

철근콘크리트 무량판 슬래브의 일체형 SL(Shear Ladder) 전단보강재에 관한 실험적 연구

An Experimental Study of SL Shear Reinforcement for Reinforced Concrete Flat Plate Slab

우 종 열*	홍 성 옥**	박 승 환***	김 신****	신 찬 호*****
Woo, Jong-Yeol	Hong, Seong-Wook	Park, Seung-Hwan	Kim, Shin	Shin, Chan-Ho

Abstract

This study is concerned with the SL shear reinforcement that it can be installed easily in filed as product at the factory and seismic performance can be achieved. The method of study is as follows. first, we researched constructability and economy of existing method. Secondly, we made specimen and were examined structural performance tests in order to verify the performance of the shear reinforcement. Shear strength of HILL01-HILL03 specimen applied to SL shear reinforcement increased about 5-14% when compared with the applied shear stirrup reinforcing existing specimens. Also, the amount of the maximum deflection of the central sub-section of HILL01-HILL03 specimen applied to SL shear reinforcement decreased about 41-42% when compared with the applied shear stirrup reinforcing existing specimens. As a result, developed SL shear reinforcement increased in shear strength and stiffness of reinforcement, structural safety is judged to be increased.

키 워 드 : SL 전단보강재, 무량판 슬래브, 전단보강 시험체, 스티럽, 전단연결재
 Keywords : SL(Shear Ladder) Shear Reinforcement, Flat Plate Slab, Specimen, Stirrup, Stud Bolt

1. 서 론

1.1 개요

최근 철근콘크리트 구조물은 사업을 극대화하기 위하여, 층고를 줄여서 연면적을 최대로 설계할 수 있으며 철근콘크리트 보-기둥 시스템보다 거푸집 작업이 비교적 간단하여 공기를 단축할 수 있는 무량판 구조시스템을 적극적으로 도입하고 있다. 하지만 무량판 구조시스템은 기둥 주변에 지판이 필요하게 되는 단점이 있으므로 철근 또는 철골(강재)로 전단보강을 하여 지판을 없애거나 지판의 두께를 최소화 할 수 있는 일반적인 전단보강 방법을 사용하고 있는 실정이다. 그런데 철근을 이용하여 전단보강을 할 경우 슬래브 하부철근과 상부철근을 감싸는 폐쇄형 스티럽 형태를 취하여 설치하여야 하므로 현장에서 작업속도가 저하되며 작업피로를 상승시켜 현장작업자들이 기피하는 요인으로 작용하고 있다. 그리고 철골(강재)을 보강재로 사용할 경우는 무량판 구조 시스템에서 슬래브에 하부근을 배근한 후 설치하는 철골을 합성

부재로 설계할 경우 철근콘크리트와 철골의 이종재료 간에 응력이 작용하여 발생하게 된다. 이러한 미끄러짐 현상을 방지하기 위하여 철골에 추가로 용접 등의 방법을 통하여 전단연결재(stud bolt)를 설치하는 과정이 필요하여 공사비 증가요인으로 작용하고 있다. 따라서 공사가 간편하고 공사비를 절감할 수 있는 전단보강재와 공법의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

1.2 연구의 필요성과 중요성

기존 철근콘크리트 무량판 슬래브의 전단보강재는 설치작업의 어려움과 제작시 용접작업의 어려움 등이 있었다. 본 개발에서는 기존 제품에서의 전단보강재로 이용되는 스티드 볼트를 고정해주는 하부 평판을 없애고 새로운 방식을 적용하였다. 금형을 이용하여 순간적인 압력을 이용하여 일체형으로 전단보강재를 생산하는 방식이 그것이다. 이 방식은 지금까지의 시공보다 공사과정을 단순화하고 공기단축, 공사비감소의 효과를 가져올 수 있다고 판단된다. 특히, 아파트 설계 등이 가변성을 위해 벽식 구조에서 무량판구조시스템으로 변화되고 있는 실정이므로 이러한 전단보강재 개발의 중요성이 증대되고 있으며 건설분야에 파급효과가 클 것으로 기대된다.

* (주)힐엔지니어링 대표이사, 공학박사
 ** (주)상지엔지니어링건축사사무소 이사, 공학박사
 *** (주)거성이엔지니어링건축사사무소 차장, 공학박사
 **** (주)토문엔지니어링건축사사무소 과장
 ***** (주)상지엔지니어링건축사사무소 상무, 기획기술본부장

2. 일체형 SL 전단보강재의 특징

일체형 전단보강재의 특징을 요약하면 표 1과 같으며 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

가) 제작하기가 쉬움

일반 구조용 강재를 사용하므로 자재수급이 용이하며 금형으로 순간압력을 가하여 제작하므로 단기간에 대량 공장생산이 가능하여 원가절감이 가능하다.

