

KDS 14 20 68 : 2024

유리섬유 강화 폴리머 보강근 콘크리트구조 설계기준

2024년 12월 30일 제정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



건설기준 제정 또는 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 연혁

- 이 기준은 유리섬유 강화 폴리머(glass fiber-reinforced polymer, 이하 GFRP) 보강근으로 보강된 콘크리트 부재의 설계방법을 제시하고 부재의 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하기 위한 최소한의 요구조건을 규정하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KDS 14 20 68 : 2024	·GFRP 보강근으로 보강된 콘크리트 부재의 설계 방법과 부재의 안전성, 사용성, 및 내구성 확보를 위한 최소한의 요구조건을 정하여 제정함	제정 (2024.12)

제 정 : 2024년 12월 30일	개 정 : -
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 한국콘크리트학회	작성기관 : 한국콘크리트학회

- 국토교통부장관은 이 고시에 대하여 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2025년 7월 1일을 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용 범위	1
1.3 참고 기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	2
2. 조사 및 계획	6
3. 재료	6
3.1 재료 일반	6
3.2 GFRP 보강근	6
4. 설계	6
4.1 해석과 설계 원칙	6
4.2 휨 및 축력 설계	9
4.3 전단 및 비틀림 설계	15
4.4 사용성	19
4.5 내구성	22
4.6 보강근 상세	23
4.7 정착 및 이음	25
4.8 슬래브와 기초판	29
4.9 벽체	33
4.10 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부	6
4.11 부재간 연결	37
부록. 콘크리트구조물 보강용 유리섬유 강화 폴리머 보강근	40
1. 일반사항	40
1.1 목적	40

1.2 적용범위	40
1.3 참고 기준	40
1.4 용어의 정의	41
1.5 기호의 정의	41
2. 조사 및 계획	41
3. 재료	42
4. 보강근 종류 및 기호	42
5. 구성재료와 제조공정	42
5.1 유리섬유	42
5.2 레진매트릭스	42
5.3 제조공정	42
6. 공칭단면적과 측정단면적	43
7. 자재선정단계 품질확인시험과 품질관리확인시험	43
8. 물리적 성능	45
8.1 유리섬유함유량	45
8.2 유리전이온도	45
9. 기계적 성능	45
9.1 극한인장력	46
9.2 탄성계수	46
9.3 극한변형률	46
9.4 횡방향전단강도	46
9.5 부착강도	46
9.6 굽힘 GFRP 보강근	46
10. 내구성능	47
10.1 흡습률	47
10.2 내알칼리성	47

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 이 기준은 유리섬유 강화 폴리머(glass fiber-reinforced polymer, GFRP) 보강근으로 보강된 콘크리트 부재의 설계방법을 제시하고 부재의 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하기 위한 최소한의 요구조건을 규정한다.

1.2 적용 범위

- (1) 이 기준은 GFRP 보강근으로 철근을 대체한 콘크리트 부재에 적용한다. 콘크리트 구조물의 일부 부재는 GFRP 보강근으로 보강하고, 타 부재는 GFRP 보강근 외 철근 등 다른 보강재로 보강하는 경우에도 이 기준을 적용한다. 동일한 부재 내에서 GFRP 보강근과 다른 보강재를 혼합하여 사용할 경우 (3)에 의한다.
- (2) 이 기준에 규정되어 있지 않은 사항은 1.3 참고 기준을 따른다.
- (3) 특별한 조사연구에 의하여 설계할 때에는 이 기준을 적용하지 않을 수 있다. 다만, 성능실험을 통한 조사연구에 의하여 설계할 때에는 재료강도의 변동성과 구조물 저항성의 변동성을 고려한 설계근거를 명시하고, 책임구조기술자의 승인을 받아야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음.

1.3.2 관련 기준

- KDS 14 20 01 콘크리트구조 설계(강도설계법) 일반사항
- KDS 14 20 10 콘크리트구조 해석과 설계 원칙
- KDS 14 20 20 콘크리트구조 휨 및 압축 설계기준
- KDS 14 20 22 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준
- KDS 14 20 30 콘크리트구조 사용성 설계기준
- KDS 14 20 40 콘크리트구조 내구성 설계기준
- KDS 14 20 50 콘크리트구조 철근상세 설계기준
- KDS 14 20 52 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준
- KDS 14 20 62 프리캐스트 콘크리트구조 설계기준
- KDS 14 20 70 콘크리트 슬래브와 기초판 설계기준
- KDS 14 20 72 콘크리트 벽체 설계기준

1.4 용어의 정의

- (1) KDS 14 20 01(1.4)에 따른다. 다만, 다음 용어를 추가한다.

- GFRP 보강근(GFRP bars, glass fiber-reinforced polymer bars): 유리섬유와 폴리머 레진의 복합재료로서 원형의 중심부와 콘크리트와 부착성능 확보를 위하여 가공처리된 표면부가 있는 이형철근의 대체용 보강근
- GFRP 보강근의 단면적: 공칭직경으로부터 계산된 공칭단면적
- GFRP 보강근 콘크리트: 외력에 대해 GFRP 보강근과 콘크리트가 일체로 거동하고, 규정된 최소 보강근량 이상으로 GFRP 보강근을 배치한 콘크리트
- 보장극한인장강도(guaranteed tensile strength): GFRP 보강근의 제조사 또는 납품자에 의해 제시되는 보장인장강도로 부록 표 7-1에서 규정하고 있는 시험 및 검사방법에 의하여 결정된 극한인장력의 평균값에서 3배의 표준편차를 제외한 값을 공칭단면적 또는 측정단면적으로 나누어 구한 값 또는 부록 표 7-3에 제시된 최소보장 인장력을 보강근의 공칭단면적 또는 측정단면적으로 나누어 구한 값
- 유리전이온도(glass transition temperature): 반결정성 또는 비결정성 고분자가 딱딱한 유리질 상태에서 부드러운 고무 상태로 변화하기 시작하는 온도
- 환경감소계수(environmental reduction factor): 콘크리트 성능 저하 환경에 노출되어 발생하는 GFRP 보강근의 물리적 특성의 잠재적 성능감소를 고려하기 위해 GFRP 보강근의 보장인장강도에 곱해지는 설계계수

1.5 기호의 정의

- A_{ch} : 콘크리트 단면에서 횡보강근 바깥쪽 가장자리로 둘러싸인 영역의 단면적, mm^2
- A_{cp} : 콘크리트 단면에서 외부 둘레로 둘러싸인 영역의 단면적, mm^2
- A_f : 휨부재의 인장 GFRP 보강근량, mm^2
- $A_{f,min}$: 휨부재의 인장 GFRP 최소 보강근량, mm^2
- A_{fl} : 비틀림에 저항하는 종방향 보강근의 전체 단면적, mm^2
- $A_{fl,min}$: 비틀림에 저항하는 종방향 보강근의 최소 단면적, mm^2
- A_{ft} : 비틀림에 저항하는 폐쇄스터럽 한 가닥의 단면적, mm^2
- A_{fv} : 간격 s 내의 GFRP 스테럽의 전체 단면적, mm^2
- $A_{fv,min}$: 간격 s 내의 GFRP 스테럽의 최소 단면적, mm^2
- A_{fw} : 벽체의 수직 보강근량, mm^2
- A_g : 부재의 단면적, mm^2
- A_o : 전단흐름에 의해 닫혀진 단면적, mm^2
- A_{oh} : 가장 바깥의 비틀림 보강근의 중심으로 닫혀진 단면적, mm^2
- b : 부재 압축면의 폭, mm
- b_0 : 슬래브와 기초판에서 2방향 전단에 대한 위험단면의 둘레 길이, mm
- b_v : 수평 전단력에 대하여 검토되는 접촉 면적의 단면 폭, mm
- b_w : 보의 복부 폭, mm
- c : 휨 및 압축 부재의 중립축 깊이, mm

- c_b : 휨 및 압축 부재에서 인장 보강근 중심 간격의 1/2 또는 보강근 중심에서 가장 가까운 콘크리트 외측까지의 거리, mm
- c_{bal} : 휨 및 압축 부재의 균형파괴 순간 압축 연단부로부터 중립축까지의 거리, mm
- c_c : 피복두께, 즉 보강근 표면으로부터 인장 연단까지의 최소 거리, mm
- C_E : 노출환경에 따른 환경감소계수
- d : 보의 유효깊이, mm
- d_b : GFRP 보강근의 공칭지름, mm
- d_c : 인장 연단부로부터 인장보강근 중심 또는 가장 가까운 보강근 중심까지의 거리, mm
- E_c : 콘크리트 할선탄성계수, MPa
- E_f : GFRP 보강근 탄성계수시험값의 평균, MPa
- EF : 압축부재의 휨강성, 식 (4.2-16)과 식 (4.2-17) 참조
- f_{ck} : 콘크리트 설계기준압축강도, MPa
- f_f : 압축단 콘크리트 변형률이 극한변형률에 도달할 때 GFRP 보강근 인장응력, MPa
- f_{fb} : GFRP 보강근 굽힘부 설계기준인장강도, MPa
- f_{fb}^* : GFRP 보강근 굽힘부 보장인장강도, MPa
- f_{fd} : 변형률 0.01에 상응하는 기둥의 종방향 GFRP 보강근 인장설계강도, MPa
- f_{fr} : 요구되는 GFRP 보강근 응력, MPa
- f_{fs} : 사용하중 상태에서의 GFRP 보강근 응력, MPa
- $f_{fs, sus}$: 지속하중 상태에서의 GFRP 보강근 응력, MPa
- f_{ft} : 전단설계를 위한 GFRP 보강근의 설계기준인장강도(설계기준인장강도 f_{fu} , GFRP 스테럽의 굽힘부 설계기준인장강도 f_{fb} , 또는 $0.005E_f$ 에 상응하는 응력 중 최솟값), MPa
- f_{fu} : GFRP 보강근 설계기준인장강도(환경 감소계수가 적용된 인장강도), MPa
- f_{fu}^* : GFRP 보강근 보장인장강도(시험편 평균값에서 표준편차의 3배를 뺀 값), MPa
- f_r : 콘크리트의 파괴계수, MPa
- h : 부재의 전체 두께 또는 깊이, mm
- I : 단면2차모멘트, mm⁴
- I_{cr} : 균열 단면의 단면2차모멘트, mm⁴
- I_e : 처짐 계산을 위한 유효단면2차모멘트, mm⁴
- I_{e+} : 처짐 계산을 위한 최대 정모멘트 위치에서의 유효단면2차모멘트, mm⁴
- I_{e1-} : 처짐 계산을 위한 지간의 가까운 단부의 최대 부모멘트 위치에서의 유효단면2차모멘트, mm⁴
- I_{e2-} : 처짐 계산을 위한 지간의 먼 단부의 최대 부모멘트 위치에서의 유효단면2차모멘트, mm⁴
- I_g : 보강근을 무시한 콘크리트 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트, mm⁴
- I_f : 전체 단면의 중립축(중심축)에 대한 GFRP 보강근의 단면2차모멘트, mm⁴

- k : 압축부재의 유효좌굴길이 계수
- k_{cr} : 압축연단으로부터 중립축과 인장보강근 중심과의 거리 비
- k_b : GFRP 보강근과 콘크리트와의 부착계수
- k_p : 콘크리트 전단강도에 대한 축력의 영향계수
- k_s : 크기효과계수
- l_c : 받침부 사이의 수직길이, mm
- l_d : GFRP 보강근의 정착길이, mm
- l_{dh} : 단부에 표준갈고리가 있는 인장 GFRP 보강근의 정착길이, mm
- l_n : 보 부재의 순경간, 2방향 슬래브의 긴 변의 순경간, mm
- l_u : 압축부재의 비지지 길이, mm
- l_w : 전단력 방향의 전체 벽 또는 부분적인 벽의 길이, mm
- M_a : 처짐을 계산할 때 부재의 최대 휨모멘트
- M_c : 횡구속 골조의 압축부재 설계용 확대계수휨모멘트
- M_{cr} : 외력에 의해 단면에서 휨균열을 일으키는 휨모멘트
- M_n : 단면의 공칭휨모멘트
- M_s : 사용하중에 의한 휨모멘트
- $M_{s,sus}$: 지속하중에 의한 휨모멘트
- M_u : 단면의 계수휨모멘트
- M_1 : 압축부재의 단부 계수휨모멘트 중 작은 값: 단일 곡률로 휨 경우에는 양(+), 이중 곡률로 휨 경우에는 음(-)의 부호를 가짐
- M_2 : 압축부재의 단부 계수휨모멘트 중 큰 값: 항상 양(+)의 부호를 가짐
- N_u : V_u 와 동시에 발생하는 단면에 수직인 크리프와 건조수축으로 인한 인장의 영향을 포함하는 계수축력으로서 압축은 양(+), 인장은 음(-)의 값
- n_f : 콘크리트 탄성계수에 대한 GFRP 보강근의 탄성계수비, E_f/E_c
- p_h : 가장 바깥의 횡방향 페쇄스터립 중심선의 둘레, mm
- P_c : 임계좌굴하중, 식 (4.2-15) 참조
- P_n : 압축부재의 공칭축강도
- $P_{n,max}$: 압축부재의 압축강도 최대값
- P_{nt} : 공칭 축인장강도
- P_u : 압축부재의 계수축력
- r : 압축부재의 단면회전반지름, mm
- s : 종방향 보강근에 평행한 방향으로 전단 또는 비틀림보강근의 간격, mm
- s_{max} : 휨 균열 제어를 위한 최대 허용 중심간 보강근 간격, mm
- T_n : 공칭비틀림강도
- T_{th} : 임계비틀림모멘트
- T_u : 계수비틀림모멘트

- V_c : 콘크리트에 의한 단면의 공칭전단강도
- V_f : GFRP 스티럽에 의한 단면의 공칭전단강도
- V_n : 단면의 공칭전단강도
- V_{nh} : 공칭수평전단강도
- V_u : 단면에서 계수전단력
- v_c : 2방향 슬래브의 콘크리트에 의한 공칭전단강도, MPa
- w_a : 허용균열폭, mm
- y_t : 보강근을 무시한 전체 단면의 중심축에서 인장연단까지 거리, mm
- z : 상하부 주보강근의 중심간 거리, mm
- α_c : 2방향 전단강도산정계수로써, 내부기둥에 대해서 40, 외부기둥(모서리 기둥 제외)에 대해서 30, 모서리기둥에 대해서 20
- α_f : 보의 양측 또는 한 측에 인접하여 있는 슬래브 판의 중심선에 의해 구획된 폭으로 이루어진 슬래브의 휨강성에 대한 보의 휨강성의 비
- β_1 : 콘크리트 등가직사각형 압축응력블럭의 깊이를 나타내는 계수로서 KDS 14 20 20과 동일
- β_c : 집중하중이나 반력을 받는 면적의 짧은 변에 대한 긴 변의 비
- β_{cr} : 탄성 균열 단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리와 탄성 균열 단면 중립축에서 인장 보강근의 중심까지의 거리의 비
- β_{dns} : 횡구속 골조에서 각각의 하중조합으로 계산된 최대 계수축력에 대한 최대 계수지속축력의 비
- β_{ds} : 비횡구속 골조에서 1개 층 전체의 최대 계수전단력에 대한 최대 계수지속전단력의 비
- β_v : 전단강도 계산에 사용되는 부분강도조정계수
- γ : 처짐을 계산할 때 부재 길이방향의 강성변화를 고려하는 계수
- δ_s : 횡방향 하중과 연직하중에 의한 횡방향 이동을 반영하기 위한 계수로서, 비횡구속골조에 대한 휨모멘트 확대계수
- ϵ_c : 압축연단 콘크리트의 변형률
- ϵ_{cu} : 콘크리트의 극한변형률
- ϵ_{ft} : 공칭 강도에서 최외단 인장 GFRP 보강근의 순인장변형률(크리프, 건조수축 및 온도에 의해 발생한 변형률 제외)
- ϵ_{fu} : GFRP 보강근의 설계파괴변형률
- ϵ_{fu}^* : GFRP 보강근의 보장파괴변형률
- η : 콘크리트 등가직사각형 압축응력블럭의 크기를 나타내는 계수로서 KDS 14 20 20과 동일
- λ_Δ : 장기 추가처짐에 대한 계수
- ξ : 지속하중에 대한 시간경과계수

- ξ_v : 콘크리트 유효압축강도계수
- ρ_f : GFRP 보강근의 보강비
- ρ_{fb} : 균형단면 GFRP 보강근의 보강비
- ρ_{fl} : 벽체의 GFRP 종방향 보강근의 보강비
- ρ_{ft} : 벽체의 GFRP 횡방향 보강근의 보강비
- ρ_s : 나선형 GFRP 보강근의 보강비
- ϕ : 강도감소계수
- ψ_t : 보강근 위치수정계수

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

3.1 재료 일반

- (1) GFRP 보강근은 이 기준 부록에 명시된 최소소요성능에 적합한 재료를 사용하여 한다.
- (2) GFRP 보강근을 제외한 재료는 KDS 14 20 01(3)에 따른다.

