

데크 바닥판 구조물의 실용적인 진동해석

Practical Vibration Analysis of Deck Floor Slab

김기철†

Kim, Gee-Cheol

(논문접수일 : 2004년 8월 30일 ; 심사종료일 : 2005년 3월 2일)

요 지

장경간화되고 경량화된 데크 바닥판 구조물은 부재가 유연하기 때문에 거주자의 움직임에 의하여 진동이 크게 발생할 수 있으며, 이러한 바닥판 진동은 건축물의 안전성뿐만 아니라 건축물의 사용성에도 많은 영향을 끼치므로 건축물의 품질 평가 기준으로 사용되고 있다. 데크 바닥판 구조물의 올바른 사용성 평가를 위해서는 정확한 진동해석과 응답평가가 수반되어야 한다. 본 논문에서는 데크 바닥판 구조물의 직교이방성을 고려한 여러 가지 모형화 방법을 적용하여 진동해석을 수행하였으며 모형화 방법에 따른 진동응답을 비교 분석하였다. 본 논문에서 제시한 데크 골 방향 강성에 대한 등가두께 모형화방법은 간단한 방법으로 데크 바닥판 구조물의 직교이방성을 간단한 방법으로 고려할 수 있으며, 정확한 진동응답을 얻을 수 있으므로 실무에서 실용적으로 활용할 수 있다.

핵심용어 : 데크 바닥판, 바닥판 진동, 사용성, 직교이방성

Abstract

As long-span and light-weight deck floor slab are flexible and have low inherent damping, the significant floor vibration could be induced by residents' activities. These floor vibrations affect to safety and serviceability of building structures. So, the vibration criteria are applied to the quality assessment of building structure. Therefore, the accurate vibration analysis should be performed for the correct assessment of deck floor slab. In this paper, practical analysis method with considering orthotropic rigidity of deck floor is proposed for the accurate vibration analysis of deck floor slabs with form deck plates.

keywords : deck floor, floor vibration, serviceability, orthotropic rigidity

1. 서 론

최근 환경에 대한 문제가 사회적 이슈로 많이 부각되면서 건축물에서 발생하는 소음이나 진동을 건축물의 품질 평가에 중요한 기준으로 인식하게 되었으며 진동에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.¹⁾ 그리고 건축물의 다용도화로 인하여 유연성 있는 공간의 필요성이 증가하면서 장경간 또는 경량 슬래브로 바닥판 구조물을 설계/시공하는 사례가 많아지고 있다. 이러한 바닥판 구조물의 시공에 있어서 건설 노무비의 상승에 따른 경제적 부담감을 줄이고 공기를 단축할 목적으로 데크 플레이트의 사용이 보편화되는 추세에 있다. 데크 플레이트는 용도에 따라서 크게 거푸집 데크 플레이트

와 합성 데크 플레이트로 구분할 수 있다. 데크 플레이트의 용도는 첫째, 시공 중에 작업대로 사용되어 자재나 장비를 적재하거나 부재를 제작하는 공간으로 활용된다. 둘째, 콘크리트가 경화하기 전 상태에서 바닥판 구조물을 형성하는 거푸집 역할을 하게 된다. 그리고 콘크리트와 합성된 데크 플레이트는 합성슬래브의 정모멘트에 대한 저항능력을 증가시키는 보강재(Reinforcement)로 사용된다.

장경간화되고 경량화된 바닥판 구조물은 구조 부재가 유연하기 때문에 거주자의 보행과 같은 움직임에 의해서도 진동이 크게 발생할 수 있으며, 이러한 진동은 건축물의 안전성뿐만 아니라 사용성에도 많은 영향을 끼치게 된다. 건축물이 준공된 후에 바닥판 구조물의 진동을 해결하기에

† 책임저자, 정회원 · 서일대학 건축과 전임강사
전화: 02-490-7582 ; Fax: 02-490-7242
E-mail: beat67@seoil.ac.kr

• 이 논문에 대한 토론을 2005년 6월 30일까지 본 학회에 보내주시면 2005년 9월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

는 기술적으로나 경제적으로 곤란한 경우가 많으므로 설계 단계에서 충분히 검토할 필요가 있다.^{2),3)}

데크 바닥판 구조물의 진동해석에 있어서, 실무에서는 데크 바닥판 구조물을 평균 두께로 간단하게 모형화하여 진동해석을 수행하나, 이러한 모형화 방법으로는 데크 바닥판 구조물의 일방향성 거동을 제대로 표현하지 못하므로 모형화 방법이 적절하지 않다고 할 수 있다. 그리고 일부 엔지니어는 판 요소에 데크 플레이트의 골 방향으로 보 요소를 강체로 연결하는 방법으로 데크 바닥판 구조물의 직교이방성을 고려하여 진동해석을 수행하나 모형화 방법이 번거로우며 해석모형의 절점 수가 많아지게 된다. 따라서 본 논문에서는 간단한 방법으로 데크 바닥판 구조물의 강성에 대한 직교이방성을 고려할 수 있으며, 데크 바닥판 구조물의 정확한 진동응답을 얻을 수 있는 실용적인 모형화 방법을 제안하고자 한다.

2. 데크 바닥판 구조물의 강성 평가

데크 플레이트의 종류는 여러 가지가 있으나 그림 1과 같은 단면 형상이 일반적이며 토핑 콘크리트와의 합성 여부에 따라서 거푸집 데크 플레이트와 합성 데크 플레이트로 구분할 수 있다.²⁾ 본 논문에서는 거푸집용 데크 바닥판 구조물에 국한하여 연구를 수행하였으므로 데크 바닥판 구조물에서 콘크리트만을 구조적 요소로 고려하였다.

