

KDS 24 14 50 : 2016

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 도로교설계기준의 교량 하부구조에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
도로교 설계기준	• 도로교 표준시방서(1996)에서 설계기준을 분리하여 제정	제정 (2000.7)
도로교 설계기준	• SI단위계 적용 및 시공중 풍하중 검토, 지진격리교량설계법 추가	개정 (2005.2)
도로교 설계기준	• 인성요구조선 샤프피 흡수 에너지 관련 규정 신설 및 HSB, 볼트재원 추가 등	개정 (2008.9)
도로교 설계기준	• 철근콘크리트 기중의 연성도 내진설계법 추가	개정 (2010.9)
철도 설계기준(노반편)	• 철도노반공사의 시행기준, 조사 및 측량, 토공, 구교 및 배수시설, 지하구조물, 터널, 정거장 등 6편으로 구성	제정 (2001.12)
철도 설계기준(노반편)	• 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영	개정 (2004.12)
철도 설계기준(노반편)	• 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도향상 시키는데 필요한 기준들을 중점적으로 검토	개정 (2011.5)
철도 설계기준(노반편)	• 철도건설 경쟁력 확보를 위한 제반 연구 결과 및 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영	개정 (2013.12)
철도 설계기준(노반편)	• 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영	개정 (2015.12)
KDS 24 14 50 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 24 14 50 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 철도건설과

관련단체 (작성기관) : 한국철도시설공단(한국교량및구조공학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어정의	1
1.3 해석과 설계원칙	3
2. 조사 및 계획	4
2.1 조사	4
2.2 계획	5
3. 재료	6
4. 설계	6
4.1 부재 설계 일반	6
4.2 교대, 교각 및 확대기초 설계	13
4.3 기초 설계의 기본 사항	22
4.4 얕은기초의 지반공학적 설계	26
4.5 깊은기초의 지반공학적 설계	29
4.6 깊은기초의 구조공학적 설계	34

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 KDS 24 10 10에서 규정한 교량의 교대, 교각 및 그 기초 등 하부구조의 설계에 적용한다.
- (2) 이 기준에서 규정하지 않은 사항에 대해서는 국토교통부 및 관련학회에서 제정한 설계기준에 따른다.

1.2 용어정의

이 설계기준에서 쓰이는 용어의 의미는 다음과 같다.

- 강성 기초: 기초의 변위 및 안정 계산에서 기초 자체의 탄성변형을 설계상 무시할 수 있는 강성이 큰 기초
- 공기케이스: 케이스 하부에 작업실을 설치하고 작업실 내에 압축공기를 주입하여 작업실 내의 물을 배제하고 인력 또는 기계로 토사를 굴착 배출하면서 침하시켜 소정의 지지층에 도달시키는 케이스
- 구체: 하부구조의 한 부분으로 상부구조로부터의 하중을 기초에 전달하는 교각 또는 교대의 부분
- 극한지지력: 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대저항력
- 근입깊이(관입깊이): 현 지반면에서 기초저면 또는 끝까지의 깊이
- 기계굴착에 의한 현장타설말뚝공법: 올케이싱공법(All Casing 공법 또는 Benoto 공법), 리버스 서큘레이션 드릴공법(Reverse Circulation Drill 공법: RCD 공법) 또는 어스드릴공법(Earth Drill 공법)에 의하여 소정의 깊이까지 굴착하는 현장타설말뚝공법
- 기성말뚝: 공장에서 제작된 RC말뚝-PC말뚝(KS F 4303 프리텐션방식 원심력 PC말뚝), PHC말뚝(KS F 4306 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트말뚝) 및 강말뚝(KS F 4602 강관말뚝 및 KS F 4603 H형강 말뚝)
- 기준변위량: 탄성 기초의 수평방향 지반반력계수를 산출할 때 기준이 되는 변위량
- 기초: 하부구조의 한 부분으로 구체로부터의 하중을 지반에 전달하는 부분
- 깊은기초: 양질의 지지층이 비교적 깊은 곳에 있는 경우에 사용하는 기초로서, 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있음.

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

- 내부굴착말뚝: 선단이 개방된 기성말뚝의 내부를 통하여 굴착하면서 말뚝을 소정의 깊이까지 압입하거나 가볍게 타격하여 관입시킨 뒤 소정의 지지력이 얻어지도록 해머로 두드려 박거나 말뚝선단 부분을 시멘트나 콘크리트로 처리하는 말뚝
- 독립기초: 단일 기둥의 축력을 기초저판으로 하중전이 하여서 지반으로 전달하는 구조체
- 리버스 서클레이션 드릴말뚝: 원칙적으로 수두차에 의하여 공벽을 보호하면서 회전 비트를 사용하여 굴착하고 이수(泥水)의 역류에 의하여 토사를 배출시켜 현장에서 설치하는 현장타설말뚝
- 마찰말뚝: 지지력의 대부분을 주변 마찰력에 의존하는 말뚝으로 지지층의 깊이가 매우 깊은 경우에 말뚝을 지지층에 도달시키지 않고 중간 지지층과 말뚝 주변의 마찰력을 지지력으로 이용
- 말뚝기초: 양질의 지지층이 깊은 곳에 있는 경우에 타입말뚝공법, 매입말뚝공법 및 현장타설말뚝공법 등으로 설치하는 기초로서, 말뚝의 머리 부분을 확대기초와 연결하여 일체화시키는 탄성 기초
- 무리말뚝: 두 개 이상의 말뚝을 인접 시공하여 하나의 기초를 구성하는 말뚝
- 베노토 말뚝: 케이싱튜브로 공벽을 보호하면서 주로 해머그랩 버킷으로 굴착하여 현장에서 설치하는 현장타설말뚝
- 복합기초: 두 개 이상의 기둥 축력을 기초의 저판으로 하중전이 하여서 지반으로 전달하는 구조체
- 선굴착 기성말뚝공법: 지반을 천공한 후 기성말뚝을 삽입, 타격하는 공법
- 설계지반면: 현 지반면에 대하여 장래 지반이 변하는 상태를 고려하여 정한 설계상의 지반면
- 양질의 지지층: 기초로부터의 하중을 안전하게 지지할 수 있는 양질의 지반(암반층, N값이 약 30 이상인 사질토층, N값이 약 20 이상인 점성토층 등으로 충분한 층두께를 갖는 지반)
- 얕은기초: 양질의 지지층이 비교적 얕은 곳에 있는 경우에 사용하는 기초로서, 지반을 얕고 넓게 굴착하여 설치하는 강성 기초
- 연속기초: 벽 아래를 따라 또는 일련의 기둥을 묶어 띠모양으로 설치하는 기초의 저판에 의하여 상부 구조로부터 받는 하중을 지반에 전달하는 형식의 기초
- 어스드릴말뚝: 원칙적으로 벤토나이트 이수에 의하여 공벽을 보호하면서 회전 버킷을 사용하여 굴착하고, 토사를 배출하여 현장에서 설치하는 현장타설말뚝
- 오픈케이슨: 케이슨 내의 토사를 크랩셀이나 그레브버킷 등으로 굴착 배출하면서 침하시켜 소정의 지지층에 도달시키는 케이슨
- 유효근입깊이: 설계지반면에서 기초저면 또는 끝까지의 깊이
- 인력굴착에 의한 현장타설말뚝공법: 굴착 전깊이에 걸쳐 측면의 흙막이를 설치하면서 인력에 의하여 소정의 깊이까지 굴착하고 원칙적으로 흙막이재를 철거하지 않는 현장타설말뚝공법

(이하 인력공법이라 한다.)

- 외말뚝: 외말뚝(Single Pile)은 말뚝이 단독으로 설치되는 경우나 주변에 무리를 형성하여 설치되더라도 무리말뚝효과에 의한 지지력 감소현상을 고려할 필요가 없는 말뚝
- 전면기초: 접지면적을 넓히기 위해 여러 개의 기둥 기초를 하나의 기초 슬래브로 시공하는 기초
- 지지말뚝: 말뚝의 끝이 땅속에 있는 굳은 지반이나 암반 등에 닿아 기둥과 같이 상부의 하중을 지반 하부에 전달하는 말뚝
- 콘크리트말뚝: 타입말뚝 등에 사용되는 철근콘크리트말뚝이나 프리스트레스트 말뚝의 총칭
- 케이슨기초: 양질의 지지층이 깊은 곳에 있는 경우에 케이슨공법으로 설치하는 기초로서, 일반적으로 근입깊이가 폭에 비하여 큰 강성 기초
- 타입말뚝: 디젤해머, 드롭해머, 진동해머, 유압해머 등을 사용하여 소정의 깊이까지 두드려 박는 말뚝
- 탄성(연성)기초: 기초의 변위 및 안정 계산에서 기초 자체의 탄성변형을 설계상 고려할 필요가 있는 강성이 작은 기초
- 특수지반: 지진 시 발생하는 지반변위가 크고, 그 영향을 고려하여 기초의 내진설계를 해야 하는 지반
- 허용변위량: 상·하부구조의 기능성과 안전성이 손상되지 않는 범위 내에서 하부구조가 허용할 수 있는 변위량
- 허용지지력: 극한지지력을 소정의 안전율로 나눈 지지력과 허용변위량으로부터 정하여지는 지지력 중 작은 값
- 현장타설말뚝: 기계나 인력에 의하여 굴착한 구멍 안에 철근콘크리트를 타설하여 만드는 말뚝
- 확대기초: 구조체인 기둥 또는 벽체를 지지하면서 그 하중을 말뚝이나 지반에 전달하는 판상 구조물

1.3 해석과 설계원칙

1.3.1 설계조건

하부구조의 설계는 상부구조에서 전달되는 하중과 하부구조 자체에 작용하는 하중을 안전하게 지반에 전달시킴과 동시에 상부구조에서 주어진 설계조건을 만족하도록 실시해야 한다.

1.3.2 계산의 정밀도

설계계산의 최종단계에서 검토의 대상이 되는 수치의 유효숫자는 셋째 자리까지 확보해야 한다.

2. 조사 및 계획

이 절은 하부구조에 대한 조사 및 계획내용으로서 조사에 대한 상세내용은 KDS 47 10 20을 따른다.

2.1 조사

조사는 하부구조의 설계 및 시공에 필요한 자료를 얻기 위하여 실시하며, 입지환경조사, 지반조사, 하천조사, 시공환경조사 및 기타조사로 구분할 수 있다.

(1) 입지환경조사

- ① 입지환경조사에는 환경영향평가, 교통영향평가, 수리·수문조사 등이 있으며, 이외에도 실시설계 및 시공단계에서 구조물 주변을 조사해야 한다.
- ② 지형조사는 구조물 건설에 영향을 미치거나 공사로 영향을 받을 수 있는 지형을 지형도나 항공사진 등을 이용하여 분석하고 현장답사를 통해 실시해야 한다.
- ③ 환경조사는 구조물 계획단계에서 실시하는 광역 환경조사와 시공계획 수립 후 실시설계 및 시공단계에서 구조물 주변 환경조사로 구분하여 실시해야 한다.
- ④ 지장물조사는 건설공사 지역 내에 이미 설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 지하통로 등을 대상으로 하며, 지하지장물의 종류, 심도 및 크기를 파악하여 안전한 시공을 할 수 있도록 해야 한다.
- ⑤ 기타 필요시 사토장 조사, 공사용 설비 조사, 보상 조사 및 관계법 조사를 사전에 수행해야 한다.

(2) 지반조사

① 조사의 구분

지반조사는 예비조사와 본조사, 추가조사 및 시공 중 조사의 단계로 구분하여 실시한다.

② 예비조사

예비조사는 공사계획 단계에서 구조물의 위치선정을 위하여 실시하는 조사로서 넓은 범위를 대상으로 하여 자료조사(기존 지반자료의 조사, 기존 구조물의 조사), 항공사진 판독 및 분석, 현지답사 등을 실시하며, 필요할 경우에는 물리탐사, 시추 및 시굴조사를 실시한다.

③ 본조사

본조사는 실시설계나 시공에 필요한 지반의 상세한 정보를 얻기 위하여 실시하는 조사로서 지층의 분포, 지질구조, 공학적인 특성 등 설계정수를 파악하기 위하여 상세지표지질조사, 시추조사, 시료채취, 사운드, 토질시험, 암석시험, 지하수조사, 재하시험, 물리탐사 및 물리검층, 유해가스, 산소결핍공기 등의 조사를 포함하며, 공사의 목적이나 구조물의 종류에 따라 조사 및 시험의 진행방법이나 중점 조사사항을 다르게 할 수 있다.

④ 추가조사

추가조사는 본조사 실시 후 설계변경이나 지반특성의 추가확인이 필요한 경우에 시추, 물리탐사, 실내시험 및 현장시험을 실시하여 본조사 결과를 보완해야 한다.

⑤ 시공 중 조사

시공 중 조사는 예비조사, 본조사 및 추가조사 단계에서 민원, 인허가 등 부득이한 사유나 기술적 한계 등으로 인하여 일부 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 지반 변화가 예상되어 부가적인 조사가 필요한 경우에 실시해야 하며, 현장 여건을 고려하여 필요한 지반 정보가 얻어질 수 있도록 조사항목과 조사수량을 계획해야 한다.

