6차 정기안전점검

(교대 A2 구조물 및 거푸집-말기)

목 차

제1장 정기안전점검의 개요 ····· 5

1.1 점검대상물의 개요 ····· 7

1.2 정기안전점검의 범위 ····· 11

1.3 정기안전점검 흐름도 ····· 16

1.4 사용장비 ····· 17

1.5 정기안전점검 및 초기점검 수행일정 ····· 18

제2장 점검대상물의 평가 ····· 19

2.1 점검대상 시설물 현황 ····· 21

2.2 관련자료 검토 ····· 34

2.3 현장조사 ····· 50

2.4 인접건축물 또는 구조물의 안정성 등 공사장주변 안전조치의 적정성 ····· 66

2.5 임시시설 및 가설공법의 안전성 ····· 70

2.6 건설공사 안전관리 검토 ····· 85

2.7 기본조사 결과 및 분석 ····· 89

제3장 종합결론 ····· 93

3.1 정기안전점검 결과의 종합결론 ····· 95

3.2 시공시 특별관리가 필요한 사항 ····· 97

3.3 이전의 점검시 지적사항에 대한 조치사항 ····· 97

3.4 기타 필요한 사항 ····· 97

제1장 정기안전점검의 개요

1.1 점검대상물의 개요

1.2 정기안전점검의 범위

1.3 정기안전점검 흐름도

1.4 사용장비

1.5 정기안전점검 및 초기점검 수행일정

제1장 정기안전점검의 개요

1.1 점검대상물의 개요

1.1.1 과업의 목적

본 과업은『4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)』현장의 과업대상 구조물에 대하여 "건설기술진흥법 제62조, 시행령 제100조, 제101조, 시행규칙 제58조" 규정에 의한 건설공사 안전관리지침 『국토교통부 고시 제2020-47호』에 따라 실시하는 정기안전점검 및 초기점검 용역으로써 임시시설 및 가설공법의 안전성, 공사목적물의 품질 시공상태 등의 적정성, 인접건축물과 공사장 주변 안전조치의 적정성 여부를 평가하고자 육안조사 및 비파괴 시험 장비를 활용(구조물 시공시)하여 현장조사를 실시하고, 점검을 통한 문제점 발생 시 사전조치를 함으로써 건설공사의 안전을 확보함은 물론 향후 유지관리에 필요한 자료로 활용하고자 한다.

1.1.2 공사 개요

구 분	내 용	비 고
공 사 명	4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)	
공사위치	시점 : 공항연결로와 연계, 종점 : IBC-2 IC 종점부와 연계	
공사기간	2019년 11월 04일 ~ 2022년 08월 04일	
공사금액	51,529백만원	
공사규모	총연장 : 3,87km(B=18.5m, 4차로), 토공 : 1,177,585㎥ 교량 1개소 : 49m, 지하차도 2개소: 955m	
발 주 처	인천국제공항공사	
시 공 사	동부건설㈜, 신성건설㈜, 고운시티아이㈜	
설 계 사	㈜유신, ㈜도화엔지니어링, ㈜수성엔지니어링	
건설사업관리	㈜유신, ㈜도화엔지니어링, ㈜수성엔지니어링	
정기안전점검 해당 시설물	교량 1개소 : 49m, 지하차도 BOX 1개소 : 385m	

1.1.3 정기안전점검 대상시설물 현황

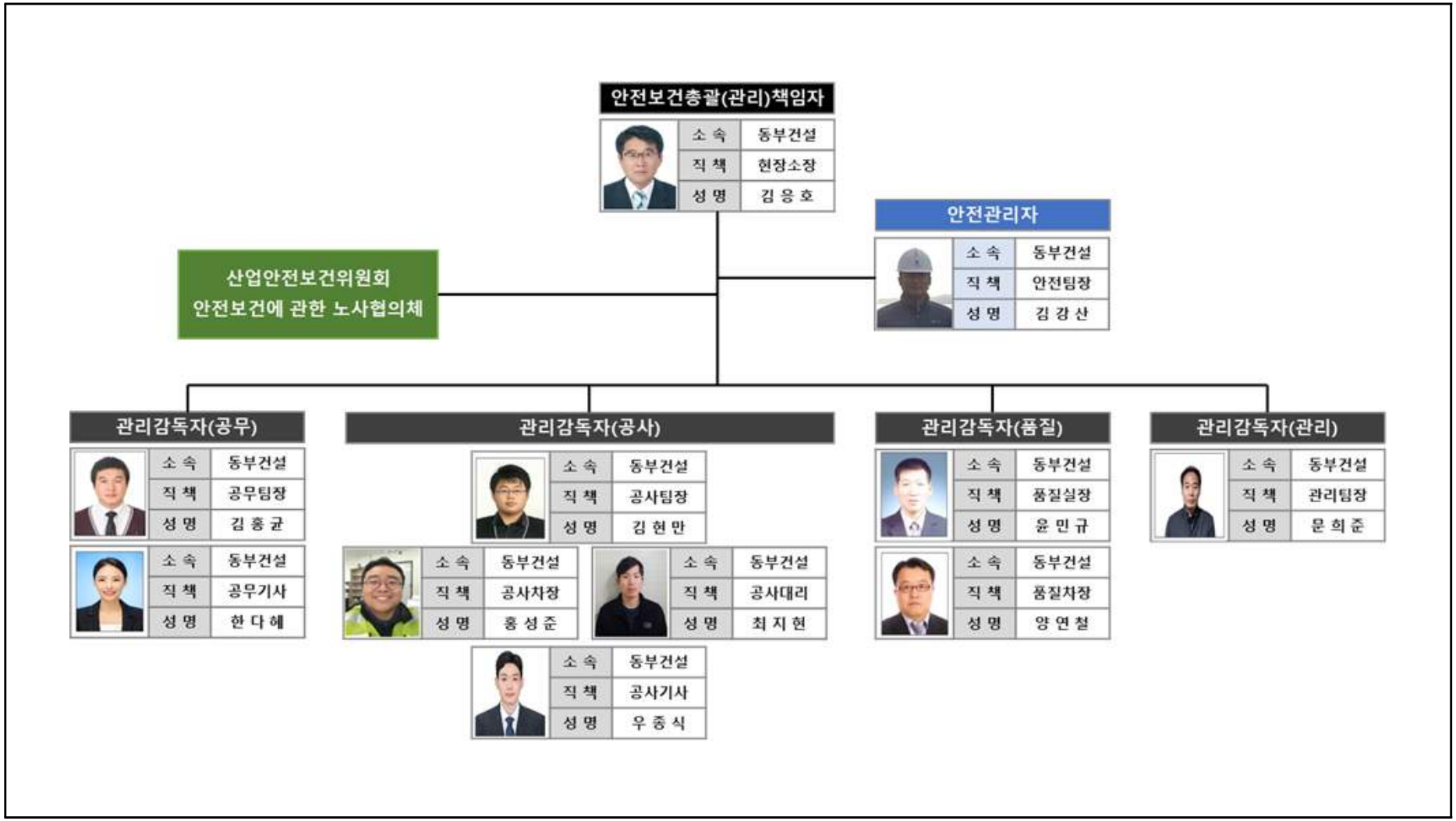
시설물명	위 치	형 식	폭 (m)	연 장 (m)	종 별	비 고
지하차도#1	STA.0+465~0+850	R.C BOX	11.0	385	2종	
교 량	STA.3+520~3+569	PSC	19.4	49.0	기타종	

1.1.4 구조물 현황

구조물명	지하차도#1		
주 소	인천광역시 중구 운서동 일원(공사 시점부)		
공사위치	시점부 Ramp-A 시점 : STA. 0+465, 종점 : STA. 0+850		
연 장	L=385m (BOX-Type : 105m, U-Type : 280m)		
구조형식	R.C BOX (1련) U-TYPE 옹벽	폭 원	L=11.0m
기초형식	직접기초	종단경사	S=(-)3.4972%~(+)3.4841%
시공현황	▣ 전체 19 Block 중 U-Type 옹벽 시점부 6~8 Block 시공중 (U-Type부 : 시점 1~8 Block, 종점 14~19Block, BOX부 : 9~13 Block)		

구조물명	교 량		
주 소	인천광역시 중구 운서동 일원(공사 종점부)		
공사위치	본선 시점 : STA. 3+520, 종점 : STA. 3+569		
연 장	L=49.0m, B=19.4m		
상부형식	BICON GIDER 7본	교대형식	역 T 형(H=10.0m)
기초형식	매입말뚝(복합말뚝) (A1:L=47.0m, A2:L=41.4m)	종단경사	S=(+)3.0437%~(-)3.0545%
시공현황	▣ 현재 교대 A2 거푸집 및 동바리 시공중		

▢ 시공사 현장조직도


안전보건총괄(관리)책임자
소 속 동부건설
직 책 현장소장
성 명 김 응 호
안전관리자
소 속 동부건설
직 책 안전팀장
성 명 김 강 산
산업안전보건위원회
안전보건에 관한 노사협의체
관리감독자(공무)
소 속 동부건설
직 책 공무팀장
성 명 김 홍 균
소 속 동부건설
직 책 공무기사
성 명 한 다 혜
관리감독자(공사)
소 속 동부건설
직 책 공사팀장
성 명 김 현 만
소 속 동부건설
직 책 공사차장
성 명 홍 성 준
소 속 동부건설
직 책 공사대리
성 명 최 지 현
소 속 동부건설
직 책 공사기사
성 명 우 종 식
관리감독자(품질)
소 속 동부건설
직 책 품질실장
성 명 윤 민 규
소 속 동부건설
직 책 품질차장
성 명 양 연 철
관리감독자(관리)
소 속 동부건설
직 책 관리팀장
성 명 문 희 준

▢ 교량 금회 점검부위 및 시기

공 종	A2	A2	비고
1차 초기단계 교대 A2 말뚝기초 시공시	-	○	
2차 중기단계 교대 A1 말뚝기초 시공시	○	-	
3차 초·중기단계 교대 A1 구조물 시공시	○	-	
4차 초·중기단계 교대 A2 구조물 시공시	-	○	
5차 말기단계 교대 A1 구조물 시공시	-	-	
6차 말기단계 교대 A2 구조물 시공시	-	●	
※ 범례 : - 미시행, ○ 기시행, ● 금회시행			

1.2 정기안전점검의 범위

1.2.1 관련 법규

- 건설기술진흥법 '제62조(건설공사의 안전관리)'
- 건설기술진흥법 시행령 '제98조(안전관리 계획의 수립)'
  '제100조(안전점검의 시기 · 방법 등)'
  '제101조2(가설구조물의 구조적 안전성 확인)'
- 건설공사 안전관리 업무수행 지침(국토교통부 고시 제2020-47호)

■ 건설기술진흥법 시행령
제88조(건설공사현장 등의 점검 등) ① 법 제54조제3항에서 "대통령령으로 정하는 요건"이란 다음 각 호의 요건을 말한다.

1. 안전사고나 부실공사가 우려되는 대상이 다음 각 목의 어느 하나일 것
   가. 건설공사의 **주요 구조부 및 가설구조물**
   나. 건설공사로 인한 지하 10미터 이상의 굴착지점
   다. 건설공사에 사용되는 **천공기, 항타 · 항발기 및 타워크레인**
   라. 건설공사의 인근 지역에 위치한 시설물
2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 자료나 의견을 첨부할 것
   가. 파손, 균열 및 침하 등으로 인한 심각한 안전사고나 부실공사가 우려된다는 것을 증명할 수 있는 해당 파손, 균열 및 침하 등에 대한 도면, 사진 및 영상물 등 구체적인 자료
   나. 건설공사의 안전과 관련된 분야의 박사 · 석사 학위 취득자, 「기술사법」에 따른 기술사 및 그 밖의 관계 전문가의 안전사고나 부실공사가 우려된다는 의견

1.2.2 정기안전점검 실시시기

가. 근거 : 건설공사 안전관리 업무수행 지침 제21조 제1항2호

◇ 정기안전점검 : 별표 1의 정기안전점검 실시시기를 기준으로 실시. 다만, 발주자는 안전관리계획의 내용을 검토할 때 건설공사의 규모, 기간, 현장여건에 따라 점검시기 및 횟수를 조정할 수 있다.

※ [별표 1]에서 정의하고 있는 건설공사 종류 이외의 안전관리계획 수립대상 건설공사의 정기안전점검은 시공자가 정기안전점검 차수별 점검시기를 정하여 건설사업관리기술자의 확인 · 검토를 득한 후 발주자의 승인을 받아 시행한다.
이때, 점검차수는 최소 2회 이상 실시하여야 한다.

1.2.3 정기안전점검 및 초기점검 실시시기

가. 지하차도

구 분	실 시 시 기	비고
1차 정기안전점검	토공사(터파기)시공시	
2차 정기안전점검	중기단계(기초 및 벽체) 시공시	
3차 정기안전점검	말기단계(벽체 및 상부 슬라브) 시공시	
초기점검	부대시설 시공시(준공전 3개월)	

나. 교 량

구 분	실 시 시 기	비고
1차 정기안전점검	교대 A2 파일 천공 및 항타시	
2차 정기안전점검	교대 A1 파일 천공 및 항타시	
3차 정기안전점검	교대 A1 구조물 및 거푸집(초·중기)	
4차 정기안전점검	교대 A2 구조물 및 거푸집(초·중기)	
5차 정기안전점검	교대 A1 구조물 및 거푸집(말기)	
6차 정기안전점검	교대 A2 구조물 및 거푸집(말기)	

1.2.4 정기안전점검의 범위

가. 과업근거

1. 건설기술진흥법 시행규칙 제59조
2. 건설공사 안전관리 업무수행 지침【국토교통부고시 제2020-47호】

건설기술진흥법 시행규칙

제59조(정기안전점검 및 정밀안전점검) ① 영 제100조제1항제1호에 따른 정기안전점검에서의 점검사항은 다음 각 호와 같다.

1. 공사목적물의 안전시공을 위한 임시시설 및 가설공법의 안전성
2. 공사 목적물의 품질, 시공 상태 등의 적정성
3. 인접 건축물 또는 구조물의 안정성 등 공사장 주변 안전조치의 적정성

건설공사 안전관리 업무수행 지침

제23조(정기안전점검의 실시) ④ 정기안전점검을 실시하는 경우 다음 각 호의 사항을 점검하여야 한다.

1. 공사 목적물의 안전시공을 위한 임시시설 및 가설공법의 안전성
2. 공사목적물의 품질, 시공 상태 등의 적정성
3. 인접건축물 또는 구조물 등 공사장주변 안전조치의 적정성
4. 이전 점검에서 지적된 사항에 대한 조치사항

나. 과업의 범위

본 정기안전점검 범위는 건설기술진흥법 시행규칙 제59조(정기안전점검 및 정밀안전점검의 실시)에 규정에 의한 점검하여야 할 사항은 다음과 같다.

① 공사목적물의 품질, 시공상태의 적정성
② 공사목적물의 안전시공을 위한 임시시설 및 가설공법의 안전성
③ 인접건축물 또는 구조물의 안전성등 공사장 주변 안전조치의 적정성
④ 이전의 점검시 지적된 사항에 대한 조치사항 확인

기타 공종별 세부점검사항은 당해 공사시방서 및 관련시방서를 참조하여 현장의 상황 및 시공조건에 따라 점검목적을 달성할 수 있도록 점검사항을 정한다.

1.2.5 정기안전점검의 과업내용

구분	과업의 내용
관련자료 조사	1. 설계도면 및 관련도서 검토 2. 관련기준 검토 및 계측 계획서 검토 3. 자제 품질시험 실시 서류 검토 4. 안전관리계획서 서류 검토
현장조사 및 평가	1. 주요 부재별 외관조사 결과 분석 2. 인접건축물 또는 구조물의 안전성 등 공사장 주변 안전조치의 적정성 3. 임시시설 및 가설공법의 안전성 4. 건설공사 안전관리 검토 5. 현장조사 및 시험 1) 육안검사 : 균열, 재료분리, 누수, 콜드조인트 발생여부 등 2) 기본조사 ① 콘크리트 비파괴강도(해당사항 없음) ② 철근탐사(해당사항 없음) ③ 간단히 측정할 수 있는 구조부재의 변위 6. 기본조사 결과 및 분석
종합 결론	1. 종합결론 2. 시공 시 특별관리 및 보수가 필요한 사항 3. 기타 필요한 사항

1.2.6 점검방법

수집된 점검자료와 현장점검 결과를 토대로 하여 안전관리적 측면의 안전활동과 품질 및 시공상태 등에 관한 조사를 통한 종합적인 내용을 검토·분석한 후 안전성을 평가 한다.

▢ 금회 점검위치 및 실시시기

구분	공 종	점검위치(현장점검일자)	비고
6차	교대 A2 구조물 및 거푸집	인천광역시 중구 운서동 일원 (현장점검일 : 2021.10.22.)	말기 1회

1.2.7 점검시 유의사항

안전점검 실시 시에는 사전에 안전교육을 실시하며, 안전장비를 착용하고, 안전시설을 이용하는 등 안전수칙에 입각한 작업이 이루어져야 한다.

1.2.8 안전 교육

점검 및 진단대상 시설물인 구조물의 특성과 현장조사의 난이도, 위험도를 고려하여 안전수칙 등을 제정하고 이에 따라 안전교육을 실시하도록 하며, 안전교육 일지를 작성토록 한다.

▢ 보호구

점검 및 진단 참여자는 노동부장관 검정 합격품인 적절한 보호구를 착용하고 적합한 안전시설을 설치 사용하여야 한다.

(1) 높이 2m 이상의 고소작업으로 추락의 위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 착용하여야 한다.
(2) 낙하물에 의한 위험이 있는 장소에서는 안전모 및 안전화를 착용하여야 한다.
(3) 분진 등이 현저하게 발생되는 장소에서는 분진 방지 마스크를 착용하여야 한다.
(4) 유해가스 등에 의한 질식 등의 위험이 있는 장소에서는 방독마스크를 착용하여야 한다.
(5) 산소결핍 등의 위험 장소에서는 송기 또는 산소마스크를 착용하여야 한다.
(6) 터널 내에서 작업시에는 형광 표시 의류나 반벨트 등을 착용하여야 한다.
(7) 현저한 소음이 발생되는 작업 장소에서는 귀마개를 착용하여야 한다.
(8) 그라인더 작업 등 비산물에 의한 위험이 있는 작업시에는 보안경 또는 보안면을 착용하여야 한다.
(9) 수상 부근에서의 작업시에는 구명장구 및 비상로프를 착용, 휴대하여야 한다.
(10) 기타 위험요소가 있는 장소에서의 작업 시에는 적절한 보호용구를 사용하여야 한다.

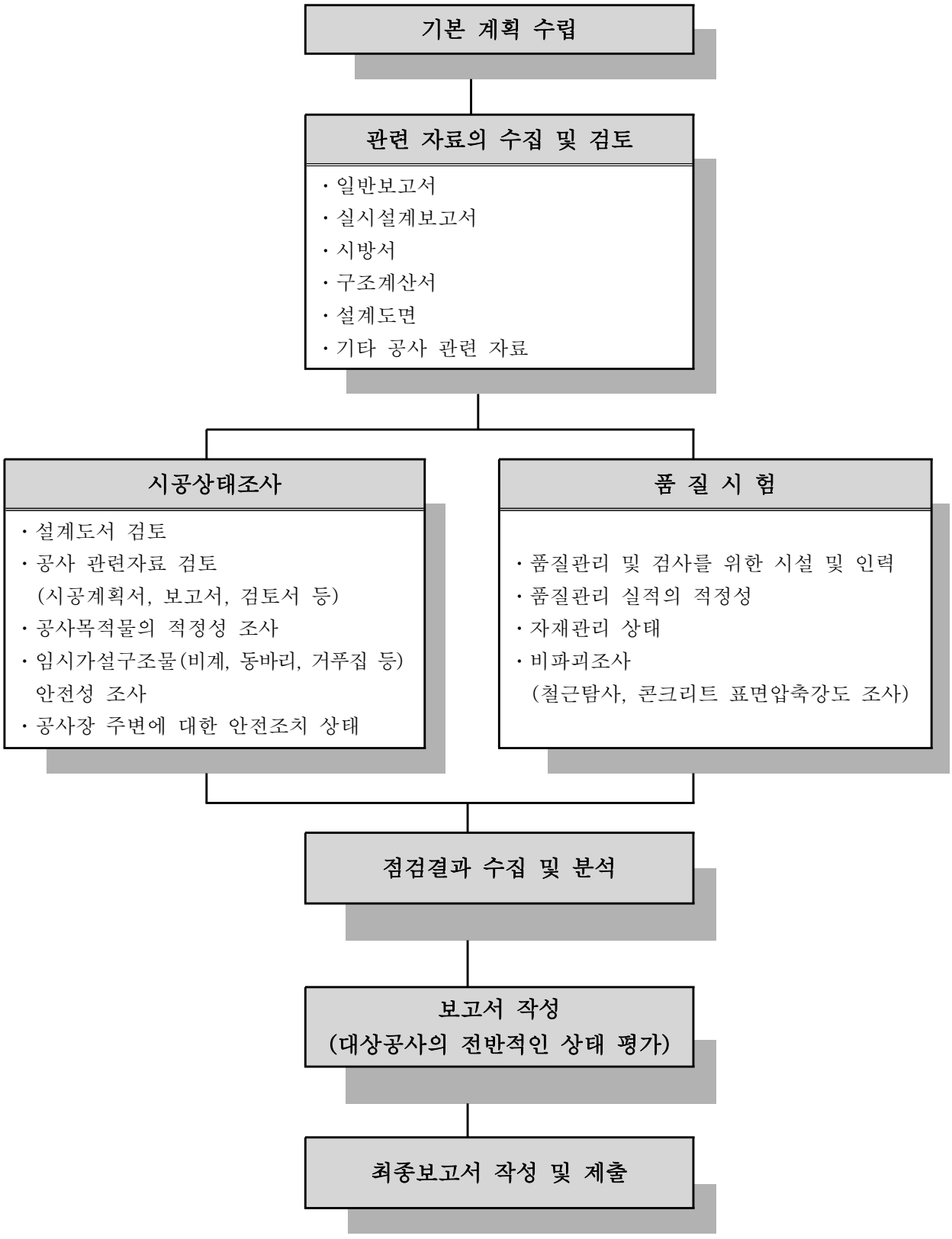
▢ 안전사고의 처리

안전사고자는 안전사고 발생시 응급조치를 취하고 신속하게 인근병원으로 후송하며, 관련 법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 규정된 시간 내에 산업재해 조사표에 의하여 보고하여야 한다.

▢ 안전수칙

(1) 일기조건으로 작업수행이 곤란한 경우에는 작업을 하여서는 안된다.
(2) 위험한 작업시에는 안전관리자가 입회하도록 하며, 특별교육을 실시하여야 한다.
(3) 작업 실시 전에 지장물의 파악을 위하여 관리주체의 협조를 얻어 안전조치를 취한 후에 작업을 실시하여야 한다.
(4) 공공의 안전과 관계가 있을 경우에는 적절한 조치(출입금지, 접근금지 등의 표지판 설치, 교통신호수, 감시인 배치 등)를 하여야 한다.
(5) 안전점검시 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전협의를 하여야 하며, 관리주체는 이에 적극 협조하여야 한다.
(6) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업시에는 충분한 밝기의 조명 시설을 갖추어야 하고, 식별이 용이하도록 조치를 하여야 하며, 수시로 작업자 상호간에 연락을 취할 수 있도록 한다.
(7) 산소 결핍이 예상되는 장소는 작업 전에 반드시 산소농도를 측정하고 적절한 조치를 취하여야 한다.
(8) 유해가스 발생 및 잔류가 예상되는 장소는 반드시 사전에 정밀측정기에 의한 측정 및 확인, 안전조치를 한 후에 작업하여야 한다.
(9) 전기를 사용할 경우에는 감전사고 예방조치를 취하여야 한다.
(10) 각종 측정장비는 사용할 때 주의사항을 숙지하여야 하며, 무리한 사용과 조작을 하지 않아야 한다.
(11) 장비 사용에 있어 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용하지 않아야 한다.

1.3 정기안전점검 흐름도



1.4 사용장비

구 분	장 비 명	활 용 방 법	사 진
콘크리트	균열 측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	반발 경도 측정기	약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함	
	콘크리트 탄산화	페놀프탈레인 용액을 분무하여 탄산화 측정	
	염도계	콘크리트에 포함된 염도측정	
철근	철근 탐사기	본체와 연결된 스케너를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화면을 통해 측정	
	버니어 캘리퍼스	측정기의 눈금을 활용하여 철근 직경 측정	
기 타	스타프	구조물의 설치상태 및 간격조사	
	줄자	구조물의 제원 및 가시설 상태조사	
	카메라	조사사항을 사진으로 기록	

1.5 정기안전점검 및 초기점검 수행일정

가. 총 과업기간 : 2020. 06 ~ 2022. 08

나. 연간 정기안전점검 예정 일정

1. 점검대상 시설물

지하차도 BOX 1개소 : 385m, 교량 1개소 : 49m

2. 안전점검 실시시기

구 분		횟수	예정일정	점검시행내용	비 고 (현지조사)
지하차도 #1	터파기	1차	2020년 09월	터파기 시공시(굴착공사 및 구조물 기초) - 현지조사일: 2020.09.25 - 보고서 검토 및 작성: 2020.09.26.~11.23	기존완료
	기초	2차	2021년 08월	중기단계(구조물 기초 및 벽체)	
	벽체	3차	2021년 11월	말기단계(구조물 기초, 벽체)	
	초기점검	1회	2022년 05월	초기점검(준공 3개월전)	
교량	기초파일 (항타기)	1차	2021년 08월	A2 교대 기초 파일 천공 및 항타 - 현지조사일: 2021.04.29.~07.15 - 보고서 검토 및 작성: 2021.07.16~08.20	기존완료
	기초파일 (항타기)	2차	2021년 09월	A1 교대 기초 파일 천공 및 항타 - 현지조사일: 2021.06.18.~08.02 - 보고서 검토 및 작성: 2021.08.03~09.01	기존완료
	A2교대 (높이5m이상)	3차	2021년 10월	A1 구조물 및 거푸집 - 현지조사일: 2021.09.10. - 보고서 검토 및 작성: 2021.09.11~10.10	기존완료
	A2교대 (높이5m이상)	4차	2021년 10월	A2 구조물 및 거푸집 - 현지조사일: 2021.09.10. - 보고서 검토 및 작성: 2021.09.11~10.10	기존완료
	A2교대 (높이5m이상)	5차	2021년 11월	A1 구조물 및 거푸집	
	A2교대 (높이5m이상)	6차	2021년 11월	A2 구조물 및 거푸집 - 현지조사일: 2021.10.22. - 보고서 검토 및 작성: 2021.10.23~11.22	금회실시 (초 · 중기)

※안전점검 예정일정은 건설기술진흥법 시행령 제100조(안전점검시기· 방법등) 기준에서 정한 정기안전점검 실시시기를 참조하여 결정하였으며, 차후 상기의 점검예정 시기는 해당현장의 공정진행 상황에 따라 조정될 수 있다.

제2장 점검대상물의 평가

2.1 점검대상 시설물 현황

2.2 관련자료 검토

2.3 주요 부재별 외관조사 결과의 분석

2.3.1 거푸집 품질 · 시공 상태의 적정성

2.3.2 시스템동바리 품질 · 시공 상태의 적정성

2.3.3 자재 관리의 적정성

2.3.4 조사, 시험 및 측정자료 검토

2.4 인접건축물 또는 구조물의 안정성 등
공사장주변 안전조치의 적정성

2.5 임시시설 및 가설공법의 안전성

2.6 건설공사 안전관리 검토

2.7 기본조사 결과 및 분석

제2장 점검대상물의 평가

2.1 점검대상 시설물 현황

2.1.1 건설공사의 주요 구조부 및 가설구조물

구분	공 종	점검위치(현장점검일자)	비고
6차	A2 구조물 및 거푸집	인천광역시 중구 운서동 일원 (현장점검일 : 2021.10.22.)	말기 1회

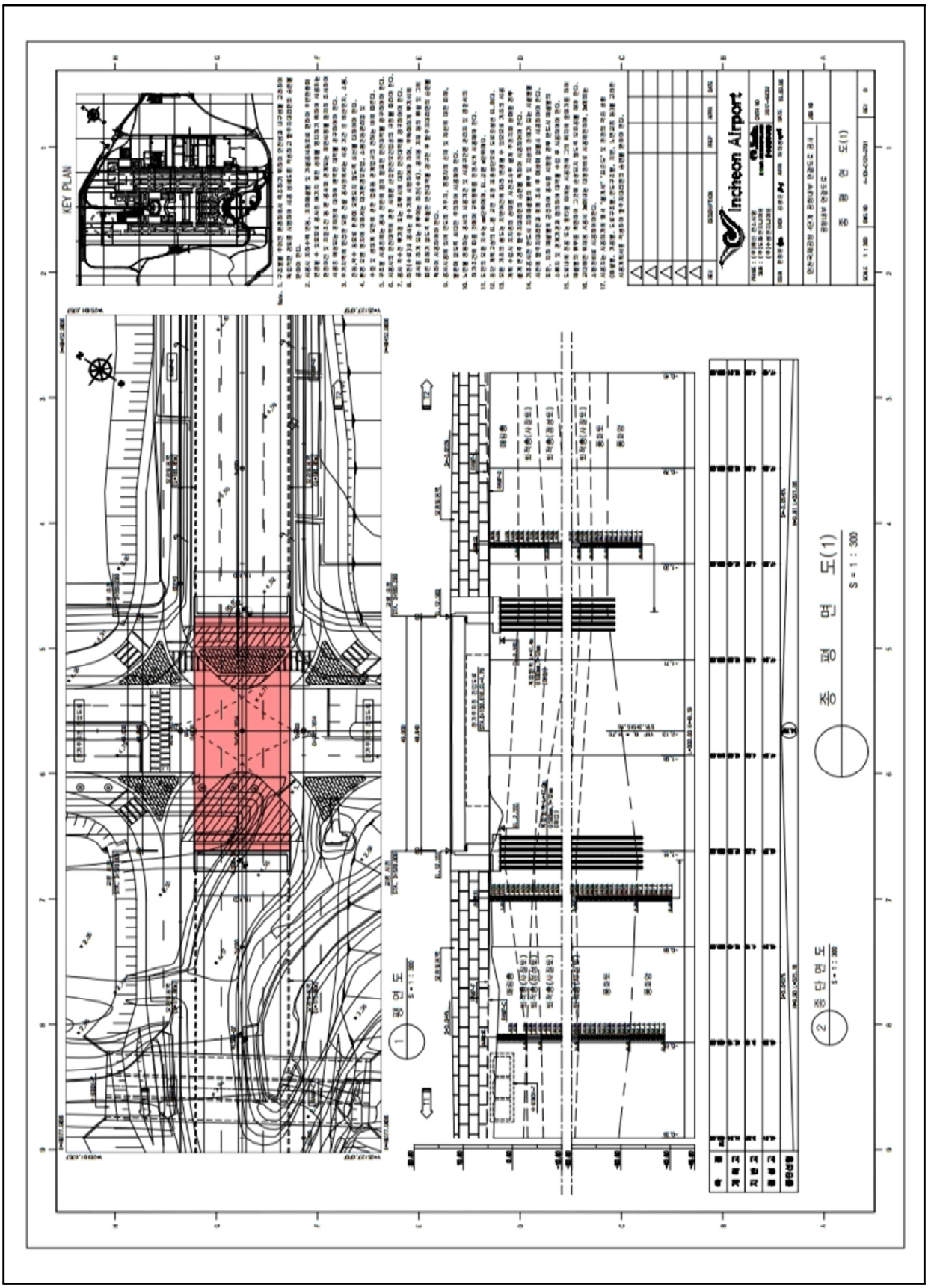
공사명	4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)
위 치	인천광역시 중구 운서동 일원

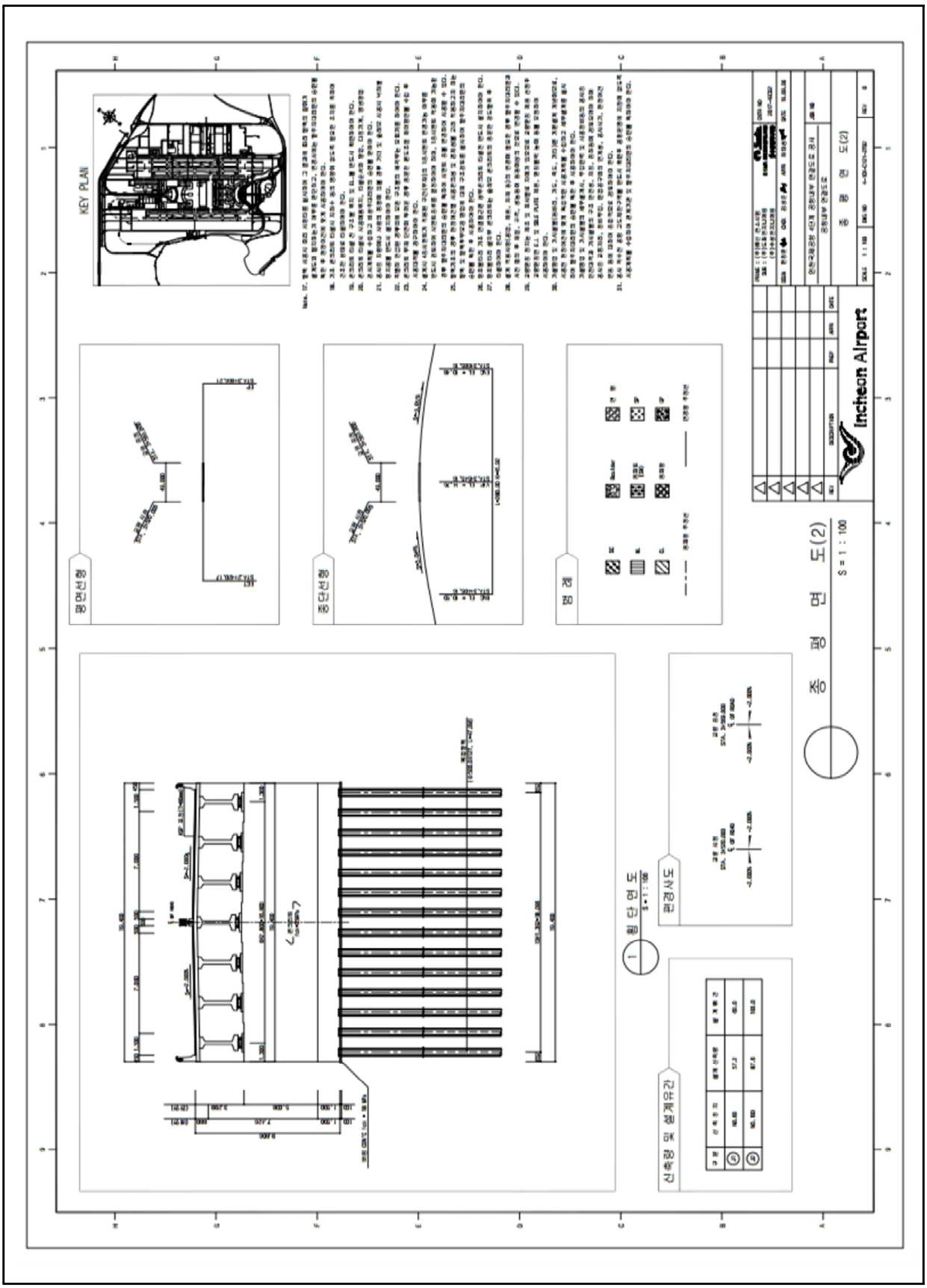


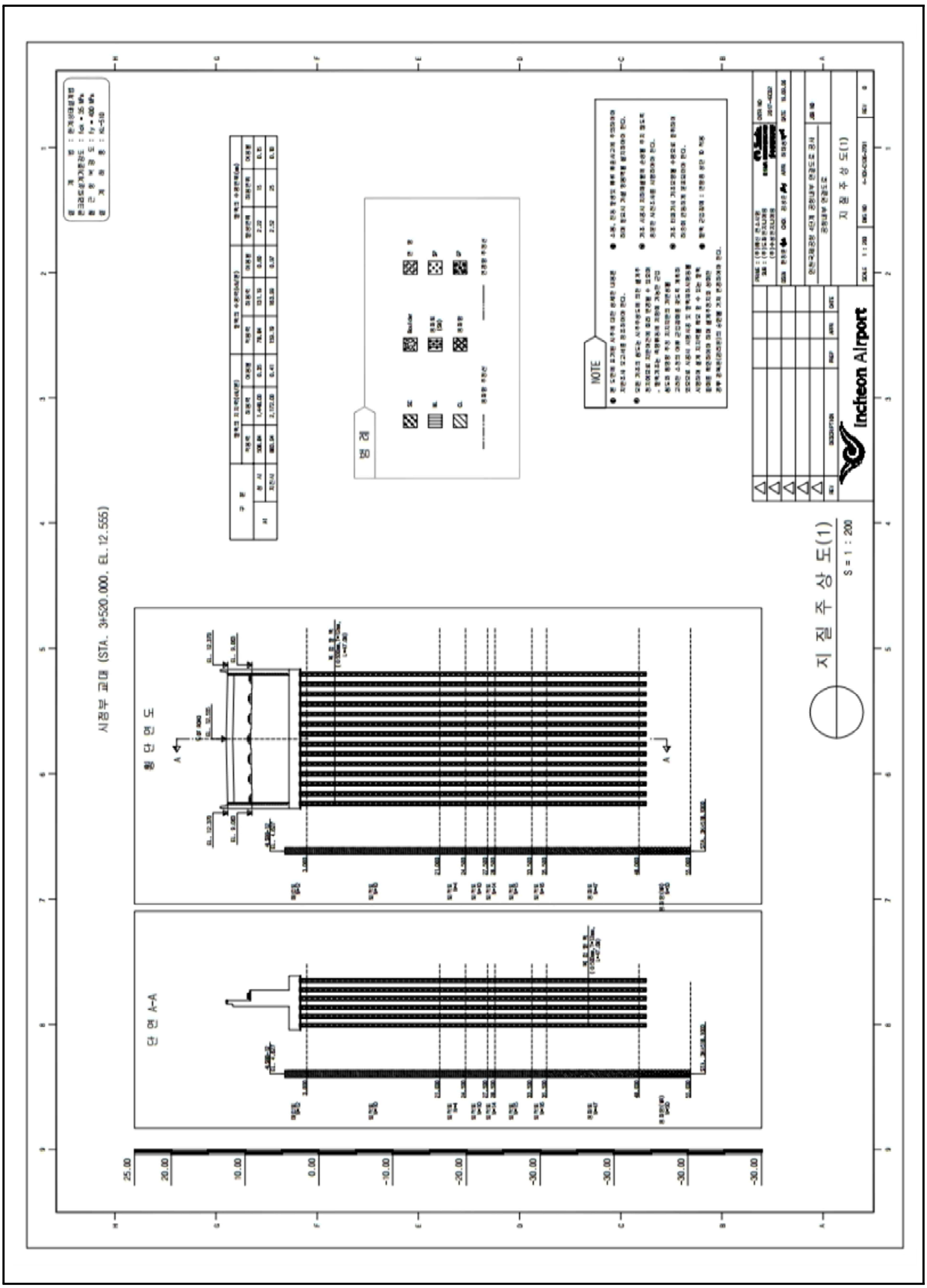

건설공사의 주요 구조부 및 가설구조물

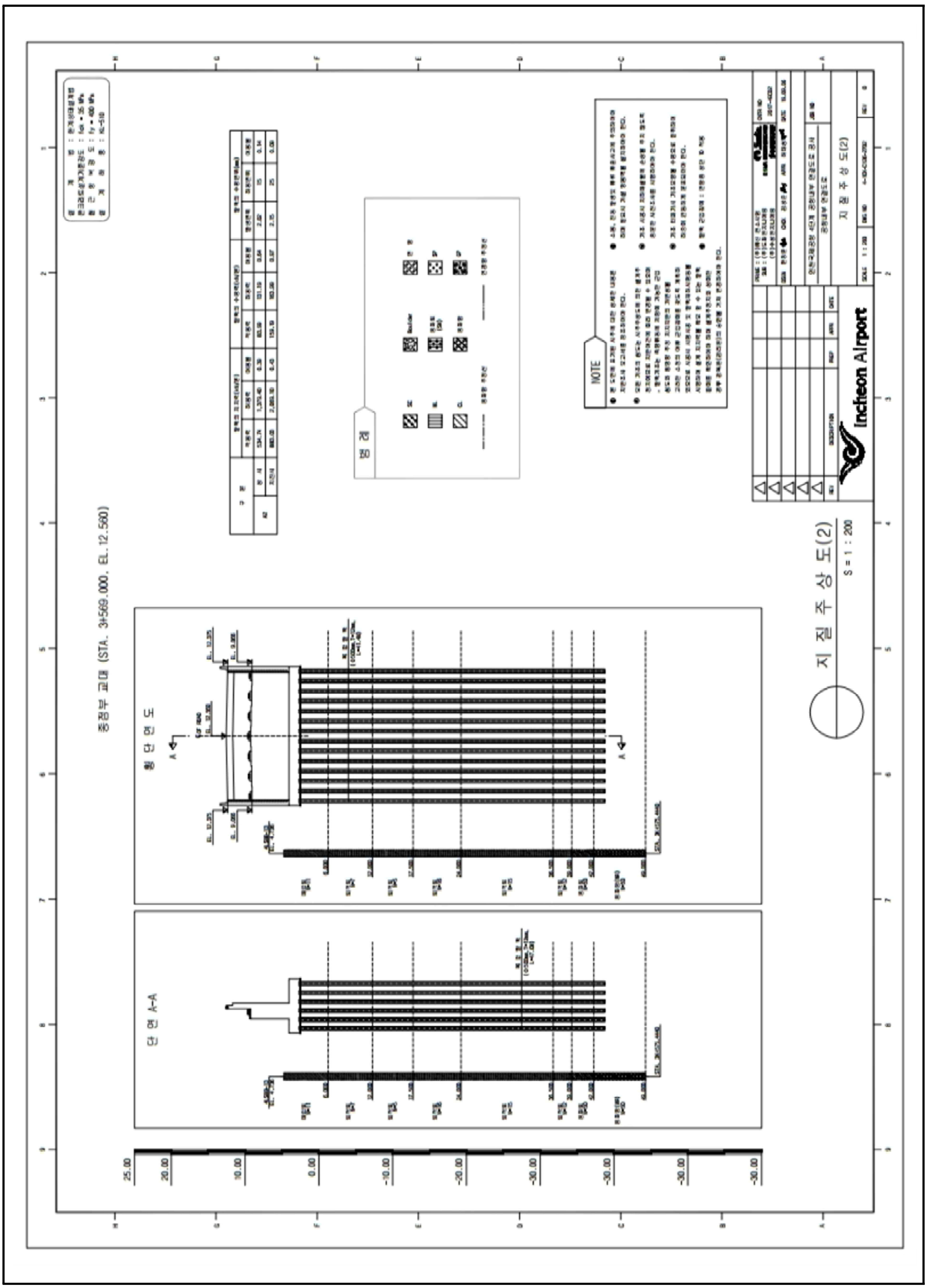


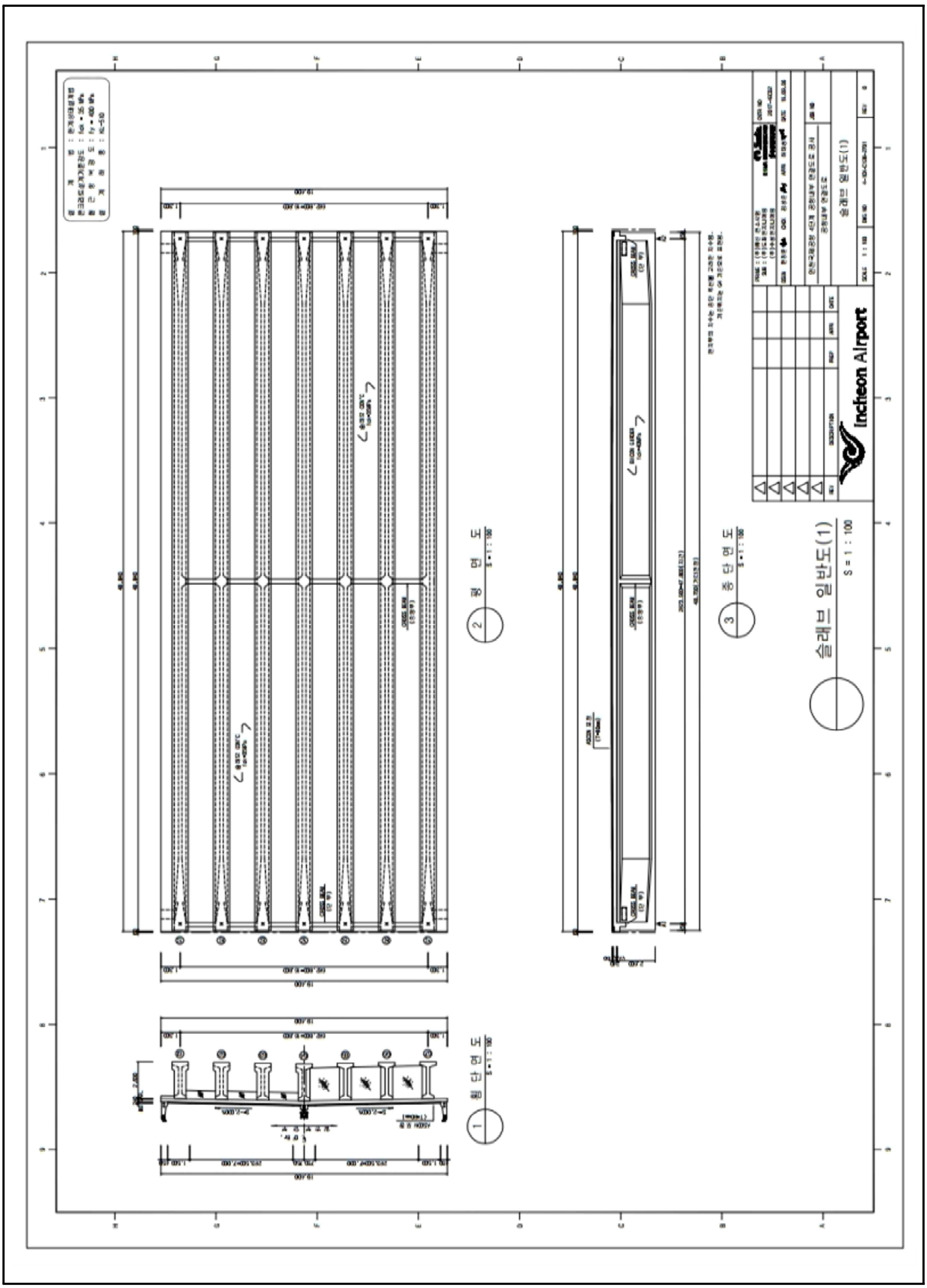
2.1.2 관련도면

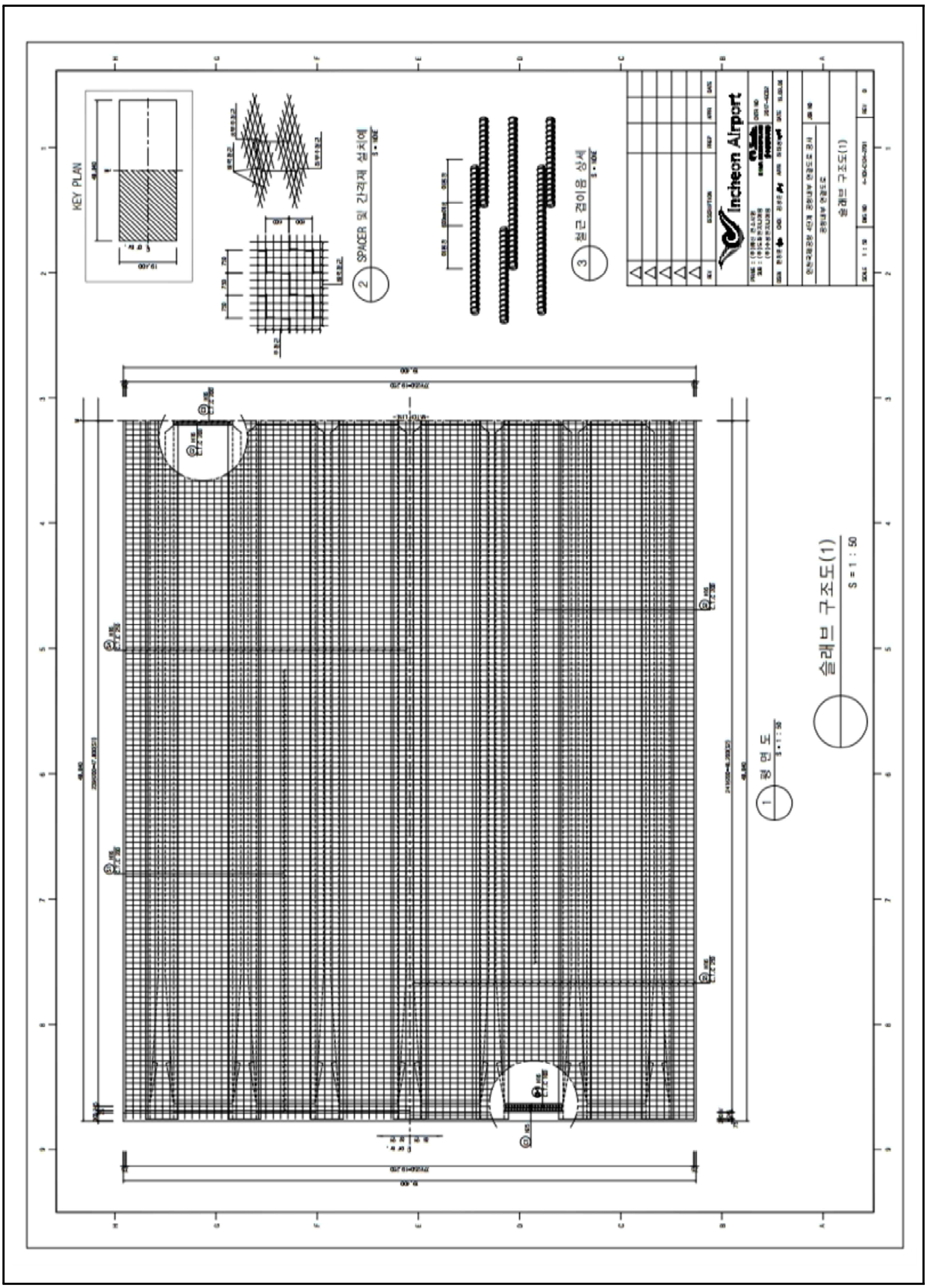


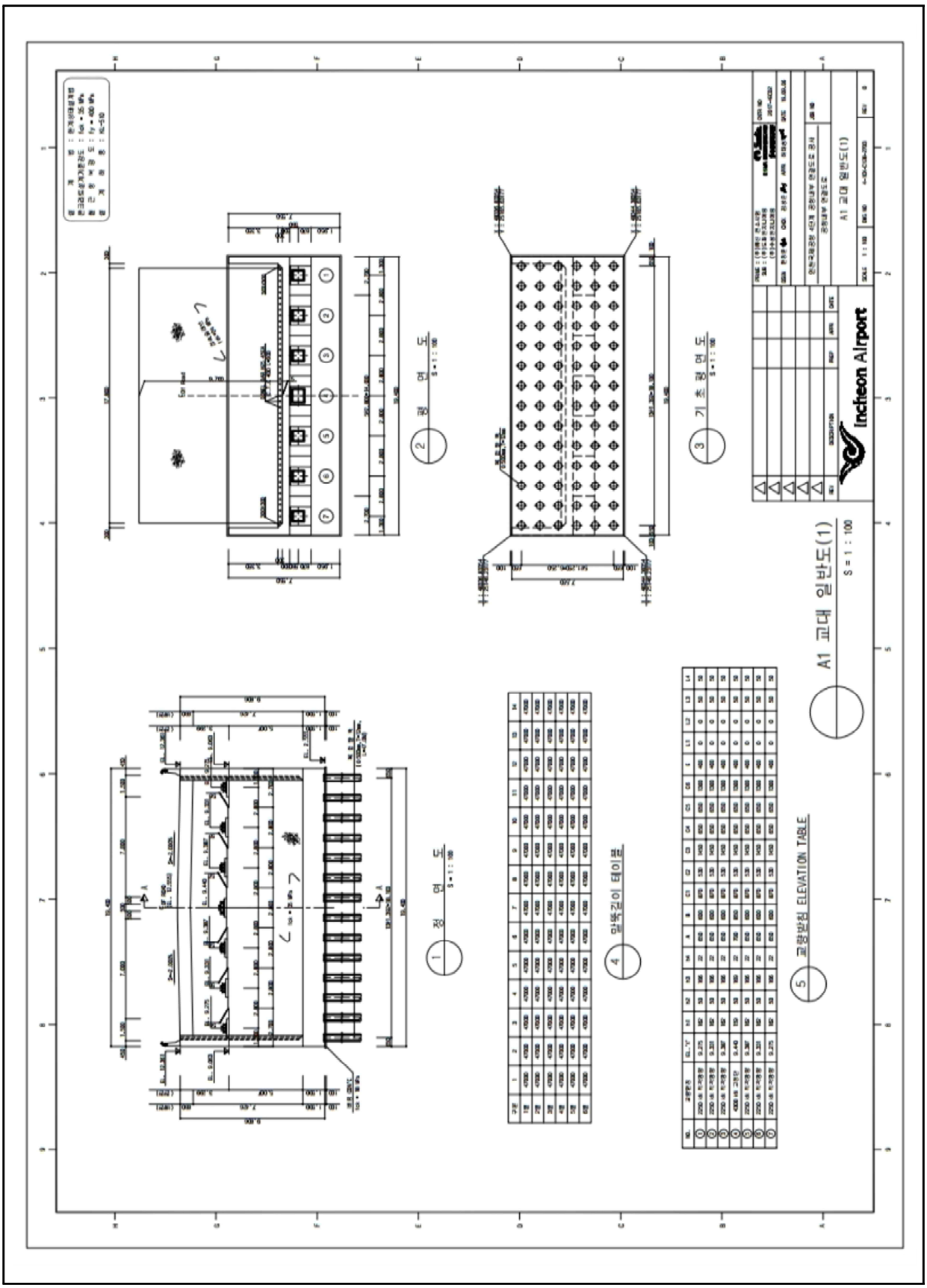

KEY PLAN
종 평 면 도(2)
S = 1 : 100
Incheon Airport
평면선형
종단선형
범 례
횡 단 면 도
S = 1 : 100
편경사도
신축량 및 설계유간

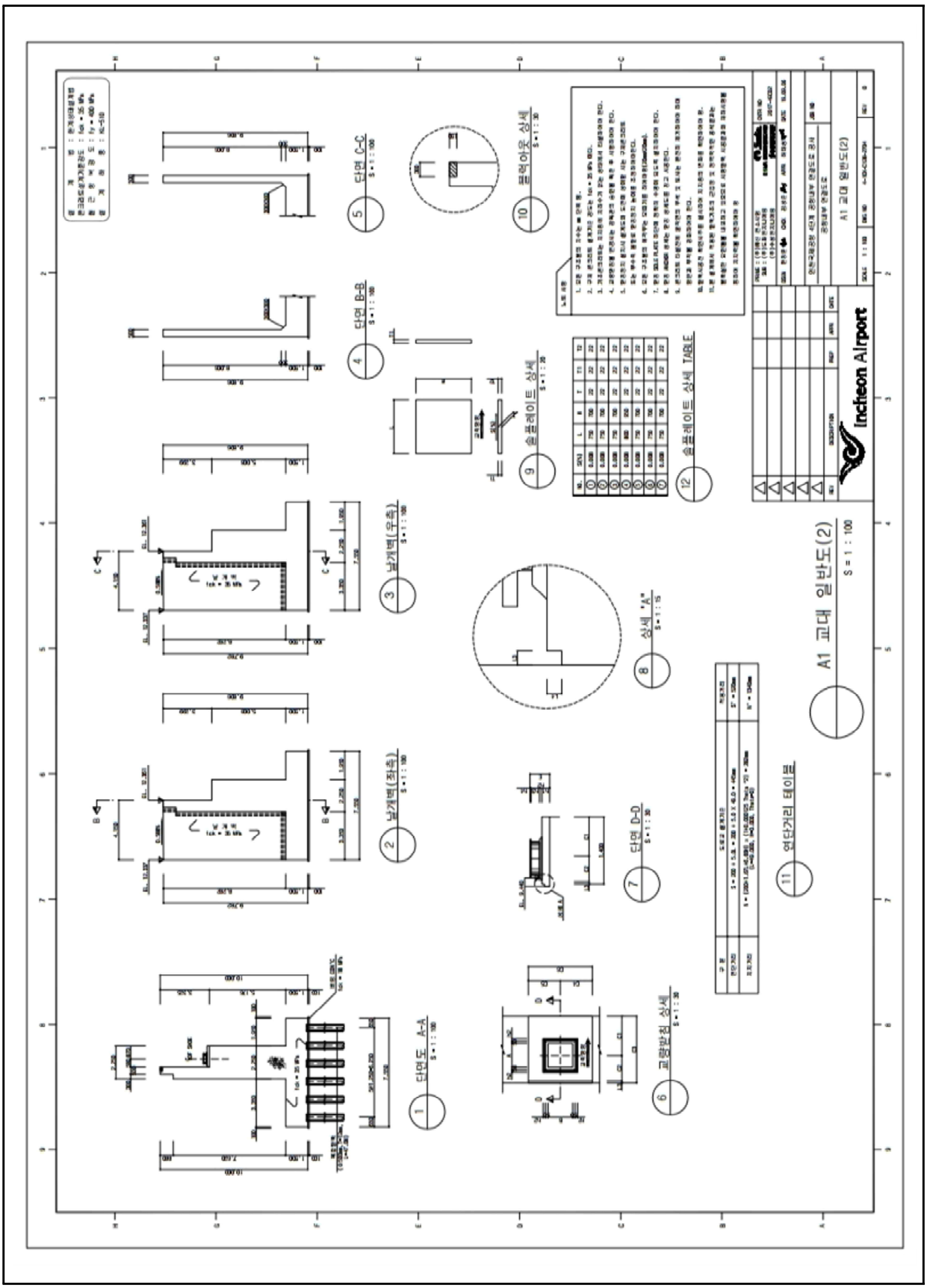

지 질 주 상 도(1)
S = 1 : 200
시점부 교대 (STA. 3+520.000, EL. 12.555)
횡 단 면 도
단 면 A-A
범 례
NOTE
Incheon Airport

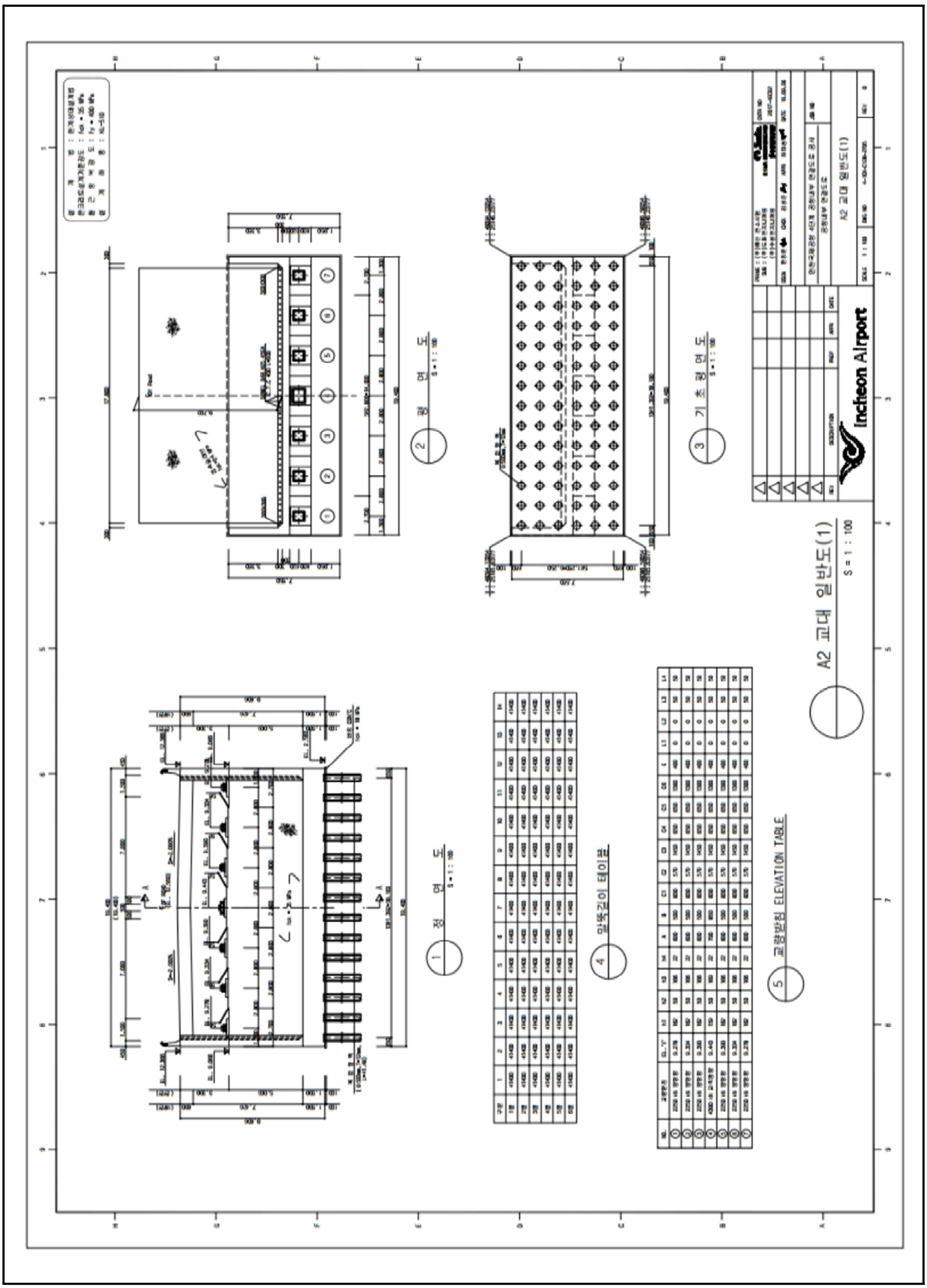

지 질 주 상 도(2)
S = 1 : 200
Incheon Airport
NOTE
범 례
횡 단 면 도
단 면 A-A
중점부 교대 (STA. 3+569.000, EL. 12.560)

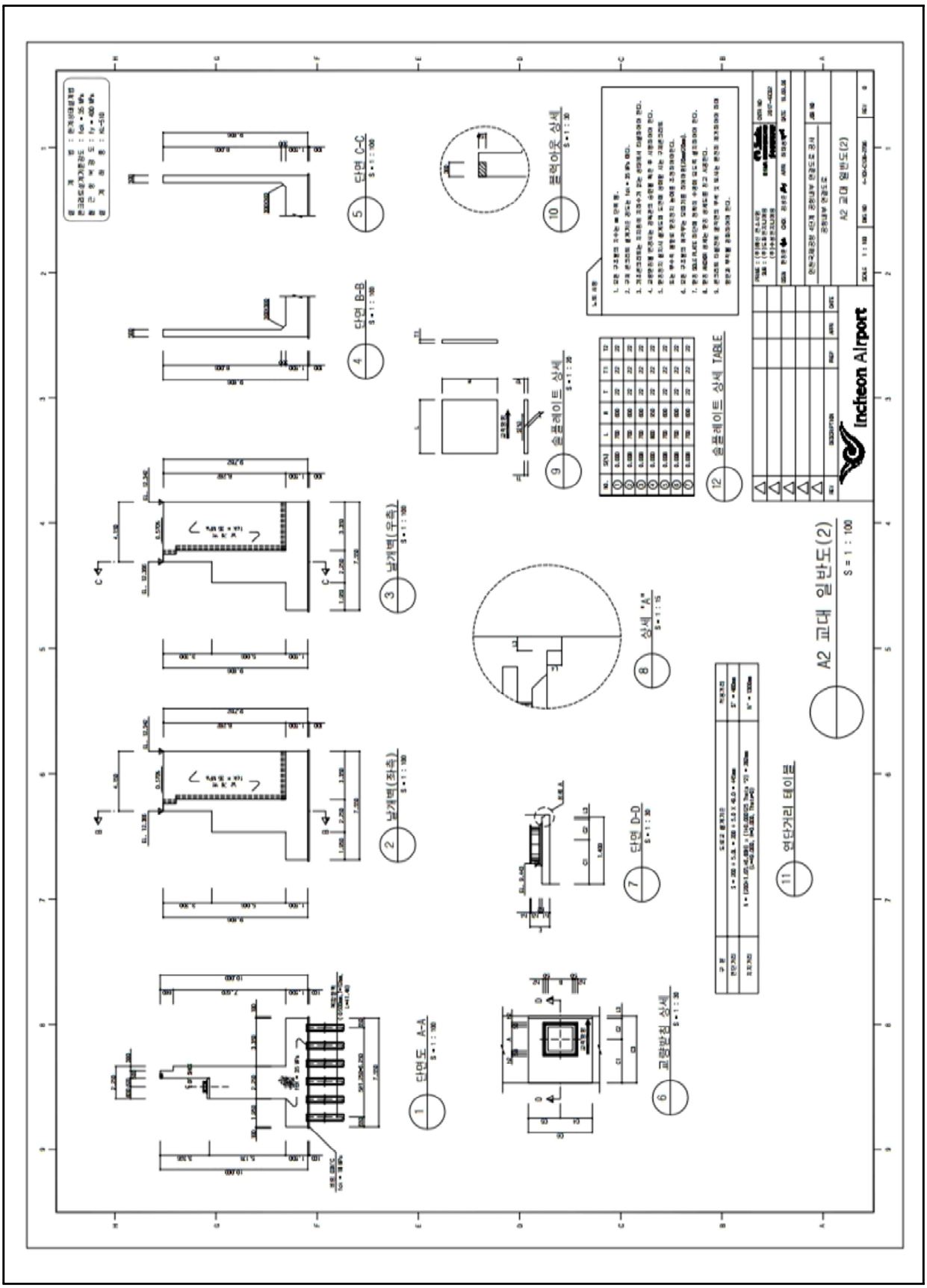

Incheon Airport
슬래브 일반도(1)
S = 1 : 100
정 면 도
S = 1 : 100
측 면 도
S = 1 : 100
종 단 면 도
S = 1 : 100

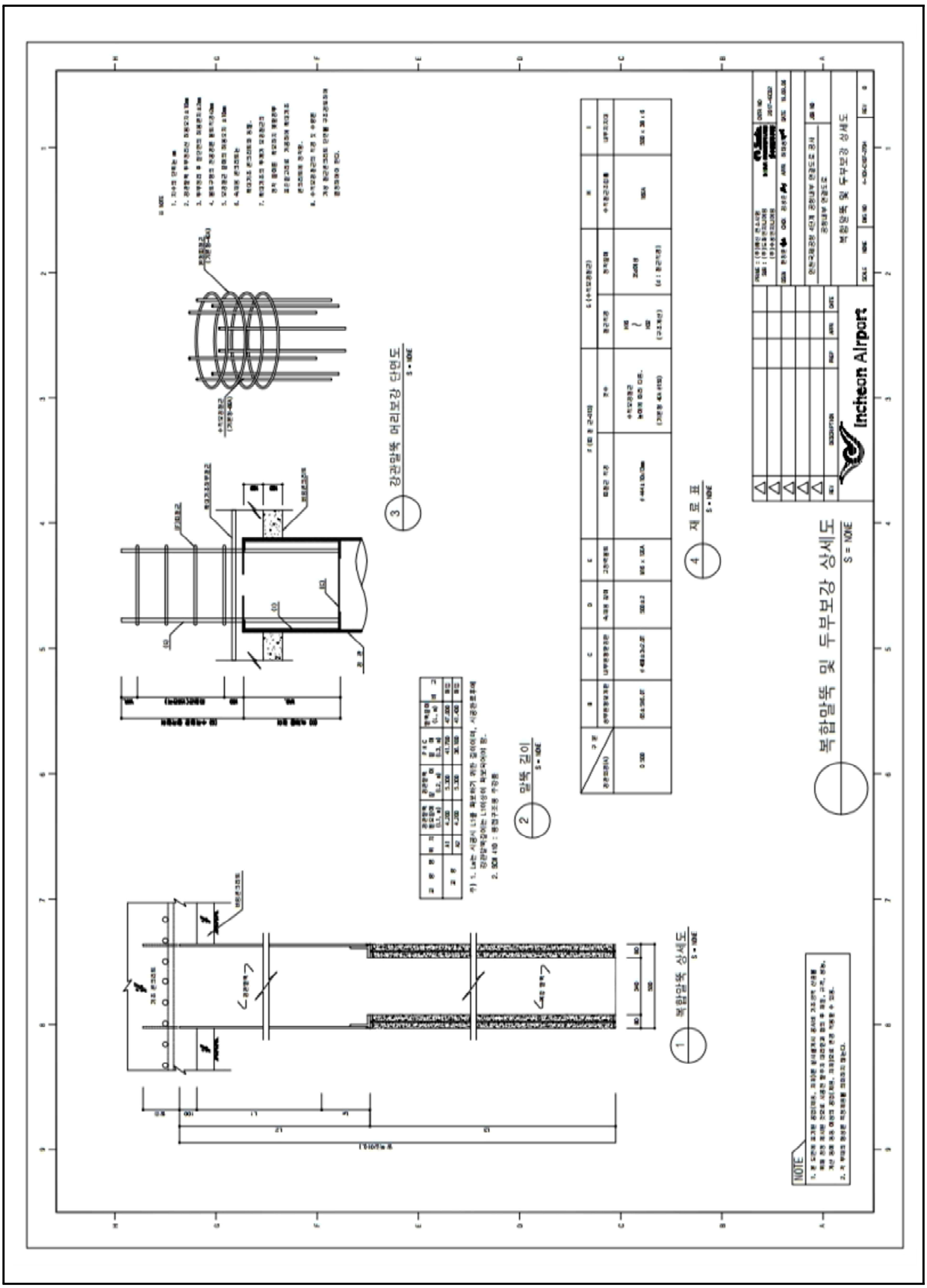

KEY PLAN
SPACER 및 간격재 설치예
철근 겹이음 상세
Incheon Airport
슬래브 구조도(1)
S = 1 : 50
평면도

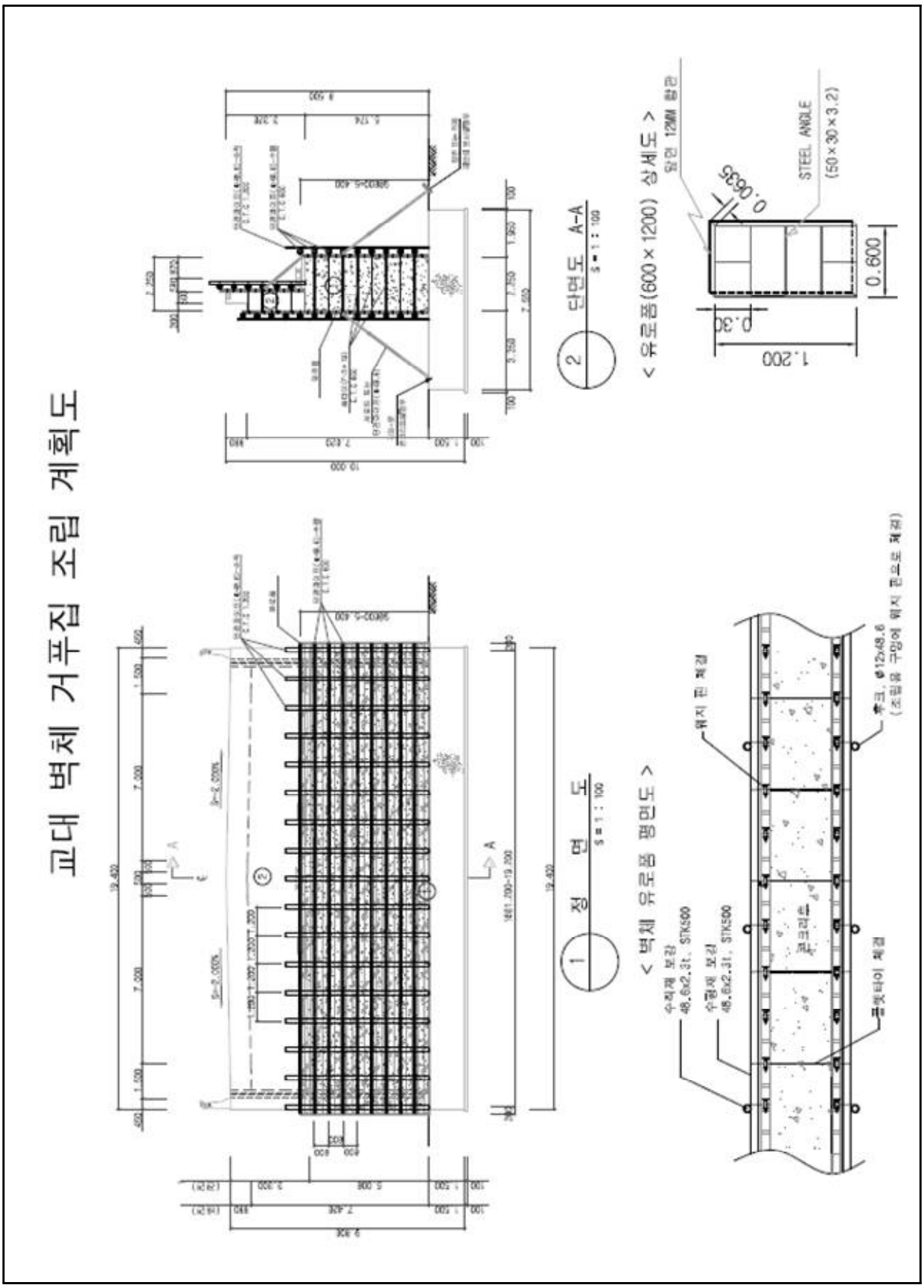

A1 교대 일반도(1)
S = 1 : 100
Incheon Airport
1 정 면 도
2 평 면 도
3 기 초 평 면 도
4 말뚝길이 테이블
5 교량받침 ELEVATION TABLE


A1 교대 일반도(2)
S = 1 : 100
Incheon Airport


A2 교대 일반도(1)
S = 1 : 100
Incheon Airport
1 정 면 도
2 평 면 도
3 기 초 평 면 도
4 높이 테이블
5 교량받침 ELEVATION TABLE


A2 교대 일반도(2)
S = 1 : 100
Incheon Airport
A2 교대 일반도(2)
1 단면도 A-A
2 날개벽(좌측)
3 날개벽(우측)
4 단면 B-B
5 단면 C-C
6 교량받침 상세
7 단면 D-D
8 상세 "A"
9 슬로레이트 상세
10 블럭아웃 상세
11 연단거리 테이블
12 슬로레이트 상세 TABLE

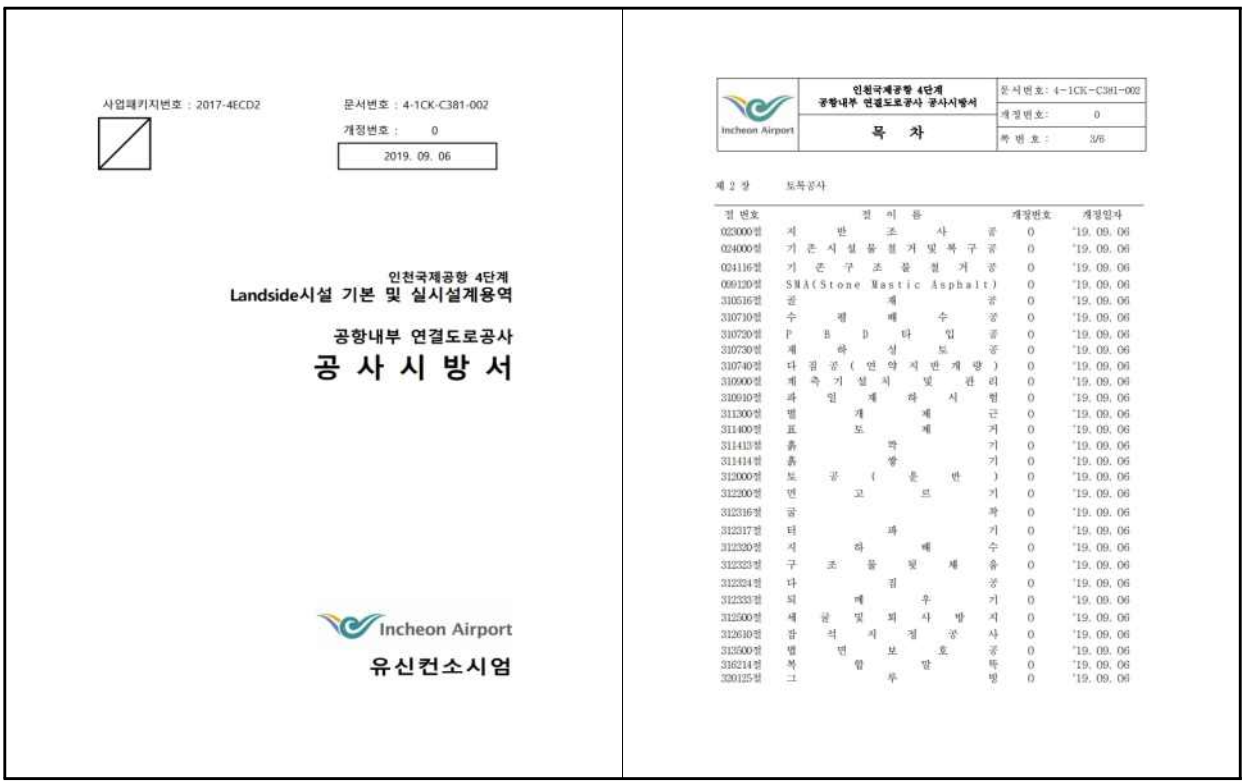

복합암뚝 및 두부보강 상세도
S = NONE
Incheon Airport
NOTE


교대 벽체 거푸집 조립 계획도
1 정 면 도
S = 1 : 100
2 단면도 A-A
S = 1 : 100
< 유로폼(600×1200) 상세도 >
STEEL ANGLE
(50×30×3.2)
0.600
1.200
< 벽체 유로폼 평면도 >

2.2 관련자료 검토

2.2.1 공사시방서 검토

본 과업수행을 위해 공항내부 연결도로공사 공사시방서(2019.09, 유신컨소시엄)를 검토하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.



사업패키지번호 : 2017-4ECD2

문서번호 : 4-1CK-C381-002

개정번호 : 0

2019. 09. 06

인천국제공항 4단계

Landside시설 기본 및 실시설계용역

공항내부 연결도로공사

공 사 시 방 서

Incheon Airport

유신컨소시엄

Incheon Airport

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 공사시방서

목 차

문서번호 : 4-1CK-C381-002

개정번호 : 0

쪽 번 호 : 3/6

제 2 장 토목공사

절 번호	절 이 름	개정번호	개정일자
023000절	지 반 조 사 공	0	'19. 09. 06
024000절	기 존 시 설 물 철 거 및 복 구 공	0	'19. 09. 06
024116절	기 존 구 조 물 철 거 공	0	'19. 09. 06
099120절	SMA(Stone Mastic Asphalt)	0	'19. 09. 06
310516절	골 재 공	0	'19. 09. 06
310710절	수 center 배 수 공	0	'19. 09. 06
310720절	P B D 타 입 공	0	'19. 09. 06
310730절	제 하 성 토 공	0	'19. 09. 06
310740절	다 짐 공 (연 약 지 반 개 량)	0	'19. 09. 06
310900절	계 측 기 설 치 및 관 리	0	'19. 09. 06
310910절	파 일 재 하 시 험	0	'19. 09. 06
311300절	뱰 개 체 근	0	'19. 09. 06
311400절	표 토 체 거	0	'19. 09. 06
311413절	흙 깍 기	0	'19. 09. 06
311414절	흙 쌓 기	0	'19. 09. 06
312000절	토 공 (분 반)	0	'19. 09. 06
312200절	면 고 르 기	0	'19. 09. 06
312316절	골 짝	0	'19. 09. 06
312317절	타 파 기	0	'19. 09. 06
312320절	시 center 험 수	0	'19. 09. 06
312323절	구 조 물 뒷 채 움	0	'19. 09. 06
312324절	다 짐 공	0	'19. 09. 06
312333절	되 메 우 기	0	'19. 09. 06
312500절	세 굴 및 되 사 방 지	0	'19. 09. 06
312610절	잡 석 시 절 공 사	0	'19. 09. 06
313500절	뱰 면 보 호 공	0	'19. 09. 06
316214절	복 합 망 뚜	0	'19. 09. 06
320125절	그 루 팅	0	'19. 09. 06

가. 재료

1) 거푸집 재료

A. 일반사항

1. 기술된 계약도서의 요건에 따라 콘크리트 표면은 만들 수 있는 거푸집의 재료 및 공법의 선정은 시공자의 책임이다.
2. 거푸집은 이음부의 수를 최소화하고 도면에 표시된 이음방식을 준수하여 사용 가능한 가장 큰 규격 제품을 사용해야 한다.
3. 거푸집 및 동바리에 사용할 재료는 강도, 강성, 내구성, 작업성, 쳐야 할 콘크리트에 대한 영향 및 경제성을 고려해야 한다.

B. 거푸집 널

1. 합판은 KS F 3110의 규정에 적합한 것이어야 한다
2. 코팅 합판은 내 알칼리성이 우수한 재료로, 표면코팅 한 제품을 사용한다.
3. 금속제 거푸집널은 KS F 8006에 적합한 것으로 한다.

4. 흠집 및 옹이가 많은 거푸집과 합판의 접착부분이 떨어져 구조적으로 약한 것을 사용해서는 안된다.
5. 거푸집의 띠장은 부러지거나 균열이 있는 것을 사용해서는 안된다.
6. 금속제 거푸집의 표면에 녹이 많이 나 있는 것은 쇠솔(Wire Brush) 또는 샌드페이퍼(Sand Paper) 등으로 닦아내고 박리제(Form Oil)를 엷게 칠해 두어야 한다.
7. 거푸집널을 재사용하는 경우는 콘크리트에 접하는 면을 깨끗이 청소하고 볼트용 구멍 또는 파손 부위를 수선한 후 사용해야 한다.

C. 띠장 및 동바리, 가새

1. 각재는 육송 또는 동등이상의 강관 받침기둥은 KS F 8001, KS F 8002, KS F 8003의 규정에 적합한 것으로 하고, 신뢰할 수 있는 시험기관이 내력시험 등에 의하여 허용하중을 표시한 제품을사용해야 한다. 재질로 함수율이 24% 이하이어야 한다.
2. 원형 강관은KS D 3566, 각형 강관은 KS D 3568, 경량형강은 KS D 3530의 규정에 적합한 것이어야 한다.
3. 현저한 손상, 변형, 부식이 있는 것은 사용해서는 안된다.
4. 강관 동바리는 양끝을 일직선으로 그은 선 안에 있어야 하고, 일직선 밖으로 굽어져 있는 것은 사용해서는 안된다.
5. 강관 동바리, 보 등을 조합한 구조는 최대 허용하중을 초과하지 않는 범위에서 사용해야 한다.

D. 부속재료

1. 긴결재
   a. 긴결재는 내력시험에 의하여 제조업자가 허용 인장력을 보증하는 것을 사용해야 한다.
   b. 다음 사항에 합당한 것을 선정하여 사용해야 한다.
      정확하고 충분한 강도가 있는 것
      회수, 해체가 쉬운 것
      조합, 부품수가 적은 것
2. 연결재는 다음 사항에 합당한 것을 선정하여 사용해야 한다.
   a. 정확하고 충분한 강도가 있는 것.
   b. 회수, 해체가 쉬운 것.
   c. 조합 부품수가 적은 것.
3. 박리재
   a. 콘크리트의 수화작용과 마무리 면에 유해하지 않은 광물성 또는 식물성 유지로 수용성인 것을 사용한다.
   b. 박리제는 콘크리트의 양생 및 표면 마감시 유해한 영향을 끼치지 않는 것으로 발주자 대리인의 승인을 받아 사용한다.

c. 폐오일로 제품은 사용하지 말아야 하며, 최대 VOC(Volatile Organic Compound : 휘발성 유기화합물) 350㎎/ℓ의 박리재를 사용해야 한다.

4. 수팽창지수재

a. 수팽창 고무지수재는 KS 해수용 제품으로 다음의 성능을 만족하여야 한다.

1) 규격: 20 ㎜×10 ㎜

2) 일반적 품질성능

항목		품질기준	시험방법	시험빈도
인장강도		2.5 MPa 이상	KS M 6793	제조회사별 1회
신장률		450 % 이상		
경도(A 타입)		50±10		
촉진내화 시험	인장강도 변화율	±25 % 이내		
	신장률 변화율	±25 % 이내		
	경도(A 타입) 변화	±10 이내		
침지시험	부피변화율	100 % 이상		
	팽창 후 성상	이상 없을 것		

b. 사용부위는 설계도면에 지정이 없는 경우 지하 옹벽 배관 스리브에 사용 한다.

5. 면목 및 물 끊기

합성수지 제품 또는 동등성능 이외의 제품을 사용한다.

2) 시스템 거푸집

A. 시스템거푸집은 제조업체의 표준제품을 사용하며 거푸집 제작을 착수하기 전에 구조계산서가 포함된 제작도를 제출하여 발주자대리인의 승인을 받아야 한다.

B. 시스템거푸집 사용부위는 설계도서에 준한다.

나. 시공

1) 시공조건의 확인

시공자는 모든 거푸집을 제자리에 위치시키고 모든 선, 수평 및 표고를 선정하여 정확히 거푸집을 설치할 책임이 있다.

2) 거푸집 설치

A. 일반사항

1. 거푸집 및 동바리는 콘크리트 시공 중의 하중, 콘크리트 측압, 부어 넣을 때 진동 및 충격 등에 견디고, 콘크리트를 시공했을 때 시공허용오차의 허용치를 넘는 변

형 또는 오차가 발생하지 않도록 승인된 시공상세도면에 따라 거푸집작업을 수행해야 한다.

2. 품질 또는 공기, 경제성 등을 평가하여 필요하다면 발주자 대리인의 승인을 득하여 시스템 거푸집을 사용할 수 있다.

B. 거푸집 시공

1. 거푸집은 쉽게 조립할 수 있고 안전하게 떼어낼 수 있게 해야 하며, 거푸집 널 또는 패널(panel)의 이음은 될 수 있는 대로 부재축에 직각 또는 평행으로 하고 모르터가 새어 나오지 않는 구조로 해야 한다.
2. 필요한 경우에는 거푸집의 청소, 검사 및 콘크리트 치기에 편리하도록 적당한 위치에 임시 개구부를 만들어야 한다.
3. 거푸집을 단단하게 조이는 데는 기성제품의 거푸집 긴결재(form tie), 볼트 또는 강봉을 쓴다. 이러한 조임재는 거푸집을 제거한 다음 콘크리트 표면에 남겨 놓아서는 안 된다. 조임재가 콘크리트 표면에 나와 있으면 이것이 녹슬어 보기 흉하고 또는 콘크리트에 균열을 유발한 염려가 있으므로 콘크리트 표면에서 25mm 이내에 있는 조임재는 구멍을 뚫어 제거해야 되며, 제거 후 구멍은 고품질의 모르터로 메워야 한다.
4. 거푸집을 사용한 콘크리트 면이 거칠게 마무리됐을 경우에는 구멍, 기타 결함 있는 부위는 땜질하고, 6mm 이상의 돌기물은 제거해야 한다.
5. 모서리 처리
   노출콘크리트 면의 모서리, 가장자리를 위해 설치되는 면목은 지정된 제품을 사용하여 모르터의 누설을 방지하도록 정확하게 모양과 표면을 만들어야 한다.
6. 매설물 및 개구부
   콘크리트 치기 전에 도관, 관 슬리브, 배수구, 금속 긴결봉, 삽입재 등의 매설물은 명시된 대로 정확한 위치에 고정시켜야 하며, 또한 정확한 위치에, 명시된 크기로 개구부를 두어야 한다.
7. 거푸집판 내면에는 콘크리트가 거푸집에 부착되는 것을 막고 거푸집 제거를 쉽게 하기 위해, 철근 배근과 매설물 설치 전에, 제조자의 사용지침에 따라 거푸집 박리제를 발라야 한다. 제거될 볼트 및 긴결봉에도 박리제를 발라야 한다.

C. 동바리 시공

1. 동바리를 조립하기 전에 앞서 기초가 소요 지지력을 갖도록 하고 동바리는 충분한 강도와 안전성을 갖도록 시공해야 한다.
2. 동바리는 필요에 따라 적당한 솟음(camber)을 두어야 한다.
3. 거푸집이 곡면일 경우에는 버팀대의 부착 등 당해 거푸집의 변형을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.
4. 동바리는 침하를 방지하고 각부가 활동하지 아니하도록 견고하게 하여야 한다.
5. 강재와 강재와의 접속부 및 교차부는 볼트, 클램프 등의 철물로 정확하게 연결하여야 한다.

6. 강관 동바리는 3본 이상 이어서 사용하지 아니하여야 하며, 또 높이가 3.6 미터 이상의 경우에는 높이 2.0미터 이내마다 수평 연결재를 2개 방향으로 설치하고 수평 연결재의 변위가 일어나지 아니 하도록 이음 부분은 견고하게 연결하여야 한다.
7. 동바리 하부의 받침판 또는 받침목은 2단 이상 삽입하지 아니 하도록 하고 작업 인원의 보행에 지장이 없어야 하며, 이탈되지 않도록 고정시켜야 한다.

D. 거푸집 시공의 허용오차

1. 수직오차
   a. 높이가 30m 미만인 경우
      선, 면, 그리고 모서리 : 25mm 이하
   b. 높이가 30m 이상인 경우
      1) 선, 면 그리고 모서리 : 높이의 1/1,000 이하, 다만 최대 150mm 이하
      2) 노출 모서리 기둥, 콘트롤 조인트 홈 : 높이의 1/2,000 이하, 다만 최대 75mm이하
2. 수평오차
   a. 부재(슬래브밑, 천정, 보밑 그리고 모서리) : 25mm 이하
   b. 슬래브 중앙부에 300mm 이하의 개구부가 생기는 경우 또는 가장자리에 큰 개구부가 있는 경우 : 13mm 이하
   c. 쇠톱자름, 조인트 그리고 슬래브에서 매설물로 인해 약화된 면: 19mm 이하
3. 콘크리트 슬래브 제물 바탕 마감의 허용오차
   a. 슬래브 상부면
      지반면에 접한 슬래브 : 19mm 이하
      동바리를 제거하지 않은 기준층 슬래브 : 19mm 이하
   b. 동바리를 제거하지 않은 부재 : 19mm 이하
   c. 인방보, 노출창대, 파라펫, 수평홈 그리고 현저히 눈에 띄는 선 : 13mm이하
4. 부재 단면 치수의 허용오차
   a. 기둥, 보, 교각, 벽체(두께만 적용) 그리고 슬래브(두께만 적용) 등의 부재
      단면 치수가 300mm 미만 : + 9mm, −6mm
      단면 치수가 300 ~ 900mm 이하 : + 13mm, −9mm
      단면 치수가 900mm 이상 : + 25mm
5. 기타 허용오차
   a. 계단
      계단의 높이 : 3mm 이하
      계단의 넓이 : 6mm 이하
   b. 홈
      폭이 50mm 이하인 경우 : 3mm
      폭이 50 ~ 300mm 이하인 경우 : 6mm
   c. 콘크리트면 또는 선의 기울기는 3m당 측정하여 다음의 허용오차범위 이내

이어야 한다.

