

KDS 14 20 24 : 2016

콘크리트구조 스트럿-타이모델 기준

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



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 콘크리트 설계기준에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
콘크리트구조설계기준	• 콘크리트(토목, 건축)에서 다르게 적용하는 설계규정, 기술용어 및 기호 등을 통일	제정 (1999.5)
콘크리트구조설계기준	• 콘크리트 허용균열폭, 피복두께, 인장철근 정착길이 관련 내용수정 • 벽체의 부재 적용범위 구체화	개정 (2003.4)
콘크리트구조설계기준	• 국제표준규격에 따라 단위 수정 • 경제성과 안정성을 고려하여 하중계수, 하중조합 및 강도 감소계수 등을 개정	개정 (2007.10)
콘크리트구조기준	• 콘크리트의 사용성 및 내구성 관련 연구결과 반영 • 성능기반설계의 기본적인 고려사항을 수록하여 성능기반 설계의 도입	개정 (2012.10)
KDS 14 20 24 : 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 기술기준과

관련단체(작성기관) : 한국콘크리트학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 기호정의	1
1.3 용어정의	2
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
4. 설계	3
4.1 스트럿-타이 모델 설계 절차	3
4.2 스트럿의 축강도	4
4.3 타이의 인장강도	5
4.4 절점영역의 강도	6

콘크리트구조 스트럿-타이모델 기준

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 응력교란영역에 대한 합리적인 설계를 위한 규정으로서, 모든 계산에서 평형조건과 구성요소의 항복조건을 만족하여야 한다.

1.2 기호정의

- a : 전단경간, 즉 구조물에서 하중점과 받침부 사이의 거리, mm
- b : 부재의 두께, mm
- A_c : 스트럿의 유효단면적, mm²
- A_n : 절점영역 경계면 또는 절점영역을 형성하는 요소의 단면적, mm²
- A_{ps} : 긴장재 타이의 단면적, mm²
- A_{si} : 스트럿과 교차하는 i 번째 수직방향 또는 수평방향 철근의 단면적, mm²
- A_{st} : 철근타이의 단면적, mm²
- A'_s : 철근스트럿의 단면적, mm²
- d : 압축연단에서 종방향 인장철근 도심까지 거리, mm
- f_{ce} : 스트럿 또는 절점영역의 콘크리트 유효압축강도, MPa
- f_{ck} : 콘크리트의 설계기준압축강도, MPa
- f'_s : 압축철근의 응력, MPa
- f_{pe} : 긴장재의 유효프리스트레스 응력, MPa
- f_s : 사용하중이 작용할 때 철근의 응력, MPa
- f_y : 철근의 설계기준항복강도, MPa
- F_n : 스트럿, 타이 또는 절점영역의 공칭축강도, N
- F_{nn} : 절점영역 경계면의 공칭축강도, N
- F_{ns} : 스트럿의 공칭축강도, N
- F_{nt} : 타이의 공칭축강도, N
- F_u : 스트럿, 타이, 지압부 또는 절점영역에 작용하는 계수축력, N
- l_n : 순경간, mm
- s_i : 부재의 표면에 인접한 i 번째 수직방향 또는 수평방향 철근의 간격, mm
- w_s : 스트럿의 유효폭, mm
- w_t : 타이의 유효폭, mm

콘크리트구조 스트럿-타이모델 기준

$w_{t,max}$: 절점영역의 형상을 결정할 때 사용되는 타이의 최대 유효폭, mm

β_s : 콘크리트 스트럿 압축강도를 계산할 때 균열의 영향과 구속철근의 영향을 고려하기 위한 계수

β_n : 절점영역 압축강도를 계산할 때 타이의 정착 영향을 고려하기 위한 계수

γ_i : 스트럿과 교차하는 i 번째 수직방향 또는 수평방향의 철근이 스트럿과 이루는 각도,
 Δf_p : 계수축력에 의한 긴장재의 응력 증가분, MPa

λ : 경량콘크리트계수(KDS 14 20 10(4.4) 참조)