(3) 하천조사

- ① 하천조사는 유수에 의한 교량의 피해를 방지하고 하부구조의 설치나 시공이 이수나 주운 등에 지장을 주지 않도록 하기 위하여 실시한다.
- ② 따라서, 하천 관리자들과 사전에 협의해야 하며, 관계법령 특히 하천시설기준을 준수해야 한다.
- ③ 하천에 관한 조사로는 수위, 유량, 유속과 과거의 수심, 하상의 변동, 홍수나 고조의 기록 등을 조사한다. 또한, 관개, 수력발전 등의 이수상황, 어업권, 주운 등에 관해서도 조사를 하고 관계기관 등과 협의해야 한다.

(4) 시공환경조사

시공의 안전성, 작업공간의 확보성 등을 고려한 설계를 하기 위해서는 기존자료의 조사, 주변 환경의 조사 및 작업환경의 조사로 구분하여 실시한다.

(5) 기타조사

연약지반, 산지부 및 근접시공과 같이 특별한 경우에는 기존자료, 지형과 지질, 주변환경 등에 대하여 특히 유의해서 조사를 실시해야 한다.

2.2 계획

(1) 설계계획 기본 방침

기초 설계계획은 구조물 사용목적에 따라 구조물 전체 설계계획과 조화시켜 검토해야 하고, 기초의 형식은 지형 및 지질조건, 구조물의 특성, 시공환경, 공기(工期), 지진 조건에 대하여 시공성, 안정성, 경제성 등을 고려하여 유리한 것을 선정해야 한다.

(2) 지형 및 지질조건

- ① 지형 및 지질조건은 구조물에 큰 영향을 미치므로, 설계자는 노선선정에서부터 구조물을 염두에 두고 지형조건을 검토해야 한다.
- ② 지형 및 지질조건에 관한 검토는 지형, 지지층, 중간층, 표층, 지하수, 지반변위, 하천지역 및 그 외 특별조건에 대하여 실시해야 한다.

(3) 구조물의 특성에 관한 검토

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

구조물의 특성에 관한 검토는 하중 방향과 크기, 구조물의 허용변위량에 대하여 실시해야 한다.

(4) 시공환경에 관한 검토

시공중이나 완료 후에 기존 구조물과 매설물에 악영향을 미치지 않도록 기초를 설계해야 하므로, 시공환경에 관해서는 기존 구조물과 매설물, 작업공간, 공사용 가설물 등에 대하여 검토해야 한다.

(5) 공기 검토

공기에 제약이 있는 경우에는 공기에 대하여 검토하고 지지방식과 기초형식을 결정해야 한다.

(6) 지진에 관한 검토

구조물의 내진설계는 지진에 의하여 구조물이 해로운 손상을 받지 않고, 그 위를 통과하는 열차주행의 안전이 확보되는 것을 목표로 하며, 아울러 경제성을 고려해야 한다.

3. 재료

내용 없음.

4. 설계

4.1 부재 설계 일반

4.1.1 기호

- A : 콘크리트의 전단면적(mm^2)
 b_w : 부재단면의 폭(mm)
 d : 부재단면의 유효깊이(mm)
 e : 콘크리트 단면의 도심축으로부터 축방향력 작용점까지의 거리(mm)
 f_c : 콘크리트 단면의 연단압축응력(MPa)
 f_{ck} : 콘크리트 설계기준강도(MPa)
 f_{sa} : 철근의 허용인장응력(MPa)
 f_t : 콘크리트 단면의 연단인장응력(MPa)
 f_y : 철근의 항복강도(MPa)
 M : 부재단면에 작용하는 휨모멘트($\text{N}\cdot\text{mm}$ 또는 $\text{kN}\cdot\text{m}$)
 N : 축방향력(N)
 v : 설계전단응력(MPa)
 V : 부재단면에 작용하는 설계전단력(N)
 V_h : 부재 유효깊이 변화의 영향을 고려한 설계전단력(N)

Z : 콘크리트 단면의 단면계수(mm^3)

β : 부재 압축연단이 부재 축방향과 이루는 각도

γ : 인장 철근이 부재 축방향과 이루는 각도

4.1.2 일반사항

(1) 부재 설계계산의 원칙

- ① 부재의 설계단면력은 콘크리트부재, 강부재에 관계없이 탄성이론에 의하여 산출한다. 그러나 콘크리트 부재의 휨강성, 전단강성 및 비틀림강성은 계산을 간략화하기 위해 강재를 무시하고 콘크리트 전단면을 유효단면으로 해서 산정한 값을 사용할 수도 있다.
- ② 부재의 설계는 강도설계법에 따르는 것을 원칙으로 하되 허용응력설계법에 따라 설계할 수도 있다.
- ③ 강도설계법에 의해 콘크리트부재를 설계할 경우에는 KDS 24 12 10(4.2.4)에 따른 하중조합에서 규정하는 하중계수와 KDS 24 14 20(4.4.2)에 따른 강도감소계수를 적용한다.
- ④ 허용응력설계법의 경우에는 하중작용시 단면에 생기는 콘크리트, 강재의 응력은 KDS 24 14 20(4.15.3) 및 KDS 24 14 30(4.2)에 규정된 허용응력 이하가 되도록 설계해야 한다.

(2) 콘크리트의 물리상수

- ① 탄성계수 및 전단탄성계수는 KDS 24 14 20(3.2.1)의 규정에 의한다.
- ② 크리프계수 및 건조수축률은 KDS 24 14 20(3.2.1)의 규정에 의한다.

(3) 강재의 물리상수

- ① 설계계산에 사용하는 강재의 물리상수는 KDS 24 14 30(3.2)의 규정에 의한다.
- ② PC말뚝 및 PHC말뚝의 경우 일반적으로 PS강재의 겹보기 릴랙세이션 값은 고온의 영향을 받는 경우의 값을 적용한다.

4.1.3 휨부재 및 압축부재의 설계

(1) 강도설계법으로 콘크리트부재 단면을 설계하는 경우에는 KDS 24 14 20(4.4.3)에서 규정하는 여러 사항을 만족해야 한다.

(2) 허용응력설계법으로 설계하는 경우에는 다음 사항을 만족해야 한다.

- ① 철근콘크리트부재 단면의 설계는 KDS 24 14 20(4.15.5) 및 KDS 24 14 20(4.15.6)의 규정에 따라 계산한다.
- ② 축방향 편심하중을 받는 무근콘크리트 구체는 그 작용점이 핵안에 작용하도록, 즉 단면에 인장응력이 생기지 않도록 설계한다.
- ③ 축방향 편심하중을 받는 무근콘크리트 부재의 콘크리트의 응력은 식 (4.1-1)에 의하여 산출하도록 한다.

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

$$f_c = \frac{N}{A} \pm \frac{N \cdot e}{Z} \quad (4.1-1)$$

여기서, f_c : 콘크리트 단면의 연단응력(MPa)

N : 축방향력(N)

A : 콘크리트의 전단면적(mm²)

e : 콘크리트 단면의 도심축으로부터 축방향력 작용점까지의 거리(mm)

Z : 콘크리트 단면의 도심축에 관한 단면계수(mm³)

- ④ 무근콘크리트로 설계한 구체의 연단인장응력이 허용인장응력을 넘는 경우에는 콘크리트의 전인장응력은 철근으로 부담시킨다. 이때 철근의 단면적은 단면에 생긴 전인장응력을 철근의 허용인장응력으로 나누어 얻어진 값으로 한다. 그림 4.1-1에서와 같은 직사각형 단면인 경우에는 식 (4.1-2)에 의하여 소요철근량(A_s)를 구할 수 있다.

$$x = \frac{h \cdot f_t}{f_c + f_t} \quad (\text{mm}) \quad (4.1-2)$$

$$A_s = \frac{x \cdot b \cdot f_t}{2 f_{sa}} \quad (\text{mm}^2)$$

여기서, f_{sa} : 철근의 허용인장응력(MPa)

f_t : 콘크리트 단면의 연단인장응력(MPa)

f_c : 콘크리트 단면의 연단압축응력(MPa)

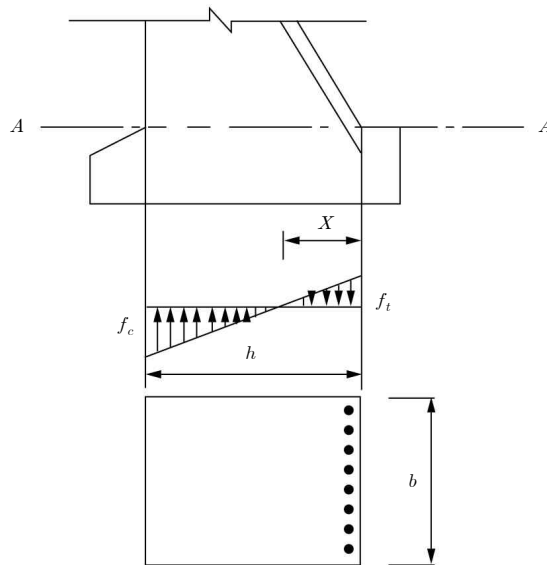


그림 4.1-1 인장응력이 생기는 무근콘크리트

4.1.4 전단력이 작용하는 철근콘크리트부재의 설계

- (1) 강도설계법으로 철근콘크리트부재 단면을 설계하는 경우에는 KDS 24 14 20(4.4.4)에서 규정하는 사항 중 해당사항을 만족해야 한다.
- (2) 허용응력설계법으로 철근콘크리트부재 단면을 설계하는 경우에는 KDS 24 14 20(4.15.7) 규정에 따른다.

4.1.5 구조상세

(1) 휨부재의 최소철근

휨부재의 최소철근은 KDS 24 14 20(4.4.3)의 제한사항에 따른다.

(2) 압축부재의 철근제한

- ① 압축부재의 축방향 철근량은 총 단면적의 1% ~ 8% 범위이어야 한다. 그리고 축방향 철근은 철근배치가 원형일 경우에는 6개 이상, 사각형일 경우에는 4개 이상으로 배치해야 한다. 이때 철근의 크기는 D16 이상으로 한다.
- ② 하중에 의해 요구되는 단면보다 큰 단면으로 설계된 압축부재에서는 감소된 유효단면적을 사용하여도 된다. 이때 감소된 유효 콘크리트 단면적은 총 단면적의 1/2 이상이고, 하중을 지지하기 위해 1%의 축방향 철근을 요구하는 단면 이상이어야 한다.

(3) 철근의 배치

① 철근의 피복두께

가. 철근의 피복두께는 KDS 14 20 50(4.3) 규정에 따른다.

나. RC말뚝, PC말뚝, PHC말뚝의 최소피복두께는 다음과 같다.

(가) RC말뚝의 축방향 철근 및 나선형 철근의 피복두께는 RC말뚝의 바깥지름 200 mm에서는 10 mm 이상으로 하며, 바깥지름 250~600 mm에서는 15 mm 이상이어야 한다.

(나) PC말뚝 및 PHC말뚝의 PS강재 및 나선형철근의 피복두께는 15 mm 이상이어야 한다.

다. 부식이나 염해의 영향을 받는 콘크리트는 KDS 14 20 50(4.3.6) 규정에 따라 최소피복두께를 적절히 증가시켜야 한다. 부식을 방지하는 방법으로는 에폭시피복 철근을 사용하거나 특수콘크리트로 덧씌우기 한다.

② 철근의 배치 및 간격은 KDS 14 20 50(4.2)에 따른다.

③ 철근의 갈고리와 구부리기는 KDS 14 20 50(4.1)에 따른다.

④ 주철근의 배치

가. 주철근의 지름은 D13 이상의 철근으로 한다.

나. 철근을 여러 단으로 배치하면 콘크리트의 타설 및 다짐이 곤란하므로 주철근은 2단 이하로 배치한다.

⑤ 전단철근의 배치는 KDS 14 20 50(4.4)에 따른다.

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

- ⑥ 띠철근의 배치는 KDS 14 20 50(4.4)에 따른다.
- ⑦ 철근의 정착과 이음은 KDS 14 20 50(4.4)에 따른다.

4.1.6 허용응력

(1) 일반

- ① 주하중 및 주하중에 상당하는 특수하중에 대한 콘크리트 및 강재의 허용응력은 (2)~(5)에서 규정한 값으로 한다.
- ② 부하중 및 부하중에 상당하는 특수하중을 고려할 때의 콘크리트 및 강재의 허용응력은 (2)~(5)에 규정한 허용응력에 (6)에 규정한 증가계수를 곱한 값으로 한다.

(2) 콘크리트의 허용응력

① 대기 중에서 시공하는 철근콘크리트부재

가. 콘크리트의 허용응력은 KDS 24 14 20(4.15.3)에 따른다.

나. 대기 중에서 시공하는 현장타설말뚝의 콘크리트 치기는 좁은 구멍 내에서의 작업이기도 하고 시공관리나 검사가 지상의 구조물에 비하여 불편하므로, 대기 중에서 시공하는 현장타설말뚝에 사용되는 콘크리트의 허용압축응력과 허용전단응력은 가값의 90%로 한다.

다. 처짐이나 편심하중으로 인하여 지압면 단부에 큰 응력을 받는 경우에는 재하단면의 허용지압응력은 가 값의 75%로 한다.

