

유압셀과 양방향 말뚝 재하시험 관련 기술

(Hydraulic cell and Bi-direction pile load test related technology)

1. 유압셀 (Hydraulic cell)

1. 유압셀의 종류 및 규격

1) 피스톤의 동작 형태 구분

양방향 말뚝 재하시험에 사용되는 유압셀은 피스톤의 동작 형태를 기준으로 단동식(Single acting)과 복동식(Double acting)으로 구분됩니다.

2) 호스 규격에 따른 구분

사용되는 고압호스의 규격에 따라 700kg/cm², 1000kg/cm², 1500kg/cm²의 세 가지로 구분되며 사용압력이 작을 수록 유압셀의 크기가 커집니다.

3) 하중 범위

유압셀은 피스톤 동작 형태 및 호스 규격에 따라 각각 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500ton-f 6종류의 하중범위에서 선택하여 사용합니다.

2. 유압셀의 재하 하중계산

1) 유압셀에 가압력과 피스톤 단면적을 곱하여 유압셀의 재하 하중을 계산합니다.

$$\text{하중(ton-f)} = \text{피스톤 단면적(cm}^2\text{)} \times \text{가압력(kg/cm}^2\text{)}$$

예를 들어, 위의 800톤 유압셀의 경우 피스톤 단면적은 538cm²입니다.

만약 1000kg/cm²의 가압력이 작용하면 유압셀의 하중은 538ton-f이고, 1500kg/cm²의 가압력이 작용하면 하중은 807ton-f이며 가압력에 따라 유압셀의 재하하중이 결정됩니다.

2) 말뚝에 작용하는 재하하중은 케이지에 설치된 개별 유압셀 하중을 모두 합산합니다.

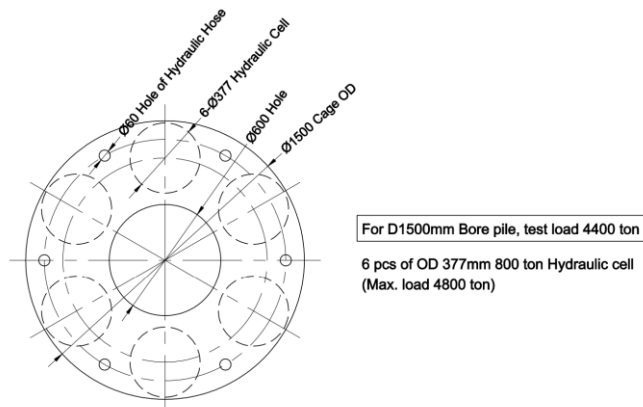
$$\text{말뚝 재하하중}(\Sigma\text{ton-fn}) = \text{1번 셀 하중(ton-f1)} + \text{2번 셀 하중(ton-f2)} + \dots + \text{n번 셀 하중(ton-fn)}$$

3. 케이지(Cage)의 설계

유압셀을 말뚝에 고정하고 재하를 하기 위해서 반드시 케이지를 사용하여야 하며 케이지는 상판, 하판을 사용하고 가압판(Bearing plate)라고도 합니다.

유압셀을 한 개 또는 여러 개를 동시에 상, 하판에 고정하여 설치하고 각각의 유압셀 재하 하중이 합해져 전체 하중을 말뚝에 작용합니다. 케이지 설계시에는 그라우트를 위한 트리미 파이프가 통과 될 수 있도록 한 개 또는 두 개 정도의 큰 구멍을 제작하여야 하며 유압호스를 인출할 구멍 또한 필요하므로 반드시 검토 되어야 합니다.

케이지에 유압셀을 배치할 때 한 개는 중앙에, 여러 개는 균등 분포시켜야 하중은 말뚝 전체에 고르게 작용시킬 수 있습니다. 다음은 지름 1500mm, 재하 하중 4400톤의 말뚝에 800톤 유압셀 6개를 배치하여 구성한 형태입니다.