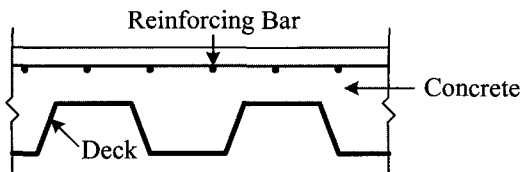
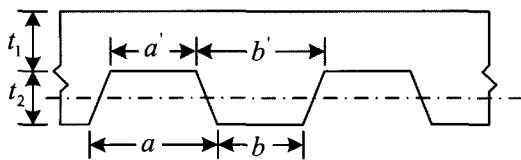


그림 1 데크 바닥판 구조물

2.1 데크 바닥판 구조물의 등방성 모형화

일반적으로 실무에서는 그림 2(a)와 같은 데크 바닥판의 콘크리트 단면을 그림 2(b)와 같이 데크의 골 방향과



(a) 데크 바닥판의 콘크리트 단면



(b) 등방성 등가두께의 콘크리트 단면

그림 2 데크 바닥판의 등방성 등가두께 단면

골 직각방향에 대하여 같은 두께(t)를 갖는 등방성 바닥판으로 모형화하여 진동해석을 수행한다. 데크 바닥판을 간단하게 모형화할 수 있는 이 방법은 실무에서 널리 사용되고 있으나 데크 바닥판의 구조적 특성을 정확하게 표현하지 못한다.

데크 바닥판의 등방성 등가두께는 데크 플레이트 골 너비와 골 깊이에 따라서 다음 식 (1)과 같이 환산하여 적용한다.

$$t = t_1 + \frac{b + \frac{(b' - b)}{2}}{a + b} t_2 \quad (1)$$

데크 바닥판을 등방성 등가두께의 콘크리트 단면으로 환산하여 진동해석을 수행할 경우에 바닥판 구조물의 질량을 비교적 정확하게 고려할 수 있다. 그러나 데크 플레이트의 골 방향과 골 직각 방향에 따라서 다른 강성을 제대로 고려할 수가 없으므로 데크 바닥판 구조물의 직교이방성 거동을 바르게 나타낼 수 없다. 따라서 데크 바닥판 구조물의 직교이방성 거동을 정확하게 표현할 수 있는 모형화 방법이 필요하다.

2.2 데크 바닥판 구조물의 직교이방성 모형화

골이 있는 데크 바닥판은 골 방향과 골 직각 방향의 콘크리트 두께가 다르므로 골 방향과 골 직각 방향의 바닥판 강성이 다르다. 따라서 데크 바닥판 구조물은 직교이방성 바닥판 구조물과 유사한 거동을 하게 된다. 본 논문에서는 다음과 같은 세 가지 방법으로 데크 바닥판 구조물의 강성에 대한 직교이방성을 고려하였다.

2.2.1 판요소와 보요소의 강체연결

데크 바닥판 구조물의 직교이방성을 고려하는 방법 중에서 실무에서 많이 사용하는 방법은 그림 3과 같이 토핑 콘크리트(A)는 판 요소로 데크 골(B)은 보 요소로 모형화하

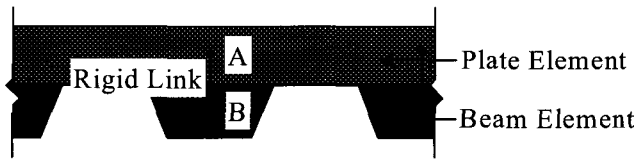


그림 3 판요소와 보요소의 강제연결

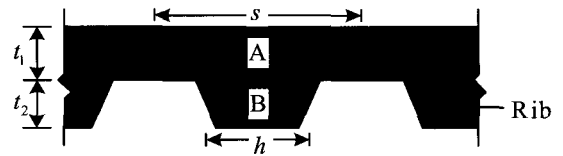


그림 4 리브로 보강된 바닥판

는 것이다. 이 모형화 방법은 판요소와 보요소의 절점을 주 절점과 종속 절점으로 구분해야 하고, 판요소의 두께의 절반과 보요소 두께의 절반에 해당하는 거리만큼 보요소를 이격시켜서 강제연결을 시켜야 하므로 모형화 과정이 번거로우며 절점 수가 많아지게 된다.

2.2.2 등가 직교이방성 플레이트의 강성계산식 적용

그림 4는 등가 직교이방성 플레이트의 강성계산식을 적용하여 데크 바닥판 구조물을 모형화한 방법으로 데크 골(B) 부분을 보강 리브(Rib)로 가정하여 바닥판 강성을 계산하는 것이다. 이 방법은 실험에서 얻은 바닥판의 강성을 이상화시킨 것으로 다음 식 (2)와 식 (3)을 이용하여 골 직각 방향에 대한 강성(D_x)과 골 방향에 대한 강성(D_y)을 구한다.⁴⁾

여기서 t_1 과 t_2 는 토핑 콘크리트의 두께와 데크 골 깊이를 나타낸 것이며, s 와 h 는 데크 골의 간격과 데크 골의 너비를 의미한다. 그리고 I_T 는 너비 s 를 갖는 T형 단면의 단면2차모멘트를 의미한다.

$$D_x = \frac{E s t_1^3}{12[(s-h) + h(t_1/(t_1+t_2))^3]} \quad (2)$$

$$D_y = \frac{E I_T}{s} \quad (3)$$

2.2.3 골 방향 강성에 대한 등가 바닥판 두께 적용

골 방향 강성에 대하여 등가의 바닥판 두께를 적용한 방법은 x 방향과 y 방향의 바닥판 두께를 다르게 고려하는 방법이다. 골 직각 방향에 대한 강성(D_x)은 토핑 콘크리트 두께(t_1)를 적용하여 계산하며, 골 방향에 대한 강성(D_y)은 식 (4)과 같이 등가의 바닥판 두께(t_{eq})를 적용하여 계산한다. 바닥판 구조물의 모형화에서 x 방향과 y 방향의 두께를 다르게 하여 모형화하는 것은 불가능하므로 식 (5) 그리고 식 (6)과 같이 E_x 와 E_y 을 수정하여 바닥판 구조물의 직교이방성을 고려한다.

