

커플러와 루프이음 방식을 적용한 프리캐스트 우각부 연결구조 성능 실험

Performance Test of Corner Rigid Joint for Precast Modular Structure using Coupler and Loop Connection

이종순*[†], 이준경*, 이성형*, 노형민*, 김종현*, 신정열**
J.S. Lee*[†], J.K. Lee*, S.H. Lee*, H.M. Roh*, C.H. Kim*, J.R. Shin**

Abstract Recent study about near-surface urban transit is proposed to overcome uneconomical problem of underground subway. Development of construction technology using open-cut precast modular structure for main structure of the near-surface urban transit is under way.

In this paper, performance test of corner rigid joint of the modular structure is carried out. Loop connection, and coupler connection is considered. As a result of the test, the structural performance of coupler connection is more advantageous. However, loop connection, considering effective construction, also satisfies the performance requirements.

Keywords : Corner rigid joint, Loop connection, Coupler connection, Precast module

초 록 지상고가 형식의 도시철도는 도시미관을 저해하고, 소음/진동 등의 영향으로 민원이 자주 발생한다. 또한 지하 20~30m에 시공되는 지하철은 공사비가 고가이고 긴 환승 시스템의 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하는 저심도 도시철도의 본선 구조체를 개착식 프리캐스트 모듈식 구조체로 적용하는 시공기술 개발을 위한 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 저비용 저심도 도시철도 시스템에 적용되는 우각부 연결구조에 대한 성능 평가 목적으로 연구를 수행하였다. 실험 조건은 우각부 철근의 커플러 연결, 루프 연결 구조를 고려하였다. 실험 결과, 강결연결 형태의 커플러 연결이 구조적 성능이 가장 우수하였으나, 시공 효율성을 고려한 루프 이음도 소요 성능을 만족함을 확인하였다.

주요어 : 우각부 연결, 루프 이음, 커플러 이음, 프리캐스트 모듈

1. 서 론

지상고가 형식이나 지하 경전철의 비경제성을 극복하기 위해 저비용 저심도 도시철도 적용에 대한 연구가 진행되고 있다[1]. 낮은 심도의 지하박스 구조물을 적용함에 있어, 가시 설을 대체하는 프리캐스트 모듈 구조를 적용하기 위해 무엇보다도 모듈 연결부에 대한 성능이 확보되어야 한다. 모듈구조의 연결은 크게 강성벽체와 벽체간의 연결과 강성벽체와 상부 슬래브 간의 연결부로 구성된다[2,3].

† 교신저자: 현대건설 연구개발본부 인프라연구개발실(jslee726@hdec.co.kr)

* 현대건설 연구개발본부 인프라연구개발실

** 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

2. 벽체-슬래브 모듈 성능 실험

2.1 모듈식 벽체-슬래브 연결부

기존 연구에서 제안되었던 벽체와 슬래브간 채널과 커플러를 적용한 우각부 연결구조의 성능 검증 결과[3]를 토대로 연결부에 대한 개선을 하고자 강성효과가 우수한 커플러와 루프이음을 적용하였다. 또한 벽체 연결부 단면을 Fig. 1처럼 기존 500mm에서 배면방향으로 100mm로 늘려 우각부 벽체 두께를 600mm로 진행하였다. 실험체에 대한 제원은 Table 1에 정리하였고, 우각부 연결형상은 Fig. 2와 같다.

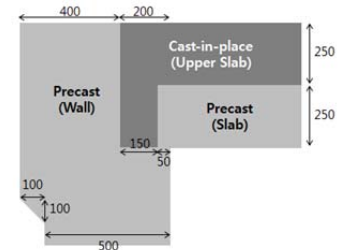


Fig. 1 Shape of Corner Rigid

Table 1 Types of Wall to Slab Connection/Joint

Type	Case	Connection Detail Types		Width (m)	Length (m)	Thickness (mm)
		Upper Slab(RC)	Lower Slab(PC)			
Wall : Precast	WS#1	Coupler	Coupler	2.6	3.9	500
	WS#2	Loop connection		2.6	3.9	500
Slab : Half-precast	WS#3(Prev.)	Coupler	T bolt	2.5	3.9	500



