

# 이방향 중공슬래브의 연직진동에 관한 거주 성능 평가

## Habitability Evaluation of Two-way Void Slab for Vertical Vibration

조 성 우\* · 최 선 영\*\* · 최 중 문\*\*\* · 김 상 모\*\*\*\*

Jo, Seongwoo · Choi, Sunyoung · Choi, Jong Moon · Kim, Sang Mo

### 요 약

이방향 중공슬래브 시스템의 구조특성 및 성능평가 연구의 일부로 실제 건축물에 적용된 이방향 중공슬래브의 연직진동을 측정 및 분석하였다. 캡슐형 경량체를 사용한 이방향 중공슬래브가 적용된 두 건축물에서 바닥 용도상 일상적인 진동발생원이라고 가정할 수 있는 75 kg 성인의 보행, 달리기, 제자리 점프에 대해 슬래브의 연직진동을 측정하였다. 두 대상 건축물은 각각 연구소와 교육시설 용도로 설계 및 건축되었다. 측정된 수직 가속도 데이터로 일본건축학회 환경기준에 (AIJES-2004) 근거하여 진동수 범위 3~30 Hz 에 대해 1/3 옥타브 밴드 분석을 실시하였다. 이 분석을 바탕으로 AIJEES-2004에 제시한 기준에 따라 바닥의 연직진동에 대한 거주 성능을 평가한 결과, 측정된 세 건축물에 적용된 이방향 중공슬래브 모두 보행과 달리기에 대해서는 피진동자의 10% 미만이 인지, 제자리 점프에 대해서는 50~70% 미만이 인지할 수 있는 것으로 나타나, 이방향 중공슬래브가 바닥의 연직 진동에 대해 거주 성능이 양호함을 보여주었다.

**keywords** : two-way void slab , 이방향 중공슬래브, 연직 진동, 거주 성능

### 1. 서 론

철근콘크리트는 슬래브는 철골 콘크리트조, 강구조, 합성구조 등 주요 구조 시스템에 관계없이 보편적으로 사용되는 수평 부재이다. 기둥 부재 및 보 부재는 지금까지 단면의 효율성을 위한 연구가 세계적으로 수행되어 많은 의미 있는 결과가 나타났지만, 구조물 고정하중의 상당 부분을 차지하는 바닥 슬래브는 의외로 단면의 효율성에 대한 연구 결과가 상대적으로 빈약했다. 이러한 바닥 슬래브 단면의 효율성을 해결하기 위한 한 방편으로 해외에서는 이미 90년대 초반에 중공슬래브가 개발되어 다양한 개념으로 수많은 건물에 적용되고 있다. 중공슬래브는 건축물에 적용 시 자중 감소로 인한 콘크리트 및 철근 물량 감소나 지진 지역에서의 지진 하중 감소 이외에도 콘크리트 물량 감소에 따른 화석에너지 사용의 감소, 중공부 형성에 따른 단열성능 및 에너지 절감효과 등으로 인해 유럽, 북미, 오세아니아 등지에서는 친환경 건축물 인증에 기여하는 건축구조시스템의 일부로 자리매김 되어 오고 있다. 하지만 아직 국내에서는 불과 수 년 전에 중공슬래브 기술 개발에 착수하여, 현재 기술을 현장에 시험 적용하는 단계에 있다. 본 논문에서는 이방향 중공슬래브 시스템의 구조특성 및 성능평가 연구의 일부로 이방향 중공슬래브가 적용된 건축물의 현장 계측 및 데이터 분석을 통해 이방향 중공슬래브의 바닥 연직 진동에 대한 거주 성능을 평가하고자 한다. 국내에서는 아직 건축물 진동

\* 정희원 · 포스코건설 기술연구소 선임연구원 swjo97@poscoenc.com

\*\* 정희원 · 포스코건설 기술연구소 연구원 sunyoung@poscoenc.com

\*\*\* 포스코건설 기술연구소 전문연구원 colormoon@poscoenc.com

\*\*\*\* TVS Forum 대표이사 tvsforum@yahoo.co.kr

에 대한 거주 성능 평가방법이 구체적으로 제시되어 있지 않은 관계로 본 논문에서는 일본건축학회 환경기준 2004년 개정판에 (AIJES-2004) 제시된 거주 성능 평가 지침을 활용하였다.

## 2. 캡슐형 경량체를 이용한 이방향 중공슬래브

일반적으로 중공슬래브 시스템은 휨응력이 가장 집중되는 슬래브의 상·하단부에 단면적을 집중시켜 역학적으로 휨에 대해 유리하며 효율적인 H-Beam 단면을 형성함으로써(그림 1) 콘크리트 물량절감, 슬래브의 자중 감소 및 이산화탄소 배출량 감소 등 기존의 바닥슬래브 공법보다 우수한 장점을 지닌 것에 비해 추가 비용이 크게 발생하지 않아 경제성이 높다.