노출 모서리 기둥의 수직선, 노출콘크리트에 있는 컨트롤조인트의 홈 : 6mm
기타의 경우 : 9mm

6. 부재를 관통하는 개구부
   a. 개구부의 크기 : + 25mm, − 6mm
   b. 개구부의 중심선 위치 : + 3mm, − 3mm
7. 거푸집 및 동바리 검사
   a. 거푸집 및 동바리는 콘크리트를 치기 전에 발주자 대리인의 검사를 받아야 한다.
   b. 거푸집 및 동바리는 콘크리트를 치는 동안 거푸집의 부풀음, 모르터가 새어나오는 것, 이동, 경사, 침하, 접속부의 느슨해짐, 기타의 이상 유무를 검사해야 한다.
   c. 구조물의 시공정밀도는 유지하기 위하여 개개의 부분의 허용오차 및 누적 허용오차는 본 절의 3.4에 규정한 시공허용오차 범위내로 한다.

E. 거푸집 및 동바리공의 전도방지대책

1. 거푸집 및 동바리공의 전도는 거푸집 및 동바리공 주변의 작업원을 포함해서 일시에 다수의 작업원이 피해를 입는 사고가 연결되므로 이를 방지하기 위한 조치를 확실하게 취해야 한다.
2. 전도방지에 대해서는 거푸집 및 동바리공을 설치하는 개소의 지반에 관한 사항과 거푸집, 동바리공의 재료 및 구조에 관한 사항으로 대별된다. 거푸집, 동바리공을 설치하는 개소의 지반에 대해서는 설치에 앞서 지반에 정지한 후 소정의 지지력이 생기고, 또한 부등침하 등이 발생하지 않도록 충분히 다지기를 하여야 한다. 특히 되메운 흙에 지지하는 경우에는 철저히 다져야 한다.
3. 거푸집 동바리공의 하부가 물의 영향으로 세굴될 가능성이 있는 경우에는 물이 들어가지 않도록 조치를 하여야 한다.
4. 거푸집 떼어내기시에는 작업 책임자를 선임하여 작업원에게 떼어내기 할 장소 및 범위를 작업전에 인식시켜 지정된 곳 이외의 것은 떼어내기를 하지 않도록 한다.
5. 큰 보, 긴경간 등은 존치기간이 지나더라도 중앙부에 한 두 개의 동바리를 존치시키는 것이 좋으며, 보 밑 또는 슬래브 거푸집의 경우 높은 곳에서 떨어지는 낙하충격으로 인한 작업원과 거푸집을 보호하기 위해서 밧줄 등으로 서서히 내리도록 하여야 한다.
6. 거푸집의 떼어내기는 진동, 충격 등을 주지 않고 구조체에 손상이 가지 않도록 순서 있게 하며, 동바리의 떼어내기는 상부의 하중이 계속 가해지는 경우 그대로 존치시켜야 한다.
7. 상 · 하에서 동시에 작업을 할 때에는 상 · 하간 긴밀한 연락을 취해야 한다.
8. 거푸집 떼어내기 작업장 주위에는 관계자외의 출입을 금지시킨다.
9. 떼어내기한 거푸집 또는 각목 등에 박혀 있는 못 또는 날카로운 돌출물은 즉시 제거하여야 한다.

10. 거더 양생후 강재 거푸집 해체 시 전도방지용 써포터 및 각목 등지지 작업을 하여야 한다.
11. 동시에 전체 거푸집을 제거해서는 안되며, 전도방지용 써포터 및 각목 설치와 부분적인 거푸집 해체가 병행 되어야 한다
12. 2단 이상의 구조물 시공을 위한 거푸집 및 동바리 설치시에는 비계를 설치하여야 하므로 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.
    a. 비계 설계표준도 작성
    b. 비계 설치반의 평탄성 확보(필요시 콘크리트 타설)
    c. 2단 이상 비계 설치시 연결재 점검 및 보강
    d. 이동식 비계를 사용할 경우 반드시 하부 고정 후 작업 수행
    e. 고소 작업을 위한 비계 설치시에는 구조물에 연결하여 좌굴등이 발생하지 않도록 함.

F. 슬립폼(Slip Form)

1. 시공일반
    a. 슬립폼에 사용되는 모든 구조용 자재는 콘크리트 압력, 형틀 전체의 자중 및 제반작업 하중에 의한 휨 및 좌굴에 견딜 수 있도록 충분한 강도와 두께를 가져야 한다.
    b. 한국산업 표준규격 및 관련 제반규정에 적합하고 공인시험기관에서 적격 판정된 자재만을 사용하여야 한다.
    c. 슬립폼 제작 및 설치는 사전에 구조적 안정성 검토를 확실히 하여, 조립·해체시 문제점이 발생하지 않아야 하며, 슬립폼 제작 및 설치 시공상세도면을 제출하여 발주자 대리인의 확인을 득한 후 시행하여야 한다.
    d. 잭버팀대(Jack Rod)는 슬립폼 형틀전체의 자중과 제반작업 하중을 지지해야 하므로 좌굴 등을 감안한 안전성을 확보하여야 한다.
    e. 슬립폼은 콘크리트 측압에 견디고 모르터 등의 손실을 방지할 수 있어야 하며 콘크리트와 접촉되는 면에서 슬라이딩이 잘 되어야 하고 강판은 0.8mm 이상을 사용해야 한다.
2. 시공시 주의사항
    a. 24시간 연속 타설작업을 하므로 배치 플랜트 조종원, 교반장치, 트럭 등에 야간 작업조를 구성하여야 하며 비상 전력시설(예비발전기)을 준비하여야 한다.
    b. 고공 작업시 피뢰침을 반드시 설치하여 낙뢰에 대비하여야 하며 1일 2회 이상 측량을 하여 뒤틀림과 편심을 조정하여야 한다.
    c. 거푸집 상승시 콘크리트와의 마찰을 줄이고 콘크리트 표면의 원만한 성형을 위해 잔골재의 조립율(F.M)을 3.2 이하로 관리하며, 폼셔터(Form Shutter)의 철판은 가공성 및 성형성을 고려하여 1~1.2mm 정도를 사용하는 것이 좋다.
    d. 요크의 간격은 2m 정도로 하며, 모서리 부위에는 추가하여 배치한다.

e. 10~20개의 버팀대에 의지하여 거푸집이 상승하는 만큼 동시에 일정량을 정확하게 상승하여야 하나 잭(Jack)별 미세한 차이가 있어 구조물의 위치 이동 또는 뒤틀림이 발생하므로 연속적인 측량 및 조정이 필요하다.

f. 직사각형 구조물의 경우 콘크리트 측압에 의해 긴변이 회전하므로(1~3cm 정도) 이에 대해 세심한 대책이 필요하다.

g. 슬립폼(Slip Form) 시공시에는 비중계법, 급결촉진법 등으로 강도를 2시간 이내에 조기 평가할 수 있도록 적절한 방법을 강구하여야 한다.

h. 수밀한 콘크리트를 만들기 위해 다짐봉을 구조에 맞도록 제작하여 전면을 고르게 다지고, 특히 접촉부위는 정밀하게 다짐을 실시하여야 하며, 콘크리트 타설시 작업의 중단으로 인해 구체에 시공이음이 생겨서는 안되므로 재료투입에 철저를 기해야 한다.

i. 강우로 인해 콘크리트 타설에 영향이 없도록 천막을 준비해야 하며, 콘크리트가 완전히 경화하기전 거푸집 인상과 동시에 면처리를 실행하여야 한다.

j. 슬립폼 공법의 최대장점인 시공속도를 높이기 위하여는 낮은 슬럼프가 좋으나 콘크리트 타설후의 표면상태나 시공성 등을 감안하여 발주자 대리인의 확인을 받아 고유동화제를 사용할 수도 있다.

G. 갱폼(Gang Form)

1. 갱폼의 설계에는 규정한 하중외에 활동에대한 저항력도 고려해야 한다.
2. 요철규격, 리브간격, 개구부 규격 및 위치 등은 갱폼 설계도면에 따른다.
3. 시공층의 요철무늬와 아래층의 요철무늬가 줄바르게 되도록 한다.
4. 갱폼이 아래로 처지거나 밖으로 이탈되지 않는 조립방법으로 하며, 아래층의 거푸집 긴결재(Form Tie) 구멍을 이용하여 2열이상 고정시킨다.

H. 이동동바리

1. 이동동바리는 충분한 강도와 안전성 및 소정의 성능을 가진 것이어야 한다.
2. 이동동바리에 작용하는 하중을 가설 구조물이 받게 될 경우에는 그것이 받는모든 하중상태에 대하여 가설구조물이 안전한가를 확인해야 한다.
3. 이동 동바리에 설치되는 여러가지 장치는 조립후 및 사용중 적당한 시기에 검사하여 그 안전을 확인해야 한다.
4. 이동동바리의 이동은 정확하고 안전하게 하여야 한다.
5. 이동동바리는 조립후 및 사용중 콘크리트에 유해한 변형을 생기게 해서는 안된다.
6. 이동동바리는 필요에 따라 적당한 솟음을 두어야 한다.
7. 특히 프리스트레스트 콘크리트 보에서는 긴장에 의한 탄성변형 및 크리프를 고려하여 솟음량을 결정하여야 한다.

I. 시스템 가설재 (Beam 타입의 트러스재)

1. 보 타입의 트러스재(동바리가 필요없는 경량의 가설 시스템)의 사용은 각각에 요구되는 특별한 주의사항을 준수하며, 사전에 발주자 대리인의 승인을 받아 사용한다.

2. 보 타입의 트러스재는 설계도면에 따라 설치한 후 검사하여 그 안전을 확인하여야 한다.
3. 보 타입의 트러스재를 구성하는 부재는 트러스의 양단을 지지물에 고정하여 트러스의 활동 및 탈락을 방지해야 한다.
4. 보 타입의 트러스재와 트러스 사이에는 연결재를 설치하여 움직임을 방지하여야 한다.
5. 보 타입의 트러스재는 조립후 및 사용중 콘크리트에 유해한 변형을 생기게 해서는 안된다.
6. 보조 브라켓 및 핀(Pin) 등의 부속장치는 소정의 성능과 안전성을 가지는 것이어야 한다.

3) 거푸집 및 동바리 해체

A. 일반사항

1. 거푸집 및 동바리의 떼어내는 시기 및 순서는 시멘트의 성질, 콘크리트 배합, 구조물의 종류와 중요도, 부재의 종류 및 크기, 부재가 받는 하중, 콘크리트 내부의 온도와 표면온도 차이 등의 요인에 따라 다르므로 거푸집 및 동바리의 해체 시기는 이들을 고려하여 정하되, 사전에 발주자 대리인의 승인을 받아야 한다.
2. 거푸집 및 동바리는 콘크리트 표면을 손상하거나 파손하지 않고, 콘크리트 부재에 과다 하중을 주지 않고 거푸집을 변형시키지 않는 방법으로 해체해야 한다.
3. 못은 평면에 맞추어 잘라내야 한다. 표면은 깨끗하고 흠이 없게 유지해야 한다.
4. 겹동바리 작업은 새로운 시공구역에서 그 자중을 지지할 필요가 없는 방법으로 계획하고 겹동바리는 동바리가 제거되기 전에는 제자리에 있어야 한다. 겹동바리는 부재에 과도한 응력을 주거나 철근이 없는 곳에 인장응력을 할 수 있는 방법으로 이러한 위치에 세워서는 아니된다.
5. 거푸집을 단단하게 조이는데 사용하는 보울트 또는 강봉은 거푸집을 제거한 다음 표면에 남겨 놓아서는 안된다.
6. 거푸집 및 동바리 해체는 순서에 따라야 하며 작업장 하부에 작업자 접근이 차단된 상태에서 시행하여야 한다.

B. 거푸집 해체

1. 일반적으로 콘크리트를 지탱하지 않는 부위, 즉 보 옆, 기둥, 벽 등의 측벽의 경우 콘크리트 압축강도 5MPa이상 도달한 경우 거푸집 널을 해체할 수 있다.
2. 슬래브 및 보의 밑 면, 아치 내면의 거푸집 널 존치 기간은 콘크리트 압축강도 시험에 의하여 설계기준강도의 2/3 이상 값에 도달한 것이 확인되면 해체 가능하다. 다만, 14MPa이상이어야 한다.
3. 평균기온이 10℃ 이상인 경우 콘크리트 재령이 다음의 표에 주어진 재령 이상 경과하면 압축강도 시험을 하지 않고도 해체할 수 있다. 다만, 현장 조건하에서 양생한 공시체의 압축시험 결과, 소요의 강도에 도달한 것이 확인되면, 다음에 명시된 일정보다, 빠르게 해체할 수 있다.
4. 거푸집 해체후 일부 구간의 동바리는 재 설치하여 존치할 필요가 있다.

압축강도를 시험하지 않을 경우 기초, 보옆, 기둥 및 벽의 측벽 존치기간

시멘트의 종류 / 평균기온	조강포틀랜드 시멘트	보통포틀랜드시멘트 고로슬래그시멘트(1종) 포틀랜드포졸란시멘트(1종) 플라이애쉬시멘트(1종)	고로슬래스시멘트(2종) 포틀랜드포졸란시멘트(B종) 플라이애쉬시멘트(2종)
20℃ 이상	2일	3일	4일
20℃ 미만 10℃ 이상	3일	4일	6일

C. 양생 일수는 일반적으로 콘크리트 타설한 날부터, 콘크리트 표면과 접하는 기온이 10℃ 이상인 날에 한해 양생 일수로 규정한다.

1. 콘크리트 양생기간 중에는, 상기의 규정된 양생온도를 유지시켜야 하나, 그렇지 못한 경우에는 발주자 대리인의 지시 하에, 규정양생온도를 준수하지 못한 일수만큼 양생기간을 연장해야 한다. 그러나 초기 양생기간 동안에는 규정된 양생온도를 반드시 준수해야 한다.
2. 양생 시간이라 함은, 상기의 규정된 양생온도를 유지하는 시간으로 규정한다.
3. 따라서, 양생시간 24시간이 양생 1일이 되며, 24시간미만의 양생시간은 양생일로 인정되지 아니한다.
4. 양생 시간의 검측은 −1℃ 에서 38℃ 범위의 기온을 감지할 수 있는 온도계를 사용하여 계속적인 검측 기록에 의하여 결정된다. 온도계의 배치수량 및 위치는 발주자 대리인의 지시에 따른다.

D. 압축강도 시험에 의하여, 거푸집 제거시기를 결정할 경우에는, 압축강도 시험용 공시체를 콘크리트 타설 후 2시간 시점에 6개, 타설 종료 2시간 전에 6개를 채취하여 도합 12개의 공시체를 만든다. 공시체를 타설 후 2시간 시점에 만든 공시체 2개와 타설 종료 2시간 전에 만든 공시체 2개를 조합하여, 총 4개의 공시체를 1조로 하여 3조의 공시체로 구분하고, 각 조마다 콘크리트 타설 후 2일, 3일, 4일 후에 압축시험을 실시한다. 단, 압축시험을 하는 콘크리트 재령은 발주자 대리인의 요청에 따라 변경될 수 있다.

E. 거푸집 제거 후, 결함사항이 발견되면 즉시 제거하고, 보수해야 한다. 만일 그러한 결함이 치수상의 결함 또는 발주자 대리인의 판단에 원상 복구할 수 없는 결함일 때는, 그 전체를 제거하고, 시공자의 비용으로 재시공해야 한다.

4) 거푸집 재사용

A. 거푸집을 다시 사용할 때는 거푸집 표면을 청소하고 보수해야 한다. 조각나고, 낡고, 갈라지거나 기타 손상을 입은 거푸집표면 재료는 다시 사용할 수 없으며 현장에서 제거해야 한다. 새로이 거푸집작업을 할 때는 명시된 대로 거푸집 박리제를 다시 도포해야 한다.

B. 이음매는 어긋남이 없도록 정렬해서 고정시켜야 한다. 발주자 대리인의 승인을 받은

경우가 아니면, 노출된 콘크리트 표면에는 땜질한 거푸집을 사용해서는 안 된다. 거푸집에 난 구멍과 결함을 땜질하기 위해서는 콘크리트에 얼룩을 주지 않는 재료와 방법을 사용해야 한다.

5) 현장품질관리

A. 일반사항

1. 인천국제공항 콘크리트 시공지침"과 건설 기술 관리법 제 24조에 의한 품질관리 시험을 실시해야 하며, 이들 규정 중 내용 상호간 불일치 사항이 있을 때는 보다 엄격한 규정이 적용된다.

B. 거푸집 공사

1. 시공 시 거푸집, 동바리, 가새, 기타 부속자재 및 매설물 등에 대하여 시공의 안정성 및 적합성을 발주자 대리인은 확인, 검사해야 한다.
2. 검사항목
   a. 거푸집의 시공상세도면 및 구조계산서의 검토
   b. 거푸집 자재의 검사
   c. 거푸집의 먹매김, 시공허용오차, 조립상태 검사
   d. 박리제 도포, 매설물 및 개구부의 확인
   e. 외벽 거푸집의 설치 후 세퍼레이터의 간격 검사
   f. 청소구 설치 및 청소상태 검사
   g. 동바리의 설치상태, 긴결재의 죄임 상태 검사
   h. 콘크리트 타설 시 거푸집 및 동바리의 변위, 시멘트 풀의 누수여부 확인
   i. 콘크리트 타설 후 허용오차 및 표면상태 확인
   j. 거푸집 및 동바리의 존치 기간 확인
   k. 거푸집 해체 및 재사용 처리상태, 현장정리 상태 검사

2.2.2 구조계산서 검토

본 구조계산서는 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사 현장에 적용되는 유로폼의 구조안전성 검토를 위하여 실시하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.



문서번호 : 2021 - 7 - 1053

구 조 계 산 서

STRUCTURAL DESIGN CALCULATION SHEET

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사

유로폼

2021년 8월

REV.	DATE	DESCRIPTION	DGN	CHK	APPR
1	21.8.18.	FOR CONSTRUCTION	J.Y.KIM	M.C.NAM	J.C.LEE
0	21.7.16.	FOR CONSTRUCTION	J.Y.KIM	M.C.NAM	J.C.LEE

가설구조물 설계
토목건축 구조설계
건설 안전진단 및 컨설팅

(주)포스트구조기술 POST STRUCTURE ENGINEERING & CONSULTING
구 조 설 계 : 선임기술원 김 준 영
검 토 : 책임기술원 남 민 철
승 인 : 토목구조기술사 이 종 철
(등록번호:98154020018S)

대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈센터)
Tel : 042-322-1482 Fax : 042-367-0914 http://postr.co.kr

(주)포스트구조기술 POST STRUCTURE ENGINEERING & CONSULTING
개정번호 Rev.No. 1
2021 - 7 - 1053
페 이 지 Sheet No.

CONTENTS

1. 일반사항
1.1 검토개요
1.2 적용 규격 및 표준
1.3 사용재료
1.4 하중조합 & 설계하중
1.5 콘크리트 측압 참고자료
1.6 콘크리트 측압
2. 구조검토
2.1 검토결과
2.2 6012 유로폼

PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

※ 첨 부 자 료 1 - 설치도면

1. 일반사항

1.1 검토 개요

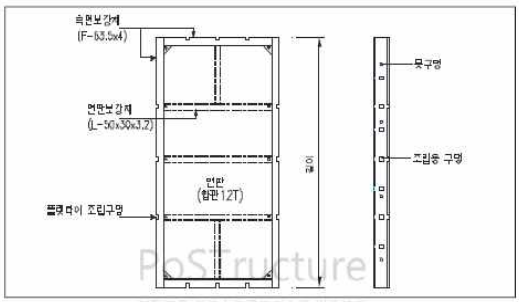
1) 본 구조계산서는 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사 현장에 적용되는 유로폼의 구조안전성 검토를 위함이다.
2) 안전성 검토는 제공한 도면 및 시공조건을 바탕으로 검토한다.
3) 안전성 검토는 개별부재의 응력 및 변위에 대하여 검토한다.
4) 거푸집 넬, 수직부재, 수평부재는 등분포하중이 작용하는 단순보로 구조검토 한다.
5) 콘크리트 타설시 온도는 검토내용과 맞는지 필히 확인 하여야 한다.
6) 강재 또는 알루미늄 등과 같이 비교적 재사용이 많은 부재에 대해서는 장기허용응력을 적용하며 풍하중 또는 적설하중과 조합되는 경우에 대해서는 단기허용응력을 적용한다.
7) 콘크리트 타설시에는 하중이 편중되지 않도록 거푸집에서 균등하게 끊어서 타설한다.
8) 검토결과와 같이 콘크리트 타설속도를 준수 하여야 한다.
9) 콘크리트 타설시 슈트, 펌프배관, 버킷, 호퍼 등의 배출구와 타설면까지의 거리의 높이는 1.5m 이하가 되도록 시공한다.
10) 타설된 콘크리트를 거푸집 안에서 횡방향으로 이동시키지 않는다.
11) 설치되는 바닥은 시방기준에 적합하도록 하여, 기초에 안전하게 전달할 수 있는 조건으로 검토한다.
12) 설치 및 구조적으로 가설공사표준시방서를 준수 하여야 한다.
13) 모든 재료적 성능은 계산서에 표기된 등등이상의 제품을 확인하고 시공에 임한다.
14) 본 구조검토는 구조계산서상에 표기된 사항에 의하여 진행되어 있으므로 이와 상이한 조건이 발생 할 경우 설계자와 협의 후 적절한 조치를 취한다.

1.2 적용 규격 및 표준

1) 한국산업표준(KS), 한국표준협회
2) KDS 21 10 00 가시설물 설계 일반사항, 국토교통부(2018)
3) KDS 21 50 00 거푸집 및 동바리 설계기준, 국토교통부(2018)
4) KDS 14 30 00 강구조 설계 (허용응력설계법), 국토교통부(2016)
5) KDS 41 00 00 건축 설계기준 , 국토교통부(2016)
6) KCS 21 50 00 거푸집 및 동바리 공사, 국토교통부(2018)
7) 산업안전보건 기준에 관한 규칙(시행 2021.05.28)
8) ACI Manual, Formwork for Concrete, 8th Edition

1.3 사용 재료

- 합 판 : 12t, 목재
  - 탄 성 계 수 (E) : 11,000 MPa
  - 단면2차모멘트 (I) : 90 mm^4
  - 단 면 계 수 (Z) : 13 mm^3
  - 전 단 상 수 (IB/Q) : 10 mm^2
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 16.8 MPa
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 0.63 MPa
- 면 판 보 강 재 : L-50x30x3.2, SS315
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단면2차모멘트 (I) : 63,980 mm^4
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,800 mm^3
  - 단 면 적 (A) : 149.0 mm^2
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 193.0 MPa
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 110.0 MPa
- 측 면 보 강 재 : F Profile 63.5x4, SS410
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단면2차모멘트 (I) : 118,500 mm^4
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,630 mm^3
  - 단 면 적 (A) : 169 mm^2
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 271.0 MPa
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 156.00 MPa
- 수 평 / 수 직 보 강 재 : P-48.6x2.3, STK500
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단면2차모멘트 (I) : 89,860 mm^4
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,690 mm^3
  - 단 면 적 (A) : 335.0 mm^2
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 234.0 MPa
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 142.0 MPa
- 버 팀 지 지 대 : P-48.6x2.3, STK500
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단면2차모멘트 (I) : 89,860 mm^4
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,690 mm^3
  - 단 면 적 (A) : 335.0 mm^2
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 234.0 MPa
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 142.0 MPa
- 평 타 이 : F-3x19 , SS275
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 181.5 MPa
  - 최 대 인 장 하 중 (P_{max}) 30.0 kN
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 110.0 MPa



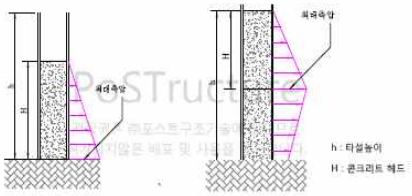
1.4 하중조합 & 설계하중

1) 하중조합
   ① 콘크리트 측압 (P) + 수평하중 (M)

2) 수평하중 (M)
   ① 벽체 거푸집에 고려하는 최소 수평하중은 수직투영면적 당 0.5 kN/m^2을 적용한다.

1.5 콘크리트 측압 참고자료

1) 개요
① 콘크리트 측압은 콘크리트 타설시 기둥, 벽체 등의 거푸집에 작용하는 횡압력을 의미한다. 일반적으로 유동성을 가지는 콘크리트의 측압은 하부로 갈수록 커지고 최대측압은 거푸집의 최하단부에서 발생한다. [그림 1]
② 콘크리트를 일정 높이 이상까지 타설하면 시간의 경과에 따라 먼저 타설한 콘크리트는 유동성을 잃기 시작한다. 유동성이 없는 구간에서의 측압은 하부로 가도 더 이상 커지지않고, 최대측압은 콘크리트가 굳지 않은 구간의 최하단부에서 발생하게 된다. [그림 2] 여기서 최대측압이 발생하는 지점부터 타설된 콘크리트 상부면까지의 높이를 콘크리트 헤드라고 한다.



[그림 1] 굳지 않은 콘크리트 [그림 2] 신타설 콘크리트가 굳기 시작

③ 일반적인 콘크리트는 비비기 시작한 후 2시간(외기온도가 25℃를 초과하는 경우 1.5시간)이 경과하면 유동성을 잃어 더 이상 측압에 영향을 주지 않는다고 볼 수 있다.
④ 콘크리트 헤드의 높이를 낮추어 측압을 줄이기 위해서 다음의 방법을 사용할 수 있다.
- 콘크리트의 타설높이를 낮추어 콘크리트 헤드의 높이를 낮춤
- 콘크리트를 2회 이상 분할타설하여 콘크리트 헤드의 높이를 조절
  ※ 단 이어치기 시간간격은 아래 허용시간간격을 초과할 수 없다.

외기온도	허용 이어치기 시간간격[1]	1) 허용 이어치기 시간간격은 하층콘크리트 비비기 시작에서부터 하층 콘크리트 타설후, 정치시간을 포함하여 상층 콘크리트가 타설되기까지의 시간을 의미
25℃ 초과	2.0 시간	
25℃ 이하	2.5 시간	

⑤ 이외에는 콘크리트의 측압을 줄이기 위해서는 다음의 사항에 주의해야 한다.
- 가수금지
- 콘크리트 타설시 1.5m이상 자유낙하 금지
- 집중타설 금지 (타설구획 사전계획을 통한 수평타설)
- 다짐이 특정부위에 국한되지 않고 균등하게 이루어지도록 관리

PoSTructure 저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로 허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

1.6 콘크리트 측압

① 일반 콘크리트용 측압은 다음과 같이 산정한다.

$P = W \cdot H$

여기서, P : 콘크리트의 측압 (kN/m²)
W : 굳지 않은 콘크리트의 단위중량 (kN/m³)
H : 콘크리트의 타설 높이 (m)

② 콘크리트 슬럼프가 175mm 이하이고, 1.2m 깊이 이하의 일반적인 내부진동다짐으로 타설되는 기둥 및 벽체의 콘크리트 측압은 다음과 같다.

기둥	$P = C_w \cdot C_c \cdot [\,7.2 + \frac{790R}{T+18}\,]$	
벽체	타설속도(R) ≤ 2.1m/h 및 타설높이(H) ≤ 4.2m를 동시만족	기타의 경우 (단, 타설속도(R) ≤ 4.5m/h)
	$P = C_w \cdot C_c \cdot [\,7.2 + \frac{790R}{T+18}\,]$	$P = C_w \cdot C_c \cdot [\,7.2 + \frac{1160 + 240R}{T+18}\,]$

여기서, P : 콘크리트의 측압 (kN/m²) C_w : 단위질량 계수
R : 콘크리트 타설속도 (m/hr) C_c : 첨가물 계수
T : 타설되는 콘크리트의 온도 (℃)
(동절기 : 15℃, 춘절기 : 20℃, 하절기 : 25℃ 가정)

※ 단위질량 계수, C_w

콘크리트의 단위중량	C_w
22.5 kN/m³ 이하인 경우	$C_w = 0.5[\,1 + (W/23\ kN/m^3)\,]$ 다만, 0.8 이상이어야 한다.
22.5초과~24 kN/m³ 이하인 경우	$C_w = 1.0$
24 kN/m³ 초과인 경우	$C_w = W / 23\ kN/m^3$

※ 첨가물 계수, C_c

시멘트 타입 및 첨가물	C_c
지연제를 사용하지 않은 KS L 5201의 1,2,3종 시멘트	1.0
지연제를 사용한 KS L 5201의 1,2,3종 시멘트	1.2
다른 타입의 시멘트 또는 지연제 없이 40% 이하의 플라이 애쉬 또는 70% 이하의 슬래그가 혼합된 시멘트	1.2
다른 타입의 시멘트 또는 지연제를 사용한 40% 이하의 플라이 애쉬 또는 70% 이하의 슬래그가 혼합된 시멘트	1.4
70% 이상의 슬래그 또는 40% 이상의 플라이 애쉬가 혼합된 시멘트	1.4

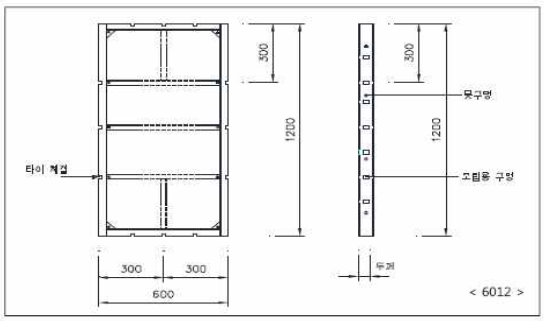
2. 구조검토

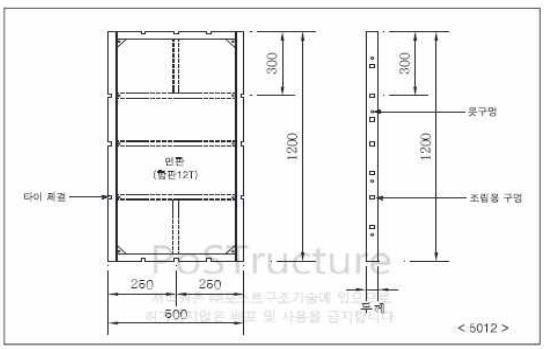
2.1 검토결과

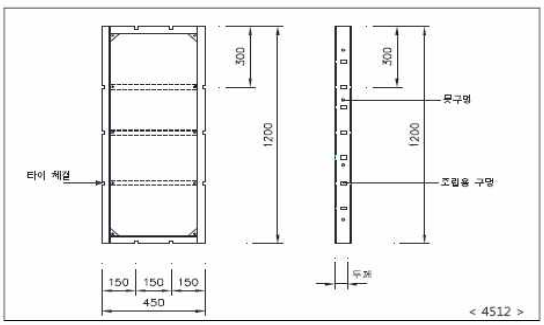
1) 콘크리트 타설 시공시에 작용하는 콘크리트 측압에 대하여 **구조검토결과, 내력과 변위가 허용범위 이내인 것을 확인함.**

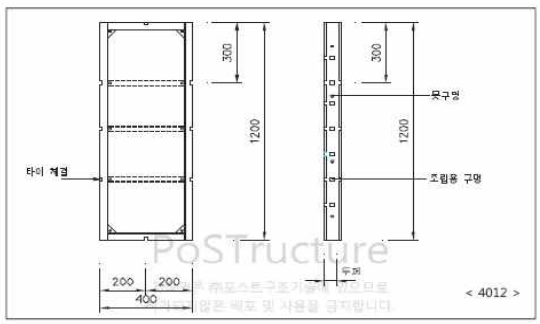
2) 구조검토시 유로폼(6012)를 기준으로 검토하며, 이하 크기의 유로폼은 본 검토내용을 준용한다.

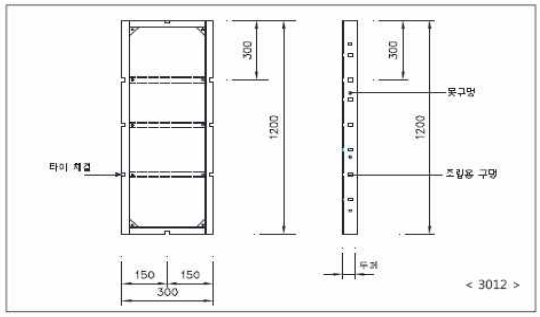
타설 두께	벽체거푸집(유로폼)				
T= 2250	콘크리트 벽높이 H=8500	1차 타설높이 H=950	면판보강재 @300	측면보강재 @600	평타이 @600
	수평보강재 @600	수직보강재 @1200	버팀대 @1200	타설속도 0.65 m/hr	콘크리트 온도 25.0 ℃

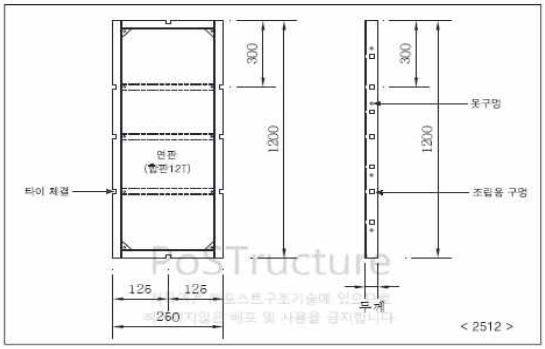


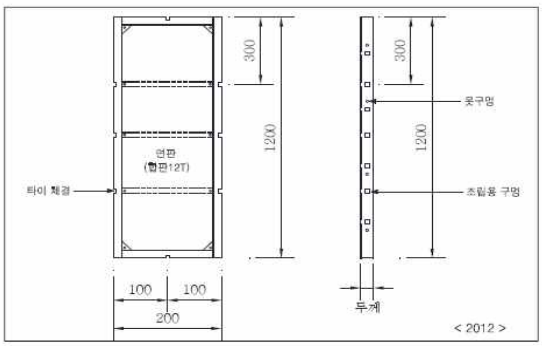












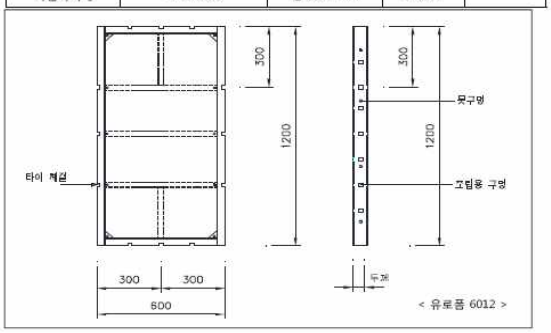
2.2 유로폼 6012 : T=2250mm

1) 설계조건

콘크리트 타설두께 : 2250 mm
콘크리트 벽높이 : 8500 mm
콘크리트 1차 타설높이 : 950 mm
콘크리트 타설 속도 : 0.65 m/hr
거푸집널의 변형기준 : A 급

2) 사용부재

구 분	사용자재	설치간격	재 질	비 고
면 판	합판 12mm	-	목재	
면판보강재	L-50x30x3.2	@ 300 mm	SS315	
측면보강재	F Profile 63.5x4	@ 600 mm	SS410	
평 타 이	F-3x19	@ 600 mm	SS275	
비틈지지대	P-48.6x2.3	@ 1200 mm	STK500	



3) 거푸집 측압산정, P_{max}

-타설속도(R) ≤ 2.1m/h 및 타설높이(H) ≤ 4.2m를 동시만족

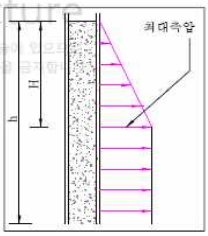
$$P = C_w \cdot C_c \cdot \left[7.2 + \frac{790R}{T + 18} \right]$$

$$= 1 \times 1.2 \times \left[7.2 + \frac{790 \times 0.65}{25 + 18} \right] = \underline{\mathbf{22.98\ kN/m^2}}$$

R : 콘크리트 타설속도 (m/hr) : 0.65 m/hr
T : 타설되는 콘크리트의 온도 (℃) : 25.0 ℃
C_w : 단위질량 계수 : 1.0
C_c : 점가물 계수 : 1.2 (※ 일반사항 1.7 참고)

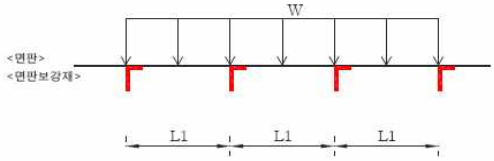
- 콘크리트 1차 타설높이, H

P = W x H
H = P / W
= 22.98 / 24 = 0.95 m



4) 면판 검토

면판보강재의 순간격 (L1)	270 mm



- 면판이 받는 하중 (LOAD) : (단위폭 1㎜당에 대하여)

W = 설계하중 x 1.0 mm = 0.02298 N/mm

- 면판의 종류

콘크리트 거푸집용 합판 : 12t, 목재

두께 (㎜)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I ($㎜^4$)	단면계수 Z ($㎜^3$)	전단상수 Ib/Q ($㎜^2$)	허용휨응력 f_{ba} (MPa)	허용전단응력 f_{sa} (MPa)
12	11,000	90	13	10	16.8	0.63

- 면판의 휨응력 검토

$$M_{max} = \frac{W \cdot L1^2}{8} = 209.41\ \text{N-mm}$$

$f_b = M_{max} / Z =$ 16.11 MPa < $f_{ba} =$ 16.8 MPa → O.K

- 면판의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot W \cdot L1^4}{384 \cdot E \cdot I} = 1.61\ \text{mm} < 3.0\ \text{mm}$$ → O.K

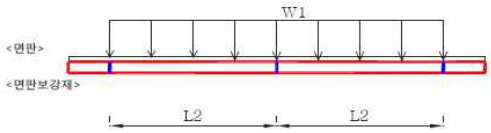
- 면판의 전단응력 검토

$$V_{max} = \frac{W \cdot L1}{2} = 3.10\ \text{N}$$

$$f_s = \frac{V_{max}}{Ib / Q} = 0.31\ \text{MPa} < f_{sa} = 0.63\ \text{MPa}$$ → O.K

5) 면판보강재 검토

측면보강재의 간격 (L2)	600 mm



- 면판보강재가 받는 하중 (LOAD)
  W1 = 설계하중 x L1 = 6.89 N/mm

- 면판보강재의 종류
  L-50x30x3.2, SS315

탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm^4)	단면계수 Z (mm^3)	허용휨응력 f_{ba} (MPa)	허용전단응력 f_{sa} (MPa)	단면적 A(mm^2)
205,000	63,980	3,800	193	110	149

- 면판보강재의 휨응력 검토

$M_{max} = \frac{W1 \cdot L2^2}{8} = 310230$ N-mm

$f_b = M_{max} / Z =$ 81.6 MPa < $f_{ba} =$ 193 MPa → O.K

- 면판보강재의 처짐 검토
  a. 절대변형 기준

$\delta_{max} = \frac{5 \cdot W1 \cdot L2^4}{384 \cdot E \cdot I} =$ 0.89 mm < 3.0 mm → O.K

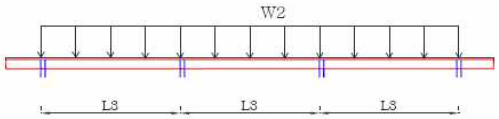
- 면판보강재의 전단응력 검토

$V_{max} = \frac{W1 \cdot L2}{2} = 2068$N k = 1.0

$f_s = k \frac{V_{max}}{A} =$ 14 MPa < $f_{sa} =$ 110 MPa → O.K

6) 측면보강재 검토

평 타이의 간격 (L3)	600 mm



- 측면보강재가 받는 하중 (LOAD)
  W2 = 설계하중 x L2 / 2 = 6.89 N/mm

- 측면보강재의 종류
  F Profile 63.5x4, SS410

탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm^4)	단면계수 Z (mm^3)	허용휨응력 f_{ba} (MPa)	허용전단응력 f_{sa} (MPa)	단면적 A(mm^2)
205,000	118,500	3,630	271	156	169

- 측면보강재의 휨응력 검토

$M_{max} = \frac{W2 \cdot L3^2}{8} = 310230$ N-mm

$f_b = M_{max} / Z =$ 85.5 MPa < $f_{ba} =$ 271 MPa → O.K

- 측면보강재의 처짐 검토
  a. 절대변형 기준

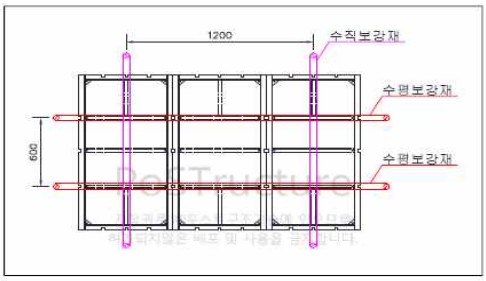
$\delta_{max} = \frac{5 \cdot W1 \cdot L2^4}{384 \cdot E \cdot I} =$ 0.48 mm < 3.0 mm → O.K

- 측면보강재의 전단응력 검토

$V_{max} = \frac{W1 \cdot L2}{2} = 2068$N k = 1.5

$f_s = k \frac{V_{max}}{A} =$ 18 MPa < $f_{sa} =$ 156 MPa → O.K

7) 수직, 수평 보강재
- 유로폼 1개당 상하부 2개 수평으로 설치
- 유로폼 1개당 중앙부 1개 수직으로 설치
- 수평/수직 보강재는 유로폼 수평/수직 직선도를 위해 설치하므로 검토 생략



8) 평타이 검토
- 허용인장하중 산정, Ft
  F_t = 최대인장하중 / 안전율
  = 30.0 kN / 2.0 = 15.0 kN

- 소요인장하중 산정, F
  F = 측압 x 평타이 분담면적
  = 22.98 x 0.6 x 0.6 = **8.3 kN** < **15.0 kN** → O.K

9) 버팀지지대 설치 검토

- 버팀지지대의 종류
  P-48.6x2.3 , STK500

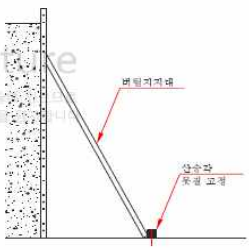
탄성계수 E (MPa)	단면2차반경 r (mm)	유효좌굴길이 KL (mm)	항복강도 Fy (MPa)	단면적 A(mm^2)
205,000	16.39	3,000	355	335

- 강구조설계기준에 의한 허용압축력 (P_a1) [KDS 14 30 00 : 2016 강구조설계(허용응력설계법)]
  * 세장비 : λ = KL / r = 183.04

  * 한계세장비 : $C_c = \sqrt{(2\pi^2 E / F_y)} =$ 106.8

  * 허용압축응력 :
  Cc < KL/r 일 때,
  $F_c = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E_s}{23 \cdot (KL/r)^2} =$ 31.5 MPa

  * 허용압축하중
  Pa = Fc x A = 10.6 kN



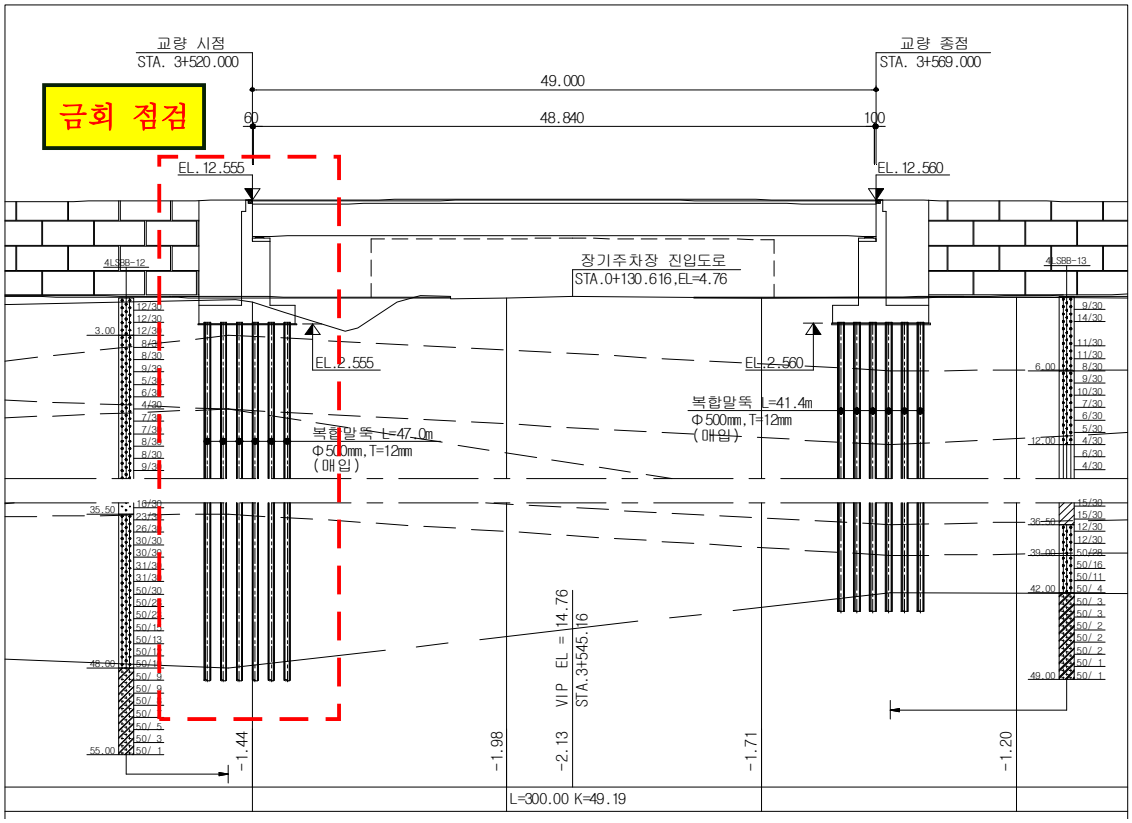
- 버팀지지대 검토
  Pw = 0.5kN/m^2 x 1차 타설높이 x 버팀지지대 간격
  = 0.5 x 5 x 1.2 = 3.0 kN

  P = Pw / cos45 = **4.3 kN** < **10.6 kN** → O.K

2.3 주요 부재별 외관조사 결과의 분석

본 교량은 인천공항 내부 연결도로공사(4-8공구) 구간에 위치한 총연장 49.0m, 폭 19.4m의 기타종 시설물이다. 상부구조는 BICON GIDER 형식이며, 하부구조의 교대는 역T형 구조이다. 기초는 복합말뚝기초로 설계되었으며, 조사일 기준으로 본 교량의 교대부에 콘크리트 타설을 위한 거푸집 및 동바리 설치공사가 완료된 것으로 조사되었다.

<교량 종단면도>





<교대 A2 전경>

2.3.1 거푸집 품질·시공상태의 적정성

가. 현황 사진




교량 A2 거푸집 설치




교량 A2 거푸집 자재 검수(600×1200)




교량 A2 거푸집 설치 상태 현황

나. 점검 결과

금회 교량에 대한 정기안전점검 결과, 당 교량의 경우 시공 말기단계로 교대(A2) 콘크리트 타설을 위한 동바리 및 거푸집 공사가 완료된 것으로 확인되었다. 동바리 및 거푸집에 대한 현장조사는 공종 초·중기 단계 1회(현장점검일 : 2021년 09월 10일), 공종 말기단계 1회(현장점검일 : 2021년 10월 22일)에 걸쳐 실시하였으며, 공종 초·중기 단계 이후 교대 콘크리트 타설 및 양생, 상단부 동바리 및 거푸집을 설치한 것으로 확인되었다. 거푸집은 시공 중의 하중, 콘크리트의 측압, 부어넣을 때의 진동 및 충격 등에 견디고, 콘크리트를 시공했을 때 시공허용오차의 허용치를 넘는 변형 또는 오차가 발생하지 않도록 제작, 조립하여야 한다. 또한 거푸집의 해체 시에는 구조물의 콘크리트가 자중 및 시공하중을 지탱하기에 충분한 강도에 도달했을 때 될 수 있는 한 빨리 거푸집을 제거하도록 해야 한다. 아울러 거푸집을 떼어낸 직후의 구조물에 하중을 재하 할 경우에는 콘크리트의 강도, 구조물의 종류, 작용하중의 종류와 크기 등을 고려하여 유해한 균열이나 기타 손상을 받지 않도록 세심한 시공관리가 요구된다.

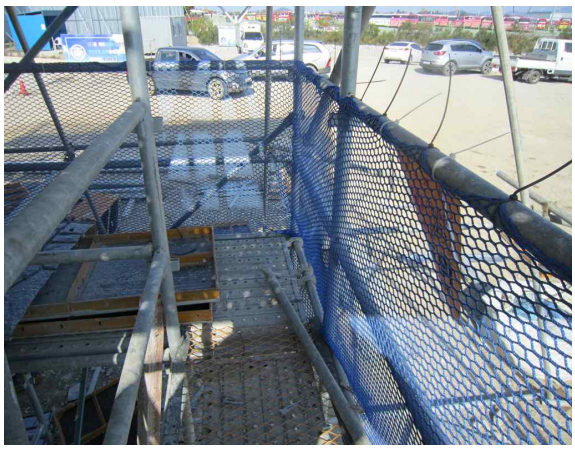
현재 본 교량의 거푸집은 유로폼(Euro Form, KS F 8006) 및 거푸집용 합판(KSF 3110)을 사용하였으며, 조사결과 거푸집의 체결상태, 철근 피복두께 확보 등 전반적으로 설계도면 및 시방기준에 준하여 시공된 것으로 판단되며, 구조물의 안정성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.3.2 시스템동바리 품질·시공상태의 적정성

가. 현황 사진(1/2)




교량 A2 시스템동바리 설치

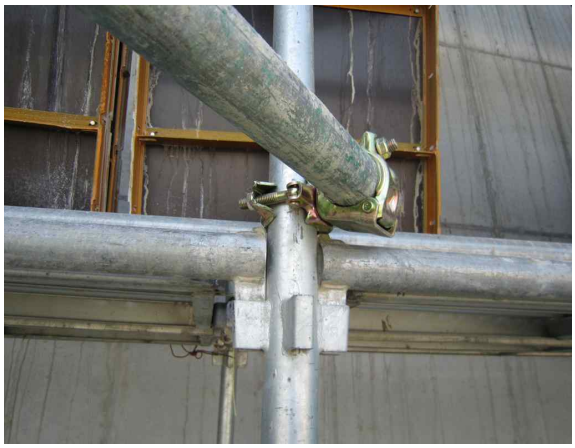



교량 A2 시스템동바리 설치 현황




교량 A2 시스템동바리 수직재 및 수평재 간격측정 현황

가. 현황 사진(2/2)

교량 A2 시스템동바리 수직재, 수평재 체결상태 현황




교량 A2 시스템동바리 수직재 및 수평재 직경측정 현황




교량 A2 시스템동바리 수직재 및 수평재 수직, 수평도 측정 현황

나. 점검 결과

금회 교량에 대한 정기안전점검 결과, 당 교량의 경우 시공 말기단계로 교대(A2) 콘크리트 타설을 위한 동바리 및 거푸집 공사가 완료된 것으로 확인되었다. 동바리 및 거푸집에 대한 현장조사는 공종 초·중기 단계 1회(현장점검일 : 2021년 09월 10일), 공종 말기단계 1회(현장점검일 : 2021년 10월 22일)에 걸쳐 실시하였으며, 공종 초·중기 단계 이후 교대 콘크리트 타설 및 양생, 상단부 동바리 및 거푸집을 설치한 것으로 확인되었다.

동바리의 경우 현장상황이나 사용 재료 등이 조건과 상이할 경우 반드시 구조 검토자의 재검토를 받아 구조안전을 확인해야 하며, 동바리의 해체 시 작업전 해체 계획수립 후 작업지휘자의 지시에 의해 작업을 실시하여야 한다. 또한, 해체 작업장에는 경계테이프 등을 설치하여 작업자 이외의 자가 임의로 작업장에 출입하지 않도록 감시원을 배치하여 통제해야 하며, 해체된 자재를 정리정돈 할 때에는 가능한 한 같은 규격별로 정리하고, 운반작업시에도 가능한 한 같은 규격별로 묶어 운반토록 하며 작업 시 부재의 변형이 생기지 않도록 주의하여야 한다. 특히 동바리와 같은 가시설물은 전도, 붕되 등 사고발생이 우려되는 만큼 수직 및 수평하중, 풍하중에 대한 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

현재 본 교량의 동바리는 시스템 동바리(SYSTEM SUPPORT)를 사용하고 있으며, 조사결과 1.8m 이내 마다 수평재가 설치되어 있는 것으로 확인되었다. 각 시스템 유닛은 이웃한 시스템 유닛과 수평연결재(단관파이프 등)로 연결되며, 수평연결재와 동바리는 전용 클램프로 긴결되어 있는 것으로 확인되었다. 또한, 동바리에 삽입되는 U헤드 및 받침철물 등의 삽입길이는 U헤드 및 받침 철물 전체 길이의 1/3 이상을 만족하는 것으로 조사되었고, 동바리의 수직, 수평도, 결속상태 등 전반적으로 설계도면 및 시방기준에 준하여 시공된 것으로 판단되며, 구조물의 안정성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

2.3.3 자재관리의 적정성

가. 현황 사진

	
자재정리 · 정돈 현황	자재정리 · 정돈 현황

나. 점검 결과

본 현장에서는 공사용 자재 및 부재에 대하여 공급원 승인을 득한 후 현장 반입이 이루어지고 있는 것으로 확인되었고, 공사가 진행중인 현장의 공사용 자재의 정리 · 정돈 상태가 전반적으로 양호하게 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

2.3.4 조사, 시험 및 측정자료 검토

가. 콘크리트 강도시험

1) 개 요

콘크리트는 물, 시멘트, 잔골재 그리고 굵은 골재로 만들어진 복합재료로서 각 재료의 품질, 배합, 타설, 양생 등에 따라 그 강도가 크게 변화된다. 이러한 콘크리트 구조물은 필요한 강도, 내구성 및 균일한 품질을 지니고 있는지에 대한 확인과, 그 품질 관리를 수행하기 위하여 콘크리트 압축강도의 측정이 필요하다. 경화된 콘크리트 구조물의 강도를 추정하는 방법에는 직접검사와 간접검사 방법, 즉 비파괴 검사법이 있다. 따라서 본 현장에서는 대상 구조 부재에 손상 없이 강도를 산출할 수 있는 비파괴 조사방법 중의 하나인 반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도를 추정, 그에 따른 콘크리트 품질에 대한 평가를 하고자 한다.

2) 조사 위치 : 해당사항 없음

3) 사용기기 : 슈미트해머(SCHMIDT HAMMER NR형)





4) 반발경도 시험방법

① 각 측점 개소마다의 햄머 타격점은 20개점을 원칙으로 하고 타격점 상호간의 간격은 3 cm를 표준으로 한다.

② 측정 부위의 콘크리트 두께가 10 cm 이상 되는 지점을 선정하며 측정면의 상태는 평활한 면을 원칙으로 하고 콘크리트 표면에 미장을 한 경우에는 미장면을 제거하고 사포로 표면 처리 후 실시한다.

③ 콘크리트 표면에 Schmidt Hammer NR형을 이용하여 타격하면 Recording Paper에 횟수에 따라 자동적으로 막대그래프가 그려진다.

④ 반발경도법에 의하여 강도를 추정할 경우는 다음과 같이 한다.

Schmidt Hammer의 타격에 의한 반발경도 값은 장기간 노출된 구조물의 경우 수화작용에 의하여 발생된 Ca(OH)2(수산화 칼슘)가 공기중의 이산화탄소와 결합하여 CaCO3(탄산 칼슘)로 변화가 되어 콘크리트의 재료적 특성 변화에 상당한 영향을 받게 된다.

즉, 대기 중이나 빗물 등에 녹아있는 CO2가 콘크리트의 시멘트와 화학반응을 일으키면 다음과 같이 되기 때문이다.

$$3CaO * Al_2O_3 * 3CaSO_4 * 32H_2O + 3CO_2 \Rightarrow$$
$$3CaCO_3 + 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 * 2H_2O + 27H_2O$$

따라서, 이러한 영향을 고려하여 타격표면을 1 cm 정도 갈아내거나 표면에 직접 타격한 경우 보정을 하여야 한다.

또한, 구조물 자체의 장기 재령을 고려하여야 하므로 반발경도에 의한 현 상태의 콘크리트 압축강도 결과치에 콘크리트강도의 재령에 따른 보정계수를 곱해주어야 28일 기준의 콘크리트 압축강도를 추정할 수 있다.

$W_{28} = \alpha_t * W_n$	Wn : 재령 n일의 시험체 강도 αt : 재령 n일에 의한 보정 계수
($\delta = F \cdot \alpha n$)	W28 : 재령 28일의 반발경도에 의한 강도

또한, 강도 시험시 철근 및 굵은 골재에 의한 반발치의 이상과다와 미세한 균열, 공극 및 표면상태 등에 의해 수치가 낮게 나오는 경우가 있으므로, 이러한 불확실한 요소를 가진 수치를 제외한 나머지 수치, 즉 가장 확실한 수치를 취합하여 콘크리트의 품질의 전반적인 흐름을 확인하는 평가 방법을 취하여야 한다.

타격방향은 입방형 공시체를 가지고 콘크리트 압축강도를 추정하는 실험 자료의 대부분이 수평 타격시 측정치가 가장 안정된 값을 나타내기 때문에 수평타격을 원칙으로 하며 실제 구조물에서는 수평타격만으로 콘크리트 압축강도를 측정할 수는 없게 되므로 타격방향에 따라 다음표와 같이 보정을 해야만 한다.

[타격방향에 따른 콘크리트 압축강도 보정]

반 발 치 (R)	상 향		하 향	
	+ 90°	+ 45°	− 45°	− 90°
30	− 4.7	− 3.1	+ 2.3	+ 3.1
40	− 3.9	− 2.6	+ 2.0	+ 2.7
50	− 3.1	− 2.1	+ 1.6	+ 2.2
60	− 2.3	− 1.6	+ 1.3	+ 1.7

[콘크리트 재령계수(n)값]

재령(일)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25
재령(일)	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32
n	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98
재령(일)	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	58	60
n	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86
재령(일)	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	85	88
n	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80
재령(일)	90	100	125	150	175	200	250	300	400	500	750	1000	2000	3000
n	0.80	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

[압축강도 환산표]

타격각도 α / 반발도R	α −90°	α −45°	α 0°	α +45°	α +90°
30	25.0	23.8	21.0	17.0	14.5
31	26.0	25.0	22.0	18.0	16.0
32	28.0	26.5	23.8	19.0	17.0
33	29.0	28.0	25.0	21.0	19.0
34	31.0	29.0	26.0	22.0	20.0
35	32.0	31.0	28.0	23.8	21.8
36	34.0	32.0	29.0	25.0	23.0
37	35.0	34.0	31.0	26.5	24.5
38	37.0	35.0	32.0	28.0	26.0
39	38.0	37.0	34.0	30.0	28.0
40	40.0	38.0	35.0	31.0	29.5
41	41.0	40.0	37.0	33.0	31.0
42	42.5	41.5	38.0	34.5	32.5
43	44.0	43.0	40.0	36.0	34.0
44	46.0	45.0	42.0	38.0	36.0
45	47.0	46.0	43.0	39.5	37.5
46	49.0	48.0	45.0	41.0	39.0
47	50.0	49.5	46.5	43.0	41.0
48	52.0	51.0	48.0	44.5	43.0
49	54.0	52.5	50.0	46.0	44.5
50	55.0	54.0	51.5	48.0	46.0
51	57.0	56.0	53.0	50.0	48.0
52	58.0	57.0	55.0	51.5	50.0
53	60.0	59.0	56.5	53.0	52.0
54	60.0이상	60.0이상	58.0	55.0	53.0
55	60.0이상	60.0이상	60.0	57.0	55.0

5) 반발경도에 따른 압축강도 추정방법

Schmidt Hammer에 의한 반발경도법으로 콘크리트 압축강도를 추정하는 방법은 여러

실험결과에 의해 다양하게 제안되어 있으며, 본 과업에서는 보정반발경도 Ro로부터 압축강도(Fc)의 상관관계를 도출한 여러가지 제안식 들은 다음과 같다.

구 분	계산식	비 고
방법1	$F_C = -18.0 + 1.27R_o\ (MPa)$	일본 재료학회 강도
방법2	$F_C = (7.3R_o + 100)\times 0.1\ (MPa)$	일본 건축학회 CNDT 소위원회 강도추정식
방법3	$F_C = (15.2R_o - 112.8)\times 0.1\ (MPa)$	과학기술부(고강도콘크리트)

여기서, Fc : 추정강도(MPa) Ro : 반발경도

6) 점검 결과

점검일 현재 기초 말뚝 천공 및 항타가 진행 중이므로 본 회차 점검에서는 반발경도시험은 필요치 않은 상태이다.

나. 철근 배근상태의 적정성

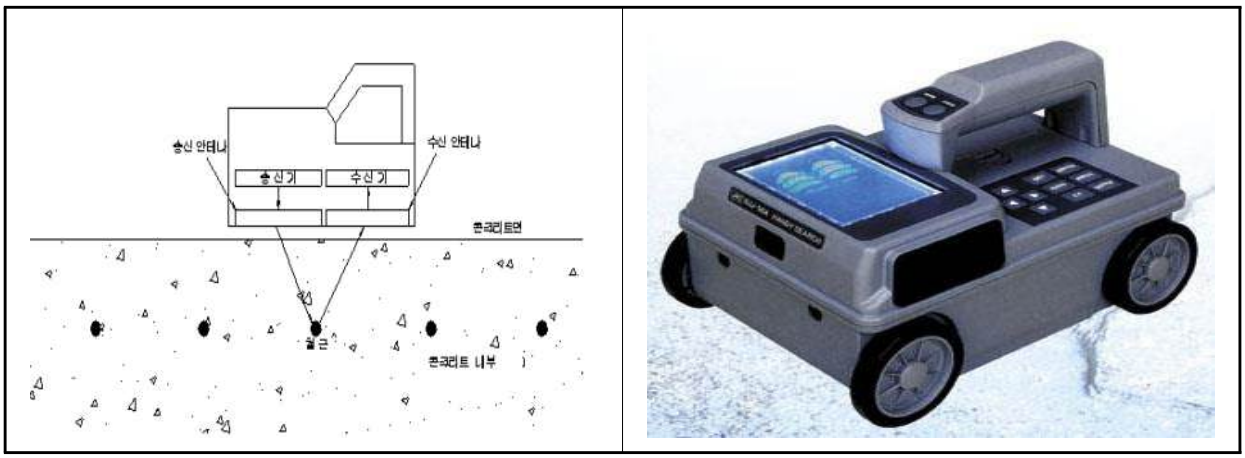
1) 개 요

본 시험에 사용된 RC-RADAR의 원리는 현재 넓게 이용되고 있는 일반의 레이더와 기본적으로 동일하다. 즉, 다음 그림(원리도)과 같이 전자파를 안테나에서 콘크리트를 향하여 방사하고, 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질이 다른 물질(철근, 매설물, 공동 등)의 반사물체와의 경계면에서 반사되어 재차 콘크리트 표면에 나와 표면 가까이에 있는 수신 안테나에 도달하기까지의 시간으로부터 반사물체까지의 거리를 알게 된다.

또한, 안테나를 콘크리트 표면에서 이동함에 따라, 수평면상의 위치를 알게 된다.

본 기기는 콘크리트 낮은 부분을 높은 분해능으로 탐사하기 때문에 Pulse폭이 지극히 짧은 1나노초(10억분의 1초)이하의 Pulse파를 송신에 이용하고 있다.

[원리도 및 사용장비]



콘크리트안의 전자파 속도(V)는 다음의 식으로 표시된다.

$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_\gamma}} \quad (m/s)$$

단, C : 진공 중(공기 중에의 전자파 속도(3×108m/s))

ε_{γ} : 콘크리트 비유전율(예 : 6~10정도)

반사물체까지의 거리(D)는 송신시각으로부터 반사파 수신 시각까지의 시간차(T)로부터 다음 식으로 구할 수 있다.

$$D = \frac{1}{2} VT \quad (m)$$

2) 점검 결과

점검일 현재 기초 말뚝 천공 및 항타가 진행 중이므로 본 회차 점검에서 철근탐사는 필요치 않은 상태이다.

다. 품질관리의 적정성

1) 품질관리의 목적

광의적 품질관리란 조사, 설계, 시공 등 모든 공종에서 품질관리를 도입하여 관리하는 방법이며, 협의적으로는 시공단계에서만 실시하는 관리를 말한다. 품질관리는 발주자의 요구에 맞는 품질의 제품을 경제적으로 만들어내기 위한 모든 수단과 체계를 말하며, 근대적 품질관리는 통계적 수단을 채택하고 있다. 건설공사에서 품질관리 목적은 시방서나 도면에 명기되어 있는 품질규격을 충족시킴과 동시에 경제적으로 준공시키도록 모든 작업 단계마다 시험을 실시하고, 또한 문제점을 조기에 발견토록 하여 그 원인을 규명하고 시정하여 목표한대로 공사가 진행되도록 조치하는데 그 목적이 있다. 즉, 불량품을 적게 하여 공정을 빠르게 하고, 공사비를 낮추는 효과를 기대하는 것이다.

2) 품질관리와 안전관리의 연계성

① 모든 기업의 목표는 이윤의 추구에 있고 이윤은 생산성 향상에서, 생산성 향상은 과학적 품질관리에서, 품질확보 향상은 양호한 작업조건 및 환경과 작업인의 작업자세 및 숙련도 등에 있으며, 양호한 작업조건 및 환경개선은 철저한 안전관리에서 비롯되고 있어 그 연계성이 크다.

② 품질관리는 목적물의 품질확보를 위한 제 관리수단이며, 품질확보란 공사 시방규정에 명시된 목적물의 성능, 기능, 겉모양, 구조, 수명, 안전성, 내구성, 신뢰성, 보수 유지난이, 사용의 편리성, 사용환경에 의한 적합성에 대한 제규정을 확보하는 것이다.

③ 안전관리란 목적물을 축조함에 있어 인적, 물적, 안전성을 확보하기 위한 제반 관리수단이며, 안전시공 확보란 목적물은 물론 목적물을 축조하기 위한 가설물 등 보조시설 및 작업에 참여하는 기술자 및 근로자에게 내재하고 있는 잠재적 위험성을 예방 또는 제거하여 인명 및 시설물의 안전을 확보 유지하는 것이다.

④ 품질관리 사이클인 P.D.C.A 단계는 안전관리단계와 같아서 품질관리 철저는 곧 안전시공의 확보가 되고, 안전관리 철저는 곧 공사품질 확보가 되어 Q.C, T.Q.C, Q.A, Z.D 등의 활동은 곧 건설재해 예방활동으로 연계가 된다.

⑤ 따라서, 완벽한 품질관리는 완벽한 안전관리가 전제되지 않고서는 불가능하고 또한 이들은 동질성이라는 인식을 하고 같은 맥락에서 계획을 세우고 시행되지 않으면 안된다.

⑥ 다시 말하면 품질관리 목적이 좋은 물건을 싸게, 빨리 만들어 내는데 있으나 현실적으로 싸게, 빨리 시행하는 데 주력을 한 나머지 공사품질은 저하되고 안전사고는 증가, 대형화되어 결과적으로 부실시공을 유발하고 있는 실정으로 완벽한 안전시공 관리만 우수품질 확보가 가능하다는 것을 인식하여야 할 것이다.

3) 품질관리 상태의 적정성

4단계 공항내부 연결도로공사 현장은 품질관리계획을 수립하는 건설공사 중 고급품질관리대상 공사현장으로 “건설기술진흥법 시행규칙 제50조 제4항 별표5”의 건설공사 품질관리를 위한 시설 및 품질관리자 배치기준에 의하면 고급품질관리대상공사에서는 국가기술자격법에 의한 고급기술자 1인 이상과 중급기술자 2인 이상을 확보하여야 하고, 시험실규모는 50m² 이상을 확보하여야 한다.

<시험 · 검사장비 및 인력기준>

구 분	공사 규모	시험·검사 장비	시험실 규모	건설기술자	비고
특급품질 관리대상 건설공사	품질관리계획을 수립하는 건설공사로서 총공사비가 1,000억원 이상인 건설공사 또는 연면적 5만제곱미터 이상인 다중이용건축물의 건설공사	품질 시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험·검사장비	100㎡ 이상	· 특급기술자 1인 이상 · 중급기술자 2인 이상	
고급품질 관리대상 건설공사	품질관리계획을 수립하는 건설공사로서 특급품질관리 대상 공사사가 아닌 건설공사	품질 시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험·검사장비	50㎡ 이상	· 고급기술자 1인 이상 · 중급기술자 2인 이상	
중급품질 관리대상 건설공사	총공사비가 100억원 이상인 건설공사 또는 연면적 5,000제곱미터 이상인 다중이용건축물의 건설공사로서 특급 및 고급품질관리대상이 아닌 건설공사	품질 시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험·검사장비	30㎡ 이상	· 중급기술자 1인 이상 · 초급기술자 1인 이상	
초급품질 관리대상 건설공사	품질관리계획을 수립하여야 하는 건설공사로서 중급품질관리대상공사가 아닌 건설공사	품질 시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험·검사장비	20㎡ 이상	· 초급기술자 1인 이상	

4) 점검 결과

본 현장의 품질관리 시험요원으로 특급기술자 2인, 고급기술자 1인이 선임되어 법적 기준에 적합하며, 본 현장의 시험실 면적은 70.4m² 정도로 법적기준인 50m² 이상을 확보하고 있고, 시험기자재 보유현황 검토결과 규정에 의한 품질시험 및 검사를 실시하는데 필요한 시험기구를 법적기준에 맞게 보유하고 있었다.

품질시험 및 검사에 대한 검토 결과, 각 공종별 시험 종목에 맞추어 계획을 수립하고 계획된 시험빈도에 맞추어 양호하게 시험이 실시되고 있는 것으로 조사되어 본 현장의 품질시험은 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.

<시험실 운영 현황>

구 분	항 목	법적 기준	시 행	비고
시험실규모	고급품질관리 대상공사	50m² 이상	70m² 설치	
시험요원	고급품질관리 대상공사	고급기술자 1인이상 중급기술자 2인이상	특급기술자 2인 고급기술자 1인	

<시험실 인원 배치 현황>

구분	품질관리자			비고
성명	윤민규	양연철	김홍균	
등급	특급	특급	고급	
자격	건설재료시험기사	건설재료시험기사	토목기사	
품질관리업무 수행기간	2020.10 ~ 현재	2020.03 ~ 현재	2019.11 ~ 현재	

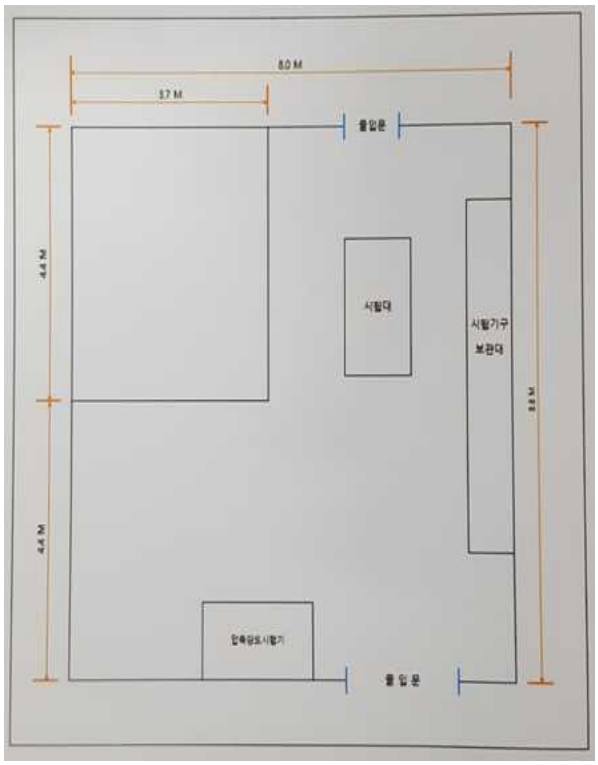
<시험실 전경>







<시험실 평면도 및 보유장비 현황>



□ 시험장비 보유현황

항목	품 명	규 격	단위	수량	교정주기	비 고
토질	평판재하시험기	30TON	STE	1	12개월	
	재하판	30㎝, 40㎝, 75㎝	EA	1		
	건조기	100*70*80㎝	대	1	12개월	자체교정
	다짐 자동시험기	2.5KG, 4.5KG	대	1		
	다짐함마	2.5KG	EA	1		
	다짐함마	4.5KG	EA	1		
	다짐 몰드	Φ100mm	EA	3		
	다짐 몰드	Φ150mm	EA	3		
	공시체 추출기	4TON(유압식)	대	1		
	들밀도 시험기	6"	STE	1	12개월	자체교정
	들밀도 시험기	8"	STE	1	12개월	자체교정
	들밀도 시험기	12"	STE	1	12개월	자체교정
	표준사		포	5		
	급속함수량 시험기	0-20%	대	1	12개월	자체교정
	액성한계 시험기	수동식	대	1		
	소성한계 시험기	20㎝*20㎝	EA	1		
	자기그릇	유발 및 유봉(15㎝)	EA	1		
	다이얼 게이지	30㎜/0.01㎜	EA	2	12개월	
	다이얼 게이지	디지털, 50㎜/0.01㎜	EA	2	12개월	
	마그네틱형		EA	2		
	표준용체	토공용	STE	1		
	함수량 캔	2"	EA	15		
	함수량 캔	3"	EA	15		
	함수량 캔	4"	EA	15		
	비중병	50㎖	EA	2	36개월	
	비중병	100㎖	EA	2	36개월	
	벤젤만 빔	규격품	STE	1		
	압식망치		EA	1		
	점재하시험기		EA	1	12개월	
	막함마	암반용	대	1	12개월	

항목	품 명	규 격	단위	수량	교정주기	비 고
골재	마모시험기		STE	1		
	굵은골재 체가름시험기	전동식	STE	1		
	잔골재 체가름시험기	전동식	대	1		
	현장용체	굵은골재용	STE	1		
	표준용체	잔골재용	STE	1		
	씻기용체	#4, #200	STE	1		
	시료분취기	대, 중	EA	2		
	원추형 몰드		EA	1		
	단위용적기	3,10,15,30ℓ	STE	1		
	현장석 측정기	300㎜	STE	1	12개월	
콘크리트·몰탈·시멘트	압축강도시험기	100 TON	대	1	12개월	
	슈미트 함마	콘크리트용	대	1	12개월	
	염화물 측정기		STE	1	12개월	
	슬럼프 시험기		STE	2		
	공기량 시험기		STE	2	12개월	
	압축강도 몰드	Φ100	EA	52		
	압축강도 몰드	Φ150	EA	12		
	수중용 히터		EA	2		
	온도계(양생수조용)	디지털	대	1	12개월	
	공시체 집게	Φ100	EA	2		
	공시체 집게	Φ150	EA	2		
	블리딩 측정기		STE	1		
	디지털 온도계	1300℃	대	1	12개월	
	큐브몰드	50*50*50㎜	EA	5		
	3연형 실린더 몰드	Φ50*100㎜	EA	5		
	큐브몰드가압판	Φ70*250㎜	EA	1		
	컨시스턴시 시험기	규격품	STE	1		
	르샤틀리에 비중병	274㎖	EA	2	36개월	
아스팔트	아스팔트 항온수조	400*600*200㎜	대	1	12개월	자체교정
	바이메탈온도계	0-250℃	EA	3	12개월	
	3M 직선자		EA	1		
	코아채취기		대	1		

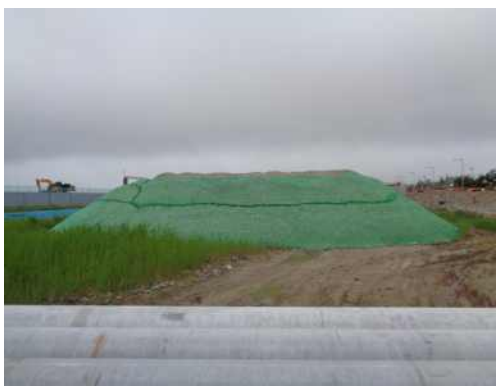
항목	품 명	규 격	단위	수량	교정주기	비 고
기타	자기온습도기록계	-20-60℃, 0-100%	조	3	12개월	
	버어니어 캘리퍼스	디지털, 300㎜/0.01㎜	EA	1	12개월	
	전자저울	150㎏/50g	대	1	12개월	
	전자저울	30㎏/0.1g	대	1	12개월	
	전자저울	4㎏/0.01g	대	1	12개월	
	디지털 온도계	적외선	EA	1	12개월	
	휴리체 온도계	-20-50℃	EA	2	12개월	
	최고, 최저 온도계	-30-50℃	EA	2	12개월	
	데이케이터	Φ300㎜, 실리카겔포함	EA	1		
	비이커	500㎖	EA	2	36개월	
	메스실린더	10㎖	EA	2	36개월	
	메스실린더	100㎖	EA	2	36개월	
	메스실린더	500㎖	EA	2	36개월	
	메스실린더	1000㎖	EA	2	36개월	
	메스실린더	2000㎖	EA	2	36개월	
	메스플라스크	500㎖	EA	2	36개월	
	메스피펫	10㎖	EA	2	36개월	
	깔때기	10㎝, 5㎝(유리,프라스틱)	EA	2		
	혼합 보울	대	EA	5		
	혼합 보울	중	EA	5		
	혼합 보울	소	EA	5		
	시료팬	1000*1000㎜	EA	5		
	시료팬	600*600㎜	EA	5		
	시료팬	400*400㎜	EA	5		
	시료팬	300*300㎜	EA	5		
	시료팬	200*200㎜	EA	5		
	삼각굳은날	30㎜	EA	3		
	스베츄라	10㎝	EA	2		
	증발접시	Φ100㎜	EA	3		
	자기유발 및 유봉	Φ180㎜	STE	2		
	크랙 게이지	10배	STE	1	12개월	

2.4 인접건축물 또는 구조물의 안정성 등 공사장주변 안전조치의 적정성

본 현장에서는 환경오염 저감과 공사장주변 안전조치를 위해서 가설 방진벽, 공사장 주변 안전표지판 및 신호수 배치, 위험물 저장소 및 세륜시설 등을 운영하여 공사가 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 본 공사로 인하여 공사장 주변 안전성에 영향을 미칠 만한 사항은 없는 것으로 판단된다.

공사장 주변 안전조치상태는 공정의 진행에 따라 수시로 바뀌게 되고, 공사장 작업자나 통행자의 안전을 위한 보호시설이나 구조물 축조를 위한 안전시설 등이 수시로 필요하게 되므로, 이러한 유해 위험요소 발생시에는 즉시 안전시설을 설치토록 하여 준공 시까지 적당한 공사장 주변 안전조치가 유지될 수 있도록 해야 하며, 향후 공사가 진행됨에 따라 안전조치가 필요한 구간은 수시로 변경되므로 항상 공사장 주변 안전조치가 적정하게 유지될 수 있도록 관리해야 한다.

가설 방진벽		
		
	▣ 현 황 본 현장은 공사장으로부터 보호, 먼지저감 및 경관상 차폐가 필요한 구간에 가설 방진벽이 설치되었으며 점검결과, 양호한 상태로 조사되었다. ▣ 유의사항 – 설치 높이 : 4.0m(하단 3.0m 방진벽, 상단 1.0m 방진망) – 설계 기본풍속 : 33m/sec(인천지역 기본풍속 30m/sec 감안) – 태풍, 돌풍 등 이상 기상이 예상되는 경우에는 사전에 시설물의 설치 상태 등을 점검할 것	

점검 항목	점검 내용
안전난간 및 접근금지 방지책	  ▣ 현 황 교량 시점측 교대(A2)의 현장 인근에 추락을 방지하기 위한 시설로서 안전난간이 설치되어 있으며 점검결과, 양호한 상태로 조사되었다. ▣ 안전난간 및 접근금지 방지책 설치기준 – 터파기 부위, 맨홀, 집수정 등의 출입통제가 필요한 장소에 설치 – 작업자 또는 보행자의 추락을 방지하기 위해 필요한 장소에 설치 – 횡선대는 눈에 띄어야 하며, 기둥간격은 2m 이내마다 설치 – 상부 난간대는 바닥면으로부터 90cm 이상 높이를 유지 – 난간 기둥은 상부와 중간대를 지지할 수 있는 충분한 강도를 가질 것
비산먼지 방지대책	  ▣ 현 황 당 현장의 경우 비산먼지를 방지하기 위해 비산먼지방지망(그린망)을 설치하였으며, 설치 상태 및 관리 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

<table>
<tr><th>점검 항목</th><th colspan="2">점검 내용</th></tr>
<tr><td>공사장 주변
안전조치</td><td colspan="2"> 


▣ 현 황
본 현장은 공사장 주변 안전조치를 위한 라바콘, PE드럼, 안전입간판 등을 설치한 것으로 확인되었으며, 원활한 교통통행을 위해 신호수를 배치하여 보행자 및 통행차량에 대한 안전을 확보한 것으로 조사되었다.</td></tr>
<tr><td>세륜시설</td><td colspan="2">  
▣ 현 황
본 현장은 비산먼지 및 환경관리를 위하여 살수차 및 세륜시설을 운영중이며 양호한 상태로 조사되었다.

▣ 유의사항
– 세륜시설 위치 : 진, 출입로
– 살수차 살수능력 : 시간당 83@(=100㎥)이상
– 살수 횟수 : 1일 2회 이상(기상조건에 따라 탄력적 운영)
– 살수시 대상면에 고르게 분산되도록 하며, 일정지점에 물이 고이지 않도록 주의하여야 한다.</td></tr>
</table>

점검 항목	점검 내용
자재정리	   

▣ 현 황

본 현장은 자재의 운반, 보관 및 취급이 양호한 상태로 조사되었다.

▣ 자재정리시 유의사항

- 자재는 도장과 명판이 손상되지 않게 보호해야 한다.
- 상할 수 있는 자재는 불수투성의 덮개를 덮어야 하며, 제품의 경화와 변질을 방지하기 위해서는 환기를 해야 한다.
- 자재의 저장은 검사를 위해 접근 할 수 있게 배치해야 하며, 정기적으로 검사해서 자재가 손상되지 않고, 좋은 상태로 유지되고 있는지 확인해야 한다.
- 현장 자재의 경우 근로자의 쾌적한 작업환경 확보, 안전사고 예방을 위해 항상 정돈된 상태로 관리하여야 한다.

2.5 임시시설 및 가설공법의 안전성

정기안전점검에서 실시하는 임시가설 및 가설공법의 안전성에 대해 『가설공사표준시방서(시공편 제2장 공통가설공사), 2016. 국토교통부』의 내용을 발췌하여 수록하였으며, 그 외 임시시설 및 가설시설물은 현장의 공사시방서 및 안전관리계획서에 의해 현장조사를 실시하였다.

2.5.1 개요

가. 개요

가설 구조물은 건설공사 시행 중에는 매우 필요한 것이지만 일단 공사가 끝나면 해체, 철거되는 것이다. 여기에는 토압, 수압 등을 받는 흙막이 지보공, 터널 지보공과 현장사무소 가설건물, 비계, 거푸집 지보공, 가설통로, 울타리 등이 있다.
가설공사는 건설공사에 있어 최초의 작업이며 동시에 구조물을 건설하는 데 필요한 임시시설로써 조립도나 시방서에 의하여 실시하기보다는 시공자가 임의로 설치하는 경우가 많아 공기 단축, 공사비 절감 등의 이유로 소홀히 다루어진 가설구조물은 전도, 추락 등의 재해가 발생되는 원인이 되어 근로자의 안전을 위협함은 물론 경제적 손실도 초래하게 된다. 따라서 가설공사는 작업자의 특성과 입지적 조건, 주변과의 관계 등을 고려하여 안전에 특히 유의하여야 한다.

나. 가설구조물의 문제점

가설구조물의 붕괴나 파괴, 가설물에서 추락이나 낙하 등 가설구조물의 문제점을 열거하면 다음과 같다.

1) 도괴는 재해 발생의 원인이 된다.
2) 추락 및 낙하물에 의한 재해발생의 원인이 된다.
3) 구조상의 문제점이 있을 수 있다.

가설구조물에는 경제성 · 안전성 · 사용성 등 3개의 조건이 요구되는데 이 3가지 요소들은 서로 상반되는 면을 가지고 있고, 경제성과 안전성의 균형을 어떻게 조화시켜야 하는지가 문제이다.

다. 가설구조물의 특징

가설구조물의 갖는 특징적인 성격을 열거하면 다음과 같다.

1) 연결재가 적은 구조로 되기 쉽다.
2) 부재의 결합이 간략하다. 즉 불완전 결합이 많다.
3) 구조물이라는 통상의 개념이 확고하지 않다. 조립의 정밀도가 낮다.
4) 부재는 과소단면이거나 결함이 있는 재료가 사용되기 쉽다.

이상의 특징을 보면 가설구조물이 영구구조물과 구별되는 점은 위에서 언급한 조건들이 겹쳐지면 매우 불완전한 구조가 되고 부재가 부재로서의 능력을 발휘하기 전에 구조 전체가 붕괴되고 만다.

도괴재해는 이상과 같은 특징으로 인해 나타난 결과라 할 수 있으며 가설구조물을 취급하는 사람은 이 특징을 충분히 인식해 두어야 한다. 특히 부재의 강도도 중요하지만 구조전체의 안정성과 강성이 중요하다는 것을 잊어서는 안될 것이다. 가설구조물은 구조전체의 안전성과 강성의 검토에 있어 영구구조물과 같이 설계계산 규준이나 설치도(조립도)에 특별히 나타나 있지 않은 경우가 많다.

라. 건설공사의 일반적 수칙

가설공사를 할 때 일반적으로 안전에 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.

1) 전체 공정과 자신의 직무내용을 정확히 파악하여 작업준비에 위험성이나 무리가 없도록 계획을 수립하여야 한다.
2) 작업을 착수하기 전에 그날의 작업량, 작업인원의 배치 및 적정성을 검토 하되 특히 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.
   가) 근로자의 과부족
   나) 신규 임용된 근로자의 기능정도
   다) 근로자의 건강상태
3) 근로자의 복장, 보호구, 기구, 공구 등에 대하여 다음 사항을 점검하여야 한다.
   가) 안전대(safety belt)의 착용상태
   나) 안전모의 올바른 사용여부
   다) 작업에 알맞은 복장
   라) 사용공구 및 기계에 대한 취급요령 또는 주의상태의 숙지상태
4) 다른 작업과 관련된 작업에 주의하되 특히 상하층에서 동시에 작업을 실시할 때에는 충분히 연락을 취한 후 작업을 추진하여야 한다.
5) 작업 중 작업장 주변에 주의하여 제3자에게 방해를 주지 않도록 배려하여야 하며, 추락 감전의 재해가 발생될 우려가 있을 때에는 관계자에게 즉시 보고하고 조치하여야 한다.

2.5.2 공통가설공사

가. 가설시설물

1) 가설방호책
   가) 시공구역에 무단출입을 방지하고, 기존시설물과 인접한 재산이 시공작업으로 손상되지 않도록 가설방호책을 설치하여야 한다.
   나) 대중의 통행과 기존건물의 출입을 위해서 유관기관과 협의하여 바리케이트와 지붕이 있는 보도를 설치하여야 한다.
   다) 보존하기로 한 수목은 보호하고, 손상된 수목은 대체하여야 한다.
   라) 제3자의 차량통행, 공급된 재료, 현장 및 구조물 등이 손상되지 않게 보호하여야 한다.

2) 가설울타리

가) 공사현장 주의에 가설울타리를 높이 1.8m 이상(지반면이 공사현장 주위의 지반면보다 낮은 경우에는 공사현장 주위의 지반면에서의 높이)으로 설치하고, 야간에도 잘 보이도록 발광 시설을 설치하여야 하며, 차량과 사람이 출입할 문을 두어 자물쇠를 채울 수 있게 한다. 다만, 공사장 부지 경계선으로부터 50m이내에 주거·상가건물이 있는 경우에는 높이 3m 이상으로 설치하여야 한다.

나) 가설울타리가 도로교통안전에 장애가 되거나 조망권, 영업권 등으로 인한 민원이 발생할 경우에는 높이와 설치방법을 조정할 수 있다.

다) 기타 철조망울타리 등의 가설울타리는 공사감독자의 승인을 받은 후 설치할 수 있다.

3) 가설방음벽

가) 건설현장의 발파작업 및 공사장비 가동 시 공사소음을 저감할 수 있도록 가설방음벽을 설치해야 한다. 다만, 건설현장의 공사소음이 인근 지역 등에 영향을 미치지 않는 경우에는 가설방음벽을 설치하지 않을 수 있다.

나) 가설방음벽의 설치위치 및 높이는 소음점의 위치와 소음 발생량에 따라 결정되므로 현장여건을 고려하여 설치하여야 한다. 설계위치와 높이를 변경할 경우에는 공종별 시공계획서를 공사 착공 전에 제출하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

다) 가설방음벽의 설치위치, 높이 및 성능은 소음·진동관리법 시행규칙 제20조의 제3항의 생활소음·진동의 규제기준을 만족시킬 수 있는 것이어야 한다.

라) 항타기, 항발기 등의 장비를 이용하여 특정공사를 시행하고자 하는 시공자는 공사 착공 전에 특정공사 사전신고서를 해당 관청에 제출하여야 한다.

마) 가설방음벽을 설치하기 전에 가설방음벽 계획위치 주변의 나무류, 잡목, 뿌리들, 통나무 및 부스러기 등 공사에 방해가 될 수 있는 것을 모두 제거하되, 최소화하여야 한다.

바) 일반적으로 지반의 윤곽선을 따라 평탄작업을 하여야 한다.

사) 지반의 불규칙한 부분을 제거할 필요가 있는 곳은 땅을 정리하여 반듯하게 골라야 한다.

아) 가설방음벽 설치구간에는 지하매설물 등의 유무를 확인하여야 한다.

4) 공사보호공

가) 공사가 완료된 부분에는 임시로 제거 가능한 보호공을 설치하여야 하며, 손상을 방지할 수 있도록 인접 작업구역에서의 활동을 통제하여야 한다.

나) 벽면, 돌출부, 개구부의 턱과 모서리는 보호덮개를 두어야 한다.

다) 마무리된 마루, 계단 및 기타 표면은 통행, 흙먼지, 마모, 손상, 무거운 물체의 이동 등으로 손상되지 않도록 질긴 시트를 덮어 보호해야 한다.

라) 방수 또는 지붕 처리된 표면에는 통행이나 저장을 하지 않게 하고, 통행이나 활동이 필요한 경우에는 방수 또는 지붕 처리 재료 납품자의 지침에 따라 보호해야 한다.

마) 조경구역에서는 통행을 금지해야 한다.
바) 특수보호공은 공사시방서에 따라 설치하여야 한다.

5) 외부폐쇄
가) 좋은 작업조건을 유지하고 제품을 보호하고 공사시방서에 명시된 실내온도의 유지와 가설난방을 할 수 있게 하여야 하며, 사람의 무단출입을 예방할 수 있도록 외부 개구부는 차단해서 임시폐쇄 하여야 한다.
나) 필요한 경우 임시지붕을 설치하여야 한다.

