구조물 기초설계기준

2014.2

국 토 해 양 부

구조물설계기준 개정에 따른 경과조치

이 구조물기초 설계기준 발간 시점에서 이미 시행 중에 있는 설계 또는 건설공사에 대해서는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우에는 개정 전의 기준을 적용할 수 있습니다.

목 차

제1장 총 칙

1.1 적용범위 ····· 1
1.2 용어의 정의 ····· 1

제2장 설계일반

2.1 일반사항 ····· 13
2.2 기초의 구분 ····· 15
2.3 관련조사 ····· 15
2.4 기초계획 ····· 16
2.5 기초 설계방법 ····· 17
2.6 기초지반의 공학적 특성치 ····· 18
2.7 하중 ····· 19

제3장 지반조사

3.1 일반사항 ····· 21
3.2 구조물 중요도 등급에 따른 지반조사 ····· 22
3.3 예비조사 ····· 23
3.4 본조사 ····· 24
3.5 추가조사 ····· 26
3.6 오염지반조사 ····· 26
3.7 시추 및 조사범위 ····· 27
3.8 지반의 분류 ····· 29
3.9 토사지반의 정수 평가 ····· 30
3.10 암반지반의 정수 평가 ····· 33
3.11 현장시험에서의 지반정수 ····· 34
3.12 지반조사 보고서 ····· 35

제4장 얕은기초

4.1 일반사항 ····· 39
4.2 지지력 산정 ····· 40
4.3 침하량 산정 ····· 42
4.4 전면기초 ····· 44

제5장 깊은기초

5.1 일반사항 ····· 45
5.2 말뚝의 축방향 지지력과 변위 ····· 45
5.3 말뚝의 횡방향 허용지지력 ····· 49
5.4 말뚝기초 설계 및 시공 ····· 50
5.5 케이슨 기초 ····· 53

제6장 옹 벽

6.1 일반사항 ····· 55
6.2 옹벽에 작용하는 토압 ····· 56
6.3 옹벽의 안정조건 ····· 57
6.4 옹벽 본체 설계 ····· 58
6.5 구조 상세 ····· 56
6.6 보강토 옹벽 ····· 59

제7장 가설 흙막이 구조물

7.1 일반사항 ····· 63
7.2 가설 흙막이 구조물 형식 ····· 63
7.3 가설 흙막이 벽체의 설계 외력 ····· 64
7.4 해석방법 ····· 65
7.5 안정성 검토 ····· 66
7.6 부재단면 설계 ····· 66
7.7 지하연속벽 ····· 68
7.8 근접시공 ····· 69
7.9 계측 ····· 70

제8장 댐과 제방

8.1 일반사항 ····· 73
8.2 안정해석 ····· 74
8.3 필댐 기초 ····· 75
8.4 콘크리트 차수벽형 석괴댐 ····· 76
8.5 콘크리트 중력댐 ····· 76
8.6 가물막이댐 ····· 77
8.7 제방 제체 및 기초지반 ····· 77
8.8 계측 ····· 78

제9장 항만 구조물 기초

9.1 일반사항 ····· 79
9.2 외력과 하중 ····· 80
9.3 얕은기초 ····· 80
9.4 깊은기초 ····· 81
9.5 말뚝기초 ····· 82
9.6 지반개량 ····· 83

제10장 내진설계

10.1 일반사항 ····· 89
10.2 기초 구조물의 내진 등급 ····· 89
10.3 내진성능 목표 ····· 90
10.4 기초 구조물의 설계거동 한계 ····· 90
10.5 설계 지반운동 결정과 지반 증폭계수 ····· 91
10.6 입지조건과 지반조사 ····· 93
10.7 액상화 평가 ····· 94
10.8 기초구조물의 내진 해석 ····· 95
10.9 제방 비탈면의 내진 해석 ····· 96
10.10 옹벽의 내진 해석 ····· 96

제11장 진동기계 기초

11.1 일반사항 ····· 99
11.2 정하중 조건 ····· 99
11.3 동하중에 의한 공진 방지 ····· 100
11.4 기계기초의 진동해석 ····· 100
11.5 허용진폭 ····· 101
11.6 동적지지력 및 침하 ····· 103
11.7 진동, 충격, 그리고 소음 차단 ····· 103

제1장 총 칙

1.1 적용범위

1.1.1 이 설계기준은 토목구조물, 건축구조물, 기계 등 지반에 축조되는 각종 구조물의 기초와 가설 흙막이 구조물, 옹벽, 지하구조물의 외벽 등 설계를 위한 일반적이고 기본적인 기준을 제시한 것이다.

1.1.2 이 기준에 기술되지 않은 사항에 대해서는 국가 기준으로 제정된 타 기준을 적용할 수 있으며 국제적으로 검증되어 통용되는 기준도 발주자의 승인을 얻어 준용할 수 있다.

1.1.3 특수여건에 대하여 별도의 기준을 정하여야 할 경우에는 발주자의 승인을 얻어 별도의 기준을 정하여 사용할 수 있다.

1.1.4 이 기준에는 설계를 수행하기 위해 실시하는 기본적인 지반조사 관련사항도 포함하고 있으며 여기에서 기술하지 않는 사항에 대해서는 발주자와 협의된 별도의 기준을 사용할 수 있다.

1.2 용어의 정의

(1) 가설 흙막이 구조물 : 지반굴착을 위해 설치하는 공사용 임시 토류 구조물의 총칭이다

(2) 간극수 : 토립자 사이의 간극에 존재하는 물을 말하며, 넓은 의미로는 중력수, 모관수, 흡착수를 포함한 통칭이며, 좁은 의미로는 간극수압과 투수 등에 직접 관계가 되는 모관수와 중력수를 간극수라 한다.

(3) 강성기초 : 기초지반에 비하여 기초판의 강성이 커서 기초판의 변형을 고려하지 않는 기초로서 기초의 변위 및 안정 계산시 기초 자체의 탄성변형을 무시할 수 있는 기초를 말한다.

(4) 견인력 : 계류되어 있는 선박이 계류 구조물로부터 떨어지려 할 때 계선주에 작용하는 인장력을 말한다. 또는 차량과 중장비 등이 노면을 주행할 때 노면과 평행한 진행방향으로 발휘할 수 있는 힘을 말한다.

(5) 계측 : 구조물이나 지반에 나타나는 현상을 측정하는 작업으로서, 온도, 응력, 변형, 압력, 침하, 이동, 기울기, 진동, 지하수위, 간극수압 등의 측정을 포함한다.

(6) 고정하중 : 구조물의 자중과 같이 시간에 따라 변화가 없는 영구하중을 말한다.

(7) 과압밀비 : 현재 받고 있는 유효 연직응력에 대한 선행압밀응력의 비를 말한다.

(8) 과압밀 지반 : 현재의 유효 연직응력보다 큰 선행압밀응력의 재하이력을 가진 지반을 말한다.

(9) 과잉간극수압 : 지반의 응력조건 변화와 변형에 따라 정수압에 추가하여 발생하는 간극수압을 말한다.

(10) 관입시험 : 지중에 저항체를 관입시키면서 흙의 강도, 변형 등의 지반 특성을 판단하고 성층상태를 파악하는 시험의 총칭이며 표준관입시험, 콘관입시험 등이 있다.

(11) 관측 설계법 : 현장 계측을 통하여, 설계에 사용한 설계 지반정수가 타당하였는지를 검증하고, 공사 중 또는 공사 후의 안정성을 확인하며, 필요에 따라 설계 과정에서 추정하였던 설계 지반정수들을 수정하거나 설계를 변경하여 공사를 수행하는 기법을 말한다.

(12) 국부전단파괴 : 기초지반에 전체적인 활동 파괴면이 발생하지 않고 지반응력이 파괴응력에 도달한 부분에서 국부적으로 전단파괴가 발생하는 지반의 파괴형태를 말한다.

(13) 극한 지지력 : 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력으로 지반의 전단파괴시 발생하는 단위면적당 하중을 말한다.

(14)극한한계상태 : 구조물에 붕괴나 주요 손상을 초래하는 한계기준을 말하며, 부재의 파괴나 큰 변형 등에 의해, 안정성이 손상되지 않고 구조물내외의 인명에 대한 안전등을 확보할 수 있는 한계 상태

(15) 기성말뚝 : 공장에서 제작된 말뚝으로서 우리나라에는 RC말뚝(KS F 4301), PC말뚝(KS F 4303), PHC말뚝(KS F 4306), 강관말뚝(KS F 4602) 및 H형강말뚝(KS F 4603) 등이 사용되고 있으며 이외 상부 강관말뚝과 하부 기성콘크리트 말뚝을 이음 연결한 합성말뚝등을 포함한다.

(16) 기초 : 상부 구조물의 하중을 지반에 전달하여 구조물의 안정성, 사용성과 기능성을 유지하는 기능을 갖는 하부 구조물을 말한다. 넓은 의미에서 하부 구조

물에 영향을 주는 권역 안의 지반도 기초에 포함된다.

(17) 기초 지반 : 구조물이 축조되고 그 안정성, 사용성과 기능을 유지하는데 필요한 지표면 아래의 지반을 말하며 흙과 암반으로 구성된다.

(18) 깊은기초 : 기초가 지지하는 구조물의 저면으로부터 구조물을 지지하는 지지층까지의 깊이가 기초의 최소 폭에 비하여 비교적 큰 기초형식을 말하며 말뚝, 케이슨 기초 등이 있다.

(19) 내진 설계 : 지진 시에도 구조물이 안정성을 유지하도록 하중과 지반거동에 지진의 영향을 고려하는 설계를 말한다.

(20) 널말뚝벽 : 널말뚝과 같이 단면 두께가 얇은 부재를 연속으로 지중에 매설하여 측방토압을 지지하는 연성 흙막이 구조물을 말하며 벽체 변형에 따라 복잡한 토압 분포를 가질 수 있다.

(21) 다짐도 : 실내다짐시험으로 얻은 최대 건조밀도에 대한 현장 건조밀도의 비를 말한다.

(22)대규격 제방: 계획홍수량 초과 홍수에 의한 제방붕괴 방지와 주택, 빌딩, 도로, 공원 등 단지 이용을 위하여 하천의 특정구간에 일반제방구간 및 단지제방구간으로 구성된 폭이 넓은 제방

(23) 동수압 : 액체가 구조물에 접하고 있는 경우에 지진 등의 동적 요인에 의해 구조물에 작용하는 액체의 동적 압력을 말한다.

(24) 동결 깊이 : 동절기에 지반의 온도가 영하로 유지될 때 지반내 지중수의 동결층과 비동결층의 경계면 의 깊이를 말한다.

(25) 동재하시험 : 말뚝머리 부분에 가속도계와 변형률계를 부착하고 타격력을 가하여 말뚝-지반의 상호작용을 파악하고 말뚝의 지지력 및 건전도를 측정하는 시험법을 말한다.

(26) 딜라토미터(dilatometer)시험 : 납작한 판형 시험기구를 지중에 삽입하고 시험기구 속으로 압력을 가하여 강막(steel membrane)을 팽창시켜 지반의 공학적특성을 측정하는 시험을 말하며 지반의 전단강도와 변형 특성 등을 결정하는 인자를 측정할 수 있다.

(27) 띠장 : 흙막이벽 지지재의 일부로서 버팀력을 분포시킬 목적으로 적합한 깊이마다 벽면에 수평으로 설치한 휨부재를 말한다.

(28) 록볼트(rock bolt) : 암반 중에 관입 정착되어 암반을 보강하는 목적으로 설치하는 강재 또는 기타 재질의 봉형 보강부재를 말한다.

(29) 록앵커(rock anchor) : 인장력을 발현시켜 압력을 암반내부에 전달하는 구조체로서, 그라우트에 의해 암반에 조성된 정착부, 인장부, 앵커머리부로 구성되며 임시앵커와 영구앵커가 있다.

(30) 말뚝기초 : 말뚝을 지중에 삽입하여 하중을 지반 속 깊은 곳의 지지층으로 전달하는 깊은기초의 대표적인 기초형식을 말한다.

(31) 무리말뚝 : 두개 이상의 말뚝을 인접 시공하여 하나의 기초를 구성하는 말뚝의 설치형태를 말한다.

(32) 배수강도정수 : 과잉간극수압이 영인 상태를 유지하며 지반이나 시험편을 압축, 인장 및 전단하였을 때 얻어지는 강도정수를 말한다.

(33) 배수조건 : 지반의 응력이 변화할 때 지반의 투수성과 응력변화 속도에 따라 발생하는 지반 내부의 지하수 상태를 나타내는 것으로 과잉간극수압이 발생하면 비배수조건, 과잉간극수압이 발생하지 않으면 배수조건으로 구분한다.

(34) 버팀보 : 흙막이 벽에 작용하는 횡방향 지반압력을 지지하기 위하여 경사 또는 수평으로 설치하는 압축부재를 말한다.

(35) 벽기초 : 벽체를 지중으로 연장한 기초로서 길이 방향으로 긴 기초를 말한다.

(36)복합말뚝 : 말뚝의 축방향으로 이종재료(예, 강관과 콘크리트말뚝이 상하로 연결된 말뚝)를 조합하여 구성한 기성말뚝을 말한다.

(37) 부등침하 : 지반이나 기초의 지점 간 침하량이 다르게 발생하는 침하현상을 말한다.

(38) 부(주면)마찰력 : 말뚝 침하량보다 큰 지반 침하가 발생하는 구간에서 말뚝 주면에 발생하는 하향의 마찰력을 말한다.

(39) 부분안전율 : 지반의 전단강도 정수인 점착력(c)과 마찰계수(tanϕ)에 각각 적용하는 안전율을 말한다.

(40) 비배수전단강도 : 투수성이 낮은 지반에 재하 하였을 경우 지반에 과잉간극수압이 발생한 상태인 지반의 전단강도 값을 말한다. c_u(또는 s_u)와 ϕ_u로 나타낸다.

(41)사용한계상태 : 구조물의 국부적 손상 또는 기능장애를 초래할 수 있는 침하를

한계기준으로 하며, 구조물의 기능이 확보되는 한계상태

(42) 사운딩 : 지반에 시험기구를 삽입, 회전, 인발하면서 그 저항치를 측정하여 지반의 특성을 조사하는 원위치 지반 조사법을 통칭한다.

(43) 상대 밀도 : 모래의 다짐 정도를 나타내는 지수로서 다음 식으로 구하며 백분율로 나타내기도 한다.

$$\text{상대밀도 } D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100(\%)$$

여기서, e는 현재의 간극비, e_{max}는 최대 간극비, e_{min}는 최소 간극비이다.

(44) 상부구조물 : 기초가 지지하고 있는 구조물을 통칭한다.

(45) 샌드매트 : 시공장비 주행성과 지중수 배수를 위한 통수단면 확보를 목적으로 연약지반 위에 포설하는 모래층을 말한다.

(46) 선단 지지력 : 깊은 기초의 선단부 지반의 전단저항력에 의해 발현되는 지지력을 말한다.

(47) 선행압밀응력 : 지반이 현재까지 경험한 최대 유효응력을 말한다.

(48) 세굴 방지공 : 파랑과 유수에 의하여 구조물 기초지반이 세굴되는 것을 방지하기 위하여 설치하는 쇄석매트, 합성수지매트, 아스팔트매트, 콘크리트블록 등을 말한다.

(49) 소단 : 비탈면의 안정성을 높이고 유지관리의 편의를 위하여 비탈면 중간에 설치한 좁은 폭의 수평면을 일컫는다.

(50) 소일(흙) 시멘트 : 흙에 시멘트를 첨가하여 흙 입자를 서로 결합시키는 안정처리토를 말한다.

(51) 슬라임 : 시추, 현장타설말뚝, 지중연속벽 등의 시공을 위한 지반굴착 시 지상으로 배출되지 않고 공내수에 부유해 있거나 굴착저면에 침전된 굴착 찌꺼기를 말한다.

(52) 슬레이킹-내구성 지수(slaking-durability index) : 건조와 침수 상태의 반복에 대한 암석의 저항 척도를 나타내는 지수를 말하며 슬레이킹 내구 시험을 통해 구한다.

(53) 시간경과효과 : 말뚝 설치시점으로부터 시간이 경과함에 따라 지지력이 변화하는 현상을 말한다.

(54) 아터버그 한계 : 함수비에 따라 다르게 나타나는 흙의 특성을 구분하기 위하여 적용되는 함수비를 기준으로 한 값들로서 특히 흙의 소성적 거동에 대한 함수비 범위를 정의하는 데 사용한다. 일반적으로 액성한계, 소성한계, 수축한계를 말한다.

(55) 안내벽 : 지하 연속벽 시공 시 굴착작업 전에 굴착구 양측에 설치하는 콘크리트 가설벽을 말하며, 굴착입구 지반의 붕괴를 방지하고 굴착기계와 철근망 삽입의 정확한 위치 유도를 목적으로 설치한다.

(56) 안정액(slurry): 지중 연속벽이나 현장타설말뚝 등의 지반굴착 시 공벽의 붕괴 방지를 목적으로 사용하는 현탁액을 말하며 주로 소듐몬모릴로나이트(sodium-montmorillonite)를 사용한다.

(57) 암반 : 암석으로 구성된 자연지반으로 여러가지 불연속면을 포함한 암체를 뜻한다.

(58) 암반의 불연속면 : 균열 없는 견고한 암석과 비교하여 특성에 차이가 나는 면 또는 부분들을 총칭하며, 절리(joint), 벽개(cleavage), 편리(schistosity), 층리(bedding), 단층(fault), 파쇄대(fracture zone) 등을 포함한다.

(59) 암석 : 여러 광물의 단단한 결합체를 말하며 생성요인에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암으로 구분한다. 또는 다양한 고결 혹은 결합에 의한 광물의 집합체로 불연속면을 가지지않는 암반부분의 지반재료를 의미하기도 한다.

(60) 압밀 : 시간경과에 따라 점성토 지반의 물이 배수되면서 장기간에 걸쳐 점진적인 체적변화로 압축되는 현상을 말한다.

(61) 압밀도 : 압밀의 진행정도를 나타내는 지수로서 예상 최종 압밀침하량에 대하여 한 시점의 압밀침하량의 비 또는 최초 발생 과잉간극수압에 대한 소산된 과잉간극수압의 비로 정의한다.

(62) 압밀정수 : 포화된 점성토 지반에 하중이 재하될 때 시간에 따른 과잉간극수압 소산에 따라 나타나는 압축속도와 압축량에 관련되는 정수를 말하며, 압축지수, 재압축지수, 선행압밀응력, 체적압축계수 및 압밀계수 등이 있다.

(63) 액상화 : 포화된 느슨한 모래나 실트층이 충격이나 진동을 받아 순간적으로 발생한 과잉간극수압에 의해 전단강도를 잃고 액체처럼 거동하는 현상을 말한다.

(64) 앵커블럭 : 부피가 큰 강성체를 지중에 매설하여 횡력이나 인발력에 저항하는

앵커구조물을 말한다.

(65) 앵커판 : 판형 부재를 지중에 매설하여 횡력에 저항하는 앵커 구조물을 말한다.

(66) 양압력 : 중력 반대방향으로 작용하는 연직 성분의 수압을 말하며 구조물의 저면에 작용하여 구조물의 안정성에 영향을 준다.

(67) 얕은기초 : 상부구조물의 하중을 기초저면을 통해 지반에 직접 전달시키는 기초형식을 말하며 지표면으로부터 기초 바닥까지의 깊이가 기초 바닥면의 너비에 비하여 크지 않은 확대기초, 복합 확대기초, 벽기초, 전면기초 등이 있다

(68) 엄지말뚝 : 굴착 경계면을 따라 연직으로 설치되는 말뚝으로서 흙막이판과 함께 흙막이 벽체를 이루어 배면의 토압과 수압을 직접 지지하는 연직 휨 부재를 말한다.

(69) 연성기초 : 지반강성에 비하여 기초판의 강성이 상대적으로 작아서 지반 반력이 등분포로 작용하는 기초를 말한다.

(70) 오거보링 : 오거를 이용하여 지반을 시추하는 것을 말하며, 주로 토사 지반의 시추에 사용된다.

(71) 옹벽 : 강성이 커서 구조물 자체의 변형이 거의 없이 일체로 거동하는 흙막이 구조물을 말하며 중력식, 반중력식 및 캔틸레버식 등이 있다. 최근에는 전면판, 뒷채움재 및 보강재를 이용하여 시공하는 보강토옹벽도 있다.

(72) 외말뚝 : 말뚝 주변에 영향을 미치는 다른 말뚝이 없는 상태인 한 개의 말뚝을 말한다.

(73) 용출수 : 지표면으로 솟아오르는 지하수 또는 터널이나 터파기 공사 등을 할 때 굴착면에서 솟아나는 지하수를 말한다.

(74) 유기물 함량 : 흙에 들어있는 유기물의 양을 말하며 통상 유기물의 질량과 흙의 노건조 질량의 비를 백분율로 나타낸다. 고유기질토에서는 강열감량시험으로 구하며, 그 밖의 흙에서는 유기물 함유량 시험으로 구한다.

(75) 응력해방 : 시료채취에 의하여 시료가 원위치인 지중에서 받던 응력이 해방되는 것을 말한다.

(76) 이차압밀(압축)침하 : 외부하중에 의하여 발생한 과잉간극수압 소산과 무관하게 발생하는 시간 의존적 침하를 말한다.

(77) 일축압축강도 : 일축압축시험에서 구한 공시체의 최대 압축저항력을 말하며 포

화 점토에서는 비배수전단강도의 2배의 값이 된다.

(78) 자료조사 : 기초 설계에 필요한 지형도, 지질도, 기존 공사보고서, 인접 구조물 관련 자료, 지역 관련 자료 등 각종 자료와 정보를 수집하는 행위를 말한다.

(79)저항계수 : 하중에 작용하는 저항의 불확실성을 평가하고 이를 보정하기 위하여 곱해주는 계수

(80)저항편향계수 : 저항편향치에 대한 통계학적 분석을 통하여 산정되는 값으로, 저항값을 예측하는 이론식의 정확성을 정량적으로 나타내는 계수

(81) 전단강도 : 지반이 전단응력을 받아 현저한 전단변형을 일으키거나, 활동면을 따라 전단활동을 일으킨 경우 지반이 전단파괴 되었다고 말하며, 이때 활동면상의 최대 전단저항력을 전단강도라 부르고 τ_f 로 표시한다.

(82) 전단 저항력 : 전단 파괴면에서 전단변형에 반대 방향으로 발생하는 저항력을 말한다.

(83) 전도 : 강성이 큰 기초 또는 옹벽 등의 구조물이 한 점을 중심으로 회전하는 파괴유형을 말한다.

(84) 전면기초 : 상부구조물의 여러 개의 기둥을 하나의 넓은 기초 슬래브로 지지시킨 기초형식을 말한다.

(85) 전반전단파괴 : 기초지반 전체에 걸쳐 뚜렷한 전단 파괴면을 형성하면서 파괴되는 파괴형태를 말한다.

(86) 전체 안전율 : 파괴력이나 파괴모멘트에 대한 전체 저항력 또는 저항 모멘트의 비율을 말하며 기초의 지지력이나 비탈면의 안전율 계산에 적용된다.

