

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 중	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 중	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 중	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 중	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 검토사항	●			
	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 지반평탄 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 중	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
13	하중을 걸은 상태로 운전석 이탈 금지	●			
14	모든 도르래, 케이블, 기계류, 혹걸이 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, 썰기장치 상태	●			
20	항타기 조립 시 작업지휘자 및 신호수 배치	●			
21	와이어로프가 꼬인 상태로 하중을 거는 행위 금지	●			

▣ 교량 정기안전점검표(2차)

구분	공 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 검토사항	●			
	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 지반평탄 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 중	점검 결과			조치사항
		양호	보통	불량	
13	하중을 걸은 상태로 운전석 이탈 금지	●			
14	모든 도르래, 케이블, 기계류, 혹걸이 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, 썰기장치 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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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. 흠막이공(4차)

구분	공 중	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 흠막이판의 조립상태				해당사항없음
7	지보공 주변 지반면의 균열상태				해당사항없음

다. 거푸집공(4차)

구분	공 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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 중	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)

- (㉞) 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)

- (㉞) 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)

- (주) 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)

- (주) 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)

- (주) 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)

- (주) 1. 점검항목별로 별도 작성할 것
2. 지적사항 및 조치사항에 대한 사진을 뒷면에 첨부할 것

3. 확인 지반조사 보고서

인천국제공항 4단계
공항내부 연결도로공사

확 인 지 반 조 사 보 고 서

[3차]

2021. 02



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
	현장배인시험	—
	피에조콘 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	-
피에조콘 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 시행서 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	
현장배인시험	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	
시추 조사	NX	공	1	
현장 시험	표준관입시험	회	49	
	현장투수시험	회	—	
	현장배인시험	회	—	
	피조콘관입시험 (정적콘관입)	회	—	
	피조콘관입시험 (소산)	회	—	
실내 시험	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. 급회 실시한 현장조사 위치 현황은 다음 <표 2-1-1> 과 같다.

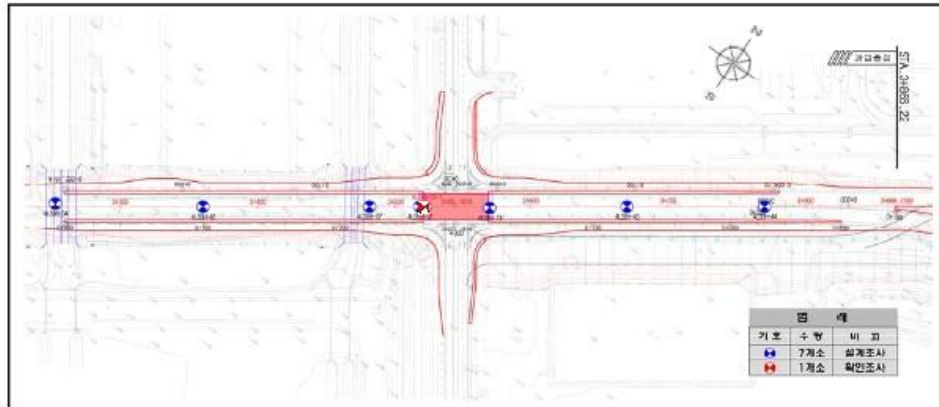
2.1.1 조사위치

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 공변, 심도, 지층명, N치 등을 기록하여 정리·보관하였다. 암석시료는 육안관찰에 의하여 암석내 분포된 불연속면 즉, 절리, 층리 및 층진물 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.

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

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

〈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 $76 \pm 1\text{cm}$ 높이에서 $63.5 \pm 0.5\text{Kg}$ 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	
• $63.5 \pm 0.5\text{kgf}$의 햄머를 $76 \pm 1\text{cm}$ 높이에서 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 소요되는 타격회수를 측정	
시험 방법	예비타격
	본 타격
	후 타격
• 처음 15cm의 관입은 타격 준비로 간주 • 30cm 관입에 소요된 타격(15cm씩 2회) • 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	시험결과치의 이용	표준방법
함수비시험		함수비	지반의 자연함수상태 파악	KS F 2306
비중시험		비 중	지반의 단위중량 추정	KS F 2308
입도분석 시험	체분석시험	입도분포	입도 분포 파악	KS F 2309
	비중계분석시험	곡선	지반 분류, 점토의 압축성 판별 사질지반의 안정성 및 액상화 판별	KS F 2302
액성한계시험		액성한계	자연상태의 점성지반의 안정성 판정	KS F 2303
소성한계시험		소성한계	재료로서의 성토재 품질 판정	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 공중에 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)과 암(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/cm ²)
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 힘들	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 힘들	> 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 낼 수 있음
4 ~ 10	느슨 (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	조밀 (Dense)	0.65 - 0.85	0.7 - 0.9	손으로 삽질이 가능하거나 손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼 수 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 운 (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 끝때
		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 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 · 물을 부으면 서로 엉킴	· 끈 모양으로 꼬아지나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성이 있음
실 트 (Silt)	· 세립사와 점토는 극소량을 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 꼬아 지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아 지고 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

〈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% No.200체 통과량 < 5% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% 5 No.200체 통과량 12% 5 No.200체 통과량 12% 5 No.200체 통과량 12% 5 No.200체 통과량 12%	Cu 4 이고 1<Cg<3 GW 조건을 만족 못함 PI<4 또는 소성도의 A-선 아래 PI>7 이고 소성도의 A-선 위 소성도의 "CL-ML"부분 GW와 GM조건을 만족함 GW와 GC조건을 만족함 GP와 GM조건을 만족함 GP와 GC조건을 만족함	GW GP GM GC GC-GM GW-GM GW-GC GP-GM GP-GC
	모래질 흙 $F_1 \geq \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 < 5% No.200체 통과량 < 5% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선상 또는 위	Cu 6 이고 1<Cg<3 SW 조건 만족 못함 PI<4 또는 소성도의 A-선 아래 PI>7 이고 소성도의 A-선 위 소성도의 "CL-ML"부분 SW와 SM조건을 만족함 SW와 SC조건을 만족함 SP와 SM조건을 만족함 SP와 SC조건을 만족함	SW SP SM SC SC-SM SW-SM SW-SC SP-SM SP-SC
무기질 세립토 F 50%	LL < 50%	PI<4 또는 소성도의 A-선 아래 (PI>7 이고 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. F₁ : No.4체를 통과하고 No.200체에 남은 흙의 양(%)

2.3.2 점토 광물과 입자구조

가. 기본구조

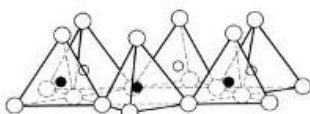
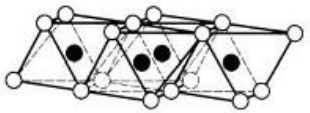
- 자갈이나 모래와 같은 사질지반의 광물성분은 지반의 공학적 성질에 영향을 미치지 못하지만, 세립질의 점성지반의 경우 광물성분의 구조 및 배열은 지반의 강도 및 거동에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 검토가 필요하다.

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 점토 광물이다. (2 : 1 mineral)
- Montmorillonite와 같이 활동성이 좋은 점토광물이다.

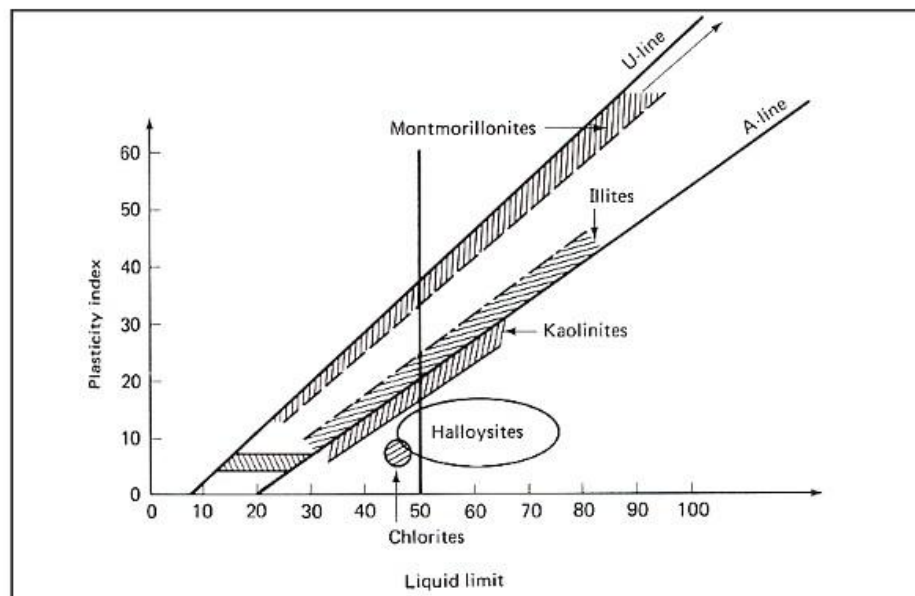
○ Chlorite

- 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)	지름(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

