

## 일방향 중공 슬래브의 구조성능 평가에 대한 실험적 연구

# An experimental Study on the Structural Performance Evaluation of One-way Hollow Core Slab

김동백<sup>a,\*</sup>, 송대겸<sup>a,1</sup>, 최정호<sup>a,2</sup>, 조현상<sup>a,3</sup>

Dong Baek Kim<sup>a,\*</sup>, Dae Gyeom Song<sup>a,1</sup>, Jung Ho Choi<sup>a,2</sup>, Hyun Sang Cho<sup>a,3</sup>

<sup>a</sup> Dep. of Civil, Safety & Environment Eng., Hankyong National University, 327, Jungang-Ro, An Seong, Kyeong Ki, 17579, Korea

### ABSTRACT

**Purpose:** Recently, As the size of the structure increased, the necessity of reducing its weight was raised. To reduce weight In concrete structures, a hollow slab is proposed as an alternative for weight reduction effect.

**Method:** It is difficult to construct the hollow body due to buoyancy, and the shear performance is insufficient due to the decreased cross section. Slabs were fabricated using unidirectional hollow bodies such as PVC pipes, and experiments were conducted about construction performance and structural performance.

**Results:** The buoyancy preventive device has been improved the construction performance by preventing floating hollow body, it has been confirmed that it has adequate performance to be used as a hollow slab system because it has enough expected shear performance.

**Conclusion:** Hollow ratio has a little connection with bending performance, but after the yielding load, it is necessary to consider the secondary stiffness of structure, and is supposed that the decrease of shear performance with the increase of hollow core ratio can be complemented with shear reinforcement.

### KEYWORDS

Weight reduction,  
Hollow core slab,  
Buoyancy,  
Shear performance  
- cross section,  
One-way slab

**연구목적:** 최근 기반시설물이 대형화 됨에 따라 콘크리트 구조물의 경우는 중량감소를 위하여 중공 슬래브가 대안의 하나로 제시되고 있다.

**연구방법:** 중공부재의 시공 시 부력으로 인하여 시공이 어려운 점과 콘크리트 단면적이 줄어 전단성능이 부족하게 되는 구조적인 단점이 있으므로, PVC관과 같은 중공체를 이용하여 일방향 슬래브를 제작하고 시공성과 구조성능을 검토하는 실험을 실시하였다.

**연구결과:** PVC관을 이용한 일방향 중공슬래브의 경우 부력방지장치를 이용하면 타설 시 발생하는 중공체의 부상 및 침강을 예방하여 시공성능이 크게 개선되었으며, 휨 및 전단성능도 적합한 성능을 가진 것으로 확인되었다.

**결론:** 중공율과 휨성능은 큰 관계가 없지만 중공율이 큰 경우는 항복 후 2차 강성이 낮으므로 이에 대한 고려가 필요하며, 중공율의 증가에 따른 전단성능의 감소는 전단철근을 배근하면 보완될 수 있을 것으로 사료된다.

중량감소,  
중공 슬래브,  
부력,  
전단성능 단면,  
일방향 슬래브

© 2018 Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-10-2355-5143. Email. dbkim@hknu.ac.kr

1 Tel. 82-10-8991-6617. Email. kvoiceman@hanmail.net

2 Tel. 82-10-9919-4416. Email. jhchoi@hknu.ac.kr

3 Tel. 82-10-6722-9060. Email. gustkd0401@naver.com

### ARTICLE HISTORY

**Received** Jul. 29, 2018

**Revised** Jul. 30, 2018

**Accepted** Sep. 18, 2018

## 1. 서론

최근에 구조물은 초고층, 대형화, 장스팬 화가 이루어짐에 따라 하중을 적절히 분배와 처짐, 균열, 진동 등에 대한 사용성 검토가 매우 중요하며 부재의 경량화 및 고강성화가 필수 요소이다. 콘크리트가 가지는 강성을 일정수준으로 유지하고, 단면 2차모멘트 및 단면계수를 최대값으로 적용시켜 휨 거동에 효율적인 H형강 타입이 연속되는 형태의 구조물인 중공슬래브는 이러한 건설시장의 위협요소를 해결하는 좋은 방안이 되고 있다(Fig. 1.). 이러한 중공슬래브의 장점으로 자중을 절감시킨다는 것은 철근콘크리트 구조의 주재료인 철근과 시멘트의 사용을 감소시킨다는 것을 의미하므로, 이산화탄소 배출량이 저감되는 친환경적인 효과도 기대할 수 있다. 해외에서는 이미 오래전 중공슬래브 시스템 개발 및 상용화가 되어있으며, 유럽의 경우 친환경 건축인증의 기준으로 삼고 있다.