3.2 GFRP 보강근

- (1) 이 기준에서 대상으로 하는 GFRP 보강근은 원형 중심부와 콘크리트와 부착성능 확보를 위하여 가공처리된 표면부가 있는 보강근이다.
- (2) 겹침이음이 없는 단일한 GFRP 스티럽, GFRP 띠 보강근 또는 GFRP 나선형 보강근에 한해서는 가공처리된 표면부가 형성되어 있지 않은 제품을 사용할 수 있으며, 부록에서 규정하는 부착강도 판정기준을 만족할 필요는 없다.
- (3) GFRP 보강근의 인장응력은 변형률에 탄성계수 E_f 를 곱한 값으로 한다.
- (4) 사용하는 GFRP 보강근의 측정단면적이 부록 표 6-1에서 규정하고 있는 “측정단면한계”의 최소 및 최대의 범위에 포함되어 있는 경우 GFRP 보강근의 역학적 성능(인장강도 및 탄성계수 등)은 부록 표 6-1에 제시된 공칭단면적을 사용하여 계산한다. “측정단면한계”의 최소 및 최대범위에 포함되어 있지 않은 보강근의 역학적 성능은 반드시 측정단면적을 사용하여 계산한다.

4. 설계

4.1 해석과 설계 원칙

4.1.1 설계 원칙

- (1) 이 기준에서 정하지 않은 설계 방법 등 설계 일반사항과 해석 및 설계 원칙 등은 KDS 14 20 01과 KDS 14 20 10을 따른다.

4.1.2 하중과 외력

- (1) 구조물 설계에 고려하여야 하는 적용하중과 외력은 KDS 14 20 10(4.1)을 따른다.

4.1.3 강도

4.1.3.1 소요강도

- (1) 콘크리트 구조물을 설계할 때 요구되는 소요강도는 KDS 14 20 10(4.2.2)를 따른다.

4.1.3.2 설계강도

- (1) 구조물의 설계강도는 공칭강도에 다음 (2)의 강도감소계수 ϕ 를 곱한 값으로 하여야 한다.

- (2) 강도감소계수는 다음 규정에 따라야 한다.

- | | |
|-------------------------|------|
| ① 4.2.1(2)③에 정의된 인장지배단면 | 0.55 |
| ② 4.2.1(2)③에 정의된 압축지배단면 | 0.65 |
| ③ 4.2.1(2)③에 정의된 변화구간단면 | |

가. 최외단 인장보강근의 순인장변형률 ε_{ft} 가 압축지배와 인장지배단면 사이인 경우, ϕ 값을 $1.05 - 0.5\varepsilon_{ft}/\varepsilon_{fu}$ 로 계산하여 사용한다. 단, 이 경우 인장지배단면의 강도감소계수를 사용할 수 있다.

- ④ 전단력 등 다른 부재력에 대해서는 KDS 14 20 10(4.2.3)에 따른다.

4.1.4 설계를 위한 재료 물성

4.1.4.1 콘크리트의 설계기준압축강도 및 탄성계수

- (1) 콘크리트 설계기준압축강도 f_{ck} 는 구조적 강도 요구조건을 만족하도록 정하고, 설계 도서에 명시하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 탄성계수는 KDS 14 20 10(4.3.3)에 따라 계산하여야 한다.

4.1.4.2 GFRP 보강근의 설계기준인장강도 및 설계탄성계수

- (1) GFRP 보강근의 설계탄성계수는 부록 표 7-1에 명시된 시험 및 검사방법에 따라 결정된 평균탄성계수로 한다. 다만, 이때 평균탄성계수는 3.2(4)에 따른 보강근 단면적을 적용하여 도출한다.
- (2) GFRP 보강근의 직선부 및 굽힘부의 설계기준인장강도는 부록 표 7-1에 명시된 시험 및 검사방법에 따라 결정된 보장인장강도 f_{fu}^* 와 굽힘부 보장인장강도 f_{fb}^* 를 사용하며, 다음 항 (3)~(8)에 따라 결정한다. 다만, 이때 보장인장강도는 3.2(4)에 따른 보

강근 단면적을 적용하여 도출한다.

- (3) GFRP 보강근의 보장인장강도는 노출된 환경에서의 장기적 영향을 고려하지 않았으므로 GFRP 보강근의 설계기준인장강도 f_{fu} 는 보장인장강도 f_{fu}^* 에 식 (4.1-1)과 같이 환경감소계수 C_E 를 곱하여 산정하여야 한다.

$$f_{fu} = C_E f_{fu}^* \quad (4.1-1)$$

- (4) GFRP 보강근 굽힘부 설계기준인장강도 f_{fb} 는 굽힘부 보장인장강도 f_{fb}^* 에 환경감소계수 C_E 를 곱하여 산정하여야 한다.

$$f_{fb} = C_E f_{fb}^* \quad (4.1-2)$$

- (5) 설계 파괴변형률 ε_{fu} 는 보장파괴변형률 ε_{fu}^* 에 환경감소계수 C_E 를 곱하여 산정하여야 한다.

$$\varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon_{fu}^* \quad (4.1-3)$$

- (6) 환경감소계수 C_E 는 콘크리트 구조물의 옥내, 옥외, 흙의 노출 여부에 관계없이 0.85를 사용할 수 있다.
- (7) 설계자는 참고할 실험자료가 없는 경우, 다음에 규정된 값을 설계값으로 사용할 수 있다.
- ① 직선 보강근의 보장인장강도는 부록 표 7-3에서 제시하고 있는 직경별 최소보장인장력을 사용하여야 하며, 굽힘부 보장인장강도는 이 값의 60% 값을 사용한다.
 - ② 설계탄성계수는 부록 표 7-1에 제시된 판정기준 값인 45 GPa로 한다.

4.1.5 구조해석 일반

- (1) 설계 일반사항과 해석 원칙 등은 KDS 14 20 01과 KDS 14 20 10을 따른다.
- (2) 경량콘크리트는 이 기준에서 적용하지 않는다.

4.1.6 설계 요구조건

4.1.6.1 일반 사항

- (1) 이 기준에서 정의하는 GFRP 보강근 콘크리트 구조부재의 전체 구조는 보, 기둥, 슬래브, 벽체, 기초판, 접합 또는 연결부재를 포함하며, 각 구조부재의 설계는 이 기준의 4.2~4.11에 규정한 기준을 따른다.
- (2) 4.2~4.11의 기준을 따르지 않는 구조부재의 설계 또는 3.2에 제시된 재료에 대한 요구사항을 만족하지 않는 GFRP 보강근의 사용은, 1.2(3)에 따라서 조사 및 검증되고 책

임구조기술자의 승인이 있는 경우 허용할 수 있다. 단, 재료의 성능을 검증하는 실험 자료, 이 기준에 상응하는 설계 이론에 따라 설계하여 충분한 구조적 안전성, 안정성, 사용성 및 내구성을 확보하는 경우로 국한한다.

4.1.6.2 지진력에 저항하는 구조부재

- (1) 이 기준은 지진력에 저항하지 않거나 연성능력이 요구되지 않는 구조 부재에 한하여 사용한다.

4.1.6.3 내화구조

- (1) GFRP 보강근 콘크리트는 내화 성능이 요구되는 콘크리트 부재의 경우, 내화실험 등을 통하여 내화구조 안전성을 확인하여 책임구조기술자의 승인을 받아 내화 성능이 입증되어야 한다.
- (2) GFRP 보강근은 유리전이온도 보다 15℃ 이하인 사용온도에서 사용할 수 있다.

4.1.6.4 프리캐스트 부재

- (1) GFRP 보강근을 적용한 프리캐스트콘크리트 부재의 설계는 이 기준과 KDS 14 20 62를 따른다.

4.1.6.5 프리스트레스트콘크리트 부재

- (1) 이 기준은 GFRP 보강근을 활용한 프리스트레스트콘크리트 부재에는 적용하지 않는다.

4.1.6.6 다발 GFRP 보강근

- (1) GFRP 보강근 콘크리트에서 겹침이음을 제외하고는 다발 보강근을 사용할 수 없다.

4.2 휨 및 축력 설계

4.2.1 설계 일반

- (1) 휨모멘트와 축력을 받는 부재의 강도설계는 다음에 규정된 가정에 따라야 한다.
 - ① 콘크리트와 GFRP 보강근의 변형률은 중립축으로 부터의 거리에 비례하는 것으로 가정할 수 있다. 따라서 하중재하 이후에도 부재 단면은 하중재하 전의 평면을 유지한다.
 - ② 콘크리트 압축연단의 극한변형률은 KDS 14 20 20(4.1.1(3))에 따른다.
 - ③ GFRP 보강근은 인장파괴될 때까지 탄성 거동하며 선형의 응력-변형률관계를 나타낸다.
 - ④ 콘크리트와 GFRP 보강근은 완전하게 부착되는 조건으로 설계한다.
 - ⑤ GFRP 보강근은 콘크리트 압축대에도 배근할 수 있으나 압축대에 배근한 GFRP

보강근은 주변 압축대의 콘크리트와 동일한 강도와 강성을 갖는 재료로 가정한다.

- ⑥ 프리스트레스를 가하지 않은 휨부재의 보강근 변형률에 대한 제한은 적용하지 않는다. 단, 계수압축력 $P_u > 0.10f_{ck}A_g$ 인 경우, 종방향 보강근의 인장설계 변형률은 0.01로 제한하며, 인장설계강도 f_{fd} 는 설계기준인장강도 f_{fu} 와 $0.01E_f$ 중 작은 값으로 한다.
- ⑦ 압축력에 대하여 GFRP 보강근의 저항기여도를 고려하지 않지만 압축 정착길이와 이음 길이 등 관련 규정을 만족하여야 한다.

(2) 휨모멘트를 받는 부재의 설계휨강도는 다음과 같이 계산한다.

- ① 설계휨강도는 공칭휨강도 M_n 에 4.1.3.2(2)에서 제시한 강도감소계수 ϕ 를 곱한 값으로 정의되며, 식 (4.2-1)의 조건을 만족하여야 한다.

$$\phi M_n \geq M_u \quad (4.2-1)$$

- ② 공칭휨강도 M_n 은 힘의 평형조건과 변형률의 적합조건에 기초하여 산정하여야 하며, KDS 14 20 20 (4.1.1(7))의 응력-변형률 관계를 이용한 압축연단 콘크리트의 변형률 ε_c 와 중립축의 깊이 c 를 먼저 구한 후에 공칭휨강도를 계산한다.
- ③ GFRP 보강 휨부재의 파괴는 최외단 인장 GFRP 보강근의 순인장변형률 ε_{ft} 와 GFRP 보강근의 설계파괴변형률 ε_{fu} 의 관계에 따라 콘크리트의 압축파괴, GFRP 보강근의 인장파단, 콘크리트의 압축파괴와 GFRP 보강근의 인장파단이 동시에 발생하는 균형파괴로 구분할 수 있다. $\varepsilon_{ft} = \varepsilon_{fu}$ 인 경우 GFRP 보강근이 인장파단되는 인장지배단면, $\varepsilon_{ft} \leq 0.8\varepsilon_{fu}$ 인 경우 콘크리트 압축파괴가 발생하는 압축지배단면, $0.8\varepsilon_{fu} < \varepsilon_{ft} < \varepsilon_{fu}$ 인 경우 변화구간 단면이라고 한다.
- ④ 직사각형 단면을 가지는 GFRP 보강 휨부재의 공칭휨강도는 식 (4.2-2)에 의해 산정할 수 있으며, 인장지배 단면인 경우에는 식 (4.2-7)에 따라 근사적으로 구할 수 있다. GFRP 보강근의 보강비 ρ_f 와 균형보강비 ρ_{fb} 는 각각 식 (4.2-5)와 식 (4.2-6)에 의해 계산한다.

$$M_n = A_f f_f \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) \quad (4.2-2)$$

$$c = \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + f_f / E_f} \right) d \quad (4.2-3)$$

$$f_f = \left(\sqrt{\frac{(E_f \varepsilon_{cu})^2}{4} + \frac{\eta(0.85\beta_1)f_{ck}}{\rho_f} E_f \varepsilon_{cu}} - 0.5E_f \varepsilon_{cu} \right) \leq f_{fu} \quad (4.2-4)$$

$$\rho_f = \frac{A_f}{bd} \quad (4.2-5)$$

$$\rho_{fb} = \eta 0.85 \beta_1 \frac{f_{ck}}{f_{fu}} \frac{E_f \varepsilon_{cu}}{E_f \varepsilon_{cu} + f_{fu}} \quad (4.2-6)$$

$$M_n = A_f f_{fu} \left(d - \frac{\beta_1 c_{bal}}{2} \right) \quad (4.2-7)$$

$$c_{bal} = \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{fu}} \right) d \quad (4.2-8)$$

(3) 축방향 부재의 설계축강도는 ϕP_n 은 다음 값을 초과하지 않도록 하여야 한다.

- ① 띠형 및 나선형 GFRP 보강근으로 횡보강된 콘크리트 부재의 설계축강도는 각각 식 (4.2-9)와 식 (4.2-10)을 초과할 수 없다.

$$\phi P_{n,max} = 0.80\phi(0.85f_{ck}A_g) \quad (4.2-9)$$

$$\phi P_{n,max} = 0.85\phi(0.85f_{ck}A_g) \quad (4.2-10)$$

② 공칭 축인장강도 P_{nt} 는 $f_{fu}A_f$ 이내이어야 한다.

③ 이 기준에 규정되지 않은 사항은 KDS 14 20 20을 따른다.

- (4) 휨모멘트나 축력 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 단면의 설계강도 산정은 4.2.1(1)의 가정에 따라 힘의 평형조건과 변형률의 적합조건을 만족시켜야 한다.

