와플(Waffle) 형상을 가지는 PC슬래브의 보-슬래브 접합 성능

Performance of Beam-Slab connection of Waffle Shape Precast Prestressed Concrete Slab System

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

ABSTRACT

This research verifies efficiency of Beam-Slab connection with Precast Prestressed Concrete Slab System of WAffle Shape(WAS) which solves problems of double-T system(DTS). Specimen is produced in Precast Concrete factories and is made in a way that WAS is layed across inverted T beam(ITB) and then it is filled with packing. After casting topping concrete into the specimen, curing is carried out. Variable are width of shear key and packing. The analysis is carried out in comparison between displacement and strength of Beam-Slab connection of specimen. The variable is not a effect in joint efficiency. Consequently, it may plans at the minimum with of shear key that packing is easy, will not affect strength.

요 약

더블T 공법(DTS)의 취약점을 개선하기 위하여 개발한 와플 형상을 가지는 PC 슬래브(이하 WAS라 칭함)의 접합성능을 검증하기 위하여 역T형 보(ITB)와 접합된 실험체를 제작하고 실험을 수행하였다. 실험체는 PC 공장에서 ITB에 WAS를 걸친 후 충전재료를 채워 넣어 조립한 후 충전재료를 타설하는 방식으로 총 3개 제작하였고, 변수는 전단키의 폭과 충전재료의 종류(덧침 콘크리트, 무수축 모르타르)로 하여 동일한 조건에서 재하 실험을 수행하였고, 접합성능 실험체의 변위 및 내력을 비교하였다.

본 연구에서의 결론은 다음과 같다. 전단키 폭은 접합성능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 충전재료의 다짐이 충분한 최소한의 전단키 폭으로 설계하여도 내력에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 또한 두 부재간의 접합 부분 충전재료로 덧침 콘크리트와 무수축 모르타르를 사용한 결과, 두 재료 모두 내력을 확보하고 있는 것으로 나타나 덧침 콘크리트를 사용하여 시공의 편리성을 확보하는 것이 유리할 것으로 사료된다.

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

1. 서 론

프리스트레스트 콘크리트(Prestressed Concrete)는 부재 내부에 높은 인장력을 도입하여 제작하는데 이는 인장균열을 감소시켜 유효 단면적을 늘리고 처짐을 감소시켜 대경간에 매우 유리하다. 또한 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete)는 부재를 공장에서 제작하여 운반, 조립하는 방식을 사용하기 때문에 균질한 성능을 확보할 수 있어 구조재료로서 이상적인 재료라 할 수 있다. 최근 건축물에 점점 고층화, 대형화되면서, 더욱 경제적이고 시공성이 뛰어난 공법을 추구하게 되었다. 따라서 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트(PC)를 사용하는 공법은 현장타설콘크리트 공법보다 높은 품질과 공기단축을 기대할 수 있다. 그중 일반적으로 대중화되어 사용하는 PC 공법인 더블T 공법(DTS)은 콘크리트의 압축력과 강선의 긴장력을 활용하여 자중을 효율적으로 줄이면서 최대 휨 효과를 발휘할 수 있는 공법이다.[(1)] 하지만 DTS는 단부의 슬래브-보 접합부의 균열과 그로 인한 사용 중 누수, 미관상의 문제가 취약점으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 DTS 공법에 비하여 건축물의 층고를 줄이면서 보-슬래브 접합부의 취약점을 개선한 와플 형상의 슬래브(WAS)를 개발하였고, 실제 건축물에 적용하기 위하여 구조용 부재의 기초적인 성능 검증을 위해 실물대 실험을 수행하여 WAS 부재의 접합특성을 파악하기 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 실험체 계획 및 실험 방법

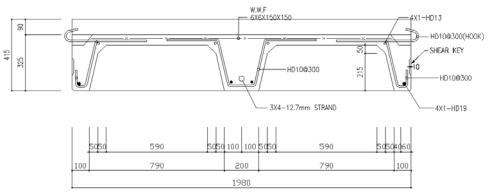
역 T 형 보에 설치되는 WAS 부재는 일반적으로 단순지지에 의한 불연속 형식이지만 연속성을 가지게 될 때의 접합성능을 파악하기 위하여 실험변수를 표 2와 같이 전단키의 폭 및 충전재의 종류로 하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 WAS 부재+역T형 보+WAS 부재(이하 WIW 계열이라 함)를 접합하는 형식으로 3개의 실험체를 제작하였다.

