

Tendon의 인장응력에 따른 자기이력곡선 특성의 측정

강선주^{1*}, 조창빈², 이정우², 손대락¹

¹한남대학교 광·센서공학과 대전광역시 대덕구 한남로 70

²한국건설기술연구원 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283

1. 서론

본 연구는 교량에 사용되고 있는 tendon의 인장응력을 측정하는 기술로, 교량의 안전을 진단하는 매우 중요한 기술이다. 이를 위하여 tendon내에 광섬유를 넣어 간섭계를 이용하여 측정하는 방법이나 EM(Electro Magnetic) 방법 등이 사용되고 있다.[1,2]

본 연구에서는 현재 EM방법으로 널리 사용되고 있는 투자율 측정방법보다 인장응력에 따른 최대 자속밀도의 변화를 측정하는 방법에 대하여 연구 하였다. 직경이 15.2 mm의 7개의 strand로 구성된 tendon을 2.0 GPa까지 인장 응력을 인가 할 수 있는 자기이력곡선 측정 장치를 제작하고, 교량에 사용되고 있는 tendon에 대하여 인장응력에 따른 자기이력곡선을 측정하고 분석을 하였다.

2. 자기이력곡선 측정 장치의 제작

제작된 자기이력곡선의 측정 장치는 그림 1과 같이 길이가 50 cm인 double yoke를 사용하였고, 1차코일 N_1 은 3561회, 2차코일 N_2 는 906회 권선을 하였다. 시편에 인장응력을 인가하기 위하여 수동 유압장치를 사용하여 30,000 kgf 까지 줄 수 있게 하였고 힘의 측정은 50 ton 짜리 load cell을 사용하였다. 일차 코일을 자화시키기 위한 삼각파형의 합성은 waveform synthesizer를 사용하며 PC에서 LabVIEW로 제작되는 S/W에 의하여 자화주파수와 진폭을 설정하였다. 자화력 H 를 측정하기 위한 1차 코일의 전류는 shunt 저항 R_s 양단에 인가된 전압으로부터 계산을 하며 자속밀도 B 의 측정은 2차 코일에 유도된 기전력을 상호유도기를 거쳐서 공기자속을 보상한 다음 자속계(flux meter)를 사용 적분을 하여 자속을 구한 다음 DAQ를 통하여 데이터를 컴퓨터로 가져와서 단면적과 코일 권선수를 나눈 후 B 를 계산하였다.

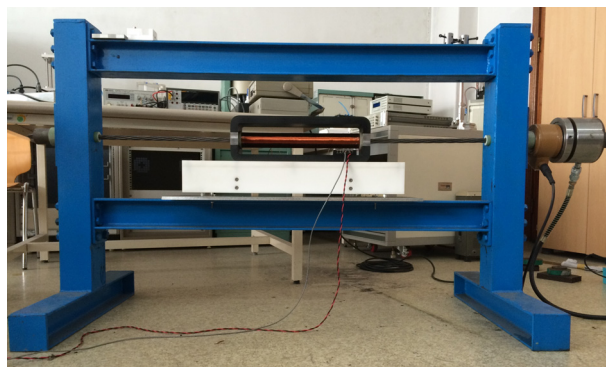


그림 1. 본 연구에서 수행 될 자기이력곡선 측정 장치

3. 인장 변형력에 따른 Tendon의 B-H loop 측정

그림 2는 K회사의 tendon을 인장응력 0 ~ 2 GPa까지 인가하면서 B-H loop를 측정한 결과이다. 그림 2에서 보면 인장응력에 따른 incremental permeability의 변화보다는 differential permeability의 변화가 크고, 특정 자화력 H 에서 자속 밀도의 변화가 큼을 알 수 있다. 자성체가 특정 자화력에서 인장응력에 따른 최대 자속밀도의 변화를

이용하여 인장응력을 측정하는 센서[4]의 원리와 같이 최대 자속밀도를 측정하면 인장력을 측정 할 수 있음을 알 수 있다. 그림 3은 최대 자화력이 2,000 A/m에서 인장력에 따른 자기이력곡선을 측정한 결과이고, 그림 4는 인장력에 따른 최대 자속밀도를 그린 것으로 tendon의 인장력 측정에 활용 될 수 있음을 보여주고 있다.

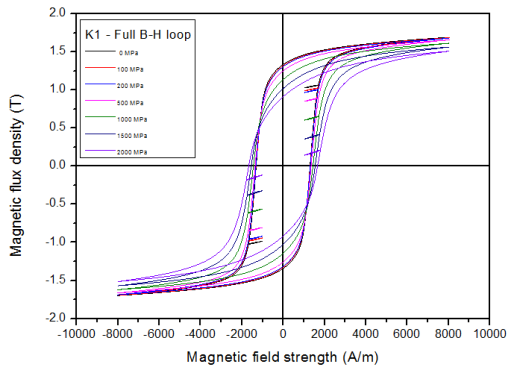


그림 2. 인장응력에 따른 자기이력곡선의 변화

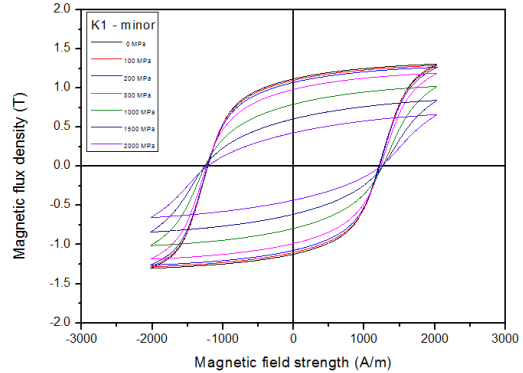


그림 3. 최대 자화력이 2,000 A/m일 때 인장응력에 따른 자기이력곡선의 변화

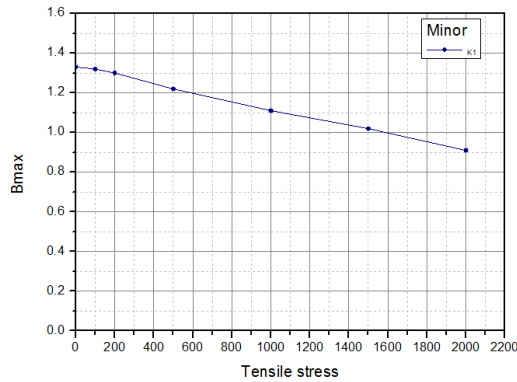


그림 4. 최대 자화력 2,000 A/m에서 인장응력에 따른 최대 자속 밀도의 변화

4. 결론

본 연구에서는 교량에 부착되어 있는 tendon의 장력을 측정하기 위한 기초 연구로, tendon의 장력에 의한 자기이력 특성변화를 관찰하기 위하여 직경 15.2 mm의 7-strand tendon에 대하여 인장력을 0~2 GPa 까지 인가할 수 있는 자기이력곡선 측정 장치를 제작하였다. 제작 된 측정 장치를 이용하여 시판되고 있는 tendon에 대하여 그 특성을 조사하여 본 결과 인장응력에 따른 최대자속밀도의 변화를 측정하면 tendon의 인장력을 측정하는 방법으로 적용 가능성을 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] A.Jarosevic, "Magnetoelastic method of stress measurement in steel."
- [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] "Tendon의 Villari효과 특성 측정에 관한 연구", 한국자기학회지, p.110~111
- [4] D.son and J.Sievert, "Force Sensor Making Use of Changes in the Maximum Induction of an Amorphous Alloy, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 26, No. 5, September 1990