

# Wiedemann 효과를 이용한 텐던의 인장력 측정

강선주<sup>1\*</sup>, 조창빈<sup>2</sup>, 이정우<sup>2</sup>, 손대락<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한남대학교 광·센서공학과 대전광역시 대덕구 한남로 70

<sup>2</sup>한국건설기술연구원 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283

## 1. 서론

교량의 경량화를 위하여 사용되고 있는 텐던(tendon)의 인장력 측정은 교량의 안전점검에서 매우 중요한 부분이다. 따라서 안전 진단을 위해 현재 많은 방법이 사용되고 있다. 그 예로는, 초음파를 이용하는 방법이나 와전류 탐상 방법, 누설 자속 탐지 방법 등 다양한 비파괴 검사(Non-Destructive Testing)가 있다[1,2].

본 연구에서는 교량에 사용되고 있는 텐던이 나선형으로 여러 가닥 꼬여있는(twisted) 구조이고 인장력에 의하여 나선형의 형태가 변화되는 것에서 착안하여 인장력에 따른 wiedemann 효과를 이용하여 측정하였다. 실험은 텐던에 탐지코일을 권선하고 텐던에 인장력을 인가한 상태에서 교류 전류를 직접 텐던에 인가하면 탐지코일에 유도기전력에 발생하게 되고, 이 교류 전압과 텐던의 인장력에 따른 상관관계를 연구하였다. 본 연구에서 사용된 텐던은 직경이 15.5 mm이고 7개의 strand로 구성되어 있다. 인장력에 따른 자기 특성을 측정하기 위해 2 GPa까지 인장력을 인가 할 수 있는 측정 장치와 텐던에 교류 전류를 인가하여 그에 따른 유도 전압을 측정하는 전류 인가장치를 제작하였다.

## 2. 측정 장치의 제작

본 연구에서는 텐던에 인장력을 2 GPa까지 인가하여 그에 따른 텐던의 인장력을 자기적 방법으로 측정하기 위한 측정 장치를 제작하였다. 그림 1은 본 연구에서 제작된 측정 장치의 계략도이다. 텐던에 인장력을 주기 위한 유압 장치는 최대 0.3 MN까지 줄 수 있는 수동 유압 장치를 사용하였고, 힘을 측정하기 위한 load cell은 0.5 MN짜리를 사용하여 제작하였다. 텐던에 인가되는 교류 전류는 전류변압기(CT)를 사용하여 60 Hz의 전류를 300 A<sub>rms</sub>까지 인가할 수 있도록 하였다.

텐던에서 발생하는 자화의 변화를 측정하기 위한 탐지코일(search coil on tendon; SCT)은 직경이 1.0 mm인 에나멜 동선을 190회 권선하여 사용하였다.

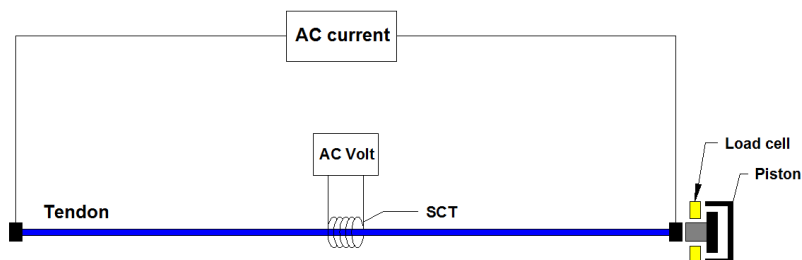


그림 1. 본 연구에서 제작된 측정 장치의 계략도

## 3. 측정

본 연구에서는 두 제조회사에서 제작된 7 strands 텐던을 사용하여 인장력에 따른 텐던의 자화상태 변화를 측정하였다. 그림 2는 앞에서 언급한 wiedemann 효과 실험의 조건으로, 텐던의 인장력에 따른 유도 전압의 변화를 보여준다. A와 B의 텐던은 동일한 조건으로 실험하였으며 텐던에 직접 교류 전류 140 A<sub>rms</sub>를 인가한

후, 인장력을 0 GPa에서 1.5 GPa까지 변화시키면서 SCT에서 유도된 교류 전압을 측정하였다. 그림 2에서 보면 인장력에 따른 유도 전압의 변화가 비교적 선형적인 것을 볼 수 있다. 따라서 텐던에 탐지코일을 부착하여 제작한 텐던을 신설되는 교량에 적용한다면, wiedemann 효과를 이용하여 텐던의 인장력을 자기적 비파괴 측정 방법으로 측정 가능할 것이라고 예측된다.

