



산수허브

SANSU HUB

산수허브 콘크리트구조설계 실무

제 7 편

철근상세설계 (내진 포함)

강도설계법(KDS 14 20 50·80) · 한계상태설계법(KDS 24 17 11)

예제 DT-1 · DT-2 (특수모멘트골조 · 교각 횡구속)

산수허브 SansuHub

토목구조물의 설계 · 건설기술 개발

2026년 6월

개정 이력 · Revision History

이 교재는 「산수허브 콘크리트구조설계 실무」 시리즈로서 아래 연혁에 따라 제·개정됩니다.

판 (차수)	주요 내용	발행 연월
초판 (제정)	최초 발행 — KDS 14 · KDS 24 설계기준 반영	2026. 6

적용 주요 설계기준

기준 번호	기준명
KDS 14 20 50	콘크리트구조 철근상세 설계기준
KDS 14 20 80	콘크리트 내진설계기준(강도설계법)
KDS 24 17 11	교량 내진 설계기준(한계상태설계법)
KDS 24 14 21	콘크리트교 설계기준(한계상태설계법)
KS D 3504	철근콘크리트용 봉강(S등급 등)

※ 표기된 기준은 발행 시점의 최신 개정판을 적용하며, 실제 설계 시 최신 개정 내용을 반드시 확인한다.

머리말

이 책은 철근상세 설계를 처음 배우는 사람도 차근차근 따라올 수 있도록 만든 설계실무 교재입니다. 철근을 ‘어디에, 얼마나, 어떤 모양으로’ 배치하는지가 철근상세이며, 간격·구부림·횡보강·정착·피복이 모두 지켜져야 철근이 제 힘을 발휘합니다. 특히 지진을 견디려면 강도보다 ‘연성(질김)’이 중요하므로, 내진 철근상세를 함께 다룹니다.

제1장에서 철근상세의 기본을 익힌 뒤, 제2장에서 강도설계법(KDS 14 20 50 일반상세, KDS 14 20 80 내진)으로 구부림·간격·횡철근과 특수모멘트골조 상세를 정리합니다. 제3장에서는 교량 한계상태설계법(KDS 24 17 11)의 교각 내진 상세를 다루고 강도설계법과 비교하며, 제4장에서 종합 비교와 원형 교각 나선철근을 보충으로 다룹니다.

일반 철근상세는 KDS 14 20 50을 공통으로 쓰고, 내진 상세는 건물(KDS 14 20 80)과 교량(KDS 24 17 11)이 분류·계수에서 차이가 있다는 점이 핵심입니다.

목차

제1장 철근상세의 기초 개념

1.1 철근상세란

철근상세(reinforcement detailing)는 철근을 어디에, 얼마나, 어떤 모양으로 배치할지 구체적으로 정하는 것입니다. 철근이 제대로 힘을 받으려면 콘크리트와 충분히 붙어 있어야 하고(정착), 콘크리트가 잘 타설되도록 간격을 확보해야 하며, 녹슬지 않도록 피복을 지켜야 합니다. 또 전단·비틀림·지진에 대비해 주철근을 횡방향 철근으로 감싸 구속합니다.

1.2 철근의 구부림과 표준갈고리

철근의 끝이나 모서리는 일정 각도로 구부립니다. 너무 작은 반지름으로 구부리면 철근 내부에 균열이 생기므로 최소 내면반지름을 둡니다. 주철근의 끝을 180°·90°로 구부린 것을 표준갈고리라 하며, 스테럽·띠철근은 90°·135°로 구부려 정착합니다.

