

# 부식촉진실험을 이용한 강교용 무도장 강재의 부식내구성 평가

## Corrosion Durability Evaluation of Uncoated Structural Steel Using Accelerated Exposure Tests

김 인 태<sup>1),†</sup> · 伊藤 義人<sup>2)</sup>  
Kim, In Tae Itoh, Yoshito

요 약 : 도장, 용사 및 도금 등의 강교용 방청법의 장기내구성 평가에는 대기노출실험법이 사용되고 있으나, 노화데이터를 얻기까지는 수년에서 수십 년이라는 장기간의 실험기간을 필요로 한다. 본 연구에서는 기존의 방청법을 포함하여 최근에 개발, 사용되고 있는 강교용 방청법의 장기내구성의 단기간 평가를 위한 기초단계로서 무도장 강재의 부식내구성 평가를 위한 부식환경 촉진실험법의 활용에 대해 검토하였다. 본 실험에는 일본공업규격(JIS)에 규정되어 있는 S6-cycle 부식환경 촉진실험조건을 이용하여, 30, 60, 90, 120, 150일간의 무도장 강재의 부식 중량감소량 및 두께감소량의 경시변화를 정량적으로 평가하였다. 그리고 기존의 대기노출실험과 본 실험으로부터 구한 중량감소량을 이용하여 촉진배율을 산출하고, 대기노출실험지의 지역환경구분, 해안선으로부터 거리, 아황산가스량 및 비래(飛來)염분량과의 관계를 검토하였다. 그 결과, 촉진배율을 비래염분량으로 정식화하였으며, S6-cycle 부식촉진실험결과의 대기노출환경에서의 활용 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT : The corrosion durability of steel bridge coatings, such as organic and metallic coatings, is often evaluated by field exposure tests, but such tests take from several years to decades to complete. As a potential method for fast corrosion testing, accelerated exposure tests were considered in this study. The S6-cycle accelerated exposure test, specified in the Japanese Industrial Standards (JIS K5621), was carried out on uncoated structural steels for 30, 60, 90, 120 and 150 days, and the resultant weight loss was determined. The weight loss was compared with that obtained from previous field exposure tests, and acceleration factors of the S6-cycle test to field exposure test sites were determined. The application of the S6-cycle accelerated exposure tests to field environments was presented based on the acceleration factor and the amount of flying salt.

핵심용어 : 강교, 부식, 촉진실험, 무도장강재, 중량감소, 비래염분, 촉진배율

KEYWORDS : steel bridge, corrosion, accelerated exposure test, uncoated structural steel, weight loss, flying salt, acceleration factor

### 1. 서론

사회기반시설의 라이프사이클(Life cycle)에 있어 비용과 환경부하를 삭감하기 위해서는 건설시의 효율성 증대 및 비용 삭감뿐만 아니라, 유지관리, 폐기/재건설을 고려한 라이프사이클에 의한 검토가 필요하다. 강교의 LCA(Life Cycle Assessment)에 있어 정량화된 각 부재의 장기 내구성 또는 노화수명을 필요로 하지만, 일반적으로 각 전문가에 대한 어려움을 통해 경험적으로 가정된 노화수명이 사용되고 있다

(Sunuwar, 1997; 伊藤, 1999, 2000).

강재의 부식에 대한 장기내구성 및 노화수명을 실험적으로 평가하는 방법으로 대기노출실험법을 들 수 있다. 대기노출실험법은 노출시험지의 실제 환경에 의한 노화현상 및 노화수명에 대한 확실한 데이터를 얻을 수 있지만, 수년에서 수십 년이라는 긴 노출실험기간을 필요로 하고, 또한 그 결과를 직접 다른 부식환경에 적용하기 어렵다는 점이 지적되고 있다. 이로 인하여 단기간 내에 부식내구성을 검토 또는 대기노출실험의 보완/대체 방법으로 환경촉진실험이 재료 및 자동차분야를 중심으로 실시되어져 왔다(自動車協會, 1991). 토목의 강교

1) 교신저자. 정회원, 부산대학교 토목공학과 조교수, 공학박사  
(Tel. 051-510-2497, Fax. 051-513-9596, E-mail: itkim@pusan.ac.kr)  
2) 나고야대학 토목공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2007년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

분야에 있어서 환경축진시험법은 주로 새로운 도장이나 방청법의 내구성 검증이나 부식성능의 상대 평가에 사용되어 왔다(藤原, 1997; 神谷, 1994; 藤原, 1997; 高橋, 2003). 그리고 대기노출시험결과와의 비교를 통해 대기노출환경에의 적용성에 대해서도 검토되고 있다. 그러나 기존의 연구들은 특정 단기간의 부식축진시험결과와 대기노출시험결과에 근거하고 있어, 두 시험법 간의 상관성이 명확히 확립되어 있지 않으며 장기간의 노화현상 추적에 적용하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 부식환경 축진시험법 중 JIS(Japanese Industrial Standards)에 규정되어 있는 복합환경사이클(S6사이클) 시험법과 대기노출환경과의 상관관계를 명확히 하고, 실제 대기노출환경에의 적용법에 대해 검토하였다. 본 실험에서는 무도장 강재를 30, 60, 90, 120, 150일간 S6사이클 부식환경하에 노출시킨 후, 부식생성물을 제거하고 부식 중량감소량을 측정하였다. 그리고 각 실험기간에 따른 중량감소량과 기존의 1, 3, 5, 7, 9년간의 대기노출시험을 통해 산출된 중량감소량을 이용하여 두 시험법 간의 상관성을 검토하였다. 그 결과 대기노출시험지의 비례염분량을 이용하여 S6사이클의 축진배율을 정식화하였고, 본 연구결과의 실제 대기노출환경에의 활용법도 제시하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 실험장치

