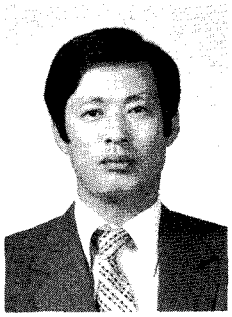
企·劃·特·輯

調査報告

軟弱地盤處理工法

李 在 顯
〈(株)東原土質 專務理事〉



1. 서 론

우리나라의 해안선은 그 길이가 12,800여 ㎞에 이르고 있고, 그 해안선을 따라 크고 작은 어항이 1,941개나 분포되어 있으며, 수산청에서 관장하는 제1종 및 제3종 어항도 61개에 이른다.

노태우 대통령도 소규모 어항개발을 위해 정부지원도 늘려 나가겠다는 강력한 의지를 천명한 바 있으며, 이에 근거하여 수산청은 89년도 어항 건설비로 540억원을 책정하는 등 활발한 어항건설에 박차를 가하고 있다.

어항개발의 순서는 지반조사·입지적 여건조사·자연조건 조사 및 기타조사를 포함한 1) 기본 자료조사, 2) 계획의 기본방향 설정, 3) 규모결정, 4) 평면배치 계획, 5) 시설계획, 6) 투자계획, 7) 종합평가 및 효과분석의 순으로 진행되는 바, 이 중 기본이 되는 것은 1)항의 지반조사 이며, 이는 2) ~ 7)항까지 모두 연관되게 된다.

어항의 위치는 해변으로서 부분적으로는 육지의 하천의 운반퇴적작용에 의해 생성되나, 대부분은 파랑 및 조류의 영향으로 운반퇴적되어 생성된 해성퇴적토(marine deposit)가 주류를 이루고 있으며, 따라서 토질은 세립질인 실트 및 점토로 구성되었고, 그 생성연대가 짧아서 아직 굳어지지 않은 연약한 지반으로 형성되어 있으며 이러한 토질은 서·남해안에 20~30m 두께로 분포되고 있다.

연약지반위에 성토 또는 구조물을 축조할 때 가장 문제가 되는 것은 자금, 인력 또는 장비면도 있겠지만 더욱 더 중요한 점은 연약지반을 보다 저렴한 공사비로 보다 빠른 기간내에 보다 안전한 구조물을 축조하기 위한 경제원리에 입각한, 입지조건에 적합한 연약지반 처리공법의 선정이라 할 수 있다.

연약지반 처리공법은 세계 각국에서 많은 연구와 노력의 결실로 여러가지 공법 및 그에 대한 설계방법이 개발되었고, 우리 나라에서도 현지 여건에 맞는 공법을 적용시켜 많은 기여를 하고 있는 것도 주지의 사실이다.

이러한 연약지반에 어항구조물을 축조하기 위해서는 첫째로, 지반의 제반 성질 및 특성을 완전히 파악하여야 하며 그러기 위해서는 많은 조사 시험이 실시되어야 한다. 둘째로 그 중요성을 절감하여 사전에 연약지반에 대한 개념 정의 및 각종 조사와 시험방법을 숙지하여야 하며, 세째로 얻어진 결과에 대한 분석검토가 토질 및 기초, 항만 및 해안분야 기술자가 유기적인 상호 협조하에 이루어져야 겠다.

지역마다 토질조건은 천차만별하고 여기에 축조되는 구조물의 종류 및 규모도 다양하므로 지반조사 결과가 어떻게 이용되고 어떠한 방법으로 적용되는가 하는 기법을 본 투고에서 설명하기는 매우 어렵다.

따라서 이번에는 설계자료의 기본이 되는 연약지반의 정의 및 이를 판정하는 기준, 지반을 형성하고 있는 토층의 특성을 파악하기 위한 일반적인 조사 시험 방법과 그에 관련된 기초적인 지식을 소개코저 한다.

2. 연약지반의 정의

우리가 일반적으로 연약지반이라고 부르고 있는 것은 평지부를 형성하고 있는 연한 자연지반을 말한다.

물론 매립이나 간석에 의해 구성된 인공지반에서도 그 토질이 연약할 때는 자연지반과 같이 취급한다.

연약지반은 정성적(定性的)으로는 점토나 실트와 같은 토질로 된 지반으로서 지하수위가 높고 포화되어 있으며, 지지력(支持力)이 낮아 성토와 구조물의 안전과 침하에 큰 문제를 주는 지반이라고 정의할 수 있다.

그러나, 정량적으로는 그 지반 중의 두께나 넓이 등에 따라 변화하고 더구나 동일 토층이라 할지라도 그 지반위에 축조되는 구조물의 종류, 규모와 요구되는 성질 또는 시공방법에 따라 연약지반으로 취급할 때도 있고 그렇지 않을 때도 있어서 일률적으로 정의할 수는 없다.

대략적인 기준으로서는 다음 〈표 1〉과 같은 조건이라면 연약지반으로 간주할 수 있다.

연약지반을 정량적(定量的)으로 규정할 수 없다는 것을 구체적으로 예를 들어 설명하여 보면, 시공방법 하나를 보더라도 장기간에 걸쳐 단계시공을 하면서 지반을 충분히 안정시켜 가면서 시공하면 아무런 문제가 일어나지 않은 지반에서도 공기상의 문제로 인하여 단기간에 급속하게 높은 성토를 하게 되면 지반지지력의 부족으로 강제치환(強制置換) 즉 측시침하가 발생되고 국부전단파괴에 의한 활동이 발생되는 것은 방파제 또는 호안의 공사에서 자주 보아왔기 때문이다.

이와같이 지지력, 침하 및 활동 등이 문제되어 연약지반으로 간주되기도 하기 때문이다.

또 교량이나 건축 등의 구조물에서도 상당히 큰 부등침하(不等沈下 : ununiform settlement) 나, 변위가 허용되는 정정(定靜)구조물의 대상이 되는 지반과 이것이 거의 허용되지 않는 부정정 구조물이 시공되는 지반과는 지반의 성질에 대한 제한이 달라지기 때문이다.

그래서 구조물의 종류에 따라 다음 〈표 2〉와 같이 세분하여 규정치를 정하여 활용하기도 한다.

〈표 2〉에서 모래질층에서 N치 10이하를 연약지반으로 간주하는 것은 지반(earth quake)과 같은 충격을 받을 때 quick sand 현상을 일으켜 지반이 유동화를 일으킬 우려가 있기 때문인 것으로 사료된다.

표 1. 연약지반의 土性

구 분	含 水 比 (ω)	일축압축강도(qu)	N치(회)
점성토층	50% 이하	0.5kg/㎠ 이하	4 이하
泥 炭 層	100% 이하	0.5kg/㎡ 이하	4 이하

3. 지반의 조사

이상에서 연약지반의 정성적(定性的), 정량적(定量的)성질에 대하여 설명하였다.