(87) 절리 : 암반 자체의 수축과 외력에 의하여 암반에 나타나는 불연속면으로서 틈이 밀착되어 있고 상대적인 변위가 일어나지 않은 것을 말한다.

(88) 접안 충격력 : 선박접안 시 또는 접안 선박의 동요 등에 의해 계류 구조물에 가해지는 외력을 말한다.

(89) 접지압 : 기초저면과 지반 사이에 작용하는 압력을 말한다.

(90) 정규압밀지반 : 지반이 경험한 최대압밀응력이 현재의 유효연직응력과 같은 흙을 말한다.

(91) 정재하시험 : 정적하중에 대한 말뚝의 지지능력을 하중-침하량의 관계로부터 구하는 시험을 말하며 적재하중이나 마찰말뚝 또는 지반앵커의 반력 등을 통해

재하 하중을 얻는다.

(92) 주면마찰력 : 말뚝의 표면과 지반과의 마찰력에 의해 발현되는 저항력을 말한다.

(93) 즉시침하(탄성침하) : 지반에 하중이 작용함과 동시에 발생하는 (탄성)침하를 말한다.

(94) 지구물리탐사(물리탐사, 물리지하탐사) : 물리적 방법으로 지반의 층상 구조 및 각 지층의 공학적 특성을 조사하는 방법을 말하며 탄성파 탐사, 전기 탐사, 중력 탐사, 자기 탐사, 방사능 탐사 등이 있다.

(95) 지반앵커 : 선단부를 지반 속에 형성된 앵커체에 고정시키고, 이 앵커체에서 발현되는 반력을 이용하여 흙막이벽 등의 구조물을 지탱시키는 케이블식 인장 구조체를 말하며, 그라우팅 등으로 형성되는 앵커체, 인장부, 앵커머리로 구성된다. 어스앵커라고도 하며 영구앵커와 임시앵커로 구분한다.

(96) 지반조사 : 기초 설계에 필요한 지반정보를 획득하기 위한 지표조사, 시추, 사운딩, 시료채취, 원위치 시험, 실내시험, 물리탐사 등을 총칭하여 일컫는 말이다.

(97) 지지력 계수 : 기초의 극한지지력을 산정하는데 사용되는 계수를 말하며 무차원이며 전단저항각의 함수이다.

(98) 지하외벽 : 지하에 묻히는 건물의 외측 벽을 말하며 외측에 측방 토압과 수압을 받는다.

(99) 축방향 허용지지력 : 축방향 극한 지지력을 소정의 안전율로 나눈 값과 상부 구조물의 허용 변위량으로 결정되는 지지력 중 작은 값을 말한다.

(100) 측방유동 : 연약지반에 횡방향 응력 불균형에 의하여 발생하는 수평방향의 소성유동을 말하며 연약지반에 시공되는 교대나 흙막이벽과 같은 구조물 파괴의 원인이 된다.

(101) 층리 : 퇴적암이 생성될 때 퇴적 조건이 변함에 따라 퇴적물에 생기는 층을 이루는 구조를 말하는 것으로 성층(成層)이라고도 한다.

(102) 침하 : 지반 응력의 변화나 지반내의 간극수압의 변화에 의하여 발생하는 기초나 지반의 연직변위를 말한다.

(103) 케이슨기초 : 지상에서 제작하거나 지반을 굴착하고 원위치에서 제작한 콘크리트 통에 속채움을 하는 깊은 기초형식을 말한다.

(104) 타이백 앵커 : 구조물 배면지반에 앵커체를 형성하고 이 앵커체에 강봉이나 케이블을 연결하여 구조물을 고정시킴으로써 안정을 도모하는 앵커형식을 말한다.

(105) 탄산염 함량 : 흙이나 암반에 들어있는 탄산염의 양을 말하며, 탄산염은 탄산의 수소원자가 금속원자와 치환되어 생성된 화합물로서 탄산칼륨, 탄산나트륨 등이 있다.

(106) 토압계수 : 지중의 한 점에서 연직응력에 대한 수평응력의 비를 말하며 지반변위의 발생 양상에 따라 정지토압계수, 주동토압계수와 수동토압계수로 구분한다.

(107) 투수계수(수리전도도) : 흙, 암반 또는 기타의 다공성 매체에 대한 물의 투과특성을 속도의 단위로 표시한 값을 말한다.

(108) 파동이론분석 : 말뚝조건, 지반조건 및 항타장비 조건을 수치로 입력하고 말뚝타격 시 발생하는 응력파의 전달현상을 파동방정식을 이용하여 모사하는 해석법을 말한다.

(109) 팽창(팽윤) : 점토광물의 결정 층 사이로 물이 흡수되어 체적이 증가하는 현상을 말한다.

(110) 평균압밀도 : 압밀대상 층 전체에 대한 평균적인 압밀도를 말한다.

(111) 포졸란 반응 : 자체 수경성이 없는 규산염물질이 소석회와 반응하여 규산석회수화물, 알루민산석회수화물 등의 생성에 의해 응결, 경화하는 반응을 말한다.

(112) 표준관입시험(SPT) : 외경 51mm, 내경 35mm, 길이 810mm의 분리형 샘플러를 무게 623N(63.5kgf) 해머로, 자유낙하고 760mm를 유지하며, 타격하여 300mm 관입하는데 소요되는 타격횟수를 구하는 시험을 말하며 이 때 얻어진 타격횟수를 표준관입시험의 N값이라 한다.

(113) 프레셔미터시험 : 시추공에 원주형의 팽창성 측정장비를 삽입하고 가압하여 방사방향으로 지반에 압력을 가하고 지반의 변형특성을 구하는 공내재하시험(토사층, 암반층 등 지반의 굳기에 따라 적용 장비 선정)을 말한다.

(114) 피압수(피압 지하수) : 불투수층 사이에 끼여 있는 투수층에서 대기압보다 높은 압력을 받고 있는 지하수면을 갖지 않는 지하수를 말한다.

(115) 하부구조물 : 상부구조의 하중을 지반에 전달하는 기능을 수행하는 구조물을

말한다.

(116) 하중계수 : 산정된 하중의 불확실성을 보상하기 위하여 하중에 곱해주는 계수를 말한다.

(117)합성말뚝 : 말뚝의 축직각 방향으로 이종재료(예, 강관내에 콘크리트를 채운 말뚝)를 조합하여 구성한 말뚝을 말한다.

(118) 항타공법 : 기성말뚝을 해머로 타격하여 지지층까지 관입시키는 말뚝 시공방법을 말한다.

(119) 항타공식 : 기성말뚝을 항타하면서 타격당 관입량과 리바운드 측정 결과를 이용하여 말뚝의 지지력을 계산하는 공식을 말한다.

(120) 허용 변위량 : 상하부 구조의 기능과 안정성을 유지하면서 허용할 수 있는 변위량을 말한다.

(121) 허용 지지력 : 구조물의 중요성, 설계지반정수의 정확도, 흙의 특성을 고려하여 지반의 극한 지지력을 적정의 안전율로 나눈 값을 말한다.

(122) 현장 원위치시험 : 현장지반의 공학적 특성을 파악하기 위하여 현장에서 대상지반을 상대로 시행하는 시험을 말하며 시료를 채취하여 실험실에서 시행하는 시험과 비교하여 정의된다.

(123) 현장타설 콘크리트말뚝 : 지반에 천공하고 콘크리트를 타설하여 완성하는 말뚝을 말한다.

(124) 확대기초 : 기초 저면의 단면을 확대한 기초를 말하며 얕은 기초에 속한다.

(125) 활동파괴 : 기초 구조물 또는 기초지반이 활동면을 따라 미끄럼 파괴가 발생하는 파괴 유형을 말한다.

(126) 활하중 : 건축물을 점유·사용함으로써 발생하는 하중, 교통하중이나 장비하중 또는 시공 중에 발생하는 상재하중, 가동하중 등과 같이 시간에 따라 하중의 크기나 위치가 변하는 하중을 말한다.

(127) 흙막이 구조물 : 옹벽, 석축, 널말뚝벽 등과 같이 측방토압을 지지하여 굴착면 배면의 지반, 깎기 또는 쌓기 비탈면의 안정을 유지시키기 위하여 설치하는 구조물을 말하며 임시 구조물인 가설 흙막이 구조물과 구별된다.

(128) 흙의 강성 : 흙의 하중-변형률 특성을 정의하는 것으로서, 탄성계수 또는 전단탄성계수로 그 값의 크기를 나타낸다.

제2장 설계일반

2.1 일반사항

2.1.1 구조물기초는 다음과 같은 조건을 만족하도록 설계하여야 한다.

(1) 기초지반에 발생하는 응력은 지반의 전단강도와 비교할 때 소요의 안전율을 확보하는 응력 이하가 되도록 한다.
(2) 기초의 전체침하량과 부등침하량은 구조물의 안정성과 사용성에 무해한 정도라야 한다.
(3) 기초는 지진, 폭풍우, 홍수, 파랑, 한파 등 재해요인에 대하여 안전하여야 한다.
(4) 기초는 구조물의 전도, 활동, 회전, 부상에 대하여 안정하여야 한다.
(5) 기초는 부식과 변질 등의 열화작용에 대하여 소요의 내구성을 지녀야 한다.
(6) 기초의 깊이는 지지면이 지반의 동결 깊이보다 깊어야 한다.
(7) 기초는 지표침식, 세굴, 굴착 등 지반조건 변화 가능성을 고려하여 최소 1m 이상의 깊이를 갖도록 하여야 한다.
(8) 기초는 함수비와 지하수위의 계절적 변동에 의한 지반융기 또는 침하에 대하여 안전하여야 한다.
(9) 기초시공이 인접 구조물이나 시설물의 안전에 해를 주는 변위 또는 진동을 발생시켜서는 안 된다.
(10) 기초시공이 보존대상 수목의 생육과 기존의 수문체계에 유해한 영향을 주어서는 안 된다.
(11) 기초시공이 환경기준을 초과하는 소음, 진동, 지반오염 등을 발생시켜서는 안 된다.
(12) 기초는 안정성, 사용성, 시공성과 경제성을 갖추도록 한다.

2.1.2 구조물은 중요도에 따라 1등급, 2등급, 3등급으로 다음 같이 구분한다.

(1) 1등급 구조물 : 지반공학적으로 중요도 1등급에 포함되는 구조물은 대규모 구조물, 매우 큰 위험성을 내포한 구조물, 매우 다루기 힘든 지반 또는 하중조건, 지진 빈도가 높은 지역에서 시공되는 구조물 등이 있다.

(2) 2등급 구조물 : 지반공학적으로 중요도 2등급에 포함되는 구조물은 특별한 위험성이 없고 특수한 지반 및 재하 조건이 없는 일반적인 토목구조물, 건축구조물의 기초를 말하며 다음의 구조물들이 포함된다.

① 확대기초
② 전면기초
③ 말뚝기초
④ 복합기초
⑤ 옹벽 또는 차수벽체
⑥ 교량의 교각과 교대
⑦ 소규모 댐 및 제방(해안 및 해상제방 포함)
⑧ 앵커 구조물
⑨ 비교적 큰 규모의 터파기

(3) 3등급 구조물 : 소규모이고 상대적으로 단순한 구조물 또는 이에 준하는 규모의 구조물로서 인명과 재산 손괴의 가능성이 적은 다음의 구조물이 포함된다.

① 소규모 확대기초 또는 말뚝기초로 시공되며, 최대설계하중이 기둥에서는 250kN이하, 벽체에서는 100kN/m 이하인 단순한 1~2 층 건물
② 높이가 2m를 넘지 않는 옹벽과 토류시설
③ 관망 등과 같은 배수시설을 위한 소규모 굴착에서 지하수위 하부 굴착이 없거나, 지하수위 하부 굴착이 예정되었다 하더라도 경험적으로 쉽게 시공할 수 있는 경우

2.1.3 구조물기초설계를 위한 지반조사는 구조물의 중요도 및 설계단계에 따라 조사항목과 수량을 다르게 할 수 있으며 등급별 지반조사 관련 세부사항은 제3장에서 정하는 바를 따른다.

2.2 기초의 구분

2.2.1 구조물기초는 지지하중과 하중 전달방식에 따라 얕은기초, 깊은기초, 댐 또는 제방기초 등으로 구분한다.

2.2.2 얕은기초는 상부구조물의 하중을 기초저면을 통하여 지반에 직접 전달하는 기초형식으로 확대기초, 연속기초, 복합확대기초, 전면기초 등이 있다.

2.2.3 깊은기초는 상부구조물의 하중을 기초의 선단과 주면을 통하여 지반 속에 전달하며 선단지지력과 주면마찰력으로 상부구조물 하중을 지지한다. 일반적으로 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있다.

2.2.4 댐과 제방의 기초는 상부구조물 하중이 구조체 저면 전면을 통하여 지반에 전달되는 기초형식이다.

2.2.5 기초시공의 부대시설로는 가설흙막이 구조물 등이 있다.

2.3 관련조사

2.3.1 기초 설계에 필요한 각종 자료와 정보를 얻기 위하여 설계와 관련된 조사를 실시하며, 문헌 및 자료조사, 지형조사, 지반조사 및 시험 등이 있다.

2.3.2 지반조사는 예비조사, 본 조사, 추가조사로 구분하며 이들에 대한 구분은 다음과 같으며 세부사항은 제3장에서 정하는 바를 따른다.

(1) 예비조사는 기초공법을 설정하고 본 조사 계획을 세우기 위하여 시행한다.

(2) 본 조사는 기초 설계 및 시공에 필요한 제반 지반정보를 얻기 위하여 실시하며, 지층구성, 지지력과 침하 및 기초시공에 영향을 주는 범위를 대상으로 한다.

(3) 추가조사는 본 조사의 결과를 토대로 추가의 지반조사를 시행할 필요가 있을 때 실시하는 조사이며 시공 중에 필요에 따라 실시하는 조사를 포함한다.

2.4 기초계획

2.4.1 기초 계획에서는 먼저 기초에 전달되는 최대 하중을 정확하게 파악한다.

2.4.2 지반조사 결과를 토대로 기초가 놓이게 될 지반에 대한 지층의 성상과 각 지층별 공학적 특성을 분석하여 상부구조물 하중을 안전하게 지지할 수 있는 지층을 파악한다.

2.4.3 기초형식은 지반의 지지력과 침하의 측면에서 상부 구조물의 요구조건을 만족시키는 형식으로 하되 얕은기초 형식부터 검토하고 얕은기초로 처리하기 어려운 조건일 때에 깊은기초를 검토하는 순서를 따른다.

2.4.4 상부 구조물의 기능과 중요도, 지반조건, 시공여건, 환경기준, 문화재 및 천연기념물의 존재여부, 공사비와 공사기간 등을 고려하여 안전하고 경제적인 기초공법을 선정한다.

2.4.5 기초 하부지역의 지반을 보강하여야 할 경우에는 상부 구조물의 내구연한 동안 필요한 안정성을 확보할 수 있으며 허용치 이하의 침하량을 보장해 주는 보강공법을 계획한다.

2.4.6 동일한 상부구조물에 대해서는 한 종류의 기초형식을 적용하는 것을 기본으로 하되, 이것이 불가한 경우에는 다른 종류의 기초형식을 조합하여 계획한다.

2.4.7 기초공학적으로 확인되고 입증되는 모든 방법을 활용하여 기초형식 별 지내력을 산정하여 기초형식 선정에 적극 반영한다. 특수한 기초형식 또는 공법을 계획한 경우에는 해당 공법이 요구하는 조건대로 시공할 수 있도록 설계서를 작성한다.

2.5 기초 설계방법

2.5.1 기초 설계방법으로는 허용응력법, 한계상태법 또는 관측설계법을 적용할 수 있으며 발주자 또는 설계자가 해당 기초의 설계방법을 정한다.

2.5.2 허용응력법으로 설계할 경우에는 기초가 지반에 전달하는 압력이 지반의 전단파괴를 일으키는 파괴응력을 전체안전율(lumped factor of safety)로 나눈 허용지지력 값보다 크지 않도록 설계한다. 기초의 지지력에 대한 전체 안전율로는 일반적으로 3을 적용하지만, 구조물의 중요도, 하중조건, 지반정보의 신뢰성 등을 감안하여 적합하게 조정할 수 있다.

2.5.3 한계상태법으로 설계할 경우에는 다음의 사항을 검토하되 각종 자료의 신뢰성을 중시한다.

(1) 기초는 예상되는 한계상태(limit state) 조건들에 대한 요구조건들을 만족하도록 설계한다. 극한한계상태(ultimate limit state)는 구조물에 붕괴나 주요 손상을 초래하는 한계기준을 말하며 사용한계상태(serviceable limit state)는 구조물의 국부적 손상 또는 기능장애를 초래할 수 있는 침하를 그 한계기준으로 한다.

(2) 한계상태법에서는 전단강도정수에 부분안전율(partial factor of safety)을 적용하고 고정하중과 활하중에는 하중계수(load factor)를 곱하여 설계에 반영한다. 단, 발주처와 협의한 경우에는 하중저항계수설계법(LRFD : Load and Resistance Factor Design)을 적용할 수 있다. 설계에서 검토할 한계상태는 다음과 같다.

① 지지층의 지지력 부족에 의한 지지력 파괴
② 지지층 내부의 깊은 활동 파괴
③ 경사하중에 의하여 발생하는 기초의 활동 파괴
④ 과도한 침하나 융기
⑤ 기초 부재의 구조적 파괴 또는 지반과 구조물의 복합적 파괴
⑥ 지반의 액상화

2.5.4 기초설계방법에서 적용하는 안전율과 하중계수는 설계기준의 엄격성에 관련된 문제이며, 구조물의 중요도, 손상피해의 심각성, 지반조사 및 시험자료 결과의 통계특성, 설계에 사용한 각종 계수와 지반 모델링의 정확성, 해석기법의 정확성, 시공조건(수중이나 해상공사, 극지 또는 오지 그리고 기타 시공환경이나 조건이 열악한 경우에는 일반적인 안전율보다 큰 안전율 적용)과 시공자의 능력(예상되는 시공오차) 등을 감안하여 신중하게 채택한다.

2.5.5 지반의 거동을 추정하는 것이 어려울 때는, 공사 중에 실시한 계측 결과로부터 설계정수를 재평가하고 설계를 재검토하는 관측설계법을 적용할 수 있다.

2.5.6 관측설계법을 적용할 경우에는 다음 사항을 검토하여야 한다.

(1) 허용할 수 있는 거동의 범위
(2) 실제 발생할 거동의 확률이 허용치 이내에 있는지 여부
(3) 실제의 거동이 허용치 이내인지를 확인할 수 있는 계측계획(계측위치, 빈도 등)
(4) 계측결과의 신속한 분석체계
(5) 이상 거동발생 시를 대비한 대처방안

2.5.7 관측설계법에 포함되는 계측설계는 다음사항을 포함하여야 한다.

(1) 계측의 위치와 목적
(2) 계측의 항목, 수량, 측정빈도
(3) 계측항목별 관리기준치
(4) 계측기기의 구비조건
(5) 계측시스템

2.6 기초지반의 공학적 특성치

2.6.1 기초설계에 적용하는 지반의 공학적 특성치는 지반조사 결과분석, 현장 및 실내시험, 각종 경험식을 통한 추산, 현장계측 결과를 이용한 역해석 등을 활용하여 결

정 한다.

2.6.2 지반조사 및 시험결과를 이용하여 설계를 위한 지반의 공학적 특성치를 결정할 경우에는 한 지점에서 같은 지층에 대해서 얻은 시험결과의 평균치를 기준으로 결정한다. 이 경우 사용되는 조사 및 시험결과 들은 신뢰성이 인정되는 것이어야 한다.

2.6.3 조사한 지반의 공학적 특성치들 간의 편차가 심할 때는 식(2.6.1)에 의하여 대표 지반공학적 특성치를 결정한다.

대표 지반공학적 특성치=(평균치)±(표준편차) (2.6.1)

여기서, ±는 계산결과가 안전측이 되는 부호로 선택한다.

2.6.4 식(2.6.1)은 동일 지층에 대하여 적용하는 것이며 지층이 다를 경우에는 각 지층별로 대표 지반공학적 특성치를 결정한다.

2.6.5 동일 지층이라도 공학적 특성치가 일정한 경향을 가지고 변화하는 경우에는 그 경향에 따라 지층을 세분하고 세분된 구역별로 대표 공학적 특성치를 결정 한다. 이 지층에 대해 동일 규격의 기초를 설계할 경우에는 그들 중 가장 불리한 값을 사용한다.

2.6.6 지반의 공학적 특성치는 지반의 포화도, 투수성, 재하조건과 배수조건에 따라 배수조건의 공학적 특성치와 비배수조건의 공학적 특성치로 구분하여 결정한다.

2.7 하중

2.7.1 기초설계에 적용하는 하중은 고정하중과 시공중이나 완공 후에 작용하는 활하중과 풍하중, 파력, 조류력, 설하중, 장비하중, 지진하중 등과 같은 일시하중이 있으며, 구조물의 종류와 설계조건에 따라 기초의 자중, 기초 구조에 포함된 흙의 무게, 토압, 수압 등도 하중에 포함한다.

2.7.2 침하하고 있는 지층에 설치한 말뚝은 지층과 말뚝의 상대침하량 차이에서 기인한 부마찰력을 하중으로 고려한다.

2.7.3 흙막이구조물에 작용하는 토압은 흙막이구조물과 지반의 상호거동에 적합한 토압계수를 적용하여 결정한다.

2.7.4 기초의 지지력과 안정성 검토에는 고정하중과 활하중, 일시하중을 작용하중으로 하되, 침하량 검토에는 침하에 영향을 미치는 하중조건(활하중, 고정하중)을 작용하중으로 한다.

2.7.5 콘크리트 기초구조물 설계는 콘크리트구조기준에 제시된 하중계수와 하중조합을 고려하여 설계한다.

제3장 지반조사

3.1 일반사항

3.1.1 이 장은 구조물 기초의 설계 및 시공에 필요한 지반정보를 제공하기 위해서 실시하는 지반조사에 적용하며 특정한 지반조사 목적에 필요한 사항은 별도로 정한다.

3.1.2 현장조사와 실내시험은 국내에서 공인된 기준에 맞도록 수행한다. 국내 기준이 없는 경우에는 국제적으로 공인된 방법을 따른다. 이외에 표준적인 방법에서 벗어난 사항과 추가되는 시험조건이 있을 경우 이를 발주처에 보고하고 승인을 받아야 한다.

3.1.3 지반조사 계획은 각 설계단계에 부합되는 정도의 지반정보를 얻을 수 있도록 합리적으로 수립한다.

3.1.4 지반조사 각 단계에 대응한 조사·시험의 계획은 구조물의 특징이나 공사 내용을 충분히 이해하고 각 단계에서 필요로 하는 정보를 획득할 수 있도록 수립한다.

3.1.5 지반의 자료 수집, 기록, 분석은 주의 깊게 수행하며, 지형 및 지질구조, 지진활동, 수문학적 정보, 대상지역의 과거기록 등을 포함하여야 한다. 지반의 변화가 심할 것으로 판단되면 이를 반드시 기록, 보고하여야 한다.

3.1.6 지반조사로부터 시공현장과 그 주변의 지반 및 지하수 상태와 관련된 모든 자료를 얻을 수 있어야 한다.