본 실험에서는 그림 1에 나타난 염수분무조건, 온습조건, 건조조건 등을 임의의 순서와 조합에 의해 자동적으로 복합사이클 운전이 가능한 복합환경사이클 시험기를 사용하였다. 사용 환경시험소의 크기는 가로 2000×세로 1000×높이 500mm로, 최대 70×150mm시편을 188개 배치할 수 있다.

### 2.2 실험시편의 제작

본 실험에서는 JIS규격의 두께 9mm의 보통강(JIS SM490A)를 사용하였다. 먼저 가로 70×세로 150mm로 강판을 절단하여, 실구조물과 유사하게 표면 거칠기는 약 70 $\mu$ m가 되도록 그릿블라스트(JIS G5903, S-G50) 표면처리를 실시하였다. 30, 60, 90, 120, 150일간의 부식축진 환경시험용으로 각각 6개의 시편을 제작하였다. 사용강재의 화학성분은 표 1에 나타내었다.

### 2.3 실험조건

본 실험에서 사용한 S6사이클 시험조건(JIS K5621)을 그림

2에 나타내었다. S6사이클은 5%농도염수 분무, 습윤 및 온도가 다른 2종류의 건조 과정으로 구성되어 있다. 1 사이클에는 6시간이 소요되고 1일 4사이클로 구성된다. S6사이클은 藤原(1997)가 실시한 도장 강판의 부식내구성 연구에 있어, 현재 일반적으로 사용되어지고 있는 부식환경 축진시험조건(표 2 참조) 중에서, 대기노출 실험결과와 상관성이 높다고 제안된 실험방법 중의 하나로, JIS에도 규정되어 있어 본 실험의 부식환경 축진시험조건으로 채택하였다.

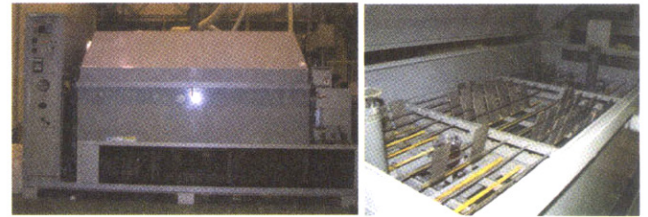


그림 1. 복합환경사이클시험기

표 1. 사용강재의 화학성분(%)

강종	C	Si	Mn	P	S
JIS SM490A	0.16	0.37	1.44	0.01	0.001

표 2. 각종 부식환경 축진시험조건(藤原, 1997)

Test type	Test conditions of one cycle			
S6 cycle (JIS K5621)	Salt-spray 5% NaCl 30°C 0.5hr	Wet 95% R.H. 30°C 1.5hr	Dry 20% R.H. 50°C 2hr	Dry 20% R.H. 30°C 2hr
	→			
	→			
SS cycle (JIS Z2371)	Salt-spray 5% NaCl 35°C	Continue →		
	→			
JASO cycle (JASO M609-91)	Salt-spray 5% NaCl 35°C 2hr	Dry 50% R.H. 70°C 4hr	Wet 95% R.H. 50°C 2hr	→
	→			
	→			
ASTM cycle (ASTM D2933-74)	Salt-spray 5% NaCl 35°C 4hr	Wet 100% R.H. 37.8°C 18hr	Freeze -23.3±2°C 2hr	→
	→			
	→			
DS cycle (PWRI in 1980)	Salt-spray 5% NaCl 35°C 0.5hr	Dry 50% R.H. 50°C 2hr	Wet 90% R.H. 50°C 15hr	Dry 50% R.H. 50°C 5hr
	→			
	→			
NS1 cycle	Salt-spray 5% NaCl 35°C 4hr	Dry 50% R.H. 60°C 2hr	Wet 95% R.H. 50°C 2hr	→
	→			
	→			
NS2 cycle	Sewater-sp ray 35°C 4hr	Dry 50% R.H. 60°C 2hr	Wet 95% R.H. 50°C 2hr	→
	→			
	→			

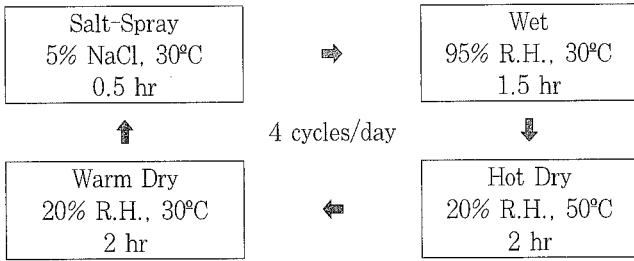


그림 2. S6 사이클 시험조건

시편 배치위치에 따라서 부식중량감소량이 40~50%정도로 큰 오차가 발생하는 것으로 알려져 있다. 이에 본 실험에서는 복합사이클 시험소내의 시편 배치에 따른 부식감소량의 차이를 확인하기 위한 예비 실험을 실시하였다. 그 결과로 확인된 중량감소량의 오차가 10%이내인 구간 내에 본 실험의 시편을 배치하였으며, 정기적으로 시편의 배치위치를 로테이션 하였다. 시편의 설치각도는 연직방향으로부터 보유각 15도로 경사지게 배치하였다(JIS Z2371).

