

@ 다음 사항중 표준관입시험에서 N치가 실제보다 낮은 값으로 측정되는 요인으로 작용할 수 있는 것은 ?

- 가. 액상화 현상 나. 자갈을 포함한 지층
다. 심부 시추공 라. 다져진 토양층

표준관입시험이란

개략적인 지반의 지지력, 대상지층의 토질, 심도별 강도변화, 지지층의 위치, 연약층의 유무 등을 판정하기 위하여 본 시험을 실시한다.

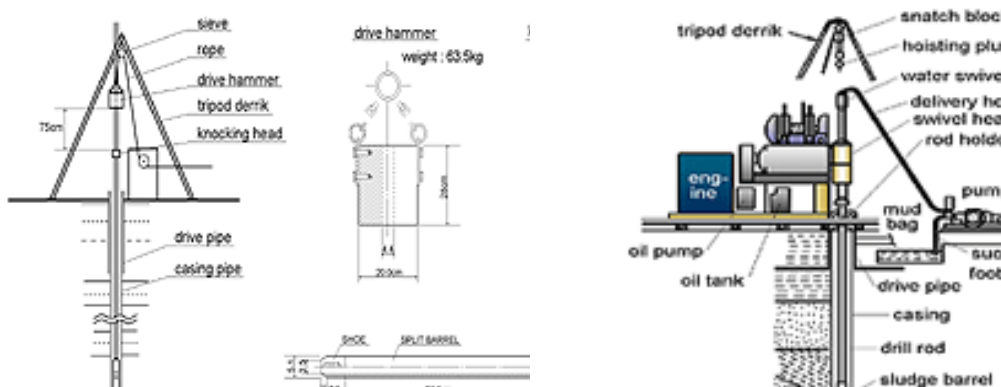
표준관입시험은 샘플러를 지반에 관입시켜 그 저항치를 기록하고 동시에 토질분류시험 및 실내 시험을 위한 대표적 시료 채취하는 방법이라 규정되어 있다.

본 시험은 64kg의 중량의 햄머를 76cm 높이에서 자유낙하시켜 관입시험용 샘플러를 지반에 30cm 관입시키는데 필요한 타격횟수 N치를 구한다.