ϕ : 강도감소계수

ϕ_c : 스트럿의 강도감소계수로 0.75

ϕ_t : 타이의 강도감소계수로 0.85

1.3 용어정의

- B영역(B-region) : 보 이론의 평면유지원리가 적용되는 부분
- D영역(D-region) : 집중하중에 의한 하중 불연속부, 단면이 급변하는 기하학적 불연속부 그리고 보 이론의 평면유지원리가 적용되지 않는 영역
- 스트럿-타이 모델(strut-and-tie model) : 스트럿, 타이 그리고 스트럿과 타이의 단면력을 받침 부나 부근의 B영역으로 전달시켜 주는 절점 등으로 구성된 콘크리트 구조 부재 또는 D영역의 설계를 위한 트러스 모델
- 스트럿(strut) : 스트럿-타이 모델의 압축요소로서, 프리즘 모양 또는 부채꼴 모양의 압축응력장을 이상화한 요소
- 타이(tie) : 스트럿-타이 모델의 인장력 전달요소
- 절점(node) : 스트럿-타이 모델의 3개 이상 스트럿과 타이의 연결점 또는 스트럿과 타이 그리고 집중하중의 중심선이 교차하는 점
- 절점영역(nodal zone) : 스트럿과 타이의 힘이 절점을 통해서 전달될 수 있도록 하는 절점의 유한 영역으로 2차원의 삼각형 또는 다각형 형태이거나 3차원에서는 입체의 유한 영역

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

KDS 14 20 01(3)을 따른다.

4. 설계

4.1 스트럿-타이 모델 설계 절차

4.1.1 설계 절차 일반

- (1) 콘크리트 구조 부재 또는 D영역은 이상화된 트러스 모델로 설계할 수 있다.
- (2) 트러스 모델은 스트럿, 타이 그리고 절점으로 구성한다.
- (3) 트러스 모델은 모든 계수하중을 지지판, 압축응력블록, 인장타이 또는 인접한 B영역으로 전달하여야 한다.

4.1.2 설계 절차

- (1) 콘크리트 구조 부재 또는 D영역의 스트럿-타이 모델 설계는 다음 (2)부터 (6)까지에 규정된 설계 절차에 따라야 한다.
- (2) 설계 대상 영역을 설정하고 설계 대상 영역의 설계를 위한 초기조건을 결정하여야 한다.
- (3) 설계 대상 영역의 설계를 위한 스트럿-타이 모델을 구성하여야 한다.
- (4) 스트럿과 타이의 단면력을 스트럿-타이 모델의 구조해석을 통해 계산하여야 한다. 구조해석을 할 때 스트럿과 타이의 필요 단면적은 스트럿과 타이의 유효강도 범위 내에서 결정하여야 하고, 스트럿과 타이의 유효강도는 4.2에서 정의된 방법으로 구하여야 한다. 스트럿과 타이의 필요단면적이 설계 대상 영역과 스트럿-타이 모델의 기하학적 형상에 의해 결정되는 이들 요소의 최대 허용단면적을 초과하지 않아야 하며, 이를 위반할 경우 초기의 설계조건을 수정하여 (3)으로 되돌아가야 한다.
- (5) 4.4에서 정의된 방법으로 절점영역의 강도를 검토하여야 한다. 절점영역의 강도를 만족하지 않는 경우 철근타이의 정착방법과 지압판의 크기를 변경하여 절점영역의 강도를 재검토하거나 초기의 설계조건을 수정하여 (3)으로 되돌아가야 한다.
- (6) 4.3.1에서 정의된 타이의 유효강도를 고려하여 필요철근량을 산정하여야 한다. 이때 철근의 배치와 정착은 4.3.2와 4.3.3의 규정을 만족시켜야 한다.

4.1.3 설계 원칙

스트럿, 타이 그리고 절점영역의 설계는 식 (4.1-1)에 따라야 한다.

$$\phi F_n \geq F_u \quad (4.1-1)$$

여기서, F_u 는 계수하중에 의한 스트럿과 타이의 단면력 또는 절점영역의 한 면에 작용하는 단면력이고, F_n 은 스트럿, 타이 그리고 절점영역의 공칭축강도이며, ϕ 는 강도감소계수이다. 스트럿의 강도감소계수는 ϕ_c 는 0.75, 타이의 강도감소계수 ϕ_t 는 0.85를 사용한다.

4.2 스트럿의 축강도

4.2.1 축강도 산정

콘크리트 스트럿의 공칭압축강도는 콘크리트 스트럿 양단부의 강도를 식 (4.2-1)로 결정한 값 중 작은 값이어야 한다.

$$F_{ns} = f_{ce} A_c \quad (4.2-1)$$

여기서, A_c 는 스트럿의 양단부에서 최소 단면적이고, f_{ce} 는 4.2.2의 규정에 의해 결정되는 콘크리트 스트럿의 유효압축강도이다.