표 2. 연 약 지 반 의 판 정 기 준

구조물의 종 류	지 반 상 태							판 정
	토 질	층두께 (m)	N 치	qu(t/㎡)	qc(t/㎡)	장기허용지 내 력 (t/㎡)	함수비 (%)	
도 로	유기질토		2 이하	2.5 이하	12.5 이하			연약지반(초연약)
	세 립 질		2~4	2.5~5	12.5~25			연약지반(연 약)
	사 점 토		4~10	5~10	25~50			연약지반(보 통)
고속도로	泥 炭 토		4 이하	5 이하			100 이상	연약지반
	점 성 토		4 이하	5 이하			50 이상	연약지반
	사 질 토		10 이하	0.5 이하			20 이상	연약지반
철 도		2 이상	0					연약지반
		5 이상	2 이하					연약지반
		10 이상	4 이하					연약지반
필 댐			20 이하	15 이하				연약지반
건 축			10 이하			10 이하		연약지반

표 3. 보 링 의 종 류 및 관 련 사 항

종 류	조 작 과 정	일 반 적 용 도	각국의 규정	비 고
Test Pit (시험굴)	공을 공구, 백호우, 불도자 또는 케이슨 굴착 장비에 의해 판다.	1. 사전조사 2. 인력에 의한 시굴		지하수위 이하의 조사곤란
Auger Boring	5~15㎝의 직경의 구멍을 나선형 또는 일반적인 오가로 인력 또는 동력에 의해 굴착	Auger, Boring과 Wash Boring은 시험굴 굴착의 가장 일반적인 방법임.	KSF 2319-81 ASTM D1452-80 AASHTO T203-74	인력의 경우 굴착심도에 한계가 있음
Wash Boring	Water Jet나 Chopping Bit에 의해 공을 굴착함			
Percussion Boring (충돌식 보링)	Jack Hammer나 기타의 굴착장비에 쵸핑비트를 사용하여 토층이나 암층에 공을 굴착한다.	巖이나 경질재료에 공을 굴착할 때	ASTM D420-79 AASHTO T86-74 BS1377-67 1부-1절	
Rotary Boring (회전식 보링)	코아비렐과 Rod에 부착된 Metal 또는 Diamond Bit의 회전에 의해 연속적으로 공을 굴착	흙 및 암에 대한 일반적인 보일 형태	DIN 4021-71 4022-69 4023-55	

그러면 어느 지반이 〈표 1〉 및 〈표 2〉의 기준에 맞는가 안 맞는가를 판단하기 위해서는 여러가지 조사와 실험이 실시되어야 한다.

또 위의 표에서는 기준치로서 함수비(ω), 일축압축 강도(qu) 및 N치만을 예로 들었으나 종합적인 판단을 위해서는 1) 그 지반을 구성하고 있는 각 토층의 두께와 토층의 일반적인 성질 및 종류, 2) 각 토층의 공학적인 성질을 알아야 한다.

이러한 제반사항을 알기 위하여 실시되는 토질조사는 보링 → 샘플링 → 시험의 과정을 거쳐 수행된다.

1) 보링(boring)

보링이란 "인력 또는 기계력에 의하여 토층의 구조 및 두께 파악과 시료취급 및 각종 원위치 현장시험을 위한 공(孔, hole)을 뚫는 작업"이라고 말할 수 있다.

보링은 용도에 따라 그 배경을 임의로 조정〈AX~HX 도는 대구경(大口徑)〉할 수 있고 그 깊이도 수미터에서 수백미터까지 가능하다. 이러한 목적으로 실시되는 보링의 종류와 관련사항을 표로 요약하면 다음 〈표 3〉과 같다.

또 보링 결과는 조사명, 목적, 위치, 보링방법, 공(孔)번호, 일자, 조사자, 표고, 지하수위, 각 토층의 명칭 및 두께, 색깔 및 관찰사항, 각종 시험명, 실시 위치 및 깊이와 성과(成果), 샘플링 방법 및 심도 등을 주상도(柱狀圖)에 기록하여야 한다.

1986년 11월 개정된 구조물 기초 설계기준(건설부)에서 각 구조물별로 boring의 최소 수량 및 보링깊이는 다음 〈표 4〉 및 〈표 5〉와 같이 기준을 정하였다.

2) 시료채취(sampling)

Sampling이란 굴착된 공으로부터 흙이나 암시료를 채취하는 것을 말한다.

시료는 채취방법에 따라 본래의 상태를 유지하는 자연시료 (undisturbed sample)와 본래의 상태를 유지하지 못하고 교란된 상태인 흐트러진 시료 (disturbed sample)의 두가지로 나뉠 수 있다.

위의 두 종류의 시료는 채취위치, 보링 번호, 채취심도 및 토질명 등을 기록하여 보관하여야 하며, 이때 흐트러진 시료는 흙의 물리적 성질 시험에 필요한 충분한 양을 확보하여 철제뚜껑을 가진 유리병에 넣어 시료상자에 보관하며, 자연시료는 압축, 일사광성, 비틀림 및 충격을 주지 않도록 충분히 주의하여 채취, 밀봉,

표 4. 보링 간격에 관한 기준

조 사 대 상	배 치 기 준
광범위한 현장	예비조사의 보링 간격은 근접한 4개소의 보링 지제(地題)를 잇는 부분의 면적이 현장 전체면적의 약 10%가 되도록 한다. 세부조사는 가장 유효한 방향으로 토층 단면도가 작성되도록 추가한다.
연약층이 있는 지역	예상되는 건물의 위치에는 보링 간격은 30~60m, 건물의 위치가 확정되면 중간점의 보링을 추가한다.
간격이 좁은 독립기초를 갖는 대규모 구조물	보링은 각방향으로 15m 간격으로 예상되는 기초 외벽 기계실, 엘리베이타실 등에 실시하며 가장 유효한 방향을 따라 토층도(土層圖)가 작성될 수 있도록 배치한다.
면적이 250~1,000㎡의 독립된 강성(剛性)기초	주변을 따라 최소 3개소의 보링을 실시한다. 그 결과에 따라 중간에 보링을 추가한다.
큰 면적에 하중이 적은 구조물	최소한 네 모퉁이에 보링을 실시하고 토층단면도(土層斷面圖) 작성에 필요한 수개의 보링을 내부 기반위치에 추가한다.
면적이 250㎡이하의 독립된 강성(剛性)기초	반대쪽 모서리에 최소 2개소의 보링을 실시하고 복잡한 상황에 따라 보링을 추가한다.
드라이독크와 같은 중요한 해안구조물	장소가 확정되었을 때 일반적으로 보링간격은 15m 이내로 하며 깊은 우물 케이슨 터널 및 암거(暗渠) 등의 주요지점에는 중간 보링을 추가한다.
긴 격벽(隔壁) 또는 방파제	벽(壁)을 따라 예비조사는 60m 간격으로 실시한다. 중간점에 보링을 추가할 때는 15m 줄여서 실시한다. 벽 전면의 세굴을 받는 부분 및 배면 주동토압(主動土壓) 작용영역에 대해서는 적당히 보링을 추가한다.
깊은 터파기 또는 흙 쌓기의 안정해석	해석에 필요한 토층단면을 알기 위하여 문제가 되는 방향을 따라 직선상에 3~5개소의 보링을 실시한다. 안정문제의 규모에 따라 그 수는 증가한다.
댐 및 저수구조물	예비조사는 기초부분 약 60m 간격으로 시행한다. 중심선상에 중간 보링을 추가할 때는 간격을 30m로 감소시켜 실시한다. 또 교대(橋臺) 여수토(餘水吐) 및 토출공 등의 중요 구조물 위치에도 보링을 실시한다.
도로 및 비행장	깊은 흙 깎기나 높은 흙 쌓기의 안정 해석 등 필요한 경우에는 위의 규정을 적용한다.