현재 국내에서 개발되어 적용되는 중공슬래브는 그 중공재의 단면형태가 원형이거나 타원형의 중공재를 사용하고 있으며, 모두 공사현장에서 정확한 위치에서 타설되는 것에 어려움을 느끼고 있다. 즉 중공부분의 낮은 밀도로 인하여 콘크리트타설 시 중공체의 부상, 작업 시 중공체의 침강 등으로 정밀한 위치에서의 시공이 어렵고 저하에 따른 경제적인 손실이 따른 것이 중공슬래브의 가장 큰 단점으로 이에 대한 개선요구가 현장에서 제기되고 있다. 이에 본 연구에서는 현장의 요구사항과 실질적인 중공슬래브 시스템의 활성화를 위한 방안을 조합하여 중공형 슬래브 시스템의 개선하고 이에 대한 성능실험을 진행하고자 한다.

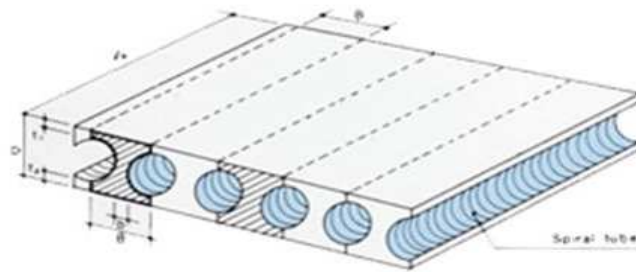


Fig. 1. The Condetual Diagram of dne way Hollow core Slab

## 2. 연구동향

일방향 중공 슬래브는 교량 바닥 등, 방향성이 분명한 구조물에 적용될 경우 가장 유리하여, 주로 PC 형식의 하프타입 중공슬래브가 토목구조물에 가장 많이 적용되어 왔으며, 최근에는 개정된 공동주택 표준바닥 구조로 인하여 건축물에도 적용되는 경우가 증가하고 있는데, 이는 장스팬 구조물과 대공간 건축물의 필요성이 증대되고 있고, 중공슬래브에 발생하는 중공부를 설비를 장착하는 부분으로 이용하면 전체 시스템에 유리함이 있기 때문이다. 또한, 슬래브가 휨부재 임에 착안하여 인장영역의 콘크리트 면적을 줄여서 콘크리트의 중량을 줄이고자 하는 연구가 진행되어 큰 성과를 거두고 있다. 중공 슬래브에 대한 연구를 살펴보면, 슬래브의 중공재 설치 시 중공재가 상승하는 부력방지에 관한 시공성 개선을 위해서 슬래브 테크와 중공재를 일체화시켜 중공재의 부상을 원천적으로 차단한 테크형 중공시스템을 제안하고 이를 실험으로 평가한 연구가 있으며(Son, Min Seo et al, 2010), 중공재 형상의 최적화에 대한 연구에서는 도넛형 중공체가 최대의 중공효과를 낼 수 있음을 증명하여 이를 이용한 중공슬래브를 제안하고 구조성능을 검증한 연구도 있다(Kim Byung Hoon et al, 2010). 구조성능 검토를 통해 중공부의 형상에 따른 전이 슬래브의 구조검토를 진행하고, 당시의 기준에 대한 중공 슬래브의 유효단면 산정을 제안하여 유효단면적에 의 증감에 따른 내력의 증감 정도를 파악한 연구가 있으며(Park Young Mi et al, 2009). 테크를 사용한 경량체 설치방법을 검토하기 위하여 중공슬래브의 구조성능을 검토하고, 실험을 통한 일방향 중공슬래브의 내력을 검토하여 기초자료로 활용하기 위한 연구도 있다(Kim Soo Bong et al, 2011). 실무에서 사용되고 있는 중공슬래브보다 큰 중공율의 적용을 위하여 40%의 중공율과 높은 시공속도가 가능한 테크 타입의 중공슬래브를 고안하여 분석하였고, 실험

당시 기준의 강도식을 변형하여 보다 정확한 강도를 비교할 수 있는 중공슬래브의 휨 및 전단 강도 산정 식을 제안한 연구도 있다(Han Gun Ho et al, 2011). 또한 중공형성 시 중공재의 재료특성을 고려한 전단성능을 평가하였다. 최종적으로 실험 당시 기준에 제시된 전단강도 식을 도넛형 이방향 중공 슬래브에 적용시켜 그 적절성에 대한 분석을 수행하였다(Chung Ju Hong et al, 2010).