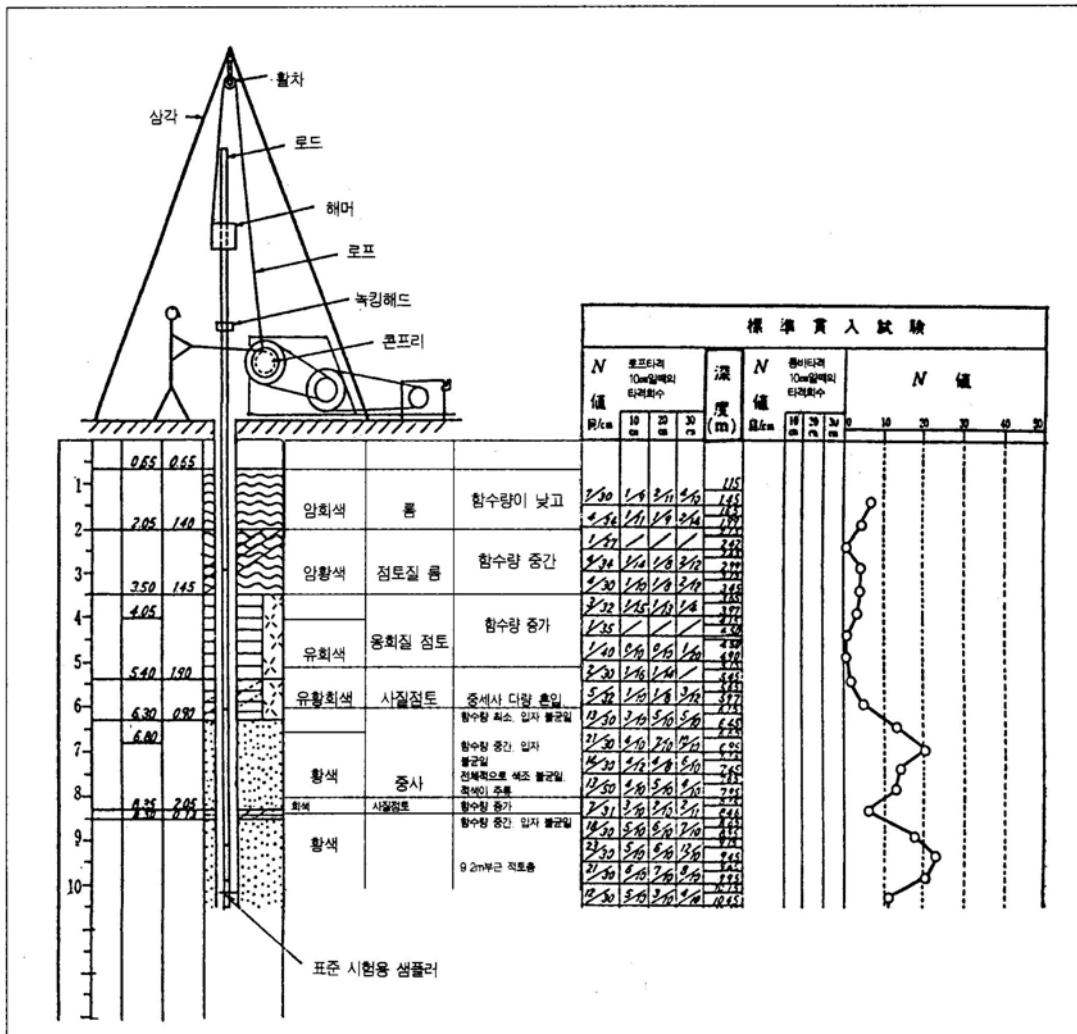
(그림) 표준관입시험



토사층 및 풍화대의 지내력을 평가



N은 표준관입시험에서 말하는 낙하횟수입니다. 표준관입시험이란 드릴로드 끝에 붙은 샘플러가 중량 64kg의 철추로 뒷통수를 맞고 높이 76cm를 자유낙하, 흙 속에 쳐 박히기를 몇 차례나 되풀이 해야 30 cm 깊이까지 박히는지 알아보는 것입니다. 30cm 깊이를 관입하는데 필요한 낙하횟수 - 바로 이것이 N치 또는 표준관입시험치입니다.



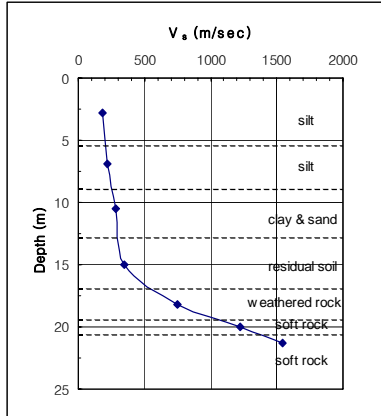
이 그림의 지질주상도 상에는 8.5m 깊이까지 6개의 층이 있는데, 각 층을 다시 2~5개로 나누어 표준관입시험을 했군요. 그 결과는 표 우측에 표시해 두고 있습니다. 예를 들어서 제일 위에 있는 "7/30"은 7번 떨어뜨려서 샘플러가 30cm 관입되었다는 뜻입니다. 30cm 목표를 들어갔으므로 시험을 거기서 중단하고 N치는 당연히 7이라 기입하면 되겠지요. 맨 우측 꺾은 그래프의 표시도 눈금 7정도 되어 보이지요? 아, 그런데 그래프 눈금은 0. 10. 20. 30. 40 그리고 마지막에 50이 있을 뿐이군요.

