해상송전철탑 구조물의 주기점검을 통한 경년열화 변화특성

Aging Deterioration for Electric Power Transmission Tower on Offshore Through Periodic Inspections

이 호 범^{1)*}

Lee, Ho Beom

장 일 영²⁾

Jang, Il Young

Abstract

In electric power transmission tower structures on offshore, implementation of life management using the event data of regular safety inspections for structural and material damages is strongly recommended. In this study, six tower structures in Sihwa Lake around Yeoungheung island were target bodies for the safety inspections. safety inspections for deterioration about each of six towers were performed about three items for steel member, five items for concrete foundation, and four items for steel-pipe pile in seawater and seawater itself. Safety inspections for steel members included the visual observations of surface appearances, the measurements of member thicknesses, and the checks of painting states. Also safety inspections for concrete foundations comprised the estimation of crack features, the evaluation of non-destructive compression strengths, and the measurements of neutralization depths and chlorides contents. For steel-pipe piles in seawater the inspections comprised the surveys of corrosion states in accordance with potential levels tests and anode tests, the analyses of photos taken on surfaces of the piles as well as the evaluation of seawater quality. A set of deterioration inspections was performed at the same positions around october of each year for three consecutive years. As a result in this study, Newly developed deterioration indexes have been applied profitably to maintain structural safety for electric power transmission towers by utilizing these event data systematically

Keywords : Electric power transmission towers on offshore, Life management, Structural and material damages, Indexes of deterioration factors

1. 서 론

시화호내 및 영흥도에 위치한 해상송전철탑 구조물들은 Jacket 기초 및 강관파일-콘크리트 매트 연결기초로 된 특수 형태의 구조물들로서 상시 풍하중 영향, 염화물 침투, 비말대 손상 등 열악한 해양환경에 노출되므로써 가속화되는 강재부식과 콘크리트 기초의 점진적 열화에 의해 구조물 건설시 부터 그 성능이 저하된다. 본 구조물들은 구조물 내구연한 기간 동안의 구조적 안전성과 건전성이 확보되어야 한다. 따라서 구조부재들이 위해적 환경하에 존속하더라도 구조적으로 과다변형이 야기되거나, 손상에 의한 부적절한 상태가 되지 않도록 하여야 한다. 이러한 요소들은 설계 및 시공 단계와 유지관리 단계에서 상호 연계되면서 요구되는 구조물 수명확보를 위한 중요

분석대상이 된다. 해상송전철탑 구조물은 이러한 수명관리 차원에서 볼 때 중대한 문제점 발생시 교체 등의 근원적인 조치방안의 적용이 곤란한 장수명 수동형(long-lived passive) 특성을 갖고 있어 효율적인 경년열화(aging effect) 예방 및 유지관리가 매우 중요하다.

현존 해상송전철탑 구조물들에 대한 주기적이며 정기적인 안전성 검사 및 진단을 위한 노력은 다른 중요 구조물과 비교하여 상대적으로 취약한 상태이다. 특히 강구조물과 콘크리트 구조물이 복합적으로 연계되어 건설되는 송전철탑은 구조적 거동 및 재료적 열화현상에 대한 전문성 있는 평가가 체계적으로 이루어져야 한다. 그러나 현실적으로는 유지관리가 운영단계만이 고려된 사후 대응적인 기법이 주를 이루고 있다. 안전성을 최우선으로 하는 해상전력구조물들의 특성상 건설단계에서부터 향후

1) 정회원, (주)쓰리텍, 대표이사, 교신저자

2) 정회원, 금오공과대학교 토목공학과, 교수

* Corresponding author : threetech@empal.com 031-713-7534

• 본 논문에 대한 토의를 2012년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2012년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

운영단계까지 포함한 전 수명기간동안 열화유발 주요인자들의 지속적인 점검과 진단에 따른 다양한 정보자료의 D/B화 관리 시스템화를 모색하는 것은 아주 기본적인 일이라 할 수 있다. 그러나 국내에서 현재 이러한 시스템 구축사례가 매우 취약하고, 따라서 최소한 전 세계적으로 시공사례를 잘 찾아볼 수 없는 국내 시화호 내의 해상송전철탑 구조물에 대해서는 적극적인 대책수립이 절실하며, 최종적으로는 종합적인 수명관리 시스템 개발이 매우 요구된다.