② 수중에서 시공하는 철근콘크리트부재

수중에서 시공하는 철근콘크리트부재중에서 현장타설말뚝의 콘크리트 허용응력은 표 4.1-1의 값으로 한다. 다만, 콘크리트의 배합은 단위시멘트량 350 kg/m^3 이상, 물-결합재비 55% 이하, 슬럼프 150~210 mm로 한다.

③ 무근콘크리트 부재

콘크리트의 허용응력은 표 4.1-2의 값으로 한다.

다만, 받침면을 철근으로 보강하는 경우의 허용지압응력은 7 MPa까지 높여도 된다. 또 국부 재하 경우의 허용지압응력은 12 MPa를 초과해서는 안 된다.

표 4.1-1 수중에서 시공하는 현장타설말뚝의 콘크리트 허용응력(MPa)

표준양생 공시체의 28일 압축강도		30	35	40
수중콘크리트의 설계기준강도		24	27	30
압축응력	휨압축응력	9.6	10.8	12
	축압축응력	6	6.8	7.5
전단응력	콘크리트만으로 전단응력을 부담하는 경우	0.39	0.41	0.43
	전단철근으로 보강된 경우	1.8	1.9	2.0

표 4.1-2 무근콘크리트의 허용응력 (MPa)

응력의 종류	허용응력	비 고
압축응력	$0.25 f_{ck} \leq 5.5$	f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도
휨인장응력	$0.13 \sqrt{f_{ck}} \leq 0.5$	
지압응력	$0.25 f_{ck} < 6$	

④ 프리스트레스트 콘크리트 부재

프리스트레스트 콘크리트 부재의 허용응력은 KDS 24 14 20(4.15.3)에 따른다.

⑤ 기성 콘크리트 말뚝

RC, PC, PHC 말뚝의 콘크리트의 허용응력은 표 4.1-3의 값으로 한다.

표 4.1-3 RC, PC, PHC 말뚝의 콘크리트의 허용응력 (MPa)

응력의 종류	말뚝의 종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝
설계기준강도		40	50	80
휨압축응력		14	17.5	28
축 압축응력		10	12.5	20
휨인장응력		—	0	0

콘크리트의 탄성계수는 RC말뚝 및 PC말뚝에 대해서는 KDS 14 20 10(4.3)에 따르되 PHC 말뚝에 대해서는 4.2×10^4 MPa 을 사용할 수도 있다.

(3) 철근의 허용응력

- ① 철근의 허용응력은 지름 51 mm 이하의 철근에 대하여 표 4.1-4의 값으로 한다. 하부구조에서는 지름 51 mm보다 큰 철근을 사용할 수도 있다. 큰 지름의 철근을 쓸 경우에는 균열 제어, 응력 분산을 고려하여 설계해야 한다.

표 4.1-4 철근의 허용응력 (MPa)

응력, 부재의 종류			철근의 종류	SD300	SD350	SD400
인장 응력	하중의 조합시 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함 하지 않는 경우	1) 일반부재	150	175	180	
		2) 수중 및 지하수위 아래 에 설치되는 부재	150	160	160	
		3) 하중의 조합시 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함하 는 경우	150	175	180	
4) 압축응력			150	175	180	

- ② 용접이음의 허용응력은 시험 및 관리가 되어 있을 때 모재의 허용응력과 같이 본다.

- ③ 철근의 이음에 아크용접이음, 기계적 이음, 슬리브이음 등을 사용할 때는 철근의 종류, 지

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

름, 응력상태, 이음위치 등 사용조건을 고려한 시험에 의하여 이음강도를 정한다.

- ④ 철근과 다른 강재와의 아크용접에 의한 필렛용접부의 허용전단응력은 표 4.1-5의 값으로 한다.

다만, 철근보다도 강도가 낮은 강재와 접합하는 경우의 허용전단응력은 강재의 허용전단응력을 사용한다.

표 4.1-5 아크 용접에 의한 필렛용접부의 허용응력(MPa)

용접의 종류 \ 철근의 종류	SD300	SD350	SD400
공장 용접	105	105	105
현장 용접	위의 90%		

(4) 구조용 강재의 허용응력

- ① 구조용강재 및 용접부에 대한 기본허용응력은 KDS 24 14 30(3.2) 및 KDS 24 14 30(4.2)에 따른다. 다만, 강관널말뚝기초의 연결부 용접부분에 대해서는 공장용접부의 80% 값을 허용응력으로 한다.
- ② 강관말뚝은 SKK 400, SKK 490 또는 STKT 590, 강관널말뚝은 SKY 400 또는 SKY 490을 사용하며, 허용응력 상한값은 표 4.1-6과 같다.

표 4.1-6 허용응력 상한값(MPa)

용접의 종류 \ 강재의 종류	SKK 400 SKY 400	SKK 490 SKY 490	STKT 590
압축응력	140	190	255
인장응력	140	190	255
전단응력	80	110	145

(5) PS강재의 허용응력

프리스트레스트 콘크리트 부재의 PS강재의 허용응력은 KDS 24 14 20(4.5.9)에 따른다.

(6) 허용응력의 증가

① 철근 및 무근 콘크리트, 강구조

부하중 및 부하중에 상당하는 특수하중을 고려할 때의 허용응력은 (2)~(5)에 규정한 허용응력에 KDS 24 12 10(4.2.3)에 따른 하중조합의 하부구조에서의 증가계수를 곱한 값으로 한다.

가. 하부구조의 설계는 표시한 하중의 조합 중 가장 불리한 조합에 대하여 응력이 조합한 허용응력을 넘지 않아야 한다.

나. 말뚝을 박을 때의 응력에 대한 허용응력의 증가는 가설하중(ER)의 조합 중 완성후의 응력이 현저히 저하되는 경우의 증가계수를 사용한다.

다. 철근의 허용응력을 증가시키고자 할 때는 하중의 조합에 따라서 표 4.1-4의 허용응력에 대해서는 KDS 24 12 10(4.2.3)에 따른 하중조합의 하부구조에서의 증가계수를 곱한 값으로 한다.

4.2 교대, 교각 및 확대기초 설계**4.2.1 일반사항**

(1) 적용범위

4.2.1은 상부구조와 하부구조가 받침 등에 의해서 명확히 구별되어 있는 콘크리트 구조의 교대와 교각 및 확대기초의 설계에 주로 적용하며 강재교각의 설계는 KDS 24 14 30에 따른다. 강교나 라멘교 혹은 PSC구조 등에 대하여 이 장에서 규정하지 않은 사항은 KDS 24 14 20을 따른다.

(2) 교대 및 교각의 형상

① 교대 및 교각은 가설되는 교량의 기준지점 상황에 가장 적합한 형상으로 해야 한다.

② 교대 및 교각의 형상은 가교지점의 상황, 상부구조의 설계조건, 경제성, 미관 등을 고려하여 결정한다. 하천에 가설되는 교량에 대해서는 KDS 51 00 00에 따라야 한다.

(3) 충돌물에 대한 방호

① 하천에 설치하는 교대 및 교각에 유목, 선박 및 기타의 유송물 등이 충돌할 우려가 있는 경우에는 충돌에 의한 구체의 파손을 방지하기 위하여 방호를 해야 한다.

② 콘크리트 구체에 있어서 방호공을 설치하지 않는 경우에는 충돌면의 피복 두께를 증가하여 철근을 보호한다.(필요하면 2중으로 배근한다.)

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

4.2.2 설계하중

교대·교각을 설계함에 있어서는 KDS 24 12 10에 규정한 하중조합 중 가장 불리한 하중조합에 대하여 부재력결정 및 안정검토를 해야 한다.

(1) 교대에 작용하는 하중의 조합

① 교대의 부재계산 및 안정계산에서의 일반적인 하중의 조합은 KDS 24 12 10에 따른다. 다만, 지진의 영향은 KDS 24 17 10에 따른다.

가. 하중조합 시 필요한 경우 수압을 고려한다.

나. 안정에 대해 검토할 경우 고정하중은 현장여건에 따라 부력을 고려해야 한다. 그러나 설계의 안전을 고려하여 전도에 대한 안정 검토시는 부력을 포함하고 지지력에 대한 안정 검토시는 부력을 고려하지 않을 수 있다.

다. 수위 변동이 현저한 하천 또는 조위의 변화가 큰 해중에 설치된 교대는 필요한 경우 교대배면에 작용하는 수압을 고려해야 한다.

라. 기초의 안정을 검토할 경우 장대레일종하중은 고려하지 않는다.

마. 교대를 설계할 때는 열차에 의한 충격하중의 영향을 고려하지 않아도 된다. 다만, 받침 설계에 있어서는 열차에 의한 충격하중의 영향을 고려해야 한다.

바. 배면토상에 상재하중이 있는 경우 이를 고려해야 하며, 교대 배면의 상재하중은 다음과 같이 설정해야 한다.

(가) 궤도 중량 : $q_1 = 15 \text{ kN/m}^2$

(나) 열차하중은 식 (4.2-1)에 의해 분포하중으로 취급해야 한다.

$$q_2 = \frac{p}{ab} \quad (4.2-1)$$

여기서 q_2 : 환산등분포하중(kN/m^2)

p : 열차하중의 1 동륜축하중(kN)

a : 축거(m)

b : 선로 직각방향에 대한 열차하중의 분포폭(m)

(일반적으로, 단선교대는 교대의 전폭, 복선교대는 전폭의 1/2로 하면 된다.)

(2) 작용 토압

① 중력식 교대와 같이 뒷굽판의 내민길이가 200~300 mm 이하로 짧은 경우의 토압은 구체 콘크리트 배면에 직접 작용하는 것으로 한다.(그림 4.2-1 참조)

② 역T형 교대와 부벽식 교대의 토압작용면은, 벽의 단면 계산에서는 구체 콘크리트의 배면, 안정계산에서는 뒷굽판 연단에서의 가상 연직면으로 한다.(그림 4.2-2 참조)

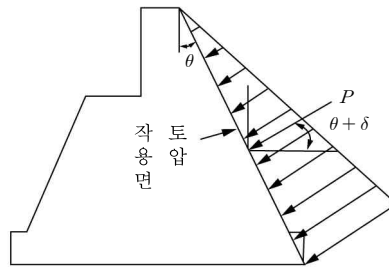


그림 4.2-1 중력식 교대의 토압작용면

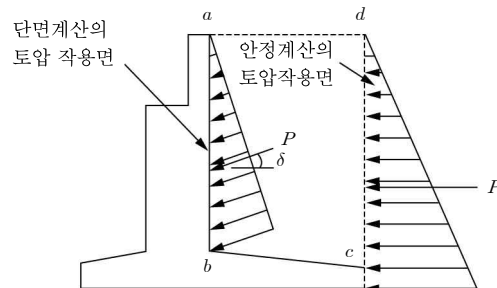


그림 4.2-2 역T형 교대 및 부벽식 교대의 토압작용면

지진 시의 경우에도 안정계산에서는 하중으로서 자중, 상재하중 및 뒷굽판 상재토의 중량과 관성력을 고려하는 외에 가상연직면(dc면)에 지진 시 토압을 작용시켜서 계산한다. 벽의 단면계산에서는 지진시 토압을 구체 콘크리트 배면에 직접 작용시키고 뒷굽판 상재토의 중량과 관성력은 고려하지 않는다.

③ 벽면마찰각 δ 는 표 4.2-1의 값을 사용한다.

표 4.2-1 벽면마찰각

교대의 종류	계산의 구분	벽면마찰각, δ	
		평상시	지진시
중력식 교대 반중력식 교대	안정 계산	$\phi/3$	0
	벽의 단면계산	$\phi/3$	0
역T형 교대 부벽식 교대	안정 계산	β	0
	벽의 단면계산	$\phi/3$	0

주) ϕ : 흙의 전단저항각 (내부마찰각, $^{\circ}$), β : 옹벽 배면 지표 경사각

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

(3) 교대 저면에 작용하는 하중

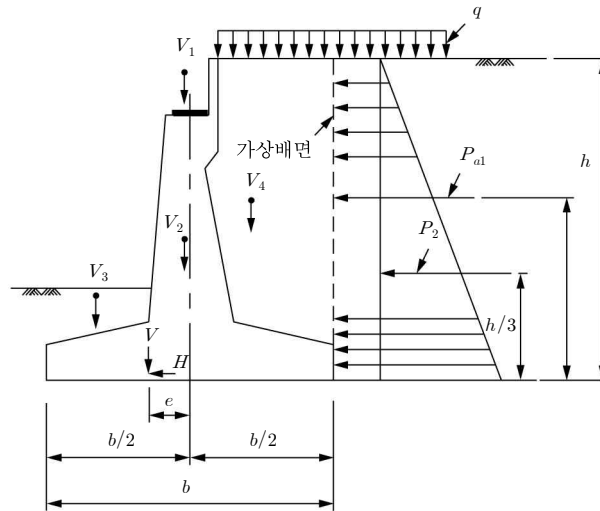


그림 4.2-3 안정계산(평상시)

$$P_{a1} = K_a q h, P_{a2} = \frac{1}{2} K_a \gamma h^2, V = \sum V_i, H = \sum P_{ai}, M = V e \quad (4.2-2)$$

여기서, K_a : 주동토압계수

γ : 흙의 단위체적중량(kN/m³)

e : 하중 편심량

q : 지표면 상재하중

h : 교대 높이(m)

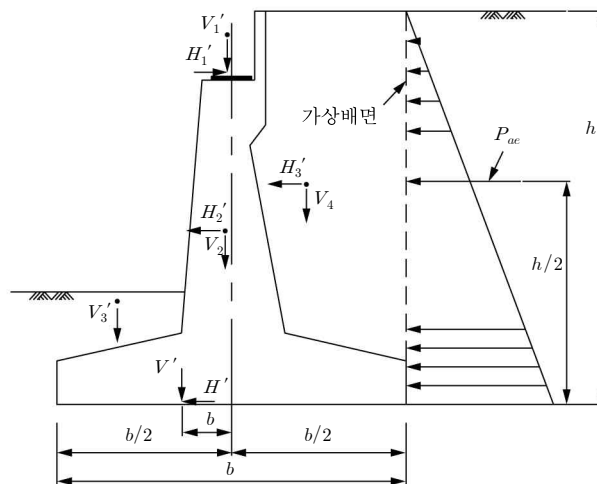


그림 4.2.4 안정계산(지진시)

$$P_{ae} = \frac{1}{2} K_{ae} \gamma h^2, V' = \sum V'_i, H' = \sum H'_i + P_{ae}, M' = V' e \quad (4.2.3)$$

여기서, P_{ae} : 지진 시 주동토압

K_{ae} : 지진 시 주동토압계수

(4) 교대배면의 토압은 KDS 24 12 20에 따라 산출하여 안정검토시는 Rankine토압, 단면검토시는 Coulomb토압을 적용해야 한다.

