

KDS 24 10 11 : 2016

교량 설계 일반사항 (한계상태설계법)

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 일반사항(한계상태설계법)에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	• 도로교 설계기준(한계상태설계법) 제정. 신뢰도 기반의 설계기준	제정 (2011.12)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	• 장경간 케이블 교량의 특수성을 고려한 한계상태설계법 기반 기준 추가	개정 (2015.1)
KDS 24 10 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 간선도로과

관련단체 (작성기관) : 한국도로협회(한국교량및구조공학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어정의	1
1.3 설계원칙	3
1.4 교량의 등급	5
1.5 품질보증 요건	5
1.6 설계도에 기재할 사항	5
1.7 기록	6
2. 조사 및 계획	6
2.1 적용범위	6
2.2 용어	7
2.3 위치 선정	8
2.4 지반 조사	11
2.5 설계 목적	11
2.6 수문 및 수리	17
3. 재료	21
4. 구조해석	21
4.1 적용범위	22
4.2 용어	22
4.3 기호	23
4.4 구조해석법	26
4.5 해석 모델	26
4.6 정적 해석	31
4.7 동적 해석	68
4.8 실험에 의한 해석	71

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준의 규정은 도로교의 설계, 평가 및 보수·보강에 적용함을 그 목적으로 한다. 이 코드에는 고정교와 가동교가 포함되나 가동교의 기계적, 전기적인 사항, 특수차와 보행자 안전에 관한 사항은 취급되지 않았으며 철도, 궤도교통 또는 공공설비 전용교량에 대한 규정도 포함되지 않았다. 이 코드에서 완전하게 다루어지지 않은 교량의 경우에는 필요한 기준을 보완하여 이 코드의 규정을 적용할 수 있다.
- (2) 이 코드는 교육이나 설계자의 판단을 대신하기 위한 것이 아니고 단지 공공의 안전을 위해 필요한 최소필요조건을 기술한 것이다. 발주자 또는 설계자는 최소필요조건보다 높은 수준의 설계나 재료 및 시공의 품질을 요구할 수 있다.
- (3) 여용성과 연성에 의거한 안전의 개념과 세굴 및 충돌에 대한 방호개념을 더욱 강조하였다.
- (4) 이 설계기준의 설계규정은 하중 저항계수 설계법(LRFD 방법)을 적용하였다. 이 계수들은 하중과 구조적 성능에 관한 현시점에서의 통계적 지식에 근거한 신뢰도 이론으로부터 개발되었다. 이전 설계기준에 포함되지 않은 해석방법과 이에 적용되는 모델링 기법이 포함되었으며 따라서 이들의 사용을 권장한다.

1.2 용어정의

- 가동교: 차량 또는 선박에 대한 다리밑공간이 가변적인 교량
- 고정교: 차량 또는 선박에 대한 다리밑공간이 고정되어 있는 교량
- 공칭저항: 설계기준에 명시된 규격, 허용응력, 변형 또는 규정된 재료강도에 의해 산출되는 구성요소 또는 연결부의 하중영향에 대한 저항
- 극단상황한계상태(Extreme Event Limit State): 교량의 설계수명을 초과하는 재현주기를 갖는 지진, 유빙하중, 차량과 선박의 충돌 등과 같은 사건과 관련한 한계상태
- 극한한계상태(Ultimate(Strength) Limit State): 설계수명동안 강도, 안정성 등 붕괴 또는 이와 유사한 형태의 구조적인 파괴에 대한 한계상태
- 기술자: 교량설계의 책임자
- 다재하경로 구조물: 하중을 지지하는 주된 구성요소 또는 연결부의 하나가 기능을 상실한 경우에도 규정하중을 지지할 수 있는 구조물

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- 구조해석모델: 해석을 위한 구조물의 이상화
- 발주자: 교량에 대한 관할권을 가진 개인 또는 기관
- 보수·보강: 교량의 내구성이나 내하력, 강성 등의 역학적 성능을 회복 또는 향상시키는 작업
- 붕괴: 교량의 사용불능을 초래하는 기하구조의 심한 변형
- 사용수명: 교량이 사용될 것으로 기대되는 기간
- 사용한계상태(Serviceability Limit State): 균열, 처짐, 피로 등의 사용성에 관한 한계상태로서, 일반적으로 구조물 또는 부재의 특정한 사용 성능에 해당하는 상태
- 설계수명: 통행 하중의 통계적 산출 근거 기간으로 이 설계기준의 경우 100년
- 여유성(Redundancy): 부재나 구성요소의 파괴가 교량의 붕괴를 초래하지 않는 성능
- 연성(Ductility): 비탄성응답을 허용하는 구성요소 또는 접합부의 특성
- 재료계수: KDS 24 14 21에서 사용하는 저항계수이며, 재료 설계값을 구하기 위하여 재료 기준값에 곱하는 부분안전계수로서 대개 1 보다 작은 값으로 재료저항계수라고도 한다.
- 저항계수: 부재나 재료의 공칭값에 곱하는 통계기반 계수이며, 일차적으로 재료와 치수 및 시공의 변동성과 저항모델의 불확실성을 고려하기 위한 계수이다. 이 기준에서는 콘크리트구조에 사용하는 저항계수는 재료계수, 그 이외의 모든 경우에는 저항계수로 용어를 통일한다.
- 정상상태: 특별허가차량의 통행, 25 m/sec 를 초과하는 바람, 그리고 세굴 등의 극단 상황을 제외한 조건
- 중요도(Operational Importance): 도로 기능상 교량의 중요한 정도
- 평가: 기존 교량의 내하력 결정
- 피로와 파단한계상태(Fatigue and Fracture Limit State): 반복적인 차량하중에 의한 피로파괴 및 파단에 관한 한계상태
- 하중계수: 하중효과에 곱하는 통계에 기반한 계수이며, 일차적으로 하중의 가변성, 해석 정확도의 결여 및 서로 다른 하중의 동시작용확률을 고려하며, 계수 보정과정을 통하여 저항의 통계와도 연관되어 있다.
- 하중수정계수: 교량의 연성, 여유성 및 중요도를 고려한 계수
- 하중영향: 작용하중, 부과된 변형, 체적변화로 인하여 발생하는 변형, 응력 또는 단면력(축력, 전단력, 비틀모멘트, 또는 휨모멘트)
- 한계상태(Limit State): 교량 또는 구성요소가 사용성, 안전성, 내구성의 설계규정을 만족하는 최소한의 상태로서, 이 상태를 벗어나면 관련 성능을 만족하지 못하는 한계

1.3 설계원칙

1.3.1 일반사항

- (1) 교량은 2.5에 규정된 바와 같이 점검, 경제성 및 미관에 대해 적절히 고려를 하면서 시공성, 안전성 및 사용성의 목표를 달성할 수 있도록 규정된 한계상태에 대하여 설계되어야 한다.
- (2) 적용 해석 방법과 관계없이 규정된 하중효과와 그 조합에 대하여 식 (1.3-1)을 만족하여야 한다.

1.3.2 한계상태

(1) 일반사항

별도의 규정이 없는 한 교량의 각 구성요소와 연결부는 각 한계상태에 대하여 식 (1.3-1)을 만족하여야 한다. 사용한계상태에 대한 저항계수는 1.0을 적용하며, 극단상황한계상태에 대한 저항계수는 KDS 24 14 21(1.4.3.2) 및 KDS 24 14 31(4.1.5)를 적용한다. 모든 한계상태는 동등한 중요도를 갖는 것으로 고려해야 한다.

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq R_r \quad (1.3-1)$$

① 최대하중계수가 적용되는 하중의 경우

$$\eta_i = \eta_D \eta_R \eta_I \geq 0.95 \quad (1.3-2)$$

② 최소하중계수가 적용되는 하중의 경우

$$\eta_i = \frac{1}{\eta_D \eta_R \eta_I} \leq 1.0 \quad (1.3.3)$$

여기서, R_r = 계수저항 : 콘크리트부재에 대하여는 $R_r = R\{\phi_i X_i\}$, 그 이외에는 $R_r = \phi R_n$ 을 적용한다. (여기서, ϕ_i 및 X_i 는, KDS 24 14 21에 정의된 재료계수 및 재료의 기준강도, ϕ 및 R_n 은 KDS 24 14 31, KDS 24 14 51 및 KDS 24 17 11에서 적용하는 저항계수 및 공칭저항)
 Q_i = 하중효과

γ_i = 하중계수 : 하중효과에 적용하는 통계적 산출계수

η_i = 하중수정계수 : 연성, 여용성, 구조물의 중요도에 관련된 계수

η_D = 1.3.3에 규정된 연성에 관련된 계수

η_R = 1.3.4에 규정된 여용성에 관련된 계수

η_I = 1.3.5에 규정된 구조물중요도에 관련된 계수

(2) 사용한계상태

사용한계상태는 정상적인 사용조건 하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것으로 규정한다.

(3) 피로와 파단한계상태

- ① 피로한계상태는 기대응력범위의 반복 횟수에서 발생하는 단일 피로설계트럭에 의한 응력범위를 제한하는 것으로 규정한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

② 파단한계상태는 KS D 3515-용접구조물 압연강재에 제시하고 있는 재료인성요구사항으로 규정한다.

(4) 극한한계상태

극한한계상태는 교량의 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 국부적/전체적 강도와 안정성을 확보하는 것으로 규정한다.

(5) 극단상황한계상태

극단상황한계상태는 지진 또는 홍수 발생 시, 또는 세굴된 상황에서 선박, 차량 또는 유빙에 의한 충돌 시 등의 상황에서 교량의 붕괴를 방지하는 것으로 규정한다.

1.3.3 연성

(1) 교량구조체는 극한한계상태 및 극단상황한계상태에서 파괴 이전에 현저하게 육안으로 관찰될 정도의 비탄성 변형이 발생할 수 있도록 형상화 및 상세화 되어야 한다.

(2) 콘크리트 구조의 경우 연결부의 저항이 인접구성요소의 비탄성 거동에 의해 발생하는 최대 하중효과의 1.3배 이상이면 연성요구조건을 만족하는 것으로 간주할 수 있다.

(3) 에너지 소산장치는 연성을 제공하는 방법으로 인정될 수 있다.

① 극한한계상태에 대해서는

$$\begin{aligned}\eta_D &\geq 1.05, \text{ 비연성 구성요소 및 연결부} \\ &= 1.00, \text{ 이 코드에 부합하는 통상적인 설계 및 상세} \\ &\geq 0.95, \text{ 이 코드가 요구하는 것 이외의 추가 연성보강장치가 규정되어 있는 구성요소} \\ &\text{ 및 연결부}\end{aligned}$$

② 기타 한계상태의 경우

$$\eta_D = 1.00$$

1.3.4 여유성

특별한 이유가 없는 한 다재하경로구조와 연속구조로 하는 것이 바람직하며 각 부재는 여유성 분류에 따라 다음의 값을 사용한다.

(1) 극한한계상태의 경우

$$\begin{aligned}\eta_R &\geq 1.05 \text{ 비여용부재} \\ &= 1.00 \text{ 통상적 여유수준} \\ &\geq 0.95 \text{ 특별한 여유수준}\end{aligned}$$

(2) 기타 다른 한계상태의 경우

$$\eta_R = 1.00$$

1.3.5 구조물의 중요도

- (1) 1.3.5는 극한한계상태와 극단상황한계상태에만 적용한다.
- (2) 발주자는 특정교량 또는 그 교량의 구조요소 및 접합부를 중요한 구조로 지정할 수 있다.

① 극한한계상태

- $\eta_I \geq 1.05$: 중요 교량
- $= 1.00$: 일반 교량
- ≥ 0.95 : 상대적으로 중요도가 낮은 교량

② 기타 한계상태

$$\eta_I = 1.00$$

1.4 교량의 등급

- (1) KDS 24 12 21(4.3.1.3)에 규정된 설계 차량활하중 KL-510으로 설계하는 교량을 1등교로 한다.
- (2) 2등교는 1등교 활하중효과의 75 %를 적용하며, 3등교는 2등교 활하중효과의 75%를 적용한다.
- (3) 교량의 등급은 원칙적으로 발주자가 정한다.

1.5 품질보증 요건

- (1) 구조물의 적절한 품질보증 요건을 만족시키기 위하여 설계자는 공사품질에 관한 특별 시방서를 작성하여야 하며, 도급자는 품질요건을 만족시키도록 품질관리를 실시하고, 구조물 소유주는 도급자의 직접고용자가 아닌 자로 감리 또는 감독체제를 구성하여 공사과정을 철저히 감독하여야 한다.
- (2) 품질보증 활동과 관련된 수행과정과 결과는 기록으로 보존되어야 한다.
- (3) 기본설계, 실시설계의 각 단계에서 설계 품질관리를 위한 검토가 이루어져야 한다.

1.6 설계도에 기재할 사항

설계도에는 다음 사항을 기재하여야 한다.

- (1) 노선명 및 교량 위치
- (2) 교량명
- (3) 책임기술자, 참여기술자

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- (4) 설계년월일
- (5) 주된 설계조건 및 설계변경기록
- (6) 내진기준

1.7 기록

(1) 교량대장

교량대장에는 교량길이, 교폭, 설계하중(시방서명), 설계지진도, 기초의 형식과 근입깊이, 지반조건, 주요 부분의 구조도, 준공년월일, 기타 장래의 유지관리에 필요한 사항을 기재하여 이것을 보관하여야 한다. 또한 교량에 관한 주요 정보를 디지털자료로도 보관하여야 한다.

(2) 교명판

- ① 교량에는 교명판을 부착시킴을 원칙으로 한다.
- ② 교명판의 치수와 기재사항은 그림 1.7-1에 따르는 것을 표준으로 한다.

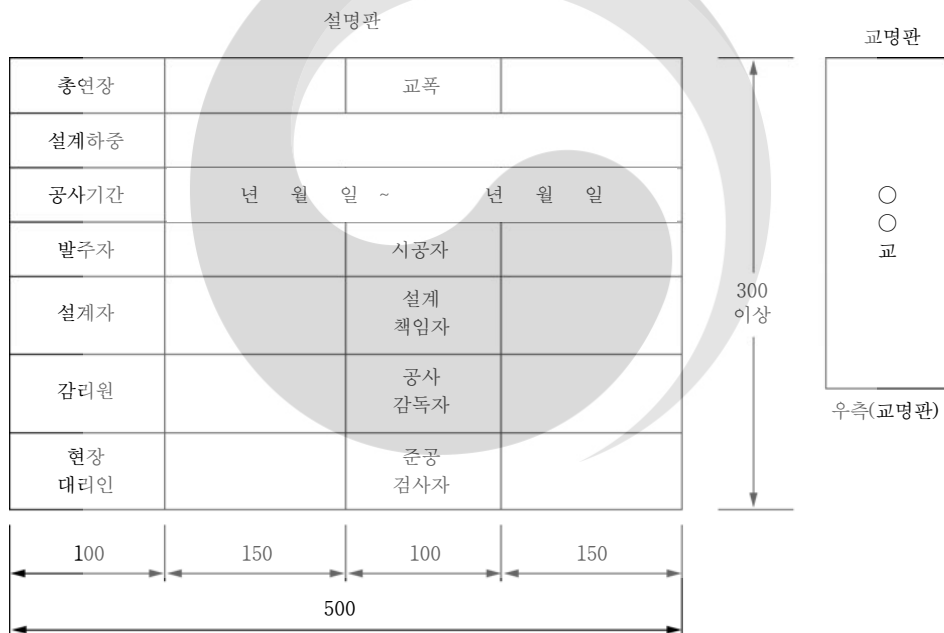


그림 1.7-1 교명판

2. 조사 및 계획

2.1 적용범위

- (1) 시설한계, 환경보호, 교량미학, 지질학적 조사, 경제성, 주행성, 내구성, 시공성, 검사 및 유지관리에 대한 최소요구사항이 제시되었다.

- (2) 교통안전에 대한 최소요구사항이 언급되었다.
- (3) 배수시설과 물, 얼음, 및 수인성 염분에 대한 내구 방책의 최소요구사항이 포함되었다.
- (4) 세굴에 의한 교량파괴가 많이 발생하였으므로 수리, 수문학적 사항이 상세히 다루어졌다.

2.2 용어

- 초과홍수: 유량이 100년 빈도 홍수보다 많고 500년 빈도 홍수보다 적은 홍수 또는 조석 흐름
- 교량세굴 검측홍수: 세굴설계홍수를 초과하는 유량을 야기하는 폭우, 폭풍 해일 또는 조석에 의하여 발생하는 홍수로 어느 경우에도 재현주기 500년을 넘지는 않는다. 교량세굴 검측홍수는 교량기초가 이러한 흐름과 이에 의하여 발생하는 세굴에 대하여 안전하며 안정을 유지할 수 있는가의 조사·평가에 사용한다.(초과홍수 참조)
- 교량세굴 설계홍수: 교량기초에 최대의 세굴을 야기할 수 있는 재현기간 100년 이하의 홍수흐름. 도로나 교량은 교량세굴 설계홍수 시 침수될 수 있다. 최악의 세굴조건은 압력차에 의한 흐름의 결과인 월류홍수 시 형성될 수 있다.
- 국부세굴: 교각, 교대 또는 흐름에 대한 장애물 주위에 국부적으로 발생하는 수로 또는 범람원의 세굴
- 도류제: 흐름의 변경, 퇴적물 또는 세굴의 유도를 위해 제방의 인접부 또는 하상에 설치한 구조물 또는 하천의 흐름과 퇴적상황을 변경하기 위한 다른 방도
- 만조: 만월 또는 신월의 매 2주 만에 발생하는 대조
- 물끊기 흙: 표면을 따라 물이 흘러 떨어지도록 한 구성요소 하부의 직선 흙
- 보도폭: 분리대 사이 또는 연석과 분리대 사이의 장애물이 없는 보행자 전용공간
- 배수구: 바닥판에 설치된 배수시설
- 100년 빈도홍수: 연 발생확률이 1% 또는 이를 초과하는 폭우 또는 조석에 의한 홍수
- 비상주차대: 사고차량의 조치를 위해 통행로 경계외측에 위치한 장애물이 없고 비교적 평탄한 지역, 통행로는 갓길이나 보조차선을 포함하지 않는다.
- 설계유량: 적용설계조건을 초과하지 않고 교량이 수용할 수 있는 최대 유량
- 수로: 하천, 강, 연못, 호수 또는 바다
- 수로개구부: 흐름의 진행방향과 직각으로 특정수위에서 측정한 교량 개구부의 폭 또는 면적
- 수로개구부 설계홍수: 수로나 범람원을 가로질러 설치하는 교량 또는 도로의 설계에 적용되는 초과확률개념을 포함하는 최대유량, 체적, 수위 또는 파고, 정의에 의거하여, 도로나 교량은 수로개구부 설계 홍수에 침수되지 않는다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- 수리학: 주로 수로에서의 유체의 거동과 흐름에 관한 과학
- 수문학: 강우량, 유출 및 지표수를 포함하는 지구상 물의 발생, 분포 및 순환에 관한 과학
- 안정수로: 심각한 하상저하, 상승 또는 제방침식이 발생하지 않고 상류유역에서 내려오는 유량 및 유사를 수로로 통과시킬 수 있는 하상경사와 단면을 갖는 하천의 상황
- 여유공간: 장애물이 없는 수직 또는 수평 공간
- 500년 빈도 홍수: 연 발생확률이 0.2% 또는 이를 초과하는 폭우 또는 조석에 의한 홍수
- 월류홍수: 도로, 교량, 유역경계 또는 비상 배수시설 위로 넘치는 홍수흐름. 월류홍수로 인해 최악의 세굴조건이 발생할 수 있다.
- 우수지: 유출을 억제하였다가 방류구조물을 통하여 일시적으로 하류수로로 방류하는 우수관리 시설
- 유역: 배출구가 하나인 배수경계로 제한된 배수면적, 한 곳의 유출에 기여하는 전체 배수면적
- 일반 또는 축소단면세굴: 흐름에 대한 장애물 또는 교각 주위에 국한되지 않는 수로 또는 범람원의 세굴. 수로의 경우 일반/축소단면세굴은 수로의 전폭 또는 대부분에 영향을 주며 일반적으로 흐름의 수축에 의해 발생한다.
- 조석: 공전하는 지구에 미치는 해와 달의 영향으로 발생하는 해수의 주기적 상승/강하
- 제수구: 홍수터흐름의 통과가 가능하도록 범람원 제방에 설치한 개구부
- 복합홍수: 태풍에 의한 만조 또는 폭설 위의 강우 등과 같이 둘 이상의 원인에 의한 홍수흐름
- 편경사: 수평곡선부에서 발생하는 차량의 원심력을 부분 상쇄시키기 위한 노면의 경사
- 하상상승: 퇴적물로 인한 하상 종단의 일반적/점진적인 상승
- 하상저하: 장기 침식으로 인한 하상종단의 일반적/점진적인 강하
- 하천 지형형태학: 하천과 범람원의 형성, 표면 형상 및 침식과 침식 잔해물의 집적에 의한 변화를 연구하는 학문

2.3 위치 선정

2.3.1 노선 선정

(1) 일반사항

- ① 교량의 위치는 몇 개의 검토안 중에서 공학적, 사회적, 경제적, 환경적 요인과 구조물의 유지관리 및 검사 또한 이들 상호간의 중요도를 고려하여 선정하여야 한다.
- ② 최상의 교량 위치 선정을 위하여 다음과 같은 조건 및 이에 상응하는 정도의 세밀한 검토가 이루어져야 한다.
가. 횡단하는 장애물로 인한 조건에 부합

- 나. 설계, 시공, 운용, 검사 및 유지관리 면에서 실제적/경제적인 방안의 확보
- 다. 요구되는 수준의 사용성과 안전성의 확보
- 라. 도로에 미치는 불리한 영향의 최소화

(2) 하천과 범람원 통과

- ① 하천을 통과하는 경우는 교량의 초기 건설비 및 수로정리를 위한 하안 공사와 침식을 감소시키기 위한 유지관리 조치가 포함된 총비용의 최적화를 고려하여 위치를 선정해야 한다. 교량 위치에 대한 대안을 조사하는 경우 다음과 같은 사항들을 평가한다.
 - 가. 수로의 안정성, 홍수기록, 그리고 하구의 경우는 조차 및 조석주기를 포함하는 하천과 범람원의 수리, 수문학적 특성
 - 나. 교량의 설치가 홍수흐름양상에 미치는 영향과 이에 의한 교량 기초에서의 세굴가능성
 - 다. 새로운 홍수위험의 발생 또는 기존 홍수위험의 심화가능성
 - 라. 하천과 범람원에 미치는 환경적 영향
- ② 범람원에 설치하는 교량과 진입로의 위치선정 및 설계에는 범람원의 활용목적과 함께 다음 사항을 고려한다.
 - 가. 범람원이 비경제적으로, 위험하게 또는 적절치 못하게 활용·개발되는 것의 방지
 - 나. 가능한 한 심각한 종방향 및 횡방향 잠식의 방지
 - 다. 가능한 한 도로가 미치는 악영향의 최소화 및 완화
 - 마. 국가 또는 지역의 홍수방재계획에 부합
 - 바. 장기 하상상승 또는 저하
 - 바. 환경영향 평가에 의한 인가를 받도록 한 사항

2.3.2 교량의 배치

(1) 일반사항

- ① 교량의 위치와 선형은 교량 상·하부 교통상황을 모두 만족하도록 선정한다. 교량이 통과하는 수로, 도로 또는 철도의 폭 또는 선형의 향후 변화 가능성을 고려한다.
- ② 해당되는 경우 향후 추가될 대중교통 수단이나 교량의 확폭 가능성을 고려한다.