본 연구에서는 시화호 내 Jacket 기초 또는 강관파일 및 콘크리트 매트 기초의 합성기초를 갖는 총 6개의 송전철탑을 대상으로 3개년간 실시한 안전점검 시험결과를 이용한 구조물 열화도 분석 및 지수화 연구 등을 수행하였다. 결과적으로 도출된 모든 제반 자료들을 기 개발되어 있는 종합적 정보 D/B 프로그램에의 포괄적 자료로 활용되도록 하므로써 해상송전철탑 구조물에 대한 유지관리 및 수명관리가 보다 효율적으로 이루어질 수 있도록 하였다.

2. 안전점검 열화자료 분석

시화호는 간조, 만조시간에 수문을 통하여 저장된 해수와 외부 해수가 교환되고 있으며, 이러한 지역에 위치하고 있는 해상송전철탑은 내륙지역 환경에 위치한 송전철탑과 달리 상대적으로 많은 열화인자들이 작용한다. 해상송전철탑 구조물 설계수명 기간 중 구조물 안전문제를 효과적으로 관리하기 위하여 현 상태에 대한 조사 및 점검을 통해 수명관리의 초기화 기반을 조성하고, 주기적 안전점검을 통한 실질적 자료를 확보함으로써 이전 상태로부터의 변화를 확인하는 구조물 열화정보 구축 D/B화 자료가 요구된다. 이를 위하여 시화호내 강재구조 및 콘크리트구조 형식을 가지는 대표적인 6개의 송전철탑(30번, 31번, 34번, 39번, 41번, 53번)을 중심으로 각각 선정된 동일한 위치에 대하여 구조물 재료별 안전점검 항목 및 방법을 중심으로 하는 비파괴검사를 수행하였다. 점검주기로 연중 동일기간 1회씩, 총 3개년 동안의 열화자료를 도출하여 해상 송전철탑 구조물의 열화도 변화를 평가하였다.

2.1 안전점검 항목 및 방법

현장 구조물 손상점검은 외관육안검사와 일반점검으로

구분된다. 외관육안검사로 콘크리트 및 강재 균열, 박락, 박락, 철근노출, 강재부식, 도장상태 등의 열화현상을 조사하였으며 일반점검은 강구조물과 콘크리트 구조물에 대해 비파괴 시험을 통한 검사를 하였다. 구조물의 종류에 따른 점검항목 및 점검방법은 한국전력공사의 “영흥해상 철탑기초 구조물의 유지관리 지침서”를 참조하여 수행하였다.

Table 1 Dates of structural safety inspections

items	checklist	check date
safety inspection (1 st year)	structural safety inspection	Sept. 9~10, 2005 Nov. 19~20, 2006
	underwater photo /anode consump.	March 10~11, 2006
safety inspection (2 nd year)	structural safety inspection	Oct. 26~27, 2006
	underwater photo /anode consump.	Nov. 19~20, 2006
safety inspection (3 rd year)	structural safety inspection	Oct. 13~14, 2007
	underwater photo /anode consump.	Oct. 13~14, 2007

Table 2 Contents and processes for structural safety inspections

items	checklist	record [*]	foundation types
steel	visual observ. (on/under seawater)	asterisk #2
	steel depth	asterisk #3	
	voltage level test	asterisk #4	
	anode consumption	asterisk #4	
	quality test of seawater/sea bed soil	asterisk #5	
	conditions of cover/painting	asterisk #6	
conc.	visual inspection	asterisk #7~9
	crack of concrete	asterisk #10.1~10.2	
	strength of concrete	asterisk #10.3	
	quality of concrete	asterisk #10.4	
	carbonation depth	asterisk #10.5	
	chloride content (surface)	asterisk #10.6	
	pH(surface)	asterisk #10.7	

* : refer to "Management Guidelines for the Foundation of Young-heung Electric Power Transmission Tower on the Sea" published by KEPCO

