

KDS 24 50 05 : 2024

GFRP 보강근용 콘크리트교 설계기준

2024년 01월 23일 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 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 GFRP(Glass Fiber-Reinforced Polymer) 보강근으로 철근을 대체하여 도로교량의 콘크리트 바닥판, 콘크리트 방호울타리 등 휨 지배 구조물에 적용하기 위하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년, 월, 일)
KDS 24 50 05 : 2024	· GFRP 보강근을 휨 지배 구조물에 적용하여 설계를 수행할 때 적용되는 최소한의 원칙과 요구조건을 정하여 제정함	제정 (2024.01.23)

제 정 : 2024년 01월 23일	개 정 : 년 월 일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 :	작성기관 : 한국도로공사

- 국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고기준	1
1.4 용어의 정의	2
1.5 기호의 정의	3
2. 조사 및 계획	6
3. 재료	6
3.1 재료 일반	6
3.2 재료 특성	6
3.3 품질 및 성능시험	8
4. 한계상태 및 설계 일반사항	8
4.1 공통적용사항	8
4.2 사용한계상태	8
4.3 크리프파괴 한계상태	9
4.4 피로한계상태	9
4.5 극한한계상태	10
4.6 극단상황한계상태	10
5. 휨 부재	10
5.1 설계 가정	10
5.2 GFRP 보강근의 공칭 휨 저항	10
5.3 설계 휨 저항	11
5.4 최소 보강근량	11
5.5 사용성	11
6. 전단 설계	13
6.1 전단 설계 일반	13

6.2 전단 저항	14
6.3 GFRP 스테럽의 세부사항	15
6.4 2방향 GFRP 보강근 콘크리트 슬래브의 전단저항	15
7. 수축 및 온도 보강근	15
8. 정착과 이음	16
8.1 정착과 이음 일반	16
9. 보강근 상세	18
9.1 다발 GFRP 보강근	18
9.2 간격 제한	18
9.3 콘크리트 최소 피복두께	18
10. 교량의 콘크리트 바닥판	18
10.1 교량의 콘크리트 바닥판 일반	18
10.2 구조 상세	18
11. 교량의 콘크리트 방호울타리	19

1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 이 기준은 GFRP(Glass Fiber-Reinforced Polymer) 보강근으로 철근을 대체하여 도로교량의 콘크리트 바닥판, 콘크리트 방호울타리 등의 휨 지배 구조물을 설계할 때 요구되는 원칙과 최소한의 요구조건을 규정한다.

1.2 적용범위

- (1) 이 기준은 GFRP 보강근으로 철근을 대체하여 도로교량의 콘크리트 바닥판, 콘크리트 방호울타리 등의 휨 지배 구조물을 설계할 때 적용하는 것으로 한다.
- (2) 이 기준에 규정되어 있지 않은 사항은 1.3.2 참고기준을 따른다.
- (3) (1)항에 제시되지 않은 콘크리트 구조물에 GFRP 보강근을 적용할 경우 조사연구·시험에 의하여 설정된 기준 또는 명확한 이론적 근거에 의해 경제성·품질·내구성 및 구조적 안전성 등을 확인하고 발주자의 승인을 받아 적용하여야 한다.

1.3 참고기준

1.3.1 관련법규

- 도로안전시설 설치 및 관리지침

1.3.2 참고기준

- KCS 24 50 05 GFRP 보강근용 콘크리트교 공사
- KDS 14 20 01 콘크리트구조 설계(강도설계법) 일반사항
- KDS 14 20 30 콘크리트구조 사용성 설계기준
- KDS 14 20 50 콘크리트구조 철근상세 설계기준
- KDS 14 20 52 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준
- KDS 24 10 11 교량설계 일반사항(한계상태설계법)
- KDS 24 12 11 교량설계 하중조합(한계상태설계법)
- KDS 24 14 21 콘크리트교 설계기준(한계상태설계법)
- KS B ISO 3611 제품의 형상 명세(GPS) - 치수 측정장비: 외측 마이크로미터 - 설계 및 계측 특성
- KS B ISO 13385-1 제품의 형상 명세(GPS) - 치수 측정기 - 제1부: 캘리퍼스-설계 및 계측 특성
- KS D 3504 철근 콘크리트용 봉강
- 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 14127 탄소 섬유 강화 복합 재료 - 수지, 섬유, 공극률의 측정

1.4 용어의 정의

- GFRP(Glass Fiber-Reinforced Polymer) 보강근: 콘크리트를 보강하기 위해 콘크리트 속에 배치되는 이형의 봉상으로 된 유리가 함유된 섬유강화폴리머 보강재
- 극한한계상태(ultimate limit state): 설계수명동안 강도, 안정성 등 붕괴 또는 이와 유사한 형태의 구조적인 파괴에 대한 한계상태
- 건조수축(drying shrinkage): 콘크리트는 수분을 흡수하면 팽창하고 건조하면 수축하게 되는데, 이와 같이 콘크리트 공극 내 수분이 건조되어서 콘크리트가 수축하는 현상
- 극단상황한계상태(extreme event limit state): 교량의 설계수명을 초과하는 재현주기를 갖는 지진, 유빙하중, 차량과 선박의 충돌 등 돌발적 상황과 관련한 한계상태
- 묻힘길이(embedment length): 보강근의 뽑힘을 방지하기 위하여 위험단면부터 연장된 보강의 연장길이
- 발주자: 교량에 대한 관할권을 가진 개인 또는 기관
- 배력보강근(distribution reinforcement): 하중을 분산시키거나 균열을 제어할 목적으로 주보강근과 직각 또는 직각과 가까운 방향으로 배치한 보조용 GFRP 보강근
- 사용하중(service load): 하중계수를 적용하지 않은 하중으로 작용하중이라고도 함
- 사용한계상태(serviceability limit state): 구조물(또는 구조 부재)이 균열, 처짐, 진동 등에 대한 사용성능 요구 조건을 더 이상 만족시킬 수 없는 상태
- 수축 · 온도 보강근(shrinkage and temperature reinforcement): 수축 또는 온도변화에 의하여 콘크리트에 발생하는 균열을 방지하기 위한 목적으로 배치되는 GFRP 보강근
- 스티럽(stirrup): 보의 주보강근을 둘러싸고 이에 직각 또는 경사지게 배치한 복부보강근으로서 전단력 및 비틀림모멘트에 저항하도록 배치한 GFRP 보강근
- 콘크리트 압축 지배단면(compression-controlled section): 공칭강도에서 최외단 GFRP 보강근의 순인장변형률이 극한인장변형률 이하인 단면
- 2방향 슬래브(two-way slab): 직교하는 두 방향 휨모멘트를 전달하기 위하여 GFRP 보강근이 배치된 슬래브
- 저항계수(resistance factors): 부재나 재료의 공칭값에 곱하는 통계기반 계수이며, 일차적으로 재료와 치수 및 시공의 변동성과 저항모델의 불확실성을 고려하기 위한 계수
- 전단보강근(shear reinforcement): 전단력에 저항하도록 배치한 GFRP 보강근
- 정착길이(development length): 위험단면에서 보강근의 소요인장강도를 발휘하는 데 필요한 최소 묻힘 길이
- GFRP 보강근 인장지배 단면(tension-controlled section): 공칭강도에서 최외단 GFRP 보강근의 순인장변형률이 극한인장변형률인 단면
- 크리프 파괴(creep rupture): GFRP 보강근이 지속하중 하에서 일정한 지속시간이 지난 후 급작스럽게 파괴되는 현상
- 콘크리트 바닥판: 교량의 지지요소 중 차량 운하중을 지지하거나 분배시키는 판 부재
- 피복 두께(cover thickness): GFRP 보강근 콘크리트 단면에서 최외측의 GFRP 보강근과 콘크리트 부재 표면까지의 최단 거리