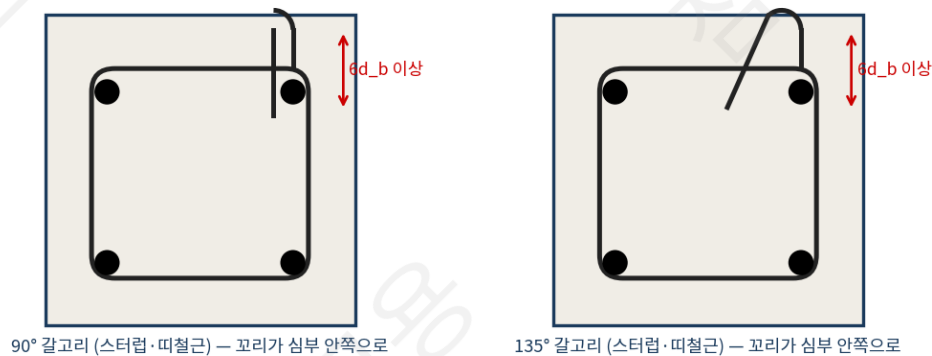


그림 1-1. 스테럽·띠철근의 표준갈고리(90°·135°)와 연장길이

1.3 내진과 연성

지진은 건물을 흔들어 관성력($F = M \cdot a$)을 일으킵니다. 무조건 단단하게만 지으면 오히려 갑자기 부서지므로, 어느 정도 휘면서도 무너지지 않는 ‘연성(ductility)’을 확보하는 것이 내진설계의 핵심입니다. 하중·변위 곡선 아래 면적이 지진 에너지 흡수량이며, 내진 철근상세를 적용하면 이 흡수량이 크게 커집니다.



그림 1-2. 연성 부재와 취성 부재의 하중-변위 곡선(면적 = 에너지 흡수량)

[근거] KDS 14 20 50 (4.1~4.4) · KDS 14 20 80 (3) 연성 확보

제2장 강도설계법에 의한 철근상세 (KDS 14 20 50 · 14 20 80)

이 장에서는 일반 철근상세(구부림·간격·횡철근, KDS 14 20 50)와 건축물 내진 철근상세(KDS 14 20 80)를 정리하고, 대표예제 DT-1로 마무리합니다.

2.1 철근의 구부림과 표준갈고리

주철근의 표준갈고리는 180°(반원) 또는 90°이며, 스테럽·띠철근은 90°·135° 갈고리를 씁니다. 갈고리 연장길이는 스테럽·띠철근에서 D16 이하 $6d_b$, D19~D25 $12d_b$ 이상입니다. 구부림 최소 내면반지름은 주철근 D10~D25 에서 $3d_b$, D29~D35 에서 $4d_b$ 이며, 스테럽·띠철근 D16 이하는 $2d_b$ 입니다.

[근거] KDS 14 20 50 (4.1) 표 4.1-1 구부림 최소 내면반지름

2.2 철근의 간격

철근 간격이 너무 좁으면 콘크리트가 채워지지 못해 공극이 생깁니다. 같은 층 수평 순간격은 25 mm 이상이고 철근 공칭지름 이상이어야 하며, 2단 배근은 수직 순간격 25 mm 이상으로 합니다.

$$\text{수평 순간격} \geq \max(25 \text{ mm}, d_b) ; \text{기둥 축방향 순간격} \geq \max(40 \text{ mm}, 1.5 \cdot d_b)$$

$$\text{벽체·슬래브 휨 주철근 간격} \leq \min(3 \cdot h, 450 \text{ mm})$$

[근거] KDS 14 20 50 (4.2) 철근의 간격

2.3 횡방향 철근 (스테럽·띠철근·나선철근)

스테럽은 보의 전단철근으로 주철근 주위를 감싸는 U자형·폐쇄형 철근이며, 압축철근은 반드시 띠철근·스테럽으로 감싸야 합니다. 받침부·비틀림에는 폐쇄형 스테럽을 쓰고, 갈고리는 135° 이상으로 구부려 $6d_b$ 이상 연장합니다. 띠철근은 기둥 주철근을 횡지지하고, 나선철근은 원형 기둥의 심부를 연속적으로 구속합니다.

[근거] KDS 14 20 50 (4.4) 횡방향 철근

2.4 내진 철근상세 (KDS 14 20 80)

내진의 핵심은 강도가 아닌 연성입니다. 소성힌지(plastic hinge)를 보 단부에 유도해 보가 먼저 항복하며 에너지를 흡수하고 기둥은 끝까지 버티도록 하는 ‘강한 기둥·약한 보(Strong Column · Weak Beam)’가 황금률이며, $\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \cdot \Sigma M_{nb}$ 를 만족해야 합니다. 구조 시스템은 지진위험도에 따라

OMF(약진)·IMF(중진)·SMF(강진)로 나뉩니다. 재료는 $f_{ck} \geq 21 \text{ MPa}$, 주철근 $f_y \leq 600 \text{ MPa}$ (S등급), 전단·횡철근 $f_y \leq 420 \text{ MPa}$ 로 제한하며, 소성힌지 구역에서는 겹침이음을 금지합니다.