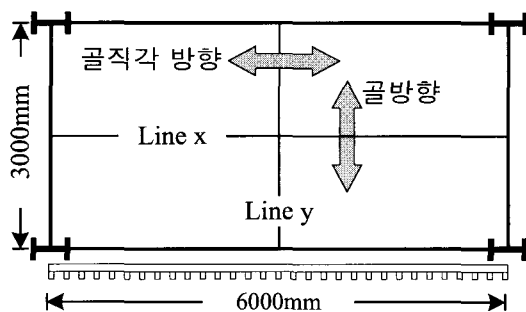
$$t_{eq}^3 = \frac{12 I_T}{s} \quad (4)$$

$$E_x = E \left(\frac{t_1}{t}\right)^3 \quad (5)$$

$$E_y = \frac{1}{t^3} \times \frac{12 E I_T}{s} \quad (6)$$

2.3 데크 바닥판 구조물의 정적해석

데크 바닥판 구조물의 모형화에 따른 강성을 비교 평가를 위하여 바닥판 구조물의 정적해석을 수행하였다. 예제 바닥판 구조물은 그림 5와 같이 3.0M×6.0M의 모듈이 반



(a) 예제 바닥판 구조물



(b) 바닥판 단면

그림 5 정형 예제 바닥판 구조물

복적으로 되어있는 사무실 용도의 바닥판 구조물이다. 부재의 단면과 재질은 표 1과 같으며, 예제 바닥판 구조물의 중앙에 10tonf의 하중을 가하였다. 예제 바닥판 구조물의 모형화 방법에 따라서 다르게 나타나는 골 방향(Line y) 과 골 직각 방향(Line x)의 변위를 비교 분석하였다.

표 1 구조부재의 단면 크기 및 재질 (정형 바닥판)

구조부재	단면 크기(mm)	재질
기둥	440×300×11/18	강재
Girder & Beam	390×300×10/16	강재
Topping Concrete	90	콘크리트

Model-A는 입체요소를 사용한 예제 구조물이며, Model-B는 데크 바닥판의 두께가 일정한 등방성 예제 구조물이다. Model-C는 판요소에 보요소를 강체로 연결한 바닥판 구조물로 데크 바닥판 구조물의 직교이방성을 고려하는 방법 중에서 실무에서 널리 사용하는 방법이다. Model-D는 등가 직교이방성 플레이트의 강성계산식을 사용한 예제 구조물이다.⁴⁾ Model-E는 본 논문에서 제시한 데크 바닥판 구조물의 모형화 방법으로 골 방향 강성에 대하여 등가두께를 적용한 것이다.

그림 6과 같이 정적해석에 의한 변위를 살펴보면, 데크 바닥판을 일정 두께로 모형화한 Model-B의 변위가 가장 큰 것을 볼 수 있다. Model-B는 데크 바닥판 강성이 작게 고려되고 있으므로 처짐 제한과 같은 사용성 평가에서 보수적인 설계를 초래할 수 있다. 그리고 Model-C는 데크 바닥판의 직교이방성을 고려한 모형화 방법으로 실무에서 엔지니어가 많이 사용하고 있으나, 모형화 과정에서는 바닥판과 보를 이격시켜 강체로 연결해야하는 번거로움이 있다. 또한 바닥판의 강성이 작게 고려되어 정적해석에 의한 변위가 Model-A의 변위보다 크게 나타나는 것을 볼

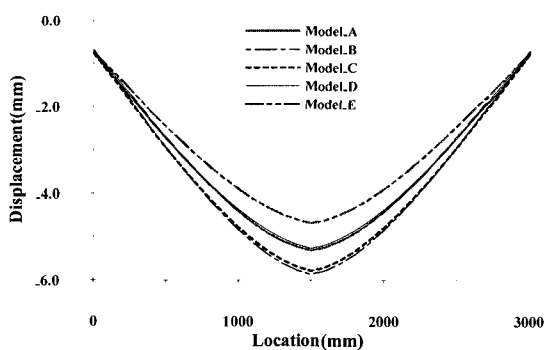
수 있다. 등가 직교이방성 플레이트의 강성계산식을 사용한 Model-D의 변위가 가장 작게 나타나고 있다. 이는 데크 바닥판의 강성이 다른 Model들의 강성보다 크게 고려되는 것으로 판단 할 수 있다. 참고문헌 1에서 제시한 등가 직교이방성 플레이트의 강성계산식은 등방성 바닥판에 단면이 큰 리브(Rib)를 보강한 바닥판 실험체의 실험식으로 데크 바닥판 구조물에 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 데크 바닥판의 실용적인 모형화인 Model-E의 변위는 입체요소를 사용한 Model-A의 변위에 가장 근접하게 나타나고 있다. 따라서 이 모형화방법은 데크 바닥판 구조물의 강성을 비교적 정확하게 고려하는 것으로 판단할 수 있다.

