절곡형 전단보강근을 사용한 슬래브-기둥 접합부의 이력 거동

Hysteretic Behavior of Slab-Column Joint Using Bended Type Shear Reinforcement

이 현 호* 이 도 범** 이 리 형***

Lee, Hyun-Ho Lee, Do-Bum Lee, Li-Hyung

Abstract

From the development of residential flat plate system, continuously bended shear reinforcement is developed for the prevention of punching shear. To know the punching shear capacity of developed shear reinforcement in slab-column joint, structural test is performed. The testing parameters are shear reinforcement types, such as no reinforcement, bended shear reinforcement, and head stud reinforcement. To verify the lateral capacity, cyclic load is applied under the constant vertical load condition. The results of tests are compared to as global displacement, slab-column joint strength. From the test results, the resisting capacity of developed shear reinforcement system has a good performance in the story drift ratio.

요 지

본 연구에서는 거주형 무량판 구조의 뚫림 전단을 방지하기 위한 연속 절곡된 전단 보강근을 개발하였다. 이를 적용한 슬래브-기둥 접합부에 있어 개발 전단 보강근의 뚫림 전단 성능을 평가하기 위하여, 구조성능 실험을 수행하였다. 실험 변수는 전단보강근이 없는 경우, 개발 전단보강근을 사용한 경우, 헤드 스터드를 사용한 경우이다. 수평하중에 대한 저항성능을 평가하기 위하여 일정축력하에서의 이력 하중 실험을 수행하였다. 실험결과는 전체 변위 및 접합부 강도 등으로 평가되었다. 이러한 결과로부터, 개발된 전단보강근이 층간변위비 거동에 있어 우수한 성능을 보유함을 확인할 수 있었다.

Keywords : Slab-Column Joint, Punching Shear, Bended Shear Reinforcement

핵심 용어 : 슬래브-기둥 접합부, 뚫림 전단, 절곡형 전단 보강근

* 정회원, 동양대학교 건축학부 교수, 공학박사

** 정회원, 대림산업주식회사 기술연구소 부장

*** 정회원, 한양대학교 건축대학 교수, 공학박사

E-mail : hhlee@phenix.dyu.ac.kr 054-630-1165

• 본 논문에 대한 토의를 2006년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 2006년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

미래의 주거환경은 수요자의 다양한 주거평면 요구를 수용함은 물론 리모델링 및 Open Hosuing의 구현이 용이한 골조형 구조형식으로의 전환이 불가피한 실정이다. 이러한 현실을 감안하여 벽식구조의 장점을 최대한 활용하면서 골조와 접목 가능한 무량판(플랫플레이트) 구조시스템의 개발이 시기 적절한 것으로 판단된다. 하지만 무량판 구조 슬래브-기둥 접합부의 취성적인 뚫림전단 파괴는 구조물 전체의 안전성능을 급격히 저하시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는 무량판 구조의 핵심 요소기술인 뚫림전단 성능을 개선하기 위한 전단보강근 개발 및 개발 보강근을 사용한 구조물의 내진안전성 평가를 위하여 제작된 3개의 실물실험체를 대상으로 수평하중 저항 성능 실험을 실시하였다.

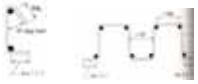
2. 기존 연구 동향

2.1 기존 전단보강근 상세

슬래브-기둥 접합부에 있어 기둥의 위험단면 주위에 작용하는 전단하중이 콘크리트의 전단강도보다 클 경우, 일반적으로 뚫림전단(punching shear)이 발생한다. 접합부에 전단보강근이 없는 경우, 콘크리트 강도, 휨철근, 기둥형상비, 폭두께비 등과 같은 요인들에 의해 전단내력이 결정된다. 그러나 이러한 요소들은 상호 복합적으로 작용하므로 명확한 전단파괴기구를 규명하기는 어려운 실정이며, 일반적으로 설계기준 및 구조세칙 등으로 콘크리트의 보유 전단내력을 평가하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

접합부의 보유 전단내력보다 큰 외력이 작용할 때 전단보강근이 필요하게 되는데, 일반적으로 Table 1과 같은 전단보강근이 개발 및 실용화되고 있다. 가장 먼저 개발된 것은 개방형 스터럽(stirrup) 타입이며, 그후 폐쇄형 스터럽, 헤드 스터드(head stud), 쉬어밴드(shear band) 등의 다양한 형태로 개발되고 있다. 이상과 같이 개발된 전단보강근에 대한 검토 결과, 본 연구에서 개발되는 전단보강근은 다음과 같은 조건들을 만족할 필요가 있는 것으로 판단된다.