(5) 토압 또는 부력 산정 시, 수위는 일시상태에 대해서는 고수위 및 저수위로 평상시 상태 및 지진시 상태에 대해서는 평상시 수위로 해야 한다.

(6) 고정단 또는 가동(可動)단에 작용하는 수평하중은 KDS 24 12 20에 따라 산정해야 한다.

(7) 교대설계에서의 검토방향

교축직각방향에 대해서는 일반적으로 검토하지 않아도 좋으나 교축직각방향의 수평력이 큰 교대, 교축방향의 기초폭에 비하여 교축직각방향의 기초폭이 작은 교대, 교축직각방향의 폭이 특히 넓은 교대 등의 경우에 대해서는 교축직각방향에 대하여 검토해야 한다.

(8) 교각에 작용하는 하중의 조합

① 교각의 부재계산 및 안정계산에서의 일반적인 하중의 조합은 KDS 24 12 10에 따른다. 다만, 지진의 영향은 KDS 24 17 10에 따른다.

② 각 교각의 설계에 사용되는 거더로부터의 수평력은 지지부의 구조, 하부 구조의 강성 등을 고려하여 구하는 것을 원칙으로 하며, 이 수평력은 받침상면에 작용하는 것으로 한다. 또한, 교축직각방향 수평력은 각각의 작용점에 작용하는 것으로 한다.

(9) 활하중의 재하방법

① 하부구조의 설계에 사용하는 활하중은 구조물에 가장 불리한 영향을 미치도록 계획해야 한다.

② 열차하중을 결정할 때는 교대에 작용하는 제동하중, 시동하중 등의 수평하중과 조합해야 한다.

③ 하중은 안정에 가장 위험을 주는 곳이나 부재력 및 응력이 가장 크게 되는 곳을 위주로 배치하여 검토해야 한다.

4.2.3 받침부 및 폭이 큰 구체의 설계

(1) 받침부

받침부의 설계는 KDS 24 90 10(4.1)에 따른다.

(2) 폭이 큰 구체

폭이 큰 구체는 온도변화와 건조수축에 의한 연직균열 및 횡방향 부등침하를 고려해서 설계해야 한다.

4.2.4 교대의 설계

(1) 작용 토압

① 교대에 작용하는 토압은 KDS 24 12 20(4.1.2(4))에 따른다.

② 토압의 작용면은 다음 규정에 따른다.

가. 중력식 교대의 경우는 구체 콘크리트 배면으로 한다.

나. 역T형 교대와 부벽식 교대의 경우는, 벽의 단면 계산에서는 구체 콘크리트 배면, 안정 계산에서는 확대기초 뒤쪽 연단에서 연직인 가상배면으로 한다.

(2) 역T형 교대

역T형 교대의 벽, 앞굽판 및 뒷굽판은 켄틸레버보로 설계해야 한다.

(3) 부벽식 교대

① 부벽식 교대의 벽은 부벽으로 지지된 연속보로 설계해야 한다.

② 부벽은 확대기초에 고정되고 보의 높이가 변화하는 T형 단면 켄틸레버보의 복부로 한다.

(4) 경사 교대

경사 교대의 부재계산과 안정계산은 배면의 직각방향 및 교축방향에 대해서 해야 한다.

(5) 흉벽의 설계

교대의 흉벽은 교대배면에 작용하는 열차하중과 토압 및 열차하중의 충격에 대하여 안전하도록 설계해야 한다.

(6) 날개벽의 설계

날개벽은 활하중에 의한 재하하중과 토압을 받는 판으로 설계해야 한다. 이 경우 판은 벽에 고정된 켄틸레버판 또는 벽과 확대기초에 고정된 2변 고정판으로 한다.

(7) 교대 배면

교대 뒤채움은 특별히 양질이고 충분히 다져지는 재료를 사용해서 설계 시공해야 한다.

(8) 특수조건에서의 교대 설계

다음과 같은 경우에는 교대의 특수조건으로 보고 연직지지, 수평지지, 전도, 변위, 부재강도가 소요 안전도를 가지도록 관련 요소를 종합적으로 판단하여 설계해야 한다.

① 주동토압 계산시 배면토의 점착력을 고려하는 경우

② 교대배면이 절취한 원지반면 또는 구조물에 근접한 경우

③ 교대가 연약지반에 놓여 있는 경우

④ 교대가 경사면상에 놓여 있는 경우

⑤ 사각교대의 경우

⑥ 특수구조의 교대

4.2.5 교각의 설계

(1) T형 교각

① 내민보의 설계

가. 교각의 내민보는 기둥 전면의 연직단면을 고정단으로 하는 캔틸레버로 설계한다.

나. 캔틸레버보의 내민길이는 기둥단면이 직사각형인 경우 기둥 앞

면에 있어서 연직 단면으로부터 보의 끝까지의 길이로 한다. 원형이나 정다각형 기둥인 경우는 기둥단면적과 같은 면적의 정사각형 기둥단면으로 치환하여 내민길이를 구한다. 또 기둥단면이 타원형인 경우에는 단면이 반원형과 직사각형으로 이루어진 것으로 하여 원형인 경우의 규정에 따라 내민길이를 구한다.

다. 내민보는 교축방향의 수평력에 대해서도 설계해야 한다.

② 기둥의 설계

가. 기둥은 가장 불리하게 작용하는 축력과 휨모멘트의 조합에 대해서 설계해야 한다.

나. 축력과 휨모멘트에 대한 기둥의 설계는 KDS 24 14 20(4.4.3)에 따른다.

다. 기둥의 설계에서 비틀림을 고려하는 경우는 KDS 24 14 20(4.4.4)에 따른다.

③ 확대기초의 설계

확대기초는 4.2.6에 의하여 설계해야 한다.

(2) 라멘교각

① 라멘부재의 절점부는 접속하는 부재 상호간에 단면력이 확실히 전달되도록 해야 한다.

② 라멘부재의 모서리는 헌치를 붙이는 것을 원칙으로 한다.

③ 응력을 검토하는 경우의 헌치의 유효부분은 그림 4.2-5와 같이 한다.

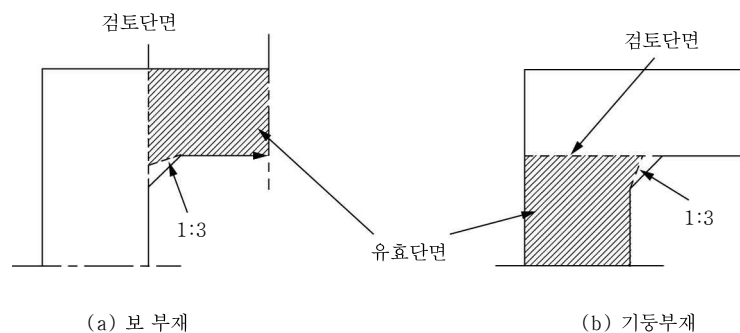


그림 4.2-5 헌치의 유효부분

④ 단면력을 산출할 때의 축선은 부재단면의 도심축선에 일치시키는 것으로 한다.

⑤ 라멘부재 절점부의 설계 휨모멘트는 그림 4.2-6과 같이 구한다.

⑥ 확대기초가 연속되어 있지 않은 라멘교각에서는 부등침하 및 상대적 수평이동을 고려해서 설계해야 한다.

⑦ 라멘교각의 면외하중에 대한 기둥의 분담률은 강도비에 따라 정함을 원칙으로 하나 기둥

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

의 강도가 별 차가 없을 때는 축력에 비례하여 분배해도 된다.

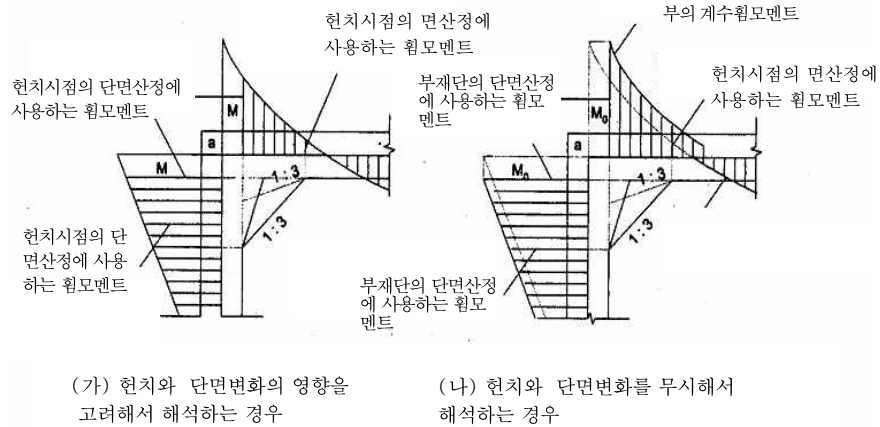


그림 4.2-6 라멘부재 절점부의 설계 휨모멘트

⑧ 내민보 및 기둥은 4.2.5(1)의 규정, 확대기초는 4.2.6에 따라 설계해야 한다.

4.2.6 확대기초의 설계

(1) 기본 사항

- ① 확대기초는 캔틸레버, 단순보, 연속보, 고정보 등 보 부재로 설계해야 한다.
- ② 확대기초는 확대기초 자중 및 흙 등의 상재하중을 기본적으로 고려한다. 또한, 직접기초에서는 지반반력, 말뚝기초에서는 말뚝반력 및 부력을 설계상 가장 불리한 방향으로 고려한다.

(2) 확대기초의 두께

확대기초는 휨모멘트, 전단력, 편칭전단력 등에 대하여 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로 취급되는 두께를 가져야 함을 원칙으로 한다. 또 확대기초 상면의 경사는 원칙적으로 1:2보다 완만하도록 한다.

(3) 휨설계

① 휨모멘트의 계산

- 가. 독립확대기초 및 벽확대기초의 휨모멘트는 캔틸레버보로서 산출한다.
- 나. 연속확대기초의 기둥사이의 확대기초부는 구조물의 연속성 및 구속조건을 고려하여 설계해야 한다.
- 다. 연속확대기초의 캔틸레버로서 작용하는 부분은 독립확대기초와 같이 설계해야 한다.
- 라. 설계단면에 있어서 휨모멘트는 기둥 또는 벽 앞면의 확대기초 전면적에 작용하는 하중에 의하여 발생하는 휨모멘트로 한다.

② 휨에 대한 위험단면

- 가. 직사각형단면의 기둥 또는 벽체를 지지하는 확대기초의 위험단면은 기둥 또는 벽체의 전면으로 한다.
- 나. 강철저판을 갖는 기둥을 지지하는 확대기초의 위험단면은 강철저판연단과 기둥전면의 중간으로 한다.
- 다. 원형이나 정다각형 기둥을 지지하는 확대기초는 기둥 단면적과 같은 면적의 정사각형 기둥단면으로 취급하여 위험단면을 결정한다.

(4) 전단설계

① 전단에 대한 위험단면

- 확대기초의 전단강도를 결정할 때는 다음 위험단면 중 가장 불리한 것으로 해야 한다.
- 가. 1방향작용의 위험단면은 기둥 또는 벽체의 전면에서 d거리에 위치하는 전체폭을 가로 지르는 평면으로 한다.
- 나. 2방향작용의 위험단면은 집중하중이나 반력을 받는 구역에서 d/2 거리에 위치하는 둘레에 수직하는 평면으로 한다.
- 다. 말뚝으로 지지된 확대기초에서는 위험단면의 전단력은 KDS 14 20 70(4.2.2.2)에 따라 결정되어야 한다.

② 전단강도 및 설계

확대기초의 전단강도 및 설계는 KDS 24 14 20에 따른다.