직교이방성 특성을 갖고 있는 데크 바닥판 구조물의 강성을 정확하게 고려하기 위해서는 데크 바닥판 구조물을 입체요소로 모형화하여야 한다. 그러나 입체요소를 사용하여 모형화할 경우에는 해석모형의 절점 수가 많아져 실용적이지 못하며 모형화가 번거롭다. 따라서 Model-E와 같은 방법을 활용하면, 데크 바닥판 구조물의 모형화가 간단하며 절점 수를 현저하게 줄일 수 있으므로 실용적인 진동해석이 가능하다.

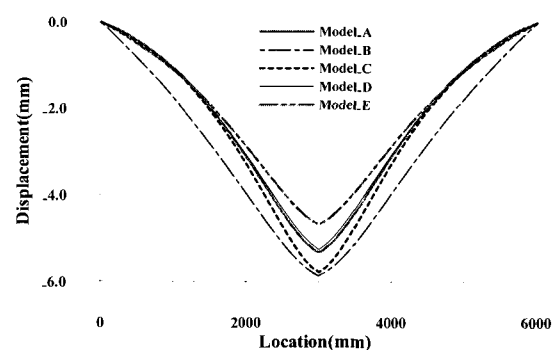
3. 데크 바닥판 구조물의 진동해석

3.1 정형 데크 바닥판 구조물의 진동모드 및 진동수

그림 5와 같은 정형 예제 바닥판 구조물의 모형화 방법에 따른 진동모드와 진동수를 비교 분석하였다. 입체요소를 사용한 Model-A의 진동모드는 그림 7과 같으며, 모형화 방법에 따른 정형 예제 바닥판 구조물의 진동모드 순서와 고유진동수를 표 2에 나타내었다. 정형 예제 바닥판 구조물의 진동모드와 진동수에 영향을 미치는 질량과 강성이 데크 바닥판의 모형화 방법에 따라서 다르게 고려되는 것



(a) 골 방향(Line y)의 변위



(b) 골 직각 방향(Line x)의 변위

그림 6 정적해석에 의한 예제 바닥판 구조물의 변위

을 표 2에서 알 수 있다. 정형 예제 바닥판 구조물의 진동 모드는 장변 방향의 강성이 단변 방향의 강성보다 작기 때문에 장변 방향으로 굴곡이 먼저 나타나는 전형적인 바닥판 구조물의 진동모드 형상을 보여주고 있다.

표 2 정형 예제 바닥판 구조물의 모드 진동수 (단위: Hz)

Mode	Model-A	Model-B	Model-C	Model-D	Model-E
1	21.82	19.83	21.05	22.48	21.68
2	33.42	34.37	30.96	36.29	33.75
3	47.98	46.30	45.07	47.89	47.46
4	49.84	55.47	47.00	54.41	49.32
5	66.66	63.57	65.15	67.17	66.50
6	72.16	80.30 (7)	65.44	79.68	70.79
7	86.65	85.26 (6)	84.46	90.65	87.72
8	99.53	98.15 (11)	91.38	110.28	97.09

바닥판의 직교이방성을 고려한 Model-A, Model-C, Model-D, Model-E는 진동모드의 순서가 같게 나타나고 있으나 등방성을 가지고 있는 Model-B는 진동모드의 순서가 다른 모델과 다르게 나타나고 있다. Model-B의 6차 모드는 Model-A의 7차 모드의 형상으로 그리고 Model-B의 7차 모드는 Model-A의 6차 모드의 형상으로 모드의 순서가 뒤바뀌어 나타난다. Model-B의 11차 모드는 Model-A의 8차 모드의 형상을 보여주고 있었다.

데크 바닥판 구조물의 직교이방성 고려 방법에 따른 모델들의 진동수는 정적해석 결과에서 볼 수 있듯이 Model-B, Model-C, Model-E의 강성이 입체요소를 사용한 Model-A와 비교하여 작게 고려된 것을 알 수 있으며, Model-D의 강성은 Model-A의 강성보다 크게 고려된 것을 알 수 있다. 데크 바닥판의 직교이방성의 고려 방법 중

