



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0040529
(43) 공개일자 2012년04월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E04C 5/07 (2006.01) E04G 23/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0102001
(22) 출원일자 2010년10월19일
심사청구일자 2010년10월19일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
윤영수
서울특별시 강남구 도산대로101길 29, 청담현대3
차아파트 104동 1203호 (청담동)
양준모
서울특별시 동대문구 무학로45길 36, 202호 (용두
동)
신현오
서울특별시 성동구 성수일로3길 3-22 (성수동1가)
(74) 대리인
특허법인남춘

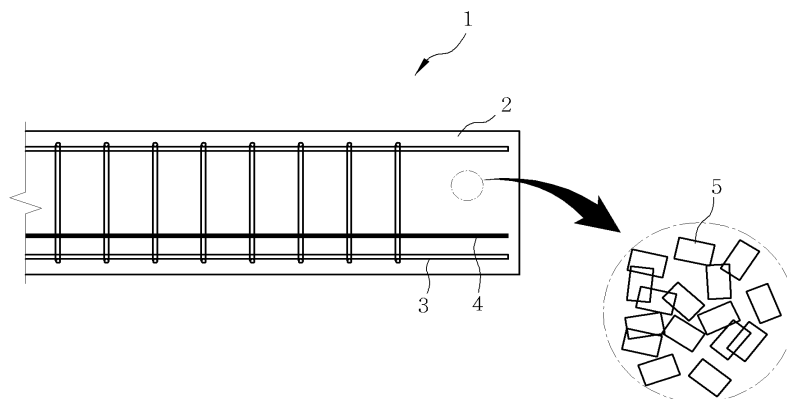
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 F R P 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물

(57) 요약

본 발명은 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물에 관한 것으로서, 슬래브 또는 보 형상으로 이루어지는 콘크리트 구조물 본체와, 상기 콘크리트 구조물 본체의 상부에 배치되는 압축측 철근 및 하부에 배치되는 인장측 철근을 대체하여 배치되는 상기 콘크리트 구조물 본체의 상하부에 배치되는 FRP바와, 상기 콘크리트 구조물 본체의 단면에서 볼 때 하부에 배치되는 상기 FRP바의 상부측에 일정간격 이격되어 배치되는 보강철근과, 상기 콘크리트 구조물 본체에서 응력이 집중되는 부위에서 타설되는 콘크리트에 혼입되는 섬유를 포함하여 구성되어, 콘크리트 구조물을 FRP바로 보강함으로써 내구성이 뛰어나고 경량이며 인장강도가 높은 콘크리트 구조물을 제공할 수 있음과 동시에 FRP바의 내측에 보강철근을 배치함으로써 FRP바를 사용할 때의 문제점인 큰 균열폭과 큰 처짐을 방지하고, 콘크리트 구조물의 취성파괴를 피하고 연성파괴를 위한 제어를 할 수 있고, 또한, 응력이 집중되는 부위에 섬유를 추가적으로 혼입함으로써 증가되고 연화되는 콘크리트의 극한압축변형률로 인해 부재의 극한강도를 향상시켜줄 수 있고, 연성적으로 파괴를 유도할 수 있다.

대표도 - 도3a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 09CCTI-B042278-05-000000

부처명 한국건설교통기술평가원

연구사업명 건설기술연구개발사업

연구과제명 하이브리드 보강기법을 활용한 실용적 고강도 구조용 부재개발

주관기관 한국건설기술연구원

연구기간 2009.08.30 ~ 2010.12.29

특허청구의 범위

청구항 1

콘크리트 구조물에 있어서,

슬래브 또는 보 형상으로 이루어지는 콘크리트 구조물 본체와,

상기 콘크리트 구조물 본체의 상부에 배치되는 압축측 철근 및 하부에 배치되는 인장측 철근을 대체하여 배치되는 상기 콘크리트 구조물 본체의 상하부에 배치되는 FRP바와,

