

U형 강봉을 사용한 PC 계단 접합부 개발

Development of Improved PC Stair Connections Using U-Rods

장극관¹ · 서대원² · 천영수³

Kug-Kwan Chang¹, Dae-Won Seo² and Young-Soo Chun³

(Received April 26, 2011 / Revised August 1, 2011 / Accepted August 30, 2011)

요 약

프리캐스트 콘크리트는 현장작업을 최소화하고 공사품질을 보장할 수 있으며 공사기간을 단축시킬 수 있는 장점을 갖고 있다. 특히 계단실의 경우 재래식 거푸집을 사용할 경우 골조공사의 품질저하와 다수의 인력투입에 따른 생산성의 저하 및 시공의 어려움 등의 문제점이 있다. 본 연구에서는 PC 계단 접합부 상세를 개발하고, 제안한 접합부의 일체성확보와 사용성 및 안전성을 검증하기 위해 구조성능실험을 수행하였으며, 단순 편접합 실험체에 비해 구속도의 증가, 내력, 강성 및 연성의 증가를 확인할 수 있었다.

주제어 : 프리캐스트 콘크리트, PC 계단, 모멘트 능력, 접합부, 반강접

ABSTRACT

Compared with the traditional RC system, precast stairs can save construction time, reduce the cost of concrete casting, etc. This paper focuses on an investigation of improved continuous longitudinal joint details for PC stair systems. The performance of the precast concrete stair connections subjected to displacement control cyclic loading is compared with that of the monolithic connection. The developed connection is composed of U-rods and clamp joint metals. This paper proposes precast stair connection with improved structural performance and experimentally evaluates the structural performance of the proposed joints in terms of maximum load, displacement ductility, strain, crack and failure modes.

Keywords: Precast concrete(PC), PC Stairs, Moment capacity, Connection, Semi-rigid

1. 서 론

최근 문제가 되고 있는 건설현장의 인력부족 현상은 건설 공사의 품질저하와 공사기간 지연의 원인이 되며, 이에 동반하여 인건비 상승이 초래되고 있다. 따라서 이러한 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 대안으로 현장인력을 최소화할 수 있는 새로운 공법의 개발이 요구되고 있다. 공사기간 단축을 위한 건축구조시스템으로서 국내에서는 1980년대에 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, PC)패널을 이용한 아파트 건설이 신도시에서 시도되었으나 접합부 시공의 기술적인 어려움과 시공성의 문제로 성공하지 못하였고, 아직까지 대부분의 경우 재래식 철근콘크리트(Reinforcement Concrete, RC) 공법에 의존하고 있다. 그러나 해외 선진국의 경우 구조시스

템의 단순화와 조립식 공법의 도입으로 건설공사기간을 획기적으로 단축하여 건설생산성을 높이고 있다.

건축공사에서 특히 계단실의 경우 재래식 거푸집을 사용할 때 골조공사의 공정이 복잡하고, 품질저하 및 다수의 인력 투입에 의한 생산성의 저하 등의 문제점이 존재하므로 부재의 프리캐스트화의 효과가 크다. 그러나 일반적으로 프리캐스트 콘크리트 계단의 접합부는 편접합으로 처리되는 경우가 많으며, 접합부의 모멘트 성능을 무시하므로 경사 계단부재의 휨모멘트가 증가하게 되어 철근배근량이 늘어나게 된다. 또한 강접합과 달리 진동 등의 사용성 문제와 이상하중에 대한 접합부 손실 우려 등이 있다. 따라서 본 연구에서는 계단 시스템의 공기단축 및 품질향상 등을 동시에 만족할 수 있는 PC 계단시스템을 위해 PC 계단과 계단참의 이음접합부를 개

1) 서울과학기술대학교 교수(주저자: kkch@seoultech.ac.kr)

2) (주)에코닝 지진방재기술연구소 소장(교신저자: dwseo1@gmail.com)

3) 토지주택연구원 수석연구원

발하고자 하였다. 또한 본 연구에서는 제안한 접합부의 일체성 확보와 구조안전성을 검증하기 위해 성능실험을 수행하였으며, 이전 연구에서 보고된 일체형 접합부의 실험결과(장극관 외, 2008)와 제안된 접합부의 실험결과와의 비교·평가를 통하여 제안한 접합부의 안전성을 확인하였다.

2. PC 계단 접합부

2.1 계단실의 일반적 형태

최근 수요가 증가하고 있는 고층 주거용 건물들은 대부분 RC 코어내부에 엘리베이터 샤프트와 계단실을 갖고 있다. 이러한 형태의 RC 코어 계단실은 각 층 계단의 형상이 동일하여 부재의 대량생산이 가능하고 고층이 될수록 조립식 계단 공법 적용에 따른 경제적 효과가 크다. 그러나 RC 계단실 코어의 계단공사는 대부분 지금까지 현장타설 철근콘크리트로 시공되었으며, 이는 복잡한 공정과 품질확보 측면에서 개선이 필요한 실정이다. 이를 대체할 수 있는 조립식 계단으로 RC 계단실에 철골계단을 가설한 후 실내의 모든 콘크리트 공사를 완료하고, 최종적으로 가설된 철골계단을 슬라이딩시켜 설치, 접합하는 슬라이딩형 철골계단이 있는데, 경사판에 철골 부재를 사용하기 때문에 경제성 측면에서 단점이 존재한다.

