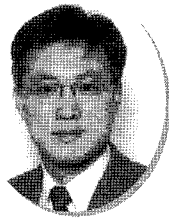
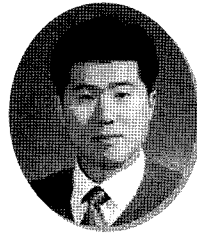


# 베트남 메콩델타지역에서의 PVD를 이용한 연약처리공법 설계



**김은형**  
(주)다산컨설턴트  
토목1사업본부 지반부 전무  
whkim@dasan93.co.kr



**차광민**  
(주)다산컨설턴트  
토목1사업본부 지반부 차장

## 1. 서론

정부는 지난 9월 국회 기획재정위원회에서 2011~2015년 국가재정운용계획 수립방향을 보고하였으며, 지난 경제위기 극복과정에서 일시적으로 증가한 SOC 투자규모를 점진적으로 축소 조정(2010년 25.1조원에서 2011년 24.4조원)한다고 결정하였다. 내년도 국토부의 SOC예산

이 22.6조원 안팎에서 논의되고 있는 점을 보더라도 이러한 추세는 상당기간 지속되리라 예상된다. 특히 기존의 도로 및 교량 설계 및 시공분야에서의 침체된 국내 건설경기는 100인의 건설사 CEO를 대상으로 한 국내 공공 건설시장 규모 전망 설문에서 그대로 나타나고 있다(그림 1). 2010년 이후 침체되고 있는 국내 공공건설시장에 대해 '향후 지속적으로 시장 규모가 축소될 것(47.5%)', '현재

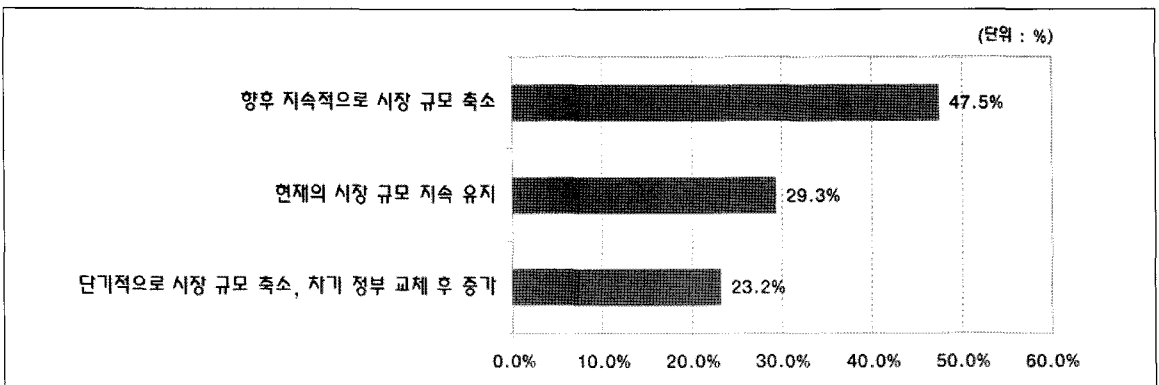


그림 1. 국내 공공 건설시장 규모 전망(박용석 외, 2011)

의 시장 규모 지속 유지(29.3%)', '단기적으로 축소된 이후 차기 정부에서 다시 증가(23.2%)' 순으로 향후 공공시장에 대한 전망을 내어 놓아 매우 부정적임을 알 수 있다.

국내 SOC사업의 축소는 건설업계에 위기감으로 작용하고 있으며 축소된 국내시장을 대신하여 해외시장에서 새로운 돌파구를 찾아야 한다는 명제를 주고 있다. 이에 정부는 낙후된 국내 건설엔지니어링사의 글로벌경쟁력을 되살리고 새로운 시장 및 사업분야를 개척하기 위하여 해외건설협회, 한국엔지니어링협회 및 한국플랜트협회 등을 통하여 건설엔지니어링사의 해외시장 개척, 정보 제공 및 기술력 확보를 지원하고 있다.

당사는 이러한 협회의 적극적 지원 및 해외시장개척에 능동적으로 대처하여 2006년 몽골시장 진출 이후 2009년부터 EDCF 자원사업인 베트남 SCCP(Southern Coastal Corridor Project)에 참여하여 Minh Luong-Thu Bay 및 Rach Gia Bypass 도로건설사업을 성공적으로 수행하고 있다. 필자는 현재 한국의 최대 공적개발지원자금(ODA) 수원국인 베트남에서의 Rach Gia Bypass 프로젝트를 간략히 소개하고 지반설계분야 참여 경험을

바탕으로 메콩델타지역에서의 PVD(Prefabricated Vertical Drain)를 이용한 연약지반처리공법 설계에 대하여 주요기준을 소개하고자 한다.