〈표 3-2-1〉 인천지역 지질계통표

지질시대	지 층	비 고
제 4 기	매 립 지	
	충 적 층	
~~~ 부 정 합 ~~~		
백 약 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 -----		
선캄브리아기	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 토성은 자갈, 전석 및 호박돌로 이루어져 있으며, 지층 분포 심도는 3.0~8.3m 정도의 두께로 분포하고, 대체로 습윤(Moist)한 상태를 나타낸다.

#### ○ 퇴적층

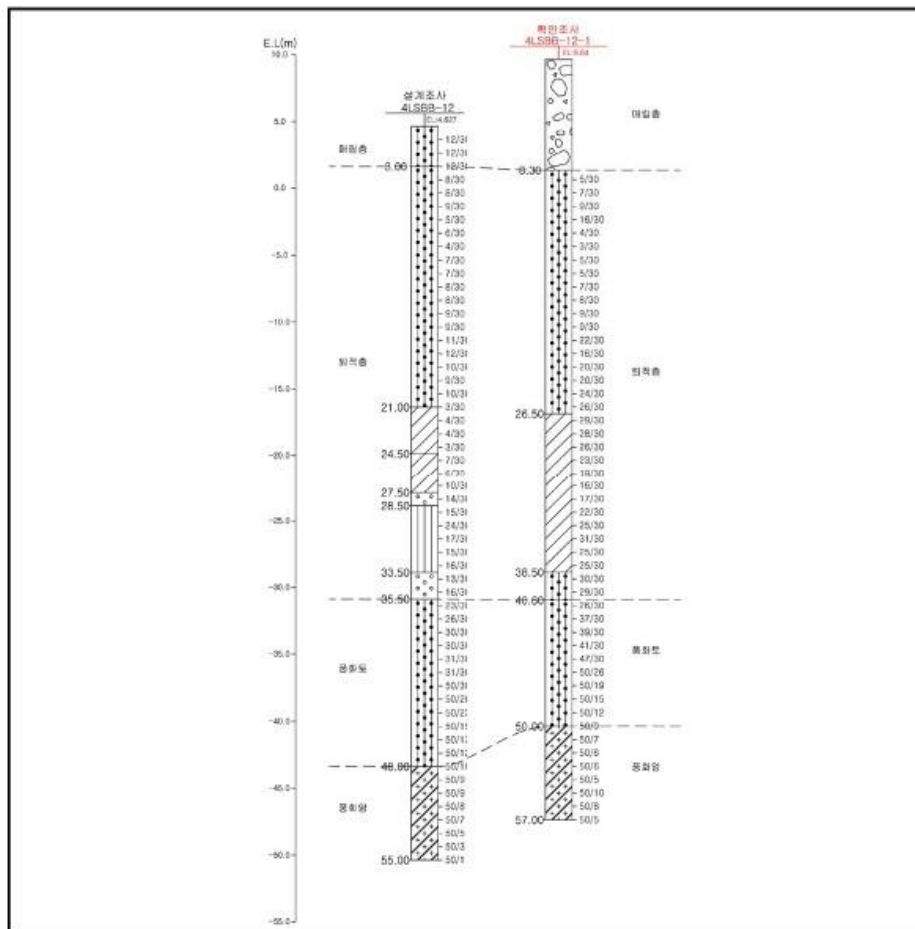
- 매립층하부에 분포하는 퇴적층은 해저에서 조류 작용으로 자연 퇴적된 지층으로 면모구조의 특성을 나타내며, 실트질 모래 및 세립질 모래(SM), 실트질 점토(CL), 점토질 실트(ML)를 나타낸다. 표준관입시험 결과 조립토의 N치는 3/30~30/30 정도의 범위로 매우느슨(Very Loose) 내지 보통조밀(Medium Dense)한 상대밀도를 나타내고, 세립토의 N치는 3/30~29/30 정도의 범위로 연약(Soft) 내지 매우견고(Very Stiff)한 지층이며 32.3~32.5m의 두께로 분포하고 있다.

## ○ 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

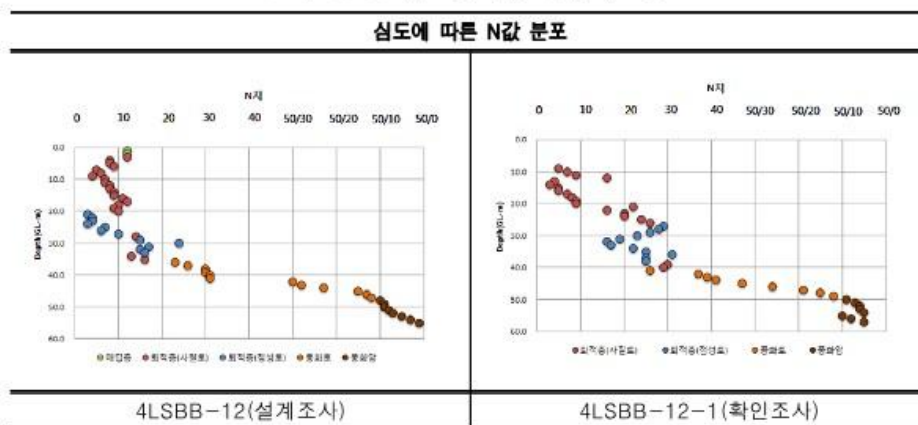
### 4.2.1 표준관입시험 결과

- 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	
공 번	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



## 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〉 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	$\gamma_t$ (kN/m ³ )	e _o	Atterberg			Sieve Analysis 0.075mm (%)	U.S. C.S
							LL (%)	PL (%)	PI (%)		
확인 조사	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 측정된 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

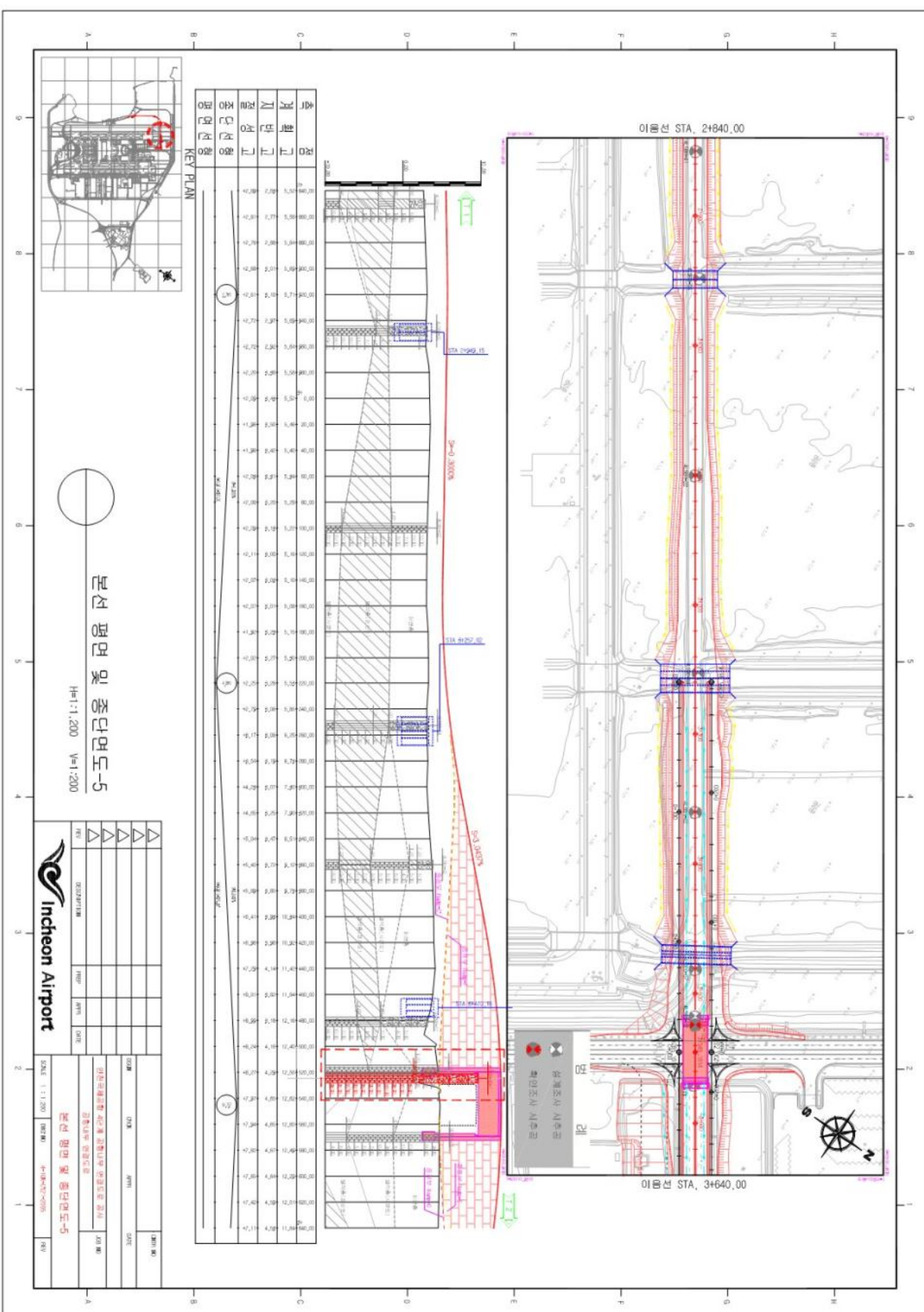
- 채취된 교란시료에 대하여 기본 물성시험 결과, 상부 퇴적층은 실트질 모래(SM)으로 분류되었다.

# 부 록

---

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

## **1. 평면도 및 종단면도**



## **2. 시추주상도**



# 시 추 주 상 도

## DRILL LOG

페이지 : 3 중 1 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-12-1	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48344.984	지반표고 ELEVATION	9.64 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-01-26 - 2021-01-27	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 10.8 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감독자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic- kness M	주상도 Columnar Section	지층명 Section	지층설명 Description	통 일 분 류 S	시 료 Sample		표준관입시험 Standard Penetration Test						
								시료 번호	채취 방법	채취 심도	N치 (회/cm)	N blow				
											10	20	30	40	50	
1.34		8.30	8.30		매립층	<b>▶매립층</b> 심도 : 0.00 ~ 8.30m 자갈, 전석 및 호박돌 흙색 * 자갈크기 : $\phi$ 3-20cm * SPT 불가 * 0.0-5.3m : 성토층 (양버력) * 5.3-8.3m : 매립층	BD									
					원적층	<b>▶원적층</b> 심도 : 8.30 ~ 26.50m 실트, 점토, 모래 * 실트층과 교호적인데로 * 수 내지 보통조밀한 상태	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

페이지 : 3 중 2 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-12-1	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48344.984	지반표고 ELEVATION	9.64 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-01-26 - 2021-01-27	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 10.8 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감독자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층두 Thic- kness M	주상도 Columnar Section	지층명 Description	통 일 분 류 S	시 료 Sample		표준관입시험 Standard Penetration Test						
							시료 번호	채취 방법	채취 심도	N치 (회/cm)	N blow				
										10	20	30	40	50	
-16.86		26.50	18.20		회적층	SM	S-12	◎	20.0	9/30					
							S-13	◎	21.0	22/30					
							S-14	◎	22.0	16/30					
							S-15	◎	23.0	20/30					
							S-16	◎	24.0	20/30					
							S-17	◎	25.0	24/30					
							S-18	◎	26.0	26/30					
							-28.86		38.50	12.00					
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												
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												
					회적층	SM	▶ 퇴적층 심도 : 38.50 ~ 40.60m 실트질 모래								
							S-30	◎	38.0	25/30					
							S-31	◎	39.0	30/30					
							S-32	◎	40.0	29/30					

# 시 추 주 상 도

## DRILL LOG

페이지 : 3 중 3 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-12-1	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48344.984	지 반 표 고 ELEVATION	9.64 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-01-26 - 2021-01-27	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 10.8 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감 독 자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층 두께 Thic- kness M	주 상 도 Columnar Section	지 층 명 지 층 설 명 Description	통 일 분 류 U S C S	시 료 Sample		표 준 관 입 시험 Standard Penetration Test					
							시 료 번호	채 취 방법	채 취 심도	N치 (회/cm)	N blow			
									10	20	30	40	50	
-30.96		40.60	2.10	회색 점	회색점 매우 조밀한 상대밀도	SM	S-32	◎	40.0	29/30				
				▶ 풍화토			S-33	◎	41.0	26/30				
				심도 : 40.60 - 50.00m 점토 모래			S-34	◎	42.0	37/30				
				점토 모래			S-35	◎	43.0	39/30				
				점토 모래			S-36	◎	44.0	41/30				
				점토 모래			S-37	◎	45.0	47/30				
				점토 모래			S-38	◎	46.0	50/26				
				점토 모래			S-39	◎	47.0	50/19				
				점토 모래			S-40	◎	48.0	50/15				
				점토 모래			S-41	◎	49.0	50/12				
-40.36		50.00	9.40	회색 점	▶ 풍화암 심도 : 50.00 - 57.00m 기면암인 화강암의 풍화암 질 및 타격시 싹트질 모래로 변 해 회색 매우 조밀한 상대밀도	WR	S-42	◎	50.0	50/9				
				점토 모래			S-43	◎	51.0	50/7				
				점토 모래			S-44	◎	52.0	50/6				
				점토 모래			S-45	◎	53.0	50/6				
				점토 모래			S-46	◎	54.0	50/5				
				점토 모래			S-47	◎	55.0	50/10				
				점토 모래			S-48	◎	56.0	50/8				
				점토 모래			S-49	◎	57.0	50/5				
-47.36		57.00	7.00	회색 점	* 심도 57.00 M 에서 시추종료									

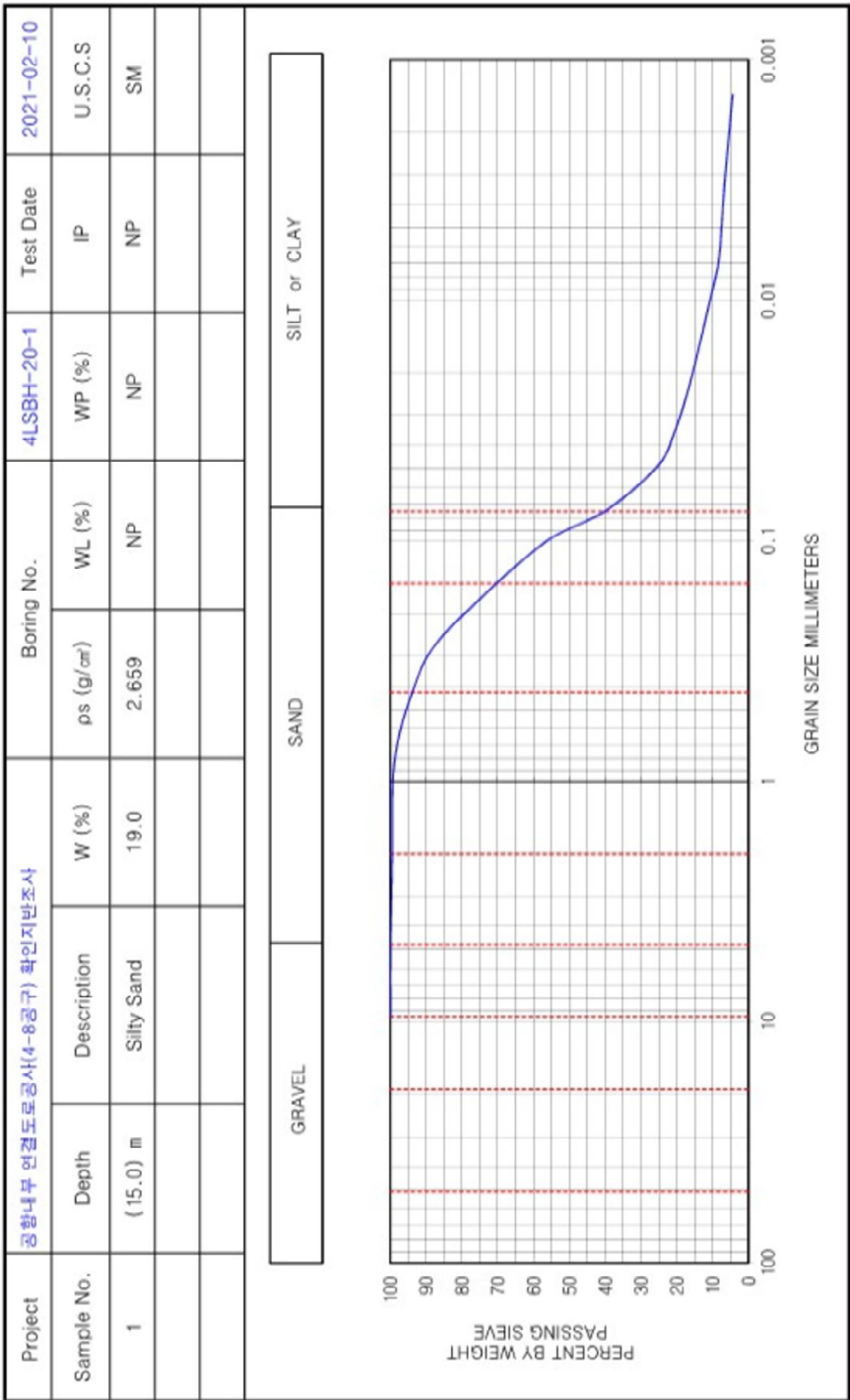
### **3. 실내시험결과**

### RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 공판내부 인계도로공사(4-8공구) 확인지반조사

[illegible]

# GRADATION CURVES



## **4. 작업사진대지**

## 작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사		공 번	4LSBB-12-1
    공사명 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사   공 종 공인전결   위 치 4LSBB-12-1   일 자 2021.01.26		    공사명 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사   공 종 공인전결   위 치 4LSBB-12-1   일 자 2021.01.26	
작업근경		작업원경	
    공사명 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사   공 종 표준관입시험   위 치 4LSBB-12-1   일 자 2021.01.27		    공사명 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사   공 종 시공재취   위 치 4LSBB-12-1   일 자 2021.01.27	
표준관입시험		교란시료채취	



## 폐공작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사		공 번	4LSBB-12-1
    공사명   공항내부 연결도로공사 지반조사   공 종   폐공전   위 치   4LSBB-12-1   일 자   2021.01.27		    공사명   공항내부 연결도로공사 지반조사   공 종   폐공중   위 치   4LSBB-12-1   일 자   2021.01.27	
폐공전		폐공중(모래)	
    공사명   공항내부 연결도로공사 지반조사   공 종   폐공후   위 치   4LSBB-12-1   일 자   2021.01.27			
폐공후			

## 시료상자 사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사

4LSBB-12-1



인천국제공항 4단계  
공항내부 연결도로공사

# 확 인 지 반 조 사 보 고 서

[4차]

2021. 04



# 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

<b>4.1 현장조사결과</b>	<b>24</b>
4.1.1 시추조사 결과	24
<b>4.2 원위치 시험 결과</b>	<b>26</b>
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

<b>5.1 강도분석</b>	<b>30</b>
5.1.1 현장시험에 의한 개량효과분석	30
5.1.2 계측에 의한 개량효과분석	31
5.1.3 실내시험에 의한 침하량 분석	32

## 제6장 결론

<b>6.1 결론</b>	<b>34</b>
---------------	-----------

## ■ 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
	현장배인시험	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	-
피에조콘 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	
현장배인시험	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	
시추 조사	NX	공	2	
현장 시험	표준관입시험	회	105	
	현장투수시험	회	—	
	현장배인시험	회	1	
	피조콘관입시험 (정적콘관입)	회	1	
	피조콘관입시험 (소산)	회	1	
실내 시험	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 <표 2-1-1> 과 같다.

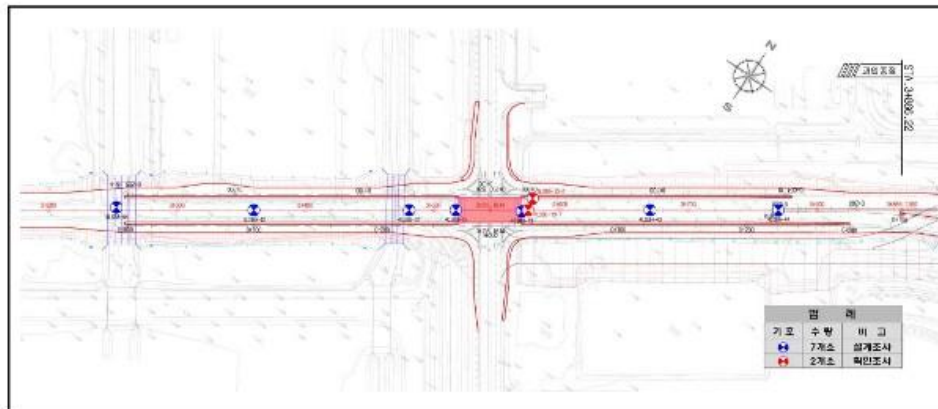
#### 2.1.1 조사위치

##### 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 공변, 심도, 지층명, N치 등을 기록하여 정리·보관하였다. 암석시료는 육안관찰에 의하여 암석내 분포된 불연속면 즉, 절리, 층리 및 층진물 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.

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

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

〈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  $76 \pm 1\text{cm}$  높이에서  $63.5 \pm 0.5\text{Kg}$  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.

&lt;표 2-2-3&gt; 표준관입시험 및 스플릿 배럴 샘플러 규격

스플릿 배럴 샘플러(Split Barrel Sampler)

표준관입시험 N값의 정의	
• $63.5 \pm 0.5\text{kgf}$의 햄머를 $76 \pm 1\text{cm}$ 높이에서 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입하는데 소요되는 타격회수를 측정	
시험 방법	예비타격
	본 타격
	후 타격
• 처음 15cm의 관입은 타격 준비로 간주     • 30cm 관입에 소요된 타격(15cm씩 2회)     • 후 타격 5cm 는 경우에 따라 생략 가능	



## 나. 현장베인시험

### 1) 시험목적

- 베인 날개를 연약 점토지반에 밀어 넣어 포화된 점성토의 비 배수 전단강도( $S_u$ )와 예민비를 파악하기 위함이다.

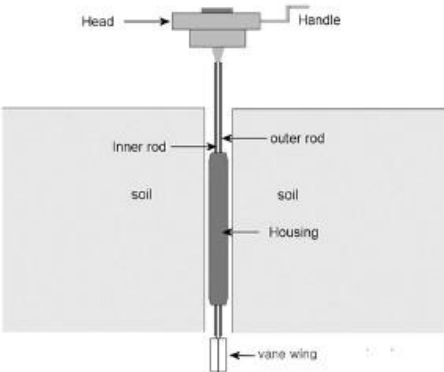
### 2) 시험방법

- 시험 심도의 50cm 위까지 시추공을 굴착한 뒤, 룯드로 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 재생형하고 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.

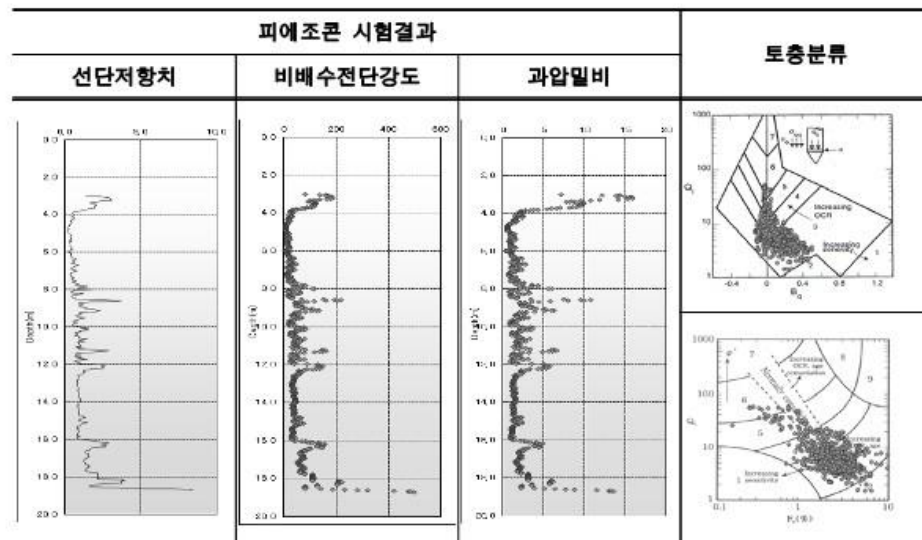
## 2) 시험방법

- 연결로드 끝에 전기식 콘을 장착하여 유압관입기에 의해 압입하여(압입속도 ASTM 3441 규정  $2.0\text{cm/sec} \pm 0.5$ ) 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  $2 \pm 0.5\text{cm/sec}$ (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



## 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 공중에 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)과 암(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/cm ² )
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 힘들	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 힘들	> 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 낼 수 있음
4 ~ 10	느슨 (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	조밀 (Dense)	0.65 - 0.85	0.7 - 0.9	손으로 삽질이 가능하거나 손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼 수 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

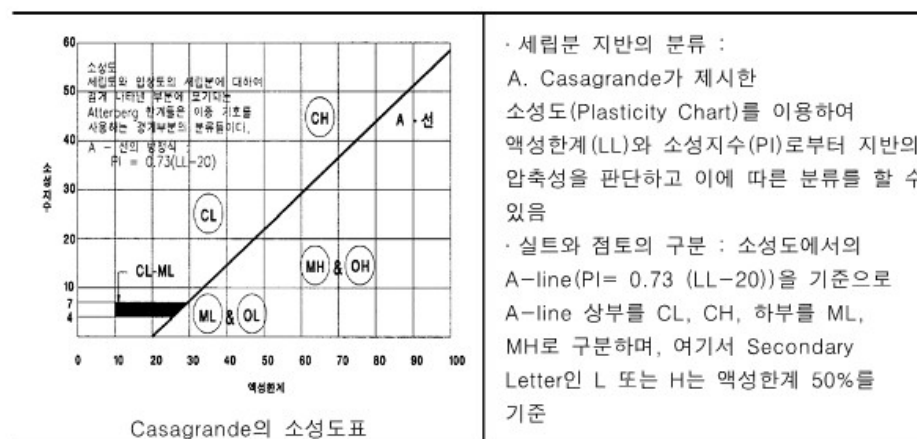
〈표 2-3-5〉 육안분류법

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 끝때
		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 조심스럽게 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 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 · 물을 부으면 서로 엉킴	· 끈 모양으로 꼬아지나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성이 있음
실 트 (Silt)	· 세립사와 점토는 극소량을 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 꼬아 지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아 지고 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.
- 조립분과 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 조립분과 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



<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% No.200체 통과량 < 5% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% 5 No.200체 통과량 12% 5 No.200체 통과량 12% 5 No.200체 통과량 12% 5 No.200체 통과량 12%	Cu 4 이고 1<Cg<3 GW 조건을 만족 못함 PI<4 또는 소성도의 A-선 아래 PI>7 이고 소성도의 A-선 위 소성도의 "CL-ML"부분 GW와 GM조건을 만족함 GW와 GC조건을 만족함 GP와 GM조건을 만족함 GP와 GC조건을 만족함	GW GP GM GC GC-GM GW-GM GW-GC GP-GM GP-GC
	모래질 흙 $F_1 \geq \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 < 5% No.200체 통과량 < 5% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% No.200체 통과량 > 12% 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선 아래 5 No.200체 통과량 12% 소성도의 A-선상 또는 위	Cu 6 이고 1<Cg<3 SW 조건 만족 못함 PI<4 또는 소성도의 A-선 아래 PI>7 이고 소성도의 A-선 위 소성도의 "CL-ML"부분 SW와 SM조건을 만족함 SW와 SC조건을 만족함 SP와 SM조건을 만족함 SP와 SC조건을 만족함	SW SP SM SC SC-SM SW-SM SW-SC SP-SM SP-SC
무기질 세립토 F 50%	LL < 50%	PI<4 또는 소성도의 A-선 아래 (PI>7 이고 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. F₁ : No.4체를 통과하고 No.200체에 남은 흙의 양(%)

## 2.3.2 점토 광물과 입자구조

## 가. 기본구조

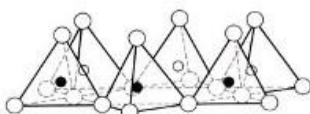
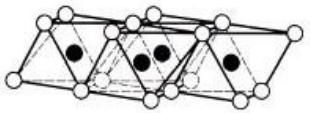
