
Hollow core 슬래브 간 접합부의 전단저항성능 평가

Shear Performance Evaluation of the Joint between Hollow Core Slabs

홍건호^{1)*} 백종삼²⁾ 박홍근³⁾
Hong, Geon Ho Baek, Jong Sam Park, Hong Gun

Abstract

Recently, the interest of precast concrete is increased for rapid construction in construction fields. Experimental study about the shear performance of the joint between hollow core slabs which have internal core to reduce their weight was performed. Main test variables were thickness of the topping concrete and existence of the wiremesh. Total 8 specimens including 4 in-plane shear and 4 out of plane shear were tested. Test results were analyzed in terms of cracking load, failure load, failure aspect, stiffness and ductility, and compared its design load to develop optimum design details. Test results indicated that the shear performance of the non-shrinkage mortar specimen was similar to that of 30mm thickness topping concrete specimen, and the effect of wiremesh reinforcement did not affect the failure load or stiffness of the specimens but the increase of ductility. And this paper presents the comparison results of the test results and design load to provide the optimum detail of the joint design between the hollow core slabs.

Keywords : Hollow core slab, Topping concrete, In-plane shear, Out of plane shear, Diaphragm

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근 건설공사의 공기단축을 위하여 프리캐스트 콘크리트에 대한 관심이 점차 증가하는 추세이다. 프리캐스트 콘크리트는 현장타설 콘크리트 공법보다 높은 품질을 기대할 수 있으며, 공기단축을 통해 건설공사의 효율성을 제고할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이에 따라 프리캐스트 콘크리트를 사용하게 되면 건설현장의 업무 단순화, 시스템화 및 고품질화 등을 기대할 수 있게 된다. 이러한 프리캐스트 콘크리트 부재 중 슬래브는 반복성이 큰 주요 부재로서 전체 공사물량 및 공기 등에 미치는 영향이 지대하다. 따라서 슬래브 부재의 공법 개선은 전체 공사물량 및 공기 등에 미치는 영향이 지대하고 그 파급효과가 크다.(배규용 등, 2003; 이광수 등, 1994)

프리캐스트 콘크리트 중에서 슬래브 내부에 중공을 설치하여 중량을 감소시키고 슬래브 하부에 강선을 삽입하여 구조성능을 극대화시킨 부재를 할로우 코어 슬래브(Hollow Core Slab, 이하 'HCS'라 함)라고 한다. HCS

의 장점으로서는 조립식공법으로 공기단축이 가능하고, 내부 중공에 의하여 부재의 경량화 및 차음효과와 보온효과가 우수하며, 공장생산 부재로 품질확보가 유리하다는 점 등을 들 수 있다.(김승훈, 2004) HCS는 일반적으로 롱라인 방식에 의한 공장생산 후 설계치수에 따라 절단하여 현장으로 운송하며, 현장에서는 단순지지 혹은 연속부재로 설치한 후 슬래브 간 접합부분에 와이어메쉬(wire mesh)를 배근하고 토폭콘크리트(Topping Concrete)를 타설하여 일체화시키게 된다.

HCS의 접합부는 슬래브와 슬래브가 만나는 접합부와 슬래브와 지지보 등이 만나는 접합부로 구성되며, 슬래브 간 접합부에 적용되는 하중은 고정하중 및 활하중에 의한 수직하중과 바람이나 지진에 의한 수평하중이 있다. HCS 간의 접합부는 하중의 전달과 구조일체성에 직접적으로 연관되는 중요한 요소로 접합부 전단성능의 확보가 요구된다.

1.2 연구의 목적 및 범위

HCS는 공장에서 생산되어 현장에서 접합부에 콘크리

1) 정희원, 호서대학교 건축공학과 교수
2) 학생희원, 호서대학교 건축공학과 석사과정
3) 정희원, 서울대학교 건축학과 교수

* Corresponding author : honggh@hoseo.edu 041-540-5774

• 본 논문에 대한 토의를 2010년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2010년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

트를 타설하여 일체화시킨다. 따라서 접합부가 구조적인 거동에 있어서 가장 취약한 부분이 될 수 있기 때문에 HCS의 면내전단에 대한 구조 성능 평가로 수평하중에 대하여 충분한 다이어프램(Diaphragm, 격막)작용을 하는 지에 대한 평가와 수직하중 작용에 따른 면외방향 전단력에 대한 성능평가가 요구된다.(허석재 등, 2008)

본 연구에서는 HCS 상부의 토핑콘크리트 두께에 따른 면내 및 면외전단력에 대한 성능평가와 와이어메쉬의 배근에 따른 구조성능을 실험적으로 규명하고, 이를 설계하중과 비교 검토함으로써 최적의 디테일을 제안하기 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

일반적으로 실무 현장에서 HCS 상부의 토핑콘크리트는 별도의 구조검토 없이 일률적인 두께를 적용하는 것을 감안하여, 본 연구에서는 기존 디테일을 참조하여 토핑콘크리트의 두께를 변수로 설정하고 와이어메쉬의 배근 유무를 실험하도록 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

실험에 사용한 HCS는 국내 K사제품으로서, 프리스트레스를 도입한 강선위에 압축강도 40MPa의 콘크리트를 타설한 후에 자동성형기(EXTRUDER)를 사용하여 180m Bed상에서 너비 1,200mm, 춤 200mm로 제작되었다. 공장에서 제작된 HCS는 각 실험체 계획에 따라 적당한 크기로 절단한 후 접합부에 무수축 모르타르 또는 토핑콘크리트를 타설하여 최종 제작되었다.