## 2. Rach Gia Bypass Project 소개

### 2.1 사업개요

락자 우회도로건설사업(Rach Gia Bypass Project)은 우리나라의 대외협력기금(EDCF)을 재원으로 진행되는 GMS 남부해안도로건설사업(Greater Mekong Sub-region Southern Coastal Corridor Project)의 핵심 구간으로 베트남 남부 최대 도시인 락자시 외곽을 우회하는 총 연장 20.83Km 규모의 도로건설 사업이다(그림 2). 베트남 정부는 베트남과 캄보디아, 태국에 걸친 메콩 델타지역을 연결하는 본 사업의 추진을 통해 교통량 및 물류 흐름 증가에 대비하여 예상되는 교통 혼잡을 완화하고 메콩강유역 개발계획에 부응하여 베트남 남부 경제권 활성화를 기대하고 있다. 락자 우회도로건설사업은 베트남 교통부 산하 My Thuan Projects Management Unit

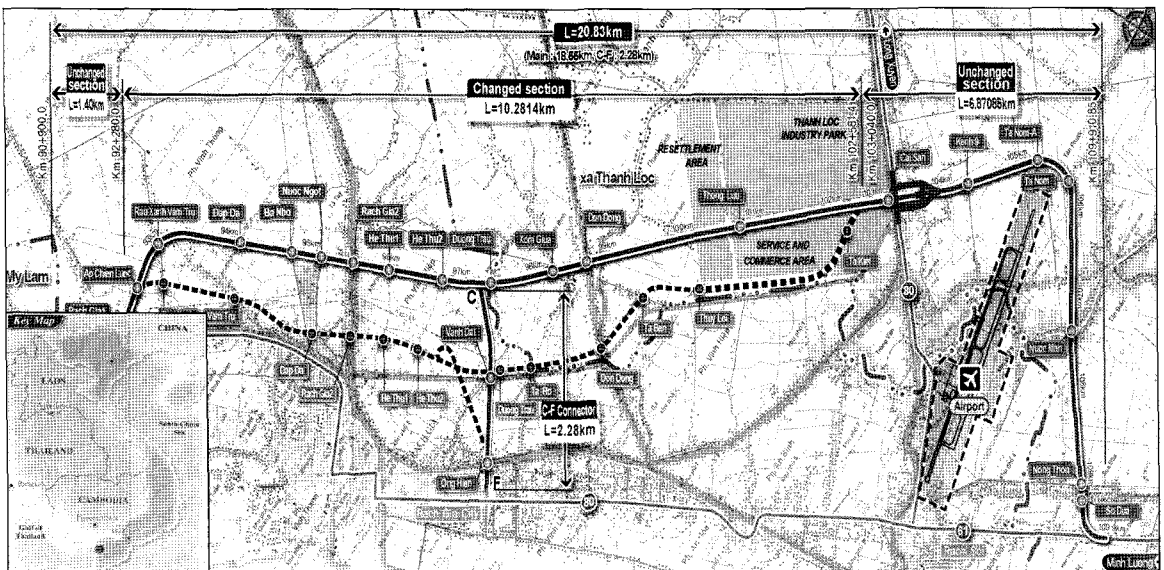
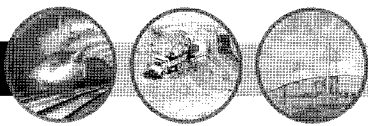


그림 2. 과업 현황 평면도



이 주관하고 있다.

본 사업의 규모를 개략적으로 살펴보면 아래와 같다.

- 우회도로 신설 : 연장 20.83Km
- 입체교차로 1개소, 평면교차로 4개소 등 교차로 5개소
- 교량 22개소 건설
  - 장대교량: 8개소
  - 중소교량: 14개소
  - 총 3,235m

## 2.2 주요 지반 특성

### 2.2.1 지형 및 수리특성

메콩델타 지형은 메콩델타 서북부 지역인 Kien Giang 省과 An Giang 省 북부에 소규모로 분포하는 작은 구릉들을 제외하면 대부분 아주 평활하며, 해발 고도는 약 0.3 ~ 5.0m 정도이다. 메콩델타 지역의 수리특성은 해발고도가 낮은 지형특성상 메콩강에 의해 절대적인 영향을 받는다. 평균 유출량이 약 14,000m<sup>3</sup>/sec에 이르는 메콩강은 상류 지역에서 범람시기가 6월부터 11월까지 지속된다.

### 2.2.2 지반특성

#### (1) 지층특성

메콩델타지역은 약 6,500만년전 신생대 이전에 생성된 기반암상에 제4기 완신세(Holocene)에 생성된 층적층이 평균 110m 깊이로 형성되어 있다. 메콩델타지역에서 가장 빈번하게 접하게 되는 토질은 머드(Mud), 유기질 점토

와 다양한 소성의 점토이다. 적도에서 북위 20° ~ 남위 20° 사이의 열대지방, 아열대지방에 전세계적으로 분포하는 홍토(Laterite)나 조개껍데기 모래, 자갈층 등도 불규칙하게 나타나며, 점토층 사이에 모래층(Sand Seam)이 존재하기도 한다. 한편, 락시아 우회도로 건설사업 부지에 대한 지반조사결과 연약지반층에 대한 지층종단은 그림3과 같이 Filling Soil(Layer 1), Soft to Very Soft Clay(Layer 2), Stiff to Very Stiff Clay(Layer 3)의 3개 층으로 대별되는 것으로 나타났으며 지반조사결과가 표1에 나타나 있다.

#### (2) 연약지반의 공학적 특성

연약지반층의 단위중량은 평균 1.61~1.83tf/m<sup>3</sup>으로 나타났으며 비배수 전단강도는 9+z kPa의 경향을 나타낸다. 강도증가율은 0.21~0.29로 분포하며 0.25가 적용되었다. 선형압밀하중은 현재 지층응력과 유사하여 정규압밀점토로 판단하였다.

