

건조 상태의 시멘트 모르타르 특성과 철근 부식량을 고려한 HCP 평가

HCP Evaluation Considering Property of Cement Mortar and Steel Corrosion

류화성¹ · 윤용식² · 권성준^{2*}

Hwa-Sung Ryu¹ · Yong-Sik Yoon² · Seung-Jun Kwon^{2*}

(Received January 9, 2017 / Revised March 13, 2017 / Accepted March 21, 2017)

HCP(Half Cell Potential) method has been widely used since it is recognized as a efficient NDT(Non Destructive Technique) for corrosion detection. This work is for an evaluation of relation between corrosion amount and measured HCP in dried condition through ICM(Impressed Current Method) for accelerating corrosion. For the work, cement mortar specimens with three w/c ratios and four cover depths are prepared, and corrosion test based on ICM is performed for 6 hours, 18 hour, and 42 hours with constant 20V of electrical charge, respectively. From the test, corrosion amount increases with reduced cover depth, increasing w/c ratio, and extended corrosion period, where corrosion amount is evaluated to linearly increases with measured HCP in dried condition. In order to evaluate corrosion amount through measured HCP, the measured HCP level is firstly determined and then corrosion amount is to be compared with measured HCP, which is evaluated to be more reasonable with higher C.O.V.

키워드 : HCP 측정, 철근부식, 부식량, 상관관계, 건조 상태

Keywords : HCP(Half Cell Potential), Steel corrosion, Corrosion amount, Relationship, Dry condition

1. 서론

철근 콘크리트 구조물은 내구적이고 경제적인 건설재료지만, 염해 환경에서는 부식이 발생하기 쉬우며, 부식된 철근은 구조물의 안전성에 치명적인 영향을 주게 된다(Broomfield 1997; RILEM 1994). 외부로부터 유입되는 염화물 이온은 콘크리트 내부에서 고정 염화물과 자유 염화물로 분리되며, 공극수에 용해된 자유염화물은 철근의 부동태 피막을 직접적으로 파괴하므로 염해에 대한 피해는 증가하고 있는 실정이다(Kwon et al. 2009).

사용 중인 구조물을 해체하지 않고 내부 철근의 부식상태를 조사하는 방법은 최근 들어 많이 시도되고 있는데, 주로 분극저항측정, 적외선 화상측정, 전기저항측정, HCP측정 등이 대표적인 부식감지 비파괴 기법(NDT: Non Destructive Technique)이다. 분극저항측정법(LP: Linear Polarization Method)은 전류와 부식이 발생한 부분의 전위가 선형적인 관계를 유지한다는 가정을 기반으로

부식전류밀도(current density)를 평가한다. 이는 가장 정량적으로 부식이 진행되는 상태를 평가할 수 있는 방법으로 알려져 있으며, 최근 들어 정확도를 높이기 위해 가아드링을 이용한 방법이 고안되기도 하였다(So 2006; Liu and Weyers 1998; Elsener 2005).

전기저항측정법(RM: Resistivity Method)은 콘크리트의 비저항을 측정하는 방법이며, 단순히 콘크리트 모재의 저항을 측정하는 정성적인 방법이지만 사용이 간편하므로 현장에서 많이 사용된다. 그러나 노출환경에 따라 매우 민감하게 결과가 변하므로 부식량이 아닌 부식 환경에 대한 평가로 고려하는 것이 바람직하다(Alonso et al. 1988; Lim 2012). 최근 들어 부식이 발생한 매립 철근 또는 텐던에 대하여 적외선 열화상(IR: Infrared Thermography)을 사용한 부식감지 기법이 연구되고 있다. 이러한 방법은 전술한 분극저항측정법이나 전위차 측정법과는 다르게 철근을 노출시키지 않는 큰 장점이 있다. 그러나 적외선 열화상 측정법은 실내실험에서 부

* Corresponding author E-mail: jjuni98@hannam.ac.kr

¹(주)한양E&C (Hanyang Experiment and Consulting, Hanyang University ERICA, Ansan, 15588, Korea)

²한남대학교 건설시스템공학과 (Department of Civil Engineering, Hannam University, Daejeon, 34430, Korea)

식량이 많고 피복두께가 작은 경우에는 합리적인 결과를 보이지 않, 현장에서 적용할 경우 정확한 평가결과를 도출할 수 없다. 이는 피복두께 편차, 부식량 정도, 콘크리트 모재의 열화, 굵은 골재 영향 등에 결과 값의 차이가 크기 때문이다(Baek et al. 2012; Kwon and Park 2012; Maierhofer et al. 2006).

