대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집
제25권 제1호(통권 제49집) 2005년 10월 24일~25일

후매립 Dowel 철근으로 접합된 신/구 슬래브 접합부의 거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Behavior of Planar Joints between Existing and New slab Connected with Post-installed Dowel Bars

○ 유 영 찬* 임 병 호** 김 승 훈*** 강 인 석**** 최 기 선***** 김 긍 환****** 정 재 철*******
You, Young-Chan Lim, Byung-Ho Kim, Seung-Hun Kang, In-Seok Choi, Ki-Sun Kim, Keung-Hwan Chung, Jae-Chul

Abstract

This study is to investigate the shear behavior of planar joints between existing and new slab in apartment remodelling construction for enlarging the interior space outward the existing buildings. These joints are constructed with post-installed dowel bars for shear connection. At the service load, the planar joint between existing and new slabs should behave in full composite mode, and any cracks shouldn't occur at the joints. In this paper, an experimental works were presented to evaluate the behaviors of planar joint between existing and new slabs for the serviceability and ultimate requirements. The main test variables were the number of post-installed dowel bars and the ratio of bending moment to shear force at the joints. The existing slabs were directly obtained from the apartment housing which will be demolished.

From the test, the load-displacement curves at the loading point, and the shear displacement at the joint, the failure mode, the shear strength, and the strain of reinforcing bars were analyzed. Test results showed that the connection details had the sufficient strength at the ultimate states, as well as serviceability states.

키워드 : 슬래브 접합부, 후매립 철근, 전단성능, 공동주택 리모델링
Keywords : Slab Joint, Post-installed Dowel Bar, Shear Performance, Apartment Remodelling

1. 서 론

최근 재건축에 대한 정부정책의 강화와 환경보호, 자원재활용 등의 문제에 수반하여 도심 공동주택을 중심으로 한 리모델링 사업의 활성화가 예상되고 있다. 현재까지 국내에서 이루어진 공동주택 리모델링 사례는 오산 외인아파트, 마포 용강아파트 등을 들 수 있으나[1], 이러한 유형의 리모델링 공사는 통상 발코니가 없는 공동주택의 외측에 발코니를 신설함으로써 주거성능을 향상시키는 비교적 소극적인 방법으로 진행된 한계를 보이고 있다. 그러나, 최근에는 기존 공동주택의 평면계획의 제한을 극복하기 위하여 실내공간을 외부로 확장하여 추가적으로 내부공간을 조성하는 적극적인 방안이 계획되고 있다. 이와 같이 주거공간의 확장을 전제로 한 "평면확장형" 공동주택 리모델링 공사에서는 기존 슬래브에 연속으로 신규 슬래브를 접합하여 내부공간을 확장하기 위한 평면확장 기술의 개발이 요구된다.

한편, 기존 슬래브에 새로운 슬래브를 접합하는 방법은 통상적으로 후매립 Dowel 철근에 의해 전단접합으로 시공된다. 이러한 접합상세는 전단접합으로 설계되지만, 신/구 슬래브 접합면에서의 응력전달은 신/구 슬래브의 경계조건 및 신 슬래브가 습식으로 시공되는 점으로 인하여 소정의 휨강도를 보유한 반강접 형태로 거동할 것으로 예상된다. 따라서, 신/구 슬래브 접합면에서는 전단응력뿐만 아니라 및 휨/전단 복합응력에 대해서도 사용하중 상태 뿐만 아니라 극한상태의 요구사항을 만족하여야 할 것으로 판단된다.

본 연구에는 후매립 Dowel 철근에 의한 신/구 슬래브 접합부를 대상으로 접합부의 거동을 평가하기 위한 실험연구를 계획하였다. 이를 위하여 후매립 Dowel 철근의 수, 접합부에 작용하는 전단력과 휨모멘트의 비를 변수로 실험체를 계획하고, 이에 따른 접합부의 거동을 분석하여 사용성과 극한상태에 대한 구조성능을 평가하였다.

