

제 4 장 조사 결과

4.1 사전조사

4.2 지표지질 조사

4.3 지층분포 특성을 위한 조사

4.4 강도 및 변형 특성 분석을 위한 조사

4.5 지중응력 및 내구성 특성분석을 위한 조사

4.6 동적 특성 분석을 위한 조사

4.7 불연속면 특성 분석을 위한 조사

4.8 수리 특성을 위한 조사

4.9 시공 계획을 위한 조사

제 4 장 조 사 결 과

4.1 사전조사

4.1.1 광역지질도 분석

광역 지질도 (1:50,000)	분 석 내 용
	• 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포 • 낙동층 중 · 상부와 하부 하산동층은 하도 말단 및 주변 범람원 환경하에서 퇴적되어 하도 사암 및 범람원 기원의 세립 퇴적층이 교호 • 경상 누층군의 낙동층 분포지 내에서 과업구간에 해당하는 지역에서는 서북서-동남동 방향의 좌수향 주향이동 단층인 신령단층, 금천단층, 가음단층, 우보 단층 등이 발달하며, 이 지역의 동남측에서는 북북동-남남서 방향의 우수향 이동단층인 양산단층계가 발달

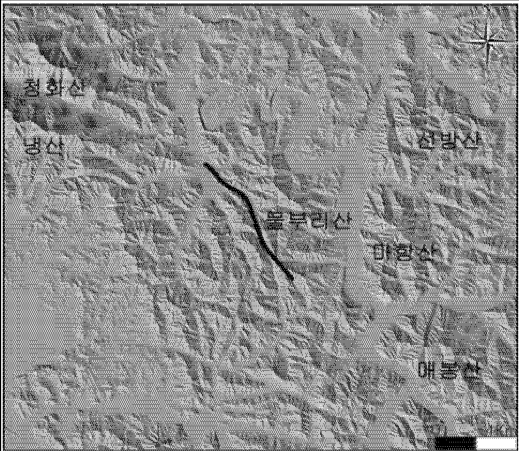
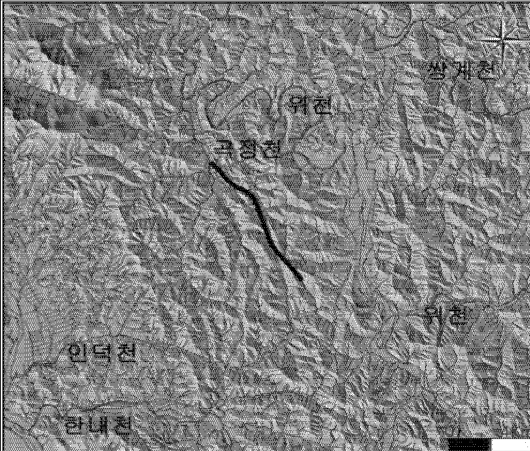
4.1.2 기본설계자료 분석

구 분	분 석 내 용
터널구간	• 봉적층은 0.4~4.0m, 풍화토는 1.6~4.2m, 풍화암은 0.5~2.5m 두께로 분포 • 연암은 0.0~5.0m, 경암은 1.6~16.5m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=23~76/0~30, 경암 TCR/RQD(%)=60~100/12~100로 퇴적암으로 구성
교량구간	• 봉적층은 0.5~0.8m, 풍화토는 0.6m, 풍화암은 2.8~4.0m 두께로 분포 • 연암은 1.4~4.5m, 경암은 2.8~16.1m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~93/0~40, 경암 TCR/RQD(%)=80~100/71~100로 퇴적암으로 구성
비탈면구간	• 봉적층은 0.5~1.4m, 풍화토는 0.7~1.6m, 풍화암은 1.0~1.9m 두께로 분포 • 연암은 1.5~7.5m, 경암은 3.3~3.6m 심도에서 출현하며, 연암 TCR/RQD(%)=26~60/0~9, 경암 TCR/RQD(%)=90~100/67~100로 퇴적암으로 구성

4.2 지표지질 조사

4.2.1 지형 및 지질특성

- 가. 지질 개요
- 백악기 경상분지의 신동층과 하양층군이 주로 분포하는 의성소분지의 서남부에 위치
 - 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포
- 나. 지형특성

산 계	수 계
	
• 과업지역은 전반적으로 낮은 산들이 분포하고 있으나 북서쪽에는 비교적 높은 청화산과 냉산이 위치하고 있음 • 과업노선은 물부리산을 따라 위치하며 노선의 동쪽으로는 마항산과 매봉산이 위치함	• 사행하천의 형태를 보이는 위천이 과업노선의 북쪽에 위치함 • 위천의 지류인 곡정천이 과업노선의 종점부와 인접한 곳에 위치하며 북쪽으로 흐르고 있음 • 과업지역의 여러 하천들은 여러 개의 지류를 형성하며 복잡한 형태를 보임

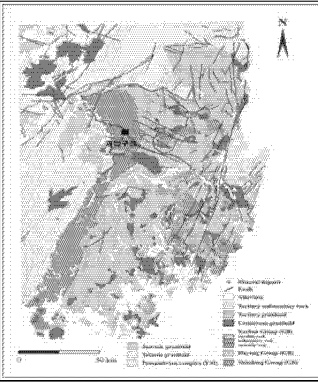
다. 분포 암종 특성

구 분	지질특성
낙동층(만경산층원 역질 사암)	• 낙동층의 하부층에 해당하는 만경상층원의 역질사암과 역암은 원마도가 불량한 석영과 알칼리장석이 주를 이루며, 탄질물과 변질된 유색광물리 주로 산출됨
낙동층(금당리층원 세일)	• 엽층으로 인한 쪼개짐(fissility)이 발달 • 쪼개짐과 같은 방향으로 방해석이 침전 또는 충전되어 있어 층리방향으로의 이방성이 클 것으로 예상됨
하산동층 사암	• 석영은 1 mm 내외의 것들로 원마도는 불량한 것들이 우세 • 하산동층 사암은 근거리에서 이동하여 형성

라. 지질 계통도

지질시대		층 명		특 성	비 고
제4기		충적층(Q _u)		• 하천 및 산록 퇴적물	-
		--- 부정합 ---			
중생대	백악기	중성암맥(K _{id}) 산성암맥(K _{ad})		• 괴상의 치밀	• 전 구간에서 기반암을 관입
		유천층군	안산암질암(K _{at})	• 주로 응회암으로 구성	• 노선과 교차하지 않음
		--- 관입 및 분출 ---			
		신동층군	낙동층(ke1) 금당리층원(Ke1-nk)	• 사암과 역질사암, 셰일의 교호 • 주로 역질 사암 우세	• 4공구 전구간

마. 지체구조



- 과업지역은 한반도의 동남단에 위치하며 백악기 퇴적분지가 크게 발달하고 후기의 북북동향의 단층대가 도폭의 동부지역을 통과
- 경상분지의 서쪽과 북쪽에서는 경상누층군이 선캄브리아기에 속하는 변성퇴적암류와 쥐라기말의 대보화강암류를 부정합으로 덮고 있고, 동부와 남부는 백악기말의 화성활동과 단층작용으로 심하게 파괴되었으며, 제3기층에 의해 부정합으로 피복되거나 동해 및 남해의 해저로 계속 발달

4.2.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 인공위성영상 분석

(1) 목 적

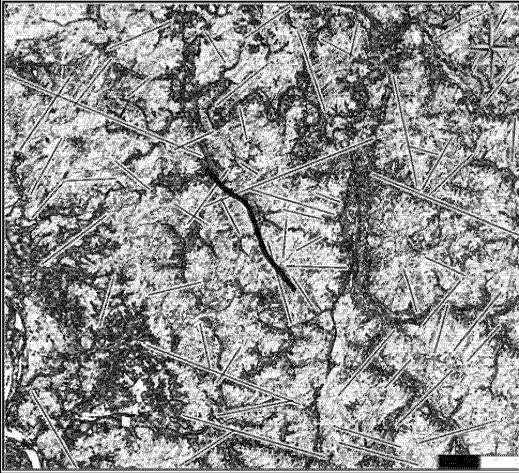
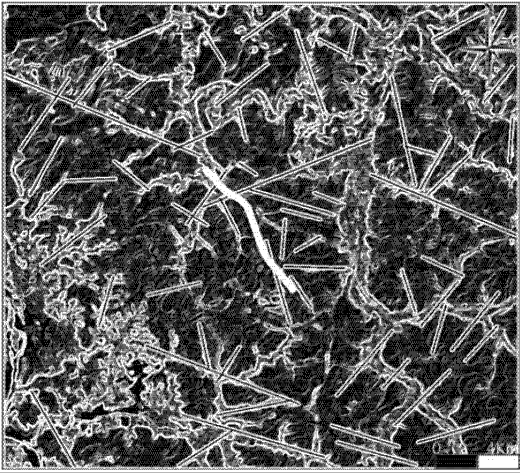
- 과업지역의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악
- 지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조) 파악
- 과업구간에 대한 지질분포와 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

(2) 원리 및 방법

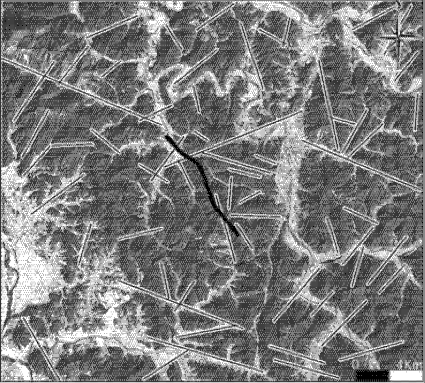
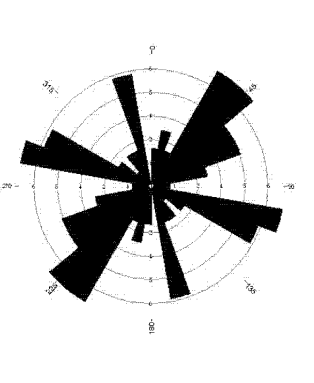
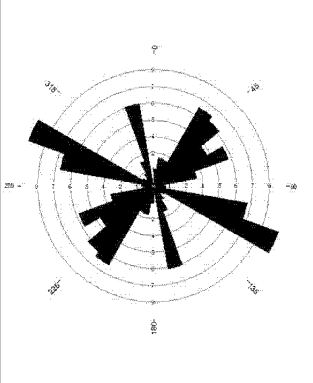
- 15m급 해상도의 Landsat-7 ETM+ 위성영상을 이용하여 분석 실시
- 선형 공간 필터링 분석, 주성분 분석, 밴드비율 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 이용
- 식생지수, 습윤도 분석을 통해 식생 및 토양환경 분석 실시

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(3) 위성영상결과

선형공간필터링	공간필터링
	
• Landsat-7 ETM+ 영상에서 선적인 요소를 강조시키기 위해 고주파 강조 선형 공간필터링을 실시 • 고주파강조 공간필터인 Laplacian 필터(Jensen, 1996)를 적용시킨 후의 결과 • 지형적인 선구조 이외에 도로나 항만 시설과 같은 인공적인 선구조가 추출됨	• 영상 내의 지형 또는 선구조의 방향성에 관계없이 지형 지물의 에지를 검출 • 선구조 육안 판독에 유용한 자료임

(4) 결과 분석

위성영상분석	Frequency Rose Diagram	Length Rose Diagram
		

- 900m 이상 되는 선구조를 추출
- 판독결과 총 62개의 대, 소 선구조 파악
- 주요 선구조의 방향은 N30°~40°E , N70°~80°W
- N40°~50°E , N60°~70°W , N10°~20°W 방향의 선구조도 다수 관찰됨
- 과업노선과는 3개의 선구조가 교차

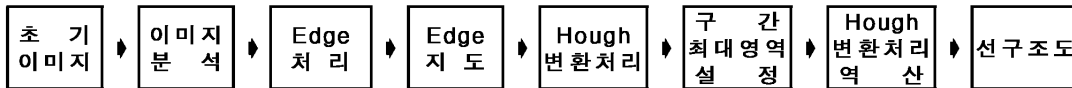
나. 음영기복도(DEM)를 이용한 선구조 분석

(1) 목 적

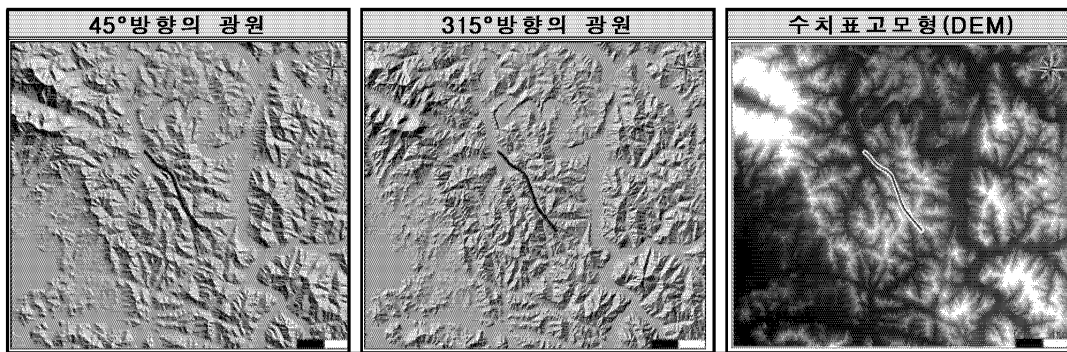
- 과업지역에 대한 정밀한 선형구조 분석
- 수치지도에 의한 음영기복도 작성으로 선구조의 발달 방향 확인
- 선구조의 빈도 및 연장분석 등을 통한 선구조의 분포특성 파악

(2) 분석 방법 및 과정

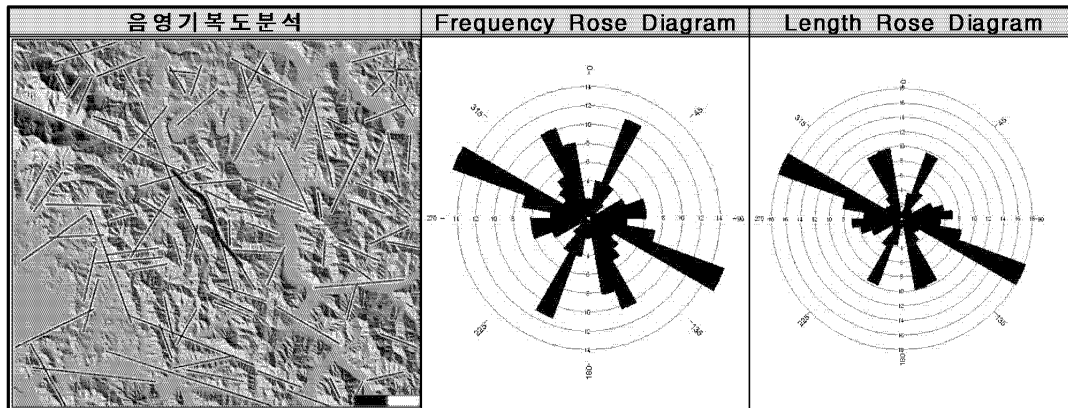
- 수치지도로부터 작성된 DEM(Digital Elevation Model) 음영기복도를 이용, 선구조 추출
- 선형구조의 빈도 및 연장에 대한 가중치 분석을 통한 선형구조의 분포특성 파악 및 지질구조와의 연관성 해명



(3) 음영기복도(DEM)



(4) 결과 분석

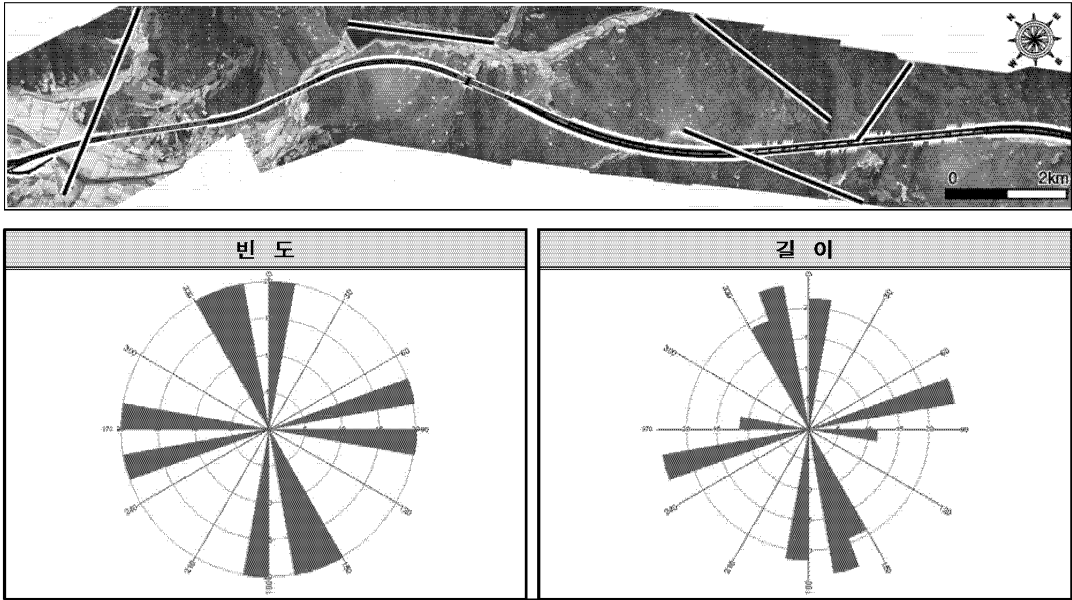


- 1000m 이상 되는 선구조 추출
- 판독결과 총 98개의 대, 소 선구조 파악
- 주요 선구조의 방향은 N60°~70°W 이며 다음으로 N20°~30°W 방향이 우세함
- N20°~30°E, N70°~80°W, N10°~20°W 방향도 다수 판독됨
- 과업노선과는 6개의 선구조가 교차될 것으로 추정됨

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

다. 항공사진 분석

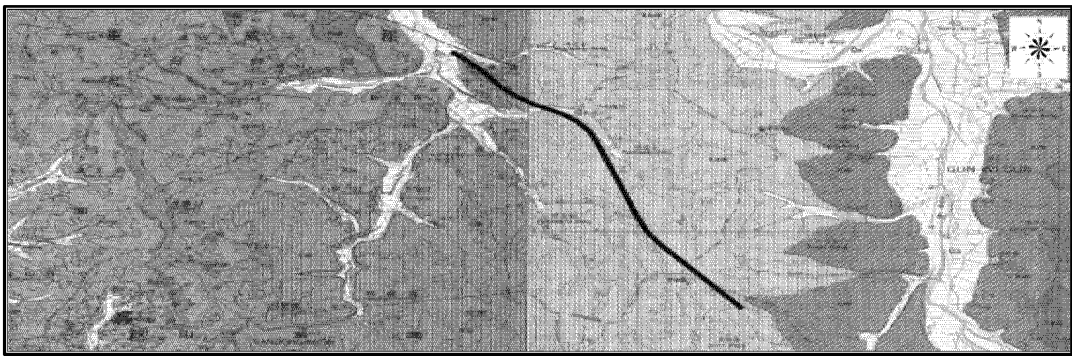
- 조사지역에 대한 정밀 선구조 분석을 위해 항공사진을 통한 분석을 실시



- 조사지역에 대한 정밀 선구조 분석을 위해 항공사진을 통한 분석을 실시
- 항공사진 분석을 통해 5개의 선구조를 추출함
- 선구조 길이분포와 연장분포의 결과 N10~30°W, N70~80°E 방향이 우세하게 나타남

4.2.3 과업구간 지질분포 특성

가. 과업구간 기존 지질도 분석[군위도폭(1981), 선산도폭(1989)]



- 본 과업 지역의 지질은 백악기 경상층군의 신동층군의 낙동층(연화동층), 하산동층, 진주층(동명층)이 분포
- 3공구 종점 및 5공구, 4공구에서 분포하는 낙동층 중·상부와 하부 하산동층은 하도 말단 및 주변 범람원 환경하에서 퇴적되어 하도 사암 및 범람원 기원의 셰일 퇴적층이 교호

The figure consists of a geological map and a cross-section. The map shows the area around Sangju (상주) and Yeongcheon (영천). Key geological units include Ke1-nk, Qa, Kad, and Ke1-num. Faults are labeled F1, F2, F3, and F4. Key locations include Sangju (상주) and Yeongcheon (영천). A legend identifies symbols for faults, faults, and faults. A scale bar indicates distances up to 10 km.

Geological Map Labels:

- Ke1-nk
- Qa
- Kad
- Ke1-num
- F1, F2, F3, F4
- 산호교 (L=300m)
- 산벌교 (L=17m)
- 서경교 (L=10m)
- 상벌리 (L=375m)
- 상벌리 (L=390m)
- 상벌리 (L=1835m)
- 7공구 시점
- 7공구 종점

Legend:

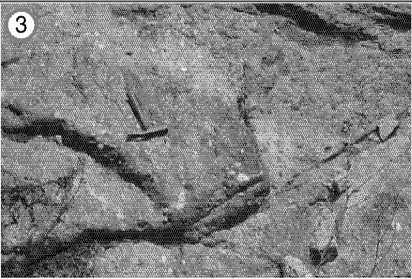
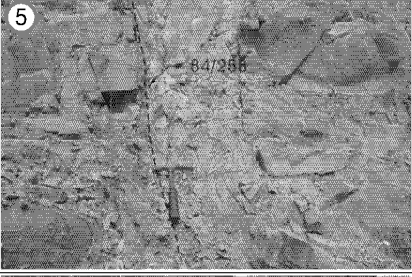
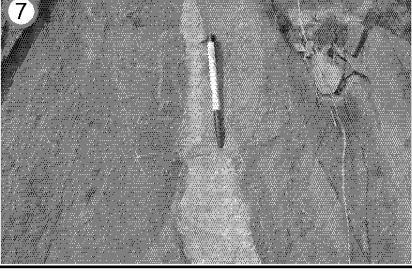
- 충적층
- 산성암맥
- 중성암맥
- 하산동층 일부
- 낙동층-금강리층권
- 낙동층-광경산층권 일부
- 추정단층
- 단층

Cross-section Labels:

- 상주 (Sangju)
- 영천 (Yeongcheon)
- Ke1-nk
- Qa
- Kad
- Ke1-num
- F1, F2, F3, F4
- 상벌리 (L=375m)
- 상벌리 (L=390m)
- 상벌리 (L=1835m)

노두 사진	특 성
	• 녹회색 이암 • 층리는 29/062, 층리를 따라 변위 발생 • 장석 반암 관입, 관입 방향: (70/244), 폭: 5m • 주변의 파쇄가 심함
	• 사암 • 층리는 20/026 • J1=89/118, J2=78/159, J3=89/072

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

노두 사진	특 성
	• 역암(사질) • 층리는 11/120, 사암이 호층을 이룸 • JI=88/342, J2=67/215
	• 세일 • 사암이 호층을 이룸 • 층리는 12/150 • JI=86/186, J2=72/234
	• 사암 및 협재된 세일 • 층리는 12/103 • 부수적 단층: 84/258, 단층점토 폭: 0.2cm, 파쇄대: 1m내외 • JI=81/172, J2=70/230
	• 장석 반암 • 층리는 10/150 • 퇴적암 경계 • 층리 방향과 유사한 경계 방향을 가짐
	• 산성 관입암 • 5%이내의 유색광물과 장석 반정을 함유, 주변부는 장석 사암 • 입자크기: 3~10mm, 분급불량 • JI=83/192, J2=80/117, J3=78/085, J4=44/058

(2) 암종별 현미경 관찰 및 Modal 분석 결과

낙동층(만경산층원 역질 사암)		낙동층(금당리층원 세일)	
(a) Ch, Bt, Q, Kf	(b) Ch, Se, Bt, Op, Kf	(a) Op, Ch	(b) Op, Ch
• 원마도가 불량한 석영과 알칼리장석이 주를 이룸 • 부성분광물로는 견운모, 녹니석, 불투명광물과 방해석		• 주구성광물은 아각 내지 각상의 석영, 방해석, 운모질 점토광물 • 부성분으로 탄질물, 불투명광물	
하산동층 사암		산성 암맥	
(a) Bt, Kf, Se, Op, Q, Ch	(b) Bt, Kf, Se, Op, Q, Ch	(a) Ch, Pl, Op, Am	(b) Ch, Pl, Q, Op, Am
• 석영, 알칼리 장석으로 구성 • 알칼리 장석은 점토광물 또는 견운모로 변질되어 있으며, 석영은 1 mm 내외의 것들로 원마도는 불량한 것들이 우세		• 사장석, 각섬석, 석영으로 구성 • 반정으로 산출되는 대부분의 유색광물은 각섬석이며, 두 방향의 벽개를 보임	

4.2.4 과업구간 지질구조 분석

가. 단층구조

(1) 단층

구분	조사 방법				주향/경사	연장 (km)	폭		노선교차점 (STA.)	구분
	지질 조사	시추 조사	선형 조사	물리 탐사			Gouge(cm)	파쇄대(m)		
F1	●	-	-	-	N52W/41NE	1.9내외	-	3.0내외	2+975	소단층
F2	-	●	-	-	N27W/80NE	0.8내외	3.0	6.0내외	상주:3+820 영천:3+740	소단층
F3	●	-	●	●	N22W/60SW	1.5내외	3.0	1.0내외	상주:4+985 영천:5+100	소단층
F4	-	●	●	●	N88W/86NE	2.0내외	5.0	10.0내외	상주:6+100 영천:6+095	소단층

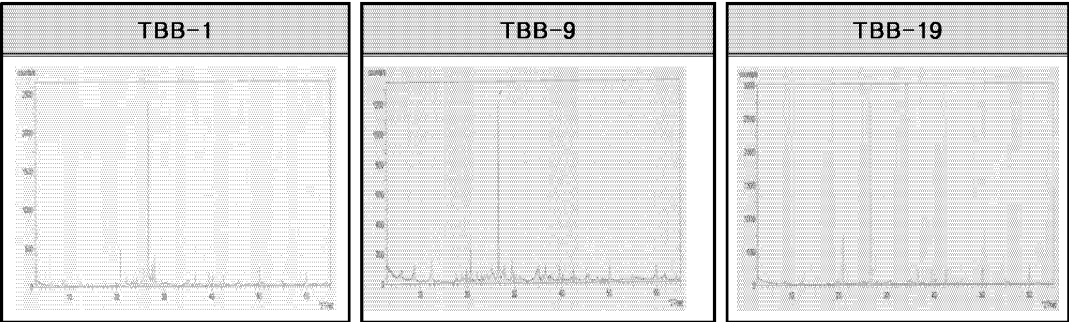
※ 소단층: 파쇄대 폭 10m 이하 또는 단층 Gouge 10cm 이하

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(2) 노두특성

구분	노두 사진	특 성
F1		• YS39(302457.7044, 156296.4322) 야외조사 지점에서 관찰되었으며 소규모의 파쇄대를 수반함 • 방향성 : N52W/41NE • 단층폭 : 최소 3m 이상 • 단층점토는 관찰되지 않음
F3		• YS-482(300833.2481, 156523.7372) 야외조사 지점에서 관찰되었으며 단층대를 따라서 단층점토와 산화대가 발달하고 있음 • 방향성 : N22W/60SW • 단층폭 : 최소 0.5m 이상, Gouge 3cm

(3) X-ray 회절분석(XRD) 결과



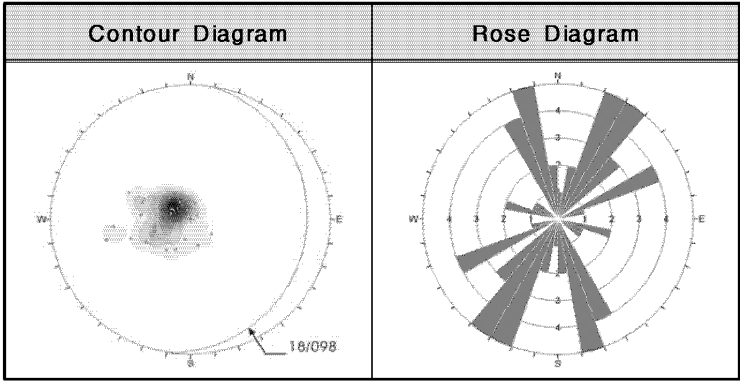
(단위 : %)

공 번	심 도(m)	석영	정장석	조장석	미사 장석	일라 이트	백운모	흑운모	녹니석	방해석	고령토	황철석
TBB-1	19.65	45.5	-	20.3	14.2	-	11.7	-	6.1	2.2	-	-
TBB-9	26.35	29.9	5.5	10.4	-	-	22.8	3.8	19.8	7.2	-	0.7
TBB-19	55.45	62.1	-	5.0	-	7.9	12.6	-	6.2	1.8	4.4	-

• 주 구성광물은 일반 조암광물인 석영(29.9~62.1%),사장석 (5.0~20.3%)등을 포함하며, 점토 광물로는 일라이트 (7.9%), 녹니석(6.1~19.8%)등을 함유

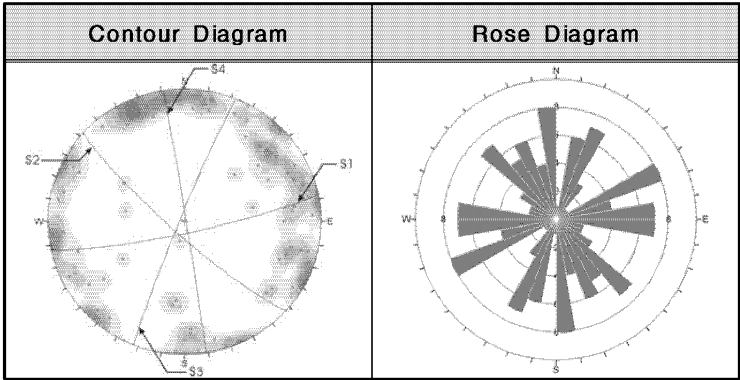
나. 절리구조 특성

(1) 퇴적암내 층리구조



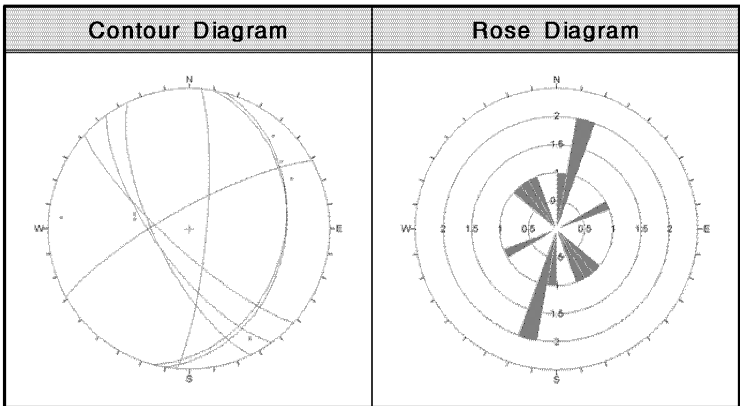
- 과엽구간에 분포하는 퇴적암의 평균 층리방향은 N08°E의 주향을 보이며 동향으로 18°로 경사져 있음

(2) 전체 절리구조



- 과엽 구간의 절리는 크게 4개의 군으로 분류됨 83/168(S1), 82/222(S2), 87/292(S3), 89/081(S4) 방향 순서로 우세하게 관찰됨

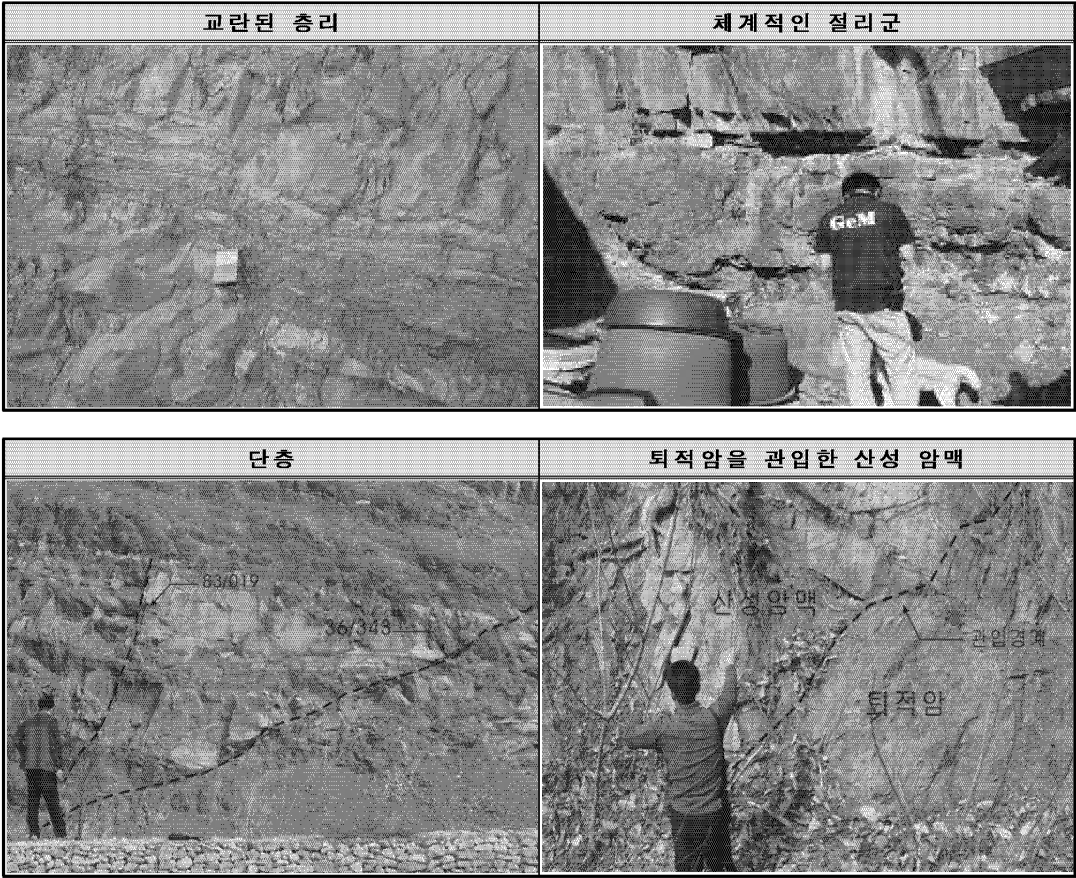
(3) 암맥의 방향성 분석



- 과엽구간에 분포하는 암맥은 산성암맥과 중성암맥이 있다. 산성암맥은 주로 북북동-남남서방향으로 분포하며 중성암맥은 북서-남동방향으로 분포한다.

