

송전철탑 부재 부식열화 검사장비 개발

우상균¹, 윤병돈², 김기중³, 추인엽^{4*}

Development of the Corrosion Deterioration Inspection Tool for Transmission Tower Members

Sang-Kyun Woo¹, Byong-Don Youn², Ki-Jung Kim³, In-Yeop Chu^{4*}

Abstract: Recently, interests for maintenance of transmission tower are increasing to extend life of structures and reduce maintenance cost. However, existing classical diagnosis method of corrosion deteriorated degree on the transmission tower steel members, visual inspection, has a problem that error often due to difference of inspector's individual knowledge and experience. In order to solve the problem, this study carried out to develop the corrosion deterioration inspection tool for transmission tower steel members. This tool is composed of camera equipment and computer-aided diagnosis system. We standardized the photographing method by camera equipment to obtain suitable pictures for image processing. Diagnosis system was designed to evaluate automatically degree of corrosion deterioration for member of transmission tower on the basis of the RGB color image processing techniques. It is anticipated that developed the corrosion deterioration inspection tool will be very helpful in decision of optimal maintenance time for transmission tower corrosion.

Keywords: Transmission tower, Maintenance, Corrosion deterioration inspection, RGB, Color image processing

1. 서 론

송전철탑은 장기간에 걸쳐 다양한 대기환경에서 건설·운영되기 때문에 대기오염을 주원인으로 열화된다. 송전철탑 지지물의 주부재는 대부분 강재로서 열화를 최소화하기 위해서 기본적으로 용융아연도금 처리에 의한 방식기법을 적용하고 있으며, 용융아연도금이 본연의 기능을 상실하는 경우 부가적으로 부재 표면에 중방식 도료로 도장 보수하고 있다. 일반적으로 송전철탑 부재의 열화는 설비의 운영과 보수에 어려움을 초래할 뿐만 아니라, 전원공급의 신뢰성을 저하시킴으로써 공공의 안전을 저해하는 중요한 원인이 된다. 따라서 송전철탑에 대하여 경제적이고 신뢰성 있는 운영을 하기 위해서는 부재의 열화상태를 정확히 평가함과 동시에 적기에 합리적인 보수·보강 등의 유지관리 조치가 요구된다.

현재 운영중인 송전철탑의 부재에 대하여 열화상태를 판독

하기 위한 기준지표가 부분적으로 설정되어 있으며, 유지보수의 시행 여부를 결정하기 위한 열화 상태 검사방법으로서 육안점검이 주로 수행되고 있는 실정이다. 이와 같은 육안점검은 송전철탑 부재의 열화도 판독에 점검자 개인의 경험과 주관이 크게 작용하는 비합리성이 내재되어 있다. 또한 열화상태에 대한 정량적인 분석이 곤란하여 송전철탑의 유지보수 시기 결정에 효율적으로 대응하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해소하기 위하여 본 연구에서는 송전철탑 부재의 부식 및 열화상태를 정량적으로 분석하고 부재의 열화도를 객관적으로 판독할 수 있는 검사장비를 개발하였다.

송전철탑은 사용경과에 따라 부재의 용융아연도금이 부식되는 경우 추가적인 부식 방지를 위해 강재 표면에 도장을 시행하고 있다. 이것은 강재의 소재와 환경을 물리·화학적으로 또는 전기적으로 차단함으로써 부식을 방지하기 위한 조치이다. 현재 도장은 가장 널리 이용되고 있는 방식기법으로서 부식대책 비용의 약 65%를 점유하는 것으로 파악되고 있다. 도장이 널리 이용되고 있는 이유는 도장시공을 위해 특별한 장치가 필요치 않으며 현장시공이 가능할 뿐만 아니라, 비용이 저렴하며 환경친화적인 미관을 유지할 수 있기 때문이다. 그러나, 단점으로서 도료 및 도막의 내구성이 유한하여 일정 주기마다 재도장을 시행해야 한다.

이와 같이 강구조물에 대한 도장관리의 중요성이 인식되면

¹정회원, 한국전력공사 전력연구원, 책임연구원

²정회원, ㈜플랜올이엔씨, 상무이사

³정회원, ㈜세니츠코퍼레이션, 대표이사

⁴정회원, 한국전력공사 전력연구원, 선임연구원, 교신저자

*Corresponding author: inyeop_chu@kepco.co.kr

KEPCO(Korea Electric Power Corporation) Research Institute

•본 논문에 대한 토의를 2016년 8월 1일까지 학회로 보내주시면 2016년 9월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

서 경제적인 도장 유지보수 방안에 대한 연구가 수행되었다. 노출된 대기환경 특성에 따라 적용 가능한 다양한 도장방법을 설정하고 각각의 도장계에 대한 사용수명을 평가하여 생애주기비용을 분석함으로써 도장 유지보수의 경제성을 평가하였다(Jayson L. Helsel et al., 2008). 특히, 송전철탑에 대하여 사전에 부식의 발생 및 진행도에 따라 등급을 규정하고 각각의 부식 등급에 따른 합리적인 보수방안을 계획하여 생애주기 동안 투입된 도장 보수비용을 분석한 결과, 부식 등급별 보수시기의 차이에 따라 2배 이상의 비용이 추가되는 것으로 나타났다(PPG Industries Inc., 2010).

