52	Ⅲ
2	U-4	643	7	40	8	75	8	1	4	1	6	1	15	51	Ⅲ
	U-5	507	4	40	8	75	8	1	4	1	6	1	15	48	Ⅲ
	U-6	372	4	40	8	75	8	1	4	1	6	1	15	48	Ⅲ
	U-7	424	4	40	8	75	8	1	4	1	6	3	15	50	Ⅲ
	U-8	286	4	40	8	75	8	1	4	1	6	3	15	50	Ⅲ
	U-9	588	7	40	8	400	10	2	4	3	6	3	15	58	Ⅲ
	U-10	895	7	40	8	400	10	2	4	3	6	5	15	60	Ⅲ
	U-11	845	7	40	8	400	10	2	4	3	6	5	15	60	Ⅲ
	U-12	877	7	40	8	400	10	2	4	3	6	5	15	60	Ⅲ
3	U-13	293	4	60	13	75	8	1	4	3	6	1	15	55	Ⅲ
	U-14	281	4	60	13	75	8	1	4	3	6	1	15	55	Ⅲ
	U-15	235	2	60	13	75	8	1	4	3	6	1	15	53	Ⅲ
	U-16	265	2	60	13	75	8	1	4	3	6	1	15	53	Ⅲ
	U-17	925	7	60	13	-	20	6	6	3	6	5	15	81	Ⅰ
	U-18	479	4	60	13	200	8	2	4	3	6	3	15	58	Ⅲ
	U-19	567	7	60	13	200	8	2	4	3	6	5	15	63	Ⅱ

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
3	U-20	506	4	60	13	200	8	2	4	3	6	5	15	60	Ⅲ
	U-21	392	4	60	13	-	20	2	4	3	6	5	15	72	Ⅱ
	U-22	959	7	60	13	200	8	2	6	3	6	5	15	65	Ⅱ
4	U-23	237	2	80	17	27	5	2	4	1	6	1	15	53	Ⅲ
	U-24	261	2	80	17	27	5	2	4	1	6	1	15	53	Ⅲ
	U-25	290	4	80	17	27	5	2	4	1	6	1	15	55	Ⅲ
	U-26	225	2	80	17	27	5	2	4	1	6	1	15	53	Ⅲ
	U-27	774	7	80	17	150	8	2	6	3	6	3	15	67	Ⅱ
	U-28	885	7	80	17	150	8	2	6	3	6	3	15	67	Ⅱ
	U-29	960	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	Ⅱ
	U-30	926	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	59	Ⅲ
	U-31	1,011	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	59	Ⅲ
	U-32	962	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	Ⅱ
	U-33	877	7	80	17	150	8	2	6	3	6	3	15	67	Ⅱ
	U-34	809	7	80	17	150	8	2	6	3	6	1	15	65	Ⅱ
5	U-35	251	2	80	17	27	5	1	1	4	6	1	15	52	Ⅲ
	U-36	298	4	80	17	27	5	1	1	4	6	1	15	54	Ⅲ
	U-37	358	4	80	17	27	5	1	1	4	6	1	15	54	Ⅲ

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
5	U-38	296	4	80	17	27	5	1	1	4	6	1	15	54	Ⅲ
	U-39	521	4	80	17	150	8	2	1	6	6	3	15	62	Ⅱ
	U-40	720	7	80	17	150	8	2	1	6	6	5	15	67	Ⅱ
	U-41	614	7	80	17	150	8	2	1	6	6	5	15	67	Ⅱ
	U-42	731	7	80	17	150	8	2	1	6	6	5	15	67	Ⅱ
	U-43	725	7	80	17	150	8	2	1	6	6	5	15	67	Ⅱ
	U-44	810	7	80	17	150	8	2	1	6	6	5	15	67	Ⅱ
	U-45	518	4	80	17	150	8	2	1	6	6	5	15	64	Ⅱ
	U-46	334	4	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	66	Ⅱ
	U-47	508	4	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	66	Ⅱ
6	U-48	482	4	80	17	75	8	2	5	3	6	5	15	65	Ⅱ
	U-49	458	4	80	17	75	8	2	5	3	6	5	15	65	Ⅱ
	U-50	474	4	80	17	75	8	2	5	3	6	5	15	65	Ⅱ
	U-51	770	7	80	17	75	8	2	5	3	6	5	15	68	Ⅱ
	U-52	815	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	Ⅱ
	U-53	891	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	Ⅱ
	U-54	874	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	Ⅱ
	U-55	1,090	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	Ⅱ

ZONE	SECTION	압축강도 (kg/cm^2)		RQD		불연속면 간격		불연속면의 상태					지하수	총점수	등급
		q_c	점수	RQD	점수	J_s (mm)	점수	연장성	틈새	조도	충진물	풍화도			
6	U-56	1,018	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	II
	U-57	955	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	II
	U-58	912	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	II
	U-59	842	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	II
	U-60	961	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	II
	U-61	714	7	80	17	150	8	2	6	3	6	5	15	69	II

※ 압축강도 : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치의 평균치를 채택함.

※ R Q D : 슈미트해머 시험치와 점하중강도 시험치 및 현장조사 결과를 고려하여 사면 최상단부(ZONE 1)는 20%, 상단에서 2번째 사면(ZONE 2)은 40%, 상단에서 3번째 사면(ZONE 3)은 60%, 그 이하 사면(ZONE 4~6)은 80%를 적용함.

3.2.2 SMR에 의한 평가

SMR 분류 기준으로 본 절토사면에 노출된 암반의 등급을 ZONE 별로 평가하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다. (각 ZONE의 RMR은 ZONE내 각 Section의 RMR 값의 대표치를 취하였음)

3.2.2.1 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측 사면의 SMR 평가

위 치	S M R 평 가					비 고
	SMR	등급	암질평가	사면안정성	예상파괴	
ZONE 1	36	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 2	31	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 3	40	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 4	60	Ⅲ	보통	부분적안정	일부불연속면 (낙석우려)	
ZONE 5	62	Ⅱ	양호	안 정	약간의 블럭 (낙석우려)	

3.2.2.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측 사면의 SMR 평가

위 치	S M R 평 가					비 고
	SMR	등급	암질평가	사면안정성	예상파괴	
ZONE 1	54	Ⅲ	보통	부분적안정	일부불연속면 (낙석우려)	
ZONE 2	55	Ⅲ	보통	부분적안정	일부불연속면 (낙석우려)	
ZONE 3	64	Ⅱ	양호	안 정	약간의 블럭 (낙석우려)	
ZONE 4	69	Ⅱ	양호	안 정	-	
ZONE 5	36	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 6	34	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 7	48	Ⅲ	보통	부분적안정	일부불연속면 (낙석우려)	

3.2.2.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측 사면의 SMR 평가

위 치	S M R 평 가					비 고
	SMR	등급	암질평가	사면안정성	예상파괴	
ZONE 1	35	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 2	39	Ⅳ	불량	불안정	평면파괴	
ZONE 3	47	Ⅲ	보통	부분적안정	일부불연속면 (평면파괴)	
ZONE 4	59	Ⅲ	보통	부분적안정	-	

3.2.2.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측 사면의 SMR 평가

위 치	S M R 평 가					비 고
	SMR	등급	암질평가	사면안정성	예상파괴	
ZONE 1	53	Ⅲ	보통	부분적안정	(낙석우려)	
ZONE 2	54	Ⅲ	보통	부분적안정	일부불연속면 (평면파괴,낙석우려)	
ZONE 3	49~63	Ⅱ~Ⅲ	보통~양호	안정~ 부분적안정	일부불연속면 (평면파괴,낙석우려)	
ZONE 4	51~65	Ⅱ~Ⅲ	보통~양호	안정~ 부분적안정	일부불연속면 (평면파괴,낙석우려)	
ZONE 5	51~64	Ⅱ~Ⅲ	보통~양호	안정~ 부분적안정	일부불연속면 (평면파괴,낙석우려)	
ZONE 6	65	Ⅱ	양호	안 정	-	

제4장

사면의 안정검토

4.1 사면안정검토 방법

4.1.1 토사 사면의 안정검토

4.1.1.1 사면안정 분석이론

사면안정 해석에 가장 보편적으로 사용하는 방법은 한계평형이론 (Limit Equilibrium Method : LEM)으로 한계평형이론의 기본 가정은 직선, 원호, 대수나선으로 가정된 표면이나 불규칙한 표면을 따라 Coulomb의 파괴기준이 만족한다는 것으로 가정하고, 활동 가능한 면을 따라 파괴가 일어나려는 순간에 있어서 토체의 안정성을 해석하는 것으로 산정한 안전율이 허용안전율 이상이 되면 사면은 파괴에 대해 안전하고 변형은 허용치 이내인 것으로 판단하고 있다.

한계평형이론 (Limit Equilibrium Method)은 이와같은 문제를 단순화하기 위한 가정을 설정하고 이 방법을 사용하여 간단한 정역학 이론으로 해답을 얻으려고 하는 것이다.

대표적인 해석방법으로는 ϕ=0 해석법, Fellenius 방법, Bishop 방법, Janbu 방법, Spencer 방법, Morgenstern & Price 방법, 일반한계평형방법(GLE) 등이 있다. 한계평형 이론에 의한 사면안정해석법은 다음 4가지의 공통된 특성을 가지고 있다.

(1) 안전율 F (Safety of Factor)의 정의가 동일한다.

즉 $F = S / \tau$

여기서 S : 전단강도

τ : 전단응력

(2) 흙의 강도 - 변위 특성은 취성이 아니며 큰 변화가 일어나는 동안에도 전단강도의 값은 동일하다고 생각한다. 한계평형이론에서는 변위를 전혀 고려하지 않으므로 이러한 가정이 필요하게 되며, 실제 이러한 단점을 보완하기 위해 최대강도보다 다소 적은 강도를 사용한다.

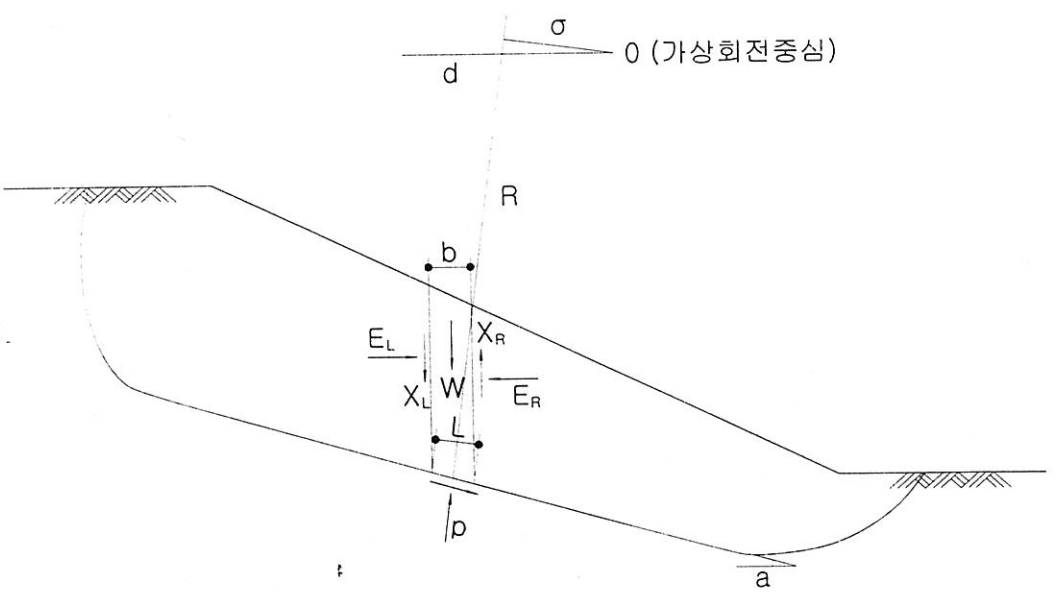
(3) 전단응력 τ와 활동면의 수직응력 σ를 산정하기 위하여 평형방정식을 사용하게 된다. 수직응력 σ는 다음과 같이 전단강도 S를 구하는데 필요하다.

$S = c + \sigma \tan\phi$

(4) 한계평형이론에 의한 사면안정 해석은 부정정의 문제이다. 즉, 미지수의 수가 방정식의 수보다 많다. 따라서 해를 구하기 위해서는 미지수의 수와 방정식의 수의 차이를 보완할 수 있는 개수만큼의 가정을 도입하게 된다.

o 일반한계평형(GLE) 절편법

Frelund과 Krahn(1977)이 발표한 일반 한계평형이론 (General Limit Equilibrium Method : GLE)인 절편법의 안전율을 구하는 식은 원호활동면과 비원호활동면에 대해 동일하나 비원호 활동면인 경우 가상회전 중심을 사용하여 모멘트 평형과 힘의 평형을 개별로 고려함으로서 모멘트에 대한 안전율(Fm)과 힘에 대한 안전율(F_f)을 구하는 2개식을 얻을수 있다.



<그림 4.1> 일반한계평형(GLE) 방법

각 절편의 저부에 전 수직응력을 σ, 전단응력을 τ, 각극수압을 u라 하면 파괴표준은

$S = c + (\sigma - u)\tan\phi$

전단강도는

$\tau = S / F$ (F : 안전율)

$P = \sigma \ell$, $T = \tau \ell$

따라서

$$T = \frac{1}{F} (c' \ell + (P - u \ell)\tan\phi')$$

수직력의 평형조건에서

$P\cos\chi + T\sin\chi = W - (X_R - X_L)$

T를 치환하여 정리하면

$$P = W - (X_R - X_L) - \frac{1}{F} (c' \ell \sin\alpha - u \ell \tan\phi' \sin\alpha) / m\alpha$$

여기서 $m\alpha = \cos\alpha (1 + \tan\alpha \times \tan\phi) / F$

수평력의 평형조건에서

$P\cos\alpha - P\sin\alpha + ER - EL = 0$

T를 치환하면

$$ER - EL = P\sin\alpha - \frac{1}{F} (c' \ell + (P - u \ell)\tan\phi')\cos\alpha$$

O점에 대한 전모멘트 평형조건에서

$\Sigma W \cdot d = \Sigma TR + \Sigma Pf$

T를 치환하여 정리하면

$$Fm = \frac{\Sigma [c' \ell + (P - u \ell')\tan\phi'] R}{\Sigma (W \cdot d - Pf)}$$

원호 활동면일 경우 f = 0, d = R sin α (R : 일정)이므로

$$Fm = \frac{\Sigma [c' \ell + (P - u \ell)\tan\phi']}{\Sigma W \sin\alpha}$$

전 힘의 평형에 대한 필요조건은

$\Sigma (ER - EL) = 0$

$\Sigma (XR - XL) = 0$

그러므로

$$\Sigma(ER-EL) = \Sigma P\sin\alpha - \Sigma\frac{1}{F}[c'\ell + (P-u\ell)\tan\phi')\cos\alpha = 0$$

$$Ef = \frac{\Sigma[c'\ell + (P-u\ell)\tan\phi']\cos\alpha}{\Sigma P\sin\alpha}$$

Fm과 Ff를 계산하기 위하여 P를 계산해야 하는데 이를 위해서는 절편간의 전단력 XR, XL을 계산해야 하며, 이러한 문제는 부정적이므로 가정이 필요하다.

XR, XL = 0 : Bishop

X / E = 일정 : Spencer

X / E = λ f(X) : Morgenstern and Price

즉, Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern and Price의 방법은 GLE 방법의 특수한 경우에 해당하는 셈이다.

4.1.1.2 사면안정 분석 모델의 선정

사면안정 분석에 관한 모델에는 여러 가지 모델이 사용되고 있으나, 토체의 모든 조건을 적용할 수 있는 범용 모델은 PCSTABL, UTEXAS, PC-SLOPE 등이다. 그 중에서도 기왕의 경험상 가장 신뢰도가 높은 STABL이 국내외에서 현재 가장 광범위하게 사용되고 있는 실정이다.

PCSTABL은 J.R.Carpenter가 Purdue 대학의 Siegel에 의해 개발된 Spencer 방법까지 해석할 수 있도록 한 프로그램으로서 2차원 한계평형법에 의하여 사면파괴에 대한 안전율을 계산한다. 사면불안정에 대한 안전율 계산은 원호 파괴면에 적용할 수 있는 Bishop 간편법, 일반형상의 파괴면에 적용할 수 있는 Janbu의 간편법, 원호와 일반형상의 파괴면에 적용할 수 있는 Spencer 절편법을 이용하여 구하게 된다. 또한 PCSTABL은 위험한 파괴면과 파괴면에 대한 안전율의 결정을 위하여 가상 파괴면을 임의적으로 나타내는 것이 특이 사항이며, 균질하지 않은 흙사면, 흙의 전단강도가 일정하지 않는 사면, 인장균열이 있는 사면, 상재하중, 집중하중이 작용하는 사면, 의사 정적지진하중이 작용하는 사면, 지하수위가 있는 사면, Tie Back하중이 작용하는 사면에 대하여 해석할 수 있으며 전단에 의해 발생하는 과잉간극수압의 영향도 고려할 수 있다.

이와같은 이유로 본 안정검토에서도 PCSTABLE을 사용하여 안정해석을 실시하였다.

4.1.2 암반사면의 안정검토 방법

4.1.2.1 암반사면의 파괴 유형

암반사면에는 사면내에 발달하고 있는 불연속면의 방향에 따라 그 파괴형태가 다르게 나타난다. 일반적으로 암반사면의 파괴형태는 <그림 4.2>에서 <그림 4.5>까지 보는 바와 같이 원형파괴(Circular Failure), 평면파괴(Planar Failure), 쐐기파괴(Wedge Failure) 및 전도파괴(Toppling Failure)가 있다.

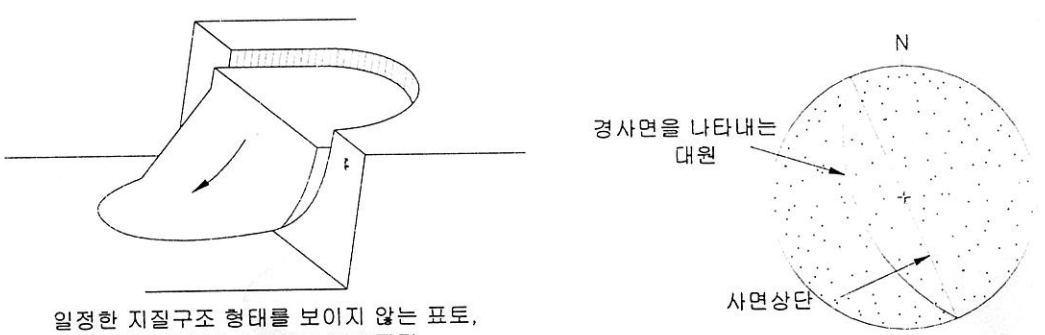
원형파괴는 암석에 뚜렷한 구조적인 특징이 없고 깨어진 정도가 매우 심한 암석이나 토층에서 발생가능하며, 평면파괴는 연장성이 긴 불연속면에서 사면의 방향과 같은 방향으로 한 곳에 극점이 집중적으로 분포할 때 발생한다.

그리고 쐐기파괴는 불연속면이 두개 이상 교차되는 곳에서 발생되며 전도파괴는 사면의 경사면에 대하여 반대의 경사를 갖는 암반에서 흔히 볼 수 있다.

본 절취사면의 안정성 해석은 신속하고 포괄적인 암반사면의 안정성을 분석하기 위하여 현장조사에서 얻어진 자료로서 절취사면의 방향, 불연속면의 방향, 불연속면의 경사각 등을 고려하는 평사투영법(Stereographic Projection)을 사용하였다.

(1) 원형파괴 (Circular Failure)

불연속면이 불규칙하게 많이 발달되어 뚜렷한 구조적 특징이 없는 경우에 토사사면에서와 같은 원형파괴가 발생하는데 주로 풍화가 심한 암반이나 파쇄가 심한 암반에서 발생한다.



<그림 4.2> 기본적인 원형파괴 형태와 불연속면의 극점분포

(2) 평면파괴 (Planar Failure)

불연속면의 주불연속면이 한 방향으로 발달된 암반에서 발생가능하며, 암괴가 어떤 불연속면을 따라서 붕괴하려면 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

① 절취면과 불연속면의 경사방향이 같아야 한다.

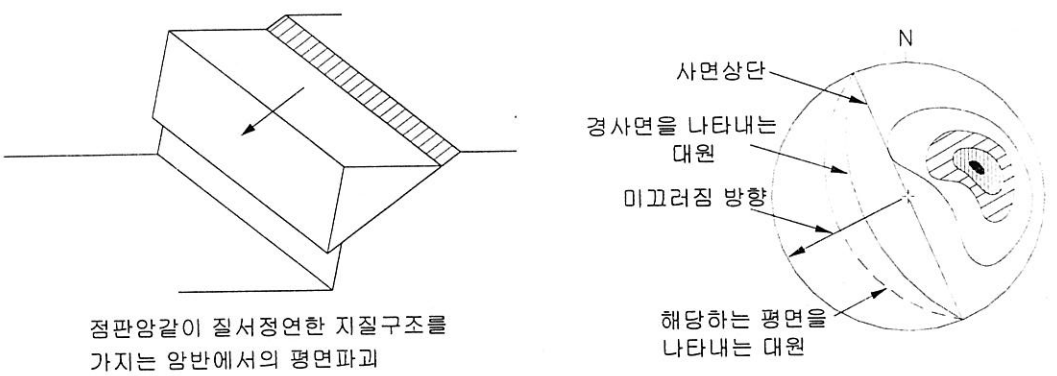
② 불연속면의 주향이 절취면의 주향과 비슷해야 한다. (±20° 이내)

③ 불연속면의 주향이 절취면상에 나타나야 한다.

즉, 불연속면의 경사각 (α) < 절취면의 경사각 (βa)

④ 불연속면의 경사각(α)이 불연속면의 마찰각(ϕ) 보다 커야 한다.

⑤ 붕괴되는 암괴의 양쪽측면이 절단되어서 암괴가 무너지는데 측면의 영향이 없어야 한다.



점판암같이 질서정연한 지질구조를 가지는 암반에서의 평면파괴

<그림 4.3> 기본적인 평면파괴 형태와 불연속면의 극점분포

(3) 쐐기파괴 (Wedge Failure)

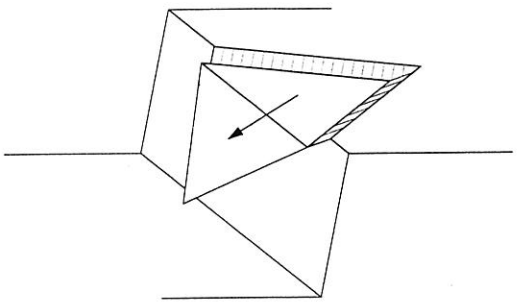
쐐기파괴는 두 개의 불연속면을 따라서 발생하는 암반블록의 미끄러짐으로 인한 파괴 형태로서 기본적인 역학관계는 평면파괴와 유사하다. 쐐기파괴의 발생조건은 다음과 같다.

① 불연속면의 교선과 절취면의 경사방향이 같아야 한다.

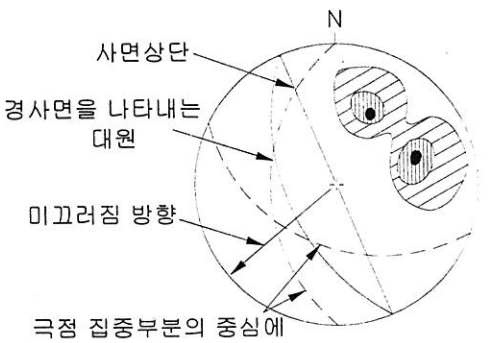
② 불연속면의 주향이 절취면의 주향과 비슷해야 한다.

③ 절취면의 경사 > 불연속면의 교선의 경사 > 불연속면의 마찰각

(βa > α > ϕ)



교차하는 두 불연속면 위에서의
쐐기파괴



<그림 4.4> 기본적인 쐐기파괴 형태와 불연속면의 극점분포

(4) 전도파괴 (Toppling Failure)

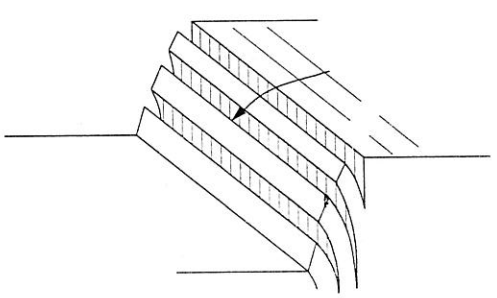
수직불연속면이 발달한 암반에서 발생되며, 이때 수직불연속면의 경사방향이 반대이어야 한다.

① 절취면과 불연속면의 경사방향이 반대이어야 한다.

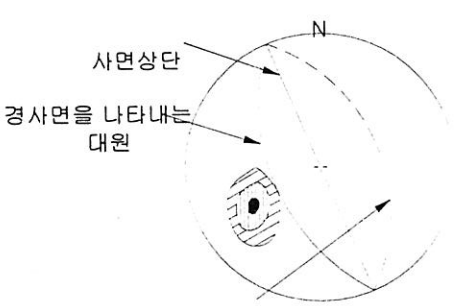
② 불연속면의 주향과 절취면의 주향과 비슷해야 한다.
(최소한 ±30° 이내)

③ (90° - 불연속면의 경사) + 불연속면의 마찰각 < 절취면의 경사

$(90° - \alpha) + \phi < \beta a$



급경사 불연속면에 의해 분리된
주상(柱狀)구조물 형성하고 있는
경암암반에서의 전도파괴



<그림 4.5> 기본적인 전도파괴 형태와 불연속면의 극점분포

4.1.2.2 암반사면의 안정해석 방법

암반사면에 대한 안정해석은 먼저 지표지질조사에서 얻은 절토지역 암반에 분포된 불연속면의 주향과 경사 (또는 경사방향과 경사)를 측정 및 분석하여 평사투영법 (Stereographic Projection Method)에 의해 붕괴가능성을 우선 판단한 후 위험지역에 대해 불연속대 및 예상파괴 범위를 선정, 그 대표단면을 설정하고 한계평형해석법에 의해 붕괴 가능성 및 안전율을 구하는 방법으로 실시한다.

(1) 평사투영법 (Stereographic Projection Method)

신속하고 포괄적인 암반사면 안정성을 조사하기 위하여, 사면의 방향, 불연속면의 방향, 불연속면의 전단각을 고려하여 계산하는 평사투영법 (Stereographic Projection Method)이 일반적으로 사용되어진다.
(Richards et al, 1987 ; Hoek & Bray, 1981 ; Goodman, 1980)
이 방법은 대원 (Great Circle)과 극점 (Pole)으로 해석하는 두가지 방법으로 대별할 수 있다.

① 대원(Great Circle) 투영방법

대원투영방법을 이용하여 암반사면안정을 해석하는 방법은 Hoek & Bray (1971)가 제시하였으며, 주로 Plane과 Wedge Failure에 대한 해석이 용이하다.

② 극점(Pole) 투영방법

극점(Pole) 투영방법으로 암반사면 안정성을 해석하는 방법은 Richards et al, (1987)이 제시하였는데 사용상 간편하기 때문에 최근에는 이 방법이 대원방법보다 많이 사용된다.
이 방법은 Hoek & Bray (1977)가 설정한 기준에 근거하여서 약간의 수정을 하였다.

(2) 한계평형 해석법 (Limit Equilibrium Method)

한계평형해석은 파괴불연속면의 경사, 내부마찰각, 점착력, 암괴의 중량, 인장균열의 존재여부 및 지하수위의 분포 범위 등의 입력요소를 이용하여 사면의 안정해석을 실시한다. 한계평형해석에서의 평면파괴에 대한 검토방법은 다음과 같다.

한계평형해석법은 암반블록의 자중, 불연속면의 마찰각 및 점착력 암반 간극수압 등을 고려하여 가능한 활동파괴면을 따라 미끄러지려는 순간의 암반블록에 대한 안정성을 사면안전계수 (Safety Factor)로 나타내는 방법이다.

파괴면에서의 전단강도는 Coulmb의 파괴기준 $\tau = c + \sigma \cdot \tan\phi$로 표현되며 강도성분은 점착력(c)과 내부마찰각(ϕ)으로 정의된다.

따라서 안전율은,

$$F = \frac{c \cdot A + (W \cdot \cos\phi_p - U - V \cdot \sin\phi_p)\tan\phi}{W \cdot \sin\phi_p + V \cdot \cos\phi_p}$$

로 정의된다.

여기에서, A : 파괴면의 면적

H : 사면의 높이

Z : 인장균열 깊이

W : 암괴의 중량

ϕ_p : 파괴면의 경사각

U : 파괴면상의 수압에 의한 양압력

V : 인장균열내의 수압

이 해석에서 취급하는 사면의 형상은 <그림 4.6~그림 4.8>에 표시한 바와 같이 다음 세가지 경우를 고려하여야 한다.

① 사면 정상부쪽에 인장균열이 있는 사면

② 사면내에 인장균열이 있는 사면

③ 인장균열이 나타나지 않는 사면

또한 해석을 위하여 다음의 가정을 설정한다.

① 미끄럼 인장균열은 사면에 평행 즉, 주향이 같다.

② 인장균열이 연직이며 깊이 (Zw)까지 물로 채워졌으며 인장균열속의 물에 의해 새기는 미끄럼면 부근의 수압분포는 <그림 4.6, 4.7>과 같다.

③ W, U 및 V 등은 미끄럼 블록의 중심을 통하여 작용한다.

④ 단위두께를 가진 슬라이스를 생각한다. 또한 파괴되는 부분의 양측면은 미끄럼 저항이 없는 자유면이 존재하는 것으로 생각한다.

이때, 식에 적용하는 각 값은 다음식에서 구하여 안전율을 계산한다.

A = (H-Z) cosecϕp

$$U = \frac{\gamma_w Z_w (H-Z)\,\mathrm{cosec}\phi_p}{2}$$

$$V = \frac{\gamma_w (Z_w)^2}{2}$$

<그림 4.6>의 경우

$$W = \frac{\gamma H^2\{(1-(Z/H)^2)\cot\phi_p - \cot\phi_f\}}{2}$$

<그림 4.7>의 경우

$$W = \frac{\gamma H^2\{(1-(Z/H)\}^2\ \cot\phi_p(\cot\phi_p\tan\phi_f - 1)}{2}$$

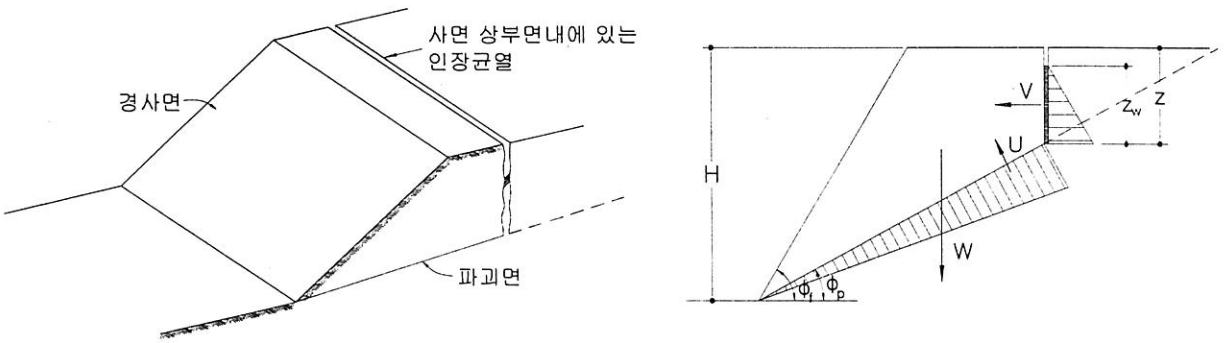
<그림 4.8>의 경우는

$U = \frac{\gamma_w (H_w)^2\,\mathrm{cosec}\phi_p}{4}$ 및, V = 0을 적용한다.

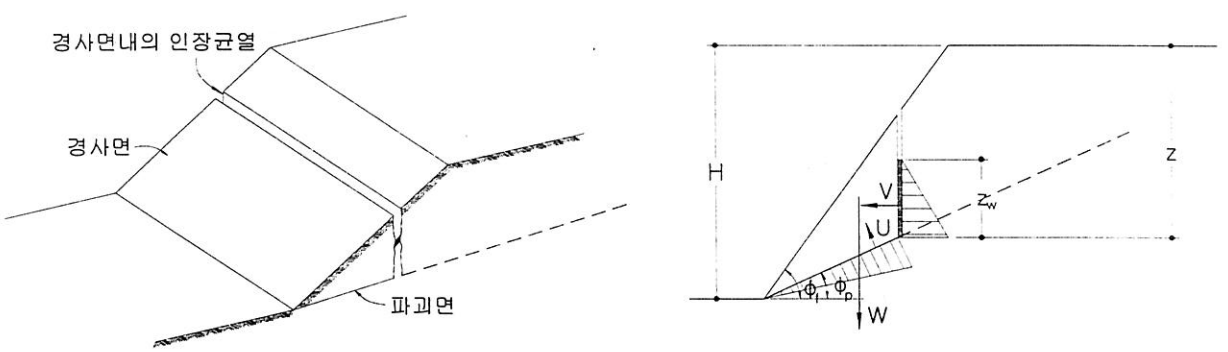
<그림 4.6>에서 인장균열깊이(Z)를 산식에 의해 구할 경우는

$Z = H\ (1-\sqrt{\cot\phi_f \times \tan\phi_p})$로 구할 수 있다.

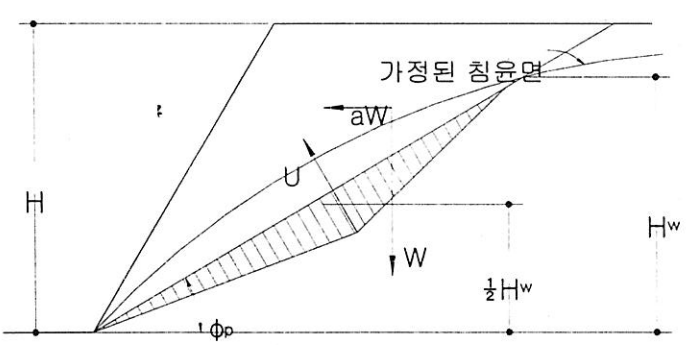
단, 상기식에 있어 W는 식에 적용시키기 곤란한 경우에는 단면적을 이용해 구하도록 한다.



<그림 4.6> 사면 정상부쪽에 인장균열이 있는 사면

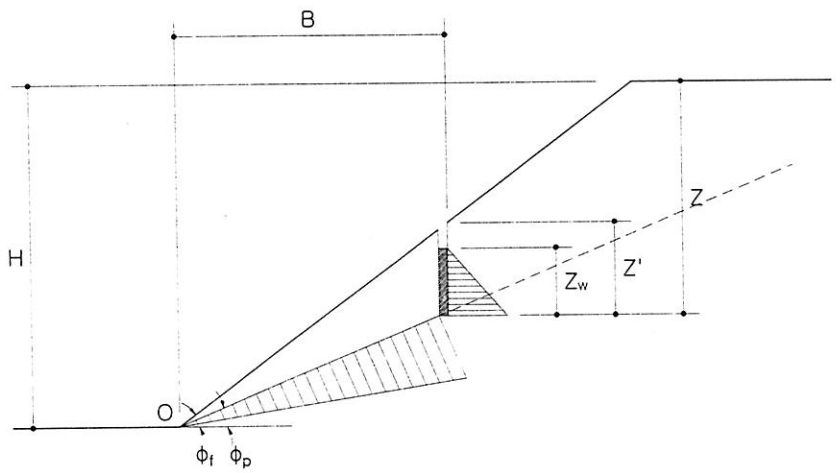


<그림 4.7> 사면내에 인장균열이 있는 사면



<그림 4.8> 사면내에 인장균열이 없는 사면

또한 <그림 4.9>와 같이 사면 하단점(0)에서 인장균열 발생위치까지 수평거리(B)를 알수 있는 경우에 인장균열 깊이(Z)는 다음과 같이 구할 수 있다.

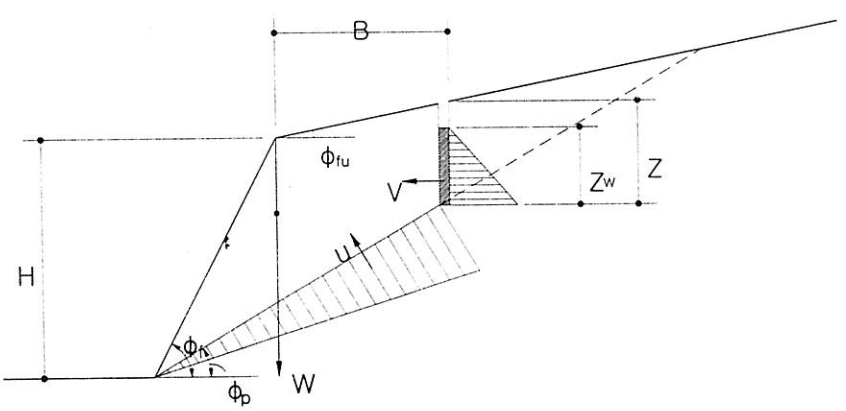


<그림 4.9> 사면내 인장균열이 있을 경우로서 (B)를 알수 있을 때

$$Z = H - B \cdot \tan\phi_p$$

$$Z' = Z - H + B \cdot \tan\phi_f$$

<그림 4.10>과 같이 사면 정상부쪽에 인잔균열이 있는 경우로서 정상부쪽의 지표 또는 사면이 경사져 있을 경우에 인장균열 깊이(Z) 및 암괴의 중량(W)은 다음과 같이 구할 수 있다.



<그림 4.10> 사면 정상부쪽에 안장균열이 있고, 상부가 경사져 있을 때

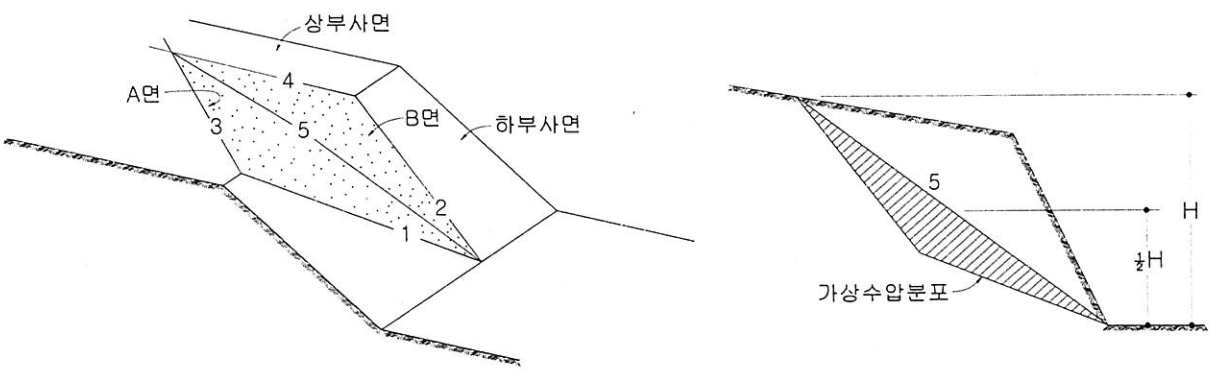
$$Z = H(1 - \cot\phi_f \cdot \tan\phi_p) + B(\tan\phi_{fu} - \tan\phi_p)$$

$$W = \frac{\gamma_t B \cdot H}{2}\left\{1 + \frac{Z}{H} - \cot\phi_f\left(\tan\phi_{fu} - \frac{Z}{B}\right)\right\}$$

(3) 쐐기파괴에 대한 안정해석법

쐐기를 형성하는 두 불연속면이 마찰력 및 점착력으로 지지되고 침투수압의 영향을 받으며 두 면의 마찰각 및 점착력이 서로 다른 일반적인 상황에서 쐐기의 안정해석은 다음과 같이 다소 복잡하다.

해석모델은 <그림 4.11>과 같다. 여기서, 상부사면과 하부사면은 비스듬히 교차하고 그 주향은 각각 다르며, 암체는 불투성이고 수압분포는 교선 3 및 4에서 침입하여 교선 1 및 2에서 침출하므로, 교선 1, 2, 3, 4의 수압은 0이고 교선 5의 중점에서 최대수압이 되며, 최저수압과 최대수압의 사이에서는 직선적으로 수압이 변화하는 것으로 가정한다. 그리고 쐐기는 항상 교선 5에 따라 활동한다고 가정한다.



(a) 쐐기의 교선의 번호 (b) 교선 5의 평행방향의 단면

<그림 4.11> 쐐기의 일반해석을 위한 모델

교선의 번호는 해석과정에서 혼란을 피우는 매우 중요한 수단이므로 확실히 규정할 필요가 있다. 여기서 규정된 교선번호는

1 : A면과 하부사면의 교선

2 : B면과 하부사면의 교선

3 : A면과 상부사면의 교선

4 : B면과 상부사면의 교선

5 : A면과 B면의 교선

위와 같은 일반적인 형태의 사면쐐기에 대한 안전율은 Hoek-Bray(1981)에 의하여 복잡한 유도과정을 거쳐 다음식과 같이 표시된다.

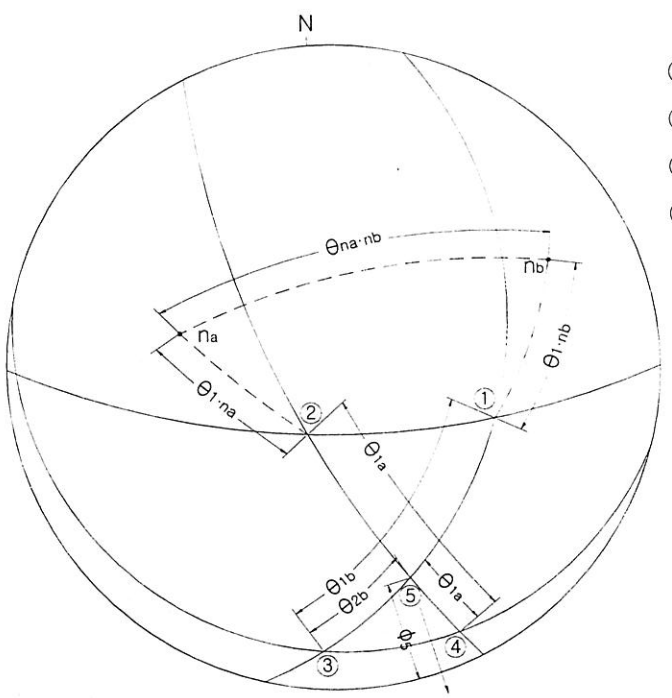
$$F_w = \frac{3}{\gamma \cdot H} \cdot (C_A \cdot X + c_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \cdot \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \cdot \tan\phi_B$$

$$X = \frac{\sin \theta_{2 \cdot 4}}{\sin \theta_{4 \cdot 5} \cdot \cos \theta_{2 \cdot na}}$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{1 \cdot 3}}{\sin \theta_{3 \cdot 5} \cdot \cos \theta_{1 \cdot nb}}$$

$$A = \frac{\cos\phi_a - \cos\phi_b \cdot \cos \theta_{na \cdot nb}}{\sin\phi_5 \cdot \sin^2 \theta_{na \cdot nb}}$$

$$B = \frac{\cos\phi_b - \cos\phi_a \cdot \cos \theta_{na \cdot nb}}{\sin\phi_5 \cdot \sin^2 \theta_{na \cdot nb}}$$



①-② : 하부사면의 대원
③-④ : 상부사면의 대원
①-③ : A면의 대원
②-④ : B면의 대원
n_a : A면의 극
n_b : B면의 극

<그림 4.12> 쐐기의 일반해석을 위한 스테레오 투영도의 예

여기서 C_A, C_B : 각각 A 및 B면의 점착력
ϕ_A, ϕ_B : 각각 A 및 B면의 마찰각
γ, γ_w : 각각 암체 및 물의 단위중량
H : 쐐기의 높이
ϕ_a, ϕ_b : 각각 A 및 B면의 경사각
ϕ_5 : 교선 5의 경사각
θ : 두첨자로 표시되는 교선사이의 각도로서 <그림 4.12>와 같다.
na, nb : <그림 4.12>에서 각각 A 및 B면의 극점

4.2 사면안정 검토시 적용하는 소요안전율

사면의 최소 안전율은 지역과 공사내용, 사면의 중요도, 사면파괴시 주변에 미치는 영향 및 경제성에 따라 다르며 사면안정 해석에 앞서 최소안전율의 선정은 매우 중요하다. 또한 최소안전율을 계산함에 있어서 지하수의 흐름과 흙의 물리적, 역학적인 성질 (전단강도)을 어떻게 보는가에 따라 안전율은 상당한 차이를 보여준다.

안전율은 흙의 전단강도(S)와 활동면의 전단응력(τ)과의 비로 나타낼 수 있으며 다음과 같다.

$$Fs = S\ (\text{흙의 전단강도}) \ / \ \tau\ (\text{활동면의 전단응력})$$

① 허용안전율의 역할

- o 자료의 불확실성에 대한 대비수단
  - 강도 정수의 불확실성
  - 하중의 불확실성
  - 파괴모델의 불확실성

- o 사면 변형을 허용치 이내로 제한하는 기능

② 허용안전율의 결정기준

- o 전단강도의 특징, 사면의 기하적 조건 및 기타조건에 대한 불확실 정도
- o 사면의 경사를 완화시키거나 높이를 감소시키는데 소요되는 비용
- o 사면 파괴시의 피해액과 결과
- o 사면이 영구 구조물인가 일시 구조물인가의 판단

4.2.1 국내외 적용기준

국내외에서 적용되고 있는 허용안전율의 기준은 1.1~1.5 정도의 범위이며 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 절토사면의 안전율 적용기준

구 분		최 소 안 전 율 (Minimum Safety Factor)	
한국도로공사	도로설계요령 (1976년)	원위치 시험에 의해서 전단강도를 구한 경우	$F_s \geq 1.7$
		일축, 삼축압축시험에 의해 강도를 구한 경우	$F_s \geq 1.5$
	도로설계요령 (1992년)	절토사면은 시공후 기간의 경과와 함께 불안전하게 되므로 최소안전율 삭제	-
미 국 FEDERAL REQISTER.(1977)		시공직후	$F_s \geq 1.3$
		침윤을 고려할때	$F_s \geq 1.5$
		지진을 고려할때	$F_s \geq 1.10$
미 국 DAPPOLONIA CONSULTING INC.(1975)		실내시험에 의해 강도를 구할 경우	$1.8 > F_s > 1.3$
		최대지진 가속도를 고려할때	$1.8 > F_s > 1.5$
영 국 NATIONAL COAL BOARD.(1970)		1) PEAK SHEAR STRESS (UU TEST)	$1.5 > F_s > 1.25$
		2) RESIDUAL SHEAR STRESS (CD TEST)	$1.35 > F_s > 1.15$
		3) 포화된 사질토의 경우 (C=0)	$1.35 > F_s > 1.15$
		4) 2),3)항 공히 적용되는 경우 (C=0, CD TEST)	$1.2 > F_s > 1.1$
NAVFAC-DM 7.1 P329		하중이 오래 작용할 경우	$F_s \geq 1.5$
		구조물 기초인 경우	$F_s \geq 2.0$
		일시적인 하중이 작용할 경우 및 시공시	$F_s \geq 1.35$ or 1.25
		지진하중이 작용하는 경우	$F_s \geq 1.2$ or 1.15
항 만 협 회		항만시설 기술상의 기준, 동해설 (일본)	$F_s \geq 1.3$
도 로 공 단		도로설계요령 (일본)	$F_s \geq 1.5$
일본건설성		표준적인 계획 안전율	$F_s \geq 1.1 - 1.3$
건설교통부		구조물 기초 설계기준	$F_s \geq 1.3$

4.2.2 적용기준

본 사면 안정검토에 적용할 소요안전율은 사면의 영구적인 안전 및 <표 4.1>의 기준을 고려할 때 <표 4.2>와 같이 적용하였다.

<표 4.2> 절토사면의 최소안전율

구 분	최소안전율	채 택 기 준
건기	$F_s \geq 1.5$	o NAVFAC-DM 7.1~P329 : 하중이 오래 작용할 경우 o 일본도로공단 도로설계요령 o 한국도로공사 : 일축, 삼축압축시험에 의해 강도를 구할 경우
우기	$F_s \geq 1.2$	o 미국 Federal Reqister (침윤시) o 영국 National Coal Board (포화시)
※ 암 반 o 건기시 : 인장균열면이나 활동면을 따라 수압이 작용되지 않음 o 우기시 : 인장균열면이나 활동면을 따라 작용할 수압을 $H_w = H / 2$로 적용		

4.3 안정검토용 강도정수의 결정

4.3.1 토사사면의 강도정수 결정

"2.3.4"의 흙의 물리적, 역학적 시험결과에 의거 <표 4.3>~<표 4.4>와 같이 결정하였다.

<표 4.3> 각 사면 상단부 토사의 기본성질

위 치	단위체적중량 γ_t (t/m^3)	기 본 성 질			
		비중 (G_s)	LL	PL	PI
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+260 좌측사면	1.70	2.62	23.9	20.9	3
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+200 우측사면	1.75	2.57	28.5	25.7	8
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측사면	1.80	2.46	37.3	30.4	7
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+560 우측사면	1.81	2.51	25.5	23.2	2

<표 4.4> 각 사면 상단부 토사의 강도정수

위 치	점 착 력 c (kg/cm^2)	전단저항각 ϕ (°)	비 고
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+260 좌측사면	0.38	25.5	
삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+200 우측사면	0.31	22.6	
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측사면	0.43	25.0	
범물지구~고산국도간 도로 STA.2+560 우측사면	0.41	24.3	

4.3.2 암반사면의 강도정수 결정

암반사면의 안정성 해석은 토사사면에 비하여 불연속면의 존재, 파괴형태의 다양성 및 복잡성 등에서 차이를 보인다. 특히 암반내 불연속면로 대표되는 불연속면의 존재는 암반사면의 붕괴가 주로 불연속면을 따라 발생하기 때문에 사면안정에 지대한 영향을 미치게 된다. 이러한 불연속면의 전단강도는 암석의 강도와는 달리 불연속면의 형상, 조도(Roughness), 충진물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 크게 좌우된다.

이러한 암반사면의 안정해석은 암반내 발달하는 불연속면계의 3차원적 분포상태 및 불연속면의 물성치(직접전단강도 등)의 파악이 중요하다. 따라서 본 과업중 사면안정해석에 적용하기 위한 강도정수는 과거시행된 시험결과 및 경험치, Barton식 이용, 국내외 자료에 의한 강도정수 추정 등 다양하고 합리적인 방법을 택하여 선정하였다.

<표 4.5> 토사 및 암석의 특징

TYPICAL SOIL AND ROCK PROPERTIES							
DESCRIPTION			Unit welght (Saturated/dry)		Friction angle	Cohesion	
TYPE		MATERIAL	Ib / ft3	kN / m3	degrees	Ib / ft3	kpa
Cohesionless	Sand	Loose sand, uniform grain size	118/90	19/14	28-34*		
		Dense sand, uniform grain size	130/109	21/17	32-40*		
		Loose sand, mixed grain size	124/99	20/16	34-40*		
		Dense sand, mixed grain size	135/116	20/18	38-46*		
	Gravel	Gravel, uniform grain size	140/130	22/20	34-37*		
		Sand and gravel, mixed grain size	120/110	19/17	45-48*		
	Blasted / Brocken rock	Basalt	140/110	22/17	40-50*		
		Chalk	80/62	13/10	30-40*		
		Granite	125/110	20/17	45-50*		
		Limestone	120/100	19/16	35-40*		
		Sandstone	110/80	17/13	35-45*		
Cohesive	Clay	Shale	125/100	20/16	30-35*		
		Soft bentonite	80/30	13/6	7-13	200-400	10-20
		Very soft organic clay	90/40	14/6	12-16	200-600	10-30
		Soft, slightly organic clay	100/60	16/10	22-27	400-1000	20-50
		Soft, glacial clay	100/76	17/12	27-32	600-1500	30-70
		Stiff glacial clay	130/105	20/17	30-32	1500-3000	70-150
		Glacial till, mixed grain size	145/130	23/20	32-35	3000-5000	150-250
	Rock	Hard igneous rocks - granite, basalt, porphyry	** 160 to 190	25 to 30	35-45	720000-1150000	35000-55000
		Metamorphic rocks - Quartzite, gneiss, slate	160 to 180	25 to 28	30-40	400000-800000	20000-40000
		Hard sedimentary rocks - limestone, dolomite, sandstone	150 to 180	23 to 28	35-45	200000-600000	10000-30000
		Soft sedimentary rock - sandstone, coal, chalk, shale	110 to 150	17 to 23	25-35	200000-400000	10000-20000

* Higher friction angles in cohesionless materials occur at low confining or normal stress

** For intact rock, the unit weight or the material does not vary significantly between saturated and dry states with the exception of materials such as porous sandstones.

4.3.2.1 참고문헌(국외자료)상의 지반정수 비교

<표 4.5>~<표 4.7>에 의하면 일반적인 암반 및 본 과업구간에서 분포하는 퇴적암류의 마찰각과 점착력은 광범위한 값들을 나타내고 있으며, 실제 지반의 강도정수의 값을 산정하기에는 어려운 실정이다. 특히 본 과업 대상구간의 지반은 퇴적암의 풍화정도가 완전풍화에서 신선함까지 매우 다양하게 분포하고 있으므로 더욱 어려운 상황이다.

<표 4.6> TYPICAL STRENGTH VALUES FOR ROCK-MASS DISCONTINUTIES FOR USE IN PRELIMINARY STABILITY ANALY

Defect	Condition	Strength parameterc
Joint surface : smooth, unweathered rock	Hard massive, well-interlocked or cemented (granite, basalt, gneiss, sandstone, limestone)	ϕ_b = 30-35°
	Hard shaley or schistose (hard shale, slate, phyllite, micaschist)	ϕ_b = 25-30°
	Soft, laminated or schistose (clay shale, talc schist, chlorite schist)	ϕ_b = 20-25°
Asperity angle j (add to ϕb)	Very irregular surface	j = 30-40°
	Average surfaces	j = 5-15°
	Smooth, planar surface	j = 0-2°
Gouge or mylonite from fault or shear zones	Sandy material	ϕ_d = 24-32°
	Intermediate material	ϕ_d = 16-23°
	Clayey material	ϕ_d = 8-15°

[a] After Deere (1976)

[b] For F_s = 1.5 to 2.0, ϕ_b = basic friction angle, ϕ_d = drained test.

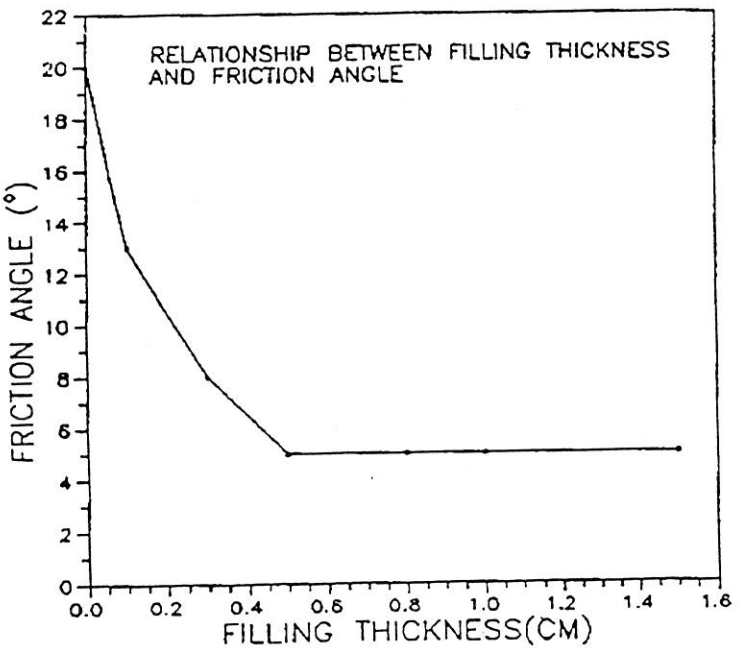
[c] Generally assume c = 0 for weak zones (weathered, altered, sheared), and in case > 1 tsf even for hard rock surfaces when tested.

<표 4.7> 충진물을 포함하는 불연속면의 전단강도 (After Barton. 1974)

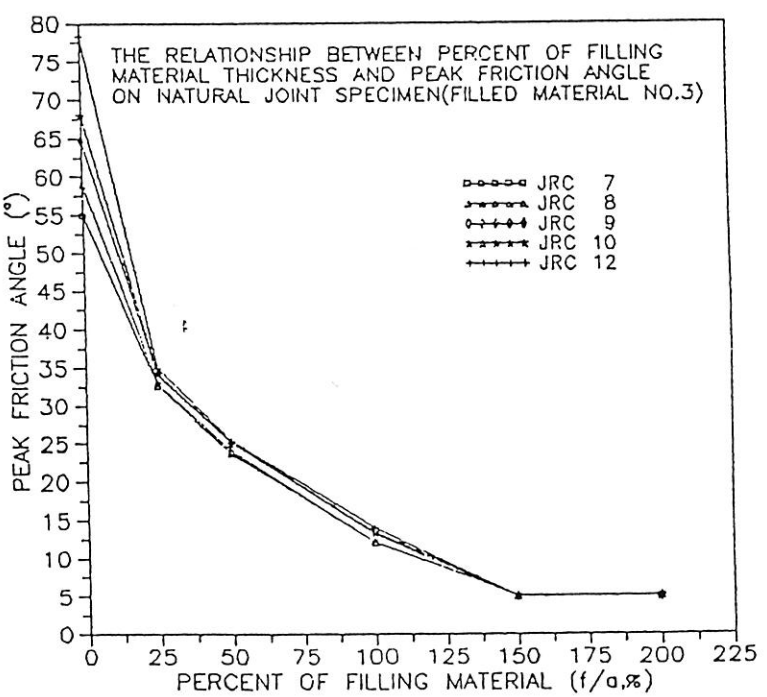
암석명	설명	최대강도		잔류강도		시험자
		C′ (kg/cm^2)	φ (°)	C′ (kg/cm^2)	φ (°)	
현무암	점토화된 현무암질 각력암, 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼.	2.4	42			Ruiz, Camargo, Midea & Nieble
벤토나이트	백악내의 벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	0.15 0.9~1.2 0.6~1.0	7.5 12~17 9~13			Link Sinclair & Brooker
벤토나이트질 세일	삼축시험 직접전단시험	0~2.7	8.5~29	0.3	8.5	Sinclair & Brooker
점토	과압밀, 미끄러짐면, 불연속면 및 소규모 전단면	0~1.8	12~18.5	0~0.03	10.5~16	Skempton & Petley
점토세일	삼축시험	0.6	32			Sinclair & Brooker
점토세일	성층면(成層面면)			0	19~25	Leussink & Muller -Kirchenbauer
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5cm	0.11~0.13	16	0	11~11.5	Stimpson & Walton
백운석	변질된 세일층, 두께 약15cm	0.41	14.5	0.22	17	Pigot & Mackenzie
섬록암, 화강섬록암및반암	점토 충진물 (점토 2%, PI=17%)	0	26.5			Brawner
화강암	점토 충전물이 있는 단층 사질양토로 된 단층 충진물과 함께 약화됨. 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄 된 화강암, 풍화된 암석 및 충전물	0~1.0 0.5 2.42	24~45 40 42			Rosha NO.se Evdokimov & Sapegin
경사암	층리면내 1~2mm의 점토			0	21	Drozd
석회암	6mm의 점토층 1~2cm의 점토 충진물 1mm 이하의 점토 충진물	1.0 0.5~2.0	13~14 17~21	0	13	KrsmaNO.vic 등 KrsmaNO.vic & Popovic
석회암,이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄-이회암 접촉면	0.8 1.0	38 10			Salas & Uriel
석회암	이회질 불연속면, 두께 2cm	0	25	0	15~24	Bernaix
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토 사이의 층	0.14~0.3	15~17.5			Schultze
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8cm의 벤토나이트(몬모릴로나이트) 점토층	3.6 0.16~0.2	14 7.5~11.5	0.8	11	Eurenius Underwood
편암,규암 및 규산질 편암	10~15cm두께의 점토 충진물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	0.3~0.8 6.1~7.4 3.8	32 41 31			Serafim & Guerreiro
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	0.5	33			Coates, McRorie & Stubbins
석영/고령토/연망각석	혼합시료에 대한 삼축시험	0.42~0.9	36~38			

4.3.2.2 국내 자료에 의한 강도정수 산정

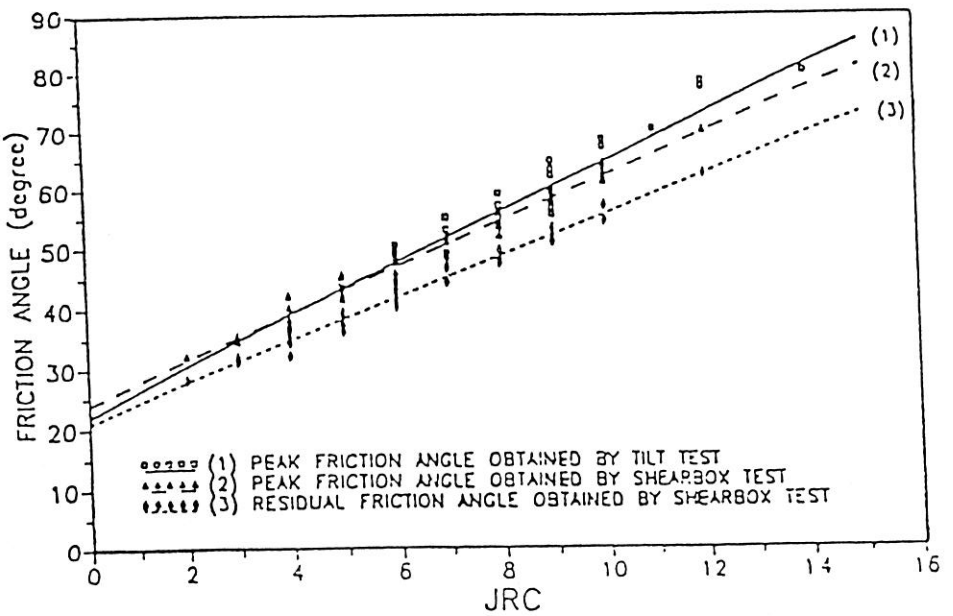
국내의 자료('93년도 사면안정처리에 관한 연구보고서, 한국도로공사)에 따르면 <그림 4.13>~<그림 4.15>와 같다.



<그림 4.13> 불연속면내에 점토가 충진된 경우 전단 저항각의 변화



<그림 4.14> 불연속면내의 점토 충진율 (f/a, %)에 따른 전단저항각의 변화



<그림 4.15> 불연속면의 거칠기(JRC)에 따른 전단저항각의 변화

4.3.2.3 JRC 및 압축강도를 이용한 전단저항각 산정

Barton은 일반적으로 불연속면 또는 하나의 평행한 불연속면군을 갖는 면 상에서의 전단강도를 다음과 같이 나타내었다.

$$\tau = \sigma \tan(\phi_b + i)$$

여기서, τ : 전단강도

σ : 유효수직응력

ϕ_b : 기본마찰각 (basic friction angle)

i : 불연속면의 거칠음각 (roughness angle)

이 식을 관찰해 보면 불연속면에 마찰각은 재료의 특성을 나타내는 기본마찰각과 불연속면의 요철 상태를 나타내는 불연속면의 거칠음각에 의해 결정됨을 알 수 있다.
또한, Barton은 불연속면의 전단강도를 다음과 같이 제시하였다.

$$\tau = \sigma \tan(\phi_b + JRC \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma})$$

$$\phi = \phi_b + JRC \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma}$$

여기서, ϕ : 전단저항각

JRC : 불연속면 거칠기계수 (Joint Roughness Coefficient)

σ_j : 불연속면 압축강도

4.3.2.4 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측 사면의 강도정수

(1) ZONE-1

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태로 두께 2~3mm 점토충진
- <그림 4.13>에서 점토 두께 2~3mm 일 때 ϕ=10°
- <표 4.7>을 참고하여 c=1t/m^2

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 15° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 3
- σ = 2.3×10 = 23t/m^2
- σ_j = 200kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 3 \times \log_{10} \frac{2,000}{23} = 5.8°$
- $\phi = \phi_b + 5.8 = 15 + 5.8 = 20.8°$

(다) 강도정수 채택

- 위 두값중 현장조건과 더 일치하는 것으로 판단되는 ϕ=10°, c=1t/m^{2}을 채택

(2) ZONE-2

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러움~완만한 상태, 두께 2~3mm 점토충진, 특히 본 구간 하단부에 15~50mm의 두꺼운 clay seam 존재, 점성이 강함.
- <그림 4.13>에서 점토 두께 2~3mm 일 때 ϕ=10°
- <표 4.7>을 참고하여 c=2t/m^2

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 20° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 3

- $\sigma = 2.3 \times 20 = 43 t/m^2$
- $\sigma_j = 500 kg/cm^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 3 \times \log_{10} \frac{5,000}{43} = 3.2°$
- $\phi = \phi_b + 3.2 = 20 + 3.2 = 23.2°$

(다) 강도정수 채택

- 위 두값중 현장조건과 더 일치하는 것으로 판단되는 ϕ=10°, c=2t/m^{2}을 채택

(3) ZONE-3

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태로 두께 1mm 내외의 점토충진
- <그림 4.13>에서 점토 두께 1mm 이하일 때 ϕ=15°
- <표 4.7>을 참고하여 c=0.5t/m^2

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 20° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 3
- $\sigma = 2.3 \times 30 = 69 t/m^2$
- $\sigma_j = 600 kg/cm^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 3 \times \log_{10} \frac{6,000}{69} = 5.8°$
- $\phi = \phi_b + 5.8 = 20 + 5.8 = 25.8°$

(다) 강도정수 채택

- 위 두값중 현장조건과 더 일치하는 것으로 판단되는 ϕ=15°, c=0.5t/m^{2}을 채택

(4) ZONE 4~ZONE 5

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태로서, 점토 충진물은 두께 0.3mm 이하 또는 충진되지 않은 경우가 많음.
- <표 4.5>~<표 4.7> 및 <그림 4.13>~<그림 4.15>의 값을 종합적으로 판단하여
  - ZONE 4 : ϕ=20°, c=0t/m^2
  - ZONE 5 : ϕ=22°, c=0t/m^2 로 한다.

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 20° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 4
- σ = 2.3×40 = 92t/m^2
- σ_j = 1,000kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 4 \times \log_{10} \frac{10,000}{92} = 8.1°$
- $\phi = \phi_b + 8.1 = 20 + 8.1 = 28.1°$

(다) 강도정수 채택

- 위 두값중 현장조건과 더 일치하는 것으로 판단되는 다음 값을 채택
  - ZONE 4 : ϕ=20°, c=0t/m^2
  - ZONE 5 : ϕ=22°, c=0t/m^2

4.3.2.5 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측 사면의 강도정수

(1) ZONE-1

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러움~완만(JRC=3~4)한 상태로서 점토 등의 충진물이 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=3 일 때 ϕ=35°

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 30° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 3
- σ = 2.3×10 = 23t/m^2
- σj = 1,300kg/cm2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- JRC · $\log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma}$ = 3 × $\log_{10} \frac{13,000}{23}$ = 8.2°
- ϕ = ϕ_b + 8.2 = 30 + 8.2 = 38.2°

(다) 강도정수 채택

- 위 두값중 안전측의 값인 ϕ=35°를 채택

(2) ZONE-2 및 ZONE-5~ZONE-7

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 비교적 완만한 상태(JRC=3~5)로서 점토 등의 충진물이 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=4 일 때 ϕ=39°

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 30° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 4
- σ = 2.3×20 = 43t/m^2

- σ_j = 1,300kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 4 \times \log_{10} \frac{13,000}{43} = 9.9^\circ$
- $\phi = \phi_b + 9.9 = 30 + 3.2 = 39.9^\circ$

(다) 강도정수 채택

- 위 두값이 거의 일치하므로 ϕ=39°를 채택

(3) ZONE-4

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=5내외)로서 점토 등의 충진물이 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=5일 때 ϕ=43°

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 35° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 5
- σ = 2.3×40 = 92t/m^2
- σ_j = 1,200kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{12,000}{92} = 10.6^\circ$
- $\phi = \phi_b + 10.6 = 35 + 10.6 = 45.6^\circ$

(다) 강도정수 채택

- 위 두값중 안전측의 값인 ϕ=43°를 채택

4.3.2.6 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측 사면의 강도정수

(1) STA.2+380단면 기준

(가) ZONE-1

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태(JRC=0~2), 두께 0.5~1mm 점토충진, 충진율(f/a)은 약 70~80% 정도임.
- <그림 4.14>에서 점토의 충진율 70~80%일 때 $\phi \fallingdotseq 20^\circ$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_b = 20^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 1
- $\sigma = 2.3 \times 10 = 23 t/m^2$
- $\sigma_j = 220 kg/cm^2$ (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 1 \times \log_{10} \frac{2,200}{23} = 2.0^\circ$
- $\phi = \phi_b + 2.0 = 20 + 2.0 = 22^\circ$

③ 위 두값중 $\phi=20^\circ$를 채택

(나) ZONE-2~ZONE-4

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=4~6)로서 점토 등의 충진물이 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=4~6의 범위일 때 $\phi \fallingdotseq 43^\circ$

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- $\phi_b = 35^\circ$ (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 5
- $\sigma = 2.3 \times 30 = 69 t/m^2$

- σ_j = 600kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- JRC · $\log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma}$ = 5 × $\log_{10} \frac{6,000}{69}$ = 9.7°
- $\phi = \phi_b$ + 9.7 = 35 + 9.7 = 44.7°

③ 위 두값중 ϕ=43°를 채택

(2) STA.2+360단면 기준

(가) ZONE-1

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태(JRC=2~4), 두께 0.5~1mm 점토충진, 충진율(f/a)은 약 40~60% 정도임.
- <그림 4.14>에서 점토의 충진율 40~60%일 때 ϕ≒25°

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 20° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 3
- σ = 2.3×10 = 23t/m^2
- σ_j = 220kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- JRC · $\log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma}$ = 3 × $\log_{10} \frac{2,200}{23}$ = 5.9°
- $\phi = \phi_b$ + 5.9 = 20 + 5.9 = 25.9°

③ 위 두값중 ϕ=25°를 채택

(나) ZONE-2

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=4~6), 두께 0.5~1mm 점토충진, 충진율(f/a)은 약 20~40% 정도임.
- <그림 4.14>에서 점토의 충진율 20~40%일 때 ϕ≒32°

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 30° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 5
- σ = 2.3×20 = 46t/m^2
- σ_j = 250kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{2,500}{46} = 8.6°$
- $\phi = \phi_b + 8.6 = 30 + 8.6 = 38.6°$

③ 위 두값중 ϕ=32°를 채택

(다) ZONE-3 및 ZONE-4

① 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=4~6)로서 점토 등의 충진물이 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=4~6의 범위일 때 ϕ≒43°

② JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 35° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 5
- σ = 2.3×30 = 69t/m^2
- σ_j = 600kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{6,000}{69} = 9.7°$
- $\phi = \phi_b + 9.7 = 35 + 9.7 = 44.7°$

③ 위 두값중 ϕ=43°를 채택

(3) STA.2+280~STA.2+340 파괴구간의 강도정수

- 후술하는 "5.4.1" (page 193)에 기재하였음.

4.3.2.7 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측 사면의 강도정수

(1) ZONE-1

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=3~5)로서 점토 등의 충진물은 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=3~5의 범위일 때 ϕ=39°

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 35° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 4
- σ = 2.3×10 = 23t/m^2
- σ_j = 550kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 4 \times \log_{10} \frac{5,500}{23} = 9.5°$
- $\phi = \phi_b + 9.5 = 30 + 9.5 = 39.5°$

(다) 위 두값중 ϕ=39°를 채택

(2) ZONE-2(U4~U7 Section)

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 매끄러운 상태(JRC=2~4)로서 점토 등의 충진물은 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=2~4의 범위일 때 ϕ=35°

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 30° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 3
- σ = 2.3×20 = 46t/m^2
- σ_j = 500kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 3 \times \log_{10} \frac{5,000}{46} = 6.1°$
- $\phi = \phi_b + 6.1 = 30 + 6.1 = 36.1°$

(다) 위 두값중 ϕ=35°를 채택

(3) ZONE-2(U8~U12 Section)

(가) 불연속면의 상태에 따른 강도정수

- 불연속면상태 : 조도가 완만한 상태(JRC=3~5)로서 점토 등의 충진물은 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=3~5의 범위일 때 $\phi \fallingdotseq 39°$

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 35° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 4
- $\sigma = 2.3 \times 20 = 43 t/m^2$
- σ_j = 1,000kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 4 \times \log_{10} \frac{10,000}{43} = 9.5°$
- $\phi = \phi_b + 9.5 = 30 + 9.5 = 39.5°$

(다) 위 두값중 ϕ=39°를 채택

(4) ZONE-3(U13~U16 Section), ZONE-4(U23~U26 Section) 및 ZONE-5(U35~U38 Section)

- ZONE-2(U4~U7 Section)와 조건이 유사함.

∴ ϕ=35° 채택

(5) ZONE-3(U27~U34 Section) 및 ZONE-4(U27~U34 Section)

- ZONE-2(U8~U12 Section)와 조건이 유사함.

∴ ϕ=39° 채택

(6) ZONE-5(U39~U47 Section), ZONE-6(ZONE전체)

(가) 불연속면 상태에 따른 강도정수

- 불연속면 상태 : 조도가 비교적 거친상태(JRC=4~6)이고 점토 등의 충진물은 없음.
- <그림 4.15>에서 JRC=4~6의 범위일 때 ϕ=43°

(나) JRC 및 압축강도에 의한 강도정수

- ϕ_b = 35° (표 4.5~표 4.7 참조)
- JRC = 5
- σ = 2.3×50 = 115t/m^2
- σ_j = 1,200kg/cm^2 (슈미트해머 및 점재하 강도시험결과 대표치)
- $JRC \cdot \log_{10} \frac{\sigma_j}{\sigma} = 5 \times \log_{10} \frac{12,000}{115} = 10.1°$
- $\phi = \phi_b + 10.1 = 35 + 10.1 = 45.1°$

(다) 위 두값중 ϕ=43°를 채택

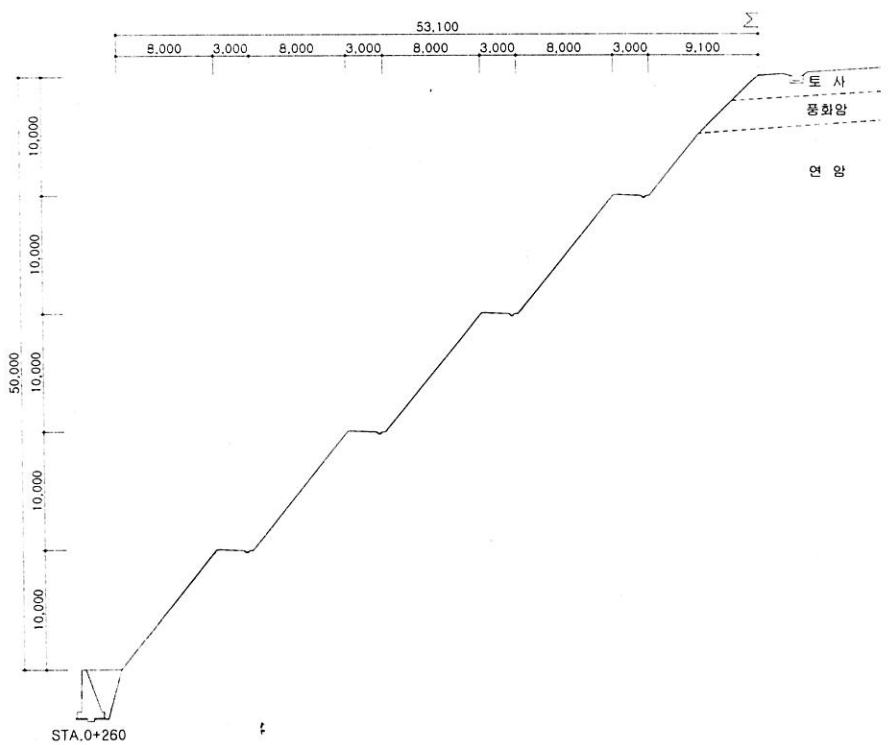
4.4 사면안정검토

각 사면의 상단 토사사면에 대한 안정검토는 한계평형해석법에 의하여 안정성을 검토하였고, 암반사면에 대하여서는 1차 해석인 평사투영법에 의해 안정성 검토를 실시하였으며, 그 결과 파괴가 예상되는 ZONE을 대상으로 평면파괴에 대하여는 2차 해석개념인 한계평형법에 의한 안정해석을 실시하였다.

4.4.1 토사사면(각 사면의 상단부)에 대한 안정성 검토

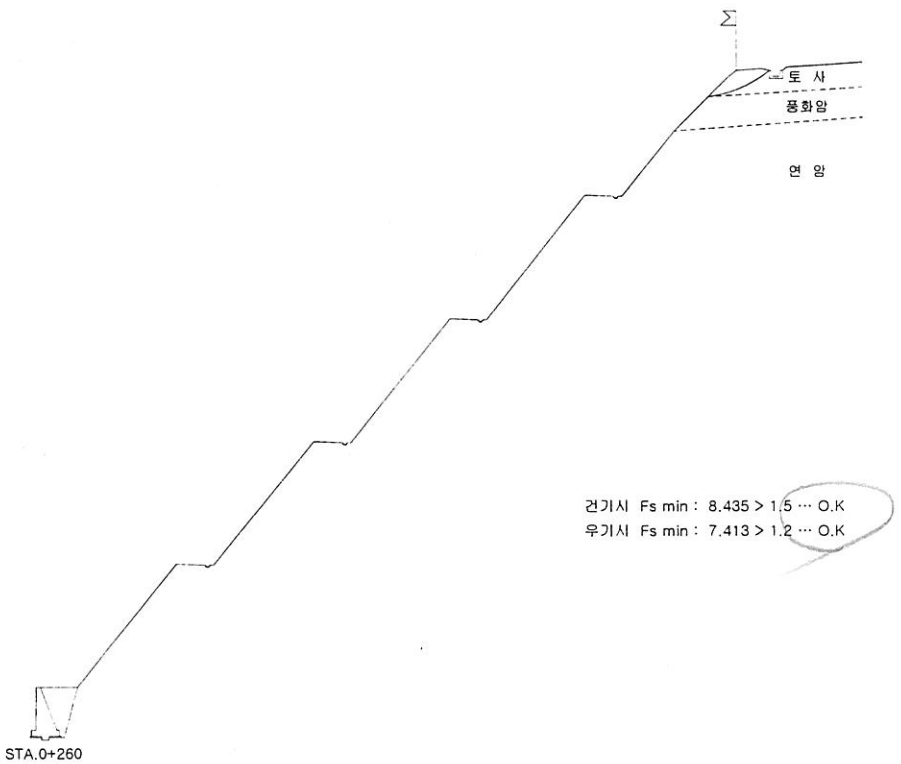
4.4.1.1 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 상단 토사사면

(1) 해석단면 : <그림 4.16>



<그림 4.16> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+260 좌측 토사사면 횡단도

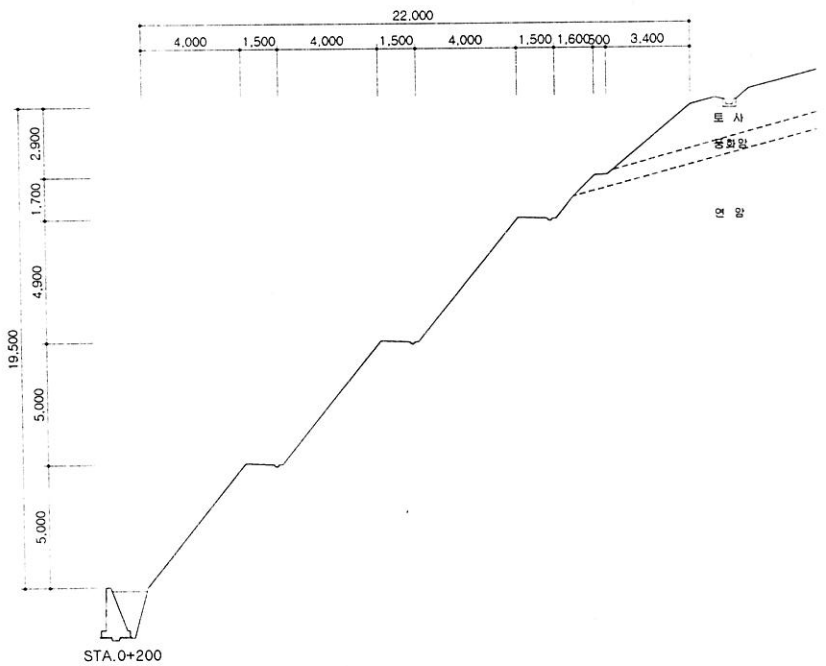
(2) 안정해석 결과 : <그림 4.17>



<그림 4.17> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+260 좌측 토사사면 안정검토

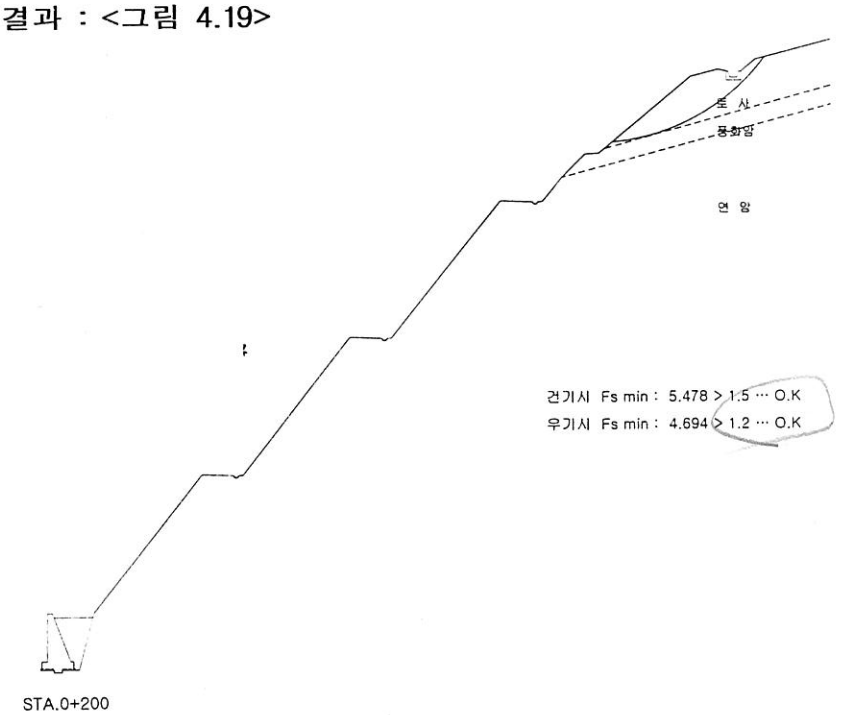
4.4.1.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 상단 토사사면 : 해석결과 - 부록 5

(1) 해석단면 : <그림 4.18>



<그림 4.18> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+200 우측 토사사면 횡단도

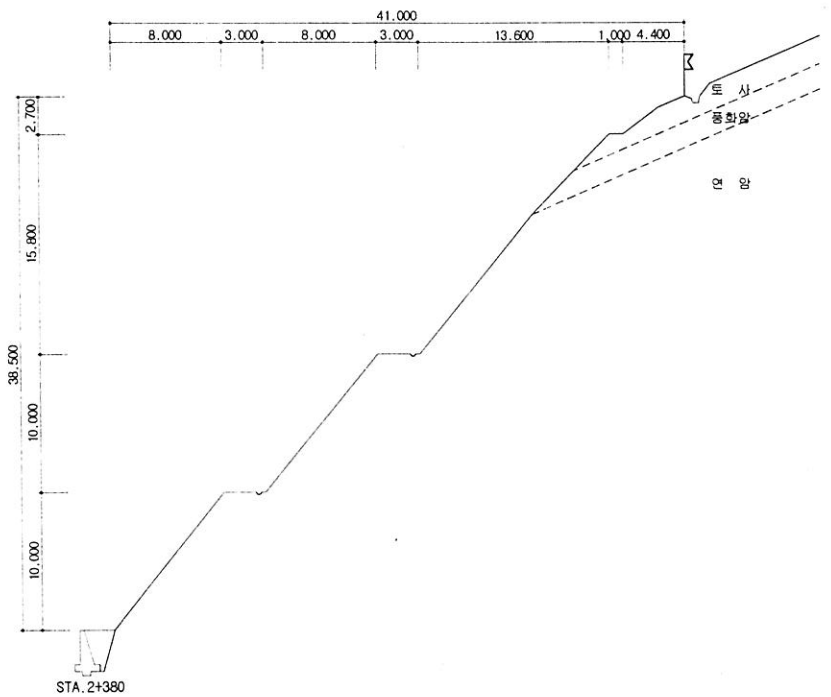
(2) 안정해석 결과 : <그림 4.19>



<그림 4.19> 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+200 우측 토사사면 안정검토

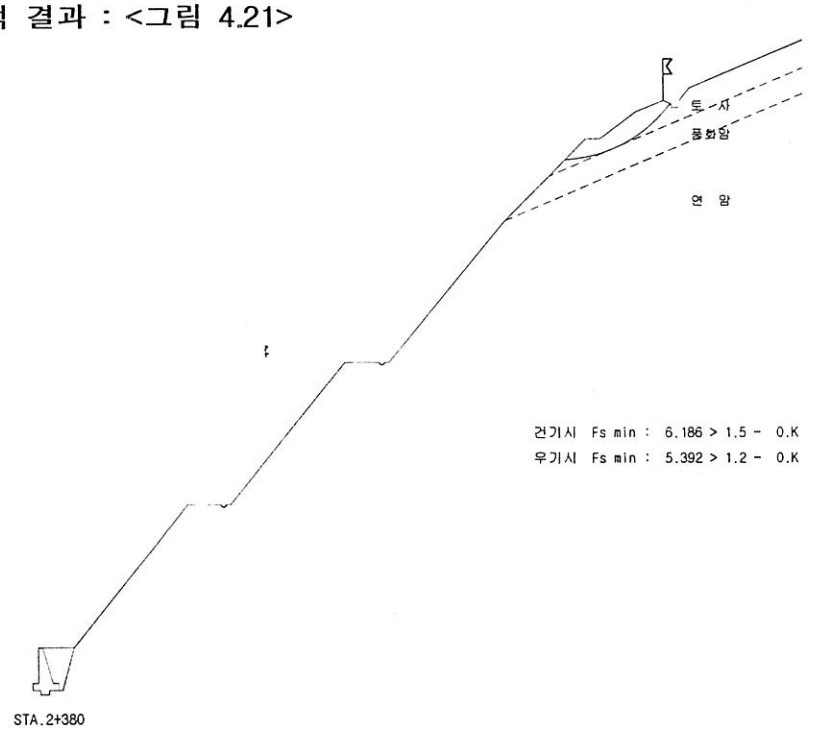
4.4.1.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 상단 토사사면 : 해석결과 - 부록 5

(1) 해석단면 : <그림 4.20>



<그림 4.20> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측 토사사면 횡단도

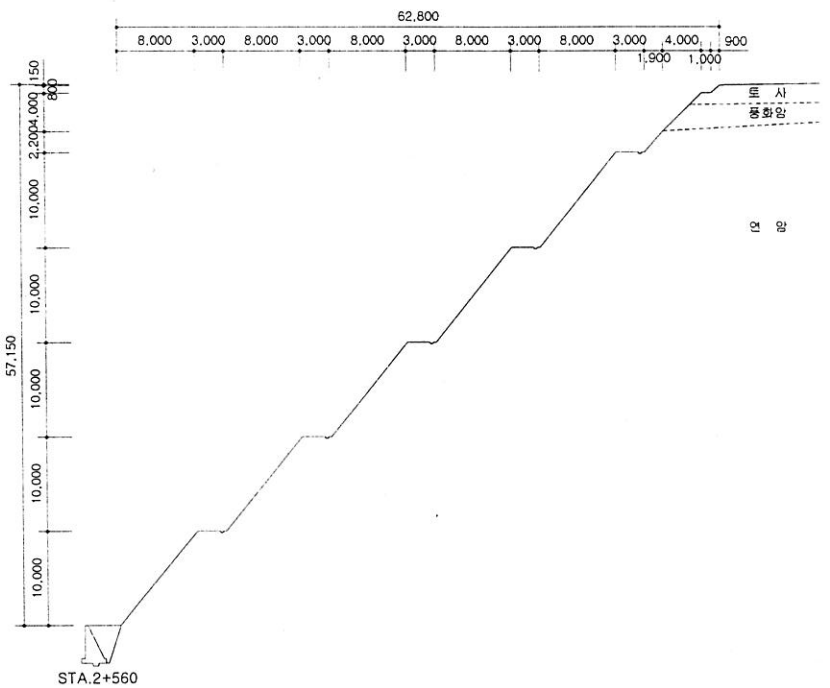
(2) 안정해석 결과 : <그림 4.21>



<그림 4.21> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+380 좌측 토사사면 안정검토

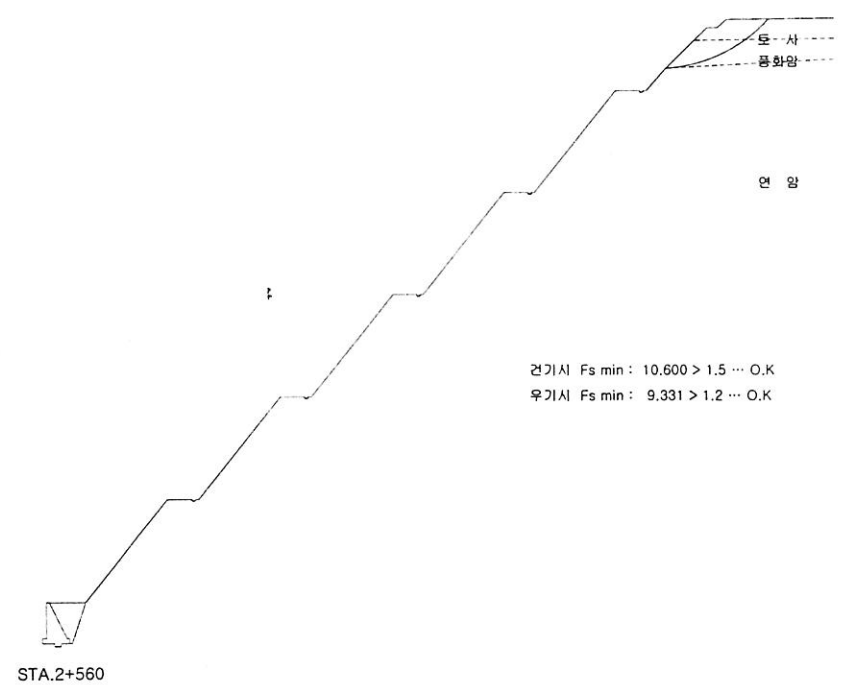
4.4.1.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 상단 토사사면 : 해석결과 - 부록 5

(1) 해석단면 : <그림 4.22>



<그림 4.22> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+560 우측 토사사면 횡단도

(2) 안정해석 결과 : <그림 4.23>

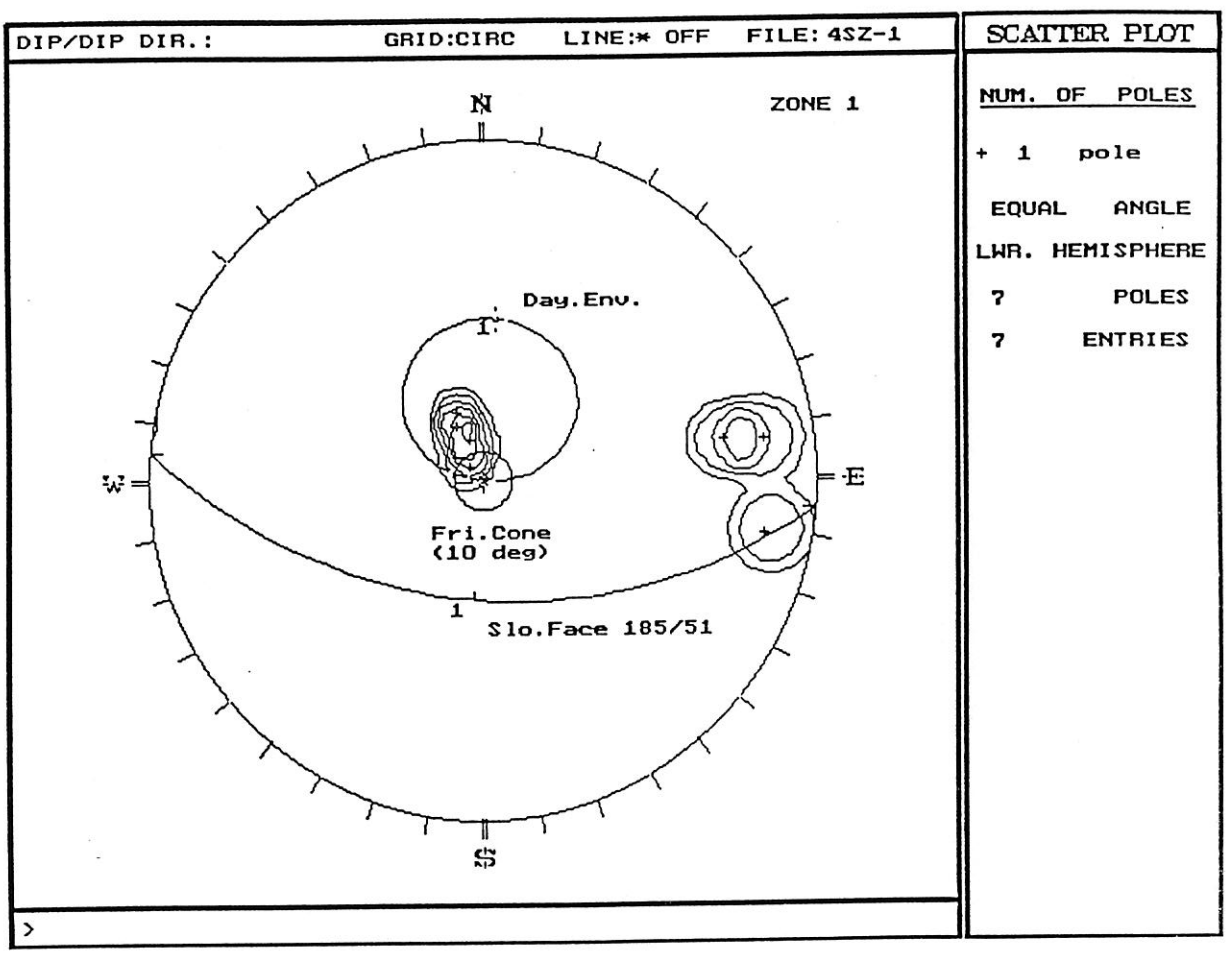


<그림 4.23> 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+560 우측 토사사면 안정검토

4.4.2 암반사면의 안정검토

4.4.2.1 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측 사면의 평사투영해석

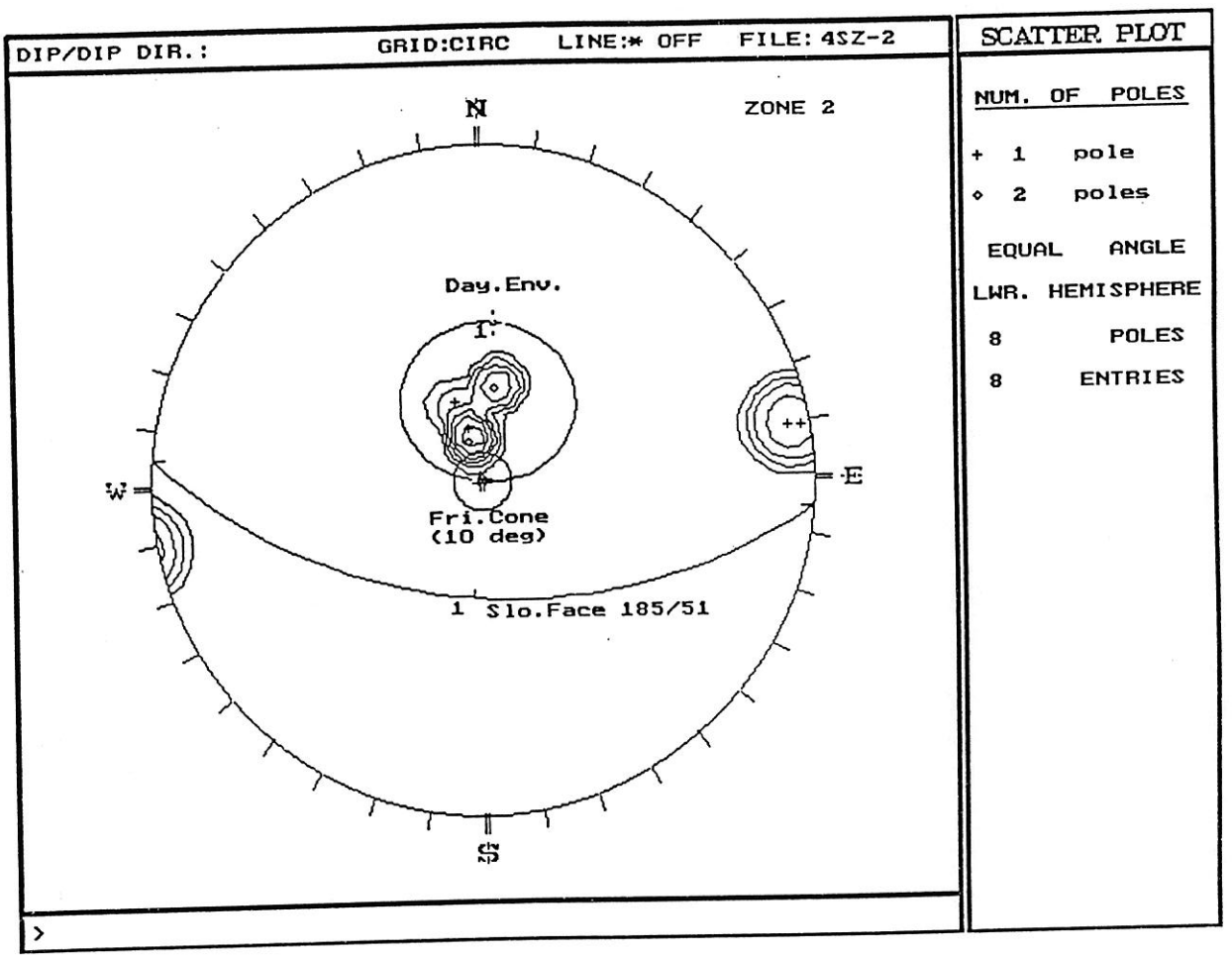
(1) ZONE 1구간(사면 상단에서 제1소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.24> ZONE 1구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 185/51~185/45
- 164/24, 165/12, 130/08 등의 층리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색셰일로서 심한풍화~완전풍화(CW~HW) 상태를 나타냄.
- 230/82 방향성의 단층에는 폭 0.5m 정도의 단층점토 및 단층각력이 충진되어 있으며, 풍화가 계속 진행될 경우 단층면에서 암괴의 탈락이 예상됨.
- 층리의 간격이 10~20cm로서 얇게 부서지는 특징을 지님.

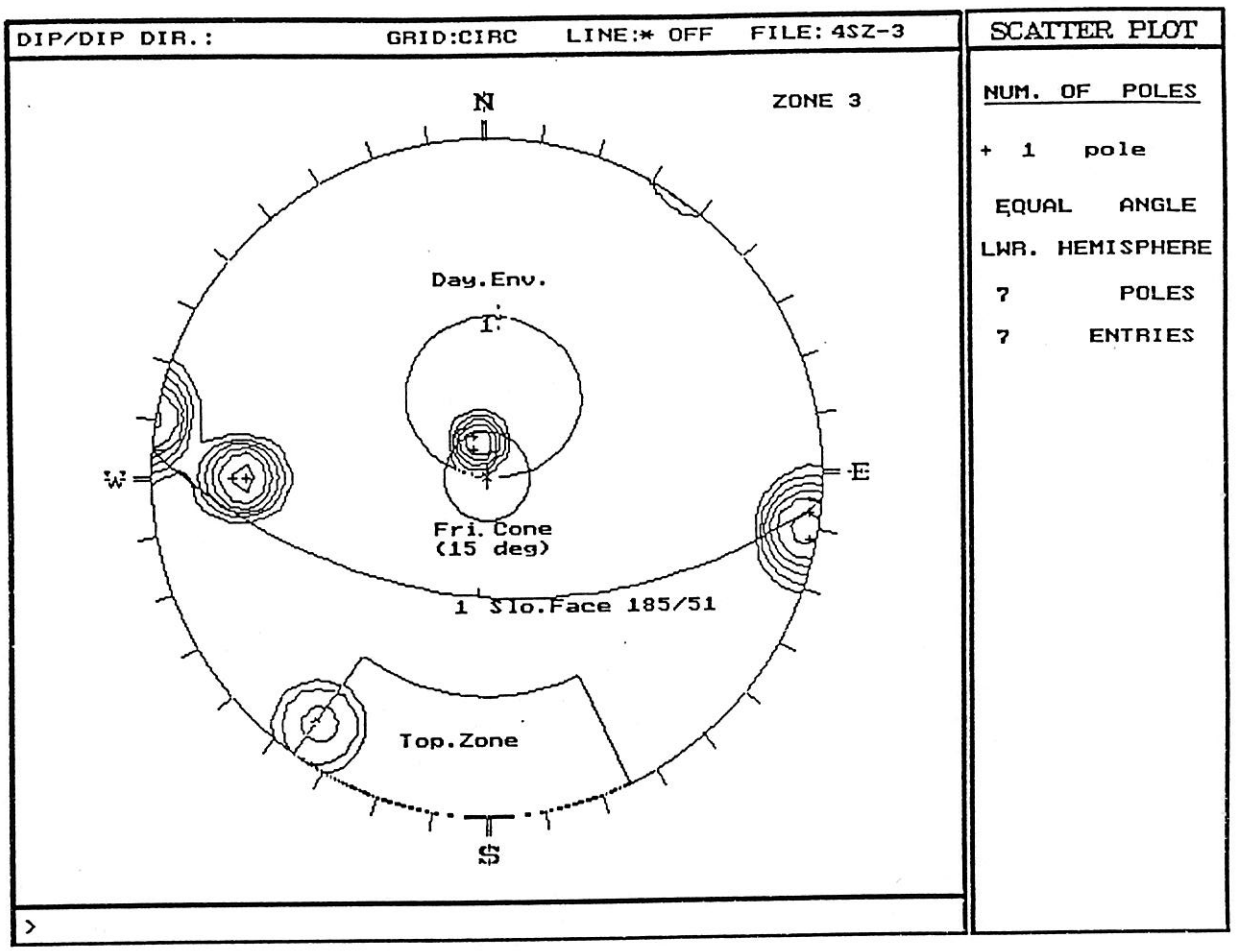
(2) ZONE 2구간(제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.25> ZONE 2구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 185/51
- 158/28, 168/12, 168/15, 170/18, 190/32 등의 층리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색셰일로서 심한풍화(HW) 상태를 나타내고 있으며 두께 2.5m 정도의 사암이 관입되어 있고, 절취작업으로 인한 2차 균열이 많이 발생되어 있음.
- ZONE 1에서부터 연결되는 단층 및 260/85 방향성을 지니는 단층에 폭 0.5m 정도의 단층점토가 충진되어 있어 이들 면에서의 암괴탈락이 예상됨.
- 층리의 간격이 3~10cm로서 이들이 얇게 벗겨지는 엽리현상이 두드러짐.
- 국부적인 파괴 및 소규모의 블럭파괴 발생부위도 있음.

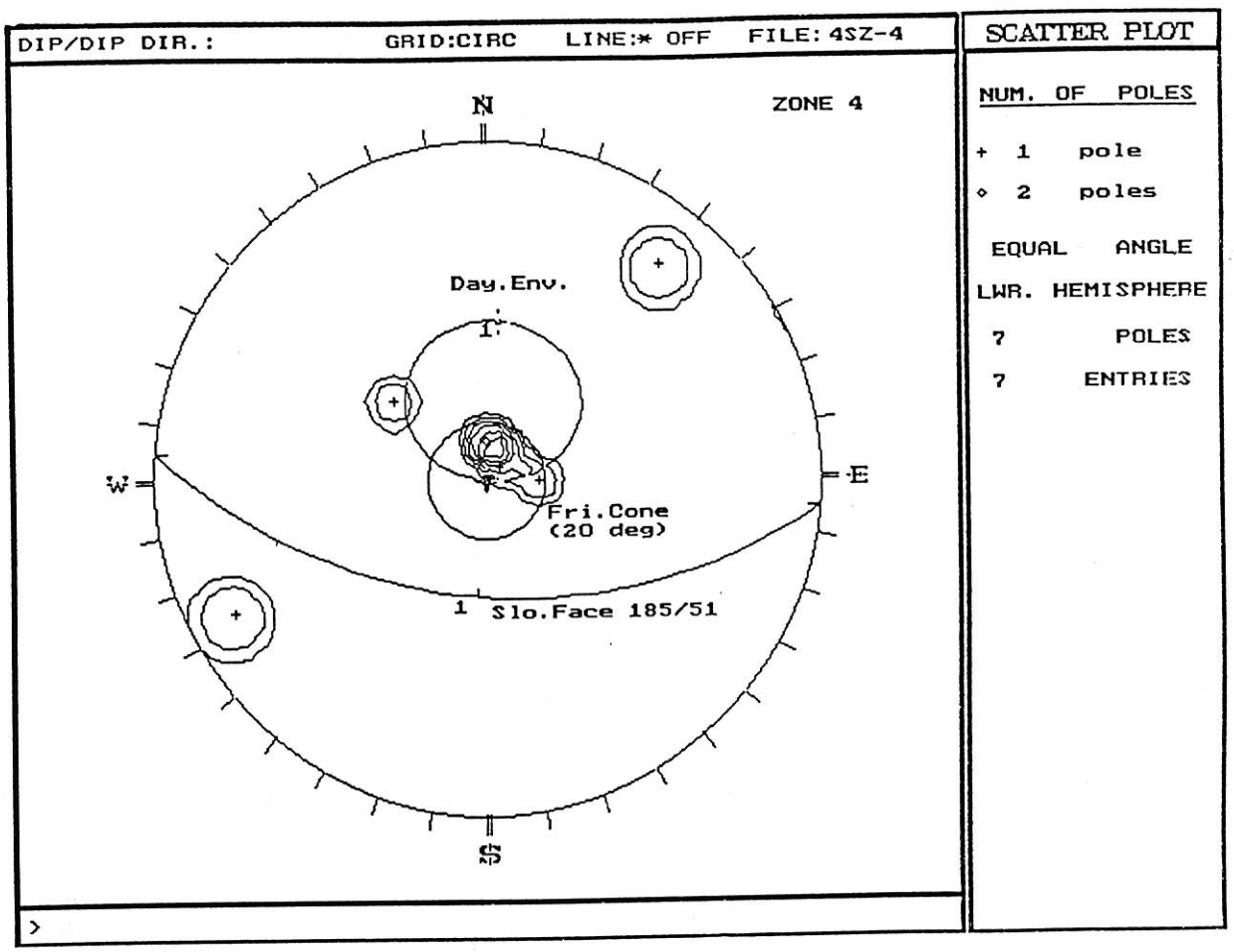
(3) ZONE 3구간(제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.26> ZONE 3구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 185/51
- 160/10, 170/14 등의 층리군에서 평면파괴 발생 가능성이 있으며, 본 구간 좌측 038/83 절리에서는 전도파괴(균열 폭 5~10cm) 발생가능성이 농후함.
- 사면의 풍화상태 : 적색~암회색 셰일로서 보통풍화~심한풍화(MW~HW) 상태를 나타내고 있으며 특히 본 구간 우측부는 완전풍화(CW)상태로서 토사화가 진행중에 있음.
- 본 구간 좌측에 발달한 연직절리에서 암괴의 탈락~국부파괴 우려가 높음.

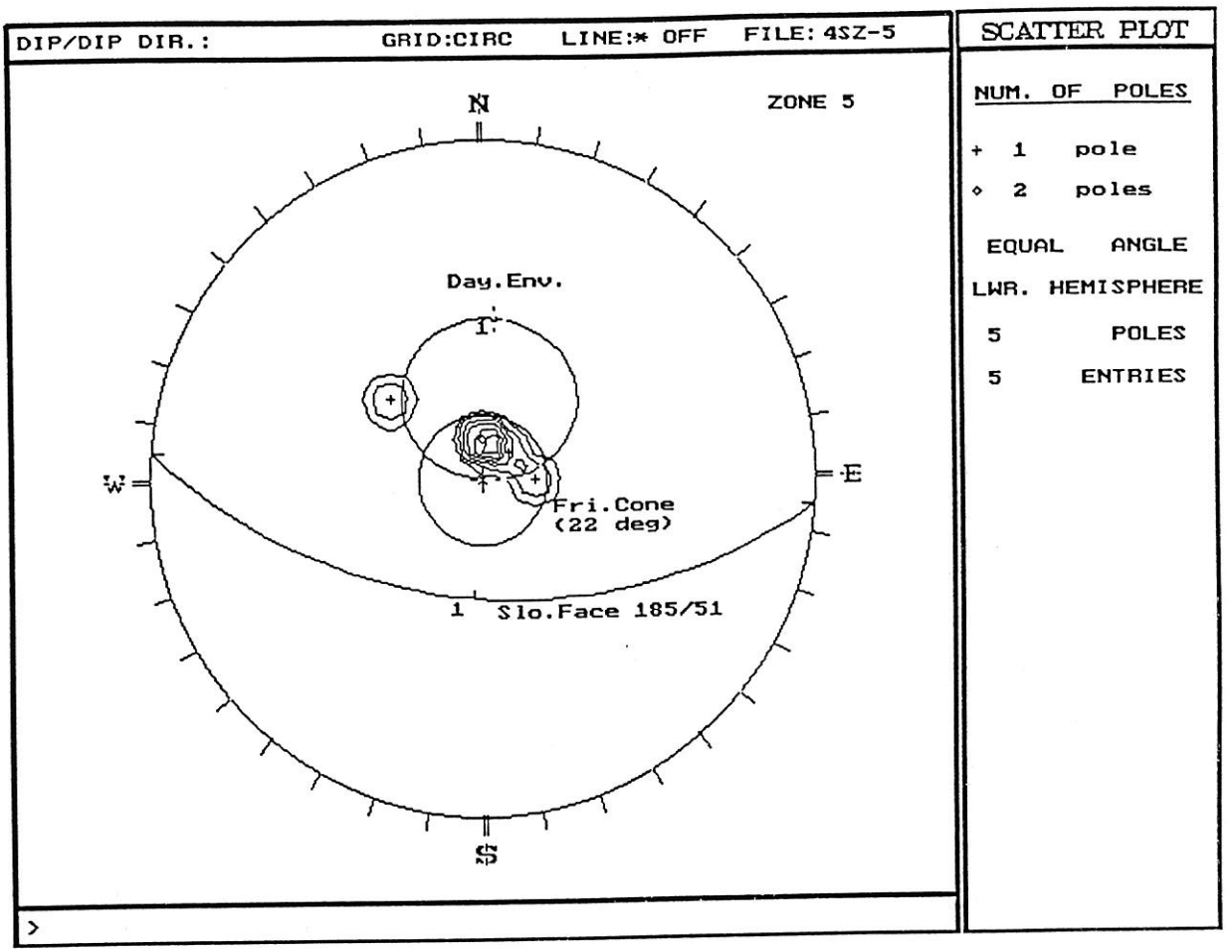
(4) ZONE 3구간(제3소단에서 제4소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.27> ZONE 4구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 185/51
- 178/14, 190/13 등 층리면이 기하학적으로 평면파괴 발생이 가능한 구조이나 불연속면의 전단강도를 고려할 때 파괴가능성은 낮지만 소규모의 파괴우려는 잠재하고 있음.
- 특히 사면의 경사도가 급해서 중력작용에 의한 암괴의 국부적인 탈락 가능성은 상당함.
- 사면의 풍화상태 : 암회색~흑색 셰일로서 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태를 나타내고 있으며 암석의 강도는 상부층에 비해 훨씬 강한편임.
  특히 본 구간의 우측부에 발달한 단층파쇄대는 향후 지하수의 통로역할 및 파괴원인이 될 것으로 추정됨.

(5) ZONE 5구간(제4소단에서 사면 최하단부까지) 평사투영해석 결과

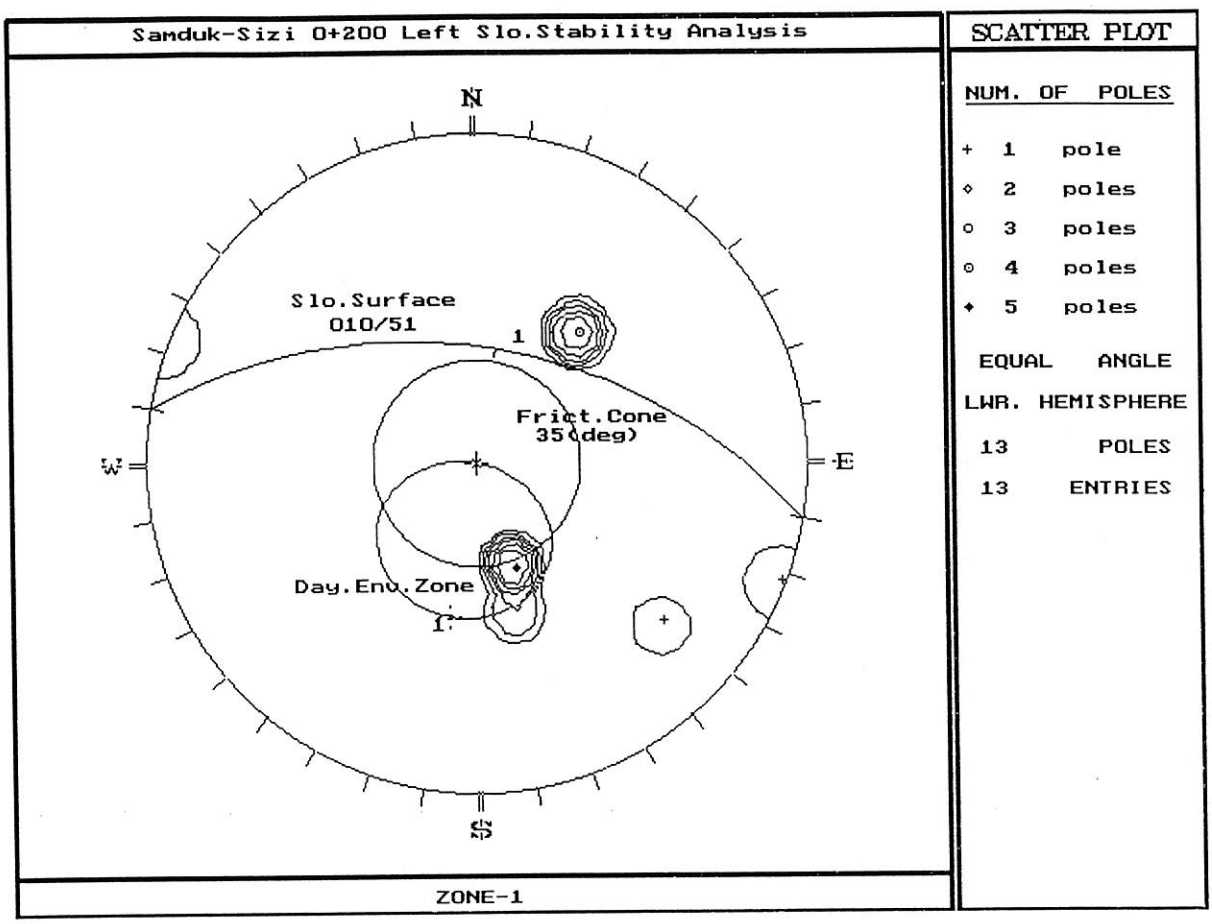


<그림 4.28> ZONE 5구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 185/51
- 178/14, 182/13, 220/12 등의 층리면이 기하학적으로 평면파괴 발생이 가능한 구조이나 불연속면의 전단강도를 고려할 때 파괴가능성은 낮지만 소규모의 파괴우려는 잠재하고 있음.
- 특히 건습의 반복 및 장기간 풍화될 경우 사면의 경사도가 급해서 중력작용에 의한 암괴의 국부적인 탈락 가능성은 상당함.
- 사면의 풍화상태 : ZONE 4와 동일하며, ZONE 4에서 연결되는 사면 우측의 단층파쇄대는 향후 불안정 요소로 작용할 것으로 예상됨.

4.4.2.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측 사면의 평사투영해석

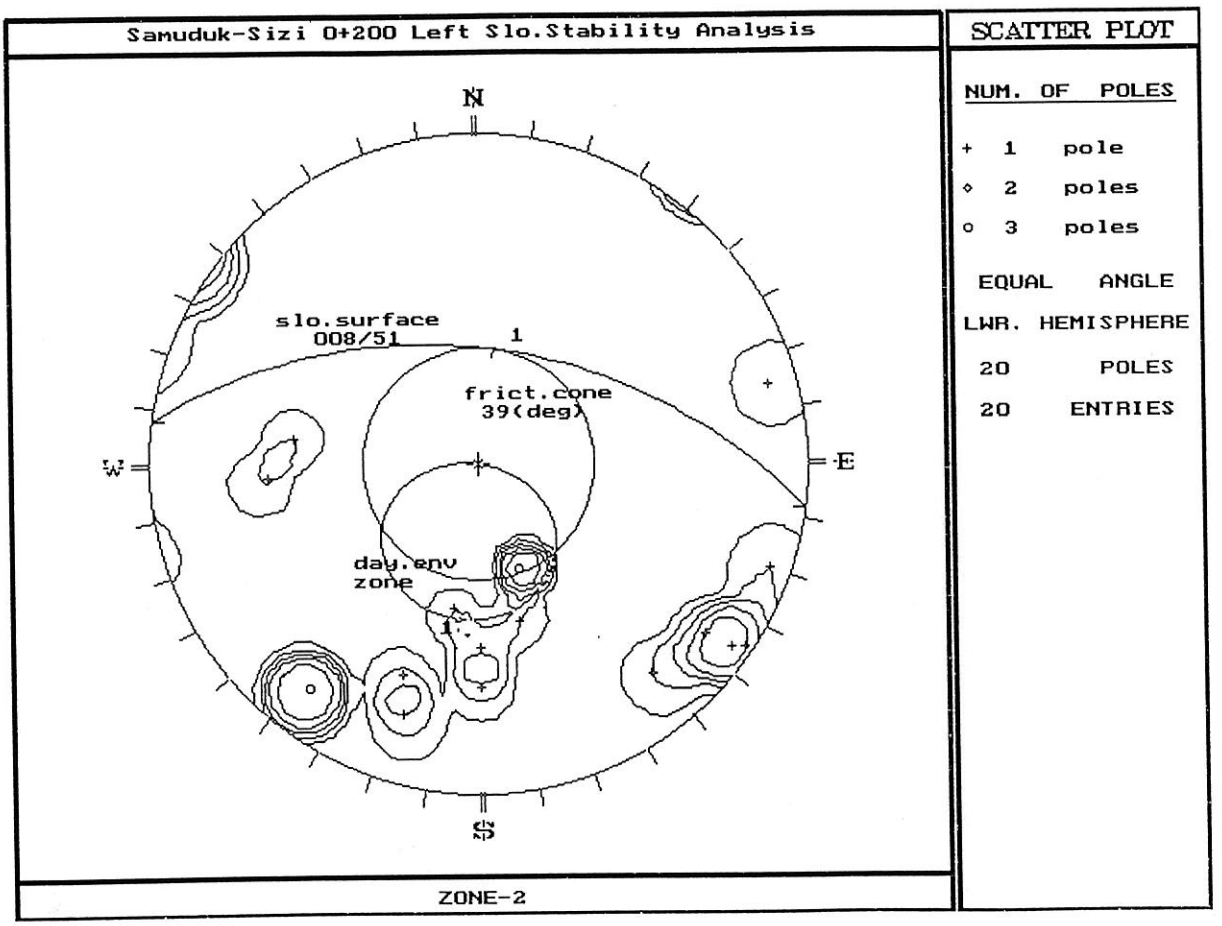
(1) ZONE 1구간(사면 상단에서 제1소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.29> ZONE 1구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51
- 341/36 불연속면(층리)에서 평면파괴 가능성이 큼.
- 312/73, 292/89, 346/50의 방향성을 지니는 소규모의 단층면에서 풍화가 진행될 경우 암괴의 탈락, 낙석우려가 있음.
- ZONE 전반에 걸쳐 2차 균열이 발생되어 있어 낙석의 우려가 매우 큼.

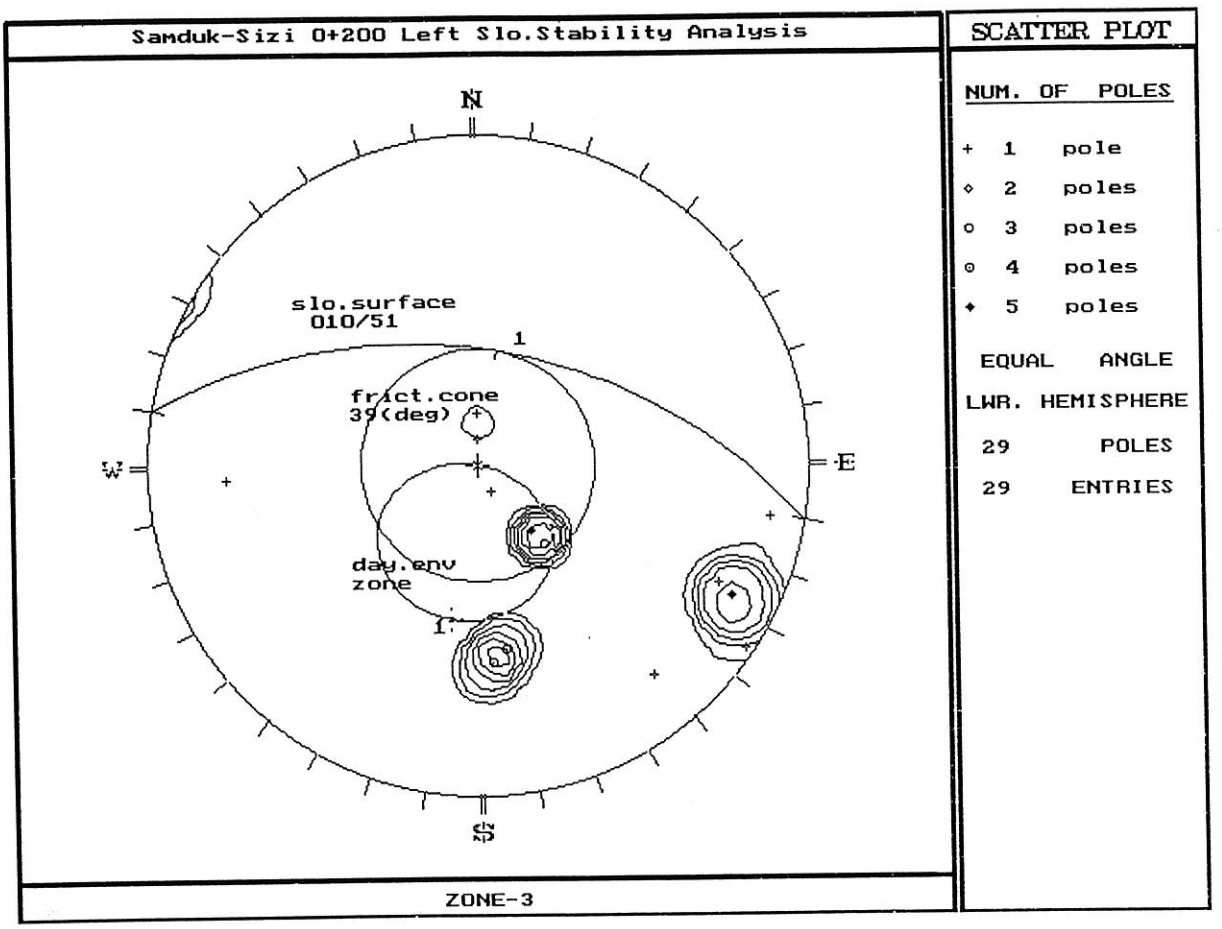
(2) ZONE 2구간(제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.30> ZONE 2구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 008/51
- 337/38의 방향성을 지니는 불연속면(층리)군에서 평면파괴 가능성이 큼.
- ZONE 전반에 걸쳐 불규칙적으로 발생되어 있는 균열로 인하여 낙석의 우려가 큼.
- 305/88, 306/86, 290/86, 255/85, 098/59 등의 소규모의 단층군에서 향후 풍화가 진행될 경우 탈락암괴의 낙석우려가 있음.

