

# 해상철탑구조물의 수명관리방안 연구

## Study on the Life Cycle Management System of the Marine Transmission Tower Structures

방기성\*

송영철\*\*

윤덕중\*\*\*

김도겸\*\*\*\*

Pang, Gi Sung Song, Young Chul Yoon, Deok Joong Kim, Do Gyeum

---

### ABSTRACT

The marine Transmission tower infrastructure erected in the SI-HWA lake is deteriorated and damaged by the various environment effect, and then, there is a possibility of going bad in the safety. The appropriate maintenance to ensure the security of the structure during life cycle is necessary. Specially the Jacket or the steel file foundation in the sea is apt to be corroded quickly.

In this research, to establish life management system of 345kV Yonghung marine transmission tower structure, the actual durability research facility which can obtain the actual proof data is constructed. the maintenance guideline and procedure of the structure are established. Hereafter, there is a plan which will advance the research against the composition of the life prediction model, which is based on the data acquired from the actual durability research facility.

---

### 1. 서 론

시화호내에 건립된 해상 철탑구조물은 환경적인 영향 등의 다양한 열화요인으로 인해 구조물이 손상되어 안전성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 수명기간동안 구조물의 안전성 확보를 위해서는 적절한 유지관리가 필요하다. 특히 Jacket나 강관파일 구조물은 부식성이 강한 해수 중에 있어서 부식속도가 매우 빠르다. 가장 부식이 심한 부분은 해수면 비말대며, 비말대의 방식에는 일반적으로 부식 환경 인자를 차단하는 복합 에폭시 도장이나 기타 보호 코팅재를 채용하고 있으며, 수중부의 방식에는 알루미늄 합금 등의 희생양극(Sacrificial Anode)을 연결하는 음극방식법(Cathodic Protection, 일명 전기방식법)이 적용되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 해상철탑기초 강관파일 및 콘크리트매트의 수명관리를 위하여 실제 현장에 설치한 시험 구조물에 대한 폭로실증시험 방법을 구축하고, 건전도를 평가를 할 수 있는 유지관리 기법을 확보하고자 하였다.

### 2. 내구성능 실증시험장

본 연구에서는 해상철탑구조물의 중요성을 고려하여 내구성능 실증시험장을 구축함으로써 보다 구체적인 구조물의 수명관리방안을 확립하였다. 내구성능 실증시험장에서는 송전철탑의 부식열화상태

---

\* 정회원, 한전전력연구원 환경구조연구소 선임연구원  
\*\* 정회원, 한전전력연구원 환경구조연구소 수석연구원, 공학박사  
\*\*\* 정회원, 한전전력연구원 환경구조연구소 일반연구원  
\*\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원, 공학박사

및 부식속도 평가를 통해 철갑재료의 수명예측, 보수보강기법 및 설계시 실용지침을 제공하기 위하여 대기폭로시험을 실시하고, 전기방식유무에 따른 부식/방식비교 시험은 강관파일의 부위별(비말대, 간만대, 수중부), 도장유무별, 전기방식유무별, 부식속도평가를 통해 알루미늄 양극 수명 예측을 한다. 또한, 강관파일 부식량 측정시험을 실시하여 전기방식 통전 유무에 따른 강파일의 부식속도를 평가 예측하고, 부위 및 방위별 부식경향 측정은 환경 및 방위에 따른 부식경향 및 속도를 평가한다. 양극전류 측정은 알루미늄 양극이 정상적으로 소모되며 전류를 흘리고 있는지를 측정함으로써 전기방식 특성 및 설계수명을 예측한다. 콘크리트내 염분측정 시험은 콘크리트 염분 측정기구 설치를 통하여 콘크리트 구조체내 염분량을 측정한다.