따라서, 공용중인 송전철탑의 운영 및 유지관리에서 부재에 대하여 열화상태를 정확히 파악하는 것은 지지물의 안전성과 경제성을 확보하기 위한 중요 절차이다. 이에 상응하여 종래에 송전철탑 및 강구조물의 부식 열화상태를 점검·진단하기 위한 다양한 기법이 개발되었다. 기본적으로 강재의 부식 및 도장 열화에 대하여 육안점검에 의한 평가기준이 수립되었다(ASTM-D610-08, 2012; SSPC-Vis-2, 2004; ASTM-D772-86, 2011; ASTM-D660-93, 2011). 그리고 초음파를 이용하여 도장 부재의 열화를 측정하는 기법이 소개되었다(David Beamish, 2004; X. Zhang et al., 2014; Paul Grosser, 2006). 또한, 용융아연도금 부재에 대하여 전자기 두께측정기(Electromagnetic Thickness Tester) 및 X-선 형광 분석시스템(Handheld X-Ray Fluorescence Analysis System)을 이용하여 잔존 아연도금막 두께를 효과적으로 측정할 수 있었다(Higashi and Sawada, 2014). 특히, 강구조물의 점검·진단 부위를 CCD(Charge Couple Device) 카메라로 촬영한 영상으로부터 강재 부식, 도장 박락 등의 열화를 영상처리함으로써 열화도를 정량적으로 평가하기 위한 기법들이 개발되어 강교량의 점검·진단에 실제 적용되고 있다(Expressway Research Institute Japan Highway Public Corporation, 2002; Lee, Chan-Young et al., 2004). 송전철탑의 경우 용융아연도금 부재와 도장 부재가 혼재되어 운용되고 있는 실정이지만 HSV 및 Lab 색 공간(Color Space)에 기초하여 디지털 컬러영상처리에 의한 열화도 판정에 관한 연구가 송전철탑 도장 부재를 제외하고 용융아연도금 부재에 한하여 부분적으로 진행되어 왔다(T. Tsushima et al., 2000; Hasegawa and Onoda, 2010).

그러나 기존의 구조물 부식 열화상태 점검·진단 기법들을 송전철탑 열화도 판정에 직접적으로 적용하기에 사용상의 한계가 있다. 즉, 육안점검은 열화도 판정에 대한 정량적 평가가 불가능하고, 비파괴 장비를 활용한 잔존 두께 측정법은 측정정밀도는 높지만 점검 부재에 대한 국부적인 결과로서 구조물 전반에 걸쳐 시행하는 경우 점검·진단 업무의 효율성이 저하되는 문제점이 있다. 이러한 상황에 따라 최근에는 디지털 영상처리에 의한 열화도 판정 기법이 적용되고 있으나, 대부

분 강교량에 대한 것으로서 도장 부재의 열화 특성에 영상처리기술이 최적화되었으며, 따라서 송전철탑과 같이 용융아연도금 처리된 부재에는 적용이 불가능하다. 또한, 기존에 개발된 디지털 컬러영상처리 기반 송전철탑 열화도 판정 기술은 용융아연도금 부재의 열화 특성을 고려한 영상처리 기술로서 송전철탑의 사용경과에 따라 도장보수가 시행되는 경우, 도장된 부재에 대하여 적당한 열화상태 점검·진단 결과를 제시하기 어렵다.

본 연구에서는 한국전력공사의 송전철탑 열화상태 평가기준에 따라 공용중인 송전철탑의 용융아연도금 및 도장 부재에 대하여 강재 부식, 도장 열화를 정량적으로 분석하고 송전철탑의 열화도를 객관적으로 판독할 수 있는 검사장비를 계획하였다. 송전철탑 부재의 부식 및 도장 열화에 대한 RGB 컬러 값(Color Value)을 활용하여 디지털 컬러영상처리 기반으로 송전철탑의 열화도를 판정할 수 있도록 촬영장치(Camera Equipment)와 부식열화 진단 시스템(Computer-Aided Diagnosis System of Corrosion Deterioration)을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 송전철탑 열화등급 판정 기준

