

# 하이볼륨 플라이애시 콘크리트의 철근부식 및 염소이온 확산 특성 Characteristics for Reinforcement Corrosion and Chloride Ion Diffusion of High Volume Fly Ash Concrete

권순오<sup>1</sup> · 배수호<sup>1\*</sup> · 이현진<sup>1</sup> · 정상화<sup>2</sup>  
Soon-Oh Kwon<sup>1</sup> · Su-Ho Bae<sup>1\*</sup> · Hyun-Jin Lee<sup>1</sup> · Sang-Hwa Jung<sup>2</sup>

(Received February 25, 2014 / Revised March 17, 2014 / Accepted March 19, 2014)

The purpose of this experimental research is to evaluate the resistance of reinforcement corrosion and chloride ion penetration of high volume fly ash (HVFA) concrete. For this purpose, concrete test specimens were made for various strength level and replacement ratio of fly ash, and then compressive strength and diffusion coefficient for chloride ion of them were measured for 28, 91 and 182 days, respectively. Also, corrosion monitoring by half cell potential method was carried out for the made lollipop concrete test specimens to detect the time of corrosion initiation for reinforcement in concrete. As a result, it was observed from the test results that compressive strength of HVFA concrete was decreased with increasing replacement ratio of fly ash but long-term resistance against reinforcement corrosion and chloride ion penetration of that was increased.

**키워드** : 하이볼륨 플라이애시 콘크리트, 철근부식 모니터링, 자연전위, 염소이온 확산계수

**Keywords** : High Volume Fly Ash Concrete, Reinforcement Corrosion Monitoring, Self-Potential, Diffusion Coefficient for Chloride Ion

## 1. 서론

최근, 이산화탄소 배출 증가로 인한 온실효과로 지구온난화가 급격히 진행됨에 따라 콘크리트산업 분야에서도 온실가스 배출량을 줄이기 위한 탄소발생 저감 기술 개발이 요구되고 있다(Kwon et al. 2013a). 이로 인해 대표적인 이산화탄소 배출 산업인 시멘트 분야에서도 온실가스 저감을 위한 많은 노력이 이루어지고 있다(Kwon et al. 2013b). 시멘트 제조 과정 중 석회석(CaCO<sub>3</sub>)을 고온으로 가열하여 시멘트의 주성분인 CaO와 CO<sub>2</sub>로 분리하는 소성공정에서 전체 이산화탄소 배출량의 60% 이상이 발생하게 된다(Kwon et al. 2013c). 이러한 이산화탄소 발생을 감소시키기 위하여 산업부산물인 고로슬래그 미분말이나 플라이애시 등을 시멘트의 대체재로 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있으나, 산업부산물인 플라이애시는 약 15% 정도만 재활용되고 있으며, 대부분 폐기물로 처리되고 있는 실정이다(Oh, 2011).

플라이애시를 시멘트 대체재로서 35~60%까지 치환한 하이볼륨 플라이애시(High Volume Fly Ash, HVFA) 콘크리트를 사용하면(Jung et al. 2012), 폐자원 처리량을 감소시키고, 이산화탄소 발생을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 그러나 플라이애시를 다량 치환한 경우 조기강도 저하 및 탄산화 촉진 등의 문제가 있어 이를 해결하기 위하여 알칼리 활성화제 첨가 대신 단위수량을 대폭 감소시킨 배합기술이 사용되고 있다(Malhotra et al. 2002).

