(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0041830
(43) 공개일자 2009년04월29일

(51) Int. Cl.
E04C 5/07 (2006.01) *E04B 5/43* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0107529
(22) 출원일자 2007년10월25일
심사청구일자 2007년10월25일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
윤영수
서울 성북구 안암동5가 고려대학교 자연계캠퍼스 공학관 312호
이주하
서울 성북구 안암동5가 고려대학교 자연계캠퍼스 공학관 338호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김동진, 강경찬, 박경찬

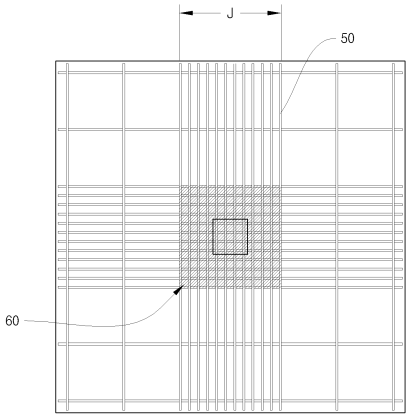
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조

(57) 요 약

본 발명은 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조에 관한 것으로 특히 슬래브-기둥 접합부에 GFRP바를 집중 배근하여 부식에 대한 저항성을 향상시키며, GFRP바의 사용에 의해 펀칭전단 강도가 저하되는 것을 강 섬유 보강 콘크리트에 의해 보강함으로써 펀칭전단 강도가 향상되며 동시에 연성이 증가하고, 균열의 제어가 우수한 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

양준모

서울 성북구 안암동5가 고려대학교 자연계캠퍼스 공학관 338호

민경환

서울 성북구 안암동5가 고려대학교 자연계캠퍼스 공학관 338호

특허청구의 범위

청구항 1

슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조에 있어서,

슬래브 하면에 배근되는 일반철근과;

슬래브 상면에 배근하되, 슬래브와 기둥의 접합부에서 집중배근 되는 GFRP바와;

상기 접합부에 보강되는 섬유보강 콘크리트로 구성됨을 특징으로 하는 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 섬유보강 콘크리트는 강 섬유보강 콘크리트로 구성됨을 특징으로 하는 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 접합부는 슬래브에 있어서 기둥면으로부터 슬래브두께의 1.5배에 해당하는 부분까지에 해당하는 부분으로 GFRP바는 2 ~ 3 %의 철근비로 집중배근 됨을 특징으로 하는 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 GFRP바는 외주연에 모래로 코팅처리 됨을 특징으로 하는 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<16> 본 발명은 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조에 관한 것으로 특히 슬래브-기둥 접합부에 GFRP바를 집중 배근하여 부식에 대한 저항성을 향상시키며, GFRP바의 사용에 의해 펀칭전단 강도가 저하되는 것을 강 섬유보강 콘크리트에 의해 보강함으로써 펀칭전단 강도가 향상되며 동시에 연성이 증가하고, 균열의 제어가 우수한 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조에 관한 것이다.

<17> 일반적으로 철근 콘크리트 구조물의 경우 각 층의 바닥을 형성하면서 일정한 면적을 제공하는 슬래브와 상기 슬래브를 지지하며 구조물의 자중 및 각 층에서 발생하는 사용하중을 기초부로 전달하는 기둥을 포함하여 구성되는 것이 일반적인 형태이다. 이와 같은 철근 콘크리트 구조에서 슬래브와 기둥이 만나는 접합부의 경우 기둥 주변을 따라 슬래브와의 사이에서 전단력이 작용하는 바, 이에 대한 내력이 충분치 못할 경우 전단파괴가 발생할 우려가 있다.

<18> 상기 유형의 전단파괴는 거더나 보를 설치하지 않고 기둥에 의해 슬래브가 직접 지지되는 구조에 있어서 슬래브-기둥 접합부는 기둥 주변에 과도한 응력 집중 현상이 발생하고 이로 인하여 슬래브는 역사다리꼴의 표면을 형성하는 펀칭 전단파괴를 유발하게 된다. 이러한 펀칭 전단파괴는 다른 형태의 파괴양상과 달리 취성적이어서 슬래브-기둥 접합부의 안정성에 치명적이다.

<19> 이러한 구조에서는 슬래브-기둥 접합부를 보강하는 방법으로 기둥 주위에 지판 및 주두를 설치하는 방법이 사용되고 있으나 상기 지판이나 주두를 설치하기 위한 거푸집 제작이 번거로우며 보강성능 측면에서도 그다지 효과적이지 못하다는 문제가 있다.