## 3. PVD를 이용한 연약지반처리 설계기준

베트남에서의 연직배수재를 이용한 연약지반처리 설계 및 시공기준(베트남 교통부, TCVN 4200-1995)은 메콩델타 지형 및 지반의 특수성을 고려하여 별도의 교통부지침에 의거 기준을 제정하여 엄격히 적용하고 있다. 베트남으로 작성된 설계 및 시공기준 중 중요하다고 판단되는 연약지반처리설계기준 항목에 대하여 아래와 같이 소개

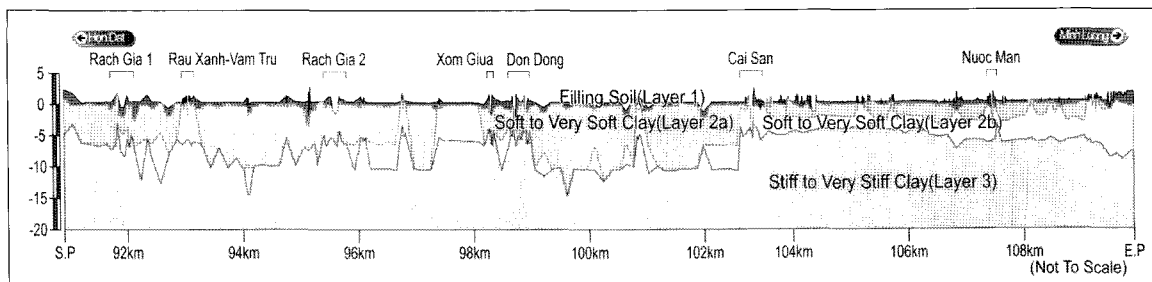


그림 3. 지층종단면도

표 1. 층별 특성비교

구분	Layer 1	Layer 2		Layer 3	
		Layer 2a	Layer 2b	Layer 3a	Layer 3b
구성	매립층 전답층	Mud Clay Fat Clay Lean Clay Sandy Lean Clay 유기질 혼재	Fat Clay Lean Clay Sandy Lean Clay Lean Clay with Sand Elastic Silt 유기질 혼재	Lean Clay Sandy Lean Clay Fat Clay Lean Clay with Sand Elastic Silt	Lean Clay Sandy Lean Clay Fat Clay Lean Clay with Sand Elastic Silt
통일분류		CL, CH	CL, CH, MH, OH	CL, CH, MH	CL, CH, MH
색조		황갈, 녹, 담, 암회색	황갈, 녹, 암회색	황갈, 녹, 담회색	황갈, 녹, 담회색
연경도		매우연약~연약	매우연약~연약	건고	건고~매우건고
층후(m)	0.3~2.3	0.4~14.0	1.2~8.8	2.0~18.0	3.2~35.9

하오니 향후 베트남 메콩델타지역에 진출하는 지반기술자에게 다소의 도움이 되었으면 한다.

### 3.1 적용범위

본 기준은 PVD를 이용한 연약지반처리를 위해 기초지반의 압밀에 대한 조사, 측정, 설계 및 시공과 관련한 일반적인 기본 기준을 정의한다. 설계단계의 Consultants와 시공계약자는 일반적으로 정의된 기준에 따라 과업을 지시하고 시행한다.

### 3.2 일반기준

#### 3.2.1 PVD를 이용한 연약지반처리의 적용 범위

- (1) 연약지반이란 구조물의 기초로 사용되기 전에 개량 및 압밀이 필요한 지반을 말한다. 이러한 연약지반은 점토, 모래질 점토, 점토질 모래와 같은 소상상태의 지반으로 높은 연경도( $IL=1$ ), 간극비( $e \geq 1$ ), 마찰각( $\phi < 10$ ), 현장배인전단시험(FVST)에 의한  $C_u < 3.5 \text{ N/cm}^2$ , 관입시험에 의한 관입저항치  $q_c < 0.1 \text{ MPa}$ ,  $N < 5$ 의 표준관입시험결과와 특징을 갖는 지반이다.
- (2) PVD는 다음과 같은 건설현장에서 연약지반의 압밀에 사용된다.

- 신속한 압밀침하 및 제방의 안정성이 확보되는 연약지반의 강도가 요구될 뿐만 아니라 포장구조를 설치하기 전에 침하가 완전히 이루어지는 것이 요구되는 연약지반에서의 성토
  - 재료의 저장을 목적으로 하거나 넓은 지역에 하중이 분포되어 있는 지역에서의 소규모 토목공사에서의 연약지반의 성토(압밀후 소요 지반안정성을 확보)
- (3) 재하(재하하중 $\geq$ 제방에 영향을 미치는 하중)는 모든 가능한 경우에 적용하는 것이 권장된다.
- (4) PVD사용 주의사항
- 시공중에 흙 구조의 붕괴는 침하량의 증가와 전단저항의 감소를 야기할 수 있다.
  - PVD를 적용하기 위한 실제 유효깊이
  - 압축하중은 간극배수와 압밀과정이 효과적으로 이루어질 수 있도록 도와준다.