한편, 염해환경에 노출된 철근콘크리트 구조물의 경우 염소이온의 침투로 인해 콘크리트 속 철근이 부식되어 내구수명 저하의 큰 원인이 되고 있다. 이처럼 염해환경에 노출된 콘크리트의 내구성 저하의 주된 원인은 콘크리트 내부로 침투·확산된 염소이온에 의한 철근 부식으로 인한 염해이며, 이는 다른 열화요인에 비해 매우 심각한 것으로 알려져 있다(Kwon, 2013). 이러한 콘크리트의 염소이온 확산에 영향을 미치는 주요 인자로는 W/B(물-결합재비), 노출환경 및 온도, 시멘트 종류 및 플라이애시, 실리카 폼, 고

\* Corresponding author E-mail: shbae@andong.ac.kr

<sup>1</sup>안동대학교 토목공학과 (Department of Civil Engineering, Andong National University, Gyeongsangbuk-do, 760-749, Korea)

<sup>2</sup>한국건설생활환경시험연구원 첨단건설재료센터 (Korea Conformity Laboratories, Seoul, 153-803, Korea)

로슬래그 미분말 등과 같은 광물질 혼화재의 사용여부 등을 들 수 있다(Bae et al, 2009; Park, 2013).

이 중 플라이애시는 재령이 증가함에 따라 포졸란 반응에 의해 강도특성이 개선되며, 시멘트 경화체 내의 공극 크기를 감소시킴으로써 공극의 연속성을 저하시켜, 염소이온 침투저항성을 향상시키는 것으로 알려져 있다(Kim et al, 2004). 또한, 산업부산물인 플라이애시를 시멘트 대체재료로 대량 치환하여 사용할 경우, 이산화탄소 배출 저감효과를 가져올 수 있다. 그러나 콘크리트 표준시방서(2009)에서는 제빙화학제에 노출된 콘크리트의 경우 플라이애시의 혼입률을 최대 25%까지로 제한하고 있으며, 기존 연구에서는 플라이애시의 혼입률을 30% 이하로 설정하여 플라이애시를 혼입한 콘크리트의 특성을 평가하였다. 이에 반해 HVFA 콘크리트는 플라이애시를 시멘트 질량비로 35~55% 대량 치환하여 탄소저감 효과를 높이기 위한 것으로 기존의 연구와는 개념이 다른 콘크리트이다.

따라서 본 연구에서는 HVFA 콘크리트의 실용화를 위한 일환으로, 강도수준 및 플라이애시 혼입률에 따른 철근부식 개시시기와 염소이온 확산계수를 평가하기 위하여 철근 상부를 노출시킨 원주형(Lollypop) 공시체와 통상적인 원주형 공시체를 제작하였다. 단

기간에 콘크리트 내의 철근 부식을 촉진시키기 위해 전기화학적 방법에 의해 부식 촉진환경을 조성하였으며, 자연전위 측정에 의한 철근부식 모니터링을 실시하여 철근부식 개시시기를 평가하였다. 염소이온 확산계수는 북유럽의 규격인 NT BUILD 492(1999) 시험 방법에 의해 재령별로 평가하였다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

시멘트는 시중에서 구입한 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 물리적 성질 및 화학조성은 Table 1과 같다. 잔골재는 경북 안동에서 생산된 낙동강산 하천사를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 25mm인 안동산 부순돌을 이용하였으며, 이들의 물리적 성질은 Table 2와 같다. 화학혼화제는 고강도 및 유동화 콘크리트용으로 사용되고 있는 폴리카보본산계의 고성능 감수제와 AE제를 병용하였으며(Table 3), HVFA 콘크리트를 제작하기 위하여 S산 플라이애시를 사용하였다(Table 4). 철근부식 저항성 평가에 사용된 인공해수는 ASTM D 1141(1998)에 따라 Table 5와 같이 조성하였다.

