

Homework #1

*Subsurface Investigation*에 관하여 문현조사를 하여 Report 7페이지 내외
로 제출하시오.

Subsurface Investigation (지반조사)

2003-12290 꽈윤철

1. 지반조사의 의미와 목표

과거의 경우, 건축기술의 미발달로 인하여 구조물의 규모도 작고, 구조물에서 지반에 전달되는 하중도 작았다. 또한 건설공사 자체도 많지도 않았고 건축 시 구조물에 알맞은 건설지점을 찾는 것이 어려운 일이 아니었다. 그러나 현재의 경우, 구조물의 규모도 과거에 비해 어마어마하게 커지고, 그 하중은 말할 것도 없을 정도로 증가하였다. 그리고 계속되는 개발과 기존지역의 재개발 등 건설공사의 양 역시 급증했을 뿐더러, 이미 지을 수 있는 땅이란 땅에 거의 건물을 지었기 때문에 이제 건설을 위한 알맞은 장소를 조사를 통해 알아내야 하는 상황이 되었다. 시간이 지남에 따라 인간의 생활환경의 확대에 따라 과거보다 나쁜 지질 조건에서 공사를 수행해야 할 필요성이 점차 커지고 공간의 활용이 강조되는 오늘날과 같은 상황에 있어서 과거에 비해 그 중요성이 훨씬 더 커지고 있음에 분명하다. 따라서 지반조사란 건설하기 알맞은 양호한 지반을 찾아내는 일이라고 말해도 과언이 아닐 것이다. 조금 더 자세히 말하자면 지반조사란 각종 시설물 축조 예정지에 있어서의 지질조건 및 지반의 공학적 성질을 밝혀서 구조의 안정성과 함께 시공 방법을 검토하고 구조물의 형식과 형태, 규격과 배치 등을 결정하는데 필요한 정보를 얻기 위하여 실시되는 모든 조사를 뜻한다. 만약 지질조사가 불충분하거나 적절하지 못한 상태에서의 시공은 인적, 물적 자원의 큰 낭비로 연결될 수 있고, 이로 인해 심각한 사고를 초래할 수도 있기 때문에 지반조사의 의미는 건설에서 상당히 중요한 위치를 차지하고 있음을 알 수 있다.

1-1. 지반 조사의 목표

지반조사의 목표는 그 지반위에 건설될 시설물의 종류나 공사목적에 따라서 달리 나타난다. 그렇지만 각각의 목적 이면에 공통적인 사실이라면 모두 합리적인 설계와 경제적인 시공, 효과적인 유지 및 보수의 측면에서 그 궁극점을 찾을 것이라는 점이다. 우선 기초설계에 필요한 정보를 제공할 뿐만 아니라 공사입찰에 참가할 업자에게 토질과 지하수 상태에 대한 필수적인 정보를 제공하는 것에 목적이 있다. 왜냐하면 지반상태에 대한 정확한 정보에 근거한 현실적이고 경쟁적인 입찰은 예산을 절약할 수 있기 때문이다.

따라서 지반조사는 다음과 같은 목표가 필요하다고 할 수 있다.

1. 그 부지의 흙의 성질과 층상 구조를 결정한다.
2. 눈으로 확인하고 적당한 실험을 할 수 있도록 교란 시료를 채취한다.
3. 암반까지의 깊이와 성질의 결정
4. 표준 관입 시험, 베인 전단 시험, 그리고 투수 시험등과 같은 현장 시험을 행한다.

- 5 . 현장에서의 투수 혹은 배수조건을 관찰한다.
- 6 . 부근에 존재하는 건축물에 대하여 시공상의 문제점을 파악한다.

또한, 이것을 위한 일련의 조사목표는 크게 두 항목으로 나뉜다.

- 지반구조의 모식화

<지반구조의 파악>

조사와 실험	비교검토	종합해석(판정)
①지질도 등문헌 조사 ②지표답사, 탄성파 탐사 ③보링과 사운딩	토질구분 암반구분~ 지반정수	지반구조의 모식화 (단순화, 간략화)
		1. 수평 지질 단면도 2. 수직 지질 단면도

- 지반의 강도(변형특성을 포함)의 결정

<지반강도의 파악>

조사와 실험	비교검토	종합해석(판정)
①보딩과 사운딩 (N값, ESP, qc 기타) ②토질실험, 암석실험 (c, φ, E, qu, γ_t , ω_c 기타) ③암반실험 (c, φ, E 기타)	지반정수 상호간의 비교검토	지반강도의 결정 (변형특성, 전단특성)
		1. 각종 시험결과의 파악 2. 지반정수의 결정

2. 지반조사 계획

우선 이것은 구조물의 중요성, 구조물의 기초의 배치상태, 지반의 조건, 유사한 지반에서 기존 기초의 거동에 대한 정보의 유무에 따라 달라진다. (기초적인 건설의 경우, 통상 기본정보를 기중으로 기초깊이나 지지력을 계산할 수 있기 때문이다.) 또한 기초거동에 대한 정보가 없는 지역에서 건축공사가 시행 시 기초설계에 중요한 영향을 주는 기후 등의 다른 인자들을 고려해야 한다.

원칙적으로는 계획의 방향은 개략조사에서 정밀조사로 하고, 광범위한 조사에서 부분적인 조사의 방향으로 나아간다. 크게 예비조사와 본조사로 나뉠 수 있다.

- 예비조사 문헌조사, 현지답사를 거쳐 개략조사로.

건설지점에 나타는 자료를 모아 건설지점의 정보로서 정리한다. 계획하는 구조물에 따라 정리된 데이터를 인지하고 부족한 데이터를 분명히 하여 조사계획을 세운다. 경우에 따라서는 확인을 위한 보링조사도 해야 할 때가 있다.

문현조사는 그 지역의 지형, 지질, 지반조건의 분류와 특성을 파악하고 지역별 이용현황과 장래계획을 조사하는데 그 목적이 있으며, 지형도나 항공사진, 지질도, 지반도, 토지이용도 등 여러 가지 문현을 이용하여 조사가 가능하다.

현지조사는 문현조사결과를 확인하며 다음 조사 착안점을 파악하는데 그 목적이 있다. 따라서 직접적으로 그 지역의 지반의 노두장소나 가까운 건설현장을 시찰해서 건설예정지점의 지반정보로 한다. 이러한 현지조사는 결국 지질답사의 성격을 띠며 지질도와 야장, 클리노미터, 사진기, 해머 등 지질답사 시 필요한 물품들을 이용하여 조사가 가능하며, 이러한 조사결과를 지질도로 그려서 그 지반의 상태를 더욱 정확하게 가늠 잡아 볼 수 있다.

• 본 조사

보링, 사운드, 지구물리탐사 등 실질적인 지반조사의 방법으로 들어간다.

3. 본 조사방법

1) 보링(시추)

보링은 일반적으로 장비를 이용하여 땅에 구멍을 파고 시료를 채취하고 또 구멍을 이용하여 지반조사(사운딩)을 한다.

굴착방식에는 여러 가지가 있다.

◦경사도에 따른 구분

(1)수직방식, (2)경사방식, (3)수평방식

◦착공기능의 특성에 따른 구분

(1)퍼커션방식 금속성비트를 상하로 움직여 충격으로 굴착한다.

(2)로타리 방식 금속성의 비트를 이용하여 회전시켜 굴착한다.

구멍을 유지하기 위해 케이싱을 이용하거나 이수압을 이용한다.

일반적으로 깊이는 100m정도까지, 구멍지름은 50~100mm, 최대 지름은 300mm까지이다.

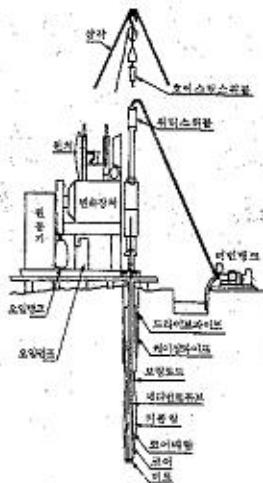
(3)수압식방식, (4)와이어라인방식, (5)해머링방식, (6)역순환방식 〈그림 2.1.1〉 유압식 회전시추장비

(5),(6)은 새로운 유형)

(7)오가링방법 간이탐사방법, 비교적 적은 경비로 시료채취와 지층확인이 용이한 방법, 특히 세립질 토양층에서 효과적, 교란시료만을 얻을수 있으며 지하수위 상부층준 조사에 국한.

