

와플(Waffle) 형상을 가지는 PC 패널의 접합 성능

Performance of connection of Waffle Shape Precast Prestressed Concrete Slab Panels

허 석 재* 김 현 진* 유 한 국* 최 경 규** 조 승 호** 정 란***
Heo, Seok Jae Kim, Hyeon Jin Ryu, Han Gook Choi, Kyoung Kyu Cho, Seung Ho Chung, Lan

ABSTRACT

This paper presents the results of an experimental study carried out Prestressed Concrete Slab System of WAffle Shape(WAS), was performed in order to investigate its connection shear behavior according to primary parameters: connection interval, filling material. Specimen is produced in Precast Concrete factories and it comprised one WAS panel and two half WAS panels and then it is filled with packing. Within the ranges of the parameters of the connection details used in this test, connections can develop greater shear strength than the nominal shear strength and the design service load for parking structures.

요 약

WAS(Waffle shape Slab system) 공법은 기존의 더블티(Double Tee Slab 이하 DTS)공법의 일부 문제점을 개선하는 것을 목적으로 개발된 와플(waffle) 형상의 프리캐스트 콘크리트 슬래브 공법이다. 그러므로 기존의 프리캐스트 공법의 장점인 건설현장의 공업화, 단순화, 시스템화, 고품질화가 가능하다. 또한 더블티 공법의 경우 발생되기 용이한 부재 또는 접합부 부분의 균열 발생을 줄여 이로 인한 유지 보수 관리 비용의 발생을 저감시킬 수 있다. 이미 선행연구를 통하여 WAS패널의 구조적인 특성과 안정성, 시공성에 대해 검증하였고 후속연구로 슬래브-슬래브 간의 접합부 구조적 특징을 파악하기 위하여 본 실험을 진행하였다. 실험결과 변수로 설정한 접합부분 너비와 충전재료는 접합성능에 큰 영향을 미치지 않으므로 조립 시 덧침콘크리트가 충분히 밀실하게 채워질 수 있는 접합너비로 설계하여 사용하면 될 것으로 판단된다.

* 정회원, 단국대학교 대학원 건축공학과 석사과정
** 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 연구전임강사, 공학박사
*** 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수, 공학박사

1. 서론

WAS(Waffle shape Slab system) 공법은 기존의 더블티(Double Tee Slab 이하 DTS) 공법의 일부 문제점을 개선하는 것을 목적으로 개발된 와플(waffle) 형상의 프리캐스트 콘크리트 슬래브 공법이다. 그러므로 기존의 프리캐스트 공법의 장점인 건설현장의 공업화, 단순화, 시스템화, 고품질화가 가능하다. 하지만 DTS 공법은 진동이나 처짐 등에 의해 균열이 발생하기 쉽고, 균열 부위는 누수의 원인이 되나 균열 및 누수는 구조적인 문제라기보다 사용성의 문제이다. 외국의 경우 접합부분의 설계가 규준에 적합하게 설계되어 사용 중 발생하는 균열의 경우 구조적 결함으로 보지 않으나¹⁾ 국내의 특성상 규준에 맞추어 시공하여도, 균열 발생은 곧 구조체의 결함으로 인식하는 경향 때문에 균열 발생이 많은 PC의 경우 주거나 사무용 건물에 사용하기 힘든 실정이다.

이미 선행 연구를 통하여 WAS 공법의 특성과 구조적인 안정성, 시공성 등에 대해 검증하여²⁾³⁾, 현장 적용에 큰 문제는 없는 것으로 파악되었기 때문에, 본 연구에서는 그 후속연구로 DTS에 비해 접합되는 면적이 많은 WAS 패널의 수평접합부의 구조적 성능과 균열 양상을 파악하여 설계 시 참고자료로 사용할 수 있도록 한다.