<20> 이러한 문제점 때문에 도 1에서 보는 바와 같이 스터럽을 이용하는 방법이 제시되고 있는 바, 스터럽에 의한 방법은 슬래브-기둥 접합부를 가로지르는 슬래브 상, 하부의 철근에 접합부 부분에서 스터럽을 감아 전단력을 보강하는 것으로 이는 상기에서 언급한 지판 및 주두를 설치하기 위한 거푸집 설치 등이 필요는 없으나, 피복두께를 적절하게 조절할 수 없는 문제가 있으며, 수중구조물 등 부식에 노출되어 있는 시공여건 하에서 부식에 대한 저항성이 감소하여 결국 구조물의 내하력을 감소시키는 문제가 있다.

<21> 한편, 최근 fiber-reinforced polymer (FRP)의 부식에 대한 높은 저항성으로 인해 콘크리트 구조물의 보강재로서 수요가 급격히 증가하고 있다. 그러나 FRP는 기존의 철근과 물리적, 역학적으로 차이가 있어 FRP 보강재의 사용은 여전히 도전적인 분야로 남아 있다. 사실 일본(JSCE 1997), 캐나다(CSA 2002) 그리고 미국 (ACI 2006) 등과 같은 소수의 몇몇 나라만이 FRP를 이용한 콘크리트 구조물의 설계와 시공에 대한 기준이 마련되어 있으나, FRP의 실용적 활용에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다. FRP로 보강된 콘크리트 휨부재에 대한 연구는 광범위하게 진행된 반면 FRP로 보강된 2방향 슬래브의 펀칭 전단에 대한 연구는 상대적으로 매우 저조하다.

<22> 또한, 슬래브-기둥 접합부에 부식에 대한 저항성을 향상시키고자 FRP바를 사용하는 경우에 FRP바는 상대적으로 일반 철근에 비해 강도가 떨어지는 점을 보완할 수 있는 어떠한 대책도 제시되고 있지 않다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<23> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 슬래브-기둥 접합부에 GFRP바를 집중 배근하여 부식에 대한 저항성을 향상시키며, GFRP바의 사용에 의해 펀칭전단 강도가 저하되는 것을 강 섬유보강 콘크리트에 의해 보강함으로써 펀칭전단 강도가 향상되며 동시에 연성이 증가하고, 균열의 제어가 우수한 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조를 제시하고자 한다.

발명의 구성 및 작용

<24> 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조는 슬래브-기둥 접합부에 펀칭전단에 대한 보강구조에 있어서, 슬래브 하면에 배근되는 일반철근과; 슬래브 상면에 배근하되, 접합부에서 집중배근 되는 GFRP바와; 상기 접합부에 보강되는 섬유보강 콘크리트로 구성됨을 특징으로 한다.

<25> 상기 섬유보강 콘크리트는 강 섬유보강 콘크리트로 구성됨을 특징으로 한다.

<26> 상기 접합부는 기둥면으로부터 슬래브두께의 1.5배에 해당하는 부분으로 GFRP바는 2 ~ 3 %의 철근비로 집중배근됨을 특징으로 한다.

<27> 상기 GFRP바는 외주연에 모래로 코팅처리 됨을 특징으로 한다.

<28> 이하 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명한다.

<29> 도 2는 본 발명에 있어 슬래브 상면을 나타내는 평면도이고, 도 3은 본 발명에 있어 슬래브 하면을 나타내는 평면도이고, 도 4는 본 발명의 측단면도를 나타낸다.

<30> 본 발명의 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조는 통상의 슬래브-기둥 구조물에서 즉 상부 기둥(10), 슬래브(20), 및 하부기둥(30)에 있어서, 슬래브(20) 하면에는 일반철근(40)으로 배근하되, 펀칭전단의 발생에 의해 접합부(J)에 균열이 발생함에 따라 이러한 균열을 통해 수분이 흡수되고, 이러한 흡수된 수분에 의한 부식을 방지하기 위해 슬래브(20) 상면에는 GFRP바(50)를 배근하면서 동시에 접합부(J) 부분에는 GFRP바(50)를 집중배근하고, 이러한 GFRP바(50)의 배근에 따른 강성저하를 강 섬유 보강 콘크리트(60)에 의해 보강하는 구조이다.

<31> 상기 GFRP바(50)에 대해 설명하면 섬유보강 플라스틱(이하, "FRP"라 칭한다.) 타 명칭으로 섬유보강수지·강화플라스틱에 있어서, 그 보강재로는, 유리섬유·탄소섬유 및 케블라라고 하는 방향족 나일론섬유가 사용되고, 상기 유리섬유가 보강된 FRP를 유리섬유 보강 플라스틱(이하, "GFRP"라 칭함.)이라고 한다. 상기 GFRP의 구성재료는 유리섬유, 열경화성수지 및 모래로 구성되는데, 상기 열경화성수지는 불포화 폴리에스테르수지, 에폭시수지, 비닐에스테르수지 등을 사용한다. 여기서 불포화 폴리에스테르수지는 내열성, 내식성 등의 성능은 여타 열경화성수지에 비해 중간정도이지만 재료가격은 다른 수지에 비해 경제적이며, 비닐에스테르수지는 내식성이 우수한 것으로 시공여건에 따라 선택적으로 사용할 수 있다.