토질의 판정에는 굴착시에 배출된 토사의 관찰이나 순수시료를 이용한 실내시험의 결과가 이용된다.

(1) 교란 시료 채취 원하는 깊이에서 시추공을 굴착하면, 굴착 기구를 지상으로 올리고, 교란시료 채취기를 드릴 막대에 부착하고 시추공의 밑바닥까지 내린다. 채취기는 해머 타격에 의해서 시추공 바닥 아래 흙 속으로 관입된다. 표준 관입파를 결정하는 것과 스플리트



스푼에 있는 시료를 모으는 것은 보통 5ft 간격으로 행해진다. 교란 시료란 입도분포, 함수 비등의 성질은 현장에서와 동일하나 구조상의 교란으로 말미암아 그 시료로부터 얻어지는 전단강도, 투수성, 압축성과 같은 공학적 성질이 현장의 지반을 대표할 수 없는 경우의 시료를 의미한다.

(2) 박벽 투브에 의한 시료 채취 비교란 채취 시료에 사용된다. 시추공에서 굴착기구를 제거한 후, 채취기를 굴착기 로드에 부착시키고 시추공의 바닥까지 내린다. 그다음 수압에 의해 시료 채취기를 흙 속으로 박은 후 그것을 끄집어낸다. 전단시험, 압밀시험, 투수시험 등에 적합하다.

(3) 피스톤 채취기에 의한 시료 채취 비교란 시료 채취에 사용. 박벽 투브로 채취된 시료 보다 덜 교란된 상태로 채취 할 수 있다.

순수시료를 채취하는 것은 매우 어렵다.(샘플러의 압입속도, 압력 등 피할수 없는 진동에 따라 어느 정도의 이완은 피할 수 없다, 또한 모래나 자강에서는 순수시료를 채취하는 일이 거의 불가능 하다.)

채취된 순수 시료는 흙의 물리실험이나 역학실험 등 구조물의 중요도에 따라 시험항목이 선택되어 실시된다. 이러한 보링의 결과는 통상적으로 그 과정에서 얻어진 각종 정보와 함께 흙시료 또는 암석시료의 관찰 결과를 정리한 시추주상도로 표시된다. 또한 시추주상도 본체 작성에는 가능한 모든 중요 지질정보가 간결하게 기술되어져야 하며 구체적인 관찰대상이 암석인지 토양인지에 따라 달리 나타난다.

2) 사운딩(토질실험)

로드 선단에 설치된 지중저항체를 지반에 관입, 압입, 회전, 인발하여 관입저항치로부터 지반의 특성을 파악하는 방법으로 정적사운딩은 점성토지반에서, 동적사운딩은 사질토지반에서 각각 사용한다.

1) 타입식 사운딩

타입장치를 이용하여 일정한 에너지로 사운딩 로드를 타입하는 동적인 방법으로 일정한 관입량에 도달하기 위한 타격수 또는 일정한 타격수에 의한 관입량을 구한다.

2) ASTM 표준사운딩 (표준관입시험, SPT: Standard Penetration Test)

65.3kg의 추를 75cm의 낙하고로 교란되지 않은 지반에 30cm 관입시키는 데 필요한 타격수를 측정하는 동적 사운딩이다. 지반의 교란영향을 받지 않도록 하기 위하여 우선 15.2cm를 관입시킨 후에 추가로 30cm 관입시키는 데 필요한 타격수 N30(N치)을 측정한다. 사운딩 선단부를 회수하면 곧 특별시료를 얻을 수 있다.

N치 수정 -로드 길이에 의한 수정 : $N = N' (1 - x/200)$ (N:수정치, N':실측치, x:로드의 길이 [m])

-토질에 의한 수정 : 포화된 미세한 실트질 모래층에서 N치가 15이상이면

Terzaghi-Paek의 식으로 수정

$$N = 15 + 0.5(N' - 15)$$

-상재하중에 의한 수정 : 모래지반에서 지표면 부근에서 N치가 작게 나오므로 이를 수정해야 한다

$$P: \text{유효상재하중 } < 2.8(\text{kg/cm}^2)$$

$$N = N \frac{5}{1.4P + 1}$$

3) 안압식 사운딩 (콘관입시험, CPT: Cone Penetration Test)

사운딩 봉을 정직인 힘(유압식 또는 나사봉식)을 가하여 일정한 $0.2 \sim 0.4\text{mm/min}$ 관입속도로 관입시키면서 관입저항치를 측정한다. 연속된 지층상태를 훨씬 경제적으로 알 수 있으며 현장흙의 강도정수를 결정함에서도 이점이 있다. 그러나 조밀한 지층에서는 관입이 어렵고, 샘플링이 불가능하다.

N치와의 상관관계 : 사질토 : $Q_c = (400 \sim 600) N$, 자갈질 퇴적층 : $Q_c = (800 \sim 1000) N$

3) 지구물리탐사

흙이나 암반은 단단하고 조밀할수록 진동파가 빨리 전달된다. 또한 지반의 전기저항은 토질에 따라 변한다. 이와 같이 지반의 물리적 성질을 이용하여 지반을 판별하는 조사를 물리탐사라고 한다.(보링구멍을 이용해 실시하는 물리탐사를 구멍안 검증이라한다)

1) 탄성파 탐사

인공적으로 발생한 진동을 지반에 전하여 그 전파속도를 측정한다. 지표면에 수진계를 설치하여 기록기와 선을 잇는다. 수진기에서 떨어진 지점에서 발파 등에 의해 지반에 진동을 준다. 그 후 발진원에서 수진기까지의 거리와 진동의 도달시간을 측정하는데 따라 지층을 전하는 속도 V와 층 두께를 구할 수 있다.

2) 전기 탐사

지반에 따라 전기적 성질이 다른 점에 주목하여 조사하는 방법이다. 보통 지반의 비저항을 측정하고 지반해석에 사용하는 방법이다. 전기비저항과 자연전위를 이용하여 지반의 층 두께를 구할 수 있다.

3) 전자 탐사

넓은 의미에 있어서 전자탐사법이란 전자유도 현상을 이용하여 지하의 지질구조를 밝히는 탐사방법으로 총칭. 엄밀히 말하면 송신코일을 이용하여 전자파를 보내고 그로부터 지하 전도체 주변에 생기는 이차장을 관측하여 구조를 밝히는 방법 즉 유도 전자법을 말한다. 아직 까지는 본격적으로 이용되고 있지는 않지만 향후 이용가능성이 있는 방법으로 주목받고 있다.

4) 방사능 탐사

암석 등에 포함되어 있는 천연 방사성원소로부터 나오는 방사선을 측정하는 탐사법이다. 원자핵의 자연붕괴로 나오는 방사선으로서는 알파선, 베타선, 감마선이 있으나 감마선이 침투력이 가장 큰 관계로 방사능탐사는 주로 감마선 검출 방식을 이용한다. 탐사에 이용되는 동위원소에는 U^{238} 과 Th^{232} , K^{40} 이 있으며 감마선 에너지 측정은 이들 전체 방사능 에너지 레벨의 총합을 구하는 방법(전성분 측정법)과 토륨, 우라늄, 칼륨의 각각의 에너지 수준을 별도로 구하는 방법(단성분 측정법)이 있다.(측정기기로 가이거 계수기, 형광계수기, 방사능 분광기 등이 있다.)

5) 중력 및 자력 탐사

각기 중력계로 측정하는 중력이상과 자력계로 측정된 지자기의 이상분포로부터 지하의 지질 상태 또는 구조를 밝히는 탐사방법이다. 두 방법 모두 포텐셜 이론이 적용되는 공통점을 가지며 탐사가 비교적 간편하고 적은 경비로도 자원의 탐사나 광역 지질 구조를 밝히는데 효과적이다.(중력탐사-지반의 융기나 침강과 관련분야에 효과적, 자력탐사-지역자원의 탐사에 효과적) 토목토질분야에서의 이용도는 낮으나 현장특성에 따라 잘 적용하면 효과적일 수 있다.

4) 재하실험

지반의 강도와 변형특성을 알아내는 방법의 하나로 재하실험이 있다. 직접 지반에 하중을 가해 강도와 변형을 알아내는 매우 확실한 방법이라고 할 수 있다.