송전철탑에 대한 열화도 판정 기준은 각각의 나라 또는 유지관리주체에 따라 상이할 수 있다. 본 연구에서 개발될 송전철탑 부재 부식열화 검사장비의 주요 활용처인 한국전력공사에서는 송전철탑 용융아연도금 및 도장 부재의 열화에 따른

Table 1 Criteria of Deterioration Grade for Hot Dip Galvanizing Member

Grade	External characteristics
1	<ul style="list-style-type: none"> Shows bright gray color(original color of member) Surface is satisfactory with no discoloration and corrosion
2	<ul style="list-style-type: none"> Shows faint rust according to the exposure of galvanizing alloy layer, and also shows light yellow color on the overall surface The area rate of the discolored site into red or black is within 10%
3	<ul style="list-style-type: none"> The alloy layers on all sides are exposed. Beginning to show red color, and spots of rust or local corrosion has occurred The area rate of the rust within the 1m size of the member is within 20%
4	<ul style="list-style-type: none"> The alloy layer and steel member are exposed in wide area to be changed into red and black color The area rate of the rust within the 1m size of the member is between 20~40%
5	<ul style="list-style-type: none"> The steel member is shown wider than in grade 4, and noticeable black discoloration has occurred Area rate of rust in the 1m size of the member is over 40%

Table 2 Criteria of Deterioration Grade for Painted Member

Grade	External characteristics
1	<ul style="list-style-type: none"> •Shows the unique color(green, orange, etc.) of the initial painted member •The surface condition is satisfactory, and has no discoloration, crack, exfoliation, swelling and exposure of the base material
2	<ul style="list-style-type: none"> •Shows slight discoloration on the painted member, but the surface condition is satisfactory in overall, and the area rate of damage such as crack, exfoliation, swelling and exposure of the base material are less than 5%
3	<ul style="list-style-type: none"> •Crack, exfoliation, swelling and exposure of the base material are occurred on the surface of the painted member •There are also corrosion on the base material exposed •The area rate of damage within 1m size of the length in the member is less than 20%
4	<ul style="list-style-type: none"> •Crack, exfoliation, swelling and exposure of the base material are widely occurred on the surface of the painted member •There are corrosion also on the base material exposed •The area rate of damage within 1m size of the length in the member is between 20~40%
5	<ul style="list-style-type: none"> •Crack, exfoliation, swelling and exposure of the base material are occurred on the surface of the painted member more wider than grade 4 •There are corrosion also on the base material exposed •The area rate of damage within 1m size of the length in the member is over 40%

강재 표면의 색상 변화 특징을 이용하여 육안점검 방법으로 부식의 상태를 진단 및 평가하고 있으며, 가공송전운영업무기준에 따라 부식방지도장의 대상부재를 선정하고 있다(Korea Electric Power Corporation, 2013).

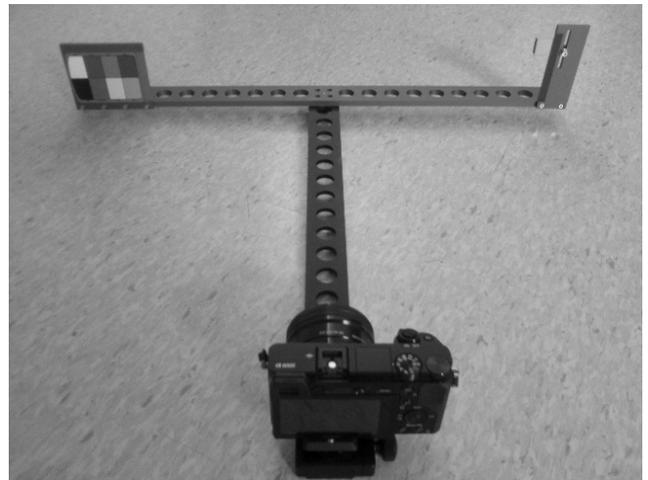
Table 1은 기존의 한국전력공사 가공송전운영업무기준에 제시되었던 송전철탑 부재 열화도 진단 및 평가 기준을 강화하여 개정된 부식방지도장 진단 기준으로서 송전철탑 용융아연도금 부재의 부식 진행에 따른 외관의 상태를 나타낸 것이다. Table 2는 송전철탑 도장 부재의 부식 진행에 따른 외관의 특징을 나타낸 것으로서 각각의 외관 상태에 따라 열화도를 1(양호)~5(불량) 등급으로 분류하여 진단 평가를 수행하도록 되어 있다.