Table 1 다양한 전단보강근 상세

명 칭	상 세	비 고
1. Head Stud		DEHA사가 90년 초 개발
2. Shear Band		영국의 Abcot사
3. 스터럽 A		ACI
4. 스터럽 B		다양한 상세
5. Kaiser Truss		우리나라에 제안한 사례 있음
6. NULL System		비경제적임 뒤집어서 시공
7. 기타	스터드 볼트, 탄소섬유 보강, 강섬유 보강 등	매우 다양함

- 우수한 전단 보강 성능
- 용이한 설치성 및 자립성
- 국산화 등이 가능한 제작 용이성
- 기존 지적소유권과의 간섭 배제

2.2 슬래브-기둥 접합부에 관한 연구

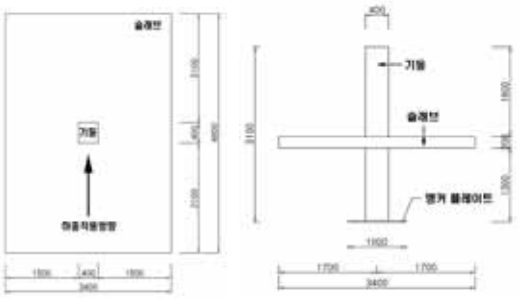
일반적으로 슬래브-기둥 접합부의 전단에 대한 연구[1,2,3,4,5]는 다음과 같은 형태로 이루어 지고 있다.

- 슬래브의 뚫림전단 파괴 선행에 의한 상부 압축(휨) 철근의 거동에 대한 검토 또는 뚫림전단 파괴 대신 슬래브 휨파과 선행을 위한 검토가 많이 이루어짐.
- dome effect 또는 membrane action으로 상기 거동을 설명하고자 함.
- 따라서 슬래브-기둥 접합부의 전단 보강 성능 중심으로 연구가 진행되고 있음.
- 해석적인 연구로 등가골조 모델 및 유효보폭 모델이 개발되고 있음.

3. 구조성능 평가 실험

3.1 실험체 계획

본 실험의 주요 목적은 개발된 절곡 전단보강근의 무량판에 적용에 있어, 수평하중에 대한 슬래브-벽체 접합부의 강도 및 연성능력 평가 및 무량판 구조의 설계지침을 마련하기 위한 기초 자료를 얻고자 하는 것이다. 무량판 구조의 안전도는 슬래브-기둥 접합부에 의해 좌우되며, 강도와 변형 능력의 확보가 주요 연구대상이 되고 있다. 수평하중에 대한 무량판 슬래브-기둥 접합부의 뚫림 전단 성능은 중력하중비 ($V_u/\Phi V_c$), 전단보강방법 등과 밀접한 관계가 있음을 많은 연구결과들이 보고하고 있다. 따라서 본 실험에서는 전단보강근 방법을 주요 변수로 하여 수평하중 저항성능 실험을 실시하였다. 이는 수평하중 작용시 슬래브-기둥 접합부의 전단파괴 또는 슬래브의 휨파괴에 미치는 전단보강근의 역할을 평가하기 위한 것이다. 실험체는 중·고층 중형 아파트의 전형적인 내부접합부를 대상으로 하였으며, 밑면전단력이 큰 저층부를 선택하였다. 실험체는 전단보강근 유무 및 종류에 따라 3개로 제작하였다. 상기 조건에 따른 실험체의 치수는 슬래브 두께 200mm, 기둥 크기 400×400mm, 슬래브판 크기 4.6m×3.4m, 높이 3.1m(상·하 힌지간 중심거리 3.15m)이며, Fig. 1에 그 구성과 상세를 나타내었다. 여기서 기둥은 실험중 파괴되지 않도록 적절히 보강하였다.