본 연구에서는 HCP(HCP: Half Cell Potential) 측정법을 사용하였는데, 분극저항법과 같은 정량적인 방법은 아니다. 그러나 우수한 현장적용성과 명확한 부식발생확률 기준을 가지고 있으므로 각국의 시험규격에 명시되어 있으며, 다양하게 적용되고 있다(Song et al. 2009; Elsener et al. 2003; ASTM C 876-09 2009). 특히 국내외의 시험규격에 명시되어 있으므로 평가 시에 명확한 근거를 가질 수 있다.

일반적으로 HCP를 이용한 평가는 부식가능성만 평가하고 있으나 실내시험과 같이 내부의 철근거름과 피복두께를 명확히 알 경우 부식량과 상관성을 가지게 된다(Kwon and Park 2012; Kim 2002; Kim 2014). 일반적으로 석재 또는 시멘트계 보수재가 사용된 건축물은 내부에 매립된 보강재의 부식 상황을 평가하기가 매우 어렵다. 그러나 일정한 피복두께 및 사용철근, 그리고 외부 환경(습윤 또는 건조)조건을 알 수 있다면 모사 실험을 통하여 HCP값과 부식량과 상관성을 도출할 수 있다.

본 연구에서는 5.0mm 철선을 시멘트 모르타르 시편에 삽입하였으며 20~50mm의 피복두께와 0.35~0.70의 w/c(water to cement) 비를 고려하여 시편을 제조하였다. 이후 ICM(Impressed Current Method)를 적용하여 부식을 촉진시켰으며, 부식량의 변화를 유도하기 위해 3가지 수준의 부식촉진시간을 고려하였다. 서로 다른 부식량, 피복두께, w/c를 가진 시멘트 모르타르를 대상으로 건조 상태에서 HCP를 측정하였으며, HCP 및 부식량 자료를 구축하여 철근 부식량과 HCP의 상관성을 분석하였다. 수중 구조물과 같이 포화상태일 경우 부식량의 증가로 결과가 더 명확할 수 있으나, 현장에서의 HCP의 측정이 어려우므로 본 연구에서는 건조 상태의 시편을 대상으로 측정을 수행하였다.

2. 실험 방법

2.1 사용재료 및 시편

HCP 측정용 몰드를 제작하기 위해 w/c를 0.35, 0.55, 0.70으로 고려하였으며, 피복두께는 20mm, 30mm, 40mm, 50mm의 4가지 경우를 고려하였다. 철근은 5.0mm의 강선을 사용하였으며, 일반 시멘트와 잔골재를 1:3 비율로 혼합하여 시멘트 모르타르 시편을

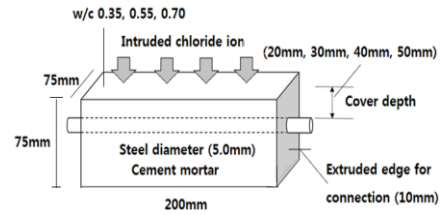
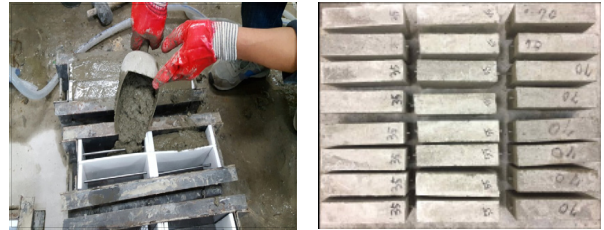


Fig. 1. Geometry of cement mortar specimen with rebar



(a) Placing of mortar (b) Cement mortar specimens

Fig. 2. Photos for specimen preparation

제조하였다. 시편의 제원은 75mm×75mm×200mm로 설정하였으며, 부식이 야기되는 피복두께는 10mm 간격으로 20mm~50mm로 조절하였다. Fig. 1에서는 시멘트 모르타르 시편의 제원을 나타내고 있으며, Fig. 2에서는 시험체 몰드 및 제조된 시편의 사진을 나타내고 있다.