그렇습니다. 소정의 직경을 지닌 샘플러를 76cm 높이에서 64kg 낙하 충격으로 50번 되풀이 해도 30cm만큼 들어가지 못하는 흙은 N치로 표현하기 어렵습니다. 표준관입시험을 하는 이유가 대개의 경우 어떤 구조물을 세우는데 그걸 잘 받쳐줄 만큼 단단한 지반인지 조사하는 데 있습니다. 따라서 50을 때려도 30cm를 뚫기 힘들다면 더 이상 따져 볼 것 없이 단단하다고 보지요. 서울시나 도로공사는 50번을 때려서 10cm 정도 들어가면(50/10으로 표시) 풍화암이라고 분류합니다(떨어뜨려도 들어가지 않고 튕겨나오면 연암이지요).

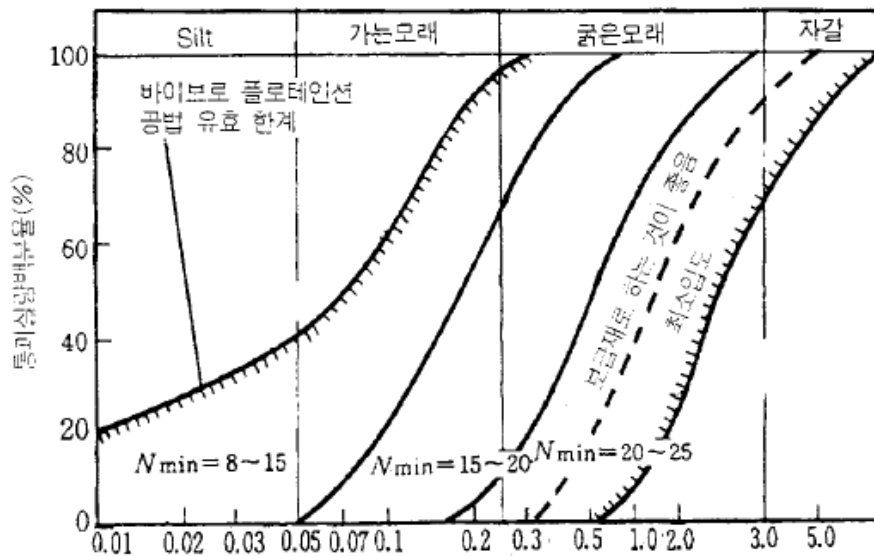
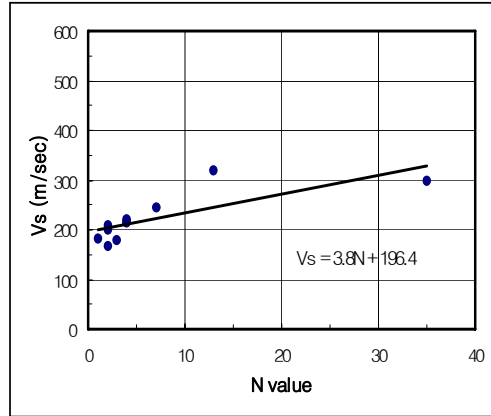
모래땅을 기준으로 할 때 N치 10~30을 "상대밀도가 보통이다" 라고 말합니다. 30~50은 "상대밀도가 촘촘하다", 50이상은 "대단히 촘촘하다"고 표현합니다. 심하게 다지면 N치는 높습니다. 점성토는 15~30이면 매우 견고, 30 이상은 고결(固結) 등으로 표현하지요. 모래는 입자가 크기 때문에 사이 사이에 틈이 많아 꼭꼭 다지기도 쉽지만 점성토는 입자가 매우 작아서 다진다기 보다는 입자 사이의 물기가 얼마나 많은가에 따라 단단한 정도가 크게 달라집니다. 즉, 관능적 느낌과 N치는 흙마다 좀 헛갈리는 면이 있지요.