(a) 평면 (b) 입면

Fig. 1 실험체 치수

Table 2 실험체 일람표

실험체명	보강형태	c_2+3h 폭내의 철근비 %		주열대 철근비 %		주간대 철근비 %		중력 하중비 $V_u/\Phi V_c$	
		상부	하부	상부	하부	상부	하부	계획	실험
FIS0-10	무보강	0.64	0.32	0.56	0.26	0.30	0.22	0.20	0.52
FIS1-10	절곡 철근	0.64	0.32	0.56	0.26	0.30	0.22	0.20	0.51
FIS2-10	헤드 스터드	0.64	0.32	0.56	0.26	0.30	0.22	0.20	0.58

실험체는 절곡 전단보강근의 보강효과를 규명하기 위해 계획되었으며, 전단보강이 없는 경우(FIS0-10)와 개발된 절곡 전단보강근(시험결과 f_y=588 MPa)으로 보강된 경우(FIS1-10), 그리고 미국 등지에서 가장 효과적인 보강방법으로서 사용되고 있는 헤드 스터드(시험결과 f_y=420 MPa)로 보강된 경우(FIS2-10)로 나누어 3개의 실험체를 제작하였다. 개발된 절곡철근의 상세는 Fig. 2와 같으며, 헤드 스터드의 경우는 국내에서 기성품으로 생산되고 있는 제품을 스트립 철판에 용접하여 사용하였으며, 그 상세를 Fig. 3에 나타내었다. 사용된 스터드 헤드의 지름은 25mm, 두께는 8mm, 봉의 지름은 10mm이며, 철판의 두께는 5mm이다. 또한 헤드 스터드의 헤드 지름에 있어서 현재 국외에서 사용되고 있는 보강형태와 다소 차이가 있을 수 있지만, 국내 기성품을 사용하는 조건 하에서 얼마만큼의 보강효과를 얻을 수 있는지 또한 실험의 주요 관심사가 되었다.

실험체는 KBC 2005의 하중기준과 내진규정[(6)]에 준하여 설계되었으며, 무량판 골조가 전체 수평하중의 25% 이상을 부담하도록 중간모멘트 골조를 가지는 이중 골조로 설계되었다.

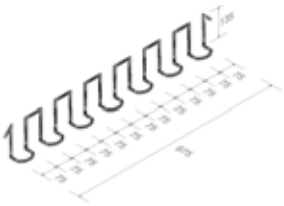


Fig. 2 절곡형 전단보강근

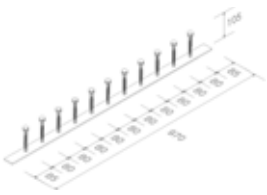
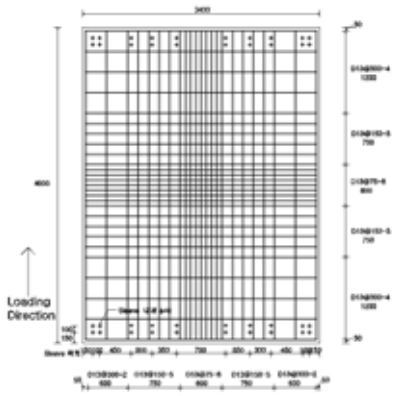
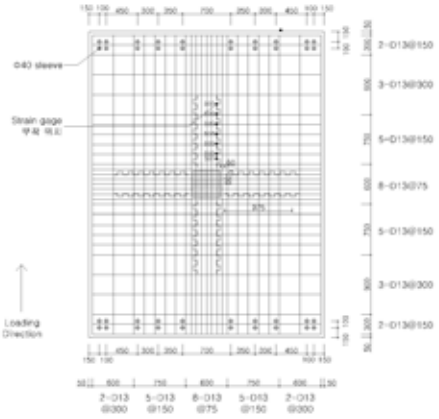


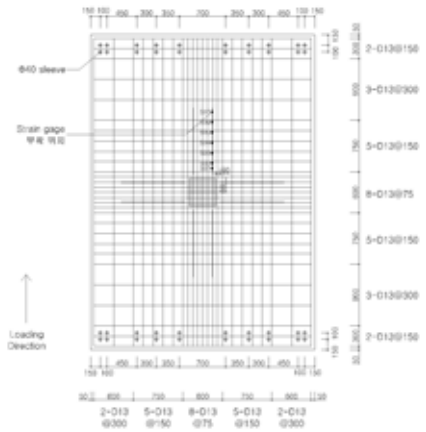
Fig. 3 헤드 스터드



(a) FIS0-10(전단보강근 없음)