3.1.7 대상 구조물의 시공 중 필요사항과 성능요구조건을 고려하여 지반조사 계획을 세워야 한다. 지반조사 중 새로운 정보가 얻어지는 경우 조사범위를 재검토한다.

3.1.8 지반조사에 사용하는 장비와 기구는 정기적으로 검정 및 교정을 해야한다.

3.1.9 시료 채취, 운반 및 보관은 국내 표준을 우선하고, 없는 경우 국제적인 공인 절차에 따라 수행하며 그 내용을 반드시 지반조사 결과보고서에 기록한다. 실내 및 현장시험에서 구체적인 품질관리계획을 수립하고 조사 및 평가단계에서 품질보증이 이루어질 수 있도록 한다.

3.1.10 예비조사 단계에서 국토교통부에서 구축된 데이터베이스 또는 활용 가능한 자료가 있는 경우 이를 이용할 수 있으며, 이때는 자료의 출처를 명기하도록 한다.

3.1.11 지반조사 시 관련법에 따라 별도의 인허가 관련규정이 있는 경우 이에 따른 절차를 준수한다.

3.1.12 지반조사와 시험에 참여하는 기술자는 시험의 목적과 과정을 이해하고 소요되는 품질을 얻을 수 있는 자격을 가진 자라야 한다.

3.2 구조물 중요도 등급 분류에 따른 지반조사

3.2.1 지반조사 계획시 2.1.2항에 따라 구조물의 등급을 정하고 지반조사의 구성 내용과 범위를 결정한다.

3.2.2 구조물의 등급 결정에 영향을 줄 수 있는 지반조건은 조사단계에서 결정한다.

3.2.3 중요도 1등급 구조물의 지반조사 계획에는 본 설계기준과 함께 특별기준을 정하여 사용하여야 한다.

3.2.4 중요도 1등급 구조물의 조사에는 다음 사항을 고려한다.

(1) 지반 특성의 특수성을 밝히고 설계에 필요한 정확한 자료를 얻기 위하여 중요도 2등급 구조물에 필요한 지반조사 항목 외에 추가로 지반조사를 실시할 수 있다.
(2) 특수한 시험이 적용될 경우 시험 방법 및 해석 방법은 국제적으로 인정을 받은 기술이어야 하며, 반드시 발주처에 문서로 보고하고 관련 참고문헌을 밝혀야 한다.

3.2.5 중요도 2등급 구조물의 지반조사는 해당 구조물에 대한 하부지반 영향 범위를 포괄하여야 하며, 설계에 필요한 모든 정량적인 지반조사 자료를 제공할 수 있도록 수행한다. 지반조사는 숙련된 기술자에 의해서 국내 또는 국제적으로 공인된 시험기, 방법 및 절차에 따라 수행하며, 검증된 방법에 따라 해석한다.

3.2.6. 구조물 중요도 3등급의 경우, 시공 현장의 육안 조사 또는 얕은 깊이의 시험굴조사를 실시하며, 필요할 경우에는 관입시험 또는 시추조사를 실시한다.

3.2.7 구조물의 중요도 1등급과 2등급에 대한 지반조사는 다음의 세 단계로 수행한다. 각 단계의 조사 내용들은 중복될 수 있으며 소규모 과업의 경우 예비조사와 본조사를 구분하지 않고 수행할 수 있다.

(1) 예비조사
(2) 본조사
(3) 추가조사

3.3 예비조사

3.3.1 예비조사에서는 적절한 구조물의 위치 선정, 인접구조물에 발생 가능한 영향평가, 적용 가능한 기초 및 지반개량공법을 고려할 수 있어야 한다.

3.3.2 예비조사의 목적은 다음과 같다.

(1) 구조물 입지의 적합성 평가
(2) 대안 부지가 있는 경우, 대안 부지의 적합성 비교 검토
(3) 구조물 시공으로 발생될 변화 예측
(4) 구조물의 거동에 중요한 영향을 미치는 지반의 범위
(5) 상기 조사를 근거로 한 본조사 및 정밀조사 계획
(6) 토취장이 필요한 경우 토취장 확인

3.3.3 예비조사는 다음 사항들을 포함한다.

(1) 기존 자료조사
  ① 지형도, 지질도 및 고지형도
  ② 지진이력
  ③ 인공위성 및 항공사진
  ④ 현장 부근의 기존 조사자료 및 시공 경험
  ⑤ 지구물리탐사에 의한 지반의 개략특성 파악
  ⑥ 기타
(2) 현장 예비답사
(3) 수문조사, 특히 개략적인 지하수위 조사
(4) 인접 구조물 및 굴착현장 조사
(5) 지장물 현황조사

3.4 본조사

3.4.1 본조사는 기초 설계를 위한 지반공학적 정보 제공, 시공계획 수립에 필요한 정보제공, 시공 중 나타날 수 있는 문제점 확인 등을 위하여 실시한다.

3.4.2 본조사에서는 구조물과 시공으로 영향을 받을 수 있는 관련된 모든 지반특성값을 신뢰할 수 있는 방법으로 파악한다.

3.4.3 구조물의 기능에 영향을 주는 변수들은 구조물의 성능기준을 만족할 수 있도록 최종 설계 전에 확정하여야 한다.

3.4.4 본조사는 다음의 사항을 포함한다.

(1) 지반 성층 상태
(2) 지반의 강도 특성
(3) 지반의 변형 특성
(4) 지하수위 및 각 지층의 간극수압 분포
(5) 투수 조건
(6) 지반의 잠재적 불안정성
(7) 지반의 다짐 특성
(8) 지반개량 가능성
(9) 동결 가능성

3.4.5 본조사에는 다음의 지질학적 특징을 고려한다.

(1) 자연적인 또는 인공적인 공동
(2) 암, 흙 또는 매립 재료의 풍화와 연화
(3) 수문지질학적 영향
(4) 단층, 절리 등 불연속면
(5) 토체와 암반의 크리프
(6) 팽창성 또는 붕괴성 지반
(7) 폐기물 또는 인공 재료의 존재
(8) 지반의 지진동 특성

3.4.6 지반공학적 특징을 규명하기 위해서는 통상적인 조사 기법들을 사용한다. 이러한 조사 기법은 표준화된 장비 및 절차에 따라 수행하며, 표준 또는 기준이 없는 경우 발주자의 승인을 받아야 한다.

3.4.7 통상적인 조사는 현장 원위치시험, 시추, 물리탐사, 실내시험을 포함하며, 물리탐사 등 간접적인 방법들이 사용될 경우, 시험 대상 지반을 확인하기 위해 시추가 필요하다. 또한 내진설계가 필요한 경우 지반조건에 적합한 물리탐사 및 물리검층, 실내시험 항목을 선정하여 수행한다.

3.5 추가조사

3.5.1 본 조사 이후에도 기초설계를 위해 추가 자료가 필요할 경우에는 구조물이 위치한 지역에 대한 추가조사를 실시하여야 한다.

3.5.2 시공 중 본조사를 통하여 발견하지 못한 지반특성이 발견되고, 이것이 향후 계획 구조물에 지반공학적 위험을 가져올 수 있다고 판단되는 경우에는 추가조사를 실시한다. 또한 구조물 완성 이후에도 위험한 징후가 발견될 경우 그 원인 규명과 대책마련을 위하여 추가조사를 실시할 수 있다.

3.5.3 본조사시에 민원 및 장비 진입 불가에 의하여 조사가 불가능한 경우에는 시공시에 확인조사를 실시한다.

3.5.4 추가조사의 범위와 방법은 본조사의 결과와 현장상황 등을 고려하여 결정한다.

3.6 오염지반조사

3.6.1 기초 하부에 폐기물이나 오염물이 예상되는 지역에서는 3.4.7항의 통상적인 지반조사 외에 다음과 같은 조사를 설계목적에 따라 추가로 실시할 수 있다.

(1) 현장조사

① 추적자 시험

② 환경공학 관입시험(전기비저항, pH, 온도, 산화환원전위 등)

(2) 실내시험

① 토양성분: 화학성분, 이온, 광물성분, 유기물

② 토양오염: 유류, 비소, 수은, 납, 페놀, 구리 등

③ 수질분석: 대장균, 염소이온, 수은 등 유해물질

④ 콘크리트 부식성분: 황산염 등 부식 유발물질

3.6.2 폐기물 매립지 및 오염지반 정화를 위한 지반조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

(1) 차수시스템이 설치된 사용종료 폐기물 매립지에 대한 조사 시에는 차수층의 파손으로 인한 주변지반이 오염되지 않도록 주의하여야 한다.

(2) 폐기물 지반의 안정성을 확보하기 위하여 폐기물의 입도, 침출수위 등을 조사하여야 한다.

(3) 오염지반 정화를 위한 지반조사 시에는 불포화토층과 포화토층을 구분하여 실시하고, 필요시 흙, 지하수, 공기를 구분하여 채취한다.

(4) 오염 대책지역으로 지정된 지역은 지반정화를 위한 종합적 대책을 수립할 수 있는 지반조사를 시행한다.

3.7 시추 및 조사범위

3.7.1 시추조사 시에는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

(1) 시추조사 위치는 지장물 준공도를 참조하여 결정하고 시추전 유관기관과 협의 후 반드시 인력 터파기나 탐사방법 등을 이용하여 지하 매설물의 유무를 확인한다.

(2) 시추는 원칙적으로 NX규격 이중코아배럴을 사용하여 연직으로 실시하며 풍화대나 파쇄대 등에서는 삼중코아배럴 등을 사용하여 코아의 회수율을 높인다.

(3) 조사는 대상 구조물에 영향을 주는 깊이보다 깊게 실시한다.

(4) 조사지점 간격과 조사깊이는 해당 지역의 지질상태, 지반조건, 현장의 크기, 구

조물의 종류와 중요도에 근거하여 결정한다.

3.7.2 중요도 2등급에 해당하는 구조물에 대한 지반조사 시추공의 간격과 깊이는 다음 사항을 참고하여 결정하며, 구체적인 사항은 각 발주처의 기준에 따라 발주처와 협의하여 결정한다.

(1) 넓은 지역에 걸친 구조물인 경우 조사 지점을 격자 형태로 배치한다.
(2) 흙쌓기, 흙깎기에 따라 구분하여 간격 및 깊이를 결정하며, 깎기작업은 암종, 붕괴이력 등을 감안하여 조사빈도를 결정한다.
(3) 연약지반의 경우 연약지반 하부 견고한 지반까지 조사하는 것을 원칙으로 한다.
(4) 확대기초와 연속기초의 경우, 기초 폭의 1~3배 깊이까지 실시한다. 침하 조건과 지하수로 인한 문제점 등을 평가하기 위해 일부 조사 지점에서는 이보다 깊은 깊이까지 실시한다.
(5) 전면기초의 경우, 기초 폭보다 깊은 깊이까지 실시한다.
(6) 매립지와 제방의 경우, 최소 조사 깊이는 침하에 중요한 영향을 미칠 수 있는 모든 압축성 지반을 포함할 수 있는 깊이로 한다.
(7) 깊은기초의 경우 선단 지지력의 안정성을 확인할 수 있는 깊이까지 수행하여야 한다. 또한, 깊은기초 선단깊이에서 주된 기초기능을 발휘하는 무리말뚝인 경우 선단으로부터 조사깊이가 무리말뚝을 둘러싼 직사각형 변 중 작은 변의 길이보다 깊어야 한다.
(8) 대상 구조물 기초의 영향깊이 보다 얕은 깊이에 기반암이 위치한 경우 조사심도는 기반암 하부 2m 이상으로 한다.

3.7.3 지반조사의 간격 및 깊이는 구조물의 종류와 규모뿐 만 아니라 현장에서 예상되는 지질변화를 고려하여 결정한다. 반드시 공사특성 및 지반조건을 고려하여 예비조사 단계에서 결정한 기준에 따라 최소 요구조건 이상으로 본조사를 계획, 수행한다.

3.7.4 지하수 및 간극수압에 관한 조사는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

(1) 간극수압 분포 조사는 수위, 시간에 따른 변화, 수문학적 정보를 포함한다.

(2) 만약 피압수나 용출수가 있다면 보고서에 기록하여야 하고, 피압수두의 측정이 가능하다면 그 크기를 측정하여야 한다.
(3) 현장 근처에 지하수 양수정(pumping well)이 있으면 그 위치 및 용량을 확인하여야 한다.
(4) 양압력을 받는 굴착 문제를 평가하기 위해서는 굴착 저면에서 조사를 시행할 깊이가 지하수위 면에서 굴착 저면까지의 거리 이상이어야 한다. 상부층의 단위중량이 작은 경우 전술한 조사깊이보다 더 깊어야 한다.

3.7.5 기초 하부에 공동이 예상되는 지역 및 얕은기초로 예상되는 지역의 지지층 깊이 변화가 큰 경우에는 시추조사 및 물리탐사를 이용하여 공동 및 지지층의 분포를 확인할 수 있다.

3.7.6 기초가 비탈면에 위치하거나 터파기로 인하여 비탈면 붕괴가 우려되는 경우 비탈면 안정검토를 할 수 있도록 시추공 영상촬영 등을 수행할 수 있다.

3.7.7 시추가 완료된 시추공은 관련법령에 따라 시멘트 모르터 등으로 적합하게 폐쇄하여 지하수 유동으로 인한 오염의 확산을 방지해야 한다.

3.8 지반의 분류

3.8.1 흙은 다음 항목을 기준으로 그 목적에 맞도록 판별하고 분류한다.

(1) 입도 분포
(2) 입자 형상
(3) 입자 표면 거칠기
(4) 상대밀도
(5) 단위중량
(6) 자연 함수비
(7) 액성·소성 한계
(8) 탄산염(carbonate) 함량

(9) 유기질 함량

(10) 비중

3.8.2 암석은 다음 항목을 기준하여 판별하고 분류한다.

(1) 구성 광물

(2) 암종

(3) 함수율

(4) 단위중량

(5) 간극률

(6) 음파 속도

(7) 급속 수분 흡수능

(8) 팽창성

(9) 슬레이킹-내구성 지수

(10) 일축 압축강도 또는 점하중 강도

3.9 토사지반의 정수 평가

3.9.1 실제 지반의 특성과 조사결과로 부터 얻는 지반정수 사이에는 차이가 있을 수 있으므로 다음 사항을 고려하여 지반정수를 평가한다.

(1) 응력수준과 변형형태 등

(2) 흙의 구조

(3) 시간효과

(4) 흡착수로 인한 강도 약화

(5) 동적 거동에 의한 약화

(6) 지반구조물 설치방법

(7) 인위적으로 조성하는 지반 또는 개량지반에서 기능공의 숙련도의 영향

3.9.2 신뢰할 수 있는 지반정수를 얻기 위해서는 다음의 항목을 고려한다.

(1) 유사한 지반 조건에서 실시한 시험들에 대한 문헌정보

(2) 설계정수들의 편차 파악에 필요한 조사 및 시험의 수량
(3) 관련 문헌의 값, 일반적인 경험치 및 지역적인 경험치, 정수 간의 상관관계
(4) 현장시험으로부터 얻은 결과와 실제 시공현장에서 측정한 계측 결과
(5) 두 종류 이상의 시험을 했을 경우 얻은 결과들의 상관관계
(6) 내진설계를 위한 동적 특성치

3.9.3 흙의 단위중량은 흐트러지지 않은 시료로부터 구한다. 흐트러지지 않은 시료를 채취할 수 없을 때는 현장 들밀도시험이나 원위치시험 결과와의 상관관계로부터 구할 수 있다.

3.9.4 다짐도는 실내 최대 건조밀도에 대한 현장 건조밀도의 비로써 정의하며 다음 항목을 고려하여 결정한다.

(1) 흙의 종류
(2) 입도분포
(3) 입자 형상
(4) 재료의 불균질성
(5) 포화도 혹은 함수비
(6) 다짐장비의 종류

3.9.5 상대밀도는 현장에서 측정된 단위중량과 표준시험으로 구한 실내 단위중량을 비교하여 직접 결정하거나 관입시험을 통해 간접적으로 산정할 수 있다.

3.9.6 점성토의 전단강도는 배수조건에 따라 비배수 전단강도와 배수 전단강도로 구분하고 다음의 영향요소를 고려하여 결정한다.

(1) 현장과 실내시험의 응력상태 차이
(2) 시료의 교란이 미치는 영향
(3) 강도의 이방성
(4) 단단한 점성토의 균열
(5) 변형속도 영향

(6) 시간 영향

(7) 시료의 불균질성

(8) 포화도

(9) 시험결과로부터 전단강도를 구하는 이론의 신뢰도 (특히 현장시험의 경우).

3.9.7 흙의 강성은 변형계수와 전단탄성계수로 나타내며 다음사항을 고려하여 측정한다.

(1) 주요 고려사항

① 배수조건

② 초기 유효응력 수준

③ 전단 변형률 또는 발생한 전단 응력 수준

④ 응력이력

(2) 기타 고려사항

① 압밀 주응력 방향에 대한 재하 방향

② 시간과 변형률 속도

③ 입자 크기에 대한 시료의 크기와 흙의 거시적 구조

(3) 응력-변형률 관계를 선형 혹은 대수 선형 관계로 가정할 수 있으나 이 경우 실제 흙은 일반적으로 비선형 거동을 보이므로 주의하여야 한다.

3.9.8 압밀정수와 투수계수는 지반의 비균질성, 이방성, 균열이나 단층, 계획하중 하에서 응력 변화를 고려하여 산정한다.

3.9.9 실내시험에서 측정한 투수계수 값은 현장의 상태를 대표하지 못할 수도 있으므로 현장상태보다 크게 유효응력이 증가하는 경우의 투수계수 변화 가능성을 고려하여야 한다. 투수계수는 입경과 입도분포에 의해서 산정될 수도 있다.

3.10 암반지반의 정수 평가

3.10.1 암반지반의 정수 평가 시 고려사항은 다음과 같다.

(1) 암석 및 암반의 특성을 평가하는 경우 코어 시료에서 측정되는 암석의 거동과 구조적인 불연속면을 가지는 훨씬 큰 암반의 거동차이를 구분하여야 한다. 구조적 불연속면은 층리면, 절리, 파쇄대, 용해공동을 포함한다. 절리에 대해서 다음의 요소를 고려하여야 한다.

① 간격(spacing)
② 방향성(orientation)
③ 틈(aperture)
④ 연속성(persistence, continuity)
⑤ 치밀성(tightness)
⑥ 절리면 거칠기(roughness)
⑦ 절리 틈새 채움(filling)
⑧ 강도(strength)
⑨ 지하수 특성(groundwater characteristics)
⑩ 블록의 크기(block size)

(2) 암석 및 암반의 특성을 평가하는데 있어서 필요시 다음의 사항을 고려하여야 한다.

① 현장 초기응력
② 수압
③ 암층 사이의 특성 변화
④ 풍화 환경에서 다공질 연암의 연화현상
⑤ 용해도가 높은 암반에서 수로, 공동, 함몰공
⑥ 점토광물이 함유된 팽창성 암반

(3) 공학적 목적의 암반 평가시 RQD를 이용하여 암질을 평가할 수 있다.

(4) 기후에 따른 암의 민감도, 응력 변화, 화학적 연화 등도 고려한다.

3.10.2 일축압축강도와 변형계수는 신선한 암석의 특성평가와 분류에 주로 이용되며 암석의 일축압축강도와 변형특성을 평가하는데 있어서 고려사항은 다음과 같다.

① 시료의 이방성에 대한 재하 축의 방향, 예) 층리면, 엽리 등
② 시료채취 방법, 보관 기간 및 환경
③ 시험된 시료의 수
④ 시험된 시료의 형상
⑤ 시험시 함수비와 포화도
⑥ 시험 수행 시간과 재하 속도
⑦ 변형계수 결정 방법과 이때 적용된 축응력의 수준

3.10.3 암반의 전단면은 일반적으로 절리, 층리, 편리, 벽개등을 따라 형성된다. 전단면의 전단강도는 한계평형해석에 이용되며 전단강도 평가시 다음 사항을 고려한다.

(1) 암체에 작용하는 응력에 대한 시험 시료의 방향
(2) 전단 시험에서 시료의 전단 방향
(3) 시험된 시료의 수
(4) 전단 절리면의 치수, 간극수압의 상태

3.11 현장시험에서의 지반정수

3.11.1 콘관입시험으로 부터 콘선단저항, 주면 마찰, 간극수압을 측정하여 흙의 분류, 전단강도, 투수 및 횡방향 압밀계수, 상대밀도 등을 산출할 수 있다. 콘관입시험 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

(1) 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해 충분한 수의 관입시험 및 과잉간극수압 소산시험 실시와 필요에 따라 시추조사 병행
(2) 지하수와 상재압의 영향을 고려하여 해석
(3) 분산이 심한 결과가 나타나는 불균질한 흙에서는 현장 조건을 대표할 수 있는

측정값들을 선택

(4) 다른 종류의 시험결과와 상관관계

3.11.2 표준관입시험 시 타격에너지를 측정하거나 해머의 종류와 리프팅 방법에 따른 타격에너지를 추정하여 N값을 이론적 에너지의 60%에 대하여 보정하고 롯드의 길이, 시추공 직경, 샘플러 케이싱의 영향도 보정한다. 필요한 경우 배수조건, 상재하중의 영향 등에 대하여 N값을 보정할 수 있으며 자갈이나 자갈질 모래지반에서는 굴진시간과 자갈크기 등을 고려하여 시험결과가 과대평가 되지 않도록 주의하여 평가한다.

3.11.3 프레셔미터 시험은 선굴착과 자가굴착으로 구분되며 프레셔미터 곡선으로부터 흙의 현장 수평응력, 전단탄성계수, 비배수 전단강도 등을 결정할 수 있다. 전단탄성계수 산정 시에는 필요시 제하-재재하를 실시한다. 시험 중 한계압에 도달하지 않는 경우, 보수적인 외삽법을 사용하여 그 값을 추정할 수 있다.

3.11.4 딜라토미터는 블레이드를 이용하여 가스압에 의한 팽창과 수축에 의한 압력변형에 의해 지반특성을 파악하며 흙의 분류, 점성토의 비배수전단강도, 과압밀비, 수평 압밀계수 등의 토질정수를 산정하는데 사용한다.

3.12 지반조사 보고서

3.12.1 지반조사 보고서에는 지반의 지질학적 특성 및 모든 지반의 정보, 지반공학적 평가, 시험결과 해석 시 사용된 가정들을 포함한다.

3.12.2 지반조사 보고서에는 시험에 사용된 방법들과 과정, 예비조사, 시추, 지하수 측정, 실내 및 현장시험에서 얻은 결과들을 기록해야 한다.

3.12.3 지반조사 보고서에는 다음과 같은 정보가 포함된다.