따라서 흙에 대해 묘사하는 것은 마치 음식맛을 얘기하는 것처럼 좀 애매한 구석이 있어서, N치로 표현하는 것이 합리적인 것 같습니다만, 이것 역시 애매한 구석이 적지 않습니다. 여러 자료를 보니 N치는 구미각국보다 일본이, 일본보다는 우리가 더 많이 애용하는데 공사용 지반조사의 경우 거의 절대적인 기준이 되고 있습니다

<그림-18> 인천 용유도 부근의 V_s 분포도



<그림-20> 인천 용유도 부근에서의 $N - V_s$ 관계



표준관입시험 유의사항

가. 추의 무게 63.5kg

나. 높이 76cm

다. 최초 15cm침하까지의 횡수는 버리고, 이후 30cm침하시 횡수를 사용한다.

3. 굴착으로 인하여 N치의 변동이 생길수 있음(깊이에 따라 다름)

예를 들어 50층 건물을 지을 부지라면 지하로 몇십미터 굴착을 하고 건물을 짓게 됩니다.

왜냐면 주차장이나, 구조물의 안정을 생각해서 건물이 높아지면 그만큼 지하도 깊이 파는건 일반적입니다. 최초에 굴착전 표준관입시험결과보다 굴착후 결과가 N치가 적게 나옵니다.

왜냐하면 굴착으로 인해 그만큼의 상재하중이 사라졌기 때문입니다. 이러한 경우 보정이 필요하게 됩니다.

원 인	영 향	N치의 변화
햄머의 무게가 부정확	햄머의 에너지가 변화 (일반적으로 5~7%)	증가 또는 감소
보링공내의 적당한 수두유지 실패	보링공의 하부가 예민해짐	감 소
햄머 타격시 룯드에 편심	햄머 에너지 감소	증 가
보링 공이 깨끗하지 못함	샘플러 타격시 장애 발생	증 가
샘플러를 케이싱 바닥 위에 타격	시료가 다짐·교란됨	매우 증가
표준화 되지 못한 샘플러 사용	표준 샘플러와의 상호관계가 무효	증가 또는 감소
굵은 자갈이나 호박돌에서 실시	샘플러가 막히거나 저항받음	증 가
휘어진 드릴 룯드 사용	샘플러에 타격에너지가 완벽히 전달이 안됨	증 가

표준관입시험 측정시 오차에 영향을 미치는 요소(Kulhawy, 1995)

$$N\text{치에 따른 단축 압축 강도} \rightarrow \sigma_c = \frac{N}{8}$$

$$N\text{치의 보정 } N' = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$$

3.1.1 시험자에 의한 편차

대표적인 예로 Escario. v. c(1974)에 의해 소개되었는데, 같은 지역의 유사한 지반에 대하여 감독자 없이 실행한 결과와 감독자의 감독하에서의 실험결과에서 Fig. 11에 나타난바와 같이 감독자 부재시의 N값은 감독자의 감독시의 N값에 2~4배가 된다. 일반적으로 N값의 문제점은 알려져 있지만 N값이 감독자 유무에 따라 이와 같은 문제가 생기는 문제는 매우 큰 문제로 감독자의 부재시의 조사는 얼마나 부주의한 조작에서 시행되고 있는가를 알 수 있다.

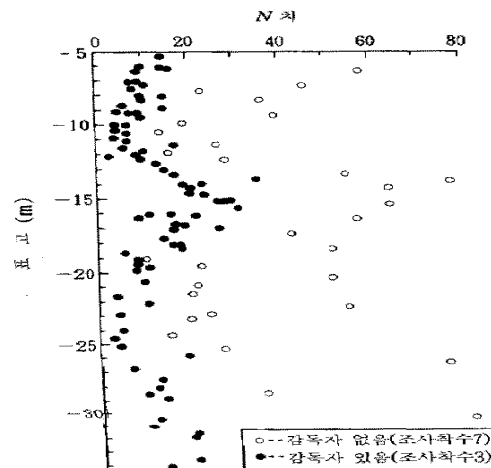


Fig. 11 N값의 편차 예(Escario. v. c;1974)

3.1.2 낙하법에 따른 편차

해머의 낙하법에 따른 편차는 오래 전부터 논의되고 있고, 각종 낙하법에 따른 비교시험이 수없이 실시되어 왔지만 결과의 차이를 인정할 수 없다는 의견이 많다. 그 이유는 시험목적이 비교 시험이라는 것을 알고 실시하기 때문에 해머 낙하가 신중하게 이루어지고 있기 때문이다.