2. 실험체 계획 및 실험 방법

실험체로 사용할 WAS 패널은 6.0 kN/m을 받는 지하주차장 슬래브로 계획하였으며, 본래의 크기는 너비 1,980mm 길이 10,800mm이고 전체 층 415mm이나 패널 3장을 조립할 경우 그 크기가 실험실 용량을 초과하게 되므로 실제 스케일을 유지하되 그림 1과 같이 패널의 일부분을 제작하여 조립한 실험체를 제작하였다. 또한 수평접합부의 접합 성능을 파악하기 위한 지점과 가력점의 거리를 50mm로 하여 바닥판 전체의 하중이 접합부 근처에 최대로 작용하는 상황을 최대한 구현하였다. 실험변수로는 표 2에서 나타난 것 처럼 시공오차로 인한 내력 측정 및 시공의 용이성을 측정하기 위하여 접합부분의 폭(20mm, 50mm)으로 설정하고, 또 접합부분의 충전재료가 밀실하게 채워지는지 여부와 그 내력을 파악하기 위하여 두가지 충전재(덧침콘크리트, 무수축 모르터)를 사용하여 변수를 설정하였다. 실험에 사용된 콘크리트의 배합강도는 WAS 패널 35 MPa이고, 덧침콘크리트 24 MPa이며 무수축 모르터의 경우 40MPa를 사용하였다. 실험체의 제작은 패널의 일부를 각각 배치플랜트 타설하고 증기양생 후 자연양생을 하였다. 콘크리트 배합은 표 1에서 보는 바와 같으며, 공시체는 KS F 2405에 따라 지름 100 mm, 높이 200 mm의 원주형 공시체를 실험체 타설과 동시에 3개씩 제작하였으며, 공시체의 28일 콘크리트 압축강도 실험결과는 WAS 패널 37.9MPa, 덧침콘크리트 27.4 MPa 이었다. 실험에 사용된 철근은 SD 400 HD10, HD13, HD19($f_y=400\text{MPa}$)이며, 덧침 면에는 와이어매쉬 $\phi 6-150 \times 150$ 를 배근 후 덧침콘크리트를 타설하였다. 가력은 최대용량이 1,000kN인 액추레이터로 가력을 하였으며, 분당 3mm로 변위제어 하였다.

표 1. 콘크리트 배합

배합강도 (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	단위 재료 소요량(kg/m ³)					평균압축강도 (MPa)
			물	시멘트	잔골재	굵은골재	혼화제	
35	40.0	42.0	175	438	733	1,005	2.2	37.9
24	53.0	44.9	178	336	783	1,034	1.1	27.4

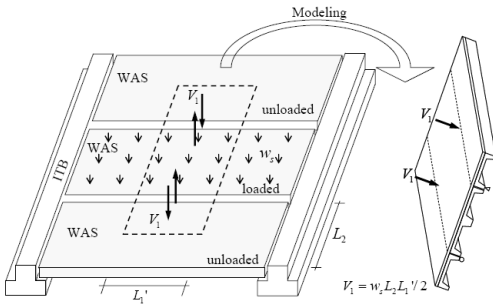


그림 1. 실험 개념도

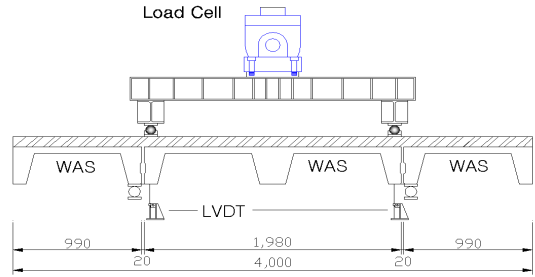


그림 2. 실험체 설치상황

3. 실험 결과 및 분석

3.1 균열 및 파괴양상

실험체는 실험 종료 하중에 이를 때까지 수직방향 변위는 거의 변화가 없었으며, 모두 설계하중을 상회하였다. 실험은 예상공칭강도의 약 2배인 750kN에서 종료하였다. 전체적으로 실험체는 완전 파괴되지 않고 1mm 이하의 실균열만 관찰되었다. 또한 접합부분 외에 부재의 균열은 관찰되지 않아, 실험이 접합부 내력을 측정하기에 적합한 것으로 판단된다.

3.2 충전 재료

실험 후 관찰한 충전부위는 모든 실험체가 충분히 밀실하게 채워져 있었다. 그리고 충전재료에 따른 접합성능을 초기강성으로 비교하여 보면 그림 3의 접합부분의 폭이 20 mm 인 실험체의 하중-변위 곡선에서 알 수 있듯이 거의 동일한 강성 및 처짐을 보였다. 또한 접합부분의 폭이 50 mm 인 실험체의 경우 오히려 배합강도가 적은 덧침콘크리트를 사용한 부재의 경우가 강성이 높게 나타났다.

3.3 접합부 폭

전단기 폭에 따른 영향을 초기강성을 살펴보면, 무수축 모르터를 충전재료로 사용한 실험체의 초기강성은 WW-M20 실험체가 큰 것으로 나타났으며, 덧침콘크리트를 충전재료로 사용한 실험체의 초기강성은 두 실험체가 거의 일치하는 것으로 판단된다.