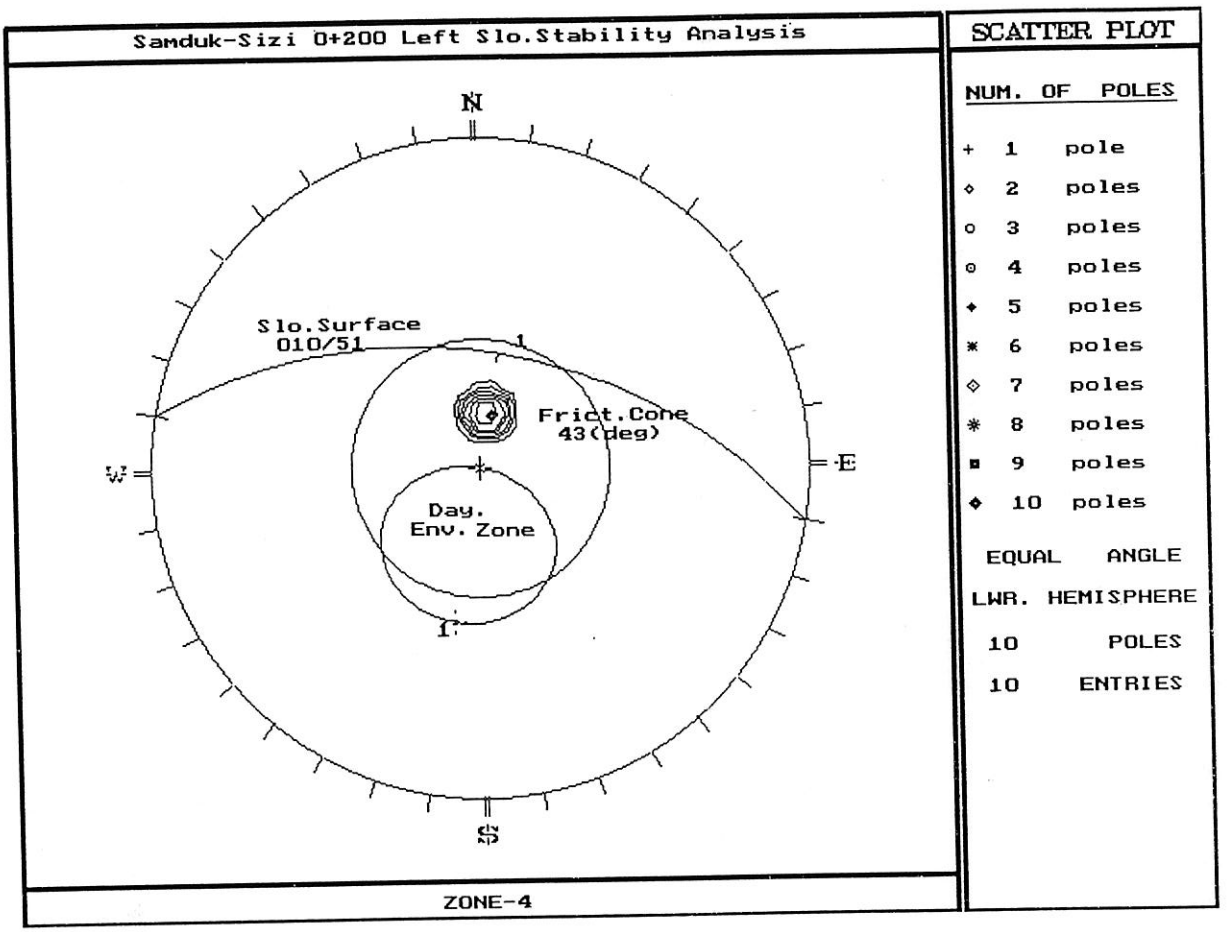
(3) ZONE 3구간(제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.31> ZONE 3구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51
- 주불연속면인 180/20(층리) 및 319/33(층리) 등이 daylight env. zone 외부 및 friction cone 내에 위치하고 있어 파괴의 가능성은 적은 것으로 분석되었음.
- ZONE 우측의 V-19 및 V-20 Section에 복잡하게 발달하여 있는 280/83, 352/58, 358/63 등의 불연속면에서 낙석의 위험성이 존재하고 있음.

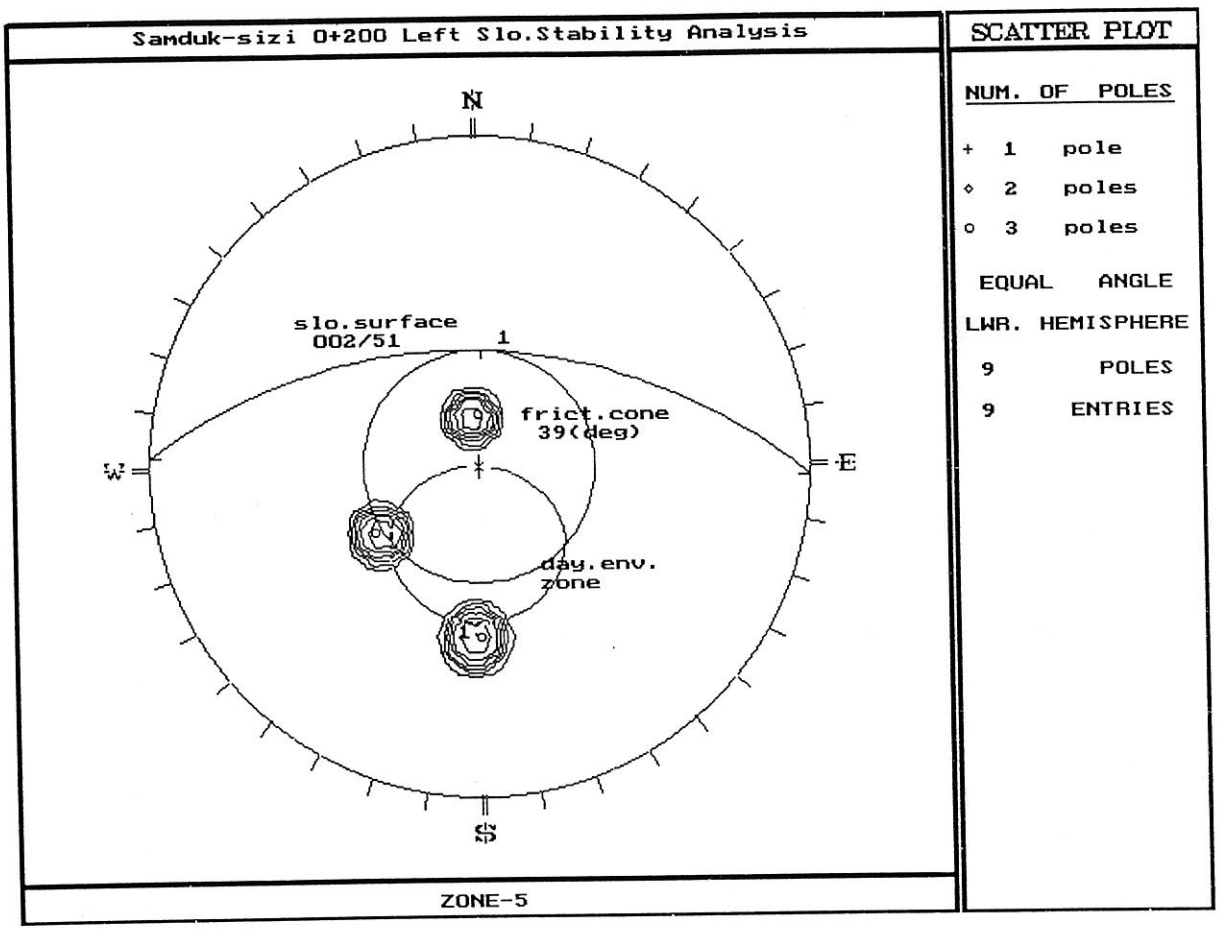
(4) ZONE 4구간(제3소단에서 사면 최하단부까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.32> ZONE 4구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51
- 주불연속면인 188/19의 층리군이 daylight env. zone 내에 위치하고 있어 파괴 가능성은 희박한 것으로 분석되었음.
- 사면 전체 구간중 가장 안정성이 높은 구간임.

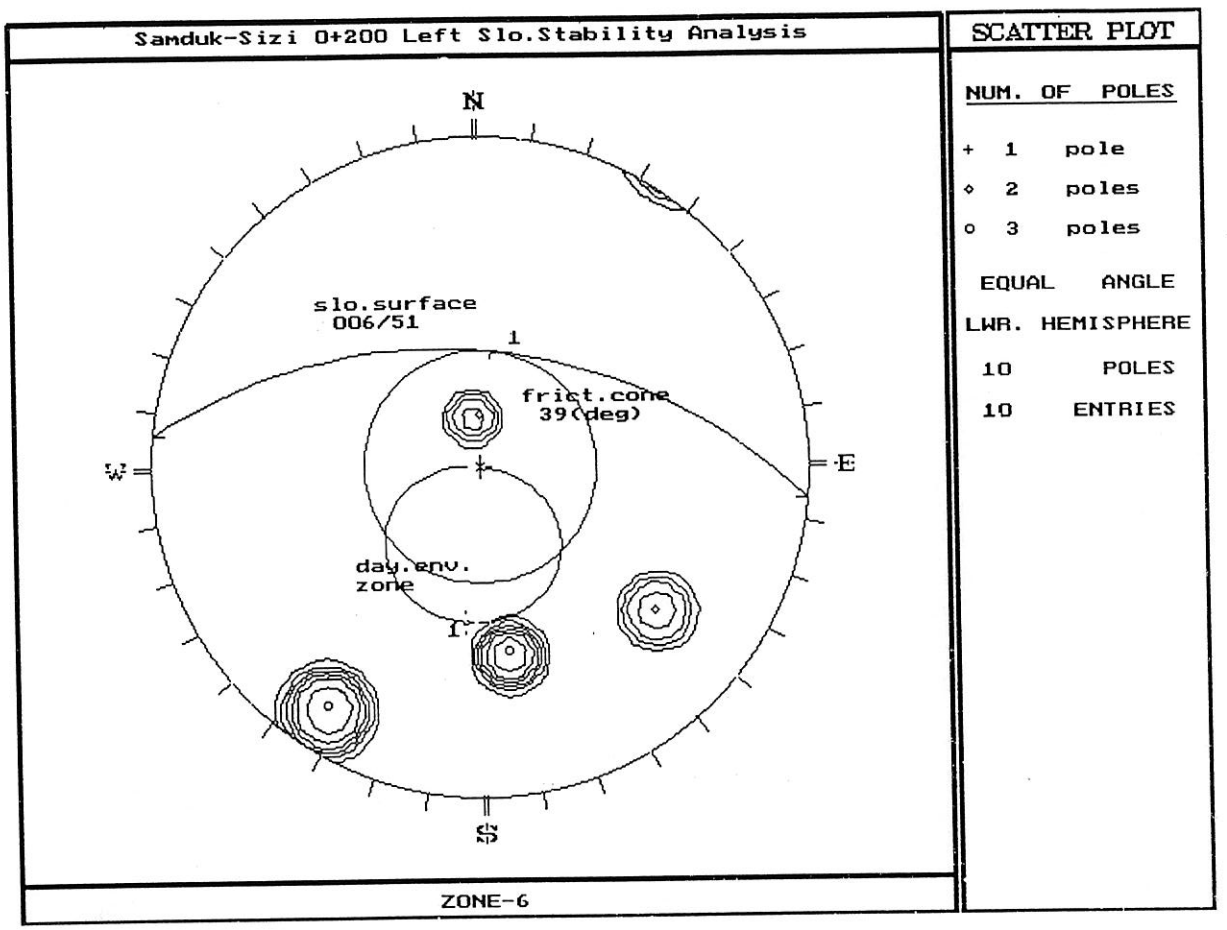
(5) ZONE 5구간(사면 우측부분 최상단에서 제1소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.33> ZONE 5구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 002/51
- 대부분의 불연속면이 daylight env. zone 외부 및 friction cone 내부에 위치하고 있어 파괴 가능성은 적은 것으로 분석되었지만 V-31 Section과 V-32 Section의 대부분이 표토 및 풍화토로 이루어져 있고, V-31 Section 하단 토사부분에 인장균열이 발생하여 있어 이에 대한 대책이 요구된다.
- ZONE 하부 적색셰일 부분에서 풍화로 인한 낙석우려가 있음.

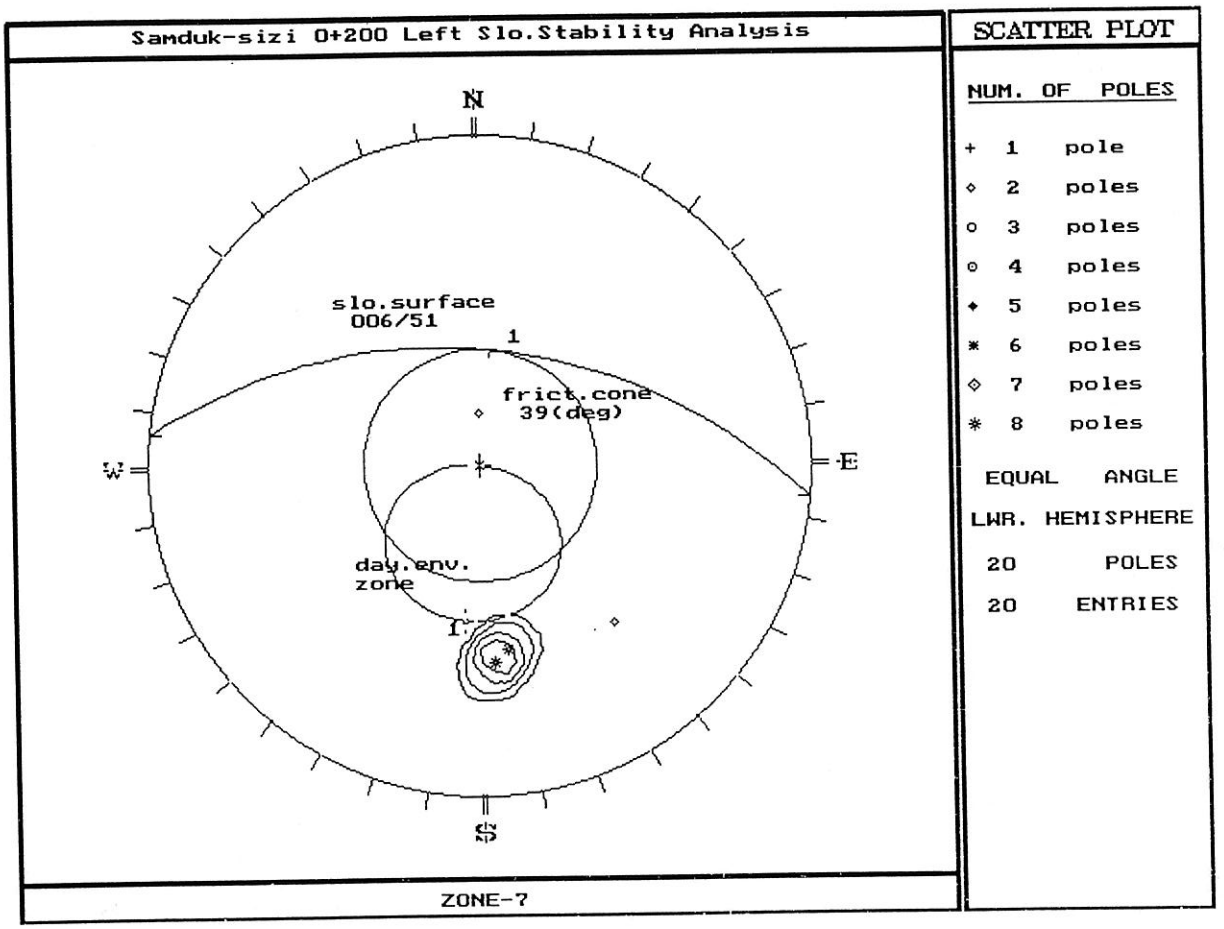
(6) ZONE 6구간(사면 우측부분 제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.34> ZONE 6구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 006/51
- 대부분의 불연속면이 daylight env. zone 외부에 위치하고 있어 파괴 가능성은 적은 것으로 분석되었음.
- 그러나 ZONE 내에 2개소의 용수부위가 있고, 암반의 균열간격이 5mm~5cm로서 엽리현상이 극심하고 조사 당시 사면 표면의 암석의 흘러내림 현상이 진행중에 있어서 향후 표면의 탈락 및 낙석의 우려가 잠재하고 있음.

(7) ZONE 7구간(사면 우측부분 제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과

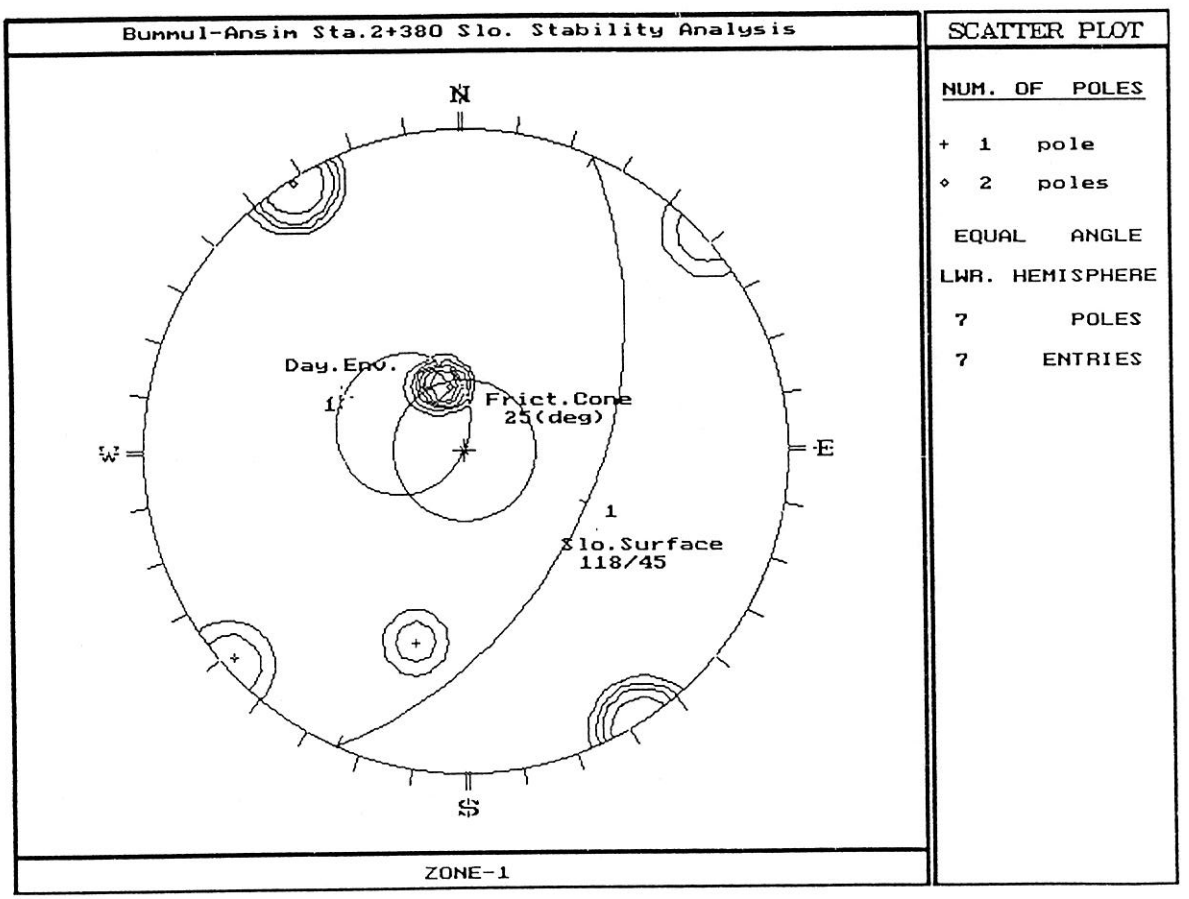


<그림 4.35> ZONE 7구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 006/51
- 대부분의 불연속면이 daylight env. zone 외부에 위치하고 있어 파괴 가능성은 적은 것으로 분석되었으나, ZONE 6과 같이 균열간격이 2~5cm로서 엽리현상이 극심하고, 사면 표면의 암석의 흘러내림 현상이 진행중에 있어서 향후 표면의 탈락 및 낙석의 우려가 잠재하고 있음.

4.4.2.3 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측 사면의 평사투영해석

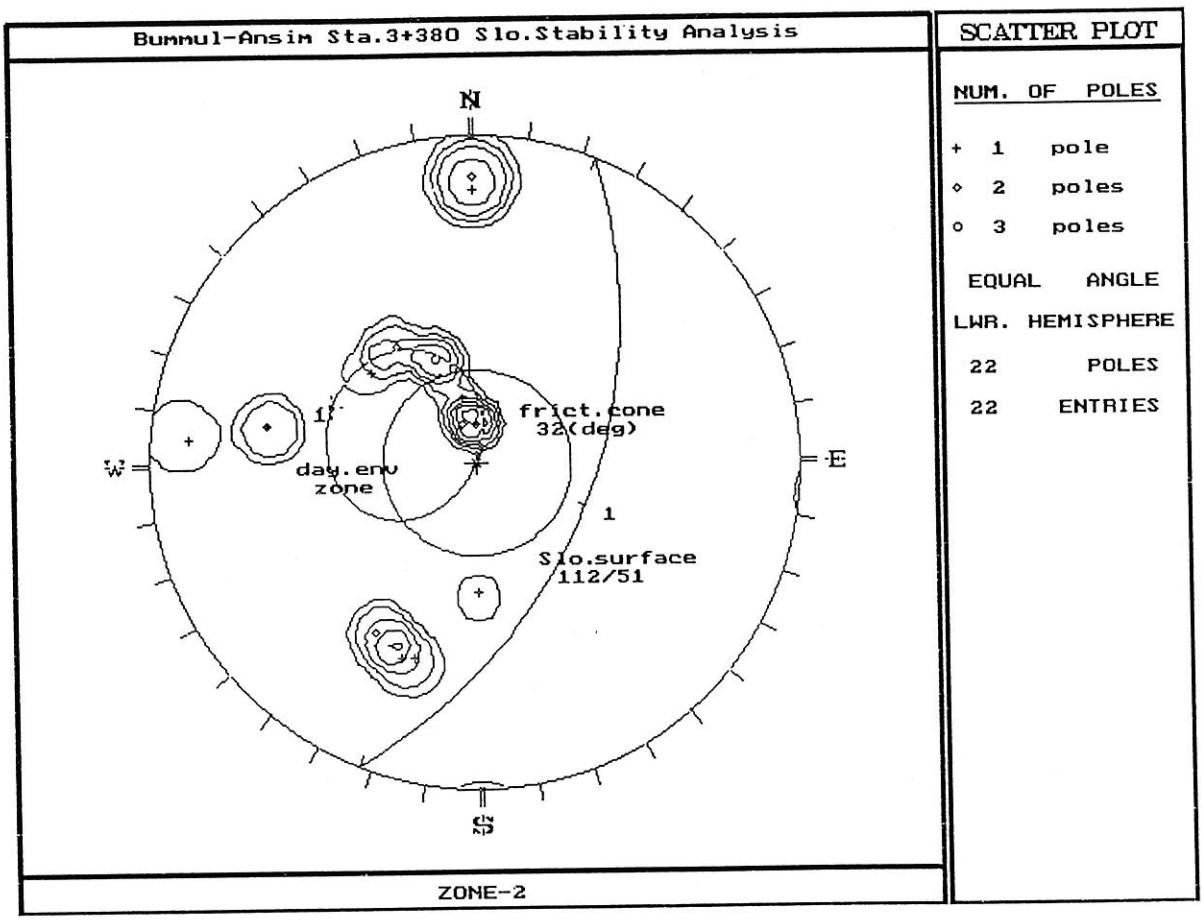
(1) ZONE 1구간(사면 상단에서 구배 1:0.8 변곡점까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.36> ZONE 1구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 118/45
- 주불연속면인 165/24, 152/25의 층리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색 셰일로서 심한풍화~완전풍화(CW~HW) 상태를 나타냄.
- 층리면에는 두께 0.5~1mm의 점토가 충진되어 있어 강우 침투시 전단강도를 현저히 약화시키는 요인으로 존재함.
- 층리의 간격이 10~20cm로서 얇게 부서지는 특징을 지니며, 굴착후 표면 풍화가 많이 진행되어 있음.

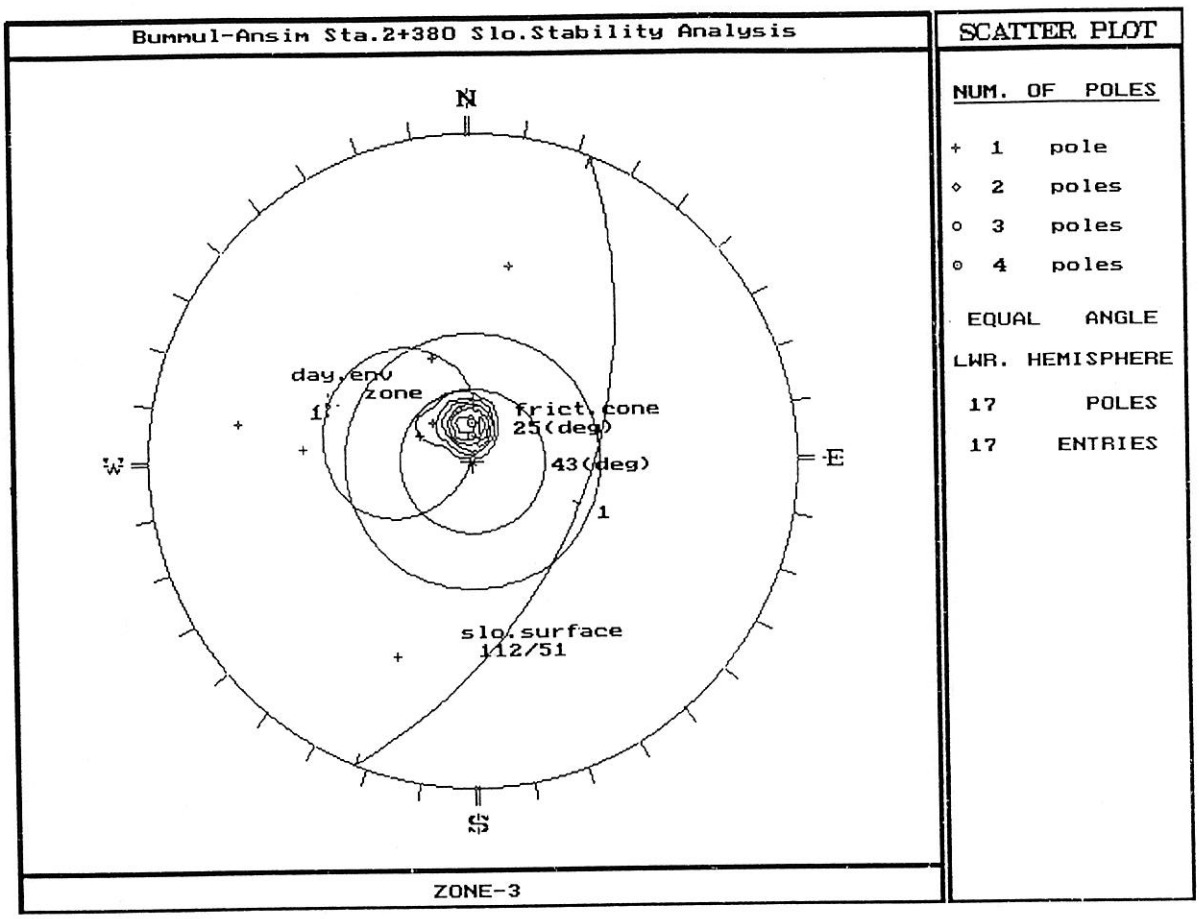
(2) ZONE 2구간(제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.37> ZONE 2구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- 160/38, 180/13 층리 및 130/47 절리군에서 평면파괴 발생 가능성이 큼.
- 사면의 풍화상태 : 주로 적색~암회색 셰일로서 심한풍화(HW) 상태를 나타내고 있고, 사면좌측 160/38 층리군에는 엽리현상이 매우 진행되어 있으며, 특히 STA.2+380~STA.2+420 구간의 130/47 절리군에서는 얇은 두께의 암괴탈락 및 파괴가 진행되고 있음.
- ZONE 1에서부터 연결되는 우측의 022/65 방향성을 지니는 단층에 폭 50mm 정도의 단층점토 및 각력이 충진되어 있어 이들 면에서의 암괴탈락이 예상됨.
- ZONE 1과 마찬가지로 표면 풍화가 많이 진행되어 있음.

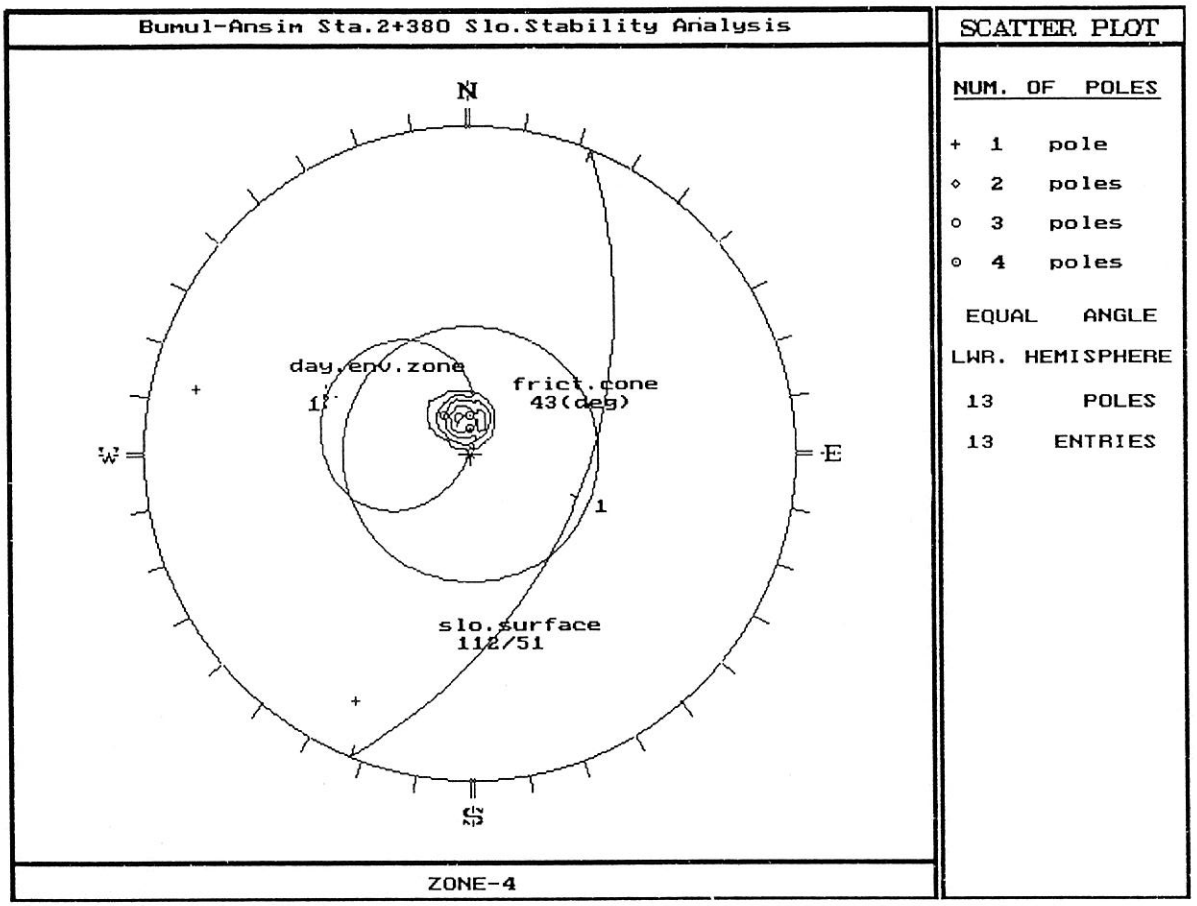
(3) ZONE 3구간(제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.38> ZONE 3구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- ZONE의 중앙부(STA.2+360~STA.2+400)에서는 비교적 안정한 상태를 나타내나 ZONE 좌측의 160/38 절리군 및 180/13 층리에서는 ZONE 2와 같이 평면파괴에 대하여 불안정하며 ZONE 우측의 습곡부위의 122/20 층리군에서 평면파괴~암괴탈락의 가능성이 있음.
- 사면의 풍화상태 : ZONE 중앙부는 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태이나 ZONE 좌측 및 우측부분은 심한풍화(HW) 상태가 대부분임.
- ZONE 중앙부는 흑색 셰일, 좌측 및 우측은 주로 적색~암회색 셰일이 분포하고 있으며, 표면풍화가 진행되어 암석 표면의 강도는 많이 저하되어 있음.

(4) ZONE 4구간(제3소단에서 제4소단까지) 평사투영해석 결과

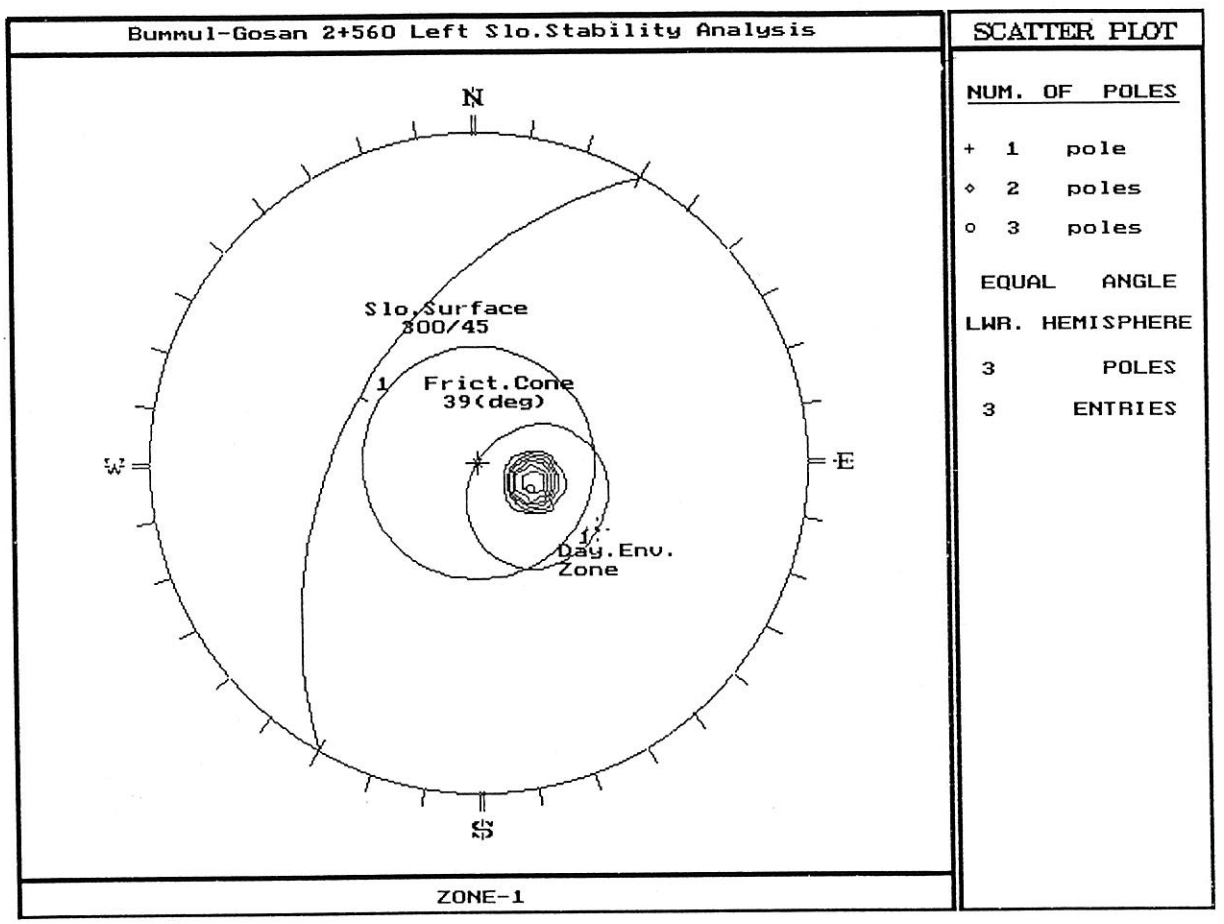


<그림 4.39> ZONE 4구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 112/51
- 주불연속면인 170/12, 177/71 등은 모두 friction cone 내에 위치하여 비교적 안정된 상태로 분석되었으나 ZONE 좌측부분의 177/11 및 180/13 등의 층리군은 다소 불안정한 상태를 나타냄.
- 사면의 풍화상태 : ZONE 중앙부는 흑색 셰일로서 약간풍화~보통풍화(SW~MW) 상태를 나타내고 있고, ZONE 좌측 및 우측부분은 암회색~적색 셰일이 분포되어 있으며 표면풍화가 많이 진행되어 암석 표면의 강도는 많이 저하되어 있음.

4.4.2.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측 사면의 평사투영해석

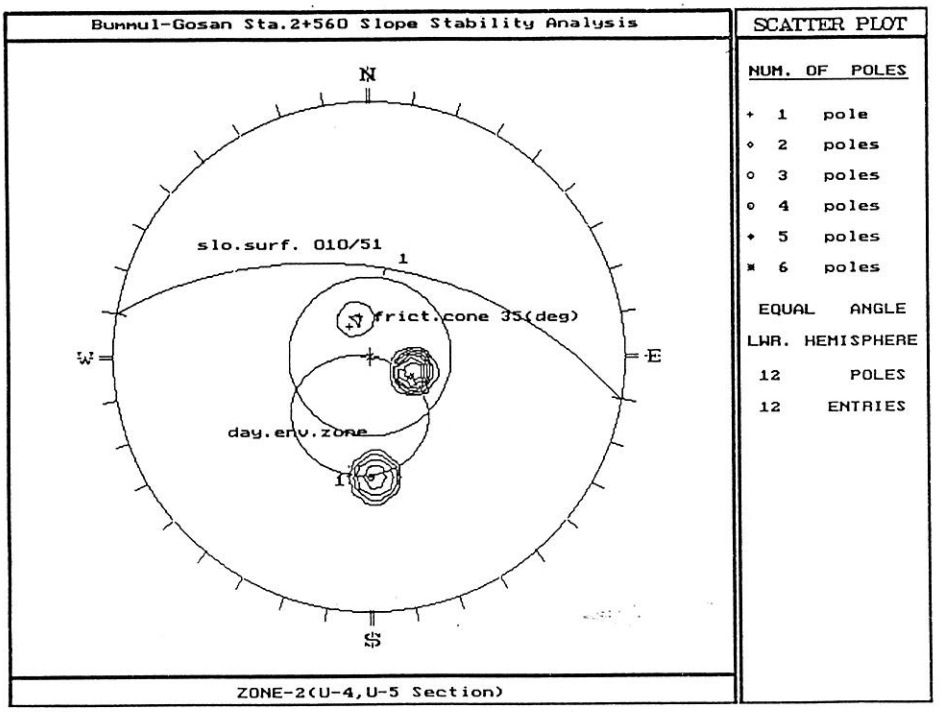
(1) ZONE 1구간(사면 최상단에서 제1소단까지) 평사투영해석 결과



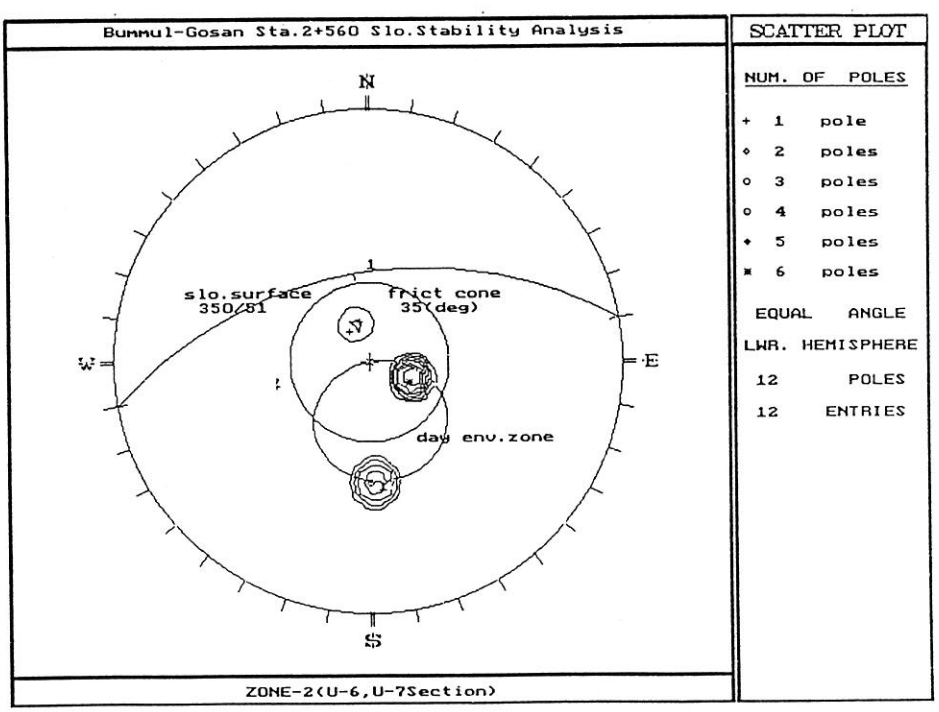
<그림 4.40> ZONE 1구간 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 300/45
- 주불연속면인 290/20 층리군의 friction cone 내부에 위치하고 있어서 파괴의 가능성은 적은 것으로 분석되었으나, 절취 작업시 발생한 2차 균열 및 응력 해방에 따른 균열 발달로 낙석의 우려는 잠재하고 있음.

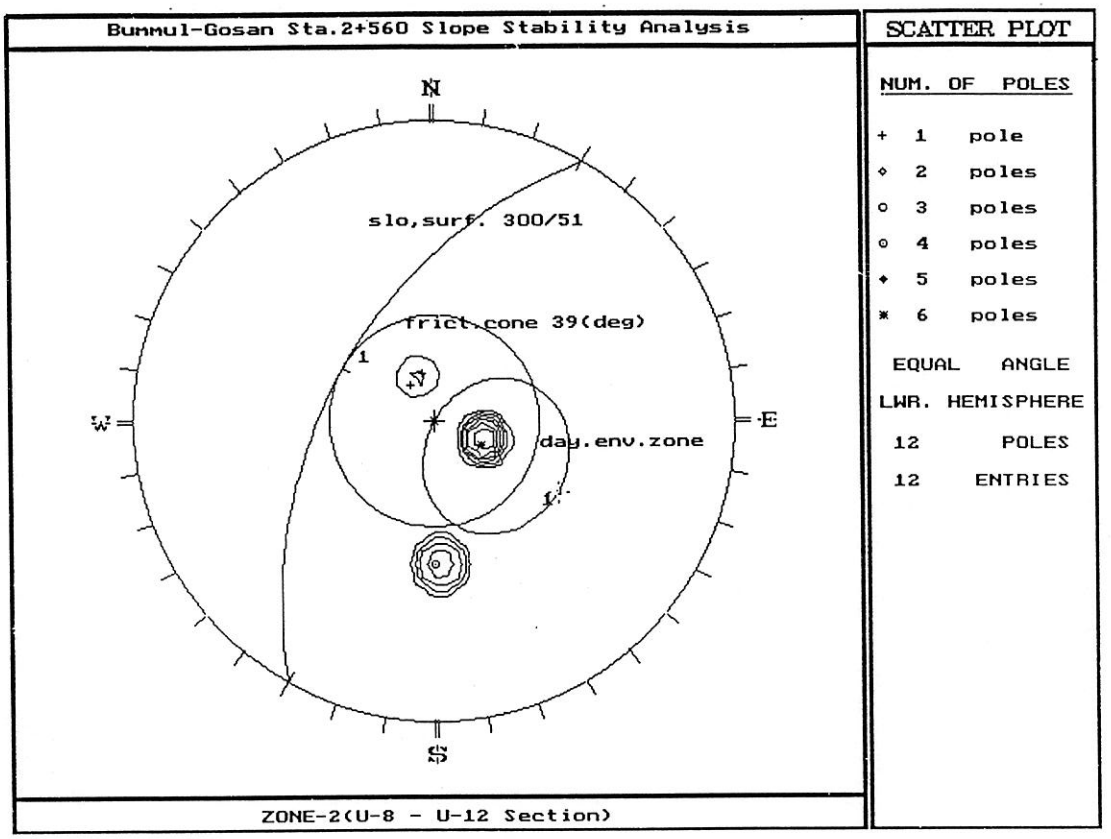
(2) ZONE 2구간(제1소단에서 제2소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.41> ZONE 2구간 좌측(U-4 및 U-5 Section) 평사투영해석



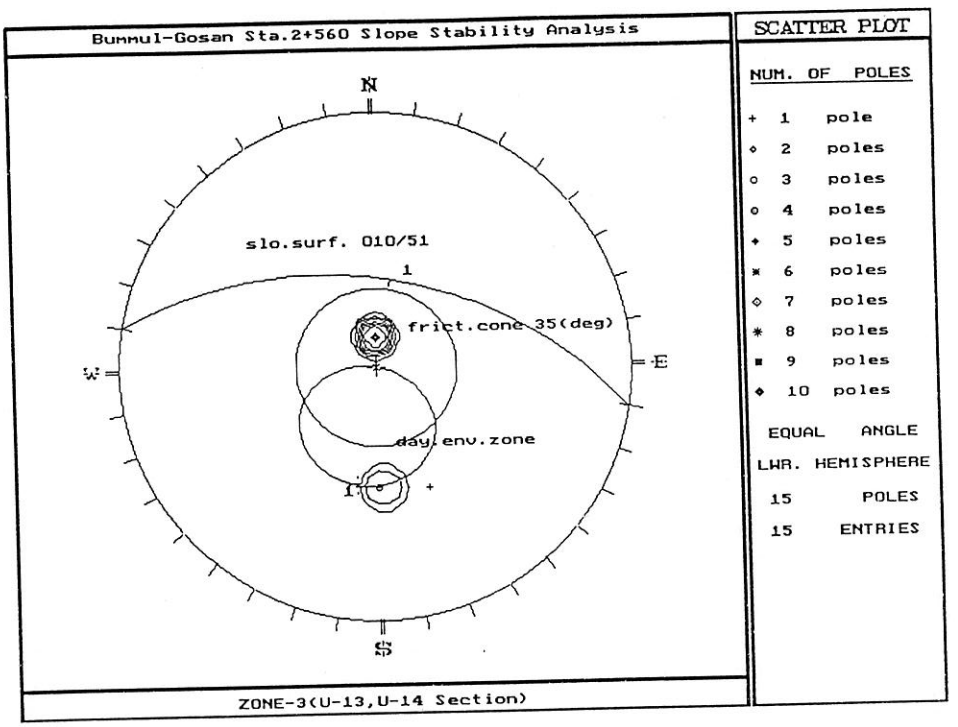
<그림 4.42> ZONE 3구간(U-6 및 U-7 Section) 평사투영해석



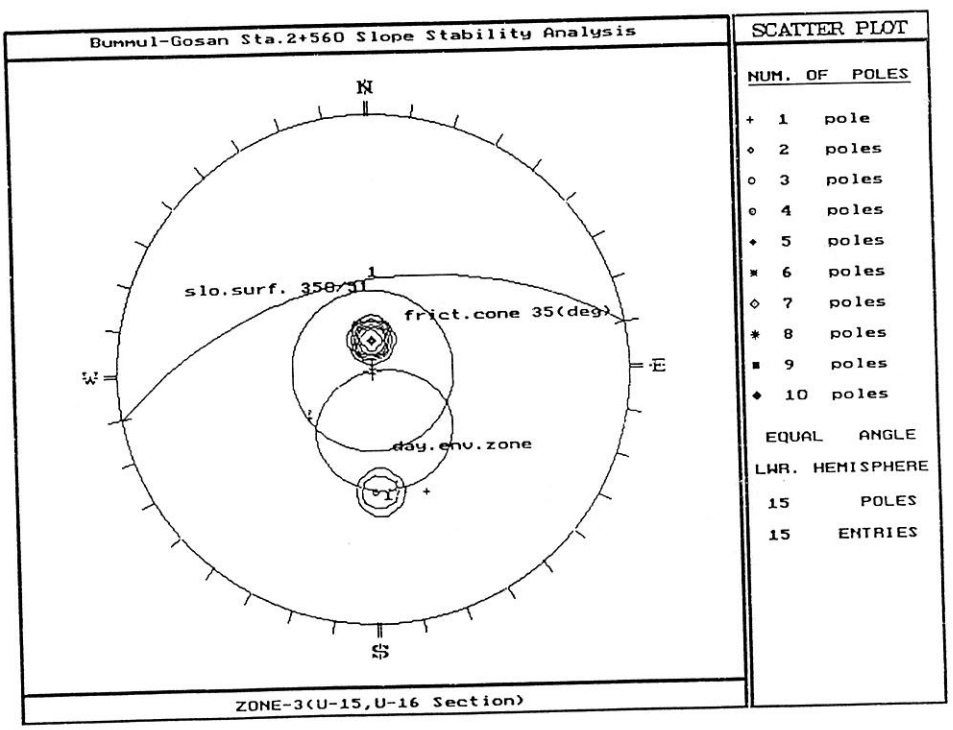
<그림 4.43> ZONE 2구간 좌측(U-8~U-12 Section) 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51 (U-4 및 U-5 Section)
  350/51 (U-5 및 U-6 Section)
  300/51 (U-8 ~ U-12 Section)
- U-4~U-6 Section 구간은 사면의 절취 경사와 평행한 358/51 절리군에서 얇은 두께의 판상탈락 및 잔적토의 흘러내림 현상이 진행중에 있음.
- U-8~U-12 Section의 암반은 절취시 발생한 2차 균열 및 응력 해방에 따른 균열의 진전으로 낙석우려가 잠재하고 있음.

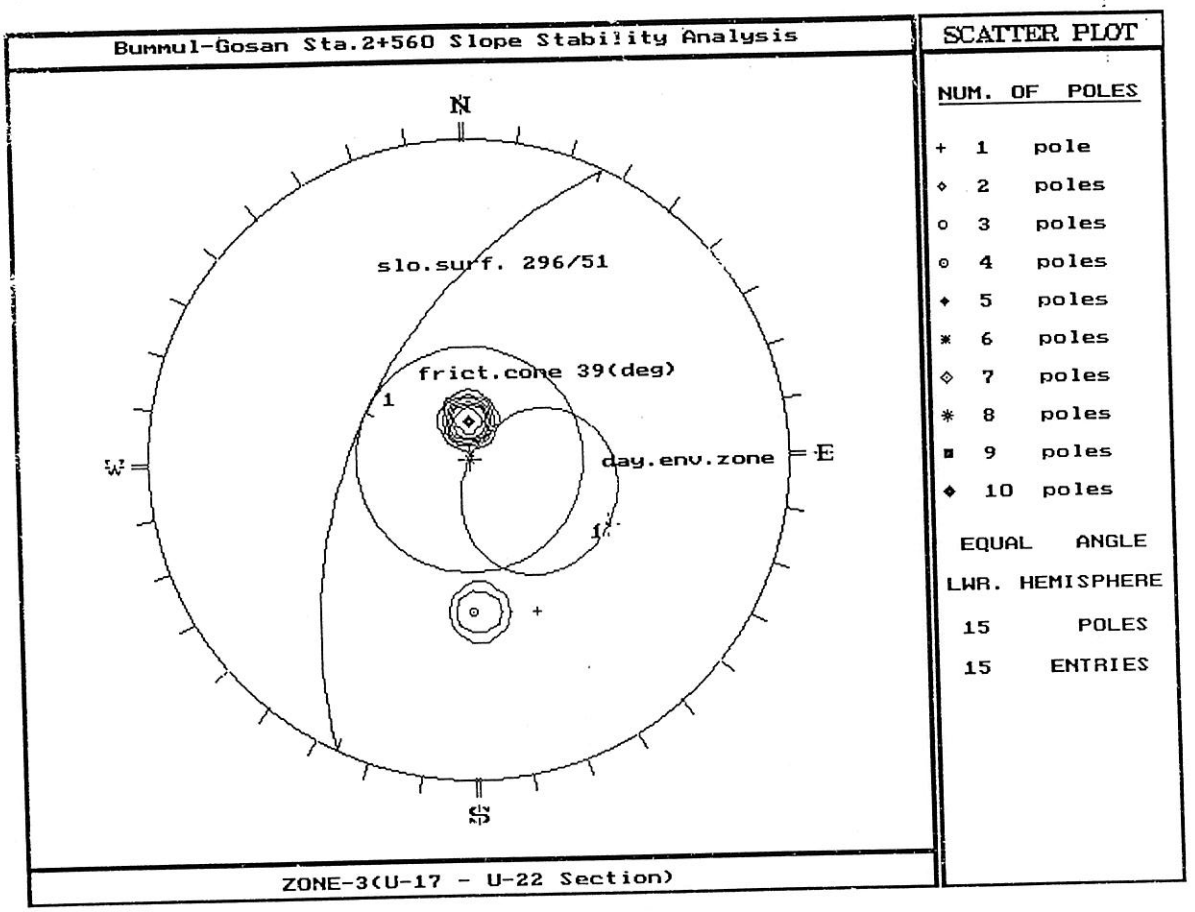
(3) ZONE 3구간(제2소단에서 제3소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.44> ZONE 3구간(U-13 및 U-14 Section) 평사투영해석



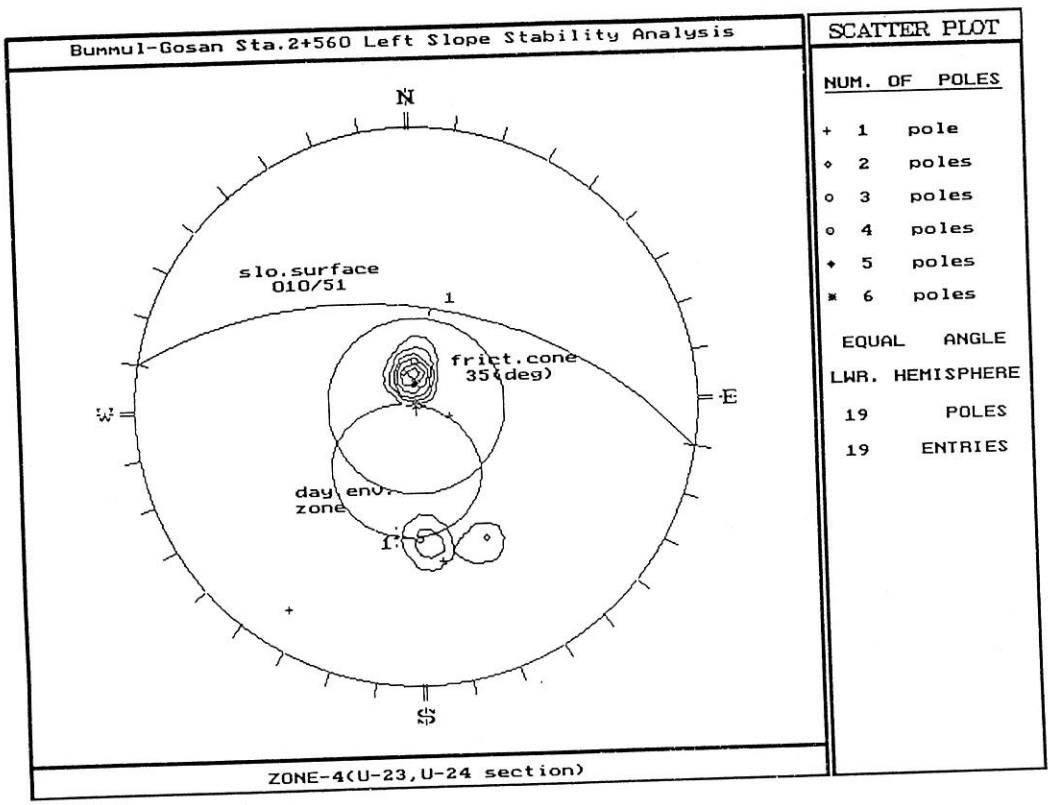
<그림 4.45> ZONE 3구간(U-15 및 U-16 Section) 평사투영해석



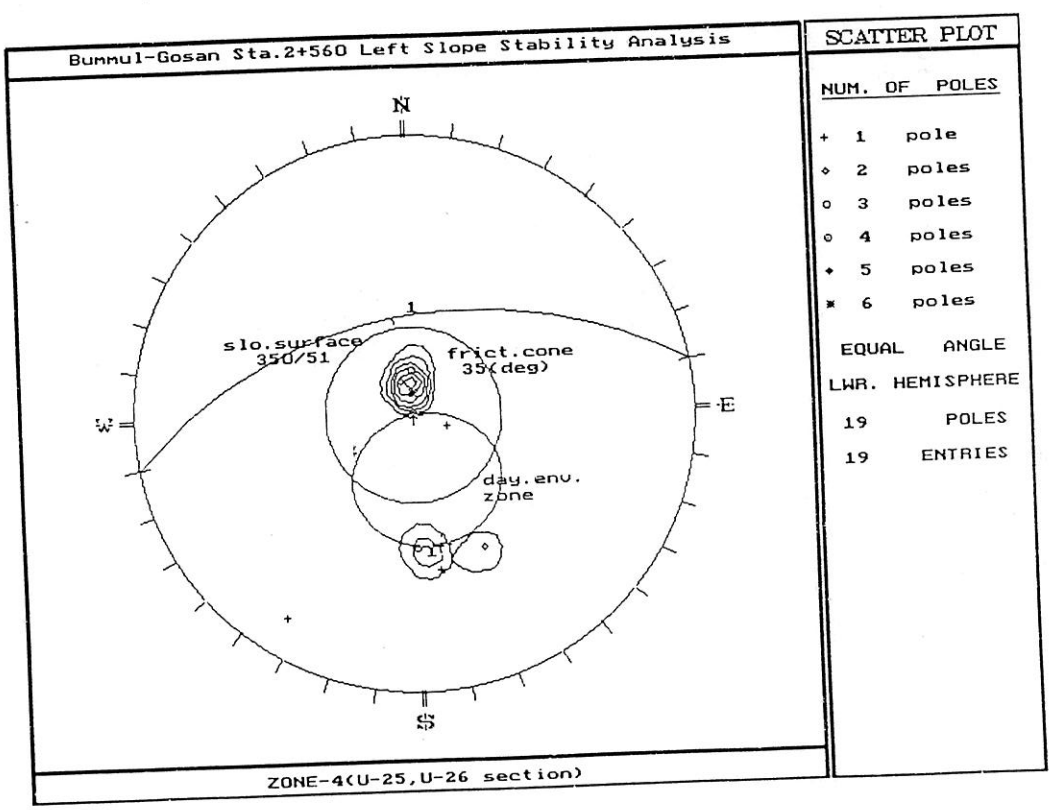
<그림 4.46> ZONE 3구간 좌측(U-17~U-22 Section) 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51 (U-13 및 U-14 Section)
  350/51 (U-15 및 U-16 Section)
  296/51 (U-17 ~ U-22 Section)
- U-13~U-16 Section 구간은 사면의 절취 경사와 평행한 358/51 절리군에서 얇은 두께의 판상탈락 및 잔적토의 흘러내림 현상이 진행중에 있음.
- U-17~U-22 Section의 암반은 절취시 발생한 2차 균열 및 응력 해방에 따른 균열의 진전으로 낙석우려가 잠재하고 있음.

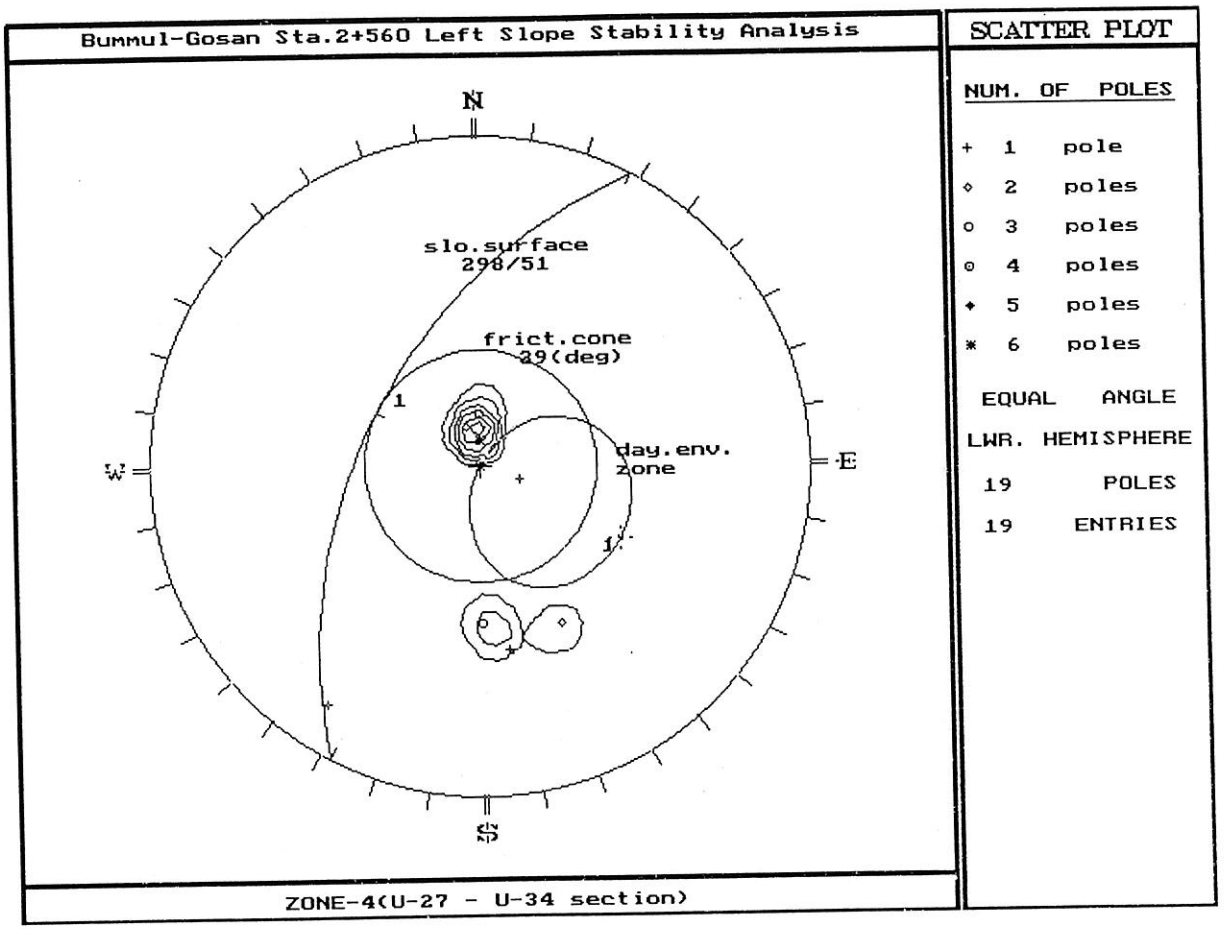
(4) ZONE 4구간(제3소단에서 제4소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.47> ZONE 4구간(U-23 및 U-24 Section) 평사투영해석



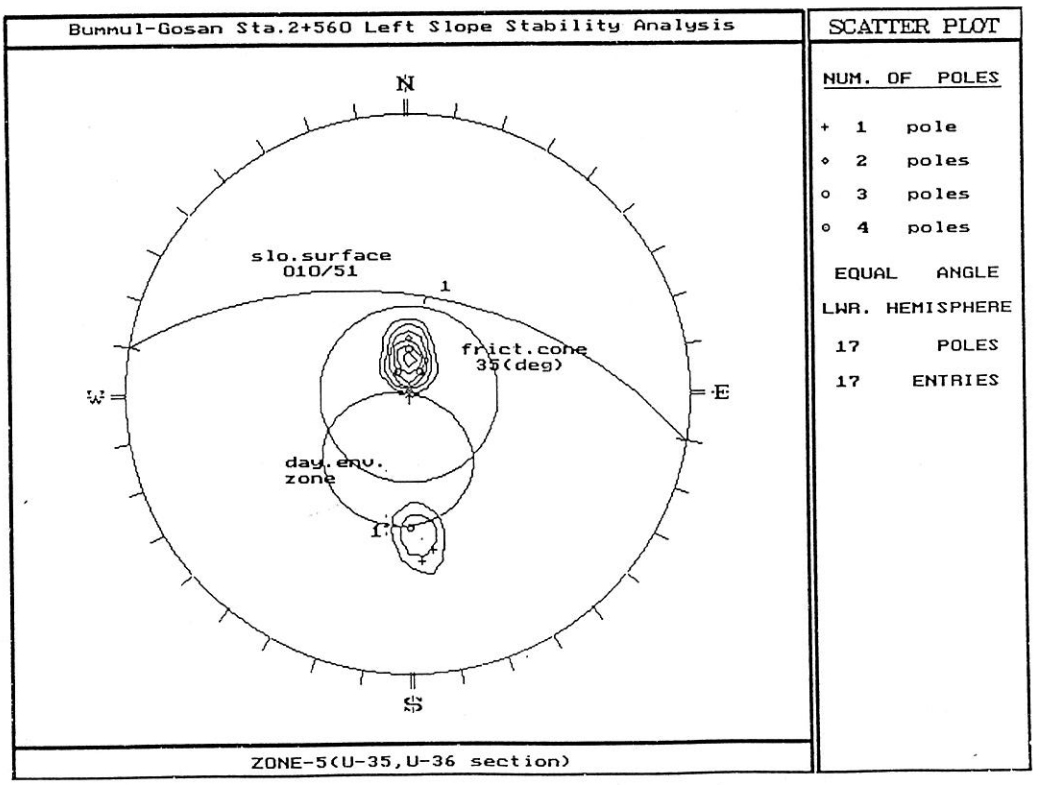
<그림 4.48> ZONE 4구간(U-25 및 U-26 Section) 평사투영해석



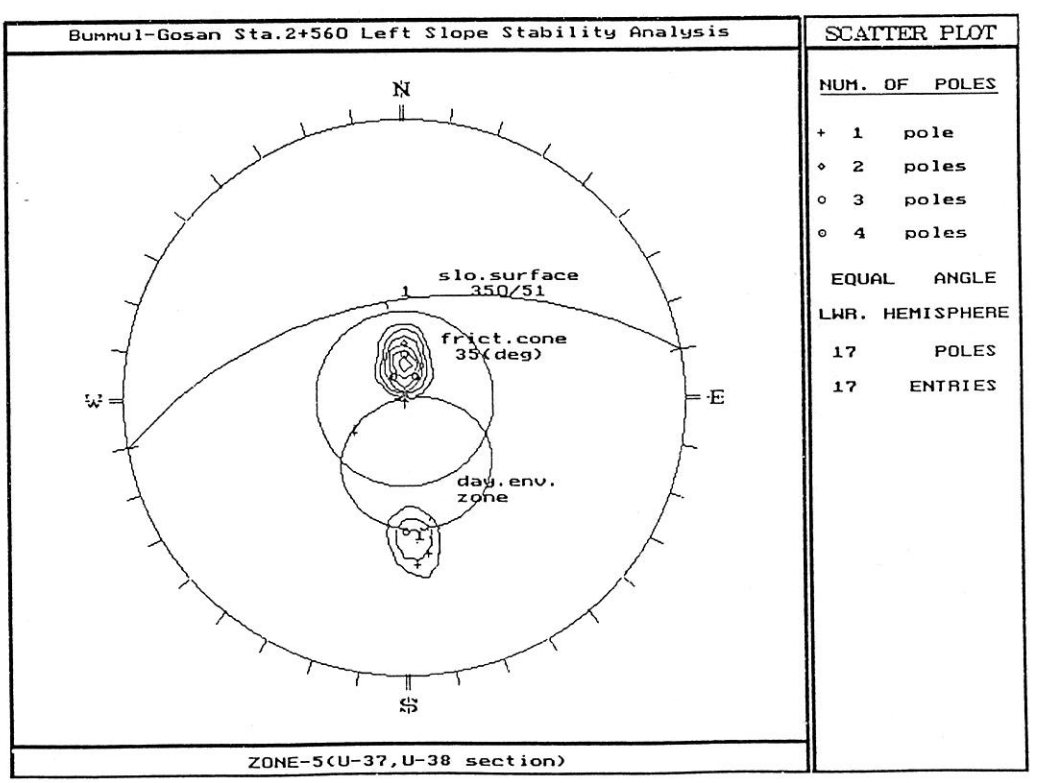
<그림 4.49> ZONE 4구간(U-27~U-34 Section) 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51 (U-23 및 U-24 Section)
  350/51 (U-25 및 U-26 Section)
  298/51 (U-27 ~ U-34 Section)
- 대부분의 불연속면이 daylight env. zone 외부 및 friction cone 내부에 위치하고 있어 파괴의 가능성은 적음.
- U-23~U-26 Section 구간은 사면의 절취 경사와 평행한 358/51 절리군에서 암석의 판상탈락 및 잔적토의 흘러내림 현상이 진행중에 있음.

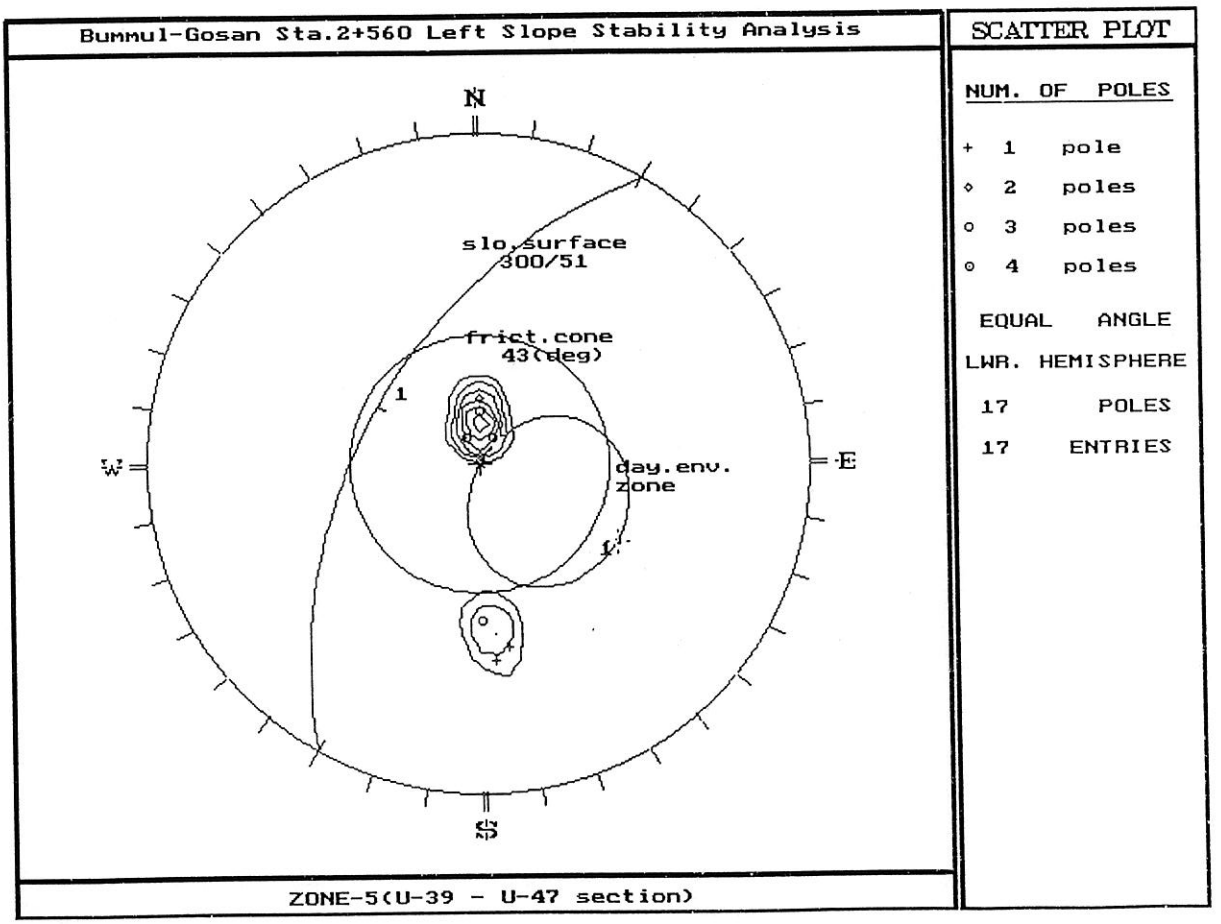
(5) ZONE 5구간(제4소단에서 제5소단까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.50> ZONE 5구간(U-35 및 U-36 Section) 평사투영해석



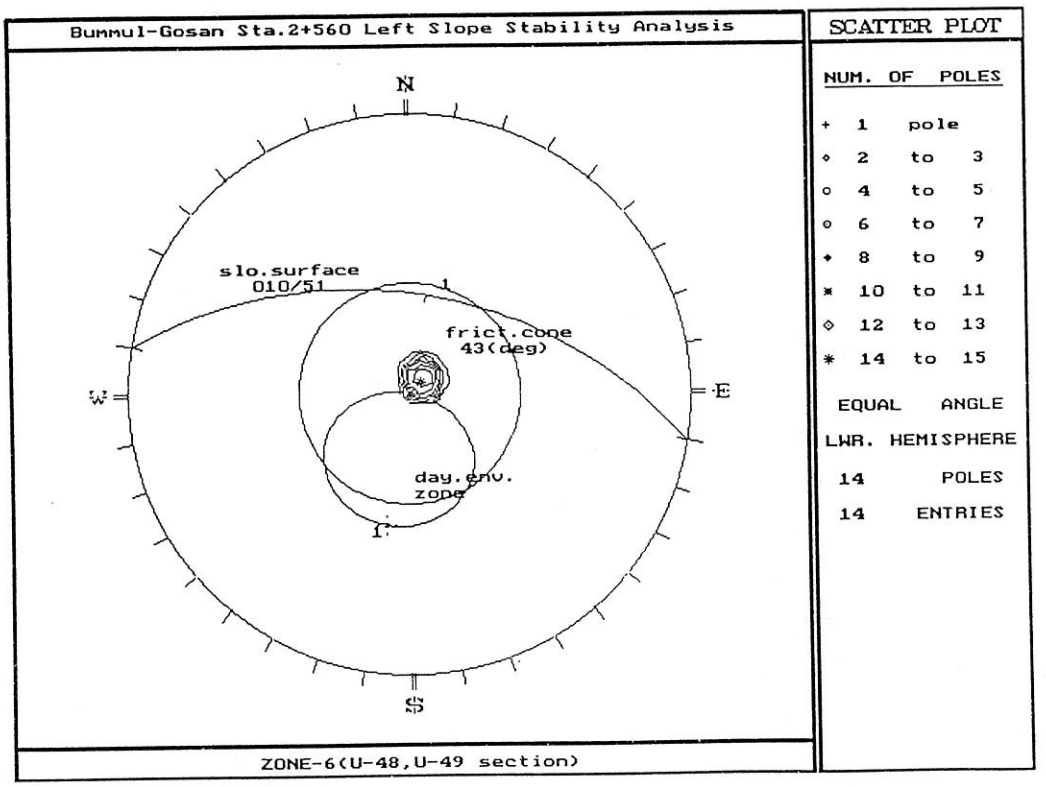
<그림 4.51> ZONE 5구간(U-37 및 U-38 Section) 평사투영해석



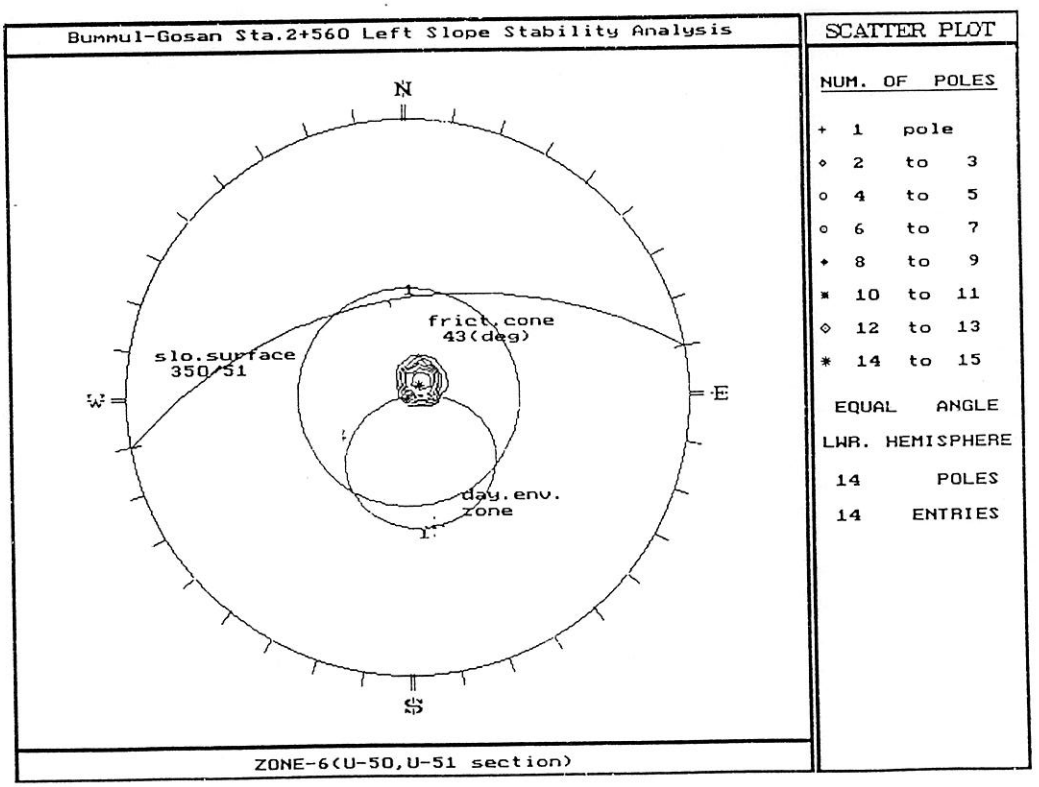
<그림 4.52> ZONE 5구간(U-39~U-47 Section) 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51 (U-35 및 U-36 Section)
  350/51 (U-37 및 U-38 Section)
  300/51 (U-39 ~ U-47 Section)
- 대부분의 불연속면이 daylight env. zone 외부 및 friction cone 내부에 위치하고 있어 파괴의 가능성은 적음.
- U-35~U-38 Section 구간은 사면의 절취 경사와 평행한 358/51 절리군에서 암석의 판상탈락 및 잔적토의 흘러내림 현상이 진행중에 있음.

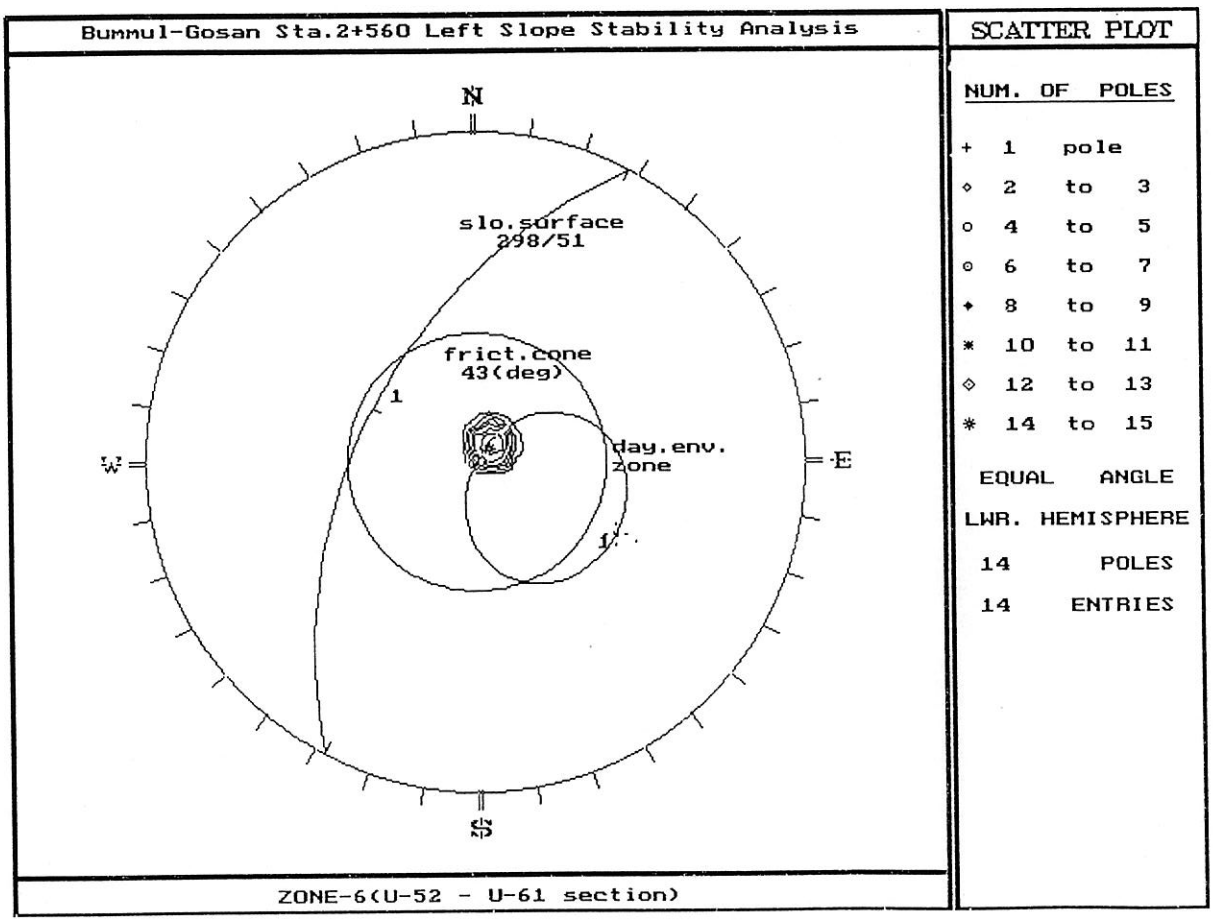
(6) ZONE 6구간(제5소단에서 사면 최하단부까지) 평사투영해석 결과



<그림 4.53> ZONE 6구간(U-48 및 U-49 Section) 평사투영해석



<그림 4.54> ZONE 6구간(U-50 및 U-51 Section) 평사투영해석



<그림 4.55> ZONE 6구간(U-52~U-61 Section) 평사투영해석

- 절취사면의 경사방향/경사 : 010/51 (U-48 및 U-49 Section)
  350/51 (U-50 및 U-51 Section)
  298/51 (U-52 ~ U-61 Section)
- 대부분의 불연속면이 friction cone 내부에 위치하고 있어 파괴의 가능성이 희박함.

4.4.2.5 각 사면별 평사투영해석 결과 요약 : <표 4.14>

<표 4.14> 각 사면별 평사투영해석 결과요약

구 분	ZONE	SECTION	암 석 명	평사투영해석 결과		비 고
				예상파괴 유형	안정여부	
삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면	ZONE 1	S1~S3	적색 셰일	평면파괴	×	
	ZONE 2	S4~S7	적색 셰일	평면파괴	×	
	ZONE 3	S8~S12	적색 ~ 암회색 셰일	평면파괴	×	
	ZONE 4	S13~S19	암회색 ~ 흑색 셰일	국부적인 붕락	△	
	ZONE 5	S20~S26	흑색 셰일	국부적인 붕락	△	
삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면	ZONE 1	V1~V5	암회색 사암	평면파괴	×	
	ZONE 2	V6~V12	적색 셰일 청회색 사암	평면파괴	×	
	ZONE 3	V13~V20	청회색 사암	-	○	낙석우려 있음
	ZONE 4	V21~V31	흑색 셰일	-	◎	
	ZONE 5	V31~V32	적색 셰일	국부적인 파괴	△	
	ZONE 6	V34~V35	적색 셰일	-	○	낙석우려 있음
	ZONE 7	V36~V37	적색 셰일	-	○	낙석우려 있음
범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+280 ~ STA.2+460 좌측사면	ZONE 1	T1~T3	적색 셰일	평면파괴	×	
	ZONE 2	T4~T9	적색 ~ 암회색 셰일	평면파괴	×	
	ZONE 3	T10~T18	암회색 ~ 흑색 셰일	평면파괴 (ZONE 중앙부 제외)	△	
	ZONE 4	T19~T27	흑색 셰일	평면파괴 (ZONE 좌측부)	△	

구 분	ZONE	SECTION	암 석 명	평사투영해석 결과		비 고
				예상파괴 유형	안정여부	
범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면	ZONE 1	U1~U3	청회색 사암	-	○	낙석우려 있음
	ZONE 2	U4~U7	적색 셰일	판상탈락 진행중	△	
		U8~U12	청회색 사암	-	○	낙석우려 있음
	ZONE 3	U13~U16	적색 셰일	판상탈락 진행중	△	
		U17~U22	청회색 사암	-	○	낙석우려 있음
	ZONE 4	U23~U26	적색 셰일	판상탈락 진행중	△	
		U27~U34	암회색 ~ 흑색 셰일	-	○	낙석우려 있음
	ZONE 5	U35~U38	적색 셰일	판상탈락 진행중	△	
		U39~U47	흑색 셰일	-	◎	
	ZONE 6	U48~U49	암회색 셰일	-	○	
		U52~U61	흑색 셰일	-	◎	
× : 불안정, △ : 국부적으로 불안정, ○ : 보통안정, ◎ : 안정						

4.4.2.6 한계평형해석 결과

평사투영법에 의한 안정해석 결과 파괴 가능성이 있는 불연속면 및 ZONE에 대하여 한계평형 해석법으로 안전율을 구하였으며(해석결과 : "부록 6")해석결과 요약은 <표 4.15>와 같다.

<표 4.15> 한계평형해석 결과

구분	해석(대표) 단면 No.	ZONE	방향성		한계평형해석결과				비고
			사면	주불연속면	건기시 (소요안전율 1.5)		우기시(만수위×1/2) (소요안전율 1.2)		
					안전율	안정 여부	안전율	안정 여부	
삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면	STA.0+260	1	185/51	165/12	1.270	N.G	1.078	N.G	평면파괴
	STA.0+260	2	185/51	168/12	1.276	N.G	1.099	N.G	평면파괴
	STA.0+260	3	185/51	169/12	1.380	N.G	1.171	N.G	평면파괴
	STA.0+260	4	185/51	190/13	1.642	O.K	1.390	O.K	국부파괴 가능성 잠재
	STA.0+260	5	185/51	178/14	1.633	O.K	1.387	O.K	국부파괴 가능성 잠재
삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면	STA.0+200	1	010/51	341/36	1.165	N.G	1.020	N.G	평면파괴
	STA.0+200	2	008/51	337/38	1.296	N.G	1.057	N.G	평면파괴
범물지구 ~ 고산국도간 도로 STA.2+280 ~ STA.2+460 좌측사면	STA.2+340	3	112/51	160/38	1.384	N.G	0.999	N.G	평면파괴
	STA.2+360	1	118/45	152/25	1.247	N.G	0.943	N.G	평면파괴
	STA.2+360	2	112/51	160/38	1.384	N.G	1.026	N.G	평면파괴
	STA.2+380	1	118/45	165/24	1.261	N.G	0.905	N.G	평면파괴
	STA.2+380	2	112/51	130/47	0.962	N.G	0.521	N.G	현재파괴 진행중
	STA.2+420	3	112/51	122/20	1.302	N.G	1.086	N.G	평면파괴

4.5 안정성 종합 평가

각 사면별, 각 ZONE별 토성시험, 각종지표 지질조사 및 결과분석, 그리고 평사투영법 해석 및 한계평형 해석 등에 의한 사면의 안정성 평가를 종합적으로 분석하면 다음과 같다.

(1) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면

사면 중간부 이상의 불연속면은 평면파괴를 일으키기 쉬운 전형적인 기하구조를 이루고 있어 이에 대한 신뢰성이 높은 보강대책이 요구되며 사면 중간 이하 하단부는 불연속면을 따라 발생하는 대규모의 파괴 우려는 적으나 국부적으로 취약한 부분에 대한 대책이 요구됨.

(2) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면

사면 최상단에서 제2소단까지는 낙석 예방대책이 우선적으로 고려되어야 하며 이와 병행하여 약간의 구조적인 보강대책이 요구된다.
사면 중간부 이하는 비교적 안정된 상태를 나타내고 있어 별도의 보강대책이 필요하지 않으나 사면 우측 단부 상단부분(ZONE 5구간)의 풍화토 사면의 인장균열에 대해서는 별도의 보강대책이 요구된다.
특히 사면 우측 구간에는 용수부위가 많아 이에 대한 대책도 요구됨.

(3) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면

사면 중간부 이상의 불연속면은 평면파괴를 일으키기 쉬운 전형적인 기하구조를 이루고 있어 이에 대한 보강대책이 요구되며, 사면 중간부 이하 하단부는 대규모의 파괴우려는 적으나 사면의 좌측부분을 비롯한 국부적으로 취약한 부분에 대한 대책이 요구됨.

(4) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면

사면 좌측 곡선구간을 제외한 대부분의 구간은 비교적 안정된 상태로 분석되었으나 사면 상단부 일부 구간은 낙석에 대한 대책이 요구된다.
사면 좌측 곡선 구간은 절취사면과 평행한 불연속면에서 소규모의 파괴 및 급속한 풍화가 현재 진행중에 있으므로 이에 대한 대책이 요구된다.

제5장

사면안정 대책공 설계

5.1 암반사면 보강공법 개요

사면안정을 위한 대책공법이란 활동가능성이 있는 사면이나 이미 활동이 진행된 사면의 제 활동을 방지하기 위하여 취할 수 있는 인위적이고 기술적인 대응방안을 말한다.

1) 활동이 예상되는 취약부를 제거하는 방법
2) 활동하려는 힘을 감소시키는 방법
3) 활동에 저항하는 저항력을 증가시키는 방법

의 세가지 원리에 따라 분류한다.

이런 기본개념으로 대책공법을 억제공법과 억지공법으로 크게 두가지로 분류할 수 있다. 억제공법(일명 안전율 유지법 내지 안전율 감소방지법)이란 강우, 융설 등과 같은 물의 영향에 의하여 사면의 안전율이 감소하는 것을 방지시켜 주는 방법이며, 억지공법(일명 안전율 증가법)이란 말뚝·앵커·옹벽 등을 이용하여 토압에 적절히 대항할 수 있는 구조물로 지반의 변형을 가능한한 줄이며, 사면의 안전율을 증가시키는 공법을 말한다. 또한 사면이 안정되어 있어도 부분적인 낙석이 예상 될 경우에는 억제·억지공법과 병행하여 낙석방지공을 설치하여야 한다.

상기와 같은 개념에 따라 대책공법을 분류하면 <표 5.1>과 같다.

이와같이 사면의 안정대책공법에는 <표 5.1>과 같이 매우 다양한 공법들이 있으나 본 사면과 같이 연직고가 높고 절취공사가 완료되거나, 붕괴된 사면에서는 시공성, 경제성 및 작업 안정성 등으로 인하여 공법 선정에 많은 제약이 따른다.

특히 시공이 가능한 공법, 즉 소형장비로서 시공이 가능하여야 하고, 공정도 단순하여야 하며 기계화 시공위주의 공법이 동원 되어야 한다.

따라서, 천공 등의 굴착을 수반하는 공종은 사면하부 노상에서 대형 크레인을 거치한후 붐 선단에 적절한 발판을 매달고 작업이 가능한 공법을, 자재 등의 운반도 이와 동일하게 인양이 가능한 공법을 고려하여야 한다.

<표 5.1> 대책공법의 종류

구 분		안 정 공 법	비 고
억제공	불연속면에서의 활동파괴 방지공법	• 사면높이의 감소 또는 기울기 완화	• 절토사면 구배가 급한 곳에서 발생
	토플링(Toppling)과 활동복합파괴 방지공법	• 사면높이 및 소단폭 조정 • 제어발파 및 면정리 철저	• 층리, 절리가 심하게 발달된 암체사면에서 발생
	원형사면파괴 방지공법	• 사면기울기 완하 • 압성토 • 배수공 설치	• 파쇄가 많고 풍화가 심한 연약암반에서 발생
	배 수 공 법	• 지표수 처리공법 • 지하수 배제공법	-
억지공	주동 보강 공법	• 케이블 볼트공법 (Rock Anchor) • 억지 말뚝 공법	• Prestress 도입 (인장볼트)
	수동 보강 공법	• Rock-Bolt 및 Nailing 공법 • 케이블 볼트공법	• 전면접착형
낙석방지공법	낙 석 예 방 공	• 모르타르 뿜어 붙이기공 • 콘크리트 격자공 • Rock Bolt공	• 풍화가 심한 곳
	낙 석 방 호 공	• 낙석 방지망공 • 낙석 덮 기 공 • 낙석 방지벽공	

5.2 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 보강 대책공 설계

5.2.1 대책공 설계 제1안

- 적용공법 : 배토공 + 억지공
- 공법개요
  - 사면 구배완화 : 사면 상단부 토사구간 : S = 1 : 1.5
    기타 암반구간 : S = 1 : 1.2

5.2.1.1 억지공법 검토

사면안정 대책공법에는 <표 5.1>과 같은 다양한 공법들이 있으나 특히 본 사면과 같이 연직고가 높고, 시공조건이 열악한 경우에는 시공이 용이한 공법, 즉 소형장비로 시공이 가능하여야 하고, 공정도 단순하여야 하며 기계화 시공위주의 공법이 동원되어야 한다.

이와 같은 관점에서 암반사면 보강에 가장 보편적으로 사용되는 Rock Bolt 공법을 대책공으로 선정하였다.

5.2.1.2 Rock Bolt 설계

(1) Rock Bolt공 개요

- Rock Bolt + Wire Rope + Rock Bolt 두부 결속
- Rock Bolt 규격 : HD25
- 설치간격 : 수평방향 1.75m 간격, 수직방향 1.5m~1.8m 내외

(2) Rock Bolt공의 특징

- 암반내 불연속면을 Rock Bolt로 결속.
- 녹화 취부공 시공을 위하여 숏크리트를 취부하지 않고 Wire Rope 및 능형망으로 표면 처리.
- 암반사면 보강공법으로 사용빈도가 가장 높고 국내업체의 시공 노하우가 많이 축적되어 있음.

- 소형장비인 크로울러 드릴 및 그라우트 펌프만으로 시공가능.
- 작업공정이 단순하여 급경사지에서 시공이 용이함.

(3) 사용재료

① Rock Bolt의 허용응력

- HD25 고강도 철근사용
- f_y = 4,000 kg/cm^2
- $f_{sa} = f_y/2 = 4{,}000/2 = 2{,}000$ kg/cm^2 > 1,800 kg/cm^2
- ∴ f_{sa} = 1,800 kg/cm^2

  (콘크리트 표준시방서, 건교부, 1996, 부록 Ⅰ-1.3.2 철근의 허용응력)
- 부식두께 2mm 공제시 단면적 : a_s = 3.597 cm^2 (Shotcrete 타설 않음)
- Bolt 본당 허용인장력 : $T_a = f_{sa} \times a_s = 1{,}800 \times 3.597 \times 10^{-3} = 6.4$ t/본

② Rock Bolt 설치각도

- 시공시 Grout의 역류방지 등을 고려하여 수평면과 30° 각을 이루도록 한다.

③ Grout 표준 배합비 (Grout m^{3}당)

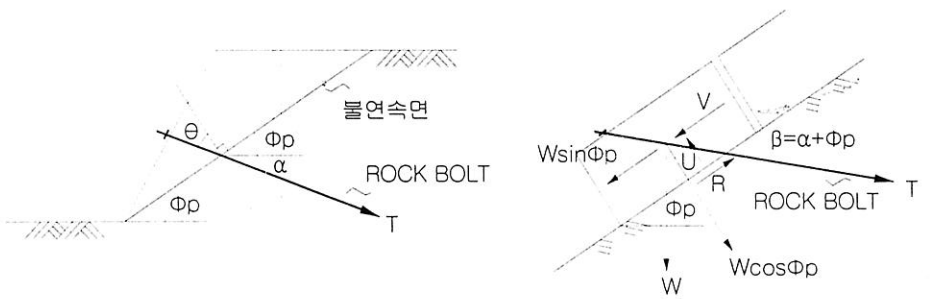
- 시멘트 : 물 : 유동화제 : 팽창제 = 1,402 kg : 631 kg : 11 kg : 10 kg

④ Rock Bolt 두부처리

- Steel Plate : 300×300×12
- 당초 발주설계에 계상된 녹화 피복공의 능형망 설치.
- Wire Rope : 2×φ16 종·횡 설치, 크립결속.
- Bolt 조임.

(4) Rock Bolt의 설계방법

사면에 설치하는 Rock Bolt의 설계법은 암괴의 활동을 억제시키기 위한 것으로 그 기구는 <그림 5.1>과 같다.



T : Rcok Bolt의 지지력 W : 암괴의 중량 ϕ_p : 불연속면의 경사각

V : 인장균열내의 수압 U : 불연속면에 작용하는 양 압력

<그림 5.1> Rock Bolt의 지지력 계산

<그림 5.1>에서 Rock Bolt를 설치할 경우 사면의 안전율은 다음과 같다.

$$F_s = \frac{c \cdot A + (W\cos\phi_p - u - V\sin\phi_p + T\cos\theta)\tan\phi}{W\sin\phi_p + V\cos\phi_p - T\sin\theta}$$

여기서 F_s : Rock Bolt 설치시의 사면의 안전율

c, ϕ : 불연속면의 강도정수

위의 식에서 Rock Bolt의 지지력 (T)을 구하는 식으로 환산하면 다음과 같다.

$$T = \frac{F_s(W\sin\phi_p + V\cos\phi_p) - (W\cos\phi_p - u - V\sin\phi_p)\tan\phi - c \cdot A}{F_s \cdot \sin\theta + \cos\theta \cdot \tan\phi}$$

여기서 Rock Bolt의 본당 허용인장력을 Ta라하고 수평방향 설치간격을 b라 하면 Rock Bolt의 소요본수(n)는 다음식과 같다.

$$n = \frac{b \times T}{T_a(\cos\beta + \sin\beta \times \tan\phi)} \text{ (본)}$$

(5) Rock Bolt 설계결과

- 해당구간 : ZONE 1 ~ ZONE 3 (ZONE 4 및 ZONE 5는 제외)
- 설계결과 : "부록 7"에 첨부
- 설계결과 요약 : <표 5.2>

<표 5.2> ZONE 1 ~ ZONE 3구간 Rock Bolt 설계결과 요약

구 분	Rock Bolt 수평간격 (m)	Rock Bolt 누계 본수	각 ZONE별 본수	비 고
ZONE 1	1.75	7본	7본	
ZONE 2	1.75	13본	6본	
ZONE 3	1.75	19본	6본	

5.2.1.3 사면안정 대책공 제1안 요약 : <그림 5.2>

(1) 설계결과 요약 : <표 5.3>

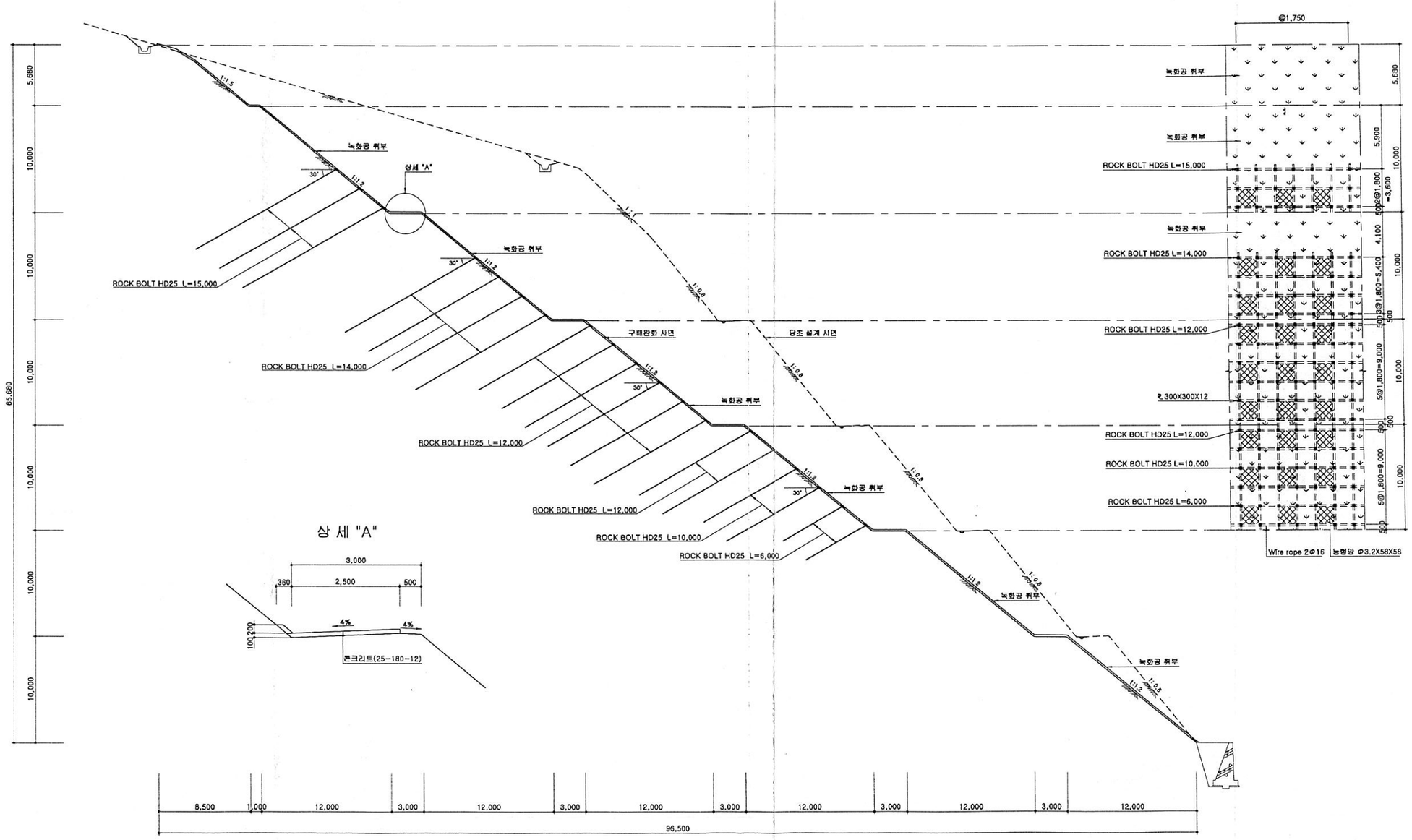
<표 5.3> 사면안정 대책공 제1안 설계결과 요약

구 분	구 배 완 화		Rock Bolt 설치		비 고
	당 초	변 경	수평간격 (m)	ZONE별 소요본수	
ZONE 1	토사 1:1 암 반 1:0.8	토사 1:1.5 암 반 1:1.2	1.75	7본	
ZONE 2	1:0.8	1:1.2	1.75	6본	
ZONE 3	1:0.8	1:1.2	1.75	6본	
ZONE 4	1:0.8	1:1.2	-	-	
ZONE 5	1:0.8	1:1.2	-	-	

(2) 제1안 소요예산 (개략치)

- o 추가 절토비 (약 43,000 m^3) : 664,000 천원
- o Rock Bolt공 (약 870본) : 310,000 천원
- o 소 계 : 974,000 천원
- o 제 잡 비 : 501,000 천원
- o 계 : 1,475,000 천원
- o 추가용지 보상비 (약 600평) : 34,000 천원
- o 총 계 : 1,509,000 천원

암반사면 보강공사 제1안 (STA.0+260 단면 기준)
(구배완화 ; S=1:1.2 + ROCK BOLT)



<그림 5.2> 삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면 안정대책공 제1안

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척 S = 1:200	도면명	
	설 계 자							일 자	관련번호
	제 도 자								매중 매

5.2.2 대책공 설계 제2안

5.2.2.1 적용공법 및 소요예산

(1) 적용공법

- o 적용공법 : 배토공, <그림 5.3>
- o 공법개요 : 사면구배를 안전구배인 1 : 1.6으로 완화 (첨부생략)

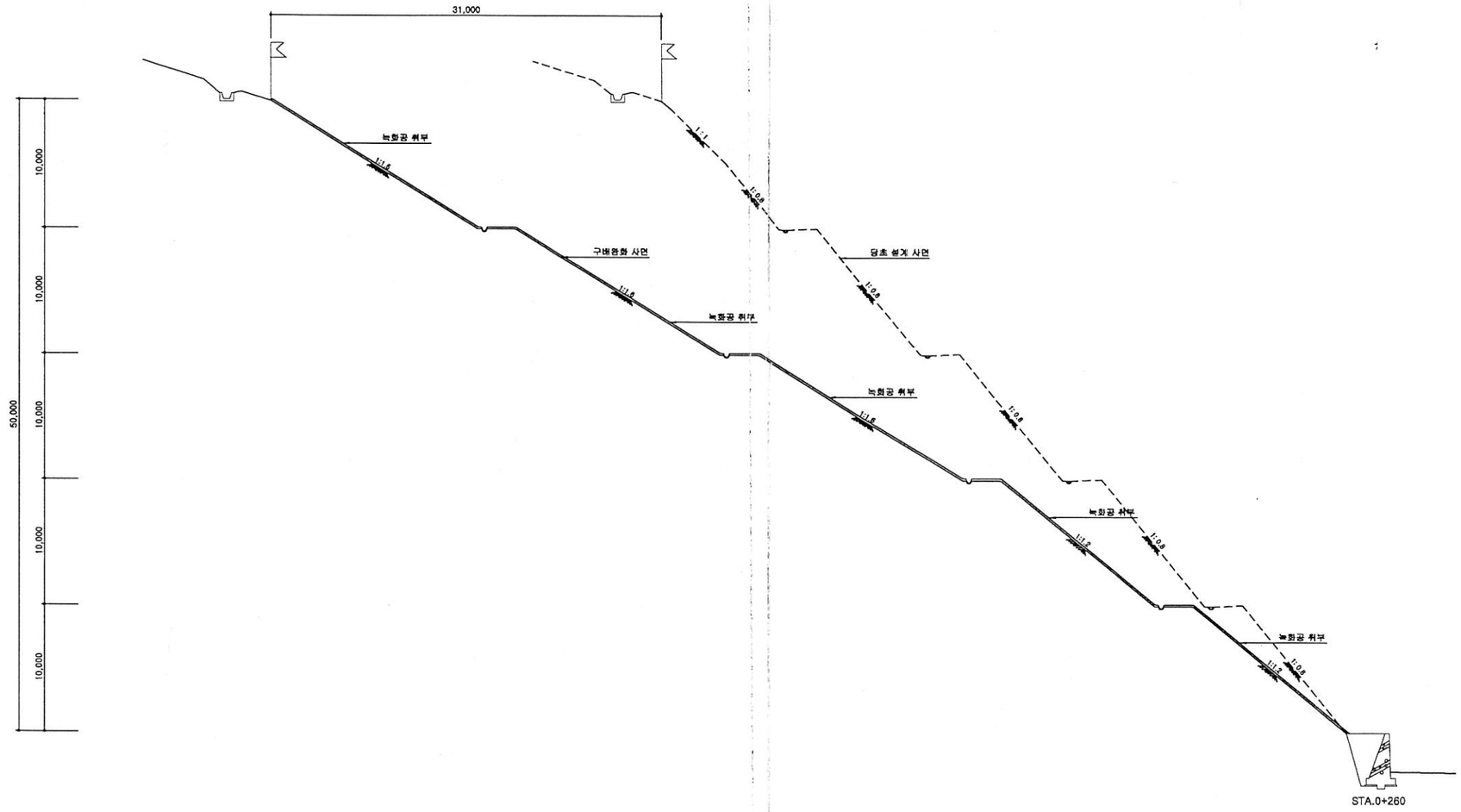
(2) 제2안 소요예산 (개략치)

- o 추가 절토비 (약 60,000 m^3) : 1,011,000 천원
- o 제 잡 비 : 526,000 천원
- o 계 : 1,537,000 천원
- o 추가용지 보상비 (약 800평) : 46,000 천원
- o 총 계 : 1,583,000 천원

5.2.3 사면안정 대책공 결정

구 분	제 1 안	제 2 안
공 법	구배완화 (1:1.2) + 사면상부 Rock Bolt 보강	구배완화 (1:1.6)
경 제 성	저 가	고 가
안 정 성	Rock Bolt Grout시 암반내의 균열 내부로 Grout가 침투되어 주변을 강화시키는 2차효과까지 얻을수 있음	암반의 풍화가 진행될 경우 소단부분, 단층파쇄대 또는 절리면 등에서의 국부적인 암석의 탈락우려 잠재
시 공 성	제2안에 비하여 공기 다소지연	보 통
채 택	○	

암반사면 보강공사 제2안 (STA.0+260단면 기준)
(구배완화; S=1:1.6)



<그림 5.3> 삼덕동 ~ 시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320
좌측사면 안정대책공 제2안

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척 S = 1:200	도면명	암반사면 보강공사 제2안
	설 계 자								일 자 2000. 1.	관련번호 / 매중 매
	제 도 자									

5.3 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 보강 대책공 설계

5.3.1 ZONE 1 및 ZONE 2구간 보강

5.3.1.1 적용공법 및 개요

- 사면구배 : 변경 없음 (절취완료 상태임)
- 암반사면 보강에 가장 보편적으로 사용되고 있는 Rock Bolt 공법 적용.
- Rock Bolt + 능형망(당초 발주설계 녹화 피복공의 재료) Wire Rope + Rock Bolt 두부결속.
- Rock Bolt 규격 : HD25, 길이 L=5m
- 설치간격 : 수평방향 1.8m 간격, 수직방향 1.8m 내외.
- 사용재료 및 기타 : "5.2.1.2-(3)" 항과 동일.
- Rock Bolt 설계방법 : "5.2.1.2-(4)" 항과 동일.

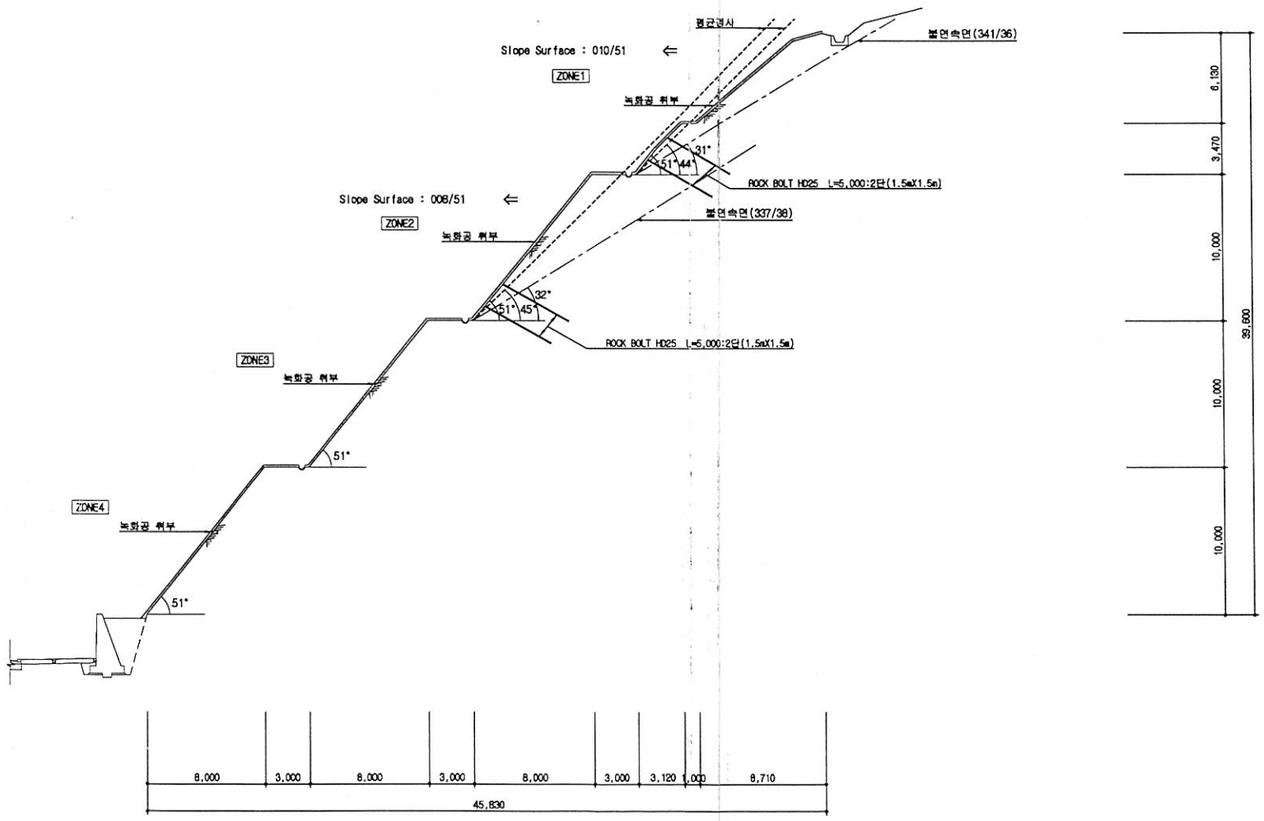
5.3.1.2 Rock Bolt 설계 결과

- 해당구간 : ZONE 1 및 ZONE 2
- 설계결과 : "부록 7"에 첨부.
- 설계결과 요약 : <표 5.4> 및 <그림 5.4>

<표 5.4> ZONE 1 및 ZONE 2구간 보강설계결과 요약

구 분	사 면 구 배		Rock Bolt 설치			비 고
	당 초	변 경	수평간격 (m)	누계본수 (본)	ZONE별 배치본수 (본)	
ZONE 1	1 : 0.8	당초와 동일	1.5	2	2	HD25 L=5m
ZONE 2	1 : 0.8	당초와 동일	1.5	5	3	HD25 L=5m

ZONE 1 및 ZONE 2 Rock Bolt 보강설계 (STA.0+200 단면기준)



<그림 5.4> ZONE 1 및 ZONE 2 Rock Bolt 설계

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 ZONE 1 및 ZONE 2 Rock Bolt 보강설계
									일 자 2000. 1. / 관련번호 / 매중 매

5.3.2 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락우려구간 보강

(1) 보강대상 구간

- ZONE 1 및 ZONE 2의 구조적인 보강면적 ("5.3.1" 설계 해당면적)을 제외한 전 구간
- ZONE 3의 V-19~V-20 SECTION
- ZONE 6(V-34, V-35 SECTION) 및 ZONE 7(V-36, V-37 SECTION)

(2) 적용공법

- Rock Bolt 공법 적용
- Rock Bolt 규격 : HD25, 길이 L=3m
- 설치간격 : 수평방향 1.5m, 수직방향 1.5m.
- 사용재료 및 기타 : "5.2.1.2-(3)" 항과 동일

5.3.2.1 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락을 보강하기 위한 Rock Bolt의 설계 방법

규칙적으로 발달되어 있는 불연속면상에서 평면파괴를 방지하기 위한 구조적인 보강에 Rock Bolt 공법을 채택시는 사면의 표면에서 불연속면까지의 거리, 안전한 지지층에의 근입길이 및 활동력을 계산하여 Bolt의 길이, 직경, 소요본수 등을 정량적으로 산정하지만, 불규칙적인 절리군 등에 의한 암괴의 국부적인 탈락 또는 낙석을 보강하기 위하여 Rock Bolt를 설치할 경우에는 정량적인 해석에 의해 Rock Bolt를 설계하기에는 무리가 따른다.

따라서 본 설계에서도 현재까지 통용되고 있는 일반적인 설계방법에 따라 Rock Bolt를 설계하였다.

(1) Rock Bolt의 직경

Rock Bolt의 직경은 Bolt에 발생하는 응력과 시공성으로 결정된다.

한 개의 Bolt에 생기는 응력은 Bolt의 간격에 연관되며, Bolt의 직경이 크고 수량이 적은 것 보다 직경이 작고 수량이 많은 것이 더 효과적이다.

Rock Bolt의 직경을 결정하는데는 Bolt 재료의 항복하중을 이용해 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$R = \frac{R_{max}}{F_s} = \frac{(\pi D^2/4)\times \sigma_y}{F_s}, \quad D = \sqrt{\frac{F_s \times R}{(\pi/4)\times \sigma_y}}$$

여기서 D : Rock Bolt 직경.

R : Rock Bolt의 허용축력으로서 보통 10ton 정도를 채택하나 부식의 영향을 고려하여 "5.2.1.3-(3)"과 같이 HD25를 기준하여 6.4t을 적용.

R_{max} : Rock Bolt의 최대 인발력으로서 재료의 단면적에 항복하중을 곱한 값으로 나타낸다.

F_s : 안전율 (보통 2~4)

σ_y : Bolt 부재의 항복응력

(2) Rock Bolt의 길이 및 간격

Rock Bolt는 탈락을 일으킬 우려가 있는 암괴의 중량을 지지할 수 있도록 탈락예상 암괴를 관통하여 견고한 암반에 정착되도록 설계하여야 한다. 설계방법은 <표 5.5>와 같다.

<표 5.5> Rock Bolt의 설치길이 및 간격

구 분	기 준	비 고
경험적인 방법	○ Rock Bolt의 길이 (L) Bolt 간격의 2배와 평균절리 간격의 3배중 큰 값 채택 ○ Rock Bolt의 간격 (a) Bolt 길이의 1/2과 평균절리 간격의 1.5배중 작은값 채택	Underground Exca Vation in Rock (E. Hoek et al)
산식에 의한 방법	○ Rock Bolt의 길이 (L) $L = L_1 + L_2$ • L_1 : 정착길이 $L_1 = \frac{0.6\times \sigma_y \times A_s}{F_s \times \gamma \times S_b^2}$ 여기서 σ_y : Rock Bolt 재료의 항복하중 S_b : Rock Bolt의 설치간격 γ : 탈락예상 암괴의 단위중량 F_s : 안전율 • L_2 : 탈락예상 암괴의 깊이	

5.3.2.2 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락을 보강하기 위한 Rock Bolt의 설계

(1) Rock Bolt의 직경 결정

- σ_y : SD40 사용, $\sigma_y = 4{,}000 kg/cm^2$
- R : 6,400kg
- F_s : 2~4
- $D = \sqrt{\frac{(2 \sim 4) \times 6{,}400}{(\pi / 4) \times 4{,}000}} = 2.01 \sim 2.86 cm$

∴ HD25 철근사용

(2) Rock Bolt의 길이(L) 및 간격(a) 결정

㉮ 경험적인 방법에 의한 Rock Bolt의 길이(L) 및 간격(a)

- 평균절리 간격 : 1m 기준
- Rock Bolt의 간격 : a = 1.5m 기준
- Bolt 간격의 2배 : $L = 1.5 \times 2 = 3.0m$
- 평균절리 간격의 3배 : $L = 1.0 \times 3 = 3.0m$

∴ a = 1.5m, L = 3.0m

㉯ 산식에 의한 Rock Bolt의 길이(L) 및 간격(a)

- σ_y : SD40 사용, $\sigma_y = 4{,}000 kg/cm^2$
- $A_s = 3.6 cm^2$ (Shotcrete를 시공 않으므로 25mm 철근의 부식두께 2mm 공제)
- $F_s = 2$
- $\gamma = 2.3 t/m^3$
- $S_b = 1.5m$
- $L_1 = \frac{0.6 \times 4{,}000 \times 10 \times 3.60 \times 10^{-4}}{2 \times 2.3 \times 1.5^2} = 0.83m$
- 낙석 또는 탈락예상 암괴의 깊이가 1~1.5m 정도로 추정되므로 $L_2 = 1.5m$
- $L = L_1 + L_2 = 0.83 + 1.5 = 2.3m$

∴ a = 1.5m, L = 2.3m

㉰ Rock Bolt의 길이 및 간격 채택

위 "㉮ 및 ㉯"의 값 중 안전측인 a = 1.5m, L = 3.0m 채택

(3) Rock Bolt 설계결과 요약 : <그림 5.5>

- 사용재료 : SD40, HD25 철근사용
- Rock Bolt 설치간격 : a = 1.5m (자문회의 결과에 의거 1.8m로 수정)
- Rock Bolt 설치길이 : L = 3.0m
- 설치각도 : 시공시의 Grout 역류방지 등을 고려하여 수평면과 30° 각을 이루도록 한다.
- Grout 표준배합비 (Grout m^3당)

  시멘트 : 물 : 유동화제 : 팽창제 = 1,402 kg : 631 kg : 11 kg : 10 kg
- Rock Bolt 두부처리
  - Steel Plate : 300×300×12
  - 당초 발주설계에 계상된 녹화 피복공의 능형망 설치.
  - Wire Rope : 2×φ16 종·횡방향 설치, 크립결속.
  - Bolt 조임.

5.3.3 ZONE 5구간 보강

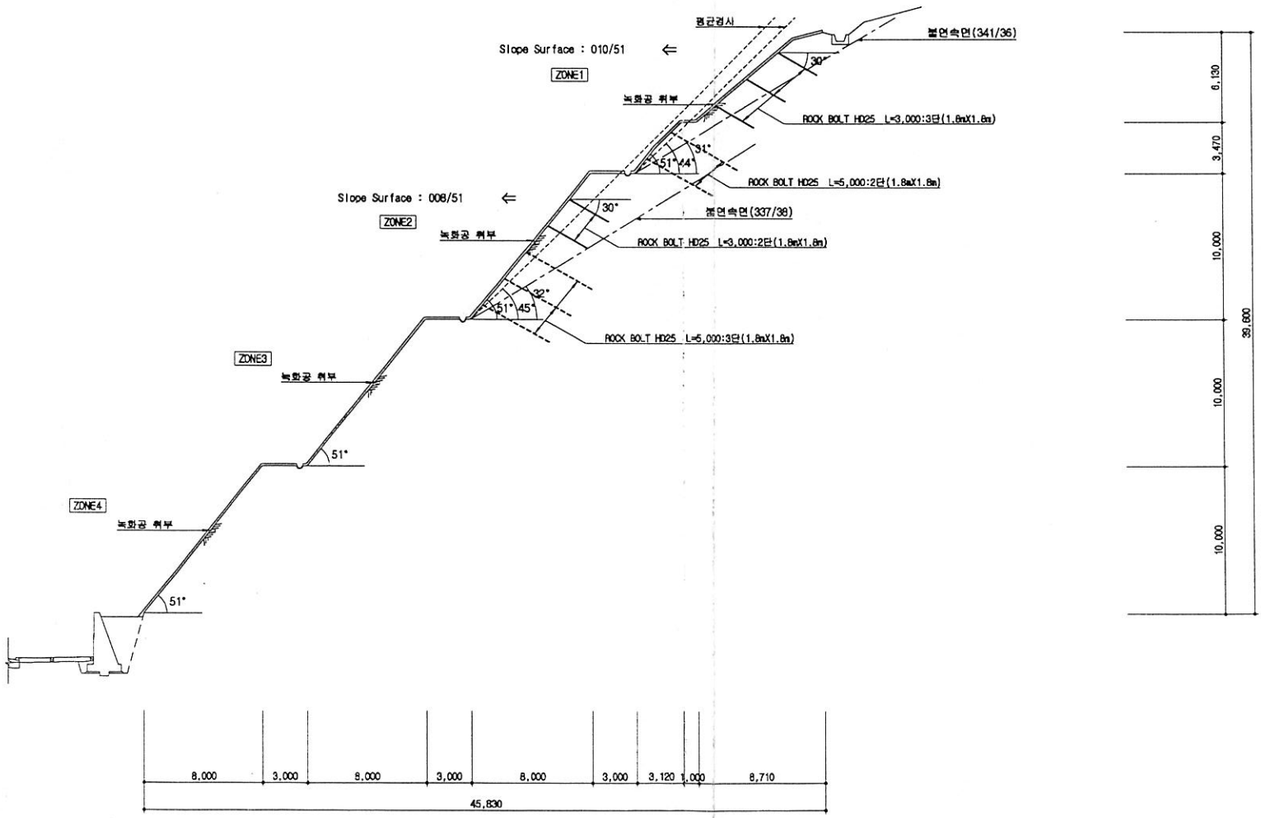
(1) 보강대상 구간

- ZONE 5구간의 대부분을 이루고 있는 풍화토에 발생한 인장균열에 대하여 보강공사 설계

(2) 적용공법

- 토체를 결속하여 중력식 옹벽과 유사하게 보강함으로서 사면의 안정을 도모하는 설계방법인 Soil Nail 공법적용.
- Soil Nail의 시공방법은 Rock Bolt와 유사함.