Table 1. Physical property and chemical composition of cement

Type	Specific gravity	L.O.I	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Ordinary portland cement	3.15	2.60	20.60	5.92	2.89	61.18	3.32	0.92	0.13	2.43

Table 2. Physical properties of aggregates

Type	G <sub>max</sub> (mm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Absorption (%)	Unit mass (kg/m <sup>3</sup> )	Amount of passing 0.08mm sieve (%)	Fineness modulus
River sand	-	2.59	1.47	1,597	2.2	2.43
Crushed stone	25	2.65	0.58	1,648	-	7.27

Table 3. Properties of Chemical Admixtures

Type	Specific gravity	pH	Solid content (%)	Quantity(%) (by mass of cement)	Main component
Superplasticizer	1.05	3~4	18	0.5~2.5	Polycarbonin acid admixture
Air entraining agent	1.08	12	28	0.002~0.004	Surfactant

Table 4. Physical property and chemical composition of fly ash

Type	Density (g/cm <sup>3</sup> )	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Fly ash	2.20	55.1	19.9	10.9	6.00	0.541	2.15	1.33

Table 5. Chemical Composition of Substitute Ocean Water

Compound	NaCl	MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl
Concentration (g/L)	24.53	10.40	4.09	1.16	0.695

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 공시체 제작

HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 강도수준에 따라 압축강도와 철근부식 모니터링 및 염소이온 확산계수를 평가하기 위하여 Table 6과 같이 콘크리트 배합실험을 수행하였다. A, C 및 E 배합은 플라이애시가 혼입되지 않은 일반 콘크리트로 강도수준은 각각 40, 40 및 20MPa이고, B, D 및 F 배합은 HVFA 콘크리트로 플라이애시 혼입률은 각각 35, 55 및 50%이며, A, C 및 E 배합과 동일 강도 수준으로 설정하였다. 콘크리트의 강도수준에 따라 목표 슬럼프는 150±25mm 및 180±25mm, 목표 공기량은 3.5±1.5% 및 4.5±1.5%로 설정하여 철근 상부를 노출시킨 원주형(Lollypop) 공시체와 통상적인 원주형 공시체를 제작하였다. 통상적인 원주형 공시체는 성형 후 24시간 경과하여 몰드를 제거한 후 시험재령 전까지 20±3°C의 온도로 습윤양생 하였으며, Lollypop 공시체는 수분증발을 방지하기 위하여 재령 14일까지 약 20°C의 실험실에서 밀봉양생하였다.

### 2.2.2 압축강도

강도수준에 따른 HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 철근부식 모니터링 및 염소이온 확산계수 평가에 사용된 콘크리트 공시체의 압축강도를 파악하기 위하여 관련 규격(KS F 2405, 2010)에 따라 재령별(28, 91 및 182일)로 압축강도 시험을 수행하였다.

### 2.2.3 철근부식 모니터링

단기간에 HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 철근부식 저항성을 평가하기 위하여 전기화학적 철근부식 촉진시험을 수행하였다. 건습반복이 시행되는 염수환경에 Lollypop 공시체를 설치하고, 전압공급장치(power source)에 의해 양극에는 철근을, 음극에는 스테인리스판을 연결하여 2.0V의 전압을 가하여 전기화학적으로 콘크리트 속의 철근부식을 촉진시켰다(Fig. 1). 전기화학적 철근부식

저항성은 자연전위로 표시되는데, 자연전위가 작을수록 철근부식 저항성이 낮은 것을 나타내며, 유산동 전극을 사용하여 자연전위를 측정하였다. 자연전위가 -350mV 이하이면 측정부위에서 90% 이상 철근이 부식될 가능성을 나타내고, -200 ~ -350mV이면 철근부식 여부가 불확실하며, -200mV 이상이면 측정부위에서 90% 이상이 부식이 안 될 가능성을 나타낸다(ASTM C 876, 1991). 1일 건조, 1일 습윤 상태를 1사이클로 하여, 자연전위 측정에 의한 철근부식 모니터링을 실시하여 철근부식 개시시기를 평가하였다 (Bae et al, 2007).