4.2.2 휨부재 설계의 제한 사항

4.2.2.1 적용범위

- (1) 프리스트레스를 가하지 않은 휨부재 또는 1방향 장선구조에 적용한다.
- (2) T형보는 KDS 14 20 10(4.3.10)에 따른다. 단 KDS 14 20 10(4.3.10(3)②)은 4.6.2.1(3)로 대체한다.
- (3) 1방향 장선구조는 KDS 14 20 10(4.3.11(1))에 따른다. 다만 충전재가 포함된 장선구조는 이 기준에서 규정하지 않는다.
- (4) 1방향 장선구조에서 하중의 집중을 고려하여야 할 경우 휨모멘트에 필요한 보강근을 장선의 직각방향으로 슬래브에 배치하여야 하며, 이 보강근은 4.4.1.2(2)의 규정에 따른 보강근량 이상으로 하여야 한다.

4.2.2.2 휨부재의 횡지지 간격

- (1) 휨부재의 횡지지 간격은 KDS 14 20 20(4.2.1)에 따른다.

4.2.2.3 휨부재의 최소 보강근량

- (1) $\rho_f \leq \rho_{fb}$ 인 경우 식 (4.2-11)의 GFRP 최소 휨보강근량 $A_{f,min}$ 이상 보강되어야 한다.

$$A_{f,min} = \frac{0.41\sqrt{f_{ck}}}{f_{fu}}b_wd \geq \frac{2.3}{f_{fu}}b_wd \quad (4.2-11)$$

- (2) 부재의 모든 단면에서 해석에 의해 요구되는 GFRP 보강근량 보다 1/3 이상 GFRP

- 보강근이 더 배치되는 경우에는 식 (4.2-11)의 요구사항을 적용하지 않아도 된다.
- (3) 1방향 슬래브의 최소보강근량은 식 (4.2-12)와 같다. 그러나 최소 GFRP 휨보강근량은 4.4.1.2에서 제시하고 있는 수축 및 온도보강근량 보다는 많아야 한다.

$$A_{f,min} = \frac{2.1}{f_{fu}} A_g \quad (4.2-12)$$

4.2.2.4 보 및 1방향 슬래브의 휨보강근 배치

- (1) GFRP 보강근 콘크리트 보 및 슬래브의 인장영역에서 휨균열을 제어하기 위하여 4.4.1.1에 따라 휨보강근을 배치하여야 한다.

4.2.2.5 깊은보의 설계

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.2.3 압축부재 설계의 제한 사항

4.2.3.1 적용 범위

- (1) 프리스트레스를 가하지 않은 GFRP 보강 콘크리트 기둥 및 보의 설계에 적용한다.

4.2.3.2 압축부재의 설계단면치수

- (1) GFRP 보강근을 적용한 압축부재의 설계단면치수는 KDS 14 20 20(4.3.1)에 따르되, KDS 14 20 20(4.3.1(4))를 제외한다.
- (2) 기둥의 유효단면은 (1)항에 따라서 축소하여 결정하지만, 기둥에 연결된 부재들의 구조해석 및 설계시에는 축소된 유효단면이 아닌 실제 기둥의 단면으로부터 유효단면을 결정하여야 한다.

4.2.3.3 압축부재의 보강근량 제한

- (1) 압축부재의 GFRP 주보강근 단면적은 KDS 14 20 20(4.3.2(1)과 (2))에 따르되 겹침이음 되는 경우의 주보강비 제한은 적용하지 않는다.
- (2) 계수전단력 $V_u \geq \phi 0.5 V_c$ 인 모든 영역에서 4.3.3.3(1)의 최소 전단보강량 규정에 따른다.

4.2.4 압축부재의 장주설계

4.2.4.1 압축부재의 장주효과

- (1) KDS 14 20 20(4.4.1)에 따르되 KDS 14 20 20(4.4.1(1))은 다음 (2)로 대체한다.
- (2) 다음의 조건을 만족하는 경우에는 압축부재의 장주효과를 무시할 수 있다.

- ① 비횡구속 골조의 압축부재의 경우,

$$\frac{kl_u}{r} \leq 17 \quad (4.2-13)$$

- ② 횡구속 골조의 압축부재의 경우,

$$\frac{kl_u}{r} \leq 29 - 12(M_1/M_2) \quad (4.2-14)$$

여기서, M_1/M_2 의 값은 기둥이 단일 곡률일 때 양(+)으로 이중 곡률일 때 음(-)으로 취하며, $[29 - 12(M_1/M_2)]$ 는 35를 초과할 수 없다.

4.2.4.2 확대휨모멘트에 대한 일반 사항

- (1) 4.2.4.1(2)의 조건을 만족하지 못하여 장주효과를 무시할 수 없는 경우, 확대휨모멘트에 대한 일반 사항은 KDS 14 20 20(4.4.2)에 따른다. 단 비선형 2차 해석은 적용하지 않는다.
- (2) 장주효과에 의한 압축부재의 휨모멘트 증대는 압축부재 단부 사이의 모든 위치에서 고려하여야 한다.
- (3) 비지지길이 산정 및 회전반지름에 대한 조건은 KDS 14 20 20(4.1.1 (3)~(5))에 따른다.

4.2.4.3 비선형 2차 해석

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.2.4.4 탄성 2차 해석

- (1) 탄성 2차 해석에 관한 규정은 KDS 14 20 20(4.4.4)에 따르되 KDS 14 20 20(4.4.4(2)②)의 단면 2차모멘트는 (2)항의 규정에 따른다.
- (2) 탄성 2차 해석을 위한 구조물 부재의 단면 특성으로 다음 값을 사용할 수 있다.
 - ① 탄성계수 E_c (KDS 14 20 10(4.3.3(1) 참조)
 - ② 단면2차모멘트:

기둥	$0.4I_g$
비균열 벽체	$0.4I_g$
균열 벽체	$0.15I_g$
보	$0.15I_g$
플랫 플레이트 및 플랫 슬래브	$0.15I_g$
 - ③ 단면적 $1.0A_g$
- (3) 횡방향 지속하중이 작용하는 경우에 대해서는 KDS 14 20 20(4.4.4(3))에 따른다.

4.2.4.5 휨모멘트 확대 일반 사항

- (1) 휨모멘트 확대 일반 사항에 관한 규정은 KDS 14 20 20(4.4.5)에 따르되, 횡구속 골조나 층의 기둥설계는 4.2.4.6에 따라야 하고, 비횡구속 골조나 층의 기둥의 설계는 4.2.4.7에 따라야 한다.
- (2) 2차 해석에 의한 단부 휨모멘트 증가 및 층 안정지수에 대한 사항은 KDS 14 20 20(4.4.5(2), (3))에 따른다.

4.2.4.6 횡구속 골조 압축부재의 확대휨모멘트

- (1) 횡구속 골조의 압축부재는 KDS 14 20 20(4.4.6)에 따라 계수축력 P_u 와 부재의 곡률 영향을 고려하여 구한 확대계수휨모멘트 M_c 에 대하여 설계하여야 한다. 단, 임계좌굴하중 P_c 의 유효휨강성 EI 에 관한 규정은 (2)항에 따른다.
- (2) 임계좌굴하중 P_c 는 식 (4.2-15)에 따라 계산하며 유효휨강성 EI 는 식 (4.2-16) 또는 식 (4.2-17)에 따라 계산한다.

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2} \quad (4.2-15)$$

$$EI = \frac{0.2E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} + 0.75E_f I_f \quad (4.2-16)$$

$$EI = \frac{0.24E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (4.2-17)$$

4.2.4.7 비횡구속 골조 압축부재의 확대휨모멘트

- (1) 비횡구속 골조 압축부재의 양단 휨모멘트 M_1 과 M_2 는 KDS 14 20 20(4.4.7)에 따라 계산하며, 이에 따른 확대휨모멘트 M_2 와 계수축력 P_u 에 의해 설계하여야 한다.
- (2) KDS 14 20 20(4.4.7(3))에 의한 모멘트확대계수 δ_s 계산시 P_c 는 다음 (3)의 k 와 4.2.4.6(2)의 EI 를 사용하여 식 (4.2-15)에 의해 계산하되, 4.2.4.6(2)의 EI 계산식에서 계수축력에 의한 β_{dns} 대신 계수전단력에 의한 β_{ds} 를 사용하며, 이 값은 1.0이하이어야 한다.
- (3) 비횡구속 골조의 압축부재에 대한 유효길이계수 k 는 4.2.4.4의 E_c 와 I 값을 사용하여 결정하며, 이 값은 1.0 이상이어야 한다.

4.2.5 2축 휨을 받는 압축부재

- (1) 2축 휨을 받는 압축부재의 설계는 KDS 14 20 20(4.5) 규정을 따른다.

4.2.6 슬래브 구조를 지지하는 압축부재

4.2.6.1 슬래브를 지지하는 압축부재

- (1) KDS 14 20 70(1.2)의 규정에 따르는 슬래브를 지지하는 모든 축력을 받는 부재는 이 기준의 규정과 KDS 14 20 70의 요구 사항에 맞도록 설계되어야 한다.

4.2.6.2 바닥판 구조를 통한 기둥하중의 전달

- (1) 바닥판 구조를 통한 기둥하중의 전달에 관한 규정은 KDS 14 20 20(4.6.2)에 따른다.

4.2.7 지압강도

- (1) 설계지압강도는 KDS 14 20 20(4.7)에 따른다.

4.3 전단 및 비틀림 설계

4.3.1 전단 및 비틀림 설계 원칙

- (1) GFRP 보강근 콘크리트 부재의 전단 설계에 대하여 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.
- ① 철근에 비하여 상대적으로 낮은 탄성계수
 - ② 낮은 횡방향 전단저항성
 - ③ 높은 인장강도 및 항복점 없음
 - ④ GFRP 보강근의 직선부에 비하여 굽힘부에서의 낮은 인장강도
- (2) 설계전단강도 ϕV_n 은 계수전단력 V_u 이상이 되어야 한다.
- (3) 콘크리트 단면의 공칭전단강도 V_n 은 콘크리트에 의한 단면의 공칭전단강도 V_c 와 GFRP 스테럽에 의한 단면의 공칭전단강도 V_f 의 합으로 산정한다.
- (4) 설계비틀림강도 ϕT_n 은 계수전단력 T_u 이상이 되어야 한다.
- (5) 원형단면 부재의 V_c , V_f 를 계산하기 위한 단면적을 콘크리트 단면의 유효깊이와 지름의 곱으로 구하여야 한다. 이때 단면의 유효깊이는 부재 단면 지름의 0.8배로 할 수 있다.
- (6) 이 기준에 규정되지 않은 사항은 KDS 14 20 22를 따른다.

4.3.2 콘크리트에 의한 전단강도

- (1) GFRP 보강근 콘크리트 부재의 콘크리트 공칭전단강도 V_c 는 식 (4.3-1)에서 (4.3-3)에 따라 계산한다.

$$V_c = \frac{1}{6} (1 + k_p) k_s \beta_v \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (4.3-1)$$

$$k_p = \begin{matrix} N_u / (14A_g) \text{ 압축력 재하시} \\ N_u / (3.5A_g) \text{ 인장력 재하시} \end{matrix} \quad (4.3-2)$$

$$k_s = \left(\frac{0.3}{d} \right)^{0.25} \quad (4.3-3)$$

여기서 k_p 는 콘크리트 전단강도에 대한 축력의 영향계수로서, N_u/A_g 의 단위는 N/mm^2 이며 N_u 는 인장력일 때 음(-)이다. k_s 는 크기효과계수로서 식 (4.3-3)에서 d 의 단위는 m이다. 또한 $0.75 \leq k_s \leq 1.1$ 이며, 4.3.3.3의 최소 전단보강근 규정을 만족하는 경우, $k_s = 1$ 을 사용한다. β_v 는 GFRP 보강콘크리트 부재의 전단 및 뚫림강도에 대한 부분강도조정계수로서 0.5를 사용한다.

4.3.3 전단보강근에 의한 전단강도

4.3.3.1 전단보강근의 형태

(1) 전단보강근은 다음과 같은 형태를 사용하여야 한다.

- ① 부재축에 직각인 스티럽 또는 띠보강근
- ② 나선보강근

4.3.3.2 전단보강근의 간격 제한

(1) 전단보강근의 간격 제한은 KDS 14 20 22(4.3.2)의 규정을 따라야 한다. 단, KDS 14 20 22(4.3.2(2))의 규정은 따르지 않는다.

4.3.3.3 최소 전단보강근량

(1) 보 및 기둥 부재에서 $V_u \geq \phi 0.5 V_c$ 인 모든 영역과 1방향 슬래브 부재에서 $V_u \geq \phi V_c$ 인 모든 영역에 대한 최소 GFRP 스티럽 양은 식 (4.3-4)와 식 (4.3-5)에 의해 구한 값 중 큰 값 이상으로 하여야 한다.

$$A_{fv, \min} = 0.0625 \sqrt{f_{ck}} \frac{b_w s}{f_{ft}} \quad (4.3-4)$$

$$A_{fv, \min} = 0.35 \frac{b_w s}{f_{ft}} \quad (4.3-5)$$

단, 나선보강근의 경우, 나선보강비 ρ_s 는 다음 값 이상으로 하여야 한다.

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{0.004 E_f} \quad (4.3-6)$$

(2) KDS 14 20 22(4.3.3(1))의 제외조건을 만족하는 경우에는 최소 전단보강근량 기준을 적용하지 않는다.

4.3.3.4 전단보강근의 설계

(1) 부재축에 직각인 GFRP 전단보강근을 사용하는 경우에 다음 식 (4.3-7)에 따라 전단강

도 V_f 를 계산하여야 한다.

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{ft} d}{s} \quad (4.3-7)$$

여기서, s 는 전단보강근의 종방향 간격 또는 나선형 피치이며, A_{fv} 는 거리 s 내의 전단보강근의 전체 단면적이며, f_{ft} 는 전단설계를 위한 GFRP 보강근의 설계기준인장강도이다. 원형단면 부재의 V_f 를 계산하기 위한 d 는 부재 단면 지름의 0.8배로 할 수 있다.

- (2) 극한상태에서 GFRP 전단보강근의 응력제한은 식 (4.3-8)로부터 산정하며, 이 값은 굽힘부의 설계기준인장강도 f_{fb} 이내이어야 한다.

$$f_{ft} = 0.005 E_f \leq f_{fb} \quad (4.3-8)$$

- (3) 부재축에 직각인 GFRP 전단보강근을 사용하는 경우에 전단보강에 필요한 간격 및 면적은 식 (4.3-9)에 따라 계산하여야 한다.

$$\frac{A_{fv}}{s} = \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi f_{ft} d} \quad (4.3-9)$$

- (4) 전단강도 V_f 는 $0.25 \xi_v f_{ck} b_w z$ 이하로 하여야 한다. 여기서 z 는 상하부 주보강근의 중심간 거리이며 $0.85d$ 로 계산할 수 있다. ξ_v 는 콘크리트 유효압축강도계수이며 식 (4.3-10)에 따라 계산한다.

$$\xi_v = 0.6(1 - f_{ck}/250) \quad (4.3-10)$$

4.3.4 비틀림 설계

- (1) KDS 14 20 22(4.4.1)에 해당되는 경우 비틀림의 영향을 무시할 수 있다.
(2) 계수비틀림모멘트는 KDS 14 20 22(4.4.2)에 따라 계산한다.