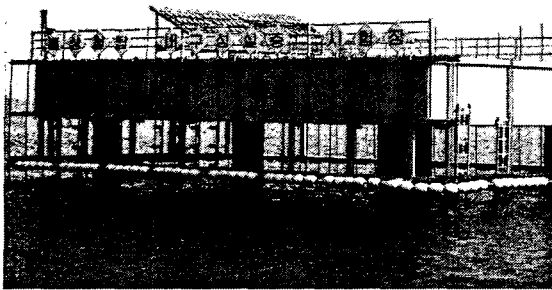


그림 1. 내구성능 실증시험장 전경

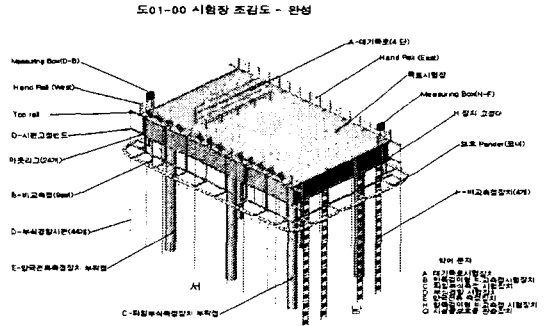


그림 2. 내구성능 실증시험장 조감도

3. 강구조물의 수명관리 및 예측을 위한 실증시험

3.1 강구조물의 방식/부식평가

강구조물의 방식/부식 평가를 위해 실증시험장 하부 기초파일을 ① Pile 1 : 원설계방식 (Taping+Coal Tar Epoxy+Al-Anode) ② Pile 2 : 희생양극 방식이 없는 경우 (Taping+Coal Tar Epoxy) ③Pile 3 : Taping이 없는 경우 (Coal Tar Epoxy+Al-Anode) ④Pile 4 : Painting만 한 경우 (Coal Tar Epoxy+New Al-Anode) ⑤Pile 5 : 희생양극 방식만 한 경우 (Al-Anode) ⑥Pile 6 : 어떠한 방식설비도 없는 경우로 설계하였다.

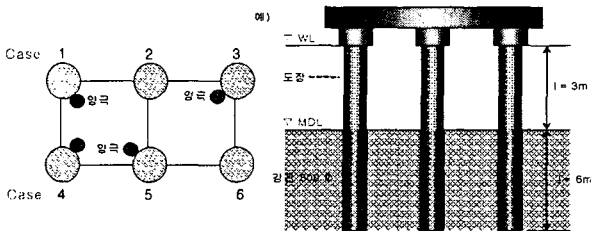


그림 3. 하부기초파일의 설치개요도

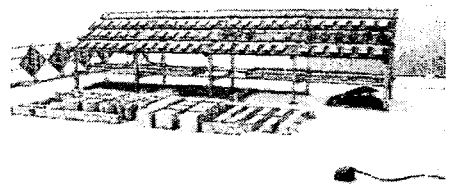
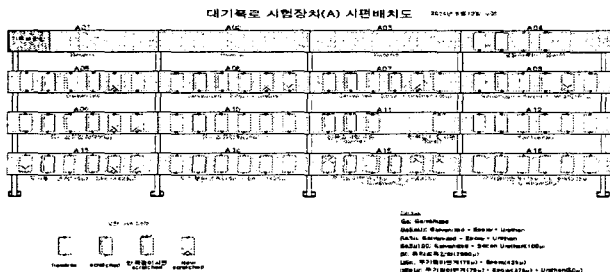


그림 4. 대기폭로 시편배치도 및 시험전경

### 3.2 각종 코팅제의 대기폭로시험

해상철갑구조물에 적용된 여러 종류의 재료를 시험편으로 채취하여 자연 부식 및 방식 상태를 실험-확인하기 위하여 대기폭로시험을 실시하고 있으며 그 개요는 그림 4와 같다.