나) 시공이 용이함

상 하부 주철근 배근과정과 분리되어 설치가 간결하며 기존 시공보다 시공방법이 간단하므로 시공이 용이하고 공기단축 및 인건비 절감이 가능하다.

다) 일체형 강성확보

완전 일체형으로 품질관리가 용이하고 내진성능을 확실하게 확보할 수 있다.

라) 자립형 안정성

양측의 쉬어라더를 간단한 연결재로 접합하므로 시공 시 설치가 용이하다.

마) 고임철근으로 활용됨

쉬어라더가 설치되는 곳은 상부철근을 설치하기 위한 고임철근으로 활용이 가능하므로 경제적이다.

바) 다양한 분야 적용

무량판 철근콘크리트구조의 전단보강, 철근콘크리트 온통기초의 전단보강, 지하구조물의 철근콘크리트 벽체의 전단보강 및 지하연속벽의 전단 보강 및 본드 빔 연결부의 임베디드 플레이트로 다양하게 활용이 가능하다.

사) 현장시공순서

하부철근 배근 → 쉬어라더 설치 → 상부철근 배근

표 1. 일체형 SL 전단보강재의 특징

 <p>일체형 전단보강재 설치공법</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 시공성 우수(공기 단축) - 자재수급 용이(원가 절감) - 단기간에 대량생산가능 - 고임철근으로 활용됨(자립가능) - 내진 성능 확보(완전 일체형) - 품질관리가 용이 (용접부위가 없는 완전 일체식) - 열처리가 필요없음
---	---

3. 시험

3.1 실험계획

본 시험에 적용된 시험체는 폭 600mm, 길이 1,500mm의 일방향 슬래브 형태이며, 두께는 230mm로 동일하게 제작하였다. 시험체는 전단파괴가 유도되도록 설계하고, 시험체 가력조건을 고려

하여 실제 슬래브 상부면이 하부에 위치하도록 설계하여 인장철근은 10개의 HD16, 상부 압축 철근은 4개의 HD16을 배근하고, 부근방향 상부 배력근을 HD16@200, 하부 배력근을 HD16@100 간격으로 배근하였다. 전단보강 구간 내에는 전단보강재만 설치되도록 하여 순수한 전단보강재의 전단성능을 파악할 수 있도록 하였다. 시험체는 일체형 SL(Shear Ladder)와 재래식 스티럽을 적용한 2가지 종류로 분류하여 실험계획을 수립하였다. 일체형 SL(Shear Ladder) 전단보강재 시험체는 다시 상부헤드의 길이를 변수로 HILL01, HILL02로 구분되고, 웹 굽힘을 변수로 하여 HILL03과 구분하여 실험 하였다. 시험체는 일체형 SL(Shear Ladder) 전단보강재 시험체 3개와 재래식 스티럽 1개로 전체 4개의 시험체를 제작하였고, 시험체에 대한 전단보강재의 종류 및 규격은 표 2. 에 나타내었다.

표 2. 전단보강재의 시험체 종류

시험체명	높이 (mm)	두께 (mm)	상부헤드 길이 (mm)	전단보강재 (mm)	단면적 (mm ²)	웹 상태
HILL01	190	3	30	100	150	-
HILL02	190	3	40	100	150	-
HILL03	190	3	30	100	150	굽힘
STIR RUP	190	-	-	80	71	-

본 시험체의 가력장치는 그림 1.과 같이 가력프레임, 1000kN 용량의 액츄에이터(Actuator) 및 지지대를 이용하고, 가력보를 사용하여 L/3(L=1,200mm)의 전단스팬을 이용한 단순 지지된 시험체에 2점 가력을 하였으며 가력속도는 1mm/min.의 변위제어로 서서히 가력하였다.

