

콘크리트 슬래브 압축강도에 따른 바닥충격진동 및 소음특성

Floor Impact Sound and Vibration Characteristics

Affected by the Compressive Strength of Concrete

정정호† · 유승엽* · 전진용**

Jeong Ho Jeong, Seung Yup Yoo, and Jin Yong Jeon

Key Words : Compressive Strength of Concrete, Floor Impact Vibration, Heavy-weight Impact Sound

ABSTRACT

In 2005, a regulation on the heavy-weight impact sound was released; which restricted concrete slab thickness of standard floor to 210mm. To reduce heavy-weight impact sound, damping materials and structural reinforcement system have been proposed. In this study, the effect of compressive strength on the heavy-weight impact vibration and sound were investigated. FEM analysis was conducted for the 34PY apartment with different concrete strength (210, 350, 420kg/cm³). In addition, apartment floors with different concrete strength were constructed and the floor impact vibration and sound were measured. Results of FEM analysis and measurement show that the resonance frequency of concrete slab was increased by the increment of concrete strength. However, floor impact sound pressure level did not decrease because the floor impact vibration and sound pressure level in 63Hz band increased.

1. 서 론

공동주택의 바닥충격음 차단성능 향상을 위해 2004년 경량충격음에 관한 규제가 시행과 함께 5개의 표준바닥구조가 제안되었으며, 중량충격음에 관한 규제는 2005년 시행되었다⁽¹⁾. 현재 적용되고 있는 충간소음의 완충재는 경량충격음에 효과적이나⁽²⁾, 충간소음의 주요 불만은 어린이의 뛰고 달리는 중량충격음 성분이므로, 중량충격음 저감을 위한 제품 및 공동주택 구조 개선이 더 필요한 실정이다.

중량충격음 차단성능 향상을 위한 방법으로는 제진재를 사용하는 방법⁽³⁾이 제안되었으며, 콘크리트 슬래브 두께 증가 방법도 중량충격음 차단성능을 증가시키는 것으로 나타났다^(4,5). 또한 이와 더불어 공동주택 구조에 따른 바닥충격음 개선에 대한 연구가 수행되었다^(6,7). 이와 같은 연구들은 바닥슬래브 구조의 공진주파수 및 바닥충격진동 제어를 통

해 바닥충격음을 저감하고, 공동주택 바닥구조의 공진주파수를 고주파수 대역으로 이동시키는 방법이다⁽⁸⁾.

바닥충격음의 해석에 의한 연구결과 콘크리트 슬래브의 두께 및 강도 변화에 따라 진동 특성이 변화하는 것으로 나타났다⁽⁹⁾. 또한 각 층별로 콘크리트 강도가 다르게 시공된 경우를 대상으로 바닥충격음 레벨을 조사한 결과⁽¹⁰⁾ 콘크리트 압축강도 증가에 따라 바닥충격음이 다소 저감되는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 벽체 및 슬래브를 구성하는 콘크리트의 압축강도 변화에 따른 바닥충격 진동 및 충격음 특성 변화를 평면 및 천장구조 등을 제어한 조건에서 조사하였다. 이를 위해 20층 높이의 공동주택(34평형)을 대상으로 일반적인 콘크리트 강도를 기준으로 최대 2배까지 증가시켜 바닥충격진동 해석과 현장 측정을 실시하였다.

2. 바닥충격 진동 해석

콘크리트 강도에 의한 바닥충격음 특성 변화를 조사하기 위하여 Fig. 1과 같은 30평형대 공동주택 모델을 대상으로 210, 350, 420kg/cm³의 콘크리트 압축강도를 적용하여 바닥

† 한양대학교 건설연구소, 연구원

E-mail : jhjeong92@han

Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2291-1795

* 한양대학교 대학원 석사과정

** 한양대학교 건축대학 부교수

충격진동을 해석하였다.

Fig. 2는 고강도 콘크리트 적용에 대한 모드 해석 결과를 그래프로 나타낸 것으로 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 고유진동수가 증가하는 것으로 나타났다. 압축강도가 210에서 350kg/cm²으로 증가할 경우 11.2%, 350에서 420kg/cm²으로 증가할 경우 3.5%의 고유진동수가 증가하였다.