상기 콘크리트 구조물 본체의 단면에서 볼 때 하부에 배치되는 상기 FRP바의 상부측에 일정간격 이격되어 배치되는 보강철근과,

상기 콘크리트 구조물 본체에서 응력이 집중되는 부위에서 타설되는 콘크리트에 혼입되는 섬유를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 섬유는 강섬유 또는 폴리프로필렌계 합성섬유인 것을 특징으로 하는 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 하이브리드 보강 콘크리트 구조물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 FRP 바와 철근을 이용하여 콘크리트 구조물을 보강하고 콘크리트에 섬유를 혼입함으로써 큰 균열폭과 큰 처짐을 방지하고 연성파괴를 위한 제어를 할 수 있는 하이브리드 보강 콘크리트 구조물에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 건설 구조물의 부식 문제가 대두되면서, 기존의 건설 재료들이 가지고 있었던 단점들을 보완할 수 있는 재료로서, FRP가 가장 주목을 많이 받고 있다. 콘크리트나 철이 부식에 상당히 취약한 성질을 지녔던 것에 반해 FRP는 내구성이 뛰어나고, 경량이어서 시공이 편리하며 인장 강도가 높고 변형률이 작기 때문이다. 그래서 기존 구조물에 덧씌워져 보수, 보강하는 목적이나 기존의 철근을 대체하는 목적으로 FRP bar의 형태로써 기존의 건설 재료를 강화하거나 대체하는 목적으로 사용되고 있다.

[0003] FRP bar는 우수한 부식저항성, 고강도를 가지고 있으며 또한 강도/중량비가 매우 커서, 신규 구조물 및 내하력이 저하된 콘크리트 구조물의 보강에 따른 추가적인 중량의 큰 증가 없이 보강 효과를 얻을 수 장점을 가지고 있다.

[0004] 종래에 많은 종류의 FRP bar에 대한 연구가 개발되어 왔는데, 현재 상용화된 FRP bar는 기존에 사용되던 보강철근이 가지고 있는 휨 보강을 위한 인성을 가지고 있지 못하며 재료의 가격이 비싸 사용이 한정적으로 이루어지고 있다.

[0005] 또한, FRP bar의 인장강도는 일반적으로 보강철근과 비교하여 대단히 높으며 프리스트레싱 강봉과 비교하여도 약 2배 정도 높으나 압축강도는 FRP bar가 매우 작은 필라멘트로 구성되어 있기 때문에 보강철근과 비교하여 낮다.

[0006] FRP bar의 인장강도는 섬유의 단면적, 크기 및 혼입률 뿐만 아니라 섬유와 매트릭스와의 부착성능에 따라 영향을 받는다. 예를 들어, FRP bar의 인장강도는 직경이 증가할수록 감소한다. 또한 FRP bar의 직경이 증가할수록

섬유의 혼입량은 증가하고 섬유와 매트릭스와의 부착성능은 감소한다.

[0007] 또한, FRP bar의 탄성계수는 보강철근과 비교하여 작다. 따라서 프리스트레스트 콘크리트의 프리스트레싱 재료로 사용하였을 때 콘크리트의 크리프와 건조수축에 의한 프리스트레싱의 감소가 작다. 이와 같은 특성은 FRP bar의 인장강도가 높기 때문에 프리스트레스트 콘크리트에 프리스트레싱 텐던으로 사용되어 매우 우수한 특성을 발휘할 수 있다는 것을 보여준다.

[0008] 또한, FRP바의 특성으로서, FRP bar와 동일한 보강철근의 중량을 비교하면 FRP bar는 보강철근의 약 1/4정도로서, 중량이 가볍기 때문에 보강철근과 비교하여 설치 및 이동, 저장, 수송이 쉬운 장점을 가지며, 동일한 규격의 보강철근과 비교하여 콘크리트 구조물에 FRP bar를 적용하였을 때 중량을 25%~50% 감소시킬 수 있다. 또한, FRP bar는 인장강도, 탄성계수 및 팽창계수 같은 재료 특성이 온도에 매우 민감하기 때문에 재료의 특성 값을 결정하기 전에 온도를 고려하는 것은 매우 중요하다.