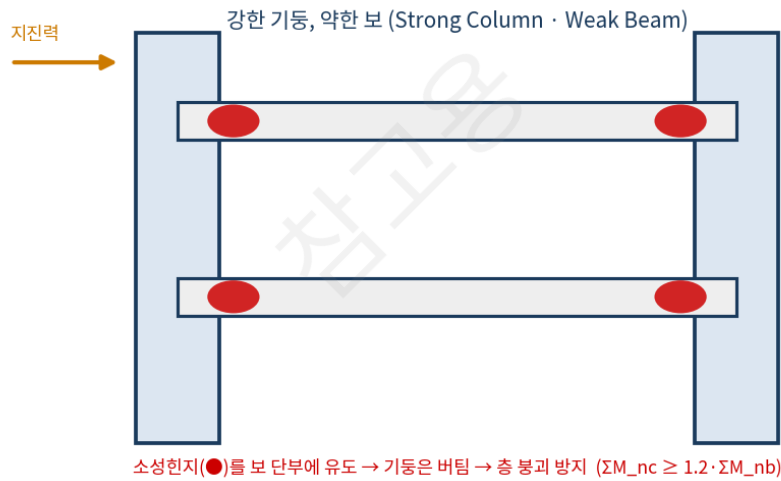


그림 2-1. 강한 기둥·약한 보 — 소성힌지(●)를 보 단부에 유도

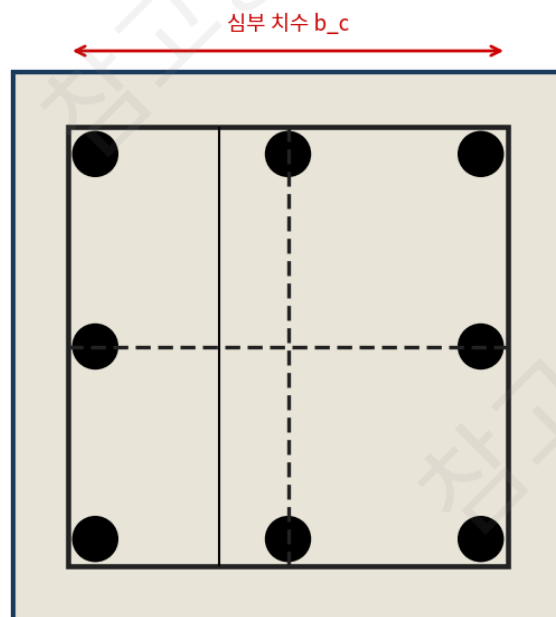
(1) 특수모멘트골조(SMF) 보 단부 후프

$$s \leq \min(d/4, 6 \cdot d_b, 150 \text{ mm}) , \quad \text{소성힌지(밀집) 구역} = \text{받침면에서 } 2 \cdot h$$

(2) 특수모멘트골조(SMF) 기둥 횡구속 후프

$$A_{sh} \geq \max[0.3 \cdot (s \cdot b_c \cdot f_{ck} / f_y) \cdot (A_g / A_{ch} - 1) , \quad 0.09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_{ck} / f_y]$$

$$\text{구속 구간 } l_o = \max(l_n/6, \text{기둥 최대단면치수}, 450 \text{ mm})$$



폐합 후프 + 보조 후프로 심부 콘크리트 횡구속 (A_{sh})

2.5 대표예제 DT-1 (특수모멘트골조 기둥 횡구속, 강도설계법)

특수모멘트골조(SMF) 기둥 단면 500×500 mm, 주철근 8-D25, $f_{ck} = 30$ MPa, 횡철근 $f_y = 400$ MPa, 피복 40 mm, 후프 D13 (126.7 mm²), 후프 간격 $s = 100$ mm 일 때 소성힌지구역 횡구속 철근량 A_{sh} 를 산정하라.

[1단계] 단면 제원

$$A_g = 500^2 = 250,000 \text{ mm}^2, \text{ 심부치수 } b_c = 500 - 2 \times 40 + 13 = 433 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = 433^2 = 187,489 \text{ mm}^2, \quad A_g/A_{ch} = 1.333$$

[2단계] 횡구속 철근량 A_{sh} — 두 식

$$\text{식① } A_{sh} = 0.3 \cdot (s \cdot b_c \cdot f_{ck}/f_y) \cdot (A_g/A_{ch} - 1) = 0.3 \times (100 \times 433 \times 30/400) \times 0.333 = 324.8 \text{ mm}^2$$

$$\text{식② } A_{sh} = 0.09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_{ck}/f_y = 0.09 \times 100 \times 433 \times 30/400 = 292.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh,req} = \max(324.8, 292.3) = 324.8 \text{ mm}^2 \quad (\text{식① 지배})$$