본 연구에서는 HCS 접합부의 면내 및 면외 전단저항성을 평가하기 위하여 3종류의 토핑콘크리트 두께(0, 30, 50 mm)와 와이어메쉬의 사용 유무를 변수로 하여 2가지 형태의 실험체를 계획·제작하였다. 토핑콘크리트의 28일 설계기준 강도는 24MPa로 설계 하였으며 각 실험체의 단면형상과 상세도면은 Fig.1(a)와 1(b)에 나타난 바

와 같다. Fig. 1(a)와 1(b)에 나타난 바와 같이 HCS 간 접합면의 길이는 1,000mm로 하였으며, 와이어메쉬는 항복강도 400MPa인 $\phi 8-150 \times 150$ 용접철망을 사용하였다. 면내전단 실험체의 경우 실험체 중앙부의 HCS에 균등한 하중을 작용시키기 위하여 단면사이즈가 300×(200~250)mm인 가력보를 설치하였으며, 가력보에는 항복강도 400MPa인 D10 철근을 주근과 스티럽으로 보강하였다. 실험체의 종류 및 실험 변수는 Table 1과 같다.

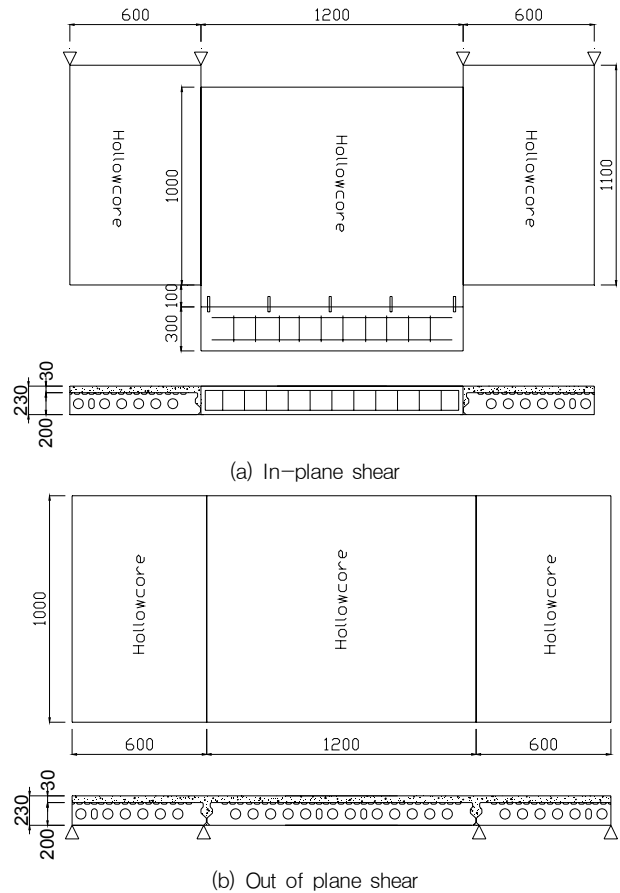


Fig. 1 Details of specimens (unit:mm)

Table 1 List of specimens

Series	Specimens	Experimental type	Topping(mm)	Wire mesh	Remarks
1	IS-NT	In-plane shear	-	X	Non-shrinkage-mortar
2	IS-3T		30	X	
3	IS-5T		50	X	
4	IS-5TW		50	O	
5	OS-NT	Out of plane shear	-	X	Non-shrinkage-mortar
6	OS-3T		30	X	
7	OS-5T		50	X	
8	OS-5TW		50	O	

Note) NT specimens is used non-shrinkage-mortar

2.2 실험방법

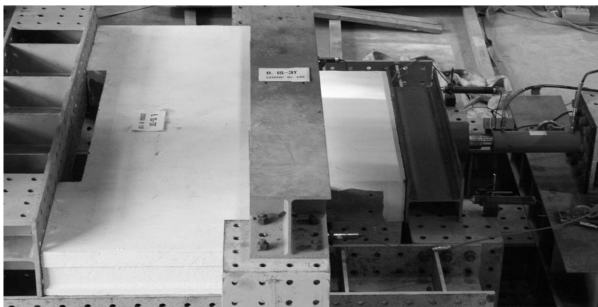
실험은 500kN 용량의 유압 실린더 오일잭(oil-jack)을 이용하여 하중을 가력 하였으며, 각 하중단계별 재하 하중의 크기는 오일잭에 부착된 로드셀을 이용하여 측정하고 제어하였다. 실험 간에는 슬래브에 가력된 하중과 슬래브 접합부 양측에 위치한 슬래브의 상대변위를 계측하도록 하여 하중과 변위간의 관계를 측정하도록 하였다. 본 연구에서 수행한 면내 및 면외전단의 실험방법은 다음과 같다.

