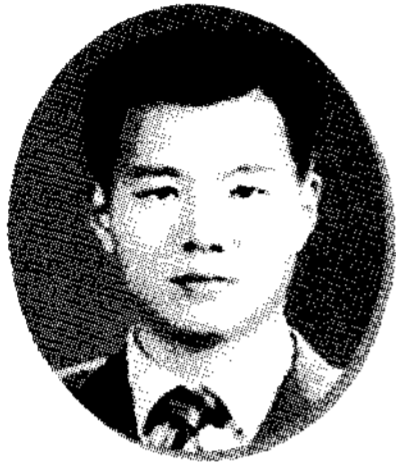


깊은수심에서의 해상 PBD 설계 적용사례



전욱
(주)도화종합기술공사 과장



조영묵
(주)도화종합기술공사 부장
(jym6712@dohwa.co.kr)



김용구
(주)도화종합기술공사 이사



유한구
(주)도화종합기술공사 부사장

1. 개요

국내외 경제규모 증대에 따른 항만화물의 지속적 증가 및 대중국 화물량 급증에 대비한 서남권 중추항만을 개발하기 위해 추진중인 목포신항 개발계획 중 II 단계 사업인 잡화·철재·목재부두가 현재 시공중에 있으며 과업위치는 그림 1과 같다. 본 사업을 위한 지반조사결과, 연약점성토층은 0m~19m 두께로 고소성 실트질 점토(CH)와 저소성 실트질점토(CL)가 지역적으로 분리 또는 혼합형태로 분포하는 것으로 조사되었다.

상기와 같이 지반조건 변화가 심한 본 지역의 지형 및 수

심에 대한 분석결과, 연약층후가 비교적 작은 깊은수심의 항만부지와 연약층후가 두터운 얇은수심의 배후부지로 구분할 수 있었으며 다양한 지반조건하의 항만구조물(안벽, 호안, 도로, 단지)에 대한 연약지반 개량공법 설계 적용사례와 현재 국내 적용사례가 없었던 깊은수심에서의 해상 PBD공법에 대해 소개하고자 한다.

2. 공사현황

본공사는 목포시 달동 허사도 및 충무동 고하도 전면해

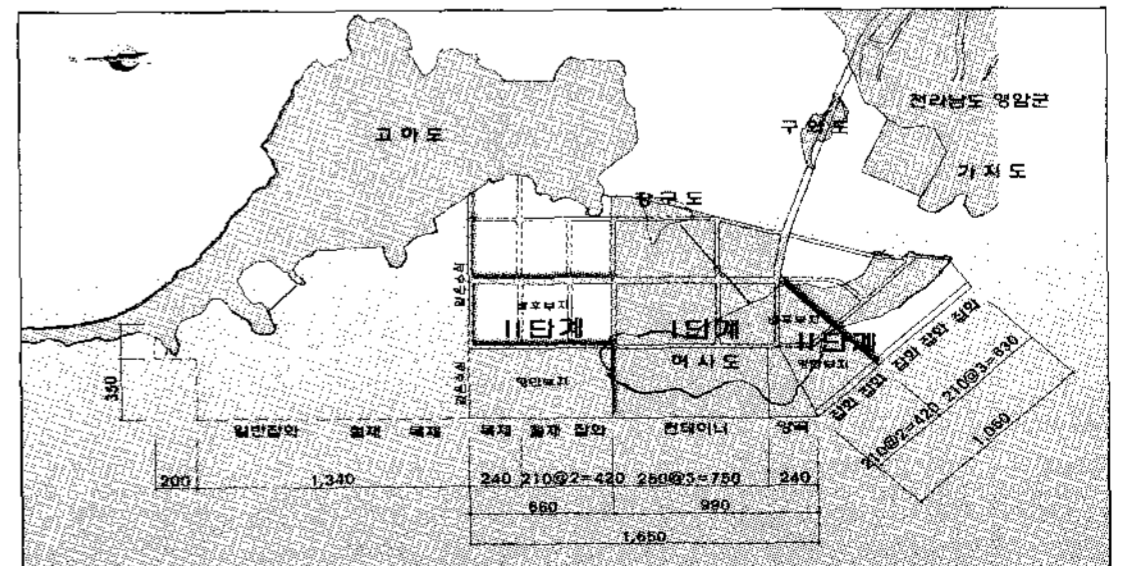
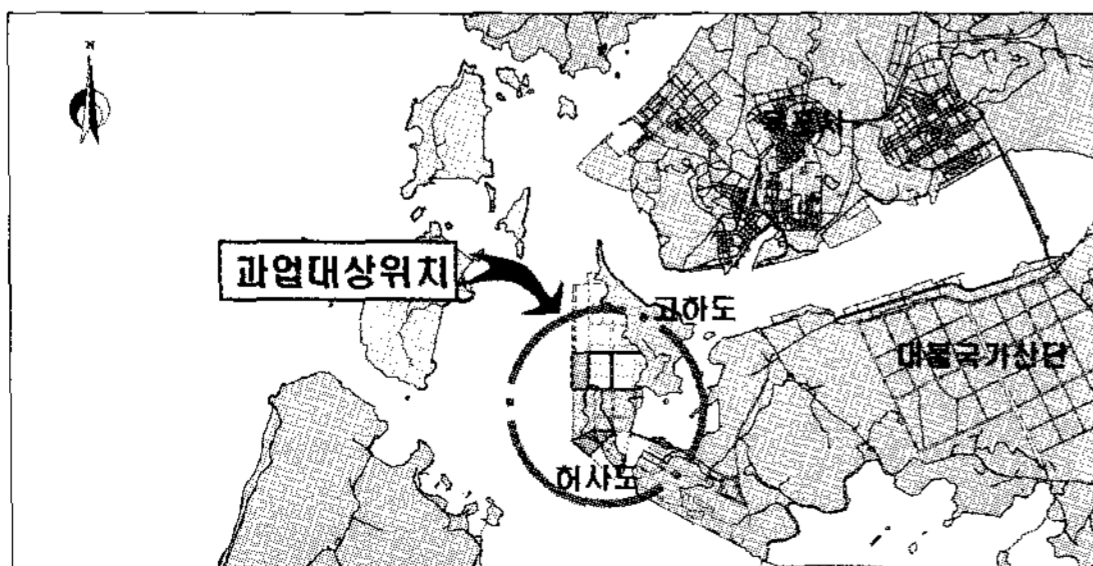


그림 1. 과업 위치도

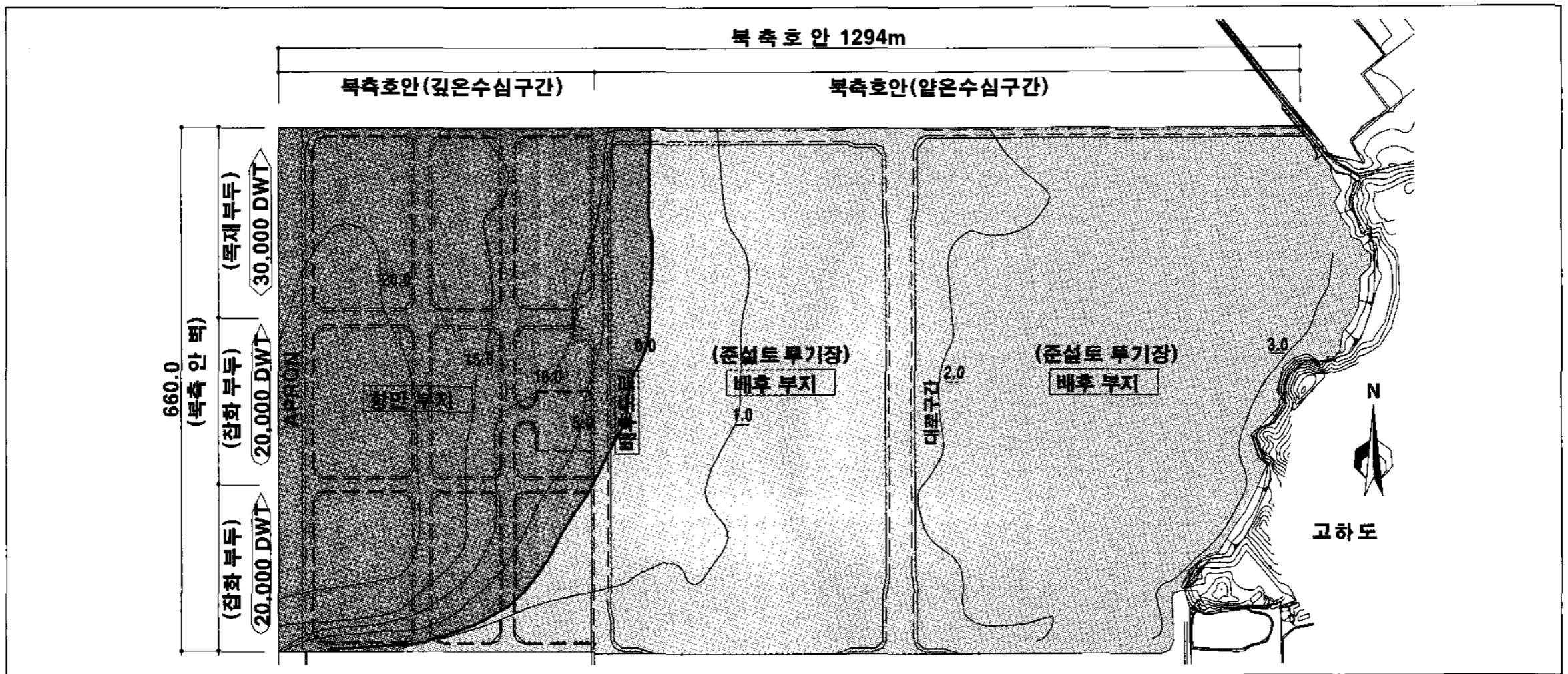


그림 2. 지형 및 수심도

상부 일원으로 목포항 남서쪽에 위치하고 있으며 면적 약 80만 m^2 (660m \times 1290m) 규모로 계획된 잡화·철재·목재 부두시설이다. 주요공정으로는 선박 2만톤급 2선석 및 3만톤급 1선석 규모의 케이슨식 접안시설과 호안, 항만부지, 도로등의 연약지반 개량공법을 포함하고 있다.