2.2 부식열화 영상 촬영장치 개발

Table 1, Table 2에서와 같이 송전철탑의 열화도는 부재 가로 1.0 m 크기의 면적 내 녹 또는 손상 면적률에 따라 결정되므로 송전철탑 열화도 판정 촬영장치는 항상 부재 가로 1.0 m 크기를 촬영할 수 있도록 개발할 필요가 있다. 그러나 Photo 1(a)에서와 같이 송전철탑에 승탑하여 부재 길이 1.0 m를 한번에 촬영하는 것은 매우 어려운 일이며, 따라서 본 연구에서는 Photo 1(b)와 같이 부재 길이 0.5 m를 연속적으로 촬영하여 송전철탑의 열화도를 진단 및 평가하도록 계획하였다.



(a) Safety Inspection Scene



(b) Camera Equipment

Photo 1 Camera Equipment for Corrosion Deterioration Inspection Tool

Photo 1(b)에서와 같이 촬영장치는 촬영된 송전철탑 부재에 대하여 관심영역(ROI ; Region of Interest)을 영상처리 기술로 자동 추출할 수 있도록 파랑색 사각 프레임 형태로 제작하였으며, 송전철탑 부재의 폭은 사각 프레임의 우측 단변에 있는 노랑색 마커(Marker)에 의해 위치를 설정하여 영상처리할 수 있도록 하였다. 특히 사각 프레임의 좌측 단변에 있는 색상표(Color Chart)는 조도의 변화에 따른 영상의 왜곡을 보정하기 위한 RGB 기준값 정보를 제공한다.

촬영장치 운용의 편리성을 위하여 사각 프레임 단변 하부에 자석을 설치하였으며, 사각 프레임 중앙에 디지털 카메라 지지대를 탈·부착할 수 있도록 하였다. 촬영장치에 적용된 디지털 카메라는 사각 프레임 중앙의 수직 지지대에 부착되어 일정거리에서 동일한 화각과 배율로 송전철탑 부재를 촬영함으로써 항상 규격화된 열화영상을 확보할 수 있다.

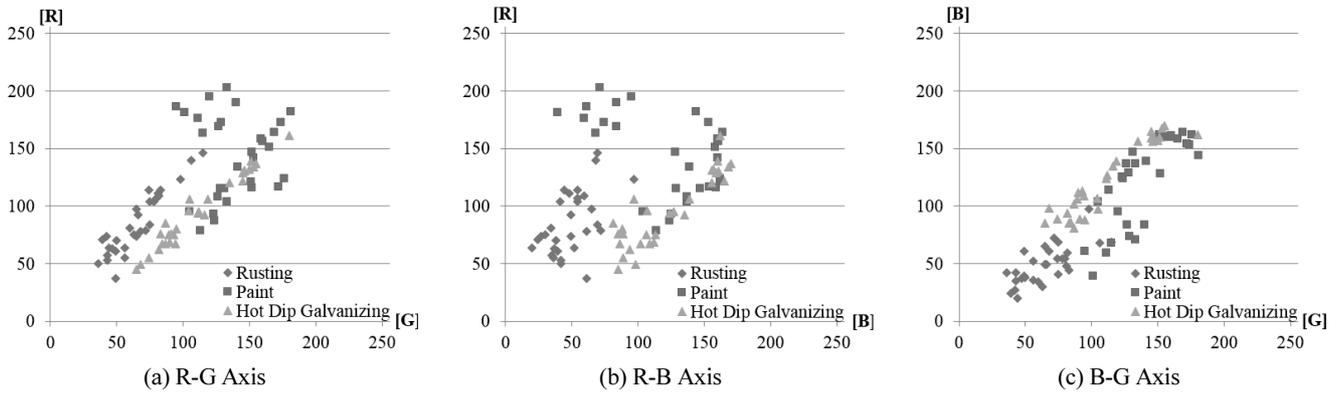


Fig. 1 RGB Value of Transmission Tower Steel Member

Table 3 RGB Value Analysis of Transmission Tower Steel Member

Division	Rust			Painting			Hot Dip Galvanizing		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Maximum	146	115	97	203	181	164	161	180	170
Minimum	37	36	20	79	95	39	45	65	81
Average	85	65	49	144	139	122	96	112	123
Variance	719	386	273	1,229	554	1,412	946	937	949
Standard Deviation	27	20	17	35	24	38	31	31	31