2.2.1 면내전단

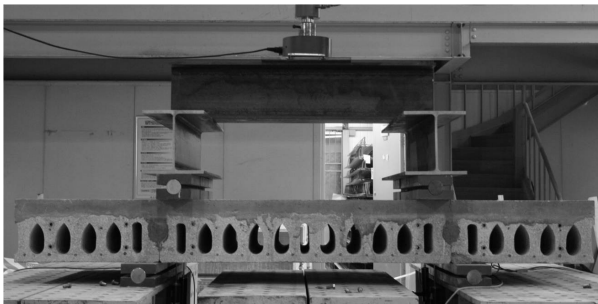
면내전단 실험은 Fig. 2 (a)와 같이 실험체를 설치하여 수행하였다. 실제 구조물에서 슬래브 간 접합부에 슬래브의 자중이 면외방향으로 작용되는 것과 같은 조건을 부여하기 위하여 슬래브의 지지단은 양 측면 슬래브만 지지되도록 장치를 구성하였다. 가력보에 전달되는 하중을 분포시키기 위하여 250×250×9×14mm의 H형강을 사용하였으며, 실험 중 실험체가 면외방향으로 들리는 것을 방지하기 위하여 실험체를 가로지르는 H형강을 추가로 설치하였다. 접합면의 변위를 측정하기 위하여 슬래브 접합부 양측에 LVDT를 설치하여 슬래브의 상대 변위를 계측하도록 하였다.

2.2.2 면외전단

실험체의 면외전단 저항성능을 평가하기 위하여 Fig. 2 (b)와 같이 접합부 양면의 외측에 힌지 지지점을 설치하



(a) In-plane shear



(b) Out of plane shear

Fig. 2 Test setup

여 접합면에 전단력을 가하였다. 힌지 지지점은 접합면 전체길이인 1,000mm에 걸쳐서 설치하였으며, 슬래브 평면에 수직방향으로 접합부에 직접 전단력이 가해지도록 실험장치를 구성하였다. 좌우접합면에 동일한 전단력을 재하하기 위하여 유압잭 하부에 250×250×9×14mm 크기의 H형강을 설치하였고, 접합면 상부에도 이와 동일한 크기의 H형강을 직각방향으로 설치하여 접합면 길이를 따라 균일한 전단력이 작용될 수 있도록 하였다. 오일잭 하부에는 H형강 상부에 하중이 고르게 작용될 수 있도록 400×400×30mm의 베이스 플레이트를 설치하였다. 접합면의 변위를 측정하기 위하여 접합면과 30mm 정도 떨어진 위치에 4개의 LVDT를 설치하도록 하였다.

2.3 사용재료

본 연구의 실험체 제작에 사용한 HCS는 PC업체인 K사에서 생산된 기성제품을 사용하였으며, 토핑콘크리트의 설계기준 압축강도는 24MPa로 계획하여 실험체 타설 시 제작된 공시체를 대상으로 슬래브 실험과 같은 날짜에 압축강도 실험을 수행하였다. 토핑콘크리트에 대한 압축강도시험은 KS F 2405를 따랐으며, 압축강도를 측정하기 위한 공시체의 크기는 직경 100mm, 높이 200mm인 원주형 공시체를 사용하고, 공시체의 양생은 실험체와 동일한 조건으로 하였다. 압축강도는 2,000kN 용량의 UTM을 이용하였다. 3개의 공시체 압축강도시험을 통해 얻어진 토핑콘크리트의 평균 압축강도 및 콘크리트의 배합표는 Table 2와 같다.

토핑콘크리트가 없는 NT 실험체의 접합부 충전에 사용된 무수축 모르타르는 압축강도가 50MPa인 S사의 제품을 사용하였다.

3. 실험결과 및 분석

본 연구의 실험결과에서 측정된 최대하중, 최대하중 시 변위, 균열하중, 균열 발생 시 변위 및 파괴모드는 Table 3과 같다.

3.1 면내전단

3.1.1 실험결과

Fig. 3의 하중-수평변위간의 관계를 살펴보면, 접합면

Table 2 Mix proportion of concrete

f_{ck}^* (MPa)	W/C (%)	S/a(%)	Unit volume (kg/m ³)			
			C	W	S	G
29.6	53	44.9	336	178	783	1,034

* f_{ck} : by the compressive strength test result

Table 3 Test results

Series	Specimens	$P_u^{(1)}$ (kN)	$\delta_u^{(2)}$ (mm)	$P_{cr}^{(3)}$ (kN)	$\delta_{cr}^{(4)}$ (mm)	Failure type
1	IS-NT	101.9	1.42	35.2	0.32	Shear failure
2	IS-3T	147.0	1.87	35.5	0.35	
3	IS-5T	291.0	2.84	64.1	0.57	
4	IS-5TW	491.5	3.26	82.1	0.68	
5	OS-NT	45.3	2.95	24.3	0.63	Shear failure
6	OS-3T	43.5	2.06	15.5	0.41	
7	OS-5T	98.9	1.28	31.4	0.72	
8	OS-5TW	103.6	7.95	36.8	0.95	Topping & concrete separation

⁽¹⁾ P_u : ultimate load ⁽²⁾ δ_u : displacement at ultimate load ⁽³⁾ P_{cr} : cracking load ⁽⁴⁾ δ_{cr} : displacement at cracking load