(2) 교통안전

① 구조물의 보호

- 가. 교량 상·하부를 통과하는 차량이 안전하게通行하도록 하여야 한다.
- 나. 주행차로부터 안전거리를 두고 방호물을 설치하여 비상주차대의 사고차량에 대한 위험을 최소화한다. 입체교차로의 교각 기둥 또는 벽체는 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토교통부)에 제시되어 있는 비상주차대개념에 부합하도록 위치한다. 건설비, 구조물의 형식, 통행 교통량과 설계속도, 경간배분, 사각, 지형조건의 제약으로 인해 위 지침을 만족시키는 것이 어려운 경우에는 가드레일이나 기타 분리대를 설치하여 교각기둥 또는 벽체를 보호한다. 견고한 분리대가 설치되지 않을 경우 가드레일 또는

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

기타 분리대는 가능한 한 독립기초로 하고, 도로측 전면은 교각이나 교대의 전면으로부터 최소 600 mm의 이격거리를 갖도록 한다.

다. 가드레일 또는 기타 분리대의 전면은 갓길차선으로부터 600 mm 이상의 이격거리를 갖도록 한다.

② 사용자의 보호

가. 방호울타리는 구조물의 연단을 따라 9장의 규정에 맞도록 설치해야 한다.

나. 모든 방호물은 차로이탈차량을 안전하게 유도할 수 있도록 적절한 면 특성과 완화구간이 있어야 한다.

다. 가동교의 경우 경고판, 경고등, 경고음, 차단기, 분리대 및 기타 안전장치를 제공하여 보행자와 자전거이용자, 차량을 보호해야 한다. 이런 장치들은 가동경간이 개방되기 전에 작동을 해서 가동경간이 완전히 폐쇄될 때까지 작동하도록 설계해야 한다.

라. 발주자가 규정하는 곳에는 보도를 분리대로 보호해야 한다.

③ 구조규격기준

도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토교통부)의 요구사항을 만족하여야 하며, 예외사항에 대해서는 그 사유가 정당화되어야 한다. 길어깨의 폭과 교통분리대의 규격은 발주자의 시방서를 만족해야 한다.

④ 노면

교량의 노면은 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토교통부) 또는 국지적 요구사항에 부합하는 마찰특성, 노면배수, 편경사가 주어져야 한다.

⑤ 선박충돌

교량구조물은 KDS 24 12 21(4.18.15)에 규정된 대로 방충재나 제방, 또는 계선부표를 설치하여 선박충돌하중으로부터 보호하거나, KDS 24 12 21(4.18.14)에 규정된 대로 충격하중효과에 저항할 수 있도록 설계해야 한다.

2.3.3 다리밑공간

(1) 하천 혹은 항로상 교량

하천 혹은 항로상에 건설되는 교량의 수평, 수직 다리밑공간은 유관기관과 협의하여 설정해야 한다.

(2) 도로상 교량

① 도로구조물의 수직 다리밑공간은 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토교통부)을 만족하여야 하며 예외사항에 대해서는 그 사유가 정당화되어야 한다. 고가도로의 침하에 의한 수직 다리밑공간의 감소 가능성에 대한 조사가 시행되어야 한다. 침하량이 25 mm 이상으로 예측되는 경우는 규정된 다리밑공간에 그 값을 추가해야 한다.

② 도로 표지판과 육교의 수직 다리밑공간은 도로 구조물의 여유공간보다 300 mm 이상 커야 하며, 트러스 구조물에서 도로와 상부횡브레이싱 간의 수직여유공간은 5,000 mm 이상 확보해야 한다.

- ③ 교량 아래의 수평 여유공간은 2.3.2의 요구조건을 만족하도록 한다.
- ④ 교량의 위나 아래에 분리대를 제외한 어떠한 물체도 주행차로 경계로부터 1,200 mm 이내에 위치하지 않도록 한다. 분리대의 내측면은 물체면 또는 주행차로 경계로부터 최소 600 mm의 이격거리를 갖도록 한다.

(3) 철로상 교량

- ① 철로 위를 통과하도록 설계한 구조물은 그 철도의 통상적 사용을 위한 기준에 부합하도록 설계해야 한다. 이러한 구조물에는 관련법규(국가 및 지방)를 적용해야 한다.
- ② 법규, 시방서, 기준은 최소한 도로교설계기준(국토해양부)과 철도설계기준(국토교통부), 철도건설규칙(국토교통부)을 만족하도록 한다.

2.3.4 환경

교량과 진입로의 설치가 지역사회, 유적지, 습지와 기타 미관적, 환경적, 생태학적으로 민감한 지역에 미치는 영향을 고려하여야 한다. 하천 지형형태학, 강바닥 세굴의 결과, 제방사면 보호식생의 제거 및 필요한 경우 하구조석거동에 대한 영향을 고려해야 한다.

2.4 지반 조사

(1) 일반사항

하부구조의 설계에 적절하고 충분한 자료를 제공하기 위한 시추조사와 토질시험을 포함한 지반조사는, KDS 24 14 51(2.1)의 규정에 따라 시행해야 한다. 기초의 형식과 공사비는 교량의 위치와 형식을 선정하기 위한 경제성/미관성 분석 시 고려한다.

(2) 지형학적 조사

교량가설 부지의 현 지형상태는 지도와 항공사진을 사용하여 결정해야 한다. 이러한 연구에는 토사와 암석의 침식, 지각의 변동사항과 하천의 유동에 대한 부지의 역사적 변천과정을 포함해야 한다.

2.5 설계 목적

2.5.1 안전성

기술자의 첫 번째 책무는 공공의 안전을 확보하는 것이다.

2.5.2 사용성

2.5.2.1 내구성

(1) 재료

- ① 구조용 강재는 내후성 강재를 사용하거나, 내후성 코팅 또는 음극방식으로 보호해야 한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- ② 대기 또는 수인성 염분에 노출될 가능성이 있는 콘크리트 구성요소의 철근과 프리스트레싱 강선은 에폭시 또는 아연코팅, 콘크리트 피복, 밀도, 또는 공기연행제를 포함하는 콘크리트 화학성분 그리고 콘크리트 표면의 불투수도장 또는 음극방식의 적절한 조합으로 보호해야 한다.
- ③ 덕트 내부의 프리스트레스 강선은 그라우팅이나 그 외의 부식 방지책으로 보호해야 한다.
- ④ 목조 구조물의 부착물과 고정 장치는 스테인레스강, 가단주철, 알루미늄을 사용하거나 아연코팅, 카드뮴 도금 또는 기타 코팅처리된 강재를 사용해야 한다. 목재구성요소는 방부처리해야 한다. 알루미늄 제품은 강재와 콘크리트 구성요소로부터 전기적으로 격리해야 한다.
- ⑤ 복사열 또는 대기오염에 의해 피해가 발생할 수 있는 재료의 경우도 보호대책을 마련해야 한다.
- ⑥ 지반 또는 물과 직접 접촉하는 재료는 내구성을 고려해야 한다.

(2) 내구 대책

- ① 물끓기 홈은 콘크리트 바닥판 하부를 따라 측면 경계로부터 250 mm를 초과하지 않도록 설치되어야 한다. 방수처리된 바닥판 이음부 위치에서 교량받침 거치면을 제외한 교각과 교대의 상부 표면은 연단으로 최소 5%의 경사를 갖도록 시공해야 한다. 방수처리되지 않은 이음부 위치에서 이 값은 15%로 증가되어야 하고 받침은 염분 및 콘크리트 잔해와 접촉되지 않도록 조치되어야 한다.
- ② 포장면은 바닥판 이음부에서 분리해야 하며 이음장치에 원활하게 연결해야 한다.

2.5.2.2 검사

- (1) 보다 실용적인 검사방법이 없다면 교량 점검용 통로, 사다리, 개폐출입구 및 필요한 경우 조명등이 제공되어야 한다.
- (2) 가능한 한 상대적 거동이 발생할 수 있는 다중박스형 구성요소의 내부 및 연결부에는 수검사 또는 육안검사를 위한 접근로와 적절한 공간이 확보되어야 한다.

2.5.2.3 유지관리

- (1) 유지 관리가 어려울 것으로 예상되는 구조계는 배제하도록 한다. 기후 또는 교통조건 등으로 바닥판을 교량 사용수명 이전에 교체할 필요가 있는 경우는 설계서에 바닥판의 교체를 명시하거나 또는 구조적 보강을 제시해야 한다.
- (2) 받침부 주위와 바닥판 신축 이음부 위치의 하부는 긴장작업, 청소, 받침과 신축 이음부의 수리, 교체가 용이하도록 설계한다.
- (3) 작업장비 설치 지점은 설계도상에 명시해야 하며 구조물은, KDS 24 12 11(4.1.3)에 명시한 긴장력을 고려하여 설계해야 한다. 접근이 불가능한 공간은 배제한다. 사람이나 동물이 거주할 수 있는 공간은 배제하거나 안전조치를 취해야 한다.

2.5.2.4 주행성

- (1) 교량바닥판은 원활한 교통흐름이 가능하도록 설계해야 한다. 포장도로에서는 접속슬래브가 진입로와 교대 사이에 위치하도록 한다. 바닥판종단면의 허용시공오차는 설계도, 설계기준 또는 특별규정에 명시해야 한다.
- (2) 바닥판이음부의 개수는 가능한 한 최소화해야 한다. 차량과 접촉하는 콘크리트 바닥판이음부의 모서리는 마모되거나 파손되지 않도록 보호한다. 조립식 이음계획에는 기초립된 이음부를 일체로 가설하도록 명시해야 한다.
- (3) 노출 콘크리트 바닥판의 경우 그라인딩에 의한 바닥판 종단면의 수정 그리고 마모에 의한 두께 손실을 고려해서 10 mm의 여유두께를 제공한다.

2.5.2.5 배관로

필요한 경우 배관로를 유지, 지지하기 위한 규정을 제시해야 한다.

2.5.2.6 처짐

(1) 일반 사항

- ① 처짐으로 인한 바람직하지 못한 구조적 또는 심리적 영향을 배제할 수 있도록 교량을 설계한다. 직교이방성 강바닥판을 제외하고 처짐과 높이의 제한이 선택적이라 하더라도 세장성과 처짐에 관한 기존의 성공적 실례와 많은 차이가 있을 경우에는 설계검토를 수행하여 교량의 적절한 기능 수행여부를 결정한다.
- ② 동적 해석을 하는 경우 4.7의 원칙과 요구사항을 만족해야 한다.

(2) 처짐기준

- ① 아래 사항을 제외하고 2.5.2.6은 선택적인 것으로 간주해야 한다.
 - 가. 직교이방성 강바닥판에 대한 규정은 필수적인 것으로 간주해야 한다.
 - 나. 격자 강바닥판, 기타 경량 강바닥판 및 경량콘크리트 바닥판은 KDS 24 14 31(4.10.3.2)의 사용성 규정을 준수해야 한다.
- ② 이 기준을 적용하는 경우 차량 활하중에는 충격하중 효과를 포함해야 한다. 발주자가 처짐의 제한을 요구하는 경우 다음 원칙을 적용할 수 있다.
 - 가. 최대처짐을 조사하는 경우 모든 재하차로에 하중을 재하하며 모든 지점은 동일한 처짐을 갖는 것으로 가정한다.
 - 나. 합성설계의 경우 설계단면은 도로의 전폭과 구조적으로 연속적인 난간, 보도, 중앙분리대를 포함한다.
 - 다. 부재간 상대처짐을 조사하는 경우 상대처짐이 가장 크게 발생할 수 있는 재하차로의 개수와 위치를 선정한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

라. 표 3.4-1에 제시된 사용하중조합 I의 활하중 비율은 충격하중계수 IM을 포함하여 사용한다.

마. 활하중은 KDS 24 12 21(4.3.1.7)에 의거한다.

바. KDS 24 12 21(4.3.1.2)의 활하중 동시재하에 대한 규정을 적용한다.

사. 사교의 경우 교축직각단면을 사용할 수 있고, 곡교나 곡사교의 경우 방사방향 단면을 사용할 수 있다.

아. 기타 기준이 없는 경우, 아래의 처짐 제한을 강, 알루미늄 또는 콘크리트 구조물에 적용할 수 있다.

(가) 차량하중, 일반	지간/800
(나) 차량하중 또는 보행자하중	지간/1,000
(다) 내민보의 차량하중	지간/300
(라) 내민보의 차량하중 또는 보행자하중	지간/375

③ I형 강재 보와 거더 그리고 강박스 및 튜브형 거더에서 플랜지응력 조정으로 영구처짐을 제한하는 경우 KDS 14 31 10(4.3.3.1.4.2)와 KDS 14 31 10(4.3.3.2.4)의 규정을 적용해야 한다. 기타 기준이 없는 경우, 아래의 처짐 제한을 목재 구조물에 적용할 수 있다.

가. 차량하중과 보행자 하중	지간/425
나. 목재 바닥판위의 차량하중(인접판간의 극대상대처짐)	2.5 mm

④ 직교이방성 강바닥판에는 다음 규정을 적용해야 한다.

가. 강바닥판 위의 차량하중	지간/300
나. 직교이방성 강바닥판 가로보 위의 차량하중	지간/1,000
다. 직교이방성 강바닥판 가로보 위의 차량하중 (인접 가로보간의 극대상대처짐)	2.5 mm

(3) 경간-높이비에 대한 선택적 기준

발주자가 경간-높이비에 대한 제한을 고려할 것을 요구하는 경우 다른 기준이 없다면 표 2.5-1의 제한값을 적용할 수 있으며, 여기서 S 는 슬래브 경간장, L 은 경간장이며 모두 mm 단위이다. 언급이 없으면 표 2.5-1의 제한값은 전체높이에 적용하여야 한다.

표 2.5-1 일정단면 상부구조의 통상적 최소 높이

상부 구조		최소높이(바닥판 포함) 변단면의 경우 정·부 모멘트 단면의 상대 강성변화를 고려하여 조정할 수 있다.	
재료	형식	단경간	다경간
철근 콘크리트	차량 진행방향의 주철근 배치 슬래브	$\frac{1.2(S+3,000)}{30}$	$\frac{S+3,000}{30} \geq 165 \text{ mm}$
	T형 보	$0.070 L$	$0.065 L$
	박스형 보	$0.060 L$	$0.055 L$
	보행자 구조물 보	$0.035 L$	$0.033 L$
프리스트레스 콘크리트	슬래브	$0.030 L \geq 165 \text{ mm}$	$0.027 L \geq 165 \text{ mm}$
	현장타설 박스형 보	$0.045 L$	$0.040 L$
	프리캐스트 I형 보	$0.045 L$	$0.040 L$
	보행자 구조물 보	$0.033 L$	$0.030 L$
	인접 박스형 보	$0.030 L$	$0.025 L$
강 재	합성형 I형 보의 전체 높이	$0.040 L$	$0.032 L$
	합성형 I형 보에서 I형 보의 높이	$0.033 L$	$0.027 L$
	트 러 스	$0.100 L$	$0.100 L$

2.5.2.7 향후 확폭의 고려

(1) 다거더 교량의 외측거더

향후 확폭이 배제되지 않는 경우 외측거더의 내하력은 내측거더의 내하력보다 작지 않도록 하여야 한다.

(2) 하부구조

향후 확폭이 예상되는 경우 확폭조건을 하부구조 설계에 반영한다.

2.5.3 시공성

교량의 적절한 시공을 위하여 다음을 고려한다.

- (1) 교량은 지나친 어려움 또는 문제점 없이 제작, 설치될 수 있어야하고, 또한 잔류 시공하중의 영향이 허용치 이내가 되도록 설계한다.
- (2) 고정하중 하에서의 응력도입을 위해 특별공정을 설계자가 의도한 경우, 이러한 공정을 특별 시방서에 명시하여야 한다.
- (3) 외부여건 또는 기타 이유로 시공법에 제약이 발생 또는 발생 가능한 경우, 이러한 사항을 설계도서에 명시하여야 한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- (4) 협소한 장소에서의 용접 또는 조밀하게 조립한 철근 사이로의 콘크리트 타설이 요구되는 세부설계는 배제한다.
- (5) 교량의 시공에 영향을 줄 수 있는 기후와 수리학적 조건을 고려해야 한다.

2.5.4 경제성

(1) 일반 사항

구조물의 형식, 경간장, 재료는 공사비를 고려하여 선정하여야 한다. 교량사용 수명 기간의 생애주기비용을 고려한다. 자재확보, 제작, 부지, 수송 및 설치 상 제약과 같은 국지적 요소를 고려하여야 한다.

(2) 대안

경제성 분석으로 분명한 결정이 이루어지지 않는 경우 발주자는 경쟁력 있는 대안입찰을 요구할 수 있다. 대안입찰의 설계는 동등한 안전성, 사용성 그리고 미관성을 제공해야 한다. 항로상의 가동교는 가급적 배제한다. 가동교가 제안되는 경우 적어도 하나의 고정교가 대안으로 제시되어 경제적 비교를 수행한다.

2.5.5 교량 미학

- (1) 교량은 적절한 강성을 가진 우아한 모양을 갖추어 주위의 환경과 조화하도록 한다.
- (2) 기술자는 각 구조요소의 형상과 배치를 개선함으로써 더욱 만족스러운 외관을 갖도록 한다.
- (3) 비구조적이고 과장된 장식의 사용은 배제한다.
- (4) 아래의 지침을 고려한다.
 - ① 교량의 설치 장소를 선정하는 단계에서는 교각의 수가 적거나 없는 설계안을 검토하고, 기본 설계단계에서 상세히 논의한다.
 - ② 교각의 형상은 서로 일치되고 상부구조와 균형을 이루도록 한다.
 - ③ 각 구성요소의 형상과 구조형식의 급격한 변화는 배제한다. 서로 다른 구조형식의 연결이 불가피한 경우에는 외관상 자연스럽게 연결되도록 한다.
 - ④ 바닥판배수 홈통과 같은 세부 설계에 주의하는 것을 간과하지 않도록 한다.
 - ⑤ 기능성 또는 경제적 관점에서 하로트러스교와 같은 교량 형식이 불가피한 경우는 개방적이고 혼잡하지 않은 외관을 제공하는 구조계를 선정한다.
 - ⑥ 교량을 교통 표지판, 조명등 또는 현수막을 지지하는 구조로 사용하는 것은 가능한 한 배제한다.
 - ⑦ 지점 이외에 설치된 횡방향 복부판 보강재는 측면에서 보이지 않도록 한다.

2.6 수문 및 수리

2.6.1 일반사항

- (1) 하천을 횡단하는 교량 부지에 대한 수리 수문학적인 검토와 평가는 기본계획개발의 일부로서 완수되어야 한다. 이러한 검토의 자세한 사항은 구조물의 중요성 및 연관 위험성과 동등하게 취급한다.
- (2) 시공자의 사용 또는 시공 중 교통소통을 위한 임시 구조물은 범람원 자연자원에 미치는 영향의 최소화는 물론 인접 시설물의 소유자 및 대중교통의 안전을 고려하여 설계해야 한다. 발주자는 임시 구조물의 예상사용기간과 이에 의한 홍수 위험을 고려하여 설계요구조건의 변경을 허가할 수 있다. 임시 구조물에 대한 계약서에는 시공자가 제기한 책임소재와 위험요인들이 개괄적으로 기술되어야 한다.
- (3) 교량대안설계에 대한 평가는 하천의 안정, 역류, 흐름의 분배, 유속, 세굴가능성, 홍수위험, 조석거동(해당되는 경우)을 고려해야 하며 하천정비 기본계획 및 하천설계기준(국토해양부)의 설정기준치와의 부합성을 고려해야 한다.

2.6.2 부지자료

부지특성 자료의 수집 계획에는 아래 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 교량이 설치되는 위치의 주하천수로와 범람원 및 적절한 상·하류 구간을 포함하는 항공측량 또는 지상측량자료의 수집
- (2) 검토대상 범주에 속하는 하천과 범람원의 조도계수 평가
- (3) 세굴 해석에 요구되는 재료 특성을 분석하기에 충분한 깊이의 하상재료채취
- (4) 지반 시추조사
- (5) 하천, 저수지, 유수지, 조석의 최고수위 그리고 홍수조절 구조물 및 가동공정을 포함하는 수위에 영향을 미치는 요인
- (6) 하천정비기본계획의 규정에 의거하여 수행된 자료를 포함하는 기존 연구자료와 보고서
- (7) 관측된 세굴, 제방침식 및 잔해물이나 결빙체에 의한 구조물의 손상을 포함하는 과거 홍수 시 구조물의 성능과 하천의 거동에 관해 입수 가능한 역사적 정보
- (8) 수로 내 가능한 지형변화

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

2.6.3 수문분석

- (1) 발주자는 도로의 기능분류, 국가 및 지자체의 요구조건과 부지의 홍수위험에 기초하여 수문 분석의 범위를 결정해야 한다.
- (2) 수문분석 시 다음과 같은 홍수흐름을 적절히 검토한다.
 - ① 홍수위험평가와 범람원 유지관리 요구조건의 만족: 100년 빈도 홍수
 - ② 도로 사용자에게 대한 위험 및 교량과 진입로에 대한 파손의 평가: 월류홍수 또는 교량 세굴 설계홍수
 - ③ 위험성이 높은 부지에서의 홍수재해평가: 발주자가 부지조건과 내포된 위험성을 고려하여 적절히 선택한 규모의 검측홍수
 - ④ 세굴에 저항할 수 있는 교량기초의 적합성 검토: 교량 세굴 검측 홍수
 - ⑤ 관련부서의 설계정책과 기준의 만족: 수로개구부 설계홍수와 고속도로의 여러 기능등급에 대한 교량 세굴 설계 홍수
 - ⑥ 수위산정의 보정 및 기존 구조물의 성능 평가: 과거의 기록된 홍수
 - ⑦ 환경조건의 평가: 갈수량 또는 기저유출자료 및 하구를 통과하는 교량의 경우 조차. 해양이나 하구에 설치되는 구조물의 경우 해수위 상승이 조차에 미치는 영향에 대한 검토를 규정 하도록 한다.

2.6.4 수리분석

- (1) 일반사항

기술자는 발주자가 인정하고 요구되는 해석수준에 부합하는 해석모델과 기술을 사용하여야 한다.
- (2) 하천의 안정
 - ① 하천의 안정과 시설물이 하천에 미치는 영향을 평가하기 위한 연구를 수행해야 하며, 다음과 같은 항목들을 고려해야 한다.
 - 가. 하상의 저하, 상승 또는 평형상태 여부
 - 나. 합류부 근처에 교량을 설치할 경우 주 하천과 지류가 홍수위, 유속, 흐름의 배분, 수류의 수직 수평은 등에 미치는 영향과 이러한 조건들이 교량의 수리설계에 미치는 영향
 - 다. 하천의 직선형, 곡선형, 수축부 또는 천이구역을 고려한 교량의 최적위치 및 기존 또는 향후의 하천조건으로부터 교량을 보호하기 위한 통제시설물의 위치
 - 라. 제안된 수로변경의 영향
 - 마. 골재채취 또는 기타 수로에서의 활동에 의한 영향
 - 바. 토지사용변경에 의한 유출량 또는 유출물의 변화 가능성
 - 사. 자연적 하천지형변화가 설치예정인 구조물에 미치는 영향
 - 아. 설치예정인 구조물에 의해 발생한 지형변화가 인접한 기존 구조물에 미치는 영향

- ② 불안정한 하천이나 흐름조건의 경우 하천의 향후 수직 수평 형상변화가능성을 평가하고 교량과 진입로의 안전을 위한 대비책을 설계 시 또는 그 이후에 결정하기 위해 특별 검토를 수행해야 한다.

(3) 교량수로

교량수로의 규모를 결정하기 위한 설계과정에는 아래사항을 포함해야 한다.

- ① 기존 조건에서 주 수로와 범람원의 홍수 흐름 양상에 대한 평가
- ② 설계목적에 부합하는 도로 종단, 선형 및 교량 길이의 다양한 조합에 대한 평가
- ③ 기존의 홍수검토를 이용하는 경우 그 정확도를 결정해야 한다.

(4) 교량기초

① 일반사항

기본설계의 인증 전에 기초설계의 구조적, 수리적, 지반공학적 사항들이 정리되고 문제점이 해결되어야 한다.

② 교량 세굴

가. KDS 24 12 21(4.9.5)에 요구된 바와 같이 교량기초의 세굴은 (KDS 51 90 15(4.2)) 다음 두 조건에 대하여 검토한다.