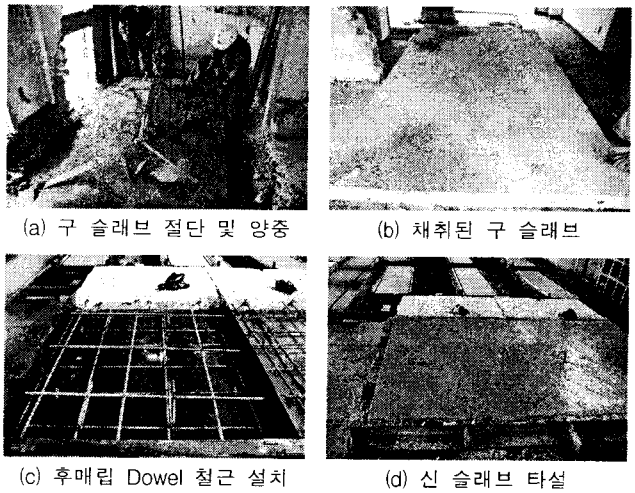
* 한국건설기술연구원 건축연구부 수석연구원
** GS건설 기술본부 연구개발팀 선임연구원
*** 한발대학교 건축공학부 전임강사
**** (주)토탈인포메이션서비스 한국지점 과장
***** 한국건설기술연구원 건축연구부 연구원
****** 한국건설기술연구원 건축연구부 연구위원
******* GS건설 기술본부 자문이사

본 논문은 GS건설(주)의 지원하에 이루어진 연구결과의 일부로 관계제위께 깊은 감사를 드립니다.

2. 실험

2.1 실험체 계획

본 연구에서는 리모델링 공사에서 발생 가능한 기존부재의 치수/제원 및 성능의 불확실성에 기인한 신/구 슬래브의 거동을 실증적으로 검토하기 위하여 GS건설에서 재건축을 추진중인 라멘조 공동주택으로부터 그림 1(a), (b)와 같이 직접 슬래브를 절단하여 실험체로 사용하였다.



(a) 구 슬래브 절단 및 양중 (b) 채취된 구 슬래브

(c) 후매립 Dowel 철근 설치 (d) 신 슬래브 타설

그림 1. 실험체 제작

신/구 슬래브 접합실험체는 채취된 구 슬래브에 후매립 Dowel 철근을 케미컬 방식으로 시공하고, 신 슬래브 콘크리트를 타설하여 제작하였다. 실험체는 총 4개로 표 1에서 보는 바와 같이 후매립되는 Dowel 철근의 개수, 접합부에 작용하는 전단력과 휨모멘트의 비 등을 변수로 하였다.

표 1. 실험체 일람표

실험체 명	실험체 제원 (mm)	Dowel 철근/배근간격	휨모멘트 /전단력
SS1	900×(750+1300)×(10+12)	3 / HD10-@300	0
SS2	900×(750+1300)×(11+12)	3 / HD10-@300	0.12
SS3	900×(750+1300)×(10+12)	2 / HD10-@600	0
SS4	900×(750+1300)×(10+12)	2 / HD10-@600	0.12

표 1에서 SS1 실험체와 SS3 실험체는 각각 Dowel 철근을 3개, 2개 후매립하여 구 슬래브와 신 슬래브를 접합시킨 것으로 신/구 슬래브 접합면에 휨모멘트가 없이 순전단력을 받도록 계획한 실험체이다. 이에 대하여 SS2 실험체와 SS4 실험체는 각각 SS1, SS3 실험체와 형상 및 배근상황이 동일하되, 접합부에 작용하는 휨모멘트/전단력이 0.12가 되도록 하여 휨/전단응력 의한 접합부의 성능을 평가하기 위하여 계획한 실험체이다.

그림 2와 같이 모든 실험체의 신 슬래브는 상부 철근과 하부 철근을 HD10@300으로 배근하였으며, Dowel 철근은 실험체 하부면에서 50mm 위치에 설치하였다. 구 슬래브는 현장 배근의 특성상 철근의 배근형상이 실험체마다 상이하게 나타났고, 사용된 철근의 강도가 적어 하중가력중 접합면의 성능을 평가하기 전에 구 슬래브가 휨파괴될 수 있어, 탄소섬유판으로 구 슬래브 상부면을 보강하였다. 신 슬래브에 사용된 콘크리트의 설계기준강도는 24 MPa이며, 철근은 SD40을 사용하였다.