3. 지반조건 및 특성 분석

3.1 지형 및 수심현황

본 과업지구의 수심분포는 그림과 같이 배후도로를 경계로 하여 항만부지의 경우 원지반선이 0~20m로 급격히 낮아져 최대 21m의 깊은수심하에 원지반이 분포하며 준설토 투기장으로 계획된 배후부지의 경우 0m ~ -3m 로 얕은수심의 완만한 간사지를 이루고 있는 것으로 조사되었다.

3.2 지층현황

본 과업지구는 그림3과 같이 $N \leq 8$ 이하의 연약점성토층이 약 2.0m~19.0m 정도로 지층 최상부에 분포하고 있으며 구간별 연약점성토층 두께는 배후도로를 경계로 깊은

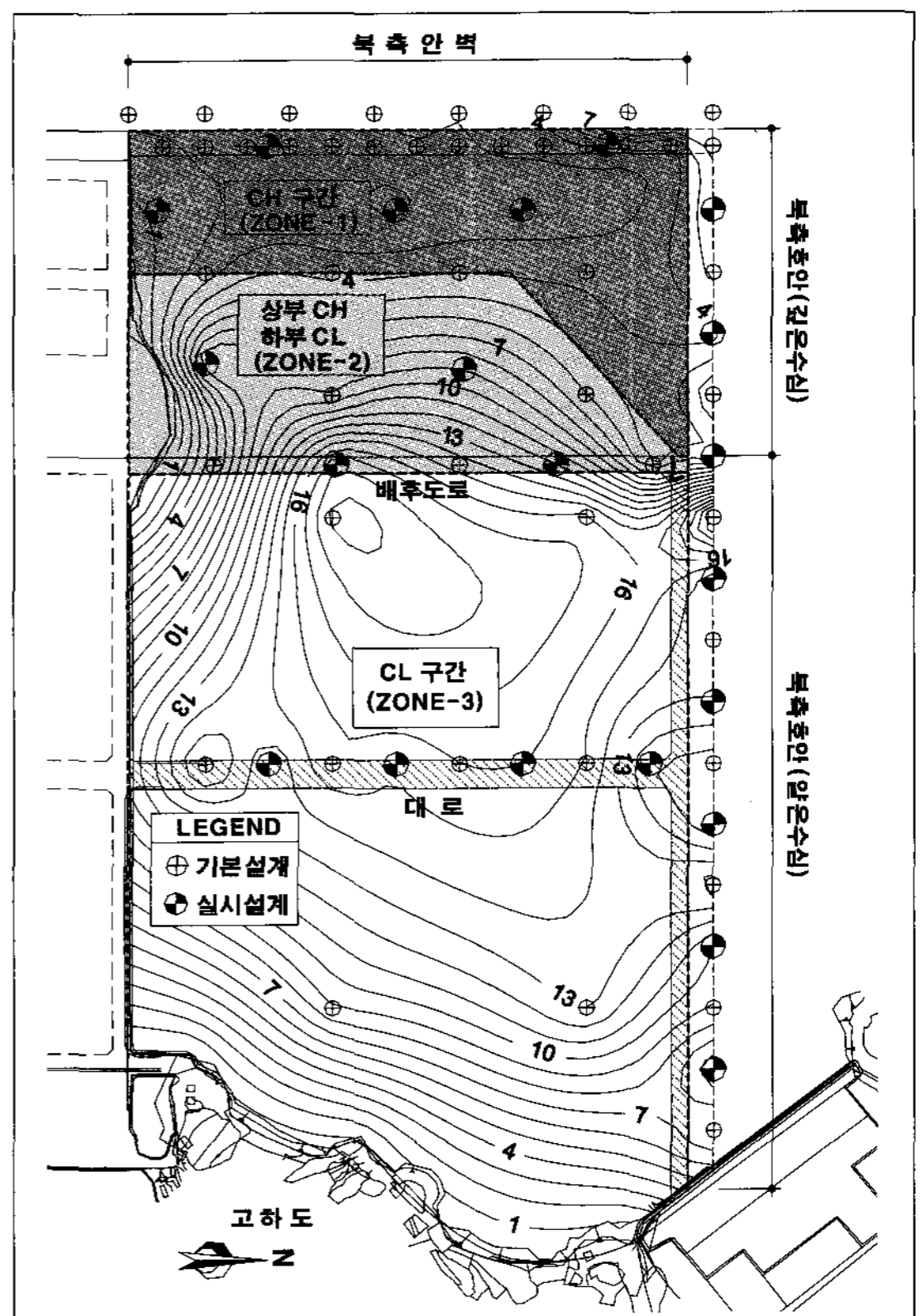


그림 3. 연약지반 층후도($N \leq 8$)

수심구간인 Zone-1 구간(4m 이하), Zone-2 구간(4~16m), 얕은수심구간인 Zone-3구간(1~19m)으로 구

분 적용하였으며 항만부지 배후도로를 경계로 급격한 지층변화가 있음을 확인하였다.

정도의 초연약지반으로 호안 또는 안벽과 같은 사면안정 확보가 필요한 구조물 설계시 안정성을 고려한 기초공법

3.3 지반특성 분석

1) 물리적특성

본 과업지역의 연약 점성토층에 대하여 항만 배후도로를 경계로 소성이 큰 CH구간과 소성이 비교적 작은 CL구간으로 구분하여 분석하였으며 분석결과, 자연함수비(평균)는 CH, CL구간 각 79.2, 38.4%로 CH구간이 약 2.1배 정도 큼을 알수 있으며 액성한계 또한 CH, CL 구간 각 67.2, 40.7%로 1.7배 정도 차이를 보이므로 본 물리적특성을 반영하여 설계구역을 구분하므로서 지역별 과다 및 과소설계가 되지 않도록 설계 적용하였다.

2) 강도특성

다음 그림은 Vane시험 및 실내 일축/삼축압축시험을 통한 심도별 비배수 전단강도로서 원지반으로부터 심도 5.0m에서의 비배수 전단강도는 CH구간의 경우 0.12kg/cm²으로 CL구간의 0.18kg/cm²에 비해 67% 정도 작은 강도로 조사되었다.

특히 CH구간의 상부 3.0m 이내 층후인 경우 0.04kg/cm²

표 1. 연약지반 물리적 특성

| 구분 | CH 구간 | | CL 구간 | | | |
|----------|------------------|-------------------|------------|------|-----------|------|
| | 범위 | 평균 | 범위 | 평균 | | |
| 비중 | G _s | - | 2.68~2.75 | 2.72 | 2.66~2.72 | 2.69 |
| 자연함수비 | w _n | % | 51.2~124.3 | 79.2 | 24.1~48.4 | 38.4 |
| 초기간극비 | e _o | - | 1.44~2.88 | 2.26 | 0.95~1.48 | 1.23 |
| 포화단위중량 | r _{sat} | tf/m ³ | 1.45~1.74 | 1.56 | 1.69~1.87 | 1.76 |
| 액성한계 | LL | % | 50.2~98.2 | 67.2 | 26.7~49.6 | 40.7 |
| 소성지수 | PI | - | 17.3~64.9 | 41.6 | 10.6~30.0 | 19.5 |
| 200번체통과율 | - | % | 50.9~99.9 | 94.0 | 51.2~99.9 | 94.4 |

표 2. 강도증가율 산정결과

| 구분 | 산정방법별 강도증가율(m) | | | |
|------|----------------|------|------|-----|
| | 소성지수 | 액성한계 | 전단강도 | 적용 |
| CH구간 | 0.28 | 0.32 | 0.43 | 0.3 |
| CL구간 | 0.18 | 0.18 | 0.30 | 0.2 |