표 5. 보링 깊이에 관한 기준

조 사 대 상	보 링 깊 이 기 준
간격이 좁은 독립 기초를 갖는 대형 구조물	기초의 조합에 따라 발생되는 연직응력(鉛直應力)이 접촉응력(接觸應力)의 10% 보다 적게 분포하는 깊이까지 조사한다. 일반적으로 보링은 기초 최하부에서 9m 이상의 깊이까지 실시한다. 만약 그보다 얕은 깊이에서 암반(岩盤)이 나타날 경우에는 예외이다.
독립된 강성(剛性)기초	연직응력이 접촉응력의 10%보다 적게 분포하는 깊이까지 조사한다. 일반적으로 보링은 기초 최하부에서 9m 이상의 깊이까지 실시한다. 만약 그보다 얕은 깊이에서 암반이 나타날 경우에는 예외이다.
긴 격벽(隔壁) 또는 방파제	준설(浚渫)깊이 아래까지, 벽 높이의 0.75~1.5배 깊이까지 조사한다. 활동면(滑動面)이 깊게 일어날 수 있는 토층으로 형성된 지반인 경우는 특별히 단단한 지반층(地盤層)까지 실시할 필요가 있다.
깊은 터파기	터파기 저폭(底幅)의 0.75~0.1배 깊이까지 조사한다. 안정성이 있는 토층을 지하수면까지 터파기 할 때는 저(底)면에서 1.2~2.4m 길이로 충분하다. 터파기가 지하수면아래까지 실시될 때에는 그 아래의 불투수층(不透水層)을 확인할 필요가 있다.
높은 흙 쌓기	비교적 균질한 지반은 사면(斜面)부분 수평길이의 0.5~1.2배의 길이까지 실시한다. 연약층이 있거나 또는 토층이 불규칙한 경우에는 단단한 층까지 조사한다.
댐 또는 저수(貯水)구조물	비교적 균질한 지반에서는 흙 댐은 저폭이 0.5배, 소규모 콘크리트 댐은 높이의 1.0~1.5배 깊이까지 조사한다. 다만, 어느 경우이던 보링깊이는 단단한 지층 또는 불투수층 까지 도달하도록 하여야 한다.
도 로	흙깎기 부분은 포장표면에서 1.8m깊이까지 낮은 흙쌓기 부분에서는 원지반면으로부터 1.8m 깊이까지 조사를 시행한다. 높은 흙쌓기 또는 깊은 흙깎기의 경우에는 위의 각 규정에 따른다.
비 행 장	흙깍기 부에서는 포장표면에서 3m 깊이까지 낮은 흙쌓기 부에서는 현지반면으로부터 3m 깊이까지 조사한다. 높은 흙쌓기 또는 깊은 흙깍기의 경우에는 위의 각 규정에 따른다.

표 6. 시료 채취의 종류 및 방법

종 류	과 정	일 반 적 용 도	각 국 의 규 정	비 고
대단히 흐트러진 시료	표 3의 Auger Boring, Wash Boring, Percussion Boring	Auger에 의해서 올라온 깎여진 시료, 순환수에 의해 운반된 흙입자, 충격식 보링에 의해 깨진 시료 등으로 각 흙의 일반적 특성 파악에 쓰임		토질조사에는 부적합함.
Split Spoon Sampler	외경 50.8㎜, 내경 34.9㎜, 전장(全長) 610㎜ 이상의 표준형 Sampler로서 Sampler 중앙이 2등분 될 수 있는 것	1. 흐트러진 시료채취 2. 단단한 토층의 시료채취 3. 연약한 토층으로부터의 시료채취	KSF 2317-81 JIS A 1219-76 ASTM D 1586-83 AASH TO T 206-74 BS 1377-67 5部 19	
얇은 管	통상 5~75㎝ 직경의 이음이 없는 철, 알미늄, 동제품을 Hammer의 충격이 아닌 정하중(靜荷重)으로 지중에 삽입	점성토(粘性土)의 흐트러지지 않는 자연시료 (Undisturbed Sample)채취	KSF 2318-81 일본 72C※ ASTMD 1587-83 AASHTO T 207-74	입상(粒狀)토질이나 단단한 층에서는 부적합함
Core Boring	표 3의 회전식 보링	암(岩)시료의 연속적 채취	ASTM D 2113-83 AASHTO T 225-74	
인력절취 시료	Test Pit의 측면으로부터 인력으로 절취	시료가 조금 흐트러진다. 많은 비용이 들어 잘 사용하지 않음		

※표는 일본 토질공학회「案」임

보관 및 운반되어 흙의 역학적 성질을 알기위한 시험에 사용되도록 하여야 한다.

〈표 6〉에서 Split spoon sampler는 흐트러진 시료의 채취에 사용되며, 얇은 관(thin wall tube)에 의한 샘플러는 흐트러지지 않은 자연시료 채취에 주로 이용된다.

Thin wall sampler에는 Denison Sampler, Sand Sampler, Foil Sampler, Stationary Pistion Sampler 및 Triaxial Sampler 등이 있으며, Sampler 재질은 철, 알미늄 및 동제품이 있으나 내용물(흙시료)에 의해 샘플러 내면에 부식이 일어나지 않은 동제품이 가장 많이 쓰이고 있다.

3) 실내 시험(laboratory test)

Sampling에 의해 채취된 시료는 시험실에 운송되어 각종 흙의 물리적 및 역학적 성질에 관한 시험을 〈표 7〉의 규격에 따라 실험하여 토질정수 및 강도정수를 구한다.

이때 축조하려는 구조물의 성격과 목적에 따라 시험종목은 적절히 선정되어야 한다.

토질조사, 보링, 샘플링, 시험 및 조사방법에 대하여 우리 나라에서는 한국공업규격(KS)으로 제정되어 있으며, 이에 의거하여 시행되고 있다.

또 이 규정으로 정해지지 않은 종목에 대해서는 선례 또는 국회의 제규정에 따라 이를 준용하여 실험하고 있다.

그래서 자세한 시험방법을 찾아

표 7. 흙 시료에 대한 실내시험 종목 및 관련 규정

흙의성질	시험종목	관련규정						비고
		한국	일본	미국		영국	독일	
		(KS)	(JIS)	(ASTM)	(AASHTO)	(BS)	(DIN)	
입도 (粒度)	입도시험	F2301-80	A1201-79	D422-72	T87-72	1377-67	18123-77	
		F2302-81	A1204-79	D421-78	T87-72	1부 4절		
		F2309-80		D1140-71		2부 T7		
연경도 (軟硬度)	液性한계시험	F2303-80	A1205-79	D423-72	T89-68	2부 T2,3,4	18122-76	
	塑性한계시험	F2304-80	A1206-78	D424-71	T90-70			
단위중량	비중시험	F2308-81	A1202-78	D854-83	T100-74	2부 T6	18124-73	
함수량	함수량시험	F2306-80	A1203-78	D2216-80	T217-67	2부 T1	18121-76	
체적변화	수축한계시험	F2305-80	A1209-78	D427-83	T92-68	2부 T5		
전단강도	일축압축시험	F2314-76	A1216-79	D2166-79	T208-70	5부 T20		
	직접전단시험	F2343-82	A1215-78	D3080-79	T236-72			
	삼축압축시험	F2346-82		D2850-82	T234-70	5부 T21		
압축성	압밀시험	F2316-82	A1217-79	D2435-80	T216-74	5부 T17		
다짐특성	다짐시험	F2312-81	A1210-79	D698-78	T99-74	4부 T12,13		
				D1557-78	T180-74			
지지력	C.B.R 시험	F2320-80	A1211-79	D1883-78	T193-72	5부 T16		

볼 수 있도록 각 규격의 번호를 수록하였다.