6) 내부폐쇄
가) 작업구역을 공사감독자의 점용구역과 분리하고, 공사감독자의 점용구역에 먼지와 습기의 침입을 방지하고, 기존재료와 기기의 손상을 방지할 수 있도록 임시내부 칸막이와 천장을 설치하여야 한다.
나) 강재의 틀을 설치하고 보강된 폴리에틸렌, 합판, 석고보드, 막재료 등은 기존 벽면에 붙여 밀봉되게 하여야 한다.
다) 공사감독자의 점용구역에서 시선에 노출된 표면에는 페인트칠을 하여야 한다.

7) 가설도로
가) 공사구역에 연결하기 위해서는 공사초기에 설치할 도로의 노반과 보조기층을 깔고 공사기간 중에 사용할 수 있는 가설도로를 건설하여 유지관리 하여야 한다.
나) 가설도로의 마감처리는 모든 운반 작업 시 출입에 지장이 없고 강우나 강설 시에도 안전하고 시공 작업이 용이하도록 하며, 현장내부 및 주위에도 가설도로를 설치하고 마감 처리를 한다.
다) 작업진행에 따라 필요하면 연장하거나 이설하여야 하며, 교통정체를 없게 하기 위해서는 필요한 우회도로를 두어야 한다.
라) 소화전에 접근이 용이하도록 유지관리 하여야 한다.
마) 차량이 시가도로에 진입하기 전에 차륜의 이물질을 제거할 수 있는 세륜, 세차설비를 갖추어야 한다.
바) 가설도로가 더 이상 필요 없으면 가설 마감면을 제거하고 계약도서에 따라 보조기층을 보수하여야 한다.

8) 주차장
가) 공사감독자 및 근로자 등의 차량을 수용할 수 있도록 임시주차장을 갖추어야 하며, 기존 도로면에 주차하지 않도록 하여야 한다.
나) 현장의 공간이 부적합하면 현장 외에 추가 주차장을 갖추어야 한다.

9) 현장사무소
가) 지붕 및 벽체가 있는 공간으로서, 조명설비, 전기설비, 환기설비, 냉·난방설비, 기타 보안 및 안전방재시설 등을 설치하고, 실내마감을 하여야 한다.
나) 근무인원 수를 감안한 책상 및 의자가 준비되어야 한다.

다) 공사감독자의 현장사무소는 공종별 시공계획서에 따라 필요한 인원이 상주 근무 할 수 있는 충분한 바닥 면적이 확보되어야 한다.

라) 시공자의 현장사무소는 공정표 및 기타 자료를 부착할 수 있는 상황판과 승인받은 견본을 보관할 수 있는 선반을 마련하여야 하며, 현장관리직원 및 하도급과 직원용 사무실도 설치하여야 한다.

10) 현장시험실

가) 시공자는 공사의 품질관리에 필요한 각종 시험을 할 수 있는 현장시험실을 설치하여야 한다.

나) 현장시험실은 계약도서에 명시된 면적대로 현장시험 및 공사의 품질관리에 필요한 면적을 확보하여야 한다.

다) 시공자는 현장시험에 필요한 시험사무실, 양식함, 시료 보관대, 공시체 양생수조, 시험 작업대 및 시험기기 등을 준비하여야 한다.

11) 기타 가설건물

가) 근로자의 근무환경 개선을 위한 탈의실, 샤워실, 숙소 등의 편의시설을 설치하여야 한다.

나) 가설식당과 가설화장실, 기타 가설시설물은 관련법규에 적합하고 공사수행에 지장이 없도록 설치하여야 한다.

나. 비계 및 작업발판

1) 강관 비계

가) 비계 기둥

(1) 비계기둥은 이동이나 흔들림을 방지하기 위해 수평재, 가새 등으로 안전하고 단단하게 고정되어야 한다.

(2) 비계기둥의 바닥은 작용한 하중을 안전하게 기초에 전달할 수 있도록 깔목 또는 받침철물을 사용하거나, 견고한 기초 위에 놓여져야 한다.

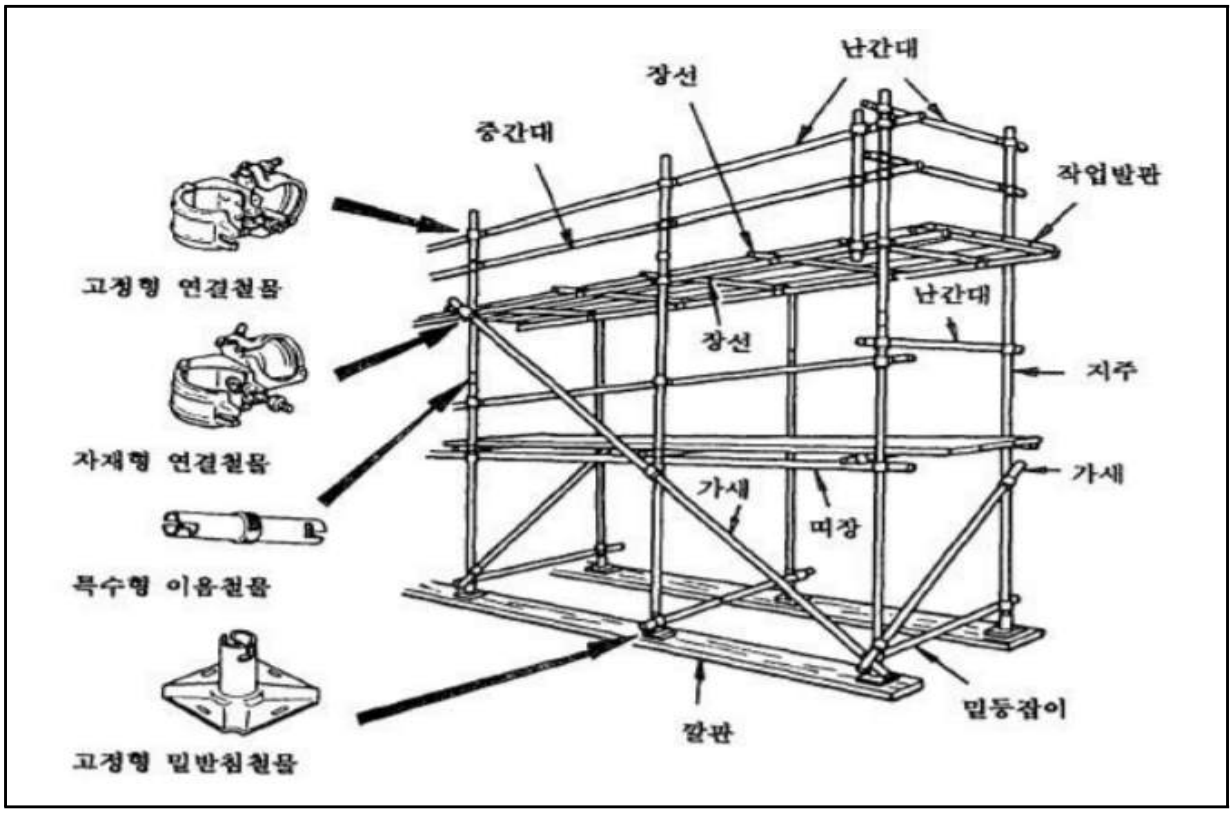
(3) 비계기둥의 밑동에 받침 철물을 사용하는 경우 인접하는 비계기둥과 밑둥잡이로 연결한다. 연약지반에서는 소요폭의 깔판을 비계기둥에 3본 이상 연결되도록 깔아댄다. 다만, 이 깔판에 받침철물을 고정했을 때는 밑동잡이를 생략할 수 있다.

(4) 비계기둥의 간격은 띠장방향으로 1.5m 이상 1.8m 이내, 장선방향으로 1.5m 이내이어야 하며, 시공 여건을 고려하여 별도의 설계가 요구되는 경우에는 안전성을 검토한 후 설치할 수 있다.

(5) 기둥 높이가 31m를 초과하면 기둥의 최고부에서 하단 쪽으로 31m 높이까지는 강관 1개로 기둥을 설치하고, 31m 이하의 부분은 좌굴을 고려하여 강관 2개를 묶어 기둥을 설치하여야 한다. 다만, 브래킷 등으로 보강하여 2개의 강관으로 묶은 기둥 이상의 강도가 유지되는 경우에는 그러지 아니하여도 된다.

(6) 비계기둥 1개에 작용하는 하중은 7.0kN 이내이어야 한다.

(7) 비계기둥과 구조물 사이의 간격은 별도로 설계된 경우를 제외하고는 추락방지를 위하여 300㎜ 이내이어야 한다.



<비계 부위별 명칭>

나) 띠장

(1) 띠장의 수직간격은 1.5m 이하로 한다. 다만, 지상으로부터 첫번째 띠장은 통행을 위해 강관의 좌굴이 발생되지 않는 한도 내에서 2m 이내로 설치할 수 있다.

(2) 띠장을 연속해서 설치할 경우에는 겹침이음으로 하며, 겹침이음을 하는 띠장간의 이격거리는 순간격이 100㎜ 이내가 되도록 하여 교차되는 비계 기둥에 클램프로 결속한다. 전용의 강관조인트를 사용하는 경우에는 겹침이음한 것으로 본다.

(3) 띠장의 이음위치는 각각의 띠장 끼리 최소 300㎜ 이상 엇걸리게 한다.

(4) 띠장은 비계기둥의 간격이 1.8m 미만일 때는 그 역비율로 하중한도를 증가할 수 있다.

다) 장선

(1) 장선은 비계의 내·외측 모든 기둥에 결속하여야 한다.

(2) 장선의 수직간격은 1.5m 이하로 한다. 또한, 비계기둥과 띠장의 교차부에서는 비계기둥에 결속하며, 그 중간부분에서는 띠장에 결속하여야 한다.

(3) 작업 발판을 맞댐 형식으로 깔 경우, 장선은 작업 발판의 내민 부분이 100~200㎜의 범위가 되도록 간격을 정하여 설치하여야 한다.

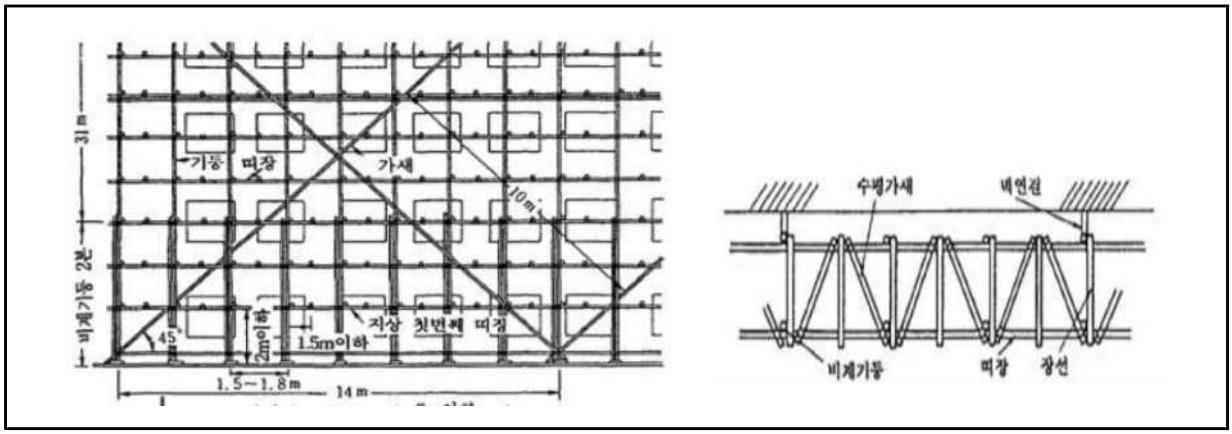
(4) 장선은 띠장으로부터 50㎜ 이상 돌출하여 설치한다. 또한, 바깥쪽 돌출부분은 수직 보호망 등의 설치를 고려하여 일정한 길이가 되도록 한다.

라) 가새

(1) 대각으로 설치하는 가새는 비계의 외면으로 수평면에 대해 40~60° 방향으로 설치하며, 기둥 또는 띠장에 결속한다. 가새의 배치간격은 약 10m 마다 교차하는 것으로 한다.

(2) 가새와 비계기둥과의 교차부는 회전형 클램프로 결속한다.

(3) 수평가새는 벽 이음재를 부착한 높이에 각스팬(span)마다 설치하여 보강한다.



<교차가세, 수평가새 설치방법>

마) 벽 이음

(1) 벽 이음재의 배치간격은 벽 이음재의 성능과 작용하중을 고려한 구조설계에 따르며, 수직방향 5m 이하, 수평방향 5m 이하로 설치하여야 한다.

(2) 벽 이음 위치는 기둥과 띠장의 결합 부근으로 하며, 벽면과 직각이 되도록 설치하고, 비계의 최상단과 가장자리 끝에도 벽 이음재를 설치하여야 한다.

2) 강관틀비계

가) 주틀

(1) 전체 높이는 원칙적으로 45m를 초과할 수 없으며, 높이가 20m를 초과하는 경우 또는 중량작업을 하는 경우에는 내력상 중요한 틀의 높이를 2m 이하로 하고 주틀의 간격을 1.8m 이하로 하여야 한다.

(2) 주틀의 간격이 1.8m일 경우에는 주틀 사이의 하중한도를 4.0kN으로 하고, 주틀의 간격이 1.8m 이내일 경우에는 그 역비율로 하중한도를 증가할 수 있다.

(3) 주틀의 기둥관 1개당 수직하중의 한도는 견고한 기초 위에 설치하게 될 경우에는 24.5kN으로 한다. 다만, 깔판이 우그러들거나 침하의 우려가 있을 때 또는 특수한 구조일 때는 규정에 따라 이 값을 낮추어야 한다.

(4) 연결용 통로, 출입구 및 개구부 등에서 내력상 충분히 안전한 경우에는 주틀의 높이 및 간격을 전술한 규정보다 크게 할 수 있다.

(5) 주틀의 기둥재 바닥은 작용한 하중을 안전하게 기초에 전달할 수 있도록 받침철물을 사용하거나, 견고한 기초 위에 놓여져야 한다. 다만, 주틀의 바닥에 고저차가 있을 경우에는 조절형 받침 철물을 사용하여 각 주틀을 수평과 수직으로 유지하여야 한다.

(6) 주틀의 최상부와 다섯단 이내마다 띠장틀 또는 수평재를 설치하여야 한다.

(7) 비계의 모서리 부분에서는 주틀 상호간을 비계용 강관과 클램프로 견고히 결속하고 주틀의 개구부에는 난간을 설치하여야 한다.

나) 교차 가새

(1) 교차가새는 각 단, 각 스팬마다 설치하고 결속 부분은 진동 등으로 탈락하지 않도록 이탈방지를 하여야 한다.

(2) 작업상 부득이하게 일부의 교차가새를 제거할 때에는 그 사이에 수평자 또는 띠장틀을 설치하고 벽 연결재가 설치되어 있는 단은 해체하지 않아야 한다.

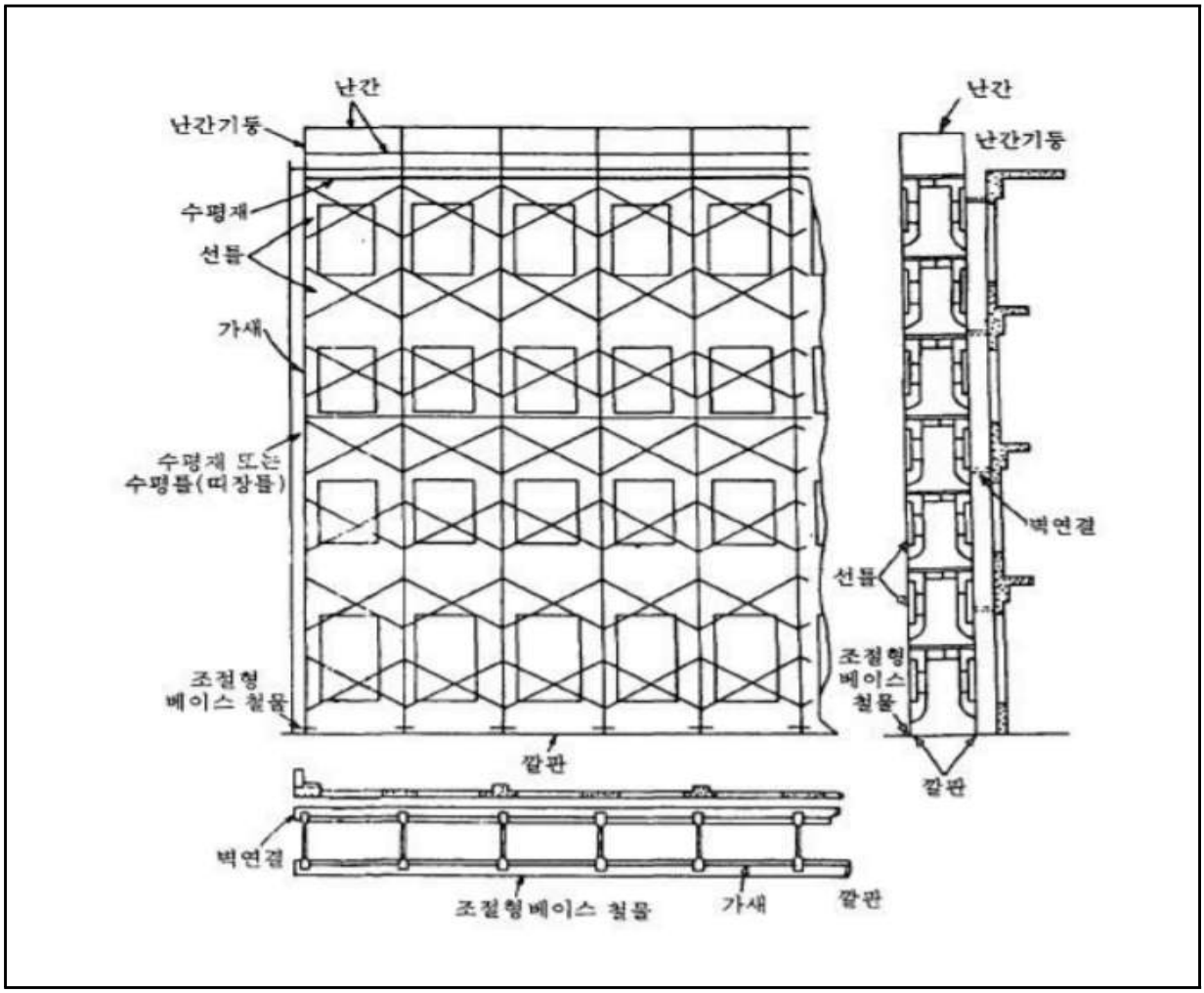
다) 벽 이음

(1) 벽 연결재의 배치간격은 벽 연결재의 성능과 작용하중을 고려한 구조설계에 따르며, 수직방향 6m 이하, 수평방향 8m 이하로 설치하여야 한다.

라) 보강재

(1) 띠장방향으로 길이 4m 이하이고, 높이 10m를 초과할 때는 높이 10m 이내마다 띠장 방향으로 유효한 보강틀을 설치한다.

(2) 보틀 및 내민틀(캔틸레버)은 수평가새 등으로 옆 흔들림을 방지할 수 있도록 보강해야 한다.



<틀비계 구조>

3) 시스템비계

가) 수직재

(1) 수직재와 수평재는 직교되게 설치하여야 하며, 체결 후 흔들림이 없어야 한다.

(2) 수직재를 연약 지반에 설치할 경우에는 수직하중에 견딜 수 있도록 지반을 다지고 두께 45㎜ 이상의 깔목을 소요폭 이상으로 설치하거나, 콘크리트, 강재표면 및 단단한 아스팔트 등의 침하 방지 조치를 하여야 한다.

(3) 시스템 비계 최하부에 설치하는 수직재는 받침 철물의 조절너트와 밀착되도록 설치하여야 하며, 수직과 수평을 유지하여야 한다. 이때, 수직재와 받침 철물의 겹침길이는 받침 철물 전체길이의 3분의 1 이상이 되도록 하여야 한다.

(4) 수직재와 수직재의 연결은 전용의 연결조인트를 사용하여 견고하게 연결하고, 연결 부위가 탈락 또는 꺾어지지 않도록 하여야 한다.

나) 수평재

(1) 수평재는 수직재에 연결핀 등의 결합 방법에 의해 견고하게 결합되어 흔들리거나 이탈되지 않도록 하여야 한다.

(2) 안전 난간의 용도로 사용되는 상부수평재의 설치높이는 작업 발판면으로부터 0.9m 이상이어야 하며, 중간수평재는 설치높이의 중앙부에 설치(설치높이가 1.2m를 넘는 경우에는 2단 이상의 중간수평재를 설치하여 각각의 사이 간격이 600㎜이하가 되도록 설치) 하여야 한다.

다) 가새

(1) 대각으로 설치하는 가새는 비계의 외면으로 수평면에 대해 40~60° 방향으로 설치하며 수평재 및 수직재에 결속한다.

(2) 가새의 설치간격은 시공 여건을 고려하여 구조검토를 실시한 후에 설치하여야 한다.

라) 벽 이음

(1) 벽 이음재의 배치간격은 벽 이음재의 성능과 작용하중을 고려한 구조설계에 따른다.

4) 이동식 비계

가) 비계의 높이는 밑면 최소폭의 4배 이하이어야 한다.

나) 주틀의 기둥재에 전도방지용 아웃트리거(outrigger)를 설치하거나 주틀의 일부를 구조물에 고정하여 흔들림과 전도를 방지하여야 한다.

다) 작업이 이루어지는 상단에는 안전 난간과 발끝막이판을 설치하며, 부재의 이음부, 교차부는 사용 중 쉽게 탈락하지 않도록 결합하여야 한다.

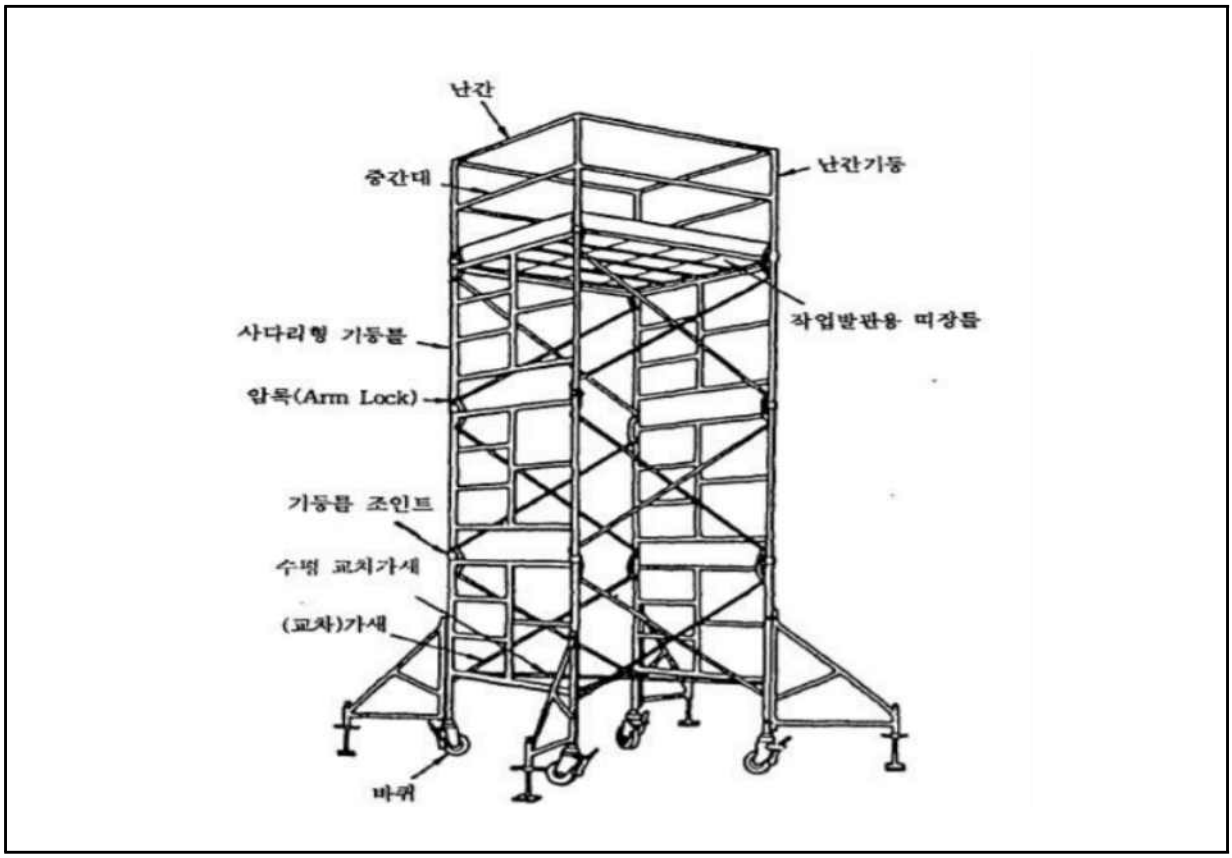
라) 작업상 부득이하거나 승강을 위하여 안전 난간을 분리할 때에는 작업 후 즉시 재설치하여야 한다.

마) 발바퀴에는 제동장치를 반드시 갖추어야 하고 이동할 때를 제외하고는 항상 작동시켜 두어야 한다.

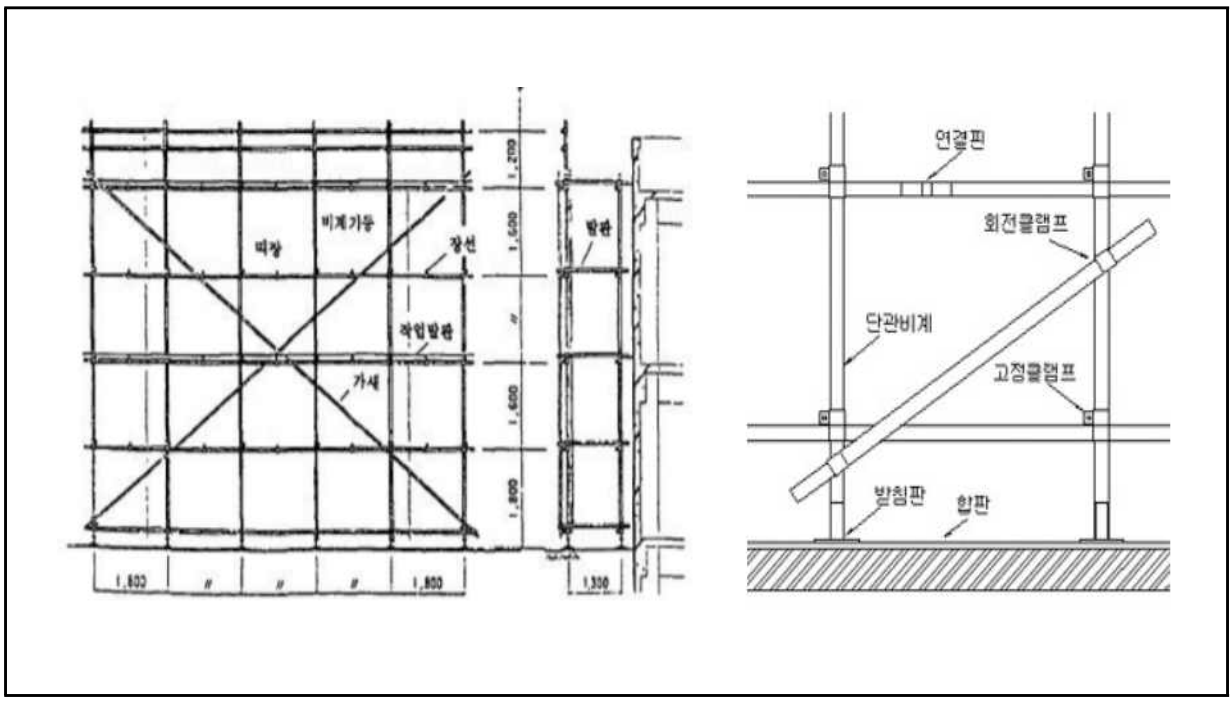
바) 경사면에서 사용할 경우에는 각종 잭을 이용하여 주틀을 수직으로 세워 작업바닥의 수평이 유지되도록 하여야 한다.

사) 작업바닥 위에서 별도의 받침대나 사다리를 사용하지 않아야 한다.

아) 낙하물의 위험이 있는 경우에는 유효한 천장을 설치한다.



<이동식 비계 설치도>



<단관비계 설치도 및 구조>

5) 기타 비계

가) 달비계

(1) 와이어로프, 달기체인, 달기강선 또는 달기로프는 한쪽 끝을 비계의 보 등에 다른 쪽 끝을 영구 구조체에 각각 부착시켜야 한다.

(2) 체인을 이용한 달비계의 체인, 띠장 및 장선의 간격은 1.5m 이내로 하며, 작업발판과 철골보와의 거리는 0.5m 이상을 유지하여야 한다.

(3) 비계를 달아매는 체인은 보와 띠장을 고리형으로 체결하여야 한다. 체인이 짧을 경우에는 달대각의 최대각도가 45° 이하가 되도록 하여야 한다.

(4) 체인을 이용한 달비계의 외부로 돌출 되는 띠장과 장선의 길이는 1m 정도로 하여 끝을 맞추되, 그 끝에는 미끄럼막이를 설치하여야 한다.

(5) 달기틀의 설치간격은 1.8m 이하로 하며, 철골보에 확실하게 체결해야 한다.

(6) 작업바닥의 테두리 부분에 낙하물 방지를 위한 발끝막이판과 추락 방지를 위한 안전 난간을 설치하여야 한다. 다만, 안전 난간의 설치가 곤란하거나 작업필요 상 임의로 난간을 해체하여야 하는 경우에는 망을 치거나 안전대를 사용하여야 한다.

(7) 안전 난간이 설치된 외부 면과 외부로 돌출된 부분에는 안전방망을 설치하여야 한다.

(8) 비계의 보, 작업 발판에 버팀을 설치하는 등의 동요 또는 이탈을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.

(9) 작업바닥 위에서 받침대나 사다리를 사용하지 않아야 한다.

(10) 달비계에 자재를 적재하지 않아야 한다.

(11) 비계의 승강 시에는 작업 발판의 수평이 유지되도록 하여야 한다.

(12) 와이어로프를 설치할 경우에는 와이어로프용 부속철물을 사용하여야 하며, 와이어로프는 수리하여 사용하지 않아야 한다.

(13) 와이어로프의 일단은 권상기에 확실히 감겨져 있어야 하며, 권상기에는 제동장지를 설치하여야 한다.

(14) 와이어로프의 변동 각이 90° 보다 작은 권상기의 지름은 와이어로프 지름의 10배 이상이어야 하며, 변동각이 90° 이상인 경우에는 15배 이상이어야 한다.

(15) 달기틀에 설치된 작업 발판과 보조재 등을 매달고 이동할 경우에는 낙하하지 않도록 고정시켜야 한다.

나) 말비계

(1) 말비계의 설치높이는 2m 이하이어야 한다.

(2) 말비계는 수평을 유지하여 한쪽으로 기울지 않도록 하여야 한다.

(3) 말비계는 벌어짐을 방지할 수 있는 구조이어야 하며, 이동하지 않도록 견고히 고정하여야 한다.

(4) 말비계용 사다리는 기둥재와 수평면과의 각도는 75° 이하, 기둥재와 받침대와의 각도는 85° 이하가 되도록 설치한다.

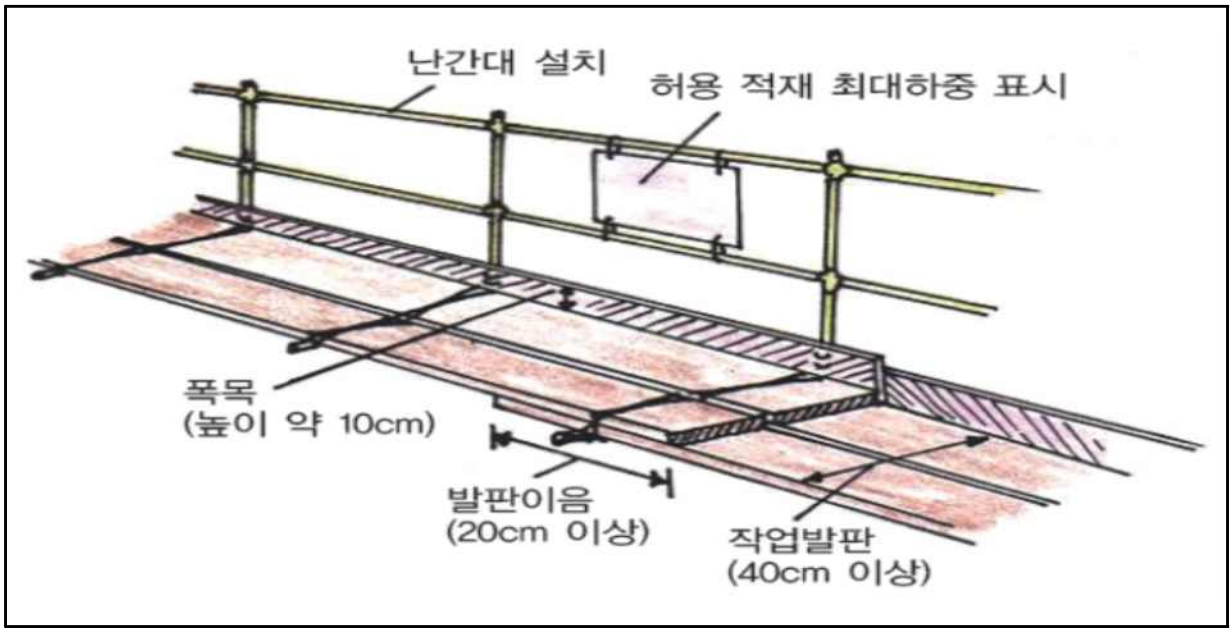
(5) 계단실에서는 보조지지대나 수평연결 등을 하여 말비계가 전도되지 않도록 하여야 한다.
(6) 말비계에 사용되는 작업 발판의 전체 폭은 400㎜ 이상, 길이는 600㎜ 이상으로 한다.
(7) 작업 발판의 돌출길이는 100~200㎜ 정도로 하며, 돌출된 장소에서는 작업을 하지 않아야 한다.
(8) 작업 발판 위에서 받침대나 사다리를 사용하지 않아야 한다.

다) 브래킷비계
(1) 벽용 브래킷 설치간격은 수평방향 1.8m 이하로 한다.
(2) 선반 브래킷을 사용할 경우에는 비계기둥과 띠장의 교차부에 설치해야 한다.
(3) 브래킷이 설치된 이후에는 앵커볼트, 지지마찰판 등의 조임 상태를 점검하여야 한다.
(4) 선반 브래킷을 설치한 층에는 수평가새 등으로 옆 흔들림이 방지될 수 있도록 보강하여야 한다.
(5) 브래킷 고정에 사용된 앵커는 브래킷 철거 후에 제거하고, 필요시 그 구멍을 메워야 한다.

다. 작업발판 및 통로

1) 작업발판
가) 높이가 2m 이상인 장소(작업발판의 끝, 개구부 등 제외)에서 작업함에 있어서 추락에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 때에는 비계를 조립하는 등의 방법에 의하여 작업발판을 설치하여야 한다.
나) 작업 발판은 비계의 장선 등에 견고히 고정하여야 한다.
다) 작업 발판의 전체 폭은 400㎜ 이상이어야 하고, 재료를 저장할 때는 폭이 최소한 600㎜ 이상이어야 한다. 최대 폭은 1.5m 이내로 한다.
라) 작업 발판은 이탈되거나 탈락하지 않도록 2개 이상의 지지물에 고정되어야 한다. 지지물은 하중에 의하여 파괴될 우려가 없는 것이어야 한다.
마) 작업 발판을 붙여서 사용할 경우에는 발판 사이의 틈 간격이 발판의 너비를 넓히기 위한 선반브래킷이 사용된 경우를 제외하고 30㎜ 이내이어야 한다.
바) 작업 발판을 겹쳐서 사용할 경우 연결은 장선 위에서 하고, 겹침길이는 200㎜ 이상이 되도록 하여야 한다. 다만, 겹침 이음을 하는 경우에는 겹침 이음한 장소에 진입하는 통로입구 등 근로자가 잘 볼 수 있는 위치에 전도위험 표시를 하여야 한다.
사) 중량작업을 하는 작업 발판에는 최대적재하중을 표시한 표지판을 비계에 부착하고 그 적재하중을 초과하지 않도록 하여야 한다.
아) 작업 발판은 작업이나 이동 시의 추락, 전도, 미끄러짐 등으로 인한 재해를 예방할 수 있는 구조로 시공되어야 한다.
자) 작업 발판 위에는 통행에 유해한 돌출된 못, 철선 등이 없어야 한다.
차) 작업 발판 위에는 통로를 따라 양측에 발끝막이판을 설치하여야 한다. 발끝막이판의 높이는 바닥에서 100㎜ 이상이어야 하며, 비계기둥 안쪽에 놓아야 한다.

카) 작업 발판에는 재료, 공구 등의 낙하에 대비할 수 있는 적절한 안전시설을 설치 하여야 한다.



<작업발판 설치기준>

2) 작업 계단

가) 계단의 지지대는 비계 등에 견고하게 고정되어야 한다.

나) 계단의 단 너비는 350㎜ 이상이어야 하며, 디딤판의 간격은 동일하게 하여야 한다.

다) 높이 7m 이내마다와 계단의 꺾임 부분에는 계단참을 설치하여야 한다.

라) 디딤판은 항상 건조상태를 유지하고 미끄럼 방지효과가 있는 것이어야 하며, 물건을 적재하거나 방치하지 않아야 한다.

마) 계단의 끝단과 만나는 통로나 작업 발판에는 2m 이내의 높이에 장애물이 없어야 한다. 다만, 비계 단의 높이가 2m 이하인 경우는 예외로 한다.

바) 높이 1m 이상인 계단의 개방된 측면에는 안전난간을 설치하여야 한다.

3) 경사로

가) 경사로 지지기둥은 3m 이내마다 설치하여야 한다.

나) 경사로 폭은 90㎝ 이상이어야 하며, 인접 발판간의 틈새는 30㎜ 이내가 되도록 설치하여야 한다.

다) 경사로 보는 비계기둥 또는 장선에 클램프로 연결한다.

라) 발판을 지지하는 장선은 1.8m 이하의 간격으로 발판에 3점 이상 지지하도록 하여 경사로 보에 연결한다.

마) 발판의 끝단 돌출길이는 장선으로부터 200㎜ 이내가 되도록 한다.

바) 발판은 장선에 2곡 이상 고정하고, 이음은 겹치지 않게 맞대어야 하며, 발판널에는 단면 15×30㎜ 정도의 미끄럼막이를 30㎝ 내외의 간격으로 고정한다.

사) 경사각은 30° 이하이어야 하며, 미끄럼막이를 일정한 간격으로 설치하여야 한다. 미끄럼 막이로 목재를 사용하는 경우의 간격은 다음표에 따른다.

<미끄럼막이 간격>

경사각	미끄럼막이 간격	경사각	미끄럼막이 간격
30°	30㎝	22°	40㎝
29°	33㎝	19° 20′	43㎝
27°	35㎝	17°	45㎝
24° 15′	37㎝	14°	47㎝

아) 경사각이 15° 미만이고 발판에 미끄럼 방지장치가 있는 경우에는 미끄럼막이를 설치하지 않을 수 있다.

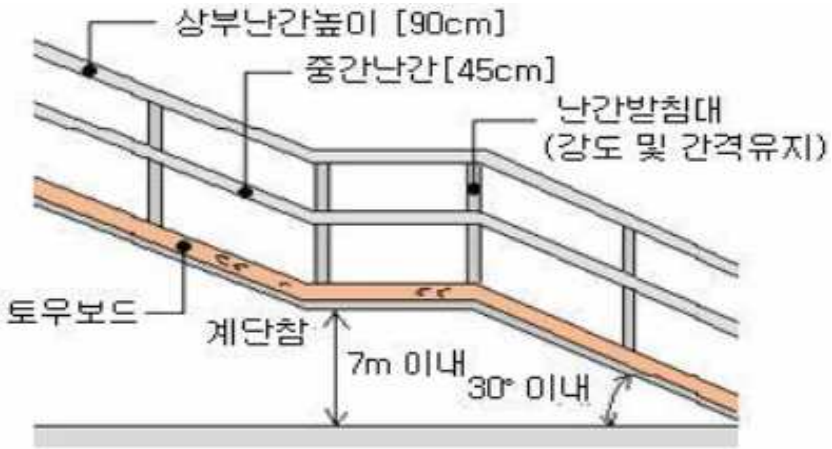
자) 높이 7m 이내마다와 경사로의 꺾임 부분에는 계단참을 설치하여야 한다.

차) 계단참과 경사로의 이음부는 단 차이가 없도록 한다.

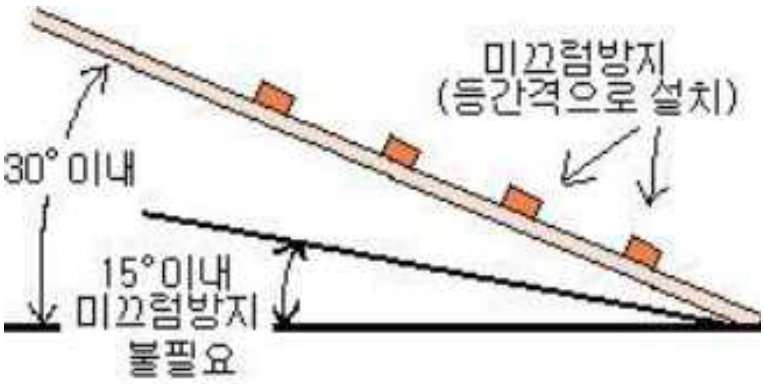
카) 경사로의 끝단과 만나는 통로나 작업 발판에는 2m 이내의 높이에 장애물이 없어야 하며, 작업장과 통하는 통로에는 자재를 적재하지 않아야 한다.

타) 경사로 위에는 통행에 유해한 돌출된 못, 철선 등이 없어야 한다.

파) 추락방지를 위한 안전난간을 설치하여야 한다.



<경사로 설치도>



<미끄럼막이의 설치>

2.5.3 임시시설 및 가설공법 설치상태의 적정성

가. 가시설물의 현황

본 현장은 인천공항내부 연결도로공사 시공 현장으로서 현재 교량의 파일기초 시공을 위한 항타가 진행중인 것으로 확인되었다. 현재 당 현장의 경우 방음 및 방진을 위한 가설 방진벽 및 건설장비의 전도방지를 위한 복공판이 설치된 것으로 조사되었다.

나. 점검 결과

임시시설 및 가설공법 설치상태에 관한 현장 점검 결과, 가설 방진벽의 설치 높이, 수직도, 채결상태 등은 양호한 것으로 확인되었으며, 건설장비의 전도방지를 위한 복공판의 경우 재질, 두께 등이 양호하며 적정하게 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

<table>
<tr><th>점검 항목</th><th colspan="2">점검 내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">가설
방진벽</td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">▣ 현 황
본 현장은 공사장으로부터 보호, 먼지저감 및 경관상 차폐가 필요한 구간에 가설 방진벽이 설치되었으며 점검결과, 채결상태, 수직도 등 전반적인 설치 상태는 양호한 것으로 조사되었다.</td></tr>
</table>

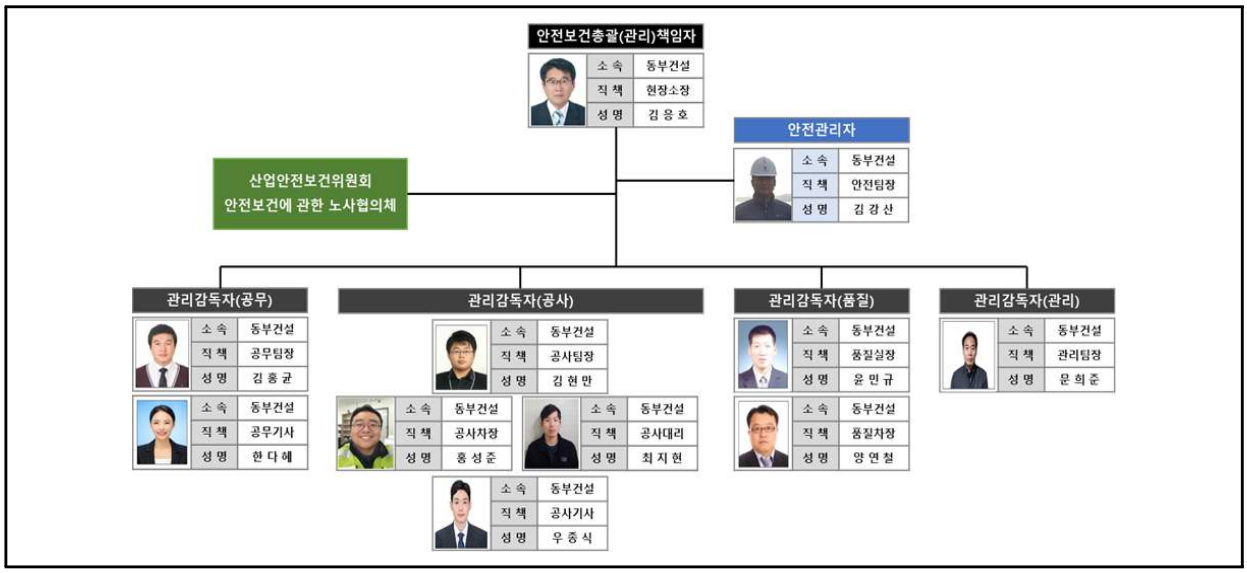
2.6 건설공사 안전관리 검토

2.6.1 안전관리의 목적

안전관리는 건설기술진흥법 제62조, 시행령 제98조 규정에 의하여 건설공사 안전관리 계획을 수립하도록 함에 있어 동법 시행규칙 제58조의 규정에 의거 안전관리계획서 작성에 관한 세부적인 기준을 정함으로써 건설공사의 시공시 체계적이고 효율적인 건설안전관리를 정착시키고 부실공사를 방지하여 공사목적물의 품질확보가 이루어질 수 있도록 하는데 목적이 있다.

2.6.2 안전관리 내용

1) 안전관리조직도



2) 안전점검계획

구 분	점 검 주 체	점검 시기
일일점검	• 현장소장, 안전관리자, 협력업체소장	2회 / 1일
주간점검	• 현장소장, 안전관리자, 협력업체소장	1회 / 1주
월간점검	• 현장소장, 안전관리자, 협력업체소장	1회 / 1월
특별점검	• 발주처, 현장소장, 안전관리자, 협력업체소장	필요시
정기점검	• 건설안전 전문점검 대행기관	주공정 완료시
정밀점검	• 건설안전 전문점검 대행기관	정기점검 결함시
합동점검	• 현장소장, 해당공구장, 협력업체대표	1회 / 2개월

▢ 비상 연락 체계도

국토교통부

공항안전환경과 : 044-201-4349 (Fax : 044-201-5636)

당직실 : 044-201-4672 (Fax : 044-201-5700)

⇧

서울지방항공청

공항시설과(주간) : 032-740-2355 (Fax : 032-740-2239)

당직실(야간) : 032-740-2107 (Fax : 032-740-2109)

인천시 재난안전대책본부

인천소방안전본부 : 032-870-3010

인천시재난종합상황실 : 032-432-0119

인천중부소방서 : 032-870-5119

인천국제공항공사

사장 : 032-741-2001

부사장 : 032-741-2010

건설본부장 : 032-741-2030

대규모피해 발생시 ⇧ ⇧

인천국제공항공사

<비상대책기구>

통합운영센터 : 032-741-2961~2

(Fax : 032-741-2980)

사고수습대책본부 : 032-741-4121

(Fax : 032-741-4120)

<건설본부>

LS토목팀 : 032-741-2256

안전품질팀 : 032-741-3722

⇧

인천국제공항공사 건설현장

시공사 : 동부건설(주)

- 현장대리인

: 010-7144-5460

건설사업관리용역업자 : ㈜유신

- 책임건설사업관리기술인

: 010-3738-5840

⇨

유관기관

공항소방대 : 032-741-2119

공항의료센터 : 032-743-3119

인천공항소방서 : 119

인천국제공항경찰대 : 032-740-0112

중부지방고용노동청(중부청) : 032-460-4545

한국산업안전보건공단(인천본부) : 032-510-0500

▢ 비상 연락망

고용노동부	본 사		국토교통부
중부지방노동청 032-460-4545	동부건설(주) 02-3484-2114		공항안전환경과 044-201-4349
한국산업안전공단	발 주 처		인천 재난상황실
인천본부 032-510-0500	인천국제공항공사 LS토목팀 032-741-2256	인천국제공항공사 안전품질팀 032-741-3722	032-432-0119

공항경찰대	비 상 연 락 망	인천공항소방서
032-740-0112		032-741-2119

현장소장	김응호	010-7144-5460
공사팀장	김현만	010-6650-0413
공사차장	홍성준	010-6349-5350
공사대리	최지현	010-3263-6921
공사기사	우종식	010-2251-6428
품질실장	윤민규	010-9483-1151
품질차장	양연철	010-4533-7233
안전팀장	김강산	010-8930-2227
안전반장	장석호	010-4494-9169
공무팀장	김홍균	010-2715-4742
공무사원	한다혜	010-9471-3705

인접현장	기상예보 자동안내
인천검단지구 061-555-6601	131

관할청	병 원	한국전력
인천중구청 032-760-7114	공항의료센터 032-743-3119	123

3) 안전교육계획

구 분	교육명	교육대상	교육시간	교육내용
정기교육	감독자 정기교육	• 현장직원 • 협력업체 직원	• 반기 8시간 • 연간 16시간	• 관리감독자의 직무 / 산업안전보건법령 • 안전작업방법 지도요령교육 및 평가
	근로자 정기교육	• 전근로자	• 매월 2시간	• 안전작업방법 및 안전수칙 준수사항 • 개인보호구 착용 및 안전의식 계몽
수시교육	신규채용 최초교육	• 신규채용 근로자	• 1시간 이상	• 위험포인트 작성발표 • 보호구 착용요령 및 비상시 대피 요령
	특별 안전교육	• 유해·위험 공종 투입 근로자	• 2시간 이상	• 당해 작업의 유해·위험 요소 • 당해 작업 위험요소 및 안전작업 병행
	일상 안전교육	• 당일 직접 투입 근로자	• 매일 10분	• 당일작업에 대한 안전사항 • 안전장구 착용 및 안전장치 취급방법

4) 안전교육 실시 현황



안전교육 현황



안전교육 현황

2.6.3 안전관리 검토

본 현장은 안전관리계획을 수립하고 이에 준한 안전관리조직 및 도급사업에 대한 안전지도, 교육활동, 안전보호구의 지급관리 등을 적정하게 시행하고 있으며, 공사전반에 관한 자체 안전점검을 규정에 맞게 시행하는 등 안전관리 활동이 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.

2.7 기본조사 결과 및 분석

2.7.1 주요부재별 외관조사 결과의 분석

1) 거푸집 품질 · 시공상태의 적정성

금회 교량에 대한 정기안전점검 결과, 당 교량의 경우 시공 말기단계로 교대(A2) 콘크리트 타설을 위한 동바리 및 거푸집 공사가 완료된 것으로 확인되었다. 동바리 및 거푸집에 대한 현장조사는 공종 초 · 중기 단계 1회(현장점검일 : 2021년 09월 10일), 공종 말기단계 1회(현장점검일 : 2021년 10월 22일)에 걸쳐 실시하였으며, 공종 초 · 중기 단계 이후 교대 콘크리트 타설 및 양생, 상단부 동바리 및 거푸집을 설치한 것으로 확인되었다.

거푸집은 시공 중의 하중, 콘크리트의 측압, 부어넣을 때의 진동 및 충격 등에 견디고, 콘크리트를 시공했을 때 시공허용오차의 허용치를 넘는 변형 또는 오차가 발생하지 않도록 제작, 조립하여야 한다. 또한 거푸집의 해체 시에는 구조물의 콘크리트가 자중 및 시공하중을 지탱하기에 충분한 강도에 도달했을 때 될 수 있는 한 빨리 거푸집을 제거하도록 해야 한다. 아울러 거푸집을 떼어낸 직후의 구조물에 하중을 재하 할 경우에는 콘크리트의 강도, 구조물의 종류, 작용하중의 종류와 크기 등을 고려하여 유해한 균열이나 기타 손상을 받지 않도록 세심한 시공관리가 요구된다.

현재 본 교량의 거푸집은 유로폼(Euro Form, KS F 8006) 및 거푸집용 합판(KSF 3110)을 사용하였으며, 조사결과 거푸집의 체결상태, 철근 피복두께 확보 등 전반적으로 설계도면 및 시방기준에 준하여 시공된 것으로 판단되며, 구조물의 안정성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

2) 시스템동바리 품질 · 시공상태의 적정성

금회 교량에 대한 정기안전점검 결과, 당 교량의 경우 시공 말기단계로 교대(A2) 콘크리트 타설을 위한 동바리 및 거푸집 공사가 완료된 것으로 확인되었다. 동바리 및 거푸집에 대한 현장조사는 공종 초 · 중기 단계 1회(현장점검일 : 2021년 09월 10일), 공종 말기단계 1회(현장점검일 : 2021년 10월 22일)에 걸쳐 실시하였으며, 공종 초 · 중기 단계 이후 교대 콘크리트 타설 및 양생, 상단부 동바리 및 거푸집을 설치한 것으로 확인되었다.

동바리의 경우 현장상황이나 사용 재료 등이 조건과 상이할 경우 반드시 구조 검토자의 재검토를 받아 구조안전을 확인해야 하며, 동바리의 해체 시 작업전 해체 계획수립 후 작업지휘자의 지시에 의해 작업을 실시하여야 한다. 또한, 해체 작업장에는 경계테이프 등을 설치하여 작업자 이외의 자가 임의로 작업장에 출입하지 않도록 감시원을 배치하여 통제해야 하며, 해체된 자재를 정리정돈 할 때에는 가능한 한 같은 규격별로 정리하고, 운반작

업시에도 가능한 한 같은 규격별로 묶어 운반토록 하며 작업 시 부재의 변형이 생기지 않도록 주의하여야 한다. 특히 동바리와 같은 가시설물은 전도, 붕되 등 사고발생이 우려되는 만큼 수직 및 수평하중, 풍하중에 대한 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

현재 본 교량의 동바리는 시스템 동바리(SYSTEM SUPPORT)를 사용하고 있으며, 조사결과 1.8m 이내 마다 수평재가 설치되어 있는 것으로 확인되었다. 각 시스템 유닛은 이웃한 시스템 유닛과 수평연결재(단관파이프 등)로 연결되며, 수평연결재와 동바리는 전용 클램프로 긴결되어 있는 것으로 확인되었다. 또한, 동바리에 삽입되는 U헤드 및 받침철물 등의 삽입길이는 U헤드 및 받침 철물 전체 길이의 1/3 이상을 만족하는 것으로 조사되었고, 동바리의 수직, 수평도, 결속상태 등 전반적으로 설계도면 및 시방기준에 준하여 시공된 것으로 판단되며, 구조물의 안정성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

3) 자재관리의 적정성

본 현장에서는 공사용 자재 및 부재에 대하여 공급원 승인을 득한 후 현장 반입이 이루어지고 있는 것으로 확인되었고, 공사가 진행중인 현장의 공사용 자재의 정리·정돈 상태가 전반적으로 양호하게 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

2.7.2 조사, 시험 및 측정자료 검토

1) 콘크리트 강도시험

금회 교량의 경우 반발경도 측정에 대한 해당사항이 없으므로 시행하지 않았다.

2) 철근 배근상태의 적정성

금회 교량의 경우 철근탐사에 대한 해당사항이 없으므로 시행하지 않았다.

3) 실내시험

본 현장의 품질시험 및 검사에 대한 검토 결과, 각 공종별 시험 종목에 맞추어 계획을 수립하고 계획된 시험빈도에 맞추어 양호하게 시험이 실시되고 있는 것으로 조사되어 본 현장의 품질시험은 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.

2.7.3 인접건축물 또는 구조물의 안정성 등 공사장주변 안전조치의 적정성

1) 가설 방진벽

본 현장은 공사장으로부터 보호, 먼지저감 및 경관상 차폐가 필요한 구간에 가설 방진벽이 설치되었으며 점검결과, 양호한 상태로 조사되었다.

2) 안전난간 및 접근금지 방지책

교량 시점측 교대(A2)의 현장 인근에 추락을 방지하기 위한 시설로서 안전난간이 설치되어 있으며 점검결과, 양호한 상태로 조사되었다.

3) 비산먼지 방지대책

당 현장의 경우 비산먼지를 방지하기 위해 비산먼지방지망(그린망)을 설치하였으며, 설치 상태 및 관리 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

4) 공사장 주변 안전조치

본 현장은 공사장 주변 안전조치를 위한 라바콘, PE드럼, 안전입간판 등을 설치한 것으로 확인되었으며, 원활한 교통통행을 위해 신호수를 배치하여 보행자 및 통행차량에 대한 안전을 확보한 것으로 조사되었다.

5) 살수차 및 세륜시설

본 현장은 비산먼지 및 환경관리를 위하여 살수차 및 세륜시설을 운영중이며 양호한 상태로 조사되었다.

6) 자재정리

본 현장은 자재의 운반, 보관 및 취급이 양호한 상태로 조사되었다.

2.7.4 임시시설 및 가설공법의 안전성

1) 가설 방진벽

본 현장은 공사장으로부터 보호, 먼지저감 및 경관상 차폐가 필요한 구간에 가설 방진벽이 설치되었으며 점검결과, 채결상태, 수직도 등 전반적인 설치 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

2.7.5 건설공사 안전관리 검토

본 현장은 안전관리계획을 수립하고 이에 준한 안전관리조직 및 도급사업에 대한 안전지도, 교육활동, 안전보호구의 지급관리 등을 적정하게 시행하고 있으며, 공사전반에 관한 자체 안전점검을 규정에 맞게 시행하는 등 안전관리 활동이 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가된다.

제3 종합결론

3.1 정기안전점검 결과의 종합결론

3.2 시공시 특별관리가 필요한 사항

3.3 이전 점검시 지적사항에 대한 조치사항

3.4 기타 필요한 사항

제3장 종합결론

3.1 정기안전점검 결과의 종합결론

본 정기안전점검 대상인 교량의 안전시공을 위한 임시시설 및 가설공법의 안전성, 공사목적물의 품질 · 시공상태 등의 적정성, 인접 건축물 또는 구조물의 안전성 등 공사장주변 안전조치의 적정성을 점검하고 관련도서, 시험 자료, 안전관리 활동 등을 종합적으로 분석한 결과, 시공, 품질, 안전관리 등 공사가 전반적으로 양호하게 진행되고 있으며, 후속 공종 수행에 있어 지속적인 시공, 품질 및 안전관리가 실시된다면 문제점이 없을 것으로 판단된다.

3.1.1 주요부재별 외관조사 결과

해당 교량은 장기주차장 진입도로를 횡단하는 BISCON GIRDER형식의 기타종 교량구조물로서 현재 해당 시설물의 경우 교대의 콘크리트 타설을 위한 동바리 및 거푸집 공사가 완료된 것으로 확인되었다. 금회 점검 결과, 동바리 및 거푸집의 경우 전반적으로 설계도면 및 시방기준에 준하여 시공된 것으로 조사되었으며, 구조물의 안정성에는 문제가 없을 것으로 사료된다. 아울러 동바리 및 거푸집의 해체 시에는 구조물의 콘크리트가 자중 및 시공하중을 지탱하기에 충분한 강도에 도달했을 때 될수 있는 한 빨리 제거하도록 해야 하며, 동바리 및 거푸집을 떼어낸 직후의 구조물에 하중을 재하 할 경우에는 콘크리트의 강도, 구조물의 종류, 작용하중의 종류와 크기 등을 고려하여 유해한 균열이나 기타 손상을 받지 않도록 세심한 시공관리가 요구된다.

3.1.2 조사, 시험 및 측정자료 검토

점검 항목	점검 내용
콘크리트 강도시험	■ 반발경도 측정에 대한 해당사항이 없으므로 시행하지 않았음
철근 배근상태의 적정성	■ 철근탐사 측정에 대한 해당사항이 없으므로 시행하지 않았음
실내시험	■ 본 현장의 품질시험 및 검사에 대한 검토 결과, 각 공종별 시험 종목에 맞추어 계획을 수립하고 계획된 시험빈도에 맞추어 양호하게 시험이 실시되고 있는 것으로 조사되어 본 현장의 품질시험은 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가됨

3.1.3 인접건축물 또는 구조물의 안정성 등 공사장주변 안전조치의 적정성

점검 항목	점검 내용
가설 방진벽	■ 본 현장은 공사장으로부터 보호, 먼지저감 및 경관상 차폐가 필요한 구간에 가설 방진벽이 설치되었으며 점검결과, 양호한 상태로 조사됨
안전난간 및 접근금지방지책	■ 교량 시점측 교대(A2)의 현장 인근에 추락을 방지하기 위한 시설로서 안전난간이 설치되어 있으며 점검결과, 양호한 상태로 조사됨
비산먼지 방지대책	■ 당 현장의 경우 비산먼지를 방지하기 위해 비산먼지방지망(그린망)을 설치하였으며, 설치 상태 및 관리 상태는 양호한 것으로 조사됨
공사장 주변 안전조치	■ 본 현장은 공사장 주변 안전조치를 위한 라바콘, PE드럼, 안전입간판 등을 설치한 것으로 확인되었으며, 원활한 교통통해을 위해 신호수를 배치하여 보행자 및 통행차량에 대한 안전을 확보한 것으로 조사됨
살수차 및 세륜시설	■ 본 현장은 비산먼지 및 환경관리를 위하여 살수차 및 세륜시설을 운영중 양호한 상태로 조사됨
자재정리	■ 본 현장은 자재의 운반, 보관 및 취급이 양호한 상태로 조사됨

3.1.4 임시시설 및 가설공법의 안전성

점검 항목	점검 내용
가설 방진벽	■ 본 현장은 공사장으로부터 보호, 먼지저감 및 경관상 차폐가 필요한 구간에 가설 방진벽이 설치되었으며 점검결과, 채결상태, 수직도 등 전반적인 설치 상태는 양호한 것으로 조사됨
건설공사 안전관리 검토	■ 본 현장은 안전관리계획을 수립하고 이에 준한 안전관리조직 및 도급사업에 대한 안전지도, 교육활동, 안전보호구의 지급관리 등을 적정하게 시행하고 있으며, 공사전반에 관한 자체 안전점검을 규정에 맞게 시행하는 등 안전관리 활동이 적정하게 이루어지고 있는 것으로 평가됨

3.2 시공시 특별한 관리가 요구되는 사항

동바리 및 거푸집의 해체 시에는 구조물의 콘크리트가 자중 및 시공하중을 지탱하기에 충분한 강도에 도달했을 때 될수 있는 한 빨리 제거하도록 해야 하며, 동바리 및 거푸집을 떼어낸 직후의 구조물에 하중을 재하 할 경우에는 콘크리트의 강도, 구조물의 종류, 작용하중의 종류와 크기 등을 고려하여 유해한 균열이나 기타 손상을 받지 않도록 세심한 시공관리가 요구된다.

3.3 이전 점검 시 지적사항에 대한 조치사항 확인

본 현장의 과거 점검시 지적된 사항이 없으므로 해당사항이 없다.

3.4 기타 필요한 사항

동바리 및 거푸집의 해체 시 작업전 해체 계획수립 후 작업지휘자의 지시에 의해 작업을 실시하여야 하며, 해체 작업장에는 경계테이프 등을 설치하여 작업자 이외의 자가 임의로 출입하지 않도록 감시원을 배치하여 통제하여야 한다.

부 록

1. 정기안전점검표
2. 지적사항 조치 확인 현황
3. 확인 지반조사 보고서
4. 건설장비 비파괴검사 보고서
5. 말뚝동재하 시험보고서.
6. 말뚝정재하 시험보고서
7. 수평재하 시험보고서
8. 교대거푸집 구조계산서
9. 안전관리 관련자료

1. 정기안전점검표

▣ 교량 정기안전점검표(1차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	시공계획 및 준비공	●			
2	장비 조립	●			
3	파일 운반	●			
4	천공	●			
5	Screw Auger 인발	●			
6	파일 관입	●			
7	케이싱 오거 인발	●			
8	항타	●			
9	장비 해체	●			
10	항두 정리작업	●			
10	시공중 부대시설	●			
11	안전 관리	●			

□ 콘크리트공(1차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	콘크리트 타설 속도와 방법	-			해당사항 없음
2	Slump Test의 유무	-			해당사항 없음
3	골재 분리 및 균열의 발생 여부	-			해당사항 없음
4	콘크리트 다짐 상태	-			해당사항 없음
5	콘크리트 타설전 청소 상태	-			해당사항 없음
6	이어치기 위치 및 방법의 적정성	-			해당사항 없음
7	콘크리트 양생시 보호조치	-			해당사항 없음
8	구조물의 피복두께	-			해당사항 없음

□ 거푸집공(1차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	부위별 거푸집의 조립도 작성 여부	-			해당사항 없음
2	거푸집의 재질 및 상태	-			해당사항 없음
3	부위별 거푸집 사용 횟수의 적정성	-			해당사항 없음
4	거푸집의 수직 및 수평상태	-			해당사항 없음
5	박리제 도포 상태	-			해당사항 없음
6	거푸집의 존치기간 준수 여부	-			해당사항 없음
7	거푸집이 곡면일 경우 부상 방지 조치	-			해당사항 없음
8	개구부 등의 정확한 위치	-			해당사항 없음
9	거푸집 하부 및 모서리 등의 조립상태	-			해당사항 없음
10	지보공의 재질 및 상태	-			해당사항 없음
11	지보공의 이음부, 접속부 및 고정상태	-			해당사항 없음
12	지보공 설치 간격의 적정성	-			해당사항 없음
13	경사면에서의 지보공 수직도와 정착상태	-			해당사항 없음
14	지보공의 침하방지 조치	-			해당사항 없음

□ 철근공(1차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가공제작 도면의 작성 여부	-			해당사항 없음
2	철근 이음 및 이음 위치의 적정성	-			해당사항 없음
3	철근 정착길이 및 방법의 적정성	-			해당사항 없음
4	철근의 배근간격	-			해당사항 없음
5	철근 교차부위의 결속 상태	-			해당사항 없음
6	간격재(Spacer)의 재질과 설치간격	-			해당사항 없음

□ 안전관리공(1차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	교통관리 계획서의 작성여부 및 적정성	●			
2	교통통제 시설의 설치상태	●			
3	도로의 점유 및 사용상태	●			
4	교통관리 구간의 점검상태	●			
5	현장 주변의 정리·정돈상태	●			
6	현장 출입방지 시설의 상태	●			
7	현장주변의 표지류 상태	●			
8	인접구조물 현황의 파악 상태	●			
9	피해발생시의 대책	●			
10	공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성	●			
11	인접구조물의 피해 발생 여부	●			

□ 건설장비 점검(항타기 및 항발기)(1차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	기초공사용 건설기계 사용시 당해 작업조건에 맞는 기계 및 부속시설의 배치, 작업순서와 방법 등의 작업계획 수립	●			
2	기초공사에 적합한 건설기계의 기종 선정	●			
3	항타기 및 항발기 선정 시 점토사항	●			
	1) 말뚝의 종류 및 형상	●			
	2) 타격력과 말뚝의 지지력	●			
	3) 시공법 및 현장지반 등 작업장 주변사항	●			
	4) 말뚝 및 항타기의 중량	●			
	5) 작업량 및 공기	●			
4	건설기계 사용의 안전성 확보를 위한 지반 평탄 작업 및 침하 방지조치 실시	●			
5	건설기계 등록여부 확인 및 유자격 운전자 배치	●			
6	유도자 배치 및 장비별 특성에 따른 일정한 표준방법을 정하여 신호	●			
7	폭풍, 폭우, 폭설등의 악천후시 작업 금지	●			
8	기계의 작업범위내에 작업관계자 외 출입 금지	●			
9	작업전 운전자 및 근로자 안전교육 실시	●			
10	작업이 없을 경우 지표면 아래로 천공된 부분에 견고한 덮개 설치 → 추락재해 방지	●			
11	가스관, 지중전선로, 기타 지하매설물의 손괴에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있을 때에는 지장물 등의 유무를 조사하여 적절한 조치	●			
12	항타, 천공 등의 건설기계의 사용 중에는 수리 작업 금지	●			

□ 건설장비 점검(항타기 및 항발기)(1차)-계속-

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
13	하중을 걸은 상태로 운전석 이탈 금지	●			
14	모든 도르래, 케이블, 기계류, 훅걸이 및 항타기의 다른 부분에 대한 주기적인 점검 및 마모/파손된 부품이나 기계는 즉시 수리하거나 교환 → 점검 및 수리시 안전대 착용	●			
15	운전석 내부를 청결히 하고 오르내리는 발판, 손잡이는 항상 깨끗이 유지 → 미끄럼 방지	●			
16	모든 건설기계는 기계마다 장비일보에 작업명, 기계 조종원, 작업시간, 정비항목 및 정비회사명, 급유사항, 고장 및 이상유무 등 기계의 이력을 모두 기록	●			
17	연약지반에서 장비 전도방지	●			
	1) 동력사용 항타기, 항발기 등의 각부 또는 가대 침하방지조치	●			
	2) 철판 등을 사용하여 깔판으로 설치	●			
18	항발기 등의 붐의 전도방지 대책	●			
	1) 크레인, 항발기 등 사용 인양작업 시 와이어로프 절단으로 인한 전도사고 방지조치를 취할 것	●			
	2) 충분한 능력의 크레인을 사용 및 붐 전도 방지장치 설치	●			
19	항타기의 조립시 필수 점검사항	●			
	1) 본체 연결부의 풀림 또는 손상의 유무	●			
	2) 권상용 와이어로프, 권상 활차의 부착상태(권상용 와이어로프의 안전계수 5 이상)	●			
	3) 권상기 설치 상태 및 권상장치의 브레이크, 쐐기장치 상태	●			
20	항타기 조립 시 작업지휘자 및 신호수 배치	●			
21	와이어로프가 꼬인 상태로 하중을 거는 행위 금지	●			

▣ 교량 정기안전점검표(2차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	시공계획 및 준비공	●			
2	장비 조립	●			
3	파일 운반	●			
4	천공	●			
5	Screw Auger 인발	●			
6	파일 관입	●			
7	케이싱 오거 인발	●			
8	항타	●			
9	장비 해체	●			
10	항두 정리작업	●			
10	시공중 부대시설	●			
11	안전 관리	●			

□ 콘크리트공(2차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	콘크리트 타설 속도와 방법	-			해당사항 없음
2	Slump Test의 유무	-			해당사항 없음
3	골재 분리 및 균열의 발생 여부	-			해당사항 없음
4	콘크리트 다짐 상태	-			해당사항 없음
5	콘크리트 타설전 청소 상태	-			해당사항 없음
6	이어치기 위치 및 방법의 적정성	-			해당사항 없음
7	콘크리트 양생시 보호조치	-			해당사항 없음
8	구조물의 피복두께	-			해당사항 없음

□ 거푸집공(2차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	부위별 거푸집의 조립도 작성 여부	-			해당사항 없음
2	거푸집의 재질 및 상태	-			해당사항 없음
3	부위별 거푸집 사용 횟수의 적정성	-			해당사항 없음
4	거푸집의 수직 및 수평상태	-			해당사항 없음
5	박리제 도포 상태	-			해당사항 없음
6	거푸집의 존치기간 준수 여부	-			해당사항 없음
7	거푸집이 곡면일 경우 부상 방지 조치	-			해당사항 없음
8	개구부 등의 정확한 위치	-			해당사항 없음
9	거푸집 하부 및 모서리 등의 조립상태	-			해당사항 없음
10	지보공의 재질 및 상태	-			해당사항 없음
11	지보공의 이음부, 접속부 및 고정상태	-			해당사항 없음
12	지보공 설치 간격의 적정성	-			해당사항 없음
13	경사면에서의 지보공 수직도와 정착상태	-			해당사항 없음
14	지보공의 침하방지 조치	-			해당사항 없음

□ 철근공(2차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가공제작 도면의 작성 여부	-			해당사항 없음
2	철근 이음 및 이음 위치의 적정성	-			해당사항 없음
3	철근 정착길이 및 방법의 적정성	-			해당사항 없음
4	철근의 배근간격	-			해당사항 없음
5	철근 교차부위의 결속 상태	-			해당사항 없음
6	간격재(Spacer)의 재질과 설치간격	-			해당사항 없음

□ 안전관리공(2차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	교통관리 계획서의 작성여부 및 적정성	●			
2	교통통제 시설의 설치상태	●			
3	도로의 점유 및 사용상태	●			
4	교통관리 구간의 점검상태	●			
5	현장 주변의 정리·정돈상태	●			
6	현장 출입방지 시설의 상태	●			
7	현장주변의 표지류 상태	●			
8	인접구조물 현황의 파악 상태	●			
9	피해발생시의 대책	●			
10	공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성	●			
11	인접구조물의 피해 발생 여부	●			

□ 건설장비 점검(항타기 및 항발기)(2차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	기초공사용 건설기계 사용시 당해 작업조건에 맞는 기계 및 부속시설의 배치, 작업순서와 방법 등의 작업계획 수립	●			
2	기초공사에 적합한 건설기계의 기종 선정	●			
3	항타기 및 항발기 선정 시 점토사항	●			
	1) 말뚝의 종류 및 형상	●			
	2) 타격력과 말뚝의 지지력	●			
	3) 시공법 및 현장지반 등 작업장 주변사항	●			
	4) 말뚝 및 항타기의 중량	●			
	5) 작업량 및 공기	●			
4	건설기계 사용의 안전성 확보를 위한 지반 평탄 작업 및 침하 방지조치 실시	●			
5	건설기계 등록여부 확인 및 유자격 운전자 배치	●			
6	유도자 배치 및 장비별 특성에 따른 일정한 표준방법을 정하여 신호	●			
7	폭풍, 폭우, 폭설등의 악천후시 작업 금지	●			
8	기계의 작업범위내에 작업관계자 외 출입 금지	●			
9	작업전 운전자 및 근로자 안전교육 실시	●			
10	작업이 없을 경우 지표면 아래로 천공된 부분에 견고한 덮개 설치 → 추락재해 방지	●			
11	가스관, 지중전선로, 기타 지하매설물의 손괴에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있을 때에는 지장물 등의 유무를 조사하여 적절한 조치	●			
12	항타, 천공 등의 건설기계의 사용 중에는 수리 작업 금지	●			

□ 건설장비 점검(항타기 및 항발기)(2차)-계속-

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
13	하중을 걸은 상태로 운전석 이탈 금지	●			
14	모든 도르래, 케이블, 기계류, 훅걸이 및 항타기의 다른 부분에 대한 주기적인 점검 및 마모/파손된 부품이나 기계는 즉시 수리하거나 교환 → 점검 및 수리시 안전대 착용	●			
15	운전석 내부를 청결히 하고 오르내리는 발판, 손잡이는 항상 깨끗이 유지 → 미끄럼 방지	●			
16	모든 건설기계는 기계마다 장비일보에 작업명, 기계 조종원, 작업시간, 정비항목 및 정비회사명, 급유사항, 고장 및 이상유무 등 기계의 이력을 모두 기록	●			
17	연약지반에서 장비 전도방지	●			
	1) 동력사용 항타기, 항발기 등의 각부 또는 가대 침하방지조치	●			
	2) 철판 등을 사용하여 깔판으로 설치	●			
18	항발기 등의 붐의 전도방지 대책	●			
	1) 크레인, 항발기 등 사용 인양작업 시 와이어로프 절단으로 인한 전도사고 방지조치를 취할 것	●			
	2) 충분한 능력의 크레인을 사용 및 붐 전도 방지장치 설치	●			
19	항타기의 조립시 필수 점검사항	●			
	1) 본체 연결부의 풀림 또는 손상의 유무	●			
	2) 권상용 와이어로프, 권상 활차의 부착상태(권상용 와이어로프의 안전계수 5 이상)	●			
	3) 권상기 설치 상태 및 권상장치의 브레이크, 쐐기장치 상태	●			
20	항타기 조립 시 작업지휘자 및 신호수 배치	●			
21	와이어로프가 꼬인 상태로 하중을 거는 행위 금지	●			

▣ 교량 정기안전점검표(3차)

가. 가설공(3차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가설공사 계획의 적정성	●			
2	가설물의 형식과 배치계획	●			
3	비계용 자재의 규격과 상태	●			
4	외부비계의 설치상태(지주·띠장간격)	●			
5	외부비계와 구조물과의 연결 상태	●			
6	발판의 설치 상태(채질, 틈, 고정)	●			
7	비계용 브라켓을 사용할 때 브라켓의 고정상태	●			
8	틀비계의 전도 방지 시설	●			
9	낙하물 방지시설 재료의 규격과 상태	●			
10	낙하물 방지망의 돌출길이 및 설치각도	●			
11	벽면과 비계사이에 낙하물 방지망의 상태	●			

나. 흙막이공(3차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	조립상세도의 적정성 여부				해당사항없음
2	시공시 부재의 품질, 토질 및 수압 등의 여부				해당사항없음
3	보일링, 히빙의 발생 또는 위험 여부				해당사항없음
4	부재연결 부분의 상태				해당사항없음
5	누수 및 토사의 유출여부				해당사항없음
6	버팀목 및 흙막이판의 조립상태				해당사항없음
7	지보공 주변 지반면의 균열상태				해당사항없음

다. 거푸집공(3차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	부위별 거푸집의 조립도 작성 여부	●			
2	거푸집의 재질 및 상태	●			
3	부위별 거푸집 사용 횟수의 적정성	●			
4	거푸집의 수직 및 수평상태	●			
5	박리제 도포 상태	●			
6	거푸집의 존치기간 준수 여부	●			
7	거푸집이 곡면일 경우 부상 방지 조치	●			
8	개구부 등의 정확한 위치	●			
9	거푸집 하부 및 모서리 등의 조립상태	●			
10	지보공의 재질 및 상태	●			
11	지보공의 이음부, 접속부 및 고정상태	●			
12	지보공 설치 간격의 적정성	●			
13	경사면에서의 지보공 수직도와 정착상태	●			
14	지보공의 침하방지 조치	●			

마. 철근공(3차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가공제작 도면의 작성 여부				해당사항없음
2	철근 이음 및 이음 위치의 적정성				해당사항없음
3	철근 정착길이 및 방법의 적정성				해당사항없음
4	철근의 배근간격				해당사항없음
5	철근 교차부위의 결속 상태				해당사항없음
6	간격재(Spacer)의 재질과 설치간격				해당사항없음

바. 콘크리트공(3차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	콘크리트 타설 속도와 방법				해당사항없음
2	Slump Test의 유무				해당사항없음
3	골재 분리 및 균열의 발생 여부				해당사항없음
4	콘크리트 다짐 상태				해당사항없음
5	콘크리트 타설전 청소 상태				해당사항없음
6	이어치기 위치 및 방법의 적정성				해당사항없음
7	콘크리트 양생시 보호조치				해당사항없음
8	구조물의 피복두께				해당사항없음

사. 안전관리공(3차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	교통관리 계획서의 작성여부 및 적정성	●			
2	교통통제 시설의 설치상태	●			
3	도로의 점유 및 사용상태	●			
4	교통관리 구간의 점검상태	●			
5	현장 주변의 정리·정돈상태	●			
6	현장 출입방지 시설의 상태	●			
7	현장주변의 표지류 상태	●			
8	인접구조물 현황의 파악 상태	●			
9	피해발생시의 대책	●			
10	공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성	●			
11	인접구조물의 피해 발생 여부	●			

▣ 교량 정기안전점검표(4차)

가. 가설공(4차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가설공사 계획의 적정성	●			
2	가설물의 형식과 배치계획	●			
3	비계용 자재의 규격과 상태	●			
4	외부비계의 설치상태(지주·띠장간격)	●			
5	외부비계와 구조물과의 연결 상태	●			
6	발판의 설치 상태(채질, 틈, 고정)	●			
7	비계용 브라켓을 사용할 때 브라켓의 고정상태	●			
8	틀비계의 전도 방지 시설	●			
9	낙하물 방지시설 재료의 규격과 상태	●			
10	낙하물 방지망의 돌출길이 및 설치각도	●			
11	벽면과 비계사이에 낙하물 방지망의 상태	●			

나. 흙막이공(4차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	조립상세도의 적정성 여부				해당사항없음
2	시공시 부재의 품질, 토질 및 수압 등의 여부				해당사항없음
3	보일링, 히빙의 발생 또는 위험 여부				해당사항없음
4	부재연결 부분의 상태				해당사항없음
5	누수 및 토사의 유출여부				해당사항없음
6	버팀목 및 흙막이판의 조립상태				해당사항없음
7	지보공 주변 지반면의 균열상태				해당사항없음

다. 거푸집공(4차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	부위별 거푸집의 조립도 작성 여부	●			
2	거푸집의 재질 및 상태	●			
3	부위별 거푸집 사용 횟수의 적정성	●			
4	거푸집의 수직 및 수평상태	●			
5	박리제 도포 상태	●			
6	거푸집의 존치기간 준수 여부	●			
7	거푸집이 곡면일 경우 부상 방지 조치	●			
8	개구부 등의 정확한 위치	●			
9	거푸집 하부 및 모서리 등의 조립상태	●			
10	지보공의 재질 및 상태	●			
11	지보공의 이음부, 접속부 및 고정상태	●			
12	지보공 설치 간격의 적정성	●			
13	경사면에서의 지보공 수직도와 정착상태	●			
14	지보공의 침하방지 조치	●			

마. 철근공(4차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가공제작 도면의 작성 여부				해당사항없음
2	철근 이음 및 이음 위치의 적정성				해당사항없음
3	철근 정착길이 및 방법의 적정성				해당사항없음
4	철근의 배근간격				해당사항없음
5	철근 교차부위의 결속 상태				해당사항없음
6	간격재(Spacer)의 재질과 설치간격				해당사항없음

바. 콘크리트공(4차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	콘크리트 타설 속도와 방법				해당사항없음
2	Slump Test의 유무				해당사항없음
3	골재 분리 및 균열의 발생 여부				해당사항없음
4	콘크리트 다짐 상태				해당사항없음
5	콘크리트 타설전 청소 상태				해당사항없음
6	이어치기 위치 및 방법의 적정성				해당사항없음
7	콘크리트 양생시 보호조치				해당사항없음
8	구조물의 피복두께				해당사항없음

사. 안전관리공(4차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	교통관리 계획서의 작성여부 및 적정성	●			
2	교통통제 시설의 설치상태	●			
3	도로의 점유 및 사용상태	●			
4	교통관리 구간의 점검상태	●			
5	현장 주변의 정리·정돈상태	●			
6	현장 출입방지 시설의 상태	●			
7	현장주변의 표지류 상태	●			
8	인접구조물 현황의 파악 상태	●			
9	피해발생시의 대책	●			
10	공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성	●			
11	인접구조물의 피해 발생 여부	●			

▣ 교량 정기안전점검표(5차)

가. 가설공(5차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가설공사 계획의 적정성	●			
2	가설물의 형식과 배치계획	●			
3	비계용 자재의 규격과 상태	●			
4	외부비계의 설치상태(지주·띠장간격)	●			
5	외부비계와 구조물과의 연결 상태	●			
6	발판의 설치 상태(채질, 틈, 고정)	●			
7	비계용 브라켓을 사용할 때 브라켓의 고정상태	●			
8	틀비계의 전도 방지 시설	●			
9	낙하물 방지시설 재료의 규격과 상태	●			
10	낙하물 방지망의 돌출길이 및 설치각도	●			
11	벽면과 비계사이에 낙하물 방지망의 상태	●			

나. 흙막이공(5차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	조립상세도의 적정성 여부				해당사항없음
2	시공시 부재의 품질, 토질 및 수압 등의 여부				해당사항없음
3	보일링, 히빙의 발생 또는 위험 여부				해당사항없음
4	부재연결 부분의 상태				해당사항없음
5	누수 및 토사의 유출여부				해당사항없음
6	버팀목 및 흙막이판의 조립상태				해당사항없음
7	지보공 주변 지반면의 균열상태				해당사항없음

다. 거푸집공(5차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	부위별 거푸집의 조립도 작성 여부	●			
2	거푸집의 재질 및 상태	●			
3	부위별 거푸집 사용 횟수의 적정성	●			
4	거푸집의 수직 및 수평상태	●			
5	박리제 도포 상태	●			
6	거푸집의 존치기간 준수 여부	●			
7	거푸집이 곡면일 경우 부상 방지 조치	●			
8	개구부 등의 정확한 위치	●			
9	거푸집 하부 및 모서리 등의 조립상태	●			
10	지보공의 재질 및 상태	●			
11	지보공의 이음부, 접속부 및 고정상태	●			
12	지보공 설치 간격의 적정성	●			
13	경사면에서의 지보공 수직도와 정착상태	●			
14	지보공의 침하방지 조치	●			

마. 철근공(5차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가공제작 도면의 작성 여부				해당사항없음
2	철근 이음 및 이음 위치의 적정성				해당사항없음
3	철근 정착길이 및 방법의 적정성				해당사항없음
4	철근의 배근간격				해당사항없음
5	철근 교차부위의 결속 상태				해당사항없음
6	간격재(Spacer)의 재질과 설치간격				해당사항없음

바. 콘크리트공(5차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	콘크리트 타설 속도와 방법				해당사항없음
2	Slump Test의 유무				해당사항없음
3	골재 분리 및 균열의 발생 여부				해당사항없음
4	콘크리트 다짐 상태				해당사항없음
5	콘크리트 타설전 청소 상태				해당사항없음
6	이어치기 위치 및 방법의 적정성				해당사항없음
7	콘크리트 양생시 보호조치				해당사항없음
8	구조물의 피복두께				해당사항없음

사. 안전관리공(5차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	교통관리 계획서의 작성여부 및 적정성	●			
2	교통통제 시설의 설치상태	●			
3	도로의 점유 및 사용상태	●			
4	교통관리 구간의 점검상태	●			
5	현장 주변의 정리·정돈상태	●			
6	현장 출입방지 시설의 상태	●			
7	현장주변의 표지류 상태	●			
8	인접구조물 현황의 파악 상태	●			
9	피해발생시의 대책	●			
10	공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성	●			
11	인접구조물의 피해 발생 여부	●			

▣ 교량 정기안전점검표(6차)

가. 가설공(6차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가설공사 계획의 적정성	●			
2	가설물의 형식과 배치계획	●			
3	비계용 자재의 규격과 상태	●			
4	외부비계의 설치상태(지주·띠장간격)	●			
5	외부비계와 구조물과의 연결 상태	●			
6	발판의 설치 상태(채질, 틈, 고정)	●			
7	비계용 브라켓을 사용할 때 브라켓의 고정상태	●			
8	틀비계의 전도 방지 시설	●			
9	낙하물 방지시설 재료의 규격과 상태	●			
10	낙하물 방지망의 돌출길이 및 설치각도	●			
11	벽면과 비계사이에 낙하물 방지망의 상태	●			

나. 흙막이공(6차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	조립상세도의 적정성 여부				해당사항없음
2	시공시 부재의 품질, 토질 및 수압 등의 여부				해당사항없음
3	보일링, 히빙의 발생 또는 위험 여부				해당사항없음
4	부재연결 부분의 상태				해당사항없음
5	누수 및 토사의 유출여부				해당사항없음
6	버팀목 및 흙막이판의 조립상태				해당사항없음
7	지보공 주변 지반면의 균열상태				해당사항없음

다. 거푸집공(6차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	부위별 거푸집의 조립도 작성 여부	●			
2	거푸집의 재질 및 상태	●			
3	부위별 거푸집 사용 횟수의 적정성	●			
4	거푸집의 수직 및 수평상태	●			
5	박리제 도포 상태	●			
6	거푸집의 존치기간 준수 여부	●			
7	거푸집이 곡면일 경우 부상 방지 조치	●			
8	개구부 등의 정확한 위치	●			
9	거푸집 하부 및 모서리 등의 조립상태	●			
10	지보공의 재질 및 상태	●			
11	지보공의 이음부, 접속부 및 고정상태	●			
12	지보공 설치 간격의 적정성	●			
13	경사면에서의 지보공 수직도와 정착상태	●			
14	지보공의 침하방지 조치	●			

마. 철근공(6차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	가공제작 도면의 작성 여부				해당사항없음
2	철근 이음 및 이음 위치의 적정성				해당사항없음
3	철근 정착길이 및 방법의 적정성				해당사항없음
4	철근의 배근간격				해당사항없음
5	철근 교차부위의 결속 상태				해당사항없음
6	간격재(Spacer)의 재질과 설치간격				해당사항없음

바. 콘크리트공(6차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	콘크리트 타설 속도와 방법				해당사항없음
2	Slump Test의 유무				해당사항없음
3	골재 분리 및 균열의 발생 여부				해당사항없음
4	콘크리트 다짐 상태				해당사항없음
5	콘크리트 타설전 청소 상태				해당사항없음
6	이어치기 위치 및 방법의 적정성				해당사항없음
7	콘크리트 양생시 보호조치				해당사항없음
8	구조물의 피복두께				해당사항없음

사. 안전관리공(6차)

구분	공 종	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
1	교통관리 계획서의 작성여부 및 적정성	●			
2	교통통제 시설의 설치상태	●			
3	도로의 점유 및 사용상태	●			
4	교통관리 구간의 점검상태	●			
5	현장 주변의 정리·정돈상태	●			
6	현장 출입방지 시설의 상태	●			
7	현장주변의 표지류 상태	●			
8	인접구조물 현황의 파악 상태	●			
9	피해발생시의 대책	●			
10	공법에 따른 안전대책의 수립여부와 적정성	●			
11	인접구조물의 피해 발생 여부	●			

2. 지적사항
조치 확인 현황

[별지 제1호 서식]

안전점검 지적사항 조치확인(1차)

공 사 명	
현 장 소 재 지	
점 검 일 시	
점검기관(책임자)	
대 상 공 종	
점 검 항 목	
지 적 사 항	해당사항 없음
조 치 일 시	
조 치 자	(인)
조 치 사 항	
발주자(감리 또는 감독)확인	(인)

㈜ 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

[별지 제1호 서식]

안전점검 지적사항 조치확인(2차)

공 사 명	
현 장 소 재 지	
점 검 일 시	
점검기관(책임자)	
대 상 공 종	
점 검 항 목	
지 적 사 항	해당사항 없음
조 치 일 시	
조 치 자	(인)
조 치 사 항	
발주자(감리 또는 감독)확인	(인)

㈜ 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

[별지 제1호 서식]

안전점검 지적사항 조치확인(3차)

공 사 명	
현 장 소 재 지	
점 검 일 시	
점검기관(책임자)	
대 상 공 종	
점 검 항 목	
지 적 사 항	해당사항 없음
조 치 일 시	
조 치 자	(인)
조 치 사 항	
발주자(감리 또는 감독)확인	(인)

㈜ 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

[별지 제1호 서식]

안전점검 지적사항 조치확인(4차)

공 사 명	
현 장 소 재 지	
점 검 일 시	
점검기관(책임자)	
대 상 공 종	
점 검 항 목	
지 적 사 항	해당사항 없음
조 치 일 시	
조 치 자	(인)
조 치 사 항	
발주자(감리 또는 감독)확인	(인)

㈜ 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

[별지 제1호 서식]

안전점검 지적사항 조치확인(5차)

공 사 명	
현 장 소 재 지	
점 검 일 시	
점검기관(책임자)	
대 상 공 종	
점 검 항 목	
지 적 사 항	해당사항 없음
조 치 일 시	
조 치 자	(인)
조 치 사 항	
발주자(감리 또는 감독)확인	(인)

㈜ 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

[별지 제1호 서식]

안전점검 지적사항 조치확인(6차)

공 사 명	
현 장 소 재 지	
점 검 일 시	
점검기관(책임자)	
대 상 공 종	
점 검 항 목	
지 적 사 항	해당사항 없음
조 치 일 시	
조 치 자	(인)
조 치 사 항	
발주자(감리 또는 감독)확인	(인)

㈜ 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

3. 확인 지반조사 보고서

인천국제공항 4단계

공항내부 연결도로공사

확인 지반조사 보고서
(3차)

2021. 02

Incheon Airport

동부건설

목 차

제1장 조사개요

1.1 조사개요 ····· 1

1.1.1 조사목적 및 수행 방향 ····· 1

1.1.2 과업범위 ····· 1

1.1.3 조사기간 ····· 2

1.1.4 조사장비 ····· 3

1.2 사전검토사항 ····· 3

1.3 조사항목 및 빈도 ····· 3

1.3.1 시추조사 ····· 4

1.3.2 현장시험 ····· 4

1.3.3 실내시험 ····· 4

1.3.4 조사항목 및 수량 ····· 5

제2장 조사방법

2.1 조사위치 선정 ····· 7

2.1.1 조사위치 ····· 7

2.2 조사내용 ····· 8

2.2.1 현장조사 ····· 8

2.2.2 원위치 시험 ····· 10

2.2.3 실내시험 ····· 11

2.3 지반의 공학적 분류 ····· 11

2.3.1 지반의 분류 및 기재방법 ····· 11

2.3.2 점토 광물과 입자구조 ····· 17

제3장 지형 및 지질

3.1 지형 ····· **20**

3.2 지질 ····· **20**

제4장 조사결과

4.1 현장조사결과 ····· **23**

4.1.1 시추조사 결과 ····· 23

4.2 원위치 시험 결과 ····· **25**

4.2.1 표준관입시험 결과 ····· 25

4.2.2 지하수위 측정 결과 ····· 26

4.3 실내시험 결과 ····· **26**

4.3.1 물성시험 결과 ····· 26

제5장 결론

5.1 결론 ····· **28**

▌부록

1. 평면도 및 종단면도
2. 시추주상도
3. 실내시험결과
4. 작업사진대지

제1장 조사개요

1.1 조사개요
1.2 사전검토사항
1.3 조사항목 및 빈도

1. 조사개요

1.1 조사개요

1.1.1 조사목적 및 수행 방향

○ 본 조사의 목적은 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 중 확인조사로서 지층 구성 상태 및 지반특성을 파악하여 시공에 필요한 자료를 제공하는데 있다.