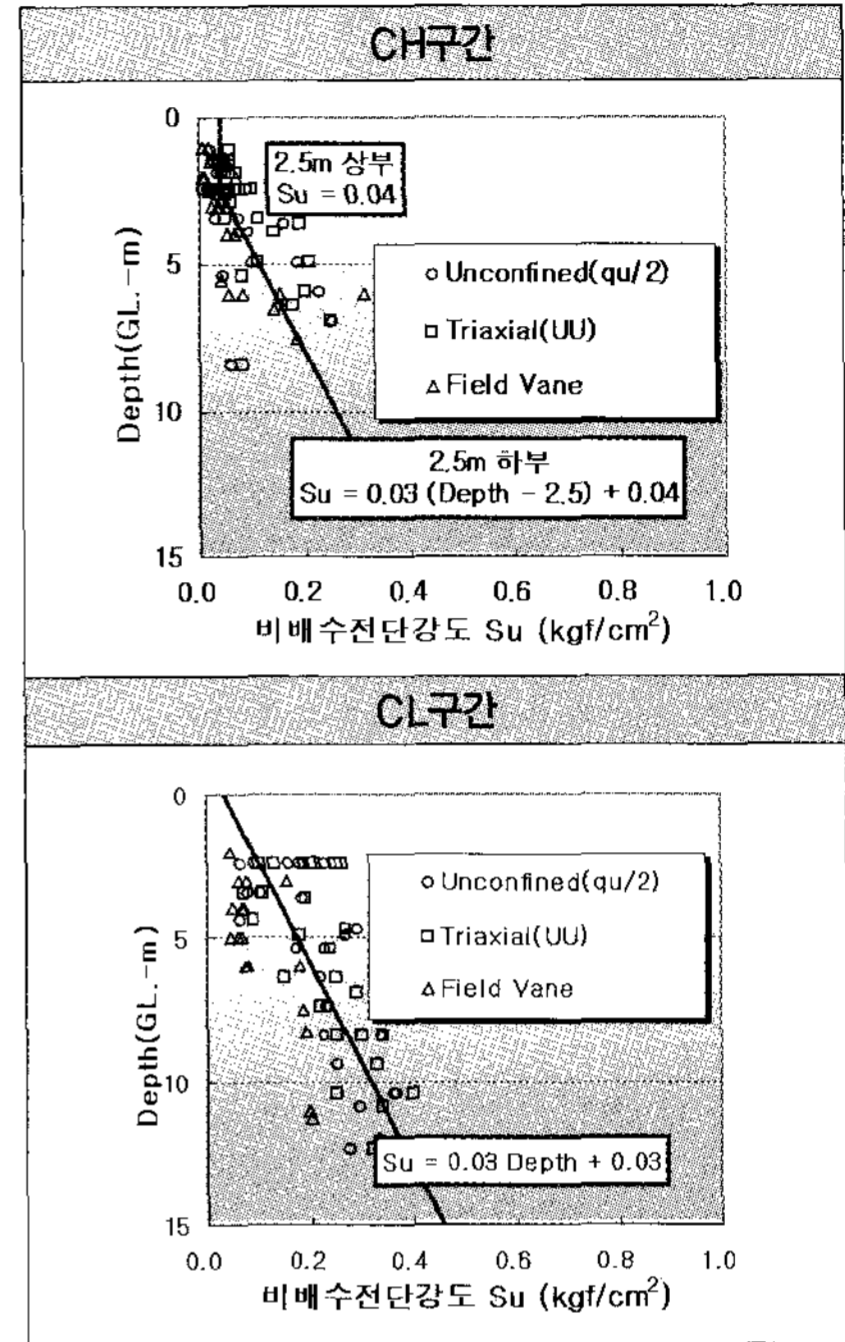


그림 4. 비배수전단강도

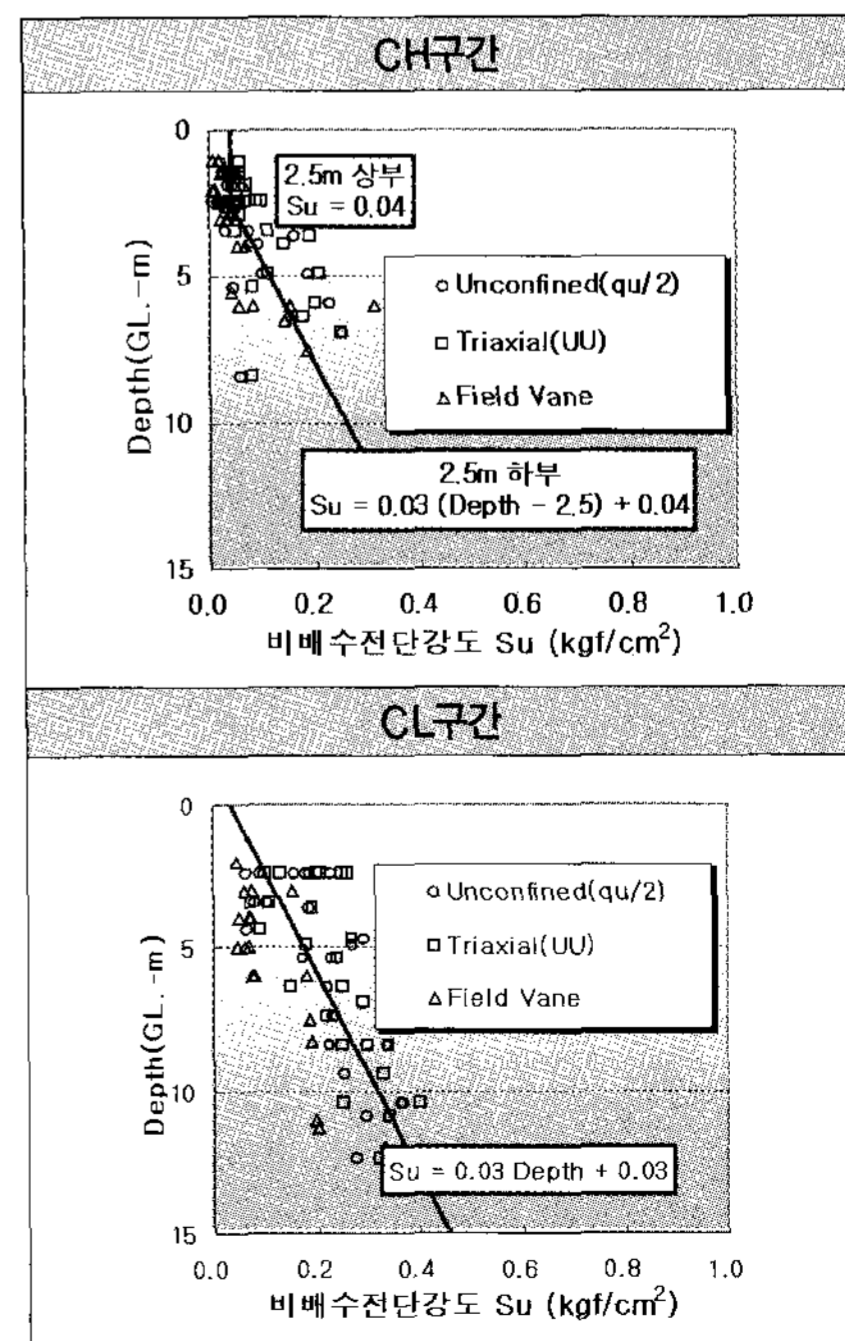


그림 5. 압축지수(보정후)