<32> 특히, 상기 불포화 폴리에스테르수지를 상기 유리섬유로 보강하면 큰 강도와 내충격성을 가지는 재료가 된다. 상기 불포화 폴리에스테르수지 자체는 경질폴리염화비닐과 폴리메틸메타크릴레이트에 비해서 강도는 작지만, 유

리섬유로 보강하면 그 함유량이 증가할수록 강도는 커진다.

<33> 따라서, 상기 GFRP바(50)는 부식에 대한 저항성은 물론 무게비 강성이 일반철근보다 크기 때문에 동일한 무게라면 일반철근보다도 좌굴강도가 훨씬 강하고, 또한 동일한 강도를 얻기 위한 무게가 일반철근보다 감소할 것이다. 그러나, 상기 GFRP바(50)를 일반철근과 동일한 무게를 갖도록 제작한다면 그 직경이 너무 커지므로 집중배근에 따라 콘크리트 타설 면에서 불리함이 있을 수 있어 본 발명에서는 상기 GFRP바(50)를 도 3에서의 일반철근(40)과 동일한 직경을 갖도록 하면서 동일한 직경에서 GFRP바(50)가 일반철근(40)에 비해 강성면에서 불리한 점을 섬유 보강 콘크리트(60)로 보강하는 것이다.

<34> 상기 섬유보강 콘크리트(60)는 강 섬유보강 콘크리트(S.F.R.C)로 구성되는데 강 섬유보강 콘크리트라 함은 두께 0.01~05㎜, 길이20~30㎜의 강섬유를 콘크리트에 분산 혼입하여 만든 콘크리트로서 압축 및 인장강도가 증대될 뿐 아니라 내충격성, 내산, 내알칼리성이 증대되는 특성이 있다.

<35> 여기에 본 발명에서는 접합부(J) 부분 즉 도 2에서 보는 바와 같이 기둥 주변부로 한 변이 기둥 너비(c)에 양방향으로 슬래브(20) 높이(h)의 1.5배에 해당하는 길이를 더한 길이만큼에 해당하는 부분에 GFRP바(50)를 집중배근하면서 그 적정 철근비를 2 ~ 3%로 한정한다.

<36> 상기와 같이 기둥 주변부를 기둥 너비(c)에 양방향으로 슬래브(20) 높이(h)의 1.5배에 해당하는 길이를 한 변으로 하는 사각형의 구간으로 정하는 것은 CSA와 BS Standard에서 이와 관련한 규준을 제안하고 있는데, 그 중 CSA Standard는 기둥면으로부터 슬래브 두께의 1.5배에 해당하는 슬래브 폭 이내에 상부 휨철근의 최소량을 집중 배근 시키도록 규준하고 있는 것과 BS Standard에서는 펀칭 전단 강도 예측 식에 필요한 평균 휨철근비를 기둥면으로부터 슬래브 유효깊이의 1.5배인 곳까지에 대해 산정하는 것을 기초로 정하여 지는 것이다.

<37> 또한, 상기 GFRP바(50)에는 그 외주연에 모래(51)를 코팅하여 콘크리트와의 부착력을 증진시킨다.

<38> 이하에서는 실험 예를 통해 본 발명을 상세히 설명한다.

<39> 1. 시험체 상세

<40> 도 5에 2방향 슬래브 시험체 설치 모습이 나타나있다. 시험체는 두께 150 ㎜ 의 2.3 m 정방형 슬래브와 슬래브 중앙의 상·하부로 길이 300 ㎜의 225 ㎜ 정방형 기둥으로 구성된다. 시험체의 하부 기둥은 강재 블록에 의해 지지되었다. 또한 시험체에 등분포하중을 모사하기 위해 슬래브 외곽 8지점에 집중하중을 적용하였으며, 슬래브의 각 변에 인접한 750 ㎜의 하중 지점 사이로 하중 적용을 위해 슬래브 아래에 강재보(steel distribution beam)가 설치되었다. 그리고 각 강재보와 연결된 4개의 강재봉(steel rod)에 각각 유압잭을 설치한 후, 각 유압잭은 다시 하나의 유압 펌프에 연결되어 제어함으로써 모든 하중 지점에 동일한 하중이 작용하도록 하였다. 단조 하중(monotonic loading)을 천천히 가함과 동시에 하중, 처짐, 변형률을 자동으로 기록하였다. 또한 주요 하중단계마다 균열의 형태와 균열 폭을 기록하였다. 작용 하중은 각 유압잭에 설치되어 있는 로드 셀을 통해 기록되었으며, 슬래브의 처짐은 8개의 하중 지점에 설치된 LVDT (Linear Voltage Differential Transformer)를 통해 측정되었다. 슬래브의 기둥에 대한 상대처짐과 펀칭 전단 파괴의 시작을 모니터하기 위해 슬래브 밑면의 기둥면 가까이에 추가로 4개의 LVDT를 설치하였다. 스트레인 게이지는 슬래브 상부 철근의 변형률을 측정하기 위해 슬래브의 양방향으로 기둥면과 나란한 열을 따라 매설되었다.