1.1.2 과업범위

○ 공간적 범위



〈그림 1-1-1〉 지반조사 위치도

〈표 1-1-1〉 공간적 과업범위

구 분	조 사 지 역
구 역	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로

○ 내용적 범위

• 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인 지반조사를 수행하였으며 본 지역에 예정된 구조물은 다음과 같다.

〈표 1-1-2〉 과업 범위

과 업 지 역	계 획 구 조 물
공항내부 연결도로	■ 교량 1개소

1.1.3 조사기간

○ 현장조사

〈표 1-1-3〉 시추조사 기간

구 분	기 간
시추조사	2021. 01. 26 ~ 2021. 01. 27

○ 원위치 시험

〈표 1-1-4〉 원위치 시험 기간

구 분		기 간
원위치 시험	표준관입시험	2021. 01. 26 ~ 2021. 01. 27
	현장베인시험	-
	피에죠콘 관입시험	-

○ 실내시험 및 성과물 작성

〈표 1-1-5〉 실내시험 및 성과물 작성 기간

구 분		기 간
실내시험	실내 토성 및 역학 시험	2021. 01. 28 ~ 2021. 02. 10
성과분석	시험결과 분석	2021. 02. 10 ~ 2021. 02. 15
	보고서 작성	2021. 01. 28 ~ 2021. 02. 17

1.1.4 조사장비

○ 본 조사에 사용된 주요장비는 다음과 같다.

〈표 1-1-6〉 조사장비 및 수량

조 사 장 비	용 도	수 량
시추기(KHY-2002, NX)	시추조사, 시료채취	1 대
Split Spoon Sampler	표준관입시험	1 조
Hydraulic Piston Sampler	불교란 시료채취	-
베인시험 장비	베인시험	-
피에죠콘 관입시험 장비	콘 관입시험	-
각종 실내시험기구	토성시험	1 식
기타 부대장비	장비별 유지관리 등	1 식

1.2 사전검토사항

○ 인천국제공항 4단계 Landside 기본 및 실시설계 용역에서 수행한 지반조사 자료 중 본 지역에 해당하는 지반조사 결과를 충분히 활용하여 지반조사를 수행하였다.

1.3 조사항목 및 빈도

○ 본 지반조사는 국토교통부 지반조사 시방서 2016. 6월에 개정된 "KDS 11 10 10 : 2016"에 의한 설계기준을 고려하여 선정하였다.

○ 본 지반조사는 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 공사시방서에 의거해 선정하였다.

1.3.1 시추조사

〈표 1-3-1〉 위치별 시추 조사 및 빈도

구분	과업지역	시 추 조 사	
		조 사 간 격	근 거
포장지역	공항내부 연결도로	확인조사 위치	· KDS 11 10 10 : 2016 · 공사시방서

1.3.2 현장시험

〈표 1-3-2〉 현장시험 종류 및 빈도

구 분	현장시험	
	시험 빈도	근 거
자연시료 채취(UD)	연약지반 구간	· 공사시방서
표준관입시험(SPT)	1m 간격	
현장투수시험	1회 / 2공당	
현장베인시험	1회 / 2공당	
피에죠콘관입시험 (정적콘관입)	1회 / 공당	
피에죠콘관입시험 (소산)	1회 / 2공당	

1.3.3 실내시험

〈표 1-3-3〉 실내시험 종류 및 빈도

구 분			시험 빈도	근 거
실내 시험	물리시험	함수량, 비중, 입도분석 #200 통과량, 액성한계, 소성한계	1회 / 1공당	· 공사시방서
	역학시험	일축압축, 직접전단, 압밀시험	1회 / 1공당	
		삼축압축시험(UU)	1회 / 2공당	
		삼축압축시험(CU)	1회 / 4공당	

1.3.4 조사항목 및 수량

〈표 1-3-4〉 조사항목 및 수량

구 분		조 사 수 량		비고
		단위	금회수행	
시추조사	NX	공	1	
현장시험	표준관입시험	회	49	
	현장투수시험	회	-	
	현장베인시험	회	-	
	피조콘관입시험(정적콘관입)	회	-	
	피조콘관입시험(소산)	회	-	
실내시험	함수비	회	1	
	비중	회	1	
	입도분석	회	1	
	#200 통과량	회	1	
	액성한계	회	1	
	소성한계	회	1	
	일축압축	회	-	
	삼축압축(UU)	회	-	
	삼축압축(CU)	회	-	
	압밀시험	회	-	
	직접전단	회	-	

제2장 조사방법

2.1 조사위치 선정
2.2 조사내용
2.3 지반의 공학적 분류

2. 조사방법

2.1 조사위치 선정

○ 본 지반조사를 위한 위치선정은 과업구간을 대상으로 기 작성된 평면도와 종단면도를 참조하여 시추조사 지점을 계획한 후, 현장을 답사하여 현장 여건에 따라 조사에 적합한 위치를 최종 선정하였다. 세부 조사위치는 부록 [지반조사 위치도]에 수록하였다. 금회 실시한 현장조사 위치 현황은 다음 <표2-1-1> 과 같다.

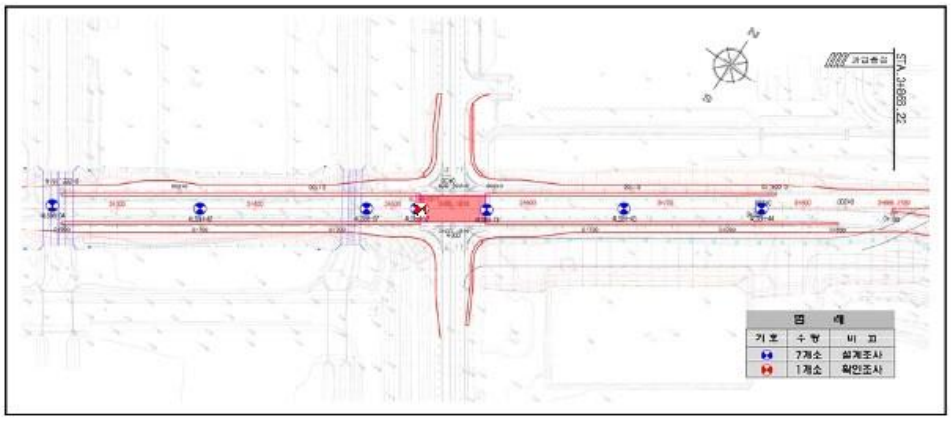
2.1.1 조사위치

가. 시추조사 위치

○ 공항내부 연결도로에 대한 지층 구성상태 및 특성 파악을 위해 시추조사를 계획하였으며 인천국제공항 4단계 LandSide시설 기본 및 실시설계 용역에서 수행한 기 시추공을 인근에 확인 지반조사 1공을 실시하여 기 시추공 자료와 비교 평가하였다.

<표 2-1-1> 시추조사 위치 좌표

설계조사	위 치		확인조사	위 치	
	X	Y		X	Y
4LSBB-12	48338.476	25115.884	4LSBB-12-1	48344.984	25155.932



<그림 2-1-1> 지반조사 위치도

2.2 조사내용

2.2.1 현장조사

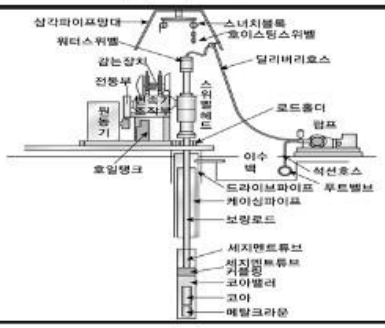
가. 시추조사

○ 본 조사지역의 설계에 필요한 지반의 분포상태 및 기반암의 분포상태, 풍화도 등의 지반공학적 특성을 파악하기 위하여 실시한 시추조사는 부록 [지반조사 위치도]에 표시된 바와 같이 총 2개소의 조사지점에 대하여 시추조사를 실시하였다. 조사는 회전수세식(Rotary-Wash)시추기를 사용하여 굴진하였으며, 굴착작업과 병행하여 표준관입시험을 실시하였다. 그리고 작업시 조사의 정확도를 향상시키기 위해 풍화암 상부까지 케이싱을 설치하여 공벽붕괴를 방지하였다. 시추조사에 있어서 시추시 굴진속도, Slime 상태, 순환수의 색조, SPT, 시료상태 및 N치 등을 근거로 하여 토층상태를 파악하고 또한, 각 토층의 층후를 규명하였으며, 채취된 토질 및 암석시료는 시료상자에 넣어 공번, 심도, 지층명, N치 등을 기록하여 정리·보관하였다. 암석시료는 육안관찰에 의하여 암석내 분포된 불연속면 즉, 절리, 층리 및 충진물 등을 파악하고, 절리 분포상태(간격 및 경사), 코아회수율(TCR), 암질양호도(RQD) 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 부록 [시추주상도]에 수록하고, 각 지층별 층서와 지층의 층후를 규명하였으며 회수된 시료는 시료상자에 보관하였다.

$$TCR = \frac{\text{회수된 코아의 총길이}}{\text{총 굴진길이}} \times 100(\%)$$

$$RQD = \frac{\text{10cm 이상의 코아의 총길이}}{\text{총 굴진길이}} \times 100(\%)$$

〈표 2-2-1〉 시추조사 모식도 및 조사전경

시추조사 모식도	조사전경
	

나. 지하수위 측정

1) 조사목적

○ 시추공 내의 지하수위 측정을 통한 지하수위 분포현황을 파악한다.

2) 조사방법

○ 시추종료 후 지하수위가 안정화 된 후 공내지하수위를 측정하였다.

〈표 2-2-2〉 지하수위 시험장비

시험장비	수동수위계측기
· 장비명 : WL-50 · 제조사 : YAMAYO(일본) · 특징 - 측정깊이 최대 50m - 프로브 직경 19mm	

3) 측정결과 활용

○ 지하수위 변화에 따른 수압 및 유효상재하중 선정에 활용한다.

다. 자연시료채취

1) 개요

○ 연약 점성지반을 대상으로 실내 물성시험 및 역학시험을 실시하기 위하여 KS F 2317 규정에 의거 자연시료(불교란시료)를 채취하였다.

2) 채취방법

○ 연약한 점성지반이 1m이상일 경우에는 필히 불교란시료(U/D)를 채취한다.
○ 동일 층에 대해 수평적으로 다수의 시추공에서 U/D를 채취하여 대표성을 확보한다.
○ Hydraulic Piston Sampler 사용을 원칙으로 시료를 채취한다.
○ 채취된 자연시료는 함수비가 변하지 않도록 즉시 튜브 양단의 파라핀으로 양단을 밀봉하여 자연시료 보관 상자에 넣어 시험실로 운반한다.
○ 채취된 자연시료는 지체 없이 실내시험을 실시한다.

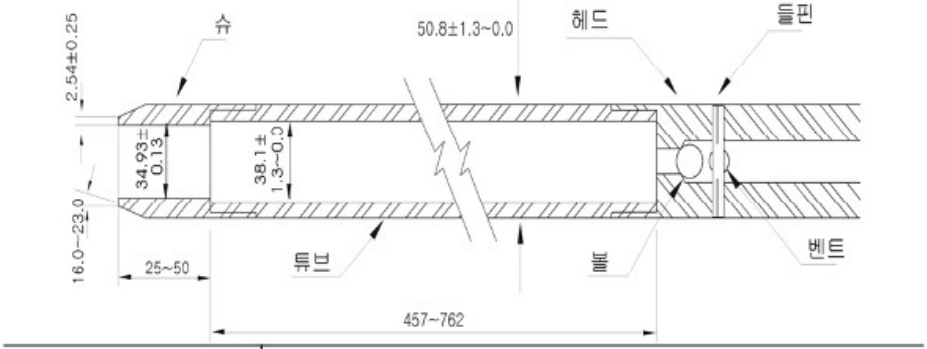
2.2.2 원위치 시험

가. 표준관입시험(Standard Penetration Test)

○ 시추작업과 병행하여 토층의 상대밀도와 구성상태를 파악하기 위하여 지층이 변하거나 또는 동일한 지층의 경우라도 한국산업규격 KS F-2307 규정에 의하면 1.0m 간격으로 표준관입시험을 실시함이 원칙이므로 금회 조사에서도 기준을 적용하여 실시하였다. 시험방법은 Rod선단부에 Sampler를 부착하여 타격으로부터 76±1cm높이에서 63.5±0.5Kg 중량의 햄머를 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 소요되는 타격회수를 측정하는 것으로 매 15cm를 관입시키는데 소요되는 타격회수를 측정하여 총 45cm를 관입시키는데 필요한 타격회수를 측정하였다. 이때 처음 15cm를 관입시키는데 필요한 타격회수는 예비타로 하고 마지막 30cm 관입에 소요되는 타격회수를 관입저항치(N치)로 하여 주상도에 기입하였다. 이때 50회 타격후에도 30cm가 관입되지 않을 경우에는 타격회수 50회 관입량을 측정하여 시추주상도에 기록하였다(예, 50회/7cm). 표준관입시험으로 확인할 수 있는 사항을 요약하면 <표2.2-7>와 같다.

<표 2-2-3> 표준관입시험 및 스플릿 배럴 샘플러 규격

스플릿 배럴 샘플러(Split Barrel Sampler)



표준관입시험 N값의 정의		• 63.5±0.5kgf의 햄머를 76±1cm 높이에서 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 소요되는 타격횟수를 측정
시험 방법	예비타격	• 처음 15cm의 관입은 타격 준비로 간주
	본 타 격	• 30cm 관입에 소요된 타격(15cm식 2회)
	후 타 격	• 후 타격 5cm 는 경우에 따라 생략 가능

2.2.3 실내시험

가. 기본물성시험

○ 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험에서 채취된 흐트러진 시료 중 각 지층의 대표적인 시료를 선정하여 지반의 물리적 특성을 파악하였다.

○ 실내시험은 한국인정기구(KOLAS)에서 공인된 한국건설시험원에서 수행하였다.

〈표 2-2-4〉 실내물성시험의 방법 및 적용

시험명칭		시험결과치	시험결과의 이용	표준방법
함수비시험		함수비	지반의 자연함수상태 파악	KS F 2306
비중시험		비 중	지반의 단위중량 추정	KS F 2308
입도분석시험	체분석시험	입도분포곡선	입도 분포 파악 지반 분류, 점토의 압축성 판별 사질지반의 안정성 및 액상화 판별	KS F 2309
	비중계분석시험			KS F 2302
액성한계시험		액성한계	자연상태의 점성지반의 안정성 판정 재료로서의 성토재 품질 판정	KS F 2303
소성한계시험		소성한계		KS F 2304



비중시험



체분석



액성한계



소성한계

2.3 지반의 공학적 분류

2.3.1 지반의 분류 및 기재방법

가. 개 요

○ 지반의 상태에 대한 기재내용은 연경도, 함수상태 및 색깔 등이며 다음과 같은 방법에 의하여 그 결과를 시추주상도에 기록하였다.

1) 지반의 분류

○ 공학적 분류방법(KS F 2324)인 통일분류법(U.S.C.S)을 기준으로 지반을 분류하였다.

2) 기재방법

○ 시추주상도에 지층구분은 공종에 관계없이 통일된 기호를 사용한다.

○ 표준관입시험시 관입저항치(N치)에 의해 상대밀도 및 연경도를 고려하고 채취된 교란시료에 대해 육안관찰 및 물성시험에 의하여 통일분류법으로 분류한다.

3) 기술내용

○ 연경도 및 사질지반의 상대밀도, 습윤상태, 색조, N치등을 고려하여 기재한다.

○ 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet) 및 포화상태(Saturated)로 구분하였으며, 색은 흑색, 갈색, 홍색, 적색, 황색 등에 담(연한)과암(진한)의 접두어를 사용한다.

나. 분류를 위한 평가방법

○ 지반을 공학적으로 분류하기 위해서는 점성지반의 경우 Consistency와 N치와 의 관계, 사질지반의 경우 상대밀도와 N치와 관계, 함수비, 색깔 및 육안에 의한 판정법을 이용해 지반분류시 자료로 활용한다.

<표 2-3-1> 점성토의 Consistency, 일축압축강도와 N값과의 관계

점토의 연경도 (Consistency)	N 치	현 장 관 찰 (Peck – Hansen)	일축압축강도 qu (kg/㎠)
매우 연약 (Very Soft)	< 2	주먹이 쉽게 10cm 들어감	< 0.25
연 약(Soft)	2 ~ 4	엄지손가락이 쉽게 들어감	0.25 – 0.50
보통 견고(Medium)	4 ~ 8	노력하면 엄지손가락이 들어감	0.50 – 1.00
견 고(Stiff)	8 ~ 15	엄지손가락으로 흙을 움푹 들어가게 할 수 있지만 흙속에 엄지손가락을 넣기는 힘듬	1.00 – 2.00
매우 견고 (Very Stiff)	15 ~ 30	손톱으로 흙에 자국을 낼 수 있음	2.00 – 4.00
고 결(Hard)	> 30	손톱으로 자국을 내기 힘듬	> 4.00

〈표 2-3-2〉 사질토의 상대밀도(Relative Density), 내부마찰각과 N값과의 관계

N 치	조 밀 상 태 (Gibbs-Holtz)	상 대 밀 도		현 장 관 찰 (Bowles)
		Gibbs-Holtz	Bowles	
0 ~ 4	매우 느슨 (Very Loose)	< 0.15	0.0 - 0.2	엄지손가락 또는 주먹으로 쉽게 자국을 낼수 있음
4 ~ 10	느 슨 (Loose)	0.15 - 0.35	0.2 - 0.4	쉽게 삽질할 수 있으며, 손가락으로 자국을 낼 수 있음
10 ~ 30	보통조밀 (Medium Dense)	0.35 - 0.65	0.4 - 0.7	힘을 주어서 삽질할 수 있음
30 ~ 50	조 밀 (Dense)	0.65 - 0.85	0.7 - 0.9	손으로 삽질이 가능하거나 손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼수 있음
50 이상	매우 조밀 (Very Dense)	0.85 - 1.00	0.9 - 1.0	발파 또는 중장비에 의해서만 자국을 낼 수 있음

3) 함수비에 따른 지반상태

〈표 2-3-3〉 함수비에 따른 분류

함 수 비(%)	상 태	함 수 비(%)	상 태
0 ~ 10	건 조 (Dry)	30 ~ 70	젖 음 (Wet)
10 ~ 30	습 윤 (Moist)	70 이상	포 화 (Saturated)

4) 색깔에 따른 표기 방식

〈표 2-3-4〉 색 표기 방식

색	1	담					암				
	2	분홍	홍	황	갈	감람	녹	회			
	3	분홍	적	황	갈	감람	녹	청	백	회	흑

5) 육안분류법

〈표 2-3-5〉 육안분류법

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 굴때
		건조상태	습윤상태	
모 래 (Sand)	· 개개의 입자크기가 판별되며 입상을 보임 · 건조상태시 흩어져 내림	· 덩어리지지 않고 흐트러짐	· 덩어리지나 가볍게 건드리면 흩어짐	· 끈 모양으로 꼬아지지 않음
실트질모래 (Silty Sand)	· 입상이나 실트나 점토가 섞여서 약간 점성이 있음 · 모래질의 특성이 우세함	· 덩어리가 지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	· 덩어리지며 조심 스럽게 다루면 부서지지 않음	· 끈 모양으로 꼬아지지 않음
모래질실트 (Sandy Silty)	· 적당량의 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트입자가 반 이상임 · 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음 · 부서지면 밀가루와 같은 감촉	· 덩어리지며 자유 롭게 다루어도 부서지지 않음 · 물을 부으면 서로 엉킴	· 끈 모양으로 꼬아지나 작게 끊어지고 부드우며 약간의 점성이 있음
실 트 (Silt)	· 세립사와 점토는 극소량 을 함유하고 실트입자의 함량이 80% 이상 · 건조되면 덩어리지나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루가 됨	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않고 물에 젖으면 서로 엉킴	· 완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (Clay)	· 건조되면 딱딱한 덩어리 · 건조상태에서 잘 부서지지 않음	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙상태로 됨	· 길고 얇게 꼬아짐 · 점성이 큼

다. 지반의 분류 및 기재방법

○ 지반은 입자의 입도분포 특성 및 소성에 의해 분류되며, 흙은 여러 가지 크기의 입자가 혼합된 상태로 퇴적되거나 또는 잔류된다.

○ 조립분와 세립분 분류에 있어서 조립분의 경우는 입도가 지반을 분류하는데 결정적 요소이지만 세립분에서는 입도 뿐만 아니라 연경도(Consistency)와 같은 특성을 고려하여 지반을 분류한다.

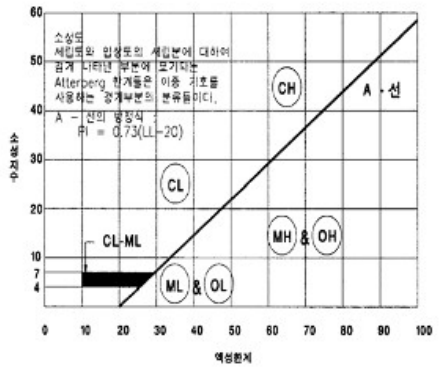
○ 입경은 자갈과 같은 큰 입자에서부터 콜로이드와 같이 0.001 mm 이하의 작은 입자에 이르기까지 그 분포가 매우 넓기 때문에 입도 분석시 체분석 뿐만 아니라 입자의 침강속도로부터 입도를 추정해야한다.

○ 입도분류법은 통일분류법(U.S.C.S), AASHTO 분류법, FAA법과 그 외 각국에서 기준으로 하는 분류법들이 있다.

○ 지반의 분류방법으로 가장 널리 이용되어지고 있는 방법은 통일분류법이므로 본 3단계 실시설계에서도 통일분류법을 기준으로 분류를 시행하였다.

○ 통일분류법에서 조립분와 세립분 구분은 #200체(0.075 mm) 및 #4체(4.76 mm)로 하고 있으며, 세립분의 구분은 액성한계(LL)와 소성지수(PI)를 기준으로 하며 이는 실내물성시험을 통해서 결정되어야 한다.

〈표 2-3-6〉 조립분과 세립분 지반의 분류



Casagrande의 소성도표

· 세립분 지반의 분류 :
A. Casagrande가 제시한 소성도(Plasticity Chart)를 이용하여 액성한계(LL)와 소성지수(PI)로부터 지반의 압축성을 판단하고 이에 따른 분류를 할 수 있음
· 실트와 점토의 구분 : 소성도에서의 A-line(PI= 0.73 (LL-20))을 기준으로 A-line 상부를 CL, CH, 하부를 ML, MH로 구분하며, 여기서 Secondary Letter인 L 또는 H는 액성한계 50%를 기준

〈표 2-3-7〉 지반의 공학적 분류방법(통일분류법, U.S.C.S)

구 분		흙의 통일분류방법		분류기호
조립토 F<50%	자갈질 흙 $F_1 < \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 < 5%	Cu 4 이고 1<Cg<3 GW 조건을 만족 못함	GW
		No.200체 통과량 < 5%	PI<4또는 소성도의 A-선 아래	GP
		No.200체 통과량 > 12%		GM
		No.200체 통과량 > 12%	PI>7 이고 소성도의 A-선 위	GC
		No.200체 통과량 > 12%		GC-GM
		5 No.200체 통과량 12%	소성도의 "CL-ML"부분	GW-GM
		5 No.200체 통과량 12%	GW와 GM조건을 만족함	GW-GC
		5 No.200체 통과량 12%	GW와 GC조건을 만족함	GP-GM
		5 No.200체 통과량 12%	GP와 GM조건을 만족함	GP-GC
			GP와 GC조건을 만족함	
	모래질 흙 $F_1 \geq \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 < 5%	Cu 6 이고 1<Cg<3 SW 조건 만족 못함	SW
		No.200체 통과량 < 5%	PI<4또는소성도의 A-선 아래	SP
		No.200체 통과량 > 12%		SM
		No.200체 통과량 > 12%	PI>7 이고 소성도의 A-선 위	SC
		No.200체 통과량 > 12%		SC-SM
		5 No.200체 통과량 12%	소성도의 "CL-ML"부분	SW-SM
		소성도의 A-선 아래	SW와 SM조건을 만족함	
		5 No.200체 통과량 12%		SW-SC
		소성도의 A-선 아래	SW와 SC조건을 만족함	
		5 No.200체 통과량 12%		SP-SM
		소성도의 A-선 아래	SP와 SM조건을 만족함	
		5 No.200체 통과량 12%		SP-SC
		소성도의 A-선상 또는 위	SP와 SC조건을 만족함	
무기질 세립토 F 50%	LL < 50%	PI<4또는 소성도의 A-선 아래(PI>7이고 소성도의 A-선 위) 4 PI 7, 소성도의 "CL-ML"부분		ML(CL) CL-ML
	LL 50%	소성도의 A-선 아래(소성도의 A-선 위)		MH(CH)
유기질 세립토 F 50%	LL < 50%	{노건조시료 ```액성한계} over {공기건조시료 ```액성한계} < 0.75		OL(OH)
	LL 50%			

주 : 1. F : No.200체 통과량 (%)

2. F_1 : No.4체를 통과하고 No.200체에 남은 흙의 양(%)

2.3.2 점토 광물과 입자구조

가. 기본구조

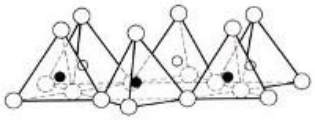
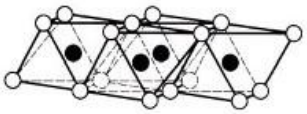
○ 자갈이나 모래와 같은 사질지반의 광물성분은 지반의 공학적 성질에 영향을 미치지 못하지만, 세립질의 점성지반의 경우 광물성분의 구조 및 배열은 지반의 강도 및 거동에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 검토가 필요하다.

나. 대표적인 점토광물의 특성

1) 기본구조

○ 점토광물의 종류는 수없이 많으나 그 광물을 구성하고 있는 기본단위는 Tetrahedron과 Octahedron로 나눌 수 있다.

<표 2-3-8> 점토광물 기본구조

구 분	구 성	원자구조	결합상태
Tetrahedron	규소(Si)원자 4개 산소(O)원자		Silica sheet
Octahedron	알루미늄(Al), 마그네슘(Mg)원자 6개 수산기(OH)		Gibbsite Brucite

2) 복합구조

○ Kaolinite

- Gibbsite의 하면에 Silica의 상면이 끼워진 2개의 sheet가 기본이 되어 이루어진 점토 광물이다. (1 : 1 mineral)
- 0.72nm의 기본 layer가 70~100이상 모여 하나의 광물을 이룬다
  수소결합(hydrogen bond)으로 매우 강한 조직을 형성한다.

○ Montmorillonite

- 2장의 Silica sheet 사이에 Gibbsite가 끼어있는 구조로 이루어진 점토 광물이다 (2 : 1 mineral)
- 물과의 접착력이 매우 좋고 함수비 변화에 따라 swelling에 매우 민감하게 반응하므로 포장체 또는 구조물 하부에 적합하지 않은 광물이다.

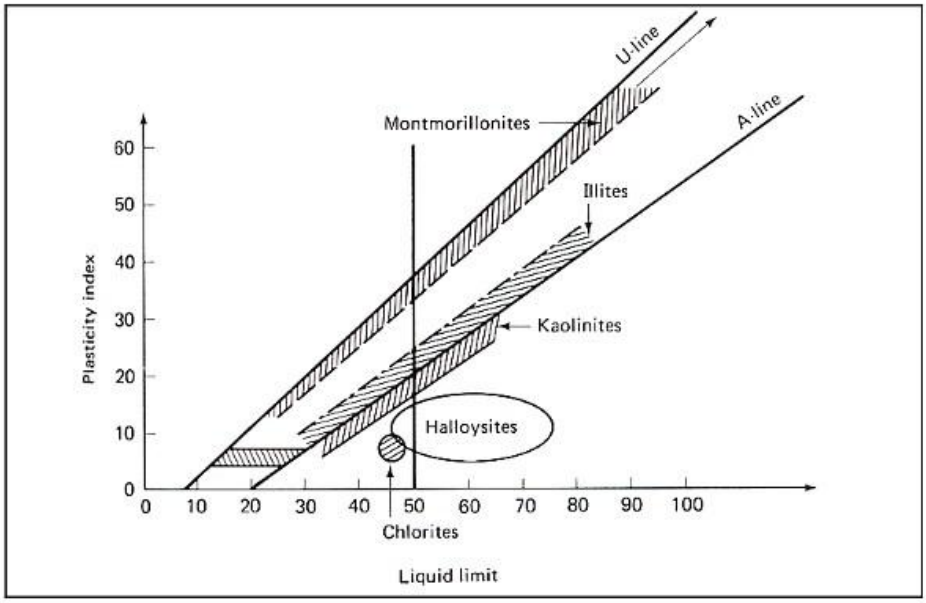
○ Illite
- 2장의 Silica sheet 사이에 Gibbsite가 끼어있는 구조가 칼륨(K) 원자로 연결된 점토광물이다. (2 : 1 mineral)
- Montmorillonite와 같이 활동성이 좋은 점토광물이다.

○ Chlorite
- Silica sheet와 Gibbsite의 연속 구조로 이루어진 광물이다. (2:1:1 mineral)
- 일반적인 점토광물이며 상대적으로 활동성이 적은 점토광물이다.

3) 점토광물의 특성 비교

<표 2-3-9> 점토광물의 평균 특성 (Yong and Warkentin, 1975)

구분	두께(nm)	지 름(nm)	단면적(km^2/kg)
Montmorillonite	3	100~1,000	0.8
Illite	30	10,000	0.08
Chlorite	30	10,000	0.08
Kaolinite	50~2,000	300~4,000	0.015



<그림 2-3-1> Casagrande의 소성도표에서의 점토광물 분포

제3장 지형 및 지질

3.1 지형
3.2 지질

3. 지형 및 지질

3.1 지형

○ 본 과업지역은 인천광역시 중구에 속한 섬으로 용유도와 삼목도, 신불도 사이 얕은 바다를 방조제로 연결하여 간척을 해서 만들어진 섬이다. 본 과업지역의 동측에 과업지역과 인접하여 인천국제공항이 위치하고 있다.

3.2 지질

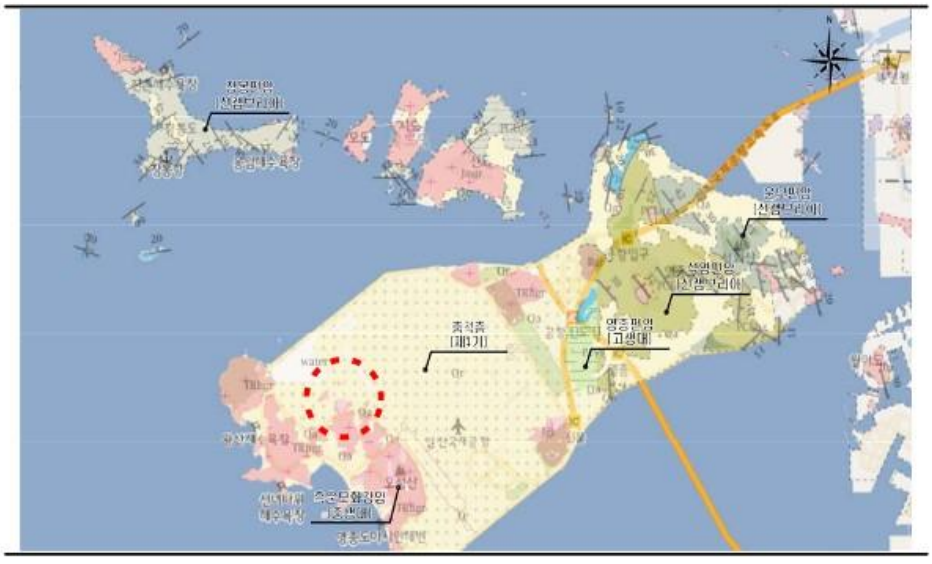
○ 과업지역의 기반암은 대부분 주로 트라이아스기의 각섬석 흑운모화강암과 반화강암으로 이루어져 있으며, 각섬석 흑운모화강암의 분포를 통해 간척 이전의 해안선을 유추해 볼 수 있다.

○ 지질구조는 고기 변성암 복합체에서 복잡한 양상을 보이나 각섬석 흑운모화강암 분포지역에서는 단순하게 나타나고 있다.

○ 각섬석 흑운모화강암의 구성 광물은 중·조립질의 각섬석, 석영, 장석류, 운모류로 주로 구성됨

○ 불연속면의 분포현황으로 주 절리는 북서-남동(230° ~240°)방향, 경사는 49° ~85° 를 보인다. 경사는 저각부터 고각까지 분포하는 것으로 서로 다른 암종의 기반암으로 이루어져 있다.

○ 변성암의 경우 엽리방향으로 저각의 절리가 형성되고 관입암인 화강암은 노출되는 과정에서 팽창으로 인해 수직절리가 우세하여 발달하였다.



〈그림 3-2-1 〉 조사지역 지질도

〈표 3-2-1〉 인천지역 지질계통표

지질시대	지 층	비 고
제 4 기	매 립 지	
	충 적 층	
~~ 부 정 합 ~~~		
백 악 기	암 맥 류	
	---- 관 입 ----	
	화강반암	
	섬 록 암	
	---- 관 입 ----	
	안 산 암	
	---- 관 입 ----	
	김포유문암	
	---- 용 류 ----	
	화산쇄설성퇴적암	
	김포응회암	
	---- 관계미상 ----	
	유 문 암	
	---- 관 입 ----	
	계양산응회암/철마산응회암	
---- 분 출 ----		
쥐 라 기	홍색장석화강암	
	섬 장 암	
	흑운모화강암	
	---- 관 입 ----	
	통 진 층	대동층군
---- 단층접촉 ----		
선캠브리아기	화강편마암	
	---- 관 입 ----	
	운모편암/석영편암	
	안구상편마암	
	흑운모편마암	

주) 용유도, 김포-인천 지질도폭 설명서(1:50,000), 참조 한국지질자원연구원

제4장 조사결과

4.1 현장조사결과
4.2 원위치 시험 결과
4.3 실내시험 결과

4. 조사결과

4.1 현장조사결과

4.1.1 시추조사 결과

〈표 4-1-1〉 설계 시추조사 결과

공 번	지층명	심도 (m)	층후 (m)	지층상태	N-value
4LSBB-12	매립층	0.0~3.0	3.0	자갈, 전석섞인 실트질 모래	12/30
	퇴적층	3.0~21.0	18.0	실트질 모래	4/30~12/30
		21.0~24.5	3.5	실트섞인 점토	3/30~4/30
		24.5~27.5	3.0	점토	6/30~10/30
		27.5~28.5	1.0	세립질 모래	14/30
		28.5~33.5	5.0	점토질 실트	15/30~24/30
		33.5~35.5	2.0	세립질 모래	13/30~16/30
	풍화토	35.5~48.0	12.5	실트질 모래	23/30~50/12
	풍화암	48.0~55.0	7.0	기반암의 풍화암	50/10~50/1

〈표 4-1-2〉 확인 시추조사 결과

공 번	지층명	심도 (m)	층후 (m)	지층상태	N-value
4LSBB-12-1	매립층	0.0~8.3	8.3	자갈, 전석 및 호박돌	-
	퇴적층	8.3~26.5	18.2	실트질 모래	3/30~26/30
		26.5~38.5	12.0	실트질 점토	16/30~29/30
		38.5~40.6	2.1	실트질 모래	29/30~30/30
	풍화토	40.6~50.0	9.4	실트질 모래	26/30~50/12
	풍화암	50.0~57.0	7.0	기반암의 풍화암	50/10~50/5

○ 매립층

- 매립층의 도성은 자갈, 전석 및 호박돌로 이루어져 있으며, 지층 분포 심도는 3.0~8.3m정도의 두께로 분포하고, 대체로 습윤(Moist)한 상태를 나타낸다.

○ 퇴적층

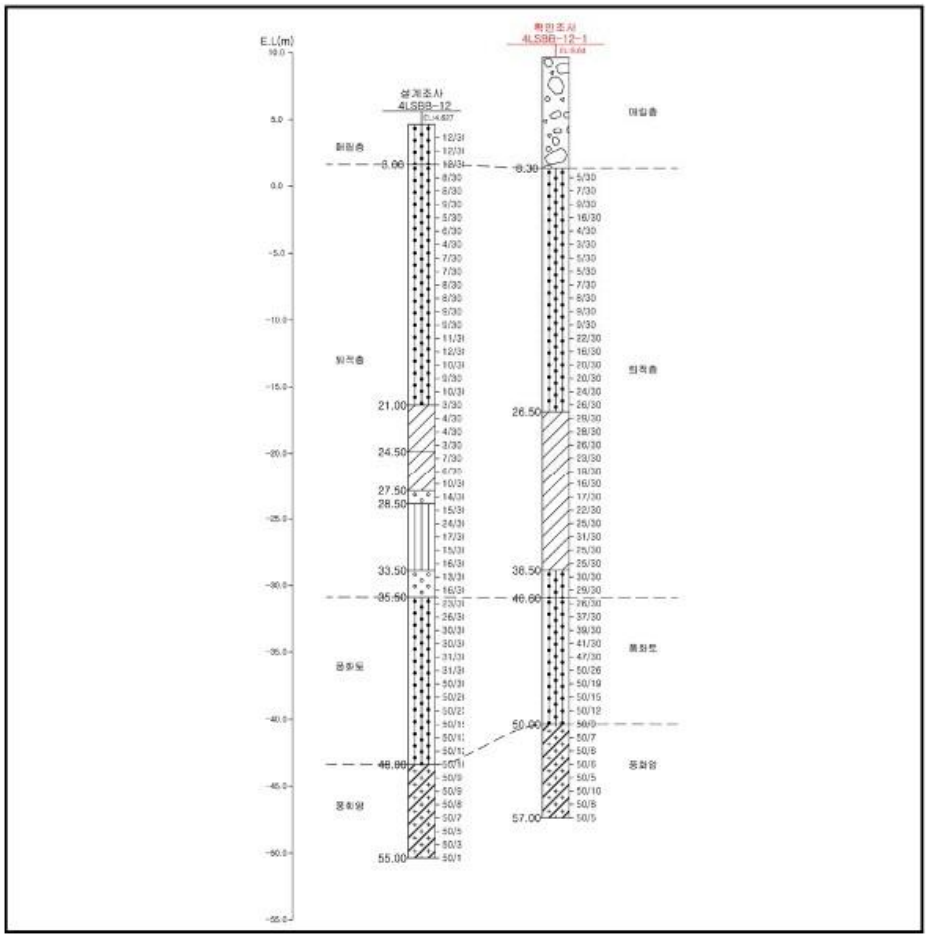
- 매립층하부에 분포하는 퇴적층은 해저에서 조류 작용으로 자연 퇴적된 지층으로 면모구조의 특성을 나타내며, 실트질 모래 및 세립질 모래(SM), 실트질 점토(CL), 점토질 실트(ML)를 나타낸다. 표준관입시험 결과 조립토의 N치는 3/30~30/30 정도의 범위로 매우느슨(Very Loose) 내지 보통조밀(Medium Dense)한 상대밀도를 나타내고, 세립토의 N치는 3/30~29/30 정도의 범위로 연약(Soft) 내지 매우견고(Very Stiff)한 지층이며 32.3~32.5m의 두께로 분포하고 있다.

○ 풍화토층 (Weathered Soil)

- 본 조사지역의 풍화토는 실트질 모래로 구성된 지층이며 지표로부터 35.5~40.6m 하부에 분포하며, 표준관입시험 결과 N치가 23/30~50/12로 보통조밀(Medium dense) 내지 매우조밀(Very Dense)한 상대밀도를 나타내고, 색조는 황갈색을 띄며 습윤(Moist)한 함수상태를 보인다.

○ 풍화암층

- 본 조사지역의 풍화암은 기반암인 화강암의 풍화암이며 지표로부터 48.5~50.0m 하부에 분포하며, 표준관입시험 결과 N치가 50/10~50/1로 매우조밀(Very Dense)한 상대밀도를 나타내고 색조는 황갈색을 띄며, 대체로 습윤(Moist)한 함수상태를 보인다.



<그림 4-1-1> 지반조사 지층단면도

4.2 원위치 시험 결과

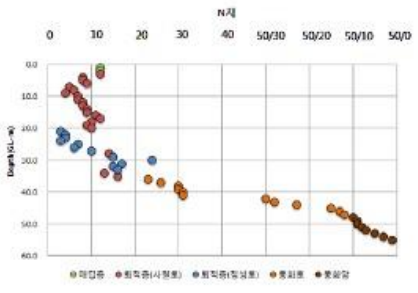
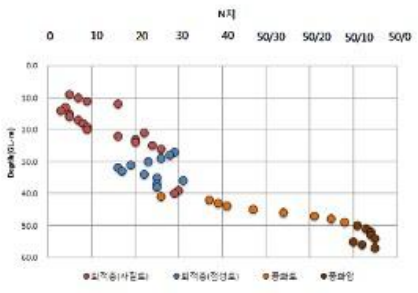
4.2.1 표준관입시험 결과

○ 본 조사지역의 분포하는 지층의 상대밀도 및 연경도 파악을 통한 지반의 상태 확인을 위해 1.0m 간격으로 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

〈표 4-2-1〉 설계 및 확인조사 표준관입시험 결과

공 번	심 도 (G.L. -m)										횟수
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	
	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	
	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0	
설계조사 4LSBB-12	12/30	12/30	12/30	8/30	8/30	9/30	5/30	6/30	4/30	7/30	55
	7/30	8/30	8/30	9/30	9/30	11/30	12/30	10/30	9/30	10/30	
	3/30	4/30	4/30	3/30	7/30	6/30	10/30	14/30	15/30	24/30	
	17/30	15/30	16/30	13/30	16/30	23/30	26/30	30/30	30/30	31/30	
	31/30	50/30	50/28	50/23	50/15	50/13	50/12	50/10	50/9	50/9	
	50/8	50/7	50/5	50/3	50/1	-	-	-	-	-	
확인조사 4LSBB-12-1	-	-	-	-	-	-	-	-	5/30	7/30	49
	9/30	16/30	4/30	3/30	5/30	5/30	7/30	8/30	9/30	9/30	
	22/30	16/30	20/30	20/30	24/30	26/30	29/30	28/30	26/30	23/30	
	19/30	16/30	17/30	22/30	25/30	31/30	25/30	25/30	30/30	29/30	
	26/30	37/30	39/30	41/30	47/30	50/26	50/19	50/15	50/12	50/9	
	50/7	50/6	50/6	50/5	50/10	50/8	50/5	-	-	-	

〈표 4-2-2〉 심도에 따른 N값 비교분포

심도에 따른 N값 분포	
	
4LSBB-12(설계조사)	4LSBB-12-1(확인조사)

4.2.2 지하수위 측정 결과

○ 각 조사지점에서 시추 완료시 지하수위가 안전화 된 후 공내 지하수위를 측정하였으며, 시추공별 지하수위는 아래와 같다.

〈표 4-2-3〉 설계조사 지하수위 측정 결과

공번	지반고	GL, -m	EL. m	비고
4LSBB-12	4.627	3.3	1.327	

〈표 4-2-4〉 확인조사 지하수위 측정 결과

공번	지반고	GL, -m	EL. m	비고
4LSBH-20-1	9.64	10.8	-1.16	

4.3 실내시험 결과

4.3.1 물성시험 결과

○ 시추조사, 자연시료에 대하여 함수비, 액·소성한계, 비중, 입도분석시험 등의 실내시험을 실시하였으며 그 결과는 다음 표와 같다.

〈표 4-3-1〉 자연시료에 대한 물성시험 결과

구분	공번	Depth (m)	Mc (%)	G_s	γ_t (kN/m³)	e_o	Atterberg			Sieve Analysis	U.S. C.S
							LL (%)	PL (%)	PI (%)	0.075mm (%)	
확인조사	4LSBH-12-1	15.0	19.0	2.659	-	-	N.P	N.P	N.P	39.4	SM

제5장 결론

5.1 결론

5.1 결 론

○ 시추조사

- 금회 조사결과 매립층 층후는 과재성토에 의해서 설계조사에 비해 5.3m 증가한 것으로 확인되었다.
- 금회조사 결과 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암의 지층순으로 나타났으며, 주 구성성분은 실트질 모래, 실트질 점토 등으로 확인되었다. 풍화암의 출현 심도는 GL(-) 50.0m로 조사되었다.
- 시추조사 완료 후 지하수위를 측정한 결과 GL(-) 10.8m로 조사되었으며, 지하수위는 계절 및 기상현상에 따라 다소 변동이 있을 수 있으므로 실제 시공시 지하수위를 비교 검토해야 할 것으로 판단된다.
- 현장시험에 의한 분석 결과 표준관입시험 N치는 설계조사에 비해 유사한 형태를 보이나, 하부 점성토층의 경우 전반적으로 증가한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

○ 실내시험

- 채취된 교란시료에 대하여 기본 물성시험 결과, 상부 퇴적층은 실트질 모래(SM)으로 분류되었다.

부 록

1. 평면도 및 종단면도
2. 시추주상도
3. 실내시험결과
4. 작업사진대지

1. 평면도 및 종단면도

KEY PLAN
이용선 STA. 2+840.00
이용선 STA. 3+640.00
평면도
종단면도
H=1:1,200 V=1:200
Incheon Airport

2. 시추주상도

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-12-1
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48344.984	지반표고 ELEVATION	9.64 M
날짜 DATE	2021-01-26 - 2021-01-27	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 10.8 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지층설명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
1.34		8.30	8.30		매립층	▶매립층 심도 : 0.00 ~ 8.30m 자갈,전석 및 호박돌 습한갈색 * 자갈크기 : Φ3-20cm * SPT 불가 * 0.0-5.3m : 성토층(암버력) * 5.3~8.3m : 매립층	BD					
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 8.30 ~ 26.50m 실트질 모래 암회색 습윤우느슨 내지 보통조밀한 상대밀도 * 실트층과 교호적으로 분포	SM	S-1	◎	9.0	5/30	
								S-2	◎	10.0	7/30	
								S-3	◎	11.0	9/30	
								S-4	◎	12.0	16/30	
								S-5	◎	13.0	4/30	
								S-6	◎	14.0	3/30	
								S-7	◎	15.0	5/30	
								S-8	◎	16.0	5/30	
								S-9	◎	17.0	7/30	
								S-10	◎	18.0	8/30	
								S-11	◎	19.0	9/30	
								S-12	◎	20.0	9/30	

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-12-1
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48344.984	지반표고 ELEVATION	9.64 M
날짜 DATE	2021-01-26 - 2021-01-27	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 10.8 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-12	◎	20.0	9/30	
								S-13	◎	21.0	22/30	
								S-14	◎	22.0	16/30	
								S-15	◎	23.0	20/30	
					퇴적층		SM	S-16	◎	24.0	20/30	
								S-17	◎	25.0	24/30	
-16.86		26.50	18.20					S-18	◎	26.0	26/30	
						▶퇴적층 심도 : 26.50 ~ 38.50m 실트질 점토 암회색 습윤 매우견고 내지 고결한 연경도		S-19	◎	27.0	29/30	
								S-20	◎	28.0	28/30	
								S-21	◎	29.0	26/30	
								S-22	◎	30.0	23/30	
								S-23	◎	31.0	19/30	
								S-24	◎	32.0	16/30	
					퇴적층		CL	S-25	◎	33.0	17/30	
								S-26	◎	34.0	22/30	
								S-27	◎	35.0	25/30	
								S-28	◎	36.0	31/30	
								S-29	◎	37.0	25/30	
-28.86		38.50	12.00					S-30	◎	38.0	25/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 38.50 ~ 40.60m 실트질 모래	SM	S-31	◎	39.0	30/30	
								S-32	◎	40.0	29/30	

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-12-1
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48344.984	지반표고 ELEVATION	9.64 M
날짜 DATE	2021-01-26 - 2021-01-27	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 10.8 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지층설명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
						회갈색						
-30.96		40.60	2.10		퇴적층	습윤, 느슨~조밀한 상대밀도	SM	S-32	◎	40.0	29/30	
						▶풍화토		S-33	◎	41.0	26/30	
						심도 : 40.60 ~ 50.00m		S-34	◎	42.0	37/30	
						실트질 모래		S-35	◎	43.0	39/30	
						황갈색		S-36	◎	44.0	41/30	
						습윤, 느슨~조밀 내지 매우조밀한 상대밀도		S-37	◎	45.0	47/30	
					풍화토		SM	S-38	◎	46.0	50/26	
								S-39	◎	47.0	50/19	
								S-40	◎	48.0	50/15	
								S-41	◎	49.0	50/12	
-40.36		50.00	9.40					S-42	◎	50.0	50/9	
						▶풍화암		S-43	◎	51.0	50/7	
						심도 : 50.00 ~ 57.00m		S-44	◎	52.0	50/6	
						기반암인 화강암의 풍화암		S-45	◎	53.0	50/6	
						굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해		S-46	◎	54.0	50/5	
						황갈색		S-47	◎	55.0	50/10	
					풍화암	습윤	WR	S-48	◎	56.0	50/8	
						매우조밀한 상대밀도						
-47.36		57.00	7.00					S-49	◎	57.0	50/5	
						* 심도 57.00 M 에서 시추종료						

3. 실내시험결과

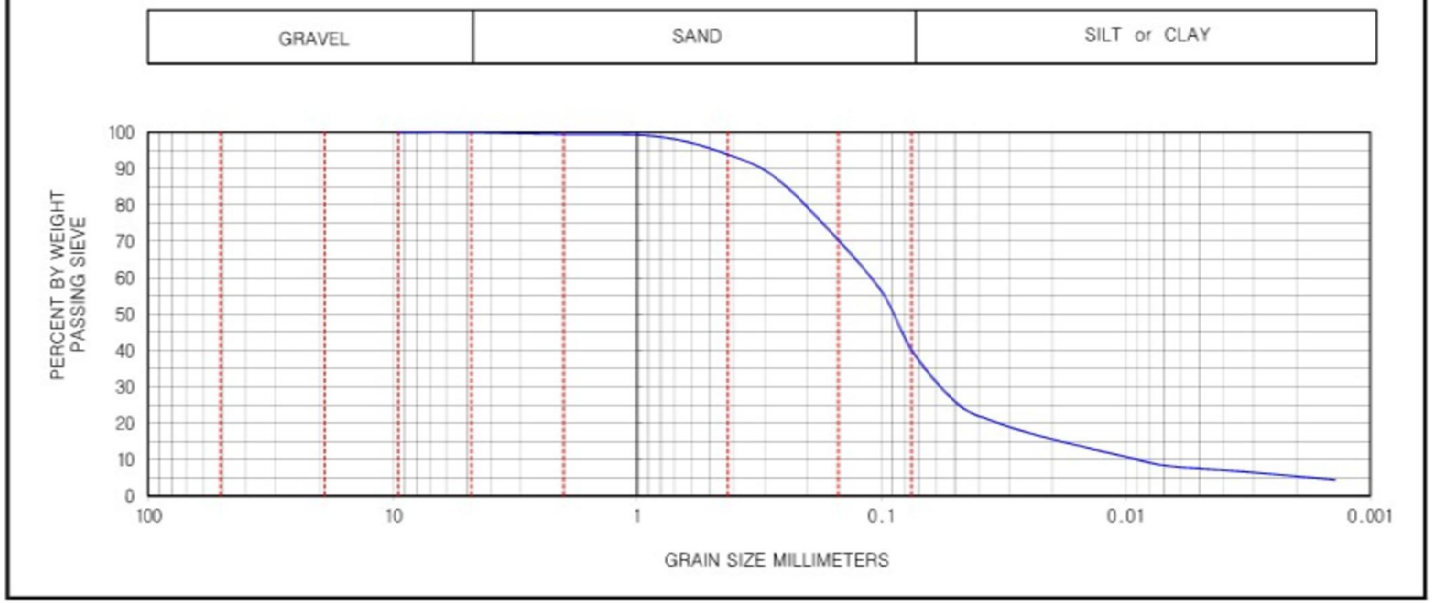
RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	ρ_t (avg.) (g/㎤)	ρ_d (avg.) (g/㎤)	e_o	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S.C.S	Unconfined Test			Direct Shear Test		Triaxial Compression Test	Consolidation			Re-marks
								W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/㎡)	q_{up} (kN/㎡)	S_t	C (kN/㎡)	Φ (°)	C_{uu} (kN/㎡)	C_c	C_v	P_c (kN/㎡)	
1	4LSBB-12-1	15.0	19.0	2.659	-	-	-	NP	NP	NP				100.0	99.4	93.7	39.4	5.2	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													

GRADATION CURVES

Project	공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사			Boring No.		4LSBH-20-1	Test Date	2021-02-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	(15.0) m	Silty Sand	19.0	2.659	NP	NP	NP	SM



4. 작업사진대지

작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	공 번	4LSBB-12-1



작업근경



작업원경



표준관입시험



교란시료채취

-

-

-

-

폐공작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	공 번	4LSBB-12-1



폐공전



폐공중(모래)



폐공후

-

-

시료상자 사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	
4LSBB-12-1	

인천국제공항 4단계

공항내부 연결도로공사

확인 지반조사 보고서

〔4차〕

2021. 04

Incheon Airport

동부건설

목 차

제1장 조사개요

1.1 조사개요 ····· 1
1.1.1 조사목적 및 수행 방향 ····· 1
1.1.2 과업범위 ····· 1
1.1.3 조사기간 ····· 2
1.1.4 조사장비 ····· 3
1.2 사전검토사항 ····· 3
1.3 조사항목 및 빈도 ····· 3
1.3.1 시추조사 ····· 4
1.3.2 현장시험 ····· 4
1.3.3 실내시험 ····· 4
1.3.4 조사항목 및 수량 ····· 5

제2장 조사방법

2.1 조사위치 선정 ····· 7
2.1.1 조사위치 ····· 7
2.2 조사내용 ····· 8
2.2.1 현장조사 ····· 8
2.2.2 원위치 시험 ····· 10
2.3 지반의 공학적 분류 ····· 13
2.3.1 지반의 분류 및 기재방법 ····· 13
2.3.2 점토 광물과 입자구조 ····· 18

제3장 지형 및 지질

3.1 지형 ····· 21
3.2 지질 ····· 21

제4장 조사결과

4.1 현장조사결과 ····· **24**
4.1.1 시추조사 결과 ····· 24
4.2 원위치 시험 결과 ····· **26**
4.2.1 표준관입시험 결과 ····· 26
4.2.2 지하수위 측정 결과 ····· 27
4.2.3 현장베인 시험결과 ····· 27
4.2.4 피에조콘 관입시험 ····· 28
4.2.5 소산시험 ····· 28

제5장 연약지반 개량효과

5.1 강도분석 ····· **30**
5.1.1 현장시험에 의한 개량효과분석 ····· 30
5.1.2 계측에 의한 개량효과분석 ····· 31
5.1.3 실내시험에 의한 침하량 분석 ····· 32

제6장 결론

6.1 결론 ····· **34**

▌부록

1. 평면도 및 종단면도
2. 시추주상도
3. 현장시험결과
4. 작업사진대지

제1장 조사개요

1.1 조사개요
1.2 사전검토사항
1.3 조사항목 및 빈도

1. 조사개요

1.1 조사개요

1.1.1 조사목적 및 수행 방향

○ 본 조사의 목적은 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 중 확인조사로서 지층 구성 상태 및 지반특성을 파악하여 시공에 필요한 자료를 제공하는데 있다.

1.1.2 과업범위

○ 공간적 범위



〈그림 1-1-1〉 지반조사 위치도

〈표 1-1-1〉 공간적 과업범위

구 분	조 사 지 역
구 역	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로

○ 내용적 범위

• 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인 지반조사를 수행하였으며 본 지역에 예정된 구조물은 다음과 같다.

〈표 1-1-2〉 과업 범위

과 업 지 역	계 획 구 조 물
공항내부 연결도로	■ 교량 1개소

1.1.3 조사기간

○ 현장조사

〈표 1-1-3〉 시추조사 기간

구 분	기 간
시추조사	2021. 03. 15 ~ 2021. 03. 18

○ 원위치 시험

〈표 1-1-4〉 원위치 시험 기간

구 분		기 간
원위치 시험	표준관입시험	2021. 03. 15 ~ 2021. 03. 18
	현장베인시험	2021. 03. 15 ~ 2021. 03. 15
	피에조콘 관입시험	2021. 03. 15 ~ 2021. 03. 15

○ 실내시험 및 성과물 작성

〈표 1-1-5〉 실내시험 및 성과물 작성 기간

구 분		기 간
실내시험	실내 토성 및 역학 시험	-
성과분석	시험결과 분석	2021. 03. 18 ~ 2021. 03. 22
	보고서 작성	2021. 03. 18 ~ 2021. 04. 02

1.1.4 조사장비

○ 본 조사에 사용된 주요장비는 다음과 같다.

〈표 1-1-6〉 조사장비 및 수량

조 사 장 비	용 도	수 량
시추기(KHY-2002, NX)	시추조사, 시료채취	1 대
Split Spoon Sampler	표준관입시험	1 조
Hydraulic Piston Sampler	불교란 시료채취	-
베인시험 장비	베인시험	-
피에죠콘 관입시험 장비	콘 관입시험	1 식
각종 실내시험기구	토성시험	1 식
기타 부대장비	장비별 유지관리 등	1 식

1.2 사전검토사항

○ 인천국제공항 4단계 Landside 기본 및 실시설계 용역에서 수행한 지반조사 자료 중 본 지역에 해당하는 지반조사 결과를 충분히 활용하여 지반조사를 수행하였다.

1.3 조사항목 및 빈도

○ 본 지반조사는 국토교통부 지반조사 시방서 2016. 6월에 개정된 "KDS 11 10 10 : 2016"에 의한 설계기준을 고려하여 선정하였다.

○ 본 지반조사는 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 공사시방서에 의거해 선정하였다.

1.3.1 시추조사

〈표 1-3-1〉 위치별 시추 조사 및 빈도

구분	과업지역	시 추 조 사	
		조 사 간 격	근 거
포장지역	공항내부 연결도로	확인조사 위치	· KDS 11 10 10 : 2016 · 공사시방서

1.3.2 현장시험

〈표 1-3-2〉 현장시험 종류 및 빈도

구 분	현장시험	
	시험 빈도	근 거
자연시료 채취(UD)	연약지반 구간	· 공사시방서
표준관입시험(SPT)	1m 간격	
현장투수시험	1회 / 2공당	
현장베인시험	1회 / 2공당	
피에조콘관입시험 (정적콘관입)	1회 / 공당	
피에조콘관입시험 (소산)	1회 / 2공당	

1.3.3 실내시험

〈표 1-3-3〉 실내시험 종류 및 빈도

구 분			시험 빈도	근 거
실내 시험	물리시험	함수량, 비중, 입도분석 #200 통과량, 액성한계, 소성한계	1회 / 1공당	· 공사시방서
	역학시험	일축압축, 직접전단, 압밀시험	1회 / 1공당	
		삼축압축시험(UU)	1회 / 2공당	
		삼축압축시험(CU)	1회 / 4공당	

1.3.4 조사항목 및 수량

〈표 1-3-4〉 조사항목 및 수량

구 분		조 사 수 량		비고
		단위	금회수행	
시추조사	NX	공	2	
현장시험	표준관입시험	회	105	
	현장투수시험	회	-	
	현장베인시험	회	1	
	피조콘관입시험(정적콘관입)	회	1	
	피조콘관입시험(소산)	회	1	
실내시험	함수비	회	-	
	비중	회	-	
	입도분석	회	-	
	#200 통과량	회	-	
	액성한계	회	-	
	소성한계	회	-	
	일축압축	회	-	
	삼축압축(UU)	회	-	
	삼축압축(CU)	회	-	
	압밀시험	회	-	
	직접전단	회	-	

제2장 조사방법

2.1 조사위치 선정
2.2 조사내용
2.3 지반의 공학적 분류

2. 조사방법

2.1 조사위치 선정

○ 본 지반조사를 위한 위치선정은 과업구간을 대상으로 기 작성된 평면도와 종단면도를 참조하여 시추조사 지점을 계획한 후, 현장을 답사하여 현장 여건에 따라 조사에 적합한 위치를 최종 선정하였다. 세부 조사위치는 부록 [지반조사 위치도]에 수록하였다. 금회 실시한 현장조사 위치 현황은 다음 <표2-1-1> 과 같다.

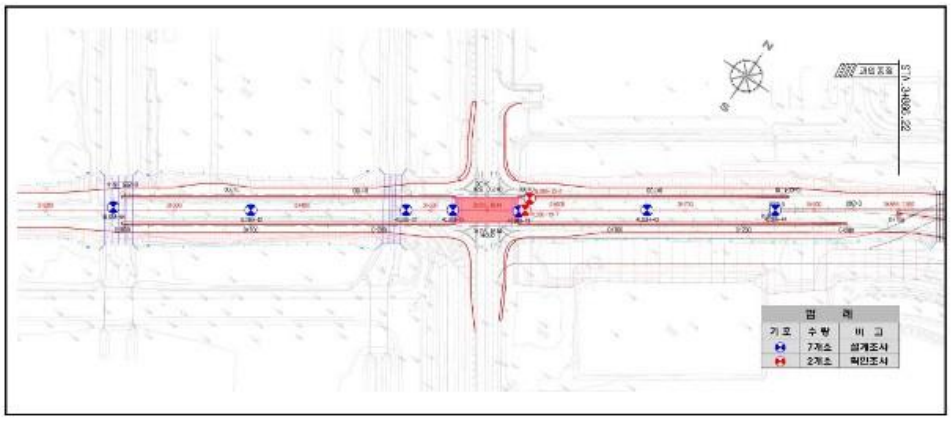
2.1.1 조사위치

가. 시추조사 위치

○ 공항내부 연결도로에 대한 지층 구성상태 및 특성 파악을 위해 시추조사를 계획하였으며 인천국제공항 4단계 LandSide시설 기본 및 실시설계 용역에서 수행한 기 시추공을 인근에 확인 지반조사 2공을 실시하여 기 시추공 자료와 비교 평가하였다.

<표 2-1-1> 시추조사 위치 좌표

설계조사	위 치		확인조사	위 치	
	X	Y		X	Y
4LSBB-13	25154.899	48391.015	4LSBB-13-1	25155.932	48395.984
			4LSBB-13-2	25164.982	48399.484



<그림 2-1-1> 지반조사 위치도

2.2 조사내용

2.2.1 현장조사

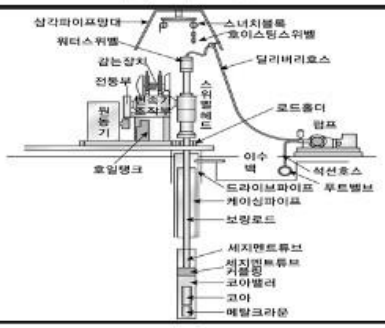
가. 시추조사

○ 본 조사지역의 설계에 필요한 지반의 분포상태 및 기반암의 분포상태, 풍화도 등의 지반공학적 특성을 파악하기 위하여 실시한 시추조사는 부록 [지반조사 위치도]에 표시된 바와 같이 총 2개소의 조사지점에 대하여 시추조사를 실시하였다. 조사는 회전수세식(Rotary-Wash)시추기를 사용하여 굴진하였으며, 굴착작업과 병행하여 표준관입시험을 실시하였다. 그리고 작업시 조사의 정확도를 향상시키기 위해 풍화암 상부까지 케이싱을 설치하여 공벽붕괴를 방지하였다. 시추조사에 있어서 시추시 굴진속도, Slime 상태, 순환수의 색조, SPT, 시료상태 및 N치 등을 근거로 하여 토층상태를 파악하고 또한, 각 토층의 층후를 규명하였으며, 채취된 토질 및 암석시료는 시료상자에 넣어 공번, 심도, 지층명, N치 등을 기록하여 정리 · 보관하였다. 암석시료는 육안관찰에 의하여 암석내 분포된 불연속면 즉, 절리, 층리 및 충진물 등을 파악하고, 절리 분포상태(간격 및 경사), 코아회수율(TCR), 암질양호도(RQD) 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 부록 [시추주상도]에 수록하고, 각 지층별 층서와 지층의 층후를 규명하였으며 회수된 시료는 시료상자에 보관하였다.

$$TCR = \frac{\text{회수된 코아의 총길이}}{\text{총 굴진길이}} \times 100(\%)$$

$$RQD = \frac{\text{10cm 이상의 코아의 총길이}}{\text{총 굴진길이}} \times 100(\%)$$

<표 2-2-1> 시추조사 모식도 및 조사전경

시추조사 모식도	조사전경
	

나. 지하수위 측정

1) 조사목적

○ 시추공 내의 지하수위 측정을 통한 지하수위 분포현황을 파악한다.

2) 조사방법

○ 시추종료 후 지하수위가 안정화 된 후 공내지하수위를 측정하였다.

〈표 2-2-2〉 지하수위 시험장비

시험장비	수동수위계측기
· 장비명 : WL-50 · 제조사 : YAMAYO(일본) · 특징 - 측정깊이 최대 50m - 프로브 직경 19mm	

3) 측정결과 활용

○ 지하수위 변화에 따른 수압 및 유효상재하중 선정에 활용한다.

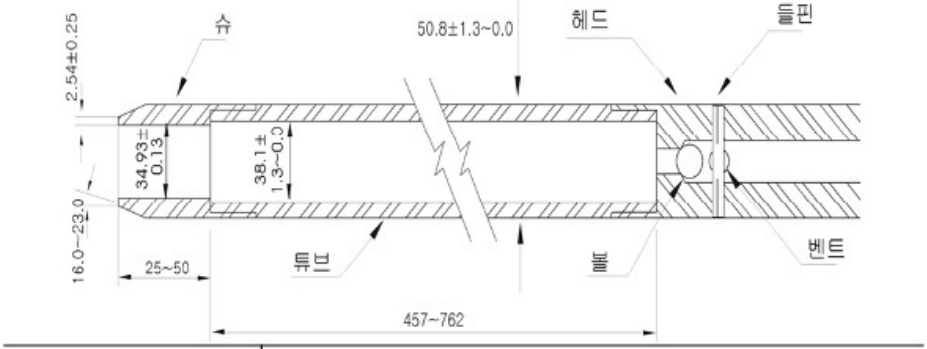
2.2.2 원위치 시험

가. 표준관입시험(Standard Penetration Test)

○ 시추작업과 병행하여 토층의 상대밀도와 구성상태를 파악하기 위하여 지층이 변하거나 또는 동일한 지층의 경우라도 한국산업규격 KS F-2307 규정에 의하면 1.0m 간격으로 표준관입시험을 실시함이 원칙이므로 금회 조사에서도 기준을 적용하여 실시하였다. 시험방법은 Rod선단부에 Sampler를 부착하여 타격으로부터 76±1cm높이에서 63.5±0.5Kg 중량의 햄머를 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 소요되는 타격회수를 측정하는 것으로 매 15cm를 관입시키는데 소요되는 타격회수를 측정하여 총 45cm를 관입시키는데 필요한 타격회수를 측정하였다. 이때 처음 15cm를 관입시키는데 필요한 타격회수는 예비타로 하고 마지막 30cm 관입에 소요되는 타격회수를 관입저항치(N치)로 하여 주상도에 기입하였다. 이때 50회 타격후에도 30cm가 관입되지 않을 경우에는 타격회수 50회 관입량을 측정하여 시추주상도에 기록하였다(예, 50회/7cm). 표준관입시험으로 확인할 수 있는 사항을 요약하면 <표2.2-7>와 같다.

<표 2-2-3> 표준관입시험 및 스플릿 배럴 샘플러 규격

스플릿 배럴 샘플러(Split Barrel Sampler)



표준관입시험 N값의 정의		• 63.5±0.5kgf의 햄머를 76±1cm 높이에서 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 소요되는 타격횟수를 측정
시험 방법	예비타격	• 처음 15cm의 관입은 타격 준비로 간주
	본 타 격	• 30cm 관입에 소요된 타격(15cm식 2회)
	후 타 격	• 후 타격 5cm 는 경우에 따라 생략 가능

나. 현장베인시험

1) 시험목적

○ 베인 날개를 연약 점토지반에 밀어 넣어 포화된 점성토의 비 배수 전단강도(Su)와 예민비를 파악하기 위함이다.

2) 시험방법

○ 시험 심도의 50cm 위까지 시추공을 굴착한 뒤, 롯드로 연결한 베인을 시추공 바닥까지 내린다.

○ 베인 헤드를 육각형 격자에 연결하여 고정 시킨 후 육간 렌지로 0을 맞춘다.

○ 회전 속도를 1초당 0.2도 이하로 일정하게 유지하면서 최대회전력을 측정하여 기록한다.

○ 지반의 교란강도 또는 예민비를 알기 위해서는 최대 회전력을 측정한 직후에 베인을 25회 이상 빨리 회전시켜 지반을 재성형하고 3분 이내에 최대회전력을 다시 측정한다.

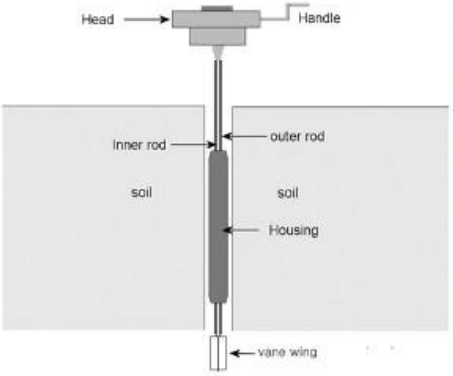
3) 시험결과 활용

○ 회전 각도와 그때의 회전력을 기록한다.

○ 최대회전력을 구하여 전단강도를 산정한다.

○ 결과 활용을 위해서 추후 액, 소성한계 시험을 실시하여 흙의 소성지수를 기록한다.

〈표 2-2-4〉 베인전단시험 모식도 및 시험전경

베인전단시험 모식도	시험 전경
	

다. 피에조콘 관입시험(Cone Penetration Test)

1) 시험목적

○ 지반물성치와 관련이 있는 매개변수를 연속적으로 측정하여 지반의 강도와 압밀특성을 확인한다.

2) 시험방법

○ 연결로드 끝에 전기식 콘을 장착하여 유압관입기에 의해 압입하여(압입속도 ASTM 3441 규정 2.0㎝/sec±0.5) 소정의 심도까지 콘선단저항치와 슬리브의 마찰력, 간극수압을 연속적으로 측정한다.

○ 콘의 포화

- 물과 글리세린을 각각 50%씩 섞은 포화 용기조에 다공질 필터를 담근 후 진공을 실시하여 다공질 필터를 포화시킨다.
- 밀폐된 용기 속에서 다공질 필터를 꺼내 유체안에서 콘팁(Cone Tip)에 부착한 후 콘에 조립한다.

○ 콘의 관입 및 인발

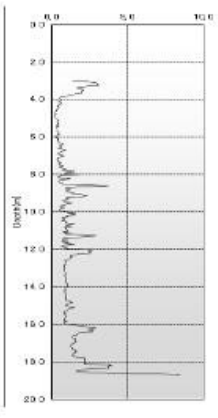
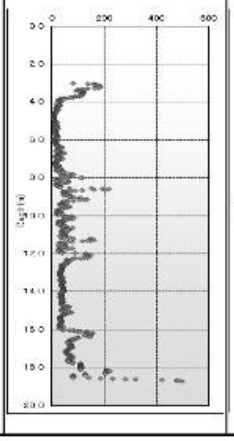
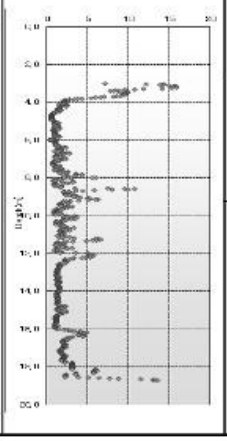
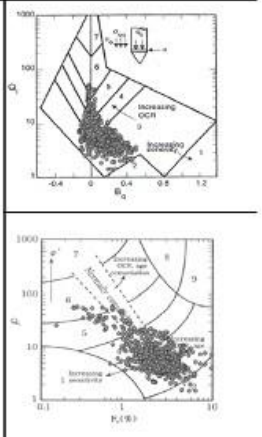
- 표준관입속도인 2±0.5cm/sec(ASTM D 5778)로 관입을 실시한다.

3) 시험결과 활용

○ 연속적인 퇴적지층상태를 파악하고 퇴적지층에 대한 강도 및 압밀특성 산정한다.

○ 지층분류 및 Sand seam 유무를 파악한다.

<표 2-2-5> 피에조콘 관입시험 결과 활용

피에조콘 시험결과			토층분류
선단저항치	비배수전단강도	과압밀비	
			

2.3 지반의 공학적 분류

2.3.1 지반의 분류 및 기재방법

가. 개 요

○ 지반의 상태에 대한 기재내용은 연경도, 함수상태 및 색깔 등이며 다음과 같은 방법에 의하여 그 결과를 시추주상도에 기록하였다.

1) 지반의 분류

○ 공학적 분류방법(KS F 2324)인 통일분류법(U.S.C.S)을 기준으로 지반을 분류하였다.

2) 기재방법

○ 시추주상도에 지층구분은 공종에 관계없이 통일된 기호를 사용한다.

○ 표준관입시험시 관입저항치(N치)에 의해 상대밀도 및 연경도를 고려하고 채취된 교란시료에 대해 육안관찰 및 물성시험에 의하여 통일분류법으로 분류한다.

3) 기술내용

○ 연경도 및 사질지반의 상대밀도, 습윤상태, 색조, N치등을 고려하여 기재한다.

○ 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet) 및 포화상태(Saturated)로 구분하였으며, 색은 흑색, 갈색, 홍색, 적색, 황색 등에 담(연한)과암(진한)의 접두어를 사용한다.

나. 분류를 위한 평가방법

○ 지반을 공학적으로 분류하기 위해서는 점성지반의 경우 Consistency와 N치와 의 관계, 사질지반의 경우 상대밀도와 N치와 관계, 함수비, 색깔 및 육안에 의한 판정법을 이용해 지반분류시 자료로 활용한다.

<표 2-3-1> 점성토의 Consistency, 일축압축강도와 N값과의 관계

점토의 연경도 (Consistency)	N 치	현 장 관 찰 (Peck – Hansen)	일축압축강도 qu (kg/㎠)
매우 연약 (Very Soft)	< 2	주먹이 쉽게 10cm 들어감	< 0.25
연 약(Soft)	2 ~ 4	엄지손가락이 쉽게 들어감	0.25 – 0.50
보통 견고(Medium)	4 ~ 8	노력하면 엄지손가락이 들어감	0.50 – 1.00
견 고(Stiff)	8 ~ 15	엄지손가락으로 흙을 움푹 들어가게 할 수 있지만 흙속에 엄지손가락을 넣기는 힘듬	1.00 – 2.00
매우 견고 (Very Stiff)	15 ~ 30	손톱으로 흙에 자국을 낼 수 있음	2.00 – 4.00
고 결(Hard)	> 30	손톱으로 자국을 내기 힘듬	> 4.00

〈표 2-3-2〉 사질토의 상대밀도(Relative Density), 내부마찰각과 N값과의 관계

N 치	조 밀 상 태 (Gibbs-Holtz)	상 대 밀 도		현 장 관 찰 (Bowles)
		Gibbs-Holtz	Bowles	
0 ~ 4	매우 느슨 (Very Loose)	< 0.15	0.0 - 0.2	엄지손가락 또는 주먹으로 쉽게 자국을 낼수 있음
4 ~ 10	느 슨 (Loose)	0.15 - 0.35	0.2 - 0.4	쉽게 삽질할 수 있으며, 손가락으로 자국을 낼 수 있음
10 ~ 30	보통조밀 (Medium Dense)	0.35 - 0.65	0.4 - 0.7	힘을 주어서 삽질할 수 있음
30 ~ 50	조 밀 (Dense)	0.65 - 0.85	0.7 - 0.9	손으로 삽질이 가능하거나 손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼수 있음
50 이상	매우 조밀 (Very Dense)	0.85 - 1.00	0.9 - 1.0	발파 또는 중장비에 의해서만 자국을 낼 수 있음

3) 함수비에 따른 지반상태

〈표 2-3-3〉 함수비에 따른 분류

함 수 비(%)	상 태	함 수 비(%)	상 태
0 ~ 10	건 조 (Dry)	30 ~ 70	젖 음 (Wet)
10 ~ 30	습 윤 (Moist)	70 이상	포 화 (Saturated)

4) 색깔에 따른 표기 방식

〈표 2-3-4〉 색 표기 방식

색	1	담					암				
	2	분홍	홍	황	갈	감람	녹	회			
	3	분홍	적	황	갈	감람	녹	청	백	회	흑

5) 육안분류법

〈표 2-3-5〉 육안분류법

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 굴때
		건조상태	습윤상태	
모 래 (Sand)	· 개개의 입자크기가 판별되며 입상을 보임 · 건조상태시 흩어져 내림	· 덩어리지지 않고 흐트러짐	· 덩어리지나 가볍게 건드리면 흩어짐	· 끈 모양으로 꼬아지지 않음
실트질모래 (Silty Sand)	· 입상이나 실트나 점토가 섞여서 약간 점성이 있음 · 모래질의 특성이 우세함	· 덩어리가 지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	· 덩어리지며 조심 스럽게 다루면 부서지지 않음	· 끈 모양으로 꼬아지지 않음
모래질실트 (Sandy Silty)	· 적당량의 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트입자가 반 이상임 · 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음 · 부서지면 밀가루와 같은 감촉	· 덩어리지며 자유 롭게 다루어도 부서지지 않음 · 물을 부으면 서로 엉킴	· 끈 모양으로 꼬아지나 작게 끊어지고 부드우며 약간의 점성이 있음
실 트 (Silt)	· 세립사와 점토는 극소량 을 함유하고 실트입자의 함량이 80% 이상 · 건조되면 덩어리지나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루가 됨	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않고 물에 젖으면 서로 엉킴	· 완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (Clay)	· 건조되면 딱딱한 덩어리 · 건조상태에서 잘 부서지지 않음	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	· 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙상태로 됨	· 길고 얇게 꼬아짐 · 점성이 큼

다. 지반의 분류 및 기재방법

○ 지반은 입자의 입도분포 특성 및 소성에 의해 분류되며, 흙은 여러 가지 크기의 입자가 혼합된 상태로 퇴적되거나 또는 잔류된다.

○ 조립분와 세립분 분류에 있어서 조립분의 경우는 입도가 지반을 분류하는데 결정적 요소이지만 세립분에서는 입도 뿐만 아니라 연경도(Consistency)와 같은 특성을 고려하여 지반을 분류한다.

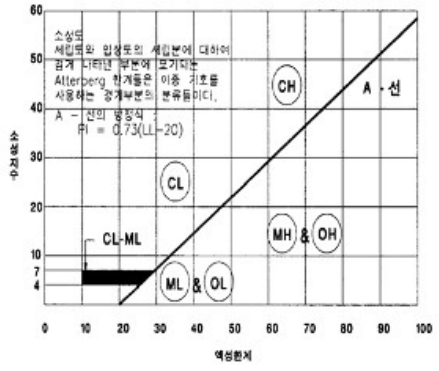
○ 입경은 자갈과 같은 큰 입자에서부터 콜로이드와 같이 0.001 mm 이하의 작은 입자에 이르기까지 그 분포가 매우 넓기 때문에 입도 분석시 체분석 뿐만 아니라 입자의 침강속도로부터 입도를 추정해야한다.

○ 입도분류법은 통일분류법(U.S.C.S), AASHTO 분류법, FAA법과 그 외 각국에서 기준으로 하는 분류법들이 있다.

○ 지반의 분류방법으로 가장 널리 이용되어지고 있는 방법은 통일분류법이므로 본 3단계 실시설계에서도 통일분류법을 기준으로 분류를 시행하였다.

○ 통일분류법에서 조립분와 세립분 구분은 #200체(0.075 mm) 및 #4체(4.76 mm)로 하고 있으며, 세립분의 구분은 액성한계(LL)와 소성지수(PI)를 기준으로 하며 이는 실내물성시험을 통해서 결정되어야 한다.

〈표 2-3-6〉 조립분과 세립분 지반의 분류



Casagrande의 소성도표

· 세립분 지반의 분류 :
A. Casagrande가 제시한 소성도(Plasticity Chart)를 이용하여 액성한계(LL)와 소성지수(PI)로부터 지반의 압축성을 판단하고 이에 따른 분류를 할 수 있음
· 실트와 점토의 구분 : 소성도에서의 A-line(PI= 0.73 (LL-20))을 기준으로 A-line 상부를 CL, CH, 하부를 ML, MH로 구분하며, 여기서 Secondary Letter인 L 또는 H는 액성한계 50%를 기준

<표 2-3-7> 지반의 공학적 분류방법(통일분류법, U.S.C.S)

구 분		흙의 통일분류방법		분류기호
조립토 F<50%	자갈질 흙 $F_1 < \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 < 5%	Cu 4 이고 1<Cg<3 GW 조건을 만족 못함	GW
		No.200체 통과량 < 5%	PI<4또는 소성도의 A-선 아래	GP
		No.200체 통과량 > 12%		GM
		No.200체 통과량 > 12%	PI>7 이고 소성도의 A-선 위	GC
		No.200체 통과량 > 12%		GC-GM
		5 No.200체 통과량 12%	소성도의 "CL-ML"부분	GW-GM
		5 No.200체 통과량 12%	GW와 GM조건을 만족함	GW-GC
		5 No.200체 통과량 12%	GW와 GC조건을 만족함	GP-GM
		5 No.200체 통과량 12%	GP와 GM조건을 만족함	GP-GC
			GP와 GC조건을 만족함	
	모래질 흙 $F_1 \geq \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 < 5%	Cu 6 이고 1<Cg<3 SW 조건 만족 못함	SW
		No.200체 통과량 < 5%	PI<4또는소성도의 A-선 아래	SP
		No.200체 통과량 > 12%		SM
		No.200체 통과량 > 12%	PI>7 이고 소성도의 A-선 위	SC
		No.200체 통과량 > 12%		SC-SM
		5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래	소성도의 "CL-ML"부분 SW와 SM조건을 만족함	SW-SM
		5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래	SW와 SC조건을 만족함	SW-SC
		5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래	SP와 SM조건을 만족함	SP-SM
		5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선상 또는 위	SP와 SC조건을 만족함	SP-SC
무기질 세립토 F 50%	LL < 50%	PI<4또는 소성도의 A-선 아래(PI>7이고 소성도의 A-선 위) 4 PI 7, 소성도의 "CL-ML"부분		ML(CL) CL-ML
	LL 50%	소성도의 A-선 아래(소성도의 A-선 위)		MH(CH)
유기질 세립토 F 50%	LL < 50%	{노건조시료 ```액성한계} over {공기건조시료 ```액성한계} < 0.75		OL(OH)
	LL 50%			

주 : 1. F : No.200체 통과량 (%)
2. F_1 : No.4체를 통과하고 No.200체에 남은 흙의 양(%)

2.3.2 점토 광물과 입자구조

가. 기본구조

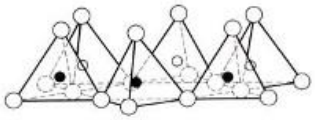
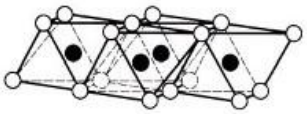
○ 자갈이나 모래와 같은 사질지반의 광물성분은 지반의 공학적 성질에 영향을 미치지 못하지만, 세립질의 점성지반의 경우 광물성분의 구조 및 배열은 지반의 강도 및 거동에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 검토가 필요하다.

나. 대표적인 점토광물의 특성

1) 기본구조

○ 점토광물의 종류는 수없이 많으나 그 광물을 구성하고 있는 기본단위는 Tetrahedron과 Octahedron로 나눌 수 있다.

〈표 2-3-8〉 점토광물 기본구조

구 분	구 성	원자구조	결합상태
Tetrahedron	규소(Si)원자 4개 산소(O)원자		Silica sheet
Octahedron	알루미늄(Al), 마그네슘(Mg)원자 6개 수산기(OH)		Gibbsite Brucite

2) 복합구조

○ Kaolinite

- Gibbsite의 하면에 Silica의 상면이 끼워진 2개의 sheet가 기본이 되어 이루어진 점토 광물이다. (1 : 1 mineral)
- 0.72nm의 기본 layer가 70~100이상 모여 하나의 광물을 이룬다
  수소결합(hydrogen bond)으로 매우 강한 조직을 형성한다.

○ Montmorillonite

- 2장의 Silica sheet 사이에 Gibbsite가 끼어있는 구조로 이루어진 점토 광물이다 (2 : 1 mineral)
- 물과의 접착력이 매우 좋고 함수비 변화에 따라 swelling에 매우 민감하게 반응하므로 포장체 또는 구조물 하부에 적합하지 않은 광물이다.

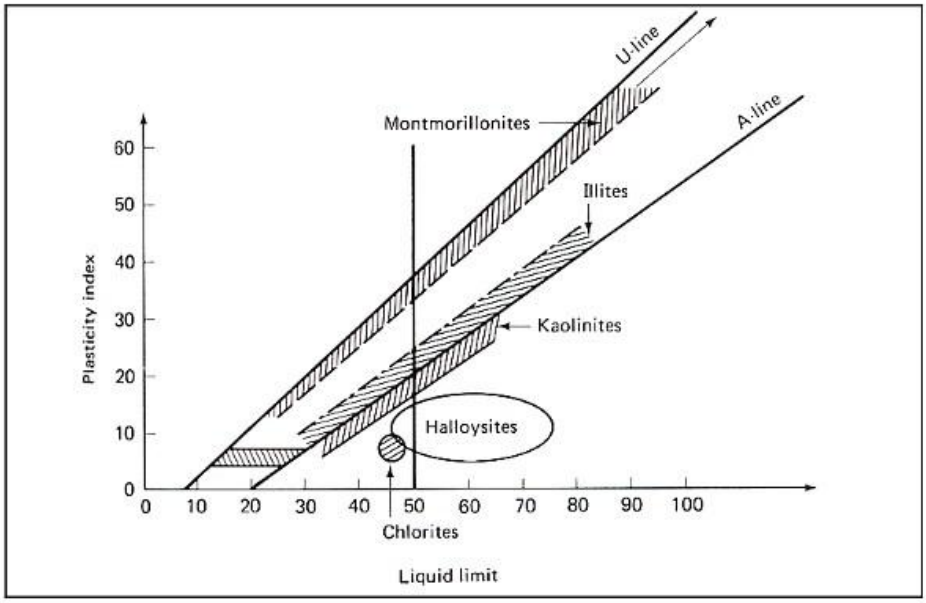
○ Illite
- 2장의 Silica sheet 사이에 Gibbsite가 끼어있는 구조가 칼륨(K) 원자로 연결된 점토광물이다. (2 : 1 mineral)
- Montmorillonite와 같이 활동성이 좋은 점토광물이다.

○ Chlorite
- Silica sheet와 Gibbsite의 연속 구조로 이루어진 광물이다. (2:1:1 mineral)
- 일반적인 점토광물이며 상대적으로 활동성이 적은 점토광물이다.

3) 점토광물의 특성 비교

〈표 2-3-9〉 점토광물의 평균 특성 (Yong and Warkentin, 1975)

구분	두께(nm)	지 름(nm)	단면적(km^2/kg)
Montmorillonite	3	100~1,000	0.8
Illite	30	10,000	0.08
Chlorite	30	10,000	0.08
Kaolinite	50~2,000	300~4,000	0.015



〈그림 2-3-1〉 Casagrande의 소성도표에서의 점토광물 분포

제3장 지형 및 지질

3.1 지형
3.2 지질

3. 지형 및 지질

3.1 지형

○ 본 과업지역은 인천광역시 중구에 속한 섬으로 용유도와 삼목도, 신불도 사이 얕은 바다를 방조제로 연결하여 간척을 해서 만들어진 섬이다. 본 과업지역의 동측에 과업지역과 인접하여 인천국제공항이 위치하고 있다.

3.2 지질

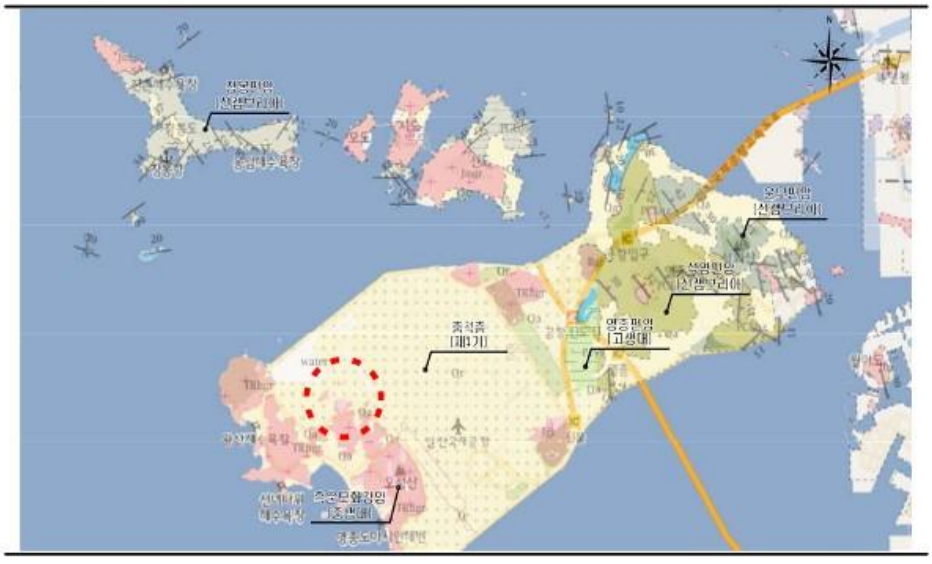
○ 과업지역의 기반암은 대부분 주로 트라이아스기의 각섬석 흑운모화강암과 반화강암으로 이루어져 있으며, 각섬석 흑운모화강암의 분포를 통해 간척 이전의 해안선을 유추해 볼 수 있다.