(가) 세굴설계홍수의 경우, 전 세굴깊이에 걸쳐있는 하상퇴적물은 제거된 것으로 가정하는 것을 설계조건으로 해야 한다. 폭풍해일설계홍수, 조석 또는 복합홍수는 100년 빈도홍수 또는 그보다는 재현기간이 작은 월류홍수보다 큰 강도로 정해야 한다.

(나) 세굴검측홍수의 경우 초과홍수에 의해 야기되는 세굴조건에 대해 교량기초의 안정성을 검토해야 한다. 이러한 조건에 대한 안정성 검토에 요구되는 것보다 과도한 여유는 불필요하다. 극단상황한계상태를 적용해야 한다.

나. 결빙체나 잔해물의 집적과 합류부의 저수위 조건에 의해 세굴설계홍수 또는 세굴검측홍수로 보다 큰 강도의 홍수가 요구되면 기술자는 이를 사용할 수 있다.

다. 토사 또는 침식암 위의 확대기초는 세굴 검측홍수로 결정되는 세굴깊이의 아래에 기초하부가 위치해야 한다.

라. 세굴 염려가 없는 암반위의 확대기초는 기반암과 일체가 유지되도록 설계, 시공해야 한다.

마. 깊은기초는 홍수흐름의 방해와 이에 의한 국부세굴을 가능한 한 최소화하기 위하여 기초의 상부가 산정된 축소단면세굴깊이의 아래에 위치하도록 설계해야 한다. 수류에 노출되어 방식 및 부식에 의한 손상가능성이 우려되는 경우의 파일기초는 더 낮은 위치에 설치하는 것을 고려한다. 여건상 기초의 상부가 하상보다 위에 위치해야 하는 경우 설계 시 세굴가능성에 유의해야 한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

바. 방충재 또는 기타 교각보호시설물을 사용하는 경우 교각세굴과 잔해물 집적에 미치는 영향을 설계 시 고려해야 한다.

사. 난류 수역에 위치한 교대의 안정성에 대해서는 철저한 검토를 수행해야 한다.

아. 노출된 제방경사지는 적절한 세굴방지대책으로 보호한다.

(5) 교량진입로

- ① 교량은 범람원내에 있는 교량진입로와 함께 설계를 수행하여 전체 홍수흐름의 양상이 하나의 연관된 일체시스템으로 개발, 분석되어야 한다. 범람원내의 진입로가 홍수 시 흐름을 방해하는 경우 범람원 경계내의 도로 구간은 홍수위험을 최소화하도록 설계되어야 한다.
- ② 역류와 홍수흐름 방해로 타 구역까지 흐름의 영향이 미치는 경우 설계평가를 수행하여 타 구역 홍수위험에 관한 법적 요구조건을 만족해야 한다.

2.6.5 암거 위치, 길이와 수로면적

2.6.3과 2.6.4의 규정과 함께 아래의 조건을 고려한다.

- (1) 어류와 야생동물의 통로
- (2) 큰 출구부 유속과 흐름의 집중이 암거출구부, 하류수로 및 인접 시설물에 미치는 영향
- (3) 암거입구부에 작용하는 부력효과
- (4) 교통안전
- (5) 하류통제와 폭우고조로 야기되는 하류 고수위의 영향

2.6.6 도로배수

(1) 일반사항

- ① 통과차량의 안전을 최대화하고 교량의 파손을 최소화하기 위하여 교량바닥판과 진입로는 통행로로부터의 노면수를 효과적이고 안전하게 배수할 수 있도록 설계해야 한다. 차도, 자전거 이용도, 보도를 포함한 바닥판의 횡단배수는 충분히 자연배수가 되도록 횡단경사 또는 편경사를 제공하여야 한다. 각 방향 3차선 이상의 광폭교량은 바닥판배수의 특별설계 또는 특별한 거친 노면처리로 수막현상의 발생가능성을 감소시켜야 할 필요가 있는 경우도 있다. 측구로 배수되는 물은 교량 위로 흘러들지 않도록 차단해야 한다. 교량 양단에서의 배수는 모든 유출량을 충분히 감당할 수 있는 용량이 되어야 한다.
- ② 교량 아래의 수로로 배출할 수 없는 특수한 환경 민감조건의 경우, 교량 하부에 부착한 중방향 배수로를 사용하여 교량 단부의 지상에 위치한 적절한 시설로 배수하거나 불가피한 경우 환경을 저감시킬 수 있는 별도의 방안을 수립하여야 한다.

(2) 설계강우강도

교량바닥판 배수에 적용하는 설계강우강도는 발주자가 규정하지 않는 한 인접도로의 포장 배수설계에 적용하는 설계강우강도보다 작지 않아야 한다.

(3) 배수시설의 형식, 규격 및 개수

- ① 바닥판배수시설의 개수는 수리조건을 만족시키는 범위에서 최소로 한다.
- ② 편경사가 변하는 곳에서는 배수흐름을 고려한 등고선을 작성하여 신속하게 교면수를 유도할 수 있도록 교면배수시설을 설치하여야 한다.
- ③ 바닥판 배수시설의 집수구는 수리학적으로 효과적이고 청소를 위한 접근이 가능해야 한다.

(4) 바닥판 배수시설로부터의 유출

- ① 바닥판 배수시설은 바닥판이나 노면의 지표수가 교량 상부구조부재와 하부구조로부터 원활히 제거 될 수 있도록 설계하고 위치해야 한다.
- ② 발주자가 배수시설 및 배수관으로부터의 유출에 대한 통제에 특별한 요구조건을 제시하지 않을 경우, 아래 사항들을 고려한다.
 - 가. 인접한 상부구조요소의 최저부 아래로 최소 100 mm의 돌출부
 - 나. 45° 경사의 원추형 분사가 구조요소에 접촉하지 않는 관로 유출구의 위치
 - 다. 실제적으로 허용되는 경우 난간의 개구부 또는 자유 낙하이용
 - 라. 45°를 초과하지 않는 굴곡부 사용
 - 마. 청소
- ③ 바닥판과 배수시설로부터의 유출은 환경 및 안전요구조건에 부합하도록 처리해야 한다.

(5) 구조물의 배수

구조물에 물이 고일 수 있는 공간이 있는 경우는 가장 낮은 위치에서 배수시키도록 조치하여야 한다. 바닥판과 포장면 특히 바닥판 이음부는 물이 고이지 않도록 설계해야 한다. 포장면이 일체로 시공되지 않거나 현장거치 거푸집을 사용하는 교량바닥판의 경우 접합부에 고이는 물의 제거를 고려해야 한다.

3. 재료

내용 없음.

4. 구조해석

4.1 적용범위

- (1) 4에서는 교량의 설계와 구조적인 평가를 위한 해석 방법을 규정하고, 구조물의 해석 모델링과 하중영향을 결정하는 방법을 기술한다.
- (2) 규정한 해석방법 이외에도 입증된 재료 특성을 사용하고 평형 조건과 적합 조건을 만족시키는 다른 해석 방법도 사용할 수 있다.
- (3) 일반적으로 교량 구조물의 해석은 탄성 해석을 원칙으로 한다. 그러나 일부 연속보 상부 구조물에서는 하중영향에 대한 비탄성해석이나 부모멘트의 재분배를 할 수 있다. 또한 비탄성 거동을 하는 압축 부재와 극단상황한계상태에 대한 비탄성 해석법을 규정한다.

4.2 용어

- 국부해석: 전체 해석에서 얻어지는 부재 단면력을 사용하여 국부 요소의 하중영향을 정밀하게 구하기 위한 해석
- 단구역(end zone): 구조적인 불연속성이나 집중하중의 분포형태로 인해 일반적인 보 이론이 적용되지 못하는 구조물의 부분
- 동적 자유도: 질량 또는 질량효과와 관련된 자유도
- 뒤틀림(distortion): 비틀림 작용 시 박벽보의 면내변형으로 단면의 형상이 일그러지는 변위모드
- 뒸(warping): 보의 투영된 단면형상이 유지되면서 비틀림 작용 시 축방향으로 발생하는 변위모드
- 등가 보: 휨과 비틀림효과에 저항할 수 있는 이상화된 단일 직선 혹은 곡선으로 대치시킨 보
- 등가 스트립: 교축방향 또는 교축직각 방향에 대해 바닥판을 근사 해석하기 위해 원래의 바닥판과 등가의 강성을 갖도록 대치시킨 가상의 선요소
- 바닥틀: 바닥판과 바닥판 지지부재
- 바닥판: 표층의 유무에 상관없이 차량하중을 직접 지지하는 부분
- 비탄성: 응력과 변형도의 비가 일정하지 않고 하중이 제거된 후에도 변형의 일부가 남아 있는 구조적 재료 거동
- 뼈대작용(frame action): 박스형 단면의 바닥판과 복부판간 또는 대형교량의 바닥판과 주 부재간에 발생하는 횡방향 연속성 거동
- 사각: 지점의 중심선과 교축에 수직한 선 사이의 각
- 순간격(core width): 일체로 시공된 상부 구조 단면의 전체 폭에서 바닥판 내민 부분의 길이를 뺀 값

- 응축(condensation): 해석 과정에서 제거해야 할 변수와 남겨 놓아야 할 변수와의 연관 관계를 이용하여 풀어야 할 수식의 숫자를 감소시키는 과정
- 일체시공: 일체로 제작 또는 타설한 강재 혹은 콘크리트 박스형 단면, 속이 차있거나 빈 현장 일체 타설 콘크리트 바닥틀, 횡방향의 포스트텐션을 사용하여 일체로 연결한 프리캐스트 바닥판의 시공
- 자유도: 절점의 움직임을 정의하는 데 필요한 이동 변위나 회전 변위를 정의하는 기준. 부재나 전체 구조물의 변형된 형상은 자유도의 개수로서 정의될 수 있다.
- 지렛대 법칙(lever rule): 한 점을 중심으로 모멘트를 취하여 다른 점에서의 반력을 계산하는 방법
- 직교 이방성: 두 개 이상의 직각 방향으로의 서로 다른 물리적 특성을 갖고 있는 재료의 성질
- 차로활하중: 설계트럭하중과 설계등분포하중의 조합
- 탄성: 하중 제거 시 원래의 상태로 되돌아가는 구조 재료의 성질. 일반적으로 선형 탄성 거동을 가정한다.
- 바람에 대한 뼈대작용: 횡방향 풍하중이 바닥에 전달되도록 하는 보의 복부판 및 보강재의 횡방향 휨 작용
- 하중영향: 작용 하중, 변형 혹은 기하적 변화에 의해 발생하는 단면력, 응력 또는 변형

4.3 기호

- A = 세로보, 보 혹은 부재의 단면적(mm²); 케이블의 단면적 (4.6.3.1)
- A_s = 보강재의 전체면적(mm²) (4.6.7.5)
- a = 짧은 지간의 길이(mm); 복부판 각면의 플랜지폭과 지간길이의 1/4 중에서 작은 값을 플랜지 유효폭으로 취하였을 경우 유효폭이 변화되는 지간 부위; 종방향 보강재의 간격 혹은 직교이방성 강바닥판의 리브 폭(mm) (4.6.2.6) (4.6.7.2) (4.6.7.4)
- B = 보의 간격 혹은 변곡점 간의 거리(mm) (4.6.7.5)
- b = 긴 지간의 길이(mm); 보의 폭(mm); 평판요소의 폭(mm); 복부판 어느 한쪽으로는 플랜지 폭(mm); (4.6.2.6) (4.6.3.1) (4.6.7.2)
- b_e = 특별한 지점단면의 플랜지 유효폭(mm) (4.6.7.2)
- b_f = 내부 지간에 대한 플랜지 유효폭을 결정하기 위한 계수
- b_m = 경간의 내부구간에서의 플랜지 유효폭(mm) (4.6.7.2)
- b_s = 내부지점 또는 캔틸레버 구간에서의 플랜지 유효폭 (4.6.7.2)
- C = 강성도 변수 (4.6.3.1)
- C_m = 모멘트 구배 계수 (4.5.3.3(3))
- D = 차로 당의 분포 폭(mm); 복부의 깊이(m)(4.6.3.1)

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- d = 세로보 및 보의 높이(mm); 부재의 높이(mm) (4.6.3.1)
 d_e = 외부거더의 중심선과 차량방호책 또는 연석의 내측단부까지의 거리(mm) (4.6.3.1)
 d_o = 상부구조물의 높이(mm) (4.6.7.2)
 E = 탄성계수(MPa); 등가폭(mm); 1차륜이 분포하는 바닥판의 폭(m) (4.5.3.3(2)) (4.6.4) (4.6.2.4)
 E_B = 보재료의 탄성계수 (4.6.3.1)
 E_D = 바닥판재료의 탄성계수 (4.6.3.1)
 e = 분배 수정계수; 각 거더의 무게중심으로부터 설계트럭과 설계차선하중의 편심거리 (mm); 강바닥판에서의 리브 간격(mm) (4.6.3.1) (4.6.3.2) (4.6.7.5)
 e_g = 보의 중심과 바닥판 중심 사이의 거리(mm) (4.6.3.1)
 g = 분배계수; 중력가속도(m/s^2) (4.6.3.1)
 I = 단면 2차 모멘트(mm^4) (4.5.3.3(2)) (4.6.3.1)
 I_c = 기둥의 단면 2차 모멘트(mm^4) (4.6.6)
 I_g = 들보 혹은 다른 구속 부재의 단면 2차 모멘트(mm^4) (4.6.6)
 I_p = 극관성모멘트(mm^4) (4.6.3.1)
 J = 생 베낭(St. Venant) 비틀림상수(mm^4) (4.6.3.1)
 K = 기둥의 유효 길이계수; 아치 리브의 유효길이 계수; 시공방법에 따른 상수;(4.5.3.3(2)) (4.6.6) (4.5.3.3(3)) (4.6.3.1)
 K_g = 종방향 강성도 변수(mm^4) (4.6.3.1)
 L = 바닥판 지간장(m); 종방향 단부보 지간(m); 보의 지간장(mm) (4.6.2.4) (4.6.2.8) (4.6.3.1)
 L_{as} = 원호지간(mm) (4.6.1.2(4))
 L_c = 기둥의 브레이싱이 되지 않은 길이(mm) (4.6.6)
 L_g = 들보 혹은 다른 구속 부재의 지지점간의 거리(mm) (4.6.6)
 L_1 = 실제 지간장과 18000 mm 중 작은 값을 사용한 지간장(mm); 가로보의 변곡점 사이의 길이(mm) (4.6.4) (4.6.7.5)
 L_2 = 가로보의 변곡점 사이의 길이(mm) (4.6.7.5)
 l_d = 고정하중에 대한 바닥판의 지간(m) (4.6.2.7)
 l_i = 지간장(mm) (4.6.7.2)
 l_u = 압축부재의 지점 간 길이(mm); 아치 리브 길이의 1/2(mm) (4.5.3.3(2)) (4.5.3.3(3))
 M_c = 2차 효과를 고려하여 수정된 설계모멘트($N \cdot mm$) (4.5.3.3(2))
 M_t = 주철근이 차량방향에 직각인 경우 바닥판의 폭 1m에 대한 교축직각방향 활하중 모멘트 ($kN \cdot m$) (4.6.2.4(1))
 M_l = 주철근이 차량방향에 평행인 경우 단순 바닥판의 폭 1m에 대한교축방향 활하중 모멘트 ($kN \cdot m$) (4.6.2.4(2))

M_{1b} = 큰 횡방향 변위를 발생시키지 않는, 중력으로 인한 압축부재에서의 작은 단모멘트. 모멘트가 단일 곡률로 휘는 경우는 양, 이중 곡률로 휘는 경우는 음이 된다.

(N·mm) (4.5.3.3(2))

M_{2b} = 가로 흔들이가 거의 발생하지 않는, 계수하중을 재하시켜 선형 뼈대 해석으로 구한 압축부재 모멘트. 항상 양의 값을 가진다. (N·mm) (4.5.3.3(2))

M_{2s} = $l_u/1500$ 보다 큰 가로 흔들이를 발생시키는 계수하중을 재하시켜 선형 뼈대 해석으로 구한 압축부재 모멘트. 양의 값을 가진다. (N·mm) (4.5.3.3(2))

N_b = 보, 세로보, 거더의 개수 (4.6.3.1) (4.6.3.2)

N_c = 콘크리트 박스 거더의 격실 개수 (4.6.3.1)

N_L = 3.6.1.1에 정의된 재하차로 수 (4.6.3.1) (4.6.4) (4.6.3.2)

n = 보와 바닥판 사이의 탄성계수비 (4.6.3.1)

P = 설계차량하중의 1후륜하중(kN); 개별부재의 축방향력 (4.6.2.4) (4.6.2.8) (4.6.6)

P_e = 오일러(Euler) 좌굴하중 (N) (4.5.3.3(2))

P_u = 계수축하중(N) (4.5.3.3(2))

p = 짧은 지간 방향으로 전달되는 하중의 비율 (4.6.2.6)

R = 차로수에 따른 외측거더의 반력계수 (4.6.3.2)

r = 사교에서의 종방향 부재단면력의 감소계수 (4.6.4)

S = 보 또는 복부판의 간격(mm) (4.6.3.1)

t = 직교이방성 강바닥판의 플랜지 두께(mm) (4.6.7.4)

t_g = 강재격자 혹은 주름진 강판의 높이(mm) (4.6.3.1)

t_o = 구조적 덧씌움 두께(mm) (4.6.3.1)

t_s = 콘크리트 슬래브의 두께(mm) (4.6.3.1)

W = 최외측 면간의 교폭(mm) (4.6.3.1)

W_e = 복부판 간격의 절반과 내민부분의 합(mm) (4.6.3.1)

W_1 = 1차로 재하의 경우: 실제 교폭과 9000 mm 중 작은 값,

2차로 이상 재하의 경우: 실제 교폭과 18,000 mm 중 작은 값 (4.6.4)

w = 등분포 고정하중(kN/m²) (4.6.2.7)

X_{ext} = 거더의 무게중심으로부터 설계트럭과 설계차선하중의 편심거리(mm) (4.6.3.2)

δ_b = 지지된 형상의 처짐에 대한 모멘트 혹은 응력의 확대계수 (4.5.3.3(2))

δ_s = 지지되지 않은 형상의 처짐에 대한 모멘트나 응력의 확대계수 (4.5.3.3(2))

θ = 사교의 사각(도) (4.6.3.1) (4.6.4)

ν = 포아송 비 (4.6.3.1)

f_c = 2차 효과를 고려한 설계응력(MPa) (4.5.3.3(2))

f_{2b} = M_{2b} 에 의한 응력(MPa) (4.5.3.3(2))

f_{2s} = M_{2s} 에 의한 응력(MPa) (4.5.3.3(2))

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

ϕ_k = 강성감소계수 (4.5.3.3(2))

4.4 구조해석법

- (1) 평형조건과 적합조건을 만족시키며 재료의 응력-변형도 관계를 이용하는 다음과 같은 해석법을 사용할 수 있다.
 - ① 고전적 응력법과 변위법
 - ② 유한요소법
 - ③ 기타: 격자유사법, 유한차분법, 절판법, 유한대판법, 급수법, 항복선법 등
- (2) 설계 시 해당 구조물의 설계특성에 적합한 구조해석용 컴퓨터 프로그램을 사용하고, 합리적으로 그 결과를 분석하고 적용해야 한다.
- (3) 소프트웨어는 일반적으로 통용되는 상용프로그램을 사용하도록 하며, 자체개발 프로그램 사용 시에는 프로그램 검증내용을 구조계산서에 수록하여야 한다.

4.5 해석 모델

4.5.1 일반사항

- (1) 구조해석을 위한 해석 모델에는 하중, 기하학적 형상, 재료의 특성, 경계조건 등을 가급적 실제 조건과 동일 또는 유사하게 표현하여야 하며, 필요한 경우에는 기초의 응답특성을 포함시켜야 한다. 한계상태 및 하중영향, 그리고 필요한 해석의 정밀도에 따라 해석 모델을 선정한다.
- (2) 구조적으로 불연속인 난간, 연석, 중앙분리대와 방호울타리의 강성도는 구조해석에서 고려하지 않는다. 다만, 구조적으로 연속인 방호울타리는 사용한계상태 및 피로한계상태에 대한 검토와 구조적인 평가 시에만 해석 모델에 포함시킨다.
- (3) 기초의 해석 모델에는 교량을 지지하는 지반의 성질을 적절히 고려하여야 한다.
- (4) 내진설계의 경우, 전체적인 지반이동과 액상화가 고려되어야 한다.
- (5) 받침에 부반력(lift off)이 발생하는 경우, 해석 모델은 해당 받침에서 거더의 연직변위를 허용하여야 한다.

4.5.2 구조재료의 거동

4.5.2.1 일반사항

- (1) 재료는 탄성한계까지는 선형으로 거동하고 탄성한계를 넘어서는 비선형 거동을 한다고 가정한다.

- (2) 해석 결과 구해진 극단상황한계상태에서의 구조물의 거동은 탄성이나 비탄성 영역 모두에 있을 수 있다.

4.5.2.2 탄성거동

- (1) 탄성재료의 성질과 특성은 KDS 24 14 21과 KDS 24 14 31의 규정에 따른다. 재령에 따른 콘크리트의 강도 변화와 환경적인 영향으로 인한 재료의 물성치 변화를 모델에 적절히 포함시켜야 한다.
- (2) 콘크리트와 합성부재의 해석에서는 예상되는 거동에 따라 균열 또는 비균열단면을 사용한다. 보-슬래브 교량에서는 콘크리트 바닥판의 강성을 모두 고려하여도 좋다.

4.5.2.3 비탄성 거동

- (1) 구조물을 비탄성 해석하는 경우에는 부재의 연성을 고려하여야 한다. 이 경우, 적절한 파괴 메커니즘과 그에 따른 소성힌지의 위치를 결정하여야 한다. 구조 부재에서의 전단, 좌굴, 부착력 상실에 의한 파괴가 휨 비탄성 파괴 메커니즘보다 먼저 발생하지 않는지 확인할 필요가 있다. 소성힌지가 발생할 것으로 예상되는 부재에서는 초과 강도가 발생한 경우를 검토하여야 한다. 대변형이 발생할 수 있는 경우에는 구조물의 기하학적 일체성이 손상되는지를 검토하여야 한다.
- (2) 재료의 비탄성 모델은 실험 결과에 따르거나 실험으로 입증된 하중-변형 거동에 따라 결정하여야 한다. 심부구속 등으로 인하여 비탄성거동이 예상되는 경우에는 실험 모델에 그러한 구속을 가할 수 있는 것을 포함시켜야 한다. 극한 하중영향이 반복적으로 발생할 것으로 예상되는 경우에는 실험에 그 주기적인 성질을 반영하여야 한다.
- (3) 특별히 규정된 경우가 아니면, 등단면 부재에 발생하는 응력과 변형은 단면 내에서 변형도를 선형분포로 가정하여 결정한다. 깊은(deep) 보 또는 전단에 취약한 보는 전단변형 효과를 고려할 필요가 있다. 콘크리트 부재에 발생하는 최대변형도는 KDS 24 14 21에서 규정된 변형도의 한계를 넘지 않아야 한다.
- (4) 필요한 경우 압축부재의 비탄성 거동을 고려하여야 한다.

4.5.3 기하학적 형상

4.5.3.1 미소변위 이론

구조물의 변형으로 인하여 하중영향이 크게 변화하지 않는다면, 구조물의 형상변화로 인한 2차 응력효과는 무시할 수 있다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

4.5.3.2 대변위 이론

- (1) 만약 구조물의 변형으로 인하여 하중영향이 크게 변한다면, 평형방정식에 변형효과를 고려하여야 한다.
- (2) 안정성해석과 대변위해석 시 변형효과와 부재의 초기처짐 문제도 고려하여야 한다.
- (3) 콘크리트 장주 해석 시, 구조 형상을 크게 변화시킬 수 있는 이력 의존적 재료 특성을 고려하여야 한다.
- (4) 뼈대구조나 트러스를 해석하는 경우, 인접한 부재에 발생하는 인장 및 압축력의 상호작용효과를 고려하여야 한다.
- (5) 비선형 영역에서는 설계하중만 사용하며 하중영향의 중첩은 허용되지 않는다. 비선형해석 시 하중을 가하는 순서에 따라 해석결과가 달라지므로, 실제 교량의 하중조건에 부합하도록 하중을 재하시켜야 한다.