낙석 및 암괴의 국부적인 탈락 보강 설계 (STA.0+200 단면기준)



<그림 5.5> 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락 보강 설계

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락 보강설계		
	설 계 자									
	제 도 자							일 자 2000. 1.	관련번호	매중 매

5.3.3.1 Soil Nail 설계 이론

(1) 보강재(Nail)의 저항력(T)

보강재인 Nail은 인장만 받는 부재로 인발이나 인자에 의해 파괴되며 인발은 안전율을 고려한 지반의 전단저항력, 인장파괴는 보강재의 항복강도에 의해 계산된다. 따라서 부재의 저항력은 인장강도(T_b)나 인발저항력(T_p)중 작은 값을 사용한다.

$$T = \min (T_b, T_p)$$

여기서 T : 보강재의 저항력

T_b : 보강재의 인장강도

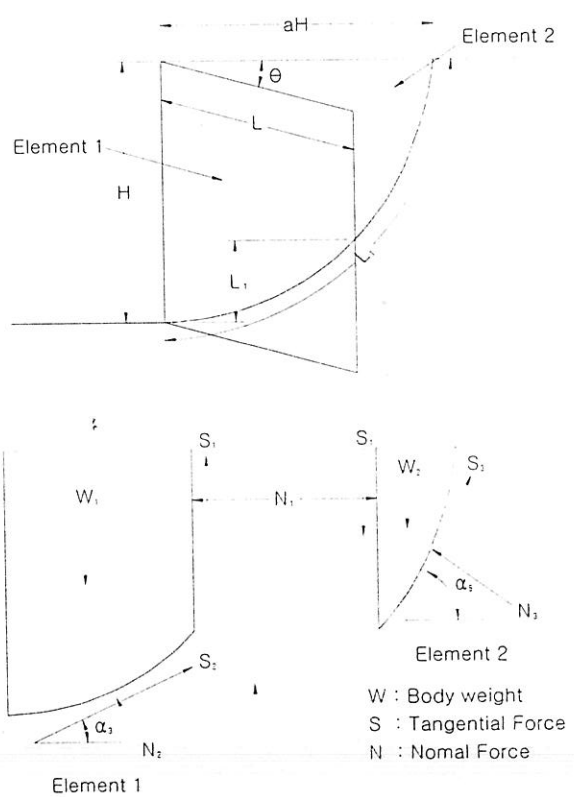
T_p : 보강재의 인발저항력

보강재의 저항력 (T_b)

$$T_b = A_s \cdot F_y$$

여기서 A_s : 보강재(Nail)의 단면적

F_y : 보강재의 항복강도



<그림 5.6> Soil Nail 해석 모델

(2) 보강재(Nail)의 인발 보강력(T_p)

각 보강부재의 인발저항력은 수동영역에서 Nail 길이를 따라 발생하는 마찰저항의 함수로서 계산할 수 있다. 마찰저항력은 흙과 Nail 사이에 전단응력으로 발생하며 다음식과 같이 표현된다.

$$T_p = \frac{\pi D L_s (\sigma_n \tan\phi_m + c_m)}{S_h}$$

여기서 T_p : 벽체의 단위길이당 Nail에 작용하는 힘

D : 그라우트된 부강재의 직경

L_s : 수동영역에서의 Nail의 정착길이

$\phi_m = \phi/F_{s\phi}$($F_{s\phi}$는 내부마찰각에 대한 안전율)

$c_m = c/F_{sc}$(F_{sc}는 점착력에 대한 안전율)

σ_n : Nail에 작용하는 평균 수직응력

S_h : 보강재의 수평간격

c_m과 ϕ_m은 전체평형계에서 잠재파괴면을 따라 변화된 실제의 점착력과 내부마찰각이다.

(3) 안정도 계산

㉮ 파괴면에서의 힘의 평형방정식(force equilibium equations) <그림 5.6>에서 요소 1에 대한 힘의 평형방정식은 다음과 같다.

$$N_2 = (W_1 - S_1)\cos\alpha_3 - N_1\sin\alpha_3$$

$$S_2 = (W_1 - S_1)\cos\alpha_3 - N_1\sin\alpha_3$$

여기서 W_1 : 요소 1의 단위중량

S_1 : 요소 1과 2사이에서 접선방향의 힘

α_3 : 요소 1의 수평선과 파괴면 사이의 각도

$N_1 = \frac{1}{2} K(H-L_1)^2$(K는 토압계수로서 K_0 사용)

요소 2에 대한 힘의 평형방정식은 다음과 같다.

$$N_3 = (W_2-S_1)\cos\alpha_5 - N_1\sin\alpha_5$$

$$S_3 = (W_2-S_1)\cos\alpha_5 - N_1\sin\alpha_5$$

여기서 W_2 : 요소 2의 단위중량

α_5 : 요소 2의 수평선과 파괴면 사이의 각도

㉯ 파괴면에서의 활동력(S_D)과 활동저항력(S_R)

가정된 파괴면을 따라서 발생한 활동력(total driving force, S_D)과 활동저항력(total resistion force, S_R)은 다음과 같다.

$$S_D = (W_1-S_1)\sin\alpha_3+(W_2+S_1)\cos\alpha_5+N_1(\cos\alpha_3+\cos\alpha_5)$$

$$S_R = c_mL_T+N_3\tan\phi_{m2}+N_2'\tan\phi_{m1}+T_T$$

여기서 L_T : 전체 파괴면의 길이

N_3 : 요소 2의 파괴면에 대한 수직반력

ϕ_{m1} : 요소 1에서의 내부마찰각 ($= \phi_1/F_{s\phi}$)

ϕ_{m2} : 요소 2에서의 내부마찰각 ($= \phi_2/F_{s\phi}$)

$c_m = C/F_{sc}$

$N_2' = N_2+T_N$

T_N : 보강재의 축방향 인장력 성분

T_T : 보강재의 축방향 인장력의 접선성분

㉰ 안정도 계산

각 보강재의 마찰저항력은 부재의 내력(항복응력)보다 클 수 없으며, 각 보강요소의 마찰저항력이 결정되면, 가정된 파괴면에 대한 안정도를 계산할 수 있다. 가정된 파괴면을 따라서 활동력과 활동 저항력은 평형상태($S_D=S_R$)가 되어야 하고, 안전율은 다음과 같다.

$$F_{sc} = F_{s\phi} = F_s$$

5.3.3.2 ZONE 5구간의 Soil Nail 설계

(1) Soil Nail 설계결과

o "부록 7"에 첨부하였으며 설계 개요도는 <그림 5.7>과 같다.

(2) Soil Nail 설계결과 요약 : <표 5.6>

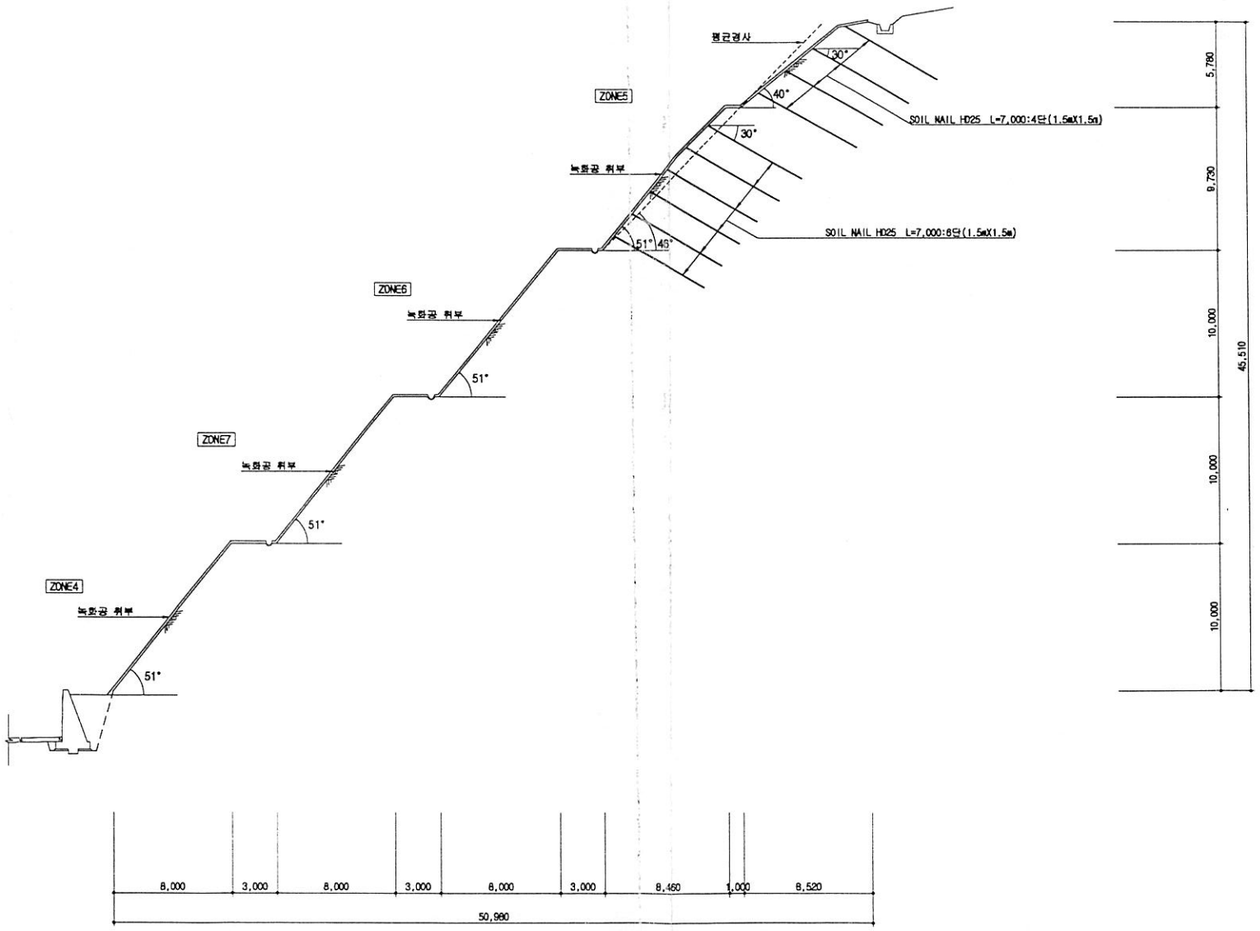
<표 5.6> ZONE 5구간 Soil Nail 설계결과 요약

적용구간	사용재료	Nail 길이	설치각도	설치본수	설치간격	비고
ZONE 5	HD25철근 기타 제원은 "5.2.1.2-(3)"과 동일	7m	30°	10본	1.5m×1.5m	

5.3.3.3 소요예산 (개략 공사비)

o Rock Bolt	(L=5.0m) (약 390공)	105,600 천원
o Rock Bolt	(L=3.0m) (약 470공)	171,800 천원
o Soil Nail	(L=7.0m) (약 120공)	35,400 천원
o 횡배수관	(L=5.0m) (14공)	4,900 천원
o 소 계		317,700 천원
o 제 잡 비		148,500 천원
o 계		466,200 천원

ZONE 5구간 SOIL NAIL 설계 (STA.0+080 단면기준)



<그림5.7> ZONE 5구간 SOIL NAIL 설계

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척	S=1:200	도면명 ZONE 5구간 SOIL NAIL 설계
	설 계 자									일 자 2000. 1. 관련번호
	제 도 자									매수 매

5.4 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 보강 대책공 설계

5.4.1 사면안정 대책공 설계 제1안

5.4.1.1 STA.2+280~STA.2+340 파괴구간 대책공 검토

(1) STA.2+280~STA.2+340 파괴구간 보강대책 회의(2000. 2. 2)결과

- o 사면구배는 1:1.2로 완화.
- o 억지공법은 Rock Bolt 공법을 채택.
- o 파괴블럭 하단부를 집중적으로 보강.
- o 파괴블럭 하부의 암반 및 사면 정상부분에도 Rock Bolt로 보강.

(2) 보강대책 검토

- o 보강대책 회의 결과에 따라 보강방안 설계.

(3) 파괴구간의 강도정수

파괴구간 보강대책 회의시 제시된 역해석(F_s=0.9)을 통하여 파괴시 강도정수를 산출한 후 이의 1/2을 잔류강도정수로 보아 보강대책공을 설계 하였음.

(가) 파괴구간의 역해석 결과

- o 해석결과는 "부록 8"에 첨부하였으며 그 결과 요약은 <표 5.7>과 같다.

<표 5.7> 파괴구간 역해석 결과 요약

단면	경사방향 (°) (Dip direction)	ϕ (°)	c (kg/cm^2)	비 고
A-Line	180 (도로진행방향)	14.1	0	STABL 5M Program의 Block option 사용해석
	180 (도로진행방향)	11.7	0	"4.1.2.2"의 한계평형법에 의한 해석
B-Line	180 (도로진행방향)	13.9	0	STABL 5M Program의 Block option 사용해석
	180 (도로진행방향)	11.7	0	"4.1.2.2"의 한계평형법에 의한 해석
STA.2+310	112 (사면횡단방향)	4.5	0	"4.1.2.2"의 한계평형법에 의한 해석
STA.2+320	112 (사면횡단방향)	4.5	0	"4.1.2.2"의 한계평형법에 의한 해석
STA.2+330	112 (사면횡단방향)	4.5	0	"4.1.2.2"의 한계평형법에 의한 해석

- A 및 B-Line 해석 결과는 파괴면(층리)의 경사방향과 일치하는 단면에 대한 해석값임.
- STA.2+310~2+330 단면은 사면의 횡단방향에 대한 해석값임.

(나) 대책공 설계적용 강도정수의 결정

<표 5.7>에서와 같이 파괴면(층리)의 경사방향에 대한 역해석 결과는 ϕ 값의 범위가 11.7°~14.1°의 범위를 나타내고 있고 사면의 횡단방향에 대한 역해석 결과는 ϕ 값이 4.5°로 나타났다.

사면의 주활동 방향이 사면의 횡단방향(112°) 보다는 파괴면(층리)의 경사방향(180°)으로 더 치우쳐져 있는 점을 감안할 때 ϕ=11.7°~14.1°의 범위가 실제에 가까운 값으로 볼 수 있으나 사면의 횡단방향으로도 다소간의 활동(활동량 10cm 내외)이 발생한 점을 고려하여 본 역해석 결과에 따른 강도정수는 ϕ=11.7°~14.1° 보다 다소 낮은 값인 ϕ=10°, c=0kg/cm^2을 취하였으며, 대책공 설계적용 잔류강도정수는 이의 1/2인 ϕ=5°, c=0kg/cm^2으로 결정하였다.

(4) 보강대책공 설계

(가) 사면구배완화

- 파괴구간(STA.2+280~STA.2+340)의 사면구배를 1:1.2로 완화.
- 구배완화는 사면표면의 Rounding 처리를 위하여 STA.2+360 단면에서부터 점진적으로 완화하여 STA.2+340 단면에서 1:1.2 구배로 접점되도록 설계.

(나) 억지공 설계

① Rock Bolt의 허용응력

- HD32 고강도 철근사용.
- f_y = 4,000 kg/cm^2
- $f_{sa} = f_y / 2 = 4{,}000 / 2 = 2{,}000$ kg/cm^2 > 1,800 kg/cm^2 ∴ f_{sa} = 1,800 kg/cm^2 (콘크리트 표준시방서, 건교부, 1996, 부록 I-1.3.2 철근의 허용응력)
- 부식두께 2mm 공제시 단면적 a_s = 6.07 cm^2 (shotcrete 타설않음)
- Bolt 본당 허용인장력 : $T_a = f_{sa} \times a_s = 1{,}800 \times 6.07 \times 10^{-3}$ = 10.925 t/본

② Rock Bolt 설치각도

- 시공시 Grout의 역류방지 및 역학적 조건 등을 고려하여 수평면과 30°각을 이루도록 한다.

③ Grout 표준배합비 (Grout m^{3}당)

- 시멘트 : 물 : 유동화제 : 팽창제 = 1,402 kg : 631 kg : 11 kg : 10 kg

④ Rock Bolt 두부처리

- Steel Plate : 300×300×12
- 당초 발주설계에 계상된 녹화피복공의 능형망 설치.
- Wire Rope : 2×φ16 종, 횡 설치, 크립결속.
- Bolt 조임.

(다) Rock Bolt 설계방법

- "5.2.1-(1)-(라)"항과 동일.

(라) Rock Bolt의 삽입길이

① Rock Bolt 단부 정착길이

예상되는 파괴면을 넘어서 Rock Bolt 단부를 정착시키는 최소 길이는 다음과 같이 산정한다.

o 무가압 Grout의 허용 마찰저항력 (τ)

- τ = N/5 + 3 (t/m^2)

  (흙막이 설계와 시공, 오정한저, 도서출판 엔지니어즈, 1999, P274)

- Rock Bolt 삽입부분의 N 값을 50/5~50/10 정도를 기준하면 N ≒ 200

- τ = 200/5+3 = $43t/m^2$ ≒ $4kg/cm^2$

o Grout에 의한 Bolt 단부 정착길이 산정

- ℓ' = F_s × T_a / ($\tau \times \pi \times D$)

  여기서 T_a : 10.925t/본 (철근의 허용인장력)

  τ : $4kg/cm^2$ (Grout의 마찰저항력)

  D : 7.5cm (천공직경)

  F_s : 3 (영구 구조물)

- $\ell' = 3 \times 10.925 \times 10^3 / (4.0 \times \pi \times 7.5) = 348cm$

o 철근의 부착력에 의한 Bolt 단부 정착길이 산정

- $\ell' = T_a / (0.45 \sqrt{\sigma_{ck}} \times \pi \times D)$

  여기서 σ_{ck} : $250kg/cm^2$ (Grout의 압축강도)

  D : $32-2\times2 = 28mm$

- $\ell' = 10.925 \times 10^3 / (0.45 \times \sqrt{250} \times \pi \times 2.8) = 174cm$

o 따라서 예상 파괴면을 넘어서 Rock Bolt 단부 정착길이는 불연속면의 발달상태 또는 중첩도를 고려하여 합리적으로 결정하되 최소 3.5m 이상으로 한다.

② Rock Bolt 전체 삽입길이

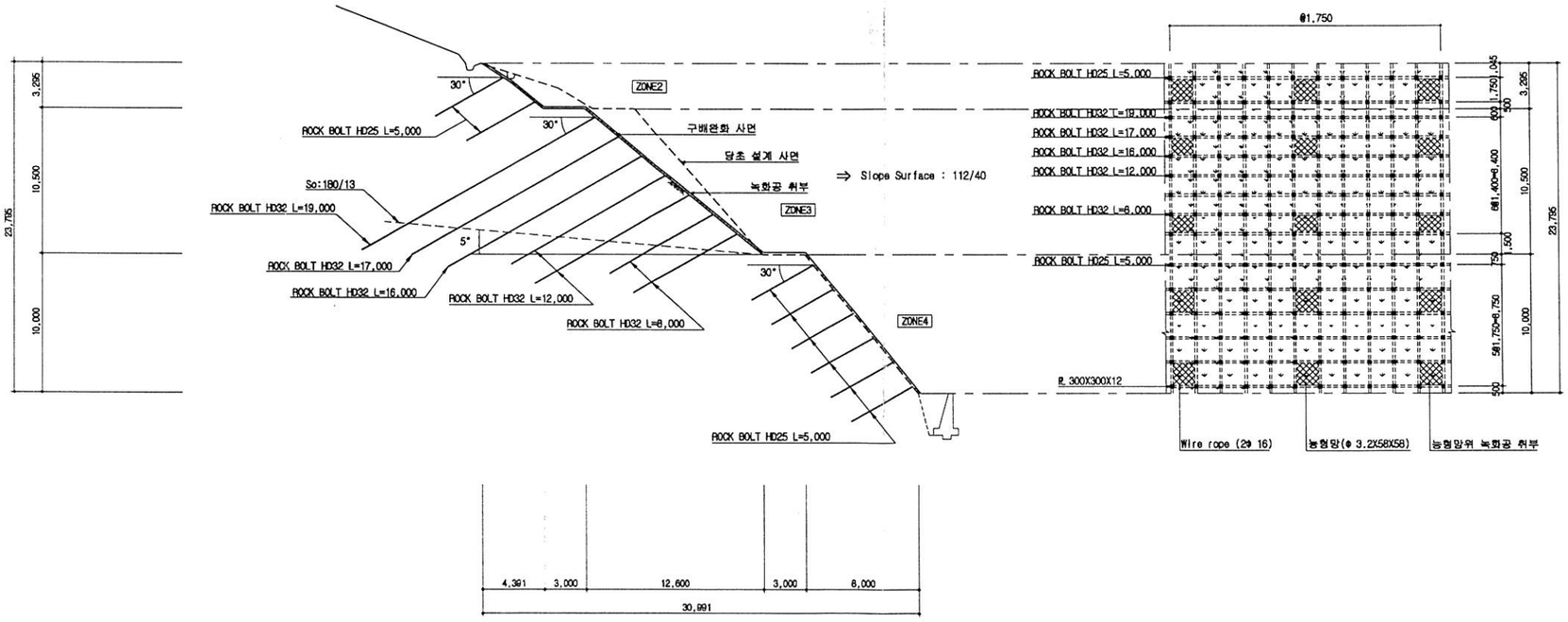
- Rock Bolt 삽입길이 = 사면 표면에서 파괴면까지의 깊이 + 3.5m 이상
- 또한 Rock Bolt 간격의 2배 이상으로 한다.

(마) Rock Bolt 설계결과 요약

- 해당구간 : STA.2+280~STA.2+340
- 설계결과 : "부록 9"에 첨부
- 설계결과 요약 : <표 5.8> 및 <그림 5.8>

기준단면	ZONE	Rock Bolt 직경 (mm)	Rock Bolt 수평간격 (m)	Rock Bolt 본수 (본)	비 고
STA.2+310	ZONE 3~4	32	1.75	7	주보강부위의 상부 및 하부사면은 HD25 Rock Bolt 1.75m×1.75m 내외의 간격으로 보조적인 보강실시
STA.2+320	ZONE 3	32	1.75	7	
STA.2+330	ZONE 2~3	32	1.75	7	

STA.2+260~STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도



<그림 5.8> 범물지구 ~ 고산국도간도로 STA.2+260 ~ STA.2+460 좌측사면중
STA.2+260 ~ STA.2+340 파괴구간 Rock Bolt 설계(STA.2+320 단면기준)

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사					축 척	S=1:200	도면명	횡단면도(STA.2+320)
	설 계 자										
	제 도 자							일 자	2000. 3.	관련번호	매중 매

5.4.1.2 STA.2+340~STA.2+460구간 대책공 검토

o 적용공법 : 억지공

o 공법개요

- 사면 구배 : 당초 설계와 동일.

(사면 상단부(ZONE 1) : S = 1 : 1, 기타 : S = 1 : 0.8)

(1) 억지공법 검토

사면안정 대책공법에는 <표 5.1>과 같은 다양한 공법들이 있으나 특히 본 사면과 같이 연직고가 높고, 시공조건이 열악한 경우에는 시공이 용이한 공법, 즉 소형장비로 시공이 가능하여야 하고, 공정도 단순하여야 하며 기계화 시공위주의 공법이 동원되어야 한다.

이와 같은 관점에서 암반사면 보강에 가장 보편적으로 사용되는 Rock Bolt 공법을 대책공으로 선정하였다.

(2) Rock Bolt 설계

(가) Rock Bolt공 개요

o Rock Bolt + Wire Rope + Rock Bolt 두부 결속.

o Rock Bolt 규격 : HD25

o 설치간격 : 수평방향 1.75m 간격.

(나) Rock Bolt공의 특징

o 암반내 불연속면을 Rock Bolt로 결속.

o 녹화 취부공 시공을 위하여 숏크리트를 취부하지 않고 Wire Rope 및 능형망으로 표면 처리.

o 암반사면 보강공법으로 사용빈도가 가장 높고 국내업체의 시공 노하우가 많이 축적되어 있음.

o 소형장비인 크로울러 드릴 및 그라우트 펌프만으로 시공가능.

o 작업공정이 단순하여 급경사지에서 시공이 용이함.

(다) 사용재료

① Rock Bolt의 허용응력

- HD25 고강도 철근사용
- f_y = 4,000 kg/cm^2
- $f_{sa} = f_y/2 = 4{,}000/2 = 2{,}000$ kg/cm^2 > 1,800 kg/cm^2
- $\therefore f_{sa}$ = 1,800 kg/cm^2

  (콘크리트 표준시방서, 건교부, 1996, 부록 I -1.3.2 철근의 허용응력)
- 부식두께 2mm 공제시 단면적 : a_s = 3.597 cm^2 (Shotcrete 타설 않음)
- Bolt 본당 허용인장력 : $T_a = f_{sa} \times a_s = 1{,}800 \times 3.597 \times 10^{-3}$ = 6.4 t/본

② Rock Bolt 설치각도

- 시공시 Grout의 역류방지 등을 고려하여 수평면과 30° 각을 이루도록 한다.

③ Grout 표준 배합비 (Grout m^{3}당)

- 시멘트 : 물 : 유동화제 : 팽창제 = 1,402 kg : 631 kg : 11 kg : 10 kg

④ Rock Bolt 두부처리

- Steel Plate : 300×300×12
- 당초 발주설계에 계상된 녹화 피복공의 능형망 설치.
- Wire Rope : 2×φ16 종·횡 설치, 크립결속.
- Bolt 조임.

(라) Rock Bolt 설계 방법 :

- "5.2.1-(2)-(라)" 항과 동일.

(마) Rock Bolt의 삽입길이

① Rock Bolt 단부 정착길이

예상되는 파괴면을 넘어서 Rock Bolt 단부를 정착시키는 최소 길이는 다음과 같이 산정한다.

o 무가압 Grout의 허용 마찰저항력 (τ)

- τ = N/5 + 3 (t/m^2)

  (흙막이 설계와 시공, 오정한저, 도서출판 엔지니어즈, 1999, P274)

- Rock Bolt 삽입부분의 N 값을 50/5~50/10 정도를 기준하면 N ≒ 200
- τ = 200/5+3 = 43t/m^2 ≒ 4kg/cm^2

o Grout에 의한 Bolt 단부 정착길이 산정

- ℓ' = F_s × T_a / (τ × π ×D)

  여기서 T_a : 6.4t/본 (철근의 허용인장력)

  τ : 4kg/cm^2 (Grout의 마찰저항력)

  D : 7.5cm (천공직경)

  F_s : 3 (영구 구조물)

- ℓ' = $3\times6.4\times10^3$ / (4.0× π ×7.5) = 204cm

o 철근의 부착력에 의한 Bolt 단부 정착길이 산정

- ℓ' = T_a / (0.45 $\sqrt{\sigma_{ck}}$ × π ×D)

  여기서 σ_{ck} : 250kg/cm^2 (Grout의 압축강도)

  D : 25-2×2 = 21mm

- ℓ' = 6.4×10^3 / (0.45× $\sqrt{250}$ × π ×2.1) = 136cm

o 따라서 예상 파괴면을 넘어서 Rock Bolt 단부 정착길이는 불연속면의 발달상태 또는 중첩도를 고려하여 합리적으로 결정하되 최소 2.5m 이상으로 한다.

② Rock Bolt 전체 삽입길이

- Rock Bolt의 삽입길이 = 사면 표면에서 불연속면까지의 깊이 + 2.5m
- 또한 Rock Bolt 간격의 2배 이상으로 한다.

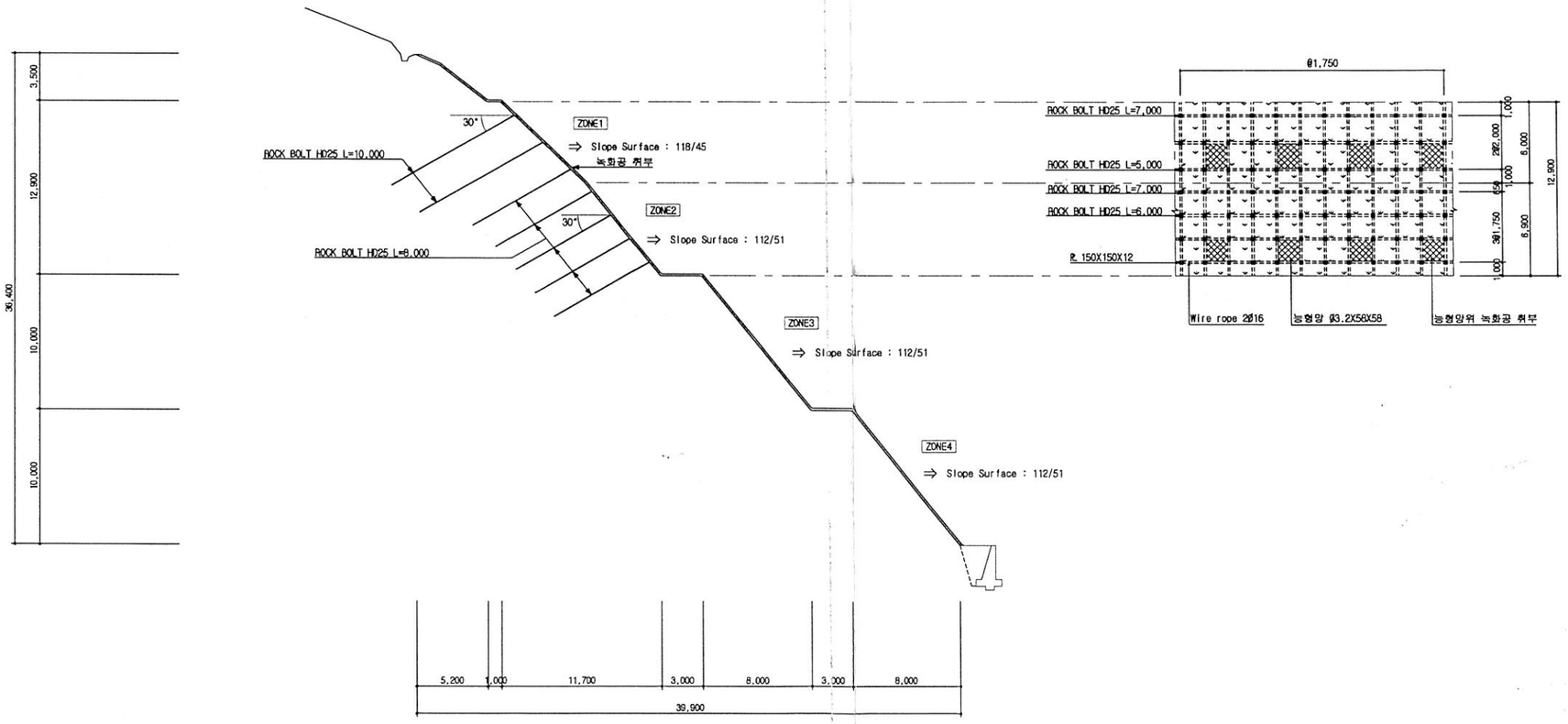
(3) Rock Bolt 설계결과 요약

- 해당구간 : ZONE 1 ~ ZONE 3 중 STA.2+340~STA.2+460 구간
- 설계결과 : "부록 7"에 첨부
- 설계결과 요약 : <표 5.8> 및 <그림 5.9>

<표 5.8> ZONE 1 ~ ZONE 3구간 Rock Bolt 설계결과 요약

기준단면	ZONE	Rock Bolt 수평간격(m)	Rock Bolt 본수	각 ZONE별 본수	비 고
STA.2+340	ZONE 2	1.75	10	4	주보강부위 상·하부 취약부위는 보조적으로 Rock Bolt 추가보강
	ZONE 3	1.75		6	주보강부위 상·하부 취약부위는 보조적으로 Rock Bolt 추가보강
STA.2+360	ZONE 1	1.75	3	3	주보강부위 상·하부 취약부위는 보조적으로 Rock Bolt 추가보강
	ZONE 2	1.75	4	4	주보강부위 상·하부 취약부위는 보조적으로 Rock Bolt 추가보강
STA.2+380	ZONE 1	1.75	3	3	
	ZONE 2	1.75	2	4	표면풍화가 심한점 및 Bolt 간격이 너무 넓은 점을 고려하여 2본 증가
STA.2+420	ZONE 3	1.75	4	4	

사면 보강공사 단면도 : (제1안, STA.2+360 단면기준)



<그림 5.9> 범물지구 ~ 고산국도간도로 STA.2+260~STA.2+460
좌측사면중 STA.2+340~STA.2+460보강설계 제1안

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=1:200	도 면 명 사면 보강공사 제1안
	설 계 자								
	제 도 자							일 자	관련번호 / 매중 매

5.4.1.3 제1안 소요예산 (개략치)

- ㅇ 추가 절토비 (약 1,620m^3) : 33,000 천원
- ㅇ Rock Bolt (파괴구간, 약 640본) : 384,000 천원
- ㅇ Rock Bolt (기타구간, 약 570본) : 290,000 천원
- ㅇ 소 계 : 707,000 천원
- ㅇ 제 잡 비 : 282,000 천원
- ㅇ 계 : 989,000 천원
- ㅇ 추가용지 보상비 (약 150평) : 9,000 천원
- ㅇ 총 계 : 998,000 천원

5.4.2 사면안정 대책공 설계 제2안

5.4.2.1 STA.2+280～STA.2+340 파괴구간 대책공 검토

○ 제1안과 동일

5.4.2.2 STA.2+340～STA.2+460 구간 대책공 검토

○ 적용공법 : 사면구배 완화 + 억지공

○ 공법개요

- 사면구배 완화 : ZONE 1 및 ZONE 2 : S=1:1～S=1:0.8 → S=1:1.4로 완화.
  ZONE 3 및 ZONE 4 : 당초와 동일. (S=1:0.8)
- 억지공 : Rock Bolt 설치

(1) 사면구배 완화

○ 추가용지매입 : 약 400평

○ 추가절토량 : 약 10,000m^3

(2) Rock Bolt 설계결과 요약

○ 기준단면 : STA.2+360

○ 설치위치 : ZONE 2

○ Rock Bolt 설계 : "부록 7"에 첨부.

○ Rock Bolt 설계결과 요약 : <그림 5.10>

- 사용재료 : HD25 철근
- 수평간격 : 1.75m
- 설치단수 : 3단

○ 제1안과의 Bolt 소요본수 비교

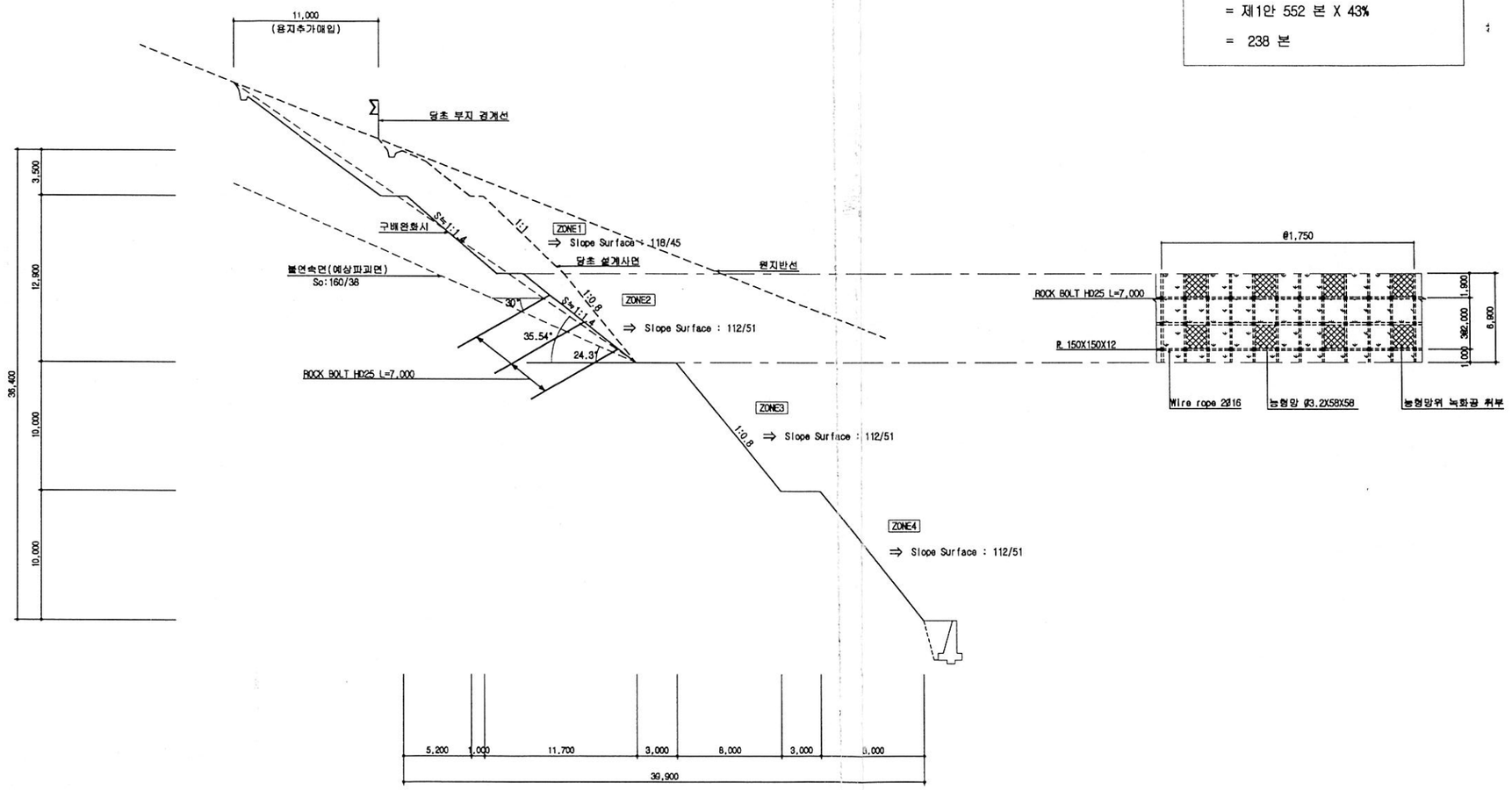
- 제1안 : STA.2+360 단면의 ZONE 2 이상부분 Rock Bolt 설치단수 : 7단
- 제2안 : STA.2+360 단면의 ZONE 2 이상부분 Rock Bolt 설치단수 : 3단
- 비 율 : 3/7×100 = 43%

5.4.2.3 제2안 소요예산 (개략치)

- ㅇ 추가 절토비 (약 10,000m^3) : 202,000 천원
- ㅇ Rock Bolt (파괴구간, 약 640본) : 384,000 천원
- ㅇ Rock Bolt (기타구간, 제1안의 약 570본×43% = 245본) : 130,000 천원
- ㅇ 소 계 : 716,000 천원
- ㅇ 제 잡 비 : 287,000 천원
- ㅇ 계 : 1,003,000 천원
- ㅇ 추가용지 보상비 (약 400평) : 23,000 천원
- ㅇ 총 계 : 1,026,000 천원

사면 구배완화 (S=1:1.4) + ROCK BOLT 설계단면도 : (제2안, STA.2+360 단면기준)

* 사면 전체 ROCK BOLT 소요 본수
= 제1안 552 본 X 43%
= 238 본



<그림 5.10> 범물지구 ~ 고산국도간도로 STA.2+260~STA.2+460
좌측사면중 STA.2+340~STA.2+460 보강설계 제2안

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명	사면 보강공사 제2안
	설 계 자							일 자 2000. 3.	관련번호
	제 도 자								매중 매

5.5 사면안정 대책공 결정

구 분	제 1 안	제 2 안
공 법	o 파괴구간 : 구배완화(1:1.2)+Rock Bolt o 기타구간 : 사면상부 Rock Bolt 보강 (사면구배 : 당초와 동일)	o 파괴구간 : 제1안과 동일 o 파괴구간 : 구배완화 (1:1.4)+Rock Bolt
경제성	저 가	고 가
안정성	취약부위 사면 전체에 Rock Bolt를 균형있게 배치함으로서 안정성 제고	Bolt 타설 본수가 사면 면적에 비해 적어서 향후 풍화진행시 국부적인 파괴 우려 잠재
시공성	보 통	분묘이장 등으로 인해 공기지연 우려있음
채 택	○	

5.6 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면 보강 대책공 설계

5.6.1 보강범위 및 방법

(1) 보강 범위

- 사면 좌측 코너부 : ZONE 2구간 전부
  ZONE 3구간 U13~U16 SECTION
  ZONE 4구간 U23~U26 SECTION
  ZONE 5구간 U35~U38 SECTION, U39 SECTION 일부

(2) 보강 방법

- 낙석방지 및 암괴의 국부적인 탈락방지를 위한 설계
- 얕은 깊이의 Rock Bolt 및 Wire Rope 결속

5.6.2 낙석방지 및 암괴의 국부적인 탈락방지를 위한 Rock Bolt 설계

(1) 설계 방법

- 본 사면과 연결되어 있는 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 사면의 ZONE 1 및 ZONE 2구간의 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락방지 Rock Bolt 설계 방법과 동일.
- 설계방법 : "5.3.2.1" 항과 동일

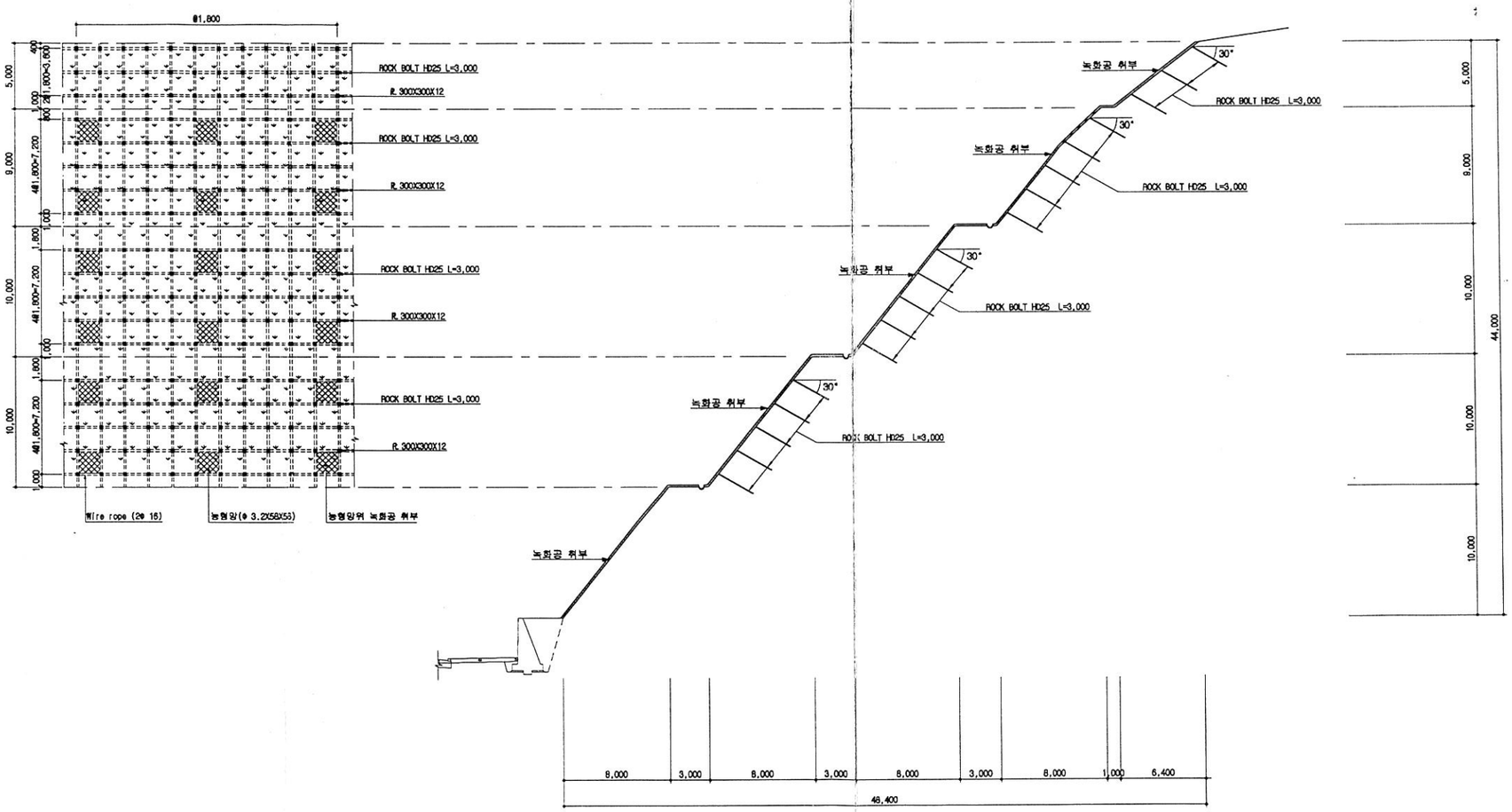
(2) Rock Bolt의 설계 결과

- "5.3.2.2" 항과 동일
- 설계 개요도 : <그림 5.10>

(3) 소요예산 (개략 공사비)

○ Rock Bolt	(L=3.0m)	(약 690공)	196,200 천원
○ 횡배수관	(L=5.0m)	(6공)	2,100 천원
○ 소 계			198,300 천원
○ 제 잡 비			84,800 천원
○ 계			283,100 천원

사면 좌측 코너부분 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락방지 Rock Bolt 설계 (STA.B 단면 기준)



<그림 5.11> 범물지구 ~ 고산국도간도로 STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면중
좌측코너부분 낙석 및 암괴의 국부적인 탈락방지 Rock Bolt 설계

주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명	횡단면도(STA.B)
	설 계 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 매중 매
	제 도 자								

5.7 사면 보강대책공사 시방서

o 본 시방서에 규정하는 사항이외에는 당초 발주 시방서에 의한다.

5.7.1 Rock Bolt 공사

5.7.1.1 재료

(1) Bolt는 SBD40 표준 이형철근으로서 직경 25mm의 것을 사용한다.

(2) Bolt로 사용하는 철근은 KS 제품으로서 토목 공사용 철근콘크리트 구조물용 철근 품질 시험 기준에 합격한 제품을 사용하여야 한다.

(3) Bolt 두부고정 베어링 플레이트는 방식성이 높은 아연 도금 처리한 제품을 사용하여야 하며, 암반과의 접착을 효율적으로 하기 위하여 볼록와샤를 사용할 수 있다.

(4) 시멘트 밀크의 배합은 다음을 표준으로 하며 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한다.

시멘트 : 물 : 유동화제 : 팽창제 = 1,402 kg : 631 kg : 11 kg : 10 kg

(5) Wire Rope는 열별로 ϕ16mm 2본을 사용하여야 하며 베어링 플레이트를 벗어나지 않도록 클립으로 단단하게 결속하여야 한다.

(6) 능형망은 녹화 피복공에 반영되어 있는 것을 Bolt 두부 결속시 병행설치 하여야 한다.

(7) 능형망 착지핀은 당초 발주설계에 반영되어 있는 것을 전량 시공하여야 한다.

5.7.1.2 시공

(1) 엄밀한 시공관리를 위하여 사용장비는 천공, Bolt 삽입, Grouting 등 일련의 작업을 동시에 시공할 수 있는 장비 사용을 권장하며 천공 → Bolt 삽입 및 Grouting → 능형망 포설 → Wire Rope 설치 → 크립결속 → 베어링 플레이트 설치 → 볼트 결속의 순으로 시공하여야 한다.

(2) 천공직경은 75mm로 한다.

(3) Rock Bolt는 천공후 가능한 한 빠른 시기에 시공하여야 한다.

(4) 천공 각도는 수평면에서 30° 하향으로 천공하여야 하며 일직선을 유지하여야 한다.

(5) Bolt 삽입전에 공내에 슬라임을 깨끗이 청소하여야 한다.

(6) Bolt 삽입전에 녹, 기타 이물질이 부착되지 않도록 청소를 하여야 한다.

(7) Bolt 위치를 고정하기 위한 스페이셔는 Bolt 길이 2m 이하의 간격으로 부착하여야 한다.

(8) Rock Bolt 정착은 충분한 정착력을 갖도록 조임을 충분히 하고, 천공내는 그라우트의 충진이 완벽하게 되도록 하여야 하며, 그라우트 호스 1개는 Bolt 길이와 같이 가설치하여 그라우팅 작업을 진행하면서 인발, 제거토록 하여야 한다.

(9) Rock Bolt 천공시 용출시 발생시에는 별도의 횡배수공 설치를 하여 배수 시킨후 시공하여야 하며 추가되는 횡배수공에 대하여는 정산처리 하여야 한다.

(10) 시멘트 밀크 주입은 저압 ($3kg/cm^2$ 이하)으로 주입함을 표준으로 하되 사전 시험주입을 실시하여 적합한 주입압을 감리자의 승인을 얻어 결정한후 본 시공에 임하여야 한다.

(11) Grout 주입시 암반내에 무수히 발달되어 있는 불연속면내로 설계량 보다 추가 주입될 수도 있으므로 시멘트량 및 주입비용은 실제 주입량에 따라 정산처리 하여야 한다.

(12) 시공도중 취약부위에 추가로 Rock Bolt를 설치하여야 할 필요가 있을 때는 감리자와 협의 후 설치한 다음 정산하여야 한다.

5.7.1.3 시험

1) 인발 시험은 Grouting 완료후 7일 이상 양생시킨 다음 실시하여야 한다.

2) 인발 시험은 Rock Bolt 100본당 1본의 비율로 실시하여야 한다.

3) 인발 하중은 10톤 정도 (재하속도 : 1톤/본)를 표준으로 한다.

5.7.2 횡배수공 시공

1) 배수관의 재질은 PVC관으로서 ϕ75mm를 사용한다.

2) 배수관의 스트레이너 가공은 직경 5mm의 작은 구멍을 10cm 간격(x, y축으로 4공)으로 뚫은후 삽입하여야 한다.

3) 천공 직경은 ϕ100mm로 한다.

4) 천공 각도는 수평면에서 5° 상향으로 하여야 한다.

5) 설치 길이는 5m를 표준으로 하되 현장여건에 따라 증가할 수 있으며, 일직선을 유지하여야 한다.

5.7.3 균열 발생부위 Grouting

1) 균열선을 따라 간격 3m, 심도 5m로 천공을 실시한 후 저압으로 Grouting 작업을 실시하여야 한다.
2) Grout 주입압력은 균열틈이 더 벌어지지 않도록 사전에 시험주입을 실시하여 적정 주입압력을 결정하여야 한다.
3) Grout는 지표면의 균열부위로 넘쳐 흐르도록 충분히 실시하여 균열내부로 강우가 침투하지 않도록 해야한다.
4) Grout의 주입량은 주입대상 토적을 폭 1m, 깊이 5m, 주입율 20%를 기준으로 하였으며 실제 주입량에 따라 정산처리 하여야 한다.

5.8 공사비 예산내역서 및 설계도면

- 예산내역 단가 견적기준 : 2,000년도 표준품셈, 적산정보지 및 가격정보지를 등을 기준으로 산출하였음.
- 설계변경 단가기준 : 설계변경 단가 및 제잡비율은 예산회계법 규정에 의거 협의 결정 요망.
- 공사비 예산내역서는 별책에 첨부하였음.

4차 순환도로 사면 보강공사 자문의견에 대한 조치계획

자문위원	사면위치	자문의견	검토 및 조치계획	비고
박율축	삼덕-시지택지간 도로 STA.0+160~0+320 좌측사면	o 구배완화는 검토안대로 토사는 1:1.5, 암반은 1:1.2로 완화시킬 것. o Rock Bolt 보강은 구배완화 후 재조사를 실시하여 보강여부 결정. o 소단측구는 Con'c Pad로 변경할 것 (도로공사 표준도 참조)	o 자문의견 반영. o 자문의견과 동일하게 향후 조치 예정. o 자문의견 반영.	반영 반영 반영
	삼덕-시지택지간 도로 STA.0+080~0+280 우측사면 및 범물-고산국도간 도로 STA.2+400~2+640 우측사면	o 낙석방지 대책용 Rock Bolt 간격을 1.5m×1.5m에서 1.8m×1.8m로 수정. o 시공중 소규모 파괴가 우려되는 곳에 추가로 Rock Bolt 설치. o Rock Bolt 사이에 착지핀 설치.	o 자문의견 반영. o 자문의견 반영 (시공중 파괴우려 부위 추가 설치후 정산토록 시방서에 명기) o 발주설계 녹화피복공에 계상된 착지핀을 시공토록 시방서에 명기.	반영 반영 반영
	공통사항	o Rock Bolt 천공경을 100mm에서 75mm로 할 것. o Grout Milk에 유동화제 첨가할 것. o Grout Hose 1개는 Bolt 길이와 같이 가설치 하여 Grout를 진행하면서 제거할 것. o Rock Bolt Bearing Plate 규격을 30cm×30cm로 할 것.	o 천공경을 축소시킬 경우 천공경 주변 균열의 Grout Milk 주입에 따른 2차 보강효과의 다소 감소, Bolt 선단의 근입길이를 다소 증가하여야 하는 등의 우려가 있으나 자문의견을 반영하여 75mm로 변경. o 자문의견 반영 (Grout Milk 배합비 수정) o 자문의견 반영 (시방서에 명기) o 설계에 기반영 되어 있음.	반영 반영 반영 반영
김인호	삼덕-시지택지간 도로 STA.0+160~0+320 좌측사면	o 절취면의 경사도 설정은 적절한 것으로 사료됨.	o 설계안 그대로 반영.	반영
	삼덕-시지택지간 도로 STA.0+080~0+280 우측사면	o 풍화토 Soil Nail 길이를 약간 증가시킬 것.	o 현재 설계 길이 5m에서 2m 연장.	반영
	삼덕-시지택지간 도로 STA.0+080~0+280 우측사면 및 범물-고산국도간 도로 STA.2+400~2+640 우측사면	o 대규모 파괴는 예상되지 않지만 낙석 발생가능성이 크므로 Rock Bolt 시공은 적절함.	o 설계안 그대로 반영.	반영

자 문 위 원	사 면 위 치	자 문 의 견	검 토 및 조 치 계 획	비 고
지 인 택	삼덕-시지택지간 도로 STA.0+160~0+320 좌측사면	o 점토 Seam이 존재하는 경우에 구배완화 (1:1.2)에 대한 배경을 명확히 고려할 것.	o 최종 보고서에 해석결과 첨부.	반영
	공 통 사 항	o 층리방향이 도로방향에 반대일 경우 위험부위를 제외하고는 Random Bolt로 처리하고 공사후 정산한 것.	o 사면내의 암반의 종류, 풍화도, 불연속면의 기하구조, 불연속면내의 충진물, 불연속면의 거칠기 등이 매우 다양하게 변화하고, 또한 그 변화 구간의 주기도 매우 짧기 때문에 Random Bolt로 처리함에는 현실적으로 무리가 따름.	원안적용
박영목		o 설계(안)은 적합한 것으로 판단되나 취약부위는 시공자와 감리자가 상의하여 추가보강 가능토록 할 것. o 대표단면 채택 및 강도정수의 대표성에 대한 문제점을 해소하기 위하여 Soil Nailing과 Rock Bolt의 보강 깊이를 충분한 여유가 있는 길이로 결정함이 바람직함.	o 시방서에 본 사항 명기. o 길이를 재검토하여 필요한 부분에 대하여 길이 증가.	반영 반영
전 용 백		o 정밀조사 내용에 부족한 부분이 있음 (BIPS 조사, 절리경사면 조사, gouge, 점토 등)	o 절리면 경사조사, gouge, 점토 등의 조사자료는 종합보고서에 상세히 명기.	반영
		o 배수처리에 대한 정밀설계 필요.	o 최종 제출도면에 배수처리를 위한 횡배수공 상세 설계도 첨부.	반영
		o 공법 비교 선정 및 안전에 최우선하는 공법을 선정할 것.	o 종합보고서에 동 내용 기재.	반영

사면 안정대책 회의

1. 공 사 명 : 4차순환도로(범물지구～안심국도) 건설공사

2. 건　　명 : 삼덕 대절토구간 STA.2+280～STA.2+340 좌측사면 활동부위 현장 점검 및 대책 회의

3. 일　　시 : 2000년 2월 2일, 14 : 00 ～ 17 : 00

4. 참 석 자

체육시설부 관계자	영남대학교 토목공학과 교수	박 영 목
	비상주감리(토질 및 기초 기술사)	박 을 축
	(주)코오롱(토질 및 기초 기술사)	김 인 호
	창신ENG(토질 및 기초 기술사)	오 병 철
	책 임 감 리 원	이 노 발
	구간책임감리원	조 무 형
	현 장 소 장	이 재 철

5. 현장답사

- 사면 검토, 시행 방침 결정, 보강 조치시까지의 추가 사면 활동을 방지하기 위한 절취면 압성토 범위 현장 지시 : 노출된 불연속면 전체(현재 활동 하였거나 활동이 예상되는 지점 포함)를 최소 3m이상 압성토
- 사면 균열 현황(10～15cm), 불연속면 CLAY심도(2mm 정도) 사면 활동 방향, 지구외 산정상부까지 지형 조사
- 사면 추가 해석에 필요한 측량 작업 지시
  - 도로횡단측량 : 10m 간격 횡단측량(지구외 산정상까지)
  - 사면활동 방향에 대한 횡단측량
    (도로횡단측량과 교점부 확인할 수 있도록 측량)

6. 대책 회의 내용

1) 보강공법 결정에 관한 사항

- 박영목 : 사면구배를 1:1.2로 완화시키고 ROCK BOLT 등의 적절한 억지공법 시공이 좋겠다.
- 박을축, 오병철, 김인호 : 사면구배 완화에 찬성함.

2) 설계정수 결정

- o 박영목, 오병철 : 파괴가 발생된 사면이므로 안전율을 0.9정도로 기준하여 역해석을 실시하여 강도정수를 산정함이 합리적임.
- o 박영목 : 잔류강도정수는 역해석한 값의 절반 정도를 취함이 좋겠다.
- o 김인호 : 우기시 안정해석시 지하수위는 인장균열 깊이의 1/2정도로 봄이 일반적이다.
- o 박을축 : 사면의 횡단방향 및 사선방향 모두 검토하여 불리한 쪽의 강도정수를 취해야 한다.
- o 박영목 : 원호파괴 및 불연속면파괴에 대해 모두 검토하여 안전측으로 설계하여야 한다.

3) 억지공 설계

- o 오병철 : 억지공법은 억지말뚝공법이 좋겠다.
- o 박을축 : 억지말뚝공법은 시공성 등에 문제가 있으므로 ROCK BOLT가 더 유리하다.
- o 박영목 : 현재 발생한 파괴면 하부의 암반도 보강함이 좋겠다.
- o 박을축 : 사면 정상부 묘지 바로 밑 부분도 적절한 ROCK BOLT로 보강하여야 한다.
- o 김인호 : 파괴블럭 하부를 집중적으로 보강하고, 그 윗부분은 블록내 얕은 파괴 방지를 위한 보강방안을 추천한다.

4) 대책공 채택안 요약

- o 사면구배는 1:1.2로 완화
- o 억지공법은 ROCK BOLT공법을 채택
- o 파괴블럭 하단부를 집중적으로 보강
- o 파괴블럭 하부의 암반 및 사면 정상부분에도 ROCK BOLT로 보강

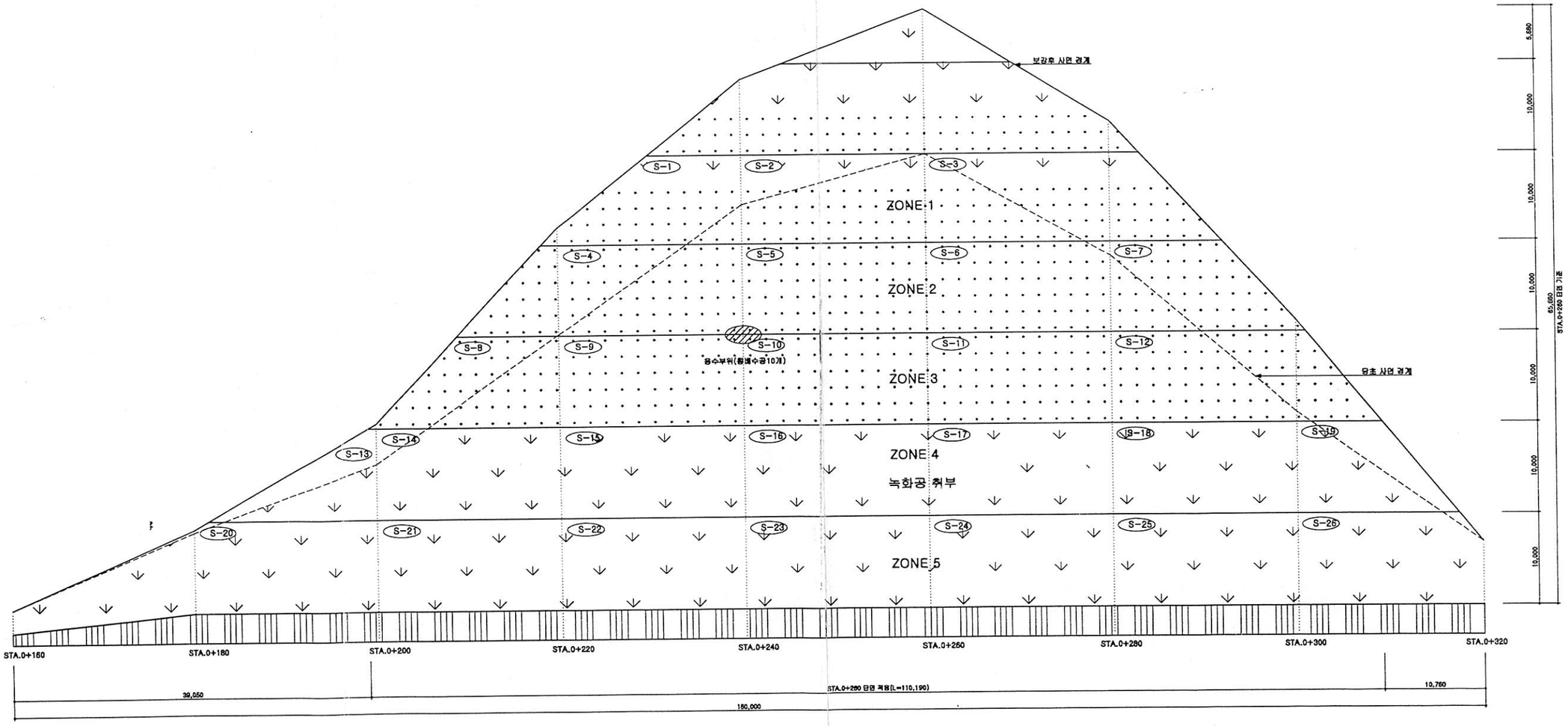
4차 순환 도로 건설 공사
사면 보강 공사 설계도

2000. 3.

(주) 창신종합엔지니어링

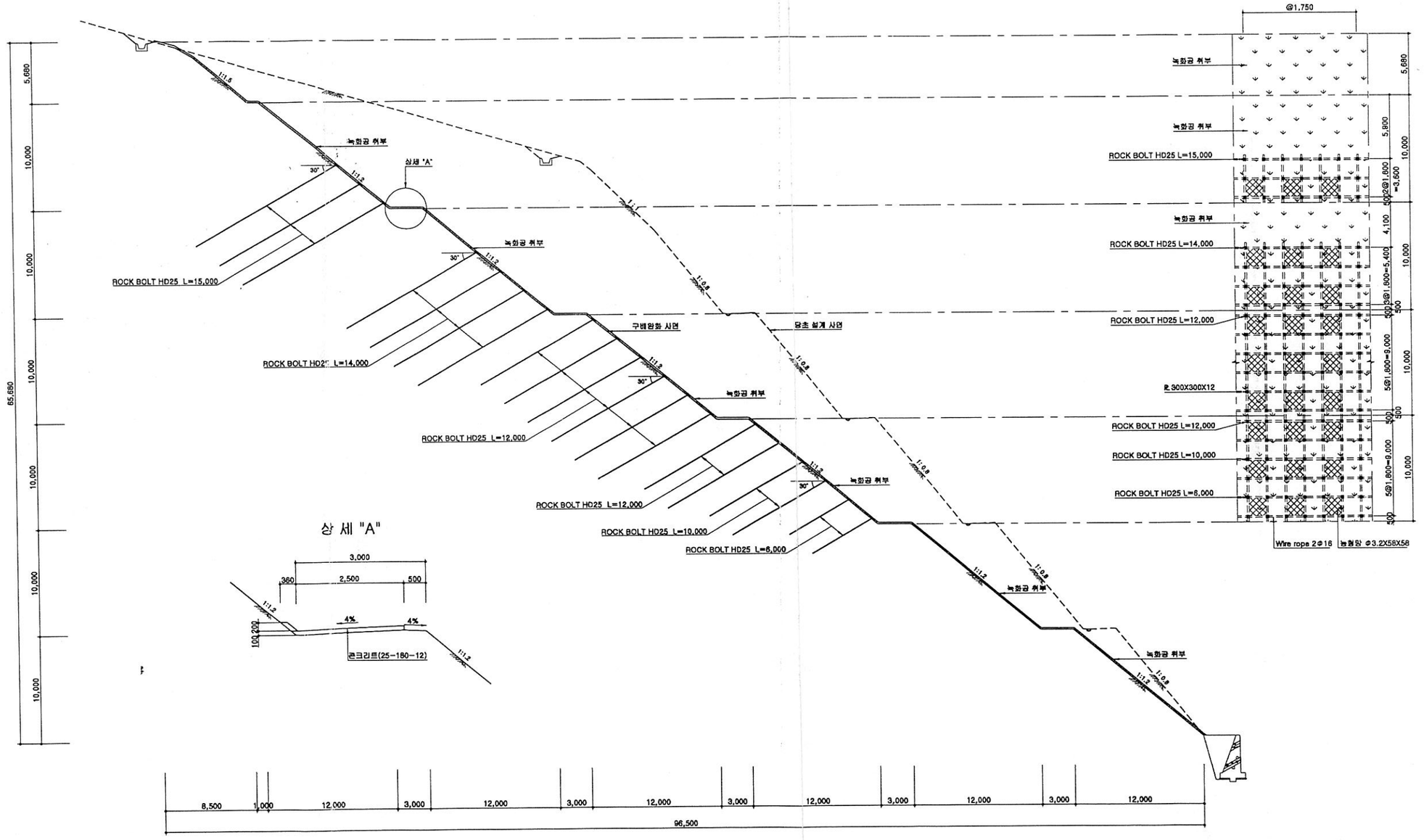
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항							축 척	도면명
	설 계 자									일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 1 매
	제 도 자									

STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면 보강공사 입면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척	S=1:200	도면명 사면 보강공사 입면도
	설 계 자								일자 2000. 3. 관리번호 34 매명 2 매
	제 도 자								

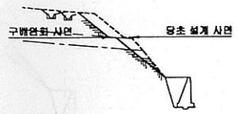
STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면 보강공사 단면도(STA.0+260)



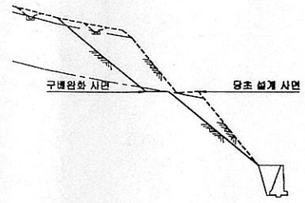
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척	S = 1:200	도면명 횡단면도(STA.0+260)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 3 매

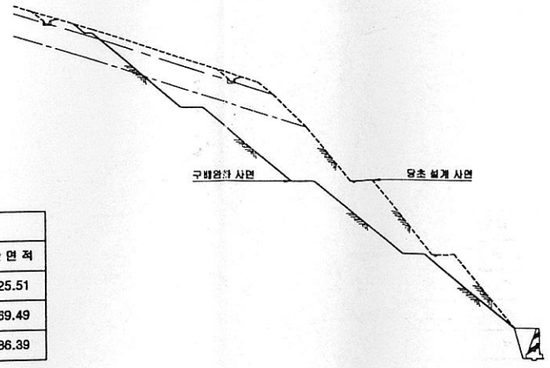
STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면 보강공사 토적 단면도(1)

STA.0+180		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	6.91
리핑암	㎡	3.00
발파암	㎡	2.80

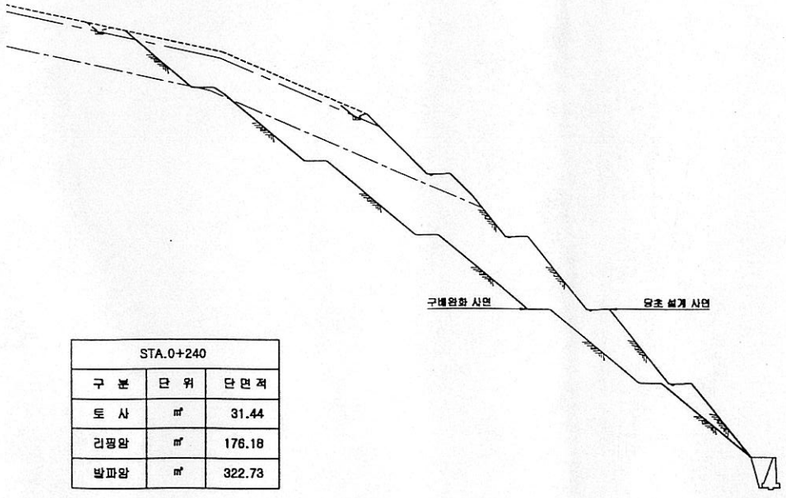


STA.0+200		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	7.16
리핑암	㎡	47.11
발파암	㎡	18.05





STA.0+220		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	25.51
리핑암	㎡	69.49
발파암	㎡	186.39



STA.0+240		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	31.44
리핑암	㎡	176.18
발파암	㎡	322.73

주식회사 창신종합엔지니어링
CHANG SHIN ENGINEERING

책임기술자	
설 계 자	
제 도 자	

특기사항

삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사

축 척 S = 1:400

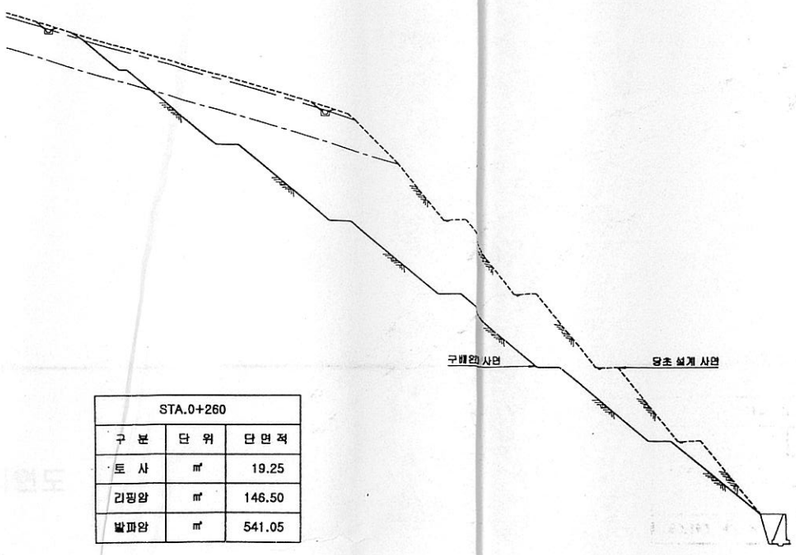
도면명 토적 단면도(1)

일 자 2000. 3.

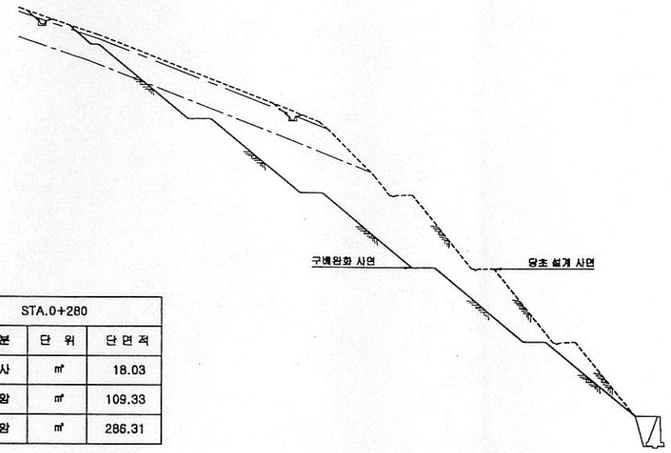
관리번호

34 매중 4 매

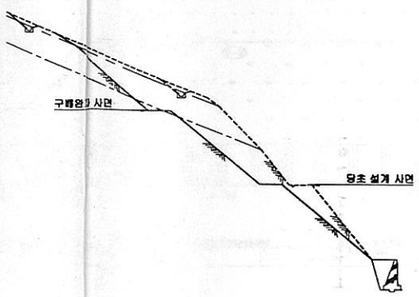
STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면 보강공사 토적 단면도(2)



STA.0+260		
구 분	단 위	단 면 적
토 사	㎡	19.25
리핑암	㎡	146.50
발파암	㎡	541.05



STA.0+280		
구 분	단 위	단 면 적
토 사	㎡	18.03
리핑암	㎡	109.33
발파암	㎡	286.31



STA.0+300		
구 분	단	단 면 적
토 사	㎡	11.20
리핑암	㎡	67.53
발파암	㎡	55.41

주식회사 창신종합엔지니어링
CHANG SHIN ENNEERING

책임기술자	
설 계 자	
제 도 자	

특기사항

삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사

축 척 S = 1:400

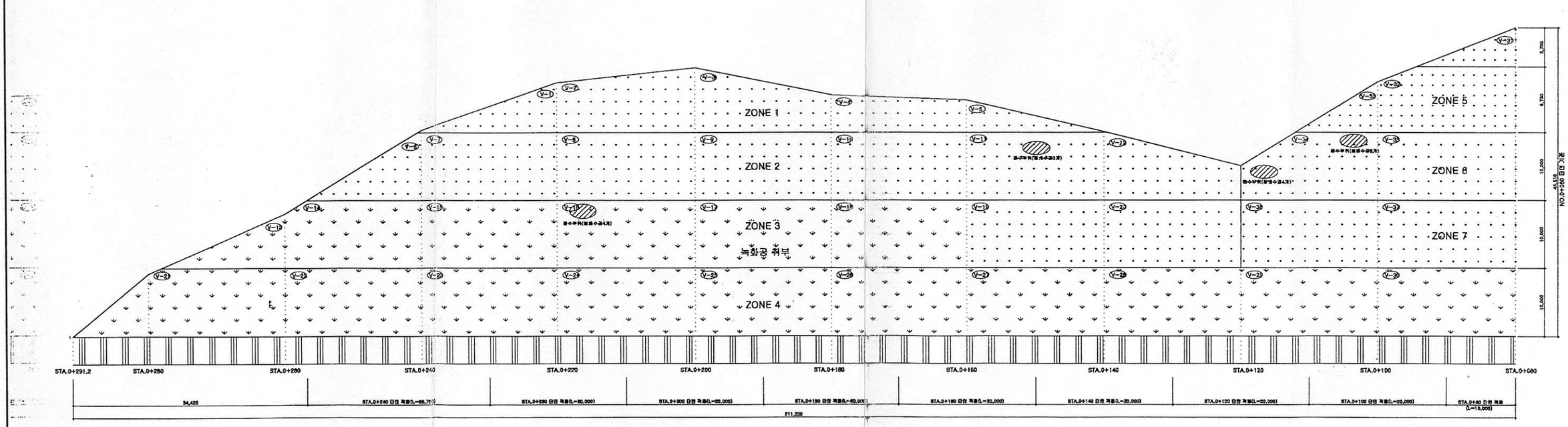
도면명 토적 단면도(2)

일 자 2000. 3.

관련번호

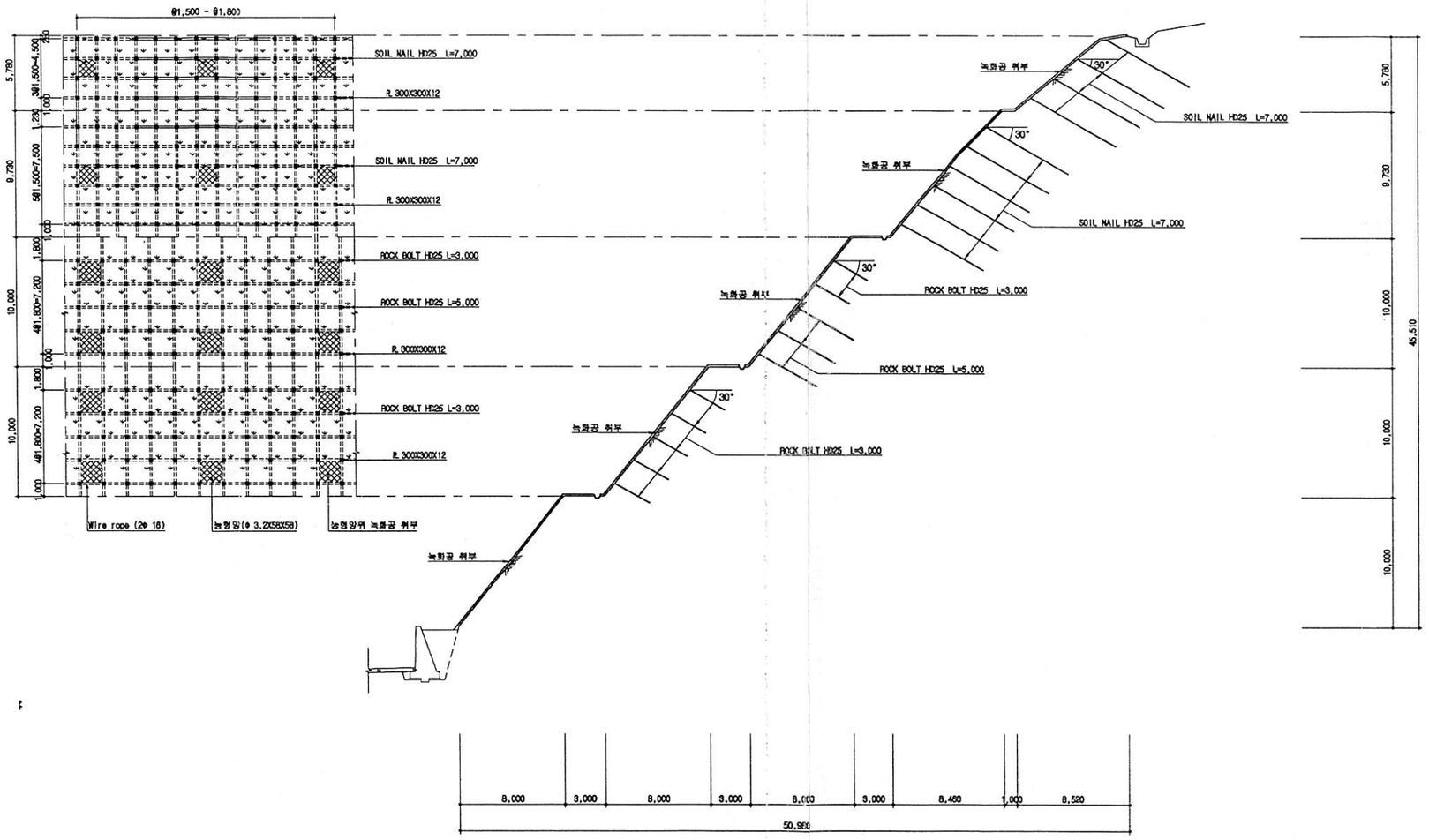
34 매중 5 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 입면도



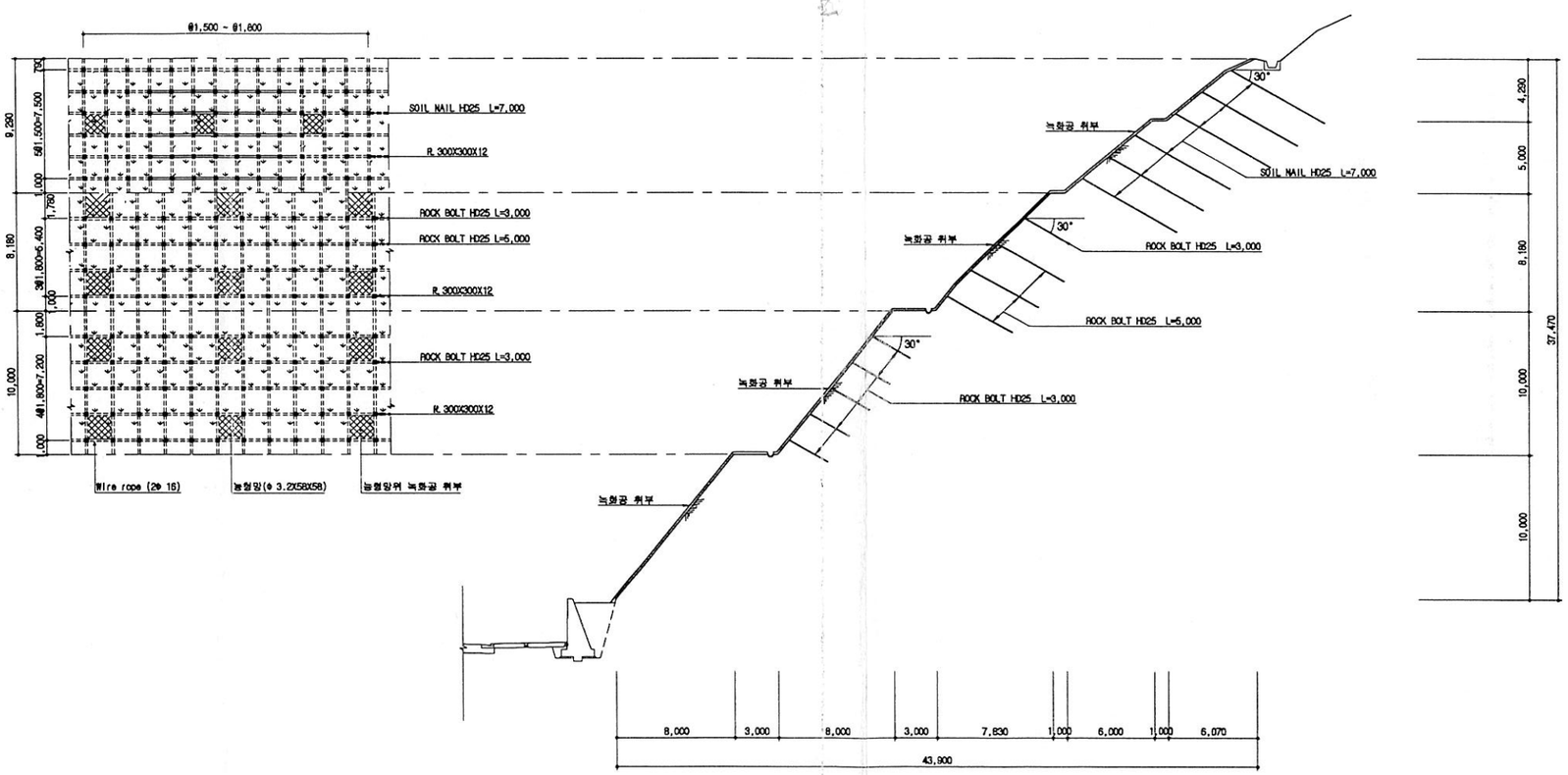
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축척 S=1:200	도면명 사면 보강공사 입면도	
	설 계 자									
	제 도 자							일자 2000. 3.	관리번호	34 매중 6 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+080)



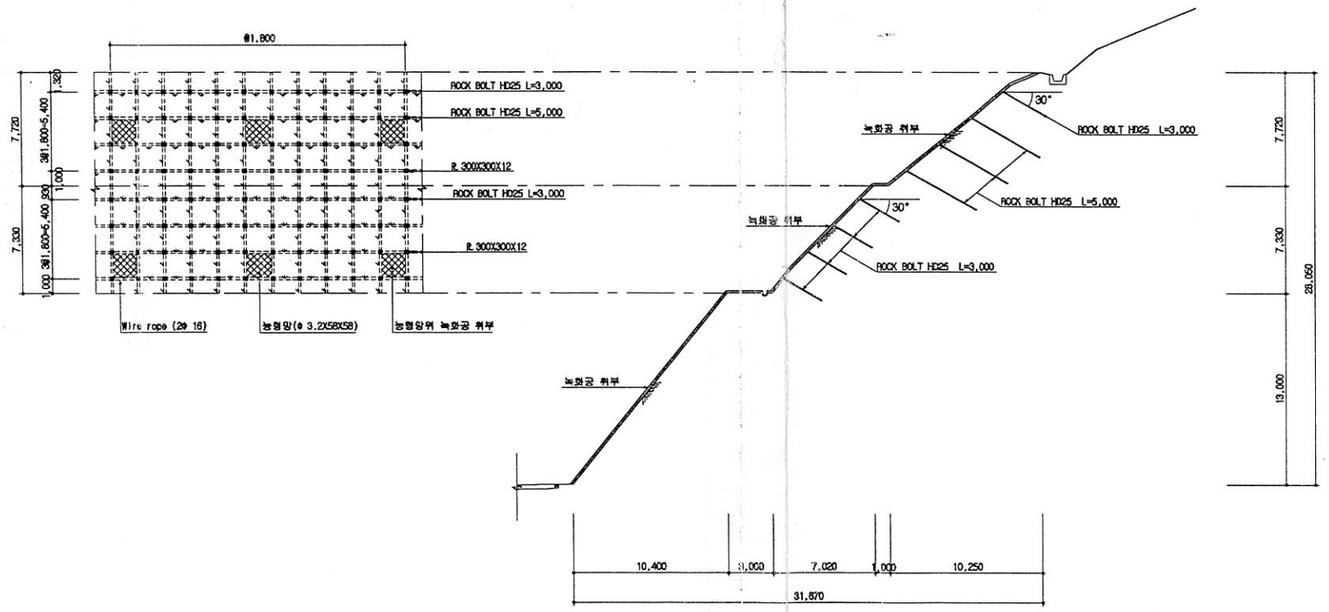
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+080)
	설 계 자								일 자 2000. 3. 관련번호
	제 도 자								34 매중 7 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+100)



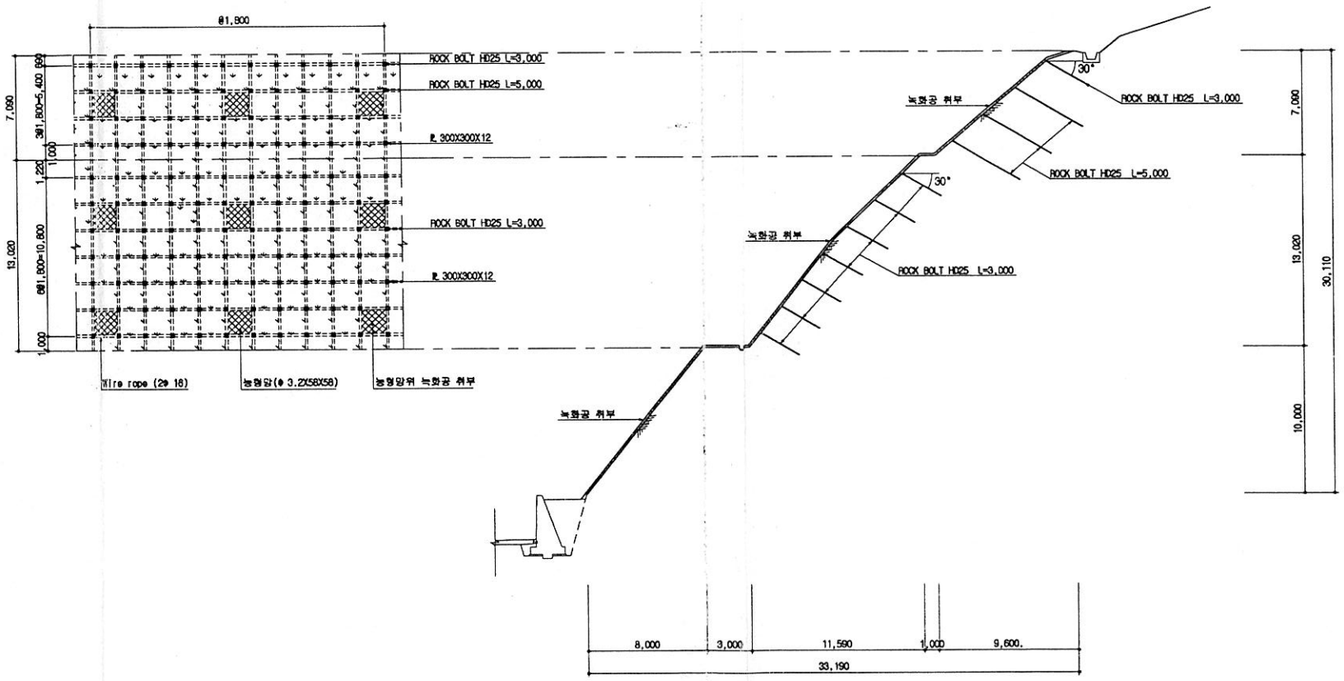
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+100)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 8 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+120)



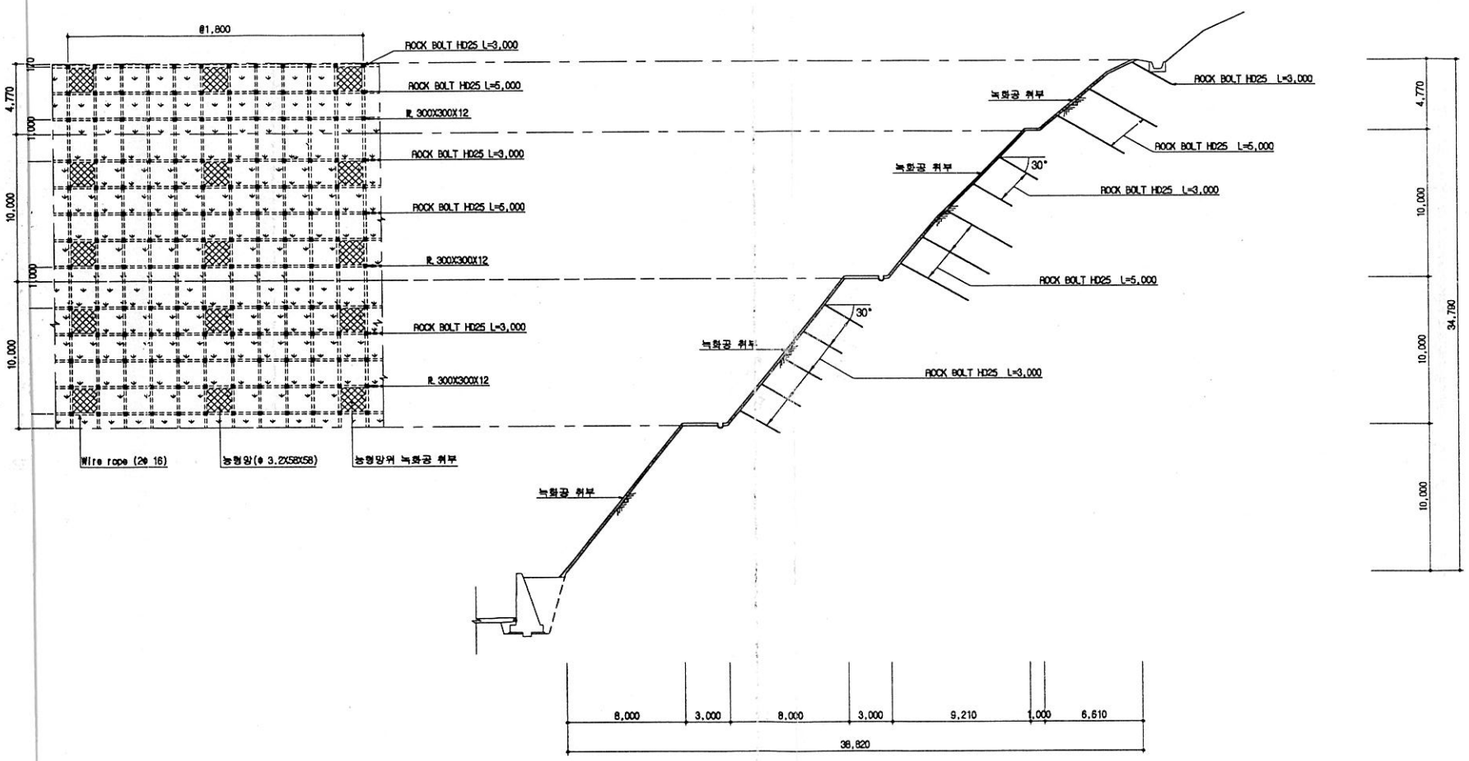
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+120)
	설 계 자									일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 9 매
	제 도 자									

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+140)



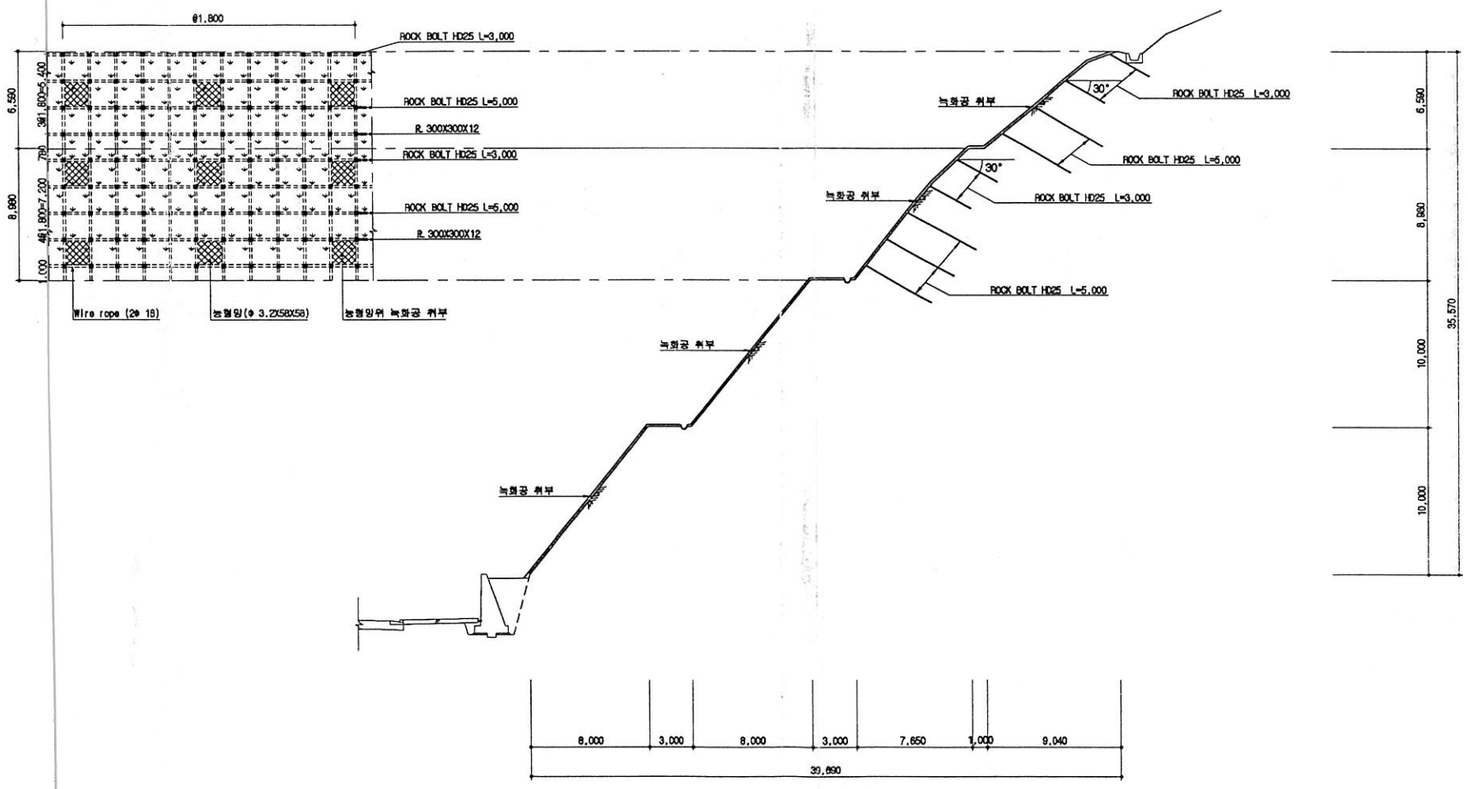
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척 S=1:200	도 면 명 횡단면도(STA.0+140)
									일 자 2000. 3. / 관리번호 / 34 매중 10 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+160)



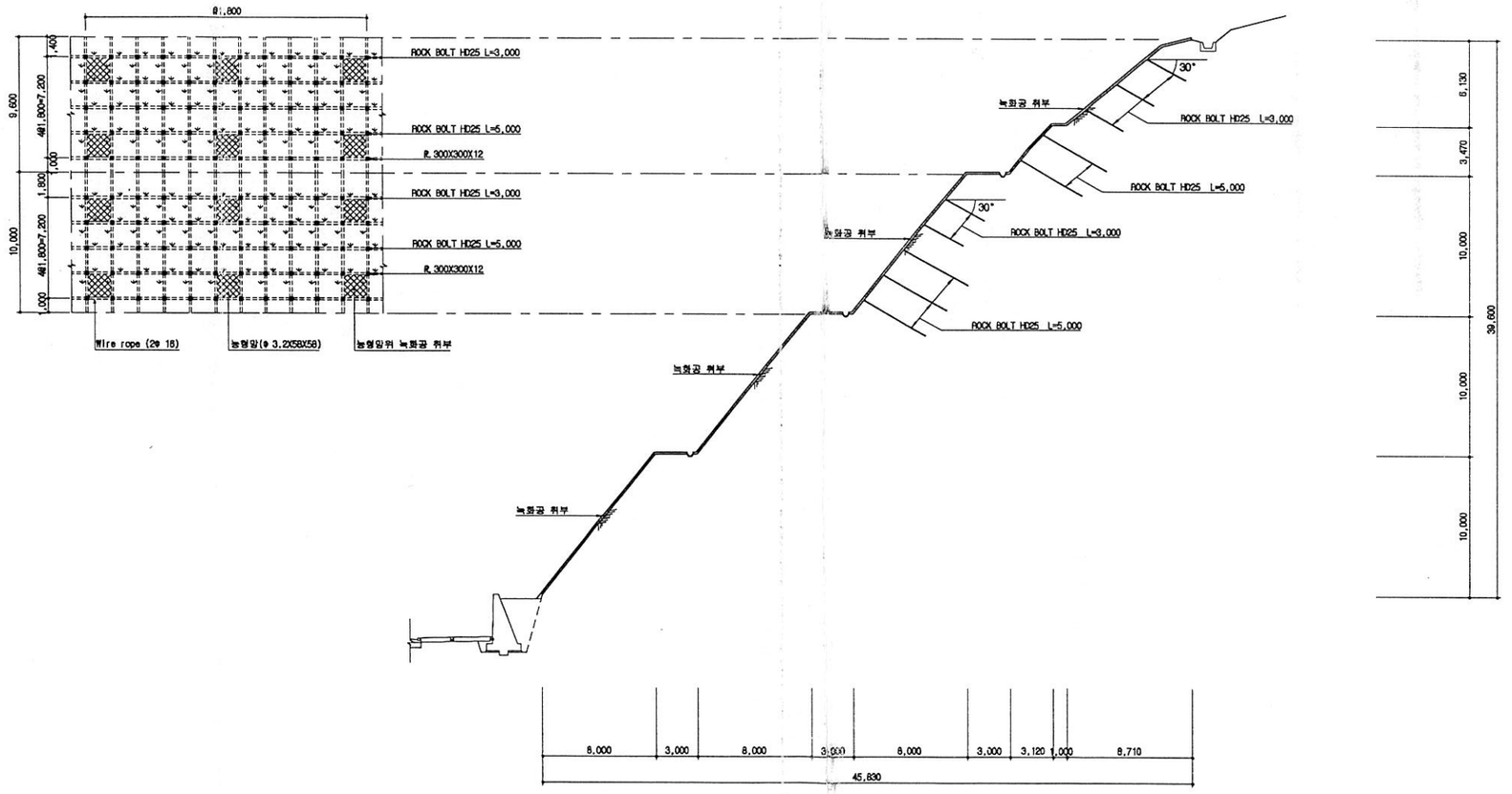
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명	횡단면도(STA.0+160)
	설 자							일 자 2000. 3.	관련번호
	제 자								34 매중 11 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+180)



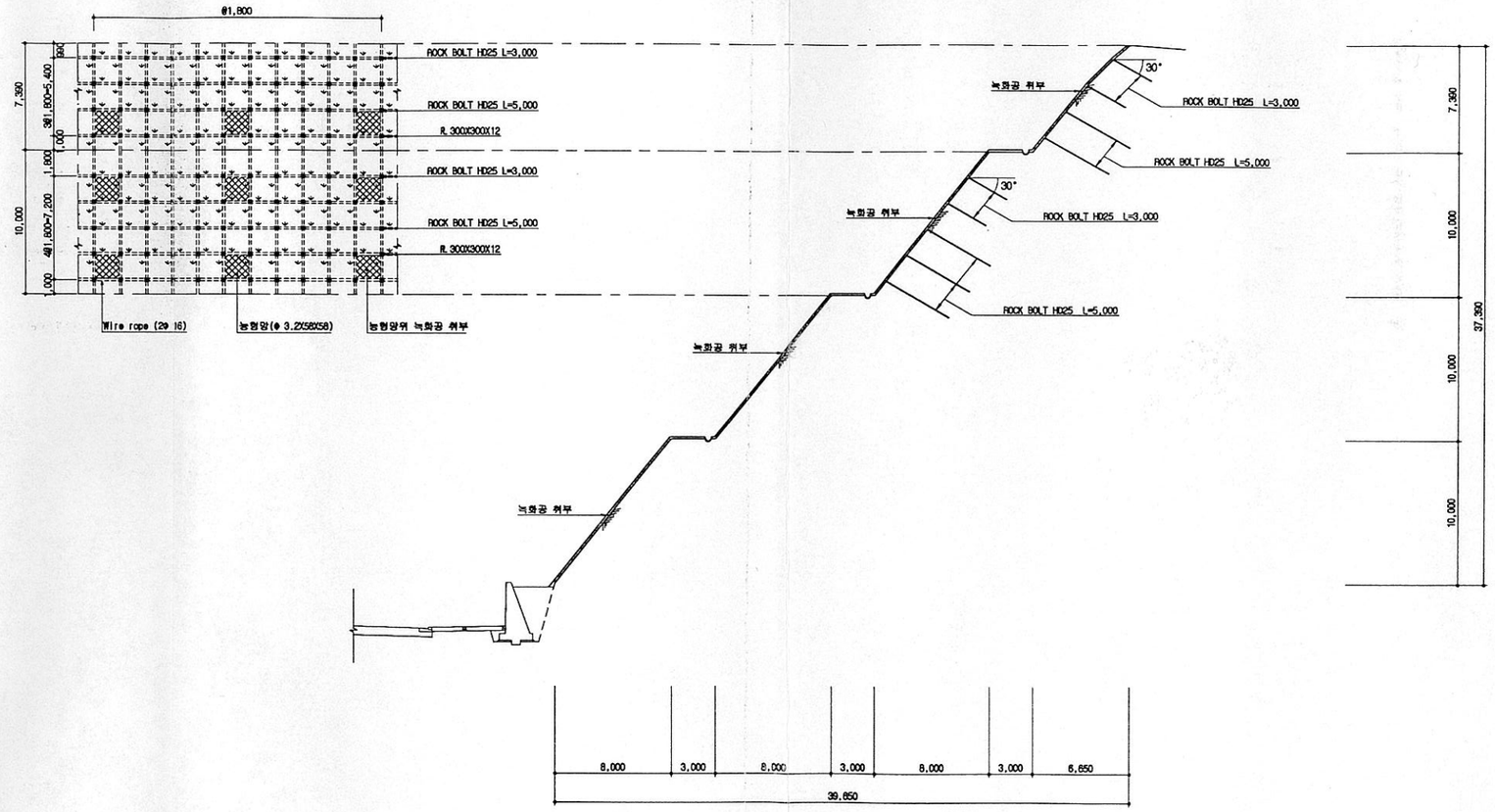
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사				축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+180)
	설 자								일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 12 매
	제 자								

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+200)



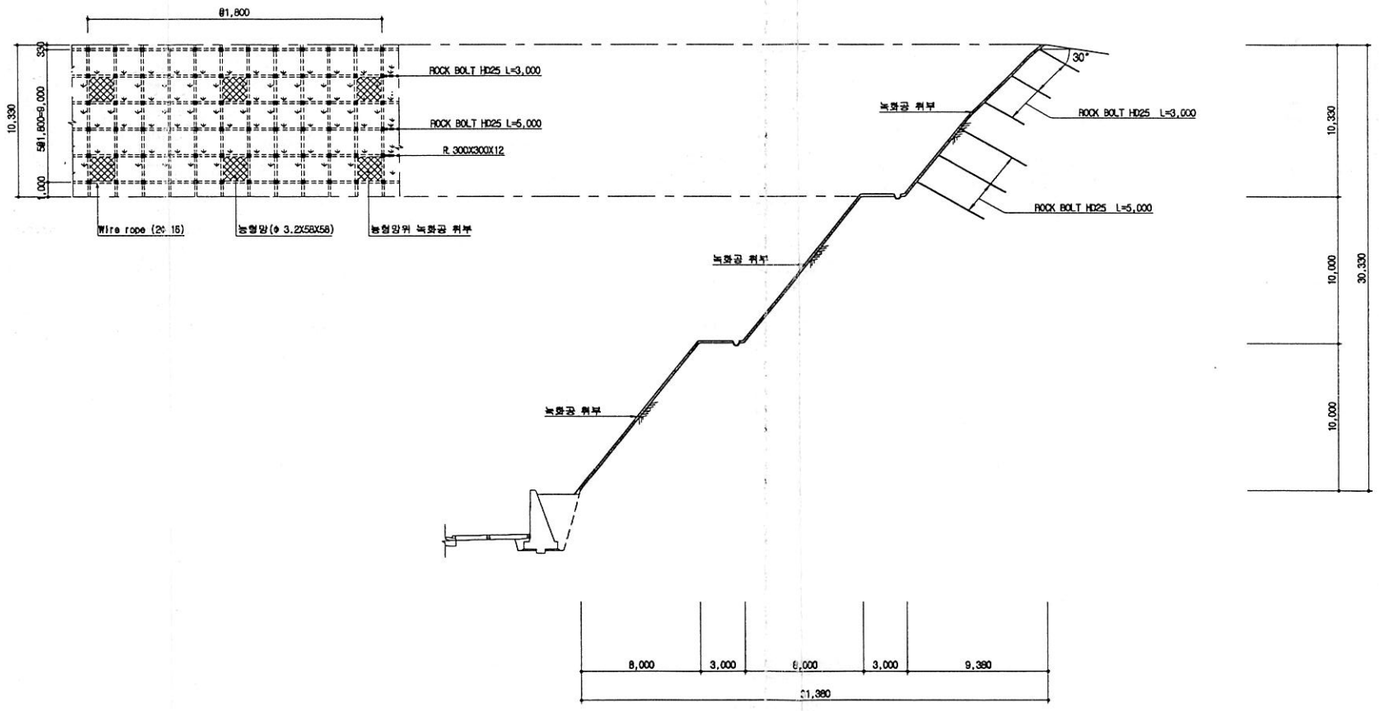
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+200)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관리번호 / 34 매중 13 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+220)



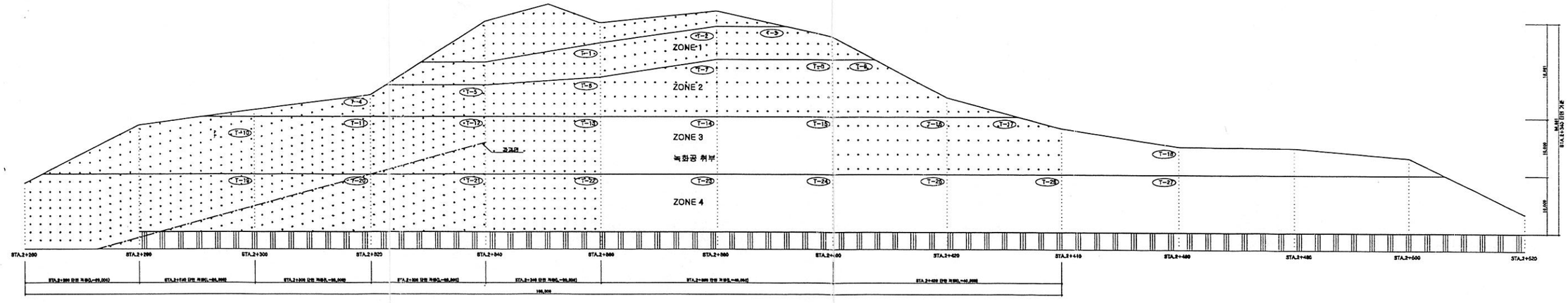
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN.ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+220)
	설 계 자									
	제 도 자							일 자	2000. 3.	관련번호 / 34 매중 14 매

STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 보강공사 단면도(STA.0+240)



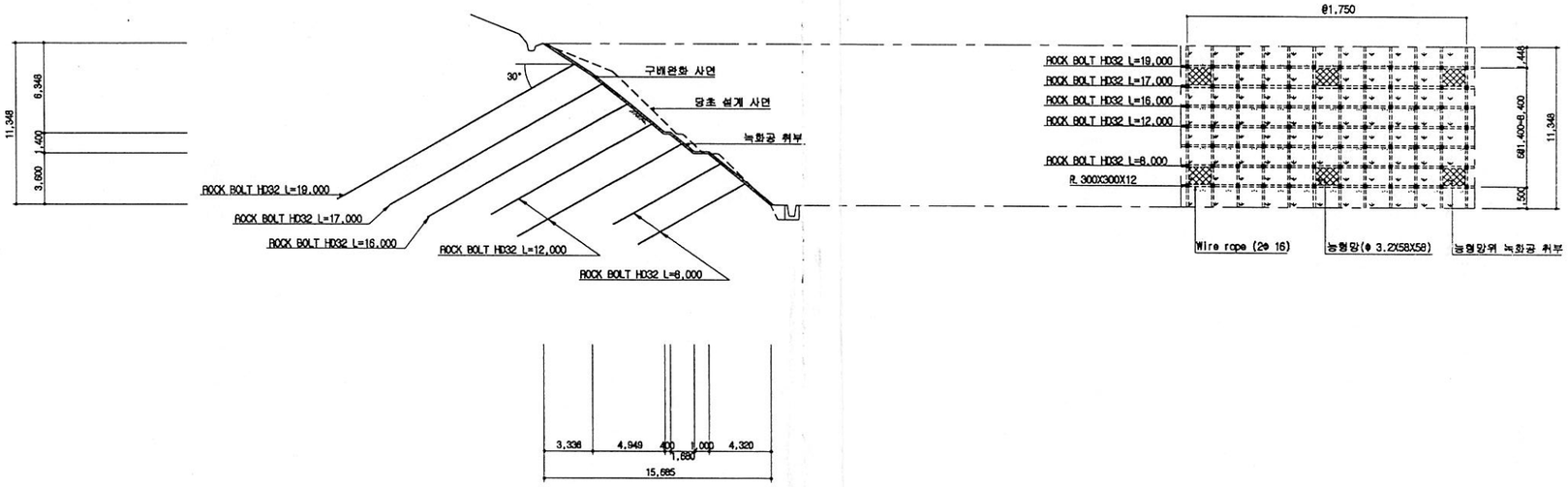
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+240)
	설 계 자								일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 15 매
	제 도 자								

STA.2+260 ~ STA.2+460 좌측사면 보강공사 입면도



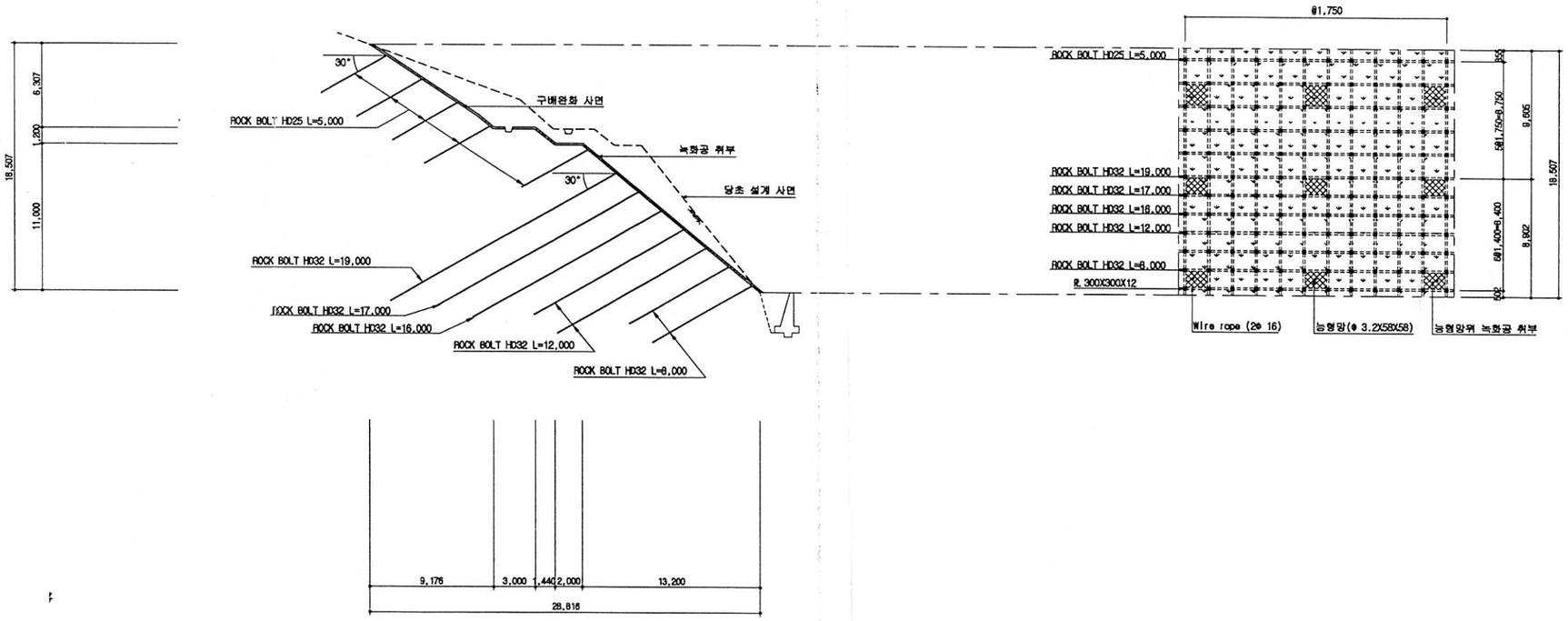
| | | |

STA.2+260~STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+260)



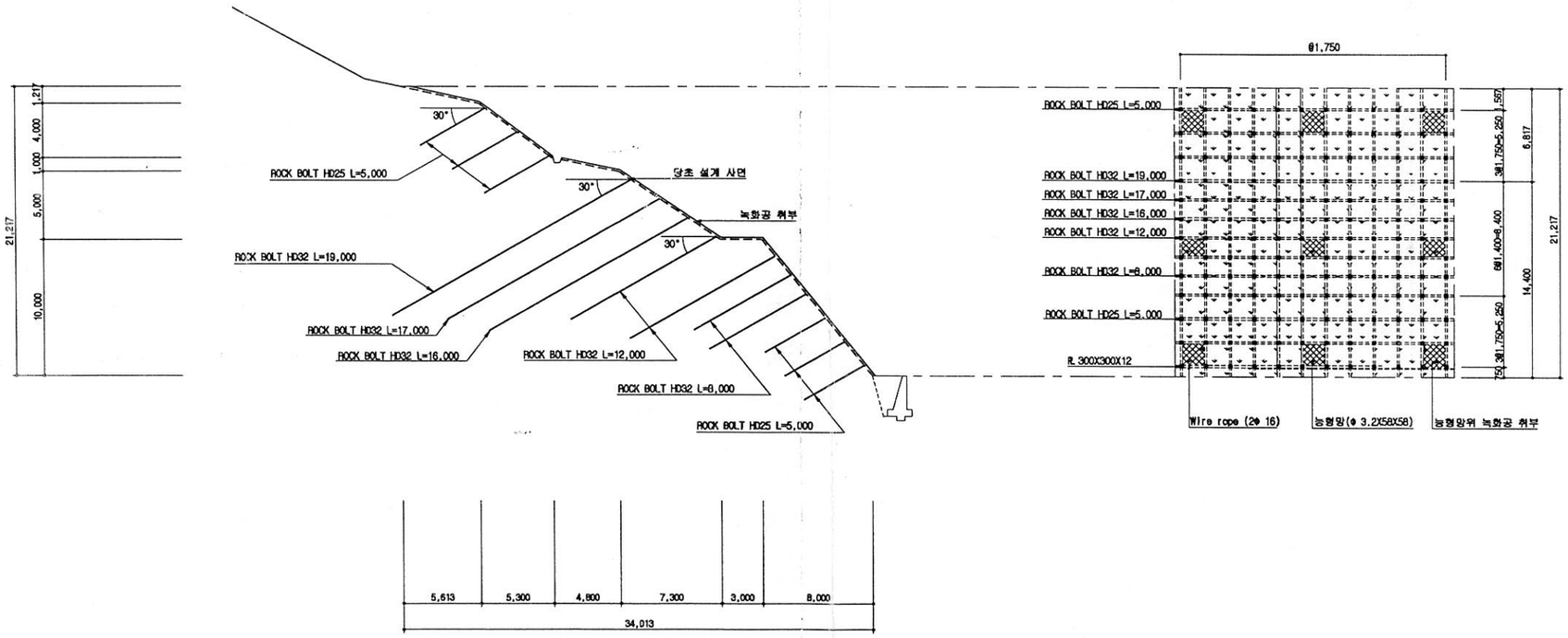
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사					축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.2+260)
	설 계 자									
	제 도 자							일 자	2000. 3.	관련번호 / 34 매중 17 매

STA.2+260~STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+280)



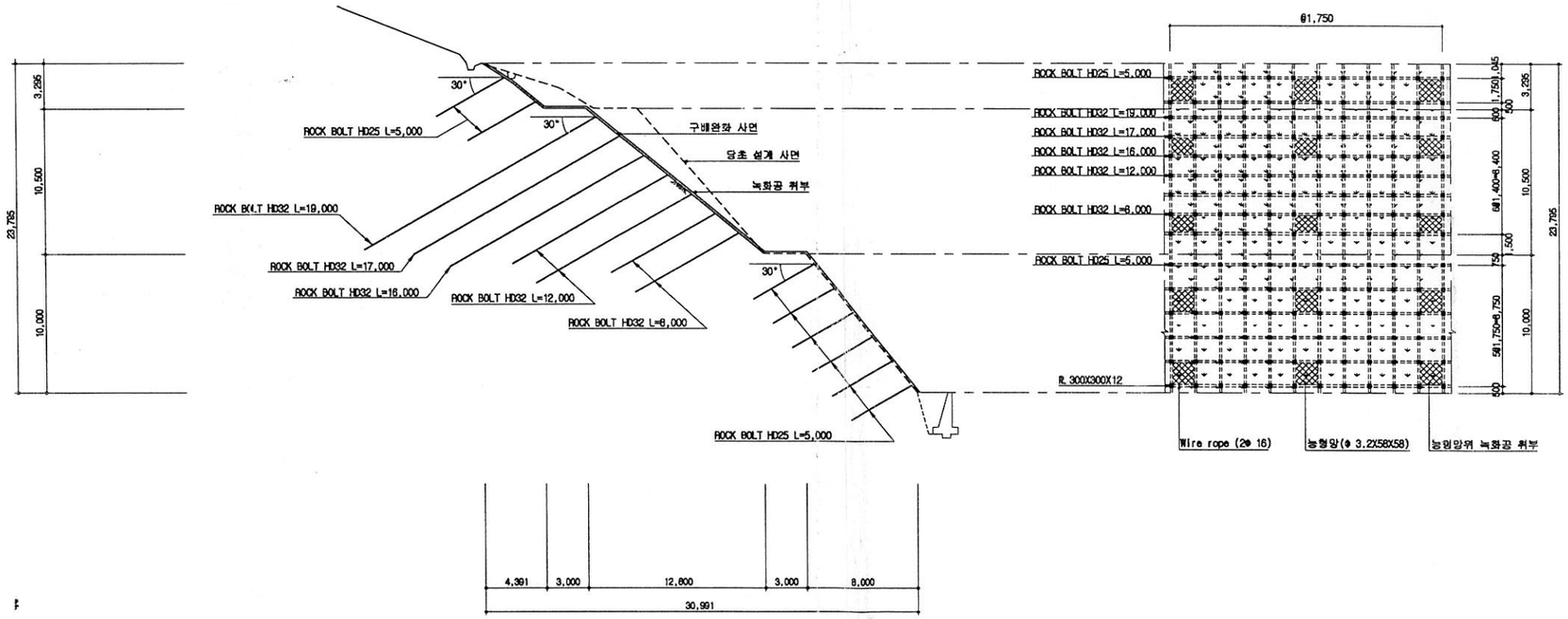
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사				축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.2+280)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 18 매

STA.2+260~STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+300)



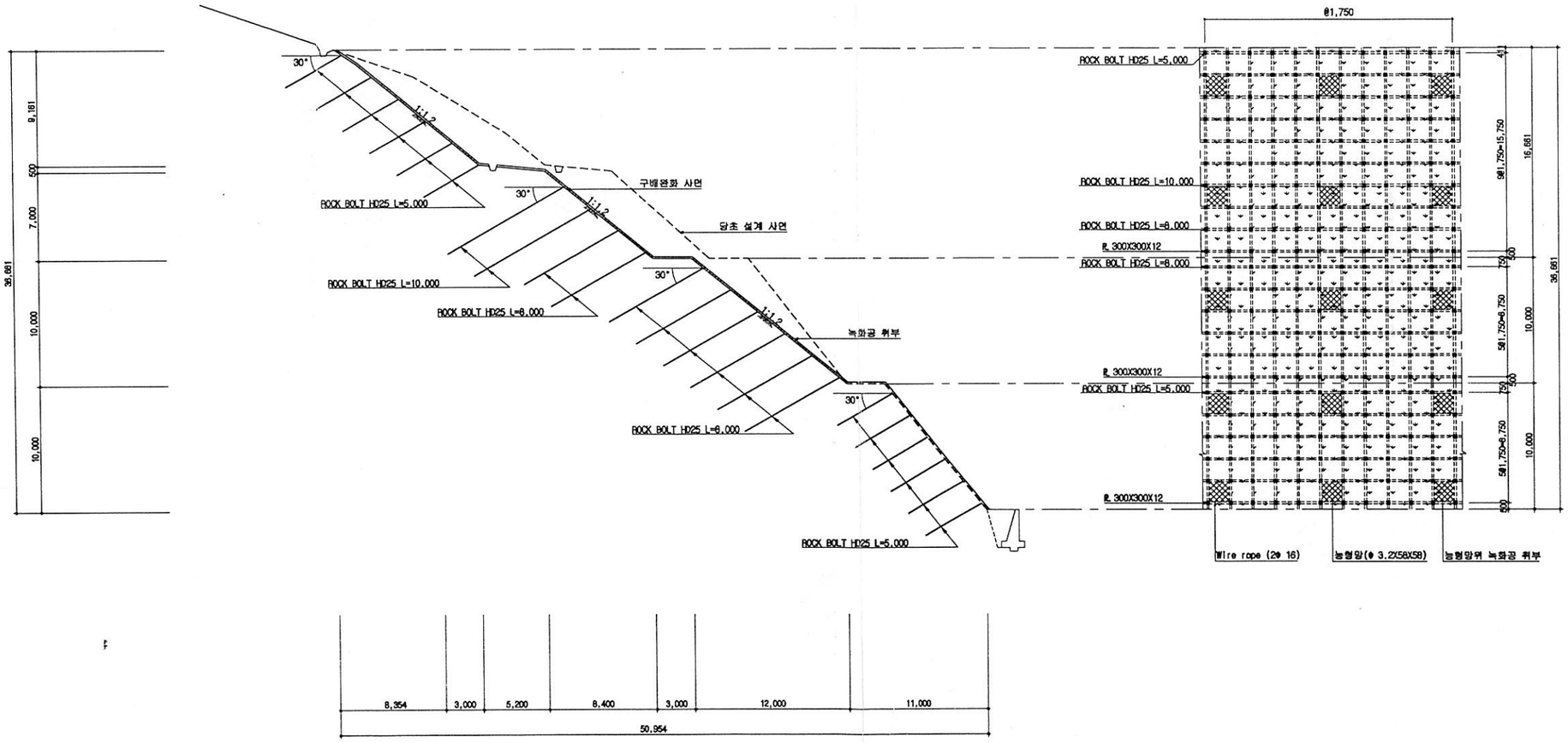
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.2+300)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 19 매