○ 지질구조는 고기 변성암 복합체에서 복잡한 양상을 보이나 각섬석 흑운모화강암 분포지역에서는 단순하게 나타나고 있다.

○ 각섬석 흑운모화강암의 구성 광물은 중·조립질의 각섬석, 석영, 장석류, 운모류로 주로 구성됨

○ 불연속면의 분포현황으로 주 절리는 북서-남동(230° ~240°)방향, 경사는 49° ~85° 를 보인다. 경사는 저각부터 고각까지 분포하는 것으로 서로 다른 암종의 기반암으로 이루어져 있다.

○ 변성암의 경우 엽리방향으로 저각의 절리가 형성되고 관입암인 화강암은 노출되는 과정에서 팽창으로 인해 수직절리가 우세하여 발달하였다.



〈그림 3-2-1 〉 조사지역 지질도

〈표 3-2-1〉 인천지역 지질계통표

지질시대	지 층	비 고
제 4 기	매 립 지	
	충 적 층	
~~ 부 정 합 ~~~		
백 악 기	암 맥 류	
	---- 관 입 ----	
	화강반암	
	섬 록 암	
	---- 관 입 ----	
	안 산 암	
	---- 관 입 ----	
	김포유문암	
	---- 용 류 ----	
	화산쇄설성퇴적암	
	김포응회암	
	---- 관계미상 ----	
	유 문 암	
	---- 관 입 ----	
	계양산응회암/철마산응회암	
---- 분 출 ----		
쥐 라 기	홍색장석화강암	
	섬 장 암	
	흑운모화강암	
	---- 관 입 ----	
	통 진 층	대동층군
---- 단층접촉 ----		
선캠브리아기	화강편마암	
	---- 관 입 ----	
	운모편암/석영편암	
	안구상편마암	
	흑운모편마암	

주) 용유도, 김포-인천 지질도폭 설명서(1:50,000), 참조 한국지질자원연구원

제4장 조사결과

4.1 현장조사결과
4.2 원위치 시험 결과

4. 조사결과

4.1 현장조사결과

4.1.1 시추조사 결과

〈표 4-1-1〉 설계 시추조사 결과

공 번	지층명	심도 (m)	층후 (m)	지층상태	N-value
4LSBB-13	매립층	0.0~6.0	6.0	자갈, 전석 섞인 실트질 모래	9/30~14/30
	퇴적층	6.0~12.0	6.0	실트질 모래	5/30~10/30
		12.0~17.5	5.5	모래 및 점토섞인 실트	4/30~8/30
		17.5~24.0	6.5	실트질 모래	16/30~21/30
		24.0~36.5	12.5	실트질 점토	11/30~32/30
		36.5~39.0	2.5	실트질 모래	12/30
	풍화토	39.0~42.0	3.0	실트질 모래	50/28~50/11
	풍화암	42.0~49.0	7.0	화강암의 풍화암	50/4~50/1

〈표 4-1-2〉 확인 시추조사 결과

공 번	지층명	심도 (m)	층후 (m)	지층상태	N-value
4LSBB-13-1	매립층	0.0~7.4	7.4	자갈, 전석 및 호박돌	-
		7.4~9.3	1.9	자갈, 전석 섞인 실트질 모래	12/30~13/30
	퇴적층	9.3~12.0	2.7	실트질 모래	6/30~8/30
		12.0~15.0	3.0	모래질 실트	6/30~8/30
		15.0~26.0	11.0	실트질 모래	9/30~18/30
		26.0~35.7	9.7	실트질 점토	12/30~18/30
		35.7~40.0	4.3	실트질 모래	35/30~43/30
	풍화토	40.0~52.0	12.0	실트질 모래	19/30~50/13
	풍화암	52.0~59.0	7.0	화강암의 풍화암	50/10~50/4
4LSBB-13-2	매립층	0.0~4.3	4.3	자갈, 전석 섞인 실트질 모래	-
	퇴적층	4.3~10.5	6.2	실트질 모래	6/30~8/30
		10.5~13.5	3.0	모래질 실트	10/30~13/30
		13.5~20.0	6.5	실트질 모래	13/30~17/30
		20.0~24.3	4.3	실트질 점토	6/30~12/30
		24.3~28.5	4.2	모래질 실트	14/30~17/30
		28.5~33.7	5.2	실트질 점토	15/30~32/30
		33.7~37.5	3.8	실트질 모래	26/30~30/30
		37.5~40.5	3.0	모래질 실트	15/30~30/30
	풍화토	40.5~50.0	9.5	실트질 모래	35/30~50/16
	풍화암	50.0~57.0	7.0	화강암의 풍화암	50/10~50/3

○ 매립층

- 매립층의 토성은 자갈, 전석 및 호박돌, 자갈, 전석 섞인 실트질 모래로 이루어져 있으며, 지층 분포 심도는 4.3~9.3m정도의 두께로 분포한다. 자갈의 크기는 Φ6~20cm 이며, 표준관입시험 N치는 12/30~13/30로 보통조밀(Medium Dense)한 상대밀도를 나타내고 색조는 황갈색 내지 담회색을 띤다.

○ 퇴적층

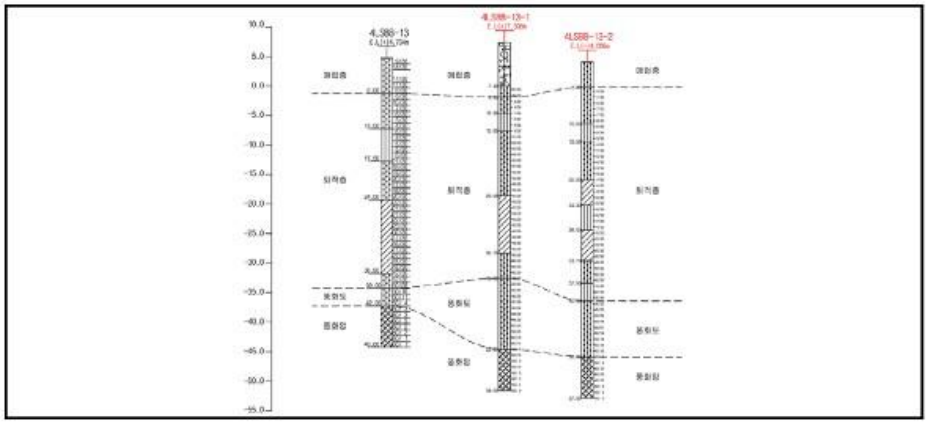
- 매립층 하부에 분포하는 퇴적층은 해저에서 조류 작용으로 자연 퇴적된 지층으로 면모구조의 특성과 모래층, 실트층, 점토층의 반복적인 퇴적작용으로 지층이 형성되었고, 지층의 구성은 실트질 모래(SM), 실트질 점토(CL), 모래질 실트(ML)를 나타낸다. 표준관입시험 결과 조립토의 N치는 6/30~43/30 정도의 범위로 느슨(Loose) 내지 조밀(Dense)한 상대밀도를 나타내고 세립토의 N치는 6/30~32/30 정도의 범위로 보통견고(Medium Stiff) 내지 고결(Hard)한 연경도를 보이며, 색조는 녹갈색 내지 암회색, 담회색을 띠며 습윤(Moist)한 함수상태를 보인다.

○ 풍화토층

- 본 조사지역의 풍화토는 실트질 모래로 구성된 지층이며 지표로부터 40.0~40.5m 하부에 분포하며, 표준관입시험 결과 N치가 19/30~50/13로 보통조밀(Medium dense) 내지 매우조밀(Very Dense)한 상대밀도를 나타내고, 색조는 황갈색을 띄며 습윤(Moist)한 함수상태를 보인다.

○ 풍화암층

- 본 조사지역의 풍화암은 기반암인 화강암의 풍화암이며 지표로부터 50.0~52.0m 하부에 분포하는 것으로 조사되며, 표준관입시험 결과 N치가 50/10~50/3로 매우조밀(Very Dense)한 상대밀도를 나타내고 색조는 황갈색을 띄며, 대체로 습윤(Moist)한 함수상태를 보인다.



〈그림 4-1-1〉 지반조사 지층단면도

4.2 원위치 시험 결과

4.2.1 표준관입시험 결과

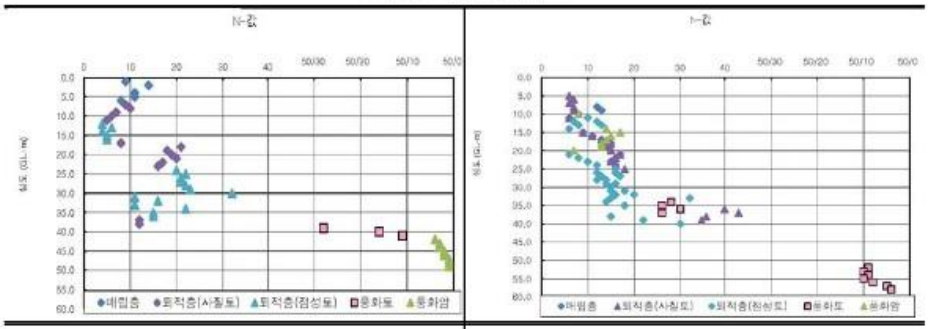
○ 본 조사지역의 분포하는 지층의 상대밀도 및 연경도 파악을 통한 지반의 상태 확인을 위해 1.0m 간격으로 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

〈표 4-2-1〉 설계 및 확인조사 표준관입시험 결과

공 번	심 도 (G.L. -m)										횟수
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	
	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	
	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	
	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0	
설계조사 4LSBB-13	9/30	14/30	-	11/30	11/30	8/30	9/30	10/30	7/30	6/30	48
	5/30	4/30	6/30	4/30	5/30	5/30	8/30	21/30	18/30	19/30	
	20/30	17/30	16/30	20/30	22/30	21/30	21/30	22/30	23/30	32/30	
	11/30	16/30	11/30	22/30	15/30	15/30	12/30	12/30	50/28	50/16	
	50/11	50/4	50/3	50/3	50/2	50/2	50/2	50/1	50/1		
확인조사 4LSBB-13-1	-	-	-	-	-	-	-	12/30	13/30	8/30	52
	6/30	7/30	8/30	6/30	9/30	11/30	13/30	15/30	14/30	15/30	
	17/30	16/30	15/30	16/30	18/30	12/30	13/30	12/30	14/30	15/30	
	15/30	16/30	15/30	14/30	18/30	40/30	43/30	36/30	35/30	19/30	
	26/30	32/30	36/30	31/30	35/30	39/30	44/30	50/30	50/25	50/18	
	50/13	50/9	50/10	50/9	50/10	50/8	50/5	50/4	50/6	-	
확인조사 4LSBB-13-2	-	-	-	-	6/30	7/30	6/30	7/30	7/30	8/30	53
	10/30	12/30	13/30	14/30	17/30	15/30	14/30	13/30	13/30	7/30	
	6/30	8/30	10/30	12/30	16/30	16/30	17/30	14/30	16/30	15/30	
	18/30	20/30	32/30	28/30	26/30	30/30	26/30	15/30	22/30	30/30	
	35/30	45/30	50/28	50/24	50/21	50/19	50/14	50/18	50/16	50/8	
	50/9	50/10	50/10	50/10	50/6	50/5	50/3	-	-	-	

〈표 4-2-2〉 심도에 따른 N값 비교분포

심도에 따른 N값 분포



4LSBB-13(설계조사)	4LSBB-13-1,2(확인조사)

4.2.2 지하수위 측정 결과

○ 각 조사지점에서 시추 완료시 지하수위가 안전화 된 후 공내 지하수위를 측정하였으며, 시추 공별 지하수위는 아래와 같다.

〈표 4-2-3〉 설계 및 확인조사 지하수위 측정 결과

공번	지반고	GL, -m	EL. m	비고
4LSBB-13	4.734	3.5	1.234	설계조사
4LSBB-13-1	7.398	6.1	1.298	확인조사
4LSBB-13-2	4.096	5.3	-1.204	

4.2.3 현장베인 시험결과

○ 비배수 전단강도를 측정하기 위하여 실시하며, 베인전단 시험결과는 다음과 같다.

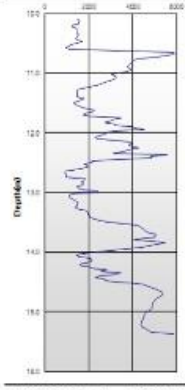
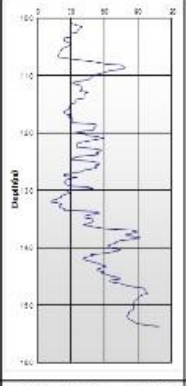
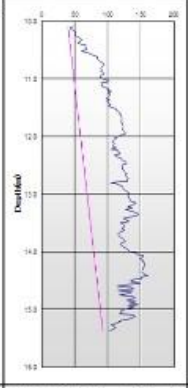
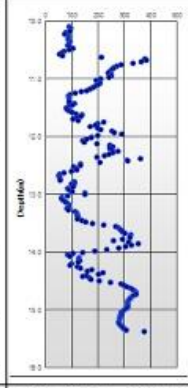
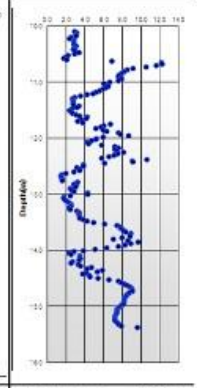
〈표 4-2-4〉 확인조사 베인전단 시험결과

공번	심도 (m)	N값	지층	전단강도(Su , kPa)		예민비 (St)
				불교란	교란	
4LSBB-13-1	11.4	6/30	퇴적층	54.2	11.8	4.6

4.2.4 피에조콘 관입시험

○ 본 조사지역의 피에조콘 조사 결과는 다음과 같다.

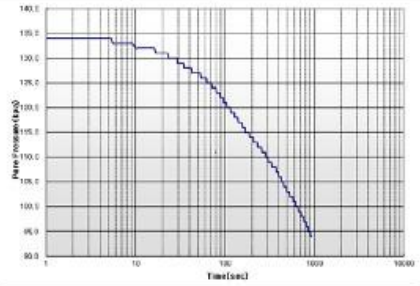
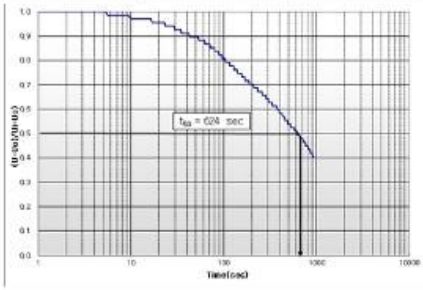
〈표 4-2-5〉 확인조사 피에조콘 관입시험 결과(4LSBB-13-1)

선단저항치 (qc : kPa)	주면마찰력 (f_s : kPa)	간극수압 (u : kPa)	비배수전단강도 (S_u : kPa)	과압밀비 (OCR)
				
범위:899.0~5894.0	범위:12.0~109.0	범위:42.0~161.0	범위:48.7~382.9	범위:1.4~12.2
평균:2972.8	평균:50.1	평균:115.8	평균:186.6	평균:5.3

4.2.5 소산시험

○ 수평방향 압밀계수를 산정하기 위하여 실시하며, 그 결과는 다음과 같다.

〈표 4-2-6〉 확인조사 소산시험 결과

공번	심도 GL.(-m)	t_{50} (sec)	수평 압밀계수_C_h(cm² /sec)			
			Torstensson's	Baligh & Levadoux's	Houlsby & Teh	평균
4LSBB-13-1	12.78	624	1.48×10^{-2}	2.86×10^{-2}	7.22×10^{-3}	1.69×10^{-2}
						
실제 소산 곡선 (FACTUAL PORE PRESSURE)			환산 소산 곡선 (NORMALIZED PORE PRESSURE)			

제5장 연약지반 개량효과

5.1 강도분석

5. 연약지반 개량효과

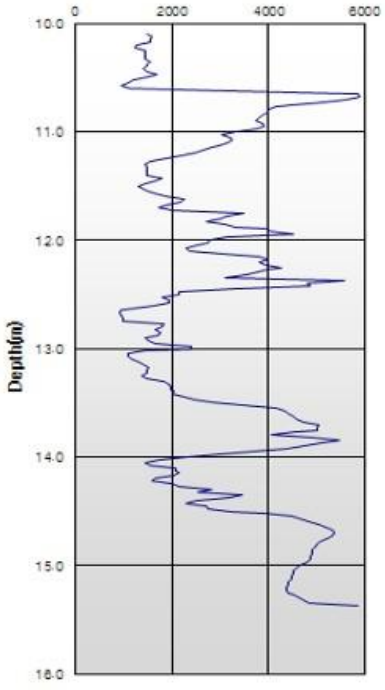
5.1 강도분석

5.1.1 현장시험에 의한 개량효과분석

○ 베인시험 결과 전단강도는 54.2kpa로 나타났다.

○ 피죠콘관입시험에 대하여 연약지반 개량효과는 다음과 같다.

〈표5-1-1〉 피죠콘관입시험 결과 비교

구 분	시험 결과(4LSBB-13-1)	비 고
확인 조사		
선단저항치(qc)	확인조사 : 899.0~5894.0(평균:2972.8)	

○ 현장 원위치시험에 의한 연약지반에 대한 표준관입시험 N치는 설계조사에 비해 전반적으로 증가한 값을 보이며, 피죠콘 관입시험에 의한 콘 관입 저항치는 899.0~5,894.0Kpa로 나타났다.

5.1.2 계측에 의한 개량효과분석

〈표 5-1-2〉 실측침하 해석결과

위치	침하판 NO.	P/L 완료	P/L 제거 검토일	P/L 후 방치 기간 (일)	P/L 제거전 침하량 St(㎝)	실측침하해석 결과				관리기준 (허용 잔류 침하량) (cm)	비고
						추정 기법	최종 침하량 Sf(㎝)	압밀도 U(%)	잔류 침하량 Sr(㎝)		
공항 내부 연결 도로	46S-5 (Zone-24)	20/12/7	21/2/18	73	42.2	쌍곡선	42.82	98.56	0.62	5.0	O.K
						Hoshino	43.49	97.03	1.29		
						Asaoka	42.40	99.52	0.20		
	46S-6 (Zone-24)	20/12/7	21/2/18	73	38.8	쌍곡선	39.61	97.96	0.81	5.0	O.K
						Hoshino	41.69	93.06	2.89		
						Asaoka	38.95	99.62	0.15		
	46S-7 (Zone-24)	20/12/7	21/2/18	73	38.5	쌍곡선	38.88	99.03	0.38	5.0	O.K
						Hoshino	39.26	98.05	0.76		
						Asaoka	38.56	99.84	0.06		
	46S-8 (Zone-25)	20/11/19	21/2/18	91	44.6	쌍곡선	45.15	98.78	0.55	5.0	O.K
						Hoshino	45.39	98.26	0.79		
						Asaoka	45.13	98.83	0.53		
	46S-9 (Zone-25)	20/11/19	21/2/18	91	38.3	쌍곡선	38.66	99.06	0.36	5.0	O.K
						Hoshino	38.88	98.50	0.58		
						Asaoka	38.92	98.40	0.62		
	46S-10 (Zone-25)	20/11/23	21/2/18	87	39.3	쌍곡선	39.47	99.58	0.17	5.0	O.K
						Hoshino	39.55	99.37	0.25		
						Asaoka	39.70	98.99	0.40		
	46S-11 (Zone-26)	20/10/26	21/2/18	115	43.4	쌍곡선	44.71	97.07	1.31	5.0	O.K
						Hoshino	46.15	94.05	2.75		
						Asaoka	44.54	97.45	1.14		

〈표 5-1-2〉 실측침하 해석결과(계속)

위치	침하판 NO.	P/L 완료	P/L 제거 검토일	P/L 후 방치 기간 (일)	P/L 제거전 침하량 St(cm)	실측침하해석 결과				관리기준 (허용 잔류 침하량) (cm)	비고
						추정 기법	최종 침하량 Sf(cm)	압밀도 U(%)	잔류 침하량 Sr(cm)		
공항 내부 연결 도로	46S-12 (Zone-26)	20/10/26	21/2/18	115	28.4	쌍곡선	29.90	95.00	1.50	5.0	O.K
						Hoshino	32.37	87.74	3.97		
						Asaoka	29.05	97.77	0.65		
	46S-13 (Zone-26)	20/10/26	21/2/18	115	29.9	쌍곡선	31.51	94.89	1.61	5.0	O.K
						Hoshino	32.11	93.12	2.21		
						Asaoka	30.38	98.43	0.48		
	4R4S-1 (Zone-R4)	20/10/8	21/2/18	133	18.3	쌍곡선	19.69	92.93	1.39	5.0	O.K
						Hoshino	20.50	89.28	2.20		
						Asaoka	18.51	98.89	0.21		
	4R5S-1 (Zone-R5)	20/10/8	21/2/18	133	12.8	쌍곡선	13.47	95.03	0.67	5.0	O.K
						Hoshino	13.71	93.38	0.91		
						Asaoka	13.05	98.08	0.25		

※ P/L제거 검토보고서(12차)

○ 본 검토구간의 분석결과 압밀도는 87.74 ~ 99.84%이며, 잔류침하량은 쌍곡선 0.17 ~ 1.61cm, 호시노 0.25 ~ 3.97cm, 아사오카 0.06~1.14cm의 값을 나타내었다. 따라서 금회 검토구간의 장래 잔류침하량이 허용잔류침하량 이내로 설계기준을 만족함.

5.1.3 실내시험에 의한 침하량 분석

○ 검토단면(4LSBB-13-1,2)

설계조사에서 연약지반(N치 5이하)의 층후가 3.0m로 조사되었으나, 금회 확인 조사결과 연약지반이 출현하지 않아 연약지반의 침하량 분석은 실시하지 않았다.

제6장 결론

6.1 결론

6.1 결 론

○ 시추조사

- 4LSBB-13-1,2시추공의 퇴적 점토층 층후는 설계조사와 비슷한 두께를 보이는 것으로 확인되었으며, 연약지반(N치 5이하)의 층후는 3.0m에서 0.0m로 설계조사에 비해 감소한 것으로 조사되었다. 토성은 점토, 실트, 모래가 교호한 분포를 보이며 점토의 함량이 상대적으로 높게 나타났다. 표준관입시험 결과 N치는 설계조사에 비해 전반적으로 증가한 경향을 보이며, 보통견고 내지 고결한 연경도를 보인다.

○ 강도분석

- 현장시험에 의한 분석 결과 표준관입시험 N치는 설계조사에 비해 전반적으로 증가한 형태를 보이며, 피죠콘관입시험에 의한 콘관입저항치는 899.0~5,894.0KPa로 나타났다.
- 베인시험 결과 전단강도는 54.2kpa로 나타났다.

○ 계측분석

- 본 검토구간의 분석결과 압밀도는 87.74 ~ 99.84%이며, 잔류침하량은 쌍곡선 0.17 ~ 1.61cm, 호시노 0.25 ~ 3.97cm, 아사오카 0.06~1.14cm의 값을 나타내었다. 따라서 금회 검토구간의 장래 잔류침하량이 허용잔류침하량 이내로 설계기준을 만족한다.

○ 종합분석

- 4LSBB-13-1,2에서 실시한 표준관입시험 N치는 설계조사에 비해 전반적으로 증가한 경향을 나타났으며, 연약지반도 출현 하지 않은 것으로 조사되었다.
- 현장 원위치시험 및 계측결과를 분석한 결과에 의하면 전반적으로 연약지반의 강도는 증가한 것으로 확인되어 연약지반의 개량이 이루어진 것으로 판단된다.

부 록

1. 평면도 및 종단면도
2. 시추주상도
3. 현장시험결과
4. 작업사진대지

1. 평면도 및 종단면도

이용선 STA. 2+840.00
이용선 STA. 3+640.00
KEY PLAN
구조 평면 및 종단면도-5
H=1:1,200 V=1:200
Incheon Airport
구조 평면 및 종단면도-5

2. 시추주상도

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-13-1
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48395.984	지반표고 ELEVATION	7.398 M
날짜 DATE	2021-03-15 - 2021-03-15	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 6.1 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
0.00		7.40	7.40		매립층	▶매립층 심도 : 0.00 ~ 7.40m 자갈,전석 및 호박돌 습윤갈색 * 자갈크기 : Φ3-20cm * SPT 불가 * 0.0-2.6m : 성토층(양버력) * 2.6~7.4m : 매립층	BD					
-1.90		9.30	1.90		매립층	▶매립층 심도 : 7.40 ~ 9.30m 자갈, 전석 섞인 실트질 모래 담회색 습윤 보통조밀한 상대밀도	SM	S-1	◎	8.0	12/30	
								S-2	◎	9.0	13/30	
-4.60		12.00	2.70		퇴적층	▶퇴적층 심도 : 9.30 ~ 12.00m 실트질 모래 암회색 습윤 느슨한 상대밀도	SM	S-3	◎	10.0	8/30	
								S-4	◎	11.0	6/30	
								S-5	◎	12.0	7/30	
-7.60		15.00	3.00		퇴적층	▶퇴적층 심도 : 12.00 ~ 15.00m 모래질 실트 암회색 습윤 보통견고한 연경도	ML	S-6	◎	13.0	8/30	
								S-7	◎	14.0	6/30	
								S-8	◎	15.0	9/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트질 모래 암회색 습윤 내지 보통조밀한 상대밀도	SM	S-9	◎	16.0	11/30	
								S-10	◎	17.0	13/30	
								S-11	◎	18.0	15/30	
								S-12	◎	19.0	14/30	
								S-13	◎	20.0	15/30	

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-13-1
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48395.984	지반표고 ELEVATION	7.398 M
날짜 DATE	2021-03-15 - 2021-03-15	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 6.1 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
								S-13	◎	20.0	15/30	
								S-14	◎	21.0	17/30	
								S-15	◎	22.0	16/30	
					퇴적층		SM	S-16	◎	23.0	15/30	
								S-17	◎	24.0	16/30	
								S-18	◎	25.0	18/30	
-18.60		26.00	11.00					S-19	◎	26.0	12/30	
						▶퇴적층 심도 : 26.00 ~ 35.70m 실트질 점토 녹갈색 내지 암회색 습윤 내지 매우견고한 연경도		S-20	◎	27.0	13/30	
								S-21	◎	28.0	12/30	
								S-22	◎	29.0	14/30	
								S-23	◎	30.0	15/30	
					퇴적층		CL	S-24	◎	31.0	15/30	
								S-25	◎	32.0	16/30	
								S-26	◎	33.0	15/30	
								S-27	◎	34.0	14/30	
								S-28	◎	35.0	18/30	
-28.30		35.70	9.70									
						▶퇴적층 심도 : 35.70 ~ 40.00m 실트질 모래 암회색 습윤 매우견고한 상대밀도		S-29	◎	36.0	40/30	
								S-30	◎	37.0	43/30	
					퇴적층		SM	S-31	◎	38.0	36/30	
								S-32	◎	39.0	35/30	
-32.60		40.00	4.30					S-33	◎	40.0	19/30	

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-13-1
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48395.984	지반표고 ELEVATION	7.398 M
날짜 DATE	2021-03-15 - 2021-03-15	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 6.1 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
					풍화토	▶풍화토 심도 : 40.00 ~ 52.00m 실트질 모래 황갈색 습윤 느슨 내지 매우조밀한 상대밀도	SM	S-33	◎	40.0	19/30	
								S-34	◎	41.0	26/30	
								S-35	◎	42.0	32/30	
								S-36	◎	43.0	36/30	
								S-37	◎	44.0	31/30	
								S-38	◎	45.0	35/30	
								S-39	◎	46.0	39/30	
								S-40	◎	47.0	44/30	
								S-41	◎	48.0	50/30	
								S-42	◎	49.0	50/25	
								S-43	◎	50.0	50/18	
								S-44	◎	51.0	50/13	
-44.60		52.00	12.00					S-45	◎	52.0	50/9	
					풍화암	▶풍화암 심도 : 52.00 ~ 59.00m 기반암인 화강암의 풍화암 굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해 황갈색 습윤 매우조밀한 상대밀도	WR	S-46	◎	53.0	50/10	
								S-47	◎	54.0	50/9	
								S-48	◎	55.0	50/10	
								S-49	◎	56.0	50/8	
								S-50	◎	57.0	50/5	
								S-51	◎	58.0	50/4	
-51.60		59.00	7.00					S-52	◎	59.0	50/6	
						* 심도 59.00 M 에서 시추종료						

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-13-2
위 치 LOCATION	X:25164.982, Y:48399.484	지반표고 ELEVATION	4.096 M
날짜 DATE	2021-03-18 - 2021-03-18	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 5.3 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
					매립층	▶매립층 심도 : 0.00 ~ 4.30m 자갈, 전석 섞인 실트질 모래 황갈색 습윤 * 자갈크기 : Φ3-20cm * SPT 불가	SM					
-0.20		4.30	4.30									
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 4.30 ~ 10.50m 실트질 모래 암회색 습윤 느슨한 상대밀도	SM	S-1	◎	5.0	6/30	
								S-2	◎	6.0	7/30	
								S-3	◎	7.0	6/30	
								S-4	◎	8.0	7/30	
								S-5	◎	9.0	7/30	
-6.40		10.50	6.20					S-6	◎	10.0	8/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 10.50 ~ 13.50m 모래질 실트 암회색 습윤 견고한 연경도	ML	S-7	◎	11.0	10/30	
								S-8	◎	12.0	12/30	
-9.40		13.50	3.00					S-9	◎	13.0	13/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 13.50 ~ 20.00m 실트질 모래 암회색 습윤 보통 조밀한 상대밀도	SM	S-10	◎	14.0	14/30	
								S-11	◎	15.0	17/30	
								S-12	◎	16.0	15/30	
								S-13	◎	17.0	14/30	
								S-14	◎	18.0	13/30	
								S-15	◎	19.0	13/30	
-15.90		20.00	6.50					S-16	◎	20.0	7/30	

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-13-2
위 치 LOCATION	X:25164.982, Y:48399.484	지반표고 ELEVATION	4.096 M
날짜 DATE	2021-03-18 - 2021-03-18	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 5.3 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 20.00 ~ 24.30m 실트질 점토 암녹색 내지 암회색 습윤 보통견고 내지 견고한 연경도	CL	S-16	◎	20.0	7/30	
								S-17	◎	21.0	6/30	
								S-18	◎	22.0	8/30	
								S-19	◎	23.0	10/30	
-20.20		24.30	4.30					S-20	◎	24.0	12/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 24.30 ~ 28.50m 모래질 실트 담회색 습윤 견고 내지 매우견고한 연경도	ML	S-21	◎	25.0	16/30	
								S-22	◎	26.0	16/30	
								S-23	◎	27.0	17/30	
-24.40		28.50	4.20					S-24	◎	28.0	14/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 28.50 ~ 33.70m 실트질 점토 담회색 내지 암회색 습윤 보통견고 내지 고결한 연경도	CL	S-25	◎	29.0	16/30	
								S-26	◎	30.0	15/30	
								S-27	◎	31.0	18/30	
								S-28	◎	32.0	20/30	
-29.60		33.70	5.20					S-29	◎	33.0	32/30	
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 33.70 ~ 37.50m 실트질 모래 담회색 내지 황갈색 습윤 보통조밀한 상대밀도	SM	S-30	◎	34.0	28/30	
								S-31	◎	35.0	26/30	
								S-32	◎	36.0	30/30	
								S-33	◎	37.0	26/30	
-33.40		37.50	3.80									
					퇴적층	▶퇴적층 심도 : 37.50 ~ 40.50m 모래질 실트 담회색 습윤 매우견고한 연경도	ML	S-34	◎	38.0	15/30	
								S-35	◎	39.0	22/30	
								S-36	◎	40.0	30/30	

시 추 주 상 도

DRILL LOG

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 확인조사	공번 HOLE No.	4LSBB-13-2
위 치 LOCATION	X:25164.982, Y:48399.484	지반표고 ELEVATION	4.096 M
날짜 DATE	2021-03-18 - 2021-03-18	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 5.3 M
		감독자 INSPECTOR	윤민규

(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
- ○ 자연시료 U.D.SAMPLE
- ◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
- ● 코어시료 CORE SAMPLE
- ⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic-kness M	주상도 Columnar Section	지층명	지 층 설 명 Description	통일분류 USCS	시료 Sample 시료번호	채취방법	채취심도	표준관입시험 Standard Penetration Test N치 (회/cm)	N blow 10 20 30 40 50
-36.40		40.50	3.00		퇴적층		ML	S-36	◎	40.0	30/30	
						▶풍화토 심도 : 40.50 ~ 50.00m 실트질 모래 습윤상태 조밀 내지 매우조밀한 상대밀도		S-37	◎	41.0	35/30	
								S-38	◎	42.0	45/30	
								S-39	◎	43.0	50/28	
								S-40	◎	44.0	50/24	
					풍화토		SM	S-41	◎	45.0	50/21	
								S-42	◎	46.0	50/19	
								S-43	◎	47.0	50/14	
								S-44	◎	48.0	50/18	
								S-45	◎	49.0	50/16	
-45.90		50.00	9.50					S-46	◎	50.0	50/8	
						▶풍화암 심도 : 50.00 ~ 57.00m 기반암인 화강암의 풍화암 굴진 및 타격시 실트질 모래로 분해 황갈색 습윤 매우조밀한 상대밀도		S-47	◎	51.0	50/9	
								S-48	◎	52.0	50/10	
								S-49	◎	53.0	50/10	
					풍화암		WR	S-50	◎	54.0	50/10	
								S-51	◎	55.0	50/6	
								S-52	◎	56.0	50/5	
-52.90		57.00	7.00					S-53	◎	57.0	50/3	
						* 심도 57.00 M 에서 시추종료						

3. 현장시험결과

인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사 피에조콘 관입시험

Hole No : 4LSBB-13-1

Depth	qc	fs	U	qt	Clay zone			Sand zone		Soil classification				
					Su	OCR	St	Dr(%)	φ'	Bq	Fr(%)	qc/Fs (%)	Soil Zone	Soil name
(m)	(kpa)	(kpa)	(kpa)	(kpa)	(kpa)									
10.100	1474.0	31.00	48.00	1494.2	87.83	2.9	7.1	-	26.2	0.01	2.35	2.10	4	Clayey silt to silty clay
10.125	1588.0	34.00	42.00	1605.6	95.23	3.1	7.0	-	26.8	0.00	2.38	2.14	4	Clayey silt to silty clay
10.150	1550.0	40.00	46.00	1569.3	92.78	3.0	5.8	-	26.6	0.00	2.87	2.58	4	Clayey silt to silty clay
10.175	1550.0	39.00	49.00	1570.6	92.83	3.0	6.0	-	26.6	0.01	2.80	2.52	4	Clayey silt to silty clay
10.200	1282.0	37.00	52.00	1303.8	75.02	2.5	5.2	-	25.1	0.01	3.29	2.89	4	Clayey silt to silty clay
10.225	1225.0	36.00	50.00	1246.0	71.14	2.3	5.1	-	24.7	0.01	3.37	2.94	4	Clayey silt to silty clay
10.250	1454.0	36.00	51.00	1475.4	86.40	2.8	6.1	-	26.1	0.01	2.78	2.48	4	Clayey silt to silty clay
10.275	1454.0	30.00	54.00	1476.7	86.46	2.8	7.3	-	26.1	0.01	2.31	2.06	4	Clayey silt to silty clay
10.300	1435.0	30.00	59.00	1459.8	85.30	2.8	7.2	-	25.9	0.01	2.34	2.09	4	Clayey silt to silty clay
10.325	1435.0	30.00	61.00	1460.6	85.33	2.8	7.2	-	25.9	0.01	2.34	2.09	4	Clayey silt to silty clay
10.350	1550.0	24.00	59.00	1574.8	92.91	3.0	9.7	-	26.5	0.01	1.72	1.55	4	Clayey silt to silty clay
10.375	1493.0	24.00	55.00	1516.1	88.97	2.9	9.3	-	26.2	0.01	1.80	1.61	4	Clayey silt to silty clay
10.400	1474.0	24.00	60.00	1499.2	87.81	2.8	9.2	-	26.1	0.01	1.82	1.63	4	Clayey silt to silty clay
10.425	1416.0	28.00	67.00	1444.1	84.11	2.7	7.6	-	25.8	0.02	2.22	1.98	4	Clayey silt to silty clay
10.450	1493.0	29.00	66.00	1520.7	89.19	2.9	7.7	-	26.2	0.02	2.17	1.94	4	Clayey silt to silty clay
10.475	1703.0	29.00	67.00	1731.1	103.19	3.3	8.8	-	27.2	0.02	1.87	1.70	4	Clayey silt to silty clay
10.500	1493.0	27.00	68.00	1521.6	89.19	2.9	8.3	-	26.2	0.02	2.02	1.81	4	Clayey silt to silty clay
10.525	1187.0	23.00	61.00	1212.6	68.56	2.2	7.7	-	24.4	0.02	2.24	1.94	4	Clayey silt to silty clay
10.550	1072.0	21.00	67.00	1100.1	61.03	2.0	7.7	-	23.6	0.02	2.29	1.96	4	Clayey silt to silty clay
10.575	938.0	21.00	75.00	969.5	52.30	1.7	6.7	-	22.5	0.04	2.68	2.24	3	Clays~clay to silty clay
10.600	1110.0	20.00	78.00	1142.8	63.82	2.0	8.3	-	23.8	0.03	2.09	1.80	4	Clayey silt to silty clay
10.625	3349.0	19.00	85.00	3384.7	213.25	6.8	26.4	14.1	31.9	0.01	0.59	0.57	5	Silty sand to sandy silt
10.650	5837.0	18.00	83.00	5871.9	379.03	12.1	48.6	37.1	35.6	0.01	0.32	0.31	6	Clean sands to silty sands
10.675	5894.0	18.00	86.00	5930.1	382.89	12.2	49.1	37.5	35.6	0.01	0.31	0.31	6	Clean sands to silty sands
10.700	5607.0	25.00	89.00	5644.4	363.81	11.6	33.6	35.4	35.3	0.01	0.46	0.45	6	Clean sands to silty sands
10.725	5110.0	35.00	93.00	5149.1	330.76	10.5	21.9	31.5	34.7	0.01	0.71	0.68	6	Clean sands to silty sands
10.750	4440.0	48.00	93.00	4479.1	286.06	9.1	13.9	25.6	33.8	0.01	1.12	1.08	5	Silty sand to sandy silt
10.775	4172.0	55.00	93.00	4211.1	268.17	8.5	11.4	23.0	33.4	0.01	1.37	1.32	5	Silty sand to sandy silt
10.800	4000.0	63.00	91.00	4038.2	256.61	8.1	9.5	21.2	33.1	0.01	1.64	1.58	5	Silty sand to sandy silt
10.825	4000.0	75.00	90.00	4037.8	256.56	8.1	8.0	21.2	33.1	0.01	1.95	1.88	5	Silty sand to sandy silt
10.850	3885.0	77.00	91.00	3923.2	248.89	7.9	7.6	20.0	32.9	0.01	2.06	1.98	5	Silty sand to sandy silt
10.875	3789.0	79.00	90.00	3826.8	242.43	7.7	7.2	18.9	32.7	0.01	2.17	2.08	5	Silty sand to sandy silt
10.900	3732.0	74.00	93.00	3771.1	238.69	7.5	7.6	18.3	32.6	0.01	2.07	1.98	5	Silty sand to sandy silt
10.925	3885.0	65.00	94.00	3924.5	248.89	7.8	9.0	19.9	32.8	0.01	1.74	1.67	5	Silty sand to sandy silt
10.950	3904.0	60.00	90.00	3941.8	250.01	7.9	9.8	20.1	32.9	0.01	1.60	1.54	5	Silty sand to sandy silt
10.975	3751.0	56.00	89.00	3788.4	239.75	7.5	10.0	18.4	32.6	0.01	1.56	1.49	5	Silty sand to sandy silt
11.000	3311.0	48.00	92.00	3349.6	210.48	6.6	10.3	13.2	31.7	0.01	1.52	1.45	5	Silty sand to sandy silt
11.025	3024.0	49.00	99.00	3065.6	191.51	6.0	9.3	9.4	31.1	0.02	1.71	1.62	5	Silty sand to sandy silt
11.050	3196.0	47.00	102.00	3238.8	203.03	6.4	10.2	11.6	31.5	0.02	1.54	1.47	5	Silty sand to sandy silt
11.075	3253.0	46.00	90.00	3290.9	206.47	6.4	10.6	12.3	31.6	0.01	1.49	1.41	5	Silty sand to sandy silt
11.100	3119.0	37.00	91.00	3157.2	197.53	6.2	12.6	10.6	31.3	0.01	1.25	1.19	5	Silty sand to sandy silt
11.125	2947.0	31.00	91.00	2985.2	186.04	5.8	14.3	8.2	30.9	0.01	1.11	1.05	5	Silty sand to sandy silt
11.150	2832.0	34.00	97.00	2872.7	178.51	5.6	12.5	6.5	30.6	0.02	1.27	1.20	5	Silty sand to sandy silt
11.175	2641.0	39.00	101.00	2683.4	165.86	5.2	10.2	3.6	30.1	0.02	1.57	1.48	5	Silty sand to sandy silt
11.200	2469.0	39.00	101.00	2511.4	154.36	4.8	9.5	0.8	29.6	0.02	1.68	1.58	5	Silty sand to sandy silt
11.225	2182.0	39.00	106.00	2226.5	135.34	4.2	8.4	-	28.7	0.03	1.92	1.79	5	Silty sand to sandy silt
11.250	1856.0	40.00	100.00	1898.0	113.41	3.5	7.0	-	27.5	0.03	2.35	2.16	4	Clayey silt to silty clay
11.275	1550.0	38.00	104.00	1593.7	93.09	2.9	6.1	-	26.1	0.04	2.72	2.45	4	Clayey silt to silty clay
11.300	1435.0	45.00	102.00	1477.8	85.34	2.6	4.8	-	25.5	0.04	3.52	3.14	4	Clayey silt to silty clay
11.325	1493.0	42.00	102.00	1535.6	89.18	2.7	5.3	-	25.8	0.04	3.14	2.81	4	Clayey silt to silty clay
11.350	1493.0	42.00	98.00	1534.2	89.04	2.7	5.3	-	25.8	0.03	3.14	2.81	4	Clayey silt to silty clay
11.375	1493.0	42.00	103.00	1536.3	89.15	2.7	5.3	-	25.8	0.04	3.14	2.81	4	Clayey silt to silty clay
11.400	1493.0	42.00	99.00	1534.6	89.01	2.7	5.3	-	25.8	0.03	3.15	2.81	4	Clayey silt to silty clay
11.425	1780.0	34.00	101.00	1822.4	108.17	3.3	7.9	-	27.1	0.03	2.10	1.91	4	Clayey silt to silty clay
11.450	1665.0	35.00	104.00	1708.7	100.55	3.1	7.1	-	26.6	0.03	2.32	2.10	4	Clayey silt to silty clay
11.475	1435.0	34.00	101.00	1477.4	85.11	2.6	6.3	-	25.5	0.04	2.66	2.37	4	Clayey silt to silty clay
11.500	1301.0	29.00	107.00	1345.9	76.31	2.3	6.7	-	24.7	0.05	2.53	2.23	4	Clayey silt to silty clay
11.525	1378.0	29.00	113.00	1425.5	81.58	2.5	7.1	-	25.1	0.05	2.37	2.10	4	Clayey silt to silty clay
11.550	1474.0	28.00	114.00	1521.9	87.98	2.7	7.9	-	25.6	0.05	2.12	1.90	4	Clayey silt to silty clay
11.575	1646.0	29.00	117.00	1695.1	99.51	3.0	8.5	-	26.5	0.04	1.94	1.76	4	Clayey silt to silty clay
11.600	1856.0	26.00	118.00	1905.6	113.50	3.5	10.7	-	27.4	0.04	1.53	1.40	4	Clayey silt to silty clay
11.625	2239.0	25.00	120.00	2289.4	139.06	4.2	13.4	-	28.7	0.03	1.20	1.12	5	Silty sand to sandy silt
11.650	2182.0	23.00	119.00	2232.0	135.21	4.1	14.2	-	28.5	0.03	1.13	1.05	4	Clayey silt to silty clay
11.675	1914.0	25.00	121.00	1964.8	117.37	3.6	11.5	-	27.6	0.04	1.42	1.31	4	Clayey silt to silty clay
11.700	1722.0	31.00	122.00	1773.2	104.57	3.2	8.3	-	26.8	0.04	1.98	1.80	4	Clayey silt to silty clay
11.725	1990.0	27.00	122.00	2041.2	122.40	3.7	11.1	-	27.8	0.04	1.47	1.36	4	Clayey silt to silty clay
11.750	3483.0	31.00	120.00	3533.4	221.85	6.7	16.9	14.4	31.8	0.02	0.93	0.89	5	Silty sand to sandy silt
11.775	3119.0	32.00	123.00	3170.7	197.64	6.0	14.6	9.8	31.0	0.02	1.08	1.03	5	Silty sand to sandy silt
11.800	2985.0	30.00	121.00	3035.8	188.62	5.7	14.9	7.9	30.7	0.02	1.06	1.01	5	Silty sand to sandy silt
11.825	2698.0	31.00	124.00	2750.1	169.54	5.1	13.1	3.7	30.0	0.03	1.22	1.15	5	Silty sand to sandy silt
11.850	3100.0	52.00	124.00	3152.1	196.31	5.9	8.9	9.4	31.0	0.02	1.77	1.68	5	Silty sand to sandy silt
11.875	3311.0	53.00	123.00	3362.7	210.32	6.3	9.4	12.1	31.4	0.02	1.68	1.60	5	Silty sand to sandy silt

Depth	qc	fs	U	qt	Clay zone			Sand zone		Soil classification				
(m)	(kpa)	(kpa)	(kpa)	(kpa)	Su (kpa)	OCR	St	Dr(%)	φ'	Bq	Fr(%)	qc/Fs (%)	Soil Zone	Soil name
11.900	3942.0	51.00	124.00	3994.1	252.39	7.6	11.6	19.4	32.6	0.02	1.35	1.29	5	Silty sand to sandy silt
11.925	4057.0	51.00	126.00	4109.9	260.08	7.8	11.9	20.5	32.8	0.02	1.31	1.26	5	Silty sand to sandy silt
11.950	4497.0	50.00	127.00	4550.3	289.41	8.8	13.5	24.8	33.5	0.02	1.15	1.11	5	Silty sand to sandy silt
11.975	3119.0	37.00	120.00	3169.4	197.32	5.9	12.6	9.6	31.0	0.02	1.25	1.19	5	Silty sand to sandy silt
12.000	2775.0	33.00	117.00	2824.1	174.28	5.2	12.6	4.7	30.1	0.02	1.26	1.19	5	Silty sand to sandy silt
12.025	2737.0	42.00	111.00	2783.6	171.55	5.1	9.8	4.1	30.0	0.02	1.63	1.53	5	Silty sand to sandy silt
12.050	2507.0	44.00	112.00	2554.0	156.21	4.6	8.5	0.4	29.4	0.02	1.88	1.76	5	Silty sand to sandy silt
12.075	2277.0	54.00	109.00	2322.8	140.76	4.2	6.3	–	28.7	0.02	2.56	2.37	5	Silty sand to sandy silt
12.100	2354.0	59.00	107.00	2398.9	145.81	4.3	6.0	–	28.9	0.02	2.70	2.51	5	Silty sand to sandy silt
12.125	3081.0	52.00	110.00	3127.2	194.33	5.8	8.9	8.9	30.8	0.02	1.78	1.69	5	Silty sand to sandy silt
12.150	3808.0	44.00	109.00	3853.8	242.74	7.2	13.0	17.6	32.3	0.01	1.21	1.16	5	Silty sand to sandy silt
12.175	4000.0	37.00	108.00	4045.4	255.49	7.5	16.2	19.6	32.6	0.01	0.97	0.93	5	Silty sand to sandy silt
12.200	3808.0	35.00	114.00	3855.9	242.83	7.2	16.3	17.6	32.3	0.01	0.96	0.92	5	Silty sand to sandy silt
12.225	3942.0	36.00	106.00	3986.5	251.51	7.4	16.4	19.0	32.5	0.01	0.95	0.91	5	Silty sand to sandy silt
12.250	4268.0	35.00	117.00	4317.1	273.52	8.1	18.3	22.3	33.0	0.01	0.85	0.82	5	Silty sand to sandy silt
12.275	3981.0	50.00	116.00	4029.7	254.33	7.5	11.9	19.3	32.5	0.01	1.31	1.26	5	Silty sand to sandy silt
12.300	3770.0	58.00	119.00	3820.0	240.32	7.1	9.8	17.1	32.2	0.02	1.61	1.54	5	Silty sand to sandy silt
12.325	3521.0	56.00	110.00	3567.2	223.43	6.6	9.4	14.2	31.7	0.01	1.67	1.59	5	Silty sand to sandy silt
12.350	3100.0	52.00	114.00	3147.9	195.45	5.7	8.9	8.9	30.8	0.02	1.77	1.68	5	Silty sand to sandy silt
12.375	5588.0	55.00	120.00	5638.4	361.46	10.6	15.2	33.3	34.7	0.01	1.01	0.98	6	Clean sands to silty sands
12.400	4784.0	41.00	122.00	4835.2	307.88	9.0	17.5	26.8	33.7	0.01	0.89	0.86	5	Silty sand to sandy silt
12.425	4861.0	33.00	123.00	4912.7	313.01	9.1	22.1	27.5	33.8	0.01	0.70	0.68	5	Silty sand to sandy silt
12.450	3272.0	33.00	127.00	3325.3	207.16	6.0	14.9	11.0	31.1	0.02	1.06	1.01	5	Silty sand to sandy silt
12.475	2143.0	29.00	129.00	2197.2	131.92	3.8	11.1	–	28.1	0.03	1.47	1.35	4	Clayey silt to silty clay
12.500	2143.0	47.00	123.00	2194.7	131.73	3.8	6.8	–	28.1	0.03	2.38	2.19	4	Clayey silt to silty clay
12.525	1780.0	54.00	121.00	1830.8	107.44	3.1	4.9	–	26.7	0.04	3.35	3.03	4	Clayey silt to silty clay
12.550	1952.0	56.00	123.00	2003.7	118.94	3.5	5.2	–	27.4	0.03	3.14	2.87	4	Clayey silt to silty clay
12.575	1952.0	51.00	123.00	2003.7	118.91	3.4	5.7	–	27.4	0.03	2.86	2.61	4	Clayey silt to silty clay
12.600	1627.0	54.00	125.00	1679.5	97.27	2.8	4.5	–	26.0	0.04	3.70	3.32	4	Clayey silt to silty clay
12.625	1187.0	50.00	126.00	1239.9	67.93	2.0	3.6	–	23.5	0.06	4.91	4.21	4	Clayey silt to silty clay
12.650	938.0	42.00	129.00	992.2	51.39	1.5	3.4	–	21.6	0.08	5.45	4.48	3	Clays–clay to silty clay
12.675	899.0	40.00	127.00	952.3	48.70	1.4	3.4	–	21.3	0.08	5.48	4.45	3	Clays–clay to silty clay
12.700	957.0	32.00	128.00	1010.8	52.57	1.5	4.5	–	21.8	0.08	4.06	3.34	3	Clays–clay to silty clay
12.725	995.0	24.00	132.00	1050.4	55.18	1.6	6.2	–	22.1	0.08	2.90	2.41	3	Clays–clay to silty clay
12.750	995.0	24.00	129.00	1049.2	55.07	1.6	6.2	–	22.1	0.08	2.91	2.41	3	Clays–clay to silty clay
12.775	1818.0	35.00	131.00	1873.0	109.96	3.2	7.8	–	26.8	0.04	2.12	1.93	4	Clayey silt to silty clay
12.800	1799.0	28.00	105.00	1843.1	107.94	3.1	9.6	–	26.7	0.02	1.73	1.56	4	Clayey silt to silty clay
12.825	1646.0	26.00	112.00	1693.0	97.91	2.8	9.5	–	26.0	0.03	1.77	1.58	4	Clayey silt to silty clay
12.850	1761.0	25.00	117.00	1810.1	105.68	3.0	10.6	–	26.5	0.03	1.58	1.42	4	Clayey silt to silty clay
12.875	1722.0	24.00	123.00	1773.7	103.22	2.9	10.8	–	26.3	0.04	1.55	1.39	4	Clayey silt to silty clay
12.900	1435.0	26.00	124.00	1487.1	84.09	2.4	8.3	–	24.9	0.04	2.06	1.81	4	Clayey silt to silty clay
12.925	1512.0	27.00	124.00	1564.1	89.19	2.5	8.4	–	25.3	0.04	2.02	1.79	4	Clayey silt to silty clay
12.950	1665.0	46.00	128.00	1718.8	99.48	2.8	5.4	–	26.0	0.04	3.08	2.76	4	Clayey silt to silty clay
12.975	2411.0	50.00	131.00	2466.0	149.26	4.2	7.2	–	28.8	0.03	2.23	2.07	5	Silty sand to sandy silt
13.000	2411.0	27.00	134.00	2467.3	149.32	4.2	13.4	–	28.8	0.03	1.21	1.12	5	Silty sand to sandy silt
13.025	1435.0	27.00	130.00	1489.6	84.11	2.4	8.0	–	24.9	0.05	2.14	1.88	4	Clayey silt to silty clay
13.050	1091.0	29.00	132.00	1146.4	61.20	1.7	5.6	–	22.7	0.07	3.16	2.66	3	Clays–clay to silty clay
13.075	1091.0	24.00	133.00	1146.9	61.20	1.7	6.8	–	22.7	0.07	2.61	2.20	3	Clays–clay to silty clay
13.100	1167.0	21.00	134.00	1223.3	66.27	1.9	8.3	–	23.2	0.06	2.11	1.80	3	Clays–clay to silty clay
13.125	1301.0	21.00	135.00	1357.7	75.20	2.1	9.3	–	24.1	0.06	1.86	1.61	4	Clayey silt to silty clay
13.150	1416.0	18.00	143.00	1476.1	83.06	2.3	11.8	–	24.7	0.06	1.44	1.27	4	Clayey silt to silty clay
13.175	1512.0	13.00	139.00	1570.4	89.32	2.5	17.4	–	25.2	0.05	0.97	0.86	4	Clayey silt to silty clay
13.200	1493.0	12.00	136.00	1550.1	87.94	2.5	18.7	–	25.1	0.05	0.91	0.80	4	Clayey silt to silty clay
13.225	1474.0	17.00	131.00	1529.0	86.51	2.4	13.0	–	25.0	0.05	1.31	1.15	4	Clayey silt to silty clay
13.250	1378.0	22.00	137.00	1435.5	80.24	2.3	9.4	–	24.5	0.05	1.83	1.60	4	Clayey silt to silty clay
13.275	1474.0	19.00	127.00	1527.3	86.34	2.4	11.6	–	25.0	0.04	1.47	1.29	4	Clayey silt to silty clay
13.300	1837.0	19.00	135.00	1893.7	110.73	3.1	14.5	–	26.7	0.04	1.14	1.03	4	Clayey silt to silty clay
13.325	1952.0	24.00	142.00	2011.6	118.56	3.3	12.2	–	27.1	0.04	1.35	1.23	4	Clayey silt to silty clay
13.350	1971.0	24.00	146.00	2032.3	119.91	3.3	12.3	–	27.2	0.04	1.33	1.22	4	Clayey silt to silty clay
13.375	1971.0	52.00	145.00	2031.9	119.86	3.3	5.7	–	27.2	0.04	2.89	2.64	4	Clayey silt to silty clay
13.400	2029.0	56.00	135.00	2085.7	123.41	3.4	5.4	–	27.4	0.03	3.03	2.76	4	Clayey silt to silty clay
13.425	2009.0	48.00	124.00	2061.1	121.74	3.4	6.3	–	27.3	0.03	2.63	2.39	4	Clayey silt to silty clay
13.450	2239.0	42.00	128.00	2292.8	137.16	3.8	8.0	–	28.1	0.03	2.04	1.88	4	Clayey silt to silty clay
13.475	2469.0	42.00	133.00	2524.9	152.60	4.2	8.8	–	28.8	0.03	1.83	1.70	5	Silty sand to sandy silt
13.500	2851.0	50.00	119.00	2901.0	177.65	4.9	8.6	4.2	29.8	0.02	1.88	1.75	5	Silty sand to sandy silt
13.525	3483.0	50.00	124.00	3535.1	219.89	6.1	10.4	12.4	31.2	0.02	1.52	1.44	5	Silty sand to sandy silt
13.550	4172.0	49.00	126.00	4224.9	265.85	7.4	12.8	19.9	32.5	0.01	1.23	1.17	5	Silty sand to sandy silt
13.575	4344.0	46.00	124.00	4396.1	277.23	7.7	14.2	21.6	32.7	0.01	1.11	1.06	5	Silty sand to sandy silt
13.600	4421.0	41.00	121.00	4471.8	282.25	7.8	16.2	22.3	32.8	0.01	0.97	0.93	5	Silty sand to sandy silt
13.625	4497.0	45.00	126.00	4549.9	287.43	7.9	15.0	22.9	32.9	0.01	1.04	1.00	5	Silty sand to sandy silt
13.650	4574.0	51.00	124.00	4626.1	292.48	8.1	13.5	23.6	33.0	0.01	1.16	1.11	5	Silty sand to sandy silt
13.675	4708.0	60.00	118.00	4757.6	301.22	8.3	11.8	24.8	33.2	0.01	1.33	1.27	5	Silty sand to sandy silt
13.700	5033.0	84.00	116.00	5081.7	322.80	8.9	9.0	27.5	33.7	0.01	1.73	1.67	5	Silty sand to sandy silt
13.725	4995.0	90.00	117.00	5044.1	320.26	8.8	8.3	27.2	33.6	0.01	1.87	1.80	5	Silty sand to sandy silt

Depth	qc	fs	U	qt	Clay zone			Sand zone		Soil classification				
					Su	OCR	St	Dr(%)	φ'	Bq	Fr(%)	qc/Fs (%)	Soil Zone	Soil name
(m)	(kpa)	(kpa)	(kpa)	(kpa)	(kpa)									
13.750	5014.0	86.00	119.00	5064.0	321.56	8.8	8.7	27.3	33.6	0.01	1.78	1.72	5	Silty sand to sandy silt
13.775	4555.0	79.00	123.00	4606.7	291.04	8.0	8.6	25.3	33.0	0.01	1.81	1.73	5	Silty sand to sandy silt
13.800	4038.0	82.00	125.00	4090.5	256.60	7.0	7.4	18.3	32.2	0.01	2.13	2.03	5	Silty sand to sandy silt
13.825	4899.0	92.00	127.00	4952.3	314.03	8.6	8.0	26.3	33.4	0.01	1.95	1.88	5	Silty sand to sandy silt
13.850	5473.0	88.00	121.00	5523.8	352.10	9.6	9.3	30.8	34.2	0.01	1.67	1.61	5	Silty sand to sandy silt
13.875	5091.0	75.00	119.00	5141.0	326.54	8.9	10.2	27.8	33.7	0.01	1.53	1.47	5	Silty sand to sandy silt
13.900	4727.0	71.00	123.00	4778.7	302.36	8.2	10.0	24.7	33.2	0.01	1.57	1.50	5	Silty sand to sandy silt
13.925	4363.0	70.00	126.00	4415.5	278.12	7.6	9.3	21.4	32.6	0.01	1.68	1.60	5	Silty sand to sandy silt
13.950	3655.0	64.00	129.00	3709.2	231.00	6.3	8.6	14.0	31.4	0.01	1.85	1.75	5	Silty sand to sandy silt
13.975	2966.0	64.00	132.00	3021.4	185.13	5.0	7.0	5.3	30.0	0.02	2.30	2.16	5	Silty sand to sandy silt
14.000	2296.0	66.00	133.00	2351.9	140.46	3.8	5.2	–	28.1	0.03	3.13	2.87	4	Clayey silt to silty clay
14.025	1722.0	70.00	142.00	1781.6	102.41	2.8	3.7	–	25.9	0.04	4.56	4.07	4	Clayey silt to silty clay
14.050	1435.0	75.00	143.00	1495.1	83.28	2.3	2.9	–	24.5	0.05	6.00	5.23	4	Clayey silt to silty clay
14.075	1550.0	69.00	154.00	1614.7	91.22	2.5	3.4	–	25.1	0.05	5.04	4.45	4	Clayey silt to silty clay
14.100	2086.0	63.00	163.00	2150.3	126.90	3.4	5.0	–	27.4	0.04	3.31	3.02	4	Clayey silt to silty clay
14.125	2086.0	48.00	149.00	2148.6	126.76	3.4	6.5	–	27.3	0.04	2.52	2.30	4	Clayey silt to silty clay
14.150	2136.0	49.00	153.00	2200.3	130.18	3.5	6.5	–	27.5	0.04	2.51	2.29	4	Clayey silt to silty clay
14.175	2032.0	42.00	152.00	2095.8	123.19	3.3	7.3	–	27.1	0.04	2.27	2.07	4	Clayey silt to silty clay
14.200	1668.0	41.00	156.00	1733.5	99.00	2.7	6.1	–	25.6	0.05	2.76	2.46	4	Clayey silt to silty clay
14.225	1572.0	44.00	157.00	1637.9	92.60	2.5	5.4	–	25.2	0.05	3.17	2.80	4	Clayey silt to silty clay
14.250	1993.0	50.00	156.00	2058.1	120.58	3.2	6.0	–	27.0	0.04	2.76	2.51	4	Clayey silt to silty clay
14.275	2163.0	54.00	154.00	2227.7	131.86	3.5	6.0	–	27.6	0.04	2.73	2.50	4	Clayey silt to silty clay
14.300	2824.0	58.00	153.00	2888.3	175.87	4.7	7.3	2.9	29.5	0.03	2.20	2.05	5	Silty sand to sandy silt
14.325	2534.0	62.00	152.00	2597.8	156.48	4.2	6.1	–	28.7	0.03	2.64	2.45	5	Silty sand to sandy silt
14.350	3448.0	57.00	152.00	3511.6	217.38	5.8	9.1	11.2	30.9	0.02	1.75	1.65	5	Silty sand to sandy silt
14.375	3180.0	53.00	154.00	3244.7	199.54	5.3	9.0	7.8	30.3	0.02	1.77	1.67	5	Silty sand to sandy silt
14.400	2510.0	55.00	158.00	2576.4	154.96	4.1	6.8	–	28.6	0.03	2.37	2.19	4	Clayey silt to silty clay
14.425	2264.0	59.00	161.00	2351.6	139.95	3.7	5.8	–	27.9	0.04	2.81	2.58	4	Clayey silt to silty clay
14.450	2696.0	57.00	160.00	2761.0	167.21	4.4	7.1	0.9	29.1	0.03	2.27	2.11	5	Silty sand to sandy silt
14.475	2756.0	63.00	151.00	2819.4	171.07	4.5	6.6	1.7	29.3	0.03	2.46	2.29	5	Silty sand to sandy silt
14.500	3234.0	66.00	135.00	3290.7	202.46	5.4	7.4	8.4	30.4	0.02	2.17	2.04	5	Silty sand to sandy silt
14.525	3904.0	72.00	136.00	3961.1	247.13	6.5	8.1	16.1	31.7	0.01	1.94	1.84	5	Silty sand to sandy silt
14.550	4478.0	75.00	150.00	4541.0	285.76	7.6	9.0	21.8	32.6	0.02	1.75	1.67	5	Silty sand to sandy silt
14.575	4650.0	65.00	132.00	4705.4	296.69	7.8	10.7	23.3	32.9	0.01	1.46	1.40	5	Silty sand to sandy silt
14.600	4842.0	66.00	115.00	4890.3	308.99	8.2	11.0	25.0	33.1	0.01	1.42	1.36	5	Silty sand to sandy silt
14.625	5033.0	75.00	135.00	5089.7	322.25	8.5	10.1	26.6	33.4	0.01	1.55	1.49	5	Silty sand to sandy silt
14.650	5186.0	78.00	139.00	5244.4	332.53	8.8	10.0	27.8	33.6	0.01	1.56	1.50	5	Silty sand to sandy silt
14.675	5320.0	84.00	116.00	5368.7	340.79	9.0	9.5	28.8	33.7	0.01	1.64	1.58	5	Silty sand to sandy silt
14.700	5358.0	94.00	137.00	5415.5	343.89	9.0	8.6	29.1	33.8	0.01	1.82	1.75	5	Silty sand to sandy silt
14.725	5339.0	97.00	131.00	5394.0	342.42	9.0	8.3	28.9	33.7	0.01	1.89	1.82	5	Silty sand to sandy silt
14.750	5205.0	97.00	118.00	5254.6	333.10	8.7	8.0	27.9	33.6	0.01	1.94	1.86	5	Silty sand to sandy silt
14.775	5071.0	98.00	138.00	5129.0	324.69	8.5	7.8	26.7	33.4	0.01	2.01	1.93	5	Silty sand to sandy silt
14.800	5014.0	99.00	142.00	5073.6	320.98	8.4	7.6	26.2	33.3	0.01	2.06	1.97	5	Silty sand to sandy silt
14.825	4976.0	95.00	137.00	5033.5	318.27	8.3	7.9	25.9	33.2	0.01	1.99	1.91	5	Silty sand to sandy silt
14.850	4899.0	92.00	129.00	4953.2	312.89	8.2	8.0	25.2	33.1	0.01	1.96	1.88	5	Silty sand to sandy silt
14.875	4899.0	91.00	143.00	4959.1	313.25	8.2	8.1	25.2	33.1	0.01	1.94	1.86	5	Silty sand to sandy silt
14.900	4899.0	90.00	133.00	4954.9	312.94	8.2	8.2	25.2	33.1	0.01	1.92	1.84	5	Silty sand to sandy silt
14.925	4880.0	86.00	146.00	4941.3	312.01	8.1	8.3	25.0	33.1	0.01	1.88	1.80	5	Silty sand to sandy silt
14.950	4880.0	87.00	131.00	4935.0	311.56	8.1	8.4	25.0	33.1	0.01	1.86	1.78	5	Silty sand to sandy silt
14.975	4784.0	87.00	140.00	4842.8	305.38	7.9	8.2	24.1	32.9	0.01	1.90	1.82	5	Silty sand to sandy silt
15.000	4669.0	86.00	127.00	4722.3	297.32	7.7	8.1	23.1	32.8	0.01	1.93	1.84	5	Silty sand to sandy silt
15.025	4574.0	86.00	120.00	4624.4	290.76	7.5	8.0	22.2	32.6	0.01	1.97	1.88	5	Silty sand to sandy silt
15.050	4497.0	86.00	122.00	4548.2	285.66	7.4	7.8	21.5	32.5	0.01	2.01	1.91	5	Silty sand to sandy silt
15.075	4497.0	86.00	118.00	4546.6	285.52	7.4	7.8	21.5	32.5	0.01	2.01	1.91	5	Silty sand to sandy silt
15.100	4478.0	84.00	139.00	4536.4	284.81	7.4	8.0	21.3	32.5	0.01	1.97	1.88	5	Silty sand to sandy silt
15.125	4459.0	82.00	142.00	4518.6	283.60	7.3	8.2	21.1	32.4	0.01	1.93	1.84	5	Silty sand to sandy silt
15.150	4421.0	82.00	136.00	4478.1	280.87	7.2	8.1	20.7	32.4	0.01	1.95	1.85	5	Silty sand to sandy silt
15.175	4402.0	81.00	130.00	4456.6	279.40	7.2	8.2	20.5	32.3	0.01	1.93	1.84	5	Silty sand to sandy silt
15.200	4382.0	80.00	117.00	4431.1	277.68	7.1	8.2	20.3	32.3	0.01	1.92	1.83	5	Silty sand to sandy silt
15.225	4382.0	80.00	118.00	4431.6	277.67	7.1	8.2	20.2	32.3	0.01	1.92	1.83	5	Silty sand to sandy silt
15.250	4421.0	82.00	113.00	4468.5	280.11	7.2	8.1	20.6	32.3	0.01	1.95	1.85	5	Silty sand to sandy silt
15.275	4497.0	85.00	106.00	4541.5	284.95	7.3	7.9	21.3	32.4	0.00	1.99	1.89	5	Silty sand to sandy silt
15.300	4612.0	87.00	109.00	4657.8	292.67	7.5	8.0	22.3	32.6	0.00	1.98	1.89	5	Silty sand to sandy silt
15.325	4708.0	89.00	112.00	4755.0	299.12	7.7	7.9	23.1	32.7	0.00	1.98	1.89	5	Silty sand to sandy silt
15.350	4823.0	97.00	109.00	4868.8	306.68	7.8	7.5	24.1	32.9	0.00	2.11	2.01	5	Silty sand to sandy silt
15.375	5837.0	109.00	103.00	5880.3	374.08	9.5	8.0	32.0	34.1	0.00	1.94	1.87	6	Clean sands to silty sands

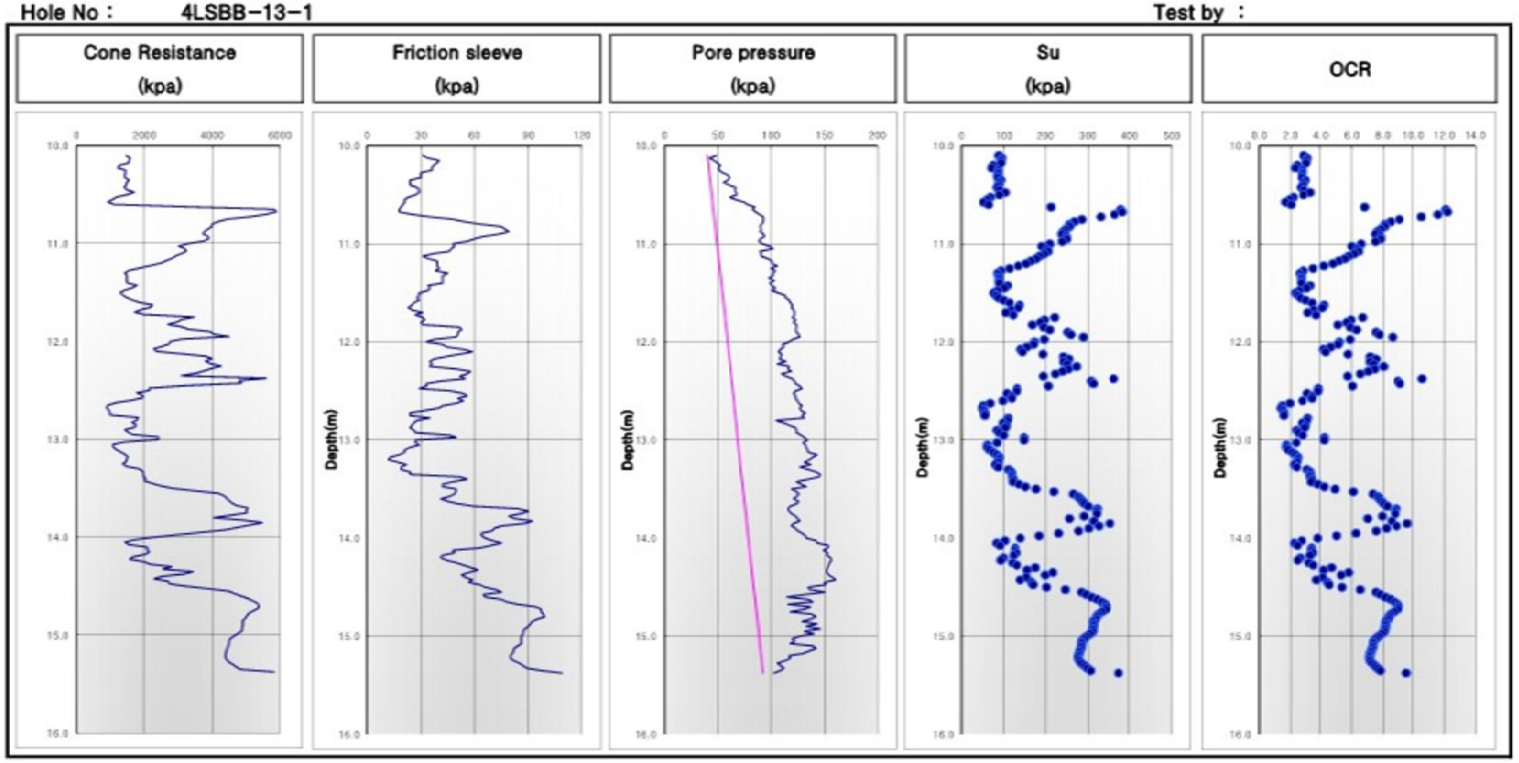
Cone Penetration Test Result

Project name :인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사 피에조콘 관입시험

Date : 2021. 03

Hole No : 4LSBB-13-1

Test by :



인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사 소산시험

4LSBB-13-1 시험심도 : 12.78 m

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
0.1	134.0	1.00
1.2	134.0	1.00
1.5	134.0	1.00
1.8	134.0	1.00
2.1	134.0	1.00
2.4	134.0	1.00
2.7	134.0	1.00
3.0	134.0	1.00
3.2	134.0	1.00
3.6	134.0	1.00
3.8	134.0	1.00
4.1	134.0	1.00
4.4	134.0	1.00
4.8	134.0	1.00
5.0	134.0	1.00
5.3	134.0	1.00
5.6	133.0	0.99
5.9	133.0	0.99
6.2	133.0	0.99
6.5	133.0	0.99
6.8	133.0	0.99
7.0	133.0	0.99
7.4	133.0	0.99
7.7	133.0	0.99
8.0	133.0	0.99
8.2	133.0	0.99
8.7	133.0	0.99
9.2	133.0	0.99
10.0	132.0	0.97
10.5	132.0	0.97
11.0	132.0	0.97
11.6	132.0	0.97
12.0	132.0	0.97
12.6	132.0	0.97
13.1	132.0	0.97
13.6	132.0	0.97
14.0	132.0	0.97
14.6	132.0	0.97
15.2	132.0	0.97
15.7	132.0	0.97
16.2	132.0	0.97
16.9	131.0	0.96
17.3	131.0	0.96
18.0	131.0	0.96
18.5	131.0	0.96
19.0	131.0	0.96
19.5	131.0	0.96
20.0	131.0	0.96
20.6	131.0	0.96
21.1	131.0	0.96
21.6	131.0	0.96
22.3	131.0	0.96
22.8	131.0	0.96
23.4	130.0	0.94
24.0	130.0	0.94
24.5	130.0	0.94
25.1	130.0	0.94
25.5	130.0	0.94
26.1	130.0	0.94
26.7	130.0	0.94
27.3	130.0	0.94
27.9	130.0	0.94
28.5	130.0	0.94
29.0	130.0	0.94

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
29.4	129.0	0.93
30.0	129.0	0.93
30.6	129.0	0.93
31.1	129.0	0.93
31.7	129.0	0.93
32.2	129.0	0.93
32.7	129.0	0.93
33.3	129.0	0.93
33.8	129.0	0.93
34.4	129.0	0.93
34.9	128.0	0.91
35.5	128.0	0.91
36.1	128.0	0.91
36.6	128.0	0.91
37.0	128.0	0.91
37.6	128.0	0.91
38.1	128.0	0.91
38.6	128.0	0.91
39.3	128.0	0.91
39.8	128.0	0.91
40.3	128.0	0.91
40.8	128.0	0.91
41.4	128.0	0.91
42.1	128.0	0.91
42.7	127.0	0.90
43.3	127.0	0.90
43.7	127.0	0.90
44.3	127.0	0.90
44.9	127.0	0.90
45.4	127.0	0.90
46.0	127.0	0.90
46.4	127.0	0.90
46.9	127.0	0.90
47.5	127.0	0.90
48.1	127.0	0.90
48.6	127.0	0.90
49.2	127.0	0.90
49.6	127.0	0.90
50.2	127.0	0.90
50.8	127.0	0.90
51.8	127.0	0.90
52.9	127.0	0.90
53.9	126.0	0.88
54.9	126.0	0.88
56.0	126.0	0.88
56.8	126.0	0.88
57.9	126.0	0.88
58.8	126.0	0.88
59.8	126.0	0.88
60.8	126.0	0.88
61.9	126.0	0.88
62.8	125.0	0.87
63.8	125.0	0.87
64.7	125.0	0.87
65.7	125.0	0.87
66.8	125.0	0.87
67.8	125.0	0.87
68.9	125.0	0.87
69.7	125.0	0.87
70.6	125.0	0.87
71.6	124.0	0.85
72.8	124.0	0.85
73.7	124.0	0.85
74.8	124.0	0.85

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
75.6	124.0	0.85
76.5	124.0	0.85
77.4	124.0	0.85
78.2	124.0	0.85
79.1	124.0	0.85
80.1	123.0	0.84
80.9	123.0	0.84
81.8	123.0	0.84
82.6	123.0	0.84
83.5	123.0	0.84
84.3	123.0	0.84
85.2	123.0	0.84
86.2	123.0	0.84
87.0	123.0	0.84
87.9	123.0	0.84
88.8	122.0	0.82
89.6	122.0	0.82
90.6	122.0	0.82
91.5	122.0	0.82
92.3	122.0	0.82
93.2	122.0	0.82
94.0	122.0	0.82
94.9	122.0	0.82
95.7	122.0	0.82
96.6	121.0	0.81
97.6	121.0	0.81
98.4	121.0	0.81
99.4	121.0	0.81
100.2	121.0	0.81
101.2	121.0	0.81
102.0	121.0	0.81
103.0	121.0	0.81
103.7	121.0	0.81
104.7	120.0	0.79
105.5	120.0	0.79
106.4	120.0	0.79
107.4	120.0	0.79
108.2	120.0	0.79
109.0	120.0	0.79
110.0	120.0	0.79
110.8	120.0	0.79
111.7	120.0	0.79
112.6	120.0	0.79
113.4	120.0	0.79
114.3	120.0	0.79
115.2	120.0	0.79
116.0	119.0	0.78
117.0	119.0	0.78
117.9	119.0	0.78
118.7	119.0	0.78
119.7	119.0	0.78
120.5	119.0	0.78
121.3	119.0	0.78
122.3	119.0	0.78
123.2	119.0	0.78
124.1	119.0	0.78
124.9	119.0	0.78
125.8	119.0	0.78
126.6	119.0	0.78
127.6	119.0	0.78
128.4	118.0	0.76
129.3	118.0	0.76
130.2	118.0	0.76
131.1	118.0	0.76

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
131.9	118.0	0.76
132.8	118.0	0.76
133.8	118.0	0.76
134.6	118.0	0.76
135.5	118.0	0.76
136.4	118.0	0.76
137.2	118.0	0.76
139.0	118.0	0.76
140.8	117.0	0.75
142.5	117.0	0.75
144.2	117.0	0.75
146.0	117.0	0.75
147.8	117.0	0.75
149.4	117.0	0.75
151.3	117.0	0.75
153.1	117.0	0.75
154.8	117.0	0.75
156.6	116.0	0.73
158.4	116.0	0.73
160.1	116.0	0.73
162.0	116.0	0.73
163.7	116.0	0.73
165.4	116.0	0.73
167.2	116.0	0.73
169.0	115.0	0.72
170.8	115.0	0.72
172.5	115.0	0.72
174.2	115.0	0.72
176.0	115.0	0.72
177.7	115.0	0.72
179.5	115.0	0.72
181.4	115.0	0.72
183.2	115.0	0.72
184.8	115.0	0.72
186.6	115.0	0.72
188.4	114.0	0.70
190.2	114.0	0.70
191.9	114.0	0.70
193.6	114.0	0.70
195.4	114.0	0.70
197.2	114.0	0.70
198.8	114.0	0.70
200.6	114.0	0.70
202.4	114.0	0.70
204.2	114.0	0.70
206.1	114.0	0.70
207.7	114.0	0.70
209.5	113.0	0.69
211.4	113.0	0.69
213.1	113.0	0.69
214.8	113.0	0.69
216.6	113.0	0.69
218.3	113.0	0.69
220.1	113.0	0.69
221.8	113.0	0.69
223.6	113.0	0.69
225.4	113.0	0.69
227.1	113.0	0.69
228.9	113.0	0.69
230.6	113.0	0.69
232.3	112.0	0.67
234.2	112.0	0.67
235.9	112.0	0.67
237.6	112.0	0.67

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
239.4	112.0	0.67
241.1	112.0	0.67
243.0	112.0	0.67
244.7	112.0	0.67
246.5	112.0	0.67
248.2	112.0	0.67
250.0	112.0	0.67
251.8	112.0	0.67
253.6	112.0	0.67
255.3	112.0	0.67
257.1	112.0	0.67
258.8	111.0	0.66
260.7	111.0	0.66
262.4	111.0	0.66
264.1	111.0	0.66
265.8	111.0	0.66
267.7	111.0	0.66
269.3	111.0	0.66
271.1	111.0	0.66
273.0	111.0	0.66
274.7	111.0	0.66
276.4	111.0	0.66
278.2	111.0	0.66
280.0	111.0	0.66
281.7	111.0	0.66
283.5	111.0	0.66
285.2	110.0	0.64
287.0	110.0	0.64
288.7	110.0	0.64
290.5	110.0	0.64
292.2	110.0	0.64
294.0	110.0	0.64
295.7	110.0	0.64
297.5	110.0	0.64
299.4	110.0	0.64
301.1	110.0	0.64
302.9	109.0	0.63
304.6	109.0	0.63
306.4	109.0	0.63
308.1	109.0	0.63
309.9	109.0	0.63
313.4	109.0	0.63
316.9	109.0	0.63
320.5	109.0	0.63
324.0	109.0	0.63
327.4	109.0	0.63
330.9	109.0	0.63
334.5	108.0	0.61
338.0	108.0	0.61
341.6	108.0	0.61
345.1	108.0	0.61
348.6	108.0	0.61
352.1	108.0	0.61
355.6	108.0	0.61
359.3	108.0	0.61
362.8	108.0	0.61
366.2	108.0	0.61
369.8	108.0	0.61
373.2	108.0	0.61
376.9	107.0	0.60
380.2	107.0	0.60
383.8	107.0	0.60
387.5	107.0	0.60
390.9	107.0	0.60
394.4	107.0	0.60
398.0	106.0	0.58
401.4	106.0	0.58
405.0	106.0	0.58

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
412.0	106.0	0.58
415.6	106.0	0.58
419.1	106.0	0.58
422.6	106.0	0.58
426.2	106.0	0.58
429.7	105.0	0.57
433.2	105.0	0.57
436.7	105.0	0.57
440.1	105.0	0.57
443.8	105.0	0.57
447.2	105.0	0.57
450.7	105.0	0.57
454.4	104.0	0.55
457.9	104.0	0.55
461.3	104.0	0.55
464.9	104.0	0.55
468.4	104.0	0.55
471.9	104.0	0.55
475.4	104.0	0.55
479.0	104.0	0.55
482.6	104.0	0.55
486.0	104.0	0.55
489.5	103.0	0.54
493.0	103.0	0.54
496.6	103.0	0.54
500.1	103.0	0.54
503.8	103.0	0.54
507.2	103.0	0.54
510.8	103.0	0.54
514.2	103.0	0.54
517.7	103.0	0.54
521.2	103.0	0.54
524.9	103.0	0.54
528.4	102.0	0.52
531.9	102.0	0.52
535.4	102.0	0.52
574.3	102.0	0.52
577.8	102.0	0.52
581.3	101.0	0.51
584.8	101.0	0.51
588.4	101.0	0.51
591.8	101.0	0.51
595.3	101.0	0.51
599.0	101.0	0.51
602.6	101.0	0.51
606.0	101.0	0.51
609.5	101.0	0.51
613.1	101.0	0.51
616.6	101.0	0.51
620.0	101.0	0.51
623.7	100.0	0.49
627.2	100.0	0.49
630.7	100.0	0.49
634.1	100.0	0.49
637.8	100.0	0.49
641.2	100.0	0.49
644.7	100.0	0.49
648.3	100.0	0.49
651.8	100.0	0.49
655.4	100.0	0.49
658.9	100.0	0.49
662.4	99.0	0.48
665.9	99.0	0.48
669.5	99.0	0.48
673.0	99.0	0.48
676.6	99.0	0.48
680.1	99.0	0.48
683.6	99.0	0.48

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
687.2	99.0	0.48
694.2	99.0	0.48
701.1	99.0	0.48
708.4	99.0	0.48
715.1	98.0	0.46
722.2	98.0	0.46
729.2	98.0	0.46
736.3	98.0	0.46
743.2	98.0	0.46
750.2	98.0	0.46
757.2	98.0	0.46
764.3	97.0	0.45
771.3	97.0	0.45
778.3	97.0	0.45
785.3	97.0	0.45
792.4	97.0	0.45
799.4	97.0	0.45
806.2	97.0	0.45
813.3	96.0	0.43
820.4	96.0	0.43
827.4	96.0	0.43
834.4	96.0	0.43
841.6	96.0	0.43
848.4	96.0	0.43
855.5	95.0	0.42
862.5	95.0	0.42
869.6	95.0	0.42
876.6	95.0	0.42
883.8	95.0	0.42
890.8	95.0	0.42
897.8	95.0	0.42
904.8	94.0	0.41
911.8	94.0	0.41
918.8	94.0	0.41
925.8	94.0	0.41
932.8	94.0	0.41

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)

VANE SHEAR TEST (In Field)

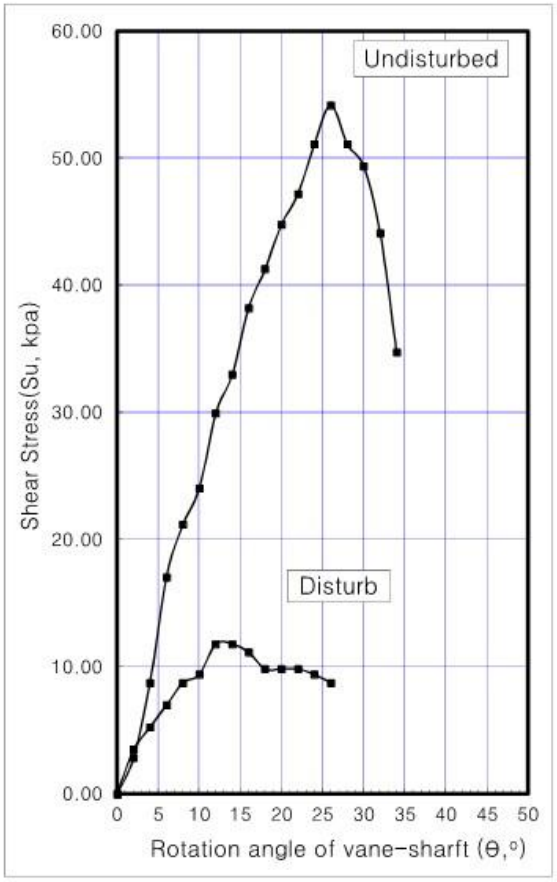
Project	인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사		
Boring Hole No.	4LSBB-13-1	GWT	
Test Depth	11.40m	Date	2021. 03
N Value		Soil Type	
Vane	Diam. (D) 5.0cm Ht. (H) 10.0 cm		

Test data

Vane	Undisturbed		Remolded	
rota'n	Reading	Su	Reading	Su
θ		kpa		kpa
0	0.0	0.00	0.0	0.00
2	13.0	2.84	16.0	3.49
4	40.0	8.74	24.0	5.24
6	78.0	17.03	32.0	6.99
8	97.0	21.18	40.0	8.74
10	110.0	24.02	43.0	9.39
12	137.0	29.92	54.0	11.79
14	151.0	32.98	54.0	11.79
16	175.0	38.22	51.0	11.14
18	189.0	41.27	45.0	9.83
20	205.0	44.77	45.0	9.83
22	216.0	47.17	45.0	9.83
24	234.0	51.10	43.0	9.39
26	248.0	54.16	40.0	8.74
28	234.0	51.10		
30	226.0	49.35		
32	202.0	44.11		
34	159.0	34.72		
36				
38				
40				
42				
44				
46				
48				
50				
52				
54				
56				
58				
60				

Maximum points on finger

	Undisturbed	disturbed
Rotation angle of vane (θ)		
Reading	248.00	54.00
Su(test) (kpa)	54.16	11.79
Sensivity	4.6	



4. 작업사진대지

작업사진대지

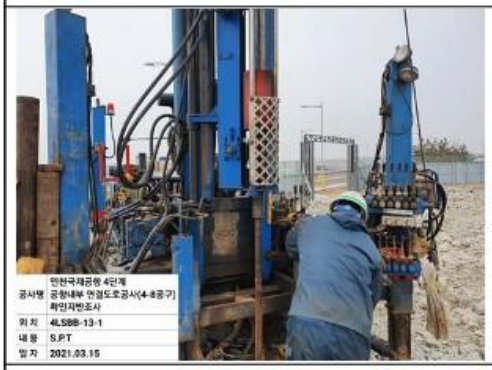
공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	공 번	4LSBB-13-1



작업근경



작업원경



표준관입시험



교란시료채취



정적콘관입시험 및 소산시험



현장베인시험

작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	공 번	4LSBB-13-2



작업근경



작업원경



표준관입시험



교란시료채취

-

-

-

-

폐공작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	공 번	4LSBB-13-1



폐공전



폐공중(모래)



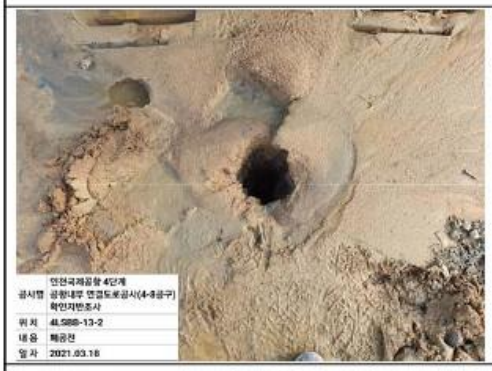
폐공후

-

-

폐공작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	공 번	4LSBB-13-2



폐공전



폐공중(모래)



폐공후

-

-

시료상자 사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사	
4LSBB-13-1	
4LSBB-13-2	

4. 건설장비 비파괴검사 보고서

건 설 장 비 비 파 괴 검 사 보 고 서

의 뢰 사 :	동부건설-마천건설
건 설 장 비 :	이동식 크레인 (Crawler crane) 서울07-7865
점 검 일 :	2021년 4월 20일

검 사 기 관

엔 지 니 어 링 주 체 , 기 계 기 술 사 사 무 소

Promecha

고용노동부 위험기계·기구 지정검사기관
타워크레인/항타기/크레인 자율안전검사 등 건설장비

과 학 기 술 정 보 통 신 부
비 파 괴 검 사 등 록 기 관

한 국 기 술 사 회

등록번호 : 제2019-1149호 / 국제기술사 : ROK2015-0024호

T .031)8067-6111, F. 6112 / e-mail : promechacom@naver.com

[목차]

1. 자 분 탐 상 검 사 보 고 서

2. 장 비 내 역

엔지니어링 주체, 기계기술사 사무소
Promecha
고용노동부지정검사기관/과기부해외파견검사용특기관

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 Promecha 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일
Owner/Customer 소유사/고객	롯부건설-마천건설	Project Name/No. 공사명/공사번호	4단계 공항내부 연결도로공사
Item Name/No. 제품명/제품번호	이동식 크레인 (Crawler crane) 서울07-7865	장비형식 Equipment type	☑ 궤도형 ☐ 차륜형
Material 재질	CARBON STEEL	☐ 이동식크레인	☑ 크롤러크레인
Reference Std/Acc. Std 참고 규격 / 판정기준	KS D 0213	☐ 항 타 기	☐ 건설용리프트
Procedure No. 절차서 번호	N/A Rev. 0 개정	☐ 굴 삭 기	☐ 기 타 (인 양 선)

Test Equipment 검사장비	Maker 제조사	KYUNG DO CO.,LTD.	Weld Method 용접 방법	☐ SMAW ☐ SAW ☐ GTAW ☐ FCAW	
	Model 형 식	MT - A2D			
	S/N 일련번호	MP 1092 / 1542 / 2460	Surface Condition 표면상태	☐ As Casted주조 ☐ As Machined가공	
	Cal. Due date 교정일자	2021 . 01 .04		☑ As Welded용접 ☐ As Ground연마	
Output 출 력	LIFFTING POWER (MIN 18.2 Kg)		Magnetic Particle 자 분	Maker 제조사	KYUNG DO CO.,LTD.
Applying Current 통전법	☑ 연속법 Continuous	☐ 잔류법 Residual		Type 형 태	7C Black
Magnetization Technique 자화 방법	☑ 극간법 Yoke	☐ 프로드법 Prod		BATCH No.	20MPB07
	☐ 코일법 Coil		☑ Wet 습식 ☑ Color염색 ☐ Dry 건식 ☐ Fluorescent 형광		
Light Source 조명 장비	☐ INCANDESCENT LIGHT 200W ☑ Natural light		Light Intensity 조도	1000 Lux	
			SurfaceTemp 표면온도	20 ℃	
Reference Block 대비 시험편	FIELD INDICATOR		Demagnetization 탈 자	☐ YES ☑ NO	
Magnetization Current 자화 전류	교류 AC ☐ 직류 DC ☑	110V,4.0 Amps 암페아	Magnetization Spacing 자화 간격	4 ~ 6 mm inch	

Identification No. 확인번호	Accept 합 격	Reject 불합격	Interpretation	비 고 Remarks
Top Sheave	V		유해한 결함지시 없음	
Boom	V		"	
Turn Table	V		"	
Under frame	V		"	
A frame	V		"	
Hook	V		유해한 결함지시 없음	
			- B L A N K -	

Examiner/Interpreter 시험자/판독자	육 지 훈 기 사	Date of Examination 검사일자	2021년 4월 20일
Confirmer Person 확 인 자	나 태 환 기 사	Witnesser/Reviewer 입회자/검토자	

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

Promecha	주 식 회 사 프 로 메 카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com	Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

이동식 크레인 (Crawler crane) – 서울07-7865











자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

엔지니어링 기술사사무소 Promecha 주 식 회 사 프 로 메 카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Top Sheave - 용접부 상태 양호













자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 Promecha 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Boom - 용접부 상태 양호








자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

엔지니어링에 기계설사내용 Promecha	주 식 회 사 프 로 메 카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com	Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Turn Table - 용접부 상태 양호













자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

Promecha 주 식 회 사 프 로 메 카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Under frame – 용접부 상태 양호













자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

Promecha	주 식 회 사 프 로 메 카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com	Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

A Frame - 용접부 상태 양호








자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주 식 회 사 프 로 메 카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com	Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8
	Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Hook - 상태 양호







검 사 장 비 내 역

자분탐상검사장비 (MT)	적용	☑	미적용	☐
	제 조 사	KYUNG DO		
	형 식	MT - A2D		
	일 련 번 호	MP 1092 MP 1542 MP 2460		
자 외 선 조 사 장 치 (형광MT)	적용	☐	미적용	☑
	제 조 사	NAWOO		
	형 식	UV-LED 2P/SPR		
	일 련 번 호	NW0468		
초 음 파 탐 상 검 사 장 비 (UT)	적용	☐	미적용	☑
	제 조 사	OLYMPUS		
	형 식	EPOCH 6LT		
	일 련 번 호	190099912 200149901		

엔지니어링 주체, 기계기술사 사무소

Promecha

고용노동부지정검사기관/과기부비파괴검사등록기관

건 설 장 비 비 파 괴 검 사 보 고 서

의 뢰 사 :	동부건설-성우이앤씨
건 설 장 비 :	항 타 기 경기 23고 5098
점 검 일 :	2021년 4월 20일

검 사 기 관

엔 지 니 어 링 주 체 , 기 계 기 술 사 사 무 소

Promecha

고용노동부 위험기계·기구 지정검사기관
타워크레인/항타기/크레인 자율안전검사 등 건설장비

과 학 기 술 정 보 통 신 부
비 파 괴 검 사 등 록 기 관

한 국 기 술 사 회
등록번호 : 제2019-1149호 / 국제기술사 : ROK2015-0024호

T .031)8067-6111, F. 6112 / e-mail : promechacom@naver.com

[목차]

1. 자 분 탐 상 검 사 보 고 서

2. 장 비 내 역

엔지니어링 주체, 기계기술사 사무소
Promecha
고용노동부지정검사기관/과기부비파괴검사등록기관

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 Promecha 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일
Owner/Customer 소유사/고객	롯부건설-성우이엔씨	Project Name/No. 공사명/공사번호	4단계 공항내부 연결도로공사
Item Name/No. 제품명/제품번호	항 타 기 경기 23고 5098	장비형식 Equipment type	☑ 궤도형 ☐ 차륜형
Material 재질	CARBON STEEL	☐ 이동식크레인	☐ 크롤러크레인
Reference Std/Acc. Std 참고 규격 / 판정기준	KS D 0213	☑ 항 타 기	☐ 건설용리프트
Procedure No. 절차서 번호	N/A Rev. 0 개정	☐ 굴 삭 기	☐ 기 타 (인 양 선)

Test Equipment 검사장비	Maker 제조사	KYUNG DO CO.,LTD.	Weld Method 용접 방법	☐ SMAW ☐ SAW ☐ GTAW ☐ FCAW	
	Model 형 식	MT - A2D	Surface Condition 표면상태	☐ As Casted주조 ☐ As Machined가공	
	S/N 일련번호	MP 1092 / 1542 / 2460		☑ As Welded용접 ☐ As Ground연마	
	Cal. Due date 교정일자	2021 . 01 .04			
Output 출 력	LIFFTING POWER (MIN 18.2 Kg)		Magnetic Particle 자 분	Maker 제조사	KYUNG DO CO.,LTD.
Applying Current 통전법	☑ 연속법 Continuous	☐ 잔류법 Residual		Type 형 태	7C Black
Magnetization Technique 자화 방법	☑ 극간법 Yoke	☐ 프로드법 Prod		BATCH No.	20MPB07
	☐ 코일법 Coil		☑ Wet 습식 ☑ Color염색 ☐ Dry 건식 ☐ Fluorescent 형광		
Light Source 조명 장비	☐ INCANDESCENT LIGHT 200W ☑ Natural light		Light Intensity 조도	1000 Lux	
			SurfaceTemp 표면온도	20 ℃	
Reference Block 대비 시험편	FIELD INDICATOR		Demagnetization 탈 자	☐ YES ☑ NO	
Magnetization Current 자화 전류	교류 AC ☐ 직류 DC ☑	110V,4.0 Amps 암페아	Magnetization Spacing 자화 간격	4 ~ 6 mm inch	

Identification No. 확인번호	Accept 합 격	Reject 불합격	Interpretation	비 고 Remarks
Top Sheave	V		유해한 결함 없음	
Leader	V		"	
Back stay	V		"	
Rear frame	V		"	
Outrigger	V		"	
A Frame	V		유해한 결함 없음	
			- B L A N K -	

Examiner/Interpreter 시험자/판독자	육 지 훈 (인) 기 사	Date of Examination 검사일자	2021년 4월 20일
Confirmer Person 확 인 자	나 태 환 (인) 기 사	Witnesser/Reviewer 입회자/검토자	

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사 프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

항 타 기 – 경기 23고 5098













자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 Promecha 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Top Sheave - 용접부 상태 양호













자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Leader - 용접부 상태 양호








자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Back stay- 용접부 상태 양호








자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

Promecha 주식회사 프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고원자	2021년 4월 20일

Rear frame – 용접부 상태 양호



자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 Promecha 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

Outrigger- 용접부 상태 양호








자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 Promecha 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13
		Date of Report 보고일자	2021년 4월 20일

A Frame - 용접부 상태 양호








검 사 장 비 내 역

자분탐상검사장비 (MT)	적용 ☑	미적용 ☐
	제 조 사	KYUNG DO
	형 식	MT - A2D
	일련번호	MP 1092 MP 1542 MP 2460
자외선조사장치 (형광MT)	적용 ☐	미적용 ☑
	제 조 사	NAWOO
	형 식	UV-LED 2P/SPR
	일련번호	NW0468
초음파탐상검사장비 (UT)	적용 ☐	미적용 ☑
	제 조 사	OLYMPUS
	형 식	EPOCH 6LT
	일련번호	190099912 200149901

엔지니어링 주체, 기계기술사 사무소

Promecha

고용노동부지정검사기관/과기부비파괴검사등록기관

5. 말뚝 동재하 시험보고서

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)

말 뚝 동 재 하 시 험 보 고 서

[교량 A1]

2021. 07.