<41> 도 6은 슬래브 상부와 하부의 철근 배근 상세를 보여준다. 실험의 주요 변수는 슬래브 보강재료, 기둥 인접부 슬래브에의 집중배근, 그리고 강 섬유보강 콘크리트의 사용이다. 시험체는 보강재료의 종류에 따라 일반철근을 사용한 S series와 GFRP 바를 이용한 GF series 로 나뉜다. 상부철근은 집중 배근되는 형태를 가졌다. 시편 명에서 B (banded)는 집중 배근 되었음을 의미한다. 그리고 시험체에 부여된 숫자는 기둥으로부터 슬래브의 두께의 1.5배인 지점까지의 철근비를 나타낸다. 예를 들어 SB1, GFB1, 및 GFB3은 각각 1%의 철근비로 집중 배근된 일반철근 보강 슬래브, 1%의 철근비로 집중 배근된 GFRP 보강슬래브, 및 3%의 철근비로 집중 배근된 GFRP 보강 슬래브를 의미한다. 또한, GFBF3은 GFB3과 동일한 배근 형태를 가지나 강 섬유보강 콘크리트(SFRC)가 기둥면부터 슬래브 슬래브의 두께의 1.5배인 지점까지 보강 타설되었음을 나타낸다. 휨철근비는 시험체의 휨파괴를 방지하면서 펀칭 전단에 의한 파괴를 유도할 수 있도록 결정되었다. 주목할 점은, 모든 시험체는 유사한 휨강도를 가지도록 설계하여 각 시험체의 펀칭 전단 거동의 객관적인 비교가 가능하도록 하였다. 모든 시험체의 슬래브 하부는 도 6의 d에서 보는 바와 같이 일반 철근을 사용한 동일한 배근 상세를 가진다. 모든 시험체의 슬래브 유효깊이는 110 ㎜ 이다.

<42> SB1,SB2는 각각 GFB1, GFB2와 동일한 배근 상세를 가진다. 그리고 각각에 사용된 슬래브 콘크리트 강도 역시 동

일하다.

<43> 2 재료 특성

<44> 슬래브의 일반강도 콘크리트는 150ㅅ 300 ㎜, 기둥의 고강도 콘크리트는 100ㅅ 200 ㎜ 공시체로 표준압축강도시험이 수행되었으며, 3등분점재하 시험을 통해 휨강도를 구하였다. 표 1에 시편에 사용된 콘크리트의 물성이 나타나있다. 또한 본 실험에서는 GFBF3의 기둥 인접부 슬래브에 타설할 SFRC의 강 섬유혼입률을 체적당 0.5%로 선택하였다. 사용된 강섬유는 30 ㎜ 길이의 갈고리형으로 지름 0.5 ㎜, 최대인장강도 1,200 MPa 이다. SFRC의 특성이 표 1에 정리되어 있다. 표 2는 시험체에 사용된 일반 철근과 GFRP 바의 물성을 정리한 것이다. GFRP 바에 대해서는 도 7에서 보는 바와 같이 부착력 증진을 위해 모래로 표면코팅 처리된 GFRP 바를 사용하였다.

<45> **표 1**

<46>

Specimen	f_{c}'(MPa)	ε_{c}'(με)	f_{t}(MPa)
S series	37.2	2248	3.5
GF series (column)	80.3	2490	8.9
GF series (slab)	36.3	1936	4.4
SFRC	33.8	1620	3.9

<47> **표 2**

<48>

Designation	Area (mm^2)	E_f(GPa)	f_y(MPa)	f_{fu} or f_{fu}^* (MPa)	ε_y(%)
GFRP #5	198	48.2	N/A	683	ε_{fu}=1.58
Steel 10M	100	200	454	676	0.25
Steel 15M	200	200	445	588	0.23

<49> 3. 실험결과

<50> 3.1 하중-처짐 관계

<51> 도 8은 총 전단력과 슬래브의 평균 처짐과의 관계를 나타낸 것이다. 총 하중은 8개의 하중 재하점의 하중과 사하중(약 21 kN)을 더하여 구했다. 처짐량은 8개의 재하 지점에서 측정된 값의 평균치이다. 표 3은 최초 균열 발생시, 보강재의 최초 항복 시 그리고 최대 하중 작용 시의 총 전단력과 처짐량을 정리한 것이다. GFRP 바는 재료의 특성상 항복 구간이 없으므로 허용사용응력 하에서의 GFRP 바의 변형률 0.0045를 항복상태로 간주하여 그 때의 하중과 처짐을 기록하였다.