STA.2+260~STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+320)



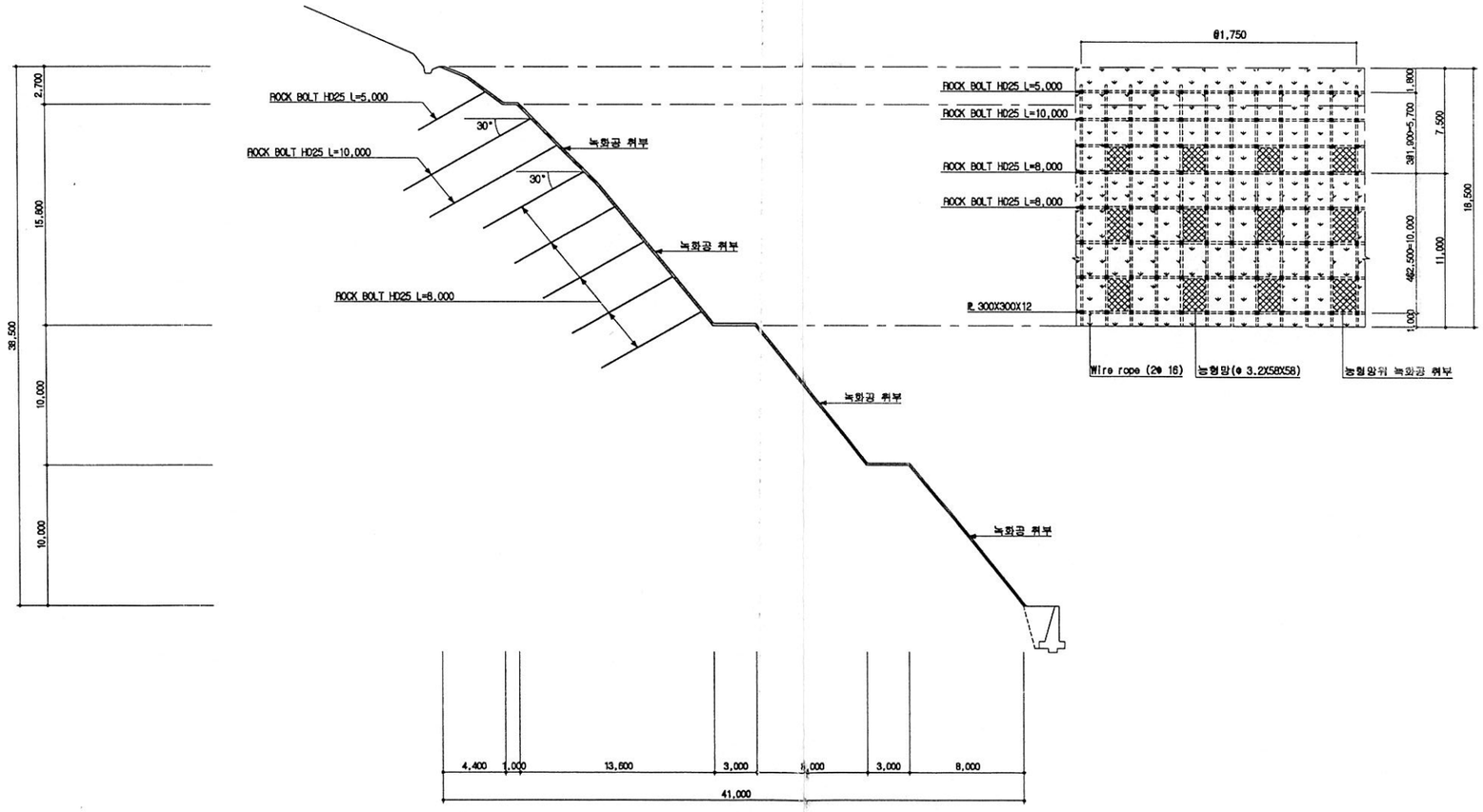
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.2+320)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 34 매중 20 매

STA.2+260~STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+340)



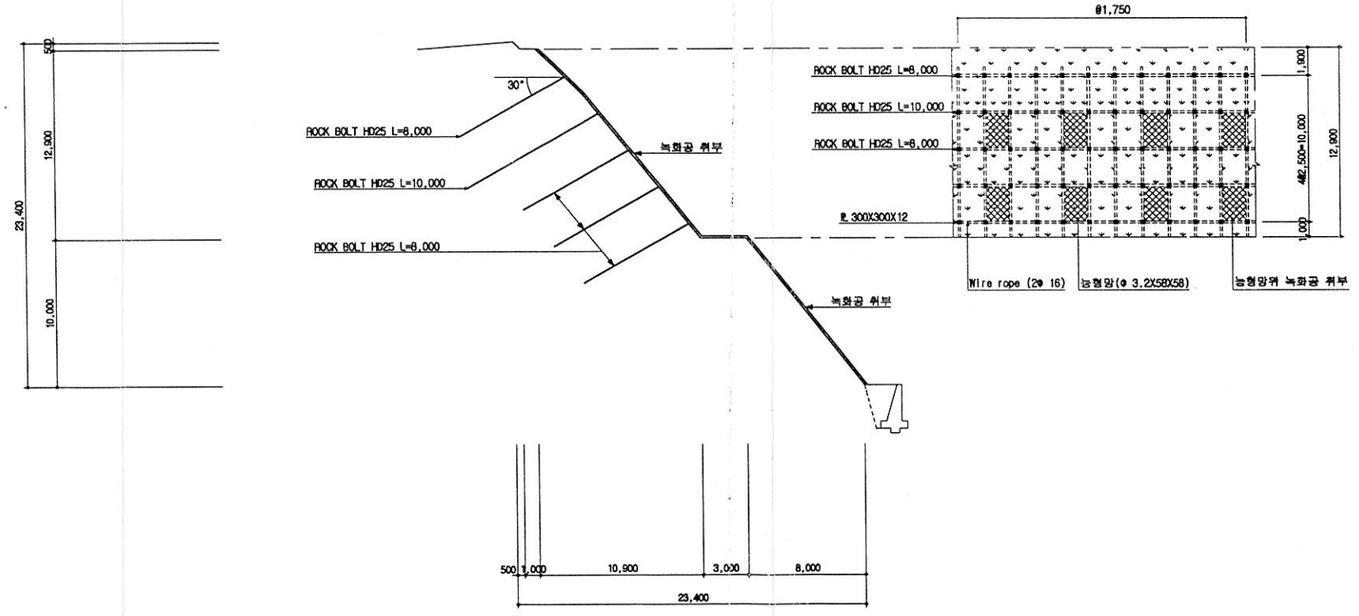
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.2+340)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관리번호 / 34 매중 21 매

STA.2+260 ~ STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+380)



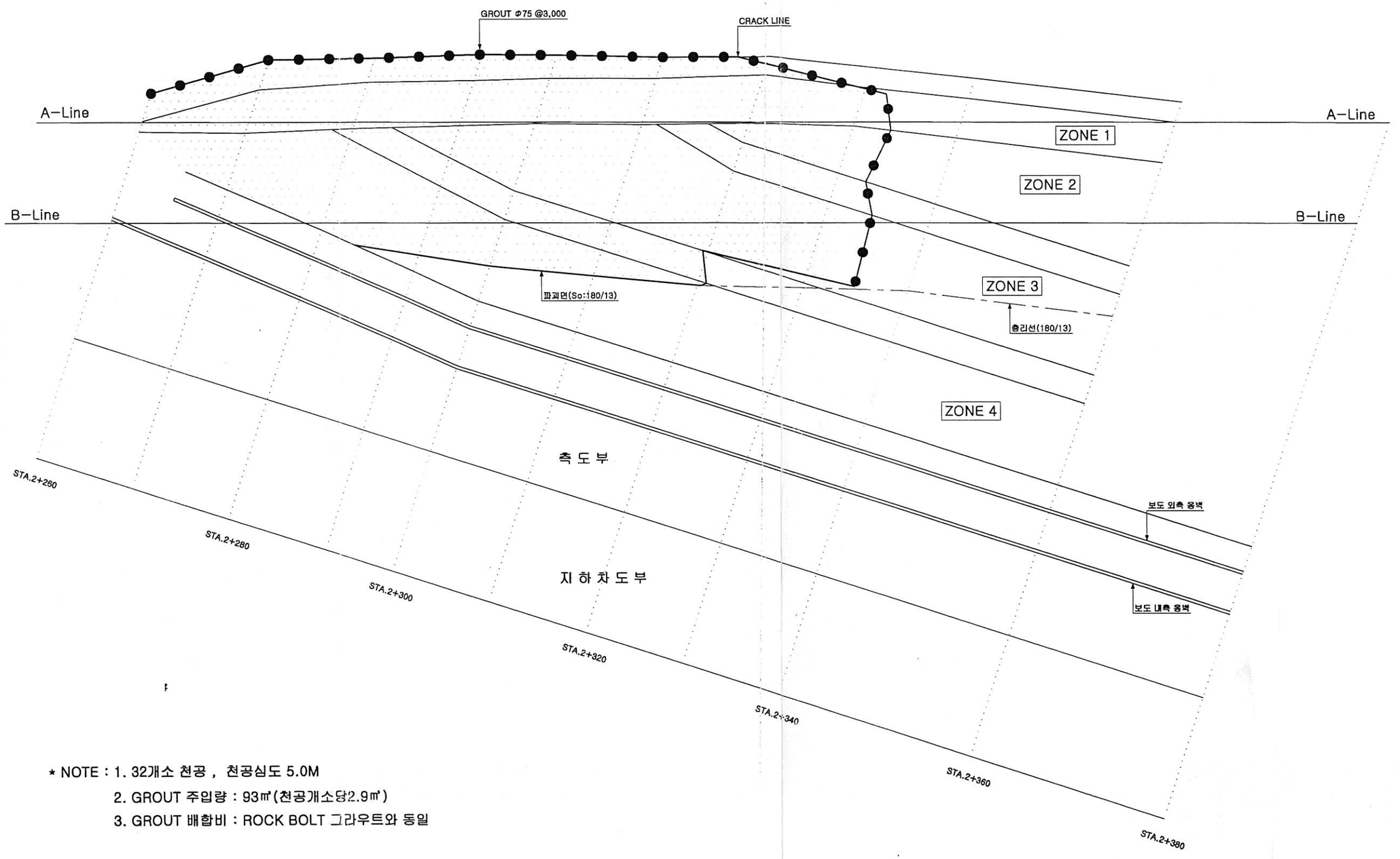
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명	횡단면도(STA.2+380)
	설 계 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 22 매
	제 도 자								

STA.2+260 ~ STA.2+460 좌측사면 보강공사 단면도(STA.2+420)



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명	횡단면도(STA.2+420)
	설 계 자							일 자 2000. 3.	관련번호
	제 도 자								34 매중 23 매

STA.2+260~STA.2+340 구간 GROUTING 위치도

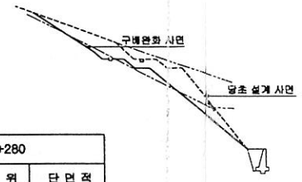


* NOTE : 1. 32개소 천공 , 천공심도 5.0M
2. GROUT 주입량 : 93㎥(천공개소당2.9㎥)
3. GROUT 배합비 : ROCK BOLT 그라우트와 동일

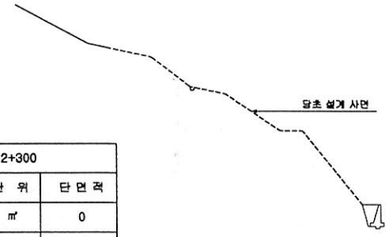
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명 사면 GROUTING 위치도	
								일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 24 매

STA.2+260 ~ STA.2+340 좌측사면 보강공사 토적 단면도

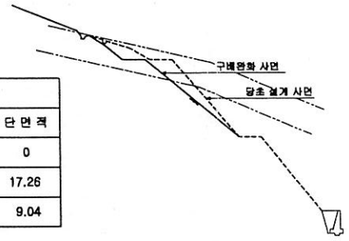
STA.2+260		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	5.38
리핑암	㎡	4.77
발파암	㎡	0



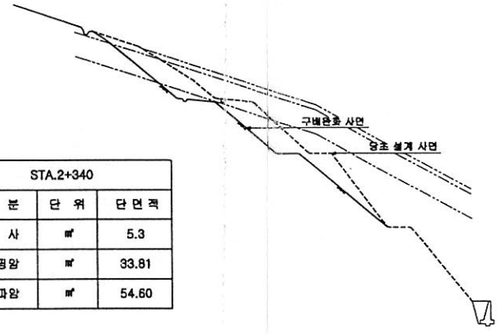
STA.2+280		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	0
리핑암	㎡	38.67
발파암	㎡	10.99



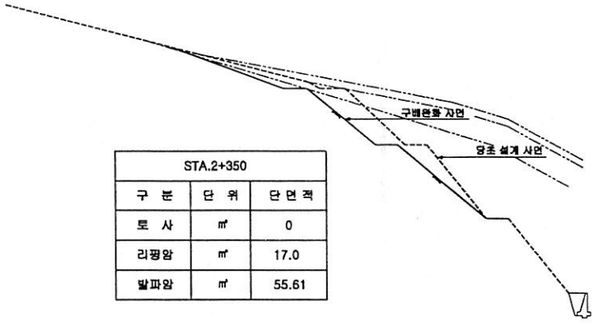
STA.2+300		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	0
리핑암	㎡	0
발파암	㎡	0



STA.2+320		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	0
리핑암	㎡	17.26
발파암	㎡	9.04



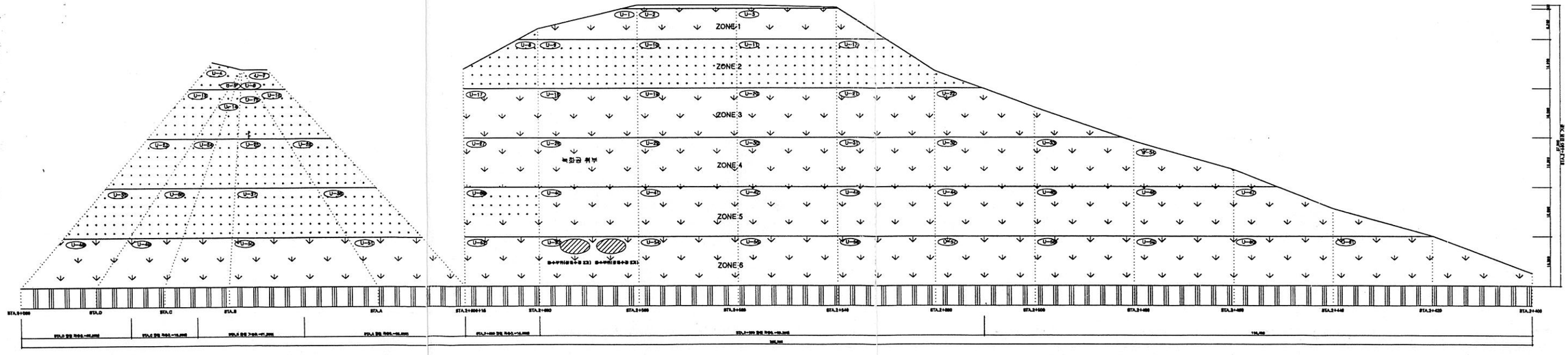
STA.2+340		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	5.3
리핑암	㎡	33.81
발파암	㎡	54.60



STA.2+350		
구 분	단 위	단면적
토 사	㎡	0
리핑암	㎡	17.0
발파암	㎡	55.61

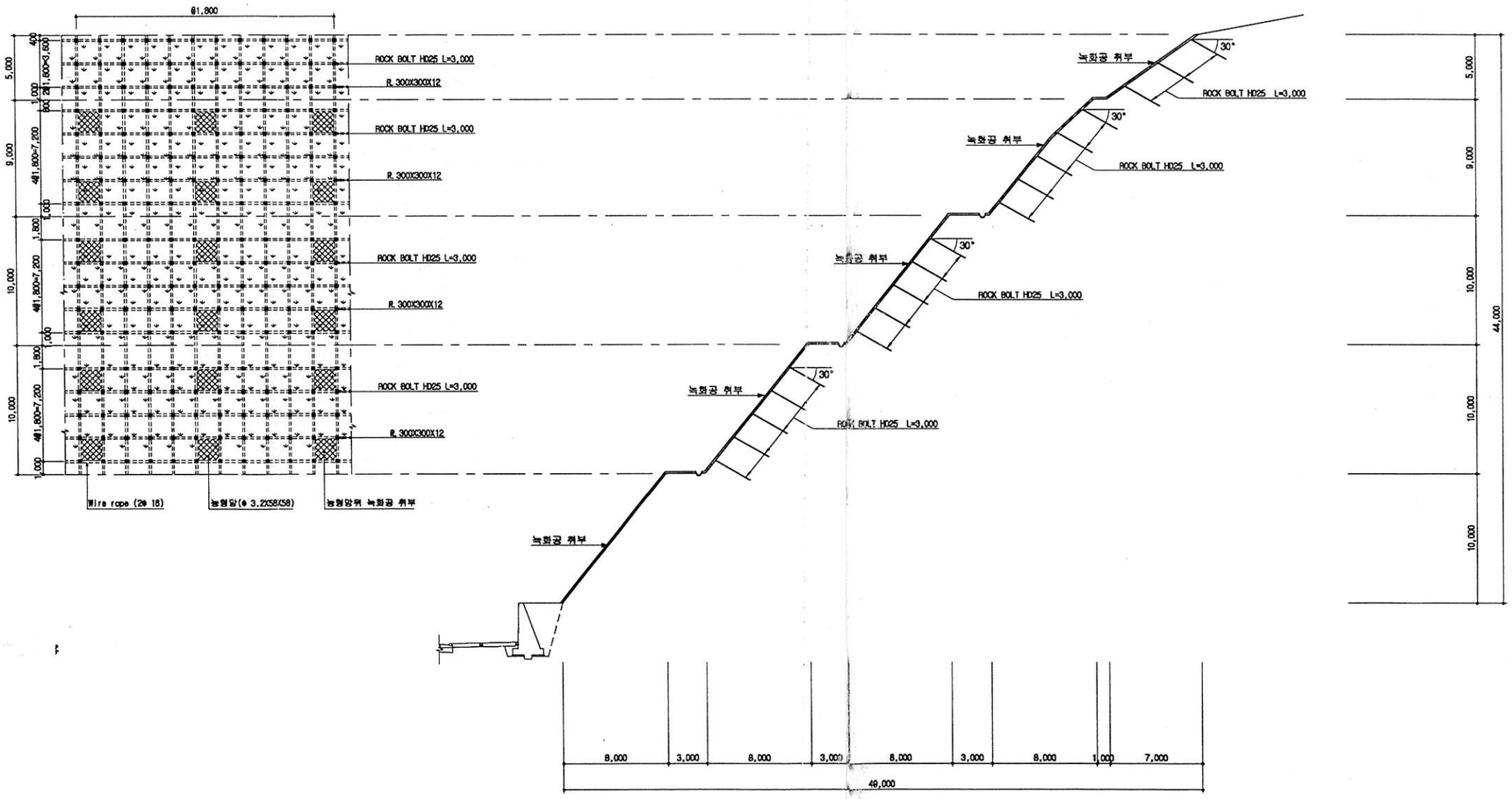
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구~고산국도 도로건설 공사					축 척	S=1:400	도면명 토적 단면도
	설 계 자									
	제 도 자							일 자	2000. 3.	관련번호 / 34 매중 25 매

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 입면도



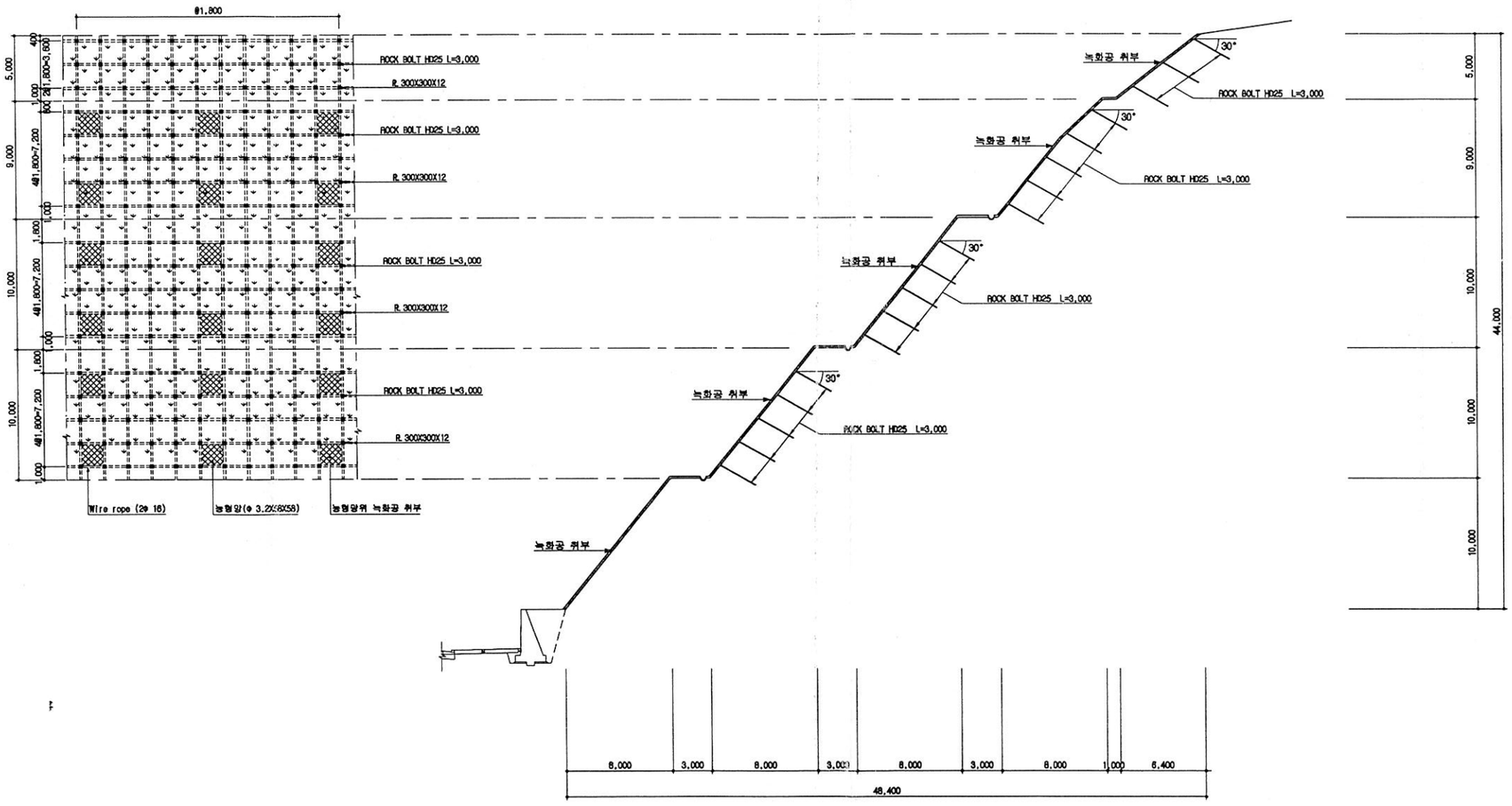
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술인 / 검 토 자 / 검 도 자	측지좌표	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사	축 척 S=1:200	도면명 사면 보강공사 입면도
				일 자 2000. 3.	도면번호 34 중 26 호

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 단면도(STA.A)



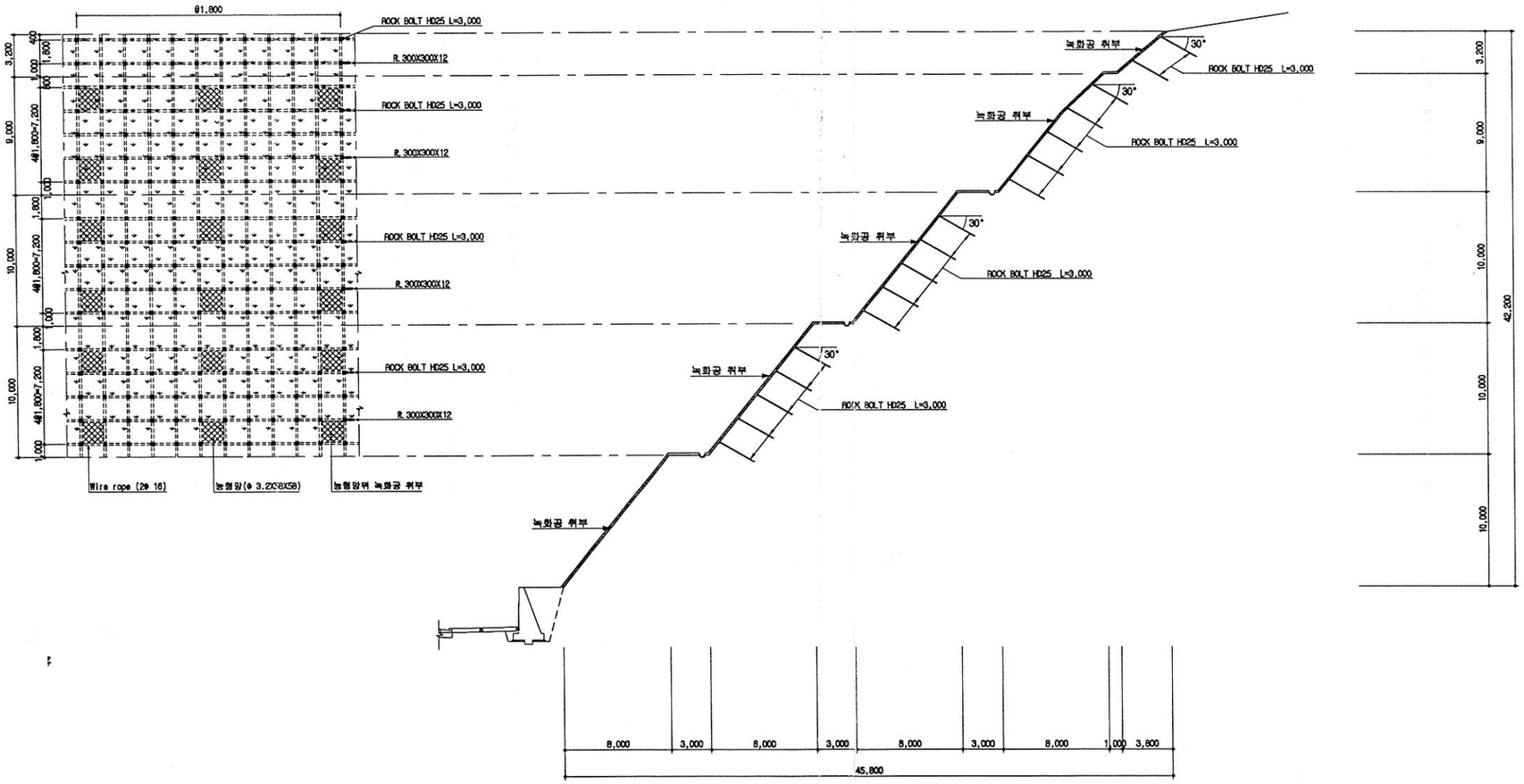
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로권설공사				축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.A)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 27 매

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 단면도(STA.B)



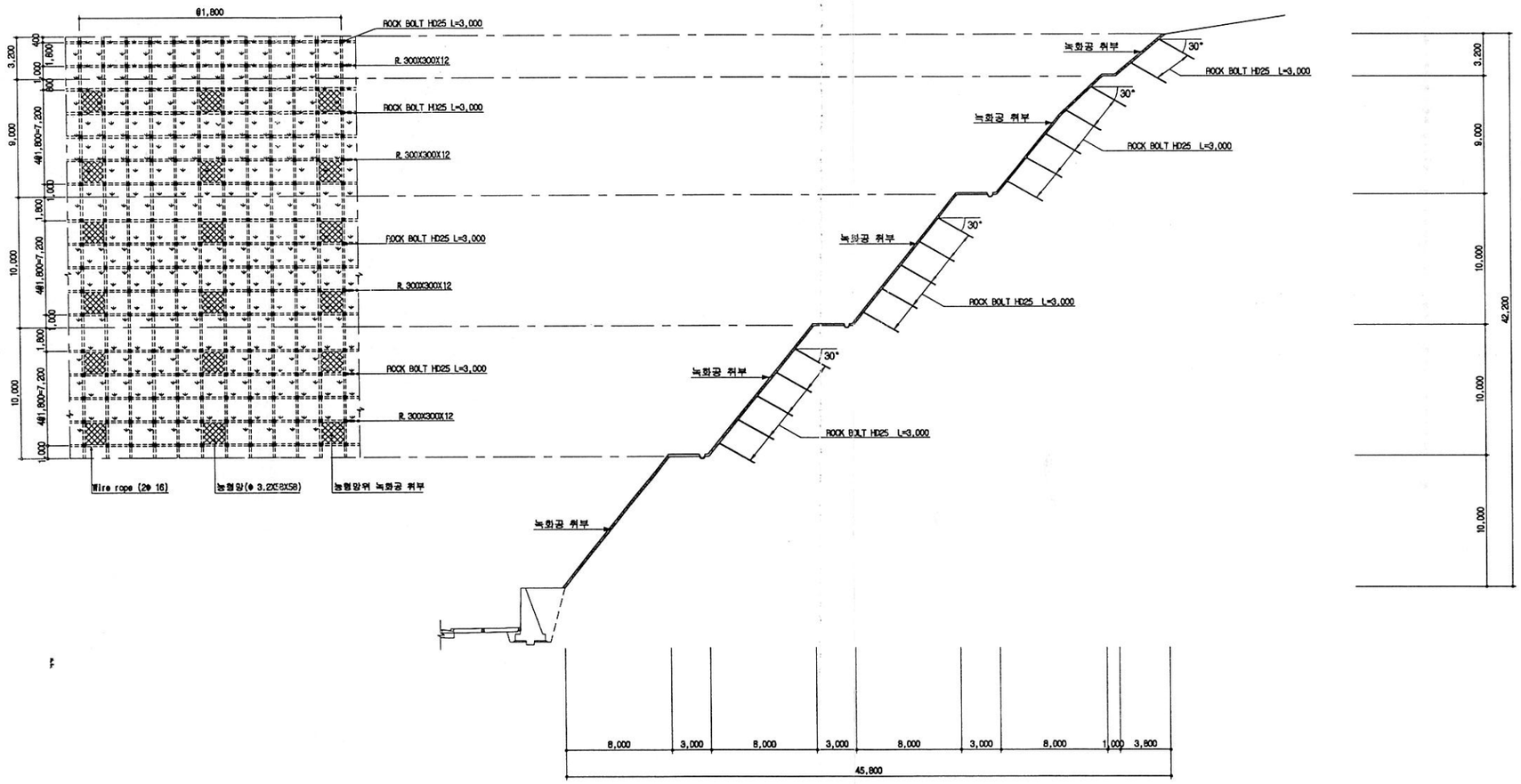
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.B)
	설 계 자								일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 28 매
	제 도 자								

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 단면도(STA.C)



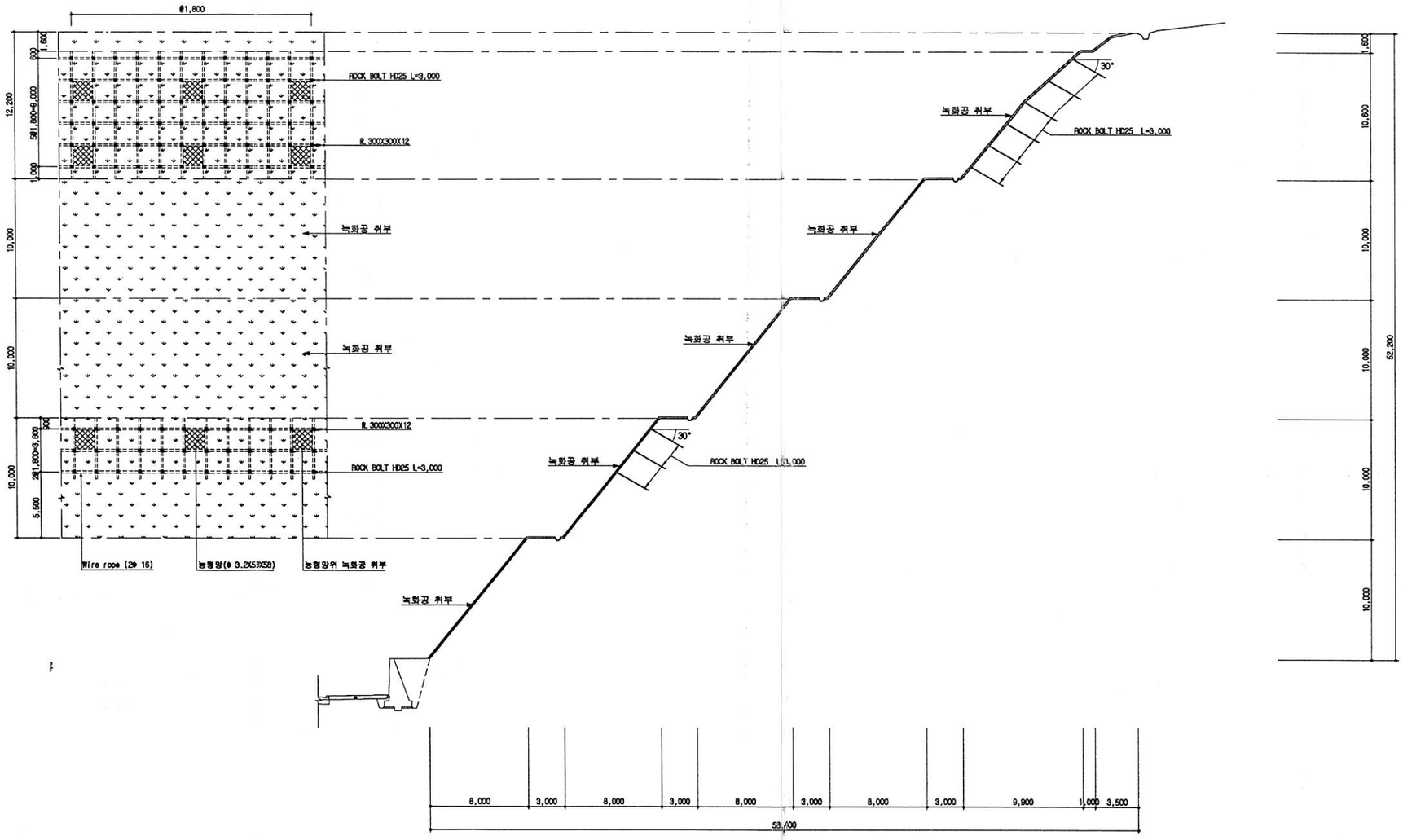
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.C)
	설 계 자								일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 29 매
	제 도 자								

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 단면도(STA.D)



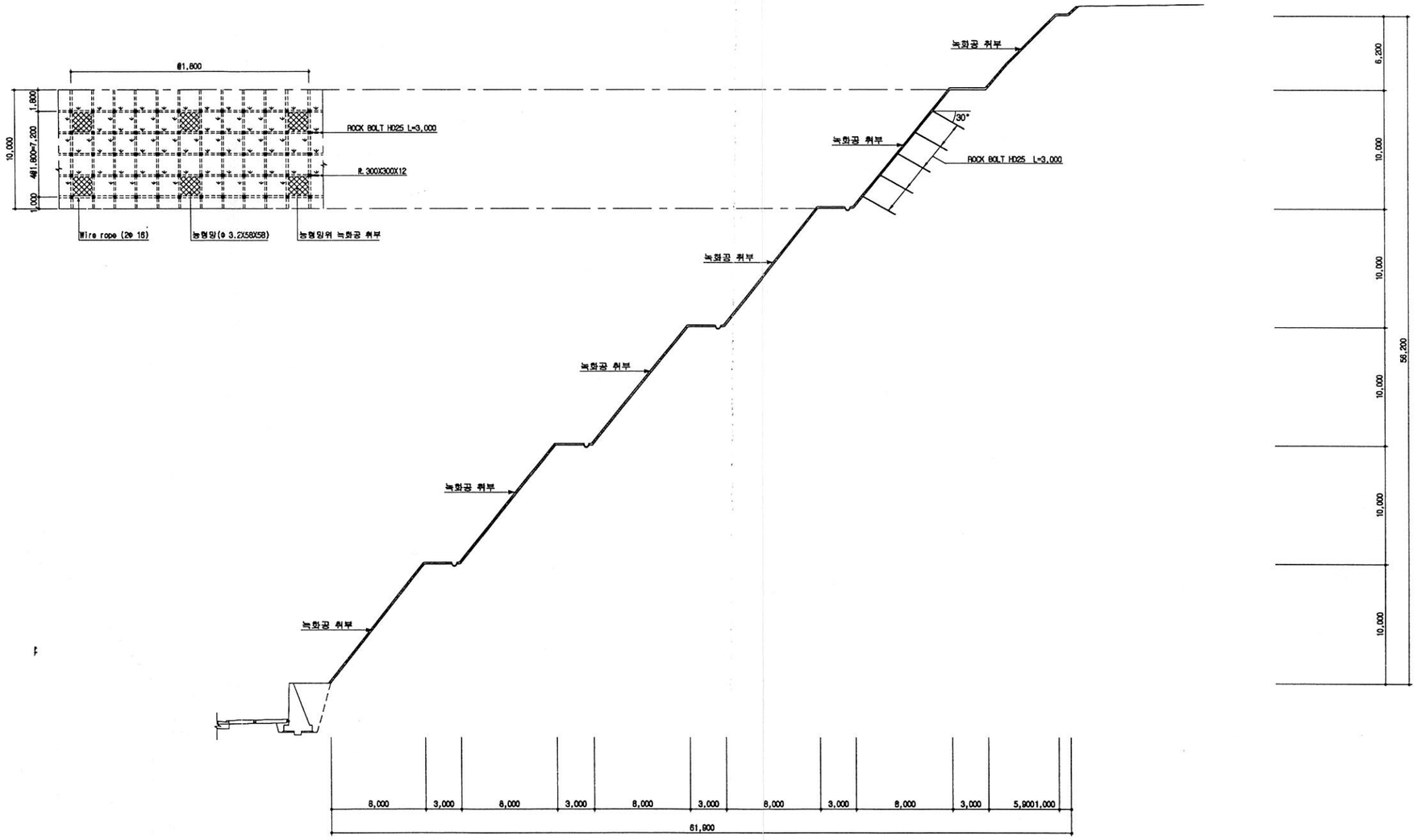
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.D)
								일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 30 매

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 단면도(STA.2+600)



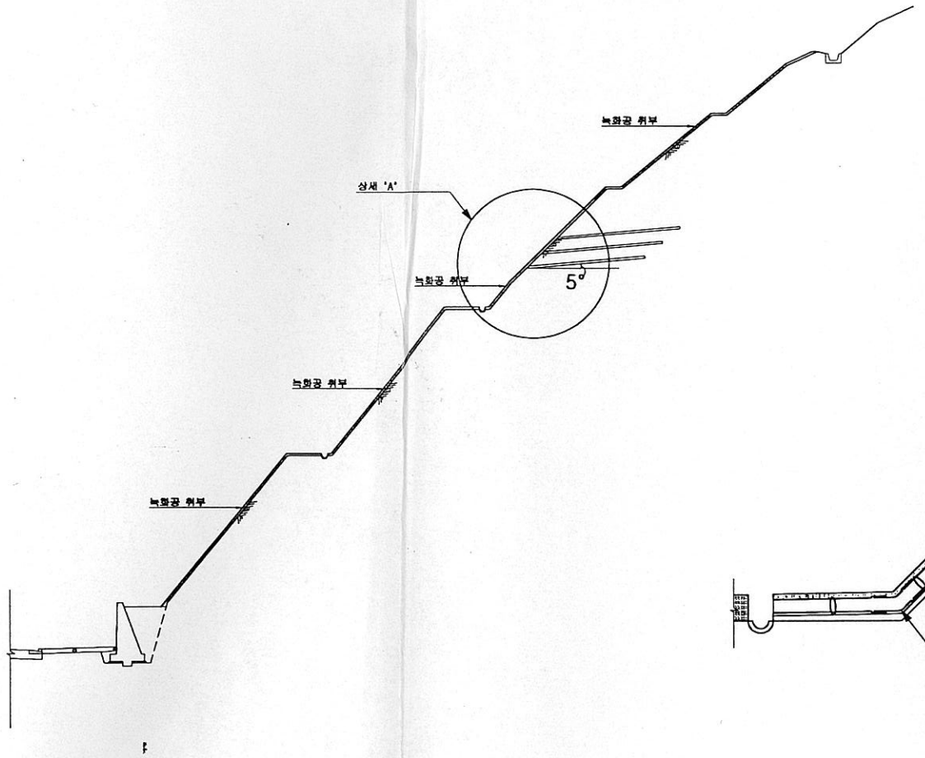
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척 S=1:200	도면명	횡단면도(STA.2+600)
	설 계 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 31 매
	제 도 자								

STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 보강공사 단면도(STA.2+560)

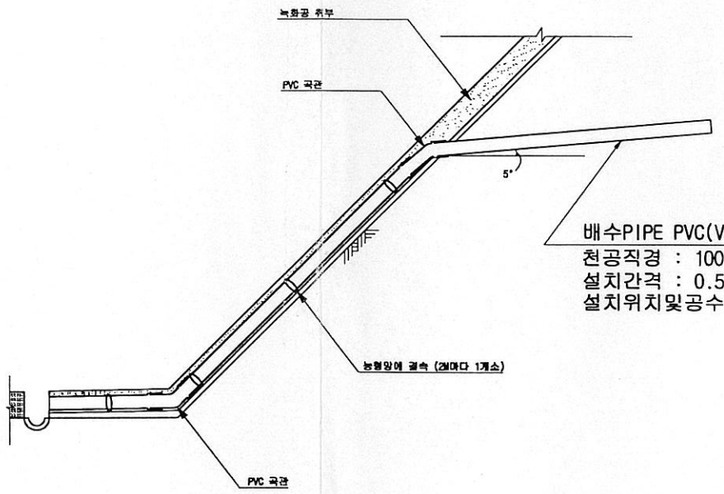


주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=1:200	도면명 횡단면도(STA.2+560)
	설 계 자								
	제 도 자							일 자 2000. 3.	관련번호 / 34 매중 32 매

용수부위 처리.방안 단면도

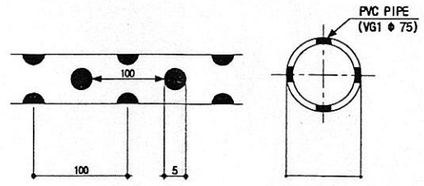


상세 "A"



배수PIPE PVC(VG1 Φ 75) L=5,000
천공직경 : 100mm
설치간격 : 0.5m이내
설치위치및공수 : 보강공사 입면도 참조

횡배수관 스트레이너 가공도

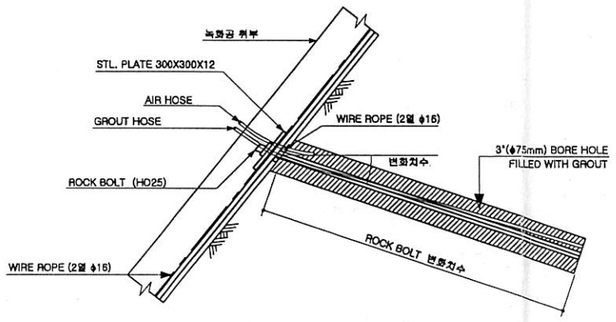


* 횡배수관 위치는 현지 여건에 맞추어 조정할 수 있음

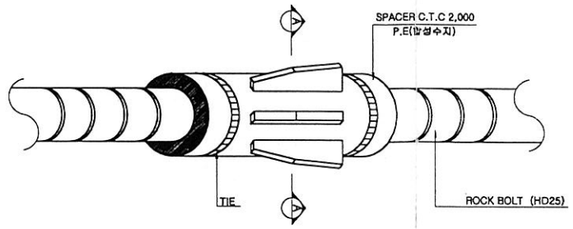
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	벙물지구~고산국도(삼덕~시지) 드로건설공사				축 척	S=NONE	도면명 용수부위 처리 방안 단면도
	설 계 자								
	제 도 자						일 자	2000. 3.	관련번호 / 34 매중 33 매

ROCK BOLT 상 세 도

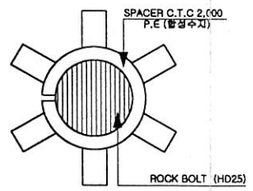
ROCK BOLT 시공 단면도



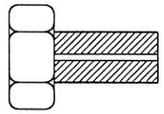
SPACER DETAIL



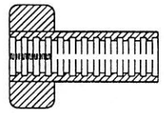
SECTION "A-A"



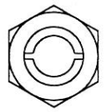
LINER SCREW



결합상태의 정면도(배면대칭)

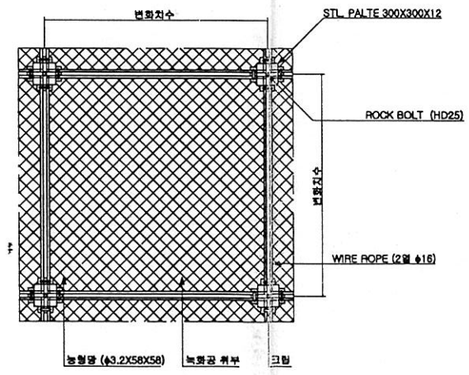


결합상태의 단면도

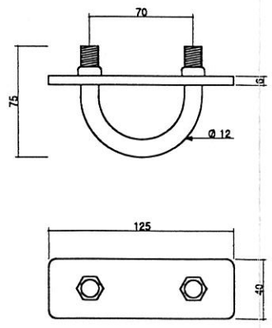


결합상태의 우측면도(좌측면 동일)

ROCK BOLT 연결도



크립 상 세 도



그라우팅의 표준배합비(m^3당)

시 멘 트	물	팽 창 제	유동화제	W/C
1,402kg	631kg	10kg	11kg	45%

시 공 순 서

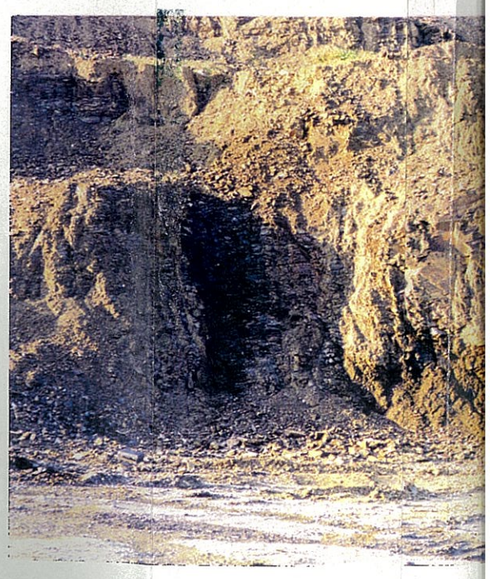
전 공 ➡ ROCK BOLT 삽입 및 1차 그라우팅 ➡ 능형망 설 치 ➡ WIRE-ROPE 설 치 ➡ PLATE설치 및 BOLTING ➡ 2차 그라우팅 ➡ 녹화공 취부

* SOIL NAIL : ROCK BOLT 상세도와 동일 시공함.
* 능형망은 당초 발주설계의 녹화피복공에 계상된것을 사용할것.
* 능형망 착지핀은 당초 발주설계의 녹화피복공에 계상된것을 전량 시공할것.

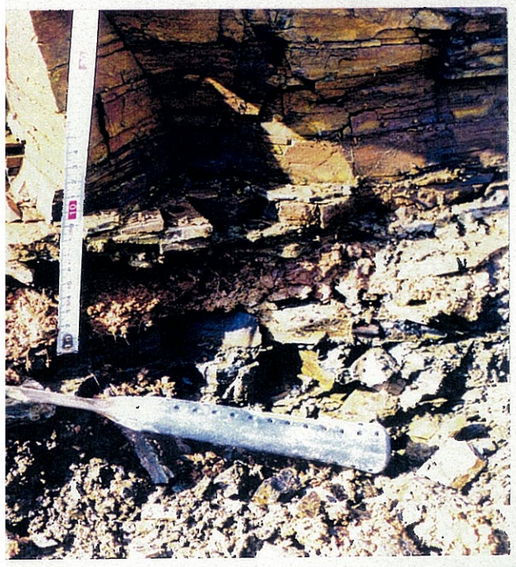
주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구~고산국도(삼덕~시지) 도로건설공사					축 척 S=NONE	도면명 ROCK BOLT 상세도
	설 계 자								일 자 2000. 3. 관련번호 34 매중 34 매
	제 도 자								

부록 1. 절개사면 전경사진

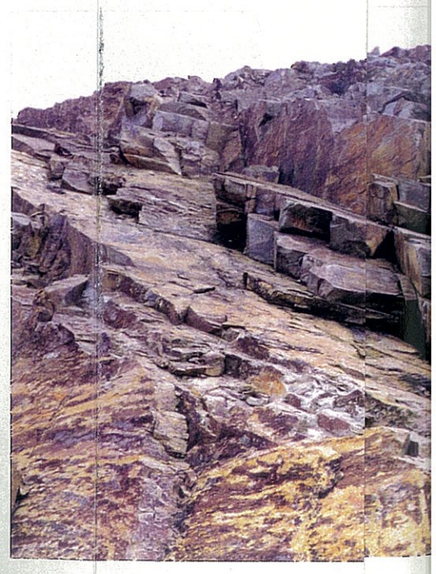
1.삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사 STA.0+160 ~ STA.0+320 좌측사면 전경

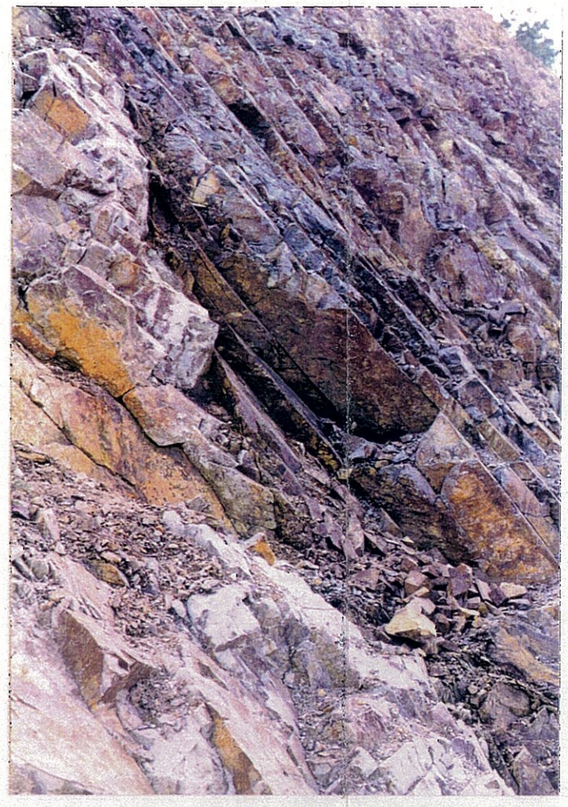


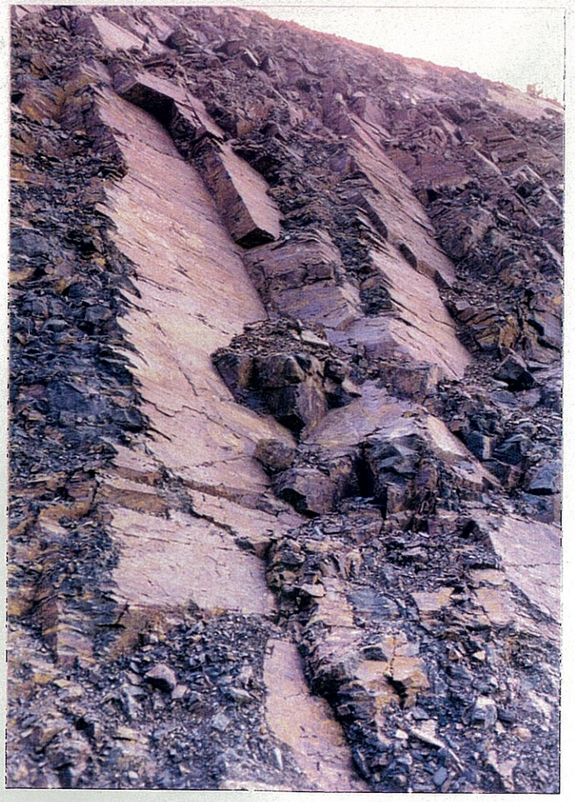
측사면 전경



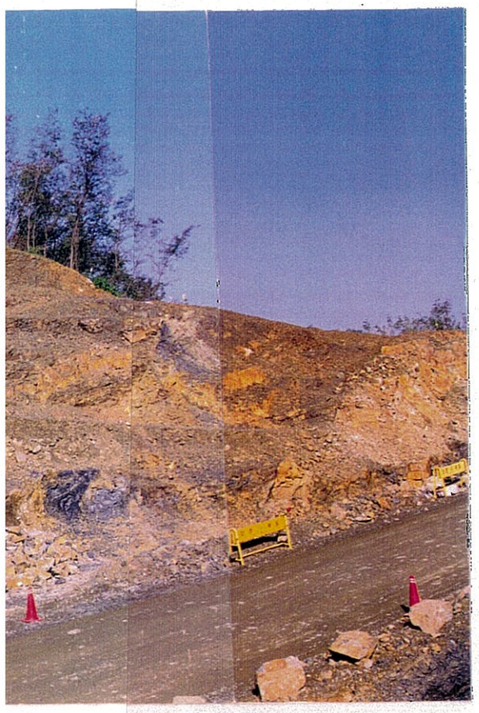
2.삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사 STA.0+080 ~ STA.0+280 우측사면 전경



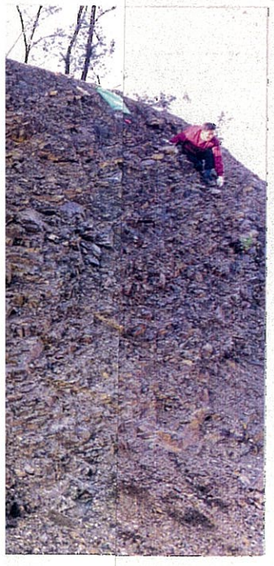




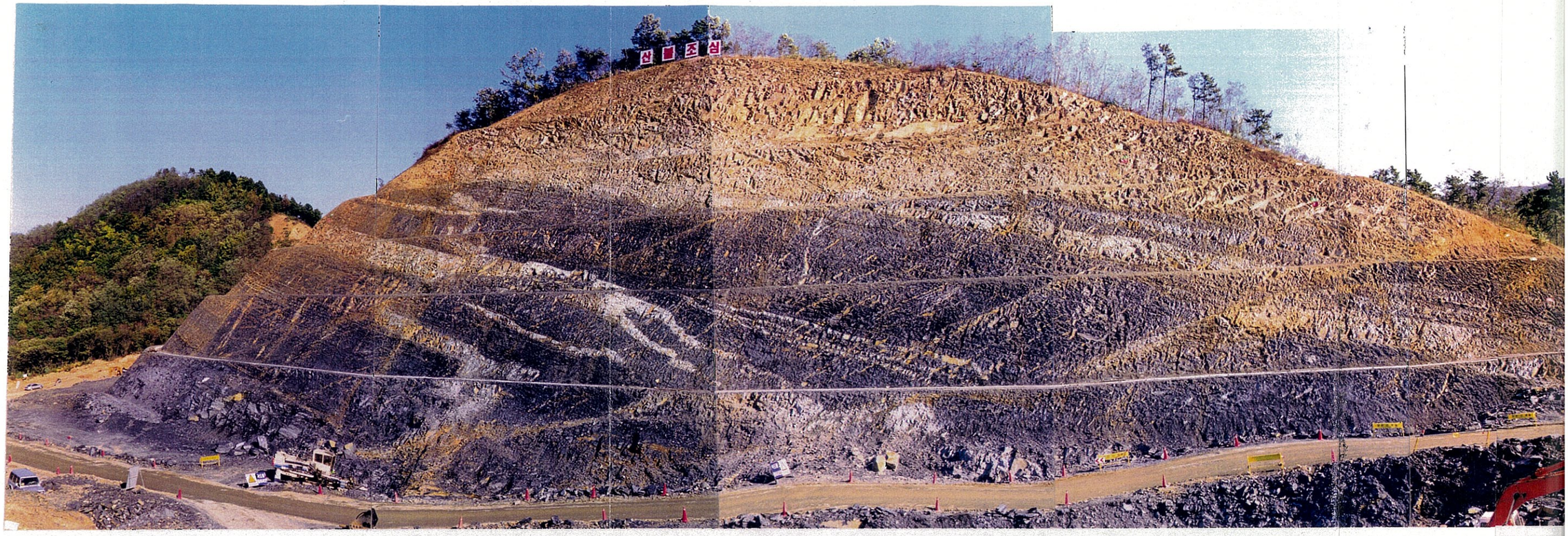
3.범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사 STA.2+260 ~ STA.2+460 좌측사면 전경



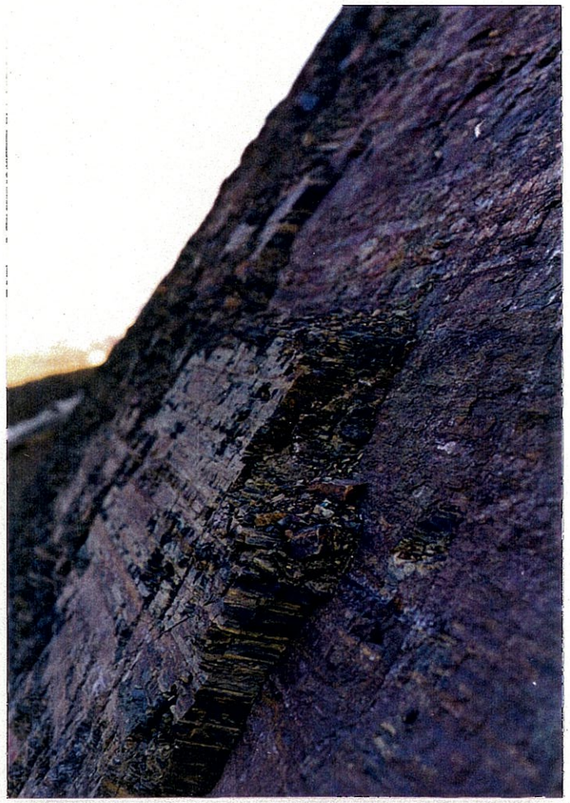
좌측 활동 구간 전경

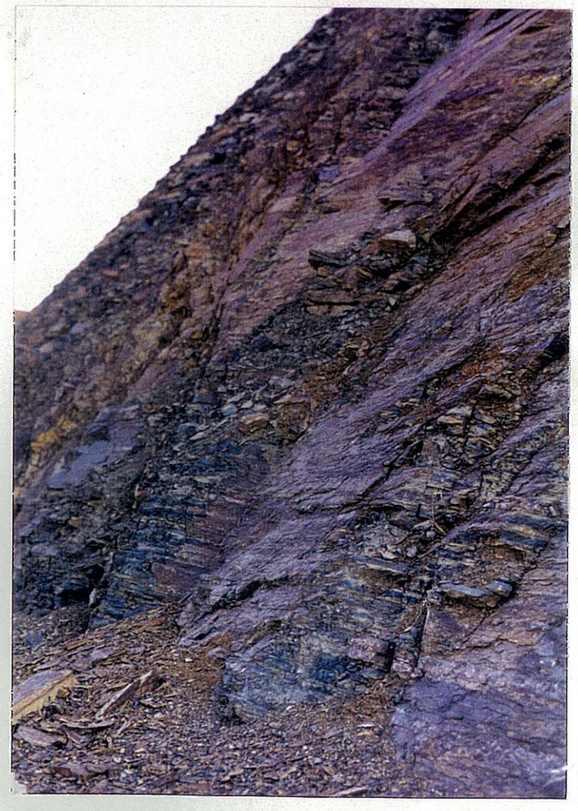


4.범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사 STA.2+400 ~ STA.2+640 우측사면 전경



경





부록 2. 흙의 물리적, 역학적 시험성과표

SUMMARY OF SOIL PROPERTIES

사 면 (No.)	함수비 ω(%)	비 중 Gs	들밀도 γt (t/㎥)	일축압축시험 (Kg/㎠)	Atterberg Limit (%)			전단실험		Grain size analysis				간극비	포화도	USCS	Remark
					LL	PL	P_I	C (Kg/㎠)	φ (도)	#200 Passing (%)	D10 (mm)	Cu	Cc	e	Sr (%)		
삼덕~시지 (사면1.시료1) STA.0+260	19.71	2.62	1.70	0.282	23.90	20.98	2.92	0.38	25.54	36.91	0.006	360.66	0.092	0.85	60.75	SC~ML	
삼덕~시지 (사면2.시료2) STA.0+200	22.34	2.57	1.75	0.183	28.50	25.74	2.76	0.31	22.58	54.80	0.007	40.54	0.146	0.71	80.86	ML~CL	
범물~고산 (사면1.시료3) STA.2+380	23.65	2.46	1.80	0.378	37.30	30.49	6.81	0.43	25.01	33.97	0.016	125.00	0.145	0.53	109.77	SC~ML	
범물~고산 (사면2.시료4) STA.2+560	20.93	2.51	1.81	0.260	25.50	23.21	2.29	0.41	24.34	35.32	0.018	72.22	0.129	0.69	76.44	SC~ML	

現場에서의 흙의 單位體積重量試驗(모래置換法)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Jab No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 5일 | Tested by : 김 광 년

시험용사의 단위체적중량 γ_s = 1.451 g/㎤ | 깔대를 가득 채우는데 필요한 모래의 중량 W_6 = 1,393 g

		No. 1	No.	No.
시험공번호				
용기번호		A		
(시험공에서 파낸 흙 + 용기)중량	g	2702.9		
용기의 중량	g	439.9		
시험공에서 파낸흙의 전중량 W_7	g	2263.0		
시험공에서 파낸흙의 노건조중량 W_0	g	1892.6		
흙의 최대입경	mm	25		
용기와피크노미터에모래를채울때의중량 W_3	g	6169.4		
측정기와 남은 모래와의 중량 W_8	g	2844.6		
시험공 및 깔대에 들어간 모래의 중량 W_9	g	3324.8		
시험공에들어간모래의중량 $W_{10}=W_9-W_6$	g	1931.8		
시험공의 체적 V_0	㎤	1331.4		
흙의 습윤단위 체적중량 γ_t	g/㎤	1.70		
흙의 건조단위 체적중량 γ_d	g/㎤	1.42		

조사지점의 약도, 원지반의상태

No.1		No. 2		No. 3	
W_a 234.12	W_b 205.17	W_a 224.27	W_b 194.01	W_a 234.23	W_b 205.31
W_b 205.17	W_c 50.23	W_b 194.01	W_c 50.59	W_b 205.31	W_c 55.83
W_w 28.95	W_s 154.94	W_w 30.26	W_s 143.42	W_w 28.92	W_s 149.48
ω = 18.68%		ω = 21.10%		ω = 19.35%	
No.		No.		No.	
W_a	W_b	W_a	W_b	W_a	W_b
W_b	W_c	W_b	W_c	W_b	W_c
W_w	W_s	W_w	W_s	W_w	W_s

시험공의 스케치

ω =	ω =	ω =

평 균 치			
흙의습윤단위체적중량	γ_t =	1.70	g/㎤
흙의건조단위체적중량	γ_d =	1.42	g/㎤
함 수 비	ω =	19.71	%
최 대 입 경		25	mm

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD

SPECIFIC GRAVITY OF A SOIL

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동

Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 5일

Tested by : 김 광 년

Test No.	1	2	3		
Vol. of flask (cc)	96.52	98.87	97.41		
Wt. flask, Wf (g)	50.56	44.55	50.13		
Wt. flask + water, Wa' (g)	147.08	143.42	147.54		
Temperatuture at Wa', T' (℃)	18	18	18		
Modified Wa' at T, Wa (g)	146.99	143.33	147.45		
Wt. flask + water + soil, Wb (g)	156.12	152.70	156.77		
Temperatuture at Wb, T (℃)	21	21	21		
Evap. dish No.	1	2	3		
Wt. evap. dish + dry soil (g)	222.15	202.63	207.07		
Wt. of evap. dish (g)	207.15	187.63	192.07		
Wt. of dry soil, Ws (g)	15.00	15.00	15.00		
Gs at T℃	2.55	2.66	2.64		
Gs at 15℃	2.55	2.66	2.64		
Avg. Gs	2.62				

Remark:보정계수K= 0.9989

흙의 일축압축시험

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 10월 5일
압축속도 : 1.0 %/분

Job No : 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년
보정계수 : 0.481 kg/(1/100) mm

높 이 Lv (cm)		8.75
직경	상	3.51
	중	3.50
	하	3.49
	평균직경	3.50
단면적 Ao (㎠)		9.62
체적 V(㎤)		84.14
습윤중량 W(g)		143.04
단위체적중량 γ_t		1.70

No. 1			
Wa	234.12	Wb	205.17
Wb	205.17	Wc	50.23
Ww	28.95	Ws	154.94
ω = 18.68%			

No. 2			
Wa	224.27	Wb	194.01
Wb	194.01	Wc	50.59
Ww	30.26	Ws	143.42
ω = 21.10%			

No. 3			
Wa	234.23	Wb	205.31
Wb	205.31	Wc	55.83
Ww	28.92	Ws	149.48
ω = 19.35%			

Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

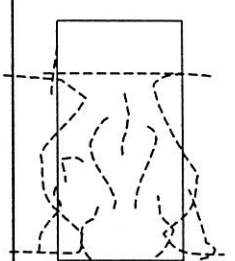
Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

평균함수비	ω = 19.71%

압축변위 (1/100mm)	압축변형 ε (%)	역계의읽음 (1/100mm)	P (Kg/㎠)	단면보정 1-(ε/100)	σ=p(1-ε/100) (Kg/㎠)
0	0	0.0	0	0	0
40	0.46	1.0	0.050	0.9954	0.050
80	0.91	1.5	0.075	0.9909	0.074
120	1.37	2.0	0.100	0.9863	0.099
160	1.83	2.5	0.125	0.9817	0.123
200	2.29	3.0	0.150	0.9771	0.147
240	2.74	3.5	0.175	0.9726	0.170
280	3.20	4.0	0.200	0.9680	0.194
320	3.66	4.0	0.200	0.9634	0.193
360	4.11	4.5	0.225	0.9589	0.216
400	4.57	5.0	0.250	0.9543	0.239
440	5.03	5.0	0.250	0.9497	0.238
480	5.49	5.5	0.275	0.9451	0.260
520	5.94	6.0	0.300	0.9406	0.282
560	6.40	6.0	0.300	0.9360	0.281
600	6.86	5.5	0.275	0.9314	0.256
640	7.31	5.0	0.250	0.9269	0.232
680	7.77	5.0	0.250	0.9223	0.231
720	8.23	4.5	0.225	0.9177	0.207
파 괴 시	5.94	6.0	0.300	0.9406	0.282

보고 :

파괴상태스케치



CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

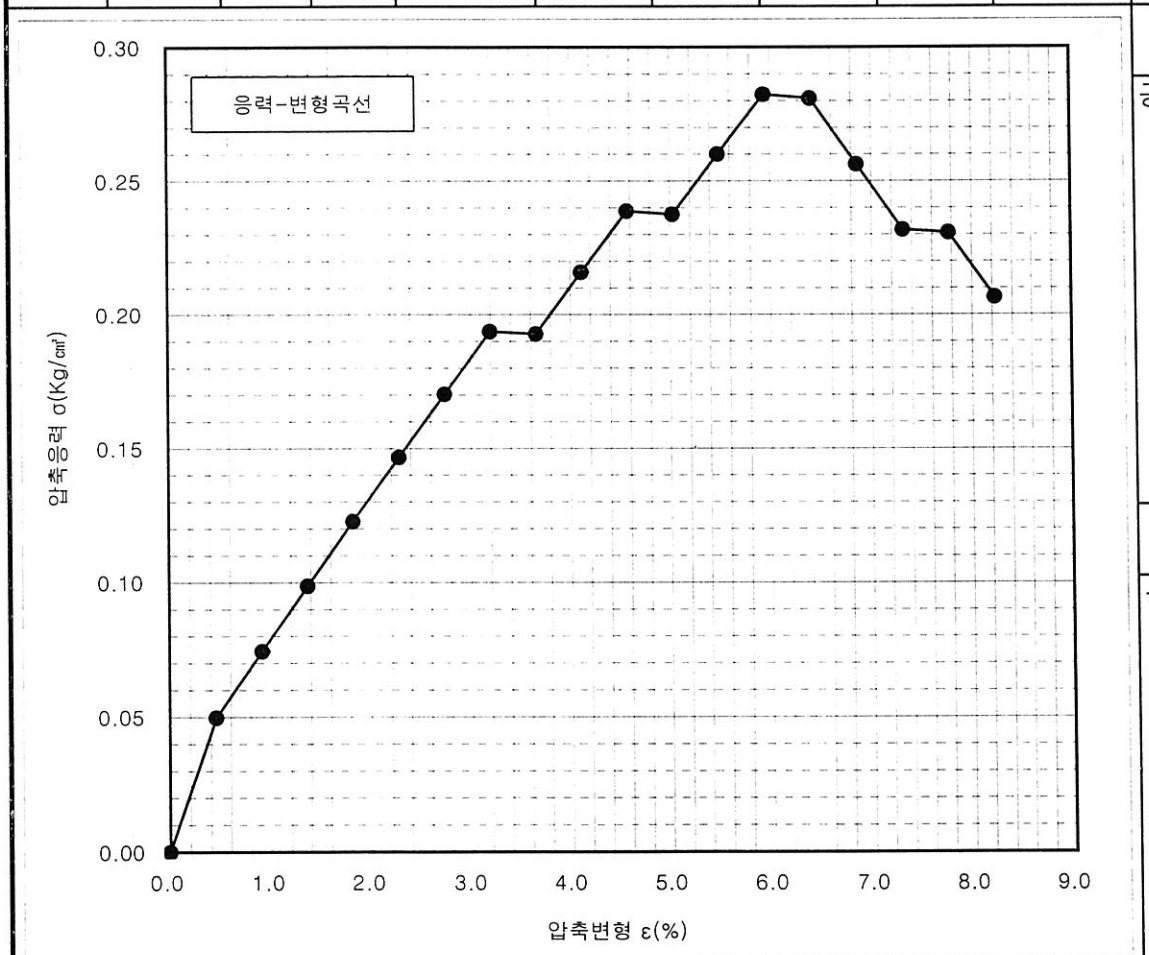
흙의일축압축시험(응력-변형곡선)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 Job No : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 5일 Tested by : 김 광 년

공시체 No	시료의 상 태	공시체 치수		단위체적중량 γ_t (g/cm³)	함수비 ω(%)	간극비 e	포화도 Sr(%)	압축강도 qu(Kg/cm²)	파괴시의변형 ε(%)	변형계수 E50(Kg/cm²)	예민비 St
		높 이	직 경								
1	교란시료	8.75	3.50	1.70	19.71	0.85	60.75	0.282	5.94		



파괴상태 스케치

공시체 No.

파괴상태 스케치

공시체 No.

비고 :

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

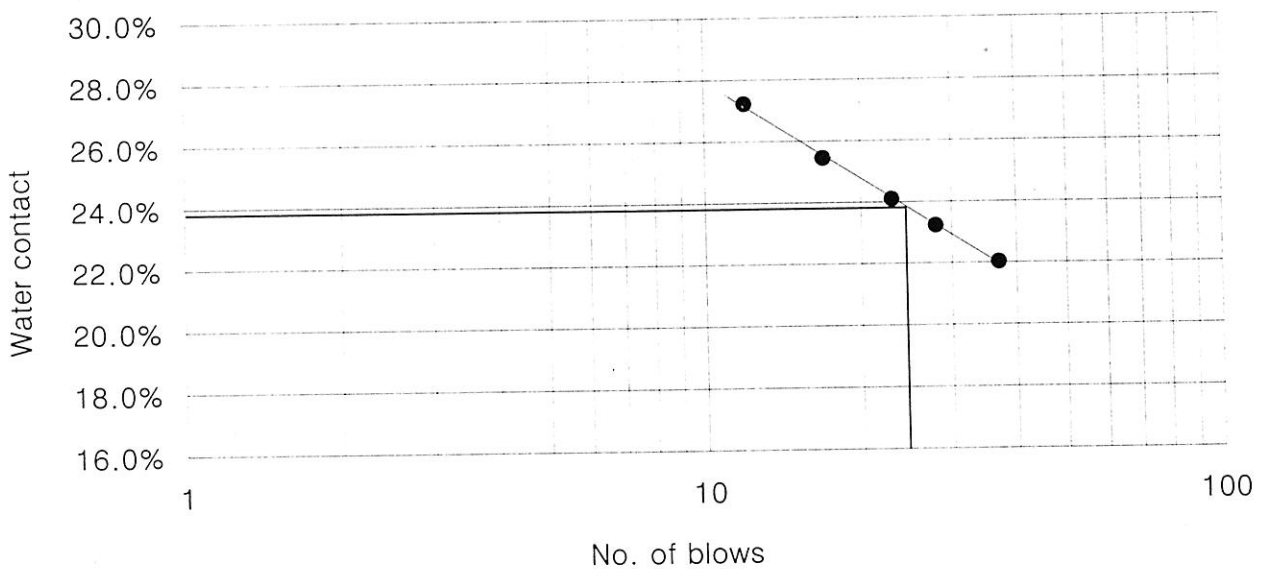
ATTERBERG LIMITS

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 Job No : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 5일 Tested by : 김 광 년

Liquid Limit Determination, ω_L										
Can No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wt. of wet soil + can	67.40	65.90	64.87	67.35	65.48	60.27	62.00	61.93	69.46	65.74
Wt. of dry soil + can	61.30	59.94	59.67	61.49	60.36	55.11	56.10	56.74	61.95	58.87
Wt. of can	33.25	33.25	37.41	36.13	38.92	33.84	32.76	36.48	34.40	33.60
Wt. of dry soil	28.05	26.69	22.26	25.36	21.43	21.27	23.34	20.26	27.55	25.27
Wt. of moisture	6.10	5.96	5.20	5.86	5.13	5.16	5.90	5.19	7.51	6.87
Water content, ω(%)	21.75%	22.33%	23.36%	23.11%	23.94%	24.26%	25.28%	25.62%	27.26%	27.19%
No. of blows, N	37		28		23		17		12	
Average ω (%)	22.04%		23.23%		24.10%		25.45%		27.22%	



Plastic Limit Determination, ω_p					
Can No.	A	B	C		
Wt. of wet soil + can	35.48	37.64	32.94		
Wt. of dry soil + can	34.98	36.76	31.97		
Wt. of can	32.55	32.75	27.22		
Wt. of dry soil	2.43	4.01	4.75		
Wt. of moisture	0.50	0.88	0.97		
Water content, ω(%)	20.58%	21.95%	20.42%		

Liquid Limit, ω_L	23.90%	Plastic Limit, ω_p	20.98%	Plastic index, P_I	2.92%

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

공시체번호				시험	형식			배수조건	[압밀]·비압밀			
시료의상태					번호				등압 [급속]·등체적·완속			
공시체의	직경	cm	6.00	역계	전단	번호	No		[변형제어]·응력제어·양자사용			
	단면적 A	㎠	28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm		방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm	2.000		수직	번호	No		속도	변위속도		1 mm/min
	체적 Vo	㎤	56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm			수직하중 σc		0.1 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 21 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660		수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력		
용기+공시체중량	g	157.74	경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위	
공시체 중량	Ws g	96.08	(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm	
공시체건조중량	Wd g	80.42	0	1,891.0	0.000	0.0	0.000	874.0	0.000	
No 1			10	1,843.0	0.480	14.0	0.247	872.0	0.020	
Wa 133.78	Wb	119.45	20	1,808.0	0.830	15.0	0.265	869.0	0.050	
Wb 119.45	Wc	44.45	30	1,767.0	1.240	15.0	0.265	867.0	0.070	
Ww 14.33	Ws	75	40	1,728.0	1.630	16.0	0.282	865.0	0.090	
ω = 19.11%			50	1,685.0	2.060	16.0	0.282	865.0	0.090	
No 2			60	1,636.0	2.550	17.0	0.300	863.0	0.110	
Wa 140.89	Wb	126.21	70	1,588.0	3.030	17.0	0.300	861.0	0.130	
Wb 126.21	Wc	52.76	80	1,547.0	3.440	18.0	0.318	860.5	0.135	
Ww 14.68	Ws	73.45	90	1,507.0	3.840	18.0	0.318	860.0	0.140	
ω = 19.99%			100	1,463.0	4.280	18.0	0.318	860.0	0.140	
No 3			110	1,422.0	4.690	19.0	0.335	860.0	0.140	
Wa 129.74	Wb	115.65	120	1,375.0	5.160	19.0	0.335	860.0	0.140	
Wb 115.65	Wc	42.67	130	1,326.0	5.650	19.0	0.335	860.0	0.140	
Ww 14.09	Ws	72.98	140	1,280.0	6.110	20.0	0.353	860.0	0.140	
ω = 19.31%			150	1,231.0	6.600	20.0	0.353	860.0	0.140	
평균함수비 ω o=		19.47%	160	1,191.0	7.000	20.5	0.362	859.0	0.150	
압밀경과 (실온 21℃)			170	1,164.0	7.270	21.0	0.371	858.5	0.155	
측정시간	다이얼게이지	압밀량	180							
경과시간	읽음 1/100mm	mm	190							
0	883.0	0	200							
6"	878.0	0.050								
9	877.0	0.060								
15	877.0	0.060								
30	877.0	0.060								
1'	876.5	0.065								
2	876.0	0.070								
4	875.5	0.075								
8	874.0	0.090								
15	874.0	0.090								
30	874.0	0.090								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 　　Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일 　　Tested by : 김 광 년

공시체 번호			시험	형 식		배수조건	(압밀)·비압밀		
시료의 상태				번 호			등압 (급속)·등체적·완속		
공시체의	직 경	cm 6.00	역계	전단	번 호 No		(변형제어)·응력제어·양자사용		
	단 면 적 A	㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높 이 ho	cm 2.000		수직	번 호 No	속도	변 위 속 도		1 mm/min
	체 적 Vo	㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc		0.2 kg/㎠

공시체의				
용기번호·중량	No	61.660	전 단 과 정 (실온 21 ℃)	
용기+공시체중량	g	157.74		
공시체 중량	Ws g	96.08		
공시체건조중량	Wd g	80.26		

함수비의 측정												
	No 1					경과시간	수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
	Wa	146.23	Wb	129.65			다이얼게이지	변 위	다이얼게이지	응 력	다이얼게이지	수직변위
	Wb	129.65	Wc	45.78		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
	Ww	16.58	Ws	83.87		0	1,899.0	0.000	0.0	0.000	873.3	0.000
	ω =	19.77%				10	1,861.0	0.380	14.0	0.247	870.0	0.033
	No 2					20	1,810.0	0.890	24.0	0.424	865.0	0.083
	Wa	143.61	Wb	129.45		30	1,764.0	1.350	28.0	0.494	859.0	0.143
	Wb	129.45	Wc	54.37		40	1,714.0	1.850	30.0	0.530	855.0	0.183
	Ww	14.16	Ws	75.08		50	1,675.0	2.240	31.0	0.547	853.5	0.198
	ω =	18.86%				60	1,629.0	2.700	29.0	0.512	852.0	0.213
	No 3					70	1,580.0	3.190	27.0	0.477	851.5	0.218
	Wa	135.76	Wb	120.56		80	1,548.0	3.510	26.0	0.459	851.5	0.218
	Wb	120.56	Wc	46.37		90	1,490.0	4.090	27.0	0.477	851.0	0.223
	Ww	15.2	Ws	74.19		100	1,432.0	4.670	27.0	0.477	851.0	0.223
	ω =	20.49%				110	1,373.0	5.260	27.0	0.477	851.0	0.223
	평균함수비 ω o=			19.71%		120	1,314.0	5.850	27.5	0.485	851.0	0.223
						130	1,255.0	6.440	28.0	0.494	851.0	0.223
						140	1,204.0	6.950	28.0	0.494	851.0	0.223
						150	1,178.0	7.210	28.3	0.500	851.0	0.223
						160						
						170						
						180						
						190						
						200						

압밀경과 (실온 21℃)		
측정시간	다이얼게이지	압밀량
경과시간	읽음 1/100mm	mm
0	886.0	0
6"	876.0	0.100
9	875.0	0.110
15	875.0	0.110
30	874.5	0.115
1'	874.2	0.118
2	874.0	0.120
4	873.5	0.125
8	873.3	0.127
15	873.3	0.127
30	873.3	0.127

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일 | Tested by : 김 광 년

공시체 번호		시험	형식		배수조건	(압밀)·비압밀		
시료의 상태			번호			등압 (급속)·등체적·완속		
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단 번호	No			(변형제어)·응력제어·양자사용
	단면적 A	㎠ 28.26		보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직 번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52		보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.4 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 21 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660			수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	157.74		경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	96.08		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	80.18		0	1,832.0	0.000	0.0	0.000	868.3	0.000
No 1				10	1,813.0	0.190	15.0	0.265	866.0	0.023
Wa 148.29	Wb	131.78		20	1,770.0	0.620	21.0	0.371	863.0	0.053
Wb 131.78	Wc	46.54		30	1,733.0	0.990	24.0	0.424	863.0	0.053
Ww 16.51	Ws	85.24		40	1,691.0	1.410	25.0	0.441	850.0	0.183
ω = 19.37%				50	1,645.0	1.870	26.0	0.459	840.0	0.283
No 2				60	1,601.0	2.310	26.0	0.459	833.0	0.353
Wa 145.28	Wb	129.53		70	1,549.0	2.830	27.0	0.477	829.0	0.393
Wb 129.53	Wc	51.35		80	1,501.0	3.310	27.0	0.477	826.0	0.423
Ww 15.75	Ws	78.18		90	1,452.0	3.800	28.0	0.494	826.0	0.423
ω = 20.15%				100	1,405.0	4.270	28.0	0.494	826.0	0.423
No 3				110	1,359.0	4.730	29.0	0.512	826.0	0.423
Wa 135.66	Wb	120.65		120	1,307.0	5.250	29.0	0.512	825.8	0.425
Wb 120.65	Wc	45.48		130	1,252.0	5.800	30.0	0.530	825.5	0.428
Ww 15.01	Ws	75.17		140	1,199.0	6.330	30.0	0.530	825.0	0.433
ω = 19.97%				150	1,144.0	6.880	30.6	0.540	825.0	0.433
평균함수비 ω o=		19.83%		160						
압밀경과 (실온 21℃)				170						
측정시간 경과시간	다이얼게이지 읽음 1/100mm	압밀량 mm		180						
0	900.0	0		190						
6"	871.0	0.290		200						
9	870.5	0.295								
15	870.5	0.295								
30	870.0	0.300								
1'	870.0	0.300								
2	869.3	0.307								
4	869.0	0.310								
8	868.3	0.317								
15	868.3	0.317								
30	868.3	0.317								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일 | Tested by : 김 광 년

공시체번호		시험	형식		배수조건	압밀·비압밀		
시료의상태			번호			등압 급속·등체적·완속		
공시체의	직경 cm 6.00	역계	전단	번호 No		변형제어·응력제어·양자사용		
	단면적 A ㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높이 ho cm 2.000		수직	번호 No	속도	변위속도		1 mm/min
	체적 Vo ㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc		0.8 kg/㎠

공시체의				전단과정 (실온 21 ℃)					
용기번호·중량 No 61.660					수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력
용기+공시체중량 g 157.74				경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량 Ws g 96.08				(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량 Wd g 80.15				0	1,836.5	0.000	0.0	0.000	925.0	0.000
No 1				10	1,810.0	0.265	24.0	0.424	918.0	0.070
Wa 148.72	Wb	131.48		20	1,760.0	0.765	33.0	0.582	907.0	0.180
Wb 131.48	Wc	45.66		30	1,699.0	1.375	37.0	0.653	897.0	0.280
Ww 17.24	Ws	85.82		40	1,642.0	1.945	38.0	0.671	880.0	0.450
ω = 20.09%				50	1,589.0	2.475	39.0	0.688	874.0	0.510
No 2				60	1,521.0	3.155	40.0	0.706	872.0	0.530
Wa 145.78	Wb	129.21		70	1,453.0	3.835	41.0	0.724	871.0	0.540
Wb 129.21	Wc	43.48		80	1,390.0	4.465	42.0	0.741	871.0	0.540
Ww 16.57	Ws	85.73		90	1,323.0	5.135	43.0	0.759	870.0	0.550
ω = 19.33%				100	1,257.0	5.795	43.0	0.759	870.0	0.550
No 3				110	1,193.0	6.435	44.0	0.777	870.0	0.550
Wa 142.48	Wb	126.58		120	1,150.0	6.865	45.0	0.794	870.0	0.550
Wb 126.58	Wc	47.86		130						
Ww 15.9	Ws	78.72		140						
ω = 20.20%				150						
평균함수비 ω o= 19.87%				160						

함수비의 측정

압밀경과 (실온 21℃)			170						
측정시간	다이얼게이지	압밀량	180						
경과시간	읽음 1/100mm	mm	190						
0	984.0	0	200						
6"	936.0	0.480							
9	934.5	0.495							
15	933.0	0.510							
30	932.0	0.520							
1'	930.0	0.540							
2	928.3	0.557							
4	926.8	0.572							
8	925.0	0.590							
15	925.0	0.590							
30	925.0	0.590							

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일　　Tested by : 김 광 년

공시체번호			시험	형식		배수조건	[압밀]·비압밀	
시료의상태				번호			등압 [급속]·등체적·완속	
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호 No		[변형제어]·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호 No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	1.6 kg/㎠

공시체의		
용기번호·중량	No	61.660
용기+공시체중량	g	157.74
공시체 중량	Ws g	96.08
공시체건조중량	Wd g	80.29

함수비의 측정				
No 1				
Wa	147.82	Wb	131.45	
Wb	131.45	Wc	45.78	
Ww	16.37	Ws	85.67	
ω =	19.11%			
No 2				
Wa	143.78	Wb	128.27	
Wb	128.27	Wc	50.46	
Ww	15.51	Ws	77.81	
ω =	19.93%			
No 3				
Wa	138.64	Wb	122.81	
Wb	122.81	Wc	43.58	
Ww	15.83	Ws	79.23	
ω =	19.98%			
평균함수비 ω o=			19.67%	

전 단 과 정 (실온 21 ℃)

경과시간 (sec)	수평변위 다이얼게이지 읽음 1/100mm	수평변위 변위 mm	전단응력 다이얼게이지 읽음 1/100mm	전단응력 응력 kg/㎠	수직변위 또는 수직응력 다이얼게이지 읽음 1/100mm	수직변위 또는 수직응력 수직변위 mm
0	1,841.0	0.000	0.0	0.000	448.0	0.000
10	1,823.0	0.180	33.0	0.582	442.0	0.060
20	1,758.0	0.830	43.0	0.759	419.0	0.290
30	1,726.0	1.150	52.0	0.918	409.0	0.390
40	1,691.0	1.500	54.0	0.953	402.0	0.460
50	1,651.0	1.900	55.0	0.971	395.0	0.530
60	1,612.0	2.290	56.0	0.988	386.0	0.620
70	1,571.0	2.700	57.0	1.006	382.0	0.660
80	1,528.0	3.130	59.0	1.041	381.0	0.670
90	1,488.0	3.530	61.0	1.077	380.0	0.680
100	1,443.0	3.980	62.0	1.094	379.0	0.690
110	1,400.0	4.410	63.0	1.112	378.5	0.695
120	1,355.0	4.860	64.0	1.130	378.0	0.700
130	1,307.0	5.340	65.0	1.147	378.0	0.700
140	1,261.0	5.800	65.0	1.147	377.5	0.705
150	1,218.0	6.230	65.0	1.147	377.0	0.710
160	1,180.0	6.610	65.2	1.151	377.0	0.710
170						
180						
190						
200						

압 밀 경 과 (실온 21℃)

측정시간 경과시간	다이얼게이지 읽음 1/100mm	압밀량 mm
0	578.0	0
6"	460.0	1.180
9	458.0	1.200
15	457.0	1.210
30	455.0	1.230
1'	454.0	1.240
2	452.0	1.260
4	450.0	1.280
8	448.0	1.300
15	448.0	1.300
30	448.0	1.300

일면전단시험(UU·CU·CD)

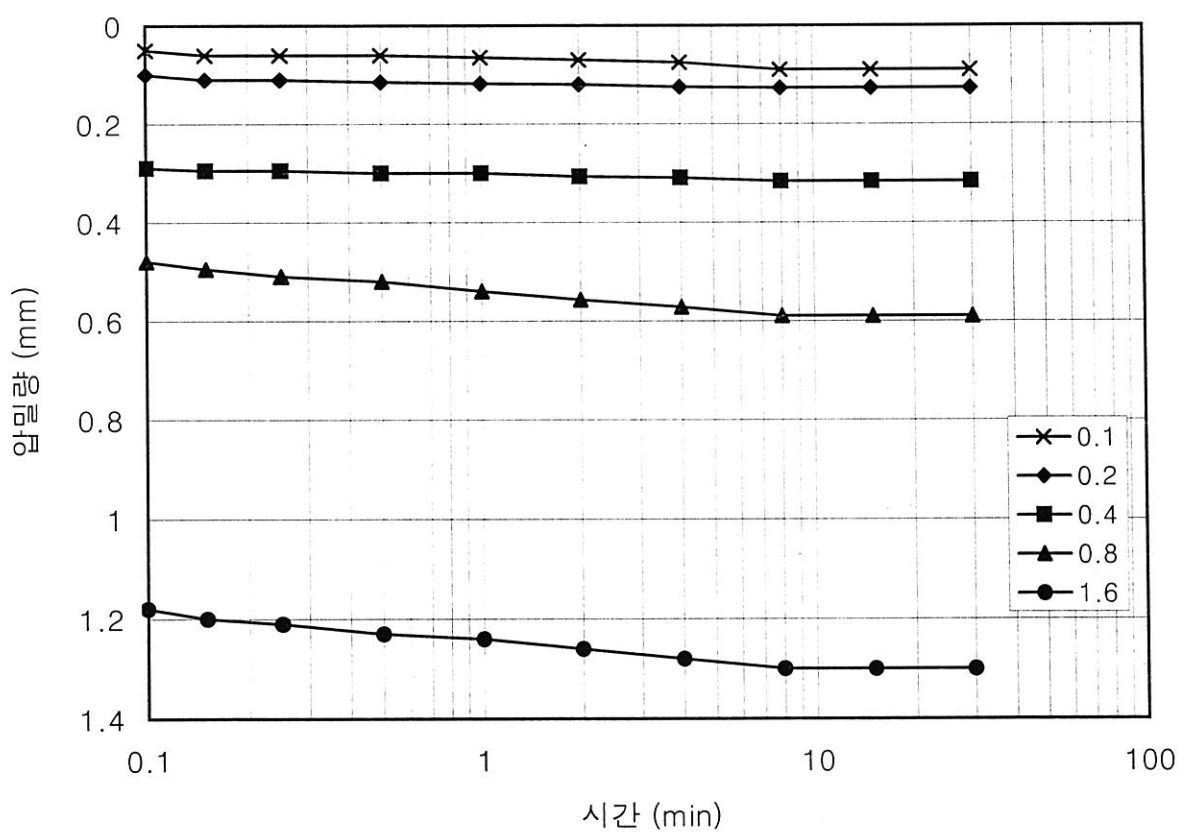
Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 10월 6일

Job No.: 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년

흙의성질	토 질 명 칭		시험기	형 식			
	흙입자비중 Gs	2.620		전 단 상 자	직 경 cm	6.00	
	74μ체통과량 %	36.91			단면적 A ㎠	28.26	
					상	이동, 고정, (반고정), 자유	
					하	(이동), 고정, 반고정, 자유	

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수 직 하 중 σc kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
초기상태	시 료 의 상 태					
	높 이 ho cm	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	건 조 중 량 Wd g	80.42	80.26	80.18	80.15	80.29
	실 질 부 높 이 hs cm	1.09	1.08	1.08	1.08	1.08
	간 극 비 eo	0.84	0.85	0.85	0.85	0.84
	함 수 비 ωo %	19.47	19.71	19.83	19.87	19.67
	포 화 도 Sr %	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
압밀중	압 밀 시 간 tc min	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	압 밀 후 의 높 이 hc cm	1.991	1.987	1.968	1.941	1.870
	압 밀 후 의 간 극 비 ec	0.83	0.83	0.82	0.79	0.72

시간 – 압밀량 곡선



SOIL MECHANICS LABORATORY

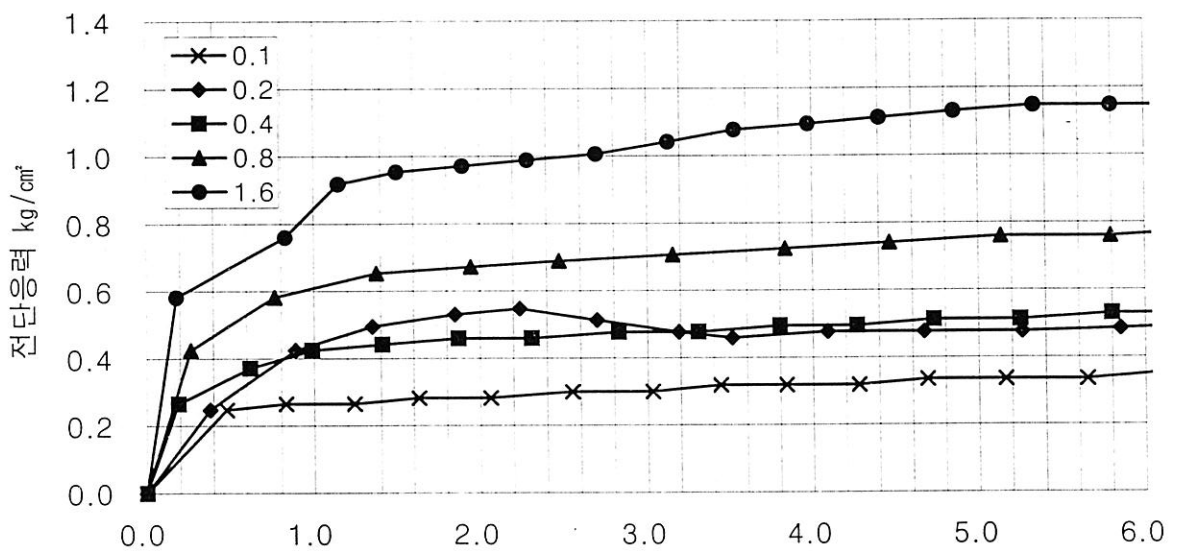
일면전단시험(UU·CU·CD)

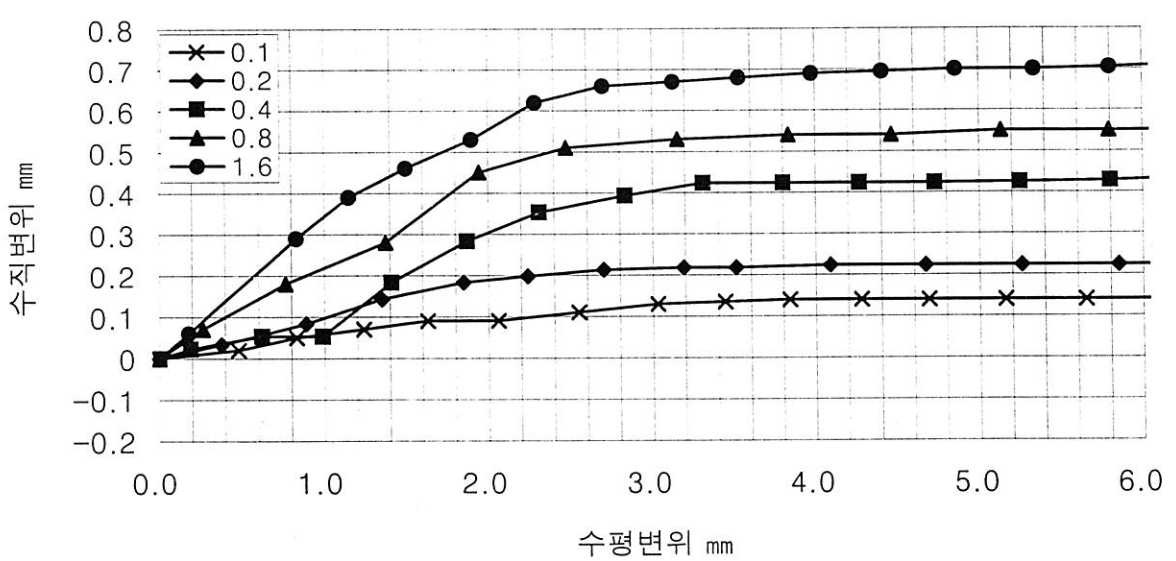
Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일　　Tested by : 김 광 년

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수직하중 σ c kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
피크시	τ f kg/㎠	0.371	0.500	0.540	0.794	1.151
	수평변위 D mm	7.270	7.210	6.880	6.865	6.610
	소요시간 sec	170	150	150	120	160





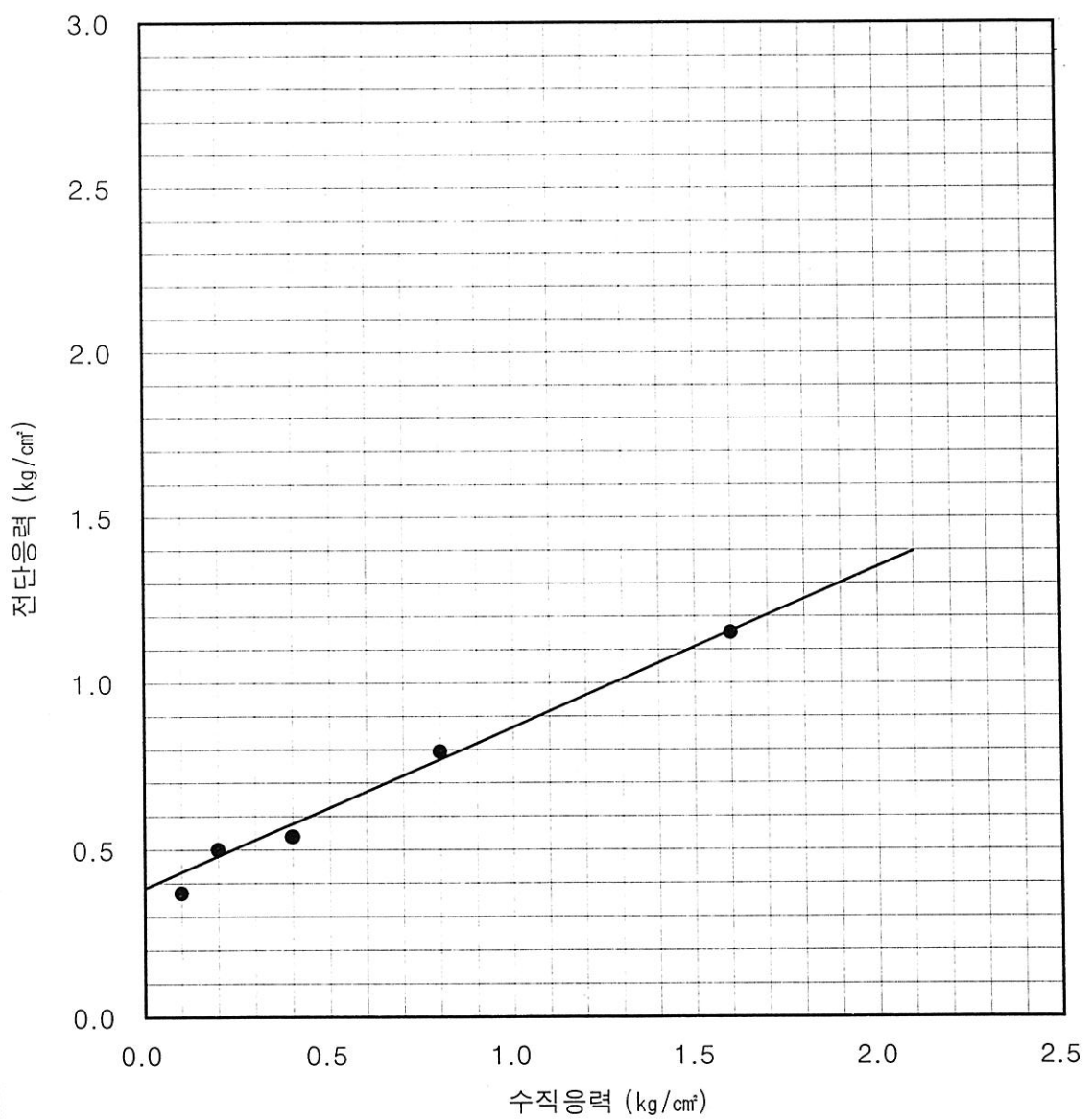
일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 10월 6일 | Tested by : 김 광 년

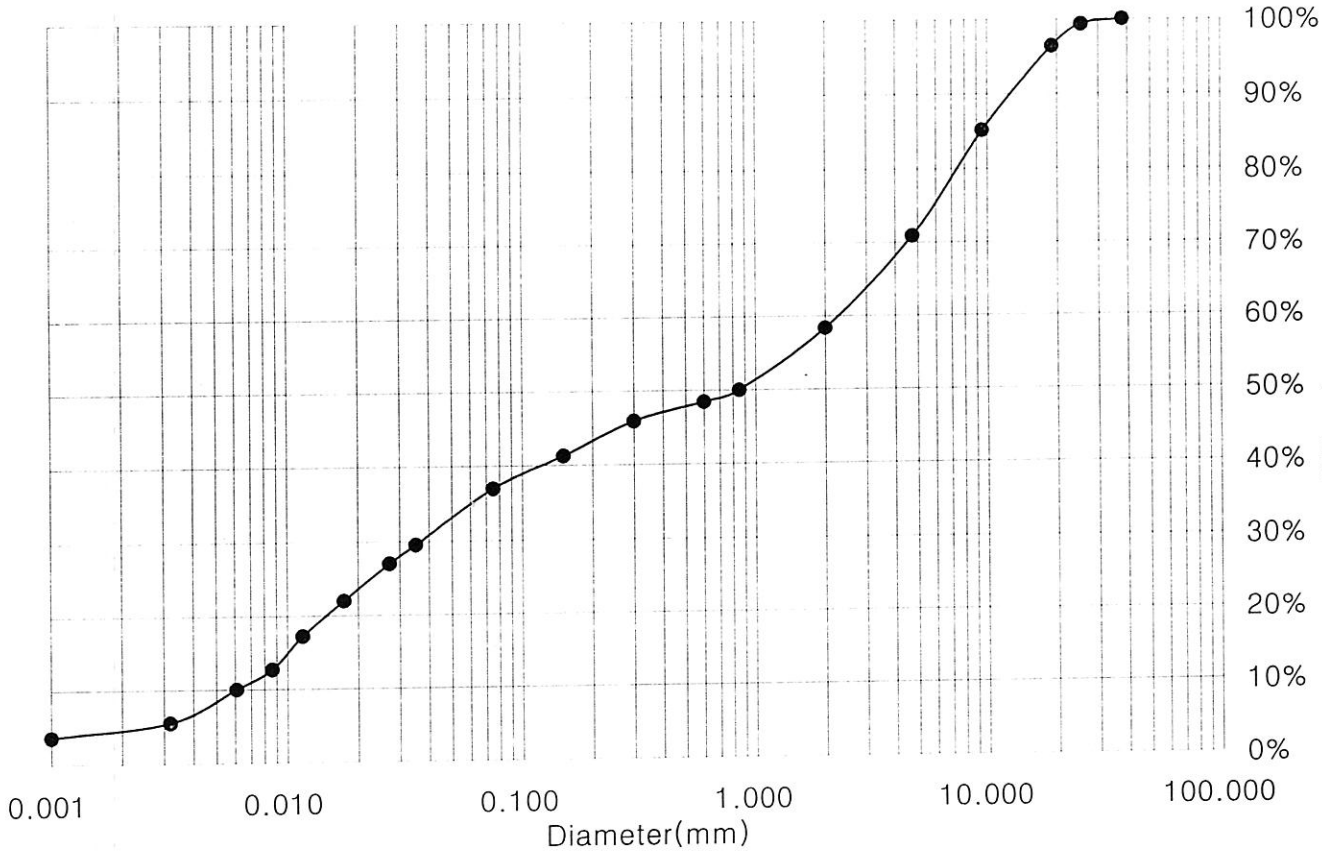
	강 도 정 수	c (kg/㎠)	Φ (도)	tan Φ
응력 범위	정규압밀영역	0.38	25 ° 54 '	0.4856
	과압밀영역			



GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 Job No. : 사면 1 Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동

Description of Soil : SC~ML Date of Testing : 1999년 10월 5일 Tested by : 김 광 년



#200 Passing	36.91%
#4 Passing	70.92%
D_{10}	0.006mm
Cu	360.66
Cc	0.092
Clässification	SC~ML

Silt or Clay	Sand			Gravel	
	Fine	Medium	Coarse	Fine	Coarse

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의 No.200 체 통과량 시험

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 10월 5일

Job No : 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년

공 기 건 조 시 료 의 함 수 비											평균 함수비
시료번호 1 (g)				시료번호 2 (g)				시료번호 3 (g)			
Wa	234.1	Wb	205.2	Wa	224.3	Wb	194	Wa	234.2	Wb	205.3	
Wb	205.2	Wc	50.23	Wb	194	Wc	50.59	Wb	205.3	Wc	55.83	19.71%
Ww	28.95	Ws	154.9	Ww	30.26	Ws	143.4	Ww	28.92	Ws	149.5	
ω	18.68 %			ω	21.10 %			ω	19.35 %			

*참고 Wa : (습윤시료+용기)무게 Wb : (노건조 시료+용기)무게
Wc : 용기의 무게 Ww : 물의 무게
Ws : 흙 시료의 무게 ω(%) : 함수비(=Ww / Ws ×100)

시 험 번 호			1	2
용 기 번 호			A	B
(공기건조시료+용기)무게		g	2,243.50	2,233.10
용 기 무 게		g	743.50	733.10
공기 건조시료 무게	Wa	g	1,500.00	1,500.00
공기 건조시료의 함수비	ω	%	19.71	19.71
노건조 시료의 무게	Wo	g	1,253.03	1,253.03
No.200체 잔류 무게	Wp	g	925.55	905.32
No.200체 통과율	Pr	%	26.13	27.75
평균 No.200체 통과율		%	26.94 %	

*참고 $Wo = Wa / (1+\omega/100)$ $Pr = ((Wo-Wp) / Wo)\times 100$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

現場에서의 흙의 單位體積重量試驗(모래置換法)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Jab No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 11월 29일 | Tested by : 김 광 년

시험용사의 단위체적중량 γ_s = 1.451 g/㎤ | 깔대를 가득 채우는데 필요한 모래의 중량 W_6 = 1,393 g

		No. 2	No.	No.
시험공번호				
용기번호		B		
(시험공에서 파낸 흙 + 용기)중량	g	2785.9		
용기의 중량	g	438.8		
시험공에서 파낸흙의 전중량 W_7	g	2347.1		
시험공에서 파낸흙의 노건조중량 W_0	g	2042.8		
흙의 최대입경	mm	25		
용기와피크노미터에모래를채울때의중량 W_3	g	6012.0		
측정기와 남은 모래와의 중량 W_8	g	2675.7		
시험공 및 깔대에 들어간 모래의 중량 W_9	g	3336.3		
시험공에들어간모래의중량 $W_{10}=W_9-W_6$	g	1943.3		
시험공의 체적 V_0	㎤	1339.3		
흙의 습윤단위 체적중량 γ_t	g/㎤	1.75		
흙의 건조단위 체적중량 γ_d	g/㎤	1.43		

조사지점의 약도, 원지반의상태

	No.1				No. 2				No. 3			
	W_a	209.28	W_b	180.33	W_a	233.50	W_b	199.23	W_a	232.80	W_b	200.25
	W_b	180.33	W_c	56.45	W_b	199.23	W_c	44.76	W_b	200.25	W_c	48.57
	W_w	28.95	W_s	123.88	W_w	34.27	W_s	154.47	W_w	32.55	W_s	151.68
	ω =	23.37%			ω =	22.19%			ω =	21.46%		
	No.				No.				No.			
	W_a		W_b		W_a		W_b		W_a		W_b	
	W_b		W_c		W_b		W_c		W_b		W_c	
	W_w		W_s		W_w		W_s		W_w		W_s	

시험공의 스케치

	No. 1	No. 2	No. 3
	ω =	ω =	ω =

평균치			
	흙의습윤단위체적중량	γ_t = 1.75	g/㎤
	흙의건조단위체적중량	γ_d = 1.43	g/㎤
	함 수 비	ω = 22.34	%
	최 대 입 경	25	mm

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD

SPECIFIC GRAVITY OF A SOIL

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동

Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 11월 29일

Tested by : 김 광 년

Test No.	4	5	6		
Vol. of flask (cc)	93.93	95.51	98.83		
Wt. flask, Wf (g)	51.07	51.82	43.88		
Wt. flask + water, Wa' (g)	145.00	147.33	142.71		
Temperatuture at Wa', T' (℃)	15	15	15		
Modified Wa' at T, Wa (g)	144.93	147.26	142.64		
Wt. flask + water + soil, Wb (g)	154.10	156.45	151.78		
Temperatuture at Wb, T (℃)	18	18	18		
Evap. dish No.	4	5	6		
Wt. evap. dish + dry soil (g)	211.50	207.31	210.02		
Wt. of evap. dish (g)	196.5	192.31	195.02		
Wt. of dry soil, Ws (g)	15.00	15.00	15.00		
Gs at T℃	2.574	2.584	2.561		
Gs at 15℃	2.573	2.582	2.559		
Avg. Gs	2.57				

Remark:보정계수K= 0.9995

흙의 일축압축시험

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동
Date of Testing : 1999년 11월 30일
압축속도 : 1.0 %/분

Job No : 사면 2
Description of Soil : ML~CL
Tested by : 김 광 년
보정계수 : 0.481 kg/(1/100) mm

높 이 Lv (cm)		8.75
직경	상	3.51
	중	3.50
	하	3.49
	평균직경	3.50
단면적 Ao (㎠)		9.62
체적 V(㎤)		84.14
습윤중량 W(g)		147.59
단위체적중량 γ_t		1.75

No. 1			
Wa	209.28	Wb	180.33
Wb	180.33	Wc	56.45
Ww	28.95	Ws	123.88
ω = 23.37%			

No. 2			
Wa	233.50	Wb	199.23
Wb	199.23	Wc	44.76
Ww	34.27	Ws	154.47
ω = 22.19%			

No. 3			
Wa	232.80	Wb	200.25
Wb	200.25	Wc	48.57
Ww	32.55	Ws	151.68
ω = 21.46%			

Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

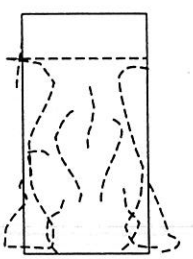
Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

평균함수비	ω = 22.34%

압축변위 (1/100mm)	압축변형 ε (%)	역계의읽음 (1/100mm)	P (Kg/㎠)	단면보정 1-(ε/100)	σ=p(1-ε/100) (Kg/㎠)
0	0	0.0	0	0	0
40	0.46	0.0	0.000	0.9954	0.000
80	0.91	0.2	0.010	0.9909	0.010
120	1.37	0.5	0.025	0.9863	0.025
160	1.83	0.5	0.025	0.9817	0.025
200	2.29	0.7	0.035	0.9771	0.034
240	2.74	0.9	0.045	0.9726	0.044
280	3.20	1.0	0.050	0.9680	0.048
320	3.66	1.0	0.050	0.9634	0.048
360	4.11	1.2	0.060	0.9589	0.058
400	4.57	1.5	0.075	0.9543	0.072
440	5.03	1.5	0.075	0.9497	0.071
480	5.49	1.7	0.085	0.9451	0.080
520	5.94	2.0	0.100	0.9406	0.094
560	6.40	2.3	0.115	0.9360	0.108
600	6.86	2.5	0.125	0.9314	0.116
640	7.31	2.9	0.145	0.9269	0.134
680	7.77	3.3	0.165	0.9223	0.152
720	8.23	3.7	0.185	0.9177	0.170
760	8.69	4.0	0.200	0.9131	0.183
800	9.14	4.0	0.200	0.9086	0.182
840	9.60	3.7	0.185	0.9040	0.167
880	10.06	3.5	0.175	0.8994	0.157
920	10.51	3.2	0.160	0.8949	0.143
파 괴 시	8.69	4.0	0.200	0.9131	0.183

보고 :

파괴상태스케치



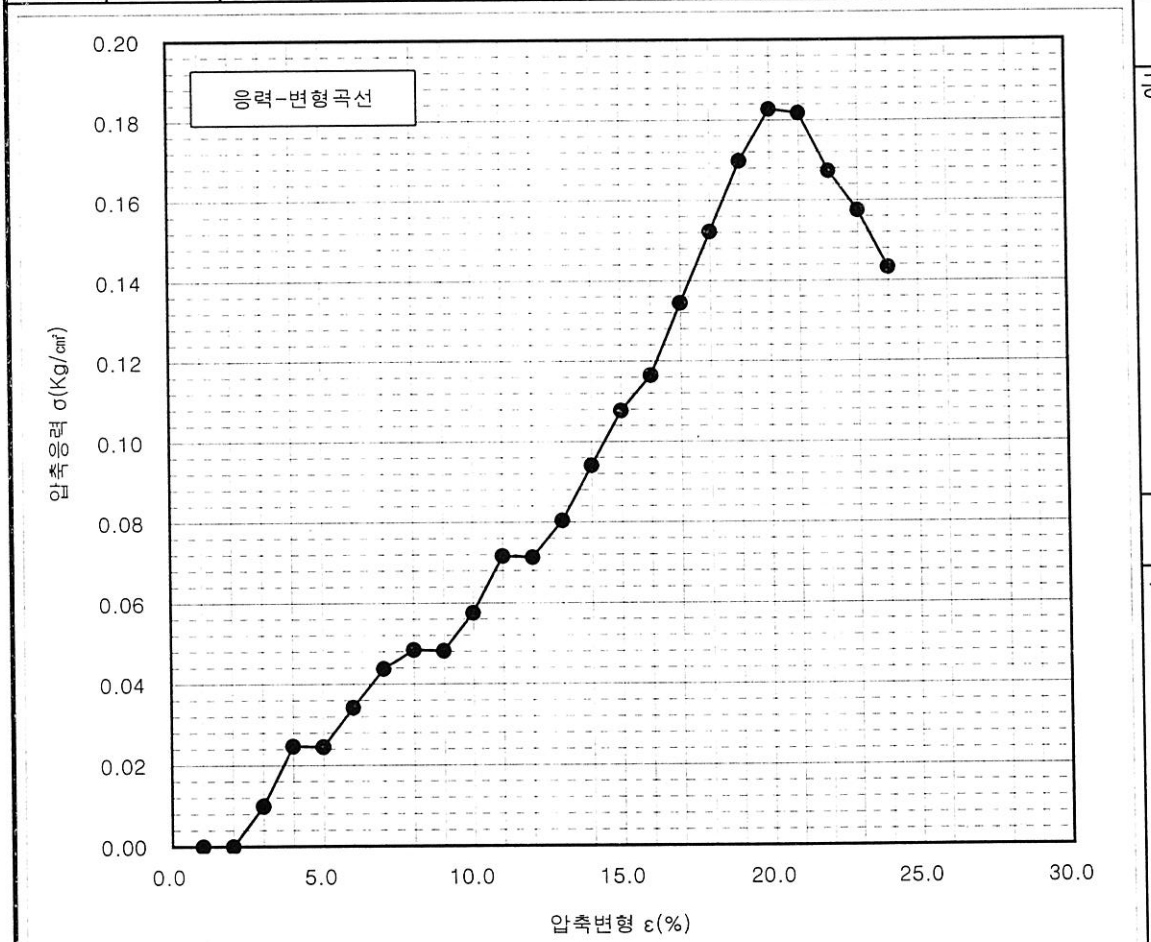
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의일축압축시험(응력-변형곡선)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동
Date of Testing : 1999년 11월 30일

Job No : 사면 2
Description of Soil : ML~CL
Tested by : 김 광 년

공시체 No	시료의 상 태	공시체 치수		단위체적중량 γ_t (g/㎤)	함수비 ω(%)	간극비 e	포화도 Sr(%)	압축강도 qu(Kg/㎠)	파괴시의변형 ε(%)	변형계수 E50(Kg/㎠)	예민비 St
		높 이	직 경								
1	교란시료	8.75	3.50	1.75	22.34	0.71	80.86	0.183	8.69		



파괴상태 스케치
공시체 No.

파괴상태 스케치
공시체 No.