- 자갈이나 모래와 같은 사질지반의 광물성분은 지반의 공학적 성질에 영향을 미치지 못하지만, 세립질의 점성지반의 경우 광물성분의 구조 및 배열은 지반의 강도 및 거동에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 검토가 필요하다.

## 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.

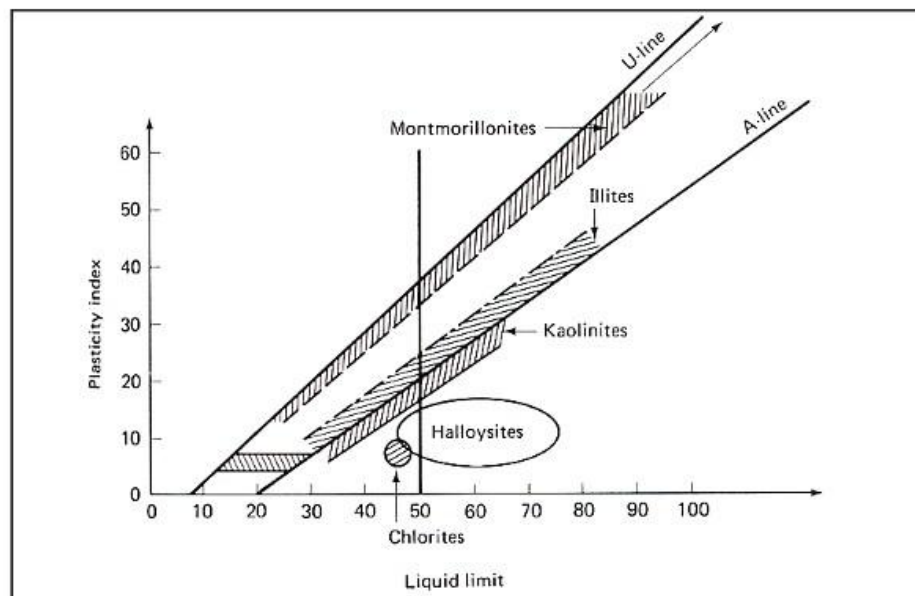


- Illite
  - 2장의 Silica sheet 사이에 Gibbsite가 끼어있는 구조가 칼륨(K) 원자로 연결된 점토 광물이다. (2 : 1 mineral)
  - Montmorillonite와 같이 활동성이 좋은 점토광물이다.
- Chlorite
  - Silica sheet와 Gibbsite의 연속 구조로 이루어진 광물이다. (2:1:1 mineral)
  - 일반적인 점토광물이며 상대적으로 활동성이 적은 점토광물이다.

### 3) 점토광물의 특성 비교

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

구분	두께(nm)	지름(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 얇은 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 보이거나 각섬석 흑운모화강암 분포지역에서는 단순하게 나타나고 있다.
- 각섬석 흑운모화강암의 구성 광물은 중·조립질의 각섬석, 석영, 장석류, 운모류로 주로 구성됨
- 불연속면의 분포현황으로 주 절리는 북서-남동( $230^{\circ} \sim 240^{\circ}$ )방향, 경사는  $49^{\circ} \sim 85^{\circ}$  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 약 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 -----		
선캄브리아기	화강편마암	
	----- 관 입 -----	
	운모편암/석영편암	
	안구상편마암	
	흑운모편마암	

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

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 점토성인 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
4LSBB-13-2	풍화암	52.0~59.0	7.0	화강암의 풍화암	50/10~50/4
	매립층	0.0~4.3	4.3	자갈, 전석 섞인 실트질 모래	—
		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 $\Phi 6 \sim 20\text{cm}$ 이며, 표준관입시험 N치는 12/30~13/30로 보통조밀(Medium Dense)한 상대밀도를 나타내고 색조는 황갈색 내지 담회색을 띤다.

○ 퇴적층

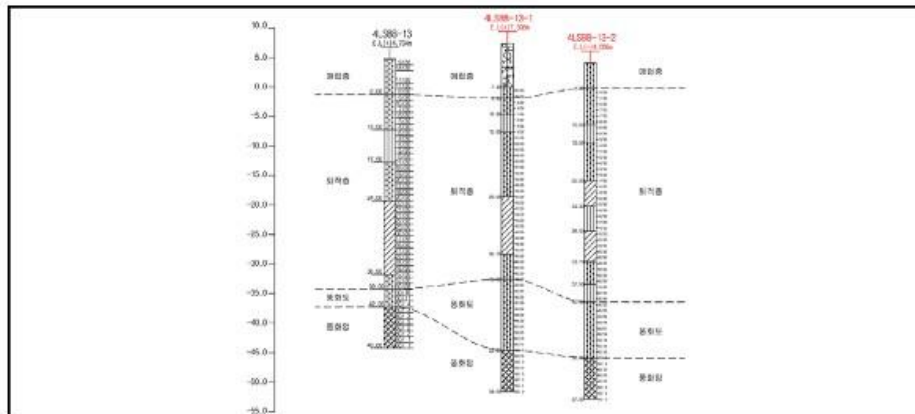
- 매립층 하부에 분포하는 퇴적층은 해저에서 조류 작용으로 자연 퇴적된 지층으로 면모구조의 특성과 모래층, 실트층, 점토층의 반복적인 퇴적작용으로 지층이 형성되었고, 지층의 구성은 실트질 모래(SM), 실트질 점토(CL), 모래질 실트(ML)를 나타낸다. 표준관입시험 결과 조립토의 N치는 6/30~43/30 정도의 범위로 느슨(Loose) 내지 조밀(Dense)한 상대밀도를 나타내고 세립토의 N치는 6/30~32/30 정도의 범위로 보통견고(Medium Stiff) 내지 고결(Hard)한 연경도를 보이며, 색조는 녹갈색 내지 암회색,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

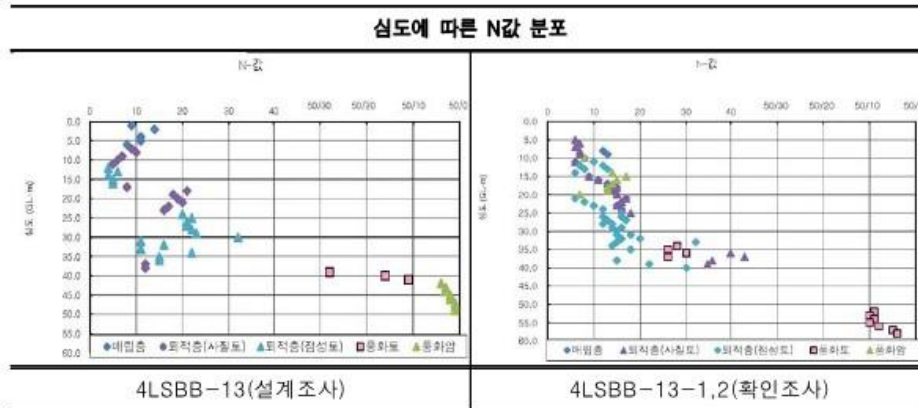
4.2.1 표준관입시험 결과

- 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



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 현장배인 시험결과

- 비배수 전단강도를 측정하기 위하여 실시하며, 배인전단 시험결과는 다음과 같다.

〈표 4-2-4〉 확인조사 배인전단 시험결과

공번	심도 (m)	N값	지층	전단강도(S_u , kPa)		예민비 (S_t)
				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 (q_c : kPa)	주면마찰력 (f_s : kPa)	간극수압 (u : kPa)	비배수전단강도 (S_u : kPa)	과압밀비 (OCR)
범위:899.0~5894.0 평균:2972.8	범위:12.0~109.0 평균:50.1	범위:42.0~161.0 평균:115.8	범위:48.7~382.9 평균:186.6	범위:1.4~12.2 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_{90} (sec)	수평 압밀계수 C_h (cm ² /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.
- 피조콘관입시험에 대하여 연약지반 개량효과는 다음과 같다.

〈표5-1-1〉 피조콘관입시험 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, 피조콘 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 제거 전 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-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 제거 전 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 연약 지반이 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, 피조관입시험에 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 급회 검토구간의 장래 잔류침하량이 허용잔류침하량 이내로 설계기준을 만족한다.

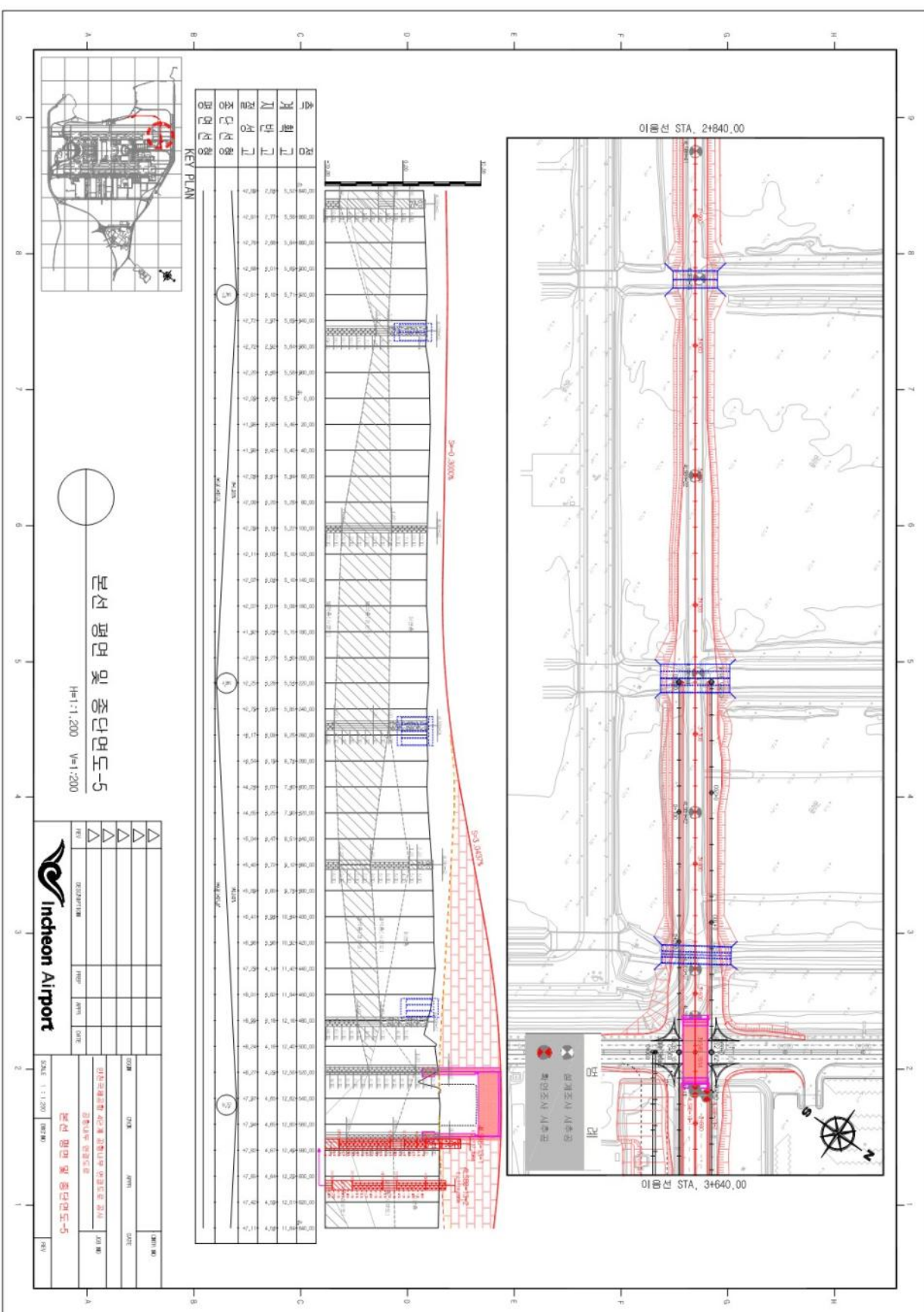
○ 종합분석

- 4LSBB-13-1,2에서 실시한 표준관입시험 N치는 설계조사에 비해 전반적으로 증가한 경향을 나타냈으며, 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



2. 시추주상도

시 추 주 상 도

DRILL LOG

페이지 : 3 중 1 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-13-1	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48395.984	지 반 표 고 ELEVATION	7.398 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-03-15 - 2021-03-15	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 6.1 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감 독 자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표 고 Elev. M	Scale M	심 도 Depth M	층 두 Thic- kness M	주 상 도 Columnar Section	지 층 명 Description	통 일 분 류 U S C S	시 료 Sample		표 준 관 입 시험 Standard Penetration Test					
							시 료 번호	채 취 방법	채 취 심 도	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 흙박돌 분산 * 자갈크기 : ϕ 3-20cm * SPT 불가 * 0.0-2.6m : 성토층(양버럭) * 2.6-7.4m : 매립층	BD								
-1.90		9.30	1.90	매립층	▶매립층 심도 : 7.40 ~ 9.30m 자갈, 전석 섞인 실트질 모래 분산 * 7.40-9.30m : 매립층	SM	S-1	◎	8.0	12/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 9.30 ~ 12.00m 실트질 모래 분산 * 9.30-12.00m : 퇴적층	SM	S-2	◎	9.0	13/30				
-4.60		12.00	2.70	퇴적층	▶퇴적층 심도 : 12.00 ~ 15.00m 실트 분산 * 12.00-15.00m : 퇴적층	ML	S-3	◎	10.0	8/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-4	◎	11.0	6/30				
-7.60		15.00	3.00	퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-5	◎	12.0	7/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-6	◎	13.0	8/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-7	◎	14.0	6/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-8	◎	15.0	9/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-9	◎	16.0	11/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-10	◎	17.0	13/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-11	◎	18.0	15/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-12	◎	19.0	14/30				
				퇴적층	▶퇴적층 심도 : 15.00 ~ 26.00m 실트 분산 * 15.00-26.00m : 퇴적층	SM	S-13	◎	20.0	15/30				

시 추 주 상 도

DRILL LOG

페이지 : 3 중 2 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-13-1	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48395.984	지 반 표 고 ELEVATION	7.398 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-03-15 - 2021-03-15	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 6.1 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감 독 자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 혼트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표 고 Elev. M	Scale M	심 도 Depth M	층 추 Thic- kness M	주 상 도 Columnar Section	지 층 설 명 Description	통 일 분 류 U S C S	시 료 Sample		표 준 관 입 시험 Standard Penetration Test					
							시 료 변 호	채 취 방 법	채 취 심 도	N치 (회/cm)	N blow			
									10	20	30	40	50	
-18.60		26.00	11.00		퇴적층	SM	S-13	◎	20.0	15/30				
							S-14	◎	21.0	17/30				
							S-15	◎	22.0	16/30				
							S-16	◎	23.0	15/30				
							S-17	◎	24.0	16/30				
							S-18	◎	25.0	18/30				
-28.30		35.70	9.70		▶ 퇴적층 상 한 : 26.00 ~ 35.70m 점 토 내 지 암 회 색 저층 내지 매우 견고한 연경도	CL	S-19	◎	26.0	12/30				
							S-20	◎	27.0	13/30				
							S-21	◎	28.0	12/30				
							S-22	◎	29.0	14/30				
							S-23	◎	30.0	15/30				
							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				
-32.60		40.00	4.30		▶ 퇴적층 상 한 : 35.70 ~ 40.00m 모 래 매 상 대 밀 도	SM	S-29	◎	36.0	40/30				
							S-30	◎	37.0	43/30				
							S-31	◎	38.0	36/30				
							S-32	◎	39.0	35/30				
							S-33	◎	40.0	19/30				

시 추 주 상 도

DRILL LOG

페이지 : 3 중 3 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-13-1	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25155.932, Y:48395.984	지 반 표 고 ELEVATION	7.398 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-03-15 - 2021-03-15	지 하 수 위 GROUND WATER	(GL-) 6.1 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감 독 자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 흐트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층 두께 Thic- kness M	주 상 도 Columnar Section	지 층 설 명 Description	종 일 분 류 U S C S	시 료 Sample		표 준 관 입 시험 Standard Penetration Test					
							시 료 번호	채 취 방 법	채 취 심 도	N치 (회/cm)	N blow			
									10	20	30	40	50	
-44.60		52.00	12.00		▶ 풍화토	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					
					S-45		○	52.0	50/9					
					S-46		○	53.0	50/10					
-51.60		59.00	7.00		▶ 풍화암	WR	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					
					S-52		○	59.0	50/6					

* 심도 59.00 M 에서 시추종료

시 추 주 상 도

DRILL LOG

페이지 : 3 중 1 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-13-2	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25164.982, Y:48399.484	지반표고 ELEVATION	4.096 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-03-18 - 2021-03-18	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 5.3 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감독자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층두 Thic- kness M	주상도 Columnar Section	지층명 Section	지층설명 Description	통일 분류 U S C S	시료 Sample		표준관입시험 Standard Penetration Test						
								시료 번호	채취 방법	채취 심도	N치 (회/cm)	N blow				
											10	20	30	40	50	
-0.20		4.30	4.30		매립층	▶매립층 심도 : 0.00 ~ 4.30m 지반 : 전석 섞인 실트질 모래 매립층 * 자갈크기 : Φ3-20cm * SPT 불가	SM									
-6.40		10.50	6.20		퇴적층	▶퇴적층 심도 : 4.30 ~ 10.50m 지반 : 모래 퇴적층 하상대일도	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					
								S-6	◎	10.0	8/30					
-9.40		13.50	3.00		퇴적층	▶퇴적층 심도 : 10.50 ~ 13.50m 지반 : 실트 퇴적층 하상대일도	ML	S-7	◎	11.0	10/30					
								S-8	◎	12.0	12/30					
								S-9	◎	13.0	13/30					
-15.90		20.00	6.50		퇴적층	▶퇴적층 심도 : 13.50 ~ 20.00m 지반 : 모래 퇴적층 하상대일도	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					
								S-16	◎	20.0	7/30					

시 추 주 상 도

DRILL LOG

페이지 : 3 중 2 페이지

공 사 명 PROJECT	인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사	공 번 HOLE No.	4LSBB-13-2	(주) 시료채취방법의 기호 REMARKS
위 치 LOCATION	X:25164.982, Y:48399.484	지반표고 ELEVATION	4.096 M	○ 자연시료 U.D. SAMPLE
날 짜 DATE	2021-03-18 - 2021-03-18	지하수위 GROUND WATER	(GL-) 5.3 M	◎ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE
		감독자 INSPECTOR	윤민규	● 코어시료 CORE SAMPLE
				⊗ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE

표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층두 Thic- kness M	주상도 Columnar Section	지층명 Description	통 일 분 류 S	시 료 Sample		표준관입시험 Standard Penetration Test							
							시료 번호	채취 방법	채취 심도	N치 (회/cm)	N blow					
										10	20	30	40	50		
-20.20		24.30	4.30		▶ 퇴적층 심도 : 20.00 ~ 24.30m 층질 : 점토 색 : 내지 암회색 지층명 : 연고 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						
							S-20	○	24.0	12/30						
-24.40		28.50	4.20		▶ 퇴적층 심도 : 24.30 ~ 28.50m 층질 : 실트 색 : 내지 매우견고한 연경도	ML	S-21	○	25.0	16/30						
							S-22	○	26.0	16/30						
							S-23	○	27.0	17/30						
							S-24	○	28.0	14/30						
							S-25	○	29.0	16/30						
-29.60		33.70	5.20		▶ 퇴적층 심도 : 28.50 ~ 33.70m 층질 : 점토 색 : 내지 암회색 지층명 : 연고 내지 고결한 연경도	CL	S-26	○	30.0	15/30						
							S-27	○	31.0	18/30						
							S-28	○	32.0	20/30						
							S-29	○	33.0	32/30						
							S-30	○	34.0	28/30						
-33.40		37.50	3.80		▶ 퇴적층 심도 : 33.70 ~ 37.50m 층질 : 모래 색 : 내지 황갈색 지층명 : 조밀한 상대밀도	SM	S-31	○	35.0	26/30						
							S-32	○	36.0	30/30						
							S-33	○	37.0	26/30						
							S-34	○	38.0	15/30						
					▶ 퇴적층 심도 : 37.50 ~ 40.50m 층질 : 실트 색 : 내지 연경도	ML	S-35	○	39.0	22/30						
S-36	○	40.0	30/30													

DRILL LOG

페이지 : 3 중 3 페이지

공 사 명 PROJECT		인천국제공항 4단계 공항내 부 연결도로공사 확인조사		공번 HOLE No.		4LSBB-13-2		(주) 시료채취방법의 기호		REMARKS					
위 치 LOCATION		X:25164.982, Y:48399.484		지반표고 ELEVATION		4.096 M		☐ 자연시료 U.D. SAMPLE ☐ 표준관입시험에 의한 시료 S.P.T. SAMPLE ☐ 코어시료 CORE SAMPLE ☒ 호트러진 시료 DISTURBED SAMPLE							
날짜 DATE		2021-03-18 - 2021-03-18		지하수위 GROUND WATER		(GL-) 5.3 M									
				감독자 INSPECTOR		윤민규									
표고 Elev. M	Scale M	심도 Depth M	층후 Thic- kness M	주상도 Columnar Section	지층명 지층 설명 Description	종 U 일 분 류 S	시 료 Sample		표준관입시험 Standard Penetration Test						