### 3.3 강재 부식/방식의 비교측정시험

강구조물의 방식/부식 평가를 위해 설치한 6종의 실증시험장 하부 기초파일과는 별도로 강재의 부식에 대한 비교측정을 위하여 실증시험장의 측면에 부식/방식 비교측정용 강봉을 설치하였다. 설치는 ①Bare steel plate (200×100) 4 set (4set \* 8개) 중 2 set는 전기방식연결, 나머지 2 set는 무방식상태 ②Coating steel plate 4 set (4set \* 8개) 중 2 set는 전기방식연결, 나머지 2 set는 무방식상태로 하여 해수중, 간만대 및 비말대에 이르기까지 일정간격으로 걸쳐져 있는 steel plate 시험편에 대한 변화상황을 자연전위 및 그 변화상황을 일정 주기별로 체크하다가 적정 기간 후 부식중량 감소에 따른 부식속도를 측정할 수 있도록 하였다.

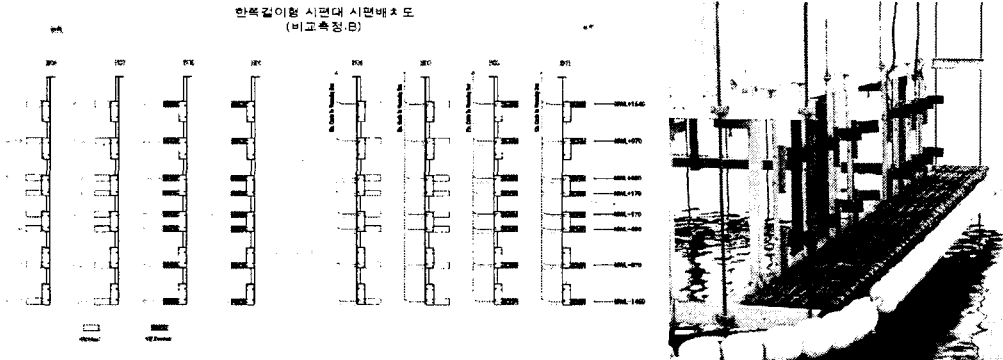


그림 5. 강재 부식/방식 비교시험용 시편배치도 및 시험현경

## 4. 콘크리트 구조물의 수명관리 및 예측을 위한 실증시험

### 4.1 콘크리트 매트트의 염분침투측정

콘크리트에 침투하는 염분의 농도를 측정하기 위하여 콘크리트 매트 상면과 하면에 코어로 콘크리트를 뚫고 염분측정 센서를 설치하였다. 상면에 설치된 센서는 영국제품이며 휴대용 황산동 기준전극과의 전위차를 비교함으로써 표면에서 6 cm (적색선), 8 cm (녹색선), 10 cm (청색선) 깊이에서의 염분침투여부를 알 수 있도록 제작된 것을 설치하였으며, 하면에 설치된 센서는 미국WJE사에서 제작한 것으로 하면 표면으로부터 5 cm (백색선), 9 cm (적색선), 12 cm (흑색선) 깊이에서의 염분침투여부를 알 수 있도록 설치하였다. 또한, 지속적인 자료의 축적을 위하여 영구적인 염화은 기준전극봉을 염분센서와 함께 설치하여 전위측정이 용이하게 하였다. 염분침투는 콘크리트 외부표면에서 내부로 서서히 진행되기 때문에 염분측정센서의 전위변화도 외부에 가장 가까이 있는 센서부분부터 일어날 것으로

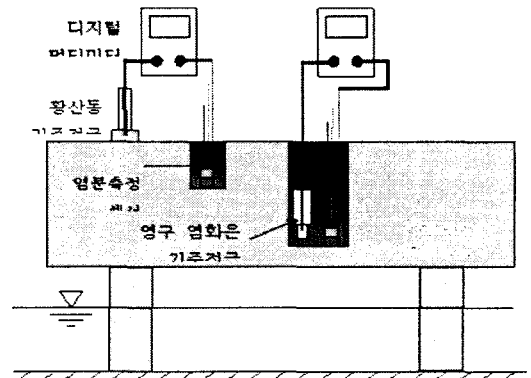


그림 6. 염분침투측정용 센서 설치개요도

예상된다.