비고 :

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

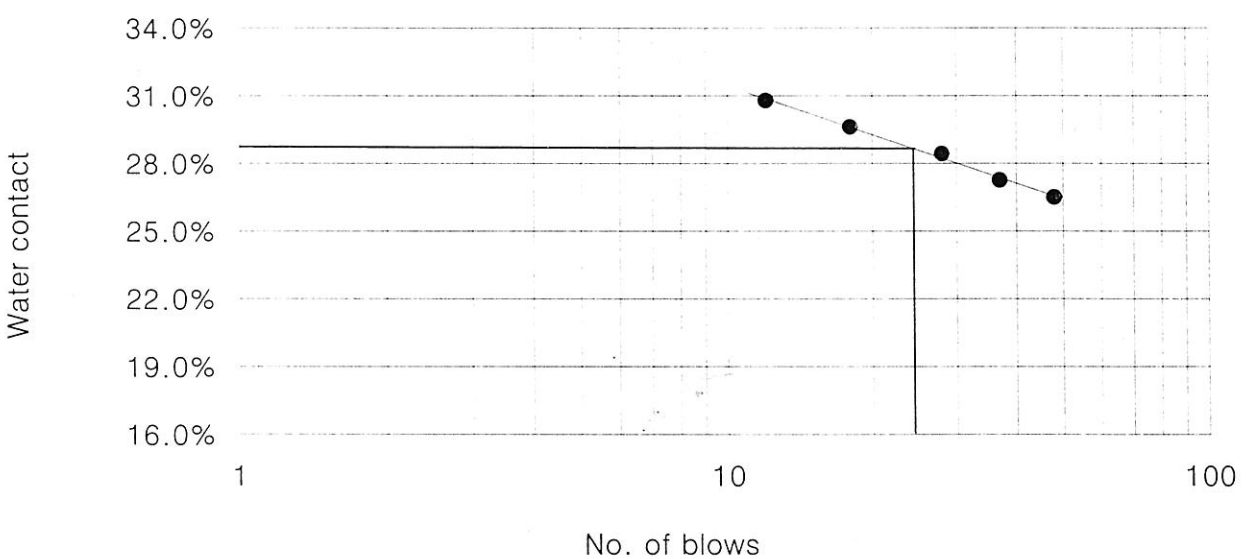
ATTERBERG LIMITS

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 11월 30일　　Tested by : 김 광 년

Liquid Limit Determination, ω_L										
Can No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wt. of wet soil + can	45.05	61.93	53.66	55.14	54.92	75.75	72.38	66.75	65.95	72.09
Wt. of dry soil + can	42.03	57.35	49.12	49.33	49.16	68.31	64.88	59.22	58.91	64.58
Wt. of can	30.63	40.09	32.40	28.10	28.88	42.17	39.72	33.64	36.08	40.15
Wt. of dry soil	11.40	17.26	16.72	21.23	20.28	26.14	25.16	25.58	22.83	24.43
Wt. of moisture	3.02	4.58	4.54	5.81	5.76	7.44	7.50	7.53	7.04	7.51
Water content, ω(%)	26.49%	26.54%	27.15%	27.37%	28.40%	28.46%	29.81%	29.44%	30.84%	30.74%
No. of blows, N	48		37		28		18		12	
Average ω (%)	26.51%		27.26%		28.43%		29.62%		30.79%	



Plastic Limit Determination, ω_p					
Can No.	A	B	C		
Wt. of wet soil + can	22.81	27.11	24.91		
Wt. of dry soil + can	22.02	26.06	24.29		
Wt. of can	18.98	21.96	21.87		
Wt. of dry soil	3.04	4.10	2.42		
Wt. of moisture	0.79	1.05	0.62		
Water content, ω(%)	25.99%	25.61%	25.62%		

Liquid Limit, ω_L	28.50%	Plastic Limit, ω_p	25.74%	Plastic index, P_I	2.76%

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체번호			시험	형식		배수조건	(압밀)·비압밀		
시료의상태				번호			등압 (급속)·등체적·완속		
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호 No		(변형제어)·응력제어·양자사용		
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호 No	속도	변위속도		1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc		0.1 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660			수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	160.57		경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	98.91		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	81.06		0	1,830.0	0.000	0.0	0.000	808.0	0.000
No 1				10	1,794.0	0.360	8.0	0.141	805.0	0.030
Wa 147.63	Wb	129.53		20	1,751.0	0.790	11.0	0.194	802.0	0.060
Ww 18.1	Ws	83.01		30	1,709.0	1.210	14.0	0.247	801.5	0.065
ω = 21.80%				40	1,667.0	1.630	14.5	0.256	801.5	0.065
No 2				50	1,619.0	2.110	14.5	0.256	801.5	0.065
Wa 139.48	Wb	123.41		60	1,567.0	2.630	14.5	0.256	801.5	0.065
Wb 123.41	Wc	53.21		70	1,522.0	3.080	15.0	0.265	801.5	0.065
Ww 16.07	Ws	70.2		80	1,477.0	3.530	15.0	0.265	801.5	0.065
ω = 22.89%				90	1,429.0	4.010	15.0	0.265	802.0	0.060
No 3				100	1,380.0	4.500	15.5	0.274	802.0	0.060
Wa 142.83	Wb	125.73		110	1,335.0	4.950	15.5	0.274	802.2	0.058
Wb 125.73	Wc	45.68		120	1,285.0	5.450	16.0	0.282	802.5	0.055
Ww 17.1	Ws	80.05		130	1,237.0	5.930	16.0	0.282	803.0	0.050
ω = 21.36%				140	1,180.0	6.500	16.0	0.282	803.0	0.050
평균함수비 ω o=		22.02%		150	1,138.0	6.920	16.5	0.291	803.0	0.050
압밀경과 (실온 17℃)				160	1,106.0	7.240	17.0	0.300	803.0	0.050

측정시간	다이얼게이지	압밀량
경과시간	읽음 1/100mm	mm
0	877.0	0
6"	833.0	0.440
9	826.0	0.510
15	823.0	0.540
30	821.0	0.560
1'	818.0	0.590
2	815.0	0.620
4	810.0	0.670
8	808.0	0.690
15	808.0	0.690
30	808.0	0.690

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

공시체번호		시험	형식		배수조건	(압밀)·비압밀			
시료의상태			번호			등압 (급속)·등체적·완속			
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호	No		(변형제어)·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.2 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660		수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	160.57	경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	98.91	(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	80.90	0	1,825.0	0.000	0.0	0.000	819.0	0.000
No 1			10	1,797.0	0.280	9.0	0.159	817.0	0.020
Wa 150.49	Wb	130.94	20	1,755.0	0.700	13.0	0.229	810.0	0.090
Wb 130.94	Wc	45.67	30	1,707.0	1.180	15.0	0.265	805.0	0.140
Ww 19.55	Ws	85.27	40	1,656.0	1.690	16.0	0.282	802.5	0.165
ω = 22.93%			50	1,604.0	2.210	17.0	0.300	801.0	0.180
No 2			60	1,552.0	2.730	18.0	0.318	800.5	0.185
Wa 146.56	Wb	129.29	70	1,502.0	3.230	19.0	0.335	800.0	0.190
Wb 129.29	Wc	54.27	80	1,452.0	3.730	19.5	0.344	799.5	0.195
Ww 17.27	Ws	75.02	90	1,398.0	4.270	19.5	0.344	798.0	0.210
ω = 23.02%			100	1,344.0	4.810	20.0	0.353	797.5	0.215
No 3			110	1,290.0	5.350	20.0	0.353	796.5	0.225
Wa 141.79	Wb	125.73	120	1,236.0	5.890	20.0	0.353	795.5	0.235
Wb 125.73	Wc	48.66	130	1,182.0	6.430	20.5	0.362	795.0	0.240
Ww 16.06	Ws	77.07	140	1,136.0	6.890	20.5	0.362	795.0	0.240
ω = 20.84%			150	1,119.0	7.060	21.0	0.371	795.0	0.240
평균함수비 ω o=		22.26%	160						
압밀경과 (실온 17℃)			170						
측정시간	다이얼게이지	압밀량	180						
경과시간	읽음 1/100mm	mm	190						
0	927.0	0	200						
6"	865.0	0.620							
9	851.0	0.760							
15	847.0	0.800							
30	841.5	0.855							
1'	835.0	0.920							
2	828.0	0.990							
4	823.0	1.040							
8	819.0	1.080							
15	819.0	1.080							
30	819.0	1.080							

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

공시체 번호			시험	형 식		배수조건	[압밀]·비압밀		
시료의 상태				번 호			등압 [급속]·등체적·완속		
공시체의	직 경	cm 6.00	역계	전단	번 호 No		[변형제어]·응력제어·양자사용		
	단 면 적 A	㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높 이 ho	cm 2.000		수직	번 호 No	속도	변 위 속 도		1 mm/min
	체 적 Vo	㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc		0.4 kg/㎠

공시체의				전 단 과 정 (실온 17 ℃)						
용기번호·중량	No	61.660		수 평 변 위			전 단 응 력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	160.57		경과시간	다이얼게이지	변 위	다이얼게이지	응 력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	98.91		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	80.82		0	1,837.0	0.000	0.0	0.000	727.0	0.000
No 1				10	1,805.0	0.320	12.0	0.212	725.0	0.020
Wa 150.36	Wb	130.39		20	1,753.0	0.840	18.0	0.318	721.0	0.060
Wb 130.39	Wc	45.34		30	1,702.0	1.350	23.0	0.406	719.0	0.080
Ww 19.97	Ws	85.05		40	1,648.0	1.890	24.0	0.424	717.0	0.100
ω = 23.48%				50	1,595.0	2.420	24.0	0.424	714.0	0.130
No 2				60	1,546.0	2.910	25.0	0.441	708.0	0.190
Wa 143.56	Wb	126.29		70	1,495.0	3.420	25.0	0.441	701.0	0.260
Wb 126.29	Wc	47.54		80	1,438.0	3.990	26.0	0.459	698.0	0.290
Ww 17.27	Ws	78.75		90	1,385.0	4.520	26.5	0.468	697.0	0.300
ω = 21.93%				100	1,328.0	5.090	27.0	0.477	696.5	0.305
No 3				110	1,270.0	5.670	28.0	0.494	696.0	0.310
Wa 148.45	Wb	129.93		120	1,219.0	6.180	28.0	0.494	696.0	0.310
Wb 129.93	Wc	44.69		130	1,167.0	6.700	28.0	0.494	695.5	0.315
Ww 18.52	Ws	85.24		140	1,121.0	7.160	28.3	0.500	695.2	0.318
ω = 21.73%				150						
평균함수비 ω o=		22.38%		160						
압 밀 경 과 (실온 17℃)				170						
측정시간	다이얼게이지	압 밀 량		180						
경과시간	읽음 1/100mm	mm		190						
0	891.0	0		200						
6"	765.0	1.260								
9	751.0	1.400								
15	748.0	1.430								
30	742.0	1.490								
1'	736.0	1.550								
2	731.0	1.600								
4	728.0	1.630								
8	727.0	1.640								
15	727.0	1.640								
30	727.0	1.640								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

공시체 번호				시험	형식			배수조건	(압밀)·비압밀		
시료의 상태					번호				등압 (급속)·등체적·완속		
공시체의	직경	cm	6.00	역계	전단	번호	No		(변형제어)·응력제어·양자사용		
	단면적 A	㎠	28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm	2.000		수직	번호	No	속도	변위속도		1 mm/min
	체적 Vo	㎤	56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc		0.8 kg/㎠

공시체의												
용기번호·중량	No	61.660	전단과정 (실온 17 ℃)									
용기+공시체중량	g	160.57	수평변위			전단응력		수직변위 또는 수직응력				
공시체 중량	Ws g	98.91	경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위			
공시체건조중량	Wd g	80.88	(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm			
No 1			0	1,780.0	0.000	0.0	0.000	716.5	0.000			
Wa 142.58	Wb	125.53	10	1,770.0	0.100	15.0	0.265	716.0	0.005			
Wb 125.53	Wc	43.56	20	1,742.0	0.380	21.0	0.371	713.0	0.035			
Ww 17.05	Ws	81.97	30	1,709.0	0.710	26.0	0.459	710.0	0.065			
ω = 20.80%			40	1,671.0	1.090	33.0	0.582	707.0	0.095			
No 2			50	1,631.0	1.490	34.0	0.600	705.0	0.115			
Wa 142.47	Wb	126.41	60	1,580.0	2.000	34.5	0.609	701.5	0.150			
Wb 126.41	Wc	51.58	70	1,533.0	2.470	34.5	0.609	692.0	0.245			
Ww 16.06	Ws	74.83	80	1,485.0	2.950	35.0	0.618	680.0	0.365			
ω = 21.46%			90	1,436.0	3.440	35.0	0.618	676.0	0.405			
No 3			100	1,388.0	3.920	35.5	0.627	674.0	0.425			
Wa 146.38	Wb	126.41	110	1,342.0	4.380	35.5	0.627	672.5	0.440			
Wb 126.41	Wc	45.27	120	1,293.0	4.870	36.0	0.635	672.5	0.440			
Ww 19.97	Ws	81.14	130	1,240.0	5.400	36.0	0.635	672.5	0.440			
ω = 24.61%			140	1,180.0	6.000	36.5	0.644	672.5	0.440			
평균함수비 ω o=		22.29%	150	1,135.0	6.450	36.5	0.644	672.0	0.445			
압밀경과 (실온 17℃)			160	1,097.0	6.830	37.0	0.653	671.5	0.450			
측정시간	다이얼게이지	압밀량	170									
경과시간	읽음 1/100mm	mm	180									
0	940.0	0	190									
6"	748.0	1.920	200									
9	748.0	1.920										
15	744.0	1.960										
30	735.0	2.050										
1'	726.0	2.140										
2	722.0	2.180										
4	718.0	2.220										
8	716.5	2.235										
15	716.5	2.235										
30	716.5	2.235										

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

공시체번호			시험	형식		배수조건	(압밀)·비압밀		
시료의상태				번호			등압 (급속)·등체적·완속		
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호 No		(변형제어)·응력제어·양자사용		
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도		kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호 No	속도	변위속도		1 mm/min
	체적 Vo	㎠ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc		1.6 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660			수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	160.57		경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	98.91		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	80.58		0	1,867.0	0.000	0.0	0.000	640.0	0.000
No 1				10	1,863.0	0.040	20.0	0.353	639.0	0.010
Wa 138.45	Wb	121.53		20	1,833.0	0.340	36.0	0.635	637.0	0.030
Wb 121.53	Wc	42.83		30	1,798.0	0.690	43.0	0.759	636.0	0.040
Ww 16.92	Ws	78.7		40	1,758.0	1.090	45.0	0.794	633.0	0.070
ω = 21.50%				50	1,717.0	1.500	47.0	0.830	630.0	0.100
No 2				60	1,670.0	1.970	49.0	0.865	626.0	0.140
Wa 145.69	Wb	128.41		70	1,622.0	2.450	51.0	0.900	621.0	0.190
Wb 128.41	Wc	50.28		80	1,579.0	2.880	52.0	0.918	619.0	0.210
Ww 17.28	Ws	78.13		90	1,532.0	3.350	52.0	0.918	618.0	0.220
ω = 22.12%				100	1,480.0	3.870	53.0	0.935	616.0	0.240
No 3				110	1,430.0	4.370	53.0	0.935	615.5	0.245
Wa 144.71	Wb	125.02		120	1,380.0	4.870	54.0	0.953	615.0	0.250
Wb 125.02	Wc	45.13		130	1,332.0	5.350	54.0	0.953	614.5	0.255
Ww 19.69	Ws	79.89		140	1,281.0	5.860	54.0	0.953	614.0	0.260
ω = 24.65%				150	1,234.0	6.330	55.0	0.971	614.0	0.260
평균함수비 ω o=		22.75%		160	1,205.0	6.620	55.5	0.980	613.5	0.265
압밀경과 (실온 17℃)				170						
측정시간	다이얼게이지	압밀량		180						
경과시간	읽음 1/100mm	mm		190						
0	957.0	0		200						
6"	677.0	2.800								
9	671.0	2.860								
15	665.0	2.920								
30	656.0	3.010								
1'	648.0	3.090								
2	643.0	3.140								
4	641.0	3.160								
8	640.0	3.170								
15	640.0	3.170								
30	640.0	3.170								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

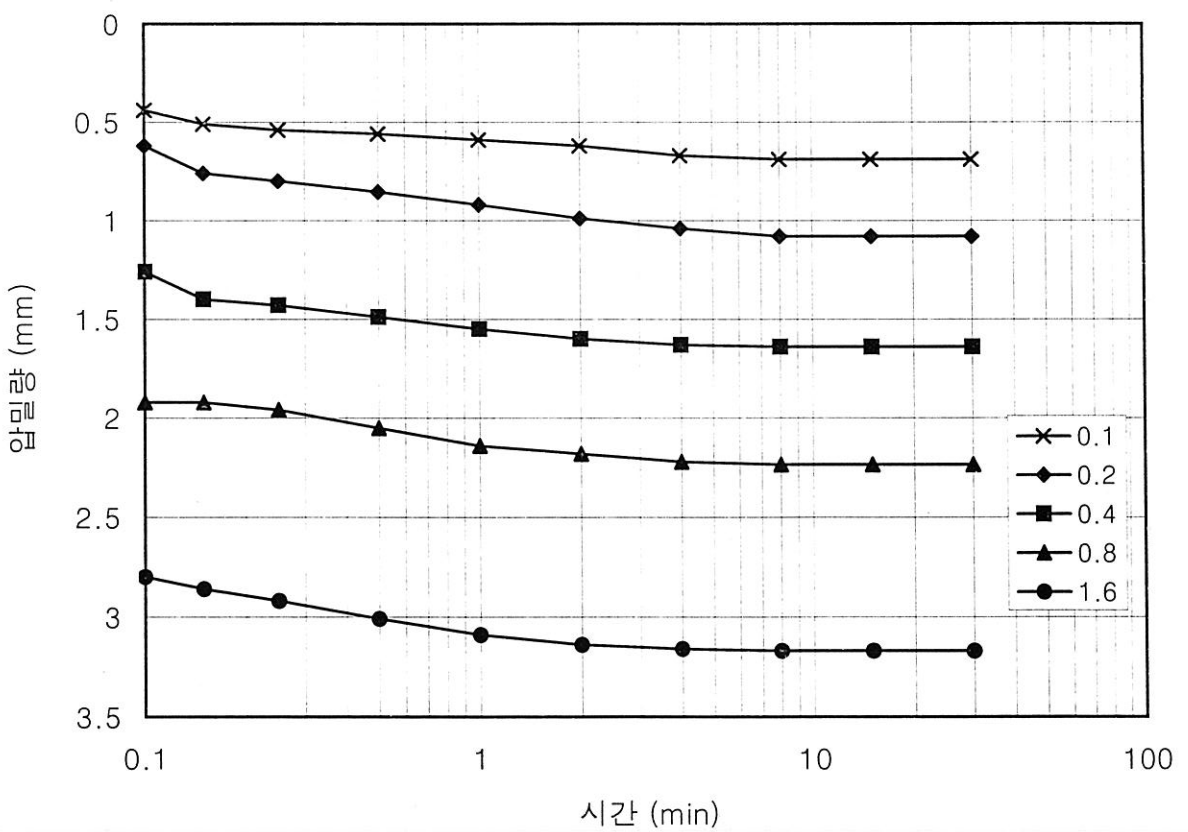
Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동
Date of Testing : 1999년 12월 1일

Job No.: 사면 2
Description of Soil : ML~CL
Tested by : 김 광 년

흙의성질	토 질 명 칭		시험기	형 식			
	흙입자비중 Gs	2.570		전 단 상 자	직 경 cm	6.00	
	74μ체통과량 %	54.8			단면적 A ㎠	28.26	
					상	이동, 고정, 반고정, 자유	
					하	이동, 고정, 반고정, 자유	

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수 직 하 중 σc kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
초기상태	시 료 의 상 태					
	높 이 ho cm	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	건 조 중 량 Wd g	81.06	80.90	80.82	80.88	80.58
	실 질 부 높 이 hs cm	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11
	간 극 비 eo	0.79	0.80	0.80	0.80	0.80
	함 수 비 ωo %	22.02	22.26	22.38	22.29	22.75
	포 화 도 Sr %	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73
압밀중	압 밀 시 간 tc min	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	압 밀 후 의 높 이 hc cm	1.931	1.892	1.836	1.777	1.683
	압 밀 후 의 간 극 비 ec	0.73	0.70	0.65	0.60	0.52

시간 – 압밀량 곡선



SOIL MECHANICS LABORATORY

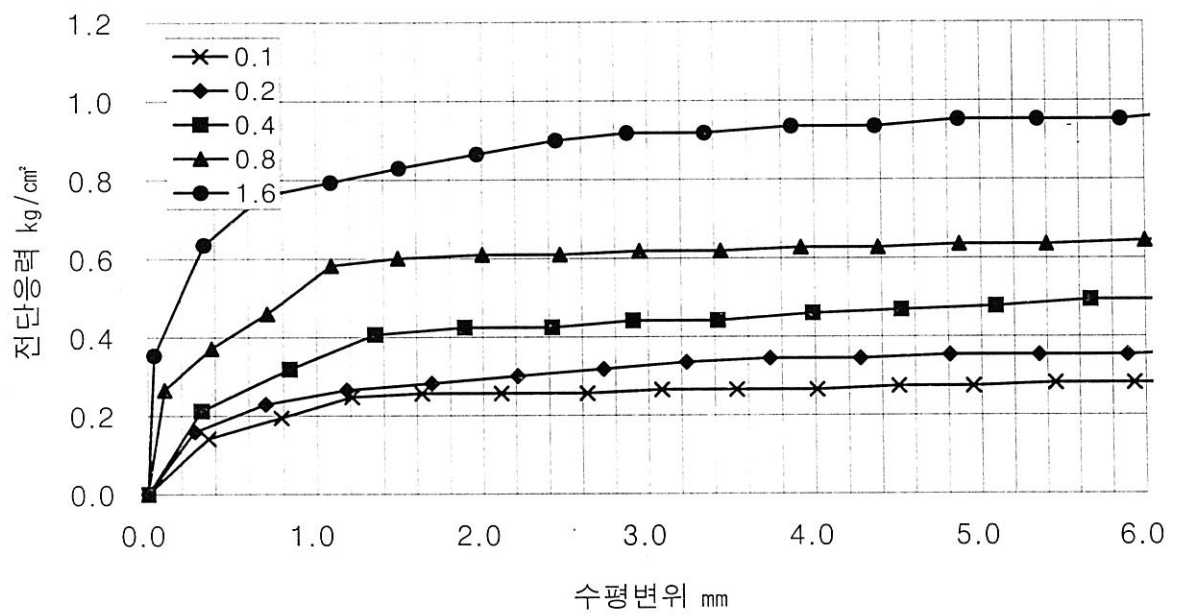
일면전단시험(UU·CU·CD)

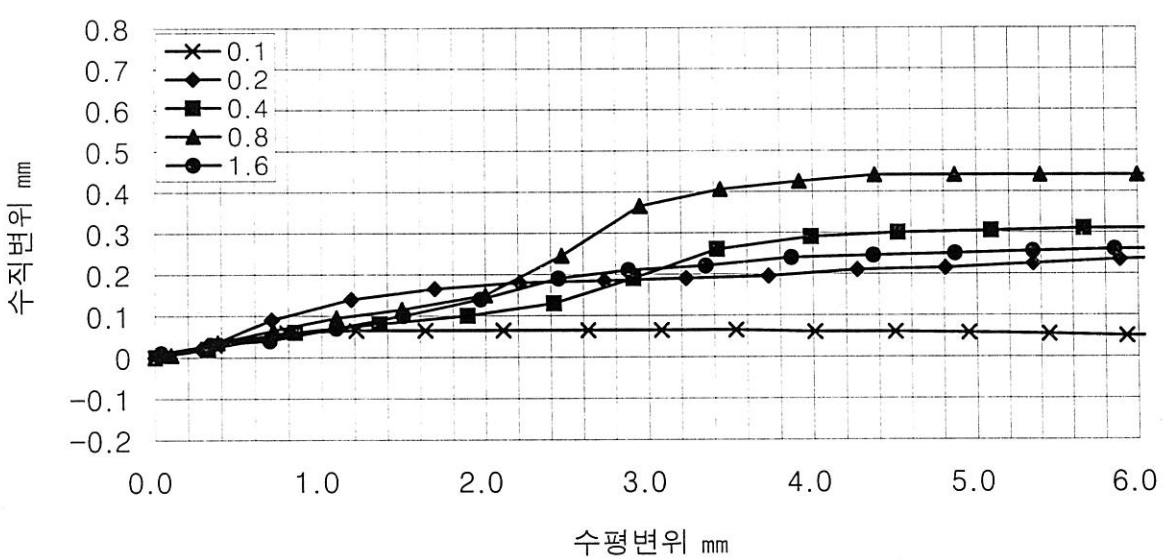
Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수직하중 σ c kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
피크시	τ f kg/㎠	0.300	0.371	0.500	0.653	0.980
	수평변위 D mm	7.240	7.060	7.160	6.830	6.620
	소요시간 sec	160	150	140	160	160





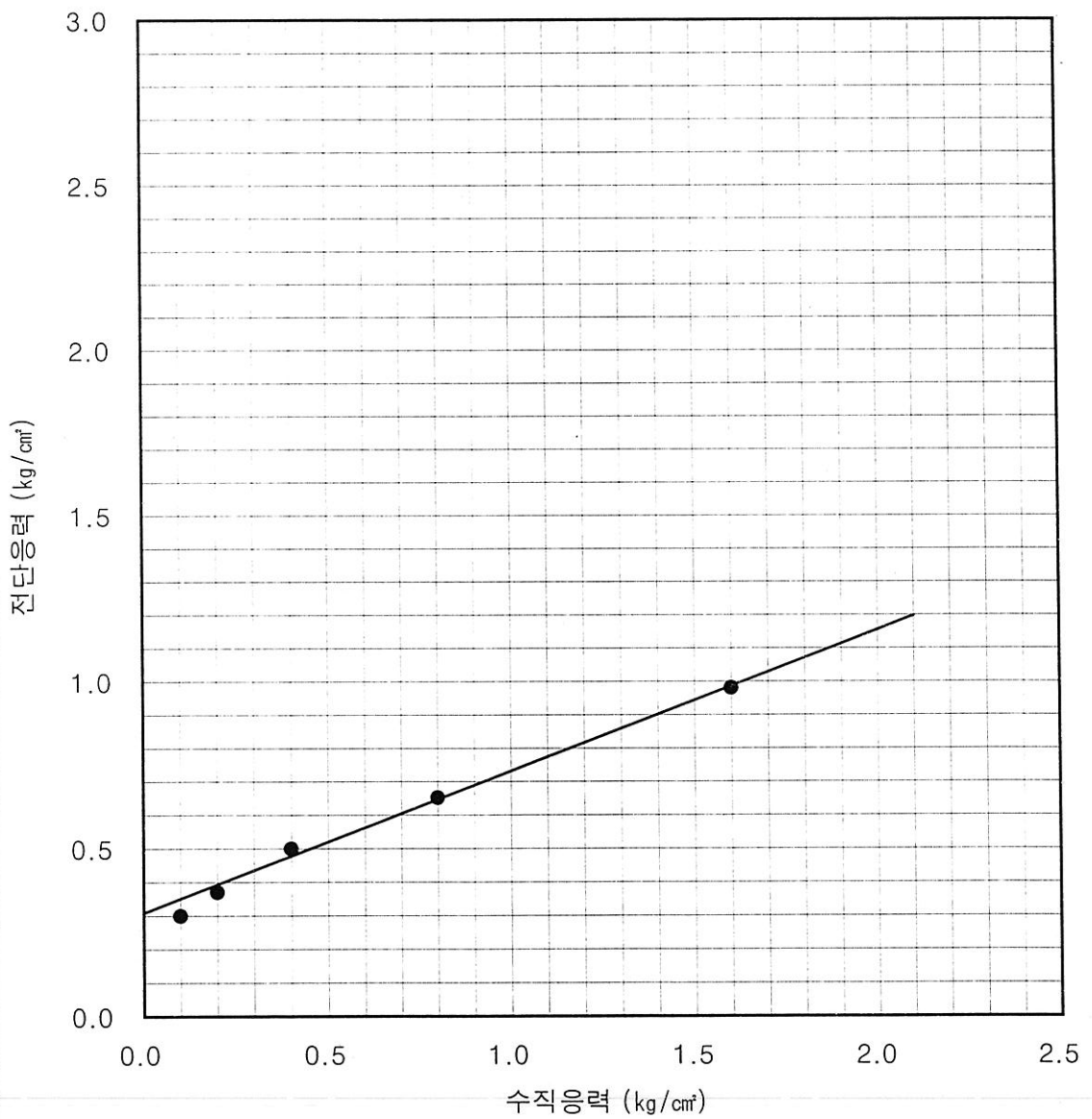
일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 | Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : ML~CL

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

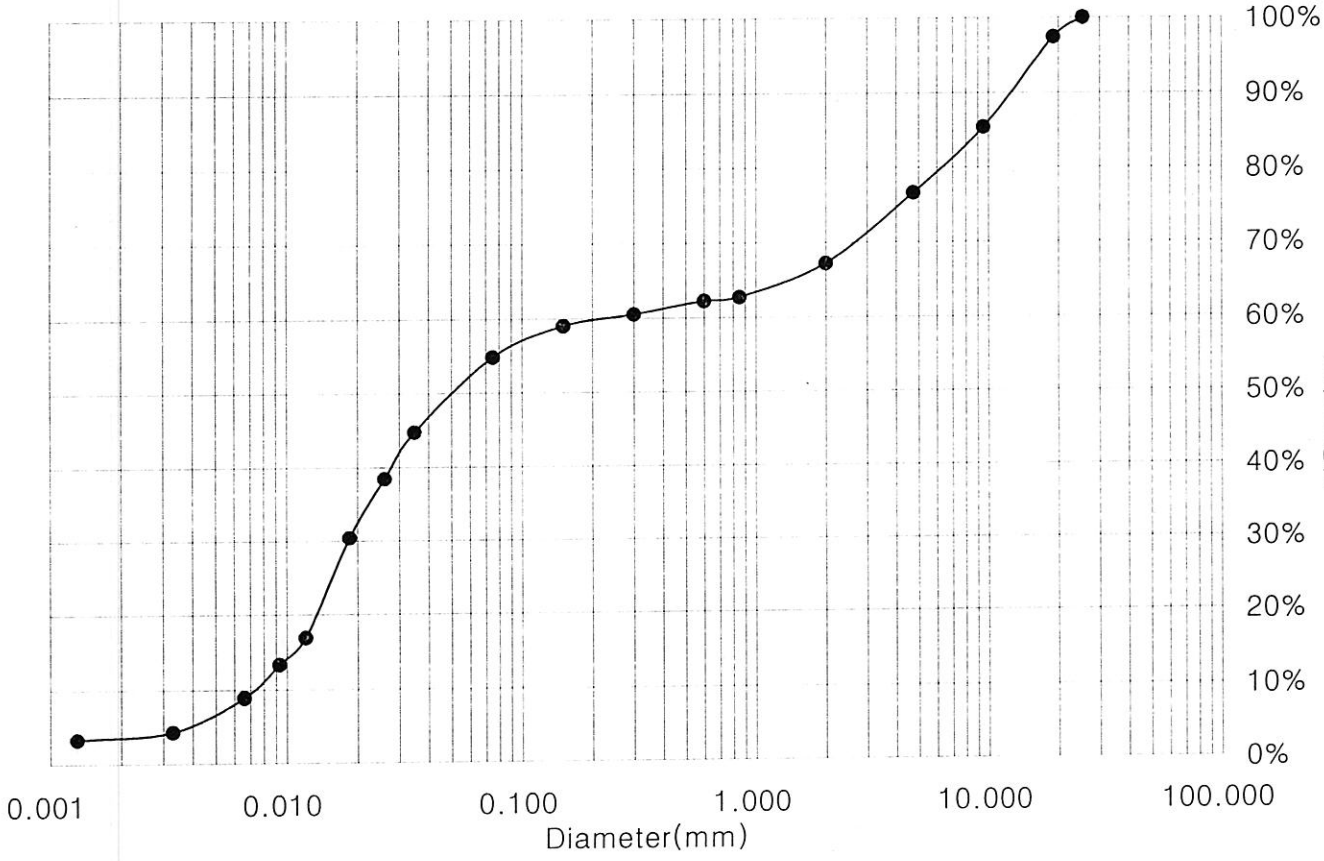
	강 도 정 수	c (kg/㎠)	Φ (도)	tan Φ
응력 범위	정규압밀영역	0.31	22 ° 58 '	0.4238
	과압밀영역			



GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사 Job No. : 사면 2 Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동

Description of Soil : ML~CL Date of Testing : 1999년 11월 29 Tested by : 김 광 년



#200 Passing	54.80%
#4 Passing	76.60%
D_{10}	0.007mm
Cu	40.54
Cc	0.146
Classification	ML~SC

Silt or Clay	Sand			Gravel	
	Fine	Medium	Coarse	Fine	Coarse

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의 No.200 체 통과량 시험

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사　　Job No : 사면 2
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : ML~CL
Date of Testing : 1999년 11월 30일　　Tested by : 김 광 년

공기건조시료의 함수비											평균 함수비
시료번호 1 (g)				시료번호 2 (g)				시료번호 3 (g)			
Wa	209.3	Wb	180.3	Wa	233.5	Wb	199.2	Wa	232.80	Wb	200.3	22.34%
Wb	180.3	Wc	56.45	Wb	199.2	Wc	44.76	Wb	200.3	Wc	48.57	
Ww	28.95	Ws	123.9	Ww	34.27	Ws	154.5	Ww	32.55	Ws	151.7	
ω	23.37 %			ω	22.19 %			ω	21.46 %			

*참고　Wa : (습윤시료+용기)무게　Wb : (노건조 시료+용기)무게
Wc : 용기의 무게　Ww : 물의 무게
Ws : 흙 시료의 무게　ω(%) : 함수비(=Ww / Ws ×100)

시 험 번 호			1	2
용 기 번 호			A	B
(공기건조시료+용기)무게		g	2,232.00	2,238.80
용 기 무 게		g	732.00	738.80
공기 건조시료 무게	Wa	g	1,500.00	1,500.00
공기 건조시료의 함수비	ω	%	22.34	22.34
노건조 시료의 무게	Wo	g	1,226.11	1,226.11
No.200체 잔류 무게	Wp	g	791.36	789.63
No.200체 통과율	Pr	%	35.46	35.60
평균 No.200체 통과율		%	35.53 %	

*참고　$Wo = Wa / (1+\omega/100)$　$Pr = ((Wo-Wp) / Wo)\times 100$

現場에서의 흙의 單位體積重量試驗(모래置換法)

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사 | Jab No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 11월 29일 | Tested by : 김 광 년

시험용사의 단위체적중량 γ_s = 1.451 g/㎤ | 깔대를 가득 채우는데 필요한 모래의 중량 W_6 = 1,393 g

		No. 3	No.	No.
시험공번호				
용기번호		C		
(시험공에서 파낸 흙 + 용기)중량	g	2435.6		
용기의 중량	g	437.6		
시험공에서 파낸흙의 전중량 W_7	g	1998.0		
시험공에서 파낸흙의 노건조중량 W_0	g	1772.8		
흙의 최대입경	mm	25		
용기와피크노미터에모래를채울때의중량 W_3	g	5960.1		
측정기와 남은 모래와의 중량 W_8	g	2953.6		
시험공 및 깔대에 들어간 모래의 중량 W_9	g	3006.5		
시험공에들어간모래의중량 $W_{10}=W_9-W_6$	g	1613.5		
시험공의 체적 V_0	㎤	1112.0		
흙의 습윤단위 체적중량 γ_t	g/㎤	1.80		
흙의 건조단위 체적중량 γ_d	g/㎤	1.45		

조사지점의 약도, 원지반의상태

	No.1				No. 2				No. 3			
W_a	191.20	W_b	163.04	W_a	223.60	W_b	189.31	W_a	235.20	W_b	202.27
W_b	163.04	W_c	45.27	W_b	189.31	W_c	46.65	W_b	202.27	W_c	59.07
W_w	28.16	W_s	117.77	W_w	34.29	W_s	142.66	W_w	32.93	W_s	143.20
ω =	23.91%			ω =	24.04%			ω =	23.00%		

	No.			No.			No.		
W_a		W_b		W_a		W_b		W_a		W_b	
W_b		W_c		W_b		W_c		W_b		W_c	
W_w		W_s		W_w		W_s		W_w		W_s	

시험공의 스케치

ω =		ω =		ω =

평균치	흙의습윤단위체적중량	γ_t =	1.80	g/㎤
	흙의건조단위체적중량	γ_d =	1.45	g/㎤
	함 수 비	ω =	23.65	%
	최 대 입 경		25	mm

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD

SPECIFIC GRAVITY OF A SOIL

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사　　Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 11월 29일　　Tested by : 김 광 년

Test No.	7	8	9		
Vol. of flask (cc)	95.66	96.52	96.38		
Wt. flask, Wf (g)	55.44	51.76	50.63		
Wt. flask + water, Wa' (g)	151.10	148.28	147.01		
Temperatuture at Wa', T' (℃)	15	15	15		
Modified Wa' at T, Wa (g)	151.00	148.18	146.91		
Wt. flask + water + soil, Wb (g)	159.91	157.09	155.81		
Temperatuture at Wb, T (℃)	19	19	19		
Evap. dish No.	7	8	9		
Wt. evap. dish + dry soil (g)	211.86	207.03	209.76		
Wt. of evap. dish (g)	196.86	192.03	194.76		
Wt. of dry soil, Ws (g)	15.00	15.00	15.00		
Gs at T℃	2.465	2.464	2.460		
Gs at 15℃	2.463	2.463	2.458		
Avg. Gs	2.46				

Remark:보정계수K= 0.9993

흙의 일축압축시험

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 11월 30일
압축속도 : 1.0 %/분

Job No : 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년
보정계수 : 0.481 kg/(1/100) mm

높 이 Lv (cm)		8.75
직경	상	3.50
	중	3.50
	하	3.50
	평균직경	3.50
단면적 Ao (㎠)		9.62
체적 V(㎤)		84.14
습윤중량 W(g)		151.47
단위체적중량 γ_t		1.80

No. 1			
Wa	191.20	Wb	163.04
Wb	163.04	Wc	45.27
Ww	28.16	Ws	117.77
ω = 23.91%			

No. 2			
Wa	223.60	Wb	189.31
Wb	189.31	Wc	46.65
Ww	34.29	Ws	142.66
ω = 24.04%			

No. 3			
Wa	235.20	Wb	202.27
Wb	202.27	Wc	59.07
Ww	32.93	Ws	143.2
ω = 23.00%			

Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

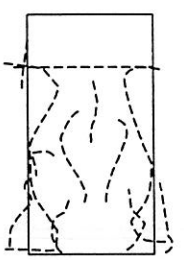
Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

평균함수비	ω = 23.65%

압축변위 (1/100mm)	압축변형 ε (%)	역계의읽음 (1/100mm)	P (Kg/㎠)	단면보정 1-(ε/100)	σ=p(1-ε/100) (Kg/㎠)
0	0	0.0	0	0	0
40	0.46	1.0	0.050	0.9954	0.050
80	0.91	1.5	0.075	0.9909	0.074
120	1.37	2.0	0.100	0.9863	0.099
160	1.83	3.0	0.150	0.9817	0.147
200	2.29	4.0	0.200	0.9771	0.196
240	2.74	4.5	0.225	0.9726	0.219
280	3.20	5.0	0.250	0.9680	0.242
320	3.66	6.0	0.300	0.9634	0.289
360	4.11	6.5	0.325	0.9589	0.312
400	4.57	7.0	0.350	0.9543	0.334
440	5.03	7.5	0.375	0.9497	0.356
480	5.49	8.0	0.400	0.9451	0.378
520	5.94	8.0	0.400	0.9406	0.376
560	6.40	7.5	0.375	0.9360	0.351
600	6.86	7.0	0.350	0.9314	0.326
640	7.31	7.0	0.350	0.9269	0.325
680	7.77	6.5	0.325	0.9223	0.300
720	8.23	6.0	0.300	0.9177	0.275
파 괴 시	5.49	8.0	0.400	0.9451	0.378

보고 :

파괴상태스케치



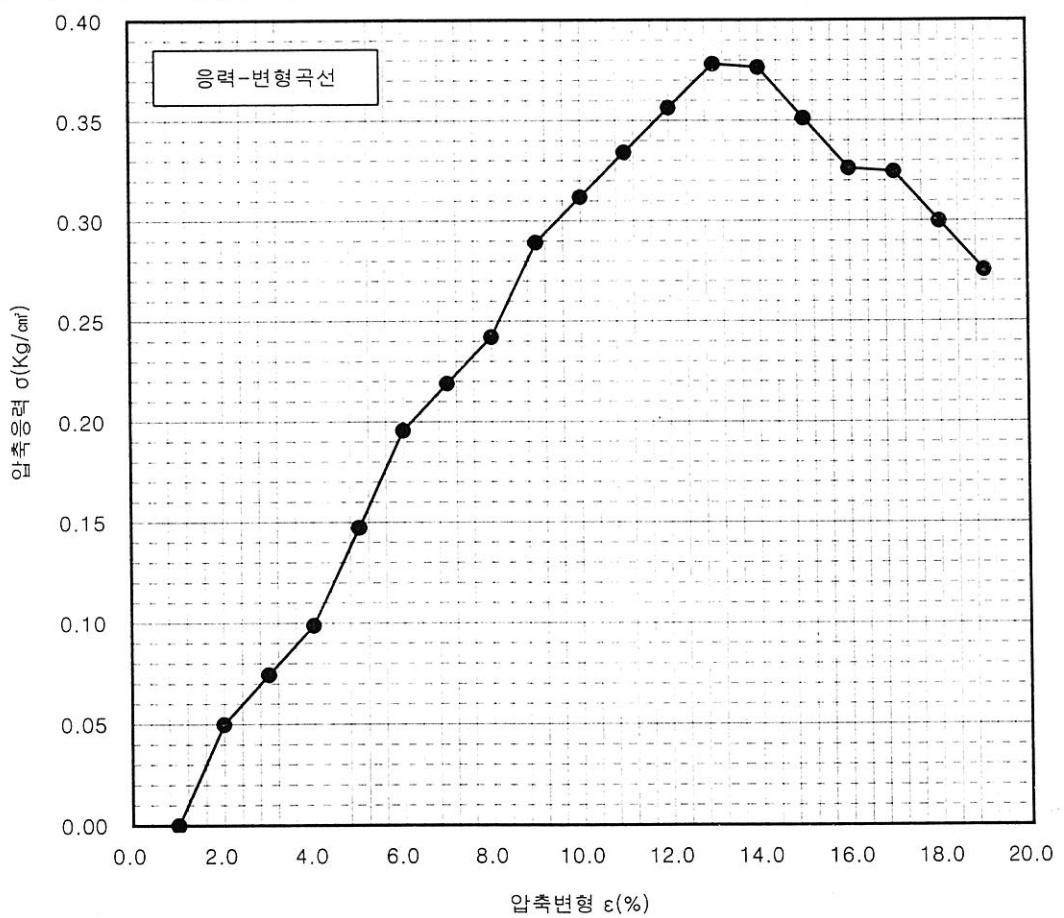
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의일축압축시험(응력-변형곡선)

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 11월 30일

Job No : 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년

공시체 No	시료의 상 태	공시체 치수		단위체적중량 γ_t (g/cm³)	함수비 ω(%)	간극비 e	포화도 Sr(%)	압축강도 qu(Kg/cm²)	파괴시의변형 ε(%)	변형계수 E50(Kg/cm²)	예민비 St
		높 이	직 경								
1	교란시료	8.75	3.50	1.80	23.65	0.53	109.77	0.378	5.49		



파괴상태 스케치
공시체 No.

파괴상태 스케치
공시체 No.

비고 :

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

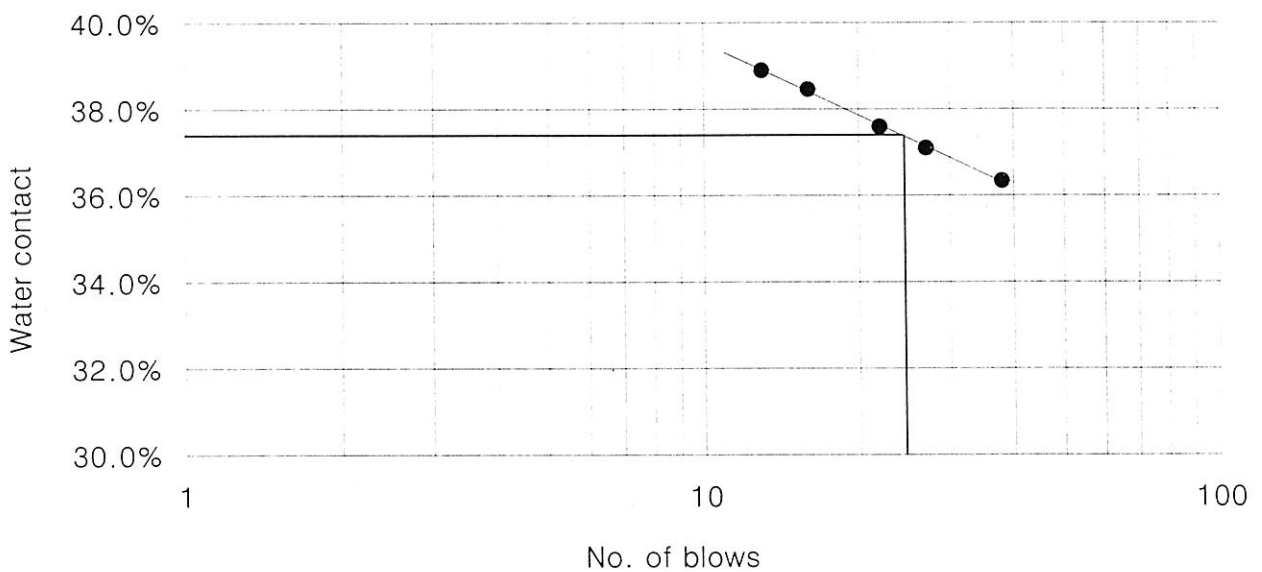
ATTERBERG LIMITS

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사　　Job No : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 11월 30일　　Tested by : 김 광 년

Liquid Limit Determination, ω_L										
Can No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wt. of wet soil + can	71.90	67.98	62.68	60.36	57.28	59.02	62.00	61.93	69.46	65.74
Wt. of dry soil + can	63.62	58.84	54.99	52.88	47.02	49.67	53.89	54.85	59.64	56.74
Wt. of can	40.87	33.65	34.28	32.70	19.78	24.75	32.76	36.48	34.40	33.60
Wt. of dry soil	22.75	25.19	20.71	20.18	27.24	24.92	21.13	18.37	25.24	23.14
Wt. of moisture	8.28	9.14	7.69	7.48	10.26	9.35	8.11	7.08	9.82	9.00
Water content, ω(%)	36.40%	36.28%	37.13%	37.07%	37.67%	37.52%	38.38%	38.54%	38.91%	38.89%
No. of blows, N	38		27		22		16		13	
Average ω (%)	36.34%		37.10%		37.59%		38.46%		38.90%	



Plastic Limit Determination, ω_p					
Can No.	A	B	C		
Wt. of wet soil + can	29.41	29.19	30.82		
Wt. of dry soil + can	28.32	27.97	29.61		
Wt. of can	24.71	24.00	25.65		
Wt. of dry soil	3.61	3.97	3.96		
Wt. of moisture	1.09	1.22	1.21		
Water content, ω(%)	30.19%	30.73%	30.56%		

Liquid Limit, ω_L	37.30%	Plastic Limit, ω_p	30.49%	Plastic index, P_I	6.81%

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체번호		시험	형식		배수조건	[압밀]·비압밀			
시료의상태			번호			등압 [급속]·등체적·완속			
공시체의	직경 cm 6.00	역계	전단	번호 No		[변형제어]·응력제어·양자사용			
	단면적 A ㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min		
	높이 ho cm 2.000		수직	번호 No	속도	변위속도	1 mm/min		
	체적 Vo ㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.1 kg/㎠		

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)						
용기번호·중량 No 61.660						수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량 g 163.40					경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량 Ws g 101.74					(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량 Wd g 82.46					0	1,870.0	0.000	0.0	0.000	865.0	0.000
함수비의 측정	No 1				10	1,850.0	0.200	10.0	0.177	862.0	0.030
	Wa 145.26	Wb	126.53		20	1,801.0	0.690	13.0	0.229	856.0	0.090
	Wb 126.53	Wc	45.31		30	1,762.0	1.080	17.0	0.300	853.0	0.120
	Ww 18.73	Ws	81.22		40	1,724.0	1.460	21.0	0.371	850.5	0.145
	ω = 23.06%				50	1,686.0	1.840	24.0	0.424	849.0	0.160
	No 2				60	1,642.0	2.280	23.0	0.406	848.0	0.170
	Wa 140.59	Wb	123.41		70	1,597.0	2.730	22.0	0.388	847.5	0.175
	Wb 123.41	Wc	51.28		80	1,553.0	3.170	21.0	0.371	847.0	0.180
	Ww 17.18	Ws	72.13		90	1,510.0	3.600	21.0	0.371	847.0	0.180
	ω = 23.82%				100	1,466.0	4.040	21.0	0.371	847.0	0.180
	No 3				110	1,420.0	4.500	22.0	0.388	846.5	0.185
	Wa 143.75	Wb	124.23		120	1,385.0	4.850	23.0	0.406	845.5	0.195
	Wb 124.23	Wc	40.35		130	1,355.0	5.150	25.0	0.441	845.0	0.200
	Ww 19.52	Ws	83.88		140	1,300.0	5.700	23.0	0.406	844.0	0.210
	ω = 23.27%				150	1,266.0	6.040	24.0	0.424	843.5	0.215
	평균함수비 ω o= 23.38%				160	1,215.0	6.550	25.0	0.441	842.5	0.225
압밀경과 (실온 17℃)					170	1,166.0	7.040	27.0	0.477	841.5	0.235
측정시간	다이얼게이지	압밀량			180	1,145.0	7.250	29.0	0.512	841.0	0.240
경과시간	읽음 1/100mm	mm			190						
0	946.0	0			200						
6"	900.0	0.460									
9	898.0	0.480									
15	897.0	0.490									
30	895.0	0.510									
1'	891.0	0.550									
2	887.0	0.590									
4	880.0	0.660									
8	865.0	0.810									
15	865.0	0.810									
30	865.0	0.810									

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

공시체번호		시험	형식		배수조건	[압밀]·비압밀			
시료의상태			번호			등압 [급속]·등체적·완속			
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호	No		[변형제어]·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.2 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660			수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	163.40		경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	101.74		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	82.23		0	1,884.0	0.000	0.0	0.000	850.5	0.000
No 1				10	1,864.0	0.200	14.0	0.247	846.0	0.045
Wa 143.78	Wb	124.56		20	1,815.0	0.690	17.0	0.300	837.0	0.135
Wb 124.56	Wc	42.12		30	1,777.0	1.070	22.0	0.388	833.0	0.175
Ww 19.22	Ws	82.44		40	1,740.0	1.440	24.0	0.424	830.0	0.205
ω = 23.31%				50	1,698.0	1.860	23.0	0.406	828.0	0.225
No 2				60	1,657.0	2.270	22.0	0.388	827.5	0.230
Wa 146.38	Wb	127.61		70	1,610.0	2.740	22.0	0.388	827.0	0.235
Wb 127.61	Wc	50.29		80	1,570.0	3.140	23.0	0.406	826.5	0.240
Ww 18.77	Ws	77.32		90	1,528.0	3.560	23.0	0.406	826.5	0.240
ω = 24.28%				100	1,487.0	3.970	24.0	0.424	826.5	0.240
No 3				110	1,454.0	4.300	25.0	0.441	826.5	0.240
Wa 141.58	Wb	123.23		120	1,400.0	4.840	25.5	0.450	826.5	0.240
Wb 123.23	Wc	45.39		130	1,360.0	5.240	26.0	0.459	826.5	0.240
Ww 18.35	Ws	77.84		140	1,318.0	5.660	25.0	0.441	827.0	0.235
ω = 23.57%				150	1,273.0	6.110	26.0	0.459	827.0	0.235
평균함수비 ω o=		23.72%		160	1,235.0	6.490	26.5	0.468	827.0	0.235
압밀경과 (실온 17℃)				170	1,192.0	6.920	28.0	0.494	827.0	0.235
측정시간	다이얼게이지	압밀량		180	1,150.0	7.340	30.0	0.530	827.0	0.235
경과시간	읽음 1/100mm	mm		190						
0	933.0	0		200						
6"	884.0	0.490								
9	881.0	0.520								
15	879.0	0.540								
30	876.0	0.570								
1'	872.0	0.610								
2	867.0	0.660								
4	860.0	0.730								
8	850.5	0.825								
15	850.5	0.825								
30	850.5	0.825								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사　　Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

공시체번호			시험	형식		배수조건	[압밀]·비압밀		
시료의상태				번호			등압 [급속]·등체적·완속		
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호	No		[변형제어]·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.4 kg/㎠

공시체의				전단과정 (실온 17 ℃)						
용기번호·중량	No	61.660		수평변위			전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	163.40		경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체 중량	Ws g	101.74		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
공시체건조중량	Wd g	82.27		0	1,872.0	0.000	0.0	0.000	769.0	0.000
No 1				10	1,855.0	0.170	16.0	0.282	767.0	0.020
Wa 142.25	Wb	123.56		20	1,817.0	0.550	21.0	0.371	758.0	0.110
Wb 123.56	Wc	43.56		30	1,782.0	0.900	26.0	0.459	754.0	0.150
Ww 18.69	Ws	80		40	1,748.0	1.240	29.0	0.512	750.0	0.190
ω = 23.36%				50	1,703.0	1.690	28.0	0.494	747.0	0.220
No 2				60	1,659.0	2.130	28.0	0.494	745.0	0.240
Wa 148.53	Wb	130.46		70	1,615.0	2.570	28.0	0.494	742.0	0.270
Wb 130.46	Wc	47.63		80	1,573.0	2.990	28.0	0.494	740.0	0.290
Ww 18.07	Ws	82.83		90	1,535.0	3.370	28.5	0.503	737.0	0.320
ω = 21.82%				100	1,497.0	3.750	29.0	0.512	733.0	0.360
No 3				110	1,453.0	4.190	30.0	0.530	731.0	0.380
Wa 148.64	Wb	126.86		120	1,401.0	4.710	32.0	0.565	727.0	0.420
Wb 126.86	Wc	42.52		130	1,360.0	5.120	32.0	0.565	726.0	0.430
Ww 21.78	Ws	84.34		140	1,312.0	5.600	32.0	0.565	724.5	0.445
ω = 25.82%				150	1,267.0	6.050	33.0	0.582	724.0	0.450
평균함수비 ω o=		23.67%		160	1,224.0	6.480	34.0	0.600	723.0	0.460
압밀경과 (실온 17℃)				170	1,177.0	6.950	35.0	0.618	723.0	0.460
측정시간	다이얼게이지	압밀량		180	1,158.0	7.140	36.0	0.635	723.0	0.460
경과시간	읽음 1/100mm	mm		190						
0	930.0	0		200						
6"	819.0	1.110								
9	816.0	1.140								
15	813.0	1.170								
30	807.0	1.230								
1'	799.0	1.310								
2	791.0	1.390								
4	781.0	1.490								
8	769.0	1.610								
15	769.0	1.610								
30	769.0	1.610								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체 번호			시험	형 식		배수조건	[압밀]·비압밀		
시료의 상태				번 호			등압 [급속]·등체적·완속		
공시체의	직 경	cm 6.00	역계	전단	번 호 No		[변형제어]·응력제어·양자사용		
	단 면 적 A	㎠ 28.26			보정계수 0.4988kg/1/100mm		방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높 이 ho	cm 2.000		수직	번 호 No		속도	변 위 속 도	1 mm/min
	체 적 Vo	㎤ 56.52			보정계수 kg/㎠/1/100mm			수직하중 σc	0.8 kg/㎠

공시체의					전 단 과 정 (실 온 17 ℃)						
용기번호·중량	No	61.660			수 평 변 위		전 단 응 력		수직변위 또는 수직응력		
용기+공시체중량	g	163.40									
공시체 중량	Ws g	101.74		경과시간	다이얼게이지	변 위	다이얼게이지	응 력	다이얼게이지	수직변위	
공시체건조중량	Wd g	82.30		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm	
No 1				0	1,867.0	0.000	0.0	0.000	689.0	0.000	
Wa	143.28	Wb	124.53	10	1,850.0	0.170	22.0	0.388	686.0	0.030	
Wb	124.53	Wc	42.13	20	1,812.0	0.550	29.0	0.512	680.0	0.090	
Ww	18.75	Ws	82.4	30	1,776.0	0.910	34.0	0.600	677.0	0.120	
ω =	22.75%			40	1,732.0	1.350	37.0	0.653	674.0	0.150	
No 2				50	1,682.0	1.850	37.0	0.653	670.5	0.185	
Wa	146.37	Wb	127.45	60	1,633.0	2.340	38.0	0.671	668.0	0.210	
Wb	127.45	Wc	48.67	70	1,585.0	2.820	39.0	0.688	666.0	0.230	
Ww	18.92	Ws	78.78	80	1,539.0	3.280	40.0	0.706	665.0	0.240	
ω =	24.02%			90	1,491.0	3.760	40.5	0.715	664.0	0.250	
No 3				100	1,439.0	4.280	42.0	0.741	662.5	0.265	
Wa	137.69	Wb	119.15	110	1,390.0	4.770	42.0	0.741	660.5	0.285	
Wb	119.15	Wc	42.15	120	1,338.0	5.290	41.0	0.724	657.0	0.320	
Ww	18.54	Ws	77	130	1,290.0	5.770	41.0	0.724	653.5	0.355	
ω =	24.08%			140	1,241.0	6.260	41.5	0.732	649.5	0.395	
평균함수비 ω o=		23.62%		150	1,195.0	6.720	43.0	0.759	648.5	0.405	
압 밀 경 과 (실온 17℃)				160	1,172.0	6.950	44.0	0.777	648.5	0.405	
측정시간	다이얼게이지	압 밀 량		170							
경과시간	읽음 1/100mm	mm		180							
0	965.0	0		190							
6"	730.0	2.350		200							
9	727.0	2.380									
15	724.0	2.410									
30	721.0	2.440									
1'	716.0	2.490									
2	709.0	2.560									
4	700.0	2.650									
8	689.0	2.760									
15	689.0	2.760									
30	689.0	2.760									

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체번호				시험	형식			배수조건	[압밀]·비압밀		
시료의상태					번호				등압 [급속]·등체적·완속		
공시체의	직경	cm	6.00	역계	전단	번호	No		[변형제어]·응력제어·양자사용		
	단면적 A	㎠	28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm		방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm	2.000		수직	번호	No		속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤	56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm			수직하중 σc	1.6 kg/㎠

공시체의			전단과정 (실온 17 ℃)							
용기번호·중량 No	61.660		수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력			
용기+공시체중량 g	163.40	경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위		
공시체 중량 Ws g	101.74	(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm		
공시체건조중량 Wd g	82.14	0	1,874.0	0.000	0.0	0.000	646.0	0.000		
No 1		10	1,859.0	0.150	30.0	0.530	644.0	0.020		
Wa 146.28	Wb 126.53	20	1,819.0	0.550	39.0	0.688	640.0	0.060		
Wb 126.53	Wc 42.57	30	1,780.0	0.940	46.0	0.812	637.0	0.090		
Ww 19.75	Ws 83.96	40	1,740.0	1.340	53.0	0.935	635.0	0.110		
ω = 23.52%		50	1,698.0	1.760	57.0	1.006	633.0	0.130		
No 2		60	1,643.0	2.310	60.0	1.059	630.0	0.160		
Wa 142.96	Wb 125.63	70	1,595.0	2.790	59.0	1.041	620.0	0.260		
Wb 125.63	Wc 48.85	80	1,546.0	3.280	61.0	1.077	616.0	0.300		
Ww 17.33	Ws 76.78	90	1,499.0	3.750	63.0	1.112	615.0	0.310		
ω = 22.57%		100	1,452.0	4.220	64.5	1.138	615.0	0.310		
No 3		110	1,406.0	4.680	66.0	1.165	615.0	0.310		
Wa 144.63	Wb 124.93	120	1,354.0	5.200	67.0	1.183	614.7	0.313		
Wb 124.93	Wc 47.64	130	1,305.0	5.690	66.5	1.174	614.5	0.315		
Ww 19.7	Ws 77.29	140	1,254.0	6.200	67.0	1.183	614.0	0.320		
ω = 25.49%		150	1,203.0	6.710	67.0	1.183	614.0	0.320		
평균함수비 ω o= 23.86%		160	1,179.0	6.950	67.0	1.183	614.0	0.320		

함수비의 측정

압밀경과 (실온 17℃)

측정시간	다이얼게이지	압밀량
경과시간	읽음 1/100mm	mm
0	955.0	0
6"	716.0	2.390
9	710.0	2.450
15	706.0	2.490
30	699.0	2.560
1'	688.0	2.670
2	674.5	2.805
4	661.0	2.940
8	646.0	3.090
15	646.0	3.090
30	646.0	3.090

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

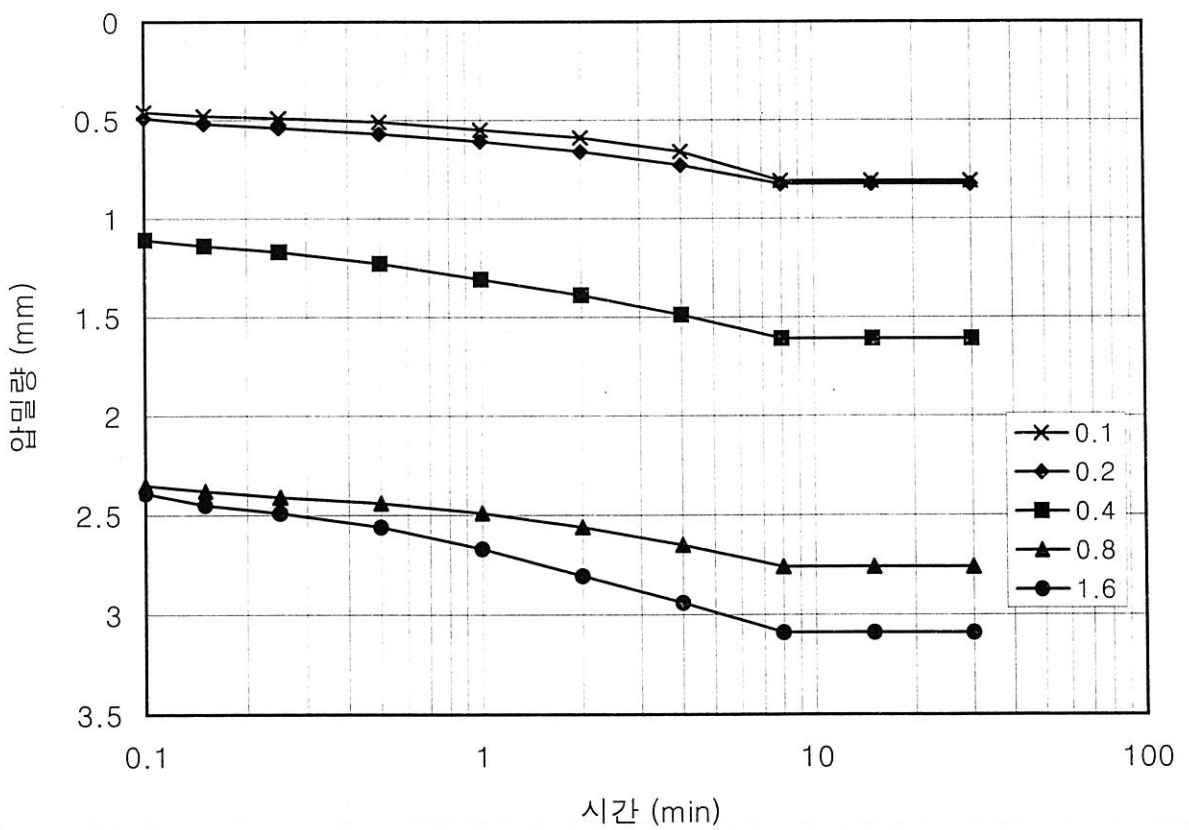
일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 12월 1일

Job No.: 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년

흙의성질	토 질 명 칭		시험기	형 식				
	흙입자비중 Gs	2.460		전 단 상 자	직 경 cm	6.00		
	74μ체통과량 %	33.97			단면적 A ㎠	28.26		
					상	이동, 고정, [반고정], 자유		
					하	[이동] 고정, 반고정, 자유		
	공 시 체 번 호		1	2	3	4	5	
	수직하중 σc kg/㎠		0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	
초기상태	시 료 의 상 태							
	높 이 ho cm		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
	건 조 중 량 Wd g		82.46	82.23	82.27	82.30	82.14	
	실질부높이 hs cm		1.19	1.18	1.18	1.18	1.18	
	간 극 비 eo		0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	
	함 수 비 ωo %		23.38	23.72	23.67	23.62	23.86	
	포 화 도 Sr %		0.84	0.84	0.84	0.84	0.85	
압밀중	압 밀 시 간 tc min		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	
	압밀후의높이 hc cm		1.919	1.918	1.839	1.724	1.691	
	압밀후의간극비 ec		0.62	0.62	0.55	0.46	0.43	

시간 – 압밀량 곡선



SOIL MECHANICS LABORATORY

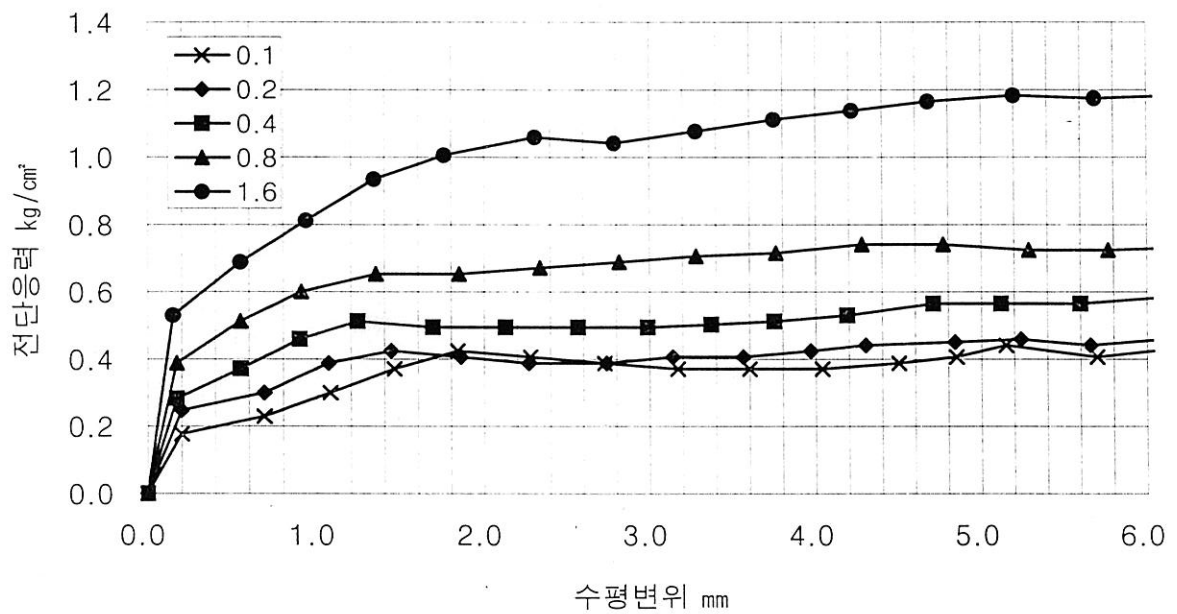
일면전단시험(UU·CU·CD)

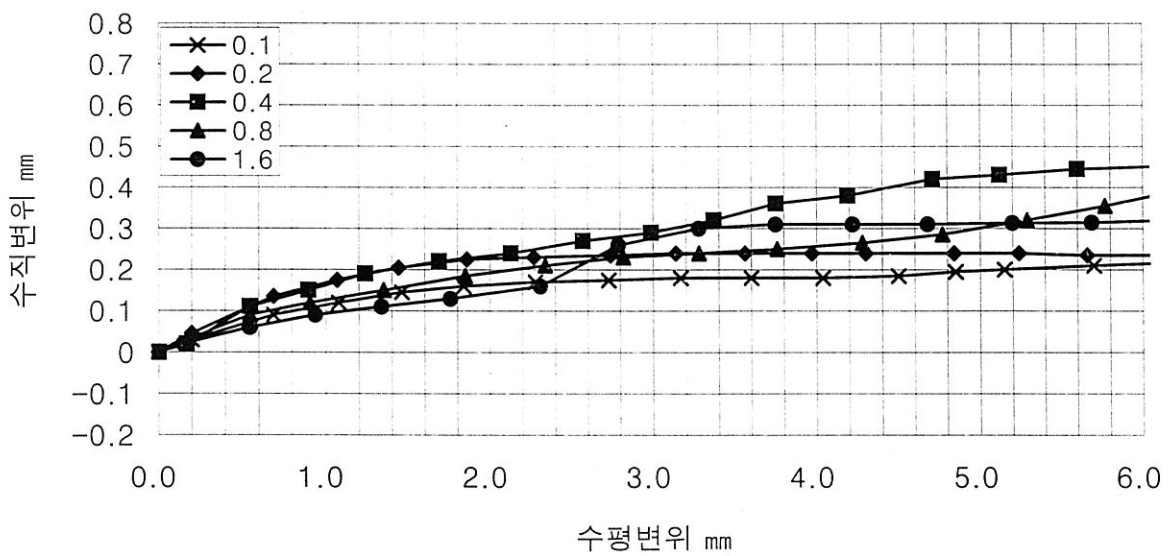
Project : 범물동~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수직하중 σ c kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
피크시	τ f kg/㎠	0.512	0.530	0.635	0.777	1.183
	수평변위 D mm	7.250	7.340	7.140	6.950	6.200
	소요시간 sec	180	180	180	160	140





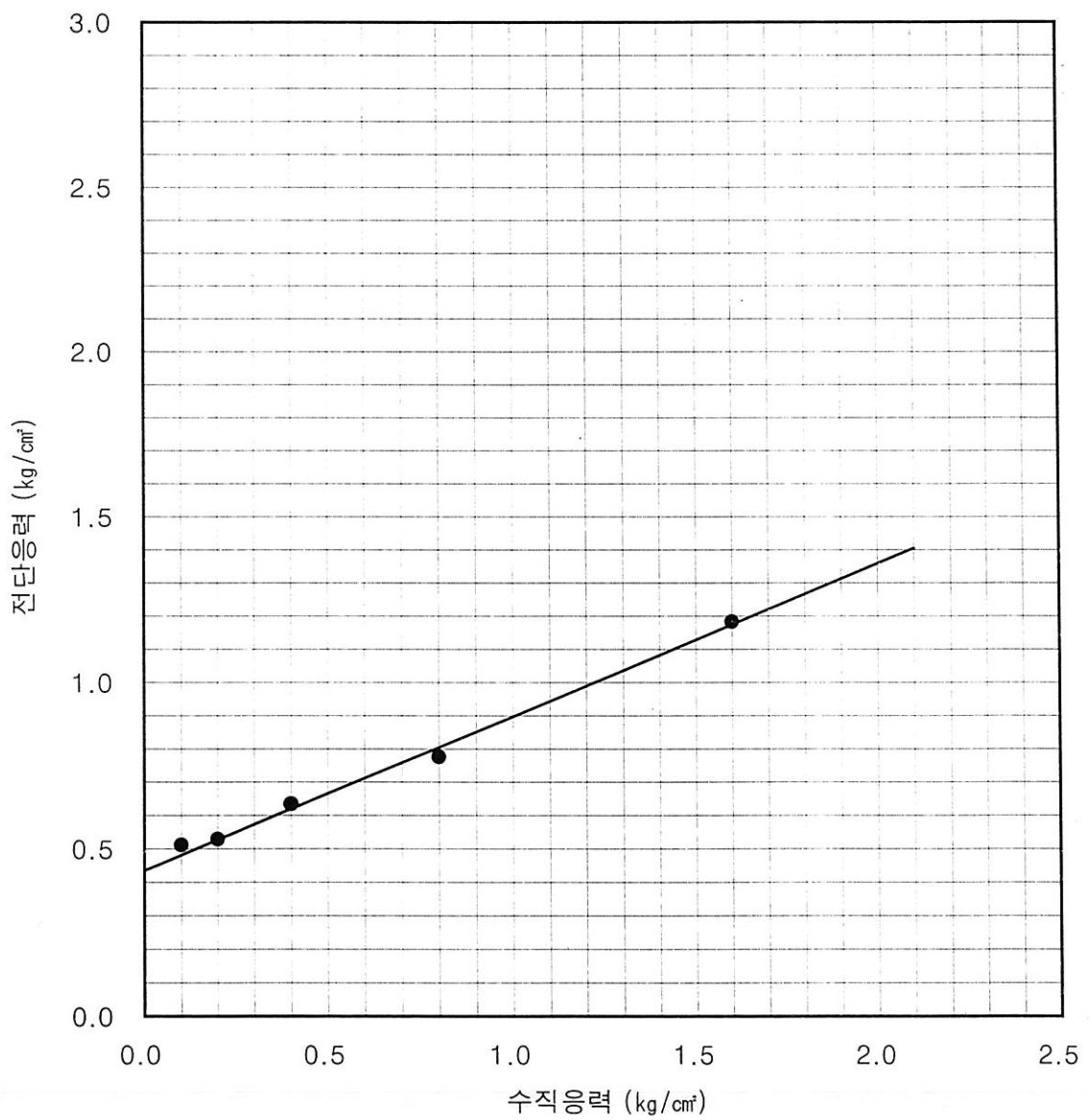
일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물동~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 1

Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

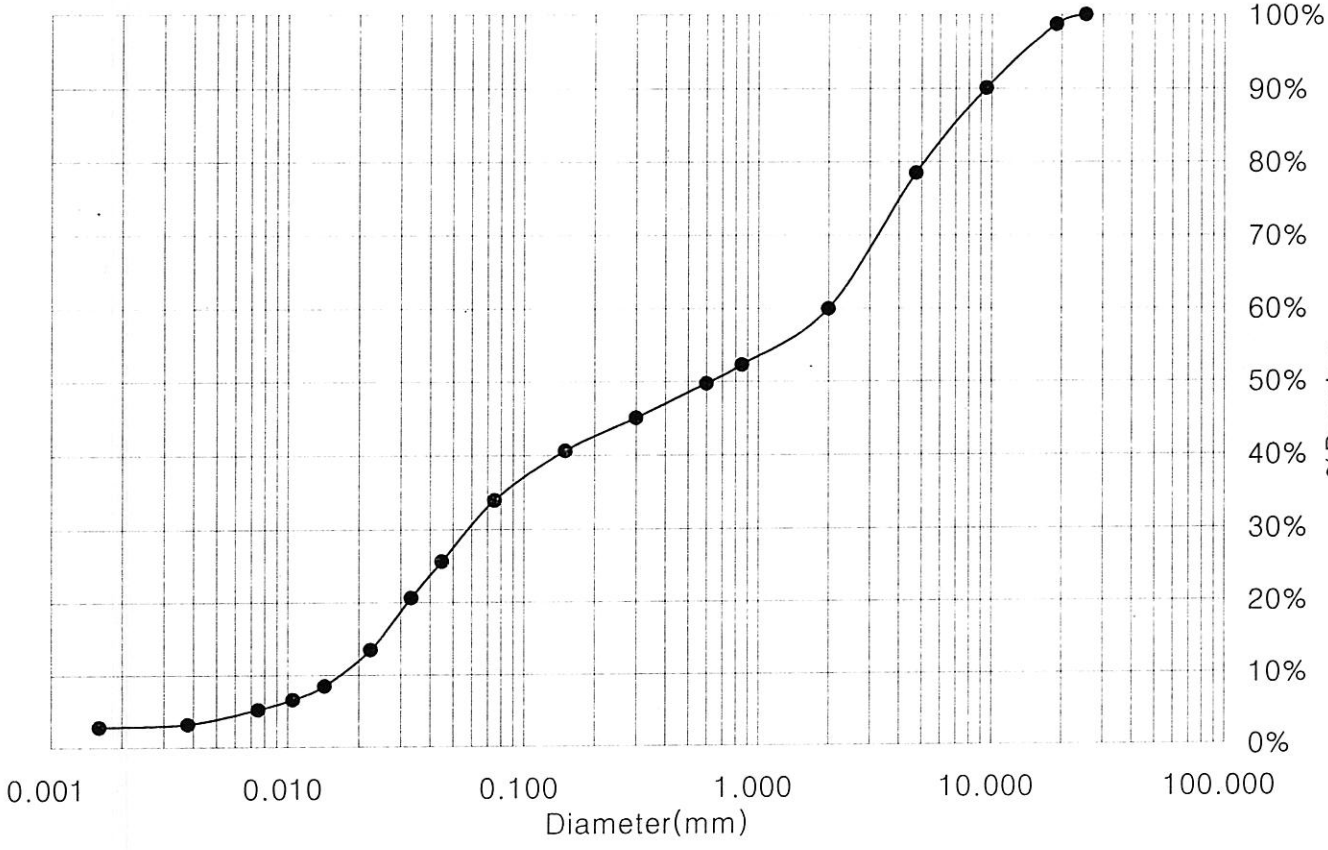
	강 도 정 수	c (kg/㎠)	Φ (도)	tan Φ
응력 범위	정규압밀영역	0.43	25 ° 01 '	0.4667
	과압밀영역			



GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : 범물동~고산국도간 도로건설공사 Job No. : 사면 1 Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동

Description of Soil : SC~ML Date of Testing : 1999년 11월 29 Tested by : 김 광 년



#200 Passing	33.97%
#4 Passing	78.45%
D_{10}	0.016mm
Cu	125.00
Cc	0.145
Classification	SC~ML

Silt or Clay	Sand			Gravel	
	Fine	Medium	Coarse	Fine	Coarse

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의 No.200 체 통과량 시험

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동
Date of Testing : 1999년 11월 30일

Job No : 사면 1
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년

공기건조시료의 함수비											평균 함수비
시료번호 1 (g)				시료번호 2 (g)				시료번호 3 (g)			
Wa	191.20	Wb	163	Wa	223.60	Wb	189.3	Wa	235.20	Wb	202.3	23.65%
Wb	163	Wc	45.27	Wb	189.3	Wc	46.65	Wb	202.3	Wc	59.07	
Ww	28.16	Ws	117.8	Ww	34.29	Ws	142.7	Ww	32.93	Ws	143.20	
ω	23.91 %			ω	24.04 %			ω	23.00 %			

*참고
Wa : (습윤시료+용기)무게
Wb : (노건조 시료+용기)무게
Wc : 용기의 무게
Ww : 물의 무게
Ws : 흙 시료의 무게
ω(%) : 함수비(=Ww / Ws ×100)

시 험 번 호			1	2
용 기 번 호			A	B
(공기건조시료+용기)무게		g	2,237.60	2,239.90
용 기 무 게		g	737.60	739.90
공기 건조시료 무게	Wa	g	1,500.00	1,500.00
공기 건조시료의 함수비	ω	%	23.65	23.65
노건조 시료의 무게	Wo	g	1,213.12	1,213.12
No.200체 잔류 무게	Wp	g	929.63	931.78
No.200체 통과율	Pr	%	23.37	23.19
평균 No.200체 통과율		%	23.28 %	

*참고 $Wo = Wa / (1+\omega/100)$ $Pr = ((Wo-Wp) / Wo)\times 100$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

現場에서의 흙의 單位體積重量試驗(모래置換法)

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사 | Jab No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 11월 29일 | Tested by : 김 광 년

시험용사의 단위체적중량 γ_s = 1.451 g/㎤ | 깔대를 가득 채우는데 필요한 모래의 중량 W_6 = 1,393 g

		No. 4	No.	No.
시험공번호				
용기번호		D		
(시험공에서 파낸 흙 + 용기)중량	g	2789.6		
용기의 중량	g	421.4		
시험공에서 파낸흙의 전중량 W_7	g	2368.3		
시험공에서 파낸흙의 노건조중량 W_0	g	2042.8		
흙의 최대입경	mm	25		
용기와피크노미터에모래를채울때의중량 W_3	g	6101.6		
측정기와 남은 모래와의 중량 W_8	g	2807.3		
시험공 및 깔대에 들어간 모래의 중량 W_9	g	3294.3		
시험공에들어간모래의중량 $W_{10}=W_9-W_6$	g	1901.3		
시험공의 체적 V_0	㎤	1310.3		
흙의 습윤단위 체적중량 γ_t	g/㎤	1.81		
흙의 건조단위 체적중량 γ_d	g/㎤	1.49		

조사지점의 약도, 원지반의상태

	No.1				No. 2				No. 3			
W_a	205.82	W_b	179.33	W_a	215.69	W_b	186.32	W_a	210.32	W_b	183.21
W_b	179.33	W_c	55.64	W_b	186.32	W_c	46.93	W_b	183.21	W_c	49.65
W_w	26.49	W_s	123.69	W_w	29.37	W_s	139.39	W_w	27.11	W_s	133.56
ω =	21.42%			ω =	21.07%			ω =	20.30%		
	No.				No.				No.		
W_a		W_b		W_a		W_b		W_a		W_b	
W_b		W_c		W_b		W_c		W_b		W_c	
W_w		W_s		W_w		W_s		W_w		W_s	

시험공의 스케치

ω =	ω =	ω =

평 균 치			
흙의습윤단위체적중량	γ_t=	1.81	g/㎤
흙의건조단위체적중량	γ_d=	1.49	g/㎤
함 수 비	ω =	20.93	%
최 대 입 경		25	mm

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD

SPECIFIC GRAVITY OF A SOIL

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 11월 29일　　Tested by : 김 광 년

Test No.	10	11	12		
Vol. of flask (cc)	98.39	91.55	93.21		
Wt. flask, Wf (g)	53.70	58.12	55.25		
Wt. flask + water, Wa' (g)	152.09	149.67	148.46		
Temperatuture at Wa', T' (℃)	15	15	15		
Modified Wa' at T, Wa (g)	152.01	149.59	148.39		
Wt. flask + water + soil, Wb (g)	160.94	158.63	157.49		
Temperatuture at Wb, T (℃)	18	18	18		
Evap. dish No.	10	11	12		
Wt. evap. dish + dry soil (g)	210.68	208.54	206.64		
Wt. of evap. dish (g)	195.68	193.54	191.64		
Wt. of dry soil, Ws (g)	15.00	15.00	15.00		
Gs at T℃	2.470	2.515	2.544		
Gs at 15℃	2.469	2.514	2.543		
Avg. Gs	2.51				

Remark:보정계수K= 0.9995

흙의 일축압축시험

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동
Date of Testing : 1999년 11월 30일
압축속도 : 1.0 %/분

Job No : 사면 2
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년
보정계수 : 0.481 kg/(1/100) mm

높 이 Lv (cm)	8.75
직경 상	3.50
직경 중	3.50
직경 하	3.50
평균직경	3.50
단면적 Ao (㎠)	9.62
체적 V(㎤)	84.14
습윤중량 W(g)	152.11
단위체적중량 γ_t	1.81

No. 1			
Wa	205.82	Wb	179.33
Wb	179.33	Wc	55.64
Ww	26.49	Ws	123.69
ω = 21.42%			

No. 2			
Wa	215.69	Wb	186.32
Wb	186.32	Wc	46.93
Ww	29.37	Ws	139.39
ω = 21.07%			

No. 3			
Wa	210.32	Wb	183.21
Wb	183.21	Wc	49.65
Ww	27.11	Ws	133.56
ω = 20.30%			

Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

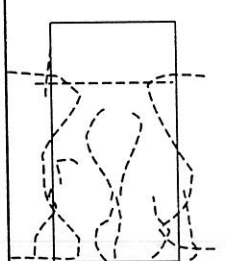
Wa		Wb	
Wb		Wc	
Ww		Ws	
ω=			

평균함수비	ω = 20.93%

압축변위 (1/100mm)	압축변형 ε (%)	역계의읽음 (1/100mm)	P (Kg/㎠)	단면보정 1-(ε/100)	σ=p(1-ε/100) (Kg/㎠)
0	0	0.0	0	0	0
40	0.46	0.5	0.025	0.9954	0.025
80	0.91	0.7	0.035	0.9909	0.035
120	1.37	1.0	0.050	0.9863	0.049
160	1.83	1.5	0.075	0.9817	0.074
200	2.29	2.0	0.100	0.9771	0.098
240	2.74	2.5	0.125	0.9726	0.122
280	3.20	3.0	0.150	0.9680	0.145
320	3.66	3.5	0.175	0.9634	0.169
360	4.11	4.0	0.200	0.9589	0.192
400	4.57	4.5	0.225	0.9543	0.215
440	5.03	5.0	0.250	0.9497	0.238
480	5.49	5.5	0.275	0.9451	0.260
520	5.94	5.5	0.275	0.9406	0.259
560	6.40	5.0	0.250	0.9360	0.234
600	6.86	5.0	0.250	0.9314	0.233
640	7.31	4.5	0.225	0.9269	0.209
680	7.77	4.0	0.200	0.9223	0.185
720	8.23	3.8	0.190	0.9177	0.174
파 괴 시	5.49	5.5	0.275	0.9451	0.260

보고 :

파괴상태스케치

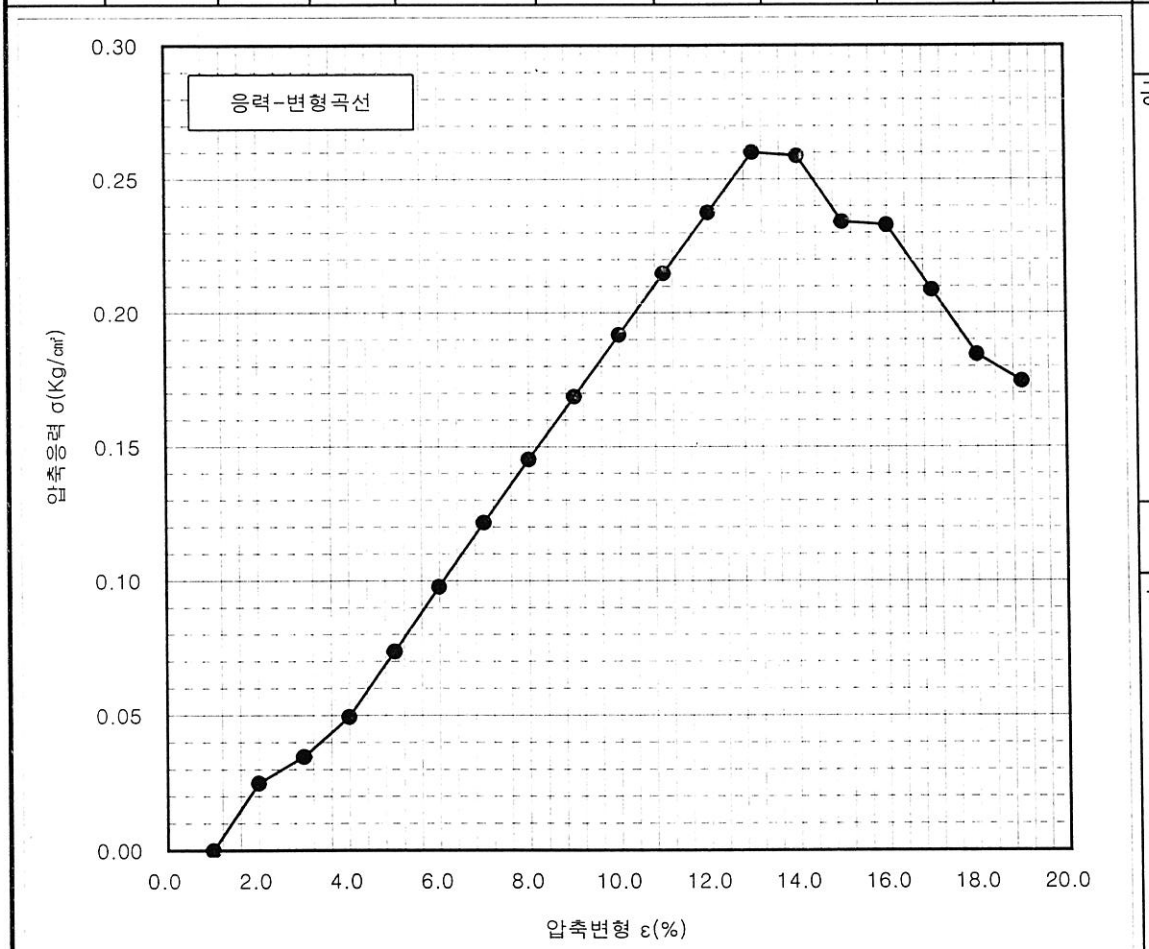


CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의일축압축시험(응력-변형곡선)

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사
Job No : 사면 2
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동
Description of Soil : SC~ML
Date of Testing : 1999년 11월 30일
Tested by : 김 광 년

공시체 No	시료의 상 태	공시체 치수		단위체적중량 γ_t (g/㎤)	함수비 ω(%)	간극비 e	포화도 Sr(%)	압축강도 qu(Kg/㎠)	파괴시의변형 ε(%)	변형계수 E50(Kg/㎠)	예민비 St
		높 이	직 경								
1	교란시료	8.75	3.50	1.81	20.93	0.69	76.44	0.260	5.49		



파괴상태 스케치
공시체 No.

파괴상태 스케치
공시체 No.

비고 :

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

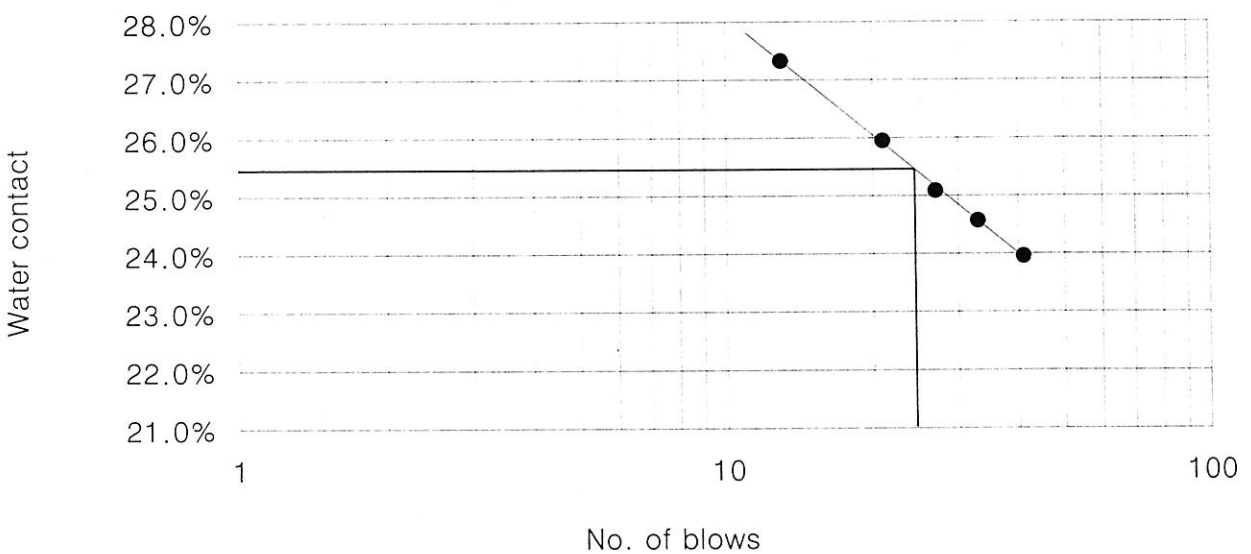
ATTERBERG LIMITS

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사　　Job No : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 11월 30일　　Tested by : 김 광 년

Liquid Limit Determination, ω_L										
Can No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wt. of wet soil + can	44.28	60.08	61.56	54.87	60.88	63.28	69.45	64.72	63.61	59.89
Wt. of dry soil + can	41.75	55.42	55.95	50.08	55.19	57.42	62.52	58.31	57.48	55.45
Wt. of can	31.23	35.89	33.14	30.57	32.69	33.87	35.64	33.77	35.08	39.18
Wt. of dry soil	10.52	19.53	22.81	19.51	22.50	23.55	26.88	24.54	22.40	16.27
Wt. of moisture	2.53	4.66	5.61	4.79	5.69	5.86	6.93	6.41	6.13	4.44
Water content, ω(%)	24.05%	23.86%	24.59%	24.55%	25.29%	24.88%	25.78%	26.12%	27.37%	27.29%
No. of blows, N	41		33		27		21		13	
Average ω (%)	23.96%		24.57%		25.09%		25.95%		27.33%	



Plastic Limit Determination, ω_p					
Can No.	A	B	C		
Wt. of wet soil + can	23.54	24.68	25.12		
Wt. of dry soil + can	22.75	24.03	24.30		
Wt. of can	19.38	21.24	20.72		
Wt. of dry soil	3.37	2.79	3.58		
Wt. of moisture	0.79	0.65	0.82		
Water content, ω(%)	23.44%	23.30%	22.91%		

Liquid Limit, ω_L	25.50%	Plastic Limit, ω_p	23.21%	Plastic index, P_I	2.29%

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체	공시체 번호			시험	형식			배수조건	(압밀)·비압밀
	시료의 상태				번호				등압 (급속)·등체적·완속
	직경	cm	6.00	역계	전단	번호	No		(변형제어)·응력제어·양자사용
	단면적 A	㎠	28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도 kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm	2.000		수직	번호	No	속도	변위속도 1 mm/min
	체적 Vo	㎤	56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc 0.1 kg/㎠

공시체					전단과정 (실온 17 ℃)					
용기번호·중량	No	61.660			수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
용기+공시체중량	g	163.96								
공시체 중량	Ws g	102.30	경과시간		다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
공시체건조중량	Wd g	84.55	(sec)		읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
No 1			0		1,740.0	0.000	0.0	0.000	764.0	0.000
Wa 142.18	Wb	124.41	10		1,705.0	0.350	10.0	0.177	760.0	0.040
Wb 124.41	Wc	42.18	20		1,677.0	0.630	13.0	0.229	757.0	0.070
Ww 17.77	Ws	82.23	30		1,637.0	1.030	17.0	0.300	754.0	0.100
ω = 21.61%			40		1,606.0	1.340	19.0	0.335	752.0	0.120
No 2			50		1,575.0	1.650	21.0	0.371	751.0	0.130
Wa 148.67	Wb	132.33	60		1,534.0	2.060	21.0	0.371	750.0	0.140
Wb 132.33	Wc	48.27	70		1,499.0	2.410	22.0	0.388	749.0	0.150
Ww 16.34	Ws	84.06	80		1,462.0	2.780	22.0	0.388	748.0	0.160
ω = 19.44%			90		1,424.0	3.160	23.0	0.406	747.0	0.170
No 3			100		1,386.0	3.540	23.0	0.406	746.0	0.180
Wa 145.53	Wb	126.87	110		1,358.0	3.820	23.5	0.415	746.0	0.180
Wb 126.87	Wc	41.85	120		1,324.0	4.160	23.5	0.415	745.0	0.190
Ww 18.66	Ws	85.02	130		1,297.0	4.430	24.0	0.424	745.0	0.190
ω = 21.95%			140		1,263.0	4.770	24.0	0.424	744.0	0.200
평균함수비 ω o=		21.00%	150		1,225.0	5.150	24.5	0.432	743.0	0.210
압밀경과 (실온 17℃)			160		1,189.0	5.510	24.5	0.432	742.5	0.215
측정시간	다이얼게이지	압밀량	170		1,157.0	5.830	25.0	0.441	742.5	0.215
경과시간	읽음 1/100mm	mm	180		1,124.0	6.160	25.5	0.450	742.0	0.220
0	837.0	0	190							
6"	794.0	0.430	200							
9	792.0	0.450								
15	790.0	0.470								
30	788.0	0.490								
1'	787.0	0.500								
2	783.0	0.540								
4	779.0	0.580								
8	764.0	0.730								
15	764.0	0.730								
30	764.0	0.730								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체의	공시체번호		시험	형식		배수조건	(압밀)·비압밀		
	시료의상태			번호			등압 (급속)·등체적·완속		
	직경 cm	6.00	역계	전단	번호	No		변형제어·응력제어·양자사용	
	단면적 A ㎠	28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho cm	2.000		수직	번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo ㎤	56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.2 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)						
	용기번호·중량 No	61.660			수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력	
	용기+공시체중량 g	163.96		경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위
	공시체 중량 Ws g	102.30		(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm
	공시체건조중량 Wd g	84.60		0	1,893.0	0.000	0.0	0.000	848.0	0.000
함수비의측정	No 1			10	1,863.0	0.300	14.0	0.247	844.0	0.040
	Wa 145.66 Wb	127.58		20	1,812.0	0.810	17.0	0.300	837.0	0.110
	Wb 127.58 Wc	41.35		30	1,775.0	1.180	19.0	0.335	833.0	0.150
	Ww 18.08 Ws	86.23		40	1,737.0	1.560	20.0	0.353	830.0	0.180
	ω = 20.97%			50	1,694.0	1.990	21.0	0.371	828.0	0.200
	No 2			60	1,655.0	2.380	22.0	0.388	827.5	0.205
	Wa 148.67 Wb	130.74		70	1,609.0	2.840	22.0	0.388	827.0	0.210
	Wb 130.74 Wc	48.51		80	1,572.0	3.210	23.0	0.406	827.0	0.210
	Ww 17.93 Ws	82.23		90	1,533.0	3.600	23.0	0.406	826.0	0.220
	ω = 21.80%			100	1,489.0	4.040	25.0	0.441	825.0	0.230
	No 3			110	1,457.0	4.360	27.0	0.477	825.0	0.230
	Wa 150.23 Wb	132.46		120	1,411.0	4.820	26.0	0.459	824.0	0.240
	Wb 132.46 Wc	43.55		130	1,367.0	5.260	27.0	0.477	824.0	0.240
	Ww 17.77 Ws	88.91		140	1,325.0	5.680	28.0	0.494	824.0	0.240
	ω = 19.99%			150	1,271.0	6.220	28.0	0.494	823.5	0.245
	평균함수비 ω o=	20.92%		160	1,256.0	6.370	28.5	0.503	823.5	0.245
	압밀경과 (실온 17℃)			170	1,236.0	6.570	28.9	0.510	823.0	0.250
측정시간	다이얼게이지	압밀량		180						
경과시간	읽음 1/100mm	mm		190						
0	923.0	0		200						
6"	878.0	0.450								
9	876.0	0.470								
15	874.0	0.490								
30	871.0	0.520								
1'	866.0	0.570								
2	863.0	0.600								
4	859.0	0.640								
8	848.0	0.750								
15	848.0	0.750								
30	848.0	0.750								

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체번호			시험	형식			배수조건	압밀·비압밀	
시료의상태				번호				등압 급속·등체적·완속	
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호	No		변형제어·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	0.4 kg/㎠

공시체의		
용기번호·중량	No	61.660
용기+공시체중량	g	163.96
공시체 중량	Ws g	102.30
공시체건조중량	Wd g	84.63

함수비의측정				
No 1				
Wa	141.83	Wb	124.57	
Wb	124.57	Wc	44.12	
Ww	17.26	Ws	80.45	
ω =	21.45%			
No 2				
Wa	142.57	Wb	124.52	
Wb	124.52	Wc	41.58	
Ww	18.05	Ws	82.94	
ω =	21.76%			
No 3				
Wa	145.62	Wb	129.21	
Wb	129.21	Wc	44.68	
Ww	16.41	Ws	84.53	
ω =	19.41%			
평균함수비 ω o=	20.88%			

전 단 과 정 (실온 17 ℃)

경과시간 (sec)	수평변위 다이얼게이지 읽음 1/100mm	수평변위 변위 mm	전단응력 다이얼게이지 읽음 1/100mm	전단응력 응력 kg/㎠	수직변위 또는 수직응력 다이얼게이지 읽음 1/100mm	수직변위 또는 수직응력 수직변위 mm
0	1,874.0	0.000	0.0	0.000	787.0	0.000
10	1,856.0	0.180	16.0	0.282	784.0	0.030
20	1,818.0	0.560	21.0	0.371	776.0	0.110
30	1,783.0	0.910	25.0	0.441	772.0	0.150
40	1,747.0	1.270	26.0	0.459	768.0	0.190
50	1,705.0	1.690	27.0	0.477	766.0	0.210
60	1,660.0	2.140	27.0	0.477	763.0	0.240
70	1,617.0	2.570	28.0	0.494	760.0	0.270
80	1,575.0	2.990	28.0	0.494	758.0	0.290
90	1,533.0	3.410	28.5	0.503	755.0	0.320
100	1,495.0	3.790	29.0	0.512	753.0	0.340
110	1,455.0	4.190	30.0	0.530	751.0	0.360
120	1,404.0	4.700	32.0	0.565	749.0	0.380
130	1,362.0	5.120	33.0	0.582	748.0	0.390
140	1,318.0	5.560	34.0	0.600	747.0	0.400
150	1,267.0	6.070	35.0	0.618	745.5	0.415
160	1,224.0	6.500	35.2	0.621	745.0	0.420
170						
180						
190						
200						

압밀경과 (실온 17℃)

측정시간 경과시간	다이얼게이지 읽음 1/100mm	압밀량 mm
0	924.0	0
6"	820.0	1.040
9	817.0	1.070
15	814.0	1.100
30	811.0	1.130
1'	805.0	1.190
2	796.0	1.280
4	791.0	1.330
8	787.0	1.370
15	787.0	1.370
30	787.0	1.370

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사 | Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 | Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 | Tested by : 김 광 년

공시체의	공시체번호			시험	형식		배수조건	(압밀)·비압밀	
	시료의상태				번호			등압 (급속)·등체적·완속	
	직경	cm	6.00	역계	전단	번호	No	(변형제어)·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠	28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도 kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm	2.000		수직	번호	No	속도	변위속도 1 mm/min
	체적 Vo	㎠	56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc 0.8 kg/㎠

공시체의					전단과정 (실온 17 ℃)						
	용기번호·중량	No	61.660		수평변위		전단응력		수직변위 또는 수직응력		
	용기+공시체중량	g	163.96								
	공시체 중량	Ws g	102.30	경과시간	다이얼게이지	변위	다이얼게이지	응력	다이얼게이지	수직변위	
	공시체건조중량	Wd g	84.64	(sec)	읽음 1/100mm	mm	읽음 1/100mm	kg/㎠	읽음 1/100mm	mm	
함수비의측정	No 1			0	1,849.0	0.000	0.0	0.000	695.0	0.000	
	Wa 145.28	Wb	127.82	10	1,816.0	0.330	22.0	0.388	692.0	0.030	
	Wb 127.82	Wc	44.13	20	1,776.0	0.730	29.0	0.512	689.0	0.060	
	Ww 17.46	Ws	83.69	30	1,733.0	1.160	34.0	0.600	684.0	0.110	
	ω = 20.86%			40	1,689.0	1.600	35.0	0.618	681.0	0.140	
	No 2			50	1,647.0	2.020	35.0	0.618	677.0	0.180	
	Wa 148.76	Wb	129.75	60	1,604.0	2.450	36.0	0.635	675.0	0.200	
	Wb 129.75	Wc	43.17	70	1,569.0	2.800	36.0	0.635	673.0	0.220	
	Ww 19.01	Ws	86.58	80	1,527.0	3.220	36.5	0.644	671.0	0.240	
	ω = 21.96%			90	1,488.0	3.610	36.5	0.644	669.0	0.260	
	No 3			100	1,452.0	3.970	37.0	0.653	667.0	0.280	
	Wa 148.59	Wb	130.75	110	1,413.0	4.360	37.0	0.653	665.0	0.300	
	Wb 130.75	Wc	40.48	120	1,376.0	4.730	37.5	0.662	663.0	0.320	
	Ww 17.84	Ws	90.27	130	1,338.0	5.110	37.5	0.662	662.0	0.330	
	ω = 19.76%			140	1,297.0	5.520	38.0	0.671	661.0	0.340	
	평균함수비 ω o=		20.86%	150	1,261.0	5.880	38.5	0.680	660.0	0.350	
	압밀경과 (실온 17℃)			160	1,220.0	6.290	39.0	0.688	657.5	0.375	
측정시간	다이얼게이지	압밀량		170	1,195.0	6.540	39.7	0.701	657.0	0.380	
경과시간	읽음 1/100mm	mm		180							
0	950.0	0		190							
6"	738.0	2.120		200							
9	731.0	2.190									
15	725.0	2.250									
30	722.0	2.280									
1'	715.0	2.350									
2	709.0	2.410									
4	700.0	2.500									
8	695.0	2.550									
15	695.0	2.550									
30	695.0	2.550									

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사　　Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

공시체번호			시험	형식			배수조건	(압밀)·비압밀	
시료의상태				번호				등압 (급속)·등체적·완속	
공시체의	직경	cm 6.00	역계	전단	번호	No		(변형제어)·응력제어·양자사용	
	단면적 A	㎠ 28.26			보정계수	0.4988kg/1/100mm	방법	응력증가속도	kg/㎠/1/min
	높이 ho	cm 2.000		수직	번호	No	속도	변위속도	1 mm/min
	체적 Vo	㎤ 56.52			보정계수	kg/㎠/1/100mm		수직하중 σc	1.6 kg/㎠

공시체의				
용기번호·중량	No	61.660	전단과정	(실온 17 ℃)
용기+공시체중량	g	163.96	수평변위	전단응력
공시체 중량	Ws g	102.30	경과시간	다이얼게이지
공시체건조중량	Wd g	84.55	(sec)	읽음 1/100mm

함수비의측정						
No 1						
Wa	143.34	Wb	125.73			
Wb	125.73	Wc	39.58			
Ww	17.61	Ws	86.15			
ω =	20.44%					
No 2						
Wa	148.37	Wb	129.39			
Wb	129.39	Wc	42.56			
Ww	18.98	Ws	86.83			
ω =	21.86%					
No 3						
Wa	150.96	Wb	132.86			
Wb	132.86	Wc	45.28			
Ww	18.1	Ws	87.58			
ω =	20.67%					
평균함수비 ω o=		20.99%				

경과시간	다이얼게이지 읽음 1/100mm	변위 mm	다이얼게이지 읽음 1/100mm	응력 kg/㎠	다이얼게이지 읽음 1/100mm	수직변위 mm
0	1,911.0	0.000	0.0	0.000	585.0	0.000
10	1,894.0	0.170	29.0	0.512	582.0	0.030
20	1,859.0	0.520	37.0	0.653	578.0	0.070
30	1,820.0	0.910	45.0	0.794	575.0	0.100
40	1,779.0	1.320	51.0	0.900	573.0	0.120
50	1,738.0	1.730	55.0	0.971	570.0	0.150
60	1,683.0	2.280	59.0	1.041	564.0	0.210
70	1,639.0	2.720	60.0	1.059	560.0	0.250
80	1,596.0	3.150	61.0	1.077	559.0	0.260
90	1,543.0	3.680	62.0	1.094	558.0	0.270
100	1,500.0	4.110	62.5	1.103	557.0	0.280
110	1,452.0	4.590	63.0	1.112	557.0	0.280
120	1,402.0	5.090	63.0	1.112	556.0	0.290
130	1,358.0	5.530	63.5	1.121	556.0	0.290
140	1,295.0	6.160	65.0	1.147	555.0	0.300
150	1,276.0	6.350	65.0	1.147	555.0	0.300
160	1,249.0	6.620	65.7	1.160	554.5	0.305
170						
180						
190						
200						

압밀경과 (실온 17℃)		
측정시간	다이얼게이지 읽음 1/100mm	압밀량 mm
0	887.0	0
6"	668.0	2.190
9	662.0	2.250
15	651.0	2.360
30	639.0	2.480
1'	626.0	2.610
2	611.0	2.760
4	598.0	2.890
8	585.0	3.020
15	585.0	3.020
30	585.0	3.020

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

일면전단시험(UU·CU·CD)

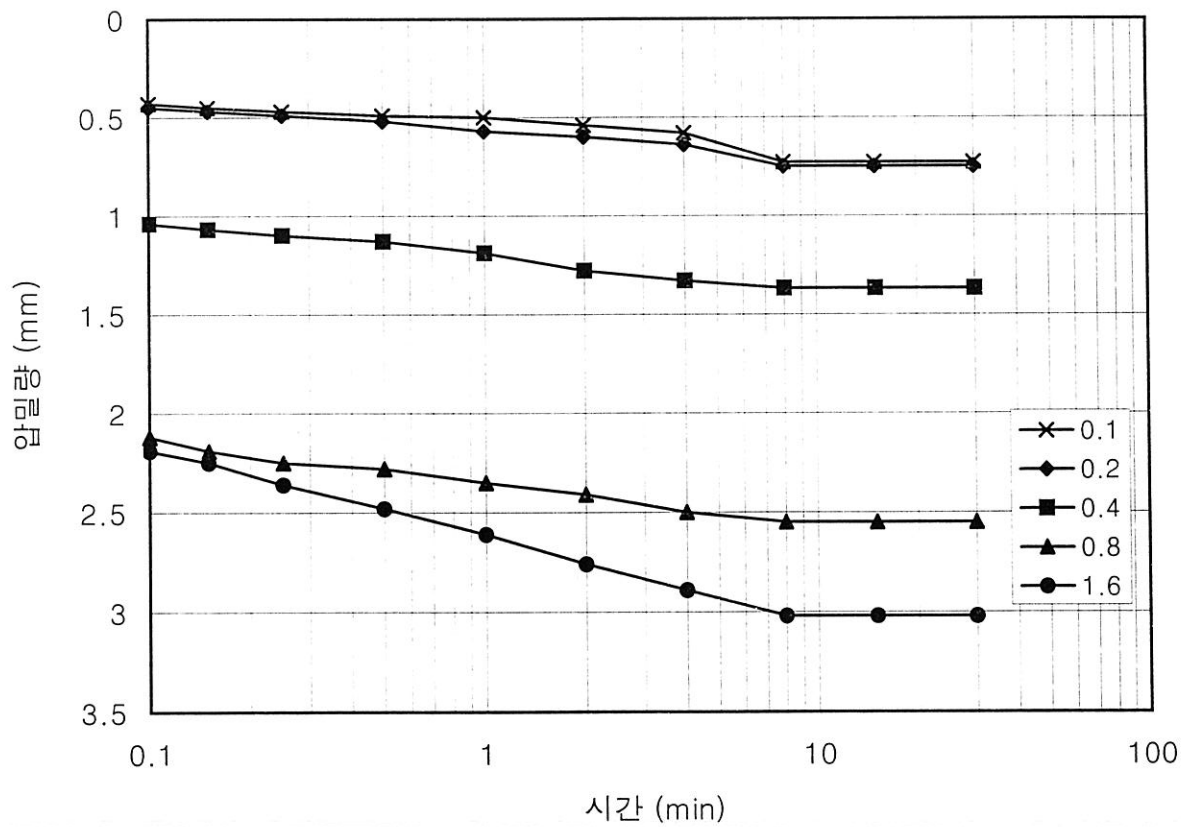
Project : 범물지구~고산국도 도로건설공사
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동
Date of Testing : 1999년 12월 1일

Job No.: 사면 2
Description of Soil : SC~ML
Tested by : 김 광 년

흙의성질			시험기			
토 질 명 칭			형 식			
흙입자비중 Gs	2.510		전단상자	직 경 cm	6.00	
74μ체통과량 %	35.32			단면적 A ㎠	28.26	
				상	이동, 고정, [반고정], 자유	
				하	[이동], 고정, 반고정, 자유	

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수직하중 σc kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
초기상태	시 료 의 상 태					
	높 이 ho cm	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	건 조 중 량 Wd g	84.55	84.60	84.63	84.64	84.55
	실질부높이 hs cm	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
	간 극 비 eo	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
	함 수 비 ωo %	21.00	20.92	20.88	20.86	20.99
	포 화 도 Sr %	0.78	0.78	0.77	0.77	0.78
압밀중	압 밀 시 간 tc min	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	압밀후의높이 hc cm	1.927	1.925	1.863	1.745	1.698
	압밀후의간극비 ec	0.62	0.61	0.56	0.46	0.42

시간 - 압밀량 곡선



SOIL MECHANICS LABORATORY

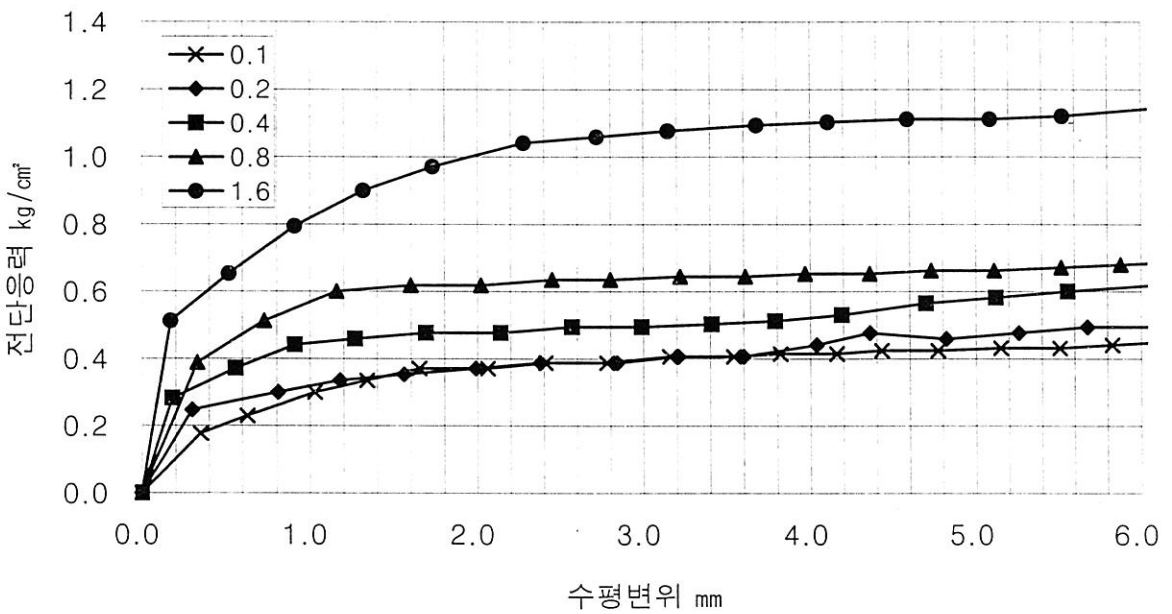
일면전단시험(UU·CU·CD)

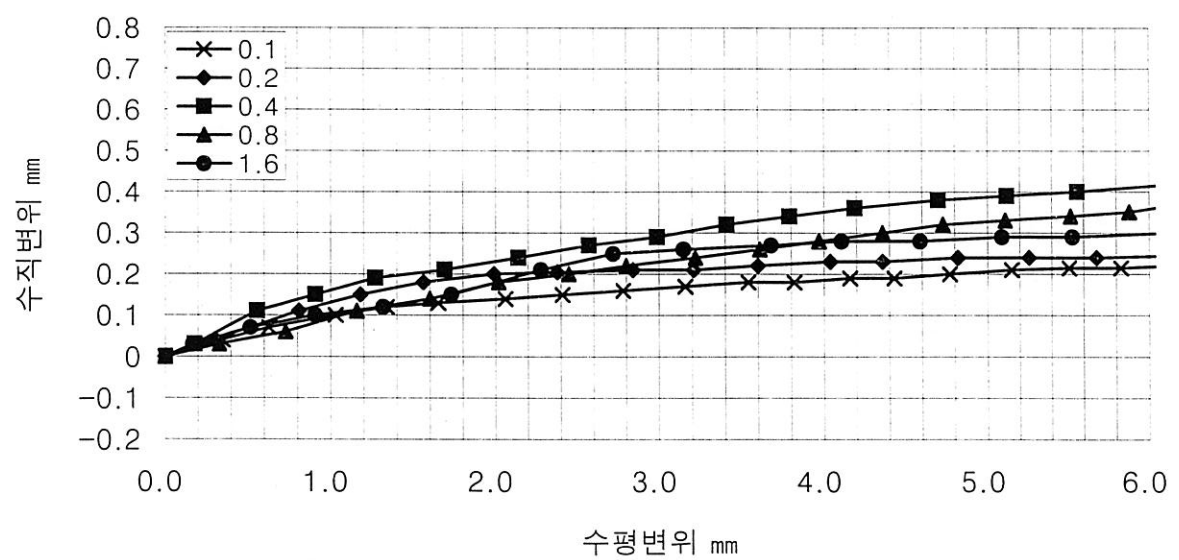
Project : 범물동~고산국도 도로건설공사 Job No. : 사면 2

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

	공 시 체 번 호	1	2	3	4	5
	수직하중 σ c kg/㎠	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
피크시	τ f kg/㎠	0.450	0.510	0.621	0.701	1.160
	수평변위 D mm	6.160	6.570	6.500	6.540	6.620
	소요시간 sec	180	170	160	170	160





일면전단시험(UU·CU·CD)

Project : 범물동~고산국도 도로건설공사

Job No. : 사면 2

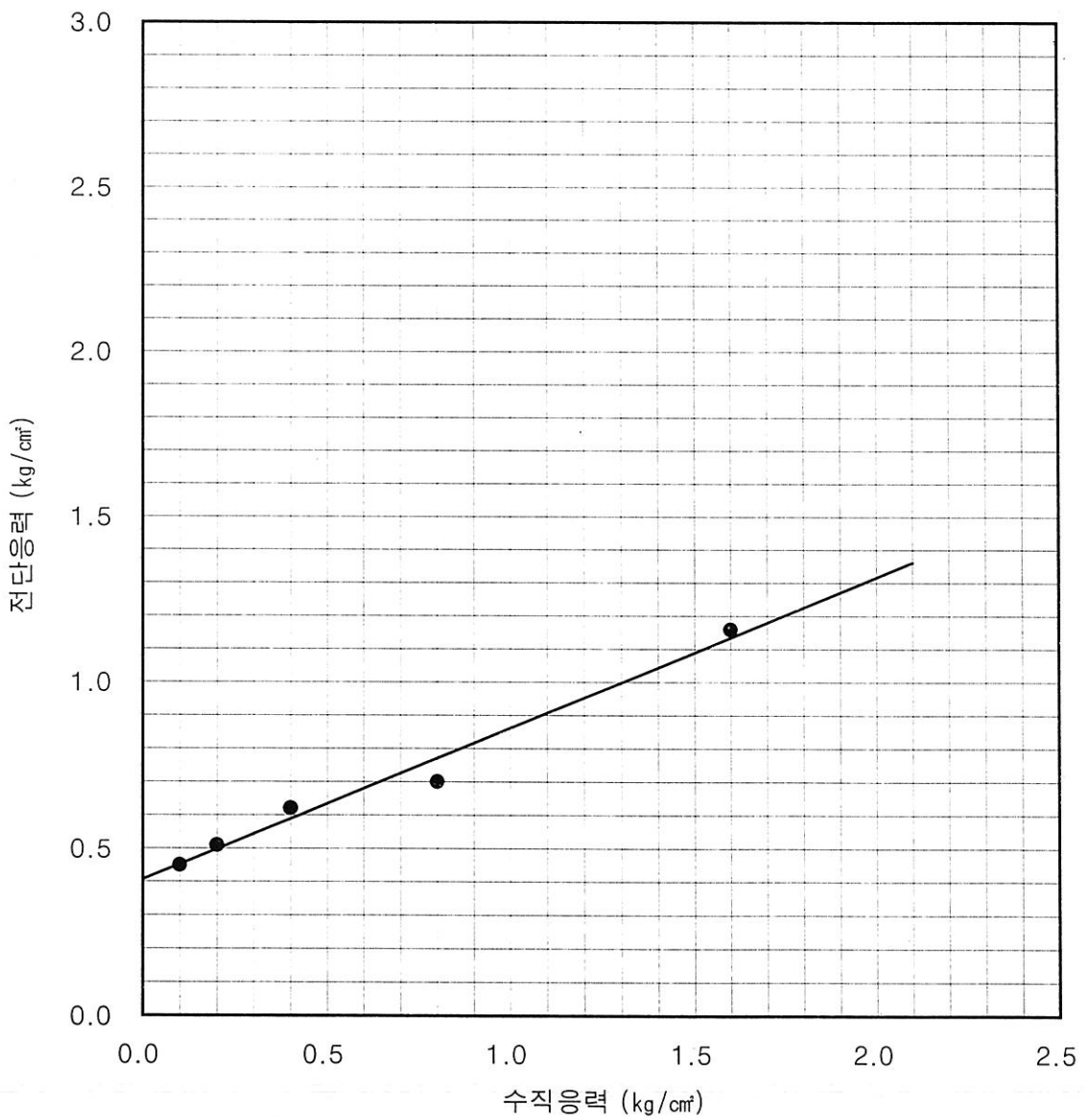
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동

Description of Soil : SC~ML

Date of Testing : 1999년 12월 1일

Tested by : 김 광 년

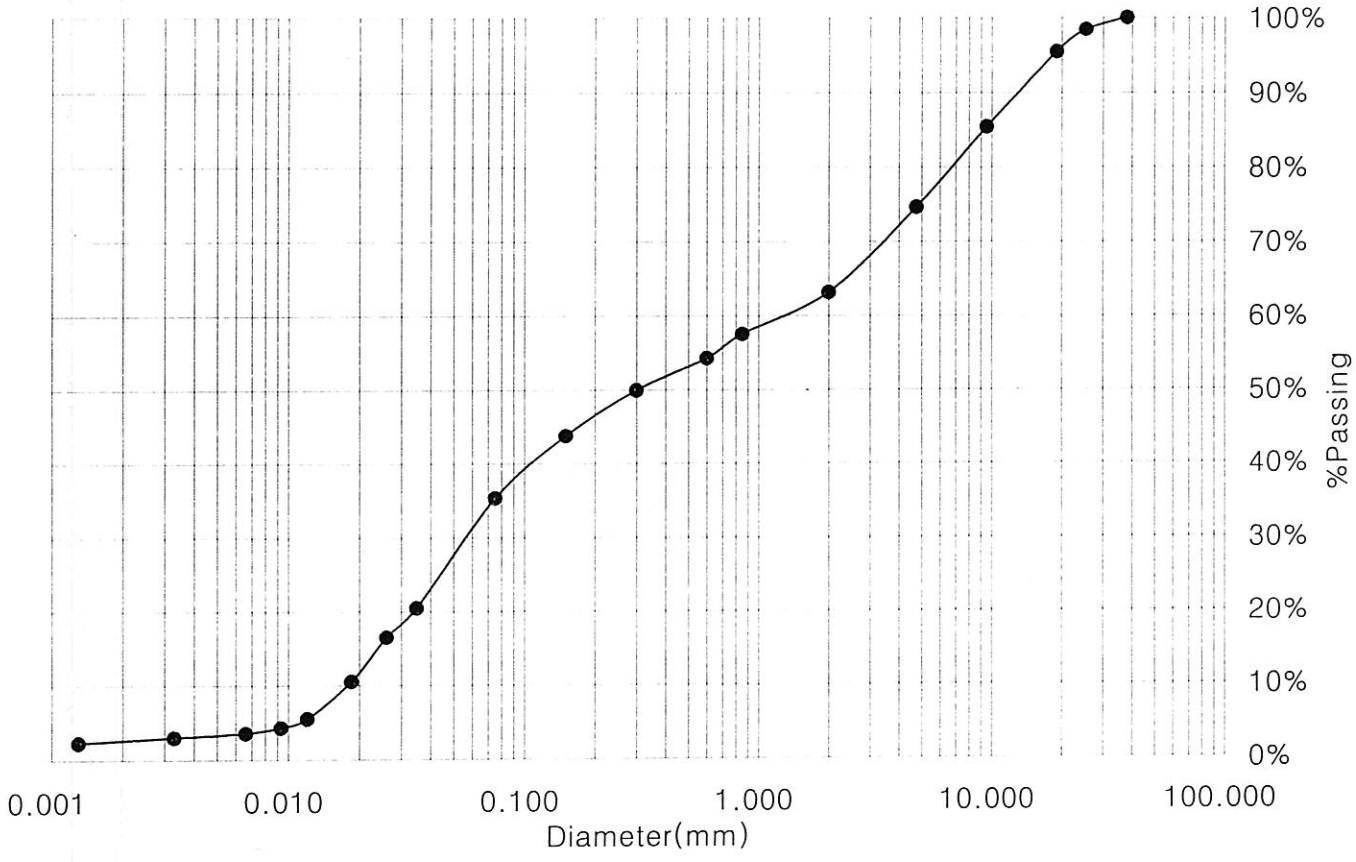
	강 도 정 수	c (kg/㎠)	Φ (도)	tan Φ
응력 범위	정규압밀영역	0.41	24 ° 34 '	0.4571
	과압밀영역			



GRAIN SIZE ANALYSIS

Project : 범물동~고산국도간 도로건설공사 Job No. : 사면 2 Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동

Description of Soil : SC~ML Date of Testing : 1999년 11월 29 Tested by : 김 광 년



#200 Passing	35.32%
#4 Passing	74.60%
D_{10}	0.018mm
Cu	72.22
Cc	0.129
Classification	SC~ML

Silt or Clay	Sand			Gravel	
	Fine	Medium	Coarse	Fine	Coarse

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

흙의 No.200 체 통과량 시험

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사　　Job No : 사면 2
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Description of Soil : SC~ML
Date of Testing : 1999년 11월 30일　　Tested by : 김 광 년

공 기 건 조 시 료 의 함 수 비											평균 함수비
시료번호 1 (g)				시료번호 2 (g)				시료번호 3 (g)			
Wa	205.8	Wb	179.3	Wa	215.7	Wb	186.3	Wa	210.3	Wb	183.2	20.93%
Wb	179.3	Wc	55.64	Wb	186.3	Wc	46.93	Wb	183.2	Wc	49.65	
Ww	26.49	Ws	123.7	Ww	29.37	Ws	139.4	Ww	27.11	Ws	133.6	
ω	21.42 %			ω	21.07 %			ω	20.30 %			

*참고　Wa : (습윤시료+용기)무게　Wb : (노건조 시료+용기)무게
Wc : 용기의 무게　Ww : 물의 무게
Ws : 흙 시료의 무게　ω(%) : 함수비(=Ww / Ws ×100)

시 험 번 호			1	2
용 기 번 호			A	B
(공기건조시료+용기)무게		g	2,281.67	2,278.60
용 기 무 게		g	781.67	778.60
공기 건조시료 무게	Wa	g	1,500.00	1,500.00
공기 건조시료의 함수비	ω	%	20.93	20.93
노건조 시료의 무게	Wo	g	1,240.40	1,240.40
No.200체 잔류 무게	Wp	g	928.63	914.52
No.200체 통과율	Pr	%	25.13	26.27
평균 No.200체 통과율		%	25.70 %	

*참고　$Wo = Wa / (1+\omega/100)$　$Pr = ((Wo-Wp) / Wo)\times 100$

부록 3. 절취사면의 불연속면 분포도, 강도 및 풍화정도

1. 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320 좌측사면

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태 (충진물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-1	S-1	185/51	130/08, 262/80	5	5~10	0.1~0.2	점토	U/sm	CW	97	135	적색셰일
	S-2	185/51	130/08, 262/80 261/72, 280/82 160/24, 165/12	5~10	5~10	0.1~0.2	점토	U/sm	HW~CW	215	135	적색셰일
	S-3	185/51	165/12, 153/19	5~10	5~10	0.1~0.2	점토	U/sm	HW	249	135	적색셰일
ZONE-2	S-4	185/51	168/15, 260/85	10~15	2~6	0.2	점토	U/sm	HW~CW	156	135	적색셰일 관입사암
	S-5	185/51	168/12, 260/88 190/33, 158/28	10~20	2~6	50	점토	U/sm	HW	924	706 이상	적색셰일 관입사암
	S-6	185/51	190/33, 170/18 190/32	10~20	5~10	0.2	점토	U/sm	HW~CW	524	671	적색셰일 관입사암
	S-7	185/51	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-	풍화토
ZONE-3	S-8	185/51	090/70, 170/14 090/74	5~10	2~6	0.6	점토	U/sm	HW~CW	215	147	적색셰일
	S-9	185/51	170/14, 035/83	10~20	2~5	0.3~0.6	점토	U/sm	MW~HW	645	518	적색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-3	S-10	185/51	162/10, 282/88 278/88	10~20	2~6	0.3	점토	U/sm	MW~HW	419	518	적색~암회색셰일
	S-11	185/51	169/12	10~20	2~6	0.3	점토	U/sm	MW~HW	542	412	암회색셰일
	S-12	185/51	169/12	5~10	2~6	0.3	점토	U/sm	MW~HW	379	488	적색~암회색셰일
ZONE-4	S-13	185/51	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-	풍화토
	S-14	185/51	178/14	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW~HW	615	471	암회색셰일
	S-15	185/51	178/14	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW	728	518	흑색셰일
	S-16	185/51	178/14	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW	597	682	흑색셰일
	S-17	185/51	190/13, 224/09 220/78, 062/82	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW	925	635	흑색셰일
	S-18	185/51	224/09, 130/64 130/40, 272/18	10~20	10~20	0.1내외	-	U/r	MW~HW	527	412	흑색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 S(m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-4	S-19	185/51	272/18	5~10	10~20	0.1내외	-	U/r	MW~HW	384	482	암회색~흑색셰일
ZONE-5	S-20	185/51	182/13	5~10	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	MW~HW	454	376	적색~암회색셰일
	S-21	185/51	182/13	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,275	706 이상	암회색셰일
	S-22	185/51	182/13	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	1,319	706 이상	암회색셰일
	S-23	185/51	178/14	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	958	706 이상	흑색셰일
	S-24	185/51	178/14	10~20	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	712	647	흑색셰일
	S-25	185/51	220/12, 130/40 272/18	5~10	10~20	0.1~0.3	-	U/r	MW~HW	354	238	적색~암회색셰일
	S-26	185/51	272/18	5~10	10~20	0.1~0.3	-	U/r	MW~HW	298	147	적색셰일

2. 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태 (충진물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-1	V-1	010/51	341/36, 218/53	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	685	547	암회색사암
	V-2	010/51	341/36, 218/53 312/73	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,293	706	암회색사암
	V-3	010/51	341/36, 218/53 292/89, 346/50	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,452	706 이상	암회색사암
	V-4	010/51	341/36, 218/53 346/50	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	1,327	706 이상	암회색사암
	V-5	010/51	341/36	5~10	20~50	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	544	682	암회색사암
ZONE-2	V-6	008/51	337/38, 038/82	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	596	471	청회색사암
	V-7	008/51	337/38, 305/88 320/80, 038/82	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	705	506	청회색사암
	V-8	008/51	016/78, 038/82 306/86	5이하	20~50	0.5 ~밀착	-	U/r	SW~MW	924	506	청회색사암
	V-9	008/51	337/38, 038/82 021/70	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	1,695	706 이상	청회색사암