[0009] 그러나, 상술한 FRP바의 우수한 특성에도 불구하고, 종래의 FRP바를 이용하여 보강된 콘크리트 구조물에 있어서는, FRP bar가 인장강도는 크고 탄성계수가 작고, 전단강도는 보강철근과 비교하여 작기 때문에 콘크리트 부재의 변형이 크게 되어 균열이 발생한 후 철근콘크리트와 비교하여 콘크리트 부재의 처짐과 균열의 폭이 증가하게 된다고 하는 문제점이 있었다. 특히, 균열의 폭과 콘크리트의 변형이 증가하게 되면 콘크리트의 역학적 특성에 영향을 미치게 된다.

[0010] 도 1은 철근과 FRP bar의 응력-변형률 관계를 나타내는 도면이다.

[0011] 도 1에 나타낸 바와 같이, FRP bar의 탄성계수는 철근에 비해 매우 작다. 200GPa의 탄성계수를 가지는 철근에 비해 유리섬유 강화 플라스틱 바(Glass Fiber Reinforced Plastic bar, GFRP bar)와 아라미드섬유 강화 플라스틱 바(Aramid Fiber Reinforced Plastic bar, AFRP bar)의 탄성계수는 35 ~ 50GPa이고, 탄소섬유 강화 플라스틱 바(Carbon Fiber Reinforced Plastic bar, CFRP bar)의 탄성계수는 120 ~ 150GPa이다. FRP bar의 이러한 철근보다 작은 탄성계수로 인해 철근과 동일 단면적을 가지는 FRP bar를 사용할 경우, FRP bar는 동일한 인장력 하에서 철근보다 더 큰 인장 변형률을 나타내게 된다. 따라서 FRP bar를 콘크리트의 보강용 재료로 사용할 경우 철근을 사용한 콘크리트 부재보다 더 큰 균열폭 및 더 큰 처짐을 나타내게 된다고 하는 문제점이 있었다.

[0012] 또한, 종래의 FRP바를 이용하여 보강된 콘크리트 구조물에 있어서는, 파괴가 발생하는 최대 응력점까지 응력이 선형적으로 증가하다 급격한 파괴를 발생하는 취성적 성질을 가지고 있다는 문제점이 있었고, 이에 따라, FRP bar를 콘크리트의 보강재료로 사용하였을 때는 보강철근과 달리 파괴되기 전에 소성변형 구간이 없기 때문에 안전성에 영향을 미칠 수 있다는 문제점이 있었다.

[0013] 도 2는 철근과 FRP bar로 각각 보강된 콘크리트 단면에 대한 모멘트-곡률 상관관계를 나타내는 도면이다. 도 2에 나타낸 바와 같이, 철근으로 보강된 콘크리트 보는 철근이 항복한 후에 비선형 소성거동을 보이면서 파괴되기 전에 미리 경고를 나타내면서 연성적으로 파괴되게 된다.

[0014] 반면, FRP bar로 보강된 콘크리트 보의 취성 파괴를 방지하기 위해 콘크리트의 압축파괴가 FRP bar의 파단에 의한 파괴이전에 선행되도록 설계하는 것을 선호하고 있다. 비록 FRP bar의 파단에 의한 파괴보다는 콘크리트의 압괴에 의한 파괴가 조금 덜 취성적인 파괴이지만, 철근의 항복이 선행되고 파괴되는 기존 철근콘크리트 보의 연성파괴보다는 훨씬 더 취성적인 파괴거동이라 할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로서, 본 발명의 목적은 종래의 철근보강 콘크리트 구조물에 있어서 압축철근 및 인장철근측에 철근을 대체하여 FRP바로 보강하여 내구성이 뛰어나고 경량이며 인장강도가 높은 콘크리트 구조물을 제공함과 동시에 FRP바를 사용할 때의 문제점인 큰 균열폭과 큰 처짐을 방지하고, 콘크리트 구조물의 취성파괴를 피하고 연성파괴를 위한 제어를 할 수 있는 하이브리드 보강 콘크리트 구