2.2 재래식 계단 콘크리트 타설공법

기존 재래식 공법에서 거푸집은 일반적으로 계단실의 외부는 갱폼 등의 대형 시스템의 거푸집 설치가 가능하나 내부 및 계단부위는 형상이 복잡하고 층간의 벽체가 불연속적이기 때문에 재래식 거푸집의 사용이 불가피하다. 따라서 재래식 거푸집 설치 후 벽체 및 계단 콘크리트 일체를 동시에 타설한다. 이 경우 거푸집의 설치가 어렵기 때문에 시공시간 및 인력의 낭비가 심하고 콘크리트 타설시 경사판에서 콘크리트가 넘쳐 흐르는 등 계단실의 품질측면에서 심각한 문제가 빈번하게 발생한다. 특히 이러한 공법은 한번에 벽체와 슬래브를 동시에 슬래브 바닥높이까지 타설하기 때문에 중간참부분에서는 콘크리트의 압력으로 콘크리트가 넘쳐흘러 중간참 레벨을 조절하는 것이 어렵다. 또한 계단 디딤판의 과도한 시공편차로 인해 불필요한 마감공정의 추가가 불가피하기 때문에 비용상승의 원인이 된다. 또한 콘크리트 경화 및 거푸집 해체 전까지 통행 및 안전난간 설치에 어려움이 있어 안전사고의 가능성이 크고, 목수, 철근공 등 많은 공종별 인력이 투입되어야 하므로 어느 한 부분이라도 인력투입이 원활하지 않을 경우 공정에 차질이 발생하는 단점이 있다.

2.3 PC 계단 접합

PC 계단은 RC 코어벽체와 일체로 시공되는 습식 RC 계단과는 달리, 부재분할 및 조립, 그리고 RC 코어 벽체와의 접합

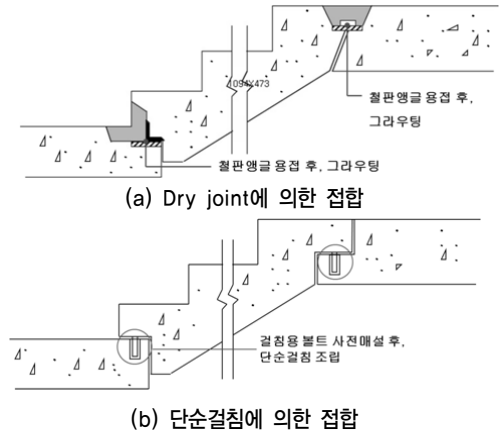


그림 1. PC 계단과 경사판의 접합부 시공(임흥철 등, 2008)

방식이 중요하게 고려되어야 한다.

일반적으로 그림 1과 같이 계단참과 경사판의 조립에는 건식접합(dry joint) 또는 단순걸침 방식이 사용된다. 모르타르나 콘크리트를 사용하지 않고 PC 부재에 묻힌 플레이트 또는 앵글을 서로 용접하여 고정하는 건식접합은 볼에 약하고 부식될 우려가 있으므로 내화 및 방청의 목적으로 그라우팅한다. 부재 한 편에 걸침용 볼트를 사전매설하여 소규모 용접작업의 수를 줄일 수 있는 단순 걸침형 조립방법도 사용되고 있다. 그러나 이러한 방식은 진동 등의 사용성 문제와 함께 지진 등의 비정상 하중에 대하여 경사판 이탈 등의 우려가 있다.

3. PC 계단 접합부의 개발

3.1 접합부 개요

일반적으로 PC 접합부에서 일체성이 확보되면 시공성에 문제가 발생하고, 시공성이 확보되면 효율적인 응력전달의 어려운 경우가 종종 발생하게 된다. 본 연구에서 개발된 PC 계단 접합부는 PC 계단판과 계단참의 모멘트 접합을 위한 상세로서 U-SR 접합부라 명명하였다. U는 U형 강봉(rods)을, SR은 반강접(semi rigid)을 의미한다.

계단 접합부는 그림 2와 같이 PC로 제작된 계단판과 계단참을 연결하는 이음부에 U형 강봉을 두어 시공시의 연결부재로서 판에 전달되는 응력을 저항하게 하는 시스템이다.

그림 3은 제안된 U형 강봉에 의한 이음부 접합공법의 시공순서를 나타낸 것이다. 공장에서 제작된 계단 PC 부재를 현장에 반입하고, 시공은 벽체, 계단참 설치 후에 계단판의 U형 강봉과 계단참의 U형 강봉을 겹치게 설치한 후에 제작된 스티럽 형태의 커플러로 계단참의 U형 강봉과 계단판의 U형 강봉을 접합하고 무수축 콘크리트를 사용하여 접합부를 충전하여 완성한다. 본 공법은 계단실 내부 벽체를 대형거푸집으로 연속시공하고 계단부재를 PC화하여 품질향상이 가능하