## 2.4 환경시험소 내의 시편 배치

일반적으로 복합환경사이클 부식촉진실험에서는 시험소내의

## 2.5 실험과정 및 부식생성물 제거

실험개시 후, 30, 60, 90, 120, 150일째에 각각 시편 6개의

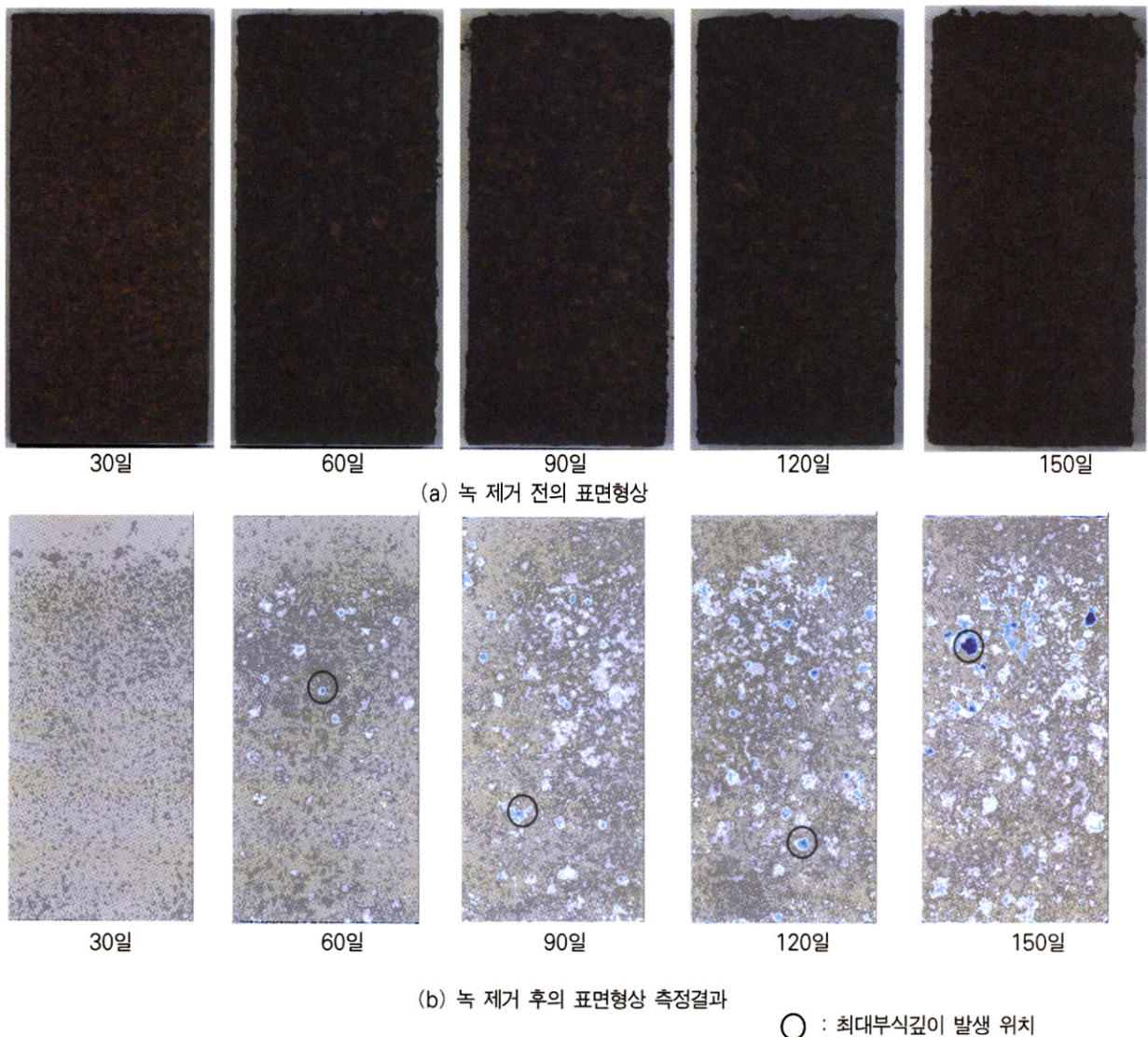


그림 3. 실험기간의 경과에 따른 표면형상의 변화

의 촉진실험을 종료하고, 구연산암모늄과 치오요소(尿素)의 혼합용액에 넣어 100℃로 1-2시간 끓인 후 플라스틱 솔로 부식생성물을 제거하였다. 그리고 각 시편의 중량과 두께를 측정하여, 부식에 의한 중량 및 두께 감소량을 산출하였다. 두께 측정에는 각 시편 표면의 5점에 대해 마이크로메타(측정정도 1µm)를 사용하였다. 그리고 레이저 변위계와 자동 이동테이블로 구성된 레이저포커스 측정시스템(스팟직경: φ30µm, 측정정도: 0.1µm)을 이용하여 시편의 상면(가로 70×세로 150mm)의 표면형상을 측정하여 두께를 산출하였다. 표면형상의 측정간격은 100×100µm로 각 시편 상면의 약 105만점을 측정하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 표면형상의 경시변화

