

해상 전력구조물 내구성 실증 시험장 구축 및 운영 Development and Operation of Durability Mock-Up Test Facilities for Offshore Electricity Structures

방기성* 한상목** 송영철*** 권병수****
Pang, Gi-Sung Han, Sang-Mook Song, Young-Chul Byeong-Soo Kwon

ABSTRACT

This paper discusses a strategy and status for development and operation of durability mock-up test facilities for offshore structures. The strategy is exemplified and facilitated using an offshore transmission tower crossing the West sea and the Shihwha lake, which was designed and constructed 345kV T/L lines transmitting power from Yeong-Heung fossil power plant to Seoul metropolitan area.

Various data for corrosion protection, aging, life-prediction of concrete and steel offshore structures can be obtained using the proposed mock-up test facility. Acquired data will be used for further research on durability, life-prediction, and retrofit of structures. It is important to maintain the safety of 345 kV Yeong-Heung transmission line crossing the Shihwha lake because the offshore structure is one of the critical electric facilities transmitting large power to the metropolitan area. Operation of the offshore transmission tower mock-up is expected to make a significant contribution to stable power supply.

1. 서론

전력생산을 위한 원자력 및 화력발전소와 발전소에서 생산된 전력을 소비지까지 운송하기 위한 전력계통설비는 해안가에 위치하는 경우가 많고 이러한 경우 구조물의 내구성은 해양환경의 직접적인 영향을 받게 된다. 영흥화력 발전소로부터 대용량의 전력을 수도권 및 경기 서남부 일원에 공급하기 위해 설계 시공된 345kV 영흥송전 선로는 대부분 바다와 시화호를 횡단하고 있어 해양환경에 직접적인 영향을 받게되는 대표적인 전력 시설물이다.

345kV 영흥 송전선로 철탑기초는 Jacket 또는 강관-콘크리트매트 연결 기초로 설계 시공된 국내 최초의 해상 철탑기초로서, 염해, 중성화, 바람, 파랑 등의 해양환경으로부터 콘크리트 및 강재구조물의 안전성 확보가 중요하다. 그러나 넓은 해상공간에 분포되어 설치된 해상철탑을 설계수명기간동안 유지 관리 점검 및 진단시 구조물의 건전 상태를 일일이 확인하기는 어려운 실정이다.

따라서 345 kV 영흥 송전선로가 위치한 환경과 동일한 해양환경에서 강재 및 콘크리트구조물의 열화 정도, 도장재의 건전성, 강관파일 부식 방식시스템의 성능 등을 평가하고 그 결과에 따라 실구조물에서의 대책을 수립하기 위한 해상 전력구조물의 내구성 실증시험장 설치가 요구되었다. 본 연구는 시화호내에 설치된 해상 전력구조물 내구성 실증시험장 설비 구축 현황과 향후 실증 설비의 운영을 통해 확보된 데이터 활용 방안에 관한 내용이다.

* 정희원, 한국전력공사 전력연구원 건전성평가그룹 선임연구원

** 정희원, 한국전력공사 전력연구원 건전성평가그룹 선임연구원, 공학박사

*** 정희원, 한국전력공사 전력연구원 건전성평가그룹장, 공학박사

**** 정희원, 한국전력공사 전력계통건설처 해외사업부 과장

2. 실증시험설비

2.1 개요

해상 전력구조물 내구성 실증시험 설비는 다양한 전력설비 가운데 영흥화력 발전소로부터 수도권까지 전력을 수송하기 위해 설계 시공된 345kV 송전선로를 대상으로 바다를 건너는 해월구간과 시화호를 횡단하는 시화호 구간의 특수 해상철탑을 모델로 구축하였다. 내구성 실증 시험장은 6개의 강관파일(609.6φ×16t)과 콘크리트 매트(11200×7160×1500mm)를 연결한 구조로 설치되었으며 콘크리트와 강재의 실증시험 목적에 따라 표 1.과 같이 각종 시편을 실구조물과 동일한 환경에 제작 설치하였다.