(1) 지반조사의 목적 및 범위

(2) 과업 개요, 과업지역의 크기와 지형, 예상되는 하중, 구조물의 형태, 재료원 등에

대한 정보

(3) 토사 및 암반 지반정수

(4) 지반범주 분류

(5) 현장시험과 실내시험이 실시된 날짜

(6) 시료채취, 운반, 보관의 절차

(7) 현장 시험장비의 종류

(8) 측량 자료

(9) 모든 지반 조사자와 도급자의 이름

(10) 사업 예정지에 대한 일반적인 현장 예비조사에 따른 육안 조사 결과 (특히, 지하수의 존재, 주변 구조물의 거동, 단층, 채석장 및 토취장의 위치)

(11) 현장 및 실내 작업수량 집계표

(12) 현장 작업 중의 시추공 혹은 현장 작업이 끝난 후의 피에조미터에서 나타난 시간에 따른 지하수위의 변동 자료

(13) 현장에서 기록한 결과를 기준으로 한 하부 지반 성층상태에 대한 기록과 코어의 사진을 포함하는 시추 주상도 설명

(14) 부록에 정리된 현장 및 실내 시험 결과

3.12.4 지반조사 보고서에는 필요에 따라 다음과 같은 사항을 추가한다.

(1) 불안정한 영역

(2) 시추 또는 굴착 조사 시 어려운 점

(3) 현장 부지에 대한 역사 기록

(4) 단층을 포함한 현장의 지질구조

(5) 항공사진 정보

(6) 대상 지역에 대한 경험

(7) 대상 지역의 지진 정보

3.12.5 지반정보에 대한 평가에는 다음의 사항을 포함한다.

(1) 현장과 실내 작업 내용을 검토하여 만약 자료가 불충분하거나 정확하지 않으면, 이러한 점을 지적하고 적절하게 설명하여야 한다. 시료채취, 이동, 보관과정은 시험결과를 해석할 때 고려되어야 한다. 특히 예상과 다른 결과가 나왔을 경우에는 결과가 실제 현상을 나타내는 것인지 주의 깊게 고찰하여 기술한다.
(2) 필요하다면 추가적인 현장 및 실내 작업에 대한 제안서를 제출한다. 이러한 제안서는 추가적인 조사에 대한 자세한 내용을 기술한다.

3.12.6 위의 사항에 추가하여, 지반조사 자료평가에는 필요 시 다음 항목을 포함한다.

(1) 과업의 요구조건과 관련된 현장 및 실내시험 결과를 그림과 표로 정리하여 제시한다. 필요하다면 중요한 자료들의 범위와 분산도를 평가 제시한다.
(2) 지하수위와 계절적 변동 및 수압을 제시한다.
(3) 지층 구성과 각 지층의 변화와 연속성을 보여주는 지반의 종단면도를 제시한다. 각 층 내부에 존재하는 공동 등의 불규칙성에 대하여 기술한다.
(4) 각 층에 대한 지반조사 자료를 그 범위에 따라 분류하고 그 결과를 설계 시 가장 적절한 지반 정수를 선택할 수 있도록 제시한다.

제4장 얕은기초

4.1 일반사항

4.1.1 이 장은 기초의 근입깊이가 작고 상부 구조물의 하중을 기초하부 지반에 직접 전달하는 확대기초, 복합확대기초, 벽기초 및 전면기초에 적용한다.

4.1.2 얕은기초의 설계 시는 다음 사항을 검토하여야 한다.

(1) 기초지반이 전단파괴에 대하여 안전하도록 한다.
(2) 과도한 침하나 부등침하가 발생하지 않도록 한다.
(3) 기초가 경사진 지반에 설치될 경우 기초하중에 의한 비탈면 활동 및 지지력의 감소가 발생하지 않도록 한다.

4.1.3 기초구조물에 작용하는 하중은 그 지속시간에 따라 지속하중과 일시하중으로 구분하며, 지속하중은 구조물 자중, 지속적으로 작용하는 토압 및 수압(침투압 포함) 등을 포함하고, 일시하중은 변화가 가능한 토압, 수압, 빙압 등을 포함한다. 시공 중 발생하는 하중, 재하중의 변화 또는 지하수위 강하에 의해 발생되는 하중은 지속시간에 따라 지속하중 또는 일시하중으로 구분한다.

4.1.4 기초의 지지력 및 침하량 계산 시 기초구조물 상부에 작용하는 연직하중, 기초구조물의 자중, 기초구조물 바닥면에 작용하는 수압, 수평하중, 측벽의 수동토압 및 수압 등을 고려한다.

4.1.5 기초의 안정성 평가를 위해서는 지반의 전단파괴, 침하, 전도, 활동, 비탈면 활동 및 기초 본체에 대하여 검토해야 하며, 각 검토항목에 대해 소정의 안전율 및 허용기준을 만족해야 한다.

(1) 기초의 폭, 근입깊이, 지반의 전단강도, 하중의 경사, 편심, 지하수위 등을 고려

하여 지반의 전단파괴에 대한 안정성을 검토한다.

(2) 기초지반에 과도한 침하나 부등침하가 발생하여 구조물이 손상되지 않도록 침하에 대한 안전성을 확보한다. 특히, 응력전이, 불균등한 지층상태, 불균질한 지반상태, 불규칙한 기초 형상, 근입깊이의 차이, 편심하중 등에 의한 영향을 검토한다.

(3) 기초에 가해진 하중에 의하여 기초와 구조물이 전도되지 않도록 안정성을 확보한다.

(4) 기초의 바닥에서 활동이 일어나지 않도록 안정성을 확보한다. 활동에 대한 안정성 검토시 지반의 수동저항이 발현될 것으로 판단될 경우에는 이를 반영할 수 있다. 한편으로 기초바닥에 근접하여 연약지층이 있을 경우에는 연약층을 따라 활동면의 발생 가능성을 검토한다.

(5) 기초 본체의 설계는 콘크리트구조기준에서 정하는 바를 따른다.

(6) 기초를 경사진 지반에 계획할 경우 작용하중과 지반의 특성을 고려하여 비탈면 활동 가능성을 검토한다. 또한, 경사진 지반의 기초 침하량 산정시 탄성침하 공식만으로는 불충분하므로 수치해석을 이용하여 보완 검토한다.

4.2 지지력 산정

4.2.1 기초설계 시 시추조사, 현장 및 실내시험을 통하여 지반 특성을 파악한 후 지지력을 산정한다. 그러나 상재하중이 작은 구조물 또는 가설구조물의 기초는 인근 구조물의 경험값, 기초설계 및 시공성과, 현장시험 자료를 통하여 지지력을 추정할 수 있다.

4.2.2 얕은기초의 허용지지력은 극한지지력을 소정의 안전율로 나누어 결정한다.

4.2.3 이론적인 극한지지력은 지반조건, 하중조건(경사하중, 편심하중), 기초형상, 근입깊이, 지반경사, 지하수 영향 등을 고려하여 산정하며, 지지력 계산 방법에 따라 서로 다른 지지력이 계산될 경우에는 설계자의 판단에 의하여 적용방법을 선택한다.

(1) 구조물의 하중이 기초의 형상 도심에 연직으로 작용하고 지반의 각 지층이 균

질하며 기초의 근입 깊이가 기초의 폭보다 작고 기초 바닥이 수평이며 기초를 강체로 간주할 수 있을 경우에는 기존의 이론식으로 연직지지력을 구한다.

(2) 이외에 소성이론에 의한 계산결과나 재하시험 또는 모델시험의 결과를 이용하여 지지력을 구할 수 있다.

(3) 기초의 영향범위 내에 여러 지층이 포함된 경우 이러한 층상의 영향을 고려하여 지지력을 산정한다.

4.2.4 경험적 지지력 산정방법의 적용조건과 주의사항은 다음과 같다.

(1) 경험적인 지지력 산정방법은 다음 조건을 충족하는 경우 적용한다.

① 기초바닥면 이하의 지반이 기초폭의 2배까지 거의 균질한 경우

② 지표와 지층경계면이 거의 수평인 경우

③ 기초의 크기가 큰 경우

④ 규칙적인 동하중을 받지 않는 경우

⑤ 개략적인 지지력 예측이 필요한 경우

⑥ 정밀한 조사가 불가능한 경우

(2) 경험적인 지지력 공식은 신중하게 적용하여야 하며 불가피하게 외국의 경험적 지지력 공식을 적용할 때에는 적용성을 확인한 후 사용한다.

(3) 경험적 지지력 산정은 기초의 크기, 근입깊이, 지하수위 등에 따라 수정하여 적용한다.

4.2.5 현장시험으로 부터 다음과 같이 지반의 지지력을 산정할 수 있으며, 허용지지력은 지반상태, 경계조건, 시험특성을 고려하여 결정한다.

(1) 기초지반에 대한 평판재하시험에서 얻은 하중-침하 곡선으로부터 허용지지력을 구하고 기초의 크기효과를 고려하여 설계지지력을 산정한다.

(2) 표준관입시험의 결과를 이용하여 기초의 허용지지력을 산정할 수 있으며 유효상재하중, 롯드길이 등에 대한 N값의 보정은 필요한 경우에만 적용한다.

(3) 콘관입시험 결과로부터 기초의 허용지지력을 추정할 수 있으며, 조밀한 지반이나 자갈이 섞여있는 지반에서는 주의하여 적용한다.

(4) 점토지반에서는 현장베인시험 결과로부터 지반의 비배수전단강도를 구하고 이를 보정하여 기초의 지지력을 추정할 수 있다.

(5) 공내재하시험 결과로부터 기초의 허용지지력을 추정할 수 있으며, 다른 종류의 현장시험이 어려운 모래, 자갈 등에 적용할 수 있다

4.2.6 암반에 기초를 설계할 때에는 암석의 강도, 불연속면의 간격 및 방향, 불연속면의 틈새, RQD, 풍화정도, 충전물질, 지하수 등을 고려하여 다음과 같이 암반의 지지력을 산정한다.

(1) 강도가 크고 불연속면의 간격이 넓으며 틈새가 작은 암반일 경우에는 양호한 암반으로 판정하고 기초의 지지력을 산정한다.

(2) 강도가 작고 불연속면의 간격이 매우 좁으며 풍화상태가 심하거나 세편상태인 암반은 불량한 암반으로 판정하고 기초의 지지력을 산정한다.

(3) 암반의 상태를 정량적으로 등급화하고 그에 따라 등급별로 암반의 극한지지력을 정하여 기초를 설계할 수 있다.

(4) 암반 판정이 모호한 경우, 지질학적으로 해명이 안 되는 경우, 암석이 심하게 교란된 경우, 절리나 층리가 지표의 경사와 유사한 경우, 암의 표면이 30°이상 경사진 경우에는 암반의 지지력 결정에 유의해야 한다.

4.3 침하량 산정

4.3.1 얕은기초의 침하는 즉시침하, 일차압밀침하, 이차압밀침하를 합한 것을 말하며, 기초하중에 의해 발생된 지중응력의 증가량이 초기응력에 비해 상대적으로 작지 않은 영향깊이 내 지반을 대상으로 침하를 계산한다. 성토층에 놓이는 구조물은 성토층 자체의 장기침하량(creep 침하)을 고려해야 한다.

4.3.2 기초에 작용하는 하중에 의해 지반 내에 발생되는 지중응력의 증가량은 지반이 균질하고 등방성인 탄성체라고 가정하고 기초형상과 하중의 분포형태에 따라 제시된 계산식(Boussinesq 식 등)을 적용하여 구한다. 그러나 이 경우 다음과 같은 사항에 주의하여야 한다.

(1) 지반이 선형 탄성적으로 변형되는 하중범위내에서는 비교적 잘 적용될 수 있으나 파괴직전 하중에서는 계산결과가 실제값과 많은 오차를 보일 수 있다.
(2) 층상지반 또는 서로 인접한 지층의 강도가 큰 차이를 나타내는 경우 계산결과가 실제와 상이할 수 있으므로 지층의 성상을 고려하여 지중응력의 증가량을 구한다.

4.3.3 기초하중에 의한 지반의 즉시침하는 기초의 강성과 형상 및 지반의 특성을 고려하여 다음과 같이 산정한다.

(1) 지반을 단위면적의 흙기둥으로 간주하고 탄성이론으로 기초의 즉시침하를 계산한다.
(2) 평판재하시험을 실시하여 구한 재하판의 하중-침하량 관계로부터 지층의 구성과 지반의 종류를 고려하여 실제기초의 침하량을 추정한다. 평판재하시험의 결과 값은 크기효과 등의 원인으로 인해 지층전체의 변형특성을 대표할 수 없으므로 유의하여 사용한다.

4.3.4 일차압밀침하량은 지반의 압축특성, 유효응력변화, 지반의 투수성, 경계조건 등을 고려하여 계산하며, 압밀층이 두꺼울 경우에는 지반을 여러 개의 수평지층으로 나누고 각 층에 대해 기초하중에 의한 응력증가량을 적용하여 다음과 같이 침하량을 산정한다.

(1) 일차압밀에 의한 최종 침하량은 압밀시험을 실시해서 구한 압축지수나 체적변화계수 등을 적용하여 계산하며, 정규압밀상태와 과압밀 상태로 구분하여 계산한다.
(2) 일차압밀이 종료되기 전 압밀진행정도(압밀도)에 따른 압밀침하속도는 침하량-시간 관계로부터 구한다.

4.3.5 이차압밀침하는 일차압밀침하 완료 후의 시간-침하관계 곡선의 기울기를 적용하여 계산한다.

4.3.6 허용침하량은 균등침하, 부등침하, 각변위 등으로 규정할 수 있으며 구조물의 종류, 형태, 기능에 따라 별도로 정한다. 별도의 기준이 없는 경우에는 국제적으로 통

용되는 기준을 준용할 수 있다.

4.3.7 사용하중상태에서 침하속도 및 침하량이 예측값과 부합되는지를 판단하고 대책이 요구되는 경우 구조물 준공 후 일정기간동안 침하를 관측한다.

4.4 전면기초

4.4.1 전면기초는 여러 개의 기둥들을 지지하는 커다란 콘크리트 슬래브이며, 근입깊이는 건물 외측을 기준으로 하고 합력의 작용위치는 각각 기둥들의 위치와 작용 하중의 크기에 따라 결정한다.

4.4.2 전면기초의 허용지지력은 상부구조-기초판-지반의 상대적 거동을 고려하여 강성법, 연성법, 혼합법, 수치해석법 등으로 구할 수 있으며, 계산방법의 선택과 그 결과의 활용은 설계자의 판단에 따른다.

4.4.3 전면기초는 하부지반에 국부적으로 존재하는 연약지층 등의 특성보다는 지반의 전체적인 특성을 적용하여 침하를 계산하여야 하며, 전체침하와 부등침하가 과도하게 발생하지 않아야 한다.

4.4.4 전면기초의 침하는 지반과 상부구조물의 강성에 따라서 기둥의 위치별로 다르게 발생할 수 있으며 이로 인해 상부구조물 및 기초판에 손상이 발생하는지 여부를 검토한다.

제5장 깊은기초

5.1 일반사항

5.1.1 이 장은 건물, 교량, 기계기초, 옹벽 등 각종 건축물과 토목구조물에 적용되는 말뚝기초와 케이슨기초 설계에 적용한다.

5.1.2 깊은기초의 설계 시는 다음 사항을 검토하여야 한다.

(1) 기초의 지지력은 작용하중에 대해 충분한 안전율을 확보하여야 한다.
(2) 기초의 변위는 상부구조물에 유해한 영향을 주지 않아야 한다.

5.1.3 기초의 설계 시는 안정성 외에 경제성, 시공성, 환경영향 등을 검토한다.

5.2 말뚝의 축방향 지지력과 변위

5.2.1 말뚝의 축방향 허용지지력은 말뚝본체의 허용압축하중과 지반의 허용지지력 중 작은 값 이하로 한다. 말뚝의 축방향 변위는 상부 구조물의 허용변위량 이내로 한다.

5.2.2 말뚝본체의 허용압축하중은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 강말뚝
① 강말뚝 본체의 허용압축하중은 강재의 허용압축응력에 본체의 유효단면적을 곱한 값에 장경비(말뚝 직경에 대한 길이의 비) 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.
② 강말뚝 본체의 유효단면적은 구조물 사용기간 중의 부식을 공제한 값으로 하되, 부식을 공제할 때에는 육상말뚝과 해상말뚝으로 구분하여 고려한다.

③ 부식이 우려되는 경우에는 강재부식 방지공을 검토하고 이 조건을 고려하여 강말뚝 본체의 허용압축하중을 결정한다.

(2) 기성 콘크리트말뚝

① RC말뚝 본체의 허용압축하중은 콘크리트의 허용압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값에 장경비 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.

② PC말뚝 및 PHC말뚝 본체의 허용압축하중은 콘크리트의 허용압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값에 프리스트레스의 영향을 고려하고 장경비 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.

③ 지하수에 의해 부식이 우려되는 경우에는 부식 방지공을 검토하여야 하며 이 조건을 고려하여 말뚝 본체의 허용압축하중을 결정한다.

(3) 현장타설 콘크리트말뚝

① 현장타설 콘크리트말뚝 본체의 허용압축하중은 콘크리트와 보강재로 구분하여 허용압축하중을 각각 산정한 다음 이 두 값을 합하여 결정한다.

② 콘크리트의 허용압축하중은 콘크리트의 허용압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값으로 한다.

③ 보강재의 허용압축하중은 보강재의 허용압축응력에 보강재의 단면적을 곱한 값으로 한다.

④ 지하수에 의해 부식이 우려되는 경우에는 부식방지공을 검토하여 말뚝 본체의 허용압축하중을 결정한다.

(4) 기타 종류의 말뚝

합성말뚝, 복합말뚝, 마이크로파일 등의 본체 허용압축하중은 해당 재료에 대해 필요한 구조계산을 실시하여 결정한다.

5.2.3 지반의 축방향 허용 압축지지력은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 외말뚝 조건에서 지반의 축방향 허용압축지지력은 축방향 극한압축지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.

(2) 안전율은 축방향 극한압축지지력을 산정하는 방법의 신뢰도에 따라 적절한 값을 적용한다.

(3) 말뚝의 축방향 압축지지력은 다음과 같이 결정한다.

① 일정 규모 이상의 공사에서는 시험말뚝을 설치하고 압축재하시험을 실시하여 지반의 축방향 극한압축지지력을 확인한다.

② 공사 규모가 작거나 제반 여건상 시험말뚝 시공과 압축재하시험이 곤란한 경우에는 지반조사와 토질시험 결과를 이용한 정역학적 지지력공식을 이용하거나 표준관입시험, 정적관입시험, 공내재하시험 등과 같은 원위치시험 결과를 이용한 경험식에 의하여 축방향 극한압축지지력을 계산할 수 있다. 그러나 이들 방법의 신뢰도는 극히 낮기 때문에 공사 초기에 실제 말뚝을 대상으로 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용압축지지력을 확인한다.

(4) 항타공법으로 말뚝을 시공하는 경우에는 파동이론분석을 실시하여 항타장비 선정, 항타시공 관입성 및 지반의 축방향 극한압축지지력 등을 검토하되 시험말뚝 시공 시 동적거동측정을 실시하여 이를 확인한다.

5.2.4 재하시험으로 축방향 허용압축지지력을 결정할 경우에는 다음 사항을 고려한다.

(1) 말뚝 압축재하시험은 고정하중, 지반앵커의 인발저항력 또는 반력말뚝의 마찰력을 이용한 정재하시험, 말뚝본체에 미리 설치된 가압셀(또는 가압잭)을 이용한 양방향재하시험, 동재하시험 방법으로 실시할 수 있다.

(2) 말뚝 압축재하시험 실시 수량은 구조물의 중요도, 지반조건, 공사규모를 고려하여 결정한다.

(3) 말뚝의 압축지지력은 지반조건에 따라 말뚝을 시공한 후 경과한 시간에 따라 변화한다. 이를 확인하기 위하여 동일한 말뚝에 대하여 시공시점과 일정한 시간이 경과한 후 압축재하시험을 실시한다.

(4) 동재하시험은 실시 기술자의 자질에 따라 그 신뢰도가 크게 영향을 받으므로 이러한 문제를 해결할 수 있도록 계획되어야 한다. 필요한 경우에는 동일한 말뚝에 대해 수행된 정재하시험 결과와 비교 평가함으로써 동재하시험의 신뢰도를 확인하는 절차를 거치도록 한다.

5.2.5 항타공식에 의해 축방향 허용압축지지력을 결정할 경우에는 다음 사항을 고려

한다.

(1) 항타공식을 사용한 압축지지력 추정은 사용 해머의 효율에 크게 영향을 받으므로 동재하시험으로 해머의 효율을 주기적으로 실측한 값을 반영한다.
(2) 항타공식 계산 결과는 항타 시 말뚝의 압축지지력이므로 시간경과효과를 추가로 고려한다.
(3) 동재하시험으로 얻은 실측 해머 효율과 시간경과효과를 고려하는 경우에도 항타공식 계산 결과는 시공관리 목적으로만 사용한다.

5.2.6 무리말뚝의 축방향 압축지지력은 외말뚝의 축방향 압축지지력에 말뚝 및 지반조건에 따라 적합한 무리말뚝효과를 고려하여 산정한다.

5.2.7 침하 가능성이 있는 지반에 설치되는 말뚝의 부주면마찰력을 고려하는 경우에는 다음 사항을 반영한다.

(1) 부주면마찰력의 크기는 중립점의 위치, 침하지반의 특성, 말뚝재료의 특성을 고려하여 산정한다.
(2) 무리말뚝에 대해서는 무리말뚝효과를 고려한 부주면마찰력을 적용할 수 있다.
(3) 부주면마찰력이 발생하는 지반조건에서는 선단지지력의 크기, 주면마찰력의 크기 및 분포를 판단할 수 있는 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용압축지지력을 결정할 수 있다.
(4) 부주면마찰력이 큰 경우에는 부주면마찰력 감소방법을 적용할 수 있다.

5.2.8 말뚝의 허용인발저항력은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 외말뚝의 허용인발저항력은 지반의 축방향 허용인발저항력에 말뚝의 무게를 더한 값과 말뚝본체의 허용인발하중 중 작은 값으로 한다.
(2) 지반의 축방향 허용인발저항력은 인발재하시험을 실시하여 판정할 수 있다.
(3) 인발재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 압축재하시험 결과로부터 얻어진 극한 압축주면마찰력으로부터 극한인발저항력을 추정할 수 있다.
(4) 무리말뚝의 허용인발저항력에 대해서는 무리말뚝의 영향을 고려한다.

5.2.9 말뚝기초의 침하는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 침하에 의한 구조물의 안정성을 판정할 때에는 외말뚝의 침하량, 무리말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 외말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 무리말뚝의 침하량 및 부등침하량뿐만 아니라 상부구조물의 특성도 고려하여야 한다.
(2) 허용침하량은 상부구조물의 구조형식, 사용재료, 용도, 중요성 및 침하의 시간적 특성 등에 의해 정한다.
(3) 외말뚝의 침하량은 압축 정재하시험을 실시하여 판정한다. 그러나 압축 정재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 침하량 산정 공식이나 해석적 기법을 이용하여 추정할 수 있다.

5.3 말뚝의 횡방향 허용지지력

5.3.1 말뚝의 횡방향 지지력은 말뚝에 발생하는 휨응력이 말뚝재료의 허용휨응력 이내가 되는 값이며 말뚝머리의 횡방향 변위량이 상부구조에서 정해지는 허용변위량을 넘어서지 않는 조건을 만족시키는 가장 큰 값으로 한다.