2.2 ICM를 이용한 촉진부식실험 및 부식감량

자연적으로 부식으로 인한 균열 폭이 콘크리트 표면에 보이기까지는 수년 이상의 염해 환경에 노출이 필요하다. 촉진부식방법인 ICM은 매립된 강재에 양극을 접지하고 염화물 수용액에 침지된 구리판에 음극을 접지하여 직접 전압을 인가하게 된다. 일반적인 자연전위가 수십~수백 mV 수준인 반면, ICM을 적용할 경우 전압을 수십 V까지 직접 유도할 수 있으므로 매우 빠른 부식이 발생한다. 기존의 연구에서도 촉진부식방법으로 사용하고 있으며, 부식에 의한 재료 및 구조물의 내력변화, 형상변화 연구에 유효한 방법으로 알려져 있다(Baek et al. 2012; Kwon and Park 2012; Sakurada et al. 2008). 해수와 같은 염화물 용액을 준비하고(3.5%), 온도 20℃ 환경에서 시편의 피복두께면을 침지한다. 침지된 면에서는 구리판을 -극으로 사용하고 매립된 철근을 +극으로 사용하면 전압의 인가에 따라 염화물 이온(Cl⁻)이 철근으로 이동하게 된다. 이때 철근은 직접 해수에 닿지 않도록 주의해야 하며, 10mm를 침지하여 모세관 현상으로 해수가 철근위치까지 침지되도록 하였다. Fig. 3에서는 ICM의 개요도를 나타내었으며, 이온 교환에 의해 발생하는 철의 부식은 식(1)과 같은 Faraday 법칙을 따른다(Kwon

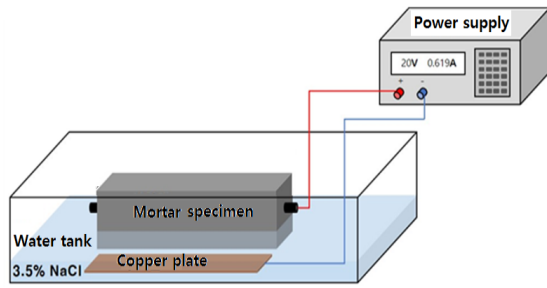
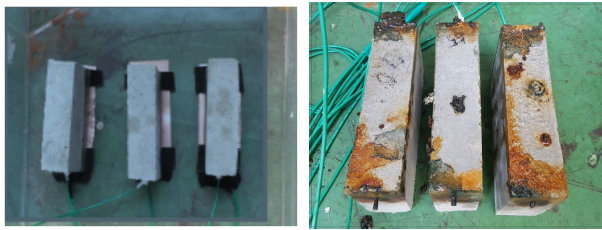


Fig. 3. Schematic diagram for ICM



Fig. 5. Photo for HCP measurement



(a) Before ICM (b) After ICM for 18 hours

Fig. 4. Photos for mortar specimens under ICM



(a) Mortar after corrosion (b) Corrosion measurement

Fig. 6. Photos for corrosion measurement and mortar conditions

and Park 2012; 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. Fig. 4에서는 촉진부식전후의 시편의 외관모습을 나타낸다.

3. 시멘트 모르타르 특성과 부식에 따른 HCP 특성

3.1 ICM에 의한 부식량 평가

직류 전압기를 사용하여 20V의 전압을 유도하였으며, 서로 다른 부식량을 야기하기 위해 6시간, 18시간, 42시간 동안 부식을 촉진시켰다. 촉진 부식 전후이후 24시간 동안 실험실 조건에서 건조시켰으며, 표면을 정리한 이후 HCP를 측정하였다. Fig. 5에서는 HCP의 측정사진을 나타내고 있으며, Fig. 6에서는 시편의 부식모습과 부식감량 측정사진을 나타내고 있다.