							시료 번호	채취 방법	채취 심도	N치 (회 /cm)	N blow				
-36.40		40.50	3.00		토적층	ML	S-36	☒	40.0	30/30					
					▶ 풍화토 상 : 40.50 ~ 50.00m 풍화암 모래 내부 매우조밀한 상태일도	SM	S-37	☒	41.0	35/30					
							S-38	☒	42.0	45/30					
							S-39	☒	43.0	50/28					
							S-40	☒	44.0	50/24					
							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 상 : 50.00 ~ 57.00m 기암암인 화강암의 풍화암 및 타격시 산트질 모래류 및 해충간 색 매우조밀한 상태일도	WR	S-47	☒	51.0	50/9					
							S-48	☒	52.0	50/10					
							S-49	☒	53.0	50/10					
							S-50	☒	54.0	50/10					
							S-51	☒	55.0	50/6					
							S-52	☒	56.0	50/5					
-52.90		57.00	7.00		* 심도 57.00 M 에서 시추종료		S-53	☒	57.0	50/3					

3. 현장시험결과

인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사 피에조콘 관입시험

Hole No : 4LSB6-13-1

Depth (m)	qc (kpa)	fs (kpa)	U (kpa)	qt (kpa)	Clay zone			Sand zone		Soil classification				
					Su (kpa)	OCR	St	Dr(%)	φ'	Bq	Fr(%)	qc/Fs (%)	Soil Zone	Soil name
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	—	26.6	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	—	26.5	0.00	2.87	2.58	4	Clayey silt to silty clay
10.175	1550.0	39.00	49.00	1570.8	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	38.00	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	85.38	2.8	7.2	—	25.9	0.01	2.34	2.09	4	Clayey silt to silty clay
10.350	1050.0	24.00	59.00	1074.8	92.81	3.0	9.7	—	26.5	0.01	1.72	1.55	4	Clayey silt to silty clay
10.375	1483.0	24.00	55.00	1516.1	88.87	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	1.88	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	2.3	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	1.86	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	Clayey 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	25.8	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	255.56	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	66.00	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	3349.5	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	48.00	99.00	3065.6	191.51	6.0	9.3	8.4	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	3290.8	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	187.53	6.2	12.6	10.6	31.3	0.01	1.25	1.19	5	Silty sand to sandy silt
11.125	3947.0	31.00	91.00	3985.2	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	1535.8	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	1789.0	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	6.9	—	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	9.3	—	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	5.8	8.9	8.4	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 (m)	qc (kpa)	fa (kpa)	U (kpa)	qt (kpa)	Clay zone			Sand zone		Soil classification				
					Su (kpa)	OCR	St	Dr(%)	φ'	Bq	Fr(%)	qc/Fa (%)	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	4.3	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	—	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	0.96	0.91	5	Silty sand to sandy silt
12.250	4268.0	35.00	117.00	4317.1	273.52	8.1	18.3	22.0	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	3109.0	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	5586.0	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	307.66	9.0	17.5	26.8	33.7	0.01	0.89	0.85	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	129.00	2194.7	131.73	3.8	6.8	—	28.1	0.03	2.38	2.19	4	Clayey silt to silty clay
12.525	1769.0	54.00	121.00	1830.8	107.44	5.1	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	116.94	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	116.91	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	4.6	—	26.0	0.04	3.70	3.32	4	Clayey silt to silty clay
12.625	1167.0	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	1090.4	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	9.8	—	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	3411.0	50.00	131.00	3466.0	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	87.84	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	129.00	2292.9	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	—	29.8	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	265.95	7.4	12.8	19.9	32.5	0.01	1.29	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	8.8	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

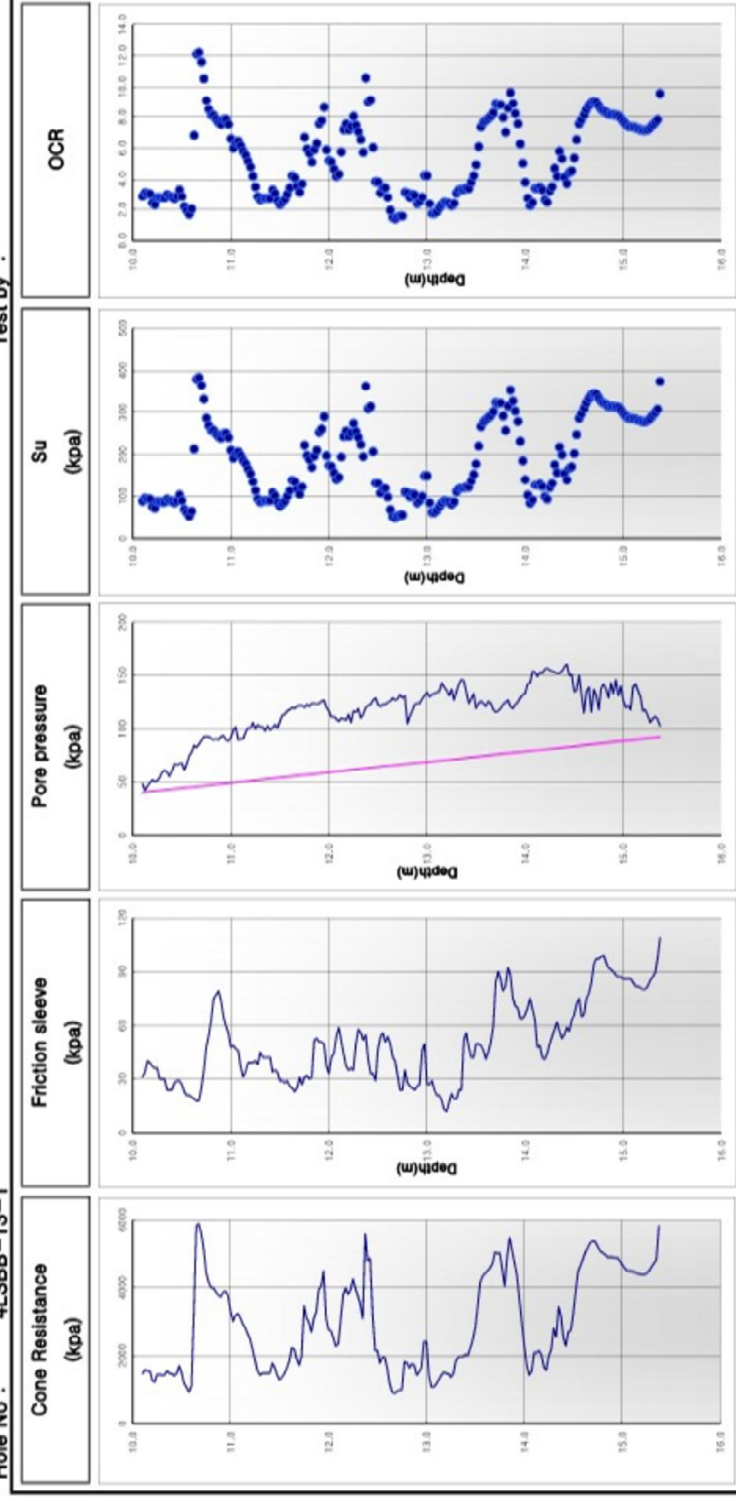
Cone Penetration Test Result

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

Hole No : 4LSBB-13-1

Date : 2021. 03

Test by :



인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사 소산시험

4LSBB-13-1

시험심도 : 12.78 m

시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)	시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)	시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)	시간 (SEC)	간극수압 (kpa)	소산도 (%)
0.1	134.0	1.00	29.4	129.0	0.93	75.6	124.0	0.85	131.9	118.0	0.76
1.2	134.0	1.00	30.0	129.0	0.93	76.5	124.0	0.85	132.8	118.0	0.76
1.5	134.0	1.00	30.6	129.0	0.93	77.4	124.0	0.85	133.8	118.0	0.76
1.8	134.0	1.00	31.1	129.0	0.93	78.2	124.0	0.85	134.6	118.0	0.76
2.1	134.0	1.00	31.7	129.0	0.93	79.1	124.0	0.85	135.5	118.0	0.76
2.4	134.0	1.00	32.2	129.0	0.93	80.1	123.0	0.84	136.4	118.0	0.76
2.7	134.0	1.00	32.7	129.0	0.93	80.9	123.0	0.84	137.2	118.0	0.76
3.0	134.0	1.00	33.3	129.0	0.93	81.8	123.0	0.84	139.0	118.0	0.76
3.2	134.0	1.00	33.8	129.0	0.93	82.6	123.0	0.84	140.8	117.0	0.75
3.6	134.0	1.00	34.4	129.0	0.93	83.5	123.0	0.84	142.5	117.0	0.75
3.8	134.0	1.00	34.9	128.0	0.91	84.3	123.0	0.84	144.2	117.0	0.75
4.1	134.0	1.00	35.5	128.0	0.91	85.2	123.0	0.84	146.0	117.0	0.75
4.4	134.0	1.00	36.1	128.0	0.91	86.2	123.0	0.84	147.8	117.0	0.75
4.8	134.0	1.00	36.6	128.0	0.91	87.0	123.0	0.84	149.4	117.0	0.75
5.0	134.0	1.00	37.0	128.0	0.91	87.9	123.0	0.84	151.3	117.0	0.75
5.3	134.0	1.00	37.6	128.0	0.91	88.8	122.0	0.82	153.1	117.0	0.75
5.6	133.0	0.99	38.1	128.0	0.91	89.6	122.0	0.82	154.8	117.0	0.75
5.9	133.0	0.99	38.6	128.0	0.91	90.6	122.0	0.82	156.6	116.0	0.73
6.2	133.0	0.99	39.3	128.0	0.91	91.5	122.0	0.82	158.4	116.0	0.73
6.5	133.0	0.99	39.8	128.0	0.91	92.3	122.0	0.82	160.1	116.0	0.73
6.8	133.0	0.99	40.3	128.0	0.91	93.2	122.0	0.82	162.0	116.0	0.73
7.0	133.0	0.99	40.8	128.0	0.91	94.0	122.0	0.82	163.7	116.0	0.73
7.4	133.0	0.99	41.4	128.0	0.91	94.9	122.0	0.82	165.4	116.0	0.73
7.7	133.0	0.99	42.1	128.0	0.91	95.7	122.0	0.82	167.2	116.0	0.73
8.0	133.0	0.99	42.7	127.0	0.90	96.6	121.0	0.81	169.0	115.0	0.72
8.2	133.0	0.99	43.3	127.0	0.90	97.6	121.0	0.81	170.8	115.0	0.72
8.7	133.0	0.99	43.7	127.0	0.90	98.4	121.0	0.81	172.5	115.0	0.72
9.2	133.0	0.99	44.3	127.0	0.90	99.4	121.0	0.81	174.2	115.0	0.72
10.0	132.0	0.97	44.9	127.0	0.90	100.2	121.0	0.81	176.0	115.0	0.72
10.5	132.0	0.97	45.4	127.0	0.90	101.2	121.0	0.81	177.7	115.0	0.72
11.0	132.0	0.97	46.0	127.0	0.90	102.0	121.0	0.81	179.5	115.0	0.72
11.6	132.0	0.97	46.4	127.0	0.90	103.0	121.0	0.81	181.4	115.0	0.72
12.0	132.0	0.97	46.9	127.0	0.90	103.7	121.0	0.81	183.2	115.0	0.72
12.6	132.0	0.97	47.5	127.0	0.90	104.7	120.0	0.79	184.8	115.0	0.72
13.1	132.0	0.97	48.1	127.0	0.90	105.5	120.0	0.79	186.6	115.0	0.72
13.6	132.0	0.97	48.6	127.0	0.90	106.4	120.0	0.79	188.4	114.0	0.70
14.0	132.0	0.97	49.2	127.0	0.90	107.4	120.0	0.79	190.2	114.0	0.70
14.6	132.0	0.97	49.6	127.0	0.90	108.2	120.0	0.79	191.9	114.0	0.70
15.2	132.0	0.97	50.2	127.0	0.90	109.0	120.0	0.79	193.6	114.0	0.70
15.7	132.0	0.97	50.8	127.0	0.90	110.0	120.0	0.79	195.4	114.0	0.70
16.2	132.0	0.97	51.8	127.0	0.90	110.8	120.0	0.79	197.2	114.0	0.70
16.9	131.0	0.96	52.9	127.0	0.90	111.7	120.0	0.79	198.8	114.0	0.70
17.3	131.0	0.96	53.9	126.0	0.88	112.6	120.0	0.79	200.6	114.0	0.70
18.0	131.0	0.96	54.9	126.0	0.88	113.4	120.0	0.79	202.4	114.0	0.70
18.5	131.0	0.96	56.0	126.0	0.88	114.3	120.0	0.79	204.2	114.0	0.70
19.0	131.0	0.96	56.8	126.0	0.88	115.2	120.0	0.79	206.1	114.0	0.70
19.5	131.0	0.96	57.9	126.0	0.88	116.0	119.0	0.78	207.7	114.0	0.70
20.0	131.0	0.96	58.8	126.0	0.88	117.0	119.0	0.78	209.5	113.0	0.69
20.6	131.0	0.96	59.8	126.0	0.88	117.9	119.0	0.78	211.4	113.0	0.69
21.1	131.0	0.96	60.8	126.0	0.88	118.7	119.0	0.78	213.1	113.0	0.69
21.6	131.0	0.96	61.9	126.0	0.88	119.7	119.0	0.78	214.8	113.0	0.69
22.3	131.0	0.96	62.8	125.0	0.87	120.5	119.0	0.78	216.6	113.0	0.69
22.8	131.0	0.96	63.8	125.0	0.87	121.3	119.0	0.78	218.3	113.0	0.69
23.4	130.0	0.94	64.7	125.0	0.87	122.3	119.0	0.78	220.1	113.0	0.69
24.0	130.0	0.94	65.7	125.0	0.87	123.2	119.0	0.78	221.8	113.0	0.69
24.5	130.0	0.94	66.8	125.0	0.87	124.1	119.0	0.78	223.6	113.0	0.69
25.1	130.0	0.94	67.8	125.0	0.87	124.9	119.0	0.78	225.4	113.0	0.69
25.5	130.0	0.94	68.9	125.0	0.87	125.8	119.0	0.78	227.1	113.0	0.69
26.1	130.0	0.94	69.7	125.0	0.87	126.6	119.0	0.78	228.9	113.0	0.69
26.7	130.0	0.94	70.6	125.0	0.87	127.6	119.0	0.78	230.6	113.0	0.69
27.3	130.0	0.94	71.6	124.0	0.85	128.4	118.0	0.76	232.3	112.0	0.67
27.9	130.0	0.94	72.8	124.0	0.85	129.3	118.0	0.76	234.2	112.0	0.67
28.5	130.0	0.94	73.7	124.0	0.85	130.2	118.0	0.76	235.9	112.0	0.67
29.0	130.0	0.94	74.8	124.0	0.85	131.1	118.0	0.76	237.6	112.0	0.67

VANE SHEAR TEST (In Field)

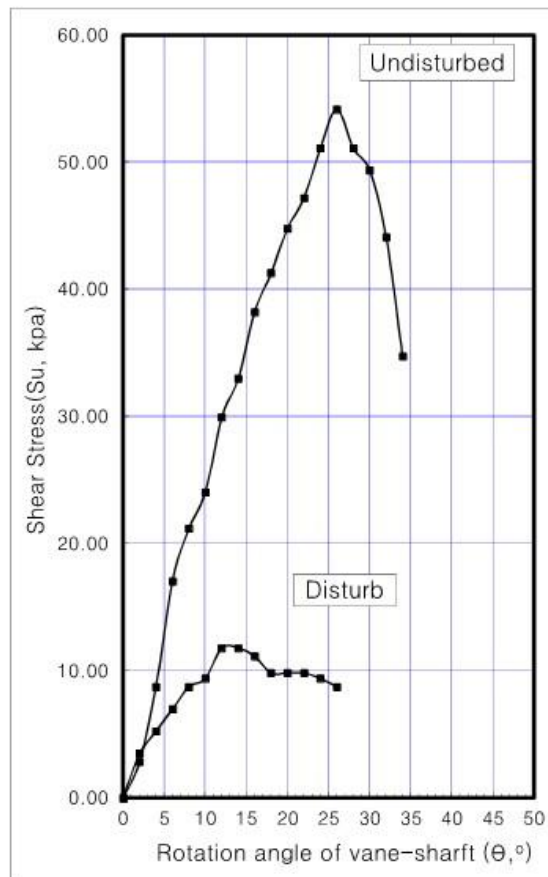
Project	인천 국제공항 4단계 공항 내부 연결도로공사 확인조사		
Boring Hole No.	4LSBB-13-1	GWT	
Test Depth	11.40m	Date	2021. 03
N Value		Soil Type	
Vane	Diam. (D) 5.0cm Ht. (H) 10.0 cm		

Test data

Vane rotation θ	Undisturbed		Remolded	
	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
Sensitivity	4.6	



4. 작업사진대지

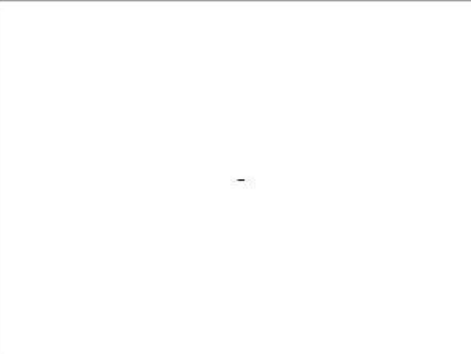
작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사		공 번	4LSBB-13-1
 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-1 내용 작업현경 일자 2021.03.15		 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-1 내용 작업현경 일자 2021.03.15	
작업근경		작업원경	
 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-1 내용 SPT 일자 2021.03.15		 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-1 내용 SPT 시공 일자 2021.03.15	
표준관입시험		교란시료채취	
 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-1 내용 정적콘관입시험 일자 2021.03.15		 공사명 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 공 종 원형 확인시험(FVT) 공 번 4LSBB-13-1 일자 2021.03	
정적콘관입시험 및 소산시험		현장베인시험	

작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사		공 번	4LSBB-13-2
 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-2 내용 작업현경 일자 2021.03.18		 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-2 내용 작업현경 일자 2021.03.18	
작업근경		작업원경	
 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-2 내용 SPT 일자 2021.03.18		 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위치 4LSBB-13-2 내용 SPT 시료 일자 2021.03.18	
표준관입시험		교란시료채취	

폐공작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사		공 번	4LSBB-13-1
 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위 치 4LSBB-13-1 내 용 폐공전 일 자 2021.03.15		 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위 치 4LSBB-13-1 내 용 폐공중 일 자 2021.03.15	
폐공전		폐공중(모래)	
 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위 치 4LSBB-13-1 내 용 폐공후 일 자 2021.03.15			