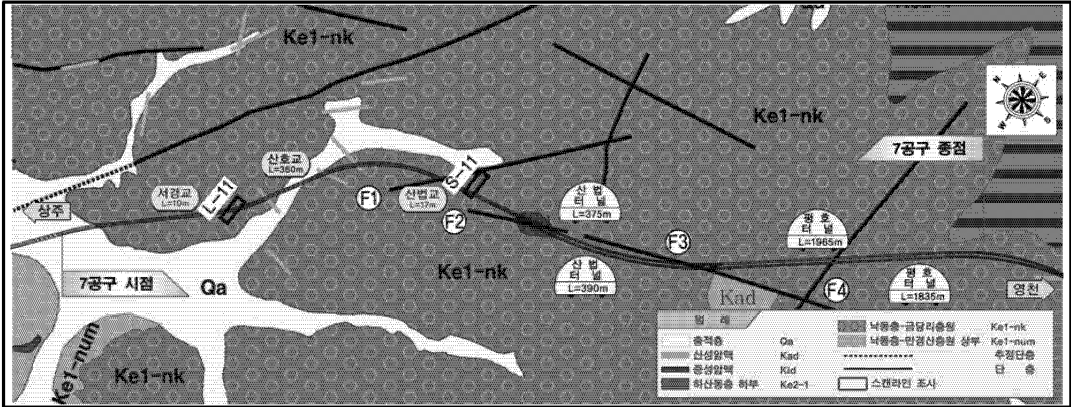
(4) 절리구조 주요 노두 전경

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계



4.2.5 과업구간 불연속면 특성 분석

가. 조사위치도

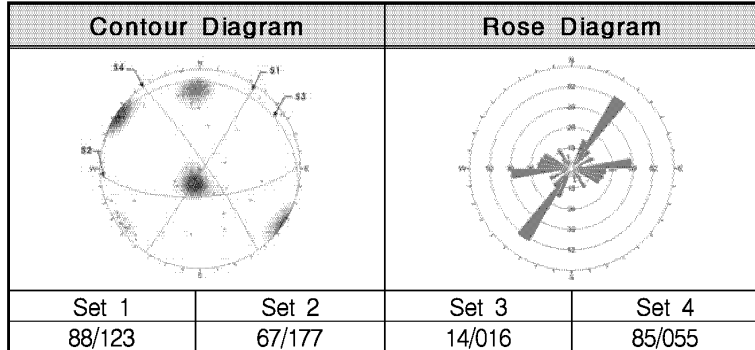


나. 조사결과

(1) Scanline-1(L-11)



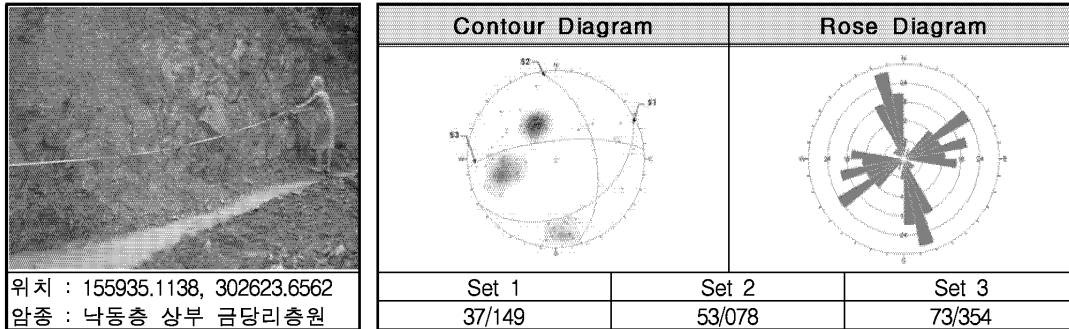
위치 : 154618.5681, 303952.4538
암종 : 낙동층 상부 금당리층원

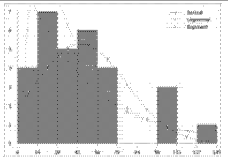
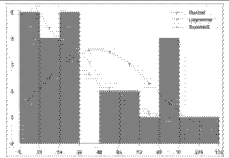
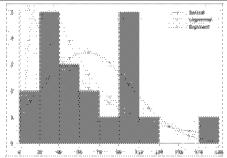
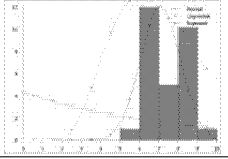
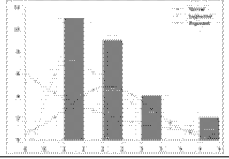
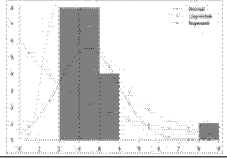
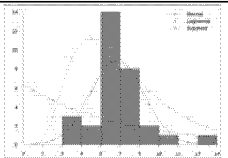
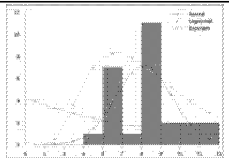
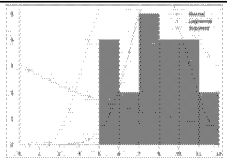
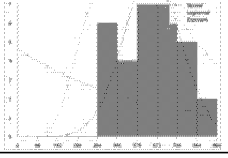
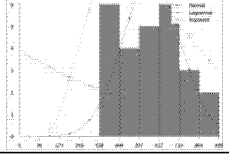
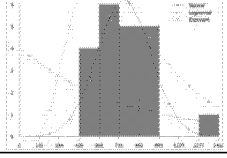


구 분		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
간 격 (cm)	평균	m = 126.650, δ = 69.792	m = 79.892, δ = 79.845	m = 83.250, δ = 41.551	m = 132.235, δ = 58.050
	확률 밀도 함수				
	채택 함수	정규분포 m = 126.650, δ = 69.792	대수정규분포 m = 60.299, δ = 0.725	대수정규분포 m = 74.677, δ = 0.460	대수정규분포 m = 120.103, δ = 0.442
연 장 (m)	평균	m = 4.428, δ = 0.728	m = 5.551, δ = 0.723	m = 4.523, δ = 1.138	m = 2.000, δ = 0.957
	확률 밀도 함수				
	채택 함수	대수정규분포 m = 4.366, δ = 0.171	대수정규분포 m = 5.502, δ = 0.134	대수정규분포 m = 4.303, δ = 0.367	정규분포 m = 2.000, δ = 0.957
J R C	평균	m = 6.809, δ = 0.906	m = 6.137, δ = 0.628	m = 5.761, δ = 0.425	m = 5.388, δ = 0.487
	확률 밀도 함수				
	채택 함수	대수정규분포 m = 6.750, δ = 0.130	대수정규분포 m = 6.106, δ = 0.100	대수정규분포 m = 5.745, δ = 0.077	대수정규분포 m = 5.367, δ = 0.088
J C S (MPa)	평균	m = 129.323, δ = 46.259	m = 133.679, δ = 47.131	m = 128.319, δ = 42.845	m = 140.550, δ = 51.638
	확률 밀도 함수				
	채택 함수	대수정규분포 m = 122.245, δ = 0.032	대수정규분포 m = 126.526, δ = 0.032	대수정규분포 m = 122.049, δ = 0.030	대수정규분포 m = 132.646, δ = 0.032

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(2) Scanline-2(S-11)



구 분		Set 1	Set 2	Set 3
간 격 (cm)	평균	m = 44.800, δ = 31.927	m = 46.800, δ = 33.778	m = 66.500, δ = 45.334
	확률 밀도 함수			
	채택 함수	음지수분포 m = 44.800, λ = 0.022	음지수분포 m = 46.800, λ = 0.021	정규분포 m = 66.500, δ = 45.334
연 장 (m)	평균	m = 7.000, δ = 1.016	m = 1.884, δ = 0.933	m = 3.047, δ = 1.326
	확률 밀도 함수			
	채택 함수	대수정규분포 m = 6.925, δ = 0.147	대수정규분포 m = 1.674, δ = 0.483	대수정규분포 m = 2.845, δ = 0.348
J R C	평균	m = 6.903, δ = 1.973	m = 8.076, δ = 1.939	m = 8.381, δ = 1.587
	확률 밀도 함수			
	채택 함수	대수정규분포 m = 6.646, δ = 0.273	정규분포 m = 8.076, δ = 1.939	대수정규분포 m = 8.225, δ = 0.196
J C S (MPa)	평균	m = 64.619, δ = 13.712	m = 59.080, δ = 13.031	m = 74.252, δ = 19.098
	확률 밀도 함수			
	채택 함수	정규분포 m = 64.619, δ = 13.712	대수정규분포 m = 57.615, δ = 0.022	정규분포 m = 74.252, δ = 19.098

다. 불연속면 종합

(1) Scanline-1(L-11)

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절리특성	88/123	67/177	14/016	85/055
	$k = 107.49$	$k = 112.76$	$k = 66.31$	$k = 87.11$
간 격 (cm)	정규분포	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포
	$m = 126.650, \delta = 69.792$	$m = 60.299, \delta = 0.725$	$m = 74.677, \delta = 0.460$	$m = 120.103, \delta = 0.442$
연 장 (m)	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포	정규분포
	$m = 4.366, \delta = 0.171$	$m = 5.502, \delta = 0.134$	$m = 4.303, \delta = 0.367$	$m = 2.000, \delta = 0.957$
JRC	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포
	$m = 6.750, \delta = 0.130$	$m = 6.106, \delta = 0.100$	$m = 5.745, \delta = 0.077$	$m = 5.367, \delta = 0.088$
JCS (MPa)	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포
	$m = 122.245, \delta = 0.032$	$m = 126.526, \delta = 0.032$	$m = 122.049, \delta = 0.030$	$m = 132.646, \delta = 0.032$

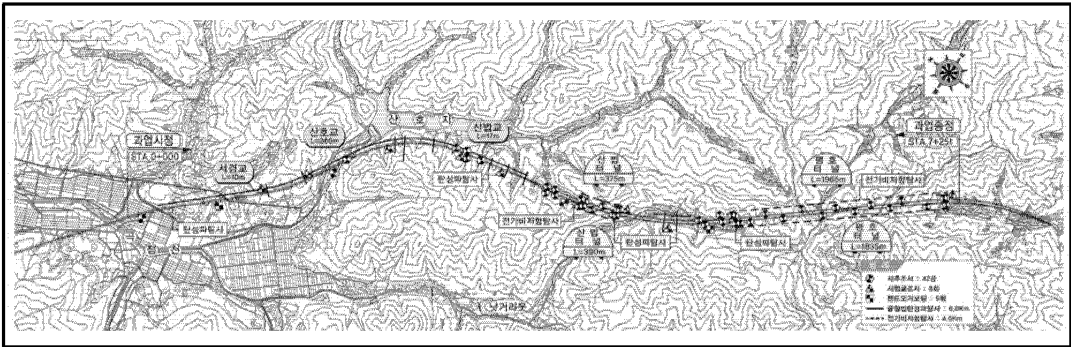
(2) Scanline-2(S-11)

구 분	Set 1	Set 2	Set 3
절리특성	37/149	53/078	73/354
	$k = 108.73$	$k = 44.21$	$k = 53.58$
간 격 (cm)	음지수분포	음지수분포	정규분포
	$m = 44.800, \lambda = 0.022$	$m = 46.800, \lambda = 0.021$	$m = 66.500, \delta = 45.334$
연 장 (m)	대수정규분포	대수정규분포	대수정규분포
	$m = 6.925, \delta = 0.147$	$m = 1.674, \delta = 0.483$	$m = 2.845, \delta = 0.348$
JRC	대수정규분포	정규분포	대수정규분포
	$m = 6.646, \delta = 0.273$	$m = 8.076, \delta = 1.939$	$m = 8.225, \delta = 0.196$
JCS (MPa)	정규분포	대수정규분포	정규분포
	$m = 64.619, \delta = 13.712$	$m = 57.615, \delta = 0.022$	$m = 74.252, \delta = 19.098$

4.3 지층분포 특성을 위한 조사

4.3.1 개 요

- 가. 기본 방향
- 터널, 교량 및 비탈면구간의 상세지층, 지질 이상대 파악, 암반 분류시 활용
 - 지반의 공학적 성질 분석, 암중 경계 및 지층 분포 특성 파악
- 나. 조사 위치 및 수량
- 굴절법 탄성과 탐사 6.0km, 전기비저항탐사 4.6km, 시추조사 42공, 시험굴조사 8회, 핸드오거보링 5회, 표준관입시험 94회



(1) 굴절법 탄성과 탐사

위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)	위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
비탈면 및 교량구간	0+400 ~ 3+560	중	3,160	비탈면 및 교량구간	4+860	횡	115
	4+620 ~ 4+980	중	360		5+240	횡	110
	1+200	횡	75	산법터널 시점	3+950 ~ 4+030	중	80
	1+540	횡	95		3+980 ~ 4+060	중	80
	2+360	횡	115		4+020	횡	100
	2+440	횡	205	산법터널 종점	4+275 ~ 4+375	중	100
	2+680	횡	75		4+300 ~ 4+380	중	80
	2+860	횡	75		4+340	횡	90
	2+980	횡	85	평호터널 시점	5+270 ~ 5+370	중	100
	3+200	횡	60		5+320 ~ 5+420	중	100
	3+340	횡	75		5+360	횡	115
	3+520	횡	75	평호터널 종점	7+050 ~ 7+150	중	100
	3+720	횡	95		7+060 ~ 7+160	중	100
	4+760	횡	115		7+140	횡	115

제 4 장 조사결과

(2) 전기비저항 탐사

위 치	탐사구간(STA.)	측선방향	연장(m)
산 법 터 널	4+000 ~ 4+380	중	380
	3+960 ~ 4+360	중	400
평 호 터 널	5+240 ~ 7+180	중	1,940
	5+300 ~ 7+180	중	1,880

(3) 시추조사

• 구간별 조사 현황

구 분	조사심도 기준	실시수량	비고
터널구간	터널하부 1D	29공	-
교량구간	풍화암7m, 연암3m, 경암1m	2공	-
비탈면구간	절토계획선 하부 1m까지 풍화암7m, 연암3m, 경암1m	11공	-

• 터널 구간

구 분	공 번	STA.	X	Y	표고(EL.m)	시추심도(m)
산 법 터 널	TBB-1	상주 4+019(좌10.1m)	301851.774	156053.484	179.020	31.50
	TBB-2	상주 4+057(좌4.6m)	301813.753	156059.065	191.908	36.00
	TBB-3	영천 4+018(우25.7m)	301837.750	155996.492	192.593	26.00
	TBB-4	영천 4+052(우13.1m)	301808.725	156018.244	206.565	34.00
	TBB-5	영천 4+134(우17.4m)	301728.996	156039.135	228.164	65.40
	TBB-6	상주 4+211(좌17.4m)	301672.862	156119.777	235.607	73.00
	TBB-7	상주 4+339(좌20.9m)	301555.608	156169.526	200.611	38.30
	TBB-8	상주 4+360(좌21.2m)	301536.526	156178.031	198.259	28.00
	TBB-9	영천 4+314(우7.7m)	301562.808	156110.861	193.593	36.00
	TBB-10	영천 4+344(우10.6m)	301534.187	156119.600	186.624	26.00
평 호 터 널	TBB-11	상주 5+315(좌31.6m)	300750.992	156698.446	226.910	32.00
	TBB-12	상주 5+345(좌20.5m)	300721.695	156709.674	234.520	41.10
	TBB-13	영천 5+339(우18.8m)	300678.539	156664.857	209.041	31.20
	TBB-14	영천 5+397(우20.5m)	300648.826	156688.984	215.782	38.00
	TBB-15	영천 5+480(우19.8m)	300587.444	156744.197	234.844	63.20
	TBB-16	상주 5+602(좌16.8m)	300526.700	156876.918	267.043	75.10

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

구 분	공 번	STA.	X	Y	표 고(EL.m)	시 추 심 도(m)
평 터 후 널	TBB-17	영천 5+761(우14.3m)	300380.348	156935.046	296.494	125.00
	TBB-18	상주 5+910(좌27.1m)	300302.758	157089.617	282.280	108.10
	TBB-19	영천 6+091(우19.9m)	300129.558	157149.737	244.378	64.00
	TBB-20	상주 6+196(좌16.4m)	300079.965	157269.168	276.214	103.60
	TBB-21	영천 6+366(우10.6m)	299930.424	157338.667	280.371	105.80
	TBB-22	상주 6+495(좌9.5m)	299853.393	157464.232	283.730	122.00
	TBB-23	영천 6+666(우11.8m)	299704.824	157536.842	296.878	135.00
	TBB-24	상주 6+754(좌19.5m)	299666.016	157643.618	273.975	100.00
	TBB-25	영천 6+974(우27.6m)	299463.961	157729.197	193.527	44.00
	TBB-26	상주 7+110(좌12.4m)	299392.301	157871.839	183.937	21.00
	TBB-27	상주 7+129(좌9.6m)	299375.279	157881.714	182.078	21.00
	TBB-28	영천 7+119(우28.1m)	299353.348	157820.901	180.080	31.00
	TBB-29	영천 7+142(우20.8m)	299340.218	157840.161	175.463	17.00

• 교량구간

구 분	공 번	STA.	X	Y	표 고(EL.m)	시 추 심 도(m)
산호교	BBB-8	영천 1+931	303,648.633	155,160.401	98.173	9.00
산법교	BBB-13	영천 3+112	302,729.550	155,825.907	126.45	9.50

• 비탈면구간

구 분	공 번	STA.	X	Y	표 고(EL.m)	시 추 심 도(m)
깎기구간	CBB-12	영천 2+968(좌26.4m)	302875.5881	155817.758	157.296	15.00
	CBB-13	영천 2+993(우33.2m)	302837.722	155765.591	166.484	32.00
	CBB-20	영천 3+719(우32.6m)	302130.296	155921.334	179.089	25.00
	CBB-24	상주 5+214(좌42.2m)	300833.331	156640.140	222.850	30.00
쌓기구간	SBB-10	영천 2+876(좌15.3m)	302962.858	155782.233	130.859	2.00
	SBB-13	상주 3+713(좌5.8m)	302147.045	155974.590	153.032	7.70
	SBB-14	상주 3+785(좌9.5m)	302077.795	155995.141	152.648	9.70
	SBB-15	영천 3+799(우17.0m)	302054.023	155951.890	159.657	7.40
	SBB-19	상주 5+035(좌5.0m)	300948.791	156499.590	180.703	7.00
	SBB-20	영천 5+097(우10.7m)	300883.918	156500.897	184.677	7.60
	SBB-21	영천 5+251(좌5.1m)	300775.986	156612.552	199.707	7.00

4.3.2 굴절법 탄성파 탐사

가. 목 적

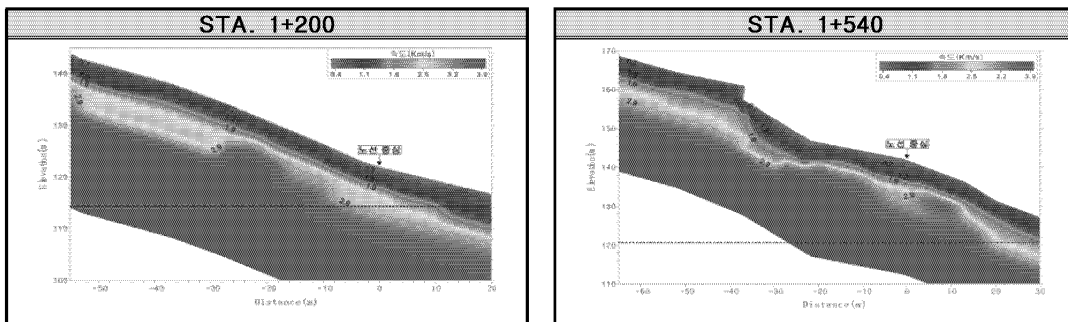
- 터널부 및 깎기구간, 미시추구간에 대하여 탄성파 굴절법 탐사를 실시하여 탄성파 속도에 따른 지층의 분포 양상 및 층후 파악
- 탄성파 P파의 속도분포를 면밀히 분석하여 지질 이상대 및 풍화대등의 연약대를 조사

나. 탐사결과 및 분석

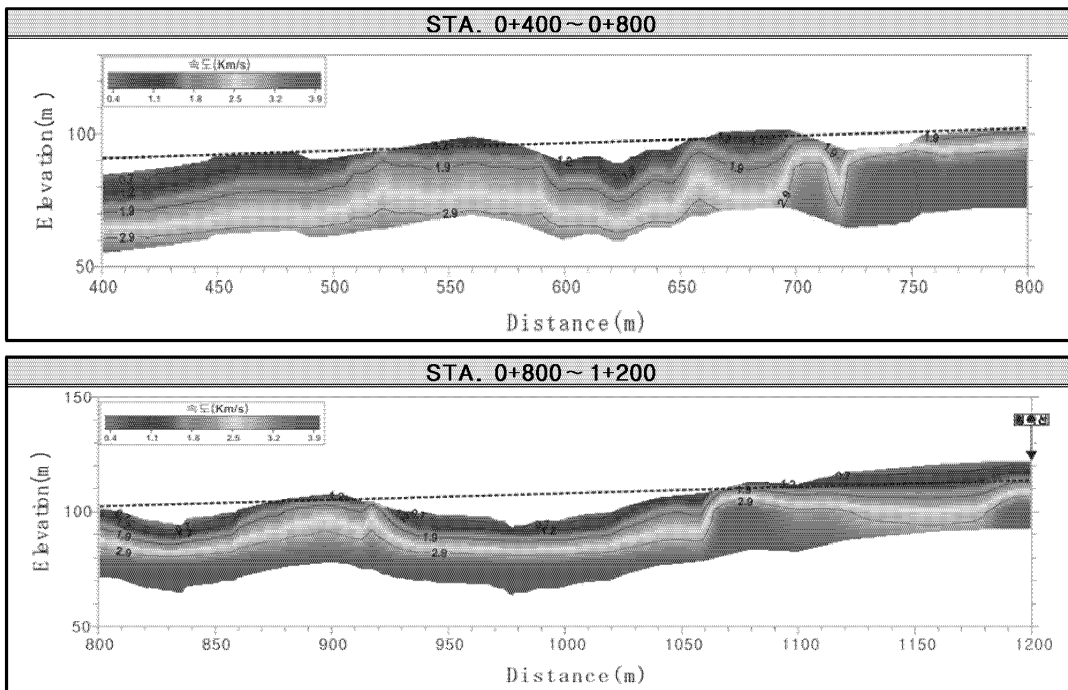
- 한국도로공사, 암판정시행지침(2000.11) A그룹에 의거하여 탄성파 속도 V_p (m/sec) 토사층 700이하, 풍화암 700~1,200, 연암 1,200~1,900, 연암 및 경암(보통암) 1,900~2,900, 경암 2,900이상으로 분류

(1) 비탈면 1구간(STA. 0+400~1+600)

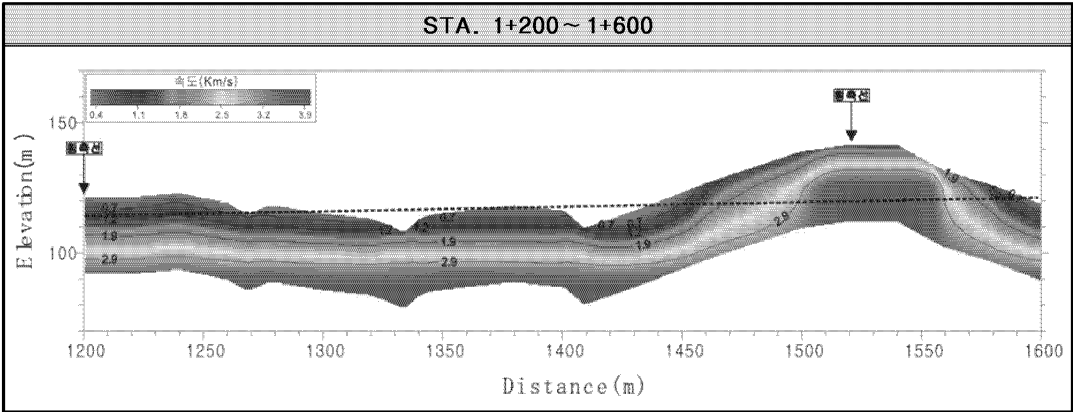
- 횡측선



- 종측선



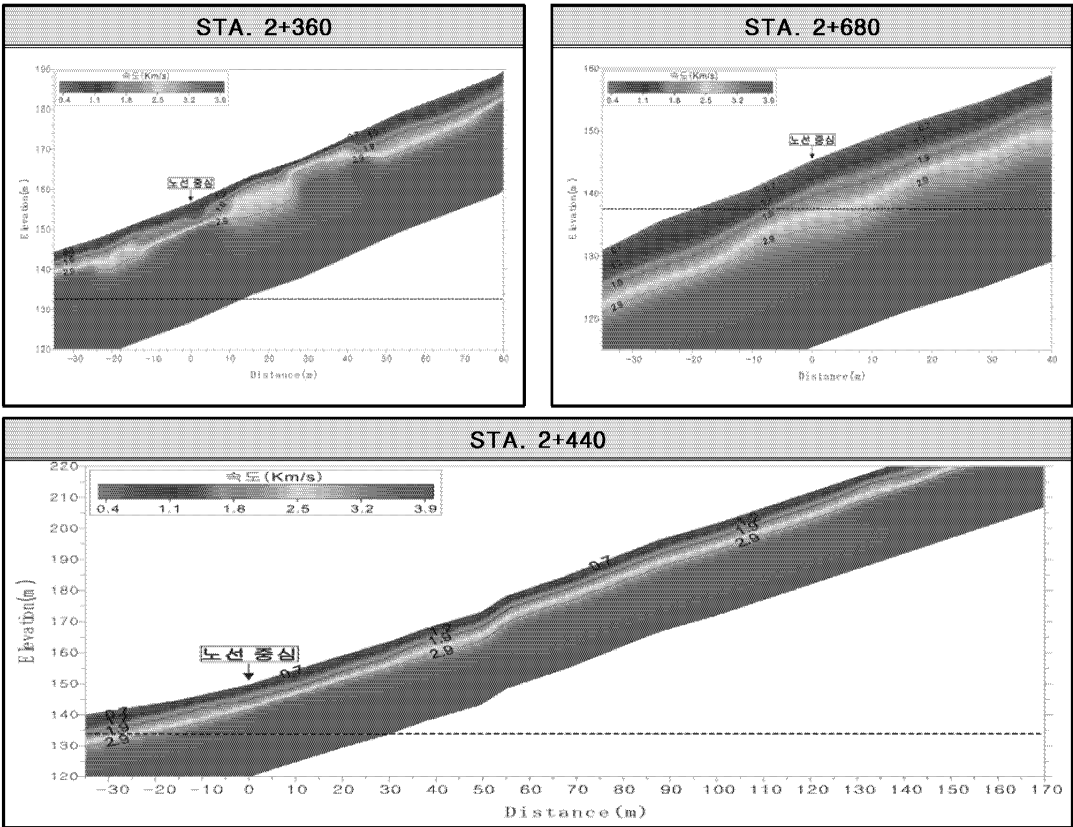
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계



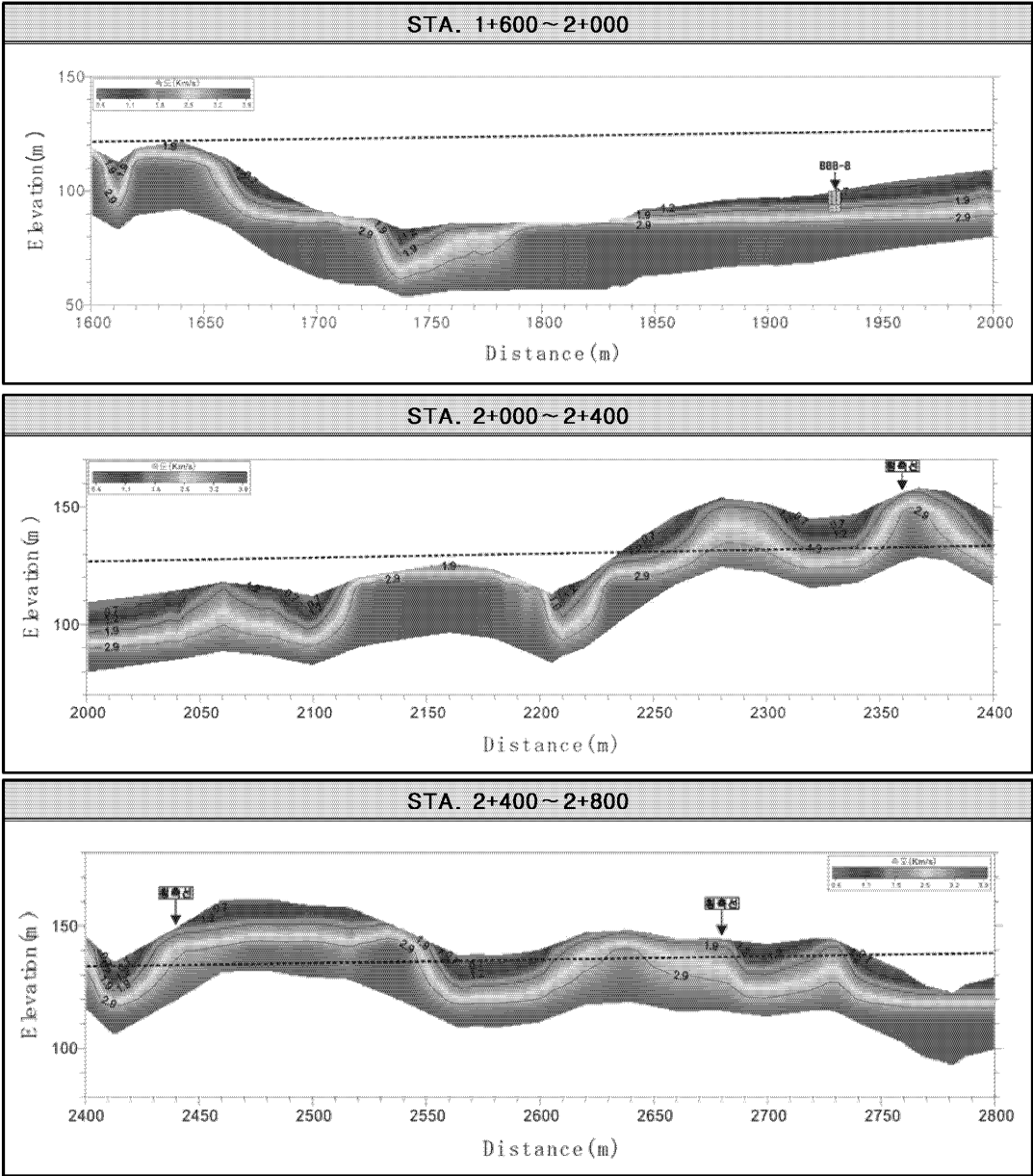
- 지층은 대부분 수평층서적인 경향을 보임
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 0.5~2m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 2~7m 내외를 보임

(2) 비탈면 2구간(STA. 1+600~2+800)

• 횡측선



• 종측선

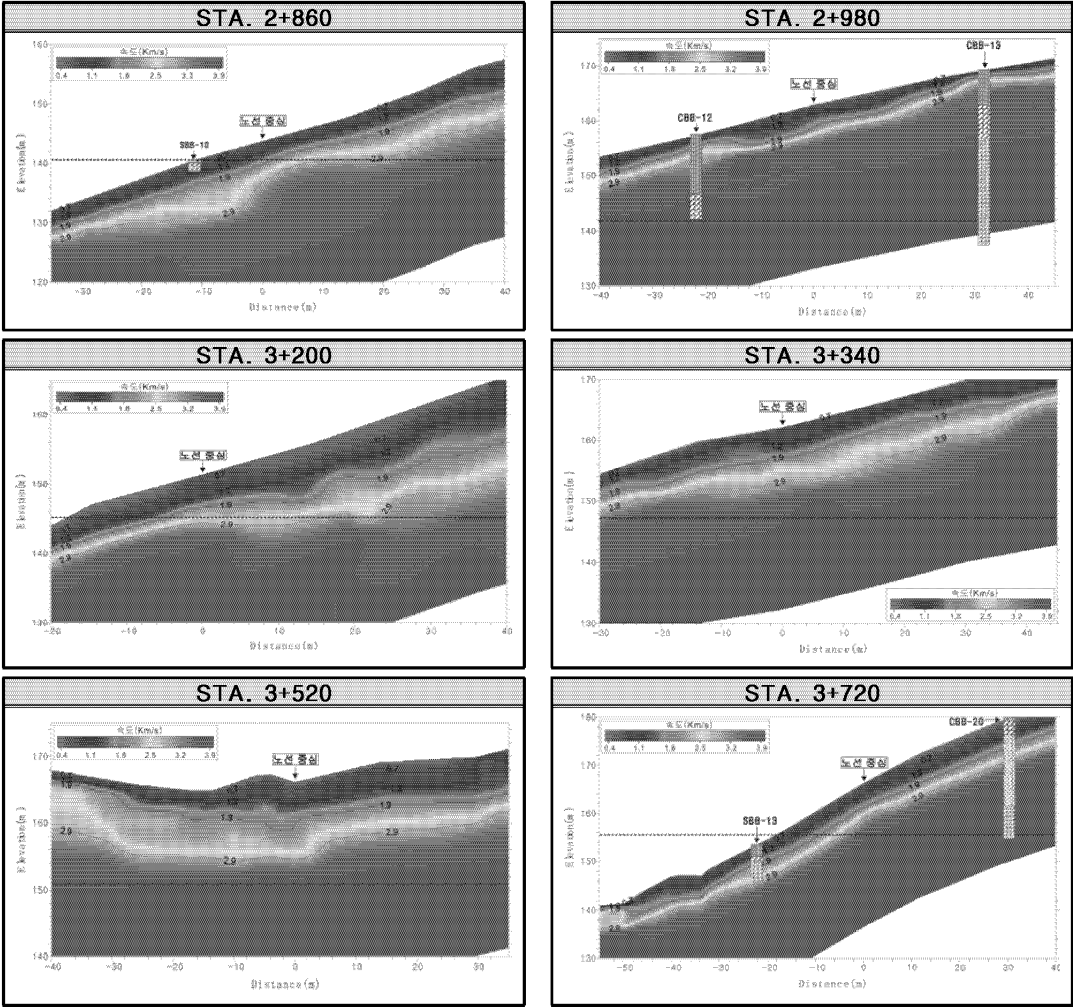


- 지층은 대부분 수평층서적인 경향을 보임
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 0.5~2m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 1~7m 내외를 보임
- STA. 1+600~2+000 구간은 천부구간의 속도대가 상대적으로 높은 경향을 나타내고 있으며 기반암의 심도가 매우 얇은 것으로 판단됨

