

HI-FORM DECK를 이용한 부분 PC 계단 접합부의 접합방식에 따른 실험적 연구

A study on experiment from the Stair Joints Constructed with PC system part of it using the HI-FORM DECK

장극관* 이은진** 진병창*** 강우주*** 한태경***
Chang, Kug Kwan Lee, Eun Jin Jin, Byung Chang Kang, Woo Joo Han, Tae Kyung

Abstract

The semi-rigid joint is the shape of middle that can supplement the defect of pin joints and accept the good point of rigid joints. Recently, a study on the pin joints is activated in the country, but because the study on semi-rigid joints is not many, this study tried to prove with producing test model of three shape. The test models are rigid joint HI-R, semi-rigid joint HI-S, pin joint HI-P. As a result of the test, respectively HI-R, HI-S, HI-P appeared shear failure of joint, flexure failure of the top fixing, flexure failure of the lower part slipping stair slab, and the maximum strength is measured to 51.74, 51.4, 24.63kN, the stiffness is appeared 1.58, 1.19, 0.37 respectively, The yield strength is respectively kept 44.5, 47.3, 24kN, and ductility ratio is appeared to 3.31, 2.32, 1.54, when is based on KBC code, sag of the acting service load is appeared that HI-P model is over the standard. When is based on distribution of bars strain ratio, HI-S seems similar behavior incipiently, but after the yield, the semi-rigid joint was able to be judged better than pin joint because of the stress allotment of joint internal elements.

요약

반강접합은 핀접합의 단점을 보완하고 강접합의 장점을 수용할 수 있는 중간 형태이다. 현재 국내에서 핀접합에 대한 연구는 활성화 되어있으나 반강접합에 대한 연구는 많지 않기 때문에 본 연구에서는 3가지 형태의 실험체를 제작하여 성능을 입증하려 했다. 실험체는 강접합 HI-R, 반강접합 HI-S, 핀접합 HI-P 등 총 3개이다. 실험결과 HI-R은 접합부 전단파괴, HI-S는 고정단 상부 휨파괴, HI-P는 경사계단 슬래브 하부 휨파괴로 나타났고 최대내력은 각각 51.74, 51.4, 24.63kN으로 측정되었고, 강성은 1.58, 1.19, 0.37을 나타냈다. 항복강도는 각각 44.5, 47.3, 24kN을 보유하고, 연성비는 3.31, 2.32, 1.54로 나타났고, 사용하중 작용 시의 처짐은 KBC기준에 의거하여 HI-P 실험체가 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 철근 변형률분포로 보아 HI-S는 초기에 HI-R과 유사한 거동을 보이거나 항복이후 접합부 내부요소들의 응력분담으로 핀접합보다는 우수한 성능을 보유한 반강접합부로 판단할 수 있었다.

*정회원, 서울산업대학교 건축공학과 교수

**정회원, 서울산업대학교 연구원

***정회원, 서울산업대학교 대학원 석사과정

1. 서론

부분 PC공법에서 부재간의 접합부는 휨모멘트를 무시한 전단접합으로 시공되는 것이 일반적이다. 부분 PC계단의 접합부를 힌지로 간주할 경우 접합부의 모멘트 성능을 무시¹⁾하므로 경사 계단 부재의 휨모멘트가 증가하게 되어 철근 배근량이 늘어난다. 또한 강접합과 달리 진동 및 피로하중에 의한 접합부 손실이 증가하여 사용성 저하로 인한 유지 관리비가 증가하게 된다. 그리고 실제 계단실의 경계 조건과 하중조건을 적용한 유한요소 해석결과²⁾ 계단접합부에서 무시할 수 없을 정도의 휨응력이 발생함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 부분 PC계단 접합부에 효과적이고 실용성이 있는 모멘트 반강접합 상세를 제안하여 접합부 성능을 강접합 및 핀접합과 비교·평가하고자 하였으며, 실험체는 HI-FORM DECK³⁾을 이용하였다. HI-FORM DECK은 슬래브에 지주를 최소화하며, 특히 철근작업을 공장 선제작 및 선조립하여 품질향상, 원가절감, 시공성 향상, 안전성 확보 등을 향상시킬 수 있는 공법이다.