폐공후			

폐공작업사진대지

공사명 : 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로공사 시공 후 확인지반조사		공 번	4LSBB-13-2
 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위 치 4LSBB-13-2 내 용 확인전 일 자 2021.03.18		 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위 치 4LSBB-13-2 내 용 채움중 일 자 2021.03.18	
폐공전		폐공중(모래)	
 인천국제공항 4단계 공사명 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 확인지반조사 위 치 4LSBB-13-2 내 용 폐공후 일 자 2021.03.18			
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

의뢰사 : 동부건설-마천건설

건설장비 : 이동식 크레인 (Crawler crane)
서울07-7865

점검일 : 2021년 4월 20일

검 사 기 관

엔지니어링주체, 기계기술사사무소

Promecha



고용노동부 위험기계·기구 지정검사기관
타워크레인/형타기/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

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보고서

 주식회사프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111 / promecha.com@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - CC2104 - 8	
Date of Report 보고일자		2021년 4월 20일		
Owner/Customer 소유사/고객	통부건설-마천건설		Project Name/No. 공사명/공시번호	4단계 공항내부 연결도로공사
Item Name/No. 제품명/제품번호	이동식 크레인 (Crawler crane) 서울07-7885		장비형식 Equipment type	
Material 재질	CARBON STEEL		☒ 궤도형 ☐ 차륜형 ☐ 이동식 크레인 ☒ 크롤러크레인 ☐ 항타기 ☐ 건설용리프트 ☐ 굴삭기 ☐ 기타 (인양선)	
Reference Std/Acc. Std 참고 규격 / 판정기준	KS D 0213			
Procedure No. 절차서 번호	N/A	Rev. 개정	0	
Test Equipment 검사장비	Maker 제조사	KYUNG DO CO.,LTD.		Weld Method 용접 방법
	Model 형식	MT - A2D		☐ SMAW ☐ SAW ☐ GTAW ☐ FCAW
	S/N 일련번호	MP 1092 / 1542 / 2460		Surface Condition 표면상태
	Cal. Due date 교정유효기간	2021 . 01 . 04		☐ As Casted주조 ☐ As Machined가공 ☒ As Welded용접 ☐ As Ground연마
Output 출력	LIFTING POWER (MIN 18.2 Kg)		Magnetic Particle 자분	Maker 제조사 KYUNG DO CO.,LTD. Type 형태 7C Black BATCH No. 20MPB07
Applying Current 통전법	☒ 연속법 Continuous ☐ 잔류법 Residual		☒ Wet 습식 ☒ Color염색 ☐ Dry 건식 ☐ Fluorescent 형광	
Magnetization Technique 자화 방법	☒ 극간법 Yoke ☐ 프로드법 Prod			
Light Source 조명 장비	☐ INCANDESCENT LIGHT 200W ☒ Natural light		Light Intensity 조도	1000 Lux
Reference Block 대비 시정편	FIELD INDICATOR		SurfaceTemp 표면온도	20 ℃
Magnetization Current 자화 전류	교류 AC ☐ 직류 DC ☒	110V,4.0 Amps 암페어	Demagnetization 탈자	☐ YES ☒ NO Magnetization Spacing 자화 간격 4 ~ 6 mm inch
Identification No.	Accept	Reject	비고	
확인번호	합격	불합격	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	목지훈 기사		Date of Examination 검사일자	2021년 4월 20일
Confirmer Person 확인자	나태환 기사		Witnesser/Reviewer 임회자/검도자	

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보고서

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

이동식 크레인 (Crawler crane) - 서울07-7865



자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

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

자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

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

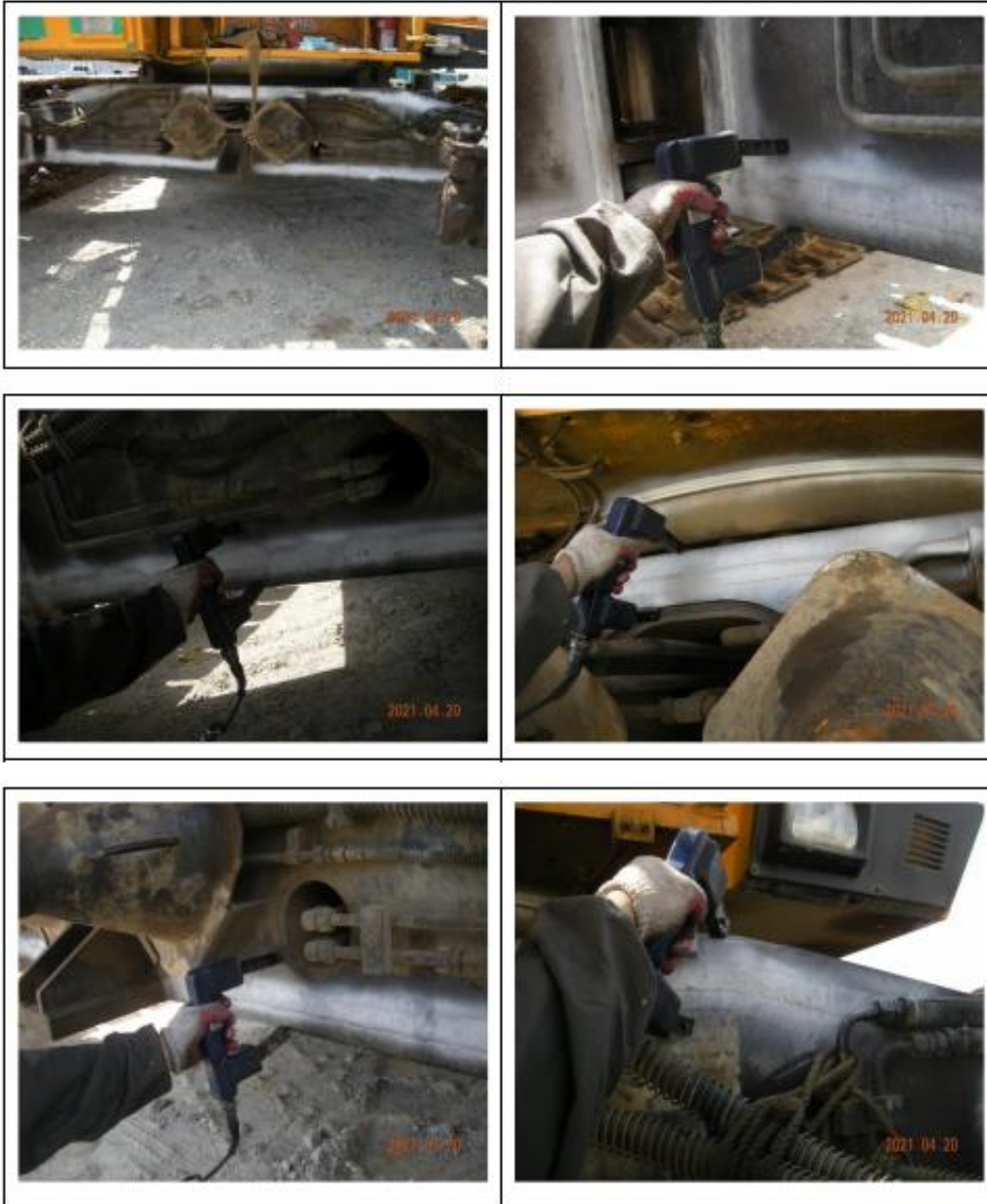
Turn Table - 용접부 상태 양호



자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 경기 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

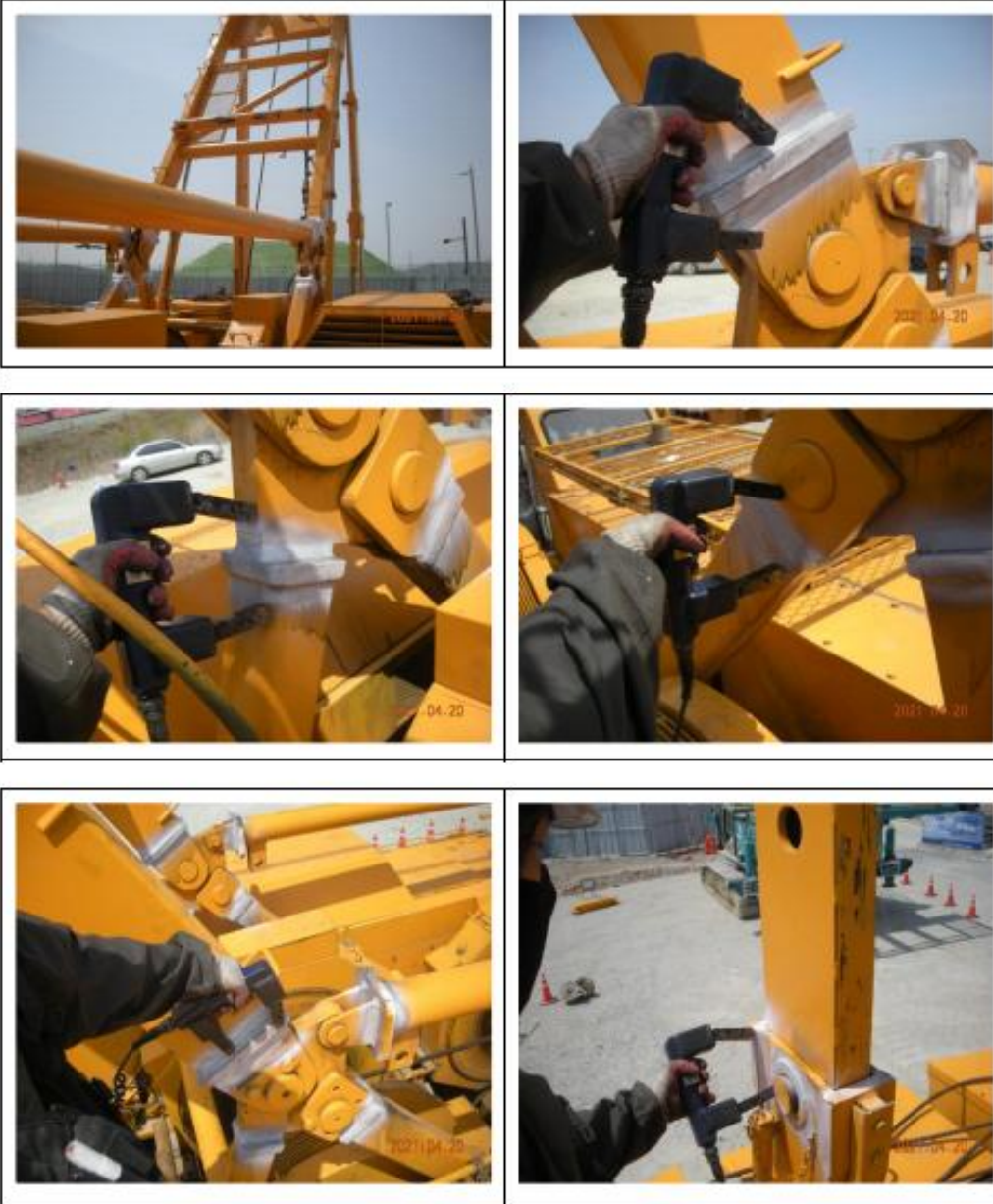
Under frame - 용접부 상태 양호



자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보 고 서

주식회사프로메카 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 과 검 사 보 고 서

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

Hook - 상태 양호



검사장비내역

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

건 설 장 비 비 파 괴 검 사 보 고 서

의 력 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

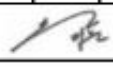
T .031)8067-6111, F. 6112 / e-mail : promechacom@naver.com

[목차]

1. 자 분 탐 상 검 사 보 고 서

2. 장 비 내 역

자 분 탐 상 비 파 과 검 사 보고서

 주식회사프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-5111/promechacom@naver.com		Report No. 보고서번호	PRM - MT - PD2104 - 13	
Date of Report 보고일자		2021년 4월 20일		
Owner/Customer 소유사/고객	통부건설-성우이앤씨		Project Name/No. 공사명/공사번호	4단계 공항내부 연결도로공사
Item Name/No. 제품명/제품번호	항 타 기 경기 23고 5098		장비형식 Equipment type	
Material 재료	CARBON STEEL		☒ 캐도형 ☐ 차륜형 ☐ 이 동 식 크 레 언 ☐ 크 롤 러 크 레 언 ☒ 항 타 기 ☐ 건 설 용 리 프 트 ☐ 굴 삭 기 ☐ 기 타 (민 양 선)	
Reference Std/Acc. Std 참고 규격 / 판정기준	KS D 0213			
Procedure No. 절차서 번호	N/A	Rev. 개정	0	
Test Equipment 검사장비	Maker 제조사	KYUNG DO CO.,LTD.		
	Model 형 식	MT - A2D		
	S/N 일련번호	MP 1092 / 1542 / 2460		
	Cal. Due date 교정유효기간	2021 . 01 . 04		
Output 출 력	LIFTING POWER (MIN 18.2 Kg)		Weld Method 용접 방법	☐ SMAW ☐ SAW ☐ GTAW ☐ FCAW
Applying Current 통전법	☒ 연속법 Continuous ☐ 잔류법 Residual ☒ 극간법 Yoke ☐ 프로드법 Prod		Surface Condition 표면상태	☐ As Casted주조 ☐ As Machined가공 ☒ As Welded용접 ☐ As Ground연마
Magnetization Technique 지화 방법	☐ 코일법 Coil ☐ 프로드법 Prod		Magnetic Particle 자 분	Maker 제조사 KYUNG DO CO.,LTD. Type 형 태 7C Black BATCH No. 20MPB07
Light Source 조명 장비	☐ INCANDESCENT LIGHT 200W ☒ Natural light		☒ Wet 습식 ☒ Color염색 ☐ Dry 건식 ☐ Fluorescent 형광	
Reference Block 대비 시험편	FIELD INDICATOR		Light Intensity 조도	1000 Lux
Magnetization Current 지화 전류	교류 AC ☐ 직류 DC ☒	110V,4.0 Amps 암페어	SurfaceTemp 표면온도	20 ℃
			Demagnetization 탈 자	☐ YES ☒ NO
			Magnetization Spacing 지화 간격	4 ~ 6 mm inch
Identification No.		Accept	Reject	Interpretation
확인번호		합 격	불합격	
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	박 지 준  기 사		Date of Examination 검사일자	2021년 4월 20일
Confirmer Person 확인자	나 태 환  기 사		Witnesser/Reviewer 임회자/검토자	

자 분 탐 상 비 파 과 검 사 보고서

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

항 타 기 - 경기 23고 5098



자 분 탐 상 비 파 과 검 사 보고서

promecha.com 현대·캐슬기계·기아·쌍용·기아서비스 Promecha	주식회사프로메카 경기도 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-5111/promecha.com@naver.com	Report No. 보고서번호 Date of Report 보고일자	PRM - MT - PD2104 - 13 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 주식회사프로메카 경기 수원시 팔달구 덕영대로 697번길 21-7 TEL : 031-8067-6111/promechacom@naver.com	Report No.	PRM - MT - PD2104 - 13
	보고서번호	
	Date of Report	2021년 4월 20일
	보고일자	

Rear frame - 용접부 상태 양호



자 분 탐 상 비 파 과 검 사 보고서

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

Outrigger-용접부 상태 양호



자 분 탐 상 비 파 괴 검 사 보고서

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

A Frame - 용접부 상태 양호



검 사 장 비 내 역

자 분 탐 상 검 사 장 비 (MT)	적용	☒	미적용	☐
	제 조 사	KYUNG DO		
	형 식	MT - A2D		
	일련번호	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		
	일련번호	NW0468		
초 음 파 탐 상 검 사 장 비 (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**

대표이사 최 경 

토목품질시험 기술사 권 오 

토질 및 기초 기술사

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 결론	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 변형을 및 가속도를 측정, 분석함으로써 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 (mm)	해머 중량 (ton)	관입 심도 (m)	시공 방법	시공 날짜	시험 날짜
PDA-1	A1 No.85	초기항타	φ500(<i>t</i> =12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	46.6	S.D.A	21.06.21	21.06.21
PDA-2	A1 No.11	초기항타	φ500(<i>t</i> =12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	46.5	S.D.A	21.06.21	21.06.21
PDA-3	A1 No.11	재항타	φ500(<i>t</i> =12) 복합말뚝	6.0 (DROP)	46.5	S.D.A	21.06.21	21.07.08

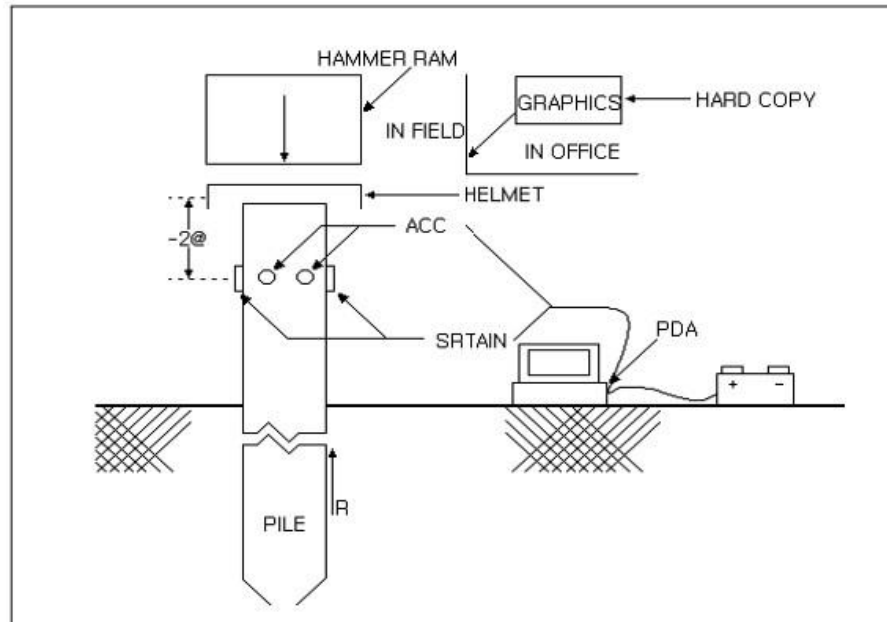
■ 초기항타시험(End of Initial Driving:E.O.I.D)

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 주변마찰력의 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	380 $\mu\epsilon$ /mV/V typical
가속도게이지 (Piezoelectric Accelerometer)	Strain Range	2,000 $\mu\epsilon$ when dimly attached
	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 전전도
- 2.4 허용지지력의 결정



제2장. 시험결과의 활용

2.1 항타에너지

해머의 정격에너지를 계산($=$ 낙하높이 $\times$ 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 F 와 V 과형의 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 측정한 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 향타분석기로부터 얻어진 힘과 속도파를 이용, 말뚝에 작용하는 힘과 말뚝의 변위를 정량화하여 시행착오법에 의한 signal matching 과정을 통해 말뚝의 경계조건 즉 말뚝의 지지력, 지반저항력의 분포, quake 및 damping 계수 등을 결정하는 방법이다.

향타분석기에 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 향타에너지
ETR	에너지 전달율
BTA	말뚝의 손상정도를 나타내는 건전도 지수
RTL	말뚝의 Total Resistance(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 결론



제3장. 결론

3.1 항타에너지와 효율

구분	말뚝 번호	시험 구분	hammer 중량 (ton)	낙하고 (m)	항타 에너지 (kNm)	타격 에너지 (kNm)	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 (kNm)	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) STEEL허용압축인장응력 : 211.8 MPa ($0.9\sigma_y = \sigma_y \times 90\% = 235.35 \times 0.9 = 211.8 \text{ MPa}$)

종류	강재의 항복강도	허용압축응력	허용인장응력
STEEL	235.35 MPa(2400 kgf/cm ²)	211.8 MPa	211.8 MPa

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

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

종류	콘크리트의 압축강도	유효프리스트레스량	허용압축응력	허용인장응력
PHC(A종)	78.4 MPa(800 kgf/cm ²)	3.9 MPa(40 kgf/cm ²)	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)	주변 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 시멘트베이스트의 양생으로 인한 지지력의 증가된 상태를 나타내며, 주변마찰력은 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)	주변 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 결론

동부건설(주)에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 현장에 동재하 시험을 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 58.7kJ/m, 61.2kJ/m(초기항타), 63.9kJ/m(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 주변마찰력이 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

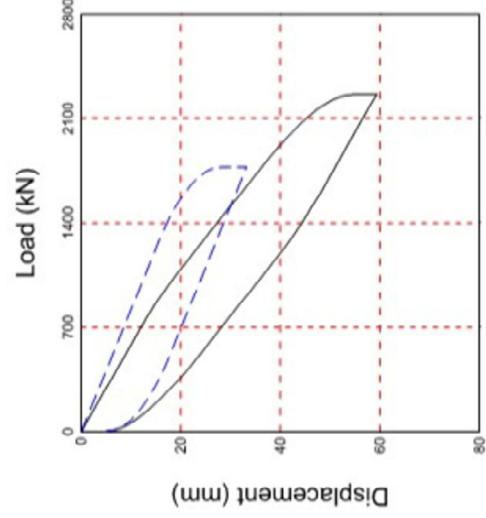
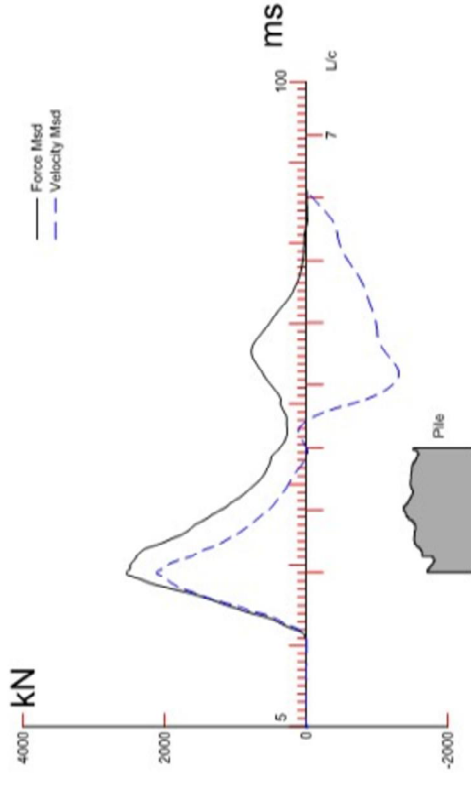
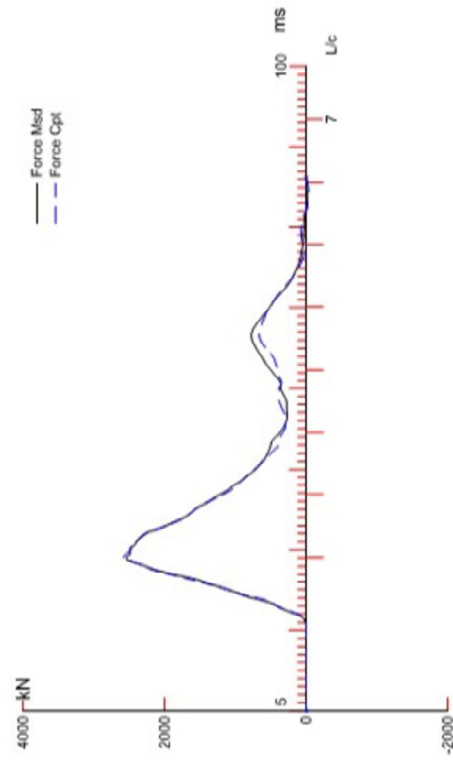
바. 본 시험의 해석은 CAPWAP 2006 Program을 사용하였으며, KS F 2591 규정에 준하여 해석하였다.



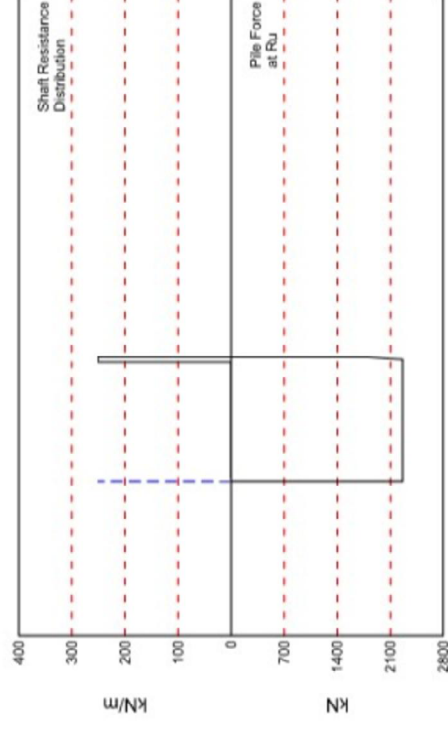
부록

- 1. CAPWAP Result Output Data
- 2. 시험사진

1. CAPWAP Result Output Data



$R_u = 2265.3 \text{ kN}$
 $R_s = 487.4 \text{ kN}$
 $R_b = 1777.9 \text{ kN}$
 $D_y = 54.4 \text{ mm}$
 $D_x = 59.4 \text{ mm}$



DONGBU(2021.06); Pile: 060621-5
 A1 No.85; Blow: 11
 Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

Test: 21-Jun-2021 15:20:
 CAPWAP (R) 2006-3
 OP: JKI

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

DONGBU(2021.06); Pile: 060621-5

Test: 21-Jun-2021 15:20:

A1 No.85; Blow: 11

CAPWAP(R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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 Sgmt 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)

DONGBU(2021.06); File: 060621-5
 A1 No.85; Blow: 11
 Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

Test: 21-Jun-2021 15:20:
 CAPWAP (R) 2006-3
 OP: JKI

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	Area	E-Modulus	Spec. Weight	Perim.
m	cm ²	MPa	kN/m ³	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 m²

Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance	Imped. Change	Tension Slack	Tension Eff.	Compression Slack	Compression Eff.	Perim.	Soil Plug
	m	kN/m/s	%	mm		mm		m	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

DONGBU(2021.06); File: 060621-5

Test: 21-Jun-2021 15:20:

A1 No.85; Blow: 11

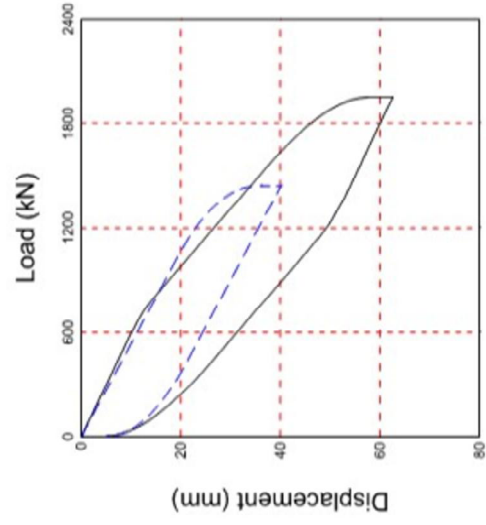
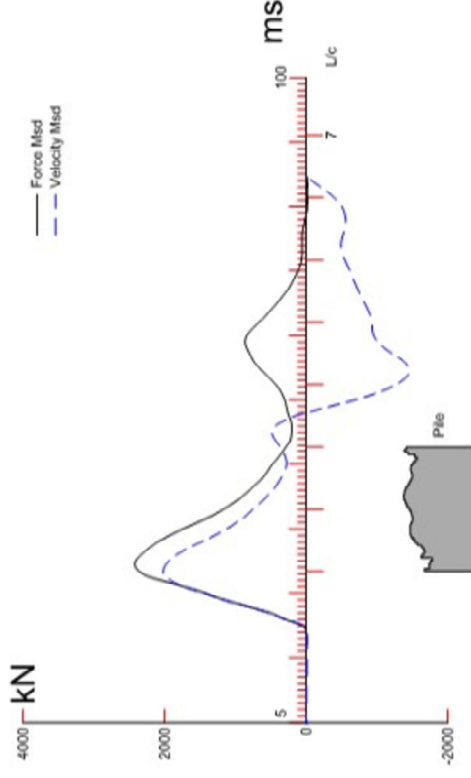
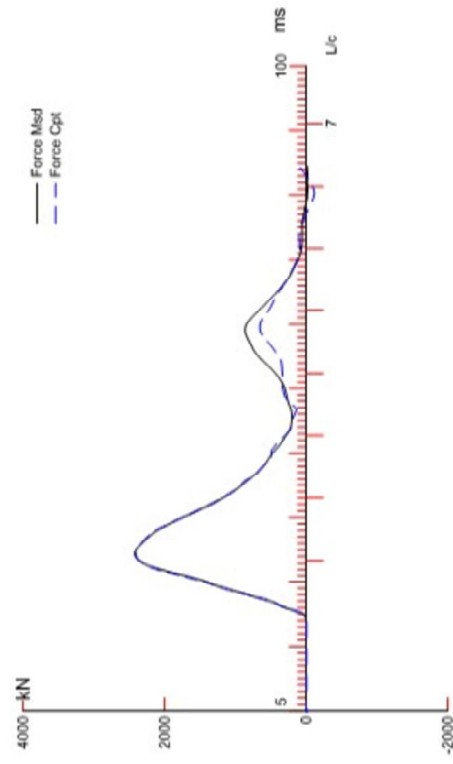
CAFWAP(R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

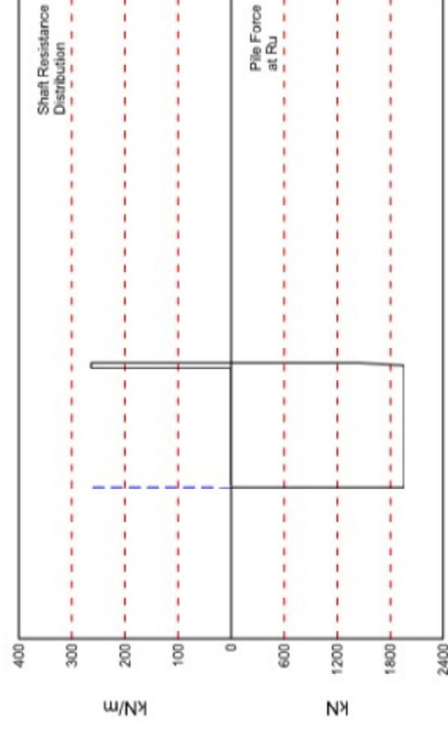
OP: JKI

Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	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

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



