

# 교량 상부구조물의 모델링 방법에 따른 교각 고유진동수 변화분석

## Analysis of Natural Frequency Change of Pier According to Bridge Superstructure Modeling Methods

박 병 철\* · 장 성 희\*\* · 김 영 훈\*\*\*

Park, Byung-Cheol · Chang, Sung-hee · Kim, Young-Hoon

### 요 약

기초세굴에 따른 교각에서의 1차 모드 고유진동수 변화를 이용하여 교량 세굴 건전성을 정량적으로 평가하기 위하여 공용중인 광탄1교의 T형 교각 1기에 대하여 충격진동실험을 수행하였으며, 교축직각방향의 1차 모드 고유진동수를 수치해석결과와 비교하였다. 교량 상부구조물의 모델링 방법에 따라 상부구조물을 전체 모델링한 방법과 교각만을 모델링하고 상부구조물의 영향범위를 가정하여 교량받침 위치에 질점질량으로 변환하여 적용한 방법으로 구분하여 수치해석을 수행하였다.

상부구조물을 전체 모델링한 경우와 집중하중 형태로 상부구조물을 모델링한 경우 모두 고유진동수는 충격진동실험결과와 큰 차이를 보였다. 충격진동실험을 통해 얻은 고유진동수는 교각의 국부적인 진동수로 사료되는 반면, 수치해석을 통해 구한 결과는 교량 상부와 하부의 Coupling 효과가 반영된 시스템 전체의 고유진동수이기 때문에 결과의 큰 편차가 생기는 것으로 판단된다. 따라서 충격진동실험에서 구한 고유치 양상을 올바르게 구현하기 위한 모델링을 찾기 위해서는 새로운 접근 방법이 필요할 것으로 사료된다.

**keywords** : 홍수, 세굴, 고유진동수, 건전성, 충격진동실험, 상부구조물, 교각

### 1. 서 론

일반적으로 기초세굴로 인한 교량피해는 홍수시의 짧은 기간 동안에 갑자기 발생하며, 세굴이 진행되는 동안에는 거친 물살로 인해 직접적인 육안조사가 불가능하다. 따라서 홍수시의 기초세굴에 따른 교량의 건전성을 안전하고 신속·정확하게 점검할 수 있는 방법이 필요하다.

세굴정도에 따른 교각의 진동특성을 파악한다면 기초세굴에 대한 교량의 건전성을 정량적으로 판정할 수 있을 것으로 보이며 이를 위하여 올바른 수치해석모형의 정립이 요구된다.

본 연구에서는 공용중인 광탄1교의 직접확대기초형식의 T형 교각 1기를 대상으로 교량 상부구조물 모델링 방법에 따른 고유진동수를 해석하고 그 결과를 교각 진동실험을 통해 얻은 결과와 비교·분석하여 수치해석모형의 타당성여부와 개선점에 대하여 논의하고자 한다.

\* 정회원 · 국립방재연구소 시설연구관, 공학박사 bcpark@korea.kr

\*\* 정회원 · 국립방재연구소 시설연구사, 토목구조기술사 hymn2joy@korea.kr

\*\*\* 국립방재연구소 연구원, 공학석사 likeone79@korea.kr

## 2. 충격진동실험

### 2.1. 실험개요

광탄1교는 강원도 정선군 군도4호선의 동남천에 설치된 교량으로 2003년 태풍 매미로 유실되어 재가설된 교량이다. 이 교량은 3경간 PSC 빔 형식의 상부구조로 이루어져 있으며, 하부구조는 확대기초 형식의 T형 교각 2기로 구성되어 있다. 이 중 1기 교각에 대하여 교축직각방향으로 충격진동실험을 실시하였다. 가속도 센서는 교각의 기둥 상단으로부터 270cm, 410cm, 490cm, 558cm 떨어진 위치에 부착하여 최소 4지점 이상의 지점에서 진동응답을 측정하였다. 임팩트 해머를 이용한 충격가진은 1번 가속도 센서의 후방에서 실시하였다.