4.2.2 유효압축강도

(1) 콘크리트 스트럿의 유효압축강도는 식 (4.2-2)로 결정하여야 하나, 유효압축강도에 영향을 미치는 여러 인자를 고려하여 실험과 적절한 해석을 통해 구한 값을 이용할 수 있다.

$$f_{ce} = 0.85\beta_s f_{ck} \quad (4.2-2)$$

(2) 식 (4.2-2)의 β_s 는 각 조건에 따라 다음과 같이 구하여야 한다.

- | | |
|---|------|
| ① 전 길이에 걸쳐 스트럿의 단면적이 일정할 경우 | 1.0 |
| ② 스트럿 중간길이에서 단면적이 스트럿 양단에서 단면적보다 큰 병모양인 스트럿의 경우
4.2.3의 철근 배치에 관한 규정을 만족할 때 $\beta_s = 0.75$ 이며, 그렇지 못할 때 $\beta_s = 0.60\lambda$ 이다.
여기서, λ 는 KDS 14 20 10(4.4)에 따른다. | |
| ③ 인장요소 또는 콘크리트 구조 부재의 인장플랜지 콘크리트의 스트럿인 경우 | 0.40 |
| ④ 기타의 모든 경우 | 0.60 |

4.2.3 설계 상세

(1) 4.2.2(2)②에서 정의된 β_s 를 사용할 경우 콘크리트 스트럿의 중심선은 스트럿 압축응력의 확산으로 인한 스트럿의 횡방향 인장력에 저항하는 철근과 교차하여야 한다. 이때 콘크리트 스트럿의 압축력은 스트럿의 종방향과 횡방향으로 각각 2 : 1로 분산, 전달된다고 가정할 수 있다.

(2) f_{ck} 가 40 MPa 이하일 경우, 4.2.3의 규정은 콘크리트 스트럿의 중심선이 식 (4.2-3)의 조건을 만족하도록 배치된 철근과 교차될 때 만족하는 것으로 할 수 있다.

$$\sum \frac{A_{si}}{bs_i} \sin^2 \gamma_i \geq 0.003 \quad (4.2-3)$$

여기서, A_{si} 는 콘크리트 스트럿 중심선과 이루는 각 γ_i 와 철근의 간격 s_i 로 배치된 철근의 전체 면적이다.

(3) 4.2.3의 구속철근을 콘크리트 스트럿 중심선에 대해 두 직각방향으로 배치하거나 한 방향으로 배치하여야 한다. 구속철근을 한 방향으로 배치한다면 그 각은 40° 이상이어야 한다.

4.2.4 철근 효과

- (1) 스트럿의 강도를 증가시키기 위해 압축철근을 사용할 수 있으며, 콘크리트 스트럿의 중심선에 평행하게 배치된 압축철근을 적절하게 정착하고, 압축요소를 위한 횡방향 보강재의 규정을 만족하는 띠철근 또는 나선철근의 내측에 스트럿을 배치하여야 한다.
- (2) 종방향으로 보강된 스트럿의 강도는 식 (4.2-4)와 같이 구할 수 있다.

$$F_{ns} = f_{ce}A_c + 1.13A'_s f'_s \quad (4.2-4)$$

4.3 타이의 인장강도

4.3.1 강도 산정

타이의 공칭강도는 식 (4.3-1)로 결정하여야 한다.

$$F_{nt} = A_{st}f_y + A_{ps}(f_{pe} + \Delta f_p) \quad (4.3-1)$$

여기서, $(f_{pe} + \Delta f_p)$ 는 f_{py} 를 초과할 수 없으며, 긴장재가 없는 부재에서 A_{ps} 는 영의 값이다. 식 (4.3-1)에서 Δf_p 는 부착된 긴장재의 경우 420 MPa, 부착되지 않는 긴장재의 경우 70 MPa이며, 해석에 의해 증명된 경우 다른 Δf_p 값을 사용할 수 있다.

4.3.2 중심선

철근의 중심선은 스트럿-타이 모델에서 타이의 중심선과 일치시켜야 한다.

4.3.3 정착

- (1) 타이가 인장력을 효과적으로 발휘하기 위하여 다음 (2), (3), (4), (5)에 따라 철근타이는 기계적 장치, 포스트 텐션 정착 장치, 표준갈고리 또는 철근의 연장 등에 의해 정착시켜야 한다.
- (2) 절점을 기준으로 서로 맞은편에 있는 타이의 단면력 변화량 크기만큼 절점영역에서 정착시켜야 한다.
- (3) 하나의 타이가 연결된 절점영역에서, 타이의 단면력을 확장절점영역의 경계면과 철근타이의 도심이 교차하는 곳부터 확장절점영역 내측에서 정착시켜야 한다.
- (4) 두 개 이상의 타이가 연결된 절점영역에서, 각 방향의 타이 단면력은 확장절점영역의 경계면과 철근타이의 도심이 교차하는 곳부터 각각 확장절점영역 내측으로 정착시켜야 한다.
- (5) 4.2.3에 의해 산정되는 필요한 복부철근은 복부철근의 정착에 관한 규정에 따라 정착시켜야 한다.