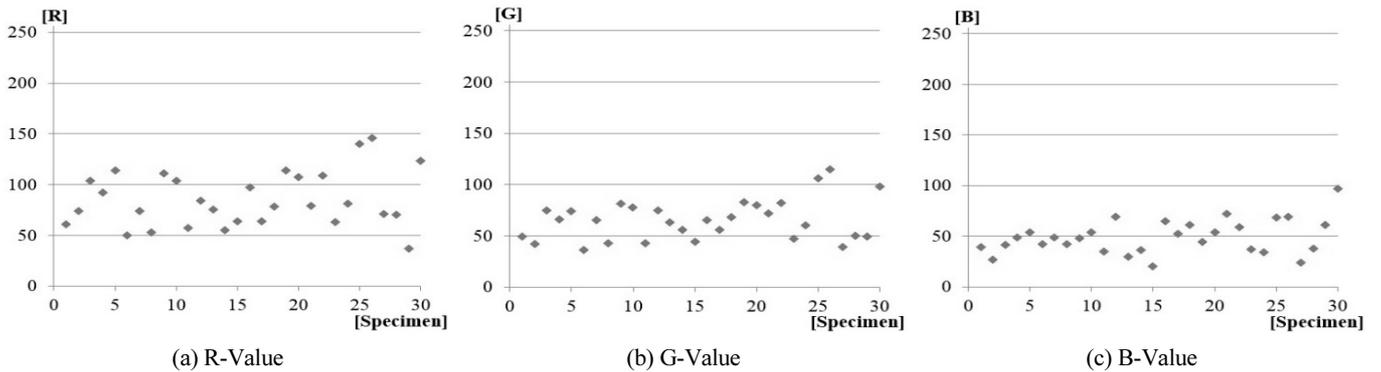


Fig. 2 RGB Value of Rusting for Transmission Tower Steel Member

2.3 부식열화 컬러영상처리 기법 개발

송전철탑 용융아연도금 및 도장의 열화에 따른 부재 표면의 색상 변화 특징을 이용하여 열화영상으로부터 열화도 판정을 위한 컬러영상처리를 수행하기 위해서는 녹, 도장, 용융아연도금의 색 특징을 확보해야 한다. 본 연구에서는 공용중인 30기의 송전철탑을 대상으로 부재 열화영상을 촬영하여 녹, 도장, 용융아연도금의 RGB 컬러 값을 분석하였으며 그 결과는 Fig. 1, Table 3과 같다.

Fig. 1, Table 3에서와 같이 녹의 RGB 값은 용융아연도금 및 도장의 RGB 값과 구분이 가능한 것을 알 수 있다. 그리고 송전철탑에 적용된 도장은 그 목적에 따라 녹색, 주황색, 흰색,

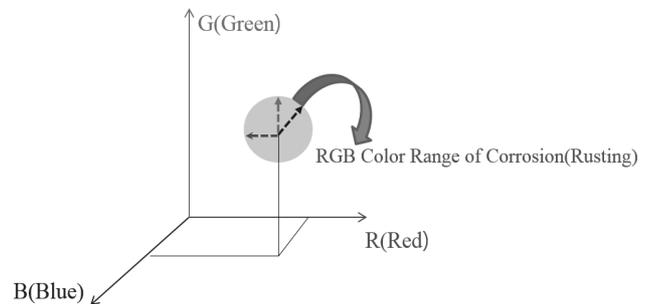


Fig. 3 Color Image Processing Solution of Corrosion Deterioration for Transmission Tower Steel Member

Table 4 System Development and Operation Environment

Division	Contents
Development tool	<ul style="list-style-type: none"> • Language : C++(Microsoft Visual Studio 2010) • DBMS : MS-SQL
Operating environment	<ul style="list-style-type: none"> • OS : Windows Server 2012 • User Interface : XPLATFORM 9.2(Internet WEB) • WEB Server : Tomcat 7.x
H/W	<ul style="list-style-type: none"> • IBM-PC Compatible



Photo 2 Architecture of computer-aided diagnosis system for Transmission Tower Steel Member

미색 등을 다양하게 적용하고 있으므로 RGB 값이 넓게 분포하고 있다. Fig. 2는 녹에 대한 RGB 값의 분포 현황을 나타낸 것이다. 따라서 송전철탑 열화도 판정을 위한 컬러영상처리는 Fig. 3에서와 같이 용융아연도금 및 도장 부재 열화영상의 픽셀(Pixel)별 RGB 값을 대상으로 Table 3의 결과에 기초하여 녹 또는 도장의 RGB 값을 선별·추출하는 것이 핵심이다.

2.4 부식열화 진단 시스템 개발

송전철탑 용융아연도금 및 도장 부재의 열화영상으로부터 열화도 판정을 위한 컬러영상처리 부식열화 진단 시스템을 계획하였다. Windows 환경에서 웹 기반으로 사용이 가능하도록 개발함으로써 사용자의 접근성을 고려하였다. 부식열화 진단 시스템의 개발 및 운영 환경은 Table 4, Photo 2와 같다.