- 하중조합(load combination): 구조물 또는 부재에 동시에 작용할 수 있는 각종 하중의 조합
- 한계상태(limit state): 교량 또는 구성요소가 사용성, 안전성, 내구성의 설계규정을 만족하는 최소한의 상태로서, 이 상태를 벗어나면 관련 성능을 만족하지 못하는 한계

1.5 기호의 정의

- a : 등가직사각형 응력블록의 깊이, mm
- A_f : GFRP 보강근 단면적, mm²
- A_{fbar} : GFRP 보강근 한 개의 단면적, mm²
- A_{fmin} : 균열시 취성적인 휨 파괴방지를 위한 최소 GFRP 보강 단면적, mm²
- A_{fv} : 간격 s 내의 GFRP 전단보강근의 전체 단면적, mm²
- $A_{fv,min}$: 간격 s 내의 GFRP 전단보강근의 최소 단면적, mm²
- b : 부재의 압축면의 유효폭, mm
- b_0 : 슬래브와 기초판에서 2방향 전단에 대한 위험단면의 둘레, mm
- b_w : 부재의 복부 폭, mm
- c_b : 균형 상태에서 압축 연단부로부터 중립축까지의 거리, mm
- c_c : 피복 두께, mm
- C : 인장보강근의 중심간 간격의 1/2 또는 보강근 중심에서 가장 가까운 콘크리트 외측까지의 거리, mm
- C_b : 부착 감소계수
- C_E : 다양한 GFRP 보강근 종류 및 노출환경에 따른 환경감소계수
- d : 보의 유효깊이, mm
- d_b : GFRP 보강근의 공칭지름, mm
- d_c : 최대 인장 연단에서 이 연단에 가장 가까이 놓여있는 인장 보강근 중심까지의 콘크리트 피복 두께, mm
- E_c : 콘크리트 탄성계수, MPa
- E_f : GFRP 보강근 탄성계수(최소 5개 이상의 시편에 대해 시험을 한 평균값 ($E_f = E_{f,ave}$)으로 정하며, 최소 45GPa 이상), MPa
- E_s : 철근 탄성계수, MPa
- F_{ub} : 콘크리트에 매립된 GFRP 스티럽 시험체의 파괴 시 최대하중, N
- f_{ck} : 콘크리트 설계기준 압축강도, MPa
- f_f : 압축단 콘크리트 변형률이 극한변형률에 도달할 때 GFRP 보강근의 인장응력, MPa
- f_{fb} : GFRP 보강근 굽힘부 설계인장강도, MPa
- f_{fe} : 직선형 GFRP 보강근의 정착응력, MPa
- f_{fr} : 요구되는 보강근 응력, MPa
- f_{fs} : 사용하중하에서의 GFRP 보강근 응력, MPa
- $f_{fs,sus}$: 지속하중하에서의 GFRP 보강근 응력, MPa

- $f_{fs,f}$: 피로하중하에서의 GFRP 보강근 응력, MPa
- f_{fu} : GFRP 보강근 설계인장강도(환경 감소계수가 적용된 인장강도), MPa
- f_{fu}^* : GFRP 보강근 보장인장강도(제작자가 제공하는 최소 5개 이상의 시편에 대한 인장강도 시험값 중 최소값 또는 KCS 24 50 05 (표 2.1-2)의 값 적용), MPa
- $f_{fu,ave}$: GFRP 보강근 인장 시험편의 평균 인장강도, MPa
- f_{fv} : 전단설계를 위한 GFRP 보강근의 인장강도(설계 인장강도 f_{fu} , GFRP 스테럽의 굽힘부 강도 f_{fb} , 또는 $0.004E_f$ 에 상응하는 응력 중 최소값), MPa
- f_u : 품질 및 성능 인장 특성 시험을 통한 극한인장강도, MPa
- f_{ub} : GFRP 스테럽 휨 응력, MPa
- I_{cr} : 균열 단면의 단면2차모멘트, mm^4
- I_e : 유효단면 2차모멘트, mm^4
- I_g : 보강근을 무시한 콘크리트 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트, mm^4
- k : 압축단으로부터 중립축과 인장보강근 중심과의 거리 비
- l : 부재의 길이, m
- l_a : 받침부에서 그 중심선을 지난 문힘길이 또는 변곡점을 지난 문힘길이. 변곡점의 경우 부재의 유효깊이와 $12d_b$ 중에서 큰 값, mm
- l_{bhf} : 위험단면으로부터 갈고리 위측 단부까지 거리로 나타낸 인장을 받는 표준갈고리의 정착길이(위험단면과 갈고리 시작점 사이의 직선 문힘길이 + 굽힘 내면반지름 + GFRP 보강근 공칭지름), mm
- l_d : 정착길이, mm
- l_e : 보강근 문힘 길이, mm
- l_{thf} : GFRP 보강근 갈고리의 꼬리 길이, mm
- M_a : 처짐을 계산할 때 사용하중조건에 대응하는 부재의 휨모멘트, $N \cdot mm$
- M_{cr} : 외력에 의해 단면에서 휨균열을 일으키는 휨모멘트, $N \cdot mm$
- M_n : 단면의 공칭 휨모멘트, $N \cdot mm$
- M_r : 계수 휨 저항 모멘트, $N \cdot mm$
- $M_{s,sus}$: 지속하중에 의한 모멘트, $N \cdot mm$
- $M_{s,f}$: 피로하중에 의한 모멘트, $N \cdot mm$
- n_f : GFRP 보강근 탄성계수와 콘크리트 탄성계수와의 비
- P : GFRP 보강근 자체 굽힘 인장시험에서 가해지는 파괴시 최대하중, N
- r_b : GFRP 보강근의 내부 굽힘 반지름, mm
- S_b : GFRP 보강근의 굽힘에 의한 감소 인장강도, MPa
- s : 부재축방향 보강근과 평행한 방향의 GFRP 스테럽 간격, mm
- s_{max} : 휨 균열 제어를 위한 최대 허용 중심간 보강근 간격, mm
- u : GFRP 보강근의 표면에 작용하는 평균 부착응력, MPa
- V_c : 콘크리트에 의한 단면의 공칭 전단 저항, N