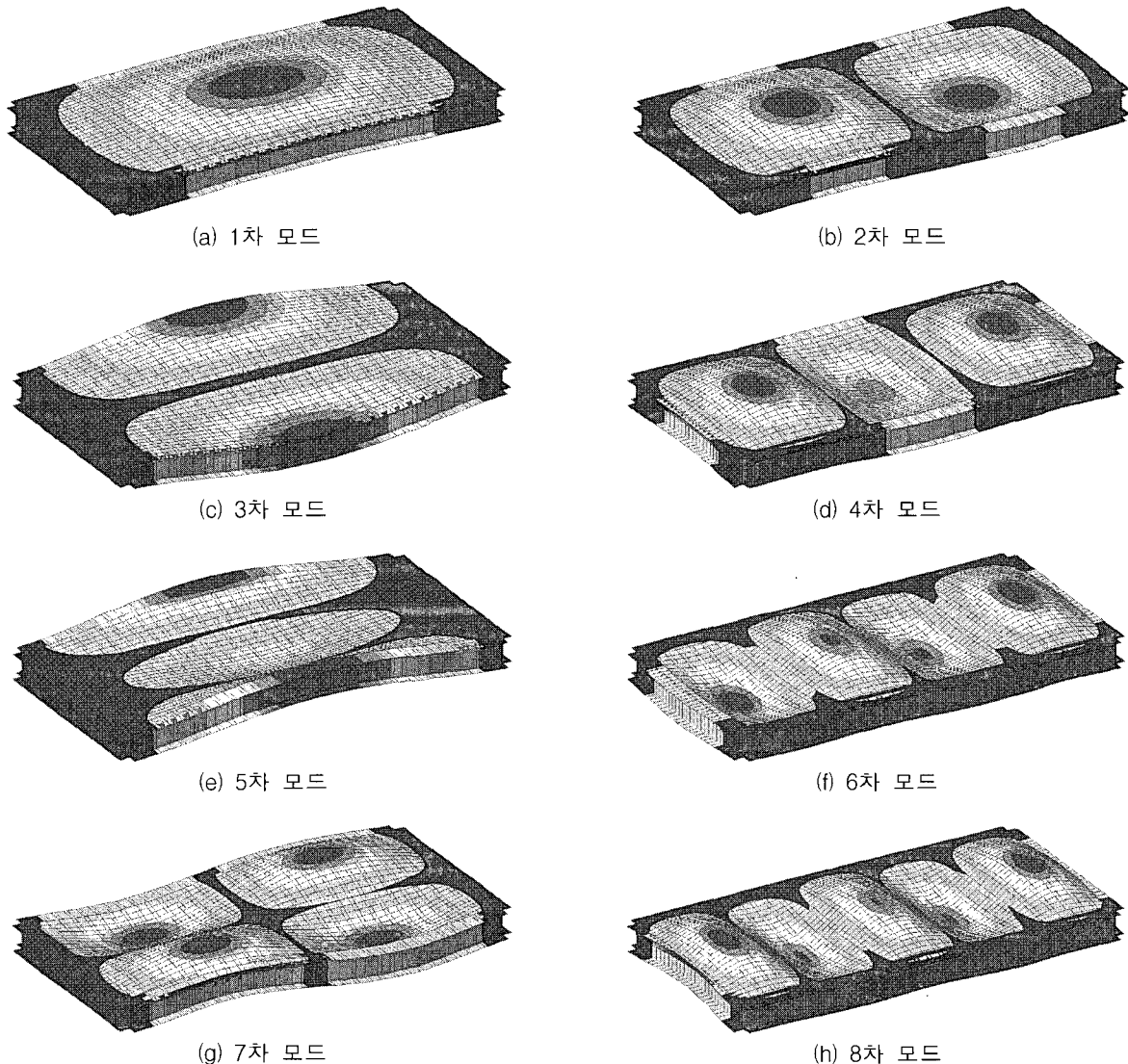


그림 7 정형 예제 바닥판 구조물의 진동모드

에서 본 논문에서 제시한 Model-E의 모드진동수가 Model-A의 모드진동수에 가장 근접한 것을 알 수 있다.

3.2 보행하중 및 뒤꿈치 충격하중에 의한 정형 데크 바닥판 구조물의 진동응답

정형 데크 바닥판 구조물의 직교이방성 고려 방법에 따른 진동응답을 비교 분석하기 위하여 그림 5와 같은 사무실용 바닥판 건축물에 보행하중과 뒤꿈치 충격하중을 가하여 진동해석을 수행하였다.

그림 8(a)는 보행경로(Walking Path)와 충격하중의 가진위치(점 A)를 나타낸 것이다. 그림 8(b)는 70kgf의 보행자가 2.0Hz로 보행할 때 야기되는 보행하중이며 그림 8(c)는 뒤꿈치 충격하중으로 로드셀을 이용하여 계측한 것이다.⁵⁾ 데크 바닥판 구조물의 강성에 대한 직교이방성 고려한 Model-A, Model-C, Model-E의 보행하중에 의한 변위응답을 그림 9에 나타내었으며 뒤꿈치 충격하중에 의한 가속도응답을 그림 10에 나타내었다.

그림 9(a)는 보행하중에 의한 점 B의 시간영역 변위응답으로 응답의 피크가 다섯 번 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 보행자가 예제 바닥판 구조물의 단변방향을 다섯 걸

음으로 가로질러 보행하였기 때문이다. 그림 9(b)는 진동수영역에서의 변위응답으로 보행진동수인 2.0Hz의 정수배에서 응답이 크게 나타나고 있으며, 예제 바닥판 구조물의 1차 모드 진동수에 근접한 20.0Hz와 22.0Hz에서 응답이 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 입체요소를 사용한 Model-A의 변위응답과 Model-C, Model-E의 변위응답이 유사한 것을 볼 수 있으나 바닥판의 강성이 작게 고려된 Model-C의 변위응답이 Model-A, Model-E의 변위응답보다 약간 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

그림 10(a)는 뒤꿈치 충격하중에 의한 점 A에서의 가속도응답으로 충격하중에 의한 전형적인 진동응답을 보여주고 있다. 그림 10(b)는 진동수영역에서의 진동응답으로 예제 바닥판 구조물의 1차, 4차 그리고 5차 모드의 진동수 영역 부근에서 응답이 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 점 A가 1차, 4차 그리고 5차 모드 형상의 정점이기 때문이다. 데크 바닥판 구조물의 직교이방성 고려 방법에 따른 예제 바닥판 구조물의 가속도응답을 비교 분석 결과, Model-A, Model-C 그리고 Model-E의 최대 가속도응답이 유사한 것을 볼 수 있으나 진동수영역에서는 Model-C의 진동응답이 Model-A와 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다.