Fig. 4는 컬러영상처리 기반 부식열화 진단 시스템의 송전철탑 부재 열화도 판정 절차를 나타낸 것이다. 부식열화 진단 시스템의 송전철탑 열화도 판정 절차는 용융아연도금 부재와 도장 부재에 대하여 이원화되어 있으나 주요 처리 절차는 동일하다. 즉, 송전철탑 부재의 열화영상을 촬영하여 부식열화 진단 시스템에 입력하고 입력된 영상으로부터 관심영역(ROI)을 추출한다. 관심영역에 대하여 색상표를 활용한 영상보정을 시행하고 용융아연도금 부재와 도장 부재를 구분하여 컬러영상처리를 수행하여 녹 및 손상 면적률을 산정함으로써 용융아연도금 부재와 도장 부재의 열화 등급 기준에 따라 열

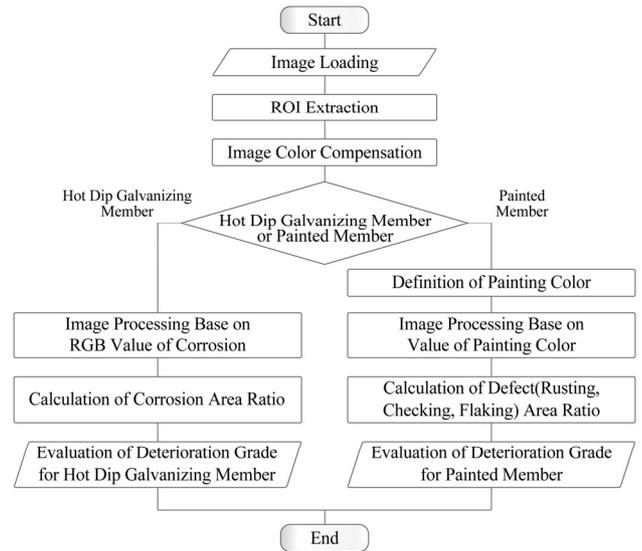


Fig. 4 Flow Chart on the Computer-Aided Diagnosis System of Corrosion Deterioration

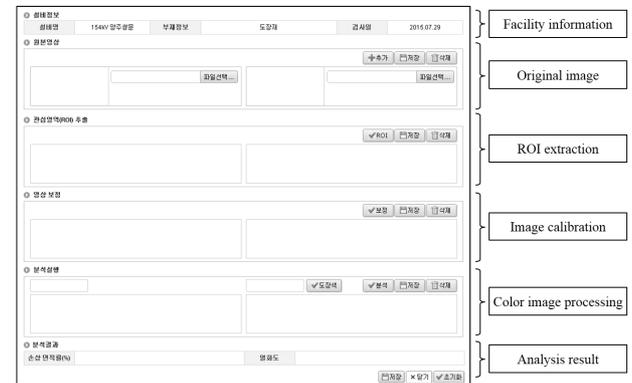


Fig. 5 GUI of Computer-Aided Diagnosis System

화도를 판정한다.

용융아연도금 부재와 도장 부재에 대한 열화도 판정 절차를 이원화한 이유는 용융아연도금 부재와 녹의 RGB 값이 고유한 반면, 도장 부재의 RGB 값은 적용 도료에 따라 다양하게 존재한다. 따라서 송전철탑 도장 부재의 열화도 평가를 위한 컬러영상처리에는 도장 도료의 RGB 값을 정의하는 처리 절차가 요구되며, 결정된 도장 도료의 RGB 값을 바탕으로 컬러영상처리를 수행함으로써 손상 부위를 영상처리 할 수 있다. Fig. 5는 부식열화 진단 시스템의 GUI(Graphic User Interface)를 나타낸 것이다.

개발된 부식열화 진단 시스템을 이용한 송전철탑 용융아연도금 및 도장 부재의 열화도 판정 결과의 사례는 Photo 3, Photo 4와 같다. Photo 3에서와 같이 촬영장치로부터 획득된 송전철탑 용융아연도금 부재의 열화영상으로부터 디지털 컬러영상처리를 수행하여 녹 부위의 픽셀은 빨강색으로, 정상

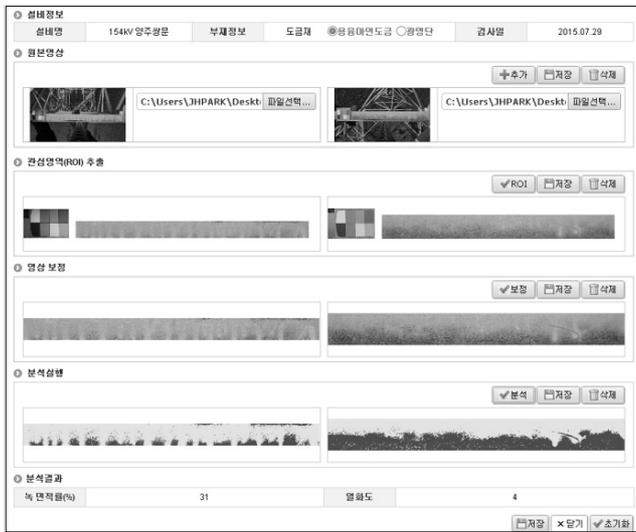


Photo 3 Analysis Result of Corrosion Deterioration for Transmission Tower Hot Dip Galvanizing Member