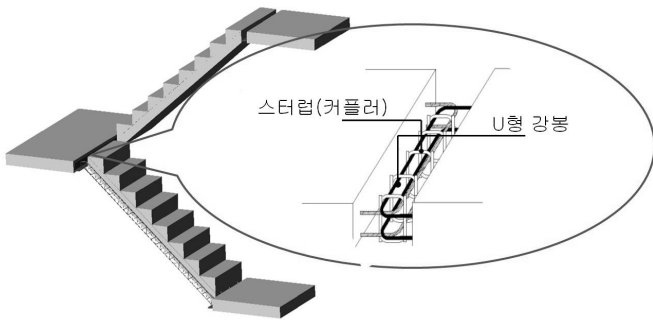


그림 2. 개발된 PC 계단 접합부 개요

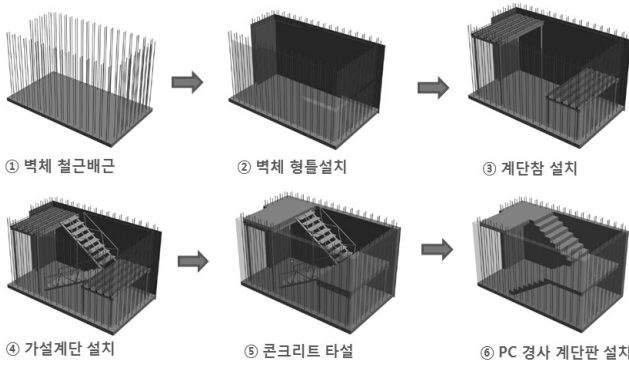


그림 3. PC 계단접합부의 시공순서

며, 접합부의 일체성 확보에 의해 계단실의 사용성의 향상을 기대할 수 있다. 또한 기존의 계단실 PC 공법에서의 단순 전단접합에서 우려되는 비정상하중에 의한 경사판의 이탈이 없으므로 건물의 안전성이 향상된 공법이다.

3.2 접합부 설계

개발된 접합부는 U형 강봉에 의해 계단참과 계단이 연결되어 휨과 전단력의 형태로 하중이 전달되며, 단순접합형에 비해 모멘트를 전달할 수 있는 시스템이다. 접합부최종파괴는 접합부의 전단강도 및 U형강봉 주위 콘크리트의 전단강도에 의해 결정되며, 국내 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007)에 의한 정착길이 및 앵커설계에 의해 검토할 수 있다.

3.2.1 강봉의 정착길이

접합부에 사용되는 U형 강봉의 계단참 및 계단에서의 정착은 충분한 정착길이의 확보가 어려우므로 90°구부린 형태로 정착되어지며, 이때의 정착길이는 f_y 가 400MPa 일때 식 (1) 이상으로 한다.

$$l_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f_{ck}}} \quad (1)$$

여기서, d_b =철근지름

3.2.2 강봉의 전단강도

국내 기준에 의해 전단마찰 설계를 적용할 경우 강봉의 전단강도는 다음과 같다.

$$V_{sa} = n0.6A_{sc}f_{uta} \quad (2)$$

여기서, n 은 앵커그룹에서 앵커의 수이며, f_{uta} 는 $1.9f_{ya}$ 또는 860MPa 중 작은 값을 초과할 수 있다.

3.2.3 콘크리트의 전단파괴 검토

강봉 주위의 콘크리트 전단파괴는 콘크리트 구조설계기준 부록 IV 콘크리트용 앵커에 의해 다음과 같이 검토하였다. 앵커그룹에서 가장자리에 직각방향으로 작용하는 전단력 V_{cbj} 는 다음 식 (2)와 같다.

$$V_{cbj} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ec,V} \psi_{ed,V} \psi_{c,V} V_b \quad (3)$$

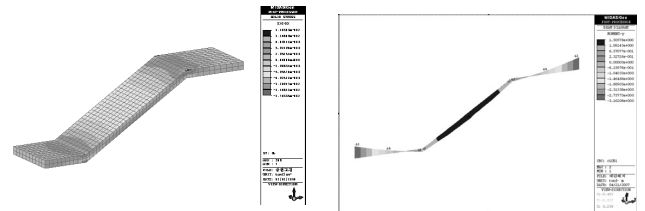
여기서, $\psi_{ec,V}$ =앵커그룹이 편심하중을 받는 경우의 전단강도에 대한 수정계수, $\psi_{ed,V}$ =연단거리영향에 대한 전단강도의 수정계수, $\psi_{c,V}$ =콘크리트 균열 및 보조철근의 유무에 따른 전단강도에 대한 수정계수, V_b =단일앵커에 대한 기본 콘크리트 강도이다.

4. 구조성능실험

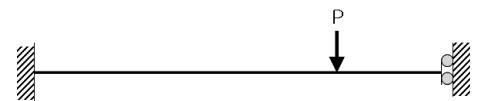
4.1 실험체 계획

접합부의 구조성능을 검증하기 위해 계단실의 형상과 지지조건을 고려한 실험체를 설계하기 위해 경사계단 및 계단참의 해석을 수행하였으며, 해석결과와 휨응력분포를 고려하여 그림 4 (b)와 같이 계단참 및 경사판 절반을 단순화 시켜 실험체를 계획하였다.