5.3.2 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 횡방향재하시험을 실시하여 결정한다.
(2) 횡방향재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 탄성보 방법과 극한평형법과 같은 해석적 방법 또는 공내재하시험 결과를 이용한 방법으로 횡방향 허용지지력을 추정할 수 있다.
(3) 말뚝의 횡방향재하시험을 실시하더라도 실제 구조물의 하중조건과 다른 경우에는 그 결과를 적합한 방법으로 해석한다.

5.3.3 무리말뚝의 횡방향 허용지지력은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 무리말뚝의 횡방향 허용지지력은 말뚝중심 간격에 따른 영향을 고려한다.
(2) 무리말뚝 효과에 대해서는 무리말뚝의 횡방향재하시험을 실시할 수 있다.

(3) 무리말뚝의 횡방향재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 해석적 방법으로 추정할 수 있다.

5.3.4 주기적으로나 장기적으로 횡방향 하중을 받는 조건에서의 횡방향 허용지지력은 정적인 하중조건으로 결정된 횡방향 허용지지력을 적절히 감소시켜 결정한다.

5.4 말뚝기초 설계 및 시공

5.4.1 말뚝기초의 설계 시 다음 사항을 고려한다.

(1) 말뚝에 작용하는 압축, 인장, 전단, 휨응력이 모두 허용응력 범위 안에 있어야 한다.
(2) 말뚝과 기초 푸팅의 연결부, 말뚝의 이음부 등은 확실하게 시공할 수 있도록 설계한다.
(3) 말뚝의 부식, 풍화, 화학적 침해 등에 대하여 적합한 대책을 강구한다.
(4) 침식, 세굴 또는 인접지반의 굴착, 지하수 변동 등에 대한 검토와 대책을 수립한다.
(5) 말뚝을 소요 지지층까지 관입시킬 수 있는 공법을 선정한다.
(6) 시공 시 발생할 수 있는 소음, 진동 등은 환경기준을 만족하여야 한다.
(7) 지반의 액상화 가능성에 대하여 검토한다.
(8) 말뚝종류 선정, 시공장비 선택, 시공법 선정, 지지층 선정, 시멘트풀 보강 여부, 무리말뚝 시공으로 인한 말뚝 솟아오름 가능성 등에 대하여 검토한다.

5.4.2 말뚝간격과 말뚝배열은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 말뚝의 배열은 연직하중 작용점에 대하여 가능한 한 대칭을 이루며 각 말뚝의 하중분담률이 큰 차이가 나지 않도록 한다.
(2) 말뚝중심 간격은 최소한 말뚝직경의 2.5배 이상, 기초측면과 말뚝중심 간의 간격은 최소한 말뚝직경의 1.25배 이상으로 한다.

5.4.3 말뚝기초의 반력은 다음 사항을 고려하여 산정한다.

(1) 말뚝기초의 연직하중은 말뚝에 의해서만 지지되는 것으로 간주하며 기초판의 지지효과는 무시한다. 다만 기초판의 지지효과에 대하여 충분히 신뢰할 수 있는 경우에는 이를 고려한다.

(2) 말뚝기초의 횡방향하중은 말뚝에 의해서 지지되는 것으로 한다. 다만 기초의 깊이가 깊고 뒤채움이 잘 다져져서 횡방향하중을 분담할 수 있다고 판단될 때에는 기초 측면의 횡방향 지지력을 고려할 수 있다.

(3) 기초에 큰 횡방향하중이 작용할 때에는 경사말뚝을 배치하여 횡방향하중을 분담하게 할 수 있다.

5.4.4 말뚝재하시험에는 압축시험, 인발시험, 횡방향시험 등이 있으며 다음 사항을 고려하여 계획한다.

(1) 말뚝재하시험을 실시하는 방법으로는 정재하시험방법 또는 동재하시험방법 중 하나를 선택적으로 고려할 수 있다. 단, 동재하시험의 신뢰도 확인을 위한 경우는 5.2.4 (4)를 따른다.

(2) 말뚝재하시험은 아래의 사항들을 고려하여 목적에 맞도록 계획한다.

① 관련시험규정
② 지지력
③ 변위량
④ 건전도
⑤ 시공방법과 장비의 적합성
⑥ 시간경과에 따른 말뚝지지력 변화
⑦ 부주면마찰력
⑧ 하중전이 특성
⑨ 시험횟수와 방법
⑩ 시험실시 시기
⑪ 시험 및 결과분석 기술자의 신뢰도

(3) 압축정재하시험의 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝개수의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개) 실시하거나 구조물별로 1회 이상 실시하도록 시방서에 명시하여야 하며, 교량기초의 경우 교대, 교각을 별도 구

조물로 구분하여 수량 기준을 적용한다.

(4) 기성말뚝에 대한 동재하시험을 실시할 때에는 다음 사항에 따라 시험방법과 횟수를 정한다.

① 시공 중 동재하시험(end of initial driving test)은 시공장비의 성능 확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건 확인, 말뚝의 건전도 판정, 지지력 확인 등을 목적으로 실시한다. 재하시험 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝 개수의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개)을 실시하도록 시방서에 명시한다.

② 시공 중 동재하시험이 실시된 말뚝에 대한 시간경과효과 확인을 위하여 지반조건에 따라 시공 후 일정한 시간이 경과한 후 재항타동재하시험(restrike test)을 실시한다. 재항타동재하시험의 빈도는 ①항에서 정한 수량으로 한다.

③ 시공이 완료되면 본시공 말뚝에 대해서 품질 확인 목적으로 재항타동재하시험을 실시하여야 하며 이의 시험빈도는 ①항에서 정한 수량으로 한다.

(5) 교량기초의 경우 교량의 규모, 중요도 및 안정성 등을 검토하여 필요한 경우 구조물별 1회 이상의 횡방향재하시험을 수행하여 안정성을 검증해야 한다.

(6) 지형 및 지반조건, 시공장비, 말뚝종류 등 제반 시공조건이 변경될 때는 시험횟수를 추가하도록 시방서에 명시한다. 또한, 중요 구조물일 때에는 시험횟수를 별도로 정할 수 있으며, 필요시 발주자와 협의하여 재하하중의 규모를 증가시킬 수 있다.

5.4.5 현장타설말뚝 본체의 건전성을 확인하기 위한 건전도시험을 수행하도록 시방서에 명시한다.

5.4.6 현장타설말뚝은 현장조건에 따라 상부 기둥과 하부 말뚝이 일체화된 단일형으로 설계할 수 있다.

5.4.7 말뚝기초에 대한 내진해석 또는 동적해석은 본 기준 “10.8 기초구조물의 내진해석"을 참조하여 설계한다.

5.5 케이슨기초

5.5.1 케이슨은 상부구조물의 하중과 토압 및 수압뿐 만 아니라 시공 중에 받게 되는 모든 하중조건과 유속에 대하여 안전하도록 설계한다.

5.5.2 케이슨에 작용하는 하중은 연직하중과 수평하중 및 전도모멘트가 있다. 연직하중은 고정하중과 활하중 및 양압력을 합한 것으로 하며, 수평하중은 상부구조로부터 전달되는 수평하중과 케이슨에 직접 작용하는 수압, 토압 및 파압 등을 합한 것으로 한다.

5.5.3 연직하중에 대한 케이슨의 안정은 케이슨 저면의 최대지반반력이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 하며, 케이슨 상단의 침하량이 상부구조물의 허용침하량 보다 작아야 한다.

5.5.4 케이슨 기초지반의 허용연직지지력은 지반조사 및 시험결과를 이용하여 정역학적 공식에 의해 구하거나, 시추조사 결과와 평판재하시험 결과를 반영하고 기초 폭에 의한 크기효과도 고려하여 결정한다.

5.5.5 케이슨의 지반반력과 침하량은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

(1) 케이슨 기초지반의 연직지반반력은 케이슨을 통하여 지반에 전달되는 모든 연직하중을 케이슨의 저면적으로 나눈 값으로 한다.
(2) 케이슨의 주면마찰력은 일반적으로 고려하지 않는다. 그러나 주면마찰력이 분명하게 발생할 것으로 판단될 때는 그 영향을 고려한다.
(3) 연직하중에 의한 케이슨 상단의 총 침하량은 케이슨 본체의 탄성변위량과 케이슨 기초지반의 침하량을 합한 값으로 한다.

5.5.6 케이슨의 안정계산 시 지반의 지지력과 침하에 대한 상세는 제4장의 얕은기초에서 정하는 바를 따른다.

5.5.7 케이슨의 단면형상은 원형, 타원형, 사각형 등으로 구분할 수 있으며, 치수는 충분히 안정한 크기여야 하고 케이슨으로 지지되는 상부구조물 등의 형상치수에 대해서도 여유를 확보해야 한다.

제6장 옹 벽

6.1 일반사항

6.1.1 이 장의 규정은 토압에 저항하는 일반적인 구조물로서 용지의 이용도 제고를 목적으로 하는 옹벽 구조물 설계에 적용한다.

6.1.2 옹벽은 활동, 전도, 지지력과 침하 및 전체적인 안정성(사면활동)에 대하여 안정하게 설계한다. 이때 외적 활동 또한 고려하여 안정하게 설계한다.

6.1.3 옹벽은 상재하중, 자중 및 토압에 견디도록 설계한다.

6.1.4 옹벽의 형식은 중력식, 반중력식, 켄틸레버식, 부벽식으로 구분하며 이외에 조적식 벽체, 보강토옹벽 등이 있다. 다만, 조적식 벽체 설계는 건설공사 비탈면 설계기준의 옹벽 편을 따른다.

6.1.5 옹벽의 형식은 지형조건, 기초지반의 지지력, 배면지반의 종류, 경사, 시공여유 및 상재하중 등을 고려하고 경제성, 시공성, 유지관리의 용이성 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.

6.1.6 철근콘크리트 옹벽의 저판, 전면벽, 앞·뒷부벽의 구조상세 설계는 콘크리트구조기준에서 정하는 바를 따른다.

6.2 옹벽에 작용하는 토압

6.2.1 토압계산에 적용하는 흙의 단위중량은 현장조건을 반영하여 결정한다.

6.2.2 옹벽 배면의 지표면 하중은 10 kN/m^2의 등분포 하중을 표준으로 한다. 다만, 도로와 철도 등의 교대 배면에 대해서는 관련기관의 설계기준에서 정하는 바를 따른다.

6.2.3 강성옹벽에 작용하는 토압은 일반적으로 주동토압을 사용한다. 다만, 변위가 허용되지 않는 구조물의 경우에는 정지토압을 사용한다. 토압 산정공식과 토압분포는 옹벽의 형태, 지반의 종류, 지층상태, 배면지형, 상재하중 조건 등 현장여건을 고려하여 결정한다.

6.2.4 변위를 거의 허용하지 않는 교대나 보강토옹벽 등과 같이 시공 시 뒷채움 흙의 다짐으로 인해 옹벽 배면에 토압이 유발되는 경우에는 이를 고려하여 설계한다.

6.2.5 자립하는 암반 깎기면에 밀착하거나 옹벽과 암반 사이의 공간이 좁은 경우 옹벽 배면 암반 불연속면의 유무, 주향, 경사 및 역학적 특성을 고려하여 토압을 결정한다.

6.2.6 가능한 한 옹벽 배면 지반내부로 지표수가 유입되지 않도록 대책을 강구한다.

6.2.7 옹벽 설계 시 배면 지하수가 원활하게 배수되도록 설계하여 옹벽에 수압이 작용하지 않도록 한다. 다만, 특수한 경우나 공공의 안전에 영향이 있다고 판단될 경우 수압을 고려하여 설계할 수 있다.

6.2.8 옹벽의 내진해석은 유사정적해석, 강성블록해석, 수치해석 등을 적용할 수 있다.

6.3 옹벽의 안정조건

6.3.1 활동에 대한 안전율은 1.5(지진시 토압에 대해서는 1.2) 이상으로 한다. 다만, 옹벽 전면 흙에 의한 수동토압을 활동저항력에 포함할 경우의 안전율은 2.0 이상으로 한다. 옹벽 저판의 깊이는 동결심도 보다 깊어야 하며 최소한 1m 이상으로 한다.

6.3.2 전도 및 지지력에 대한 안정조건을 만족하지만 활동에 대하여 불안정할 경우 활동방지벽 등을 설치할 수 있다.

6.3.3 전도에 대한 저항모멘트는 토압에 의한 전도모멘트의 2.0배 이상으로 한다. 작용하중의 합력이 저판폭의 중앙 1/3(암반인 경우 1/2, 지진시 토압에 대해서는 2/3) 이내에 있다면 전도에 대한 안정성 검토는 생략할 수 있다.

6.3.4 기초지반에 작용하는 최대압축응력은 기초지반의 허용지지력 이하가 되도록 한다.

6.3.5 기초지반의 지지력과 침하에 대한 검토는 제4장 얕은기초와 제5장 깊은기초에서 정하는 바를 따른다.

6.4 옹벽 본체 설계

6.4.1 옹벽 후면저판은 그 위에 재하되는 흙의 무게와 모든 하중을 지지하도록 설계한다.

6.4.2 캔틸레버식 옹벽의 저판은 전면벽과의 접합부를 고정단으로 하는 캔틸레버로 가정하여 단면을 설계하고, 전면벽은 저판과의 접합부를 고정단으로 하는 캔틸레버로 가정하여 단면을 설계한다.

6.4.3 부벽식옹벽의 저판은 부벽간의 거리를 경간으로 가정하여 고정보 또는 연속보로 설계할 수 있다.

6.4.4 뒷부벽은 T형보로 앞부벽은 직사각형보로 설계한다.

6.4.5 뒷채움 흙은 다짐이 용이하고 배수가 잘되는 양질의 토사를 사용한다.

6.5 구조상세

6.5.1 전면벽, 저판, 부벽 등과 같은 철근콘크리트 구조체의 철근배근은 콘크리트구조기준을 따른다.

6.5.2 활동에 대한 효과적인 저항을 위하여 저판에 활동 방지벽을 설치하는 경우 저판과 일체구조로 한다.

6.5.3 피복두께는 콘크리트구조 설계기준의 피복기준을 따른다.

6.5.4 활동 방지벽은 사질토 지반에서는 유효하나 점성토 지반에서는 효과가 작을 수 있으므로 지반공학적인 검토가 필요하다.

6.5.5 시공 이음부에는 시공이음과 수축변형의 영향을 줄이기 위한 수축이음 뿐 아니라 전단면에 걸쳐 일정간격으로 신축이음을 두어야 한다. 다만, 옹벽의 길이가 짧거나, 콘크리트의 수화열, 온도변화, 건조수축 등 부피변화에 대한 별도의 구조해석을 수행한 경우에는 종방향 철근을 연속으로 배근하여 신축이음 및 수축이음을 두지 않을 수 있다. 또한 응력집중이 발생하는 모서리에는 이음을 두지 않아야 한다. 그리고 길이가 긴 옹벽의 경우에는 온도 변화나 지반의 부등침하에 대비하기 위하여 옹벽 길이 방향으로 유연성 재료의 신축이음을 설치하여야 한다.

6.5.6 옹벽의 수평 철근량은 콘크리트구조기준을 따른다.

6.5.7 배수층에는 조약돌이나 부순돌 등을 사용하는 것이 바람직하다. 이외에 투수성이 크고 장기간에도 열화되거나 부식되지 않는 건설재료도 사용할 수 있으며 이 경우 배면토가 배수층 내로 침투되는 것을 방지하기 위하여 토목섬유 필터를 사용한다. 옹벽의 전면에는 4.5m이하의 간격으로 직경 65mm 이상의 배수구멍을 두어야 하며, 뒷부벽의 경우에는 각 부벽 사이에 한 개 이상의 배수구멍을 만들어야 한다. 옹벽의 뒷채움 속에는 배수구멍으로 물이 잘 모이도록 두께 300mm 이상의 배수층을 두어야 한다.

6.5.8 필터재는 배면토에 대한 필터층으로서 조건이 만족되도록 입도 배합을 하거나, 필터조건에 합당한 토목섬유를 사용한다. 배수층 하단에는 배수관을 설치하고 지정된 위치로 배수한다. 또한 유하된 물이 기초판에 정체되어 흙을 연화시키지 않도록 그 주변을 불투수층으로 차단한다.

6.6 보강토옹벽

6.6.1 보강토옹벽은 흙과의 결속력이 큰 보강재를 흙 속에 삽입하여 흙과 보강재가 복합체를 이루게 함으로써 추가적인 구속압을 유발시켜 토체의 안정을 기하는 공법이다. 보강토옹벽은 보강재와 뒤채움 흙 및 전면판(또는 전면 보호재)으로 구성된다.

6.6.2 보강토옹벽에 사용되는 보강재는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

(1) 보강재와 흙과의 결속력은 경계면의 마찰저항 또는 지지저항에 의하여 결정되므로 보강재는 효과적으로 결속력을 얻을 수 있는 형상이어야 한다.
(2) 일반적인 보강재의 종류는 금속보강재와 토목섬유가 있으며, 금속보강재는 내구연한을 고려한 부식두께를 고려한다.
(3) 보강재와 전면판을 연결하는 부속물은 충분한 저항을 할 수 있는 구조와 강도를 가져야 하며 응력집중에 의한 전면판의 손상을 주지 않아야 한다.

(4) 보강재는 작용토압에 의하여 파단이 일어나지 않도록 충분한 인장강도를 가져야 한다. 이 때 보강재의 허용인장응력 내의 변형률은 극한상태의 토압 작용시 지반의 변형률보다 작아야 한다.

(5) 보강재는 설계 내구년한 동안 화학, 물리 및 생화학적 작용에 대해 내구성을 지녀야 한다.

6.6.3 보강토옹벽에 사용되는 뒷채움 흙은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

(1) 뒷채움 흙은 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도 특성의 변화가 적어야 한다. 이를 위해 균등계수가 크고 입도분포가 양호하여야 한다.

(2) 뒷채움 흙은 보강재의 내구성을 저하시키는 화학적 성분이 적어야 한다.

6.6.4 보강토옹벽은 뒷채움 흙의 흘러내림, 우수의 침투와 동결 등에 의한 흙의 이완을 방지하기 위하여 콘크리트, 철재, PVC, 토목섬유 등의 전면판 또는 전면 보호재로 보호되어야 한다.

6.6.5 보강토옹벽 전면벽의 기초는 적정한 근입깊이에 위치하여야 하고, 전면벽의 형식, 높이, 지반조건 및 경사도 등을 고려하여 기초 형식을 결정할 수 있다.

6.6.6 보강토옹벽의 외적 안정은 보강토체를 일반옹벽의 콘크리트 구체로 간주하고 일반옹벽과 동일한 방법으로 전도, 활동, 지지력과 보강토체를 포함한 전체 비탈면의 활동파괴의 안정성을 검토한다.

6.6.7 보강토옹벽의 내적 안정은 보강재의 파단파괴와 인발파괴에 대하여 검토한다. 토체 내부 비탈면 파괴에 대한 안정은 보강토체 내부의 예상 파괴면에 대하여 검토한다.

(1) 내적안정에 대한 검토시 파괴면은 토체로부터 분리되어 나가려는 영역과 그 힘에 저항하려는 수동영역으로 나누어 고려한다.

(2) 상재하중 고려 시 상재 성토면이 비탈면을 형성하고 있을 때에는 환산 등분포

하중법이나 가상벽고에 의한 방법을 적용할 수 있다.

(3) 보강토체 내부의 수평토압은 주동토압계수를 적용한다. 단, 신장성이 작은 보강재(예, 강철띠형 및 섬유띠형)의 경우에는 벽체의 상단에서 6m 까지 정지토압계수에서 주동토압계수로 직선적으로 변화시키고, 6m 이상의 깊이에서는 일정한 주동토압계수를 적용한다.

(4) 파단파괴에 대한 안정성 확보를 위해 보강재의 허용 인장강도는 해당 보강재가 받아야 할 수평토압보다 커야 한다. 각 보강재의 허용 인장강도는 재료에 따라 합리적이고 적정한 안전율을 적용하여 구한다.

(5) 인발파괴에 대한 안정성 확보를 위해 보강재와 흙의 결속 허용 저항력의 크기는 해당 보강재가 받아야 할 수평토압보다 커야 한다. 보강재와 흙의 결속 허용 저항력은 재료에 따라 합리적이고 적정한 안전율을 적용하여 구한다.

(6) 하중계수를 적용하여 설계할 경우에는 해당 설계기준에서 제시하는 저항계수를 적용한다.

6.6.8 보강토옹벽은 보강재와 흙의 상호마찰에 의하여 결속되어 있는 구조체이므로 수압의 지나친 상승으로 인해 유효응력이 감소되는 것을 방지하도록 배수처리한다. 이때 옹벽 배면에 표면 배수시설 또한 고려하여 설계한다.

6.6.9 보강토체가 수중에 잠기는 경우, 내외 수면이 같아지도록 투수성이 양호한 뒷채움 흙을 사용한다. 또한 보강토체 전면판의 이음부에도 원활한 배수가 가능하고 토립자 유실을 방지할 수 있는 필터재를 적용한다. 그리고, 옹벽기초의 침식 및 세굴에 대해서도 저항할 수 있도록 설계한다. 단, 보강토옹벽은 퇴적층이 두껍거나 유수의 영향을 직접 받는 산의 계곡부에는 원칙적으로 설치하지 않는 것으로 한다.

6.6.10 보강토옹벽의 우각부 등의 경우에는 파괴조건 및 보강재에 작용하는 하중조건이 달라질 수 있으므로 이를 고려하여 설계한다.

6.6.11 식생보강토옹벽의 식생은 내구년한 동안 유지되어야 하며 전면벽체에 균열 유발 등 유해하게 작용하지 않도록 그의 선정 및 유지관리계획을 수립하여야 하고, 가연성 전면벽체 옹벽은 화재에 의한 구조적 손상위험에 대응할 수 있어야 한다.

6.6.12. 다단식, 절토부, 교대부 등 복잡한 형상을 가진 지반에 보강토옹벽을 적용할 경우에는 각 경우에 적절한 안정성 검토를 수행하여야 한다.

6.6.13 보강토옹벽 상부에 방호벽이나 방음벽 기초로서 L형 옹벽 등이 설치될 경우에는 보강토옹벽에 차량의 활하중, 성토하중, 옹벽 배면에 작용하는 토압에 의한 수평력, 편심에 의한 수직력 등이 추가로 작용하게 되므로 설계시 이를 고려해야 한다

6.6.14 보강토체 내에 부득이 매설구조물이 설치될 경우에는 매설구조물에 보강재를 연결시킨다.

6.6.15 보강토체는 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수시설을 반영하여야 한다.

제7장 가설 흙막이 구조물

7.1 일반사항

7.1.1 이 장은 지반을 개착식으로 굴착할 때에 작업장의 안정성 확보와 주변구조물의 피해를 방지하기 위하여 설치하는 가설 흙막이 구조물의 설계에 적용한다.

7.1.2 가설 흙막이 구조물 벽체형식과 지지구조는 지형과 지반조건, 지하수위와 투수성, 주변구조물과 매설물 현황, 교통조건, 공사비, 공기, 시공성 및 환경영향 등을 고려하여 선정한다.

7.1.3 가설 흙막이 구조물 설계에서는 굴착공사 단계별로 벽체자체의 안정성을 검토하고 지하매설물과 인접구조물에 미치는 영향을 검토하여 대책을 강구한다.