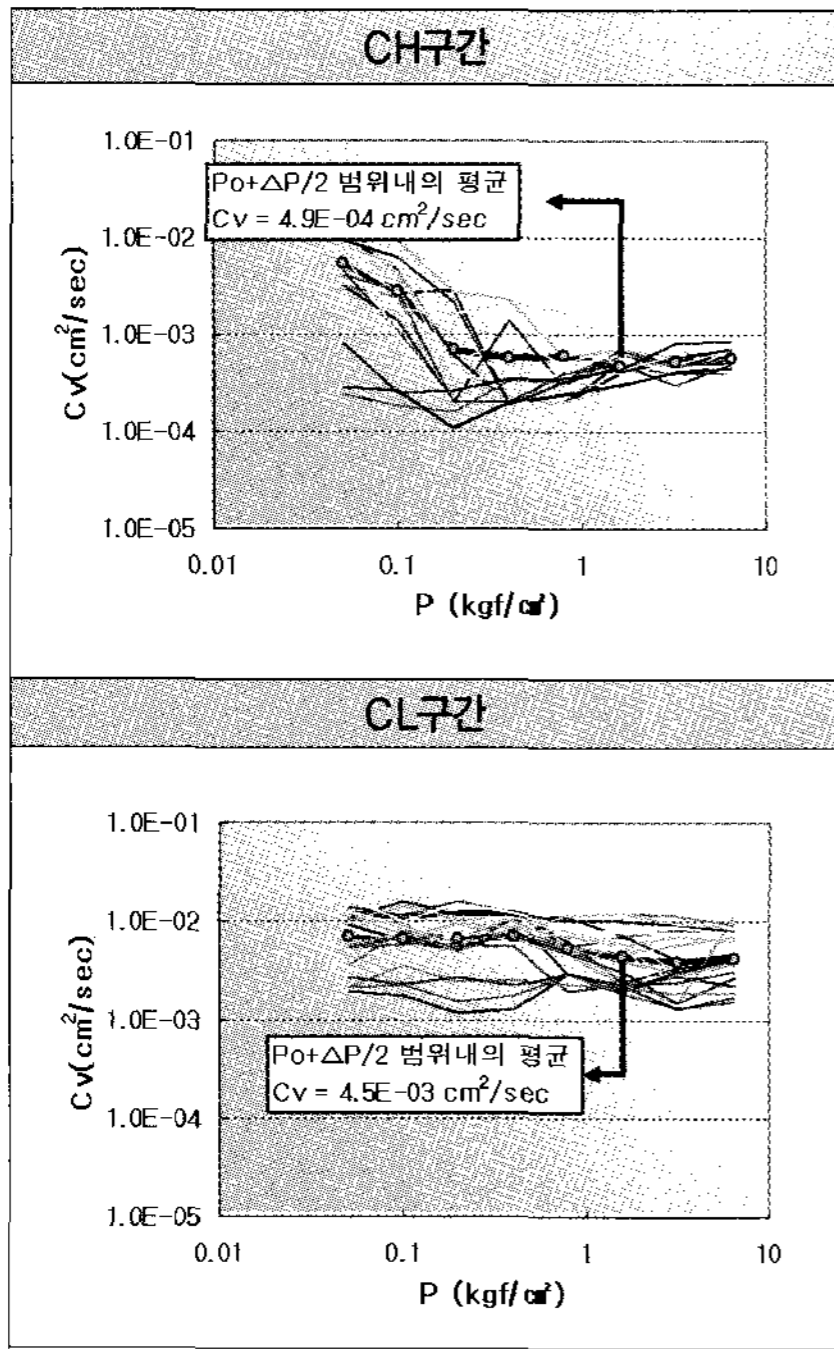


그림 6. 압밀계수

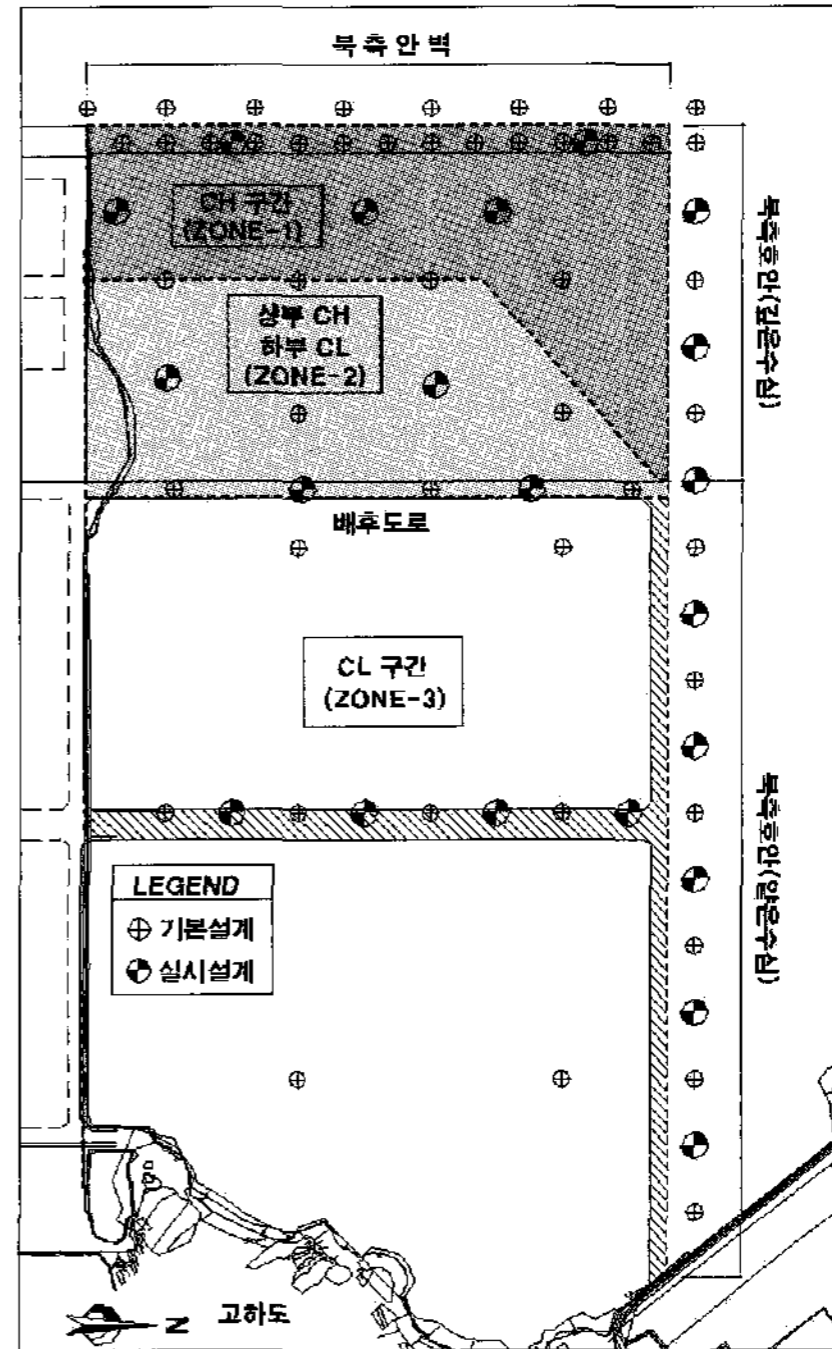


그림 7. 연약지반 특성에 따른 설계 구역분할

선정을 되도록 계획하였다.

본 과업구간의 강도증가율(m)은 CH구간은 0.3, CH구간은 0.2로 일반적인 점성토의 강도증가율인 0.2~0.3 범위와 동일한 경향으로 분석되었다.

3) 압축 및 압밀특성

압축지수(C_α)는 연약점성토층의 침하량 크기에 영향을 주는 지반정수로 그림 5와 같이 본 과업구간의 경우 평균 값 분석결과, CH구간 1.07, CL구간 0.55로 조사되었으며 CH구간의 경우 심도별 감소경향이 큰 것으로 분석되었다.

다음 그림 6은 연약지반 성토하중 재하시 침하속도에 영향을 주는 지반정수인 압밀계수이며 본 과업지구 재하하중에 대한 압밀계수는 CH구간 4.9E-04 cm²/sec, CL구간 4.5E-03cm²/sec로 CH구간의 압밀계수가 현저히 작은값으로 조사되었다.

압밀이력을 나타내는 과압밀비(OCR) 분석결과, CH구간 0.5~2.6, CL구간 1.0~2.0이며 평균 1.5정도를 고려, 설계적용시 안전측인 정규압밀점토로 적용하였다.

4) 연약지반 특성에 따른 설계 구역분할

수심 및 연약층후(두께), 퇴적이력을 고려한 설계구역 분할결과, 연약층이 두꺼운 얇은수심구간에서는 저소성점토(CL), 연약층이 상대적으로 얇은 깊은수심구간에서는 고소성점토(CH)가 분포하는 것으로 확인되었으며 경계부인 항만부지 배후도로구간의 경우 원지반 지형이 급격히 변화하며 상부 고성토 점토(CH), 하부 저소성 점토(CL)가 교호하는 것으로 나타났다.

4. 항만구조물별 연약지반 처리공법

4.1 북측안벽 구간

본구역의 원지반고는 DL(-)16.6~DL(-) 21.6m로 깊은수심구간이며 본구역내 시추번호 NQ-1에서만 6.5m의 비교적 두꺼운 연약점토층이 분포하나 대부분 구간에서는 3.0m 내외의 얇은층으로 분포하므로, 준설치환공법을 적용하였다.

준설치환공법은 원지반을 준설제거한후 사석으로 치환 하므로써 연약지반상에서 발생할 수 있는 문제를 근원적으로 제거하는 공법으로 본 구간과 같이 연약층후가 얇은 경우 시공성 및 경제성에서 유리하나 준설토발생에 대한 대책이 수립되어야 한다.

본 구간 준설점토는 항만배후부지 준설토 투기장(그림2 참조)으로 투기하는 것으로 계획하였다. 본구역 지층단면도 및 기초지반처리공법은 다음과 같다.

4.2 북측호안 및 도로구간

- 본구간의 원지반고는 DL(+).2.7m~DL(-)18.3 m 로 연약점성토층의 두께는 3.5m~22.3m로 조사되었다.