조물을 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명의 다른 목적은 콘크리트 구조물에 있어서 응력이 집중되는 부위에 섬유를 혼입함으로써 콘크리트 구조물의 극한강도를 향상시키고 연성파괴를 유도할 수 있는 하이브리드 보강 콘크리트 구조물을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 의한 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물은, 슬래브 또는 보 형상으로 이루어지는 콘크리트 구조물 본체와, 상기 콘크리트 구조물 본체의 상부에 배치되는 압축측 철근 및 하부에 배치되는 인장측 철근을 대체하여 배치되는 상기 콘크리트 구조물 본체의 상하부에 배치되는 FRP바와, 상기 콘크리트 구조물 본체의 단면에서 볼 때 하부에 배치되는 상기 FRP바의 상부측에 일정간격 이격되어 배치되는 보강철근과, 상기 콘크리트 구조물 본체에서 응력이 집중되는 부위에서 타설되는 콘크리트에 혼입되는 섬유를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 여기서, 상기 섬유는 강섬유 또는 폴리프로필렌계 합성섬유인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0019] 상술한 구성을 가지는 본 발명에 의한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물에 의하면, 콘크리트 구조물을 FRP바로 보강함으로써 내구성이 뛰어나고 경량이며 인장강도가 높은 콘크리트 구조물을 제공할 수 있음과 동시에 FRP바의 내측에 보강철근을 배치함으로써 FRP바를 사용할 때의 문제점인 큰 균열폭과 큰 처짐을 방지하고, 콘크리트 구조물의 취성파괴를 피하고 연성파괴를 위한 제어를 할 수 있다.

[0020] 또한, 응력이 집중되는 부위에 섬유를 추가적으로 혼입함으로써 증가되고 연화되는 콘크리트의 극한압축변형률로 인해 부재의 극한강도를 향상시켜줄 수 있고, 연성적으로 파괴를 유도할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 철근과 FRP bar의 응력-변형률 관계를 나타내는 도면이다.

도 2는 철근과 FRP bar로 각각 보강된 콘크리트 단면에 대한 모멘트-곡률 상관관계를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명에 의한 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물을 나타내는 도면으로서, 도 3a는 그 측면단면도, 도 3b는 정면단면도이다.

도 4a는 종래기술과 본 발명에 의한 하이브리드 보강 콘크리트 보의 휨 실험한 결과 나타난 하중-처짐 곡선을 나타내는 도면이고, 도면 4b는 강섬유와 합성섬유로 보강된 본 발명에 의한 하이브리드 콘크리트 보를 휨 실험한 결과 나타난 하중-처짐 곡선을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 의한 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물에 대하여 실시예로써 상세하게 설명한다.

[0023] 도 3은 본 발명에 의한 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물을 나타내는 도면이고, 도 4a는 종래기술과 본 발명에 의한 하이브리드 보강 콘크리트 보의 휨 실험한 결과 나타난 하중-처짐 곡선을 나타내는 도면이고, 도면 4b는 강섬유와 합성섬유로 보강된 본 발명에 의한 하이브리드 콘크리트 보를 휨 실험한 결과 나타난 하중-처짐 곡선을 도시한 것이다.

[0024] 도 3a 내지 도 4b에 나타난 바와 같이, 본 발명에 의한 FRP 바와 철근을 이용한 하이브리드 보강 콘크리트 구조물(1)은, 콘크리트 구조물 본체(2)와, FRP바(3)와, 보강철근(4)와, 섬유(5)로 구성된다.