유압셀과 양방향 말뚝 재하시험 관련 기술

(Hydraulic cell and Bi-direction pile load test related technology)

2. 양방향 말뚝 재하시험 (Bi-direction pile load test / 산업표준 KS F 7003 인용)

1. 양방향 재하장치

- 1) 양방향 말뚝 재하장치에 사용되는 가압기구는 검·교정을 득하여야 합니다. 이때 하중의 정확도와 시험의 신뢰성을 높이기 위하여 실제로 현장에서 이용할 가압기구, 압력센서, 호스 및압력펌프를 조립한 상태로 공칭능력의 70 % 이상의 압력까지 검·교정해야 합니다.
- 2) 양방향 말뚝 재하장치의 가압기구는 계획 최대하중을 충족할 수 있어야 하며, 시험시 예측되는 변위를 발생시킬 수 있도록 충분한 스트로크를 가져야 합니다.
- 3) 복수의 가압기구를 사용하는 경우에는 동일한 제원이어야 하며 연동제어가 가능해야 합니다.
- 4) 가압용 호스등의 밸브장치는 손상이 없고 내압능력이 충분히 커야 합니다.
- 5) 펌프는 양방향 말뚝 재하장치의 재하능력과 설정된 재하속도에 대응할 수 있는 충분한 토출량을 가져야 합니다.
- 6) 양방향 말뚝 재하시험의 가압장치는 시험목적에 맞도록 설치하되 말뚝의 설계지지력 확인을 목적으로 하는 경우에는 하부지지력과 상부지지력이 평형이 되는 위치에 설치합니다.

2. 표준 재하방법

- 1) 계획 최대하중을 8단계 이상으로 나누어 재하합니다.
- 2) 재하하중 유지와 재하종료, 제하하중은 KS F 2445의 완속재하 시험법과 급속재하 시험법을 따르되 가압장치 상·하부판의 시간당 변위가 0.25 mm이하가 될 때를 기준으로 합니다.

3. 반복 재하방법

- 1) 계획 최대하중을 8단계 이상으로 나누어 재하합니다.
- 2) 재하하중 유지와 재하종료, 제하하중은 KS F 2445의 반복하중재하 시험법을 따르되 가압장치 상·하부판의 시간당 변위가 될 때를 기준으로 합니다.

4. 재하시험 시 측정항목과 시기

1) 측정항목

- 시간
- 하중
- 말뚝 두부및 양방향 가압장치의 하향/상향 변위량
- 선단 및 중간부의 변위량
- 말뚝체의 변형률(심도별 설치된 하중측정용 센서의 변형률 또는 응력)
- 말뚝 주변지반의 변위량

2) 측정시기

모든 자료는 자동화계측 되어야 하며, 자동화 측정시스템에서의 측정항목은 실시간으로 시험의 시작부터 종료까지 지속적으로 자동화 측정하는 것을 표준으로 합니다.

유압셀과 양방향 말뚝 재하시험 관련 기술

(Hydraulic cell and Bi-direction pile load test related technology)