$R_u = 1956.0 \text{ kN}$
 $R_s = 513.1 \text{ kN}$
 $R_b = 1442.9 \text{ kN}$
 $D_y = 57.7 \text{ mm}$
 $D_x = 62.7 \text{ mm}$



동부건설 ; Pile: 060621-4

Test: 21-Jun-2021 14:57:

A1 No.11; Blow: 7

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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

동 부 건설 ; Pile: 060621-4

Test: 21-Jun-2021 14:57:

A1 No.11; Blow: 7

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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 Sgmt 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)

동 부 건설 ; Pile: 060621-4

Test: 21-Jun-2021 14:57:

A1 No.11; Blow: 7

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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	Area	E-Modulus	Spec. Weight	Perim.
m	cm ²	MPa	kN/m ³	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 m²

Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance	Imped. Change	Tension Slack	Tension Eff.	Compression Slack	Compression Eff.	Perim.	Soil Plug
	m	kN/m/s	%	mm		mm		m	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

동 부 건 설 ; Pile: 060621-4

Test: 21-Jun-2021 14:57:

A1 No.11; Blow: 7

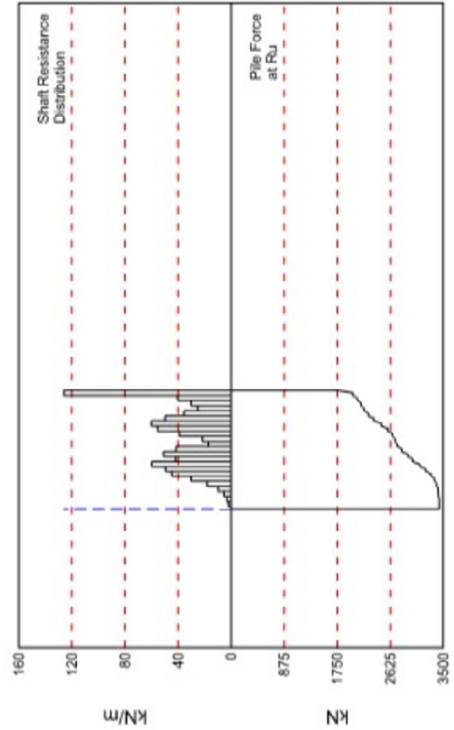
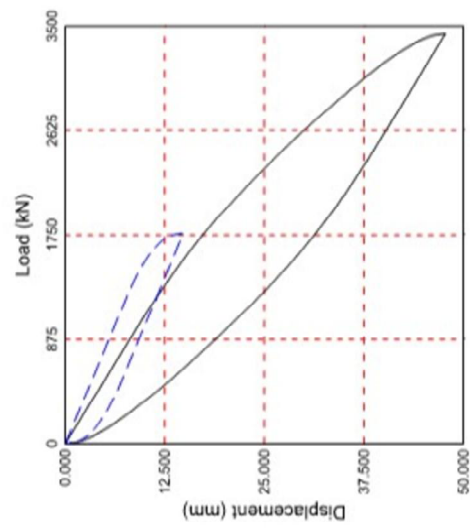
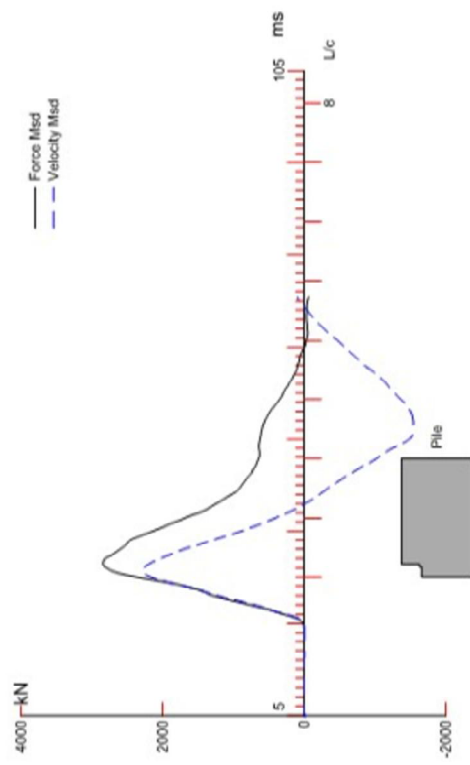
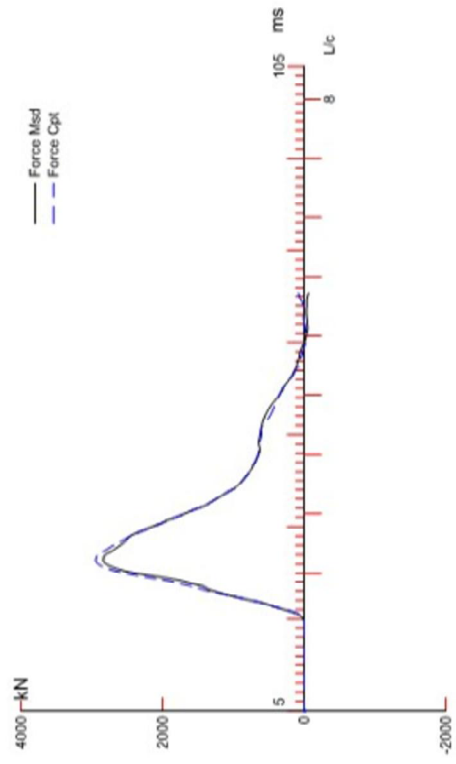
CAFWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

Segmnt Number	Dist. B.G.	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



Ru = 3433.2 kN
Rs = 1672.7 kN
Rb = 1760.5 kN
Dy = 47.3 mm
Dx = 47.7 mm

동부건설 ; Pile: 070708-1R

Test: 08-Jul-2021 10:00:

A1-N011; Blow: 5

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: CWJ

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

동부건설 ; Pile: 070708-1R

Test: 08-Jul-2021 10:00:

A1-N011; Blow: 5

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: CWJ

EXTREMA TABLE

File Sgmt 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	TVP	VT1*Z	FT1	FMX	DMX	DFN	SET	EMX	QUS
m/s	ms	kN	kN	kN	mm	mm	mm	kJ	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

동 부 건 설 ; Pile: 070708-1R

Test: 08-Jul-2021 10:00:

A1-N011; Blow: 5

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: CWJ

PILE PROFILE AND PILE MODEL

Depth		Area	E-Modulus	Spec. Weight	Perim.			
m		cm ²	MPa	kN/m ³	m			
47.10		1055.58	39226.5	24.026	1.571			
Toe Area		0.196	m ²					
Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance	Imped. Change	Tension Slack	Compression Slack	Eff.	Eff.	Perim.
	m	kN/m/s	%	mm	mm			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

File 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**

대표이사 최 선

토목품질시험 기술사 권

토질 및 기초 기술사

전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-8205



❖ 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 결론	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 변형을 및 가속도를 측정, 분석함으로써 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 (mm)	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

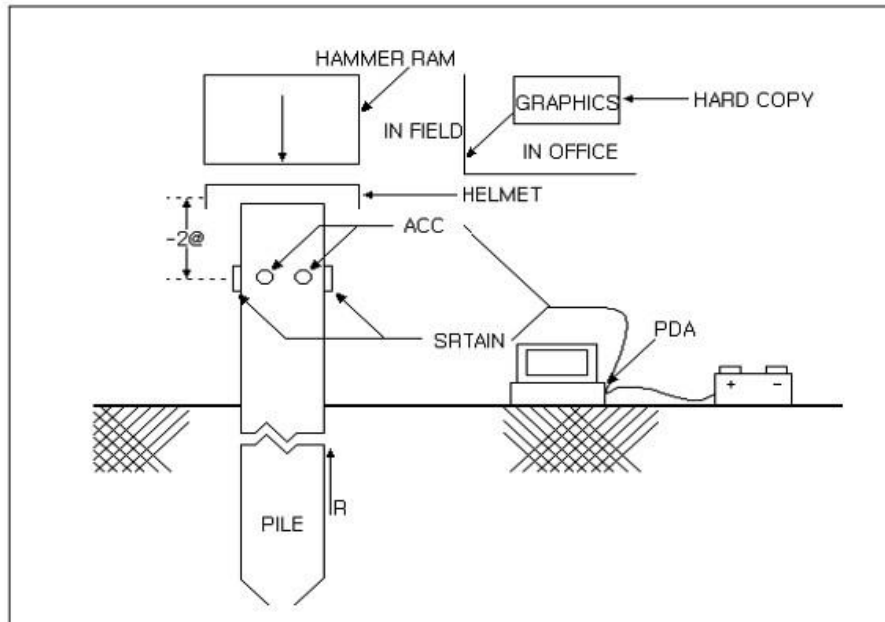
■ 초기항타시험(End of Initial Driving:E.O.I.D)

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 주변마찰력의 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	380 $\mu\epsilon$ /mV/V typical
가속도게이지 (Piezoelectric Accelerometer)	Strain Range	2,000 $\mu\epsilon$ when dimly attached
	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°C Operating



제2장. 시험결과의 활용

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



제2장. 시험결과의 활용

2.1 항타에너지

해머의 정격에너지를 계산($=$ 낙하높이 $\times$ 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(lightly damaged)
60%~80%	손상(Damaged)
60% 이하	부러짐(Broken)

Rausche등(1978)은 F 와 V 과형의 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 측정한 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 향타분석기로부터 얻어진 힘과 속도파를 이용, 말뚝에 작용하는 힘과 말뚝의 변위를 정량화하여 시행착오법에 의한 signal matching 과정을 통해 말뚝의 경계조건 즉 말뚝의 지지력, 지반저항력의 분포, quake 및 damping 계수 등을 결정하는 방법이다.

향타분석기에 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 향타에너지
ETR	에너지 전달율
BTA	말뚝의 손상정도를 나타내는 건전도 지수
RTL	말뚝의 Total Resistance(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 결론



제3장. 결론

3.1 항타에너지와 효율

구분	말뚝 번호	시험 구분	hammer 중량 (ton)	낙하고 (m)	항타 에너지 (kJm)	타격 에너지 (kJm)	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 (kJm)	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) STEEL허용압축인장응력 : 211.8 MPa ($0.9\sigma_y = \sigma_y \times 90\% = 235.35 \times 0.9 = 211.8 \text{ MPa}$)

종류	강재의 항복강도	허용압축응력	허용인장응력
STEEL	235.35 MPa(2400 kgf/cm ²)	211.8 MPa	211.8 MPa

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

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

종류	콘크리트의 압축강도	유효프리스트레스량	허용압축응력	허용인장응력
PHC(A종)	78.4 MPa(800 kgf/cm ²)	3.9 MPa(40 kgf/cm ²)	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)	주변 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 시멘트베이스트의 양생으로 인한 지지력의 증가된 상태를 나타내며, 주변마찰력은 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)	주변 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 결론

동부건설(주)에서 시공중인 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사(4-8공구) 현장에 동재하 시험을 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 63.6kJ/m, 48.1kJ/m(초기항타), 91.7kJ/m(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 주변마찰력이 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

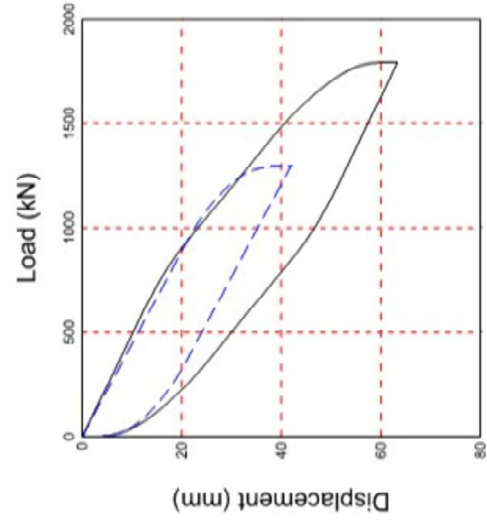
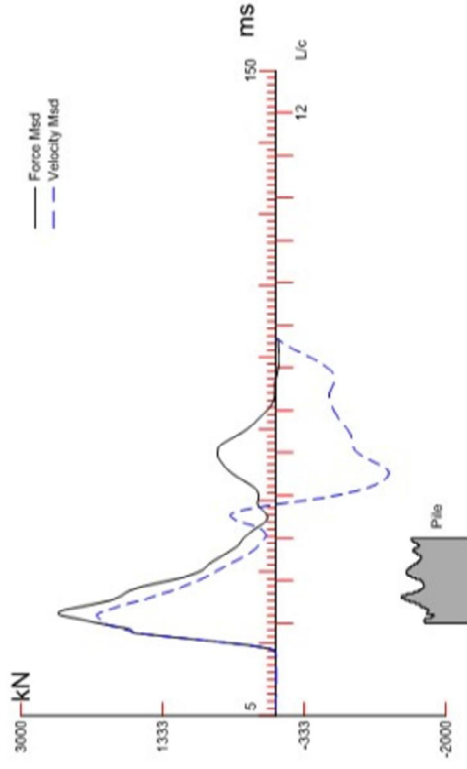
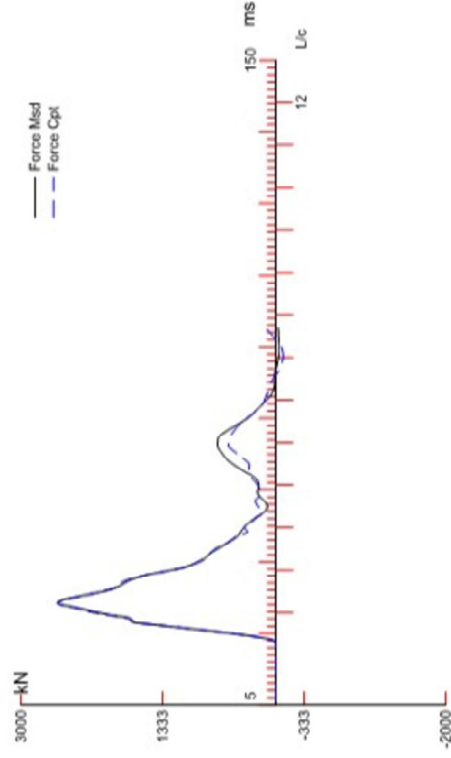
바. 본 시험의 해석은 CAPWAP 2006 Program을 사용하였으며, KS F 2591 규정에 준하여 해석하였다.



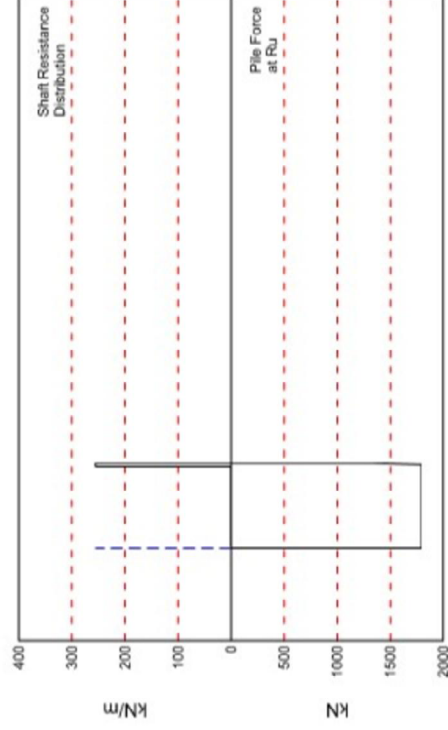
부록

- 1. CAPWAP Result Output Data
- 2. 시험사진

1. CAPWAP Result Output Data



$R_u = 1783.3 \text{ kN}$
 $R_s = 487.0 \text{ kN}$
 $R_b = 1286.3 \text{ kN}$
 $D_y = 59.4 \text{ mm}$
 $D_x = 63.4 \text{ mm}$



동 부 건설 ; Pile: 110429-5

Test: 29-Apr-2021 14:40:

A2 No.90; Blow: 15

CAPWAP (R) 2006-3

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

동 부 건설 ; Pile: 110429-5

Test: 29-Apr-2021 14:40:

A2 No.90; Blow: 15

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

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 Sgmt 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)

동 부 건설 ; File: 110429-5

Test: 29-Apr-2021 14:40:

A2 No.90; Blow: 15

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

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	Area	E-Modulus	Spec. Weight	Perim.
m	cm ²	MPa	kN/m ³	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 m²

Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance	Imped. Change	Tension Slack	Tension Eff.	Compression Slack	Compression Eff.	Perim.	Soil Plug
	m	kN/m/s	%	mm		mm		m	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

동 부 건설 ; File: 110429-5

Test: 29-Apr-2021 14:40:

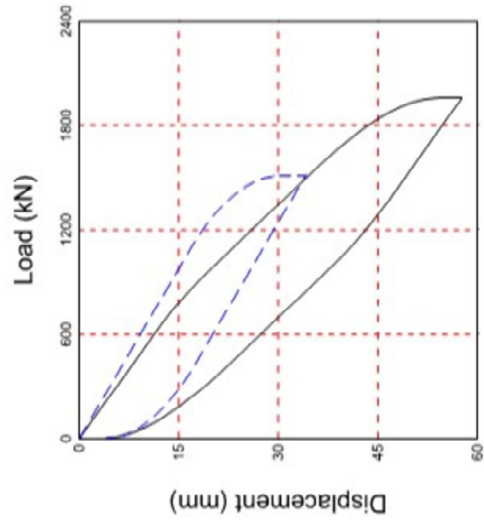
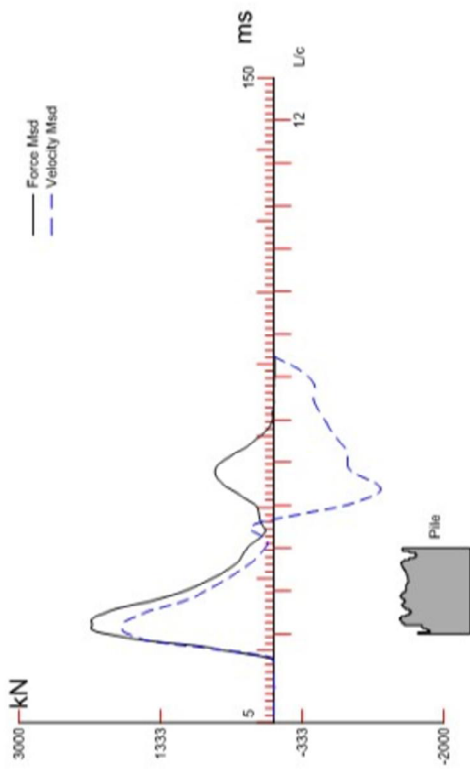
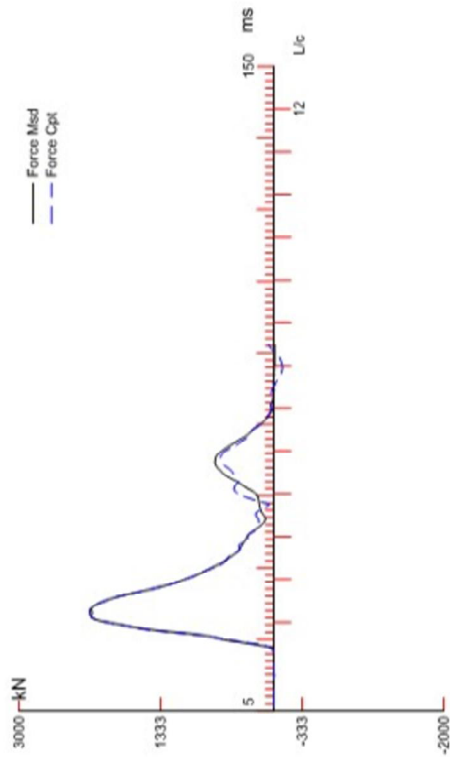
A2 No.90; Blow: 15

CAFWAP (R) 2006-3

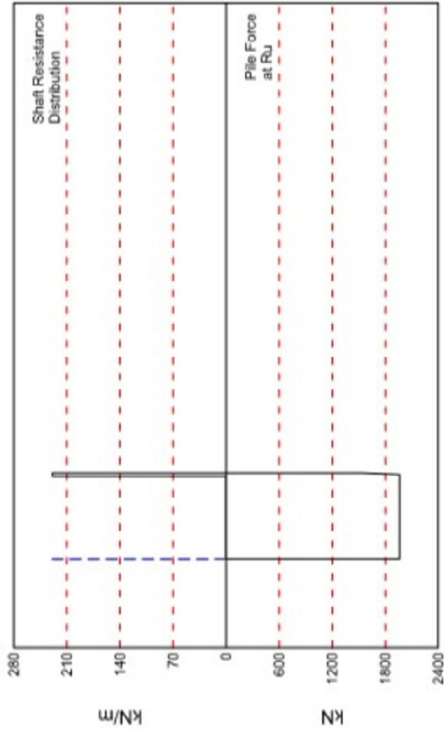
Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	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

File Damping 1.0 %, Time Incr 0.195 ms, Wave Speed 5123.0 m/s, 2L/c 19.1 ms



$R_u = 1961.9 \text{ kN}$
 $R_s = 449.4 \text{ kN}$
 $R_b = 1572.5 \text{ kN}$
 $D_y = 53.8 \text{ mm}$
 $D_x = 57.7 \text{ mm}$



동부건설 ; Pile: 060430-1

Test: 30-Apr-2021 17:38:

A2 No.7; Blow: 2

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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

동 부 건 설 ; Pile: 060430-1

Test: 30-Apr-2021 17:38:

A2 No.7; Blow: 2

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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 Sgmt 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)

동 부 건설 ; Pile: 060430-1

Test: 30-Apr-2021 17:38:

A2 No.7; Blow: 2

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

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	Area	E-Modulus	Spec. Weight	Perim.
m	cm ²	MPa	kN/m ³	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 m²

Segmnt	Dist.	Impedance	Imped.	Tension	Compression	Perim.	Soil
Number	B.G.		Change	Slack	Slack		Plug
	m	kN/m/s	%	mm	mm	m	kN
1	1.25	739.85	0.00	0.000	-0.000	1.571	0.00
2	2.50	567.45	-23.30	0.000	-0.000	1.571	0.00
3	3.76	608.15	-17.80	0.000	-0.000	1.571	0.00
4	5.01	676.40	-8.58	0.000	-0.000	1.571	0.00
5	6.26	676.99	-8.50	0.000	-0.000	1.571	0.00
6	7.25	921.98	-10.10	0.000	-0.000	1.571	0.00
7	8.23	962.93	-6.95	0.000	-0.000	1.571	0.10
8	9.20	967.74	-6.48	0.000	-0.000	1.571	0.10
9	10.18	998.04	-3.55	0.000	-0.000	1.571	0.10
10	11.16	975.98	-5.69	0.000	-0.000	1.571	0.00
11	12.14	902.23	-12.81	0.000	-0.000	1.571	0.00
12	13.12	861.14	-16.78	0.000	-0.000	1.571	0.00
13	14.09	833.78	-19.43	0.000	-0.000	1.571	0.00
14	15.07	860.75	-16.82	0.000	-0.000	1.571	0.00
15	16.05	913.51	-11.72	0.000	-0.000	1.571	0.00
16	17.03	945.28	-8.65	0.000	-0.000	1.571	0.00
17	18.00	964.80	-6.77	0.000	-0.000	1.571	0.00
18	18.98	938.42	-9.32	0.000	-0.000	1.571	0.00
19	19.96	917.04	-11.38	0.000	-0.000	1.571	0.00
20	20.94	933.41	-9.80	0.000	-0.000	1.571	0.00
21	21.92	967.64	-6.49	0.000	-0.000	1.571	0.00
22	22.89	983.62	-4.95	0.000	-0.000	1.571	0.10
23	23.87	966.17	-6.63	0.000	-0.000	1.571	0.00
24	24.85	940.87	-9.08	0.000	-0.000	1.571	0.00

동 부 건설 ; Pile: 060430-1

Test: 30-Apr-2021 17:38:

A2 No.7; Blow: 2

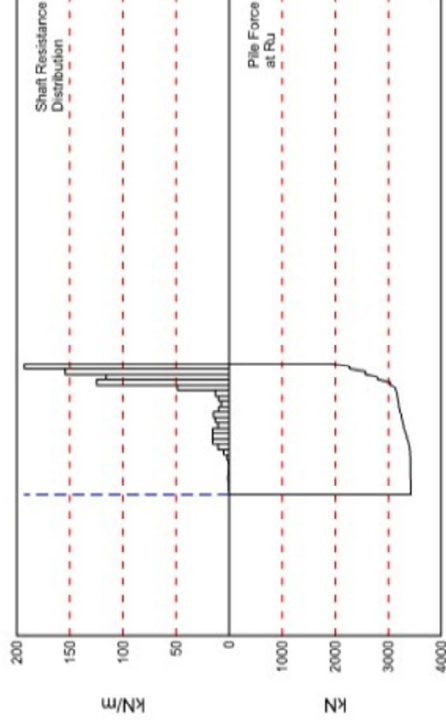
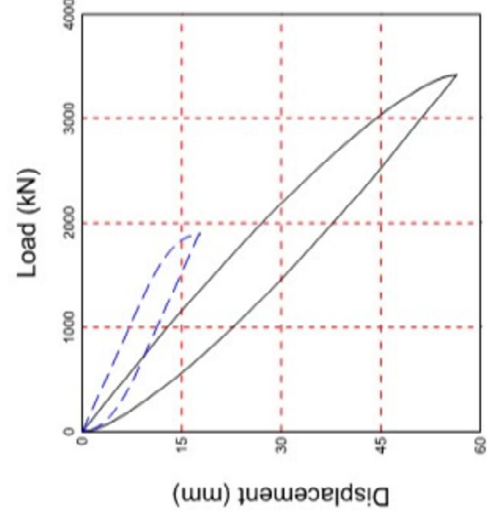
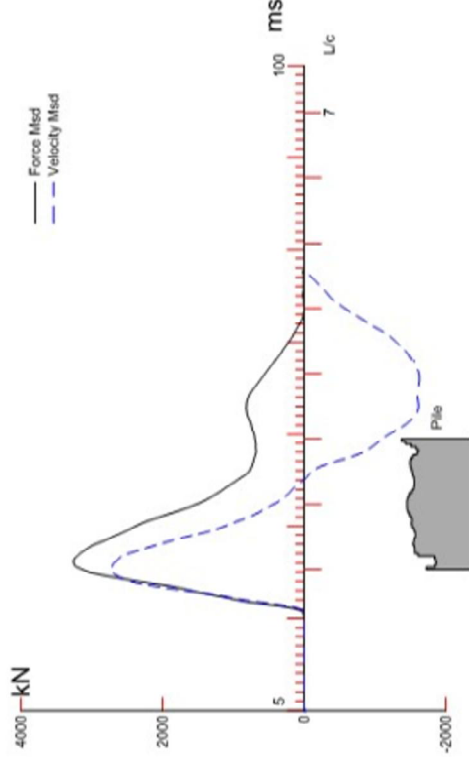
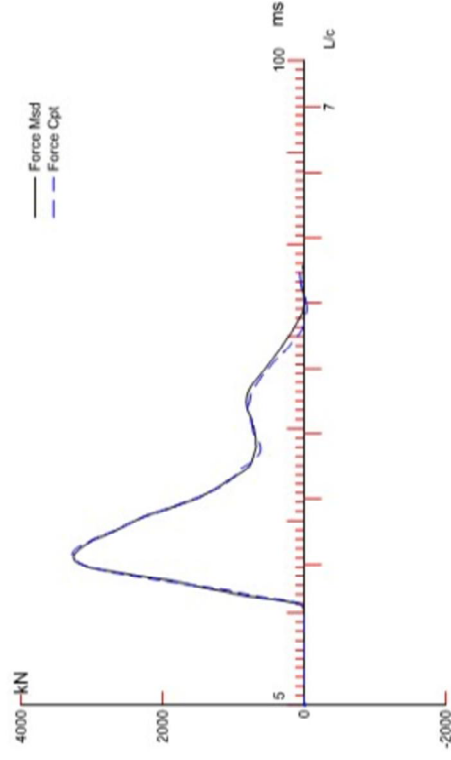
CAFWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: JKI

Segmnt Number	Dist. B.G.	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



동 부 건설 ; Pile: 010514-1

Test: 14-May-2021 10:55:

BRDG. A2. No.7 RE; Blow: 2

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: HWY

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

동 부 건 설 ; Pile: 010514-1

Test: 14-May-2021 10:55:

BRDG. A2. No.7 RE; Blow: 2

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: HWY

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 Sgmt 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)

동 부 건설 ; Pile: 010514-1

Test: 14-May-2021 10:55:

BRDG. A2. No.7 RE; Blow: 2

CAPWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: HWY

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	Area	E-Modulus	Spec. Weight	Perim.
m	cm ²	MPa	kN/m ³	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 m²

Segmnt	Dist.	Impedance	Imped.	Tension	Compression	Perim.	Soil
Number	B.G.		Change	Slack	Slack		Plug
	m	kN/m/s	%	mm	mm	m	kN
1	1.25	739.85	0.00	0.000	-0.000	1.571	0.00
2	2.50	603.54	-18.42	0.000	-0.000	1.571	0.00
3	3.76	581.96	-21.34	0.000	-0.000	1.571	0.00
4	5.01	594.71	-19.62	0.000	-0.000	1.571	0.00
5	6.26	609.42	-17.63	0.000	-0.000	1.571	0.00
6	7.25	875.50	-14.63	0.000	-0.000	1.571	0.00
7	8.23	932.83	-9.86	0.000	-0.000	1.571	0.00
8	9.20	928.90	-10.23	0.000	-0.000	1.571	0.00
9	10.18	940.67	-9.10	0.000	-0.000	1.571	0.00