이때 목적에 부합하는 시방에 따라 적용할 시험규정을 한국공업규격이 아닌 외국규격을 표시하는 경우도 있는 데, 동일한 시험종목이라 할지라도 약간씩 다른 점이 있어 문제가 발생되고 있는지라 금반에는 한국공업규격뿐만 아니라 국제적으로 인정되는 미국의 ASTM 규정, AASHTO 규정, 일본의 JIS 규정, 영국의 BS 규정 및 독일의 DIN 규정도 아울러 수록하여 이해를 돕도록 하였다.

4) 현장시험

boring에 의해 채취된 시료는 실내에 운반되어 각종 시험이 실험된다.

이때 흙의 물리적, 성질 시험은 시료가 흐트러져도 성과에 이상이 없지만 자연시료에 의한 전단(剪斷)강도나 압축성에 관한 흙의 강도정수(定數) 즉 역학적 성질에 대한 시험은 시험하고자 하는 시료가 흐트러지면 본래의 흙의 성질과는 다른 결과가 얻어지게 되어 시료의 목적에 위배된다.

이러한 취지에서 자연시료가 교란되는 원인을 열거하면 다음과 같다.

● 시료채취 전에 반드시 보오링 구멍내를 청소하여 잉여토(slime)가 없도록 하여야 하며, 채취지점이 교란되지 않는 방법으로 실시하여야 한다.

● 샘플러는 소정의 깊이만큼 삽입하여야 한다.

지반이 연약할 때 특수채취기를 사용하지 않으면 빼올리는 과정에서 샘플러 내부의 시료가 빠져 버리기 때문에 채취자가 이를 커버하려고 샘플러를 길이의 1.5~2배를 삽입하여 채취하는 바 이렇게 채취된 자연시료는 벌써 교란된 시료가 되어버린다.

● 가급적 빠른 속도로 삽입하여야 한다.

통상 1초에 30㎝의 속도가 적당하다. 선단의 교란된 흙이 샘플러 내부로 혼입되는 것을 방지하기 위하여 충격을 주지 않는 범위내에서 빠르게 삽입시키는 것이 좋다. 이때 요동이나 비틀림을 주어서는 안된다.

● 샘플러는 규격품을 사용해야 한다.

KS F 2317에 정해진 규격품을 사용해야 지반의 교란, 잉여토의 삽입 및 마찰력을 피할 수 있다. 내부 간격률은 0.5~3% 여야 하며 샘플러의 깊이는 모래 지반에서는 지름의 5~10배, 점토지반에서는 10~15배여야 한다.

● 자연시료는 채취 즉시 양쪽 끝을 밀봉하여 함수량의 변화를 방지하여야 한다.

어떤 경우는 보오링의 다음 작업준비때문에 현장에 오랫동안 놓

아 두었다가 한가할 때 파라핀으로 때우는데 이는 지양되어야 한다.

이때 고무링의 팽창을 이용한 마개를 사용하면 시간도 절약되고 효과도 확실하다.

● 자연시료는 양쪽을 파라핀으로 밀봉할 때를 제외하고는 수평을 유지하여야 한다. 수직으로 세워놓게 되면 연약한 토질은 아래 방향으로 하중을 받게 된다.

● 자연시료는 동결 또는 태양의 직사광선을 받지 않는 시원한 곳에 보관되어야 한다. 흙의 종류에 따라 온도의 차이에 따라 화학적 변화를 일으킬 수가 있기 때문이다.

● 자연시료의 운반 및 보관에는 충돌과 진동을 주어서는 안된다. 채취된 자연시료는 스폰지 등으로 싸서 시료상자에 담아 보관하여야 하며 운반시에는 조용한 방법으로 취급하여야 한다.

● 실험실에 운반된 자연시료를 추출할 때는 비교적 느린 속도로 추출하되 필요한 길이만큼 절단하여 시료추출기로 추출해야 한다. 빠른 속도로 추출하게 되면 시료와 Sampler 사이의 마찰력으로 인하여 미쳐 빠지지 못하고 힘을 받게 되어 교란된다.

또 Sampler 전 길이를 그대로 빼는 것 보다는 각 시험에 필요한 길이만큼 절단하여 빼는 것이 교란을 적게 한다.

● 시험용 공시체 제작시에도 시료가 교란되지 않도록 하여야 한다. 샘플러에서 추출된 시료를 지름 및 길이를 조절하여 공시체를 제작하게 되는데 이때 시료성형기 및 부속공구를 사용하여 제작하려는 공시체에 무리한 힘을 가하여 교란되지 않도록 해야 한다.

따라서 시료가 교란되지 않도록 위에서 열거한 점에 대하여 충분히 유의하여야 하나 자연시료의 채취, 운반, 보관, 추출 및 공시체 제작 과정에서 약간의 교란이 생기기 때문에 완전히 일치되는 값을 얻기 어려운 때가 있다. 그래서 원지반의 강도정수를 현장에서 직접 측정할 필요성을 느낄 때도 있다.

그러나 원위치 시험도 토층이 균일하여야 한다. 만약 약간의 다른 조직이 삽입되어 있을 때는 측정치가 아주 다르게 측정되는 수가 있다. 예를 드어 연약한 점토층속에 조개껍질(Shell)이 함유되어 있는 토층의 경우 원위치 시험기의 선단부분이 조개껍질을 계속 물고 내려가면 실제값보다 훨씬 큰 값이 측정될 수도 있다.

따라서 흙의 전단강도나 압축에 관한 성질 시험은 실내 시험과 현장 시험을 병행하고 그 효과를 비교분석하여 적합한 값을 결정하는 것이 중요하다.

흙의 전단강도나 압축에 관한 성질 시험은 실내 시험과 현장 시험을 병행하고 그 효과를 비교분석하여 적합한 값을 결정하는 것이 중요하다.

현장에서 실시되는 시험종목을 〈표 8〉로 요약하여 수록하였으며 이 이외에도 간극수압 및 토압의 측정 등 필요에 따라 추가하여야 할 종목도 있다. 이러한 연약지반의 강도특성을 파악하기 위하여 실시되는 시험을 통털어 사운딩(sounding)이라고 하며 연약지반의 조사·시험에 가장 많이 이용되고 있다.

sounding이란 rod에 붙인 어떤 저항체를 지중에 넣어 타격 관입 회전 및 인발할 때 흙의 전단강도를 측정하는 원위치 시험을 말하며, 금반에는 이의 시험방법에 대해 간단히 설명하겠으며 기타 현장 시험방법은 관련규정을 참조하기 바란다.

가) 표준관입시험 (Standard Penetration Test, SPT)

이 시험은 1927년 미국 Boston 시의 Gow Co., H. A. Mohr에 의해서 개발되어 이용되기 시작하였고 오늘과 같은 시험기기 및 시험법으로 제정된 것은 Raymond Conerete Pilo Co., 가 당초 방법을 개정한 것이 시초가 되었다.

