

래티스형 철근을 이용한 무량판 구조의 접합부 전단보강

Shear Reinforcement for Flat Plate-Column Connections using Lattice Bars

안 경 수* 박 홍 근**
Ahn, Kyung Soo Park, Hong Geun

ABSTRACT

In flat-plate floors, slab-column connections are broken down with a brittle shear failure. And it can cause the collapse of the whole structures. Thus, the proper method of shear reinforcement in flat plate-column connections must be required.

The objective of this study is to compare shear reinforcement specimens using lattice bars to no shear reinforcement specimens in view of shear strength and ductility of the flat plate-column connections. The test results have shown that shear reinforcement specimens varying ρ , b_0/d and c_1/c_2 increase in shear strength by 36.85% and in ductility by 9.16 for no shear reinforcement specimens on the average. This results confirm the effectiveness of this type of shear reinforcement in improving shear strength and ductility.

1. 서 론

무량판 구조는 시공성, 경제성, 공간 활용성 등의 측면에서 일반적으로 보가 있는 구조형식에 비해 뛰어난 구조이다. 그러나 슬래브-기둥의 접합부가 일반적인 보-기둥 형식의 구조에 비하여 취약한 약점을 가지고 있어서, 취성적인 뚫림전단으로 파괴되어 전 구조물의 붕괴를 유발할 수 있다. 따라서 무량판 구조의 접합부 강도 및 연성도를 증진시킬 수 있는 근본적인 접합부 보강방안이 요구된다.

현재 접합부 보강방안으로서 국내외에서 shearhead, stirrup 보강, shear stud-rail 등의 다양한 보강방안이 개발되어 있으나 시공성 및 경제성 면에서 불리하여 널리 사용되고 있지 않다.

이에 본 연구에서는 현재 철골구조에서 쓰이고 있는 트러스형 시스템 데크 플레이트의 성능을 보완하여 무량판 구조의 접합부 전단보강에 적용하고자 한다.

* 정회원, 서울대학교 건축학과 석사과정

** 정회원, 서울대학교 건축학과 부교수

2. 실험계획

2.1 실험개요

중심에 기둥이 있는 길이 1.8m의 정사각형 모양의 플랫폼레이트에 하방수직하중을 가함으로써 접합부의 강도 및 연성도를 측정한다. 실험 대상이 되는 플레이트는 ρ , b_0/d , c_1/c_2 , c/L , 전단보강(래티스형 철근 이용) 등의 변화를 주어 각각의 요소가 접합부 전단강도 및 연성도에 미치는 영향을 파악한다.

2.2 시험체 타입

각각의 시험체는 표 1에서와 같은 변수값을 가진다. 시험체 1 및 1L의 형상은 그림 1, 2와 같으며, 그림 3, 4에는 시험체 세팅 및 시험체 평면도가 제시되어 있다.

3. 실험결과

각 시험체의 힘-변위 그래프가 그림 5-8에 나와 있다. 스트레인게이지 결과를 살펴보면 전단보강 시 표 1 시험체의 명칭 및 변수

시험체	재료적 변수				기하학적 변수			비고
	ρ		ρf_y		b_0/d	c_1/c_2	c/L	
	상부	하부	상부	하부				
1	0.00792	0.00609	31.68	24.36	15.11111	1.00000	0.13889	기준시험체
1L	0.00618	0.00463	30.90	23.15	15.11111	1.00000	0.13889	Lattice bars 전단보강
2	0.01500	0.01131	60.00	45.24	15.11111	1.00000	0.13889	ρ 변화
2L	0.01212	0.00945	60.60	47.25	15.11111	1.00000	0.13889	Lattice bars 전단보강
3	0.00800	0.00598	32.00	23.92	11.69231	1.00000	0.13889	b_0/d 변화
3L	0.00668	0.00454	33.40	22.70	11.69231	1.00000	0.13889	Lattice bars 전단보강
4	0.00800	0.00598	32.00	23.92	16.30769	4.00000	0.22222	c_1/c_2 변화
4L	0.00668	0.00454	33.40	22.70	16.30769	4.00000	0.22222	Lattice bars 전단보강