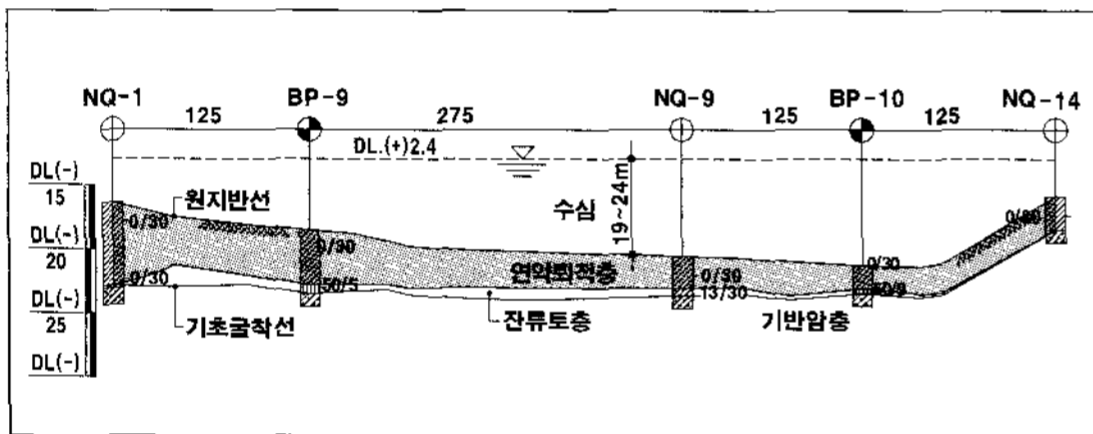


그림 8. 북측안벽 지층단면도

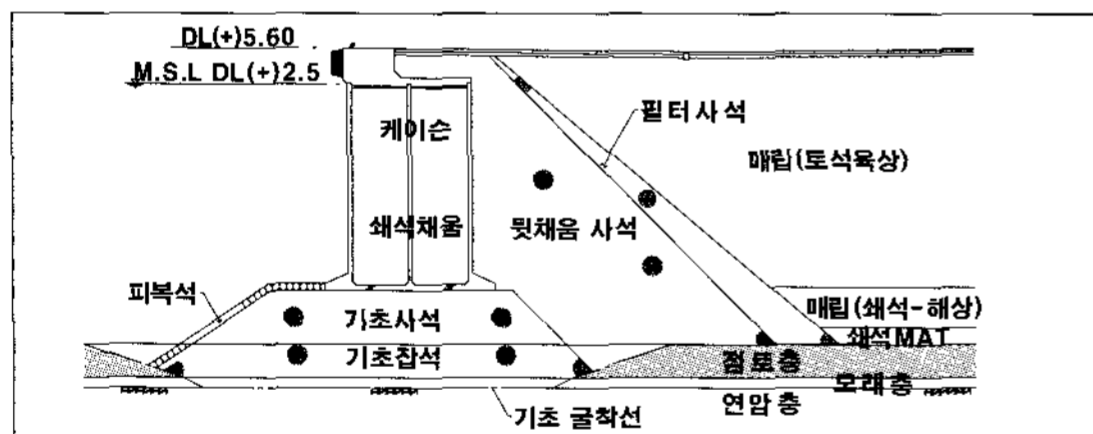


그림 9. 북측안벽 기초지반 처리공법

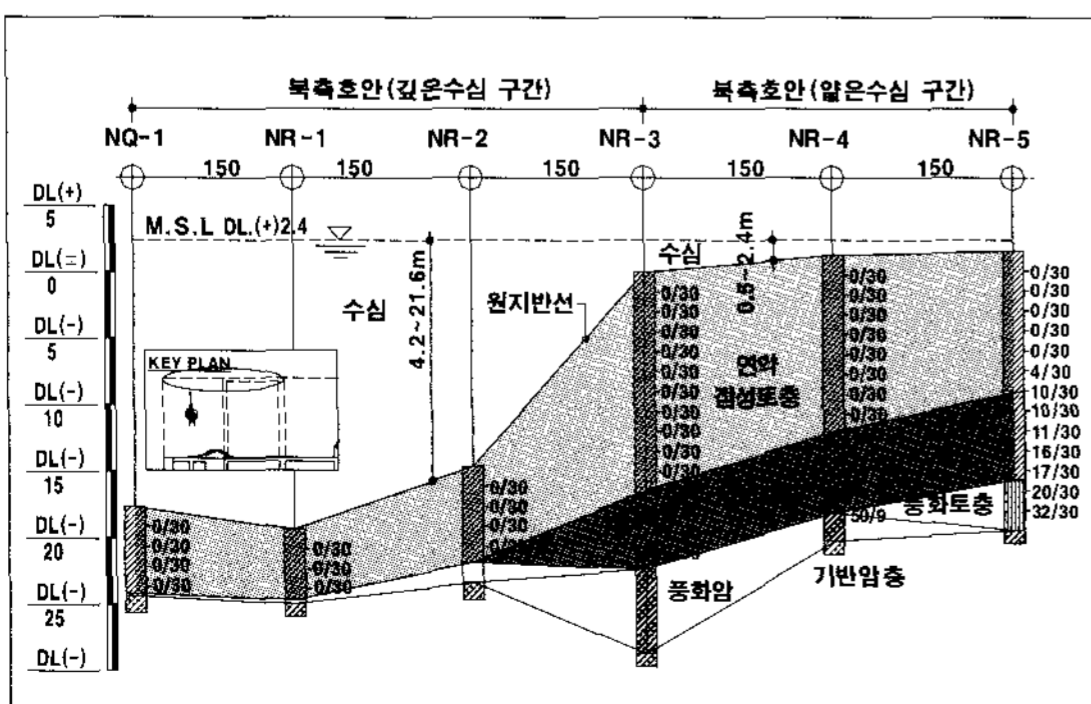


그림 10. 북측호안 구간

- 본구간의 경우 수심 및 연약점성토층 두께 변화가 매우 심하여 그림10과 같이 깊은 수심구간, 얇은 수심구간으로 구분되며 각 구간별 연약지반 개량 및 기초 처리공법은 지반조건 및 특성, 시공성, 경제성을 감안하여 결정하였다.
- 연약지반 처리공법으로는 강제치환공법, 쇄석다짐말뚝공법, 고압분사공법을 비교안으로 선정하여 각안에 대한 경제성, 안정성 및 시공성 등을 비교·검토하여 최적인 강제치환공법을 적용하였다.
- 강제치환 공법은 원지반상에 사석을 투하하여 사석 체하중에 의해 기초지반을 파괴, 연약층을 주변지역으로 강제 배제시킴과 동시에 양질의 치환재로 치환하는 공법으로 공종이 단순하므로 시공성이 유리하나 미치환층이 발생하므로 장기침하에 대한 안정성 확보가 중요한 공법이다.
- 본 과업구간에서는 강제치환 하부 미치환층 처리대책으로 그림11과 같이 강제치환 여성고를 충분히 존치하여 잔류침하를 허용치 이내로 제한하므로써 침하에 대한 안정성을 확보하였다.

4.3 항만부지 구간

1) 지반조건 검토

- 안벽배면측인 항만부지에 대한 시추조사 결과, 원지반고는 DL(-)2.4m~(-)21.5m로 그림 12와 같이 상부로부터 점토, 모래, 풍화암, 연암순으로 구성되어 있으며, 상