### 2.2.4 염소이온 확산계수

염소이온 확산계수는 북유럽 규격인 NT BUILD 492 방법에 의한 염소이온 확산실험에 의해 평가하였으며, 음극셀은 10%의 NaCl 수용액을, 양극셀은 0.3M의 NaOH 수용액을 사용하였다. Fig. 2와 같이 확산셀 장치를 구성한 후 전압공급장치를 이용하여

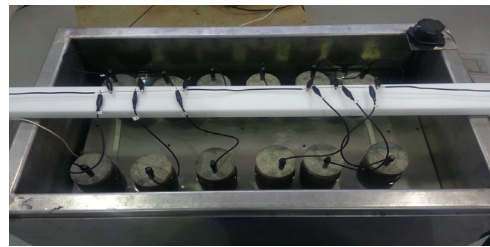


Fig. 1. Electrochemical accelerating corrosion test

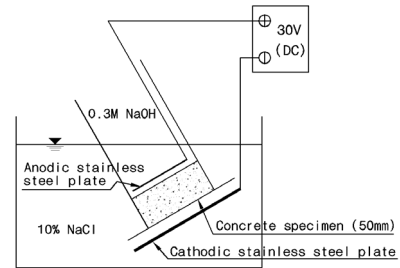


Fig. 2. Detail of migration set-up

Table 6. Mix proportions of concrete

Specimens	Strength level (MPa)	Replacement ratio of FA (%)	G <sub>max</sub> (mm)	Target slump (mm)	Target air content (%)	W/B (%)	S/a (%)	Unit mass (kg/m <sup>3</sup> )					SP (B×%)	AE (B×%)
								W	C	FA	S	G		
A	40	0	25	180±25	3.5±1.5	45	42	170	380	0	733	1,037	0.5	0.02
B		35		180±25	3.5±1.5	38	42	165	280	151	699	987	0.8	0.05
C		0		180±25	3.5±1.5	39	41	158	407	0	720	1,060	0.9	0.07
D	55	180±25		3.5±1.5	30	45	115	173	211	815	1,019	2.6	0.10	
E	20	0		150±25	4.5±1.5	52	47	185	354	0	801	924	0.3	0.02
F		50		150±25	4.5±1.5	40	45	125	156	156	827	1,034	1.6	0.12

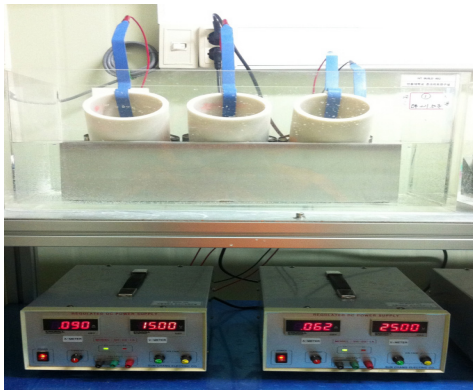


Fig. 3. Arrangement of migration set-up

30V의 설정전압을 공급하였을 때, 콘크리트 시편에 걸리는 초기 전류를 측정하여, 적용전압과 시험시간을 선택하여 확산시험을 수행하였다(Fig. 3). 확산실험이 끝난 후 콘크리트 시편을 2개의 조각으로 할렬하고, 그 단면에 0.1N AgNO<sub>3</sub> 용액을 분무하여 평균 염소이온 침투깊이를 측정하여 다음 식에 의하여 염소이온 확산계수를 구하였다(NT BUILD 492, 1999). 플라이애시의 포졸란 반응은 장기재령에서 활성화되므로 이를 고려하여 재령 28일, 91일 및 182일의 장기 재령까지 염소이온 확산실험을 수행하였다.

$$D = \frac{RT}{zFE} \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \quad (1)$$

$$E = \frac{U-2}{L}, \alpha = 2 \sqrt{\frac{RT}{zFE}} \operatorname{erf}^{-1} \left( 1 - \frac{2c_d}{c_0} \right) \quad (2)$$