4.3.5 비틀림강도 계산 및 보강근 상세

4.3.5.1 비틀림강도

- (1) 비틀림모멘트가 작용하는 부재에 있어서 단면의 치수는 식 (4.3-11)을 만족하여야 한다.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi(0.2 f_{ck}) \quad (4.3-11)$$

4.3.5.2 비틀림보강근량 산정

- (1) 콘크리트 단면의 공칭비틀림강도 T_n 은 식 (4.3-12)와 식 (4.3-13) 중 작은 값으로 결정한다.

$$T_n = \frac{2 A_o A_{ft} f_{ft}}{s} \quad (4.3-12)$$

$$T_n = \frac{2 A_o A_{fl} f_{fu}}{p_h} \quad (4.3-13)$$

여기서, A_o 는 해석에 의해서 결정되고($0.85A_{oh}$ 로 취할 수 있다), A_{ft} 는 비틀림에 저항하는 폐쇄스터럽 한 가닥의 단면적, A_{fl} 은 비틀림에 저항하는 종방향 보강근의 전체 단면적, p_h 는 가장 바깥의 횡방향 폐쇄스터럽 중심선의 둘레를 의미한다.

4.3.5.3 비틀림보강근 상세

- (1) 횡방향 비틀림보강근은 4.6.4.1(1)을 충족하는 폐쇄스터럽이어야 한다.
(2) 종방향 비틀림보강근은 양단에 정착하여야 한다.

4.3.5.4 최소 비틀림보강근량 및 간격

- (1) 보 구조에서 $T_u \geq \phi T_{th}$ 인 경우 최소 비틀림보강근량 이상의 횡방향 보강근을 배치하여야 한다. 만약 비틀림 보강근이 필요한 경우에는 $(A_{fv} + 2A_{ft})_{\min}$ 는 식 (4.3-4)와 식 (4.3-5)의 계산 결과 중 큰 값을 선택하여 최소 GFRP 스터럽을 배치하여야 하며, 식 (4.3-14)와 식 (4.3-15)의 계산 결과 중 작은 값 이상을 선택하여 최소 종방향 보강근을 배치하여야 한다.

$$A_{fl, \min} = \frac{0.42 \sqrt{f_{ck}}}{f_{fu}} A_{cp} - \left(\frac{A_{fv}}{s} \right) p_h \frac{f_{ft}}{f_{fu}} \quad (4.3-14)$$

$$A_{fl, \min} = \frac{0.42 \sqrt{f_{ck}}}{f_{fu}} A_{cp} - \left(\frac{0.175 b_w}{f_{fv}} \right) p_h \frac{f_{ft}}{f_{fu}} \quad (4.3-15)$$

- (2) 비틀림보강근의 간격은 KDS 14 20 22의 4.5.4(4)에서 (6)까지의 규정을 따라야 한다. 단, 종방향 보강근의 지름은 스터럽 간격의 1/12 이상으로 하여야 한다.

4.3.6 전단마찰

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.3.7 깊은보에 대한 전단 설계

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.3.8 브래킷과 내민받침에 대한 전단 설계

(1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.3.9 벽체에 대한 전단 설계

(1) 벽체의 전단 설계는 4.9.2(4), 4.9.4.3, 4.9.4.4을 따른다.

4.3.10 기둥에 전달되는 휨모멘트로 인한 전단

(1) 기둥에 전달되는 휨모멘트로 인한 전단 설계는 KDS 14 20 22(4.10)을 따른다. 다만, 접합부 내에 배치하여야 할 기둥의 횡방향보강근은 4.3.3.3(1)에 규정된 값 이상으로 한다.

4.3.11 슬래브와 기초판에 대한 전단 설계

(1) 슬래브와 기초판에 대한 전단 설계는 4.8을 따른다.
 (2) 콘크리트에 의한 2방향 전단강도는 KDS 14 20 22와 KDS 14 20 70을 따르며, 다만, 2방향 거동에 대한 콘크리트 부재의 전단강도 V_c 는 식 (4.3-16)에 따라 계산한다.

$$V_c = v_c b_o d \quad (4.3-16)$$

$$v_c = \min \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{6} + \frac{1}{3\beta_c}, \frac{1}{6} + \frac{\alpha_c d}{12b_o} \right) k_s \beta_v \sqrt{f_{ck}} \quad (4.3-17)$$

여기서 β_c 는 집중하중이나 반력을 받는 면적의 짧은 변에 대한 긴 변의 비이며, b_o 는 KDS 14 20 22(4.11.1(3))에서 정의되는 위험단면의 둘레길이, α_c 는 내부기둥에 대해서 40, 외부기둥(모서리기둥 제외)에 대해서 30, 모서리기둥에 대해서 20이다.

(3) 휨모멘트 전달을 위한 편심전단 설계는 KDS 14 20 22(4.11.7)을 따른다. 다만 v_c 는 식 (4.3-17)에 따라 계산한다.

4.4 사용성

4.4.1 균열

4.4.1.1 GFRP 휨보강근의 배치

(1) GFRP 보강근 콘크리트 1방향 슬래브와 보의 인장영역에서 휨균열을 제어하기 위해 인장연단에 가장 가까운 GFRP 보강근의 간격은 식 (4.4-1)에서 규정한 한계값을 초과해서는 안된다.

$$s_{\max} = 1.15 \frac{E_f w_a}{f_{fs} k_b} - 2.5c_c \leq 0.94 \frac{E_f w_a}{f_{fs} k_b} \quad (4.4-1)$$

여기서, f_{fs} 는 사용하중 모멘트 M_s 를 사용하여 탄성 균열 단면 해석에 기초하여 산정하여야 한다. 허용 균열폭 w_a 는 해당 시설물의 규정에 따르되, 별도로 규정하지 않는 경우 0.7 mm로 한다.

(2) 보강근 응력 f_{fs} 는 식 (4.4-2)를 만족하여야 한다.

$$f_{fs} \leq \frac{0.36 E_f}{d_c \beta_{cr} k_b} \quad (4.4-2)$$

- (3) 식 (4.4-1)과 식 (4.4-2)의 GFRP 보강근과 콘크리트와의 부착계수 k_b 는 1.2를 적용한다.
- (4) 인장연단면에 가장 가까운 보강근이 하나만 있는 경우, 인장연단의 폭은 식 (4.4-1)에 따라 결정된 보강근 간격의 최대값을 초과해서는 안된다.
- (5) T형보의 플랜지가 인장을 받는 경우, 보의 복부 내부에 위치하지 않는 휨인장 보강근은 KDS 14 20 10(4.3.10)에서 정의된 유효플랜지폭과 $l_n/10$ 중 더 작은 범위 내에 분포되어야 한다. 만일 유효플랜지폭이 $l_n/10$ 을 초과하는 경우, 식 (4.4-1)을 만족하는 종방향 보강근을 플랜지 바깥 부분에 추가로 배치하여야 한다.
- (6) 피로를 받거나 수밀하도록 설계된 1방향 슬래브 및 보의 휨보강근 간격은 해당 조건에 대한 조사와 예방조치에 기초하여 선택해야 하며 식 (4.4-1)의 한계를 초과해서는 안된다.
- (7) 보의 깊이 h 가 450 mm를 초과하면 종방향 표피 보강근을 인장면으로부터 $h/2$ 지점까지 보의 양측면을 따라 균일하게 배치하여야 한다. 표피 GFRP 보강근의 간격 s 는 상기 (1)에서 (3)에 따라 결정한다. 개개의 보강근의 응력을 결정하기 위하여 변형률 적합조건에 따라 해석을 하는 경우 표피 보강근은 강도계산에 포함될 수 있다.

4.4.1.2 GFRP 수축 및 온도 보강근

- (1) 1방향 슬래브에는 수축 및 온도 응력에 저항하기 위한 보강근을 휨보강근에 수직인 방향으로 배근하여야 한다.
- (2) 콘크리트 전체 단면적에 대한 수축 및 온도 보강근으로 배치되는 GFRP 보강근의 면적의 비는 $140/E_f$ 이상이어야 한다.
- (3) 수축 및 온도 보강근의 간격은 부재 깊이 h 의 3배와 300 mm 중 작은 값보다 작아야 한다.
- (4) 수축 및 온도 보강근은 4.7.1.2(1)의 정착 규정에 따라 인장에서 $0.006E_f$ 의 응력을 받을 수 있도록 정착되어야 한다.
- (5) 프리캐스트 1방향 슬래브 및 벽체가 다음과 같은 조건을 만족하는 경우 수축 및 온도 보강근은 배치되지 않아도 된다.
 - 폭이 3.6 m 보다 작을 때
 - 부재가 연결되어 있지 않아서 횡방향 구속이 발생하지 않는 경우

- 횡방향 휨응력을 저항하기 위한 보강근이 필요 없는 경우

4.4.2 처짐

4.4.2.1 일반

- (1) 휨을 받는 부재는 구조의 강도나 사용성에 부정적인 영향을 미치는 처짐이나 변형을 제한하기 위해 적절한 강성을 갖도록 설계되어야 한다.
- (2) 4.4.2.2와 4.4.2.4에 따라 계산한 처짐은 구조물 특성에 따라 요구되는 처짐의 한계값을 초과해서는 안된다. 일반적인 콘크리트 구조의 경우 KDS 14 20 30(4.2.1, 표 4.2-2)에 규정된 처짐한계를 적용할 수 있다.

4.4.2.2 순간처짐의 계산

- (1) 하중의 작용에 의한 순간처짐은 부재 강성에 대한 균열 및 보강근의 영향을 고려하여 탄성처짐공식을 사용하여 계산하여야 한다.
- (2) 처짐을 계산할 때 헨치와 같은 단면 특성의 변화 효과를 고려하여야 한다.
- (3) 2방향 슬래브의 처짐은 패널의 크기와 모양, 지지 조건 및 패널 가장자리에서의 구속 특성을 고려하여 계산하여야 한다.
- (4) 부재의 강성도를 엄밀한 해석 방법으로 구하지 않는 한, 부재의 순간처짐은 콘크리트 탄성계수 E_c 와 식 (4.4-3)의 유효단면2차모멘트 I_e 를 이용하여 구하여야 한다.

$$I_e = \begin{cases} \frac{I_{cr}}{1 - \gamma \left(\frac{0.8M_{cr}}{M_a} \right)^2 \left[1 - \frac{I_{cr}}{I_g} \right]} & \text{for } M_a > 0.8M_{cr} \\ I_g & \text{for } M_a \leq 0.8M_{cr} \end{cases} \quad (4.4-3)$$

$$\gamma = 1.72 - 0.72 \left(\frac{0.8M_{cr}}{M_a} \right) \quad (4.4-4)$$

여기서, 균열모멘트 M_{cr} 은 식 (4.4-5)로 산정한다.

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (4.4-5)$$

여기서, 콘크리트 파괴계수 f_r 은 식 (4.4-6)으로 산정한다.

$$f_r = 0.63 \sqrt{f_{ck}} \quad (4.4-6)$$

- (5) 양쪽 끝이 연속된 슬래브와 보의 경우, I_e 는 식 (4.4-7)에 따라 정모멘트 및 부모멘

트 위험단면에 대한 유효단면2차모멘트의 가중 평균을 취하여 산정할 수 있다.

$$I_e = 0.70 I_{e+} + 0.15(I_{e1-} + I_{e2-}) \quad (4.4-7)$$

4.4.2.3 장기처짐의 계산

- (1) 엄밀한 해석에 의하지 않는 한, GFRP 보강근 콘크리트 부재의 크리프와 건조수축에 의한 추가 장기처짐은 해당 지속하중에 의해 생긴 순간처짐에 다음 식 (4.4-8)의 계수를 곱하여 구할 수 있다.

$$\lambda_{\Delta} = 0.6\xi \quad (4.4-8)$$

여기서, 지속하중에 대한 시간경과계수 ξ 은 KDS 14 20 30(4.2.1(5))에 규정된 값을 적용한다.

4.4.2.4 합성구조의 처짐 계산

- (1) 합성 휨부재가 시공 중 가설 지주로 지지되어 고정하중이 작용하기 전에 일체가 된 경우에 대한 처짐을 계산할 때, 합성부재는 일체로 제작된 부재와 동등하다고 볼 수 있다.
- (2) 합성 휨부재가 시공 중 가설 지주에 의해 지지되지 않는 경우, 합성작용이 유효해지기 전과 후의 하중의 크기와 작용 시간을 고려하여 장기처짐을 산정하여야 한다.
- (3) 처짐을 계산할 때 프리캐스트 부분과 현장치기 부분의 수축 차이로 인한 변형을 고려하여야 한다.

4.4.3 GFRP 보강근에 허용되는 인장응력

- (1) 지속하중에 의한 GFRP 보강근의 응력 $f_{fs,sus}$ 는 $0.30f_{fu}$ 를 초과하지 않아야 한다. 여기서 인장연단에 가장 가까운 GFRP 보강근의 지속하중 하에서의 응력 $f_{fs,sus}$ 는 사용하중 모멘트의 지속하중 성분을 적용한 탄성 균열 단면 해석을 기초로 계산하여야 한다. 휨부재의 경우는 식 (4.4-9)로 산정할 수 있다.

$$f_{fs,sus} = M_{s,sus} \frac{n_f d(1 - k_{cr})}{I_{cr}} \quad (4.4-9)$$

4.5 내구성

- (1) 내구성 설계에 관한 사항은 KDS 14 20 40(4.1)을 따르되, 아래의 예외 규정을 적용한다.
- ① KDS 14 20 40(4.1.3, 4.1.4)의 노출범주와 노출등급, 각 노출등급별 요구사항은 노출범주 EF와 EA에 관한 사항만 적용하고, 철근의 부식을 고려한 노출범주 EC와 ES에 관한 사항은 적용하지 않는다.

- ② 강재가 포함되지 않는 GFRP 보강근 콘크리트 부재의 경우는 KCS 14 20 10(1.9.3)에서 규정하는 콘크리트의 염화물 함유량 제한 규정은 적용하지 않는다.

4.6 보강근 상세

4.6.1 보강근 가공

4.6.1.1 표준갈고리

- (1) 인장 보강근의 표준갈고리는 90°표준갈고리를 사용하며, 다음 규정을 만족하여야 한다.
- ① 구부린 끝에서 $12 d_b$ 이상 더 연장되어야 한다.
 - ② G10 이상 G25 이하의 보강근을 대상으로 한다.
- (2) 횡보강근의 표준갈고리는 90°표준갈고리를 사용하며, 다음과 같이 제작하여야 한다.
- ① 구부린 끝에서 $12 d_b$ 이상 더 연장되어야 한다.
 - ② G10 이상 G25 이하의 보강근을 대상으로 한다.
- (3) 연결타이(cross tie)는 양 끝단에서 주변 종방향 보강근과 맞물린 90°표준갈고리를 사용한다.

4.6.1.2 구부림의 최소 내면 지름

- (1) 인장 보강근과 횡보강근의 90°표준갈고리의 구부림 최소 내면 지름은 부록 표 7-3을 따른다.

4.6.2 보강근 배치

4.6.2.1 간격 제한

- (1) GFRP 보강근의 최소 간격은 KDS 14 20 50(4.2.2(1)~(4))의 규정을 따라야 한다.
- (2) 보 및 1방향 슬래브에서 인장부 최외단에 배근되는 종방향 보강근의 최대 간격은 4.4.1.1의 휨균열 제어를 위한 간격 규정을 만족하여야 한다. 또한 1방향 슬래브에서 종방향 보강근의 최대 간격은 4.8.1.3(1)을 만족하여야 한다.
- (3) 장선구조를 제외한 T형보의 플랜지로 취급되는 슬래브에서 주 보강근이 보의 방향과 같은 경우 보의 직각방향으로 슬래브 상부에 보강근을 배치하여야 하며, 이때 GFRP 횡방향 보강근의 최대 간격 s 는 슬래브 두께의 3배와 300 mm 중 작은 값 이하이어야 한다.