- V_f : GFRP 스테럽에 의한 단면의 공칭 전단 저항, N
- V_n : 단면의 공칭 전단 저항, N
- V_r : 단면의 계수 전단 저항, N
- V_u : 계수 전단력, N
- y_t : 보강근을 무시한 전체 단면적의 중심축에서 인장측 연단까지 거리, mm
- α : 상단 보강근 위치 보정계수
- α_1 : 등가 직사각형 응력 블록의 평균 응력비
- β : 중립축에서부터 최대 인장 연단까지 거리($h - kd$)와 중립축에서부터 인장 보강근 중심($d - kd$)까지 거리의 비
- β_1 : 등가직사각형 응력블록과 관계된 계수(28 MPa의 콘크리트 압축강도까지는 0.85 사용. 28 MPa를 초과하는 강도의 경우 7 MPa당 0.05를 차감함. 어떠한 경우도 0.65보다 작을 수 없음)
- $\Delta_{(cp+sh)}$: 지속하중 하에서 크리프와 건조수축에 의한 장기 처짐, mm
- $(\Delta_i)_{sus}$: 지속하중에 의한 즉시 처짐, mm
- ϵ_{cu} : 콘크리트의 극한 변형률
- ϵ_{ft} : GFRP 보강근의 극한 인장변형률
- ϵ_{fu} : GFRP 보강근의 설계 파괴변형률
- ϵ_{fu}^* : GFRP 보강근의 보장 파괴변형률
- ϕ : 저항계수
- γ : 처짐을 계산할 때 부재 길이방향의 강성변화를 고려하는 계수
- λ : 경량 콘크리트 계수
- θ : 수정압축장 이론에서 콘크리트 스트럿의 경사각, °
- θ_s : 경사스테럽 또는 나선형 보강근의 경사각, °
- ρ_f : GFRP 보강근의 보강비
- $\rho_{f,ts}$: 온도 및 수축 GFRP 보강근의 보강비
- ρ_{fb} : 균형단면 GFRP 보강근의 보강비
- ξ : 지속하중에 대한 시간경과계수
- w : 콘크리트 부재의 최대 허용균열폭, mm
- X : 굽힘에 의한 스테럽의 강도감소비

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

3.1 재료 일반

- (1) 이 기준이 적용되는 GFRP 보강근은 직선 및 굽힘부 모두 연속섬유와 열경화성 수지를 사용하여 이형의 봉상으로 공장 제작하여야 한다.
- (2) GFRP 보강근의 내화학적 및 내구성을 확보하기 위해 비닐에스터 또는 에폭시 수지만을 사용하여야 한다. 또한, 충전재 또는 첨가제가 사용되는 경우 그 양은 수지 중량의 20%를 넘지 않아야 한다.
- (3) GFRP 보강근에 사용되는 수지의 유리전이온도는 100℃ 이상이어야 한다.
- (4) 유리섬유는 내부식성을 갖는 무봉소 유리섬유(E-CR) 계열을 사용하여야 한다.

3.2 재료 특성

3.2.1 물리적 특성

3.2.1.1 섬유함유량

- (1) 직선 GFRP 보강근의 섬유함유량은 중량비율로 75% 이상이어야 하며, 굽힘이 필요한 보강근은 중량 비율을 최소 70%로 하여야 한다. 어떤 경우에도 밀도는 1,900~2,200 (kg/m³)이어야 한다.
- (2) GFRP 보강근 섬유함유량은 한국산업표준(KS M ISO 1172)에 따라 측정한다.

3.2.1.2 치수

- (1) GFRP 보강근 치수는 한국산업표준(KS)에 규정된 봉강의 공칭 지름, 공칭 단면적을 따르되, 이 기준은 공칭 지름 10mm 이상 32mm 이하에 적용한다.
- (2) GFRP 보강근의 공칭 단면적, 공칭 지름은 한국산업표준(KS F ISO 10406-1)의 규정에 따른다.

3.2.2 역학적 특성

3.2.2.1 인장강도와 탄성계수

- (1) GFRP 보강근은 파단 시까지 선형 탄성 재료로 가정한다.
- (2) GFRP 보강근 제작자는 2개월마다 한국산업표준(KS F ISO 10406-1)에서 제시한 GFRP 보강근 인장 특성 시험을 실시하고, 측정된 인장강도와 탄성계수에 대한 기록을 유지·보관해야 하며, 사용자가 요구할 때 관련 기록을 제시하여야 한다.
- (3) 인장 특성 시험을 통하여 보장인장강도 f_{fu}^* 를 구하되, 최소 5개 이상의 시편에 대해 시험을 하여 최소 인장강도 값을 기준으로 정한다.

- (4) 인장 특성 시험을 통해 구한 GFRP 보강근 탄성계수는 45GPa 이상이어야 한다.
- (5) 필요한 경우 GFRP 보강근의 극한변형률은 선형 탄성 가정을 통해 유도할 수 있다.

3.2.2.2 굽힘강도

- (1) 이 절의 굽힘강도는 시험체 성능규명을 위한 인장강도이다.
- (2) GFRP 보강근 자체 굽힘부의 인장특성은 굽힘 반지름에 의한 감소 인장강도 S_b 를 산출하게 되며, 식 (3.2-1)에 따라 감소된 인장강도를 계산한다.

$$S_b = \frac{P}{2A_{fbar}} \quad (3.2-1)$$

여기서, P 는 시편의 최대하중(N), A_{fbar} 는 GFRP 보강근 시편 1개의 단면적(mm²)이다.

- (3) 콘크리트에 묻힌 GFRP 스테럽의 굽힘부 내면 반지름 및 굽힘부에서 굽힘 길이를 제외한 나머지 구간은 비부착구간으로 설정하여 굽힘부에 대한 성능만을 평가한다. 식 (3.2-2)를 통해 스테럽의 휨 응력 f_{ub} 을 산출하고, 식 (3.2-3)을 적용하여 극한강도와 비교한 강도감소비로 평가한다.

$$f_{ub} = \frac{F_{ub}}{2A_{fbar}} \quad (3.2-2)$$

$$X = \frac{f_{ub}}{f_u} \quad (3.2-3)$$

여기서, F_{ub} 는 콘크리트에 묻힌 GFRP 스테럽 시험체의 파괴시 최대하중(N), A_{fbar} 는 GFRP 보강근 시편 1개의 단면적(mm²), f_u 는 3.3절에 따른 인장 특성 시험을 통한 극한인장강도(MPa), 그리고 X 는 굽힘에 의한 강도감소비이다.