#### 3.2.2 전문용어 및 용어 정의

- (1) PVD는 폴리프로필렌코어를 포함하는 Band의 한 종류로, 단면은 구멍/공극이 있는 Wave 또는 Square 형태이며, 부직포층으로 덮여진 토목섬유의 한 종류이다. 일반적으로 PVD는 100mm의 폭,

4~7mm의 두께로 만들어지며, 보통 물 형태이다. PVD는 연약지반내의 물을 얇은 Sand Mat(50~60cm)층으로 빠져나가게 한 다음, 단면에서 완전히 물이 빠져나갈 수 있도록 간극배수 역할을 한다. 이는 연약지반의 압밀과정을 촉진하는데 도움을 준다.

- (2) 선행압축하중 : 소정의 안정성을 확보할 때까지 연약지반에서 배수과정 및 압밀침하를 촉진시키기 위한 제방상단의 일시적인 응력이다
- (3) 토목섬유 : 토목섬유는 합성고분자, Continuous Strand, 부직포 재료로 만들어지며, 배수능력과 흡수력이 좋다. 이는 Middle Layer와 PVD상부 Sand Mat의 물을 분리하고 차단하는데 사용될 수 있다. 또한 Graded Filter로써의 중요한 역할을 하고, 제방의 슬라이딩파괴를 예방하는데 도움이 된다.

### 3.3 연약지반에서의 성토에 의한 압밀설계

#### 3.3.1 설계업무를 위한 참고문서

- (1) 예비타당성설계(Pre-Feasibility Design)
- (2) 시험성과품
- (3) 중립질모래, 조립질 모래, 상재하중 재료 PVD & 토목섬유에 대한 협력업체의 재료실험보고서
- (4) 토목공사 수행절차

#### 3.3.2 일반구조물 설계

PVD를 이용한 연약지반처리시 설계업무에 대한 기준은 그림4와 같다.

#### 3.3.3 PVD 제원

PVD는 반드시 다음과 같은 물리적-기계적 특성을 만족해야 한다.

- 인장강도(PVD폭)  $\leq 1.6\text{kN}$
- PVD의 탄성길이(PVD 총 길이의)  $>20\%$

- $10\text{kN/m}^2$ 의 압력 및 동수경사  $I=0.5$ 에서 배수능  $80\sim140\times10^{-6}\text{m}^3/\text{sec}$
- $400\text{kN/m}^2$ 의 압력 및 동수경사  $I=0.5$ 에서 배수능  $60\sim80\times10^{-6}\text{m}^3/\text{sec}$

#### 3.3.4 토목섬유 제원

토목섬유는 다음의 물리적-기계적 특성을 만족해야 한다.

- 인장강도(Tensile Strength)  $\geq 1.0\text{kN}$
- 비틀림강도  $\leq 65\%$
- Punching Resistance:  $1500\sim5000\text{N}$
- 토목섬유의 공극크기  $< 0.15\text{mm}$
- 토목섬유 Sliding/관입계수  $\leq 1.4\times10^{-4}\text{m}/\text{sec}$

#### 3.3.5 PVD상부에 포설된 Sand Mat의 설계

- (1) Sand Mat의 최소두께는 약 50cm이며, 예상되는 침하량만큼 두께가 확보되어야 한다. 샌드매트는 PVD가 설치되는 동안 장비하중에 대해서 안전해야 하며, Sand Mat를 통해서 PVD를 쉽게 찾을 수 있어야 한다. 이렇게 함으로써 연약지반에 설치된 PVD를 통한 배수가 용이할 수 있다.
- (2) 샌드매트에 사용되는 모래는 다음과 같은 중립질 또는 조립질 모래여야 한다.

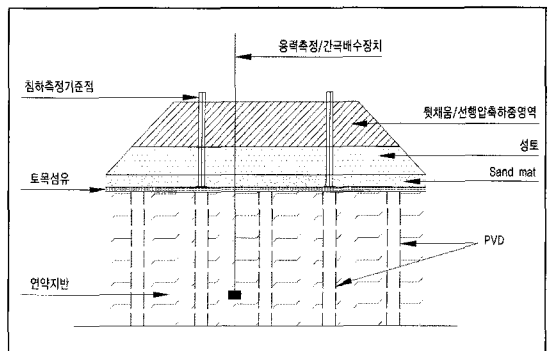


그림 4. PVD를 이용한 연약지반처리방법

- 입자크기 > 0.5mm, making up 50% in total quantity
  - 입자크기 > 0.14mm, making up ≤10% in total quantity
  - 투수계수  $\geq 10^{-4}$ m/sec
  - 유기질함유량 ≤ 5%
- (3) 샌드매트 다짐도 요구사항
- 기계장비의 안전한 작업조건과 이동성
  - 제방에 필요한 압축계수 확보
- (4) 샌드매트의 상단과 가장자리는 চে가름모래/쇄석으로 설계된 Graded Filter를 사용하거나 토목섬유를 사용한다.
- (5) 토목섬유의 사용
- 점토의 경우, PVD위에 바로 Sand Mat가 포설되어 있다면 샌드매트는 직접적인 영향을 받고 점토입자에 의해 더러워질 수 있다. 이러한 경우에는 연약지반과 샌드매트를 분리하기 위해 토목섬유를 사용해야 한다(Note: 점토가 Sand Mat에 영향을 미치지 않는 경우에는 토목섬유를 사용하지 않아도 된다).
  - 필요한 경우, 토목섬유를 사용함으로써 제방의 Sliding에 대한 안정성을 확보할 수 있다.
  - Graded Filter 기능을 하는 경우의 토목섬유 사용