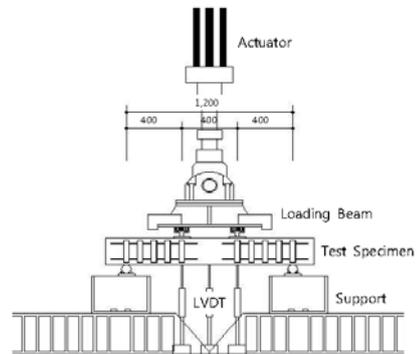


그림 1. 시험체 가력 장치

중앙부와 가력지점의 처짐을 측정하기 위하여 3개의 변위계(LVDT 200mm, 100mm)를 중앙부 및 가력점 하부에 각각 설치하였으며, 측정위치와 설치상황은 그림 1.과 같다. 시험체의 변위측

정은 데이터로거(TDS-302)와 스위치박스(ASW-50)를 이용하여 노트북 컴퓨터에 일정간격으로 자동 저장되도록 하였다.

3.2 강재 및 콘크리트 재료 실험

시험체의 전단보강재 제작에 사용된 강재 및 철근은 KS B 0801(금속재료 인장시험편)에 따라 인장시험편을 제작하고, KS B 0802(금속재료 인장시험 방법)에 따라 재료시험을 수행하였으며 그 결과는 그림 2에 나타내었다.

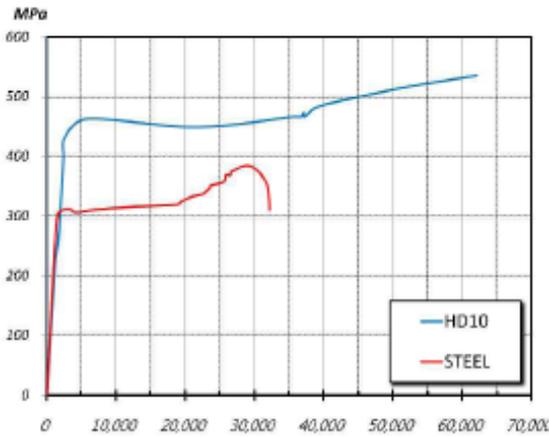


그림 2. 강재 인장강도 시험결과

또한, 콘크리트 압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트 압축강도 시험방법)에 따라 콘크리트 재료시험을 수행하였으며, 압축강도 시험결과를 그림 3에 나타내었다.

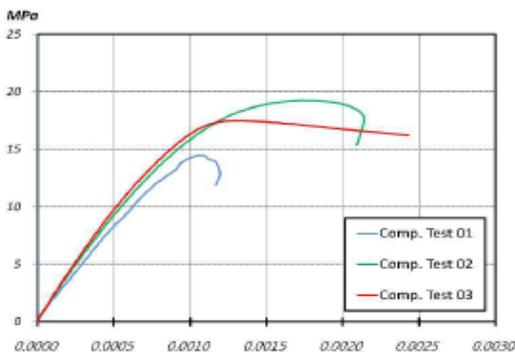


그림 3. 콘크리트 압축강도 시험결과

3.3 시험체의 시험결과

무량판 슬래브에 전단보강재를 적용한 일방향 슬래브의 전단강도 시험에 의하여 측정된 각 시험체의 최대하중, 최대하중 작용시 중앙 하부의 처짐, 그리고, 재래식 스티럽 방식의 전단보강을 한 STIRRUP 시험체와 일체형 SL (Shear Ladder) 전단보강재를 적용한 HILL01-HILL03 시험체의 하중 값을 비교한 결과를 표 3에 나타내었다. 각 시험체는 유사한 성능을 발휘하도록 전단보강재의 단면적 및 보강 간격을 결정하여 설계되었으며, 시험

결과 일체형 SL(Shear Ladder)를 적용한 HILL01-HILL03 시험체들의 전단하중이 재래식 스티럽을 적용한 STIRRUP 시험체에 비하여 5%~14%정도 크게 측정되었으며, 최대 전단하중 작용시 중앙하부의 처짐 변위량은 HILL 시험체들이 STIRRUP 시험체에 비하여 41%~42% 정도 작게 측정되었다. 그림 4. 는 각 시험체의 중앙점에서의 하중-변위 곡선을 나타내어 서로 비교하였으며, 시험결과 균열발생은 70kN ~ 80kN에서 초기 힘 균열이 발생하고, 150kN~175kN에서 전단균열이 발생하였으며 하중이 증가함에 따라 전단균열이 확대되어 콘크리트의 전단파괴로 최종파괴에 이르렀다. 그리고 그림 5-7은 개발하고자 하는 시험체 HILL01, HILL02, HILL03의 시험체 파괴형태를 나타낸 사진이며 그림 8은 재래식 스티럽 시험체의 파괴형태를 나타내는 사진이다.