[3단계] 후프 배치 · 구속 구간

D13 후프 1개 = 126.7 mm² → 필요 3개 → 제공 $380.1 \geq 324.8$ → D13 폐합후프 + 보조후프 3세트 @ 100 mm (양방향)

후프 간격 $s \leq \min(b/4 = 125, 6 \cdot d_b = 152) = 125 \text{ mm} \geq 100$ → 만족, 구속 구간 $l_o =$

$\max(l_n/6, 500, 450) = 500 \text{ mm}$ (순경간 3,000 가정)

결론: SMF 기둥 소성힌지구역에 D13 후프+보조후프 3세트 @ 100 mm ($A_{sh} = 380 \geq 324.8$)를

양방향 배치하고, 구속 구간은 500 mm 로 한다.

제3장 한계상태설계법에 의한 내진 철근상세 (KDS 24 17 11)

교량 한계상태 내진설계는 응답수정계수 R 로 탄성지진력을 줄이고, 교각 소성힌지구역에 심부구속철근을 배치합니다. 일반 철근상세는 KDS 14 20 50을 공통으로 쓰며, 내진 상세는 KDS 24 17 11을 따릅니다.

3.1 강도설계법과의 차이

① 분류: 건물은 OMF/IMF/SMF로, 교량은 내진등급(내진 II·I·특)과 응답수정계수 R(단일기동 교각 3, 다주가구 5 등)로 지진력을 줄입니다. ② 사각형 교각의 횡구속 철근량 A_{sh} 식②의 계수가 강도설계법 0.09 에서 한계상태설계법 0.12 로 33% 강화됩니다(교각은 세장하고 낙교 피해가 커 더 엄격). ③ 소성힌지구역 전단강도의 콘크리트 기여 V_c 와 재료계수 ϕ 도 다릅니다(강도 $1/6 \cdot \phi = 0.75$ vs 한계 $0.30 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot A_e \cdot \phi = 1.0$).

항목	강도설계법(KDS 14 20 80)	한계상태설계법(KDS 24 17 11)
적용	건축물 골조	교량 교각·교대
분류	OMF / IMF / SMF	내진등급 · 응답수정계수 R
A_{sh} 식② 계수	0.09	0.12 (33% 강화)
소성힌지 전단 V_c	$(1/6) \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot A_e$	$0.30 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot A_e$
전단 재료계수 ϕ	0.75	1.0 (지진하중)

(근거) KDS 24 17 11 (4.6) 교각 내진상세 / KDS 14 20 80

3.2 교각 소성힌지구역 심부구속철근

교각의 심부구속철근은 사각형 단면은 횡철근 총단면적 A_{sh} 로, 원형 단면은 나선철근비 ρ_s 로 규정합니다. 두 식 중 큰 값을 사용하며, 두 직교 방향을 각각 검토합니다.

$$\text{사각형: } A_{sh} \geq \max[0.3 \cdot s \cdot h_c \cdot (f_{ck}/f_{yh}) \cdot (A_g/A_{ch} - 1), 0.12 \cdot s \cdot h_c \cdot (f_{ck}/f_{yh})]$$

$$\text{원형: } \rho_s \geq \max[0.45 \cdot (A_g/A_{ch} - 1) \cdot (f_{ck}/f_{yh}), 0.12 \cdot (f_{ck}/f_{yh})], \quad s = 4 \cdot A_{sp}/(\rho_s \cdot d_s)$$

(근거) KDS 24 17 11 (4.6.3.4) 심부구속 횡방향철근

3.3 대표예제 DT-2 (사각형 교각 횡구속, 한계상태설계법)

예제 DT-1 과 같은 사각형 단면(500×500 , $f_{ck} = 30$, 횡철근 $f_{yh} = 400$, 피복 40, 후프 D13, $s = 100$ mm)을 교량 한계상태설계법으로 횡구속철근을 산정하고 강도설계법과 비교하라.