#### 4.2 콘크리트 매트 철근부식속도 측정

본 실험을 위해 WJE가 개발한 부식속도측정센서 (Corrosion Probe)를 콘크리트 플랫폼 내부 요소요소에 구멍을 뚫어 총 여섯 개의 Probe를 설치하였다. 부식속도는 Corrosion Probe를 갠리측정기에 연결하여 선형분극저항 (Linear Polarization Resistance, LPR)이라는 전기화학적 방법으로 측정한다. 즉, 갠리측정기는 Corrosion Probe의 부식전위를 기준으로 소량의 직류전위를 15 mV 에서 +15 mV까지 1 mV간격으로 부과하며 간 전위사이마다 5초 간격을 둔다. 갠리측정기는 부과된 각각의 전위에 반응하는 전류를 자동으로 기록하고 뒤면에 제시된 개략도와 같이 전류와 전위의 상관관계를 차트에 나타낸 후 직선기울기를 계산한다. 이 기울기가 Ohm의 법칙에 의하여 선형분극저항이 된다.

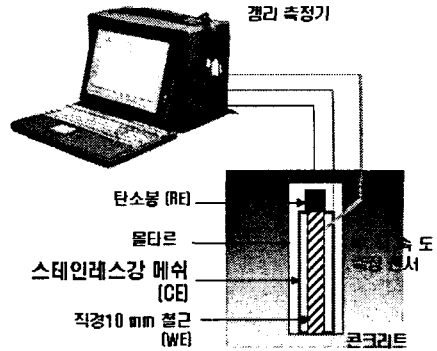


그림 7. 철근부식속도측정 개요도

#### 4.3 콘크리트 매트의 현장점검 절차서 개발

콘크리트 매트에 대한 검사 대상 구역은 콘크리트 매트 기초(측면 4개소, ABCD 및 상·하부면, S-T·S-B), 철탑 사각기초 4개소(측면 및 상부면, 1[2,3,4]-1[2,3,4]), 철탑 원형 기초 4개소(측면 및 상부면, ①②③④)로 하였고, 각각에 대해 검사 대상 부재의 번호를 부여하여 조사한다. 현장점검 방법으로는 외관 육안검사와 정밀검사로 나누어 실시한다. 외관 육안검사는 콘크리트 균열, 백태, 박리·박락, 철근노출, 부식 등의 열화현상을 조사하여 열화도 작성을 작성한다. 정밀조사는 현장 폭로시험체를 대상으로 한 실내시험과 콘크리트 철탑기초를 대상으로 한 현장 비파괴 시험을 실시한다. 실내시험으로는 압축강도, 탄성계수, 초음파, 중성화 깊이, 염화물 함유량, 동결융해, 공극분포, SEM등의 시험을 실시하고, 현장 비파괴 시험으로는 비파괴 강도, 비파괴 품질평가, 해수의 염분도 시험을 실시한다.

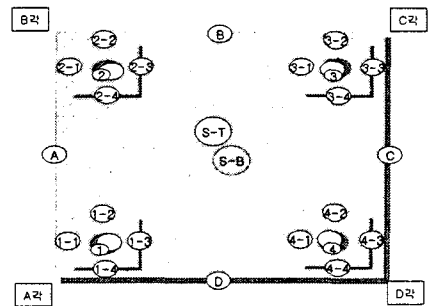


그림 8. 검사구역도



그림 9. 콘크리트 매트 현장점검

### 5. 결론

본 연구에서는 영흥 해상철탑 구조물의 수명관리방안 수립을 위한 실증적 자료 확보를 위해 내구성 실증시험장을 설계·구축하였으며, 이러한 연구결과를 바탕으로 구조물의 유지관리기준을 수립하고 관련 지침서 및 절차서를 개발하였다. 향후의 연구에서는 실증시험장에서 획득한 자료를 기초로 수명예측모델의 구성 등에 대한 연구를 진행할 예정이다.

#### 참고문헌

1. 송영철, 방기성 외 "345KV 영흥T/L 해상철탑구조물 수명관리 방안 연구", 한전전력연구원 보고서, 2004. 8