4.5.3.3 근사적인 $P-\Delta$ 해석법

(1) 일반사항

KDS 24 14 21과 KDS 24 14 31에 규정된 조항을 만족하는 보-기둥과 아치구조에서, 모멘트 확대계수법과 시스템 $P-\Delta$ 해석법의 두 가지 근사법으로 하중영향에 대한 처짐의 영향을 구할 수 있다.

(2) 모멘트 확대계수법 - 보-기둥의 경우

- ① 변형이 하중영향에 미치는 영향을 고려하기 위하여 설계모멘트 또는 설계응력을 다음과 같이 증가시킬 수 있다.

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \quad (4.5-1)$$

$$f_c = \delta_b f_{2b} + \delta_s f_{2s} \quad (4.5-2)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi_k P_e}} \geq 1.0 \quad (4.5-3)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi_k \sum P_e}} \quad (4.5-4)$$

여기서, P_u = 설계축하중 (N)

P_e = 오일러 좌굴하중 (N)

ϕ_k = 강성감소계수로서 콘크리트구조의 경우 0.75, 강구조의 경우 1.0 적용

M_{2b} = 가로 흔들이가 거의 발생하지 않는 설계하중을 재하시켜 선형 뼈대 해석으로 계산된

항상 양의 값을 갖는 압축부재의 모멘트 ($N \cdot mm$).

$f_{2b} = M_{2b}$ 에 의한 응력 (MPa)

$M_{2s} = l_u/1500$ 보다 큰 가로 흔들이를 발생시키는 설계하중을 재하시켜 선형 뼈대 해석으로 계산된 항상 양의 값을 갖는 압축부재의 모멘트 ($N \cdot mm$).

$f_{2s} = M_{2s}$ 에 의한 응력 (MPa)

- ② 오일러 좌굴하중 P_e 는 식 (4.5-5)를 따른다. 다만, 강재/콘크리트 합성기둥의 P_e 는 KDS 24 14 31(4.5.4.1)의 규정에 따라 결정하여야 한다.

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{(Kl_u)^2} \quad (4.5-5)$$

여기서, l_u = 압축 부재의 지점 간 길이(mm)

K = 4.6.6항에 규정된 유효길이 계수

E = 탄성계수(MPa)

I = 고려하고 있는 축에 대한 단면 2차 모멘트(mm^4)

- ③ 콘크리트 압축부재의 경우는 KDS 24 14 21(1.4.6)의 규정도 적용된다.
- ④ 해석을 통하여 더 작은 값을 사용하여도 좋다고 인정된 경우 외에는 브레이싱에 의하여 가로 흔들이가 구속되는 부재의 δ_s 는 1.0을 사용한다. 가로 흔들이가 구속되지 않는 부재의 δ_b 는 가로 흔들이를 구속시켜서 산정하고, δ_s 는 가로 흔들이가 구속을 해제한 상태에서 δ_b 산정 시 구속에 의한 반력을 역으로 재하하여 계산한다.
- ⑤ 가로 흔들이가 구속되어 있고 지점사이에 횡하중이 없는 부재에 대한 C_m 은 다음의 식으로부터 계산된다.

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \quad (4.5-6)$$

여기서, M_{1b} = 재단모멘트 중 작은 값

M_{2b} = 재단모멘트 중 큰 값

- ⑥ M_{1b}/M_{2b} 는 부재가 단일곡률로 휘면 양으로, 이중곡률로 휘면 음으로 취한다.
- ⑦ 기타의 경우에는 C_m 을 1.0으로 취한다.
- ⑧ 가로 흔들이가 구속되지 않은 구조물에서는 압축부재와 뼈대를 형성하는 휨부재와 기초부는 연결부 압축부재의 재단모멘트의 합에 대하여 설계하여야 한다.
- ⑨ 압축부재가 두 개의 주축에 대해 휨을 받는 경우, 각 주축에 대한 모멘트를 각 주축의 구속 조건으로부터 정해지는 δ 만큼 증가시켜야 한다.
- ⑩ 같은 높이에서의 여러 개의 압축부재군이 벤트(bent)를 형성하는 경우나 동일한 상부구조에 연결되어 구조물의 가로 흔들이에 일체로 저항하는 경우 모든 압축부재에 대하여 δ_s 를

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

계산하여야 하며, 모든 압축부재에 작용하는 압축력의 합 $\sum P_u$ 와 $\sum P_e$ 를 사용한다.

(3) 모멘트 확대계수법 - 아치의 경우

미소변위해석에서 활하중과 충격모멘트에 대한 면내 모멘트 확대계수 δ_b 를 계산하기 위하여 아래 정의 및 4.5.3.3(2)의 규정을 적용한다.

$$\begin{aligned} l_u &= \text{아치 리브 길이의 1/2(mm)} \\ K &= \text{표 4.5.1 에서 규정된 유효길이계수} \\ C_m &= 1.0 \end{aligned}$$

표 4.5-1 아치 리브의 유효길이계수, K

높이 대 지간장 비	3 힌지 아치	2 힌지 아치	고정 아치
0.1 - 0.2	1.16	1.04	0.70
0.2 - 0.3	1.13	1.10	0.70
0.3 - 0.4	1.16	1.16	0.72

(4) 시스템 $P-\Delta$ 해석법

컴퓨터 프로그램을 이용하여 축방향력에 대한 추가적인 휨모멘트의 확대효과를 정확히 산정할 수 있는 시스템 $P-\Delta$ 해석법은 다음과 같다.

먼저, 설계하중에 대한 선형탄성해석으로 각 부재의 축력을 구하고, 이 축력을 고려한 기하학적 강도행렬을 탄성강도행렬에 추가하여 시스템 강도행렬을 구성하고 설계하중에 대한 하중영향을 산정한다.

4.5.4 경계조건의 모델링

- (1) 경계조건은 지점 및 연속성에 대한 실제 특성을 잘 모델링할 수 있어야 한다.
- (2) 교량이 설치되는 지반의 성질, 지반-말뚝의 상호작용과 말뚝의 탄성적 거동을 잘 나타낼 수 있도록 기초를 모델링하여야 한다.

4.5.5 등가부재

- (1) 변단면 부재를 몇 개의 등가 뼈대요소로 나누어 모델링할 수 있다. 이 경우 각 등가 뼈대요소는 실제 부재의 강성 특성을 잘 나타낼 수 있어야 한다.
- (2) 등가부재가 구성하는 부재들의 강성을 잘 대표할 수 있다면, 변단면 유무에 관계없이 교량의 구성 부재들을 단일 등가부재로 치환하여 모델링할 수 있다. 이때 등가강성을 구하기 위하여 엄밀해, 수치적분법, 그리고 직렬과 병렬 유사법 등을 사용할 수 있다.

4.6 정적 해석

4.6.1 평면 형상의 영향

4.6.1.1 평면 변장비(aspect ratio)

비틀림강성이 큰 폐단면으로 이루어진 상부구조에서 지간장이 폭에 대비하여 2.5배 보다 클 때, 상부 구조를 등가보로 이상화시킬 수 있다. 이 규정에서 사용하는 치수는 다음과 같다.

- (1) 폭: 일체로 시공된 바닥판의 순간격, 또는 외측 복부판 바깥면 간의 평균 거리
- (2) 단순 지지된 직교의 지간장: 바닥판 신축이음간 거리
- (3) 연속교 또는 사교의 지간장: 가장 짧은 지간의 폭 방향에서 바라본 평면에서 직사각형을 그렸을 때 긴 변의 길이가 규정은 현장타설 다중박스거더교에는 적용하지 않는다.

4.6.1.2 곡선교

(1) 일반사항

- ① 상부구조물 부재들의 조화가 요구되는 모멘트, 전단력과 기타 부재력 효과는 전체구조물의 합리적 해석을 통하여 산정된다.
- ② 받침을 포함한 전체 상부구조물은 하나의 구조물로 고려된다. 경계조건은 설계에 사용된 받침 또는 일체 연결부로서 규정되는 절점을 구현한다.
- ③ 기술자에 의하여 보다 엄격한 접근이 필요하지 않다고 판단될 경우, 해석은 탄성 미소 변위 이론에 따라 산정될 수 있다.
- ④ 해석 시 받침 방향과 하부구조에 의한 받침의 구속을 고려한다. 이들 하중영향은 받침, 수직브레이싱(cross-frame), 다이아프램, 브레이싱과 바닥판 등을 설계함에 있어서 고려되어야 한다.
- ⑤ 폐합단면의 뒤틀림(distortion)은 구조해석을 수행하는 경우에 고려하지 않아도 된다.
- ⑥ 원심력 효과는 KDS 24 12 21(4.15)에 따라 고려된다.

(2) 비틀림 강성이 큰 단일 거더 곡선교

- ① 4.6.1.1의 요구사항을 만족시키는 비틀림강성이 큰 단일거더 곡선교의 경우에는 등가곡선보로 가정하여 전체 하중영향에 대하여 해석할 수 있다.
- ② 이러한 보에서는 단면의 질량 중심선으로 중심선 위치를 취하고, 전체 부피를 고려하여 고정하중의 편심량을 결정한다.

(3) 콘크리트 박스거더교

- ① 평면 내에서 곡선을 가지는 콘크리트 박스 거더의 경우, 다른 하중 효과가 명시되어 있지 않으면 경간 내에서 중앙 각도가 12°까지는 직선 세그먼트(segments)로 설계할 수 있다.
- ② 평면 내에서 곡선을 가지는 비세그멘탈(nonsegmental) 콘크리트 박스 거더교 상부구조의 경우는 특별히 국소 힘 효과에 대하여 기술되어 있는 경우를 제외하고 그림 4.6.1에서 보이

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

는 바와 같이 하나의 경간 안에서 중앙 각이 34° 까지는 직선 세그먼트로 이루어진 단일 뼈대에 대한 전체적 힘의 효과에 대하여 해석하고 설계할 수 있다. 이러한 보의 중심선 위치는 단면의 무게중심에서 취한다.

- ③ 하부 구조가 상부구조와 결합된 경우, 하부구조의 요소들은 수평 곡률과 긴장재 편향(tendon deviation)으로 인한 프리스트레스 마찰 손실에 대한 모델과 허용오차(allowance)에 포함되어야 한다.
- ④ 4.6.1.1을 만족시키는 수평 내에서 곡선을 가지는 세그멘탈 콘크리트 박스 거더 상부구조가 하나의 경간 내에서 중앙 각이 12° 와 34° 사이에 있으면서, 각 세그먼트의 중앙각이 3.5° 이하인 경우 그림 4.6.2에서 보이는 바와 같이 여러 개의 직선 세그먼트로 이루어진 하나의 뼈대를 가지는 보로 해석될 수 있다. 하부구조와 강결된 구조의 경우 구조물의 적절한 3차원 모델이 사용될 수 있다. 시간 이력과 관계된 콘크리트 물성에 의한 힘의 재분배를 고려해야 한다.
- ⑤ 하나의 경간 안에서 중앙각이 34° 를 넘어가거나 거더간격이 변화하는 경우 등과 같이 일반적이지 않은 형태를 가지고 중앙각의 최대값이 12° 를 넘어가는 경우 교량은 검증된 3차원 해석 방법으로 해석되어야 한다.

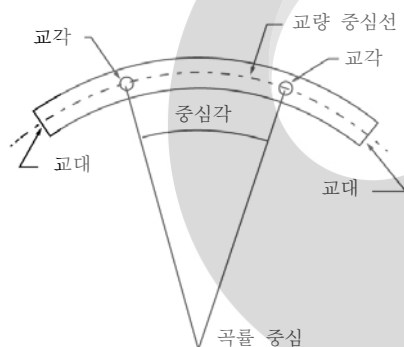


그림 4.6-1 중심각의 정의

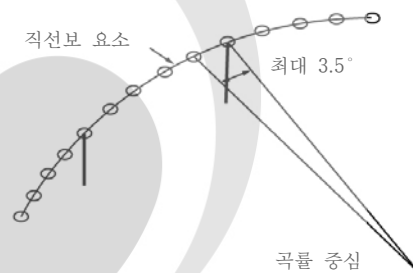


그림 4.6-2 곡선 콘크리트 박스거더교의 3차원 뼈대 모델

(4) 다중 강거더교

① 일반사항

수평면에서 곡면을 가지는 곡선교는 각각의 부재(segment)를 두 절점 사이의 직선으로 가정한 격자구조 또는 연속체로 해석할 수 있다. 한 부재(segment)의 실제 편심량은 절점 간격의 2.5% 이하여야 한다.

② 플레이트 거더교

가. 안정성 검토 시 곡률 효과는 모든 곡선플레이트 거더교에서 고려되어야 한다.

나. 플레이트 거더교가 다음 4가지 조건을 만족시킬 경우, 주축에 대한 휨 전단력을 결정할 때 곡률의 효과를 무시할 수 있다.

(가) 거더의 곡률중심은 일치한다.

(나) 받침선의 사각은 방사선에 대하여 10° 미만이다.

(다) 거더들의 강성은 동일하다.

(라) 모든 지간에서, 원호지간(the arc span)을 거더반지름으로 나눈 값이 0.06 rad 이하이다.

여기서, 원호 지간, L_{as} 은 다음과 같다.

단경간의 경우; $L_{as} = \text{거더의 원호길이(mm)}$

연속거더 외측지간의 경우; $L_{as} = \text{거더의 원호길이} \times 0.9(\text{mm})$

연속거더 내측지간의 경우; $L_{as} = \text{거더의 원호길이} \times 0.8(\text{mm})$

다. 이러한 조건을 만족하는 I형거더는 원호길이와 동일 지간을 가진 하나의 독립적인 직선 거더로서 해석될 수 있다. 플랜지의 횡방향 휨 효과는 적절한 가정으로부터 결정되어야하고, 설계 시 고려되어야 한다.

라. 수직브레이싱(cross-frame) 또는 다이어프램 부재는 합리적인 방법에 따라 계산된 부재력에 대하여, KDS 24 14 31(4.3.4)에 따라 설계되어야 한다.

마. 수직브레이싱 간격은 거더에서 플랜지 횡방향 좌굴을 제한할 수 있도록 결정되어야 한다.

③ 폐단면 박스와 상부개단면(tub) 거더

가. 강도와 안정성에 대한 곡률의 효과는 모든 곡선 강박스거더교에 대하여 고려되어야 한다.

나. 박스거더교가 다음 3가지 조건을 만족할 경우, 주축에 대한 휨모멘트와 휨전단을 결정하는 해석에서 곡률효과를 무시할 수 있다.

(가) 거더의 곡률중심은 일치한다.

(나) 받침들에 사각이 없고,

(다) 모든 지간에서, 원호지간(the arc span)을 거더반지름(mm)으로 나눈 값이 0.3 rad 이하이다. 그리고, 지간 중앙(middepth)에서 거더의 높이는 박스 폭보다 적다. 여기서 원호지간, L_{as} 은 ②에서 정의된 바와 같다.

다. 이러한 조건을 만족하는 박스거더교는 원호길이와 동일 지간을 가진 하나의 독립적인 직선 거더로서 해석될 수 있다. 플랜지의 횡방향 휨 효과는 적절한 가정으로부터 결정되어야하고, 설계 시 고려되어야 한다.

라. 수직브레이싱 또는 다이어프램 부재는, KDS 24 14 31(4.3.4)의 규정에 따라 설계되어야 하고, 횡방향 브레이싱 부재는 합리적인 방법에 따라 계산된 부재력에 대하여 KDS 24 14 31(4.3.5)에 따라 설계되어야 한다.

4.6.2 바닥판의 해석방법

4.6.2.1 적용범위

4.6.2는 지간과 한 변의 길이비(변장비)가 1:2를 넘는 철근콘크리트 바닥판, 프리스트레스트 콘크리트 바닥판 및 프리캐스트 콘크리트 바닥판의 기존 설계법에 대한 규정이다. 바닥판 단면내면내 압축력을 고려한 경험적 설계법은 KDS 24 14 21(4.6.5.2)와 KDS 24 14 31(4.10.6)의 규정

을 따른다.

4.6.2.2 설계일반

- (1) 난간 및 자동차 방호책에 작용하는 충돌하중의 영향은 KDS 24 90 11의 관련규정을 따른다.
- (2) 철근콘크리트 바닥판에 사용하는 콘크리트의 설계기준강도는 27 MPa 이상으로 한다.
- (3) 4.6.2의 규정에 따라 바닥판을 설계하는 경우에는 바닥판의 전단력에 대한 검토를 생략할 수 있다.

4.6.2.3 바닥판의 지간

- (1) 단순지지의 경우 지지보의 중심 간격으로 바닥판의 지간을 설정한다. 이 때 지간은 바닥판의 순지간에 바닥판의 두께를 더한 길이를 초과할 필요는 없다.
- (2) 세 개 이상의 지지보 위에 연속으로 설치된 바닥판의 경우 하중분배와 휨모멘트의 계산에 사용되는 유효지간의 길이를 아래와 같이 산정한다.
 - ① 현치가 없이 보 또는 벽체와 일체이며 두께가 일정한 바닥판의 경우, 순지간으로 바닥판의 지간을 산정한다.
 - ② ①의 경우에서 현치가 있는 경우, 현치를 고려한 두께가 바닥판의 두께의 1.5배가 되는 위치로부터 유효지간을 산정한다.
 - ③ 프리스트레스트 콘크리트 보의 두꺼운 상부플랜지 위에 지지되고 바닥판 두께에 대한 상부플랜지 폭 비가 4보다 작은 경우, 바닥판에 인접한 상부 플랜지 끝단 사이의 순지간으로 유효지간을 산정한다.
 - ④ 프리스트레스트 콘크리트 보의 얇은 상부플랜지 위에 지지되고 바닥판의 두께에 대한 상부플랜지 폭비가 4 이상인 경우, 바닥판에 인접한 상부 플랜지 돌출폭 중앙점 사이의 거리로 유효지간을 산정한다.

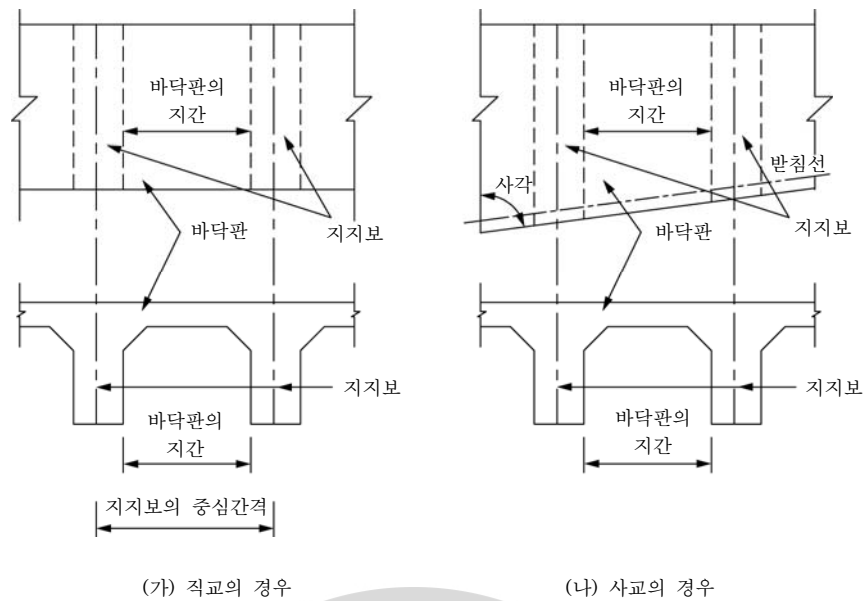


그림 4.6-3 단순판 및 연속판의 지간

(3) 캔틸레버 바닥판의 경우, 하중분배와 휨모멘트의 계산에 사용되는 유효지간은 아래와 같이 산정한다.

- ① 보 또는 벽체와 일체이며 바닥판의 두께가 일정한 바닥판의 경우, 보 또는 벽체의 외측단에서 캔틸레버 끝단까지의 거리로 바닥판의 지간을 산정한다.
- ② ①의 경우에서 헌치가 있는 경우, 바닥판과 헌치를 함께 고려한 두께가 바닥판의 두께의 1.5배가 되는 위치로부터 캔틸레버 끝단까지의 거리를 유효지간으로 산정한다.
- ③ 프리스트레스트 콘크리트 보의 두꺼운 상부플랜지 위에 지지되고 바닥판 두께에 대한 상부플랜지 폭 비가 4보다 작은 경우, 유효지간은 상부 플랜지 끝단에서 캔틸레버 끝단까지의 순지간으로 정의된다.
- ④ 프리스트레스트 콘크리트 보의 얇은 상부플랜지 위에 지지되고 바닥판 두께에 대한 상부플랜지 폭 비가 4 이상인 경우, 유효지간은 상부플랜지 돌출폭 중앙점에서 캔틸레버 끝단까지의 거리로 정의된다.
- ⑤ 차량진행방향에 직각으로 캔틸레버판이 있을 때에 트럭하중의 교축방향에 대한 외측 차륜 중심의 재하위치를 차도 끝에서 300 mm 떨어진 곳으로 한다. 차량진행방향과 평행으로 캔틸레버판이 있을 때의 트럭하중에 대한 지간은 윤하중의 접지폭을 고려하여 캔틸레버 끝단에서 100 mm 떨어진 곳으로 한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

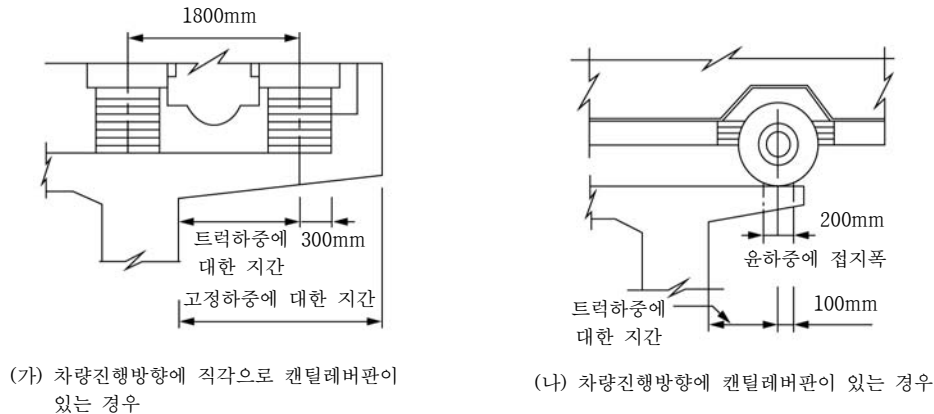


그림 4.6-4 캔틸레버판의 지간

(4) 사교의 지간은 주철근 방향으로 재는 것으로 한다.

4.6.2.4 단순판 및 연속판

- (1) 바닥판의 단위폭(1 m)에 대한 활하중 휨모멘트의 크기를 산정하기 위하여 주철근의 방향과 차량의 진행방향에 따라 두 가지의 방법으로 간략식을 적용할 수 있다. 단, 차량바퀴의 접지면적을 고려한 정밀해석방법으로 산정한 경우는 예외로 한다. 정밀해석 시 요구되는 차량바퀴의 접지면적은 KDS 24 12 21(4.3.1.4)의 규정에 따른다.
- (2) 다음 규정은 1등교에 대한 기준으로, 2등교는 1등교 활하중효과의 75 %를 적용하며, 3등교는 2등교 활하중효과의 75%를 적용한다.