<52> 또한, 표 3은 모든 시험체의 강성을 정리한 것이다. 하중-처짐 관계 곡선에서 최초 균열점과 최초 항복점을 이은 직선의 기울기가 균열 후 강성 (post cracking stiffness)을 나타낸다. 표 3과 도 8을 통해 알 수 있듯이, 시험체의 강성은 보강근의 탄성계수와 기둥 주변의 철근비에 직접적인 영향을 받는다. 균열이 발생하기 전까지는 모든 슬래브가 동일한 거동을 보이나 균열 발생 이후, GF series는 S series와 비교하여 강성이 현저히 저하된다. 하지만 GFBF3과 GFB3의 하중-처짐 관계 곡선의 기울기를 보면 GFB3의 파괴시까지 거의 동일한 것으로 보아 SFRC의 사용이 강성 증진에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 일반적으로 시험체의 연성(Ductility)은 슬래브 휨철근의 최초 항복시 처짐에 대한 최대 하중에서의 처짐의 비로 정량화 할 수 있다. 즉 표 3에서 보는 바와 같이 실험결과 SFRC는 슬래브의 연성을 상당히 증진시킨다. 기둥 주변 구역에만 제한적으로 SFRC를 타설한 GFBF3의 경우, GFB3에 비해 63% 정도의 부재 연성이 증진되었다. 그러나 그 외의 실험 변수인 기둥주변의 철근비나 보강재의 종류는 시험체의 연성에 뚜렷한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

<53> 도 8에서 볼 수 있듯이, 모든 시험체는 펀칭 전단에 의해 취성적인 파괴가 발생하였다.

<54> 표 3

<55>

Specimen	P_{cr}(kN)	P_y^*(kN)	P_u(kN)	Δ_{cr}(mm)	Δ_y^*(mm)	Δ_u(mm)	Ductility(Δ_u/Δ_y)
SB1	56	203	301	0.75	9.82	16.95	1.73
SB2	58	211	317	0.80	8.93	15.44	1.73
GFB1	81	163	222	0.72	14.16	26.15	1.85
GFB2	101	186	246	1.37	14.37	23.39	1.63
GFB3	87	166	248	1.23	11.74	20.93	1.78
GFBF3	95	169	330	1.36	11.13	32.43	2.91

<56> 모든 시험체가 동일한 휨강도를 가지도록 설계되었음에도 불구하고, GFRP 바를 사용한 경우에는 일반 철근을 사용한 경우보다 낮은 펀칭 전단 강도를 보였다. 이는 GFRP 바의 낮은 탄성계수로 인해 콘크리트의 압축부가 작아짐에 기인한다. 게다가 GFRP의 낮은 탄성계수는 유효 단면 2차 모멘트를 감소시켜 상대적으로 더 큰 처짐량을 발생시킨다.

<57> 특히, 표 3 및 도 8에서 보는 바와 같이 펀칭전단강도 즉 극한강도를 대비하여 보면 GFB1에 비해 더 큰 철근비로 배근된 GFB3와 GFB2가 더 큰 펀칭전단강도를 나타냄을 보여준다. 그러나, GFB3의 경우 GFB2에 비해 더 밀집한 집중 배근(더 큰 철근비)이 되었지만, 두 시편은 유사한 극한 하중을 보임에 주목할 필요가 있다. 즉, 일정 철근비(3%) 이상의 GFRP바의 보강은 슬래브의 펀칭 전단 강도(극한강도) 증진에 비효율적이며, 콘크리트 타설시에도 밀실한 타설에 문제가 있는 바, 3%에서 철근비의 상한선이 제시된다.

<58> 또한, 강섬유의 첨가(GFBF3)는 보강재의 집중배근보다 펀칭 전단 강도 증진에 더욱 효과적인 것으로 확인되었다. GFBF3은 GFB3에 비해 상당히 큰 펀칭 전단 강도를 보였으며 심지어 일반철근으로 집중 배근된 SB2보다도 뛰어난 성능을 보였다. 이는 기존의 일반철근을 대신하여 GFRP 바를 사용할 경우 발생할 수 있는 문제점들에 대하여 SFRC의 사용이 그 해결책이 될 수 있음을 시사한다.

<59> 3.2 균열 및 파괴 양상

<60> 도 9는 최대하중에서의 GF series의 균열양상을 도시한 것이다. 모든 GF series에 대해, 최초 균열은 슬래브 상부 보강근 중 내측의 GFRP 바에 수직한 방향으로 슬래브-기둥 접합부에서 발생하였고 곧이어 이와 유사한 양상으로 외측의 GFRP 바에 수직한 방향으로 균열이 발생하였다. 그 후에 기둥 근처에서 방사형 균열이 발생하여 슬래브 가장자리로 진전되었다. 이와 동시에 기둥 근처에서는 방사 균열을 연결하는 원주형 균열이 발생하였다.