Table 10에서는 각 시편의 부식 평균값을 나타내고 있다. 부식기간이 증가할수록 부식량은 증가하였으며, 피복두께가 작을수록, 물-시멘트비가 높을수록 부식량은 크게 평가되었다.

Table 1. Corrosion amount for different corrosive period(g)

Corrosion for 42hours	Cover depth(mm)	w/c 0.35	w/c 0.55	w/c 0.70
	20	6.54	6.61	8.19
30	5.68	5.7	6.81	
40	3.75	4.45	5.8	
50	3.22	4.41	5.8	
Corrosion for 18hours	Cover depth(mm)	w/c 0.35	w/c 0.55	w/c 0.70
	20	3.31	3.51	4.18
	30	2.95	2.92	3.55
	40	1.88	2.23	2.91
50	1.6	2.22	2.9	
Corrosion for 6hours	Cover depth(mm)	w/c 0.35	w/c 0.55	w/c 0.70
	20	1.45	1.35	1.63
	30	1.42	1.1	1.41
	40	0.68	0.92	1.2
50	0.63	0.88	1.16	

같은 전압이 인가된 조건이더라도 피복두께가 높고 낮은 w/c를 가진 밀실한 구조의 모르타르에서는 염화물 확산이 낮게 평가된다. 특히 혼화재료를 사용하여 염화물 침투를 제어하려는 연구는 최근 들어서 더욱 활발하게 진행되고 있다(Saraswathy et al, 2003a; Saraswathy et al, 2003b; Song and Saraswathy 2006).

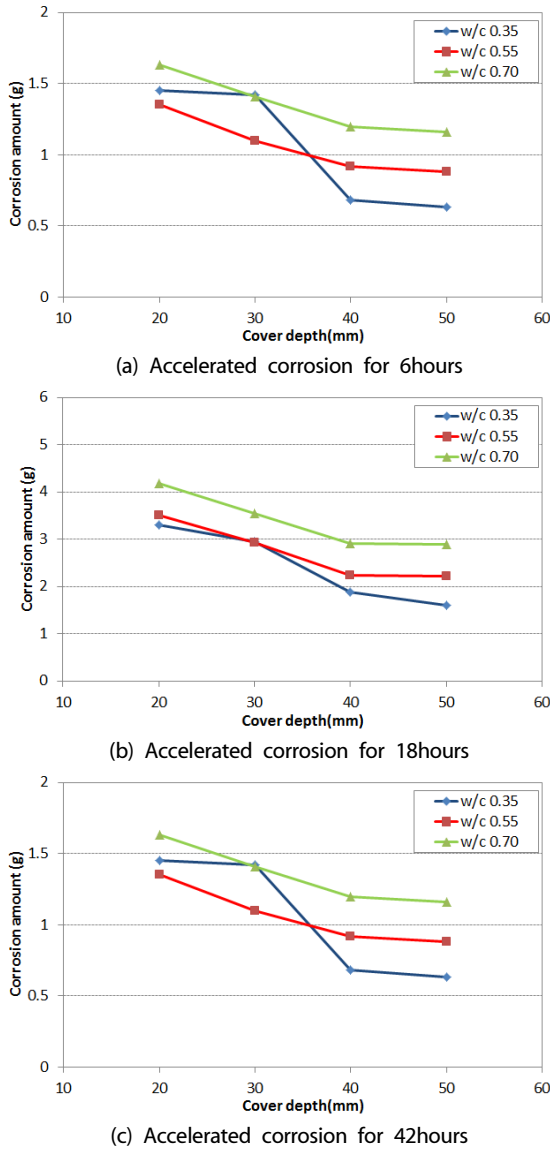


Fig. 7. Corrosion duration period and corrosion amount

Fig. 7에서는 부식 촉진시간에 따른 HCP의 변화를 나타내고 있다.