KS F 2445:2022

압축 정재하 시험의 재하방법 및 비교

시험법	하중단계	재하하중유지	재하종료	재하하중
완속재하 시험법	8단계(설계하중의 25%, 50%, 75%, 100%, 125%, 150%, 175%, 200%)	최소 30분 유지 후 말뚝머리 침하율이 시간당 0.25 mm 이하가 될 때까지(최대 2시간)	설계하중의 200%에서 침하율이 시간당 0.25 mm 이하 시 12시간, 그 이상인 경우 24시간 유지	시험하중의 25%씩 단계별로 1시간씩 간격을 두어 재하
완속재하방법의 초과하중재하	완속재하 시험의 초과하중 전까지는 설계하중의 50%씩, 이후 최대시험까지는 설계하중의 10%씩	완속재하 시험의 최대하중까지는 완속재하 시험을 따르고 이후 최대시험하중까지는 20분씩	최대 요구하중 또는 파괴(말뚝직경의 15% 침하) 시까지 재하, 파괴 안 될 경우 2시간 유지	시험하중의 25%씩 단계별로 20분씩 간격을 두어 재하
반복재하 시험법	완속재하방법과 동일	50%, 100%, 150% 하중단계에서 1시간씩 하중을 유지시키고 나머지 하중단계에서는 20분 유지하면서 재하하중이 완전히 재하되면 50%씩 단계 재하하되 20분씩 유지하면서 재하	완속재하방법과 동일	완속재하방법과 동일
급속재하 시험법	각 단계의 하중이 설계하중의 10%~15%	각 단계별 2.5분~15분(보통 5분) 유지하고, 2차례~4차례 침하량 기록	극한하중 또는 허용범위까지 재하 후 2.5분~15분(보통 5분) 유지	4번 정도 나누어 5분씩 유지하면서 재하
일정시간간격 시험법	설계하중의 20%씩 8단계 재하	각 하중단계당 1시간씩 유지	설계하중의 200%에서 1시간 유지	설계하중의 20%씩 재하하되 각 단계별 1시간씩 유지
일정침하율 시험법	단계별로 일정침하율(0.25 mm/분~2.5 mm/분 내)이 된 후 다음 단계 재하	점성토: 0.25 mm/분~1.25 mm/분 사질토: 0.75 mm/분~2.5 mm/분	최종 시험하중 또는 총침하량 50 mm~75 mm, B(말뚝의 직경 또는 대각선 길이)의 15%	총하중 재하, 재하 후 1시간 기록
일정침하량 시험법	침하량이 말뚝직경의 1% 정도 되는 하중을 각 단계별 하중으로 결정	소정의 침하량이나 재하하중 변화율이 시간당 총 재하하중의 1% 미만에 이를 때	총침하량이 B(말뚝의 직경 또는 대각선 길이)의 10%에 도달할 때 또는 시험하중	4번 정도 나누어 재하하되 각 단계의 리바운드율이 B의 0.3% 이내가 된 후 재하

4. 재하시험 시 측정항목과 시기

1) 측정항목

- 시간
- 하중
- 말뚝 두부 및 양방향 가압장치의 하향/상향 변위량
- 선단 및 중간부의 변위량
- 말뚝체의 변형률(심도별 설치된 하중측정용 센서의 변형률 또는 응력)
- 말뚝 주변지반의 변위량

유압셀과 양방향 말뚝 재하시험 관련 기술

(Hydraulic cell and Bi-direction pile load test related technology)

2) 측정시기

모든 자료는 자동화계측 되어야 하며, 자동화 측정시스템에서의 측정항목은 실시간으로 시험의 시작부터 종료까지 지속적으로 자동화 측정하는 것을 표준으로 합니다.

5. 시험결과와 보고

1) 일반사항

- a) 시험목적
- b) 시험장소와 위치
- c) 시험개시 · 중단 · 재개일시
- d) 시험공정
- e) 기후상태
- f) 시험자, 분석 및 보고자
- g) 말뚝위치와 번호
- h) 말뚝제원, 시공기록
- i) 가압장치의 설치위치
- j) 말뚝과 보링지점의 위치관계도
- k) 보링시 지반높이, 말뚝시험시 지표높이
- l) 계측기구의 설치위치(시험위치, 가압장치상 · 하면의변위계, 변형률계등평면, 심도, 방향)
- m) 가압기구, 센서, 측정장치의 검 · 교정성적서

2) 지반조건

- a) 위치도
- b) 매립지(시기) 및 구릉지등의 사항, 지반침하 사항
- c) 지반의 개요, 지반 주상도(표고, 지하수위, 조사시기 명시), 지반 특성치

3) 시험결과

- a) 시간-하중-변위량 측정 결과값
- b) 하중-시간 곡선
- c) 하판변위량-시간 곡선
- d) 하중-하판변위량 곡선
- e) 하중-하판 탄성회복량 곡선
- f) 하중-하판 잔류변위량 곡선
- g) 상판변위량-시간 곡선
- h) 하중-상판변위량 곡선
- i) 하중-말뚝머리변위량 곡선
- j) 가압장치의 하면과 선단면이 떨어진 상태에서 선단변위량을 측정한 경우 하중-선단변위량 곡선
- k) 중간 변위량을 측정한 경우 하중-중간변위량 곡선
- l) 지표면 변위를 측정한 경우 하중-지표변위량 곡선 및 지표면 변위량 분포도
- m) 하중-시간-상판변위량

* 양방향 말뚝 재하시험(산업표준 KS F 7003)의 자세한 설명은 국가표준인증 사이트에서 확인하시기 바랍니다.