

# 근입깊이에 따른 콘크리트 교각의 동특성 변화에 관한 실험적 연구

## An Experimental Analysis on the Pier Dynamic Property Change with Penetration Depths

박 병 철\*      박 승 범\*\*  
Park, Byung Cheol      Park, Seung Bum

---

### ABSTRACT

This study was performed to verify the possibility of the integrity estimation of the bridge substructure focusing on the dynamic property change of concrete pier with penetration depths using experimental modal analysis.

As a result of the impact vibration test, it is found that scour reduces the stiffness of the foundation, and measurement the accelerance residue and natural frequency can be used for the estimation of the integrity index.

---

### 1. 서론

현재 우리나라에서는 수해로 매년 약 100여개소의 교량이 붕괴되고 있으며, 중소규모 교량뿐만 아니라, 철도교와 국도교량 등 장대교량에서도 지속적으로 피해가 발생하고 있다. 수해로 인한 교량의 붕괴는 대부분 기초의 세굴에 기인하고 있으나, 기초가 수중에 위치하고 있어 상태평가 및 유지관리에 많은 어려움이 있다.

본 연구는 실험적 모드해석법을 이용하여 근입깊이에 따른 콘크리트 교각의 동적특성의 변화에 의한 교량 하부구조의 건전성 평가 가능성을 검토하기 위하여 수행되었다.

### 2. 실험체 제작

#### 2.1. 교각모형의 제작 및 제원

교각모형은 실제 교각을 줄여놓은 축소 실험체라고 가정하는 단변 0.4m, 장변 0.6m, 높이 3.5m의 기초폭이 1.4m×1.2m인 중실구형교각이다.

교각모형을 제작하기 위한 콘크리트는 설계기준강도가 21MPa이고, 굵은골재 최대치수가 25mm인 레미콘을 사용하였다. 강도시험용 시료는 KS F 2401(굳지 않은 콘크리트의 시료채취방법)에 따라 교각모형 제작 현장에서 채취하여 KS F 2403(콘크리트 강도시험용 공시체 제작방법)에 따라 현장 조건하에서 양생 후 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의해 공시체에 대한 평균압축강도시험을 실시하여 22MPa의 평균압축강도를 얻었다.

---

\* 정희원, 국립방재연구소 토목연구사  
\*\* 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

## 2.2 기초지반 제원 및 지반상수

기초지반을 5m×5m×1.2m(가로×세로×깊이)로 굴착한 후 교각모형을 설치하였으며, 교각모형이 설치되는 기초 저면의 지반상수를 확인하기 위하여 교각모형이 설치되는 기초 바닥의 중심부에서 KS F 2444(확대기초에서 정적하중에 대한 흙의 지지력 시험 방법)에 제시된 방법에 따라 평판재하시험을 실시하였으며, 그 결과를 표 1에 나타내었다.

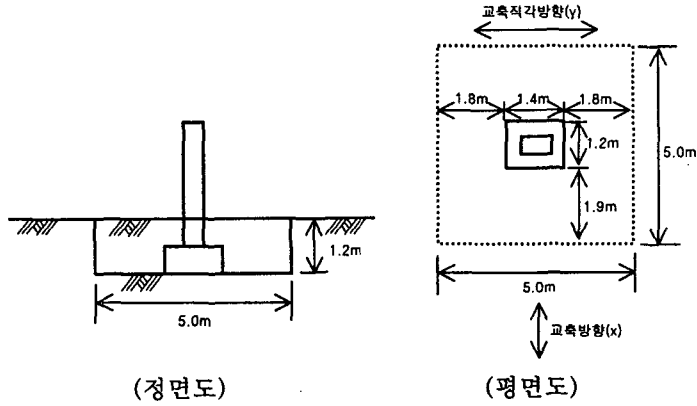


그림 1 기초의 제원

표 1 평판재하시험 결과

하중 (kPa)		침하량 (mm)		표준직경(75cm) 재하판에 대한 지반반력계수 (MPa/m)	지반탄성계수 (MPa)	연직방향 지반반력계수 (MPa/m)
항복하중	허용지지력	항복하중	기초크기 보정			
244.216	122.108	7.17	9.7	14.184	3.687	11.834