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-2	V-10	008/51	346/52, 000/68 290/86	5이하	5~20	0.2 ~0.5	-	U/sm	SW~MW	742	447	청회색사암
	V-11	008/51	255/85, 085/67 098/59, 010/50, 000/60	5이하	2~5	0.2 ~0.5	-	U/sm	HW	249	135 이하	적색세일
	V-12	010/51	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-	풍화토
ZONE-3	V-13	010/51	298/82, 330/10 297/78	5이하	20~50	0.5~1	-	U/r	SW~MW	1,542	706 이상	청회색사암
	V-14	010/51	298/82, 330/10 297/78	5이하	20~50	0.5~1	-	U/r	SW~MW	1,327	706 이상	청회색사암
	V-15	010/51	298/82, 320/31 305/88, 320/80	5이하	20~50	0.5~1	-	U/r	SW~MW	957	706 이상	청회색사암
	V-16	010/51	319/33, 298/82 320/31	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	842	582	청회색사암
	V-17	010/51	319/33, 298/82 320/31	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	875	618	청회색사암
	V-18	010/51	319/33, 298/82 320/31, 175/10	5이하	20~50	0.5	-	U/r	SW~MW	952	635	청회색사암 암회색세일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-3	V-19	010/51	280/83, 087/75 180/20	5이하	5~20	0.2 ~밀착	-	U/sm	MW	847	588	적색셰일 암회색셰일
	V-20	010/51	180/20, 352/58 358/63	5이하	5~20	0.5	-	U/sm	HW~CW	325	171	적색셰일
ZONE-4	V-21	010/51	188/19	5이하	50이상	밀착	-	U/r	SW	424	635	흑색셰일
	V-22	010/51	188/19	5이하	50이상	밀착	-	U/r	SW	951	706 이상	흑색셰일
	V-23	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	1,215	706 이상	흑색셰일
	V-24	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	848	706 이상	흑색셰일
	V-25	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	795	706	흑색셰일
	V-26	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	924	706	흑색셰일
	V-27	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	1,325	694	흑색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-4	V-28	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	1,084	706 이상	흑색셰일
	V-29	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	952	706 이상	흑색셰일
	V-30	010/51	188/19	5이하	20~50	밀착	-	U/r	SW	847	694	흑색셰일
ZONE-5	V-31	002/51	056/40	5~10	5~10	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	235	171	적색셰일
	V-32	002/51	002/55, 173/17	5~10	5~10	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	315	147	암회색사암 적색셰일
	V-33	002/51	풍 화 토	-	-	-	-	-	RS	-	-	풍화토
ZONE-6	V-34	002/51	310/69, 173/17 352/60, 033/82	5~10	0.5~5	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	216	147	풍화토~적색셰일
	V-35	006/51	310/69, 173/17 352/60, 033/82	5~10	0.5~5	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	142	159	적색셰일
ZONE-7	V-36	006/51	352/58, 358/63 180/20, 320/63	5~10	2~5	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	315	171	적색셰일
	V-37	006/51	352/58, 358/63 180/20, 320/63	5~10	2~5	0.2내외	-	U/sm	HW~CW	299	200	적색셰일

3. 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태 (충진물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-1	T-1	118/45	152/25	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	192	147 이하	적색세일
	T-2	118/45	165/24, 148/89	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	218	147 이하	적색~암회색세일
	T-3	118/45	165/24, 148/89 048/89, 015/63	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	251	129	적색~암회색세일
ZONE-2	T-4	112/51	토 사 사 면	-	-	-	-	-	RS	-	-	풍화토
	T-5	112/51	160/37, 145/47	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	216	135 이하	적색세일
	T-6	112/51	160/37, 145/47 160/38, 030/62	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	327	147 이하	적색세일
	T-7	112/51	170/15, 030/62 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW~CW	299	129 이하	적색~암회색세일
	T-8	112/51	170/15, 130/47, 180/82 180/80, 100/65, 018/66 000/45	10~20	5~10	0.5~1.0	-	U/sm	HW	248	147 이하	암회색세일
	T-9	112/51	022/65, 185/13 180/82, 096/84, 165/24	10~20	5~10	0.5~1.0	-	U/sm	HW	156	129 이하	적색세일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-3	T-10	112/51	177/11	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	212	135 이하	적색세일
	T-11	112/51	177/11, 180/13	10~20	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	315	159	적색세일
	T-12	112/51	177/11, 180/13	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	489	247	적색세일
	T-13	112/51	177/11, 160/38	5~10	5~10	0.5~1.0	점토충진	U/sm	HW	524	376	적색~암회색세일
	T-14	112/51	174/12	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	327	294	흑색세일
	T-15	112/51	170/12	10~20	10~20	0.1 ~밀착	-	U/r	SW~MW	424	329	흑색세일
	T-16	112/51	022/65, 025/80, 100/72 095/15, 190/63, 140/18 122/20	10~20 5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	135 이하	적색세일
	T-17	112/51	170/18	10~20 5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	215	188	적색세일
	T-18	112/51	170/18	10~20 5~10	5~10	1.0	점토충진	U/sm	HW	425	171	적색세일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
TONE-4	T-19	112/51	177/11, 180/13	5~10	5~10	0.1내외	-	U/r	MW	386	188	암회색~흑색셰일
	T-20	112/51	177/11, 180/13	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	SW~MW	942	435	암회색~흑색셰일
	T-21	112/51	177/11	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	SW~MW	748	541	암회색~흑색셰일
	T-22	112/51	177/11	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	SW~MW	521	412	흑색셰일
	T-23	112/51	174/12	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	895	294	흑색셰일
	T-24	112/51	170/12, 102/82 150/16	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	928	376	적색~흑색셰일
	T-25	112/51	102/82, 025/80 150/16	10~20	10~20	0.2 ~밀착	-	U/r	SW~MW	327	294	적색~암회색셰일
	T-26	112/51	150/16	10~20	10~20	0.1~0.2	-	U/r	HW	458	553	적색~흑색셰일
	T-27	112/51	150/16	5~10	10~20	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	712	671	흑색셰일

4. 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+400~STA.2+640 우측사면

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충진상태 (충진물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-1	U-1	300/45	290/20	5이하	30~50	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	474	565	청회색사암
	U-2	300/45	290/20	5이하	30~50	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	615	588	청회색사암
	U-3	300/45	290/20	5이하	30~50	0.1~0.2	-	U/r	SW~MW	527	471	청회색사암
ZONE-2	U-4	010/51	170/18, 358/51	10~20	5~10	1내외	-	U/sm	HW~CW	781	506	적색셰일
	U-5	010/51	150/18, 358/51	10~20	5~10	0.2~0.5	-	U/sm	HW~CW	485	529	적색셰일
	U-6	350/51	358/51	10~20	5~10	0.2~0.5	-	U/sm	HW~CW	274	471	적색셰일
	U-7	350/51	358/51	10~20	5~10	0.2~0.5	-	U/sm	HW~CW	519	329	적색셰일
	U-8	300/51	290/20	10~20	5~10	0.2~0.5	-	U/sm	HW~CW	314	259	적색셰일
	U-9	300/51	290/20	5이하	30~50	0.2~0.5	-	U/r	SW~HW	541	365	청회색사암 ~적색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-2	U-10	300/51	290/20	5이하	30~50	0.1내외	-	U/r	SW	1,084	706 이상	청회색사암
	U-11	300/51	290/20	5이하	30~50	0.1내외	-	U/r	SW	985	706 이상	청회색사암
	U-12	300/51	009/58	5이하	30~50	0.1내외	-	U/r	SW	1,048	706 이상	청회색사암
ZONE-3	U-13	010/51	180/15, 358/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	415	171	적색셰일
	U-14	010/51	180/15, 358/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	375	188	적색셰일
	U-15	350/51	180/15, 358/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	324	147	적색셰일
	U-16	350/51	180/15, 358/51	10~20	5~10	0.1내외	-	U/r	HW	372	159	적색셰일
	U-17	300/51	187/13	5이하	10~30	0.2~0.5	-	U/r	SW	1,144	706 이상	청회색사암
	U-18	292/51	187/13	5이하	10~30	0.5	-	U/r	MW	512	447	적색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-3	U-19	296/51	178/13	5이하	10~30	0.2 ~밀착	-	U/r	SW	664	471	청회색사암 ~암회색셰일
	U-20	296/51	178/13	5이하	10~30	0.2 ~밀착	-	U/r	SW	507	506	청회색사암 ~암회색셰일
	U-21	296/51	178/13	5이하	10~30	밀착	-	U/r	SW	314	471	청회색사암
	U-22	296/51	337/55	5이하	10~30	밀착	-	U/r	SW	1,212	706 이상	청회색사암
ZONE-4	U-23	010/51	352/60, 033/82	5~10	0.5~5	0.5~1	-	U/sm	HW	315	159	적색셰일
	U-24	010/51	358/51, 183/20	10~20	0.5~5	0.5~1	-	U/sm	HW	275	247	적색셰일
	U-25	350/51	358/51, 183/20	10~20	0.5~5	0.5~1	-	U/sm	HW	345	235	적색셰일
	U-26	350/51	358/51, 183/20	10~20	0.5~5	0.5~1	-	U/sm	HW	216	235	적색셰일
	U-27	292/51	156/14	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	925	624	암회색~흑색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-4	U-28	292/51	156/14	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	1,088	682	암회색~흑색셰일
	U-29	292/51	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,215	706 이상	암회색~흑색셰일 사암관입
	U-30	298/51	175/10, 299/14	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,147	706 이상	암회색~흑색셰일 사암관입
	U-31	299/51	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,317	706 이상	암회색~흑색셰일
	U-32	299/51	175/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,219	706 이상	암회색셰일 사암관입
	U-33	298/51	335/57, 180/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW~HW	1,048	706 이상	적색셰일
	U-34	298/51	335/57, 180/10	5~10	10~20	밀착	-	U/sm	HW	912	706 이상	적색셰일
ZONE-5	U-35	010/51	358/63, 352/58	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	244	259	적색셰일
	U-36	010/51	358/51, 183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/sm	HW	316	280	적색셰일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-5	U-37	350/51	358/51, 183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/r	HW	458	259	적색세일
	U-38	350/51	358/51, 183/20	10~20	0.5~5	0.5~1.0	-	U/r	HW	312	280	적색세일
	U-39	288/51	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	478	565	암회색~흑색세일
	U-40	288/51	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	875	565	흑색세일
	U-41	288/51	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	681	547	흑색세일 사암관입
	U-42	288/51	168/11	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	804	659	흑색세일
	U-43	300/51	196/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	758	682	흑색세일
	U-44	300/51	196/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	926	694	흑색세일
	U-45	300/51	196/10	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW~MW	454	582	흑색세일 사암관입

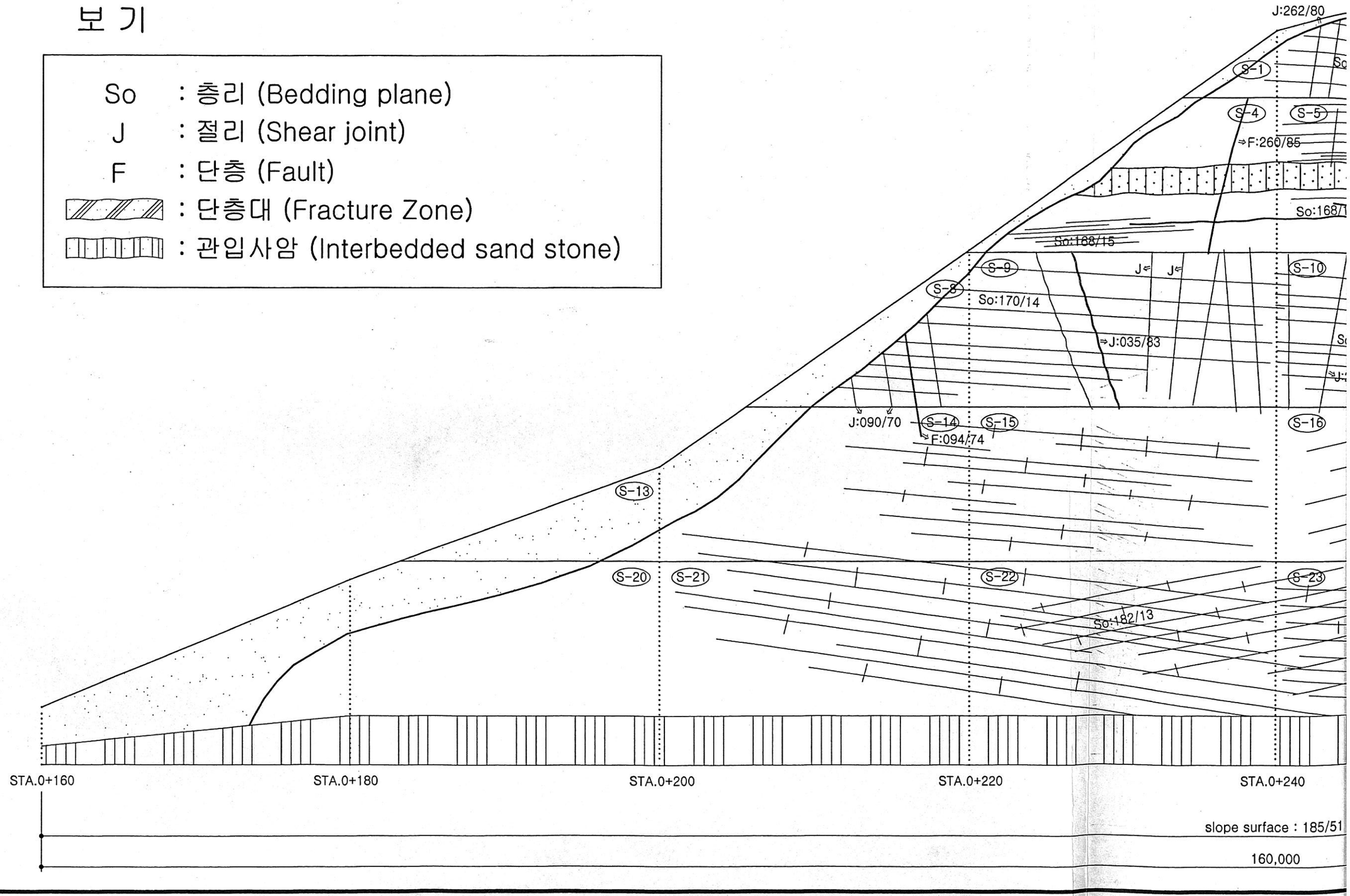
구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-5	U-46	298/51	175/22	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW	388	280	암회색세일 사암관입
	U-47	298/51	175/22	5~10	10~20	밀착	-	U/r	MW~HW	605	412	암회색세일 사암관입
ZONE-6	U-48	010/51	220/08	5~10	5~10	0.1내외	-	U/r	SW	493	471	흑색세일
	U-49	010/51	220/08	5~10	5~10	0.1내외	-	U/r	SW	481	435	흑색세일
	U-50	350/51	220/08	5~10	5~10	0.1내외	-	U/r	SW	514	435	흑색세일
	U-51	350/51	220/08	5~10	5~10	0.1내외	-	U/r	SW	846	694	흑색세일
	U-52	298/51	220/08	5~10	10~20	밀착	-	U/r	SW	924	706 이상	흑색세일
	U-53	298/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,077	706 이상	흑색세일
	U-54	298/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,042	706 이상	흑색세일

구분	위치	Slope - Surface	주불연속면	연장성 (m)	불연속면 간격 (cm)	틈새 (mm)	충 진 상 태 (충 진 물)	거칠기	풍화정도	점재하강도 (kg/cm^2)	슈미터강도 (kg/cm^2)	비 고
ZONE-6	U-55	298/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,475	706 이상	흑색셰일
	U-56	598/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,331	706 이상	흑색셰일
	U-57	598/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,205	706 이상	흑색셰일
	U-58	598/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,118	706 이상	흑색셰일
	U-59	598/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	978	706 이상	흑색셰일
	U-60	598/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	1,217	706 이상	흑색셰일
	U-61	598/51	220/08	5이하	10~20	밀착	-	U/r	SW	781	647	흑색셰일

삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사 STA.0+1

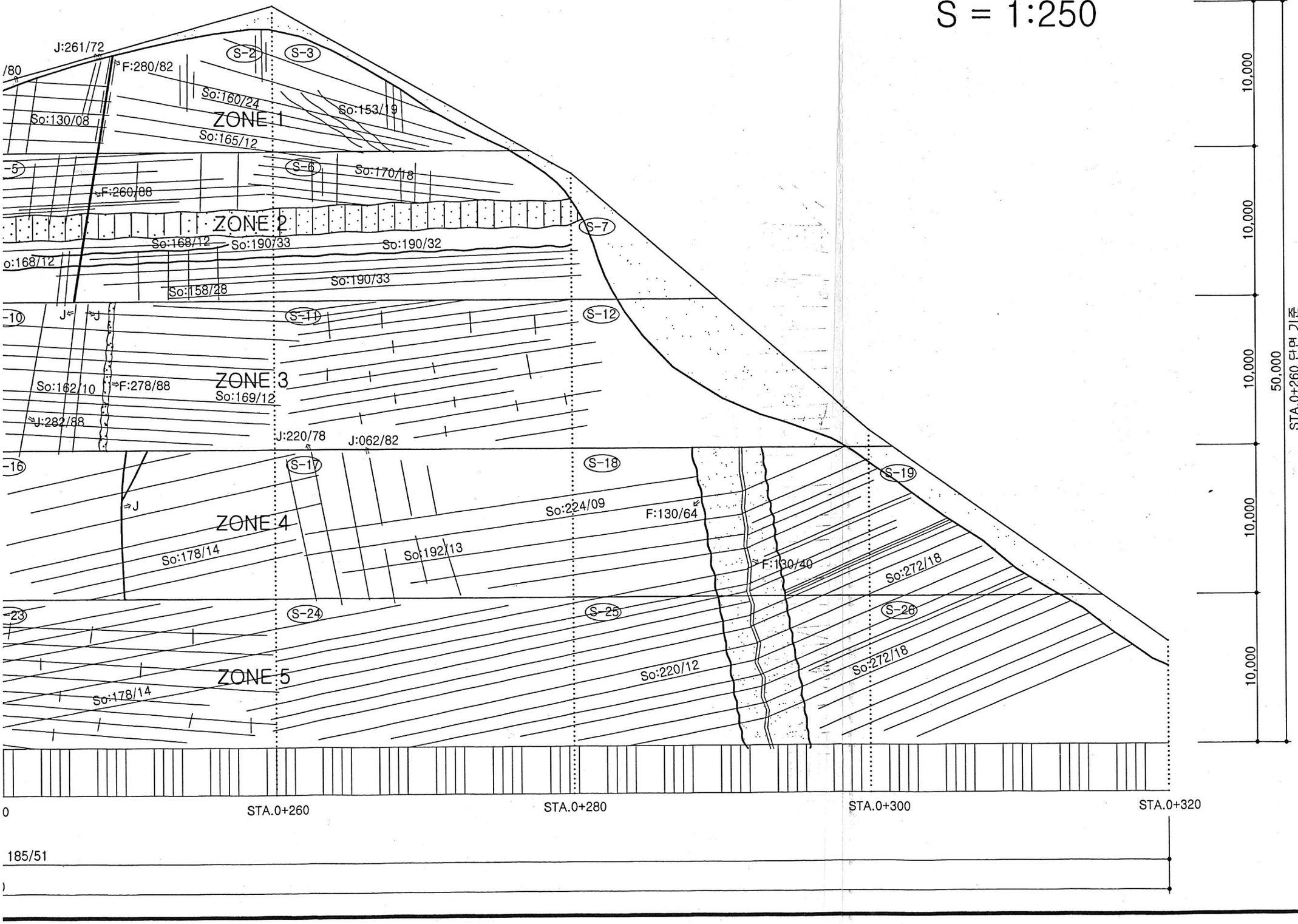
보 기

So	: 층리 (Bedding plane)
J	: 절리 (Shear joint)
F	: 단층 (Fault)
	: 단층대 (Fracture Zone)
	: 관입사암 (Interbedded sand stone)



+160~STA.0+320 좌측사면 불연속면 분포도

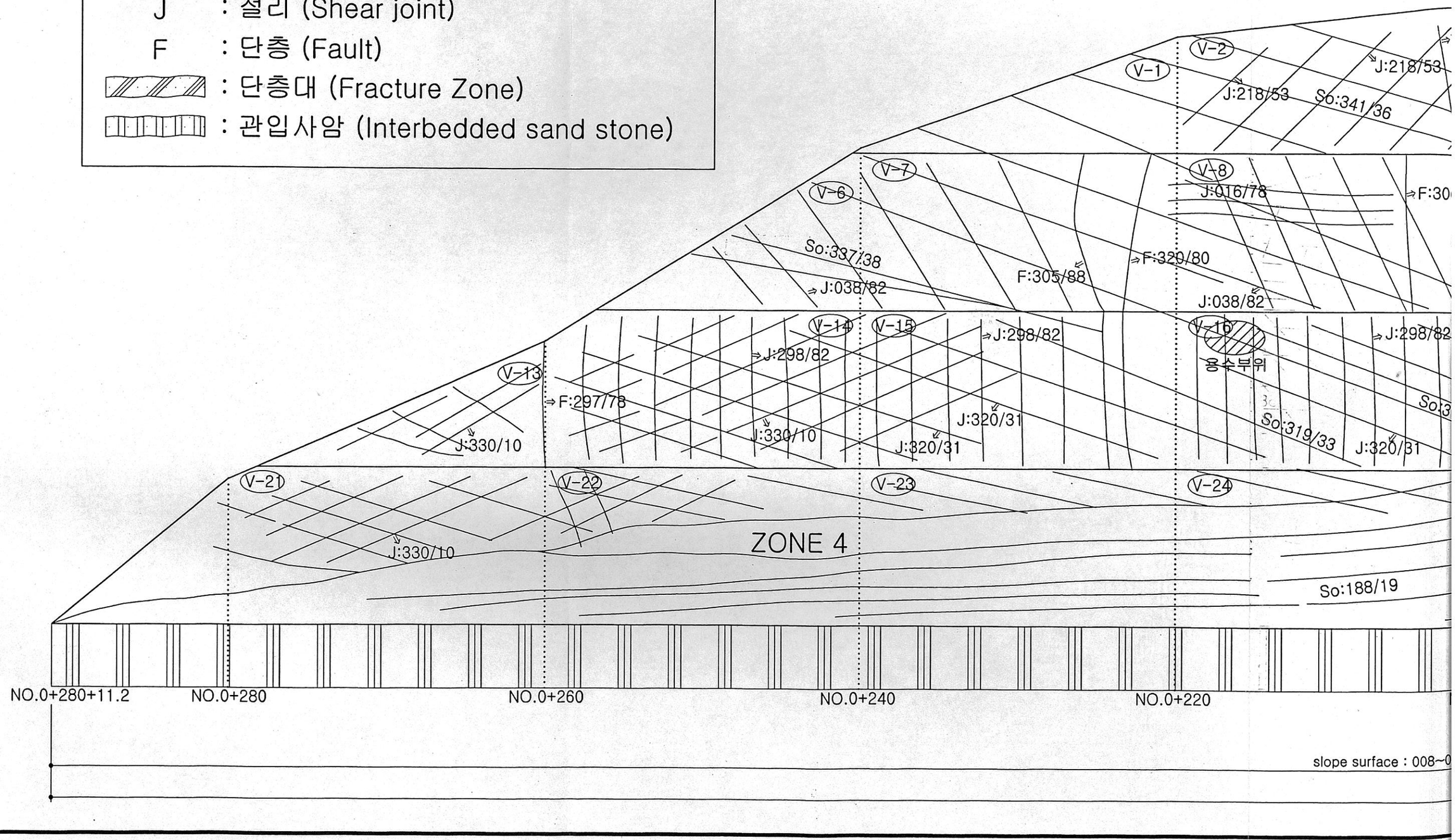
S = 1:250



삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설

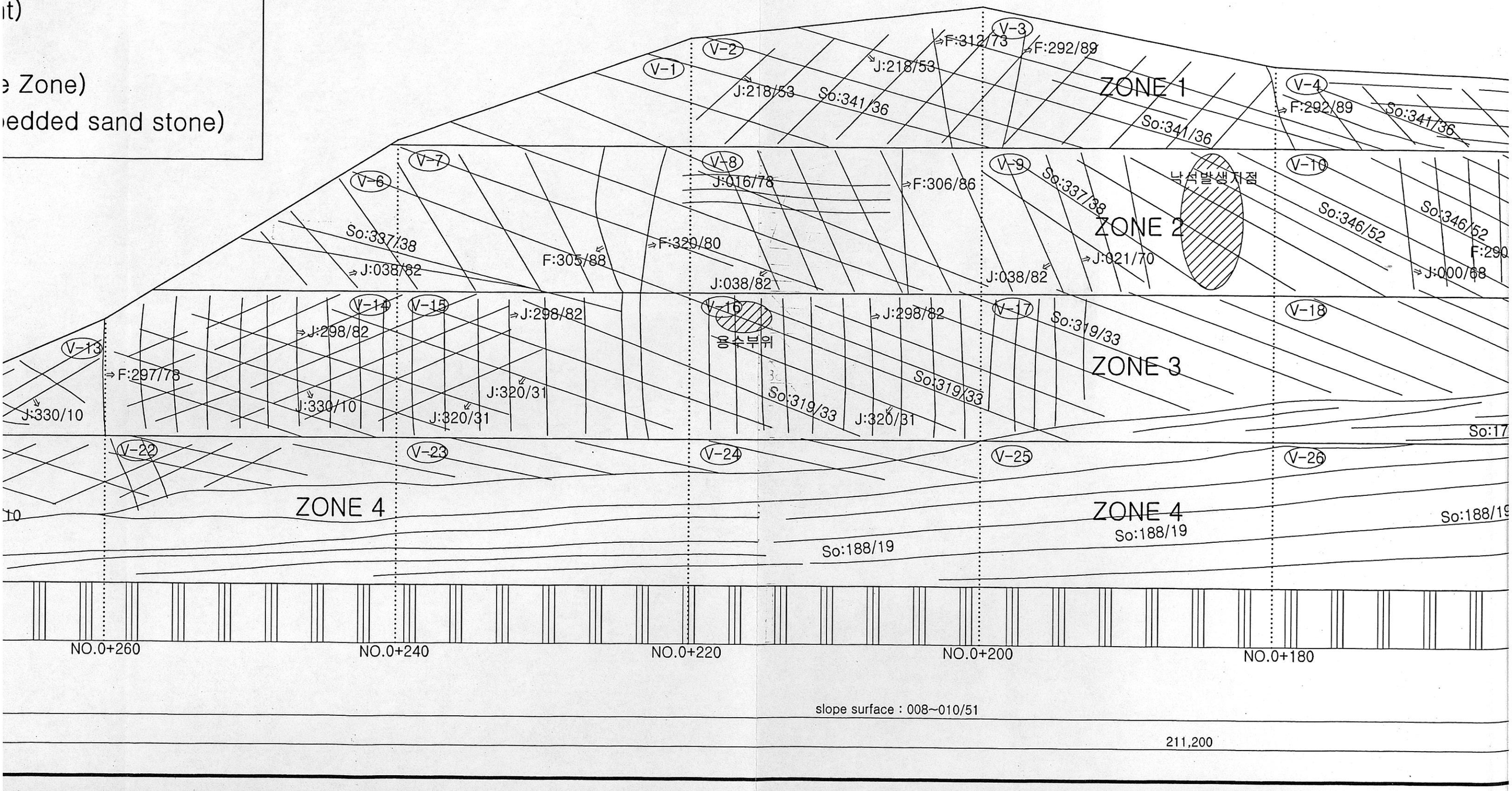
보 기

So	: 층리 (Bedding plane)
J	: 절리 (Shear joint)
F	: 단층 (Fault)
	: 단층대 (Fracture Zone)
	: 관입사암 (Interbedded sand stone)



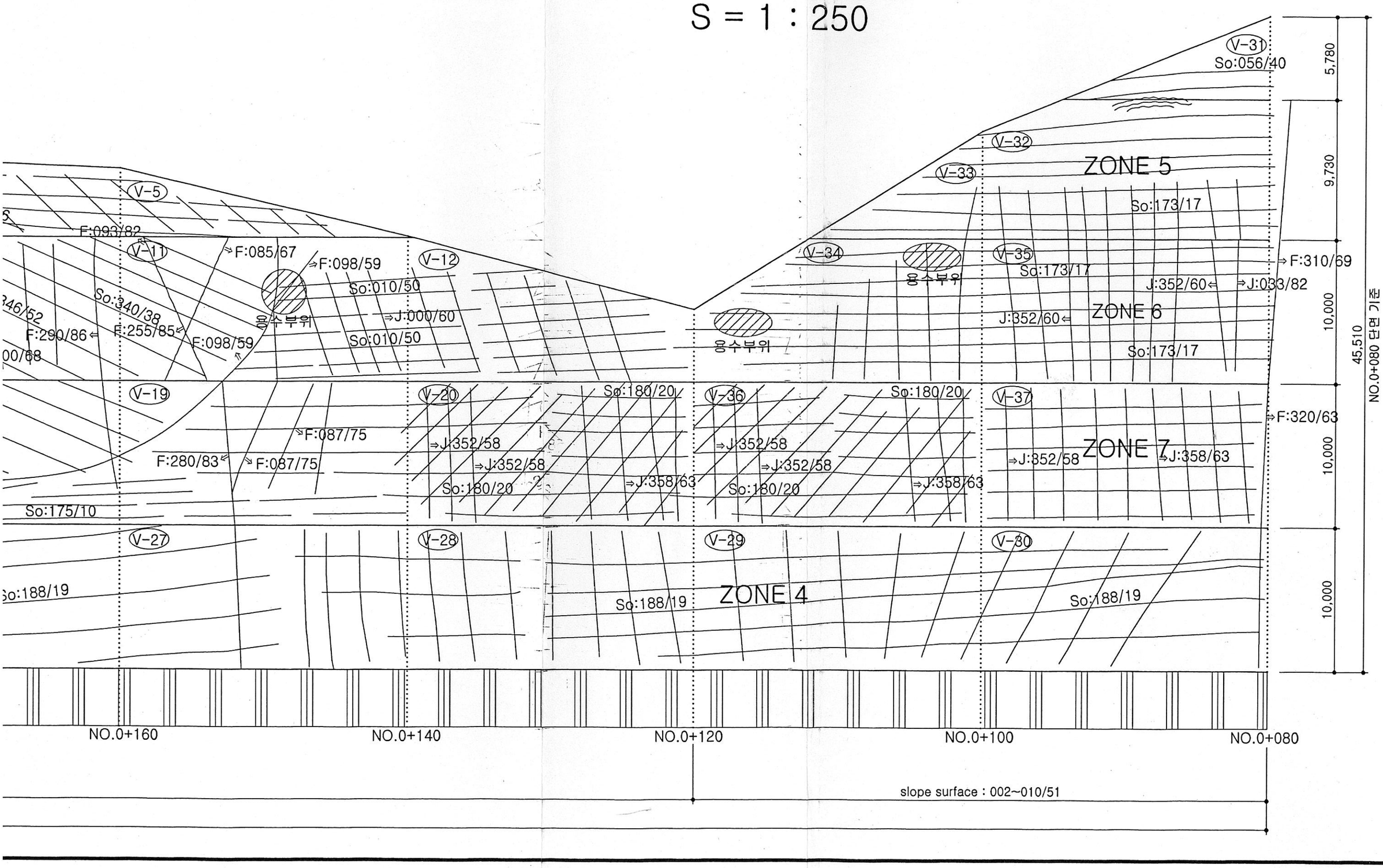
삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사 STA.0+080~STA.0-

)lane)
ıt)
e Zone)
)edded sand stone)

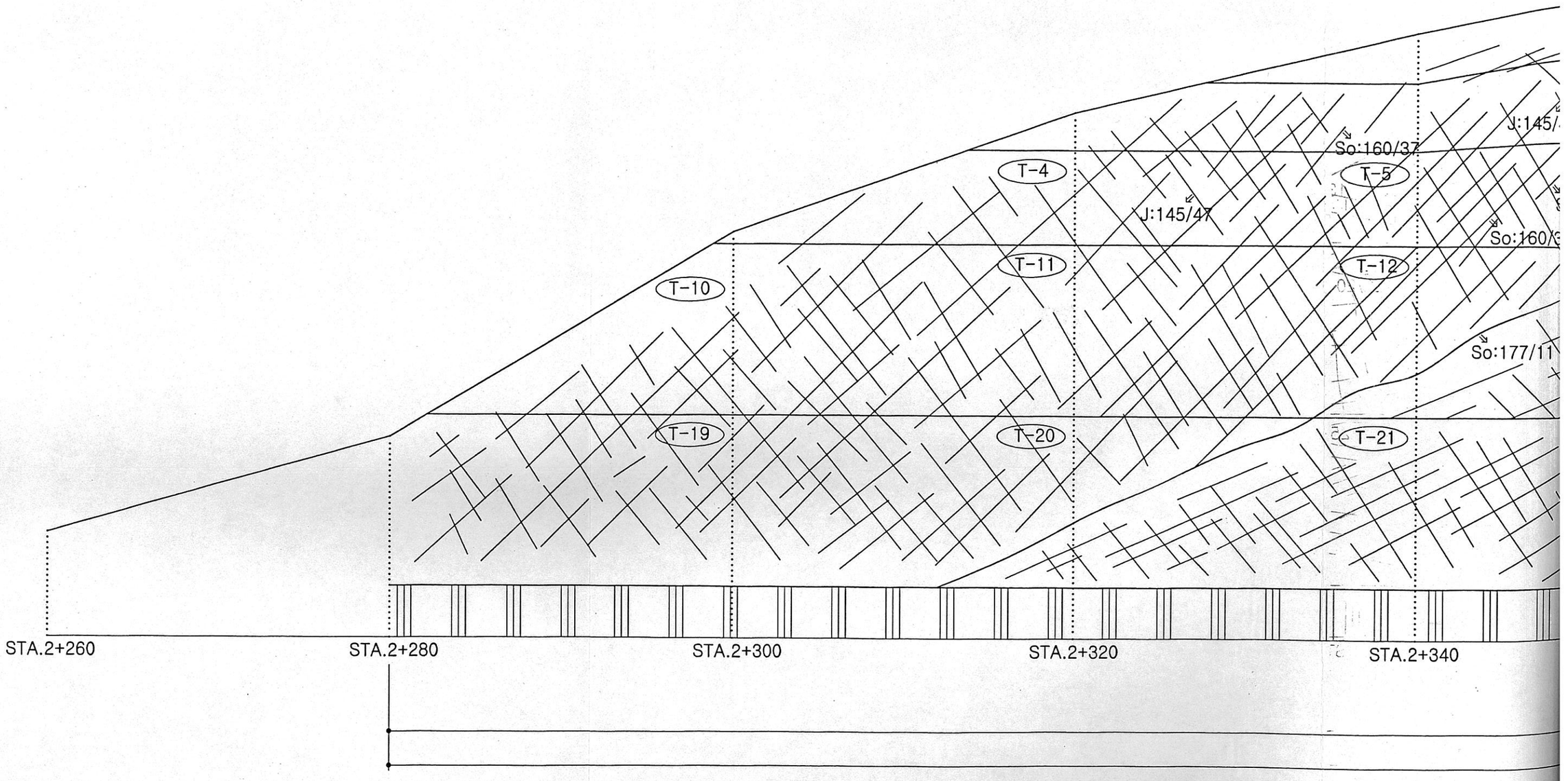


..0+280 우측사면 불연속면 분포도

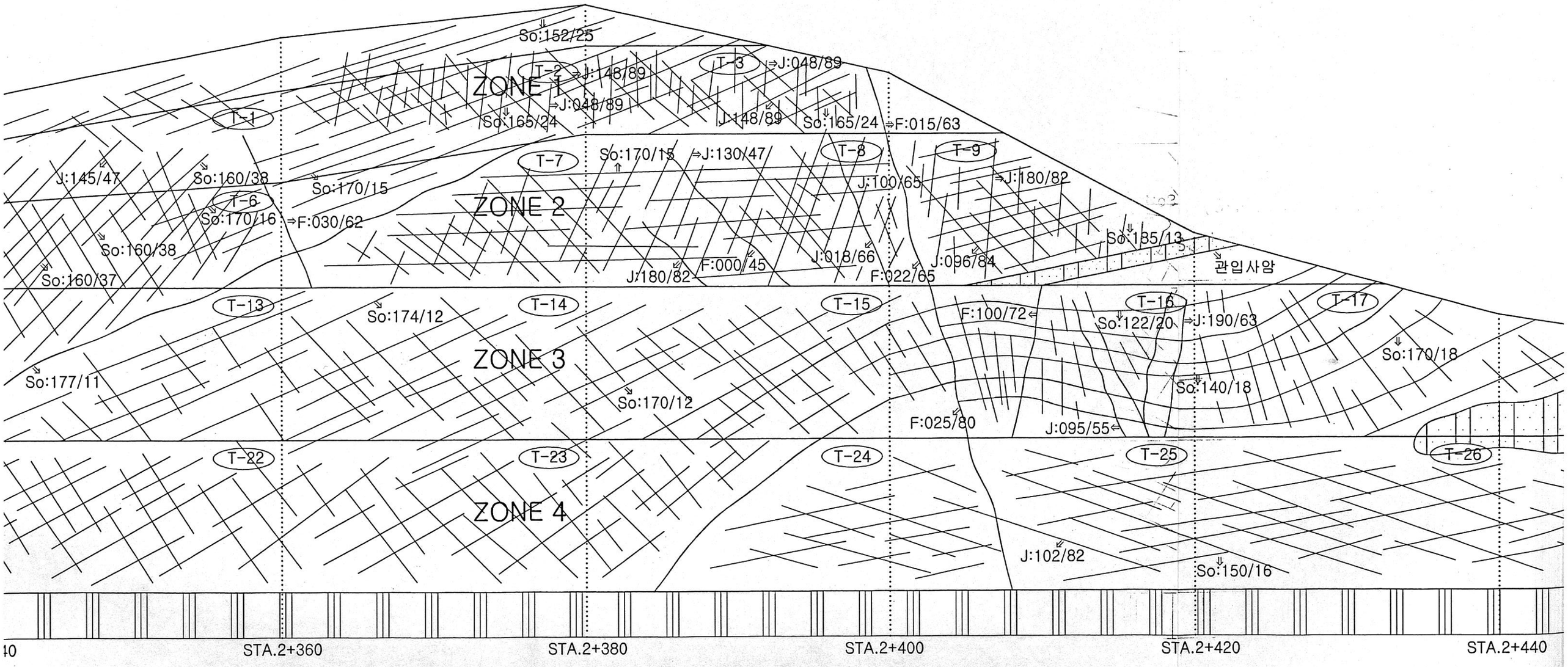
S = 1 : 250



범물지구 ~ 고


T-4
T-5
T-10
T-11
T-12
T-19
T-20
T-21
J:145/47
So:160/37
So:177/11
STA.2+260
STA.2+280
STA.2+300
STA.2+320
STA.2+340

~ 고산국도 도로건설공사 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 불연속면



slope surface : 118/45~112/51

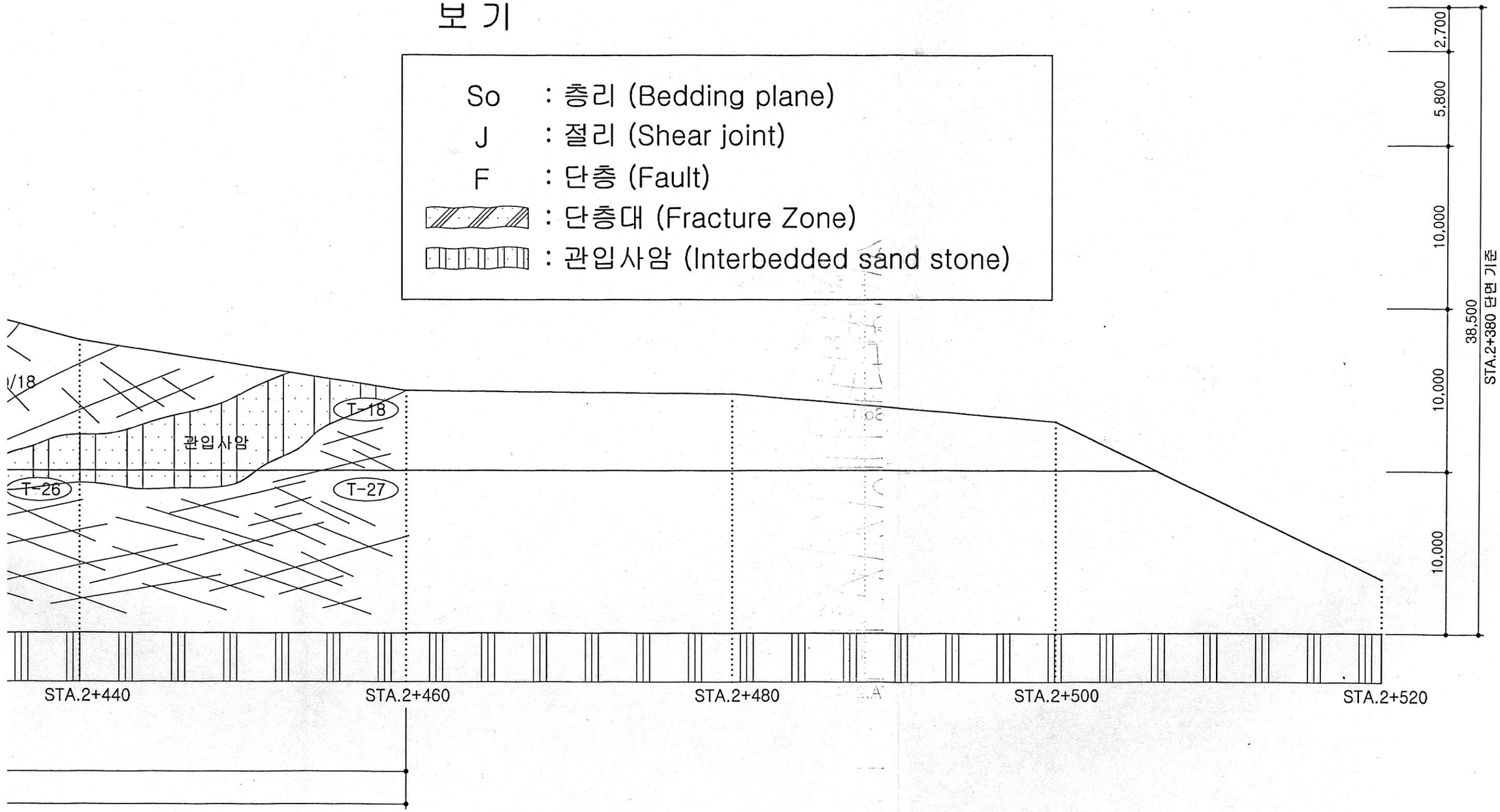
180,000

연속면 분포도

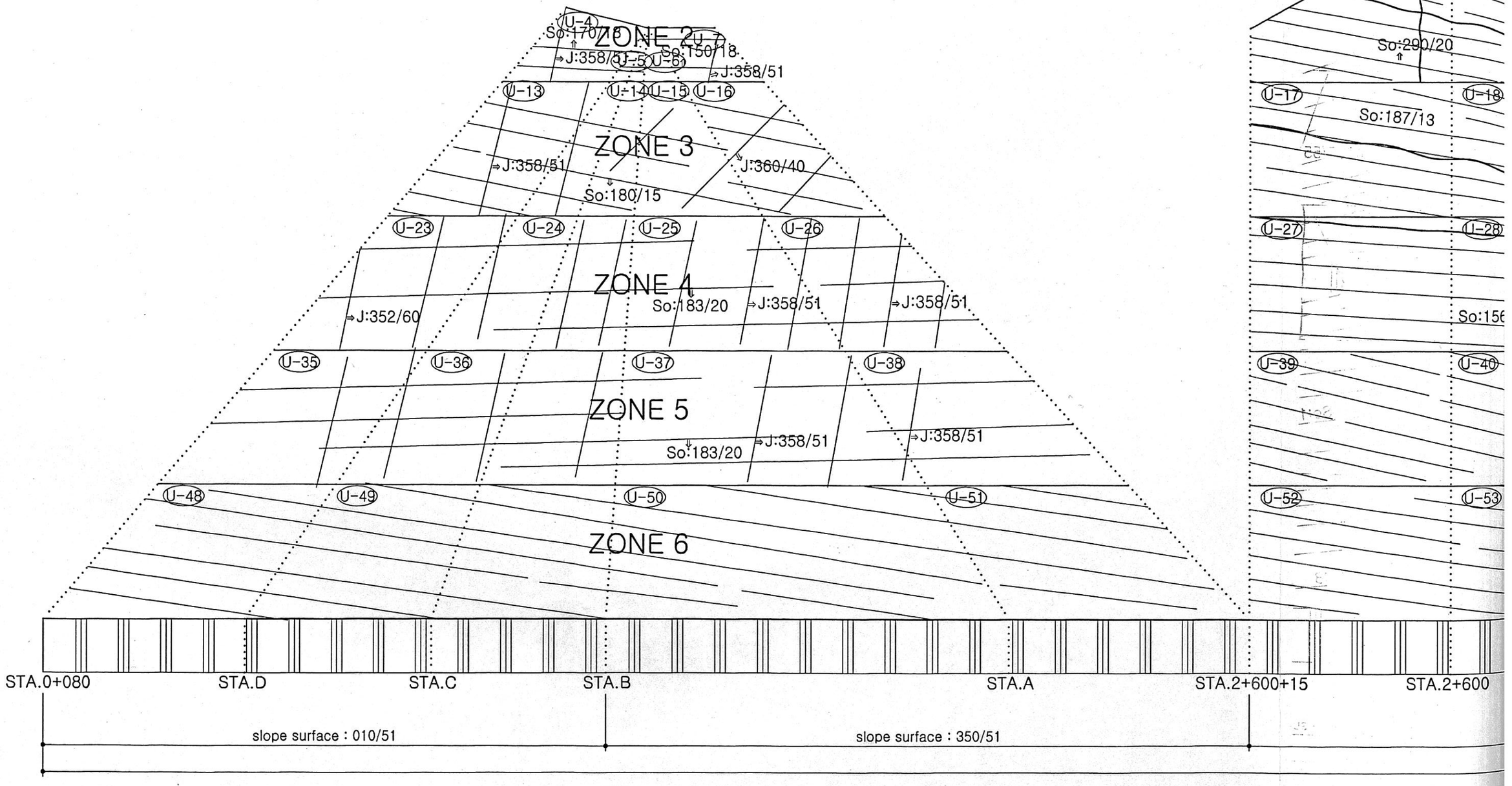
S=1:250

보 기

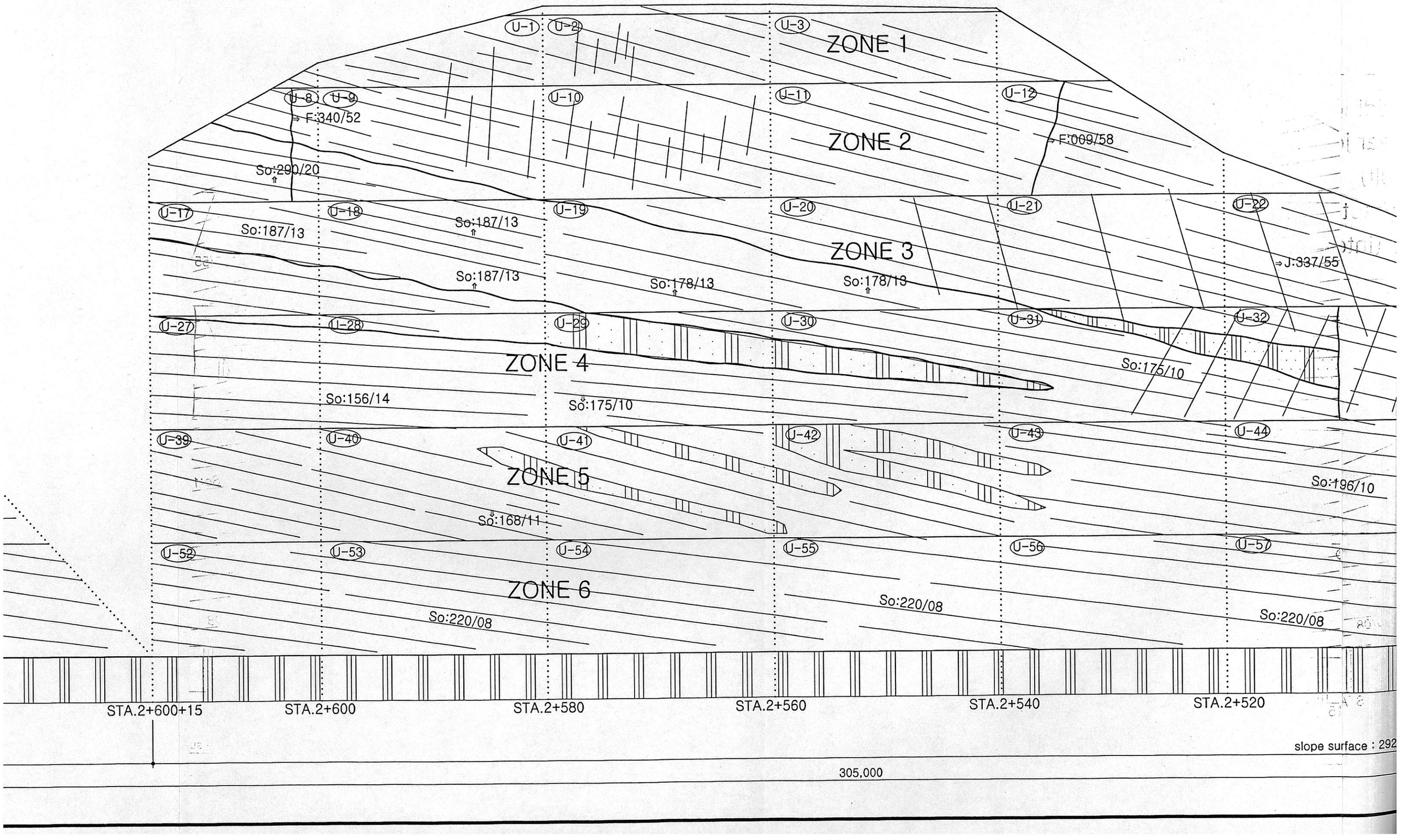
So	: 층리 (Bedding plane)
J	: 절리 (Shear joint)
F	: 단층 (Fault)
	: 단층대 (Fracture Zone)
	: 관입사암 (Interbedded sand stone)



범물~고산국도


ZONE 2
ZONE 3
ZONE 4
ZONE 5
ZONE 6
U-4
U-5
U-6
U-7
U-8
U-9
U-13
U-14
U-15
U-16
U-17
U-18
U-23
U-24
U-25
U-26
U-27
U-28
U-35
U-36
U-37
U-38
U-39
U-40
U-48
U-49
U-50
U-51
U-52
U-53
So:170/15
⇒J:358/51
So:150/18
⇒J:358/51
⇒J:358/51
So:180/15
⇒J:360/40
⇒J:352/60
So:183/20
⇒J:358/51
⇒J:358/51
So:290/20
So:187/13
So:183/20
⇒J:358/51
⇒J:358/51
STA.0+080
STA.D
STA.C
STA.B
STA.A
STA.2+600+15
STA.2+600
slope surface : 010/51
slope surface : 350/51

범물~고산국도간 도로건설공사 STA.2+400~STA.2+640 우측사면

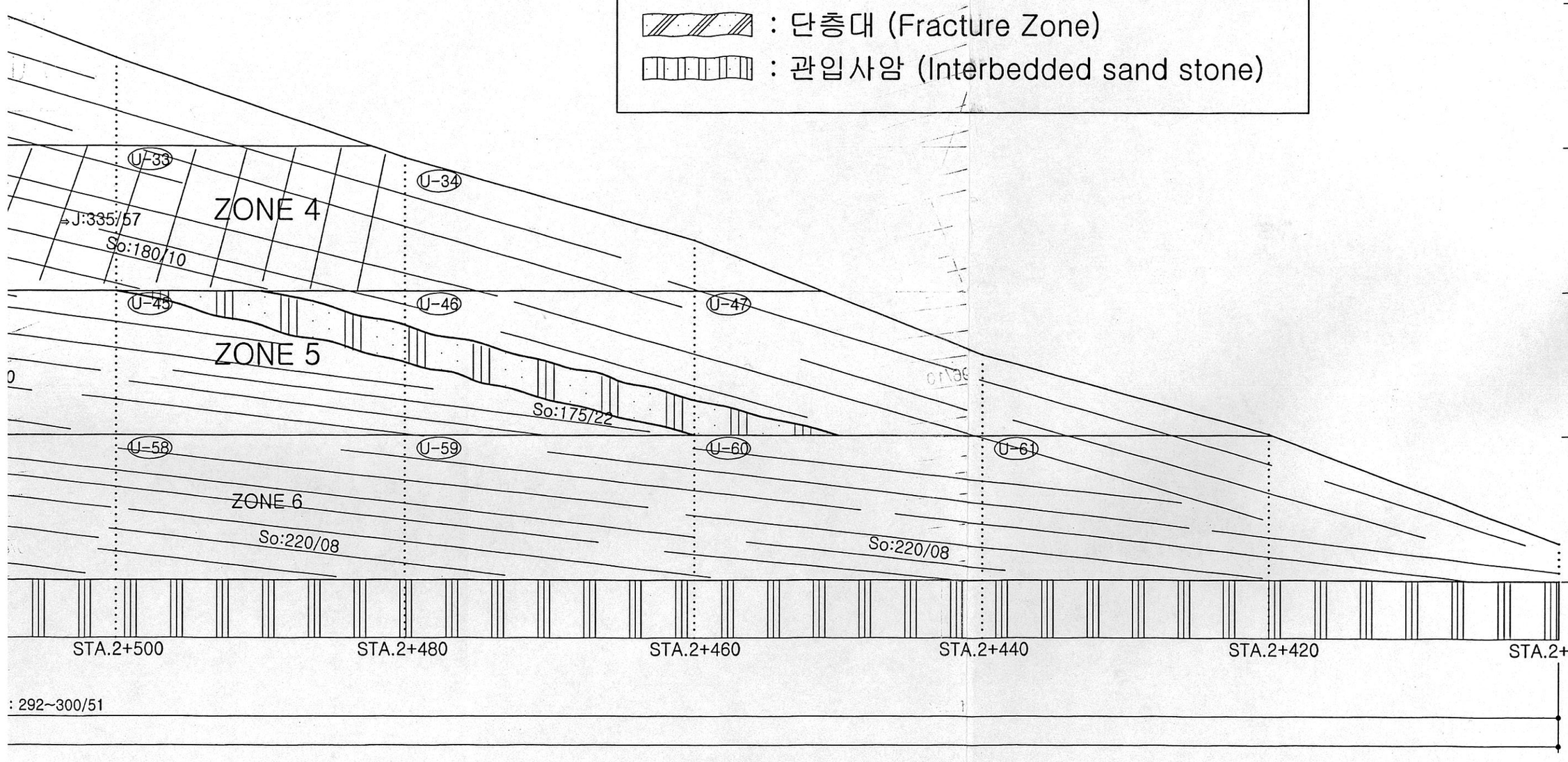


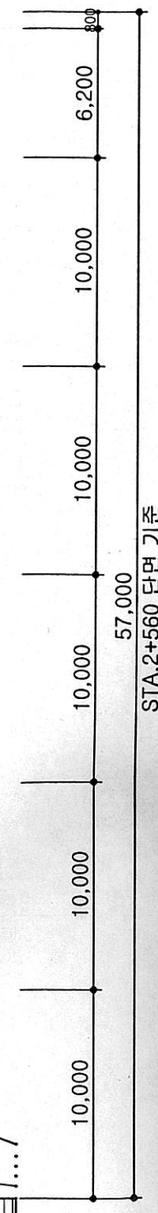
불연속면 분포도

S = 1 : 300

보 기

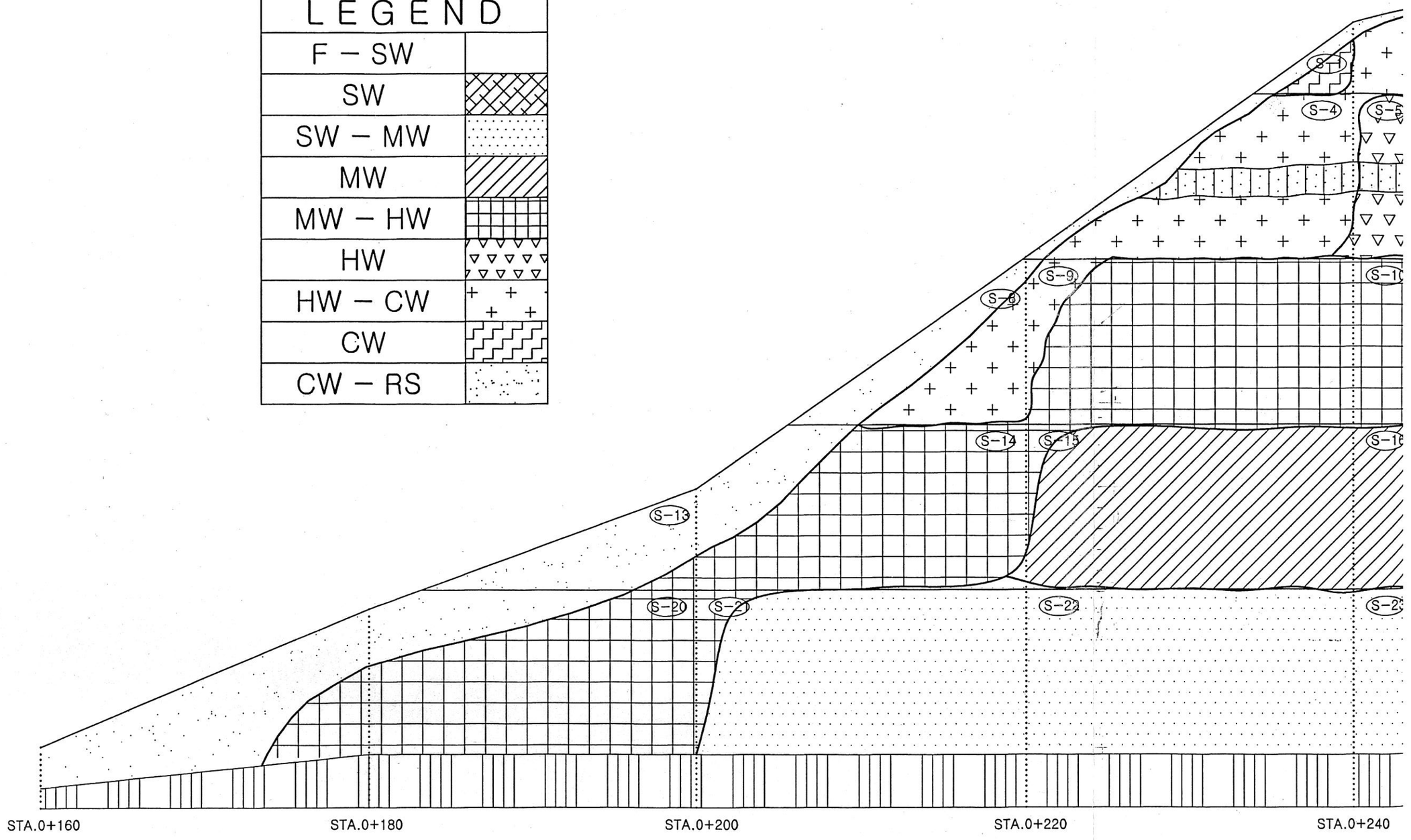
So	: 층리 (Bedding plane)
J	: 절리 (Shear joint)
F	: 단층 (Fault)
	: 단층대 (Fracture Zone)
	: 관입사암 (Interbedded sand stone)





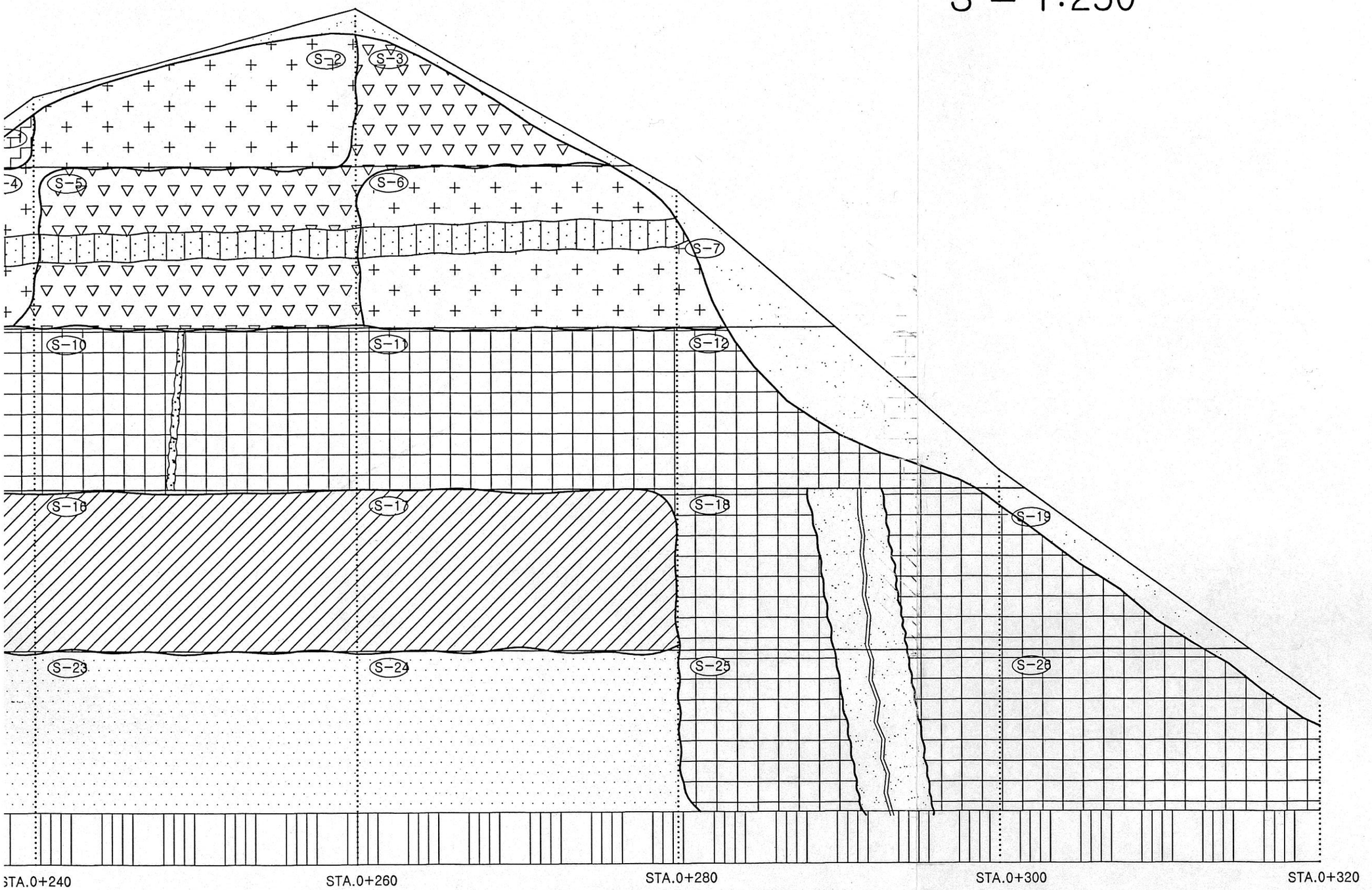
삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사 STA.0

LEGEND	
F – SW	
SW	
SW – MW	
MW	
MW – HW	
HW	
HW – CW	
CW	
CW – RS	



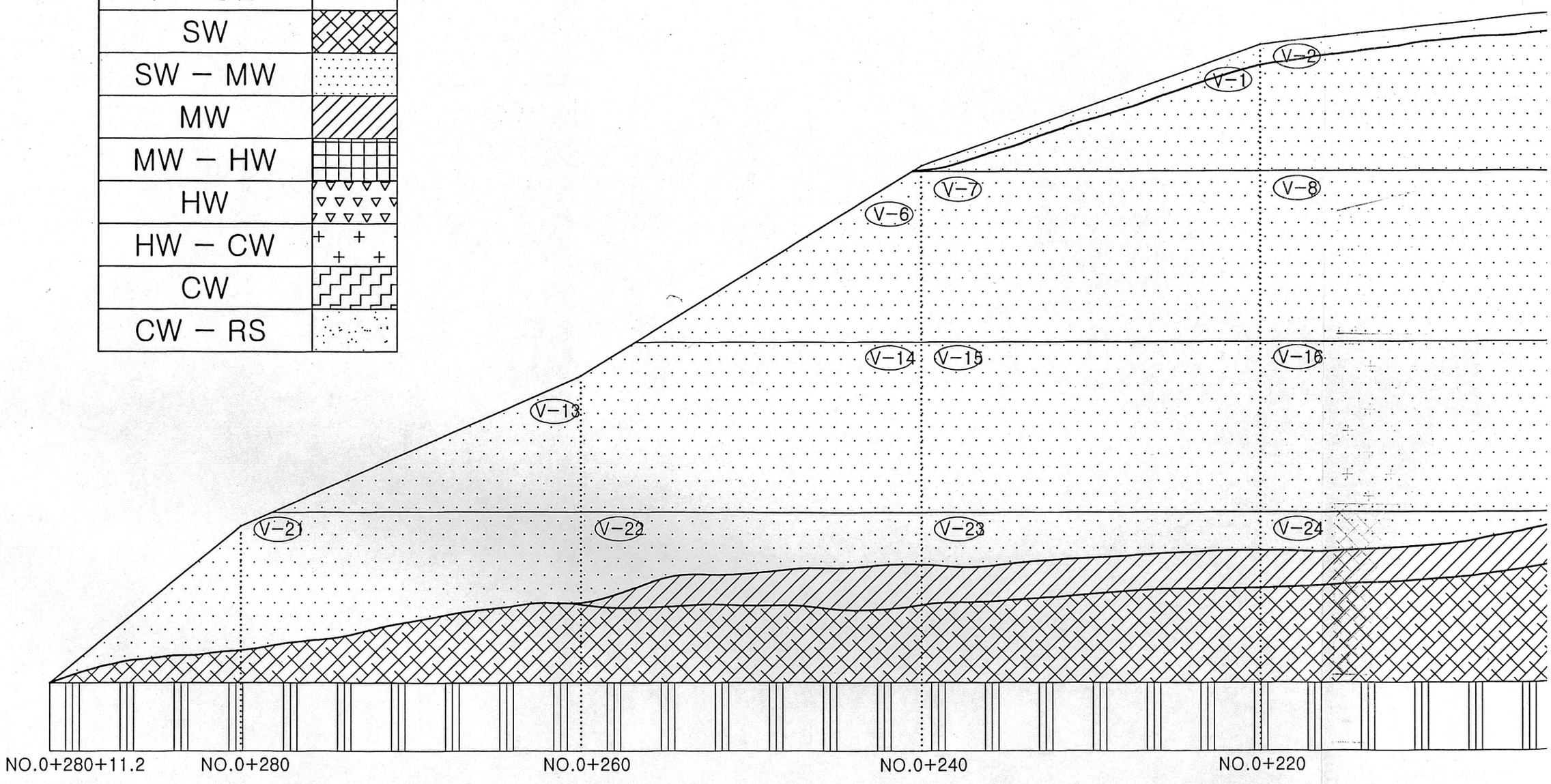
A.0+160~STA.0+320 좌측사면 풍화정도

S = 1:250

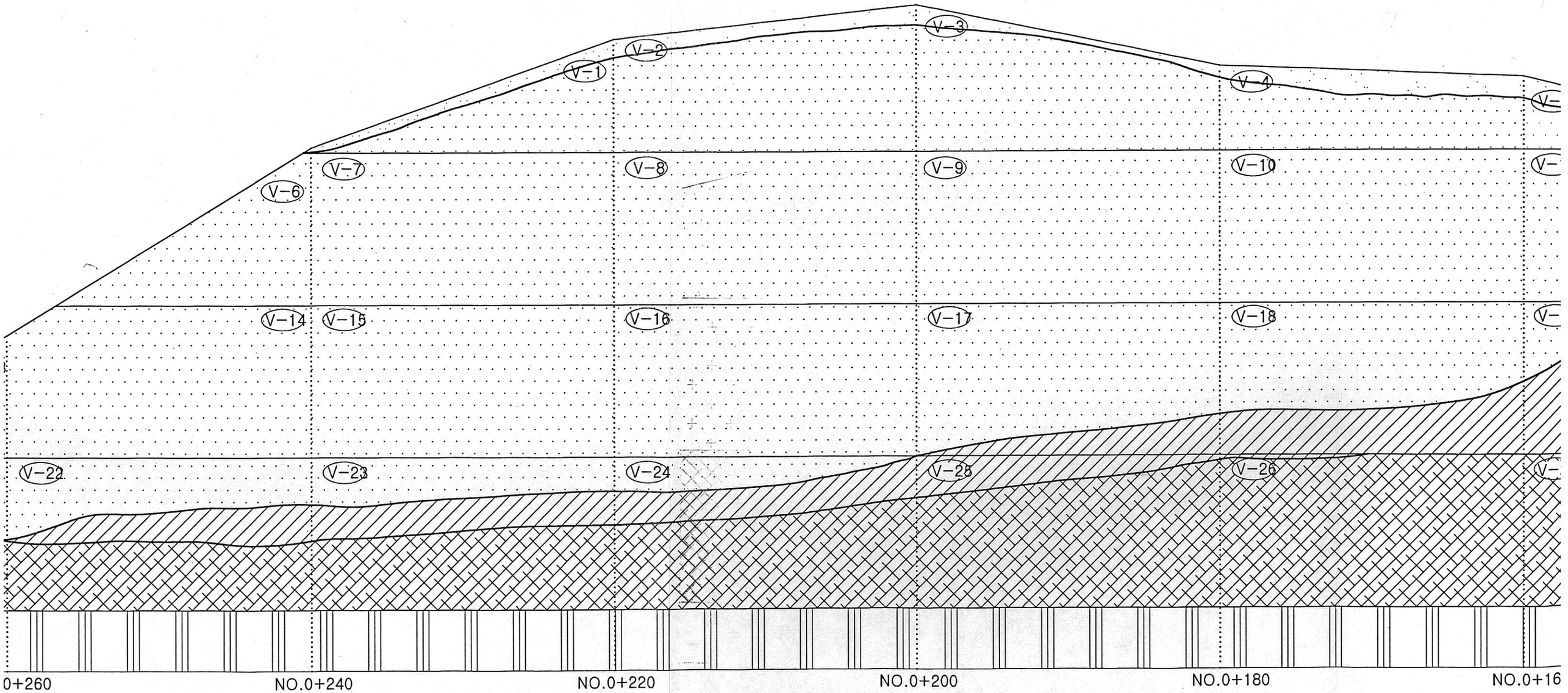


삼덕동 ~ 시지택지간 도로건

LEGEND	
F – SW	
SW	
SW – MW	
MW	
MW – HW	
HW	
HW – CW	
CW	
CW – RS	

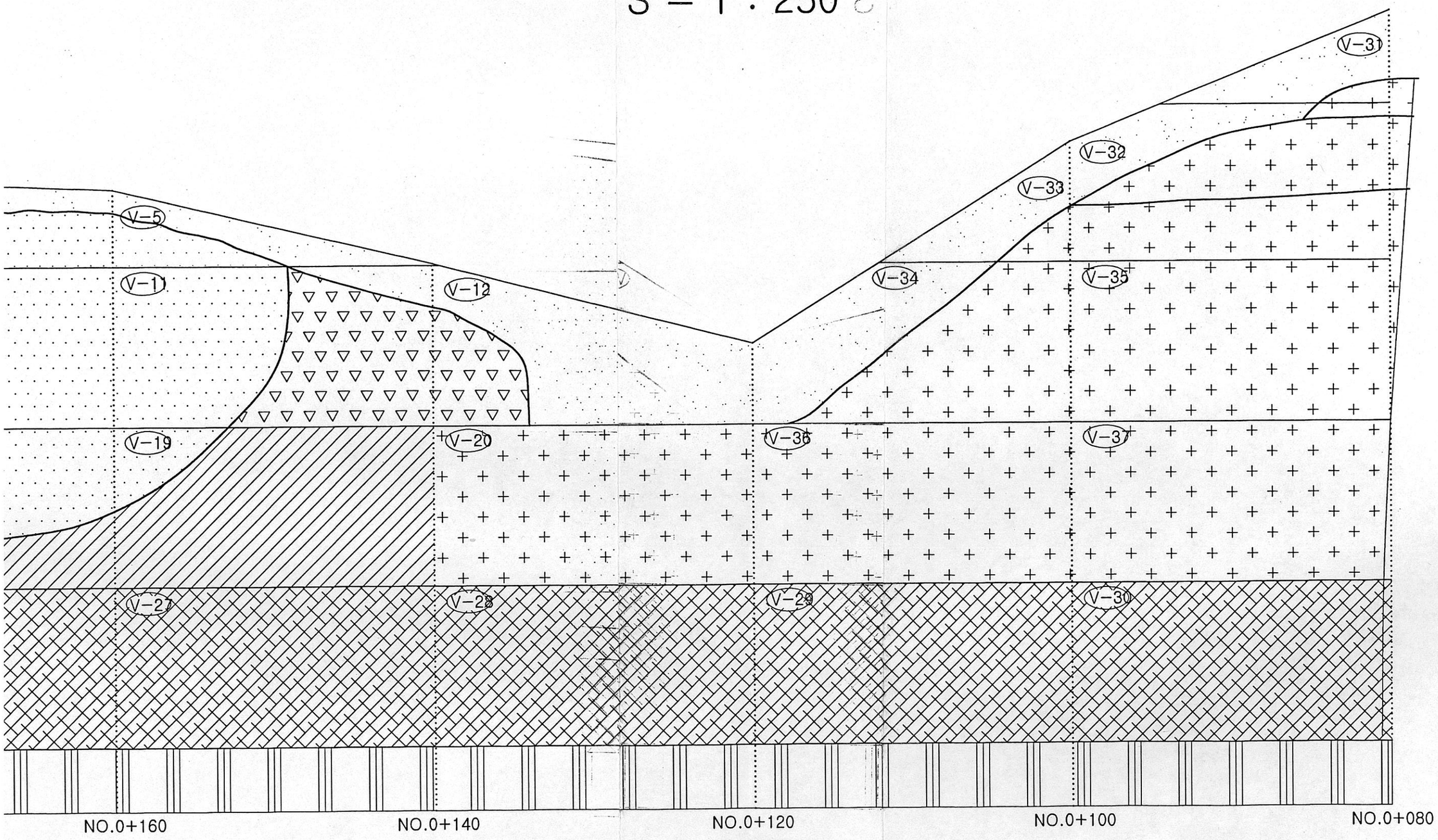


삼덕동 ~ 시지택지간 도로건설공사 STA.0+080~STA.0+2

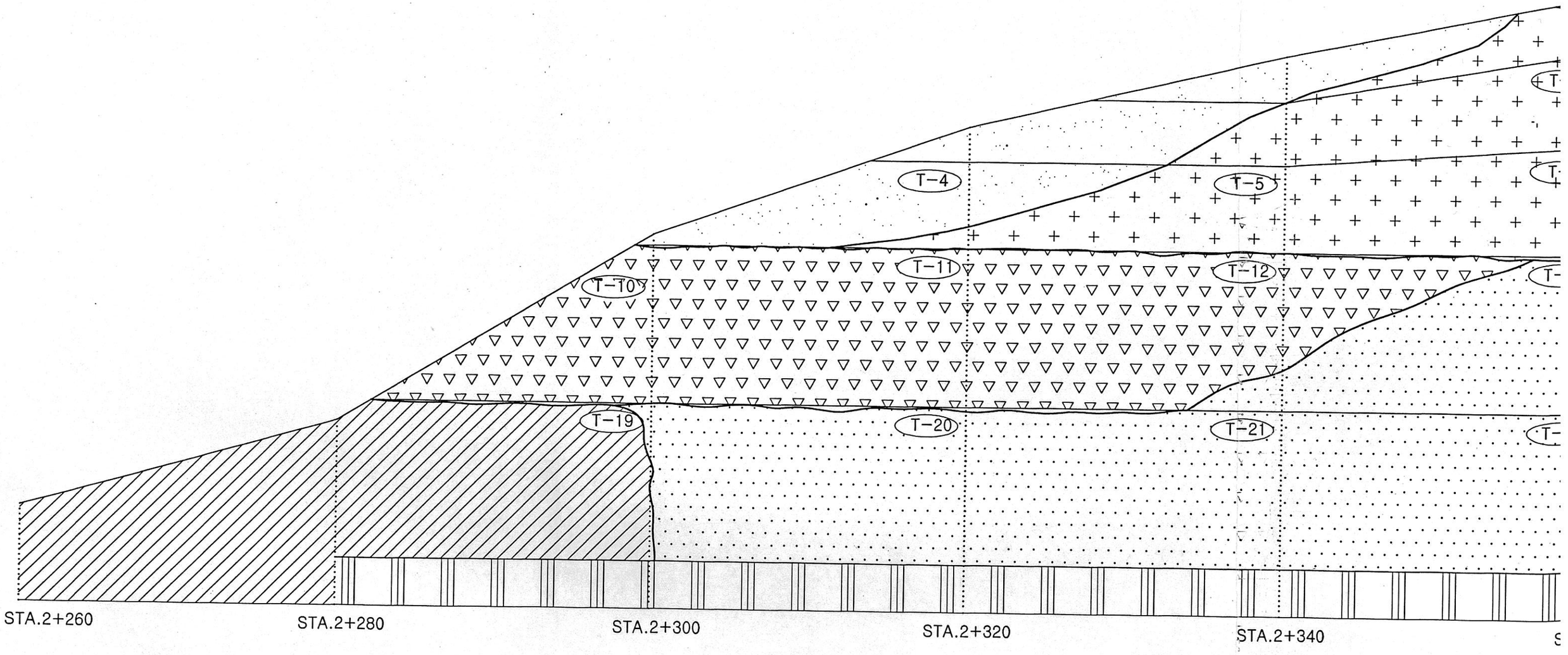


A.0+280 우측사면 풍화정도

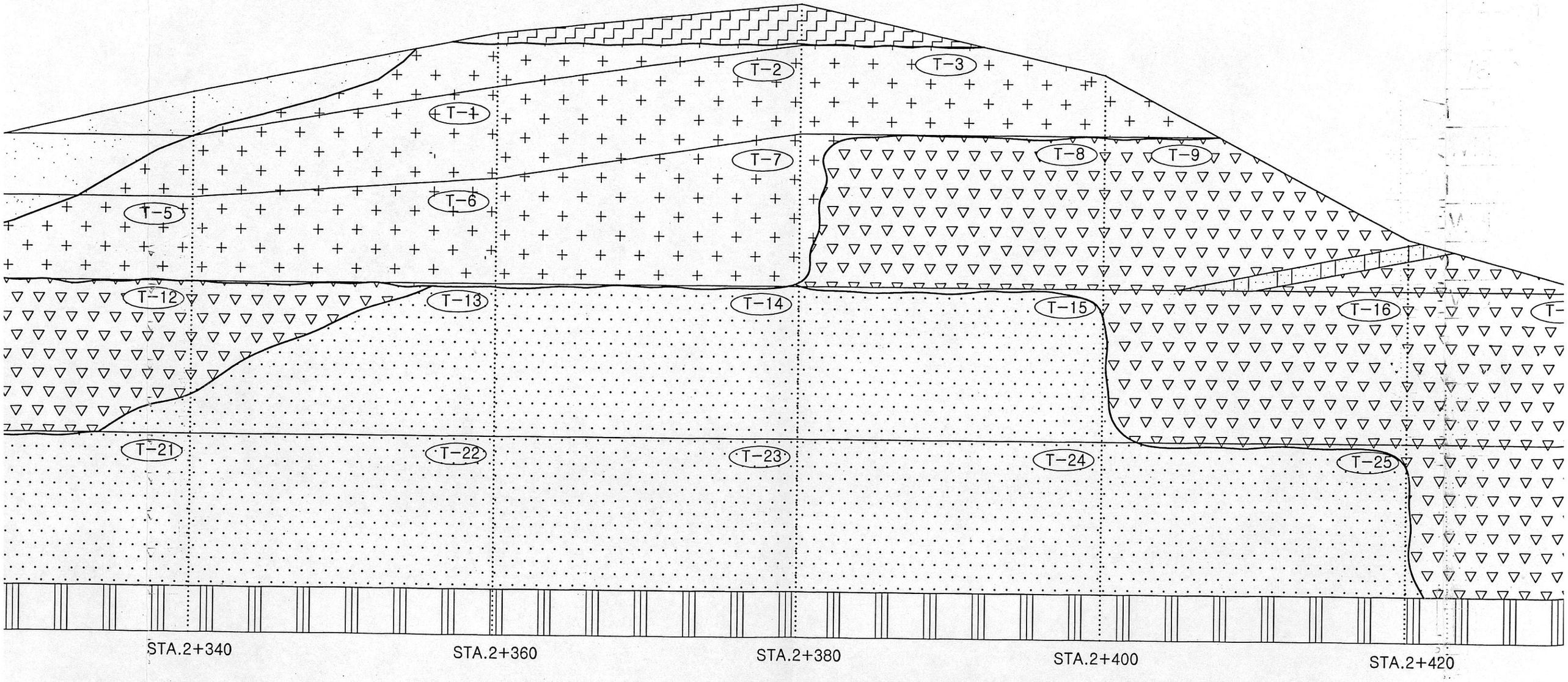
S = 1 : 250



범물지구 ~ 고산


T-4
T-5
T-10
T-11
T-12
T-19
T-20
T-21
STA.2+260
STA.2+280
STA.2+300
STA.2+320
STA.2+340

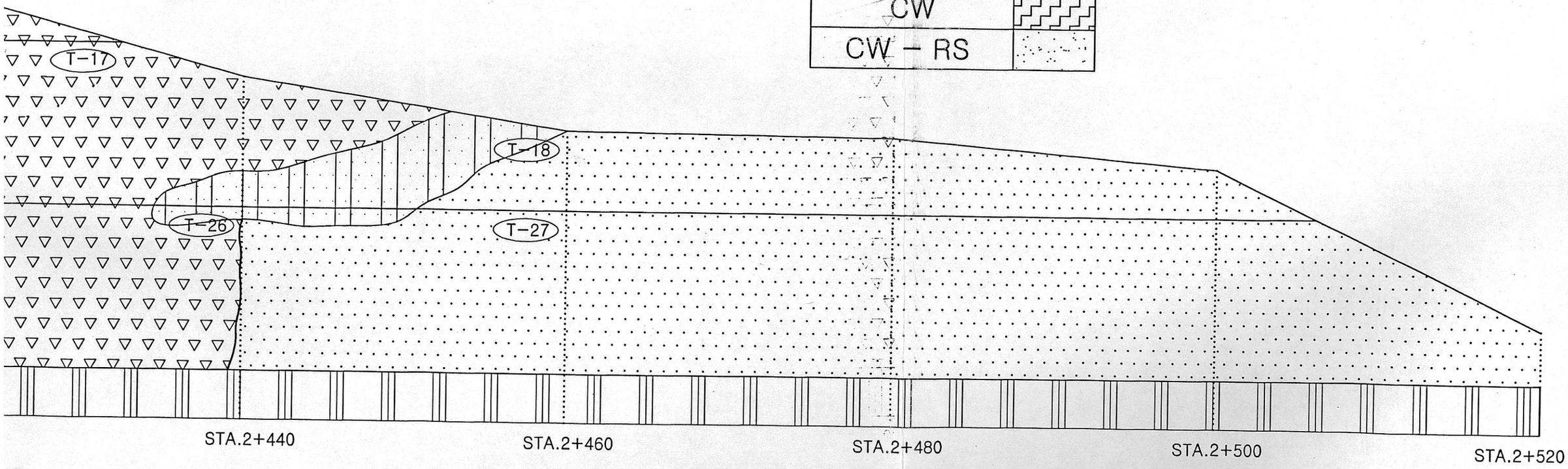
범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사 STA.2+280~STA.2+460 좌측



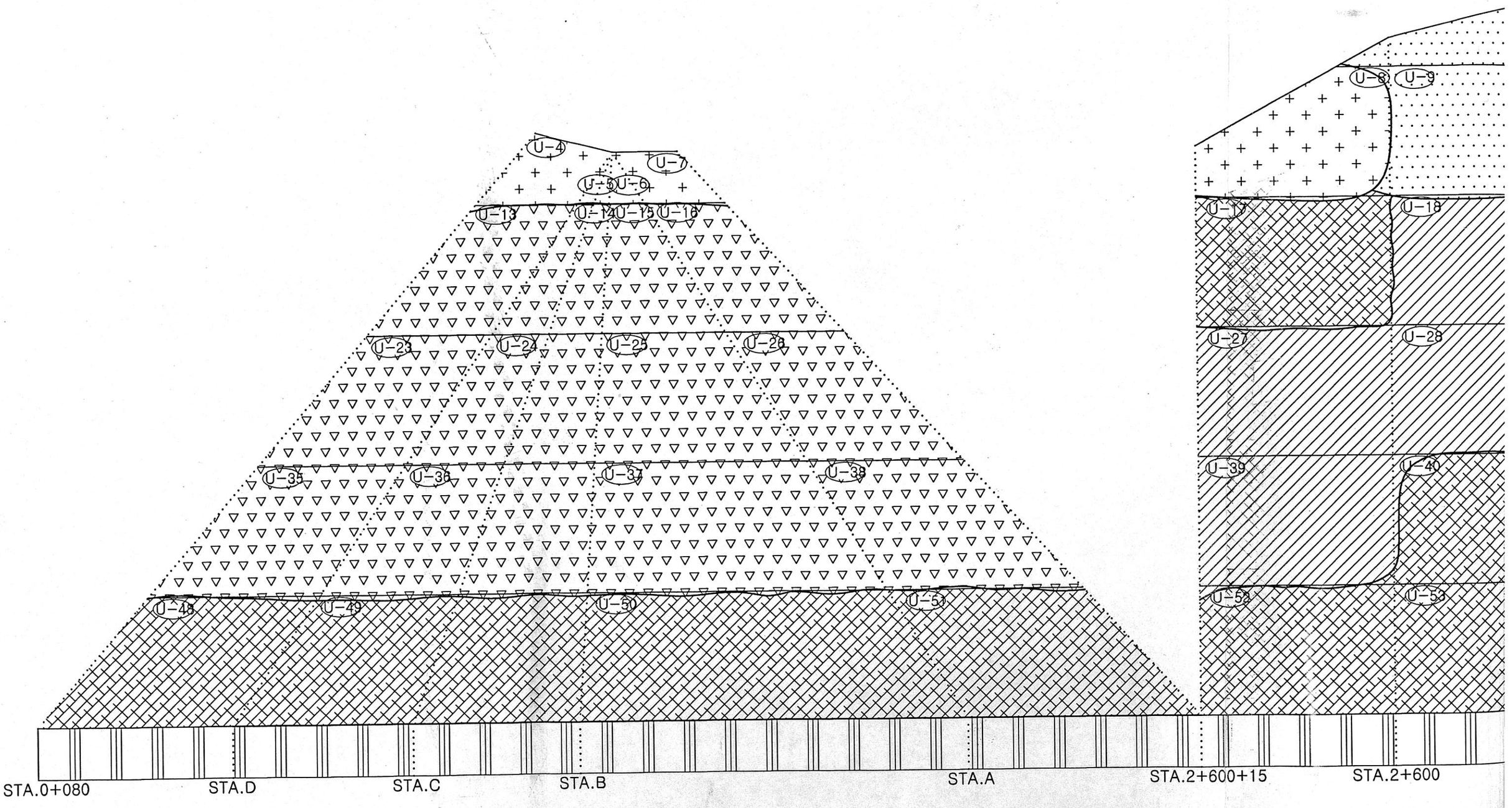
좌측사면 풍화정도

S=1:250

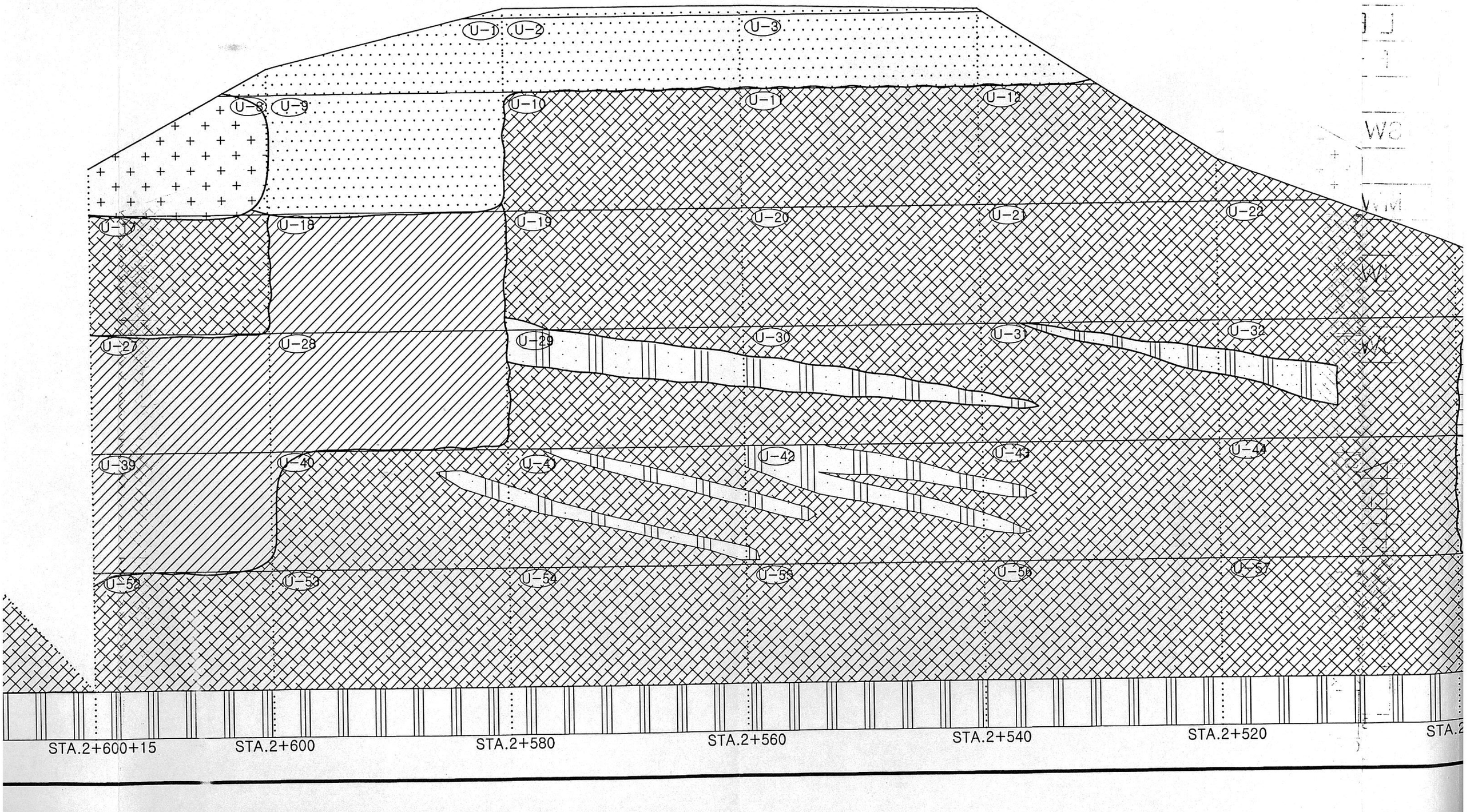
LEGEND	
F - SW	
SW	
SW - MW	
MW	
MW - HW	
HW	
HW - CW	
CW	
CW - RS	



범물지구 ~ 고산


U-4
U-7
U-5
U-6
U-13
U-14
U-15
U-16
U-23
U-24
U-25
U-26
U-35
U-36
U-37
U-38
U-48
U-49
U-50
U-51
U-8
U-9
U-17
U-18
U-27
U-28
U-39
U-40
U-52
U-53
STA.0+080
STA.D
STA.C
STA.B
STA.A
STA.2+600+15
STA.2+600

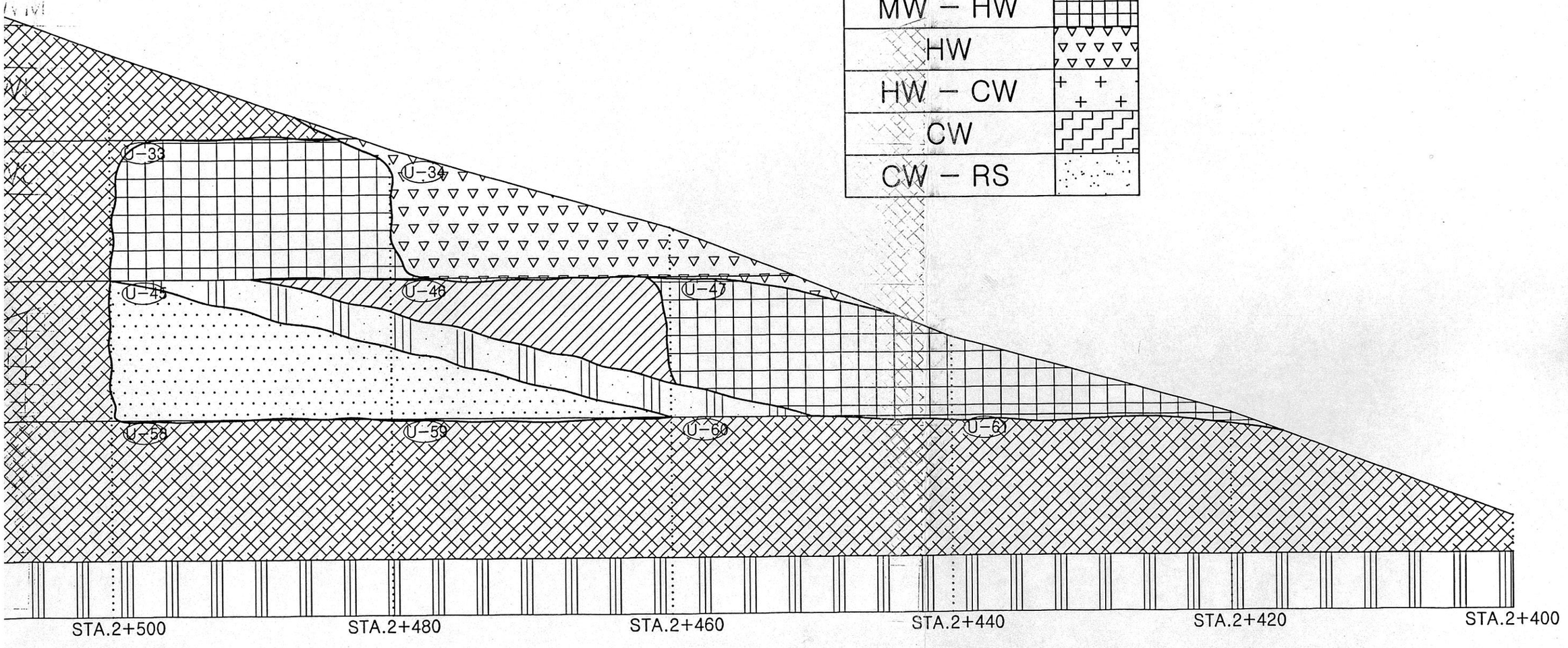
범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사 STA.2+400~STA.2+640 우측사



측사면 풍화정도

S = 1 : 300

LEGEND	
F – SW	
SW	
SW – MW	
MW	
MW – HW	
HW	
HW – CW	
CW	
CW – RS	



부록 4. 불연속면의 거칠기 형상 및 점하중강도시험 성과표

1.삼덕동~시지택지간 도로(STA.0+160~STA.0+320 좌측사면)

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 1	S-1	130/08		4~6	
	S-2	165/12		2~4	
	S-3	153/19		2~4	
ZONE 2	S-4	260/85		2~4	
	S-5	168/12		4~6	
	S-6	190/33		4~6	
ZONE 3	S-8	170/14		2~4	
	S-9	170/14		2~4	
	S-10	162/10		2~4	
	S-11	169/12		2~4	
	S-12	169/12		0~2	
ZONE 4	S-14	178/14		6~8	
	S-15	178/14		2~4	
	S-16	178/14		4~6	
	S-17	190/13		4~6	

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 4	S-18	224/09		4~6	
	S-19	272/18		2~4	
ZONE 5	S-20	182/13		4~6	
	S-21	182/13		4~6	
	S-22	182/13		2~4	
	S-23	178/14		4~6	
	S-24	178/14		2~4	
	S-25	220/12		4~6	
	S-26	272/18		2~4	

2.삼덕동~시지택지간 도로(STA.0+080~STA.0+280 우측사면)

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 1	V-1	341/36		2~4	
	V-2	218/53		2~4	
	V-3	292/89		4~6	
	V-4	341/36		2~4	
	V-5	341/36		4~6	
ZONE 2	V-6	337/38		4~6	
	V-7	305/88		2~4	
	V-8	016/78		4~6	
	V-9	038/82		2~4	
	V-10	346/52		2~4	
	V-11	255/85		2~4	
ZONE 3	V-13	298/82		2~4	
	V-14	330/10		4~6	
	V-15	320/31		4~6	
	V-16	319/33		4~6	

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 3	V-17	298/82		2~4	
	V-18	320/31		4~6	
	V-19	280/83		2~4	
	V-20	180/20		2~4	
ZONE 4	V-21	188/19		4~6	
	V-22	188/19		4~6	
	V-23	188/19		4~6	
	V-24	188/19		2~4	
	V-25	188/19		2~4	
	V-26	188/19		4~6	
	V-27	188/19		4~6	
	V-28	188/19		4~6	
	V-29	188/19		2~4	
	V-30	188/19		2~4	
ZONE 5	V-31	056/40		2~4	

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 5	V-32	002/55		2~4	
ZONE 6	V-34	310/69		2~4	
	V-35	352/60		2~4	
ZONE 7	V-36	352/58		0~2	
	V-37	320/63		2~4	

3.범물지구~고산국도간 도로(STA.2+280~STA.2+460 좌측사면)

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 1	T-1	152/25		2~4	
	T-2	165/24		4~6	
	T-3	148/89		2~4	
ZONE 2	T-5	160/37		2~4	
	T-6	145/47		4~6	
	T-7	170/15		2~4	
	T-8	130/47		2~4	
	T-9	022/65		2~4	
ZONE 3	T-10	177/11		2~4	
	T-11	177/11		2~4	
	T-12	177/11		2~4	
	T-13	177/11		4~6	
	T-14	174/12		4~6	
	T-15	170/12		4~6	
	T-16	022/65		2~4	

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 3	T-17	170/18		2~4	
	T-18	170/18		2~4	
ZONE 4	T-19	177/11		6~8	
	T-20	177/11		2~4	
	T-21	177/11		2~4	
	T-22	177/11		4~6	
	T-23	174/12		2~4	
	T-24	102/82		4~6	
	T-25	102/82		2~4	
	T-26	150/16		2~4	
	T-27	150/16		4~6	

4.범물지구~고산국도간 도로(STA.2+400~STA.2+640 우측사면)

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 1	U-1	290/20		4~6	
	U-2	290/20		4~6	
	U-3	290/20		2~4	
ZONE 2	U-4	170/18		2~4	
	U-5	150/18		2~4	
	U-6	328/40		2~4	
	U-7	328/40		2~4	
	U-8	328/40		2~4	
	U-9	290/20		2~4	
	U-10	290/20		2~4	
	U-11	290/20		4~6	
	U-12	009/58		2~4	
ZONE 3	U-13	180/15		2~4	
	U-14	180/15		4~6	
	U-15	180/15		2~4	

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 3	U-16	180/15		2~4	
	U-17	180/15		4~6	
	U-18	187/13		4~6	
	U-19	178/13		2~4	
	U-20	178/13		4~6	
	U-21	178/13		4~6	
	U-22	337/55		4~6	
ZONE 4	U-23	352/60		2~4	
	U-24	358/51		2~4	
	U-25	358/51		2~4	
	U-26	358/51		2~4	
	U-27	156/14		4~6	
	U-28	156/14		4~6	
	U-29	175/10		4~6	
	U-30	175/10		4~6	
	U-31	175/10		4~6	

구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 4	U-32	175/10		2~4	
	U-33	335/57		4~6	
	U-34	335/57		2~4	
ZONE 5	U-35	358/63		2~4	
	U-36	358/51		2~4	
	U-37	358/51		2~4	
	U-38	358/51		4~6	
	U-39	168/11		6~8	
	U-40	168/11		4~6	
	U-41	168/11		2~4	
	U-42	168/11		4~6	
	U-43	196/10		2~4	
	U-44	196/10		2~4	
	U-45	196/10		2~4	
	U-46	175/22		4~6	
	U-47	175/22		4~6	

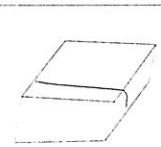
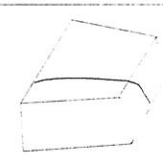
구 분	위 치	불연속면방향	불연속면의 거칠기 형상	JRC	비 고
ZONE 6	U-48	220/08		2~4	
	U-49	220/08		2~4	
	U-50	220/08		4~6	
	U-51	220/08		2~4	
	U-52	220/08		4~6	
	U-53	220/08		4~6	
	U-54	220/08		2~4	
	U-55	220/08		2~4	
	U-56	220/08		4~6	
	U-57	220/08		4~6	
	U-58	220/08		2~4	
	U-59	220/08		2~4	
	U-60	220/08		2~4	
	U-61	220/08		4~6	

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

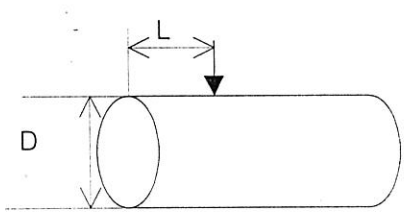
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

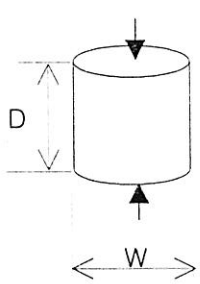
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-1 NO.1	S-2 NO.2	S-3 NO.3
암 종	ROCK TYPE		적색셰일	적색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.6	7.7	6.7
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	4.0	5.3	4.6
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	127	395	368
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	5.8	7.2	6.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	3.8	7.6	9.4
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	4.0	9.0	10.4
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	97	215	249

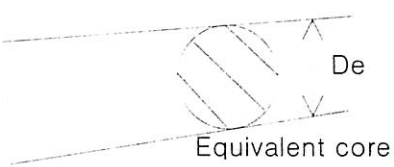
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

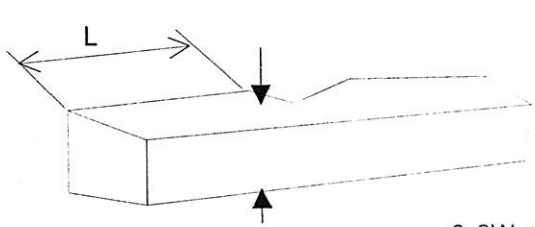




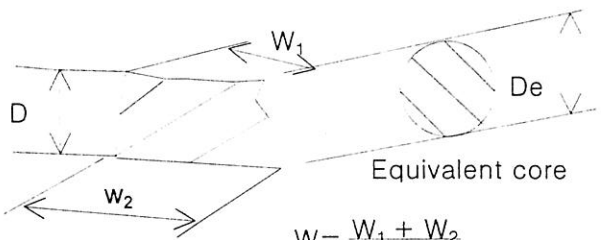
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

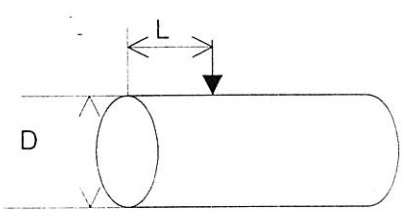
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

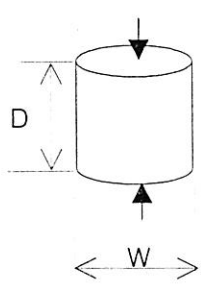
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-4 NO.4	S-5 NO.5	S-6 NO.6
암 종	ROCK TYPE		적색셰일	관입사암	관입사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.2	6.8	6.7
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.4	5.5	4.6
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	314	1,587	775
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.7	6.9	6.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	5.3	33.3	19.7
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	6.5	38.5	21.8
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	156	924	524

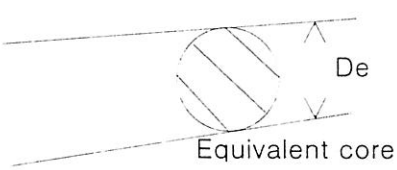
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

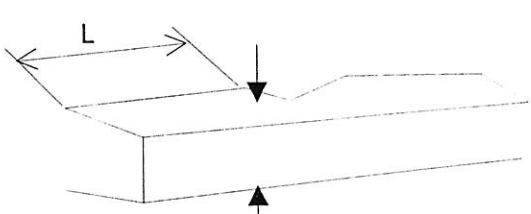




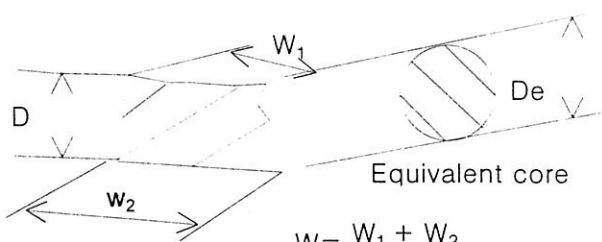
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

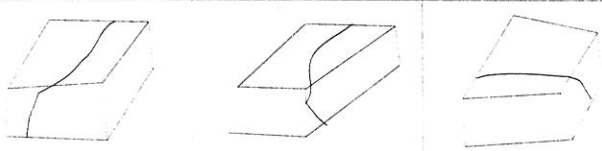
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

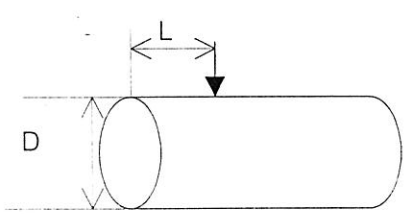
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

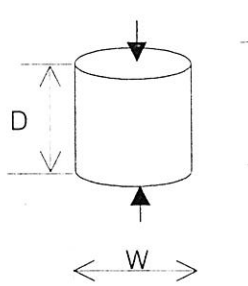
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-8 NO.7	S-9 NO.8	S-10 NO.9
암 종	ROCK TYPE		적색셰일	적색셰일	적색~암회색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	5.5	6.9	6.7
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	4.6	5.4	5.3
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	273	1,105	691
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	5.7	6.9	6.7
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	8.5	23.3	15.3
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	9.0	26.9	17.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	215	645	419

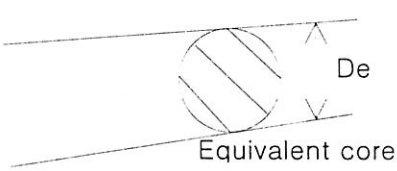
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

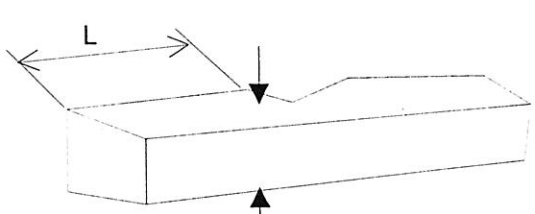




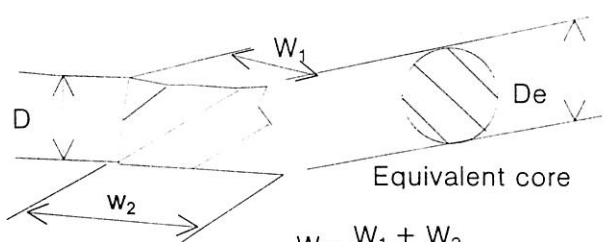
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

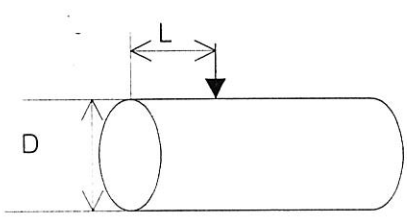
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

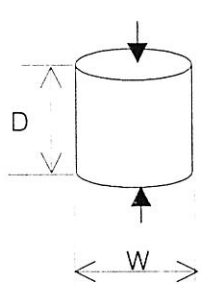
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-11 NO.10	S-12 NO.11	S-14 NO.12
암 종	ROCK TYPE		암회색셰일	적색~암회색셰일	암회색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	5.7	6.5	6.3
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.4	5.3	5.5
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	913	610	995
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.8	6.6	6.6
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.1	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	19.6	13.9	22.5
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	22.6	15.8	25.6
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	542	379	615

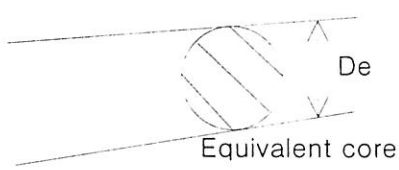
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

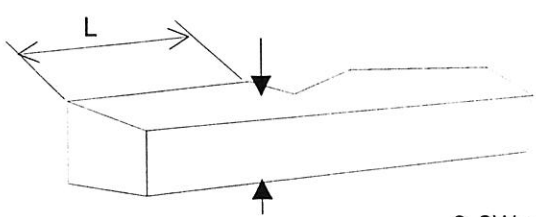




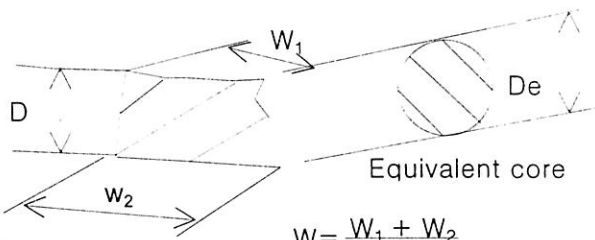
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

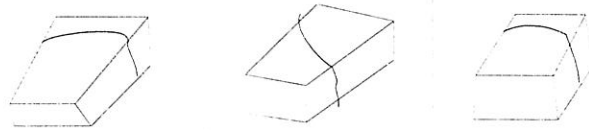
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

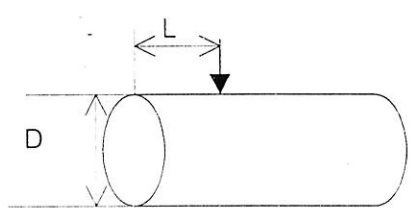
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

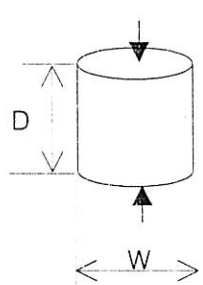
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-15 NO.13	S-16 NO.14	S-17 NO.15
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.4	5.9	6.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.1	5.2	6.3
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,292	879	1,785
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.1	6.3	7.4
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.1	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	26.0	22.5	32.2
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	30.3	24.9	38.6
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	728	597	925

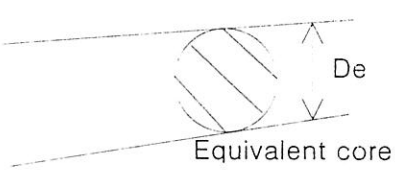
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

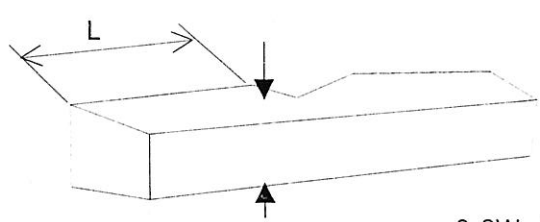




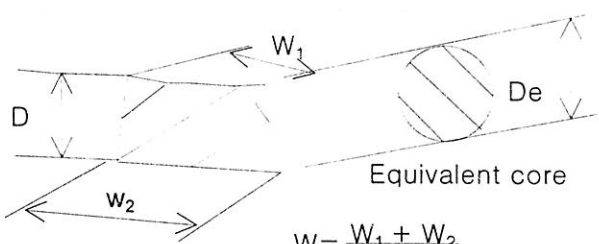
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

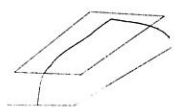
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

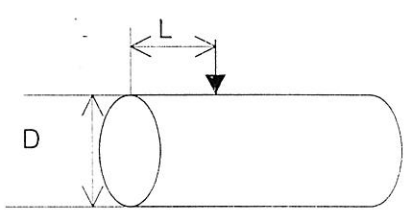
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

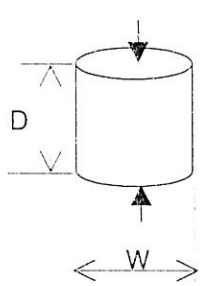
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-18 NO.16	S-19 NO.17	S-20 NO.18
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	암회색~흑색셰일	적색~암회색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(㎝)	6.3	7.5	7.1
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(㎝)	5.1	6.3	6.5
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	805	790	918
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(㎝)	6.4	7.8	7.7
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	19.7	13.1	15.6
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	22.0	16.0	18.9
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	527	384	454

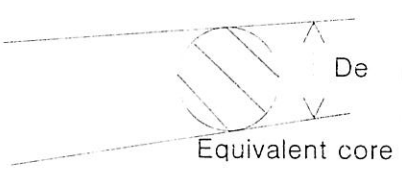
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

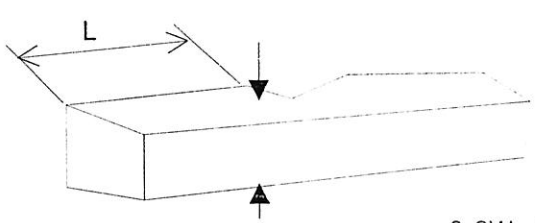




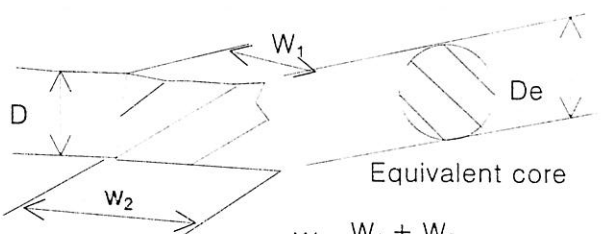
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

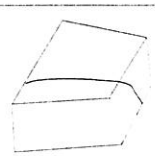
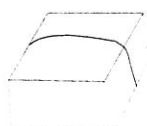
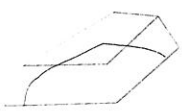
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

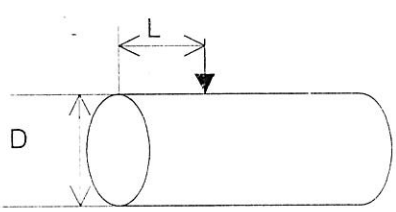
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

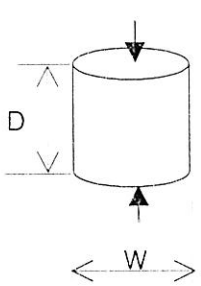
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-21	NO.19	S-22	NO.20	S-23	NO.21
암 종	ROCK TYPE		암회색셰일		암회색셰일		흑색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.8		7.7		7.1	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.4		6.2		6.8	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,159		2,737		2,005	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.8		7.8		7.8	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	46.2		45.0		32.6	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	53.1		55.0		39.9	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,275		1,319		958	

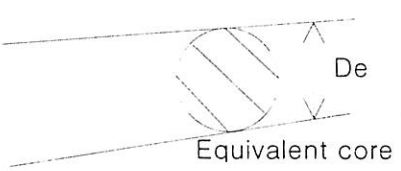
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

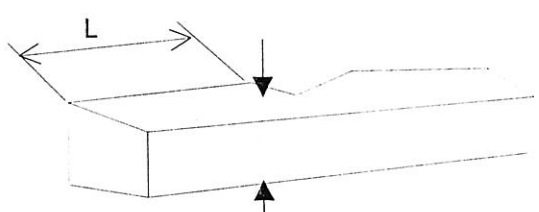




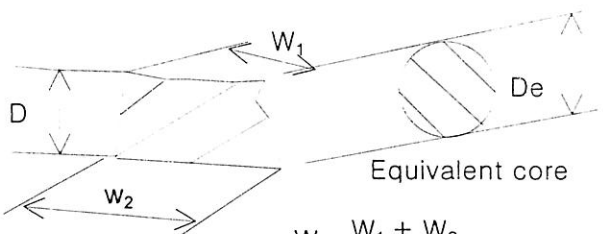
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

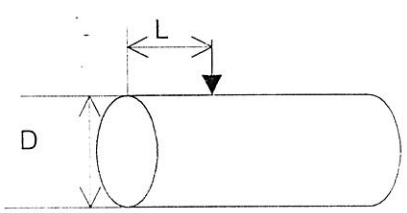
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 10월 6일 Tested by : 김 광 년

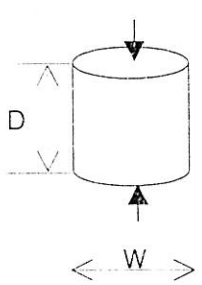
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		S-24 NO.22	S-25 NO.23	S-26 NO.24
암 종	ROCK TYPE		암회색셰일	암회색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.3	6.5	6.1
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.9	5.8	5.4
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,363	612	464
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.4	6.9	6.5
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	24.8	12.7	11.1
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	29.6	14.8	12.4
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	712	354	298

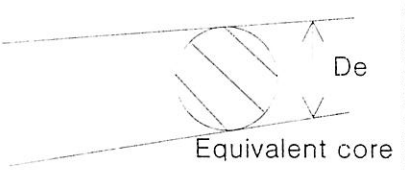
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

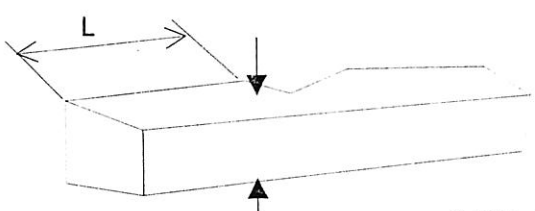




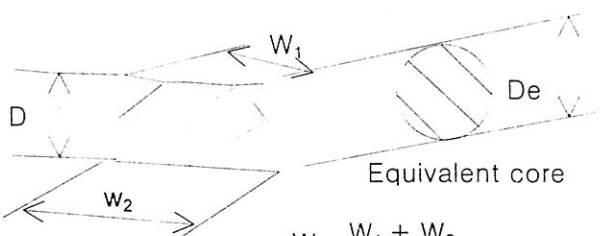
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

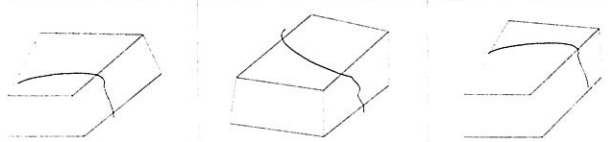
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

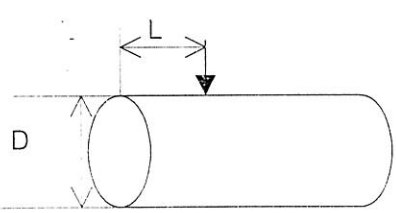
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

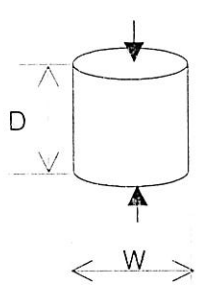
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-1 NO.1	V-2 NO.2	V-3 NO.3
암 종	ROCK TYPE		암회색사암	암회색사암	암회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.6	6.9	7.3
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.3	5.7	5.4
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,425	2,308	2,597
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.8	7.1	7.1
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	23.4	46.1	51.7
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	28.6	53.9	60.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	685	1,293	1,452

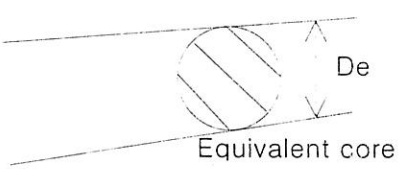
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

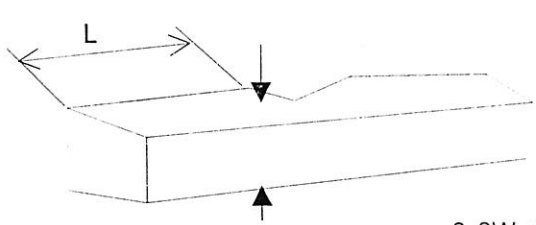




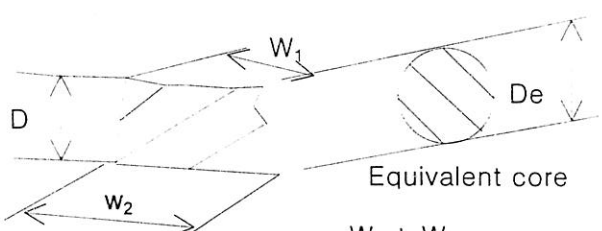
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

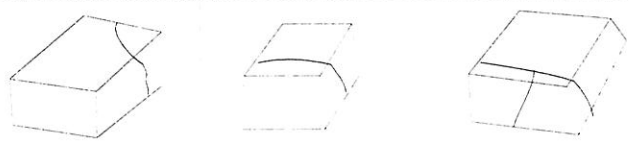
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

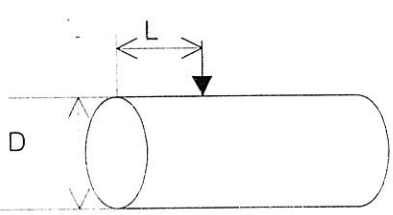
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호등 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

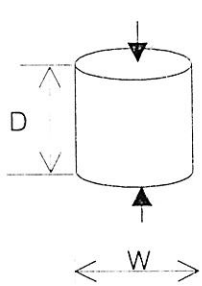
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-4 NO.4	V-5 NO.5	V-6 NO.6
암 종	ROCK TYPE		암회색사암	암회색사암	청회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.3	6.7	6.1
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.9	5.5	5.3
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,541	923	914
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.4	6.9	6.4
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	46.3	19.7	22.2
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	55.3	22.7	24.8
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,327	544	596

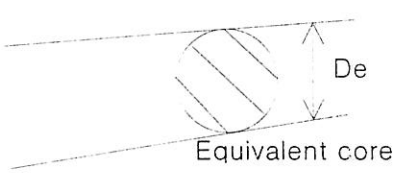
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

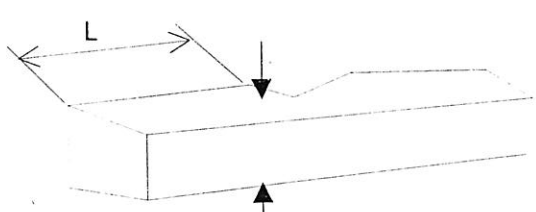




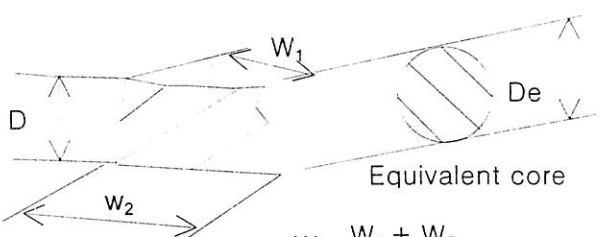
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

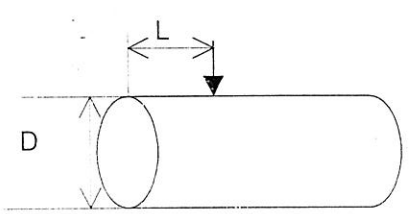
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

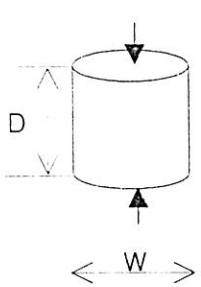
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-7 NO.7	V-8 NO.8	V-9 NO.9
암 종	ROCK TYPE		청회색사암	청회색사암	청회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.1	6.7	6.5
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.2	5.5	5.4
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,373	1,568	2,770
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.5	6.9	6.7
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	24.5	33.4	62.0
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	29.4	38.5	70.6
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	705	924	1,695

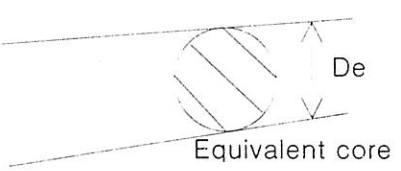
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

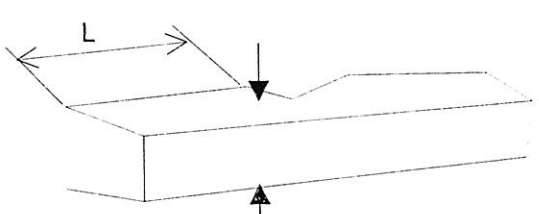




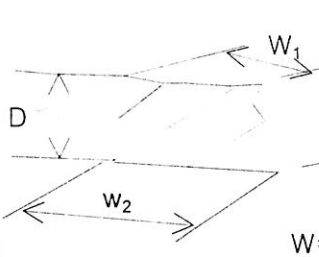
0.3W < D < W

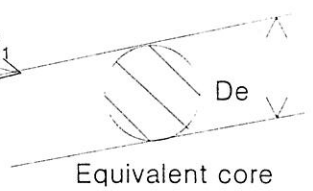
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

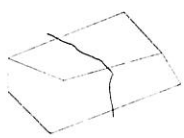
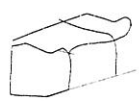
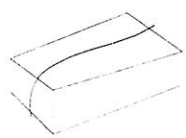
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

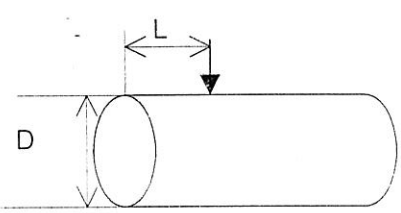
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