- [0025] 상기 콘크리트 구조물 본체(2)는 슬래브 또는 보 형상으로 이루어지며, 본 실시예에 있어서, 하이브리드 보강 콘크리트 구조물은 보(beam)를 예로 하여 설명하지만, 반드시 이에 한정되지 않고, 슬래브 등의 구조물에도 적용될 수 있음은 물론이다.
- [0026] 상기 콘크리트 구조물 본체(2)의 내부에는 FRP바(3)가 배치된다. 상기 FRP바(3)는 상기 콘크리트 구조물 본체의 상부에 배치되는 압축측 철근 및 하부에 배치되는 인장측 철근을 대체하여 상기 콘크리트 구조물 본체의 상하부에 배치된다.
- [0027] FRP바를 이용하여 콘크리트 구조물을 보강하는 종래기술에 있어서는, 열화된 콘크리트 부재 하부에 홈을 파서 그 홈 내부에 FRP bar를 삽입하고 에폭시 등의 접착제로 그 FRP bar를 고정하여 부분 부착을 통해 열화된 콘크리트 부재의 휨 저항성능을 향상시키는 것이다.
- [0028] 그러나, 본 발명의 상기 FRP바(3)는 FRP bar만을 보강재로 사용한 콘크리트 부재의 큰 처짐, 균열 및 낮은 연성을 극복하기 위한 것으로서, 콘크리트 구조물 본체의 상부에 배치되는 압축측 철근 및 하부에 배치되는 인장측 철근을 대체하여 상기 콘크리트 구조물 본체의 상하부에 배치되는 것으로서, 콘크리트 부재를 제조 또는 시공할 당시에 콘크리트 구조물에 삽입되어 배치되어, FRP bar가 콘크리트 내부에 묻혀 FRP bar와 콘크리트와의 부착력에 의해 일체화되도록 구성한 것이다.
- [0029] 또한, 상기 FRP바(3)의 내측에는 보강철근(4)이 배치된다. 본 실시예에 있어서, 상기 보강철근(4)은 상기 콘크리트 구조물 본체의 단면에서 볼 때 하부에 배치되는 상기 FRP바의 상부측에 일정간격 이격되어 배치된다.
- [0030] 상기 보강철근(4)은, 콘크리트 부재를 제조 또는 시공할 때에 콘크리트 부재의 큰 처짐이나 큰 균열이 예상되는 지점에 상기 FRP바(3)의 내측에 배근된다.
- [0031] 상술한 바와 같이, 상기 FRP바(3)의 내측에 상기 보강철근(4)을 배치함으로써, FRP바를 사용할 때의 문제점인 큰 균열폭과 큰 처짐을 방지하고, 콘크리트 구조물의 취성파괴를 피하고 연성파괴를 위한 제어를 할 수 있다. 또한, 상기 보강철근(4)은 상기 콘크리트 구조물 본체의 하부측에 배치된 상기 FRP바의 내측에 배치되기 때문에, 큰 피복두께를 가지게 되어 부식을 방지하기 용이하도록 구성된다.
- [0032] 상기 보강철근(4)은 상기 콘크리트 구조물 본체의 전체 길이에 대해 배치될 수도 있지만, 응력이 집중되는 부위에만 적용함으로써 FRP bar만으로 부족한 부분을 보완하도록 구성될 수도 있다.
- [0033] 도 4a에 나타난 바와 같이, FRP bar와 함께 보강철근을 보강한 본 발명에 의한 하이브리드 보강 콘크리트 부재(GS)는, 철근으로만 보강된 콘크리트 부재(SS)와 유리섬유강화플라스틱 바(GFRP bar)로만 보강된 콘크리트 부재(GG)보다 증가된 강성을 보여 동일 하중 하에서 훨씬 감소된 처짐량을 나타내는 것을 볼 수 있다. 또한, 균열의 깊이 및 균열의 폭 역시 FRP bar와 철근이 하이브리드 보강된 콘크리트 부재(GS)가 유리섬유강화플라스틱 바로만 보강된 콘크리트 부재(GG)보다 더 작게 나타났고, 연성지수는 2배 정도 더 크게 나타남을 볼 수 있다.
- [0034] 한편, 상기 FRP바(3)와 상기 보강철근(4)을 배치함과 동시에, 상기 콘크리트 구조물 본체(2)에 섬유(5)를 혼입할 수 있다.
- [0035] 상기 섬유(5)는 상기 콘크리트 구조물 본체에서 응력이 집중되는 부위에서 타설되는 콘크리트에 혼입된다. 상기 섬유(5)를 콘크리트 부재에 혼입함으로써, 콘크리트 부재의 인성, 연성, 충격저항성을 향상시킬 수 있고, FRP bar 보강 콘크리트 보의 크고 깊은 균열을 제어해 줄 수 있고, 또한, 콘크리트의 압괴의 지배를 받는 과대 보강 보의 경우 섬유의 혼입을 통해 콘크리트의 압축변형률을 증가 및 연화시켜 주고 부재의 연성 파괴 및 내하력 역시 증가시켜 줄 수 있다.
- [0036] 도 4b에 나타난 바와 같이, FRP bar 보강 보에 섬유를 혼입한 경우, 첫 균열하중은 섬유를 혼입한 부재가 더 높게 나타남을 알 수 있다.
- [0037] 특히, FRP바와 보강철근으로 보강함과 동시에 콘크리트에 강섬유를 혼입하여 보강된 하이브리드 보강 콘크리트 부재(GG-ST)는 유리섬유강화플라스틱 바(GFRP bar)로만 보강된 콘크리트 부재(GG)보다 약 2배 높은 첫 균열하중을 나타내었다.