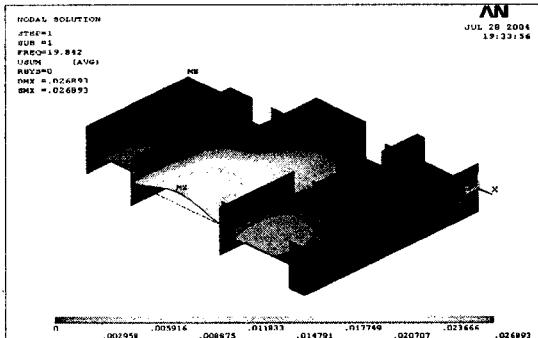


Fig. 1 Model for floor impact vibration analysis

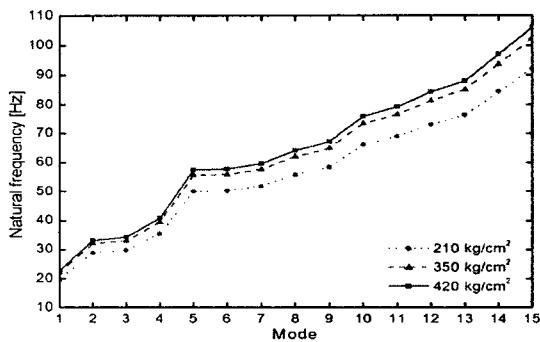


Fig. 2 Frequencies of each mode with different concrete strength

강도 변화에 따른 바닥충격 진동에 대한 과도해석을 수행하였다. 210, 350, 420kg/cm² 세가지 콘크리트 강도에 대하여 시간 및 주파수 응답 해석을 실시하였다.

Table. 1 Frequency of 1st to 3rd mode with each concrete strength

Strength [kg/cm ²]	1st		2nd		3rd	
	[Hz]	[%]	[Hz]	[%]	[Hz]	[%]
210	20	-	29	-	35	-
350	22	10	31	7	39	11
420	23	20	33	13	41	17

Table. 1에 콘크리트의 강도에 따른 주파수의 변화를 1, 2, 3차 공진주파수를 나타내었다. 1차, 2차, 3차 공진주파수에 대해 강도 210에서 350kg/cm²으로 증가할 경우 약 10%,

420kg/cm²으로 증가할 경우 약 17% 정도 고유진동수가 증가하였다. Fig. 3은 슬래브 강도변화에 따른 시간 응답이며, Fig. 4는 강도 변화에 따른 주파수 응답 특성을 나타낸다.

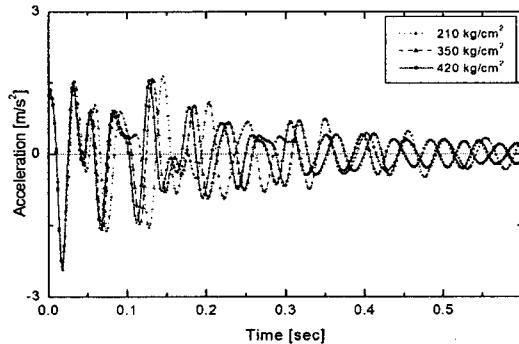


Fig. 3 Floor impact vibration in time domain

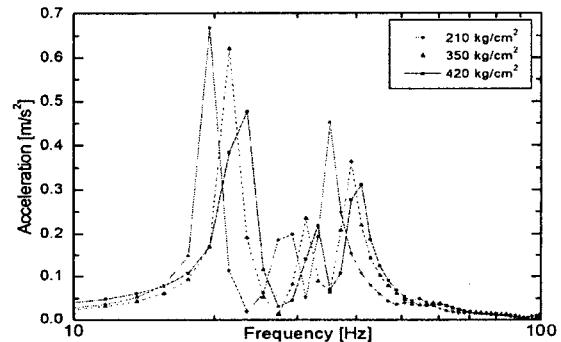


Fig. 4 Floor impact vibration acceleration

Fig. 4에서와 같이 콘크리트의 강도를 증가함에 따라 공진주파수(고유진동수)가 고주파 대역으로 이동하고 있으며, 진동 가속도가 감소하는 것으로 나타났다.

3. 고강도 콘크리트 적용

콘크리트 강도 증가에 따른 바닥충격음 저감성능을 확인하기 위하여 34평형 공동주택의 3층을 대상으로 압축강도 210, 350, 420kg/cm²의 콘크리트를 시공하였다. 고강도 콘크리트를 시공할 경우 콘크리트의 자체의 유동성이 낮아 시공이 어려우므로 콘크리트의 유동성을 증가시키는 혼화재를 함께 배합하여 시공하였다. 혼화재의 배합으로 인해 고강도 콘크리트 시공에 따른 현장의 작업자들의 작업능률 저하는 발생하지 않았으며, 오히려 일반적으로 사용되는 210kg/cm² 강도의 콘크리트 보다 작업성은 우수한 것으로 나타났다.

고강도 콘크리트가 적용된 세대의 특성을 조사하기 위하여 콘크리트가 충분히 양생된 이후 나 슬래브 상대의 바닥 충격진동 측정을 실시하였으며, 바닥충격음에 대한 평가는 경량기포콘크리트 및 마감몰탈 양생 이후에 실시하였다.

