

습윤상태의 피복두께와 물-시멘트비를 고려한 반전위와 철근 부식량의 상관성

류화성¹, 박재성², 권성준^{3*}

Relationship between Half Cell Potential and Corrosion Amount Considering Saturated Cover depth and W/C ratios in Cement Mortar

Hwa-Sung Ryu¹, Jae-Sung Park², Seung-Jun Kwon^{3*}

Abstract: Concrete is a construction material with porous media and corroded steel inside affects negatively to durability and structural safety. This study aims a derivation of quantitative relationship between measured HCP (Half Cell Potential) and corrosion amount considering cover depth and W/C (water to cement) ratio. For the work, cement mortar specimens with 3 different W/C ratios and 4 different cover depths are prepared, HCPs are measured with 3 different corrosion level. HCP measurement significantly increases in the saturated condition and linear relationship is observed between corrosion level and acceleration period. With increasing corrosion level and W/C ratio, and decreasing cover depth, HCP measurement increases. Considering total corrosion level and HCP measurements, relatively low COV(Coefficient of Variation) of 0.67 is evaluated through multi-linear regression analysis, however higher COVs over 0.90 can be obtained considering level of HCP measurement. In the room condition, corrosion level can be evaluated through measured HCP in the given conditions of cover depth, W/C ratio, diameter of steel inside.

Keywords: HCP (Half Cell Potential), Corrosion level, Relationship, Cover depth, W/C, Saturation

1. 서 론

염해 환경에 노출된 RC (Reinforced Concrete) 구조는 내부의 철근 부식으로 인해 내구성 문제가 발생하게 되고 이는 구조적인 문제로 진전된다(Andrade, 1993; Broomfield 1997). 기존의 많은 연구에서 염해에 따른 콘크리트 열화에 대한 연구가 진행되고 있다. 1990년대까지 염해에 대한 연구는 장기간의 폭로 실험이나 배합 개선을 통하여 철근부식을 제어하려는 연구가 주를 이루었다(RILEM, 1994; Thomas and Bamforth, 1999; Yokozeki et al, 1998). 최근 들어 연성해석을 통하여 콘크리트 초기재령 거동을 고려한 수치해석(Maekawa et al, 2009; Park et al, 2012; Song et al, 2005) 또는 확률론적인 부식 확률 해석 등(DuraCrete Final Report, 2000; Ferreira et al, 2004; Kwon et al, 2009) 다양한 실험적, 해석적 방법을 통하여 염해의 노출된 콘크리트의 부식 거동을 평가하고 있다. 콘크

리트 내부에 철근이 부식될 경우, 초기에는 부식의 팽창현상(Swelling Effect)으로 인해 부착강도가 개선되는 공학적 장점이 일시적으로 나타나지만, 부식량이 5% 이상 증가하게 되면 급격한 슬립현상이 발생하고 이는 RC 구조체의 기본 가정인 일체성을 확보할 수 없게 된다(Chung et al, 2008).

내부에 철근이 부식된 상태를 평가하기 위해서 많은 연구가 진행되었는데, 주로 비파괴 기법/평가를 이용한 연구(NDT & E: Non-Destructive Technique and Evaluation)를 통하여 수행되고 있다. 철근 부식감지 또는 평가를 위한 가장 일반적인 NDT는 전기저항측정, 분극저항법, 임피던스법, 적외선 화상 측정, 반전위 측정 등으로 보고되고 있다.

전기저항측정(RM: Resisvity Measurement)은 콘크리트의 표면에서 비저항을 측정하는데, 상태평가기법으로 부식을 유발할 수 있는지에 대한 정성적인 평가가 주목적이다(Lim, 2012; Alonso et al, 1988). 포화상태 및 온도에 따라 민감하게 변화하지만 경제적이고 현장 적용성이 높으므로 많이 사용되고 있다. 분극저항측정(LP: Linear Polarization Measurement)은 두 개의 전극(Counter/ Reference Electrode)을 이용하여 미소 전위를 변화시키면서 부식전류 밀도를 직접적으로 도출할 수 있으므로 정량적인 방법으로 평가된다. 비교적 고가이며 내부 철근을 노출시켜야 되는 단점이 있으나, 실제 철근에 유도되는 전류를 측정할 수 있으므로 효과적인 부식감지 기법이

¹정회원, (주)한양E&C 대표이사

²학생회원, 한남대학교 건설시스템공학과 석사과정

³정회원, 한남대학교 건설시스템공학과 부교수, 교신저자

*Corresponding author: jjuni98@hannam.ac.kr

Civil and Environmental Engineering, Hannam University, 70 Hannam-ro, Daedeok-gu, Daejeon 34430, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2017년 6월 1일까지 학회로 보내주시면 2017년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

다(Elsener, 2005; Liu and Weyers, 1998). AC 임피던스 법은 10~20mV 수준의 교류를 인가하여 저항을 측정하는 방법으로 부식속도와 함께 계면의 비저항과 전하이동 용량을 구할 수 있으므로 측정값의 신뢰성을 향상시킬 수 있다는 장점이 있다(Adams and Cawley, 1989; Andrade and Alonso, 1996). 최근 들어 적외선 열화상(IRT: Infrared Thermography)기법 등이 적용되어 부재에 손상을 전혀 주지 않으면서 내부 철근의 부식가능성을 평가하려는 연구가 수행중이다. 이러한 연구는 부식량이 많고 온도 및 습도가 일정한 환경에서는 효과적인 방법으로 알려져 있으며, PSC 텐던의 경우에도 적용된 사례가 있다(Baek et al, 2012; Kwon and Park, 2012).