실험에 사용된 콘크리트의 배합강도는 WAS 부재의 경우 35 MPa, 덧침 콘크리트는 24 MPa 그리고 무수축 모르타르는 40MPa 로 설정하였고, 배처플랜트 타설하여 증기양생과 자연양생을 하였다. 콘크리트 배합은 표 1에서 보는 바와 같으며, 공시체는 KS F 2405에 따라 지름 100 mm, 높이 200 mm 의 원주형 공시체를 실험체 타설과 동시에 총 3 개씩 제작하였으며, 공시체의 28 일 콘크리트 압축강도 실험결과는 WAS 부재의 경우 평균 37.9 MPa, 덧침 콘크리트의 경우 평균 27.4 MPa 이었다. 또한 실험에 사용된 철근은 SD400 (f_y = 400 MPa)으로 HD10, HD13 을 사용하였다.

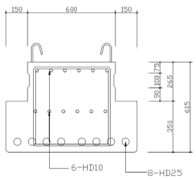
WAS 부재와 역 T 형 보가 접합되는 부분의 연속성을 파악하기 위하여 실험은 2,000 kN을 견딜 수 있는 가력프레임에서 부모멘트를 발생시킬 수 있도록 그림 1 (c)에서 보는 바와 같이 실험체를 뒤집어 설치하여 실험체의 중앙부 최대용량이 1,000 kN인 정동적 유압식 엑츄레이터(로드셀 일체형)로 3 mm/min 의 속도로 변위제어하여 가력하였다. 변위를 측정하기 위하여 선형변위측정기(LVDT, 용량 100 mm)를 가력점 중앙에 설치하여 변위를 측정하였다.

표 1 콘크리트 배합

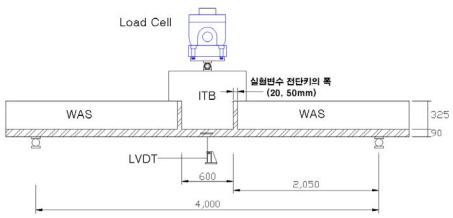
배합강도 (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	단위 재료 소요량(kg/m^3)					평균압축강도 (MPa)
			물	시멘크	잔골재	굵은골재	혼화제	
35	40.0	42.0	175	438	733	1,005	2.2	37.9
24	53.0	44.9	178	336	783	1,034	1.1	27.4

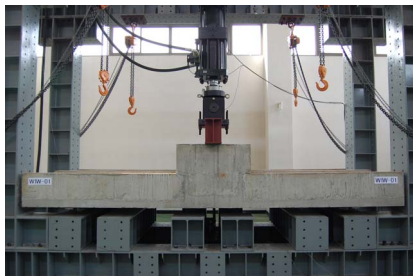


(a) WAS 부재 단면 형상



(b) ITB 단면 형상





(c) WIW 계열 실험체의 설치 상황

그림 1 실험체 단면 형상과 설치 모습

3. 실험 결과 및 분석

3.1 균열 및 파괴양상

각 실험체의 파괴양상을 보면 일반적으로 접합부의 균열로 인한 급작스런 내력저하가 관찰되었다. 전단키 형상을 따라 초기 균열이 발생하였고, WIW-50T 실험체의 경우에는 그림 3과 같이 WAS 부재 자체에 가력점에서 지점방향으로 사인장 균열이 발생하는 현상이 나타났다. WIW-80T 실험체와 WIW-50M 실험체는 초기균열 발생 후 하중의 증가와 함께 철근이 항복하였고, 이후 접합부 균열이 확장되었으며, 최종적으로 덧침 콘크리트와 WAS부재가 분리되면서 하중이 급격히 떨어지는 것이 관찰되었다.

3.2 하중-변위 관계

실험체의 하중-변위 곡선은 그림 2와 같다. 변수에 따른 하중-변위 관계를 비교해보면, 먼저 전단키 폭이 50 mm 인 WIW-50T 실험체가 전단키 폭 20 mm 인 WIW-20T 실험체보다 최대하중이 3.8 % 높게 나타났다. 그리고 충전재료의 종류에 따른 최대하중을 비교해 본 결과, 덧침 콘크리트를 사용한 WIW-20T 실험체의 강도가 더 높은 무수축 모르타르를 사용한 WIW1-20M 실험체 보다 최대하중이 11.6 % 높게 나타났다.