### 3.3.6 PVD의 배열

- (1) 하중을 받고 PVD가 설치된 제방은 대칭축을 따라서 압밀될 것이다. 간극수압에 의해서 응력이 발생되고, 압밀도는 시간(t)에 대해서 변화한다. 또한 PVD의 간격(L)과 흙의 물리적-역학적 특성에 의존한다 (두께 h, 압밀도  $C_{vz}$ ,  $C_{hv}$ ). 압밀해석을 위해서 수치해석프로그램을 이용하거나 계산식에 의해서 수 계산할 수 있다.
- (2) PVD배열은 토목공사가 수행되기 전 소요 압밀도

또는 예상침하의 속도에 따라서 결정된다. 일반적으로 압밀도는 최소한 90%( $U=90\%$ )에 도달되어야 한다. 높은 제방의 경우에는 선형압밀침하의 속도는 최소한 2cm/년 이하가 되어야 한다. 토목 및 산업현장에서는 압밀도는 90%이상 되어야 한다.

- (3) PVD의 밀도는 서로 다른 PVD간격에 대한 장기안정해석에 의해서 결정된다. PVD간격은 흙의 교란(스미어존) 영향을 피하기 위해 최소 1.30m로 규정된다. 민감한 지반의 경우에는 PVD 간격은 2.20m 이하로 해야 한다. 또한 PVD의 간격을 결정할 때, PVD의 효과적인 사용을 위해서 현장의 지반조건을 고려하는 것이 매우 중요하다.

#### (4) PVD배열의 규정

- PVD는 동일한 지층조건에 대해서는 균등하고 일률적으로 설치되어야 한다.
- 토목현장에서는 구조물의 기초와 기초모서리 부분의 거리가 기초폭의 0.2배가 되는 지점에 위치하는 것이 유리하다.
- 고속도로의 경우, PVD범위는 제방의 사면부까지 한다.
- PVD는 삼각형 또는 사각형 형태의 조직을 따라서 배열되어야 한다.

- (5) PVD의 길이는 하중을 받고 있는 흙의 최대압축응력 ( $H_a$ )의 위치가 된다.  $H_a$ 의 깊이는  $\sigma_z = (0.1 \sim 0.2)\sigma_{z0}$  되는 지점이다. 여기서,  $\sigma_z$ 는 외부하중에 의한 응력이고,  $\sigma_{z0}$ 는 자연상태에서 중력에 의해 발생하는 응력이다.

- (6) PVD의 타설깊이를 결정할 때, 다음 사항들을 고려해야 한다.

- $H_a <$  연약층의 두께의 경우 PVD 시공심도는 연약층의 바닥까지 해야 한다.
- $\sigma_z$ (하중에 의한 응력) >  $\sigma_{z0}$ (선형압밀에 의한 응력). 이와 대조적으로 PVD는  $\sigma_z = \sigma_{z0}$ 가 되는 지점까지 길이



가 되어야 하며, 여기서  $\sigma_{pz}$ 는 Vietnam Standard TCVN 4200-1995에 의해서 정의된다.

- 연약층이 매우 두껍거나 넓은 면적인 경우( $H_a$ 가 클 경우, ex:  $H_a > 20m$ ), 필요한 PVD의 길이는 별도로 고려되어야 한다.
- $H_a$ 깊이 아래에 지하수위가 위치하는 세립질 모래지반의 경우에는 PVD가 필요 없다.

### 3.3.7 침하량의 산정

- (1) 정확한 침하량을 산정하기 위해서는 정확한 입력값 (하중, 성토재의 특성, 재하기간)들이 반드시 요구된다. 핵심 요소는 우리가 테스트의 정확성뿐만 아니라 흙의 물리적-기계적 특성에 대한 기준에 초점을 맞추어야 한다는 것이다.
- (2) 예상되는 침하예측값의 허용오차는 주거지역의 경우에는 10%를 초과하면 안 되고, 고속도로지역의 경우에는 25%를 초과하면 안 된다.
- (3) 예상침하량의 계산방법은 별도의 부록에 수록되어 있다.

### 3.3.8 설계시 고려사항

- (1) PVD를 사용하는 동안, 설계를 확인 및 수정하거나 필요한 경우 보완을 위한 관측장비/감지장치를 사용하는 것이 필요하다.
- (2) 침하측정을 위한 장치 : 아래 그림5와 같이 장치에는 2가지 장비로 구성되어 진다.
  - 침하측정 Pile의 하단면은 연약층과 Sand Mat가 분리되어 있는 토목섬유층에 위치해야 한다. 토목섬유가 설치되어 있지 않은 경우에는 Sand Mat 두께의 중간에 위치할 수 있다.
  - 내부에 Steel Pipe를 포함하는 Plastic Pipe의 길이는 반드시 제방보다 20cm 이상 길어야 한다.