(b) FIS1-10(절곡형 전단보강근)



(c) FIS2-10(헤드 스터드 보강)

Fig. 4 실험체 배근 상세

Table 2에 계획된 실험체의 일람표를 나타내었으며, Fig. 4에 각 실험체별 슬래브 상부근 배근 상세를 나타내었다. 또한 슬래브의 설계기준 강도는 21 MPa로 계획하였다.

3.2 실험 및 계측방법

반력 벽에 실험체 지지를 위한 프레임을 설치하고, +자 형태의 실험체를 하부 기둥의 밑면과 슬래브의 하중가력방향 단부에서 회전이 가능하도록 핀 지점으로 지지하여 프레임 내에 설치하였다. 또한 기둥 상부와 엑츄에이터를 체결하여 수평방향의 반복하중 도입이 가능하도록 실험체계를 구성하였다. 특히 하중가력방향의 슬래브 단부에 설치된 핀 지점은 지지봉의 상·하 단부를 핀으로 접합되게 제작하여 실험체의 수평이동을 원활하게 함과 동시에 회전이 자유롭도록 실험조건을 설정하였다. 하중가력시 지점에서 정확한 변곡점을 형성할 수 있도록 지점의 상부에 형강을 설치하여 하중가력방향의 직교방향으로는 단부의 회전이 균일하게 일어나도록 조치하였다. 하중은 실험체 내에 미리 매립해 놓은 기둥 상부의 홀(hole)을 통하여 도입하였으며, 실험체의 하중 도입부와 같은 레벨에서 반력 벽에 엑츄에이터를 수평으로 설치하여 엑츄에이터 유동부와 실험체를 볼트로서 체결하였다. Fig. 5에 실험체 설치상황을 나타내었다.

실험체 설치 후, 슬래브-기둥 접합부에 작용하는 중력하중의 영향을 모사하기 위하여 중력하중비($V_u/\Phi V_c$) 약 0.2에 해당하는 부가질량을 슬래브 상부에 상재하여 실험 준비를 완료하였다. 이 때, 중력하중비는 슬래브 4변의 모서리에 설치된 지지봉의 반력을 고려하여 산정하였다. 중력하중비에 대해서는 후술하겠지만 실험이 진행되는 동안 실제 계측된 값과 계획된 값 사이에 상당한 차이를 나타내었는데, 이는 실험체 설치 시 슬래브 단부에 강봉을 체결하는 과정에서 경계조건을 만족시키지 못하고 중앙부 기둥만이 압축을 받는 상황이 연출되었기 때문이며, 수평하중의 반복으로 인한 하중 부담률의 변화가 이러한 상황에 추가로 작용하였기 때문인 것으로 사료된다. 실험이 진행되는 동안 실제 실험체에 부가된 중력하중비는 Table 2에 제시하였

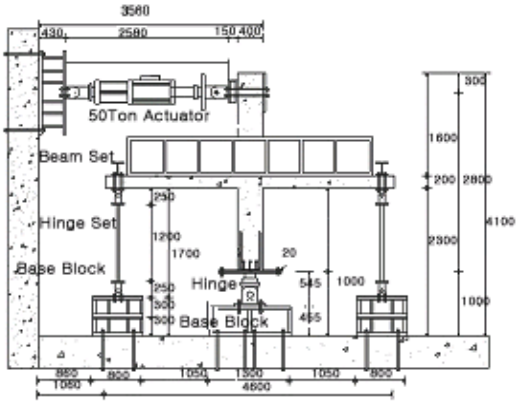


Fig. 5 실험체 가력도

다. 하중 가력은 계획된 층간 변위비로부터 계산된 수평변위를 기둥 상부에 작용시켜 변위제어 방식으로 실험을 진행하였다. 반복되는 수평하중은 동적효과를 배제하기 위하여 0.02Hz로 하였으며, 층간 변위비 0.7%까지는 동일 스텝을 1회씩, 그 이후부터는 동일 스텝을 3회씩 반복하여 가력 하였다.