여기서,  $D$ 는 염소이온 확산계수(m<sup>2</sup>/s),  $z$ 는 염소이온 원자의 절대값( $z = 1$ ),  $F$ 는 패러데이 상수( $9.648 \times 10^4$ , J/(V · mol)),  $U$ 는 적용 전압의 절대값(V),  $R$ 는 기체상수( $8.314$ , J/(K · mol)),  $T$ 는 양극용액에서 초기 및 최종 온도의 평균값(K),  $L$ 은 시편의 두께(m),  $x_d$ 는 염소이온 침투깊이의 평균값(m),  $t$ 는 실험 시간(sec),  $\operatorname{erf}^{-1}$ 은 error function의 역,  $c_d$ 는 변색부에서의 염소이온 농도(OPC 콘크리트의 경우,  $c_d=0.07$ )이며,  $c_0$ 는 음극용액에서 염소이온 농도( $c_0=2N$ )이다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 압축강도

Fig. 4는 강도수준에 따른 HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 철근부식 모니터링 및 염소이온 확산계수 평가에 사용된 콘크리트

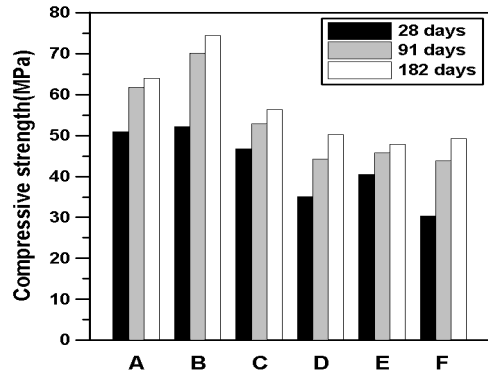


Fig. 4. Compressive strength of concrete

의 압축강도를 나타낸 것이다. 그림과 같이 단위결합재량이 400kg/m<sup>3</sup>를 초과하고, 플라이애시 혼입률이 35% 이하인 B 배합의 경우는 전 재령에 걸쳐 HVFA 콘크리트의 압축강도가 일반 콘크리트보다 큰 것으로 나타났는데, 재령 28일, 91일 및 182일 각각의 HVFA 콘크리트의 압축강도는 동일 강도 수준의 일반 콘크리트인 A 배합의 콘크리트보다 1.02배, 1.13배, 1.16배 큰 것으로 나타나, 단위결합재량이 많은 경우 플라이애시의 포졸란 효과가 큰 것으로 나타났다.

반면에, 단위결합재량이 400kg/m<sup>3</sup>보다 적고, 플라이애시 혼입률이 50% 이상인 D와 F 배합의 경우는 대체적으로 HVFA 콘크리트의 압축강도가 일반 콘크리트보다 저하되는 것으로 나타났다. 즉, 재령 28일, 91일 및 182일 각각의 동일 강도 수준의 일반 콘크리트에 대한 HVFA 콘크리트의 압축강도비는 D 배합의 경우 0.75, 0.84, 0.89이고, F 배합의 경우 0.75, 0.96, 1.03으로 나타나, 플라이애시가 대량 치환됨에 따라 압축강도는 대체적으로 동일 강도 수준의 일반 콘크리트보다 저하되는 것으로 나타났다. 따라서, 콘크리트의 강도측면에서는 단위결합재량이 많고 플라이애시 혼입률이 적을수록 유리한 것으로 나타났다.

#### 3.2 철근부식 모니터링

Figs. 5 및 6은 HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 자연전위 측정에 의한 철근부식 모니터링 결과와 철근부식 개시시기를 나타낸 것이다. 철근부식 개시 시기는 자연전위가 -350mV가 되었을 때이므로(ASTM C 876, 1991), HVFA 콘크리트인 B, D 및 F 배합의 철근부식 개시 시기는 각각 28, 26 및 22일이며, 이와 동일 강도 수준의 일반 콘크리트인 A, C 및 E 배합의 철근부식 개시 시기는 각각 18, 22 및 14일로 나타났다. 따라서 HVFA 콘크리트의 철근부식 개시 시기가 일반 콘크리트보다 약 1.2~1.6배 증가한 것으로 나타나, 전자가 후자보다 철근부식 저항성이 우수한 것으로 나타났다.