본 연구에서는 실내실험을 기준으로 반전위측정(HCP: Half Cell Potential)기법을 사용하여 HCP와 부식량에 대한 상관성을 습윤상태를 기준으로 분석하도록 한다. HCP기법은 철근과 콘크리트 모래사이의 전위를 측정하는 것으로 부식가능성을 비교적 정량적으로 판단할 수 있으며, 우수한 현장적용성과 명확한 부식발생확률 기준을 가지고 있다(ASTM C876-09, 2009; Elsener et al, 2003; Kim et al, 2013). 콘크리트와 같은 다공성 재료가 포화상태일 경우, 공극내의 수준은 전류를 전하를 직접 이동시키는 통로가 되므로 부식을 시킬 수 있는 전위가 빠르게 증가한다. 본 연구에서는 3가지 조건의 물-시멘트비, 4가지 조건의 피복두께, 3가지 다른 부식량을 기준으로 습윤상태에 준치한 시멘트 모르타르 시편의 HCP를 측정하도록 한다. 부식량의 상관성과 측정된 HCP 값과의 정량적인 상관성을 측진 부식기간에 따라 도출하였다.

2. 측진부식실험 및 반전위 측정 실험의 개요

2.1 시편 제원 및 배합

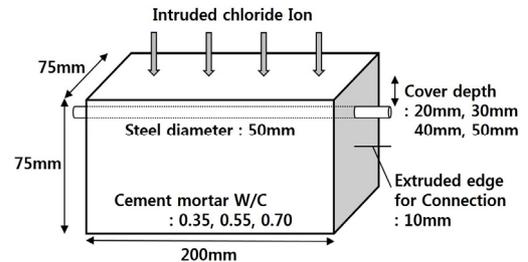
HCP 및 측진 부식실험을 위하여 W/C를 3가지 수준 (0.35, 0.55, 0.70)으로 고려하였다. 일반 시멘트와 표준사를 1 : 3으로 배합하여 시멘트 모르타르 시편을 75 mm × 75 mm × 200 mm로 제작하였으며, 피복두께를 4가지 수준(20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm)을 달리하여, 강선 5.0 mm을 삽입하였다. 각 경우에 대한 시편은 2개를 제조하였으며, 피복 두께에서의 HCP 측정 위치는 철근 길이방향으로 3등분하여 측정을 수행하였다. Fig. 1에서는 시편의 제조과정 및 시편 제원을 나타내고 있다.

2.2 측진 부식실험 및 중량 측정

일반적인 자연전위를 이용해서 철근 부식량을 평가하기 위해서는 장기간의 폭로시험이 필요하다. 본 실험에서는 ICM (Impressed Current Method)을 고하여, 측진부식실험을 수행하였다. 생성되는 부식성상은 철과 구리의 이온 교환을 통해



(a) Mortar placing (b) Specimen setting



(c) Geometry of mortar specimen

Fig. 1 Photos for specimen preparation and geometry

여 발생하므로 일반 산화철의 부식과 다르지만, 부식량을 빠르게 생성시키므로 다양한 연구에서 사용되고 있다(Baek et al, 2012; Kwon and Park, 2012; Sakurada et al, 2008). 또한 전하교류에 의하여 발생하는 통과된 전류의 누계에 비례하게 되는데, 식 (1)을 따른다고 알려져 있다(Sakurada et al, 2008).

$$M = \frac{c}{zF} \int qdt \quad (1)$$

여기서, M 은 부식량(mol), z 는 철의 이온수($=2$), F 는 Faraday의 수($=96,500$), q 는 전류(A), t 는 측정시간(sec), c 는 실험상수이다.

ICM을 적용하기 위하여 아크릴 수조탱크를 제작하고 양극을 시험체의 철근에 접지하였으며, 3.5%의 염화물 수용액에 구리판을 음극에 접지한 채로 침지시켰다. 수용액은 철근에 직접 닿지 않도록 피복두께보다 낮은 수위를 유지시키면서 20V의 전압을 인가하였다. 다른 부식량을 유도하기 위해, 6시간, 18시간, 42시간을 각각 유도하여 시간에 따라 증가하는 부식량을 평가하였다. HCP를 정한 뒤, 시편을 파쇄하여 내부철근의 중량을 부식전의 중량과 비교하여 부식량을 평가하였다. 부식량의 제거를 위해서 구연산 용액(Citric acid)에 침지하여 부식된 부위의 녹을 제거하였다. Fig. 2에서는 ICM의 실험사진을 나타내었으며 Fig. 3에서는 부식제거과정을 나타내고 있다.