10	11.16	956.36	-7.58	0.000	-0.000	1.571	0.00
11	12.14	943.61	-8.81	0.000	-0.000	1.571	0.00
12	13.12	935.77	-9.57	0.000	-0.000	1.571	0.00
13	14.09	916.16	-11.47	0.000	-0.000	1.571	0.00
14	15.07	915.17	-11.56	0.000	-0.000	1.571	0.00
15	16.05	932.83	-9.86	0.000	-0.000	1.571	0.00
16	17.03	950.48	-8.15	0.000	-0.000	1.571	0.00
17	18.00	974.99	-5.78	0.000	-0.000	1.571	0.00
18	18.98	982.84	-5.02	0.000	-0.000	1.571	0.00
19	19.96	976.96	-5.59	0.000	-0.000	1.571	0.00
20	20.94	984.80	-4.83	0.000	-0.000	1.571	0.00
21	21.92	1005.40	-2.84	0.000	-0.000	1.571	0.00
22	22.89	1026.97	-0.76	0.000	-0.000	1.571	0.00
23	23.87	1043.64	0.85	0.000	-0.000	1.571	0.00
24	24.85	1054.43	1.90	0.000	-0.000	1.571	0.00

동 부 건설 ; Pile: 010514-1

Test: 14-May-2021 10:55:

BRDG. A2. No.7 RE; Blow: 2

CAFWAP (R) 2006-3

Daehan Foundation Engineering Co. Ltd.

OP: HWY

Segmnt Number	Dist. B.G.	Impedance kN/m/s	Imped. Change %	Slack mm	Tension Eff.	Compression 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

File 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 완수하기
까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 07월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호

 **대한기초엔지니어링주식회사**

대표이사 최 경 전 

토목품질시험 기술사 권 오 

토질 및 기초 기술사

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 압축제하 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





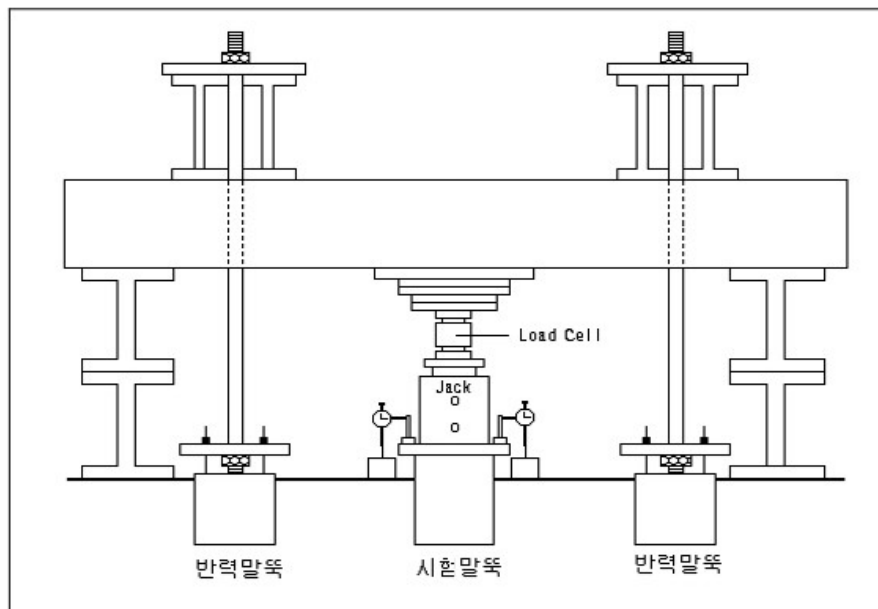
다. 시험장비

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 중요하할 수도 있다. 이러한 인식하에서 제안된 방법이 “급속재하방법” 으로서 New York State Department of Transportation, The Federal Highway Administration 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 재하한다.

(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 equilibrium test)

이 방법은 Mohan 등에 의해 제안된, 표준재하방법을 개선한 방법으로서 표준재하방법에 비해 총 소요시간을 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 Commission, 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 머리 의 직경 또는 대각선 길이의 15% 에 달할때까지 시험을 계속할 것을 규정하고 있다. 이 CRP 시험방법은 급속재하방법(Quick Maintained-Load Test)에서보다 더 나은 하중 침하량 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 재하하중의 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 재하하중, 재하단계별로 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.

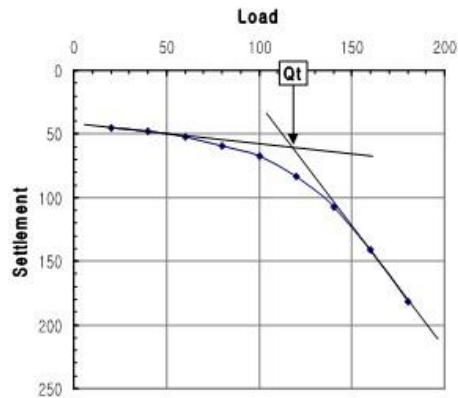
- (1) 재하하중의 하중단계는 표준재하방법에서와 같이 정한다.
- (2) 재하하중 단계가 설계하중의 50, 100 및 150%에 도달하였을 때 재하하중을 각각 1시간 동안 유지시킨 후 표준재하방법의 재하시와 같은 단계를 거쳐 단계별로 20분 간격을 두면서 재하(Unloading)한다.
- (3) 하중을 완전히 제하한 후 설계하중의 50%씩 단계적으로 다시 재하하고 표준시험방법에 따라 다음 단계로 재하한다.
- (4) 재하하중이 총 시험하중에 도달하게 되면 12시간 또는 24시간 동안 하중을 유지시킨 후 제하하중 그 절차는 표준재하방법과 같다.





2.2 항복하중 판정법

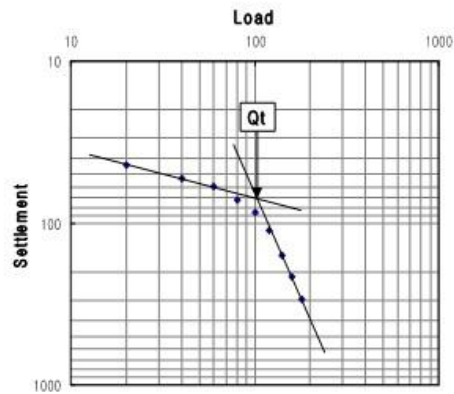
가. P-S 분석법



【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



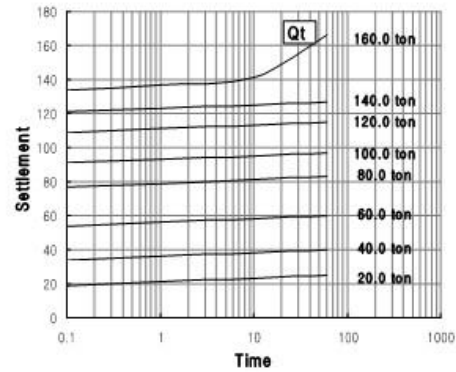
【그림2.2】 logP-logS 분석법(예)

이 방법은 재하중(P)과 전침하량(S)을 양대수 그래프에 Plot 하면 접선이 생기는데 이 접점에 대응하는 하중을 항복하중으로 결정하는 방법이다.





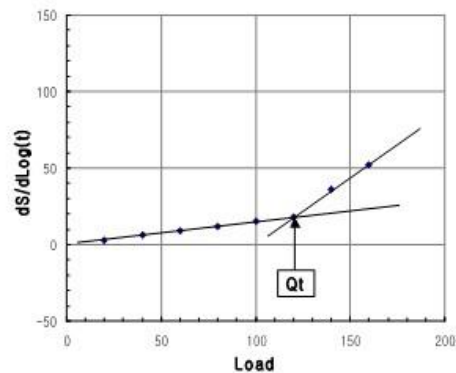
다. S-log(t) 분석법



【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- $\Delta S/\Delta \log(t)$ 분석법



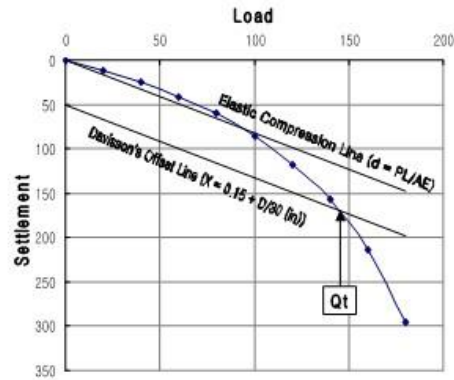
【그림2.4】 P- $\Delta S/\Delta \log(t)$ 분석법(예)

각 하중단계마다 재하하여 일정시간이 경과한 후에 있어서 대수침하속도 $\Delta S/\Delta \log(t)$ 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

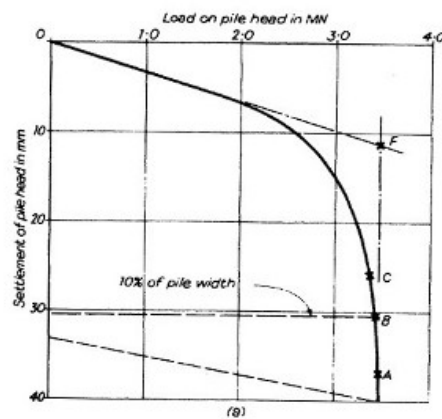
구분	판정방법	비고
하중-침하-시간관계	logP-logS 분석법	항복하중 판정법 안전율 2 적용
	S-log(t) 분석법	
	P=ΔS/Δlog(t) 분석법	
	Davisson 분석법	



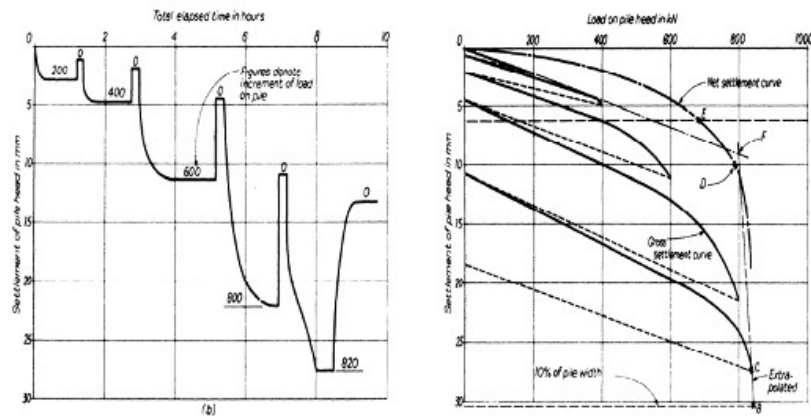


2.3 극한하중 판정법

극한하중을 결정하는 기본조건은 응력-변형관계와 파괴기준으로 말뚝의 극한하중 또는 극한 지지력이라는 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

[그림 2.6] 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 6.3mm 일 때의 하중 : E점
- (6) 전침하곡선에서 초기직선부분의 연장선과 급경사부분과의 접선의 교점에 해당되는 하중 : F점
- (7) 하중-순침하곡선의 기울기가 0.25mm/10kN 되는 하중
- (8) 뉴욕시의 허용하중기준(1985년 Building Code)

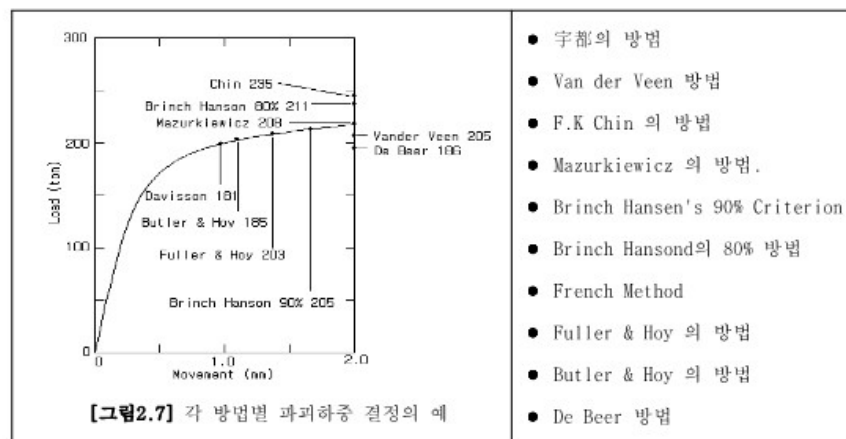
전침하량에서 시험하중을 완전히 제거후의 탄성회복량을 뺀 순침하량이 0.25mm/10kN를 초과하지 않을 때의 하중의 1/2, 또는 최대시험하중에서 말뚝의 탄성압축량보다 작은 순침하량이 19.0mm 일 때의 1/2.

- (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.





인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로(4-8공구)

위와 같은 방법들은 하중-침하 곡선식을 포물선 또는 쌍곡선으로 가정함에 따라 구분되며, 항복점이나 극한하중을 정의하기 위해 적용하는 침하율 또는 경사에 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	극한하중 판정법 안전율 3 or 2.5 적용
	Chin 판정법	
	Stability Plot 판정법	
	Brinch Hansen의 90%, 80% 기준	
	French 판정법	





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 말뚝제하시험 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 기초설용기준 DS 415-1965	10% D		
미국 도로설계기준 (1958)	6.3mm		
미국 AASHTO 기준	6.3mm		
미국 루이지아나도로국	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 (mm)	허용지지력을 구할 때의 안전율	비고
독일 DIN 4014 기준	20	2	현장타설말뚝
프랑스	20		
벨기에	20		
체코슬로바키아	15~20		
오스트리아	25		
네덜란드	25.4		
뉴욕시 기준	25.4	1.5	부등침하에 민감하지 않은 구조물 부등침하에 민감한 구조물 대구경 현장타설말뚝 대구경 현장타설말뚝 소구경 현장타설말뚝 현장 타설말뚝 제2단계 하중
인도 IS 2911 기준	12		
Muns (1959)	20		
Terzaghi, Peck (1961)	50.8		
Terzaghi, Peck (1967)	25.4		
Woodward (1972)	12.7~25.4		
Touma, Reese (1974)	25.4	2	
키에프 건축공정연구소	>30~40	2	
우크라이나 건축시공과학연구소	80		
우크라이나 건축시공과학연구소	40	2	
중국형서성도로연구소 (1973)	60		
중국도로연구원 (1974)	40		
중국북경시 말뚝기초연구소 (1976)	15~20		
구일본건축학회기준	25		
일본토질공학회 (1993)	0.1D		
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	전침하량 (mm)	잔류침하량 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 루이지아나도로국		

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: 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($\Phi 500.0\text{mm}$)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

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

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

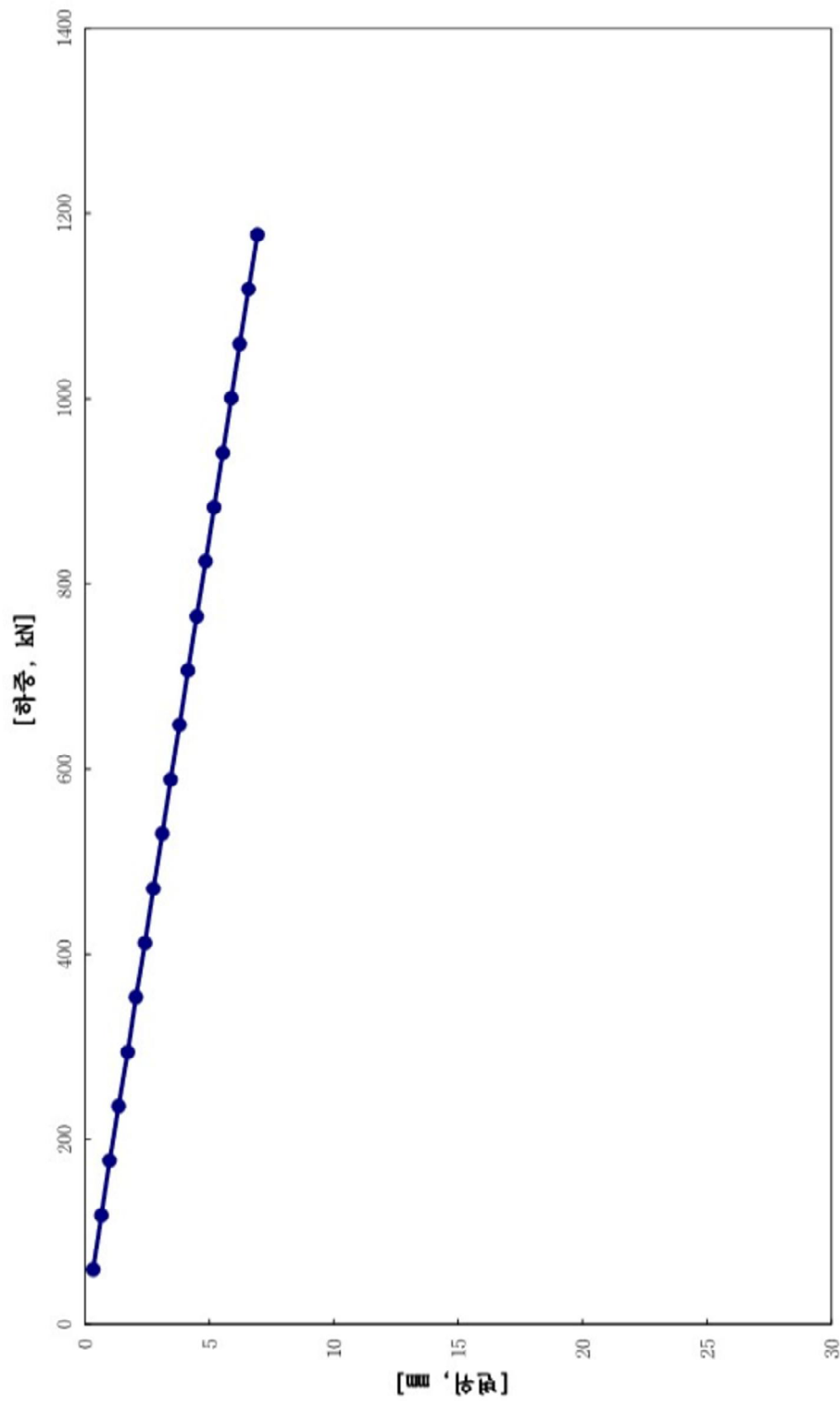
PILE LOAD TEST DATA SHEET

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

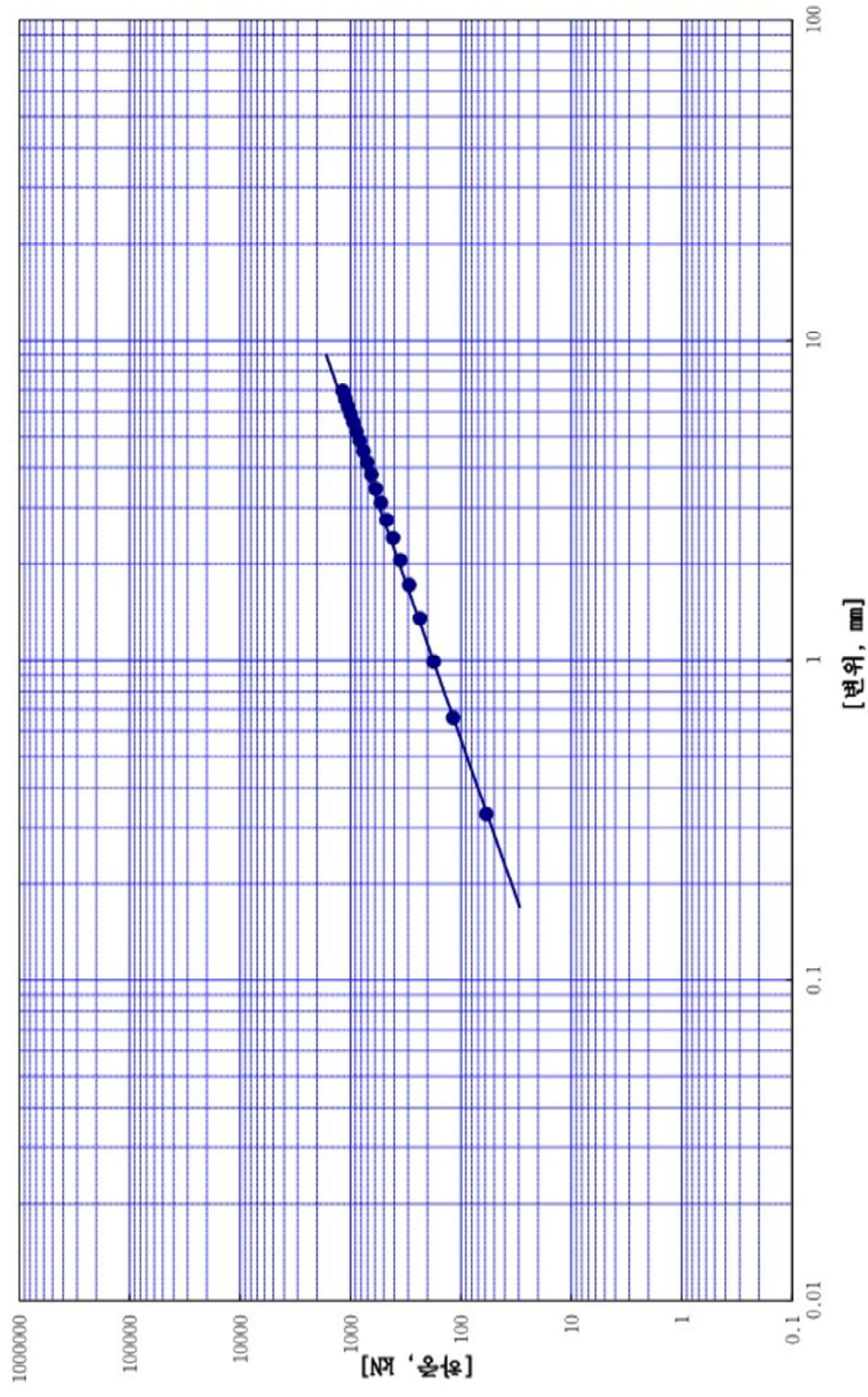
PILE LOAD TEST DATA SHEET

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

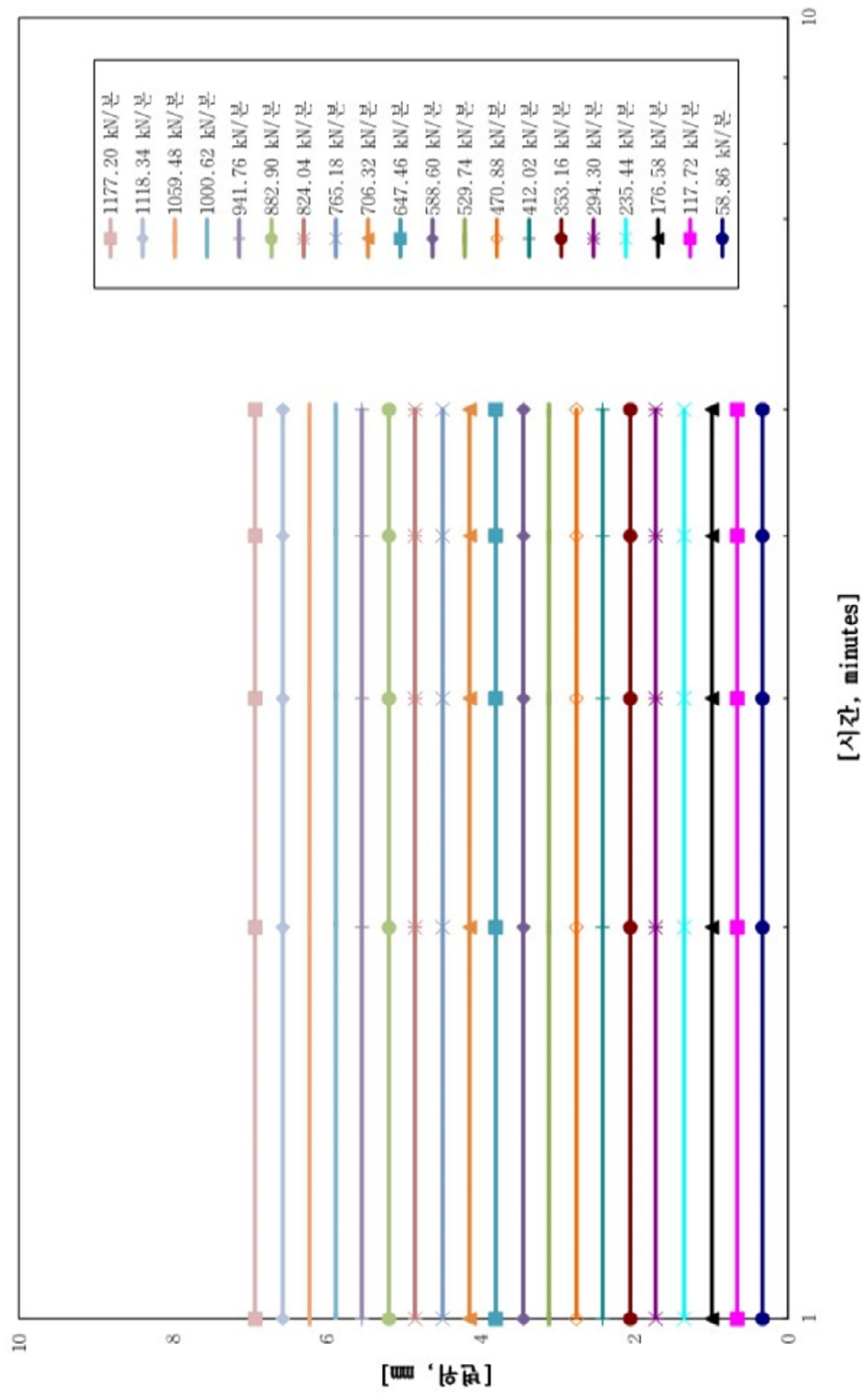
[P - S Method]



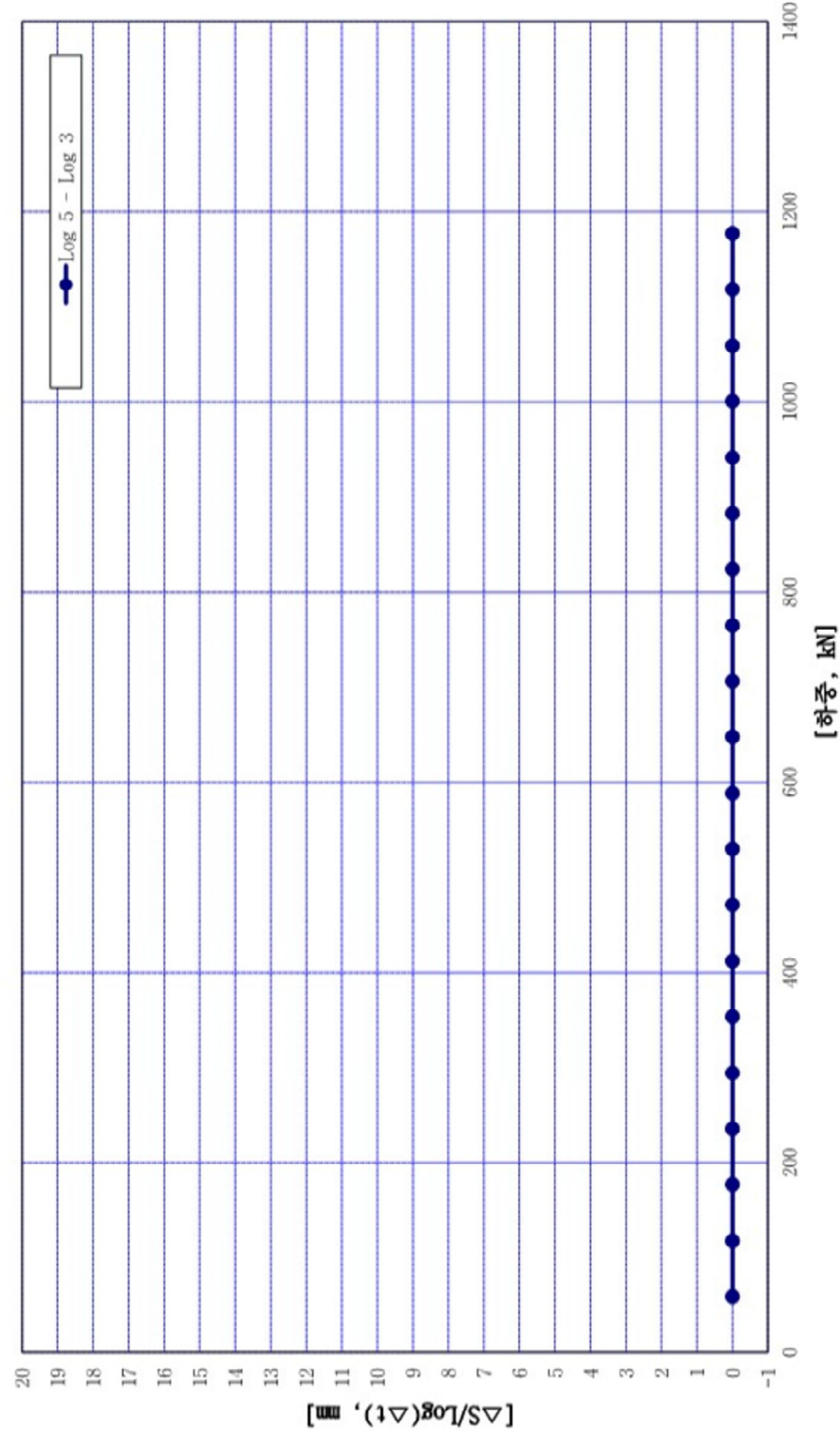
[Log P - Log S Method]



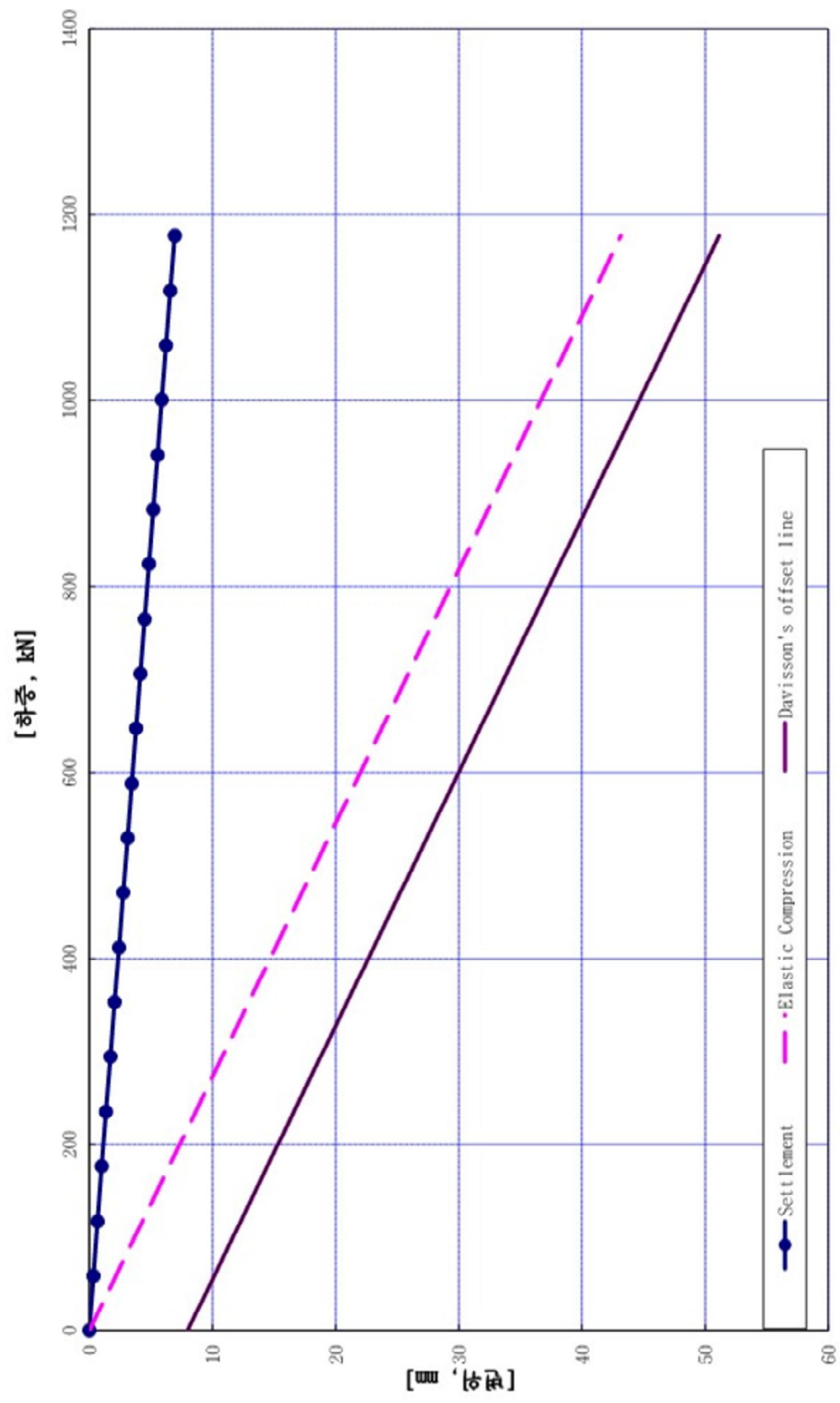
[S - Log (t) Method]



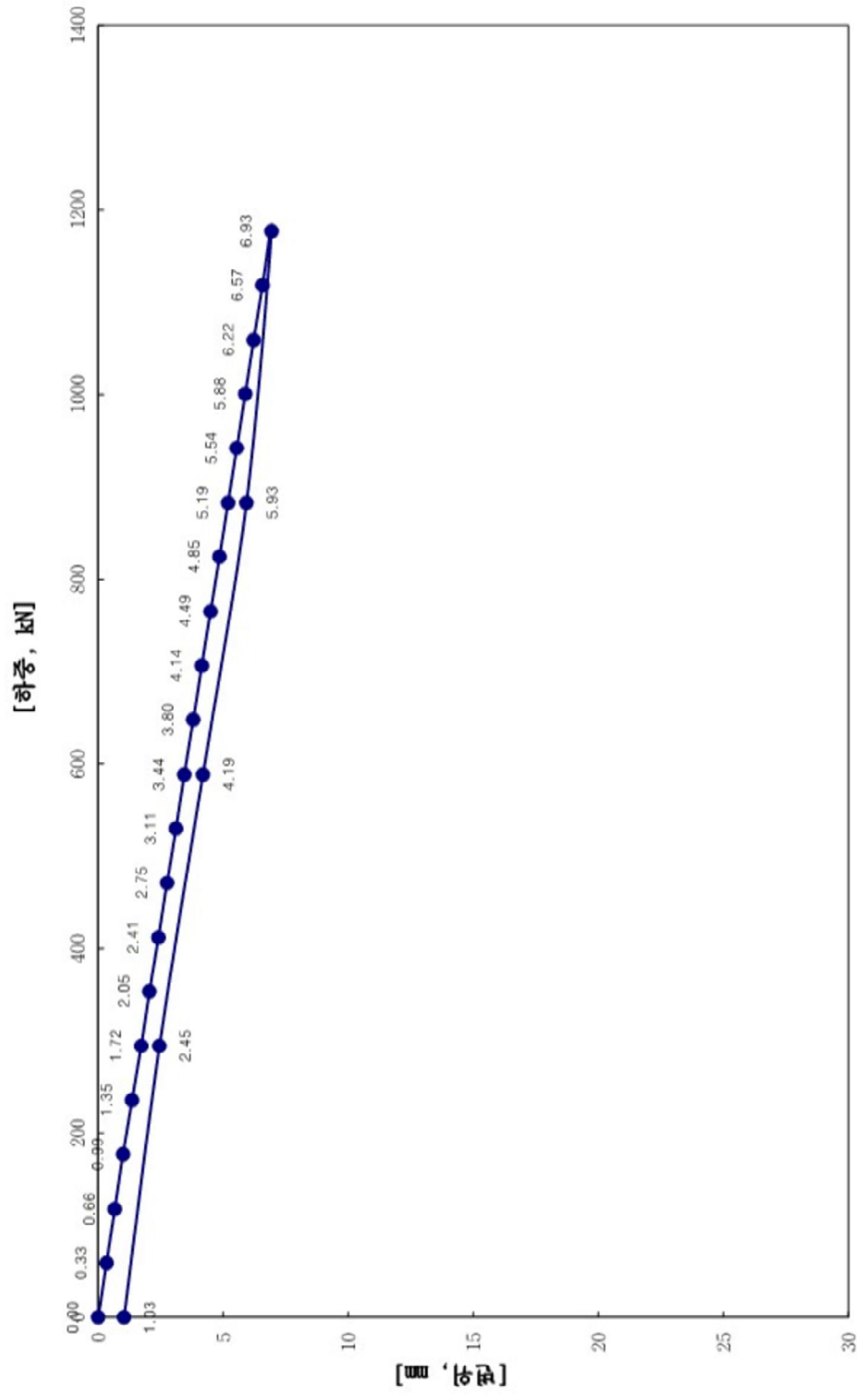
[$\Delta S/\text{Log}(\Delta t)$ - P Method]



[Davisson's Method]



[NET Settlement Method]



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 완수하기
까지 수고하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

2021년 06월

경기도 의왕시 이미로40(포일동 653) C동 609호

 **대한기초엔지니어링주식회사**

대표이사 최경전

토목품질시험 기술사 권오

토질 및 기초 기술사

전화 031)8069-8204(代) 전송 031)8069-8204



❖ 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

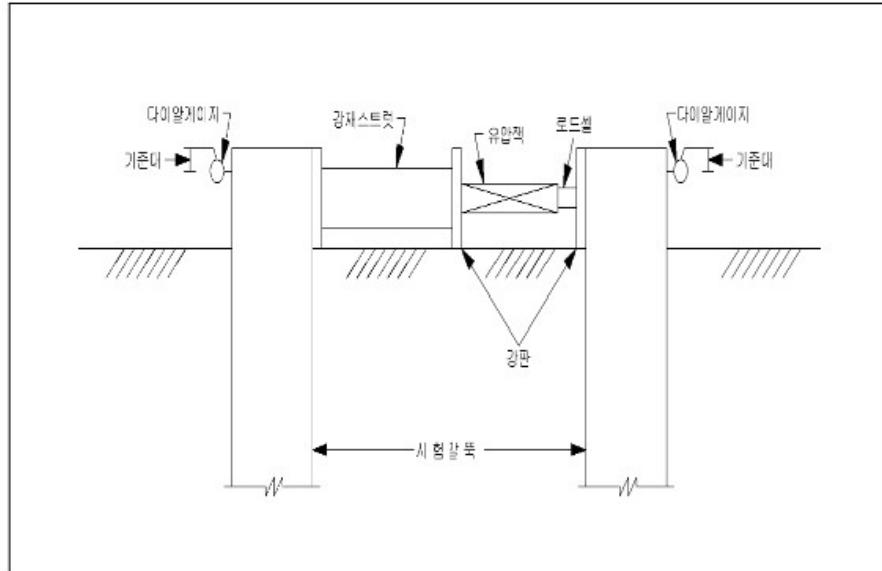
본 시험에 사용된 시험장비 및 기구의 명칭 및 사양을 살펴보면 다음 표1.3 와 같다.

【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】 수평제하시험 장치의 예



제2장. 시험결과의 활용

2.1 해석방법

2.2 교량 A2 No.7

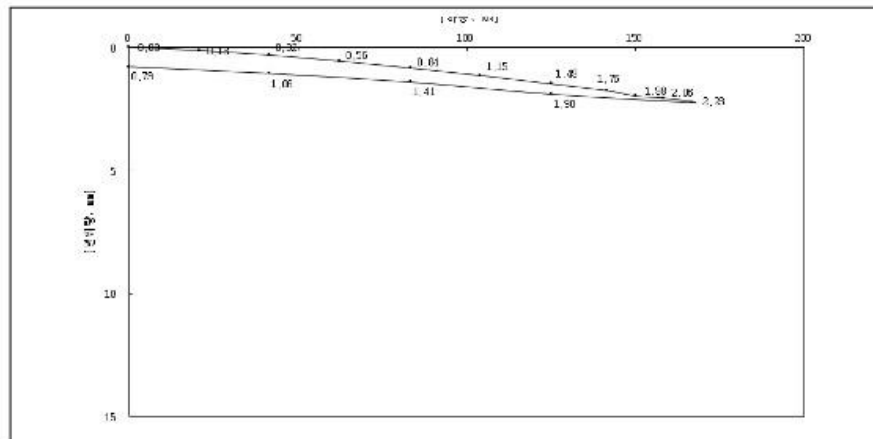


제2장. 시험결과의 활용

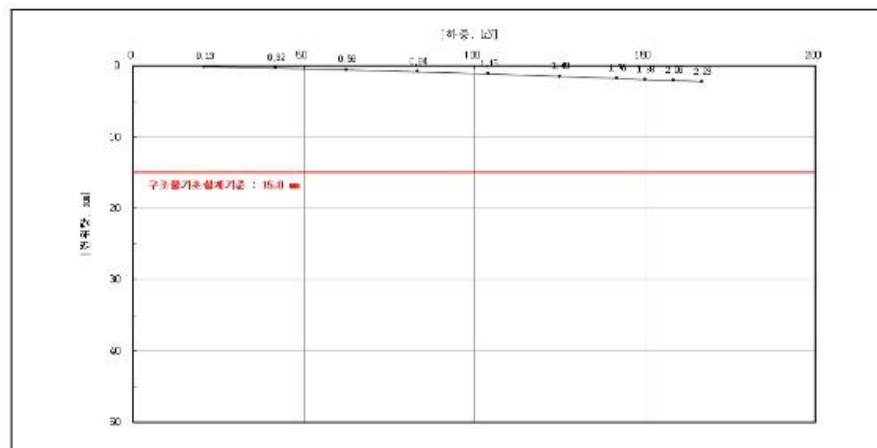
2.1 해석방법

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(cm)

H : 재하하중(kg)

E : 말뚝의 탄성계수(kg/cm²)

I : 말뚝의 단면 2차 Moment(cm⁴)

β : $\sqrt[4]{kD/4EI}$ (cm⁻¹)

D : 말뚝지름(cm)

k : 수평방향 지반 반력계수(kg/cm²)

상기 식에서 β 를 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 (mm)	β 값 (1/cm)	역산 K값 kgf/cm	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

$$\delta = \frac{H}{(2EI\beta^3)} : \text{Hinged Head condition}$$

$$\delta = \frac{H}{(4EI\beta^3)} : \text{Fixed Head condition}$$

$$\beta = \left(\frac{K_h \cdot D}{4EI} \right)^{\frac{1}{4}} : \text{말뚝재료 특성치}$$

말뚝의 탄성계수는 2,100,000kgf/cm², 2차 단면 Moment는 54797.800cm⁴ 로 적용 계산한다.

- 상기 표의 역산 Kh값을 세로축에, f를 가로축으로 한 GRAPH를 작성하고, 지표면 변위가 1.5cm일 때의 역산 Kh값을 취한다.





- 한편, 시험 말뚝의 수평허용지지력은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$H_a = \frac{K_h D}{\beta} \delta_a$$

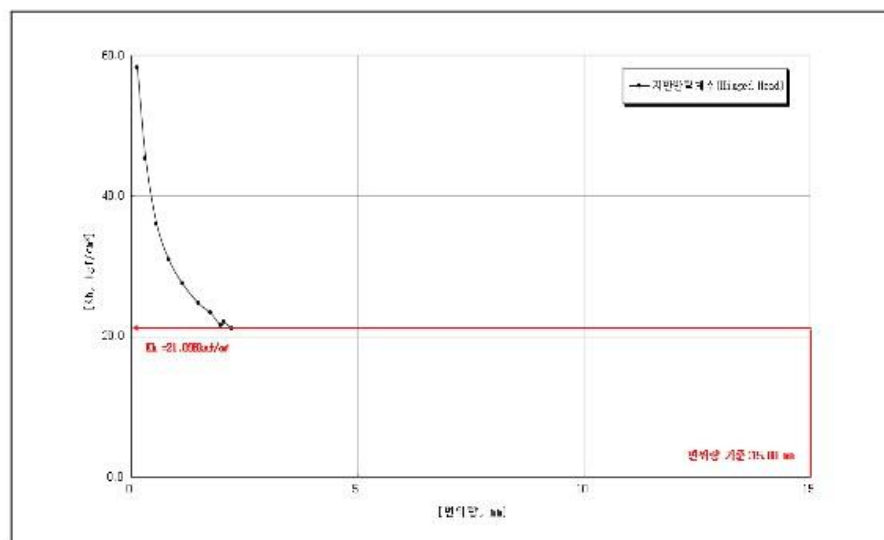
여기에서, K_h : 21.098kgf/cm

D : 50.0cm , T : 1.2cm

$$\beta : \sqrt[4]{\frac{K_h D}{4EI}} = 0.0069 \text{ cm}^{-1}$$

δ_a : 1.5cm

$$\therefore H_a = 2243.54\text{kN/본}$$



역산 K_h 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 (mm)	두께t (mm)	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 수평제하 설계하중 (kN/분)	지진시 수평제하 설계하중 (kN/분)	수평제하 최대제하하중 (kN/분)	제하방법	시험날짜
P.L.L.T-1	교량 A2 No.7	79.15	161.76	166.77	1방향 제하방법	2021.06.17

3.2 시험결과

가. 2015. 구조물기초설계기준 해설(P354) 기준치 15mm 변위시 수평허용지지력(kN/분)

＊ 구조물기초설계기준 해설(2015) 참조.

【표3.3】 수평허용지지력

구분	시험위치	최종변위량 (mm)	관류변위량 (mm)	탄성변위량 (mm)	15mm 변위시 수평허용지지력 (kN/분)
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/분)
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/분까지 시험한 결과 최종변위량 2.23mm, 잔류변위량 0.79mm로, 2015. 구조물 기초설계기준 해설(P354) 기준치인 15.00mm 이내로 측정되었다. 따라서 변위량에 의한 수평허용지지력은 166.77kN/분으로 상시기준인 설계하중 79.15kN/분을, 지진시 기준인 설계하중 161.76kN/분을 모두 만족하는 것으로 나타났다.
- 본 현장에서 수평재하시험을 통하여 도출된 지반반력계수(Kh)는 21.098kgf/cm²로 계산되었으며, 지반반력계수(Kh) 값에 의한 수평허용지지력은 2243.54kN/분으로 상시기준인 설계하중(79.15kN/분)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	φ 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)

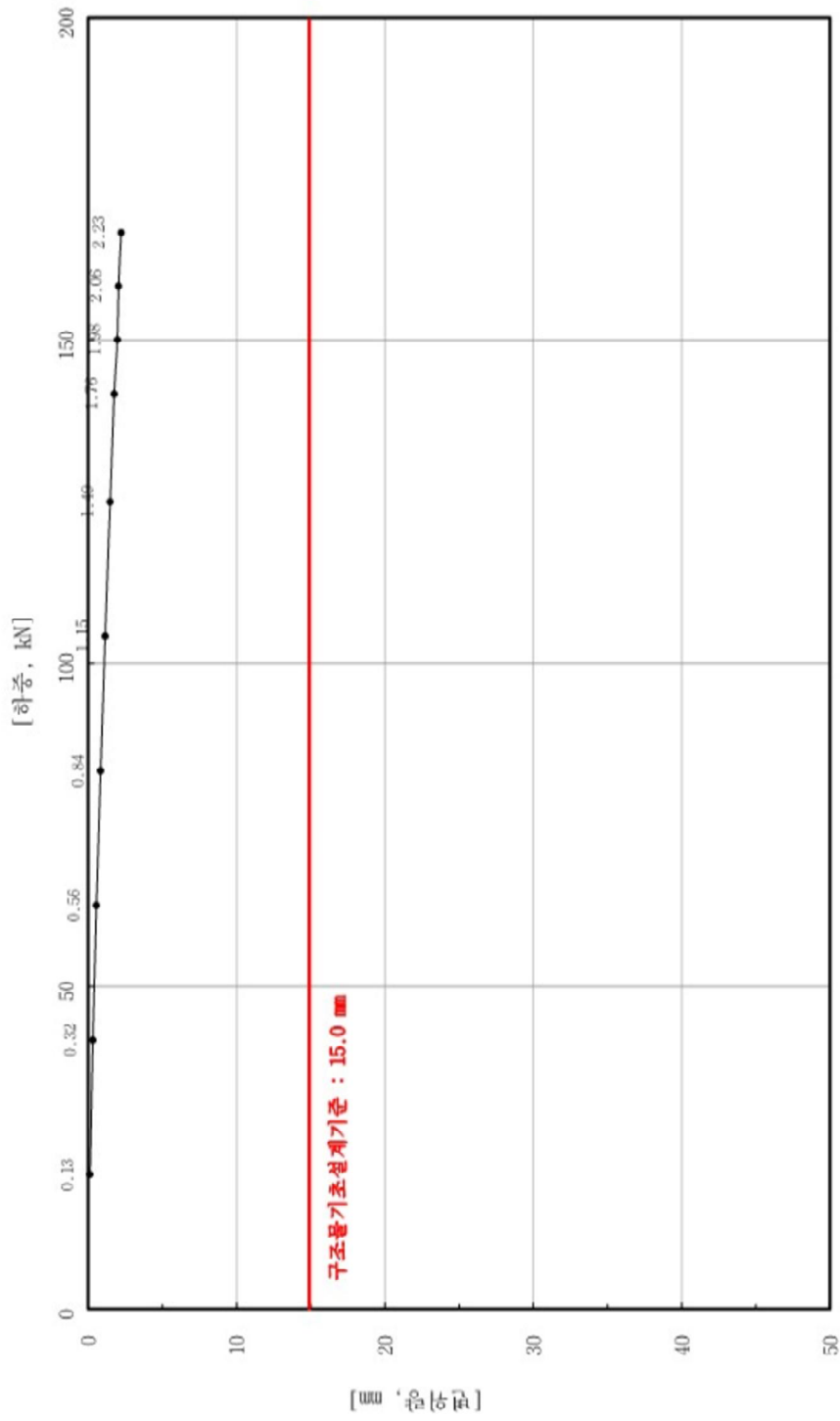
Cycle	Pressure (kgf/cm ²)	Load Intensity (kN)	Reading Time (MIN)	Gauge Reading(1/100mm)		Settlement (mm)	Remark
				left	right		
			10	415	237	326.000	175.0
			15	415	237	326.000	175.0
			20	416	238	327.000	176.0
8		150.09	0	435	262	348.500	197.5
			1	435	262	348.500	197.5
			2	435	262	348.500	197.5
			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)

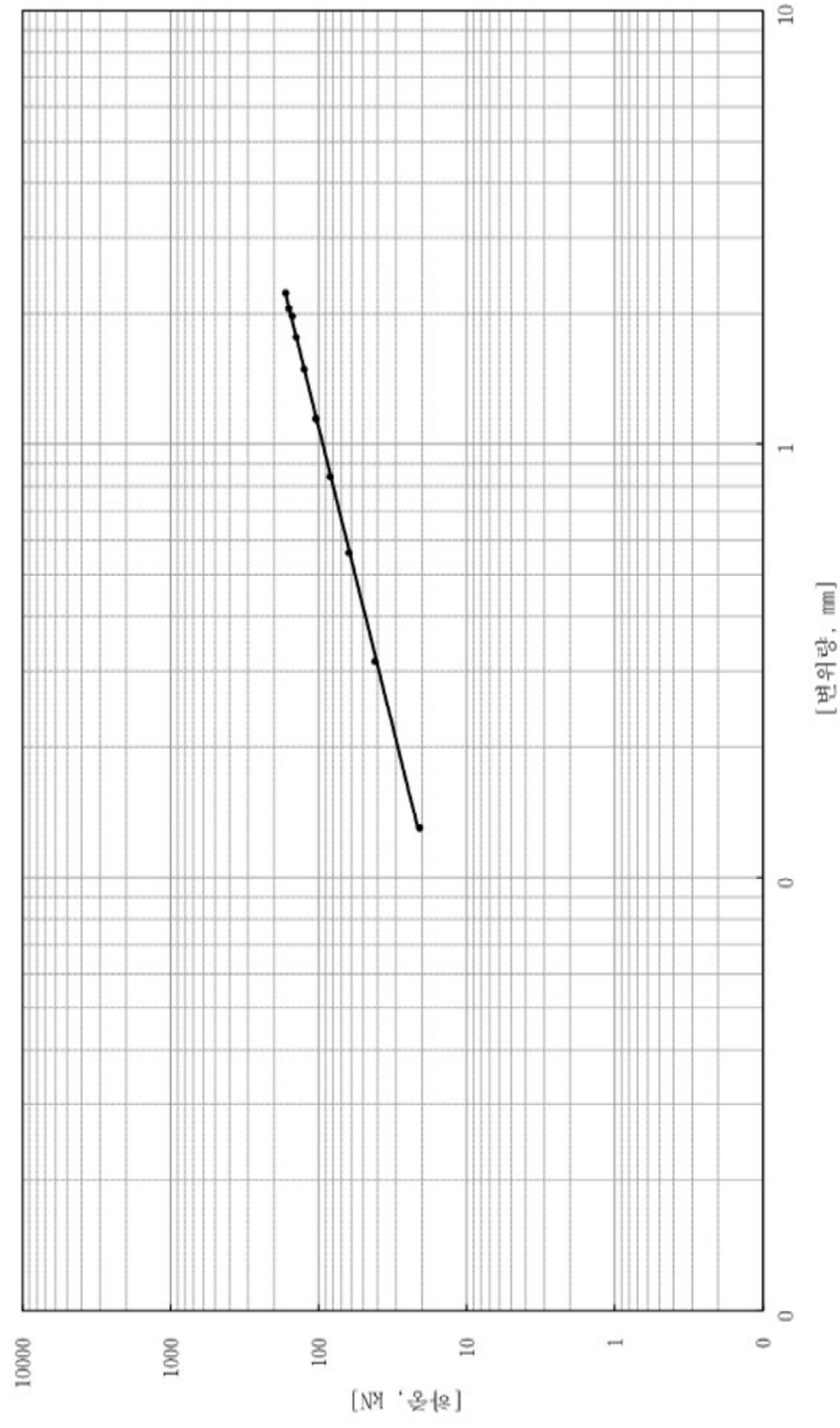
Cycle	Pressure (kgf/cm ²)	Load Intensity (kN)	Reading Time (MIN)	Gauge Reading(1/100mm)		Settlement (mm)	Remark
				left	right		
11		125.08	0	424	258	341.000	190.0
			1	424	258	341.000	190.0
			2	424	258	341.000	190.0
			3	424	258	341.000	190.0
			4	424	258	341.000	190.0
			5	424	258	341.000	190.0
			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)

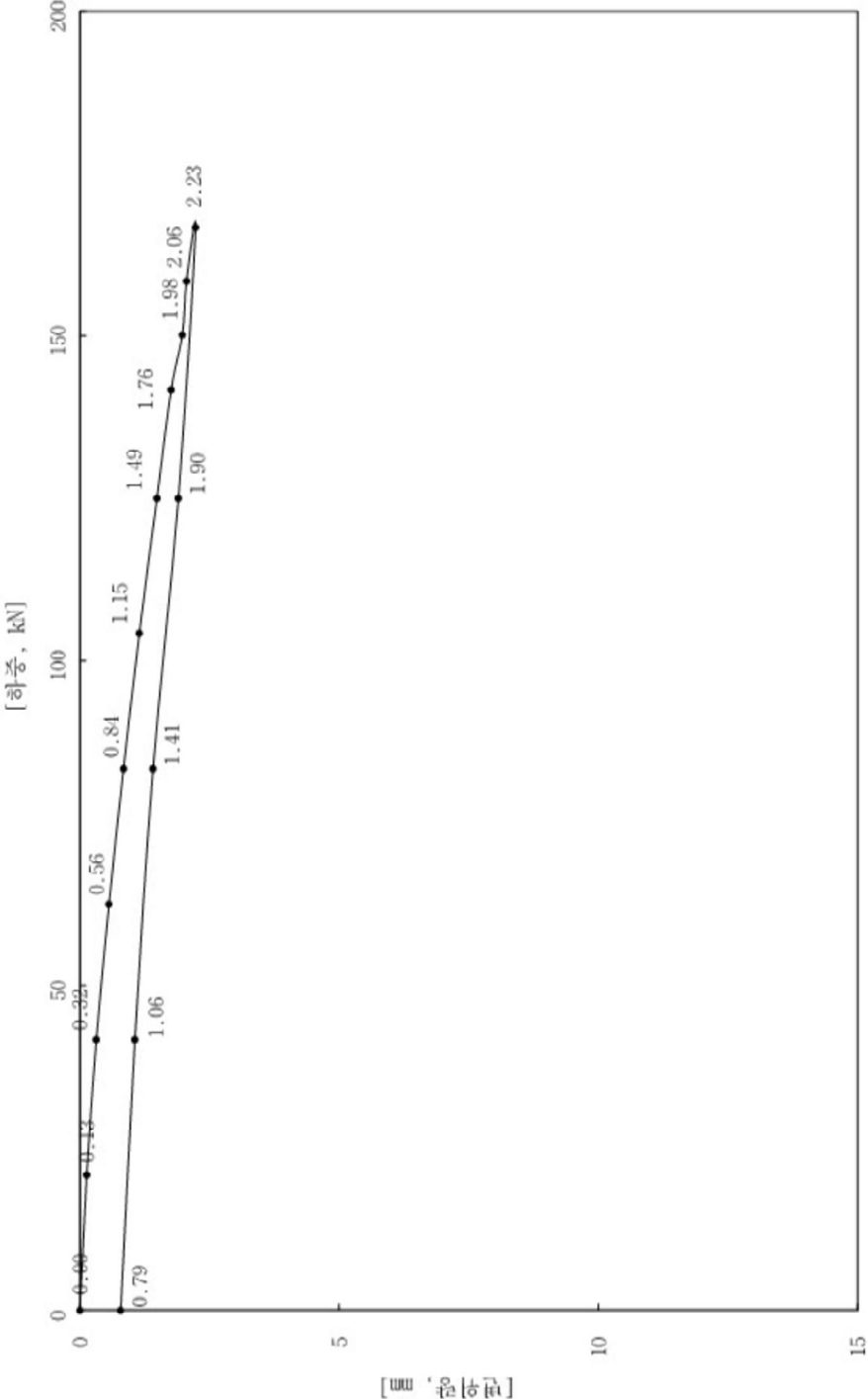
[P - S Graph]



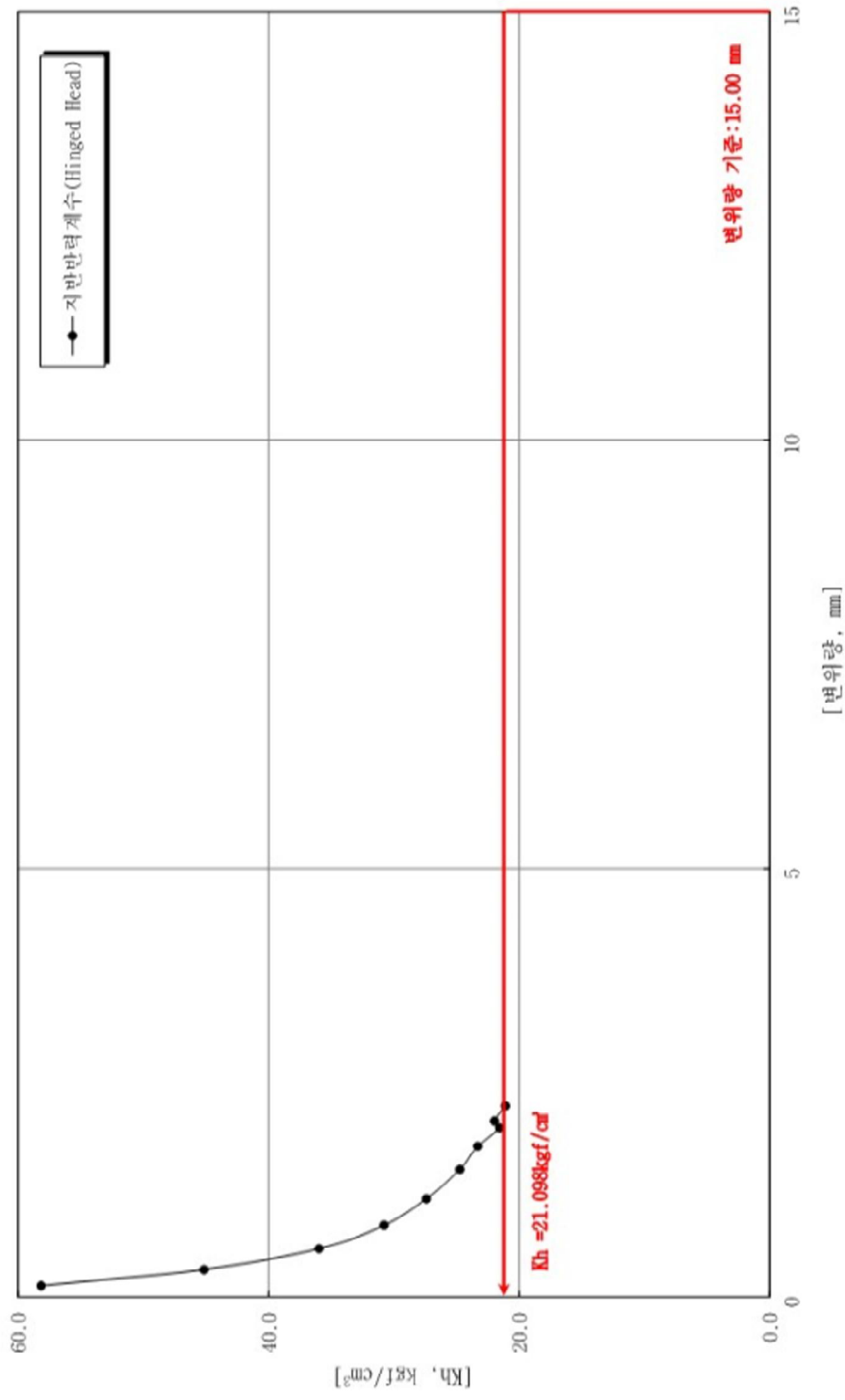
[Log P - Log S Graph]



[소성변위량 곡선표]



[Kh GRAPH]



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



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 (대덕비즈니스센터)
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

페이지

Sheet No.

CONTENTS

1. 일반사항

- 1.1 검토개요
- 1.2 적용 규격 및 표준
- 1.3 사용재료
- 1.4 하중조합 & 설계하중
- 1.5 콘크리트 축압 참고자료
- 1.6 콘크리트 축압

2. 구조검토

- 2.1 검토결과
- 2.2 6012 유틸리티

PoSTructure

저작권은 (주)포스트구조기술에 있으므로
허가되지 않은 배포 및 사용을 금지합니다.

※ 첨부자료 1 - 설치도면



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

1. 일반사항

1.1 검토 개요

- 1) 본 구조계산서는 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사 현장에 적용되는 유�폴의 구조안전성 검토를 위함이다.
- 2) 안전성 검토는 제공한 도면 및 시공조건을 바탕으로 검토한다.
- 3) 안전성 검토는 개별부재의 용력 및 변위에 대하여 검토한다.
- 4) 거푸집 널, 수직부재, 수평부재는 동종포하중이 작용하는 단순보 구조검토 한다.
- 5) 콘크리트 타설시 순도는 검토내용과 맞는지 필히 확인 하여야 한다.
- 6) 강재 또는 알루미늄 등과 같이 비교적 재사용이 많은 부재에 대해서는 장기허용용력을 적용하며 통하중 또는 적설하중과 조합되는 경우에 대해서는 단기허용용력을 적용한다.
- 7) 콘크리트 타설시에는 하중이 편중되지 않도록 거푸집에서 균등하게 끊어서 타설한다.
- 8) 검토결과와 같이 콘크리트 타설속도를 준수 하여야 한다.
- 9) 콘크리트 타설시 슈트, 펄프배관, 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 동등이상의 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.