중공 슬래브 시스템은 콘크리트의 물량감소와 이로 인한 구조체의 중량감소를 통한 높은 효율성을 인정 받았으며, 이를 기초로 다양한 형상의 중공슬래브가 개발되었다. 그 사례를 살펴보면 Bubble Technology사와 Cobiax Technologies사는 그 중공재의 단면을 원형 또는 타원형으로 적용하고 플라스틱을 이용한 중공재를 개발하였는데, 이는 슬래브의 방향성을 없애 구조효율을 상승시키면서 적용되는 콘크리트 물량을 감소시키고 그 결과로 슬래브의 자중이 감소되는 이방향 중공슬래브 공법을 개발하였다(Fig. 2).



Fig. 2. The Existing Products of Hollow Material

### 3. 연구내용 및 방법

본 연구에서 제안하는 중공슬래브는 해석 및 설계가 간단하며 장스팬에 적용하기가 용이한 1방향 중공슬래브를 개발하는 것이 첫 번째 내용이며, 또 다른 내용은 중공재의 특성을 이용하여 층간소음 등을 개선하고, 슬래브의 자중을 감소시키고자 하는 것이다. 기존의 중공슬래브에 비하여 충분한 힘, 전단응력, 사용성을 갖는 모델을 제작하고 실험을 통하여 그 성능을 확인하며, 콘크리트 타설 시 밀도차로 인해 발생하는 중공재의 부력을 최대한 억제하는 방안과 배근 작업 시 작업자에 의해 발생하는 중공재의 침하를 방지하는 방법도 연구하고자 한다(Fig. 3).

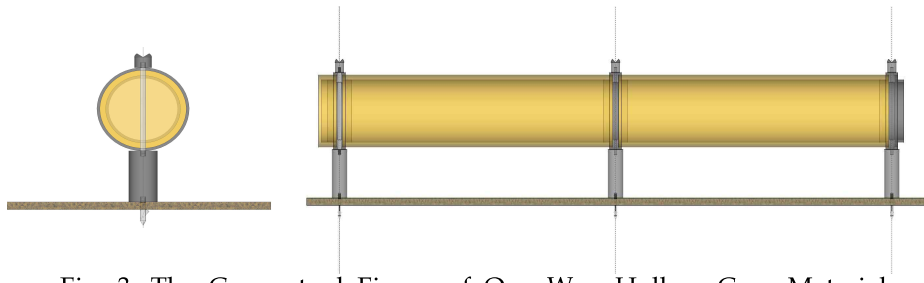


Fig. 3. The Conceptual Figure of One Way Hollow Core Materials

중공재의 부력방지장치는 하부의 스프링을 이용하여 거푸집에 고정시키고, 나선 선(spiral line)의 상단과 중공재를 고정시키기 위한 상부의 회전부까지의 길이는 중공재의 두께를 고려하여 결정한다. 거푸집에 15mm 내외의 천공을 하고, 장치를 거푸집의 상부에서 하부 받침으로 삽입한 후 거푸집 하부에 단단히 고정되도록 한다. 이때 탄성적인 유격장치로 중공재 부력방지장치가 다시 제자리로 복원되면서 중공재 부력방지장치가 거푸집에 고정된다. 이와 같은 방법으로 반복하여 부력방지장치를 모두 설치하고, 중공재를 왼쪽부터 오른쪽으로 순차적으로 끼워서 중공재 상부에 돌출되어 있는 부력방지장치의 상단을 회전시켜 각각을 고정시킨다(Fig. 4.). 고정장치를 모두 장착한 후 콘크리트를 타설하고 양생을 실시하며, 거푸집 하부에서 기존에 장착한 하부 고정 너트(nut)를 반시계방향으로 회전시키고 고정장치를 제거하여 거푸집을 탈형한다.



Fig. 4 The Buoyancy Prevent Device of Hollow Core Materials and Fixing Method

#### 4. 부력 방지장치의 성능평가 실험

본 연구에서는 부력 방지장치의 성능검증을 위하여 부력실험을 실시하였다. 150cm×100 cm×100cm의 수조에 PVC 중공재를 설치한 유로폼을 넣고 수조 내부에 물을 채워서 실험을 실시하였는데, 밀폐된 직경 125mm, 길이 1300mm의 PVC 관 2개를 고정장치를 이용하여 장착하고 수조에 물을 부어서 중공재에 부력이 발생할 때 고정장치의 성능을 검토하였다. 부력의 크기는 밀도와 관계가 있으며 물과 콘크리트의 밀도 비를 1:2.4로 할 때, 부유체의 부피를 2.4배 이상으로 하여 물에 대한 부력을 측정하면, 콘크리트 내의 부력을 유추 할 수 있다. 고정장치는 수조에 0.8m의 높이에 물을 채운 이후에도 (Fig. 5.(b))와 같이 거푸집에 의해 잘 고정되어 있었다.



a. Production of Fixing Device    b. Hollow Core Materials and Form    c. The details of Fixing Device

Fig. 5. Procedures of Buoyancy Test Specimens

#### 5. 구조성능실험

휨성능을 평가하기 위한 실험체는 중공율에 따라 휨성능의 정도를 판단하기 위한 중공율 20%와 30%의 시험체 2개를 제작하였으며, 시험체의 크기는 3,800mm×600mm×300mm로 제작하였다(Table 2.).