(5) 휨철근의 배근

- ① 확대기초의 주철근은 2방향으로 배근하고, 배근방향은 말뚝배치를 고려해야 한다.
- ② 1방향 확대기초와 정사각형 확대기초의 휨철근은 전폭에 걸쳐 균등하게 배치해야 한다.
- ③ 2방향 직사각형 확대기초의 휨철근은 다음과 같이 배치해야 한다.
 - 가. 긴 변 방향의 휨철근은 전폭에 걸쳐 등간격으로 배치해야 한다.
 - 나. 짧은 변 방향의 휨철근은 식 (4.2-4)으로 결정되는 철근량을 확대기초의 짧은 변의 폭만큼의 중심구간 폭에 걸쳐 균등하게 배치해야 하며, 중심구간폭의 중심선은 기둥 또는 교각의 중심선으로 한다. 나머지 철근량은 기초 중심구간 폭의 외측부분에 균등하게 배치해야 한다.

$$A_{s,m} = \frac{2}{1 + \beta} A_{s,s} \quad (4.2-4)$$

여기서, $A_{s,m}$: 기초 중심구간 폭에 배치해야 할 철근량(mm²)

$A_{s,s}$: 기초 짧은 변 방향에 대하여 필요한 총 철근량(mm²)

β : 확대기초의 짧은 변에 대한 긴 변의 비

- ④ 윗면 철근은 아랫면 철근의 1/3 이상을 배근해야 한다.

- ⑤ 말뚝에 인발력이 생기는 경우는 윗면에 철근을 배근한다.

4.3 기초 설계의 기본 사항

4.3.1 기초의 종류

(1) 기초의 구분

기초의 종류에는 얇은기초와 깊은기초가 있다. 얇은기초는 상부구조물의 하중을 기초저면을 통하여 지반에 직접 전달하는 기초형식으로 독립기초(확대기초), 연속기초, 복합기초, 전면기초 등이 있다. 깊은기초는 상부구조물의 하중을 기초의 선단과 주면을 통하여 지반 속에 전달하며, 여기에는 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있다.

(2) 기초의 선정

기초의 종류는 지형 및 지질조건, 구조물의 특성, 시공조건, 환경조건 등을 상세히 검토한 후에 선정해야 한다.

4.3.2 기초의 지지층

(1) 양질의 지지층

양질의 지지층은 구조물의 중요도나 기초에 작용하는 하중의 규모에 따라 달라질 수 있으므로, 일반적으로 다음 사항을 표준으로 한다.

- ① 점성토층을 지지층으로 할 때는 검토가 필요하다.
- ② 사질토층은 N값이 약 30 이상이면 양질의 지지층으로 한다.
- ③ 강도가 크고 균질한 암반을 지지층으로 하는 경우에는 큰 지지력을 기대할 수 있다. 그러나 암반에 불연속면이 존재하거나 슬레이킹(Slaking) 등의 영향을 받기 쉬운 경우에는 이들 영향에 대하여 검토를 해야 한다.

(2) 얇은기초 및 케이슨기초

- ① 얇은기초는 측면마찰력을 거의 기대할 수 없으므로 양질의 지지층에 직접 지지시켜야 한다.
- ② 케이슨기초는 양질의 지지층에 관입시켜야 한다.

(3) 말뚝기초

- ① 말뚝기초의 근입깊이(관입깊이)는 상부구조의 형식과 기능, 말뚝의 지지방식, 시공성 등을 고려하여 결정해야 한다.
- ② 지지말뚝에서 말뚝선단의 지지층 내 근입깊이는 말뚝지름 이상을 확보해야 한다.
- ③ 상부구조의 형식이나 기능, 하중규모, 시공성, 지질조건, 특히, 지지층의 깊이 등을 종합적으로 고려하여 지지말뚝으로 하는 것이 불가능하거나 비경제적인 경우에는 필요한 근입깊이를 확보해서 마찰말뚝을 사용할 수도 있다.
- ④ 지반침하가 진행되고 있는 매립지 등에서는 부주면마찰력의 영향을 받으므로 이에 대한 검토를 해야 한다.

4.3.3 설계지반면

(1) 평상시의 설계지반면

기초구조물의 설계지반면은 오랫동안 걸쳐서 안정된 지층으로 지지력을 기대할 수 있어야 하며, 다음 사항을 고려하여 정해야 한다.

- ① 세굴
- ② 압밀침하
- ③ 동결융해
- ④ 시공에 의한 지반의 흐트러짐
- ⑤ 홍수시의 부유물, 동결기의 부빙(浮氷), 또는 선박의 충돌 등의 영향

(2) 내진설계 시의 설계지반면

얕은기초와 말뚝기초는 기초바닥, 케이슨기초는 상부 슬래브의 윗면을 내진설계시의 지반면으로 정해야 한다. 단, 토층이 기초바닥이나 케이슨 상부슬래브의 윗면까지 존재하는 경우에는 이들 토층의 바닥면을 지반면으로 취해야 한다.

(3) 설계지반면의 결정

설계상 지반면은 다음 조건 중에서 기초설계에 가장 불리한 조건을 택하여 결정한다.

- ① 상시 및 일시상태
- ② 지진 시 상태

4.3.4 지반정수

기초의 설계에 필요한 지반의 여러 정수는 지반조사 및 토질시험의 결과를 종합적으로 판단해서 정해야 한다. 특수한 지반조건에서는 하중조건에 따라 보정해야 한다.

4.3.5 기초의 변위량과 지반반력

(1) 기초의 변위량

기초의 변위량에는 단기하중에 의한 탄성변위량과 지속하중에 의한 변위량이 있다. 탄성변위량은 기초에 작용하는 하중이 허용범위 내에 있고 지반을 탄성체로 취급할 수 있는 범위 내의 변위량이다. 지속하중에 의한 변위량에는 압밀침하량과 2차 압축침하량이 있다.

(2) 탄성변위량과 지반반력의 산정

기초에 작용하는 하중에 의한 탄성변위량과 지반반력은 지반을 탄성체로 보고 지반반력계수로부터 산출한다.

(3) 압밀침하량의 산정

- ① 압밀침하량은 기초 바닥면아래에 압밀을 일으킬 수 있는 점성토층이 존재하는 경우에 산출한다.

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

② 점성토층의 압밀침하량은 기초에 작용하는 하중에 의한 지반 내의 수직응력의 증가량에 대해서 구하며, 압밀침하량을 계산하기 위해서는 점성토의 비교란시료에 대한 압밀시험의 결과가 필요하다.

③ 특성이 다른 여러 압밀층이 있는 경우에는 각 층의 압밀침하량을 합하여 구한다.

(4) 지반반력계수

지반반력계수는 각종의 조사와 시험 결과를 이용하여 구하고, 기초의 종류, 재하폭, 지반조건, 기초의 설계조건 등을 고려하되, 기초의 종류별로 구분하여 산정한다.

(5) 지진 시의 지반의 변위량

지진시의 지반의 변위량은 A, B, C의 3종 지반상태로 나누어 산정해야 한다. 여기에서 각 지반의 정의는 다음과 같다.

① A 지반 : 지반의 강도가 표층지반의 깊이방향으로 균일한 경우

② B 지반 : 지반의 강도가 표층지반의 상부는 작고 하부에서 큰 삼각형 분포의 경우

③ C 지반 : 표층지반의 강도가 2층 이상으로 나누어지는 지반

(6) 구조물의 변위검토

변위의 형태는 연직변위(침하 또는 융기), 수평변위, 경사(회전)로 구분된다. 지진시의 구조물의 변위량은 아래와 같이 산정해야 한다.

① 구조물의 변위량은 하중의 종류와 크기, 지반의 성질, 기초와 구조물의 강성 등을 감안하여 산정해야 한다.

② 구조물의 변위량은 시방서에서 규정한 허용변위량 이내이어야 한다.

③ 구조물과 기초의 허용변위량은 열차를 지지하는 구조물, 하천, 도로, 철도 등을 횡단하는 구조물, 부정정 구조물 등을 고려하여 정해야 한다.

④ 기초의 허용변위량은 구조물의 허용변위량과 기초의 변위에 따른 지반의 영향을 고려하여 정해야 한다.

4.3.6 압밀침하가 생기는 지반의 깊은기초

압밀침하가 생기는 지반을 관통하여 양질의 지지층에 말뚝기초나 케이슨기초와 같은 깊은기초를 설치할 경우에는 기초 주변에 생기는 부주면마찰력, 설계지반면이 지반침하의 영향으로 변화함에 따라 수평저항을 기대할 수 없는 부분의 발생, 연직 저항의 저하 등에 대하여 검토해야 한다.

4.3.7 편심하중을 받는 기초

(1) 연약지반에 설치한 교대와 같이 성토하중에 의해 평상시에 편심하중을 받는 구조물에서 기초의 측방이동의 염려가 있는 경우에는 그 영향에 대하여 검토해야 한다.

- (2) 측방이동에 대한 대책으로는 교대 높이를 낮추어 편심하중을 작게 하거나, 교대의 기초지반을 개량하는 방법 등을 고려할 수 있다. 또한 공법 선정 시 성토지반의 안정성을 향상시키는 것이 필요하다.

4.3.8 내진설계

- (1) 기초의 내진설계는 기본적으로 등가 정적해석법에 의한다. 단, 고유주기가 긴 구조물 또는 지반-구조물 동적 상호작용을 엄밀히 분석할 필요가 있는 경우에는 동적해석법을 적용하여 설계할 수 있다.
- (2) 지반의 특성을 고려하여 구조물의 고유주기가 2초 이상인 구조물은 동적해석법에 의하여 설계한다.
- (3) 연약한 지반과 같이 지반의 변위가 크게 발생할 수 있는 경우에는 이를 고려하여 구조물을 설계할 필요가 있다.

4.3.9 하중 및 하중조합

- (1) 기초설계에는 주로 하중 재하시간과 빈도 등을 감안하여 하중상태를 상시, 일시 및 지진 시의 3가지로 구분한 후, 각각의 상태에 대한 안정성과 침하량을 검토해야 한다. 또한 하중과 구조계가 상시와 다른 건설 중에 대해서도 검토할 필요가 있다.
- (2) 구조물의 설계에 사용되는 하중조합은 구조물 설계표준에 규정되어 있으므로 그것을 따르되, 기초설계에 있어서는 그 외에도 부력, 지반변위에 의한 하중 등을 고려할 필요가 있다. 또한, 필요에 따라 다른 하중조합을 고려할 수도 있다.
- (3) 설계계산에 있어서 하중 작용방향은 일반적으로 교축방향과 교축 직각방향을 고려하나, 구조물과 기초의 형상, 경사각 등에 의해 필요하다고 생각되는 방향에 대해서도 검토해야 한다.

4.3.10 재료의 품질

- (1) 기초, 케이슨본체 및 현장타설말뚝 등에 사용하는 철근과 콘크리트의 품질은 KCS 14 20 00을 따른다.
- (2) 강(鋼)말뚝은 그 종류에 따라 그에 해당되는 한국산업표준(KS)에 맞는 품질이나 그 이상의 것을 사용해야 한다.
- (3) 기성 콘크리트 말뚝은 그 종류에 따라 그에 해당되는 한국산업표준(KS)에 맞는 품질이나 그 이상의 것을 사용해야 한다.

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

4.3.11 허용응력

- (1) 얕은기초의 기초, 말뚝기초의 기초 및 케이슨본체의 허용응력은 KDS 24 14 20(4.15.3) 및 KDS 24 14 30(4.2)의 값을 기준으로 해야 한다.
- (2) 현장타설말뚝의 허용응력은 KDS 24 14 20(4.15.3) 및 KDS 24 14 30(4.2)의 값을 기준으로 해야 한다.
- (3) 강관 말뚝 및 기성 콘크리트 말뚝의 허용응력은 강재 및 콘크리트 종류에 따라 정해야 한다.
- (4) 조합하중에 대한 허용응력은 기준 허용응력에 KDS 24 12 10(4.2.3)에 규정된 계수를 곱하여 얻는 값으로 해야 한다.
- (5) 시공 시의 허용응력은 하중의 성질에 따라 정해야 한다.

4.3.12 기초의 유효근입깊이

연직지지력 산정에 사용되는 기초의 유효근입깊이를 구하는 경우의 지표면은 일반적으로 상시 상태의 설계 지반면을 취할 수 있다.

4.3.13 액상화 평가

- (1) 액상화 평가는 간이평가와 상세평가의 순서로 수행해야 한다.
- (2) 액상화 간이평가 방법은 Seed와 Idriss 방법 등을 사용한다.
- (3) 액상화 상세평가는 지진응답해석과 실내 진동삼축시험을 사용한다.

4.3.14 부정정 구조물의 기초

부정정 구조물에서는 기초의 안정검토와 구조물의 단면력 산정, 기초에 작용하는 하중의 산정 등을 구할 때 구조물과 기초를 함께 고려한 종합적인 검토가 필요하다.

4.4 얕은기초의 지반공학적 설계

4.4.1 기본조건

- (1) 얕은기초는 지표면 가까운 곳에 견고한 지지층이 존재하고 그 아래 압축성이 큰 토층이 존재하지 않아서 침하량이 허용치를 초과할 가능성이 없을 때 사용한다.
- (2) 얕은기초의 설계는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.
 - ① 얕은기초에 작용하는 외력에 대하여 지지력이 확보 될 것
 - ② 얕은기초의 변위가 허용치 이내일 것
 - ③ 얕은기초의 각 부재가 소요의 강도를 가질 것

- (3) 기초 주변의 변형, 지질 등의 조건에 따라서 구조물의 영향이 미치는 범위의 안정에 대해서도 검토해야 하며 기초저면은 최소한 동결심도보다 하부에 위치해야 한다.