실험이 진행되는 동안 수평하중의 반복가력과 동시에 기둥 하부에 부착된 로드셀 및 슬래브 단부에 지점으로 설치된 지지봉의 변형도 계측에 의한 반력과 LVDT에 의한 수평변위 및 슬래브의 처짐을 측정하였다. 특히 슬래브 하부에 설치한 LVDT는 가력방향과 직각되게 2열로 설치하였는데 이는 슬래브 유효 폭 내에 발생하는 처짐량 차를 측정하기 위한 것이다. 또한 슬래브 상·하부 주근의 변형도 측정을 위하여 가력방향과 직각되게 2열로 스트레인게이지를 부착하였으며, 전단보강근의 변형도는 가력방향과 평행한 방향으로 스트레인 게이지를 부착하여 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

대상 실험체에 대한 실험결과로서 항복하중과 최대하중, 항복변위와 최대변위 그리고 파괴 시 층간변위비를 정리하여 Table 3에 나타내었으며, Fig. 6에 하중-변위곡선을 나타내었다. 이에 의하면 개발 절곡 전단보강근의 강도 및 변형능력이 우수함을 확인할 수 있었으며, 상세한 평가는 이하에 기술하였다. 또한 균열상황을 나타낸 Fig. 7에서는 전체적인 파괴형태가 전단파괴보다는 휨 파괴가 지배적이었음을 확인 할 수 있었다. 후술될 절에서는 이 실험결과들을 토대로 개발된 절곡 전단보강근에 따른 영향이 상세하게 분석될 것이다.

Table 3 실험결과 일람표

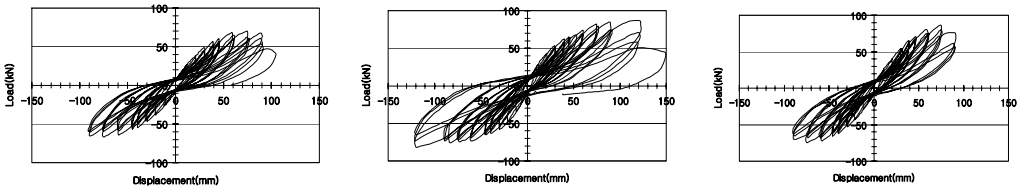
실험체명	싸이클	항복하중 kN	항복변위 mm (%)	최대하중 kN	최대변위 mm (%)	작용 모멘트 kN·m)	층간변위비 (%)
FIS0-10	(+)	52.6	33.8 (1.21)	70.1	74.9 (2.54)	220.8	3.54
	(-)	49.7	34.6 (1.17)	66.2	76.0 (2.58)	208.5	
FIS1-10	(+)	65.3	51.8 (1.76)	87.1	116.5 (3.95)	274.4	4.08
	(-)	61.0	43.0 (1.46)	81.3	120.3 (4.08)	256.1	
FIS2-10	(+)	64.8	38.2 (1.29)	86.4	74.8 (2.54)	272.2	3.04
	(-)	55.9	34.0 (1.15)	74.5	75.0 (2.54)	234.7	

4.1 균열 및 파괴 양상

실험체별 균열패턴은 실험체 파괴 메커니즘의 중요한 실마리를 제공한다. Fig. 7에서도 알 수 있는 바와 같이 모든 실험체는 휨-전단파괴 되었으며, 균열의 양과 분산도의 차이를 제외하고는 거의 동일한 양상을 나타내었다. Fig. 7의 전단보강이 없는 FIS0-10 실험체와 헤드 스터드에 의해 보강된 FIS2-10 실험체는 최종파괴 시 균열이 상당히 깊고 넓은 소수의 균열들로 집중되어 파괴된 반면, 절곡 전단보강근이 배근된 FIS1-10 실험체는 얇고 좁은 균열들이 넓게 분산된 상태로 최종파괴에 도달하였음을 알 수 있었다. 이러한 파괴는 FIS0-10과 FIS2-10의 경우 층간변위비 약 3%에서 뚫림전단에 의해 갑작스런 하중부담 능력의 상실과 더불어 발생한 것이다. 반면 FIS1-10의 경우 층간변위비 약 4%에 이르기까지 이러한 파괴형태를 보이지 않아, 개발 절곡 전단보강근에 의한 보강이 효과적으로 작용되었음이 검증되었다.