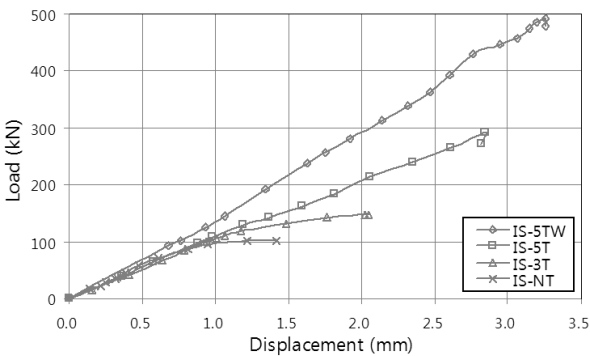


Fig. 3 Load-displacement relationship

에 무수축 모르타르만 타설한 경우에 약 100kN 정도의 최대 전단내력을 발현하였고, 토핑콘크리트 두께가 30mm인 경우의 내력은 약 150kN, 토핑콘크리트 두께가 50mm인 경우의 내력은 약 300kN으로 토핑콘크리트의 두께 30mm인 경우의 약 2배에 달하는 최대 전단내력을 발현하였다. 토핑콘크리트 두께가 50mm이고 와이어메쉬를 사용한 경우의 내력은 약 500kN으로 면내전단에서는 와이어메쉬의 전단내력에 대한 기여도가 상당함을 알 수 있었다.

각 실험체의 초기 균열하중은 IS-NT와 IS-3T가 유사하게 나타났으며, 토핑콘크리트 두께가 50mm인 IS-5T는 IS-3T보다 약 80% 정도 높은 초기 균열하중을 나타내었고, 와이어메쉬가 배근된 경우에는 IS-5T보다도 약 30% 정도 높은 초기 균열하중을 갖는 것으로 측정되었다.

또한, Fig. 3에서 각 실험체의 하중-수평변위간의 기울기를 살펴볼 때, 와이어메쉬를 사용한 IS-5TW 실험체를 제외한 나머지 실험체의 기울기는 모두 유사한 것으로 나타나, 토핑콘크리트의 두께가 실험체의 수평강성에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 분석할 수 있다. 와이어메쉬가 배근된 경우에는 초기균열이 발생한 이후 강성의 저하없이 수평전단력에 저항함으로써 균열 이후의 강성이 타 실험체보다 10%이상 증가되는 양상을 나타내었다.

각 실험체의 파괴양상을 살펴보면 면내전단을 받는 모

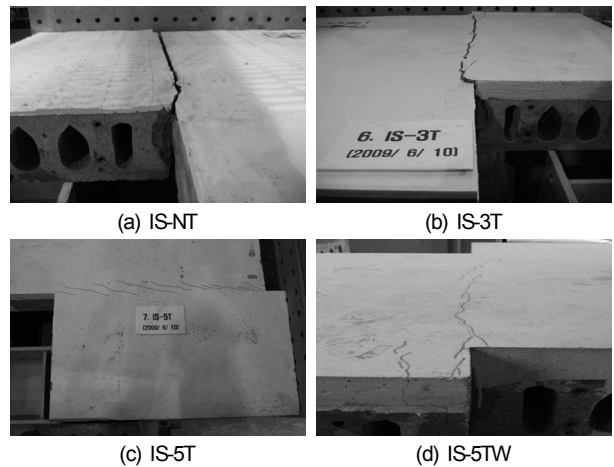


Fig. 4 Failure mode

든 실험체에서 지지점 부근의 접합면에 초기 전단균열이 발생된 이후 균열이 접합면 전체로 확대되고 균열폭이 점차 증가하여 취성적으로 파괴되는 양상을 나타내었다. 다만 와이어메쉬가 배근된 IS-5TW 실험체의 경우에는 최대하중 이후 취성적인 파괴가 발생하지 않고 접합면에서 전단 균열이 발생한 후 균열폭이 지속적으로 증가하기만 하였고 실험 종료 시까지 접합부의 완전한 분리는 일어나지 않았다.

3.1.2 설계하중과의 비교 검토

슬래브는 구조물이 풍하중이나 지진하중 등 수평하중에 저항할 수 있도록 다이어프램 작용을 하기위한 충분한 내력을 보유하여야 한다. PC 슬래브의 경우 슬래브 간 접합부의 면내 전단내력에 의하여 이에 저항하게 되며, PCI에서는 Fig. 5와 같은 면내 전단내력을 요구하고 있다.

본 연구에서는 건축물에 작용하는 수평하중 중 구조형식에 따라 반응수정계수가 크게 변할 수 있는 지진하중보다는 건축물의 크기 및 규모에 따라 하중의 크기가 결정되는 풍하중을 대상으로 본 연구의 실험결과를 비교하여 그 안전성을 평가하였다. 이에 따라 건축물의 규모는 풍

Table 4 Design load

Building size	Wind load (kN)			Shear force (kN/m)		
	10F	20F	30F	10F	20F	30F
10×10m	63.0	87.5	105.3	23.9	33.2	40.0
10×15m	94.4	131.2	158.0	59.5	82.7	99.6
10×20m	125.9	174.9	210.7	110.8	153.9	185.4
20×20m	125.9	174.9	210.7	55.4	77.0	92.7
20×30m	188.9	262.4	316.0	130.3	181.0	218.1
30×30m	188.9	262.4	316.0	86.9	120.7	145.4