Table 2. The Variables of Test

Classification	Specimens	Hollow Core Ratio(%)	Bending Reinforcement(%)	$h_{tf}(h_{bf})$	Shear Reinforcement	Hollow Core Materials
Bending Test	1	20	6-D19	125 (50)	D6@100	Ø 125PVC pipe
	2	30	6-D19	100 (50)	D6@100	Ø 125PVC pipe
Shaer Test	1	0	6-D19	-	-	Solid Specimen
	2	20	6-D16	87 (87)	-	Ø 125PVC pipe
	3	20	6-D16	125 (50)	-	Ø 125PVC pipe
	4	30	6-D16	75 (75)	-	Ø 150PVC pipe
	5	30	6-D16	100 (50)	-	Ø 150PVC pipe
	6	20	6-D19	125 (50)	3-D6@130	Ø 150PVC pipe

휨 실험체의 철근배근은 하부에 D19 철근을 200mm 간격, 상부에는 D13 철근을 200mm 간격으로 배근하였으며, 배력근은 D10을 상·하부에 300mm 간격으로 배근하였다(Fig. 6.). 일반적으로 슬래브의 전단성능 평가가 필요하지 않으나 중공 슬래브의 경우는 중공 면적만큼 콘크리트의 단면이 축소되므로 이에 대한 검증을 위하여 중공율, 배근량, 중공재의 위치 등을 변수로 설정하여 6개의 실험체를 제작하였다. 시험체의 크기는 2,600mm×600mm×300mm로 제작하였으며, 전단 실험체의 철근배근은 기준 실험체는 휨 실험체와 동일하게 하부에 D19 철근을 200mm 간격, 상부에는 D13 철근을 200mm 간격



으로 배근하였으며, 그 외의 전단 실험체는 하부에 D16 철근을 200mm 간격, 상부에는 D13 철근을 200mm 간격, 배력근은 D10 철근을 상·하부에 300mm 간격으로 배근하였다(Fig. 7.).

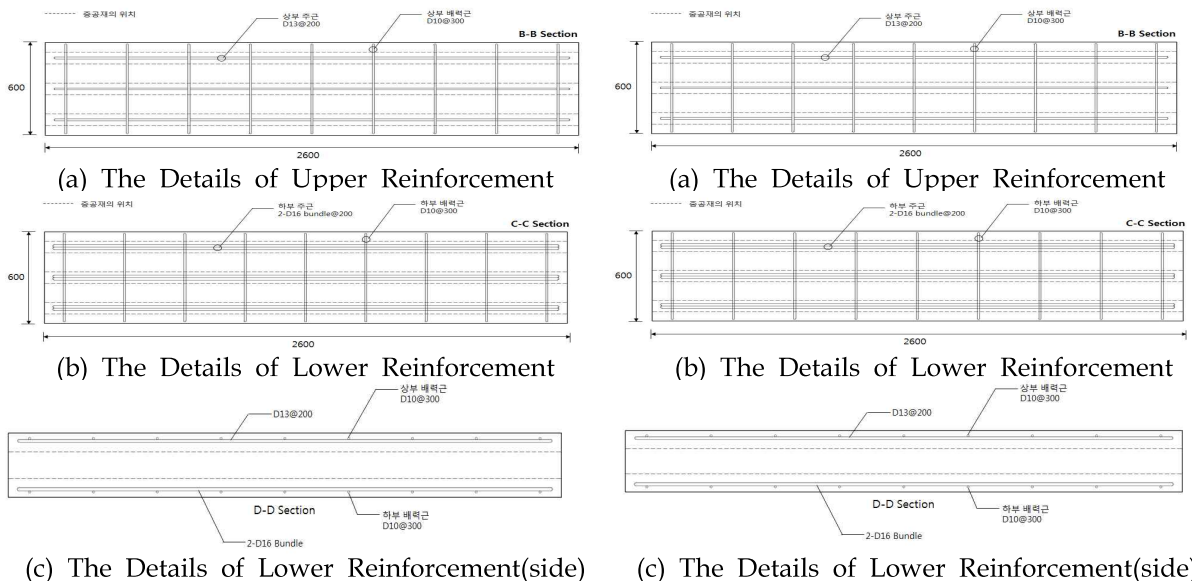


Fig. 6. The Reinforcement of Bending Test Specimen Fig. 7. The Reinforcement of Shear Test Specimen

실험체의 제작은 거푸집을 제작한 후 하부철근의 배근, 중공재의 고장장치 연결 및 설치, D13의 상부철근 배근, D10의 상부 배력철근을 300mm 간격으로 설치한 다음, 콘크리트를 타설하고 양생을 실시하였다(Fig. 8.).