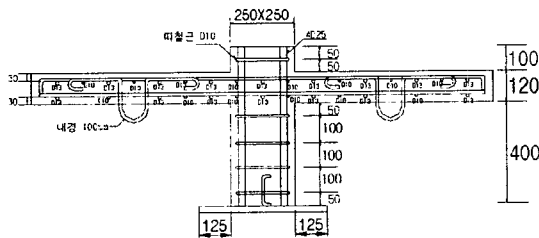


그림 1 시험체 1의 단면도

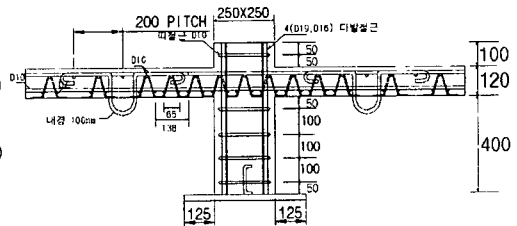


그림 2 시험체 1L의 단면도

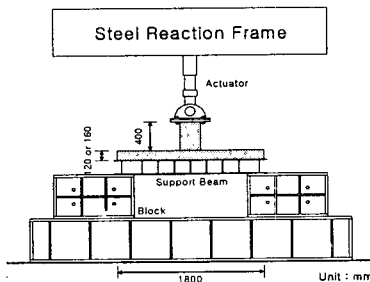


그림 3 시험체 세팅

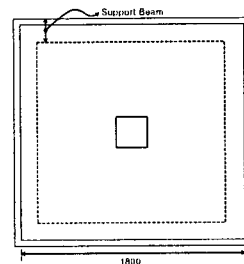


그림 4 시험체 평면도

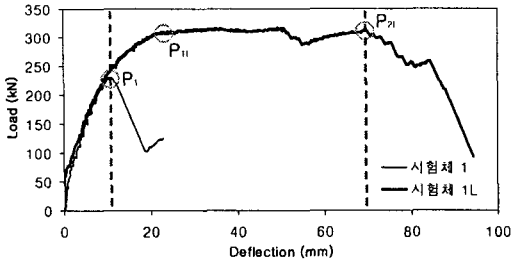


그림 5 시험체 1 및 1L의 결과

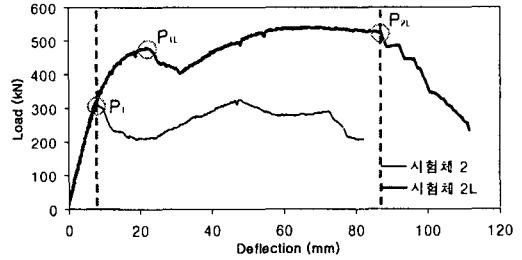


그림 6 시험체 2 및 2L의 결과

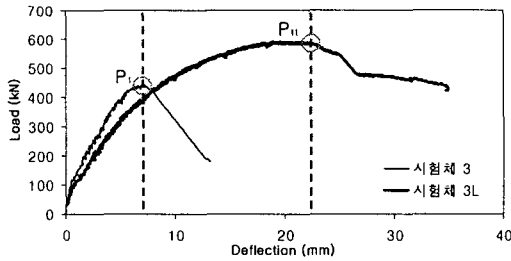


그림 7 시험체 3 및 3L의 결과

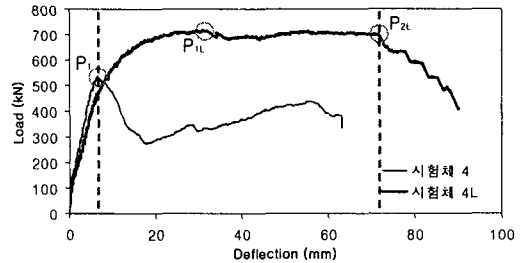


그림 8 시험체 4 및 4L의 결과

표 2 전단보강 효과

Specimen	강도 증가율	변형 증가율
1L / 1	30.8%	6.21배
2L / 2	49.8%	11.06배
3L / 3	33.2%	3.18배
4L / 4	33.6%	10.22배

표 3 각 실험의 기동위치 및 하중종류

접합부 전단보강 실험		기동위치	하중종류
shear stud-rail	Neil Hammill ⁽¹⁾	corner	V + M
	John D. Mortin ⁽²⁾	edge	V + M
	Abdel-Salam Mokhtar ⁽³⁾	interior	V
	Alaa G. Sherif ⁽⁴⁾	interior + edge	V + M
Lattice Bars		interior	V

(1) Neil Hammill & Amin Ghali의 실험, (2) John D. Mortin & Amin Ghali의 실험, (3) Abdel-Salam Mokhtar, Amin Ghali & Walter Dilger의 실험, (4) Alaa G. Sherif & Walter Dilger의 실험

험체의 경우에 있어서 초기 강도 P_{1L} 에 도달했을 때, 주근과 래티스근은 항복상태에 도달한다. 이후 더 가력하게 되면 래티스근의 응력-변형을 그래프에서 plateau가 형성되며, 이와 동시에 시험체의 힘-변위 그래프도 하중의 증가없이 상당한 크기의 변형이 증가하여 P_{2L} 에 도달했을 때, 하중의 감소가 일어난다. 이러한 전단보강 시험체의 매카니즘은 전단무보강 시험체에 비해 초기강도를 P_1 에서 P_{1L} 로 높혀주고, 연성도를 월등히 높혀주는 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

각 시험체에서 강도와 연성도의 증가율은 표 2에서와 같다. 전단보강 시험체의 경우 평균적으로 강도는 36.85% 증가하였고, 연성도는 9.16배 증가하였다. 단, 연성도의 증가를 평가함에 있어서 시험체 3L의 경우는 안전상의 이유로 하중가력을 조기 종료하여 충분한 연성도 평가가 되지 않았으므로 평균산정시 제외하였다.