Fig. 12는 동일 지반조사에서 가끔 조사업자를 바꾸고, 업자마다 자동 낙하법과 콘플리 낙하법

을 이용해 오사카점토에 대해서 실시한 SPT시험 결과를 보여주고 있다. N값의 편차 분포는 콘플리법은 감독자 부재시의 시험결과(Fig. 11) 유사한 결과를 보여주고 있다. 양자의 평균치는 그림에 나타난 것과 같이 콘플리법쪽이 크다. 이것은 콘플리법의 타격 효율이 작기 때문이고, 콘플리법에 의한 동일 점토층의 N값의 편차는 지반의 편차보다도 해머의 낙하에너지의 편차 쪽이 많다. Fig. 13은 오사카 지역의 사력층에 대해서 실시한 결과로서, 자동낙하법이 편차의 범위가 좁고 평균치는 작게 나타났다. 그러나, 점토층만큼 편차범위가 작지 않은 것으로 보아 사력층에서는 지반의 편차가 있는 것으로 나타났다.

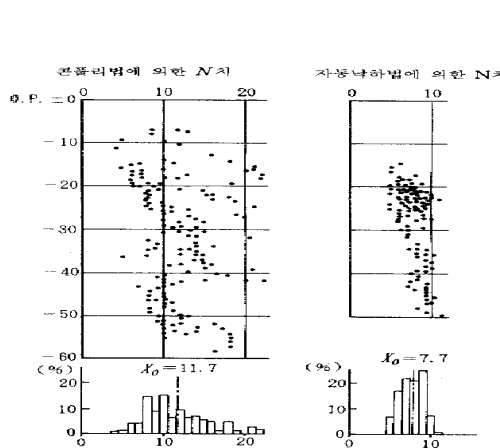


Fig. 12 오사카점토에 있어서의 N값 편차

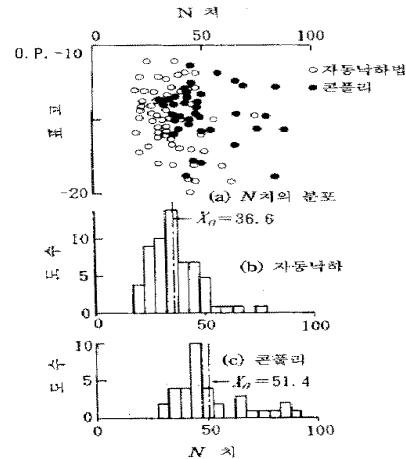


Fig. 13 천만 사력층에 있어서의 N값 편차

이와같이 해머의 낙하법에 따른 N값의 측정결과와 편차를 없애기 위해 국제적으로 시험법을 표준화하려는 움직임이 매우 빠른 시기부터 있었다. Robertson et. al.(1983)은 Fig. 14와 같이 Donut형 해머와 Safety형 해머를 심도 방향으로 상호교류하여 사용하여 측정하여 Fig. 14(a)와 같이 톱니형태의 N치 분산표를 얻었다. 로드에서 가해진 에너지를 측정한 결과, 타격효율이 안전해머의 경우 자유낙하 에너지의 약 60%, 도넛해머의 경우 약 40%이었다. 따라서 도넛해머의 경우 N값이 작고, 안전해머의 경우 큰 값이 얻어졌다. 이것을 55%로 환산하면, Fig. 14(b)와 같은 분포를 얻을 수 있다.

