

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 시험결과 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 측정 된 단면적을 공칭단면적이라고 정의하고 있으나, GFRP 보강근의 돌기된 표면형상이 다양하기 때문에 제품마다 동일하지 않음. 따라서 이 기준에서는 이를 “측정단면적”이 라 정의함.
- 공칭단면적(nominal cross-sectional area): 수직방향의 절단면을 원으로 전제하고 산정 한 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 탄소섬 유 등을 묶어 둔 형태의 연속적인 섬유 뭉치를 나타냄.
- 생산로트(production lot): 동일 원료, 동일 공정에서 생산되는 GFRP 보강근의 제품 단 위로서 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 등 을 의미함.
- 품질관리확인시험: 제조자가 제품의 품질이 적정하게 유지, 관리되고 있는지를 확인하 기 위한 시험으로, 최근 2년 이내 공인인증시험기관에 의해 수행된 시험(부록 표 7-2 참고)
- 자재선정단계 품질확인시험: 제조자 또는 납품자가 주관하는 시험으로 자재의 선정단 계에서 구매자의 요구사항에 대한 재료의 적합성을 보장하기 위해 공인인증시험기관 에 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>