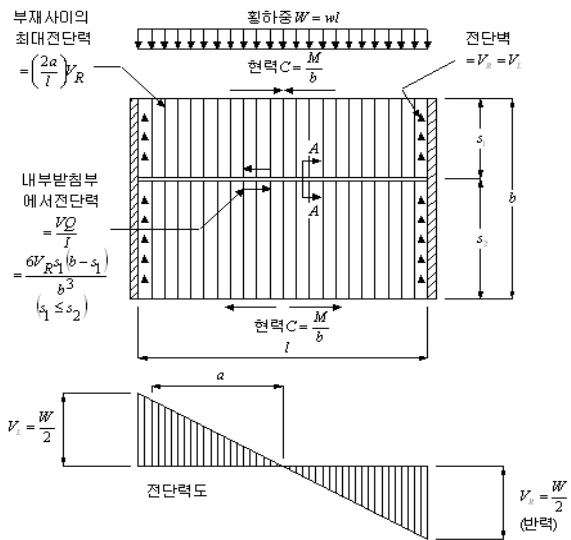
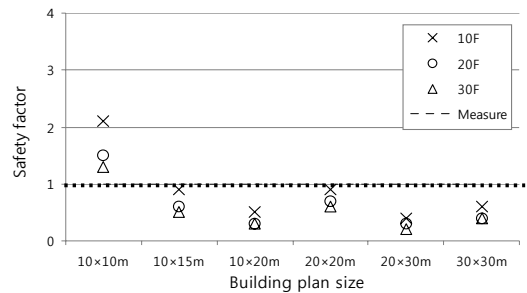


Fig. 5 Required performance of diaphragm

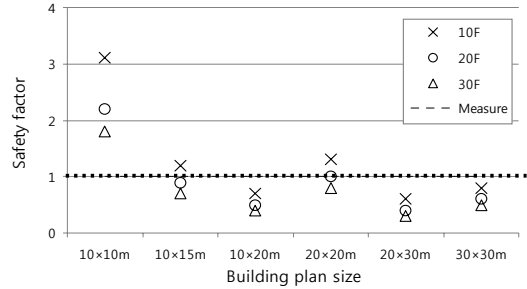
하중과 지진하중의 크기가 크게 차이가 나지 않는 지상 10층~30층 규모로 가정하였으며, 기타 설계하중 산정을 위한 가정은 다음과 같다.

- 평면 크기 : 10~30m×10~30m
- 지역 : 서울 ($V_o=30\text{m/s}$) · 노풍도 : B
- 중요도 계수(I_w) : 1.1 · 층고 : 3.5m

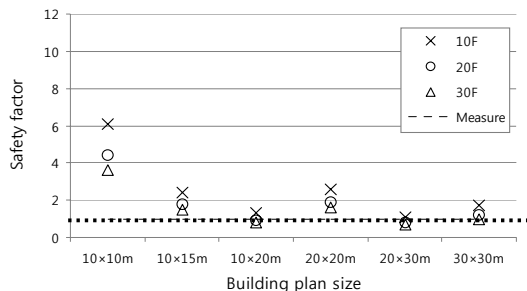
각각의 평면에 작용하는 풍하중의 크기는 건축구조설계기준(KBC2009) 0305 기준에 따라 산정하였으며, 단위 길이 당 설계전단력은 장변방향의 풍하중을 직각방향의 접합면에서 균등하게 저항하는 것으로 가정하여 산정하였다. 즉, Table 4에서 풍하중을 설계기준에 의하여 산정된 각 층당 풍압에 수압면적을 곱하여 산정하였으며, 설계전단력은 Fig. 5에서 나타나듯이 풍하중에 의하여 최외단 내측 접합부 면에 발생하는 전단력을 단위길이당 하중으로 계산한 값이다. 이와 같이 산정된 건축물 평면의 크기와 층수에 따른 설계전단력은 Table 4와 같고, 이를 실험에 의한 최대하중과 비교하여 산정한 설계하중에 대한 실험값의 안전율은 Fig. 6과 같다. 이때, 실험값은 실험체의 형태상 좌우 양면에 접합부가 존재하므로 Table 3의 최대하중을 2로 나눈 값을 사용하였다. 접합면에 무



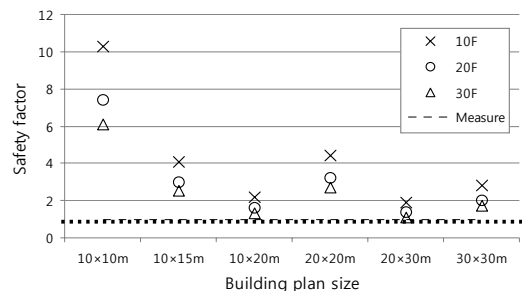
(a) IS-NT



(b) IS-3T



(c) IS-5T



(d) IS-5TW

Fig. 6 Safety factor of in-plane shear

수축모르타르만을 사용할 경우 평면은 10m 정방형에 10층 이하의 규모가 되어야 안전율 2 이상의 값을 갖는다. 토핑콘크리트의 두께가 30mm인 경우 10m 크기의 정방형 평면에 20층 규모 높이에서 설계하중에 대한 안전율 2 이상의 값을 갖는 것으로 분석된다. 토핑콘크리트 두께가 50mm인 경우에는 평면의 크기가 20m이내이고 20층 내외의 건축물에서는 안전율 2 이상의 값을 확보하는 것으로 나타났으며, 토핑콘크리트의 두께가 50mm이고 와이어메쉬를 사용하는 경우에는 대부분의 평면과 30층 규모의 높이에서 설계하중 이상의 내력을 발휘하는 것으로 분석되었다.