3.2 피복두께 및 물-시멘트비에 따른 HCP 평가

높은 물-시멘트비, 낮은 피복두께, 높은 ICM 인가기간에 따라서 증가하는 HCP 값이 평가되었다. 물시멘트비가 높고 피복두께가 낮은 경우, 염화물 이온의 확산량이 많아지고 내부에 포화된 수분이 많게 된다. 이러한 환경에서는 동일한 전압 인가시 전류량이 증가하게 되고 증가된 전류는 부식량을 증가시키게 된다. 증가된 철근부식에 따라 단면적이 감소되면, 단위 면적당 통과하는 전압에 대하여 저항값이 증가하게 되고 이에 따라 측정된 HCP 값이

Table 2. Measured HCP with different cover depth and w/c ratios

Cover depth (mm)	w/c	HCP(-mV)			Cover depth (mm)	w/c	HCP(-mV)				
		6hr.	18hr.	42hr.			6hr.	18hr.	42hr.		
20	0.35	366	433	440	40	0.35	209	443	498		
		383	401	410			210	418	456		
		367	406	387			213	412	458		
	0.55	373	467	477		0.55	320	436	456		
		388	478	482			288	428	457		
		335	468	475			261	425	503		
	0.70	469	520	586		0.70	452	533	574		
		462	566	571			445	527	543		
		341	574	522			424	545	582		
	30	0.35	299	510		487	50	0.35	286	253	338
			286	484		495			277	233	286
			274	461		497			269	248	421
0.55		209	562	559	0.55	352		325	445		
		200	559	583		345		323	461		
		201	549	587		324		314	433		
0.70		346	523	574	0.70	480		485	579		
		336	556	562		485		458	534		
		324	517	563		489		462	568		

증가하게 된다. HCP 평가는 기본적으로 부식가능성을 평가하는 것이지만 실내실험과 같은 제한 조건에서는 부식량과의 상관성을 고찰할 수 있다. 6시간 촉진 시 부식량은 0.63~1.63g 수준이었으며, 18시간 촉진 시 1.6~4.18g, 42시간 촉진 시 3.22~8.19g 수준으로 부식이 발생하였다.

Table 2에서는 철근 부식량을 측정하기 위해 시편의 파쇄전에 건조상태에서 측정된 HCP의 측정값을 나타내고 있으며, 이를 Fig. 8에 나타내었다.

Table 2에서는 시편 1개당 3개소 측정을 하여 3개의 평균 HCP 값을 나타내었는데, HCP의 측정결과에서 알 수 있듯이 촉진기간이 증가할수록 측정 HCP 값이 증가하고 있다. 6시간 촉진시 평균 HCP 측정값은 335mV로, 측정범위는 203mV~485mV 수준으로 평가되었다. 또한 촉진시간인 18시간으로 증가할 경우, 평균 HCP는 452mV로, 최소값 및 최대값은 245mV 및 556mV로 평가되었다. 이러한 경향은 42시간 촉진시간의 증가에도 비슷하게 평가되