1) 평판재하시험(지표)

조사하고자 하는 지반이 노출 되었을 때, 재하판을 지반에 대고 하중을 가해 변형을 측정 한다.

2) 평판재하시험

조사하고자하는 지반이 노출되지 않았을 때에 터널을 굴착하여 재하시험을 실시한다.(지층이 일정하지 않을 때 결과의 해석, 그 이용에는 전문적인 기술과 판단이 필요하다.)

3) 말뚝의 수직 재하 시험

시공말뚝에 직접 하중을 가해 그 내력을 확인하고 침하상태를 아는 시험.

4) 말뚝의 수평 재하 시험

인접하여 시공된 말뚝사이에 재하잭을 설치하여 쉽게 하중을 가할 수 있다. 시험 요령은 수직시험과 같다.

5) 보링구멍안의 재하실험

보링 구멍 안에 고무튜브를 삽입하여 가압한 후 구멍기름방향의 변위를 용적의 변화에서 환산한다.

5) 현장 시험

1) 지하수 조사

광대한 지역을 대상으로 하기 때문에 정밀도에 한계가 있으며 조사에 소요된 시간과 노력, 기술적인 경험과 정학한 판단 및 비용에 따라 성과가 좌우된다. 가정용수, 농업용수 공업용수 도시 생활용수 개발을 위한 대규모 지하수 개발 계획, 지반 내 지하수의 배수를 위한 공법 적용성, 땅의 누수, 지반 굴착 공사를 위한 지하수위 저하 등을 조사한다.

현장 투수시험에는 개단시험(Open End Test, 보링공에 지하수를 배출하거나 주입하여 수위변화를 측정하여 지반의 투수계수를 측정, 주로 투수계수가 큰 사질토지반에 적용)과 팩커시험(Packer Test, 일정한 심도에서 팩커를 통하여 압력수를 주입하여 지반의 투수계수를 정함, 주로 암자방에 적용)이 있다.

지하수위 조사에는 관측정 수위 조사(현장주변에 관측정을 굽착하여 정기적으로 수위변화를 관측)와 Piezometer를 이용한 수위조사(현장에 피에조메터를 요소에 설치하여 지하수위상태를 계측하는 방법)가 있다.

2) 현장재하 시험

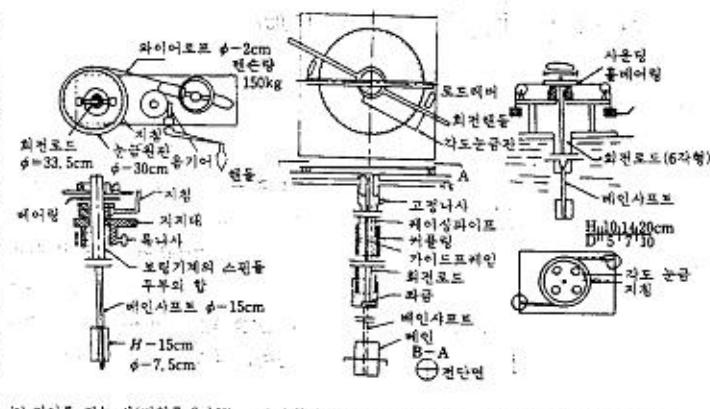
지반조사에 추가하여 지반의 특성을 조사하거나 말뚝의 지지력을 결정하기 위하여 시행하는 시험으로 단계적으로 재하가 끝난 후에 다음 단계의 하중을 새로 재하하여(반복 재하) 하중-침하곡선, 시간-침하곡선, 시간-하중곡선을 그린다.

3) 흙의 단위 중량 시험

제방, 도로 등의 시공시 흙의 다짐정도를 판단하기 위한 것으로 현장에 시험공을 작은 크기로 굽착하여 교란되지 않은 상태의 시료에 대한 단위중량을 구하는 현장 실험이다. 최대 입경이 5cm이하인 흙의 단위중량을 모래 치환법에 의해 결정하여 습윤 단위중량과 건조 단위중량을 구한다.

6) 베인 시험

원지반의 토층에서 시료를 샘플링하지 않고 본래의 위치, 깊이(원위치상태)에서 점토의 전단강도를 측정하는 시험으로서 십자형 단면의 저항날개를 롯드의 선단에 붙여 땅속에 넣고 중심축에 아주 천천히 회전력을 주어 원지반을 전단시키고 그때의 최대저항치를 측정하여 원지방의 전단강도를 구한다. 시험과정에서의 시료교란과 시험오차를 제거할수

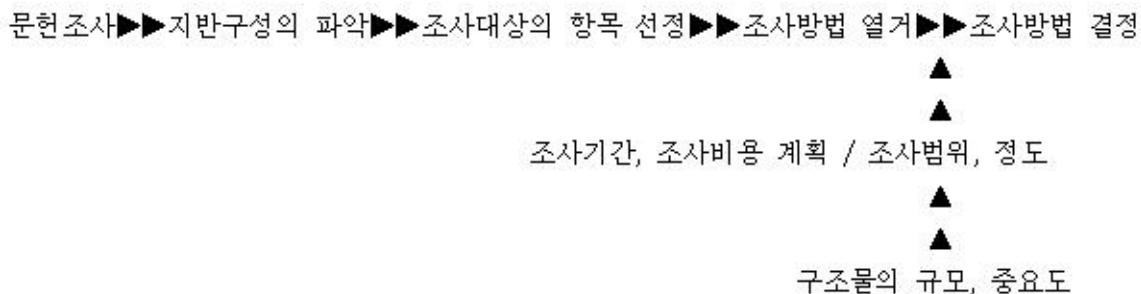


(그림 20.14) 여러 가지 형식의 베인시험기

있는 장점이 있다.

4. 지반조사의 순서와 정리

1) 지반조사의 순서



2) 지반단면도의 작성

지반의 표면이나 굴착된 면, 터널 중에서는 지반을 육안으로 본다든지 손으로 확인할 수 있지만 대부분은 육안으로 본다든지 손으로 파악하기가 불가능하다. 따라서 간접적인 정보에 의존하여 지반을 해석하게 된다. 어떤 종류의 지반탐사이던 간에 연속된 선의 정보는 줄 수 있지만 내용적으로는 매우 한정적이라고 볼 수 있다. 지반 전체를 같은 정밀도로 표현하고 그 정보정리를 위해 기술자의 기술력이 필요하다.(이것은 균형 감각이며 경험공학이라고 말 할 수 있을 것이다.)

아까 살펴본 본 조사방법을 통해 우리는 주상도를 작성할 수 있다. 이것을 작성하기 위해서는 여러 곳의 시험장소가 있는데 이 장소간의 지반의 불연속성 같은 현상들을 각 지점 간 상호 연계하여 다시금 고려해보는 작업이 필요하다. 주상도만을 늘어놓은 것만으로는 틀릴 가능성이 많기 때문이다. 따라서 지반단면도를 설계에 용이한 형태로 모식화 할 때에는 유의해야한다. 지반의 전반적 상황, 구조물 규모, 하중의 크기를 종합적으로 판단해 적절한 정밀도에 유의한다.

지반조사 시 굴착작업을 할 때, 꼭 시추조사 기록표를 작성하여야 한다. 여기엔 영구좌표계에 의한 시추공의 위치와 영구수준점을 기준으로 한 지표면의 고도 등을 기입한다. 그 외 지하수면의 위치와 여러 토층이 존재할 경우에는 각 토층의 경계위치와 작업 기사의 토질 분류 및 묘사 등이 필히 기입되어야 하고, 표준관입실험 결과를 각 토층마다 혹은 일정 깊이마다 기록해야한다. 또한 시추작업에 사용한 기계, 기계 교체의 이유, 작업장에서 관찰된 모든 현상도 기입해야 한다.

5. 참고문현

“기초의 설계와 시공”, 송영우 외 4인 공저, 도서출판 새론, 1995년.

“지질공학원론”, 김성균 외 8인 공저, 교학연구사, 1994년.

“기초지반공학”, 서효원, 탐구문화사, 1994년.