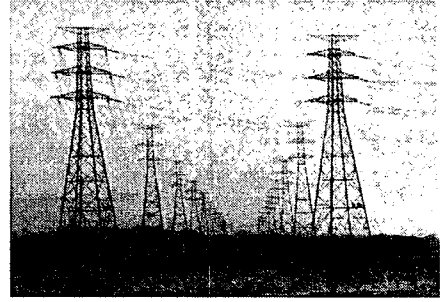


그림 1. 345kV 영흥 송전선로

표 1. 시편현황

2.2 설치목적

실제 345kV 송전선로가 위치한 환경과 동일한 해양환경에서 강재 및 콘크리트구조물의 열화 정도, 도장재의 건전성, 강재 부식을 억제하기 위한 부식방식시스템의 성능 등을 평가하고 그 결과에 따라 실구조물에서의 대책과 수명을 예측하고 설계 수명 이후 수명 연장시 내구성 실증시험장 운영을 통해 확보된 데이터를 기본자료로 활용하기 위함이다.

시편종류	수량	목적	비고	
콘크리트	φ100×200mm	60	압축강도	
	75×75×400mm	45	동결융해	
	200×200×300mm	25	- 비파괴(부식전위, 자연전위, 콘크리트 전기저항성, 초음파속도, 길이변화율) - 파괴시험(중성화깊이, 철근부식률, 염분함유량)	
	염화물측정기	2	염분 침투깊이/ 침투량 측정	
	부식속도측정기	6	부식속도측정	
강재	강관파일	6	피복방식종류별 성능 평가	
	희생양극	4	양극소모량, 방식 효율 및 잔류수명	
	강재도장시편	66	철탑, Jacket, Deck 도장열화평가	
	한쪽결이형시편	64	수위별 부식중량 및 부식속도	전기방식/무방식, Bare/도장
	양쪽결이형시편	44	수위별 자연전위 및 부식속도	
	환봉	44	수위, 수질 및 토양에 의한 부식상태	
	아연전극	2	해수 및 해토 부식전위	
	부식중량감소시편	5	부식에 의한 중량 감소량 측정	
합계	373			

2.3 국내외현황

영흥 T/L 송전선로처럼 해상구간을 횡단하도록 특수하게 설계 시공된 해상철탑 사례는 국내 최초로서 설계 수명동안 정량적으로 내구성과 안전성을 평가할 수 있는 실규모의 실증 시험 시설은 국내에서 찾아보기 힘들다. 일본의 경우 항만(港灣), 공항(空港) 및 해안(海岸) 기술을 조사하고 연구 개발하는 해양항만공학연구소(PARI)에서 해상 구조물과 관련된 각종 구조물에 대한 다양한 실증 실험을 통해 내구성을 평가하고 수명을 예측한다. 또한 장기폭로(長期暴露) 실증시험장 운영을 통해 각종 강관파일 및 방식 시스템 및 해저질 이동에 따른 기초 부위의 세굴현상을 평가하고 있다.

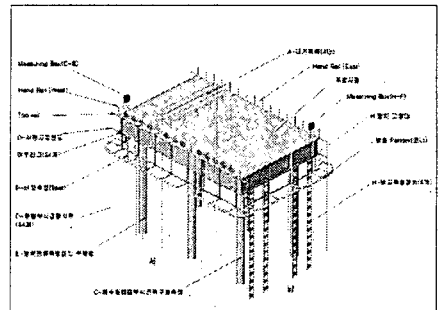


그림 2. 내구성 실증시험장 전경

2.4 실증시험장 환경

해상 전력구조물 실증시험장은 실 구조물과 동일한 환경에서 동일한 재료를 시편으로 제작하여 설

치함이 무엇보다 중요하다. 이는 실구조물에 미치는 영향인자를 가장 유사하게 반영하기 위한 것으로서, 시화호내에 설치된 실증시험 시편은 345kV 영흥 송전 철탑 설계시 반영된 강재 및 콘크리트 구조재와 동일한 재료를 사용하여 제작 설치하였다. 또한 방식 시스템에 미치는 영향인자를 고려하고자 설계에 반영된 방식시스템은 물론 수위별, 환경별, 방식유무 및 도장 유무에 따라 평가할 수 있도록 다양한 시편을 설치하였다. 이는 설계시 포함된 많은 가정사항을 실제 계측하고 분석함으로써 해상 철탑 구조물의 방식 성능이 적절하게 지속되고 있는지를 비교 평가할 수 있다.