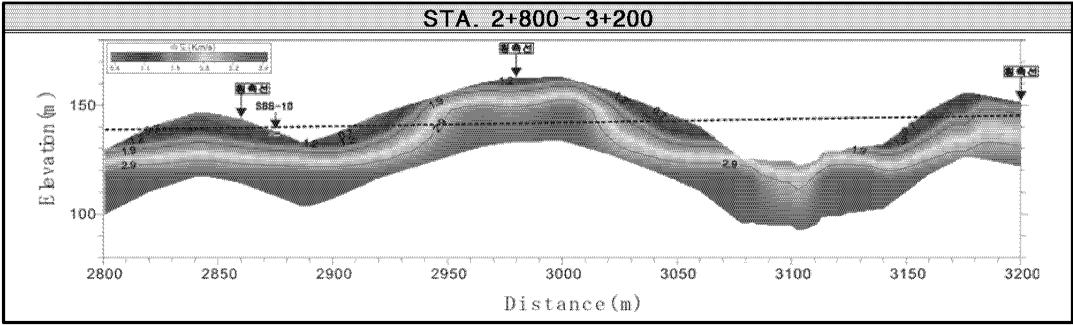
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(3) 비탈면 3구간(STA. 2+800~3+720)

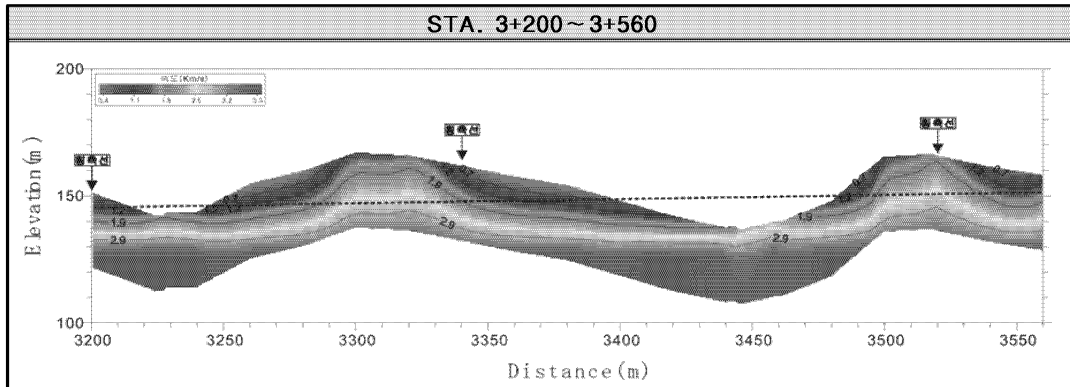
• 횡측선



• 종측선



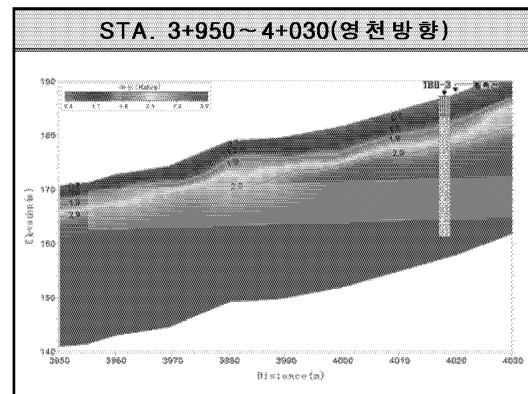
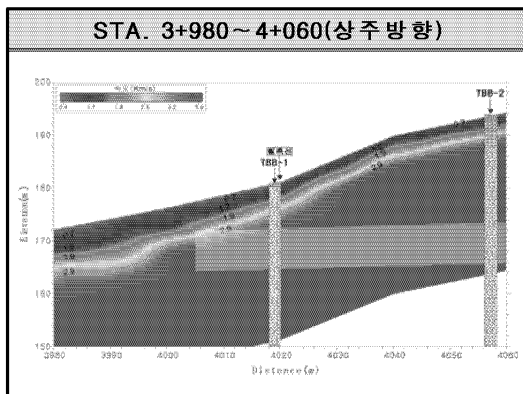
제 4 장 조사결과



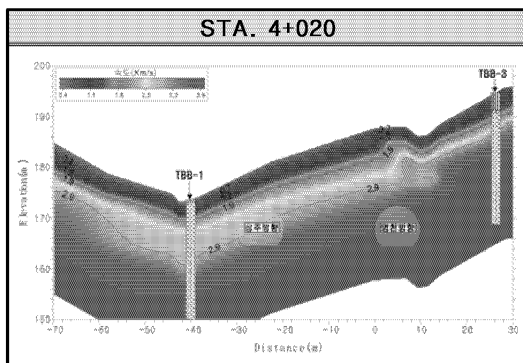
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 0.5~3m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 2~8m 내외를 보임
- STA. 3+080~3+130 구간 및 STA. 3+430~3+480 구간은 시작심도부터 약 1900m/s의 속도대가 나타나고 있으며 기반암의 심도가 매우 얇은 것으로 판단됨

(4) STA. 3+950~4+060(산법터널 시점부)

- 중축선



- 횡축선

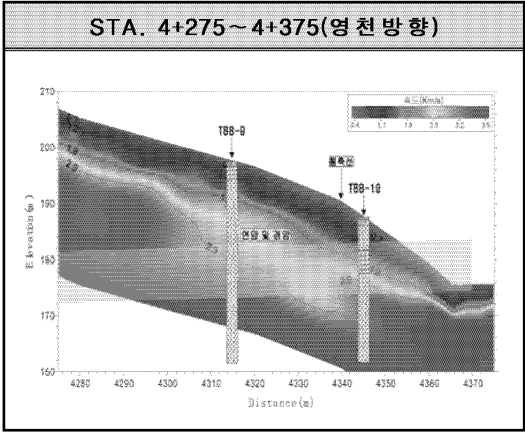
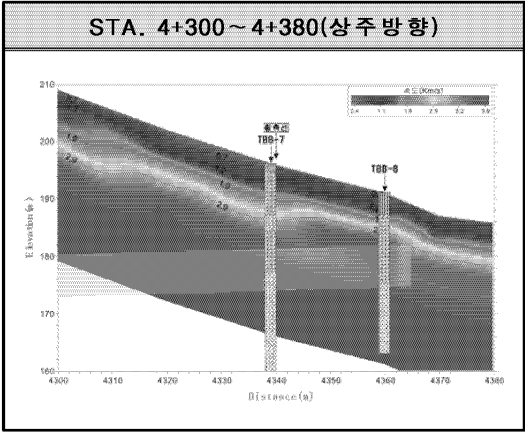


- 터널 계획고 구간은 대부분 연암 이상의 속도대를 보임
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 1~5m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 3~10m 내외를 보임
- 터널계획고 기준 횡축선 탐사결과 영천방향이 상주방향에 비하여 탄성과 속도대가 높게 나타나고 있음

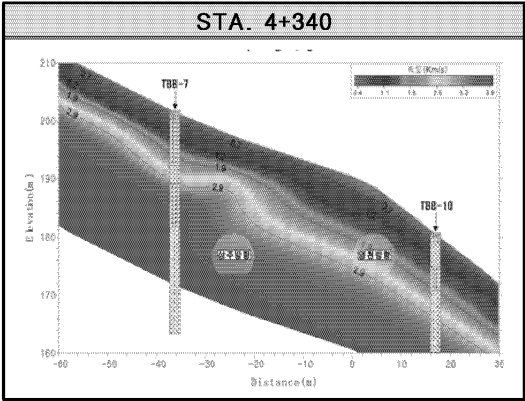
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(5) STA. 4+275~4+380(산법터널 종점부)

• 종축선



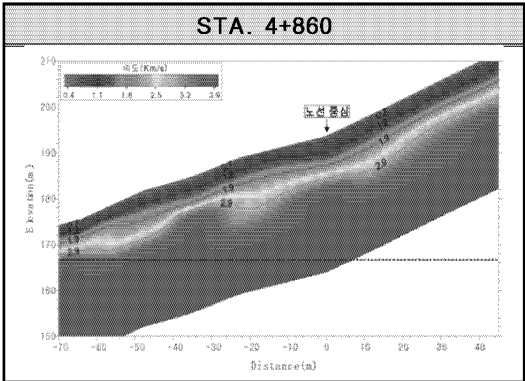
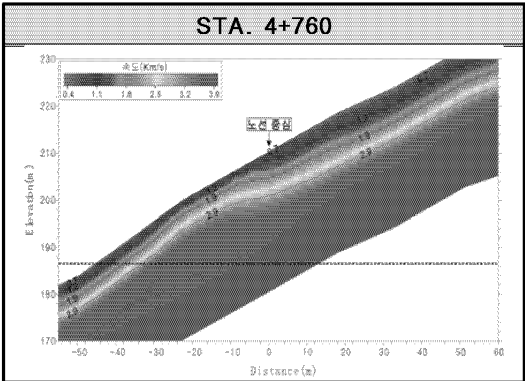
• 횡축선



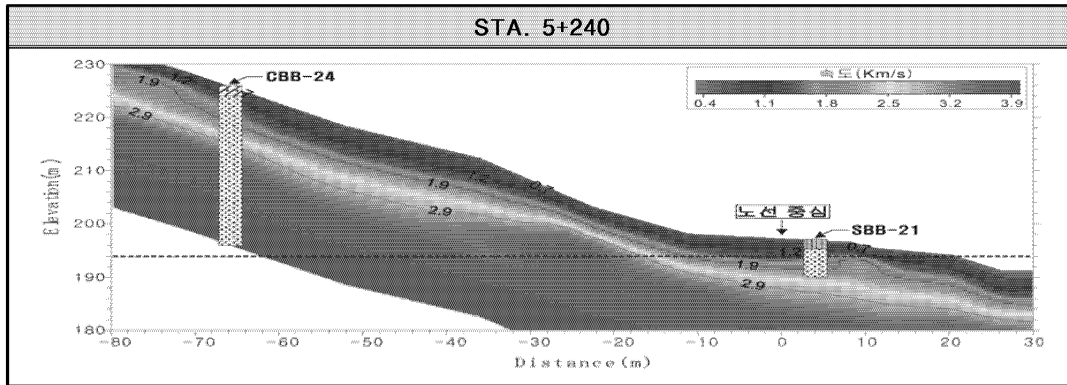
- 터널 계획고 구간은 대부분 연암 이상으로 판단됨(영천방향 출구부 제외)
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 1~7m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 5~15m 내역을 보임
- 터널계획고 기준 횡축선 탐사결과 상주방향이 영천방향에 비하여 탄성과 속도대가 높게 나타나고 있음

(6) 비탈면 4구간(STA. 4+620 ~ 5+240)

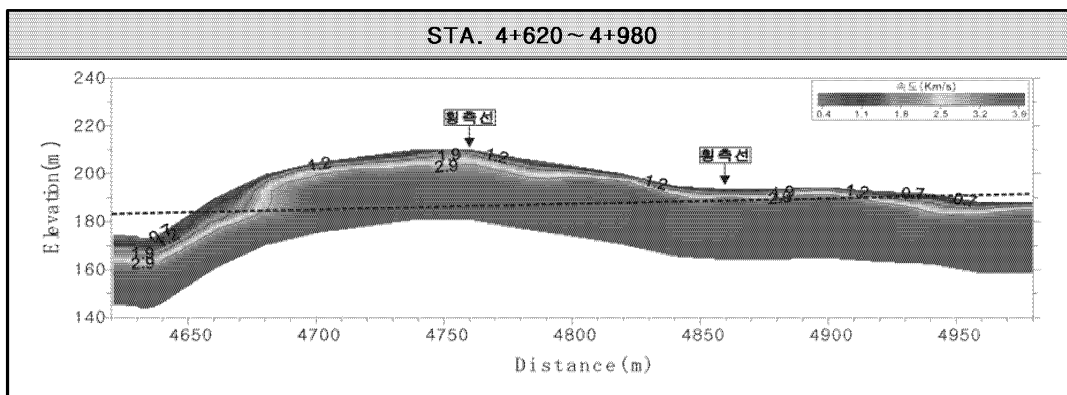
• 횡축선



제 4 장 조사결과



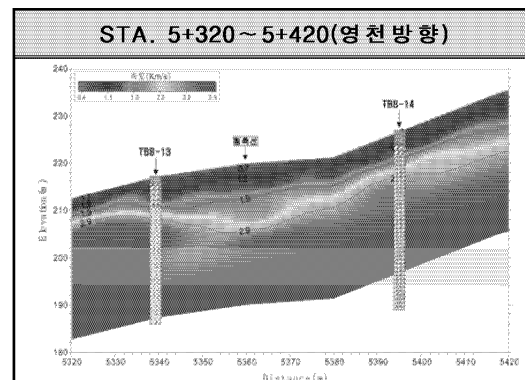
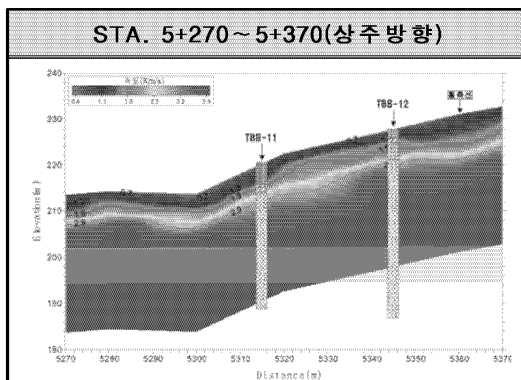
• 종측선



- 지층은 대부분 수평층서적인 경향을 보임
- 계획고 구간은 대부분 연암이상으로 판단됨
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 0.5~2m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 1~4m 내외를 보임

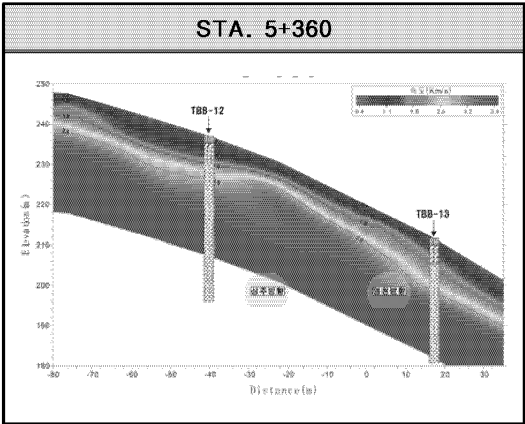
(7) STA. 5+270~5+420(평호터널 시점부)

• 종측선



상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

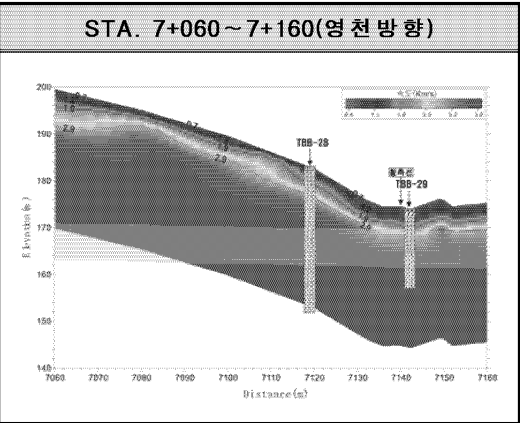
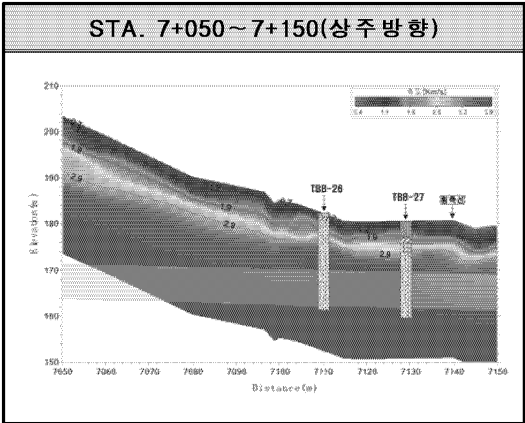
• 횡측선



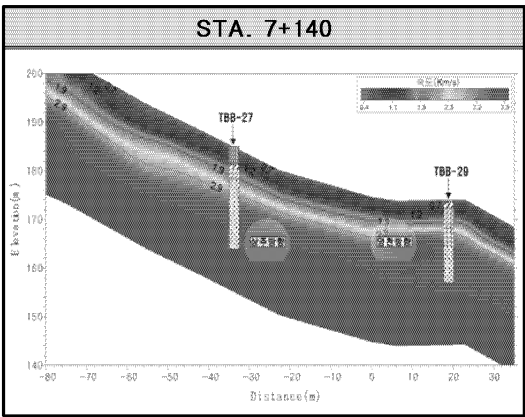
(8) STA. 7+050~7+160(평호터널 종점부)

- 터널 계획고 구간은 대부분 경암 이상으로 판단됨
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 0.5~3m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 2~10m 내외를 보임
- 평호터널 시점 계획고 구간은 비교적 높은 탄성과 속도대로 이루어져 있으며 암질이 매우 양호한 것으로 판단됨

• 종측선



• 횡측선



- 터널 계획고 구간은 대부분 연암 이상으로 판단됨
- 토사층/풍화암의 경계 심도(리핑암)는 약 0.5~2m, 풍화암/연암의 경계심도(발파암)는 약 1~4m 내외를 보임
- 터널계획고 기준 상주방향이 영천방향에 비하여 비교적 높은 탄성과 속도대를 보임

4.3.3 전기 비저항 탐사

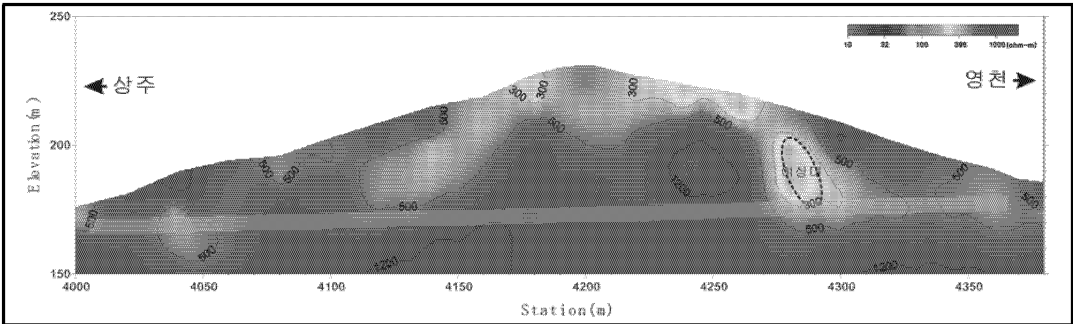
가. 목 적

- 터널구간의 전기비저항값을 획득하여 지반의 공학적 성질을 분석하고 이상대 및 지층분포 특성을 파악
- RMR과 전기비저항 상관성 분석을 이용하여 터널구간 암반등급도 산정시 반영

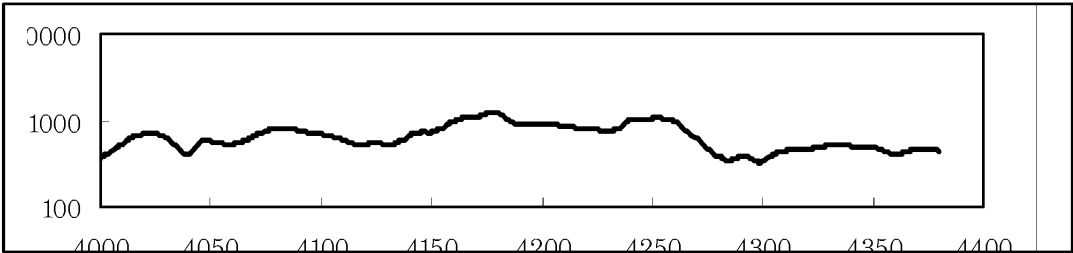
나. 탐사결과 및 분석

(1) 산법터널 (상주방향 STA. 4+000~4+380)

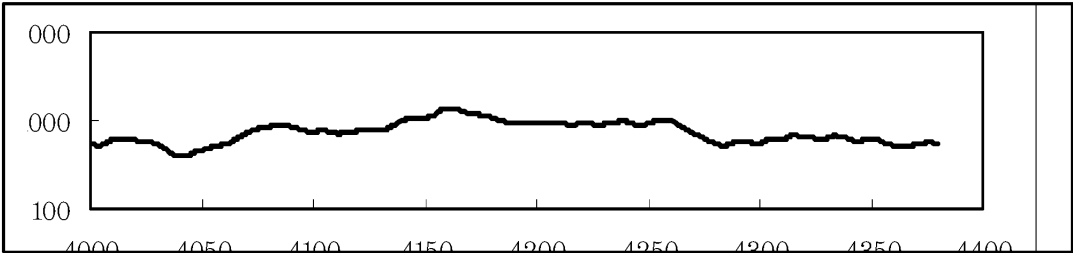
- 탐사 단면



- 터널천단 계획고비저항 분포



- 터널인버트 계획고비저항 분포



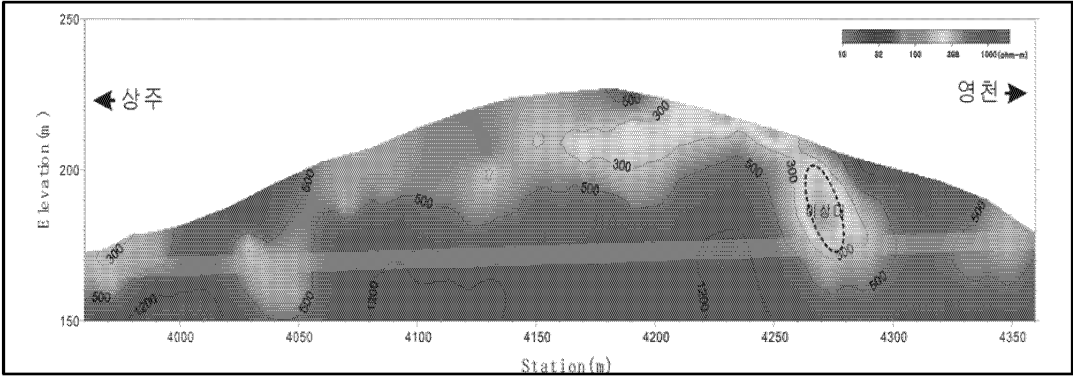
(2) 결과분석

- 터널 계획고 구간의 전기비저항치는 약 400~1000 ohm-m 내외를 나타냄
- STA. 4+280~4+300 터널 계획고 구간에 약 300 ohm-m 이하의 상대적인 저비저항 이상대가 나타나고 있으며 이는 암반 절리 및 파쇄 발달부로 판단됨

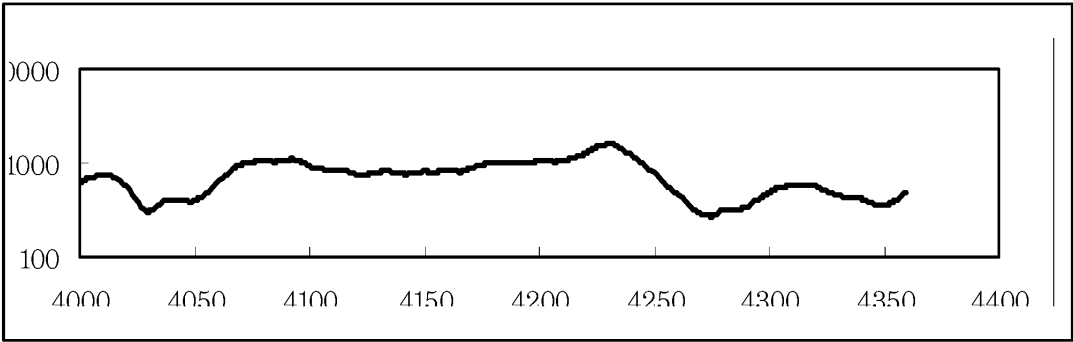
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(2) 산법터널 (영천방향 STA. 3+960~4+360)

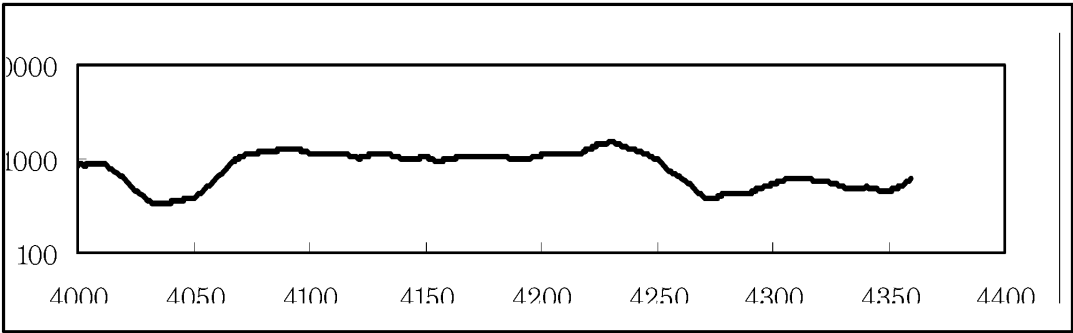
- 탐사 단면



- 터널천단 계획고비저항 분포



- 터널인버트 계획고비저항 분포

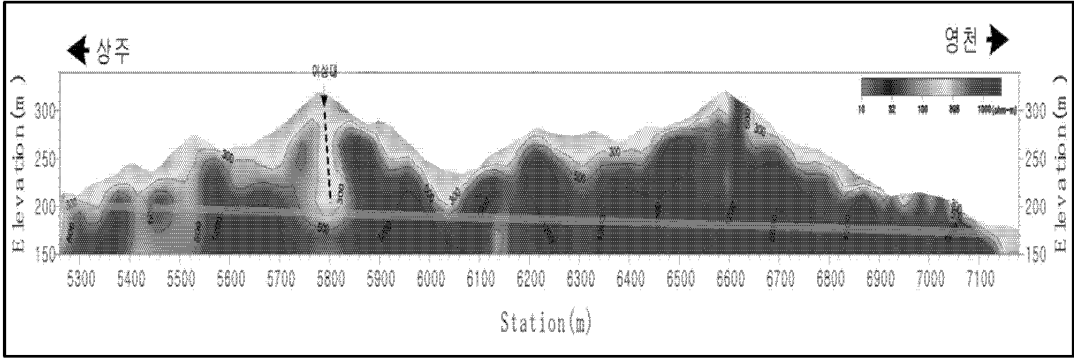


(2) 결과분석

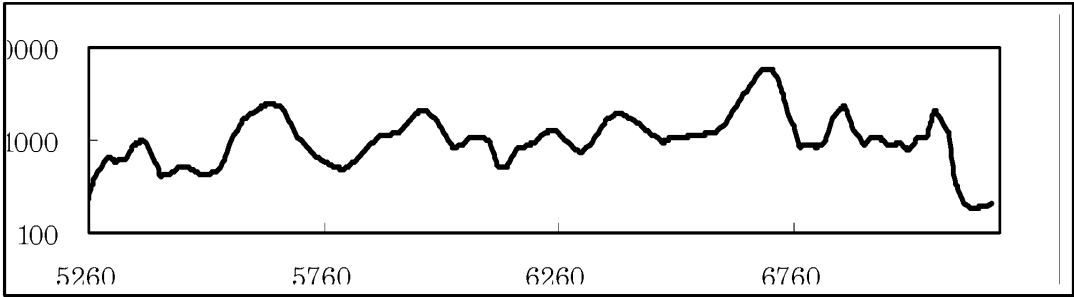
- 터널 계획고 구간의 전기비저항치는 약 400~1000 ohm-m 내외를 나타냄
- STA. 4+270~4+2900 터널 계획고 구간에 약 300 ohm-m 이하의 상대적인 저비저항 이상대가 상주방향 조사결과와 연속되어 나타나고 있으며 이는 암반 절리 및 파쇄 발달부로 판단됨

(3) 평호터널 (상주방향 STA. 5+260~7+180)

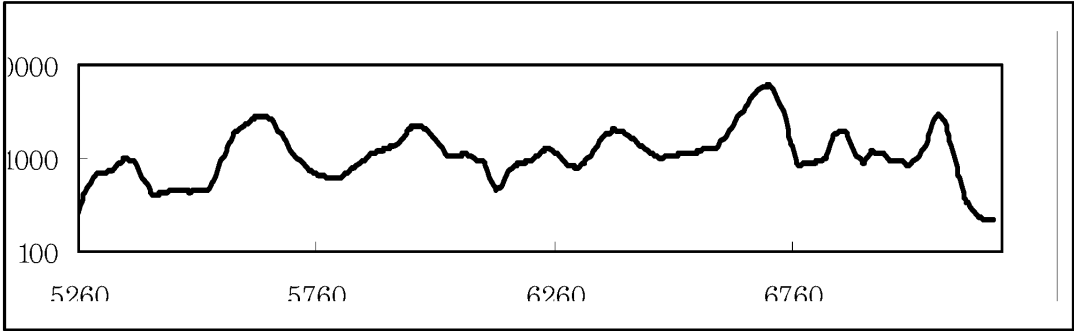
- 탐사 단면



- 터널천단 계획고비저항 분포



- 터널인버트 계획고비저항 분포



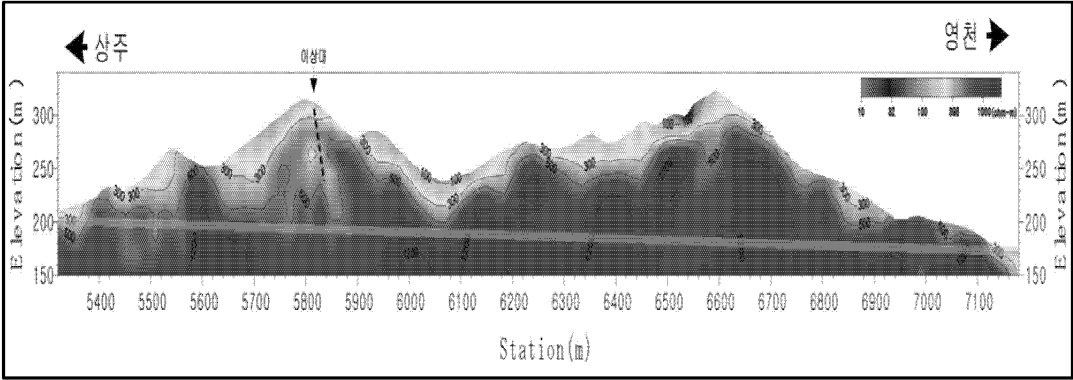
(2) 결과분석

- 터널 계획고 구간의 전기비저항치는 약 500~2000 ohm-m 내외를 나타냄
- STA. 5+800 터널 계획고 지점에 약 300 ohm-m 이하의 상대적인 저비저항 이상대가 수직양상으로 나타나고 있으며 지표지질 조사결과와 비교/분석하여 볼 때 지질이상대로 판단됨

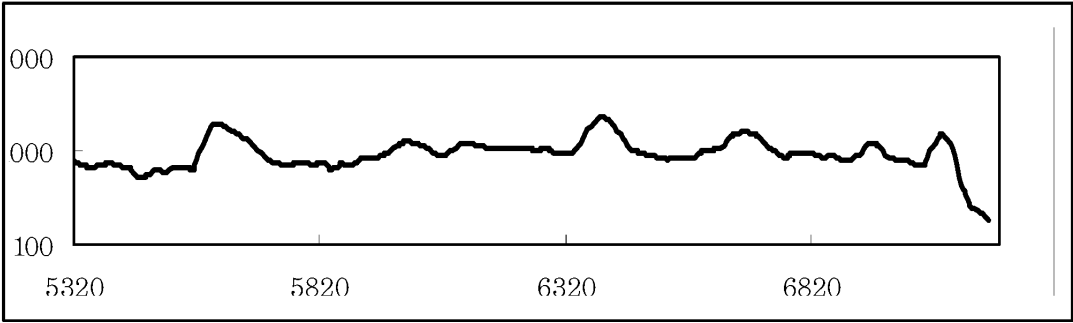
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(4) 평호터널 (영천방향 STA. 5+320~7+180)