점검방식은 ① 콘크리트 비파괴 조사에서 반발경도시험은 NR형(보통 콘크리트용) 슈미트햄머를 이용, 콘크리트 표면에 타격을 가하여 반발경도를 측정, 콘크리트 강도를 추정하였다. ② 콘크리트 비파괴 품질 평가는 구조물의 두께를 실측한 후 관통법 중 반직접법을 사용하여 초음파 전달속도를 측정하였다. 측정값은 동일위치에 대하여 3회 측정한 값의 평균값으로 하였으며, 초음파에 의한 콘크리트 품질판정 기준은 초음파 속도 4.57 km/sec 이상일 경우 우수 상태로, 2.13 km/sec 이하일 경우 극히 불량 등 5 단계로 구분하였고, 사용된 초음파 측정기는 “영국 CNS ELECT.社”의 “PUNDIT”이다. ③ 콘크리트의 중성화 평가는 본 구조물이 조사 시점을 기준으로 4년이 경과한 것으로 하고, 하기 식 (1) 및 식 (2)를 중심으로 이론치를 설정하였다.

$$W/C < 0.6 \text{인 경우 :} \quad (1)$$

$$t = \frac{7.2x^2}{R^2(4.6W/C - 1.76)^2 \times 100}$$

$$W/C \geq 0.6 \text{인 경우 :} \quad (2)$$

$$t = \frac{x^2 \{0.3(1.15 + 3W/C)\}}{R^2(W/C - 0.25)^2 \times 100}$$

여기서 t : 경과기간(년)
 x : 중성화 깊이(cm)
 W/C : 물/시멘트 비
 R : 중성화 비율 상수

④ 염화물 함유량(전염화물) 측정은 KS F 2713 및 ASTM C 1218, 1152 규격에 준하여 콘크리트 표면부에서 추출된 시료를 대상으로 이온 전극법을 이용하여 측정하였으며, 사용장비는 ORION 720A를 이용하였다. ⑤ 전해질 내의 금속물질은 금속종류에 따라 이온화 정도가 다르다. 이온화 경향이 높은(금속 부식성) 금속을 +극, 그 반대의 것을 -극으로 하는 원리를 이용하여 전위측정 및 양극조사 등에 따른 계측을 수행한다. 따라서 강관파일의 열역학적 부식경향을 평가하기 위한 전위조사는 내부 임피던스 값이 1012 이상이 되는 디지털 멀티미터(추천모델: Fluke 70 Series)를 이용하고, (+)단자를 강관파일에 연결하고, (-)단자를 잠수용 염화는 기준전극에 연결한 후 세가지 깊이별 전위를 계측하여 평균값을 구하였다. ⑥ 양극 소모량 조사는 수중에서 부식에 저항하는 전기방식장치가 잘 작동되고 있는지를 확인하거나 양극(anode)의 잔여수명을 추정하는 것으로 강관파일에

부착된 희생양극에서 나오는 방식전류의 양과 방향을 측정한다. 모든 희생양극이 영구적으로 파일에 용접 연결되어 있고, 특수 측정기기인 스웨인 미터 (Swain Meter)를 이용하였다. 이 방법은 전류가 지나가는 도체(희생양극 부착봉)에 잠수부가 클램프(clamp)식 전류감지센서를 걸고 나서 해상에서 전류량과 방향을 측정한다. 이때 측정 주기별 방식전류량을 기록하고 분석하여 해당희생양극의 효율과 잔여수명을 예측하게 된다. 양극의 소모량이나 수명을 중량감량, 길이측정 및 발생전류로부터 하기의 식 (3)~식 (9)와 같이 산출하고, 양극의 잔존중량은 Fig. 1과 같이 측정하며, 산출방법은 식 (10)~식 (11)과 같다.

$$\text{소모량(Gr)} = \text{초기중량(Gr)} - \text{잔존중량(Gr)} - \text{잘려나간 양극지지 심극} \quad (3)$$

$$\text{잔존중량(Net)} = \text{초기중량(Bet)} - \text{소모량(Gr)} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{양극의 연간 평균소모량} \\ = \frac{\text{양극 초기중량(Gr)} - \text{양극 잔존중량(Gr)}}{\text{경과년수}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{양극의 잔존수명} = \frac{\text{양극의 잔존중량}}{\text{양극의 연간 평균소모량}} \quad (6)$$

$$\text{평균발생전류(A)} = \text{소모량} \times \frac{\text{양극 유효전기량}}{\text{사용기간}} \quad (7)$$

$$\text{추정 잔존수명(y)} = \text{잔존중량(Net)} \times \frac{\text{유효전기량}}{\text{평균발생전류}} \quad (8)$$

$$\text{추정 잔존수명(y)} = \text{잔존중량(Net)} \times \frac{\text{유효전기량}}{\text{발생전류(측정)}} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{양극잔존중량(kg)} \\ = \left(\frac{\pi D^2}{4} \times L - \text{심극체적} \right) \times \text{양극밀도} \times 10^{-3} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{평균둘레 } D(cm) = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3} \quad (11)$$