2.3 HCP 측정

반전위 측정을 위해 각각 소요된 전압유도기간을 끝낸 뒤,

염화물 수용액에 포화된 피복두께에 대하여 철근 길이방향으로 3회 HCP를 측정하였다. 부식이 발생되기 이전의 기준값을 알기위해, 건조 및 습윤상태에서 부식 유도전에 HCP를 측정하였으며, 부식을 유도시킨 이후 습윤상태에서 HCP를

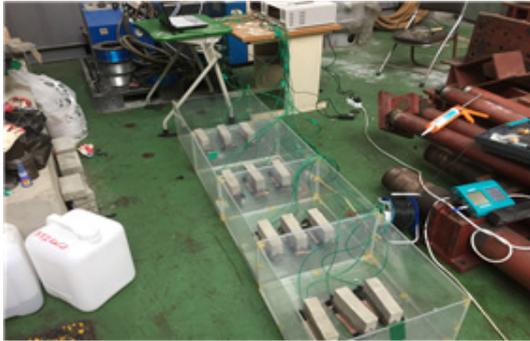


Fig. 2 Test setup for accelerated corrosion referred to ICM



Fig. 3 Photos for rust removal process



Fig. 4 Photos for HCP measurement

Table 1 Suggestion of HCP and corrosion feasibility

Measurement	Corrosion probability
Less -200 mV	No steel corrosion
-200mV ~ -350 mV	Uncertain
Over -350 mV	Over 90% of steel corrosion

측정하였다. Fig. 4에서는 HCP 측정사진을 나타내고 있으며 Table 1에서는 ASTM C 876-09에서 제시하고 있는 HCP과 부식가능성의 비교를 나타내고 있다.

3. 시멘트 모르타르의 특성을 고려한 HCP와 부식량의 상관성

3.1 습윤상태에서의 반전위 값의 변화

시편을 제작하고 건조상태에서 측정한 HCP의 결과는 Table 2에 나타내었으며, 습윤상태 시의 HCP의 변화는 Table 3에 나타내었다. 건조상태에서는 36~127 mV 수준으로 반전위가 평가되었으므로 부식을 우려할 환경은 아니었으나 Table 3의 습윤상태에서 HCP 측정값이 크게 증가함을 알 수 있다. 이는 수분의 포화에 따른 전하의 이동이 지배적이라고 할 수 있다.

Fig. 5에서는 건조와 습윤상태에 따른 HCP의 변화를 나타내고 있으며, Fig. 6에서는 W/C 및 축진 부식기간의 증가에 따른 HCP의 변화를 나타내고 있다.

동일한 환경에서 수분이 포화됨에 따라 평균 HCP는 81.3 mV에서 312.2 mV로 증가하였다. 물-시멘트비의 감소와 피복두

Table 2 Control HCP measurement in dry condition

Cover depth (mm)	W/C ratio (%)	HCP (mV)		Cover depth (mm)	W/C ratio (%)	HCP (mV)	
		Dry	Sat.			Dry	Sat.
20	35	52	246	40	35	67	261
	35	48	244		35	63	258
	35	36	235		35	42	249
	55	90	252		55	80	271
30	55	98	257	50	55	77	275
	55	86	252		55	68	264
	70	75	385		70	106	280
	70	118	414		70	127	289
40	70	96	387	70	70	103	281
	35	77	286		35	80	300
	35	71	284		35	84	304
	35	55	272		35	71	292
50	55	101	259	55	55	86	271
	55	108	260		55	75	275
	55	96	251		55	57	267
	70	85	341		70	88	383
60	70	97	345	70	70	92	406
	70	79	343		70	94	399

Table 3 HCP measurement with extended corrosion period (Saturated condition)

Cover depth (mm)	W/C (%)	HCP(-mV)			Cover depth (mm)	W/C (%)	HCP(-mV)		
		6hr.	18hr.	42hr.			6hr.	18hr.	42hr.
20	0.35	273	592	731	40	0.35	437	637	565
		252	596	741			426	635	568
		266	585	733			409	620	575
	0.55	573	577	773	40	0.55	389	606	757
		546	574	775			364	616	731
		457	585	738			343	608	711
	0.70	572	469	707	40	0.70	183	588	704
		548	464	709			204	574	692
		480	409	590			218	533	640
		408	605	625			427	634	762
0.35	401	595	636	50	0.35	412	622	765	
	406	521	634			376	573	766	
	332	628	591			443	631	734	
	289	630	582			441	646	719	
0.70	286	592	581	50	0.70	443	637	708	
	378	569	618			444	590	802	
	362	575	613			420	588	800	
	349	552	578			388	577	799	

계의 증가에 따라 반전위는 감소하게 되는데, 이는 콘크리트 내의 통과 전류량이 감소하기 때문이다. 수분의 포화상태에 의한 HCP 영향은 피복두께나 물-시멘트비의 영향보다 훨씬 지배적이다. 또한 피복두께가 증가할 수록 HCP은 감소해아 하는데, 예상밖으로 큰 저하는 평가되지 않았다. 이는 촉진 기간이 너무 짧았으며, 피복두께의 영향보다는 수분의 포화가 지배적인 영향을 보였기 때문이다. 또한 단부에 부식이 일부 집중되어 측정된 HCP의 변동성에 영향을 미친 것으로 판단 된다.