Fixing Hollow core Materials Working Upper Reinforcement Depositing and Curing

Fig. 8. Production of Test Specimens

### 5.1 휨성능 실험

휨성능 실험은(Fig. 9)와 같이 500kN 로드 셀을 사용하여 3mm/m의 속도로 가력하였으며, 변위제어 방식으로 가력을 수행하였다. 처짐은 중앙부에 200mm LVDT, 좌우 경간의 중간지점에 100mm 변위계 2개를 설치하여 각각 측정하였다.

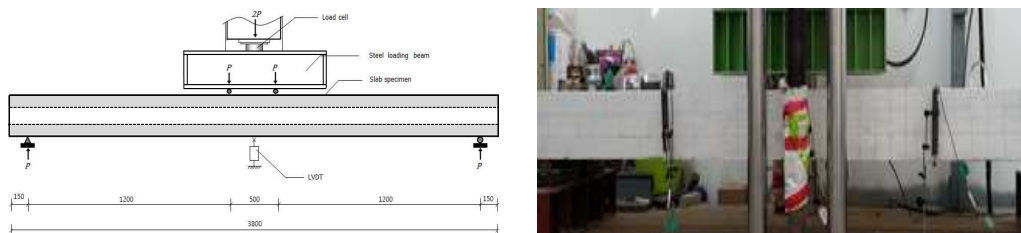


Fig. 9. The Scene of Bending Performance Test

### 5.2 전단성능 실험

전단성능을 파악하기 위한 실험체는 (Fig. 10)과 같이 실험체를 설치하였다. 본 실험의 목적은 사용하중 상태에서 작용하는 전단력에 의한 최대전단력을 살펴보기 위한 실험으로, 단순보의 2점 가력 방법을 통하여 중공형 슬래브의 휨 및 전단거동 여부를 판단할 수 있는 실험을 채택하였다. 이를 위하여 2,000kN인 만능시험기를 사용하여 3mm/m의 속도도 변위 제어 방식으로 가력을 수행하고, 최대용량 500kN의 로드 셀을 이용하여 작용하중을 측정하였으며, 중앙부의 처짐을 측정하기 위하여 가력점 중앙 측면에 200mm L.V.D.T.를 설치하였고, 가력점과 좌우 경간의 중간부를 3등분하여 100mm 변위계 2개를 설치하여 전단 변위를 측정하였다.

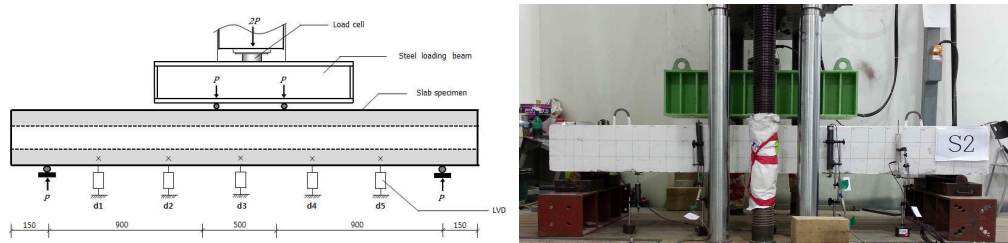


Fig. 10. The Scene of Shear Performance Test

### 6. 휨 및 전단성능 실험 결과

#### 6.1 휨성능 실험 결과

수행된 휨성능 실험에서 모든 실험체는 중앙 하단부에 균열이 처음 발생한 후, 하중이 점진적으로 증가함에 지점방향으로 균열지점이 확산되었으며, 균열이 일어난 부분에서는 그 균열폭이 확장되었다. 실험체가 항복한 후에는 하중증가 없이 처짐 및 균열만 확장되며 실험이 진행되었으나 중앙부 변위가 35mm에 이르러서 휨균열이 사인장 균열로 진행되며 파괴되었다. 실험결과는 Table 3 및 Fig. 11.에 나타난 바와 같다.