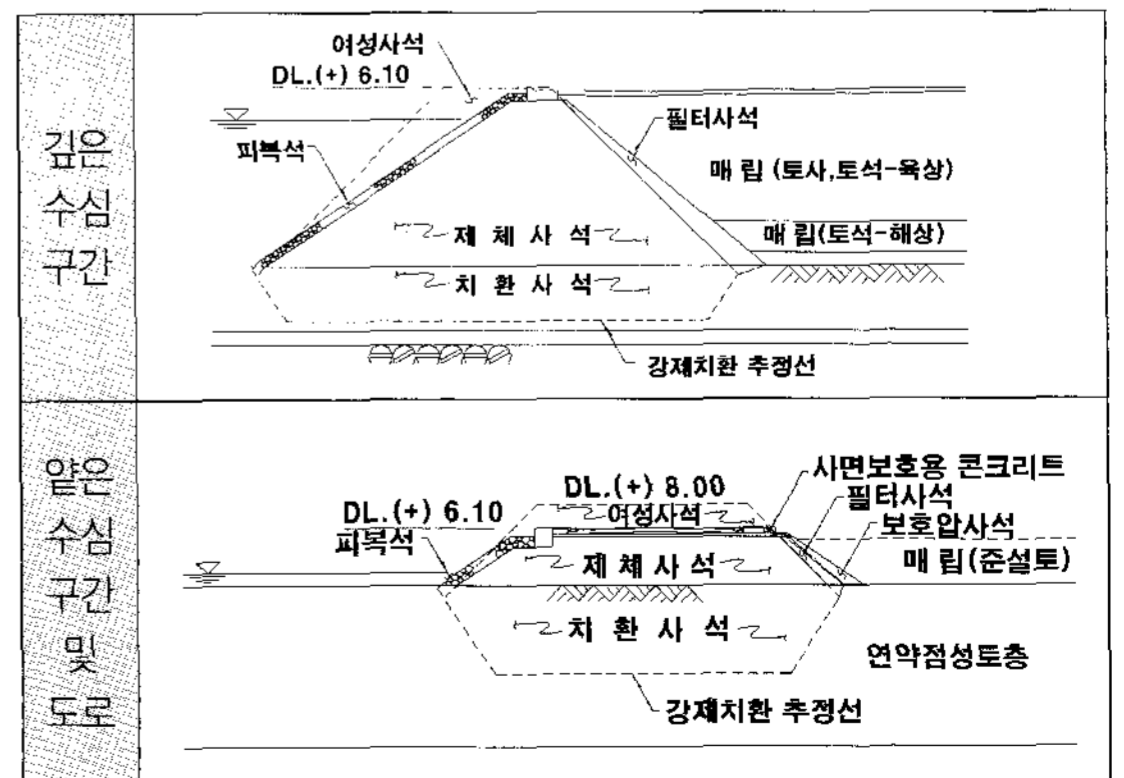


그림 11. 호안 및 도로 기초지반 처리공법

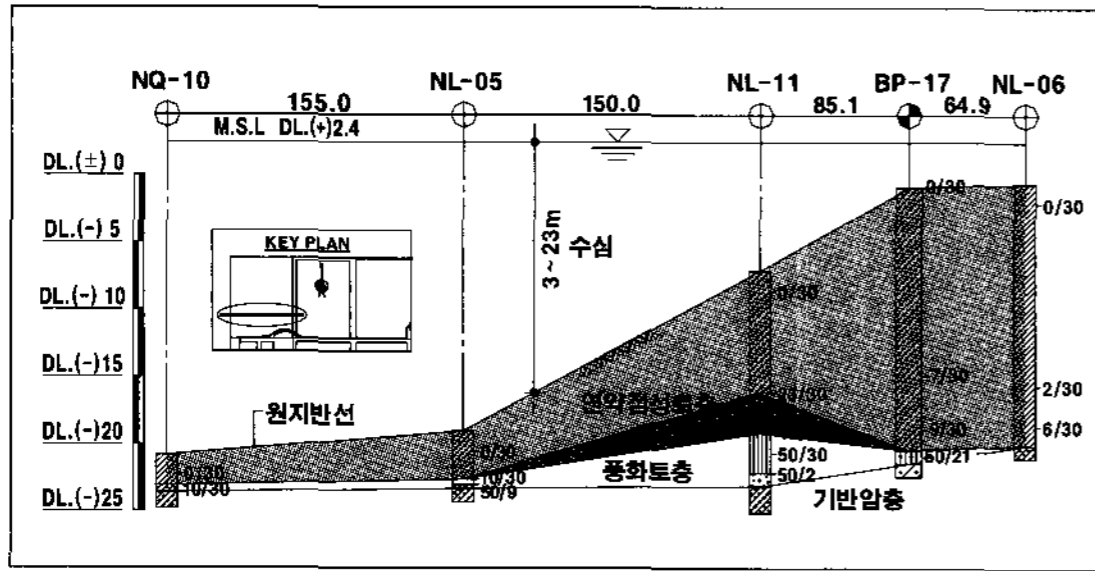


그림 12. 항만부지 지층단면도

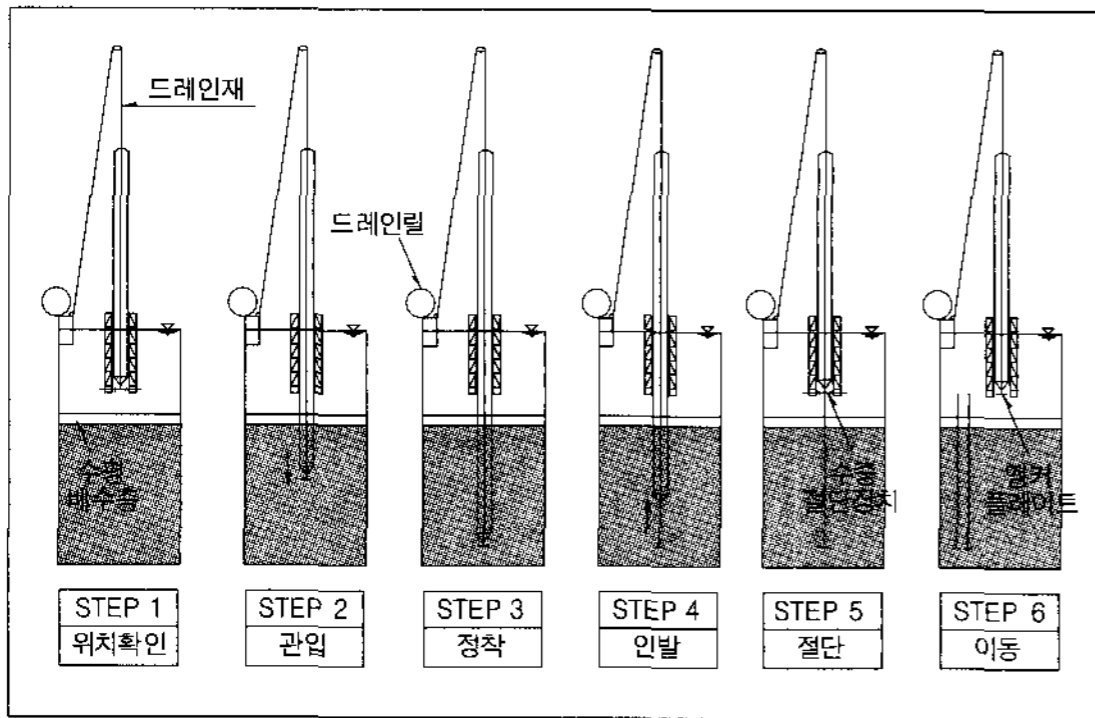


그림 13. 해상 PBD 시공 모식도

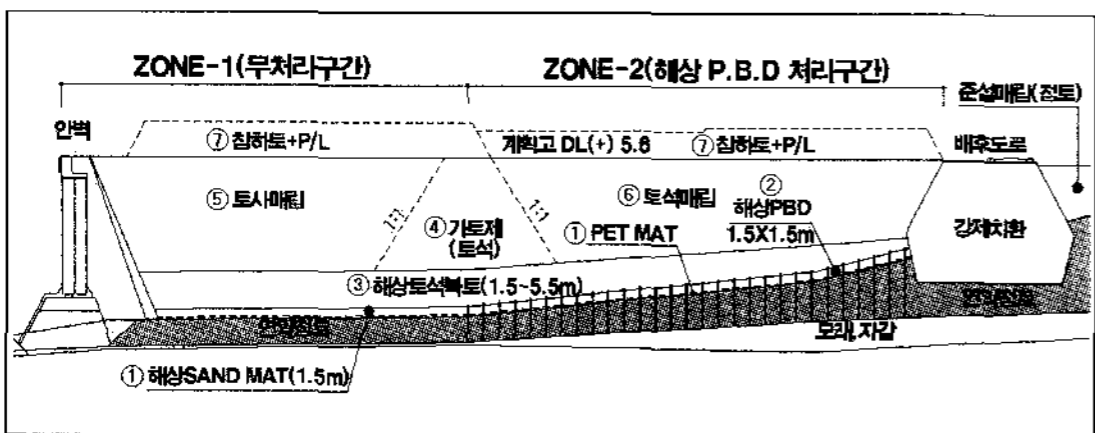


그림 14. 항만부지 연약지반 처리공법

부 연약점토층 두께는 2.5m~9.0m로서 안벽 법선에서 배후도로 방향으로 원지반고 증가와 함께 연약점토층 두께도 증가하는 것으로 조사되었다.

- 본 부지의 연약점토층은 표준관입시험 결과 N=0인 고소성, 고압축성(CH)의 실트질 점토로 원지반고의 고·저에 따른 층후 변화를 고려하여 별도의 연약지반처리 공법을 적용하지 않아도 되는 무처리 지역과 처리지역으로 나누어 연약지반개량을 검토하였다.

2) 항만부지 연약지반 처리공법 선정

- 본 항만부지내 연약지반 처리는 연직배수공법에 하중재하공법을 병행하므로서 예정공사기간 내에 지반개량 및

표 3. 사석층 침하계수

| 구분 | | 실측값 | 설계값 | 적용 |
|-------|---------------|-------|------|------|
| 계측 사례 | 군·장 신항만남측안벽 | 0.071 | - | 0.05 |
| | 군산 대우자동차전용부두 | 0.039 | - | |
| | 아산항2단계 외항서부두 | 0.034 | - | |
| 설계 사례 | 목포신항 안벽 실시설계 | - | 0.05 | 0.05 |
| | 목포항 대불부두(2단계) | - | 0.05 | |

부지조성이 가능하도록 계획하였다.

- 본 공법 적용시 깊은수심구간의 경우 선성토 후 육상 PBD 시공방법과 해상 PBD 선시공후 매립공법을 적용할수 있으나 선 시공방법의 경우 PBD 타설장비의 관입 능력에 의해 매립재료원은 토사 또는 모래로 제한될 수밖에 없다. 또한 PBD 처리가 불필요한 매립토까지 처리하여야 하므로 국내 시공실적은 없지만 가까운 일본내 시공사례가 풍부하고 일반화된 공법인 해상 PBD공법을 적용하여 매립재료원을 토석, 토사등으로 다양화 하여 시공성 및 경제성을 확보하였다.

5. 구조물별 연약지반 처리공법 설계

5.1 북측안벽

1) 준설치환공법

연약지반을 사전에 준설 제거한 후 양질토(모래, 사석등)로 치환하여 상부 구조물의 안정성을 확보 하였다.

2) 치환사석층 침하량 산정

- 기초사석층 침하량은 변형 Terzaghi 식을 적용 하였으며 사석층의 침하계수(α)는 기존계측 및 설계사례를 이용하였다.

$$S = \alpha \cdot \log_{10}(1 + \Delta P/P_0) \cdot H$$

여기서 S: 사석층 침하량(m)

α : 사석층 침하계수(0.05)

H: 사석층두께

Po: 사석층 유효응력(tf/m²)

ΔP: 사석층 중앙부 증가 유효응력(tf/m²)

- 사석층의 침하량 산정결과 21.2~45.7cm로 검토되었으며 침하량만큼의 수량 및 다짐방법을 제시하여 적용하였다.

5.2 복측호안

1) 강제치환공법

- 본 공법은 양질토를 연약지반상에 압성하여 그 하중으로 기초지반을 파괴, 연약토를 주변지역으로 배제시키면서 치환하는 공법이며 본 공법적용시 취약점인 미치환층의 잔류침하량 대책으로 상부 강제치환 여성고를 충분히 존치하여 잔류침하량을 최소화 하였다.