3.2 피복두께, 물-시멘트비, 부식촉진기간에 따른 부식량 변화

본 절에서는 서로 다른 피복두께와 W/C를 가진 시멘트 모르타르 시편에 대하여 촉진 부식기간에 따라 부식량을 평가하도록 한다. Table 4에서는 배합조건, 피복두께, 촉진기간에 따른 부식량을 정리하였다. 실험상의 오차는 있었으나 전반적으로 W/C의 증가 및 피복두께의 감소에 따라 부식량이 증가하였지만, 인공 해수 침지후의 전압인가시간이 가장 지배적인 인자로 평가되었다. Fig. 7에서는 촉진부식기간의 증가에 따른 배합별 부식량의 변화를 나타내고 있다. 최종 42시간의 촉진부식실험에 대하여 피복두께가 20 mm에서 50 mm로

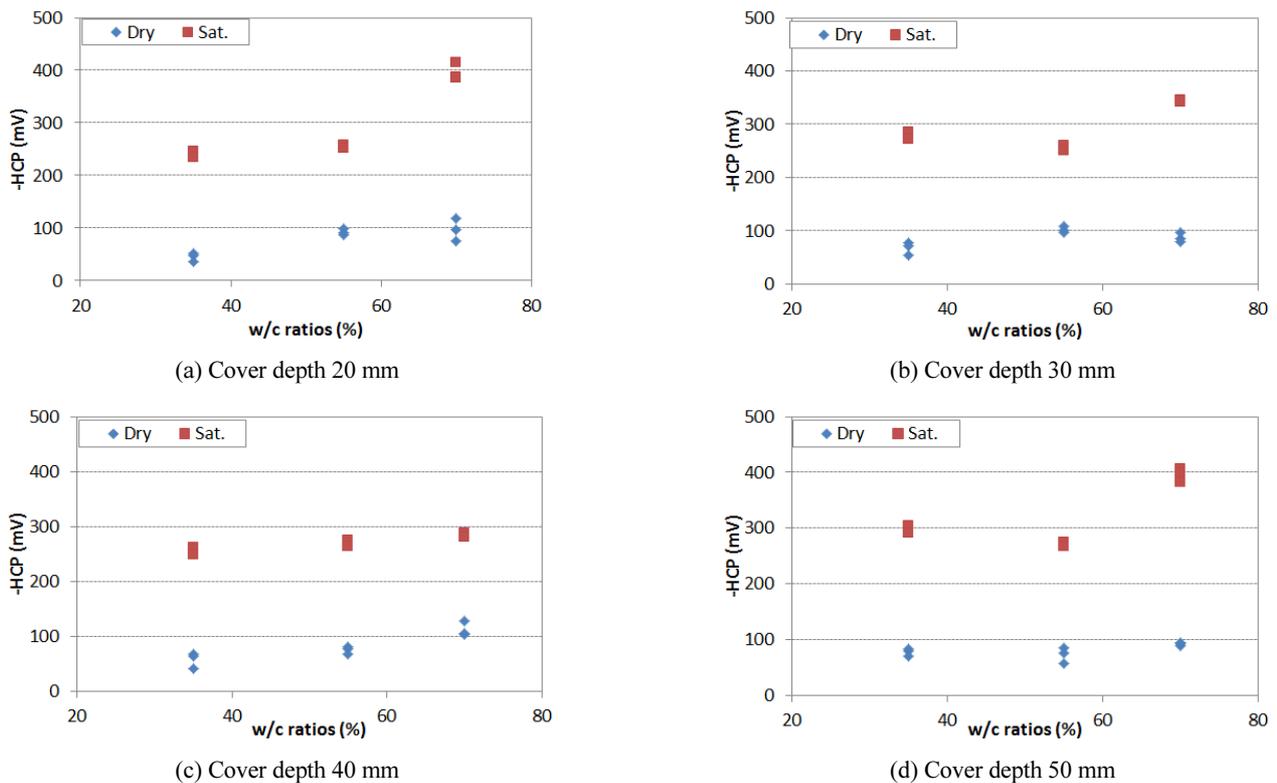
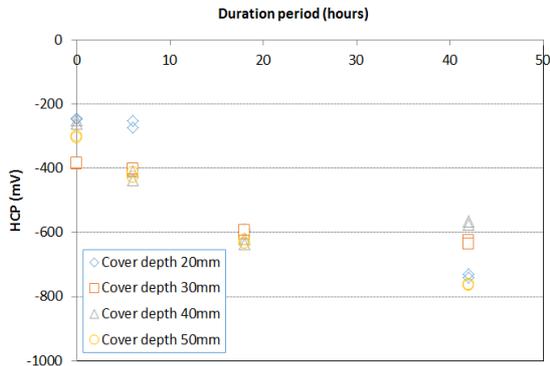
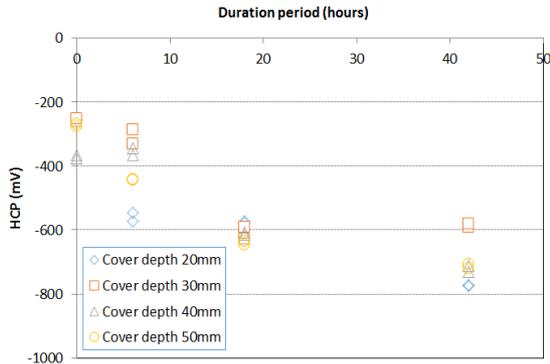