3.2.2.3 부착강도

- (1) GFRP 보강근과 콘크리트와의 인발 부착강도는 KS F ISO 10406-1에 따라 구한다.
- (2) GFRP 보강근은 콘크리트와의 부착성능이 확보되도록 제작하여야 한다. 콘크리트에 사용되는 GFRP 보강근의 인발 부착강도는 10 MPa 이상을 확보하여야 한다.

3.2.2.4 온도팽창계수

- (1) GFRP 보강근의 종방향 온도팽창계수는 6.0~10.0($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 범위이어야 한다.

3.2.3 설계인장강도와 변형률

- (1) 제작자가 제시하는 GFRP 보강근 보장인장강도 등의 재료의 물성은 노출된 환경에서의 장기적 영향을 반영하여 GFRP 보강근의 설계인장강도는 식 (3.2-4)의 환경감소계수를 적용하여야 한다.

$$f_{fu} = C_E f_{fu}^* \quad (3.2-4)$$

여기서, f_{fu} 는 설계인장강도, f_{fu}^* 는 보장인장강도, 그리고 C_E 는 환경감소계수이다.

(2) 설계 파괴변형률은 식 (3.2-5)로 산정한다.

$$\varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon_{fu}^* \quad (3.2-5)$$

여기서, ε_{fu} 는 GFRP 보강근의 설계 파괴변형률, 그리고 ε_{fu}^* 는 GFRP 보강근의 보장과 파괴변형률로서 보장인장강도에 부합되는 변형률이다.

(3) 설계 탄성계수는 3.2.2.1(4) 또는 제작자가 제시하는 값을 적용할 수 있다.

(4) 환경감소계수 C_E 는 콘크리트 구조물의 노출 환경에 따라 표 3.2-1의 값을 표준으로 한다.

표 3.2-1 환경감소계수(C_E)

노출 조건	환경감소계수 C_E
옥내 또는 흙에 접하지 않는 콘크리트	0.8
옥외 또는 흙에 접하는 콘크리트	0.7

(5) GFRP 보강근을 굽힘 가공하는 경우 직선형에 비하여 설계인장강도는 감소하며, 식 (3.2-6)으로 산정한다.

$$f_{fb} = (0.05 \frac{r_b}{d_b} + 0.3) f_{fu} \leq f_{fu} \quad (3.2-6)$$

여기서, f_{fb} 는 GFRP 보강근의 굽힘부 설계인장강도, f_{fu} 는 GFRP 보강근 설계 인장강도, r_b 는 GFRP 보강근 내부 굽힘반지름, 그리고 d_b 는 GFRP 보강근의 공칭지름이다.

3.3 품질 및 성능시험

(1) GFRP 보강근의 품질 및 성능시험은 KCS 24 50 05 (표 2.4-1)에 따른다.

4. 한계상태 및 설계 일반

4.1 공통적용사항

- (1) GFRP 보강근으로 보강된 콘크리트 부재는 공용기간 동안의 모든 단계에서 사용성, 피로, 크리프 파괴, 극한 및 극단상황 한계상태에 대한 요구사항을 만족할 수 있도록 설계되어야 한다.
- (2) GFRP 보강근으로 보강된 콘크리트 교량의 설계에서 사용되는 하중계수 및 조합은 KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 따른다.

4.2 사용한계상태

- (1) 사용한계상태에서의 콘크리트 응력, 균열 및 처짐 검토는 4.2 (2), 5.5.2, 5.5.3을 따른다.

- (2) 콘크리트의 압축응력 제한을 위하여 KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 규정된 사용한계상태 하중조합 I에 대한 콘크리트의 지속 압축응력이 $0.45f_{ck}$ 를 초과하지 않아야 한다. 단, 활하중 계수는 1.0에서 0.2로 감소시키되 발주자의 특별한 요청이 있는 경우 그에 따른다.

4.3 크리프파괴 한계상태

- (1) GFRP 보강 부재의 크리프 파괴를 방지하기 위하여, 반복응력 및 피로조건에 대한 응력수준을 부재의 탄성범위 이내로 제한하여야 하며, 응력은 탄성해석을 통하여 산정할 수 있다.
- (2) 크리프 파괴에 대한 응력제한을 위하여 지속하중하에서의 GFRP 보강근 응력 $f_{fs,sus}$ 는 식 (4.3-1)을 만족해야 한다. 단, KDS 24 12 11 (표 4.1-1)의 사용한계상태 하중조합 I을 따르며 활하중 계수는 1.0에서 0.2로 감소시키되 발주자의 특별한 요청이 있는 경우 그에 따른다.

$$f_{fs,sus} \leq 0.30f_{fu} \quad (4.3-1)$$

여기서,

$$f_{fs,sus} = M_{s,sus} \frac{n_f d (1-k)}{I_{cr}} \quad (4.3-2)$$

이고, n_f 는 GFRP 보강근 탄성계수와 콘크리트 탄성계수와와의 비($=E_f/E_c$), d 는 보의 유효깊이, $M_{s,sus}$ 는 지속하중에 의한 모멘트, 균열 단면의 단면2차모멘트 I_{cr} 과 k 는 식 (4.3-3) 및 (4.3-4)를 사용하여 산정한다.

$$I_{cr} = \frac{bd^3}{3} k^3 + n_f A_f d^2 (1-k)^2 \quad (4.3-3)$$

$$k = \sqrt{2\rho_f n_f + (\rho_f n_f)^2} - \rho_f n_f \quad (4.3-4)$$

여기서, A_f 는 GFRP 보강근 단면적, b 는 부재의 압축면의 유효폭, d 는 유효깊이, k 는 압축단으로부터 중립축과 인장보강근 중심과의 거리 비, 그리고 ρ_f 는 GFRP 보강근의 보강비($=A_f/bd$)이다.

4.4 피로한계상태

- (1) 피로파괴에 대한 응력제한을 위하여 피로하중하에서의 GFRP 보강근 응력 $f_{fs,f}$ 는 식 (4.4-1)을 만족해야 한다. 단, KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 규정된 사용한계상태 하중조합 I의 고정하중과 피로한계상태 하중조합의 계수 활하중으로 산정한다.

$$f_{fs,f} \leq 0.25f_{fu} \quad (4.4-1)$$

여기서,

$$f_{fs,f} = M_{s,f} \frac{n_f d (1-k)}{I_{cr}} \quad (4.4-2)$$

이고, $M_{s,f}$ 는 KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 규정된 사용한계상태 하중조합 I의 고정하중

과 피로한계상태 하중조합의 계수 활하중에 의한 모멘트이다.