실험체의 형상은 그림 5와 같으며, 접합부의 형상에 따라 3가지 실험체가 제작되었다. A-P-3은 단순걸침형으로 7자



(a) 계단부의 해석



(b) 실험체의 단순화된 모델

그림 4. 실험체 계획

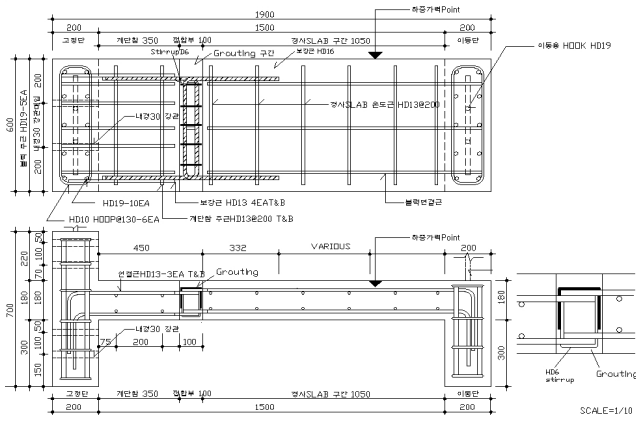


그림 5. 실험체 상세(unit: mm)

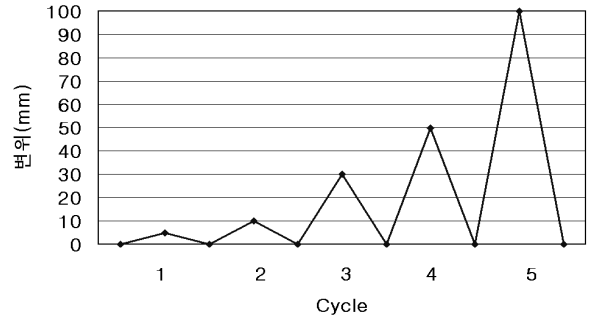


그림 7. 하중이력

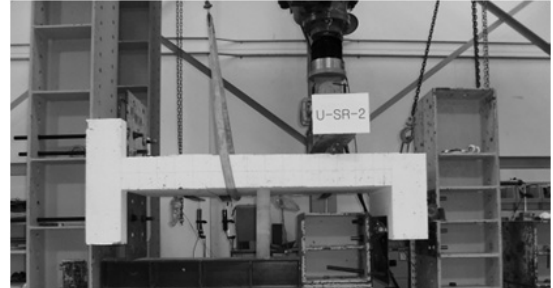
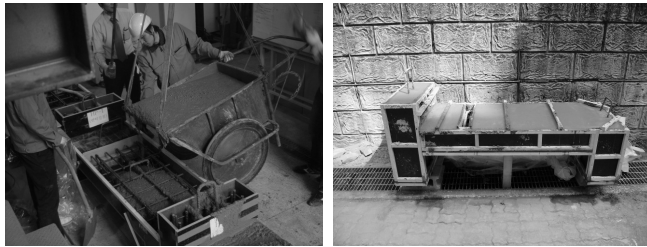


그림 8. 실험체 설치



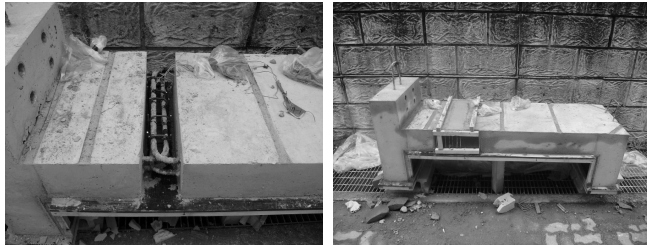
(a) 거푸집제작 및 철근배근

(b) 철근변형률 게이지 부착



(c) 콘크리트 타설

(d) 콘크리트 양생



(e) 이음부 조립

(f) 무수축 모르타트 충전

그림 6. 실험체 제작과정

형강을 앵커볼트로 고정시켜 계단참에 걸치는 형태이며 제안된 U-SR-2는 식(1)~(3)에 의해 설계된 U형 강봉에 의해 계단참과 경사계단이 접합되는 형식이다. U-SR-1은 실제 강봉의 전단강도가 하중에 대해 여유가 있기 때문에 제안된 U형 강봉을 일렬로 배치하여 접합한 형태로 전단에 대해서만 저항할 수 있는 접합부이다. 실험체 제작은 그림 6과 같이 현장에서 조립되는 순서와 동일하도록 진행하여 실제 시공시에 발생하는 문제점의 파악 및 개선점을 평가할 수 있도록 하였다.

4.2 실험방법

실험은 서울과학기술대학교 건축구조실험실내에 설치된 반력프레임과 500kN 스크류잭을 사용하여 수행하였다. 계단 접합부 실험체의 설치는 그림 8과 같다. 그림 4의 이상화한 모델과 같이 반력 프레임에 계단참 부분을 고정하고 계단부분의 회전은 구속하였으며, 수직방향 변위를 허용하도록 설치하였다. 가력방향의 변위를 측정하기 위해 가력부분 및 이음부 양쪽에 변위계(LVDT)를 설치하였고, 슬래브 주근 및 이음부의 변형을 측정하기 위해 스트레인 게이지를 설치하였다. 하중가력은 일체형 실험체의 실험결과와 비교하기 위해 이전에 수행된 하중패턴을 사용하여, 그림 7과 같이 부재각에 따라 1/300, 1/150, 1/50, 1/30, 1/15까지 단계별로 점증가력 하였다.