## 3. 실험방법

### 3.1 가진 및 계측

가진은 교축방향(x)과 교축직각방향(y)에 대하여 1차 모드가 가장 크게 되는 위치인 교각두부를 임팩트 해머로 각각 타격하고, 이때의 가속도 응답을 계측하였다. 임팩트 해머는 작업성과 교각모형의 가진성 등을 고려하여 교각모형에 충격력 최대값이 5kN 정도 되는 충분한 가진력을 갖는 중량 50N인 원주형 강체로 제작하였으며, 임팩트 해머의 두부에 하중변환센서인 Dytran사의 1061V4 모델을 부착하여 가진시의 하중 입력을 측정하였다. 교각모형의 응답을 측정하기 위하여 Dytran사의 3100B 모델의 가속도센서를 그림 3과 같이 교축방향(x)과 교축직각방향(y)에 각각 구체를 5등분하여 0.58m 위치마다 총 6개를 부착하였다. 입력하중과 응답은 브뤼엘 앤 케아(Brüel & Kjær)사의 3560C 진동분석기를 이용하였으며, 모달해석 프로그램인 SMS사의 STAR-Structure를 이용하여 다중 커브 피팅(polyomial curve fitting)에 의해 모달요소(parameter)를 추정하였다.

실험시의 대기온도는 34~39℃, 교각표면온도는 34~38℃, 상대습도는 57~70%였다.

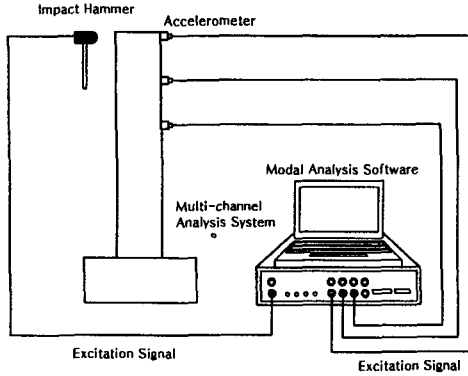


그림 2 진동실험 구성도

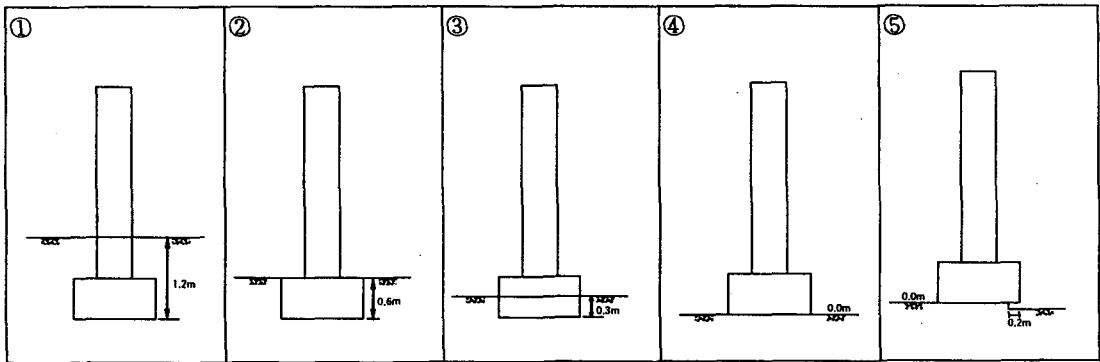
□ Accelerometer

(교축직각방향계측) (교축방향계측)(unit : mm)  
그림 3 가진 및 가속도센서 부착 위치

### 3.2 근입깊이

근입깊이가 1.2m가 되도록 교각모형을 설치한 후, 근입깊이가 0.6m, 0.3m, 0m가 되도록 기초지반을 굴착해 가면서 진동실험을 수행하였으며, 교각 기초부가 완전히 노출된 상태에서 교각기초 밑단을 교축직각방향으로 0.2m 추가 굴착하여 5단계로 진동실험을 수행하였다. 그림 4에 근입깊이 모의 및 진동실험순서를 나타내었다.

그림 4 근입깊이 모의 및 실험순서



## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 액셀러런스

근입깊이의 저하에 따른 기초지반의 강성저하는 1차모드 액셀러런스 레지듀(Accelerance Residue)의 저하로 나타났으며, 액셀러런스 레지듀는 교축직각방향이 교축방향보다 크게 저하되었다. 근입깊이에 따른 교각가진 위치에서의 1차모드 액셀러런스 레지듀의 변화를 그림 5에 나타내었다.

### 4.2 고유진동수

근입깊이의 저하에 따른 기초지반의 강성저하는 고유진동수의 저하로 나타났으며, 교축방향과 교축 직각방향 모두 일정한 비율로 저하되었다. 근입깊이에 따른 고유진동수의 변화를 그림 6에 나타내었다.