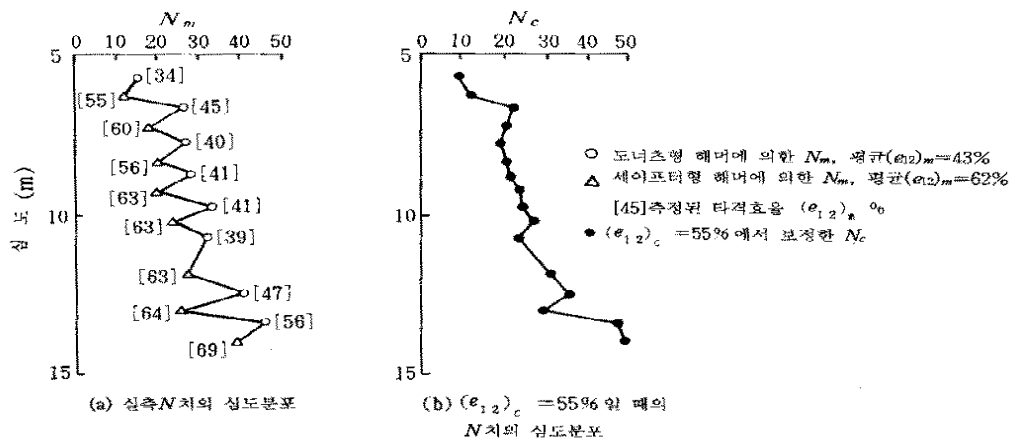


Fig. 14 타격효율이 다른 실측 N치와 보정 N치

3.1.3 지반의 편차

표준관입시험 도중에 지층이 변화하는 경우가 자주 있는데, 그와 같은 경우에는 지층마다의 N-값을 구하게 되어 있지만 그와 같이 실시되지 않는 경우가 많다. Fig. 15는 지층이 실트질 모래에서 사력으로 변화하고 있지만 측정된 룯드 전단에서의 응력 측정결과가 지층 경계부근의 9,10번

째 타에서 반사파가 인장에서 압축으로 변화하는 것을 보여주고 있다. 전체에서는 $N=25$ 이지만, $N=17$ 의 실트질 모래와 $N=38$ 의 사력으로부터 되어 있고, N 값이 매우 다른 지층이어서 지층을 나누어 N -값을 기재할 필요가 있다.

3.2 관입기구에 따른 토질

3.2.1 관입기구의 고찰

SPT시험은 보링 룯드 헤드부분의 노킹헤드를 중추낙하에 의해 타격하고, 그 타격에너지에 따라 룯드 선단의 샘플러를 지반에 관입시키는 원위치 시험이다. 이 때의 룯드 및 샘플러의 거동은 과동 방정식으로 해석할 수 있다(2절 참조). 즉, Fig. 16에 모식적으로 나타난 것 같이 중추낙하에 의한 노킹헤드의 타격에 의해 스파이크형의 응력파가 생기고, 그것이 룯드를 전파하여 샘플러에 도달한 후, 선단지반에서 그 응력파가 반사되어 다시 룯드 상부에 전파한다. 그 반사파에는 지반의 정보가 포함되어 있으며, 룯드에서 측정된 변형파형은 Fig. 17과 같이 입력파와 반사파가 중첩된 것으로 Fig. 3과 같다. 이 때 샘플러의 관입은 매우 짧은 시간의 순간적인 거동이다

샘플러의 관입량은 룯드를 전파하는 응력파와 지반의 굳기에 따라 정해지므로 입력파는 항상 같아야 하지만 실제로는 타격상태와 조건에 따라 많은 편차를 보인다. 이같은 편차를 없애기 위해서 국제토질공학회는 Fig. 14와 같이 타격효율을 측정하여 타격효율이 60%에 보정을 시행하는 것으로 결정했다.