7.1.4 설계시 계측 및 분석계획을 수립하여 시공중 안전성을 확보할 수 있는 방안을 강구한다.

7.2 가설 흙막이 구조물 형식

7.2.1 가설 흙막이 벽체는 구조적 안전성, 인접건물의 노후화 및 중요도, 지하수위, 굴착깊이, 공기, 공사비, 민원 발생 가능성, 장비의 진출입 가능성, 공사시기 등을 검토하여 가장 유리한 형식을 선정한다.

7.2.2 가설 흙막이 벽체의 지지구조는 벽체의 안전성, 시공성, 민원발생 가능성, 인접건물의 이격거리 및 지하층 깊이와 기초형태 등을 검토하여 가장 유리한 형식을 선

정한다.

7.2.3 차수나 지반보강 등이 필요한 경우에는 적용목적에 부합하는 보조공법을 선정한다.

7.3 가설 흙막이 벽체의 설계 외력

7.3.1 가설 흙막이 구조물에 작용하는 설계 외력은 토압, 수압, 상재하중(장비하중 포함), 굴착영향 범위내의 건물하중, 교통하중 등을 포함한다.

7.3.2 연성벽체에 작용하는 토압을 적용함에 있어서 다음 사항을 고려한다.

(1) 가설 흙막이벽체에 작용하는 토압은 벽체의 종류와 시공방법, 지지구조물의 종류, 설치위치, 설치시기 등에 따라 변화하므로 지반조건, 지하수위, 주변 상황 등을 고려하여 시공 단계별 토압분포를 검토한다.

(2) 흙막이 벽체를 설계함에 있어 굴착 및 해체 단계별 검토시와 굴착 및 버팀구조가 완료된 후의 안정해석에는 경험토압을 적용할 수 있다.

(3) 굴착단계별 토압, 근입깊이 결정 및 자립식 널말뚝의 단면 계산은 Rankine-Resal, Caquot 및 Kerissel 등의 삼각형분포 토압을 적용할 수 있다.

(4) 경험토압 적용 시 고려사항은 다음과 같다.

① 경험토압분포는 굴착과 지지구조 설치가 완료된 후에 발생할 것으로 예상되는 토압분포로서 대부분 굴착 깊이가 6m이상이고, 폭이 좁은 버팀 굴착공법에서, 지하수위가 최종 굴착면 아래에 있으며, 간극수압을 고려하지 않은 상태의 토압분포이다.

② 사질토나 자갈층(투수계수가 큰 지층)지반에서 흙막이 벽이 차수를 겸한 흙막이 벽체인 경우에는 경험 토압분포에 수압을 별도로 고려한다.

③ 암반층을 포함한 대심도 굴착 시 경험토압을 적용하면 실제보다 과다한 토압이 산정될 수 있으므로, 토압크기 적용 시 신중을 기하여야 한다.

7.3.3 굴착 배면의 지하수위는 강우조건, 굴착심도, 지반의 특성, 흙막이 벽체의 종류 등에 따라 변하므로 이를 감안하여 벽체에 작용하는 수압을 결정한다.

7.3.4 지표면에 등분포 상재하중이 작용할 경우에는 등분포 상재하중에 적합한 토압계수를 곱하여 수평토압으로 환산한다. 집중하중이나 선하중 및 국부분포하중이 작용하는 경우에는 탄성이론이나 한계이론에 의하여 수평토압을 구한다.

7.3.5 온도 변화의 영향을 크게 받는 버팀대는 온도 차이에 의한 축력을 고려한다.

7.4 해석방법

7.4.1 흙막이 벽체의 안정성 해석은 벽체의 종류, 지지구조, 지반조건 및 근접시공 여부 등을 고려하여 실시한다.

7.4.2 흙막이 벽체의 안정성을 해석하는 방법으로는 벽체를 보로 취급하는 관용적인 방법과 흙-구조물 상호작용을 고려하여 벽체와 지반을 동시에 해석하는 방법이 있으며 설계자는 현장조건에 가장 적합한 해석법을 적용한다.

7.4.3 지지구조를 가지는 버팀 흙막이 벽체 형식에 대해서는 굴착진행과 버팀보 해체에 따라 변화하는 토압에 대하여 단계별로 해석하며 해석방법은 탄소성 지반상 연속보해석법과 유한요소법 및 유한차분법 등이 있다. 이때 자립식 또는 앵커지지, 타이로드로 지지되는 널말뚝 벽체형식에 대해서는 관용법을 적용할 수 있다.

7.4.4 굴착이 끝나고 버팀 구조가 완료된 후의 벽체해석에는 경험토압을 적용하며, 단순보해석, 연속보해석 및 탄성지반 상 연속보 해석법 등을 적용한다. 이때 수압, 토층분포 등의 현장조건과 해석조건을 고려하여 설계한다.

7.5 안정성 검토

7.5.1 흙막이 구조체 설계 시 굴착저면의 안정성, 부재단면의 안정성과 지하수 처리 등을 검토한다.

7.5.2 지반정수는 지반조사 자료와 문헌자료 등을 종합적으로 검토하여 선정하고, 지반조사 자료와 문헌자료가 상이할 경우 지반조사 자료를 우선적으로 적용한다.

7.5.3 굴착저면의 안정성 검토는 최소 근입장의 확보여부와 히빙 및 파이핑의 발생 가능성에 대하여 실시한다. 단, 굴착저면의 지층이 풍화암 이상의 단단한 지반으로 구성되어 있는 경우에는 히빙과 파이핑에 대한 안정성 검토를 생략할 수 있다. 또한 굴착저면 지반의 지하수위 상승으로 인한 양압력 발생 가능성에 대하여 부력방지 대책 방안도 마련할 수 있도록 한다.

7.5.4 굴착현장에 인접하여 건물이나 주요 지하지장물이 존재하는 경우 건물이나 지장물의 침하(부등 및 균등침하)에 대한 안정성을 검토한다. 이때 흙막이벽체 변위는 단계별 굴착에서 지하구조물 시공을 위한 버팀보 해체완료 시까지 누적 변위를 기준으로 한다.

7.6. 부재단면 설계

7.6.1 가설 흙막이구조물의 단면 설계는 허용응력 설계법을 적용한다. 다만, 지하연속벽과 같은 강성벽체는 강도 설계법으로 설계할 수 있다.

7.6.2 가설 흙막이 부재의 허용응력은 다음 사항을 고려하여 정한다.

(1) 강재 및 콘크리트재의 허용응력은 영구구조물에 대한 허용응력보다 50% 큰 값을 적용하며 구재를 사용하는 경우 부재의 재사용이나 단면의 감소에 따른 허용

응력 저하를 고려한다.

(2) 공사기간이 2년 미만인 경우에는 가설 구조물로, 2년 이상인 경우에는 영구구조물로 간주하여 설계한다. 단, 가설구조물이라도 2년을 경과하면 안전점검 또는 안전진단을 실시하여 보수 및 보강대책을 실시하여야 한다.

7.6.3 각 부재단면 설계 시 고려사항은 다음과 같다.

(1) 엄지말뚝, 띠장, 흙막이 판에 대해서는 토압 등으로 인해 각 부재에 발생되는 모든 단면력에 대한 안정성을 검토한다.

(2) 버팀보는 축력, 모멘트, 전단력에 대해 안정해야한다. 경사 버팀보(corner strut)의 경우에는 지지체계의 안정성이 직각 버팀보에 비해 취약하므로 유의하여 설계한다.

(3) 지반앵커는 다음 조건을 만족하여야 한다.

① 인장재의 인장강도는 설계 앵커력에 소정의 안전율을 곱한 값 이상이어야 한다

② 지지구조체가 지반앵커인 경우 정착부는 벽체로부터 가상활동파괴면 밖에 위치하여야 하며 자유장은 가상활동파괴면으로 부터 1.5m 또는 굴착깊이에 0.15 H (H=굴착깊이)를 더한 값 중 큰 값을 적용하되 최소 4.0m이상으로 한다.

③ 지반앵커의 정착장은 내적안정해석에서 계산된 설계인장력을 확보하는 길이로 한다. 단, 마찰형 앵커의 경우 토사층에서 최소정착장은 4.0m 이상으로 한다.

④ 앵커체 정착장이 10m 이내인 경우 진행성 파괴 검토를 생략할 수 있다. 정착장이 10m를 초과하는 부분에 대해서는 진행성파괴로 인하여 극한 인발력의 증가가 없는 것으로 간주하여 설계한다.

⑤ 지반앵커의 설치각도는 수평면에 대하여 10°이상으로 한다.

⑥ 매우 느슨한 모래층 혹은 연약한 점성토층에 정착장을 설치하는 경우에는 설계 앵커력을 확보할 수 있는 대책을 강구한다.

(4) 경사 버팀보로 벽체를 지지할 경우 설치각도를 고려하여 안정성을 검토한다.

(5) 레이커로 벽체를 지지하는 경우 레이커 기초에 대한 설계및안정성을 검토한다.

7.7 지하연속벽

7.7.1 지하연속벽 설계 시 다음 사항을 고려한다.

(1) 지하연속벽 공법은 현장타설 콘크리트 지하 연속벽과 PC 지하 연속벽 등이 있으며, 대심도 굴착에서 주변지반의 이동이나 침하를 억제하고 인접 구조물에 대한 영향을 최소화하도록 설계한다.

(2) 지하 연속벽 벽체는 하중지지 벽체와 현장타설말뚝 역할을 할 수 있으며 내부의 지하 슬라브층과 연결 시에는 영구적인 구조체로 설계할 수 있다.

7.7.2 지하연속벽 해석 시 다음사항을 고려한다.

(1) 지하연속벽 벽체에 작용하는 하중은 주로 토압과 수압이며 본체 구조물로 사용하는 경우에는 각종 구조물 하중에 대한 검토가 필요하다.

(2) 단계별 굴착 시 주동토압은 Rankine이나 Coulomb 공식이 일반적으로 사용되며 굴착이 완료되고 지지체가 설치된 이후에는 벽체의 사용성에 따라 정지토압과 경험토압을 사용할 수 있다.

(3) 벽체해석 시에 변형과 지반거동에 따른 토압분포를 고려한 탄소성보법이 많이 적용되지만, 얕은 굴착에서는 경험토압을 적용할 수 있으므로 설계자가 현장조건, 지반조건, 굴착방법 등에 유의하여 해석법을 선정한다.

7.7.3 구조물 계획과 굴착면 안정을 위하여 검토해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 지하연속벽이 가설 벽체인지 또는 영구 벽체의 기능인지 설계단계에서 확정하고 그에 적합한 지형 및 지질조사와 인접구조물이나 지하 매설물에 미치는 영향 등을 평가한다.

(2) 연약지반이나 지하 매설물이 많은 지역, 건물이 밀집한 도심지역, 지형의 굴곡이 심한 지역 등은 아래 사항을 고려하여 계획한다.

① 조사 및 공사 계획

- 지형, 지세의 특징

- 지반 및 지하수 조건
- 본 구조물의 특징, 규모, 굴착깊이 및 범위
- 시공장비 및 시공방법의 제한조건
- 민원발생 가능성

② 인접 구조물 및 주변 지반 매설물 조사

- 굴착 영향범위 내의 인접건물 조사
- 인접건물의 노후도 및 중요도
- 인접건물의 규모, 지하층의 깊이, 기초형태, 굴착면과의 이격거리
- 지장물도 작성 및 현황조사

(3) 지하연속벽 시공 시에 주변지반의 침하 및 거동을 최소화하고 영구벽체로서 안정된 지하구조물을 형성하기 위하여 트렌치 내에 사용하는 안정액의 조건은 굴착면의 안정성을 확보할 수 있도록 한다.

7.8 근접시공

7.8.1 근접시공 시에는 가설흙막이구조물 자체의 안정과 인접구조물에 미치는 영향을 검토한다.

7.8.2 근접시공 시에는 지반특성, 횡토압, 지반진동, 지하수위 변화와 지반손실, 굴착이 주변지반에 미치는 영향, 대상구조물의 특성 등을 고려하여 설계한다.

7.8.3 근접시공으로 인한 지하수위 변화가 인접 시설물에 영향을 미치는 경우에는 차수식 벽체로 설계하는 것이 바람직하며, 이때 지하수에 의한 배면수압을 고려한다.

7.8.4 주변 지반 침하 예측 방법은 이론적 및 경험적 추정 방법이 있으며, 이 중 설계자가 현장여건, 지층조건, 굴착방법, 흙막이벽체와 지지체의 형식을 종합적으로 고려하여 선택한다.

7.8.5 굴착에 의한 배면 지반의 변위를 산정한 후, 허용 변위량을 기준으로 인접 구

조물의 손상여부를 분석하고 필요시 대책을 강구한다.

7.8.6 필요시 3차원적인 지반거동도 고려하여 설계한다.

7.8.7 배면지반 침하와 인접구조물에 대한 영향 예측

(1) 흙막이 벽의 변위에 따른 주변 지반의 침하는 실측 또는 계산에 의하여 구한 흙막이 벽의 변위로부터 주변지반 침하를 추정하는 방법과 버팀 구조와 주변 지반을 일체로 하여 구하는 유한요소법 또는 유한차분법으로 해석하는 방법이 있다.
(2) 주변 지반 침하 예측 방법은 이론적 및 경험적 추정 방법 중에서 설계자가 현장여건, 지층조건, 굴착방법, 흙막이 벽 및 지지체의 형식을 종합적으로 고려하여 선택, 적용하여야 한다.
(3) 인접구조물에 대한 침하, 경사(또는 각 변위) 등에 관한 허용 값은 대상 구조물에 따라 관련 설계기준과 건축기준 등을 참고로 하여 결정한다.

7.9 계측

7.9.1 계측의 주된 목적은 설계 시 고려하지 못한 불확실성과 제한사항 및 시공 시 발생되는 변화 등에 기인된 변동사항을 파악하여 가시설의 안정성을 확인하는데 있으며, 이를 달성하기 위해 적절한 계측 및 분석 계획을 수립하여야 한다.

7.9.2 계측계획 수립 시 다음사항을 고려하여야 한다.

(1) 계측계획 시에는 발생 가능성이 있는 문제를 미리 예측하여 합리적인 지점을 선택, 계측기기를 배치한다.
(2) 기술적 판단과 역학적 문제의 해석이 가능한 기술자를 배치하여 공사의 안정을 도모한다.
(3) 각종 계측기 센서의 작동방식을 가능한 한 같은 형식으로 선정하여 호환성이 양호한 시스템으로 구성한다.
(4) 계측은 측정→수집→분석→시공반영→효과검토와 향후 공사 반영의 유기적인

운영체계가 되도록 설계한다.

(5) 중요 시설물 및 계측자의 안전에 우려가 되는 현장은 자동화 시스템을 적용할 수 있다.

7.9.3 계측계획서는 다음 사항을 포함하여 작성한다.

(1) 공사개요 및 규모
(2) 지반 및 환경조건
(3) 인접구조물의 배열 및 기초의 상태
(4) 계획공정표
(5) 계측목적에 따른 계측범위, 계측위치 및 계측빈도
(6) 계측기의 종류와 규격
(7) 계측기의 설치와 유지보호 등의 관리방안
(8) 계측인원의 확보
(9) 계측결과의 수집, 보관 및 분류양식
(10) 계측결과의 해석방법
(11) 계측결과를 시공에 반영할 수 있는 체계
(12) 계측시방서
(13) 계측시스템

7.9.4. 도심지 굴착현장에 사용되고 있는 계측기의 종류와 사용목적은 <표 7.1>과 같으며 현장조건을 파악하여 설계에 반영한다.

<표 7.1> 흙막이벽에 사용되는 계측기

종 류	사 용 목 적
지중경사계	배면 지반의 수평거동
변형률계	엄지말뚝, 버팀보 및 띠장의 변형률과 응력
토압계	벽체에 작용하는 토압
간극수압계,수압계	지하수위 및 간극수압
하중계	버팀보 혹은 지반 앵커의 축력
구조물경사계, 균열측정계	인접 구조물의 기울기 및 균열에 따른 피해상황
소음측정기, 진동측정기	진동 및 소음
지중침하계	지반의 연직 변위
지하수위계	지하수위 측정

제8장 댐과 제방

8.1 일반사항

8.1.1 이 장은 필댐(fill dam), 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐(concrete faced rockfill dam), 콘크리트 중력댐, 하천제방 및 가물막이댐 등의 기초설계에 적용한다.

8.1.2 댐 기초는 대규모 단층 및 파쇄대 구간을 피하여 설치하며, 소규모 단층 및 파쇄대 구간은 콘크리트로 치환 또는 그라우팅과 같은 처리대책을 강구한다.

8.1.3 댐과 제방 기초는 기초지반의 특성 및 조건 등을 고려하여 상시, 홍수시 및 지진시에 대하여 누수, 활동, 변형 등에 안전하도록 설계한다. 특히, 제방의 경우 하도와 제내지 상황도 고려한다.

8.1.4 댐 또는 제방의 안정성 확보를 위해 하부의 기초지반에는 차수, 세굴방지, 지지력 증가 등을 위한 대책공법을 설계하며, 그라우팅이 필요한 경우에는 다음과 같이 실시한다.

(1) 그라우팅은 커튼 그라우팅, 압밀 그라우팅, 블랭킷 그라우팅, 기타 특수 목적을 위한 그라우팅 등을 병행하고 차수효과를 확인한다.
(2) 그라우팅 시공 시에는 지반조사 결과를 토대로 현장시험 및 시험시공을 실시하고 그라우팅 재료의 환경 유해성 여부를 검토한다.

단, 그라우팅 공법 적용이 부적합한 경우에는 널말뚝 또는 지중연속벽공법 등의 대책공법을 적용한다.

8.1.5 이 장에 기술되지 않은 내용은 댐 설계기준 및 하천 설계기준에서 정하는 바를 따른다.

8.2 안정해석

8.2.1 댐과 제방구조물의 안정해석은 수위변화와 포화상태에 따른 누수 및 비탈면 안정성 검토 등을 포함한다.

8.2.2 누수에 대한 검토는 다음과 같은 방법을 따른다.

(1) 침투류 해석은 수위변화 및 구조물 특성을 고려한 정상· 비정상 침투해석법으로 수행한다.

(2) 침투류에 대한 수치해석은 이차원 해석을 원칙으로 하며, 필요시 정밀한 분석을 요하는 경우에는 삼차원 해석을 실시할 수 있다.

(3) 파이핑에 대한 검토는 한계동수경사에 의한 방법, 한계유속에 의한 방법, 크리프비에 의한 방법 등을 사용한다. 이때 안전율은 검토방법, 지반특성, 구조물의 중요도를 고려하여 결정한다.

8.2.3 기초지반의 활동에 대한 안정해석은 다음과 같은 방법으로 수행한다.

(1) 파괴면의 형상은 지반조건 등을 고려하여 원호 활동면, 직선 활동면, 복합 활동면으로 가정하고 안정해석을 실시한다.

(2) 활동파괴에 대한 안정 검토는 수위 급강하 및 홍수위 조건 등에 따른 침윤선 변화를 고려하여 실시한다.

(3) 활동파괴에 대한 안전율은 각각의 시설물 기준에 대한 검토방법, 지반특성, 구조물의 중요도를 고려하여 결정한다.

8.2.4 기초지반이 연약한 경우 변형에 대한 안정해석을 실시한다. 즉, 상부 구조물의 축조단계, 기초지반의 압축 또는 압밀 특성 등을 고려하여 침하 또는 전단변형 등에 대해 검토한다.

8.3 필댐 기초

8.3.1 필댐의 기초는 암반기초, 사력기초, 토사기초 등으로 구분하며, 지지력에 대하여 소정의 안전율을 확보하고, 파이핑 등에 의해 허용누수량 이상의 저수손실이 일어나지 않아야 한다.

8.3.2 암반기초는 다음 항목을 고려하여 설계한다.

(1) 암반기초의 굴착 깊이는 지질조사, 현장 및 실내 시험결과를 토대로 활동이나 변형에 대한 안전성 및 시공성을 고려하여 결정한다.
(2) 암반기초의 굴착 폭은 균일형, 죤(zone)형, 코어(core)형과 댐 형식에 따라 적절하게 선택하며, 굴착 형상은 굴착이나 성토의 시공이 용이하고 변형에 의해 제체의 안정성에 영향을 주지 않도록 결정한다.

8.3.3 사력기초의 설계는 다음 항목을 고려하여 수행한다.

(1) 사력기초는 지수 트렌치(trench), 널말뚝, 연속벽, 그라우팅, 또는 불투수성 블랭킷(blanket) 공법 등을 병행하여 누수량을 감소시킨다.
(2) 포화된 느슨한 모래 및 실트 등으로 구성되어 있는 기초지반은 액상화에 대한 확실한 검토와 대책을 수립한다.

8.3.4 토사기초는 다음 항목을 고려하여 설계한다.

(1) 점토, 실트, 유기질토 등 연약토질의 경우에는 활동파괴와 지반변형에 대한 안정성을 검토한다.
(2) 연약지반 위에 댐을 축조 하는 경우에는 압밀침하량을 산정하여 제체 여유고 설계에 반영할 수 있도록 한다.
(3) 연약점토 및 유기질토는 댐 건설시 기초지반 내부에 계측기를 설치한다.

8.4 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐

8.4.1 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐은 저수기능 유지측면에서 제체와 기초는 일체가 되도록 하고, 프린스(plinth) 및 트랜지션(transition)죤, 암석죤, 단층처리 및 그라우팅 등으로 구분하여 설계한다.

8.4.2 프린스 및 트랜지션죤은 원칙적으로 신선한 암반위에 시공하며, 과도한 동수경사에 의한 재료의 이동과 누수방지를 위하여 다음 사항을 고려한다.

(1) 국부적인 지반 결함은 침투유로 연장, 콘크리트 채우기, 그라우팅 등으로 보강한다.
(2) 프린스의 기초부와 댐 축 사이의 돌출 부분은 응력집중이 발생하지 않도록 고르게 처리한다.
(3) 트랜지션죤의 기초처리는 댐설계기준에서 정하는 바를 따른다.

8.4.3 암석죤의 기초는 제체 대부분의 하중을 분담하므로 수밀성 증대, 제체 부등침하 방지, 지지력 확보가 가능하도록 설계한다.

8.4.4 그라우팅은 8.1 일반사항에 준하며, 압밀그라우팅은 타설심도가 비교적 깊지 않으므로 그라우팅 공간격, 심도, 열간격 등을 신중히 결정한다.

8.4.5 단층대는 8.1 일반사항에 준하여 처리하며 프린스 기초부의 단층, 파쇄대 및 절리는 차수, 지지력 등의 확보가 가능한 깊이까지 굴착하여 보강한다.

8.5 콘크리트 중력댐

8.5.1 콘크리트 중력댐은 신선한 암반위에 시공하고 암반의 자중, 암반 내부에 침투한 양압력, 단층, 절리, 균열 등을 고려하여 설계한다.

(1) 기초암반의 전단마찰 저항력 및 탄성계수는 암의 종류, 풍화 균열, 변질, 건습 등의 정도에 따라 다르므로 실내 및 현장시험결과로 부터 산출한다.
(2) 기초암반의 국부적인 응력의 평균값이 주변 암반의 강도에 비하여 크게 나타날 경우 설계의 재검토 및 보강 대책을 강구한다.