L : 바닥판의 지간(m)

E : 1차륜이 분포되는 바닥판의 폭(m)

P : 설계차량활하중의 1후륜하중(kN)으로 96 kN 적용

- ① 주철근이 차량진행방향에 직각인 경우 (지간 : 0.6 m ~ 6 m)

가. 단순판의 폭 1 m에 대한 활하중 휨모멘트를 다음 식으로 계산한다(충격은 별도로 생각한다).

$$M_t = (L + 0.6)P/9.6 \quad (4.6.1)$$

나. 바닥판이 3개 이상의 지점을 가진 연속슬래브의 정·부의 휨모멘트의 크기는 위의 값의 0.8배를 취한다.

- ② 주철근방향이 차량진행방향에 평행한 경우

가. 운하중이 분포되는 바닥판 유효폭 E 를 다음 식으로 산출한다. 그러나 그 값이 2.1 m 이하이어야 한다.

$$E = 1.2 + 0.06 L \quad (4.6-2)$$

나. 이 폭을 갖는 바닥판에 소정의 트럭 운하중이 작용하는 것에 대하여 설계해야 한다.

다. 단순판에서 폭 1 m에 대한 휨모멘트의 값(충격은 별도로 고려)은 6 m 이하의 지간에 대하여 다음과 같다.

$$M_l = 18L(\text{kN} \cdot \text{m/m}) \quad (4.6-3)$$

③ 지간의 길이가 6 m를 초과하는 연속바닥판인 경우

트럭하중 또는 차선하중을 고려한 정밀해석방법을 통해 휨모멘트를 산정한다.

4.6.2.5 캔틸레버 바닥판

캔틸레버 바닥판에 작용하는 운하중의 분포를 고려해서 바닥판에 작용하는 휨모멘트의 크기를 주철근의 방향과 차량의 진행방향에 따라 두 가지의 방법으로 간략식을 이용하여 산정할 수 있다. 트럭 운하중의 접지면적을 고려한 정밀한 해석 방법을 사용하는 경우에는 간략식을 사용하지 않아도 된다. 정밀해석 시 요구되는 트럭 운하중의 접지 면적은 KDS 24 12 21(4.3.1.4)의 규정을 따른다.

(1) 주철근이 차량진행방향에 직각인 경우

캔틸레버 바닥판에 작용하는 운하중은 다음과 같은 폭에 분포한다고 가정한다.

$$E = 0.8X + 1.14 \quad (4.6-4)$$

이 때 폭 1 m당의 휨모멘트를 아래의 식을 이용하여 구한다.

$$M = \frac{P}{E}X \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad (4.6-5)$$

여기서, X 는 하중점에서 지지점까지의 거리 (m)이다.

(2) 주철근방향이 차량진행방향에 평행한 경우

캔틸레버 바닥판 위에 작용하는 트럭 운하중은 다음과 같은 폭에 분포한다고 가정한다.

$$E = 0.35X + 0.98 < 2.1 \text{ m} \quad (4.6-6)$$

이 때 폭 1 m당의 휨모멘트를 아래의 식을 이용하여 구한다.

$$M = \frac{P}{E}X \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad (4.6-7)$$

4.6.2.6 사변이 지지된 바닥판

(1) 사변이 지지되어 양방향으로 철근을 보강하는 교량바닥판의 경우, 짧은 지간 방향으로 전달되는 하중비율은 다음과 같은 식으로 표현된다.

등분포하중의 경우, $p = b^4 / (a^4 + b^4)$

중앙에 집중하중이 작용하는 경우, $p = b^3 / (a^3 + b^3)$ (4.6-8)

여기서, p = 짧은 지간 방향으로 전달되는 하중의 비율

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

a = 짧은 지간의 길이

b = 긴 지간의 길이

- (2) 바닥판의 길이가 바닥판의 폭의 1.5배 이상일 경우, 전체 하중을 횡방향 철근이 받는다고 산정할 수 있다.
- (3) 어느 한 방향에 대해 구한 하중 분포폭을 다른 방향의 하중분포폭으로 사용할 수 있다. 해석을 통해 얻어진 휨모멘트를 설계 시 바닥판 지간의 중앙부 1/2 구간에 적용하고, 나머지 구간에 대해서는 중앙부에 소요되는 철근량의 50 % 이상을 배근하면 된다. 지지보의 설계 시 지지보에 전달되는 하중의 크기가 지지보를 따라서 일정하지 않다는 사실을 고려할 수 있다.

4.6.2.7 등분포 고정하중에 의한 휨모멘트

등분포 고정하중에 의한 바닥판의 단위폭(1 m)당의 설계휨모멘트는 표 4.6-2에 의해 계산한다.

표 4.6-2 등분포 고정하중에 의한 바닥판의 단위폭(1 m)당 설계휨모멘트(kN·m/m)

판의 구분	휨모멘트의 종류	바닥판 지간방향의 휨모멘트
단순판	지간 휨모멘트	$+ w l_d^2 / 8$
캔틸레버판	지점 휨모멘트	$- w l_d^2 / 2$
연속판	지간 휨모멘트	$+ w l_d^2 / 10$
	지점 휨모멘트	$- w l_d^2 / 10$

여기서, w = 등분포 고정하중(kN/m²)

l_d = 고정하중에 대한 바닥판의 지간(m)

4.6.2.8 종방향 단부보

- (1) 주철근의 방향이 차량진행방향에 평행할 때에는 종방향으로 단부보가 있어야 한다. 단부보는 바닥판과 함께 거동하는 다양한 형식을 사용할 수 있는데, 바닥판의 두께나 철근 배근량을 늘리거나 또는 바닥판과 방호벽이 일체로 함께 거동하는 형식 등으로 구성될 수 있다.
- (2) 단부보의 설계에 사용되는 활하중 휨모멘트의 크기는 다음과 같다.

$$\text{단순판} : 0.10PL \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

$$\text{연속판} : 0.08PL \text{ (kN} \cdot \text{m/m)} \quad (4.6-9)$$

여기서, P = 윤하중

L = 종방향 단부보의 지간(m)

- (3) 연속지간의 경우, 더 정확한 해석을 통하여 활하중에 의한 휨모멘트의 크기를 줄일 수 있다.

4.6.2.9 진입부 바닥판

4.6.2.9에 나타난 설계식들은 지지되지 않은 단부 바닥판의 효과를 포함하고 있지 않다. 따라서 교량의 진입부 또는 경간 내부의 바닥판의 연속성이 단절되는 곳의 바닥판을 격벽이나 다른 적절한 방법으로 지지시키는 것이 좋다. 이 때 격벽은 트럭 운하중에 의해 발생하는 휨모멘트와 전단력을 지지할 수 있을 정도로 설계되어야 한다.

4.6.2.10 프리스트레스에 의한 부정정 휨모멘트

연속바닥판에 프리스트레스를 도입하는 경우에는 프리스트레싱에 의해 생기는 부정정 휨모멘트를 고려해야 한다. 다만, 부정정 휨모멘트가 작게 일어나도록 PS강재를 배치하는 경우에는 이 부정정 휨모멘트를 무시할 수 있다.

4.6.2.11 바닥판의 응력 검사

- (1) 4.6.2.4에서 4.6.2.11까지의 규정에 따라 계산된 설계휨모멘트를 이용하여 바닥판의 응력을 산정한다.
- (2) 설계휨모멘트의 방향과 강재의 배치 방향이 다른 경우에는 그 영향을 고려하여야 한다. 설계휨모멘트의 방향과 강재의 배치방향이 다를 때에는 설계휨모멘트 방향에 대한 강재의 유효단면적을 사용하거나 또는 프리스트레스 힘의 분력을 이용하여 설계를 수행하여야 한다.

4.6.3 보-슬래브 교량의 근사적 해석방법

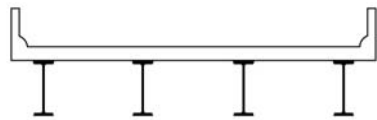
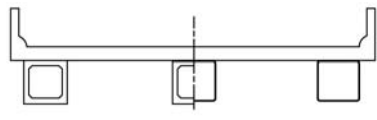
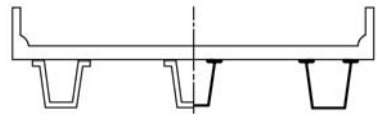
4.6.3.1 적용

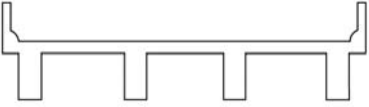
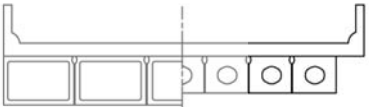
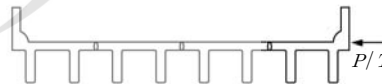
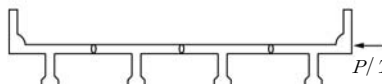
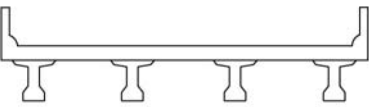
- (1) 4.6.3.4에서 규정된 경우를 제외하고, 이 조항들은 다음과 같은 경우에 대하여 해석되는 교량들에 대해 적용된다.
 - ① 1차로 하중
 - ② 각 차로마다 근사적으로 동일한 하중영향을 나타내는 다차로 활하중
 - ③ 한 차로에 특정한 차량이나 계산이 허용되는 차량이 재하된 경우라면, 혼합된 교통으로 인해 유발되는 거더당 설계하중영향을 4.6.3.4에 규정된 바에 따라 결정할 수 있다.
- (2) 4.6.3.2와 4.6.3.3에 있는 표에서 규정된 적용범위를 초과하는 간격을 갖는 보의 경우, 차로에 재하된 하중에 의하여 발생하는 반력을 지렛대 법칙으로 계산하여 그 반력을 각각의 보의 활하중으로 취할 수 있다. 단, 별도의 규정이 있는 경우에는 그 규정을 따른다.
- (3) 지렛대 법칙에 의한 하중 분배법에서는, KDS 24 12 21(4.3.1.2)의 다차로재하계수를 사용할 수 있으나, 근사적 해석법의 경우는 다차로재하계수가 이미 반영되어 있기 때문에 다차로재하계수를 중복 적용할 필요가 없다.
- (4) 이 규정에 해당되지 않는 교량은 4.6.11에 따라 해석한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- (5) 아래의 조건을 만족시킴과 동시에, 본 규정의 분배계수 표에서 명시된 조건을 만족시키는 거더, 보, 세로보에 대한 활하중 분배는 4.6.3.2와 4.6.3.3의 규정을 사용할 수 있다.
- ① 바닥판의 폭은 일정하다.
 - ② 다른 규정이 없는 한, 네 개 이상의 보가 있다.
 - ③ 보는 평행하며 거의 동일한 강성을 갖는다.
 - ④ 차도의 내민부분(d_e)은 910 mm를 초과하지 않는다.
 - ⑤ 면내 곡률은 4.6.1.2의 한계값보다 작다.
 - ⑥ 단면이 표 4.6-3에 보이는 단면중의 하나와 부합된다.
- (6) 등폭의 바닥판 또는 평행한 보들로부터 크지 않은 편차가 존재할 때에는 교축을 따라 분배계수를 변화시키거나 적절한 보 간격에 대한 단일 분배계수를 적용할 수 있다.
- (7) 현장타설 콘크리트 다중박스거더 교량형태는 전폭을 갖는 교량으로 설계할 수 있다. 그러한 단면은 4.6.3.2와 4.6.3.3에 있는 거더개수와 복부판의 폭을 곱하여 내측 거더에 대해 활하중 분배계수를 구해야 한다.
- (8) 콘크리트 바닥판이 있는 강 박스거더에 대하여는 4.6.3.2(1)에 규정되어 있다.
- (9) 여기서 규정된 조건을 만족시키는 교량에서 바닥판에 작용하는 고정하중을 보 및 세로보에 등분포시킬 수 있다.
- (10) 여기서 규정된 활하중 분배계수는 차량의 전폭이 설계차량의 폭과 유사한 허용차량이나 내하력평가 차량에 대해 사용될 수 있다.

표 4.6-3 4.6.3.2와 4.6.3.3에서 기술된 상부구조 형식

바닥판 지지 유형	바닥판 형태	전형적인 단면 형상
강재 거더	현장 타설 콘크리트 슬래브, 프리캐스트 콘크리트 슬래브, 강재 격자	 (a)
폐단면 강 또는 프리캐스트 콘크리트 박스거더	현장 타설 콘크리트 슬래브	 (b)
개단면 강 또는 프리캐스트 콘크리트 박스거더	현장 타설 콘크리트 슬래브, 프리캐스트 콘크리트 바닥판 슬래브	 (c)

바닥판 지지 유형	바닥판 형태	전형적인 단면 형상
현장 타설 콘크리트 다중박스거더	일체로 시공된 콘크리트	 (d)
현장 타설 콘크리트 T형 거더	일체로 시공된 콘크리트	 (e)
전단키가 있는 중실, 중공, 격실 프리캐스트 콘크리트 박스거더	현장타설 콘크리트 덧씌움	 (f)
포스트 텐션 또는 그외 방법으로 조립된, 전단키가 있는 중실, 중공, 격실 프리 캐스트 콘크리트 박스거더	지지 단면 상부 콘크리트	 (g)
전단 키가 있는 ㄷ형 프리캐스트 콘크리트	현장타설 콘크리트 덧씌움	 (h)
포스트 텐션 또는 그외 방법으로 조립된, 전단키가 있는 더블 T형 프리캐스트 콘크리트	지지 단면 상부 콘크리트	 (i)
포스트 텐션 또는 그외 방법으로 조립된, 전단키가 있는 T형 프리캐스트 콘크리트	지지 단면 상부 콘크리트	 (j)
I 형 또는 역 T형 프리캐스트 콘크리트	현장 타설 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트	 (k)

(11) 본 규정 4.6.3.2와 4.6.3.3에 있는 표에서 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- A = 세로보, 보 및 거더의 단면적(mm²)
 b = 보의 폭(mm)
 C = 강성도 변수
 d = 세로보 및 보의 높이(mm)
 d_e = 외측거더의 중심선과 차량 방호벽 또는 연석의 내측단부까지의 거리(mm)
 D = 차로 당 분배 폭(mm)
 e = 분배수정계수
 g = 분배계수
 I_p = 극관성 모멘트(mm⁴)
 J = 생 베낭 비틀림상수(mm⁴)
 K = 시공방법에 따른 상수
 K_g = 종방향 강성도 변수(mm⁴)
 L = 보의 지간(mm)
 N_b = 보, 세로보, 및 거더의 개수
 N_c = 콘크리트 박스 거더에서 격실의 개수
 N_L = 3.6.1.1에 규정된 재하차로 수
 S = 보 또는 복부판의 간격(mm)
 t_g = 강제 격자구조 또는 주름진 강판의 높이(mm)
 t_o = 구조적 덧씌움의 두께(mm)
 t_s = 콘크리트 슬래브의 두께(mm)
 W = 최외측 면간의 교폭(mm)
 W_e = 복부판 간격의 절반과 내민부분의 합(mm)
 θ = 사교의 사각(도)
 ν = 포아송비

(12) 별도로 규정되지 않는다면, 여기서 사용되거나 4.6.3.2와 4.6.3.3에 있는 면적과 단면2차모멘트, 비틀림상수에 대한 구조적인 인자들은 공용중 합성단면의 단면상수를 적용한다.

(13) 종방향 강성도 변수(K_g)는 다음과 같이 산정된다.

$$K_g = n (I + A e_g^2) \quad (4.6-12)$$

$$\text{여기서, } n = \frac{E_B}{E_D} \quad (4.6.13)$$

E_B = 보재료의 탄성계수

E_D = 바닥판재료의 탄성계수

I = 보의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

e_g = 보의 중심과 바닥판의 중심 사이의 거리(mm)

- (14) 식 4.6.12에서 상수 A 와 I 는 비합성단면의 값을 사용한다.
- (15) 4.6.3.2와 4.6.3.3의 표에 나타난 교량 형식은 표 4.6.3에 보인 바와 같고, 이러한 형식의 교량에 대하여는 이 규정의 근사적인 방법을 적용할 수 있다.
- (16) 2.5.2.7(1)에서 허용된 경우를 제외하고, 근사적 혹은 정밀 해석방법에 관계없이 다중보로 이루어진 교량의 외측거더들은 내측거더보다 저항성이 떨어져서는 안 된다.
- (17) 표 4.6-3에서 단면유형 d' 로 표기된 현장타설 콘크리트 다중박스거더에 대해 4.6.3.2와 4.6.3.3에 있는 분배계수는 복부판, 외측 복부판의 내민부분, 시공중인 복부판과 인접복부판 사이의 플랜지 절반으로 구성되는 전형적인 형상에 적용되어야 한다.
- (18) 발주자의 동의하에, 표 4.6-4에서 제공하는 간이값을 사용할 수 있다.

표 4.6-4 4.6.3.2와 4.6.3.3을 위한 간이값

구분	해당 표	간이값			
		a	e	k	f,g,i,j
$\left(\frac{K_g}{L t_s^3}\right)^{0.1}$	4.6.4	1.02	1.05	1.09	-
$\left(\frac{K_g}{L t_s^3}\right)^{0.25}$	4.6.6	1.03	1.07	1.15	-
$\left(\frac{L t_s^3}{K_g}\right)^{0.3}$	4.6.9	0.97	0.93	0.85	-
$\frac{I}{J}$	4.6.4 4.6.7	-	-	-	$0.54\left(\frac{d}{b}\right)+0.16$

4.6.3.2 모멘트 및 전단 분배계수

(1) 콘크리트 바닥판을 지지하는 내측거더

- ① 콘크리트 바닥판을 지지하는 내측거더에서 활하중에 의한 휨모멘트를 표 4.6.4의 설계 재하차로 수에 따른 분배계수를 적용하여 결정할 수 있다.
- ② 기본 설계 시 $K_g/(L t_s^3)$ 항과 I/J 를 1.0으로 취할 수 있다.
- ③ 전단키가 있는 다중보 바닥에 사용된 콘크리트 거더(박스단면 제외)의 경우에는 다음 규정을 따른다.
 - 가. 적절한 하중 분배를 위하여, 높고 강성이 큰 단부 다이아프램을 설치하여야 한다.
 - 나. 거더와 슬래브가 일체인 경우 거더와 거더 사이 간격이 1,200 mm보다 작거나 3,000 mm보다 클 경우, 4.6.11의 정밀 해석방법을 사용한다.
- ④ 표 4.6-5의 분배계수를 사용하여 콘크리트 바닥판이 있는 다중 강 박스거더에 대한 활하중에 의한 휨모멘트를 계산할 수 있다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- ⑤ 박스거더의 간격이 교축 방향에 따라 변할 경우 재하차로 수 N_L 값을 KDS 24 12 21(4.3.1.1)에서 규정한 바와 같이 지간 중앙의 폭 W 를 사용하여 결정한다.

표 4.6-5 내측거더의 휨 모멘트 계산을 위한 차로당 활하중 분배계수

보의 형태	표 4.6-3의 적용 단면	분배 계수	적용 범위
콘크리트 바닥판, 완전채움 격자 또는 부분채움 격자 바닥판을 지지하는 강재 보 또는 T형 및 더블 T 형 단면 콘크리트 거더	a, e, k 그리고 일체로 거동하게 서로 연결된 경우 i, j 적용	한개 재하차로 : $0.83 \left[0.06 + \left(\frac{S}{4300} \right)^{0.4} \left(\frac{S}{L} \right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{L t_s^3} \right)^{0.1} \right]$ 두개 이상 재하차로 : $0.9 \left[0.075 + \left(\frac{S}{2900} \right)^{0.6} \left(\frac{S}{L} \right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{L t_s^3} \right)^{0.1} \right]$ $N_b=3$을 사용한 식의 값과 지렛대 법칙을 사용한 값 중 작은 값	$1100 \leq S \leq 4900$ $110 \leq t_s \leq 300$ $6000 \leq L \leq 73000$ $N_b \geq 4$ $4 \times 10^9 \leq K_g \leq 3 \times 10^{12}$ $N_b = 3$
현장타설 콘크리트 다중박스	d	한개 재하차로 : $0.83 \left[\left(1.75 + \frac{S}{1100} \right) \left(\frac{300}{L} \right)^{0.35} \left(\frac{1}{N_c} \right)^{0.45} \right]$ 두개 이상 재하차로 : $0.9 \left(\frac{13}{N_c} \right)^{0.3} \left(\frac{S}{430} \right) \left(\frac{1}{L} \right)^{0.25}$	$2100 \leq S \leq 4000$ $18000 \leq L \leq 73000$ $N_c \geq 3$ 만약 $N_c > 8$ 이면 $N_c = 8$
콘크리트 바닥판을 지지하는 일련의 콘크리트 단일 박스거더	b, c	한개 재하차로 : $0.83 \left(\frac{S}{910} \right)^{0.35} \left(\frac{Sd}{L^2} \right)^{0.25}$ 두개 이상 재하차로 : $0.9 \left(\frac{S}{1900} \right)^{0.6} \left(\frac{Sd}{L^2} \right)^{0.125}$	$1800 \leq S \leq 5500$ $6000 \leq L \leq 43000$ $450 \leq d \leq 1700$ $N_b \geq 3$
		지렛대 법칙 사용	$S > 5500$
	f, g	한개 재하차로 : $0.83k \left(\frac{b}{2.8L} \right)^{0.5} \left(\frac{I}{J} \right)^{0.25}$ 여기서, $k = 2.5(N_b)^{-0.2} \geq 1.5$ 두개 이상 재하차로 : $0.9k \left(\frac{b}{7600} \right)^{0.6} \left(\frac{b}{L} \right)^{0.2} \left(\frac{I}{J} \right)^{0.06}$	$900 \leq b \leq 1500$ $6000 \leq L \leq 37000$ $5 \leq N_b \leq 20$
다중 보 바닥판을 지지하는 콘크리트 거더	h 그리고 접합면에서 상태 수직변위가 일어나지 않을 정도로 연결된 경우 i, j 적용	재하 차로수에 무관하게 적용 : $0.9S/D$ 여기서, $C = K(W/L) \leq K$, $C \leq 5$ 일 때 $D = 300[11.5 - N_L + 1.4N_L(1 - 0.2C)^2]$ $C > 5$ 일 때 $D = 300(11.5 - N_L)$ $K = \sqrt{\frac{(1+\mu)I}{J}}$ 기본설계 시 사용할 수 있는 K 값 :	$Skew \leq 45^\circ$ $N_L \leq 6$

보의 형태	표 4.6-3의 적용 단면	분배 계수		적용 범위
		보 형태	K	
		중실 직사각형 보	0.7	
		중공 직사각형 보	0.8	
		박스거더	1.0	
		ㄷ형 보	2.2	
		T 형 보	2.0	
		더블 T형 보	2.0	
강격자 바닥판을 지지하는 강재 거더	a	한개 재하차로: $t_g < 100 \text{ mm}$ 일 때 $S/2760$ $t_g \geq 100 \text{ mm}$ 일 때 $S/3660$		$S \leq 1800 \text{ mm}$
		두개 이상 재하차로: $t_g < 100 \text{ mm}$ 일 때 $3S/8000$ $t_g \geq 100 \text{ mm}$ 일 때 $9S/30500$		$S \leq 3200 \text{ mm}$
콘크리트 바닥판을 지지하는 다중 강박스거더	b, c	재하차로수에 관계없이 적용: $0.9 \left(0.05 + 0.85 \frac{N_L}{N_b} + \frac{0.425}{N_L} \right)$		$0.5 \leq \frac{N_L}{N_b} \leq 1.5$

(2) 외측거더

- ① 외측거더의 활하중에 의한 휨모멘트를 표 4.6.5의 설계 재하차로수에 따른 분배계수를 적용하여 결정할 수 있다.
- ② 거더의 외측 복부가 방호책 보다 안쪽으로 위치할 경우 거리(d_e)는 양의 값으로 하고, 방호책이나 연석의 바깥쪽에 위치할 경우 음의 값으로 취급한다.
- ③ 격벽이나 수직 브레이싱이 있는 보-슬래브 교량 단면에 대한 외측거더의 분배계수는 단면을 강체로 가정하여 유도된 식 (4.16-14)의 값과 비교하여 큰 값을 취한다.

$$R = \frac{N_L}{N_b} + \frac{X_{ext} \sum_{N_b}^{N_L} e}{\sum x^2} \quad (4.16-14)$$

여기서, R = 차로수에 따른 외측거더의 휨모멘트에 대한 분배계수

N_L = 재하차로 수

e = 각 거더의 무게중심으로부터 설계트럭과 설계차선하중의 편심거리(mm)

X_{ext} = 거더들의 무게중심으로부터 외측거더에 이르는 수평거리(mm)

N_b = 거더의 총수

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

표 4.6-6 외측거더의 휨 모멘트 계산을 위한 차로 당 활하중 분배계수

상부구조의 형태	표 4.6.3의 적용단면	한개 재하차로	두개 이상 재하차로	적용 범위
콘크리트 바닥판을 지지하는 강재거더 또는 T형 및 더블 T형 단면 콘크리트 거더	a, e, k 그리고 일체로 거동하게 서로 연결된 경우 i, j 적용	지렛대 법칙	$g = eg_{interior}$ $e = 0.77 + \frac{d_e}{2800}$	$-300 \leq d_e \leq 1700$
			$N_b=3$ 을 사용한 식의 값과 지렛대 법칙을 사용한 값 중 작은 값	$N_b = 3$
콘크리트 다중박스거더, 박스 단면	d	$g = \frac{W_e}{5160}$	$g = \frac{9 W_e}{43000}$	$W_e \leq S$
		혹은 4.6.3.1에 규정된 전체폭 설계에 대한 조항		
콘크리트 바닥판을 지지하는 일련의 콘크리트 단일 박스거더	b, c	지렛대 법칙	$g = eg_{interior}$ $e = 0.97 + \frac{d_e}{8700}$	$0 \leq d_e \leq 1400$ $1800 < S \leq 5500$
			지렛대 법칙	$S > 5500$
다중보 바닥판을 지지하는 콘크리트 박스거더	f, g	$g = eg_{interior}$ $e = 1.125 + \frac{d_e}{9100} \geq 1.0$	$g = eg_{interior}$ $e = 1.04 + \frac{d_e}{7600} \geq 1.0$	$d_e \leq 600$
다중보 바닥판에 사용된 박스거더 외의 콘크리트 거더	h 그리고 접합면에서 상대수직변위가 일어나지 않을 정도로 연결된 경우 i, j 적용	지렛대 법칙	지렛대 법칙	N/A
강재격자 바닥판을 지지하는 강재 거더	a	지렛대 법칙	지렛대 법칙	N/A
콘크리트 바닥판을 지지하는 다중 박스거더	b, c	표 4.6-5 규정 적용		

(3) 사교

인접지간 지지부의 사각 차이가 10° 미만인 사교에서는 보의 휨 모멘트를 표 4.6.6과 같이 감소시킬 수 있다.