4.4.2 하중의 분담

- (1) 얕은기초의 지지력 및 침하량 계산 시에는, 기초 상부에 작용하는 연직하중, 기초의 자중, 기초저면에 작용하는 수압, 수평하중, 모멘트 등을 고려한다.
- (2) 얕은기초는 측면의 마찰저항을 거의 기대할 수 없으므로 연직하중은 얕은기초 저면지반의 연직지반반력만으로 지지되는 것으로 한다.
- (3) 얕은기초는 양질의 지지층에 근입된 깊이가 작기 때문에 수평하중은 근입부분에서는 저항하지 않고 기초저면의 전단력만으로 저항하는 것으로 한다. 다만, 안정된 지지층을 지표면 근처에서 확보할 수 있는 경우에는 근입부분에 수평하중을 분담시킬 수 있다.

4.4.3 얕은기초의 연직지지력

- (1) 얕은기초는 기초가 놓인 지반이 파괴(전반, 국부, 편칭파괴)되지 않는 지지력을 갖도록 설계해야 한다.
- (2) 지반의 허용연직지지력은 극한연직지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.
- (3) 이론적인 극한 지지력은 지반조건, 하중조건(경사하중, 편심하중), 기초형상, 근입깊이, 지반경사, 지하수 영향 등을 고려하여 산정하며, 지지력 계산 방법에 따라 서로 다른 지지력이 계산될 경우에는 설계자의 판단에 따라 적용방법을 선택한다.
- (4) 경험적 방법으로 지지력을 산정하는 경우에는 각 방법의 적용조건을 고려하여 신중하게 적용해야 하며, 기초의 크기, 근입깊이, 지하수위 등에 따라 수정하여 적용한다.
- (5) 평판재하시험, 표준관입시험, 콘관입시험, 공내재하시험, 현장베인시험 등의 현장시험 결과를 이용하여 지반의 지지력을 산정할 수 있으며, 지반상태, 경계조건, 시험특성을 고려한다.
- (6) 암반에 기초가 놓이는 경우에는 암석의 강도, 불연속면의 특성, 풍화정도, 지하수 등을 고려하여 지지력을 산정한다.

4.4.4 얕은기초의 수평지지력

- (1) 얕은기초의 허용수평지지력은 기초저면의 전단지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다. 지표면 근처에서 안정된 지지층을 확보할 수 있는 경우에는 기초전면에 작용하는 수동토압을 안전율로 나눈 값을 적용하여 허용수평지지력으로 고려할 수 있다.

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

- (2) 기초저면에 있어서 전단저항력이 부족할 경우에는 활동방지벽을 설치하여 전단저항력을 증가시킬 수 있다. 활동방지벽을 설치한 경우의 전단저항력은 기초저면이 아니라 활동방지벽의 선단을 통하는 기초저면과 평행한 면을 따라 전단저항력을 산출하며, 이 전단면을 가상의 기초저면으로 한다.

4.4.5 얕은기초의 전도

기초에 가해진 하중에 따라 기초와 구조물이 전도되지 않도록 안전성을 확보해야 한다.

4.4.6 얕은기초의 침하

- (1) 얕은기초의 침하는 즉시침하, 1차압밀침하, 2차압축침하를 합한 것을 말하며, 기초하중에 의해 발생된 지중응력의 증가량이 초기응력에 비해 상대적으로 작지 않은 영향깊이 내 지반을 대상으로 침하를 계산한다. 쌓기층에 놓이는 구조물은 쌓기층 자체의 장기침하(Creep 침하)를 고려해야 한다.
- (2) 즉시침하는 탄성이론, 평판재하시험의 하중-침하 곡선, 공내재하시험에서 구한 변형계수 등을 이용하여 산정할 수 있다.
- (3) 구조물의 위치에 따라 침하의 크기가 다른 부등침하가 일어나면 구조물에 균열이 발생되거나 구조물이 기울어져 기능과 안전성에 영향을 받으므로, 부등침하가 허용치를 초과하지 않도록 해야 한다.
- (4) 허용침하량은 균등침하, 부등침하, 각변위 등으로 규정할 수 있으며 구조물의 종류, 형태, 기능에 따라 별도로 정한다. 별도의 기준이 없는 경우에는 국제적인 기준을 적용한다.
- (5) 일반적으로 지반의 침하거동은 특정지점에 대한 제한된 자료로부터 예측된다. 따라서 지반의 침하거동의 예측치를 실제에 적용하는 데에는 한계성이 있으므로 예측한 지반의 침하거동은 현장측정을 통해서 확인되어야 한다.
- (6) 사용하중상태에서 침하속도 및 침하량이 예측값과 부합되는지를 판단하고 대책이 요구되는 경우 구조물 준공 후 일정기간동안 침하를 관측한다.

4.4.7 지반반력계수

- (1) 지반반력계수는 지반의 탄성변형에 의한 변위량과 지반반력을 계산하고 얕은기초의 안정을 해석하는데 이용한다.
- (2) 지반반력계수는 지반의 변형계수 뿐만 아니라 기초 재하면의 형상과 치수 및 강성, 지반변형의 크기, 재하속도, 반복횟수 등에 따라 달라지므로 이를 고려하여 정한다.

4.4.8 특수조건에서의 얇은기초 설계

다음과 같은 경우에는 얇은기초의 특수조건으로 보고 설계한다.

- (1) 강도가 작은 토층을 지지층으로 하거나, 높이가 높은 구조물에 대해서는 지진의 영향을 고려하여 설계한다.
- (2) 지지층의 변화가 현저한 경우, 비탈면에 인접한 경우, 기초지반이 2개층 이상인 경우, 평면치수가 현저히 큰 경우에 대해서는 관련 요소를 종합적으로 판단하여 설계한다.
- (3) 시공에 의해 지반이 교란되어 다짐 등으로 지반강도를 회복할 수 없는 경우와 단계 시공으로 각 단계가 일체구조로 되는 경우에는 필요한 안정검토를 수행해야 한다.

4.4.9 얇은기초 본체의 설계

얇은기초의 본체는 상부구조의 하중, 자중, 토압, 지반반력 등으로부터 결정되는 단면력에 대해서 KDS 24 14 20(4.15.2) 및 KDS 24 14 30(4.3)을 따라 설계한다. 단, 지진의 영향을 고려하는 경우에는 KDS 24 17 10에 따른다.

4.4.10 얇은기초 저면의 처리 및 되메움 재료

(1) 기초저면의 처리

얇은기초의 저면은 지지지반에 밀착되고 수평하중에 대한 전단저항을 갖도록 처리해야 한다.

(2) 되메움 재료

기초의 근입부분에 수평력을 분담시키는 경우에는 되메움 재료, 시공조건 등을 설계서에 명시해야 한다.

4.5 깊은기초의 지반공학적 설계

4.5.1 말뚝기초

(1) 기본 조건

말뚝기초는 작용 외력이 허용지지력 이하가 되게 하고, 기초 및 상부구조물의 변위가 각각 허용치 이하가 되도록 설계해야 한다. 허용지지력 및 허용변위는 각각 말뚝의 축방향 및 횡방향의 경우에 대하여 검토해야 하며, 허용지지력은 지반의 허용지지력과 말뚝의 허용하중을 비교하여 작은 값으로 해야 한다.

(2) 하중의 분담

① 말뚝기초의 연직하중은 말뚝에 의해서만 지지되는 것으로 설계하며 기초 푸팅의 지지효과는 무시한다. 다만, 기초의 지지효과에 대하여 신뢰할 수 있는 경우에는 이를 고려한다.

② 말뚝기초의 횡방향 하중은 말뚝에 의해서 지지되는 것으로 한다. 다만, 기초의 깊이가 깊고

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

되메움이 잘 다져져서 횡방향 하중을 분담할 수 있다고 판단될 때에는 기초측면의 횡방향 지지력을 고려할 수 있다.

(3) 말뚝의 배열과 간격

- ① 말뚝의 배열은 연직하중 작용점에 대하여 가능한 한 대칭을 이루며 각 말뚝의 하중 분담률이 큰 차이가 나지 않도록 한다.
- ② 말뚝 간격은 최소한 말뚝중심 간의 거리가 말뚝직경의 2.5배 이상, 기초측면과 말뚝중심 간의 거리는 최소한 말뚝직경의 1.25배 이상으로 한다.

(4) 말뚝의 축방향 허용압축지지력

- ① 말뚝의 축방향 허용압축지지력은 말뚝을 지지하는 지반이 지지력 부족으로 인한 전단파괴를 일으키지 않는 조건을 고려한 허용하중, 말뚝의 허용변위를 고려한 허용하중 및 말뚝본체 재료의 허용압축응력을 고려한 허용하중을 비교하여 그 중 작은 값을 취해야 한다.
- ② 외말뚝 조건에서 지반의 축방향 허용압축지지력은 축방향 극한압축지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.
- ③ 외말뚝의 축방향 극한압축지지력은 다양한 방법으로 구할 수 있으나 반드시 신뢰도 및 적용성에 주의해야 한다. 무리말뚝의 경우에는 무리말뚝 효과를 고려해야 한다.

(5) 말뚝의 횡방향 허용지지력

- ① 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 실제 말뚝의 거동을 고려하여 허용지지력을 구해야 한다. 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 재하시험에 의하여 구하되, 횡방향 재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 해석적 방법 또는 횡방향 재하시험 이외의 다른 현장시험 결과를 이용한 방법으로 추정할 수 있다.
- ② 무리말뚝의 경우에는 무리말뚝 효과를 고려해야 하며, 하중특성을 고려하여 횡방향 허용지지력을 감소시켜야 한다.
- ③ 말뚝의 횡방향 허용지지력은 다음의 두 가지를 만족하도록 정해야 한다.
 - 가. 말뚝에 발생하는 휨응력이 말뚝재료의 허용휨응력을 넘어서는 안 된다.
 - 나. 말뚝머리의 변위량(휨방향 변위량)이 상부구조에서 정해지는 허용변위량을 넘어서는 안 된다.

(6) 말뚝의 축방향 허용인발저항력

- ① 외말뚝의 허용인발저항력은 지반의 축방향 허용인발저항력에 말뚝의 무게를 더한 값과 말뚝본체의 허용인장응력을 고려한 허용하중 중 작은 값으로 한다.
- ② 말뚝의 축방향 허용인발저항력은 인발재하시험을 실시하여 판정한다.
- ③ 인발재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 압축재하시험 결과를 통해 얻어진 극한압축주면마찰력으로부터 극한 인발저항력을 추정할 수 있다.
- ④ 무리말뚝의 허용인발저항력에 대해서는 무리말뚝의 영향을 고려한다.

(7) 말뚝기초의 침하

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

(8) 말뚝재하시험

- ① 말뚝재하시험은 설계자료를 확보하기 위한 설계목적용과 설계결과와 적정성을 확인하기 위한 확인목적용으로 구분할 수 있다. 재하시험은 단순히 지지력을 확인하는 것 외에 변위량, 말뚝재료의 건전성, 시공방법의 적정성, 지반조건과 시공방법에 따른 말뚝지지력의 시간경과효과, 부주면마찰력 및 지지력의 하중전이 특성 등 다양한 내용들을 확인하기 위하여 실시한다.
- ② 말뚝재하시험을 계획할 때에는 시험의 목적을 달성할 수 있도록 면밀히 검토해야 한다. 계획 시에는 현장상황, 설계개념에의 적합성, 시험 종류 및 방법 선정의 적합성, 시험하중 결정의 적정성, 관련시험규정에의 충족여부, 결과분석방법 및 분석능력의 적정성, 말뚝종류 및 시공방법과의 관련성, 시험횟수와 방법 그리고 시험실시 시기의 적합성 등을 검토해야 한다.
- ③ 말뚝재하시험에는 정적재하시험방법 또는 동적재하시험방법을 고려할 수 있으며, 하중의 작용방향에 따라 압축시험, 인발시험, 횡방향시험 등을 고려할 수 있다. 압축재하시험에는 말뚝 및 재하하중 규모에 따라 선정할 수 있는 말뚝머리 재하방법과 말뚝본체에 미리 설치한 가압장치를 이용한 양방향재하시험방법이 있다.
- ④ 말뚝재하시험의 실시시기 및 횟수는 다음 사항을 고려하도록 시방에 명기한다.
 - 가. 말뚝의 지지력은 말뚝종류와 시공방법 및 지반조건에 따라 영향을 받으므로 시험결과와 활용목적에 따라 시험시기를 결정하여 시행해야 한다. 특히 시간경과에 따른 지지력 변화 파악, 설계지지력의 만족여부 평가 등을 목적으로 할 때에는 소정의 시간이 경과한 조건에서 시험한다.
 - 나. 압축정재하시험의 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 최소한 말뚝 250개당 1회 또는 구조물별로 특성을 고려하여 실시한다.
 - 다. 동재하시험의 시공 중 시험(EOID, End Of Initial Driving test)은 시공장비의 성능 확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건 확인, 말뚝의 건전도 판정, 시공관리기준 설정 등을 목적으로 실시한다. 시험 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝 개수의 1 % 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개)을 실시한다.
 - 라. 시간경과효과 확인을 위하여 지반조건에 따라 시공 후 일정한 시간이 경과한 후 재향타

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

동재하시험(Restrike test)을 실시한다. 재항타 동재하시험의 빈도는 다.항에서 정하는 바와 같다.