Fig. 1 Measurement of remaining size of anode

Fig. 2 Anode test for steel pile in the sea water

2.2 안전점검 평가결과

열화정보 D/B 구축을 위하여 시화호내 대표적인 6개 송전철탑을 선정하여 강구조물은 6가지, 콘크리트구조물은 7가지 항목에 대하여 각각 육안검사와 일반점검을 한 결과 중대위험 관련 특이 열화현상은 없다. 이는 본 구조물의 경과년도가 작아 3개년 동안의 누적된 열화변화가 없는 것으로 평가되었다.

선정된 송전철탑 강재의 손상조사 결과 외관은 양호한 상태이며, 부식이 진행되지 않는 상태로 설계 두께를 유지하고 있고, 기초파일의 양극소모량 측정 결과 설계목표 내구연한을 충분히 확보하고 있다. 콘크리트의 경우는 균열 및 외관은 특별한 열화현상이 없는 양호한 상태이며, 비파괴 강도 조사 및 초음파 탐사결과 설계강도를 상회하는 강도를 확보하고 있음을 확인하였다. 염화물 함유량은 낮은 수준을 나타내고 있어 건실한 상태이며, 중성화 깊이는 이론치(기준치) 이하의 값을 갖고 있다. 또한 기초파일의 잔여수명은 Table 3과 같이 잔여수명이 평가되었다.

해상에 위치한 송전철탑구조물은 부식에 대한 저항성이 구조물 안전에 있어 매우 중요한 요인으로 외관조사, 피복 및 도장상태조사 등을 통하여 쉽게 부식의 척도를 알 수 있다. 그러나 수중에 위치한 기초파일은 항시 해수에 노출되어 있는 실정인어서, 접근성의 부족과 함께 부식방지를 위해 기초파일 외부에 고무판이 볼트 체결로 피복되어 있어 피복 안의 부식정도에 대한 판단의 어려움이 있다.

수중조사에 따른 파일의 열화도 평가는 기초파일 외관 수중촬영 결과 및 강관파일에 부착된 희생양극의 크기측정에 의한 평가로 이루어졌으며, 기초파일과 희생양극에 홍합, 조개 등 수중생물이 빠르게 부착되어 있어 실질적인 외관상의 열화 정도를 파악하기가 어려워 수중 외관조

Table 3 Calculated residual life for the electric power transmission towers (unit : years)

items	found. of#30	found. of#31	found. of#34	found. of#39	found. of#41	found. of#53
1 st year (3 years past)	290	510	250	250	320	360
2 nd year (4 years past)	280	500	230	260	300	280
3 rd year (5 years past)	275	500	240	255	310	350

사 결과는 안전점검 평가 자료로서는 크게 사용되지는 못했으나, 하상 환경에 대한 실질적인 영향도를 파악하는데 적극 활용하였다.

추가적으로 해수수질 및 해저토질에 대한 환경조사는 이전 조사와 비교해서 어느 정도 변화했는지를 확인하기 위하여 행하며, 양극이 설계수명년수 이내에서 유지되어야 할 소모 방식상태를 확인하기가 어려운 경우 기타 원인을 규명하기위한 자료로 사용된다. 해수면 부근의 수질 분석은 비저항, 수온, 탁도, DO, pH, Cl^- , S^{2-} , NH_4^{4+} , 산화환원전위, COD 등을 분석하며, 해저면 부근의 토질분석은 온도, pH, COD, S^{2-} , 산화환원전위 등을 분석한다.