실험개시 후 30, 60, 90, 120, 150일째의 시편의 표면형상과 부식생성물 제거 후 레이저포커스 측정시스템으로 측정한 시편의 표면형상을 그림 3에 나타내었다. 실험개시 후, 시편의 표면에는 산발적으로 녹이 발생하여, 약 20일 후에는 전 표면에 녹이 발생하였다. 그리고 실험기간의 증가와 더불어 녹층에는 부분적으로 크레타, 녹층의 균열 및 부풀림이 발생하였다. 그림 3(a)에 나타낸 것과 같이 30일째의 시편에는 갈색의 녹층이 생성되었고, 60일, 90일, 120일, 150일로 실험기간이 증가함에 따라서 흑갈색으로 변색되었다. 이러한 녹의 성분은 주로 수화(水化)한 산화제2철 Fe(OH)<sub>3</sub>이며, 식 (1) 및 식 (2)의 화학반응에 의해 생성되었다.

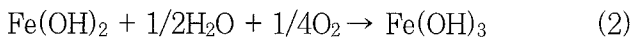
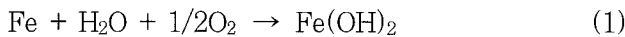


그림 3(b)에 나타낸 것과 같이 부식깊이는 실험기간의 증가와 더불어 증가하였으며, 국부부식에 의한 최대 부식깊이도 점점 커짐을 알 수 있다.

#### 3.2 중량감소량의 경시변화

대기노출환경하의 부식에 의한 무도장 강재의 중량감소량과 시간과의 관계는 식 (3)으로 나타낼 수 있다(建設省土木研究所, 1993).

$$W = a \cdot t^b \quad (3)$$

여기서, W는 중량감소량(kg/m<sup>2</sup>), t는 시간(년), a와 b는 정수이다.

실험 개시 후 30, 60, 90, 120, 150일간의 실험종료 후의 중량감소량을 그림 4에 나타내었다. 그리고 식 (3)의 시간 t(년) 대신에 실험기간 t<sub>d</sub>(일)을 사용하여, 본 실험에서 산출된 평균중량감소량 W<sub>i</sub>과 실험기간과의 관계를 그림 4에 실선의 회귀곡선으로 나타내었다. 그리고 m±2s (m:평균값, s:표준편차)의 회귀곡선을 점선으로 나타내었다. 여기서, R<sup>2</sup>는 결정계수를 나타낸다.

부식에 의한 중량감소량은 실험기간의 증가와 더불어 증가하지만, 각 실험기간 간의 증가량은 감소하는 경향이 있음을 알 수 있다. 그리고 S6사이클 촉진실험을 통해 구한 무도장 강재의 중량감소량은 대기노출실험결과와 동일하게 식 (3)으로 정도 높게 정식화할 수 있음을 알 수 있다.

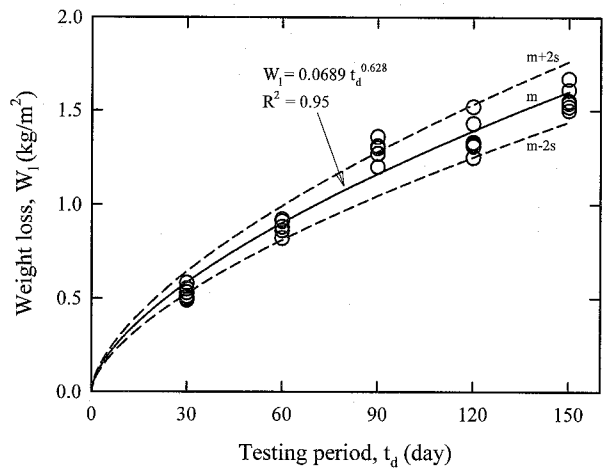


그림 4. 중량감소량의 변화

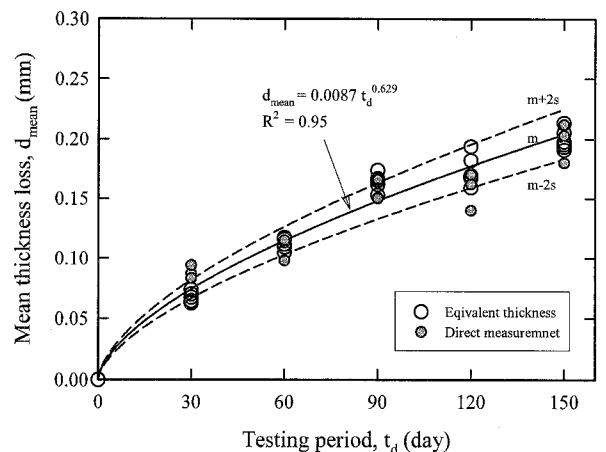


그림 5. 두께감소량의 변화

대기환경하의 무도장 강판의 중량감소량은 그림 4에 나타낸 것과 같이 부식발생의 초기단계에서는 비교적 빠르게 진행되지만, 시간의 경과와 더불어 저하하는 경향을 보인다. 이는 부식

초기단계에서는 강재표면에 점상(点狀)의 녹이 발생하여 염화물류나 오염물질 등의 흡착을 유발하여 부식 진행이 촉진되지만, 그 후 시간의 경과와 더불어 두껍게 형성된 녹층에 의해 발생하는 보호작용에 의해 부식진행이 늦어지는 것으로 추정된다. 이러한 외기환경에 대한 녹층의 보호작용은 주로 강재표면과 접하는 세밀하게 형성된 녹의 내층에 의한 것으로 추정되고 있다.