“토질역학”, 김명모, 문운당, 2004년

Homework #1 모범답안(2)

Subsurface Investigation (지반조사)

2002-11697 기재홍

1. 지반조사의 목적

토목 공학에서 기초 설계와 시공을 하기 위해서는, 기초지반 흙의 실제적인 층상 구조와 여러 깊이에서 채취한 흙 시료의 시험 결과 및 유사한 조건에서 시공된 다른 구조물에 대한 관찰 등에 관한 지식이 필요하다. 이를 위해 그 기초 지반에 대한 '지반 조사'가 필요하며 이것은 기본적으로 지반이 구조물이나 시설을 안전하게 지지할 수 있는지에 대한 조사이다. 또한, 지반은 미생물에게 서식장소를 제공하고 수목을 지탱하며 지하수와 지표수를 포함하고 있다. 따라서 지반 표면에서 일어나는 여러 가지 생물학적, 화학적 작용은 현재 자연 환경의 일부를 만들고 있기 때문에 자연 환경의 보전을 위한 조사도, 지반조사에 중요하다.

그리고 지반조사를 통해서는 구조물 기초의 적정 크기와 형태의 결정, 구조물 기초의 지지력 검토, 구조물의 예상 침하량 예측, 기초지반에 존재하는 잠재적인 문제의 결정, 자연 지하수위 확인, 구조물에 대한 황토압예측, 지층 심도와 지반 상태에 따른 시공법의 결정 등 의 결과를 도출해낼 수 있다.

2. 조사순서 및 방법

1) 예비조사

기획이나 계획단계에 대한 조사로 자료 수집 정리를 주로 하는 조사이나, 보링이나 사운딩을 보충하는 것이 바람직하다. 공사위치를 정하기 위한 지질조사가 추가 되며 자료로서는 지질도, 공사 기록, 토질조사 보고, 지반도 등이 있다. 또한 자료조사의 결과를 확인하고 부지의 상태를 점검하기 위해 현장답사가 필요하다.

2) 본조사

상세한 설계, 적산, 시공 계획을 하기 위한 조사이고, 1차, 2차로 나눠 실시되는 경우가 많다. 실제구조물의 계획과 설계 및 시공을 위한 기초자료를 얻기 위한 조사로서 시추와 시료 채취, 지구 물리학적 조사, 현장시험 등을 통한 정밀조사를 실시한다.

3) 시공관리 조사, 정보화 시공

이 조사는 품질관리, 안전관리를 목적으로 하지만 시공 중에 설계 변경, 공법 변경을 필요로 한 경우의 조사도 포함한다. 품질 관리 시험, 동태 관측 등의 조사가 실시되며 조사, 시험, 관측 결과를 재빠르게 정리하고 이해, 해석하여 적정한 판단이 나올 수 있도록 체계를 정리해 둘 필요가 있다.

4) 유지 관리 단계의 조사, 재해시의 조사

완성 후의 구조물에 특히 변상이 없는 상태에서는 특별한 조사를 할 필요가 없고, 오히려 정기적인 점검(관찰 관측)이 중요하다. 토질 조사가 필요할 것은 어떤 변상이 발견되든지, 재해가 발생했을 경우이다. 이 경우 현지를 답사하여 변상이나 붕괴 원인을 알아내고 그 원인 제거 및 항구 복구 대책을 검토한다.

2. 지반조사방법

1) 시험구덩이 (test pits) 파기

간단하고 신뢰적이며 최대 4~5m까지 가능하다. 또한 토층의 경계면과 거시적 구성상태를 파악하는데 용이하고 교란시료와 비교란 시료를 손쉽게 채취할 수 있다. 이용범위는 자갈 및 바위층의 지반을 비롯하여 어떤 토질에도 이용가능하다는 장점이 있다.

2) 시추공 굴착

현장에서 실시하는 시추 방법에는 다음 과 같은 방법들이 주로 사용된다.

① 오우거(auger)를 이용한 시추

오우거(auger)를 이용한 시추방법은 비용이 적게들고, 기동성과 신속성이 뛰어나며 시추방법중 가장 간단한 방법으로 가장 널리 쓰인다. 그 종류로는 수동식 오우거식과 컨티뉴어스 플라이트(Continuous flight) 오우거식이 있다.

수동식 오우거식은 최고 10-15ft 깊이까지 뚫는데 사용하며 고속도로나 작은 구조물을 건설할 때 상용한다. 오우거에 들어있는 흙을 조사함으로서 여러 깊이에서의 흙의 종류를 알 수 있다. 채취된 시료는 비록 교란되어 있으나, 입도 분석 시험이나 아터버그 한계 시험 등을 하는데 사용할 수 있다.

컨티뉴어스 플라이트(Continuous flight) 오우거식은 수동식 오우거식보다 보다 더 깊은 깊이까지 뚫고자 할때 사용한다. 드릴링시 오우거의 길이를 늘려 나갈 수 있으며, 이렇게 하여 구멍의 길이를 깊게 파내려갈 수 있다. 강 제축 오우거(Solid-stem)와 공통 축 오우거(hollow-stem)등이 사용된다.

② 회전식 굴착

굴착 바닥 밑면에 부착된 굴착 비트가 흙을 절단, 파쇄 하면서 아래로 시추공을 굽진해 나가는 방법으로 굴착속도가 빠르고 지반이 거의 교란되지 않는 장점을 가지나, 지반 내에 자갈 크기 이상의 돌이 다량 존재할 때는 적합하지 않은 방법이다. 그리고 여러 종류의 굴착 비트를 사용하며, 회전식 굴착은 모래, 점토, 그리고 암석에 사용할수 있다. 굴착 머드는 벤토나이트와 물을 혼합해서 얹어진 슬러리이다.

③ 세척 보오링(wash boring)

6-10ft 길이의 케이싱이 땅속에 박힌 후, 케이싱 내부에 있는 흙은 굴착기 로드에 부착되어 있는 절삭기에 의해 제거될 수 있다. 굴착 막대를 통해서 물이 주입되고 절삭기 날의 바닥면에 있는 구멍을 통해서 고속으로 물이 배출된다. 흙의 종류에 관계없이 사용 할 수 있고, 시추공 바닥면 아래의 지반이 비교적 적게 교란된다. 그러나 입자가 큰 굵은 자갈이나

돌이 포함될 경우 굴착속도가 느려진다. 또, 굴착시 흙의 입자가 뒤섞여 흙의 종류를 파악할 수 없게되고, 표본 시료 채취가 불가능하다는 단점을 가진다.

④ 충격식 굴착(percussion drilling)

경암이나 단단한 토층에 사용하는 방식으로 단단한 흙을 깨뜨리기 위해서 무거운 굴착날을 위로 올렸다 떨어트린다. 이러한 종류의 굴착에는 케이싱이 필요할 때도 있으며 분쇄된 흙 입자들은 순환하는 물에 의해 위로 운반된다. 거의 모든 지반에서 사용할 수 있지만, 시추공 바닥면 아래의 흙이 교란되는 단점이 있다.

3. 지하수 조사

1) 지하수면의 높이 측정

시추공 내의 수면높이 측정함으로써 지하수면의 높이를 결정할 수 있으며 지하수면의 높이가 일정하게 될 때까지 주기적으로 측정하며 시추공이 지하수면에 도달했다고 생각되는 즉시 시행하여야 한다.

2) 특정한 지층의 수압 측정

수압계를 사용하여 특정한 지층에서의 수압을 알 수 있으며 수압계의 종류에는 Casagrande식 수압계와 유압식 수압계가 있다. Casagrande 수압계는 투수성이 좋은 수압계 끝부분을 측정지점에 위치시키고, 나머지를 밀폐한 연후에 수압계 내의 수위를 측정하는 것으로 낮은 지반에 사용하면 반응시간이 너무 길다는 단점을 가진다. 유압식 수압계는 낮은 지반에서 주로 사용되며 선단 가까이에 부착된 Bourden 식 압력측정장치로 수압측정, 소량의 물의 이동으로도 수압측정이 가능하다.

3) 지하수 시료의 채취

지하수 시료의 채취는 시멘트 콘크리트를 상하게 하는 황산염이나 기타 부식성분의 존재 여부를 화학적으로 분석하기 위해 필요하며 주의 사항으로는 시료가 다른 물질로 오염되거나 희석되지 않도록 하고 시추공이 지하수면에 도달하는 즉시 채취해야 한다는 점이 있다. 그리고 Casagrande식 수압계가 설치된 경우 수압계의 급수주로부터 채취하는 것이 바람직하다.