부위의 픽셀은 노랑색으로 변환시켜 후처리함으로써 열화 부위의 직관적 인식이 가능하도록 하였다. 그리고 디지털 열화 영상으로부터 빨강색 부분의 픽셀 수를 열화영상 전체의 픽셀 수로 나누어 녹 면적률을 산출하여 Table 1에서와 같은 한국전력공사의 송전철탑 열화도 판정기준에 따라 등급을 결정한다. Photo 4의 송전철탑 도장 부재에 대해서는 처치된 도장 및 도료의 원색으로부터 녹, 균열, 박락, 부풀음 등의 손상 부위를 빨강색으로 후처리하여 면적률을 산정하고 Table 2에서와 같은 열화도 판정기준에 따라 등급을 결정한다.

3. 결론

본 연구에서는 한국전력공사 가공송전운영업무기준의 송

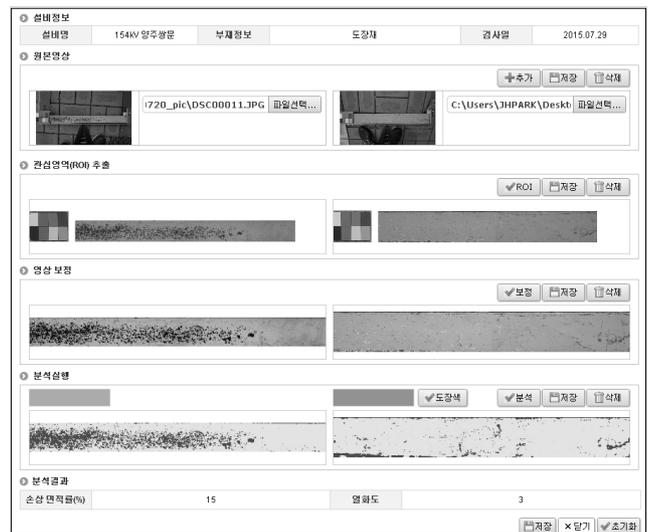
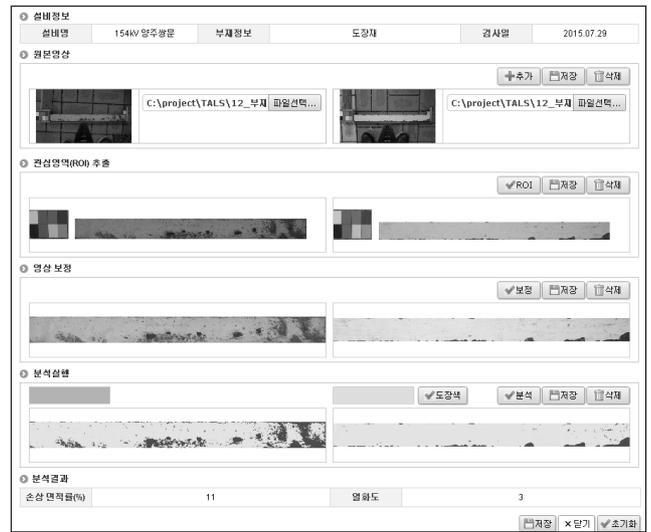


Photo 4 Analysis Result of Corrosion Deterioration for Transmission Tower Painted Member

전철탑 열화상태 평가기법에 따라 공용중인 송전철탑의 용융아연도금 및 도장 부재에 대하여 강제 부식, 도장 손상을 정량적으로 분석하고 송전철탑의 열화도를 객관적으로 판독할 수 있는 송전철탑 부재 부식열화 검사장비를 개발하였다. 검사장비는 송전철탑 부재에 대하여 규격화된 열화영상을 확보할 수 있는 부식열화 영상 촬영장치와 송전철탑 용융아연도금 및 도장 부재의 열화영상으로부터 녹, 용융아연도금, 도장의 RGB 특징 값을 기반으로 컬러영상처리하여 열화도를 판독하는 부식열화 진단 시스템으로 구성하였다.