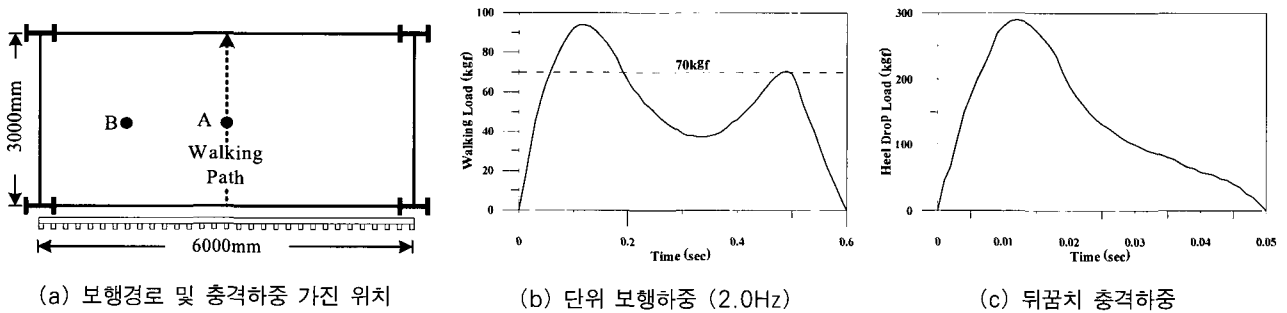


그림 8 진동해석을 위한 보행하중 및 뒤꿈치 충격하중

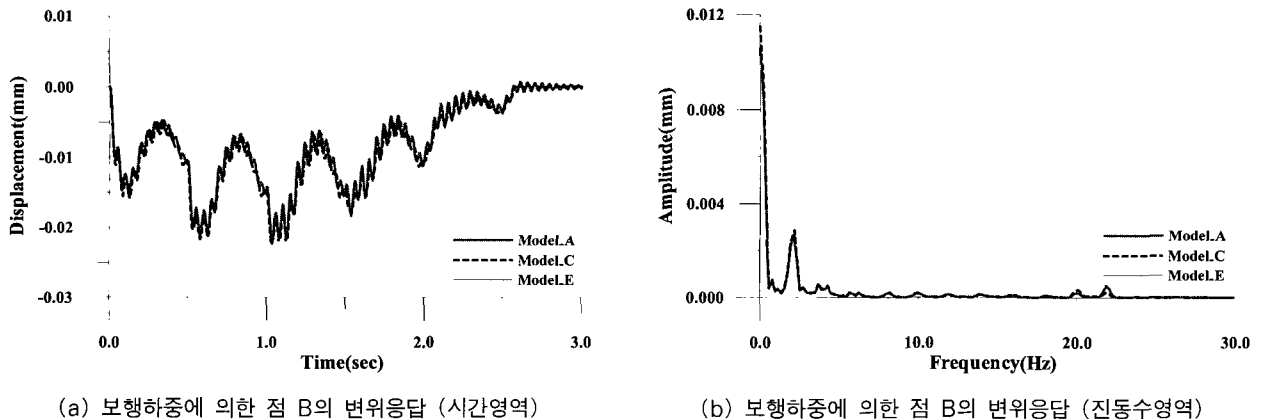
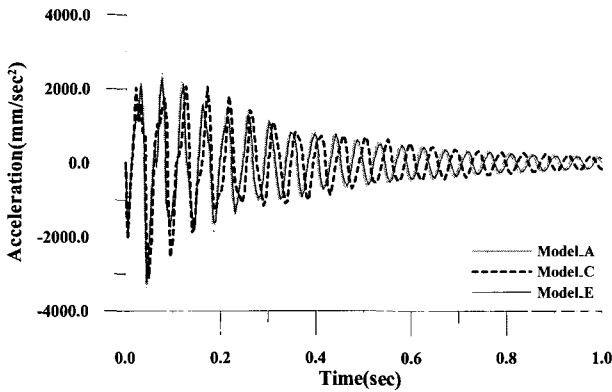
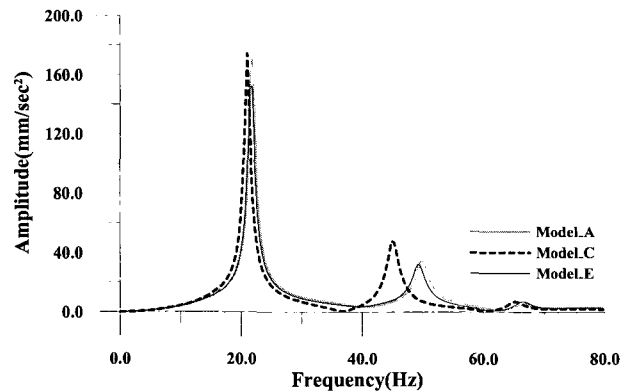


그림 9 보행하중에 의한 예제 바닥판 구조물의 진동응답



(a) 뒤꿈치 충격하중에 의한 점 A의 가속도응답 (시간영역)



(b) 뒤꿈치 충격하중에 의한 점 A의 가속도응답 (진동수영역)

그림 10 뒤꿈치 충격하중에 의한 예제 바닥판 구조물의 진동응답

3.3 보행하중에 의한 비정형 테크 바닥판 구조물의 진동응답

본 논문에서 제안한 모형화 방법의 정확성을 검증하기 위하여 보행하중에 의한 비정형 테크 바닥판 구조물의 진동응답을 비교 분석하였다. 비정형 예제 바닥판 구조물은 그림 11과 같으며, 구조부재의 단면과 재질은 표 3과 같으며 테크 바닥판의 단면은 그림 5(b)와 같다. 여러 보행자에 의한 보행하중은 한 사람에게 의한 보행하중보다 바닥판에 가해지는 동적하중이 크므로 과도한 진동을 유발시킬 가능성이 한층 더 높다. 따라서 본 절에서는 보행속도가 서로 다른 두 보행자가 비정형 예제 바닥판 구조물을 보행할 때 야기되는 진동응답을 비교 분석하였다.