4. 시료채취

1) 표준 스플리트 스푼(Standard split spoon:교란시료 채취)

교란시료를 채취하는데 사용한다. 원하는 깊이에서 시추공을 굴착하여 굴착 기구를 지상으로 올리고, 스플리트 스푼 패ჭ기를 드릴 막대에 부착해서 시추공의 밑바닥까지 내린다. 채취기는 해머 타격에 의해서 시추공 바닥 아래 흙 속으로 관입된다. 표준 관입피를 결정하는 것과 스플리트 스푼에 있는 시료를 모으는 것은 보통 5ft 간격으로 행해진다.

교란 시료란 입도분포, 함수비등의 성질은 현장에서와 동일하나 구조상의 교란으로 말미암아 그 시료로부터 얻어지는 전단강도, 투수성, 압축성과 같은 공학적 성질이 현장의 지반을 대표할 수 없는 경우의 시료를 의미한다.

2) 원통분리형 시료채취기(split barrel sampler)

교란시료를 채취하는데 사용하며 투브분리형 또는 스플리팅이라고도 불린다. 간편하고 경제적이며 단시간에 시료채취를 할 수 있다.

3) 얇은관 시료채취기(thin wall tube)에 의한 시료 채취

비교란 채취 시료에 사용된다. 시추공에서 굴착기구를 제거한 후, 채취기를 굴착기 로드에 부착시키고 시추공의 바닥까지 내린다. 그다음 수압에 의해 시료 채취기를 흙 속으로 박은 후 그것을 그집어 낸다. 전단시험, 압밀시험, 투수시험 등에 적합하다.

4) 얇은관 피스톤 채취기에 의한 시료 채취

비교란 시료 채취에 사용된며 얇은관 시료채취기에 고정피스톤 장치가 추가된 형태이다. 얇은관 시료채취기로 채취된 시료보더 덜 교란된 상태로 채취 할 수 있다는 장점이 있다.

5. 토질시험(사운딩 테스트)

로드 선단에 설치된 지중저항체를 지반에 관입, 압입, 회전, 인발하여 관입저항치로부터 지반의 특성을 파악하는 방법으로 정격사운딩은 점성토지반에서, 동격사운딩은 사질토지반에서 각각 사용한다. 사운딩은 비교란시료채취 및 실내 토질 시험이 어려운 사질토와 연한 점성토의 경우 또 지반 성상을 비교적 연속적으로 파악하고 싶은 경우 등에 흔히 사용되며 표준 관입시험, 각종 콘관입시험, 스웨덴식 사운딩시험, 원위치 베인 전단시험 등이 있다.

1) 표준관입시험

가장 많이 시행되는 매우 경제적인 지반 조사 방법으로 일정 심도까지 보링을 실시한 후 스플릿 스플리팅 샘플러(split spoon sampler)를 삽입하고 63.5kg의 해머를 76.2cm 높이에서 자유낙하시켜 샘플러가 30cm 관입할 때까지의 낙하 횟수(N 값)를 측정하여 지반의 강도를 근사적으로 알아보는 방법이다. 지반의 흙을 육안으로 확인할 수 있다는 점과 시험 비용이 저렴하고 신속한 수행이 가능하다는 장점이 있다. N 값은 시험장비 및 시험자의 숙련도에 따라 큰 영향을 받게 되므로 보정을 필요로 한다. Peck, Hanson & Thornburn(1974)은 유효 상재 응력 $\sigma' = 1 \text{ ton}/\text{ft}^2$ 까지 현장 표준 관입치를 환산하는 경험식을 제시하였는데 다음과 같다.

$$N' = C_M N_F = 0.77 N_F \log(20/\sigma')$$

N' = 수정된 표준 관입치

C_M = 보정계수

N_F = 현장 표준 관입치

2) 스웨덴식 사운딩 시험

토층의 구성과 강도나 다져진 상황의 정도, 혹은 연약층의 넓이 등의 개요를 간편하게 알 수가 있으므로 널리 실시되고 있는 방법이다.

3) 정적 콘관입시험(static cone penetration test)

네델란드에서 시행하는 것을 표준으로 채택 더치콘 관입시험이라고도 한다. 원추형 콘을 정적인 하중에 의해 지반에 관입할 때 지반의 저항력을 측정함으로써 지반 내 흙의 분류 및 여러 가지 지방의 공학적 특성을 도출하는 시험방법이다. 콘 선단에서의 저항력인 원추관입 저항력, 마찰 슬리브에서의 저항력인 마찰 저항력, 콘의 관입 시 발생하는 간극수압 등을 측정 할 수 있다. 방식으로는 기계식 콘방식과 전자식 콘방식이 있다. 시험과정에서 특별한 기술을 필요하지 않고, 실험결과의 정확성과 신뢰성이 매우 우수하며, 시험결과의 이용에서도 거의 모든 공학적 성질에 적용할 수 있다는 장점이 있다.

4) 동적(dynamic) 콘관입시험

1953년 인도에서 Khanna등에 의해 처음으로 시도된 시험방법이다. 앞서 기술한 정적 콘 관입시험과는 달리 선단각 60의 콘을 해머의 낙하에 의한 동적 에너지에 의해 관입시킬 때 일정 심도의 콘관입 깊이에 대한 해머의 낙하횟수(Nc)를 측정하여 표준관입시험의 N값과 유사한 값을 얻는 현장 시험이다. 표준관입시험과 마찬가지로 사질토에만 효율적인 적용이 가능한 시험이다.

5) 팽창계시험(dilatometer test)

1970 년대 말 이탈리아의 Silvano Marchetti가 개발했다. 팽창계는 폭 95mm, 두께 15mm, 길이 220mm인 철제 평판과 얇고 원형이며 팽창가는한 지름 60mm의 철제 멤브레인으로 구성되어 있다. 시험방법이나 시험장치등이 표준화되지는 않았지만, 1986년 미국의 schimmertmann에 의해 제안된 방법을 주로 사용한다. 시험 방법이 단순하고 신속히 결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 지반조건의 제약을 거의 받지 않기 때문에 거의 모든 토질지반에 시험을 성공적으로 수행할 수 있다. 그러나, 굵은 자갈이 존재하는 곳에서는 수행이 어렵고, 현재 현장 시험자료가 부족하여 좀더 정확한 지반의 특성을 규명하는데는 한계가 있다.

6) 현장 베인전단시험(field vane shear test)

점토지반에서의 비배수 전단강도를 측정하는 가장 경제적인 방법이다. +자형 베인을 비교란 상태의 지반에 밀어놓고 지상에서 1/분의 속도로 회전력을 가하여 최대 회전저항력을 측정하는 방법으로 이 회전저항력이 점토의 비배수 전단강도와 관련된다. 또한 최대 회전저항력이 발휘된 후에 회전속도를 10배정도 증가시켜 회전력을 가하면 교란 전단강도를 얻을 수 있으므로, 비교란 비배수 전단강도와 교란 비배수 전단강도의 비인 예민비(sensitivity)를 구할 수 있다.

7) 공내재하시험

1954년 프랑스의 Louis Menard에 의해 개발. 지반의 공학적 정수는 물론 기초의 거동에 대한 변수들도 추정할 수 있는 현장시험이다. 지반의 변형 특성과 강도특성을 동시에 측정 할 수 있으며, 또한 시험기 주변 지반의 경계 조건 및 응력과 변형률 상태가 명확하기 때문에 타실험에 비해 우수하다. 더구나 자기보령식 공내재하시험의 경우 지반의 교란이 거의 없다고 볼 수 있기 때문에 시험 결과의 정확성도 매우 우수하다. 일정 심도에 압력셀을 삽

입하고 압력셀이 보링공의 반지름 방향으로 펑창할 수 있도록 압력을 가한 후 그때의 지반변위를 측정하여 변형특성과 강도특성을 도출하는 방법이다. 보링공의 시추방법에 따라 Menard형과 자기보링식의 두 가지가 있다.

8) 평판재하시험(plate load test)

다른 조사 방법으로 기초의 지지력이나 침하량을 측정하기 어려운 경우나 중요한 구조물의 기초로서 지지력과 침하량을 정확히 예측할 필요가 있을 때 사용한다. 기초모형 시험이므로 기초의 지지력과 침하이론에 대한 지식이 절대적으로 필요하며, 토질 특성에 대한 조사가 선행되어야 한다. 기초의 침하량 예측과 극한 지지력 산정에는 매우 신뢰성 있는 결과를 가져오지만 많은 경비와 시간 그리고, 인력이 소모되므로 시험계획을 매우 신중히 수립하여 최소의 횟수로 최대의 정보를 얻을 수 있도록 해야한다.