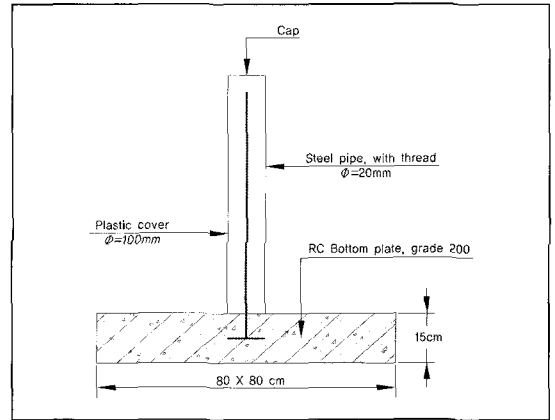


그림 5. 침하측정 장비

- (3) 계측기준점의 수량과 위치는 전체 제방영역의 침하가 정확하게 계측될 수 있도록 설계자에 의해서 결정되어 진다.

#### (4) 측방유동

- 복잡한 지반조건에서 측방유동 계측기준점은 1 Profile당 평균 10m로 분포된다. 일반적인 경우에는 각 Profile 당 6개의 기준점을 설치한다(양 측면에 각각 3개의 관측지점). 기준점간의 간격은 5m~10m범위 내로 할 수 있다. 첫 번째 기준점은 성토의 사면부에서 2m 떨어진 지점에 위치해야 한다. 측방유동관측기준점은 10×10cm단면의 목재 Pile과 캡으로 만들어진다. 기준점은 일반적으로 지층내 최소한 1m 깊이에 관입시키며 Accessible Part는 지표면보다 2~3m 높아야 한다.
- 모니터링 장치는 Standard Benchmark에 위치하며 각 토목공사 지점마다 최소 3개소이상 설치되어야 한다. 이때 반드시 침하 및 측방유동영역의 영향이 없는 외부지역에 설치되어야 한다.

#### (5) 간극수압

PVD가 설치된 연약지반제방에서 간극수압측정 장치는 연약지반내 서로 다른 3개의 깊이에 설치되어야 한다(연약지반위의 샌드매트, 연약지반 중간, PVD의 바닥면). 각

작업에 대해서 3개의 데이터들이 처리되고, 각 데이터들은 또한 3곳의 자유로운 위치에서 처리된다. 그 다음 그 결과들을 수합해서 계측기관으로 넘긴다. 수압/간극수압 변화를 측정하기 위한 장치는 압축공기 또는 전기를 이용할 수 있다. 또한, 비교를 위해서 압밀의 영향을 받지 않는 곳에서의 지하수위(시추공내) 및 간극수압 모니터링하는 것이 필요하다. 설계자는 침하와 간극수압측정을 위한 설명서를 작성하고 명시해야한다.

### 3.3.9 선행압밀하중의 계산

- (1) 선행압밀하중은 전체 설계하중의 1.2배 이상으로 한다. 이 값은 Design Consultants에 의해서 결정된다.
- (2) 선행압밀하중에 사용되는 재료는 점토, 지정된 흙(모래 제외) 또는 하중(구조물시공)이 될 수 있다.
- (3) 각 단계별로 하중을 분배하여 단계별로 제방을 쌓음으로써 제방의 안정성을 확보할 수 있다. 또한 이 값은 하중계산 방정식으로부터 결정될 수 있다. 자세한 사항은 다음과 같다(그림 6).

$$\frac{B}{H_y} \leq 1.49 \text{ 인 경우, } H_{dt} = \frac{\pi + 2}{\gamma F} C_{ui}$$

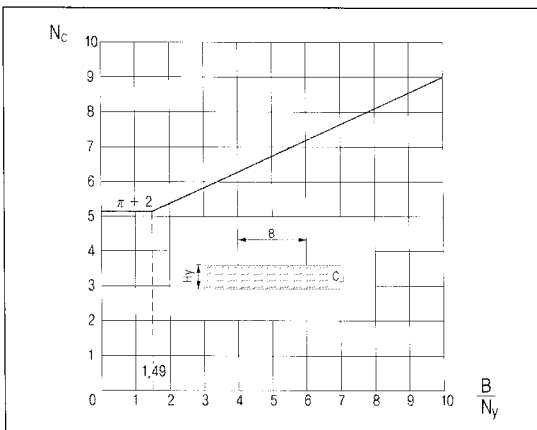


그림 6. 폭 B, 제방두께 Hy를 갖는 제방의 Loading Capacity Factor(Nc)

$$\frac{B}{H_y} > 1.49 \text{ 인 경우, } H_{dt} = \frac{N_c}{\gamma F} C_{ui}$$

여기서,  $H_{dt}$  : 지층 i의 두께

B : 성토의 하부 폭

$H_y$  : 연약층의 두께

$\gamma$  : 상부층 흙의 단위중량

$C_{ui}$  : 연약지반의 비배수 전단강도

F : 안전율(재하중인 경우 F=1.05~1.1)

- (4) 압밀후에 증가되는 연약지반의 강도는 다음과 같이 계산된다.

$$\Delta C_u = \Delta P_i U \frac{\sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

여기서,  $\Delta P_i$  : 응력증가량

U : 압밀도

$\phi$  : 내부마찰각

- (5) 모든 하중의 재하기간은 압밀과정이 이미 완료될 수 있으며 기초/지반의 안정성 또한 확보할 수 있을 만큼의 충분한 기간이 확보되어야 한다. 마찬가지로 PVD에 의해 개량된 지반이 이미 충분한 압밀이 완료되었을 때 필요에 따라 하중을 제거할 수 있다.