(a) WS#1(Coupler+Coupler)



(b) WS#2(Loop)



(c) WS#3(Coupler+T bolt)

Fig. 2 Types of Wall-Slab Connection/Joint

2.2 휨 성능 실험 방법

실험은 슬래브 상단에 재하되는 하중과 실험체의 고정하중을 반영하여 수직으로 실험체를 세워놓고 구조물 거동을 확인하여야 하나 실험체 하중 재하특성 및 실험시 안전성을 고려하여 Fig. 3 (a)와 같이 실험체를 눕혀놓은 상태로 벽체를 고정하고, 수평방향으로 슬래브 끝단에 $\pm 2,000\text{kN}$ 의 유압 정적 액추에이터로 가력하여 벽체-슬래브 연결부인 우각부에 휨모멘트가 발생하도록 정적하중 재하실험을 진행하였다. 하중은 변위제어에 의한 반복가력실험을 실시하였다.

연결부에 대한 전반적인 실험 거동 확인을 위하여 유압 정적가력기에 설치되어 있는 로드셀과 변위계를 통해 하중-변위 관계를 측정하였으며, 벽체-슬래브 연결부의 재하단계별 부분적인 거동 특성을 파악하기 위해 Fig. 3 (b), (c)와 같이 균열계, 변위계, 변형률계를 부착하였다.

특히 균열계는 벽체와 슬래브 연결부 및 프리캐스트와 현장타설 연결부에 설치하여 균열

시점을 확인하였다.

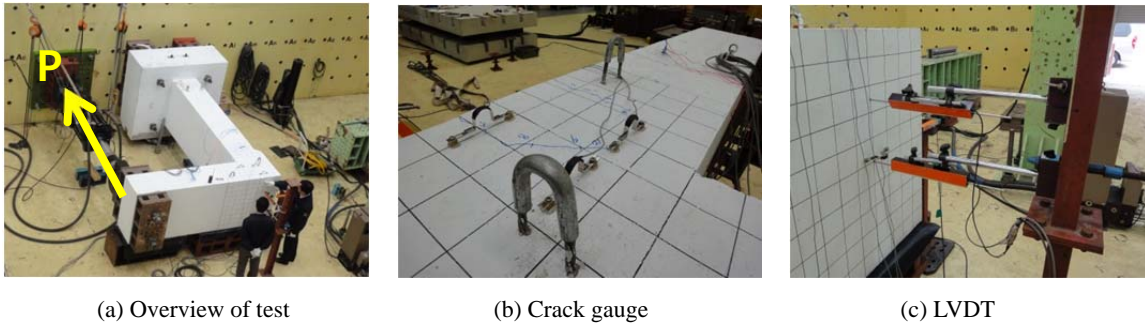


Fig. 3 Bending moment test of Wall-Slab Connection

3. 연결부 성능 검증 결과

3.1 하중-변위 결과

프리캐스트 벽체와 슬래브 연결부에 대한 휨모멘트 저항 실험 결과를 Fig. 4에 도식화하였고, 실험결과 벽체와 슬래브 간의 강결 연결(WS#1)인 커플러의 성능이 가장 우수함을 확인하였다.

루프이음(WS#2)의 경우, 벽체의 주철근과 슬래브 주철근 사이를 루프형태의 폐합구조로 철근의 연결을 하여 기존 실험[3]에서 커플러와 채널을 활용(WS#3)하는 것보다는 성능이 우수하지만, 커플러를 활용한 직접적인 연결보다는 다소 성능이 낮음을 확인하였다.

커플러와 채널을 혼용(WS#3)하여 사용하는 경우, C형 채널과 T볼트 사이의 유격으로 인해 상대적으로 휨 성능이 작은 구조임을 확인하였고, 본 실험을 통하여 커플러 활용한 벽체와 슬래브의 철근의 직접적인 연결이 가장 구조적으로는 성능이 우수함을 확인하였다.