2.3 열화지표 산정

주기적이고 장기적인 열화도를 평가하고, 그 변화도를 D/B화하기 위하여 열화관련 평가지표를 새롭게 설정하였다. 그 수준은 설계시 적용된 기준치 내에서 열화지표를 재구성함으로써 보수적 관리가 되도록 설정하였다. 특히 본 연구에서의 열화도 지표 산정에 있어서는 단일 항목을 동일한 수준으로 평가하고 있다. 이에 대해서 안전성에 기여할 수 있는 중요도를 고려함으로써 종합적 관점에서 단일 항목에 대한 가중치를 부여함으로써 보다 합리적이

(a) thickness of steel members

(b) thicknesses of cover and painting

(c) anode consumption

(d) voltage level

(e) ultrasonic velocity

(f) strength by non-destructive test

(g) depth of carbonation

(h) chloride content

Fig. 3 Results of structural safety evaluation for the transmission towers

(a) change of water temperature

(b) change of pH

(c) change of redox potential

(d) change of chloride ions

(e) change of dissolved oxygen

(f) chemical oxygen demand

(g) change of ammonia ions

(h) change of suspended material

(i) change of sulfide

Fig. 4 Results of quality tests for seawater

고, 경우에 따른 과소 또는 과대평가가 이루어지지 않도록 하는 것이 타당하다고 할 수 있다. 단 해상 송전철탑 자체가 매우 중요 구조물로 평가되고 있고, 요구되는 수명도 반 영구성을 갖도록 하기 때문에 기존의 관리기준 자체가 매우 엄격한 수준으로 통제되고 있어 보수 또는

Fig. 5 Numerical analysis using real measurement data

Fig. 6 Member stresses from numerical analysis

보강에 대한 해석시 관리기준 최하의 수준도 결과적으로는 많은 안전율을 유지하고 있다. 따라서 열화 지표의 개별적 점수 부여로 그 단일 항목당 이상현상 발견시 이에 대한 대책을 개별적으로 강구토록 함으로써 중요 구조물의 안전을 공고히 하게 됨을 표명한다. 그러나 원천적으로는 가중치를 고려한 종합적 지표 산정이 필요하며, 이를 위해서는 포괄적이고, 대단위 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 한국전력공사에서 발간한 “345kv 영흥 T/L 해상철탑구조물 수명관리 방안연구 2004”을 바탕으로 판단기준을 재정리하고 연구 대상의 송전철탑과 관련하여 5단계 개별평가점수 기준을 새롭게 제시하였다. 해상송전철탑은 그 중요성이 크므로 안전성에 대해서는 1~3점 수준까지로 관리하도록 분류하였고, 그 이상의 점수에 대해서는 구조물에 대한 정밀안전진단 및 보수 및 보강 등을 수행하도록 지시하였다. 최종적으로 이러한 설정안에 따른 본 대상 구조물들에 대한 열화도 평가는 우수 이상의 수준에 있다. 그 결과는 Table 5~Table 6과 같다.

본 연구와 관련된 것으로 기 개발된 해상송전철탑 구조물 건전성 감시를 위한 유지관리 모니터링 시스템이 있다. 여기서는 모니터링 시스템에서 도출되는 실시간 전송 실계측 값중 진동변위, 정동적 변형률 및 풍향-풍속 값을 이용하여 수치 해석적으로 시스템 역해석을 수행하고, 그 결과와 실계측값 간에 형성되는 margin 값 산정으로 향후 예측되는 재해 실거동 평가를 사전에 수행한다. 결과적으로 본 연구결과인 구조물 안전점점 항목별 열화상태 등급화 자료를 적용케 함으로써 구조물 실거동 예측에의 신뢰성을 가일층 높일 수 있도록 하였다. 여기서 수치 해석적 분석의 개요는 실시간 계측자료에 의한 역해석으로

Table 4 Steps of numerical analysis

step	contents
①	measured values due to wind load, $\Delta R1$, $\Delta R2$
②	getting numerical analysis result, $\Delta A2$ decided by $\Delta A1 (= \Delta R1)$. ($\Delta A2$ has certain difference with real displacement $\Delta R2$)
③	comparing of inverse analysis results by $\Delta A1$ (analytical displacement of $\Delta A2$, analytical strains at other locations) with measured values at corresponding locations, performing of comparison and examination between measured values and analysis results which derived from new wind pressure diagram that is revised by anemometer readings at $\Delta A2$
④	repeating numerical analyses for a year using measured D/B
⑤	deciding margin ratio of analysis vs. measured value
⑥	redefining the design standards expected of natural disasters and completing soundness rating system