### 3.3.10 하중재하 기간에서의 연약지반 안정성 검토

- (1) 연약층의 두께가 매우 얇은 경우, 성토의 두께는 2m 이하로 한다. 침하의 예상원인과 점성이 있는 흙의 강도가 붕괴될 가능성을 고려하여 지반위에 하중재하가 요구되어진다.
- (2) 하중재하에 의해 발생하는 응력은 반드시 연약지반의 선행압밀압력보다 커야한다. 하지만 이 응력은 연약지반의 한계하중을 초과해서는 안 된다는 것을 명심해야한다. 즉 설계에 의거한 예상되는 한계하중 범위 내에서 제방의 침하량을 확보해야 하며, 압밀이 필요한 지역에서의 성토에 영향을 미치지 않아야 한다.



- (3) 성토와 하중재하를 준비하기 전, 높은 제방에서의 안정성문제는 매우 중요하다. 침하 및 측방유동 계측을 하는 대신에 제방의 안정성을 평가하기 위해 고전적인 계산방법이나 Bishop법에 의해서 계산할 수 있다. 제방에서  $H_d$ 는 안전율  $K_{imin} \geq 1.2$ (Classical Method) 또는  $K_{imin} \geq 1.4$ (Bishop) 일 때 충분히 안정한 것으로 판단할 수 있다.
- (4) 이와 관련된 검토방법에 대해 부록을 참조할 것.
- (5) 연약한 제방(낮은 안정성)의 경우에, 연약한 제방이 단단하게 될 수 있도록 돕기 위해 Cap Concrete를

설치하여야 한다.

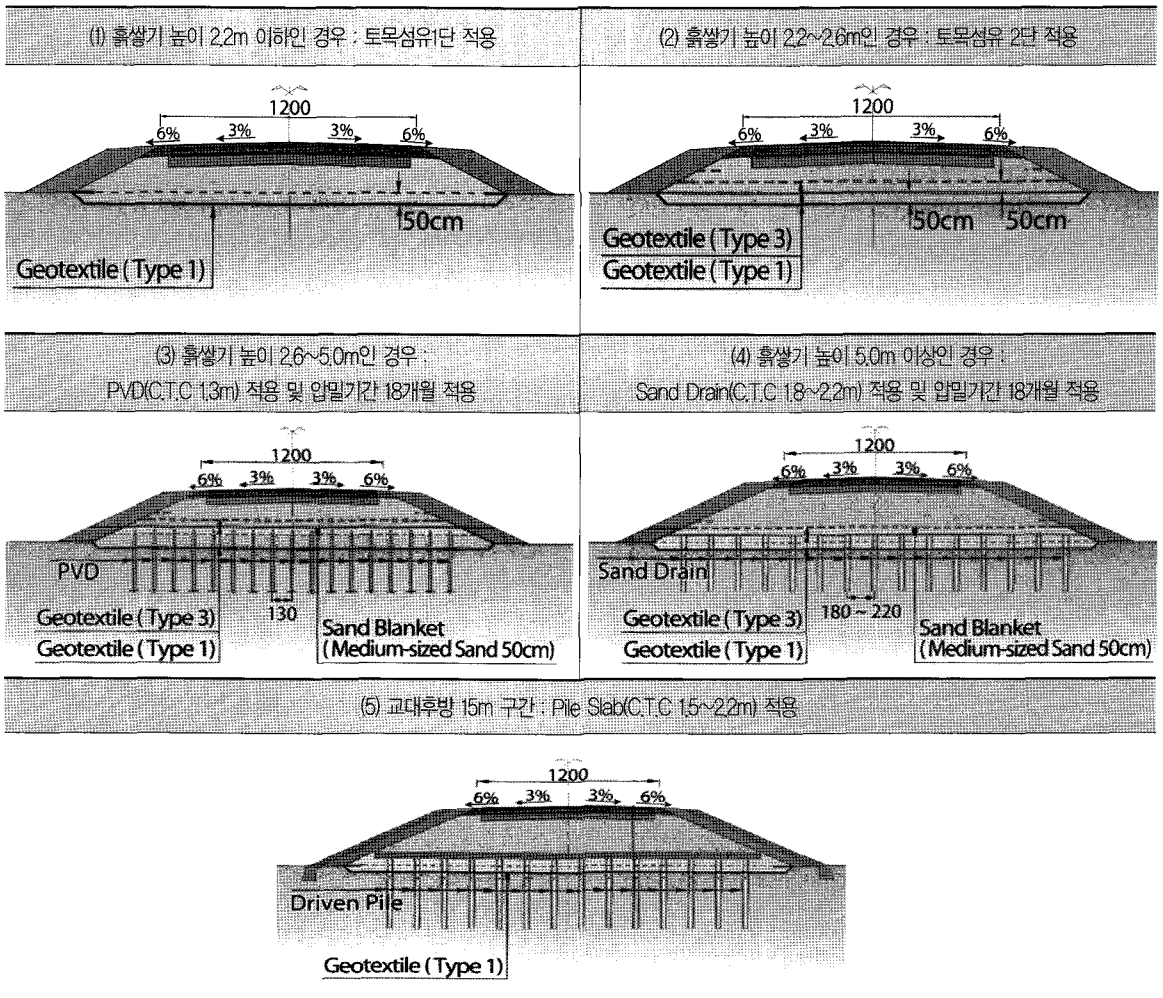
### 3.3.11 침하보완계산

- (1) 토공계획고에 따른 여성제거 후 침하에 안정하여야 한다.
- (2) 침하보완의 설계는 시방서를 따르고, 소요의 안정성을 확보할 수 있어야 한다.