6. 지구물리학적 조사

시료를 채취하지 않고 지층의 종류와 두께를 정하는 방법이다. 종류에는 탄성파탐사, 전기탐사, Tomography 탐사 등이 있다.

1) 탄성파 탐사

인공적으로 발생한 진동을 지반에 전하여 그 전파속도를 측정하는 방법이다. 지표면에 수진계를 설치하여 기록기와 선을 이은뒤 수진기에서 떨어진 지점에서 발파등에 의해 지반에 진동을 주어 발진원에서 수진기까지의 거리와 진동의 도달시간을 측정하는데 따라 지층을 따라서 전파되는 속도 V 와 지층의 두께를 구할 수 있다.

2) 전기탐사

지반에 따라 전기적 성질이 다른 점에 주목하여 조사하는 방법으로 보통 지반의 비저항을 측정하고 지반해석에 사용하는 방법을 전기탐사법이라고 한다. 지표에 전극을 일정한 간격으로 배치하여 전류를 흘려서 비저항을 재고 그 결과를 그래프에 나타내면 곡선의 변곡점으로부터 층두께 d 를 구할 수가 있다.

3) Tomography 탐사

의학계에서 많이 사용하는 CT(computer tomography) 촬영의 원리를 지반조사기법에 적용한 기술로써 탄성파 tomography, 전기비저항 tomography, 전자 tomography 등이 있다. tomography 기법을 이용한 방법 중 근래 들어 가장 많이 쓰이고 있는 방법 중 지하레이더(GPR) 탐사가 있다. GPR 탐사는 고주파 전자파인 레이더파를 이용 지하 하부의 상태에 대한 정보를 얻는 기법이다.

7. 시추조사 기록표

지반조사를 위해 시추공 굴착작업을 하는때에는 반드시 시추조사 기록표를 작성하여야 하며 이 기록표에는 영구적으로 존속하는 좌표계에 의한 시추공의 위치, 그리고 영구적 수준점에 의한 지표면의 고도 등을 기입한다. 그 외 지하수면의 위치와 여러 토층이 존재할 경우, 각 토층의 경계위치, 그리고 시추작업 기사의 토질 분류 및 묘사 등이 필히 기입되어야

하고, 표준관입실험 결과를 각 토층마다 혹은 일정 깊이마다 기록해야한다. 시추작업에 사용한 기계, 기계 교체의 이유, 작업장에서 관찰된 모든현상도 기입해야 한다.

참고문헌

- 김명모, 「토질역학」, 문운당
- 천병식; 유한규 공저, 「토질실험 및 지반조사 : 실내외 시험법과 그 결과의 이용」, 건설 연구사
- 이상덕, 「지반공학」, 도서출판 엔지니어즈, 1993
- 박태인, 「토질 및 기초」, 크라운 출판사
- 우기형 역, 「새로운 연약지반 처리공법」, 기술경영사

Homework #1 모범답안(3)

Subsurface Investigation (지반조사)

2003-12312 김희철

1. 지반조사 개요

1.1 지반조사란?

지반조사란 지표로부터 지반내를 천공, 착공하여 지층의 상태 등을 조사하는 방법으로서 지층구성 및 지하수위를 파악할 수 있고, 실내시험에 사용할 시료를 채취할 수 있으며, 표준 관입시험, 공내관찰, 공내재하시험, 계측기기의 매설 등을 수행할 수 있다. 지반조사는 시추 및 시굴조사, 물리탐사, 육안관찰조사 등으로 크게 구분할 수 있다.

1.2 지반조사의 필요성과 목적

일반적으로 토목구조물은 지표 또는 지층에 건설되기 때문에 구조물의 합리적인 설계와 시공을 위해서는 구조물 설치 지반을 포함한 주변 지반의 토질공학적, 지질학적, 수리학적 특성을 파악해야만 한다. 이러한 특성을 파악하고 설계와 시공에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 현장에서 지반을 대상으로 한 조사와 시험이 필요하다. 현장조사 및 시험은 계획된 구조물의 종류, 규모, 기능 및 중요성에 따라 다르지만 일반적으로 지층의 구성과 분포상태, 지층구성물질의 분류와 역학적 특성, 지하수 상태 등에 관한 정보를 얻을 목적으로 실시한다.

지반조사의 목적은 다음과 같다. 먼저 구조물 기초의 적정크기와 형태를 결정, 구조물 기초의 지지력을 검토, 구조물의 예상침하량을 예측, 기초지반에 존재하는 잠재적인 문제의 결정, 자연 지하수위 확인 그리고 구조물에 대한 청토압을 예측하고 지층심도와 지반상태에 따른 시공법을 결정한다.

2. 지반조사 순서

지반조사는 예비조사와 본조사로 두 단계로 구분할 수 있다. 먼저 예비조사에서는 크게 자료를 수집하고 정리하며 현지답사와 개략적인 조사를 시행한다. 본조사에서는 상세조사와 보충조사를 실시하게 된다.

2.1 예비조사

기획이나 계획단계에 대한 조사로 자료 수집 정리를 주로 하는 조사이다. 공사위치를 정하기 위한 지질조사가 추가 되며 자료로서는 지질도, 공사 기록, 토질조사 보고, 지반도 등이 있다. 자료조사의 결과를 확인하고 부지의 상태를 점검하기 위해 현지답사 또한 필요하다. 지반 지대의 대표적인 지점에서 지반 심부까지 사운딩, 혹은 보링을 실시하여 성층의 상태나 토질을 개략적으로 조사하게 된다.

2.2 본조사

상세한 설계, 적산, 시공 계획을 하기 위한 조사이고, 1차, 2차로 나눠 실시되는 경우가 많다. 실제구조물의 계획과 설계 및 시공을 위한 기초 자료를 얻기 위한 조사로서 시추와 시료채취, 지구 물리학적 조사, 현장시험 등을 통한 정밀조사를 실시한다.

2.3 시공관리 조사, 정보화 시공

품질관리, 안전관리를 목적으로 하지만 시공 중에 설계변경, 공법변경을 필요로 한 경우의 조사도 포함한다. 품질관리시험, 동태관측 등의 조사가 실시되며 조사, 시험, 관측결과를 재빠르게 정리 해석하여 적정한 판단이 나올 수 있도록 체계를 정리해 둘 필요가 있다.

2.4 유지 관리 조사 & 재해시의 조사

완성 후의 구조물에 변상이 없는 상태에서는 특별한 조사는 필요 없고, 정기적인 점검이 중요하다. 토질조사가 필요할 것은 어떤 변상이 발견되든지, 재해가 발생했을 경우이다. 이 경우 변상이나 붕괴 원인을 알아내고 그 원인 제거 및 항구 복구 대책을 검토하게 된다.

3. 지반조사 방법

3.1 보링 (Boring)

보링은 일반적으로 장비를 사용해서 지층에 구멍을 파고 시료를 채취하고 또 구멍을 이용하여 지반조사(사운딩)를 하는 것을 말한다. 토질의 판정에는 출착시에 배출된 토사의 관찰이나, 순수시료를 이용한 실내시험의 결과가 이용된다. 순수시료의 채취에는 토질에 따른 샘플링이 이용되며, 신월샘플러, 데니슨 샘플러등이 유명하다. 보링과 샘플링의 조합으로 토질 시료를 채취할 수 있으나, 순수한 시료를 채취하는 것은 매우 어렵다. 왜냐하면 샘플러의 암입속도, 압력등 피할 수 없는 진동에 따라 어느 정도의 이완은 피할 수가 없기 때문이다. 심지어는 점토에 대한 강도 저하는 수십%에 이른다. 한편 모래나 자갈에서는 순수한 시료를 채취하는 것이 불가능하다.

보링의 종류로는 오거보링(Auger boring), 회전식 보링(Rotary Boring), 충격식 보링(percussion boring)이 있다. 오거보링에는 핸드오거(hand auger)가 있다. 핸드오거는 3~5m 이상의 깊이에 굽착할 수 없다. 작은 구조물이나 도로를 위한 토질조사에 사용된다. 그리고 시료가 교란되어 시료채취하기가 어렵다. 한편 오거보링 중 portable power-driven helical auger는 핸드오거보다 깊게 보링한다. 한편 Continuous-flight auger는 트랙터로 동력 전달하고 60~70m까지 보링 공을 쉽게 굽착한다. 그리고 Continuous-flight auger 중 심도마다 시료를 채취하는 Solid stem auger와 케이싱(casing) 역할을 하는 hollow stem auger 있다. 오거보링 중 마지막 오거는 중공오거이다. 중공오거는 지하수의 아랫면을 굽착할 때 사용한다.