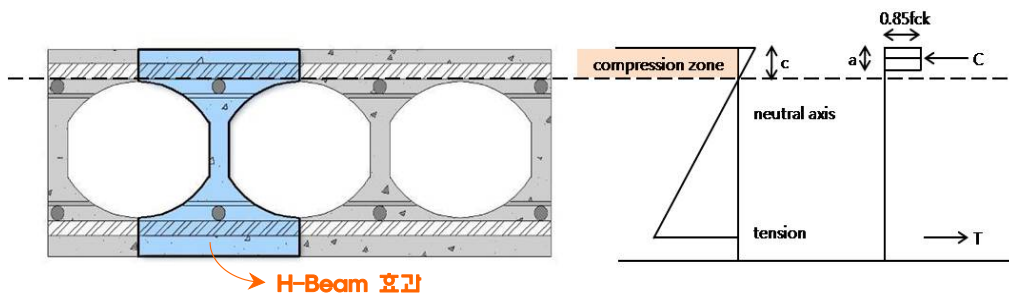


그림 1 이방향 중공슬래브 시스템의 단면 및 응력도

중공슬래브의 중공 형성을 위해 사용하는 기존의 국내의 경량체는 콘크리트 타설시 채움과 경량체로 인한 응력집중효과를 고려하여 구형인 형태가 대부분이며, 일부 육면체형태는 중공률은 크지만 콘크리트 채움이 어려워 경량체의 간격을 구형에 비해 크게 유지하여야 하므로 그 효과가 줄어들며, 모서리부분에 응력집중현상이 발생하는 단점이 있다. 하지만 구형의 경우에도 슬래브의 두께에 따라 경량체의 직경이 달라져야하므로 평면상의 배치간격 또한 달라지는 문제가 발생함으로써 시공상의 문제를 야기한다. 이러한 문제를 모두 해결하기 위해 최근에 국내에서 캡슐형 경량체를 이용한 중공슬래브가 개발되었다. 본 연구에서는 이러한 캡슐형 경량체를(그림 2) 사용한 이방향 중공슬래브를 대상으로 측정 및 분석을 실시하였다.



(a) 경량체 금형

(b) 유닛 경량체

(c) 현장 설치된 경량체

그림 2 발포폴리스티렌을 사용한 캡슐형 경량체

## 3. 건축물 바닥 진동 계측

캡슐형 경량체가 사용된 이방향 중공슬래브 적용 현장에서 (인천 에이스안테나 연구소와 이천 동원 리더스 아카데미) 바닥진동 계측을 실시하였다. 각각의 건축물에서 가진 및 계측 위치는 그림 3에 표시된다. 에이스 안테나 연구소의 경우 이방향 중공슬래브 두께 450 mm, 단방향 7.8 m, 장방향 15 m 인 기둥 지지 직사각형 슬래브의 중앙에서 가진 및 계측을 실시하였고, 동원 리더스 아카데미의 경우 이방향 중공슬래브 두께 230 mm, 단방향 3.9 m, 장방향 8.4 m 인 삼면 벽체 지지 직사각형 슬래브의 중앙에서 가진 및 계측을 실시하였다. 가진 및 계측 위치는 모두 골조 공사 후 마감 작업이 완료되지 않은 구조 공간을 활용하였다.

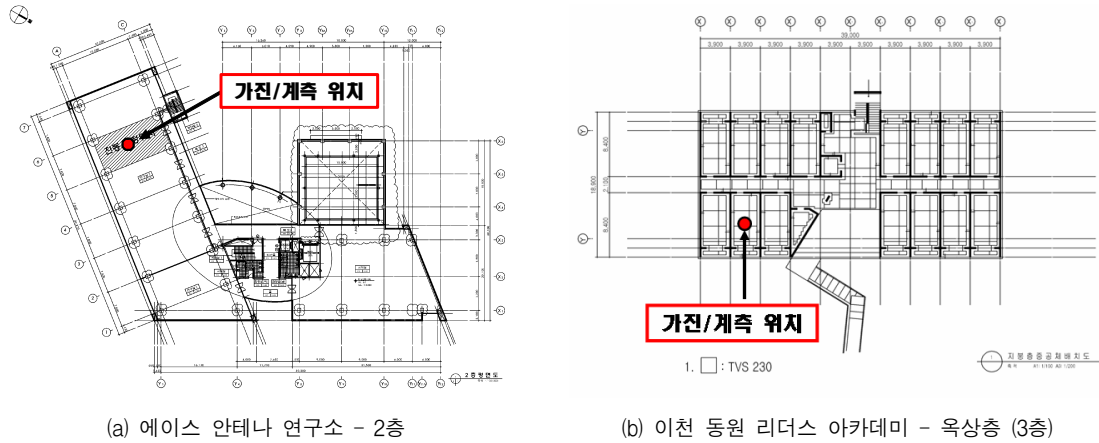


그림 3 바닥 진동 측정을 위한 가진/계측 위치

AIJES-2004 에서 제시하는 거주 성능 평가는 바닥 용도상 일상적인 진동 발생원이라고 여겨지는 가진 조건하에서의 응답 가속도를 이용한다. 이에 따라 현장 계측을 위해 사용한 가진 조건은 75 kg의 성인에 의한 보행, 달리기, 제자리 점프이다. 각 가진 조건에 (보행, 달리기, 제자리 점프) 대한 데이터는 5회 이상의 반복 가진을 가하는 동안 계측된 바닥 응답 가속도이다. 대표적인 바닥 가속도 계측 및 가진 장면이 그림 4에 보여진다. 평가의 정확성을 위해 항상 두 개의 가속도계로 동시에 수직 방향 데이터를 취합한 뒤, 데이터 분석 결과에 유의미한 차이가 없음을 그래프 비교를 통해 확인하였다.