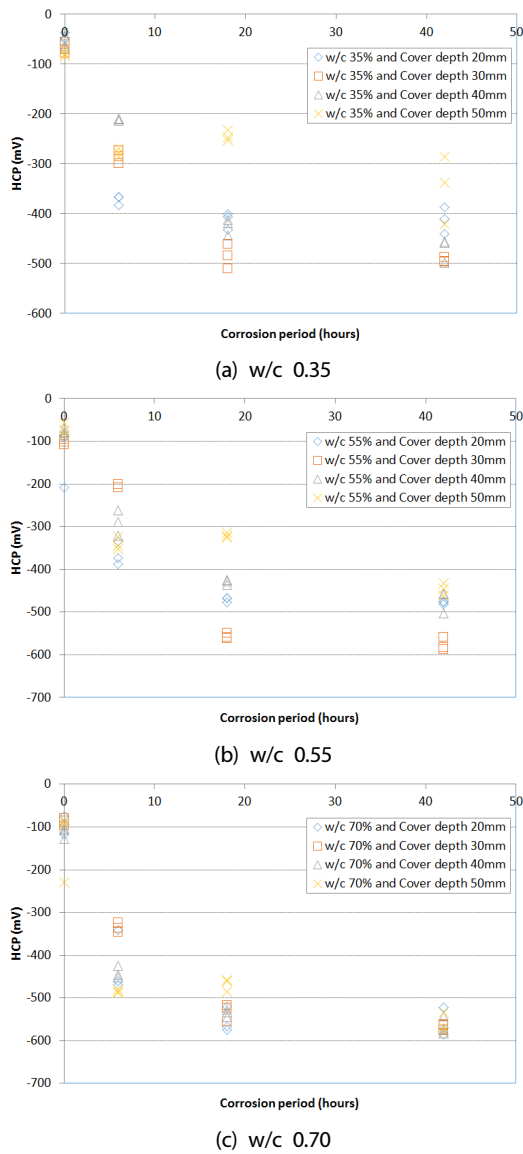


Fig. 8. HCP measurement with different cover depth and w/c ratios

었는데, 평균 전위는 496mV로, 범위는 348~576mV 수준으로 평가되었다.

4. 시멘트 모르타르 특성과 부식량에 따른 HCP의 DB구축 및 상관성 분석

4.1 부식시간에 따른 DB구축 및 다중 회귀분석

시멘트 모르타르의 물-시멘트비 3수준(0.35, 0.55, 0.70), 촉진 시간의 3수준(6hr, 18hr, 42hr), 그리고 피복두께의 4수준(20mm,

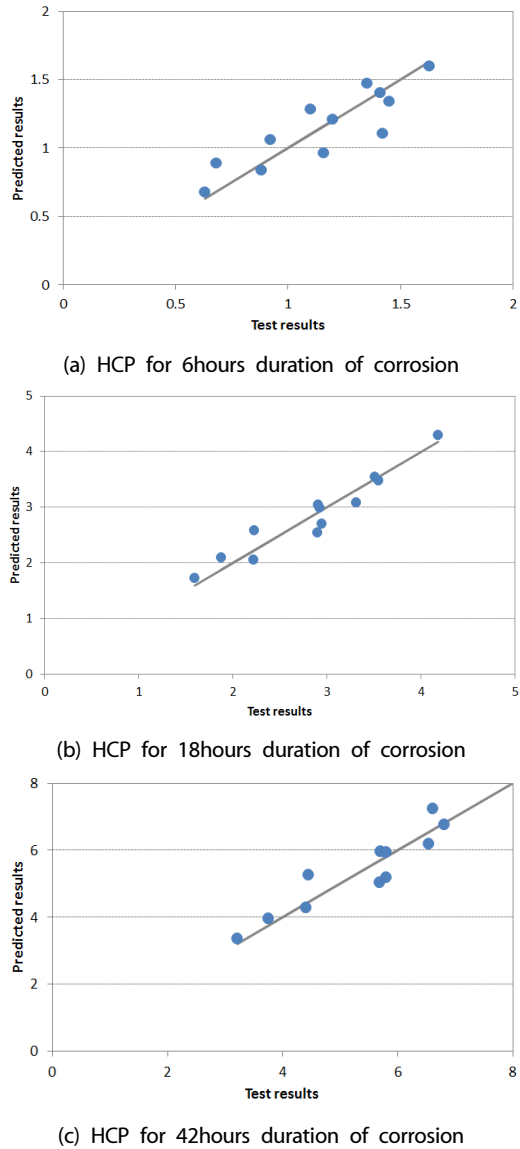


Fig. 9. Multi-regression analysis with different accelerated corrosion period

30mm, 40mm, 50mm)의 부식량과 HCP의 평균값에 대한 상관성을 도출하기에는 많은 제한이 따른다. 본 연구에서는 건조 상태에서 실제 구조물의 HCP를 측정할 경우, 3개의 수준으로 구분하여 다중회귀분석을 수행하였다.

즉 6시간 촉진 수준인 203mV~485mV 범위일 경우, 18시간 촉진수준인 245mV~556mV인 경우, 그리고 42시간 촉진수준인 348~576mV 수준인 경우로 분류하여 다중회귀분석을 수행하였다. 3개 수준에 대한 다중회귀분석 결과는 Fig. 9와 같이 나타낼 수 있으며, 결과를 Table 3에 요약하였다.