4.6.3 최소 피복 두께

- (1) 내화 성능이 요구되지 않는 GFRP 보강근 콘크리트 부재의 최소 피복 두께는 다음 규정을 따른다.

- ① 흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀 있는 콘크리트 75 mm
 - ② 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트
 - 가. G19 이상, G32 이하의 보강근 50 mm
 - 나. G16 이하의 보강근 40 mm
 - ③ 옥외의 공거나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트
 - 가. 슬래브, 벽체, 장선 20 mm
 - 나. 보, 기둥 40 mm
- (2) 해수, 염분을 포함한 물 또는 공기, 또는 염분을 포함하지 않는 물에 노출된 경우라도 (1)항 ②의 규정을 적용한다.
- (3) 부착 성능과 온도변화에 따른 균열 발생 가능성 등을 검토하여 충분한 근거를 제시하고 책임기술자의 승인을 얻은 경우에는 (1)항에 규정된 값보다 작은 최소 피복 두께를 적용할 수 있다.
- (4) 내화 성능이 요구되는 GFRP 보강근 콘크리트 부재의 경우 요구 내화 성능을 얻을 수 있는 최소 피복 두께를 확보하여야 한다.

4.6.4 부재의 횡보강근

4.6.4.1 휨부재의 횡보강근

- (1) 비틀림 또는 보강근의 완전연결을 위한 스테럽은 부재 축의 수직인 방향으로 폐쇄형으로 배치한다. 모든 스테럽 가닥의 끝은 종방향 보강근 주위로 90° 표준갈고리에 의하여 정착되어야 한다. 다중 U형 스테럽 또는 C형 스테럽과 U형 스테럽을 함께 사용하여 폐쇄형으로 정착할 수 있다.
- (2) 보의 횡보강근은 폐쇄스테럽으로 압축보강근이 배치되는 전 구간에 배치되어야 한다. 이때 횡보강근은 G10 이상의 보강근을 사용해야 하며, 간격은 축방향 보강근 지름의 12배 이하, 횡보강근의 24배 이하, 보 단면의 최소 치수 이하로 하여야 한다. 또한, 모든 모서리 축방향 보강근과 하나 건너 위치하고 있는 축방향 보강근들은 최대 135°로 구부린 횡보강근의 모서리에 의해 횡지지되어야 한다. 다만, 횡보강근을 따라 횡지지된 인접한 축방향 보강근의 순간격이 150 mm 이상 떨어진 경우에는 추가 횡보강근을 배치하여 축방향 보강근을 횡지지하여야 한다.

4.6.4.2 압축부재의 횡보강근

- (1) 압축부재에서 각 부재별 횡보강근은 다음 규정을 따라야 한다.
 - ① 압축부재에 대한 횡보강근은 다음 (2)와 (3)의 규정을 따라야 하며, 전단이나 비틀림 보강근이 요구되는 경우에는 KDS 14 20 22의 규정에도 따라야 한다.
 - ② 실험 또는 구조해석에 의해 압축부재가 횡보강근이 없어도 충분한 강도를 확보한 것을 확인한 경우에는 횡보강근에 대한 4.6.4.2의 규정을 적용하지 않을 수 있다.
- (2) 압축부재에 사용되는 나선보강근은 KDS 14 20 50(4.4.2(2))의 규정을 따르되 보강비

ρ_s 는 이 기준 4.3.3.3(1)의 규정을 따라야 한다. 나선보강근의 이음은 한 바퀴와 $72d_b$ 중 큰 값 이상을 확보하여야 한다.

(3) 압축부재에 사용되는 띠보강근은 다음 규정을 따라야 한다.

- ① KDS 14 20 50(4.4.2(3))의 규정을 따르되 앵커볼트는 적용되지 않는다.
- ② 띠보강근의 순간적은 굵은 골재 최대 치수의 4/3배 이상이어야 하며, 종방향 보강근 직경의 12배, 띠보강근의 24배를 초과해서는 안된다.
- ③ 기계적 이음이나 연장된 보강근이 프리캐스트 부재와 연결을 위해 기둥이나 주각의 끝단에 설치되는 경우, 기계적 이음이나 연장된 보강근은 횡방향 보강근에 의해 둘러싸여져야 한다. 횡방향 보강근은 기둥 끝단이나 기초 슬래브에서 125 mm 이내에 배치하고 적어도 2개 이상의 G13 띠보강근이나 3개 이상의 G10 띠보강근으로 구성되어야 한다.

4.6.5 수축·온도 보강근

(1) 수축 및 온도 응력에 저항하기 위한 최소보강근은 4.4.1.2에 따른다.

4.6.6 구조 일체성 요구 조건

4.6.6.1 현장치기콘크리트 구조

- (1) 1방향 장선구조에서 적어도 하나의 하부 보강근은 연속되어야 하고, 불연속받침부에서 설계기준인장강도 f_{fu} 를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.
- (2) 테두리보에서 구조 일체성 보강근은 다음 사항을 따라야 하고, 테두리보 이외의 경우는 ①과 ③을 따른다.
 - ① 경간 중앙부에서 요구되는 최대 정모멘트 보강근의 1/4 이상이며 두 개 이상의 연속 보강근이어야 한다.
 - ② 받침부에서 요구되는 부모멘트 보강근의 1/6 이상이며 두 개 이상의 연속 보강근이어야 한다.
 - ③ 축방향 구조 일체성 보강근은 보의 순경간을 따라 4.6.4.1(1)을 충족하는 페쇄스터럽으로 둘러싸여야 한다.
- (3) 상기 (2)의 구조 일체성 보강근은 기둥의 축방향 보강근으로 둘러싸인 부분을 지나야 하며, 불연속받침부에서 설계기준인장강도 f_{fu} 를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.
- (4) 연속성을 확보하기 위해서 이음이 필요할 때 부모멘트 보강근의 이음은 경간 중앙 또는 그 부근에서, 정모멘트 보강근은 받침부 또는 그 부근에서 4.7.3에 따른 완전 기계적 이음이나 B급 인장 겹침이음이어야 한다.
- (5) 2방향 슬래브 구조의 경우는 4.8.2.5.4(1)의 규정을 따라야 한다.

4.7 정착 및 이음

4.7.1 보강근의 정착

4.7.1.1 정착 일반

- (1) GFRP 보강근 콘크리트 부재 각 단면의 GFRP 보강근에 작용하는 인장력 또는 압축력이 단면의 양측에서 발휘될 수 있도록 묻힘길이, 갈고리 또는 이들의 조합에 의하여 보강근을 정착하여야 한다.
- (2) 갈고리는 인장 영역에 있는 보강근의 정착에만 유효하다.

4.7.1.2 인장 보강근의 정착

- (1) GFRP 보강근의 인장 정착길이는 l_d 는 식 (4.7-1), $20d_b$, 300 mm 중에서 큰 값 이상이어야 한다.

$$l_d = \frac{d_b \left(\frac{f_{fr}}{0.083 \sqrt{f_{ck}}} - 340 \right) \psi_t}{13.6 + \frac{c_b}{d_b}} \quad (4.7-1)$$

여기서, f_{fr} 은 요구되는 GFRP 보강근의 응력이며, $\frac{c_b}{d_b}$ 는 3.5이하이어야 한다. ψ_t 는 보강근 위치수정계수이고 기본값은 1.0이며, 단 수평 GFRP 보강근 아래에 300 mm를 초과하여 콘크리트를 타설하는 경우에는 1.5를 사용한다. c_b 는 보강근 중심으로부터 가장 가까운 콘크리트 외측까지의 거리와 보강근 중심 간격의 1/2 중 작은 값이다.

- (2) 배치된 보강근량이 해석에 의해 요구되는 소요 보강근량을 초과하는 경우는 식 (4.7-1)의 정착길이 l_d 에 $\left(\frac{\text{소요 } A_f}{\text{배근 } A_f} \right)$ 를 곱하여 정착길이를 감소시킬 수 있다. 다만, 이때 감소시킨 정착길이 l_d 는 $20d_b$, 300 mm 중 큰 값 이상이어야 한다. 또한 f_{fu} 를 발휘하도록 정착을 특별히 요구하는 경우, 보강근이 연속되어야 하는 경우, 기계적으로 정착된 보강근을 사용할 경우에는 이를 적용하지 않는다.

4.7.1.3 압축 보강근의 정착

- (1) GFRP 보강근의 압축 정착길이 l_d 는 4.7.1.2(1)을 사용할 수 있다.

4.7.1.4 다발 보강근의 정착

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.7.1.5 표준갈고리를 갖는 인장 보강근의 정착

- (1) 단부에 표준갈고리가 있는 인장 GFRP 보강근의 정착길이 l_{dh} 는 식 (4.7-2)와 $12d_b$, 230 mm 중에서 큰 값 이상이어야 한다.

$$l_{dh} = \begin{cases} 165 \frac{d_b}{\sqrt{f_{ck}}} & f_{fu} \leq 520 \text{ MPa} \\ \frac{f_{fu}}{3.1} \frac{d_b}{\sqrt{f_{ck}}} & 520 < f_{fu} < 1,040 \text{ MPa} \\ 330 \frac{d_b}{\sqrt{f_{ck}}} & f_{fu} \geq 1,040 \text{ MPa} \end{cases} \quad (4.7-2)$$

여기서, 구부린 GFRP 보강근 평면에 직각방향인 피복두께가 65 mm를 초과하며, 갈고리를 넘어서 부분의 피복두께가 50 mm 이상인 경우, 식 (4.7-2)에 0.7을 곱하는 것이 허용된다.

4.7.1.6 확대머리 보강근의 정착

(1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.7.2 정착보강근 상세

4.7.2.1 휨보강근의 정착 일반

(1) 휨보강근의 정착에 대하여 KDS 14 20 52(4.4.1)의 규정을 따라야 한다. 단, 휨모멘트를 저항하거나 휨강성을 확보하기 위해 더 이상 보강근을 요구하지 않는 경우, KDS 14 20 52(4.4.1(2))의 규정에 따라 보강근을 정착 배근한다. 또한, KDS 14 20 52(4.4.1(6)③)의 보강근 조건은 G32 이하의 보강근으로 한다.

4.7.2.2 정모멘트 보강근의 정착

(1) 정모멘트 보강근의 정착은 다음 (2)를 제외하고, KDS 14 20 52(4.4.2)의 규정을 따라야 한다. 단, 정착길이 l_d 는 4.7.1에 따라 산정한다.

(2) 휨부재가 횡하중을 지지하는 주 구조물의 일부일 때, 상기 (1)에 따라 받침부 내로 연장되어야 할 정모멘트 보강근은 받침부의 안쪽 면에서 설계기준인장강도 f_{fu} 를 발휘할 수 있도록 정착하여야 한다.

4.7.2.3 부모멘트 보강근의 정착

(1) 부모멘트 보강근의 정착은 KDS 14 20 52(4.4.3)의 규정을 따라야 한다.

4.7.2.4 복부 보강근의 정착

(1) GFRP 스티럽은 피복 두께 요구 조건과 다른 보강근과 간격이 허용하는 한 부재의 압축면과 인장면 가까이 연장하여야 한다.

(2) 단일 U형 또는 다중 U형 스티럽의 단부는 다음 중 한 가지 방법으로 정착시켜야 한다.

① 양단에서 종방향 보강근을 둘러싸는 표준갈고리로 정착하여야 한다.

- ② 스테럽의 단부는 종방향 보강근을 둘러싸는 표준갈고리 또는 겹침이음길이가 $1.3 l_d$ 이상이 되도록 정착한다. 이때 l_d 는 식 (4.7-1)의 f_{fr} 이 f_{ft} 와 같다고 가정하여 계산한다.

4.7.3 보강근의 이음

4.7.3.1 이음 일반

- (1) 보강근의 이음은 KDS 14 20 52(4.5.1)의 규정을 따라야 한다.
- (2) G32 이상의 보강근은 겹침이음을 할 수 없다.
- (3) 기계적이음은 $1.25f_{fu}$ 이상을 발휘할 수 있는 기계적이음이어야 한다.

4.7.3.2 인장 보강근의 이음

- (1) 인장력을 받는 GFRP 보강근의 겹침이음길이는 A급과 B급으로 분류하며, 다음 값 이상 또한 $20d_b$ 와 300 mm 중 큰 값 이상이어야 한다.

- ① A급 이음: $1.0 l_d$
- ② B급 이음: $1.3 l_d$

여기서, 인장 보강근의 정착길이 l_d 는 4.7.1.2에 따라 계산하며, 이때 4.7.1.2(1)에서 규정한 300 mm 최솟값은 적용하지 않으며, 또한 4.7.1.2(2)의 보정계수도 적용하지 않는다.

- (2) 겹침이음에서 A급 이음과 B급 이음은 KDS 14 20 52(4.5.2(2))와 같이 분류하고, 서로 다른 직경의 GFRP 보강근을 겹침이음하는 경우 KDS 14 20 52(4.5.2(3))의 규정을 따라야 한다.

4.7.3.3 압축 보강근의 이음

- (1) 압축력을 받는 GFRP 보강근의 겹침이음길이는 4.7.3.2와 동일하다.

4.7.4 기둥 보강근 이음에 관한 특별 규정

- (1) 겹침이음, 기계적이음은 다음 (2)에서 (5)까지 규정의 제한조건에 따라 사용하여야 한다. 이와 같은 보강근의 이음은 기둥의 모든 하중 조합에 대한 요구 조건을 만족하여야 한다.
- (2) 계수하중에 의해 보강근이 압축응력을 받는 경우 겹침이음은 4.7.3.3을 따라야 하며, 단 최대 압축응력은 $0.25f_{fu}$ 로 가정한다.
- (3) 계수하중이 작용할 때 보강근이 $0.5 f_{fu}$ 이하의 인장응력을 받고 어느 한 단면에서 전체 보강근의 1/2을 초과하는 보강근이 겹침이음되면 B급 이음으로, 전체 보강근의 1/2 이하가 겹침이음되고 그 겹침이음이 교대로 l_d 이상 서로 엇갈려 있으면 A급 이음으로 하여야 한다.
- (4) 계수하중이 작용할 때 보강근이 $0.5 f_{fu}$ 보다 큰 인장응력을 받는 경우 겹침이음은 B

급 이음으로 하여야 한다.

(5) 이 기준에서 단부 지압이음에 대한 내용은 규정하지 않는다.

4.8 슬래브와 기초판

4.8.1 1방향 슬래브

4.8.1.1 적용 범위

(1) 이 기준의 규정은 다음 ①~③을 포함하여 1방향으로 휨보강된 프리스트레스를 가하지 않은 슬래브의 설계에 적용된다.

- ① 속찬 슬래브
- ② 비합성 단열재 거푸집으로 타설된 슬래브
- ③ 분할타설로 시공되었지만, 모든 요소가 하중에 대해서 일체 거동을 하도록 결합된 콘크리트 요소의 합성 슬래브

4.8.1.2 설계강도

(1) 적용 가능한 하중조합에 대해 모든 단면의 설계강도는 ①과 ②를 포함한 계수하중에 의한 부재력 이상이어야 한다.

- ① $\phi M_n \geq M_u$
- ② $\phi V_n \geq V_u$

4.8.1.3 구조 상세

- (1) 1방향 슬래브에서 종방향 보강근의 최대 간격은 슬래브 두께의 3배와 450 mm 중 작은 값 이하이어야 한다.
- (2) 1방향 슬래브에서 GFRP 수축 및 온도 보강근은 4.4.1.2의 규정을 따른다.