회전식 Boring(Rotary Boring)은 일반적인 보링으로 암석 Core 채취하고 균열 상황을 체크 한다. 그리고 불교란 시료를 채취하며 Core 보링이다. 한편 충격식 보링(percussion boring)은 우물 및 자원 조사에서 쓰이며 non-core 보링이다.

3.2 사운딩 (Sounding)

사운딩이란 로드의 선단에 설치된 저항체를 지층에 정적 혹은 동적으로 관입, 회전 또는

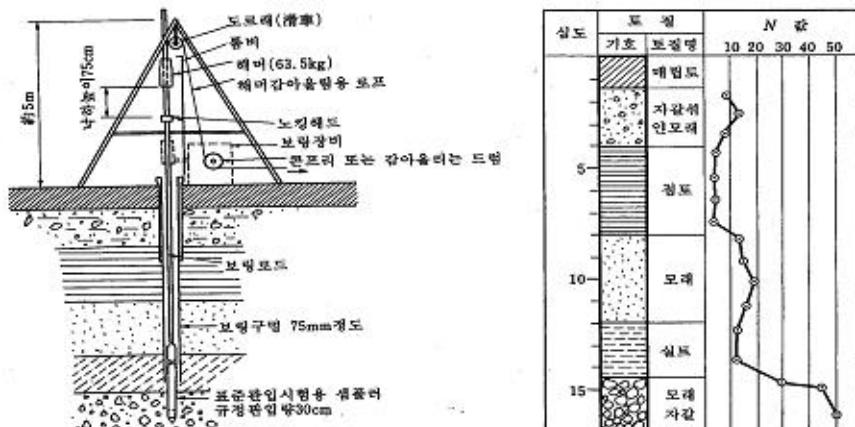
인발로 저항을 측정하여 토질을 판정하는 조사법을 말한다. 그 대표적인 예는 다음과 같다.

- ① 정적 사운딩 : 정적 콘관입 시험(연약한 점성토), 더치 콘관입 시험(큰자갈을 제외한 모든 흙), 스웨덴식 사운딩(큰자갈, 조밀한 모래자갈 이외의 흙), 베인 테스트(연약점성토)
- ② 동적 사운딩 : 동적 콘관입 시험(큰자갈, 조밀한 모래자갈 이외의 흙), 표준관입시험(큰자갈 이외의 모든 흙에 적용)

3.2.1 표준관입시험(Standard penetration test : SPT)

오늘날의 대표적인 사운딩이라고 할 수 있다. 시험은 보링구멍을 이용해서 실시한다. 보링 장비의 동력과 간편한 장치에 따라 무게 63.5kg의 중추를 75cm의 높이에서 낙하시켜서 로드의 선단레이몬드샘플러를 지중에 30cm 타설한다. 타설하는 데 필요한 타격회수를 N값이라고 하며, 그림 2-35와 같은 주상도를 나타낸다.

샘플러는 원통상의 두 개로 나눌 수가 있기 때문에 샘플러에 들어간 시료를 채취할 수 있다. N 값은 모래의 상대밀도와 좋은 상관관계를 나타내며 전단저항을 좌우하는 내부 마찰각 φ와의 사이에 여러 가지 실험식, 경험식이 제안되었다. 표준관입시험의 예와 N값 주상도는 다음과 같다.



토질별로 N 값을 평가할 때 주의할 사항은 다음과 같다.

점토 : 대개 굳은 상태의 파악에 사용됩니다. q_u (일축암축강도) = $1/8 \sim 1/2$ N은 추측값의 폭이 크고 적용에 문제가 있습니다.

모래층 : 상대밀도와 좋은 관계를 나타내며, N 값의 이용가치가 큽니다.

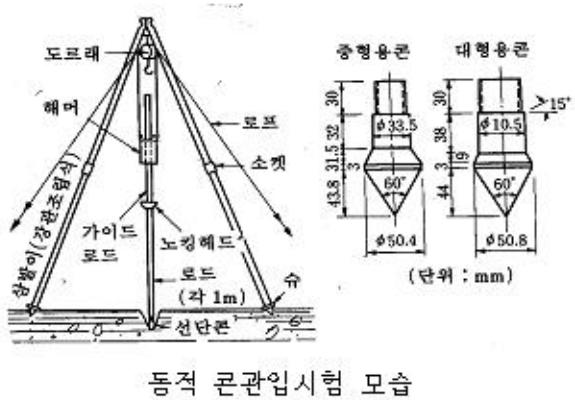
모래자갈층 : 자갈에 닿으면 과대해져서 시료의 채취율도 저하됩니다.

연암 : 풍화의 정도를 파악하는데 편리합니다.

측정 N 값에 영향을 주는 요인으로는 다음과 같은 요소를 들 수 있다. 먼저 해머의 낙하 방법, 로드의 흡과 구멍 흡, 샘플러의 선단 파쇄를 생각할 수 있다.

3.2.2 동적 콘관입시험(dynamic cone penetration test)

시험 방법은 표준관입시험과 거의 같다. 차이점은 보링구멍을 쓰지 않고 직접 지반에 원추콘을 타설하는 점이다. 따라서 관입저항에 측면에 주면마찰이 가해지기 때문에 깊어질수록 오차가 크다. 일반적으로 $N_d \approx 1.3N$ 이 성립한다.



동적 콘관입시험 모습

3.2.3 정적 콘관입시험 (Static cone penetration test)

원추콘을 정적으로 암입한다. 측정값은 관의 단면적 부근의 하중강도(kg/cm^3)으로 나타내며, q_c 라고 한다. 점성토에서 $q_c = 4c$ (c : 점착력, $c = q_u/2$, q_u : 일률강도) 가 성립한다. 사질토에서는 입도에 의한 분산이 크고 표준관입시험에 뒤지지만 콘의 관입기구는 현재의 말뚝에 가장 가깝고, 콘을 대형화하면 이상적인 시험방법이다. 단, 과중반역을 얻는 것이 곤란하다.

3.2.4 스웨덴식 사운딩 (Swedish penetrometer)

이 방법은 북유럽의 피요르드 지형의 암반상의 점토성질을 조사하기 위해서 고안된 방법이다. 점토의 층 두께, 경연을 파악하는데 편리하다. 시험은 추를 단계적으로 올려놓고 자침시킨 다음에 로드를 회전시켜서 관입한다. 측정값은 관입 1m마다의 반회전수로 표시하며 $N_{sv} \approx 10N$ 로 나타낸다. 이 방법은 점토에는 적당하지만, 토질의 분산이 크다는 단점이 있다.

3.2.5 베인 전단시험 (Vane shear test)

베인 시험은 연약점성토의 현장 비배수 전단강도를 결정하기 위해서 굳착도중에 사용할 수 있는 시험이다. 흙의 교란이 일어나지 않도록 시추공의 바닥에 있는 흙 속에 베인을 밀어넣고 베인을 회전시키기 위해 막대의 원쪽 끝에 비틀림모멘트를 가한다. 그러면, 베인 주위에 원형으로 파괴가 일어나게 되는데 작용된 최대 비틀림모멘트는 점성토의 비배수강도와 관계가 있으며, 관계식은 다음과 같다.

$$T = C_u \pi D^2 \left(\frac{H}{2} + \frac{D}{6} \right) \text{ 또는 } C_u = \frac{T}{\pi D^2 \left(\frac{H}{2} + \frac{D}{6} \right)}$$

(T =작용된 최대 비틀림 모멘트, C_u =비배수 전단강도($\phi=0$), D =베인의 직경, H =베인의 높이)

3.2.6 더치 콘 관입 시험 (Dutch Cone Penetration Test)

콘의 바닥면적이 10㎠인 60° 콘을 약 20mm/sec의 속도로 땅속으로 밀어넣어서 관입저항치와 흙의 케이싱의 마찰저항을 측정하는 시험이다. 미국보다는 유럽에서 널리 사용된다.

$$q_c(\text{정격관입저항}) = \frac{\text{Cone 관입력}(Q_c)}{\text{Cone 저면적}(A)} \text{ kg/cm}^2$$

3.3 물리탐사

흙이나 암반은 단단하고 조밀할수록 지진파와 같은 진동파가 빨리 전달된다. 또한 지반의 전기저항은 토질에 따라 변한다. 이와 같은 지반의 물리적 성질을 이용하여 지반을 판별하는 조사를 물리탐사라고 한다. 또한, 보링 구멍을 이용해서 실시하는 물리탐사를 구멍안 검증이라고 한다.