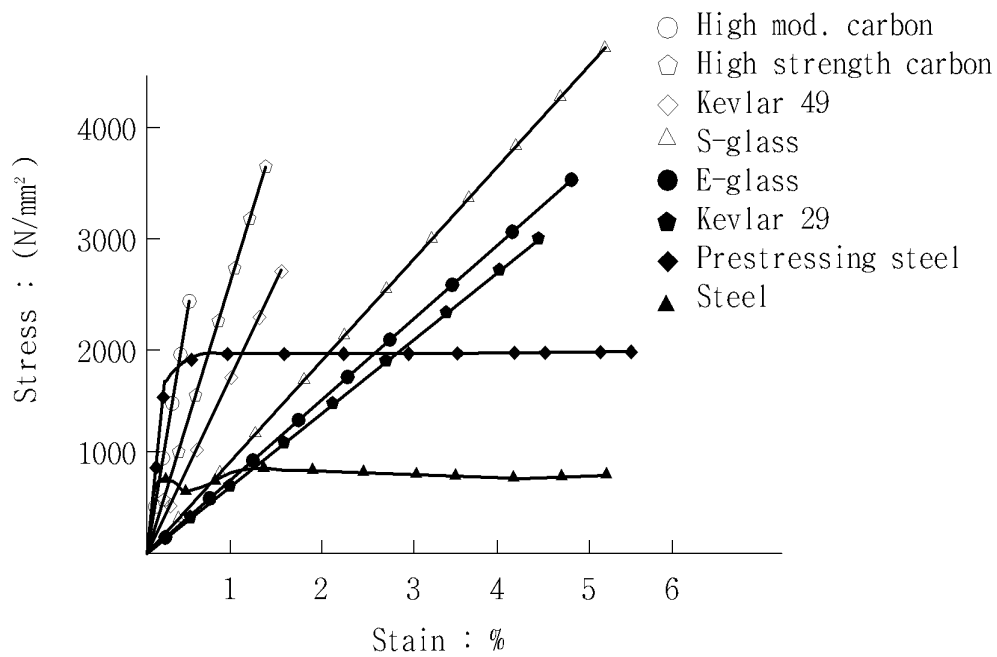
- [0038] 또한, FRP바와 보강철근으로 보강함과 동시에 콘크리트에 합성섬유를 혼입하여 보강된 하이브리드 보강 콘크리트 부재(GG-SN)와 FRP바와 보강철근으로 보강함과 동시에 콘크리트에 강섬유를 혼입하여 보강된 하이브리드 보강 콘크리트 부재(GG-ST)는 섬유 혼입에 의해 증가된 극한압축 변형률로 인해 유리섬유강화플라스틱 바(GFRP bar)로만 보강된 콘크리트 부재(GG)보다 11%, 25% 각각 증가된 극한 하중을 나타내었고, 섬유보강 콘크리트의 연화된 종국과괴이후 거동에 의해 극한하중 이후에 연성 거동을 나타내었고, 연성지수가 각각 70%, 80% 증가하였다.
- [0039] 여기서, 콘크리트에 혼입되는 섬유로는 강섬유의 성능이 가장 뛰어나나, 부식이 우려되는 부재의 경우 폴리프로필렌계 합성섬유를 사용함으로써 부식의 방지에 용이하도록 구성할 수 있다.
- [0040] 섬유가 보강되지 않은 유리섬유강화플라스틱 바(GFRP bar)로만 보강된 콘크리트 부재(GG)의 경우, 첫 휨균열이 발생하자마자 그 균열은 압축부 부근까지 매우 깊게 진전하였다. 반면 강섬유가 혼입된 GG-ST 부재의 경우, 첫 균열 직후 균열 깊이가 매우 낮게 나타났다. 이를 통해 FRP 보강된 콘크리트 보의 빠르고 깊은 균열 진전을 강섬유 보강을 통해 제어할 수 있는 것을 알 수 있다. 균열폭 역시 섬유를 혼입한 GG-ST, GG-SN 부재가 GG 부재보다 더 작게 나타나 FRP bar 보강 보의 큰 균열폭을 섬유의 혼입을 통해 제어할 수 있는 것으로 나타났다.
- [0041] 본 실시예는 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타낸 것에 불과하며, 본 발명의 명세서에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시예는 모두 본 발명의 기술적 사상에 포함되는 것은 자명하다.