Table. 2 Results of floor impact vibration measurement

구 분	고유진동수(Hz)			가속도 레벨(dB)		
	210kg/cm ²	350kg/cm ²	420kg/cm ²	210kg/cm ²	350kg/cm ²	420kg/cm ²
거실	22	23	24	96	96	96
침실	34	37	40	106	104	101

바닥충격진동 측정결과 Table. 2와 같이 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 공진주파수(고유진동수)가 고주파 대역으로 이동하고, 진동 가속도 및 레벨이 감소되는 것으로 나타났다. 바닥충격진동 측정 결과 고유진동수는 콘크리트 강도증가에 따라 거실에서는 2Hz, 침실에서는 6Hz까지 증가했으며 가속도레벨은 강도 420kg/cm²가 적용된 경우 210kg/cm² 콘크리트가 적용된 경우에 비해 동일하거나 2~5dB 감소되는 것으로 나타났다. 콘크리트 강도 증가에 의한 고유진주파수 및 가속도레벨의 감소는 콘크리트 슬래브 두께 증가에 대한 연구^[4] 결과 보다 낮은 것으로 나타났다. Fig. 5, 6은 바닥충격진동에 따른 거실과 침실에서의 주파수 응답을 나타낸 것으로 콘크리트 강도 증가에 따른 고유주파수 증가는 분명하게 나타나지만 진동가속도레벨의 저감은 크지 않은 것으로 나타났다. Fig. 6의 방의 경우 중량충격음 단일수치 평가량을 결정하는 63Hz 대역 범위에서는 오히려 증가되는 것으로 나타났다.

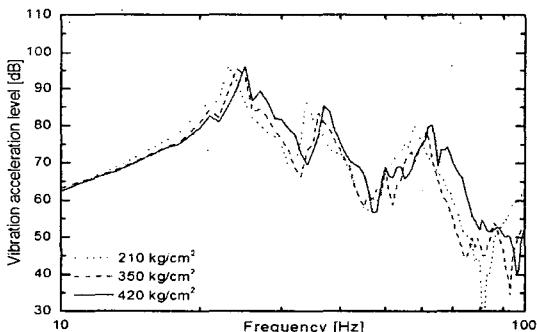


Fig. 5 Floor impact vibration level of livingroom

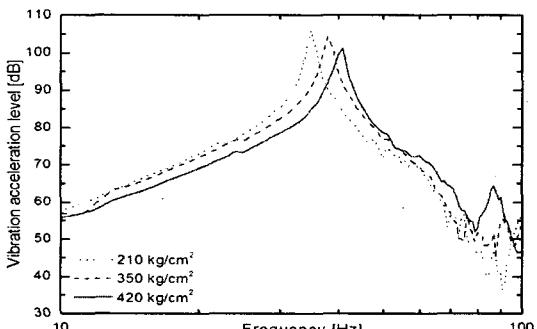


Fig. 6 Floor impact vibration level of bedroom

Table. 3 Floor impact sound pressure level of each strength

구 분	Bang machine(dB)			Impact ball(dB)		
	210kg/cm ²	350kg/cm ²	420kg/cm ²	210kg/cm ²	350kg/cm ²	420kg/cm ²
거실	50	51	51	50	50	50
침실	45	46	46	48	48	48

바닥충격음에 대한 평가는 경량기포 콘크리트 및 마감몰탈이 시공된 이후에 실시하였다. 충격음 차단성능은 역A 특성가중 바닥충격음레벨로 평가하여 Table. 3에 나타내었다. Table. 3에서와 같이 콘크리트 강도의 변화에 따른 단일수치평가량 저감효과는 나타나지 않았다. Fig. 7, 8의 중량충격음에 대한 1/3 옥타브밴드 분석 결과 거실의 경우에는 125Hz부터 1,000Hz 대역에서 강도 210kg/cm² 콘크리트가 적용된 세대에 비해 강도 350, 420kg/cm²가 적용된 세대의 주파수 음압레벨이 최대 9dB까지 저감되는 것으로 나타났다. 420kg/cm² 강도의 콘크리트가 적용된 세대의 경우 음압레벨이 100Hz 이상 대역에서 저감되었다.