### 3.3 평균 두께감소량의 경시변화

부식에 의한 강재의 평균두께 감소량의 산출에는 중량환산 두께와 마이크로 메타 등에 의한 직접 두께 측정법이 사용되고 있다(Cleveland Society, 1993; 建設省土木研究所, 1993). 중량환산 두께는 시편의 전면이 균일하게 부식한다는 가정 하에 중량감소량을 표면적으로 나누어서 구한 두께이다(建設省土木研究所, 1993). 본 연구에서는 6개 중 3개의 시편에 대해 마이크로메타와 레이저 포커스 측정시스템을 이용한 직접측정에 의한 두께 감소량도 측정하였다.

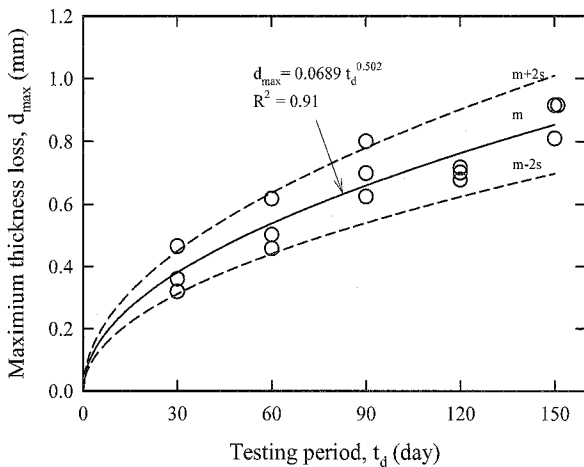


그림 6. 최대 부식깊이 및 두께감소량의 변화

중량환산과 마이크로메타에 의한 두께감소량을 그림 5에 나타내었다. 여기서 마이크로 메타에 의한 측정결과는 측정점 5점에 대한 3회 측정치의 평균치이다. 그림 5에 나타난 것과 같이, 마이크로메타와 중량환산으로 구한 두께는 부식실험기간 30일에서 약간의 차가 발생하지만, 그 이외의 부분에서는 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 한편 레이저포커스 측정시스템의 표면측정결과로부터 구한 두께감소량은 전 실험기간에 걸쳐 중량환산 두께와 거의 일치함이 확인되었다.

중량환산 두께감소량의 평균(m)과 m±2s의 데이터에 대한 회귀곡선을 그림 5에 나타내었다. 무도장 강재의 평균 두께감소량  $d_{mean}$  과 실험기간  $t_d$ 와의 관계는 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$d_{mean} = 0.0087 (t_d)^{0.629} \quad (4)$$

### 3.4 최대 두께감소량의 경시변화

레이저 포커스 측정시스템을 이용한 표면형상측정결과로 부터 구한 최대 두께감소량을 그림 6에 나타내었다. 그리고 평균(m) 및 m±2s의 회귀곡선도 도시하였다. 실험기간 30, 60, 90, 120, 150일째의 최대 두께감소량은 각각 0.32-0.36mm, 0.46-0.62mm, 0.63-0.80mm, 0.68-0.72mm, 0.81-0.92mm로 실험기간의 증가와 함께 점점 증가는 것을 알 수 있다. 그리고 최대두께감소량  $d_{max}$ 와 실험기간  $t_d$ 와의 관계는 식 (5)로 근사화할 수 있다.

$$d_{max} = 0.0689 \cdot (t_d)^{0.502} \quad (5)$$

3.3에서 기술한 평균 두께감소량과 최대 두께감소량을 비교하면, 각 실험기간에 대한 최대 두께감소량은 평균 두께감소량의 약 4.2-4.8배에 해당함을 알 수 있다.

## 4. 대기노출환경과의 상관성 및 적용성 검토

### 4.1 대기노출실험결과를 이용한 축진배율의 산정

일본건설성의 토목연구소에서는 일본 전국41개소의 교량 또는 노출시험지에 무도장 강재의 대기노출시험을 실시하여, 각 노출시험지의 해안선으로부터의 거리, 비례(飛來)염분량 및 아황산가스량을 측정하였다(建設省土木研究所, 1993). 각 노출시험지의 위치는 그림 7에 나타내었다. 공개된 1, 3, 5, 7, 9년간의 대기노출실험 결과 중 결손 데이터가 없는 31개소의 대기노출실험결과와 본 연구에서 실시한 30, 60, 90, 120, 150일간의 부식축진실험 결과를 이용하여 각각의 대기노출 시험지에 대한 S6사이클 부식환경 축진시험의 축진배율을 산출한다. 여기서 축진배율은 S6사이클 부식환경 축진시험조건이 각 대기노출시험지의 부식환경을 어느 정도로 부식축진하고 있는가를 나타내는 지수이다.