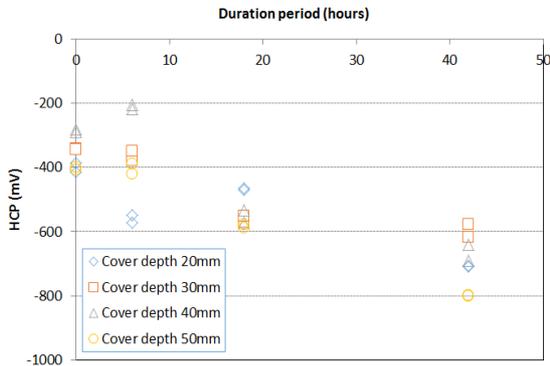
Fig. 5 Measured HCP with different exposure conditions



(a) W/C 35%



(b) W/C 55 %



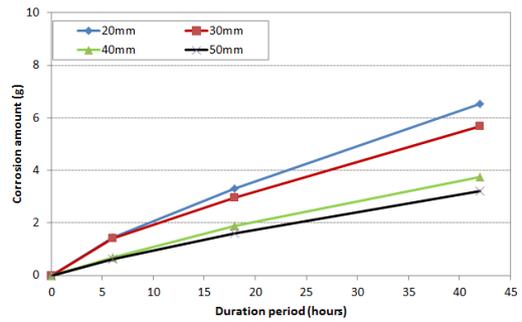
(c) W/C 70 %

Fig. 6 Measured HCP with different corrosion periods and W/C ratios

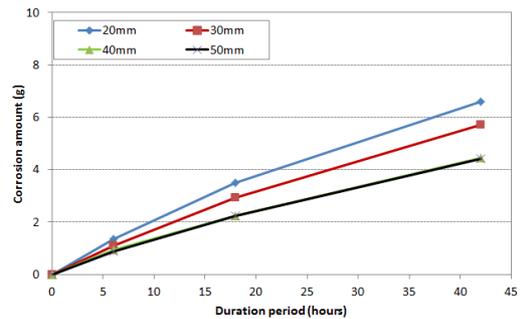
증가할 때 부식량은 6.54 g에서 3.22 g으로 (W/C 0.35), 6.61 g에서 4.41 g으로 (W/C 0.55), 8.19 g에서 5.8 g으로 (W/C 0.70) 각각 감소하였다. 피복두께가 증가함에 따라 부식 감소율은 W/C가 높을수록 크게 평가되었는데, 이는 콘크리트 품질이 좋지 않더라도 피복두께가 증가하면 부식량이 현저하게 감소하기 때문이다. 부식증가율은 W/C 0.35에서는 49.2%, W/C 0.55에서는 66.7%, 그리고 W/C 0.70에서는 70.8%로 평가되었다.

Table 4 Corrosion with extension of acceleration period (saturation condition)

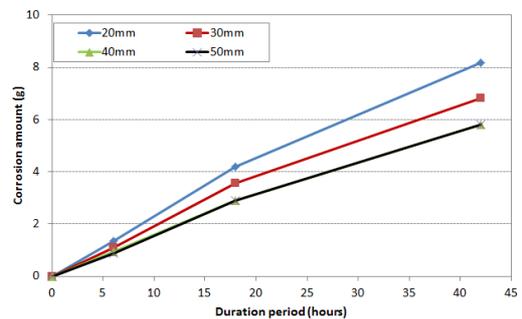
W/C ratios	Corrosion amount (g)			
	Cover depth (mm)			
	20	30	40	50
0.35	6.54	5.68	3.75	3.22
0.55	6.61	5.7	4.45	4.41
0.70	8.19	6.81	5.8	5.8
0.35	3.31	2.95	1.88	1.6
0.55	3.51	2.92	2.23	2.22
0.70	4.18	3.55	2.91	2.9
0.35	1.45	1.42	0.68	0.63
0.55	1.35	1.1	0.92	0.88
0.70	1.63	1.41	1.2	1.16