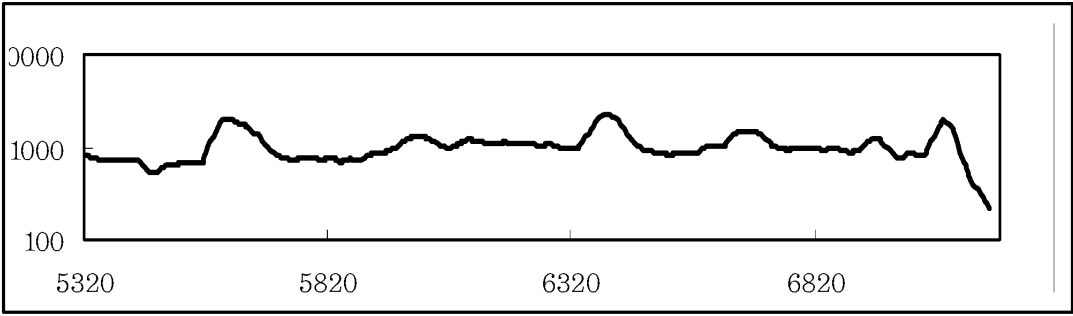
- 탐사 단면



- 터널천단 계획고비저항 분포



- 터널인버트 계획고비저항 분포



(2) 결과분석

- 터널 계획고 구간의 전기비저항치는 약 500~2000 ohm-m 내외를 나타냄
- STA. 5+820~840 구간에 천부로부터 약 300 ohm-m 이하의 상대적인 저비저항 이상대가 상주 방향 조사결과와 연속하여 나타나고 있으며 지표지질 조사결과와 비교/분석하여 볼 때 지질이 상대적으로 판단됨

4.3.4 시추조사

가. 목 적

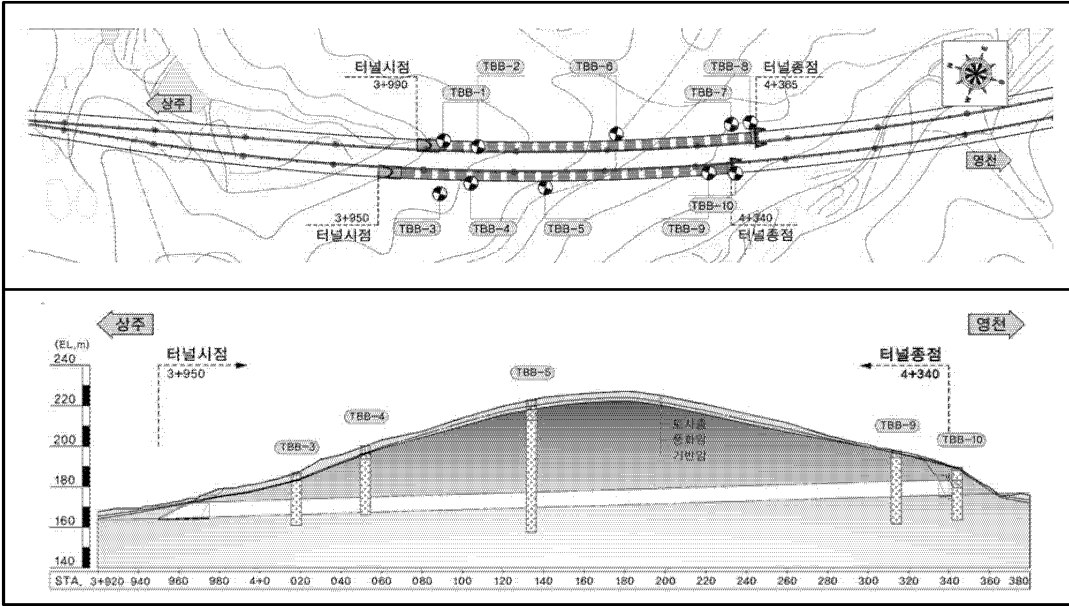
- 설계구간에 계획된 구조물들에 대한 시추조사를 통해 지층의 전반적인 현황 및 기반암의 분포 상태, 풍화도, 암질 파악
- 원위치 시험을 수행하기 위한 시추공 형성 및 실내시험을 위한 시료채취

나. 구간별 지층현황

(1) 터널구간

- 산법터널

공 번	표 고 (EL, m)	봉적 층(m)	풍 화 토(m)	풍 화 암(m)	연 암(m)	경 암(m)	계 (m)	지 하 수 위 G.L(-)
TBB-1	179.020	0.8	-	-	-	30.7	31.5	8.0
TBB-2	191.908	0.5	0.5	2.0	3.0	30.0	36.0	7.0
TBB-3	192.593	0.8	2.8	0.4	-	22.0	26.0	11.3
TBB-4	206.565	-	3.5	0.5	2.5	27.5	34.0	15.5
TBB-5	228.164	0.3	2.7	1.7	5.5	55.2	65.4	30.5
TBB-6	235.607	0.5	2.5	-	12.6	57.4	73.0	57.0
TBB-7	200.611	-	-	1.5	16.2	20.6	38.3	20.0
TBB-8	198.259	0.6	3.2	0.4	11.4	12.4	28.0	16.0
TBB-9	193.593	1.0	-	-	2.2	32.8	36.0	29.0
TBB-10	186.624	-	-	0.5	4.9	20.6	26.0	24.0

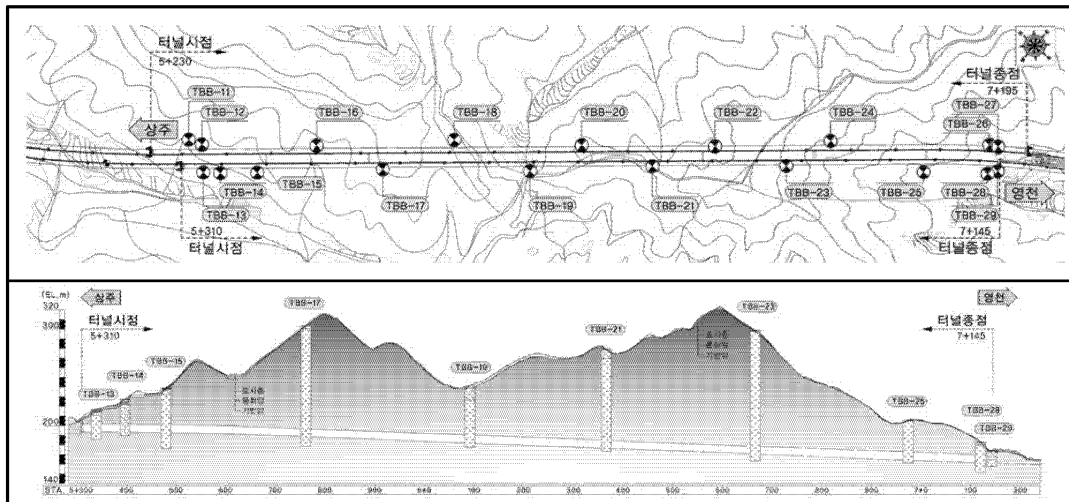


상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

지층 구분	출현심도 (m)	층두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
붕적층	-	0.3~1.0	자갈, 점토, 실트, 모래	-	
풍화토	0.0~0.8	0.5~3.5	실트질 모래	35/30~50/13	
풍화암	0.0~3.8	0.4~1.7	굴진시 실트척인 모래로 분해	50/10~50/2	
연암	0.4~4.7	-	사암, 암회색 니질암	(54~100/0~71)	
경암	0.8~15.6	-	사암, 암회색 니질암	(71~100/13~100)	

• 평호터널

공번	표고 (EL, m)	붕적층(m)	풍화토(m)	풍화암(m)	연암(m)	경암(m)	계(m)	지하수위 G.L(-)
TBB-11	226.910	-	4.8	-	1.9	25.3	32.0	16.8
TBB-12	234.520	1.7	-	1.1	3.8	34.5	41.1	7.0
TBB-13	209.041	1.1	0.5	1.3	3.4	24.9	31.2	8.6
TBB-14	215.782	0.3	2.7	1.9	33.1	-	38.0	13.9
TBB-15	234.844	0.9	0.3	0.8	5.4	55.8	63.2	33.0
TBB-16	267.043	1.0	1.4	3.2	5.3	64.2	75.1	9.2
TBB-17	296.494	-	-	0.9	2.9	121.2	125.0	48.5
TBB-18	285.280	0.3	-	-	6.1	101.7	108.1	24.5
TBB-19	244.378	0.1	-	2.9	12.0	49.0	64.0	3.4
TBB-20	276.214	0.7	-	2.7	3.0	97.2	103.6	27.2
TBB-21	280.371	-	-	0.5	9.3	96.0	105.8	36.5
TBB-22	283.730	2.5	-	1.5	10.4	107.6	122.0	55.5
TBB-23	296.878	0.5	-	0.9	-	133.6	135.0	85.5
TBB-24	273.975	0.8	-	-	-	99.2	100.0	66.0
TBB-25	193.527	0.8	-	-	-	43.2	44.0	8.1
TBB-26	186.937	0.9	-	0.6	-	19.5	21.0	14.7
TBB-27	182.078	2.5	1.0	1.1	2.0	14.4	21.0	13.0
TBB-28	180.080	-	0.6	-	3.1	27.3	31.0	13.9
TBB-29	175.463	0.3	-	1.2	8.0	7.5	17.0	11.1



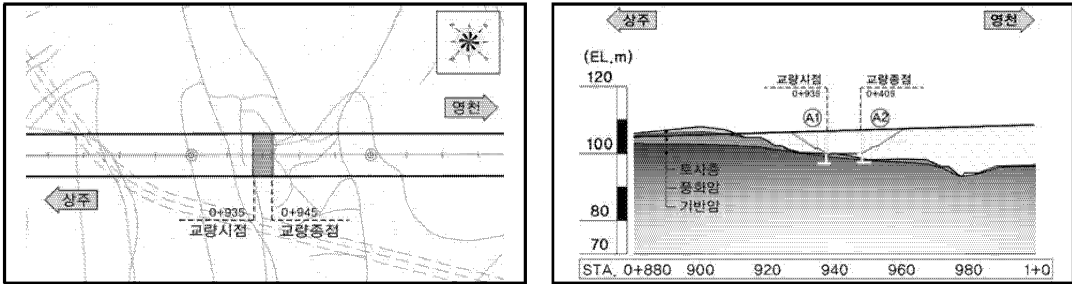
제 4 장 조사결과

지층구분	출현심도 (m)	층두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
붕적층	-	0.1~2.5	자갈, 점토, 실트, 모래	17/30~14/30	
풍화토	0.0~2.5	0.3~4.8	실트질 모래	50/17~50/12	
풍화암	0.0~3.5	0.4~3.2	굴진시 실트 섞인 모래로 분해	50/9~50/2	
연암	0.3~5.6	-	사암, 암회색 니질암	(54~100/0~74)	
경암	0.8~20.7	-	사암, 암회색 니질암	(74~100/22~100)	

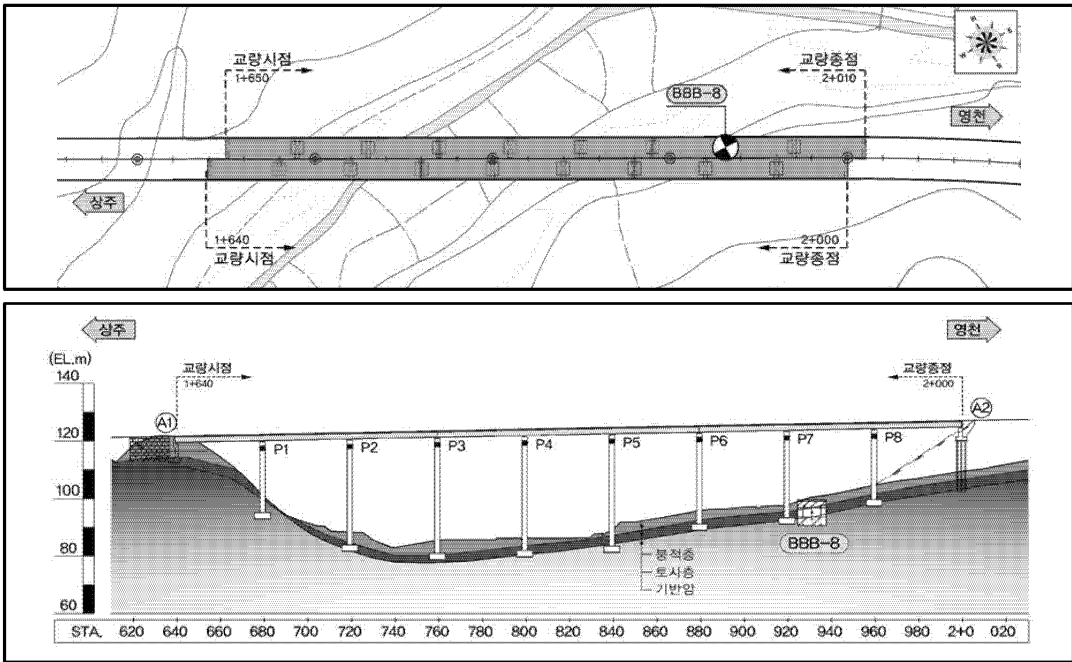
(2) 교량구간

구분	공번	표고 (EL, m)	매립·붕적층 (m)	풍화토 (m)	풍화암 (m)	연암 (m)	계 (m)	지하수위 G.L.(-)
산호교	BBB-8	98.173	2.8	3.2	-	3.0	9.0	0.6
산법교	BBB-13	126.450	2.4	1.1	1.5	4.5	9.5	0.3

• 서경교



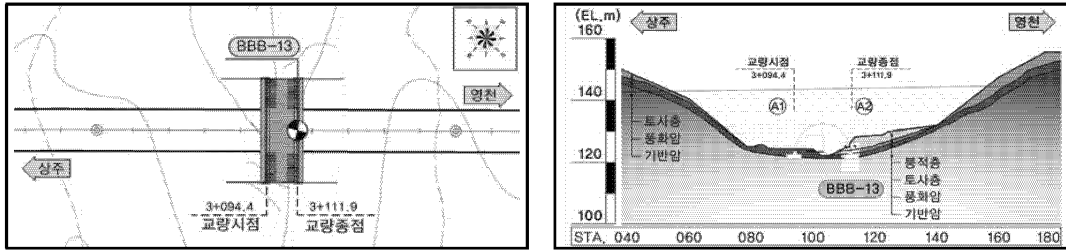
• 산호교



상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

지층구분	출현심도 (m)	층두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
매립· 붕적층	-	2.8	자갈섞인 실트질 모래	20/30~30/30	
풍화토	2.8	3.2	실트질 모래	20/30~35/30	
연암	6.0	-	중성암맥	(83/23)	

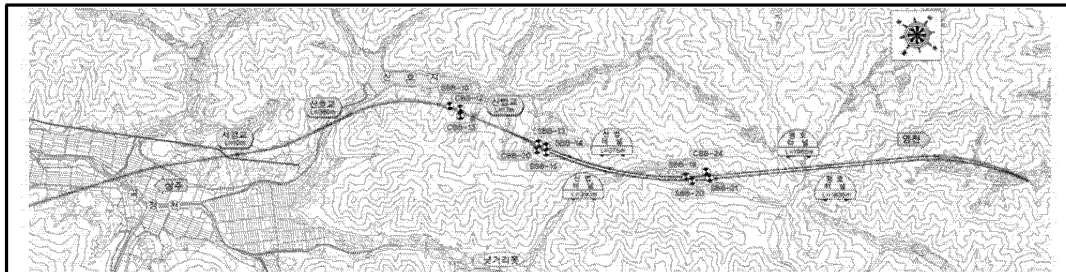
• 산법교



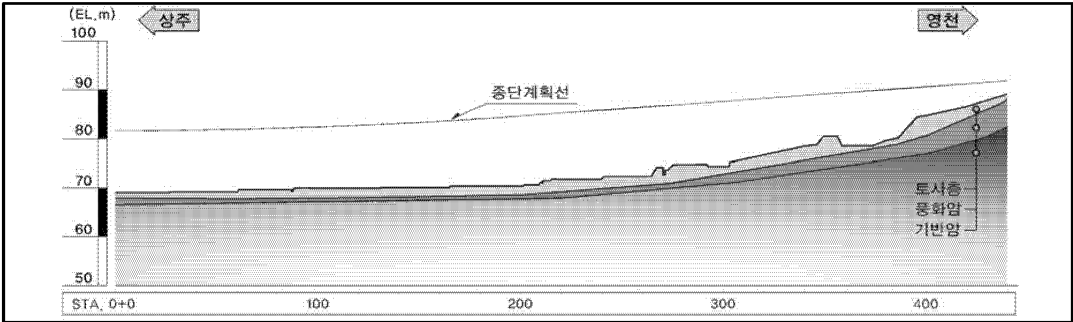
지층구분	출현심도 (m)	층두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
매립· 붕적층	-	2.4	자갈섞인 실트질 모래	9/30~14/30	
풍화토	2.4	1.1	실트질 모래	34/30	
풍화암	3.5	1.5	굴진시 실트섞인 모래로 분해	50/9	
연암	5.0	-	사암, 암회색니질암	(60~100/0~5)	

(3) 비탈면구간

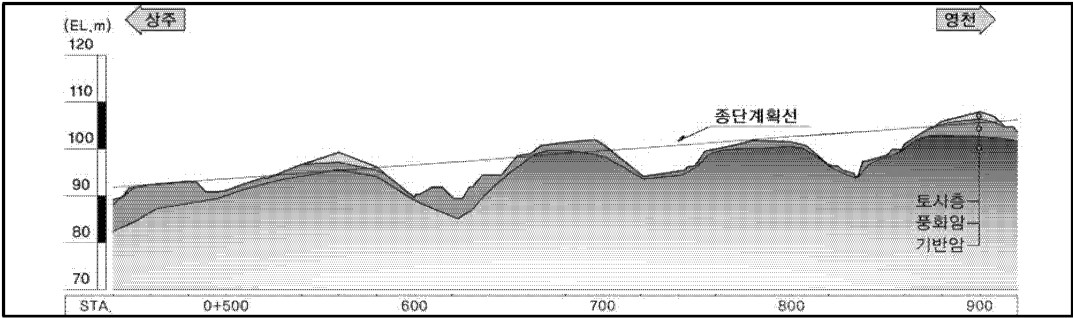
구분	공번	표고 (EL. m)	붕적층(m)	풍화토(m)	풍화암(m)	연암(m)	경암(m)	계(m)
깎기구간	CBB-12	157.296	0.7	10.0	4.3	-	-	15.0
	CBB-13	166.484	0.3	6.2	6.0	19.5	-	32.0
	CBB-20	179.089	0.5	-	2.7	0.8	14.2	18.2
	CBB-24	222.850	-	-	1.5	-	28.5	30.0
쌓기구간	SBB-10	130.859	0.5	-	0.5	1.0	-	2.0
	SBB-13	153.032	0.5	2.0	0.7	4.5	-	7.7
	SBB-14	152.648	6.0	-	-	3.7	-	9.7
	SBB-15	159.657	3.4	-	1.0	3.0	-	7.4
	SBB-19	180.703	1.9	-	-	0.6	4.5	7.0
	SBB-20	184.677	0.5	-	-	3.0	4.1	7.6
	SBB-21	199.707	1.8	-	-	5.2	-	7.0



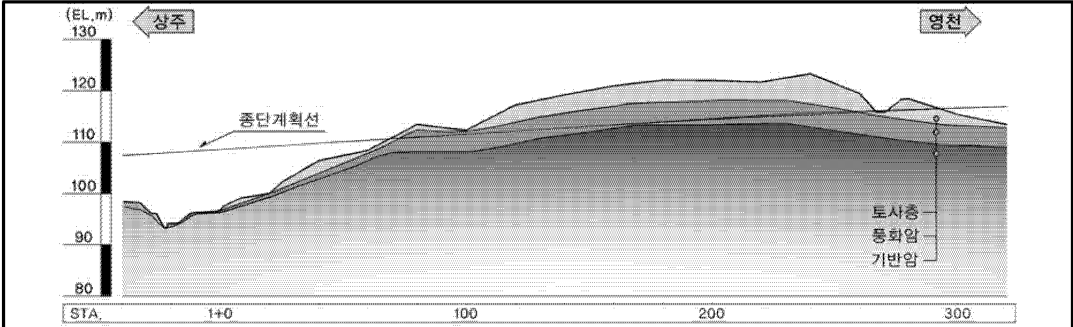
• STA. 0+000~0+440



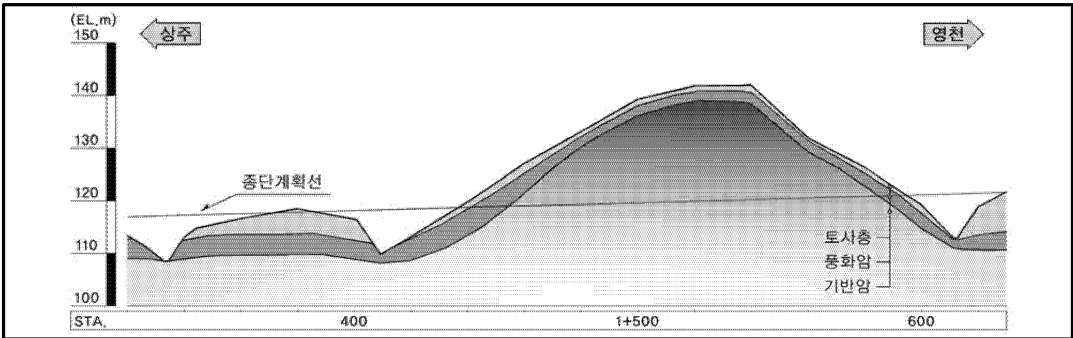
• STA. 0+440~0+920



• STA. 0+960~1+320

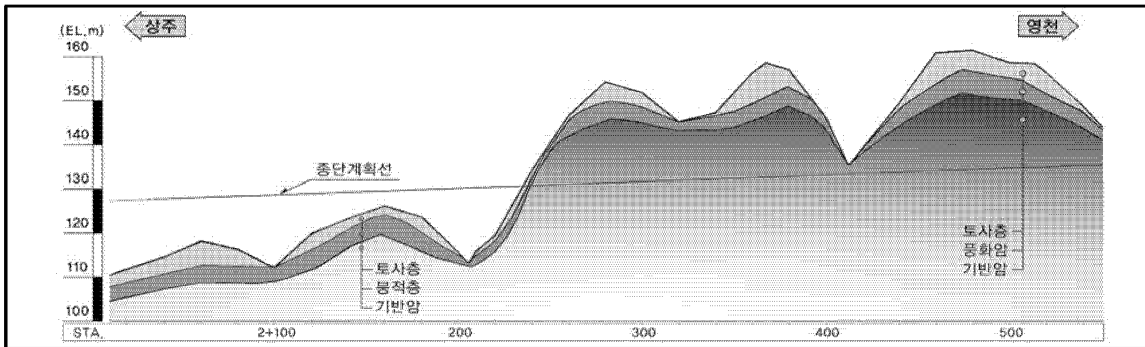


• STA. 1+320~1+620

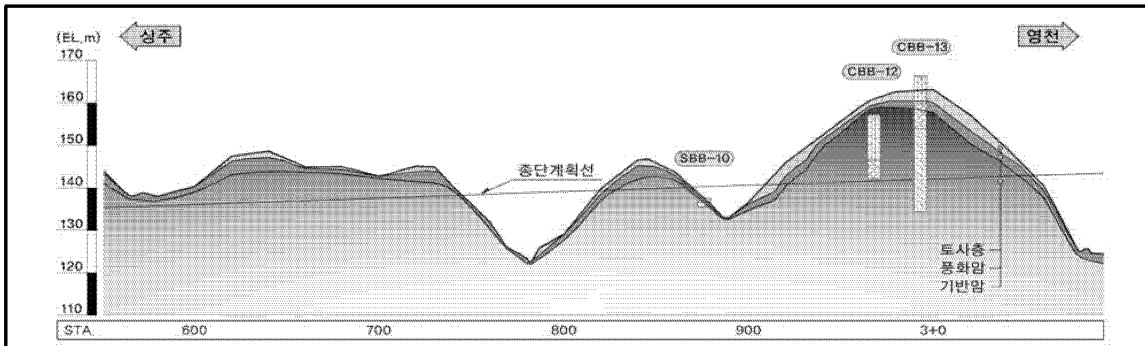


상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

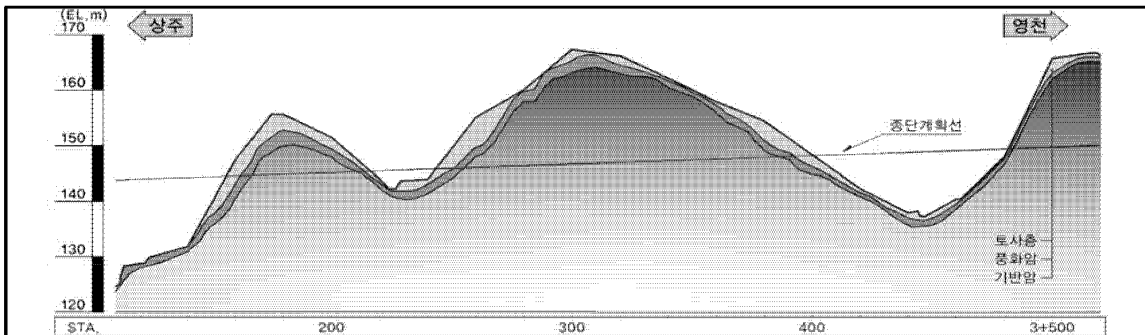
• STA. 2+010~2+550



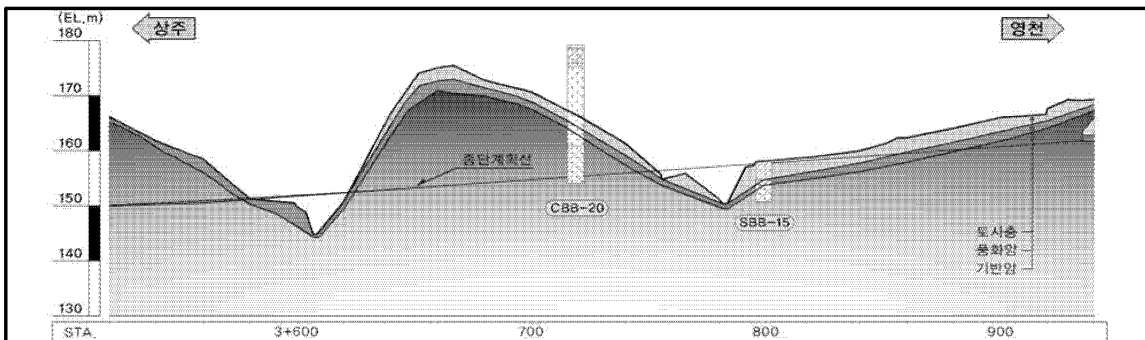
• STA. 2+550~3+090



• STA. 3+110~3+520

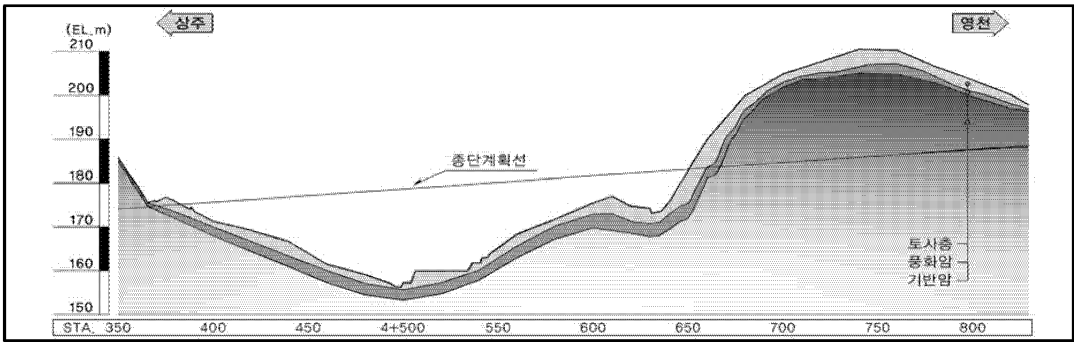


• STA. 3+520~3+940

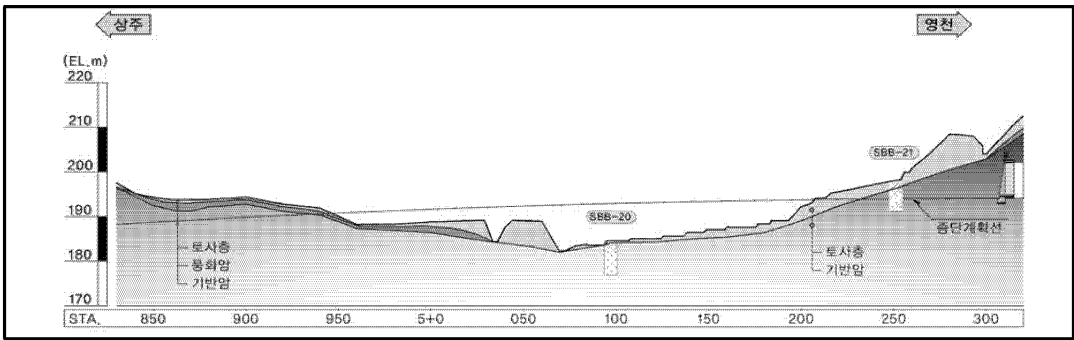


제 4 장 조사결과

• STA. 4+350~4+830



• STA. 4+830~5+320



• 깎기구간

지층구분	출현심도 (m)	층두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
붕적층	-	0.5~0.7	자갈섞인 모래질 점토	-	
풍화토	0.3~0.7	6.2 ~ 10.0	실트질 모래	27/30 ~ 50/14	
풍화암	0.0~10.7	1.5 ~ 6.0	굴진시 실트섞인 모래로 분해	50/3 ~ 50/9	
연 암	3.2~12.5	-	중성암맥	(81~100/6~36)	
경 암	1.5~4.0	-	사암, 암회색니질암, 중성암맥	(86~100/48~100)	

• 쌓지구간

지층구분	출현심도 (m)	층두께 (m)	구성토질 및 암종	N치 (TCR/RQD)	지층분포현황
붕적층	-	0.5~6.0	자갈섞인 점토질 및 모래질 점토	8/30~50/6	
풍화토	0.5	2.0	실트질 모래	-	
풍화암	2.5~3.4	0.5~1.0	굴진시 실트섞인 모래로 분해	-	
연 암	0.5~6.0	-	사암, 암회색니질암, 중성암맥	(77~100/18~75)	
경 암	2.5~3.5	-	사암, 암회색니질암	(100/77~100)	

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

4.3.5 시험굴 조사

가. 목 적

- 지층의 구성상태 파악
- 현장조사 및 실내시험에 의한 다짐특성, 노상지지력비 산정
- 쌓기재료로서의 적합성 판정 및 경제성을 고려한 쌓기재 유용 가능성 파악
- 자연상태의 현장단위중량을 구하여 비탈면 안정 해석시 반영

나. 시험 결과

구 분	지 층	함수비(%)	지 층상 태	USCS
TP-1	풍화토	27.0	실트질 모래	SM
TP-2	붕적층	20.5	실트질 모래	SM
TP-3	풍화토	21.5	실트질 모래	SM
TP-4	붕적층	24.5	실트질 모래	SW-SM
TP-5	붕적층	19.3	실트질 모래	SM
TP-6	풍화토	29.5	실트질 모래	SM
TP-7	풍화토	25.0	실트질 자갈	GM
TP-8	붕적층	23.4	실트질 모래	SM

다. 현장밀도시험

구 분	자연 함수비 (%)	자연상태 단위중량(kN/m^3)		호트리진상태 단위중량(kN/m^3)		토량환산계수 (L)	지 층 상 태
		습윤단위중량	건조단위중량	습윤단위중량	건조단위중량		
TP-1	27.0	21.04	16.56	16.87	13.28	1.247	풍화토
TP-2	20.5	19.21	15.94	14.87	12.34	1.292	붕적층
TP-3	21.5	19.00	15.64	15.15	12.47	1.254	풍화토
TP-4	24.5	17.96	14.42	14.60	11.73	1.229	붕적층
TP-5	19.3	19.36	16.23	15.52	13.01	1.248	붕적층
TP-6	29.5	21.28	16.43	15.62	12.06	1.362	풍화토
TP-7	25.0	21.06	16.85	18.53	14.82	1.137	풍화토
TP-8	23.4	18.89	15.31	15.30	12.40	1.235	붕적층

- 자연상태의 함수비는 19.3~29.5%의 범위를 보이며 붕적층의 습윤단위 중량은 17.96~19.36 kN/m^3 , 풍화토의 습윤단위 중량은 19.00~21.28 kN/m^3
- 토량환산계수(L)은 1.137~1.362의 범위를 보임

4.4 강도 및 변형 특성 분석을 위한 조사

4.4.1 토질물성 시험

가. 목 적

- 과업구간에 분포하는 토사층의 지층분류 및 물리적 특성 파악
- 터널구간 8회, 교량구간 2회, 비탈면구간 8회 총 18회 실시

나. 시험결과 및 분석

(1) 터널구간

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit		Sieve Analysis(%)					USCS
					LL(%)	PI	#4	#10	#40	#200	0.02mm	
TBB-1	-	붕적층	15.3	2.68	28.9	8.2	100	93.6	75.6	55.2	15.0	CL
TBB-3	1.0	풍화토	15.3	2.72	27.2	4.8	100	92.6	74.6	51.4	12.0	ML
TBB-7	1.0	풍화암	11.0	2.67	27.5	3.7	100	94.2	42.7	18.4	-	SM
TBB-8	1.0	풍화토	13.8	2.72	NP	-	100	97.2	74.2	51.0	12.0	ML
TBB-12	1.0	붕적층	10.7	2.69	NP	-	95.4	86.9	50.9	31.2	-	SM
TBB-13	1.0	붕적층	14.6	2.71	NP	-	91.2	86.7	54.4	20.8	-	SM
TBB-27	3.0	풍화토	13.1	2.72	26.1	3.6	83.6	76.9	59.5	36.7	9.0	SM
TBB-29	-	붕적층	13.8	2.70	NP	-	96.1	80.6	25.7	9.8	-	SW-SM