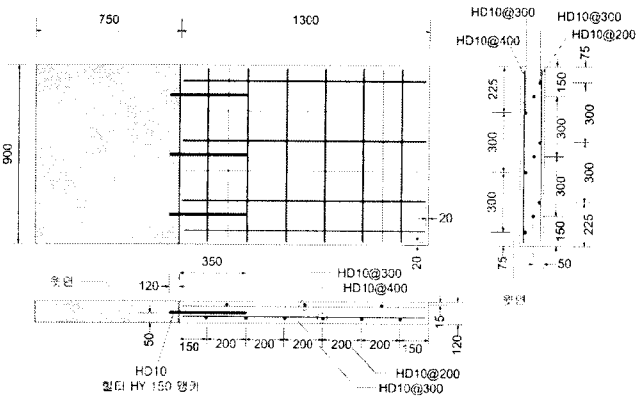


그림 2. SS1 실험체 형상 및 배근상황

2.2 실험체 가력 및 측정

"평면확장형" 공동주택 리모델링 공사에서 신설되는 슬래브는 통상적으로 1방향 슬래브로 설계되므로, 하중 전달방향이 아닌 신/구 슬래브 접합부는 극한하중에 대하여 검토할 필요가 없다. 특히, 신 슬래브와 구 슬래브에 동일한 하중이 작용할 경우에는 신/구 슬래브의 변형이 유사하게 나타나므로 접합부에는 특별한 응력이 작용하지 않는다. 하지만 구 슬래브와 접합되는 신 슬래브에는 콘크리트 후타설로 인한 사하중 및 공용기간 내의 불규칙한 활하중으로 인하여 접합부에 부등응력을 초래할 수 있다. 이와 같은 응력에 대하여 접합부는 일체화된 합성거동을 통하여 인접 슬래브로 응력을 효율적으로 전달하여야 한다. 또한, Dowel 철근에 의한 접합상세는 전단접합으로 설계되지만 실제로 반강접 거동을 하므로, 전단응력 이외에도 소정의 휨응력에 대하여 합성거동에 대한 요구성능을 만족하여야 한다.

이에 따라, 본 연구에서는 그림 3에서 보는 바와 같이 접합면에 순수 전단력이 작용하는 경우와 휨모멘트/전단력의 비율이 0.12가 되도록 가력점을 산정하여 실험체를 설치함으로써 접합면에 전단응력만 작용할 경우와 휨모멘트와 전단력이 동시에 작용하는 실험체에 대하여 실험을 실시하였다. 실험체 설치상황을 나타내면 그림 4와 같다.

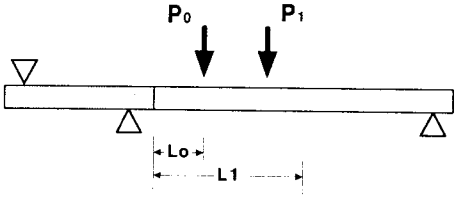
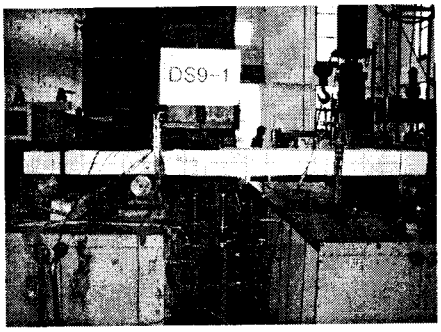
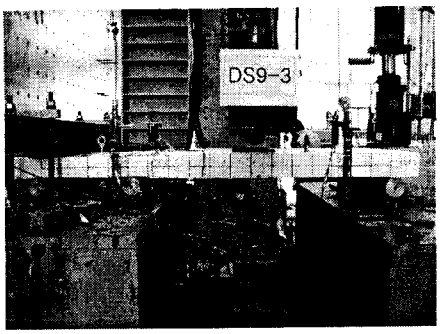