3.3 설계강도 비교

표 2와 같이 접합부 설계강도와 최대하중을 비교하여본 결과, 모든 실험체는 설계내력을 확보하는 것으로 나타났다. 비교 결과 덧침 콘크리트를 타설한 WIW-50T 실험체가 무수축 모르타르를 사용한 WIW-50M 설험체에 비하여 내력비가 1.3배 이상 높게 나타났으며, 또한 실험 종료 후 접합부를 관찰한 결과 충전재료가 모두 밀실하게 채워져 있었다. 따라서 접합부의 충전성능이 확보된다면, 실제 현장에서 덧침 콘크리트를 사용하더라도 충분한 내력을 확보할 것이라고 판단된다.

표 2 실험체 변수 및 실험 결과

실험체명	실험변수		균열 시		항복 시		최대 시		설계 강도 P_n(kN)	내력비 P_{max}/P_n
	전단키폭 (mm)	충전재료의 종류	하중 (kN)	변위 (mm)	하중 (kN)	변위 (mm)	하중 (kN)	변위 (mm)		
WIW-50T	50	덧침 콘크리트	130.6	1.17	278.6	4.92	290.1	5.62	214.6	1.81
WIW-20T	20	덧침 콘크리트	70.6	0.76	301.5	9.17	301.5	9.17	214.6	1.41
WIW-50M	50	무수축 모르타르	55.1	0	256.4	3.80	256.4	3.80	214.6	1.19

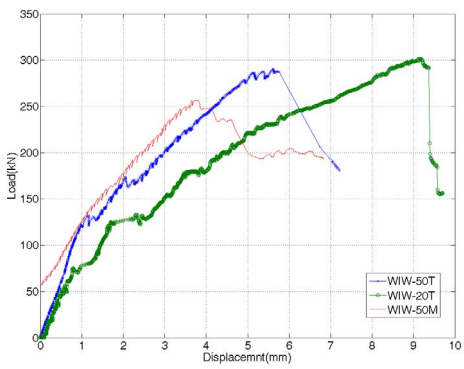


그림 2 WIW 계열 실험체의 하중-변위 곡선

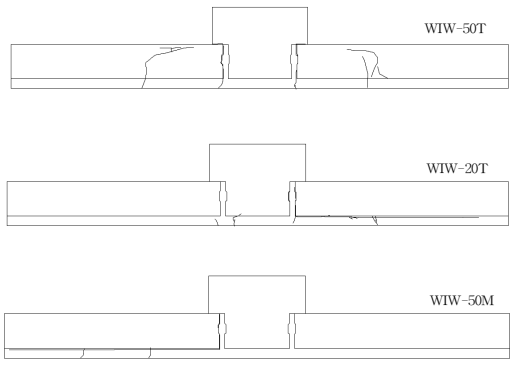


그림 3 각 실험체의 실험 종료후 균열 모습

4. 결론

WAS 부재와 역T형 보(ITB)의 접합성능을 파악하고자 전단키 폭과 충전재료를 변수로 하여 실물대실험을 수행하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

전단키 폭은 접합성능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 충전재료의 다짐이 충분한 최소한의 전단키 폭으로 설계하여도 내력에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 또한 두 부재 간의 접합 부분 충전재료로 덧침 콘크리트와 무수축 모르타르를 사용한 결과, 두 재료 모두 내력을 확보하고 있는 것으로 나타나 덧침 콘크리트를 사용하여 시공의 편리성을 확보하는 것이 유리할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 신세계건설(주), 삼환까뮤, (주)센구조연구소의 도움으로 연구되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 김대훈, 유승룡, “토핑콘크리트를 타설한 최소 깊이 더블티 보의 댑 단부 전단실험”, 대한건축학회 학술발표논문집, 19권 2호, 1999,10.
2. 정란 외 4인, 콘크리트구조설계, 동화기술, 2005. 3.
3. 대한건축학회, 건축구조설계기준 2005, 기문당, 2005.
4. PCI DESIGN HANDBOOK 6th Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, 2004.