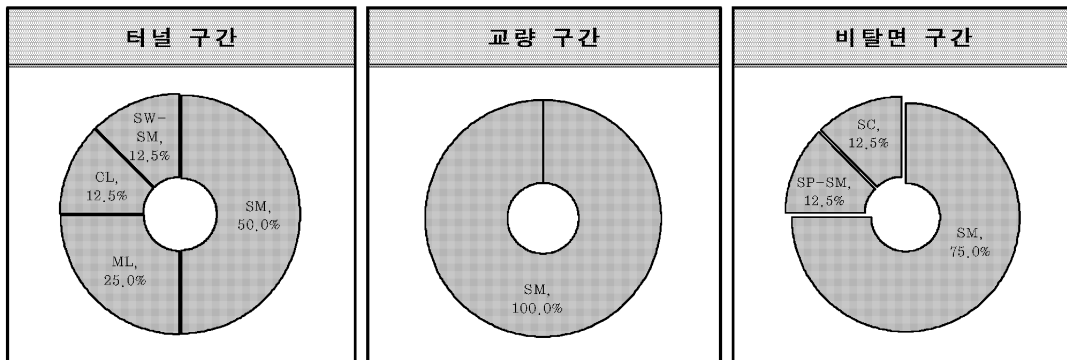
(2) 교량구간

공 번		심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit		Sieve Analysis(%)					USCS
						LL(%)	PI	#4	#10	#40	#200	0.02mm	
산호교	BBB-8	2.0	붕적층	12.5	2.69	NP	-	99.1	97.6	59.7	29.0	7.5	SM
산법교	BBB-13	3.0	풍화토	7.6	2.69	NP	-	100	100	67.3	23.3	-	SM

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(3) 비탈면구간

공 번		심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limit		Sieve Analysis(%)					USCS
						LL(%)	PI	#4	#10	#40	#200	0.02mm	
깎기	CBB-12	9.0	풍화토	13.7	2.73	NP	-	93.2	74.3	41.0	20.8	-	SM
	CBB-13	5.0	풍화토	13.1	2.69	NP	-	100	96.9	78.6	33.8	8.0	SM
	CBB-20	1.0	풍화암	17.8	2.65	NP	-	99.4	87.2	37.0	18.1	-	SM
쌓기	SBB-13	1.0	풍화토	8.9	2.67	NP	-	71.8	55.2	31.5	19.0	-	SM
	SBB-14	2.0	붕적층	11.7	2.67	NP	-	87.8	69.4	34.0	15.8	-	SM
	SBB-15	3.0	붕적층	34.1	2.67	35.4	12.0	80.5	71.7	52.1	35.0	11.0	SC
	SBB-19	1.0	붕적층	10.7	2.70	NP	-	56.3	47.0	28.3	9.6	-	SP-SM
	SBB-21	1.0	붕적층	11.9	2.65	29.2	6.2	88.3	84.2	68.4	43.0	8.0	SM



- 터널구간 함수비는 10.7~15.3%, 비중은 2.67~2.72으로 통일분류상 CL, ML, SM, SW-SM 에 해당됨
- 교량구간 함수비는 12.5%, 비중은 2.69로 통일분류상 SM 에 해당됨
- 비탈면구간 함수비는 8.9~34.1%, 비중은 2.65~2.73로 통일분류상 SM, SC, SP-SM 에 해당됨

제 4 장 조사결과

4.4.2 시추공 전단시험

가. 목 적

- 풍화대층의 현장 강도정수 파악을 위하여 시추조사와 병행하여 8회 실시
- 풍화로 및 풍화암의 설계정수 산정시 반영

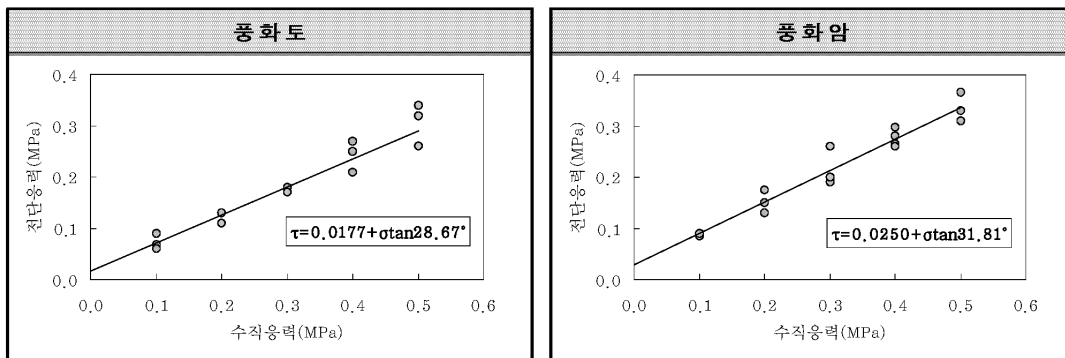
나. 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층 명	수직응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	점착력, c(kPa)	내부마찰각 $\phi(^{\circ})$	결과 그래프
산 법 단	TBB-2	2.5	풍화암	0.10	0.09	35.4	33.98	
				0.20	0.18			
				0.30	0.26			
				0.40	0.30			
				0.50	0.37			
	TBB-8	5.0	풍화토	0.10	0.09	20.0	31.11	
				0.20	0.13			
				0.30	0.18			
				0.40	0.25			
				0.50	0.32			
평 탄 단	TBB-11	2.0	풍화토	0.10	0.07	18.4	25.83	
				0.20	0.11			
				0.30	0.17			
				0.40	0.21			
				0.50	0.26			
	TBB-13	2.0	풍화암	0.10	0.09	23.1	31.21	
				0.20	0.14			
				0.30	0.19			
				0.40	0.26			
				0.50	0.33			
	TBB-27	4.2	풍화토	0.10	0.09	15.5	32.62	
				0.20	0.13			
				0.30	0.19			
				0.40	0.27			
				0.50	0.34			

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층 명	수 직 응 력 (MPa)	전 단 응 력 (MPa)	점 착 력, c(kPa)	내 부 마 찰 각 $\phi(^{\circ})$	결 과 그 래 프
췼터	TBB-29	1.2	풍 화 암	0.10	0.09	19.5	29.47	
				0.20	0.12			
				0.30	0.18			
				0.40	0.26			
				0.50	0.30			
깍 기	CBB-12	11.5	풍 화 암	0.10	0.09	27.5	30.33	
				0.20	0.15			
				0.30	0.20			
				0.40	0.28			
				0.50	0.31			
깍 기	CBB-13	5.0	풍 화 토	0.10	0.06	15.6	25.77	
				0.20	0.10			
				0.30	0.17			
				0.40	0.21			
				0.50	0.26			

다. 결과 분석



- 풍화토의 전단응력과 수직응력의 관계가 $\tau = 0.0177 + \sigma \tan 28.67^{\circ}$ 로 나타나며 $c = 15.5 \sim 20.0 \text{ kPa}$, $\phi = 25.7 \sim 32.6^{\circ}$
- 풍화암의 전단응력과 수직응력의 관계가 $\tau = 0.0250 + \sigma \tan 31.81^{\circ}$ 로 나타나며 $c = 19.5 \sim 35.4 \text{ kPa}$, $\phi = 29.4 \sim 33.9^{\circ}$

4.4.3 직접 전단시험

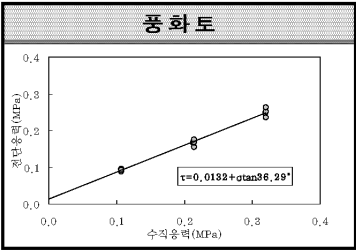
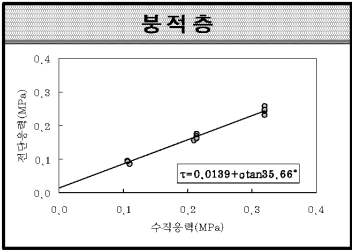
가. 목 적

- 시료의 변형에 따른 저항력을 측정하여 파괴강도, 잔류강도, 한계간극비 등을 구함
- Mohr-Coulomb의 파괴기준에 의해 강도정수(c, ϕ) 산정
- Bulk(시료채취 후 다짐) 시료 8회 실시

나. 시험결과

구 분	공 번	지 층명	수직응력 (MPa)	전단응력 (MPa)	점착력, c (kPa)	내부마찰각 $\phi(^{\circ})$	구 성 성 분(USCS)
깎기	TP-1	풍화토	0.11	0.10	16.3	35.8	암편석인 실트질 모래 (SM)
			0.21	0.17			
			0.32	0.25			
	TP-2	붕적층	0.11	0.09	13.2	37.3	점토질 모래 (SM)
			0.21	0.16			
			0.32	0.23			
	TP-3	풍화토	0.11	0.09	12.6	34.6	실트질 모래 (SM)
			0.21	0.16			
			0.32	0.24			
	TP-4	붕적층	0.11	0.10	13.2	37.3	자갈섞인 점토질 모래 (SW-SM)
			0.21	0.18			
			0.32	0.26			
	TP-5	붕적층	0.11	0.10	19.9	34.8	자갈섞인 점토질 모래 (SM)
			0.21	0.17			
			0.32	0.24			
	TP-6	풍화토	0.11	0.10	17.2	36.0	암편석인 실트질 모래 (SM)
			0.21	0.17			
			0.32	0.25			
	TP-7	풍화토	0.11	0.09	6.8	38.6	암편석인 실트질 모래 (GM)
			0.21	0.18			
			0.32	0.26			
	TP-8	붕적층	0.11	0.09	12.9	35.9	자갈섞인 점토질 모래 (SM)
			0.21	0.16			
			0.32	0.25			

다. 결과 분석



- 붕적층의 전단응력과 수직응력의 관계가 $\tau=0.0139+\sigma \tan 35.66^{\circ}$ 로 나타나며 $c=10.0\sim 19.9\text{kPa}$, $\phi=34.6\sim 37.3^{\circ}$
- 풍화토의 전단응력과 수직응력의 관계가 $\tau=0.0132+\sigma \tan 36.29^{\circ}$ 로 나타나며 $c=6.8\sim 17.2\text{kPa}$, $\phi=34.6\sim 38.6^{\circ}$

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

4.4.4 암석물성 및 일축 압축강도 시험

가. 목 적

- 암종별 물리적 특성/강도특성 파악을 위해 터널구간 32/207회, 교량구간 1/1회, 비탈면구간 2/3회 총 35/211회 실시

나. 시험 결과

구 분	공 번	심 도 (m)	암 종	비 중, G _s	흡수율 (%)	탄성파 속도(m/sec)		일축강도, q _u (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아 송비
						P파	S파			
산법터널	TBB-01	4.15	사 암	-	-	-	-	107.7	-	-
		12.50	중성암맥	-	-	-	-	118.3	-	-
		13.05	중성암맥	-	-	-	-	125.1	-	-
		13.20	중성암맥	-	-	-	-	131.6	-	-
		19.10	사 암	-	-	-	-	95.0	-	-
		20.90	사 암	2.64	0.35	2,754.9	1,499.8	123.9	1.416×10 ⁴	0.24
		27.80	중성암맥	-	-	-	-	110.0	-	-
	TBB-02	9.00	사 암	-	-	-	-	120.1	-	-
		9.85	사 암	-	-	-	-	105.1	-	-
		17.85	니질암	-	-	-	-	104.5	-	-
		19.10	중성암맥	-	-	-	-	129.3	-	-
		26.30	니질암	2.68	0.13	2,999.5	1,644.8	104.2	1.206×10 ⁴	0.25
		27.00	사 암	-	-	-	-	90.8	-	-
	TBB-03	32.85	니질암	-	-	-	-	113.8	-	-
		8.10	니질암	-	-	-	-	94.5	-	-
		11.50	니질암	-	-	-	-	75.0	-	-
		12.60	사 암	-	-	-	-	110.9	-	-
		16.20	사 암	-	-	-	-	109.0	-	-
		17.20	사 암	-	-	-	-	118.5	-	-
		18.40	사 암	-	-	-	-	134.7	-	-
	TBB-04	24.75	니질암	-	-	-	-	75.9	-	-
		8.02	사 암	-	-	-	-	78.3	-	-
		8.95	사 암	-	-	-	-	84.7	-	-
		11.35	사 암	-	-	-	-	99.3	-	-
		16.35	니질암	2.69	0.12	2,812.4	1,511.3	115.0	1.304×10 ⁴	0.25
		16.90	니질암	-	-	-	-	111.1	-	-
		24.10	사 암	-	-	-	-	99.2	-	-
	TBB-05	30.30	니질암	-	-	-	-	46.6	-	-
		28.00	사 암	-	-	-	-	101.3	-	-
		36.00	니질암	-	-	-	-	91.4	-	-
		40.60	사 암	-	-	-	-	98.6	-	-
		41.70	사 암	-	-	-	-	101.5	-	-
		46.60	사 암	2.64	0.21	2,841.6	1,502.4	136.2	1.534×10 ⁴	0.24
		53.80	니질암	-	-	-	-	87.5	-	-
	TBB-06	55.75	니질암	-	-	-	-	79.5	-	-
		33.00	사 암	2.66	0.33	2,711.3	1,451.8	101.9	1.193×10 ⁴	0.25
		46.10	니질암	-	-	-	-	84.6	-	-
		49.20	니질암	-	-	-	-	67.3	-	-
		54.90	사 암	-	-	-	-	107.9	-	-

제 4 장 조사결과

구 분	공 번	심 도 (m)	암 종	비 중, G _s	흡수율 (%)	탄성파 속도(m/sec)		일축강도, q _u (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아 송비
						P파	S파			
산법터널	TBB-06	60.30	니질암	2.72	0.26	2,111.7	1211.4	64.2	8.310×10 ³	0.27
		64.20	니질암	-	-	-	-	89.6	-	-
		69.20	사 암	-	-	-	-	112.1	-	-
	TBB-07	12.00	중성암맥	-	-	-	-	116.2	-	-
		16.70	니질암	-	-	-	-	74.4	-	-
		19.20	니질암	-	-	-	-	65.4	-	-
		24.40	사 암	-	-	-	-	97.0	-	-
		25.60	사 암	-	-	-	-	111.2	-	-
		27.50	사 암	-	-	-	-	104.0	-	-
		34.10	사 암	-	-	-	-	115.8	-	-
	TBB-08	14.60	사 암	-	-	-	-	88.6	-	-
		18.65	사 암	-	-	-	-	83.2	-	-
		18.85	사 암	-	-	-	-	92.5	-	-
		19.70	사 암	-	-	-	-	111.2	-	-
		24.10	니질암	-	-	-	-	57.2	-	-
		24.75	니질암	2.67	0.22	2,465.8	1,154.8	81.3	9.865×10 ³	0.26
	TBB-09	26.65	사 암	-	-	-	-	82.7	-	-
		7.17	사 암	-	-	-	-	93.3	-	-
		7.60	사 암	-	-	-	-	49.1	-	-
		17.65	사 암	-	-	-	-	100.2	-	-
		20.70	사 암	-	-	-	-	118.7	-	-
		23.15	사 암	-	-	-	-	98.8	-	-
		24.40	사 암	-	-	-	-	87.1	-	-
		27.50	사 암	-	-	-	-	69.3	-	-
	TBB-10	10.65	사 암	-	-	-	-	99.4	-	-
		11.45	사 암	-	-	-	-	93.4	-	-
		12.70	사 암	-	-	-	-	80.7	-	-
		14.80	사 암	-	-	-	-	78.7	-	-
		16.00	사 암	-	-	-	-	98.6	-	-
		19.00	사 암	2.65	0.22	2,715.9	1,423.9	107.7	1.248×10 ⁴	0.25
		22.60	사 암	-	-	-	-	99.8	-	-
평 호터널	TBB-11	14.55	사 암	-	-	-	-	94.6	-	-
		15.82	사 암	-	-	-	-	90.1	-	-
		18.35	사 암	-	-	-	-	75.1	-	-
		20.50	사 암	-	-	-	-	113.2	-	-
		21.70	사 암	-	-	-	-	134.8	-	-
		23.60	사 암	2.73	0.34	2,599.7	1,348.3	94.9	1.113×10 ⁴	0.26
		27.45	사 암	-	-	-	-	107.0	-	-
	TBB-12	9.00	사 암	-	-	-	-	141.6	-	-
		15.40	사 암	-	-	-	-	96.4	-	-
		19.75	니질암	-	-	-	-	111.1	-	-
		21.60	니질암	-	-	-	-	92.8	-	-
		21.80	니질암	-	-	-	-	131.3	-	-
		23.50	니질암	-	-	-	-	104.0	-	-
		34.45	사 암	-	-	-	-	126.8	-	-
	TBB-13	12.30	사 암	-	-	-	-	149.8	-	-
		13.85	사 암	-	-	-	-	115.6	-	-
		14.85	사 암	-	-	-	-	95.9	-	-
		18.30	사 암	-	-	-	-	146.2	-	-

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

구 분	공 번	심 도 (m)	암 종	비 중, G _s	흡수율 (%)	탄성파 속도(m/sec)		일축강도, q _u (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아 송비
						P파	S파			
평 호 터널	TBB-13	18.80	사 암	2.68	0.15	2,846.7	1,524.3	118.9	1.346×10 ⁴	0.24
		24.00	사 암	-	-	-	-	125.8	-	-
		27.90	니질암	-	-	-	-	90.1	-	-
	TBB-14	9.65	사 암	-	-	-	-	130.8	-	-
		12.65	사 암	-	-	-	-	80.5	-	-
		15.80	사 암	-	-	-	-	101.8	-	-
		24.65	사 암	-	-	-	-	101.0	-	-
		25.20	사 암	-	-	-	-	82.1	-	-
		27.27	사 암	-	-	-	-	92.0	-	-
		36.45	사 암	-	-	-	-	99.9	-	-
	TBB-15	28.20	니질암	-	-	-	-	113.46	-	-
		34.25	니질암	-	-	-	-	119.02	-	-
		37.40	니질암	-	-	-	-	88.65	-	-
		39.30	니질암	-	-	-	-	107.81	-	-
		43.20	니질암	2.72	0.16	2,314.5	1,311.2	83.66	1.014×10 ⁴	0.26
		48.30	니질암	-	-	-	-	98.34	-	-
		52.15	사 암	-	-	-	-	130.28	-	-
	TBB-16	40.20	니질암	-	-	-	-	165.75	-	-
		48.90	사 암	-	-	-	-	139.41	-	-
		54.50	사 암	2.59	0.53	2,744.3	1,402.6	114.84	1.308×10 ⁴	0.25
		57.70	사 암	-	-	-	-	133.91	-	-
		62.00	사 암	2.61	0.35	2,811.3	1,577.2	122.52	1.395×10 ⁴	0.24
		63.60	사 암	-	-	-	-	124.55	-	-
		66.00	사 암	-	-	-	-	113.36	-	-
	TBB-17	63.30	사 암	2.61	0.57	2,941.3	1,674.2	104.46	1.199×10 ⁴	0.25
		95.75	니질암	-	-	-	-	81.1	-	-
		99.40	사 암	-	-	-	-	127.0	-	-
		101.10	사 암	-	-	-	-	118.1	-	-
		105.15	사 암	-	-	-	-	105.3	-	-
		105.60	사 암	-	-	-	-	95.3	-	-
		108.05	사 암	-	-	-	-	119.5	-	-
		114.70	니질암	-	-	-	-	88.9	-	-
	TBB-18	118.60	사 암	2.65	0.16	2,975.6	1,688.4	129.00	1.459×10 ⁴	0.24
		9.80	니질암	2.65	0.77	2,244.6	1,302.5	52.3	7.181×10 ³	0.27
		77.80	니질암	-	-	-	-	94.3	-	-
		81.50	니질암	-	-	-	-	81.3	-	-
		90.80	사 암	-	-	-	-	70.4	-	-
		98.50	니질암	2.68	0.35	2,388.5	1,500.3	72.9	8.966×10 ³	0.27
		100.60	니질암	-	-	-	-	99.8	-	-
	TBB-19	102.50	사 암	-	-	-	-	138.4	-	-
		20.10	니질암	2.69	0.34	2,745.9	1,587.2	97.0	1.146×10 ⁴	0.26
		38.55	니질암	-	-	-	-	44.22	-	-
		42.00	사 암	-	-	-	-	30.02	-	-
		45.30	사 암	-	-	-	-	34.58	-	-
		52.30	니질암	-	-	-	-	42.40	-	-
		54.70	사 암	2.57	1.12	1,455.9	865.9	31.93	5.143×10 ³	0.28
	TBB-20	60.70	사 암	-	-	-	-	49.87	-	-
		57.80	사 암	2.65	0.27	2,784.3	1,504.2	103.52	1.204×10 ⁴	0.25
		67.10	사 암	2.67	0.13	2,899.8	1,612.1	114.84	1.325×10 ⁴	0.25

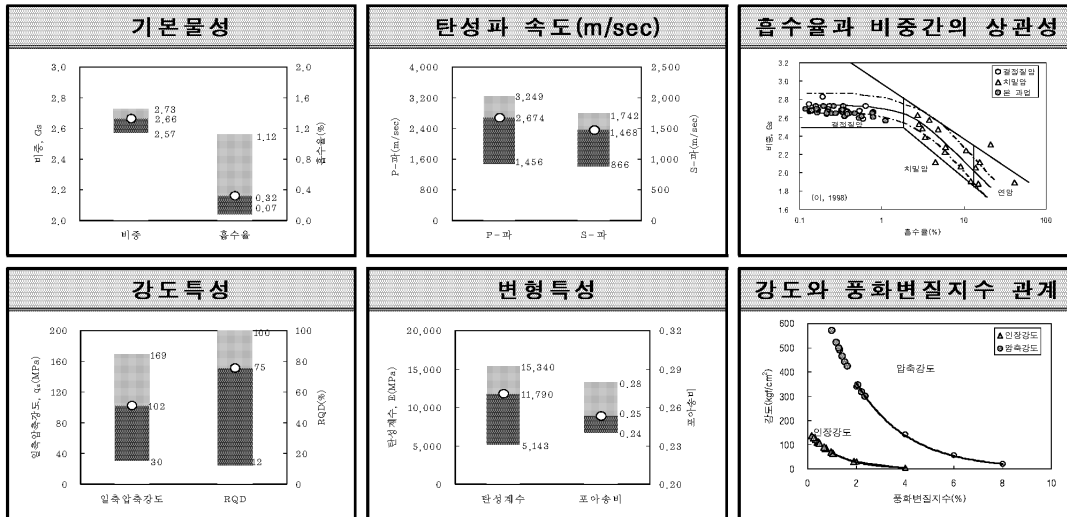
제 4 장 조사결과

구 분	공 번	심 도 (m)	암 종	비 중, G _s	흡수율 (%)	탄성파 속도(m/sec)		일축강도, q _u (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아 송비
						P파	S파			
평 호 터널	TBB-20	68.60	니질암	-	-	-	-	100.19	-	-
		75.05	사 암	-	-	-	-	109.65	-	-
		78.05	사 암	-	-	-	-	151.87	-	-
		81.20	사 암	-	-	-	-	101.42	-	-
		85.40	사 암	-	-	-	-	92.39	-	-
		89.70	사 암	-	-	-	-	126.76	-	-
	TBB-21	90.20	사 암	-	-	-	-	146.30	-	-
		12.45	사 암	2.67	0.38	2,645.1	1421.6	83.00	9.997×10 ³	0.26
		79.10	니질암	-	-	-	-	89.72	-	-
		85.20	니질암	-	-	-	-	81.78	-	-
		87.35	니질암	-	-	-	-	85.83	-	-
		88.50	사 암	2.64	0.40	2,615.9	1503.2	77.74	9.361×10 ³	0.27
	TBB-22	94.50	니질암	-	-	-	-	76.97	-	-
		99.65	사 암	-	-	-	-	124.74	-	-
		99.30	사 암	2.68	0.14	2,998.2	1,604.2	125.0	1.404×10 ⁴	0.24
		102.10	사 암	-	-	-	-	137.7	-	-
		102.30	사 암	-	-	-	-	134.9	-	-
		105.75	사 암	-	-	-	-	77.9	-	-
	TBB-23	109.15	사 암	-	-	-	-	118.0	-	-
		111.05	사 암	2.68	0.17	2,943.8	1,589.3	122.8	1.383×10 ⁴	0.24
		111.30	사 암	-	-	-	-	97.7	-	-
		97.70	사 암	2.65	0.47	2,813.5	1,577.2	84.42	1.015×10 ⁴	0.26
		109.70	사 암	-	-	-	-	61.92	-	-
		114.00	니질암	-	-	-	-	125.63	-	-
	TBB-24	118.40	니질암	-	-	-	-	100.02	-	-
		124.80	니질암	2.69	0.07	2,945.2	1,602.5	107.48	1.245×10 ⁴	0.25
		126.10	사 암	-	-	-	-	94.96	-	-
		127.30	사 암	-	-	-	-	120.59	-	-
		66.80	니질암	2.73	0.19	2,542.9	1,403.5	88.50	1.069×10 ⁴	0.26
		73.35	사 암	-	-	-	-	79.81	-	-
	TBB-25	76.25	사 암	-	-	-	-	86.94	-	-
		81.90	사 암	-	-	-	-	135.21	-	-
		85.20	사 암	2.68	0.14	2,613.5	1,502.7	125.26	1.422×10 ⁴	0.24
		90.00	니질암	-	-	-	-	76.93	-	-
		94.60	사 암	-	-	-	-	135.04	-	-
		10.05	니질암	-	-	-	-	117.65	-	-
	TBB-26	15.00	니질암	-	-	-	-	161.74	-	-
		23.05	사 암	-	-	-	-	79.29	-	-
		24.00	사 암	-	-	-	-	80.62	-	-
		27.85	사 암	2.69	0.16	3,012.5	1,674.5	130.34	1.458×10 ⁴	0.24
		29.55	니질암	-	-	-	-	94.71	-	-
		32.90	니질암	-	-	-	-	120.01	-	-
	TBB-26	4.90	니질암	-	-	-	-	70.52	-	-
		6.20	니질암	-	-	-	-	79.29	-	-
		7.30	니질암	-	-	-	-	142.93	-	-
		7.75	사 암	-	-	-	-	80.39	-	-
		9.70	사 암	-	-	-	-	144.85	-	-
		11.10	사 암	-	-	-	-	98.52	-	-
	TBB-26	18.60	니질암	-	-	-	-	93.44	-	-

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

구 분	공 번	심 도 (m)	암 종	비 중, G_s	흡수율 (%)	탄성파 속도(m/sec) P파	S파	일축강도, q_u (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아 송비
평호터널	TBB-27	7.50	니질암	-	-	-	-	121.65	-	-
		10.10	사 암	-	-	-	-	64.08	-	-
		11.10	사 암	-	-	-	-	67.17	-	-
		11.80	사 암	2.64	0.38	2517.3	1348.6	103.50	1.207×10^4	0.25
		12.60	사 암	-	-	-	-	118.14	-	-
		14.80	사 암	-	-	-	-	107.78	-	-
		18.75	사 암	-	-	-	-	154.27	-	-
	TBB-28	4.60	사 암	-	-	-	-	88.89	-	-
		9.50	사 암	-	-	-	-	88.44	-	-
		10.40	사 암	-	-	-	-	134.87	-	-
		12.50	사 암	-	-	-	-	125.54	-	-
		12.85	사 암	-	-	-	-	148.98	-	-
		15.65	사 암	-	-	-	-	74.09	-	-
	TBB-29	21.50	사 암	-	-	-	-	99.39	-	-
		1.63	사 암	-	-	-	-	109.21	-	-
		5.42	사 암	-	-	-	-	70.23	-	-
		8.20	사 암	2.60	0.79	2210.4	1241.6	73.46	9.125×10^3	0.27
		9.13	사 암	-	-	-	-	148.25	-	-
		9.65	사 암	-	-	-	-	159.58	-	-
산호교	CBB-13	12.80	사 암	-	-	-	-	128.29	-	-
		13.70	사 암	-	-	-	-	168.81	-	-
		8.05	중성암맥	2.68	0.32	2811.3	1569.5	87.29	1.045×10^4	0.26
		22.50	중성암맥	2.70	0.22	3248.5	1742.3	134.84	1.519×10^4	0.24
꺾 기	CBB-20	15.50	중성암맥	-	-	-	-	93.54	-	-
	CBB-24	4.10	사 암	2.65	0.24	2503.2	1311.8	112.21	1.290×10^4	0.25

(3) 결과 분석



- 비중(G_s)은 2.57~2.73, 흡수율(%)은 0.07~1.12의 범위를 보임
- 일축압축강도(q_u)는 30~169MPa, 탄성파속도(P파/S파)는 1,456/866~3,249/1,742cm/sec의 범위를 보임
- 탄성계수(E)는 5.14~15.34×103MPa, 포아송비는 0.24~0.28의 범위를 보임

4.4.5 점하중 강도시험

가. 목 적

- 암석의 점하중 지수를 파악하기 위하여 실내 점하중 211회, 현장 점하중 192회 총 403회 실시
- 터널구간의 암반 분류시 반영

나. 시험 결과

공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축압축강도 (MPa)	암 종
TBB-1	3.40	0.3	7.2	사 암
	4.15	4.8	114.5	사 암
	9.80	0.5	12.0	니질암
	12.50	4.4	105.0	중성암맥
	13.05	5.0	119.2	중성암맥
	13.20	5.4	129.9	중성암맥
	18.00	0.6	14.4	중성암맥
	19.10	4.5	108.5	사 암
	20.90	4.5	108.5	사 암
	23.70	0.7	16.8	니질암
	27.70	0.8	19.2	중성암맥
	27.80	4.8	114.5	중성암맥
TBB-2	3.20	0.3	7.2	사 암
	6.00	0.4	9.6	니질암
	9.00	5.5	133.0	사 암
	9.60	0.5	12.0	사 암
	9.85	4.8	114.1	사 암
	16.90	0.6	14.4	사 암
	17.85	3.5	84.4	니질암
	19.10	4.5	107.9	중성암맥
	24.20	0.7	16.8	중성암맥
	26.30	4.3	103.3	니질암
	27.00	4.3	102.3	사 암
	32.85	4.9	116.4	니질암
TBB-3	35.40	0.9	21.6	중성암맥
	5.10	0.4	9.6	니질암
	8.10	3.5	84.2	니질암
	9.45	0.5	12.0	니질암
	11.50	3.9	93.8	니질암
	12.60	4.1	98.2	사 암
	16.20	4.6	109.4	사 암
	16.80	0.6	14.4	사 암
TBB-3	17.20	4.9	118.6	사 암
	18.40	5.1	122.8	사 암
	21.05	0.7	16.8	니질암
	24.55	0.7	16.8	니질암
	24.75	2.6	63.4	니질암
	4.85	0.4	9.6	니질암
TBB-4	8.02	2.6	62.7	사 암
	8.20	0.4	9.6	사 암
	8.95	4.1	99.0	사 암
	11.35	4.2	101.1	사 암
	16.35	4.2	99.8	니질암
	16.90	4.3	103.9	니질암
	19.15	0.7	16.8	니질암
	24.10	3.7	88.0	사 암
	29.40	0.8	19.2	니질암
	30.30	3.0	72.9	니질암
TBB-5	31.90	0.8	19.2	니질암
	5.60	0.4	9.6	중성암맥
	12.60	0.5	12.0	사 암
	16.50	0.6	14.4	사 암
	22.40	0.7	16.8	니질암
	26.90	0.8	19.2	니질암
	28.00	4.1	99.0	니질암
	36.00	3.6	86.0	니질암
	40.60	3.9	93.8	사 암
	41.70	4.0	96.3	사 암
	46.60	5.8	139.1	사 암
	48.50	1.0	24.0	니질암
	53.80	3.6	86.1	니질암
	54.20	1.1	26.4	니질암
TBB-6	55.75	3.6	85.9	니질암
	5.75	0.4	9.6	니질암