부호의 설명

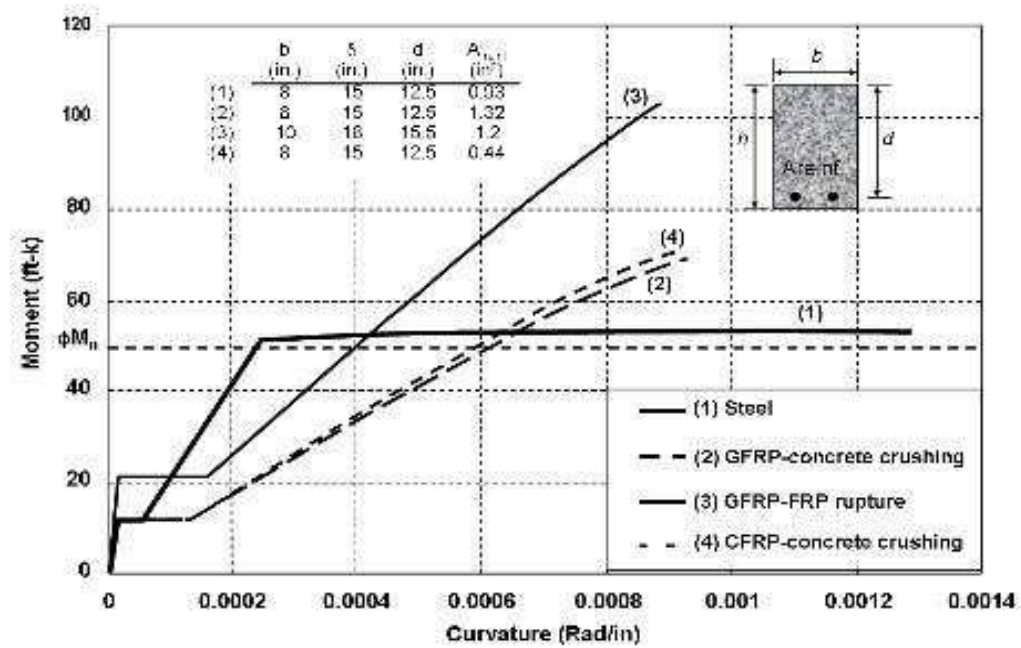
- [0042] 1 : 하이브리드 보강 콘크리트 구조물
 2 : 콘크리트 구조물 본체
 3 : FRP바
 4 : 보강철근
 5 : 섬유