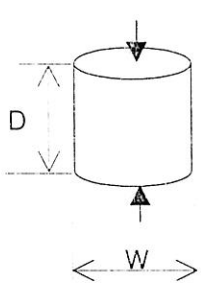
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-10 NO.10	V-11 NO.11	V-13 NO.12
암 종	ROCK TYPE		청회색사암	적색셰일	청회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.4	6.6	6.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.8	5.3	5.2
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,604	406	2,564
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	8.0	6.7	6.8
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.1	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	25.0	9.1	56.1
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	30.9	10.4	64.3
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	742	249	1,542

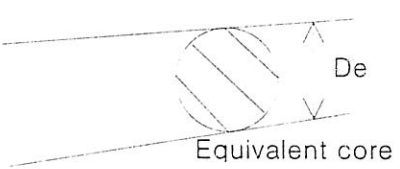
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

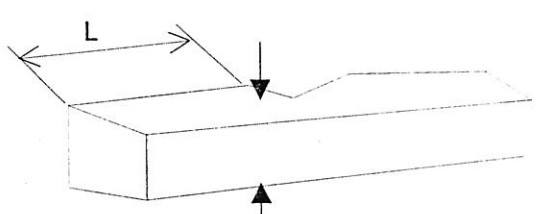




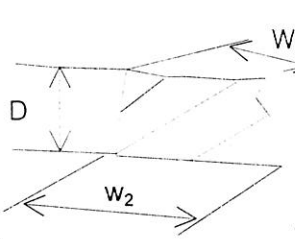
0.3W < D < W

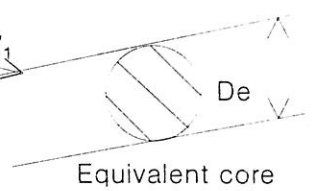
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

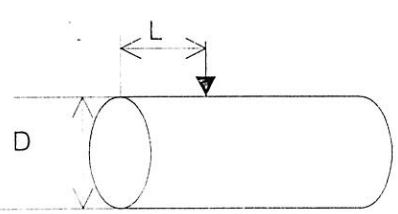
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

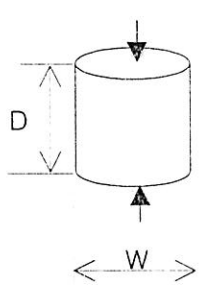
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-14 NO.13	V-15 NO.14	V-16 NO.15
암 종	ROCK TYPE		청회색사암	청회색사암	청회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.1	6.9	6.5
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.5	5.8	5.8
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,681	1,731	1,455
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.7	7.1	6.9
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	45.6	34.0	30.3
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	55.3	39.9	35.1
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,327	957	842

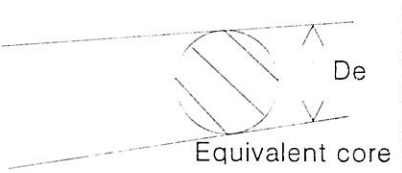
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

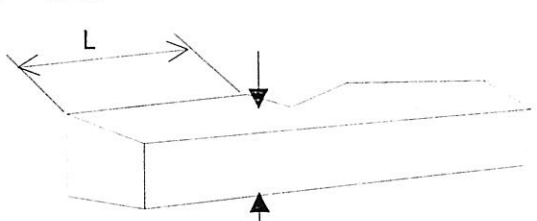




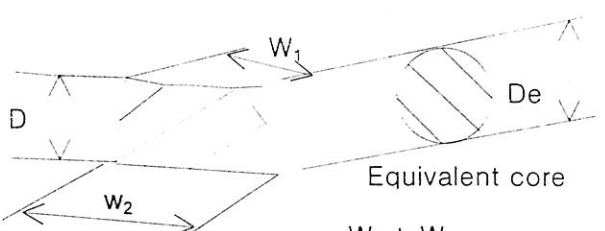
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

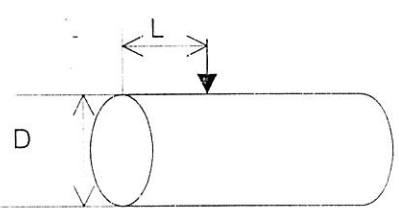
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

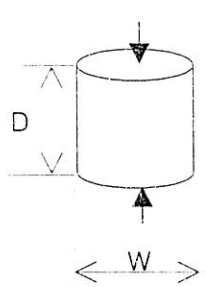
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-17	NO.16	V-18	NO.17	V-19	NO.18
암 종	ROCK TYPE		청회색사암		청회색사암		암회색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.8		7.3		6.5	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.4		5.9		5.8	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,481		1,823		1,463	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.8		7.4		6.9	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	31.7		33.2		30.5	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	36.5		39.7		35.3	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	875		952		847	

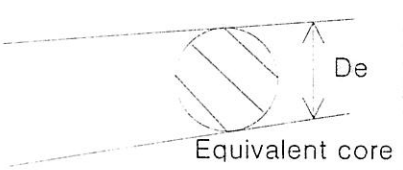
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

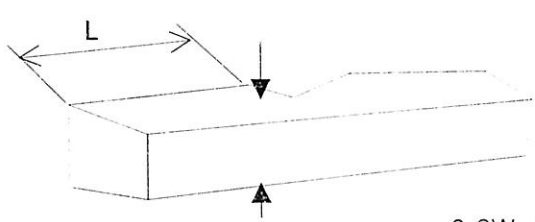




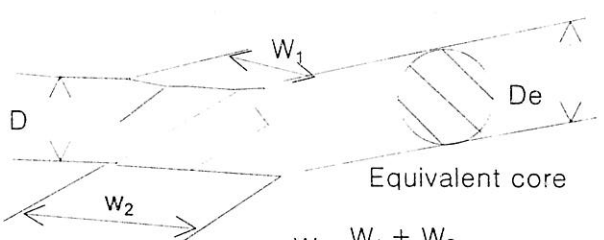
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

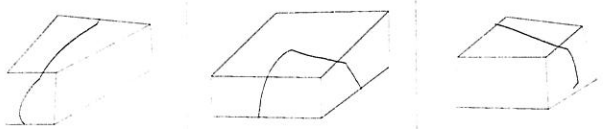
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

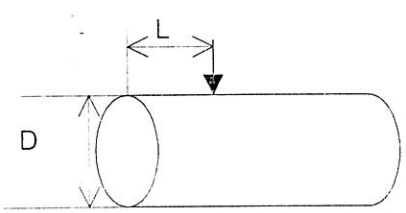
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

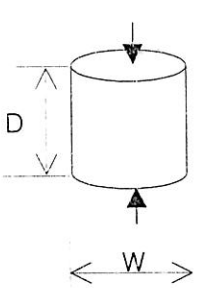
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	V-20 NO.19	V-21 NO.20	V-22 NO.21
암 종	ROCK TYPE	적색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE	DRY			
WEAKNESS DIRECTION	⊥			
IRREGULAR	IR			
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	6.5	7.1	6.8
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	5.3	6.7	5.9
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	523	877	1,724
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	6.6	7.8	7.1
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.1	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	11.9	14.5	33.7
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	13.5	17.7	39.6
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	325	424	951

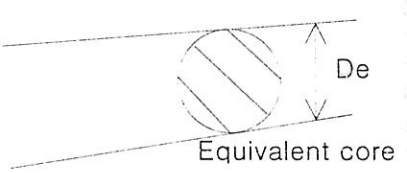
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

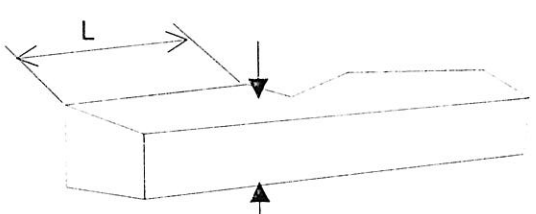




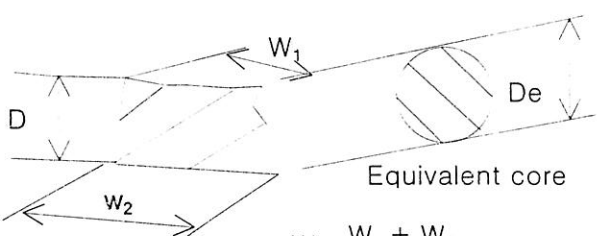
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

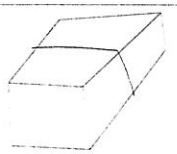
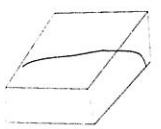
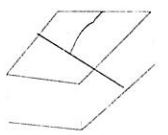
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

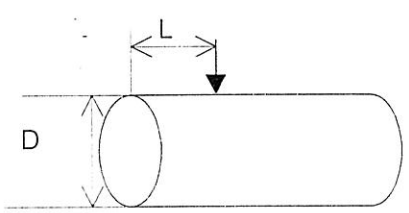
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

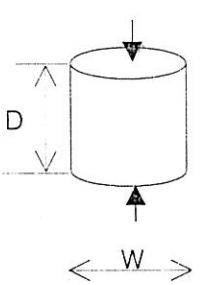
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	V-23 NO.22	V-24 NO.23	V-25 NO.24
암 종	ROCK TYPE	흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE	DRY			
WEAKNESS DIRECTION	⊥			
IRREGULAR	IR			
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	6.7	7.0	6.6
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	5.1	6.5	5.2
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	1,945	1,695	1,277
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	6.6	7.6	6.6
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.1	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	44.7	29.2	29.2
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	50.6	35.3	33.1
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	1,215	848	795

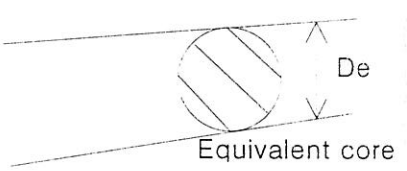
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

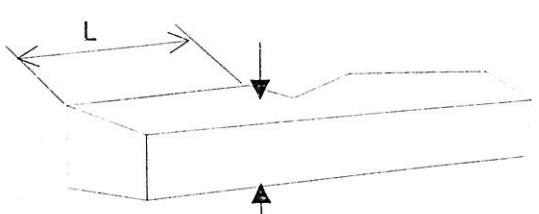




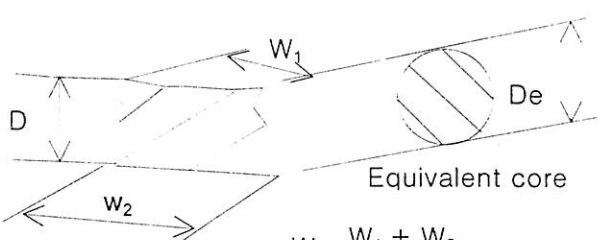
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

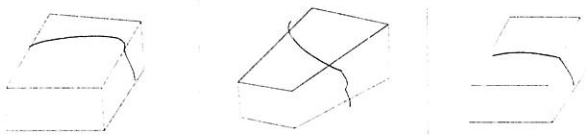
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

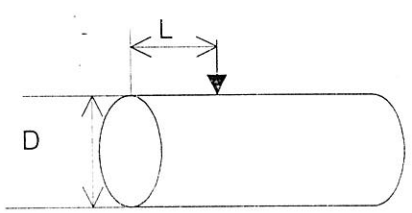
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

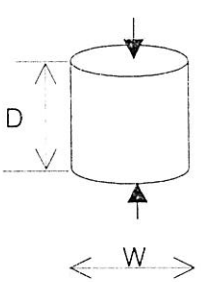
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-26 NO.25	V-27 NO.26	V-28 NO.27
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.5	7.0	5.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.4	6.8	5.5
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,511	2,743	1,667
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.7	7.8	6.4
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	33.8	45.2	40.3
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	38.5	55.2	45.2
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	924	1,325	1,084

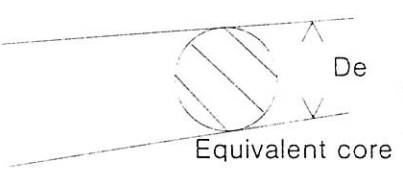
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

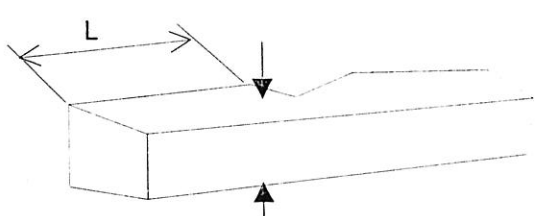




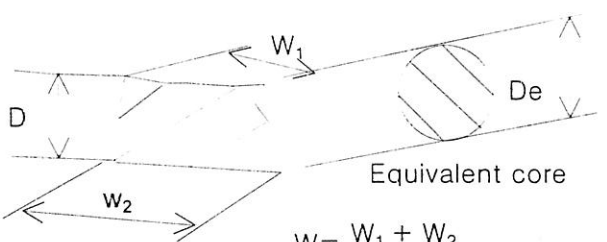
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

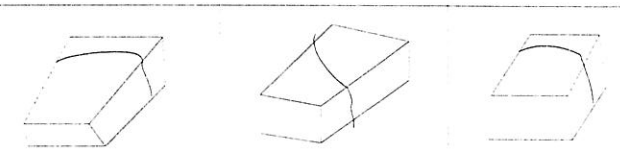
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

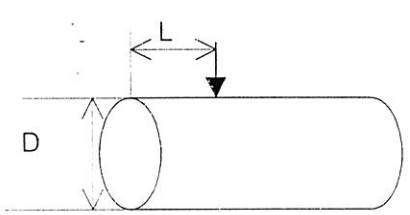
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

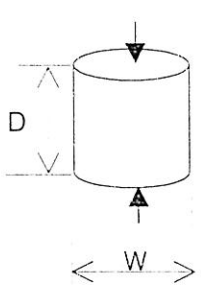
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-29 NO.28	V-30 NO.29	V-31 NO.30
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.8	6.1	6.3
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.7	5.6	5.5
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,681	1,355	380
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.0	6.6	6.6
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.1	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	34.0	31.1	8.6
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	39.7	35.3	9.8
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	952	847	235

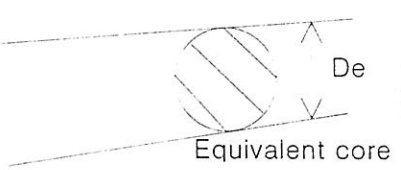
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

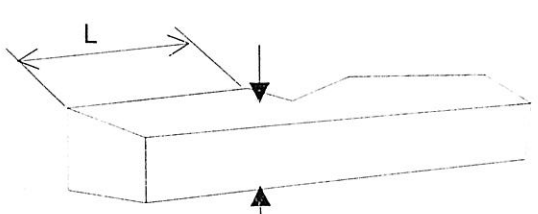




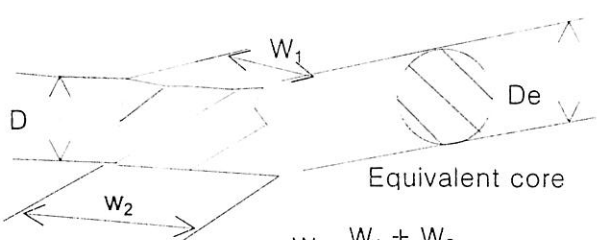
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

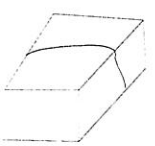
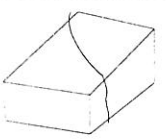
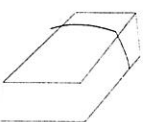
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

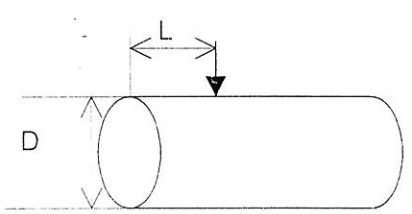
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

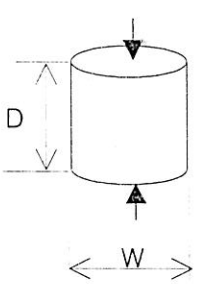
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	V-32 NO.31	V-34 NO.32	V-35 NO.33
암 종	ROCK TYPE	적색셰일	적색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE	DRY			
WEAKNESS DIRECTION	⊥			
IRREGULAR	IR			
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	6.6	5.7	5.5
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	5.9	5.1	4.8
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	558	305	186
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	7.0	6.1	5.8
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.2	1.1	1.1
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	11.2	8.2	5.5
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	13.1	9.0	5.9
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	315	216	142

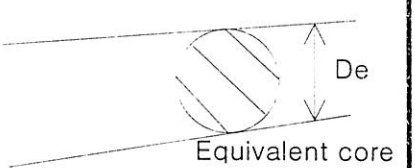
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

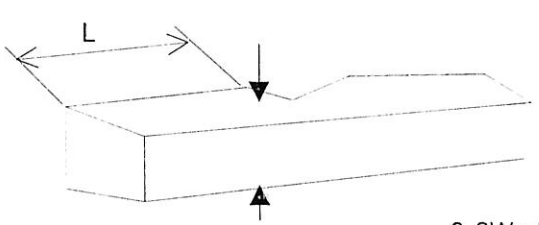




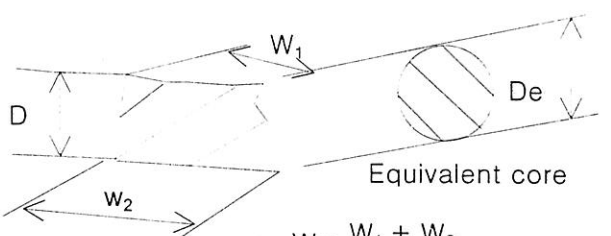
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 삼덕동~시지택지간 도로건설공사

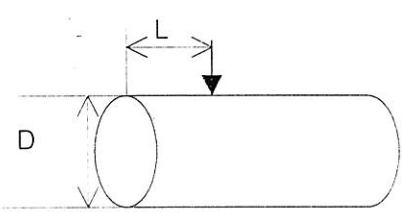
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

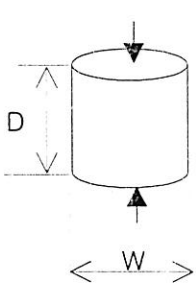
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		V-36	NO.34	V-37	NO.35
암 종	ROCK TYPE		적색셰일		적색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY				
WEAKNESS DIRECTION		⊥				
IRREGULAR		IR				
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.1		5.9	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.3		5.7	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	483		473	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.4		6.5	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1		1.1	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	11.7		11.0	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	13.1		12.5	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	315		299	

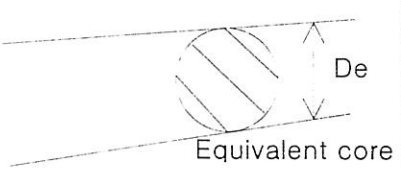
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

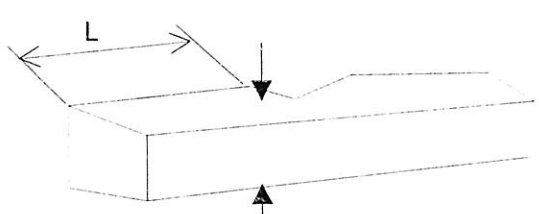




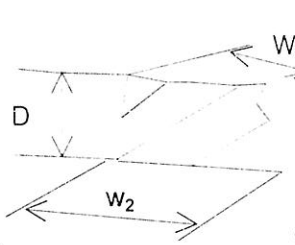
0.3W < D < W

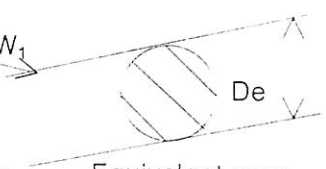
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

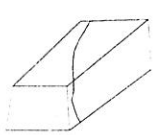
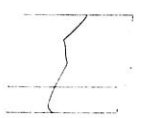
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

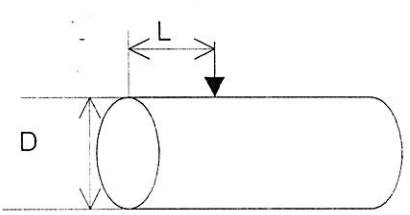
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

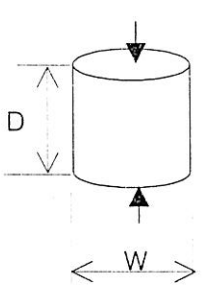
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-1	NO.1	T-2	NO.2	T-3	NO.3
암 종	ROCK TYPE		적색셰일		적색~암회색셰일		적색~암회색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.9		7.0		6.9	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.3		5.5		5.1	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	360		382		411	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.3		7.0		6.7	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2		1.2		1.1	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	6.7		7.8		9.2	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	8.0		9.1		10.5	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	192		218		251	

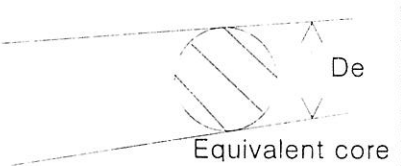
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

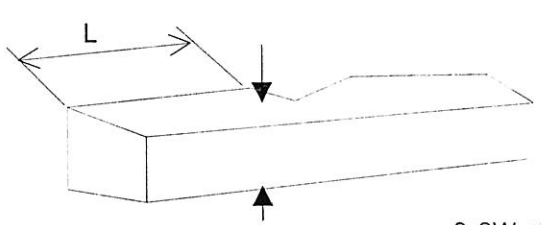




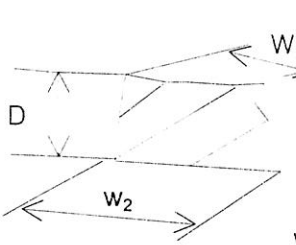
0.3W < D < W

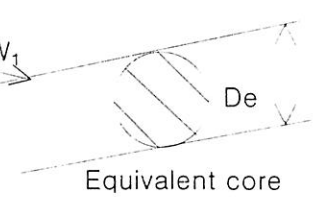
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

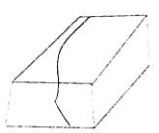
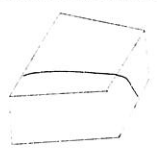
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

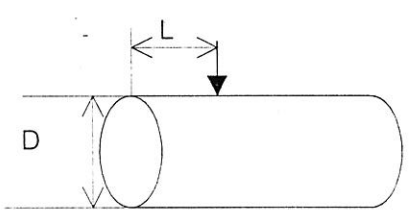
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

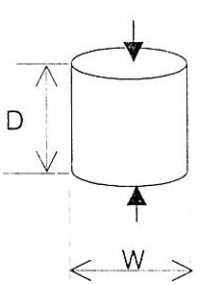
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-5 NO.4	T-6 NO.5	T-7 NO.6
암 종	ROCK TYPE		적색세일	적색~암회색세일	적색~암회색세일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.7	7.1	7.5
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.4	5.3	5.8
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	402	565	578
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.3	6.9	7.4
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	7.6	11.8	10.4
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	9.0	13.6	12.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	216	327	299

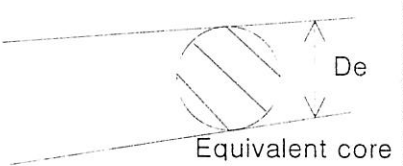
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

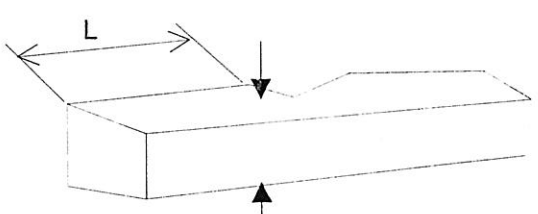




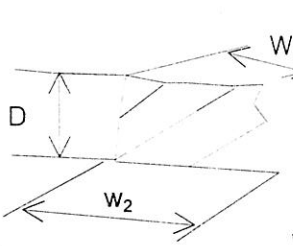
0.3W < D < W

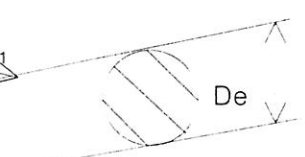
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

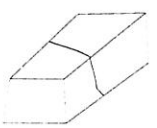
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

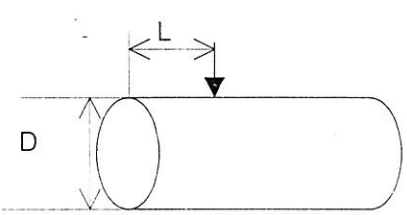
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

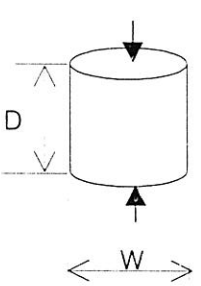
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-8 NO.7	T-9 NO.8	T-10 NO.9
암 종	ROCK TYPE		암회색셰일	적색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.3	6.9	7.7
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.8	5.7	6.5
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	468	278	457
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.3	7.1	8.0
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	8.7	5.5	7.2
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	10.3	6.5	8.8
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	248	156	212

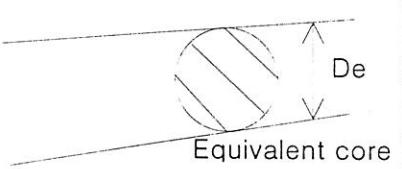
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

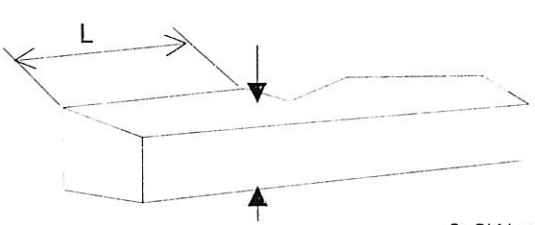




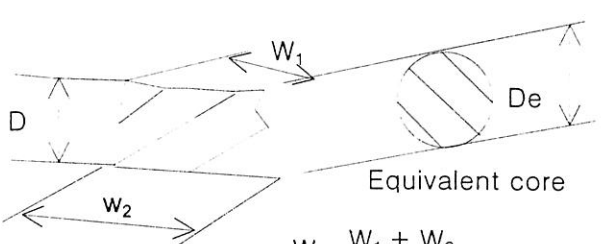
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

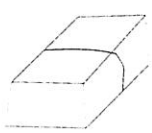
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

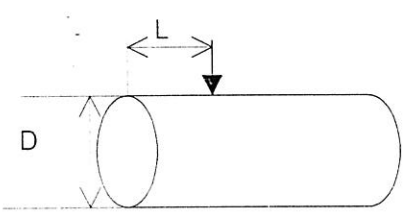
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

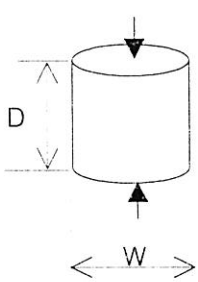
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	T-11	NO.10	T-12	NO.11	T-13	NO.12
암 종	ROCK TYPE	적색셰일		적색셰일		적색~암회색셰일	
WET & DRY TYPE	DRY						
WEAKNESS DIRECTION	⊥						
IRREGULAR	IR						
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	7.1		6.8		7.9	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	6.6		6.1		6.8	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	645		909		1,191	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	7.7		7.3		8.3	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.2		1.2		1.3	
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	10.8		17.2		17.4	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	13.1		20.4		21.8	
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	315		489		524	

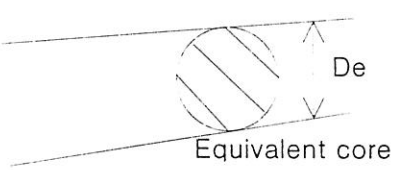
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

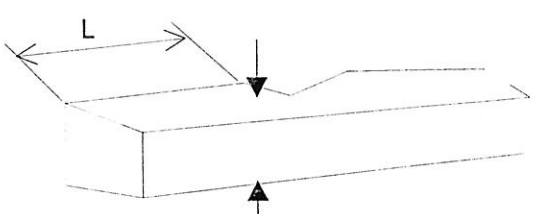




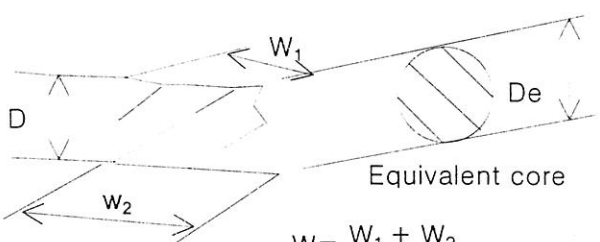
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

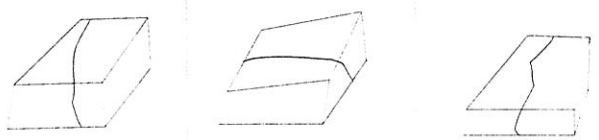
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

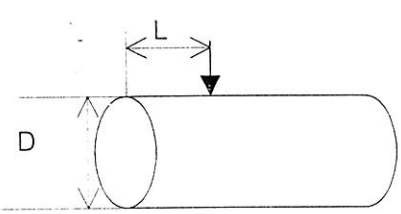
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

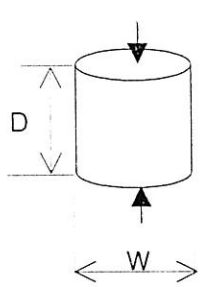
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-14 NO.13	T-15 NO.14	T-16 NO.15
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.0	6.3	7.1
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.5	5.2	5.9
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	653	657	403
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.6	6.5	7.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.1	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	11.3	15.7	7.6
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	13.6	17.7	9.0
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	327	424	215

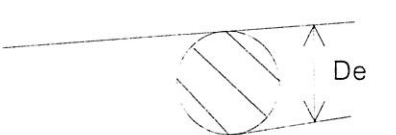
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

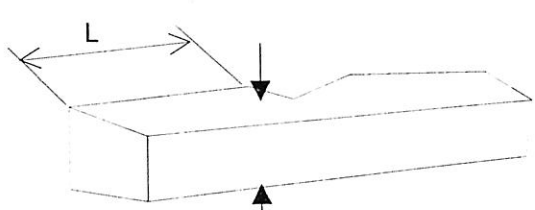




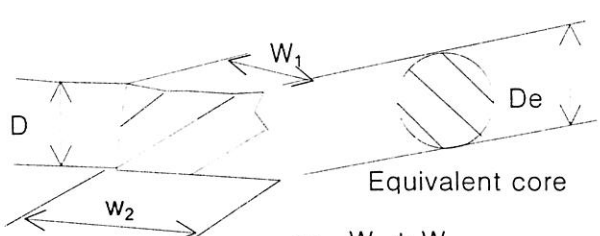
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

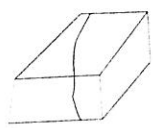
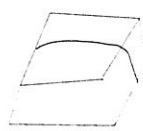
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

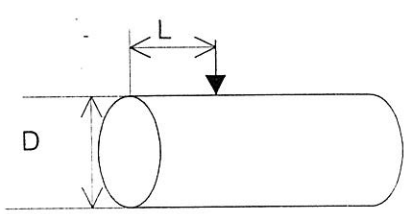
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

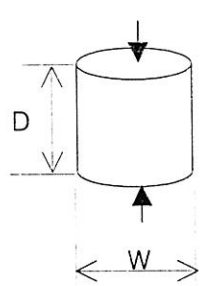
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-17 NO.16	T-18 NO.17	T-19 NO.18
암 종	ROCK TYPE		적색셰일	적색셰일	암회색~흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.9	7.3	7.0
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.4	5.9	6.4
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	419	815	762
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.5	7.4	7.6
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	7.4	14.9	13.4
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	8.9	17.7	16.1
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	215	425	386

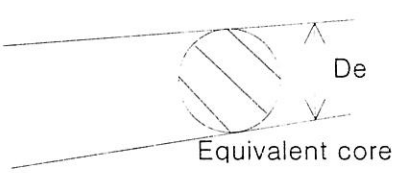
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

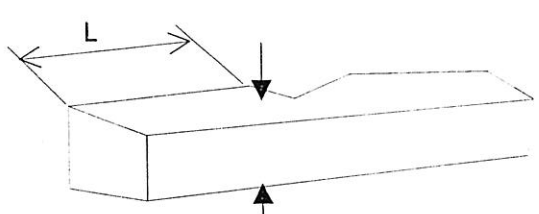




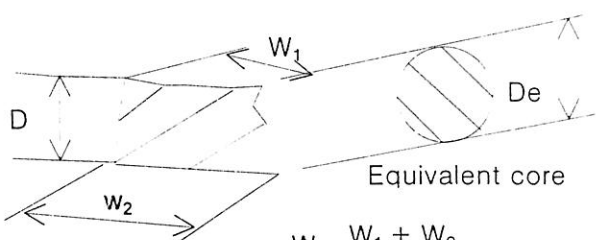
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

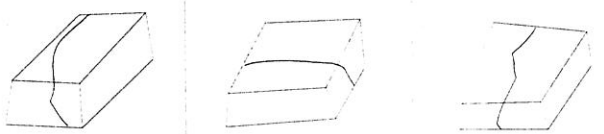
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

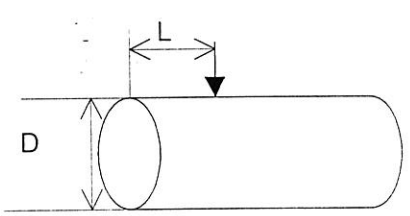
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

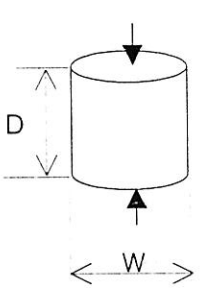
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	T-20	NO.19	T-21	NO.20	T-22	NO.21
암 종	ROCK TYPE	암회색~흑색셰일		암회색~흑색셰일		흑색셰일	
WET & DRY TYPE	DRY						
WEAKNESS DIRECTION	⊥						
IRREGULAR	IR						
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	7.8		7.7		7.5	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	6.5		6.0		6.1	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	2,047		1,512		1,045	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	8.0		7.7		7.6	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.2		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	31.7		25.7		17.9	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	39.2		31.1		21.7	
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	942		748		521	

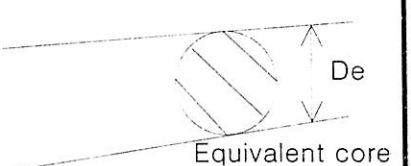
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

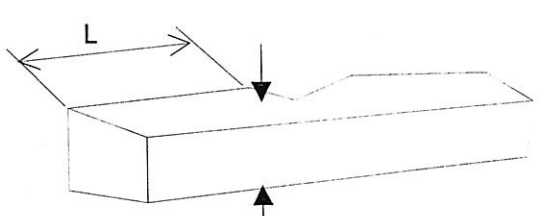




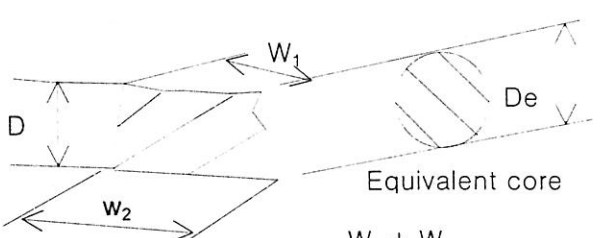
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

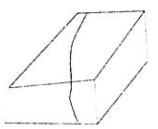
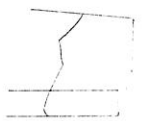
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

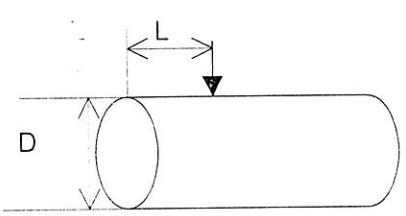
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

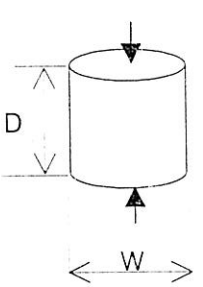
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-23 NO.22	T-24 NO.23	T-25 NO.24
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	적색~흑색셰일	적색~암회색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.5	6.7	7.3
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.1	5.9	5.2
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,608	1,663	568
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.1	7.1	7.0
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	31.8	33.0	11.7
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	37.3	38.7	13.6
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	895	928	327

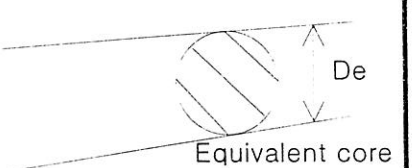
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

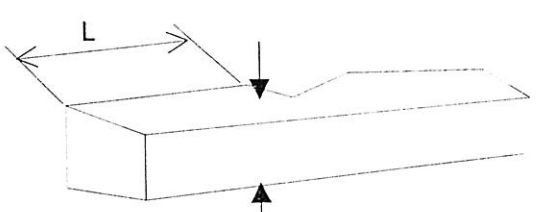




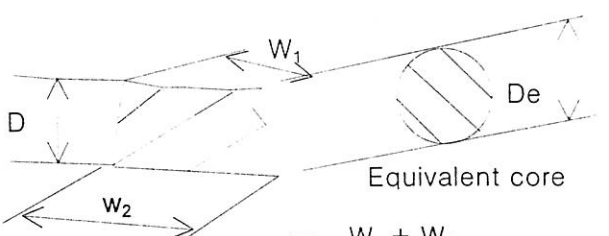
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

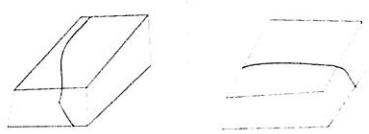
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

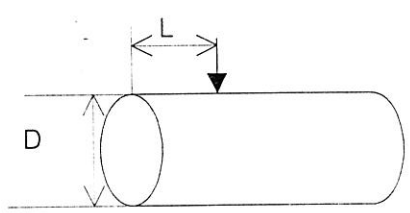
Location of Project : 대구광역시 수성구 삼덕동 Slope : 사면 1

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

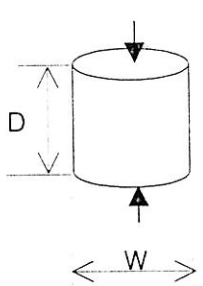
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		T-26 NO.25	T-27 NO.26
암 종	ROCK TYPE		적색~흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY		
WEAKNESS DIRECTION		⊥		
IRREGULAR		IR		
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.8	6.7
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.9	6.3
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,043	1,342
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	8.3	7.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.3	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	15.2	25.0
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	19.1	29.7
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	458	712

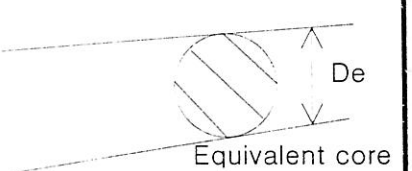
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

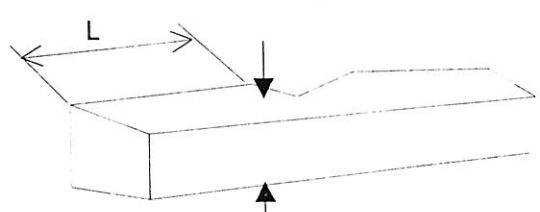




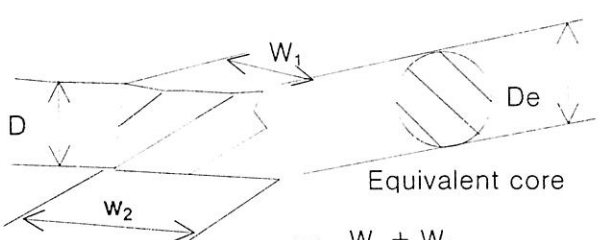
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

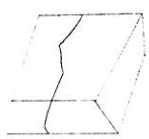
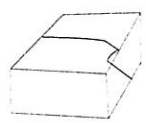
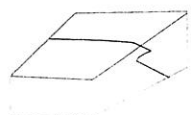
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

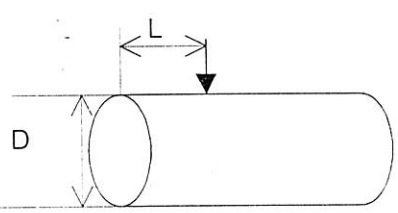
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

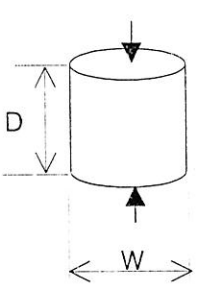
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-1 NO.1	U-2 NO.2	U-3 NO.3
암 종	ROCK TYPE		청회색사암	청회색사암	청회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.7	7.5	7.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	4.4	5.3	5.8
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	754	1,107	1,059
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.6	7.1	7.6
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	17.5	21.9	18.1
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	19.8	25.6	22.0
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	474	615	527

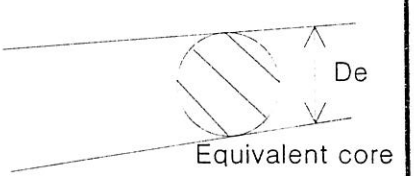
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

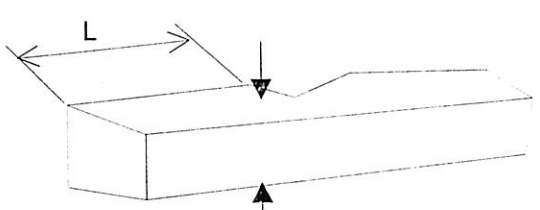




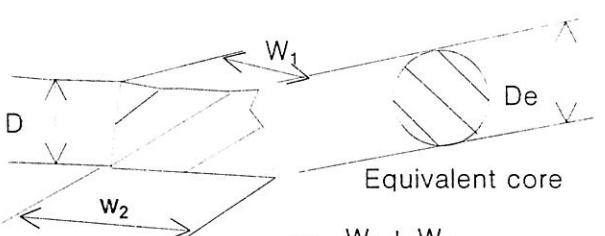
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$$

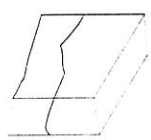
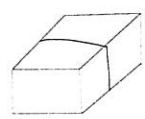
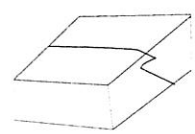
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

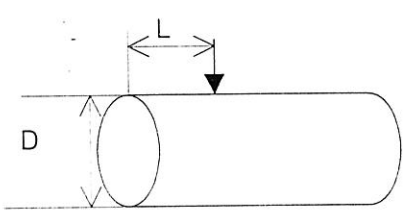
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

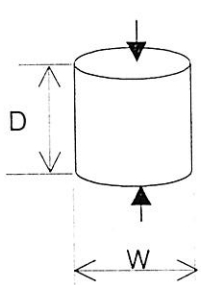
공 번 SECTION No. & SAMPLE No.		U-4 NO.4	U-5 NO.5	U-6 NO.6
암 종 ROCK TYPE		적색셰일	적색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE	DRY			
WEAKNESS DIRECTION	⊥			
IRREGULAR	IR			
시 료 폭 W ; WIDTH	(cm)	7.7	7.1	7.5
가압높이 D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.3	5.9	5.5
파괴하중 P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,640	909	508
환산직경 D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.9	7.3	7.2
보정계수 F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	26.5	17.0	9.7
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	32.5	20.2	11.4
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	781	485	274

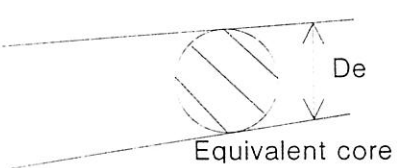
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

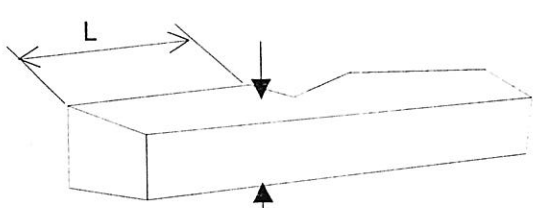




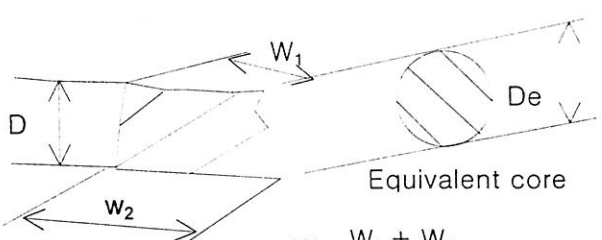
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

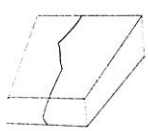
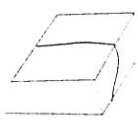
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

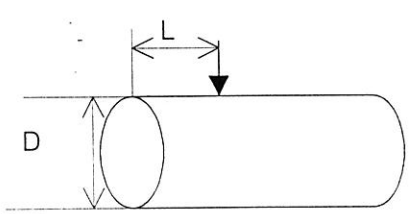
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

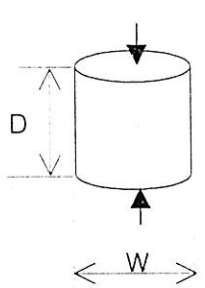
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-7	NO.7	U-8	NO.8	U-9	NO.9
암 종	ROCK TYPE		적색셰일		적색셰일		적색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.9		6.5		7.0	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.1		5.5		5.7	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	850		521		977	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.7		6.7		7.1	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1		1.1		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	19.0		11.4		19.2	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	21.6		13.1		22.5	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	519		314		541	

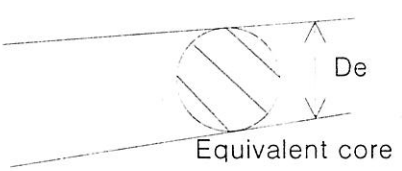
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

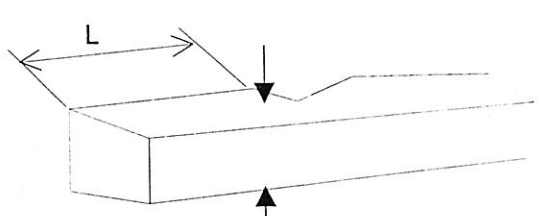




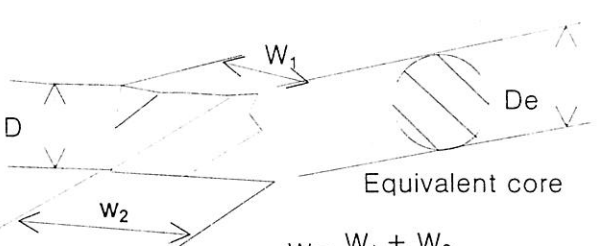
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

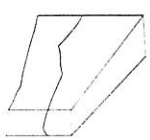
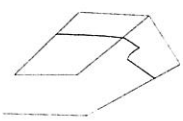
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

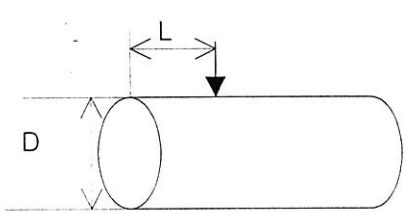
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

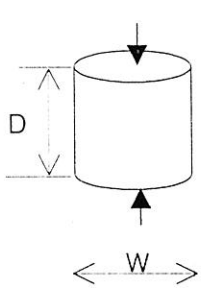
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-10	NO.10	U-11	NO.11	U-12	NO.12
암 종	ROCK TYPE		청회색사암		청회색사암		청회색사암	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.9		7.3		7.6	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.1		6.7		6.4	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,265		2,082		2,206	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.8		7.9		7.9	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	36.9		33.4		35.6	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	45.2		41.0		43.7	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,084		985		1,048	

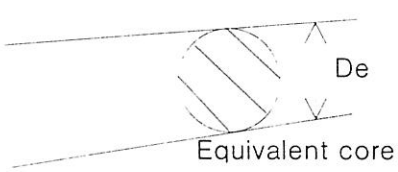
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

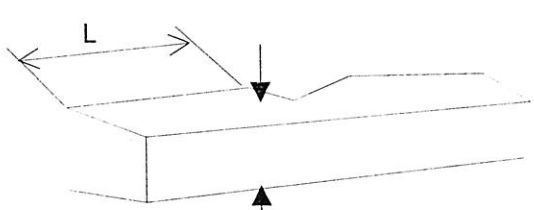




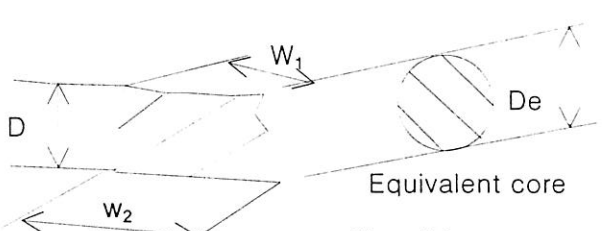
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

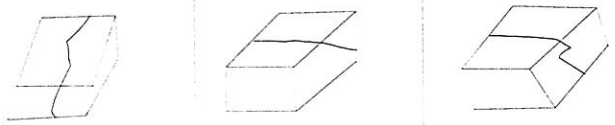
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

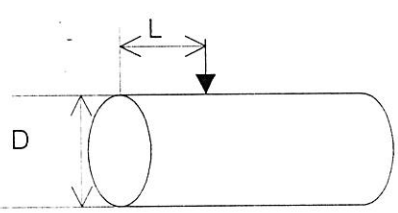
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

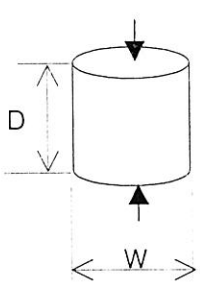
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	U-13	NO.13	U-14	NO.14	U-15	NO.15
암 종	ROCK TYPE	적색셰일		적색셰일		적색셰일	
WET & DRY TYPE	DRY						
WEAKNESS DIRECTION	⊥						
IRREGULAR	IR						
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	7.4		7.8		6.7	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	6.6		5.2		5.3	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	876		686		535	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	7.9		7.2		6.7	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.2		1.2		1.1	
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	14.1		13.3		11.8	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	17.3		15.6		13.5	
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	415		375		324	

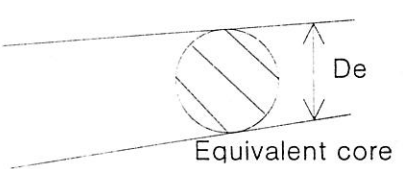
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

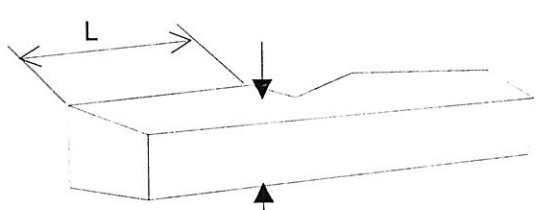




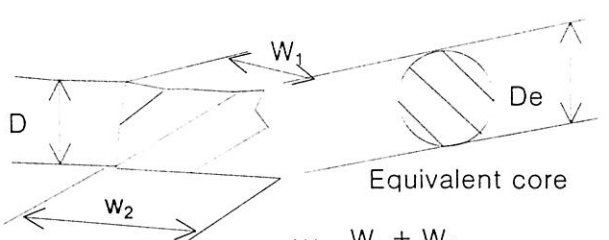
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

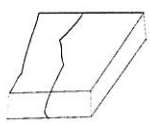
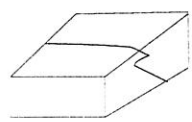
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

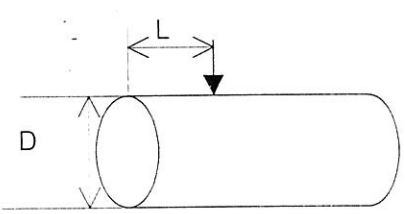
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

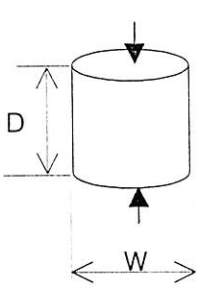
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-16	NO.16	U-17	NO.17	U-18	NO.18
암 종	ROCK TYPE		적색셰일		청회색사암		적색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.9		7.4		7.2	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.1		6.6		5.8	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	610		2,415		958	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.7		7.9		7.3	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	13.6		38.8		18.0	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	15.5		47.7		21.3	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	372		1,144		512	

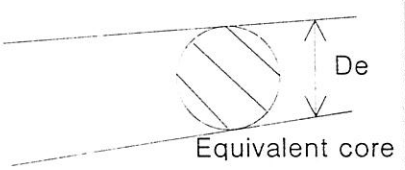
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

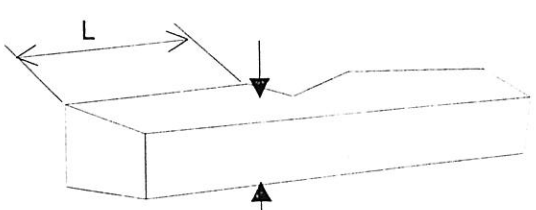




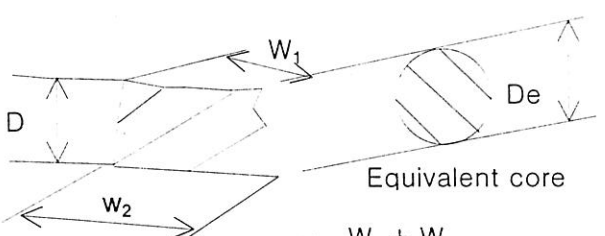
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

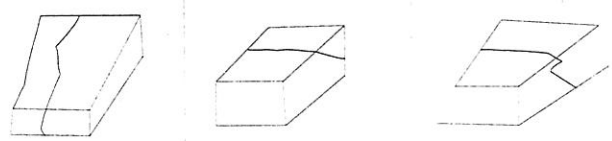
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

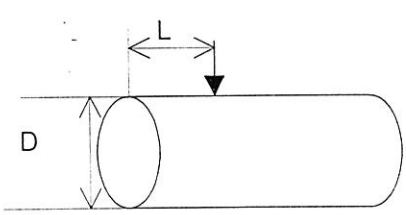
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

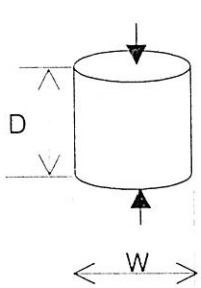
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-19 NO.19	U-20 NO.20	U-21 NO.21
암 종	ROCK TYPE		청회색사암	청회색사암	청회색사암
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	5.9	6.1	6.3
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.1	5.9	5.7
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	963	845	522
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.2	6.8	6.8
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.1	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	25.1	18.4	11.4
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	27.7	21.1	13.1
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	664	507	314

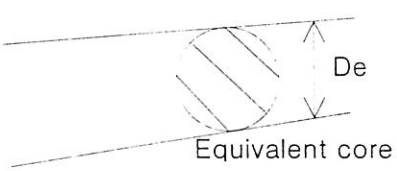
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

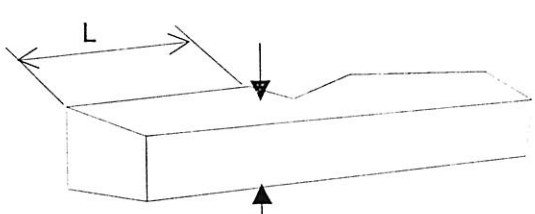




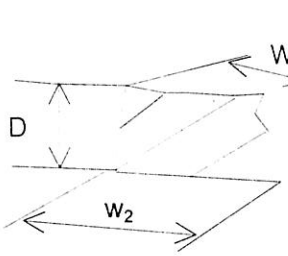
0.3W < D < W

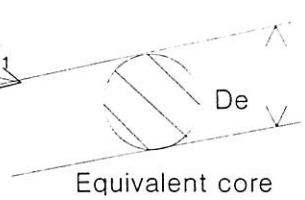
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

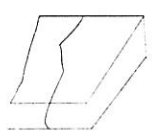
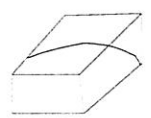
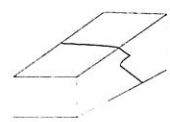
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

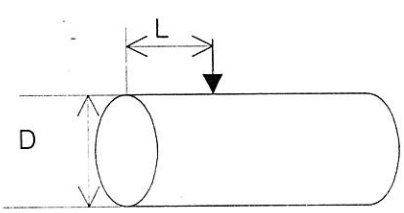
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

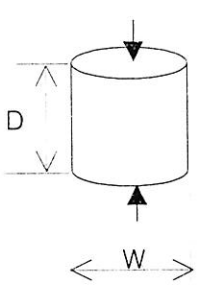
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-22 NO.22	U-23 NO.23	U-24 NO.24
암 종	ROCK TYPE		청회색사암	적색셰일	적색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.5	6.7	6.3
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.5	5.3	5.7
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,010	515	458
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.7	6.7	6.8
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1	1.1	1.1
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	44.1	11.4	10.0
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	50.5	13.0	11.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,212	312	275

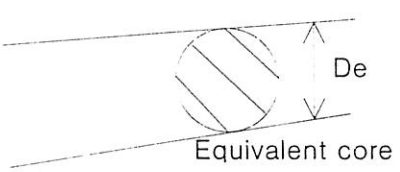
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

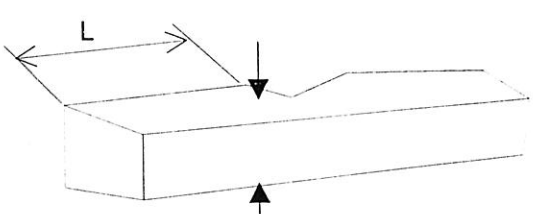




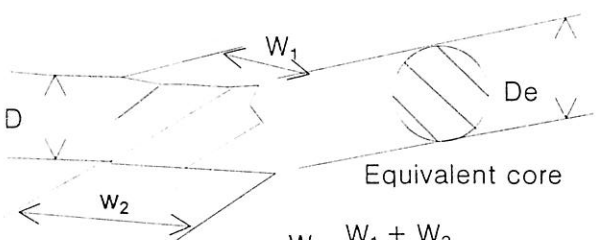
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

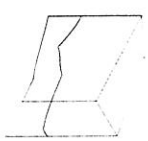
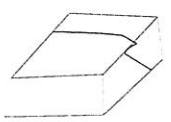
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

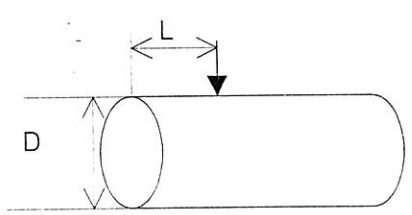
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

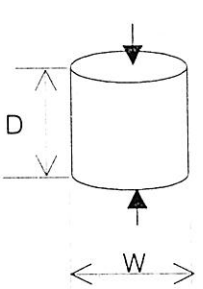
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	U-25 NO.25	U-26 NO.26	U-27 NO.27
암 종	ROCK TYPE	적색셰일	적색셰일	암회색~흑색셰일
WET & DRY TYPE	DRY			
WEAKNESS DIRECTION	⊥			
IRREGULAR	IR			
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	7.1	7.8	7.5
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	6.9	6.2	5.5
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	730	452	1,714
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	7.9	7.8	7.2
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	11.7	7.3	32.6
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	14.4	9.0	38.6
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	345	216	925

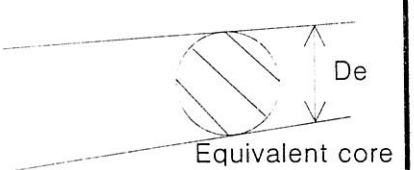
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

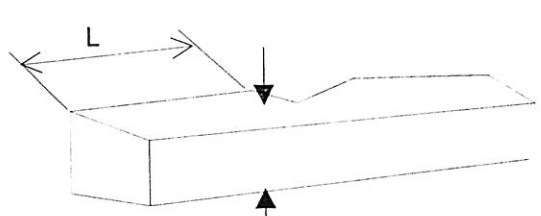




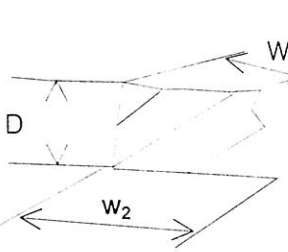
0.3W < D < W

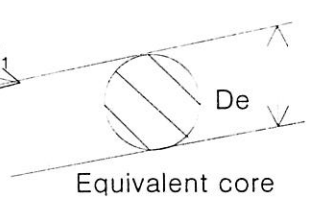
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

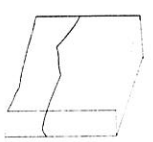
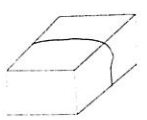
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

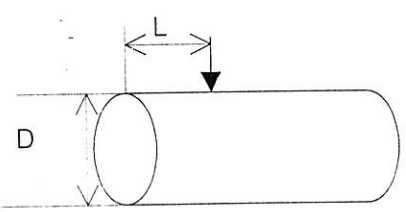
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

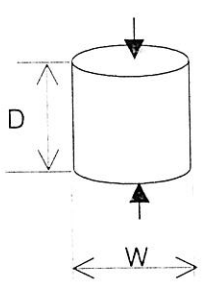
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.	U-28	NO.28	U-29	NO.29	U-30	NO.30
암 종	ROCK TYPE	적색셰일		적색셰일		암희색~흑색셰일	
WET & DRY TYPE	DRY						
WEAKNESS DIRECTION	⊥						
IRREGULAR	IR						
시 료 폭	W ; WIDTH (cm)	7.2		6.7		6.9	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION (cm)	5.8		5.3		5.1	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD (kgf)	2,034		2,004		1,879	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA. (cm)	7.3		6.7		6.7	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR	1.2		1.1		1.1	
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	38.2		44.3		41.9	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	45.3		50.6		47.8	
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	1,088		1,215		1,147	

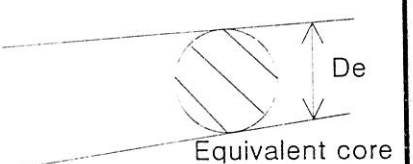
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

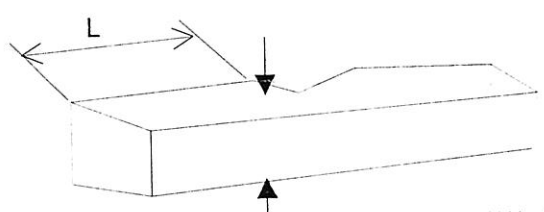




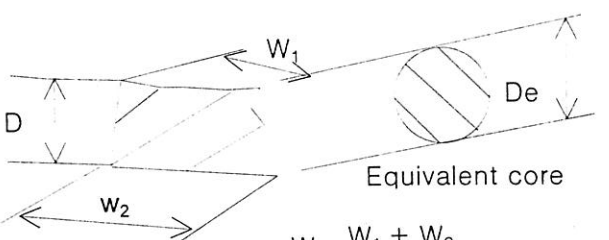
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

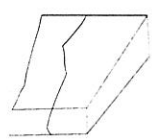
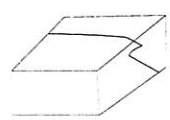
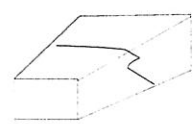
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

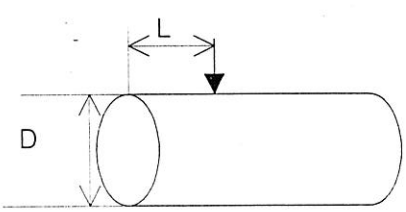
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

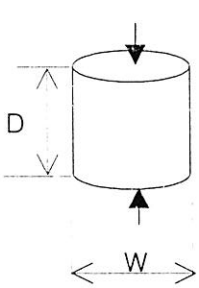
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-31	NO.31	U-32	NO.32	U-33	NO.33
암 종	ROCK TYPE		암회색~흑색셰일		관입사암		적색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.8		7.9		7.5	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.2		6.1		6.5	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,760		2,548		2,210	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.8		7.8		7.9	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	44.8		41.5		35.6	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	54.9		50.8		43.7	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,317		1,219		1,048	

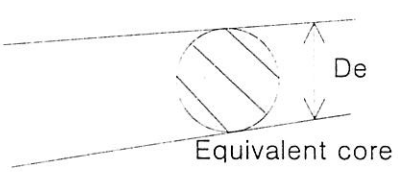
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

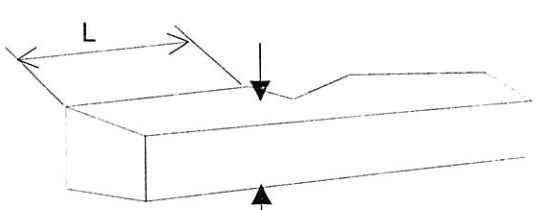




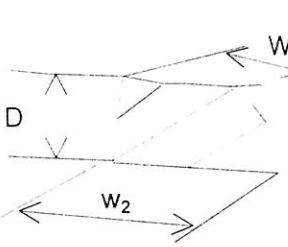
0.3W < D < W

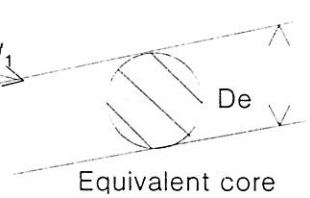
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

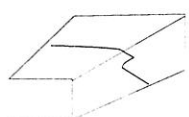
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

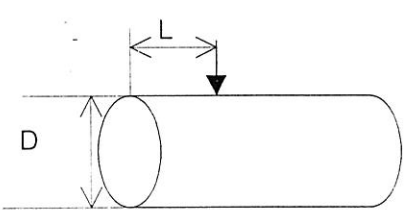
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

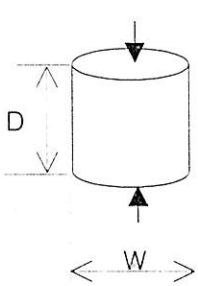
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-34	NO.34	U-35	NO.35	U-36	NO.36
암 종	ROCK TYPE		적색셰일		적색셰일		적색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.3		6.9		7.1	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.7		6.1		6.8	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,700		460		661	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.3		7.3		7.8	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2		1.2		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	32.1		8.6		10.7	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	38.0		10.2		13.2	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	912		244		316	

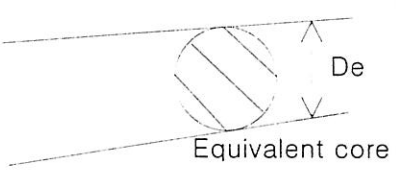
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

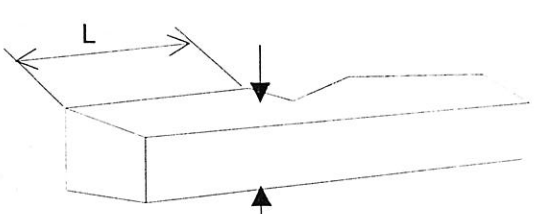




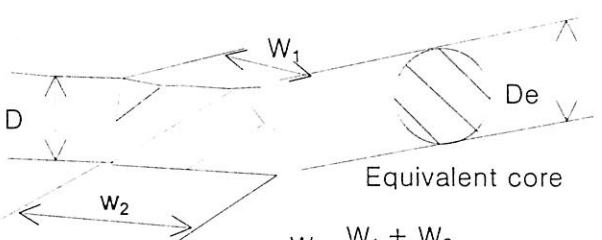
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

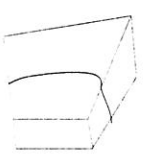
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

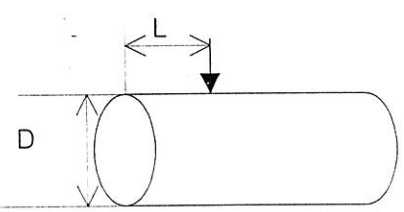
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

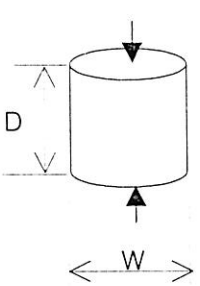
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-37	NO.37	U-38	NO.38	U-39	NO.39
암 종	ROCK TYPE		적색셰일		적색셰일		암회색~흑색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.8		7.6		7.4	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	7.2		7.4		6.6	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,077		735		1,010	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	8.5		8.5		7.9	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.3		1.3		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	15.1		10.3		16.2	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	19.1		13.0		19.9	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	458		312		478	

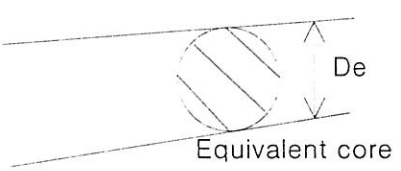
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

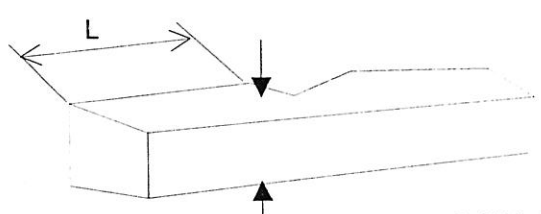




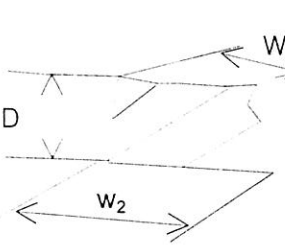
0.3W < D < W

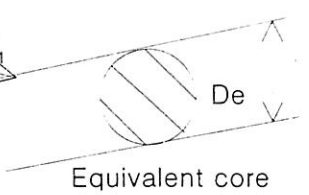
3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W





$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

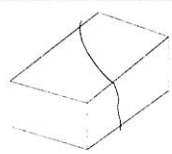
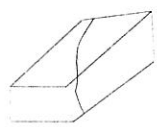
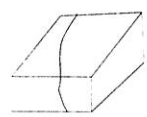
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

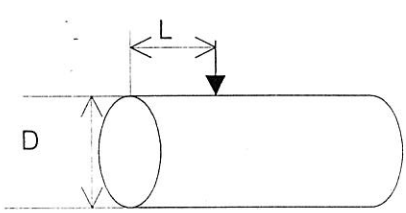
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

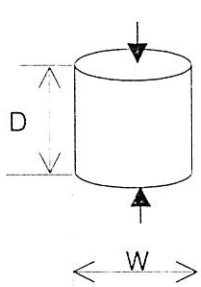
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-40 NO.40	U-41 NO.41	U-42 NO.42
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.7	7.3	6.8
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	7.3	6.7	6.2
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,060	1,440	1,515
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	8.5	7.9	7.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.3	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	28.8	23.1	28.2
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	36.5	28.4	33.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	875	681	804

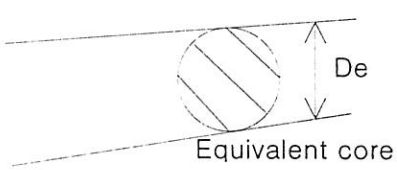
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

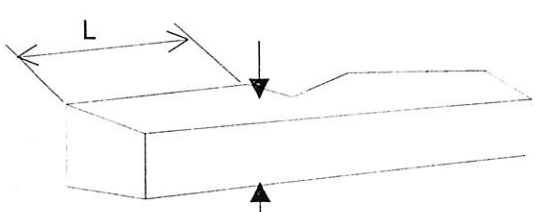




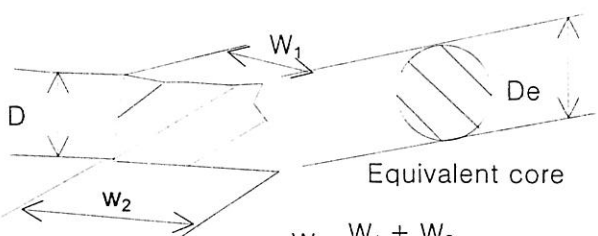
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

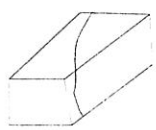
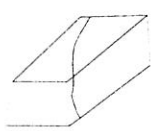
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

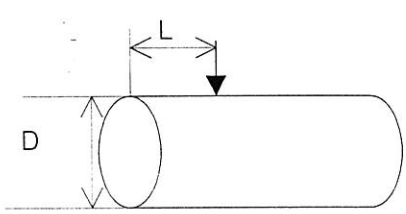
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

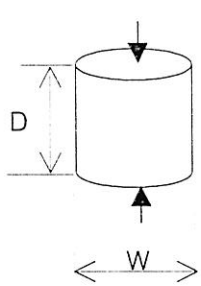
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-43 NO.43	U-44 NO.44	U-45 NO.45
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.4	6.8	6.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.6	5.2	6.1
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,600	1,522	854
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.9	6.7	7.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.1	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	25.7	33.8	15.9
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	31.6	38.6	18.9
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	758	926	454

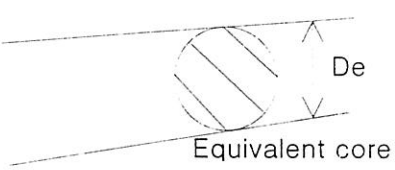
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

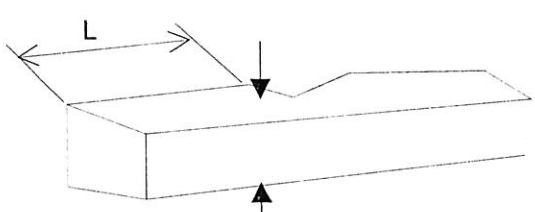




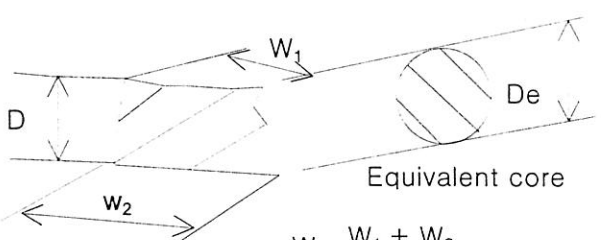
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

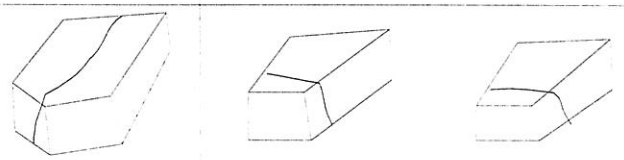
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

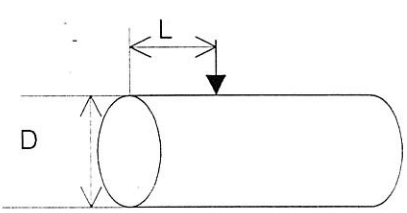
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

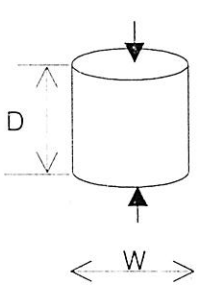
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-46 NO.46	U-47 NO.47	U-48 NO.48
암 종	ROCK TYPE		암회색셰일	암회색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.2	6.5	7.8
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.8	6.0	7.2
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	820	1,073	1,159
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.9	7.0	8.5
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.3
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	13.1	21.6	16.2
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	16.2	25.2	20.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	388	605	493

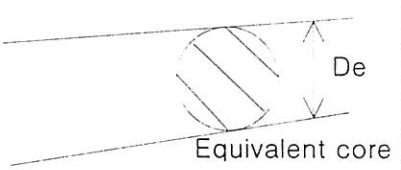
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

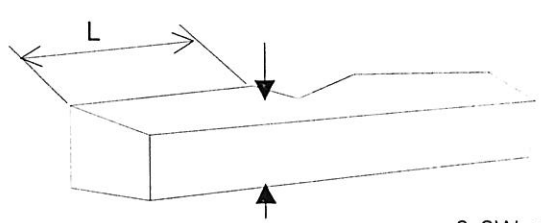




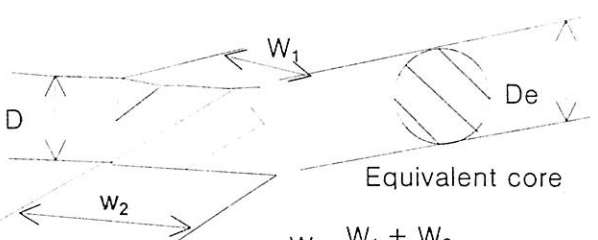
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

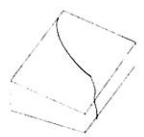
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

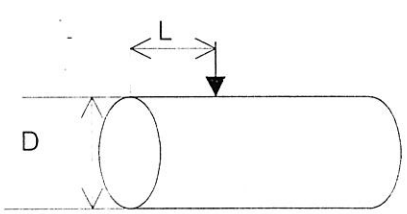
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

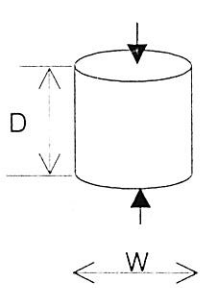
공 번 SECTION No. & SAMPLE No.		U-49 NO.49	U-50 NO.50	U-51 NO.51
암 종 ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE	DRY			
WEAKNESS DIRECTION	⊥			
IRREGULAR	IR			
시 료 폭 W ; WIDTH	(cm)	6.8	7.1	5.9
가압높이 D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.2	6.9	5.1
파괴하중 P ; FAILURE LOAD	(kgf)	906	1,087	1,227
환산직경 D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.3	7.9	6.2
보정계수 F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.1
점재하 강도지수(Is)	(kg/cm^2)	16.9	17.4	32.0
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)	(kg/cm^2)	20.0	21.4	35.2
일축압축강도(U.C.S)	(kg/cm^2)	481	514	846

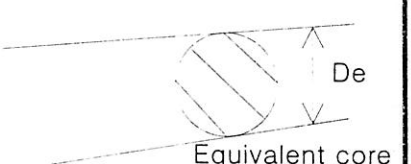
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

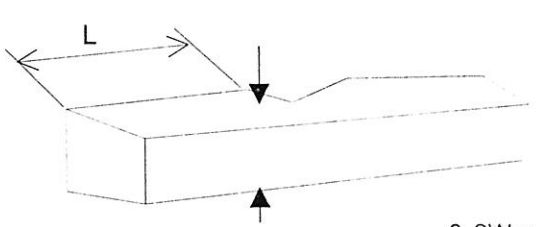




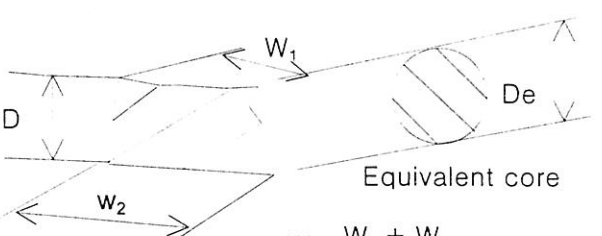
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

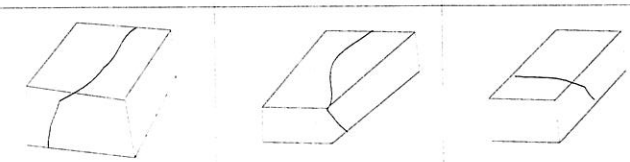
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

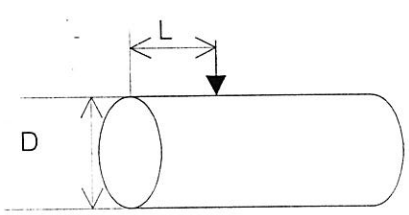
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동　　Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일　　Tested by : 김 광 년

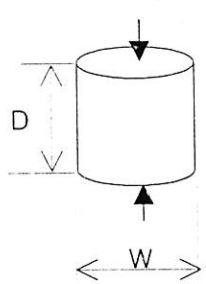
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-52 NO.52	U-53 NO.53	U-54 NO.54
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.7	7.3	6.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	7.3	5.7	6.1
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,176	2,009	1,960
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	8.5	7.3	7.3
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.3	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	30.4	37.9	36.6
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	38.5	44.9	43.4
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	924	1,077	1,042

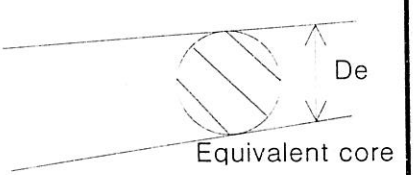
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

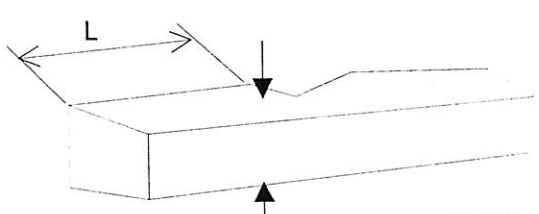




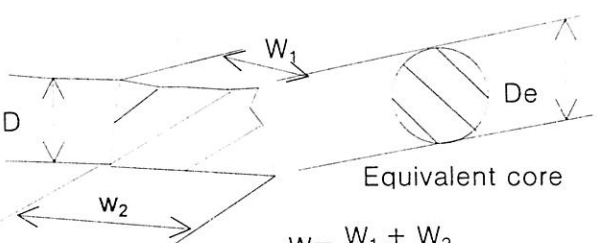
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

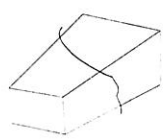
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

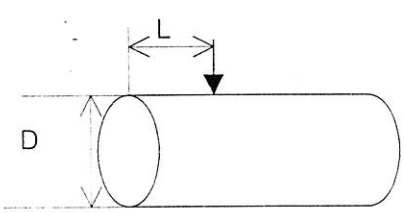
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

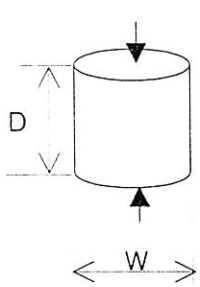
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-55	NO.55	U-56	NO.56	U-57	NO.57
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일		흑색셰일		흑색셰일	
WET & DRY TYPE		DRY						
WEAKNESS DIRECTION		⊥						
IRREGULAR		IR						
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.3		6.6		6.9	
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.7		5.4		5.9	
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	2,454		2,201		2,210	
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.8		6.7		7.2	
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.1		1.1		1.2	
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	53.6		48.5		42.6	
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	61.5		55.4		50.2	
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,475		1,331		1,205	

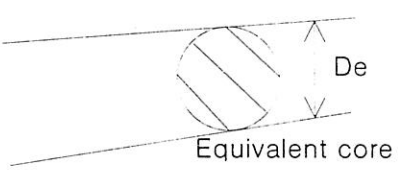
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

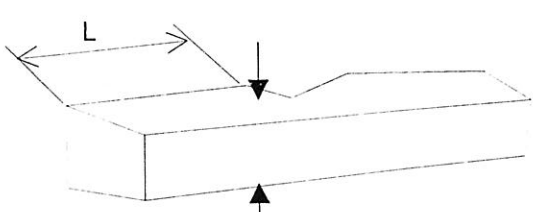




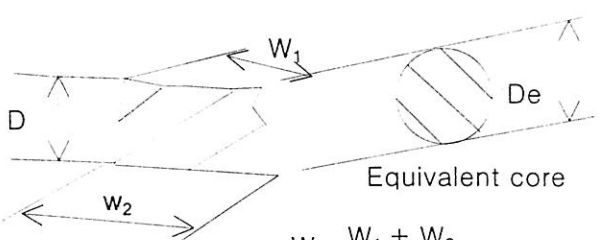
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

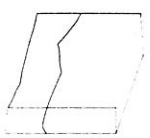
CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

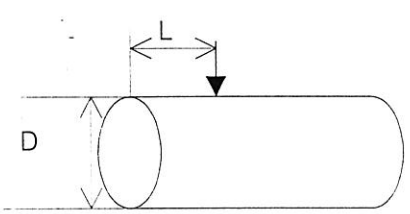
Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

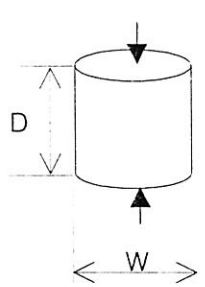
공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-58 NO.58	U-59 NO.59	U-60 NO.60
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일	흑색셰일	흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY			
WEAKNESS DIRECTION		⊥			
IRREGULAR		IR			
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	6.6	6.4	6.9
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	5.6	6.1	5.9
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,902	1,736	2,232
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	6.9	7.1	7.2
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2	1.2	1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	40.4	34.9	43.0
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	46.6	40.7	50.7
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	1,118	978	1,217

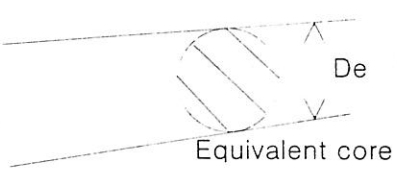
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

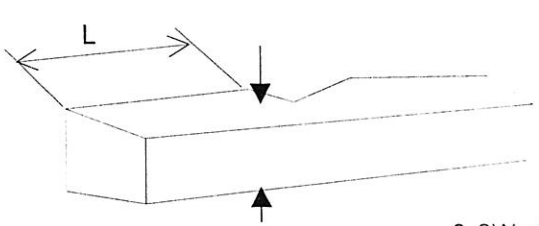




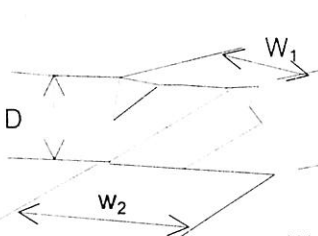
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W<D<W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

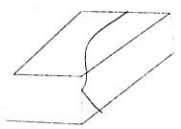
POINT LOAD TEST of a ROCK

Project : 범물지구~고산국도간 도로건설공사

Location of Project : 대구광역시 수성구 연호동 Slope : 사면 2

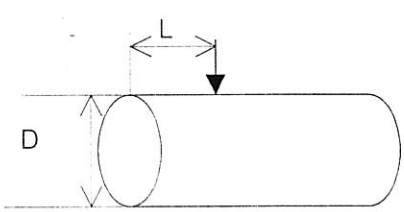
Date of Testing : 1999년 12월 1일 Tested by : 김 광 년

공 번	SECTION No. & SAMPLE No.		U-61 NO.61
암 종	ROCK TYPE		흑색셰일
WET & DRY TYPE		DRY	
WEAKNESS DIRECTION		⊥	
IRREGULAR		IR	
시 료 폭	W ; WIDTH	(cm)	7.7
가압높이	D ; PLATEN SEPARATION	(cm)	6.3
파괴하중	P ; FAILURE LOAD	(kgf)	1,640
환산직경	D_e ; EQUIVALENT CORE DIA.	(cm)	7.9
보정계수	F ; SIZE CORRECTION FACTOR		1.2
점재하 강도지수(Is)		(kg/cm^2)	26.5
표준 점재하 강도지수($Is_{(50)}$)		(kg/cm^2)	32.5
일축압축강도(U.C.S)		(kg/cm^2)	781

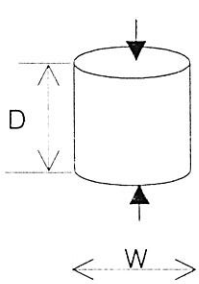


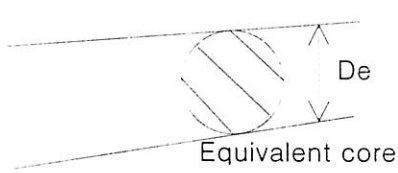
1) The Diametral Test

L > 0.5D



2) The Axial Test

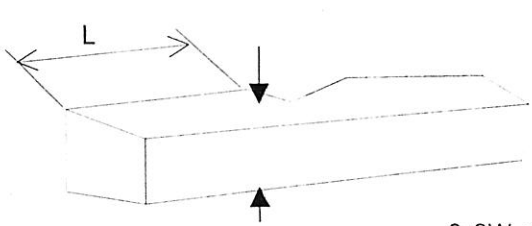




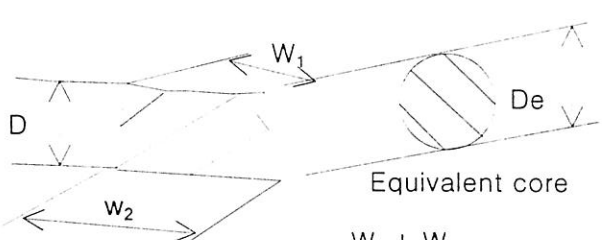
0.3W < D < W

3) The Irregular Lump Test

L > 0.5D



0.3W < D < W



$W = \frac{W_1 + W_2}{2}$

CHANG SHIN ENGINEERING CO., LTD.

부록 5. 토사사면의 안정성 검토

*** PC-STABL5M ***
by
Purdue University
--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/29
Input Data Filename : 삼덕~시지간도로 STA.0+200 우측사면
건기시 토사사면 안정검토

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.0+200

BOUNDARY COORDINATES

12 Top Boundaries
16 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	5
2	10.00	10.00	14.00	15.00	5
3	14.00	15.00	15.50	15.00	5
4	15.50	15.00	19.60	20.00	4
5	19.60	20.00	21.00	19.90	4
6	21.00	19.90	25.00	24.90	3
7	25.00	24.90	26.50	24.90	3
8	26.50	24.90	27.20	25.80	3
9	27.20	25.80	28.10	26.60	2
10	28.10	26.60	28.60	26.60	2
11	28.60	26.60	32.00	29.50	1
12	32.00	29.50	41.90	32.10	1
13	28.60	26.60	41.90	30.40	2
14	27.20	25.80	41.90	29.70	3
15	21.00	19.90	41.90	25.50	4
16	15.50	15.00	41.90	22.00	5

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1750.0	1850.0	3100.0	22.6	.00	.0	1
2	1900.0	2000.0	.0	35.0	.00	.0	1
3	1900.0	2000.0	.0	39.0	.00	.0	1
4	2200.0	2300.0	.0	39.0	.00	.0	1
5	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	28.60	26.60	41.90	30.40

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 28.70 meters
and X = 32.00 meters

Each Surface Terminates Between X = 35.00 meters
and X = 41.80 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

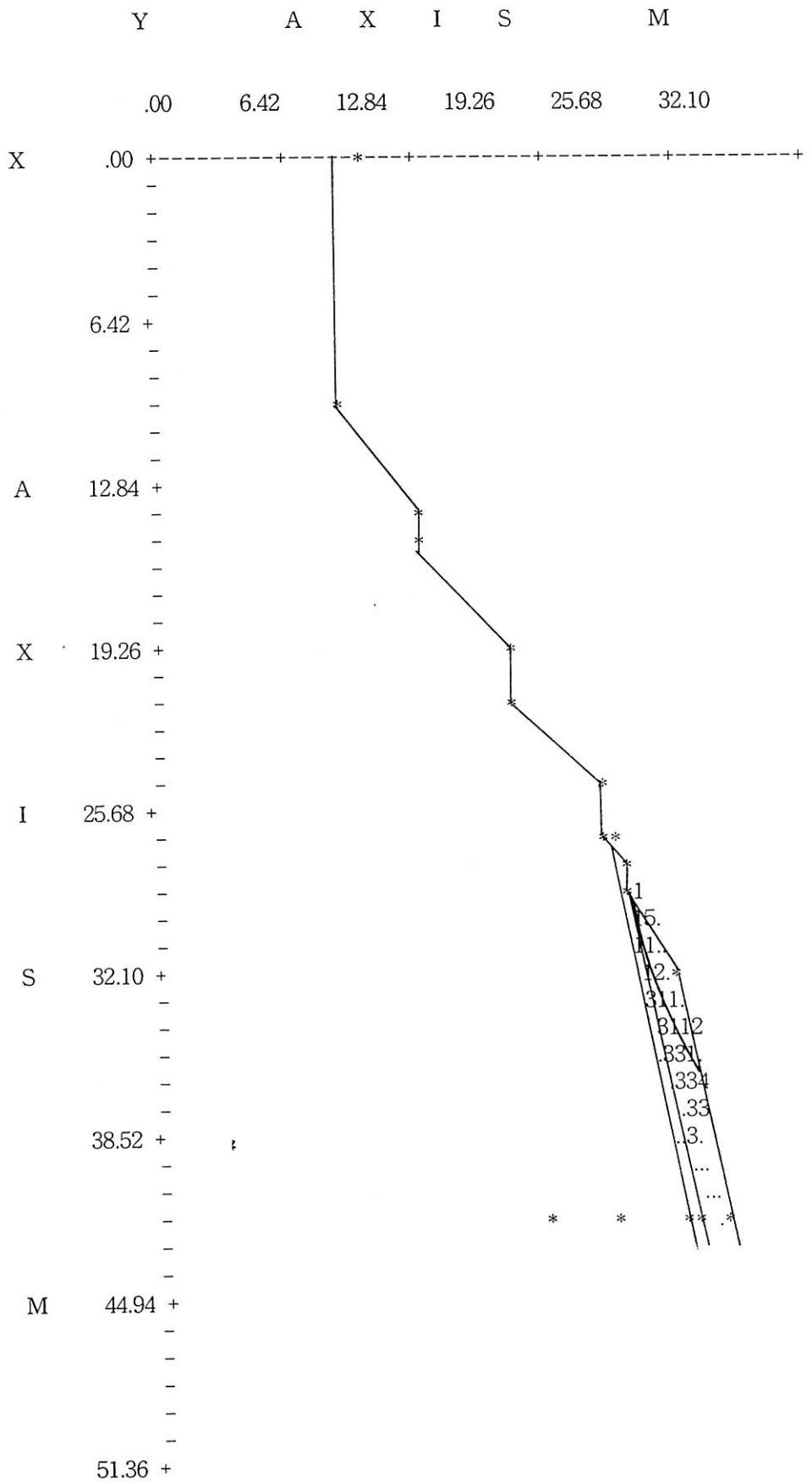
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	29.07	27.00
2	29.57	27.02
3	30.06	27.08
4	30.55	27.18
5	31.04	27.30
6	31.51	27.46
7	31.97	27.65
8	32.42	27.87
9	32.85	28.13
10	33.27	28.41
11	33.66	28.72
12	34.03	29.05
13	34.38	29.41
14	34.70	29.79
15	35.00	30.20
16	35.07	30.31

*** 5.478 ***


Y A X I S M
.00 6.42 12.84 19.26 25.68 32.10
X .00
6.42
A 12.84
X 19.26
I 25.68
S 32.10
38.52
M 44.94
51.36

*** PC-STABL5M ***
by
Purdue University
--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/29
Input Data Filename : 삼덕~시지간도로 STA.0+200 우측사면
우기시 토사사면 안정검토

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.0+200W.

BOUNDARY COORDINATES

12 Top Boundaries
16 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	5
2	10.00	10.00	14.00	15.00	5
3	14.00	15.00	15.50	15.00	5
4	15.50	15.00	19.60	20.00	4
5	19.60	20.00	21.00	19.90	4
6	21.00	19.90	25.00	24.90	3
7	25.00	24.90	26.50	24.90	3
8	26.50	24.90	27.20	25.80	3
9	27.20	25.80	28.10	26.60	2
10	28.10	26.60	28.60	26.60	2
11	28.60	26.60	32.00	29.50	1
12	32.00	29.50	41.90	32.10	1
13	28.60	26.60	41.90	30.40	2
14	27.20	25.80	41.90	29.70	3
15	21.00	19.90	41.90	25.50	4
16	15.50	15.00	41.90	22.00	5

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil	Total	Saturated	Cohesion	Friction	Pore	Pressure	Piez.

Type No.	Unit Wt. (kg/cum)	Unit Wt. (kg/cum)	Intercept (kg/sqm)	Angle (deg)	Pressure Param.	Constant (kg/sqm)	Surface No.
1	1750.0	1850.0	3100.0	22.6	.00	.0	1
2	1900.0	2000.0	.0	35.0	.00	.0	1
3	1900.0	2000.0	.0	39.0	.00	.0	1
4	2200.0	2300.0	.0	39.0	.00	.0	1
5	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

P.W.P - Average Piezometric

Unit Weight of Water =1000.00

Piezometric Surface No. 1 Specified by 11 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	10.00	10.00
2	14.00	15.00
3	15.50	15.00
4	19.60	20.00
5	21.00	19.90
6	25.00	24.90
7	26.50	24.90
8	28.10	26.60
9	28.60	26.60
10	32.00	29.50
11	41.90	32.10

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	28.60	26.60	41.90	30.40

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 28.70 meters
and X = 32.00 meters

Each Surface Terminates Between X = 35.00 meters
and X = 41.80 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

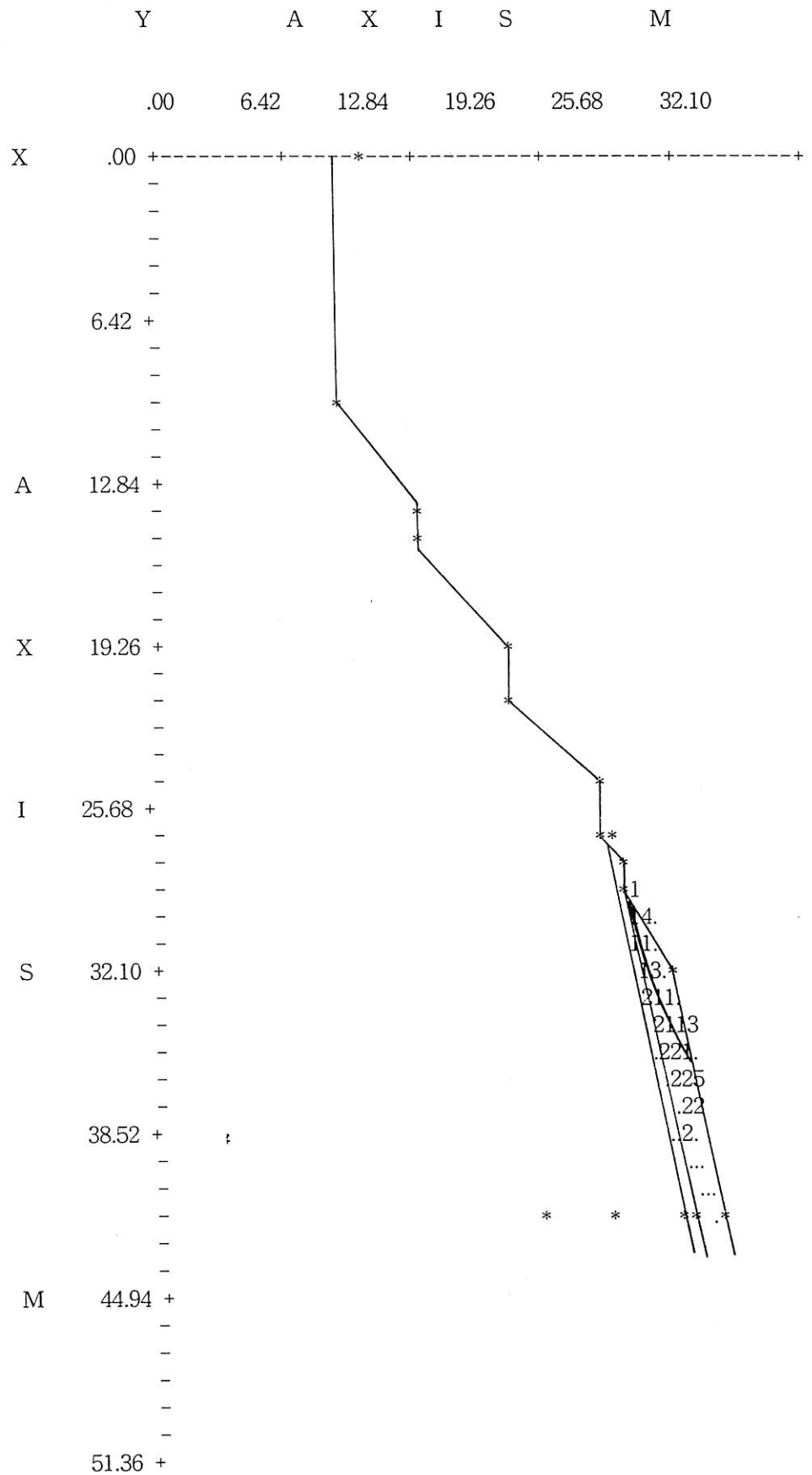
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	29.07	27.00
2	29.57	27.02
3	30.06	27.08
4	30.55	27.18
5	31.04	27.30
6	31.51	27.46
7	31.97	27.65
8	32.42	27.87
9	32.85	28.13
10	33.27	28.41
11	33.66	28.72
12	34.03	29.05
13	34.38	29.41
14	34.70	29.79
15	35.00	30.20
16	35.07	30.31

*** 4.694 ***


Y A X I S M
.00
6.42
12.84
19.26
25.68
32.10
X .00
6.42
A 12.84
X 19.26
I 25.68
S 32.10
38.52
M 44.94
51.36

*** PC-STABL5M ***

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/29

Input Data Filename : 삼덕~시지간도로 STA.0+260 좌측사면
건기시 토사사면 안정해석

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.0+260

BOUNDARY COORDINATES

13 Top Boundaries

18 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	6
2	10.00	10.00	18.00	20.00	6
3	18.00	20.00	21.00	19.90	6
4	21.00	19.90	29.00	30.00	5
5	29.00	30.00	32.00	29.90	5
6	32.00	29.90	40.00	40.00	4
7	40.00	40.00	43.00	39.90	4
8	43.00	39.90	51.00	50.00	3
9	51.00	50.00	54.00	49.90	3
10	54.00	49.90	58.20	55.10	3
11	58.20	55.10	60.90	57.90	2
12	60.90	57.90	63.10	60.00	1
13	63.10	60.00	73.10	60.70	1
14	60.90	57.90	73.10	58.70	2
15	58.20	55.10	73.10	56.40	3
16	43.00	39.90	73.10	41.90	4
17	32.00	29.90	73.10	32.80	5
18	21.00	19.90	73.10	23.70	6

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

6 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1700.0	1800.0	3800.0	25.5	.00	.0	1
2	1800.0	1900.0	1000.0	10.0	.00	.0	1
3	2000.0	2100.0	2000.0	10.0	.00	.0	1
4	2200.0	2300.0	500.0	15.0	.00	.0	1
5	2200.0	2300.0	.0	20.0	.00	.0	1
6	2200.0	2300.0	.0	22.0	.00	.0	1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	60.90	57.90	73.10	58.70

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 60.91 meters
and X = 63.00 meters

Each Surface Terminates Between X = 65.00 meters
and X = 73.00 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

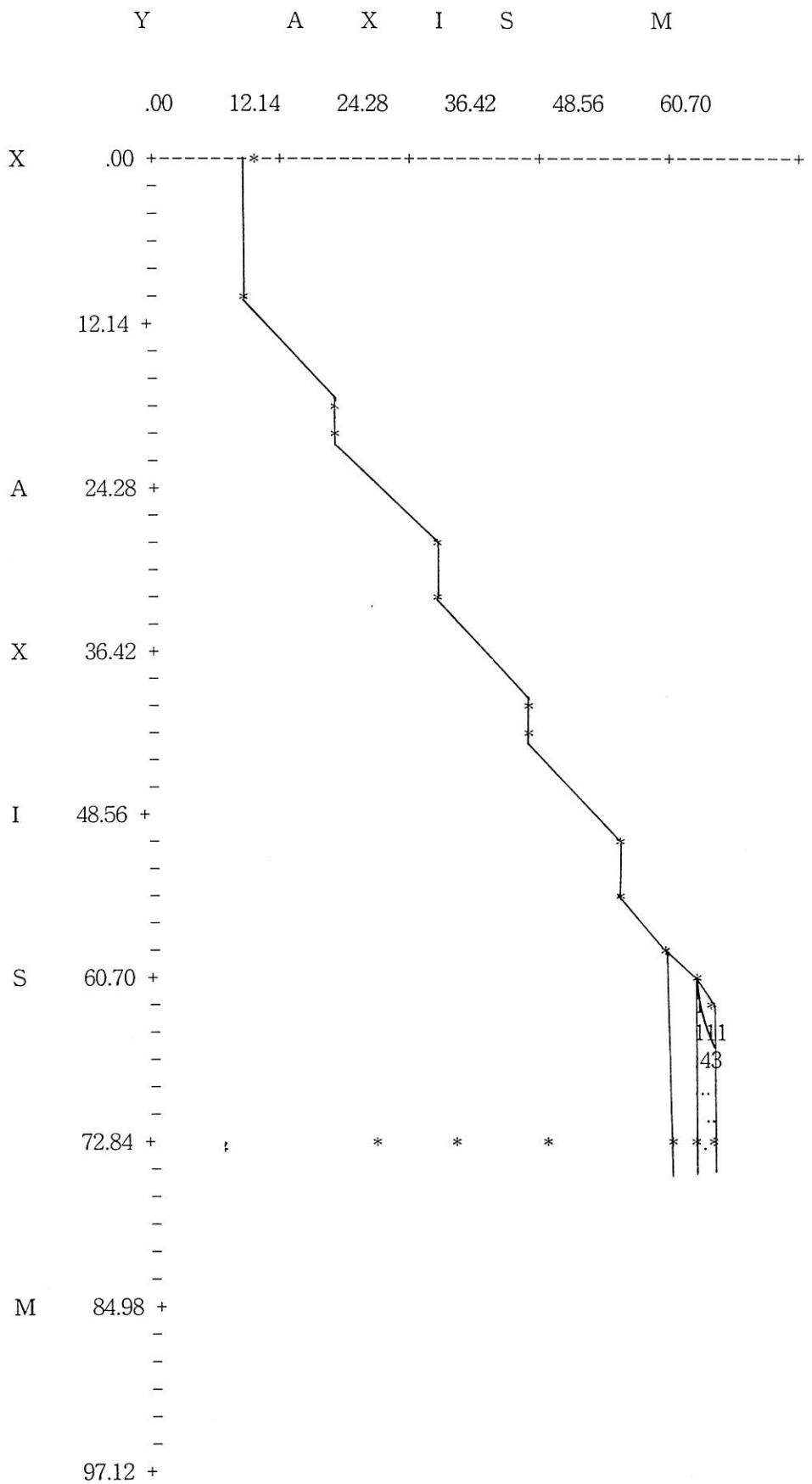
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	60.91	57.91
2	61.41	57.97
3	61.90	58.06
4	62.38	58.19
5	62.85	58.36
6	63.31	58.57
7	63.75	58.81
8	64.17	59.08
9	64.56	59.38
10	64.94	59.72
11	65.28	60.08
12	65.35	60.16

*** 8.435 ***


Y A X I S M
.00
12.14
24.28
36.42
48.56
60.70
X .00
12.14
A 24.28
X 36.42
I 48.56
S 60.70
72.84
M 84.98
97.12
111
43

*** PC-STABL5M ***

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/29

Input Data Filename : 삼덕~시지간도로 STA.0+260 좌측사면
우기시 토사사면 안정해석

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.0+260W.

BOUNDARY COORDINATES

13 Top Boundaries

18 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	6
2	10.00	10.00	18.00	20.00	6
3	18.00	20.00	21.00	19.90	6
4	21.00	19.90	29.00	30.00	5
5	29.00	30.00	32.00	29.90	5
6	32.00	29.90	40.00	40.00	4
7	40.00	40.00	43.00	39.90	4
8	43.00	39.90	51.00	50.00	3
9	51.00	50.00	54.00	49.90	3
10	54.00	49.90	58.20	55.10	3
11	58.20	55.10	60.90	57.90	2
12	60.90	57.90	63.10	60.00	1
13	63.10	60.00	73.10	60.70	1
14	60.90	57.90	73.10	58.70	2
15	58.20	55.10	73.10	56.40	3
16	43.00	39.90	73.10	41.90	4
17	32.00	29.90	73.10	32.80	5
18	21.00	19.90	73.10	23.70	6

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

6 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1700.0	1800.0	3800.0	25.5	.00	.0	1
2	1800.0	1900.0	1000.0	10.0	.00	.0	1
3	2000.0	2100.0	2000.0	10.0	.00	.0	1
4	2200.0	2300.0	500.0	15.0	.00	.0	1
5	2200.0	2300.0	.0	20.0	.00	.0	1
6	2200.0	2300.0	.0	22.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

P.W.P - Average Piezometric

Unit Weight of Water =1000.00

Piezometric Surface No. 1 Specified by 12 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	10.00	10.00
2	18.00	20.00
3	21.00	19.90
4	29.00	30.00
5	32.00	29.90
6	40.00	40.00
7	43.00	39.90
8	51.00	50.00
9	54.00	49.90
10	58.20	55.10
11	63.10	60.00
12	73.10	60.70

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	60.90	57.90	73.10	58.70

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 60.91 meters
and X = 63.00 meters

Each Surface Terminates Between X = 65.00 meters
and X = 73.00 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

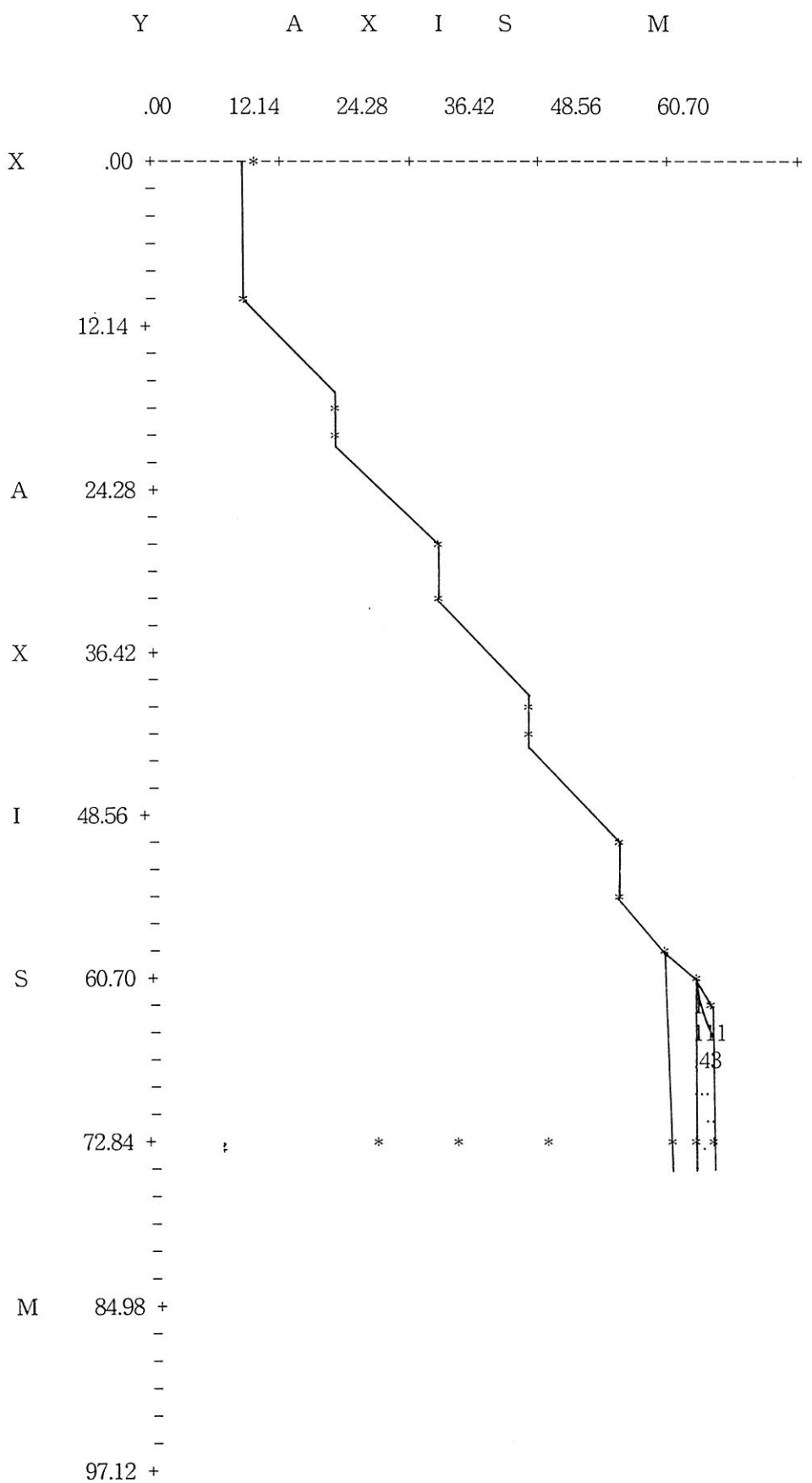
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	60.91	57.91
2	61.41	57.97
3	61.90	58.06
4	62.38	58.19
5	62.85	58.36
6	63.31	58.57
7	63.75	58.81
8	64.17	59.08
9	64.56	59.38
10	64.94	59.72
11	65.28	60.08
12	65.35	60.16

*** 7.413 ***


Y A X I S M
.00
12.14
24.28
36.42
48.56
60.70
X .00
12.14
A 24.28
X 36.42
I 48.56
S 60.70
72.84
M 84.98
97.12

*** PC-STABL5M ***

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/28

Input Data Filename : 범물~고산간도로 STA.2+380 좌측사면
건기시 토사사면 안정해석

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.2+380

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries

15 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	5
2	10.00	10.00	18.00	20.00	5
3	18.00	20.00	21.00	20.00	5
4	21.00	20.00	29.00	30.00	4
5	29.00	30.00	32.00	30.00	4
6	32.00	30.00	40.00	40.00	3
7	40.00	40.00	43.00	43.10	2
8	43.00	43.10	45.60	45.80	1
9	45.60	45.80	46.60	45.80	1
10	46.60	45.80	49.10	47.70	1
11	49.10	47.70	60.60	52.80	1
12	43.00	43.10	60.60	50.80	2
13	40.00	40.00	60.60	49.00	3
14	32.00	30.00	60.60	42.50	4
15	21.00	20.00	60.60	37.30	5

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1800.0	1900.0	4300.0	25.0	.00	.0	1
2	1900.0	2000.0	.0	20.0	.00	.0	1
3	2000.0	2100.0	.0	43.0	.00	.0	1
4	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1
5	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	43.00	43.10	60.60	50.80

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 43.10 meters
and X = 49.00 meters

Each Surface Terminates Between X = 53.00 meters
and X = 60.50 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

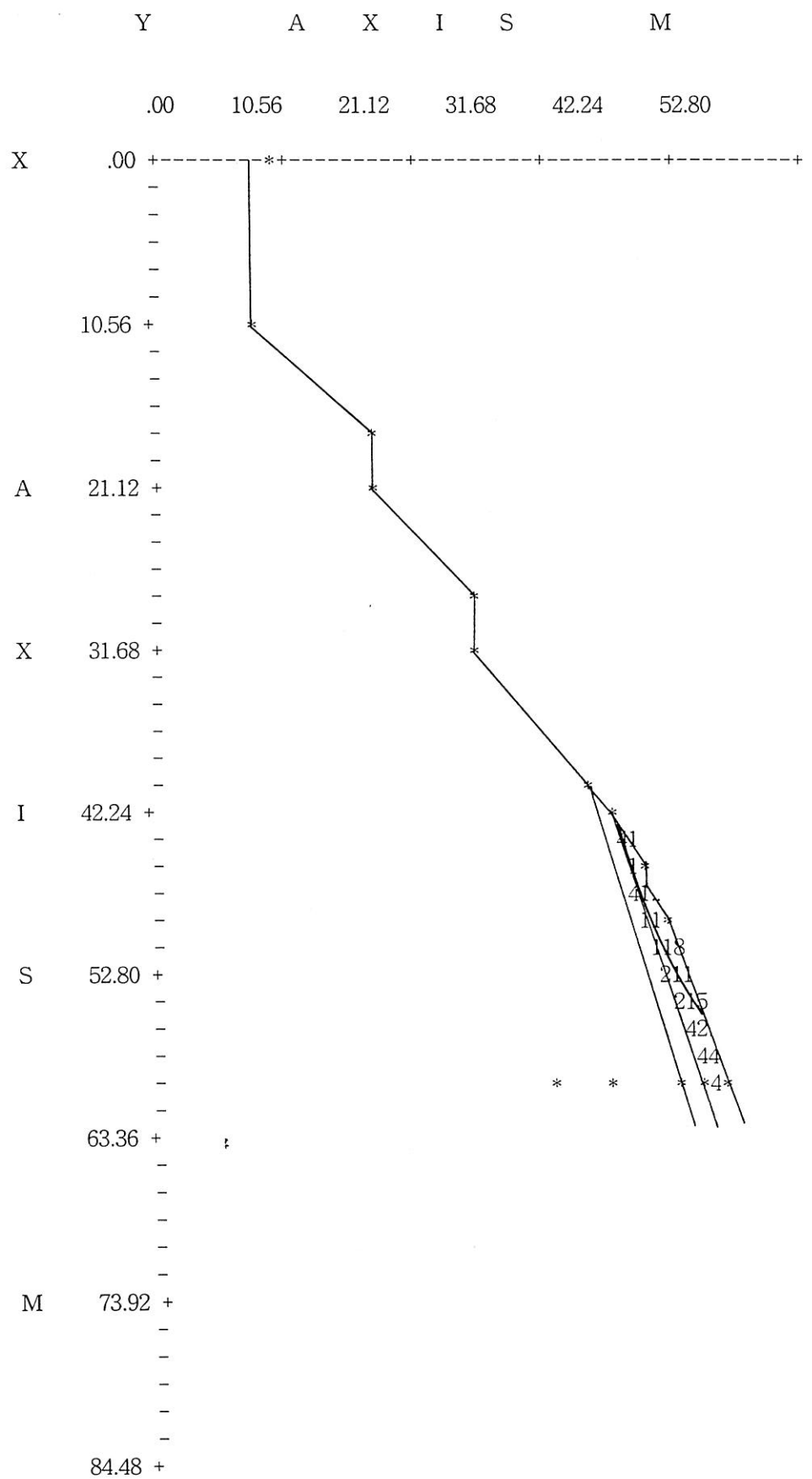
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 25 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	43.76	43.89
2	44.25	43.99
3	44.73	44.11
4	45.21	44.24
5	45.69	44.38
6	46.17	44.54
7	46.64	44.72
8	47.10	44.90
9	47.56	45.10
10	48.01	45.31
11	48.46	45.54
12	48.90	45.77
13	49.33	46.02
14	49.76	46.29
15	50.17	46.56
16	50.58	46.85
17	50.99	47.14
18	51.38	47.45
19	51.76	47.77
20	52.14	48.10
21	52.50	48.45
22	52.86	48.80
23	53.20	49.16
24	53.54	49.53
25	53.73	49.75

*** 6.186 ***


Y A X I S M
.00
10.56
21.12
31.68
42.24
52.80
X
A
X
I
S
M
.00
10.56
21.12
31.68
42.24
52.80
63.36
73.92
84.48

*** PC-STABL5M ***

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/29

Input Data Filename : 범물~고산간도로 STA.2+380 좌측사면
우기시 토사사면 안정해석

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.2+380W

BOUNDARY COORDINATES

11 Top Boundaries

15 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	5
2	10.00	10.00	18.00	20.00	5
3	18.00	20.00	21.00	20.00	5
4	21.00	20.00	29.00	30.00	4
5	29.00	30.00	32.00	30.00	4
6	32.00	30.00	40.00	40.00	3
7	40.00	40.00	43.00	43.10	2
8	43.00	43.10	45.60	45.80	1
9	45.60	45.80	46.60	45.80	1
10	46.60	45.80	49.10	47.70	1
11	49.10	47.70	60.60	52.80	1
12	43.00	43.10	60.60	50.80	2
13	40.00	40.00	60.60	49.00	3
14	32.00	30.00	60.60	42.50	4
15	21.00	20.00	60.60	37.30	5

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

5 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1800.0	1900.0	4300.0	25.0	.00	.0	1
2	1900.0	2000.0	.0	20.0	.00	.0	1
3	2000.0	2100.0	.0	43.0	.00	.0	1
4	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1
5	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

P.W.P - Average Piezometric

Unit Weight of Water =1000.00

Piezometric Surface No. 1 Specified by 10 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	10.00	10.00
2	18.00	20.00
3	21.00	20.00
4	29.00	30.00
5	32.00	30.00
6	40.00	40.00
7	45.60	45.80
8	46.60	45.80
9	49.10	47.70
10	60.60	52.80

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	43.00	43.10	60.60	50.80

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 43.10 meters
and X = 49.00 meters

Each Surface Terminates Between X = 53.00 meters
and X = 60.50 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

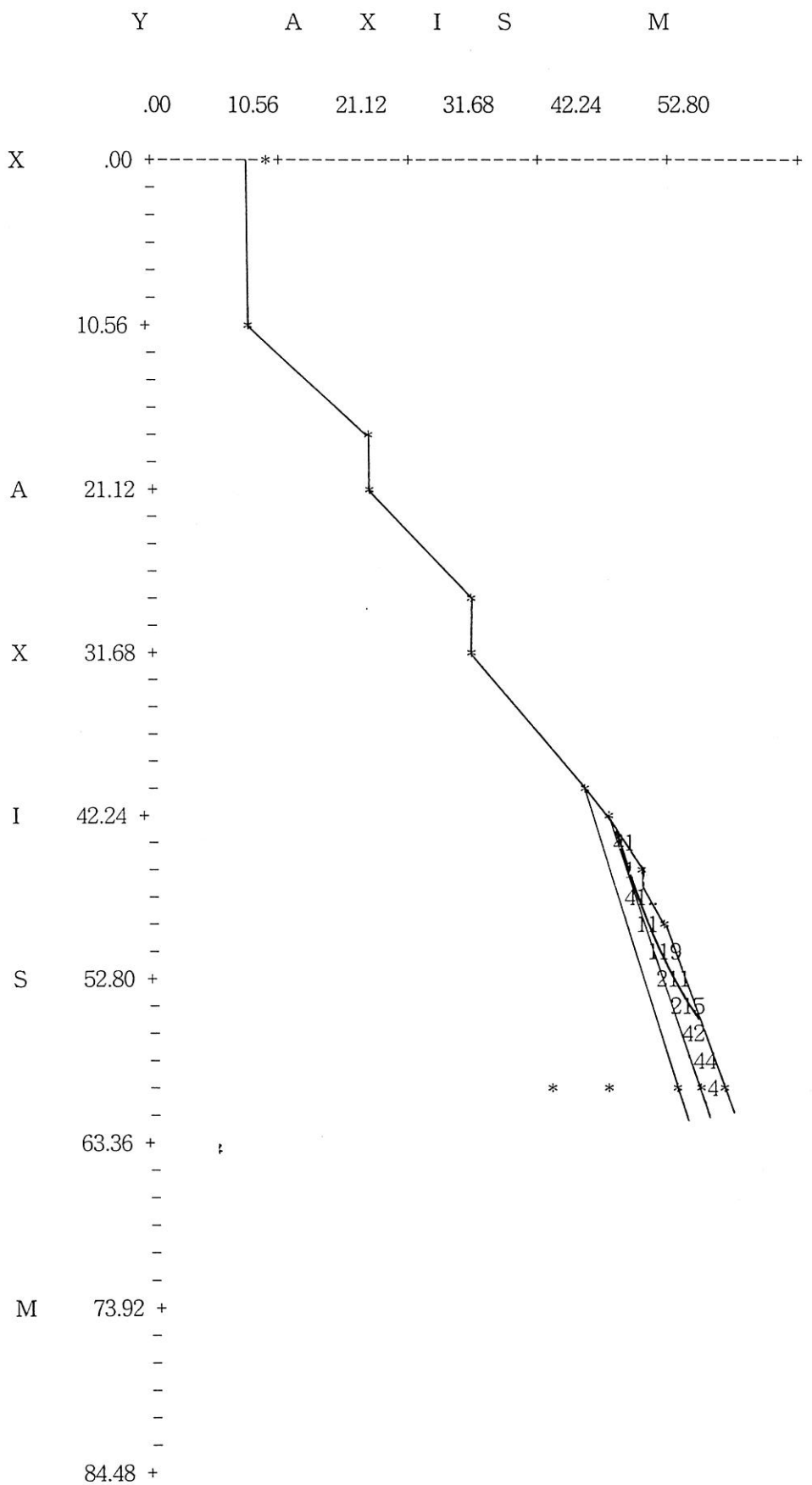
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 25 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	43.76	43.89
2	44.25	43.99
3	44.73	44.11
4	45.21	44.24
5	45.69	44.38
6	46.17	44.54
7	46.64	44.72
8	47.10	44.90
9	47.56	45.10
10	48.01	45.31
11	48.46	45.54
12	48.90	45.77
13	49.33	46.02
14	49.76	46.29
15	50.17	46.56
16	50.58	46.85
17	50.99	47.14
18	51.38	47.45
19	51.76	47.77
20	52.14	48.10
21	52.50	48.45
22	52.86	48.80
23	53.20	49.16
24	53.54	49.53
25	53.73	49.75

*** 5.392 ***


Y A X I S M
.00
10.56
21.12
31.68
42.24
52.80
X
.00
10.56
A
21.12
X
31.68
I
42.24
S
52.80
63.36
M
73.92
84.48

*** PC-STABL5M ***

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/28

Input Data Filename : 범물~고산간도로 STA.2+560 우측사면
건기시 토사사면 안정검토

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.2+560

BOUNDARY COORDINATES

17 Top Boundaries

23 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	7
2	10.00	10.00	18.00	20.00	7
3	18.00	20.00	21.00	20.00	7
4	21.00	20.00	29.00	30.00	6
5	29.00	30.00	32.00	30.00	6
6	32.00	30.00	40.00	40.00	5
7	40.00	40.00	43.00	40.00	5
8	43.00	40.00	51.00	50.00	4
9	51.00	50.00	54.00	50.00	4
10	54.00	50.00	62.00	60.00	3
11	62.00	60.00	65.00	60.00	3
12	65.00	60.00	66.90	62.20	3
13	66.90	62.20	69.70	65.00	2
14	69.70	65.00	70.90	66.20	1
15	70.90	66.20	71.90	66.20	1
16	71.90	66.20	72.80	67.00	1
17	72.80	67.00	83.10	67.20	1
18	69.70	65.00	83.10	65.20	2
19	66.90	62.20	83.10	63.10	3
20	54.00	50.00	83.10	50.40	4
21	43.00	40.00	83.10	40.60	5

22	32.00	30.00	83.10	30.70	6
23	21.00	20.00	83.10	20.90	7

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

7 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1810.0	1910.0	4100.0	24.3	.00	.0	1
2	1900.0	2000.0	.0	35.0	.00	.0	1
3	1900.0	2000.0	.0	35.0	.00	.0	1
4	2000.0	2100.0	.0	39.0	.00	.0	1
5	2000.0	2100.0	.0	39.0	.00	.0	1
6	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1
7	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	69.70	65.00	83.10	65.20

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 69.80 meters
and X = 72.80 meters

Each Surface Terminates Between X = 75.00 meters
and X = 83.00 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

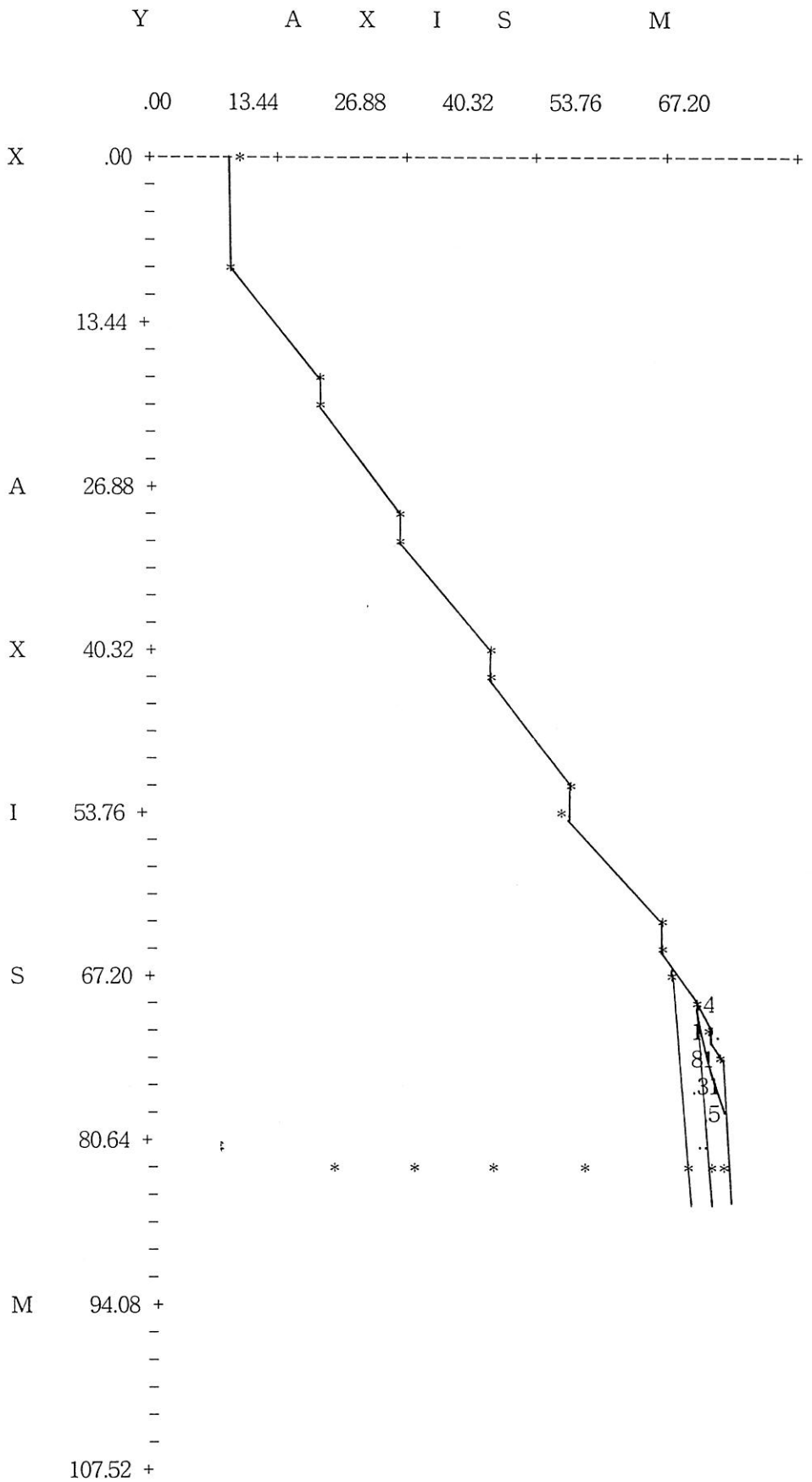
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	69.80	65.10
2	70.30	65.05
3	70.80	65.04
4	71.30	65.07
5	71.79	65.14
6	72.28	65.25
7	72.76	65.40
8	73.22	65.59
9	73.67	65.81
10	74.09	66.07
11	74.50	66.37
12	74.88	66.69
13	75.23	67.05

*** 10.600 ***


Y A X I S M
.00
13.44
26.88
40.32
53.76
67.20
X
A
X
I
S
M
.00
13.44
26.88
40.32
53.76
67.20
80.64
94.08
107.52

*** PC-STABL5M ***

by

Purdue University

--Slope Stability Analysis--

Simplified Janbu, Simplified Bishop

or Spencer's Method of Slices

Run Date : 1999/12/29

Input Data Filename : 범물~고산간도로 STA.2+560 우측사면
우기시 토사사면 안정해석

PROBLEM DESCRIPTION STABILITY SECTION STA.2+560W.