Table 3. Results for multi-regression analysis for HCP and different accelerated corrosion period

Variables C-corrosion amount(g)	$C = Y + X_1(C_d) + X_2(w/c) + X_3(H)$		
	6hours	18hours	42hours
Y constant	1.510146	5.10246	4.990016
X1 for C_d (Cover depth-mm)	-0.02147	-0.04335	-0.09623
X2 for w/c (w/c ratio-%)	0.008318	0.021279	0.050661
X3 for measured H (HCP-mV)	-0.00013	-0.00321	0.001827
R2	0.861	0.901	0.887

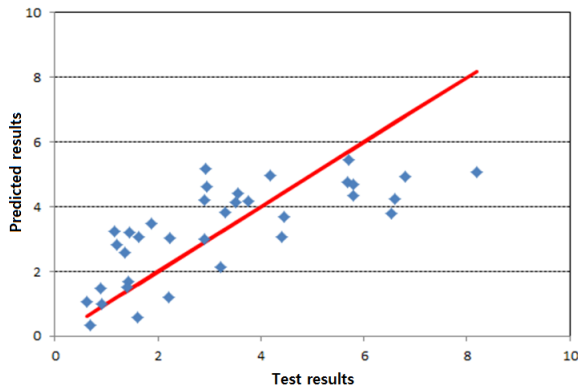


Fig. 10. Multi-regression analysis for total HCP and corrosion duration

측정된 HCP와 철근 부식량은 선형적인 관계를 가지고 있으며, 0.86이상의 높은 결정계수(R^2)을 가지고 있었다.

4.2 전체 부식량을 고려한 DB구축 다중회귀분석

전체 부식량에 대한 다중회귀분석 값을 도출한 경우는 부식기간을 고려하지 않았으므로 각 변수와 결과의 상관성이 떨어지게 된다. Fig. 10에서는 전체 부식량에 대한 회귀분석 결과를 나타내었는데, 선형적인 관계로는 회귀분석이 명확하게 평가되지 않았다. 식 (2)과 같이 회귀분석결과가 도출되었으며, 결정계수는 0.55 수준으로 감소하였다. 측정된 HCP를 이용하여 철근 부식량의 관계를 명확하게 분석하기 위해서는 4.1절과 같이 부식수준을 구분하여 오차를 줄이고 상관성을 높이는 것이 필요하다.

$$C = -0.900 - 0.0244(C_d) - 0.026(w/c) + 0.01477(H) \quad (2)$$

5. 결론

본 연구에서는 건조 상태를 기준으로 3가지 수준의 물-시멘트비, 4가지 수준의 피복두께, 그리고 3가지 수준의 촉진부식시간을 고려하여 부식량과 HCP의 변화를 분석하였다. 본 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 촉진 시간이 6시간, 18시간, 42시간으로 증가할 때, 부식량은 각각 0.63~1.63g, 1.6~4.18g, 3.22~8.19g 수준으로 부식량이 증가하였다. 6시간, 18시간, 42시간 촉진 시험시 HCP 측정값은 각각 335mV, 452mV로, 496mV로 평가되었으며, 결정계수는 0.861, 0.901, 0.887로 높은 선형 상관성이 분석되었다. 이는 표면에 균열이 발생한 경우라도 상관없이 일정한 선형관계를 나타내었다.
2. 측정된 HCP를 세 가지 범위로 분류하여 다중회귀분석을 수행한 결과, 0.86이상의 높은 결정계수가 도출되었으며, 모두 부식량과 HCP는 선형적인 관계를 도출되었다. 측정 HCP를 분류하지 않은 경우는 비선형적인 철근 부식량과 HCP의 값이 도출되었으며, 0.55의 낮은 결정계수가 도출되었다.
3. 피복두께가 작고 물-시멘트비가 높을수록 부식량과 측정된 HCP값은 크게 평가되었다. 이는 같은 전압이 인가된 조건이라도 피복두께가 높고 낮은 w/c를 가진 밀실한 구조의 모르타르에서는 상대습도와 염화물 확산이 낮게 평가되기 때문이다.
4. 본 연구에서 제안된 결과는 표면 건조 상태인 경우, 철근의 지름이 작고 피복두께가 50mm 이하의 낮은 경우만에 유효하다. 제안된 상관성의 확장을 위해서는 다양한 철근 지름과 물성을 가진 콘크리트를 대상으로 추가적인 실험이 필요하다.