표 3 부재 단면 크기 및 재질 (정형 바닥판)

구조부재	단면 크기(mm)	재질
기둥	440×300×11/18	강재
Girder (G1)	390×300×10/16	강재
Beam (B1)	340×300×10/16	강재
Topping Conc.	90	콘크리트

표 4 비정형 예제 바닥판 구조물의 모드 진동수 (단위:Hz)

Mode	Model-A	Model-C	Model-E
1	26.36	24.90	25.90
2	32.57	30.88	32.29
3	37.59	34.64	36.93
4	50.39	45.31	49.69
5	54.39	50.47	53.66
6	58.05	56.13	57.90
7	73.76	67.52	72.59
8	75.49	73.70	75.30

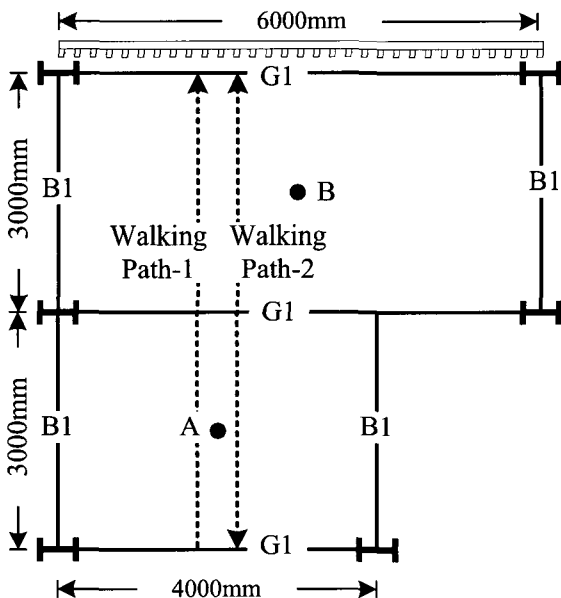
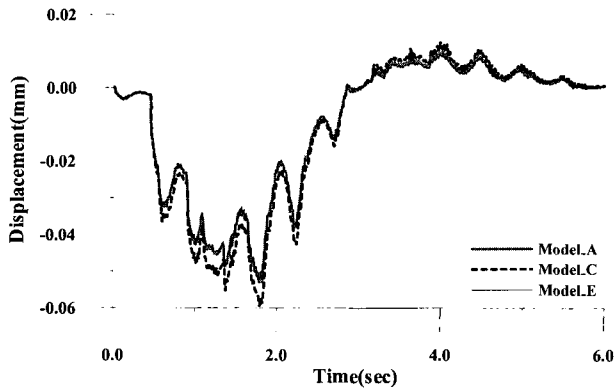
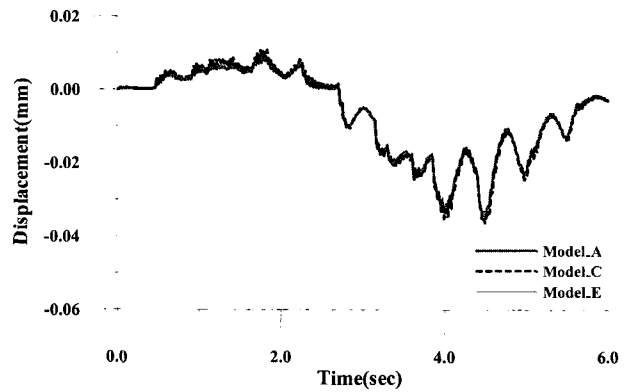


그림 11 비정형 예제 바닥판 구조물

테크 바닥판의 직교이방성을 고려한 Model-A, Model-C, Model-E의 진동모드 순서와 양상은 같게 나타나고 있으나 모형화 방법에 따른 모드진동수는 표 4와 같이 약간의 차이를 보이고 있다. 정형 예제 바닥판 구조물의 모드진동수와 마찬가지로 본 논문에서 제안한 Model-E의 모드진동수가 보요소에 판요소를 강재로 연결한 Model-C의 모드진동수보다는 입체요소로 모형화한 Model-A의 모드진동수에 근접한 것을 볼 수 있다. Model-C는 바닥판의 강성이 작게 고려되기 때문에 Model-C의 모드진동수가 Model-A와 Model-E의 모드진동수보다 전체적으로 작게 나타나고 있다.

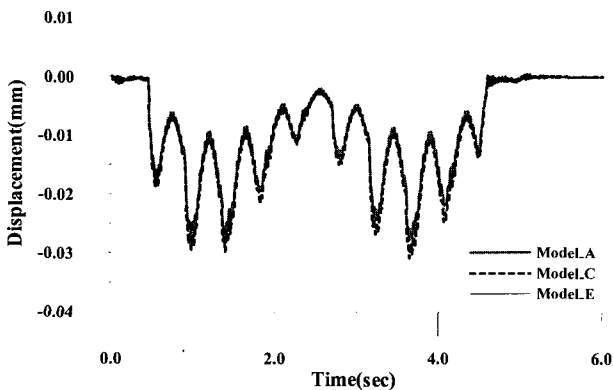


(a) 점 A의 변위응답-같은 방향으로 보행

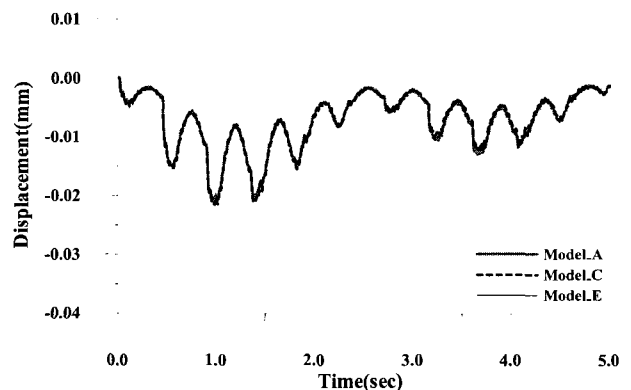


(b) 점 B의 변위응답-같은 방향으로 보행

그림 12 두 보행자가 같은 방향으로 보행할 때의 변위응답



(a) 점 A의 변위응답-반대 방향으로 보행



(b) 점 B의 변위응답-반대 방향으로 보행

그림 13 두 보행자가 반대 방향으로 보행할 때의 변위응답

70kgf의 보행자가 2.2Hz와 1.8Hz로 보행할 때 야기되는 보행하중을 비정형 예제 바닥판 구조물에 적용하였으며 보행하중의 양상은 그림 8(b)과 유사하다.