주요데이터는 수직하중이 계단 접합부에 작용할 때 계단부의 수직변위, 계단참 및 계단부의 주근변형률을 측정하여 접합부의 일체성 정도 및 거동특성을 파악하고자 하였다.

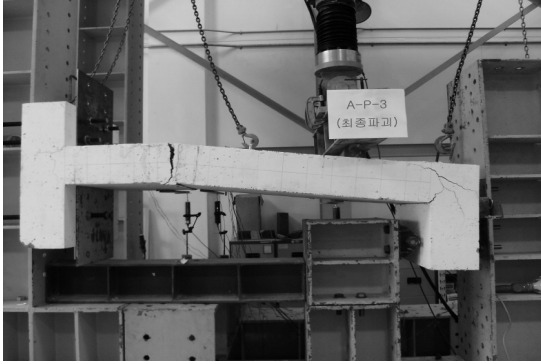
4.3 실험결과 및 분석

4.3.1 균열 및 파괴양상

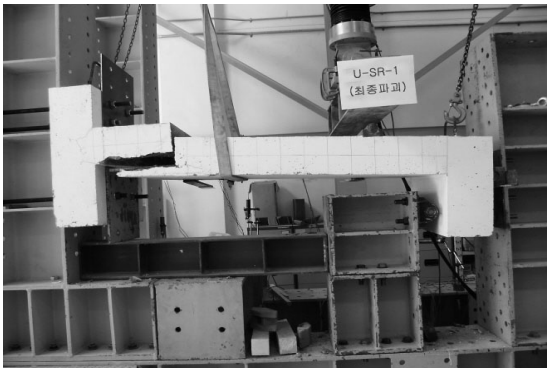
정적재하실험을 수행한 결과 및 파괴형태를 표 1에 나타내었다. 균열 및 파괴형태를 비교하면 PC 계단 접합부 공법의 장단점과 취약부를 확인할 수 있다. PC 접합부를 갖는 실험체들의 경우 모두 초기균열이 이음부에서 발생하였으며, 이후에 하중이 증가함에 따라 균열이 계단참 및 계단판으로 확

표 1. 실험결과

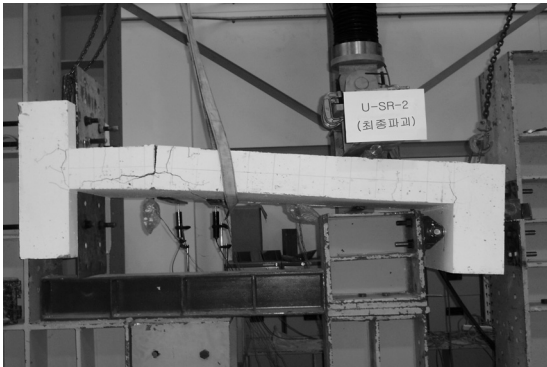
| 실험체 | 균열하중 | | 최대하중 | | 파괴양상 |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| | 하중(kN) | 변위(mm) | 하중(kN) | 변위(mm) | |
| A-P-3 | 1.97 | 3.98 | 9.77 | 39.67 | 이음부 파괴 |
| U-SR-1 | 4.12 | 4.81 | 19.61 | 100.00 | 계단참 콘크리트 부착파괴 |
| U-SR-2 | 4.21 | 4.80 | 22.69 | 100.00 | 계단참 콘크리트 부착파괴 |



(a) A-P-3



(b) U-SR-1



(c) U-SR-2

그림 9. 실험체 최종파괴

산되어 진전되는 양상을 보였으나, 대부분의 균열은 이음부에 집중되었다. 이는 이음부의 인장강도가 프리캐스트 계단판 및 계단참 바닥판의 콘크리트 인장강도보다 상대적으로 낮기 때문이다. 단순 걸침형인 A-P-3 실험체는 계단부분에 ㄱ자형 형강을 앵커볼트로 고정하여 계단참 부분에 걸쳐놓

은 형태이다. 1.9 kN에서 계단참과 계단판의 접합부에서 균열이 발생하였으며, 균열부가 계속 확대되어 최종파괴 되었다. 합형태가 앵글의 걸침형태로서 휨에 대한 저항이 거의 없기 때문에 이음부의 균열은 계단참이나 계단판으로 확산되지 않고, 이음부에만 집중적으로 발생되었다. U-SR-1 실험체는 U형 강봉을 계단참과 계단판에서 1개씩만 각각 연결하여 접합한 형태로서 접합부의 파괴양상을 파악하기 위해 계획되었다. 초기에 균열은 이음부 부분에서 4.12kN에서 발생하였으며, 이후 이음부에서 균열이 진전된 후 U형 강봉의 길이방향으로 균열이 진전되어 파괴되었다. U형 강봉에 의한 힘의 전달은 전단에 대한 U형 강봉이 앵커로서 작용하고 휨에 대해서는 결속철물의 접합과 U형강봉의 콘크리트와의 부착에 대한 저항으로 전달되게 된다. 따라서 1열의 보강은 휨에 대해 우력모멘트가 접합부에 발생시에 큰 저항을 하지 못하므로 상하부의 U형 강봉 배열이 필요한 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서 개발된 U-SR-2 실험체는 U형 강봉이 계단참 및 계단의 상하부 주근위치에 2열로 연결된 형태로서 초기균열은 4.21 kN에서 계단판 쪽 이음부에서 균열이 발생하였으며, 하중이 증가함에 따라 이음부 및 이음부 바깥으로 균열이 진전되었다.