<61> 또한, 도 9에서 보는 바와 같이 GFBF3은 기둥 인접부의 SFRC로 인해 균열폭이 작고 균열이 고르게 분포하는 등 훌륭한 균열제어 효과를 보였다. 이는 콘크리트에 혼입된 강섬유가 하중 증가에 따른 균열의 진전을 억제하고 균열 물림 효과 (bridging of cracks)를 유발하기 때문이다.

<62> 또한, 휨보강근의 변형률에 따르면 정착 파괴는 발생하지 않은 것으로 보인다. 도 10에서 보는 바와 같이, 실험 종료 후 GFRP 바의 표면 상태를 조사해 본 결과, 파괴이후에도 GFRP 바의 표면을 따라 콘크리트가 박리된 현상은 관찰되지 않았다. 즉, 모래로 표면 처리가 된 GFRP 바의 경우 우수한 부착성능을 보이며 정착 파괴 방지에 효과적임을 확인 할 수 있다.

<63> 도 9에서 보는 바와 같이 모든 슬래브는 전형적인 펀칭 파괴 양상을 보였다. 펀칭 파괴시 펀칭 콘(cone)의 윤곽은 도 9에서 굵은 선으로 나타냈다. 모든 시험체가 기둥면의 슬래브 압축부로부터 기둥에서 어느 정도 떨어진 지점의 슬래브 인장부까지 이어지는 경사진 파괴면을 보였다. 전단파괴면은 기둥근처의 휨보강근 집중 배근에 영향을 받았다. 즉 집중 배근될수록 전단파괴면이 기둥에서 더 멀리 떨어진 곳에서 일어나 펀칭각이 작게 나타남에 의해 양호한 전단파괴면을 나타낸다. 그러나, GFB2와 GFB3의 경우는 거의 유사한 펀칭각을 나타냄으로 철근비를 3%이상 집중 배근할 필요가 없는 것으로 판단된다.

<64> 상기 실험 결과를 토대로 보면 GFRP와 일반철근으로 보강된 2방향 슬래브의 실험을 통해 다음과 같은 결과를 도출하였다.

<65> 우선 강섬유의 사용은 펀칭 전단 강도의 증가와 균열 제어에 탁월한 효과를 보인다. 더욱이 보강재의 변화와 집중 배근은 부재의 연성 증진에 뚜렷한 효과를 보이지 못한 반면에 강섬유를 통해서는 연성을 상당히 향상시킬 수 있었다. SFRC의 사용은 기존 철근을 대신하여 GFRP 바를 사용할 경우 발생할 수 있는 문제점을 해결하는데

도움이 될 것으로 판단되며,

<66> GFRP 바의 철근비가 증가할수록 펀칭 전단강도가 증가하는 바, 그 펀칭 전단강도에 있어서도 2 ~ 3%가 거의 동일한 펀칭 전단강도를 나타내는 것을 알 수 있으며, 3 %를 상한 철근비로 제한하는 것이 타당하고, 펀칭 전단파괴면 역시 철근비가 증가할수록 기둥면으로부터 더 먼 곳에서 발생하였으나 철근비 2 ~ 3%에서는 거의 동일한 거리에서 펀칭전단면이 발생함을 알 수 있다.

발명의 효과

<67> 본 발명에 따른 슬래브-기둥 접합부의 펀칭전단에 대한 보강구조는 슬래브 상부로서 접합부에 GFRP바를 집중 배근함으로써 균열에 의한 부식에 대한 저항성을 높이고, GFRP바의 사용에 의한 펀칭 전단강도의 저하를 강 섬유 보강 콘크리트로 보강함에 의해 펀칭전단강도는 물론 균열제어에 장점이 있다.

<68> 또한, 본 발명은 GFRP바를 집중 배근함에 있어 철근비의 상한선을 제시함으로써 취성파괴 방지, 콘크리트의 밀실 시공을 도모할 수 있는 장점이 있다.

<69> 또한, GFRP의 외주연에 모래 코팅을 함으로써 부착파괴를 방지할 수 있는 장점이 있다.

<70> 이상에서 설명한 본 발명의 상세한 설명에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자 또는 해당 기술분야에 통상의 지식을 갖는 자라면 후술될 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 기술영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

<71> 따라서, 본 발명의 기술적 범위는 명세서의 상세한 설명에 기재된 내용으로 한정되는 것이 아니라 특허청구범위에 의해 정하여져야만 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 종래기술을 나타내는 측단면도이고,

<2> 도 2는 본 발명에 있어 슬래브 상면을 나타내는 평면도이고,

<3> 도 3은 본 발명에 있어 슬래브 하면을 나타내는 평면도이고,

<4> 도 4는 본 발명의 측단면도이고,

<5> 도 5는 슬래브 시험체의 설치모습을 나타내고,

<6> 도 6은 각각의 시험체에 배근된 상태를 나타내는 평면도이고,

<7> 도 7은 GFRP바의 사용태양을 나타내고,

<8> 도 8은 본 발명의 실험 예에 대한 결과를 나타내는 그래프이고,

<9> 도 9는 각각의 시험체의 파괴모습을 나타내는 평면도이고,

<10> 도 10은 시험 후에 GFRP바의 표면의 모습이다.