표 4.6-7 사교지지부에서 교축방향 보의 모멘트 하중분배계수의 감소계수

상부 구조의 형태	표 4.6-3의 적용 단면	감소 계수	적용 범위
콘크리트 바닥판을 지지하는 강재 거더 또는 T형 및 더블 T형 단면 콘크리트 거더	a, e, k 그리고 일체로 거동하게 서로 연결된 경우 i, j 적용	$1 - c_1(\tan\theta)^{1.5}$ $c_1 = 0.25 \left(\frac{K_g}{L t_s^3} \right)^{0.25} \left(\frac{S}{L} \right)^{0.5}$ 만약 $\theta < 30^\circ$ 이면 $c_1 = 0.0$ 만약 $\theta > 60^\circ$ 이면 $\theta = 60^\circ$	$30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $1100 \leq S \leq 4900$ $6000 \leq L \leq 73000$ $N_b \geq 4$
콘크리트 바닥판을 지지하는 일련의 콘크리트 박스 거더, 다중보 바닥판을 지지하는 콘크리트 박스거더 및 더블 T형 단면 콘크리트 거더	b, c, d, f, g, h 그리고 접촉면에서 수직 변위가 발생하지 않도록 충분히 연결된 경우 i, j 적용	$1.05 - 0.25 \times \tan\theta \leq 1.0$ 만약 $\theta > 60^\circ$ 이면 $\theta = 60^\circ$ 를 사용	$0 \leq \theta \leq 60^\circ$

4.6.3.3 전단력에 대한 분배계수

(1) 내측거더

- ① 내측거더의 활하중에 대한 전단력은 표 4.6-7의 분배계수를 적용하여 결정할 수 있다. 표 4.6-7에 포함되어 있지 않은 형식의 내측거더에 대한 전단력 계산 시 지점부에 재하되는 윤후하중 또는 축하중에 대한 횡분배는 지렛대 법칙을 이용한다.
- ② 기본설계에서는 I/J 항을 1.0으로 취할 수 있다.
- ③ 다중보 바닥판에 사용되는 콘크리트 박스거더에 대해서 I 값이나 J 값이 표 4.6-8의 적용범위를 벗어날 경우, 전단력에 대한 분배계수를 모멘트에 대한 경우와 동일하게 취급할 수 있다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

표 4.6-8 내측거더에서 전단력 계산을 위한 차로당 활하중 분배

상부구조의 형태	표 4.6.3의 적용단면	한개 재하차로	두개 이상 재하차로	적용 범위
콘크리트 바닥판을 지지하는 강재거더 또는 T형 및 더블 T형 단면 콘크리트 거더	a, e, k 그리고 일체로 거동하게 서로 경우 i, j 적용	$0.83\left(0.36 + \frac{S}{7600}\right)$	$0.9\left(0.2 + \frac{S}{3600} - \left(\frac{S}{10700}\right)^{2.0}\right)$	$1100 \leq S \leq 4900$ $6000 \leq L \leq 73000$ $110 \leq t_s \leq 300$ $N_b \geq 4$
		지렛대 법칙	지렛대 법칙	$N_b = 3$
콘크리트 다중 박스거더, 박스 단면	d	$0.83\left(\frac{S}{2900}\right)^{0.6}\left(\frac{d}{L}\right)^{0.1}$	$0.9\left(\frac{S}{2200}\right)^{0.9}\left(\frac{d}{L}\right)^{0.1}$	$1800 \leq S \leq 4000$ $6000 \leq L \leq 73000$ $890 \leq d \leq 2800$ $N_c \geq 3$
콘크리트 바닥판을 지지하는 일련의 콘크리트 단일 박스거더	b, c	$0.83\left(\frac{S}{3050}\right)^{0.6}\left(\frac{d}{L}\right)^{0.1}$	$0.9\left(\frac{S}{2250}\right)^{0.8}\left(\frac{d}{L}\right)^{0.1}$	$1800 \leq S \leq 5500$ $6000 \leq L \leq 43000$ $450 \leq d \leq 1700$ $N_b \geq 3$
		지렛대 법칙	지렛대 법칙	$S > 5500$
다중보 바닥판을 지지하는 콘크리트 박스거더	f, g	$0.58\left(\frac{b}{L}\right)^{0.15}\left(\frac{I}{J}\right)^{0.05}$	$0.9\left(\frac{b}{4000}\right)^{0.4}\left(\frac{b}{L}\right)^{0.1} \times \left(\frac{I}{J}\right)^{0.05}\left(\frac{b}{1200}\right)$ $\frac{b}{1200} \geq 1.0$	$900 \leq b \leq 1500$ $6000 \leq L \leq 37000$ $5 \leq N_b \leq 20$ $1.0 \times 10^{10} \leq J \leq 2.5 \times 10^{11}$ $1.7 \times 10^{10} \leq I \leq 2.5 \times 10^{11}$
다중보 바닥판에 사용된 박스거더 외의 콘크리트 거더	h 그리고 접합면에서 상대수직변위가 일어나지 않을 정도로 연결된 경우 i, j 적용	지렛대 법칙	지렛대 법칙	N/A
강 격자 바닥판을 지지하는 강재 거더	a	지렛대 법칙	지렛대 법칙	N/A
콘크리트 바닥판을 지지하는 강재 다중 박스거더	b, c	표 4.6.4의 규정 적용		

(2) 외측거더

- ① 외측거더에 대한 활하중에 의한 전단력은 표 4.6-9의 분배계수를 적용하여 결정된다. 표 4.6-8과 표 4.6-9에 포함되어있지 않은 경우에는 외측거더에 대한 활하중 분배를 결정하기 위하여 지렛대 법칙을 이용한다.
- ② 거리(d_e)는 거더의 외측 복부가 방호책 보다 안쪽으로 위치할 경우 양의 값으로, 방호책이 나 연석의 바깥쪽에 위치할 경우 음의 값으로 취급한다.
- ③ 격벽이나 수직 브레이싱(cross frames)이 있는 보-슬래브 교량 단면에 대한 외측거더의 전단력 분배계수는 단면을 강체로 가정하여 유도된 식 (4.16-14)의 값과 비교하여 큰 값을 취한다.

표 4.6-9 외측거더 전단력 계산을 위한 차로 당 활하중 분배

상부구조의 형태	표 4.6.3의 적용단면	한개 재하차로	두개 이상 재하차로	적용 범위
콘크리트 바닥판을 지지하는 강재거더 또는 T형 및 더블 T형 단면 콘크리트 거더	a, e, k 그리고 일체로 거동하게 서로 연결된 경우 i, j 적용	지렛대 법칙	$g = eg_{interior}$ $e = 0.6 + \frac{d_e}{3000}$	$-300 \leq d_e \leq 1700$
		지렛대 법칙	지렛대 법칙	$N_b = 3$
콘크리트 다중 박스거더, 박스 단면	d	지렛대 법칙	$g = eg_{interior}$ $e = 0.64 + \frac{d_e}{3800}$	$-600 \leq d_e \leq 1500$
		혹은 4.6.3.1에 규정된 전체 폭설계에 대한 조항들		
콘크리트 바닥판을 지지하는 일련의 콘크리트 단일 박스거더	b, c	지렛대 법칙	$g = eg_{interior}$ $e = 0.8 + \frac{d_e}{3050}$	$0 \leq d_e \leq 1400$
		지렛대 법칙	지렛대 법칙	$S > 5500$
다중보 바닥판을 지지하는 콘크리트 박스거더	f, g	$g = eg_{interior}$ $e = 1.25 + \frac{d_e}{6100}$ ≥ 1.0	$g = eg_{interior} \left(\frac{1200}{b} \right)$ $\frac{1200}{b} \leq 1.0$ $e = 1 + \left(\frac{d_e + b - 610}{12200} \right)^{0.5}$ ≥ 1.0	$d_e \leq 600$
다중보 바닥판에 사용된 박스거더 외의 콘크리트 거더	h 그리고 접합면에서 상대수직변위가 일어나지 않을 정도로 연결된 경우 i, j 적용	지렛대 법칙	지렛대 법칙	N/A
강 격자 바닥판을 지지하는 강재 거더	a	지렛대 법칙	지렛대 법칙	N/A
콘크리트 바닥판을 지지하는 다중 강 박스거더	b, c	표 4.6.4의 규정 적용		

(3) 사교

- ① 사교의 둔각부 외측거더 지점에서 발생하는 전단력은 직교에서 계산된 값을 보정하여 산정한다. 표 4.6-10에서 구한 보정계수로 내측거더에 대해서는 표 4.6-8의 분배계수를 보정하고, 외측거더에 대해서는 표 4.6-9의 분배계수를 보정하여 사용한다.
- ② 다중보 사교에서 지점부 전단력을 보정할 때, 내측거더 및 외측거더를 둔각부 모서리에 있는 외측거더와 같이 취급하여 표 4.6-9를 사용한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

표 4.6-10 둔각부 지점 전단력 계산용 하중 분배계수에 대한 보정계수

상부 구조의 형태	표 4.6.3의 적용단면	보정 계수	적용 범위
콘크리트 바닥판을 지지하는 강재거더 또는 T형 및 더블 T형 단면 콘크리트 거더	a, e, k 그리고 단일체로 거동하도록 충분히 연결된 경우 i, j 적용	$1.0 + 0.20 \left(\frac{Lt_s^3}{K_g} \right)^{0.3} \times \tan \theta$	$0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ $1100 \leq S \leq 4900$ $6000 \leq L \leq 73000$ $N_b \geq 4$
콘크리트 다중 박스거더, 박스 단면	d	$1.0 + \left(0.25 + \frac{L}{70d} \right) \times \tan \theta$	$0^\circ < \theta \leq 60^\circ$ $1800 < S \leq 4000$ $6000 \leq L \leq 73000$ $900 \leq d \leq 2700$ $N_c \geq 3$
콘크리트 바닥판을 지지하는 일련의 콘크리트 박스거더	b, c	$1.0 + \frac{\sqrt{Ld}}{6S} \times \tan \theta$	$0^\circ < \theta \leq 60^\circ$ $1800 \leq S \leq 3500$ $6000 \leq L \leq 43000$ $450 \leq d \leq 1700$ $N_b \geq 3$
다중보 바닥판을 지지하는 콘크리트 박스거더	f, g	$1.0 + \frac{L \sqrt{\tan \theta}}{90d}$	$0^\circ < \theta \leq 60^\circ$ $6000 \leq L \leq 37000$ $430 \leq d \leq 1500$ $900 \leq b \leq 1500$ $5 \leq N_b \leq 20$

4.6.3.4 타 교통에 대한 특별 하중

표 3.4-1의 극한한계상태 하중조합-II을 고려하는 것 같이, 한 차로에 특정한 차량이나 계산이 허용되는 차량이 재하 되는 경우에는 거더의 설계하중영향은 4.6.11의 정밀해석법에 따라 산출한다.

4.6.4 슬래브교에 대한 등가 스트립 폭

(1) 4.6.4은 표 4.6-11의 그림에서 주어진 단면유형에 적용된다. 현장타설중공(中空) 슬래브 교량을 슬래브교로 취급할 수 있다.

표 4.6-11 슬래브교의 단면 유형

지점 요소	바닥판 형태	단면 유형
현장타설 콘크리트 슬래브 또는 중공 슬래브	일체식 바닥판	

(2) 한 차로에만 재하 된 경우 차로 당 전단력과 모멘트에 대한 교축방향 스트립의 등가폭을 다음과 같이 결정한다.

$$E = 1.2(250 + 0.42 \sqrt{L_1 W_1}) \quad (4.6-15)$$

- (3) 두 차로 이상 재하 된 경우 차로 당 전단력과 모멘트에 대한 교축방향 스트립의 등가폭은 다음과 같이 결정한다.

$$E = 1.1(2100 + 0.12\sqrt{L_1 W_1}) \leq \frac{W}{N_L} \quad (4.6-16)$$

여기서 E = 등가폭(mm)

L_1 = 실제 지간장과 18000 mm 중 작은 값(mm)

W_1 = 1 차로 재하의 경우 : 실제 교폭과 9000 mm 중 작은 값

2 차로 이상 재하의 경우 : 실제 교폭과 18000 mm 중 작은 값

W = 실제 교폭(mm)

N_L = KDS 24 12 21:2016(4.3.1.1)에에서 규정된 재하차로 수

- (4) 사교의 교축방향 하중영향을 다음과 같은 계수 r 에 의해서 감소시킬 수 있다.

$$r = 1.05 - 0.25\tan\theta \leq 1.00 \quad (4.6-17)$$

여기서, θ = 사각(도)

4.6.5 트러스교와 아치교의 근사적 해석방법

- (1) 트러스교와 아치교를 평면 2차원 구조로 해석할 경우에는 지렛대 법칙을 사용하여 중력에 의한 하중을 분배시킬 수 있다. 3차원 해석을 수행할 경우에는, 지렛대 법칙을 사용하여 하중을 분배하거나 바닥판(deck)이나 바닥틀(deck system)에 직접 하중을 재하시킬 수 있다.
- (2) 부재의 자중과 풍하중 이외의 하중이 연결부(panel point)에서 트러스로 전달되는 경우에는 트러스의 절점을 힌지로 간주하여 해석할 수 있다.

4.6.6 유효길이계수, K

- (1) 회전과 병진운동에 대한 기둥의 양단 지지조건을 적절히 고려하기 위하여 유효길이 계수 K 를 기둥의 실제 길이에 곱해야 한다. 이상화된 구속 조건이 실제 구속조건을 완전히 충족시킬 수 없기 때문에 표 4.6-12에서 주어진 바와 같이 이상화된 구속 조건에 대한 K 의 이론치보다 큰 값을 설계 시의 K 값으로 사용한다.

표 4.6-12 유효길이계수, K

유효 길이 계수, K						
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
점선은 좌굴 형상						
K 의 이론치	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
이상화된 지지조건이 근사적으로 성립할 경우 K 의 설계치	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
지지 조건		회전 변위 구속 수평 이동 구속 회전 변위 자유 수평 이동 구속 회전 변위 구속 수평 이동 자유 회전 변위 자유 수평 이동 자유				

(2) 모든 기둥이 탄성 거동을 하고, 동시에 좌굴한다고 가정하면, 유효길이계수를 다음과 같이 구할 수 있다.

브레이싱이 설치된 뼈대구조

$$\frac{G_a G_b \left(\frac{\pi}{K} \right)^2}{4} + \frac{G_a + G_b}{2} \left(1 - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)} \right) + \frac{2 \tan(0.5\pi/K)}{\pi/K} = 1 \quad (4.6-18)$$

브레이싱이 없는 뼈대구조

$$\frac{G_a G_b \left(\frac{\pi}{K} \right)^2 - 36}{6(G_a + G_b)} = \frac{\pi}{K \tan(\pi/K)} \quad (4.6-19)$$

여기서, 아래첨자 a 및 b 는 각각 기둥의 양단을 표시하며, 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$$G = \frac{\sum (E_c I_c / L_c)}{\sum (E_g I_g / L_g)} \quad (4.6-20)$$

여기서, Σ = 휨이 발생하는 면내의 기둥 한쪽단에 강결된 부재의 물성치 합

I_c = 기둥의 단면 2차 모멘트(mm^4)

L_c = 기둥의 브레이싱이 되지 않은 길이(mm)

I_g = 들보 혹은 다른 구속 부재의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

L_g = 들보 혹은 다른 구속 부재의 지지점간의 거리(mm)

K = 기둥의 유효길이계수

(3) 식 (4.6-18)과 (4.6-19)에 대응하는 그림 4.6-5와 그림 4.6-6은 K , G_a 그리고 G_b 의 관계를 나타내는 차트이며, 이 차트를 사용하여 K 의 값을 직접 구할 수 있다.

(4) 식 (4.6-18)과 (4.6-19) 및 그림 4.6-5와 그림 4.6-6에 주어진 차트는 모두 이상화된 지지조건으로 유도된 것이다. 실제의 조건이 위에서 설명한 이상화된 조건과 현저하게 다를 경우, 그림 4.6-5와 그림 4.6-6의 차트를 사용하면 실제 상황과 맞지 않는 비현실적인 설계가 될 수 있다.

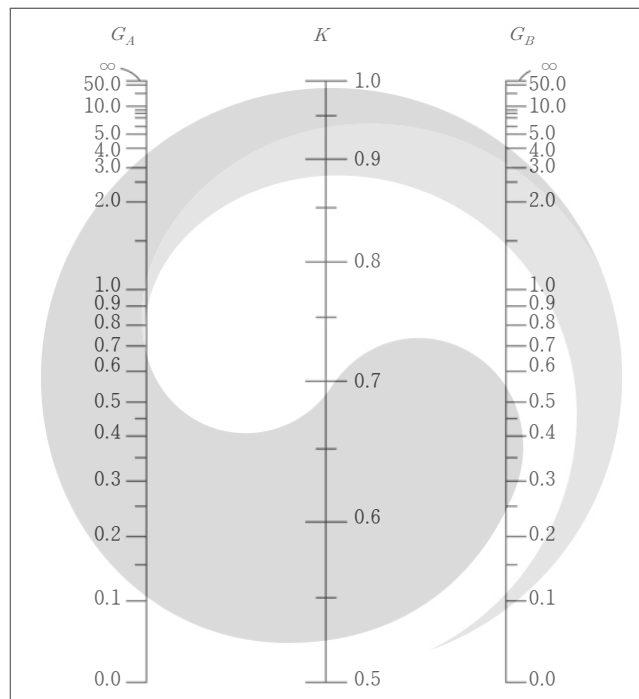


그림 4.6-5 브레이싱이 설치된 뼈대의 유효길이계수를 구하기 위한 차트

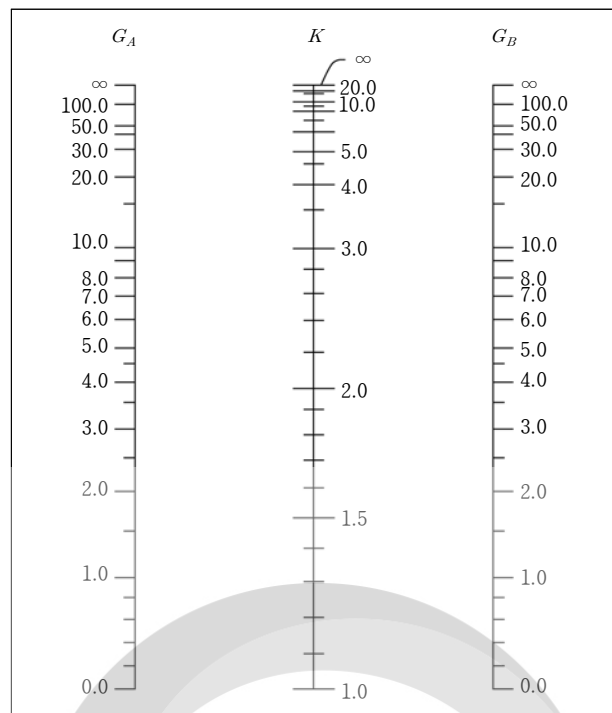


그림 4.6-6 브레이싱이 없는 뿔대의 유효길이계수를 구하기 위한 차트

(5) 다음 사항들을 그림 4.6-5, 그림 4.6-6과 함께 고려할 수 있다.

- ① 기둥 지점이 기초나 지반에 의해 지지되고 있으나 완전히 강결되어 있지 않을 때, G 값은 이론적으로 무한히 큰 값을 가진다. 그러나 실제로는 마찰없는 활절로 설계된 경우를 제외하고는 실제 설계에서는 G 값을 10 으로 취할 수 있다. 만약 기둥의 끝이 적절히 설계된 기초에 완전히 강결되었다면 G 값을 1로 취할 수 있으며, 해석에 의해 검증된다면 이보다 더 작은 값을 사용할 수 있다.
- ② 그림 4.6-5, 그림 4.6-6을 이용하여 K 를 구할 경우, 모든 절점들은 강결되어 있다는 가정을 전제로 한다. 만약 거더의 원단(far end)에서 가정과 다른 경계조건을 갖는다면 거더길이는 표 4.6-13과 같이 수정할 필요가 있다. 즉 상대 강성비인 G 값 산정 시, 실제 거더길이 L_g 대신에 수정 거더길이 L_g' 을 적용한다.

표 4.6-13 거더의 수정길이 L_g'

원단의 경계조건	브레이싱이 설치된 뿔대구조	브레이싱이 없는 뿔대구조
고정단	$0.5L_g$	$1.5L_g$
힌지단	$L_g/1.5$	$2.0L_g$

- ③ 기초와 일체로 시공된 기둥의 유효길이계수 계산 시에는 기초의 고정성(fixity)을 적절히 평가하여야 한다. 일반적으로 다음과 같은 값을 사용할 수 있다.

조건	G
암반에 정착된 기초	1.5
암반에 정착되지 않은 기초	3.0
토사에 지지된 기초	5.0
선단 지지 무리 말뚝위에 설치된 기초	1.0

(5) 대각 브레이싱이나 그 외의 적절한 방법으로 횡방향 안정성을 확보한 트러스 및 뼈대 구조물에서 정밀 해석을 하지 않을 경우, 압축 부재의 브레이싱 평면에서 유효길이 계수 K 는 다음과 같다.