2) 강제치환심도 산정

- 제체하중에 의하여 지반내에 발생하는 연직하중(ΔP)과 점성토층의 극한지지력(q_{ult})이 평형(ΔP=q_{ult})을 이루는 심도를 구하여 강제치환 심도를 결정하였으며 극한지지력 산정은 시행착오법을 적용하였다.
- 시행착오법 (Trial and Error Method)

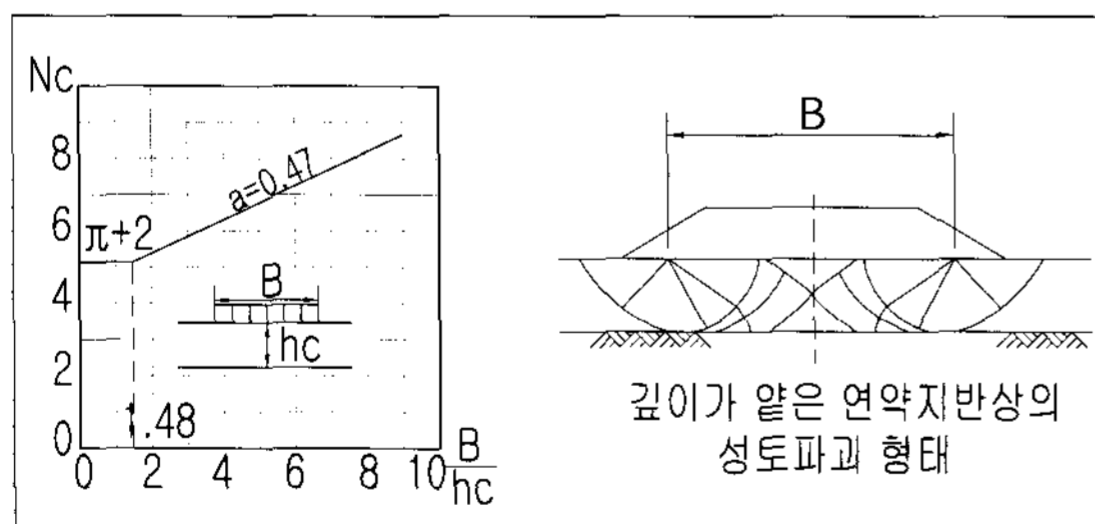


그림 15. 지지력 계수 산정도

표 4. 강제치환 심도 산정결과

| 구 간 | 제체 재료 | 성토고 DL(+) | 치환심도 (m) | 미치환층 두께(m) |
|------|-------|-----------|----------|------------|
| 깊은수심 | 사석 | 6 | 3.1~6.8 | 0.4~1.3 |
| 얕은수심 | 사석 | 8~11 | 3.3~9.1 | 1.7~8.7 |
| 배후도로 | 사석 | 11~12 | 2.4~8.9 | 0.9~7.4 |
| 대로 | 토석 | 11 | 6.3~8.1 | 4.7~8.3 |

- 연약층 심도를 여러층으로 구분

- 치환심도를 순차적으로 증가시키면서 지중응력(σ_v)과 극한지지력(q_{ult})이 평형 상태를 이루는 심도까지 반복 계산

- 극한지지력 산정시 지지력계수 산정

- Mandel & Selencon 및 Matar & Salencon

- B/hc > 1.48의 경우

- B/hc ≤ 1.48의 경우

$$N_c = 5.14 + 0.47(B/hc)$$

$$N_c = 5.14$$

3) 강제치환 심도 산정결과

강제치환 심도 산정결과는 다음표와 같으며 연약층심도에 상관없이 미치환층이 잔류하며 두께는 0.4~8.7m로 검토되었다.

5.3 항만부지

1) 해상 PBD공법

① 공법개요

- 해상 PBD 공법은 육상 PBD 공법과 같은 원리로 깊은 수심 조건하에서의 연약지반 개량이 가능하도록 제안된 공법으로 국내의 경우 시공사례는 없으나 최근 국내업체의 해외시공등 점차 활용성이 높아지고 있는 실정이다. 일본의 경우 PDF(Plastic Board Drain by Floating system)공법으로 1998년 개발된 이후 장비 진입이 어려운 연약지반상이나 얕은수심 또는 깊은수심 조건에서의 연약지반 개량공법으로 적용되고 있다.

② 공법 특징

- 해상 PBD 공법은 소형바지 또는 선박을 이용하여 선상 위에 레일을 설치하고 드레인 타설기를 전후 이동하여 초연약지반이나 수심이 있는 천해상에서 직접 연직드레인을 시공하며 수평 드레인과의 조합도 가능하므로 샌드매트의 대체재로서 수평 드레인재를 이용할 수 있어 경제적이다.
- 바지식의 경우 육상운반이 가능하므로 내륙의 호수나 늪과 같은 수역에서도 시공가능하며 GPS 시스템을 적용하여 위치측량을 통한 고정밀도로 시공이 가능하

며 작업선의 위치결정후 타설기가 레일상 이동하므로 연속시공에 의한 시공능률이 높다.



- 지하수위저하나 진공압밀등 여러가지 재하중 공법과 조합 가능하며 진동기를 이용하지 않는 무진동, 저소음의 공법으로 시공시 주변 영향은 거의 없다.

③ 시공장비의 조건별 적용

- 복수의 소형바지를 이용한 연결 바지식과 선박을 이용한 대선식의 2가지 형태가 있으며 시공조건에 의해 구분 적용한다.
- 수심 0~0.4m
수심이 없는 연약지반상의 적용은 연결 바지식으로 한정되며 바지의 이동은 선체자체를 경량화하여 이동에 필요한 견인력을 줄이고 원지를 육측에 고정하여 시공.
- 수심 0.4~0.7m
얕은심도의 경우 연결바지의 개수를 늘려 바지간격을 협소하게 하여 부력을 증가시키면 시공이 가능.
- 수심 0.7m 이상
수심이 0.7m 이상 확보할수 있어 대선의 조달이나 시공선의 예항반입에 특히 문제가 없는경우 대선식이 바지식에 비해 경제적임.
- 폐수역
폐수역인 경우 바지를 개별 분할하여 운반할 수 있는 연결바지식을 적용이 유리.

표 5. 시공조건별 적용범위

| 구분 수심 | 연결바지식 | 대선식 | 비고 |
|----------|-------|-----|----|
| 0~0.4m | 가능 | 불가 | |
| 0.4~0.7m | 가능 | 불가 | |
| 0.7m 이상 | 가능 | 가능 | |

| | |
|---|--|
|  <p>〈連結フロート式〉 泥上施工</p> |  <p>〈台船式〉 浅水域施工</p> |
|---|--|

④ 시공플로우

드레인재의 타설작업은 육상의 PBD 공법과 동일한 수준으로 행하며 정확하고 신속한 시공이 되도록 전용 타설 관리 및 위치결정 시스템을 탑재토록 되어있다.

⑤ 위치결정 시스템

이동체 정밀 측량용 GPS의 실시간 영상위치를 응용한 것으로 PBD 타설선, 타설기의 위치, 방위, 엇갈림량을 고정밀도 연속 측정하여 유도 표시하며 작업선의 위치결정을 실시하고 연직 드레인 타설위치를 관리한다.

2) 해상 PBD공법 설계

① 1차 압밀침하량 계산방법

- Terzaghi의 1차원 압밀이론을 근거로 하여 유도된 Cc 법 적용하여 침하량을 산정하였으며 산정식은 다음과 같다.

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0}$$

sc: 1차압밀침하량 Cc: 압축지수
 e0: 초기간극비 H: 점토층 두께
 σ_0 : 원위치 유효응력(tf/m²)
 $\Delta\sigma$: 증가응력(tf/m²)

② 항만부지 지반개량 공법 적용

항만부지 연약지반 개량대책으로 깊은수심이나 연약층 두께가 작은 ZONE-1의 경우 양면배수조건 적용시 자연배수공법 적용이 가능하며 깊은수심이면서 연약층이 비교적 두터운 ZONE-2지역은 해상 PBD 공법적용이 경제성측

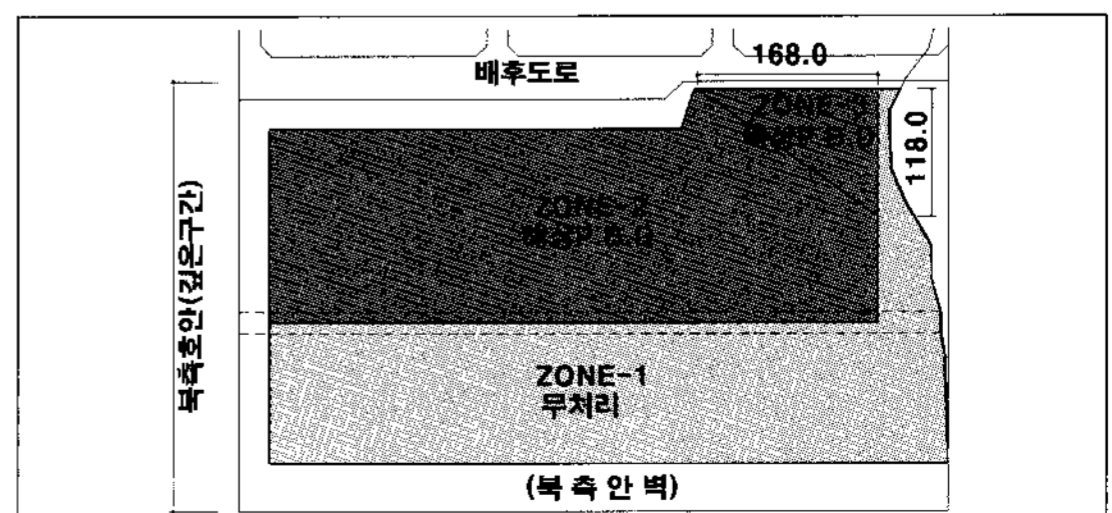


그림 16. 항만부지 연약지반 처리공법

면에서 유리하며 ZONE-3지역은 얕은수심으로 선매립후 육상 PBD 공법을 적용하였다.