Table 5 Standards of status evaluation due to safety and damage inspections for steel structure

grade	score	corrosion state of steel member (visual inspection)	corrosion state of steel pile (thick. : mm)
A	1	good condition	design thickness $\times$ 1.0
B	2	minor scales on surface distribution of small pitting	design thickness $\times$ $\sim$ 0.9
C	3	localized reduction of depth, severe scale on surface, distribution of large pitting	design thickness $\times$ $\sim$ 0.8
D	4	severe reduction of overall thickness, severe and dense pitting	design thickness $\times$ $\sim$ 0.7
E	5	very severe reduction of overall thickness, small hole significant reduction of structural function	design thickness $\times$ $\sim$ 0.6

grade	score	anode consum. (remaining life)	cover and painting thickness	paint peeling and damage
A	1	over 100 years	over 215 μ m	discoloration of paint, good surface
B	2	99~83 years	215~200 μ m	painting elimination, rust area : under 2%
C	3	82~66 years	200~186 μ m	painting elimination, rust area : 2~10%
D	4	65~50 years	186~172 μ m	painting elimination, rust area : 10~20%
E	5	less than 50 years	less than 172 μ m	painting elimination, rust area : over 20%, corrosion depth : over 20% of section area

grade	score	surface state	vertical/horizontal crack (mm)	crack depth	NDT strength (kgf/cm ²)
A	1	best state	under 0.1	less than 1/4 of the distance between surface~ neutral axis	more than 240
B	2	good state of slight damage	0.2/under 0.3	less than 1/4 of the distance between surface~ neutral axis	240~228
C	3	normal state of secondary member damage	0.2/ more than 0.3~ less than 0.7	less than 1/3 of the distance between surface~ neutral axis	228~216
D	4	aging of main member, emergency repair/reinfor- cement required	more than 0.7	less than 1/2 of the distance between surface~ neutral axis	216~204
E	5	severe aging of main member, prohibition of structural usage and renovation required	after tension- side crack, at destruction state more than $\varepsilon =$ 0.003 in comp- resion side	more than 1/2 of the distance between surface~ neutral axis	more than 204

grade	score	ultrasonic velocity (km/sec)	depth of carbonation (t)	chloride contents (h) (kgf/m ³)	voltage level (E) (mV)
A	1	more than 4.57	non-progress	-	-800< E
B	2	3.66~4.57	cover thickness/2 > t	$\leq$ 0.3	-817< E $\leq$ -800
C	3	3.05~3.66	cover thickness > t $\geq$ cover thickness/2	0.3<h $\leq$ 0.6	-833< E $\leq$ -817
D	4	2.13~3.05	cover thickness > t $\geq$ cover thickness/2	0.6<h $\leq$ 1.2	-850< E $\leq$ -833
E	5	less than 2.13	t $\geq$ cover thickness	h>1.2	E $\leq$ -850

Table 6 Indices to aging effect characterized by damage inspections

grade	score	sum. for 2 items	sum. for 4 items	sum. for 11 items	remarks
A	1	Sum=2	Sum=4	Sum = 11	very good
B	2	2 < Sum $\leq$ 4	4 < Sum $\leq$ 8	11 < Sum $\leq$ 22	good
C	3	4 < Sum $\leq$ 6	8 < Sum $\leq$ 12	22 < Sum $\leq$ 33	normal
D	4	6 < Sum $\leq$ 8	12 < Sum $\leq$ 16	33 < Sum $\leq$ 44	bad
E	5	8 < Sum $\leq$ 10	16 < Sum $\leq$ 20	44 < Sum $\leq$ 55	very bad

notes:#13(2 items for steel structure), #30(4 items for steel structure), #34,(4 items for steel structure and 7 items for concrete structure)

실제측치와 비교 분석이 가능한 부재의 응력을 도출하는 과정이며, 이는 다음과 간략히 요약된다.