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축 압축강도 (MPa)	암 종
TBB-6	11.60	0.5	12.0	니질암
	18.20	0.6	14.4	사 암
	20.90	0.7	16.8	사 암
	27.80	0.8	19.2	니질암
	33.00	4.3	102.3	사 암
	37.60	0.9	21.6	니질암
	43.70	0.9	21.6	사 암
	46.10	3.6	85.5	니질암
	49.20	2.8	66.1	니질암
	54.90	3.9	93.2	사 암
	60.30	3.0	71.4	니질암
	64.20	3.1	74.2	사 암
	69.20	4.1	97.6	사 암
TBB-7	5.60	0.4	9.6	중성암맥
	9.45	0.5	12.0	중성암맥
	12.00	4.3	103.3	중성암맥
	17.40	0.6	14.4	니질암
	16.70	3.2	76.8	니질암
	19.20	2.7	65.5	니질암
	21.70	0.7	16.8	니질암
	24.40	4.0	96.4	사 암
	25.60	4.3	103.3	사 암
	27.50	3.6	86.2	사 암
	30.00	0.8	19.2	사 암
	34.10	4.4	105.2	사 암
	37.50	0.9	21.6	사 암
TBB-8	4.70	0.4	9.6	중성암맥
	11.10	0.5	12.0	중성암맥
	14.60	3.9	92.6	사 암
	16.20	0.6	14.4	사 암
	18.65	3.9	92.7	사 암
	18.85	3.7	89.8	사 암
	19.70	4.1	99.5	사 암
	22.50	0.7	16.8	니질암
	24.10	2.7	64.7	니질암
	24.75	3.6	85.7	니질암
	26.30	0.8	19.2	사 암
	26.65	3.4	81.3	사 암
TBB-9	1.20	0.2	4.8	니질암
	3.20	0.3	7.2	사 암
	7.17	3.5	84.7	사 암
	7.50	0.4	9.6	사 암
	7.60	2.3	55.1	사 암
	12.55	0.5	12.0	사 암
	17.65	3.8	90.1	사 암
	20.70	4.1	99.5	사 암
	23.15	4.1	98.6	사 암
	24.20	0.7	16.8	사 암
	24.40	3.9	93.9	사 암
	27.50	3.2	76.2	사 암
	30.00	0.8	19.2	사 암
TBB-10	4.40	0.3	7.2	사 암
	6.55	0.4	9.6	사 암
	10.65	4.0	96.2	사 암
	11.45	3.9	93.7	사 암
	12.70	3.7	88.8	사 암
	14.80	3.5	84.3	사 암
	15.60	0.6	14.4	사 암
	16.00	4.0	95.4	사 암
	19.00	4.1	98.2	사 암
	19.50	0.7	16.8	사 암
	22.60	4.0	96.1	사 암
	23.00	0.7	16.8	사 암
TBB-11	4.95	0.4	9.6	니질암
	7.65	0.4	9.6	니질암
	12.74	0.5	12.0	니질암
	14.55	4.0	96.1	사 암
	15.82	4.0	95.1	사 암
	18.35	3.4	81.2	사 암
	20.50	5.0	119.7	사 암
	21.70	5.5	132.6	사 암
	23.60	3.5	85.0	사 암
	27.45	4.0	95.3	니질암
	28.95	0.8	19.2	사 암
TBB-12	6.45	0.4	9.6	니질암
	7.90	0.4	9.6	사 암

제 4 장 조사결과

공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축 압 축 강 도 (MPa)	암 종
TBB-12	9.00	5.4	129.2	사 암
	10.12	0.5	12.0	사 암
	13.72	0.6	14.4	사 암
	15.40	4.2	99.7	사 암
	19.75	5.0	119.4	니질암
	21.60	4.1	97.6	니질암
	21.80	6.0	143.3	니질암
	23.50	4.0	97.2	니질암
	27.40	0.8	19.2	니질암
	34.45	5.2	123.9	사 암
TBB-13	4.35	0.3	7.2	사 암
	10.33	0.5	12.0	사 암
	12.30	5.8	139.2	사 암
	13.85	4.9	118.7	사 암
	14.85	4.2	102.0	사 암
	18.30	6.3	150.9	사 암
	18.80	5.0	120.3	사 암
	24.00	5.4	129.2	사 암
	24.24	0.7	16.8	사 암
	27.90	4.0	96.2	니질암
TBB-14	6.05	0.4	9.6	사 암
	9.65	5.6	135.3	사 암
	12.65	3.7	89.5	사 암
	15.80	4.3	102.6	사 암
	16.25	0.6	14.4	사 암
	24.65	4.4	104.5	사 암
	25.20	3.5	83.4	사 암
	27.27	3.9	94.5	사 암
	33.05	0.8	19.2	사 암
	36.45	4.3	103.3	사 암
TBB-15	2.35	0.3	7.2	니질암
	3.42	0.3	7.2	니질암
	7.00	0.4	9.6	사 암
	16.02	0.6	14.4	사 암
	26.01	0.8	19.2	사 암
	28.20	5.0	119.9	니질암
	34.25	4.6	110.8	니질암
	37.40	4.4	106.8	니질암
공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축 압 축 강 도 (MPa)	암 종
TBB-15	39.30	4.0	95.5	니질암
	43.20	3.8	91.3	니질암
	48.30	4.1	97.7	니질암
	52.15	5.2	124.1	사 암
	57.89	1.1	26.4	사 암
TBB-16	5.70	0.4	9.6	사 암
	9.55	0.5	12.0	사 암
	15.94	0.6	14.4	사 암
	21.63	0.7	16.8	사 암
	40.20	5.6	133.7	사 암
	48.90	5.3	126.6	사 암
	54.50	5.0	121.1	사 암
	57.70	5.5	130.9	사 암
TBB-17	62.00	4.4	105.8	사 암
	63.60	4.6	111.1	사 암
	66.00	4.4	106.0	사 암
	1.30	0.2	4.8	니질암
	5.00	0.4	9.6	니질암
	9.20	0.5	12.0	니질암
	18.50	0.6	14.4	니질암
	40.10	0.9	21.6	니질암
	54.50	1.1	26.4	사 암
	63.30	4.2	100.3	사 암
	68.30	1.2	28.8	사 암
	82.35	1.3	31.2	니질암
	95.75	4.2	101.0	니질암
	99.40	5.3	126.4	사 암
	101.10	5.0	119.7	사 암
	105.15	4.6	111.5	사 암
	105.60	4.1	97.5	사 암
	108.05	4.1	97.6	사 암
TBB-18	114.70	3.8	90.8	사 암
	115.30	1.5	36.0	사 암
	118.60	5.0	120.8	사 암
	7.40	0.4	9.6	니질암
	9.80	2.3	54.7	니질암
	10.10	0.5	12.0	니질암
TBB-18	12.65	0.5	12.0	니질암

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축 압 축 강 도 (MPa)	암 종
TBB-18	19.80	0.7	16.8	니질암
	38.80	0.9	21.6	니질암
	46.05	1.0	24.0	니질암
	50.50	1.0	24.0	사 암
	77.55	1.2	28.8	사 암
	77.80	3.5	83.8	니질암
	81.50	3.1	73.3	니질암
	87.50	1.3	31.2	사 암
	90.80	4.1	97.6	사 암
	98.50	2.9	70.6	니질암
	98.60	1.4	33.6	니질암
	100.60	3.5	83.5	니질암
	102.50	4.9	116.4	사 암
	107.00	1.4	33.6	니질암
TBB-19	3.45	0.3	7.2	사 암
	10.66	0.5	12.0	니질암
	17.93	0.6	14.4	니질암
	20.10	3.8	90.5	니질암
	27.14	0.8	19.2	사 암
	38.55	3.0	70.9	니질암
	42.00	1.8	42.3	사 암
	43.82	0.9	21.6	니질암
	45.30	1.6	37.8	니질암
	52.30	1.6	37.7	니질암
	54.70	1.0	25.2	사 암
	60.70	3.9	94.3	사 암
TBB-20	2.30	0.3	7.2	사 암
	5.50	0.4	9.6	사 암
	6.40	0.4	9.6	사 암
	15.30	0.6	14.4	니질암
	26.30	0.8	19.2	사 암
	31.50	0.8	19.2	니질암
	41.40	0.9	21.6	사 암
	46.80	1.0	24.0	니질암
	51.60	1.0	24.0	니질암
	53.70	1.0	24.0	니질암
	68.60	3.5	83.1	니질암
	71.40	1.2	28.8	니질암
TBB-20	74.40	1.2	28.8	사 암
	75.05	4.7	112.0	사 암
	78.05	5.4	128.5	사 암
	80.00	1.3	31.2	사 암
	81.20	0.4	10.3	사 암
	85.40	4.2	100.4	사 암
	89.70	4.6	109.6	사 암
	90.20	4.8	114.4	사 암
	91.70	1.3	31.2	사 암
	97.70	1.4	33.6	사 암
TBB-21	2.80	0.3	7.2	니질암
	9.50	0.5	12.0	니질암
	12.45	3.3	79.6	사 암
	16.80	0.6	14.4	사 암
	29.10	0.8	19.2	사 암
	54.10	1.1	26.4	사 암
	70.30	1.2	28.8	니질암
	74.90	1.2	28.8	사 암
	79.10	2.7	64.7	니질암
	85.20	3.0	71.1	니질암
	85.60	1.3	31.2	니질암
	87.35	2.9	70.5	니질암
TBB-22	88.50	3.0	72.5	사 암
	92.40	1.3	31.2	사 암
	94.50	3.4	81.2	니질암
	99.65	4.9	118.0	사 암
	4.55	0.3	7.2	사 암
	9.74	0.5	12.0	사 암
	24.14	0.7	16.8	사 암
	52.55	1.0	24.0	사 암
	64.02	1.1	26.4	니질암
	90.71	1.3	31.2	사 암
	99.30	5.4	130.0	사 암
	102.10	5.5	132.8	사 암
	102.30	5.6	135.4	사 암
	105.75	3.7	87.7	사 암
	109.15	5.4	130.5	사 암
	111.05	5.5	132.1	사 암

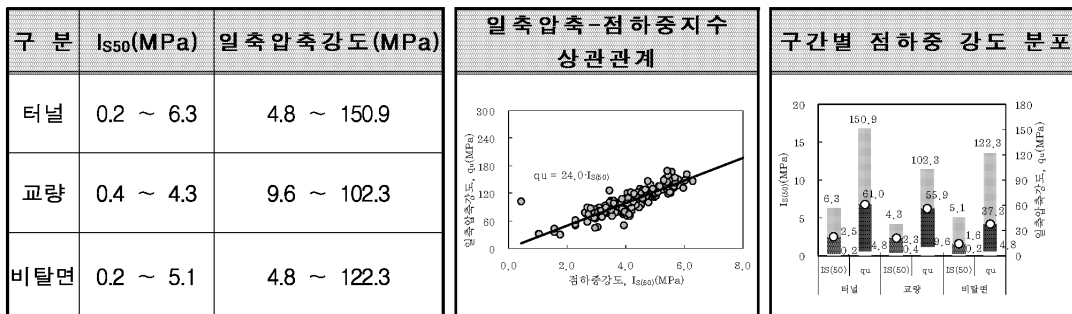
제 4 장 조사결과

공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축 압 축 강 도 (MPa)	암 종
TBB-22	111.30	3.9	92.5	사 암
	117.02	1.5	36.0	사 암
TBB-23	1.85	0.2	4.8	니질암
	6.15	0.4	9.6	사 암
	15.65	0.6	14.4	사 암
	69.45	1.2	28.8	사 암
	88.25	1.3	31.2	사 암
	97.70	3.9	93.4	사 암
	107.72	1.4	33.6	니질암
	109.70	2.3	54.8	니질암
	114.00	3.5	83.1	니질암
	118.40	4.8	115.1	사 암
	124.80	4.2	100.3	니질암
	126.10	4.3	104.2	사 암
TBB-24	127.30	5.0	120.3	사 암
	4.80	0.4	9.6	니질암
	12.80	0.5	12.0	사 암
	42.60	0.9	21.6	니질암
	60.20	1.1	26.4	니질암
	66.80	3.3	80.2	니질암
	73.35	2.8	68.2	사 암
	76.25	2.8	67.5	사 암
	77.20	1.2	28.8	니질암
	81.90	5.3	127.7	사 암
	84.30	1.3	31.2	사 암
	85.20	4.6	109.9	사 암
	90.00	3.9	94.6	니질암
	94.60	5.4	130.8	사 암
	95.10	1.4	33.6	사 암
TBB-25	1.60	0.2	4.8	사 암
	10.05	4.6	111.4	니질암
	10.30	0.5	12.0	니질암
	15.00	6.1	145.8	니질암
공 번	심 도 (m)	Is50 (MPa)	일 축 압 축 강 도 (MPa)	암 종
TBB-25	15.75	0.6	14.4	니질암
	20.50	0.7	16.8	사 암
	23.05	3.3	80.0	사 암
	24.00	3.1	75.5	사 암
	27.85	4.9	118.2	사 암
	29.55	4.2	99.7	니질암
	32.90	4.6	109.4	니질암
	42.30	0.9	21.6	니질암
TBB-26	2.60	0.3	7.2	사 암
	4.90	4.1	99.2	니질암
	6.10	0.4	9.6	니질암
	6.20	3.5	83.7	니질암
	7.30	5.7	137.0	니질암
	7.60	0.4	9.6	사 암
	7.75	4.0	95.3	사 암
	9.70	5.4	130.0	사 암
	10.80	0.5	12.0	사 암
	11.10	3.6	86.5	사 암
	17.40	0.6	14.4	사 암
	18.60	3.3	79.4	사 암
TBB-27	19.35	0.7	16.8	사 암
	6.60	0.4	9.6	니질암
	7.50	4.2	100.1	니질암
	10.10	3.0	71.0	사 암
	11.10	2.9	70.4	사 암
	11.78	0.5	12.0	사 암
	11.80	4.1	99.4	사 암
	12.60	4.3	102.9	사 암
	14.80	0.6	14.4	사 암
	14.80	3.9	93.5	사 암
TBB-28	18.75	5.7	136.4	사 암
	19.78	0.7	16.8	사 암
	1.20	0.2	4.8	니질암

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

공 번	심 도 (m)	I_{ss0} (MPa)	일 축 압 축 강 도 (MPa)	압 중
TBB-28	4.60	3.3	80.1	사 암
	5.00	0.4	9.6	사 암
	9.50	4.2	100.7	사 암
	10.40	5.1	123.6	사 암
	12.50	4.7	112.6	사 암
	12.85	5.3	127.0	사 암
	15.65	4.1	99.1	사 암
	18.80	0.7	16.8	사 암
	21.50	4.2	100.3	사 암
	25.15	0.7	16.8	사 암
	29.90	0.8	19.2	니질암
TBB-29	1.63	4.1	97.9	사 암
	3.10	0.3	7.2	사 암
	5.42	3.5	84.6	사 암
	6.65	0.4	9.6	사 암
	8.20	2.7	65.3	사 암
	9.13	6.0	144.9	사 암
	9.65	5.4	130.5	사 암
	9.90	0.5	12.0	사 암
	12.80	4.7	112.3	사 암
	13.70	5.4	130.0	사 암
BBB-8	8.00	0.4	9.6	중성암맥
	8.77	4.3	102.3	중성암맥
BBB-13	8.20	0.4	9.6	니질암
CBB-13	13.00	4.1	97.3	중성암맥
	21.50	0.7	16.8	중성암맥
	22.20	4.7	112.5	중성암맥
	22.50	5.1	122.3	중성암맥
CBB-20	28.20	0.8	19.2	중성암맥
	5.30	0.4	9.6	중성암맥
	15.50	3.5	84.2	중성암맥
CBB-24	17.68	0.6	14.4	중성암맥
	4.10	4.6	109.8	사 암
	9.68	0.5	12.0	니질암
SBB-10	23.98	0.7	16.8	사 암
	1.40	0.2	4.8	사 암
	3.67	0.3	7.2	중성암맥
SBB-13	6.80	0.4	9.6	중성암맥
SBB-14	6.27	0.4	9.6	중성암맥
SBB-15	6.90	0.4	9.6	니질암
SBB-19	1.90	0.2	4.8	중성암맥
SBB-20	4.88	0.4	9.6	사 암
SBB-21				

다. 결과 분석



• 점하중지수와 일축압축강도의 상관성 분석 결과 퇴적암은 $q_u=24.0 \times I_{ss0}$ 의 관계를 보임

4.4.6 삼축압축 및 인장강도시험

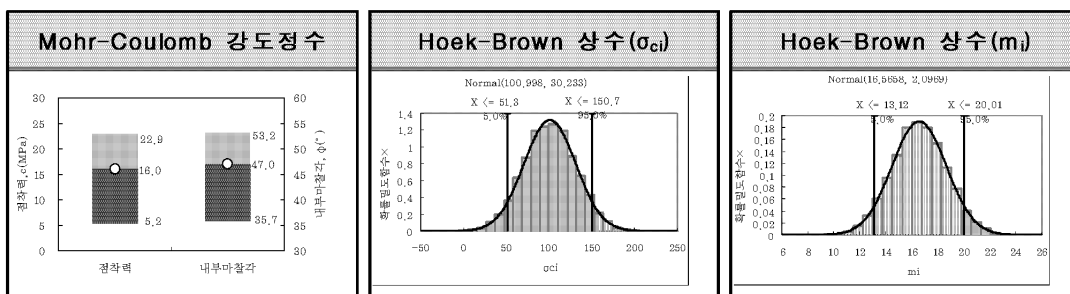
가. 목 적

- 암석의 강도 특성을 파악하기 위하여 터널구간에서 총 16회 실시
- 암종별 Hoek-Brown 상수(m_i)산정 및 Hoek-Brown 파괴기준에 의한 암반강도 산정시 활용

나. 시험 결과

공 번	심 도 (m)	암 종	점 착력, c(MPa)	내 부마찰각 $\phi(^{\circ})$	인장강도, (MPa)
TBB-02	31.20	니질암	22.92	53.2	13.74
TBB-03	15.40	사 암	18.85	48.3	11.22
TBB-04	21.70	사 암	14.30	46.6	8.47
TBB-05	42.50	사 암	14.40	47.2	8.79
TBB-06	45.60	니질암	14.12	47.0	8.41
TBB-07	7.70	중성암맥	11.56	43.0	7.02
TBB-12	16.85	사 암	14.86	46.9	8.83
TBB-17	70.50	니질암	10.79	43.2	6.54
TBB-18	59.20	사 암	18.57	47.6	11.09
TBB-19	40.50	사 암	5.21	35.7	3.14
TBB-20	98.10	니질암	15.27	47.1	9.06
TBB-21	77.10	니질암	18.26	49.0	10.97
TBB-23	110.50	니질암	18.04	48.7	10.79
TBB-24	81.30	사 암	20.16	49.3	12.11
TBB-25	26.95	니질암	21.84	51.8	12.97
TBB-28	23.60	사 암	17.36	48.3	10.53

다. 결과 분석



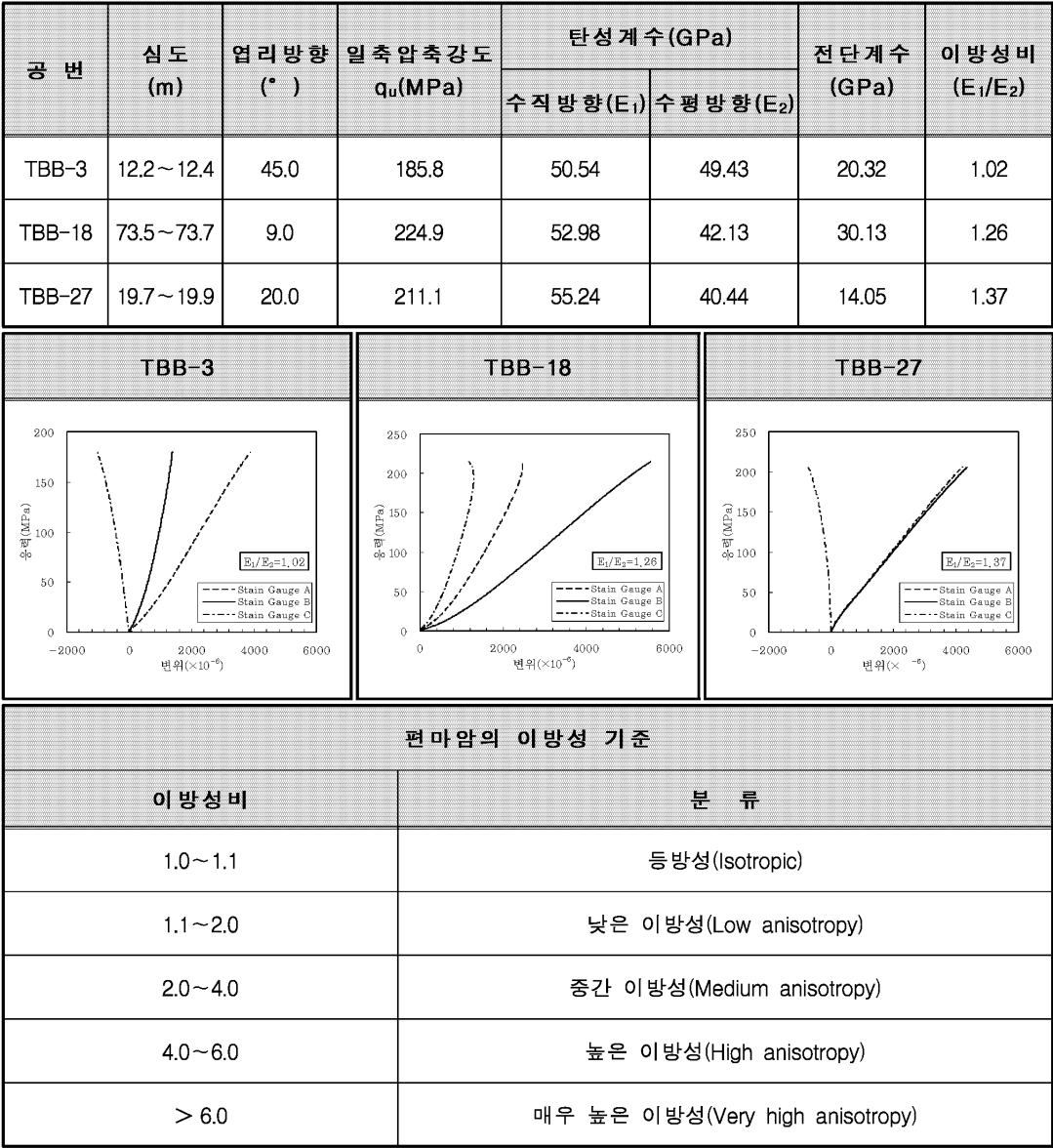
- 점착력(c)은 5.2~22.9MPa, 내부마찰각(ϕ)은 35.7~53.2°의 범위를 보임
- 신뢰구간 90%에 해당하는 Hoek-Brown 상수(m_i)는 15.9~21.2의 범위를 보임
- 인장강도는 3.14~13.74MPa의 범위를 보임

4.4.7 이방성시험

가. 목 적

- 암반의 생성원인, 절리상태, 풍화정도, 지하수, 초기응력상태 등의 영향에 따른 이방성 파악
- 암중에 따른 이방성 크기를 산정하기 위하여 층리가 발달한 암에 대해 3회의 암석시험 실시

나. 시험결과 및 분석



• 이방성은 1.02~1.37로 낮은 이방성(Low anisotropy)에 해당하는 것으로 판단됨

4.4.8 공내재하시험

가. 목 적

- 지반의 변형 특성을 파악하기 위하여 연암층에 PMT 9회, 경암층에 Goodman Jack 33회 실시, 총 42회 실시

나. 시험 결과

(1) 터널구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	N값 (TCR/RQD)	RMR	변형계수, E_m (MPa)	탄성계수, E (MPa)	시험기종	암 종
산법터널	TBB-1	20.0	경 암	100/100	78	1.13×10^5	1.48×10^5	GMJ	사 암
	TBB-2	4.5	연 암	100/63	50	13,357.8	35,606.4	PMT	니질암
	TBB-3	15.5	경 암	100/100	79	1.05×10^5	1.22×10^5	GMJ	사 암
	TBB-4	13.5	경 암	100/37	41	5.24×10^4	6.51×10^4	GMJ	니질암
	TBB-4	23.5	경 암	100/88	72	9.75×10^4	1.38×10^5	GMJ	사 암
	TBB-5	42.0	경 암	100/81	46	1.04×10^5	1.22×10^5	GMJ	사 암
	TBB-6	45.0	경 암	100/99	72	6.41×10^4	1.08×10^5	GMJ	니질암
	TBB-6	55.0	경 암	100/93	68	8.27×10^4	9.76×10^4	GMJ	사 암
	TBB-7	29.5	경 암	100/100	92	5.88×10^4	9.16×10^4	GMJ	사 암
	TBB-8	9.5	연 암	100/20	34	1,413.2	2,887.3	PMT	중성암맥
	TBB-9	18.0	경 암	100/97	72	6.37×10^4	9.88×10^4	GMJ	사 암
	TBB-10	8.0	연 암	90/26	43	1,016.0	3,429.1	PMT	니질암
평 호터널	TBB-11	6.6	연 암	95/39	45	1,495.3	4,661.3	PMT	니질암
	TBB-12	25.0	경 암	100/74	67	8.40×10^4	9.99×10^4	GMJ	니질암
	TBB-13	5.0	연 암	90/31	41	1,533.1	3,685.2	PMT	사 암
	TBB-14	24.0	경 암	100/34	46	7.01×10^4	9.96×10^4	GMJ	사 암
	TBB-15	5.0	연 암	85/19	40	1,393.6	3,893.8	PMT	니질암
	TBB-15	42.0	경 암	100/74	70	8.14×10^4	9.97×10^4	GMJ	니질암
	TBB-16	50.5	경 암	100/96	74	7.03×10^4	9.21×10^4	GMJ	사 암
	TBB-16	60.0	경 암	100/100	83	9.61×10^4	1.09×10^5	GMJ	사 암
	TBB-17	25.5	경 암	100/58	62	8.35×10^4	9.93×10^4	GMJ	사 암
	TBB-17	38.0	경 암	100/50	58	6.75×10^4	8.84×10^4	GMJ	니질암
	TBB-18	75.0	경 암	100/97	74	8.47×10^4	9.93×10^4	GMJ	사 암
	TBB-18	85.0	경 암	100/82	73	9.59×10^4	1.08×10^5	GMJ	니질암

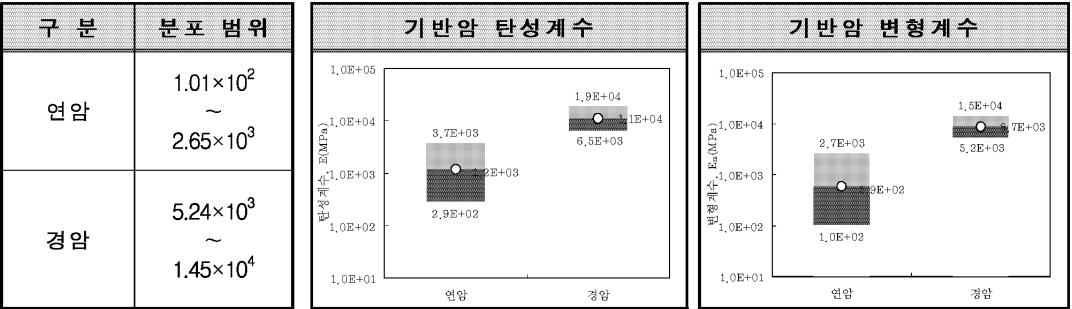
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	N값 (TCR/RQD)	RMR	변형 계수, E _m (MPa)	탄성 계수, E(MPa)	시험기종	암 종
평호터널	TBB-19	28.0	경 압	100/93	60	8.26×10 ⁴	1.01×10 ⁵	GMJ	사 암
	TBB-19	42.0	경 압	100/91	59	9.82×10 ⁴	9.98×10 ⁴	GMJ	사 암
	TBB-20	75.0	경 압	100/47	53	8.25×10 ⁴	9.90×10 ⁴	GMJ	사 암
	TBB-20	85.0	경 압	100/33	46	6.61×10 ⁴	9.97×10 ⁴	GMJ	사 암
	TBB-21	70.0	경 압	100/46	52	1.27×10 ⁵	1.85×10 ⁵	GMJ	니질암
	TBB-21	80.0	경 압	100/81	61	8.10×10 ⁴	1.08×10 ⁵	GMJ	니질암
	TBB-22	95.0	경 압	100/62	70	1.01×10 ⁵	1.52×10 ⁵	GMJ	니질암
	TBB-22	106.0	경 압	100/78	67	9.75×10 ⁴	1.38×10 ⁵	GMJ	사 암
	TBB-23	115.0	경 압	100/87	71	1.45×10 ⁵	1.59×10 ⁵	GMJ	니질암
	TBB-23	120.0	경 압	100/97	83	9.78×10 ⁴	1.03×10 ⁵	GMJ	사 암
	TBB-24	70.0	경 압	100/65	62	9.01×10 ⁴	1.27×10 ⁵	GMJ	사 암
	TBB-24	80.0	경 압	100/93	80	9.63×10 ⁴	1.09×10 ⁵	GMJ	니질암
	TBB-25	20.5	경 압	100/100	85	9.73×10 ⁴	1.10×10 ⁵	GMJ	사 암
	TBB-26	12.0	경 압	100/90	69	6.68×10 ⁴	1.06×10 ⁵	GMJ	사 암
	TBB-27	5.8	연 압	93/0	37	2,335.9	5,396.7	PMT	니질암
	TBB-28	18.5	경 압	100/77	59	7.01×10 ⁴	8.08×10 ⁴	GMJ	사 암
	TBB-29	4.2	연 압	100/94	49	4,042.1	8,553.2	PMT	사 암

(2) 교량구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	N값 (TCR/RQD)	RMR	변형 계수 (MPa)	탄성 계수 (MPa)	시험기종	암 종
산호교	BBB-8	7.0	연 압	83/23	-	26,549.4	37,402.7	PMT	중성암맥

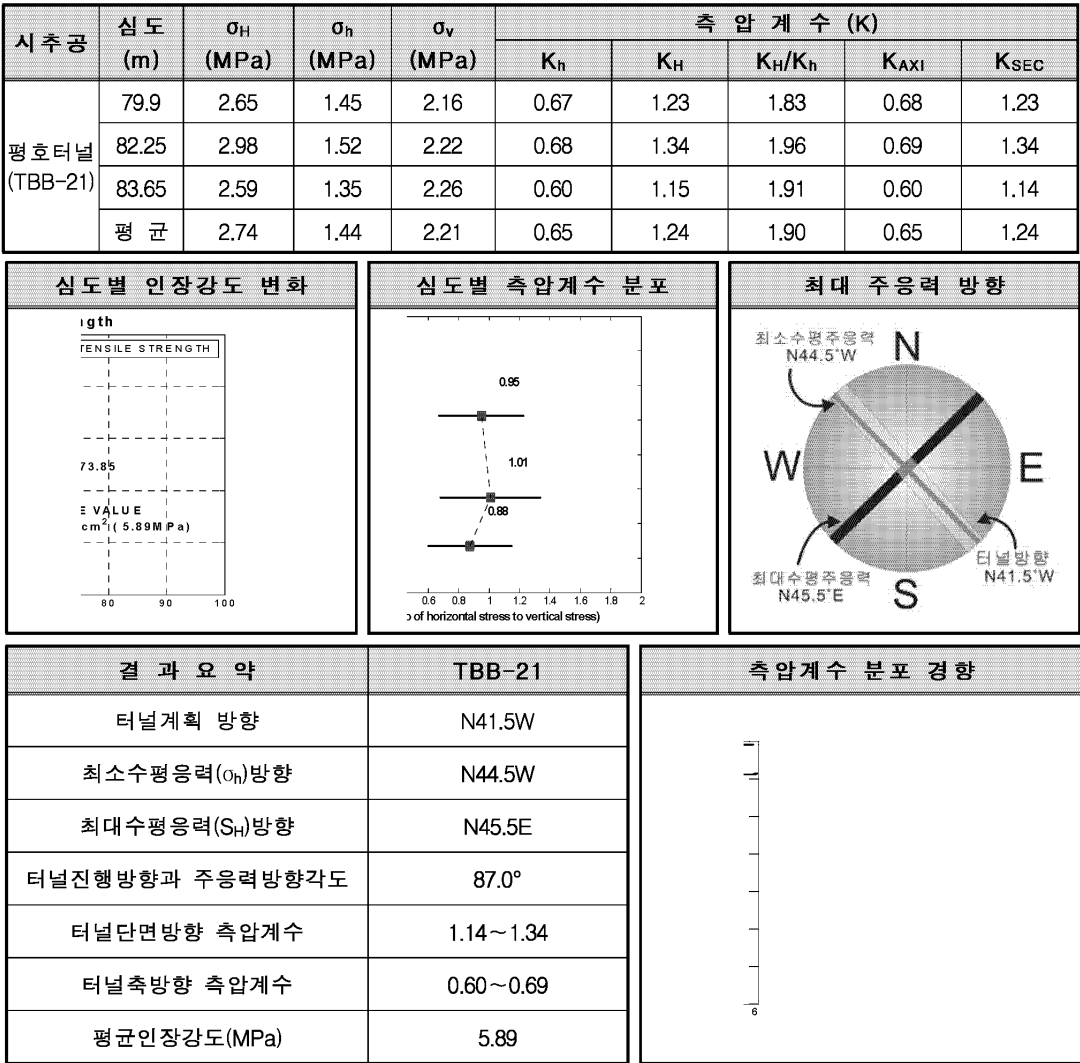
다. 결과 분석



4.5 지중응력 및 내구성 특성분석을 위한 조사

4.5.1 수압파쇄 시험

- 가. 목적
 - 현장 암반의 초기응력과 측압계수를 산정하기 위하여 대표공(평호터널, TBB-21)을 선정하여 실시
- 나. 시험결과 및 분석



- 터널구간의 최대수평주응력의 방향은 N45.5E이고, 터널굴진방향은 N41.5W로서 약 87.0°의 각을 이룸
- 터널 계획심도 79.9~83.65m에서 측압계수는 1.14~1.34의 범위를 보임

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

4.5.2 AE/DRA 시험

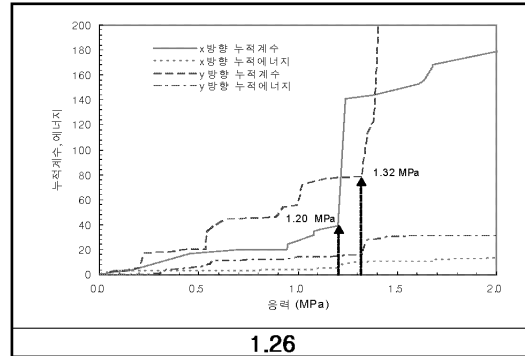
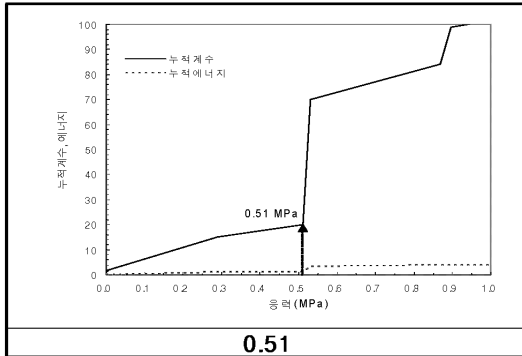
가. 목 적