[1단계] 횡구속 철근량 A_{sh} — 두 식 (식② 계수 0.12)

$$\text{식① } A_{sh} = 0.3 \cdot s \cdot h_c \cdot (f_{ck}/f_{yh}) \cdot (A_g/A_{ch} - 1) = 324.8 \text{ mm}^2 \quad (\text{강도설계법과 동일})$$

$$\text{식② } A_{sh} = 0.12 \cdot s \cdot h_c \cdot (f_{ck}/f_{yh}) = 0.12 \times 100 \times 433 \times 30 / 400 = 389.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh, req} = \max(324.8, 389.7) = 389.7 \text{ mm}^2 \quad (\text{식② 지배} - \text{강도설계법은 식①, 한계상태는 식②로 지배식 역전})$$

[2단계] 후프 배치

$$D13 \text{ 후프 } 1 \text{ 개} = 126.7 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{필요 } 4 \text{ 개} \rightarrow \text{제공 } 506.8 \geq 389.7 \rightarrow D13 \text{ 폐합후프+ 보조후프 } 4 \text{ 세트} @ 100 \text{ mm}$$

[3단계] 강도설계법과 비교

항목	강도설계법(KDS 14 20 80)	한계상태(KDS 24 17 11)
식② 계수	0.09	0.12
$A_{sh②}$ (mm ²)	292.3	389.7
지배 식	식① (324.8)	식② (389.7)
필요 후프	3세트	4세트

결론: 같은 단면이라도 한계상태설계법(교각)은 식② 계수가 33% 커서 후프가 1세트 더 필요하다. 교각은 단일 부재 의존도가 높고 낙교 피해가 커, 건물 기둥보다 더 엄격한 횡구속을 요구한다.

제4장 종합 비교 및 보충

4.1 강도설계법과 한계상태설계법의 내진상세 비교

두 방법은 ‘더 안전하다·덜 안전하다’가 아니라, 같은 목표(연성 확보)를 다른 방법으로 달성합니다.

강도설계법은 시스템 분류와 φ 할인으로, 한계상태설계법은 응답수정계수와 소성힌지구역 집중 구속으로 연성을 확보합니다.

항목	강도설계법	한계상태설계법
대상	건물 골조 시스템	교량 교각 단일부재
연성 확보	강기동약보·시스템 분류	소성힌지구역 심부구속
지진력 저감	OMF→IMF→SMF 요건 강화	응답수정계수 R로 나눔
횡구속(식②)	0.09 계수	0.12 계수(더 엄격)
이음 제한	소성힌지 구역 이음 금지	동일

4.2 원형 교각의 횡구속 — 나선철근과 띠철근 (보충)

원형 교각은 나선철근으로 심부를 연속 구속하며, 구속이 균일해 사각형 후프보다 유리합니다. 나선철근비는

$\rho_s \geq \max(0.45 \cdot (A_g/A_{ch} - 1) \cdot (f_{ck}/f_{yh}), 0.12 \cdot (f_{ck}/f_{yh}))$ 이상으로 하고, 간격은 $s = 4 \cdot A_{sp}/(\rho_s \cdot d_s)$ 로

정합니다. 예를 들어 지름 1,200 mm 교각($f_{ck} = 30$, $f_{yh} = 400$)에서 $\rho_s \approx 1.12\%$ 가 필요하며, 간격을 s

$= 100$ mm 로 하면 $A_{sp} \geq \rho_s \cdot d_s \cdot s/4 = 291 \text{ mm}^2$ 이상이어야 하므로 D22 나선철근(387 mm^2) @

100 mm 로 배치합니다(제공 $\rho_s = 1.49\% \geq 1.12\%$).

[근거] KDS 24 17 11 (4.6.3.4) 원형 교각 나선철근

(참고) 원형기둥에 나선철근 대신 띠철근을 사용하는 경우

원형기둥은 나선철근 대신 원형 띠철근(폐합 후프)으로도 보강할 수 있습니다. 다만 띠철근은 나선철근처럼

심부를 ‘연속’ 구속하지 못하고 일정 간격마다 ‘불연속’ 으로 구속하므로 연성·구속효과가 작아,

강도설계법에서 강도감소계수와 최대축강도 상한계수가 불리하게 적용됩니다.