3. 내구성 평가 계획

3.1 콘크리트 열화 평가

콘크리트 구조물 열화 평가를 위해 시화호에 설치된 강관파일-콘크리트 매트 연결 기초에 적용된 콘크리트와 동일한 배합으로 시편을 제작하였으며 콘크리트 매트에는 염화물 측정기(2개) 및 부식속도 측정기(6개)를 설치하였다. 이를 통해 경과 시간별 콘크리트의 역학적 특성과 열화정도를 평가할 예정이다

3.2 강관파일 방식 성능 평가

영흥 345kV 해상철탑 강관파일에 적용된 피복방식 종류에 따라 표2와 같은 방식조건으로 6개의 강관파일에 설치하였으며 피복 방식종류별 방식성능을 평가할 예정이다.

3.4 강제도장 열화 평가

철탑, Jacket 및 Deck에 사용된 강재와 강재에 적용된 도장재의 종류 및 두께에 따라 열화정도를 평가하기 위해 총 66개의 시편(200×100×5(mm))을 표3과 같이 현장 도장상태와 동일하게 설치하였다. 건전시편과 흠집시편을 각 조건별로 설치하였으며 이를 통해 해상 철탑에 적용된 강재 도장재의 열화 정도를 평가할 예정이다.

3.5 양극전류 성능 평가

해수 중의 강관파일에 연결되어 있는 알루미늄 양극(그림5)으로부터 흐르는 방식전류를 측정함으로써 강관 파일에 부착되어 있는 알루미늄 희생양극의 소모량, 방식효율 및 희생양극의 잔류수명을

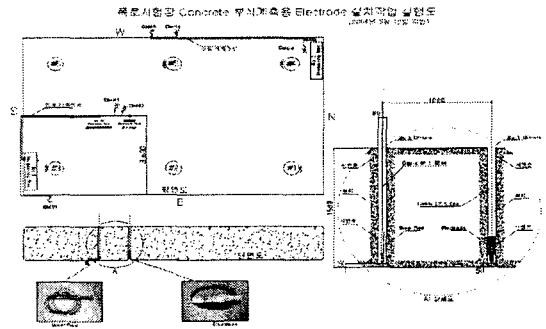


그림 3 콘크리트 열화 평가용 센서

표 2 방식조건(강관파일)

파일 NO	방식조건	비고
1	Taping+Coal Tar Epoxy+ Al-anode	원설계
2	Taping + Coal Tar Epoxy	희생양극무
3	Coal Tar Epoxy + Al-anode	Taping무
4	Coal Tar Epoxy + New Al-anode	양극전류측정
5	Al-anode	희생양극성능평가
6	부식방식설비 무	

표 3 강제도장 열화 평가용 시편현황

구조물	재질	도장종류	시편(총 66개)		
			건전시편	흠집시편	계
철탑	SS41	Gal.(84μ)	6	4 (- : 3, x : 1)	6
		Gal.(84μ) + 에폭시 (50μ) + 우레탄 (50μ)	1	5 (- : 3, x : 2)	6
		Gal. (84μ) + 실리콜우레탄계 (50μ)	2	4 (- : 3, x : 1)	6
		Gal. (84μ) + 실리콜우레탄계 (100μ)	2	4 (- : 3, x : 1)	6
Jacket	SS41	유리섬유강화 포리에스터 (2,500μ)	7	5 (- : 3, x : 2)	12
Deck	SS41	무기질아연계 (75μ) + 에폭시 (425μ)	6	6 (- : 3, x : 3)	12
		무기질아연계 (75μ) + 에폭시(375μ)+우레탄(50μ)	6	6 (- : 3, x : 3)	12
공통	SS41	N/A (Bare상태)	3	3	6

산출하므로써 양극전류의 방식성능을 평가할 예정이다.