8.5.2 댐 콘크리트와 암반의 접촉면 및 기초암반의 취약구간에 따라 발생하는 마찰 저항은 수압에 의한 활동력에 대하여 필요 안전율을 확보한다.

8.6 가물막이댐

8.6.1 가물막이댐은 수중 또는 유수에 접하여 시공되므로 적절한 차수성 및 안정성이 확보되도록 한다.

(1) 가물막이댐 및 기초지반은 토압, 수압 등의 외력에 견디는 강도 및 수밀성이 요구되고, 물이나 파랑에 의한 기초지반 및 주변 지반의 세굴, 파압 등에 견딜 수 있도록 충분한 지형 및 지반조사를 통해 그에 상응하는 가물막이 형식을 선정한다.
(2) 지반의 특성상 기초지반을 통해 과도한 누수가 예상되는 경우에는 적절한 차수대책을 수립하여 시행한다.

8.7 제방 제체 및 기초지반

8.7.1 제체에 대한 누수 방지대책에는 단면확대 공법, 앞 비탈면피복 공법 등이 있다.

(1) 단면확대 공법은 제외지 방향, 제내지 방향, 양자 병용 등으로 보축·성토하여 침투유량을 저감한다.
(2) 앞 비탈면피복 공법은 앞 비탈 하단(기슭)부터 상단(머리)까지 불투수성의 흙재료나 차수 시트와 같은 인공재료를 포설하여 침투유량을 저감한다.

8.7.2 기초지반의 누수 방지대책에는 차수공법, 고수부(둔치) 피복공법 등이 있다.

(1) 차수공법은 앞 비탈기슭, 둑 마루, 소단 부근의 기초지반에 차수벽을 설치하여 기초지반에 침투하는 유량과 침투압을 경감한다.
(2) 고수부 피복공법은 제외지 쪽 고수부 표층을 친환경성 토재료, 차수시트, 아스팔트 포장 등의 불투수성 재료로 피복하여 기초지반 침투압을 저감한다.

8.7.3 배수통문 구조물은 차수벽 및 차수공을 설치하여 제방과의 접촉면을 따라 발생하는 침투유로를 길게 하여 침투압을 저감한다.

8.7.4 연약지반 개량을 위하여 포설된 모래, 쇄석, 수평 드레인재 등의 수평 배수재를 통하여 홍수기간 중 침투유로가 형성되지 않도록 조치한다.

8.7.5 대규격제방은 일반제방구간의 경우 월류, 침투, 활동, 세굴, 침하등의 안정성을 검토하고, 단지제방구간의 경우 단지 비탈면 침투, 단지 비탈면활동, 측방유동, 침하 등에 대한 안정성 검토를 수행한다.

(1) 대규격제방은 장래 토지이용변경 시 제약되지 않도록 최대한의 토지이용상황을 고려하여 설계한다.
(2) 대규격제방의 비탈경사는 일반제방구간 비탈경사의 경우 1:3 이상으로, 단지제방구간 뒷비탈경사의 경우 1:30 또는 이보다 완만하게 설치한다.
(3) 단지제방구간 재료는 일반제방구간과 달리 하상토 및 세립토 등을 사용할 수 있으며, 성토재료 품질, 장비운용성, 환경적 유해성 등을 고려하여 적절한 재료를 확보한다.
(4) 주택, 빌딩, 도로, 공원, 농지 등 토지이용에 따른 시민거주공간에 대한 수재해 안전성을 확보하기 위하여 누수모니터링을 위한 계측 계획을 수립한다.

8.8 계측

8.8.1 댐 및 제방은 제체 자체의 누수나 변형 외에 기초지반을 통한 누수나 변형에 대한 안전 여부를 확인할 수 있도록 댐 및 제방의 규모와 중요도 등을 고려하여 계측계획을 수립하여 시행한다.

제9장 항만 구조물 기초

9.1 일반사항

9.1.1 이 장은 각종 항만 및 어항시설물의 기초설계에 적용한다.

9.1.2 이 장에 기술되지 않은 내용은 이 기준의 다른 장 및 항만 및 어항설계기준(해양수산부)에서 정하는 바를 따르고, 두 기준의 내용이 상이한 경우에는 발주자 또는 설계자가 판단하여 결정한다.

9.1.3 항만 및 어항시설의 기초는 구조물의 중요도와 기초지반의 지반조건을 고려하여 설계하며 구조형식은 구조물의 안전성, 목표기능의 확보, 내구성, 경제성 등을 고려하여 선정한다.

9.1.4 사질토의 전단강도는 배수조건, 점성토의 전단강도는 비배수조건에서 구하는 것을 표준으로 하며, 점성토의 경우 응력이력이나 시공조건에 맞는 전단강도를 산정하여 설계한다.

9.1.5 기초지반이 연약한 점성토 지반인 경우는 기초의 안정성과 침하를 검토하고, 느슨한 모래지반의 경우는 지진에 대하여 액상화 가능성을 검토한다.

9.1.6 구조물의 활동에 대한 마찰저항력 계산에 사용하는 재료별 마찰계수는 대상 구조물과 재료의 특성 등을 고려하여 정한다.

9.1.7 기초구조가 지반의 지지력 부족, 원호활동, 침하 및 지반 액상화 등에 의하여 안정에 지장이 있을 경우는 지반개량 등의 대책을 강구한다.

9.1.8 항만 시설물 기초가 파랑 또는 흐름에 노출되는 경우는 필요에 따라 세굴 방지공, 물받이공 등을 설치한다.

9.2 외력과 하중

9.2.1 항만 및 어항 시설물의 기초를 설계할 때에는 목표 시설물의 기능별 이용조건 및 당해 시설물이 입지하는 해역(또는 지역)의 주변여건과 자연조건, 시공방법 등을 검토하고, 다음에 열거하는 하중들을 적절히 조합하여 설계함으로써 목표 시설물의 시공중 및 완공후의 안정성을 확보한다.

(1) 선박하중 : 접안 충격력, 견인력
(2) 상재하중 : 자동차·건설장비 등의 차량하중, 적치화물·과재 토사 등의 재하하중
(3) 하역기 하중 : 고정식 또는 이동식 하역장비 하중
(4) 파랑하중 : 파력, 양압력
(5) 조석하중 : 정수압, 유압력
(6) 풍압력
(7) 토압 및 수압(잔류수압, 동수압)
(8) 자중 및 부력
(9) 지진력
(10) 기 타 : 말뚝에 작용하는 부마찰력, 적설하중, 유목·유빙등 부유물에 의한 충격하중 등

9.3 얕은기초

9.3.1 상부구조물의 하중을 기초저면을 통해 지반에 직접 전달시키는 기초형식을 말하며 지표면으로부터 기초 바닥까지의 깊이가 기초 바닥면의 너비에 비하여 크지 않은 확대기초, 복합확대기초, 벽기초, 전면기초 등이 있다.

9.3.2 기초의 허용지지력은 극한지지력을 소정의 안전율로 나누어 산정한다.

9.3.3 깊이에 따라 전단강도가 증가하는 해안지역 점성토 지반의 경우 기초의 지지력은 지반의 전단강도 변화를 고려한 지지력 공식을 사용한다.

9.3.4 기초지반이 다층구조인 경우에는 기초의 영향범위 내에 포함되어있는 각 층상의 영향을 고려하여 지지력을 산정하며 원호활동 해석을 병행하여 안정성을 확인한다.

9.3.5 항만 구조물중 중력식 구조물의 기초지반에 편심, 경사하중이 작용하는 경우의 지지력에 대한 검토는 실제 현상을 잘 재현할 수 있는 Bishop의 간편법에 의한 원호활동 해석법에 의하여 산정하는 것을 표준으로 한다. 다만 동일한 설계조건에 대해서 확실한 지지력 계산의 실적이 있는 경우에는 발주처와 설계자의 판단에 따라 적용할 수 있다.

9.3.6 기초지반 및 구조물 기초마운드에 대한 강도정수와 기초저면에 전달되는 하중형태 등은 시설물의 구조특성 등을 고려하여 적합하게 정한다.

9.3.7 재하하중에 의한 기초지반의 지중응력은 흙을 탄성체로 가정하여 추정한다. 다만 등분포 하중의 경우에는 응력이 직선적으로 분산한다고 가정한 간편법을 사용할 수 있다.

9.3.8 침하량은 4.3 침하량 산정을 따르며 이외의 것은 제4장 얕은기초에서 정하는 바를 따른다.

9.4 깊은기초

9.4.1 하부구조물 저면으로부터 구조물을 지지하는 지지층까지의 깊이가 기초의 최소 폭에 비하여 비교적 큰 기초형식으로서 말뚝기초, 오픈케이슨기초 등을 말한다.

9.4.2 말뚝기초는 9.5 말뚝기초, 오픈케이슨기초는 5.5 케이슨기초를 따르며, 이외의 것은 제5장 깊은기초에서 정하는 바를 따른다.

9.4.3 깊은 기초의 연직허용지지력은 구조형식, 시공방법, 지반조건 등을 고려하여, 5.2 말뚝의 축방향 지지력과 변위, 5.5 케이슨기초에서 정하는 바를 따른다.

9.4.4 깊은 기초의 수평 지지력은 지반조건, 구조특성, 시공방법 등을 고려하여, 5.3 말뚝의 횡방향 허용 지지력, 5.5 케이슨기초에서 정하는 바를 따른다.

9.4.5 침하량 계산은 5.2.9 말뚝기초의 침하, 5.5 케이슨기초에서 정하는 바를 따른다.

9.5 말뚝기초

9.5.1 말뚝의 축방향 허용지지력은 말뚝본체의 허용 압축하중과 지반의 허용 지지력 중 작은 값 이하로 한다. 말뚝의 축방향 변위는 상부 구조물의 허용변위량 이내로 한다.

9.5.2 말뚝본체의 허용압축하중은 5.2.2 말뚝본체의 허용 압축하중에서 정하는 바를 따른다.

9.5.3 지반의 축방향 허용 압축지지력은 5.2.3 지반의 축방향 허용 압축지지력, 5.2.4 재하시험에 의한 지반의 축방향 허용압축 지지력 결정, 5.2.6 무리말뚝의 축방향 압축지지력, 5.2.7 부주면 마찰력, 5.2.8 말뚝의 허용 인발 저항력, 5.2.9 말뚝기초의 침하에서 정하는 바를 따른다.

9.5.4 말뚝의 횡방향 허용 지지력은 5.3 말뚝의 횡방향 허용 지지력에서 정하는 바를 따른다.

9.5.5 말뚝기초의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 말뚝기초의 연직하중은 말뚝에 의해서만 지지되는 것으로 간주하며 기초 푸팅의 지지효과는 무시한다. 다만 기초 푸팅의 지지효과를 충분히 신뢰할 수 있는 경우에는 이를 고려한다.
(2) 말뚝기초의 횡방향 하중은 말뚝에 의해서 지지되는 것으로 한다. 다만 말뚝의 근입장이 충분하고 지반의 강도가 횡방향 하중을 분담할 수 있다고 판단될 때에는 기초 측면의 횡방향 지지력을 고려할 수 있다.
(3) 기초에 큰 횡방향 하중이 작용할 때에는 경사말뚝을 배치하여 횡방향 하중을 분담하게 할 수 있다.
(4) 이음위치는 단면에 여유가 있고 부식 등의 영향이 적은 곳에 설치하는 것이 바람직하다.
(5) 강관말뚝의 두께 및 재질변경을 할 경우는 말뚝 단면력의 분포 및 시공성을 고려한다.
(6) 말뚝선단의 구조는 지반상태와 시공방법을 고려하여 결정한다.

9.5.6 구조물 또는 흙의 자중 및 재하하중, 수압, 파력, 지진력 등에 의한 활동파괴에 대한 안정해석은 원호 또는 직선의 파괴 활동면을 가정하여 이차원 문제로 해석하는 것을 원칙으로 하며 안정성이 가장 낮을 것으로 예상되는 단면에 대하여 실시한다.

9.5.7 지반의 조건에 의하여 원호 또는 직선 활동면 이외의 파괴면을 가정하는 것이 적절하다고 판단되는 경우는 복합 활동면을 고려한 안정해석을 실시한다.

9.5.8 활동파괴에 대한 안정해석에서 확보하여야 할 안전율은 지반 및 상재하중 특성, 구조물의 중요도, 시공단계 등을 고려하여 적합하게 정한다.

9.6 지반개량

9.6.1 연약지반 대책공법으로서 지반개량을 시행할 경우 기초지반의 특성, 구조물의

종류와 크기, 시공기간과 난이도, 경제성, 환경영향 등을 고려하여 적합한 개량공법을 선정한다.

9.6.2 치환공법의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 치환단면의 제원은 원호활동에 대한 안정성, 침하량, 시공성 등을 검토하여 결정한다.
(2) 치환공법 설계는 단면제원(치환 깊이, 치환폭, 굴착경사)의 가정, 안정계산, 침하검토의 순서로 한다.
(3) 단면을 가정하고 안전성을 검토하여 소요 안전율에 가장 가깝게 도달할 때까지 반복해서 단면을 변화시키는 방법으로 최종단면을 정한다.
(4) 부분치환에 널말뚝이나 보조공법이 설치된 경우 단면전체의 복합적인 활동에 대한 안정성을 검토한다. 전면치환인 경우에도 바닥면이 경사진 경우에는 바닥면에서의 활동을 포함한 복합활동을 검토한다.
(5) 치환단면의 하부에 점토가 남아있는 경우(부분치환이나 지반굴착 비탈면의 하부) 압밀침하가 상부 구조물에 미치는 영향을 검토한다.
(6) 치환재료의 내부마찰각은 입자형태, 입도분포, 투입방법, 투입순서, 방치간격, 재하하중 등의 영향을 고려하여 선정한다.
(7) 액상화 가능성에 대한 평가는 입도분포와 N값을 이용하여 검토한다.
(8) 치환이 완료된 후 확인조사를 시행하여 국부적인 연약층의 존재 여부를 확인한다.

9.6.3 연직배수 공법의 설계는 다음 사항을 고려한다.

(1) 지반개량을 위한 목표강도 증가량, 공사기간, 구조물의 장래 허용 침하량, 연직배수공 시공범위 등을 고려하여 설계한다.
(2) 지반개량에 필요한 흙쌓기 높이와 폭은 시공중 및 완성시 흙쌓기의 안정에 필요한 한계 쌓기고, 강도 증가량, 장래 허용 침하량 및 주변의 영향 등을 고려하여 결정한다.
(3) 흙쌓기의 안정에 필요한 흙쌓기 높이와 폭이 결정된 최종단면은 여러 단계로 나누어서 시공하도록 설계한다. 각 시공단계의 단면형상은 그 단계까지의 강도

증가량을 고려하여 그 단계의 흙쌓기 안정성을 검토하여 결정한다.

(4) 연직 배수공 설계는 연직 배수재의 간격과 직경 및 점성토층 상하부의 배수조건, 그리고 연직 배수재 재료의 특성 및 상부 수평 배수층의 특성과 두께를 고려한다.

(5) 연직 배수재 및 상부 수평 배수층은 적합한 배수 기능을 가진 재료를 선택하여 투수저항이 발생하지 않도록 한다.

(6) 연직배수재의 간격과 배치는 교란효과를 고려하여 필요한 공사기간 내에 요구되는 압밀도를 얻을 수 있도록 정한다.

9.6.4 심층혼합처리공법의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 심층혼합처리공법은 원지반의 연약점성토와 고화제를 강제적으로 혼합하여 지반 중에 견고한 안정처리토를 형성하는 연약지반 개량공법으로서 중력식의 방파제, 안벽 또는 호안의 하부 기초공에 적용한다.

(2) 심층혼합처리공법에 의한 지반개량 설계시 외부 안정과 내부 안정 및 개량체의 변위를 검토한다. 이때 개량체에 작용하는 외력은 각 검토내용에 따라 적합하게 산정한다.

(3) 안정처리토 배합설계는 현장시공과 동일조건에서 시행하며, 현장시험 또는 실내배합시험을 실시하여 배합강도를 결정한다.

(4) 개량체의 내부응력 검토를 위해서 적합한 허용응력을 설정한다.

(5) 개량체의 외부안정은 활동, 전도, 지지력에 대해서 안전하도록 설계한다.

(6) 외력에 의해 개량체에 생기는 응력은 안정 처리토의 허용전단응력 및 허용인장응력을 초과하지 않도록 설계한다.

(7) 벽식개량의 경우 긴 벽 사이에 있는 미개량토의 압출에 대해서 검토한다.

(8) 개량체는 원호활동에 대해 안전하도록 설계한다.

(9) 개량체가 부상형 또는 착저형인 경우에도 지지층의 하부에 점성토가 존재하고 있을 때에는 측방이동 또는 압밀에 의한 변위(수평, 연직)를 검토한다.

(10) 환경 영향성 평가시험 결과를 통해 지반개량재료를 선정하여, 염분, 유기물 등에 의한 열화현상이 발생되지 않도록 하고, 해수 및 지하수의 오염, 지반오염 등의 지반환경 문제가 발생하지 않도록 설계한다.

9.6.5 고압분사주입공법의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 고압분사주입공법은 공기나 물의 힘으로 지반을 절삭하여 주입액을 초고속 분사함으로써 그 절삭부분의 토사와 치환하거나 토사와 혼합함으로써 계획하는 방향이나 범위 내에 고결체를 형성하는 공법이다.

(2) 고압분사주입공법에 의한 지반개량 설계시에는 아래의 항목에 대한 지반조사와 실내시험이 필요하다.

① 대상지반의 지층구성, 지하수위 등

② 지층의 물리적 특성(함수비, 입도조성 등)

③ 지층의 역학적 특성(N값, 점착력 등)

(3) 지반조건과 시공조건으로부터 대상 지반, N값, 시공깊이 등을 고려하여 공법의 적합성을 검토한다.

(4) 위의 방법에 따라 선정할 수 없는 경우 공사목적, 공사규모, 공사기간, 경제성, 공법의 특성 등을 고려하여 현지조건에 가장 적합한 공법을 선정한다.

(5) 표준 유효경은 토층조건(토질, N값, 투수계수, 입도조성, 점착력 등)과 시공조건(시공심도 깊이, 시공목적, 설계강도, 지하수위 등)에 따라 결정한다.

(6) 설계시 개량체의 단위체적중량 및 내부마찰각은 원지반과 동등한 것을 가정하며, 개량체의 7일 설계강도는 28일강도의 30%~40%가 되도록 한다.

(7) 지반보강 및 차수를 목적으로 하는 경우 중첩배치를 하며, 지반보강만을 목적으로 하는 경우에는 접점배치를 한다.

(8) 안전율은 시공성과 시공목적을 고려하여 결정한다.

(9) 강도열화와 지반환경오염에 대한 대책은 9.6.4의 (10)과 같다.

9.6.6 저유동성 모르터주입 공법의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 저유동성 모르터주입 공법은 저유동성의 모르터형 주입재를 지중에 압입하여 원기둥 형태의 균질한 고결체를 형성함으로써 주변 지반을 압축, 강화시키는 공법이다.

(2) 주입재의 배합설계 시 주입재를 통제할 수 있는 유동학적 특성을 고려하여, 골재와 세립토의 입도조성과 주입재의 슬럼프 및 컨시스턴시, 특히 0.074mm보다 작은 세립분 양의 조절에 주의한다.

(3) 주입압의 상한 값(지표면이나 구조물의 융기를 일으키는 압력)은 현장 여건을 고려하여 설정한다.

(4) 정압주입개념으로 허용 주입압을 통해 조절하도록 설계하며 주입률은 현장의 지반특성에 따라 결정한다.

(5) 주입방식 결정시 개량 대상지반의 지층구성, 구조물의 구조, 개량목적 등을 고려한다.

(6) 주입공의 배치와 주입순서는 시공목적과 현장조건을 고려하여 경제성과 주입효과를 극대화하도록 설계한다.

(7) 지반조사를 통하여 각 주입공 및 단계별로 표준 목표체적을 미리 선정하며 지표면 융기를 발생시키지 않아야 한다. 지반개량 목적일 경우, 사전에 목표로 하는 공극률 감소량이나 상대밀도 증가량을 정하여 이를 토대로 주입체적을 산정한다.

(8) 강도열화와 지반환경오염에 대한 대책은 9.6.4의 (10)과 같다.

9.6.7 모래 및 쇄석다짐말뚝 공법의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 사질토 지반을 대상으로 하는 경우 대상지반의 특성 및 시공방법의 특징을 고려하고 기존 시공실적 또는 시험시공 결과를 참조하여 설계한다. 신뢰할만한 기존실적이 없는 경우나 실트를 많이 포함한 흙의 경우 시험시공에 의해 설계를 하며, 시험시공계획은 간극비에 의한 다짐도 검토, 실적 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.

(2) 점성토 지반을 대상으로 하는 경우 지반의 복합성과 시공에 의한 영향을 고려한다.

(3) 모래 및 쇄석다짐말뚝공법 설계 시 모래 및 쇄석말뚝의 강도, 말뚝의 치환율, 구조물에 대한 개량범위의 치환관계, 외부조건(크기, 방향, 하중경로, 재하속도 등), 말뚝 사이 지반의 강도와 구속압, 말뚝 타설에 의한 개량범위 내외의 교란의 영향, 말뚝 타설에 의한 지표면의 융기 현상과 그 흙의 특성, 그리고 이용 유무 등을 고려한다.

(4) 모래말뚝재료는 투수성이 좋고, 세립분(0.074mm이하)의 함유량이 적으며, 입도분포가 좋고, 다짐이 쉬우며, 소정의 강도가 기대되고, 케이싱으로부터의 배출이

용이한 재료가 적합하며, 개량목적과 치환율을 고려하여 선정한다.

(5) 쇄석말뚝재료는 최대직경이 40mm 이하이고 세립분(0.074mm이하)의 함유량이 적은 재료가 적합하며, 개량목적과 치환율을 고려하여 선정한다.

(6) 모래 및 쇄석말뚝재료의 구득이 용이하지 않을 경우 동등 품질 이상의 순환골재를 사용할 수 있다.

(7) 복합지반의 전단강도의 산출식이나 설계 제정수를 산정할 때에는 각각의 조합에 대한 기존의 시공실적을 참조하여 결정한다.

(8) 설계정수는 원지반의 강도, 안전율, 안정계산방법, 시공속도 등을 고려하여 결정한다.

(9) 항만시설의 안정 계산은 분할법(절편법)에 의한 원호활동 계산을 원칙으로 하며 현장여건에 따라 팽창, 전단, 관입에 대한 검토도 필요시 고려할 수 있다.

(10) 압밀침하량은 안정계산에서 결정된 안전율로부터 말뚝직경, 말뚝배열, 배치(정사각형 또는 삼각형 배치 등)를 구하고 압밀도와 경과시간의 관계를 계산한 후, 계산된 미개량 지반의 최종 압밀침하량에 침하 감소계수를 곱하여 복합지반의 최종 침하량을 계산한다. 압밀경과시간은 시간-침하관계로부터 구한다.

9.6.8 바이브로플로테이션 공법의 설계는 다음사항을 고려한다.