대기노출시험에는 시편의 설치각도에 따른 영향을 검토하기 위해 시편을 수직 또는 수평으로 배치하였다. 본 연구에서는 수직에 대해 15도 경사지게 배치하였으나, 수직배치와 유사하므로 대기노출시험 결과 중 수직 배치된 시편의 중량감소량에 대한 축진배율을 산정하였다. 31개소의 노출시험지 중에서 Hokuriku(그림 7의 (9))를 예로 들어 축진배율 산정과정을 기술한다. 먼저, 축진 및 노출시험으로 구한 중량감소량(kg/m<sup>2</sup>)을 시간(년)으로 정리하였다(그림 8 참조). 대기노출시험의

중량감소량으로부터 식 (3)형태의 회귀곡선을 구한다. 그리고 촉진실험결과에 배율  $A_c$ 을 곱한 데이터와 회귀곡선과의 잔차가 최소가 되는 배율을 결정하여 이를 촉진배율로 하였다. 나머지 30개소에 대해서도 동일한 방법으로 각각의 노출시험지에 대한 촉진배율을 구하여 표 3에 정리하였다.

표 3. 각 노출시험지에 대한 촉진배율

지역명	지역에 의한 환경구분	비래염분량 $W_s$ (mdd)	해안선까지의 거리 X (km)	촉진배율 $A_c$
Hokkaido	(1)* Seaside	0.198	1.5	27
	(2) Urban	0.015	15.0	178
	(3) Mountain	0.021	40.0	105
	(4) Seaside	0.074	1.5	59
Tohoku	(5) Seaside	0.084	1.4	54
	(6) Urban	0.029	8.0	74
Kanto	(7) Rural	0.040	35.0	110
	(8) Seaside	0.093	0.0	49
Hokuriku	(9) Seaside	0.341	0.3	13
	(10) Urban	0.042	6.0	70
Chubu	(11) Mountain	0.013	57.0	53
	(12) Urban	0.016	4.0	84
	(13) Seaside	0.041	1.6	75
Kinki	(14) Seaside	0.078	1.8	55
	(15) Mountain	0.011	52.0	84
	(16) Seaside	0.076	2.0	61
Chugoku	(17) Seaside	0.856	0.1	6
	(18) Seaside	0.052	1.0	42
	(19) Mountain	0.022	56.0	189
	(20) Urban	0.053	4.7	81
Shikoku	(21) Urban	0.021	4.0	139
	(22) Mountain	0.003	15.0	174
	(23) Urban	0.018	7.6	129
Kyushu	(24) Seaside	0.231	0.1	14
	(25) Mountain	0.016	13.0	114
	(26) Seaside	0.178	0.8	20
	(27) Mountain	0.012	24.0	193
Okinawa	(28) Urban	0.080	1.8	112
	(29) Urban	0.017	4.5	114
	(30) Seaside	0.181	0.3	17
	(31) Mountain	0.064	2.8	63

\*괄호안의 숫자는 그림 7의 노출시험지의 번호를 나타냄.