도면

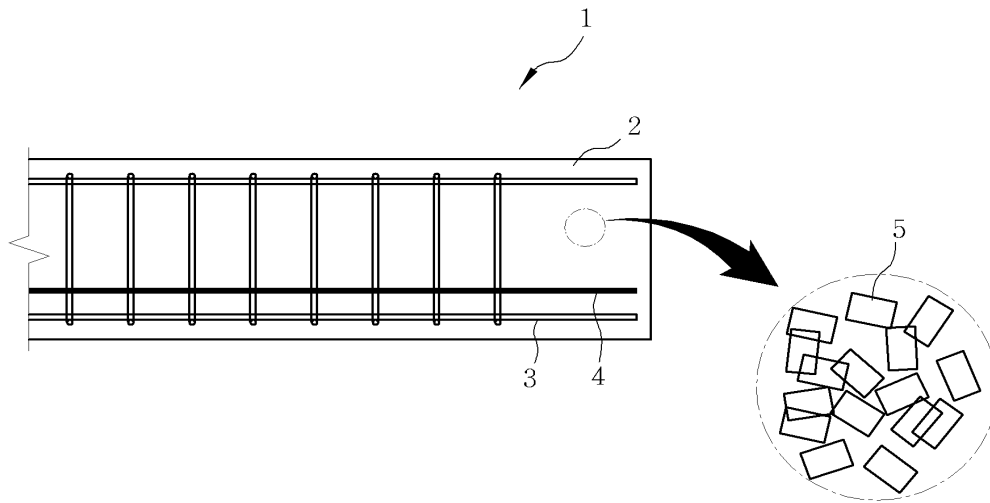
도면1



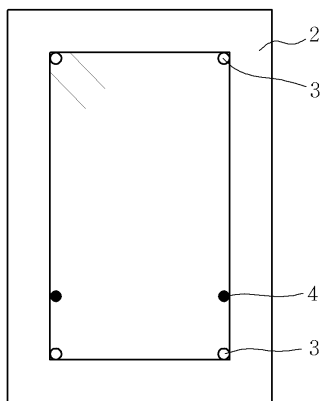
도면2



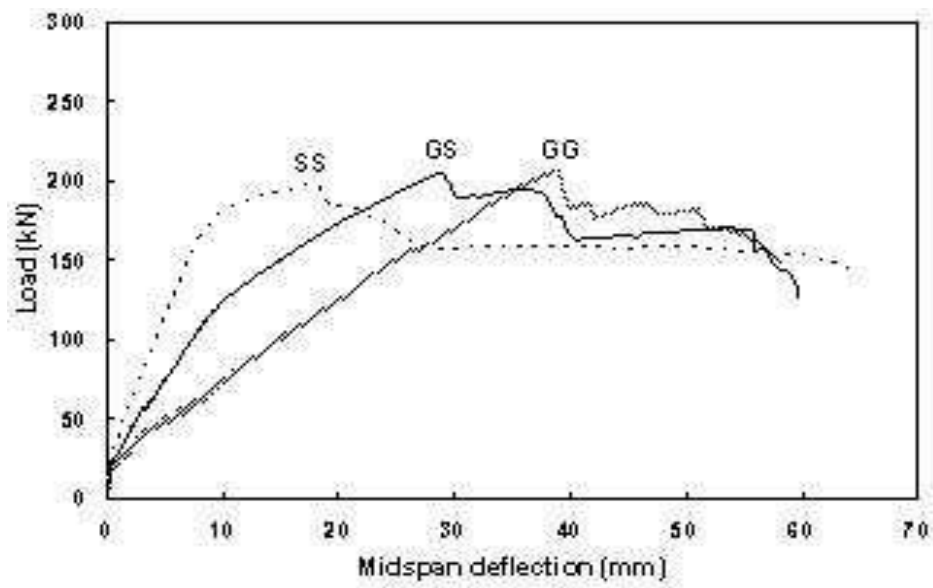
도면3a



도면3b



도면4a



도면4b