3.2 면외전단

3.2.1 실험결과

면외전단에 의한 하중-수직상대변위간의 그래프는 Fig. 7과 같다. 접합면에 무수축 모르타르를 사용한 실험체와 토핑두께 30mm인 실험체의 최대강도는 약 45kN으로 비슷한 내력을 발현하였다. 토핑두께가 50mm인 실험체의 최대내력은 약 100kN으로 토핑두께가 30mm인 실험체의 약 2배에 달하는 내력을 나타내어, 면내전단 실험의 결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 그러나, 토핑두께가 50mm이면서 와이어메쉬를 배근한 경우에는 최대내력이 103.6kN으로서 와이어메쉬를 배근하지 않은 경우와 큰 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 면내전단과는 상이한 결과로서 와이어메쉬의 배근이 면내전단내력의 향상에는 기여하나 면외전단내력에는 큰 영향이 없는 것으로 분석된다. 다만 와이어메쉬를 사용한 경우 부재의 면외전단내력의 증가에는 영향을 미치지 않으나, 와이어메쉬를 사용하지 않은 경우보다 최대내력 이후 파괴 시까지의 변형능력을 크게 향상시킴으로써 취성파괴를 방지하고 연성적인 거동을 유도할 수 있는 것으로 나타났다. 접합면에서의 면외전단에 대한 초기강성은 약 39.7kN/mm로 모두 유사하게 나타났으며, 초기 균열하중은 유의할 만한 수준의 차이를 나타내지 않는 것으로 분

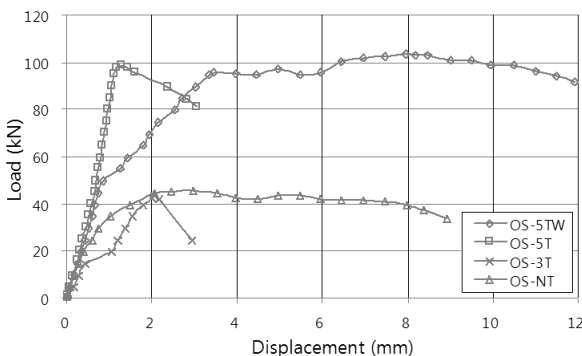


Fig. 7 Load-displacement relationship

석되었다. 토핑두께가 50mm인 실험체에서 와이어메쉬를 배근한 OS-5TW 실험체의 경우 최대하중의 약 50% 부근에서 강성이 일부 저하되었는데 이는 접합면에서 발생한 균열이 진전하면서 나타난 현상으로 분석되나, 강성의 일부 저하 이후에 추가적인 강성의 감소 없이 저하된 강성을 유지한 상태에서 내력이 계속 증가되어 접합부가 구조적으로 거동하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

실험체의 파괴양상은 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 HCS와 무수축 모르타르 혹은 토핑콘크리트 사이의 접합면에서 수직방향의 전단부착균열이 발생하면서 파괴가 시작되어, 이후 하중의 증가에 따라 접합면이 완전히 분리되는 급격한 취성파괴가 발생되었다. 한편, 접합면 상부에 와이어메쉬를 배근한 OS-5TW 실험체는 Fig. 8 (d)에서 나타나듯이 파괴 시 접합면이 전단균열에 의하여 완전히 분리되지 않고, 토핑콘크리트에 의한 전단저항을 유지하며 모재인 HCS로부터 토핑콘크리트가 분리되는 파괴양상을 나타내었다.

3.2.2 설계하중과의 비교 검토

슬래브에 작용하는 고정 및 활하중 등 중력하중은 슬래브 간의 접합부에서 면외방향의 전단력으로 작용하게 된다. Fig. 9는 HCS와 같은 PC 슬래브 간의 접합부에 작용

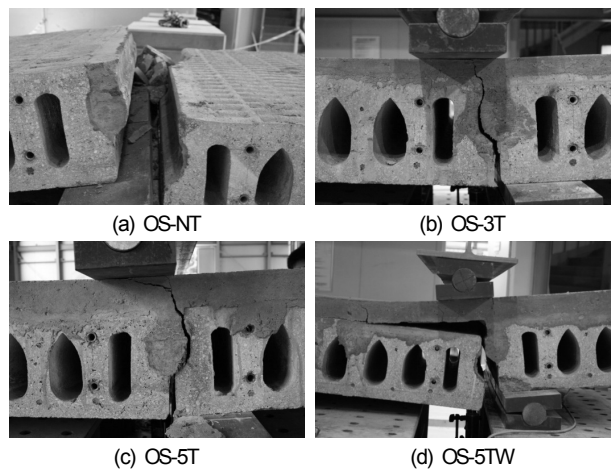


Fig. 8 Failure mode

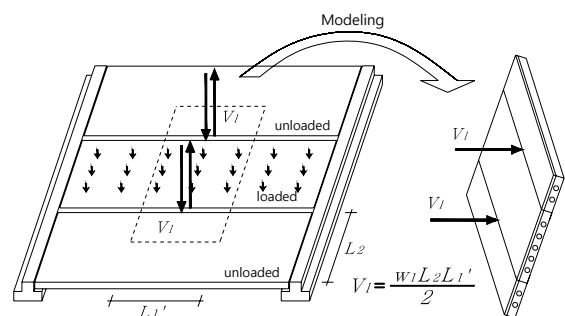


Fig. 9 Schematic drawing of the out of plane shear

되는 면외방향 전단력의 개념으로서, 슬래브간 접합부에는 그림에서 나타나듯이 인접 슬래브 중 한쪽에만 하중이 작용될 경우 가장 큰 전단력이 작용하게 되며, HCS 접합부의 면외전단내력은 이에 대한 충분한 안전성을 확보하여야 한다. (허석재 등, 2008)