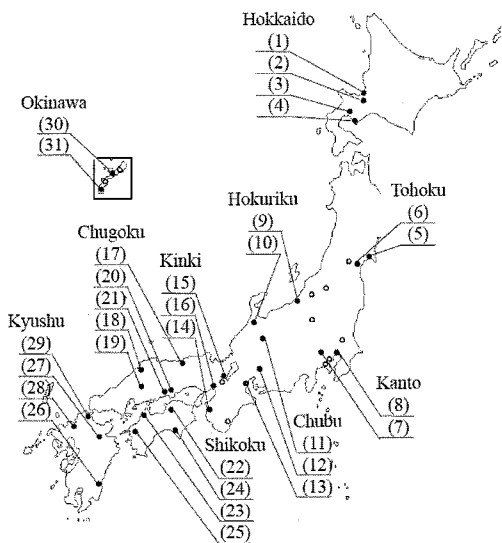


그림 7. 대기노출시험지

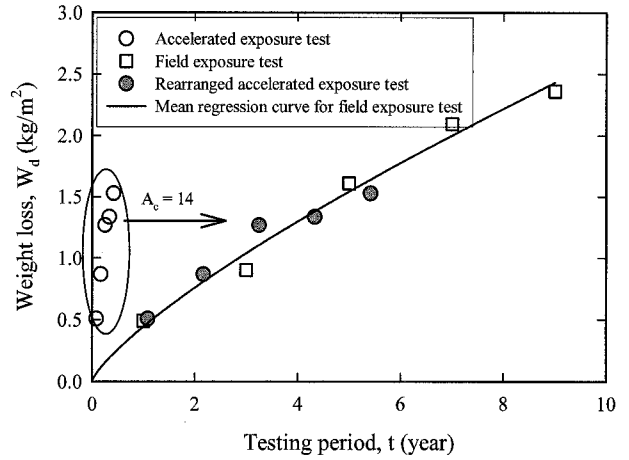


그림 8. Hokuriku에 대한 촉진배율의 산정 예

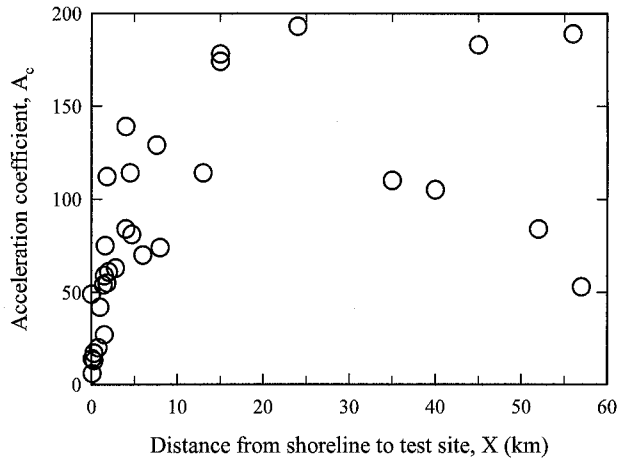


그림 9. 해안선으로부터 거리와 촉진배율

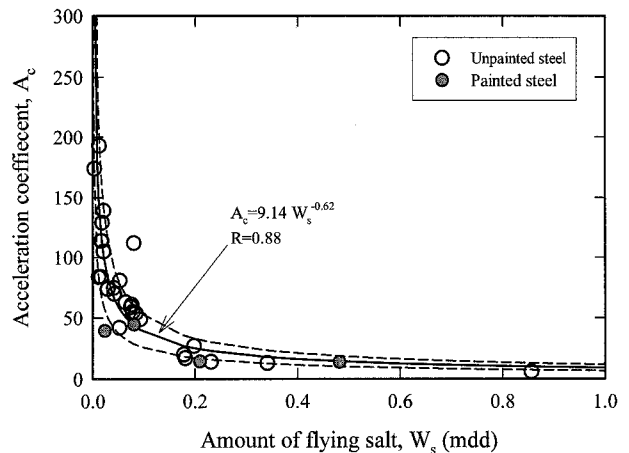


그림 10. 비래염분량과 촉진배율

#### 4.2 부식영향인자와 촉진배율과의 상관관계

4.1에서 구한 촉진배율을 노출시험지 31개소 이외의 대기 환경에 적용하기 위해서는 대기노출 환경조건과 촉진배율과의

관계를 명확히 하여야 한다. 본 연구에서는 31개소에 대한 부식환경의 지역분류(해안지역, 도시/전원지역, 산악지역), 해안선으로부터의 거리, 아황산가스량 및 비래염분량과 촉진배율과의 상관관계를 검토한다.

먼저 부식환경의 지역분류에 대해서는 표 3에 나타낸 것과 같이 각각의 촉진배율은 해안지역(Seaside)에서는 6~75배, 도시 및 전원지역(Urban)에서 70~178배, 산간지역(Mountain)에서 53~189배로 동일한 지역에 대한 촉진배율의 분포범위가 매우 넓다. 따라서 지역구분에 따른 촉진배율의 논의가 어려움을 알 수 있다. 아황산가스량으로 촉진배율을 정리한 경우에도, 지역구분과 같이 특정의 상관관계를 도출할 수 없었다.

그림 9에 해안선으로부터의 거리와 촉진배율과의 관계를 나타내었다. 해안선으로부터 5km이내의 해안에 근접한 지역에서는 해안선으로부터의 거리에 따라서 촉진 배율이 정비례하는 경향이 보이지만, 그 이상의 영역에서는 동일 거리에 대한 촉진배율이 2배 이상 차이가 발생하여 특정의 상관관계를 도출하는 것이 곤란하였다.

비래염분량과 촉진비율과의 관계를 그림 10에 나타내었다. 그림중의 실선은 평균치의 회귀곡선을, 점선은 비래염분량에 의한 촉진배율의 표준편차(s)의 회귀곡선을 나타낸다.

그림 10에 나타낸 것과 같이 촉진배율과 비래염분량으로 정리한 데이터의 약 70%가 표준편차(s)내에 존재하고, 높은 결정계수( $R^2=0.88$ )를 나타내고 있어, 비래염분량과 촉진배율과의 관계는 그림중의 실선으로 표시한 식 (6)으로 근사화할 수 있음을 알 수 있다.

$$A_c = 9.14 \cdot W_s^{-0.62} \quad (6)$$

여기서,  $W_s$ 는 비래염분량(mdd, mg/100cm<sup>2</sup>/day)을 나타낸다.

藤原(1997)가 실시한 도장강판 시편에 대한 S6사이클과 대기노출 실험결과로부터 구한 촉진배율을 비래염분량으로 정리하여 그림 10에 나타내었다. 4개 중 2개의 데이터가 무도장 강재 데이터의 표준편차 내에 분포하며, 나머지 2개의 데이터도 m-s의 회귀곡선에 근접하여 분포하고 있음을 알 수 있다. 그러므로 다소 촉진배율을 과대평가하는 경향은 있으나, 무도장강재의 데이터로부터 구한 촉진배율(식 (6))을 도장의 내구성 및 노화수명의 근사적 평가에도 적용 가능할 것으로 판단된다. 그러나 보다 높은 정도의 도장노화평가에 적용하기 위해서는 도장에 대한 추가적인 실험에 의한 검토가 필요하다.