3.3.1 탄성파 탐사

인공적으로 발생한 진동을 지반에 전하여 그 전파속도를 측정한다. 지표면에 수진계를 설치하여 기록기와 선을 잇는다. 수진기에서 떨어진 지점에서 발파등에 의해 지반에 진동을 준다. 발진원에서 수진기까지의 거리와 진동의 도달시간을 측정하는데 따라 지층을 따라서 전파되는 속도 V와 지층의 두께를 구할 수 있다.

3.3.2 전기탐사

지반에 따라 전기적 성질이 다른 점에 주목하여 조사하는 방법이다. 보통 지반의 비저항을 측정하고 지반해석에 사용하는 방법을 전기탐사법이라고 한다. 지표에 전극을 일정한 간격으로 배치하여 전류를 흘려서 비저항을 쟠다. 그리고 그 결과를 그래프에 나타내면 곡선의 변곡점으로부터 층두께 d를 구할 수가 있다.

3.3.3 기타

그 밖에 해저지반의 정보를 알기위해 음파를 이용하는 음파탐사, 보링구멍을 이용하는 속도 검증등 여러 가지의 물리검사법이 실용화되어 있다. 특히, 최근에는 측정기술이 발달해서 미니컴퓨터를 이용하는 현지에서의 해석기술이 진보되었기 때문에 대단히 정밀도가 향상되었다.

3.4 재하시험

직접 지반에 하중을 가해 강도와 변형을 알아내는 매우 확실한 방법이다.

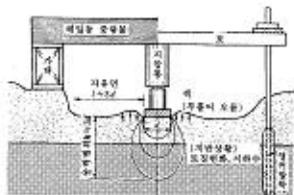
3.4.1 평판재하시험(지표)

조사하고자 하는 지반이 노출되었을 때 아래의 그림과 같은 준비로 하중을 가하여 변형을 측정한다. 재하판의 치수를 d로 할 때, 3~5배 깊이까지 힘이 가해지므로 비잔의 구성은 안 다음에 결과를 해석할 필요가 있다. 시험목적에 알맞게 하중을 가하는 방법과 재하 시간을 조절해야 하며, 지반에 부분적인 약점은 없는지, 편심재하가 되어 있지 않은지의 여부 등을

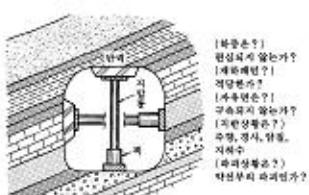
유의해야 한다.

3.4.2 평판재하시험(터널)

조사하고자하는 지반이 노출되지 않았을 때는 터널을 굳착해서 재하시험을 실시하는 경우가 있다. 아래의 그림과 같이 지층이 일정하지 않은 경우가 많으므로 결과의 해석과 그 이용에는 전문적인 기술과 판단이 필요하다.



평판재하시험(지표)



평판재하시험(터널)

3.4.3 보링 구멍안의 재하시험

지표 깊은 지반 특성, 특히 강도와 변형을 파악하려고 할 때 재하시험을 실시한다. 옛날에는 터널이나 간을 굳착해서 재하시험을 하였으나, 최근에는 보링구멍을 이용한 재하시험법이 개발되어 실용화되었다. 여러 가지 방법이 제안되고 있으나 구멍안에 고무 튜브를 삽입하여 가압하는 방법이 널리 사용되고 있다. 이 방법은 3실법(三室法)이라고 하며 가압튜브의 상하의 보조실에도 가압하여, 상하방향으로 지반이 파괴되지 않도록 이차원 상태를 만들어낸다. 가압에는 가스압을 이용하며, 구멍지름 방향의 변위는 용적의 변화에서 환산한다.

3.5 지하수 조사

지반층의 중력수 즉 지하수의 존재는 구조물의 안정, 공사의 시공계획에 큰 영향을 준다. 지하수면 아래 H 깊이에 기초 저면이 있을 때, 기초주변의 지반 투수성이 매우 높을 때는 H의 수두와 같이 상향의 수압이 기초저면에 작용한다. 한편, 주변의 지반이 불투수성이라면 작용압력이 작아진다. 어떻든 지하수위의 높이, 지반의 투수성에 대한 정보가 필요하다. 이와 같은 조사를 지하수 조사라고 한다.

지하수조사의 구분은 다음 표와 같이 나누고 있다.

종류	조사항목	조사방법
지하수의 조사	지하수위의 측정 간극수압의 측정	우물, 보링을 이용한 수위 측정, 간극 수압의 측정
	흐름의 방향과 속도의 측정, 수질 시험	수온, 비저항, 트레이서에 의한 측정, 유속 측정, 경도, 비저항, 각종 화학 분석, pH
대수층의 조사	분포 범위 두께	보링, 전기탐사, 전기검출, 지하수 검출
	투수성	양수시험, 투수시험
	물리적 성질	입도시험, 간극비측정, 전기검출

3.6 GeoTomography 탐사

3.6.1 탄성파 Tomography

탄성파의 반사,, 굴절, 통과 등의 원리를 사용해서 지반의 구조를 파악하는 기법다. 하나의 시추공에서는 탄성파 발생원장치를 또 다른 시추공에는 수진기 장치를 삽입하여 측정하는 방식으로 탄성파 발생원은 시추공 내부에서 그 위치를 이동하면서 탄성파를 생성한다. 이때 생성된 탄성파는 지하사방으로 전달되고 수진기에 도착하게 된다. 여기서, 지반 조건에 따라서 각기 다른 탄성파 기록이 얻어지는데, 이 값을 사용해서 지층의 상태등을 판단한다.

3.6.2 전기비저항 Tomography

지하매질의 전기적 특성인 전기비저항의 차이를 탐지하여 지하수, 파쇄대의 위치 및 환경 오염범위 등을 탐사하는 방법으로, 국내에서는 특히 지하수 조사에 많이 사용된다.

전기비저항 tomography는 하나의 시추공에 전류 전극을 위치시키고, 다른 하나의 시추공에서 전위전극을 이동시켜가며 지하매질의 전기전도도의 함수인 전위를 측정하여 지반의 특성을 판단한다.

3.6.3 전자 Tomography

레이더 탐사에 사용하는 MHz~GHz 대의 높은 주파수에서는 음파 또는 탄성파에서와 같이 파동에 의한 에너지 전파형태가 우세하고, 전파정도를 좌우하는 주된 물성은 매질의 유전상수이다. 그러나 가청 주파수대인 100kHz대의 주파수 영역에서는 열전도와 유사한 확산형태의 에너지 전파가 우세하고, 전파정도를 좌우하는 주된 물성은 주로 매질의 전기전도도이다. 따라서 레이더 탐사에서는 근본적으로 유전상수의 분포를 영상화하고 가청주파수 전자탐사에서는 전기전도도의 분포를 영상화한다. 특히 후자의 경우를 전자 tomography라고 불러서 구별한다.

3.7 지하레이더 탐사

전자기파를 사용하는 사운딩의 일종으로, 전자기파를 지하로 반사시킨 후, 지층 경계면이나 지하의 불균질면, 파쇄대 또는 지하 매설물 등 반사면에서 반사되어 되돌아오는 전자기파를 수신, 분석하여 지하 지층구조를 알아내는 방법이다. 탐사가 빠르게 진행되고 경제적이며 해석이 비교적 용이하며 지하 지질구조를 해상도가 높은 화면으로 연속적으로 볼 수 있다는 것이 지하레이더 탐사법의 특징이다.

3.8 Televiwer 기법

televiwer 혹은 초음파주사검층법(borehole acoustic scanner)은 초음파빔을 시추내공벽에 주사하여 그로부터 얻게되는 반사파의 반사계수, 진폭 및 주시를 분석함으로써 절리 및 단층의 크기, 방향 및 경사, 암질의 변화내지는 암석의 역학상태를 정확히 규명할 수 있는 물리 검층 기술이다.