콘크리트 구조설계기준에 따르면 HCS의 접합부가 부담하는 공칭전단강도는 다음 식으로 산정할 수 있다.

$$V_n = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (1)$$

여기서 V_n 은 공칭전단력(kN)이며, f_{ck} 는 설계기준압축강도(MPa), b_w 는 복부의 폭(mm), d 는 복부의 춤(mm)이다. HCS 접합부 내부에 충전된 콘크리트의 두께를 무시하고 토핑콘크리트의 두께만을 복부의 춤 d 로 가정했을 경우에 대한 식(1)의 공칭강도와 본 연구의 실험결과를 비교한 결과는 Table 5와 같다. Table에서 OS-NT 실험체를 제외한 실험결과는 토핑콘크리트의 두께 만에 의한 공칭강도와 유사한 것으로 평가되어, HCS 접합부의 면외전단내력은 접합부 내부로 충전된 콘크리트는 무시하고 토핑콘크리트만의 두께에 의하여 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 실험에서 토핑콘크리트의 두께없이 접합부를 무수축 모르타르로만 충전시킨 경우에 대하여 실험한 결과, 접합부 최대 내력은 토핑콘크리트의 두께 30mm인 경우와 유사하게 나타났는데, 이는 무수축 모르타르가 HCS 접합부 내부로 충실하게 충전되어 양생됨에 따른 현상으로 판단되며, 토핑콘크리트 사용 시에는 콘크리트의 건조수축 등으로 충전된 부분의 부착성능이 무수축 모르타르보다 떨어지는 것으로 판단된다. OS-NT 실험체의 접합부 복부의 유효춤 d 를 산정하기 위하여, 식(1)을 d 에 대하여 전개한 후 공칭전단력 V_n 에 실험값을 대입하여 계산된 값을 접합부의 유효춤으로 가정하여 산정한 결과를 Table 5에 표기 하였다. Table의 유효춤에서 알 수 있듯이 토핑콘크리트를 사용한 경우에는 토핑콘크리트의 두께를 유효춤으로 사용할 수 있으며, 무수축 모르타르를 충전시킨 경우에는 모재두께의 1/8을 유효춤으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5 Nominal load (kN)

Specimens	Test	Nominal load ⁽¹⁾	d ⁽²⁾
OS-NT	45.3	-	25.0
OS-3T	43.5	54.4	24.0
OS-5T	98.9	90.7	54.4
OS-5TW	103.6	90.7	57.1

⁽¹⁾Nominal load : by the eq.(1)

⁽²⁾d : effective thickness of joint (mm)

또한 본 연구의 실험결과를 건축물의 사용용도 별로 구분하여 접합부에 작용되는 계수수직하중과 면외전단내력을 비교하여 그 안전성을 평가하도록 하였다. 비교대상의 사용용도는 활하중의 크기에 따라 주택의 거실, 사무실, 주차장 및 창고 등 4개로 가정하였으며, 설계 시 사용된 하중은 다음과 같다.

- 설계 고정하중 : HCS 자중 + 토핑콘크리트 + 마감
= 4.0kN/m²
- 설계활하중 : 주택 거실 = 2.0kN/m²
사무실 = 2.5kN/m²
주차장 = 4.0kN/m²(옥내, 승용차전용)
창고 = 6.0kN/m²

본 연구의 실험결과와 건축물의 용도별 계수하중은 Table 6과 같으며, 이를 각 실험체별 안전율로 도식화한 것이 Fig. 10이다. Table 6에서 실제 HCS 간의 접합부에 작용되는 면외방향 전단력은 고정하중을 제외한 활하중만을 적용하여야 하나, 본 논문에서는 안전측의 관점에서 계수 고정하중 및 계수 활하중이 모두 작용되는 것으로 가정하여 다음의 식(2)로 설계하중을 산정하였다.

$$V_u = \frac{(1.2D+1.6L)L_2L_1'}{2} \quad (2)$$

Fig. 10에서 알 수 있듯이 HCS의 면외방향 전단저항 성능은 실험체의 종류에 관계없이 모든 용도의 계수 중력 하중에 대하여 2배 이상의 안전율을 나타내고 있으며, 활

Table 6 Design load (kN/m)

Specimens	OS-NT	OS-3T	OS-5T	OS-5TW
Test	22.7	21.8	49.5	51.8
Living room	4.8			
Office	5.3			
Parking lot	6.7			
Warehouse	8.7			