4.5 극한한계상태

- (1) 극한한계상태는 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 강도와 안전성을 확보하는 것으로 저항계수는 4.5 (3)을 따른다.
- (2) 압축 및 인장지배 보강 콘크리트 단면의 휨에 대한 저항계수 ϕ 는 식 (4.5-1)을 만족하도록 산정하여야 한다.

$$\phi = \begin{cases} \varepsilon_{ft} = \varepsilon_{fu} & : 0.55 \\ 0.80\varepsilon_{fu} < \varepsilon_{ft} < \varepsilon_{fu} & : 1.55 - \frac{\varepsilon_{ft}}{\varepsilon_{fu}} \\ \varepsilon_{ft} \leq 0.80\varepsilon_{fu} & : 0.75 \end{cases} \quad (4.5-1)$$

여기서, ε_{ft} 는 GFRP 보강근의 극한인장변형률이다.

- (3) 휨 이외의 저항계수는 전단과 비틀림에 대하여 0.75, 콘크리트 지압에 대하여 0.70, 스트럿-타이 모델의 압축에 대하여 0.70, 그리고 스트럿-타이 모델의 인장에 대하여 0.55를 각각 적용한다.

4.6 극단상황한계상태

- (1) 극단상황한계상태 하중조합은 KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 따르며, 저항계수는 4.5 (2) 및 4.5 (3)을 따른다.

5. 휨 부재

5.1 설계 가정

- (1) 콘크리트와 GFRP 보강근의 변형률은 중립축으로부터 떨어진 거리에 선형적으로 비례한다. 즉, 하중재하 이후에도 단면은 하중재하 전의 평면을 유지한다.
- (2) 콘크리트의 최대 압축변형율은 0.003이며 콘크리트의 인장강도는 무시한다.
- (3) GFRP 보강근의 인장은 파괴될 때까지 선형적으로 탄성 거동한다.
- (4) 콘크리트와 GFRP 보강근은 완전하게 부착되어 일체로 거동한다.

5.2 GFRP 보강근의 공칭 휨 저항

- (1) 구조물의 파괴가 GFRP 보강근 파열에 의해 유발된 경우 보강근 응력은 설계인장강도 f_{fu} 이며, 콘크리트의 파쇄로 유발된 경우에는 GFRP 보강근의 유효강도 f_f 는 식 (5.2-1)을 만족해야 한다.

$$f_f = \left(\sqrt{\frac{(E_f \varepsilon_{cu})^2}{4} + \frac{0.85\beta_1 f_{ck}}{\rho_f} E_f \varepsilon_{cu}} - 0.5 E_f \varepsilon_{cu} \right) \leq f_{fu} \quad (5.2-1)$$

여기서, ε_{cu} 는 콘크리트의 극한변형률, β_1 은 등가직사각형 응력블록과 관계된 계수, 그리고, f_{ck} 는 콘크리트 설계기준 압축강도이다.

5.3 설계 휨 저항

- (1) 설계 휨 저항은 공칭 휨모멘트 M_n 에 식 (4.5-1)에서 제시한 저항계수 ϕ 를 곱한 값으로 정의되며, 외력에 의한 저항 모멘트 M_r 은 식 (5.3-1)과 같이 계산한다.

$$M_r = \phi M_n \quad (5.3-1)$$

- (2) 직사각형 단면에 대하여 $\varepsilon_{ft} < \varepsilon_{fu}$ 인 경우 한계상태는 콘크리트의 압축파괴로 유발되며, 공칭 휨 저항은 식 (5.3-2)를 사용하여 계산한다.

$$M_n = A_f f_f \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (5.3-2)$$

$$a = \frac{A_f f_f}{0.85 f_{ck} b} \quad (5.3-3)$$

- (3) $\varepsilon_{ft} = \varepsilon_{fu}$ 인 경우 한계상태는 GFRP 보강근 인장과열로 유발되며, 식 (5.3-4)를 사용하여 공칭 휨 저항을 계산한다.

$$M_n = A_f f_{fu} \left(d - \frac{\beta_1 c_b}{2} \right) \quad (5.3-4)$$

$$c_b = \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{fu}} \right) d \quad (5.3-5)$$

5.4 최소 보강근량

- (1) $\rho_f \leq \rho_{fb}$ 에 대하여 GFRP 보강 휨부재는 식 (5.4-1)에서 제시하는 최소보강량 이상 배근되어야 한다.

$$A_{fmin} = \frac{0.39 \sqrt{f_{ck}}}{f_{fu}} b_w d \geq \frac{2.17}{f_{fu}} b_w d \quad (5.4-1)$$

- (2) 다만 모든 단면에서 해석에 의해 요구되는 GFRP 보강근량보다 1/3 이상 보강근이 더 배치된 경우에는 최소 보강근량 기준을 적용하지 않아도 된다.

5.5 사용성

5.5.1 사용성 검토 일반

- (1) GFRP 보강근의 사용성 검토항목은 균열, 처짐, 그리고 응력 제한이다.
 (2) GFRP 보강근은 철근에 비하여 우수한 내부식성을 가지므로 허용균열폭은 철근에 비하여 더 크게 산정될 수 있다.

5.5.2 균열

- (1) 액체유입으로 인한 구조물의 성능제한 방지와 외관상 수용할 수 없을 정도의 균열폭은 제한되어야 한다.
 (2) 균열에 대한 안전성을 확보하기 위하여 KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 규정된 사용한계 상태 하중조합 I 적용시 허용 균열폭은 0.7mm로 제한한다. 단 발주자가 특별히 지정

하는 경우 허용 균열폭을 변경할 수 있다.

- (3) GFRP로 보강된 콘크리트 보 또는 일방향 슬래브에 대한 사용하중상태에서의 인장면에 가장 가까운 보강근의 최대 배치간격은 식 (5.5-1)을 만족하여야 한다.

$$s_{\max} = 1.15 \frac{C_b E_f w}{f_{fs}} - 2.5 c_c \leq 0.92 \frac{C_b E_f w}{f_{fs}} \quad (5.5-1)$$

- (4) 사용하중상태에서 GFRP 보강근은 식 (5.5-1)의 최대 배치 간격과 함께 식 (5.5-2)의 콘크리트 인장 연단에서 최외측 인장 보강근 중심까지의 콘크리트 피복두께 d_c 를 만족하여야 한다.

$$d_c \leq \frac{C_b E_f w}{2 f_{fs} \beta} \quad (5.5-2)$$

- (5) 식 (5.5-1)과 (5.5-2)에서 C_b 는 부착 감소계수로서, KS F ISO 10406-1에서 제시하는 시험으로 결정하되, 시험 데이터가 없는 경우 0.83을 사용한다. 다만 추가적인 표면처리 등을 통해 부착력이 향상되었다고 실험적으로 검증된 경우 발주자의 승인을 거쳐 그 값을 적용할 수 있다.