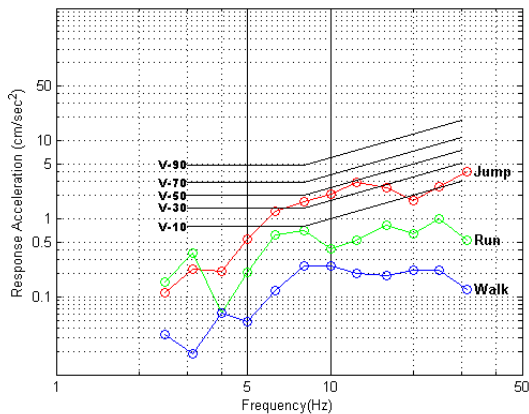
그림 4 바닥 가속도 계측/가진 사진

#### 4. 계측결과

AIJES-2004에서 제시하는 바닥 연직 진동에 대한 거주 성능 평가는 진동수 범위 3~30 Hz 에 대해 측정

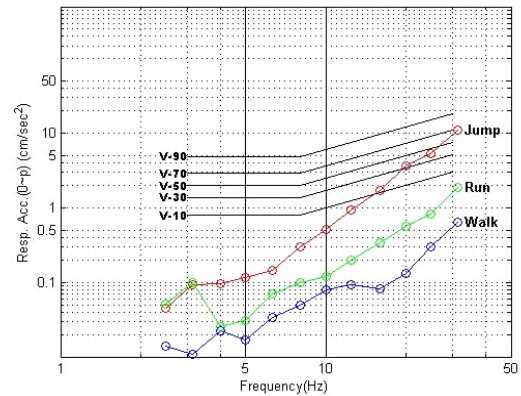
된 응답 가속도의 1/3 옥타브 밴드 분석 결과를 이용한다. 이에 따른 에이스 안테나 연구소와 동원 리더스 아카데미에 적용된 이방향 중공슬래브의 거주 성능 평가 결과가 그림 5에 보여진다. 두 그래프에서 기준선 V-00 은 피진동자의 00 % 이내가 느끼는 진동 수준을 의미한다. 예를 들어 V-70 은 피진동자의 70 % 이내가 연직 진동을 느낄 수 있다는 의미이다. 이 결과로부터 두 현장에 적용된 이방향 중공슬래브는 보행 및 달리기에 대해 V-10 이하 (피진동자의 10% 이내가 느끼는 수준), 제자리 점프에 대해서는 V-50 또는 V-70 이하로 연직 진동에 대한 거주 성능이 양호함을 알 수 있다.

AJES-2004 Guidelines for Vertical Vibration: Ace Antenna, 2nd Floor, Center, 3-axis



(a) 에이스 안테나 연구소

AJES-2004 Guidelines for Vertical Vibration - left, 3-axis



(b) 이천 동원 리더스 아카데미 - 옥상층 (3층)

그림 5 바닥 연직진동에 대한 거주 성능 평가 결과 곡선

## 5. 결론

기존 철근콘크리트 바닥 슬래브 단면의 효율성을 해결하기 위한 한 방편으로 중공슬래브가 개발되어 다양한 방식으로 건물에 적용되고 있다. 중공슬래브는 H-Beam 형 단면을 형성함으로써 기존 바닥 슬래브에 비해 자중 감소로 인한 콘크리트 및 철근 물량 감소와 지진 지역에서의 지진 하중 감소라는 구조적인 장점을 가져온다. 본 논문에서는 캡슐형 경량체를 사용한 이방향 중공슬래브의 연직진동에 대한 거주 성능을 평가하기 위하여, 실제 건축물을 대상으로 수직 가속도 계측 및 평가를 실시하였다. 일본건축학회 환경기준에 (AIJES-2004) 근거하여 진동수 범위 3~30 Hz 에 대해 1/3 옥타브 밴드 분석 결과 대상 건축물에서 보행과 달리기에 대해서는 모두 피진동자의 10% 미만이 인지, 제자리 점프에 대해서는 50~70% 미만이 인지할 수 있는 것으로 나타나 이방향 중공슬래브가 바닥의 연직 진동에 대해 거주 성능이 양호함을 보여주었다.

## 감사의 글

본 연구는 2010년도 건설교통 R&D정책인프라 사업 과제인 “이방향 중공슬래브 시스템의 구조특성 및 성능평가” 중간 결과의 일부로, 본 연구를 가능케 한 국토해양부의 지원에 깊이 감사드립니다.

## 참고문헌

일본건축학회 (2004) 일본건축학회 환경기준