### 3.3.12 설계제안서의 규정

- (1) 지반조사 성과품

표 2 제방 성토고에 따른 연약지반처리공법 적용



- 현장조사 기술서
- Geotechnical Pits & Profiles
- 물리적-역학적특성에 대한 실내시험
- (2) 설계기술서
  - 설계에 대한 근거
  - 대안
  - 연약지반 개량설계보고서(계산서 첨부)
  - 수량산출서
  - 침하 모니터링, 측방유동 및 간극수압에 대한 과업지시서
  - 시공조직도 및 시공기술 설계서
- (3) 도면작성 방법
  - 필요로 하는 지반개량공법을 포함하는 1:500에서 1:200 축척의 지형도
  - 토목공사의 종류에 따라 다른 축척의 PVD계획: 고속도로는 1:1000, 주거지는 1:500~1:200
  - 제방단면(고속도로) 또는 기초 및 압밀된 지반의 단면(주거지)
  - 측방유동에 의한 침하의 예측 및 간극수압에 대한 도면작성
- (4) 비용견적
- (5) PVD공법과 토목섬유에 대한 실내시험 증명서
- (6) 채석장 답사 안내서 (채석장의 위치, 저장량 및 재료 품질)

#### 4. 제방 성토고에 따른 연약지반처리공법 적용성 검토

연약지반상 제방 성토를 위하여 적용한 연약지반처리공법은 흙쌓기 높이에 따라 표2와 같이 토목섬유, PVD, Sand Drain 및 File Slab를 각각 구분 적용하였다.

#### 5. 결론

국내건설경기의 불황으로 인한 국내시장의 축소는 해외시장 진출이 선택이 아닌 반드시 진출해야 하는 필수가 되었으며 지난 2~3년간 엔지니어링 기업들의 해외법인 설립이 점차 증가하는 것으로 조사되었다. 2010년 세계시장의 건설시장 규모는 6조 5,320억 달러로 추정되었으며, 인프라시장의 규모는 약 2조 1,535억 달러(약 33%) 수준으로 신흥개발국 시장을 중심으로 지난 5년간 연평균 8.7%의 성장세를 보이고 있다. 지난 9월 6일 미국 건설전문지 ENR(Engineering News Record)의 세계 225대 건설사 순위 분석 결과 국내 시공건설업체들의 해외건설시장 점유율은 4.8%로 중국(14.9%), 미국(11.7%), 프랑스(10.4%), 스페인(9.3%), 독일(9.2%), 이탈리아(8.5%)에 이어 세계 7위를 차지하는 것으로 나타났으나, 건설엔지니어링의 경우 0.5%의 시장점유율을 나타내어 시공사와 엔지니어링사간의 격차가 매우 크며 엔지니어링의 경우 해외진출이 아직 초보단계에 있음을 다시 한 번 확인할 수 있다. 이와 같은 미약한 해외진출 현황은 엔지니어링업체의 상대적인 영세성, 우수인력의 부족, 해외법인 진출의 어려움과 함께 만만치 않은 초기투자비용 등과 같은 문제점에 기인한 것으로 판단된다.

당사는 2009년 SSCP사업진출을 기회로 베트남의 국가개발 전망이 밝다고 판단하여 호치민시에 법인을 설립, 수주활용을 전개하고 있으며 현지 기술자를 채용, 교육, 설계업무 수행 중에 있으며 적극적인 영업활동을 전개하고 있다. 초기의 기술제안서 작성 및 베트남 파견시 설계업무를 진행하면서 베트남어로 작성된 현지 설계 기준 및 시방서에 대한 정보 및 이해부족으로 인하여 여러 오류곡절을 겪은 바 있는 필자는 메콩델타지역에서의 연약지반처리공법 적용 및 설계업무를 통하여 틈틈이 기준 및 시



방서에 대한 영문번역 작업을 진행한 바 있다. 특히, 메콩 델타의 지역성 특성을 고려한 베트남의 연약지반처리 설계기준은 설계 심의 및 평가시 반드시 지켜야 할 사항으로 검토되었으며 우리나라의 설계기준과는 약간의 차이

점을 나타내고 있다. 특히 PVD 설치간격 1.3m를 유지해야 하는 기준은 매우 독특하다 할 것이다. 아무쪼록 본 기사가 베트남에 진출하는 지반기술자에게 다소나마 도움이 되었으면 하는 마음이다.

### **[참고문헌]**

1. 국내외 건설시장 전망 및 현안 이슈-건설 CEO 100인 설문조사 결과, 한국건설산업연구원, 박용석, 이홍일, 최석인, 2011.9
2. 건설엔지니어링 해외법인 1~2년새 급증, 건설경제, 2011년 9월 16일자
3. Engineering News Record, ASCE, 미국, 2011년 8월호
4. TCN 4200-1995, Ministry of Transportation, Vietnam
5. Rach Gia Bypass 도로건설공사 지반조사보고서, 2009