- ① 양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : $K = 0.750$
- ② 양단이 핀연결되어 있는 경우 : $K = 0.875$

(6) 비렌덜(vierendeel) 트러스는 브레이싱되지 않은 뼈대 구조물로 간주한다.

보다 정확한 유효길이계수가 요구되는 경우에는 시스템 탄성좌굴해석을 이용한 다음의 산정법을 적용할 수 있다.

- ① 계수하중에 대한 선형탄성해석으로부터 각 부재의 축력 P 를 산정한다.
- ② 탄성강도행렬과 축력에 대한 기하학적 강도행렬을 이용하여 좌굴고유치 λ_{cr} 를 산정한다.
- ③ 개별부재의 유효길이계수를 다음 식으로 구한다.

$$KL = \pi \sqrt{\frac{EI}{P\lambda_{cr}}} \quad (4.6-21)$$

여기서, P = 개별부재의 축방향력

EI = 개별부재의 탄성 휨강성

$KL(=L_e)$ = 개별부재의 유효좌굴길이

4.6.7 플랜지 유효폭

4.6.7.1 일반사항

- (1) 상세한 해석을 수행하지 않거나 혹은 본 설계기준에서 별도의 규정을 제시하지 않은 경우, 모든 한계상태 구조물의 저항성을 산정하기 위하여 합성거동을 하는 콘크리트 슬래브의 유효폭을 여기서 규정한다. 처짐 계산을 계산할 때에는 전체 플랜지폭을 기반으로 해야 한다. 활하중에 대한 처짐계산이 요구될 경우에는 2.5.2.6의 조항을 적용하여야 한다.
- (2) 플랜지의 유효폭을 계산하는데 사용하는 등가지간장은 단순지지 된 지간에서는 실제 지간장을 사용하고, 연속 지지의 경우에는 고정하중에 의하여 발생하는 정모멘트 구간의 거리 혹은 부모멘트 구간의 거리 중에서 고려하고 있는 단면이 속한 구간의 거리를 사용한다.
- (3) 내측거더의 플랜지 유효폭은 다음의 값들 중 가장 작은 값으로 한다.
 - ① 등가지간장의 1/4

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- ②슬래브 평균두께의 12배 + Max(복부 두께, 주거더 상부플랜지폭의 1/2)
 - ③인접한 보 사이의 평균 간격
- (4) 외측거더의 플랜지 유효폭은 인접한 내측거더 유효폭의 절반과 다음 값 중의 최솟값의 합으로 한다.
- ① 등가지간장의 1/8
 - ② 슬래브 평균두께의 6배 + Max(복부 두께의 절반, 주거더 상부플랜지폭의 1/4)
 - ③ 내민부분(overhang)의 폭

4.6.7.2 박스형 세그멘탈 콘크리트 보 및 단 격실 박스형 현장타설 콘크리트 보

- (1) 플랜지 유효폭은 다음의 조건을 만족시키는 경우 실제 플랜지의 폭으로 가정할 수 있다

$$b \leq 0.1l_i$$

$$b \leq 0.3d_o$$

그렇지 않은 경우, 플랜지 유효폭은 표 4.6-14, 그림 4.6-7~그림 4.6-9에 규정된 폭을 취한다.

여기서 사용된 기호는 다음과 같다

d_o = 상부구조물의 높이(mm)

b = 복부판 어느 한쪽으로의 플랜지폭(mm)

예를 들면, 그림 4.6-8에 있는 b_1 , b_2 및 b_3

b_e = 표 4.6-14에서 결정되어지는 경간내의 특별한 지점단면의 플랜지 유효폭(mm)

b_m = 그림 4.6-7에서 결정된 경간의 내부 구간에서의 플랜지 유효폭(mm); b_e 의 특별한 경우

b_s = 그림 4.6-7에서 결정된 내부지점 혹은 캔틸레버 구간에서의 플랜지 유효폭(mm); b_e 의 특별한 경우

a = 그림 4.6-6에 보인 바와 같이 복부판 각면의 플랜지폭과 지간길이의 1/4 중에서 작은 값을 플랜지 유효폭으로 취하였을 경우 유효폭이 변화되는 지간 부위

l_i = 표 4.6-14에서 정의된 b_s 및 b_m 을 결정하기 위해 그림 4.6.8에 규정된 지간장(mm)

- (2) 플랜지 유효폭 계산 시 다음 사항도 적용하여야 한다.

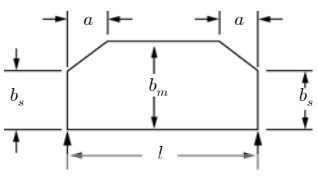
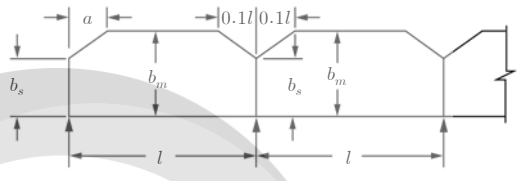
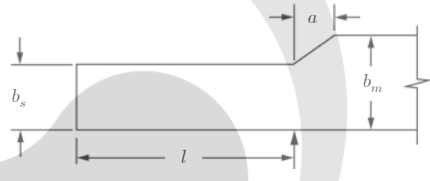
- ① 어떠한 경우에도 플랜지 유효폭이 물리적인 폭보다 커서는 안 된다.
- ② 비대칭 하중에 의한 플랜지 유효폭의 변화는 무시한다.
- ③ b_s 의 값은 지점부에 인접한 지간의 유효지간장 중에서 큰 값을 사용하여 결정하여야 한다.
- ④ b_s 보다 b_m 의 값이 작은 지간 내에서 플랜지 유효폭의 변화 형태는 양 인접지점부에서의 유효폭 b_s 를 연결하여 결정할 수 있다.

- (3) 국부적인 하중영향과 전체 구조물에서의 하중영향을 중첩할 경우, 전체구조물에서 하중영향으로 인한 플랜지의 응력분포는 그림 4.6-8(다)와 같이 직선으로 가정할 수 있다. 그림 4.6-8(다)에서 보인 직선 응력 분포는 플랜지 유효폭에 작용한다고 가정한 등분포 응력의 합과 플랜지에 작용하는 선형 응력 분포의 합이 동일하다는 조건과 복부판 양측으로 작용하는

선형 응력이 분포되는 최대폭은 플랜지 유효폭의 2배라는 조건을 이용하여 결정한다.

- (4) 단면에 수직인 하중에 대한 플랜지 유효폭은 그림 4.6-7에 주어진 규정에 따르거나 혹은 보다 상세한 해석을 통해 결정하여야 한다.

표 4.6-14 플랜지 유효폭계수 b_m 과 b_s 의 형태

시스템		b_m/b 의 형태
단일 지간 거더 $l_i = 1.0l$		
연속 거더	외측 지간 $l_i = 0.8l$	
	내측 지간 $l_i = 0.6l$	
캔틸레버 부분 $l_i = 1.5l$		

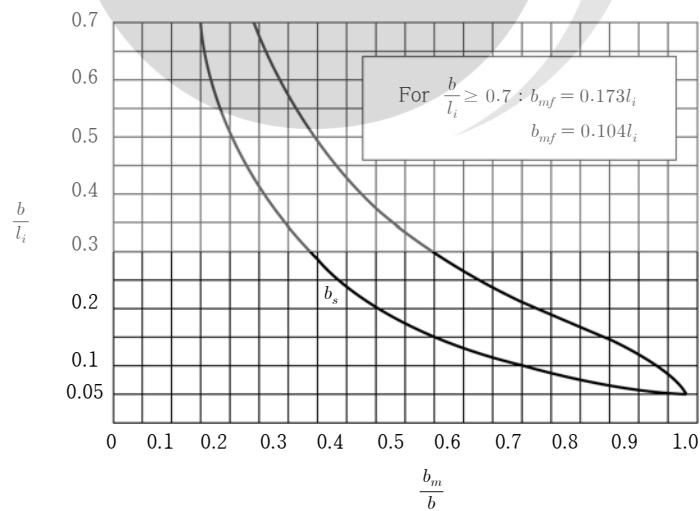


그림 4.6-7 주어진 b/l_i 값에 대한 유효 플랜지폭 계수 b_m 과 b_s

(b/l_i 값이 주어졌을 때 b_m 과 b_s 에 대한 유효 플랜지폭 계수)

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

(b/l_i 값이 주어졌을 때 b_m 과 b_s 에 대한 유효 플랜지폭 계수)

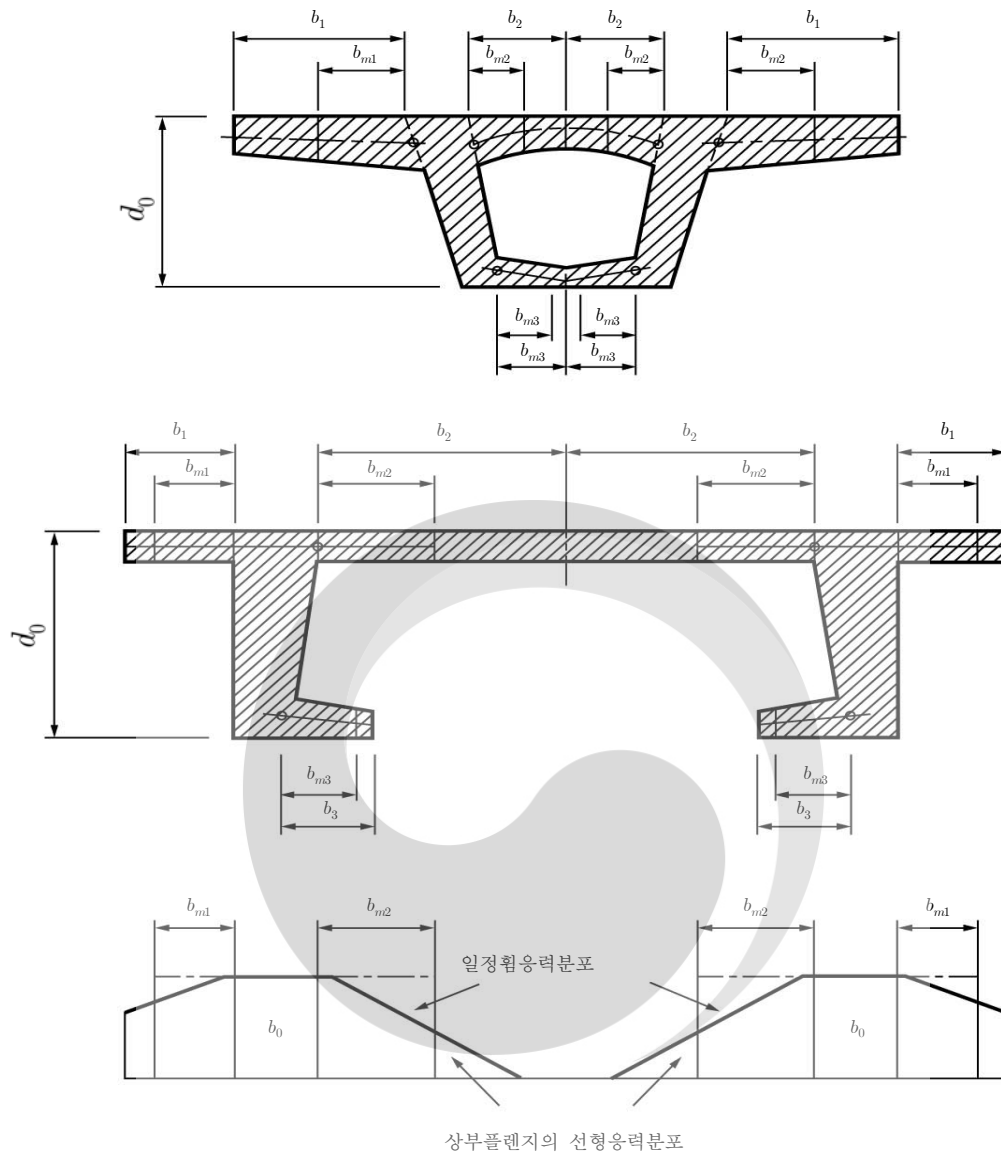


그림 4.6-8 휨과 전단에 대한 단면과, 이에 상응하는 유효 플랜지 폭, b_e
(단면과, 휨과 전단에 상응하는 유효 플랜지 폭)

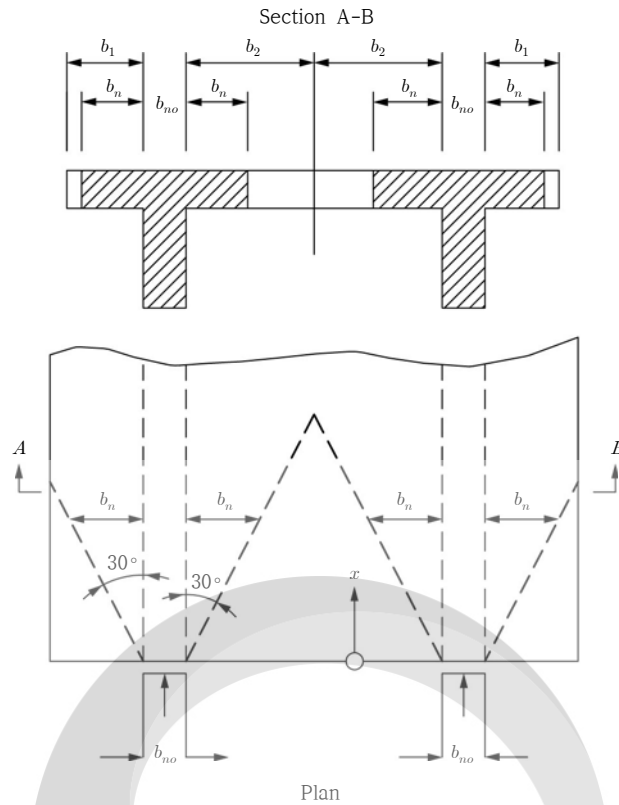


그림 4.6-9 측방향력에 대한 유효 플랜지 폭 b_n

4.6.7.3 현장타설 콘크리트 다중박스거더

현장타설 콘크리트 다중박스거더의 유효폭은 각 복부판을 보로 간주하여 4.6.7.1에서 규정한 사항에 따라 결정할 수도 있고, 바닥 슬래브의 전체 폭을 유효폭으로 간주할 수도 있다. 후자의 경우 단부에서 전단지연(shear lag) 효과를 반드시 검토하여야 한다.

4.6.7.4 직교이방성 강바닥판

- (1) 종방향 보강재 혹은 종방향 리브의 상부플랜지 역할을 하는 바닥판의 유효폭은 표 4.6-15의 규정을 따른다.
- (2) 세로보 또는 가로보처럼 거동하는 보강재나 리브의 상부플랜지 역할을 하는 바닥판의 유효폭은 인정된 해석방법을 사용하거나 그림 4.6-10의 규정을 사용하여 결정한다.
- (3) 그림 4.6-10에서 L_1 , L_2 로 표시된 유효지간장은 단순지지된 경우는 실제 지간장으로 간주하고, 연속 지간에서는 고정하중에 의한 처짐 곡선의 변곡점 사이 거리를 취한다.
가로보와 같이 거동하는 바닥판의 유효폭을 결정하기 위해 그림 4.6-10을 사용할 경우, 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

B = 그림 4.6-11에서 보인 간격(mm)

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

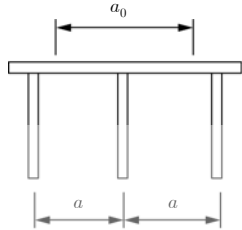
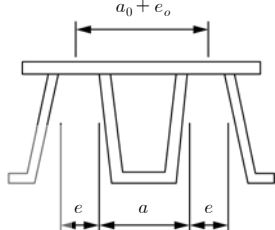
L_1, L_2 = 그림 4.6-11에서 보인 변곡점 간의 거리

A_s = 보강재의 전체 면적(mm^2)

t = 플랜지 판의 두께(mm)

가로보의 내민부분에서는 L 을 실제 길이의 2배로 취한다.

표 4.6-15 리브가 있는 바닥판의 유효폭

구분		
바닥판의 강성 계산과 고정하중에 의한 휨 효과 계산을 위한 리브의 단면 성질	$a_0 = a$	$a_0 + e_0 = a + e$
운하중에 의한 휨 효과 계산 시 사용하는 리브의 단면성질	$a_0 = 1.1a$	$a_0 + e_0 = 1.3(a + e)$

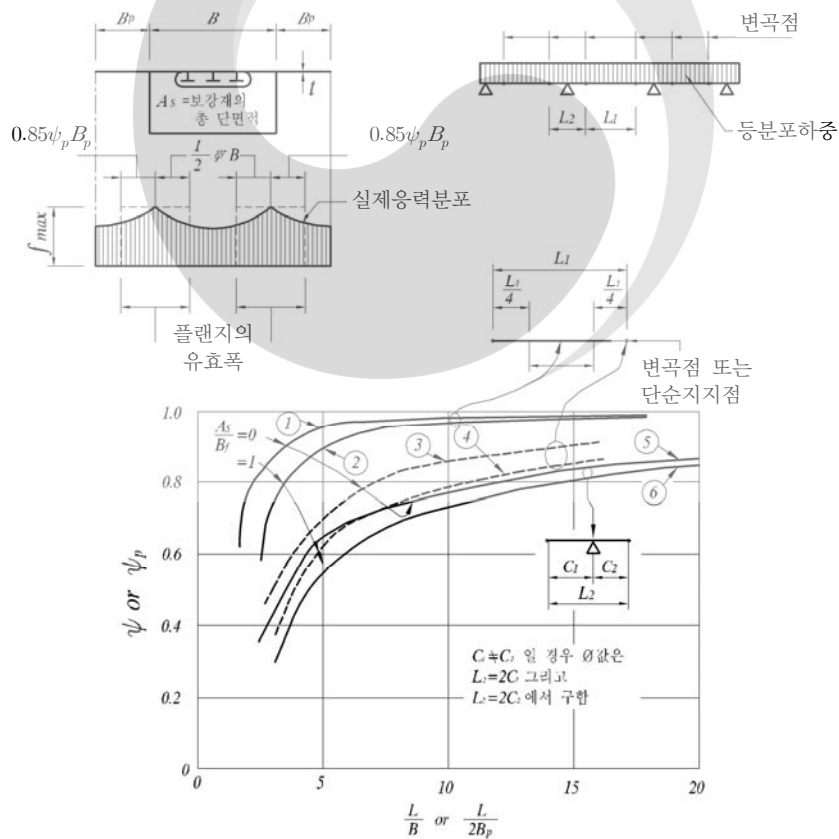


그림 4.6-10 바닥판의 유효폭

4.6.8 다중보 교량의 횡방향 풍하중 분포

4.6.8.1 I형 단면

- (1) 합성형 바닥판, 콘크리트 현치가 있는 비합성형 바닥판, 그 외에 수평 다이아프램 작용을 하는 바닥판이 설치된 교량에서, 외측 보 높이의 상부 1/2, 바닥판, 차량, 방호울타리 및 부착물 등에 작용하는 풍하중은 바닥에 직접 작용한다고 가정한다. 이 때 바닥판은 횡하중을 지점으로 전달하는 횡방향 다이아프램의 역할을 한다. 외측 보 높이의 하부 1/2에 작용하는 풍하중은 하부 플랜지에 횡방향으로 작용한다고 가정한다.
- (2) 수평 다이아프램 역할을 못하는 바닥이 설치된 교량의 상부 및 하부 플랜지에 작용하는 풍하중의 분포는 지렛대 법칙을 사용하여 구한다.
- (3) 상부 및 하부 플랜지의 휨 작용에 의해 인접한 브레이싱 고정점으로 횡방향 풍하중이 전달된다. 브레이싱 고정점은 내풍 브레이싱의 절점이나 수직 브레이싱(cross frame) 및 다이아프램이 위치한 곳이다.
- (4) 플랜지를 통하여 브레이싱 고정점에 전달된 횡하중은 다음과 같은 하중 경로 중 한 경로를 따라 지점으로 전달된다.
 - ① 플랜지 평면내에서의 수평 브레이싱의 트러스 거동을 통한 하중 전달
 - ② 수직 브레이싱 혹은 다이아프램의 뼈대 작용에 의하여 바닥과 다른쪽 플랜지 평면내의 수평 브레이싱으로 풍하중이 전달. 이렇게 전달된 풍하중은 바닥의 다이아프램 거동 혹은 수평 브레이싱의 트러스 거동을 통하여 지점에 전달
 - ③ 횡하중을 받는 플랜지와 동일 평면에 있으면서 수평브레이싱으로 연결된 다른 플랜지의 횡방향 휨을 통해 지간 단부로 풍하중을 전달. 예를 들면 바닥이 수평 격벽 역할을 못하거나 상하부 플랜지 평면 내에 수평 브레이싱이 없는 경우

4.6.8.2 박스형 단면

- (1) 외측 박스거더의 하부플랜지에 박스형 단면에 작용하는 풍하중의 1/4을 재하시켜야 한다. 풍하중에 저항하는 단면을 KDS 24 14 21 및 KDS 24 14 31에 따라 결정할 수 있는 복부판의 일부와 하부플랜지로 간주한다. 박스형 단면에 작용하는 풍하중의 나머지 3/4과 차량, 방호울타리 및 부착물 등에 작용하는 풍하중은 바닥의 다이아프램 역할에 의하여 지점으로 전달된다고 가정한다.
- (2) 풍하중에 저항할 수 있다고 가정한 단면이 충분하지 못하다고 판단되면, 박스거더 사이에 수평 브레이싱을 설치하여야 한다.

4.6.8.3 시공

I형 및 박스형 단면 교량에서는 시공 중 발생할 수 있는 일시적인 풍하중에 대한 브레이싱의 필요성을 검토하여야 한다.

4.6.9 횡방향 지진하중 분포

4.6.9.1 적용범위

4.6.9의 조항들은 주로 지진시 횡력에 대한 시스템의 요소인 다이아프램, 수직브레이싱, 횡브레이싱 등에 적용된다.

4.6.9.2 설계 기준

- (1) 설계 시 하부구조물에 대한 명백하고 직접적인 하중경로를 계획하여야 하며, 모든 구성부재와 연결부위들은 계획된 하중경로에 따라 전달되는 하중에 저항할 수 있어야 한다.
- (2) 가정된 하중경로에서 주거더의 플랜지와 복부판, 수직브레이싱, 연결부, 슬래브와 보의 경계면, 그리고 교량받침부의 상부 플랜지 접합면부터 앵커볼트의 구속면 혹은 하부구조물의 유사한 장치들을 비롯하여 힘의 흐름에 영향을 받는 부재와 상세부재를 검토하여야 한다.
- (3) 단부 다이아프램과 수직브레이싱의 해석과 설계는 교량받침의 수평저항을 고려해야 한다. 횡방향 저항시스템을 이루는 브레이싱 부재들의 세장성(slenderness)과 연결조건은 주요부재 설계에 규정된 조항들에 부합되어야 한다.
- (4) 교량받침으로 지진하중을 전달하는 하중경로의 한 부분으로서 설계자에 의해 결정된 다이아프램과 수직브레이싱 부재들은 모든 설계지진하에서 교량받침의 종류에 상관없이 적용가능한 전단면을 기준으로 탄성상태를 유지하도록 설계되어야 한다. 주요부재의 설계에 대하여는 가능한 조항들이 적용될 수 있다.

4.6.9.3 하중분배

바닥판, 다이아프램, 수직브레이싱, 횡브레이싱의 강도 특성에 근거해서 횡하중을 기초에 전달할 수 있도록 가능한 하중경로가 설정되어야 한다. 보다 정교한 해석이 이루어지지 않는다면, 근사적인 하중경로가 아래와 같이 가정될 수 있다.