마. 지반조건, 시공장비, 말뚝종류 등 제반 시공조건이 변경될 때는 시험횟수를 추가한다. 또한, 중요 구조물일 때에는 시험횟수를 증가시킨다.

(9) 부주면마찰력

- ① 침하가 발생할 우려가 있는 지반에 시공된 말뚝에서는 말뚝주면에 하향으로 작용하는 부주면마찰력이 작용할 수 있다. 이런 경우에는 말뚝본체의 손상을 막고 구조물의 기능을 확보하기 위해서 말뚝의 압축지지력, 말뚝본체 응력 그리고 말뚝머리 침하량에 대하여 부주면마찰력이 미치는 영향을 검토해야 한다.
- ② 말뚝을 설계할 때 부주면마찰력의 영향을 검토하기 위한 하중은 고정하중만 고려하는 것으로 하며 지진 시에는 부주면마찰력을 고려할 필요가 없다.
- ③ 부주면마찰력이 큰 경우에는 부주면마찰력 감소방법을 적용해야 한다.

(10) 지반반력계수

- ① 외말뚝의 지반반력계수는 시공방법, 말뚝형상, 하중방향 등의 조건을 고려하여 결정해야 한다.
- ② 무리말뚝의 지반반력계수는 무리말뚝의 영향을 고려하여 산정해야 한다.

(11) 말뚝의 스프링정수

말뚝의 스프링정수에는 축방향 및 축직각방향 스프링정수가 있으며, 이 값은 말뚝반력을 산정하거나 말뚝기초의 탄성침하량을 추정하는데 이용된다.

(12) 말뚝의 반력과 변위량의 산정

- ① 말뚝머리의 반력과 변위량은 확대기초를 강체로 보고 말뚝기초 전체에 작용하는 수평력, 연직력, 회전모멘트에 관해 평형방정식을 푸는 탄성해석법(변위법)을 이용하여 계산한다.
- ② 기초를 강체로 가정할 수 없는 경우로서 기초의 강성과 비교하여 상부구조의 강성이 작은 경우에는 기둥하단에 작용하는 단면력을 하중으로 취급하여 구조계산 모델로 골조해석하여 단면력, 변위량 등을 산정한다.
- ③ 말뚝기초를 라멘구조의 한 부재로서 취급하는 경우는 구조설계 모델에 따라 골조해석을 수행하여 단면력 및 변위량을 구한다.

(13) 말뚝기초의 특수설계

말뚝기초의 특수설계에 있어서는 특수항목에 대한 면밀한 검토와 더불어 축방향지지, 횡방향지지, 변위 및 부재강도가 소요의 안전율을 갖도록 설계해야 한다.

4.5.2 케이슨기초

(1) 기본조건

- ① 케이슨기초란 지상에 구축하거나 지중에 양질의 지지층까지 속파기공법 등에 의하여 침하시킨 후 그 바닥을 콘크리트로 막고 속을 채우는 대형의 철근콘크리트 구조물로 된 기초형식을 말한다.
- ② 케이슨기초는 상부구조물의 하중과 토압 및 수압뿐만 아니라 시공 중에 받게 되는 모든 하중조건에 대해서도 검토하여 안전하도록 설계한다.
- ③ 케이슨기초의 연직지지력은 주변지지에 의한 하중분담이 작고 거의 저면에서 부담하기 때문에 지내력이 확보되는 지지층에 지지시키도록 하며, 공사 착수 전에 지지지반 확인을 위한 지반조사를 해야 한다.

(2) 하중의 분담

- ① 연직하중은 저면 지반의 지반반력만으로 저항하도록 하되, 케이슨기초의 주변 지반이 양질이어서 케이슨 시공에 의한 교란이 작은 경우에는 주변지반에 의한 마찰저항을 고려할 수도 있다.
- ② 수평하중은 전면 지반의 수평지반반력 및 저면 지반의 전단지반반력으로 저항하는 것으로 한다.

(3) 안정계산

연직하중에 대한 케이슨의 안정계산은 케이슨 저면의 최대지반반력이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 하며, 케이슨 상단의 침하량이 상부구조물의 허용침하량보다 작아야 한다.

(4) 케이슨의 허용지지력

- ① 케이슨기초 저면 지반의 허용연직지지력
케이슨기초의 허용연직지지력은 저면 지반의 극한연직지지력과 기초의 침하량을 고려하여 결정하며, 지반의 극한연직지지력에 대하여 소정의 안전율을 확보해야 한다.
- ② 케이슨기초 저면 지반의 극한연직지지력
가. 케이슨기초 저면 지반의 극한연직지지력은 지반조사 및 시험결과를 이용하여 정역학적 공식에 의해 구할 수 있다.
나. 평판재하시험의 결과를 이용하여 구하는 경우에는 재하판 면적이 실제 구조물 면적과 다르다는 것을 고려하여 시험결과로부터 구한 극한연직지지력을 수정해야 한다.
- ③ 케이슨기초 전면 지반의 허용수평지지력
가. 케이슨기초 전면 지반의 허용수평지지력은 그 위치에 있어서 지반의 수동토압을 소정의 안전율로 나누어 구한다.
나. 수동토압은 지반조사 및 시험결과에 기초하여 산출해야 한다.
- ④ 케이슨기초 저면 지반의 허용전단저항력
케이슨기초 저면 지반의 허용전단저항력은 기초저면과 지반 사이에 작용하는 전단저항력

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

을 소정의 안전율로 나누어 구한다.

(5) 부주면마찰력

침하를 일으킬 우려가 있는 지반을 통과하여 지지층에 도달시킨 케이슨기초는 주면에 작용하는 부주면마찰력에 대하여 검토해야 한다.

(6) 케이슨의 반력과 변위량의 산정

① 지반반력계수

케이슨기초의 설계에 이용하는 지반반력계수는 지반조사 및 시험결과를 검토하여 결정하되, 실제 시공상황을 고려하여 기초저면 하부지반 및 기초 측면지반의 이완계수를 이용하여 구할 수도 있다.

② 지반반력 및 변위량

가. 케이슨기초의 지반반력과 변위량은 케이슨본체를 강체로 하고, 지반반력계수를 이용하여 계산한다.

나. 케이슨 기초지반의 연직지반반력은 케이슨을 통하여 저면지반에 전달되는 모든 연직하중을 케이슨 저면적으로 나눈 값으로 한다.

다. 케이슨의 주면마찰력은 일반적으로 고려하지 않는다. 그러나 주면마찰력이 분명하게 발생할 것으로 판단될 때에는 그 영향을 고려한다.

라. 연직하중에 의한 케이슨 상단의 총 침하량은 케이슨본체의 탄성변위량과 케이슨 저면지반의 침하량을 합한 값으로 한다.

4.6 깊은기초의 구조공학적 설계

4.6.1 말뚝본체의 설계

(1) 축방향 압축력 또는 축방향 인발력으로 인한 말뚝본체 각 부분의 축력은 지반의 하중전이 특성을 고려하여 구한다. 하중전이 특성은 말뚝재하시험 시 측정된 말뚝축하중으로부터 결정할 수 있다.

(2) 축직각방향력과 말뚝머리 모멘트에 의한 말뚝본체 각 부의 휨 모멘트 및 전단력은 말뚝을 탄성지반 상의 보로 가정하여 구한다.

(3) 말뚝본체 각 부분은 축력, 휨모멘트 및 전단력에 대해 안전해야 한다. 그리고 전길이가 땅속에 근입된 말뚝은 좌굴을 고려하지 않아도 되며, 지반위로 돌출된 말뚝에서는 좌굴에 의해 단면을 정할 수도 있다.

4.6.2 말뚝의 이음

(1) 말뚝의 이음은 구조물이 완공된 후에 작용하는 하중에 의한 축방향압축력, 축방향인발력, 축직각방향력은 물론 시공시의 타입에 따른 하중에 대해서도 안전하도록 설계해야 한다. 그리

고 이음구조는 말뚝본체의 전체강도에 상당하는 강도를 갖도록 설계해야 한다.

- (2) 말뚝을 이음 시공하면 이음부에서의 응력집중, 휨강성의 감소 및 이음부 재료의 피로 등으로 인하여 말뚝의 허용하중이 감소한다. 말뚝이음에 의한 허용하중의 감소율은 현장조건을 감안하여 표 4.6-1의 값을 사용하며, 매입말뚝의 경우에는 말뚝타격에 의한 이음부의 손상이 없기 때문에 감소율을 반으로 줄일 수 있다.
- (3) 기성말뚝의 이음부를 시공하려면 현장작업이 따르기 때문에 이음부는 시공관리의 영향을 받기 쉽다. 일반적으로 단면력, 이음 개수, 시공성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 선정해야 한다.

표 4.6-1 말뚝이음에 의한 허용하중의 감소율(이음 1개소당)

이음방법	용접이음	볼트식 이음	콘크리트 채움식 이음
감소율	5%	10%	최초 2개소까지 20% 3개소 이후 30%

4.6.3 말뚝과 확대기초의 결합부

(1) 기본조건

- ① 말뚝과 확대기초의 결합 방식으로는 강결합과 힌지결합이 있으며, 교량 기초의 경우에는 강결합으로 설계하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 말뚝과 확대기초의 결합부는 말뚝머리 부분에 작용하는 압축력, 인발력, 수평력 및 모멘트 등 모든 외력에 대해 저항할 수 있도록 설계한다.

(2) 결합방법

말뚝과 확대기초의 결합 방법은 다음 중 적당한 것을 취한다.

① 방법 A

확대기초 속에 말뚝을 일정 깊이만큼 근입시키고, 근입된 부분으로 말뚝머리 휨모멘트에 저항하는 방법이다. 말뚝머리부의 근입길이는 말뚝지름 이상으로 하며, 강관말뚝, PC말뚝, PHC말뚝, RC말뚝 등에 적용할 수 있다.

② 방법 B

확대기초 속으로 근입되는 말뚝의 길이를 최소한으로 하고, 주로 철근을 보강함으로써 말뚝머리 휨모멘트에 저항하는 방법이다. 말뚝머리부의 근입길이는 100 mm로 하며, 강관말뚝, PC말뚝, PHC말뚝, RC말뚝, 현장타설말뚝 등에 적용할 수 있다.

4.6.4 말뚝시공 시 검토사항

- (1) 말뚝을 운반하거나 설치할 때의 응력에 대해 검토해야 한다.
- (2) 말뚝을 타입할 때 말뚝본체에 발생하는 충격응력은 말뚝 주변 지반과 선단지반의 성질에 관

계되며, 일반적인 지반 조건의 경우에는 특별히 검토할 필요는 없다. 다만, 말뚝의 선단지반이 단단한 경우에는 말뚝선단부분에 생기는 응력이 다른 부분에 생기는 응력보다 증대할 가능성이 있고, 또 말뚝선단이 연약지반에 타입될 경우에는 압축응력과 동일한 정도의 인장응력이 반사된다. 따라서 이와 같은 경우에는 타입 시의 안전성을 확보해야 한다.

4.6.5 말뚝기초의 구조상세

(1) 기성 철근콘크리트 말뚝

- ① 기성 철근콘크리트 말뚝은 KS F 4301(원심력 철근콘크리트 말뚝)의 규격에 적합한 것으로 한다.
- ② 기성 철근콘크리트 말뚝의 선단(대부분 폐쇄형)은 타입에 대해 안전함과 동시에 지반에 알맞은 구조라야 한다.
- ③ 기성 철근콘크리트 말뚝의 머리부는 타격시 편타 등으로 인해 말뚝머리부에 작용하는 응력이 과도하게 커질 수도 있으므로 보강이 필요하다.
- ④ 기성 철근콘크리트 말뚝의 이음은 원칙적으로 이음 철구를 이용한 아크용접 이음으로 한다.

(2) PC말뚝과 PHC말뚝

- ① PC말뚝과 PHC말뚝은 KS F 4303(프리텐션방식 원심력 PC말뚝), KS F 4306(프리텐션방식 원심력 고강도 말뚝)의 규정에 적합한 것으로 한다.
- ② PC말뚝과 PHC말뚝의 선단(대부분 개방형)은 타입에 대하여 안전하고 시공법을 고려한 구조이면서 지반에 알맞은 구조이어야 한다.
- ③ PC말뚝과 PHC말뚝의 머리 부분은 타격시 편타 등에 의해 말뚝머리에 국부적으로 큰 응력이 발생할 수도 있으므로 보강해야 한다.
- ④ PC말뚝과 PHC말뚝의 이음은 원칙적으로 이음철구를 사용한 아크용접 이음으로 한다.
- ⑤ PC말뚝과 PHC말뚝의 머리부를 절단할 경우에는 필요에 따라 미리 말뚝의 머리부에 보강 철근을 배치한다. 보강철근의 배치는 철근의 덮개와 간격, PS강재의 배치 및 말뚝머리 절단에 의한 PS강재의 응력 감소 범위(강재 지름의 50배)에 따른 정착길이를 고려하여 결정한다.