Table 3. The Results of Bending Performance Test

Specimen	Initial crack		Yielding Load		Maximum Load	
	Load(kN)	Displacement(mm)	Load(kN)	Diaplacement(mm)	Load(kN)	Displacement(mm)
F1	27	1.3	175.4	16.4	193.6	21.2
F2	34.5	2.2	263.9	19.7	263.9	34.3

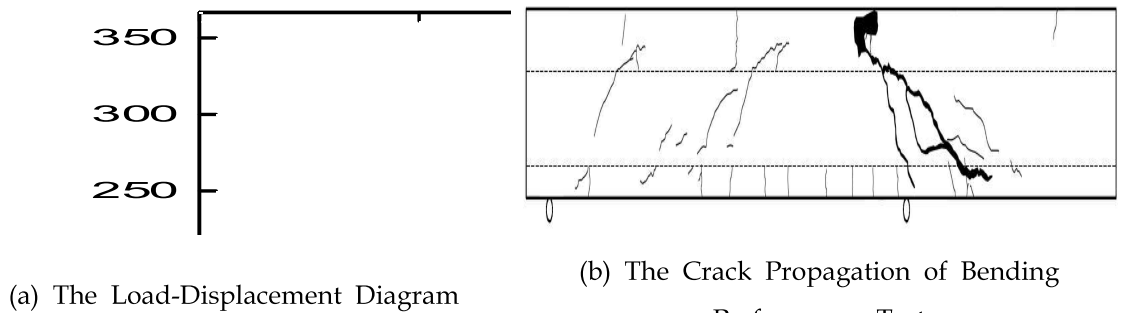


Fig. 11. The Results of Bending Performance Test

## 6.2 전단성능 실험 결과

일반 철근콘크리트 슬래브에서는 작용하는 전단력이 작아 전단에 대한 검토는 일반적으로 수행하지 않지만, 본 연구에 적용되는 슬래브는 중공부로 인하여 콘크리트의 면적이 줄어들므로, 이에 대한 검토를 위하여 중공율과 중공부의 위치, 전단 철근의 유무에 따른 중공 슬래브의 전단성능 검토를 수행하였다. 실험은 슬래브의 휨성능보다 전단성능을 낮게 설계하여 전단파괴를 유도하였으며, 가력은 2점 가력을 수행하였다. 실험결과 모든 실험체는 가력점의 중앙부에 초기 휨 균열이 발생하였으며, 이 균열들이 확장되며 지지점부터 가력점 까지는 휨-전단균열을 나타내는 사인장 균열로 확장되었다. 최종적으로 는 사인장 균열 부위가 급격히 파괴되며, 실험이 종료되었다. 전단성능에 대한 실험결과는 Table 4.와 같다.

Table 4. The Results of Shear Performance Test

Specimen	Initial Crack		Maximum Load	
	Load (kN)	Displacement (mm)	Load (kN)	Displacement (mm)
S1	55.52	0.95	302.3	8.0
S2	37.3	0.8	214.3	7.8
S3	43.46	0.9	239.7	10.0
S4	56.2	1.1	224.8	11.0
S5	49.0	1.5	192.7	8.1
S6	50.0	1.2	290.3	10.6

## 7. 실험결과의 분석 및 고찰

### 7.1 고정장치의 성능실험

철근콘크리트 슬래브의 인장부에 중공재를 삽입하는 공정은 콘크리트를 타설할 때 수행하며, 콘크리트의 비중이 2.4이므로 중공재가 부력에 의해 상승되는 현상으로 현장의 시공에 어려움이 있다. 또한, 슬래브 내 하부근의 경우, 작은 피복두께로 인하여 부식에 취약 부식방지와 내화구조성능 인증을 위하여 중공재의 하부에도 상당 부분의 피복이 필요하다. 본 연구에서는 부력에 의해 중공재가 상승하는 문제를 개선하기 위한 중공재 고정장치를 고안하였으며 이를 검증하기 위하여 부력실험을 실시하였다. 부력실험은 1m×1.5m×0.65m의 사각형 용기를 사용하였고, 중공재는 PVC관으로 하여 거푸집과 중공재를 고정장치로 결합한 뒤 물을 채워 부력실험을 실시하였다. 콘크리트 타설 시 중공재에 발생하는 부력은 밀도차에 의하여 2.4 배의 부력을 받을 것으로 예상되므로, 콘크리트 속에 매입된 중공체의 피복을 20cm로 가정하고, 수조의 깊이를 60cm로 실험한 결과 고정장치가 안정적인 것을 확인하였다(Fig. 12). 재료의 밀도를  $\rho$ , 중공체의 부피를  $V$ , 중공체의 길이를  $L$ 라 하면 중공체의 1개수가 받는 부력은  $F = \rho \times V$ 로 구할 수 있으며, 실험용 중공체 한 개는 물속에서 160N의 부력을 받는다.