5.5.3 처짐

5.5.3.1 처짐 일반

- (1) 일방향 휨부재에 대하여 처짐을 제어하는 방법은 표 5.5-1의 최소두께 규정을 따르거나 5.5.3.3 (1), (2)에 따른 유효단면 2차모멘트와 균열모멘트를 적용하여 처짐을 산정하여야 한다.
- (2) GFRP 보강 콘크리트 부재는 낮은 탄성계수로 인하여 철근콘크리트보다 처짐이 증가할 수 있으므로 직접계산법이 보다 합리적이다.
- (3) 최소두께 규정은 초기 단면 가정을 위하여 적용하며 처짐계산으로 5.5.3.4 (2)를 만족시키는 경우 표 5.5-1의 최소두께를 적용할 필요가 없다.

5.5.3.2 최소두께

- (1) 일방향 슬래브와 보에 대한 최소두께는 표 5.5-1과 같다. 이 기준은 초기 설계단계에서만 고려하며, 개별 구조물별로 처짐 제한은 별도로 검토하여야 한다.

표 5.5-1 GFRP 보강근을 사용한 프리스트레스되지 않은 보와 일방향 슬래브에 권장되는 최소두께

구 분	단순지지	1단 연속	2단 연속	캔틸레버
일방향 슬래브	$l/13$	$l/17$	$l/22$	$l/5.5$
보	$l/10$	$l/12$	$l/16$	$l/4$

5.5.3.3 단기 처짐

- (1) 처짐을 계산할 때 사용하중에 의한 단기처짐은 부재강성에 대한 균열과 GFRP 보강근의 영향을 고려하여 탄성처짐 공식을 사용하여 계산하여야 한다.
- (2) 일방향 GFRP 보강 직사각형 휨부재의 단기처짐은 식 (5.5-3)의 유효단면 2차모멘트 I_e 를 이용하여 산정한다.

$$I_e = \frac{I_{cr}}{1 - \gamma \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^2 \left[1 - \frac{I_{cr}}{I_g} \right]} \leq I_g \quad \text{단, } M_a \geq M_{cr} \quad (5.5-3)$$

$$\gamma = 1.72 - 0.72 \frac{M_{cr}}{M_a} \quad (5.5-4)$$

- (3) 균열모멘트 M_{cr} 의 산정은 식 (5.5-5)와 같다.

$$M_{cr} = \frac{0.63\lambda \sqrt{f_{ck}} I_g}{y_t} \quad (5.5-5)$$

5.5.3.4 장기 처짐

- (1) 엄밀한 해석에 의하지 않는 한, 휨부재의 크리프와 건조수축에 의한 추가 장기처짐은 해당 지속하중에 의한 단기처짐에 다음 계수를 곱하여 구할 수 있다.

$$\Delta_{(cp+sh)} = 0.6\xi(\Delta_i)_{sus} \quad (5.5-6)$$

여기서, $(\Delta_i)_{sus}$ 는 해당 지속하중에 의한 단기처짐, ξ 는 지속하중에 대한 시간경과계수로서 5년 이상 경과 시 2.0, 12개월 경과 시 1.4, 6개월 경과 시 1.2, 3개월 경과 시 1.0을 적용한다.

- (2) 식 (5.5-3)의 I_e 값과 식 (5.5-6)의 장기 처짐효과를 고려하여 계산한 처짐량은 KDS 14 20 30 (4.2 (7)) 및 표 (4.2-2)에 제시된 최대 허용처짐 이하이어야 한다. 단, 발주자가 특별히 지정하는 경우 허용처짐을 변경 할 수 있다.

6. 전단 설계

6.1 전단 설계 일반

- (1) 전단 설계는 KDS 24 12 11 (표 4.1-1)에 명시된 극한 또는 극단상황 한계상태 하중조합에서 수행하여야 한다.
- (2) 구속 부재는 크리프, 건조수축, 및 열 효과에 의한 축방향 인장의 영향을 고려하여야 한다.
- (3) 계수 전단 저항 V_r 은 공칭 전단 저항 V_n 에 4.5 (3)의 저항계수를 곱하여 식 (6.1-1)과 같이 계산한다.

$$V_r = \phi V_n \quad (6.1-1)$$

6.2 전단 저항

6.2.1 전단 설계 일반

- (1) 공칭 전단 저항 V_n 은 식 (6.2-1)을 사용하여 산정한다.

$$V_n = V_c + V_f \quad (6.2-1)$$

여기서, V_c 는 콘크리트에 의한 단면의 공칭 전단 저항, V_f 는 GFRP 스테럽에 의한 단면의 공칭 전단 저항을 의미한다.

- (2) GFRP 보강근 콘크리트 휨부재의 콘크리트에 의한 전단 저항 V_c 는 식 (6.2-2)를 사용하여 산정한다.

$$V_c = \left(\frac{2}{5} \right) \sqrt{f_{ck}} b_w (kd) \quad (6.2-2)$$

여기서, b_w 는 부재의 복부 폭 (mm)이며, d 는 유효깊이, k 는 균열단면을 고려하여 식 (4.3-4)에 따라 산정한다.

- (3) 콘크리트 공칭 전단 저항 V_c 는 식 (6.4-1)의 집중하중을 받는 사각형 또는 원형단면을 갖는 2방향 부재의 편칭 전단 저항값보다 커서는 안된다.
- (4) 부재축에 직각인 GFRP 스테럽에 대한 전단 저항 V_f 는 철근콘크리트와 동일한 방법으로 식 (6.2-3)을 사용하여 계산한다.

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fv} d}{s} \quad (6.2-3)$$

여기서, A_{fv} 는 거리 s 내의 전단보강근의 전체 단면적이며, f_{fv} 는 전단설계를 위한 GFRP 보강근의 인장강도이다.

- (5) 극한상태에서 GFRP 전단보강근의 응력제한은 식 (6.2-4)로부터 산정하며, 이 값은 굽힘부의 인장강도 f_{fb} 이내이어야 한다.

$$f_{fv} = 0.004E_f \leq f_{fb} \quad (6.2-4)$$

- (6) 부재축에 수직인 스테럽을 사용하는 경우 전단보강에 필요한 간격 및 면적은 식 (6.2-5)에 따라 계산한다.

$$\frac{A_{fv}}{s} = \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi f_{fv} d} \quad (6.2-5)$$

- (7) 경사진 GFRP 보강근을 스테럽으로 사용하는 경우 공칭 전단 저항 V_f 는 식 (6.2-6)을 사용하여 계산한다.

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fv} d}{s} (\sin \theta_s + \cos \theta_s) \quad (6.2-6)$$

여기서, θ_s 는 경사스테럽과 부재축의 사이각이며, s 는 부재축방향 보강근과 평행한 방향의 GFRP 스테럽 간격이다.

- (8) 연속 나선 형태의 GFRP 스테럽이 사용되는 경우 공칭 전단 저항은 식 (6.2-7)을 사용하여 계산한다.