### 4.3 감쇠비

근입깊이의 저하에 따른 1차모드 감쇠비는 교축방향과 교축직각방향 모두 기초가 노출되는 단계(근입깊이 : 0.6m)까지는 감소하였으나, 근입깊이가 더욱 저하될 수록 증가하였다. 고차모드에서는 근입깊이의 저하에 따라 감쇠비도 저하되었다. 근입깊이에 따른 교축방향 감쇠비 변화는 그림 7에, 교축직각방향 감쇠비 변화는 그림 8에 나타내었다.

본 연구에서는 교각 기초의 세굴을 모의한 근입깊이에 따른 교각모형 진동실험을 통한 동특성의 변화로부터 지반의 강성저하를 확인할 수 있었으며, 기초의 세굴로 인한 교량 하부구조의 건전성 평가인 자로서 엑셀러런스 레지듀와 고유진동수를 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

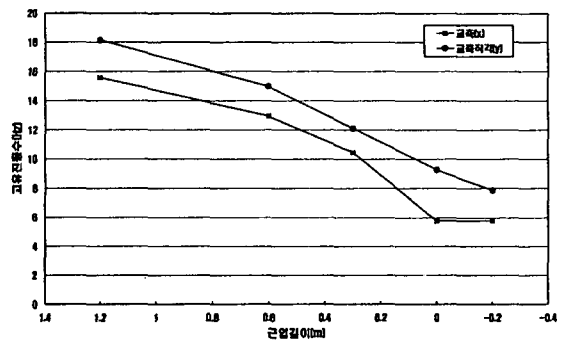
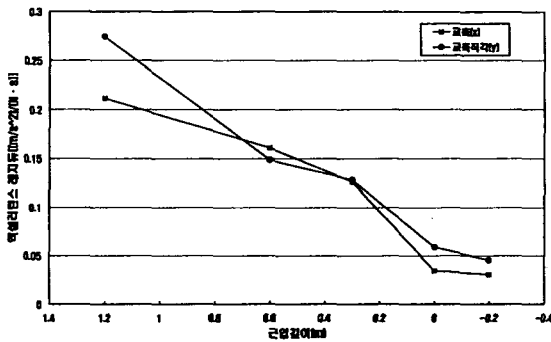


그림 5 근입깊이에 따른 엑셀러런스 레지듀(가진위치, 1차모드)      그림 6 근입깊이에 따른 고유진동수

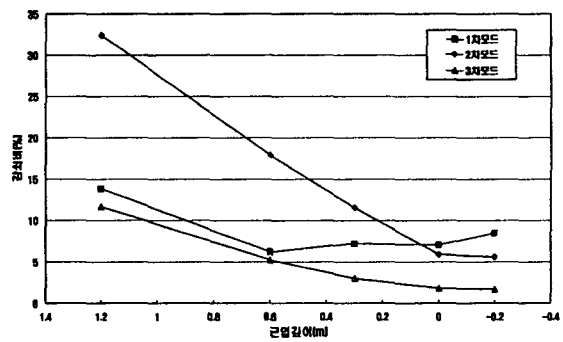
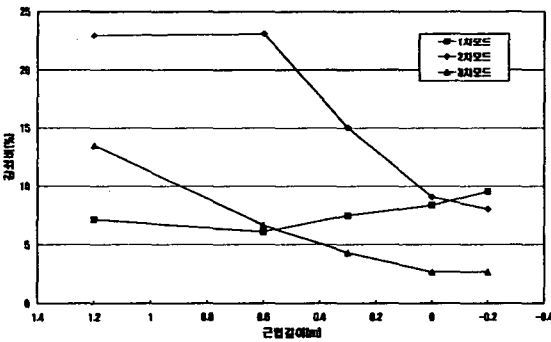


그림 7 근입깊이에 따른 감쇠비(교축방향)

그림 8 근입깊이에 따른 감쇠비(교축직각방향)

### 참 고 문 헌

1. 권형오, 정지만, 이흥기, "교량의 실험적 동특성 해석", 한국소음진동공학회, '92춘계학술대회논문집, 1992, pp. 115~121.
2. 건설교통부, 한국건설기술연구원, 교량정밀 안전진단을 위한 첨단기술의 개발, 2000. 11.
3. Akihiko NISHIMURA, "Examination of Bridge Substructure for Integrity", Japanese Railway Engineering No. 114, 1990. 6. pp. 13~17.
4. H. L. Chen, C. C. Spyrakos, and G. Venkatesh, "Evaluation Structural Deterioration by Dynamic Response", Journal of Structural Engineering, 1995. 8, pp. 1197~1204.