BOUNDARY COORDINATES

17 Top Boundaries

23 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	7
2	10.00	10.00	18.00	20.00	7
3	18.00	20.00	21.00	20.00	7
4	21.00	20.00	29.00	30.00	6
5	29.00	30.00	32.00	30.00	6
6	32.00	30.00	40.00	40.00	5
7	40.00	40.00	43.00	40.00	5
8	43.00	40.00	51.00	50.00	4
9	51.00	50.00	54.00	50.00	4
10	54.00	50.00	62.00	60.00	3
11	62.00	60.00	65.00	60.00	3
12	65.00	60.00	66.90	62.20	3
13	66.90	62.20	69.70	65.00	2
14	69.70	65.00	70.90	66.20	1
15	70.90	66.20	71.90	66.20	1
16	71.90	66.20	72.80	67.00	1
17	72.80	67.00	83.10	67.20	1
18	69.70	65.00	83.10	65.20	2
19	66.90	62.20	83.10	63.10	3
20	54.00	50.00	83.10	50.40	4
21	43.00	40.00	83.10	40.60	5

22	32.00	30.00	83.10	30.70	6
23	21.00	20.00	83.10	20.90	7

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

7 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1810.0	1910.0	4100.0	24.3	.00	.0	1
2	1900.0	2000.0	.0	35.0	.00	.0	1
3	1900.0	2000.0	.0	35.0	.00	.0	1
4	2000.0	2100.0	.0	39.0	.00	.0	1
5	2000.0	2100.0	.0	39.0	.00	.0	1
6	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1
7	2200.0	2300.0	.0	43.0	.00	.0	1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

P.W.P - Average Piezometric

Unit Weight of Water =1000.00

Piezometric Surface No. 1 Specified by 15 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	10.00	10.00
2	18.00	20.00
3	21.00	20.00
4	29.00	30.00
5	32.00	30.00
6	40.00	40.00
7	43.00	40.00
8	51.00	50.00
9	54.00	50.00
10	62.00	60.00
11	65.00	60.00
12	70.90	66.20
13	71.90	66.20

14	72.80	67.00
15	83.10	67.20

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	69.70	65.00	83.10	65.20

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

Janbus Empirical Coef. is being used for the case of c & phi both > 0
100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 69.80 meters
and X = 72.80 meters

Each Surface Terminates Between X = 75.00 meters
and X = 83.00 meters

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = .00 meters

.50 meters Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

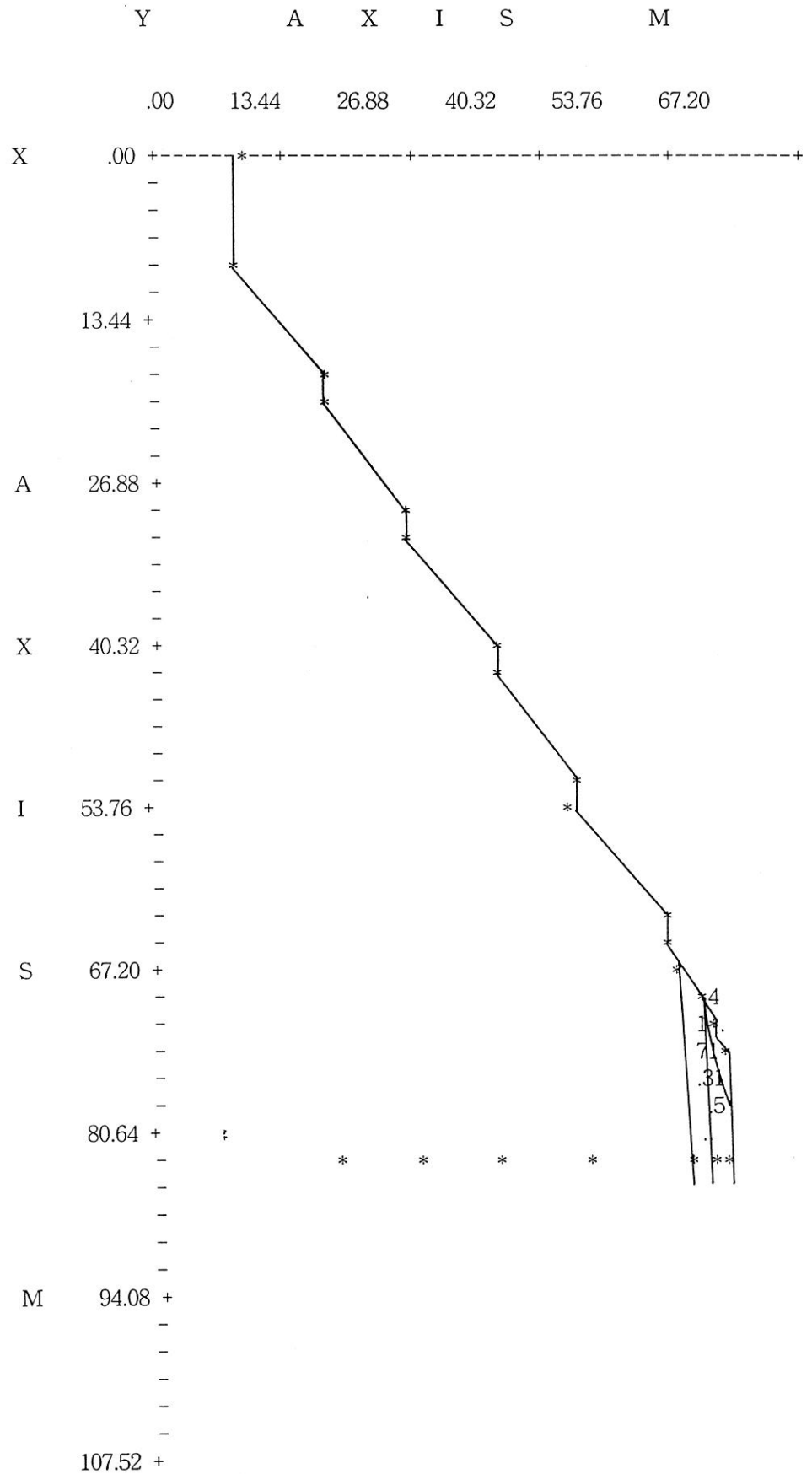
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	69.80	65.10
2	70.30	65.05
3	70.80	65.04
4	71.30	65.07
5	71.79	65.14
6	72.28	65.25
7	72.76	65.40
8	73.22	65.59
9	73.67	65.81
10	74.09	66.07
11	74.50	66.37
12	74.88	66.69
13	75.23	67.05

*** 9.331 ***


Y A X I S M
.00
13.44
26.88
40.32
53.76
67.20
X
A
X
I
S
M
.00
13.44
26.88
40.32
53.76
67.20
80.64
94.08
107.52

부록 6. 암반사면의 한계평형해석

(1) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320
좌측사면 Rock Bolt 설계 (제1안)

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No240 - No280. 설계단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-1 Sta.0+260(So:165/12) 보강설계

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 14:48:00)
Data File Name : S260Z1R [구배완화(S=1:1.2)+ROCK BOLT]

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/40]	:	H	= 25.700 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	:	B	= 23.500 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.54]	:	phif	= 33.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [165/12]	:	phip	= 11.200 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 10.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 1.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	:	b = 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 전단력	:	Ta = 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*0.0= 0.000]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	:	Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	:	Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 21.047 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 10.608 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%) = 5.304 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 23.956 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] = 286.680 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 63.532 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 14.066 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 73.543 / 55.683 = 1.321 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 61.859 / 69.481 = 0.890 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No240 - No280. 설계단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-1 Sta.0+260(So:165/12) 보강설계

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 산정

T = Fsd * [W*sin(phip)+V*cos(phip)] - [W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(phi) - c*A = 9.982 (t/m)

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b * T / Ta
= 1.75 * 9.982 / 6.40 = 2.5 (단/1.75m)

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 산정

T = Fsw * [W*sin(phip)+V*cos(phip)] - [W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(phi) - c*A = 21.519 (t/m)

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b * T / Ta
= 1.75 * 21.519 / 6.40 = 6.6 (단/1.75m)

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 37.658 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 전단력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 7.000 (단/1.75m)

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No220 - No290. 설계단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-2 Sta.0+260(So:168/12) 보강설계

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 14:47:12)
Data File Name : S260Z2R [구배완화(S=1:1.2)+ROCK BOLT]

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/40]	: H	= 35.700 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	: B	= 35.500 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.48]	: phif	= 34.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [168/12]	: phip	= 11.400 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 10.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 2.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 전단력	: Ta	= 6.400 (t/본)
[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*0.0=		0.000]
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 28.542 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 16.787 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%) = 8.393 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 36.214 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] = 685.329 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 151.983 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 35.225 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 190.887 / 135.460 = 1.409 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 162.860 / 169.990 = 0.958 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No220 - No290. 설계단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-2 Sta.0+260(So:168/12) 보강설계

사면보강 ROCK BOLT 설계

---

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 산정

T = Fsd * [W*sin(phip)+V*cos(phip)] - [W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(phi) - c*A = 12.303 (t/m)

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b * T / Ta
= 1.75 * 12.303 / 6.40 = 3.1 (단/1.75m)

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 산정

T = Fsw * [W*sin(phip)+V*cos(phip)] - [W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(phi) - c*A = 41.128 (t/m)

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b * T / Ta
= 1.75 * 41.128 / 6.40 = 12.8 (단/1.75m)

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 71.974 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 전단력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 13.000 (단/1.75m)

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No200 - No300. 설계단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-3 Sta.0+260(So:168/12) 보강설계

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 14:46:20)
Data File Name : S260Z3R [구배완화(S=1:1.2)+ROCK BOLT]

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/40]	:	H	= 45.700 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	:	B	= 43.500 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.54]	:	phif	= 33.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [168/12]	:	phip	= 11.400 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 15.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.500 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.500 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200
사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법	
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)	
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	:	b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)	
ROCK BOLT의 본당 허용 전단력	:	Ta	= 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*0.0= 0.000]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	:	Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	:	Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 36.929 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 19.478 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%) = 9.739 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 44.375 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] =1059.120 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 216.087 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 47.424 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 300.379 / 209.343 = 1.435 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 239.967 / 255.831 = 0.938 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No200 - No300. 설계단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-3 Sta.0+260(So:168/12) 보강설계

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 산정

T = Fsd * [W*sin(phip)+V*cos(phip)] - [W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(phi) - c*A = 13.635 (t/m)

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b * T / Ta
= 1.75 * 13.635 / 6.40 = 3.1 (단/1.75m)

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 산정

T = Fsw * [W*sin(phip)+V*cos(phip)] - [W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(phi) - c*A = 67.031 (t/m)

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b * T / Ta
= 1.75 * 67.031 / 6.40 = 18.3 (단/1.75m)

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 117.304 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 전단력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 19.000 (단/1.75m)

(2) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320
좌측사면 구배완화 (S=1:1.6)시 안정검토 (제2안)

(1) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+160~STA.0+320
좌측사면 한계평형해석

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 1. No240 -No280.해석단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-1 Sta.0+260(So:165/12) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 10:34:46)
Data File Name : S260Z1 [Sta.0+160 - Sta.0+320 좌측사면]

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/51]	:	H	= 10.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.80]	:	phif	= 51.300 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [165/12]	:	phip	= 11.200 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 10.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 1.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 6.017 (m)

인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 12.103 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 3.009 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 20.505 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 * [{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] = 278.379 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 30.846 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 4.526 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 68.656 / 54.071 = 1.270 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 63.062 / 58.510 = 1.078 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 2. No220 -No290.해석단면 No260]

설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154

건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-2 Sta.0+260(So:168/12) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 10:35:57)
Data File Name : S260Z2 [Sta.0+160 - Sta.0+320 좌측사면]

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/51]	:	H	= 20.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.97]	:	phif	= 46.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [168/12]	:	phip	= 11.400 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 10.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 2.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 11.175 (m)

인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 24.455 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 5.587 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 44.650 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 * [{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] =1124.935 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 124.736 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 15.609 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 283.742 / 222.351 = 1.276 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 261.204 / 237.653 = 1.099 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No200 -No300.해석단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-3 Sta.0+260(So:168/12) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 10:36:45)
Data File Name : S260Z3 [Sta.0+160 - Sta.0+320 좌측사면]

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/51]	:	H	= 30.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.04]	:	phif	= 44.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [168/12]	:	phip	= 11.500 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 15.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.500 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.500 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 16.230 (m)

인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 36.616 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 8.115 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 69.068 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 * [{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] =2746.188 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 280.245 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 32.927 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 755.600 / 547.501 = 1.380 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 678.750 / 579.767 = 1.171 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 4. No180 -No320.해석단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-4 Sta.0+260(So:190/13) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 10:38:24)
Data File Name : S260Z4 [Sta.0+160 - Sta.0+320 좌측사면]

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/51]	:	H	= 40.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.04]	:	phif	= 44.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [190/13]	:	phip	= 12.500 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 20.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.500 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 20.835 (m)

인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 45.029 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 10.417 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 88.549 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 *
[{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] =4502.858 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 461.219 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 54.260 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

=1600.056 / 974.596 = 1.642 > Fs1 = 1.50 ---------- [O.K]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

=1427.912 /1027.570 = 1.390 > Fs2 = 1.20 ---------- [O.K]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 5. No160 -No320.해석단면 No260]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+260 좌측사면 ZONE-5 Sta.0+260(So:178/14) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-13-1999 (time : 10:39:07)
Data File Name : S260Z5 [Sta.0+160 - Sta.0+320 좌측사면]

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [185/51]	: H	= 50.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.04]	: phif	= 44.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [178/14]	: phip	= 13.900 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 22.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.500 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 24.689 (m)

인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 50.502 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 12.344 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 105.364 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 * [{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] =6312.795 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 650.323 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 76.191 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

=2475.844 /1516.509 = 1.633 > Fs1 = 1.50 ---------- [O.K]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

=2205.702 /1590.469 = 1.387 > Fs2 = 1.20 ---------- [O.K]

(2) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280
우측사면 한계평형해석

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 1. No140 -No240.해석단면 No200]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+200 좌측사면 ZONE-1 Sta.0+200(So:341/36) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-20-1999 (time : 16:26:15)
Data File Name : SJZ120S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [010/51]	:	H =	8.600 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	:	B =	5.300 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.04]	:	phif =	44.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	:	phifu=	15.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [341/36]	:	phip =	31.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi =	35.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c =	0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt =	2.300 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw =	1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1 =	1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2 =	1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 1.485 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 0.742 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 16.573 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 62.125 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 6.151 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 0.275 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 37.287 / 31.997 = 1.165 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 32.881 / 32.233 = 1.020 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 2. No120 -No260.해석단면 No200]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+200 좌측사면 ZONE-2 Sta.0+200(So:337/38) 안정검토

Date (mo/da/yr) : 12-20-1999 (time : 16:27:19)
Data File Name : SJZ220S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [008/51]	: H	= 18.500 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.00]	: phif	= 45.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 15.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [337/38]	: phip	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 39.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 4.441 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 2.221 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 30.069 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 239.267 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 33.388 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 2.466 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 164.313 / 126.792 = 1.296 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 136.218 / 128.883 = 1.057 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

(3) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460
좌측사면 한계평형해석

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460.해석단면 No340]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간도로 STA.2+380사면 ZONE-3 Sta.2+340(So:160/38)안정검토

Date (mo/da/yr) : 10-27-1999 (time : 09:04:24)
Data File Name : B1Z334S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 19.500 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.300 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.07]	: phif	= 43.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [160/38]	: phip	= 24.300 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 10.323 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 5.161 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 30.954 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 412.977 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 79.880 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 13.320 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 235.193 / 169.946 = 1.384 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 181.853 / 182.085 = 0.999 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 1. No340 -No400.해석단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간도로 STA.2+380사면 ZONE-1 Sta.2+360(So:152/25)안정검토

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 15:39:36)
Data File Name : B1Z136S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [118/45]	: H	= 6.000 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.900 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.00]	: phif	= 45.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [152/25]	: phip	= 20.500 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 25.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 4.656 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 2.328 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 14.840 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 102.351 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 17.274 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 2.710 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 44.705 / 35.844 = 1.247 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 36.207 / 38.382 = 0.943 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 2. No300 -No420.해석단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간도로 STA.2+380사면 ZONE-2 Sta.2+360(So:160/38)안정검토

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 16:52:27)
Data File Name : B1Z236S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 12.900 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.900 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.90]	: phif	= 48.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [160/38]	: phip	= 24.300 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 7.942 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 3.971 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 21.412 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 243.959 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 42.512 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 7.884 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 138.936 / 100.393 = 1.384 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 110.345 / 107.578 = 1.026 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 1. No340 -No400.해석단면 No380]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간도로 STA.2+380사면 ZONE-1 Sta.2+380(So:165/24)안정검토

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 11:42:30)
Data File Name : B1Z138S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [118/45]	:	H	= 5.800 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	:	B	= 7.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.00]	:	phif	= 45.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	:	phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [165/24]	:	phip	= 16.100 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 20.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : $Z = H * [1- \cot(phif) * \tan(phip)] + B * [\tan(phifu) - \tan(phip)]$ = 5.520 (m)

균열내의 수위 : $Zw = Z * 50$ (%) = 2.760 (m)

활동면의 면적 : $A = [H * \cot(phif) + B] * \sec(phip)$ = 13.323 (m2/m)

암괴의 중량 : $W = 1/2 * rt * B * H * [1 + Z/H-\cot(phif)*\{\tan(phifu)-Z/B\}]$ = 105.166 (t/m)

양 압 력 : $U = 1/2 * rw * Zw * A$ = 18.384 (t/m)

균열내의 수압 : $V = 1/2 * rw * Zw^2$ = 3.808 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

$Fs = [c*A+\{W\cos(phip)-U-V\sin(phip)\}*\tan(phi)] / [W\sin(phip)+V\cos(phip)]$

= 36.776 / 29.164 = 1.261 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

$Fs = [c*A+\{W\cos(phip)-U-V\sin(phip)\}*\tan(phi)] / [W\sin(phip)+V\cos(phip)]$

= 29.701 / 32.823 = 0.905 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 2. No300 -No420.해석단면 No380]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간도로 STA.2+380사면 ZONE-2 Sta.2+380(J:130/47)안정검토

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 15:16:25)
Data File Name : B1Z238S

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	:	H	= 16.200 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	:	B	= 8.400 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.84]	:	phif	= 50.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [130/47]	:	phip	= 44.100 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 43.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 8.060 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 1.871 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%) = 0.935 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 11.697 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] = 18.070 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 5.470 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 0.437 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 12.101 / 12.575 = 0.962 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 6.716 / 12.889 = 0.521 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460 해석단면 No420]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간도로 STA.2+380사면 ZONE-3 Sta.2+420(So:122/20)안정검토

Date (mo/da/yr) : 10-27-1999 (time : 09:05:12)
Data File Name : B1Z342S

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 13.400 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.84]	: phif	= 50.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [122/20]	: phip	= 19.700 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 25.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 6.055 (m)

인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 9.270 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 3.028 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 21.789 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 *
[{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] = 285.686 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 32.983 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 4.583 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 125.421 / 96.303 = 1.302 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 109.320 / 100.618 = 1.086 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

부록 7. 암반사면 보강 Rock Bolt 설계 결과

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No240 -No280.해석단면 No260]
설계자 : (주)창신 종합ENGINEERING Tel.053)-642-6154 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지택지 도로 No.0+260 ZONE-3 사면검토 [S=1:1.6. phip=11.4]

Date (mo/da/yr) : 10-08-1999 (Time : 17:50:07)
Data File Name : S260Z3D

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이	:	H	= 30.000 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	:	B	= 19.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.96]	:	phif	= 27.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각	:	phip	= 11.500 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 15.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.500 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 2.500 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 26.134 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 5.815 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z'* 1/2 = 2.908 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 19.389 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] = 138.115 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 28.189 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 4.227 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 45.960 / 27.536 = 1.669 > Fs1 = 1.50 ---------- [O.K]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 38.181 / 31.678 = 1.205 > Fs2 = 1.20 ---------- [O.K]

(3) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 1 및 ZONE 2구간 Rock Bolt 설계

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No140 - No240. 설계단면 No200]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+200 좌측사면 ZONE-1 Sta.0+200(So:341/36) 보강공사

Date (mo/da/yr) : 12-14-1999 (time : 14:58:01)
Data File Name : SJZ120R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [010/51]	: H	= 8.600 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 5.300 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.04]	: phif	= 44.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 15.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [341/36]	: phip	= 31.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 35.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.800 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 1.485 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 0.742 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 16.573 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 62.125 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 6.151 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 0.275 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 37.287 / 31.997 = 1.165 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 32.881 / 32.233 = 1.020 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No140 - No240. 설계단면 No200]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+200 좌측사면 ZONE-1 Sta.0+200(So:341/36) 보강공사

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 10.708 / 1.340 = 7.993 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 10.708 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.340
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -31.0= 29.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.80 * 7.993 / [6.40*(cos61 + sin61 * tan35)] = 2.0 (단/1.80m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 31.0 = 61.0(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 5.799 / 1.194 = 4.856 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 5.799 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.194
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -31.0= 29.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.80 * 4.856 / [6.40*(cos61 + sin61 * tan35)] = 1.2 (단/1.80m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 31.0 = 61.0(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 14.388 (t/1.80m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.800 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 2.000 (단/1.80m)

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No120 - No260. 설계단면 No200]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+200 좌측사면 ZONE-2 Sta.0+200(So:337/38) 보강공사

Date (mo/da/yr) : 12-14-1999 (time : 14:57:05)
Data File Name : SJZ220R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [008/51]	: H	= 18.500 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.00]	: phif	= 45.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 15.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [337/38]	: phip	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 39.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.800 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)
[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8=		6.474]
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 4.441 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 2.221 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 30.069 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 239.267 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 33.388 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 2.466 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 164.313 / 126.792 = 1.296 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 136.218 / 128.883 = 1.057 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No120 - No260. 설계단면 No200]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 삼덕-시지 STA.0+200 좌측사면 ZONE-2 Sta.0+200(So:337/38) 보강공사

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 25.875 / 1.419 = 18.232 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 25.875 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.419
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -32.0= 28.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.80 * 18.232 / [6.40*(cos62 + sin62 * tan39)] = 4.3 (단/1.80m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 32.0 = 62.0(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 18.442 / 1.278 = 14.426 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 18.442 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.278
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -32.0= 28.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.80 * 14.426 / [6.40*(cos62 + sin62 * tan39)] = 3.4 (단/1.80m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 32.0 = 62.0(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 32.818 (t/1.80m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

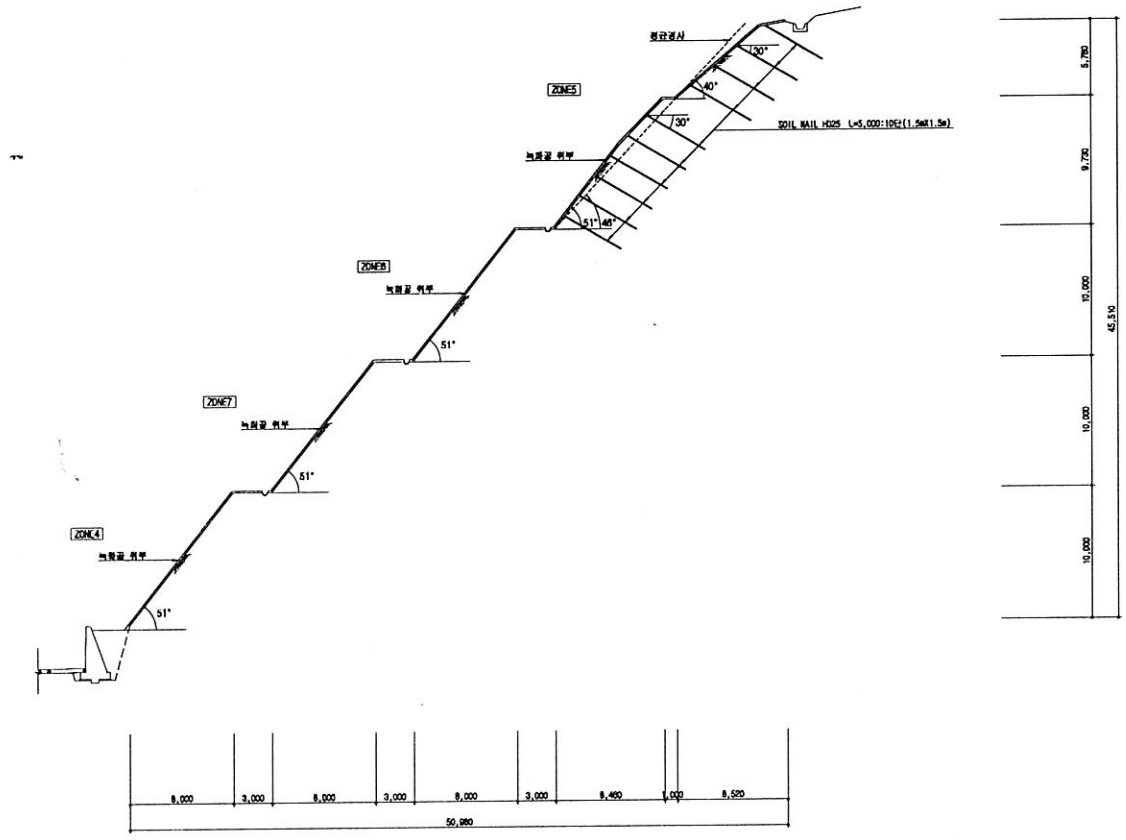
3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.800 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 5.000 (단/1.80m)

(4) 삼덕동~시지택지간 도로 STA.0+080~STA.0+280 우측사면 ZONE 5구간 SOIL NAIL 설계

사면 보강공사(STA.0+80) 단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	설계책임자	특기사항	삼덕동 ~ 시지딱지간 도로건설공사					축 척	S=1:200	도면명 횡단면도(STA.0+80)
	설 계 자									일 자 1999 .12. 관련번호 매품 미
	제 도 자									

* 삼덕-시지 도로 Sta.0+200 좌측사면 0+080 ZONE5 SOIL NAIL(L=7m) 설계
< DATA FILE > = SJZ5NC.DAT
< OUTPUT FILE > = SJZ5NC.OUT

I N P U T D A T A

S O I L P R O P E R T I E S

FOUNDATION	SOIL UNIT WEIGHT	=	143.580	pcf
	COHESION OF SOIL	=	3000.000	psf
	FRICTION ANGLE OF SOIL	=	43.000	deg
	UNDRAINED SU AT EXCAVATION LEVEL	=	3000.000	psf
	DEPTH TO HARDPAN FROM EXCAVATION	=	100.000	ft
	SU AT THE TOP OF HARDPAN	=	3000.000	psf
LAYER 1	HEIGHT TO TOP OF LAYER FROM TOE	=	20.010	ft
	SOIL UNIT WEIGHT	=	143.580	pcf
	COHESION OF SOIL	=	.000	psf
	FRICTION ANGLE OF SOIL	=	39.000	deg
LAYER 2	HEIGHT TO TOP OF LAYER FROM TOE	=	28.540	ft
	SOIL UNIT WEIGHT	=	143.580	pcf
	COHESION OF SOIL	=	.000	psf
	FRICTION ANGLE OF SOIL	=	39.000	deg
LAYER 3	HEIGHT TO TOP OF LAYER FROM TOE	=	49.220	ft
	SOIL UNIT WEIGHT	=	112.370	pcf
	COHESION OF SOIL	=	634.880	psf
	FRICTION ANGLE OF SOIL	=	22.600	deg

G R O U N D S U R F A C E P O R T I O N

C O O R D I N A T E S O F L I N E S

LINE NUMBER	X-COORD. (ft)	Y-COORD. (ft)
1	112.866	60.784

S O I L P R O P E R T I E S

UNIT WEIGHT OF SOIL	=	112.370	pcf
COHESION OF SOIL	=	634.880	psf
FRICTION ANGLE OF SOIL	=	22.600	deg

W A L L & L O A D C O N D I T I O N

WALL INCLINATION ANGLE	=	44.000	deg
SURCHARGE LOAD	=	.000	psf
HOR. ACCELERATION COEFF.	=	.000	

N A I L P R O P E R T I E S

CROSS SECTIONAL AREA OF NAIL	=	.543 si
GROUT DIAMETER	=	4.000 in
YIELD STRENGTH OF NAIL	=	25806.450 ksi
NAIL INCLINATION ANGLE	=	30.000 deg
VER. SPACING OF NAIL	=	4.920 ft
HOR. SPACING OF NAIL	=	4.920 ft
UNBONDED LENGTH OF NAIL	=	.000 ft

N A I L L E N G T H

SET NUMBER	DEPTH (ft)	LENGTH (ft)
1	3.281	22.960
2	8.201	22.960
3	13.121	22.960
4	18.041	22.960
5	22.961	22.960
6	27.881	22.960
7	32.801	22.960
8	37.721	22.960
9	42.641	22.960
10	47.561	22.960

O U T P U T R E S U L T S

I= 14	A= .933	F.S.= 2.531	T=	46331.4400	lb/ft
I= 15	A= 1.000	F.S.= 2.364	T=	46183.3400	lb/ft
I= 16	A= 1.067	F.S.= 2.250	T=	45275.7700	lb/ft
I= 17	A= 1.133	F.S.= 2.166	T=	43896.4500	lb/ft
I= 18	A= 1.200	F.S.= 2.104	T=	42138.3200	lb/ft
I= 19	A= 1.267	F.S.= 2.057	T=	40110.3400	lb/ft
I= 20	A= 1.333	F.S.= 2.022	T=	37885.3300	lb/ft
I= 21	A= 1.400	F.S.= 2.002	T=	35455.7900	lb/ft
I= 22	A= 1.467	F.S.= 2.026	T=	33595.3600	lb/ft
I= 23	A= 1.533	F.S.= 2.061	T=	32208.3200	lb/ft
I= 24	A= 1.600	F.S.= 2.124	T=	30847.0100	lb/ft
I= 25	A= 1.667	F.S.= 2.201	T=	29496.8700	lb/ft
I= 26	A= 1.733	F.S.= 2.281	T=	28450.0200	lb/ft
I= 27	A= 1.800	F.S.= 2.362	T=	27462.3600	lb/ft
I= 28	A= 1.867	F.S.= 2.445	T=	26527.5400	lb/ft
I= 29	A= 1.933	F.S.= 2.531	T=	25633.7200	lb/ft
I= 30	A= 2.000	F.S.= 2.594	T=	24942.7900	lb/ft

H/LT= 2.144 H/LB= 2.144

NO. OF NAILS (INCLUDING THE LOWERMOST) = 10

**F.S. AGAINST SLIDING THROUGH TOE = 2.00

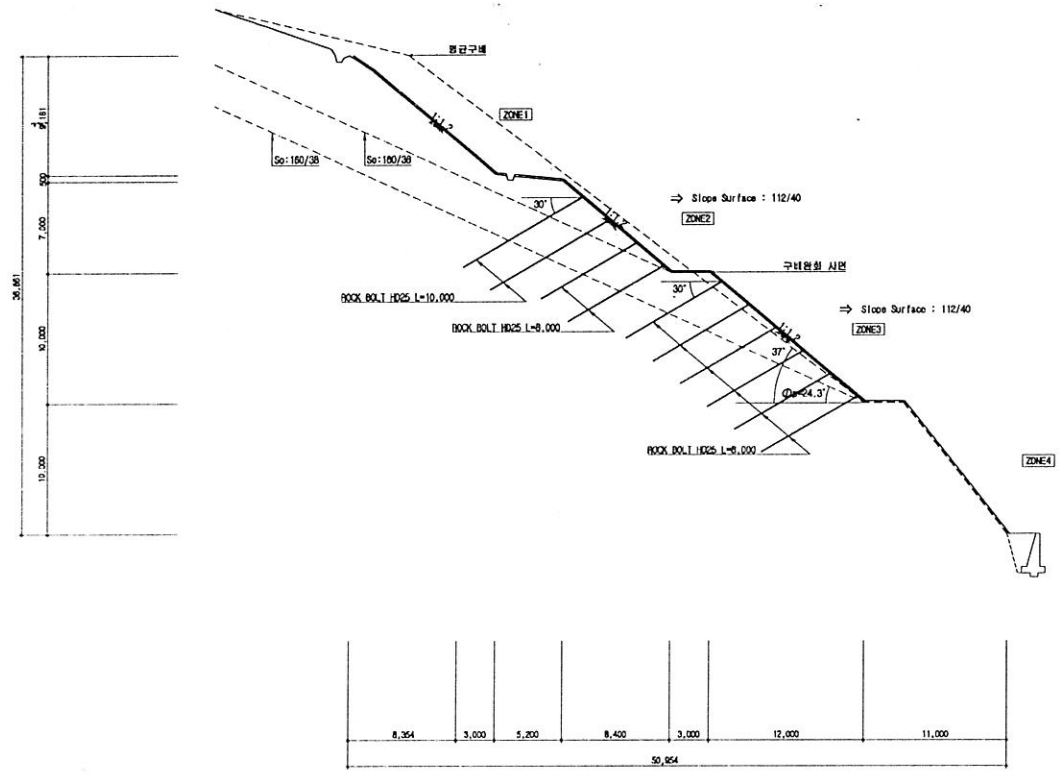
**F.S. AGAINST DEEP SEATED ROTATION = 1.94

1 TH NAIL FORCE =	18.9010 lb/ft
2 TH NAIL FORCE =	20.9929 lb/ft
3 TH NAIL FORCE =	88.5129 lb/ft

4 TH NAIL FORCE	=	271.4565	lb/ft
5 TH NAIL FORCE	=	636.5709	lb/ft
6 TH NAIL FORCE	=	1269.5320	lb/ft
7 TH NAIL FORCE	=	2285.5660	lb/ft
8 TH NAIL FORCE	=	3849.7450	lb/ft
9 TH NAIL FORCE	=	9833.6320	lb/ft
10 TH NAIL FORCE	=	17180.8800	lb/ft

(5) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 Rock Bolt 설계 (제1안)

사면 보강공사 (STA.2+340) 단면도(제1안)



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도 면 명	STA.2+340 횡단면도
	설 계 자									일 자	관련번호 / 대종 매
	제 도 자										

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No340]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-3 Sta.2+340(So:160/38) 보강공

Date (mo/da/yr) :
Data File Name : B1Z334R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/40]	: H	= 26.660 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 4.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.33]	: phif	= 37.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 15.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [160/38]	: phip	= 24.300 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	:	b = 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	:	Ta = 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	:	Fsd = 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	:	Fsw = 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 9.951 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 4.976 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 43.207 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 529.691 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 107.494 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 12.379 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 301.663 / 217.975 = 1.384 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 231.311 / 229.258 = 1.009 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No340]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-3 Sta.2+340(So:160/38) 보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 25.300 / 1.383 = 18.297 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 25.300 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.383
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -24.3= 35.7(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 18.297 / [6.40*(cos54 + sin54 * tan32)] = 4.6 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 24.3 = 54.3(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 43.799 / 1.208 = 36.266 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 43.799 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.208
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -24.3= 35.7(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 36.266 / [6.40*(cos54 + sin54 * tan32)] = 9.1 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 24.3 = 54.3(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 63.466 (t/1.75m)

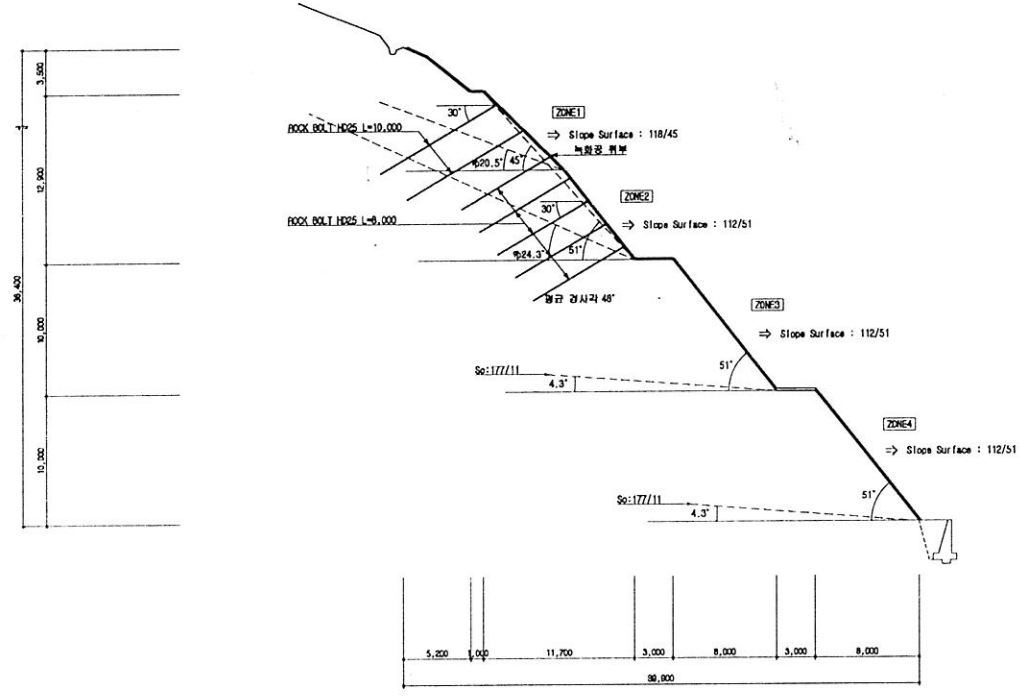
2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 10.000 (단/1.75m)

사면 보강공사 (STA.2+360) 단면도 (제1안)



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도면명	STA.2+360 횡단면도
	설 계 자									일 자	관련번호 / 대조 에
	제 도 자										

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No340 - No400. 설계단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-1 Sta.2+360(So:152/25) 보강공

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 15:38:00)
Data File Name : B1Z136R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [118/45]	: H	= 6.000 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.900 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.00]	: phif	= 45.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [152/25]	: phip	= 20.500 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 25.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	: alpha	= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)
[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]		
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : $Z = H * [1- \cot(phif) * \tan(phip)] + B * [\tan(phifu) - \tan(phip)]$ = 4.656 (m)

균열내의 수위 : $Zw = Z * 50$ (%) = 2.328 (m)

활동면의 면적 : $A = [H * \cot(phif) + B] * \sec(phip)$ = 14.840 (m2/m)

암괴의 중량 : $W = 1/2 * rt * B * H * [1 + Z/H-\cot(phif)*\{\tan(phifu)-Z/B\}]$ = 102.351 (t/m)

양 압 력 : $U = 1/2 * rw * Zw * A$ = 17.274 (t/m)

균열내의 수압 : $V = 1/2 * rw * Zw^2$ = 2.710 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

$Fs = [c*A+\{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)\}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]$

= 44.705 / 35.844 = 1.247 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

$Fs = [c*A+\{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)\}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]$

= 36.207 / 38.382 = 0.943 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No340 - No400. 설계단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-1 Sta.2+360(So:152/25) 보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

---

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 9.062 / 1.314 = 6.897 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 9.062 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.314
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -20.5= 39.5(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 6.897 / [6.40*(cos51 + sin51 * tan25)] = 1.9 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 20.5 = 50.5(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 9.852 / 1.123 = 8.772 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 9.852 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.123
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -20.5= 39.5(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 8.772 / [6.40*(cos51 + sin51 * tan25)] = 2.4 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 20.5 = 50.5(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 15.351 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 3.000 (단/1.75m)

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No300 - No420. 설계단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-2 Sta.2+360(So:160/38) 보강공

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 16:31:21)
Data File Name : B1Z236R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 12.900 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.900 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.90]	: phif	= 48.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [160/38]	: phip	= 24.300 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200
사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 7.942 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 3.971 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 21.412 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 243.959 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 42.512 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 7.884 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 138.936 / 100.393 = 1.384 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 110.345 / 107.578 = 1.026 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No300 - No420. 설계단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-2 Sta.2+360(So:160/38) 보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

---

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 11.652 / 1.383 = 8.427 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 11.652 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.383
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -24.3= 35.7(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 8.427 / [6.40*(cos54 + sin54 * tan32)] = 2.1 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 24.3 = 54.3(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 18.749 / 1.208 = 15.524 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 18.749 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.208
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -24.3= 35.7(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 15.524 / [6.40*(cos54 + sin54 * tan32)] = 3.9 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 24.3 = 54.3(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 27.167 (t/1.75m)

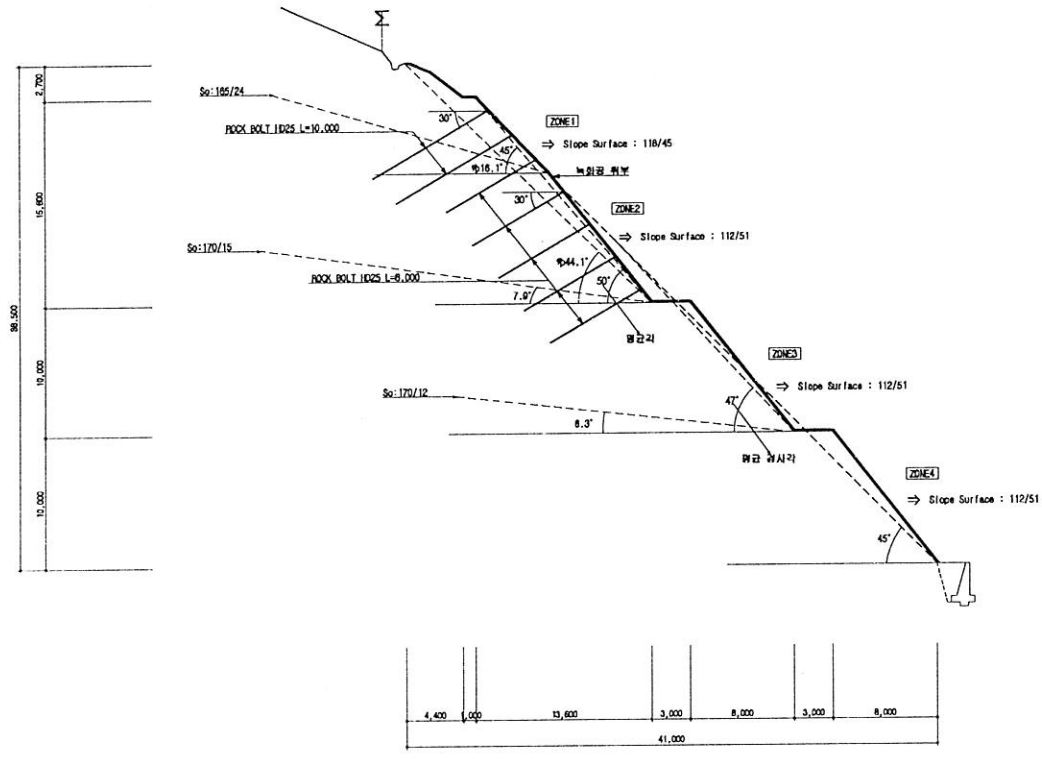
2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 4.000 (단/1.75m)

사면 보강공사 (STA.2+380) 단면도 (제1안)



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=NONE	도 면 명	STA.2+380 횡단면도
	설 계 자								일 자	관리번호 / 매장 08
	제 도 자									

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No340 - No400. 설계단면 No380]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-1 Sta.2+380(So:165/24) 보강공

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 11:41:51)
Data File Name : B1Z138R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [118/45]	: H	= 5.800 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 7.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.00]	: phif	= 45.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 26.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [165/24]	: phip	= 16.100 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 20.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200
사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : $Z = H * [1 - \cot(phif) * \tan(phip)] + B * [\tan(phifu) - \tan(phip)]$ = 5.520 (m)

균열내의 수위 : $Zw = Z * 50$ (%) = 2.760 (m)

활동면의 면적 : $A = [H * \cot(phif) + B] * \sec(phip)$ = 13.323 (m2/m)

암괴의 중량 : $W = 1/2 * rt * B * H * [1 + Z/H - \cot(phif) * \{\tan(phifu) - Z/B\}]$ = 105.166 (t/m)

양 압 력 : $U = 1/2 * rw * Zw * A$ = 18.384 (t/m)

균열내의 수압 : $V = 1/2 * rw * Zw^2$ = 3.808 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

$Fs = [c*A + \{W\cos(phip) - U - V\sin(phip)\} * \tan(phi)] / [W\sin(phip) + V\cos(phip)]$

= 36.776 / 29.164 = 1.261 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

$Fs = [c*A + \{W\cos(phip) - U - V\sin(phip)\} * \tan(phi)] / [W\sin(phip) + V\cos(phip)]$

= 29.701 / 32.823 = 0.905 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 1. No340 - No400. 설계단면 No380]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-1 Sta.2+380(So:165/24) 보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

---

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 6.970 / 1.302 = 5.352 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 6.970 (t/m)

Tden = Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.302
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -16.1= 43.9(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 5.352 / [6.40*(cos46 + sin46 * tan20)] = 1.5 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 16.1 = 46.1(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 9.687 / 1.094 = 8.852 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 9.687 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.094
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -16.1= 43.9(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 8.852 / [6.40*(cos46 + sin46 * tan20)] = 2.5 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 16.1 = 46.1(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 15.491 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 3.000 (단/1.75m)

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No300 - No420. 설계단면 No380]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-2 Sta.2+380 (J:130/47) 보강공

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 15:16:53)
Data File Name : B1Z238R

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 16.200 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	: B	= 8.400 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.84]	: phif	= 50.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [130/47]	: phip	= 44.100 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 43.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200
사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)
[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]		
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서]	=	8.060 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서]	=	1.871 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%)	=	0.935 (m)
활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip)	=	11.697 (m2/m)
암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}]	=	18.070 (t/m)
양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A	=	5.470 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2	=	0.437 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 12.101 / 12.575 = 0.962 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 6.716 / 12.889 = 0.521 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No300 - No420. 설계단면 No380]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-2 Sta.2+380 (J:130/47) 보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 6.762 / 1.308 = 5.170 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 6.762 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.308
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -44.1= 15.9(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 5.170 / [6.40*(cos74 + sin74 * tan43)] = 1.2 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 44.1 = 74.1(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 8.751 / 1.226 = 7.140 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 8.751 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.226
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -44.1= 15.9(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 7.140 / [6.40*(cos74 + sin74 * tan43)] = 1.7 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 44.1 = 74.1(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 12.495 (t/1.75m)

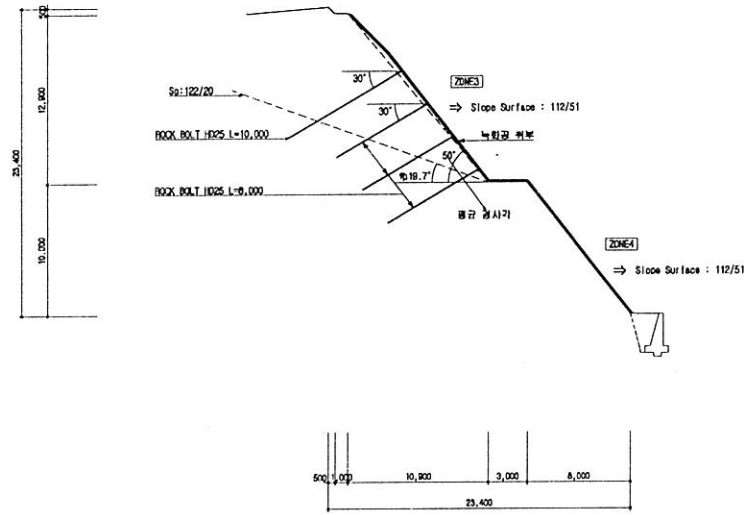
2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 2.000 (단/1.75m)

사면 보강공사 (STA.2+420) 단면도 (제1안)



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=NONE	도면명	STA.2+420 횡단면도	
	설 계 자								입 자	컴퓨터번호	매조 매
	제 도 자										

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면 No420]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-3 Sta.2+420(So:122/20) 보강공

Date (mo/da/yr) : 10-23-1999 (time : 18:12:36)
Data File Name : B1Z342R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->수평] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 13.400 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.84]	: phif	= 50.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [122/20]	: phip	= 19.700 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 25.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200
사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1 - {cot(phif)*tan(phip)}^1/2] = 6.055 (m)
인장균열 거리 : B = (H-Z)*cot(phip)-H*cot(phif)[정점에서]= 9.270 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 3.028 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 21.789 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * H^2 * [{1-(Z/H)^2}*cot(phip) - cot(phif)] = 285.686 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 32.983 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 4.583 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 125.421 / 96.303 = 1.302 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 109.320 / 100.618 = 1.086 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면 No420]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심간 도로 STA.2+380사면 ZONE-3 Sta.2+420(So:122/20) 보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 19.035 / 1.326 = 14.357 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 19.035 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.326
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -19.7= 40.3(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 14.357 / [6.40*(cos50 + sin50 * tan25)] = 3.9 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 19.7 = 49.7(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 11.422 / 1.132 = 10.092 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 11.422 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.132
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -19.7= 40.3(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 10.092 / [6.40*(cos50 + sin50 * tan25)] = 2.8 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 19.7 = 49.7(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 25.125 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

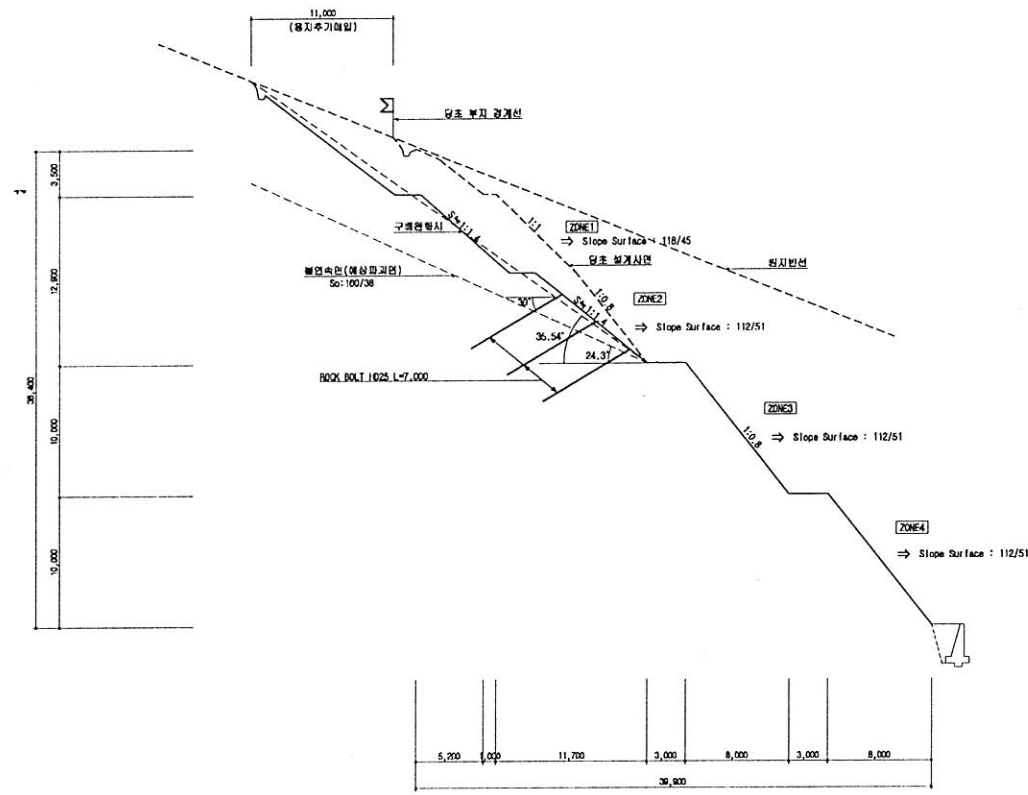
3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 4.000 (단/1.75m)

(6) 범물지구~고산국도간 도로 STA.2+280~STA.2+460 좌측사면 구배완화 및 Rock Bolt 설계 (제2안)

사면 구배완화 (S=1:1.4) + ROCK BOLT 설계단면도 (STA.2+360 단면도 기준) : 제2안



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도면명	STA.2+360 횡단면도
	설 계 자									일 자	관련번호 / 매수 / 매
	제 도 자										

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No300 - No420. 설계단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심도로 STA.2+380사면 Sta.2+360단면 구배완화(S=1:1.4)보강공

Date (mo/da/yr) : 10-27-1999 (time : 09:15:57)
Data File Name : B1Z236WR

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	: H	= 21.900 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	: B	= 19.700 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.40]	: phif	= 35.540 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [160/38]	: phip	= 24.300 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 32.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 2.300 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200
사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D25 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 6.400 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 3.597*1.8= 6.474]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이	: Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서]	= 13.005 (m)
	: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서]	= 5.178 (m)
균열내의 수위	: Zw= Z'* 50 (%)	= 2.589 (m)
활동면의 면적	: A = (H - Z) * cosec(phip)	= 21.615 (m2/m)
암괴의 중량	: W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}]	= 117.302 (t/m)
양 압 력	: U = 1/2 * rw * Zw * A	= 27.979 (t/m)
균열내의 수압	: V = 1/2 * rw * Zw^2	= 3.351 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 66.804 / 48.271 = 1.384 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 48.459 / 51.326 = 0.944 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 2. No300 - No420. 설계단면 No360]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-안심도로 STA.2+380사면 Sta.2+360단면 구배완화(S=1:1.4)보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 5.603 / 1.383 = 4.052 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 5.603 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.383
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -24.3= 35.7(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 4.052 / [6.40*(cos54 + sin54 * tan32)] = 1.0 (단/1.75m)
beta = alpha + phip = 30.0 + 24.3 = 54.3(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 13.131 / 1.208 = 10.873 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 13.131 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.208
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 -24.3= 35.7(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 10.873 / [6.40*(cos54 + sin54 * tan32)] = 2.7 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 24.3 = 54.3(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 19.028 (t/1.75m)

2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D25 (mm)

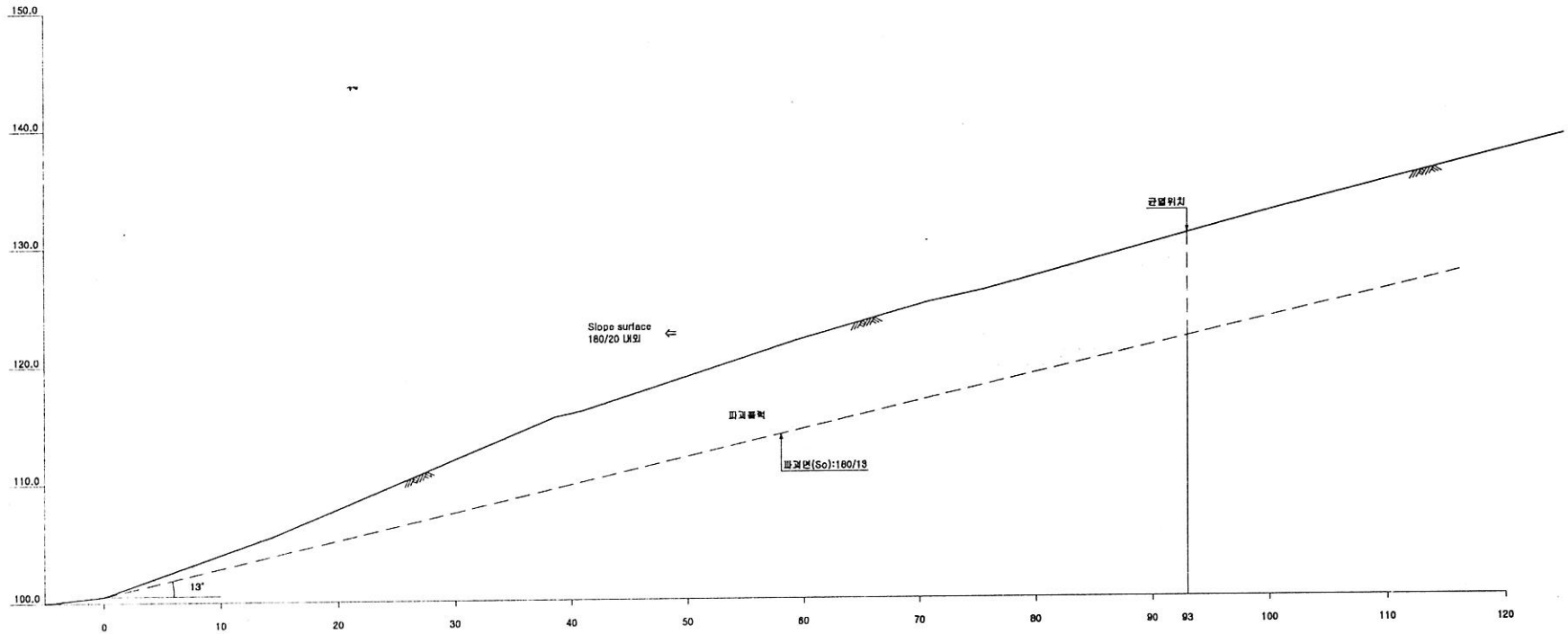
3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 6.400 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 3.000 (단/1.75m)

부록 8. STA.2+280~STA.2+340 좌측사면 파괴구간 역해석 결과

A-LINE 역해석 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=NONE	도면명 A-Line 역해석 횡단면도	
									입 자	검토번호 / 매 장 매

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of Slices

Run Date : 2000/ 3/ 7
Time of Run : 17:22:47
Run By : Changsin Engineering Co.,Ltd.

Input Data Filename : CBA.dat
Output Filename : CBA.out
Plotted Output Filename: CBA.dxf

PROBLEM DESCRIPTION : SECTION A-LINE 역해석 (Fs=0.9기준)

BOUNDARY COORDINATES

8 Top Boundaries
9 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	2
2	10.00	10.00	15.00	10.50	2
3	15.00	10.50	29.20	14.50	1
4	29.20	14.50	53.70	25.40	1
5	53.70	25.40	56.50	26.00	1
6	56.50	26.00	74.60	31.80	1
7	74.60	31.80	86.10	35.00	1
8	86.10	35.00	140.50	48.60	1
9	15.00	10.50	140.50	39.40	2

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1900.0	2000.0	.0	14.1	.00	.0	1
2	2300.0	2400.0	.0	32.0	.00	.0	1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	15.00	10.50	140.50	39.40

Janbus Empirical Coef is being used for the case of c & phi both > 0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Sliding Block Surfaces, Has Been Specified.

50 Trial Surfaces Have Been Generated.

4 Boxes Specified For Generation Of Central Block Base

Length Of Line Segments For Active And Passive Portions Of Sliding Block Is 20.0

Box No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Height (m)
1	15.00	10.50	15.00	10.50	.00
2	104.00	31.10	104.00	31.10	1.00
3	107.00	34.20	107.00	34.20	1.00
4	107.70	40.40	109.90	40.40	.00

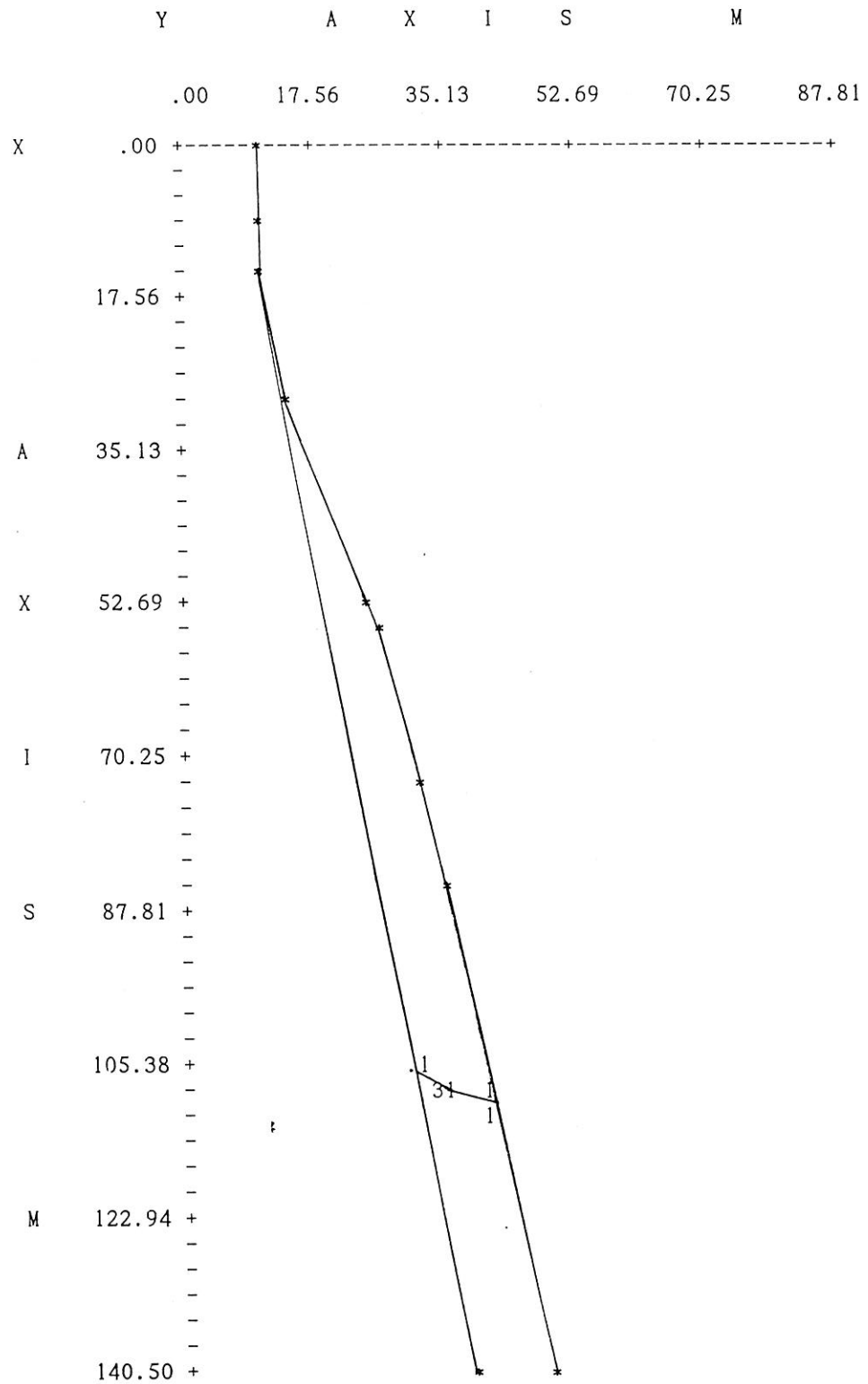
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 5 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	15.00	10.50
2	104.00	31.58
3	107.00	34.49
4	109.71	40.40
5	110.08	41.00

*** .900 ***


Y A X I S M
.00
17.56
35.13
52.69
70.25
87.81
X .00
17.56
A 35.13
X 52.69
I 70.25
S 87.81
105.38
M 122.94
140.50

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460.해석단면:No 0]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+640 좌측 파괴사면 A-단면 역해석 (Fs=0.9)

Date (mo/da/yr) : 03-07-2000 (time : 16:36:23)
Data File Name : BG1A-A

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [180/19]	:	H	= 34.800 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	:	B	= 93.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:2.90]	:	phif	= 19.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	:	phip	= 13.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 11.740 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 13.329 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 10.552 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%) = 5.276 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 95.446 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] = 932.244 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 251.781 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 13.917 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

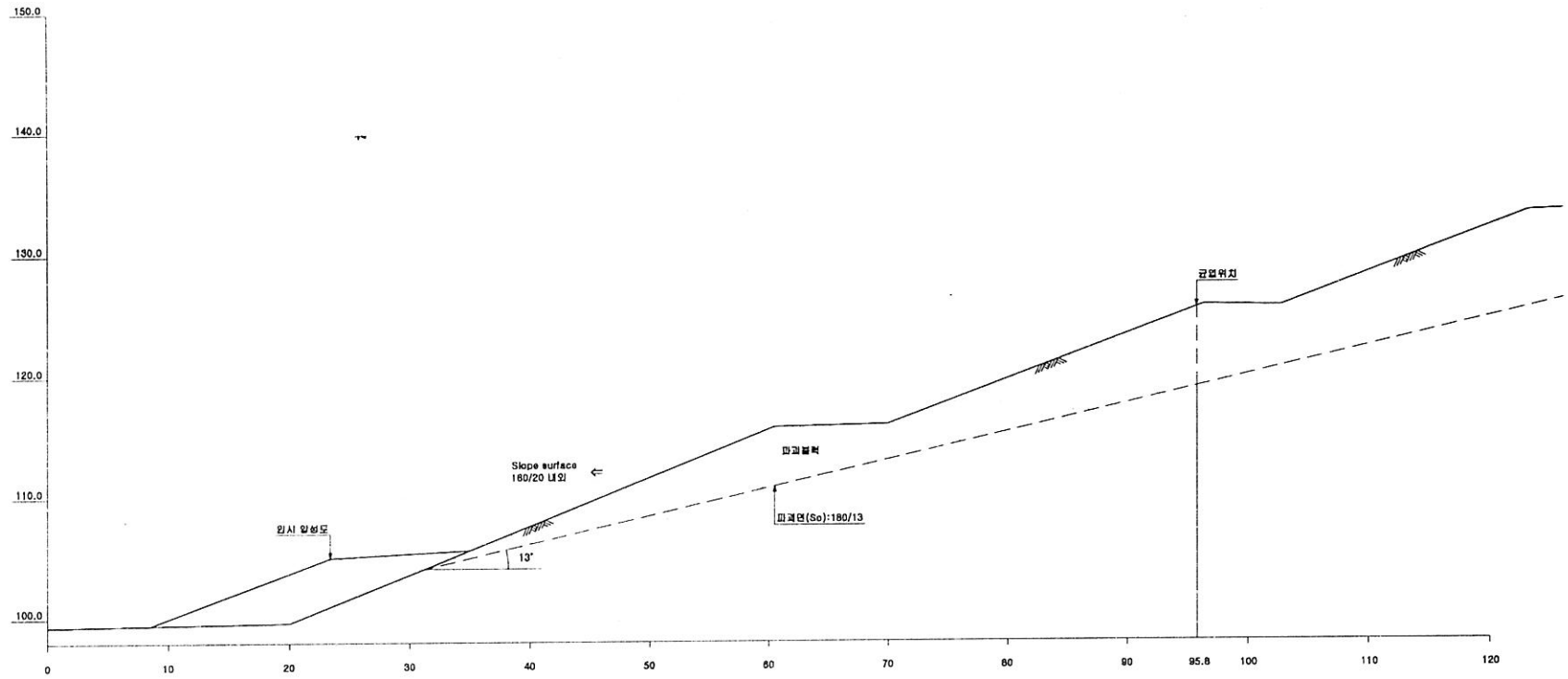
= 188.772 / 209.709 = 0.900 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 135.797 / 223.270 = 0.608 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

B-LINE 역해석 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=NONE	도면명	B-Line 역해석 횡단면도
	설 계 자									
	제 도 자								일 자	관련번호 / 매장 매

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer`s Method of Slices

Run Date : 2000/ 2/29
Time of Run : 19:31:41
Run By : Changsin Engineering Co.Ltd.

Input Data Filename : cbb.dat
Output Filename : cbb.out
Plotted Output Filename: cbb.dxf

PROBLEM DESCRIPTION Section Sta.B-Line Back Analysis (Fs=0.9)

BOUNDARY COORDINATES

8 Top Boundaries
9 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	.00	10.00	10.00	10.00	2
2	10.00	10.00	29.30	11.50	2
3	29.30	11.50	40.60	16.20	2
4	40.60	16.20	70.00	27.70	1
5	70.00	27.70	79.30	28.00	1
6	79.30	28.00	105.80	37.60	1
7	105.80	37.60	112.20	37.50	1
8	112.20	37.50	132.40	45.10	1
9	40.60	16.20	132.40	37.00	2

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kg/cum)	Saturated Unit Wt. (kg/cum)	Cohesion Intercept (kg/sqm)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kg/sqm)	Piez. Surface No.
1	1900.0	2000.0	.0	13.9	.00	.0	1
2	2300.0	2400.0	.0	32.0	.00	.0	1

Searching Routine Will Be Limited To An Area Defined By 1 Boundaries
Of Which The First 1 Boundaries Will Deflect Surfaces Upward

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)
1	40.60	16.20	132.40	37.00

Janbus Empirical Coef is being used for the case of c & phi both > 0

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Sliding Block Surfaces, Has Been Specified.

50 Trial Surfaces Have Been Generated.

4 Boxes Specified For Generation Of Central Block Base

Length Of Line Segments For Active And Passive Portions Of Sliding Block Is 20.0

Box No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Height (m)
1	40.60	16.20	40.60	16.20	.00
2	103.00	30.00	103.00	30.00	1.00
3	104.00	32.00	104.00	32.00	1.00
4	105.00	37.31	105.80	37.31	.00

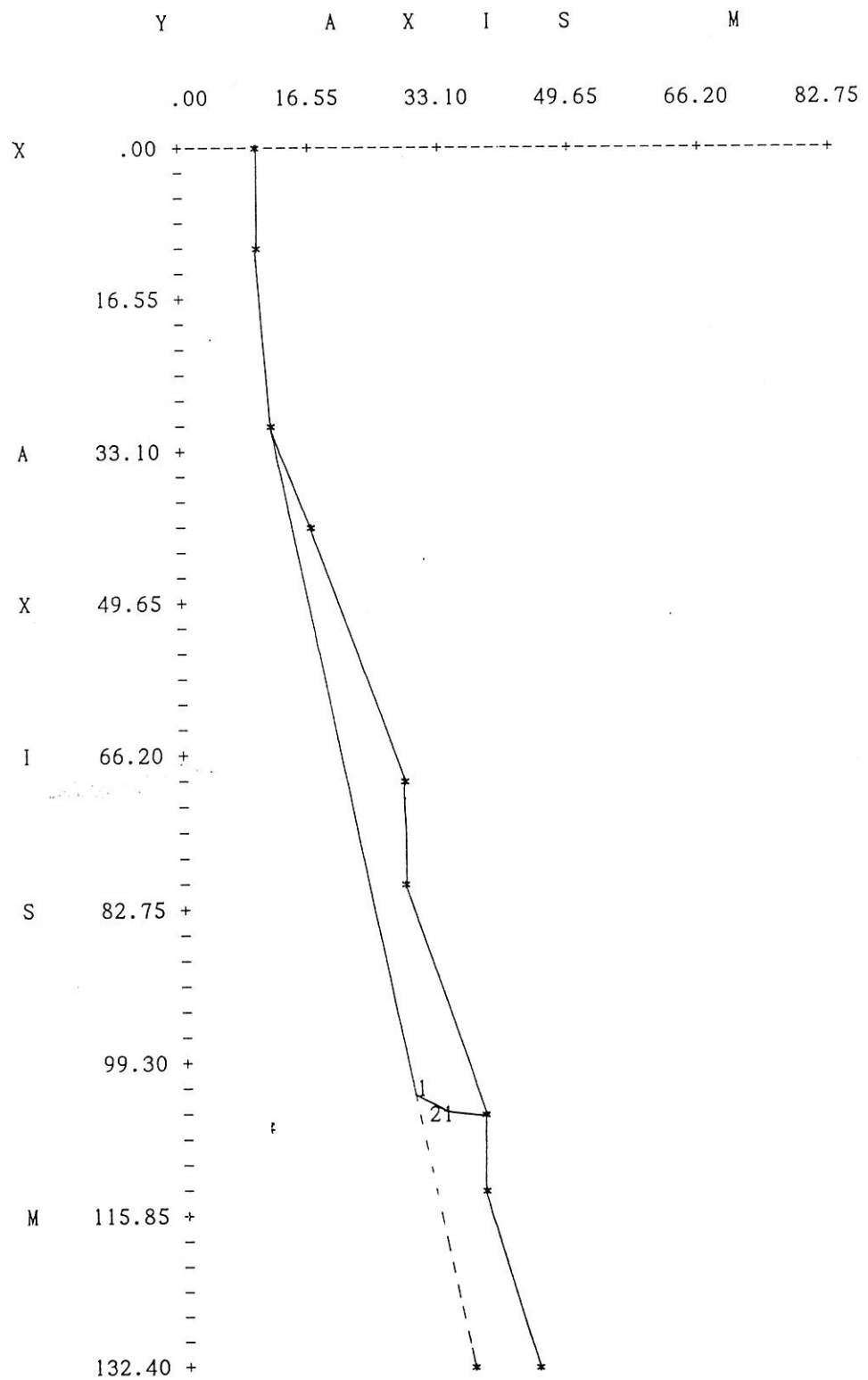
Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Janbu Method * *

Failure Surface Specified By 5 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	40.60	16.20
2	103.00	30.48
3	104.00	32.29
4	105.73	37.31
5	105.91	37.60

*** .900 ***


Y A X I S M
.00
16.55
33.10
49.65
66.20
82.75
X .00
16.55
A 33.10
X 49.65
I 66.20
S 82.75
99.30
M 115.85
132.40
1
21

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460.해석단면:No 0]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+640 좌측 파괴사면 B-단면 역해석 (Fs=0.9)

Date (mo/da/yr) : 03-07-2000 (time : 16:43:23)
Data File Name : BGIB-B

입 력 데 이 터

[인장균열 위치 : 절취사면 구간내에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [180/19]	:	H	= 24.700 (m)
사면 하단점 - 인장균열까지 수평거리	:	B	= 64.000 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:2.90]	:	phif	= 19.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	:	phip	= 13.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 11.740 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H - B * tan(phip) [사면 정점에서] = 9.924 (m)
: Z'= Z - H + B*tan(phif) [균열 정점에서] = 7.261 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z'* 50 (%) = 3.631 (m)

활동면의 면적 : A = (H - Z) * cosec(phip) = 65.683 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H * [(1 - Z/H)^2 * cot(phip)* {cot(phip)*tan(phif) -1}] = 441.493 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 119.238 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 6.591 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

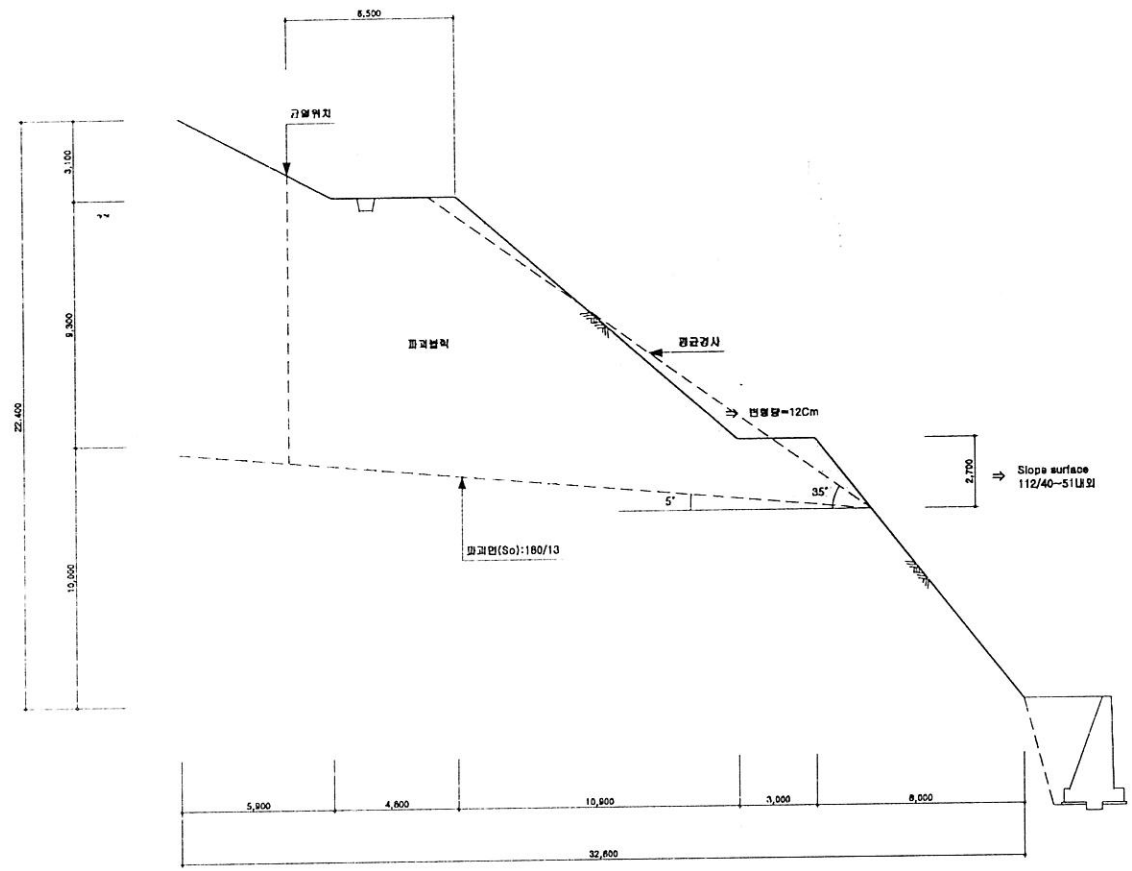
= 89.399 / 99.314 = 0.900 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 64.311 / 105.736 = 0.608 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

STA.2+310 역해석 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	책기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=NONE	도면명	STA.2+310 역해석 횡단면도
	설 계 자								일 자	관련번호 / 매장 매
	제 도 자									

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460.해석단면:No310]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 좌측파괴사면 2+310 단면 역해석(Fs=0.9)

Date (mo/da/yr) : 02-17-2000 (time : 15:31:22)
Data File Name : BGI310

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/40]	:	H	= 11.600 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	:	B	= 6.200 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.43]	:	phif	= 35.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	:	phifu	= 10.500 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	:	phip	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 4.500 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 10.757 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 5.379 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 22.853 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 282.900 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 61.460 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 14.465 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

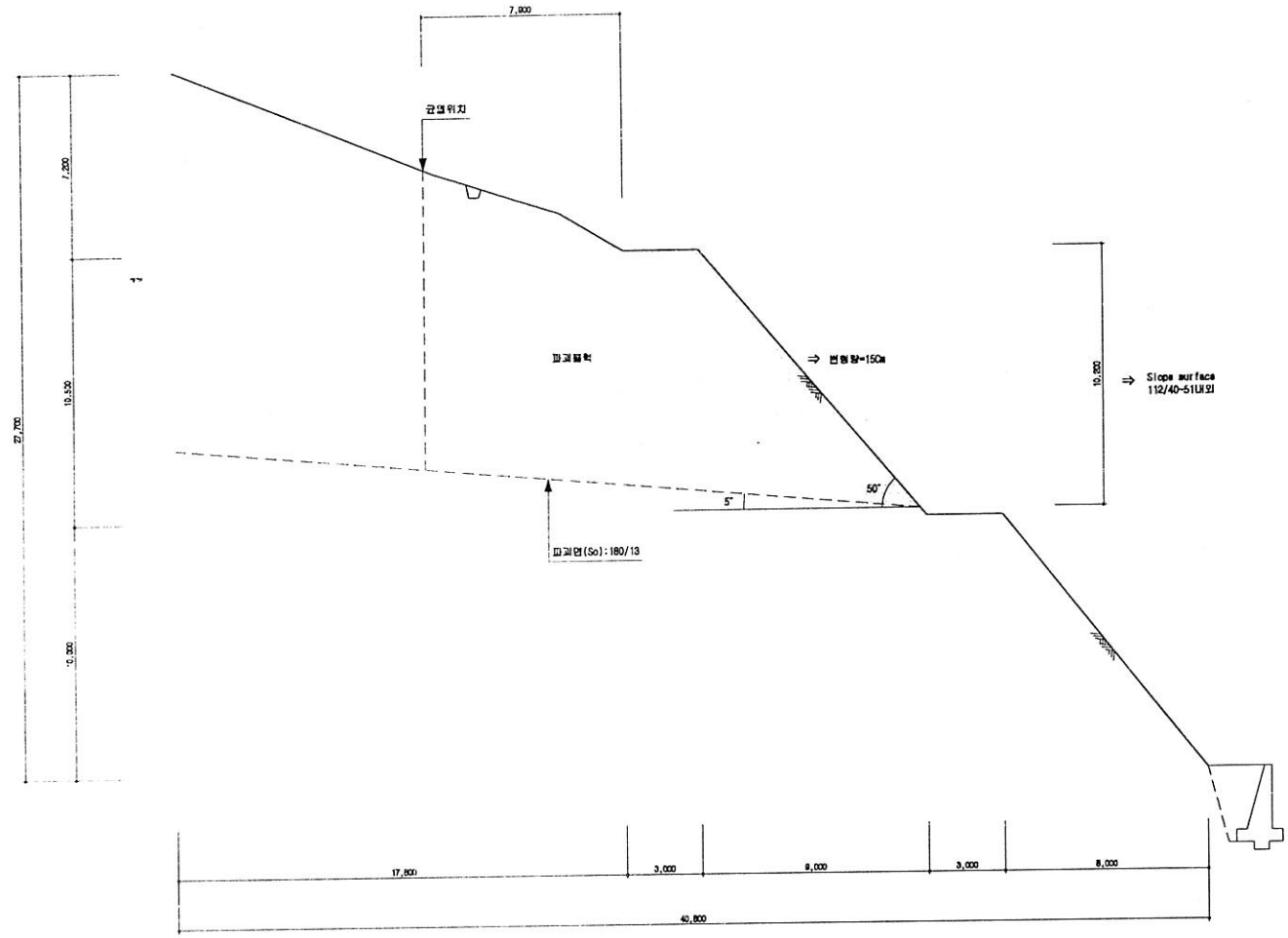
= 22.180 / 24.656 = 0.900 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 17.244 / 39.066 = 0.441 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

STA.2+320 역해석 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=NONE	도 면 명	STA.2+320 역해석 횡단면도
	설 계 자								입 자	관련번호 / 매조 매
	제 도 자									

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460.해석단면:No320]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 좌측파괴사면 2+320 단면 역해석(Fs=0.9)

Date (mo/da/yr) : 03-07-2000 (time : 17:42:49)
Data File Name : BGI320

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/50]	:	H	= 10.500 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	:	B	= 11.400 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.84]	:	phif	= 50.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	:	phifu	= 18.500 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	:	phip	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 4.500 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 12.546 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 6.273 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 20.288 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 322.676 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 63.634 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 19.676 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

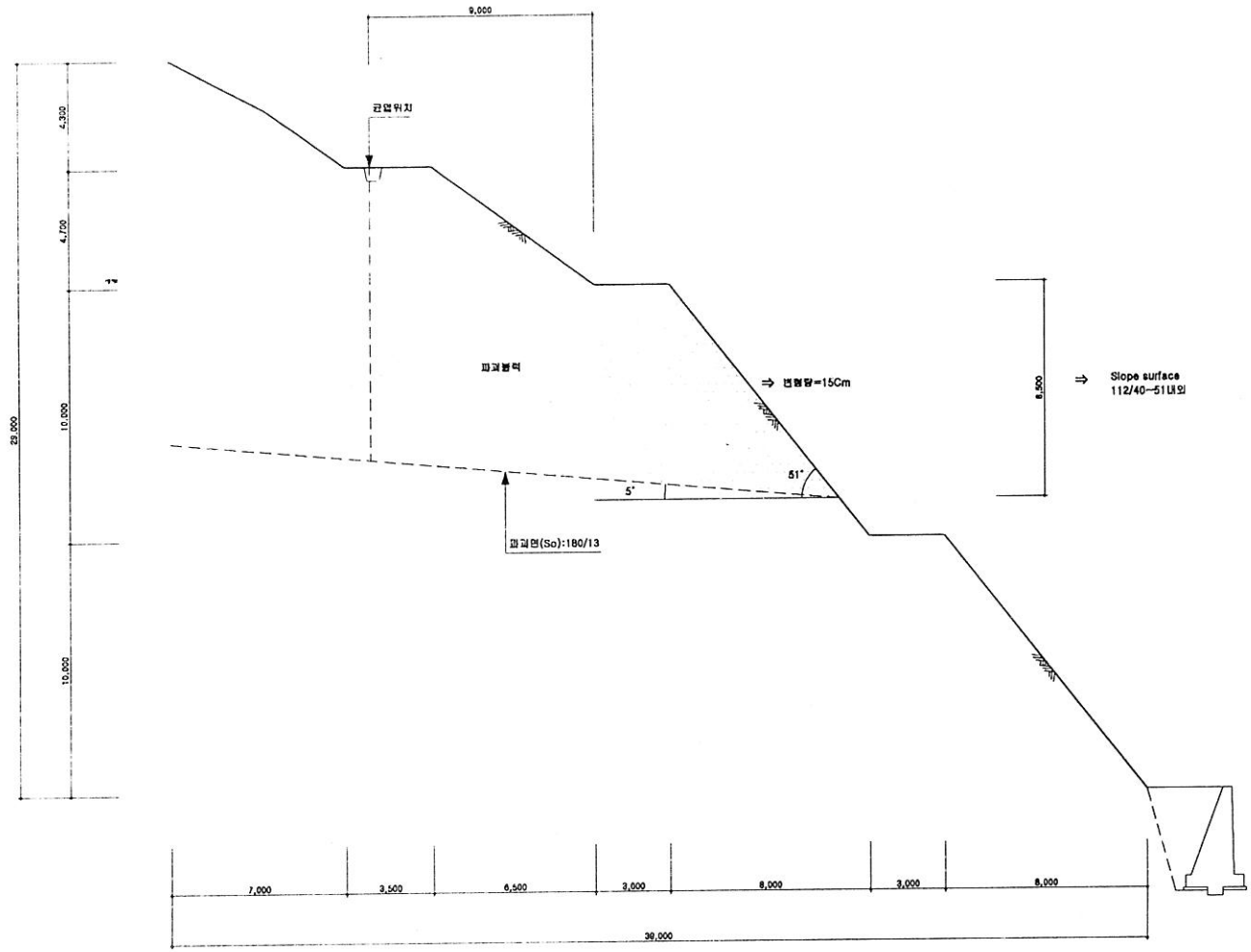
= 25.298 / 28.123 = 0.900 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 20.155 / 47.724 = 0.422 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

STA.2+330 역해석 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자 / 검 계 자 / 제 도 자	특기사항	범원지구 ~ 고산국도 도로건설공사		축 척 S=NONE	도면명 STA.2+330 역해석 횡단면도	
						일 자	관련번호 / 매장 매

암반사면(평면파괴) 한계평형 안정해석 [ZONE 3. No280 -No460.해석단면:No330]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 좌측파괴사면 2+330 단면 역해석(Fs=0.9)

Date (mo/da/yr) : 02-17-2000 (time : 15:49:56)
Data File Name : BGI330

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/51]	:	H	= 8.500 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	:	B	= 12.300 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:0.81]	:	phif	= 51.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	:	phifu	= 22.800 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	:	phip	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	:	phi	= 4.500 (도)
암반(불연속면)의 점착력	:	c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	:	rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	:	rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	:	Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	:	Fs2	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 11.992 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 5.996 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 19.256 (m2/m)

압괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 284.058 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 57.731 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 17.976 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 22.271 / 24.757 = 0.900 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

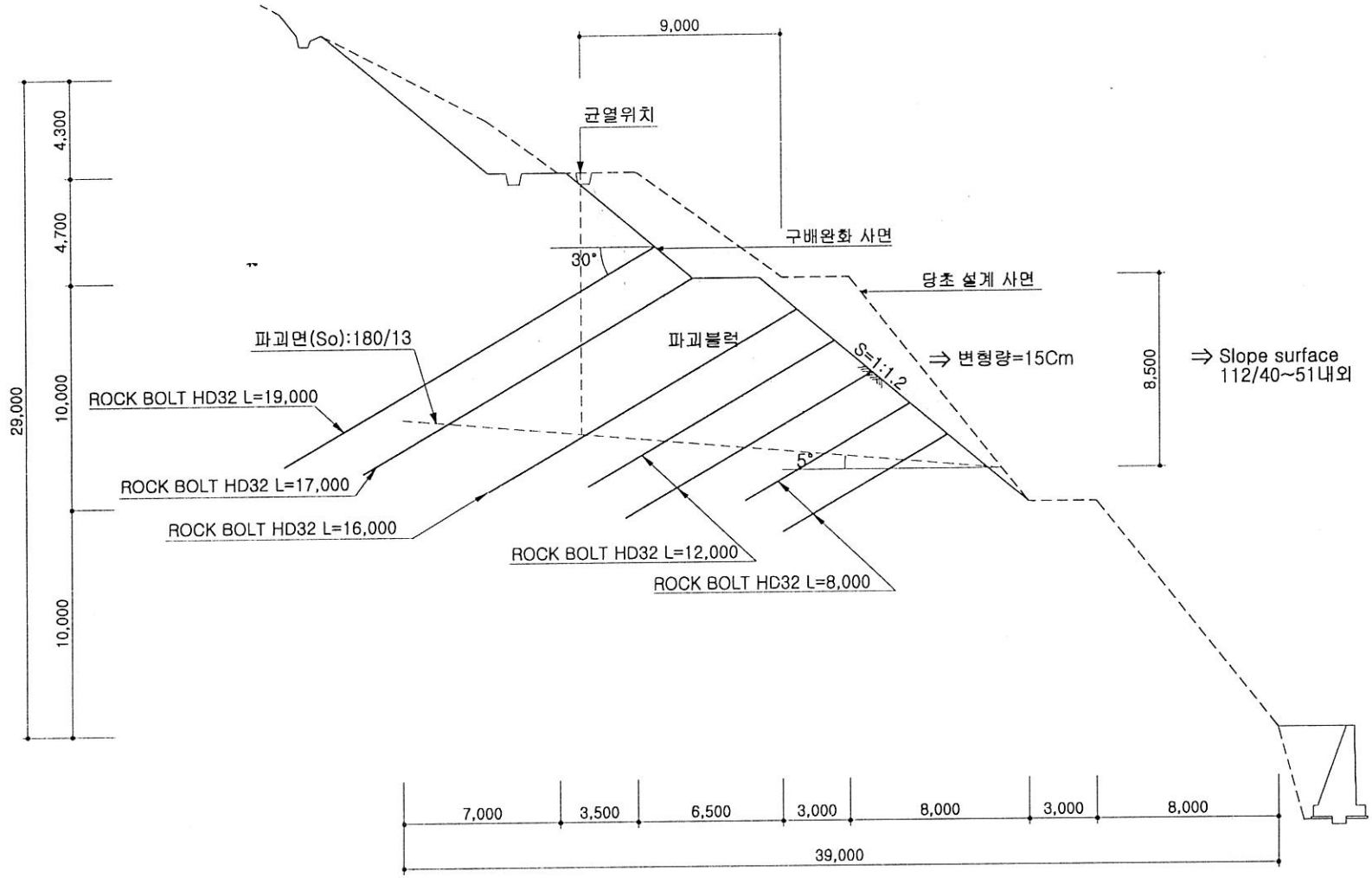
Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 17.604 / 42.665 = 0.413 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

부록 9. STA.2+280~STA.2+340 좌측파괴사면 보강설계

(사면구배 1:1.2 완화 + Rock Bolt공)

STA.2+330 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사				축 척	S=NONE	도면명	STA.2+330 횡단면도	
	설 계 자								입 자	관련번호	매장 예
	제 도 자										

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No330]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 파괴사면 2+330 단면 S=1:1.2완화+보강공

Date (mo/da/yr) : 03-07-2000 (time : 18:12:07)
Data File Name : BGI330R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/40]	: H	= 8.500 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 11.800 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.19]	: phif	= 40.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 25.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	: phip	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D32 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 10.900 (t/본)
[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 6.070*1.8= 10.925]		
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 12.084 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 6.042 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 22.014 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 294.080 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 66.502 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 18.252 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 25.631 / 25.631 = 1.000 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 19.673 / 43.814 = 0.449 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No330]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 파괴사면 2+330 단면 S=1:1.2완화+보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 12.815 / 1.279 = 10.021 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 12.815 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.279
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 - 5.0= 55.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 10.021 / [10.90*(cos35 + sin35 * tan 5)] = 1.9 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 5.0 = 35.0(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 32.903 / 1.033 = 31.847 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 32.903 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.033
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 - 5.0= 55.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 31.847 / [10.90*(cos35 + sin35 * tan 5)] = 5.9 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 5.0 = 35.0(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 55.732 (t/1.75m)

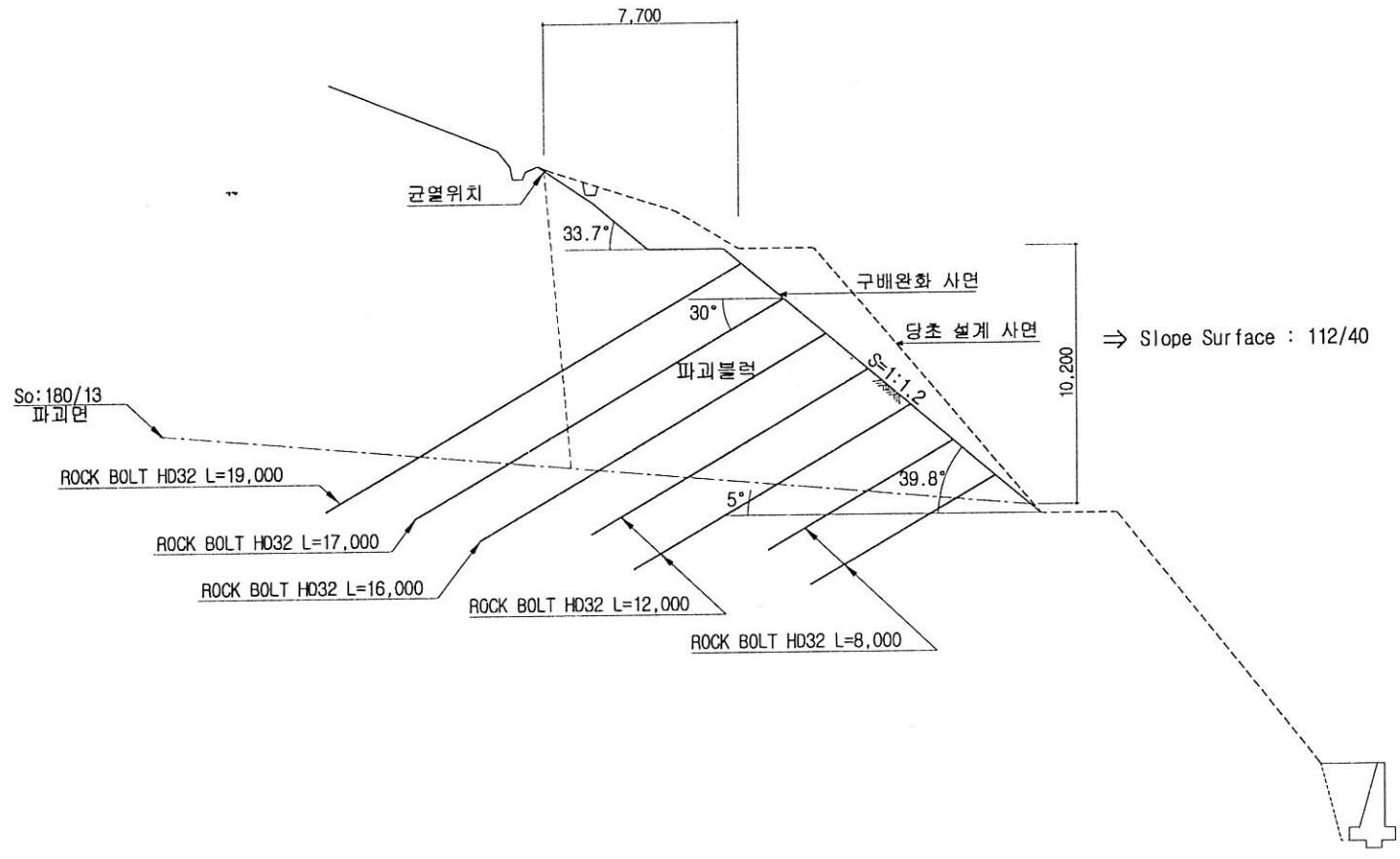
2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D32 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 10.900 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 7.000 (단/1.75m)

STA.2+320 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도 면 명	STA.2+320 횡단면도
	설 계 자									일 자	관련번호 / 예정 예
	제 도 자										

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No320]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 파괴사면 2+320 단면 S=1:1.2완화+보강공

Date (mo/da/yr) : 02-18-2000 (time : 15:35:55)
Data File Name : BGI320R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/40]	: H	= 10.200 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 10.800 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.19]	: phif	= 40.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 25.000 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	: phip	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D32 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 10.900 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 6.070*1.8= 10.925]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 13.228 (m)

균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 6.614 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 23.044 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 334.966 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 76.204 (t/m)

균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 21.872 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 29.194 / 29.194 = 1.000 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 22.360 / 50.983 = 0.439 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No320]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 파괴사면 2+320 단면 S=1:1.2완화+보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 14.597 / 1.279 = 11.414 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 14.597 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.279
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 - 5.0= 55.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 11.414 / [10.90*(cos35 + sin35 * tan 5)] = 2.1 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 5.0 = 35.0(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 38.819 / 1.033 = 37.573 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 38.819 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.033
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 - 5.0= 55.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 37.573 / [10.90*(cos35 + sin35 * tan 5)] = 6.9 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 5.0 = 35.0(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 65.752 (t/1.75m)

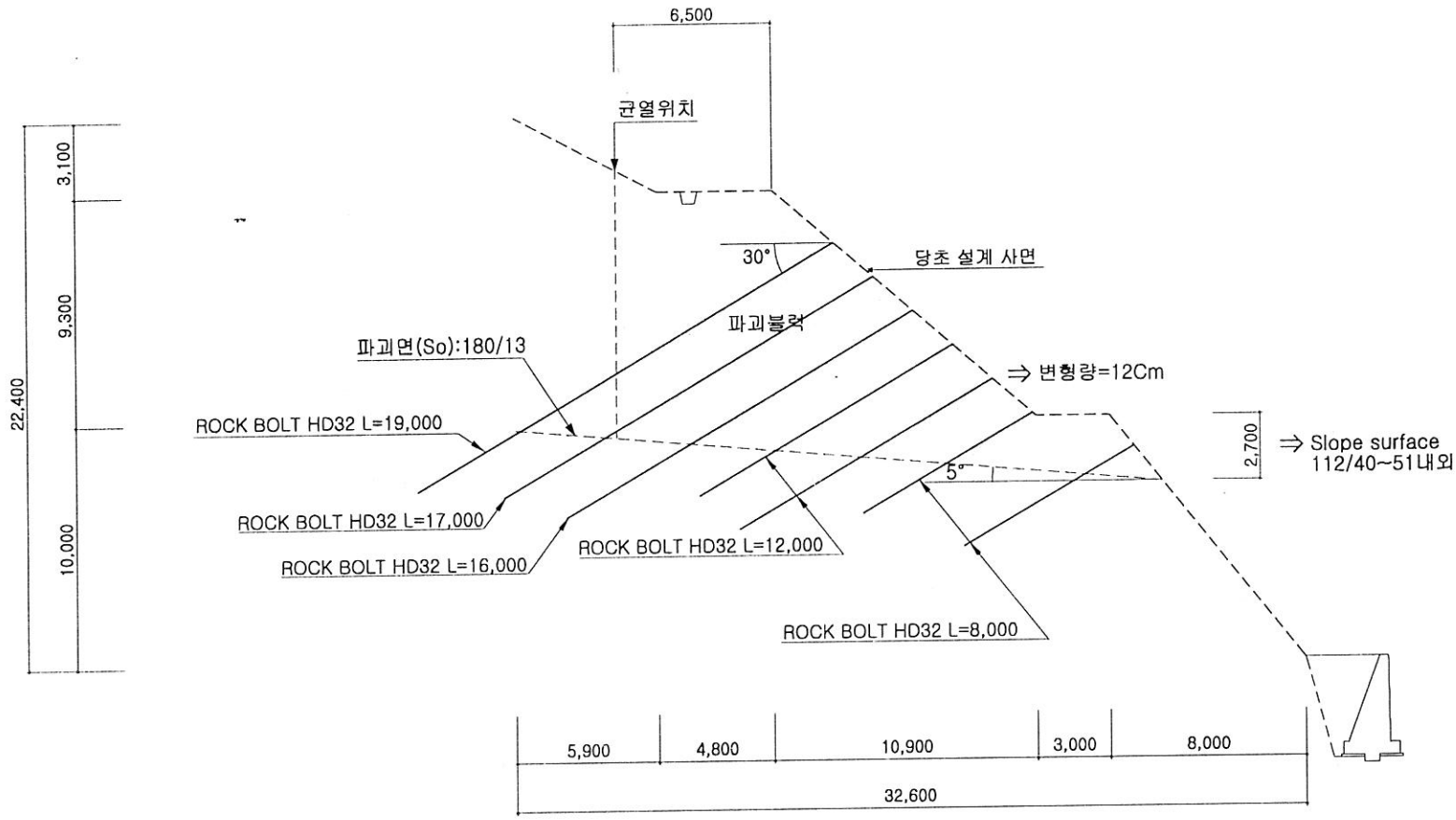
2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D32 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 10.900 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 7.000 (단/1.75m)

STA.2+310 횡단면도



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척	S=NONE	도면명	STA.2+310 횡단면도
	설 계 자									일 자	관련번호
	제 도 자										매수 매

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No310]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 파괴사면 2+310 단면 S=1:1.2완화+보강공

Date (mo/da/yr) : 03-07-2000 (time : 18:12:40)
Data File Name : BGI310R

입 력 데 이 터

[해석대상 사면상부->경사] + [사면 상부구간에 인장균열 발생]

사면의 연직높이 [112/40]	: H	= 11.600 (m)
하부사면 정점 - 인장균열간 수평거리	: B	= 6.200 (m)
사면(절취면)의 평균경사각[S=1:1.43]	: phif	= 35.000 (도)
절취사면 상부 지표면(사면)의 경사각	: phifu	= 10.500 (도)
불연속면(파괴면)의 경사각 [180/13]	: phip	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 내부마찰각	: phi	= 5.000 (도)
암반(불연속면)의 점착력	: c	= 0.000 (t/m2)
암반(불연속면 상부)의 단위중량	: rt	= 1.900 (t/m3)
물의 단위중량	: rw	= 1.000 (t/m3)
평면파괴에 대한 소요안전율 (건기시)	: Fs1	= 1.500
평면파괴에 대한 소요안전율 (우기시)	: Fs2	= 1.200

사면 보강공법의 적용	:	ROCK BOLT 공법
ROCK BOLT 설치시 경사각(수평면에서)	:	alpha= 30.000 (도)
ROCK BOLT의 수평방향 설치간격	: b	= 1.750 (m)
ROCK BOLT의 규격 및 직경	:	SD-40 --> D32 (mm)
ROCK BOLT의 본당 허용 인장력	: Ta	= 10.900 (t/본)

[Rock Bolt의 부식 2.0 mm 고려함--> 6.070*1.8= 10.925]

ROCK BOLT 설치시 사면안전율(건기시)	: Fsd	= 1.500
ROCK BOLT 설치시 사면안전율(우기시)	: Fsw	= 1.200

사면의 안정검토

인장균열 깊이 : Z = H * [1- cot(phif) * tan(phip)]
+ B * [tan(phifu) - tan(phip)] = 10.757 (m)
균열내의 수위 : Zw= Z * 50 (%) = 5.379 (m)

활동면의 면적 : A = [H * cot(phif) + B] * sec(phip) = 22.853 (m2/m)

암괴의 중량 : W = 1/2 * rt * B * H *
[1 + Z/H-cot(phif)*{tan(phifu)-Z/B}] = 282.900 (t/m)

양 압 력 : U = 1/2 * rw * Zw * A = 61.460 (t/m)
균열내의 수압 : V = 1/2 * rw * Zw^2 = 14.465 (t/m)

1. 인장균열내 지하수위가 없는 경우의 안정검토 [건기시--> Zw=0, U=0, V=0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 24.656 / 24.656 = 1.000 < Fs1 = 1.50 ---------- [N.G]

2. 인장균열내 지하수위가 있는 경우의 안정검토 [우기시--> Zw>0, U>0, V>0]

Fs =[c*A+{Wcos(phip)-U-Vsin(phip)}*tan(phi)] / [Wsin(phip)+Vcos(phip)]

= 19.169 / 39.066 = 0.491 < Fs2 = 1.20 ---------- [N.G]

암반(평면파괴)보강 ROCK BOLT 설계 [ZONE 3. No280 - No460. 설계단면:No310]
설계자 : (주) 창신 종합ENGINEERING Tel.053)642-6155 Fax.053)642-6154
건 명 : 범물-고산 Sta.2+280-2+460 파괴사면 2+310 단면 S=1:1.2완화+보강공

사면보강 ROCK BOLT 설계

1. 인장균열내 지하수위 없는 경우의 ROCK BOLT 설계 [건기시--> U=0, V=0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 12.328 / 1.279 = 9.640 (t/m)

Tnum.= Fsd*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 12.328 (t/m)

Tden.= Fsd * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.279
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 - 5.0= 55.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 9.640 / [10.90*(cos35 + sin35 * tan 5)] = 1.8 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 5.0 = 35.0(도)]

2. 인장균열내 지하수위 있는 경우의 ROCK BOLT 설계 [우기시--> U>0, V>0]

필요 억지력 : T = Tnum./ Tden.= 27.710 / 1.033 = 26.821 (t/m)

Tnum.= Fsw*[W*sin(phip)+V*cos(phip)]-[W*cos(phip)-U-V*sin(phip)]
* tan(Phi) - c*A = 27.710 (t/m)

Tden.= Fsw * sin(theta) + cos(theta) * tan(phi) = 1.033
[theta= 90-alpha-phip= 90- 30.0 - 5.0= 55.0(도)]

ROCK BOLT의 소요 설치단수

n = b*T / [Ta*{cos(beta) + sin(beta)*tan(phi)}]
= 1.75 * 26.821 / [10.90*(cos35 + sin35 * tan 5)] = 5.0 (단/1.75m)
[beta = alpha + phip = 30.0 + 5.0 = 35.0(도)]

3. ROCK BOLT의 설계결과 요약

1) ROCK BOLT의 설계 억지력 : T = 46.937 (t/1.75m)

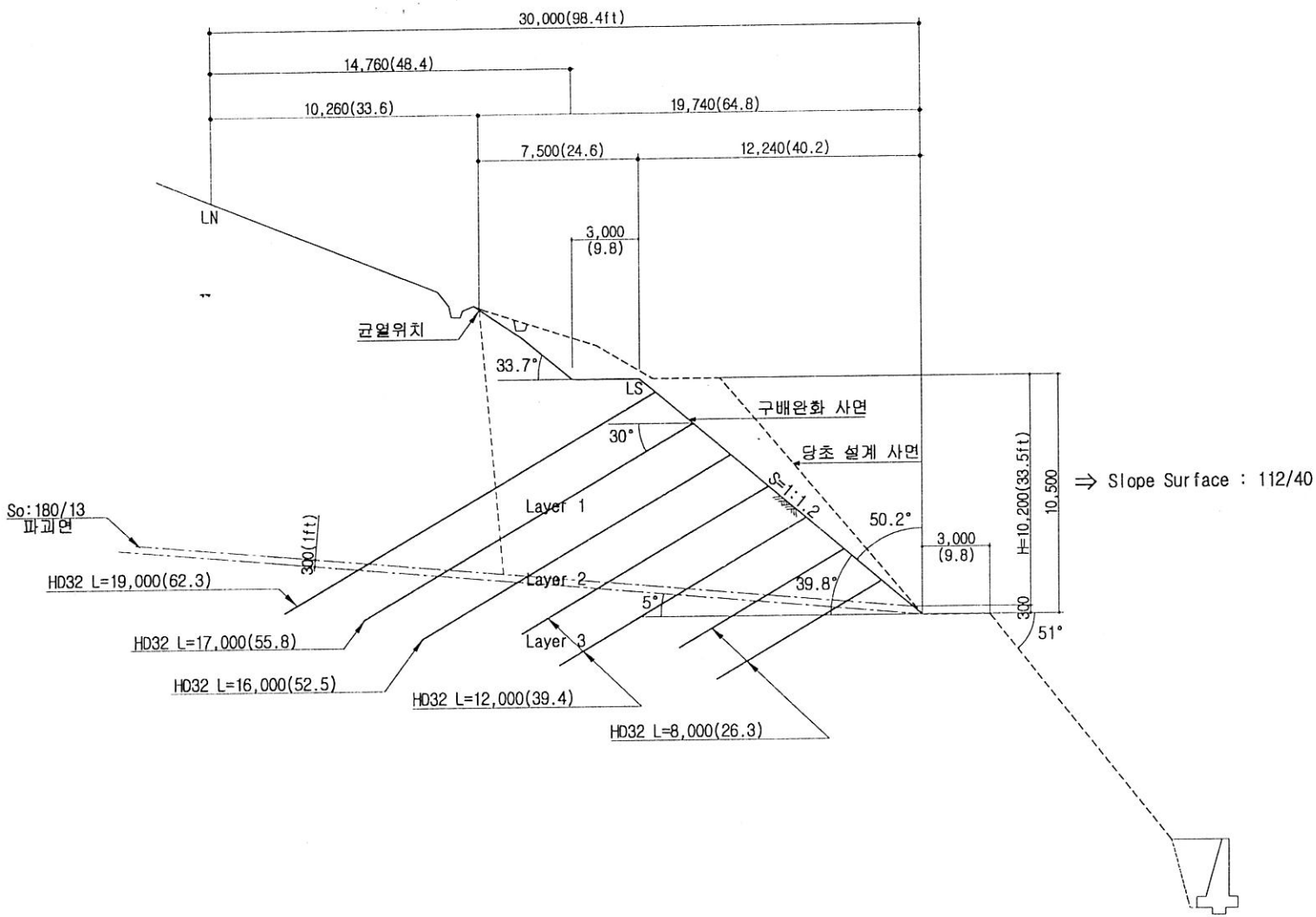
2) ROCK BOLT의 규격 및 직경 : SD-40 -> D32 (mm)

3) ROCK BOLT의 본당 허용 인장력 : Ta = 10.900 (t/본)

4) ROCK BOLT의 수평방향 설치간격 : b = 1.750 (m)

5) ROCK BOLT의 수직방향 설치단수 : n = 7.000 (단/1.75m)

STA.2+320기준 (SNAIL)해석단면



주식회사 창신종합엔지니어링 CHANG SHIN ENGINEERING	책임기술자 / 설 계 자 / 제 도 자	특기사항	범물지구 ~ 고산국도 도로건설공사					축 척 S=NONE	도 면 명	STA.2+320 횡단면도	
									일 자	관련번호	매량 매

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
*         ENGINEERING SERVICE CENTER             *
*      OFFICE OF MATERIALS AND FOUNDATIONS       *
*          Roadway Geotechnical Branch           *
*    Date: 03-07-2000          Time: 14:29:21    *
**************************************************
```

Project Identification - Bummul-Gosan Sta.2+320 Section (건기시)

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height	=	33.5 ft	
Wall Batter	=	50.2 degree	
		Angle (Deg)	Length (Feet)
First Slope from Wallcrest.	=	0.0	9.8
Second Slope from 1st slope.	=	33.7	48.4
Third Slope from 2nd slope.	=	0.0	0.0
Fourth Slope from 3rd slope.	=	0.0	0.0
Fifth Slope from 4th slope.	=	0.0	0.0
Sixth Slope from 5th slope.	=	0.0	0.0
Seventh Slope Angle.	=	0.0	

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

First Slope Angle below Toe.	=	0.0 degrees
First Slope Distance from Toe.	=	9.8 ft
Second Slope Angle.	=	51.0 degrees
Second Slope Distance from Toe.	=	41.0 ft
Vertical Depth of Search.	=	30.0 ft
Number of Searches below wall Toe.	=	5

--------- SURCHARGE ---------

There is NO SURCHARGE imposed on the system.

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

--------- SOIL PARAMETERS ---------

Soil Layer	Unit Weight (Pcf)	Friction Angle (Degree)	Cohesion Intercept (Psf)	Bond* Stress (Psi)	Coordinates of Boundary XS1 (ft)	YS1 (ft)	XS2 (ft)	YS2 (ft)
1	124.9	22.0	0.0	56.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2	118.6	5.0	0.0	35.5	1.2	1.0	98.4	9.6
3	143.6	32.0	0.0	56.8	0.0	0.0	98.4	8.6

* Ultimate bond Stress values also depend on BSF (Bond Stress Factor.)

--------- WATER SURFACE ---------

NO Water Table defined for this problem.

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 98.4 ft

You have chosen TO LIMIT the search to the following nodes:

BEGIN search at node - 4 (II=9, JJ=2,3)
END search at node - 5

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	7
Horizontal Spacing	=	5.7 ft
Yield Stress of Reinforcement	=	56.9 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	3.00 in
Punching Shear	=	54.3 kips

---------- (Varying Reinforcement Parameters) ---------

Level	Length (ft)	Inclination (degrees)	Vertical Spacing (ft)	Bar Diameter (in)	Bond Stress Factor
1	62.3	30.0	1.0	1.26	56.80
2	55.8	30.0	4.6	1.26	56.80
3	52.5	30.0	4.6	1.26	56.80
4	39.4	30.0	4.6	1.26	56.80
5	39.4	30.0	4.6	1.26	56.80
6	26.3	30.0	4.6	1.26	56.80
7	26.3	30.0	4.6	1.26	56.80

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
Toe	1.524	63.5	5.5	57.4	80.3	37.5

Reinf. Stress at Level 1 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)
5 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)
6 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)
7 = 37.321 Ksi (Yield Stress controls.)

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
6.00	2.671	69.3	6.2	62.7	81.4	46.1

Reinf. Stress at Level 1 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)
5 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)
6 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)
7 = 21.303 Ksi (Yield Stress controls.)

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
12.00	2.725	63.5	7.1	57.6	82.4	47.8

Reinf. Stress at Level 1 = 20.875 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 20.875 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 20.875 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
18.00	2.834	63.5	7.8	57.7	83.1	53.0

Reinf. Stress at Level 1 = 20.075 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 20.075 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 20.075 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

DEPTH BELOW WALL TOE	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE	LOWER FAILURE PLANE ANGLE	LOWER FAILURE PLANE LENGTH	UPPER FAILURE PLANE ANGLE	UPPER FAILURE PLANE LENGTH

(ft)		(ft)	(deg)	(ft)	(deg)	(ft)
24.00	2.966	63.5	8.6	57.8	83.7	58.2

Reinf. Stress at Level 1 = 19.180 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 19.180 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 19.180 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
30.00	3.153	63.5	9.4	57.9	84.3	63.4

Reinf. Stress at Level 1 = 18.041 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 18.041 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 18.041 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

****
* For Factor of Safety = 1.0 *
* Maximum Average Reinforcement Working Force: *
* 23.006 Kips/level *
****

```
**************************************************
*    CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION     *
*          ENGINEERING SERVICE CENTER            *
*      OFFICE OF MATERIALS AND FOUNDATIONS       *
*          Roadway Geotechnical Branch           *
*    Date: 03-07-2000          Time: 18:52:17    *
**************************************************
```

Project Identification - Bummul-Gosan Sta.2+320 Section (우기시)

--------- WALL GEOMETRY ---------

Vertical Wall Height = 33.5 ft
Wall Batter = 50.2 degree

		Angle (Deg)	Length (Feet)
First Slope from Wallcrest.	=	0.0	9.8
Second Slope from 1st slope.	=	33.7	48.4
Third Slope from 2nd slope.	=	0.0	0.0
Fourth Slope from 3rd slope.	=	0.0	0.0
Fifth Slope from 4th slope.	=	0.0	0.0
Sixth Slope from 5th slope.	=	0.0	0.0
Seventh Slope Angle.	=	0.0	

--------- SLOPE BELOW THE WALL ---------

First Slope Angle below Toe.	=	0.0 degrees
First Slope Distance from Toe.	=	9.8 ft
Second Slope Angle.	=	51.0 degrees
Second Slope Distance from Toe.	=	41.0 ft
Vertical Depth of Search.	=	30.0 ft
Number of Searches below wall Toe.	=	5

--------- SURCHARGE ---------

There is NO SURCHARGE imposed on the system.

--------- OPTION #1 ---------

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

--------- SOIL PARAMETERS ---------

Soil Layer	Unit Weight (Pcf)	Friction Angle (Degree)	Cohesion Intercept (Psf)	Bond* Stress (Psi)	Coordinates of Boundary XS1 (ft)	YS1 (ft)	XS2 (ft)	YS2 (ft)
1	124.9	22.0	0.0	56.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2	118.6	5.0	0.0	35.5	1.2	1.0	98.4	9.6
3	143.6	32.0	0.0	56.8	0.0	0.0	98.4	8.6

* Ultimate bond Stress values also depend on BSF (Bond Stress Factor.)

--------- WATER SURFACE ---------

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 64.00 ft Y(2)-Coordinate = 33.00 ft
X(3)-Coordinate = 75.00 ft Y(3)-Coordinate = 35.00 ft

--------- SEARCH LIMIT ---------

The Search Limit is from 0.0 to 98.4 ft

You have chosen TO LIMIT the search to the following nodes:

BEGIN search at node - 4 (II=9, JJ=2,3)
END search at node - 5

--------- REINFORCEMENT PARAMETERS ---------

Number of Reinforcement Levels	=	7
Horizontal Spacing	=	5.7 ft
Yield Stress of Reinforcement	=	56.9 ksi
Diameter of Grouted Hole	=	3.00 in
Punching Shear	=	54.3 kips

---------- (Varying Reinforcement Parameters) ---------

Level	Length (ft)	Inclination (degrees)	Vertical Spacing (ft)	Bar Diameter (in)	Bond Stress Factor
1	62.3	30.0	1.0	1.26	56.80
2	55.8	30.0	4.6	1.26	56.80
3	52.5	30.0	4.6	1.26	56.80
4	39.4	30.0	4.6	1.26	56.80
5	39.4	30.0	4.6	1.26	56.80
6	26.3	30.0	4.6	1.26	56.80
7	26.3	30.0	4.6	1.26	56.80

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
Toe	1.315	69.3	5.5	62.7	80.3	40.9

Reinf. Stress at Level 1 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)
5 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)
6 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)
7 = 43.249 Ksi (Yield Stress controls.)

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
6.00	2.139	69.3	6.2	62.7	81.4	46.1

Reinf. Stress at Level 1 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)
5 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)
6 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)
7 = 26.597 Ksi (Yield Stress controls.)

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
12.00	1.213	69.3	6.9	62.8	82.2	51.2

Reinf. Stress at Level 1 = 46.910 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 46.910 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 46.910 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
18.00	1.272	69.3	7.6	62.9	82.9	56.4

Reinf. Stress at Level 1 = 44.716 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 44.716 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 44.716 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

DEPTH BELOW WALL TOE	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE	LOWER FAILURE PLANE ANGLE	LOWER FAILURE PLANE LENGTH	UPPER FAILURE PLANE ANGLE	UPPER FAILURE PLANE LENGTH

(ft)		(ft)	(deg)	(ft)	(deg)	(ft)
24.00	1.374	69.3	8.3	63.0	83.5	61.6

Reinf. Stress at Level 1 = 41.399 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 41.399 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 41.399 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

DEPTH BELOW WALL TOE (ft)	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
30.00	1.535	69.3	9.0	63.1	84.0	66.8

Reinf. Stress at Level 1 = 37.053 Ksi (Yield Stress controls.)
2 = 37.053 Ksi (Yield Stress controls.)
3 = 37.053 Ksi (Yield Stress controls.)
4 = 0.000 Ksi
5 = 0.000 Ksi
6 = 0.000 Ksi
7 = 0.000 Ksi

****
* For Factor of Safety = 1.0 *
* Maximum Average Reinforcement Working Force: *
* 43.382 Kips/level *
****