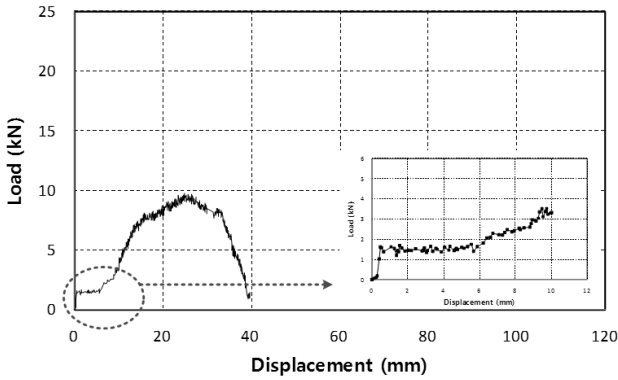
4.3.2 하중-변위곡선

그림 10에 각 실험체의 하중-변위곡선을 나타내었다. 그림에서와 같이 초기균열이 이음부에서 발생한 후 부재의 강성이 저하되어 이후 기울기가 감소하는 양상을 나타내었다. 단순걸침 실험체인 A-P-3은 실험초기에 ㄱ형강이 설치된 부위에서 균열이 발생한 후 급격히 내력이 저하되었으며, 이후 하중의 증가가 완만하게 발생하였다. 이는 실험체의 설치가 횡방향 변위가 제어됨에 따라 균열이후에도 걸침턱 부분에서 전단력에 대한 저항이 계속되었기 때문으로 판단된다.

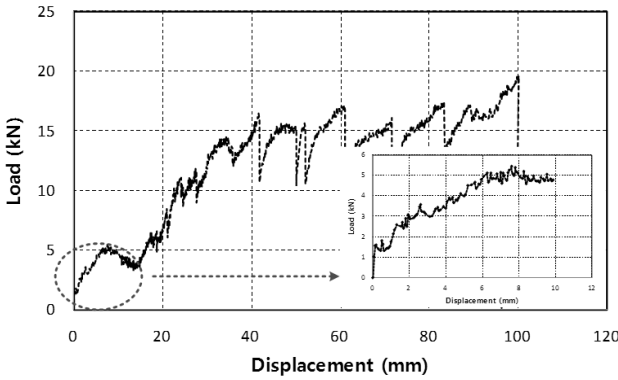
U-SR-1 실험체는 U형 강봉이 1열만 있는 실험체로 8mm에서 균열이 크게 진전되어 이후 실험이 진행되는 동안 하중의 증가와 감소가 반복되어 발생하였다. 이는 1열 보강된 강봉 만으로는 휨에 대해 접합부에서 발생하는 우력모멘트에 저항할 수 없으므로 부착력의 저하 및 정착부의 콘크리트 균열의 증가에 따른 영향으로 판단된다. U형 강봉이 상하부에 2열 배열된 U-SR-2 실험체는 초기균열은 변위 6mm에서 발생하였으며, 이음부의 균열이 진전되어 하중감소를 나타내었으나 상대적으로 안정적인 거동을 나타내며, 강봉이 설치된 길이방향으로 콘크리트가 균열이 진전되어 종료되었다.

4.3.3 이음부의 구속도

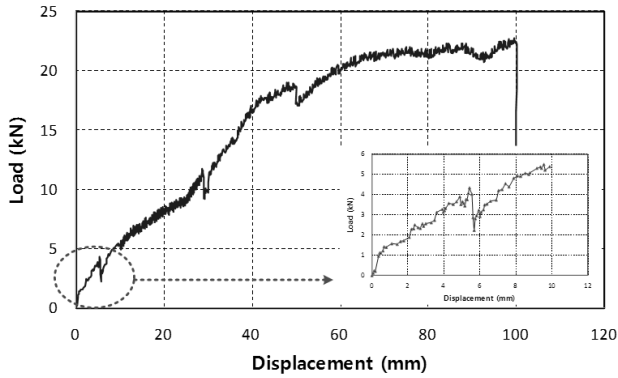
PC 접합부는 그 형식에 따라 접합부의 구속도가 다르며, 일체화정도가 다르게 된다. 이러한 접합부 구속도의 차이는 모멘트 저항능력 및 부재의 처짐량에 영향을 미친다. 본 연구



(a) A-P-3



(b) U-SR-1



(c) U-SR-2

그림 10. 하중-변위곡선

에서는 각 실험체의 하중-변위곡선과 균열하중(P_{cr})이 만나는 점을 원점에서부터 연결한 선을 초기강성으로 잡고 선행 연구에서 수행된 일체형 현장타설공법에 의한 실험체(장극관 외, 2008)와 비교하였다. 일체형 실험체에 비해 초기강성은 A-P-3은 25%를 U-SR-1은 47%를 그리고 U-SR-2는 75%를 각각 나타내었으며 이를 단부구속도로 정의하였다(배규용 외, 2003). 단순핀접합은 현장일체 타설공법에 비해 상당히 저하된 값을 나타내었으나, U형 강봉에 의한 접합부 U-SR-2의 경우 일체형 실험체에 비해 75% 수준으로서 모멘트 분배가 가능한 것으로 판단된다.