(1) 바이브로플로테이션공법은 수평방향으로 진동하는 진동체를 진동체의 하단에 물을 분출시키면서 소정의 깊이까지 지중에 삽입하여 진동체 주변에 있는 공극에 지표에서 모래나 자갈 등을 보급하면서 끌어 올림으로써 느슨한 모래지반을 심층다짐하는 공법이다.

(2) 바이브로플로테이션 공법의 설계시 대상 지반의 특성, 바이브로플로트의 타설밀도, 바이브로플로트의 능력, 개량 전후지반의 N값과의 상관 관계를 고려하여야 하며 신뢰할 수 있는 자료가 없는 경우, 실트가 많은 지반, 사질토층과 점성토층이 서로 반복되는 지반에서는 시험시공 결과에 따라 설계한다.

(3) 원지반에 대한 지반조사를 실시하여 본 공법에 의해 개량되는 지반의 특성이 개량구조물의 성질, 지반에 대한 하중강도, 하중분포 등의 만족여부를 검토한다.

(4) 시험시공을 위한 예비 설계는 9.6.7 모래 및 쇄석다짐말뚝 공법에서 정하는 바를 따른다.

제10장 내진설계

10.1 일반사항

10.1.1 이 장은 건설교통부의 내진설계기준연구(Ⅱ)(1997. 12.)결과를 토대로 구조물 기초의 내진설계와 내진성능 평가를 위해 작성된 기준이다.

10.1.2 이 장은 구조물 기초의 내진성능을 확보하기 위한 최소 설계 요구조건으로서 지진으로 인한 구조물 기초의 피해와 이로 인한 경제적 손실을 최소화하기 위한 기준이다.

10.1.3 구조물 기초의 내진성능 평가는 지진의 발생빈도, 지반운동 크기와 구조물 기초의 중요도 등에 따라 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하여 실시한다.

10.2 기초 구조물의 내진등급

10.2.1 구조물의 내진등급은 특등급, 1등급과 2등급으로 구분하고, 기초 구조물의 내진등급은 해당 구조물의 내진등급을 따른다.

10.2.2 내진 특등급 구조물은 내진 1등급 구조물 중 복구의 난이도가 높고 경제적 측면에서 특별하게 분류되는 구조물로서 관할기관과 협의하여 결정한다.

10.2.3 내진 1등급 구조물은 피해를 입는 경우 많은 인명과 재산상의 손실을 발생시키는 구조물, 지진재해 복구에 중요한 역할을 담당하는 구조물, 국방상의 필요성에 의하여 분류된 구조물 등으로 관할기관과 협의하여 결정한다.

10.2.4 내진 2등급 구조물은 내진 특등급과 내진 1등급에 속하지 않는 일반 구조물 중 관할기관과 협의하여 결정한다.

10.3 내진성능목표

10.3.1 구조물의 내진성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하며, 기초구조물의 내진성능수준은 구조물의 내진성능수준을 따른다.

10.3.2 기능수행수준은 지진 시 또는 지진 경과 후에도 구조물의 정상적인 기능을 유지할 수 있도록 심각한 구조적 손상이 발생하지 않게 설계하는 것을 성능목표로 한다.

10.3.3 붕괴방지수준은 구조물에 제한적인 구조적 피해는 발생할 수 있으나 긴급보수를 통해 구조물의 기본기능을 발휘하도록 설계하는 것을 성능목표로 한다.

10.3.4 기초 구조물은 <표 10.1>에 규정한 평균 재현주기를 갖는 지반운동에 대하여 기능수행수준과 붕괴방지수준을 만족하도록 설계한다.

<표 10.1> 지반운동 수준

성능목표	특등급	1등급	2등급
기능수행	평균재현주기 200년	평균재현주기 100년	평균재현주기 50년
붕괴방지	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

10.4 기초 구조물의 설계 거동한계

10.4.1 기초구조물의 기능수행수준에 따른 설계거동한계는 다음과 같다.

(1) 비탈면이나 옹벽과 같은 흙막이 구조물은 부분적인 항복과 소성변형을 허용할 수 있으나, 주변 구조물 및 부속 시설들은 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.
(2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진 시 그 주변 지반의 소성거동은 허용할 수 있으나 기초 구조물 자체와 모든 상부 구조물 및 부속 시설이 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.

10.4.2 기초 구조물의 붕괴방지수준에 따른 설계거동한계는 다음과 같다.

(1) 비탈면이나 옹벽과 같은 흙막이 구조물의 구조적 손상은 경미한 수준으로 허용하며 이로 인한 주변 구조물 및 부속 시설들의 소성거동은 허용하지만 취성파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.
(2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진하중 작용 시 소성거동을 허용할 수 있으나 이로 인하여 기초구조물 자체와 상부 구조물에는 취성파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.
(3) 기초 구조물과 그 주변의 지반에는 과다한 변형이 발생하지 않아야 하며, 지반의 액상화로 인하여 상부 구조물에 중대한 결함이 발생하지 않아야 한다.

10.5 설계 지반운동 결정과 지반 증폭계수

10.5.1 구조물 기초설계 지반운동을 결정하는데 고려할 사항은 다음과 같다.

(1) 설계 지반운동은 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장 운동으로 정의한다.
(2) 국지적인 토질조건, 지질조건, 지형조건 등이 지반운동에 미치는 영향을 고려한다.
(3) 설계 지반운동은 기본 지진재해도(보통암 지반 기준)로 평가한다.
(4) 설계 지반운동은 진폭, 주파수 내용 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성을 합리적으로 정의한다.

(5) 토사지반에 중요도가 높은 구조물을 설치하는 경우, 부지특성 평가기법과 부지응답해석을 수행하여 해당부지에 적합한 설계 지반운동을 결정한다.

(6) 설계 지반운동은 수평 2축 방향과 연직방향 성분으로 나타낸다.

(7) 설계 지반운동의 수평 2축 방향 성분은 그 특성이 서로 동일하다고 가정할 수 있다.

(8) 설계지반운동의 연직방향 성분의 진폭은 수평방향 성분의 3분의 2로 가정할 수 있고, 주파수 내용과 지속시간은 수평방향 성분과 동일하다고 가정할 수 있다.

10.5.2 설계지진계수(지표면 자유장 최대가속도)는 해당 지역의 보통암 암반 노두 설계지진계수(최대가속도)에 그 지역의 지반(증폭)계수를 곱하여 결정한다.

10.5.3 지반운동에 따른 지반종류는 <표 10.2>와 같이 5종으로 분류한다.

<표 10.2> 지반의 종류

지반 종류	지반종류의 호 칭	지표면 아래 30m 토층에 대한 평균값		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 $\overline{N}$(타격횟수/300mm)	비배수전단강도 $\overline{s_u}$ (kPa)
S_A	경암 지반	1500 초과	–	–
S_B	보통암 지반	760에서 1500		
S_C	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360에서 760	> 50	> 100
S_D	단단한 토사 지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S_E	연약한 토사 지반	180 미만	< 15	< 50
S_F	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

10.5.4 지반(증폭)계수는 내진설계기준연구(II)(건설교통부, 1997년)을 준용하거나 부지고유의 응답해석을 수행하여 결정한다. 부지고유의 응답해석 결과는 내진설계기준연구(II) 결과의 80%이상인 경우에 한하여 사용한다.

10.5.5 중요구조물에 대하여 토사지반의 증폭현상을 파악하기 위하여 암반노두와 토사지반에 지진계를 병행설치하는 것이 필요하다고 판단되는 경우 설치여부 등을 관할기관과 협의하여 결정할 것을 권장한다.

10.6 입지조건과 지반조사

10.6.1 구조물의 위치는 활성단층 지역, 활성단층 인접지역 그리고 액상화 현상 및 과다한 침하 등이 발생할 가능성이 있는 지역은 가급적 피한다. 불가피한 경우에는 지반을 개량하여 지진에 의한 피해가 발생할 가능성을 저하시킨다.

10.6.2 지반조사는 지층의 구성, 각 지층의 동역학적 특성 파악 및 실내시험용 시료 채취 등을 수행하는 현장시험과 채취된 시료를 이용한 실내시험을 포함한다.

10.6.3 내진설계에서는 지진에 대한 설계 지반운동을 결정하기 위하여 기준면을 확인할 수 있는 심도까지 시추를 시행한다. 기준면은 보통암 지반(전단파속도 Vs= 760m/s 이상)으로 한다.

10.6.4 액상화 저항응력을 평가하기 위한 시추조사는 지표면 아래 20m 까지 실시한다.

10.6.5 설계 지반운동 결정을 위하여 지반의 층상구조, 기반암 깊이, 각 층의 밀도, 지하수위, 전단파 속도 주상도, 각 지층의 변형률 크기에 따른 전단탄성계수 감소곡선과 감쇠비 곡선 등을 조사한다.

10.6.6 액상화 평가를 위해서는 시추주상도, 지하수위, 표준관입시험의 N값, 콘관입시험의 q_c값, 전단파 속도 주상도, 지층의 물리적 특성 등을 결정한다. 또한 상세한 액상화 예측을 위해서는 시료를 채취하여 실내 반복시험(cyclic test)를 실시한다. 재성형 시료를 사용할 경우 가능한 한 현장조건과 유사하게 성형한다.

10.7 액상화 평가

10.7.1 기초 구조물은 지반 액상화의 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토한다. 액상화 발생 가능성은 대상현장에서 액상화를 유발시키는 전단저항응력과 지진에 의해 발생되는 지진전단응력의 비로서 정의되는 안전율로 평가한다.

10.7.2 설계 지진 규모는 지진구역 Ⅰ, Ⅱ 모두 리히터규모 6.5를 적용한다.

10.7.3 액상화 평가는 구조물 내진등급에 관계없이 예비평가, 간이평가(간편 예측법), 상세평가의 3단계로 구분하여 수행한다.

10.7.4 내진 특등급 및 1등급 구조물인 경우 현장과 실내 시험결과를 적용한 지진응답해석을 수행하여 지진전단응력을 결정하고, 액상화 전단저항응력은 실내반복시험 결과를 이용하여 산정한다.

10.7.5 액상화 평가에는 구조물의 내진등급에 따라 현장시험 결과(N값, qc값, Vs값 등)를 이용한 간편 예측법 또는 실내 반복시험을 이용한 상세 예측법 등을 적용한다.

10.7.6 간편 예측법에서 액상화에 대한 안전율은 1.5를 적용한다. 안전율이 1.0~1.5 일 경우 상세 예측법을 실시하고 안전율이 1.0 미만인 경우 바로 액상화 대책 공법 또는 액상화 고려 기초구조물 해석 방법을 실시한다.

10.7.7 상세 예측법에서 액상화에 대한 안전율은 1.0을 적용한다. 안전율이 1.0 미

만인 경우 대책공법을 마련 또는 액상화 고려 기초구조물 해석 방법을 실시하고, 1.0 이상인 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

10.7.8 액상화로 인한 큰 피해가 예상되는 지역에는 액상화 방지 대책을 계획한다.

10.8 기초구조물의 내진해석

10.8.1 기초구조물에 대한 내진해석은 등가정적 해석방법, 응답변위 해석방법과 동적해석 방법 등을 사용한다.

10.8.2 기초에 대한 내진설계는 기초 구조체의 최대응력, 기초지반의 최대반력, 상부구조의 최대변위 그리고 기초의 전도, 활동 및 지지력 등을 검토한다.

10.8.3 기초 내진설계 시 하중은 구조물의 자중, 상재하중에 의한 관성력, 지진에 의한 동수압 및 토압 등을 고려하여 결정한다. 또한 액상화 지반의 측방유동에 대한 영향을 하중에 고려한다.

10.8.4 얕은기초의 등가정적해석은 다음과 같은 기본사항을 만족하여야 한다.

(1) 기초에 작용하는 등가정적하중은 기초지반과 상부구조물의 응답특성을 고려하여 결정한다.
(2) 얕은기초는 지지력, 전도, 활동에 대하여 안전하여야 하고, 변형 및 침하량이 허용치 이하이어야 한다.
(3) 액상화가 발생할 수 있는 기초지반은 적합한 액상화 대책공법을 적용한다.

10.8.5 말뚝기초의 등가정적해석은 다음과 같은 기본사항을 만족하여야 한다.

(1) 등가정적해석에서는 기초지반과 상부구조물의 특성을 고려하여 지진하중을 말뚝머리에 작용하는 등가정적하중으로 환산한 후 정적 해석을 수행한다.
(2) 무리말뚝 기초의 경우 무리말뚝 해석을 통하여 구조물의 하중을 각 단일말뚝에

분배하고, 이 때 가장 큰 하중을 받는 단일 말뚝에 대하여 등가정적해석을 수행한다.

(3) 말뚝기초 주변지반에 대하여 액상화 가능성, 말뚝머리의 횡방향 변위 및 침하, 말뚝 본체의 파괴가능성 등을 검토한다. 액상화 가능성이 있는 지반에서는 말뚝의 주면 마찰력을 무시한다.

10.8.6 지중 벽체 구조물과 같이 지반변위가 지배적인 기초 구조물에 대해서는 응답변위 해석법을 적용한다.

10.8.7 기초 구조물에 대한 동적해석이 필요한 경우에는 기초와 지반의 상호작용을 고려하여 응답스펙트럼법, 시간이력 해석법 등을 사용할 수 있다.

10.8.8 기초 구조물에 대한 동적해석에서는 현장시험과 실내시험으로 얻은 지반의 특성치를 적용하여 해석한다.

10.9 제방 비탈면의 내진해석

10.9.1 제방 비탈면의 내진해석법은 등가정적 해석법 및 동적 수치해석 방법 등이 있다.

10.9.2 동적 수치해석결과 지진으로 인하여 비탈면에 설계 거동한계를 초과하는 변형이 발생하지 않아야 한다.

10.9.3 액상화 현상에 따른 지반 유동파괴가 발생하지 않아야 한다.

10.10 옹벽의 내진해석

10.10.1 옹벽의 내진해석법에는 등가정적 해석법, 벽체의 영구변위를 허용하는 영

구변위 산정법과 수치해석 방법 등이 있다.

10.10.2 등가정적해석에서 옹벽에 작용하는 동적토압은 Mononobe-Okabe 토압이론을 적용하여 산정한다.

10.10.3 옹벽의 기초 및 기초지반은 미끄러짐 파괴, 지지력 파괴, 전도파괴, 전체 활동파괴 등에 대하여 안전하여야 한다.

10.10.4 앵커시스템은 지진으로 인해 유발되는 토압 및 지반변형에 안전하게 견딜 수 있도록 설계한다.

10.10.5 옹벽 배후 지반에 설치된 구조물의 변형은 설계거동 한계를 초과하지 않아야 한다.

제11장 진동기계 기초

11.1 일반사항

11.1.1 이 장은 기계의 원활한 가동과 기계진동에 의해 진동기계 및 기계기초 구조물이 입는 피해와 기초진동으로 인한 주변구조물과 작업자의 피해를 허용기준 이하로 유지하는데 필요한 최소 설계요구조건을 규정한다.

11.1.2 진동을 받는 기초의 설계는 작은 변형률의 지반특성, 동하중 특성 및 지반-기초의 상호 작용의 영향을 동시에 고려한 동적거동해석을 바탕으로 한다.

11.1.3 기초의 형식은 구조물의 특성, 기계의 정하중과 동하중 특성, 지층의 구성상태, 지지층까지의 깊이 등을 고려하여 선정한다.

11.1.4 진동기계 기초의 설계를 위해 필요한 기계관련 자료는 다음과 같다.

(1) 정하중의 크기, 작용점 위치 등
(2) 진동하중의 특성, 크기, 가동 진동수 등

11.2 정하중 조건

11.2.1 진동기계 기초는 기계 진동으로 발생하는 하중이외의 정하중과 지진하중 등 일반 기초에 작용하는 하중에 대하여 우선 안정하여야 한다.

11.2.2 부등침하를 방지하기 위하여 모든 정하중의 무게중심을 통과하는 연직선은 기초 바닥면의 중심과 일치하거나 편심이 기초 평면치수의 5% 이내로 한다.

11.3 동하중에 의한 공진 방지

11.3.1 진동기계 기초는 기계진동으로 발생할 수 있는 공진의 영향이 최소화하도록 설계한다. 공진상태를 파악하기 위해서는 기계-기초-지반계의 고유 진동수를 결정한다.

11.3.2 작동속도가 1,000rpm 이상인 기계에 대한 기초는 일반적으로 고유 진동수가 작동 진동수의 1/2 이하가 되도록 설계한다.

11.3.3 작동속도가 300rpm이하인 기계에 대한 기초는 일반적으로 작동속도의 2배 이상인 고유 진동수를 갖도록 설계한다.

11.4 기계기초의 진동해석

11.4.1 기초지반에 상응하는 강성계수와 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시하며, 해석결과 기계 작동 중 진폭은 허용기준치 이내로 한다.

11.4.2 진동형태가 독립적이지 못하고 다른 진동형태에 영향을 받아 합성진동을 하는 경우 상호 영향을 고려하여 진동해석을 실시한다.

11.4.3 기초의 근입 깊이가 증가함에 따라 강성계수 및 감쇠계수가 증가하므로 근입 깊이를 고려하여 보정된 강성계수 및 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시한다.

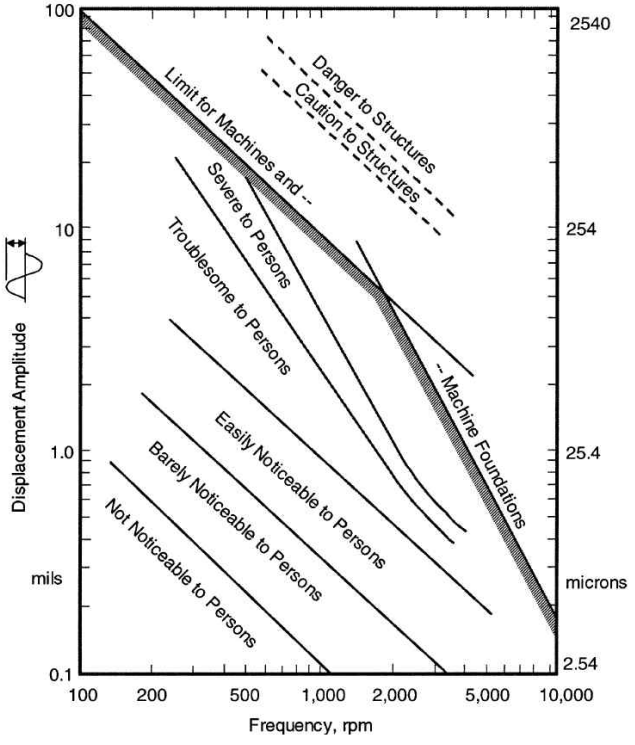
11.4.4 강성이 큰 암반이 지표에서 비교적 얕은 깊이에 있을 경우 강성계수는 증가하고 감쇠계수는 감소하므로 강성지반의 깊이를 고려하여 보정된 강성계수 및 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시한다.

11.4.5 기계기초를 지지하는 지반이 불량한 경우 지반을 보강하거나 말뚝기초를 사용할 수 있다. 말뚝기초 설계는 말뚝-지반 체계의 고유 진동수를 평가하여 수행한다.

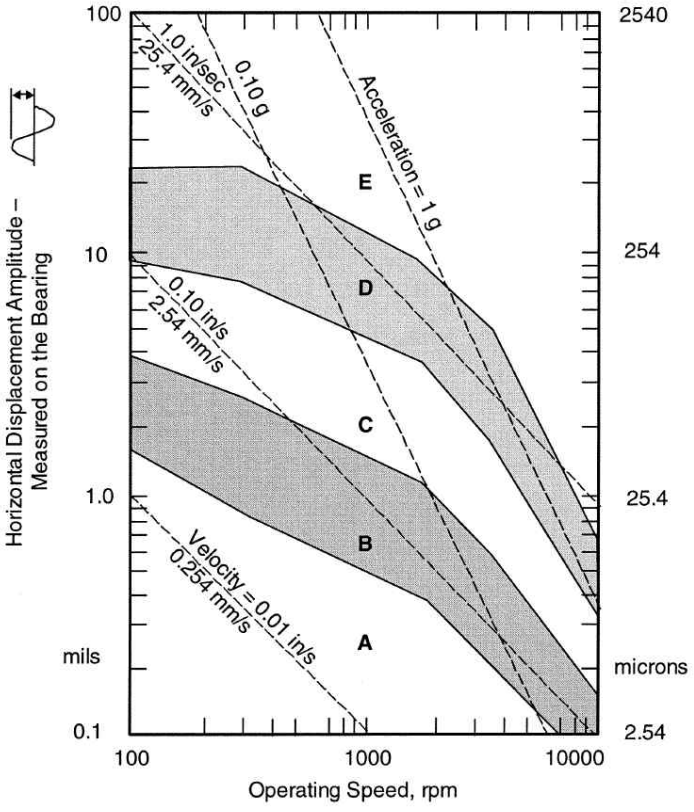
11.5 허용진폭

11.5.1 허용진폭은 일반적으로 변위를 기준으로 하나 속도 또는 가속도를 적용할 수 있다.

11.5.2 허용진폭은 기계제작사의 기준을 따른다. 기계제작사가 제시한 기준이 없으면 일반적으로 <그림 11.1> 및 <그림 11.2>의 값을 이용한다. 충격형 및 고속회전형 기계의 허용 변위 진폭은 <표 11.1>과 <표 11.2>를 따른다.



<그림 11.1> 진동수별 연직변위에 대한 진폭한계



<그림 11.2> 진동수에 따른 회전기계의 수평진폭 허용범위

(A영역 : 정상, 설치초기의 일반적인 상태, B 영역 : 가벼운 결함, 보수 불필요, C 영역 : 결함, 유지비를 절약하기 위해 10일 이내 보수필요, D 영역 : 파괴가 임박, 2일 이내에 보수하여야 파손방지 가능, E 영역 : 위험, 설비작동 즉각 중지 필요)

<표 11.1> 충격형 기계기초의 허용변위 진폭

해머무게 (ton)	최대 진동진폭(mm)	
	모루(anvil)	기초블럭
1 이하	1.0	1.2
2	2.0	1.2
3 이상	4	1.2

<표 11.2> 고속회전형 기계기초에 대한 허용변위진폭

기계속도 (rpm)	허용진동진폭(10^{-6} m)	
	연 직	수 평
3000	20-30	40-50
1500	40-60	70-90

11.6 동적지지력 및 침하

11.6.1 진동기계 기초의 침하는 기초의 일반적인 허용 침하기준과 기계제작사의 허용 침하기준 이하가 되도록 설계한다.

11.6.2 심각한 진동조건에 대해서는 지반의 허용지지력을 정하중에 대한 허용지지력의 1/2로 감소하여 적용한다.

11.6.3 느슨한 조립토는 진동에 의해 침하가 발생하므로 진동기계를 지지하기 위해서는 다짐을 하거나 또는 다른 방법에 의해 보강한다.

11.7 진동, 충격 그리고 소음 차단

11.7.1 진동설비 내외에 발생하는 진동, 충격, 소음 등으로 인해 진동설비 구조물, 인접 시설물 또는 사람에게 피해가 발생하지 않도록 설계한다.

11.7.2 필요한 경우 진동, 충격, 소음 등을 차단할 수 있는 시설물을 설계하고 계측계획도 수립한다.