대한기초엔지니어링주식회사
DAEHANFE FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD

제 출 문

동부건설(주) 귀중

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)
말뚝동재하시험보고서

상기 건의 용역을 완수하고 본 보고서로 정리하여 제출합니다. 본 건 용역을 완수하기까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 07월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호
대한기초엔지니어링주식회사
대 표 이 사 최 경 천
토목품질시험 기술사
토질 및 기초 기술사 권 오
전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-8222

목 차

제1장. 개요

1.1 시험의 목적 ·····1

1.2 시험의 범위 ·····1

1.3 시험의 개요 ·····2

제2장. 시험결과의 활용

2.1 항타에너지 ·····5

2.2 항타응력 ·····5

2.3 말뚝의 건전도 ·····5

2.4 허용지지력의 결정 ·····5

제3장. 결론

3.1 항타에너지와 효율 ·····8

3.2 항타응력 평가 ·····8

3.3 동재하시험시 지지력 검토 ·····9

3.4 허용지지력 판정 ·····9

3.5 결언 ·····10

부록

1. CAPWAP Result Output Data

2. 시험사진

제1장. 개요

- 1.1 시험의 목적
- 1.2 시험의 범위
- 1.3 시험의 개요

제1장. 개요

1.1 시험의 목적

동재하시험의 목적은 항타분석기(PDA:Pile Driving Analyzer)를 이용하여 항타에 의해 말뚝에 작용하는 변형율 및 가속도를 측정, 분석함으로서 해머의 효율, 말뚝에 작용하는 응력 및 에너지, 말뚝의 건전도, 말뚝의 지지력을 말뚝 설계자료와 비교하는데 그 목적이 있다.

1.2 시험의 범위

가. 공간적 범위

(1) 공 사 명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)

(2) 현장위치 : 인천광역시 중구 운서동 일원

(3) 시험수량 : 3개소 [초기항타 동재하시험:2개소, 재항타 동재하시험:1개소]

(4) 시험위치 : 교량 A1 (No.85,11)

나. 시간적 범위

(1) 현장시험 : 2021년 06월 21일~2021년 07월 08일

(2) 성과분석 : 2021년 06월 22일~2021년 07월 09일

(3) 보고서작성 : 2021년 07월 22일

1.3 시험의 개요

가. 시험조건

구분	말뚝 번호	시험 구분	말뚝 종류 (㎜)	해머 중량 (ton)	관입 심도 (m)	시공 방법	시공 날짜	시험 날짜
PDA-1	A1 No.85	초기항타	φ500(t=12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	46.6	S.D.A	21.06.21	21.06.21
PDA-2	A1 No.11	초기항타	φ500(t=12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	46.5	S.D.A	21.06.21	21.06.21
PDA-3	A1 No.11	재항타	φ500(t=12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	46.5	S.D.A	21.06.21	21.07.08

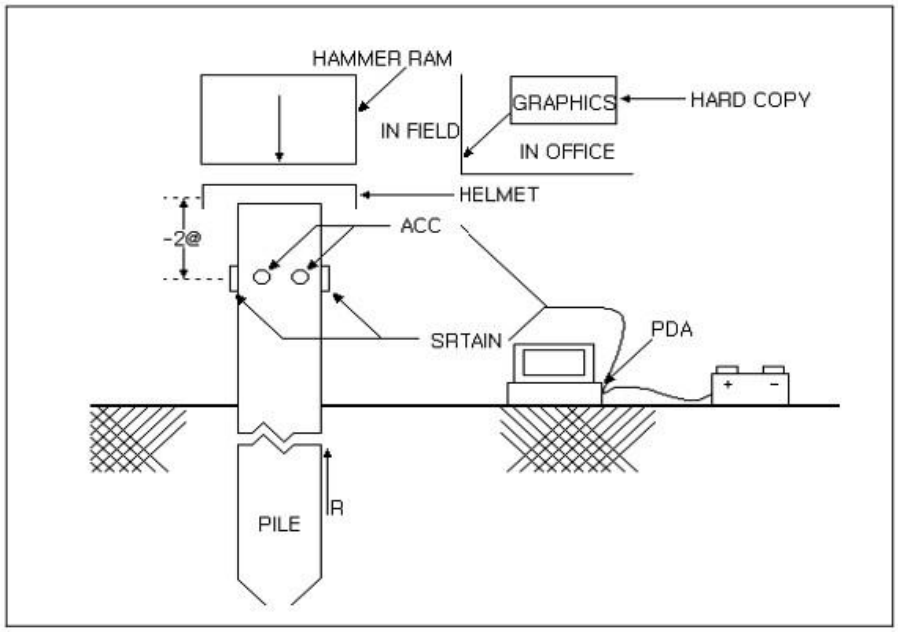
▌초기항타시험(End of Initial Driving:E.O.I.D)

타격에 의해 말뚝에 걸리는 응력, 타격시의 지지력 등을 측정하여 본 시공을 위한 시공 관리 기준을 만들기 위해 시행하는 시험으로 항타 직후 또는 항타중에 수행하는 시험.

▌재항타시험(Restrike)

말뚝시공후 일정한 시간이 경과한후 실시하는 시험으로 시간경과에 따르는 주면마찰력의 증감, 지반의 강도회복(Set-up) 효과의 확인과 함께 말뚝의 허용지지력 산정을 위해 실시하는 시험.

나. 시험모식도



다. 시험장비

본 시험에 사용된 시험장비 및 기구의 명칭 및 사양을 살펴보면 다음과 같다.

기기명	항목	사양
동재하시험기 (PDA)	GRL User Imprint	DAEHAN FDN ENGINEERING CO,. LTD.
	Model	PAL, PAX, 8G
	User Imprint	DAEHAN FDN ENGINEERING CO,. LTD.
변형률게이지 (Strain Transducer)	Effective Gage Length	3inch(76mm)
	Size	4.5×1.4×0.4inch(115×35×11mm)
	Material	Aluminum
	Circuit	Full bridge;2pair shielded cable
	Sensitivity	380μ ε /mV/V typical
	Strain Range	2,000 μ ε when dimly attached
가속도게이지 (Piezoelectric Accelerometer)	Mounting	To special aluminum block
	Circuit	Integral impedance converting electronics
	Sensitivity	1.0 mV/g with 10 N.D.C. bias voltage
	Range	5,000g's
	Frequency Range	0.25 to 7,000Hz
	Temperature Range	-50 to 120℃ Operating

제2장. 시험결과의 활용

- 2.1 항타에너지
- 2.2 항타응력
- 2.3 말뚝의 건전도
- 2.4 허용지지력의 결정

제2장. 시험결과의 활용

2.1 항타에너지

해머의 정격에너지를 계산(=낙하높이×램의 무게)하고 동재하시험으로 말뚝에 전달되는 에너지를 측정하여 햄머 시스템의 효율(=전달된 에너지/정격에너지)을 확인한다.

2.2 항타응력

말뚝재료에 발생하는 압축 및 인장 항타응력을 측정하므로 말뚝재료의 파손 가능성을 판단할 수 있다. 따라서 말뚝재료가 허용하는 범위까지 항타응력을 유지하는 시공기준을 적용함으로써 시공의 효율을 높일 수 있다.

2.3 말뚝의 건전도

말뚝재료의 손상이나 용접이음부위의 건전도를 확인할 수 있다. 이들의 말뚝손상 기준(Rausche & Goble, 1979)은 다음과 같이 나타나 있다.

말뚝손상 기준(Rausche & Goble, 1979)

건전도 지수[BTA]	손상정도
100%	손상되지 않음(Undamaged)
80%~100%	미세한 손상(slightly damaged)
60%~80%	손상(Damaged)
60% 이하	부러짐(Broken)

Rausche등(1978)은 F와 V파형의 접근정도에 따라 말뚝의 손상을 평가하고 건전도 지수(BTA)를 결정하였다.

2.4 허용지지력의 결정

동재하시험은 정재하시험의 하중-침하량 분석에서 알 수 있는 자료보다 많은 정보를 제공한다. 그러나 말뚝 거동에 대한 고려없이 일률적으로 안전율을 적용하게 되면 비경제적인 설계가 될 수 있다. 그러므로 Case 방법에 의한결과는 현장에서 말뚝의 지지력을 개략적으로 파악하는데 사용하고 CAPWAP 분석으로부터 하중-침하량 관계를 도출하고 합리적인 판단기준으로 허용지지력을 결정해야 한다.

가. Case방법(간편법)

이 방법은 동재하시험의 지지력 해석방법 중 간편 계산법이라 할 수 있다. Case방법은 말뚝머리에 변형률 측정기와 가속도 측정기를 설치하여 계측한 값을 공식에 대입하여 직접 지지력을 구하는 방법이다. 이에 반하여 후술할 CAPWAP방법은 프로그램을 이용하여 반복법으로 지지력을 찾아가는 방법이다.

나. CAPWAP방법

CAPWAP(Case Pile Wave Analysis Program : GRL Associate, Inc., 1996) 방법은 Case 방법과 같이 말뚝두부에서 측정된 힘과 시간 또는 가속도와 시간과의 관계를 이용하여 지지력을 예측하는 방법이나, Case방법에서처럼 약산 공식을 이용하지 않고 프로그램을 이용하여 구하는 방법이다. CAPWAP은 Case Western Reserve University에 의해 개발되었으며 항타분석기로부터 얻어진 힘과 속도파를 이용, 말뚝에 작용하는 힘과 말뚝의 변위를 정량화하여 시행착오법에 의한 signal matching 과정을 통해 말뚝의 경계조건 즉 말뚝의 지지력, 지반지항력의 분포, quake 및 damping 계수 등을 결정하는 방법이다.

항타분석기에 의한 계산출력치

출력치	내용
CSX(FMX)	게이지 위치에서의 최대압축력
CSB(CFB)	말뚝 선단부에서의 최대압축력
TSX(CTX)	말뚝에 작용하는 최대인장력
DMX	게이지 위치에서의 최대변위
EMX	게이지 위치에서의 최대 항타에너지
ETR	에너지 전달율
BTA	말뚝의 손상정도를 나타내는 건전도 지수
RTL	말뚝의 Total Resisitance(정적+동적)
RSP	Case 방법에 의한 정적 극한지지력(RSP W/Jc=0.#)
RMX	Case 방법에 의한 최대 정적 극한지지력(RMX W/Jc=0.#)
RMN	Case 방법에 의한 최소 정적 극한지지력
RUS	Early unloading을 보정한 정적 극한지지력(RSU W/Jc=0.#)
RAU	Case 방법에 의한 선단지지 말뚝의 극한지지력

제3장. 결론

- 3.1 항타에너지와 효율
- 3.2 항타응력 평가
- 3.3 동재하시험시 지지력 검토
- 3.4 허용지지력 판정
- 3.5 결언

제3장. 결론

3.1 항타에너지와 효율

구분	말뚝 번호	시험 구분	hammer 중량 (ton)	낙하고 (m)	항타 에너지 (kN-m)	타격 에너지 (kN-m)	에너지 전달율 (%)
PDA-1	A1 No.85	초기항타	6..0	1.5	58.7	88.3	66.48
PDA-2	A1 No.11	초기항타	6.0	1.5	61.2	88.3	69.31
PDA-3	A1 No.11	재항타	6.0	1.5	63.9	88.3	72.37

▌에너지 전달율(Energy Transfer Ratio)

$$ETR(\text{에너지전달율}) = \frac{EMX(\text{항타에너지})}{E_p(\text{타격에너지})}$$

3.2 항타응력 평가

구분	말뚝 번호	시험 구분	항타 에너지 (kN-m)	말뚝에 작용하는 응력		최대 압축응력 (MPa)	응력 평가 (%)
				CSX (MPa)	TSX (MPa)		
PDA-1	A1 No.85	초기항타	58.7	141.7	7.23	147.3	69.48 (STEEL)
				26.1	4.97	27.5	58.51 (PHC)
PDA-2	A1 No.11	초기항타	61.2	131.6	8.33	134.3	63.35 (STEEL)
				23.9	2.26	24.3	51.70 (PHC)
PDA-3	A1 No.11	재항타	63.9	161.7	3.79	165.0	77.83 (STEEL)
				29.3	5.85	29.8	63.40 (PHC)

▌항타분석기에 의한 계산출력치(내용)

1) CSX : 말뚝두부에서의 압축응력

2) TSX : 말뚝에서의 최대인장응력

3) 최대압축응력 : 말뚝에서의 최대압축응력

▌응력평가 (항타응력 제한치 규정)

1) STEEL허용압축·인장응력 : 211.8 MPa ($0.9\sigma_y = \sigma_y \times 90\% = 235.35 \times 0.9 = 211.8 MPa$)

종류	강재의 항복강도	허용압축응력	허용인장응력
STEEL	235.35 MPa(2400 kgf/㎠)	211.8 MPa	211.8 MPa

2) PHC허용압축응력 : 47.0 MPa ($0.6 f_{ck} = 0.6 \times 78.4 = 47.0 MPa$)

3) PHC허용인장응력 : 6.1 MPa ($0.25\sqrt{f_{ck}} + f_{pe} = 0.25\sqrt{78.4} + 3.9 = 6.1 MPa$)

종류	콘크리트의 압축강도	유효프리스트레스량	허용압축응력	허용인장응력
PHC(A종)	78.4 MPa(800 kgf/㎠)	3.9 MPa(40 kgf/㎠)	47.0 MPa	6.1 MPa

3.3 동재하시험시 지지력 검토

초기항타 동재하시험과 재항타시험을 비교 분석하여 마찰력의 증가량을 확인하고 양생기간에 따른 마찰력 증가량 또한 분석하여 전체지지력에 미치는 영향을 검토하는데 목적이 있다.

말뚝 번호	시험 구분	전체 지지력 (kN/본)	주면 마찰력 (kN/본)	선단 지지력 (kN/본)	허용지지력 (kN/본) 안전율=2.5
A1 No.11	초기항타	1956.0	513.1	1442.9	782.40
A1 No.11	재항타	3433.2	1672.7	1760.5	1373.28
변화량		1477.2↑	**1159.6↑**	-	590.9↑

위의 표는 시멘트페이스트의 양생으로 인한 지지력의 증가된 상태를 나타내며, 주면마찰력은 1159.6kN/본 이상 증가하는 것으로 나타났다.

3.4 허용지지력 판정

구분	말뚝 번호	시험 구분	관입 심도 (m)	CAPWAP Result Output Data			허용 지지력 (kN/본) 안전율=2.5	설계 지지력 (kN/본)
				전체 지지력 (kN/본)	주면 마찰력 (kN/본)	선단 지지력 (kN/본)		
PDA-1	A1 No.85	초기항타	46.6	2265.3	487.4	1777.9	906.12	567.7
PDA-2	A1 No.11	초기항타	46.5	1956.0	513.1	1442.9	782.40	567.7
PDA-3	A1 No.11	재항타	46.5	3433.2	1672.7	1760.5	1373.28	567.7

3.5 결언

동부건설(주)에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 현장에 동재하시험을 실시한 결과 아래와 같이 검토, 분석되었다.

가. 일반사항

S.D.A 공법으로 시공하여 시공직후에 초기항타 동재하시험을 실시하였고, 시간이 경과한 후 재항타 동재하시험을 실시하였다.

나. 항타에너지와 효율

본 현장은 6.0ton 해머(DROP)로 시험하였다. 항타에너지는 58.7kNm,61.2kNm(초기항타), 63.9kNm(재항타)로 측정되었고, 에너지전달율은 66.48%,69.31%(초기항타), 72.37%(재항타)로 확인되었다.

다. 항타응력 평가

압축응력 및 인장응력은 허용범위(100.0%) 이내로 확인되었다.

라. 허용지지력 판정

초기항타 동재하시험시 시공직후에 시험측정한 말뚝으로 토질 또는 SOIL CEMENT의 SET UP 효과를 고려하지 않은 결과이다. 재항타 동재하시험을 실시한 결과 시간경과에 따른 토질의 SET UP 현상 및 SOIL CEMENT 양생효과로 주면마찰력이 증가하였고, 설계지지력을 만족하는 허용지지력을 확인하였다.

마. 항타관리

항타관리는 다음과 같이 관리하는 것이 말뚝의 안정성 및 효율성에 있어서 적절할 것으로 판단된다.

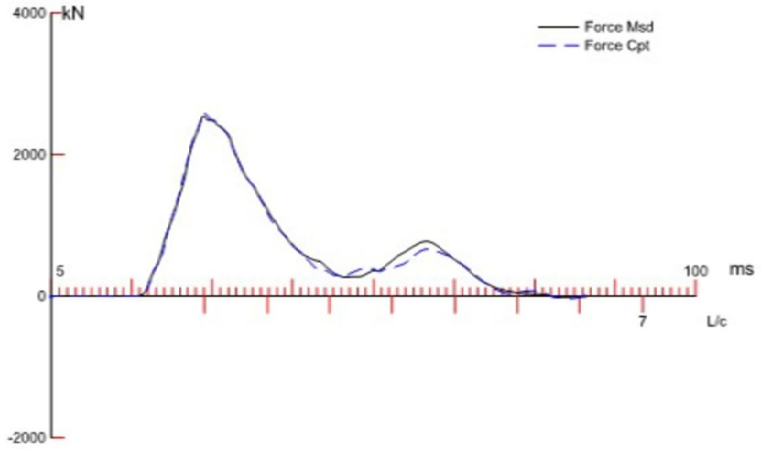
시험위치	해머무게 (ton)	낙하고 (m)	최종관입량 (mm)
교량 A1	6.0	1.5	5.0 이내

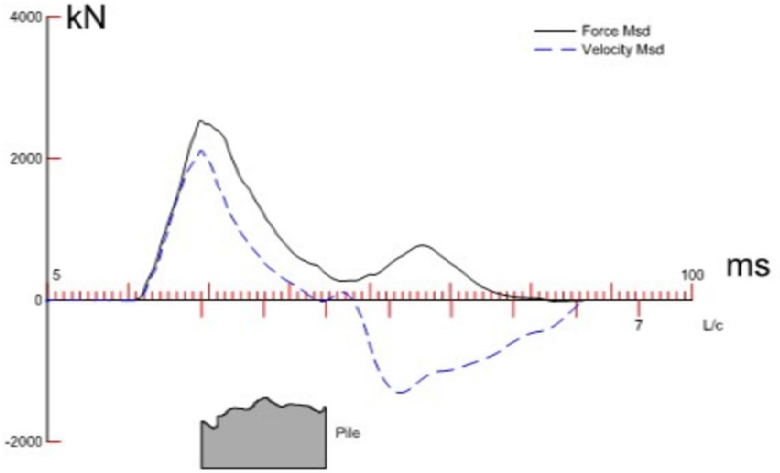
바. 본 시험의 해석은 CAPWAP 2006 Program을 사용하였으며, KS F 2591 규정에 준하여 해석하였다.

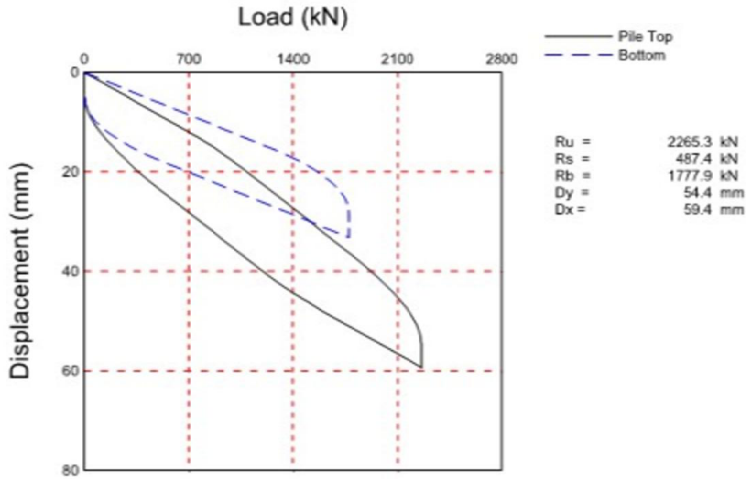
부록

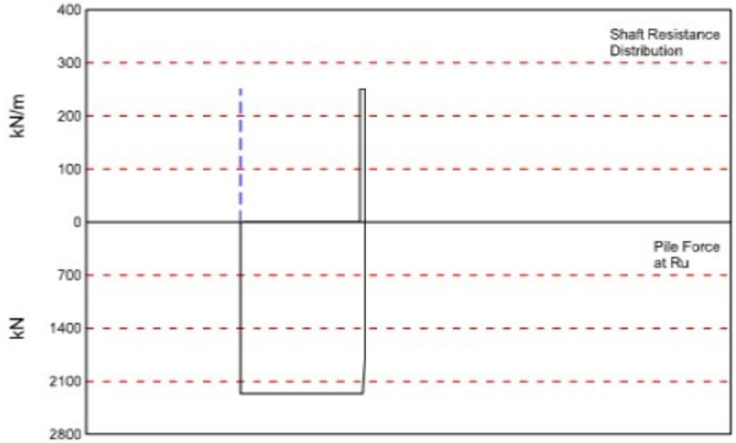
- 1. CAPWAP Result Output Data
- 2. 시험사진

1. CAPWAP Result Output Data









CAPWAP(R) 2006-3 Licensed to Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 2265.3; along Shaft 487.4; at Toe 1777.9 kN

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. (Depth) kN/m	Unit Resist. (Area) kPa	Smith Damping Factor s/m
				2265.3				
1	3.7	3.1	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
2	6.2	5.6	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
3	8.4	7.8	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
4	10.3	9.7	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
5	12.3	11.7	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
6	14.2	13.6	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
7	16.1	15.5	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
8	18.1	17.5	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
9	20.0	19.4	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
10	22.0	21.4	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
11	23.9	23.3	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
12	25.8	25.2	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
13	27.8	27.2	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
14	29.7	29.1	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
15	31.7	31.1	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
16	33.6	33.0	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
17	35.6	35.0	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
18	37.5	36.9	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
19	39.4	38.8	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
20	41.4	40.8	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
21	43.3	42.7	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
22	45.3	44.7	0.0	2265.3	0.0	0.00	0.00	0.000
23	47.2	46.6	487.4	1777.9	487.4	251.05	159.80	1.082
Avg. Shaft			21.2			10.46	6.66	1.082
Toe			1777.9				9054.75	0.080

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Quake	(mm)	4.957	21.701
Case Damping Factor		0.713	0.192
Damping Type			Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	100	99
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Resistance Gap (included in Toe Quake)	(mm)		0.032
Soil Plug Weight	(kN)		5.52

CAPWAP match quality = 2.93 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: final set = 5.000 mm; blow count = 200 b/m
Computed: final set = 3.882 mm; blow count = 258 b/m

max. Top Comp. Stress = 141.7 MPa (T= 28.0 ms, max= 1.039 x Top)
max. Comp. Stress = 147.3 MPa (Z= 6.2 m, T= 29.0 ms)
max. Tens. Stress = -7.23 MPa (Z= 6.2 m, T= 81.2 ms)
max. Energy (EMX) = 58.76 kJ; max. Measured Top Displ. (DMX)=31.80 mm

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force kN	min. Force kN	max. Comp. Stress MPa	max. Tens. Stress MPa	max. Trnsfd. Energy kJ	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.2	2607.4	-50.5	141.7	-2.74	58.76	2.8	31.972
2	2.5	2605.8	-67.6	141.6	-3.68	58.74	2.8	31.871
5	6.2	2709.7	-133.1	147.3	-7.23	58.57	2.6	31.531
8	9.3	2750.3	-171.6	26.1	-1.63	58.52	2.6	31.261
11	12.3	2769.2	-194.3	26.2	-1.84	58.47	2.5	30.992
14	15.2	2765.4	-209.7	26.2	-1.99	58.36	2.6	30.673
17	18.1	2796.8	-229.0	26.5	-2.17	58.24	2.5	30.286
20	21.0	2814.8	-267.0	26.7	-2.53	58.10	2.5	29.855
23	23.9	2776.4	-322.6	26.3	-3.06	57.88	2.5	29.394
26	26.8	2818.2	-378.5	26.7	-3.59	57.59	2.5	28.860
29	29.7	2883.9	-406.6	27.3	-3.85	57.20	2.4	28.187
32	32.6	2868.0	-419.1	27.2	-3.97	56.68	2.4	27.397
35	35.6	2876.5	-430.3	27.3	-4.08	56.09	2.4	26.559
38	38.5	2811.1	-453.2	26.6	-4.29	55.30	2.5	25.617
41	41.4	2846.7	-478.3	27.0	-4.53	54.17	2.5	24.530
42	42.3	2884.8	-484.1	27.3	-4.59	53.80	2.4	24.138
43	43.3	2899.4	-489.2	27.5	-4.63	53.42	2.4	23.731
44	44.3	2883.6	-493.8	27.3	-4.68	53.02	2.4	23.311
45	45.3	2849.6	-504.4	27.0	-4.78	52.47	2.5	22.866
46	46.2	2857.9	-513.1	27.1	-4.86	51.89	2.4	22.418
47	47.2	2882.4	-524.9	27.3	-4.97	22.41	2.4	21.981
Absolute	6.2			147.3			(T =	29.0 ms)
	6.2				-7.23		(T =	81.2 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RP	2520.4	2305.9	2091.5	1877.0	1662.5	1448.1	1233.6	1019.1	804.7	590.2
RX	2520.4	2305.9	2091.5	1877.0	1741.1	1741.1	1741.1	1741.1	1741.1	1741.1
RU	2600.9	2394.4	2188.0	1981.6	1775.1	1568.7	1362.3	1155.9	949.4	743.0

RAU = 1741.1 (kN); RA2 = 1769.8 (kN)

Current CAPWAP Ru = 2265.3 (kN); Corresponding J(RP)= 0.12; J(RX) = 0.12

VMX	TVP	VT1*Z	FT1	FMX	DMX	DFN	SET	EMX	QUS
m/s	ms	kN	kN	kN	mm	mm	mm	kJ	kN
2.86	27.84	2118.6	2546.5	2548.1	31.797	5.019	5.000	58.7	3188.0

PILE PROFILE AND PILE MODEL

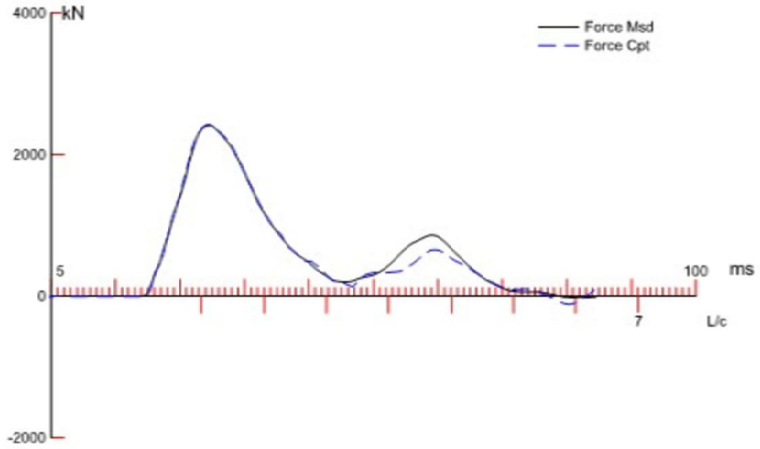
Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
0.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
7.20	183.97	206027.1	76.982	1.571
7.20	1055.58	39226.5	24.026	1.571
47.20	1055.58	39226.5	24.026	1.571

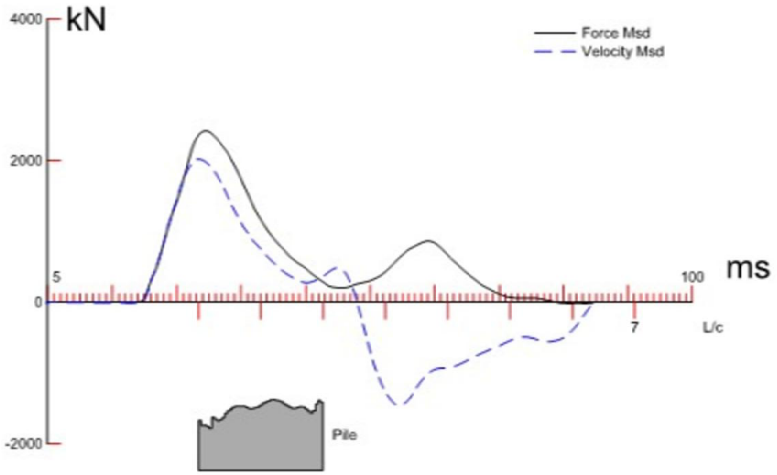
Toe Area 0.196 m^2

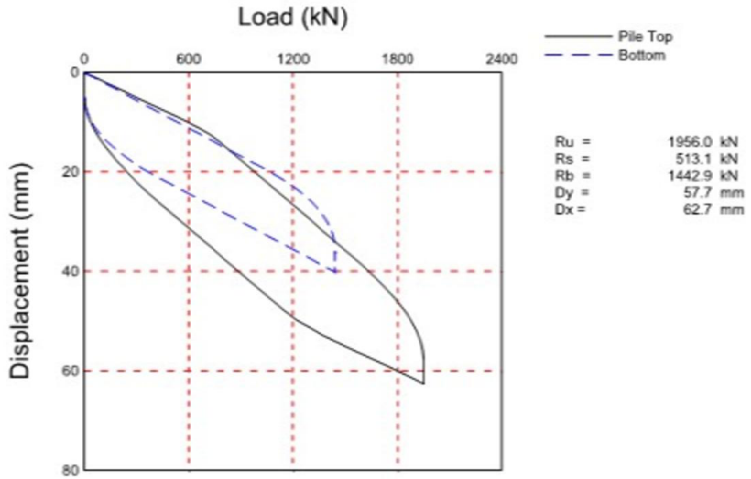
Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
1	1.24	739.85	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
2	2.49	707.49	-4.37	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	1.18
3	3.73	682.97	-7.69	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
4	4.97	650.61	-12.06	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
5	6.21	626.09	-15.38	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
6	7.40	654.72	-18.25	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
7	8.37	820.05	-20.75	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
8	9.34	823.97	-20.37	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
9	10.31	838.68	-18.95	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
10	11.28	877.91	-15.16	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
11	12.25	923.02	-10.80	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
12	13.23	941.65	-9.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
13	14.20	947.54	-8.43	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
14	15.17	944.59	-8.72	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
15	16.14	940.67	-9.10	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
16	17.11	939.69	-9.19	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
17	18.08	926.94	-10.42	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
18	19.05	924.98	-10.61	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
19	20.02	942.63	-8.91	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
20	20.99	974.99	-5.78	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
21	21.96	1031.87	-0.28	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
22	22.93	1072.08	3.60	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
23	23.90	1082.87	4.64	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
24	24.87	1108.37	7.11	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
25	25.84	1115.23	7.77	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
26	26.82	1078.95	4.26	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
27	27.79	1045.60	1.04	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
28	28.76	1019.12	-1.52	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
29	29.73	993.63	-3.98	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
30	30.70	974.01	-5.88	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
31	31.67	967.15	-6.54	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
32	32.64	981.86	-5.12	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
33	33.61	999.51	-3.41	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
34	34.58	1005.40	-2.84	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
35	35.55	999.51	-3.41	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
36	36.52	997.55	-3.60	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
38	38.46	992.65	-4.07	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.98
39	39.43	980.88	-5.21	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	1.47
40	40.41	980.88	-5.21	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
41	41.38	972.05	-6.07	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
42	42.35	946.56	-8.53	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
43	43.32	917.14	-11.37	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
44	44.29	899.48	-13.08	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.98
45	45.26	880.85	-14.88	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.98
46	46.23	899.48	-13.08	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	1.47
47	47.20	956.36	-7.58	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	1.47

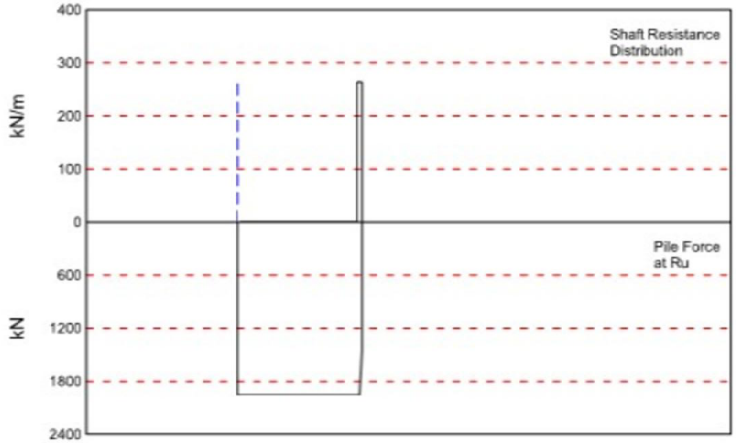
Pile Damping 1.0 %, Time Incr 0.196 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 18.4 ms







Ru = 1956.0 kN
Rs = 513.1 kN
Rb = 1442.9 kN
Dy = 57.7 mm
Dx = 62.7 mm



CAPWAP(R) 2006-3 Licensed to Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 1956.0; along Shaft 513.1; at Toe 1442.9 kN

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. (Depth) kN/m	Unit Resist. (Area) kPa	Smith Damping Factor s/m
				1956.0				
1	3.7	3.1	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
2	6.2	5.6	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
3	8.2	7.6	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
4	10.1	9.5	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
5	12.0	11.4	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
6	14.0	13.4	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
7	15.9	15.3	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
8	17.9	17.3	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
9	19.8	19.2	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
10	21.8	21.2	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
11	23.7	23.1	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
12	25.7	25.1	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
13	27.6	27.0	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
14	29.6	29.0	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
15	31.5	30.9	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
16	33.5	32.9	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
17	35.4	34.8	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
18	37.4	36.8	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
19	39.3	38.7	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
20	41.3	40.7	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
21	43.2	42.6	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
22	45.2	44.6	0.0	1956.0	0.0	0.00	0.00	0.000
23	47.1	46.5	513.1	1442.9	513.1	263.48	167.71	1.233
Avg. Shaft			22.3			11.03	7.02	1.233
Toe			1442.9				7348.61	0.080

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Quake	(mm)	3.747	27.008
Case Damping Factor		0.855	0.156
Damping Type			Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	98	330
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	77	
Resistance Gap (included in Toe Quake)	(mm)		18.961
Soil Plug Weight	(kN)		5.83

CAPWAP match quality = 4.32 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: final set = 5.000 mm; blow count = 200 b/m
Computed: final set = 6.157 mm; blow count = 162 b/m

max. Top Comp. Stress = 131.6 MPa (T= 28.6 ms, max= 1.020 x Top)
max. Comp. Stress = 134.3 MPa (Z= 5.0 m, T= 29.3 ms)
max. Tens. Stress = -8.33 MPa (Z= 5.0 m, T= 81.6 ms)
max. Energy (EMX) = 61.05 kJ; max. Measured Top Displ. (DMX)=37.85 mm

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force kN	min. Force kN	max. Comp. Stress MPa	max. Tens. Stress MPa	max. Trnsfd. Energy kJ	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.2	2421.3	-124.9	131.6	-6.79	61.05	2.7	37.629
2	2.5	2432.9	-134.6	132.2	-7.32	61.03	2.7	37.525
5	6.2	2483.9	-156.9	89.6	-5.66	60.89	2.6	37.083
8	9.1	2522.1	-161.9	23.9	-1.53	60.74	2.6	36.611
11	12.0	2532.1	-162.7	24.0	-1.54	60.56	2.5	36.098
14	15.0	2519.0	-170.7	23.9	-1.62	60.40	2.6	35.637
17	17.9	2512.7	-191.0	23.8	-1.81	60.20	2.6	35.146
20	20.8	2505.9	-204.3	23.7	-1.94	59.97	2.6	34.609
23	23.7	2489.0	-221.8	23.6	-2.10	59.72	2.6	34.044
26	26.7	2541.5	-229.4	24.1	-2.17	59.45	2.6	33.469
29	29.6	2541.3	-234.7	24.1	-2.22	59.11	2.6	32.860
32	32.5	2524.7	-236.0	23.9	-2.24	58.68	2.6	32.155
35	35.4	2515.9	-232.6	23.8	-2.20	58.10	2.6	31.313
38	38.3	2561.1	-229.8	24.3	-2.18	57.38	2.5	30.352
41	41.3	2545.1	-227.5	24.1	-2.16	56.53	2.6	29.317
42	42.2	2525.7	-228.2	23.9	-2.16	56.20	2.6	28.934
43	43.2	2501.6	-229.6	23.7	-2.18	55.84	2.7	28.529
44	44.2	2469.2	-231.5	23.4	-2.19	55.50	2.7	28.133
45	45.2	2426.5	-233.6	23.0	-2.21	55.17	2.8	27.773
46	46.1	2378.6	-235.9	22.5	-2.23	54.85	2.8	27.424
47	47.1	2335.0	-239.1	22.1	-2.26	6.52	2.8	27.063
Absolute	5.0			134.3			(T =	29.3 ms)
	5.0				-8.33		(T =	81.6 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RP	2149.1	1925.9	1702.8	1479.7	1256.6	1033.4	810.3	587.2	364.1	140.9
RX	2149.1	1925.9	1811.7	1811.7	1811.7	1811.7	1811.7	1811.7	1811.7	1811.7
RU	2149.1	1925.9	1702.8	1479.7	1256.6	1033.4	810.3	587.2	364.1	140.9

RAU = 1811.7 (kN); RA2 = 1818.3 (kN)

Current CAPWAP Ru = 1956.0 (kN); Corresponding J(RP)= 0.09; J(RX) = 0.09

VMX	TVP	VT1*Z	FT1	FMX	DMX	DFN	SET	EMX	QUS
m/s	ms	kN	kN	kN	mm	mm	mm	kJ	kN
2.73	27.39	2017.8	2362.5	2420.4	37.852	5.007	5.000	61.2	2855.6

PILE PROFILE AND PILE MODEL

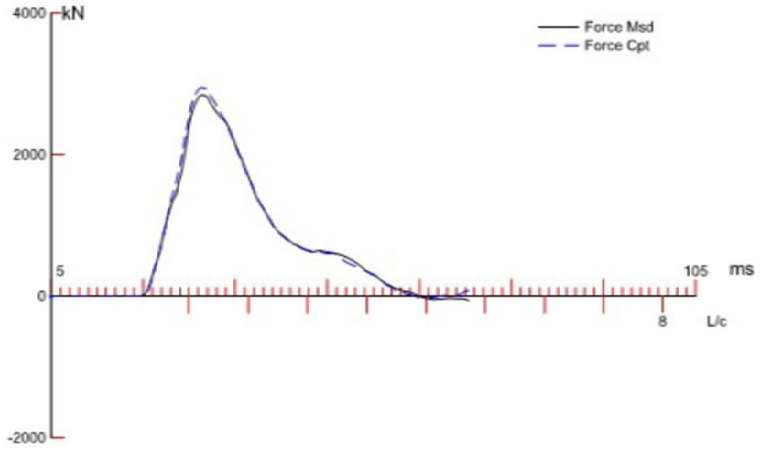
Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
0.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.10	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.10	1055.58	39226.5	24.026	1.571
47.10	1055.58	39226.5	24.026	1.571

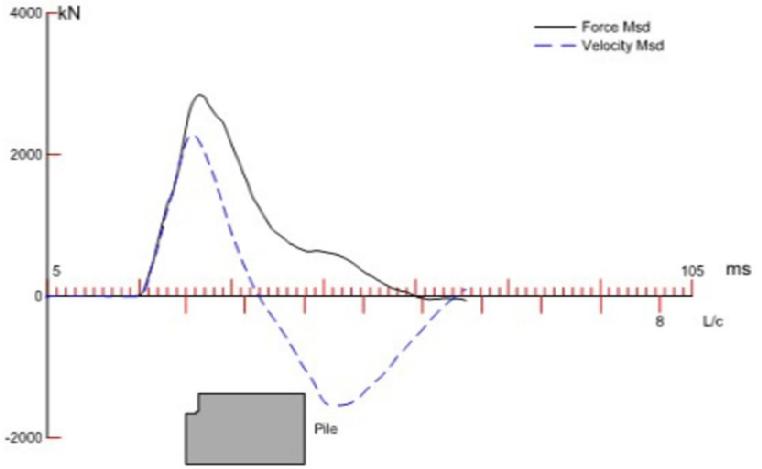
Toe Area 0.196 m^2

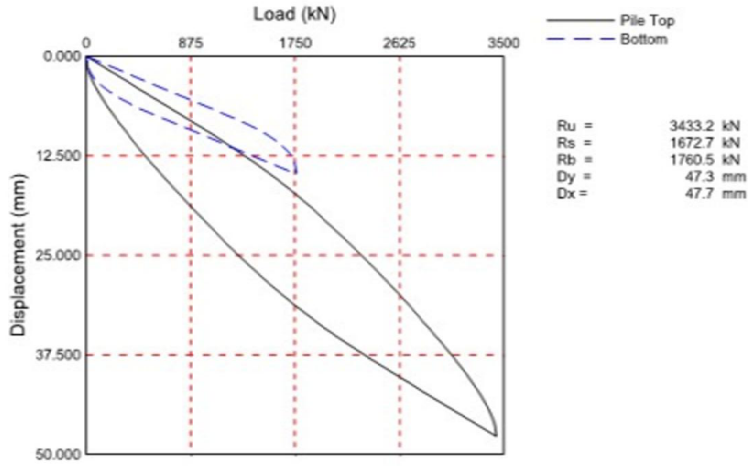
Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
1	1.25	739.85	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
2	2.49	664.65	-10.16	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.22
3	3.74	673.65	-8.95	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.22
4	4.99	649.35	-12.23	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
5	6.20	621.10	-19.48	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
6	7.18	791.52	-23.51	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
7	8.15	761.42	-26.42	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
8	9.13	738.72	-28.61	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
9	10.10	750.62	-27.46	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
10	11.07	786.42	-24.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
11	12.05	844.42	-18.40	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
12	13.02	882.02	-14.77	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
13	13.99	905.52	-12.49	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
14	14.97	939.32	-9.23	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.54
15	15.94	953.82	-7.83	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.54
16	16.91	953.02	-7.90	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
17	17.89	956.52	-7.57	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
18	18.86	948.92	-8.30	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
19	19.84	933.02	-9.84	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
20	20.81	918.32	-11.26	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
21	21.78	918.92	-11.20	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
22	22.76	931.42	-9.99	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
23	23.73	939.12	-9.25	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
24	24.70	963.22	-6.92	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00

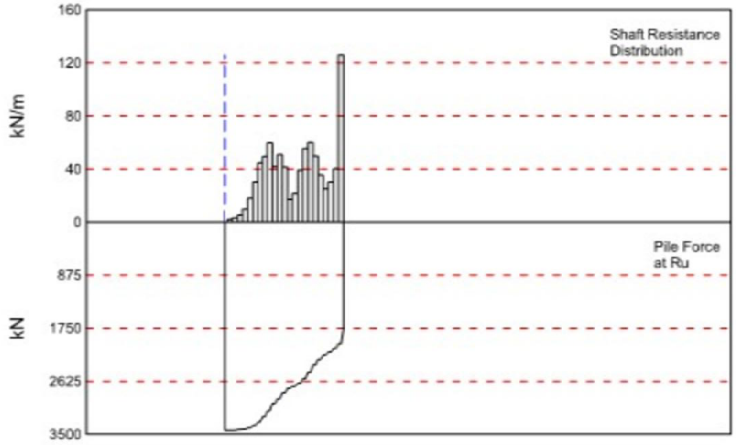
Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
25	25.68	994.72	-3.88	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
26	26.65	1014.42	-1.97	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
27	27.63	1031.02	-0.37	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
28	28.60	1050.62	1.53	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
29	29.57	1054.32	1.88	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
30	30.55	1041.32	0.63	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
31	31.52	1032.52	-0.22	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
32	32.49	1017.22	-1.70	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
33	33.47	990.12	-4.32	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
34	34.44	967.42	-6.51	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
35	35.42	943.02	-8.87	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
36	36.39	922.92	-10.81	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
37	37.36	924.62	-10.65	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
38	38.34	936.52	-9.50	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
39	39.31	945.82	-8.60	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
40	40.28	939.42	-9.22	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
41	41.26	920.72	-11.03	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
42	42.23	882.82	-14.69	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
43	43.21	850.12	-17.85	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
44	44.18	888.52	-14.14	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
45	45.15	987.52	-4.57	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
46	46.13	1038.42	0.35	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
47	47.10	1011.92	-2.21	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.54

Pile Damping 1.0 %, Time Incr 0.196 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 18.4 ms









CAPWAP(R) 2006-3 Licensed to Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 3433.2; along Shaft 1672.7; at Toe 1760.5 kN

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. (Depth) kN/m	Unit Resist. (Area) kPa	Smith Damping Factor s/m
				3433.2				
1	3.7	3.1	5.0	3428.2	5.0	1.59	1.01	0.080
2	6.2	5.6	8.0	3420.2	13.0	3.25	2.07	0.080
3	8.2	7.6	10.2	3410.0	23.2	5.24	3.33	0.080
4	10.1	9.5	19.2	3390.8	42.4	9.86	6.28	0.080
5	12.0	11.4	35.2	3355.6	77.6	18.08	11.51	0.080
6	14.0	13.4	58.8	3296.8	136.4	30.19	19.22	0.080
7	15.9	15.3	87.2	3209.6	223.6	44.78	28.50	0.080
8	17.9	17.3	96.2	3113.4	319.8	49.40	31.44	0.080
9	19.8	19.2	116.7	2996.7	436.5	59.93	38.14	0.080
10	21.8	21.2	81.7	2915.0	518.2	41.95	26.70	0.080
11	23.7	23.1	99.2	2815.8	617.4	50.94	32.42	0.080
12	25.7	25.1	80.9	2734.9	698.3	41.54	26.44	0.080
13	27.6	27.0	33.6	2701.3	731.9	17.25	10.98	0.080
14	29.6	29.0	42.3	2659.0	774.2	21.72	13.83	0.080
15	31.5	30.9	76.5	2582.5	850.7	39.28	25.00	0.080
16	33.5	32.9	107.7	2474.8	958.4	55.30	35.20	0.080
17	35.4	34.8	117.0	2357.8	1075.4	60.08	38.24	0.080
18	37.4	36.8	96.8	2261.0	1172.2	49.71	31.64	0.080
19	39.3	38.7	69.0	2192.0	1241.2	35.43	22.55	0.080
20	41.3	40.7	49.0	2143.0	1290.2	25.16	16.02	0.080
21	43.2	42.6	58.8	2084.2	1349.0	30.19	19.22	0.080
22	45.2	44.6	78.4	2005.8	1427.4	40.26	25.63	0.080
23	47.1	46.5	245.3	1760.5	1672.7	125.96	80.18	0.080
Avg. Shaft			72.7			35.97	22.90	0.080
Toe			1760.5				8966.13	0.400

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Quake	(mm)	7.500	11.042
Case Damping Factor		0.181	0.952
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	1	
Soil Plug Weight	(kN)		0.14

CAPWAP match quality = 2.67 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: final set = 0.500 mm; blow count = 2000 b/m
Computed: final set = 3.321 mm; blow count = 301 b/m

max. Top Comp. Stress = 161.7 MPa (T= 28.8 ms, max= 1.020 x Top)
max. Comp. Stress = 165.0 MPa (Z= 5.0 m, T= 29.1 ms)
max. Tens. Stress = -5.85 MPa (Z= 37.4 m, T= 60.8 ms)
max. Energy (EMX) = 63.06 kJ; max. Measured Top Displ. (DMX)=29.03 mm

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force kN	min. Force kN	max. Comp. Stress MPa	max. Tens. Stress MPa	max. Trnsfd. Energy kJ	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.2	2975.7	-45.2	161.7	-2.46	63.06	2.9	27.405
2	2.5	2999.9	-61.0	163.1	-3.31	62.86	2.8	27.073
5	6.2	3050.8	-105.2	110.1	-3.79	62.13	2.7	26.106
8	9.1	3095.7	-165.2	29.3	-1.56	61.20	2.7	25.386
11	12.0	3148.7	-237.3	29.8	-2.25	60.21	2.6	24.616
14	15.0	3109.0	-296.5	29.5	-2.81	57.40	2.5	23.807
17	17.9	3074.1	-338.1	29.1	-3.20	54.78	2.5	22.958
20	20.8	2886.6	-389.2	27.3	-3.69	49.52	2.4	22.104
23	23.7	2849.9	-456.2	27.0	-4.32	47.15	2.3	21.226
26	26.7	2695.6	-503.3	25.5	-4.77	42.89	2.3	20.323
29	29.6	2690.6	-546.4	25.5	-5.18	41.43	2.2	19.343
32	32.5	2624.4	-569.1	24.9	-5.39	38.40	2.2	18.286
35	35.4	2608.3	-607.4	24.7	-5.75	35.59	2.1	17.175
38	38.3	2497.2	-614.7	23.7	-5.82	31.32	2.0	16.048
41	41.3	2559.8	-607.3	24.3	-5.75	29.25	1.8	14.906
42	42.2	2561.7	-602.1	24.3	-5.70	28.26	1.8	14.528
43	43.2	2621.2	-600.5	24.8	-5.69	27.88	1.8	14.146
44	44.2	2610.2	-595.1	24.7	-5.64	26.83	1.7	13.771
45	45.2	2667.3	-594.4	25.3	-5.63	26.45	1.7	13.390
46	46.1	2640.4	-588.3	25.0	-5.57	25.25	1.6	13.016
47	47.1	2699.2	-588.1	25.6	-5.57	23.18	1.6	12.637
Absolute	5.0			165.0			(T =	29.1 ms)
	37.4				-5.85		(T =	60.8 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RP	3370.6	3210.4	3050.2	2889.9	2729.7	2569.5	2409.3	2249.0	2088.8	1928.6
RX	3502.2	3352.7	3205.9	3062.0	2921.9	2783.5	2646.7	2514.1	2385.6	2259.8
RU	3796.3	3678.7	3561.0	3443.4	3325.7	3208.1	3090.4	2972.8	2855.1	2737.5

RAU = 1518.7 (kN); RA2 = 3100.5 (kN)

Current CAPWAP Ru = 3433.2 (kN); Corresponding J(RP)= 0.00; J(RX) = 0.05

VMX m/s	TVP ms	VT1*Z kN	FT1 kN	FMX kN	DMX mm	DFN mm	SET mm	EMX kJ	QUS kN
3.08	26.60	2274.7	2698.2	2840.7	29.028	0.497	0.500	63.9	4327.2

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
0.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.10	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.10	1055.58	39226.5	24.026	1.571

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
47.10	1055.58	39226.5	24.026	1.571

Toe Area 0.196 m^2

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m
1	1.25	739.85	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571
5	6.20	771.40	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571
6	7.18	1034.82	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571
47	47.10	1034.82	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571

Pile Damping 1.0 %, Time Incr 0.196 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 18.4 ms

2. 시험사진

교량 A1
No.85
2021. 06. 21



교량 A1
No.11
2021. 06. 21

No.11
2021 .07. 08


인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)

말 뚝 동 재 하 시 험 보 고 서

[교량 A2]

2021. 05.

대한기초엔지니어링주식회사
DAEHANFE FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD

제 출 문

동부건설(주) 귀중

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)
말뚝동재하시험보고서

상기 건의 용역을 완수하고 본 보고서로 정리하여 제출합니다. 본 건 용역을 완수하기까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 05월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호
대한기초엔지니어링주식회사
대 표 이 사 최 장 선
토목품질시험 기술사
토질 및 기초 기술사 권
전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-8202

목 차

제1장. 개요

1.1 시험의 목적 ·····1

1.2 시험의 범위 ·····1

1.3 시험의 개요 ·····2

제2장. 시험결과의 활용

2.1 항타에너지 ·····5

2.2 항타응력 ·····5

2.3 말뚝의 건전도 ·····5

2.4 허용지지력의 결정 ·····5

제3장. 결론

3.1 항타에너지와 효율 ·····8

3.2 항타응력 평가 ·····8

3.3 동재하시험시 지지력 검토 ·····9

3.4 허용지지력 판정 ·····9

3.5 결언 ·····10

부록

1. CAPWAP Result Output Data

2. 시험사진

제1장. 개요

- 1.1 시험의 목적
- 1.2 시험의 범위
- 1.3 시험의 개요

제1장. 개요

1.1 시험의 목적

동재하시험의 목적은 항타분석기(PDA:Pile Driving Analyzer)를 이용하여 항타에 의해 말뚝에 작용하는 변형율 및 가속도를 측정, 분석함으로서 해머의 효율, 말뚝에 작용하는 응력 및 에너지, 말뚝의 건전도, 말뚝의 지지력을 말뚝 설계자료와 비교하는데 그 목적이 있다.

1.2 시험의 범위

가. 공간적 범위

(1) 공 사 명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)

(2) 현장위치 : 인천광역시 중구 운서동 일원

(3) 시험수량 : 3개소 [초기항타 동재하시험:2개소, 재항타 동재하시험:1개소]

(4) 시험위치 : 교량 A2 (No.90,7)

나. 시간적 범위

(1) 현장시험 : 2021년 04월 29일~2021년 05월 14일

(2) 성과분석 : 2021년 05월 03일~2021년 05월 17일

(3) 보고서작성 : 2021년 05월 31일

1.3 시험의 개요

가. 시험조건

구분	말뚝 번호	시험 구분	말뚝 종류 (㎜)	해머 중량 (ton)	관입 심도 (m)	시공 방법	시공 날짜	시험 날짜
PDA-1	A2 No.90	초기항타	φ500(t=12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	48.5	S.D.A	21.04.29	21.04.29
PDA-2	A2 No.7	초기항타	φ500(t=12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	49.3	S.D.A	21.04.30	21.04.30
PDA-3	A2 No.7	재항타	φ500(t=12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	49.3	S,D,A	21.04.30	21.05.14

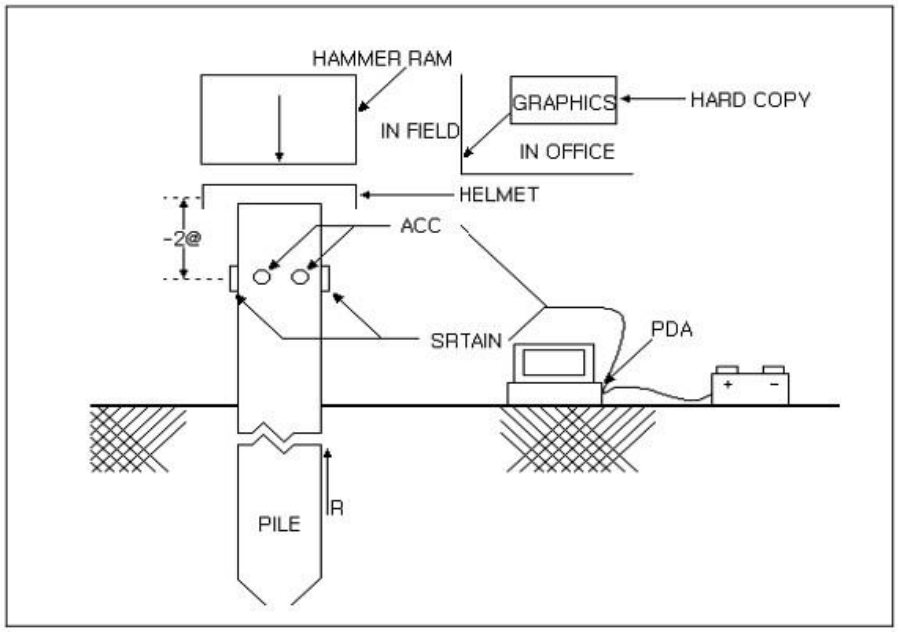
▌초기항타시험(End of Initial Driving:E.O.I.D)

타격에 의해 말뚝에 걸리는 응력, 타격시의 지지력 등을 측정하여 본 시공을 위한 시공 관리 기준을 만들기 위해 시행하는 시험으로 항타 직후 또는 항타중에 수행하는 시험.

▌재항타시험(Restrike)

말뚝시공후 일정한 시간이 경과한후 실시하는 시험으로 시간경과에 따르는 주면마찰력의 증감, 지반의 강도회복(Set-up) 효과의 확인과 함께 말뚝의 허용지지력 산정을 위해 실시하는 시험.

나. 시험모식도



다. 시험장비

본 시험에 사용된 시험장비 및 기구의 명칭 및 사양을 살펴보면 다음과 같다.

기기명	항목	사양
동재하시험기 (PDA)	GRL User Imprint	DAEHAN FDN ENGINEERING CO,. LTD.
	Model	PAL, PAX, 8G
	User Imprint	DAEHAN FDN ENGINEERING CO,. LTD.
변형률게이지 (Strain Transducer)	Effective Gage Length	3inch(76mm)
	Size	4.5×1.4×0.4inch(115×35×11mm)
	Material	Aluminum
	Circuit	Full bridge;2pair shielded cable
	Sensitivity	380μ ε /mV/V typical
	Strain Range	2,000 μ ε when dimly attached
가속도게이지 (Piezoelectric Accelerometer)	Mounting	To special aluminum block
	Circuit	Integral impedance converting electronics
	Sensitivity	1.0 mV/g with 10 N.D.C. bias voltage
	Range	5,000g's
	Frequency Range	0.25 to 7,000Hz
	Temperature Range	-50 to 120℃ Operating

제2장. 시험결과의 활용

- 2.1 항타에너지
- 2.2 항타응력
- 2.3 말뚝의 건전도
- 2.4 허용지지력의 결정

제2장. 시험결과의 활용

2.1 항타에너지

해머의 정격에너지를 계산(=낙하높이×램의 무게)하고 동재하시험으로 말뚝에 전달되는 에너지를 측정하여 햄머 시스템의 효율(=전달된 에너지/정격에너지)을 확인한다.

2.2 항타응력

말뚝재료에 발생하는 압축 및 인장 항타응력을 측정하므로 말뚝재료의 파손 가능성을 판단할 수 있다. 따라서 말뚝재료가 허용하는 범위까지 항타응력을 유지하는 시공기준을 적용함으로써 시공의 효율을 높일 수 있다.

2.3 말뚝의 건전도

말뚝재료의 손상이나 용접이음부위의 건전도를 확인할 수 있다. 이들의 말뚝손상 기준(Rausche & Goble, 1979)은 다음과 같이 나타나 있다.

말뚝손상 기준(Rausche & Goble, 1979)

건전도 지수[BTA]	손상정도
100%	손상되지 않음(Undamaged)
80%~100%	미세한 손상(slightly damaged)
60%~80%	손상(Damaged)
60% 이하	부러짐(Broken)

Rausche등(1978)은 F와 V파형의 접근정도에 따라 말뚝의 손상을 평가하고 건전도 지수(BTA)를 결정하였다.

2.4 허용지지력의 결정

동재하시험은 정재하시험의 하중-침하량 분석에서 알 수 있는 자료보다 많은 정보를 제공한다. 그러나 말뚝 거동에 대한 고려없이 일률적으로 안전율을 적용하게 되면 비경제적인 설계가 될 수 있다. 그러므로 Case 방법에 의한결과는 현장에서 말뚝의 지지력을 개략적으로 파악하는데 사용하고 CAPWAP 분석으로부터 하중-침하량 관계를 도출하고 합리적인 판단기준으로 허용지지력을 결정해야 한다.

가. Case방법(간편법)

이 방법은 동재하시험의 지지력 해석방법 중 간편 계산법이라 할 수 있다. Case방법은 말뚝머리에 변형률 측정기와 가속도 측정기를 설치하여 계측한 값을 공식에 대입하여 직접 지지력을 구하는 방법이다. 이에 반하여 후술할 CAPWAP방법은 프로그램을 이용하여 반복법으로 지지력을 찾아가는 방법이다.

나. CAPWAP방법

CAPWAP(Case Pile Wave Analysis Program : GRL Associate, Inc., 1996) 방법은 Case 방법과 같이 말뚝두부에서 측정된 힘과 시간 또는 가속도와 시간과의 관계를 이용하여 지지력을 예측하는 방법이나, Case방법에서처럼 약산 공식을 이용하지 않고 프로그램을 이용하여 구하는 방법이다. CAPWAP은 Case Western Reserve University에 의해 개발되었으며 항타분석기로부터 얻어진 힘과 속도파를 이용, 말뚝에 작용하는 힘과 말뚝의 변위를 정량화하여 시행착오법에 의한 signal matching 과정을 통해 말뚝의 경계조건 즉 말뚝의 지지력, 지반지항력의 분포, quake 및 damping 계수 등을 결정하는 방법이다.

항타분석기에 의한 계산출력치

출력치	내용
CSX(FMX)	게이지 위치에서의 최대압축력
CSB(CFB)	말뚝 선단부에서의 최대압축력
TSX(CTX)	말뚝에 작용하는 최대인장력
DMX	게이지 위치에서의 최대변위
EMX	게이지 위치에서의 최대 항타에너지
ETR	에너지 전달율
BTA	말뚝의 손상정도를 나타내는 건전도 지수
RTL	말뚝의 Total Resisitance(정적+동적)
RSP	Case 방법에 의한 정적 극한지지력(RSP W/Jc=0.#)
RMX	Case 방법에 의한 최대 정적 극한지지력(RMX W/Jc=0.#)
RMN	Case 방법에 의한 최소 정적 극한지지력
RUS	Early unloading을 보정한 정적 극한지지력(RSU W/Jc=0.#)
RAU	Case 방법에 의한 선단지지 말뚝의 극한지지력

제3장. 결론

- 3.1 항타에너지와 효율
- 3.2 항타응력 평가
- 3.3 동재하시험시 지지력 검토
- 3.4 허용지지력 판정
- 3.5 결언

제3장. 결론

3.1 항타에너지와 효율

구분	말뚝 번호	시험 구분	hammer 중량 (ton)	낙하고 (m)	항타 에너지 (kN-m)	타격 에너지 (kN-m)	에너지 전달율 (%)
PDA-1	A2 No.90	초기항타	6.0	2.0	63.6	117.7	54.04
PDA-2	A2 No.7	초기항타	6.0	1.5	48.1	88.3	54.47
PDA-3	A2 No.7	재항타	6.0	2.0	91.7	117.7	77.91

▌ 에너지 전달율(Energy Transfer Ratio)

$$ETR(\text{에너지전달율}) = \frac{EMX(\text{항타에너지})}{E_p(\text{타격에너지})}$$

3.2 항타응력 평가

구분	말뚝 번호	시험 구분	항타 에너지 (kN-m)	말뚝에 작용하는 응력		최대 압축응력 (MPa)	응력 평가 (%)
				CSX (MPa)	TSX (MPa)		
PDA-1	A2 No.90	초기항타	63.6	140.0	7.94	140.0	66.04 (STEEL)
				24.1	3.35	25.4	54.04 (PHC)
PDA-2	A2 No.7	초기항타	48.1	118.3	7.24	119.5	56.37 (STEEL)
				20.8	3.31	21.5	45.74 (PHC)
PDA-3	A2 No.7	재항타	91.7	179.7	7.56	183.1	86.37 (STEEL)
				32.5	5.76	35.2	74.89 (PHC)

▌ 항타분석기에 의한 계산출력치(내용)

1) CSX : 말뚝두부에서의 압축응력

2) TSX : 말뚝에서의 최대인장응력

3) 최대압축응력 : 말뚝에서의 최대압축응력

▌ 응력평가 (항타응력 제한치 규정)

1) STEEL허용압축·인장응력 : 211.8 MPa ($0.9\sigma_y = \sigma_y \times 90\% = 235.35 \times 0.9 = 211.8 MPa$)

종류	강재의 항복강도	허용압축응력	허용인장응력
STEEL	235.35 MPa(2400 kgf/㎠)	211.8 MPa	211.8 MPa

2) PHC허용압축응력 : 47.0 MPa ($0.6f_{ck} = 0.6 \times 78.4 = 47.0 MPa$)

3) PHC허용인장응력 : 6.1 MPa ($0.25\sqrt{f_{ck}} + f_{pe} = 0.25\sqrt{78.4} + 3.9 = 6.1 MPa$)

종류	콘크리트의 압축강도	유효프리스트레스량	허용압축응력	허용인장응력
PHC(A종)	78.4 MPa(800 kgf/㎠)	3.9 MPa(40 kgf/㎠)	47.0 MPa	6.1 MPa

3.3 동재하시험시 지지력 검토

초기항타 동재하시험과 재항타시험을 비교 분석하여 마찰력의 증가량을 확인하고 양생기간에 따른 마찰력 증가량 또한 분석하여 전체지지력에 미치는 영향을 검토하는데 목적이 있다.

말뚝 번호	시험 구분	전체 지지력 (kN/본)	주면 마찰력 (kN/본)	선단 지지력 (kN/본)	허용지지력 (kN/본) 안전율=2.5
A2 No.7	초기항타	1961.9	449.4	1512.5	784.76
A2 No.7	재항타	3421.6	1529.8	1891.8	1368.64
변화량		1459.7↑	**1080.4↑**	-	583.8↑

위의 표는 시멘트페이스트의 양생으로 인한 지지력의 증가된 상태를 나타내며, 주면마찰력은 1080.4kN/본 이상 증가하는 것으로 나타났다.

3.4 허용지지력 판정

구분	말뚝 번호	시험 구분	관입 심도 (m)	CAPWAP Result Output Data			허용 지지력 (kN/본) 안전율=2.5	설계 지지력 (kN/본)
				전체 지지력 (kN/본)	주면 마찰력 (kN/본)	선단 지지력 (kN/본)		
PDA-1	A2 No.90	초기항타	48.5	1793.3	497.0	1296.3	717.32	596.981
PDA-2	A2 No.7	초기항타	49.3	1961.9	449.4	1512.5	784.76	596.981
PDA-3	A2 No.7	재항타	49.3	3421.6	1529.8	1891.8	1368.64	596.981

3.5 결언

동부건설(주)에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 현장에 동재하시험을 실시한 결과 아래와 같이 검토, 분석되었다.

가. 일반사항

S.D.A 공법으로 시공하여 시공직후에 초기항타 동재하시험을 실시하였고, 시간이 경과한 후 재항타 동재하시험을 실시하였다.

나. 항타에너지와 효율

본 현장은 6.0ton 해머(DROP)로 시험하였다. 항타에너지는 63.6kNm,48.1kNm(초기항타), 91.7kNm(재항타)로 측정되었고, 에너지전달율은 54.04%,54.47%(초기항타), 77.91%(재항타)로 확인되었다.

다. 항타응력 평가

압축응력 및 인장응력은 허용범위(100.0%) 이내로 확인되었다.

라. 허용지지력 판정

초기항타 동재하시험시 시공직후에 시험측정한 말뚝으로 토질 또는 SOIL CEMENT의 SET UP 효과를 고려하지 않은 결과이다. 재항타 동재하시험을 실시한 결과 시간경과에 따른 토질의 SET UP 현상 및 SOIL CEMENT 양생효과로 주면마찰력이 증가하였고, 설계지지력을 만족하는 허용지지력을 확인하였다.

마. 항타관리

항타관리는 다음과 같이 관리하는 것이 말뚝의 안정성 및 효율성에 있어서 적절할 것으로 판단된다.

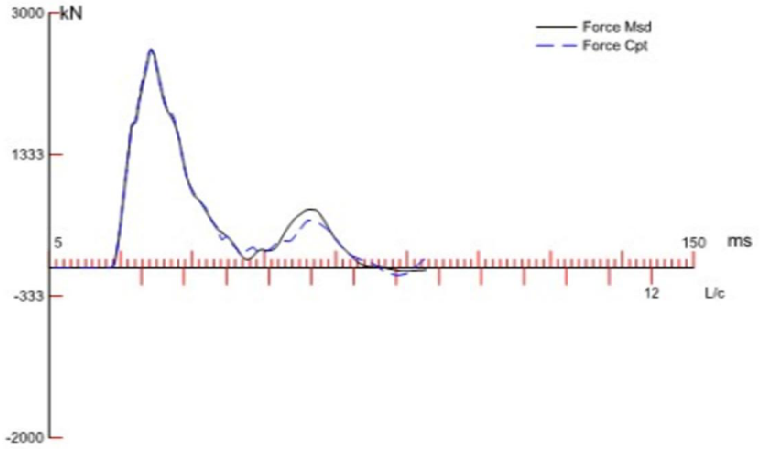
시험위치	해머무게 (ton)	낙하고 (m)	최종관입량 (mm)
교량 A2	6.0	1.5	5.0 이내

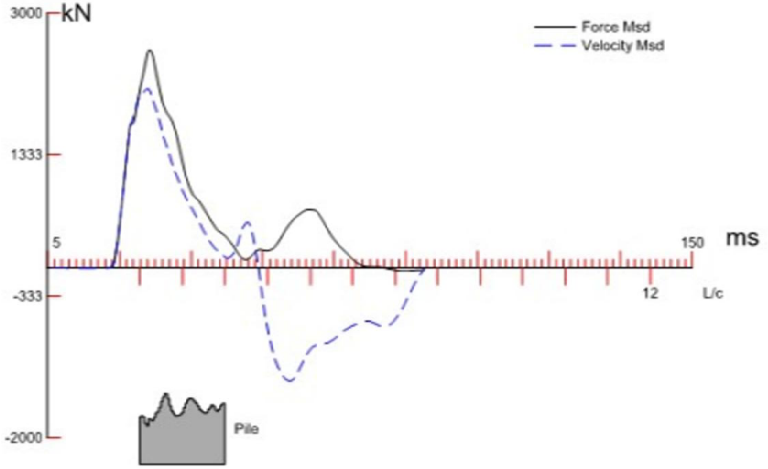
바. 본 시험의 해석은 CAPWAP 2006 Program을 사용하였으며, KS F 2591 규정에 준하여 해석하였다.