(a) W/C 0.35



(b) W/C 0.55



(c) W/C 0.70

Fig. 7 Variation of corrosion with extension of corrosion period

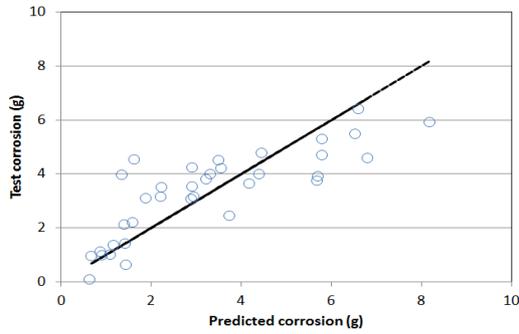
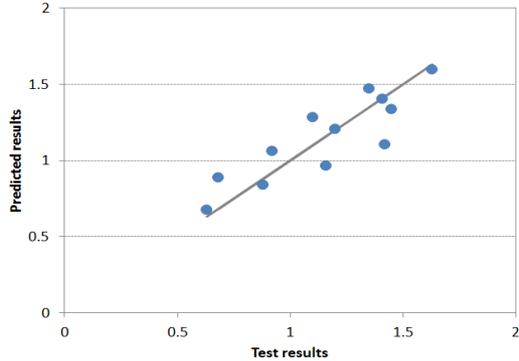
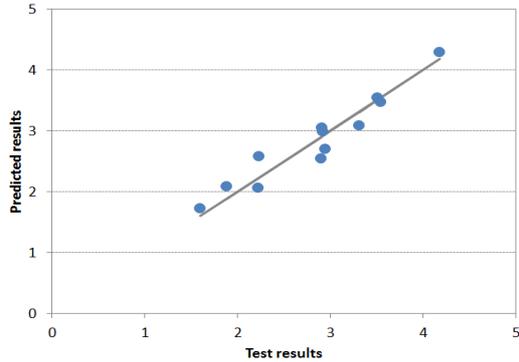


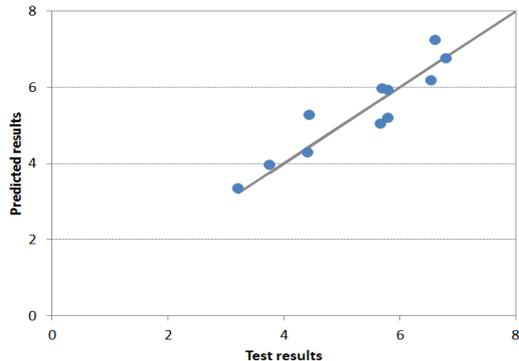
Fig. 8 Multi-regression analysis for entire corrosion and HCP



(a) Acceleration for 6 hours



(b) Acceleration for 18 hours



(c) Acceleration for 42 hours

Fig. 9 Multi-regression analysis for corrosion amount and HCP with different acceleration periods

3.3 반전위 및 부식량의 상관성 분석

3.1 및 3.2절의 실험결과인 W/C, 피복두께, 측정된 HCP를 변수로 하여 철근 부식량에 따른 다중회귀분석을 수행하였다. 다중회귀분석 결과는 Fig. 8에 나타냈는데, 결정계수는 0.67로 평가되었다. 식 (2)는 다중회귀분석 결과식을 나타낸다.

$$C = -1.918 - 0.066(C_{de}) + 0.032(w/c) + 0.0103(HCP) \quad (2)$$

$$R^2 = 0.67$$

여기서, C 는 부식량(g)을, C_{de} 는 피복두께를(mm), HCP 는 측정된 반전위(mV)를 나타낸다.

HCP 측정 오차와 부식량의 변동성으로 인해 결정계수가 0.8이하로 평가되어 명확한 상관성을 도출하기가 어려웠다. 철근 부식량과 HCP의 상관성을 높이기 위하여, 각각의 부식 수준을 고려하여 분류하면 Fig. 9과 같이 나타낼 수 있으며, 각각의 다중회귀분석 결과식은 식 (3)~식 (5)과 같이 도출되었다.

$$C = 1.510 - 0.021(C_{de}) + 0.0083(w/c) - 0.00013(HCP) \quad (3)$$

$$R^2 = 0.76$$

$$C = 5.102 - 0.043(C_{de}) + 0.0212(w/c) - 0.0032(HCP) \quad (4)$$

$$R^2 = 0.92$$

$$C = 4.990 - 0.096(C_{de}) + 0.0506(w/c) + 0.00183(HCP) \quad (5)$$

$$R^2 = 0.90$$

부식량이 비교적 낮은 경우인 6시간 축진의 경우 결정계수의 값이 0.762로 낮은 수준이었으나, 부식량이 증가함에 따라 0.90 이상의 높은 결정계수가 평가되었다. 부식량이 증가하면 단면감소에 따른 철근의 비저항이 증가하고 이로 인해 부식 전위가 증가하게 되므로 실내조건과 같이 제한적인 경우에는 HCP를 이용하여 부식 정도를 평가할 수 있다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 서로 다른 W/C, 피복두께, 부식량을 기준으로 습윤상태에 존치한 시멘트 모르타르 시편의 HCP와 부식량을 정량적으로 평가하였다. 본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) 동일한 환경에서 수분이 포화됨에 따라 평균 HCP는 81.3 mV에서 312.2 mV로 증가하였는데, 수분의 포화 상태는 통과전류량에 직접 영향을 미치므로 가장 큰 영향인자라고 할 수 있다.