<11> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<12> 10 : 상부 기둥 20 : 슬래브

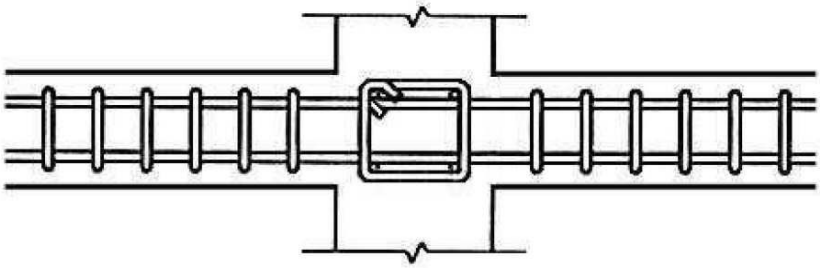
<13> 30 : 하부 기둥 40 : 일반철근

<14> 50 : GFRP바 51 : 모래

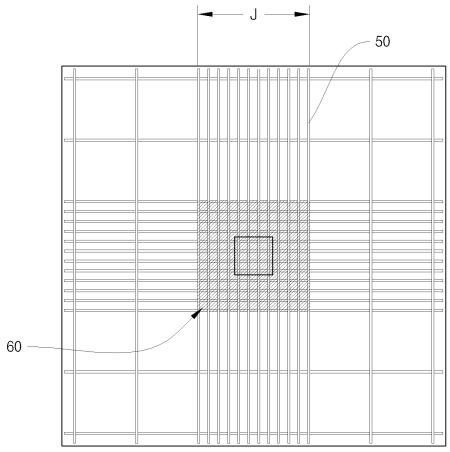
<15> 60 : 강 섬유보강 콘크리트

도면

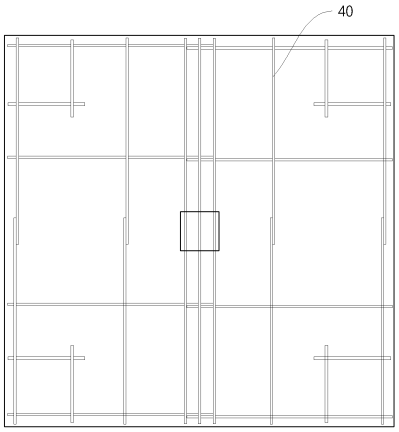
도면1



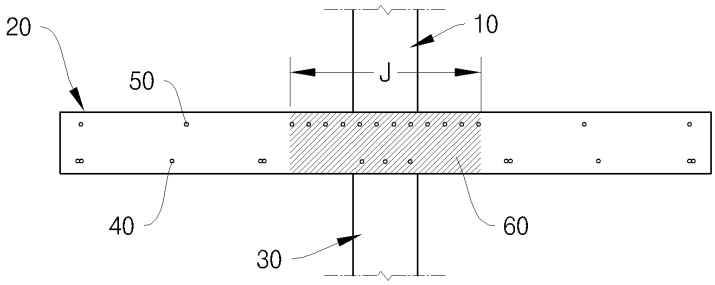
도면2



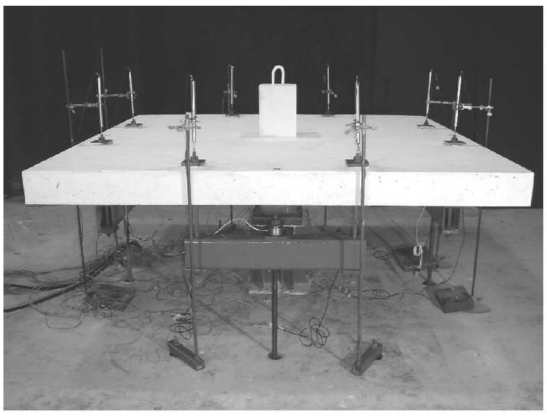
도면3



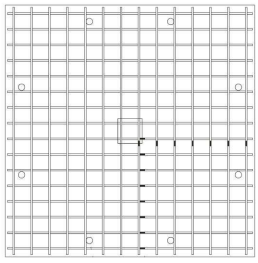
도면4



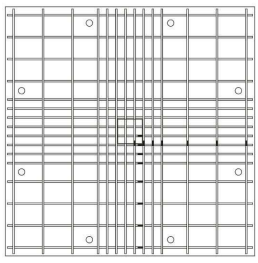