항목	나선철근 기둥	띠철근 기둥
강도감소계수 φ	0.70	0.65
최대축강도 상한계수	0.85	0.80
$\varphi P_{n,max} (= \text{계수} \cdot \varphi \cdot P_o)$	$0.595 \cdot P_o$	$0.520 \cdot P_o$

심부 구속	연속(나선)	불연속(후프)
-------	--------	---------

따라서 같은 단면·축력에서 띠철근 기둥의 최대 설계축강도 $\phi P_{n,max}$ 는 나선철근 기둥의 약

87%(0.520/0.595)로 약 13% 작아지므로, 동일 축력을 받으려면 단면이나 주철근을 늘려야 합니다. 한편 내진 횡구속철근량은 원형 띠철근도 $\rho_s \geq \max(0.45 \cdot (A_g/A_{ch} - 1) \cdot (f_{ck}/f_{yh}), 0.12 \cdot (f_{ck}/f_{yh}))$ 식을 동일하게 적용하되, 후프는 135° 갈고리로 정착하고 겹침이음을 엇갈리게 배치하며 소성힌지 구역 간격을 $s \leq \min(\text{단면 최소치수}/4, 6 \cdot d_b)$ 로 더 촘촘히 합니다.

예를 들어 앞의 지름 1,200 mm 교각을 원형 띠철근으로 보강하면 동일한 $\rho_s = 1.12\%$ 를 확보하기 위해 D22 띠철근 @ 100 mm 가 필요하며(나선철근과 동일 철근량), 여기에 더해 강도설계법의 $\phi P_{n,max}$ 가 나선철근 대비 약 13% 감소하는 점을 설계에 반영해야 합니다. 일반적으로 큰 축력을 받는 원형 교각에는 구속효율이 높은 나선철근이 더 유리합니다.

[근거] KDS 14 20 20 (4.1.2) 최대 설계축강도(나선 0.85·0.70 / 띠철근 0.80·0.65) · KDS 24 17 11 (4.6.3.4) 심부구속

4.3 내진 상세 시공 유의사항

소성힌지 구역에서는 겹침이음을 금지하고 완전 기계적이음만 허용합니다. 첫 번째 후프는 부재면에서 50 mm 이내에 배치하고, 보조후프(crosstie)의 갈고리는 135° 이상으로 구부립니다. 단부구역 횡방향철근은 D13 이상이며 축방향철근 지름의 2/5 이상이어야 합니다. 또 $A_{sh} \cdot \rho_s$ 는 반드시 두 식을 모두 계산해 큰 값을 적용하고, 두 직교 방향을 각각 검토합니다.

[근거] KDS 14 20 80 (4.4.4.5) / KDS 24 17 11 (4.6) 내진 상세

부록 · 주요 기호

기호	의미
A_{sh}	사각형 기둥·교각의 심부구속 횡철근 총단면적
b_c, h_c	후프 외측 기준 심부 치수(구속 방향)
A_g, A_{ch}	기둥 전체 단면적, 심부(후프 외측 기준) 단면적
ρ_s, A_{sp}, d_s	나선철근비, 나선철근 1개 단면적, 심부 지름
s, l_o	횡철근 수직간격, 소성힌지(구속) 구간 길이
d_b	철근의 공칭지름
OMF·IMF·SMF	보통·중간·특수 모멘트골조(지진위험도별)
R	응답수정계수(교량, 교각 유형별)
소성힌지	항복 후 회전하며 에너지를 흡수하는 부위
강기동약보	$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \cdot \Sigma M_{nb}$ (소성힌지를 보 단부에 유도)
f_{yh}	횡방향철근의 설계기준항복강도($\leq 420 \sim 500$ MPa)

※ 주요 근거기준: KDS 14 20 50(철근상세), KDS 14 20 80(콘크리트 내진설계, 강도설계법), KDS 24 17 11(교량 내진, 한계상태설계법), KDS 24 14 21(콘크리트교 한계상태설계). 일반 철근상세는 KDS 14 20 50을 공통으로 적용하며, 내진 상세는 건물과 교량이 분류·계수에서 차이가 있다.



산수허브
SANSU HUB

산수허브 콘크리트구조설계 실무 · 제7편

내구성에 대한 설계실무

발행일 2026년 6월 | 저자·발행 산수허브(SansuHub)

분야 토목구조물의 설계 · 건설기술 개발

© 2026 SansuHub. All rights reserved.

이 책의 저작권은 산수허브에 있습니다. 저작권법에 따라 보호받는 저작물이므로, 발행자의 사전 서면 동의 없이 이 책의 전부 또는 일부를 무단으로 복제·전재·배포·전송할 수 없습니다.

본 교재는 KDS 설계기준에 근거하여 작성되었으나, 실제 설계 적용 시에는 최신 개정 기준과 현장 조건을 반드시 확인하여야 합니다.