그 후 1948년 Terzaghi와 Peck가 그들의 저서에 N치와 모래의 상대밀도 내지는 점성토층의 연경도(consistency)와 N치와의 관계, 모래지반의 제반요소와의 관계 등을 수많은 현장 비교시험을 토대로한 상관관계를 발표한 이래 현장 원위치 시험방법으로 널리 인식되고 실용화되고 있다.

미국등지에서는 SPT가, 유럽등지에서는 CONE이 가장 많이 쓰이고 있다.

표준관입 N치란 64㎏의 해머를 75㎝ 높이에서 자유낙하시켜 샘플러가 30㎝관입하는데 필요한 타격회수를 말하며 시험은 15㎝의 예비타, 15㎝, 15㎝의 본타와 시료 다량 채취 목적의 15㎝의 후타로 나누어 실시되며 N치는 본타의 값으로 기재한다.

일본에서 점성토층에서의 실험

표 8. 현장시험 종목 및 관련 규격

조사종목	시험종목	관련규격						비고
		한국 (KS)	일본 (JIS)	미국 (ASTM)	미국 (AASHTO)	영국 (BS)	독일 (DIN)	
다짐특성	밀도 함수량 관계	F2312-81	A1210-79	D698-78 D1557-78	T99-74	1377-67 4부 T12,13		
	현장밀도	F2311-81 F2347-82	A1214-78	D1556-64 D2167-84 D2937-83 D2922-81	T191-61 T205-73 T204-73	4부 T15		
	휴대용 관입시험			D1558-71				
전단강도 및 상대밀도	표준관입시험	F2318-81	A1219-61	D1586-84	T206-74	5부 T19		
	콘 (Cone) 관입시험		※64T					
	스웨덴식 (Swedish)식		※68T					
	베인 (Vane) 전단시험	F2342-81		D2573-78	T223-74	5부 T18		
	인발시험							
투수성	양수시험							
지지력	C.B.R 시험	F2321-80	A1211-79	D1883-73		5부 T16		
	載荷시험	F2310-80 F2444-85 F2445-80	A1215-78 ※71T ※T-25 ※T-32	D1196-77 D1195-77 D1194-77 D1143-81	T221-66 T222-66 T235-74		18137-72 18134-76	

※표는 일본 토질공학회「案」임

결과 N치와 일축압축 강도(qu)와의 관계는 다음 〈식 1〉과 같다고 한다.

$$qu=\frac{N}{8}(kg/cm^2)=\frac{10N}{8}(ton/m^2)\cdot(1)$$

또 점착력(C)과는 다음의 관계가 있다고 한다.

$$C=\frac{qu}{2}=\frac{10N}{16}(ton/m^2)\ \cdots\cdots\ (2)$$

Dunhum은 N치로서 흙의 전단저항각(ϕ)을 구하는 공식을 (식 3)과 같이 제안하고 있다.

$$\phi(deg)=\sqrt{12N}+\alpha(15\sim25)\ \cdots\ (3)$$

여기서 α는 다음과 같다.

입경의 분포가 균일하고 입자가 구형일 때 $\alpha = 15$

입경분포가 양호하고 입자가 구형일 때 $\alpha = 20$

입경이 균일하고 입자가 각형일 때 $\alpha = 20$

입경분포가 양호하고 입자가 각형일 때 $\alpha = 25$

Meyerhof는 말뚝의 지지력 공식에 N치를 도입하여 (식 4)를 제안하였으며 현재 말뚝지지력을 구하는 정역학적 공식으로 많이 이용되고 있다.

$$Qult=40N\ Ap+\frac{1}{5}\bar{N}\cdot As\ \cdots(4)$$

여기서

Qult : 말뚝의 극한 연직 지지력 (t/m^2)

표 9. 점성토의 연경도에 따른 일축압축 강도 및 N치와의 관계

Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Very Stiff	Hard
N 치	2 이하	2~4	4~8	8~15	15~30	30 이상
qu(kg/㎠)	0.25 이하	0.25~0.5	0.5~1.0	1~2	2~4	4 이상

표 10. 모래의 상대밀도, 전단저항각과 N치와의 관계

N 치	상 대 밀 도 $Dr = \frac{\ell max - e}{\ell max - \ell min}$		내 부 마 찰 각	
			Peck	Meyerhof
0 ~ 4	Very loose	0.0 ~ 0.2	28.5° 이하	30° 이하
4 ~ 10	loose	0.2 ~ 0.4	25.5 ~ 30	30 ~ 35
11 ~ 30	Medium	0.4 ~ 0.6	30 ~ 36	35 ~ 40
30 ~ 50	Dense	0.6 ~ 0.8	36 ~ 41	40 ~ 45
50 이상	Very Dency	0.8 ~ 1.0	41 이상	45 이상

N : 말뚝 선단의 평균 N치
Ap : 말뚝 선단 단면적(㎡)
N : 말뚝 주변의 평균 N치
As : 말뚝체 주변면적(㎡)

Terzaghi는 모래 지반의 기초에 대하여 다음 〈식 5〉에 의하여 지지력을 구하고 있다.

$$Qd = \alpha \cdot \beta \cdot r \cdot Nr + r \cdot Df \cdot Nq \cdots\cdots (5)$$

여기서
Qd : 지반의 극한 지지력(t/㎡)
α : 형상계수
  연속기초 = 0.5
  정사각형기초 = 0.4
  원형기초 = 0.3
β : 정사각형 기초의 中 또는 원형기초의 직경(m)
r : 흙의 단위체적중량, 지하수면보다 아래에 있을 때는 수중단위량 r'를 사용(ton/㎥)
Df : 기초의 유효 근입길이(m)
Nr·Nq : 지지력의 계수
(〈그림 1〉 참조)

〈그림 1〉에서 Nr·Nq의 값은 전반전단파괴(general shear failure)와 국부전단파괴(local shear failure)를 동시에 고려한 Peck의 도표이다.

Terzaghi와 Peck는 점성토의 연경도(軟硬度, consistency)와 강도와의 관계를 다음 〈표 9〉와 같이 제안하였다.

Peck와 Meyerhof는 모래의 상대밀도와 전단저항각과의 관계를 다음 〈표 10〉과 같이 제안하였다.

나) 콘 관입시험(Cone Penetration Test, CPT)

콘 관입시험은 선단에 붙인 원추형 콘을 흙속에 관입시킬 때 받는 저항으로부터 지반의 굳기와 固結정도를 측정하는 시험이다.