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fv} d}{s} \sin \theta \quad (6.2-7)$$

6.2.2 최소 전단보강량

- (1) 바닥판과 확대기초를 제외한 계수전단력 V_u 가 $\phi V_c/2$ 를 초과하는 모든 GFRP 보강근 부재의 경우에는 식 (6.2-8)에 의해 계산된 최소 GFRP 스티럽을 배치하여야 한다.

$$A_{fv, \min} = 0.35 \frac{b_w s}{f_{fv}} \quad (6.2-8)$$

6.3 GFRP 스티럽의 세부사항

- (1) 수직 배치된 GFRP 스티럽의 최대 간격은 $\frac{d}{2}$ 와 600 mm 중에서 작은 값으로 한다.
- (2) GFRP 스티럽의 굽힘부는 전단에 취약하므로 작은 굽힘 반지름은 피해야 하며, 최소 $\frac{r_b}{d_b}$ 값은 3이상이 되도록 하여야 한다.
- (3) GFRP 스티럽의 형상은 U형 및 폐합형 등으로 구성되며, 표준 갈고리 형상에서는 12 d_b 이상의 꼬리 길이를 확보하여야 한다.

6.4 2방향 GFRP 보강근 콘크리트 슬래브의 전단저항

- (1) GFRP 보강근을 사용하는 2방향 콘크리트 슬래브의 펀칭 전단 저항은 식 (6.4-1)에 따라 계산한다.

$$V_c = \left(\frac{4}{5} \right) \sqrt{f_{ck}} b_o (kd) \quad (6.4-1)$$

여기서, b_o 는 슬래브와 기초판에서 2방향 전단에 대한 위험단면의 둘레를 의미하며, 기둥면에서 $\frac{d}{2}$ 떨어진 위치에서 산정하며 기둥의 형상과 같아야 한다. 또한, d 는 유효깊이, k 는 압축단으로부터 중립축과 인장보강근 중심과의 거리비로서 균열단면을 고려하여 식 (4.3-4)에 따라 계산한다.

7. 수축 및 온도 보강근

- (1) 건조수축 및 온도응력 보강을 위한 GFRP 보강근 배치는 식 (7-1)의 보강비 이상으로 한다. 단, 건조수축 및 온도 보강근 보강비 계산은 콘크리트 전체 단면적을 기준으로 한다.

$$\rho_{f,ts} = \max\left(0.0018 \times \frac{414}{f_{fu}} \frac{E_s}{E_f}, 0.0014\right) \leq 0.0036 \quad (7-1)$$

- (2) 건조수축 및 온도에 대한 GFRP 보강근 배치간격은 부재 두께의 3배 이하 또는 300mm 이하로 하여야 한다.

8. 정착과 이음

8.1 정착과 이음 일반

- (1) GFRP 보강근 콘크리트 부재는 각 단면의 GFRP 보강근에 작용하는 인장력 또는 압축력이 단면의 양측에서 발휘될 수 있도록 문힘길이, 갈고리, 단부 확대머리 또는 이들의 조합에 의하여 보강근을 정착하여야 한다.
- (2) 갈고리와 단부 확대머리는 인장 영역에 있는 보강근의 정착에만 사용한다.

8.1.1 직선 GFRP 보강근의 정착

- (1) 직선형 GFRP 보강근의 평균 부착응력 u 는 식 (8.1-1)을 사용하여 계산한다.

$$u = 0.083 \sqrt{f_{ck}} \left(4.0 + 0.3 \frac{C}{d_b} + 100 \frac{d_b}{l_e} \right) \quad (8.1-1)$$

여기서, C 는 보강근 중심으로 부터 콘크리트 덮개까지의 거리와 보강근 중심 간격의 1/2 중 작은 값이다.

- (2) 식 (8.1-1)에서 $\frac{C}{d_b}$ 는 3.5 이하이어야 한다.
- (3) 직선형 GFRP 보강근의 정착응력 f_{fe} 는 식 (8.1-2)를 사용하여 계산한다.

$$f_{fe} = \frac{0.083 \sqrt{f_{ck}}}{\alpha} \left(13.6 \frac{l_e}{d_b} + \frac{C}{d_b} \frac{l_e}{d_b} + 340 \right) \leq f_{fu} \quad (8.1-2)$$

- (4) 식 (8.1-2)에서 상부보강근 위치보정계수 α 의 기본값은 1.0이며, 상부 GFRP 보강근 아래에 300mm를 초과되게 굳지 않은 콘크리트를 친 경우에는 1.5를 사용한다.

8.1.2 직선 인장 GFRP 보강근의 정착길이

- (1) 직선형 GFRP 보강근의 인장 정착길이 l_d 는 식 (8.1-3)으로 계산한 값과 $20d_b$ 중에서 큰 값 이상이어야 한다.

$$l_d = \frac{\alpha \frac{f_{fr}}{0.083 \sqrt{f_{ck}}} - 340}{13.6 + \frac{C}{d_b}} d_b \quad (8.1-3)$$

여기서, 요구되는 보강근의 응력 f_{fr} 은 식 (5.2-1)의 응력 f_f 와 식 (8.1-2)의 응력 f_{fe} 값 중 작은 값, α 는 보강근 위치보정계수, C 는 보강근 중심으로부터 콘크리트 덮개와 보강근 중심 간격의 1/2 중 작은 값이다.

- (2) 식 (8.1-3)은 식 (8.1-4)의 조건을 만족하여야 한다.

$$l_d \leq \frac{\phi M_n}{V_u} + l_a \quad (8.1-4)$$

여기서, l_a 는 받침부에서 그 중심선을 지난 문힘길이 또는 변곡점을 지난 문힘길이를 의미한다. 변곡점의 경우 부재의 유효깊이와 $12d_b$ 중에서 큰 값을 사용한다.

8.1.3 표준갈고리를 갖는 인장 GFRP 보강근의 정착길이

- (1) 단부에 표준갈고리를 갖는 인장 GFRP 보강근의 정착길이 l_{bdf} 는 식 (8.1-5)로 계산한 값과 $12d_b$, 230mm 중에서 큰 값 이상이어야 한다.

$$l_{bdf} = \begin{cases} 165 \frac{d_b}{\sqrt{f_{ck}}} & f_{fu} \leq 520 \text{ MPa} \\ \frac{f_{fu}}{3.1} \frac{d_b}{\sqrt{f_{ck}}} & 520 < f_{fu} < 1,030 \text{ MPa} \\ 330 \frac{d_b}{\sqrt{f_{ck}}} & f_{fu} \geq 1,030 \text{ MPa} \end{cases} \quad (8.1-5)$$

- (2) GFRP 보강근의 굽힘 반지름은 $3d_b$ 이상이어야 한다.
 (3) 표준갈고리 보강근의 연장길이 l_{thf} 는 $12d_b$ 이상이어야 한다.
 (4) 표준갈고리를 갖는 인장 GFRP 보강근의 기본정착길이(l_{bdf})에 보정계수를 적용할 수 있다. 갈고리 평면에 수직방향인 측면 피복두께가 64mm 이상이며, 갈고리 부분의 피복두께가 50mm 이상인 경우 0.7을 곱하여 적용할 수 있다.