- 현지 암반의 초기응력상태 파악 및 축압계수 산정을 위해 3회 실시

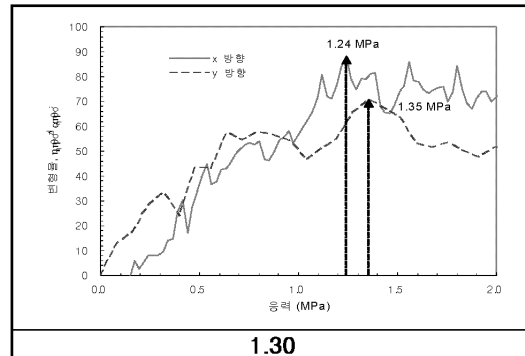
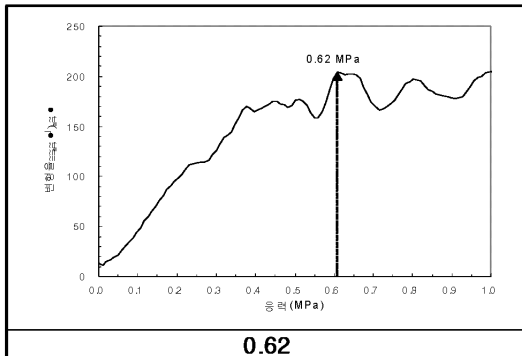
나. 시험결과 및 분석

(1) TBB-4(19.4m)

• AE결과

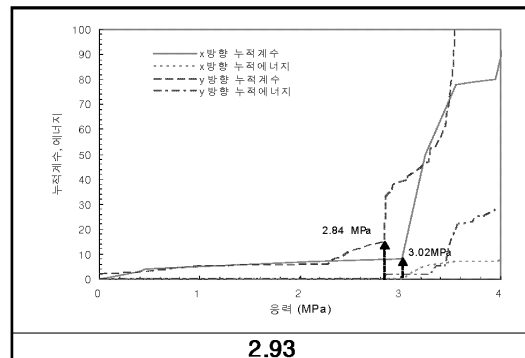
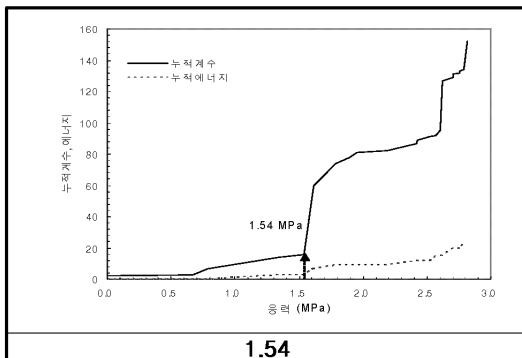


• DRA결과



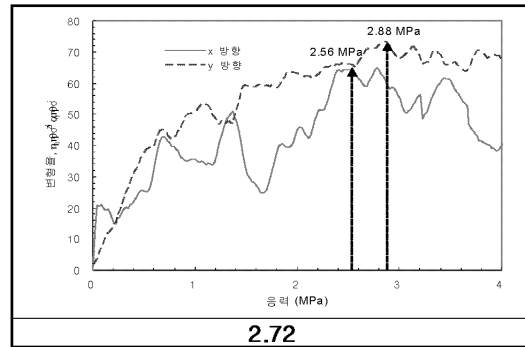
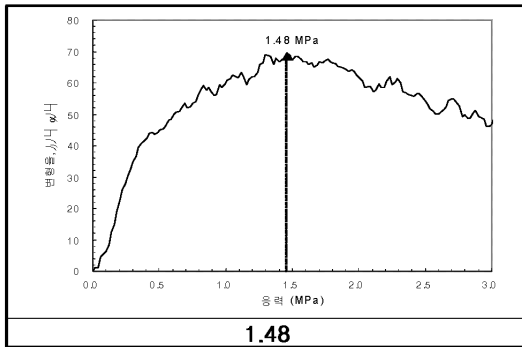
(2) TBB-19(59.3m)

• AE결과



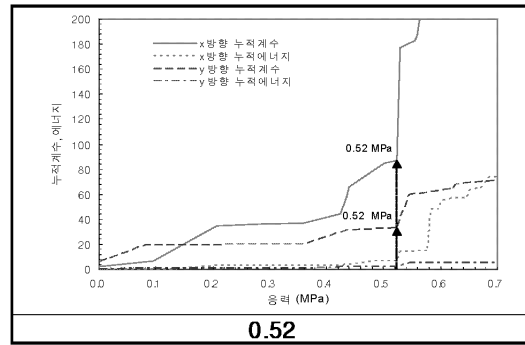
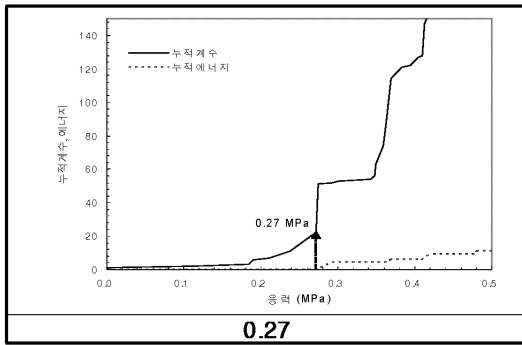
제 4 장 조사결과

• DRA결과

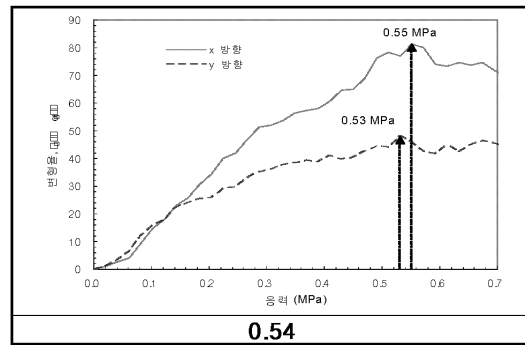
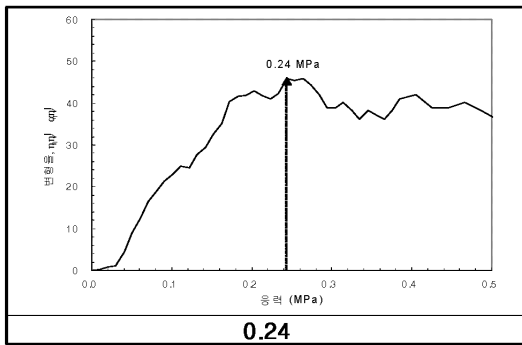


(3) TBB-26(9.1m)

• AE결과



• DRA결과



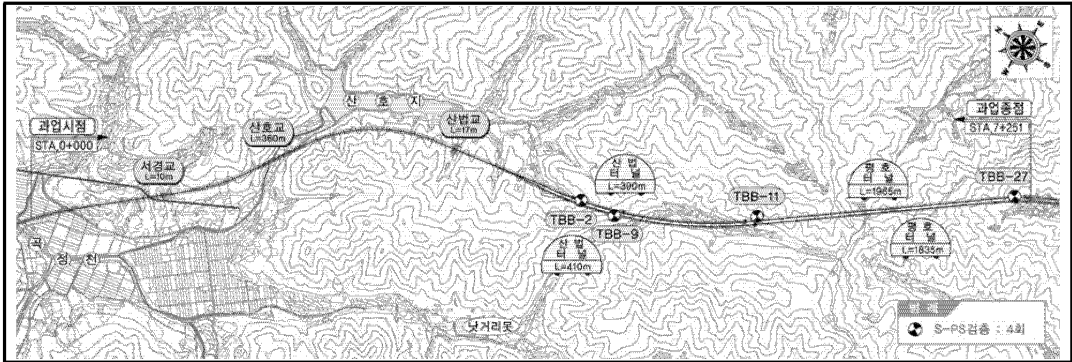
구 분	공 번	심 도 (m)	AE 시험(MPa)		DRA 시험(MPa)		측압계수, K	
			수직	수평	수직	수평	AE	DRA
정 화 터 널	TBB-4	19.4	0.51	1.26	0.62	1.30	2.47	2.09
	TBB-19	59.3	1.54	2.93	1.48	2.72	1.90	1.84
	TBB-26	9.1	0.27	0.52	0.24	0.54	1.93	2.25

• 실내시험의 경우 무결암의 피로 진행에 따라 평가되는데 반해 현지응력 측정은 잠재 크랙을 포함한 상태에서 시험을 수행, 측압계수는 1.84~2.47의 범위를 보임

4.6 동적 특성 분석을 위한 조사

4.6.1 개 요

- 가. 기본방향
 - 지반의 내진해석을 위한 동적특성(전단파속도, 동탄성계수, 동전단탄성계수) 파악
- 나. 조사 위치 및 수량
 - S-PS검층 4공 실시

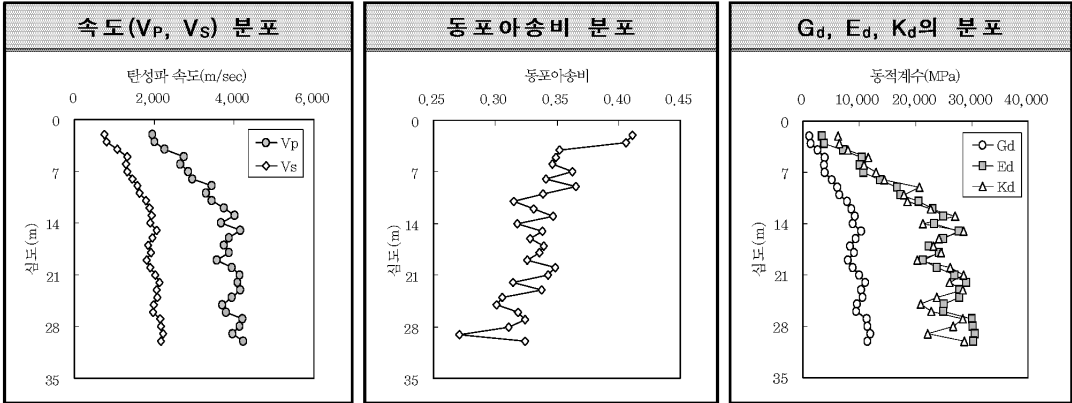


4.6.2 S-PS 검층

- 가. 목 적
 - 지층별 탄성파 속도(V_p , V_s) 측정
 - 내진해석을 위한 동적물성치(전단파속도, 동포아송비, 동탄성계수, 동전단계수) 산정
- 나. 시험 결과
 - (1) TBB-2

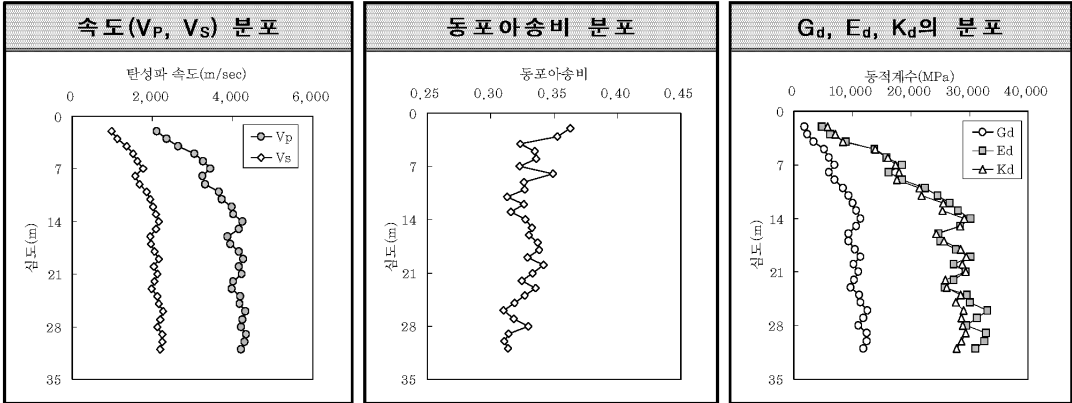
지 층	심 도 (m)	탄성 파속도		동적물성치			
		탄성 파속도, V_p (m/sec)	전 단 파속도, V_s (m/sec)	동 포 아송비 ν_d	전 단 탄 성 계 수, G_d (MPa)	동 탄 성 계 수, E_d (MPa)	체 적 변 형 계 수 K_d (MPa)
풍 화 암	1.0~3.0	1,983	780	0.408	1,240	3,490	6,360
연 암	3.0~6.0	2,625	1,252	0.353	3,520	9,520	10,780
경 암	6.0~36.0	3,828	1,938	0.328	9,200	24,430	23,620

제 4 장 조사결과



(2) TBB-9

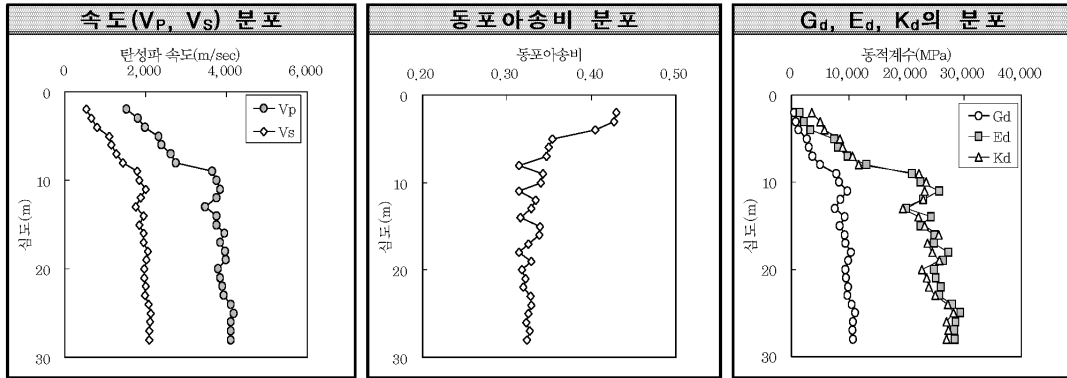
지 층	심 도 (m)	탄성파속도		동포아송비 ν_d	동적물성치		
		탄성파속도, V_P (m/sec)	전단파속도, V_S (m/sec)		전단탄성계수, G_d (MPa)	동탄성계수, E_d (MPa)	체적변형계수, K_d (MPa)
연암	1.0~3.2	2104	976	0.363	2,140	5,830	7,090
경암	3.2~36.0	3856	1955	0.327	9,360	24,840	23,940



(3) TBB-11

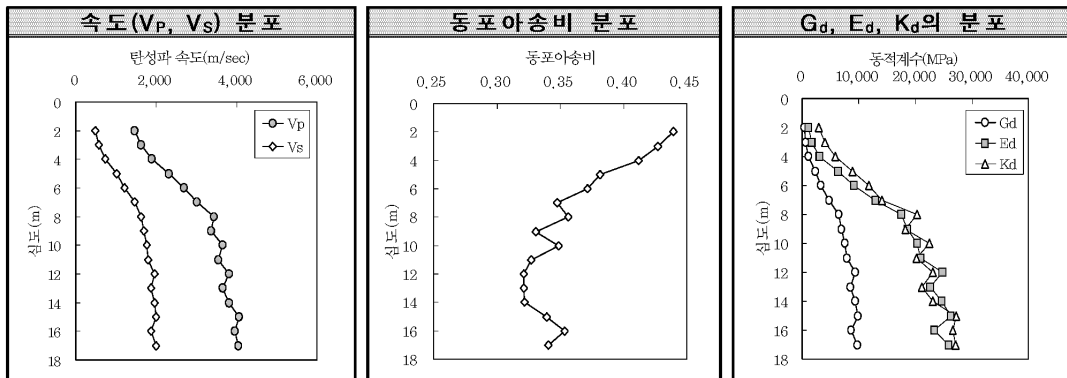
지 층	심 도 (m)	탄성파속도		동포아송비 ν_d	동적물성치		
		탄성파속도, V_P (m/sec)	전단파속도, V_S (m/sec)		전단탄성계수, G_d (MPa)	동탄성계수, E_d (MPa)	체적변형계수, K_d (MPa)
풍화토	0.0~4.8	1774	660	0.420	800	2,270	4,710
연암	4.8~6.7	2444	1174	0.350	3,090	8,340	9,260
경암	6.7~32.0	3833	1945	0.327	9,270	24,590	23,630

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

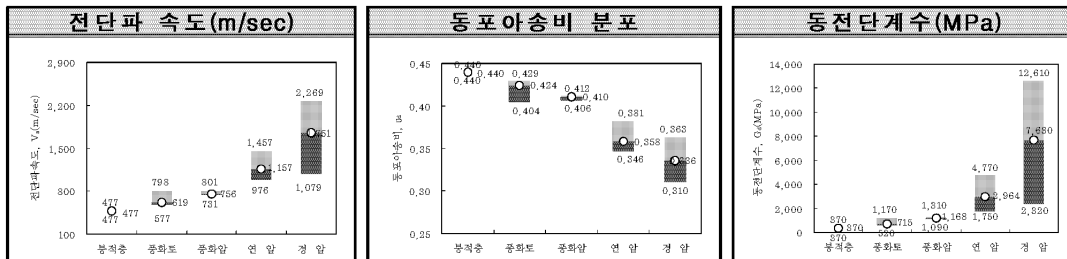


(4) TBB-27

지 층	심 도 (m)	탄성파속도		동적물성치			
		탄성파속도, V_p (m/sec)	전단파속도, V_s (m/sec)	동포아송비 ν_d	전단탄성계수, G_d (MPa)	동탄성계수, E_d (MPa)	체적변형계수 K_d (MPa)
붕적층	0.0~2.5	1454	477	0.440	370	1,070	2,960
풍화토	2.5~3.5	1616	577	0.427	610	1,740	3,970
풍화암	3.5~4.6	1891	731	0.412	1,090	3,080	5,840
연암	4.6~6.6	2671	1228	0.366	3,390	9,260	11,520
경암	6.6~21.0	3730	1851	0.337	8,390	22,430	22,880



다. 결과 분석



- 전단파속도(m/sec)는 붕적층 : 477, 풍화토 : 577~798, 풍화암 731~801, 연암 : 976~1,457, 경암 : 1,079~2,269의 범위를 보임

4.7 불연속면 특성 분석을 위한 조사

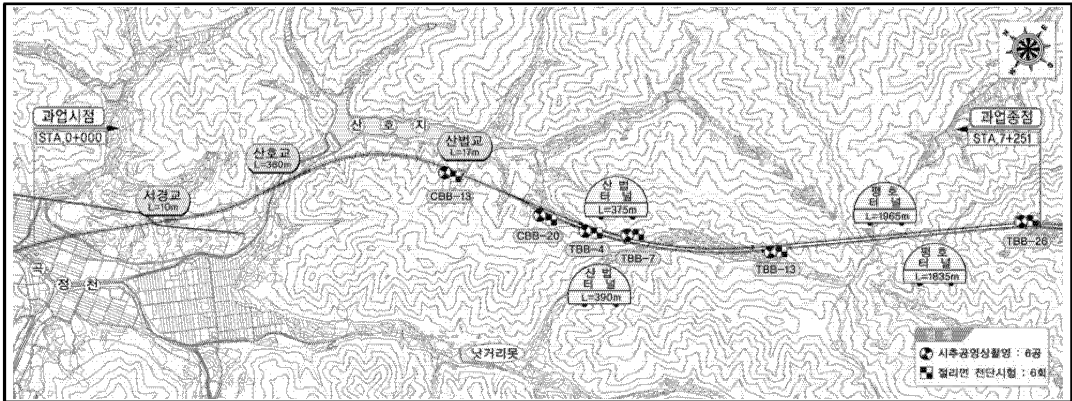
4.7.1 개 요

가. 기본방향

- 지중 암반에 대해 시추공절리조사를 수행하여 절리자료 획득
- 암석내 절리면의 전단특성 및 변형 특성 파악

나. 조사위치 및 수량

- 시추공영상촬영 6공, 절리면 전단시험 6회 실시



4.7.2 시추공 영상 촬영

가. 목 적

- 암반의 불연속면 분포상태를 영상화하고 불연속면의 방향 및 크기, 틈새 등의 측정
- 주요 불연속면의 분포상태 및 주향, 경사를 파악하여 터널과 교차하는 불연속면에 대한 분석
- 균질절리영역(HFD) 구분시 방향의 동질여부 판단 자료로 활용

나. 시험 결과

구 분		주 방 향	부 방 향
TBB-4	All Crack	N16W/7NE	-
	Big Crack	N25W/7NE	-
	Open Crack	N24W/6NE	N34W/67SW
	Hair Crack	N2W/10NE	N40E/81NW

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

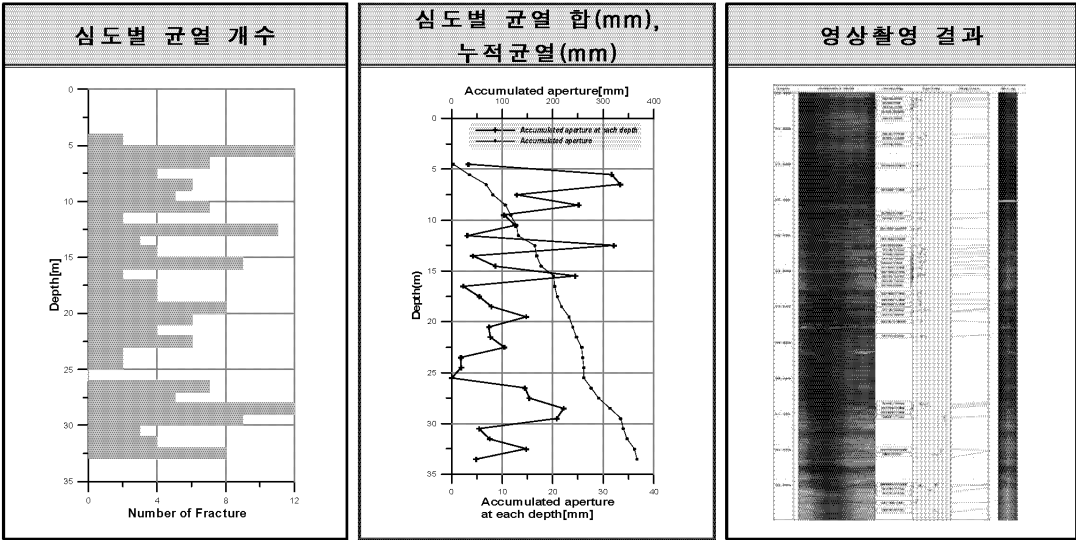
구 분		주 방 향	부 방 향
TBB-7	All Crack	N59E/70NW	N33E/16SE N46W/62SE
	Big Crack	N59E/64NW	N44W/79NE N26W/42SW
	Open Crack	N64E/70NW	N44W/62SW N81E/70SE N38E/14SE
	Hair Crack	N56E/73NW	N34E/16SE N86W/70SW
TBB-13	All Crack	N71E/8SE	N64E/71SE
	Big Crack	N44E/12SE	N89W/82NE N2E/72NW
	Open Crack	N78E/8SE	N64E/72SE
	Hair Crack	N74E/10SE	N1E/73SE
TBB-26	All Crack	N38E/5SE	N57W/66SW N21W/65SW
	Big Crack	N37W/3NE	-
	Open Crack	N27E/1SE	N56W/64SW N20W/65SW
	Hair Crack	N41E/7SE	-
CBB-13	All Crack	N45E/70SE	N62W/38NE, N46E/26NW
	Big Crack	N40E/61SE	N53E/26NW
	Open Crack	N47E/75SE	-
	Hair Crack	N44E/64SE	N63W/42NE, N50E/23NW
CBB-20	All Crack	N18W/79SW	N33W/64SW N24W83NE
	Big Crack	N34E/42SE	N4W/48NE
	Open Crack	N31W/64SW	N24W/83NE
	Hair Crack	N19W/79SW	N35W/63SW N3E/75SE

(1) TBB-4

• 불연속면 자료의 분포특성

구 분		주 방 향	부 방 향	불 연 속 면 수
TBB-4 (2.49 ~ 34.04m)	All Crack	N16W/7NE	-	161
	Big Crack	N25W/7NE	-	21
	Open Crack	N24W/6NE	N34W/67SW	103
	Hair Crack	N2W/10NE	N40E/81NW	37

• 절리면 경사 및 경사방향 분포 분석결과



• Set 분류에 따른 균열별 분포

Set 분류		Set 1	
		N16W/7NE	
Fracture type (%)	Big	11	12.3(%)
	Open	54	60.7(%)
	Hair	24	27.0(%)
	Total	89	100.0(%)
Fisher K		39.8209	

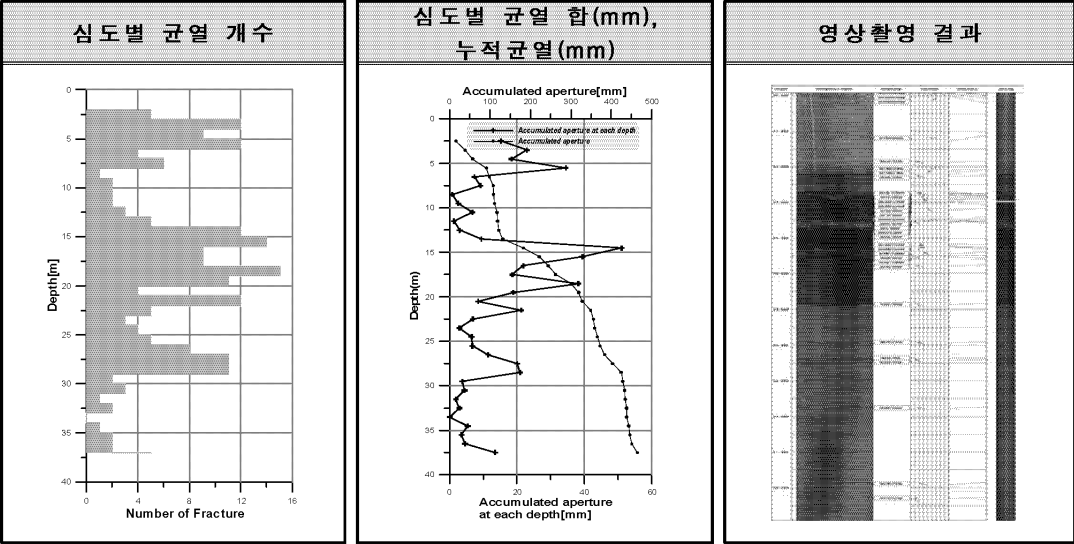
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(2) TBB-7

• 불연속면 자료의 분포특성

구 분		주 방 향	부 방 향	불연속면수
TBB-7 (2.46 ~ 38.00m)	All Crack	N59E/70NW	N33E/16SE N46W/62SE	214
	Big Crack	N59E/64NW	N44W/79NE N26W/42SW	41
	Open Crack	N64E/70NW	N44W/62SW N81E/70SE N38E/14SE	120
	Hair Crack	N56E/73NW	N34E/16SE N86W/70SW	53

• 절리면 경사 및 경사방향 분포 분석결과



• Set 분류에 따른 균열별 분포

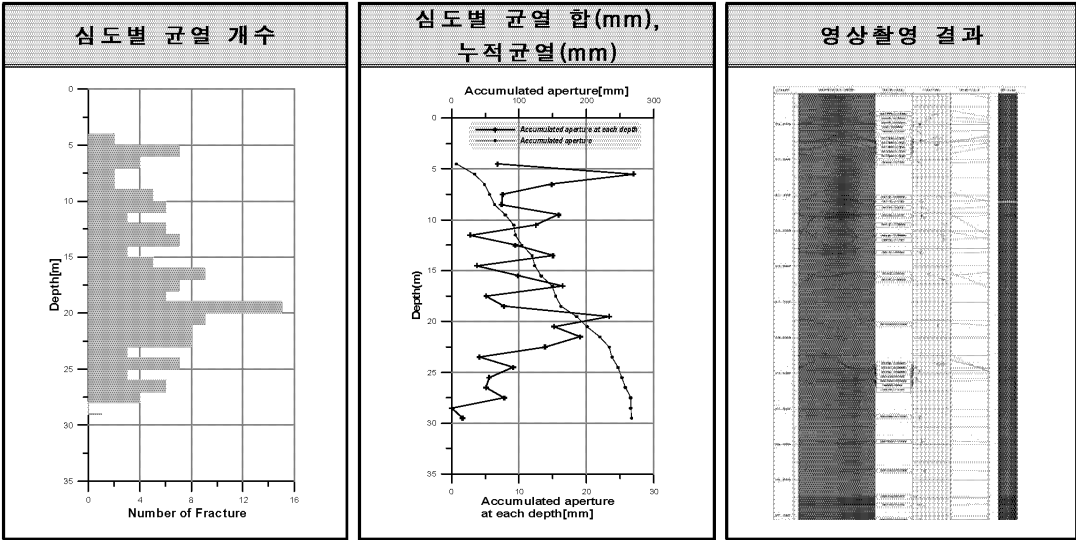
Set 분류		Set 1		Set 2		Set 3		Total(%)	
		N59E/70NW		N33E/16SE		N46W/62SE			
Fracture type (%)	Big	3	17.6(%)	3	12.5(%)	2	22.2(%)	8	16.0(%)
	Open	9	52.9(%)	12	50.0(%)	6	66.7(%)	27	54.0(%)
	Hair	5	29.4(%)	9	37.5(%)	1	11.1(%)	15	30.0(%)
	Total	17	34.0(%)	24	48.0(%)	9	18.0(%)	50	100.0(%)
Fisher K		119.685		199.745		178.409		-	

(3) TBB-13

• 불연속면 자료의 분포특성

구 분		주 방 향	부 방 향	불연속면수
TBB-13 (2.57 ~ 30.81m)	All Crack	N71E/8SE	N64E/71SE	138
	Big Crack	N44E/12SE	N89W/82NE N2E/72NW	22
	Open Crack	N78E/8SE	N64E/72SE	62
	Hair Crack	N74E/10SE	N1E/73SE	54

• 절리면 경사 및 경사방향 분포 분석결과



• Set 분류에 따른 균열별 분포

Set 분류		Set 1		Set 2		Total	
		N71E/8SE		N64E/71SE			
Fracture type (%)	Big	9	13.5(%)	0	0.0(%)	9	12.5(%)
	Open	24	35.8(%)	4	80.0(%)	28	38.9(%)
	Hair	34	50.7(%)	1	20.0(%)	35	48.6(%)
	Total	67	100.0(%)	5	100.0(%)	72	100.0(%)
Fisher K		70.2976		187.778		-	

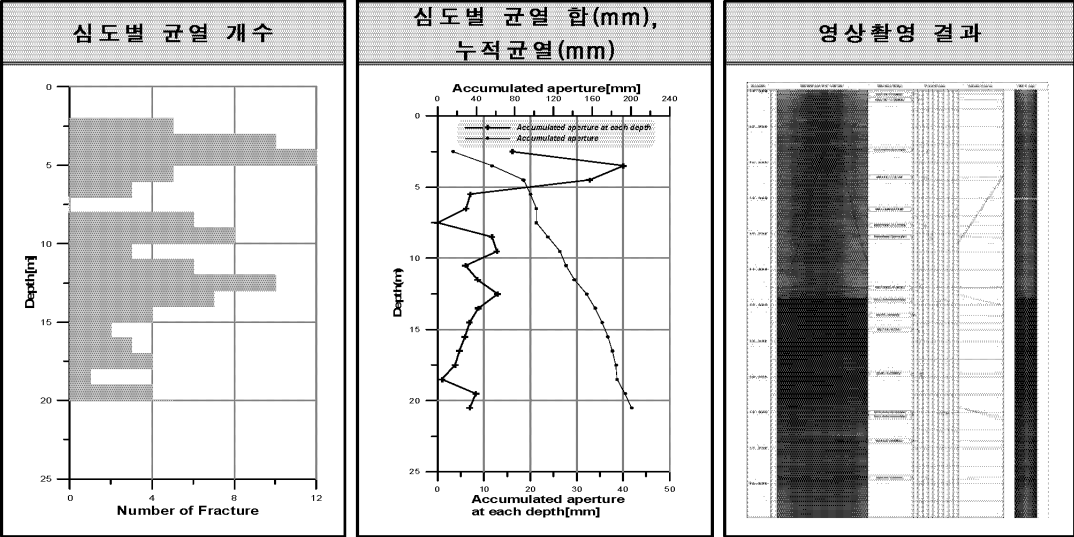
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(4) TBB-26

• 불연속면 자료의 분포특성

구 분		주 방 향	부 방 향	불연속면수
TBB-26 (2.49 ~ 21.00m)	All Crack	N38E/5SE	N57W/66SW N21W/65SW	98
	Big Crack	N37W/3NE	-	18
	Open Crack	N27E/1SE	N56W/64SW N20W/65SW	43
	Hair Crack	N41E/7SE	-	37