4.8.2 2방향 슬래브

4.8.2.1 적용 범위

(1) 이 기준의 규정은 다음 ①~③을 포함하여 받침부 사이에 보의 유무에 관계없이 2방향으로 휨보강된 프리스트레스를 가하지 않은 슬래브의 설계에 적용된다.

- ① 속찬 슬래브
- ② 비합성 데크플레이트나 FRP의 단열재 거푸집으로 타설된 슬래브
- ③ 분할타설로 시공되었지만, 모든 요소가 하중에 대해서 일체 거동을 하도록 결합된 콘크리트 요소의 합성 슬래브

(2) 전단보강근-스터럽, 확대머리 스톨드는 이 기준에서 규정하지 않는다.

4.8.2.2 설계강도

(1) 적용 가능한 하중조합에 대해 모든 단면의 설계강도는 ①~④를 포함한 계수하중에 의한 부재력 이상이어야 한다. 또한 하중 간의 상호 작용을 고려하여야 한다.

- ① 각 방향의 경간을 따라 모든 단면에서 $\phi M_n \geq M_u$
- ② KDS 14 20 70(4.1.2.3(2))에 정의된 위험단면 내에서 $\phi M_n \geq M_u$
- ③ 1방향 전단을 위한 각 방향의 경간을 따라 모든 단면에서 $\phi V_n \geq V_u$
- ④ 2방향 전단에 대해 KDS 14 20 22(4.11.1)에 정의된 위험단면 내에서 $\phi V_n \geq V_u$

4.8.2.3 2방향 슬래브의 설계 절차

4.8.2.3.1 정의

(1) 2방향 슬래브 설계에 관련된 용어 정의는 KDS 14 20 70(4.1.2.1)의 규정을 따라야 한다.

4.8.2.3.2 해석 및 설계방법

(1) 2방향 슬래브의 설계 시 해석 및 설계방법은 KDS 14 20 70(4.1.2.2)의 규정을 따라야 한다. 단, KDS 14 20 70(4.1.2.2(2))의 직접설계법이나 등가골조법은 4.8.2.4를 따른다.

4.8.2.3.3 불균형휨모멘트의 전달

(1) 2방향 슬래브의 불균형휨모멘트는 KDS 14 20 70(4.1.2.3)의 규정을 따라야 한다.

4.8.2.3.4 플랫 슬래브의 지판

(1) 플랫 슬래브에서 기둥 상부의 부모멘트에 대한 보강근을 줄이기 위하여 지판을 사용하는 경우, 지판의 크기는 KDS 14 20 70(4.1.2.4(2))에서 (4))의 규정에 따라야 하고, 추가적으로 4.7.1.3(1)에 따라 산정된 GFRP 보강근의 압축 정착길이 이상의 거리를 받침부 중심선으로부터 각 방향으로 연장시켜야 한다.

4.8.2.4 직접설계법과 등가골조법

(1) 직접설계법, 등가골조법 또는 총 단면 특성에 기반한 유한요소해석을 사용하는 경우 GFRP 보강비 ρ_f 는 $6\rho_{fb}$ 보다 크지 않고 $1.4\rho_{fb}$ 보다 작지 않아야 한다.

4.8.2.4.1 직접설계법

(1) 직접설계법은 KDS 14 20 70(4.1.3)의 규정을 따라야 한다. 단, KDS 14 20 70(4.1.3.7)의 계수휨모멘트의 수정은 적용하지 않는다.

4.8.2.4.2 등가골조법

(1) 등가골조법은 KDS 14 20 70(4.1.4)의 규정을 따라야 한다. 단, KDS 14 20 70(4.1.4.6(3))

의 규정은 적용하지 않는다.

4.8.2.5 2방향 슬래브의 배근 상세

4.8.2.5.1 소요보강근량과 간격

- (1) 2방향 슬래브 시스템의 각 방향의 보강근 단면적은 4.2.2.3(3)의 규정을 따라야 한다.
- (2) 2방향 슬래브 시스템의 보강근의 최대 간격은 4.4.1.1의 규정을 따라야 한다.

4.8.2.5.2 보강근의 정착

- (1) 2방향 슬래브의 보강근 정착은 KDS 14 20 70(4.1.5.2)의 규정을 따라야 한다.

4.8.2.5.3 외부 모퉁이의 보강근

- (1) 외부 모퉁이 슬래브를 α 값이 1.0보다 큰 테두리보가 지지하는 경우, 모퉁이 부분의 슬래브 상·하부에 모퉁이 보강근을 배치하여야 하며, 이때 배치하는 모퉁이 보강근은 KDS 14 20 70(4.1.5.3)의 규정을 따라야 한다.

4.8.2.5.4 보가 없는 2방향 슬래브의 보강근 상세

- (1) 보가 없는 슬래브의 보강근은 KDS 14 20 70(4.1.5.4)의 규정을 따라야 한다. 단, 이음은 4.7.3을 만족하는 B급 인장 겹침이음 또는 기계적이음을 적용한다.

4.8.2.6 슬래브 시스템의 개구부

- (1) 구조해석에 의하여 설계강도가 소요강도 이상이고 처짐제한을 포함하여 모든 사용성을 만족할 경우, 어떤 크기의 개구부도 슬래브 시스템 내에 둘 수 있다.

4.8.3 기초판

4.8.3.1 적용범위

- (1) 이 기준의 규정은 다음의 프리스트레스를 가하지 않은 얇은 기초, 깊은 기초, 옹벽의 설계에 적용된다.
 - ① 얇은 기초: 벽기초, 독립기초, 복합기초, 전면기초, 지중보
 - ② 깊은 기초: 파일캡, 말뚝
 - ③ 옹벽: 캔틸레버식 옹벽, 뒷부벽식 옹벽과 앞부벽식 옹벽
- (2) 말뚝 전체 길이에 걸쳐 좌굴방지를 위한 횡지지 되지 않은 말뚝 부분을 제외하고, 본 규정은 지반에 매립된 콘크리트 말뚝의 설계에 적용하지 않는다. 대기나 수중에 있는 콘크리트 말뚝 부분은 이 기준을 적용하여 설계할 수 있다.
- (3) 무근 콘크리트는 적용하지 않는다.
- (4) 지진력에 의한 영향은 이 기준에서 규정하지 않는다.

4.8.3.2 일반사항

- (1) 구조물의 다른 부분에서 지반으로 수직하중 또는 수평하중을 전달하는 지면슬래브는 이 기준의 해당 조항에 따라 설계하고 상세히 설명하여야 한다.
- (2) 기초는 일반 건축법에 따라 지압 효과, 전도에 대한 안전성, 지반 기초 경계면에서의 미끄러짐에 안전하게 설계하여야 한다.
- (3) 이외의 설계 일반사항은 KDS 14 20 70(4.2.1)의 규정을 따라야 한다.

4.8.3.3 휨모멘트에 대한 기초판 설계

- (1) 휨모멘트에 대한 설계는 KDS 14 20 70(4.2.2.1)의 규정을 따라야 한다.

4.8.3.4 전단력에 대한 기초판 설계

- (1) 1방향 전단의 위험단면은 KDS 14 20 22에 따라 결정하고, 2방향 전단의 위험단면은 KDS 14 20 70에 따라 결정하여야 한다.
- (2) 말뚝캡은 1방향 기초의 경우 다음 ①을 만족하고, 2방향 기초의 경우 ①과 ②를 만족하도록 설계하여야 한다.
 - ① $\phi V_n \geq V_u$, 여기서 V_n 는 1방향 전단의 경우 4.3.2과 4.3.3에 따라 산정하여야 하고, V_u 는 다음 (3)의 규정을 따라야 하며, ϕ 는 4.1.3.2(2)에 따라 산정하여야 한다.
 - ② $\phi V_n \geq V_u$, 여기서 V_n 는 2방향 전단의 경우 4.3.11에 따라 산정하여야 하며, V_u 는 다음 (3)의 규정을 따라야 하고, ϕ 는 4.1.3.2(2)에 따라 산정하여야 한다.
- (3) 말뚝에 지지되는 기초판에서 임의 단면에 대한 전단력은 KDS 14 20 70(4.2.2.2(4))의 규정을 따라야 한다.

4.8.3.5 기초판 보강근의 정착

- (1) 기초판 보강근 정착은 4.7의 규정을 따라야 하며, KDS 14 20 70(4.2.2.3(2)와 (3))의 규정을 만족하여야 한다.

4.8.3.6 특수한 기초판

- (1) 경사형, 계단형 또는 변단면 기초판의 경우 KDS 14 20 70(4.2.4.1)의 규정을 따라야 한다.
- (2) 벽기초, 복합기초, 전면기초의 경우 KDS 14 20 70(4.2.4.2(2)와 (3))의 규정을 따라야 한다. 단, 프리스트레스를 가하지 않은 전면기초판의 각 주방향의 최소 보강근량은 4.2.2.3(3)의 규정을 따라야 한다.

4.8.3.7 얇은 기초

- (1) 벽기초, 복합기초, 지중보를 포함한 1방향 얇은 기초의 설계 및 상세사항은 KDS 14 20 70(4.2.2.1(3)), 4.8.1의 1방향 슬래브 규정, 4.2의 보 규정을 따라 설계하여야 한다.

- (2) 2방향 독립기초의 설계 및 상세사항은 KDS 14 20 70(4.2.2.1(3)), 4.8.1의 1방향 슬래브 규정, 4.8.2의 2방향 슬래브 규정을 따라 설계하여야 한다.
- (3) 2방향 복합기초와 전면기초의 설계 및 상세사항은 4.8.3.6(2)와 4.8.2의 2방향 슬래브 규정을 따라 설계하여야 한다.
- (4) 지중보로서의 벽체 설계는 휨부재의 해당 조항을 따라야 하고, 최소 보강근은 4.9.5의 규정을 따른다.
- (5) 캔틸레버식 옹벽은 4.8.1의 1방향 슬래브 규정에 따라 설계하여야 하고, 뒷부벽식 옹벽 또는 앞부벽식 옹벽은 4.8.2의 2방향 슬래브 규정에 따라 설계하여야 한다.
- (6) 캔틸레버식 옹벽에서 두께가 균일한 벽체의 경우, 전단 및 휨에 대한 위험단면은 벽체와 기초 사이의 경계에 있어야 한다. 두께가 가늘어지거나 다양한 두께를 가진 벽체의 경우, 벽체 높이 전체에 걸쳐 전단과 모멘트를 조사하여야 한다.

4.8.3.8 깊은 기초

- (1) GFRP 보강근을 사용한 깊은 기초에 대한 부재의 강도설계 방법에 대해서는 이 기준에서 규정하지 않는다.

4.9 벽체

4.9.1 적용 범위

- (1) 이 기준의 규정은 다음 ①~②을 포함하여 프리스트레스를 가하지 않는 벽체의 설계에 적용된다.
 - ① 현장타설 벽체
 - ② 프리캐스트 벽체
- (2) 캔틸레버식 옹벽 설계는 4.8.3.7(5)에 따라 수행한다.
- (3) 지중보와 같은 벽체 설계는 4.8.3.7(4)에 따라 수행한다.

4.9.2 설계 일반

- (1) 벽체는 이에 작용하는 편심축하중, 수평하중 및 기타 하중에 대하여 안전하게 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (2) 정밀한 구조해석에 의하지 않는 한, 각 집중하중에 대한 벽체의 유효수평길이는 KDS 14 20 72(4.1(4))에 따른다.
- (3) 벽체는 4.2의 규정에 따라 각 하중조합에 대한 계수 축력 P_u 와 계수 휨모멘트 M_u 에 대하여 설계하여야 한다.
- (4) 벽체는 4.3의 규정에 따라 최대 면내 및 면외 전단력 V_u 에 대해 설계되어야 한다.
- (5) 벽체는 이와 교차하는 구조 부재인 바닥, 지붕, 기둥, 벽기둥, 부벽, 교차벽체 및 기초 등에 충분히 정착시켜야 한다.
- (6) 계수연직축력 $P_u > 0.2f_{ck}A_g$ 에 해당되는 현장타설 벽체의 경우, 바닥판 시스템 두께

내의 벽체 부분은 최소 $0.8f_{ck}$ 의 압축강도를 확보하여야 한다.

(7) 벽체의 밑면에서 기초판으로 하중전달은 4.11의 규정에 따라야 한다.

4.9.3 벽체의 최소 두께

(1) 벽체의 최소 두께는 4.9.4.2의 실용 설계법을 적용하는 경우에는 다음 ①, ②에 따라야 하며, 정밀한 구조 해석으로 충분한 강도와 구조 안전성을 확인할 수 있는 경우에는 더 얇은 벽체를 사용할 수 있다.

① 벽체의 두께는 140 mm 이상이어야 하고, 또한 수직 또는 수평 받침점 간 거리 중에서 작은 값의 $1/24$ 이상이 되어야 한다.

② 지하실 외벽 및 기초 벽체의 두께는 200 mm 이상이 되어야 한다.

(2) 비내력벽의 두께는 100 mm 이상이어야 하고, 또한 수직 또는 수평 받침점 간 거리 중에서 작은 값의 $1/30$ 이상이 되어야 한다.

4.9.4 벽체의 설계

4.9.4.1 축력을 받거나 축력과 면내 또는 면외 휨모멘트를 받는 벽체의 설계

(1) 축력을 받거나 축력과 면내 또는 면외 휨모멘트를 동시에 받는 벽체의 설계는 4.2.1, 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7, 4.9.2, 4.9.3의 규정에 따라야 한다. 다만, 축력과 면외 휨모멘트를 받는 벽체는 해당 조건을 만족할 경우 4.9.4.2의 실용 설계법을 따를 수 있다.

4.9.4.2 축력과 면외 휨모멘트를 받는 벽체의 실용 설계법

(1) 직사각형 단면의 벽체로서 4.9.2, 4.9.5, 4.9.6의 모든 요구 조건을 만족하고 계수하중의 합력이 벽두께 중앙 $1/3$ 이내에 작용하는 경우에는 이 절에서 규정하는 실용 설계법에 의하여 설계할 수 있다.

(2) 위의 4.9.4.2(1)의 규정에 부합될 때 벽체의 설계축강도 ϕP_n 는 식 (4.9-1)에 의하여 산정하여야 한다. 다만, 4.9.4.1의 규정에 의할 때에는 이를 적용하지 않는다.

$$\phi P_n = \phi 0.45 f_{ck} A_g \left[1 - \left(\frac{kl_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (4.9-1)$$

여기서, $\phi = 0.65$ 이고 유효좌굴길이계수 k 는 다음과 같다.