그림 11은 각 사이클에서의 하중-변위 관계에서 강성저하

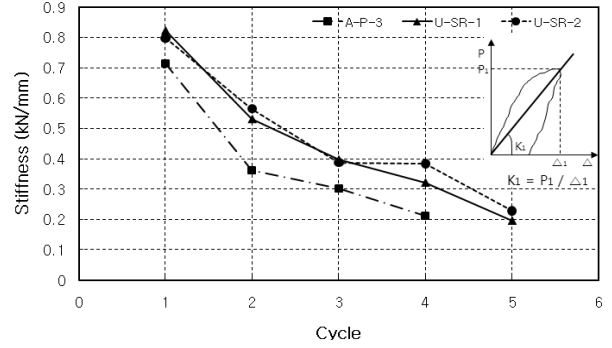


그림 11. 강성저하

를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 단순 핀접합인 A-P-3 실험체에 비해 U형 강봉에 의한 접합을 한 U-SR-1, U-SR-2는 각각 30%, 43% 수준으로 높은 것으로 나타났다. 이는 A-P-3 실험체의 경우 실험초기에 이음부가 분리되어 내력 및 강성이 상당히 저하되는 현상이 발생하였으나 U-SR-1, U-SR-2 실험체가 경우 이음 강봉의 증가에 따라 일체성이 증가하였기 때문이다. 특히, U-SR-2 접합부의 경우 접합부의 피해가 동일한 범위에서 상대적으로 적고 일체화된 거동으로 내력 및 강성이 우수한 것으로 나타나, 현장적용이 가능할 것으로 판단된다.

4.3.4 주근의 변형

실험체의 각 위치에 따른 주근의 변형을 그림 12에 나타내었다. 단순지지된 형태의 A-P-3 실험체는 모멘트 저항능이 거의 없으므로 계단참 부분 및 계단의 주근변형이 거의 발생하지 않았다.

U-SR-1 실험체의 경우 실험초기에는 이음부 양쪽의 계단참과 계단판 부분의 주근 변형이 증가하였으나, 이음부의 균열이 크게 발생함에 따라 변형이 감소하였다. U-SR-2 실험체는 이음부 양쪽에서 상대적으로 주근의 변형이 이음부의 양쪽에서 발생하였다. 이러한 주근의 변형분포는 제한된 이음부 보강상세가 이음부의 구속에 효과적이며 휨에 저항하는 거동을 나타내는 것으로 판단할 수 있다.

4.3.5 에너지비

모든 실험체는 슬래브 주근의 항복이전에 계단과 계단참의 이음부에서 파괴가 발생하여 기존의 항복변위와 극한변위의 비로 표현되는 변위연성지수로서의 평가가 어렵다. 따라서, 그림 13과 같이 반복하중에 의한 실험결과와 이력곡선에서 탄성에너지와 비탄성에너지의 비를 사용하여 접합부의 연성도를 평가하였다. 표 2에 나타낸 바와 같이 U-SR-2 실험체는 핀접합인 A-P-3에 비해 80% 이상 큰 에너지비를 나타내었으며, 비교적 연성적인 거동이 가능한 것으로 나타났다. U-SR-1 실험체의 경우 파괴양상은 강봉의 길이방향으로 강