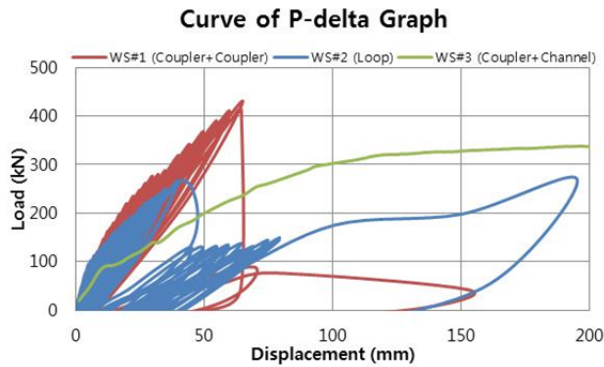


Fig. 4 P-delta graph of Wall to Slab

Table 2 Result of bending moment test

Type	Case	Maximum load (kN)	Actuator displacement of maximum load(mm)	Ultimate Load (kN)	Remark
Wall to Slab	WS#1	430.9	64.93	325.45	1.32
	WS#2	267.94	39.82	196.43	1.36
	WS#3(Prev.)	344.14	179.43	291.92	1.18

3.2 균열 결과

균열 형상을 Fig. 5에서 살펴보면, 전체적으로 벽체와 슬래브 연결부에서 먼저 균열이 발생한 후 우각부 휨 전달에 의한 벽체의 휨균열, 상부 슬래브 휨 균열 순으로 균열이 발생하였다. 이는 우각부가 상부 슬래브의 휨모멘트를 벽체로 전달 가능한 구조임을 확인하였다.

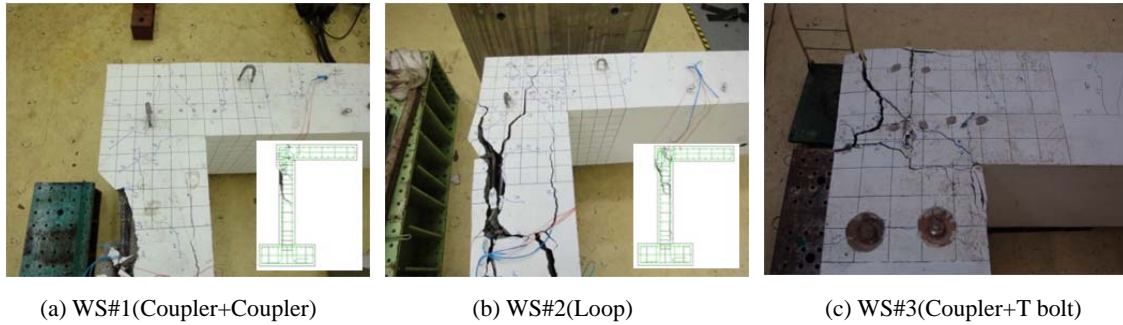


Fig. 5 Crack pattern of Wall-Slab Connection

4. 결론

개착식 지하박스 구조물의 벽체와 슬래브의 연결부인 우각부에 대한 성능검증을 수행하였고, 기존 연구에서 진행되었던 성능보다 우수한 연결부 구조임을 확인하였다,

커플러를 활용하여 직접적인 연결구조가 성능이 가장 우수함을 확인하였다. 루프이음의 경우는 커플러를 활용한 직접적인 연결보다는 다소 성능이 낮지만, 기존 커플러와 채널을 활용하는 것보다는 성능이 약 10% 이상 우수함을 확인하였고, 극한강도 대비 30% 이상 확보하고 있음을 확인하였다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 "저비용 저심도 인프라 핵심기술 개발" 연구비 지원(15RTRP-B068762-03)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] J.R. Shin, A.H. Lee, C.S. Lim, J.S. Lee, et al. (2014) The Concept of Open-cut Modular Construction Method for Near-surface Transit, *2014 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, pp. 89 (KSR2014A042).
- [2] J.S. Lee, H.S. Kim, S.H. Lee, J.K. Lee (2015) Performance Test of Wall to Wall Modular Structure Joint for Near-surface Transit, *Journal of the Korean Society for Railway*, 18(3), pp. 261-269.
- [3] J.K. Lee, J.S. Lee, S.H. Lee, H.S. Kim (2015) Performance Test of Corner Rigid Joint for Modular Structure using Channel and Coupler, *Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 16(3), pp. 2255-2262.