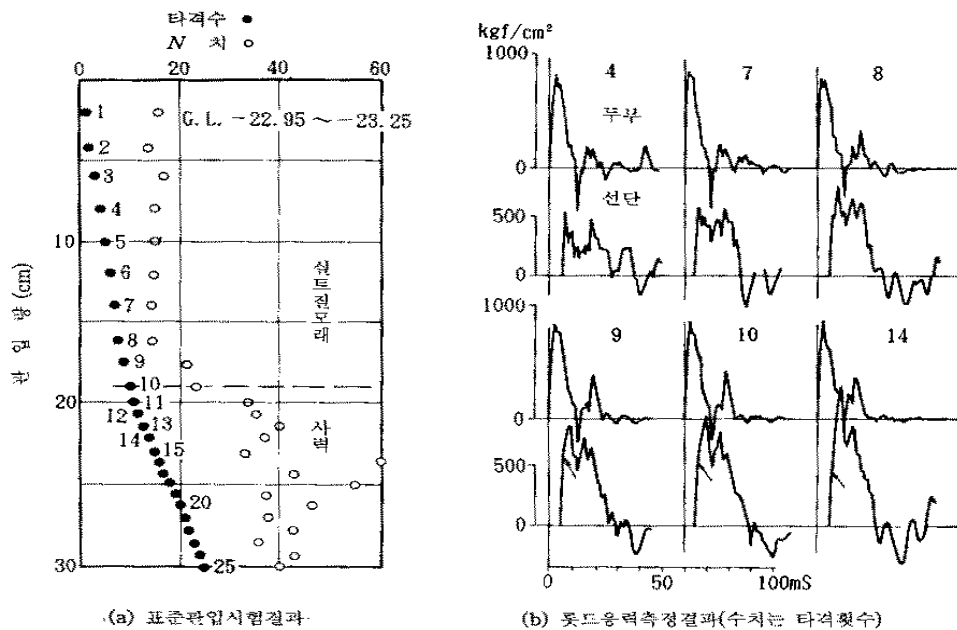


Fig. 15 지층변화시의 룯드 응력 측정결과

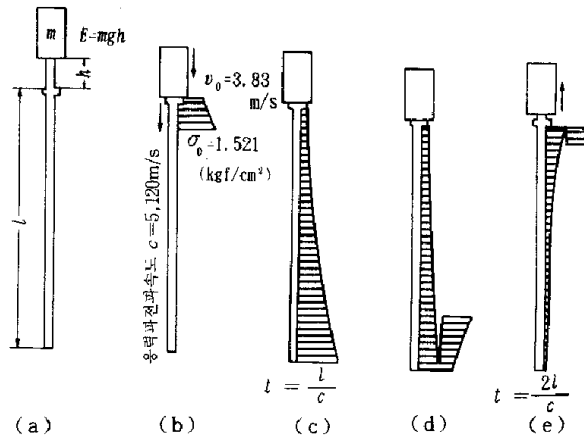


Fig. 16 표준관입시험의 응력전파 메카니즘

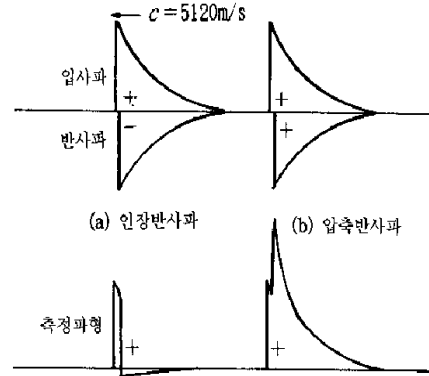


Fig.17 샘플러 부근의 응력파형

참고문헌

1. 엔지니어즈, 지반조사 및 토질시험 결과해석과 적용, pp. 333 ~ 391, 2000
2. 과학기술, 토질조사의 계획과 적용, pp.176 ~ 193, 1998
3. 한국지반공학회, 지반조사결과의 해석 및 이용, pp. 63 ~ 104, 1994
4. 技術經營社, N치와 강도정수의 관계, pp. 27 ~ 72, 1998
5. Terzaghi & Peck(1948), "Soil Mechanics in Engineering Practics." John Wiley and Sons, New York, 1948