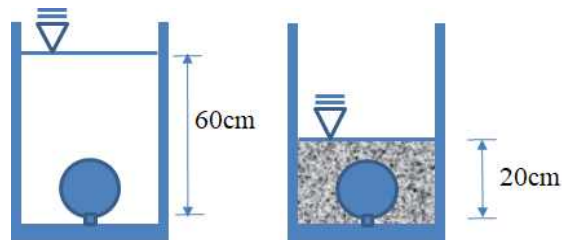


Fig. 12. Buoyancy Test Consider of Density

## 7.2 휨성능 평가 실험

중공율에 의한 슬래브의 휨성능을 검토하기 위한 실험체의 철근비는 인장지재 단면이 되도록 균형철근비( $\rho_b$ )의 50%를 배근하였으며, 슬래브의 중공율을 20%와 30%로 달리하고 중공재는 인장부에 배치하여 휨성능 실험을 수행했다. 실험 결과(Fig. 13)와 같이 중공율 20%인 F1 실험체의 항복하중은 240kN으로 중공율이 30%인 F2 실험체의 214kN에 비하여 약 10% 큰 값을 나타내고 있다. 또한, 중공율이 낮은 F1 시험체는 항복 후에도 2차강성을 보유하는데 비하여 중공율이 높은 F2 실험체는 항복 후, 2차강성이 전혀 없는 것으로 나타났다. 두 시험체 모두 처짐이 35mm를 넘은 후에는 전단내력이 부족하여 사인장 파괴가 유도되는 것으로 보아 전단내력에 대한 추가검토가 필요하지만, 사용하중 상태에서는 두 실험체 모두 탄성구간에서 거동하므로 구조안전성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

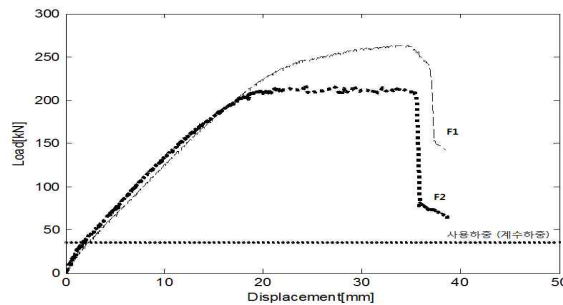


Fig. 13. 중공율에 의한 휨성능 비교

## 7.3 전단성능 평가 실험

### 7.3.1 중공율에 대한 성능

중공슬래브의 중공율에 의한 전단성능을 검토하기 위하여 슬래브의 중공율을 0%(S1), 20%(S2, S3) 및 30%(S4, S5)로 달리하여 전단성능 평가 실험을 수행하였다. 실험결과 중공율에 따라 중공부의 위치에 상관없이 전단내력의 저감이 나타났으며, 특히 중공율 20%인 실험체는 중공율이 0%인 실험체에 비하여 약 20%의 전단내력의 저감이 있으며, 중공율이 30%인 실험체의 경우, 중공율이 0%인 기준 실험체에 비하여 25%~35%의 전단내력 저감이 있는 것으로 나타났다(Fig. 14). 따라서, 중공율이 30%이상인 경우는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

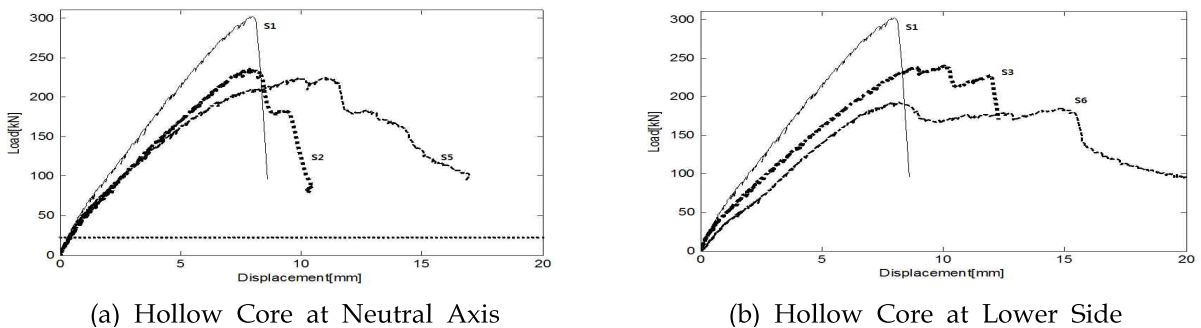


Fig. 14. Shear Force Performance with Hollow Core Ratio

### 7.3.2 중공재의 위치 및 전단철근의 유무에 따른 전단 성능

중공슬래브의 중공재의 위치에 대한 전단성능을 평가하기 위해 중공재의 위치를 부재 중앙부(S2, S4) 및 인장구역(S3, S5)으로 달리하여 실험을 수행하였다. 실험결과 중공재의 위치에 대한 전단내력의 감소는 중공율에 상관없이 나타났. 또한, 철근을 배근할 경우, 중공율 20%인 S3 실험체 및 S6 실험체는 전단성능이 유사함을 알 수 있으며, 이는 중공부가



없는 S1 실험체의 약 95%의 성능에 해당함을 알 수 있다(Fig. 15). 그러나 중공율 30%인 시험체는 중공재가 인장부에 위치할 경우 전단성능의 감소가 급격히 일어나는 것으로 나타나므로 역시 추가적인 연구가 필요하다 사료된다.