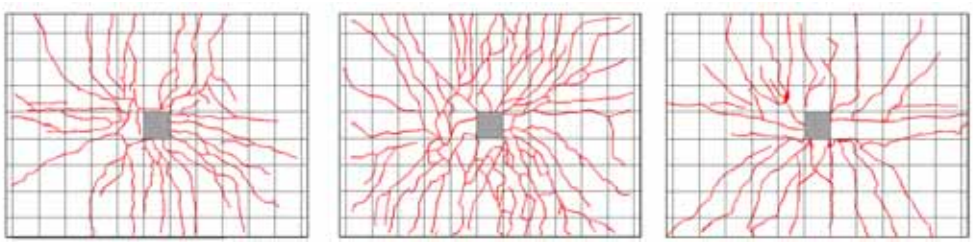
4.2 포락선 평가

수평하중을 받는 실험체의 하중-변위 곡선은 매 싸



(a) FIS0-10 (b) FIS1-10 (c) FIS2-10

Fig. 6 전단보강근에 따른 하중-변위 곡선



(a) FIS0-10 (b) FIS1-10 (c) FIS2-10

Fig. 7 전단보강근에 따른 파괴양상

이클마다 결과들이 동시에 나타나므로 전체적인 하중 및 변위특성을 파악하기는 매우 어려운 단점이 있다. 따라서 각 싸이클 마다 최대 하중점을 연결한 포락선(envelope curve)으로 전체 거동을 평가하는 것이 편리하므로, Fig. 8에 전단보강근이 없는 FIS0-10 실험체, 본 연구에서 개발한 FIS1-10 실험체, 헤드 스터드를 사용한 FIS2-10 실험체의 포락선을 나타내었다. 이에 의하면, 본 연구에서 개발한 전단보강근을 사용한 FIS1-10 실험체의 포락선이 강도 및 변형 능력면에서 우수한 것을 확인할 수 있었다. 특히 변형 능력은 정(+), 부(-) 싸이클 구분 없이 우수한 변형 능력을 보유한 것으로 평가되었다. 전단보강근이 없는 FIS0-10 실험체의 경우, 일정 수준 이상의 강도 능력

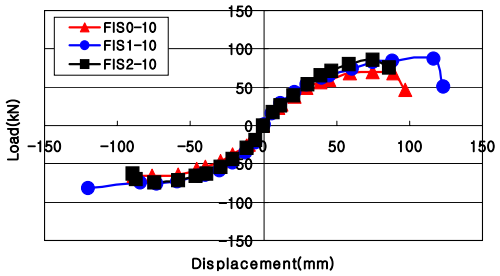


Fig. 8 포락선 비교

을 보유하고 있는 것으로 나타났으나, 극한 변위시 내력이 뚝 떨어지는 취성적인 경향을 나타내었다. 미국 등에서 널리 사용되고 있는 헤드 스터드를 사용한 FIS2-10 실험체의 경우, 관련 규준에 의거 스터드 헤드를 상부 철근 위로 배근하였다. 단 적절한 스터드 볼트를 구입하기 어려워, 전단보강근 보다 20 mm 높이가 낮은 105mm로 제작되었다. 결과적으로 FIS2-10 실험체는 강도면에서 무보강 실험체인 FIS0-10 실험체보다 우수한 것으로 나타났으며, 전체적인 하중-변위곡선도 안정적인 것으로 평가되었다. 그러나 극한 변형 능력의 경우, FIS1-10 실험체 보다 떨어지는 것으로 나타났으며, 이는 전단보강근 상부의 불연속성, 정착길이 부족 등에 기인한 것으로 추정된다. 따라서 슬래브-기둥 접합부의 뚫림 전단에 저항하는 전단보강근의 경우, 지진 등과 같은 수평하중에 의한 불균형 모멘트에 저항하기 위해서는 슬래브 상부 및 하부 면에 연속하게 전단보강근을 배근하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