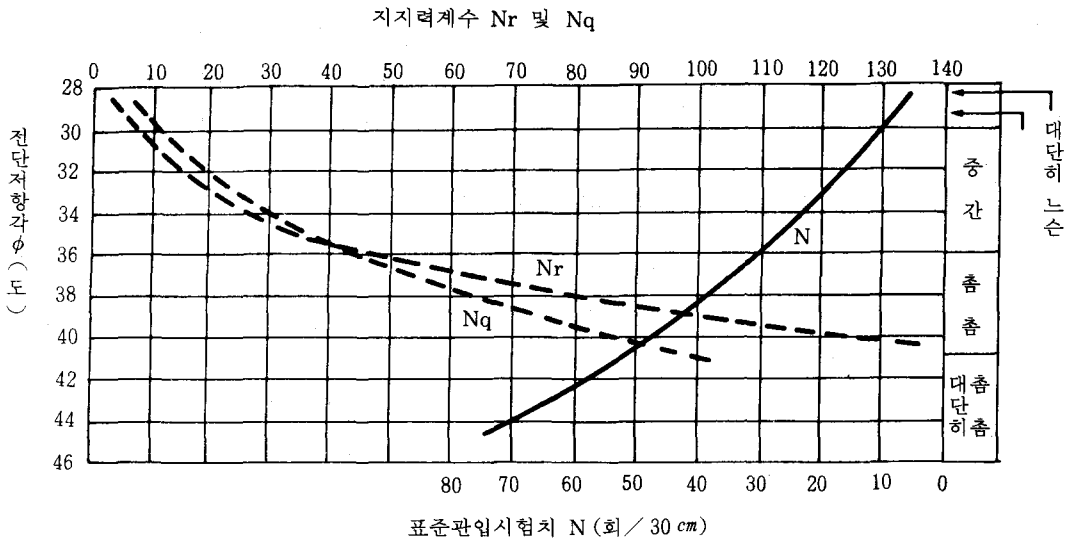
콘 관입시험은 관입방법에 따라 정적과 동적으로 나눌 수 있으며, 시험기에 따라 단관식과 2중관식으로 나누어 진다.

(1) 정적 콘 관입 시험(Static Cone Penetration Test, SCPT)

이 시험은 당초 미국 육군 기술본부 수로국(WES)에 의해서 차량통과용량(trafficability)시험을 위해서 고려된 것으로 그 후 rod의 주변마찰을 감소시키기 위하여 2중관식(Holland Type)으로 개조되어 현재 유럽 각국에서 실용화되고 있다.

콘에는 여러가지 종류가 있으나 대체적으로 선단각 60°의 원추형 콘이 많이 이용되고 있다.

시험은 rod에 붙인 콘을 정하중으로 일정한 속도(1㎝/sec)로 관입시킬 때 흙의 저항력을 proving ring 또는 하중계로 읽으며, 콘지수 또는 콘 관입저항(qc)은 다음 〈식 6〉으로 구한다.



〈그림 1〉 N値와 支持力 係數

$$qc = \frac{Qc}{A} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

여기서

qc : 콘지수 또는 콘관입 저항 또는 콘전단강도(kg/㎠)

Qc : 콘 선단에 가해진 하중(kg)

A : 콘 선단의 底면적(㎠)

이렇게 하여 구한 콘 지수를 일축압축 강도(qu)로 환산하기 위해서는 〈식 7〉을 이용한다.

$$qc = 5qu = 10C \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

앞에서도 언급한 바와 같이 이 시험결과치로 지반의 차량진입 가능 여부 및 차종을 선택하는 기준으로 이용되기도 한다.

〈표 11〉은 굴착 작업에 필요한 콘지수의 최소치를 규정한 것으로 지반의 콘 지수에 따라 장치를 선택할 때의 기준이 되기도 한다.

표 11. 굴착작업에 필요한 콘지수의 최소치

건설기계의 종류	콘 지수(qc) kg/㎠
초습지(初濕地) 불도우저	1.5 ~ 2
버켈 불도우저 (습지형)	3 ~ 4
습지 불도우저	2 ~ 4
불도우저(중형)	5 ~ 7
불도우저(대형) 피견인식 스크레이퍼	7 ~ 10
자주식(自走式) 스크레이퍼	10 ~ 13
덤프트럭 (6~7.5 ton)	15이상 필요

(2) 동적 콘 관입시험(Dynamic Cone Penetration Test, DCPT)

표준관입 시험과 같은 방법과 원리로 해머를 자유낙하시킬 수 있는 삼각대에 rod에 샘플러 대신 원추형 콘을 달아서 타격에 의해 지중에 관입시킬 때의 지중의 應力을 측정하는 시험방법이다.

일반적으로 실시하는 동적 콘 관입시험의 관입저항을 응력으로 표시할 때는 다음 〈식 8〉로 계산한다.

$$\sigma = \frac{k}{e} \quad \cdots\cdots(8)$$

$$e = cm / N \quad \cdots\cdots(9)$$

$$k = m^2 h/s(m+p) \quad \cdots\cdots(10)$$

여기서

σ : 동적 콘 관입시험에 의한 흙의 지중 응력(kg/cm^2/회)

k : 상수

e : 1회당의 관입량

m : 해머의 중량

h : 해머의 낙하고

p : 롯드와 선단 부착물의 중량

s : 콘의 저면적

본 시험은 보통 대형 콘의 경우 15㎝, 중형콘의 경우 매 10㎝마다 다격회수를 측정한다.

본 시험의 측정 및 결과 정리 요령은 대형 콘의 경우 선단 콘의 외경을 표준관입 샘플러와 같게하고, 사용하는 해머의 중량 및 낙하고를 같게할 때 타격회수를 Nd라 하고 매 10㎝마다의 타격회수을 Nd'라고 하면 Nd=3Nd'가 된다.

이렇게 구한 Nd와 표준관입 N치와는 〈식 11〉과 같은 관계식이 성립된다고 비교시험 결과 밝혀졌다.

$$Nd = 1.15N \quad \cdots\cdots(11)$$

다) 스웨덴식 관입시험(Swedish Sounding)

본 시험은 Sweden 국유철도 토질 위원회가 不良路盤의 전국적 실태를 조사하기 위해 1913년에 채용한 방법으로 Scandinavia제국에서 많이 사용하고 있다.

본 시험 방법은 지반위에 저판을 놓고 rod에 선단 tip(Screw point)을 붙여 지중에 수직으로 세운다음, 크램프를 고정시키고 추(총하중 100㎏)를 차례로 얹어 載荷 하중에 의해 선단이 25㎝ 관입할 때의 관입량과 하중을 기록한다. 지반이 단단하여 하중만으로는 관입이 어려운 때는 총하중 100㎏의 추를 그대로 얹어 놓은채 Handle을 부착시켜 반회전을 실시하여 그 회전수를 측정한다.

선단 screw의 최대 직경은 33㎜, 롯드이 외경은 19㎜이며, 측정된 하중(Wswa)와 반회전수(Nsw)로서 지중 흙의 전단강도와 지반의 상대밀도의 개략의 경향을 판단하는 시험이다.

스웨덴식 관임시험 결과를 일축압축 강도로 환산하기 위해서는 〈식 12〉가 이용된다.

$$qu = 0.0045Wsw + 0.0075Nsw \cdots(12)$$

여기서

Wsw : 25㎝ 관입에 소요된 하중(kg)

Nsw : 관입량 1m당의 반회전수(회)

본 시험 결과와 N치와의 관계는 많은 실험 결과 稱田은 〈식 13〉과 〈식 14〉를 제안하였다.

모래·자갈질 흙

$$N = 2 + 0.067\ Nsw \quad \cdots\cdots(13)$$

점토질 흙

$$N = 3 + 0.05\ Nsw \quad \cdots\cdots(14)$$

라) 베인시험(Vane Shear Test)

베인 전단 시험은 점성토의 전단강도를 원위치(in-situ)에서 측정하는 방법이며, 때로는 소형베인(Tor Vane)을 사용하여 채취된 자연시료의 전단강도를 실험실에서 측정하기도 한다.

연약지반에서 채취한 자연시료(undisturbed sample)는 실내 실험실에 운반되어 역학적 성질 시험을 실시하여 흙의 전단강도를 측정하게 되나, 전술한 바와 같이 자연시료는 채취, 운반, 보관, 시료추출 및 공시체 제작 과정에서 시료가 교란될 소지가 다분히 있어 지반상태와 같은 강도를 정확하게 측정한다는 것은 사실적으로 극히 어려운 일이다.