두 보행자가 보행경로-1(Walking Path-1)과 보행경로-2(Walking Path-2)를 따라서 같은 방향으로 보행할 때와 서로 마주보며 반대방향으로 보행할 때의 진동응답을 비교 분석하였다.

그림 12는 두 보행자가 같은 방향으로 보행할 때의 변위응답으로 한 보행자가 보행경로-1(Walking Path-1)을 따라서 2.2Hz로 보행하며, 다른 한 보행자는 보행경로-2(Walking Path-2)를 따라서 1.8Hz로 보행할 때 야기되는 비정형 예제 바닥판 구조물의 변위응답이다. 그림 12(a)를 살펴보면, 보행자-1(2.2Hz)과 보행자-2(1.8Hz)가 점 A를 통과하는 시간대역인 1.1초와 1.4초 부근에서 응답이 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그리고 3.0초 이후부터 점 A의 변위응답이 양의 값으로 나타나는 것은 두 보행자가 점 B가 위치해 있는 다른 경간으로 이동하였기 때문에 나타나는 것이다. 점 B의 변위응답인 그림 12(b)

는 그림 12(a)와 비교하여 진폭이 작게 나타나고 있다. 이는 점 B가 보행경로에서 약간 떨어져 있기 때문이며 두 보행자가 0.7초의 차이를 두고 점 B를 통과하기 때문이다. 점 B의 전체적인 변위응답의 양상은 점 A의 변위응답 양상과 대칭인 것을 보여주고 있다.

그림 13은 두 보행자가 각각 보행경로-1과 보행경로-2를 따라서 2.2Hz로 마주보며 반대 방향으로 보행할 때 야기되는 비정형 예제 바닥판 구조물의 변위응답이다. 그림 13(a)를 살펴보면, 두 보행자가 마주 보며 같은 보행속도로 보행하기 때문에 보행자-1이 점 A를 통과하는 시간대역인 1.1초 부근과 보행자-2가 점 A를 통과하는 시간대역인 3.4초 부근에서 응답이 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 점 B의 변위응답인 그림 13(b)는 보행자-2가 점 B를 지나가는 시간대역인 1.1초 부근의 변위응답보다 보행자-1이 점 B를 통과하는 시간대역인 3.4초 부근의 변위응답이 작은 것을 볼 수 있다. 이는 보행자-1이 점 B에서 조금 더 떨어진 보행경로-1로 보행하기 때문이다.

데크 바닥판 구조물의 직교이방성 고려 방법에 따른 비

정형 예제 바닥판 구조물의 변위응답을 비교 분석한 결과, 본 논문에서 제안한 Model-E의 변위응답과 입체요소를 사용한 Model-A의 변위응답 그리고 바닥판에 보를 강체로 연결한 Model-C의 변위응답이 전체적으로 유사한 양상을 보여주고 있다. 그러나 Model-E의 변위응답이 Model-C의 변위응답보다 Model-A의 변위응답에 더 근접한 값을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 데크 바닥판 구조물의 강성에 대한 여러 가지 모형화방법을 소개하였으며, 모형화방법에 따른 예제 구조물의 진동해석을 통하여 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

데크 바닥판 구조물의 정확한 진동해석을 위하여 데크 바닥판 구조물의 골 방향과 골 직각 방향에 대하여 강성이 다르게 고려되는 직교이방성 바닥판으로 모형화하여 진동해석을 수행하여야 한다. 그리고 데크 바닥판 구조물의 직교이방성을 고려한 모형화방법 중에서 골 방향과 골 직각 방향의 바닥판 두께를 다르게 하는 모형화방법의 진동응답은 다른 모형화방법의 진동응답과 비교하여 보다 정확한 진동응답을 얻을 수 있다. 또한 이 방법은 데크 바닥판 구조물의 모형화 과정에 있어서도 간단하게 직교이방성을 고

려할 수 있으므로 실무에서 매우 실용적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 거푸집용 데크 바닥판 구조물에 대하여 연구를 수행하였으나 데크 플레이트와 콘크리트가 일체화되어 거동하는 합성데크 바닥판 구조물의 시공사례가 많으므로 합성데크 바닥판 구조물의 정확한 진동해석을 위해서는 이에 대한 연구가 필요하리라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 홍갑표, 이성수, "건물의 바닥진동에 대한 설계기준의 고찰," 한국전산구조공학회지 제16권 제2호, 2003, pp.40~48
2. 대한건축학회, 합성데크 바닥구조설계기준 및 해설, 대한건축학회, 1998
3. 최동섭, 우운택, 정광량, 김상대, "합성 데크 플레이트 슬래브의 수직 진동에 대한 사용성 평가," 대한건축학회 학술발표회논문집, 제17권 제2호, 1997, pp.995~1000
4. Timoshenko, S., Woinowsky-Krieger, S., *Theory of Plates and Shells*, McGraw-Hill, 1959
5. 김기철, 최균효, 이동근, "바닥판 진동해석을 위한 보행하중의 모형화," 한국전산구조공학회 논문집, 제15권 제1호, 2002, pp.173~187