#### 4.3 촉진배율을 이용한 무도장 강판의 지역환경별 두께감소량의 추정

3.3과 3.4에서 제안한 무도장 강재의 평균 및 최대 두께감소량의 식 (4)과 식 (5)의 추정식과 촉진배율 산정식(식 (6))을 이용하면, 비래염분량  $W_s$ 의 지점에 가설된 강교량의 무도장 수직부재에 관한 t년후의 평균 및 최대 두께감소량  $d_{mean}$ 와  $d_{max}$ 는 각각 식 (7a)와 식 (7b)에 의해 추정할 수 있다.

$$d_{mean} = 0.0885 \cdot (W_s^{0.62} \cdot t)^{0.629} \quad (7a)$$

$$d_{max} = 0.439 \cdot (W_s^{0.62} \cdot t)^{0.502} \quad (7b)$$

여기서,  $W_s$ 는 비래염분량(mdd), t는 시간(년)이다.

강교용 도장의 부식내구성 평가에 있어서도, 무도장 강재와 동일하게 S6사이클 부식촉진환경하의 강교용 도장의 촉진실험결과를 이용하여, 비래염분량  $W_s$ 의 지점에 가설된 교량의 수직부재에 관한 t년후의 부식내구성 및 노화수명평가도 가능할 것이다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 강교용 방청법의 내구성 및 노화수명을 단기간에 평가하는 방법으로 부식환경 촉진실험법의 활용에 대해 검토하였다. 본 실험에서는 무도장 강재를 대상으로 30, 60, 90, 120, 150일간의 S6사이클 부식촉진실험을 실시하여, 대기노출시험 결과와의 비교, 검토를 통하여 대기노출환경에의 적용성에 대해 검토하였다.

본 연구에서 얻어진 주요 결과를 정리하면 아래와 같다.

- (1) S6사이클 부식환경 촉진실험하의 무도장 강재의 중량감소량의 경시변화를 정량화하였다. 그리고 최대 및 평균 두께 감소량의 경시변화를 식 (5) 및 식 (4)로 정식화하였다.
- (2) S6사이클 부식환경 촉진실험법과 대기노출시험법으로 구한 중량감소량의 비교, 검토를 통하여, S6사이클의 촉진배율(식 (6))은 비래염분량으로 정식화 할 수 있음을 제시하였다. 그리고 도장에의 적용 가능성에 대해서도 검토하였다.
- (3) S6사이클 부식환경 촉진실험법의 대기노출환경에의 활용법을 제시하였다.

본 연구는 강교용 방청법의 부식 내구성 및 노화수명을 정량화하는 것을 최종적인 목적으로, 그 첫 단계로서 S6사이클 촉진

진실험의 활용법을 검토하기 위해 대기노출시험이 실시되어 있는 무도장 구조용 강재를 대상으로 하였다. 향후 도장, 금속용사 및 도금 등의 강교용 방청법의 S6사이클 부식환경축진시험을 실시하여 본 연구를 확대, 발전시킬 계획이다.

### 감사의 글

본 연구는 2006년도 부산대학교 교내학술연구비(신임교수연구정착금)의 지원으로 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

Cleveland Society for Coatings Technology Technical Committee(1993) Correlation of Accelerated Exposure Testing and Exterior Exposure Site, *Journal of Coatings Technology*, Vol.66, No.837, pp.49-67.

L. Sunuwar, Y. Itoh, H. Nagata, T. Nishido(1997) Characteristics of Environmental Impact of Bridges for Type Selection, *Journal of Civil Engineering Information Processing System*, Vol.6, JSCE pp.173-180.

伊藤義人, 永田裕規, 及び 伊藤 義人, 西川和廣(1999) 地球環境負

荷削減のための橋梁ライフサイクル評価に関する研究, 構造工學論文集, Vol.45A, pp.1295-1306.

伊藤義人, 梅田健貴, 西川和廣(2000) 少數主桁橋梁と従來型橋梁のライフサイクル環境負荷とコストの比較研究, 構造工學論文集, Vol.46A, pp.1259-1270.

自動車技術協會(1991) 自動車用材料腐食試験方法-複合サイクル試験の促進性および暴露との相關性, 自動車技術界 Technical paper, p.57.

自動車技術協會(1991) 自動車用材料腐食試験法, 自動車規格, JASO M 609-91.

藤原博, 田原芳雄(1997) 鋼橋塗裝の長期防食性能の評価に関する研究, 土木學會論文集, No.570/I-40, pp.129-140.

神谷誠, 藤原博, 三宅將(1994) 鋼橋塗裝の長期防食性能の評価に関する研究, 日本道路公團試験研究所報告, Vol.31, pp.65-97.

藤原博, 田原芳雄(1997) 新設鋼道路橋に適用する重防食塗裝系に関する研究, 土木學會論文集, No.563/I-39, pp.23-34.

高橋定明, 守屋進(2003) 塗膜の複合環境促進試験條件の検討, 防錆管理, pp.343-349.

建設省土木研究所, 鋼材俱樂部, 日本橋梁建設協會(1993) 耐候性鋼の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (X VIII) -全國露出試験のまとめ(概要編)-, pp.1-57.

(접수일자 : 2006. 7. 26 / 심사일 2006. 9. 6 / 심사완료일 2006. 12. 22)