(3) 현장타설말뚝

- ① 현장타설말뚝에는 공법이나 사용장비, 재료에 따라 표준이 되는 말뚝지름이 있다. 일반적으로 사용되고 있는 설계지름은 올케이싱공법, RCD공법 및 어스드릴공법에서 각각 1 m, 1.2 m, 1.5 m 정도이다. 또 인력공법에서는 시공의 안전성면에서 설계지름과 최대굴착깊이의 관계를 지름 1.4 m일 때 깊이 10 m 정도, 지름 2 m일 때 깊이 20 m 정도, 지름 3 m일 때 깊이 30 m 정도로 하는 것이 적당하다.
- ② 현장타설말뚝 표면에서 주철근 중심까지의 간격은, 케이싱의 존재, 지반의 요철, 철근망의 집어넣기 등 현장타설말뚝의 시공성을 고려하여, 150 mm를 표준으로 한다. 인력공법에서

는 흙막이재를 철거할 경우에는 250 mm, 철거하지 않을 경우에는 100 mm를 표준으로 한다.

- ③ 주철근은 지름 22 mm 이상의 이형철근을 6개 이상 사용하며, 철근량은 0.4% 이상 6% 이하(인력공법은 제외), 철근의 순간격은 철근 지름의 2배 이상 또는 조골재 최대치수의 2배 이상으로 해야 한다. 주철근에는 갈고리를 붙이지 않으며, 주철근의 배근은 한접배근으로 한다.
- ④ 띠철근은 지름 13 mm 이상의 이형철근을 사용하고, 중심간격을 500 mm 이하로 기준하되 상세내용은 콘크리트구조설계기준을 따른다. 다만, 확대기초 저면으로부터 말뚝지름의 2배의 범위 안에는 띠철근의 중심간격을 150 mm 이하로 하고 철근량을 측단면적의 0.2% 이상으로 한다.
- ⑤ 철근망을 조립할 때는 보관, 운반 및 매달림시의 변형을 방지하기 위해 조립용 띠철근으로 보강해야 한다.
- ⑥ 철근의 이음은 KDS 24 14 20(4.3) 또는 KDS 14 20 00의 해당항목을 따른다.

(4) 강관말뚝

- ① 강관말뚝은 KS F 4602(강관말뚝)의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다. 강관말뚝의 길이는 수송방법이나 시공장비의 능력에 따라 다르지만, 일반적으로 표준길이를 6 m 이상 12 m 이하(0.5 m 단위로 증가)로 한다.
- ② 강관말뚝의 두께는 압축, 인장, 휨, 전단 등 말뚝에 생기는 모든 응력에 대해 안전한 두께에 부식에 의한 감소두께를 더한 값 이상으로 하며, 최소 9 mm 이상으로 한다. 시공 시 말뚝에 생기는 응력에 대해서는 전단면이 유효한 것으로 한다.
- ③ 강관말뚝의 부식에 의한 감소 두께는 말뚝이 흙이나 물에 접하는 면에 대해서 고려한다. 다만, 강관의 안쪽면에 대해서는 고려하지 않아도 된다.
- ④ 방식처리는 도장, 유기질 라이닝, 무기질 라이닝, 철판감기 및 전기방식 방법 등을 적절하게 사용할 수 있다.
- ⑤ 말뚝머리가 타입에 의해 손상을 입을 우려가 있는 경우에는 강관말뚝의 두께를 증가시키거나 해머의 선택에 주의해야 한다.
- ⑥ 말뚝 선단이 장애물 등에 의해 손상을 입을 우려가 있거나 굳은 지반에 쉽게 타입되도록 할 경우에는 필요에 따라서 보강해야 한다.
- ⑦ 강관말뚝의 현장이음은 원칙적으로 이음철구를 이용한 전둘레, 전두께 아크용접 이음으로 한다.

4.6.6 케이슨 설계의 기본 사항

- (1) 케이슨기초의 설계 계산에 있어서는 준공 후의 지반반력, 변위량 및 케이슨 각부의 응력 및 시공시의 케이슨 각 부분의 응력 등을 고려해야 한다.
- (2) 케이슨기초는 시공 시의 응력검토가 매우 중요하므로, 시공시의 여러 조건으로 케이슨 각부

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

의 응력계산을 실시해야 한다. 검토를 요하는 시공과정에서의 특별한 경우는 다음과 같다.

- ① 케이슨이 침하 작업에 들어간 직후
- ② 침하 작업 중에 각 리프트 사이에 생기는 매달린 상태
- ③ 최종침하가 끝나기 직전에 작업실 내압이 정전 등의 사고로 급격히 감소되는 경우와 같은 최악의 하중상태
- ④ 케이슨의 침하 완료 후, 물푸기를 실시하는 경우에 케이슨 내부가 빈 상태

4.6.7 케이슨의 크기와 형상

(1) 케이슨본체의 크기

- ① 케이슨본체의 크기는 기초의 안정 계산에 대하여 안전해야 하며, 케이슨 상단의 치수는 케이슨으로 지지하는 구조물의 형상과 치수에 대하여도 여유를 가져야 한다.
- ② 오픈케이슨의 평면 크기는 시공의 확실성, 용이성, 안전성을 생각하여 20 m 이하로 하고, 이것보다 클 때는 특별한 배려를 해야 한다.
- ③ 공기케이슨의 최소 크기는 작업성을 생각하여 안쪽 크기를 4 m 이상으로 하고, 작업실의 높이는 굴착작업을 고려할 때 2 m 정도가 필요하다. 케이슨 상부슬래브와 구체의 이음부 및 지수벽과 구체사이에 있어서 시공상 여유를 필요로 하는 경우에는 케이슨본체를 크게 해야 한다.

(2) 케이슨 단면의 형상

- ① 케이슨기초의 단면형상으로는 직사각형, 원형, 트랙형으로 구분할 수 있다.
- ② 케이슨 단면이 클 경우에는 벽체에 생기는 휨응력, 구체의 비틀림응력을 작게 하기 위하여 칸막이를 둘 필요가 있다. 다만, 오픈케이슨의 경우에는 칸막이를 두면 작업이 어렵게 되기 때문에 경제성도 생각하여 검토한다.
- ③ 왕복차선이 분리되어 있는 교량은 하나의 큰 케이슨 위에 상부구조를 세우지 않고 2개의 케이슨으로 나누는 경우가 있는데, 이 경우에는 시공중에 두 개의 케이슨 사이에 미치는 종합적인 영향을 고려해야 하며 지반반력계수를 감소시켜야 한다.

(3) 케이슨의 침하관계도 작성

- ① 케이슨의 형상과 크기가 결정되면, 케이슨의 침하관계를 가정하고 침하작업에 지장이 있는지 여부를 검토한다. 그 결과, 케이슨의 구체중량이 상당히 가벼운 경우에는 벽을 두껍게 하는 등의 조치가 필요하다.
- ② 케이슨의 침하저항에는 케이슨 주면마찰력, 케이슨의 경사로 인한 저항, 케이슨의 날끝저항 등이 있다. 케이슨의 주면마찰력의 크기는 경험적으로 표 4.6-2와 같다. 이 값은 케이슨의 경사가 작고, 마찰 컷이 부착되어 있으며, 날끝저항은 전혀 없다는 조건을 만족하는 비교적 침하여건이 좋은 경우에 대한 값이다.

표 4.6-2 케이슨의 주변마찰력(kN/m²)

토질 \ 케이슨 깊이	8 m	16m	25m	30m	40m
점성토	5	6	7	9	10
사질토	14	17	20	22	24
모래자갈	22	24	27	29	31

4.6.8 케이슨본체의 설계

(1) 케이슨본체의 측벽과 칸막이

케이슨본체의 측벽과 칸막이는 시공 시와 완성 후의 각종 하중의 조합에 대해서 설계한다.

(2) 상부 슬래브

케이슨 측벽과 교각 구체 사이에 설치하는 상부 슬래브는 측벽과 상부 슬래브의 결합 상태를 고려하여 설계한다.

(3) 상부 슬래브 지지부

상부 슬래브 지지부를 단순지지로서 설계하는 경우에는 다음의 규정을 따른다.

- ① 상부 슬래브 지지부는 상부 슬래브 밑면에 작용하는 외력을 받는 것으로 하여 설계한다.
- ② 상부 슬래브 지지부는 상부 슬래브의 부상, 지지부의 지압, 활동에 대하여 검토한다.
- ③ 활동에 대해서는 지지면에 요철을 만들어 밀착시켜 마찰로 저항하도록 한다. 그리고 마찰만으로 저항할 수 없는 경우에는 활동방지벽을 두는 방법을 강구한다.

(4) 오픈케이슨의 저면 슬래브

저면 슬래브의 두께는 안전성과 시공오차를 고려하여 최소 2 m 이상을 확보한다. 오픈케이슨에서는 저면 슬래브를 통하여 저면지반의 반력을 측벽 또는 칸막이에 전달시킨다.

(5) 날끝

- ① 날끝은 케이슨의 침하가 용이한 형상으로 하고, 침하 중에 안전하도록 설계해야 한다.
- ② 날끝은 예상할 수 있는 최악의 하중에 대하여 켄틸레버로서 계산한다.

(6) 공기케이슨의 작업실 천정 슬래브 및 천정 슬래브 행거빔

- ① 공기케이슨의 작업실 천정 슬래브는 시공시 및 완성 후의 하중상태에 가장 불리한 조합에 대하여 안전해야 한다.
- ② 칸막이를 가지는 케이슨 작업실 천정 슬래브 행거빔은 칸막이 하부를 이용하고 작업실 천정 슬래브에 작용하는 하중을 분담하는 보로 설계하는 것으로 한다.

(7) 흥벽

흥벽은 그 상부에 설치될 차수벽의 구조형식을 고려하여 설계한다.

4.6.9 케이슨기초의 구조상세

(1) 시공 이음

케이슨의 침하 도중에 주위 흙의 붕괴, 장기간의 방치에 의한 벽면의 부착 또는 케이슨의 경사 등에 의해 부분적으로 구체가 들뜨는 상태로 되는 수가 있다. 따라서 이들의 최악의 상태를 예상하여, 각 리프트 사이의 시공 이음에 측벽연직방향의 보강철근을 넣어야 한다.

(2) 차수벽 또는 흙막이벽

침하 완료시의 케이슨 상단이 수면 또는 지반면보다 아래에 있는 경우에는 교대나 교각 구체를 구축하기 위해서 차수벽이나 흙막이벽을 설치한다.

(3) 칸막이에 설치하는 통수구멍

칸막이를 둔 케이슨을 침하시키는 경우에는 칸막이에 통수구멍을 설치하는 것이 좋다. 통수구멍은 지름 40~50 mm 정도로 칸막이의 하부에 1m²당 1개 정도 설치한다. 통수구멍을 설치하지 않는 경우에는 칸막이의 수평철근이 수압에 견딜 수 있도록 사전에 보강한다.

(4) 공기케이슨의 샤프트구멍 주변

샤프트는 앵커 볼트에 의해 작업실 천정 슬래브에 결합되어 있으나, 이 주변 부분은 작업실 천정슬래브의 주철근이 불연속으로 되므로, 환상철근이나 경사철근으로 보강한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	총괄	길홍배	한국도로공사	수석연구원
	기타시설	김영진	한국건설기술연구원	선임연구원
	내진설계	김태훈	삼성물산	부장
	총괄	김호경	서울대학교	교수
	하중	박원석	목포대학교	교수
	하부구조	박재현	한국건설기술연구원	연구원
	총괄	백인열	가천대학교	교수
	총괄	손윤기	엔비코컨설팅트	전무
	강교	신동구	명지대학교	교수
	총괄	이지훈	서영엔지니어링	전무
	총괄	조경식	디엠엔지니어링	부사장
	콘크리트교	조재열	서울대학교	교수
	총괄	하동호	건국대학교	교수
	하중	황의승	경희대학교	교수

자문위원	분야	성명	소속
	총괄	고현무	서울대학교
	하중	권순덕	전남대학교
	콘크리트교	김병석	한국건설기술연구원
	하중	김우중	디엠엔지니어링
	총괄	박찬민	코비코리아
	총괄	서석구	서영엔지니어링
	총괄	이상호	연세대학교
	내진설계	이재훈	영남대학교
	하중	이해성	서울대학교
	강교	최동호	한양대학교

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

건설기준위원회	분야	성명	소속
	교량	김성일	한국철도기술연구원
	교량	김지상	서경대학교
	교량	홍현석	평화엔지니어링
	교량	최석환	국민대학교
	교량	배두병	국민대학교
	교량	정상섬	연세대학교

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이상민	비앤티엔지니어링(주)
	이희엽	한국철도기술연구원
	이상희	(주)이디시엠
	박성윤	대림산업
	노성열	동부엔지니어링
	박구병	한국시설안전공단
	김태진	창민우구조건설턴트

국토교통부	성명	소속	직책
	김인	국토교통부 간선도로과	과장
	고용석	국토교통부 철도건설과	과장
	최규용	국토교통부 간선도로과	사무관
	임승규	국토교통부 철도건설과	사무관

설계기준

KDS 24 15 50 : 2016

교량 하부구조 설계기준(일반설계법)

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국철도시설공단
34618 대전광역시 동구 중앙로 242 한국철도시설공단
☎ 1588-7270
<http://www.kr.or.kr>

(작성기관) 한국교량및구조공학회
08826 서울시 관악구 관악로1 서울대학교 316동 410호 한국교량및구조공학회
☎ 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr
<http://www.kibse.or.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>