3.4 공칭강도 비교

일반적으로 설계이론식 강도를 안전측으로 평가함을 볼 때, 모든 실험체의 『실험전단강도/예상공칭강도』가 1.5 이상으로 나타나 접합부의 전단내력은 충분한 것으로 판단된다.

표 2. 실험체 변수 및 실험 결과

실험체명	실험변수		초기균열하중 (kN)	항복하중 (kN)	최대하중 (kN)	공칭강도 (kN)
	접합부분 폭(mm)	충전재료의 종류				
WW-T20	20	덧침콘크리트	339.0	708.5	742.9	238.8
WW-M20	20	무수축 모르터	221.4	733.2	742.0	262.3
WW-T50	50	덧침콘크리트	282.7	631.9	731.6	238.8
WW-M50	50	무수축 모르터	232.2	687.4	723.4	262.3

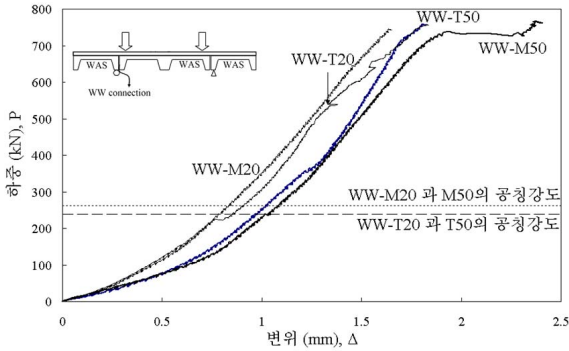


그림 3. 실험체의 하중-변위 곡선

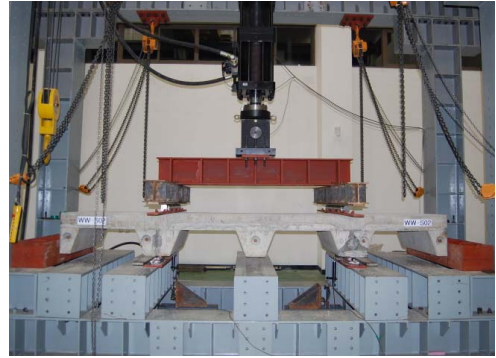


그림 4. 수평 접합부 구조 성능 실험

4. 결론

WAS 패널과 WAS 패널의 수평접합부의 성능을 평가하기 위하여 접합부분의 폭과 충전재의 종류를 변수로 하여 실험체를 제작하여 실험을 수행하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) WAS 패널의 접합성능을 파악한 결과 모두 설계 내력을 확보하는 것으로 나타났다.
- 2) 접합부분의 폭은 접합성능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 시공 시 충전재료의 다짐이 충분히 가능한 최소한의 접합너비로 설계하여도 내력에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.
- 3) 두 부재간의 접합 부분 충전재로 덧침콘크리트와 무수축 모르타르를 사용한 결과, 두 재료 모두 설계내력을 확보하는 것으로 나타나 덧침콘크리트를 사용하여 시공의 편리성을 확보하는 것이 유리할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 신세계건설(주), 삼환가방, (주)센구조연구소의 도움으로 연구되었으며, 또한 본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업(과제번호: 05건설핵심D6)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Bijal N. Shah, Siyin Tu, Khaled M. Sennah, Clifford Lam, M. Reza Kianoush, "Flange-to-Flange Moment Connections for Precast Concrete Deck Bulb-Tee Bridge Girders", PCI JOURNAL, pp.2~pp.23, 2008. 11.
2. 윤주영, 허석재, 조승호, 정란, "WAS공법을 이용한 부재의 휨 및 전단 성능에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 2007 학술발표대회 논문집, 2007.10.
3. 허석재, 김현진, 유한국, 최경규, 조승호, 정란, "와플(Waffle) 형상을 가지는 PC슬래브의 보-슬래브 접합 성능", 한국콘크리트학회 2008년도 봄 학술발표회 논문집, Vol.20 No.1, pp.21~24, 2008.
4. 대한건축학회, 건축구조설계기준 2005, 기문당, 2005.
5. PCI DESIGN HANDBOOK 6th Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, 2004.6.
6. 정란 외 4인, 콘크리트구조설계, 동화기술, 2005.3.