- (1) 수평방향의 다이아프램 거동을 할 수 있는 콘크리트 바닥판 또는 상부플랜지 윗면의 수평브레이싱 시스템을 가지는 교량의 경우
바닥판에 추가되는 횡방향 하중은 단부 다이아프램과 수직브레이싱을 통해서 직접적으로 전달된다고 가정되어야 한다. 바닥판과 수평브레이싱을 통해 하중경로에 대한 개발과 해석은 만약 그런 경우가 있다면, 풍하중 해석에 사용된 것과 흡사하게 구조적인 거동을 가정할 수 있다.
- (2) 수평방향의 다이아프램 거동을 할 수 없는 콘크리트 바닥판 또는 상부플랜지 윗면에 수평브레이싱 시스템이 없는 경우
바닥판에 추가되는 횡방향 하중은 중간 다이아프램과 수직브레이싱을 통해 하부의 횡방향 브레이싱 혹은 하부플랜지, 그리고 교량받침에 이르기까지, 그리고 단부 다이아프램과 수직

브레이싱에 대해서는 각각의 강성과 바닥판의 대표질량 속성에 맞게 분산 되어야 한다.

- (3) 하부에 수평브레이싱 시스템이 없거나 횡하중을 전달하기에 하부플랜지의 강성이 부족한 경우에는 바닥판이 필요한 수평다이아프램 거동을 할 수 있도록 상세설계가 이루어져야 한다.

4.6.10 세그멘탈 콘크리트 교량의 근사적 해석

4.6.10.1 일반사항

부재의 설계 단면력과 처짐을 구할 때는 탄성해석과 보 이론을 사용해도 좋다. 이 경우 크리프, 건조수축, 온도변화 및 전단지연효과를 고려해야 하며 전단지연은 4.6.10.3과 부합되어야 한다. 콘크리트 교량의 경우에는 콘크리트 탄성계수의 변화, 콘크리트 건조수축과 크리프계수의 변화 등 시공 중에 발생될 수 있는 사항을 고려하여야 한다.

4.6.10.2 스트럿-타이 모델

하중이 재하되는 면적이나 기하학적으로 불연속성이 있는 곳에서의 해석에는 스트럿-타이 모델을 사용해도 좋다.

4.6.10.3 플랜지 유효폭

- (1) 설계 단면력의 영향을 계산하기 위한 단면의 성질은 유효플랜지폭을 사용해야 한다. (사용하중응력에 대한) 유효플랜지폭은 4.6.7.2를 이용하여 산정할 수 있으며 그림 4.6-7에 따르거나 보다 정밀한 해석을 통해 결정 할 수 있다.
- (2) 휨, 전단 및 축 방향력으로 인한 응력을 계산할 때는 각각 그 대응되는 단면성질을 사용하여야 한다. 각각에 부합되는 가중치를 고려한 저항을 사용하여 평가될 수 있다. 극한한계상태에서는 전 압축플랜지폭이 유효한 것으로 보고 단면의 성질을 계산하여도 좋다.

4.6.10.4 횡방향 해석

- (1) 박스거더 세그먼트의 횡방향 휨을 해석할 때는 세그먼트를 강성이 강한 박스형 골조구조로 해석한다. 이 경우 플랜지와 복부 사이의 변단면까지 고려한다면 플랜지를 변단면부재로 보고 해석해야 한다. 최대모멘트를 발생시키는 곳에 차륜하중을 재하시켜야 하며, 탄성해석 결과에 의하여 각 재하 위치에 대한 차륜하중의 유효 종방향 분포를 구해야 한다. 편심재하 또는 구조의 비대칭 기하형상 때문에 발생하는 복부전단증가 및 기타 영향도 고려하여야 한다.
- (2) 박스형 단면의 상부플랜지에 미치는 활하중과 충격모멘트 효과를 평가할 때는 Homberg (1968)와 Pucher(1964)에 의해 제안된 영향면을 사용하는 방법이나 기타 탄성해석방법을 사용해도 좋다.
- (3) 프리스트레싱에 의한 탄성 및 크리프변형과 건조수축도 횡방향해석에 고려해야 한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- (4) 사용한계상태와 시공상태에서의 응력을 계산할 때는 프리스트레싱에 의한 2차모멘트의 영향을 포함시켜야 한다.
- (5) 극한한계상태에서 하중계수 1.0을 갖는 프리스트레싱에 의한 2차하중영향은 하중계수가 적용된 고정하중과 활하중 및 다른 하중에 의한 하중영향에 산술적으로 합산된다.
- (6) 거더형 세그먼트 교량에서 상부슬래브의 횡방향설계는 4.6.2의 조항과 부합될 수 있다.

4.6.10.5 종방향 해석

(1) 일반사항

- ① 세그먼트 콘크리트 교량의 종방향 해석 시에는 특수한 시공법, 시공단계 및 공사일정, 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 프리스트레스 손실 같은 시간종속영향들을 고려해야 한다.
- ② 사용한계상태에서의 응력을 계산할 때는 프리스트레싱으로 인한 2차모멘트의 영향을 고려해야 한다.
- ③ 극한한계상태에서의 모멘트와 전단력을 계산할 때는 하중계수 1.0을 적용한 프리스트레싱에 의한 2차모멘트나 전단력을 하중계수가 적용된 고정하중과 활하중 및 다른 하중에 의한 하중영향에 가산해야 한다.

(2) 시공중 해석

시공단계별로 구조를 해석할 때는, KDS 24 14 21(4.7.3.3)에 규정된 시공 시 하중조합, 응력, 안전성 등을 고려해야 한다.

(3) 최종 구조계의 해석

최종구조계를 해석할 때는 KDS 24 14 21(4.7.3.2)를 적용해야 한다.

4.6.11 정밀해석법

4.6.11.1 일반사항

- (1) 교량의 정밀해석법으로 4.4에 제시된 방법을 사용할 수 있다. 유한요소법과 같이 해석영역을 이산화해야 하는 수치 해석법에서는 대상 구조물의 기하학적, 역학적 거동특성을 적절히 반영할 수 있도록 적합한 요소를 선택하고, 요소 분할방법, 요소 및 절점의 위치와 개수(총자유도), 절점에 반영되는 하중값과 경계조건 등을 잘 결정해 주어야 해석결과의 정확성을 확보할 수 있다. 형상이 왜곡되거나 변장비가 큰 요소(일반적으로 1:3 이상)는 해석의 정밀도를 저하시키므로 2차원 해석에서는 가급적 정사각형 또는 정삼각형 요소를 사용하고, 3차원 해석에서는 정육면체 또는 정사면체에 가까운 요소를 사용하여야 한다. 또한 요소 크기와 형상의 급격한 변화는 가급적 피하여야 한다.
- (2) 구조적으로 연속되어 지지 구조물과 일체로 거동하는 방호울타리, 방호벽, 중앙분리대 등은 사용한계상태와 피로한계상태에서 구조 부재로서 고려할 수 있다.

4.6.11.2 바닥판

(1) 일반사항

- ① 별도의 규정이 없으면 바닥판의 휨 변형과 비틀림 변형을 고려하여 해석하여야 한다. 바닥판의 면외 방향으로 발생하는 전단 변형은 무시할 수 있다.
- ② 하중 재하 시 균열이 발생할 수 있거나, 바닥 부재의 경계면을 따라서 분리가 발생하는 바닥을 해석할 경우에는 포아송 효과를 무시할 수 있다. 윤하중은 KDS 24 12 21(4.3.1.4)에 규정된 바와 같이 부분 분포 하중으로 취급한다. 포장과 바닥판의 합성 여부에 관계없이 포장 두께에 따른 윤하중 확산 효과를 고려할 수 있다. 일반적으로 윤하중은 포장 두께에 따라 모든 방향으로 45° 각도로 확산된다고 가정하고 윤하중 분포 면적을 증가시켜 바닥판에 재하 할 수 있다. 윤하중의 분포 면적을 증가시키기 위하여 사용하는 포장의 두께는 사용 기간 동안 발생할 수 있는 마모량을 고려하여 감소된 두께를 적용하여야 한다.

(2) 등방성 판 모델

충실 바닥판의 두께가 일정하거나 거의 일정하며 바닥판의 강성도가 바닥판 면내의 모든 방향으로 거의 일정한 경우에는 바닥판을 등방성 판으로 모델링 할 수 있다.

(3) 직교 이방성 판 모델

직교 이방성 판 모델을 사용할 경우에는 바닥판 휨 강성을 바닥판 단면에 따라 일정하게 분포시킬 수 있다. 두께가 일정한 충실 바닥판이 아닌 경우에는 실험, 3차원 해석, 또는 일반적으로 사용되고 있거나 입증된 근사식에 의하여 바닥판의 비틀림 강성을 결정하여야 한다.

4.6.11.3 보-슬래브교

- (1) 유한요소나 격자 패널의 변장비를 5.0 이하로 유지하여야 한다.
- (2) 해석 시 사용하는 절점 하중은 실제 하중과 정역학적으로 등가이어야 한다.
- (3) 슬래브교의 해석은 받침부의 조건 및 사각 등을 고려하여 판이론에 따라 수행하는 것을 원칙으로 한다. 단, 슬래브의 지간과 한 변의 길이비(변장비)가 1:2를 넘고, 사각이 25° 이하인 경우에는 4.6.4에 따라 해석할 수 있다.
- (4) T형교에서 거더의 단면력은 격자 구조이론에 의하여 계산하는 것을 원칙으로 한다. 단, 폭원이 일정하며, 4개 이상의 평행하게 배치된 거더로 구성된 교량의 경우에는 4.6.3에 따라 계산할 수 있다.

4.6.11.4 박스거더교

- (1) 박스거더교는 평면 2차원 형상과 경계조건을 적절히 모델링하여 4.4에 따라 정밀해석하는 것을 원칙으로 한다. 단, 4.6.3의 내용이 적용 가능한 구조물의 경우에는 근사적 해석방법으로 해석할 수 있다.
- (2) 뒹(warping)이나 단면의 뺄대 작용을 고려하려면 반드시 3차원 모델을 사용하여야 한다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

- (3) 단일 박스거더로 구성된 상부 구조를 휨과 비틀림 모멘트를 동시에 받는 하나의 등가 보로 해석할 수 있다.
- (4) 강 박스 내부에 단면 형상을 유지하기 위한 브레이싱이나 다이아프램 등이 적절히 설치된 경우에 한하여 단면을 비틀림에 대하여 강체로서 가정할 수 있다.
- (5) 받침부의 횡방향 위치도 해석 모델에 포함시켜야 한다.

4.6.11.5 트러스교

- (1) 뼈대 구조물의 정밀 해석을 위한 모델에서는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 바닥판 또는 바닥틀과의 합성 작용
 - ② 부재 간 연속성
 - ③ 부재의 자중에 의한 하중영향, 변형에 의한 기하학적 형상 변화, 부재 연결부에서의 축방향 편심
 - ④ 초기처짐, 부재 간 연속성, 각 부재에 작용하는 축력 등을 고려한 구조물의 면내 및 면외 좌굴
- (2) 중로 트러스에서는 상현재의 면외 좌굴을 검토하여야 한다. 바닥보가 있는 횡방향 뼈대에 의해 수평방향 안정성을 유지하는 트러스에서는 차량하중에 의한 바닥보의 변형을 고려하여야 한다.

4.6.11.6 아치교

- (1) 4.6.11.5의 규정 중에서 아치교에도 적용 가능한 항목은 아치교의 정밀해석에 적용되어야 한다. 지간이 긴 아치를 해석할 경우에는 표 4.5-1에 규정한 근사법인 모멘트 확대계수법 보다는 대변위 이론에 근거한 정밀해석법을 적용하는 것이 바람직하다.
- (2) 트러스형 아치의 상현재와 하현재 사이의 응력분배가 가설방법에 따라 다를 경우, 가설방법을 설계 도서에 명시하여야 한다.

4.6.11.7 사장교

주탑의 형상, 케이블 면수와 상부구조바닥의 비틀림 강성을 고려한 평면 혹은 입체 구조해석에 의하여 사장교의 각 부재에 발생하는 하중영향을 산정할 수 있다. 사장교 해석에서는 다음과 같은 요인에 의하여 발생하는 비선형성을 고려해야 한다.

- (1) 모든 한계상태에서의 사장재의 새그(sag) 변화
- (2) 모든 한계상태에서의 보강 거더와 주탑의 $P-\Delta$ 효과 및 대변위 거동
- (4) 극단상황한계상태에서의 재료의 비탄성 및 비선형성

4.6.11.8 현수교

- (1) 현수교에서는 대변위 이론에 근거한 해석법에 의하여 수직 하중에 대한 하중영향을 산정하여야 한다. 수평 풍하중에 대한 해석에서는 케이블에 도입된 장력에 의한 강성 증가 효과를 고려하여야 한다.
- (2) 현수교에서 고정하중의 정확한 산정은 매우 중요하기 때문에 최종 설계단계에서는 특히 세심한 주의가 필요하다. 비선형 해석을 적용하는 경우에는 고정하중과 케이블 장력 간 평형이 이루어진 후의 교량 형상이 목표형상을 구현할 수 있도록 초기형상해석을 수행하여야 한다.

4.6.12 연속교의 부모멘트 재분배

4.6.12.1 일반사항

연속 거더교에서는 비탄성 휨 거동에 의하여 발생하는 하중영향의 재분배를 고려할 수 있다. 보와 거더의 휨에 대한 비탄성 거동만을 고려할 수 있으며, 전단 및 좌굴 거동에 대한 비탄성 해석은 허용되지 않는다. 하중영향의 횡방향 재분배를 고려하지 않는다.

4.6.12.2 정밀해석법

단면의 모멘트-회전각 관계에 기초한 모멘트 재분배법을 사용하여 선형 탄성해석에서 계산된 지점부의 부모멘트를 감소시킬 수 있다. 모멘트-회전각 관계는 이 설계기준의 규정이나 실험에 의하여 규명된 관계식을 따른다.

4.6.12.3 근사해석법

4.6.12.2에서 기술한 해석법 대신에 KDS 24 14 21과 KDS 24 14 31에서 콘크리트 보와 강재 보에 대하여 각각 기술된 단순 재분배 절차를 사용할 수 있다.

4.6.13 온도 해석

온도에 따른 축방향 변형 및 휨 변형이 유발하는 내부 응력을 고려하여 단면내의 온도 변화에 따른 하중영향을 산정하여야 한다. 단면 내에서의 온도 변화는 KDS 24 12 21(4.11.2)의 규정을 사용한다.

4.6.14 FEM 국부해석법

4.6.14.1 일반사항

일반적인 뼈대 구조 해석법에 의하여 정확한 응력을 산정할 수 없는 응력집중부나 부재연결부 등의 정밀 해석에 사용된다.

4.6.14.2 해석모델구성

- (1) 정밀 해석이 필요한 영역을 포함하도록 해석 영역을 전체 구조물에서 분리하여 정의하고, 전

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

체 구조물과 분리된 해석 영역의 경계면에서 경계 조건으로서 뼈대 구조물의 해석에서 구한 변위나 부재력을 적용한다.

- (2) 정밀 해석 대상 영역에서 응력 분포 특성이 충분히 소산되어 일반적인 뼈대 해석법과 상세해석법의 응력분포가 동일하게 되는 곳으로 상세 해석을 위한 해석 영역의 경계면을 설정한다. 일반적으로 정밀해석이 필요한 관심 영역의 최대 치수의 적어도 2배 이상의 해석 영역을 설정하여야 한다.
- (3) 변위법에 기초한 해석법에서는 일반적으로 변위가 부재력에 비하여 보다 정확하기 때문에 변위 경계 조건을 적용하는 것이 바람직하다.

4.7 동적 해석

4.7.1 구조 동역학의 기본사항

4.7.1.1 일반사항

교량의 동적거동을 해석하기 위해서는 구조요소의 강성도, 질량 및 감쇠특성을 실제상황에 가깝게 모델링하여야 한다. 동적해석 시 필요한 해석 정확도를 바탕으로 해석모델을 구성하고 합리적인 동적해석법을 선택하여야 한다. 고유진동수와 모드형상을 산정할 경우에는 필요한 고유진동수 및 모드형상을 적절히 표현할 수 있는 요소와 경계조건을 사용하여야 하며, 자세히 검토하고자 하는 범위내의 차수별 모드형상을 표현하기에 충분한 수준의 자유도를 사용하여야 한다. 시간이력해석 시에는 사용하는 시간 적분법에 따라 적절한 시간 간격을 사용하여야 한다. 동적 모델에는 다음과 같은 구조물과 동적 가진력의 특성이 포함되어야 한다.

- (1) 질량 분포
- (2) 강성도 분포
- (3) 감쇠 특성
- (4) 가진력의 진동수 특성
- (5) 지속시간
- (6) 작용 방향

4.7.1.2 질량의 분포

질량을 모델링할 때는 모델의 이산화 정도와 예상되는 운동을 고려하여야 한다.

4.7.1.3 강성

교량은 고유진동모드와 진동수를 나타낼 수 있는 자유도로 모델링하여야 한다. 모델요소의 강성

은 모델링 대상 교량과 잘 부합되도록 정의되어야 한다.

4.7.1.4 감쇠

구조물의 동적 거동에 의하여 발생하는 에너지 손실을 나타내기 위하여 등가 점성 감쇠를 사용할 수 있다.

4.7.1.5 고유진동수

4.7.2 경우나 발주자의 특별한 요구가 없는 한 탄성 무감쇠 고유진동모드와 진동수를 사용한다. 그러나 지진 해석 시에는 관련된 모든 감쇠모드와 진동수를 고려한다.

4.7.2 탄성 동적응답

4.7.2.1 차량에 의한 진동

- (1) 교량과 활하중의 동적상호작용에 대한 해석이 필요한 경우, 해석 시 필요로 하는 노면조도, 차량의 속도 및 동적 특성은 발주자가 지정하거나 혹은 승인한 값을 사용한다. 충격은 정적 하중영향에 대한 극한 동적 하중영향의 비율로 산정한다.
- (2) 설계 시 사용하는 충격계수는 어떤 경우에도 KDS 24 12 21(표 4.4-1)에 규정된 값의 50% 보다 작은 값을 사용할 수 없다. 신축이음에 대하여는 충격계수를 감소시킬 수 없다.

4.7.2.2 풍하중에 의한 진동

(1) 풍속

아치교의 행어, 사장교, 현수교 등 풍하중에 민감한 구조물에 대해서는, 풍동실험을 통하여 최대 양압과 음압의 작용 위치와 강도를 결정한다. 설계 풍속을 결정하기 위하여 해당지역의 장기 풍속관측자료를 활용하는 것이 바람직하다. 해당지역과 지리적으로 가까운 관측소의 자료보다는 풍환경이 유사한 곳에 설치된 관측소의 자료가 보다 합리적일 수 있으므로 관측소의 선택에 주의하여야 한다. 장기간에 걸친 관측소 주변지형의 변화를 감안하여 관측된 자료의 신뢰도를 평가하여야 한다.

(2) 동적 효과

아치교의 행어, 사장교, 현수교 등 풍하중에 민감한 구조물에 대해서는 필요한 경우 난류나 돌풍에 의한 버퍼팅과 같은 동적인 효과 뿐만 아니라 갠로핑과 플러터와 같은 불안정한 바람-구조물 상호작용 해석을 수행한다. 길이에 비하여 폭이 작거나 비틀림 강성이 작은 구조물은 횡좌굴, 큰 횡력 및 다이버전스에 대한 해석을 수행해야 한다. 이 때 사용하는 공탄성 모델은 널리 알려진 것을 사용하여야 하며 3분력계수나 플러터계수와 같이 정상 및 비정상 공기력을 평가하기 위한 계수들은 풍동실험을 통하여 구하는 것이 원칙이다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

(3) 설계 시 고려사항

- ① 풍하중으로 인하여 발생하는 진동 변형 때문에 구조물에 과도한 응력 및 피로가 유발되지 않아야 하며, 사용자가 불안과 불편을 느껴서도 안 된다. 교량의 바닥판, 사장재, 행어 케이블 등에 과도한 와류진동이나 풍우진동이 발생하지 않도록 해야 한다. 과도한 동적응답을 제어할 필요가 있다고 판단되면 감쇠기의 사용을 검토해야 한다. 감쇠기의 설치나 형상 변경이 어려운 경우는 풍하중에 의한 진동을 억제할 수 있도록 구조계를 변화시켜야 한다.
- ② 구조물의 진동 외에도 교량이 협곡이나 풍속이 급격히 변화하는 구간에 위치한 경우 수평 바람에 의한 차량의 주행성을 확보 여부를 평가하여야 한다. 필요에 따라 방풍벽 등의 설치 여부를 고려할 수 있다.

(4) 가설 중의 검토

가설 중의 구조계는 완성계의 구조계와 다르므로 별도의 구조해석 모델로 풍하중에 대한 안전성을 검토하여야 한다. 이 때 구조해석 모델은 가설 중의 경계조건이나 하중 이력 등이 적절히 반영된 것이라야 하며 동바리 등을 활용하지 않고 켄틸레버 구조로 시공되는 교량 등에 대해서는 가설 중 풍하중에 대하여 특히 주의가 필요하다. 가설 중 상부구조 단면 형상이 완성계와 차이가 클 경우, 가설 중의 공기역학적 해석에 사용하는 계수들은 별도로 구할 필요가 있다.

4.7.3 비탄성 동적응답

4.7.3.1 일반사항

강진이나 선박 충돌에 의한 에너지는 다음 중 한 가지 이상의 현상에 의하여 소산된다.

- (1) 구조물과 충돌하는 물체의 탄성 및 비탄성 변형
- (2) 구조물과 부속물의 비탄성 변형
- (3) 구조물과 부속물의 영구변위
- (4) 에너지 소산을 위하여 특별히 설치된 시설물의 비탄성 변형

4.7.3.2 소성 힌지와 항복선

구조 해석을 위하여, 구조 부재에서 발생하는 비탄성 변형에 의한 에너지 손실은 소성힌지와 항복선에 집중된다고 가정할 수 있다. 손실된 에너지에 대한 하한치의 해를 구하는 반복적인 근사 방법에 의해 이러한 단면의 위치를 결정할 수 있다. 이러한 단면에 대한 모멘트-회전 이력 곡선은 검증된 해석적인 재료 모델을 사용하여 결정할 수 있다.

4.7.4 충돌하중에 대한 해석

3. 재료의 조항을 만족하는 경우, 선박의 충돌에 대한 동적인 해석은 등가 정적탄성해석으로 대

신할 수 있다. 비탄성해석이 요구되는 경우에는 가능한 기타의 다른 하중이 있다면 이에 대한 효과도 같이 고려하여야 한다.

4.8 실험에 의한 해석

4.8.1 축소 모형 실험

구조적인 거동을 정립하고 검증하기 위하여 발주처는 전체구조물 혹은 일부분에 대하여 축소 모형 시험을 요구할 수 있다. 구조물의 제원, 재료 특성뿐만 아니라 경계조건과 하중을 기하학적 또는 재료적인 상사법칙에 따라 정확하게 모델링하여야 한다. 동적해석 시에는, 질량 축소 비율이나 지반 진동 및 감쇠 함수를 적절하게 적용하여야 한다. 극한한계상태 실험에서는 하중계수를 적용한 고정하중을 사용하여야 한다. 실험 장치는 모형 구조물의 응답에 영향을 주지 않도록 설치하여야 한다. 특별한 조사 또는 연구를 목적으로 하는 모형 실험체의 설계는 이 설계기준 또는 재료성능실험을 위한 다른 기준을 따르지 않을 수 있다. 다만 재료강도와 구조체의 저항 성능은 변동성을 고려한 근거가 명시되어야 한다.

4.8.2 교량 실험

하중영향, 내하력 산정 및 수치해석모델의 개선을 위하여, 사용 중에 있는 유사한 교량에 계측기를 설치하여 여러 가지 교통 상황과 환경 하중 또는 특수 목적 차량하중 하에서 실험을 실시할 수 있다.

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

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	엔비코건설턴트	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

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	비엔티엔지니어링(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 10 11 : 2016

교량 설계 일반사항(한계상태설계법)

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국도로협회
05718 서울특별시 송파구 중대로 113, 3층 한국도로협회
☎ 02-3490-1000 E-mail : off@krta.co.kr
<http://www.kroad.or.kr>

(작성기관) 한국교량및구조공학회
06732 서울특별시 관악구 관악로1 서울대학교 37동 115호 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>