그림 3. 실험체 가력 모델링



(a) SS1, SS3 실험체



(b) SS2, SS4 실험체

그림 4. 실험체 설치 및 가력

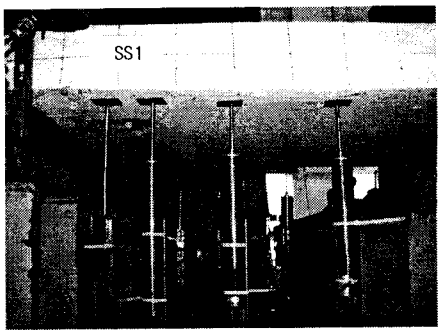


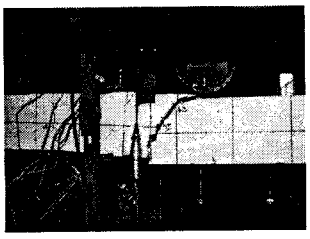
그림 5. 측정장치 설치

실험체에 대한 가력은 변위제어 방식으로 단조 가력하였다. 실험은 신/구 슬래브 접합면이 전단파괴되거나, 접합면에 과도한 전단마찰 변형이 발생될 때까지 진행하였다. 실험체의 변위는 그림 5에서 보는 바와 같이 신슬래브의 하부에 접합면으로부터 10cm, 25cm, 45cm 지점에 각각 2개의 변위계를 설치하여 신 슬래브의 처짐을 측정하였으며, 접합면에 4개의 변위계를 설치하여 접합면의 전단에 의한 상대처짐을 측정하였다.

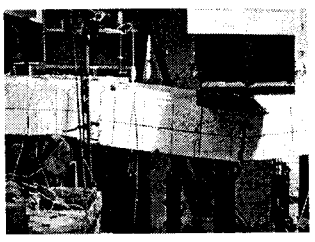
3. 실험결과 및 분석

3.1 균열 및 최종파괴 형태

D10의 Dowel 철근 3개로 신/구 슬래브가 접합되고 접합면에 순수 전단응력만 작용시킨 SS1 실험체는 약 35.0 kN의 수직하중에서 초기균열이 신/구 슬래브의 접합면에 발생하였다. 이후, 하중이 증가함에 따라 접합면의 균열이 Dowel 철근의 위치까지 진행되었으며, 52.25kN의 최대하중에 도달한 이후 접합면에서 신 슬래브 가력점으로 이어지는 전단균열이 발생하면서 하중이 급격히 감소하여 최종파괴에 도달하였다.

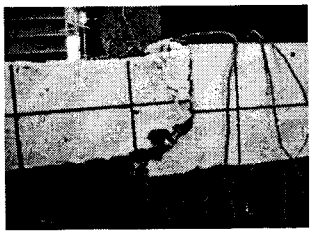


(a) SS1 실험체



(b) SS2 실험체

(c) SS3 실험체



(d) SS4 실험체

그림 6. 실험체 최종 파괴 상황

3개의 Dowel 철근으로 신/구 슬래브가 접합되고 접합면에 휨모멘트/전단력이 0.12이 되도록 하중을 작용시킨 SS2 실험체는 초기 휨균열이 약 14.7 kN에서 신/구 슬래브의 하중 가력위치 하부에 발생된 후, 순수 전단 실험체인 SS1 실험체에 비하여 신 슬래브의 중앙 하부에 휨균열이 다수 발생하였다. 이후, 수직하중이 약 55.07 kN(변위 20mm)에서 하중가력 위치의 신슬래브 상부면의 콘크리트 압괴가 발생하였고, 접합면에서도 전단파괴가 일어나 최종파괴에 도달하였다.

Dowel 철근이 2개인 SS3 실험체는 Dowel 철근 감소에 따른 순수 전단거동을 평가하기 위한 실험체이다. 초기균열은 수직하중 약 24.5 kN에서 신/구 슬래브의 접합면에 발생하였으며, 이후 접합면의 균열폭이 커지면서 신 슬래브 쪽의 접합면 상부 콘크리트의 전단파괴에 의해 최종파괴에 도달하였다. 최종파괴시 접합면의 균열 이외에는 특별히 신/구 슬래브의 휨균열이 발생하지 않았다.