그림 1 광탄1교 전경



그림 2 광탄1교 교각 전경

### 2.2. 실험결과

충격진동실험결과는 측정위치에서 측정한 주파수 전달함수를 이용하여 모드해석 프로그램에서 고유진동수 및 모드형상을 분석하였고 그 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1 광탄1교 교각 충격진동실험 결과

구분 대상	교축직각방향 1차 모드 고유진동수(Hz)	모드형상
교각 (‘08.4.18)	15.69	# 4.15.69 Hz, Undeformed 

## 3. 수치 해석

### 3.1. 모델링 개요

#### 3.1.1 상부구조물 전체 모델링

일반적인 고유진동수해석의 타당성을 검토하기 위해 광탄1교 교각을 상용 구조해석 프로그램(Midas Gen

ver. 741)을 이용하여 그림 3과 같이 교량 전체를 모델링하였다. 교량 모델링은 일반적인 고유치 해석과 마찬가지로, 바닥판의 강성과 PSC 거더를 합성하여 프레임 모델로 구성하였으며 상부 고정하중으로 바닥판 콘크리트, 아스팔트 포장 및 방호벽을 고려하였다.

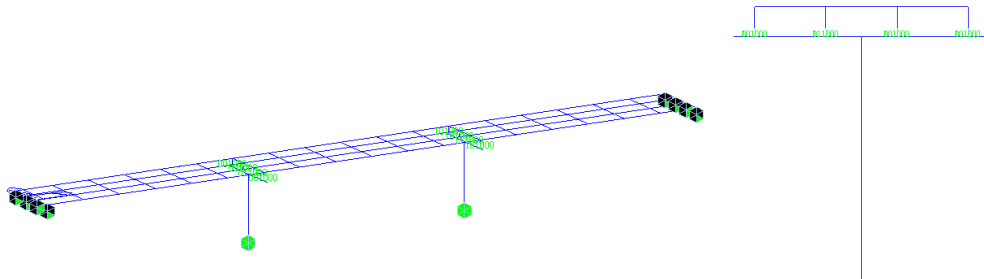


그림 3 광탄1교 교량 전체 모델링

### 3.1.2 집중하중 형태로 상부구조물을 모델링한 경우

교각의 정확한 고유치 해석을 위하여 그림 4와 같이 교각만을 모델링하였고, 교각에 재하되는 하중은 교량 경간 절반에 해당하는 고정하중을 절점하중으로 재하하였다. 재하하중은 프로그램의 Load to Mass 옵션을 이용하여 질량으로 변환하였다.

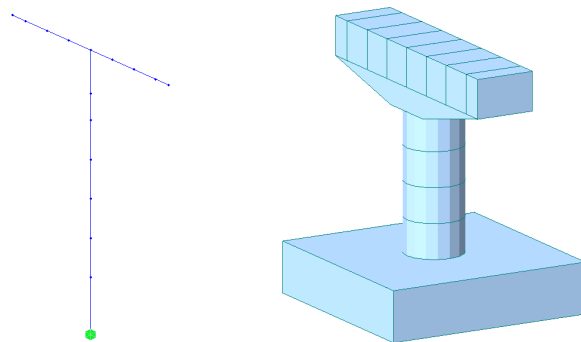


그림 4 광탄1교 교각 부분 모델링 형상

## 3.2. 해석결과

### 3.2.1 상부구조물 전체 모델링에 대한 고유진동수 해석결과

광탄1교에 대한 교축직각방향의 주요 진동모드 형상은 그림 5와 같으며 진동수는 1.173Hz이다. 교량 전체에 관한 자유진동해석에 의한 고유치해석은 상부구조에 의한 모드가 지배적임을 알 수 있다. 따라서 교각의 동적특성을 파악하기 위하여 교각의 부분 모델링에 의한 고유치 해석을 수행하였다.

### 3.2.2 집중하중 형태로 상부구조물을 모델링한 경우의 고유진동수 해석결과

모델링을 교각만으로 한정하여 단순화한 경우 각 축에 대한 뚜렷한 모드형상이 나타난다. 그리고 고유치 해석결과 교축직각방향에 대해서는 그림 5과 같이 Mode 1이 지배적이고 진동수는 2.579Hz임을 알 수 있다.