③ 해상 P.B.D 적용이론 및 시공조건

표 6. 연직배수공법(P.B.D) 설계이론

| 구분 | 적용 | 비고 |
|-----------------|---|--------|
| 압밀도 산정 | $U_h = 1 - \exp\left(\frac{-8T_h}{F}\right)$ | Hansbo |
| 등가유효원 | $d_e = 1.13 \cdot d$ (정사각형) | |
| Smear Zone | $d_s = 2 \cdot d_m$ | |
| Well Resistance | $F_r = \pi \cdot z \cdot (L-z) \cdot \frac{K_v}{q_w}$ | |

표 7. 연직배수공법(P.B.D) 시공조건

| 구분 | 적용 | 구분 | 적용 |
|------|------|------|------------|
| 배치형상 | 정사각형 | 타설기준 | $N \leq 8$ |
| 배치간격 | 1.5m | 타설심도 | 4.0m~15.0m |

④ 구역별 침하계산 결과

| 구분 | ZONE-1 | ZONE-2 |
|-----------|--------|--------|
| 총 침하량(cm) | 224.2 | 259.5 |
| 압밀소요기간(일) | 540 | 674 |
| 잔류침하량(cm) | 18.3 | 16.1 |
| 압밀도(%) | 91.9 | 93.8 |

표 8. 연직배수공법(P.B.D) 시공조건

| 구분 | 토사, 토석+해상 P.B.D 공법 | 토석, 모래+육상 P.B.D 공법 | 토석, 준설토+육상 P.B.D 공법 |
|--------|----------------------------------|---|---|
| 공법 단면도 | | | |
| 장점 | · 재료원 분산, 재료확보유리 | · 시공실적 풍부, 재료원 분산 | · 경제성 유리 |
| 단점 | · 해상 P.B.D처리 국내시공실적 미보유로 품질관리 필요 | · 모래 채취원 확보가 유동적으로 재료조달 불확실 · 모래층내 P.B.D타입 불확실 | · 준설토 안정화기간에 따른 공기 과다소요 · 공정복잡, 시공성 불리 |
| 공사비 | 78,834백만 | 86,560백만 | 79,277백만 |
| 선정 | ◎ | | |

⑤ 매립재별 연약지반 개량 경제성 검토

- 표 8은 본 항만부지에 적용될 수 있는 매립재료와 연약지반 개량공법을 선정하여 시공성, 경제성 및 안정성 등을 비교검토하여 최적안을 선정하였다.
- 매립재로서 모래 및 준설토 사용시 매립후 육상에서 지반개량이 가능하나 토사나 모래의 경우 P.B.D타입이 가능하기 위해서는 입도제한이 요구된다.
- 반면 매립재로서 토석을 사용할 때는 매립후 육상에서 지반개량이 불가능하여 매립전 해상에서 연약지반 처리가 선행되도록 해상 P.B.D 공법을 적용하였다.

6. 계측관리

1) 개요

설계도서는 제반특성을 단순화하여 수행·적용되므로 설계정수에 포함된 불확실성을 감안하여 시공중 계측관리에 의한 검증과 시공전·후의 안정성 및 경제성 확보, 품질보증등을 위해 계측관리 계획이 필요하다.

2) 계측항목

계측 계획수립시 안벽 및 호안 준공후 항만부지 매립과 내부 호안의 준설토 투기 완료시까지 유지 관리를 고려한 계측항목은 표 9와 같다.

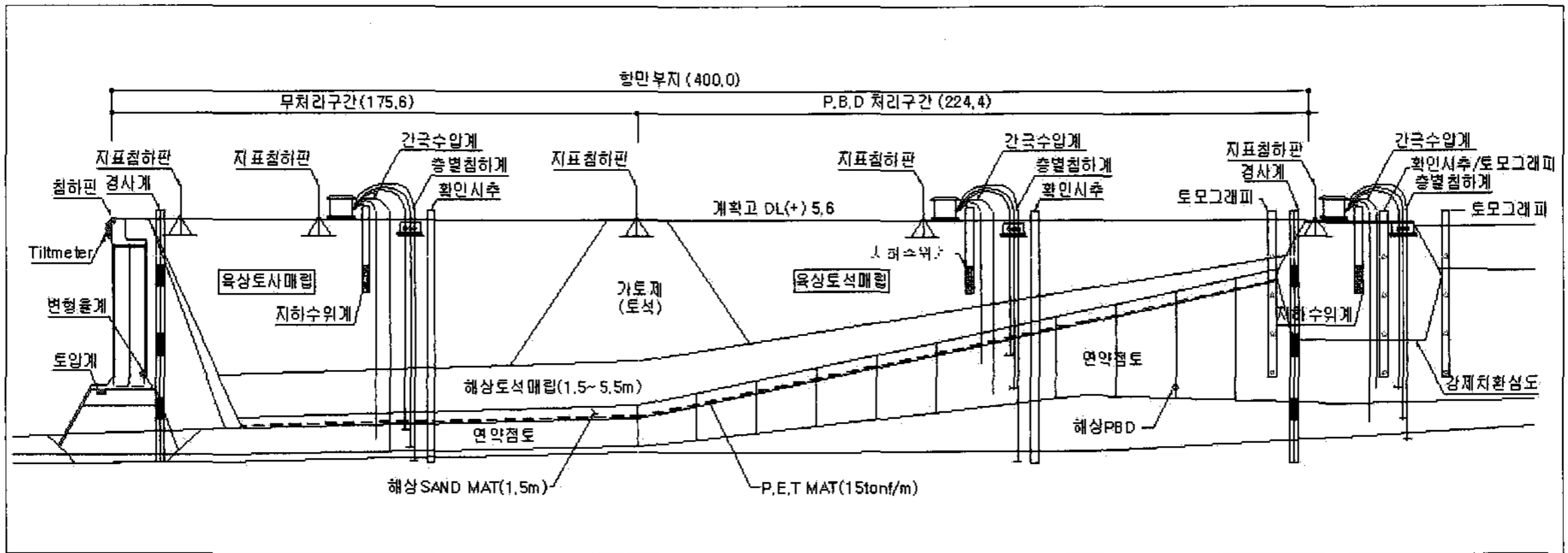


그림 17. 계측기 배치계획 표준단면도

표 9. 계측항목

| 계측 항목 | 계측 목적 | 계측기 |
|--------------|----------------------|-----------|
| 케이슨경사 | · 뒷채움사석 투하시 경사도 측정 | Tiltmeter |
| 기초사석 및 케이슨침하 | · 기초지반 침하시 천단부 침하 측정 | 침하판 |
| 안벽 지표침하 | · 안벽배면부 침하측정 | 지표침하판 |
| 수평변위 | · 기초지반 활동변형파괴 측정 | 경사계 |
| 토압 | · 케이슨 하부 토압측정 | 토압계 |
| 변형율 | · 철근 응력측정 | 변형율계 |
| 수평변위 | · 배면성토시 제체 변위거동 측정 | 경사계 |
| 호안 층별침하량 | · 연약점토층의 지층별 침하량 측정 | 층별침하계 |
| 및 제체침하 | · 제체완료후 하부 미치환층 침하측정 | 지표침하판 |
| 부지 간극수압 | · 간극수압 소산경향 측정 | 간극수압계 |
| 지하수위 | · 간극수압계의 정수압 보정 | 지하수위계 |

3) 계측기 설치 표준단면도

그림 17 계측기 배치계획 표준단면도 참조

7. 결론

본 기술기사는 목포시 달동 허사도 및 층무동 고하도 전면

해상부 일원의 연약지반개량 설계사례로서 현장 지형조건 (깊은수심 및 얇은수심지역)과 복합적인 지반특성(CL지역, CH지역, CL-CH교호지역)을 고려한 항만구조물 기초 지반 개량공법의 적용사례를 소개하였다. 특이사항으로 국내 설계 및 시공사례가 없는 깊은수심 조건하에서의 해상 PBD공법이 적용된 바, 연약지반 개량사례로서 향후 계측결과와 함께 유사지역에서의 경제성 있는 연약지반 개량공법으로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

1. 도화종합기술공사(2004), 목포신항 집화·철재·목재부두 등 실시설계, 목포지방해양수산청.
2. 항만 및 어항 설계기준(1999, 해양수산부)
3. 한국지반공학회, 지반공학시리즈 연약지반.
4. Leroueil, S., Magnan, J.P. & Tavenas, F., EMBANKMENT ON SOFT CLAYS.