

# 시험체의 긴장력 변화에 따른 선로구조물 동적거동특성 분석

## Analysis of Dynamic Behavior of track & infrastructure for Testbed

### by changing Tension Force

### in Tendon

정민철\*, 김성욱\*, 김기정\*\*, 공정식\*†

M.C. Jeong\*, S.W. Kim\*, K.J. Kim\*\*, H.S. Han\*\*, J.S. Kong\*†

**Abstract** In this paper, Testbed is made for dynamic behavior measurement before urban maglev new guideway- girder in KIMM (the Korea Institute of Machinery) is build. Before measurement, existing theories of dynamic characteristic and experiment is analyzed and is compared with proposed function. And then, electronic-mechanical impedance using impedance analyzer and MFC sensor is measured on testbed by changing tension force in tendon.

**초 록** 본 연구에서는 한국기계연구원 자기부상열차 가이드웨이 거더 시험선로의 직선부 신설 거더 동적거동특성 계측을 위하여 Testbed를 제작하여 긴장력 변화에 따른 동적거동 특성을 분석을 수행하였다. 이를 위해, 진동특성을 규명한 이론 모델들을 분석하였고, 제안된 고유진동수 산출 함수와 기존 실험들의 결과와 비교분석을 실시하였다. 또한, 전기/기계적 임피던스 모니터링을 위해서 임피던스 분석기와 MFC센서를 이용하여 Testbed의 긴장력 변화에 따른 임피던스를 계측을 수행하였다.

**주요어** : 자기부상열차, 가이드웨이거더, 동적거동특성, 임피던스

## 1. 서론

PC구조물의 내하력 평가에 있어서 잔류긴장력을 산출하는 것은 필요한 요소이다. 현재 까지 교량과 같은 PC구조물의 잔류긴장력 산출하기 위해서 솟음량을 통한 방법, 광섬유센서 등의 비파괴적인 방법과 교량과 같은 구조물의 철거시 실제 PS강선을 절단하여 긴장력을 추정하는 파괴적인 방법 등 다양한 방법을 통해 긴장력 추정에 대한 연구를 진행되고 있지만 현장적용에 어려움이 따른다. 또한 파괴적인 방법은 공용중인 구조물에서는 시행이 불가능하며 상시계측 또한 어렵다.

† 교신저자: 고려대학교 건축사회환경공학과 (jskong@korea.ac.kr)

\* 고려대학교 건축사회환경공학과

\*\* 한국기계연구원 자기부상연구팀

본 연구에서는 한국기계연구원에 신설될 자기부상열차 가이드웨이 거더 시험선로의 동적 거동특성 분석을 위하여 진동특성을 규명한 이론 모델을 분석하고, 제안된 고유진동수 산출 함수와 기존 실험들의 결과와 비교분석을 실시하였다. 또한, 긴장력 변화에 따른 전기/기계적 임피던스 모니터링을 위하여 임피던스 분석기와 MFC센서를 이용하여 전기/기계적 임피던스를 계측하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 긴장력 변화에 따른 고유진동수 변화

본 연구에서는 기존에 행해진 실험에 대한 결과와 진동특성을 규명한 이론 모델을 통해 제안된 고유진동수 산출 함수와의 비교분석을 실시하였다.

Table 1. 기존 실험들과 고유진동수 제안시과의 비교

실험	긴장력변화 (KN)	실험에서 나타난 진동수 변화(Hz)	제안함수에 의한 진동수 변화	[제안함수결과/ 실험결과]
Saïdi	132.8	3.66	0.015	0.40
Kim	78.4	0.65	0.002	0.30
Lu, Law	66.7	0.10	0.004	4.00
최상현	176.4	0.82	0.007	0.85
노명현	1056.4	0.06	0.022	36.66

위 Table1을 통해 기존에 진행된 연구의 실험의 분석을 통해 긴장력 변화에 따른 고유진동수 적은 량의 증가를 확인하였다. 하지만 실험 결과들간의 비교에 있어서 일관성 있는 경향성을 보이지 않았으며 이론식에 의해 산출된 고유진동수의 증가 경향도 텐던의 긴장력 변화에 따라 진동수 변화를 감지해낼 수 있을 정도로 시험체의 변형 형상이 크지 않음을 확인하였다.