8.1.4 휨 보강근의 정착

8.1.4.1 휨 보강근의 정착 일반

- (1) 휨 보강근의 정착에 관한 일반사항은 KDS 14 20 52 (4.4.1)에 따르며, 이때의 보강근 응력 및 정착길이는 이 설계기준에서 산출된 값을 적용한다.

8.1.4.2 정모멘트 보강근의 정착

- (1) 정모멘트 보강근의 정착은 KDS 14 20 52 (4.4.2)에 따른다.

8.1.4.3 부모멘트 보강근의 정착

- (1) 부모멘트 보강근의 정착은 KDS 14 20 52 (4.4.3)에 따른다.

8.1.4.4 GFRP 보강근의 정착길이 보정

- (1) 8.1.2 (1) 및 8.1.3 (1)에서 정의된 GFRP 보강근의 정착길이는 $\left(\frac{\text{소요 } A_f}{\text{배근 } A_f} \right)$ 비율에 따른 보정계수를 적용하여 감소시킬 수 있다. 단, 받침부에서 정모멘트 보강근의 정착, 온도·수축 보강근의 정착, 기타 GFRP 보강근의 설계인장강도 정착이 요구되는 위치에는 보정계수를 적용할 수 없다.

8.1.5 인장 겹침 이음

- (1) 인장 보강근의 겹침 이음 길이는 모든 경우에 대하여 $1.3l_d$ 이상이 되도록 하여야 한다.

8.1.6 확대머리 정착

- (1) GFRP 보강근의 정착을 위해 확대머리를 사용할 수 있으며, 이 경우 발주자의 승인을 받아야 한다.

9. 보강근 상세

9.1 다발 GFRP 보강근

- (1) GFRP 보강근을 적용할 때 겹침이음을 제외하고는 다발 보강근을 사용하여서는 안 된다.

9.2 간격 제한

- (1) GFRP 보강근의 간격은 KDS 14 20 50 (4.2.2 (1), (2), (3), (4), (5))의 규정을 따른다. 또한, 7 (2)의 수축 및 온도 보강근에 대한 규정도 만족하여야 한다.

9.3 콘크리트 최소 피복두께

- (1) GFRP 보강근 콘크리트 피복두께는 모든 노출조건에 대하여 바닥판(지름 32mm 이하의 상·하면 보강근)은 30mm 또는 $1.5d_b$ 이상, 보 및 스테럽은 30mm 이상, 그 외 보강근은 50mm 이상이어야 한다. 단, 발주자가 특별히 지정하는 경우는 그 값을 변경할 수 있다.

10. 교량의 콘크리트 바닥판

10.1 교량의 콘크리트 바닥판 일반

- (1) 이 절의 규정은 GFRP 보강근을 사용한 콘크리트 바닥판의 설계에 적용한다.
- (2) 이 절에서 규정하지 않은 재료, 하중 및 설계방법은 이 기준의 나머지 절에서 다루는 내용을 따른다.
- (3) GFRP 보강근을 사용한 프리캐스트 바닥판에 적용되는 이음구조는 피로내구성을 포함한 구조적 성능이 입증되어야 한다.
- (4) GFRP 보강근을 사용한 콘크리트 바닥판은 검증될 때까지 경험적 설계법을 적용하지 않는다.

10.2 구조 상세

10.2.1 바닥판의 최소두께

- (1) 특별히 요구되지 않는 한, KDS 24 14 21 (4.6.5 (5))를 따른다.

10.2.2 경사진 바닥판

- (1) 특별히 요구되지 않는 한, KDS 24 14 21 (4.6.5 (7))을 따른다.

10.2.3 보강근 사용지름

- (1) 교량 콘크리트 바닥판에 사용하는 GFRP 보강근의 지름은 32mm 이하로 한다.

10.2.4 보강근의 배근 간격

- (1) GFRP 보강근의 최대 배근 간격은 300mm 이하로 하여야 한다.

10.2.5 배력근

- (1) 특별히 요구되지 않는 한, KDS 24 14 21 (4.6.5.3)을 따른다.

11. 교량의 콘크리트 방호울타리

- (1) 이 절의 규정은 GFRP 보강근을 사용한 교량의 콘크리트 방호울타리 설계에 적용한다.
- (2) 이 절에서 규정하지 않은 재료, 하중 및 설계방법은 이 기준의 나머지 절에서 다루는 내용을 따른다.
- (3) 방호울타리 등급 및 시험 요구조건에 관한 사항은 도로안전시설 설치 및 관리지침(제 3편 차량방호 안전시설)을 따른다.
- (4) 교량의 콘크리트 방호울타리는 실물충돌 시험으로 검증하여야 한다. 실물 실험으로 검증된 경우 발주자는 4.5(2), 4.5(3)에서 제시한 저항계수를 상향 적용할 수 있다.
- (5) GFRP 보강근을 적용한 방호울타리 설계는 KCS 24 50 05 (표 2.4-1)의 GFRP 보강근의 굽힘부 성능시험 및 보강근의 품질 시험을 만족하여야 한다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
박건태	한국도로공사	최동준	한국도로공사
박종규	한국도로공사	이상열	국립안동대학교
조남민	한국도로공사	노명현	포스코
이영천	한국도로공사	윤재근	다산기업
강경돈	한국도로공사	이동원	휘테크
배성귀	한국도로공사	이승우	WSP USA
이진만	한국도로공사	이진우	서영엔지니어링
이태현	한국도로공사	김성현	한국오웬스코닝
임동현	한국도로공사	강홍수	엘케이
최광수	한국도로공사	고동균	투에이치

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김량균	(주)장현산업
김기현	한국건설기술연구원	김충언	삼현피에프
김나은	한국건설기술연구원	김호경	서울대학교
김민관	한국건설기술연구원	김희옥	(주)제일엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	박찬희	포스코
김태송	한국건설기술연구원	손윤기	(주)엔비코건설턴트
김희석	한국건설기술연구원	이상희	(주)삼안
류상훈	한국건설기술연구원	조경식	(주)디엠엔지니어링
안준혁	한국건설기술연구원	황훈희	한국도로협회
원훈일	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
고정식	한국토지주택공사	김일배	(주)롯데건설
김회룡	극동엔지니어링	민영욱	우림
이양규	대림대학교	전진구	서경대학교
조현호	한국토지주택공사		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
오수영	도로건설과	신종욱	도로건설과
김로타	도로건설과		



KDS 24 50 05: 2024

GFRP 보강근용 콘크리트교 설계기준

2024년 1월 23일 제정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체

작성기관 한국도로공사

39660 경상북도 김천시 혁신8로 77(울곡동, 한국도로공사)

Tel: 054-811-3153 E-mail: choiks@ex.co.kr

<https://www.ex.co.kr/>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

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