개발된 부식열화 진단 시스템을 이용하여 송전철탑 용융아연도금 및 도장 부재의 열화도 판정을 시험한 결과, 용융아연도금 부재의 열화영상으로부터 녹 면적률 및 열화도를 정량적으로 평가할 수 있었다. 또한, 도장 부재의 열화영상으로부터 녹, 균열, 박락, 부풀음 등의 손상을 컬러영상처리하여 손

상 면적률에 근거한 열화도를 결정할 수 있었다.

송전철탑 부재 부식열화 검사장비 개발에 적용된 녹, 도장, 용융아연도금 RGB 특징 값 기반의 컬러영상처리 열화도 판정 기법은 유사 강구조물의 부식 및 도장 열화상태 점검·진단에 확대적용이 가능할 것으로 기대된다. 이를 위해서는 각각의 점검·진단 대상시설물에 대한 열화도 판정기준의 수립이 선행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20131010501790). 이에 감사드립니다.

References

ASTM-D610-08 (2012), Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, ASTM International.

ASTM-D660-93 (2011), Standard Test Method for Evaluating Degree of Checking of Exterior Paints, ASTM International.

ASTM-D772-86 (2011), Standard Test Method for Evaluating Degree of Flaking(Scaling) of Exterior Paints, ASTM International.

David Beamish (2004), Using Ultrasonic Coating Thickness Gauges, *Materials Performance*, 2-5.

Expressway Research Institute Japan Highway Public Corporation (2002), Development of a system for diagnosing bridge coating deterioration degree(Paint View).

Jayson, L. H., and Robert, L., and Kirk, W. (2008), Expected Service Life and Coat Considerations for Maintenance and New Construction

Protective Coating Work, CORROSION/2008, Paper No. 08279.

Junya, H., and Takashi, O. (2010), Judgment of the Galvanizing Degradation Degree Based on the Color of Digital Images of Power Transmission Tower, The 24th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence(In Japanese, with English abstract).

Korea Electric Power Corporation (2013), Overhead Transmission Operation Business Standards.

Lee, C.-Y., and Cheong, H., and Kim, O.-S. (2004), Construction of Paint Film Diagnosing System for Effective Maintenance of Steel Bridges, *Journal of the Korea institute for Structural Maintenance Inspection*, KSMI, 8(11), 41-51.

Paul Grosser (2006), Ultrasonic Detection and Measuring of Isolated or Pitting Corrosion, 12th A-PCNDT 2006 Asia-Pacific Conference on NDT, Auckland, New Zealand.

PPG Industries Inc. (2010), Transmission Tower Maintenance Bottom Line Savings Through Active Maintenance, White Paper.

SSPC-Vis-2 (2004), Standard Method of Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, The Society for Protective Coatings.

Tsushima, T., and Ishii, A., Iida, T., Masaoka, N., and Matsusue, H. (2000), Study on Diagnostic Method for Deterioration of Members of Power Transmission Steel Tower Coated with Hot-Dip Zinc, The Japan Society of Mechanical Engineers, No. 00-2(In Japanese, with English abstract).

Yasuhiro, H., and Takashi, S. (2014), Comparative Study on Nondestructive and Destructive Methods of Evaluating Thicknesses of Hot-dip Galvanized Coatings, *Journal of Surface Analysis*, 20(3), 202-206.

Zhang, X., Augereau, F., Laux, D., Le Clezio, E., Ismaili, N. A., Kuntz, M., and Despau, G. (2014), Non-destructive Testing of Paint Coatings on Steel Plates by Ultrasonic Reflectometry, *Journal of Nondestructive Evaluation*, 33, 504-514.

Received : 03/14/2016

Revised : 04/26/2016

Accepted : 04/27/2016

요 지 : 근래에 송전철탑의 수명연장과 유지관리 비용 절감을 위한 관심이 증가하고 있다. 그러나 송전철탑 부재의 부식 열화도를 진단하는 재래적인 방법으로서 육안점검은 점검자 개인의 지식과 경험의 차이에 따라 오류를 야기하는 문제점을 내포하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 연구에서는 송전철탑 강 부재에 대한 부식열화 검사장비를 개발하였다. 개발된 검사장비는 부식열화 영상 촬영장치 및 컴퓨터 기반 진단 시스템으로 구성된다. 영상처리에 적합한 열화영상을 확보하기 위하여 촬영장치를 개발하여 촬영방법을 표준화하였으며, 진단 시스템은 RGB 컬러영상처리 기법에 기초하여 송전철탑 부재의 부식 열화도를 자동적으로 평가하도록 설계하였다. 개발된 부식열화 검사장비는 송전철탑 부식에 대한 최적 유지보수 시기를 결정하는 것에 도움이 될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 송전철탑, 유지관리, 부식열화 검사, RGB, 컬러영상처리