표 3. 시험결과

시험체명	VTest (kN)	δ Test (mm)	$\frac{V_{Test}}{V_{Strrup}}$	$\frac{\delta_{Test}}{\delta_{Strrup}}$
HILL01	370.62	11.92	1.14	0.58
HILL02	345.75	12.18	1.05	0.59
HILL03	348.29	12.04	1.05	0.58
STIRRUP	330.37	20.68	1.00	1.00

V_{Test} : 최대전단하중

δ_{Test} : 최대전단하중 시 중앙점 처짐

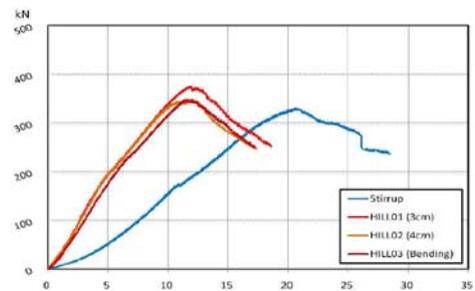


그림 4. 시험체 종류별 하중-변위 곡선(중앙점)



그림 5. HILL01 시험체 시험결과 파괴 형태



그림 6. HILL02 시험체 시험결과 파괴 형태



그림 7. HILL03 시험체 시험결과 파괴 형태



그림 8. 스티럽 시험체 시험결과 파괴 형태

4. 결 론

본 연구는 공장에서 생산하여 현장에서 손쉽게 설치할 수 있고, 내진성능을 확보할 수 있는 일체형 전단보강재 개발에 관한 것으로서, 기존공법에 대한 자료조사 및 분석을 통하여 시공성과 경제성이 있는 일체형 SL 전단보강재를 개발하였다. 그리고 개발한 일체형 SL 전단보강재의 성능을 확인하기 위하여 시험체를 만들고 시험을 통하여 구조적인 성능을 검증하였으며 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 시험결과 일체형 SL(Shear Ladder) 전단보강재를 적용한 HILL01-HILL03 시험체들의 전단강도가 재래식 스티럽을 적용한 전단보강 시험체에 비하여 5%~14%정도 크게 측정되어 강도가 증가되었으며, 또한 최대 전단하중 작용 시

중양하부의 최대처짐량도 HILL01 - HILL03 시험체들이 재래식 STIRRUP 시험체에 비하여 41% ~ 42% 정도 작게 측정되어 강성이 증가 된 것으로 나타났으므로 구조적인 안전성이 증가된 것으로 판단된다.

- 2) 일체형 SL 전단보강재는 일반 구조용 강재를 사용하여 제작하므로 자재수급이 용이하며 금형으로 순간압력을 가하여 제작하므로 단기간에 대량 공장생산이 가능하여 원가절감이 가능한 것으로 사료된다.
- 3) 일체형 SL 전단보강재는 상 하부 주철근 배근과정과 분리되어 설치가 간결하며 기존 시공보다 시공방법이 간단하므로 시공이 용이하고 공기단축 및 인건비 절감이 가능한 것으로 판단된다.
- 4) 일체형 SL 전단보강재는 완전 일체형으로 품질관리가 용이하고 내진성능을 확실하게 확보할 수 있을 것으로 사료된다.
- 5) 일체형 SL 전단보강재가 설치되는 곳은 상부철근을 설치하기 위한 고임철근으로 활용이 가능하므로 경제적인 것으로 판단된다.
- 6) 일체형 SL 전단보강재는 무량판 철근콘크리트구조의 전단보강, 철근콘크리트 온통기초의 전단보강, 지하구조물의 철근콘크리트 벽체의 전단보강 및 지하연속벽의 전단 보강 및 본드 빔 연결부의 임베디드 플레이트로 다양하게 활용이 가능한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김재봉, 무량판 전단보강재의 정착부 파괴메커니즘에 따른 뿔림전단 강도에 관한 연구, 부산대학교 박사학위논문, 2010
2. 김준희, 불균형모멘트와 편칭전단의 상호작용을 고려한 무량판 접합부의 성능평가, 전남대학교 박사학위 논문, 2008
3. 송호변, CFT 기둥과 무량판 슬래브 접합부의 횡저항 성능, 전남대학교 대학원 박사학위 논문, 2010
4. 오상원, 횡하중을 받는 CFT기둥-RC 무량판 접합부의 내진성능에 관한 해석적 고찰, 전남대학교 석사학위논문, 2009
5. 우종열 외, 슬라브와 기둥 접합부의 전단보강재, 특허출원 제 10-2011-0020704호, 2011.3