① 상·하단이 횡구속 벽체로서

가. 상·하 양단 중의 한쪽 또는 양쪽의 회전이 구속된 경우 0.8

나. 상·하 양단 모두 회전이 구속되지 않은 경우 1.0

② 비횡구속 벽체 2.0

4.9.4.3 면내 전단력을 받는 벽체의 설계

- (1) 면내 전단강도 V_n 은 다음 ①~③에 따라 계산하며, 보강근은 4.3.3의 제한사항을 만족하여야 한다.
- ① V_c 은 4.3.2에 따라 계산한다. 이때 b_w 를 h 로 대체하고 d 를 $0.8l_w$ 로 대체할 수 있다. 만약 변형을 적합조건해석에 의해 산정된다면 압축부 최외단에서부터 보강근의 인장력 중심까지 거리인 d 보다 큰 경우 이를 적용할 수 있다.
 - ② V_f 는 전단이 작용하는 방향으로 배치된 횡방향 전단보강근에 의해 제공되며, 4.3.3.4에 따라 계산한다.
 - ③ 모든 수평 단면에서 V_n 은 $0.2f_{ck}hd$ 을 초과해서는 안 된다.
- (2) 면내에서 $V_u \leq \phi 0.5 V_c$ 인 경우, 최소 ρ_{fl} 와 최소 ρ_{ft} 는 ①과 ②를 따라야 한다. 정밀한 구조해석으로 충분한 강도와 구조안정성을 확인할 수 있는 경우에는 이를 따르지 않을 수 있다.
- ① $140/E_f$
 - ② 0.0025
- (3) 면내에서 $V_u > \phi 0.5 V_c$ 인 경우, 최소 ρ_{fl} 와 최소 ρ_{ft} 는 ①과 ②를 따라야 한다.
- ① $260/E_f$
 - ② 0.0025

4.9.4.4 면외 전단력을 받는 벽체의 설계

- (1) 면외 전단강도 V_n 은 4.3에 따라 계산한다.

4.9.5 GFRP 보강콘 배근 상세

- (1) 보강근에 대한 콘크리트의 피복두께는 4.6.3의 규정을 따라야 한다.
- (2) 보강근의 정착 및 이음길이는 4.7의 규정을 따라야 한다.
- (3) 두께 250 mm 이상의 벽체에 대해서는 수직 및 수평 보강근을 벽면 근처에 하나씩 이열로 배치하여야 한다. 다만, 단층 지하실 벽체와 쉼터레버식 옹벽은 제외한다.
- (4) 휨인장 보강근은 가능한 인장면에 가깝게 적절히 분포 및 배치되어야 한다.
- (5) 수직 및 수평 보강근의 간격은 벽두께의 3배 이하 또는 300 mm 이하로 하여야 한다. 면내 강도를 위해 전단 보강이 필요한 경우, 보강근의 간격은 $l_w/3$ 를 초과해서는 안 된다.
- (6) 축강도 확보를 위해 수직방향 보강근이 요구되거나 수직 보강근량 A_{fw} 가 $0.01A_g$ 를 초과하는 경우, 종방향 보강근은 횡방향 띠 보강근에 의해 수평 지지되어야 한다.
- (7) 모든 창이나 출입구 등의 개구부 주위에는 4.9.4.3(2), 4.9.4.3(3)에 규정된 최소 보강근량 이외에도 수직 및 수평방향으로 이열배근된 벽체에서 최소 4개의 G16 보강근, 일렬배근된 벽체에서 최소 2개의 G16 보강근을 창이나 출입구 등의 개구부 주변에 배치하여야 한다. 단, 보강근은 개구부 모서리에서 설계기준인장강도 f_{fu} 를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다. 또한, 수직 및 수평방향으로 이열배근된 벽체에서 2개의 G16

대각선 보강근, 일렬배근된 벽체에서 1개의 G16 대각선 보강근을 각 모서리로부터 보강근 한쪽 끝단까지 최소 정착길이 600 mm를 확보하도록 대각선 방향으로 배치하여야 한다.

4.9.6 면외 세장한 벽체의 대체설계법

(1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.10 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부

4.10.1 적용범위

(1) 이 기준은 현장타설 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부의 설계 및 상세에 적용한다.

4.10.2 일반사항

- (1) 기둥에 모멘트를 전달하는 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부는 KDS 14 20 20(4.6.2)를 만족하여야 한다.
- (2) 보-기둥 접합부가 대략 동일한 깊이의 보에 의하여 4개의 측면으로 지지될 경우 구속된 것으로 간주하여야 한다.
- (3) 슬래브-기둥 접합부가 슬래브에 의해 4개의 측면으로 구속될 경우 구속된 것으로 간주하여야 한다.

4.10.3 바닥시스템을 통한 기둥 축력의 전달

(1) KDS 14 20 20(4.6.2)에 따른다.

4.10.4 접합부 상세

- (1) 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부는 4.10.4(2)의 GFRP 횡보강근에 대한 규정을 만족하여야 한다.
- (2) 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부의 각 주방향에서 GFRP 횡보강근의 총면적은 식 (4.10-1)과 식 (4.10-2) 중 큰 값 이상이어야 한다.

$$0.0625 \sqrt{f_{ck}} \frac{b_w s}{f_{ft}} \quad (4.10-1)$$

$$0.35 \frac{b_w s}{f_{ft}} \quad (4.10-2)$$

여기서, b_w 는 기둥 부재의 복부 폭이다.

- (3) 보-기둥 및 슬래브-기둥 접합부에서 4.10.4(2)에 따라 산정된 GFRP 횡보강근 면적은 기둥에 연결된 가장 깊은 보 또는 슬래브에 해당하는 기둥의 높이 이상으로 분포되

어야 한다.

- (4) 보-기둥 접합부의 경우, GFRP 횡보강근의 간격은 가장 얇은 보 깊이의 1/2을 초과하지 않아야 한다.
- (5) GFRP 보 또는 기둥의 주근이 접합부에서 이음되거나 끝나는 경우, 4.6.4.1과 4.6.4.2에 따라 폐쇄형 GFRP 횡보강근을 접합부 내에 사용한다.
- (6) 접합부 내의 GFRP 횡보강근의 정착이 끝나는 부분은 4.4.1.2에서 규정하는 상세를 따른다.

4.11 부재간 연결

4.11.1 적용범위

- (1) 이 기준은 다음과 같은 경우의 설계에 적용한다.
 - ① 현장타설 GFRP 보강근 콘크리트 부재와 현장타설 GFRP 보강근 콘크리트 기초의 교차부
 - ② 현장타설 GFRP 보강근 콘크리트와 철근콘크리트 기초의 교차부. 단, GFRP 보강근이 연결재로 사용된 경우
 - ③ 현장타설 철근콘크리트 부재와 GFRP 보강근 콘크리트 기초의 교차부. 단, GFRP 보강근이 연결재로 사용된 경우
 - ④ 합성 휨부재의 수평전단력 전달
- (2) 철근콘크리트 및 GFRP 보강근 콘크리트 부재와 기초 사이의 접합부에서 연결재가 철근인 경우, KDS 14 20 70 등에 제시된 기초에 대한 접합부의 규정을 만족하여야 한다.

4.11.2 프리캐스트 부재간 접합부

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.

4.11.3 기초와의 접합부

- (1) 일반사항
 - ① 기둥, 벽, 주각의 기저부에서 작용하는 계수 하중은 콘크리트, GFRP 보강근 또는 다월 철근을 통해 기초로 전달되어야 한다.
 - ② 기초와 기초에 의해 지지되는 부재 사이의 GFRP 보강근 또는 다월 철근은 (a) 및 (b)에 제시된 하중을 전달할 수 있도록 설계되어야 한다.
 - (a) 4.2.7에 따라 계산된 기초와 지지부재의 콘크리트 지압 강도 중 작은 값 보다 더 큰 압축력
 - (b) 경계면에 작용하는 인장력
 - ③ 지지부재와 기초 사이의 접촉면에서 V_n 은 전단키 또는 기타 적절한 방법에 의해 지지되어야 한다. 지지부재와 기초 사이의 접촉면에서 공칭전단강도 V_n 에 대한

GFRP 보강근의 기여는 시험에 의해 검증되어야 한다.

- (2) 현장 타설 부재와 기초 사이 접합부에서 최소 GFRP 보강근
 - ① 현장 타설 기둥 또는 주각과 기초 사이의 접합부에서 경계면에 대한 A_f 는 최소 $0.01A_g$ 이어야 한다. 여기서, A_g 는 지지부재의 총면적이다.
 - ② 현장 타설 벽체와 기초 사이의 접합부에서 경계면에 대한 GFRP 수직 보강근의 면적은 4.9.4.3을 만족하여야 한다.
- (3) 현장 타설 부재와 기초의 접합부 상세
 - ① 현장 타설 기둥, 주각 또는 벽체의 기저부에서 GFRP 보강근은 4.11.3(2)를 만족하되 주근을 기초에 연장하거나 다웰 철근을 사용하여 정착하여야 한다.
 - ② 연속성이 필요한 경우, GFRP 보강근 또는 다웰 철근은 4.7.3에서 규정하는 이음상세 조건을 만족하여야 한다. 겹침이음의 길이는 $60d_b$ 이상이어야 한다.
 - ③ 핀 또는 로커 연결부를 현장 타설 기둥이나 받침대에 사용될 경우 기초에 대한 접합부는 강도안전성을 확보하여야 한다.
- (4) 이 기준에서 프리캐스트 부재와 기초간의 접합부 상세에 대한 내용은 규정하지 않는다.

4.11.4 합성콘크리트 휨부재에서의 수평전단력 전달

- (1) 일반사항
 - ① 합성콘크리트 휨부재에서 수평전단력은 상호연결된 부재의 접촉면에서 충분히 전달되어야 한다.
 - ② 상호연결된 콘크리트 부재 사이의 접촉면에 인장력이 존재하는 경우 접촉에 의한 수평전단력의 전달은 이 기준에서 규정하지 않는다.
 - ③ 이 기준은 4.11.4(4)의 표면 처리 방법대로 시공하는 경우에 한하여 적용할 수 있다.
- (2) 요구강도
 - ① 합성콘크리트 휨부재에서 접촉면을 따라 전달되는 힘은 KDS 14 20 10(4.2.2)의 하중조합에 따라 산정한다.
 - ② 4.1의 해석과 설계원칙에 따른다.
- (3) 설계강도
 - ① 수평 전단력에 대한 설계강도는 합성콘크리트 휨부재의 접촉면을 따라 모든 위치에서 식 (4.11-1)을 만족하여야 한다.

$$\phi V_{nh} \geq V_u \quad (4.11-1)$$

여기서, 공칭 수평전단강도 V_{nh} 는 4.11.4(4)에 따라 산정한다.

- ② ϕ 는 4.1.3.2에 따라 산정한다.

- (4) 공칭 수평전단강도

- ① V_{nh} 는 $0.55b_vd$ 로 정의한다. 여기서 b_v 는 접촉면의 폭이고 d 는 ②에 따른다. 콘크리트는 최대 6 mm의 높이의 표면 거칠기를 가진 경화된 콘크리트에 타설하여야 한다.
- ② 공칭 수평전단강도 산정 시 d 는 전체 합성부재 단면의 최외곽 콘크리트 압축연단부터 주인장보강근 중심까지의 거리이다.
- (5) 이 기준에서 수평전단강도를 산정하는 대안 설계법에 대한 내용은 규정하지 않는다.
- (6) 이 기준에서 수평전단력 전달을 위한 최소 보강근량에 대한 내용은 규정하지 않는다.
- (7) 이 기준에서 수평전단력 전달을 위한 보강상세에 대한 내용은 규정하지 않는다.

4.11.5 브래킷과 내민받침

- (1) 이 기준에서 해당 내용은 규정하지 않는다.



부록. 콘크리트구조물 보강용 유리섬유 강화 폴리머 보강근 : 최소소요성능과 품질확인

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 이 기준은 콘크리트 구조의 보강에 사용하는 철근을 대체한 보강재로서, 유리섬유 강화 폴리머 보강근(이하, GFRP 보강근)의 물리적, 기계적, 내구적 성능의 최소기준을 제시한다.
- (2) 이 기준은 콘크리트 구조물에 사용되는 GFRP 보강근을 대상으로 하며, 콘크리트교량 등 시설물의 설계 시 해당 시설물 설계 및 시공기준에 관련 규격사항이 있을 경우 그 기준을 따를 수 있다.

1.2 적용 범위

- (1) 이 기준은 인발방식으로 제작된 GFRP 보강근에 적용하되, 다음과 같은 제품에는 적용하지 않는다.
 - 유리섬유 이외의 섬유가 사용 또는 혼용된 섬유보강근
 - 콘크리트와의 부착을 확보하기 위한 돌기 표면부가 없는 원형 GFRP보강근(다만 이 기준 3.2 (2)항에 해당하는 경우에는 이 기준을 적용함.)
 - 원형 단면의 내부가 비어 있거나 원형이 아닌 단면을 갖는 GFRP 보강근
 - 격자, 판, 시트 및 그레이팅과 같은 형태의 복합재

1.3 참고 기준

- KS F ISO 10406-1 콘크리트용 섬유강화폴리머(FRP) 보강재 - 시험방법 - 제1부: FRP 보강근 및 격자
- KS M ISO 1172 유리섬유 강화 플라스틱 - 프리프레그, 성형 콤파운드, 적층판 - 유리섬유 및 무기 충전제의 함량의 측정 - 연소법
- KS M ISO 11357-2 플라스틱 - 시차주사열량계(DSC) - 제2부: 유리전이온도의 측정
- KS M ISO 11359-2 플라스틱 - 열기계 분석(TMA) - 제2부: 선열팽창계수 및 유리전이온도의 측정
- KS M ISO 62 플라스틱 - 흡수성의 측정
- ASTM D 7913 Standard Test Method for Bond Strength of Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composite Bars to Concrete by Pullout Testing (2014)
- ASTM D 7914 Standard Test Method for Strength of Fiber Reinforced Polymer (FRP) Bent Bars in Bend Locations (2021)

1.4 용어의 정의

- 구부림 각(bend angle): 보강근 축을 벗어나 구부러진 각도(°)
- 보장성능(guaranteed property): 부록 표 7-1에서 규정하고 있는 시험 및 검사방법에 의한 시험결과의 평균값에서 3배의 표준편차를 제외한 값 또는 이 보다 작은 값에 해당하는 성능을 의미함.
- 평균성능(mean property): 부록 표 7-1에서 규정하고 있는 시험방법에 의해 시험결과와 의 평균값 또는 이보다 작은 값에 해당하는 성능을 의미함.
- 측정단면적(measured cross-sectional area): 실제로 시험규격에 의하여 측정된 GFRP 보강근의 단면적을 의미함. KS F ISO 10406-1의 5장에 제시된 방법에 따라 측정된 GFRP 보강근(돌기된 표면 포함)의 평균측정단면적 임. KS F 10406-1 5장에서는 측정된 단면적을 공칭단면적이라고 정의하고 있으나, GFRP 보강근의 돌기된 표면형상이 다양하기 때문에 제품마다 동일하지 않음. 따라서 이 기준에서는 이를 “측정단면적”이라 정의함.
- 공칭단면적(nominal cross-sectional area): 수직방향의 절단면을 원으로 전제하고 산정한 단면적임. GFRP 보강근의 경우에는 상기의 이유 등으로 이형철근의 공칭단면적과 동일하게 하였으며, 이 기준 부록 표 6-1에 제시함. ASTM D 7957에서도 이형철근의 단면적과 동일하게 규정하고 있음을 참고함.
- 로빙(Roving): 섬유 강화 복합재료에서 사용되는 용어로, 여러 개의 유리섬유나 탄소섬유 등을 묶어 둔 형태의 연속적인 섬유 뭉치를 나타냄.
- 생산로트(production lot): 동일 원료, 동일 공정에서 생산되는 GFRP 보강근의 제품 단위로서 양생 온도와 생산 속도 등과 같은 제조 조건도 동일하여야 함.
- GFRP 보강근의 호칭: GFRP 보강근을 식별하는 영문과 숫자의 조합으로서, G는 GFRP, 숫자는 공칭 직경을 의미함.
- GFRP 보강근 표면부(surface enhancement) : 콘크리트와의 부착성능 확보를 위하여 특수하게 가공된 표면부로서, 섬유감쌈, 거친재료 도포, 철근의 이형과 유사한 돌기 등을 의미함.
- 품질관리확인시험: 제조자가 제품의 품질이 적정하게 유지, 관리되고 있는지를 확인하기 위한 시험으로, 최근 2년 이내 공인인증시험기관에 의해 수행된 시험(부록 표 7-2 참고)
- 자재선정단계 품질확인시험: 제조자 또는 납품자가 주관하는 시험으로 자재의 선정단계에서 구매자의 요구사항에 대한 재료의 적합성을 보장하기 위해 공인인증시험기관에 의해 수행된 시험(부록 표 7-1 참고)
- 최소 내면 지름: 굽힘 보강근의 최소 내면 지름(부록 표 7-3 참고)

1.5 기호의 정의

내용 없음.