특히 시료의 채취로 인하여 그 때까지 받고 있던 압력을 상실하게 되어 일축압축 시험에서는 실제보다 적은 값을 얻을 수 밖에 없고, 또 삼축압축 시험에서와 같이 잃었던 응력을 시험시에 다시 가해주는 방법에서는 실제보다 약간 큰 값을 얻게된다.

이러한 측면에서 본다면 베인(Vane)의 측면과 상하 단면에 의하여 응력조건과 강도가 다른 수직면과 수평면으로 흙을 동시에 전단하므로 구해진 전단강도에 약간의 의문점이 있는 것을 제외하고는 베인 전단 시험이 사실과 가장 근사한 전단강도를 얻을 수 있다고 생각하며, 1928년 스웨덴에서, 1929년 독일에서 효시를 보인 후 현재는 세계 각국에서 연약지반 점성토의 원위치 시험방법으로 가장 널리 쓰이고 있으며 신빙도가 가장 높다고 인정되고 있다.

본 시험은 십자형 날개를 롯드에 붙여 소정의 심도의 지중에 정착한 다음 핸들의 회전 또는 기어의 변속으로 베인에 회전 모먼트를 주어 흙이 저항하는 전단강도를 측정하는 방법이다.

이때 원지반의 교란을 고려하여 날개폭의 5배깊이 이상 관입한 후 시험을 실시할 것이 요구되며, 회전속도는 0.1deg/sec 정도로 느리게 하고, 회전 모먼트에 의한 전단강도는 0.012kg/cm^2까지 읽을 수 있는 정도를 가져야 한다.

베인의 종류는 Rectangular(직사각형)형과 같이 뾰죽한 형(Tapered)의 두가지가 있으며, 또 회전방식에 따라 torque 형과 gear형의 두가지가 있다.

성과 정리는 예로서 torque 형과 Rectangular형 베인을 사용했을 때 흙의 전단강도는 다음 〈식 15〉, 〈식 16〉으로 구해진다.

$$M_{max}=\tau(\pi\cdot D\cdot\frac{H}{2}+2\cdot\frac{2D^2}{4}\cdot\frac{2}{3}\cdot(\frac{D}{2}))\cdots(15)$$

$$\therefore \tau = M_{max}/\pi(\frac{D^2H}{2}+\frac{D^3}{6})\cdots\cdots(16)$$

여기서

τ : 전단강도(kg/cm^2)

M_{max} : 최대 회전 모먼트($kg\text{-}cm$)

D : 베인의 巾(직경) (cm)

H : 베인의 높이(cm)

또, 끝이 뾰죽한 형(tapered vane)에 대해서는 다음 〈식 17〉의 공식으로 구할 수 있다.

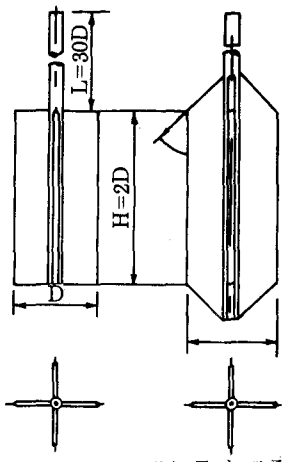
$$\tau = M_{max}/k \cdots\cdots (17)$$

$$k=(0.000000388D^3-0.00000076)\times 10^6$$

이때 베인을 직경 : 높이=1 : 2가 되는 표준형을 사용한다면 〈식 19〉와 같이 정리되어, 측정된 최대 모먼트의 값을 α로 나누어 주면 간단히 전단강도가 구해진다.

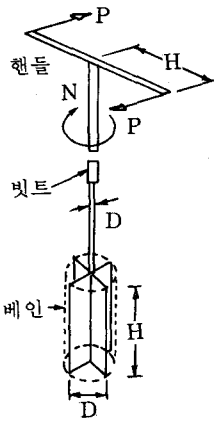
$$\tau=\frac{6}{7}\cdot\frac{M_{max}}{2D^3}=\frac{M_{max}}{\alpha}\cdots(19)$$

본시험이 끝난 후 베인을 빠른 속도로 10회전시켜 지반을 흐트러진 상태로 만든 다음 똑같은 방법으로 시험을 재실시하여 예민화(Sensibility Ratio, St)를 구할 수 있다.



(a) 구형 베인 (b) 끝이 뾰족한 베인

〈그림 2〉 베인의 種類



〈그림 3〉 베인의 構造

표 12. 표준형 베인의 α값

D(cm)	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	9	10
H(cm)	10	11	12	13	14	15	16	18	20
α(cm^3)	458	610	792	1,006	1,257	1,546	1,877	2,672	3,665

$$st=\frac{\tau\ \text{in-situ}}{\tau\ \text{remolding}}\cdots\cdots(20)$$

이 시험에서 얻어진 τ의 값은 전단저항각(ϕ)이 zero(零)인 점성토층에서는 바로 그 지반의 점착력(C)를 나타낸다.

즉 Mohr-Coulomb의 식 $\tau=C+\sigma tna\phi$에서 $\phi=0$이면 $\tau=C$가 된다.

베인 시험은 원위치에서 일종의 비압밀 비배수(uu)의 급속 전단시험으로서, 얻어진 결과는 다른 역학시험 결과와 마찬가지로 안정해석, 지지력 계산에 사용된다.

베인의 종류와 베인의 구조도를 도시하면 〈그림 2〉 및 〈그림 3〉과 같다.

마) 인발시험 (Full Sounding Test)

본 시험기는 연약지반을 조사하기위해 1930년경에 W. Kjellman에 의해 고안되었고 Sweden에서 발전된 원위치 시험이다.

이제까지 설명한 시험방법은 어떤 저항체를 지중에 관입, 타격 및 회전할 때의 흙의 전단저항을 측정하는 방법인데 반하여 본 시험은 산형(↓)저항체를 소정의 깊이까지 넣고 잡아당길 때(引拔) 저항체가 역T형( )으로 변하면서 지중 흙의 전단저항을 측정하는 방법이다.

인발하는 속도는 0.5~2.0 m/sec로 하며 인발력은 최대 1,000 kg까지 가능하며 자동 기록된다.

저항날개가 수평으로 되었을 때의 면적은 200, 100, 30cm^2의 3종류가 사용된다.