- 2) 최종 42시간의 촉진부식실험이후, 피복두께가 20 mm에서 50 mm로 증가할 때 부식량은 6.54 g에서 3.22 g으로 (W/C 0.35), 6.61 g에서 4.41 g으로 (W/C 0.55), 8.19 g에서 5.8 g으로 (0.70) 각각 감소하였다. 42시간 경과 후 피복두께가 2.5배로 증가할 때, 부식률은 W/C 0.35에서는 49.2%, W/C 0.55에서는 66.7%, 그리고 W/C 0.70에서는 70.8%로 평가되었다. 피복두께의 증가와 낮은 W/C는 부식량 제어에 효과적임을 알 수 있다.
- 3) 전체 부식량과 HCP를 다중회귀분석 할 경우, 결정계수는 0.67로 낮은 수준이었으나, 부식량을 3단계로 구분하여 상관성을 분석할 경우 0.76~0.92로 크게 개선됨을 알 수 있다. 실내에 존치된 구조물의 배합, 피복두께, 철근의 지름을 알 수 있다면 제안된 기법은 간접적인 부식량 예측에 사용될 수 있다고 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A5A1037548).

References

Alonso, C., Andrade, C., and González, J. A. (1988), Relation between Resistivity and Corrosion Rate of Reinforcements in Carbonated Mortar made with Several Cement Types, *Cement and Concrete Research*, 18(5), 687-698.

Adams, R. D., and Cawley, P. (1989), Defect types and non destructive testing techniques for composites and bonded joints, *Construction and Building Materials*, 3(4), 170-183.

Andrade, C. (1993), Calculation of chloride diffusion coefficients in concrete from ionic migration measurement, *Cement and Concrete Research*, 23(3), 724-742.

Andrade, C., and Alonso, C. (1996), Corrosion rate monitoring in the laboratory and on-site, *Construction and Building Materials*, 10(5), 315-328.

ASTM C876-09 (2009), Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, American Society of Testing and Materials, 1-6.

Broomfield, J. P. (1997), Corrosion of Steel in Concrete: Understanding, Investigation and Repair, E&FN, London, 1-15.

Baek, S. H., Xue, W., Feng, M. Q., and Kwon, S. J. (2012), Nondestructive Corrosion Detection in RC through Integrated Heat Induction and IR Thermography, *Journal of Non Destructive Evaluation*, 31(2), 181-190.

Chung, L., Jay kim, J. H., and Yi, S. T. (2008), Bond Strength Prediction for Reinforced Concrete Members with Highly Corroded Reinforcing Bars, *Cement and Concrete Composites*, 30(7), 603-611.

DuraCrete Final Report. (2000), DuraCrete Probabilistic Performance

Based Durability Design of Concrete Structures.

Elsener, B., Andrade, C., Gulikers, J., Polder, R., and Raupach, M. (2003), Hall-Cell Potential Measurements—Potential Mapping on Reinforced Concrete Structures, *Materials and Structures*, 36(7), 461-471.

Elsener, B. (2005), Corrosion Rate of Steel in Concrete Measurements beyond the Tafel law, *Corrosion Science*, 47(12), 3019-3033.

Ferreira, M., Arskog, V., Jalali, S., and Gjørsv, O. E. (2004), Probability-Based Durability Analysis of Concrete Harbor Structures, Proceedings of CONSEC04, 999-1006.

Kwon, S. J., and Park, S. S. (2012), Non Destructive Technique for Steel Corrosion Detection using Heat Induction and IR Thermography, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 16(2), 40-48.

Kwon, S. J., Na, U. J., Park, S. S., and Jung, S. H. (2009), Service Life Prediction of Concrete Wharves with Early-aged Crack: Probabilistic Approach for Chloride Diffusion, *Structure and Safety*, 31(1), 75-83.

Kim, K. B., Park, K. T., and Kwon, S. J. (2013), Evaluation of Half Cell Potential Measurement in Cracked Concrete Exposed to Salt Spraying Test, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 25(6), 621-630.

Kim, Y. Y., Kim, J. M., Bang, J. W., and Kwon, S. J. (2014), Effect of Cover Depth, w/c ratio, and crack width on half cell potential in cracked concrete exposed to salt sprayed condition, *Construction and Building Materials*, 54(15), 636-645.