3.6 수위 및 환경에 따른 부식 평가

계절별 시기별 영향에 따라 수질과 토양의 상태(황산염 박테리아 등)가 야기 시킬 수 있는 부식문제를 장기적으로 평가하고 해저 토중, 해수중, 간만대, 비말대 및 대기부에 이르기까지 일정 간격으로 걸쳐져 있는 Steel Plate 시험편을 일정 주기별로 자연전위(Ecor.)를 측정함으로써 설치 위치에 따른 부식속도를 측정할 예정이다.

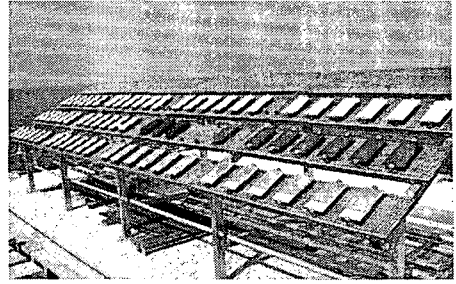


그림 4. 강제도장 열화평가용 시험편

4. 결 론

본 연구는 해양환경에 노출된 전력설비중 영흥화력 발전소로부터 수도권까지 전력을 수송하기 위해 설계 시공된 345kV 송전선로중 바다를 건너는 해월구간과 시화호를 횡단하는 시화호구간의 특수 해상철탑을 대상으로 해상 전력구조물의 내구성 실증시험 설비를 구축하고 그 운영 방안 수립에 관한 내용이며 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 해상 전력구조물 내구성 실증 시험장 구축 및 운영을 통해 콘크리트와 강재 구조물로 설계 시공된 해상 전력구조물의 부식/방식, 경년열화(Aging), 수명평가를 위한 각종 데이터 확보가 가능해졌다.
- 2) 확보된 데이터는 실구조물의 내구성 평가 및 향후 수명관리를 위한 예측 모델 개발시 활용될 예정이며 설계수명 이후의 수명연장을 위한 기본 자료로도 활용될 예정이다.
- 3) 특히, 345kV 영흥 송전선로는 대용량의 전력을 수도권 일원에 공급하는 중요 전력시설물로서 이중 바다와 시화호를 횡단하는 해상철탑 구조물의 안정성 확보는 무엇보다 중요하다. 따라서 해상철탑 내구성 실증 시험장 구축 및 운영을 통해 안정적인 전력공급에 기여할 것으로 예상된다.

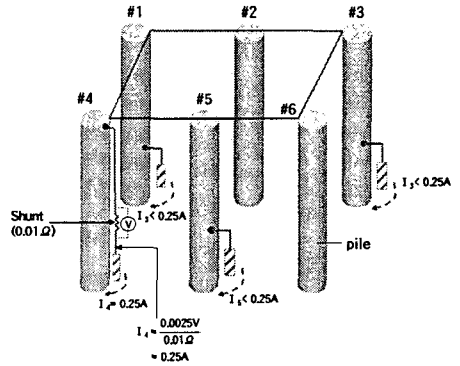


그림5. 양극전류측정 개요도

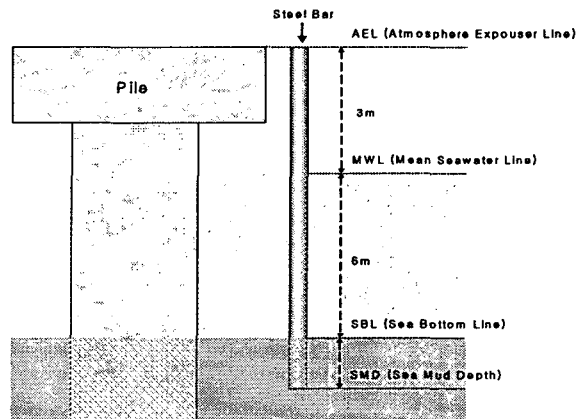


그림6. 부식경향평가용시험편

참 고 문 헌

1. 阿部正美. 海洋鋼構造物の腐食と防蝕 對策
2. 방기성의. 345kV 영흥T/L 해상철탑 기초 안정성 확보 방안 연구, 2002. 7
3. 방기성의. 345kV 영흥T/L 해상철탑 구조물 수명관리 방안 연구보고서, 2004. 8