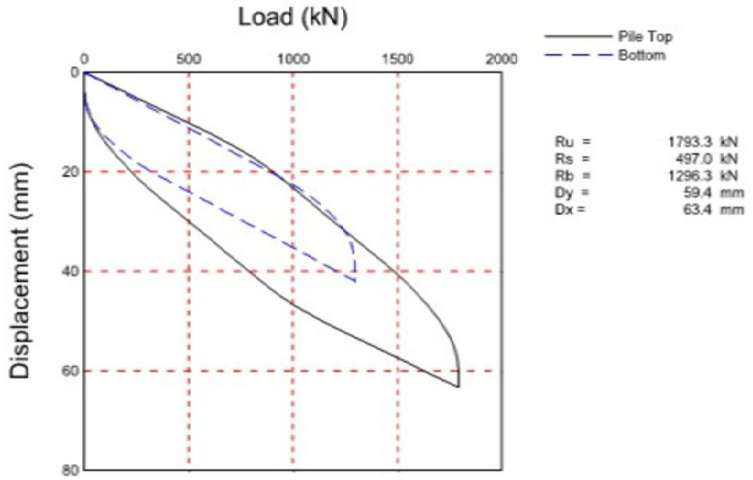
부록

- 1. CAPWAP Result Output Data
- 2. 시험사진

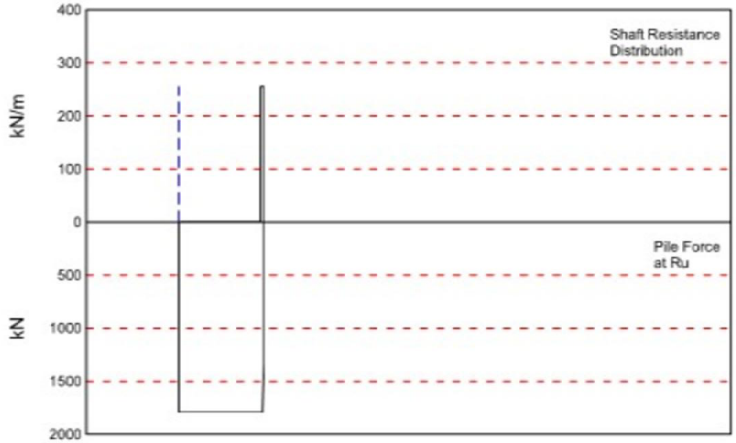
1. CAPWAP Result Output Data







Ru = 1793.3 kN
Rs = 497.0 kN
Rb = 1296.3 kN
Dy = 59.4 mm
Dx = 63.4 mm



CAPWAP(R) 2006-3 Licensed to Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 1793.3; along Shaft 497.0; at Toe 1296.3 kN

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. (Depth) kN/m	Unit Resist. (Area) kPa	Smith Damping Factor s/m
				1793.3				
1	3.7	3.2	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
2	6.2	5.7	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
3	8.1	7.6	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
4	10.1	9.6	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
5	12.0	11.5	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
6	14.0	13.5	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
7	15.9	15.4	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
8	17.9	17.4	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
9	19.8	19.3	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
10	21.8	21.3	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
11	23.7	23.2	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
12	25.6	25.1	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
13	27.6	27.1	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
14	29.5	29.0	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
15	31.5	31.0	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
16	33.4	32.9	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
17	35.4	34.9	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
18	37.3	36.8	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
19	39.3	38.8	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
20	41.2	40.7	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
21	43.2	42.7	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
22	45.1	44.6	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
23	47.1	46.6	0.0	1793.3	0.0	0.00	0.00	0.000
24	49.0	48.5	497.0	1296.3	497.0	255.35	162.54	1.071
Avg. Shaft			20.7			10.25	6.52	1.071
Toe			1296.3				6601.99	0.108

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Quake	(mm)	6.675	29.152
Case Damping Factor		0.719	0.189
Unloading Quake	(% of loading quake)	97	510
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	35	
Resistance Gap (included in Toe Quake)	(mm)		23.685
Soil Plug Weight	(kN)		5.84

CAPWAP match quality = 3.49 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: final set = 4.000 mm; blow count = 250 b/m
Computed: final set = 3.002 mm; blow count = 333 b/m

max. Top Comp. Stress = 140.0 MPa (T= 28.1 ms, max= 1.000 x Top)
max. Comp. Stress = 140.0 MPa (Z= 1.2 m, T= 28.1 ms)
max. Tens. Stress = -7.94 MPa (Z= 5.0 m, T= 84.5 ms)
max. Energy (EMX) = 63.67 kJ; max. Measured Top Displ. (DMX)=39.38 mm

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force kN	min. Force kN	max. Comp. Stress MPa	max. Tens. Stress MPa	max. Trnsfd. Energy kJ	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.2	2576.4	-100.3	140.0	-5.45	63.67	2.8	38.812
2	2.5	2568.0	-112.6	139.6	-6.12	63.66	2.8	38.740
5	6.2	2527.0	-155.5	73.3	-4.51	63.53	2.9	38.334
8	9.1	2540.9	-183.7	24.1	-1.74	63.39	2.9	37.850
11	12.0	2587.9	-202.5	24.5	-1.92	63.25	2.8	37.386
14	14.9	2620.7	-216.1	24.8	-2.05	63.16	2.8	37.052
17	17.9	2595.2	-226.1	24.6	-2.14	63.08	2.8	36.763
20	20.8	2543.8	-230.6	24.1	-2.18	62.96	2.8	36.373
23	23.7	2531.0	-242.9	24.0	-2.30	62.81	2.9	35.898
26	26.6	2537.9	-258.4	24.0	-2.45	62.66	2.9	35.429
29	29.5	2610.1	-273.8	24.7	-2.59	62.50	2.8	34.997
32	32.5	2675.8	-286.5	25.3	-2.71	62.27	2.7	34.476
35	35.4	2678.3	-303.7	25.4	-2.88	61.89	2.7	33.783
38	38.3	2655.6	-320.5	25.2	-3.04	61.36	2.8	32.905
41	41.2	2589.5	-335.9	24.5	-3.18	60.73	2.9	31.966
44	44.1	2646.3	-346.5	25.1	-3.28	59.97	2.8	30.967
45	45.1	2625.5	-348.9	24.9	-3.31	59.68	2.8	30.594
46	46.1	2605.3	-350.6	24.7	-3.32	59.39	2.8	30.230
47	47.1	2595.8	-351.7	24.6	-3.33	59.11	2.8	29.883
48	48.0	2581.5	-352.7	24.5	-3.34	58.83	2.9	29.540
49	49.0	2547.9	-353.5	24.1	-3.35	12.44	2.9	29.193
Absolute	1.2			140.0			(T =	28.1 ms)
	5.0				-7.94		(T =	84.5 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RP	2215.4	2018.7	1822.0	1625.3	1428.6	1231.9	1035.3	838.6	641.9	445.2
RX	2374.9	2147.1	1919.4	1695.8	1527.9	1527.9	1527.9	1527.9	1527.9	1527.9
RU	2215.4	2018.7	1822.0	1625.3	1428.6	1231.9	1035.3	838.6	641.9	445.2

RAU = 1503.2 (kN); RA2 = 1499.9 (kN)

Current CAPWAP Ru = 1793.3 (kN); Corresponding J(RP)= 0.21; J(RX) = 0.26

VMX	TVP	VT1*Z	FT1	FMX	DMX	DFN	SET	EMX	QUS
m/s	ms	kN	kN	kN	mm	mm	mm	kJ	kN
2.85	25.96	2029.8	2152.4	2565.6	39.377	4.011	4.000	63.6	2933.8

PILE PROFILE AND PILE MODEL

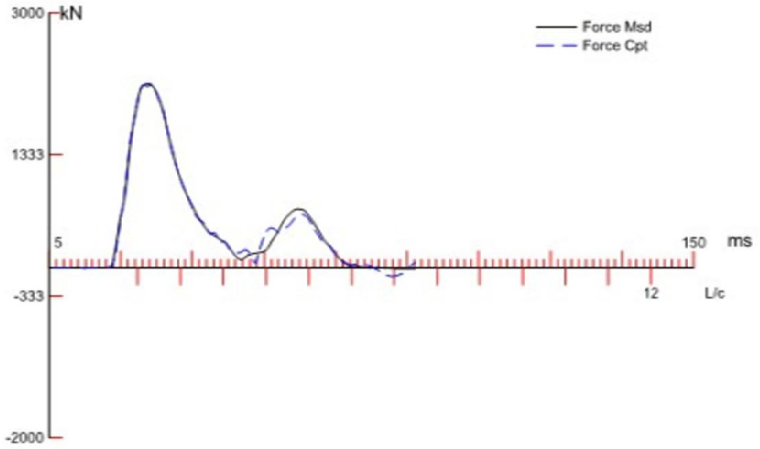
Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
0.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.00	1055.58	39226.5	24.026	1.571
49.00	1055.58	39226.5	24.026	1.571

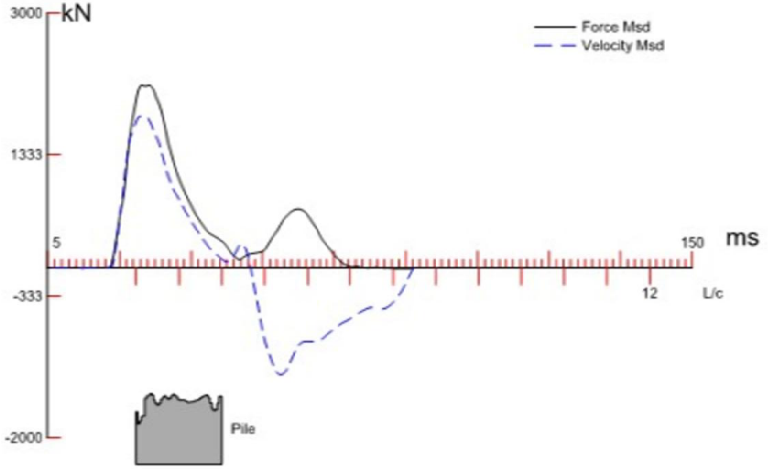
Toe Area 0.196 m^2

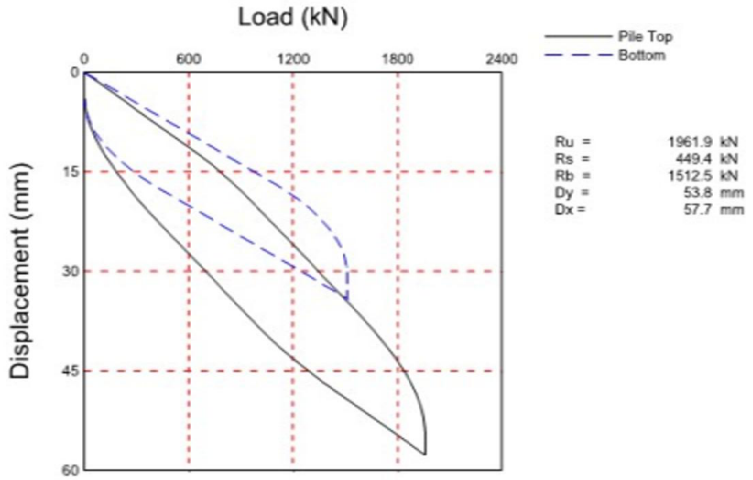
Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
1	1.25	739.85	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
2	2.49	753.58	1.86	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.29
3	3.74	733.97	-0.80	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.29
4	4.98	639.82	-13.52	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
5	6.18	596.20	-24.94	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
6	7.15	709.23	-31.46	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
7	8.13	695.51	-32.79	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
8	9.10	675.89	-34.68	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
9	10.07	723.94	-30.04	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
10	11.05	791.61	-23.50	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
11	12.02	815.15	-21.23	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
12	12.99	881.83	-14.78	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
13	13.97	974.01	-5.88	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
14	14.94	1042.66	0.76	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
15	15.91	1100.52	6.35	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
16	16.88	1093.66	5.69	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
17	17.86	1018.14	-1.61	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
18	18.83	911.25	-11.94	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
19	19.80	834.76	-19.33	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.98
20	20.78	791.61	-23.50	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
21	21.75	752.38	-27.29	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
22	22.72	750.42	-27.48	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
23	23.70	756.31	-26.91	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
24	24.67	772.00	-25.40	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
25	25.64	806.32	-22.08	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
26	26.62	875.95	-15.35	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
27	27.59	946.56	-8.53	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
28	28.56	995.59	-3.79	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
29	29.54	1024.03	-1.04	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
30	30.51	1027.95	-0.66	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
31	31.48	1010.30	-2.37	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
32	32.46	971.07	-6.16	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.20
33	33.43	948.52	-8.34	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.20
34	34.40	904.39	-12.60	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
35	35.38	856.33	-17.25	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
36	36.35	827.90	-20.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
37	37.32	807.30	-21.99	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
38	38.29	793.57	-23.31	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
39	39.27	803.38	-22.37	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
40	40.24	852.41	-17.63	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
41	41.21	892.62	-13.74	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
42	42.19	923.02	-10.80	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
43	43.16	899.48	-13.08	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
44	44.13	843.59	-18.48	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
45	45.11	824.95	-20.28	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
46	46.08	857.32	-17.15	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
47	47.05	911.25	-11.94	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
48	48.03	938.71	-9.29	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
49	49.00	948.52	-8.34	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49

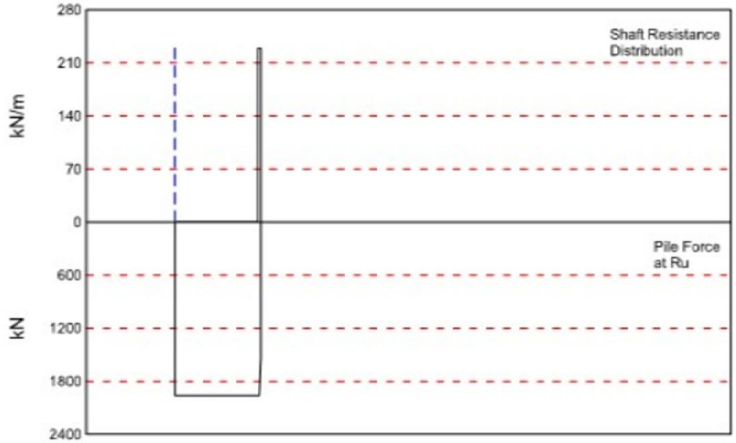
Pile Damping 1.0 %, Time Incr 0.195 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 19.1 ms







Ru = 1961.9 kN
Rs = 449.4 kN
Rb = 1512.5 kN
Dy = 53.8 mm
Dx = 57.7 mm



CAPWAP(R) 2006-3 Licensed to Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 1961.9; along Shaft 449.4; at Toe 1512.5 kN

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. (Depth) kN/m	Unit Resist. (Area) kPa	Smith Damping Factor s/m
				1961.9				
1	3.8	3.8	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
2	6.3	6.3	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
3	8.2	8.2	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
4	10.2	10.2	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
5	12.1	12.1	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
6	14.1	14.1	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
7	16.0	16.0	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
8	18.0	18.0	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
9	20.0	20.0	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
10	21.9	21.9	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
11	23.9	23.9	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
12	25.8	25.8	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
13	27.8	27.8	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
14	29.7	29.7	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
15	31.7	31.7	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
16	33.7	33.7	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
17	35.6	35.6	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
18	37.6	37.6	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
19	39.5	39.5	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
20	41.5	41.5	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
21	43.4	43.4	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
22	45.4	45.4	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
23	47.3	47.3	0.0	1961.9	0.0	0.00	0.00	0.000
24	49.3	49.3	449.4	1512.5	449.4	229.76	146.25	1.091
Avg. Shaft			18.7			9.12	5.80	1.091
Toe			1512.5				7703.08	0.161

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Quake	(mm)	5.394	23.202
Case Damping Factor		0.663	0.329
Unloading Quake	(% of loading quake)	100	865
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	56	
Resistance Gap (included in Toe Quake)	(mm)		20.521
Soil Plug Weight	(kN)		5.54

CAPWAP match quality = 3.67 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: final set = 4.000 mm; blow count = 250 b/m
Computed: final set = 4.079 mm; blow count = 245 b/m

max. Top Comp. Stress = 118.3 MPa (T= 27.9 ms, max= 1.009 x Top)
max. Comp. Stress = 119.5 MPa (Z= 6.3 m, T= 27.7 ms)
max. Tens. Stress = -7.24 MPa (Z= 6.3 m, T= 82.3 ms)
max. Energy (EMX) = 48.12 kJ; max. Measured Top Displ. (DMX)=32.23 mm

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force kN	min. Force kN	max. Comp. Stress MPa	max. Tens. Stress MPa	max. Trnsfd. Energy kJ	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.3	2177.1	-109.6	118.3	-5.96	48.12	2.4	31.844
2	2.5	2184.1	-116.6	118.7	-6.34	48.11	2.4	31.797
5	6.3	2197.7	-133.2	119.5	-7.24	48.08	2.4	31.578
8	9.2	2199.4	-157.2	20.8	-1.49	48.03	2.4	31.322
11	12.1	2197.2	-176.5	20.8	-1.67	47.98	2.4	31.073
14	15.1	2191.2	-180.0	20.8	-1.71	47.94	2.4	30.856
17	18.0	2168.9	-194.9	20.5	-1.85	47.90	2.4	30.640
20	20.9	2160.0	-213.5	20.5	-2.02	47.84	2.4	30.357
23	23.9	2169.0	-233.3	20.5	-2.21	47.75	2.4	30.042
26	26.8	2171.3	-251.6	20.6	-2.38	47.63	2.4	29.647
29	29.7	2191.8	-265.3	20.8	-2.51	47.47	2.4	29.183
32	32.7	2225.3	-279.9	21.1	-2.65	47.23	2.4	28.620
35	35.6	2233.7	-295.7	21.2	-2.80	46.89	2.3	27.952
38	38.5	2264.3	-305.3	21.5	-2.89	46.45	2.3	27.195
41	41.5	2271.7	-312.4	21.5	-2.96	45.86	2.3	26.350
44	44.4	2263.0	-326.6	21.4	-3.09	44.99	2.3	25.252
45	45.4	2265.7	-330.5	21.5	-3.13	44.62	2.3	24.811
46	46.4	2269.1	-334.6	21.5	-3.17	44.23	2.3	24.367
47	47.3	2266.7	-338.7	21.5	-3.21	43.87	2.4	23.958
48	48.3	2251.9	-343.1	21.3	-3.25	43.53	2.4	23.584
49	49.3	2221.7	-349.0	21.0	-3.31	12.75	2.4	23.202
Absolute	6.3			119.5			(T =	27.7 ms)
	6.3				-7.24		(T =	82.3 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RP	2055.0	1869.4	1683.8	1498.3	1312.7	1127.1	941.5	755.9	570.3	384.7
RX	2059.9	1873.0	1686.1	1499.8	1484.0	1484.0	1484.0	1484.0	1484.0	1484.0
RU	2055.0	1869.4	1683.8	1498.3	1312.7	1127.1	941.5	755.9	570.3	384.7

RAU = 1483.9 (kN); RA2 = 1465.3 (kN)

Current CAPWAP Ru = 1961.9 (kN); Corresponding J(RP)= 0.05; J(RX) = 0.05

VMX	TVP	VT1*Z	FT1	FMX	DMX	DFN	SET	EMX	QUS
m/s	ms	kN	kN	kN	mm	mm	mm	kJ	kN
2.43	25.14	1783.4	2127.5	2150.9	32.228	4.019	4.000	48.1	2657.5

PILE PROFILE AND PILE MODEL

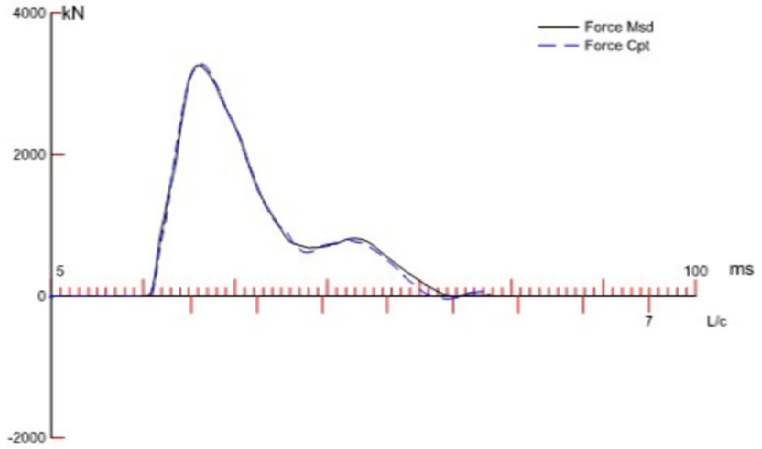
Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
0.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.30	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.30	1055.58	39226.5	24.026	1.571
49.30	1055.58	39226.5	24.026	1.571

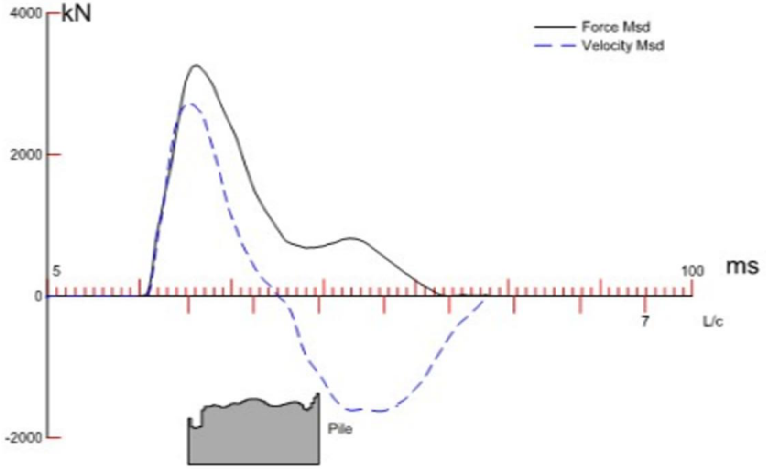
Toe Area 0.196 m^2

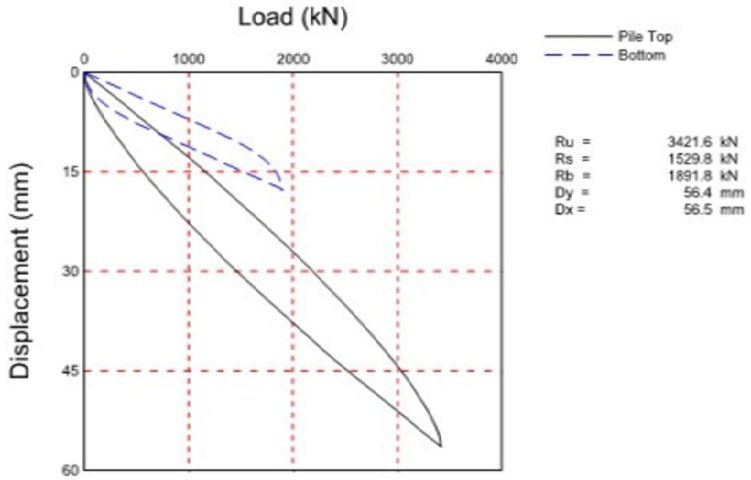
Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
1	1.25	739.85	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
2	2.50	567.45	-23.30	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
3	3.76	608.15	-17.80	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
4	5.01	676.40	-8.58	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
5	6.26	676.99	-8.50	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
6	7.25	921.98	-10.10	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
7	8.23	962.93	-6.95	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.10
8	9.20	967.74	-6.48	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.10
9	10.18	998.04	-3.55	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.10
10	11.16	975.98	-5.69	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
11	12.14	902.23	-12.81	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
12	13.12	861.14	-16.78	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
13	14.09	833.78	-19.43	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
14	15.07	860.75	-16.82	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
15	16.05	913.51	-11.72	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
16	17.03	945.28	-8.65	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
17	18.00	964.80	-6.77	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
18	18.98	938.42	-9.32	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
19	19.96	917.04	-11.38	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
20	20.94	933.41	-9.80	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
21	21.92	967.64	-6.49	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
22	22.89	983.62	-4.95	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.10
23	23.87	966.17	-6.63	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
24	24.85	940.87	-9.08	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00

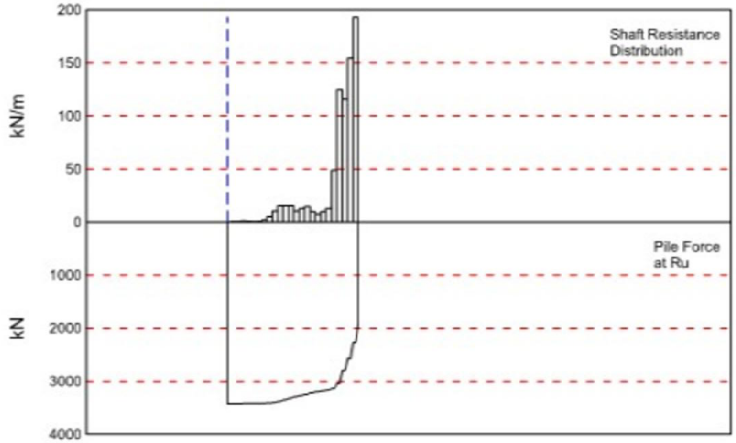
Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
25	25.83	910.76	-11.99	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
26	26.81	903.31	-12.71	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
27	27.78	908.11	-12.24	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
28	28.76	898.50	-13.17	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
29	29.74	889.38	-14.05	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
30	30.72	876.24	-15.32	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
31	31.70	877.03	-15.25	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
32	32.67	881.24	-14.84	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
33	33.65	882.42	-14.73	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
34	34.63	893.21	-13.68	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
35	35.61	900.56	-12.97	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
36	36.59	908.70	-12.19	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
37	37.56	927.24	-10.40	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
38	38.54	944.89	-8.69	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
39	39.52	958.62	-7.36	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
40	40.50	973.23	-5.95	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
41	41.48	971.76	-6.09	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
42	42.45	938.22	-9.33	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
43	43.43	865.65	-16.35	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
44	44.41	784.75	-24.17	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
45	45.39	755.52	-26.99	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
46	46.37	772.10	-25.39	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
47	47.34	855.35	-17.34	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
48	48.32	957.15	-7.51	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
49	49.30	958.81	-7.34	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00

Pile Damping 1.0 %, Time Incr 0.196 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 19.2 ms









CAPWAP(R) 2006-3 Licensed to Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

CAPWAP SUMMARY RESULTS

Total CAPWAP Capacity: 3421.6; along Shaft 1529.8; at Toe 1891.8 kN

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru kN	Force in Pile kN	Sum of Ru kN	Unit Resist. (Depth) kN/m	Unit Resist. (Area) kPa	Smith Damping Factor s/m
				3421.6				
1	3.8	3.8	0.8	3420.8	0.8	0.21	0.14	0.548
2	6.3	6.3	0.5	3420.3	1.3	0.20	0.13	0.548
3	8.2	8.2	2.1	3418.2	3.4	1.07	0.68	0.548
4	10.2	10.2	1.0	3417.2	4.4	0.51	0.33	0.548
5	12.1	12.1	0.8	3416.4	5.2	0.41	0.26	0.548
6	14.1	14.1	1.5	3414.9	6.7	0.77	0.49	0.548
7	16.0	16.0	3.7	3411.2	10.4	1.89	1.20	0.548
8	18.0	18.0	10.1	3401.1	20.5	5.16	3.29	0.548
9	20.0	20.0	20.2	3380.9	40.7	10.33	6.57	0.548
10	21.9	21.9	30.1	3350.8	70.8	15.39	9.80	0.548
11	23.9	23.9	30.1	3320.7	100.9	15.39	9.80	0.548
12	25.8	25.8	30.3	3290.4	131.2	15.49	9.86	0.548
13	27.8	27.8	20.1	3270.3	151.3	10.28	6.54	0.548
14	29.7	29.7	25.4	3244.9	176.7	12.99	8.27	0.548
15	31.7	31.7	28.7	3216.2	205.4	14.67	9.34	0.548
16	33.7	33.7	19.3	3196.9	224.7	9.87	6.28	0.548
17	35.6	35.6	14.4	3182.5	239.1	7.36	4.69	0.548
18	37.6	37.6	19.2	3163.3	258.3	9.82	6.25	0.548
19	39.5	39.5	25.8	3137.5	284.1	13.19	8.40	0.548
20	41.5	41.5	95.6	3041.9	379.7	48.88	31.11	0.548
21	43.4	43.4	244.2	2797.7	623.9	124.85	79.47	0.548
22	45.4	45.4	226.6	2571.1	850.5	115.85	73.74	0.548
23	47.3	47.3	301.8	2269.3	1152.3	154.30	98.22	0.548
24	49.3	49.3	377.5	1891.8	1529.8	193.00	122.85	0.548
Avg. Shaft			63.7			31.03	19.75	0.548
Toe			1891.8				9634.84	0.110

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Quake	(mm)	7.501	13.440
Case Damping Factor		1.133	0.281
Damping Type			Smith
Unloading Quake	(% of loading quake)	100	93
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	0	
Resistance Gap (included in Toe Quake)	(mm)		0.013

CAPWAP match quality = 2.79 (Wave Up Match) ; RSA = 0
Observed: final set = 0.100 mm; blow count = 10000 b/m
Computed: final set = 0.100 mm; blow count = 9999 b/m

max. Top Comp. Stress = 179.7 MPa (T= 27.5 ms, max= 1.019 x Top)
max. Comp. Stress = 183.1 MPa (Z= 6.3 m, T= 28.1 ms)
max. Tens. Stress = -7.56 MPa (Z= 6.3 m, T= 63.8 ms)
max. Energy (EMX) = 91.47 kJ; max. Measured Top Displ. (DMX)=35.70 mm

EXTREMA TABLE

Pile Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	max. Force kN	min. Force kN	max. Comp. Stress MPa	max. Tens. Stress MPa	max. Trnsfd. Energy kJ	max. Veloc. m/s	max. Displ. mm
1	1.3	3306.5	-66.2	179.7	-3.60	91.47	3.7	35.427
2	2.5	3325.4	-87.6	180.8	-4.76	91.29	3.6	35.089
5	6.3	3368.1	-139.2	183.1	-7.56	90.74	3.5	34.103
8	9.2	3432.3	-217.3	32.5	-2.06	90.21	3.4	33.448
11	12.1	3562.9	-296.7	33.8	-2.81	89.72	3.3	32.728
14	15.1	3644.7	-343.9	34.5	-3.26	89.00	3.2	31.880
17	18.0	3660.4	-380.7	34.7	-3.61	88.05	3.1	30.950
20	20.9	3600.9	-429.0	34.1	-4.06	85.22	3.1	29.938
23	23.9	3522.2	-480.6	33.4	-4.55	82.32	3.1	28.858
26	26.8	3361.3	-528.5	31.8	-5.01	77.47	3.1	27.702
29	29.7	3417.5	-582.9	32.4	-5.52	74.72	3.1	26.399
32	32.7	3420.8	-596.1	32.4	-5.65	69.71	2.9	24.860
35	35.6	3406.0	-607.9	32.3	-5.76	66.58	2.9	23.201
38	38.5	3531.3	-595.3	33.5	-5.64	62.71	2.8	21.499
41	41.5	3718.7	-580.5	35.2	-5.50	59.29	2.6	19.807
44	44.4	3239.9	-424.1	30.7	-4.02	45.65	2.4	18.103
45	45.4	3295.5	-417.9	31.2	-3.96	44.88	2.3	17.513
46	46.4	2936.1	-315.9	27.8	-2.99	37.68	2.2	16.987
47	47.3	3008.5	-308.9	28.5	-2.93	37.09	2.1	16.499
48	48.3	2626.6	-171.6	24.9	-1.63	28.78	2.0	16.097
49	49.3	2709.3	-166.9	25.7	-1.58	19.62	2.0	15.708
Absolute	6.3			183.1			(T =	28.1 ms)
	6.3				-7.56		(T =	63.8 ms)

CASE METHOD

J =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
RP	3837.1	3633.5	3429.9	3226.2	3022.6	2819.0	2615.4	2411.7	2208.1	2004.5
RX	3977.5	3789.9	3604.1	3421.8	3244.5	3075.3	2919.0	2779.8	2652.4	2536.1
RU	4260.1	4098.7	3937.4	3776.1	3614.7	3453.4	3292.1	3130.7	2969.4	2808.1

RAU = 2208.0 (kN); RA2 = 3438.8 (kN)

Current CAPWAP Ru = 3421.6 (kN); Corresponding J(RP)= 0.20; J(RX) = 0.30

VMX	TVP	VT1*Z	FT1	FMX	DMX	DFN	SET	EMX	QUS
m/s	ms	kN	kN	kN	mm	mm	mm	kJ	kN
3.71	25.92	2745.9	3127.5	3261.4	35.702	0.078	0.100	91.7	5123.6

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth m	Area cm^2	E-Modulus MPa	Spec. Weight kN/m^3	Perim. m
0.00	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.30	183.97	206027.1	76.982	1.571
6.30	1055.58	39226.5	24.026	1.571
49.30	1055.58	39226.5	24.026	1.571

Toe Area 0.196 m^2

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Tension Slack mm	Tension Eff.	Compression Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
1	1.25	739.85	0.00	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
2	2.50	603.54	-18.42	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
3	3.76	581.96	-21.34	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
4	5.01	594.71	-19.62	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
5	6.26	609.42	-17.63	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
6	7.25	875.50	-14.63	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
7	8.23	932.83	-9.86	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
8	9.20	928.90	-10.23	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
9	10.18	940.67	-9.10	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
10	11.16	956.36	-7.58	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
11	12.14	943.61	-8.81	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
12	13.12	935.77	-9.57	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
13	14.09	916.16	-11.47	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
14	15.07	915.17	-11.56	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
15	16.05	932.83	-9.86	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
16	17.03	950.48	-8.15	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
17	18.00	974.99	-5.78	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
18	18.98	982.84	-5.02	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
19	19.96	976.96	-5.59	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
20	20.94	984.80	-4.83	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
21	21.92	1005.40	-2.84	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
22	22.89	1026.97	-0.76	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
23	23.87	1043.64	0.85	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
24	24.85	1054.43	1.90	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00

Segmnt Number	Dist. B.G. m	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Slack mm	Tension Eff.	Slack mm	Compression Eff.	Perim. m	Soil Plug kN
26	26.81	1052.47	1.71	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
27	27.78	1044.62	0.95	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.29
28	28.76	1026.97	-0.76	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
29	29.74	1005.40	-2.84	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
30	30.72	974.01	-5.88	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.49
31	31.70	952.44	-7.96	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
32	32.67	937.73	-9.38	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
33	33.65	936.75	-9.48	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
34	34.63	938.71	-9.29	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
35	35.61	946.56	-8.53	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
36	36.59	960.28	-7.20	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
37	37.56	971.07	-6.16	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
38	38.54	981.86	-5.12	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
39	39.52	992.65	-4.07	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
40	40.50	1000.49	-3.32	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
41	41.48	1001.47	-3.22	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
42	42.45	989.70	-4.36	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
43	43.43	954.40	-7.77	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
44	44.41	896.54	-13.36	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
45	45.39	871.04	-15.83	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
46	46.37	907.33	-12.32	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
47	47.34	988.72	-4.45	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
48	48.32	1077.96	4.17	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00
49	49.30	1142.69	10.42	0.000	0.000	-0.000	0.000	1.571	0.00

Pile Damping 1.0 %, Time Incr 0.196 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 19.2 ms

2. 시험사진

교량 A2
No.90
2021. 04. 29


교량 A2
No.7
2021. 04. 30

No.7
2021. 05. 14


6. 말뚝정재하 시험보고서

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)

말뚝정재하시험보고서

2021. 07.

대한기초엔지니어링주식회사
DAEHAN FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD

제 출 문

동부건설 귀중

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)
말뚝정재하시험보고서

상기 건의 용역을 완수하고 본 보고서로 정리하여 제출합니다. 본 건 용역을 완수하기까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 07월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호
대한기초엔지니어링주식회사
대 표 이 사 최 경 선
토목품질시험 기술사
토질 및 기초 기술사 권 오
전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-8222

목 차

제1장. 개요

1.1 시험의 목적 ····· 1

1.2 시험의 범위 ····· 1

1.3 시험의 개요 ····· 1

제2장. 시험결과의 활용

2.1 압축재하 시험방법 ····· 4

2.2 항복하중 판정법 ····· 7

2.3 극한하중 판정법 ····· 10

2.4 침하량에 의한 분석법 ····· 13

제3장. 결론

3.1 시험의 개요 ····· 16

3.2 시험결과 ····· 16

3.3 결론 및 제언 ····· 17

부록

1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH

2. 시험사진

제1장. 개요

- 1.1 시험의 목적
- 1.2 시험의 범위
- 1.3 시험의 개요

제1장. 개요

1.1 시험의 목적

말뚝의 허용지지력을 확인하고, 시공된 말뚝의 적정성을 판단하여 상부구조물 및 기초지반의 안정성 여부 확인에 목적을 둔다.

1.2 시험의 범위

가. 공간적 범위

(1) 공 사 명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)

(2) 시험수량 : 1개소

(3) 시험위치 : P.L.T-1 [교량 A1 No.11]

나. 시간적 범위

(1) 현장시험 : 2021년 07월 20일

(2) 성과분석 : 2021년 07월 21일

(3) 보고서작성 : 2021년 07월 22일

1.3 시험의 개요

가. 시험조건

[표1.1] 현장의 시험조건

구분	시험위치	직경 (mm)	두께t (mm)	관입심도 (m)	종류
P.L.T-1	교량 A1 No.11	Φ500.0	12.00	44.00	복합 PILE

나. 시험내용

[표1.2] 현장의 시험내용

구분	말뚝번호	설계하중 (kN/본)	최대재하하중 (kN/본)	시공방법	시험방법	재하방법	시험일자
P.L.T-1	교량 A1 No.11	567.70	1177.20	S.D.A	급속재하 시험	주변반력	2021.07.20

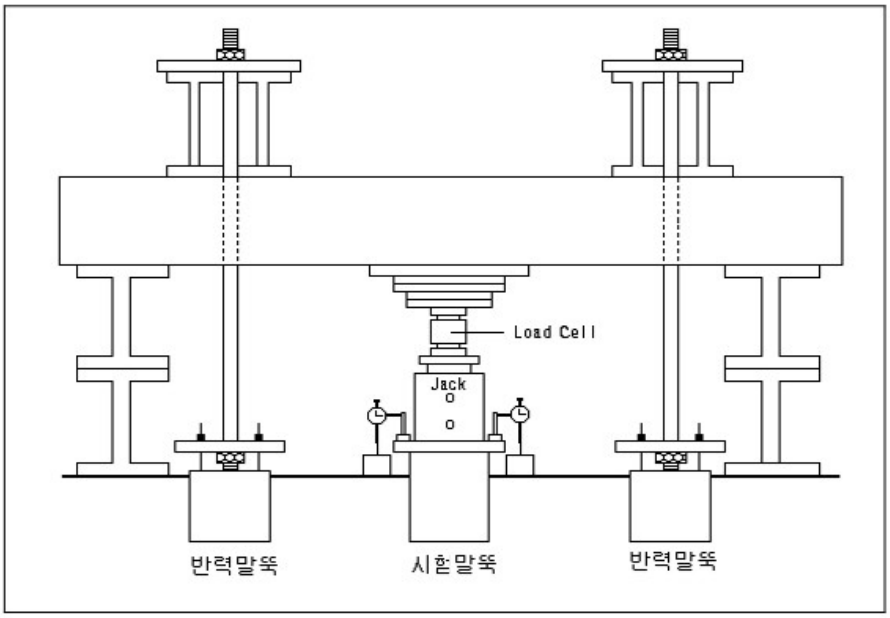
다. 시험장비

본 시험에 사용된 시험장비 및 기구의 명칭 및 사양을 살펴보면 다음 표 1.3 와 같다.

【표1.3】 사용장비 내역 및 사양

장비명	용량	수량	비고	특기사항
잭, 펌프	500ton	1개	유압식	-
로드셀	500ton	1개	-	검·교정 성적서 필
재하대	600ton	1개	H 형강	현장사정에 따라 교체
기준대	5.0m	2개	H 형강	-
다이얼게이지	50.0mm	2개	1/100mm 정도	검·교정 성적서 필
마그네틱홀더	-	2개	자석식	-
기타부수장비	-	1식	초시계, Data Sheet 등	-

라. 모식도



【그림1.1】 주변말뚝의 반력을 이용한 재하시험

제2장. 시험결과의 활용

- 2.1 압축재하 시험방법
- 2.2 항복하중 판정법
- 2.3 극한하중 판정법
- 2.4 침하량 판정법

제2장. 시험결과의 활용

2.1 압축재하 시험방법

KS F-2445 및 ASTM D-1143 에 규정된 재하시험의 방법에 대한 종류 및 과정을 살펴보면 다음과 같다.

가. 완속재하시험방법(Slow maintained-load test)

ASTM 표준재하방법(Standard loading procedure)으로 널리 알려진(ASTM D 1143) 이 방법에 의한 재하시험 과정은 아래와 같다.

(1) 총 시험하중을 8단계 즉, 설계하중의 25, 50, 75, 100, 125, 15%, 175 및 200 로 나누어 재하한다.

(2) 각 하중단계에서 말뚝 머리의 침하율(Rate of settlement)이 시간당 0.01inch(=0.25mm) 이하가 될 때까지 단, 최대 2시간을 넘지 않도록 하여 재하하중을 유지한다.

(3) 설계하중의 200%, 즉 총 시험하중 재하단계에서 하중을 유지하되 시간당 침하량이 0.01inch(=0.025mm) 이하일 경우 12시간, 그렇지 않을 경우 24시간 동안 유지 시킨다.

(4) 총 시험하중을 설계하중의 25% 씩 각 단계별로 1시간씩 간격을 두어 재하한다.

(5) 만약 시험도중 말뚝의 파괴가 발생할 경우, 총 침하량이 말뚝머리의 직경 또는 대각선 길이의 15% 에 도달할 때까지 재하를 계속한다.

나. 급속재하시험방법(Quick maintained-load test)

표준재하방법은 매우 긴 시간(보통 30 내지 70시간)이 소요되는데 안전침하율 기준에 따라 각 하중재하단계에서 경과 시간을 조절하는 것보다는 각 하중단계마다 "동일한" 시간을 유지토록 하는 것이 더 중요하다할 수도 있다. 이러한 인식하에서 제안된 방법이 "급속재하방법" 으로서 New York State Department of Transportation, The Fe-deral Highway Adiministration 및 ASTM 1143에 의해 권장되고 있으며 그 시험방법은 아래와 같다.

(1) 재하하중단계를 설계하중의 10 내지 15% 로 정하고 각 하중단계의 재하간격을 2.5내지 15분으로 하여 재하한다.

(주) ASTM 에서는 재하간격을 2.5분으로 규정하고 있으나 그 시간동안 2~4 차례에 걸쳐 변위계를 읽고 기록하기에는 충분치 못한 것으로 판단되며 대체로 5분 간격으로 하는 것이 보다 실제적인 것으로 보인다.

(2) 각 하중단계마다 2~4 차례 (예:재하간격 5분일 경우 0, 2.5, 4.0 및 5분 경과시) 침하량을 읽어 기록한다.

(3) 시험은 재하하중을 계속 증가시켜 말뚝의 극한하중에 이를 때까지 또는 재하장치의 재하용량이 허용하는 범위까지 재하한 후, 최종 단계에서 2.5 내지 15분간 하중을 유지시킨 후 제하한다.

(주) 일반적으로 총 시험하중을 표준재하방법에서와 마찬가지로 설계하중의 200% 혹은 300% 까지로 제한하는 것을 권장되고 있다. (Fellenius, 1998 ; Prakash 등, 1990)이 방법을 사용하면 대략 2~5 시간 이내에 전 시험과정을 마칠 수 있다.

다. 하중증가평형시험방법(Incremental eqilibrium test)

이 방법은 Mohan 등에 의해 제안된, 표준재하방법을 개선한 방법으로서 표준재하방법에 비해 총 소용시간을 1/3 가량 단축시킬 수 있으며 그 시험결과는 표준재하방법에 의한 것과 잘 부합되는 것으로 알려져 있다.

(1) 재하하중단계를 설계하중의 15% 내지 25% 로 정한다.

(2) 각 재하하중단계에서 재하하중을 일정 시간 (5~15분)동안 유지시킨 후, 하중-침하량이 평형상태에 도달할 때까지 재하하중이 감소하도록 방치한다.

(3) 위 항에서의 평형상태에 도달하면 다음 단계의 하중을 재하하는 식으로 같은 방식을 되풀이하여 재하 하중이 총 시험하중에 이를 때까지 시험을 계속한다.

라. 일정침하율시험방법(Constant rate of penetration test)

이 방법은 흔히 CRP 시험이라고 불리우며 말뚝의 극한하중을 신속히 결정하기 위한 목적으로 Whitaker에 의해 개발된 것으로서 Swedish Pile Commisson, New York State Dept of Transportation 및 ASTM D 1143에 의해 권장되고 있는바, 그 시험방법은 다음과 같다.

(1) 말뚝의 침하율이 통상 0.01inch/min(=0.25mm/min) 내지 0.10inch/min(=2.50mm/min)가 되도록 재하하중을 조절하면서 매 2분마다 하중과 침하량을 기록한다.

(주) 침하율을 정하는데 있어 Whitaker 는 마찰 말뚝에 대해서는 0.75mm/min, 선단지지말뚝에 대해서는 1.5mm/min 을 채택할 것을 권유하고 있으며, ASTM 에서는 점성토인 경우 0.25~1.25mm/min, 사질토인 경우 0.75~2.5mm/min을 제시하고 있다.

(2) 위 방법에 의해 재하하중을 증가시켜 말뚝의 총 침하량이 2~3inch(=50mm~75mm)에 도달할 때까지 또는 총 시험하중에 도달할 때까지 시험을 계속한 후 재하한다.

(주) ASTM 에서는 총 침하량이 말뚝 머리의 직경 또는 대각선 길이의 15% 에 달할때까지 시험을 계속할 것을 규정하고 있다.

이 CRP 시험방법은 급속재하방법(Quick Maintained-Load Test)에서보다 더 나은 하중침하량 곡선을 얻을 수 있다는 데 그 장점이 있으며 특히 점성토의 마찰말뚝에 대해 보다 잘 적용된다.

이 방법을 수행하기 위해서는 일정침하율을 유지하기 위해 지속적으로 유압을 가할 수 있는 특수전동펌프의 구비가 필수적이며, 또한 하중과 침하량 눈금들을 동시에 읽어내야 하므로 시험요원의 적절한 훈련을 필요로 한다.

마. 일정침하량시험방법(Constant settlement increment test)

이 방법 역시 CRP 시험방법과 마찬가지로 말뚝의 침하량이 일정한 값만큼 증가하도록 단계별 재하하중을 조절하는 방법으로서 그 과정은 아래와 같다.

(1) 단계별 재하하중을 말뚝의 침하량이 대략 말뚝 머리의 직경 또는 대각선 길이의 1% 에 해당하는 값과 같아지도록 조절한다.

(2) 위 항의 소정 침하량을 유지하기 위한 재하하중 변화율이 시간당 각 단계에서의 재하중의 1% 미만에 이르게 되면 다음 하중단계로 옮겨간다.

(3) 이러한 과정을 계속하여 말뚝의 총 침하량이 말뚝 머리의 직경 또는 대각선 길이의 10% 에 도달할 때까지(또는 재하장치의 용량한도까지) 시험을 계속한다.

(4) 재하하중이 총 시험하중에 도달하면 소정 침하량을 유지하기 위한 하중의 변화율이 시간당 총 시험하중의 1% 미만이 될 때까지 재하하중을 유지시킨 후 총 재하하중을 4단계로 등분하여 제하하되, 제하단계별로 말뚝의 Rebound율이 시간당 말뚝 머리의 직경이나 대각선 길이의 0.3% 이내에 들어올 때까지 기다린 후 다음단계의 재하를 행하도록 한다.

바. 반복하중재하방법(Cyclic loading test)

ASTM D-1143에 의한 이 시험방법은 아래와 같다.

(1) 재하하중의 하중단계는 표준재하방법에서와 같이 정한다.

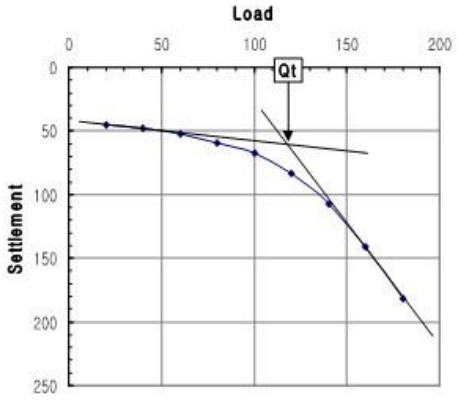
(2) 재하하중 단계가 설계하중의 50, 100 및 150% 에 도달하였을 때 재하하중을 각각 1시간 동안 유지시킨 후 표준재하방법의 제하시와 같은 단계를 거쳐 단계별로 20분 간격을 두면서 제하(Unloading)한다.

(3) 하중을 완전히 제하한 후 설계하중의 50% 씩 단계적으로 다시 재하하고 표준시험방법에 따라 다음 단계로 재하한다.

(4) 재하하중이 총 시험하중에 도달하게 되면 12시간 또는 24시간 동안 하중을 유지시킨 후 제하하되 그 절차는 표준재하방법과 같다.

2.2 항복하중 판정법

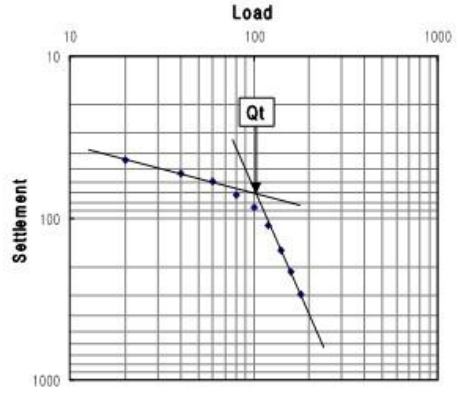
가. P-S 분석법



[그림2.1] P-S 분석법(예)

재하단계별 하중(P)과 침하량(S)을 일반 그래프 용지에 Plot 하였을 때 곡선이 가장 크게 변했을 때의 하중을 항복 하중으로 결정한다.

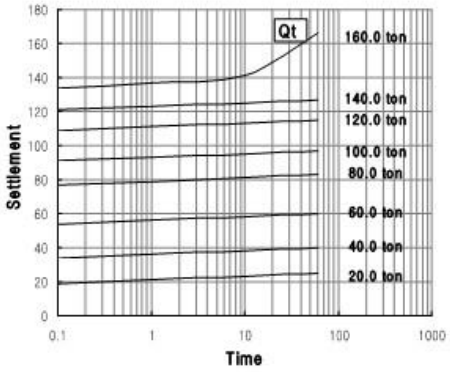
나. logP-logS 분석법



[그림2.2] logP-logS 분석법(예)

이 방법은 재하중(P)과 전침하량(S)을 양대수 그래프에 Plot 하면 접선이 생기는데 이 접점에 대응하는 하중을 항복하중으로 결정하는 방법이다.

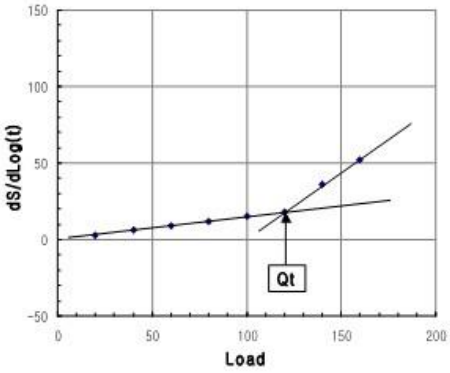
다. S-log(t) 분석법



[그림2.3] S-log(t) 분석법(예)

각 하중단계에 대해 경과시간을 대수 눈금에, 말뚝머리의 침하량을 산수눈금에 표시하였을 때 각 하중단계의 관계선이 직선적으로 되지 않는 점의 하중을 항복하중으로 한다.

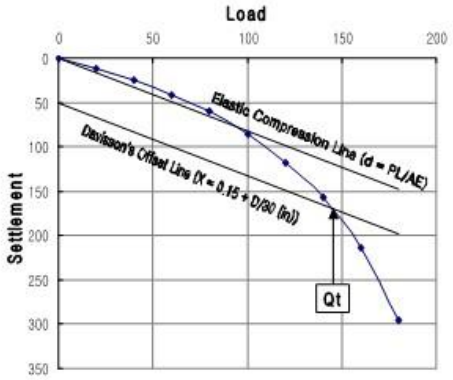
라. P-△S/△log(t) 분석법



[그림2.4] P-△S/△log(t) 분석법(예)

각 하중단계마다 재하하여 일정시간이 경과한 후에 있어서 대수침하속도 △S/△log(t)를 구하고 이것을 하중(P)에 대하여 Plot하여 곡선이 급상승하는 점을 항복하중으로 한다.

마. Davisson 분석법



$$\Delta = \frac{PL}{AE}$$

A : 말뚝의 단면적

E : 말뚝의 탄성계수

L : 말뚝의 관입깊이

【그림2.5】 Davisson 의 방법에 의한 말뚝 하중의 분석

Davisson 은 말뚝의 전침하량과 말뚝직경, 단면적, 탄성계수 및 말뚝길이 등으로 고려한 순침하량 판정을 복합적으로 적용하여 말뚝 기초의 허용하중을 결정하는 방법을 제안하였다. 지반조건 뿐만 아니라 말뚝의 강성 등도 고려가 되기 때문에 서구에서는 가정 합리적인 방법으로 인정받고 있고, 국내에서도 항복하중 기준 설계법과 비교적 잘 일치하는 것으로 나타나고 있다. 또한 DIN의 말뚝 직경의 2.5% 순침하량 기준 및 COE의 0.25in 순침하량 기준과도 결과가 비교적 잘 일치하여 이 기준에 의한 판정은 합리적으로 판단되어 본 현장의 경우에 적용하기로 한다.

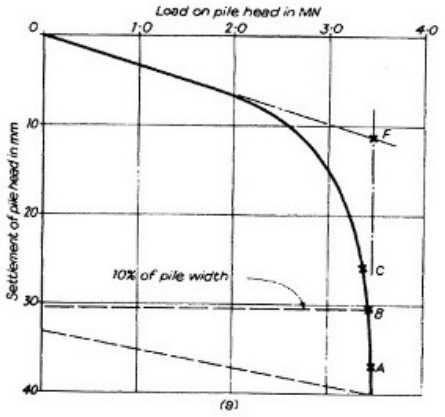
바. 말뚝 재하시험 지지력 판정법(하중-침하-시간관계)

【표2.1】 항복하중 판정법에 의한 안전율 적용

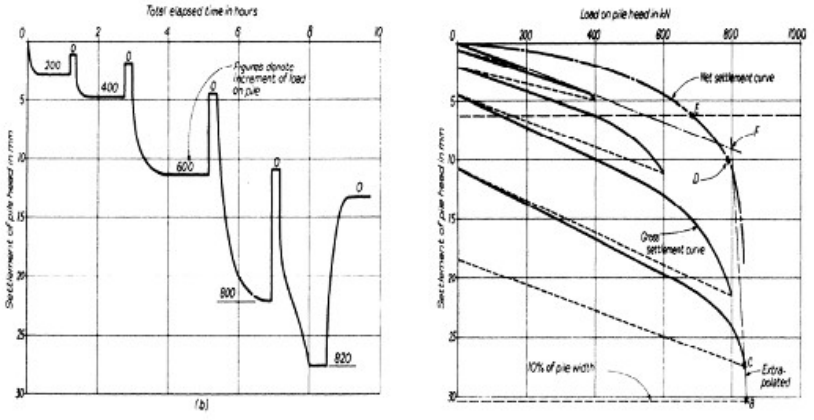
구분	판정방법	비고
하중-침하-시간관계	logP-logS 분석법 S-log(t) 분석법 P-△S/△log(t) 분석법 Davisson 분석법	**항복하중 판정법** 안전율 2 적용

2.3 극한하중 판정법

극한하중을 결정하는 기본조건은 응력-변형관계와 파괴기준으로 말뚝의 극한하중 또는 극한지지력이라는 것은 말뚝재료 자체의 파괴 또는 말뚝을 지지하고 있는 지반의 파괴에 의하여 결정되는 것으로, 지지층이 아주 단단하여 말뚝재료의 파괴하중보다 큰 하중에도 지반이 견딜 수 있는 경우에는 말뚝재료자체의 파괴응력에 따라 극한하중이 결정된다.



(a) Load-settlement curve for CRP test for pile on dense gravel



(b) Load-settlement and time-settlement curves for pile on stiff clay

[그림2.6] 305×305 파일의 압축재하시험

가. 극한하중의 규정(Some of the recognized criteria for defining failure loads)

(1) 하중의 증가 없이 침하가 계속 증가되는 때의 하중 : A점

(2) 전침하량이 말뚝 최소 폭의 10% 에 이를 때의 하중 : B점

(3) 하중의 증가에 비해 전침하량(Gross Settlement)의 증가가 급격히 발생되는 하중 : C점

(4) 하중의 증가에 비해 순침하량(Net Settlement)의 증가가 급격히 발생되는 하중 : D점

(5) 소성항복(Plastic yielding)을 일으키는 하중 또는 순침하량이 6.3㎜ 일 때의 하중 : E점

(6) 전침하곡선에서 초기직선부분의 연장선과 급경사부분과의 접선의 교점에 해당되는 하중 : F점

(7) 하중-순침하곡선의 기울기가 0.25㎜/10kN 되는 하중

(8) 뉴욕시의 허용하중기준(1985년 Building Code)

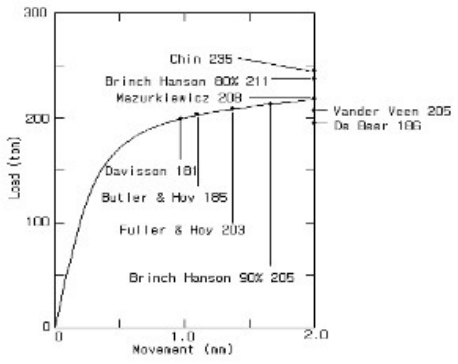
전침하량에서 시험하중을 완전히 제거후의 탄성회복량을 뺀 순침하량이 0.25㎜/10kN를 초과하지 않을 때의 하중의 1/2, 또는 최대시험하중에서 말뚝의 탄성압축량보다 작은 순침하량이 19.0㎜ 일 때의 1/2.

(9) 스웨덴 말뚝협회 기준

어떤 하중에서의 침하량이 그 하중의 90% 에 대한 침하량의 2.0 배에 해당하는 침하량이 발생하는 때의 하중

나. 극한하중에 도달하지 않은 말뚝의 극한하중 추정

말뚝의 재하시험시 말뚝의 극한하중까지를 재하하는 것이 가장 좋은 방법이지만, 시간 및 경제적인 측면과 말뚝의 상태, 현장여건 등으로 인하여 극한하중까지 재하하지 못하는 경우에 여러 가지 방법에 의하여 말뚝의 극한지지력을 추정하게 된다.



[그림2.7] 각 방법별 파괴하중 결정의 예

- 宇都의 방법
- Van der Veen 방법
- F.K Chin 의 방법
- Mazurkiewicz 의 방법.
- Brinch Hansen's 90% Criterion
- Brinch Hansond의 80% 방법
- French Method
- Fuller & Hoy 의 방법
- Butler & Hoy 의 방법
- De Beer 방법

위와 같은 방법들은 하중-침하 곡선식을 포물선 또는 쌍곡선으로 가정함에 따라 구분되며, 항복점이나 극한하중을 정의하기 위해 적용하는 침하율 또는 정사에 따라 구분된다. 따라서, 적용하는 방법에 따라 극한하중이나 항복하중이 다르게 나타난다.

다. 말뚝 재하시험 지지력 판정법(하중-침하-시간관계)

【표2.2】 극한하중 판정법에 의한 안전율 적용

구분	판정방법	비고
하중-침하-시간관계	Mazurkiewicz 판정법 Chin 판정법 Stability Plot 판정법 Brinch Hansen의 90%, 80% 기준 French 판정법	**극한하중 판정법** 안전율 3 or 2.5 적용

2.4 침하량에 의한 분석법

가. 잔류침하량에 의한 분석법

대표적인 기준으로는 DIN 의 말뚝직경의 2.5% 의 잔류침하량 기준, New York City 기준에서 채택한 0.01inch 의 잔류침하량 기준, US Army Corps of Engineers 에서 사용하는 0.25inch 잔류침하량 기준 등이 있다. 국내에서의 말뚝재하시험 결과를 각종 해석기준에 의거 설계하중을 결정하고 비교해본 결과 국내의 극한하중 해석법 및 항복하중 해석법과 DIN 의 말뚝직경 2.5% 의 잔류침하량 기준과 COE의 0.25inch 잔류침하량은 비교적 잘 일치하고 있는 것으로 알려져 있으나 많은 설계기준에서 채택하고 있는 0.01inch/ton 잔류침하량 기준은 타 해석기준에 비해 지나치게 높은 허용하중을 주고 있어 국내에서의 적용은 적합치 않은 것으로 판단되며 설계하중 결정시 타 설계기준에 의하여 확인하는 것이 바람직하다.

[표2.3] 극한하중에 대응하는 극한잔류침하량(Sru)의 규정치

기준명 또는 제안자	잔류침하량 (mm)	허용지지력을 구할 때의 안전율	비고
독일 DIN 4026 기준	2.5% D		타입말뚝
미국	2.0% D		
일본건축기초구조설계기준 -동해설	2.5% D	3.0	타입말뚝
덴마크 기초실용기준 DS 415-1965	10% D		
미국 도로설계기준 (1958)	6.3mm		
미국 AASHTO 기준	6.3mm		
미국 루아지아나도로국	6.3mm	2.0	
미국 보스톤 건축기준	12.7mm	2.0	
인도 IS 2911 기준	6.0mm	1.5	
캐나다 건축기준 (1960)	25mm		
파리 Veritas 사무소 (1964)	20mm	2.0	
magnel (1948)	8mm		
mansur, Kaufman (1956)	6.3mm		
Woodward (1972)	12.7mm	1.5	

나. 전침하량에 의한 분석법

극한하중에 대응하는 말뚝 침하량의 규정치는 다음 표와 같이 각 나라, 기관 및 연구자에 따라 불일치되고 있으며, 일본토질공학회(JSF 1811, 1993), 영국기초공업규격(1972, 1975), 스웨덴기준과 Johnson and Kavangh, Capper and Cassie, Whitaker, Darid 및 Tomlinson 등은 말뚝 직경의 10% 에 해당하는 침하가 일어나는 하중을 극한하중 또는 파괴하중이라고 하고 있다. 또 Terzaghi and Peck(1967), Touma and Reese(1974)의 제안치와 네덜란드 및 New York 시 기준은 25.4mm 침하시의 하중을 극한하중으로 정하고 있다. 인위적인 침하량 기준 값은 말뚝의 설치방법과도 밀접한 관계가 있어 De Beer는 타입항의 경우에는 말뚝직경의 10%, 현장타설 콘크리트 말뚝에서는 말뚝직경의 30% 침하를 기준으로 할 것을 제안하고 있다.

[표2.4] 극한하중에 대응하는 전체침하량(Su)의 규정치

기준명 또는 제안자	극한침하량 (㎜)	허용지지력을 구할 때의 안전율	비고
독일 DIN 4014 기준	20		현장타설말뚝
프랑스	20		
벨기에	20		
체코슬로바키아	15~20	2	
오스트리아	25		
네덜란드	25.4		
뉴욕시 기준	25.4		
인도 IS 2911 기준	12	1.5	
Muns (1959)	20		
Terzaghi, Peck (1961)	50.8	2	
Terzaghi, Peck (1967)	25.4	1.5	
Woodward (1972)	12.7~25.4	1.5 ~ 2	
Touma, Reese (1974)	25.4	2	
키에프 건축공정연구소	>30~40		
우크라이나 건축시공과학연구소	80		부등침하에 민감하지 않은 구조물
우크라이나 건축시공과학연구소	40		부등침하에 민감한 구조물
중국협서성도로연구소 (1973)	60		대구경 현장타설말뚝
중국도로연구원 (1974)	40		대구경 현장타설말뚝
중국북경시 말뚝기초연구소 (1976)	15~20	2	소구경 현장타설말뚝
구일본건축학회기준	25	2	현장 타설말뚝
일본토질공학회 (1993)	0.1D		제2한계 하중
영국기초공업기준	0.1D		
Tomlinson	0.1D		
Johnson (1973)	0.1D		
Capper / Cassie	0.1D		

제3장. 결론

- 3.1 시험의 개요
- 3.2 시험결과
- 3.3 결론 및 제언

제3장. 결론

3.1 시험의 개요

가. 시험조건

[표3.1] 현장의 시험조건

구분	시험위치	직경 (mm)	두께t (mm)	관입심도 (m)	종류
P.L.T-1	교량 A1 No.11	Φ500.0	12.00	44.00	복합 PILE

나. 시험내용

[표3.2] 현장의 시험내용

구분	말뚝번호	설계하중 (kN/본)	최대재하하중 (kN/본)	시공방법	시험방법	재하방법	시험일자
P.L.T-1	교량 A1 No.11	567.70	1177.20	S.D.A	급속재하시험	주변반력	2021.07.20

3.2 시험결과

가. 침하량

[표3.3] 전침하량 및 잔류침하량에 의한 분석

구분	분석법 / 시험위치	전침하량 (mm)	전침하량 기준(mm)	허용지지력 (kN/본)	잔류침하량 (mm)	잔류침하량 기준(mm)	허용지지력 (kN/본)
P.L.T-1	교량 A1 No.11	6.93	**10.0**	588.60	1.03	**6.3 (1/4 inch)**	588.60
기 준		당해공사시방서 310910절 파일재하시험 기준			**도로설계기준(1958), 미국 AASHTO 기준, 미국 투아지아나도로국**		

나. 허용지지력 산정

[표3.4] 하중-침하곡선에 의한 분석

구분	말뚝 번호	항복하중 (kN/본)				Davisson에 의한 판정법 (kN/본)	허용 지지력 (kN/본) $S \cdot F=2.0$	설계 하중 (kN/본)
		P-S 분석법	logP-logS 분석법	S-log(t) 분석법	P-ΔS/Δlog(t) 분석법			
P.L.T-1	교량 A1 No.11	1177.20	1177.20	1177.20	1177.20	1177.20	588.60	567.70

3.3 결론 및 제언

동부건설에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구) 현장에 정재하시험을 실시한 결과 아래와 같이 검토, 분석되었다.

1) 복합 PILE(Φ500.0mm)에 대해 정재하시험을 실시하여 말뚝의 허용지지력 및 침하량(변위량)측정을 통한 설계하중의 만족여부를 판정하고 기초구조물의 안전성을 확인하는데 그 목적이 있다.

2) 재하시험을 위한 말뚝의 개소 및 위치는 시공자 및 감독관의 협의하에 선정하였으며 KS F-2445 규정을 기준으로 하여 실시하였다.

3) 재하하중은 설계하중의 200% 재하를 원칙으로 하였으며, 재하방법은 주변반력을 이용하는 방법으로, 최대시험하중은 1177.20kN/본까지 재하하는 것으로 계획/시행하였다.

4) P.L.T-1 [교량 A1 No.11]

- 전침하량 분석법 및 잔류침하량 분석법에 의해 측정된 전침하량은 6.93mm이며, 잔류침하량은 1.03mm로 기준치(전침하량 기준:10.0mm, 잔류침하량 기준:6.3mm)를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

- 정재하시험결과, 하중증가에 따른 침하량이 작아 하중-침하곡선이 직선에 가까운 형태의 지지거동을 보여주고 있으며, 최대시험하중까지 재하시 항복 및 극한하중은 나타나지 않았다. 따라서 최대시험하중을 항복하중으로 가정하여 분석한 말뚝의 허용지지력은 588.60kN/본 이상으로 설계하중(567.70kN/본)을 만족하는 것으로 나타났다.

부록

- 1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH
- 2. 시험사진

1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH

PILE LOAD TEST DATA SHEET

SHEET No'	P. L. T - 1			
PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)			
TEST DATE	2021년 7월 14일			
PILE SIZE & TYPE	외경:500.0 mm	두께:12.0 mm	시공방법 : S.D.A	
CYLINDAR DIAGRAM	직경 300.0 mm			
PILE INFO.	관입깊이:44.000 m	교량 A1 No.11	종류:복합 PILE	설계하중 : 567.70 kN/본

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement(1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
SETTING VALUE		50	70	60.0	0.0
0.0	STEP # 1	83	104	93.5	33.5
1.0		83	104	93.5	33.5
2.0	58.86 kN	83	104	93.5	33.5
3.0		83	104	93.5	33.5
4.0		83	104	93.5	33.5
5.0		83	104	93.5	33.5
0.0	STEP # 2	115	137	126.0	66.0
1.0		115	137	126.0	66.0
2.0	117.72 kN	115	137	126.0	66.0
3.0		115	137	126.0	66.0
4.0		115	137	126.0	66.0
5.0		115	137	126.0	66.0
0.0	STEP # 3	149	170	159.5	99.5
1.0		149	170	159.5	99.5
2.0	176.58 kN	149	170	159.5	99.5
3.0		149	170	159.5	99.5
4.0		149	170	159.5	99.5
5.0		149	170	159.5	99.5
0.0	STEP # 4	186	205	195.5	135.5
1.0		186	205	195.5	135.5
2.0	235.44 kN	186	205	195.5	135.5
3.0		186	205	195.5	135.5
4.0		186	205	195.5	135.5
5.0		186	205	195.5	135.5
0.0	STEP # 5	223	241	232.0	172.0
1.0		223	241	232.0	172.0
2.0	294.30 kN	223	241	232.0	172.0

DAEHAN-FOUNDATION ENGINEERING., CO. LTD.

PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement(1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
3.0		223	241	232.0	172.0
4.0		223	241	232.0	172.0
5.0		223	241	232.0	172.0
0.0	STEP # 6	256	275	265.5	205.5
1.0		256	275	265.5	205.5
2.0	353.16 kN	256	275	265.5	205.5
3.0		256	275	265.5	205.5
4.0		256	275	265.5	205.5
5.0		256	275	265.5	205.5
0.0	STEP # 7	291	311	301.0	241.0
1.0		291	311	301.0	241.0
2.0	412.02 kN	291	311	301.0	241.0
3.0		291	311	301.0	241.0
4.0		291	311	301.0	241.0
5.0		291	311	301.0	241.0
0.0	STEP # 8	325	346	335.5	275.5
1.0		325	346	335.5	275.5
2.0	470.88 kN	325	346	335.5	275.5
3.0		325	346	335.5	275.5
4.0		325	346	335.5	275.5
5.0		325	346	335.5	275.5
0.0	STEP # 9	360	382	371.0	311.0
1.0		360	382	371.0	311.0
2.0	529.74 kN	360	382	371.0	311.0
3.0		360	382	371.0	311.0
4.0		360	382	371.0	311.0
5.0		360	382	371.0	311.0
0.0	STEP # 10	394	415	404.5	344.5
1.0		394	415	404.5	344.5
2.0	588.60 kN	394	415	404.5	344.5
3.0		394	415	404.5	344.5
4.0		394	415	404.5	344.5
5.0		394	415	404.5	344.5

DAEHAN-FOUNDATION ENGINEERING., CO. LTD.

PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement(1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
0.0	STEP # 11	429	451	440.0	380.0
1.0		429	451	440.0	380.0
2.0	647.46 kN	429	451	440.0	380.0
3.0		429	451	440.0	380.0
4.0		429	451	440.0	380.0
5.0		429	451	440.0	380.0
0.0	STEP # 12	464	485	474.5	414.5
1.0		464	485	474.5	414.5
2.0	706.32 kN	464	485	474.5	414.5
3.0		464	485	474.5	414.5
4.0		464	485	474.5	414.5
5.0		464	485	474.5	414.5
0.0	STEP # 13	499	520	509.5	449.5
1.0		499	520	509.5	449.5
2.0	765.18 kN	499	520	509.5	449.5
3.0		499	520	509.5	449.5
4.0		499	520	509.5	449.5
5.0		499	520	509.5	449.5
0.0	STEP # 14	534	556	545.0	485.0
1.0		534	556	545.0	485.0
2.0	824.04 kN	534	556	545.0	485.0
3.0		534	556	545.0	485.0
4.0		534	556	545.0	485.0
5.0		534	556	545.0	485.0
0.0	STEP # 15	569	590	579.5	519.5
1.0		569	590	579.5	519.5
2.0	882.90 kN	569	590	579.5	519.5
3.0		569	590	579.5	519.5
4.0		569	590	579.5	519.5
5.0		569	590	579.5	519.5
0.0	STEP # 16	604	624	614.0	554.0
1.0		604	624	614.0	554.0
2.0	941.76 kN	604	624	614.0	554.0
3.0		604	624	614.0	554.0

DAEHAN-FOUNDATION ENGINEERING., CO. LTD.

PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement(1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
4.0		604	624	614.0	554.0
5.0		604	624	614.0	554.0
0.0	STEP # 17	638	659	648.5	588.5
1.0		638	659	648.5	588.5
2.0	1000.62 kN	638	659	648.5	588.5
3.0		638	659	648.5	588.5
4.0		638	659	648.5	588.5
5.0		638	659	648.5	588.5
0.0	STEP # 18	671	693	682.0	622.0
1.0		671	693	682.0	622.0
2.0	1059.48 kN	671	693	682.0	622.0
3.0		671	693	682.0	622.0
4.0		671	693	682.0	622.0
5.0		671	693	682.0	622.0
0.0	STEP # 19	707	728	717.5	657.5
1.0		707	728	717.5	657.5
2.0	1118.34 kN	707	728	717.5	657.5
3.0		707	728	717.5	657.5
4.0		707	728	717.5	657.5
5.0		707	728	717.5	657.5
0.0	STEP # 20	742	764	753.0	693.0
1.0		742	764	753.0	693.0
2.0	1177.20 kN	742	764	753.0	693.0
3.0		742	764	753.0	693.0
4.0		742	764	753.0	693.0
5.0		742	764	753.0	693.0
0.0	REBOUND 1	643	664	653.5	593.5
1.0		643	664	653.5	593.5
2.0	882.90 kN	643	664	653.5	593.5
3.0		643	664	653.5	593.5
4.0		643	664	653.5	593.5
5.0		643	664	653.5	593.5
0.0	REBOUND 2	469	490	479.5	419.5

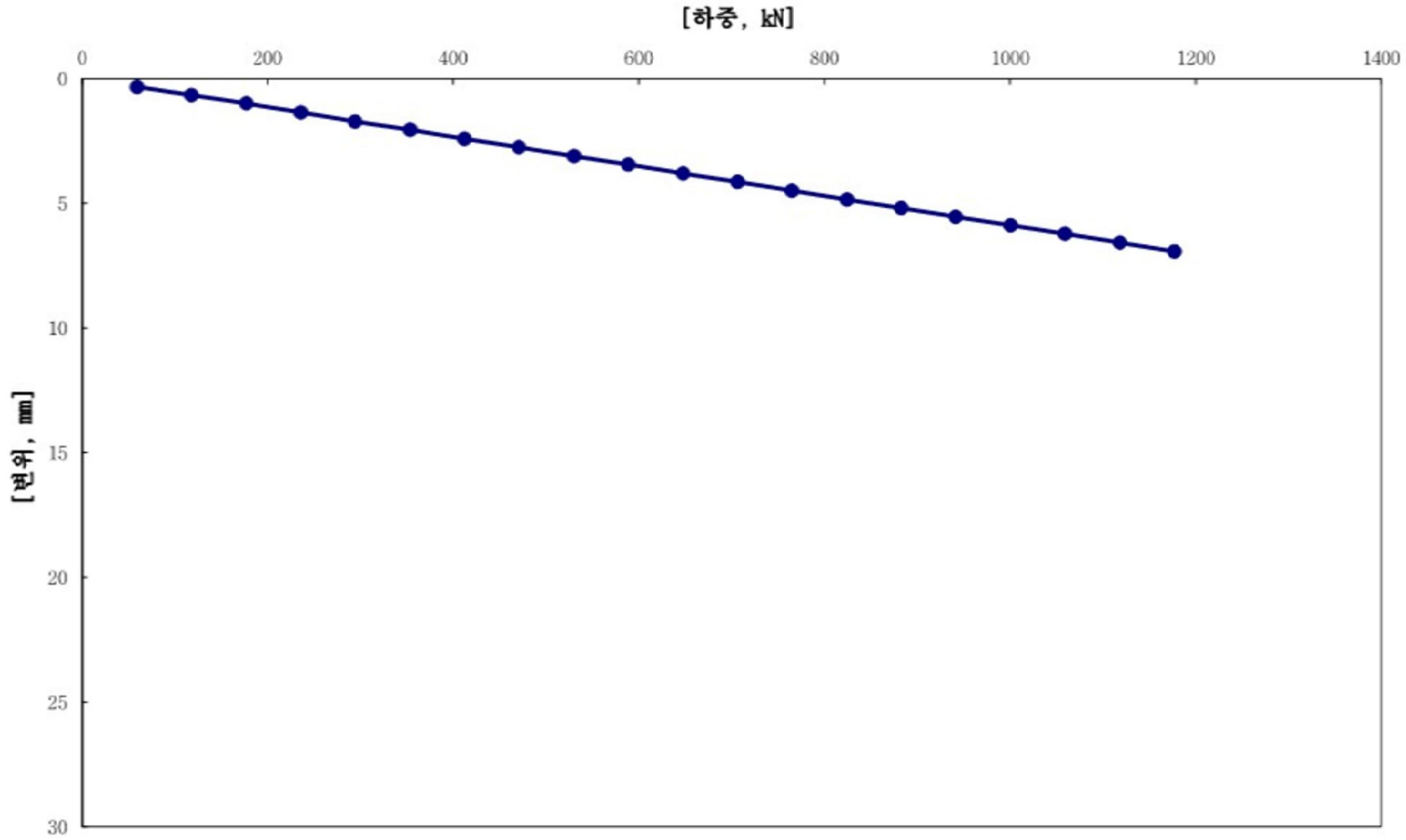
DAEHAN-FOUNDATION ENGINEERING., CO. LTD.

PILE LOAD TEST DATA SHEET

TIME(min)	LOAD(kN)	Settlement(1/100mm)			
		Left Gauge	Right Gauge	Average	Increment
1.0		469	490	479.5	419.5
2.0	588.60 kN	469	490	479.5	419.5
3.0		469	490	479.5	419.5
4.0		469	490	479.5	419.5
5.0		469	490	479.5	419.5
0.0	REBOUND 3	295	316	305.5	245.5
1.0		295	316	305.5	245.5
2.0	294.30 kN	295	316	305.5	245.5
3.0		295	316	305.5	245.5
4.0		295	316	305.5	245.5
5.0		295	316	305.5	245.5
0.0	REBOUND 4	154	173	163.5	103.5
1.0		154	173	163.5	103.5
2.0	.00 kN	154	173	163.5	103.5
3.0		154	173	163.5	103.5
4.0		154	173	163.5	103.5
5.0		154	173	163.5	103.5

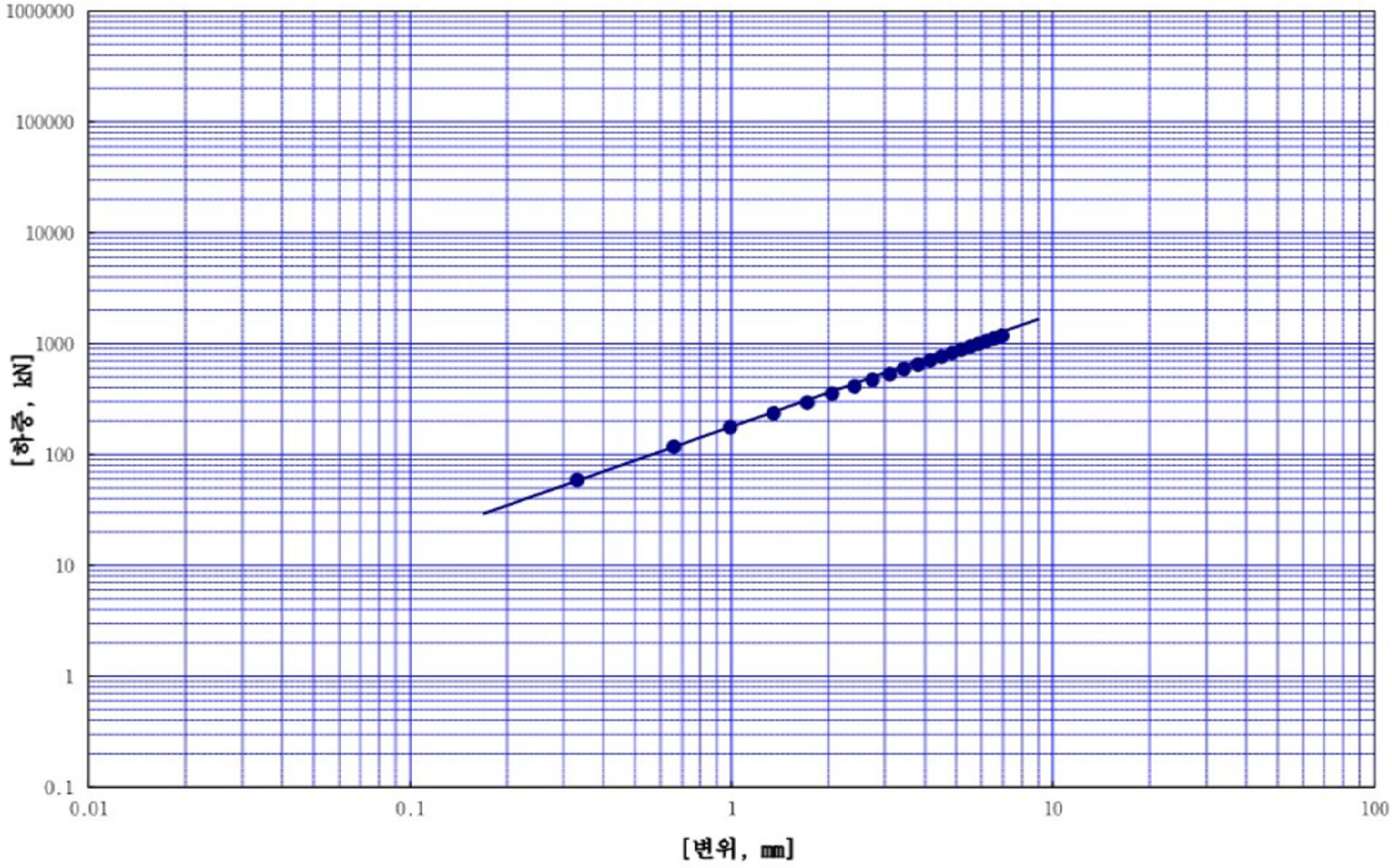
DAEHAN-FOUNDATION ENGINEERING., CO. LTD.

[P - S Method]

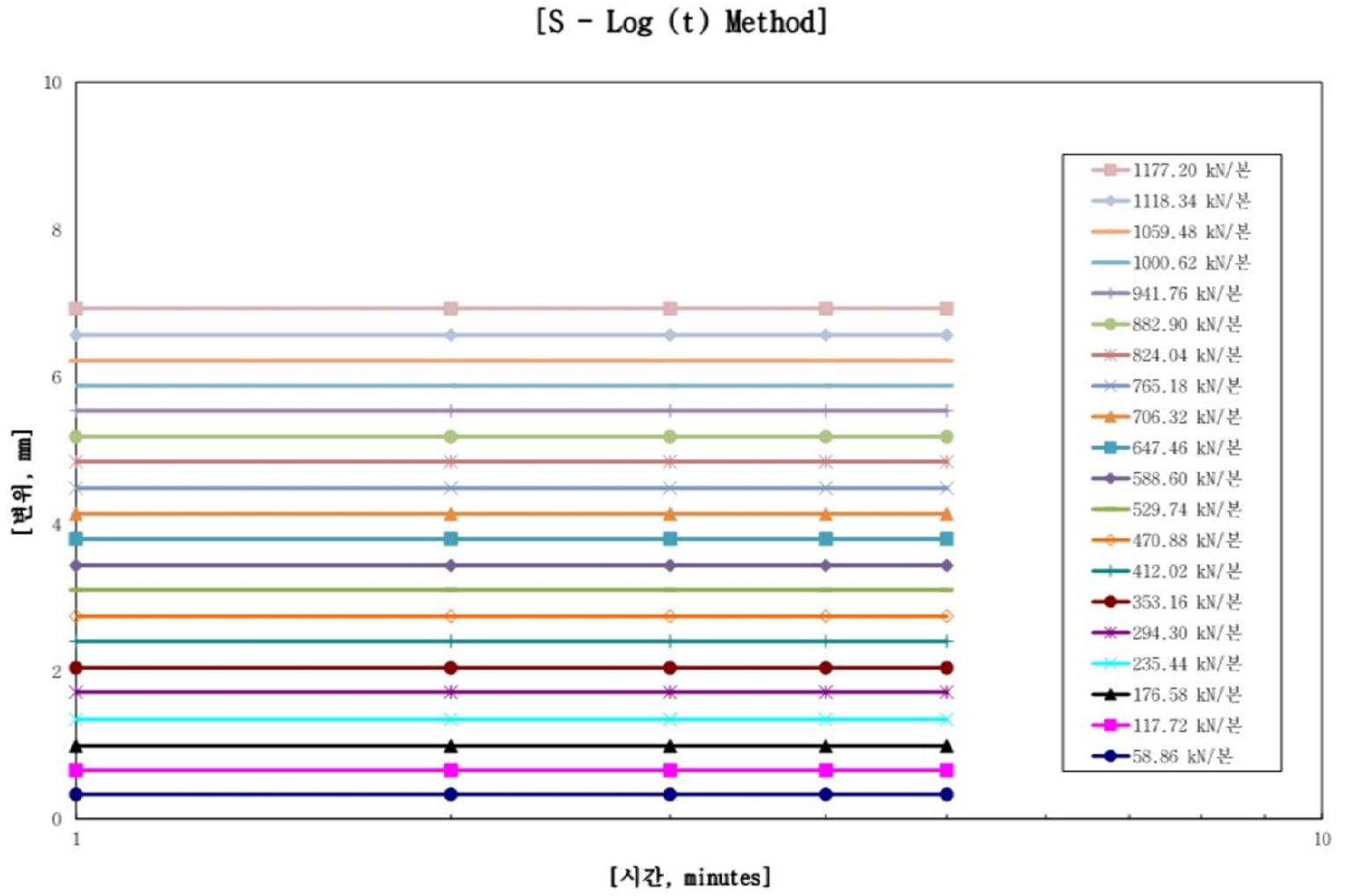


대한기초엔지니어링(주)

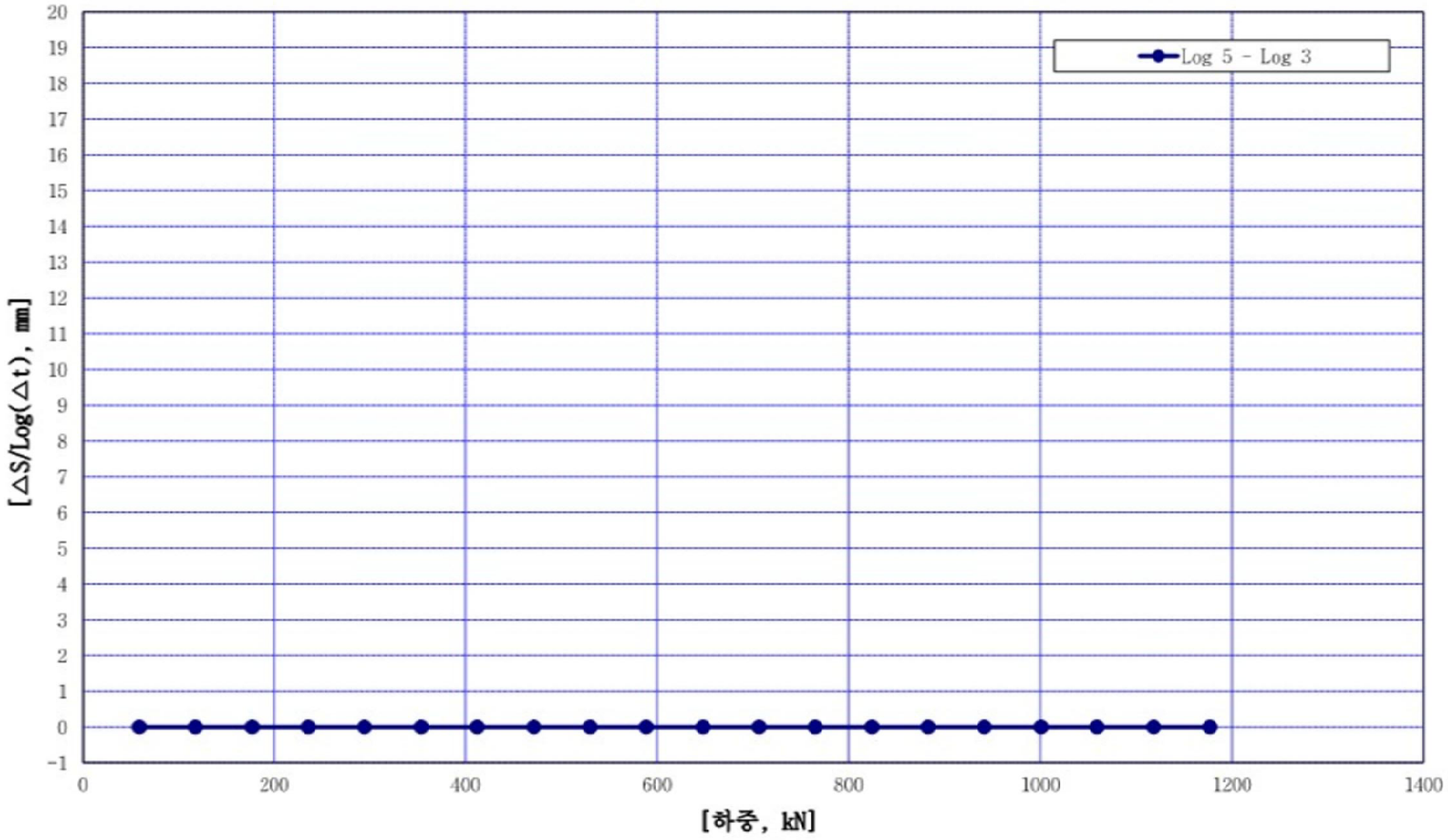
[Log P - Log S Method]



대한기초엔지니어링(주)

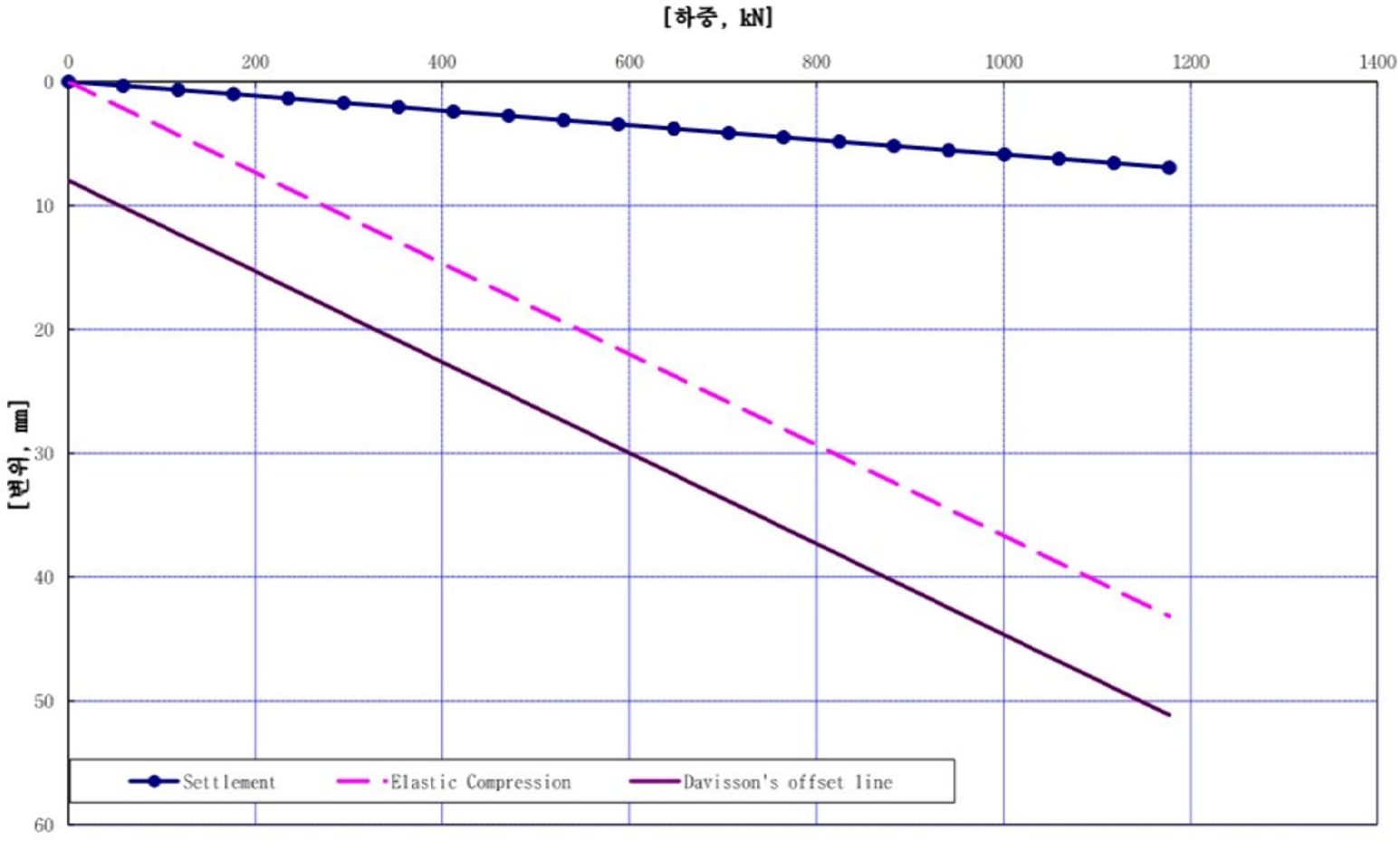

[S - Log (t) Method]
10
8
6
4
2
0
[변위, mm]
1
10
[시간, minutes]
1177.20 kN/본
1118.34 kN/본
1059.48 kN/본
1000.62 kN/본
941.76 kN/본
882.90 kN/본
824.04 kN/본
765.18 kN/본
706.32 kN/본
647.46 kN/본
588.60 kN/본
529.74 kN/본
470.88 kN/본
412.02 kN/본
353.16 kN/본
294.30 kN/본
235.44 kN/본
176.58 kN/본
117.72 kN/본
58.86 kN/본

[△S/Log(△t) - P Method]



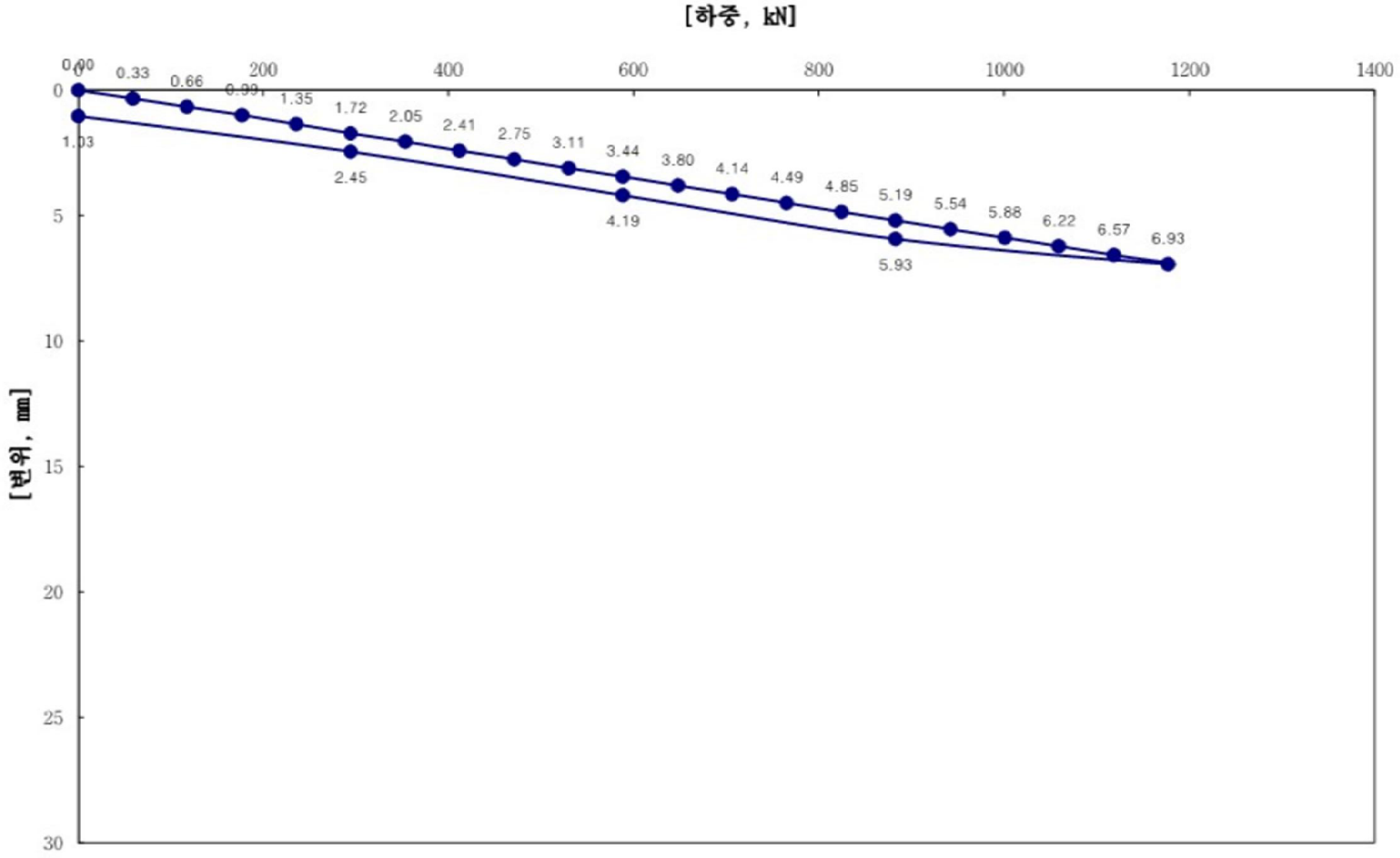
대한기초엔지니어링(주)

[Davisson's Method]



대한기초엔지니어링(주)

[NET Settlement Method]



대한기초엔지니어링(주)

2. 시험사진

P.L.T-1 [교량 A1 No.11]
2021. 07. 20


7. 수평재하 시험보고서

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)

수평재하시험보고서

2021. 06.

대한기초엔지니어링주식회사
DAEHAN FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD

제 출 문

동부건설(주) 귀중

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)
수평재하시험보고서

상기 건의 용역을 완수하고 본 보고서로 정리하여 제출합니다. 본 건 용역을 완수하기까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 06월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호
대한기초엔지니어링주식회사
대 표 이 사 최 경 선
토목품질시험 기술사
토질 및 기초 기술사 권 오 [illegible]
전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-[illegible]

목 차

제1장. 개요

1.1 시험의 목적 ·····1

1.2 시험의 범위 ·····1

1.3 시험의 개요 ·····1

제2장. 시험결과의 활용

2.1 해석방법 ·····5

2.2 교량 A2 No.7 ·····7

제3장. 결론

3.1 시험의 개요 ·····10

3.2 시험 결과 ·····10

3.3 결론 및 제언 ·····11

제4장. 부록

1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH

2. 시험사진

제1장. 개요

- 1.1 시험의 목적
- 1.2 시험의 범위
- 1.3 시험의 개요

제1장. 개요

1.1 시험의 목적

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 현장에 대한 말뚝수평재하시험을 통하여 말뚝 하중-변위량관계등 말뚝지지력 판정의 자료를 얻는 것과, 정해진 설계 수평지지력의 타당성을 확인하고, 수평허용지지력을 추정하여 시공된 말뚝의 기초로서의 적정성 판단과 상부 구조물 및 기초지반의 안정성 여부 확인에 목적을 둔다.

1.2 시험의 범위

가. 공간적 범위

(1) 공 사 명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구)

(2) 시험수량 : 1개소

(3) 시험위치 : P.L.L.T-1 [교량 A2 No.7]

나. 시간적 범위

(1) 현장시험 : 2021년 06월 17일

(2) 성과분석 : 2021년 06월 18일

(3) 보고서작성 : 2021년 06월 24일 ~ 2021년 06월 25일

1.3 시험의 개요

가. 시험조건

[표1.1] 현장의 시험조건

구분	시험위치	직경 (mm)	두께t (mm)	관입심도 (m)	종류
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	Φ500.0	12.00	49.50	복합말뚝

나. 시험내용

【표1.2】 현장의 시험내용

구분	시험위치	상시 수평재하 설계하중 (kN/본)	지진시 수평재하 설계하중 (kN/본)	수평재하 최대재하하중 (kN/본)	재하방법	시험날짜
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	79.15	161.76	166.77	1방향 재하방법	2021.06.17

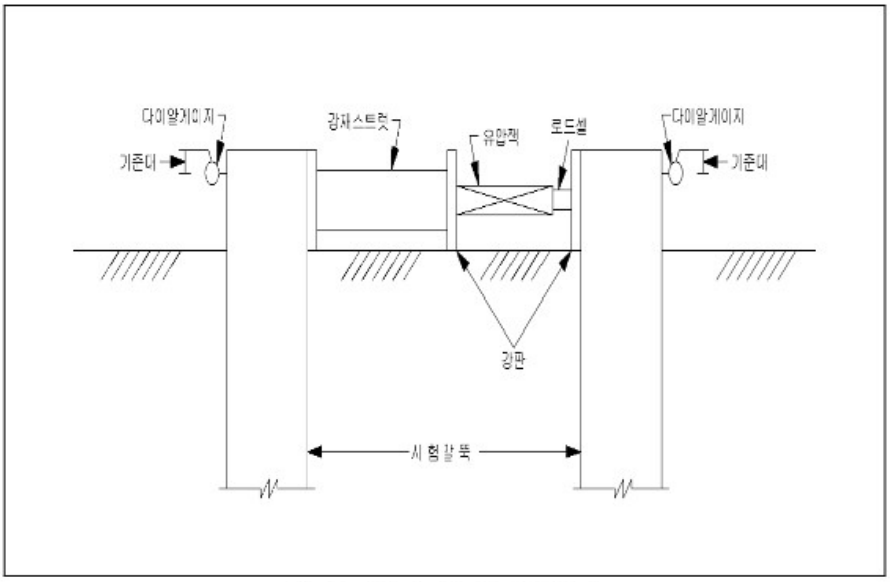
다. 시험장비

본 시험에 사용된 시험장비 및 기구의 명칭 및 사양을 살펴보면 다음 표1.3 와 같다.