### 2.2 압전센서를 이용한 긴장력 변화에 따른 임피던스 변화

본 연구에서 긴장력 변화에 따른 전기/기계적 임피던스 측정을 위하여 Testbed를 제작하여 임피던스 분석기와 압전센서를 사용하여 측정하였다. 압전 원리는 표면에 가해진 응력에 비례하여 전하를 유발하며 이 특성은 구조물의 응력 측정에 사용되어진다.

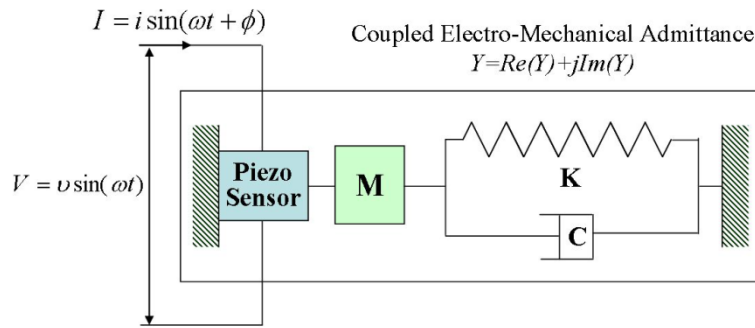


Figure 1. 구조물의 동역학적 관계 및 전기역학적 관계

Figure 1과 같이 압전센서는 가진기로 전압(V)와 전류(I)를 전원으로 하여 표면에 가해진 응력에 비례하여 전하를 유발하여 출력 전압 V를 측정함으로써 구조물의 동역학적 특성이 묻어나게 된다.

Testbed는 균질하고 변동성이 적은 Steel제질을 이용하여 실험을 수행하였으며 압전센서는 MFC(Micro Fiber Composite)로 기존 센서들에 비해 높은 내구성과 효율성을 가지고 있어 사용하였다. 다음 Figure 2는 실험체의 사진이다.



Figure 2. Testbed 강관

위 Testbed를 통하여 긴장력을 0ton에서부터 8ton까지 변화시키며 전기/기계적 임피던스를 측정하였다. 다음 Figure 3은 긴장력을 0ton에서 2ton씩 증가시켜 측정한 임피던스의 응답이다. 측정된 임피던스 응답을 이용하여 계측 주파수 영역에서 긴장력 도입 전후 임피던스 크기를 긴장력 case별로 RMSE(Root Mean Square error)을 통하여 긴장력에 따른 변화를 Figure 4와 같이 비교하였다.

RMSE를 통한 비교 결과 6ton을 제외한 2ton, 4ton, 8ton의 경우 증가되는 양상을 보였으며 긴장력이 증가함에 따라 RMSE값이 증가함을 확인할 수 있었다.