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 통바리 설계기준, 국토교통부(2018)
- 4) KDS 14 30 00 랑구조 설계 (허용용력설계법), 국토교통부(2016)
- 5) KDS 41 00 00 건축 설계기준, 국토교통부(2016)
- 6) KS 21 50 00 거푸집 및 통바리 공사, 국토교통부(2018)
- 7) 산업안전보건 기준에 관한 규칙(시행 2021.05.28)
- 8) ACI Manual, Formwork for Concrete, 8th Edition



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

1.3 사용 재료

- **한 판** : 12t 목재
 - 탄 성 계 수 (E) : 11,000 MPa 전 단 상 수 (I_{B/Q}) : 10 mm²
 - 단면 2차모멘트 (I) : 90 mm⁴ 허 용 휨 응 력 (f_{oa}) : 16.8 MPa
 - 단 면 계 수 (Z) : 13 mm³ 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 mm²
 - 단면 2차모멘트 (I) : 63,980 mm⁴ 허 용 휨 응 력 (f_{oa}) : 193.0 MPa
 - 단 면 계 수 (Z) : 3,800 mm³ 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 mm²
 - 단면 2차모멘트 (I) : 118,500 mm⁴ 허 용 휨 응 력 (f_{oa}) : 271.0 MPa
 - 단 면 계 수 (Z) : 3,630 mm³ 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 단 면 적 (A) : 335.0 mm²
 - 단면 2차모멘트 (I) : 89,860 mm⁴ 허 용 휨 응 력 (f_{oa}) : 234.0 MPa
 - 단 면 계 수 (Z) : 3,690 mm³ 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 142.0 MPa

- **버 틸 지 지 대** : P-48.6x2.3, STK500
 - 탄 성 계 수 (E) : 205,000 MPa 단 면 적 (A) : 335.0 mm²
 - 단면 2차모멘트 (I) : 89,860 mm⁴ 허 용 휨 응 력 (f_{oa}) : 234.0 MPa
 - 단 면 계 수 (Z) : 3,690 mm³ 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_{oa}) : 181.5 MPa 허 용 전 단 응 력 (f_{sa}) : 110.0 MPa



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

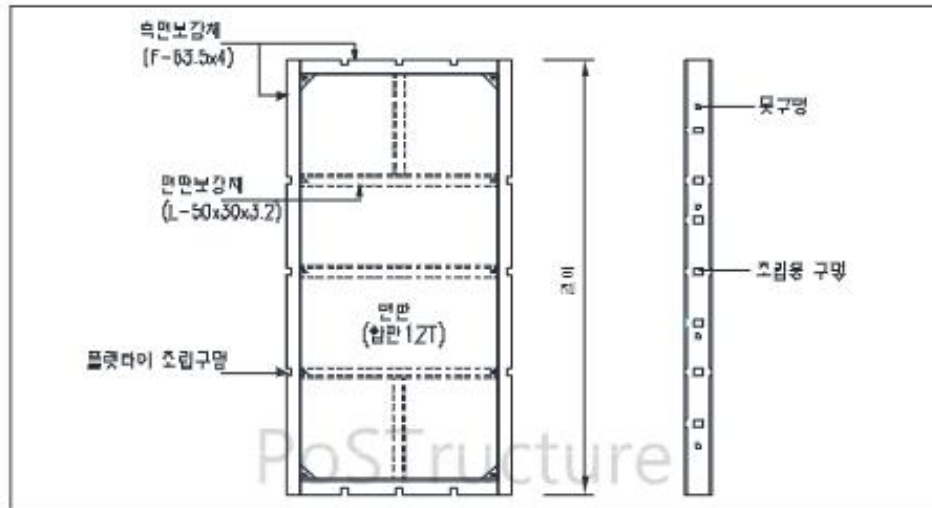
1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.



저작권은 (주)포스트구조기술에 있으므로
허가되지 않은 배포 및 사용을 금지합니다.

1.4 하중조합 & 설계하중

1) 하중조합

① 콘크리트 축압 (P) + 수평하중 (M)

2) 수평하중 (M)

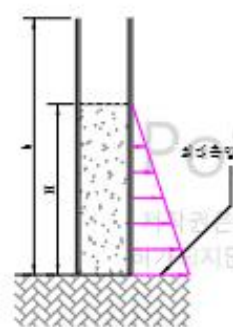
① 벽체 거푸집에 고려하는 최소 수평하중은 수직투영면적 당 0.5 kN/m^2 를 적용한다.



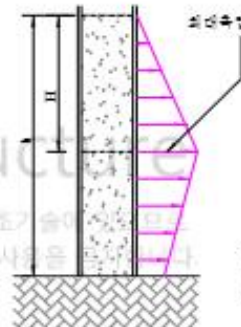
1.5 콘크리트 축압 참고자료

1) 개요

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



[그림 1] 굳지 않은 콘크리트



[그림 2] 선타설 콘크리트가 굳기 시작

- ③ 일반적인 콘크리트는 비비기 시작한 후 2시간(외기온도가 25℃를 초과하는 경우 1.5시간)이 경과하면 유동성을 잃어 더 이상 축압에 영향을 주지 않는다고 볼 수 있다.
- ④ 콘크리트 헤드의 높이를 낮추어 축압을 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 하중콘크리트 비비기 시작에서부터 하중 콘크리트 타설로, 정지시간을 포함하여 상층 콘크리트가 타설되기까지의 시간을 의미
25℃ 초과	2.0 시간	
25℃ 이하	2.5 시간	

- ⑤ 이외에는 콘크리트의 축압을 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



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

1.6 콘크리트 축압

- ① 일반 콘크리트를 축압은 다음과 같이 산정한다.

$$P = W \cdot H$$

여기서, P : 콘크리트의 축압 (kN/m²)

W : 굴지 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 축압은 다음과 같다.

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

여기서, P : 콘크리트의 축압 (kN/m²)

C_w : 단위질량 계수

R : 콘크리트 타설속도 (m/hr)

C_c : 첨가물 계수

T : 타설되는 콘크리트의 온도 (°C)

(동절기 : 15°C, 준절기 : 20°C, 하절기 : 25°C 가정)

※ 단위질량 계수, C_w

콘크리트의 단위중량	C _w
22.5 kN/m ³ 이하인 경우	C _w = 0.5 [1 + (W/23 kN/m ³)] 다만, 0.8 이상이어야 한다.
22.5초과~24 kN/m ³ 이하인 경우	C _w = 1.0
24 kN/m ³ 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



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

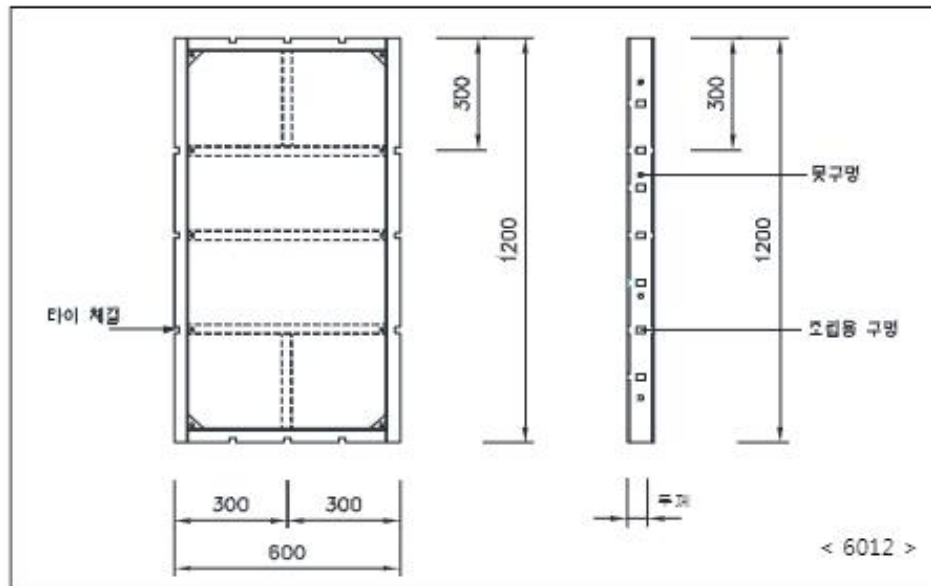
Sheet No.

2. 구조검토

2.1 검토결과

- 1) 콘크리트 타설 시공시에 작용하는 콘크리트 측압에 대하여 구조검토결과, 내력과 변위가 허용범위 이내인 것을 확인함.
- 2) 구조검토시 유로폼(6012)을 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	필타이 @600
	수평보강재 @600	수직보강재 @1200	버팀대 @1200	타설속도 0.65 m/hr	콘크리트 온도 25.0 °C
	PoStructure 저작권은 (주)포스트구조기술에 있으므로 허가되지 않은 배포 및 사용을 금지합니다.				





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

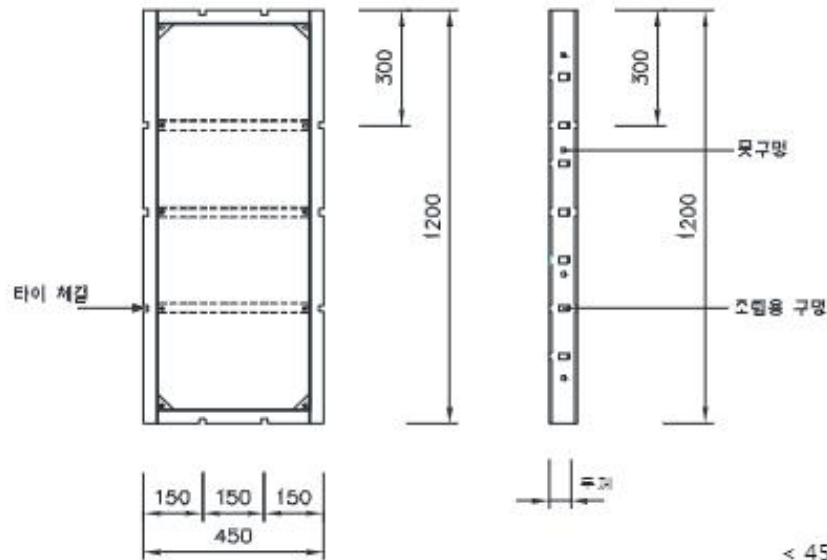
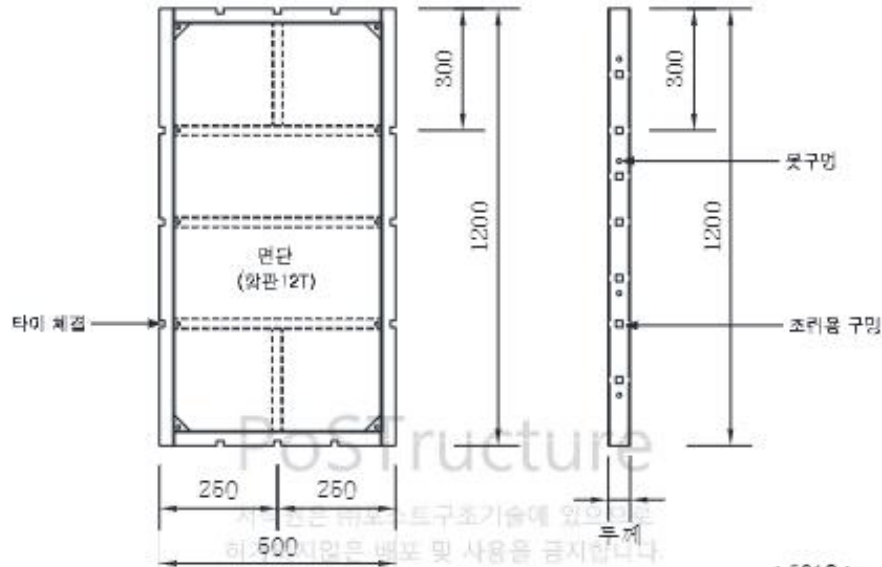
1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

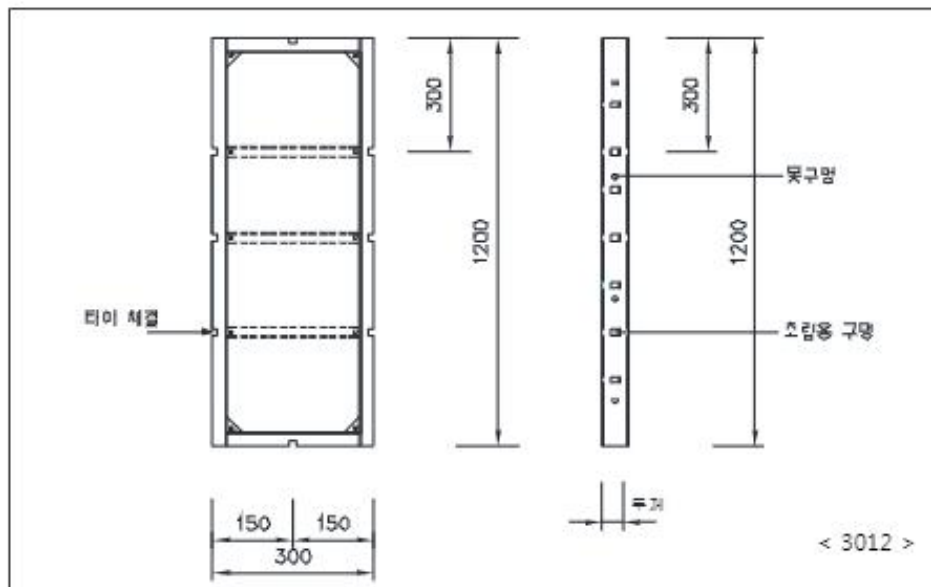
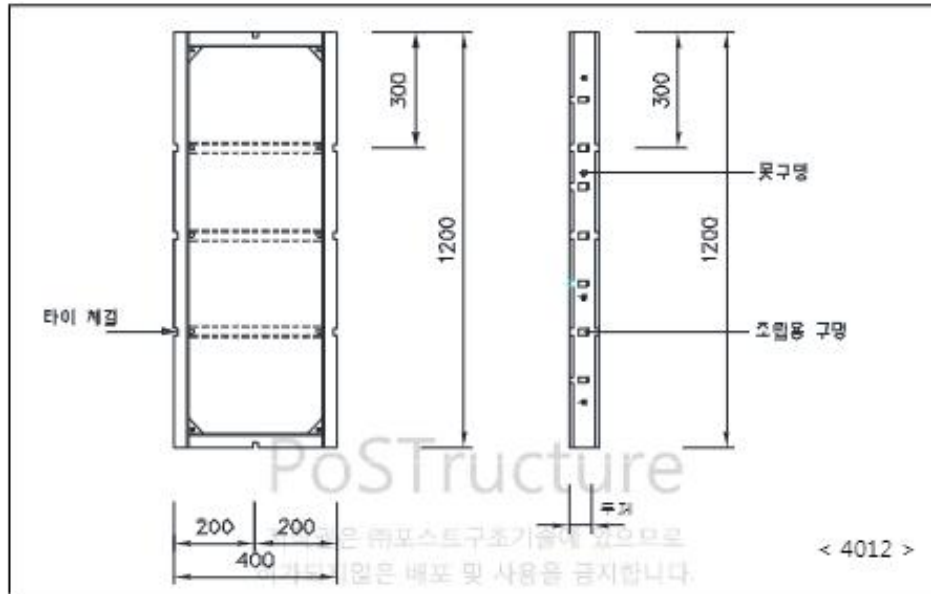
1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

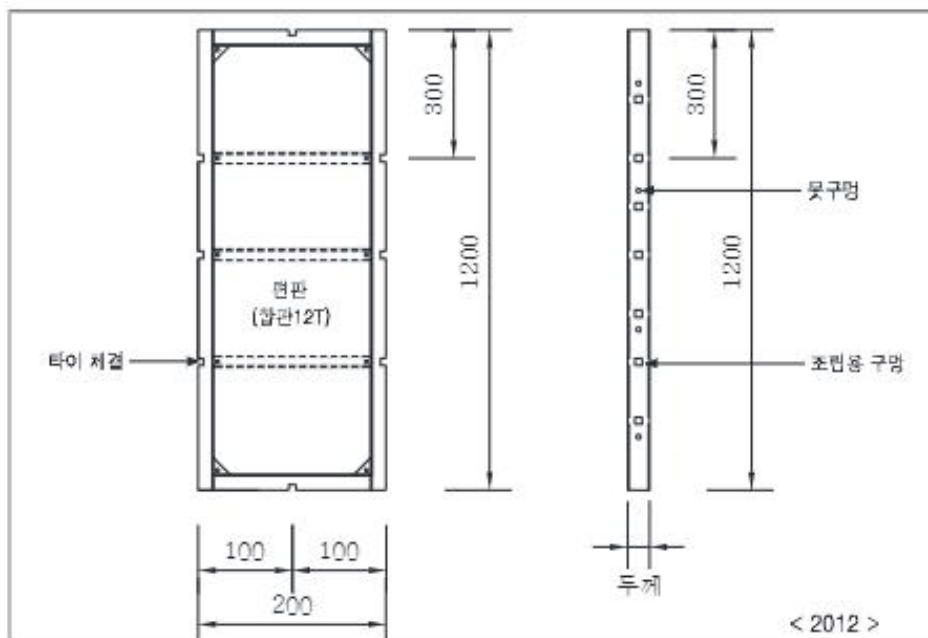
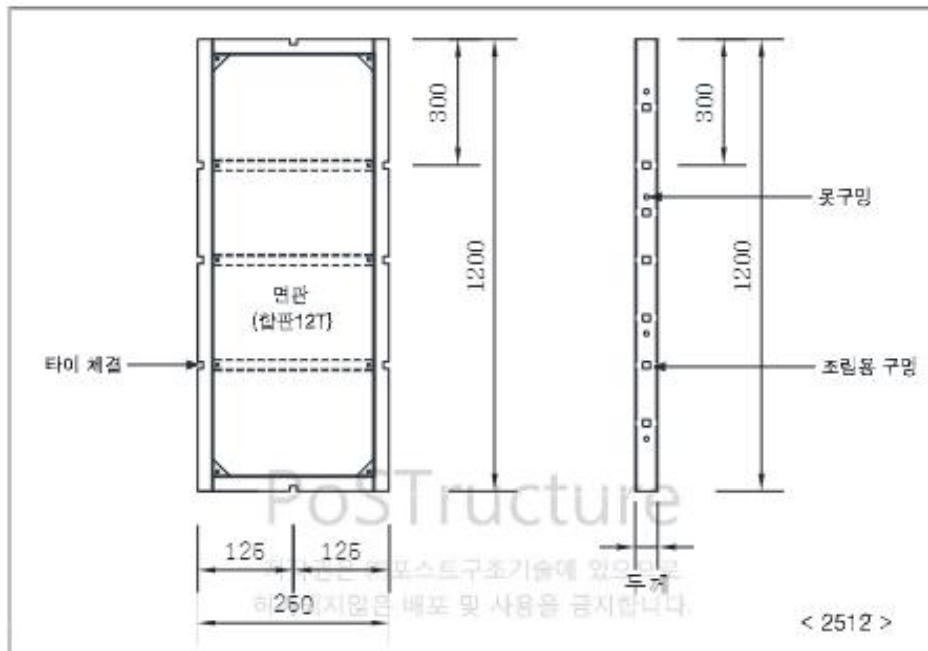
1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

2.2 유트롬 6012 : T=2250mm

1) 설계조건

콘크리트 타설두께 : 2250 mm

콘크리트 벽높이 : 8500 mm

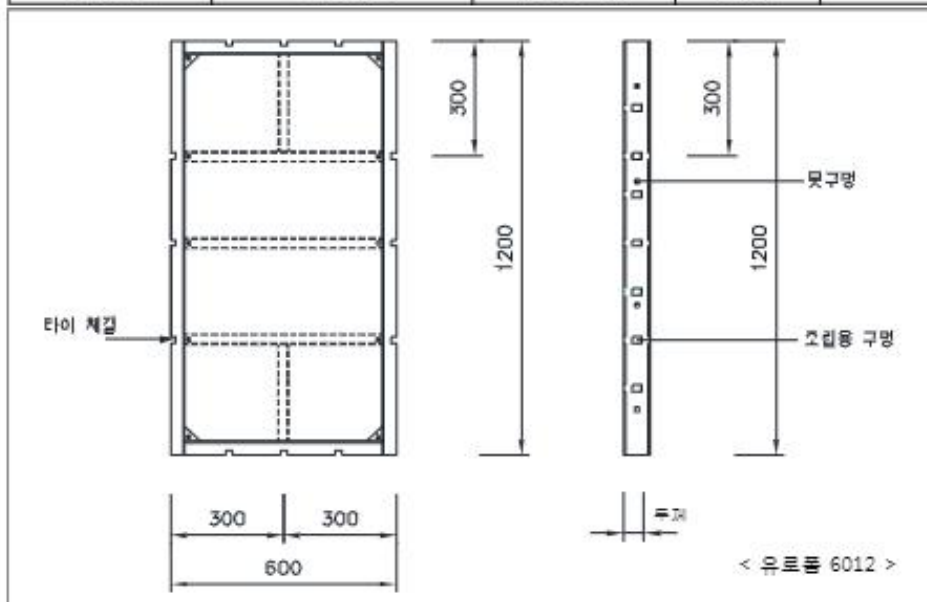
콘크리트 1차 타설높이 : 950 mm

콘크리트 타설 속도 : 0.65 m/hr

거푸집법의 변형기준 : A 급

2) 사용부재

구 분	사용부재	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	
뿔 타 이	F-3x19	@ 600 mm	SS275	
버팀지지대	P-48.6x2.3	@ 1200 mm	STK500	





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

3) 거푸집 측압산정, P_{max}

-타설속도(R) $\leq 2.1\text{m/h}$ 및 타설높이(H) $\leq 4.2\text{m}$ 를 동시에만족

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

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

R : 콘크리트 타설속도 (m/hr) : 0.65 m/hr

T : 타설되는 콘크리트의 온도 ($^{\circ}\text{C}$) : 25.0 $^{\circ}\text{C}$

C_w : 단위질량 계수 : 1.0

C_c : 첨가물 계수 : 1.2

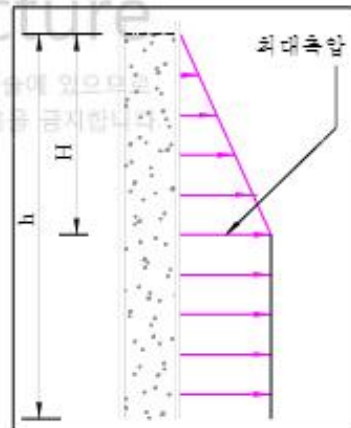
(※ 일반사항 1.7 참고)

- 콘크리트 1차 타설높이, H

$$P = W \times H$$

$$H = P / W$$

$$= 22.98 / 24 = 0.95 \text{ m}$$





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

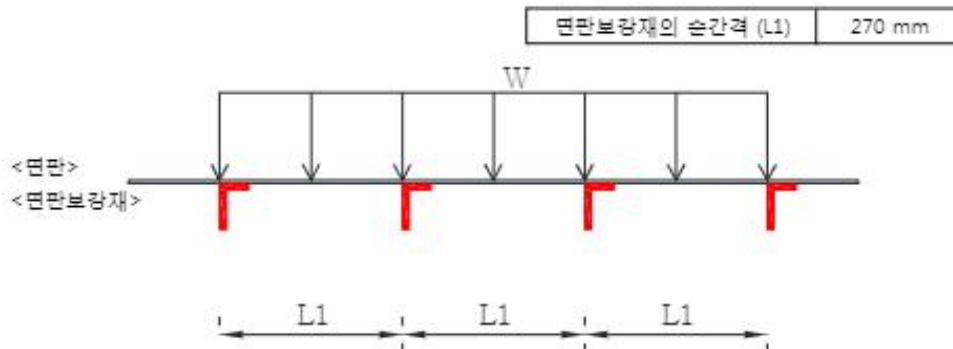
Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

4) 면판 검토



- 면판이 받는 하중 (LOAD) : (단위폭 1mm당에 대하여)
 $W = \text{설계하중} \times 1.0 \text{ mm} = 0.02298 \text{ N/mm}$

- 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 _{b2} (MPa)	허용전단응력 f _{s2} (MPa)
12	11,000	90	13	10	16.8	0.63

- 면판의 휨응력 검토

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

$$f_b = M_{\max} / Z = 16.11 \text{ MPa} < f_{b2} = 16.8 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K.}$$

- 면판의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

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

- 면판의 전단응력 검토

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

$$f_s = \frac{V_{\max}}{Ib / Q} = 0.31 \text{ MPa} < f_{s2} = 0.63 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K.}$$



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

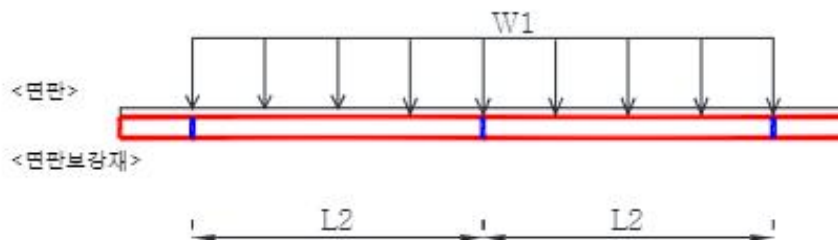
페이지

Sheet No.

5) 면판보강재 검토

측면보강재의 간격 (L2)

600 mm



- 면판보강재가 받는 하중 (LOAD)

$$W1 = \text{설계하중} \times L1 = 6.89 \text{ N/mm}$$

- 면판보강재의 종류

L-50x30x3.2, SS315

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

- 면판보강재의 휨응력 검토

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

$$f_b = M_{max} / Z = 81.6 \text{ MPa} < f_{oa} = 193 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K.}$$

- 면판보강재의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

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

- 면판보강재의 전단응력 검토

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

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



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

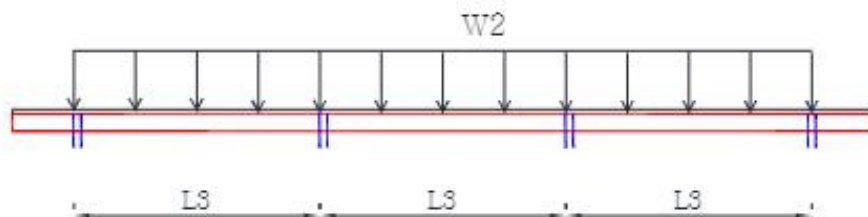
페이지

Sheet No.

6) 측면보강재 검토

팔 타이의 간격 (L3)

600 mm



- 측면보강재가 받는 하중 (LOAD)

$$W2 = \text{설계하중} \times L2 / 2 = 6.89 \text{ N/mm}$$

- 측면보강재의 종류

F Profile 63.5x4, SS410

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

- 측면보강재의 휨응력 검토

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

$$f_o = M_{\max} / Z = 85.5 \text{ MPa} < f_{oa} = 271 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K.}$$

- 측면보강재의 처짐 검토

a. 절대변형 기준

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

- 측면보강재의 전단응력 검토

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

$$k = 1.5$$

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



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

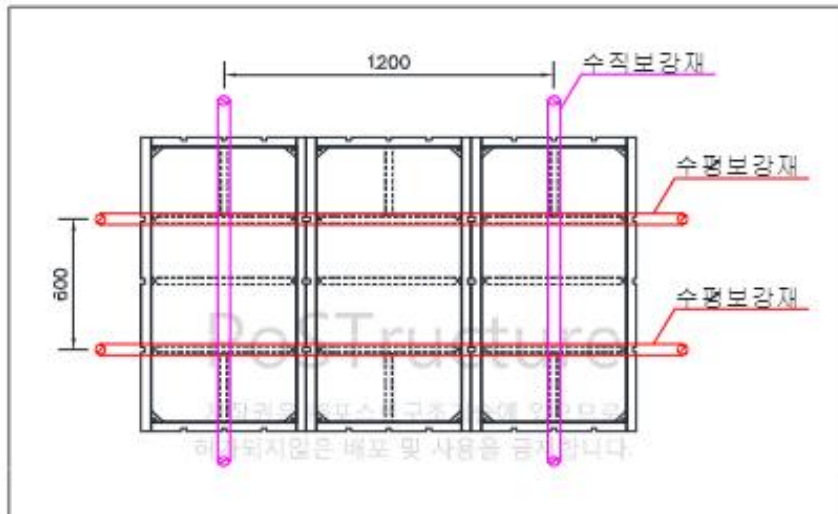
2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

7) 수직, 수평 보강재

- 유로틀 1개당 상하부 2개 수평으로 설치
- 유로틀 1개당 중앙부 1개 수직으로 설치
- 수평/수직 보강재는 유로틀 수평/수직 직선도를 위해 설치하므로 검토 생략



8) 플라이 겹트

- 허용인장하중 산정, F_t

$$F_t = \text{최대인장하중} / \text{안전율} \\ = 30.0 \text{ kN} / 2.0 = 15.0 \text{ kN}$$

- 소요인장하중 산정, F

$$F = \text{축압} \times \text{플라이 분담면적} \\ = 22.98 \times 0.6 \times 0.6 = 8.3 \text{ kN} < 15.0 \text{ kN} \rightarrow \text{O.K.}$$



(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

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

- 랑구조설계기준에 의한 허용압축력 (P_{a1}) [KDS 14 30 00 : 2016 랑구조설계(허용응력설계법)]

* 세장비 : $\lambda = KL / r = 183.04$

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

* 허용압축응력 :

$C_c < KL/r$ 일 때,

$$F_c = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E_c}{23 \cdot (KL/r)^2} = 31.5 \text{ MPa}$$

* 허용압축하중

$$P_a = F_c \times A = 10.6 \text{ kN}$$

- 버팀지지대 검토

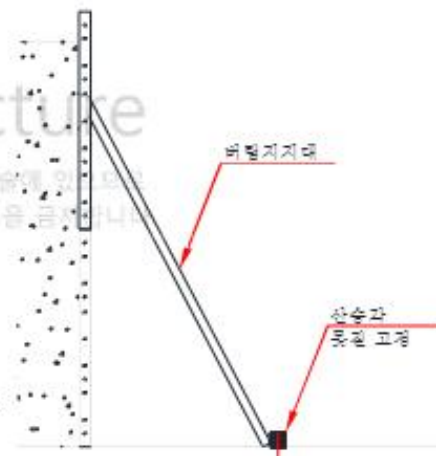
$$P_w = 0.5 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ 자 타설높이} \times \text{버팀지지대 간격}$$

$$= 0.5 \times 5 \times 1.2 = 3.0 \text{ kN}$$

$$P = P_w / \cos 45 = 4.3 \text{ kN}$$

$$< 10.6 \text{ kN}$$

→ O.K





(주)포스트구조기술

POST STRUCTURE
ENGINEERING & CONSULTING

개정번호

1

Rev.No.

2021 - 7 - 1053

페이지

Sheet No.

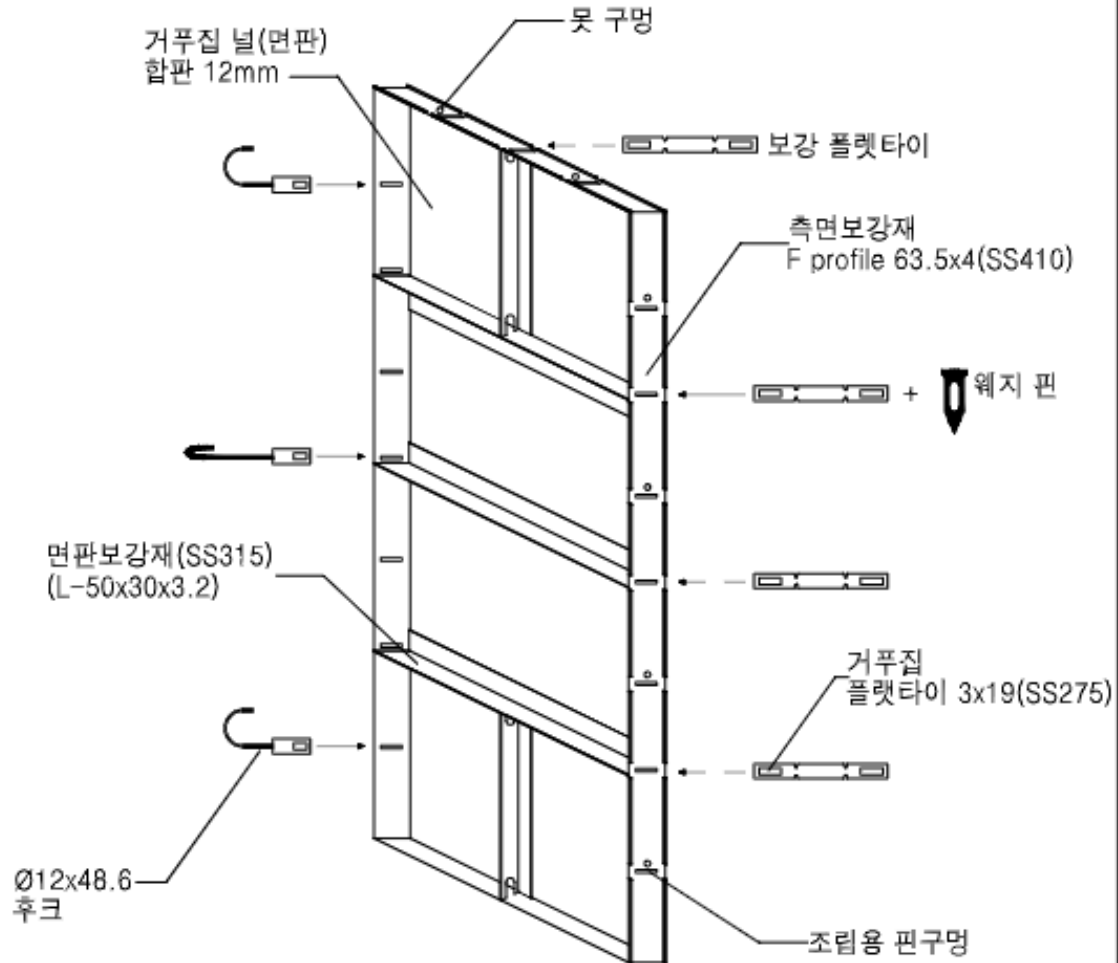
※ 첨부 자료 1

- 설치도면

PoSTructure

저작권은 (주)포스트구조기술에 있으므로
허가되지 않은 배포 및 사용을 금지합니다.

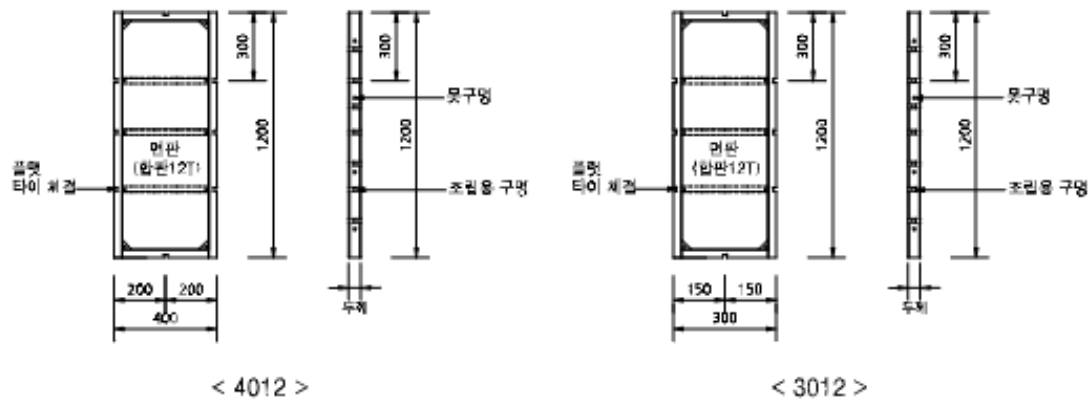
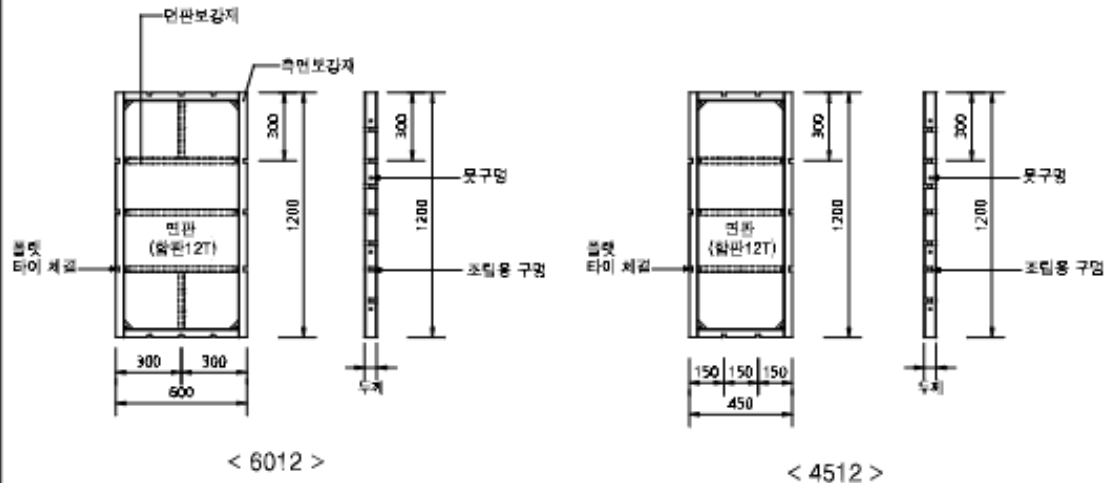
<단위 : mm>



유로폼 상세도

분류	도면명	도면번호
유로폼	유로폼 규격	No.002

<단위 : mm>

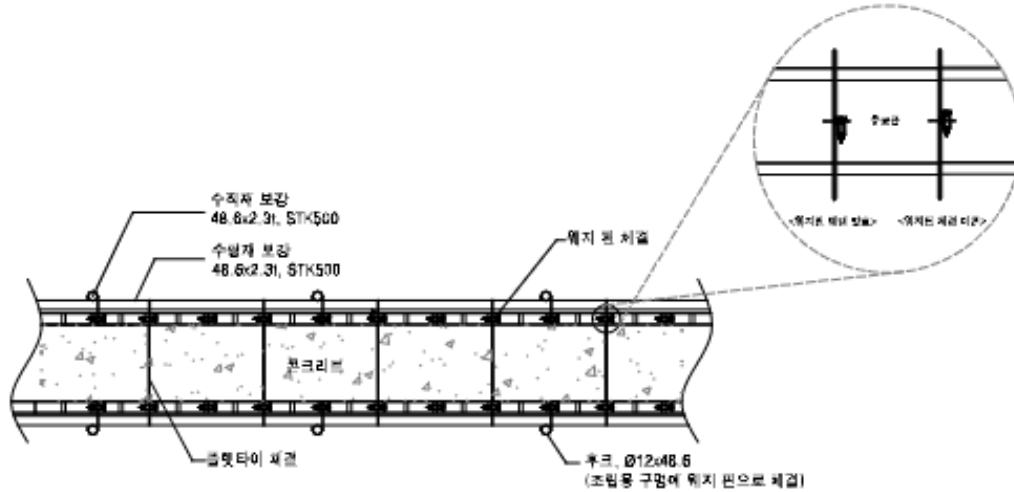


유로폼 규격

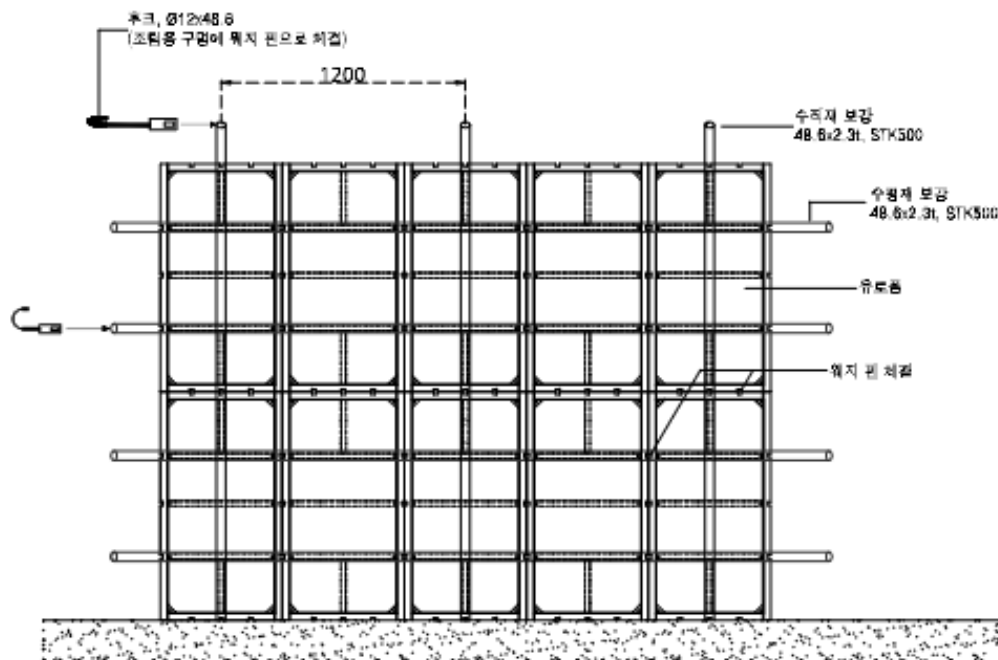
PoStructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈니스센터)
 (주)포스트구조기술연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 <https://postr.co.kr/>

		CONSTRUCTION	NUM	NUM	LEE
Rev	DATA	DESCRIPTION	BY	CHE	APP

분류	도면명	도면번호
유로폼	벽체 유로폼 표준설치도	No.003



벽체 유로폼 평면도



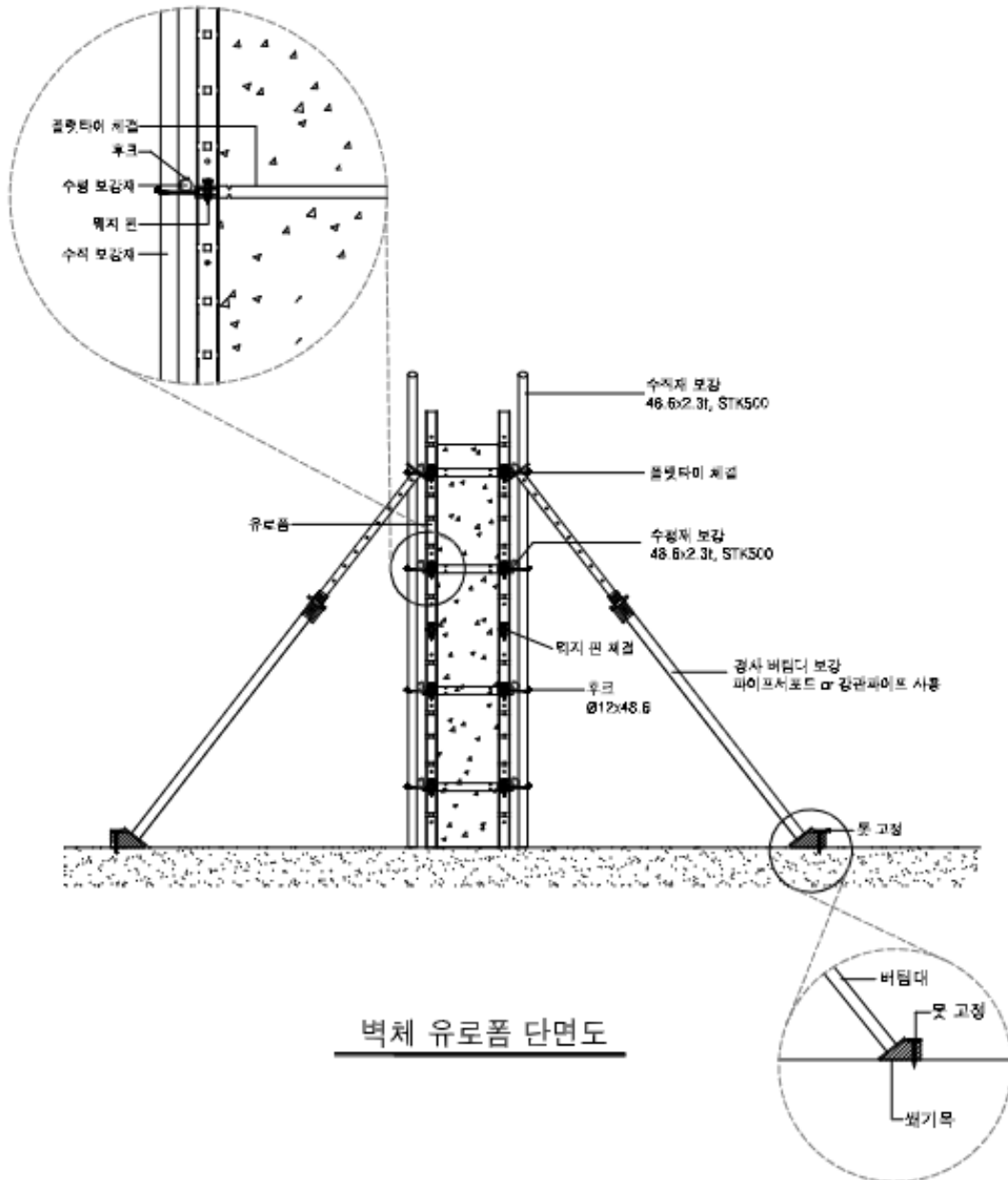
벽체 유로폼 입면도

PoStructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대덕비즈니스센터)
(주)포스트구조기술연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 <https://postr.co.kr/>

		CONSTRUCTION	NUM	NUM	LEE
Rev	DATA	DESCRIPTION	BY	CHE	APP

분 류	도면명	도면번호
유로폼	벽체 유로폼 표준설치도	No.004

<단위 : mm>



벽체 유로폼 단면도

PoStructure 주 소 : 대전광역시 유성구 테크노4로 17, 에이동 704호 (대역비즈센터)
 (주)포스트구조기술 연락처 : Tel)042-322-1482 / Fax)042-367-0914 <https://postr.co.kr/>

		CONSTRUCTION	NUM	NUM	LEE
Rev	DATA	DESCRIPTION	BY	CHE	APP

9. 안전관리 관련자료



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 불임과 같이 제출합니다.

○ 검토 결과 : 적 정

불임 : 1. 안전관리계획서 1식(별도 송부)

2. 승인 문서 및 건설안전점검기관(한국시설안전공단) 검토결과서 1식, 끝.

인천국제공항공사



★대리 손영호 팀장 전전 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)

감찰행위 상담전화 032-741-2145(청렴선문고)/익명신고 www.redwhistle.org



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 보완 사항
(단, 금회 안전관리계획서에서 해당공종 착공전 제출 예정으로 계획한 항목 제외)
 - 라. 검 토 의 건 : “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, 1. 끝.

한국시설안전공단 이사장



직원 정종민 차장 01/21 유지명 건설안전관리실장 권혁기

협조자

시행 건설안전관리실-1122 (2020.01.21.) 접수 건설기획처-233 (2020.01.22.)

우 52852 경상남도 진주시 사들로 131, 인재교육관 4층 건설 / <http://www.kistec.or.kr/>
안전관리실

전화 055-771-1769 / 전송 055-771-1774 / jongmin8671@kistec.or.kr / 비공개

 Incheon Airport	4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 안 전 관 리 계 획 서	문서번호 : 4CCCC1-Q117-001
		개정번호 : Rev. A
	안전관리 조직	페이지 : 16쪽의 6

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			



 Incheon Airport	4단계 공항내부 연결도로공사(4-8공구) 안 전 관 리 계 획 서	문서번호 : 4CCCC1-Q417-001 개정번호 : Rev. A
	안전관리 조직	페 이 지 : 16쪽의 11

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 독	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 상 (상 호) : 동부건설 주식회사 성 명 (대표자) : 허 상 희 (서명 또는 인)			