【표1.3】 사용장비 사양

공 종	장 비 명	수량	용량	특 기 사 항
수평재하시험	유압 Jack	3개	300 ton	-
	유압 Pump	1개	700 kg/cm^2	수동
	Load Cell & Read out unit	1개	500 ton	검·교정 성적서 필
	Dial Gauge	2개	50 mm	1/100 mm 감도 검·교정 성적서 필
	Magnetic Holder	2개	-	자석식
	Frame	1식	-	300×300×10,000
	Plate	1개	-	300×300×30
	Reference Beam	2개	5 m	H 형강(100×100)
	기타부수장비	1식	초시계, Data Sheet 등	-

라. 모식도



【그림1.1】 수평재하시험 장치의 예

제2장. 시험결과의 활용

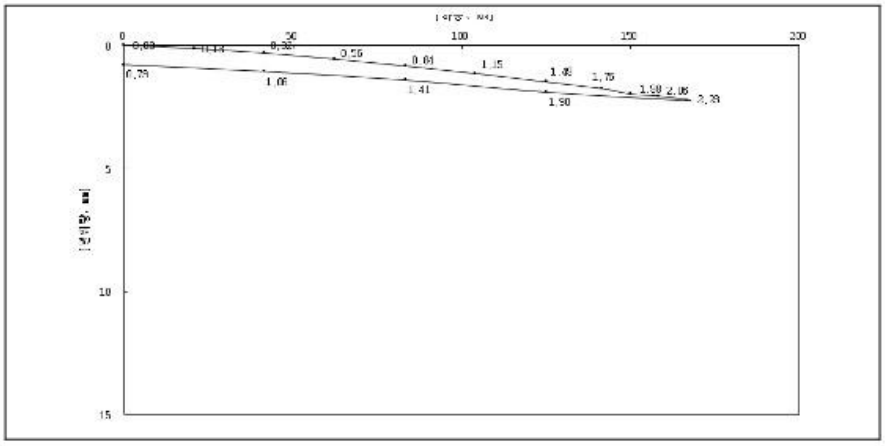
- 2.1 해석방법
- 2.2 교량 A2 No.7

제2장. 시험결과의 활용

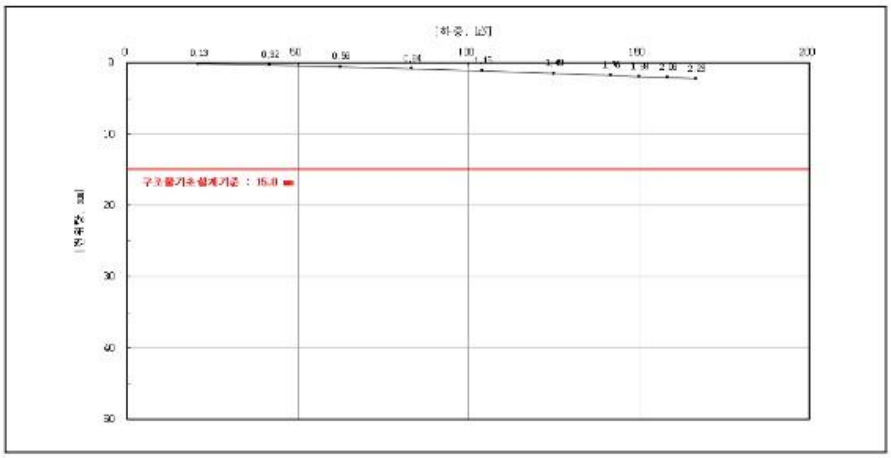
2.1 해석방법

수평재하시험은 연직재하시험의 경우와 같이 항복하중이나 극한하중을 구하는 것보다 설계하중 부근에서의 변위량과 말뚝체에 발생하는 응력도 등을 조사, 말뚝의 허용수평지지력을 산정하는 데 필요한 수평방향 지반반력계수를 구하는 것이 더 큰 목적이 된다.

가. 전체 수평변위량



나. 하중(P)과 수평변위량(S)의 관계 곡선



다. 지반반력계수

시방서의 역산 K값(林-Chang의 K값)을 구하려면, 수평하중과 말뚝머리변위를 측정하면 충분하다. 말뚝머리부가 지표면 보다 위에 있고, 말뚝머리가 자유인 경우의 변위를 산출하는 식은 다음과 같다.

$$\delta = \frac{H}{2EI\beta^3}$$

여기에서, δ : 지표면에서 x가 되는 점의 변위(㎝)

H : 재하하중(㎏)

E : 말뚝의 탄상계수(㎏/㎠)

I : 말뚝의 단면 2차 Moment($㎝^4$)

β : $\sqrt[4]{kD/4EI}$($㎝^{-1}$)

D : 말뚝지름(㎝)

k : 수평방향 지반 반력계수(㎏/㎠)

상기 식에서 β를 얻으면, k값은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$k = \frac{4EI\beta^4}{D}$$

다음의 적용근거 및 기본 가정 하에 상기 식을 이용하여 계산하여 보면,

◦ 적용근거(도로교 표준 시방서)

수평재하시험 결과로부터 k를 구하는 방식은 도로교 표준 시방서에 제시된 방법이 가장 용이한데, 깊이에 따라 지반 반력계수의 값이 균일하다고 가정하고, 이때의 말뚝은 반무한장의 보에서 유도한 식을 구할 수 있다.

◦ 기본 가정

- 깊이에 따라 지반 반력계수의 값은 균일하다고 가정
- 말뚝 두부에 작용하는 Moment에 의한 영향을 무시

◦ 말뚝의 수평재하시험 Data의 하중-변위곡선으로 식에 의해 역산 k값, 특성치 β 및 지표면변위량 f 를 구한다.

2.2 교량 A2 No.7

수평하중 H (kg)	수평변위량 δ (㎜)	β 값 (1/cm)	역산 K값 kgf/㎤	지표면변위 f (cm)	
				Free Head	Fixed Head
2,120.0	0.13	0.0089	58.154	0.01	0.01
4,250.0	0.32	0.0084	45.168	0.03	0.02
6,370.0	0.56	0.0079	35.974	0.06	0.03
8,500.0	0.84	0.0076	30.778	0.08	0.04
10,620.0	1.15	0.0074	27.404	0.11	0.06
12,750.0	1.49	0.0072	24.723	0.15	0.07
14,450.0	1.76	0.0071	23.291	0.18	0.09
15,300.0	1.98	0.0070	21.555	0.20	0.10
16,150.0	2.06	0.0070	21.972	0.21	0.10
17,000.0	2.23	0.0069	21.098	0.22	0.11

$\delta = \frac{H}{(2EI\beta^3)}$: Hinged Head condition

$\delta = \frac{H}{(4EI\beta^3)}$: Fixed Head condition

$\beta = \left(\frac{K_h \cdot D}{4EI}\right)^{\frac{1}{4}}$: 말뚝재료 특성치

말뚝의 탄성계수는 2,100,000kgf/㎠, 2차 단면 Moment는 54797.800㎝^{4} 로 적용 계산한다.

- 상기 표의 역산 Kh값을 세로축에, f를 가로축으로 한 GRAPH를 작성하고, 지표면 변위가 1.5㎝일 때의 역산 Kh값을 취한다.

• 한편, 시험 말뚝의 수평허용지지력은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$H_a = \frac{K_h D}{\beta}\delta_a$$

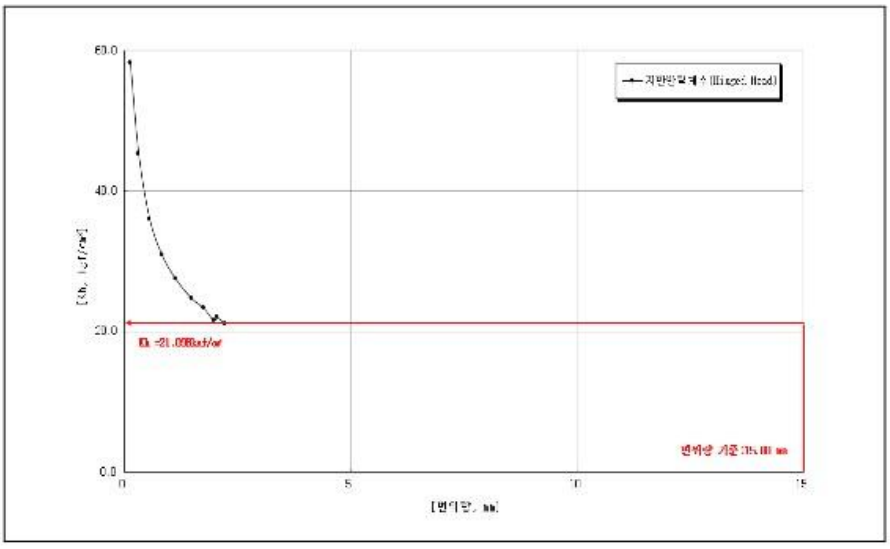
여기에서, Kh : 21.098kgf/㎤

D : 50.0cm , T : 1.2cm

β : $\sqrt[4]{\frac{K_h D}{4EI}}$ = 0.0069 cm^{-1}

δa : 1.5cm

∴ H_a = 2243.54kN/본



역산 Kh GRAPH

제3장. 결론

- 3.1 시험의 개요
- 3.2 시험결과
- 3.3 결론 및 제언

제3장. 결론

3.1 시험의 개요

가. 시험조건

[표3.1] 현장의 시험조건

구분	시험위치	직경 (㎜)	두께t (㎜)	관입심도 (m)	종류
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	Φ500.0	12.00	49.50	복합말뚝

나. 시험내용

[표3.2] 현장의 시험내용

구분	시험위치	상시 수평재하 설계하중 (kN/본)	지진시 수평재하 설계하중 (kN/본)	수평재하 최대재하하중 (kN/본)	재하방법	시험날짜
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	79.15	161.76	166.77	1방향 재하방법	2021.06.17

3.2 시험결과

가. 2015. 구조물기초설계기준 해설(P354) 기준치 15㎜ 변위시 수평허용지지력(kN/본)

*** 구조물기초설계기준 해설(2015) 참조.**

[표3.3] 수평허용지지력

구분	시험위치	최종변위량 (㎜)	잔류변위량 (㎜)	탄성변위량 (㎜)	15㎜ 변위시 수평허용지지력 (kN/본)
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	2.23	0.79	1.44	-

나. 역산 Kh 값에 의한 수평허용지지력

[표3.4] 수평허용지지력

구분	시험위치	β 값 (cm^{-1})	역산 Kh 값 (kgf/cm^3)	역산 Kh 값에 의한 수평허용지지력 (kN/본)
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	0.0069	21.098	2243.54

3.3 결론 및 제언

본 현장은 동부건설(주)에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 현장에 수평재하시험을 실시한 결과 아래와 같이 검토, 분석되었다.

1) P.L.L.T-1 [교량 A2 No.7]

- 재하하중은 설계하중(상시기준)의 200%이상 재하를 원칙으로 하였으며, 최대시험하중 166.77kN/본까지 시험한 결과 최종변위량 2.23㎜, 잔류변위량 0.79㎜로, 2015. 구조물 기초설계기준 해설(P354) 기준치인 15.00㎜ 이내로 측정되었다. 따라서 변위량에 의한 수평허용지지력은 166.77kN/본으로 상시기준인 설계하중 79.15kN/본을, 지진시기준인 설계하중 161.76kN/본을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

- 본 현장에서 수평재하시험을 통하여 도출된 지반반력계수(Kh)는 21.098kgf/㎤로 계산되었으며, 지반반력계수(Kh) 값에 의한 수평허용지지력은 2243.54kN/본으로 상시기준인 설계하중(79.15kN/본)을 만족하는 것으로 나타났다.

부록

- 1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH
- 2. 시험사진

1. 시험 SHEET 및 분석 GRAPH

PILE LATERAL LOAD TEST DATA SHEET

현 장 명	인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)					설계하중	79.15 kN/본	
시험일자	2021년 6월 17일					시험하중	166.77 kN/본	
시험위치	교량 A2					말뚝규격	ø 500	t=12mm
시험번호	No.7		시공방법	S.D.A		관입깊이	49.500 m	
Cycle	Pressure (kgf/cm^2)	Load Intensity (kN)	Reading Time (MIN)	Gauge Reading(1/100mm)			Settlement (mm)	Remark
				left	right			
0		0.00	0	272	30		151.000	
1		20.80	0	281	45		163.000	12.0
			1	281	45		163.000	12.0
			2	282	46		164.000	13.0
			3	282	46		164.000	13.0
			4	282	46		164.000	13.0
			5	282	46		164.000	13.0
			10	282	46		164.000	13.0
2		41.69	0	301	62		181.500	30.5
			1	301	63		182.000	31.0
			2	301	63		182.000	31.0
			3	301	64		182.500	31.5
			4	301	64		182.500	31.5
			5	301	64		182.500	31.5
			10	301	64		182.500	31.5
3		62.49	0	319	95		207.000	56.0
			1	319	95		207.000	56.0
			2	319	95		207.000	56.0
			3	319	95		207.000	56.0
			4	319	95		207.000	56.0
			5	319	95		207.000	56.0
			10	319	95		207.000	56.0
			15	319	95		207.000	56.0
4		83.39	0	341	126		233.500	82.5
			1	341	127		234.000	83.0

대한기초엔지니어링(주)

Cycle	Pressure (kgf/cm^2)	Load Intensity (kN)	Reading Time (MIN)	Gauge Reading(1/100mm)			Settlement (mm)	Remark
				left	right			
			2	341	127		234.000	83.0
			3	341	127		234.000	83.0
			4	341	127		234.000	83.0
			5	341	127		234.000	83.0
			10	341	128		234.500	83.5
			15	341	129		235.000	84.0
			20	341	129		235.000	84.0
5		104.18	0	365	161		263.000	112.0
			1	365	162		263.500	112.5
			2	365	162		263.500	112.5
			3	365	162		263.500	112.5
			4	365	162		263.500	112.5
			5	365	162		263.500	112.5
			10	366	163		264.500	113.5
			15	367	164		265.500	114.5
			20	367	164		265.500	114.5
6		125.08	0	391	200		295.500	144.5
			1	391	200		295.500	144.5
			2	392	201		296.500	145.5
			3	392	201		296.500	145.5
			4	392	201		296.500	145.5
			5	392	201		296.500	145.5
			10	394	203		298.500	147.5
			15	395	204		299.500	148.5
			20	395	204		299.500	148.5
7		141.75	0	413	232		322.500	171.5
			1	413	234		323.500	172.5
			2	414	235		324.500	173.5
			3	414	236		325.000	174.0
			4	415	236		325.500	174.5
			5	415	236		325.500	174.5

대한기초엔지니어링(주)

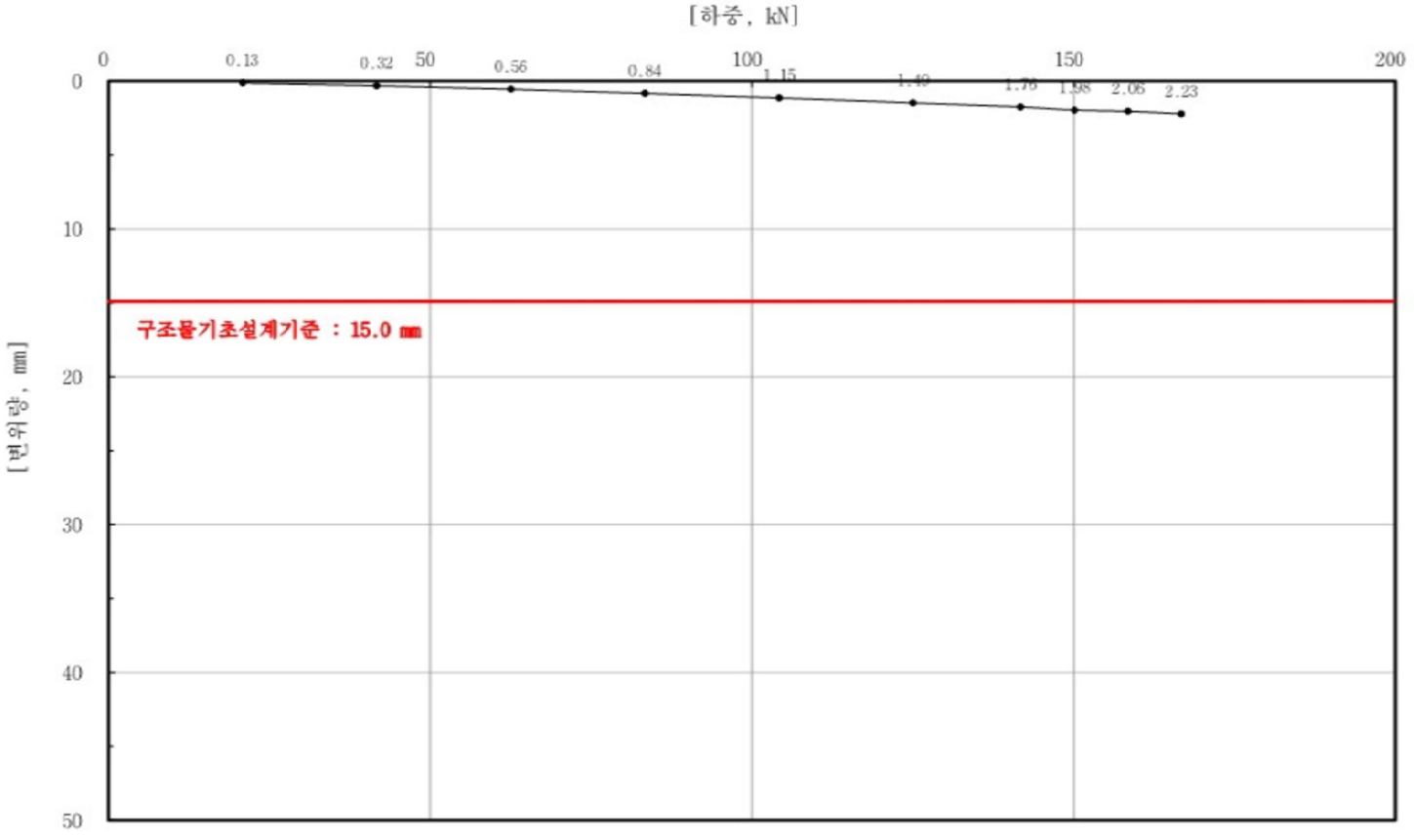
Cycle	Pressure (kgf/cm^2)	Load Intensity (kN)	Reading Time (MIN)	Gauge Reading(1/100mm)			Settlement (mm)	Remark
				left	right			
			10	415	237		326.000	175.0
			15	415	237		326.000	175.0
			20	416	238		327.000	176.0
8		150.09	0	435	262		348.500	197.5
			1	435	262		348.500	197.5
			2	435	262		348.500	197.5
			3	435	262		348.500	197.5
			4	435	262		348.500	197.5
			5	435	262		348.500	197.5
			10	435	262		348.500	197.5
			15	435	262		348.500	197.5
			20	435	262		348.500	197.5
9		158.43	0	439	268		353.500	202.5
			1	439	269		354.000	203.0
			2	439	269		354.000	203.0
			3	439	269		354.000	203.0
			4	439	269		354.000	203.0
			5	439	269		354.000	203.0
			10	440	271		355.500	204.5
			15	440	272		356.000	205.0
			20	440	273		356.500	205.5
10		166.77	0	452	289		370.500	219.5
			1	453	290		371.500	220.5
			2	453	290		371.500	220.5
			3	453	290		371.500	220.5
			4	453	291		372.000	221.0
			5	453	291		372.000	221.0
			10	453	292		372.500	221.5
			20	453	292		372.500	221.5
			30	453	294		373.500	222.5
			60	454	294		374.000	223.0

대한기초엔지니어링(주)

Cycle	Pressure (kgf/cm^2)	Load Intensity (kN)	Reading Time (MIN)	Gauge Reading(1/100mm)			Settlement (mm)	Remark
				left	right			
11		125.08	0	424	258		341.000	190.0
			1	424	258		341.000	190.0
			2	424	258		341.000	190.0
			3	424	258		341.000	190.0
			4	424	258		341.000	190.0
			5	424	258		341.000	190.0
			10	424	258		341.000	190.0
12		83.39	0	382	202		292.000	141.0
			1	382	202		292.000	141.0
			2	382	202		292.000	141.0
			3	382	202		292.000	141.0
			4	382	202		292.000	141.0
			5	382	202		292.000	141.0
			10	382	202		292.000	141.0
13		41.69	0	378	136		257.000	106.0
			1	378	136		257.000	106.0
			2	378	136		257.000	106.0
			3	378	136		257.000	106.0
			4	378	136		257.000	106.0
			5	378	136		257.000	106.0
			10	378	136		257.000	106.0
14		0.00	0	378	81		229.500	78.5
			1	378	81		229.500	78.5
			2	378	81		229.500	78.5
			3	378	81		229.500	78.5
			4	378	81		229.500	78.5
			5	378	81		229.500	78.5
			10	378	81		229.500	78.5

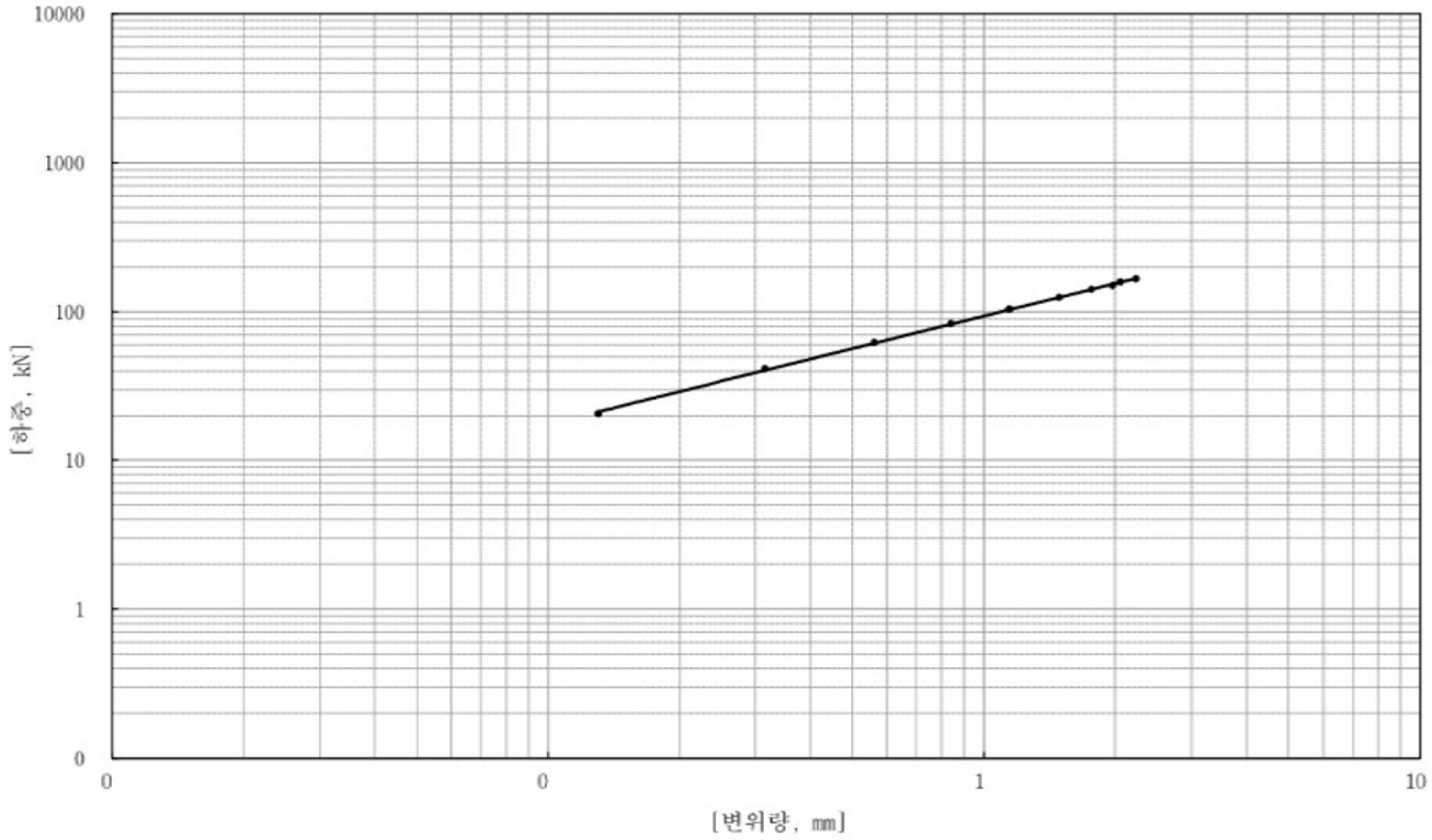
대한기초엔지니어링(주)

[P - S Graph]



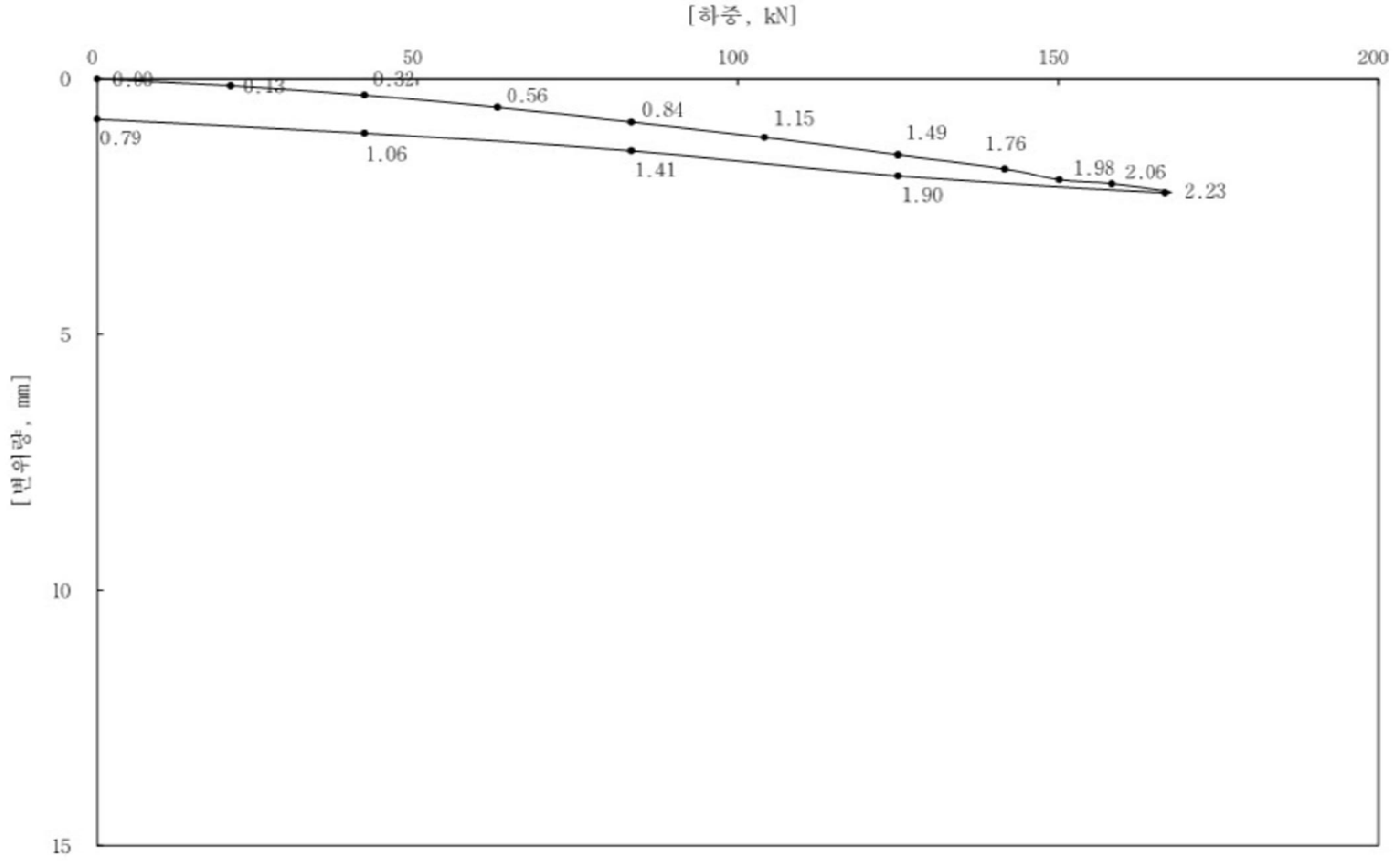
대한기초엔지니어링(주)

[Log P - Log S Graph]



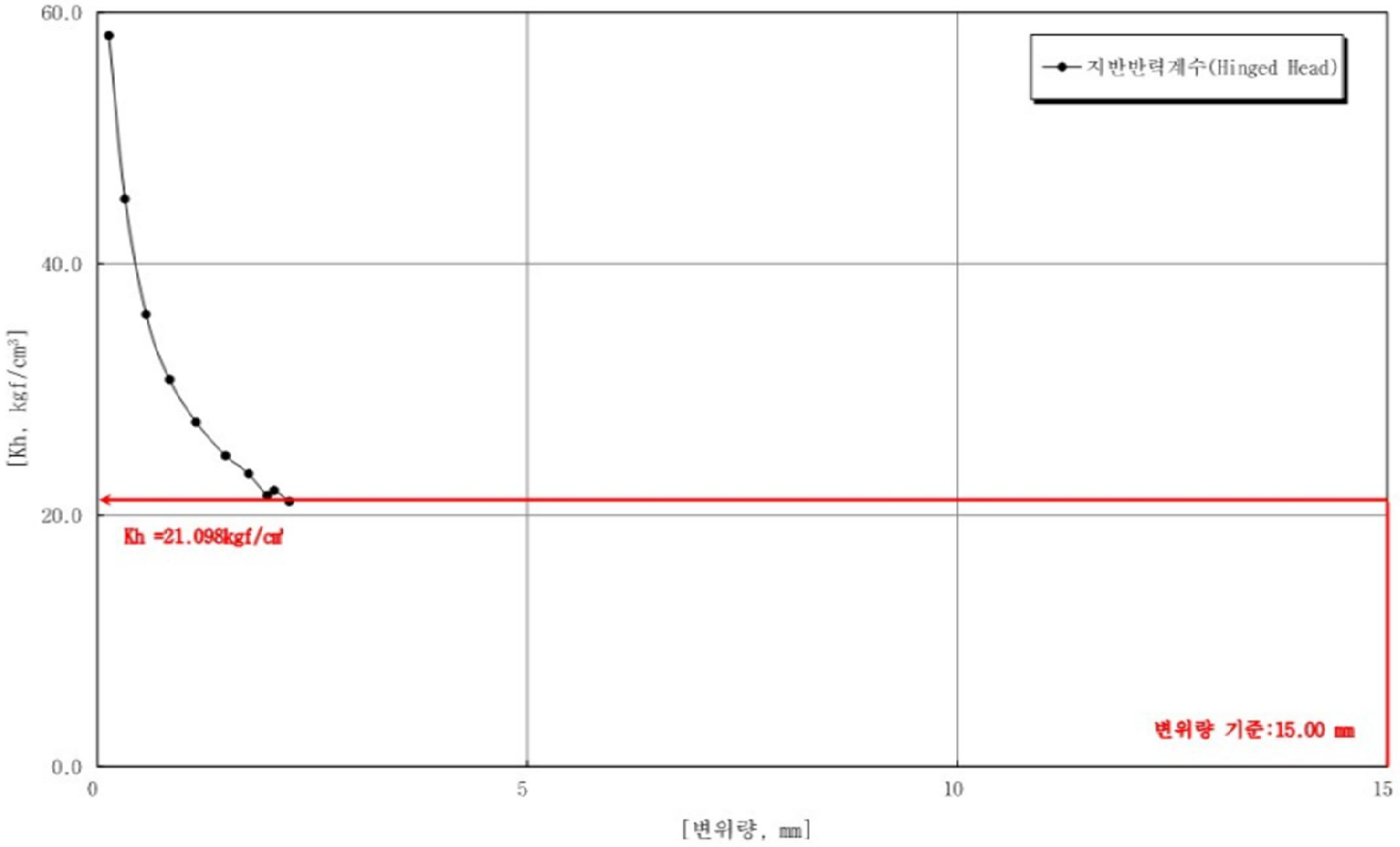
대한기초엔지니어링(주)

[소성변위량 곡선표]



대한기초엔지니어링(주)

[Kh GRAPH]



대한기초엔지니어링(주)

2. 시험사진

교량 A2 No.7
2021. 06. 17


8. 교대 거푸집
구조계산서

문서번호 : 2021 - 7 - 1053

구 조 계 산 서

STRUCTURAL DESIGN CALCULATION SHEET

인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사

유로폼

2021년 8월

1	21.8.18.	FOR CONSTRUCTION	J.Y.KIM	M.C.NAM	J.C.LEE
0	21.7.16.	FOR CONSTRUCTION	J.Y.KIM	M.C.NAM	J.C.LEE
REV.	DATE	DESCRIPTION	DGN	CHK	APPR

가설구조물 설계
토목건축 구조설계
건설 안전진단 및 컨설팅

(주)포스트구조기술 POST STRUCTURE ENGINEERING & CONSULTING

구 조 설 계 : 선임기술원 김 준 영
검 토 : 책임기술원 남 민 철
승 인 : 토목구조기술사 이 종 철
(등록번호:98154020018S)

대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈센터)
Tel : 042-322-1482 Fax : 042-367-0914 http://postr.co.kr

CONTENTS

1. 일반사항

1.1 검토개요
1.2 적용 규격 및 표준
1.3 사용재료
1.4 하중조합 & 설계하중
1.5 콘크리트 측압 참고자료
1.6 콘크리트 측압

2. 구조검토

2.1 검토결과
2.2 6012 유로폼

※첨 부 자 료 1 - 설치도면

PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

1. 일반사항

1.1 검토 개요

1) 본 구조계산서는 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사 현장에 적용되는 유로폼의 구조안전성 검토를 위함이다.
2) 안전성 검토는 제공한 도면 및 시공조건을 바탕으로 검토한다.
3) 안전성 검토는 개별부재의 응력 및 변위에 대하여 검토한다.
4) 거푸집 널, 수직부재, 수평부재는 등분포하중이 작용하는 단순보로 구조검토 한다.
5) 콘크리트 타설시 온도는 검토내용과 맞는지 필히 확인 하여야 한다.
6) 강재 또는 알루미늄 등과 같이 비교적 재사용이 많은 부재에 대해서는 장기허용응력을 적용하며 등하중 또는 적설하중과 조합되는 경우에 대해서는 단기허용응력을 적용한다.
7) 콘크리트 타설시에는 하중이 편중되지 않도록 거푸집에서 균등하게 끊어서 타설한다.
8) 검토결과와 같이 콘크리트 타설속도를 준수 하여야 한다.
9) 콘크리트 타설시 슈트, 펌프배관, 버킷, 호퍼 등의 배출구와 타설면까지의 거리의 높이는 1.5m 이하가 되도록 시공한다.
10) 타설된 콘크리트를 거푸집 안에서 횡방향으로 이동시키지 않는다.
11) 설치되는 바닥은 시방기준에 적합하도록 하여, 기초에 안전하게 전달할 수 있는 조건으로 검토한다.
12) 설치 및 구조적으로 가설공사표준시방서를 준수 하여야 한다.
13) 모든 재료적 성능은 계산서에 표기된 등등이상의 제품을 확인하고 시공에 임한다.
14) 본 구조검토는 구조계산서상에 표기된 사항에 의하여 진행되어 있으므로 이와 상이한 조건이 발생 할 경우 설계자와 합의 후 적절한 조치를 취한다.

POST Structure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로

1.2 적용 규격 및 표준

1) 한국산업표준(KS), 한국표준협회
2) KDS 21 10 00 가시설물 설계 일반사항, 국토교통부(2018)
3) KDS 21 50 00 거푸집 및 동바리 설계기준, 국토교통부(2018)
4) KDS 14 30 00 강구조 설계 (허용응력설계법), 국토교통부(2016)
5) KDS 41 00 00 건축 설계기준 , 국토교통부(2016)
6) KCS 21 50 00 거푸집 및 동바리 공사, 국토교통부(2018)
7) 산업안전보건 기준에 관한 규칙(시행 2021.05.28)
8) ACI Manual, Formwork for Concrete, 8th Edition

1.3 사용 재료

- 합 판 : 12t, 목재
  - 탄 성 계 수 (E) : 11,000 MPa
  - 전 단 상 수 (IB/Q) : 10 mm^2
  - 단면2차모멘트 (I) : 90 mm^4
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 16.8 MPa
  - 단 면 계 수 (Z) : 13 mm^3
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 0.63 MPa

- 면 판 보 강 재 : L-50x30x3.2, SS315
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단 면 적 (A) : 149.0 mm^2
  - 단면2차모멘트 (I) : 63,980 mm^4
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 193.0 MPa
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,800 mm^3
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 110.0 MPa

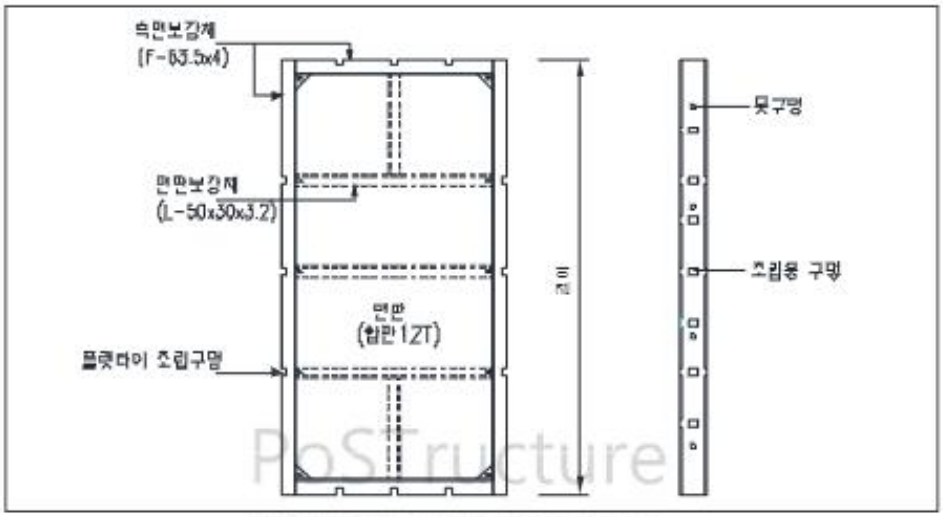
- 측 면 보 강 재 : F Profile 63.5x4, SS410
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단 면 적 (A) : 169 mm^2
  - 단면2차모멘트 (I) : 118,500 mm^4
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 271.0 MPa
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,630 mm^3
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 156.00 MPa

PoSTructure
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

- 수 평 / 수 직 보 강 재 P-48.6x2.3, STK500
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단 면 적 (A) : 335.0 mm^2
  - 단면2차모멘트 (I) : 89,860 mm^4
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 234.0 MPa
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,690 mm^3
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 142.0 MPa

- 버 팀 지 지 대 : P-48.6x2.3, STK500
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 단 면 적 (A) : 335.0 mm^2
  - 단면2차모멘트 (I) : 89,860 mm^4
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 234.0 MPa
  - 단 면 계 수 (Z) : 3,690 mm^3
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 142.0 MPa

- 평 타 이 : F-3x19 , SS275
  - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa
  - 최 대 인 장 하 중 (P_{max}) 30.0 kN
  - 허 용 휨 응 력 (f_{ba}) : 181.5 MPa
  - 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 110.0 MPa



PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

1.4 하중조합 & 설계하중

1) 하중조합

① 콘크리트 측압 (P) + 수평하중 (M)

2) 수평하중 (M)

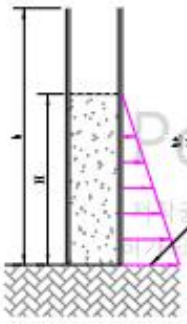
① 벽체 거푸집에 고려하는 최소 수평하중은 수직투영면적 당 0.5 kN/m^2을 적용한다.

1.5 콘크리트 측압 참고자료

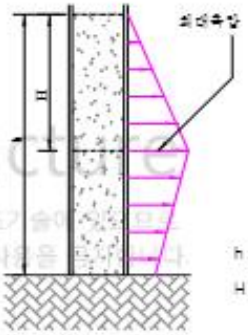
1) 개요

① 콘크리트 측압은 콘크리트 타설시 기둥, 벽체 등의 거푸집에 작용하는 횡압력을 의미한다. 일반적으로 유동성을 가지는 콘크리트의 측압은 하부로 갈수록 커지고 최대측압은 거푸집의 최하단부에서 발생한다. [그림 1]

② 콘크리트를 일정 높이 이상까지 타설하면 시간의 경과에 따라 먼저 타설한 콘크리트는 유동성을 잃기 시작한다. 유동성이 없는 구간에서의 측압은 하부로 가도 더 이상 커지지않고, 최대측압은 콘크리트가 굳지 않은 구간의 최하단부에서 발생하게 된다. [그림 2] 여기서 최대측압이 발생하는 지점부터 타설된 콘크리트 상부면까지의 높이를 콘크리트 헤드라고 한다.



[그림 1] 굳지 않은 콘크리트



[그림 2] 선타설 콘크리트가 굳기 시작

PoSTructure
무단전재 및 재배포 금지

③ 일반적인 콘크리트는 비비기 시작한 후 2시간(외기온도가 25℃를 초과하는 경우 1.5시간)이 경과하면 유동성을 잃어 더 이상 측압에 영향을 주지 않는다고 볼 수 있다.

④ 콘크리트 헤드의 높이를 낮추어 측압을 줄이기 위해서 다음의 방법을 사용할 수 있다.

- 콘크리트의 타설높이를 낮추어 콘크리트 헤드의 높이를 낮춤
- 콘크리트를 2회 이상 분할타설하여 콘크리트 헤드의 높이를 조절

※ 단 이어치기 시간간격은 아래 허용시간간격을 초과할 수 없다.

외기온도	허용 이어치기 시간간격[1)]
25℃ 초과	2.0 시간
25℃ 이하	2.5 시간

1) 허용 이어치기 시간간격은 하층콘크리트 비비기 시작에서부터 하층 콘크리트 타설후, 정치시간을 고려하여 상층 콘크리트가 타설되기까지의 시간을 의미

⑤ 이외에는 콘크리트의 측압을 줄이기 위해서는 다음의 사항에 주의해야 한다.

- 가수금지
- 콘크리트 타설시 1.5m이상 자유낙하 금지
- 집중타설 금지 (타설구획 사전계획을 통한 수평타설)
- 다짐이 특정부위에 국한되지 않고 균등하게 이루어지도록 관리

1.6 콘크리트 측압

① 일반 콘크리트용 측압은 다음과 같이 산정한다.

$$P = W \cdot H$$

여기서, P : 콘크리트의 측압 (kN/m²)
W : 굳지 않은 콘크리트의 단위중량 (kN/m³)
H : 콘크리트의 타설 높이 (m)

② 콘크리트 슬럼프가 175mm 이하이고, 1.2m 깊이 이하의 일반적인 내부진동다짐으로 타설되는 기둥 및 벽체의 콘크리트 측압은 다음과 같다.

기둥	$P = C_W \cdot C_C \cdot [\ 7.2 + \frac{790R}{T + 18}\ ]$	
벽체	타설속도(R) ≤ 2.1m/h 및 타설높이(H) ≤ 4.2m를 동시만족	기타의 경우 (단, 타설속도(R) ≤ 4.5m/h)
	$P = C_W \cdot C_C \cdot [\ 7.2 + \frac{790R}{T + 18}\ ]$	$P = C_W \cdot C_C \cdot [\ 7.2 + \frac{1160 + 240R}{T + 18}\ ]$

여기서, P : 콘크리트의 측압 (kN/m²)
R : 콘크리트 타설속도 (m/hr)
T : 타설되는 콘크리트의 온도 (℃)
(동절기 : 15℃, 춘절기 : 20℃, 하절기 : 25℃ 가정)
C_W : 단위질량 계수
C_C : 첨가물 계수

※ 단위질량 계수, C_W

콘크리트의 단위중량	C_W
22.5 kN/m³ 이하인 경우	$C_W = 0.5[\ 1 + (W/23\ kN/m^3)\ ]$ 다만, 0.8 이상이어야 한다.
22.5초과~24 kN/m³ 이하인 경우	$C_W = 1.0$
24 kN/m³ 초과인 경우	$C_W = W / 23\ kN/m^3$

※ 첨가물 계수, C_C

시멘트 타입 및 첨가물	C_C
지연제를 사용하지 않은 KS L 5201의 1,2,3종 시멘트	1.0
지연제를 사용한 KS L 5201의 1,2,3종 시멘트	1.2
다른 타입의 시멘트 또는 지연제 없이 40% 이하의 플라이 애쉬 또는 70% 이하의 슬래그가 혼합된 시멘트	1.2
다른 타입의 시멘트 또는 지연제를 사용한 40% 이하의 플라이 애쉬 또는 70% 이하의 슬래그가 혼합된 시멘트	1.4
70% 이상의 슬래그 또는 40% 이상의 플라이 애쉬가 혼합된 시멘트	1.4

2. 구조검토

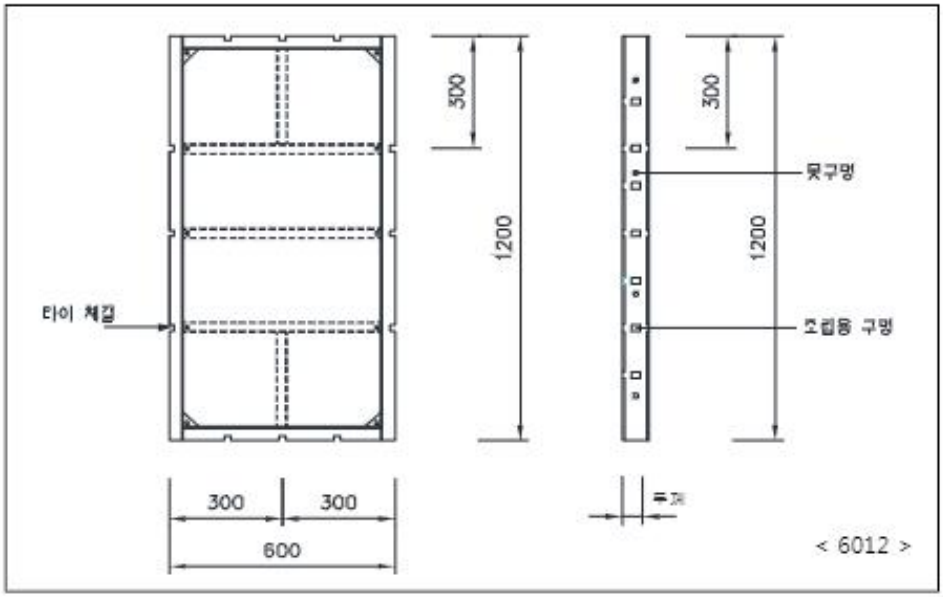
2.1 검토결과

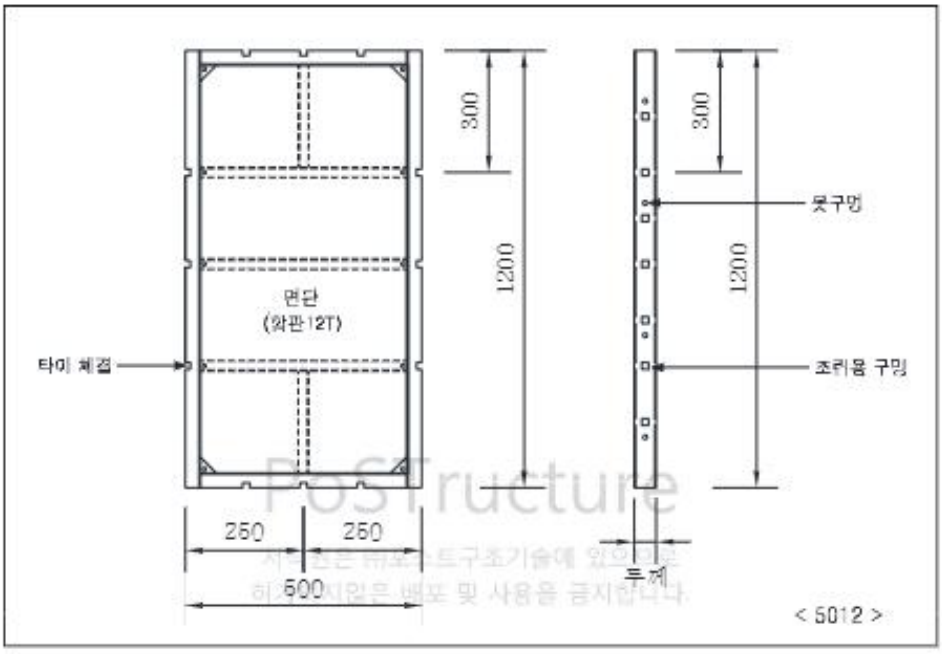
1) 콘크리트 타설 시공시에 작용하는 콘크리트 측압에 대하여 구조검토결과, 내력과 변위가 허용범위 이내인 것을 확인함.

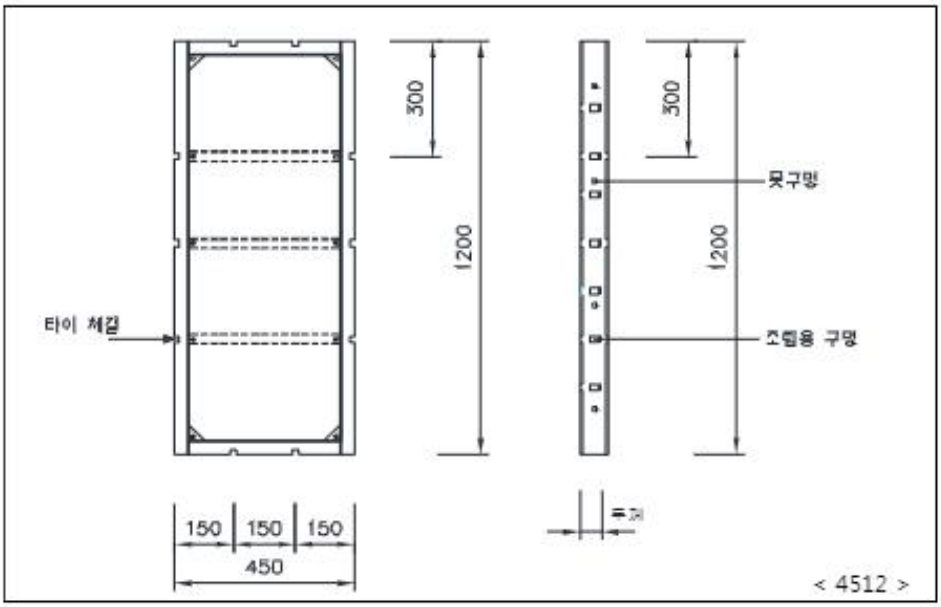
2) 구조검토시 유로폼(6012)를 기준으로 검토하며, 이하 크기의 유로폼은 본 검토내용을 준용한다.

타설 두께	벽체거푸집(유로폼)				
T= 2250	콘크리트 벽높이 H=8500	1차 타설높이 H=950	면판보강재 @300	측면보강재 @600	펑타이 @600
	수평보강재 @600	수직보강재 @1200	버팀대 @1200	타설속도 0.65 m/hr	콘크리트 온도 25.0 ℃

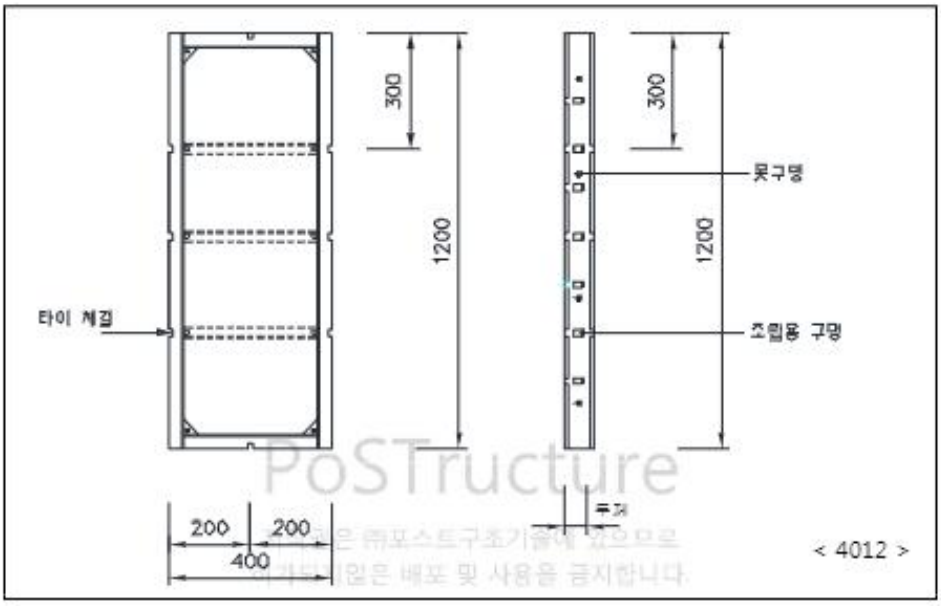
PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

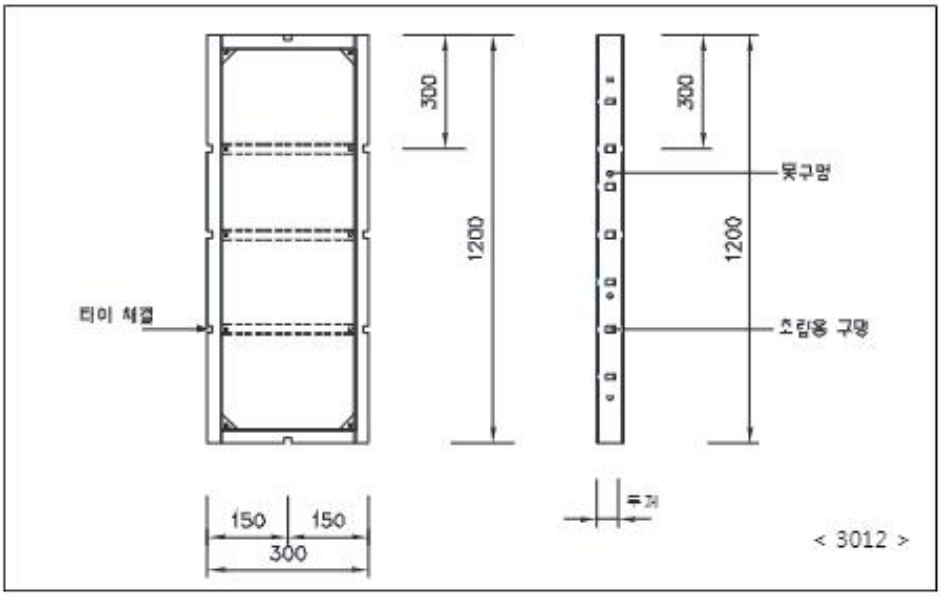




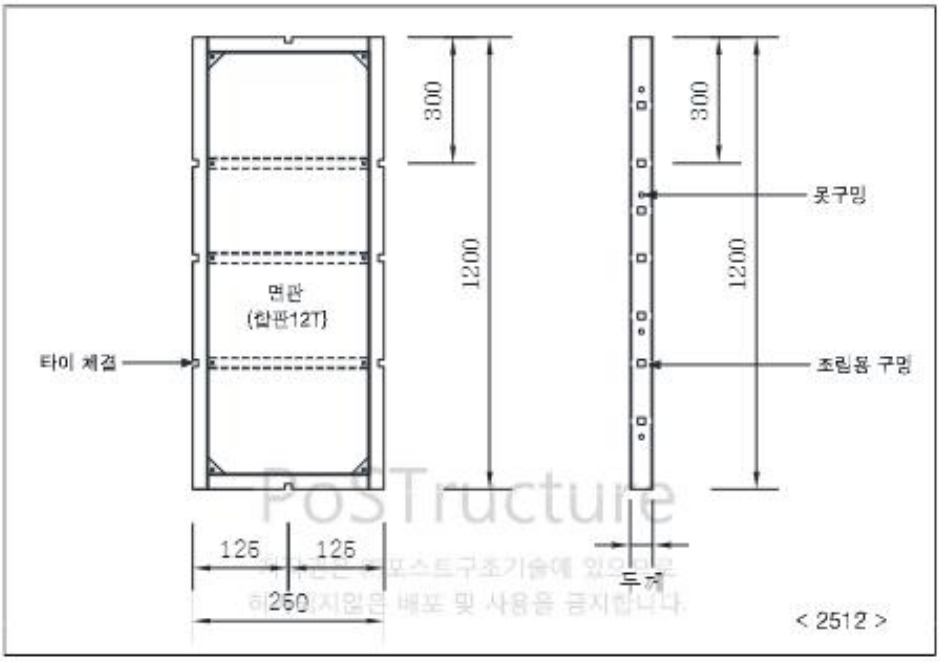


PostTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으며 무단
허락 없이 배포 및 사용을 금지합니다.

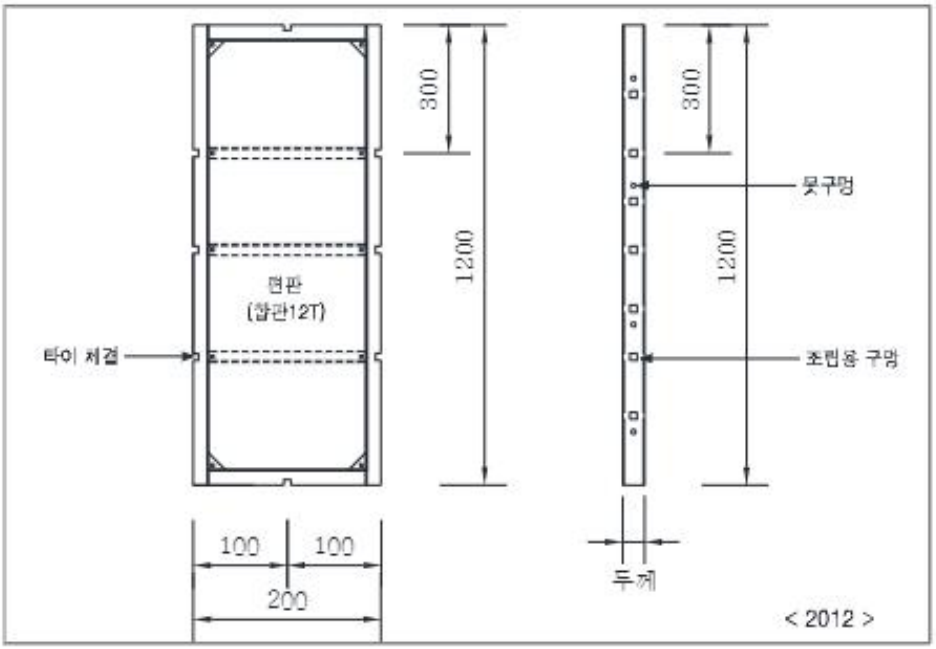




PoSTructure
이 도면은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
무단 배포 및 사용을 금지합니다.



< 2512 >



< 2012 >

PosTructure
이 자료는 (주)포스트구조기술에 있으며 무단
허락 없이 자료의 배포 및 사용을 금지합니다.

2.2 유로폼 6012 : T=2250mm

1) 설계조건

콘크리트 타설두께 : 2250 mm

콘크리트 벽높이 : 8500 mm

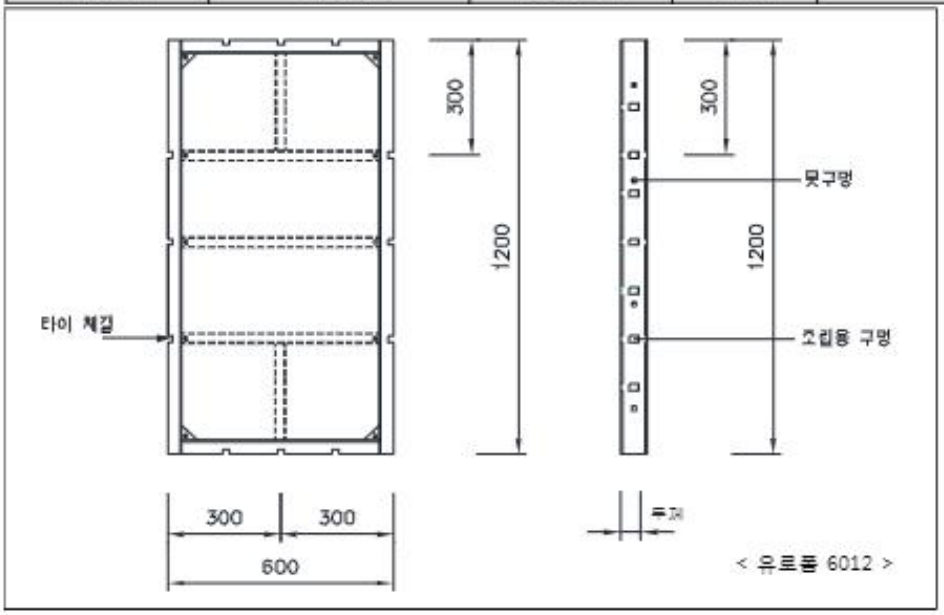
콘크리트 1차 타설높이 : 950 mm

콘크리트 타설 속도 : 0.65 m/hr

거푸집널의 변형기준 : A 급

2) 사용부재

구 분	사용자재	설치간격	재 질	비 고
면 판	합판 12mm	-	목재	
면판보강재	L-50x30x3.2	@ 300 mm	SS315	
측면보강재	F Profile 63.5x4	@ 600 mm	SS410	
폭 타 이	F-3x19	@ 600 mm	SS275	
버팀지지대	P-48.6x2.3	@ 1200 mm	STK500	



3) 거푸집 측압산정, P_{max}

-타설속도(R) ≤ 2.1m/h 및 타설높이(H) ≤ 4.2m를 동시만족

$$P = C_w \cdot C_c \cdot \left[7.2 + \frac{790R}{T + 18} \right]$$

$$= 1 \times 1.2 \times \left[7.2 + \frac{790 \times 0.65}{25 + 18} \right] = \underline{22.98\ kN/m^2}$$

R : 콘크리트 타설속도 (m/hr) : 0.65 m/hr

T : 타설되는 콘크리트의 온도 (℃) : 25.0 ℃

C_w : 단위질량 계수 : 1.0

C_c : 첨가물 계수 : 1.2

※ 일반사항 1.7 참고)

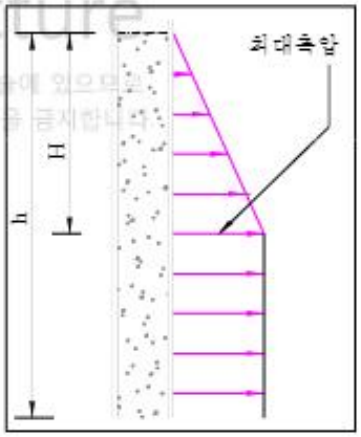
- 콘크리트 1차 타설높이, H

P = W x H

H = P / W

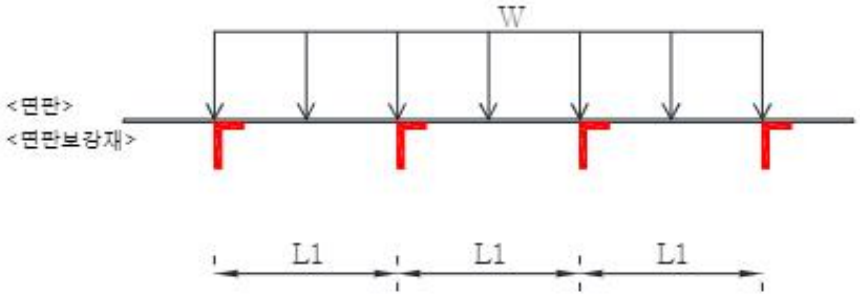
= 22.98 / 24 = 0.95 m

PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으며,
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.



4) 면판 검토

면판보강재의 순간격 (L1)	270 mm



- 면판이 받는 하중 (LOAD) : (단위폭 1mm당에 대하여)

W = 설계하중 x 1.0 mm = 0.02298 N/mm

PosStructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
무단복사/배포 및 사용을 금지합니다.

- 면판의 종류

콘크리트 거푸집용 합판 : 12t, 목재

두께 (mm)	탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm^4)	단면계수 Z (mm^3)	전단상수 Ib/Q (mm^2)	허용휨응력 f_{ba} (MPa)	허용전단응력 f_{sa} (MPa)
12	11,000	90	13	10	16.8	0.63

- 면판의 휨응력 검토

$$M_{max} = \frac{W \cdot L1^2}{8} = 209.41 \text{ N-mm}$$

$f_b = M_{max} / Z =$ 16.11 MPa < $f_{ba} =$ 16.8 MPa → O.K

- 면판의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot W \cdot L1^4}{384 \cdot E \cdot I} = 1.61 \text{ mm} < 3.0 \text{ mm}$$ → O.K

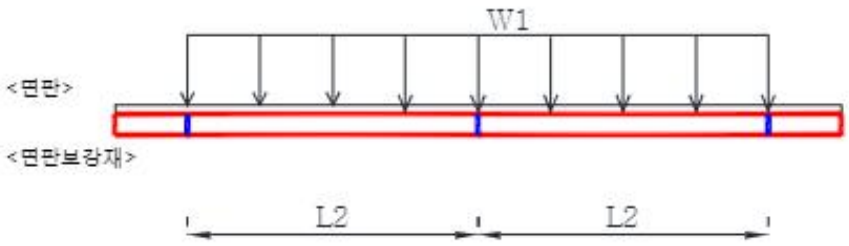
- 면판의 전단응력 검토

$$V_{max} = \frac{W \cdot L1}{2} = 3.10 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{V_{max}}{Ib / Q} = 0.31 \text{ MPa} < f_{sa} = 0.63 \text{ MPa}$$ → O.K

5) 면판보강재 검토

측면보강재의 간격 (L2)	600 mm



- 면판보강재가 받는 하중 (LOAD)

W1 = 설계하중 x L1 = 6.89 N/mm

PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

- 면판보강재의 종류

L-50x30x3.2, SS315

탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm^4)	단면계수 Z (mm^3)	허용휨응력 f_{ba} (MPa)	허용전단응력 f_{sa} (MPa)	단면적 A(mm^2)
205,000	63,980	3,800	193	110	149

- 면판보강재의 휨응력 검토

$$M_{max} = \frac{W1 \cdot L2^2}{8} = 310230 \text{ N-mm}$$

$f_b = M_{max} / Z =$ 81.6 MPa < $f_{ba} =$ 193 MPa → O.K

- 면판보강재의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot W1 \cdot L2^4}{384 \cdot E \cdot I} = 0.89 \text{ mm} < 3.0 \text{ mm}$$ → O.K

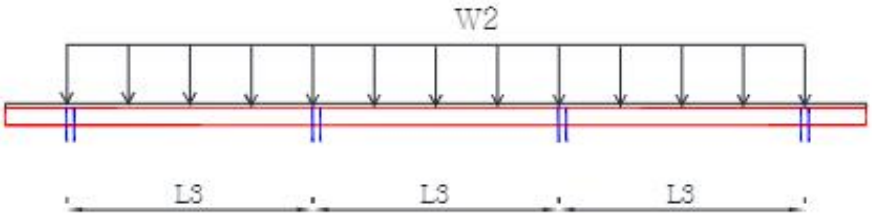
- 면판보강재의 전단응력 검토

$$V_{max} = \frac{W1 \cdot L2}{2} = 2068N$$ k = 1.0

$$f_s = k\frac{V_{max}}{A} = 14 \text{ MPa} < f_{sa} = 110 \text{ MPa}$$ → O.K

6) 측면보강재 검토

팽 타이의 간격 (L3)	600 mm



- 측면보강재가 받는 하중 (LOAD)

W2 = 설계하중 x L2 / 2 = 6.89 N/mm

PosTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

- 측면보강재의 종류

F Profile 63.5x4, SS410

탄성계수 E (MPa)	단면2차모멘트 I (mm^4)	단면계수 Z (mm^3)	허용휨응력 f_{ba} (MPa)	허용전단응력 f_{sa} (MPa)	단면적 A(mm^2)
205,000	118,500	3,630	271	156	169

- 측면보강재의 휨응력 검토

$$M_{max} = \frac{W2 \cdot L3^2}{8} = 310230 \text{ N-mm}$$

$f_b = M_{max} / Z =$ 85.5 MPa < $f_{ba} =$ 271 MPa → O.K

- 측면보강재의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot W1 \cdot L2^4}{384 \cdot E \cdot I} =$$ 0.48 mm < 3.0 mm → O.K

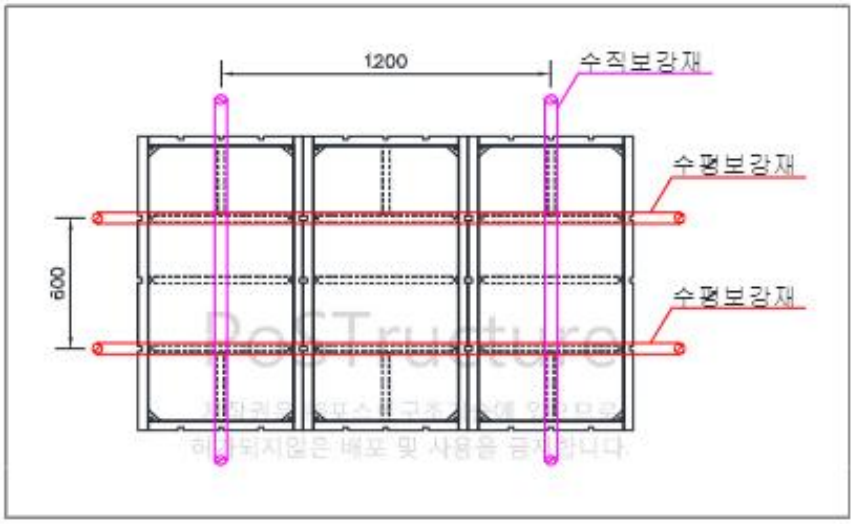
- 측면보강재의 전단응력 검토

$$V_{max} = \frac{W1 \cdot L2}{2} = 2068N$$ k = 1.5

$$f_s = k\frac{V_{max}}{A} =$$ 18 MPa < $f_{sa} =$ 156 MPa → O.K

7) 수직, 수평 보강재

- 유로폼 1개당 상하부 2개 수평으로 설치
- 유로폼 1개당 중앙부 1개 수직으로 설치
- 수평/수직 보강재는 유로폼 수평/수직 직선도를 위해 설치하므로 검토 생략



8) 폼타이 검토

- 허용인장하중 산정, Ft

F_t = 최대인장하중 / 안전율

= 30.0 kN / 2.0 = 15.0 kN

- 소요인장하중 산정, F

F = 측압 x 폼타이 분담면적

= 22.98 x 0.6 x 0.6 = 8.3 kN < 15.0 kN → O.K

9) 버팀지지대 설치 검토

- 버팀지지대의 종류

P-48.6x2.3 , STK500

탄성계수 E (MPa)	단면2차반경 r (mm)	유효좌굴길이 KL (mm)	항복강도 Fy (MPa)	단면적 A(mm^2)
205,000	16.39	3,000	355	335

- 강구조설계기준에 의한 허용압축력 (P_a1) [KDS 14 30 00 : 2016 강구조설계(허용응력설계법)]

* 세장비 : $\lambda = KL / r =$ 183.04

* 한계세장비 : $C_c = \sqrt{(2\pi^2 E / F_y)} =$ 106.8

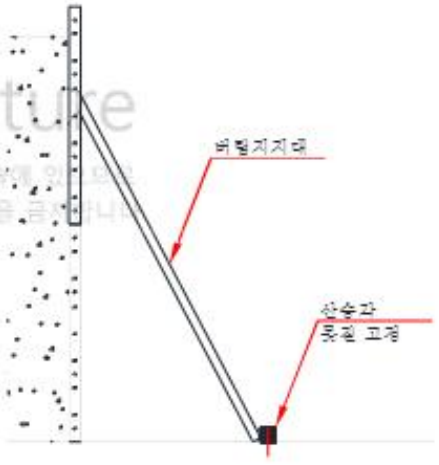
* 허용압축응력 :

Cc < KL/r 일 때,

$$F_c = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E_s}{23 \cdot (KL/r)^2} = 31.5 \text{ MPa}$$

* 허용압축하중

Pa = Fc x A = 10.6 kN



PoSTructure
(주)포스트구조기술에 있습니다.
허가되지않은 배포 및 사용을 금합니다.

- 버팀지지대 검토

Pw = 0.5kN/m^2 x 1차 타설높이 x 버팀지지대 간격

= 0.5 x 5 x 1.2 = 3.0 kN

P = Pw / cos45 = **4.3 kN** < **10.6 kN** → O.K

※ 첨 부 자 료 1

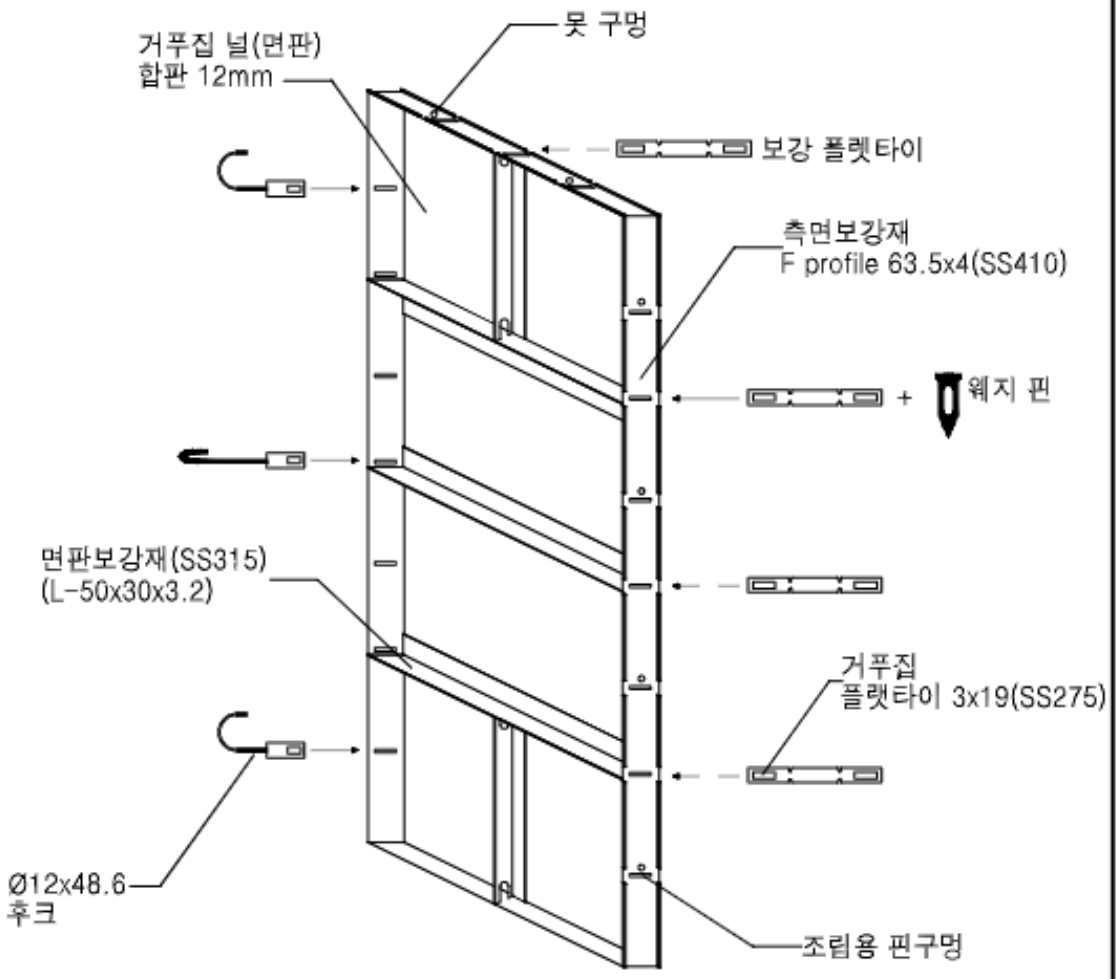
- 설치도면

PoSTructure
저작권은 ㈜포스트구조기술에 있으므로
허가되지않은 배포 및 사용을 금지합니다.

PoSTructure

분 류	도면명	도면번호
유로폼	유로폼 제품도	No.001

<단위 : mm>



유로폼 상세도

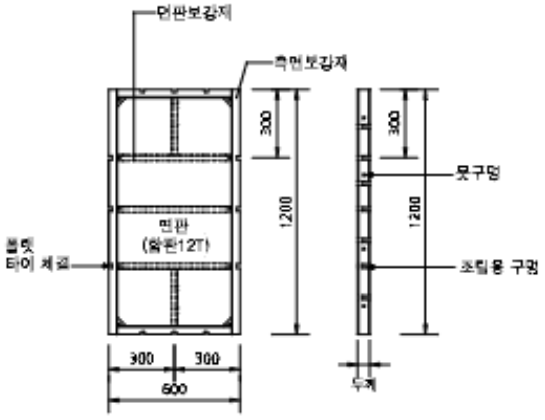
PoSTructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈센터)
(주)포스트구조기술 연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 https://postr.co.kr/

		CONSTRUCTION	KIM	NAM	LEE
No.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHE	APP

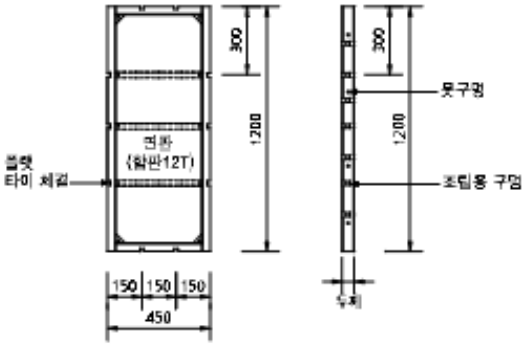
PoSTructure

분 류	도면명	도면번호
유로폼	유로폼 규격	No.002

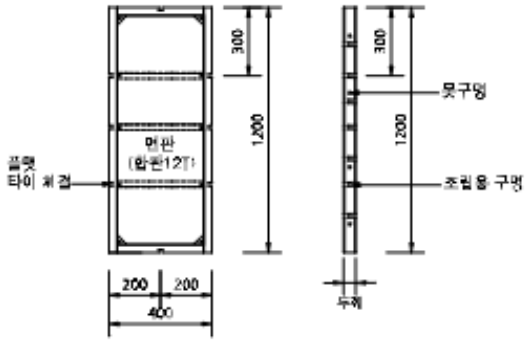
<단위 : mm>



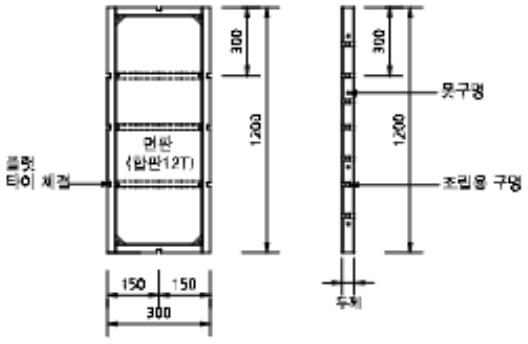
< 6012 >



< 4512 >



< 4012 >



< 3012 >

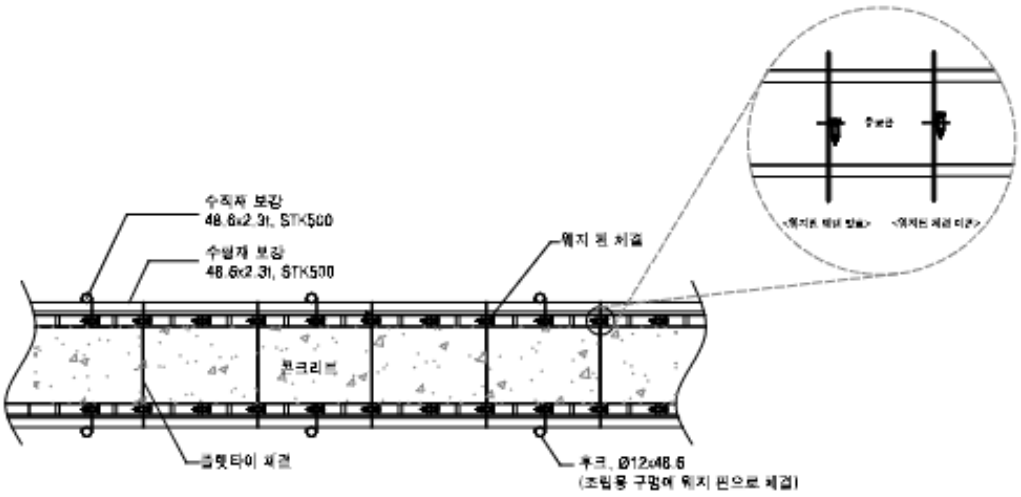
유로폼 규격

PoSTructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈센터)
(주)포스트구조기술 연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 https://postr.co.kr/

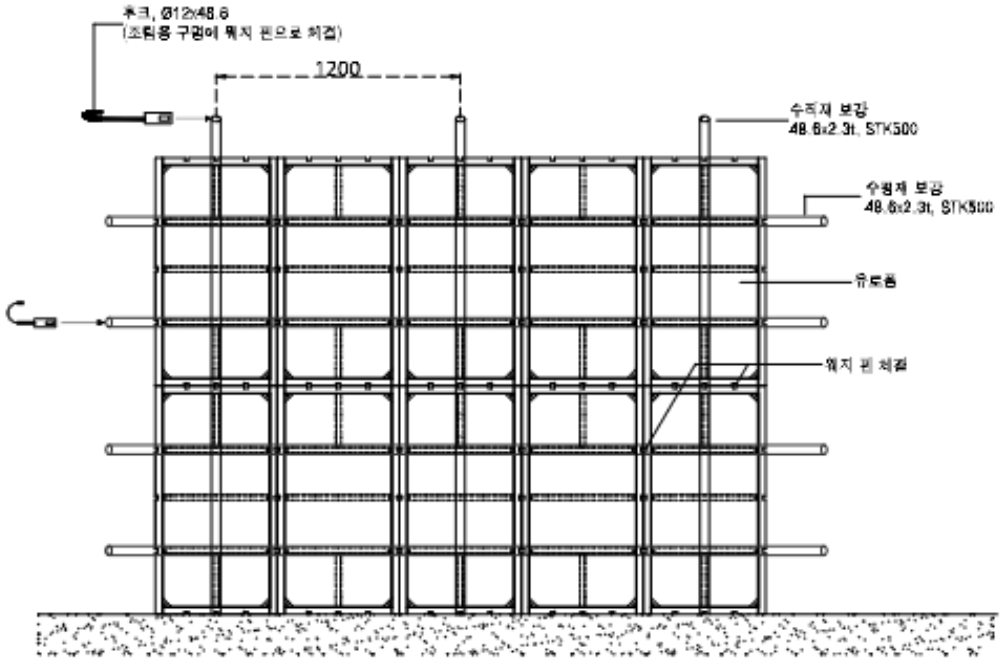
Rev.	DATA	DESCRIPTION	BY	CHE	APP
		CONSTRUCTION	KIM	NAM	LEE

PoSTructure

분 류	도면명	도면번호
유로폼	벽체 유로폼 표준설치도	No.003



벽체 유로폼 평면도



벽체 유로폼 입면도

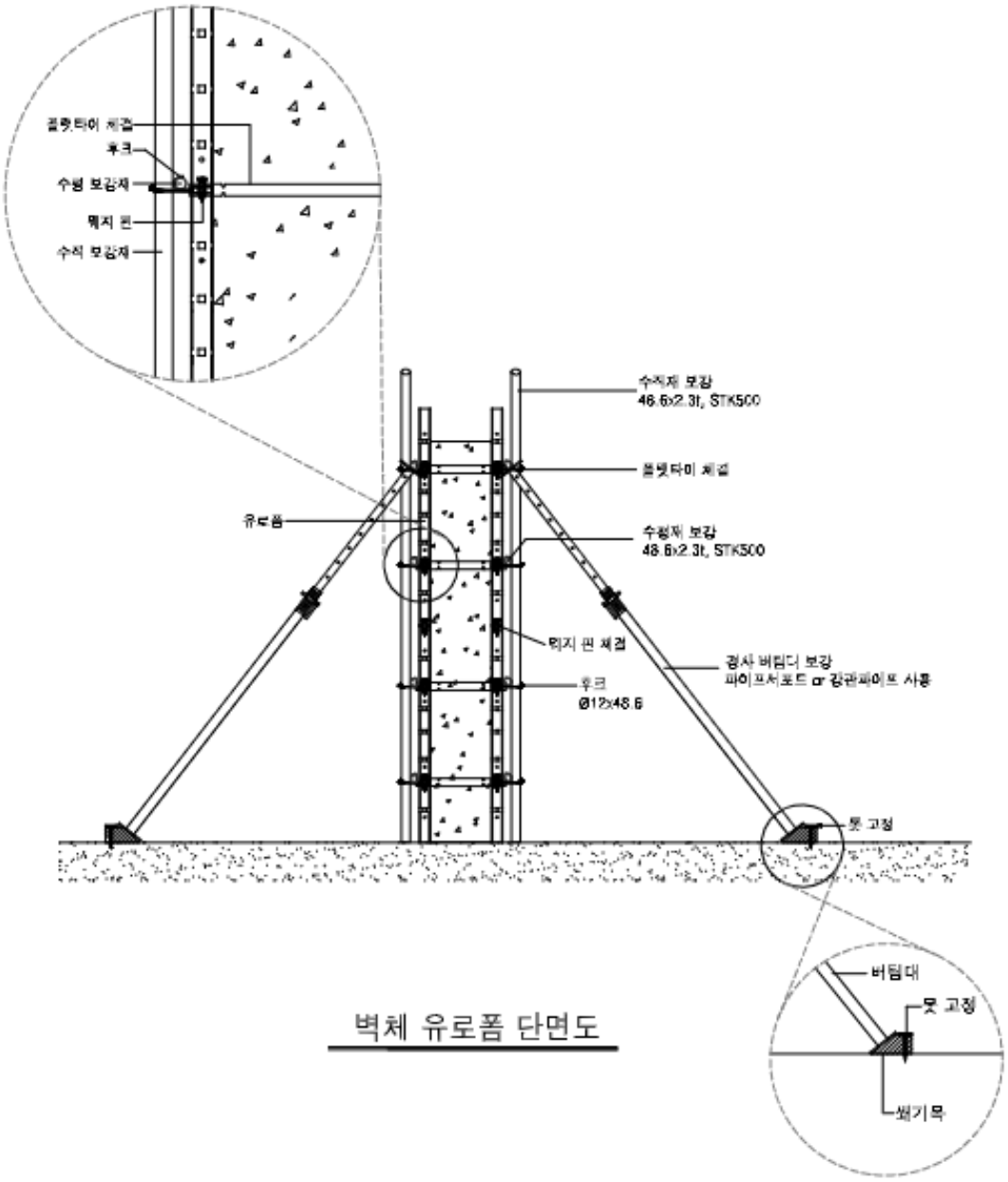
PoSTructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈센터)
(주)포스트구조기술 연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 https://postr.co.kr/

Rev.	DATA	DESCRIPTION	BY	CHE	APP
		CONSTRUCTION	KIM	NAM	LEE

PoSTructure

분 류	도면명	도면번호
유로폼	벽체 유로폼 표준설치도	No.004

<단위 : mm>



벽체 유로폼 단면도

PoSTructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈센터)
(주)포스트구조기술 연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 https://postr.co.kr/

Rev.	DATA	DESCRIPTION	KIM BY	NAM CHE	LEE APP
		CONSTRUCTION			

9. 안전관리 관련자료

글로벌 공항산업 Leading Value Creator

인천국제공항공사

수신자 한국시설안전공단이사장
(경유)
제목 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 안전관리계획서 검토결과 제출

1. 귀 공단의 무궁한 발전을 기원하며, 「건설기술진흥법 제62조 및 동법 시행령 제98조 7항」의 관련입니다.

2. 상기 법령에 따라 인천국제공항 「4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)」의 안전관리계획서 및 검토결과를 붙임과 같이 제출합니다.

○ 검토 결과 : 적 정

붙임 : 1. 안전관리계획서 1식(별도 송부)
2. 승인 문서 및 건설안전점검기관(한국시설안전공단) 검토결과서 1식. 끝.

인천국제공항공사 사장

★대리 손영호 팀장 전결 이선구

협조

접수

시행 토목처-607 (2020.02.03.) 접수 ( )

우 22382 인천광역시 중구 공항로 424번길 47 / http://www.airport.kr
전화 (032)741-0114 /전송 (032)741-2450 / @airport.kr / 비공개(7)
감절행위 상담전화 032-741-2145(청렴신문고)/익명신고 www.redwhistle.org

"안전하고 편리한 삶의 터전 조성 선도기관"

한국시설안전공단

수 신 인천국제공항공사 사장

(경유)

제 목 안전관리계획서 재검토결과 회신[공항내부 연결도로공사(4-8공구)]

1. 귀 공사의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 건설기획처-137호(2020. 1. 14.)로 재검토 의뢰하신 "4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)" 현장의 안전관리계획서 검토결과를 아래와 같이 송부하오니 업무에 참조하시기 바랍니다.

   가. 현 장 명 : 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)

   나. 접수 완료일 : 2020. 1. 14.

   다. 검 토 범 위 : 직전 검토의견(건설안전본부-34688호, 2019. 12. 27.)으로 제시한 보완사항

   (단, 금회 안전관리계획서에서 해당공종 착공전 제출 예정으로 계획한 항목 제외)

   라. 검 토 의 견 : "적 정"([붙임] 참조)

   ※ 금회 검토에서 제외된 공종의 안전관리계획([붙임] 참고)은 「건설기술 진흥법 시행규칙」 제58조 별표7에 따라 해당공종 착공전까지 제출받아 승인해야 함.

   마. 권 고 사 항 : 시공 중 안전성 확보를 위하여 해당 공종 착공전 보완사항 제출 필요.

붙임 안전관리계획서(4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)) 재검토 의견서. 끝.

한국시설안전공단 이사장

직원	정종민	차장	01/21 유지영	건설안전관리실장	전결 01/21 권혁기
협조자					

시행 건설안전관리실-1122 (2020.01.21.) 접수 건설기획처-233 (2020.01.22.)

우 52852 경상남도 진주시 사들로 131, 인재교육관 4층 건설안전관리실 / http://www.kistec.or.kr/

전화 055-771-1769 /전송 055-771-1774 / jongmin8671@kistec.or.kr / 비공개

2 안전관계자 선임계

안전관계자 선임계

공 사 명	4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구)		
공 사 기 간	2019. 11 ~ 2022. 08		
담 당 분 야	안전총괄책임자		
선 임 기 간	2019. 11 ~ 2022. 08		
선 임 자 인 적 사 항			
성 명	전 영 우	생년월일	1966년 09월 12일
직 책	현장소장		
자 격 종 목	등 급	등 록 번 호	등록 년 월 일
토목분야	토목기사	91204100055H	1991. 07. 31

위 사람을 상기 공사현장의 안전관리총괄책임자로 선임합니다.

2019년 12월 6일

명 칭 (상 호) : 동부건설 주식회사

성 명 (대표자) : 허 상 희 (서명 또는 인)

안전관리 관계자 선임계

공 사 명	4단계 공항내부 연결도로공사(4 8공구)		
공 사 기 간	2019. 11 ~ 2022. 08		
담 당 분 야	안전관리자		
선 임 기 간	2019. 11 ~ 2022. 08		
선 임 자 인 적 사 항			
성 명	김 강 산	생년월일	1980년 11월 23일
직 책	안전관리자		
사 격 종 목	등 급	등 록 번 호	등록 년 월 일
안전분야	건설안전기사	15201190110J	2015. 05. 29

위 사람을 상기 공사현장의 안전관리자로 선임합니다.

2019년 12월 6일

명 칭 (상 호) : 동부건설 주식회사

성 명 (대표자) : 허 상 희 (서명 또는 인)