도면5



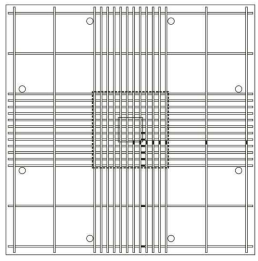
도면6



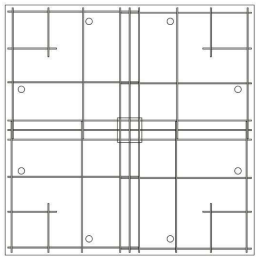
(a) SB1 and GFB1



(b) SB2 and GFB2

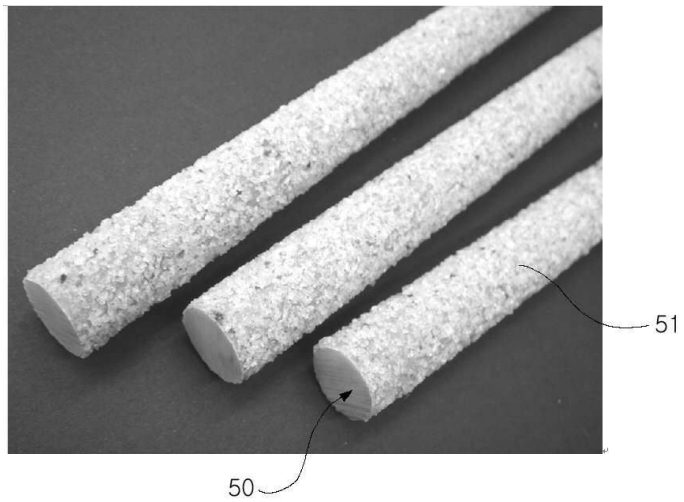


(c) GFB3 and GFBF3

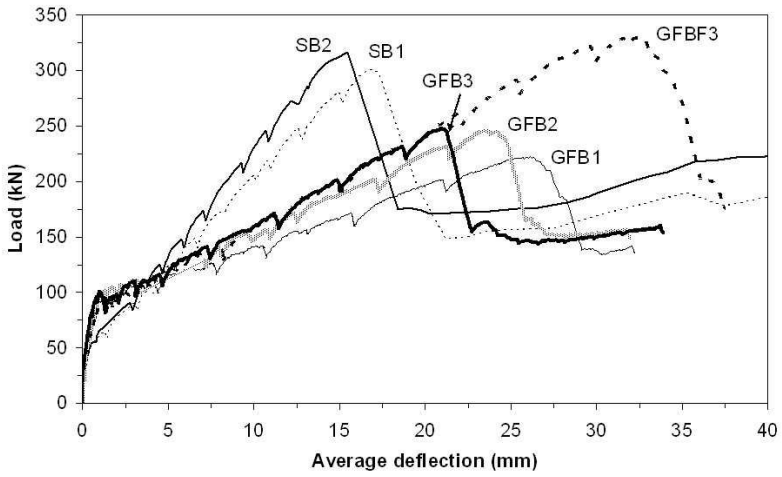


(d) Bottom mat for all specimens

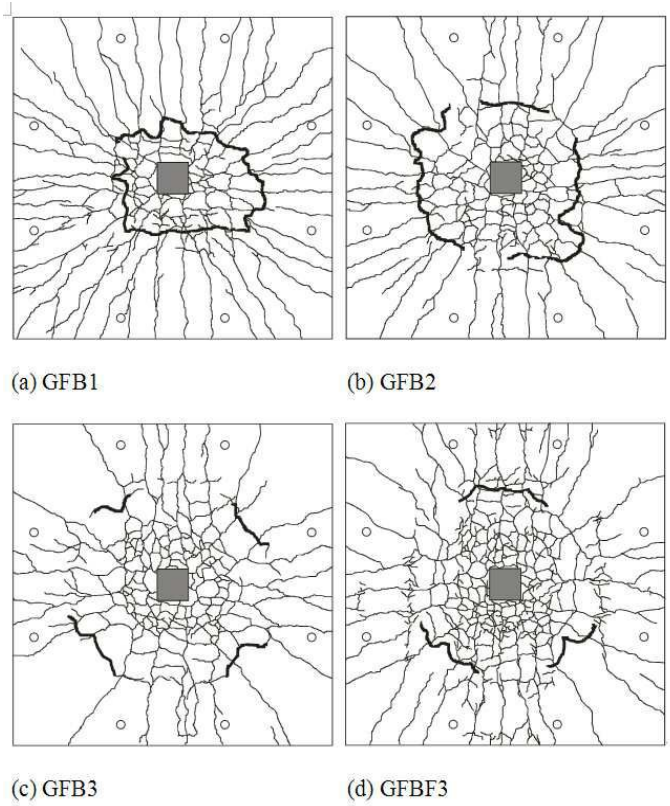
도면7


51
50

도면8


SB2
SB1
GFB3
GFBF3
GFB2
GFB1
Load (kN)
Average deflection (mm)
0
50
100
150
200
250
300
350
0
5
10
15
20
25
30
35
40

도면9



도면10