4. shear stud-rail과의 성능비교

현재 무관관 구조의 접합부 전단 보강재로서 많이 쓰이는 shear stud-rail과 래티스형 철근의 성능을 비교하면 그림 9, 10과 같다. 표 3에서는 각각의 shear stud-rail 실험에 있어서 기동위치와 하중종류를 명시하였다.

그림 9를 보면 대부분의 shear stud-rail 실험에 있어서 전단강도가 20-40% 정도 증가함을 알 수 있

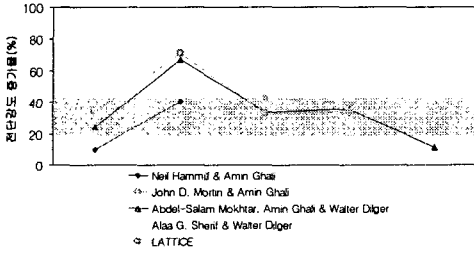


그림 9 전단보강재로 인한 강도증가

다. 래티스형 철근의 전단강도 증가율은 평균 36.85%로써 강도 측면에서는 두 가지의 전단보강재가 비슷한 성능을 발휘한다. 그러나 그림 10에서 알 수 있듯이 변형의 증가에 있어서 래티스형 철근은 shear stud-rail보다 월등한 성능을 나타낸다. shear stud-rail의 경우, 전단보강 하지 않은 것에 비해 변형이 2.07-2.39배 증가하는 것에 그쳤으나, 래티스형 철근을 전단 보강재로 이용했을 경우, 변형이 6.21-11.06배로 크게 증가하였다. 무량판 구조의 최대 약점이 접합부의 취성적인 파괴임을 고려할 때, 래티스형 철근으로 인한 연성도의 증가는 매우 큰 의미를 가진다고 볼 수 있다.

표 3에 나와 있는 바와 같이 기둥위치(interior)와 하중종류(V)가 동일하고 시험체의 크기와 모양 또한 상당히 유사한 Abdel-Salam Mokhtar, Amin Ghali & Walter Dilger의 실험과 본 실험은 직접적인 비교의 대상이 될 수 있다. 그림 11은 두 실험의 결과를 normalize한 것으로서, V_u 는 실험강도, V_c 는 ACI code에서 제시하는 강도, δ_o 는 전단무보강 시험체의 변위, 그리고 δ_s 은 전단보강 시험체의 변위를 뜻한다. 그림 11은 래티스형 철근이 shear stud-rail에 비해 전단강도와 연성도 측면에서 전단보강 효과가 월등히 뛰어난 것을 보여주고 있다.

5. 결 론

본 실험연구에서 무량판 구조의 전단보강재로서 래티스형 철근을 활용한 결과, 전단강도는 36.85% 증가, 연성도는 9.16배 증가하여 기존의 전단보강재에 비해 그 성능이 우수함을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. Neil Hammill and Amin Ghali, " Punching Shear Resistance of Corner Slab-Column Connections", ACI Structural Journal V.91, No. 6, November-December 1994, pp697-707.
2. John D. Mortin and Amin Ghali, "Connection of Flat Plates to Edge Columns", ACI Structural Journal V.88, No.2, March-April 1991, pp191-198.
3. Abdel-Salam Mokhtar, Amin Ghali, and Walter Dilger, "Stud Shear Reinforcement for Flat Concrete Plates", ACI Structural Journal V.82, No.5, September-October 1985, pp.676-683.
4. Alaa G. Sherif and Walter H. Dilger, "Tests of Full-Scale Continuous Reinforced Concrete Flat Slabs", ACI Structural Journal V.97, No.5, May-June 2000, pp455-467.
5. Adel A. Elgabry and Amin Ghali, "Test on Concrete Slab-column Connections with Stud-Shear Reinforcement Subjected to Shear-Moment Transfer", ACI Structural Journal, V.84, No.5, September-October 1987, pp.433-442.

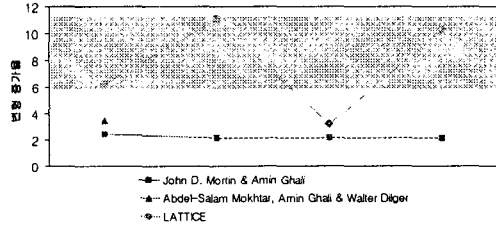


그림 10 전단보강재로 인한 변형증가

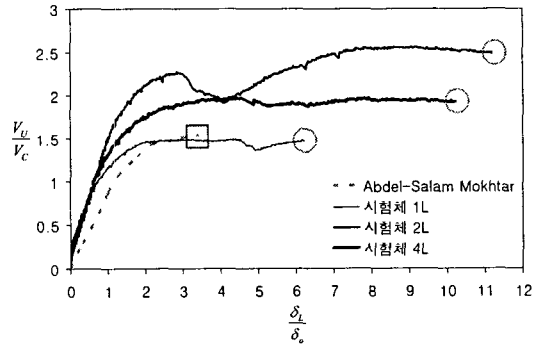


그림 11 래티스형 철근과 shear stud-rail 성능비교