4.3 최대하중시 성능 평가

최대강도 및 최대강도시 층간변위비를 평가하기 위

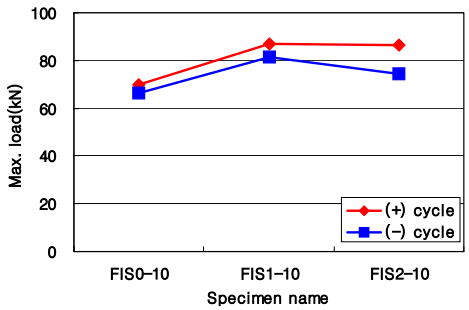
한 그래프를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9(a) 최대강도의 경우 전단보강근을 사용한 FIS1-10 및 FIS2-10 실험체가 우수한 것으로 나타났으나, 정, 부 방향의 결과를 조합하면 본 연구에서 개발한 FIS1-10 실험체의 최대내력이 가장 우수한 것으로 평가할 수 있었다. 이에 반하여 전단보강근이 없는 FIS0-10 실험체의 내력은 가장 적게 나타나, 수평하중에 대한 전단보강근의 보강효과에 대한 정량적인 평가가 필요한 것으로 판단된다. Fig. 9(b)의 최대변위비 경우, 개발보강근을 사용한 FIS1-10의 변형능력이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 헤드 스터드를 사용한 FIS2-10 최대변위비가 무보강실험체인 FIS0-10 실험체와 유사하게 나타나, 강도능력보다 변형능력이 크게 떨어지는 것으로 평가되었다.

4.4 강성저하 능력

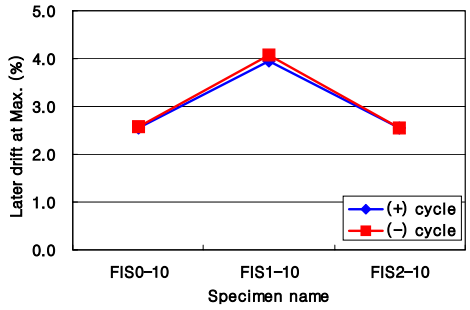
매 이력싸이클의 기울기를 강성으로 정의한 각 실험체별 강성저하를 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10 (a)의 정방향 경우, 전단보강근이 없는 FIS0-10 실험체의 강성저하가 가장 심각한 것으로 평가되었다. 그리고 전단보강이 있는 FIS1-10 및 FIS2-10 실험체의 강성저하는 유사한 것으로 판단할 수 있으며, 극한시에서는 절곡형 전단보강근을 사용한 FIS1-10 실험체의 강성저하가 완만함을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 Fig. 10 (b)의 부방향에도 나타나, 개발 전단보강근의 강성저하 방지 역할이 우수함을 확인할 수 있었다.

4.5 에너지소산 능력

슬래브-벽체 접합부에 대한 에너지소산(energy dissipation) 능력을 정·부 방향을 구분하여 Fig. 11에 나타내었다. Fig. 11(a)의 정방향 경우, 개발 전단보강근이 사용된 FIS1-10 실험체의 에너지소산 능력이 우수한 것을 확인할 수 있었으며, 극한 변형시에서도 우수한 에너지소산 능력을 발휘됨을 확인 할 수 있었다.