감사의 글

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

References

Alonso, C., Andrade, C., 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.

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

- Baek, S.H., Xue, W., Feng, M.Q., 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.
- Broomfield, J.P. (1997). *Corrosion of Steel in Concrete: Understanding, Investigation and Repair*, E&FN, London, 1–15.
- Elsener, B. (2005). Corrosion rate of steel in concrete—measurements beyond the tafel law, *Corrosion Science*, **47(12)**, 3019–3033.
- Elsener, B., Andrade, C., Gulikers, J., Polder, R., Raupach, M. (2003). Hall–cell potential measurements—potential mapping on reinforced concrete structures, *Materials and Structures*, **36(7)**, 461–471.
- Kim, K.B. (2002). A study on allowable crack width of reinforced concrete flexural beam subjected to corrosive environment, Master’s Thesis, Yonsei University, Korea, 35 [in Korean].
- Kim, Y.Y., Kim, J.M., Bang, J.W., 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.
- Kwon, S.J., Na, U.J., Park, S.S., Jung, S.H. (2009). Service life prediction of concrete wharves with early–aged crack: probabilistic approach for chloride diffusion, *Structural Safety*, **31(1)**, 75–83.
- Kwon, S.J., 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 [in Korean].
- 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 [in Korean].
- Liu, T., Weyers, R.W. (1998). Modeling the dynamic corrosion process in chloride contaminated concrete structures, *Cement and Concrete Research*, **28(3)**, 365–379.
- Maierhofer, C.H., Arndt, R., Röllig, M., Rieck, C., Walther, A., Scheel, H., Hillemeier, B. (2006). Application of impulse–thermography for nondestructive assessment of concrete structures, *Cement and Concrete Composites*, **28(4)**, 393–401.
- RILEM. (1994). *Durability Design of Concrete Structures*, Report of RILEM Technical Committee 130–CSL, E&FN, London, 28–52. 130–CSL, E&FN, London, 28–52.
- Sakurada, S., Irie, H., Yoshida, Y. (2008). “Development of reinforced concrete corrosion amount presumption method by ultrasonic method,” 17th World Conference on Nondestructive Testing, Shanghai, China, 1–6.
- Saraswathy, V., Muralidharan, S., Thangavel, K., Srinivasan, S. (2003a). Influence of activated fly ash on corrosion resistance and strength of concrete, *Cement and Concrete Composites*, **25(7)**, 673–680.
- Saraswathy, V., Muralidharan, S., Srinivasan, S. (2003b). Electrochemical studies on the corrosion performance of activated fly ash blended cements, *Materials Engineering*, **14(3)**, 261–283.
- 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 [in Korean].
- Song, H.W., Lee, C.H., 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 [in Korean].
- Song, H.W., 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.

건조 상태의 시멘트 모르타르 특성과 철근 부식량을 고려한 HCP 평가

HCP 측정법은 철근부식을 판단하는 비파괴 시험으로 현장에서 효과적으로 사용되고 있다. 본 연구는 실내실험을 통하여 촉진부식실험을 수행하고 건조 상태에서 측정된 HCP 측정값과 부식량의 상관성을 분석하는 연구이다. 이를 위해 4가지 피복두께와 3가지 물-시멘트비를 가진 시멘트 모르타르 시편을 제조하여 6시간, 18시간, 42시간동안 20V의 전압을 가하여 ICM에 의한 촉진실험을 수행하였다. 분석결과 피복두께의 감소, 물-시멘트비의 증가, 촉진부식시간의 증가에 따라 부식량이 증가하였으며, 측정된 HCP 값과는 선형적인 관계를 나타내었다. HCP를 사용하여 부식량을 평가하기 위해서는 전체 부식량을 비교하는 것보다, 일정수준의 HCP 값을 선정하고 이에 따라 부식량을 평가하는 것이 높은 결정계수를 얻는 합리적인 방법으로 평가되었다.