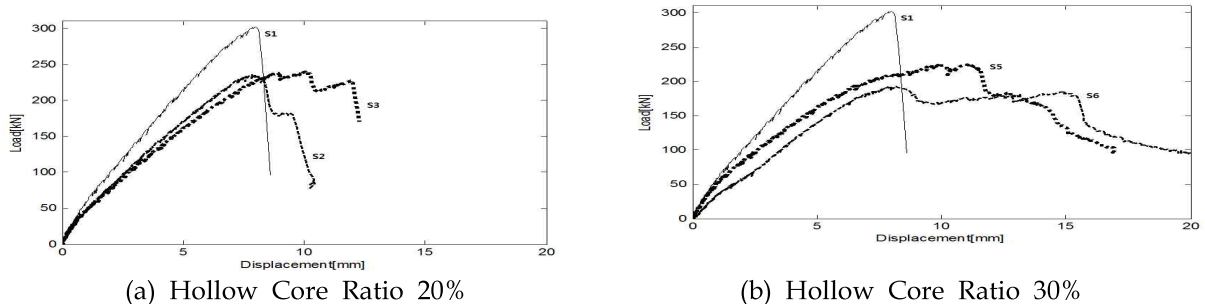


Fig. 15. Shear Force Performance with status of Hollow Core

## 5. 결 론

본 연구에서 개발된 철근콘크리트 관형 일방향 중공슬래브의 항목별 구조성능과 시공성 및 중공재 고정장치의 부력 검토에 대한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 개발된 중공재의 고정장치에 대한 부력을 검토하기 위해 1.3m 유닛의 중공재 고정장치 실험을 수행한 결과 중공재의 부상이 없어 고정장치의 성능은 작용하는 부력을 충분히 지탱할 수 있다.
- (2) 중공율 20%인 실험체와 중공율 30%인 실험체에 대한 휨성능을 검토한 결과 중공율과 휨성능의 상관관계를 검토한 결과 중공율과 휨성능은 큰 차이가 없는 것으로 나타났지만 중공율이 큰 경우는 항복 후 2차 강성이 낮으므로 이에 대한 고려가 필요하다.
- (3) 중공율이 커짐에 따라 전단성능이 감소되는 것을 보완하기 위하여 전단철근을 배근할 경우 중공율이 20~30%내 외인 경우는 전단철근으로 그 성능을 충분히 회복할 수 있을 것으로 사료된다.
- (4) 중공율이 커질수록 전단성능은 감소하지만 중공재의 위치와는 관계가 없다. 그러나, 중공율이 30%에 이를 경우 전단내력의 감소는 중공율이 20% 일 때보다 상대적으로 크게 나타나므로, 중공율이 30% 이상인 경우는 그 상관관계를 분석하기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] Son Min Seo, Kim Byung Jeon, Yoon Sung Ho, No Young Gon, et al., (2010), "Structural Performance of Hollow Core Slab made use of Light Bonding Material", The Autumn Conference of Architectural Institute of Korea, Vol.30, No.1, pp.113-114.
- [2] Park Young Mi, Yoo Yeon Ho, Han Sang Hwan, (2009), "Shear Strength of Spread Floor Slab System with Hollow Core", The Autumn Conference of Korea Concrete Institute, Vol.25, No.2, pp.7-8
- [3] Kim Soo Bong, Kim Soon Muk, Lee Sang Gyun, Kim Sang Mo, (2011), "Study and Application of One Way Hollow Core Slab System for reduction self-weight and Construction Cost", Architectural Institute of Korea, Structural Division, Vol. 15, No.5, pp.45-53
- [4] Han Gun Ho, Kim Sang Dae, Kim Sang Mo, Joo Young Gyu, (2011), "Shear Performance Evaluation of DECK Type Hollow Core Slab", Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 11, No.4, pp.1-7
- [5] Jung Joo Hong, Lee Seung Chang, Choi Chang Sik, Choi Hyeon Gi, (2010), "One way Shear Strength of Doughnut Type Two Way Hollow Core Slab Considering Hollow core Material and shape", Conference of Korea Institute Concrete, Vol. 24, No. 4, pp.391-398