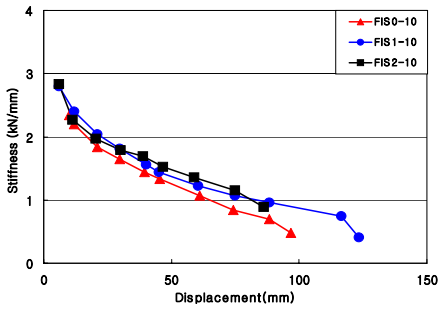


(a) 최대 강도

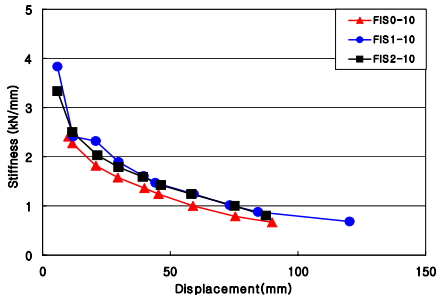


(b) 최대 층간 변위비

Fig. 9 최대하중시 성능 평가

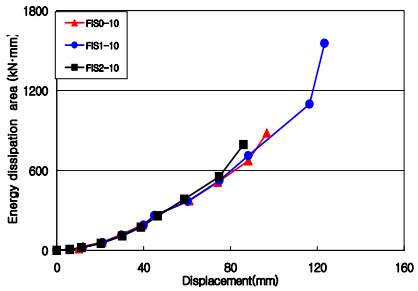


(a) 정(+) 방향

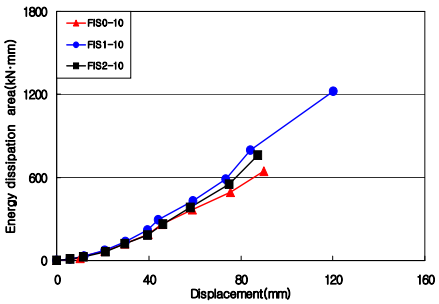


(b) 부(-) 방향

Fig. 10 강성저하 평가



(a) 정(+) 방향



(b) 부(-) 방향

Fig. 11 에너지소산 능력

이러한 결과는 Fig. 11(b)의 부방향에서도 동일하게 나타났으며, 전단보강근이 없는 FIS0-10 실험체의 에너지소산 능력이 가장 적은 것으로 평가되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 개발된 절곡 전단보강근을 사용한 슬래브-기둥 접합부의 수평하중 저항성능을 평가하기 위하여, 전단보강근이 없는 FIS0-10 실험체, 본 연구에서 개발한 전단보강근을 사용한 FIS1-10 실험체, 헤드 스터트를 사용한 FIS2-10 실험체의 강도 및 변위능력 등을 평가하였다.

1) 포락선 평가결과, 절곡형 전단보강근을 사용한 FIS1-10 실험체의 강도 및 변형능력이 정·부 방향 우수한 것으로 평가되었다. 결과적으로 슬래브-기둥 접합부의 뚫림 전단에 저항하는 전단보강근의 경우, 지진 등과 같은 수평하중에 의한 불균형 모멘트에 저항하기 위해서는 슬래브 상부 및 하부면에 연속하게 전단보강근을 배근하는 것이 적절한 것으로 판단된다.
2) 최대하중시 강도 및 층간변위비를 비교한 결과, 절곡형 전단보강근을 사용한 FIS1-10 실험체가 가장 우수한 것으로 평가되었다. 헤드 스터드를 사용한 FIS2-10 실험체는 층간변위비에서 불리한 것으로 평가되었는데, 이는 스터드볼트의 묻힘길이가 짧음에 기인한 것으로 판단된다. 또한 파괴시 개발 보강근을 사용할 경우 5.07%의 층간변위비를 나타내, 극한 내진거동시 매우 우수한 변형능력을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
3) 강성저하 및 에너지소산 능력 평가에서도 FIS1-10 실험체의 강도저감이 완만하였으며, 극한 변형에서의 에너지소산 능력도 풍부한 것으로 평가되었다.
4) 이상의 연구결과로부터, 개발된 절곡형 전단보강근을 사용한 무량판 구조의 뚫림 전단에 대한 구조안정성은 충분히 확보됨을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 대한건축학회, “건축 구조설계 기준”, 기문당, 2005.
2. Baris Binici and Oguzhan Bayak, “Punching shear strengthening of reinforced Effect oh High-strength concrete slab on the behavior of concrete flat plates using carbon fiber reinforced polymers”, ASCE, Journal of structural Eng., 2003. pp.1173~1182.
3. H.Marzouk et. al, “Effect of High-strength concrete slab on the behavior of slab-column connections”, ACI 95-S21, 1998. pp.227~237.
4. Howard L. Zee and Jack P. Moehle, “Behavior of interior and exterior plate connections subjected to inelastic load reversal”, UCB/EERC-84/07, U.C Berkeley, Aug. 1984.
5. K. Pilakoutas and X. Li, “Alternative shear reinforced concrete flab slabs”, ASCE, Journal of structural Eng., 2003. pp.1164~1172.
6. Austin D. Pan and Jack P. Moehle, “An experimental study of slab-column connections”, ACI 89-S59, 1992. pp.626~638.

(접수일자 : 2006년 3월 20일)