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

내용 없음.

4. 보강근 종류 및 기호

- (1) 다양한 유형의 돌기 표면부를 갖는 GFRP 보강근의 사용이 가능하다. 다만, 부록 표 4-1에서 제시하고 있는 최소부착성능을 보유하여야 한다.
- (2) GFRP 보강근의 기호는 부록 표 4-1에 따른다.

부록 표 4-1 GFRP 보강근 기호

GFRP 보강근 기호	공칭치수	
	공칭지름(mm)	공칭단면적(mm ²)
G6	6.35	31.67
G10	9.53	71.33
G13	12.7	126.7
G16	15.9	198.6
G19	19.1	286.5
G22	22.2	387.1
G25	25.4	506.7
G29	28.6	642.4
G32	31.8	794.2

5. 구성재료와 제조공정

5.1 유리섬유

- (1) 유리섬유는 연속적인 일방향 로빙(Roving)형태여야 한다.

5.2 레진매트릭스

- (1) GFRP 보강근을 구성하는 레진에는 폴리에스터류는 사용할 수 없다.
- (2) 다만, 이 기준의 기계적, 내구적 요구 성능을 충족시킬 수 있는 열경화성 비닐에스터 수지(에폭시 포함)는 사용이 가능하다.

5.3 제조공정

- (1) 단일한 생산 로트 생산 중에 공정이나 재료 수정은 허용되지 않는다.
- (2) 제조자는 생산 공정, 생산 날짜 및 생산 로트에서 생산된 재료의 수량을 문서화하여야

한다.

- (3) 제조자는 공정 모니터링을 위한 검사 및 기록 보관 활동을 자세히 설명하는 문서화된 품질관리 계획을 수립해야 하며, 구매자가 요청시 제공하여야 한다.
- (4) 제조자는 제품의 품질관리를 위해 부록 표 7-2에 제시된 품질관리확인시험을 공인인증시험기관에 의뢰하여 주기적으로 수행하는 것을 권장하며, 이러한 품질관리시험기록은 각 로트의 재료에 대해 보관되어야 하며, 구매자가 요청 시에 제공가능해야 한다.

6. 공칭단면적과 측정단면적

- (1) GFRP 보강근의 공칭단면적은 부록 표 6-1에 따른다.
- (2) GFRP 보강근의 측정단면적은 KS F ISO 10406-1의 5장에 제시된 시험법에 따라 결정한다.
- (3) 단면적 측정을 위한 샘플채취 및 시편의 수는 이 부록 7(3)과 7(4)에 따른다.
- (4) 단면적은 제조사가 생산한 형상 그대로에 대하여 측정한다. 즉, 표면부를 포함한 GFRP 보강근 전체 단면을 측정의 대상으로 한다.
- (5) 측정단면적은 부록 표 6-1에 제시된 측정단면한계 범위 이내에 있어야 한다.
- (6) 만일 평균 측정단면적이 측정단면한계 범위 이내에 있지 않은 GFRP 보강근의 경우에는 이 부록 9장의 기계적성능을 결정하기 위한 계산에서 공칭단면적이 아닌 측정단면적을 사용하여야 한다.

부록 표 6-1 GFRP 보강근의 측정단면한계

호칭명	공칭치수		측정단면한계	
	공칭지름(mm)	공칭단면적(mm ²)	최소(mm ²)	최대(mm ²)
G6	6.35	31.67	30	40
G10	9.53	71.33	70	87
G13	12.7	126.7	122	156
G16	15.9	198.6	191	245
G19	19.1	286.5	270	316
G22	22.2	387.1	364	426
G25	25.4	506.7	477	558
G29	28.6	642.4	608	712
G32	31.8	794.2	770	901

7. 자재선정단계 품질확인시험과 품질관리확인시험

- (1) 구매자는 자재선정단계에서 자재의 요구사항에 대하여 충분히 만족한 자재가 선정되는 것을 보장하기 위하여, 부록 표 7-1의 품질확인시험의 항목들에 대하여 판정기준의 만족여부를 확인하여야 한다. 부록 표 7-1에 명시된 항목들에 대한 공인인증시험결과는 최근 2년 이내에 수행된 것이어야 한다.

- (2) 자재선정 후 납품단계에서 현장에 반입되는 자재에 대하여 구매자 또는 공사감독자가 품질의 만족여부를 확인하기 위한 시험항목과 판정기준은 부록 표 7-2의 품질관리확인 시험항목과 판정기준을 참고하여 결정할 수 있다.
- (3) 자재선정단계 품질확인시험을 위한 부록 표 7-1의 시험은 3개 이상의 서로 다른 로트에서 생산된 8개의 그룹에서 각각 채취된 24개 시편에 대하여 시험하여야 한다.
- (4) 품질관리확인시험을 위한 부록 표 7-2의 시험은 각 로트에서 무작위로 채취한 5개의 시편에 대하여 시험하여야 한다.
- (5) 자재선정 이후 제조공정 또는 구성 재료에 변경은 불가하다. 만일 제공공정 또는 구성 재료에 변경이 있는 경우에는 품질확인시험을 다시 수행하여야 한다.

부록 표 7-1 자재선정단계 품질확인시험 항목과 판정기준

상세	시험결과치 분석*	시험 및 검사 방법	판정기준
측정단면적	평균	KS F ISO 10406-1 (부착강도 시험의 경우 보강근 직경이 25mm 이상일 때 ASTM D 7913 시험기준에 따른 시험도 가능함.)	평균측정단면이 부록 표 6-1에 제시한 측정단면한계의 최소 이상 최대 이하일 것
극한인장력	보장		부록 표 7-3에 제시된 최소보장 인장력 이상
탄성계수	평균		45 GPa 이상
극한변형률	평균		1.1% 이상
부착강도	보장		8.0 MPa 이상
횡방향전단강도	보장		131 MPa 이상
내알칼리저항성능	평균	KS M ISO 62	60도에서 30일간 노출 후 시편의 평균 인장파괴 하중이 비노출 시편의 평균 인장파괴하중의 80% 이상
포화 흡습률	평균		50℃ 용액에서 포화에 이를 때 흡습률이 0.8% 이하일 것
굽힘부의 극한인장력	보장		부록 표 7-3에 제시된 최소보장 인장력의 60% 이상
유리전이온도	평균	KS M ISO 11357-2 / KS M ISO 11359-2	100℃ 이상

* 시험결과치 분석은 판정기준과의 비교를 위한 시험기준값의 도출방법을 의미하며, 보장은 시험치 평균에서 3배의 표준편차를 제외한 값을 의미함.

부록 표 7-2 품질관리확인시험항목과 판정기준

항목	시험결과치 분석	시험 및 검사 방법	판정기준
유리섬유함유량	모든 시편의 시험 결과가 판정기준을 만족시킬 것	KS M ISO 1172	70% 이상
유리전이온도		KS M ISO 11357-2 / KS M ISO 11359-2	부록 표 7-1의 해당항목에 대한 판정기준과 동일함
측정 단면적		KS F ISO 10406-1	
극한인장력, 탄성계수, 극한변형률			
24시간 흡습률		KS M ISO 62	50℃ 용액에서 24시간 노출 후 흡습률이 0.23% 이하일 것

부록 표 7-3 GFRP 보강근 최소보장인장력과 최소 내면 지름

호칭명	최소보장인장력(kN)	최소 내면 지름(mm)
G6	31	38
G10	69	58
G13	108	76
G16	159	96
G19	207	114
G22	279	134
G25	330	152
G29*	388	-
G32*	450	-

* G29 및 G32의 최소내면 지름은 본 부록에서 다루지 않음

8. 물리적 성능

8.1 유리섬유함유량

- (1) 유리섬유함유량은 KS M ISO 1172의 시험규정을 통해 결정되어야 한다. 유리섬유함유량은 종방향 섬유 질량을 종방향 섬유와 수지의 질량 합으로 나눈 값으로 계산한다. 이 계산에서 콘크리트와의 부착성능 확보를 위해 보강근 표면부에 사용된 재료의 질량은 제외한다. 유리섬유함유량은 부록 표 7-2에 제시된 기준을 만족하여야 한다.

8.2 유리전이온도

- (1) 유리전이온도는 KS M ISO 11357-2 또는 KS M ISO 11359-2를 통해 결정되어야 한다. 첫 번째 온도 스캔의 시험 결과를 사용하여 유리 전이 온도를 결정해야 하며, 부록 표 7-1 및 부록 표 7-2에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.

9. 기계적 성능

9.1 극한인장력

- (1) 극한인장력은 KS F ISO 10406-1의 6장의 내용에 따라 시험하여야 한다. 실험으로부터 획득한 보강근의 극한인장력은 부록 표 7-1 및 부록 표 7-2에서 제시하고 있는 판정기준에 만족하여야 한다. 극한인장력은 인장파단 직전의 최대하중을 의미하며, 시험규격인 KS F ISO 10406-1의 6장에 제시된 식 (6)의 최대인장력 F_u 와 같다.

9.2 탄성계수

- (1) 탄성계수는 KS F ISO 10406-1의 6장에 제시된 식 (8)에 따라 결정되어야 한다. 탄성계수는 부록 표 7-1 및 부록 표 7-2에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.

9.3 극한변형률

- (1) 극한변형률은 KS F ISO 10406-1의 6장에 제시된 식 (9)와 같이 최대인장력을 공칭단면적과 인장탄성계수의 곱으로 나누어 계산한다. 극한인장변형률은 부록 표 7-1 및 부록 표 7-2에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.

9.4 횡방향전단강도

- (1) 횡방향 전단강도는 KS F ISO 10406-1의 13장에 제시된 방법에 따라 결정되어야 한다. 횡방향 전단강도는 부록 표 7-1에 제시된 판정기준을 만족하여야 한다.

9.5 부착강도

- (1) 부착강도는 KS F ISO 10406-1의 7장에 제시된 내용에 따라 결정되어야 한다. 25mm 이상의 직경을 갖는 보강근의 경우에는 ASTM D 7913에 따라 결정할 수 있다. 부착강도는 부록 표 7-1에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.
- (2) 다만, 동일한 제조자에 의하여 생산된 다양한 직경의 GFRP 보강근에 대해서는 모든 직경에 대하여 부착강도 시험을 수행할 필요는 없으며, G6, G10, G16, G22에 대한 부착강도 시험만 수행하면 된다.

9.6 굽힘 GFRP 보강근

- (1) GFRP 보강근의 굽힘 작업은 수지가 액체상태일 때 완료되어야 한다. 굽힘 GFRP 보강근의 최소 내면 지름은 공칭직경별로 부록 표 7-3과 같다.
- (2) GFRP 보강근 굽힘부의 극한인장력은 ASTM D 7914의 시험방법에 따라 결정되어야 한다. GFRP 보강근 굽힘부의 극한인장력은 부록 표 7-1에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.
- (3) 굽힘부를 제외한 직선부의 길이가 충분한 경우 직선부를 절단하여 KS F ISO 10406-1의 6장의 내용에 따라 직선부의 인장성능시험을 수행하며, 이 시험으로부터 획득된 극

한인장력 및 인장탄성계수는 부록 표 7-1에 주어진 판정기준에 만족하여야 한다.

- (4) (3)항과 같이 직선부의 길이가 충분하지 않은 경우에는 굽힘부와 동일한 생산로트에서 생산된 직선 보강근에 대하여 시험을 수행하며, 이 시험의 결과는 부록 표 7-1에 주어진 판정기준에 만족하여야 한다.

10. 내구성능

10.1 흡습률

- (1) 흡습률은 KS M ISO 62에 따라 결정되어야 한다. 흡습률은 부록 표 7-1 및 부록 표 7-2에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.

10.2 내알칼리성

- (1) GFRP 보강근의 내알칼리성은 KS F ISO 10406-1의 11장에 제시된 내용에 따라 결정되어야 한다. 알칼리용액에 노출된 GFRP 보강근의 인장파괴하중은 부록 표 7-1에 제시된 판정기준에 만족하여야 한다.
- (2) 동일한 제조자에 의하여 생산된 다양한 직경의 GFRP 보강근에 대해서는 모든 직경에 대하여 이 시험을 수행할 필요는 없으며, G6, G10, G16, G22에 대한 시험만 수행하면 된다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
문도영	경성대학교	이승정	인천대학교
김승훈	한밭대학교	이종한	인하대학교
노화성	전북대학교	장승엽	국립한국교통대학교
박철우	강원대학교	최경규	송실대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
박흥근	서울대학교	정석재	(주)쓰리디엔지니어링
엄태성	단국대학교	조재열	서울대학교
이정윤	성균관대학교	천성철	인천대학교
이재훈	영남대학교	최정욱	(사)한국콘크리트학회

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김상철	한서대학교
김기현	한국건설기술연구원	강재윤	한국건설기술연구원
김나은	한국건설기술연구원	김성수	대진대학교
김민관	한국건설기술연구원	김영진	한국콘크리트학회
김재훈	한국건설기술연구원	김은주	다움구조기술사사무소
김태송	한국건설기술연구원	김지상	서경대학교
김희석	한국건설기술연구원	김창수	서울과학기술대학교
류상훈	한국건설기술연구원	김춘호	중부대학교
안준혁	한국건설기술연구원	노병철	상지대학교
원훈일	한국건설기술연구원	류현희	엔씨에스구조
이상규	한국건설기술연구원	박준범	(주)엘림
이소정	한국건설기술연구원	오홍섭	경상국립대학교
이승재	한국건설기술연구원	윤인석	인덕대학교
이승환	한국건설기술연구원	이지훈	(주)케이씨아이
이용수	한국건설기술연구원	이창홍	(주)포스코이앤씨
이원종	한국건설기술연구원	장봉석	한국수자원공사
주영경	한국건설기술연구원	조창주	동해종합기술공사
최봉혁	한국건설기술연구원	최정욱	한국콘크리트학회
허원호	한국건설기술연구원	황훈희	한국도로협회

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김선백	대우건설	임남기	동명대학교
김성훈	국토안전관리원	임명종	GS건설
이도형	배재대학교	장봉석	한국수자원공사
이용택	국립한밭대학교		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	국토교통부 기술혁신과	배규민	국토교통부 기술혁신과
양성모	국토교통부 기술혁신과		

KDS 14 20 68 : 2024

유리섬유 강화 폴리머 보강근 콘크리트구조 설계기준

2024년 12월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 한국콘크리트학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22 한국과학기술회관 신관 1009호
Tel : 02-568-5985 E-mail : kci@kci.or.kr
<http://www.kci.or.kr>

작성기관 한국콘크리트학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22 한국과학기술회관 신관 1009호
Tel : 02-568-5985 E-mail : kci@kci.or.kr
<http://www.kci.or.kr>

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