2. 실험

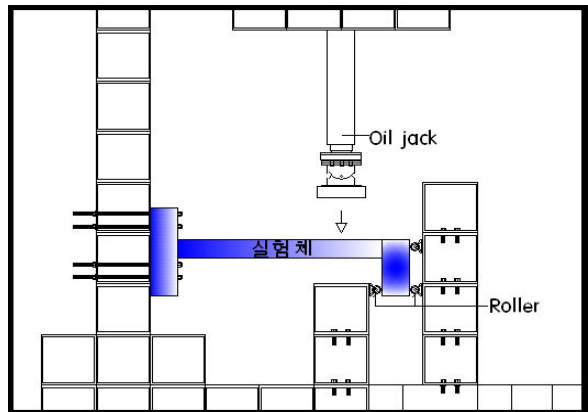
실험체 일람은 [표 1]과 같다. 콘크리트의 압축강도는 29.7MPa 이고, 강재의 재료시험결과는 [표 2]에 나타내었다. 실험체의 설치는 [그림 1]과 같이 반력 프레임에 콘크리트 블록을 고정시키고, 반대편에는 수직방향 변위를 풀기 위해 프레임에 주문 제작한 롤러형 철물을 설치하였다. 제작된 롤러형 철물은 실험체의 좌우측 이동을 구속하고, 수직방향의 이동을 허용하기 위한 것이다. HI-R실험체는 일체형 실험체로서 접합부에서 상·하부근이 이음 되었고, HI-S는 반강접합 실험체로서 접합부 앵글에 Shear Connector 12개가 용접되어 전단보강 되어있으며, 플레이트와 경사 계단 슬래브의 주근이 용접되어 있다. 또한 접합부 부위는 무수축물탈로 후타설 된다. HI-P는 핀접합 실험체로서 반턱걸침 형이고, 접합부에 연결철근이 따로 존재하지 않으며, 예폭시 정착된다.

[표 1] 실험체 일람

실험체 명	접합부 형태	
HI-R		일체형 실험체 (Rigid)
HI-S		볼트접합 실험체 (Semi-Rigid)
HI-P		반턱걸침 실험체 (Pin)

[표 2] 강재 재료 시험 결과

구 분	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)
φ6	512.20	556.79	2.0*10 ⁵
D13	460.97	484.40	1.9*10 ⁵
PL5	330.81	399.01	2.1*10 ⁵



[그림 1] 실험체 설치도 및 Setting상황

3. 실험결과

HI-R실험체는 [그림 2]에서 보는 바와 같이 고정단 상부에 초기균열이 발생 후 경사계단 하부와 상부로의 휨균열이 계속 진행됨과 동시에 접합부의 사인장 균열이 진행되면서 최종 접합부의 전단파괴로 종료되었다. 그 이유는 계단실의 배근 상황을 그대로 표현하기 위하여 접합부를 중심으로 계단참

슬래브와 경사계단 슬래브의 주근 방향을 다르게 배치하였고, 접합부에는 전단 보강근 역할을 하는 트러스 철근이 존재하지 않았기 때문에 판단된다. HI-S 실험체는 고정단 상부 및 접합부 상부에 초기 균열이 동시에 발생한 후에 경사계단 슬래브 하부에 균열이 발생되었고, 최종 고정단 상부의 휨 파괴가 일어났다. 이는 콘크리트의 균열 이후 접합부에서 부담하던 응력이 고정단 쪽으로 이동하였기 때문으로 사료된다. HI-P 실험체는 에폭시 접착부위에 균열이 나타난 상태에서 시작하여 경사계단 슬래브 하부에 초기 균열이 발생되고 곧이어 고정단 상부에 균열이 발생하였다. 이후 에폭시 접착부분이 벌어지고 경사계단 슬래브가 우측으로 밀리면서 접합부의 벌어짐이 계속 되고, 경사계단 슬래브 하단에 응력이 집중되어 최종 경사계단 슬래브 하부의 휨 파괴가 일어났다.

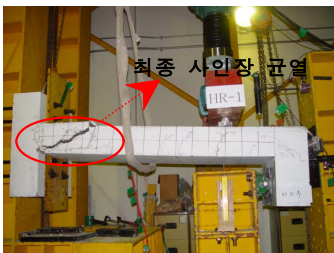
각 실험체의 하중-변위 곡선을 각각의 최대내력과 항복내력을 비교하였다. 계산상과 실험상의 최대내력은 실험체별로 각각 HI-R은 52.87kN, 51.74kN이고, HI-S는 46.57kN, 51.4 kN이며, HI-P는 49.5kN, 24.63kN이다. HI-P는 접합부의 벌어짐으로 인해 계산 값보다 훨씬 작은 값을 나타냈다. 또한 HI-R의 강성은 1.583이고, 이를 100%로 보았을 때 기준형 반강접 실험체인 HI-S는 1.194로 일체형의 약 75% 정도이며, HI-P의 강성은 0.372로 일체형의 약 23%의 강성을 보유함을 알 수 있다.

[표 3]에서 각각의 실험체의 항복강도와 항복변위, 최대강도와 최대변위를 나타내었다.

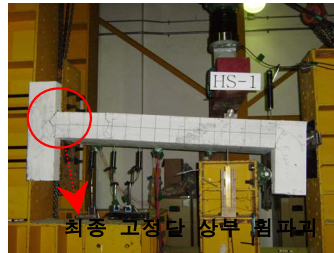
실험체의 연성비는 [그림 6]과 같이 HI-R은 연성비 3.31이고, 이를 1로 보았을 때 HI-S는 2.32로 일체형에 비해 0.7배의 연성비를 가지며, HI-P는 1.54로 일체형에 비해 약 0.5배의 연성비를 보유한다. HI-R은 연성비 2.0 이후 내력이 서서히 감소하고, HI-S는 1.5 이후 내력이 서서히 감소하는 경향을 보여 일체형과 비슷한 양상으로 내력이 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 HI-P는 연성비 1.3 이후 내력이 급격히 감소하여 1.5에서 파괴되었다. 이로써 HI-S는 HI-P에 비해 강도비 대 연성비의 성능이 매우 우수한 것을 알 수 있었다.