• 절리면 경사 및 경사방향 분포 분석결과



• Set 분류에 따른 균열별 분포

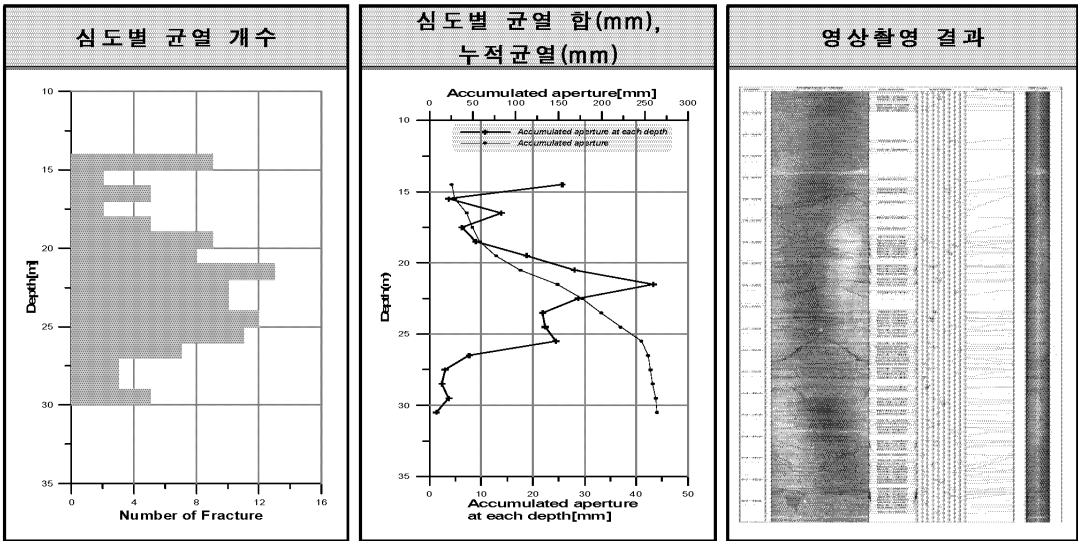
Set 분류		Set 1		Set 2		Set 3		Total	
		N38E/5SE		N57W/66SW		N21W/65SW			
Fracture type (%)	Big	13	18.6(%)	0	0.0(%)	0	0.0(%)	13	17.1(%)
	Open	26	37.1(%)	2	66.7(%)	2	66.7(%)	30	39.5(%)
	Hair	31	44.3(%)	1	33.3(%)	1	33.3(%)	33	43.4(%)
	Total	70	92.1(%)	3	3.9(%)	3	3.9(%)	76	100.0(%)
Fisher K		50.2434		370.915		371.523		-	

(5) CBB-13

• 불연속면 자료의 분포특성

구 분		주 방 향	부 방 향	불연속면수
CBB-13 (2.13 ~ 31.74m)	All Crack	N45E/70SE	N62W/38NE, N46E/26NW	116
	Big Crack	N40E/61SE	N53E/26NW	27
	Open Crack	N47E/75SE	-	58
	Hair Crack	N44E/64SE	N63W/42NE, N50E/23NW	31

• 절리면 경사 및 경사방향 분포 분석결과



• Set 분류에 따른 균열별 분포

Set 분류		Set 1		Set 2		Set 3		Total(%)	
		N45E/70SE		N62W/38NE		N46E/26NW			
Fracture type (%)	Big	2	14.3(%)	2	10.5(%)	6	31.6(%)	10	18.2(%)
	Open	7	50.0(%)	7	36.8(%)	8	42.1(%)	22	40.0(%)
	Hair	5	35.7(%)	10	52.6(%)	5	26.3(%)	23	41.8(%)
	Total	14	25.5(%)	19	34.5(%)	19	34.5(%)	55	100.0(%)
Fisher K		75.2215		80.5929		88.3772		-	

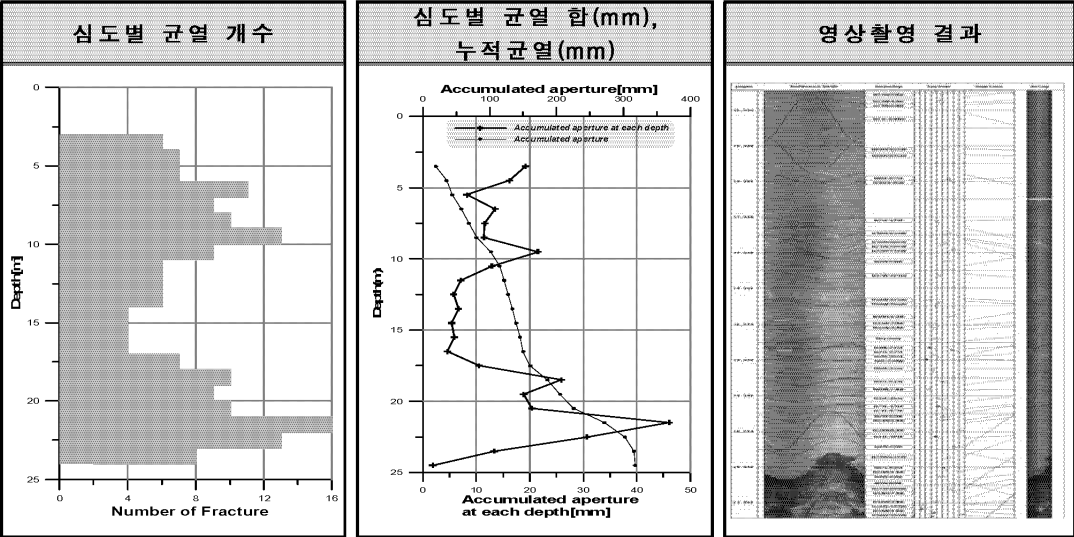
상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

(6) CBB-20

• 불연속면 자료의 분포특성

구 분		주 방 향	부 방 향	불연속면수
CBB-20 (3.22 ~ 25.00m)	All Crack	N18W/79SW	N33W/64SW N24W83NE	177
	Big Crack	N34E/42SE	N4W/48NE	21
	Open Crack	N31W/64SW	N24W/83NE	97
	Hair Crack	N19W/79SW	N35W/63SW N3E/75SE	59

• 절리면 경사 및 경사방향 분포 분석결과



• Set 분류에 따른 균열별 분포

Set 분류		Set 1		Set 2		Set 3		Total	
		N18W/79SW		N33W/64SW		N24W83NE			
Fracture type (%)	Big	0	0.0(%)	0	0.0(%)	0	0.0(%)	0	0.0(%)
	Open	1	16.7(%)	6	60.0(%)	3	100.0(%)	10	52.6(%)
	Hair	5	83.3(%)	4	40.0(%)	0	0.0(%)	9	47.4(%)
	Total	6	31.6(%)	10	52.6(%)	3	15.8(%)	19	100.0(%)
Fisher K		222.42		160.346		262.177		-	

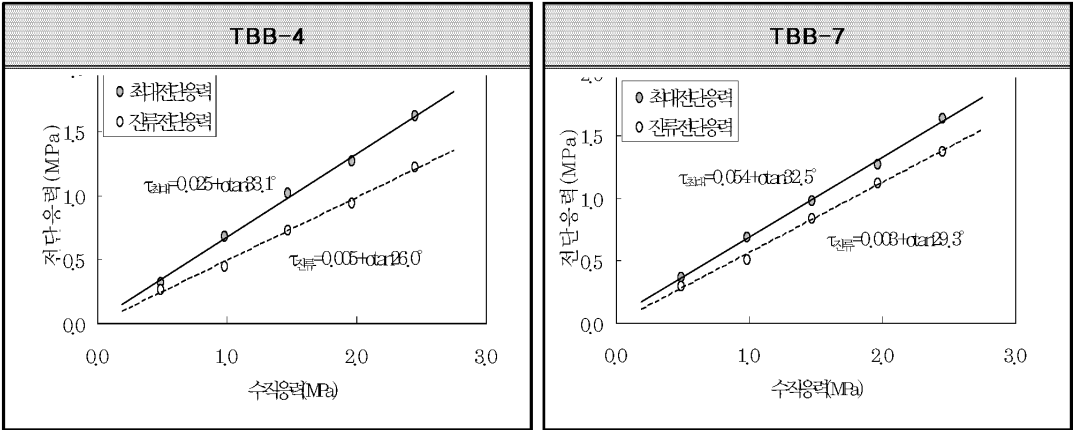
4.7.3 절리면 전단시험

가. 목 적

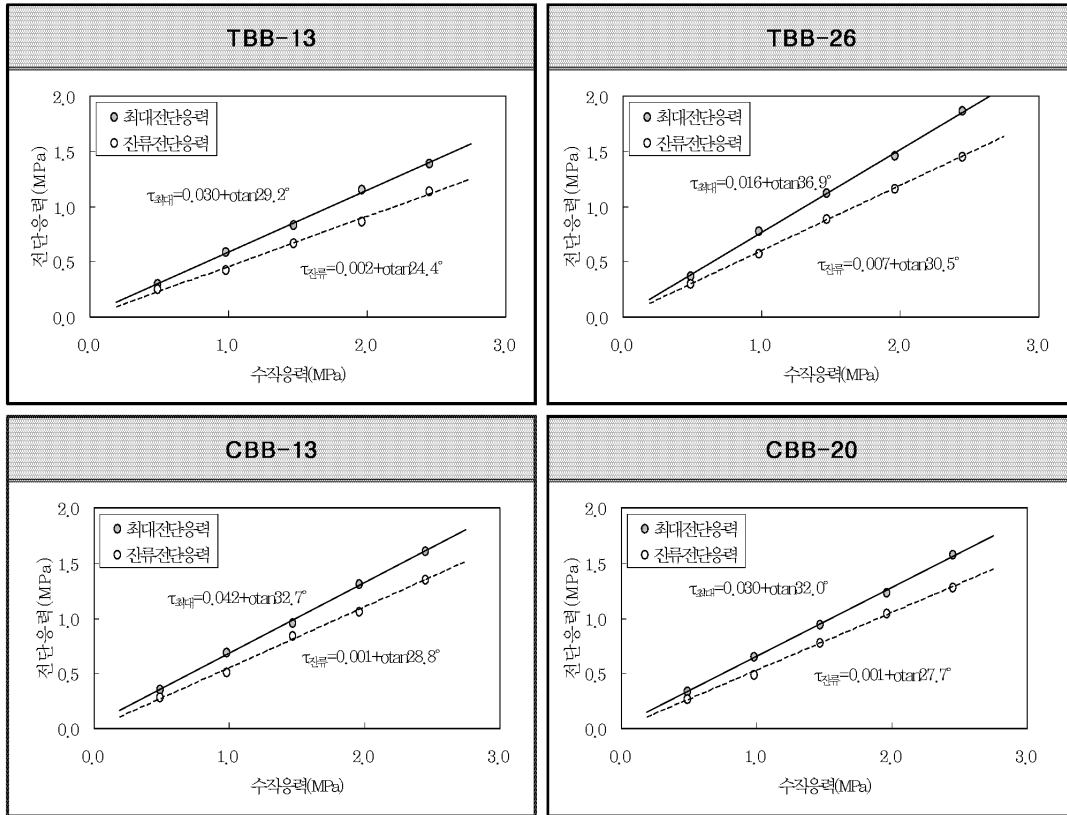
- 절리면의 JCS, 전단강성, 수직강성, 최대마찰각, 잔류마찰각, 점착력 등의 특성값을 산정
- 절리면의 강도정수 산정 및 불연속체 해석의 입력 자료로 활용

나. 시험 결과

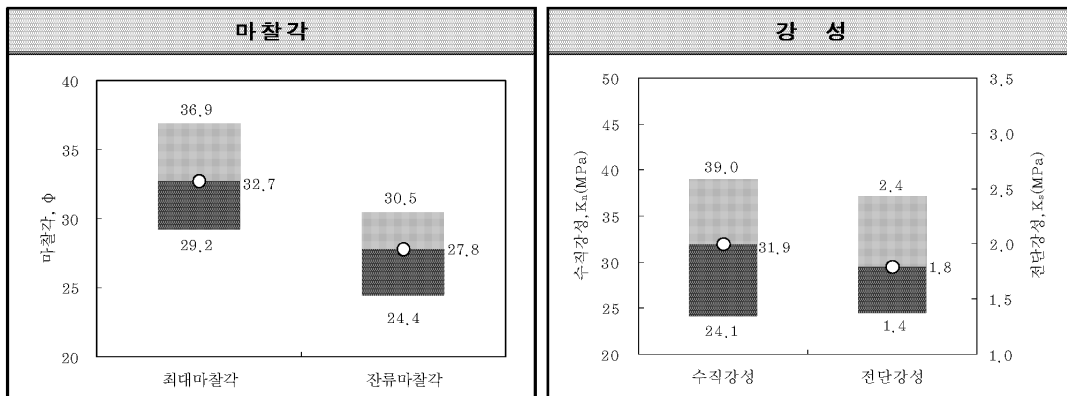
구 분	심 도 (m)	점 착 력, c(kPa)		내 부 마 찰 각, $\phi(^{\circ})$		JRC	JCS (MPa)	K_n (MPa/mm)	K_s (MPa/mm)
		최 대	잔 류	최 대	잔 류				
TBB-4	5.7	25.0	5.0	33.1	26.0	8~10	20.78	24.09	2.43
TBB-7	10.2	54.0	3.0	32.5	29.3	8~10	38.24	38.97	1.37
TBB-13	16.5	30.0	2.0	29.2	24.4	2~4	26.18	31.14	1.99
TBB-26	6.7	16.0	7.0	36.9	30.5	8~10	29.84	31.63	1.62
CBB-13	26.45	42.0	1.0	32.7	28.8	4~6	32.42	30.63	1.60
CBB-20	18.6	30.0	1.0	32.0	27.7	4~6	35.93	35.02	1.75



상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계



다. 결과 분석

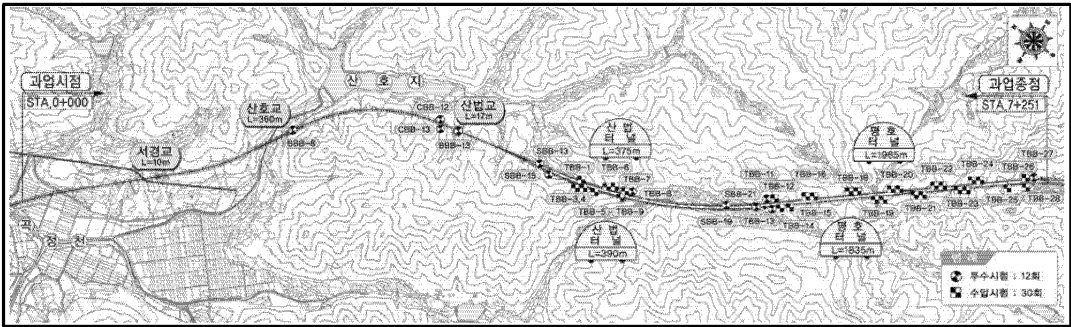


- 점착력, c (MPa)는 최대 0.016~0.054, 잔류 0.0001~0.007의 범위를 보임
- 마찰각, ϕ (°)는 최대 29.2~36.9, 잔류 24.4~30.5의 범위를 보임
- JCS(MPa)는 20.78~38.24의 범위를 보임
- 수직강성, K_n (MPa/mm)은 34.09~38.97의 범위를 보임
- 전단강성, K_s (MPa/mm)은 1.37~2.43의 범위를 보임

4.8 수리 특성 평가를 위한 조사

4.8.1 개 요

- 가. 기본방향
- 지층별 투수특성 파악, 기반암 투수성 및 Lugeon Pattern 파악
 - 지층별 투수계수를 산정하여 침투해석 자료 및 지반보강을 위한 그라우팅공 설계시 참고자료로 활용
 - 토사층 및 풍화대층의 투수특성을 파악
- 나. 조사위치 및 수량
- 수압시험 30회, 투수시험 12회



4.8.2 현장 수압시험

- 가. 목 적
- 과업구간내 분포하는 기반암의 투수성 및 Lugeon Pattern 파악
 - 지층별 투수계수를 산정하여 침투해석 자료 및 지반보강을 위한 그라우팅공 설계시 참고자료로 활용
- 나. 시험 결과 및 분석

공번	심도 (m)	암반등급 RMR	k (cm/sec)	Lugeon Curve	Lugeon Pattern	P-Q Curve	Lugeon Value
TBB-1	26.0 ~ 31.0	II 70~80	4.155×10^{-4}		Turbulent Flow		1.832
TBB-3	21.0 ~ 26.0	II 70~77	2.903×10^{-5}		Dilation		0.062
TBB-4	20.0 ~ 25.0	II 67~74	2.448×10^{-6}		Turbulent Flow		0.015

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

공번	심도 (m)	암반등급 RMR	k (cm/sec)	Lugeon Curve	Lugeon Pattern	P-Q Curve	Lugeon Value
TBB-5	45.0 ~ 50.0	II 73~78	1.382×10^{-6}		Turbulent Flow		0.016
TBB-6	25.0 ~ 30.0	III ~ II 52~62	1.282×10^{-4}		Turbulent Flow		1.801
TBB-6	45.0 ~ 50.0	II 66~72	4.948×10^{-6}		Dilation		0.024
TBB-7	15.0 ~ 20.0	III 42~56	4.464×10^{-3}		Turbulent Flow		6.791
TBB-9	20.0 ~ 25.0	III ~ II 56~64	7.293×10^{-4}		Turbulent Flow		24.203
TBB-12	20.0 ~ 25.0	III ~ II 55~68	1.803×10^{-5}		Void Filling		0.076
TBB-14	22.2 ~ 27.2	III 46~55	2.668×10^{-3}		Dilation		16.471
TBB-15	32.2 ~ 37.2	II 67~70	5.167×10^{-5}		Dilation		1.119
TBB-16	45.0 ~ 50.0	II ~ I 74~96	8.739×10^{-5}		Dilation		0.137

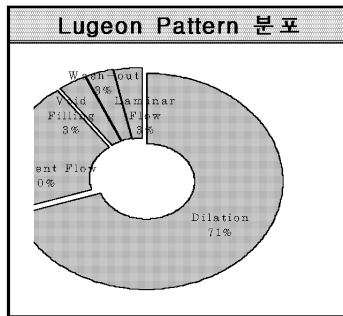
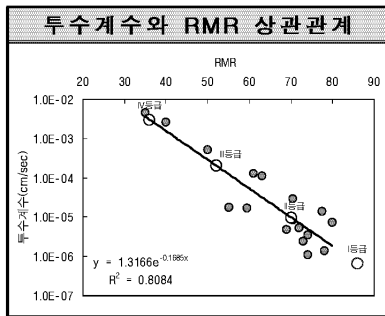
제 4 장 조사결과

공 번	심 도 (m)	암반등급 RMR	k (cm/sec)	Lugeon Curve	Lugeon Pattern	P-Q Curve	Lugeon Value
TBB-16	57.0 ~ 62.0	II ~ I 72 ~ 83	1.422×10^{-5}		Dilation		0.008
TBB-18	79.5 ~ 84.5	II 73 ~ 75	3.558×10^{-6}		Dilation		0.021
TBB-18	90.5 ~ 95.3	III ~ II 52 ~ 67	1.697×10^{-5}		Dilation		0.265
TBB-19	34.0 ~ 39.0	III 52 ~ 58	2.106×10^{-5}		Dilation		0.026
TBB-19	44.5 ~ 49.5	III 45 ~ 59	1.709×10^{-6}		Dilation		0.006
TBB-20	73.0 ~ 78.8	III 49 ~ 53	7.364×10^{-6}		Wash-Out		0.228
TBB-20	88.0 ~ 93.6	III ~ II 43 ~ 68	4.185×10^{-6}		Dilation		0.068
TBB-21	81.0 ~ 86.0	II 61 ~ 69	2.026×10^{-7}		Dilation		0.002
TBB-21	91.0 ~ 96.8	III ~ II 46 ~ 70	4.477×10^{-6}		Dilation		0.028

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

공 번	심 도 (m)	암 반 등 급 RMR	k (cm/sec)	Lugeon Curve	Lugeon Pattern	P-Q Curve	Lugeon Value
TBB-22	95.0 ~ 100.0	III ~ I 60 ~ 86	6.011×10^{-7}		Dilation		0.004
TBB-22	100.0 ~ 105.0	II ~ I 62 ~ 86	1.127×10^{-6}		Dilation		0.016
TBB-23	110.0 ~ 115.0	II 70 ~ 71	1.888×10^{-6}		Dilation		0.009
TBB-23	120.0 ~ 125.0	II ~ I 67 ~ 83	2.952×10^{-7}		Dilation		0.004
TBB-24	70.0 ~ 75.0	II 62 ~ 75	5.380×10^{-6}		Laminar Flow		0.236
TBB-24	85.0 ~ 90.0	II 70 ~ 71	8.351×10^{-6}		Dilation		0.043
TBB-25	30.0 ~ 35.0	II ~ I 79 ~ 83	7.254×10^{-6}		Dilation		0.055
TBB-26	16.0 ~ 21.0	III ~ II 57 ~ 66	5.247×10^{-4}		Dilation		5.097
TBB-28	23.0 ~ 28.0	II 63 ~ 71	1.129×10^{-4}		Dilation		1.288

다. 결과 분석



• 투수계수와 RMR 상관관계 :

$$k = 1.3166e^{-0.1685 \times RMR}$$

• 투수패턴 분포

- Laminar Flow 3.0%
- Turbulent Flow 20.0%
- Dilation 71.0%
- Wash-out 3.0%
- Void Filling 3.0%

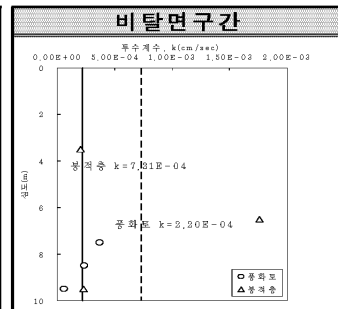
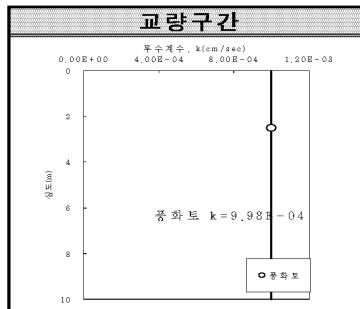
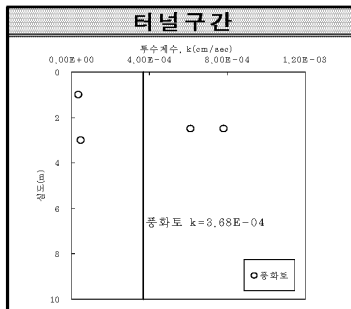
4.8.3 현장 투수시험

가. 목 적

- 토사층 및 풍화대층의 투수특성을 파악

나. 시험 결과 및 분석

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	투 수 계 수 (cm/sec)
산법터널	TBB-8	2.0~3.0	실트질 모래(풍화토)	7.81×10^{-4}
평호터널	TBB-11	2.0~3.0	실트질 모래(풍화토)	6.11×10^{-4}
	TBB-13	0.5~1.5	실트질 모래(풍화토)	3.53×10^{-5}
	TBB-27	2.5~3.5	실트질 모래(풍화토)	4.65×10^{-5}
산호교	BBB-8	3.0~4.0	실트질 모래(풍화토)	9.98×10^{-4}
산법교	BBB-13	1.0~2.0	자갈섞인 실트질 모래(붕적층)	7.43×10^{-4}
깎 기	CBB-12	8.0~9.0	실트질 모래(풍화토)	3.69×10^{-4}
	CBB-13	5.5~6.5	실트질 모래(풍화토)	2.36×10^{-4}
쌓 기	SBB-13	1.5~2.0	실트질 모래(풍화토)	5.61×10^{-5}
	SBB-15	1.5~2.0	자갈섞인 모래질 점토(붕적층)	2.30×10^{-4}
	SBB-19	0.5~1.5	자갈섞인 모래질 점토(붕적층)	1.76×10^{-3}
	SBB-21	0.5~1.5	자갈섞인 모래질 점토(붕적층)	2.04×10^{-4}



- 터널구간 k (cm/sec) : 풍화토 $7.53 \times 10^{-5} \sim 7.81 \times 10^{-4}$
- 교량구간 k (cm/sec) : 풍화토 9.98×10^{-4}
- 비탈면구간 k (cm/sec) : 붕적층 $2.04 \times 10^{-4} \sim 1.76 \times 10^{-3}$, 풍화토 $5.61 \times 10^{-5} \sim 3.69 \times 10^{-4}$

4.9 시공 계획을 위한 조사

4.9.1 본선암 유용성 평가

가. 목 적

- 터널 및 깎기 구간에서 발생하는 암버력의 유용가능성을 판단하기 위하여 재료 품질 시험을 4회 실시하여 유용암 적합여부 판단

나. 시험결과 및 분석

(1) 콘크리트용 부순골재(KS F 2527)

항 목	용 도	시 방기 준	TBB-4	TBB-18	TBB-28	CBB-13
비 중	굵은골재	2.5이상	2.61	2.65	2.62	2.66
	잔골재					
흡수율(%)	굵은골재	3.0이하	1.10	1.20	1.20	0.83
	잔골재					
마모율(%)	굵은골재	40.0이하	26.0	26.0	24.0	26.1
	잔골재					
안정성(%)	굵은골재	12이하	2.90	3.20	3.50	3.50
	잔골재	10이하				
알칼리 골재 반응		무해	무해	무해	무해	무해
판 정	굵은골재		OK	OK	OK	OK
	잔골재		OK	OK	OK	OK

(2) 아스팔트 혼합물용 골재(KS F 2357)

항 목	용 도	시 방기 준	TBB-4	TBB-18	TBB-28	CBB-13
비 중	굵은골재	2.5이상	2.61	2.65	2.62	2.66
	잔골재					
흡수율(%)	굵은골재	3.0이상	1.10	1.20	1.20	0.83
	잔골재					
마모율(%)	굵은골재	표층 35.0이하 기층 40.0이하	26.0	26.0	24.0	26.1
	잔골재	-				
안정성(%)	굵은골재	표층 12.0이하 기층	2.90	3.20	3.50	3.50
	잔골재	15.0이하				
판 정	굵은골재	표층 기층	OK	OK	OK	OK
	잔골재		OK	OK	OK	OK

(3) 도로용 부순 골재(KS F 2525)

항 목	용 도	시 방기 준	TBB-4	TBB-18	TBB-28	CBB-13
비 중	1종	2.45이상	2.61	2.65	2.62	2.66
	2종					
흡수율(%)	1종	3.0이하	1.10	1.20	1.20	0.83
	2종					
마모율(%)	1종	40.0이하	26.0	26.0	24.0	26.1
	2종					
아스팔트피막박리 (피복면적)(%)		95.0이상	95.0이상	95.0이상	95.0이상	95.0이상
판 정	1종		OK	OK	OK	OK
	2종		OK	OK	OK	OK

• 비중, 흡수율, 마모율, 안정성 ,알카리 골재 반응, 아스팔트피막박리 결과 모두 시방 기준에 적합

4.9.2 다짐 및 CBR시험

가. 목 적

- 시료의 최대 건조단위중량(γ_{dmax})과 최적함수비(ω_{opt})를 구하여 다짐특성 파악
- 쌓기 재료로서의 적부 판정과 경제성을 고려한 쌓기재 및 노상재료로서의 유용 가능성 파악

나. 시험결과 및 분석

공 번	함수비 (%)	비 중	LL (%)	PI	A다짐		D다짐		CBR (%)	USCS
					$\gamma_{dmax}(kN/m^3)$	OMC(%)	$\gamma_{dmax}(kN/m^3)$	OMC(%)		
TP-1	11.3	2.72	NP	-	17.30	15.5	18.71	11.7	14.6	SM
TP-2	19.3	2.69	NP	-	17.03	16.1	18.44	12.1	12.8	SM
TP-3	10.2	2.70	NP	-	17.15	15.8	18.65	12.2	15.5	SM
TP-4	10.4	2.68	NP	-	17.47	14.4	18.95	11.0	16.9	SW - SM
TP-5	14.3	2.70	NP	-	17.42	15.3	18.79	11.6	15.2	SM
TP-6	11.7	2.67	NP	-	17.08	15.8	18.60	11.9	16.4	SM
TP-7	10.7	2.70	NP	-	17.95	13.5	19.33	10.2	22.4	GM
TP-8	7.1	2.70	NP	-	17.60	14.2	19.08	10.7	17.5	SM

- D다짐을 실시한 결과 최대건조 단위중량은 18.44~19.33 kN/m³
- 최적함수비는 7.1~19.3%, 노상지지력비는 12.8~22.4%의 범위를 보임

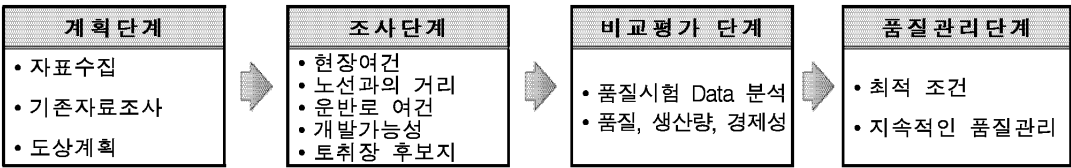
4.9.3 재료원 평가 및 조사

가. 재료원 조사

(1) 개 요

- 본 과업에 사용될 레미콘, 아스콘 및 골재의 원활한 공급계획을 수립하기 위하여 과업노선 인근에 위치하고 있는 재료원과 현재 개발 중인 육상골재에 대하여 조사를 실시
- 재료의 공급 계획 수립에 따른 기초 자료를 제공함

(2) 조사 흐름도



(3) 조사 수량

구 분	육 상 골재 원	하 상 골재 원	레 미 콘	아 스 콘
개 소	2	2	4	3

(4) 조사 위치도



제 4 장 조사결과

(5) 조사 현황

• 육상골재원

구 분	생 산업체	위 치	허가량 (㎥)	운반거리 (km)
Q-4	보광산업	경북 군위군 효령면 매곡리 산 137번지	1,179,200	26.2
Q-5	대양기업	경북 구미시 도개면 다곡리 산113-1번지	3,079,160	13.3

• 하상골재원

구 분	생 산업체	위 치	허가량 (㎥)	운반거리 (km)
S-10	석적포남	경북 칠곡군 석적읍 포남리 1688-1	400,000	28.3
S-11	왜관금산	경북 칠곡군 왜관읍 금산리 851-34	423,000	38.4

• 레미콘

구 분	생 산업체	위 치	생산량 (㎥/hr)	운반거리 (km)
RC-12	동남레미콘	경북 의성군 비안면 용남리 172-1번지	120	17.6
RC-16	대경알앤씨	경북 군위군 군위읍 수서리 640번지	150	8.7
RC-17	신진콘크리트	경북 군위군 효령면 중구리 32-5번지	270	18.4
RC-19	쌍용양회공업	경북 구미시 해평면 괴곡리 445번지	300	13.8

• 아스콘

구 분	생 산업체	위 치	생산량 (㎥/hr)	운반거리 (km)
AC-8	거목개발	경북 군위군 소보면 송원리 335번지	200	3.9
AC-9	정안기업	경북 칠곡군 가산면 석우리 756-1번지	230	20.7
AC-10	거산아스콘	경북 칠곡군 가산면 학산리 894번지	140	29.1

상주~영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

나. 재료원 평가

(1) 개 요

- 본 사업에 사용될 레미콘, 아스콘 및 골재의 원활한 공급계획을 수립하기 위하여 사업노선 인근에 위치하고 있는 재료원과 현재 개발 중인 옥상골재에 대하여 조사를 실시
- 재료의 공급 계획 수립에 따른 기초 자료를 제공함

(2) 골재의 품질규격기준

시험종목	시험 규정	단 위	골재 구분	품질 기준		비 고
				콘크리트용	포장용	
비 중	KSF 2503	-	조골재	2.5 이상	2.5 이상	-
	KSF 2504		세골재	2.5 이상	2.5 이상	-
흡 수 율	KSF 2503	%	조골재	3.0 이하	3.0 이하	-
	KSF 2504		세골재	3.0 이하	3.0 이하	-
마 모 율	KSF 2508	%	조골재	40.0 이하	40.0 이하 35.0 이하 25.0 이하	기층 : (빈배합콘크리트기준) 표층 : (아스팔트 콘크리트 포장) 표층 : (시멘트 콘크리트포장)
안정성	KSF 2507	%	조골재	10.0 이하 18.0 이하	12.0 이하 18.0 이하	황산나트륨 사용 황산마그네슘 사용
			세골재	10.0 이하 15.0 이하	10.0 이하 15.0 이하	
점 토 덩 어 리	KSF 2512	%	조골재	0.25 이하	0.25 이하	-
			세골재	1.0 이하	1.0 이하	-
연 경 도	KSF 2516	%	조골재	5.0 이하	5.0 이하	-
#200체 통 과 량	KSF 2511	%	조골재	1.0 이하	1.0 이하	표면이 마모작용을 받는 경우 기타의 경우
			세골재	3.0 이하 5.0 이하	3.0 이하 5.0 이하	
비중 2.0 액체에 뜨는것	KSF 2513	%	조골재	0.5 이하 1.0 이하	0.5 이하 1.0 이하	콘크리트 외관 중요시 기타
			세골재	0.5 이하 1.0 이하	0.5 이하 1.0 이하	콘크리트 외관 중요시 기타
아스팔트 피막박리	KSF 2355	-	조골재	-	95.0 이하	-
조 립 율	KSF 2502	%	세골재	2.3~3.1	2.3~3.1	-
단위중량	KSF 2505	kN/m ³	조골재	12.5 이상	12.5 이상	-
일축강도	ASTM D2938	MPa	-	3.5 이상	2.5 이하	-

(3) 성토 재료의 적정성 기준

구 분	최대 치수 (mm)	4.75mm체 통과량 (%)	4.75mm체 통과분의 75 μ m 통과분	75 μ m 통과량 (%)	소성지수	수정CBR (%)	다짐 후의 건조밀도 (kN/m ³)
노상재료(A)	100 이하	25~100	-	0~25	10 이하	10 이상	-
노상재료(B)	150 이하	-	50 이하	-	20 이하	5 이상	-
노체재료	150 이하	-	-	-	-	-	15.0 이상