4.4 절점영역의 강도

4.4.1 축강도 산정

절점영역의 강도는 4.4.1에 정의된 절점영역의 공칭압축강도를 이용하여 식 (4.1-1) 조건의 만족 여부를 확인하는 방법으로 검토하거나, 절점영역의 비탄성 해석에 의한 절점영역의 안전 여부를 확인할 수 있는 방법을 이용하여 검토할 수 있다.

4.4.2 공칭강도

절점영역의 공칭강도는 식 (4.4-1)에 의해 결정하여야 한다.

$$F_{nn} = f_{ce} A_n \quad (4.4-1)$$

여기서, f_{ce} 는 4.4.1에 주어진 절점영역의 유효압축강도이고, A_n 은 F_u 의 작용선에 직각인 절점영역 경계면의 면적 또는 합력 작용선에 직각인 절점영역 경계면의 면적이다.

4.4.3 유효압축강도

(1) 절점영역에 배치된 구속철근이 없고 실험 및 해석을 통해 구속철근의 영향을 평가하지 않는다면, 스트럿과 타이의 단면력에 의한 절점영역 경계면의 유효압축강도는 식 (4.4-2)에 의한 값 이하이어야 한다.

$$f_{ce} = 0.85\beta_n f_{ck} \quad (4.4-2)$$

여기서, β_n 은 다음 (2)에 주어진 값이다.

(2) 식 (4.4-2)의 β_n 값은 각 조건에 따라 다음과 같이 정하여야 한다.

- | | |
|-------------------------------------|------|
| ① 지지판, 스트럿 또는 지지판과 스트럿에 의해 형성된 절점영역 | 1.0 |
| ② 하나의 타이가 연결된 절점영역 | 0.80 |
| ③ 두 개 이상의 타이가 연결된 절점영역 | 0.60 |

4.4.4 3차원 절점

3차원 스트럿-타이 모델에서 절점영역의 각 경계면의 면적은 4.4.2에 주어진 값보다 작지 않아야 하며, 절점영역 각 경계면의 형상은 절점영역 경계면에 접하는 스트럿 단부의 투영 형상과 유사하여야 한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	건축구조	홍성걸	서울대학교	교수
	토목구조	윤영묵	경북대학교	교수
	건축구조	김길희	공주대학교	교수
	토목구조	변형균	시스트라코리아	부사장

자문위원	분야	성명	소속
	토목구조	김 우	전남대학교
	건축구조	김종호	창민우컨설팅트
	건축구조	김진근	한국과학기술원
	토목구조	박홍기	태조엔지니어링
	토목구조	변윤주	수성엔지니어링
	토목구조	신현목	성균관대학교
	건축구조	오명석	서영엔지니어링
	건축구조	전봉수	전우구조
	건축구조	정 란	단국대학교
	토목구조	정영수	중앙대학교
	건축구조	정하선	전)콘크리트학회공학연구소장
	건축구조	최완철	승실대학교
	토목구조	한록희	효명엔지니어링

콘크리트구조 스트럿-타이모델 기준

건설기준위원회	분야	성명	소속
	구조	구찬모	한국토지주택공사
		박동욱	서울시
		최정환	한국철도시설공단
		서석구	(주)서영엔지니어링
		이태현	한국도로공사
		백인열	가천대학교
		최용규	경성대학교
		이재훈	영남대학교
		김태진	(주)창민우구조건설턴트
		장종진	한국토지주택공사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	구자흡	삼영엠텍(주)
	차철준	한국시설안전공단
	최상식	(주)다음기술단
	김현길	(주)정림이앤씨
	이근하	(주)포스코엔지니어링
	박구병	한국시설안전공단

국토교통부	성명	소속	직책
	정선우	국토교통부 기술기준과	과장
	김병채	국토교통부 기술기준과	사무관
	김광진	국토교통부 기술기준과	사무관
	이선영	국토교통부 기획총괄과	사무관
	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청	사무관
	김남철	국토교통부 기술기준과	주무관

설계기준
KDS 14 20 24 : 2016

콘크리트구조 스트럿-타이모델 기준

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국콘크리트학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22 한국과학기술회관 신관 1009호
☎ 02-568-5985 E-mail : kci@kci.or.kr
<http://www.kci.or.kr>

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