

현수교 PPWS 장력측정용 EM센서의 적용 확장성에 관한 연구

Research on Application Expansion of EM Sensor for measuring Tension Force of PPWS in a Suspension bridge

정 운*· 서주원*· 이성형*

Woon Jeong, Ju-Won Seo, Sung-Hyung Lee

1. 서 론

문헌**을 살펴보면 127강선으로 구성된 현수교 PPWS의 장력평가 실험을 수행하여 EM센서의 적용성을 확인하였다. EM센서의 적용시 피측정체에 장력을 도입하여 사전교정(pre-calibration)작업을 반드시 선행해야하며 이를 기준으로 피측정체에 임의로 도입된 장력에 대한 측정을 수행할 수 있게 된다. EM센서 적용을 위한 사전교정작업은 상당히 번거로우며 비용도 많이 소요되고 단순히 피측정체의 단면적이 변화하는 경우라도 각 단면적에 대한 사전교정작업이 필요하게 된다. 그러므로, 이는 EM센서를 적용하는데 있어 상당한 제한조건으로 작용할 것이다.

이에 본 연구에서는 37강선으로 구성된 현수교 PPWS의 장력 평가실험을 수행하고 기수행된 127강선 현수교 PPWS 장력 평가실험결과와 비교분석을 통해 PPWS 단면적 변화에 대응하는 장력변환식을 도출하였으며 임의로 도입된 장력에 대한 평가를 통해 이의 적용성을 확인하였다.

2. 현수교 PPWS 장력 평가실험

본 절에서는 서로 다른 단면적을 가지는 동일 재질의 피측정체에 대하여 장력 평가를 수행함으로써 상호 상관성을 분석하고 피측정체의 단면적변화에 대응하는 단일 장력변환식을 도출한다. 문헌**에서는 127강선으로 구성된 현수교 PPWS(이하 "127-PPWS")의 장력 평가실험을 수행하였으며 본 연구에서는 37강선으로 구성된 현수교 PPWS(이하 "37-PPWS")에 대하여 동일 실험을 수행한다.

2.1 37-PPWS 실험체

37-PPWS의 제원은 표 1과 같이 127-PPWS와 동일 재질의 강선을 사용하였으며 그림 1과 같이 37강선으로 구성하여 정육각 배치가 되도록 하였다. 37-PPWS의 실제 모습이 그림 2에 나타나 있다.



그림 1. 127과 37-PPWS의 단면비교



그림 2. 37-PPWS 실제모습

표 1. PPWS의 제원

구 성	보증 인장강도	탄성계수	단위길이 당 중량	순길이
Φ5.4mm×37EA	1960 MPa	2.0×10 ⁵ MPa	0.06525 kN/m	5.60m

2.2 실험시스템

장력 평가 실험시스템은 그림 3과 같이 37-PPWS 양단에 정착프레임을 설치하고 장력을 도입하기 위해서 좌측프레임에 50tonf 가력기 2기를 연결하여 설치하였다. 또한, EM센서의 적용 확장에 대한 고려가 가능하도록 문헌**에서 제작하였던 EM센서를 그대로 사용하였으며 EM센서 계측기로부터의 EM센서에 전압 인가값도 동일하게 입력하였다.

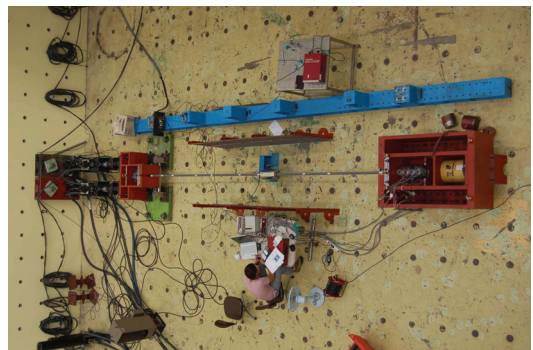


그림 3. 장력 평가 실험시스템 배치 평면도

+ 교신저자 : 현대건설 토목건축연구개발실/초장대교량연구팀, 정희원
E-mail : maskwj@hdec.co.kr
Tel : (031) 280-7211, Fax : (031) 280-7070

* 현대건설 토목건축연구개발실/초장대교량연구팀

** 정 운, 서주원 등(2011) EM센서에 의한 현수교 PPWS 장력 평가. 추계학술발표회 논문집. 한국소음진동공학회, pp.416-417.

2.3 PPWS 장력변환식

(1) 상대자기투자율

EM센서에 의해 발생되는 피측정체의 상대자기투자율(Relative magnetic permeability)은 식 (1)에 의해 산정되며 사전교정작업을 통해 도입장력에 따른 상대자기투자율의 관계를 측정하여 회귀분석을 통해 장력변환식을 도출한다. 그림 5에 37 및 127-PPWS의 도입장력에 따른 상대자기투자율이 도시되어 있으며 이에 대한 회귀분석에 의해 장력변환식이 제시되어 있다. 그림을 살펴보면 37 및 127-PPWS의 장력변환곡선간의 상호연관성을 도출해 내기는 어려워 보인다.

$$\bar{\mu} = \frac{A_{sensor}}{A_{steel}} \left(\frac{V_{out} - V_0}{V_{empty}} \right) \quad (1)$$

여기서, A_{sensor} 는 2차 원통코일의 단면적, A_{steel} 은 피측정체의 단면적, V_{out} 은 장력이 도입된 피측정체의 유도전압값, V_0 는 피측정체의 도입장력이 0일 때 유도전압값, V_{empty} 는 EM센서에 피측정체가 없을 때(EM센서만 있을 때)의 유도전압값이다.