SS3 실험체와 동일하게 Dowel 철근 2개로 신/구 슬래브를 접합시킨 SS4 실험체는 접합면에 휨모멘트/전단력이 0.12이 되도록 하중을 작용시켰다. 초기균열은 수직하중 약 16.8 kN에서 신/구 슬래브의 하중 가력위치로부터 우측20cm 하부에서 발생하였다. SS2 실험체와 마찬가지로 신 슬래브의 중앙 하부에 휨균열이 다수 발생하였으나, 약 52.64 kN(변위 15mm)의 하중에서 접합면에서 발생한 전단균열에 의하여 최종파괴에 도달하였다.

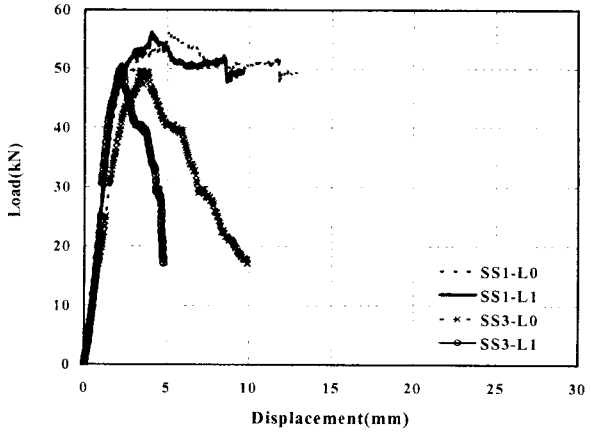
모든 실험체에서 신/구 접합부의 초기균열은 24.5 kN 이상에서 나타나, 약 24.7 kN/m 이하의 사용하중에 대하여 신/구 슬래브 접합부에 균열이 발생하지 않는 충분한 접합성능을 보유하고 있음을 알 수 있었다.

3.2 하중-변위 곡선

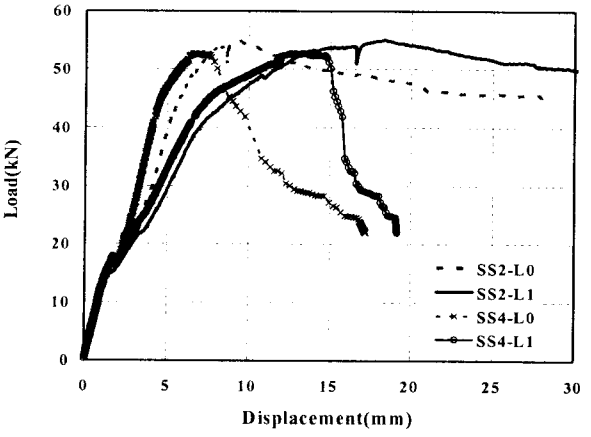
각 실험체들에 대하여 접합면에서 10cm(L_0, 순수전단 실험시 가력점), 45cm(L_1, 휨/전단 실험시 가력점) 위치에서 측정한 하중-수직변위의 관계곡선을 비교하여 나타내면 그림 7과 같다.

그림 7(a)에서 보는 바와 같이 순수전단 실험체인 SS1 실험체와 SS3 실험체 모두 접합면에서의 전단거동에 의해 파괴가 지배됨에 따라 L_0 및 L_1 의 변위값이 상호 유사한 경향을 나타나고 있다. 두 실험체의 최대내력을 비교해 보면 SS1 실험체와 SS3 실험체의 최대내력은 각각

56.25 kN, 49.66 kN으로 약 13.2% 정도의 차이를 나타내고 있다. 이는 Dowel 철근에 의한 SS1 실험체의 전단마찰 내력이 구 슬래브의 전단내력 보다 커 최종파괴가 구 슬래브의 전단내력에 의해 지배되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 SS3 실험체를 기준으로 Dowel 철근의 전단마찰내력을 산정하는 것이 합리적일 것으로 사료된다.