[그림 7]에서 ④번 지점의 철근 변형률을 살펴보면, HI-S의 변형이 HI-R보다 현저히 작게 나타났다. 이것은 HI-S의 접합부의 요소가 응력을 분담하여 휨 성능을 발휘하기 때문이다.

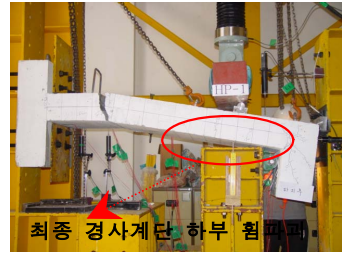
처짐을 비교한 [그림 8]에서 사용하중 작용 시 HI-R, HI-S는 KBC기준⁴⁾에 명시되어 있는 부재의 형태에 따라서 고려해야 하는 최대 허용처짐 기준을 만족하지만 HI-P는 기준치를 초과하였다. 이것은 편 접합일 때 접합부에서 휨 응력이 발생하여 접합부의 벌어짐에 의한 것으로 내력 및 강성 등에서 충분한 성능을 보유하더라도 처짐 및 진동 등의 사용성에 대한 성능은 매우 떨어지는 것을 알 수 있으며, 이는 예기치 못한 횡하중 발생시 막대한 피해를 초래할 수 있어 편접합부를 가지는 계단 슬래브의 처짐에 관한 사용성이 추후에 문제가 될 수 있음을 나타낸다. 반면 HS-1은 사용하중 하에서 일체형과 유사한 거동을 하며 매우 우수한 성능을 나타냈다.



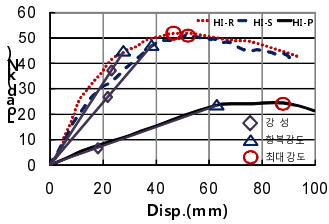
[그림 2] HI-R 파괴



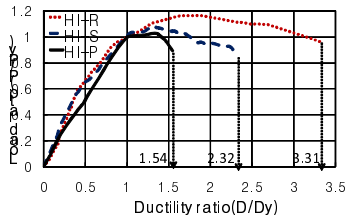
[그림 3] HI-S 파괴



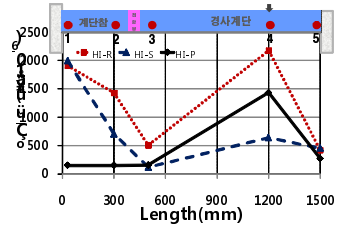
[그림 4] HI-P 파괴



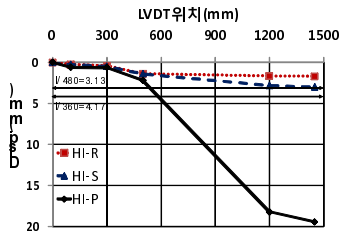
[그림 5] 하중- 변위곡선



[그림 6] 연성비



[그림 7] 항복시 변형률



[그림 8] 사용하중 작용 시 처짐

[표 3] 강도 및 변위 비교

실험체명	항복강도 (kN)	최대강도 (kN)	항복변위 (mm)	최대변위 (mm)
HI-R	44.5	51.7	28.1	53.7
HI-S	47.3	51.4	39.6	52.2
HI-P	24	24.6	64.5	88.3

5. 결론

- ① 부분 PC 계단 공법의 강접합 방식은 구조성능은 우수하나, 갑작스러운 접합부 전단파괴의 위험이 있고, 계단참의 고정단에 휨보강이 필요하다.
- ② 반강접합 방식의 내력 및 거동은 초기에 강접합과 유사한 경향을 보였으며, 항복이후 접합부 내부 요소들의 응력분담이 적절히 이루어져 최종파괴 시까지 강접합과 핀접합 사이의 성능을 보유함을 알 수 있었다.
- ③ 핀접합 방식은 경사계단으로 응력을 집중시켜 과다설계 될 수 있으며, 접합부의 모멘트 발생 시 처짐이 과도하게 일어난다.

감사의 글

이 논문은 2006년도 국토해양부 건설핵심기술연구개발사업(사업번호06건설핵심C03)연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

6. 참고문헌

- (1) 이은진, 오영훈, 장극관, 신운식, “선시공조립식 Hi-Form 거푸집 공법을 적용한 계단접합부의 전단 및 휨강도 평가”, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 한국콘크리트학회, PP.85~88, 2007.11
- (2) 이은진, 진병창, 장극관, “선시공 조립식 거푸집 공법을 이용한 계단 접합부의 접합방식에 따른 해석적 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 한국콘크리트학회, PP.301~304, 2008.4
- (3) 국토해양부 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업(사업번호06건설핵심C03), “선시공조립식 HI-FORM을 이용한 통합 거푸집시스템 공법개발 및 실용화 연구”, 최종보고서, 2008. 07. 31
- (4) 대한건축학회, “건축구조설계기준(Korean Building Code-Structural)”, 2005.