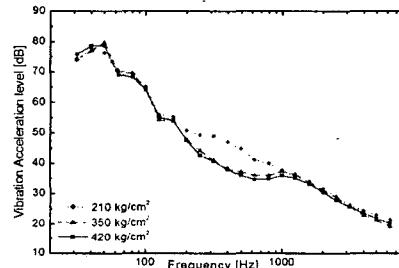


Fig. 7 Bang machine impact sound pressure level of livingroom

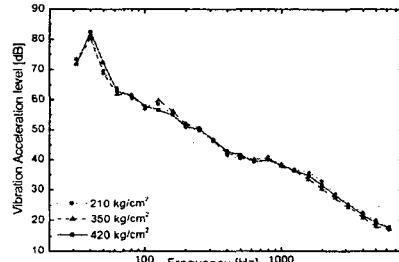


Fig. 8 Bang machine impact sound pressure level of bedroom

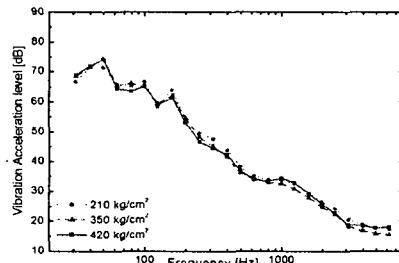


Fig. 9 Impact ball impact sound pressure level of livingroom

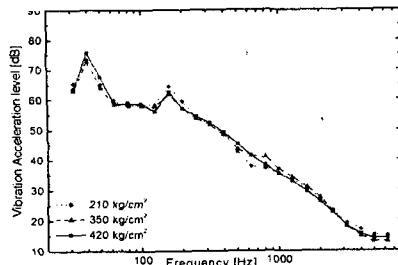


Fig. 10 Impact ball impact sound pressure level of bedroom

Fig. 9, 10은 임팩트 볼 충격음 측정결과로 뱃머신으로 가진한 중량충격음 평가결과와 같이 63Hz 이상의 대역에서는 임팩트 볼 충격음이 다소 저감되는 것으로 나타났으나, 63Hz 이하 대역에서는 오히려 증가되었다. 이는 바닥충격 진동 측정결과에서와 같이 콘크리트 강도 증가에 따라 바닥슬래브의 고유주파수는 증가하지만 80Hz 이하 대역의 진동가속도 레벨이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결 과

최근 공동주택의 중량충격음 저감 기술로는 제진재를 사용한 바닥슬래브 구조, 바닥슬래브 보강구조 및 콘크리트 두께 증가가 세안되었다. 이전의 완충재에 대한 연구와 함께 바닥 슬래브 및 공동주택 구조 개선에 대한 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 공동주택 슬래브 구조 개선과 관련된 설계인자인 콘크리트 강도를 대상으로 콘크리트 강도 변화에 따른 중량충격음을 조사하였다.

실제 건설 중인 공동주택에 콘크리트 강도를 변화시켜 시공한 후 바닥충격진동 및 충격음을 측정하였다. 콘크리트 강도 증가에 따라 바닥슬래브의 고유주파수가 증가되는 것으로 나타났으며, 고유주파수에서의 진동가속도레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 그러나 중량충격음 단일수치 평가량을 주로 결정하게 되는 63Hz 대역 부근의 가속도레벨은 오히려 증가되는 것으로 나타났다. 바닥충격음 평가 결과 콘크리트 강도 증가에 따른 중량충격음 저감은 100Hz 이상의 대역에서 나타났으나, 63Hz 이하 대역에서는 오히려 증가되어 단일수치 평가량은 저감되지 않는 것으로 나타났다.

후기

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업(과제번호: 03-1-11-2-002)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 건설교통부, 2004. 3, “공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준.”
- (2) 정정호, 정 영, 서상호, 송희수, 전진용, 2004, “바닥충격음 측정 및 차음 평가의 방향,” 한국소음진동공학회 추계학술발표회논문집, pp.269-274.
- (3) 전진용, 정 영, 송희수, 김민배, 이영제, 2004, “감쇠재 사용에 따른 중량충격음의 소음 및 진동특성,” 한국소음진동공학회 추계학술발표회논문집, pp.97-102.
- (4) J. H. Jeong, Y. Jeong and J. Y. Jeon, 2005, “The effect of concrete slab thickness on the heavy-weight impact sound”, Inter-noise 2005, Rio, Brazil, CD-Rom.
- (5) 김경우, 최경석, 최현중, 양관섭, 2004, “바닥충격음 저감방안에 따른 성능 평가,” 한국소음진동공학회논문집, 제14권, 제9호, pp.811-818.
- (6) 정정호, 송희수, 전진용, 2004, “라멘복합구조 공동주택의 바닥충격음 실태”, 한국소음진동공학회 추계학술발표회논문집, pp.308-311.
- (7) J. H. Jeong, S. Y. Yoo and J. Y. Jeon, 2005, “The effect of reinforcement slab and beam on the heavy-weight impact sound,” Inter-noise 2005, Rio, Brazil, CD-Rom.
- (8) 서상호, 전진용, 2004, “충격력 변화에 따른 공동주택의 중량충격음 및 진동 특성,” 한국소음진동공학회 추계학술발표회논문집, pp.304-307.
- (9) 정 영, 송희수, 전진용, 김진수, 2004, “슬래브 두께에 따른 표준실험동의 중량충격음 특성,” 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp.103-108. 2004.
- (10) 한양대학교, 2004, “공동주택 층간소음 저감을 위한 기술 개발 - 1차년도 보고서”.