(a) 순수 전단 실험체



(b) 휨/전단 실험체

그림 7. 실험체 하중-변위 곡선

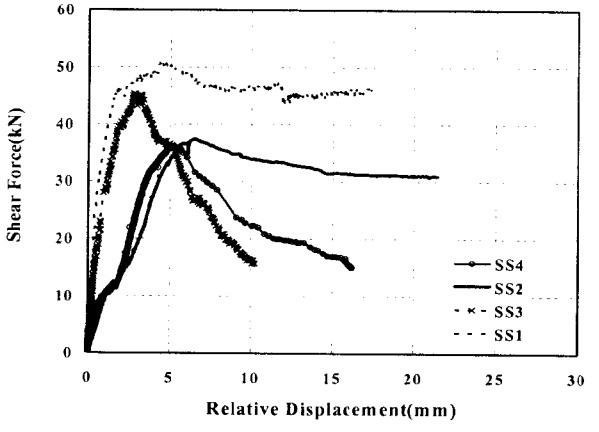


그림 8. 접합부 전단력-상대변위 곡선

이에 대하여 휨/전단 실험체에서는 그림 7(b)에서 보는 바와 같이 SS2 실험체의 접합부 전단력보다 신 슬래브의 휨하중이 지배적으로 되어 최종파괴가 신 슬래브의 휨거동에 지배되는 것으로 나타났다. 따라서, SS4 실험체를 기준으로 Dowel 철근의 전단내력에 대한 휨모멘트/전단력의 영향을 평가해야 할 것으로 사료된다.

3.3 접합부의 전단마찰 내력 평가

각 실험체들로부터 얻어진 실험결과를 전단마찰이론에 의한 내력값과 비교하여 나타내면 표 2와 같다. 표에서 보는 바와 같이, 접합부에서 전단마찰 파괴를 나타낸 SS3 실험체의 μ 값은 약 0.82 정도이며, 휨모멘트/전단력의 영향을 고려한 SS4 실험체에서도 μ=0.63 정도를 나타내고 있다. 따라서, 이를 기준으로 Dowel 철근을 배근하면 안전한 설계가 될 것으로 판단된다.

표 2. 실험결과 일람표

실험체명	P_y^* (kN)	P_{max} (kN)	$P_{shear}^{\#}$ (kN)	$A_s f_y \mu$ (μ=0.6λ) (kN)	$\frac{P_{shear}}{A_s f_y}$	파괴모드
SS1	-	56.25	51.35	51.12	0.60	콘크리트 전단파괴
SS2	54.88	55.07	37.50	51.12	-	신슬래브 휨파괴
SS3	47.56	49.66	45.35	34.08	0.82	접합부 전단마찰
SS4	-	52.64	35.85	34.08	0.63	접합부 전단마찰

* : Dowel bar 항복　　# : 접합면의 작용 전단력

4. 결론

후매립 Dowel 철근을 이용한 신/구 슬래브 접합면의 거동에 대한 실험적 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 후매립 Dowel 철근의 전단마찰 내력은 신/구 슬래브 접합면의 표면조건 및 콘크리트 타설상태에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.
2) 후매립 Dowel 철근을 이용한 신/구 슬래브의 전단내력은 $\mu = 0.6\lambda$을 사용한 전단마찰 이론에 의해 안전측으로 예측이 가능할 것으로 판단된다.
3) 신/구 슬래브 접합부의 휨모멘트/전단력 비는 후매립 Dowel 철근의 전단마찰 내력에 영향을 미치므로, 설계시 이를 고려해야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1) 임호진, 이도범, 이병찬, "국내 리모델링 현황", 콘크리트학회지, 제15권 4호, 2003. 7, pp. 13~18
2) 김상식, 최광호, 채희대, 이정윤, "활절점으로 연결된 철근콘크리트 슬래브의 전단내력 평가," 한국콘크리트학회 가을학술발표회논문집, 제16권 2호, 2004. 11, pp 639~642