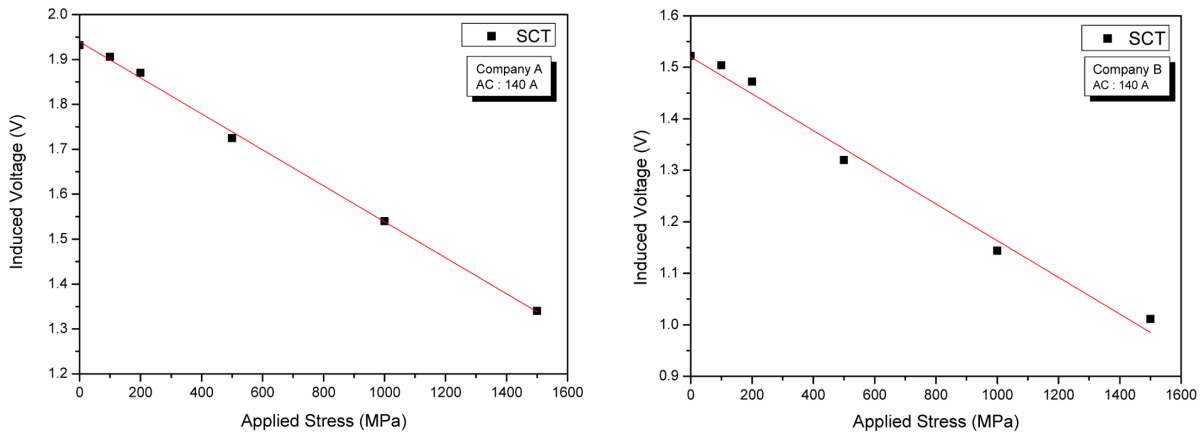


그림 2. 텐던에 교류전류를 140 A<sub>rms</sub> 인가한 후, 인장력을 0 GPa에서 1.5 GPa까지 변화시키면서 SCT에서 유도된 교류전압 측정; (a) company A, (b) company B.

#### 4. 결론

본 연구에서는 텐던에 교류 전류를 인가하고 인장력에 따른 텐던의 자화상태 변화를 측정하기 위한 기초연구로, 두 제조회사의 텐던을 비교하기 위해 텐던의 직경이 15.5 mm이고 7개의 strand로 구성된 텐던을 사용하여 실험하였다. 본 연구에서 제작된 측정 장치는 텐던에 인장력을 2 GPa까지 인가 할 수 있도록 하였고, 텐던에 교류 전류를 인가하기 위하여 전류변압기(CT)를 통해 60 Hz의 전류를 300 A<sub>rms</sub>까지 인가할 수 있도록 하였다. 제작된 측정 장치를 통해 측정된 결과 SCT에서 유도된 교류 전압이 비교적 선형적인 것을 볼 수 있었고, 이를 통해 wiedemann 효과를 이용한 실험 방법이 신설되는 교량에 적용된다면 텐던의 인장력을 측정하기 위한 자기적 비파괴 측정 방법으로 사용 가능하다고 생각된다.

#### 5. 참고문헌

- [1] A. Jarosevic, "Magnetoelastic method of stress measurement in steel." Nato ASI Series 3 High Technology, Vol. 65 pp.107, 1998.
- [2] Fernandes, B., Wade J.D., Nims, D, K, and Devabhaktuni V.K., "A New Magnetic sensor Concept for Nondestructive Evaluation of Deteriorated Prestressing Strand", Research in Nondestructive Evaluation, Vol. 23, No 1, 2012.
- [3] Carl Heck, "Magnetische Werkstoffe and ihre technische Anwendung", p22, Dr. Alfred Huethig Verlag Heidelberg(1975)