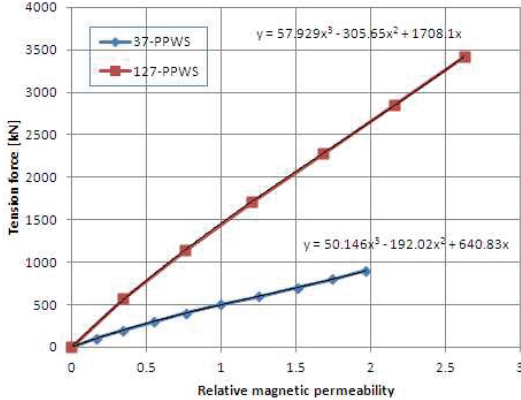


그림 5. 상대자기투자율과 도입장력과의 관계

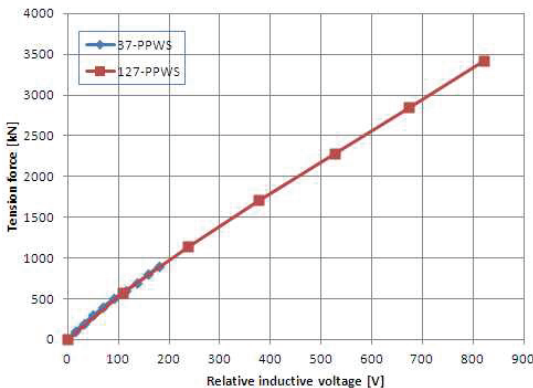


그림 6. 상대유도전압과 도입장력과의 관계

(2) 상대유도전압

그림 6은 37 및 127-PPWS의 도입장력에 따른 상대유도전압(Relative inductive voltage, $V_{out} - V_0$)과의 관계를

도시한 결과 그래프이다. 그림 6을 살펴보면 상호 연관성이 존재함을 알 수 있으며 피측정체가 동일 재질이라면 임의의 단면적에 대한 장력변환식을 도출하여 동일 EM센서를 적용하여 단면적이 상이한 피측정체의 장력을 측정할 수 있음을 알 수 있다.

2.4 장력평가 실험결과

2.3절의 (2)항에서 도출된 단면적 변화대응 장력변환식에 의해 임의로 도입된 장력을 측정하여 평가한 결과가 그림 7에 나타나 있다. 그림을 살펴보면 37-PPWS 장력변환식에 의해 측정된 장력이 최소 도입장력 50kN을 제외하고는 오차가 6% 이내임을 알 수 있다. 따라서, 37-PPWS의 장력변환식을 도출하면 PPWS를 구성하는 강선수에 관계없이 장력을 측정할 수 있을 것으로 판단된다.

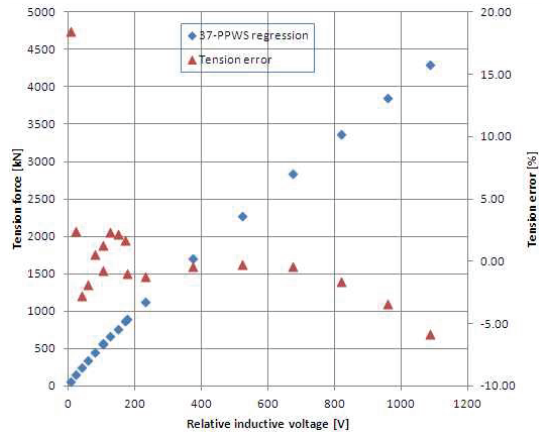


그림 7. 37-PPWS 장력변환식에 의한 장력평가

3. 결 론

본 연구에서는 37-PPWS의 장력변환식을 적용하여 장력 평가실험을 수행하였다. 이로부터 EM센서의 적용시 피측정체가 동일 재질이고 동일 EM센서와 이에 대한 동일 전압 인가값을 사용한다면, 피측정체의 단면적의 크기에 관계없이 장력을 측정할 수 있는 장력변환식이 도출됨을 알 수 있다. 그러므로, 피측정체의 임의의 단면적에 대한 장력변환식만 도출하면 상이한 단면적의 피측정체에 대한 장력을 합리적인 범위에서 측정가능하다고 판단되며 이는 EM센서 적용시 필요한 사전교정작업을 최소화하여 EM센서의 경제성 및 적용성을 극대화할 것이라 생각된다.

후 기

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업 초장대교량사업단의 연구비 지원[과제명: 현수교 케이블 가설장비/공법 및 형상관리(PPWS), 과제번호: 08기술혁신E01]에 의하여 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.