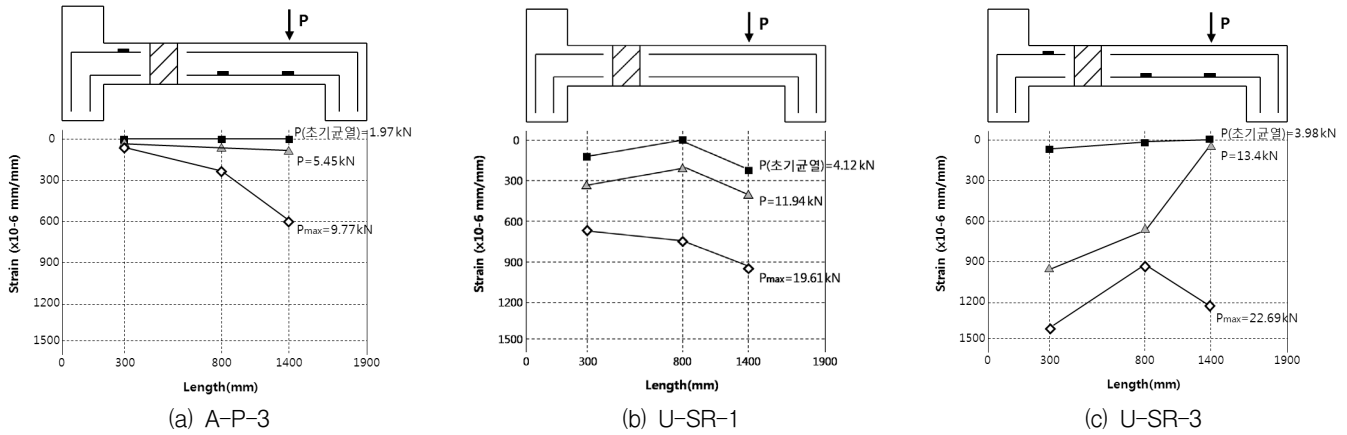


그림 12. 계단 및 계단참 주근의 변형

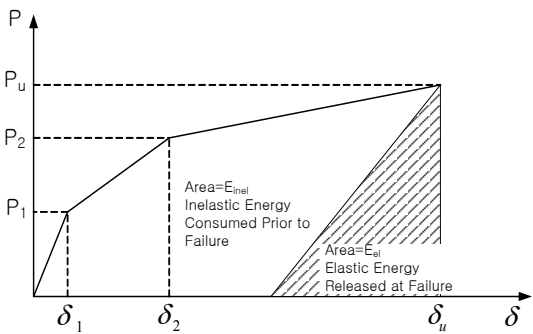


그림 13. 탄성, 비탄성 에너지

표 2. 실험체의 에너지비

| 실험체 | E_{el} | E_{inel} | E_{inel}/E_{el} |
|--------|----------|------------|-------------------|
| A-P-3 | 62.05 | 135.4 | 2.19 |
| U-SR-1 | 263.78 | 987.22 | 3.76 |
| U-SR-2 | 378.6 | 1495.47 | 3.95 |

봉주변의 콘크리트의 전단파괴를 나타내었으나, 파괴시까지 변위의 증가를 계속 나타내며 소성적인 거동을 나타내어 에너지비가 높게 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 프리캐스트 콘크리트 계단 이음부의 성능 확보를 위해 접합부 상세를 개발하였으며 이의 성능 및 적용성을 평가하기 위한 구조실험을 수행하였다. U형강봉을 이용한 계단접합부 실험체의 경우 단순 핀접합 실험체 A-P-3에 비해 균열하중은 2.1배, 최대하중은 2.3배 증가하였으며, 변형능력도 2배 이상 증가효과가 있었다.

PC 접합부의 구축도는 일체형 실험체에 비해 단순 핀접합 실험체의 경우 25%로 저하되었으나, 제안된 U-SR-2 실험체

의 경우 일체형 실험체의 75% 수준으로서 모멘트 저항성을 갖는 것으로 나타났다.

에너지 비를 이용한 연성도 평가에서 단순 핀접합 실험체에 비해 U형 강봉을 이용한 접합상세를 가진 실험체의 경우 80% 이상 큰 값을 나타내었으며, 안정적인 거동으로 현장 적용시에 기존의 단순 전단접합 형태의 접합부에 비해 물량감소, 사용성 향상 및 비정상하중에 대한 안전성 확보 등이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 산학공동기술개발지원사업의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

참고문헌

1. 김록배, 김욱중, 이지용, 이도범, “프리캐스트 계단의 접합방법 개선에 따른 구조성능 평가”, 「대한건축학회논문집 구조계」, 1(11): 27~34.
2. 배규용, 박규성, 이종민, 김영길, 류재천, “벽식구조 복합화 공법 개발에 따른 외부 수평접합부의 휨성능에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집 구조계」, 20(3): 19~22.
3. 유영찬, 최근도, 김궁환, 이리형(2001), “프리캐스트 콘크리트 골조구조의 보 하단철근 정착공법 개발”, 「대한건축학회논문집 구조계」, 17(5): 35~42.
4. 임홍철, 김욱중, 조홍덕, 송지윤(2008), “PC 계단 공법 성능개선을 위한 현장사례에 근거한 요소기술 분석”, 「대한건축학회논문집 구조계」, 24(6): 153~162.
5. 장극관, 이은진, 진병창(2008), “프리캐스트 콘크리트 계단 접합부의 접합방식에 따른 성능평가”, 「한국콘크리트학회 논문집」, 20(6): 833~840.
6. (주)일호, 서울산업대학교(2008), 「선시공 조립식 Hi-Form을 이용한 통합거푸집 시스템 공법개발 및 실용화 연구보고서」, 건설핵심기술연구사업 최종보고서.

7. 한국콘크리트학회(2007), 「콘크리트구조설계기준」.
8. Lungui, Li, Ma, Z, Mary, E, and G. Ralph (2010), "Improved Longitudinal Joint Details in Decked Bulb Tees for Accelerated Bridge Construction; Concept Development," *Journal of Bridge Engineering*, ASCE, 15(3).
9. Onur Ertas, Ozden S, Ozturan T, "Ductile Connections in Precast Concrete Moment Resisting Frames", *PCI Journal*, 2006, May-June, 1~12.
10. 「PCI Design Handbook」, *Precast and Prestressed Concrete Institute*, Chicago, Illinois, 2004.