J. Osterman에 의해 유도된 반경험적 인발저항을 측정산출하는 공식은 다음〈식 21〉과 같다.

〈表 13〉 軟弱地盤 處理公法의 原理와 方法 및 代表的인 工法名

원리	방법		공법명
치환	치환	완전치환	치환공법
	폭파	폭파에 의한 치환	폭파공법
다짐	충격	폭파	폭파공법
		전기충격	전기충격공법
	압밀(壓密)	기성 말뚝을 密하게 박음	
		다짐말뚝	다짐 모래 말뚝 공법
	진동	진동 물다짐	Vibro Floatation 공법
탈수	중력배수	양수장(揚水場), 심정호(深井戶)	
	부압(負壓)배수	Well Point	Well Point 공법
	가압배수	Counter Weight용 성토	압성토(押盛土)공법
		Preloading용 성토	Preloading 공법
		Sand Drain, 성토	Sand Drain 공법
		Paper Drain, 성토	Paper Drain 공법
	전기침투		
固結	동결		동결공법
	Cement 주입		Grouting 공법
	藥液주입		藥液주입공법
	전기화학적다짐		
	구속	MAT, Sheet, Geotextile	구속공법

$$\tau=\frac{0.092P}{(1+2/st)A}+\frac{0.06rh(1-1/st)}{1+2/st}\cdots(21)$$

여기서

τ : 전단강도(kg/cm^2)

P : 인발력(kg)

A : 저항체의 수평면적(cm^2)

st : 예민화

r : 흙의 단위체적중량(t/m^3)

h : 지표에서 부터의 길이(cm)

또 인발시험에 의한 전단계수(qi) 값과 콘 전단강도(qc)와의 관계는 다음 〈식 22〉와 같다.

$$qc = 1.072qi \cdots\cdots(22)$$

4. 연약지반 처리공법의 원리와 종류

이상의 지반조사(보링, 샘플링, 실내시험 및 현장시험)를 거쳐 계획 대상지반이 연약지반이라고 판단될 때에는 연약지반 처리공법을 적용하여 안전한 구조물 축조가 되도록 설계에 반영하여야 겠다.

이러한 목적으로 채용되고 있는 연약지반 처리공법의 원리, 방법 및 대표적인 공법명을 표로 나타내면 〈표 13〉과 같다.

연약 지반 처리공법의 원리는 "지반의 밀도 증대, 함수량 감소, 지지력 증대 및 압밀침하를 촉진시키기 위해 〈표 13〉에서 보는 바와 같이 지반을 치환하여 양질의 재료를 부몰하는 방법을 위시하여 다짐을 해주는 방법, 탈수하는 방법, 고결하는 방법 및 기타의 방법이 있다.

어느 어항에 방파제를 시공한다고 가정하였을 때 일련의 작업 과정을 설명하면 다음과 같다. 다만 이는 토질공학측면에서의 기술적 판단(Engineering Judgement)을 위한 과정임을 첨언한다.

우선 첫째로 계획 단면을 가정하고 평면배치가 완료되면 종·횡

단상으로 〈표 4〉 및 〈표 5〉에 의한 boring계획을 수립하고, 필요에 따라 3.4절에서 설명한 원위치 시험 계획과 3.3절에서 명시한 실내시험종목 및 수량을 확정한 뒤, 현장 및 실내시험실에서 이를 수행한다.

두번째로 파악된 제반 자료를 지역별로 또 깊이별로 또는 구조물별로 필요한 토질정수 및 강도정수를 분석 평가한다. 이때 전체적으로 보아 값의 신뢰도가 없다고 인정될 때에는 그 값이 실내시험치이든 현장측정치이든 삭제시킨다. 이 값으로 인하여 큰 오류가 있을지도 모르기 때문이다.

세번째로는, 지금까지 도출된 자료에 의한 현재의 지반조건대로의 상태에서 지지력, 滑動에 대한 안정검토와 침하(압밀침하, 즉시침하, 잔류침하 등을 포함)에 대한 검토를 실시하여 소요공기, 공사비, 시공상의 문제점 및 가능성을 판단한다. 이때 모든게 이상이 없으면 참으로 다행한 일이다.

네번째로 대책공법중 실현성이 있는 몇개의 대안을 제시하고, 이들 공법들을 적용했을 때의 소요공기, 공사비, 시공상의 문제점 등에 대해 비교검토하여 최종적으로 한 두가지의 대안을 결정한다.

다섯번째로 결정된 공법에 대해 위에서 설명한 지지력, 활동에 대한 안정 및 침하에 대하여 계산을 실시하고 제반조건과 시방내역에 적합한 최종안을 설정하고 경제성, 시공상의 문제점 해결방법 등을 검토한다.

이때 연약지반의 처리공법에는 각각의 제한 조건과 장단점이 있으므로 안정과 침하에는 안전하더라도 장물(裝物)여건, 공기 및 공사비면에서 제한이 있으므로 다각적인 분석검토가 필요하다.

연약지반 처리의 주된 목적은 주로 시공중 또는 시공후의 구조물이나 盛土의 안정대책과 침하대책이라 할 수 있으며…

여섯번째로는 이제까지의 비교분석 결과에 의해 채택된 공법에 대한 세부설계가 이루어 져야겠다.

이상에서 설명한 연약지반 처리의 주된 목적은 주로 시공중 또는 시공후의 구조물이나 盛土의 안정대책과 침하대책이라 할 수 있으며, 이를 만족시키기 위해 〈표 13〉과 같은 처리공법이 개발된 것이다.

그러나 위의 각 공법은 서로 다른 조건과 장단점을 가지고 있으므로 처리공법의 선정시에는 목적을 충분히 알고, 지반여건, 구조물의 종류, 공사규모, 공기 및 용지사정 등을 고려해야 할 뿐만 아니라 처리공법의 시공성, 신뢰성, 경제성 및 안정성 등도 고려하여 현지 여건에 가장 합치되는 공법을 선정하는 것이 중요하다.

본 연약지반의 개념, 특성, 문제점, 실태 및 각 공법의 시공예 등에 대해 좀더 자세한 정보를 알고자 하는 분은 대한토목학회지 제35권 제6호 (1987. 12) "연약지반 특집"을 참고하시기 바란다.

5. 결 론

우리 건설 기술자는 국토면적의 확대와 부지 및 단지 조성의 필요성을 절감하는 국가적인 여건과 시대적인 요구에 호응하기 위하여 연약지반이나 유휴지의 매립 간척 및 그의 조기활용을 위해 매진하여야 할 임무를 부여받고 있다.

특히나 어항인들은 어촌지역의 정주생활권의 중심지이고, 어업활동의 중심지가 되는 어항을 보다 빨리 보다 완벽하게 건설하여 수산업에 종사하는 국민들이 안전하게 조업할 수 있고, 생산성을 향상시킬 수 있고, 편안한 생활을 영위할 수있도록 그들의 기반을 구축하여줄 의무가 있다.

이러한 어항 건설에 있어 지반조건의 양부는 큰 영향을 끼치게 되는 바, 연약지반의 성질과 이 특성을 알기 위한 일련의 조사시험의 종목과 그 방법과 일반적인 연약지반 처리공법의 원리 및 종류에 대해 확실하게 이해하는 것이 활용에 도움이 되리라고 생각되어 본 자료를 미흡하나마 본 어항지에 싣는다.

〈참고문헌〉

1. 정인준, 김상규 ; "토질역학", 동명사, 1987.
2. 최계재 ; "토목재료 시험법과 그 해설 및 응용", 형설출판사, 1978.
3. 이재현 ; "토질공학", 세진사, 1979.
4. 건설부 ; "구조적 기초 설계 기준", 1986.
5. 국립 건설 연구소 ; "연약지반의 조사, 설계와 시공", No. 41, 1973.
6. 토질공학회 ; "토질조사법", 일본토질공학회, 1976.
7. 토질공학회 ; "토질시험법", 일본토질공학회, 1976.
8. Teng, W.C. ; "Foundationdesign", Prentice-Hall, 1962.
9. 대한토목학회 ; "연약지반특집", 제35권 제6호, 1987. 12.
10. 三木五三郎 ; "최근의 토질시험법", 흙과 기초, Vol 21. No. 4, 1973.