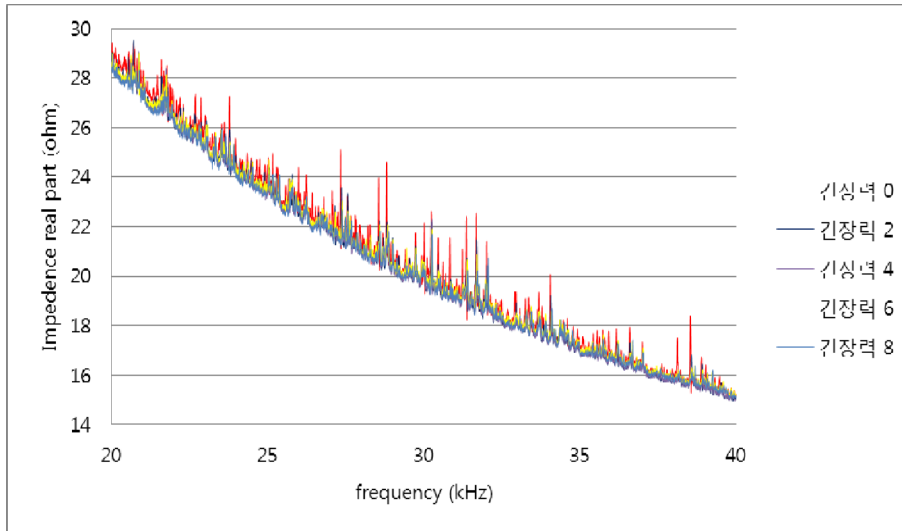


Figure 3. 긴장력 변화에 따른 임피던스 응답

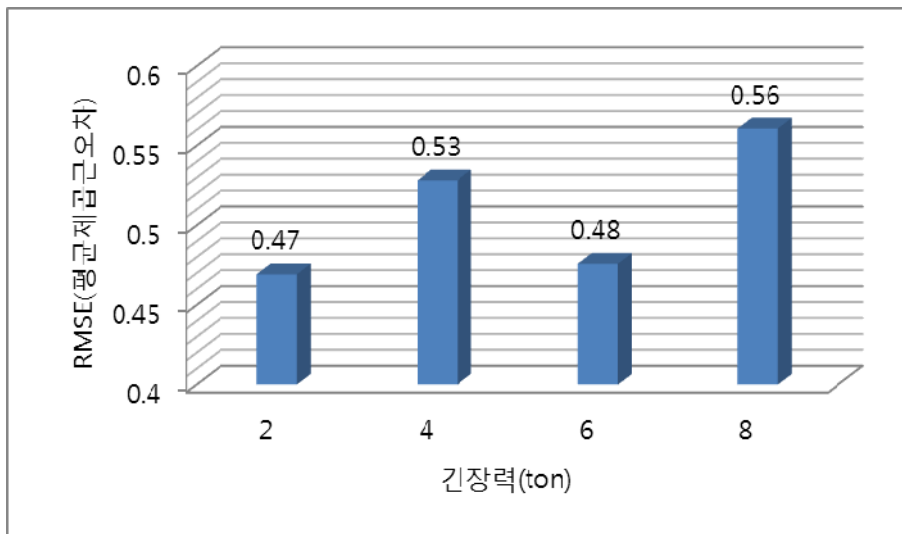


Figure 4. 긴장력 변화에 따른 RMSE

### 3. 결론

본 연구의 목표는 신설될 한국기계연구원의 도시형 자기부상열차 가이드웨이 거더의 동적 거동특성을 파악하기 위한 기초 연구로 수행하였다.

기존 연구 및 실험들의 내용을 조사하고 분석하였고, 그 결과 실험 결과간의 비교에 있어서도 일관성이 나타나지 않았다. 따라서 기존의 진동 특성 이론을 통하여 새로운 고유진동수 산출 함수를 제안하였다.

또한 Testbed를 통한 긴장력 변화에 따른 임피던스 계측을 통하여 구조물의 동적거동 특성을 분석하였고, 이를 통해 긴장력 변화에 따른 구조물 동적특성의 변화 경향성을 확인하였다.

## 감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2013년도 미래도시 철도기술개발사업 (12TURT-A0 64759-07)의 지원과 2013년 한국 연구재단 중견연구자 지원사업(2012R1A2A2A01047178)의 도움으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] S.H.Park, J.H.Yi. (2004) Impedance-based Damage Detection for Civil Infrastructure, *KSCE*, Vol. 8, No. 4 pp. 425~433.
- [2] J.T.Kim, C.B.Yun, (2004) Identification of Prestress-loss in PSC beams using Modal Information, *Structural Engineering and Mechanics*, Vol.17, No. 3-4 pp.467~482