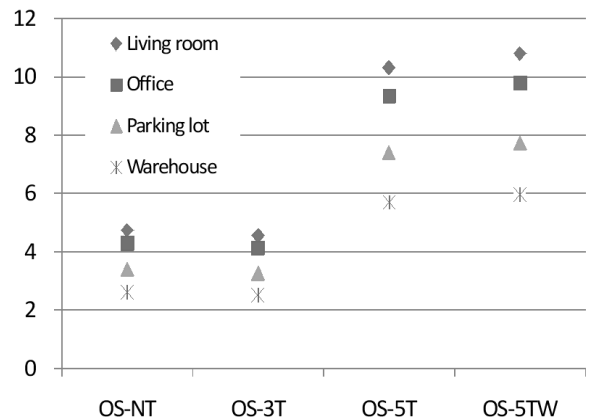


Fig. 10 Safety factor of out of plane shear

하중의 크기가 크지 않은 주택의 거실이나 사무실의 경우에는 토핑콘크리트의 두께에 관계없이 모든 실험체에서 4배 이상의 안전율을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

이상과 같은 연구결과를 종합할 때, HCS의 접합부 전단성능은 면외방향보다는 면내 전단성능의 검토가 더 중요할 것으로 사료되며, 적절한 구조검토를 통하여 토핑콘크리트의 두께를 조절하여 설계할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 토핑콘크리트의 두께에 따른 HCS 간 접합부의 전단저항성능을 평가하기 위한 연구로서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 접합부에 무수축 모르타르만 충전한 경우에도 무수축 모르타르의 재료적 특성에 기인하여 30mm 두께의 토핑 콘크리트를 타설한 경우와 유사한 면내 및 면외 전단 저항성능을 나타낸다.

2) 토핑콘크리트의 두께가 증가함에 따라 전단내력은 비례적으로 증가하였으나, 부재의 전단강성에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

3) 접합부에 와이어메쉬를 배근하게 되면 면내전단성능은 내력 및 강성이 모두 증가하는 것으로 나타났으나, 면외전단저항성능은 내력 및 강성의 측면에서 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 다만, 와이어메쉬가 배근된 경우에는 면외전단력에 대한 연성이 크게 증가되는 것으로 분석되었다.

4) 본 연구의 실험결과를 설계외력과 비교·분석한 결과, 접합부의 면외전단성능은 면내전단성능보다 더 안전측인 것으로 분석되었으며, 건축물의 규모 및 용도에 따라 적절한 구조검토를 수행한다면 토핑콘크리트의 두께 등 디테일을 조절하여 설계할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 건설교통부(05 건설핵심 D02-01, 공기단축복합구조연구단) 건설핵심기술연구개발사업의 재정적 지원과 강남건영의 실험체 지원을 받아 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김승훈 “압축력을 받는 스판크리트 합성판의 휨 거동”, 대한건축학회논문집, 제20권 9호(통권191호), 2004, pp.87-94.
2. 배규용, 박금성, 이종민, 김영길, 류재천 “벽식구조 복합화 공법 개발에 따른 수평접합부의 전단성능에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 제19권 2호(통권172호), 2003, pp.3-8.
3. 이광수, 김대근, 최중수, 신성우 “반두께 PC슬래브의 면내전단 내력에 관한 연구”, 콘크리트학회논문집, 제6권 4호, 1994, pp. 161-168
4. 이상섭, 강현식 “복합스터드 판넬 수평접합부의 전단성능 실험 연구”, 대한건축학회논문집, 제23권 10호, 2007, pp.27-34
5. 허석재, 김현진, 유한국, 최경규, 조승호, 정란 “와플(Waffle) 형상을 가지는 PC슬래브의 보-슬래브 접합 성능”, 한국콘크리트학회 2008년 봄 학술발표회 논문집, 2008, pp.21-24.
6. 허석재, 김현진, 유한국, 최경규, 조승호, 정란 “와플(Waffle) 형상을 가지는 PC 패널의 접합 성능”, 한국콘크리트학회 2008년 가을 학술대회 논문집, 2008, pp.305-308.
7. 한국콘크리트학회, PCI DESIGN HANDBOOK, 한국콘크리트학회, 2008, pp.4-30~4-31.
8. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준해설, 한국콘크리트학회, 2008, pp.145-156.

(접수일자 : 2010년 1월 6일)

(심사완료일자 : 2010년 3월 16일)

요 지

최근 건설공사의 공기단축을 위하여 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete)에 대한 관심이 점차 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 프리캐스트 콘크리트 중 내부에 중공을 설치하여 중량을 감소시킨 할로우코어 슬래브 간의 접합부 전단성능 평가에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 실험의 주요 변수는 할로우코어 슬래브 상부의 토핑콘크리트의 두께와 와이어메쉬의 배근유무이며, 총 8개의 슬래브 간 접합부 실험체 중 4개의 면내전단실험과 4개의 면외방향 전단실험을 수행하였다. 실험의 결과는 균열하중, 파괴하중, 파괴양상, 강성 및 연성도의 측면에서 분석하였으며, 실험결과를 설계하중과 비교 검토함으로써 최적의 디테일을 개발할 수 있는 실험적 근거를 제공하도록 하였다. 실험결과, 슬래브 간 접합부에 무수축 모르타르를 타설한 경우에는 토핑두께 30mm의 보통 콘크리트를 사용한 것과 유사한 구조성능을 발현할 수 있는 것으로 평가되었으며, 와이어메쉬의 보강효과는 내력 및 강성보다는 연성의 증가에 크게 기여하는 것으로 나타났다. 또한, 토핑콘크리트의 두께에 따른 설계하중과의 비교를 통하여 적절한 디테일 설계를 할 수 있는 기초적 자료를 제공하였다.

핵심 용어 : 할로우 코어 슬래브, 토핑콘크리트, 면내전단, 면외전단, 다이어프램