3. 결 론

- (1) 해상송전철탑에 대한 3년 연속 주기점검에 따라 강재 및 콘크리트 부재 모두 양호성이 입증되었다. 새롭게 정의된 열화지표는 해상 구조물에서의 효율적 수명관리 및 유지관리의 초석자료로서 의미를 갖으며, 연속감시에 따른 열화 누적자료는 장수명 수동형(long-lived passive) 구조물에 대한 적극적인 수명연장의 가이드라인 역할을 부여할 수 있도록 하였다.
- (2) 일반적으로 기 개발된 해상 송전철탑 구조물 영구 모니터링 시스템에서는 실시간 전송되는 실제측값을 이용한 수치적 역해석을 수행하고, margin 산정에 따른 실거동 평가를 수행한다. 이때 본 연구결과인 구조물 안전점검 항목별 열화상태 등급화 자료를 적용케 함으로써 구조물 실거동 예측에의 신뢰성을 가일층 높일 수 있도록 하였다.
- (3) 본 연구는 중요 구조물로서의 대상 구조물에 대한 접근성 제약으로 제한적인 자료도출을 기반으로 하였다. 따라서 많은 실측자료를 바탕으로 한 열화상태 등급화를 보다 체계화하는 것이 매우 중요하다. 이에 대해 향후 연속적이고, 주기적인 점검과 분석결과 활용이 요구된다.

감사의 글

본 연구는 2005.3~2008.2까지 총 3개년에 걸쳐 수행된 산업자원부 전력사업연구개발사업인 국책연구로 “해상전력구조물 안전감시” 및 수명예측 시스템 “해상전력구조물 안전감시 및 수명예측 시스템 개발” 과제결과의 한 분야이다. 본 연구를 위해 많은 지원을 아끼지 않은 한국전력공사 전력연구원의 관계제위께 감사를 드린다.

참고문헌

1. 건설교통부(시설안전기술공단), “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량, 항만)”,
2. (주)쓰리텍, “345kV 영흥 T/L 축도 철탑 No. 108 송전탑 구조 안전성 평가 및 대책 결과보고서”, 2006. 10.
3. 한국전력공사 전력연구원, “345kV 영흥T/L 해상철탑구조물 수명관리 방안 연구”, 04 전력연-단463, 2004. 8.
4. 한국전력공사, “영흥 해상 철탑기초 구조물의 유지관리 지침서”.
5. 한국전력공사, “가공송전선용 철탑설계기준-1111”.
6. 한국전력연구원, “345kv 영흥T/L 해상철탑구조물 수명관리 방안연구”, 2004.
7. 한상목, 방기성, 김도겸, 정송수, “345kV 영흥T/L 해상철탑구조물 콘크리트 매트 기초의 유지관리 방안 연구”, 2004년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회, 2004, pp.509-512.
8. KOPEC, “345kV 영흥 T/L 건설공사 시화호구간 I, II형, “SB2 형 강관철탑 설계도”, 2002. 8.
9. KOPEC, “345kV 영흥 T/L 건설공사 시화호구간 I, II형, “SD2 형 강관철탑 설계도”, 2002. 8.
10. KOPEC, “345kV 영흥 T/L 건설공사 해상구간 1차분 2형 “SB2 TYPE 강관철탑 설계도”, 2002. 8.

(접수일자 : 2012년 1월 16일)

(수정일자 : 2012년 3월 6일)

(심사완료일자 : 2012년 5월 16일)

요 지

해상송전철탑 구조물에 있어서 구조 및 재료 손상에 대해 주기적으로 안전점검을 실시하고, 그 결과를 이용한 수명관리(life management)의 시행은 적극 추천되는 일이다. 본 연구에서는 영흥도 시화호 내에 있는 총 6개의 해상송전철탑에 대해서 강재부재에 대해 3가지, 콘크리트 기초에 대해 5가지, 해수 중 강관파일 및 해수 자체에 대해 4가지 형태의 열화점검을 각각 수행하였다. 강재에 대한 점검 항목들은 외관조사, 부재두께, 도막상태 등에 대한 것이고, 콘크리트 기초에 있어서는 균열형상, 압축강도, 중성화깊이, 염화물 함유량 등에 대한 항목, 그리고 해중 강관파일에 있어서는 전위 및 양극조사에 따른 부식정도, 동영상 촬영 및 해수의 수질환경성 평가 등에 대한 항목이다. 이와 같은 정기적 열화점검은 연속 3년 동안 매년 10월경에 동일위치에 대해 평가하였다. 결과적으로 본 연구에서는 이러한 자료를 체계적으로 활용함으로써 해상송전철탑 안전성 유지관리에 유익하게 적용될 수 있는 새로운 열화지표를 개발하였다.

핵심 용어 : 해상송전철탑, 수명관리, 구조 및 재료 손상, 열화지표