Liu, T., and Weyers, R. W. (1998), Modeling the Dynamic Corrosion Process in Chloride Contaminated Concrete Structures, *Cement and Concrete Research*, 28(3), 365-379.

Lim, Y. C. (2012), A Study on the Estimation of Moisture Condition of Concrete by Resistivity Method, *Journal of Korea Architecture Institute*, 28(12), 69-76.

Maierhofer, C. H., Arndt, R., Röllig, M., Rieck, C., Walther, A., Scheel, H., and Hillemeier, B. (2006), Application of Impulse-Thermography for Nondestructive Assessment of Concrete Structures, *Cement and Concrete Composites*, 28(4), 393-401.

Maekawa, K., Ishida, T., and Kishi, T. (2009), Multi-Scale Modeling of Structural Performance, *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(2), 322-325.

Park, S. S., Kwon, S. J., and Jung, S. H. (2012), Analysis technique for chloride penetration in cracked concrete using equivalent diffusion and permeation, *Construction and Building Materials*, 29(2), 183-192.

RILEM. (1994), Durability Design of Concrete Structures, Report of RILEM Technical Committee 130-CSL, E&FN, London, 28-52.

Saraswathy, V., Muralidharan, S., and Srinivasan, S. (2003a), Electrochemical Studies on the Corrosion Performance of Activated Fly ash Blended Cements, *Materials Engineering*, 14(3), 261-283.

Saraswathy, V., Muralidharan, S., Thangavel, K., and Srinivasan, S. (2003b), Influence of Activated Fly ash on Corrosion Resistance and Strength of Concrete, *Cement and Concrete Composites*, 25(7), 673-680.

Song, H. W., Kwon, S. J., Byun, K. J., and Park, C. K. (2005), A Study on analytical technique of chloride diffusion considering characteristics of mixture design for high performance concrete using mineral admixture, *Journal of KSCE*, 25(1A), 213-223.

Song, H. W., and Saraswathy, V. (2006), Studies on the Corrosion Resistance of Reinforced Steel in Concrete with Ground Granulated Blast-Furnace Slag—An overview, *Journal of Hazardous Materials*, 138(2), 226-233.

So, H. S. (2006), Environmental Influences and Assessment of Corrosion Rate of Reinforcing Bars using the Linear Polarization Resistance Technique, *Journal of Korea Architecture Institute*, 22(2), 107-114.

Sakurada, S., Irie, H., and Yoshida, Y. (2008), Development of Reinforced Concrete Corrosion Amount Presumption Method by Ultrasonic Method, 17th World Conference on Nondestructive Testing, Shanghai, China, 1-6.

Song, H. W., Lee, C. H., and Lee, K. C. (2009), A Study on Corrosion Potential of Cracked Concrete Beam according to Corrosion Resistance Assessment, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 13(1), 97-105.

Thomas M. D. A., and Bamforth, P. B. (1999), Modeling chloride diffusion in concrete: Effect of fly ash and slag, *Cement and Concrete Research*, 29(4), 487-495.

Yokozeiki, K., Okada, K., Tsutsumi, T., and Watanabe, K.(1998), Prediction of the service life of RC with crack exposed to chloride attack, *Japan Symposium of Rehabilitation of Concrete Structure*, 10(1), 1-6.

Received : 01/11/2017

Revised : 02/27/2017

Accepted : 03/21/2017

요 지 : 콘크리트는 다공성 건설재료이며, 매립된 철근의 부식은 내구성 및 안전성에 큰 영향을 미친다. 본 연구는 비파괴 검사인 반전위 측정값과 생성된 부식량과의 상관성을 피복두께, 물-시멘트비를 고려하여 도출하는 것이다. 이를 위해, 3가지 수준의 물-시멘트비와 4가지 수준의 피복두께를 가진 시멘트 모르타르 시편이 제조되었으며, 3가지 수준의 촉진부식기간을 고려하여 부식량 및 반전위를 측정하였다. 습윤상태에서는 반전위가 크게 증가하였으며, 부식량과 촉진기간은 선형적인 관계를 가지고 있었다. 부식량이 증가할수록, 피복두께가 감소할수록, 물-시멘트비가 증가할수록 반전위는 증가하였다. 전체의 반전위 측정값을 부식량과 비교할 경우 0.67의 낮은 결정계수를 가지고 있었으나 부식량(촉진기간)을 고려하여 3가지 수준을 고려할 경우 0.90이상의 높은 결정계수를 가지고 있었다. 실내조건과 같이 온도가 일정하고 포화상태일 경우, 측정된 반전위는 부식량과 선형적인 상관성을 가지고 있었으며, 피복두께, 물-시멘트비, 철근직경, HCP의 측정범위를 알 수 있다면, 매립된 철근의 부식량을 예측할 수 있다고 판단된다.

핵심용어 : 반전위, 부식수준, 관계식, 피복두께, 물-시멘트비, 포화