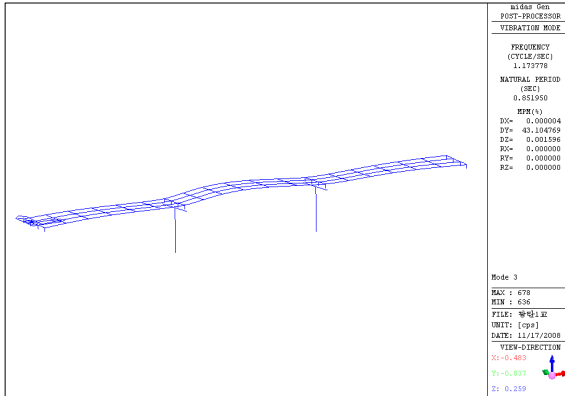


그림 5 상부구조물 전체 모델링시  
교축직각방향 진동모드 형상

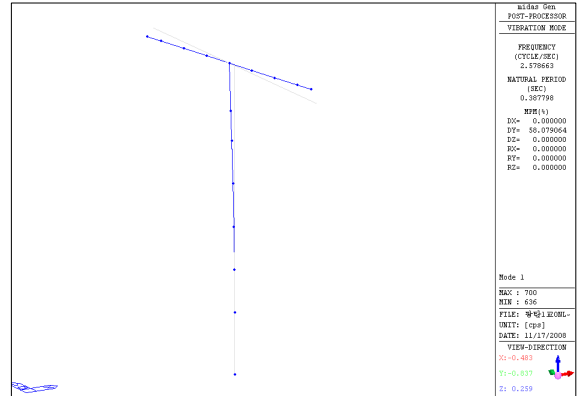


그림 6 집중하중 형태로 상부구조를 모델링한 경우  
교축직각방향 진동모드 형상

표 2 교량전체 모델링 Mode별 자유진동 특성

Mode	Period (sec)	Frequency (Hz)	Participating Mass Ratios(질량누가)					
			X-Axis		Y-Axis		Z-Axis	
			Mass(%)	Sum(%)	Mass(%)	Sum(%)	Mass(%)	Sum(%)
1	0.9612	1.0403	0.0000	0.0000	15.8603	15.8603	0.0001	0.0001
2	0.9419	1.0617	0.0000	0.0000	0.0007	15.8610	0.0000	0.0001
3	0.8519	1.1738	0.0000	0.0000	43.1048	58.9658	0.0016	0.0017
4	0.6689	1.4950	44.6158	44.6158	0.0000	58.9658	2.1802	2.1819

표 3 교각 부분 모델링 Mode별 자유진동 특성

Mode	Period (sec)	Frequency (Hz)	Participating Mass Ratios(질량누가)					
			X-Axis		Y-Axis		Z-Axis	
			Mass(%)	Sum(%)	Mass(%)	Sum(%)	Mass(%)	Sum(%)
1	0.3878	2.5787	0.0000	0.0000	58.0791	58.0791	0.0000	0.0000
2	0.3398	2.9430	79.8971	79.8971	0.0000	58.0791	0.0000	0.0000
3	0.2250	4.4448	0.0000	79.8971	0.0000	58.0791	0.0000	0.0000

#### 4. 결론

상부구조물을 전체 모델링한 경우와 집중하중 형태로 상부구조물을 모델링한 경우 모두 고유진동수 수치 해석결과는 충격진동실험결과보다 작은 것으로 나타났다. 충격진동실험을 통해 얻은 결과는 교각의 국부적인 진동수로 사료되는 반면, 수치해석을 통해 구한 결과는 교량의 상부와 하부의 Coupling 효과가 반영된 시스템 전체의 고유진동수이기 때문에 결과의 큰 편차가 생기는 것으로 판단된다. 따라서 실험에서 구한 고유치 양상을 올바르게 구현하기 위한 모델링을 찾기 위해서는 새로운 접근 방법이 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

국립방재연구소 (2008), 홍수시 교량 건전성 평가를 위한 동적특성 및 모니터링 활용방안 연구.