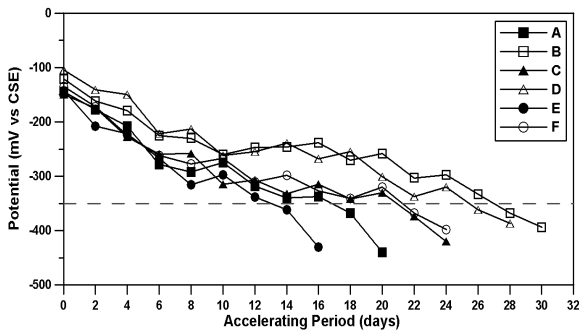


Fig. 5. Reinforcement corrosion monitoring of concrete

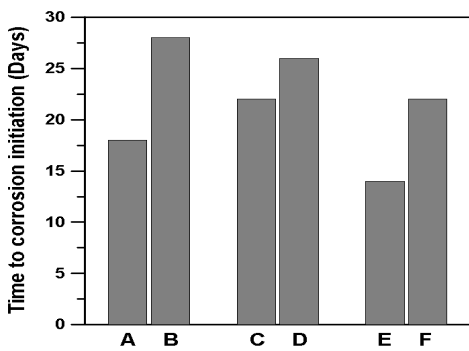


Fig. 6. Time to corrosion initiation

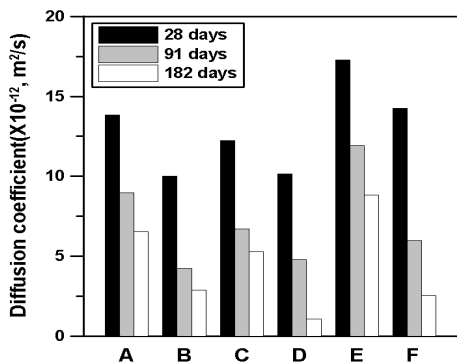


Fig. 7. Diffusion coefficient of concrete

따라서, HVFA 콘크리트의 철근부식 저항성은 강도 수준이 높을수록, 동일 강도 수준의 경우, 단위결합재량이 많을수록 철근부식 저항성이 우수해지는 것으로 나타났다.

### 3.3 염소이온 확산계수

Fig. 7은 HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 염소이온 확산계수를 나타낸 것이다. HVFA 콘크리트의 염소이온 확산계수는 강도 수준 및 플라이애시 혼입률에 관계없이 일반 콘크리트보다 작은

것으로 나타나, 염소이온 침투 저항성이 개선되는 것으로 나타났다. 재령 28일, 91일 및 182일 각각의 HVFA 콘크리트의 염소이온 확산계수는 동일강도 수준의 일반 콘크리트보다 1.21~1.38배, 1.40~2.11배, 2.26~4.90배 감소하는 것으로 나타났으며, 또한 이 차이는 재령이 증가할수록 커지는 것으로 나타났다. 한편, HVFA 콘크리트의 재령 182일 염소이온 확산계수는 D, F 배합의 경우가 B 배합의 경우보다 작은 것으로 나타나, 장기 재령의 염소이온 확산계수는 상대적으로 물-결합재비보다는 플라이애시 혼입률이 보다 지배적인 역할을 하는 것으로 나타났다.

## 4. 결론

강도수준 및 플라이애시 혼입률에 따른 HVFA 콘크리트와 일반 콘크리트의 철근부식 저항성 및 염소이온 확산계수를 평가한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. HVFA 콘크리트의 압축강도 특성은 단위결합재량과 플라이애시 혼입률 각각에 따라 다르며, 단위결합재량이 약 400kg/m<sup>3</sup>을 초과하고 플라이애시 혼입률이 35% 이하인 경우, HVFA 콘크리트의 압축강도는 동일 강도 수준의 일반 콘크리트보다 증가하는 것으로 나타나, 콘크리트의 강도 측면에서는 단위결합재량이 많고, 플라이애시 혼입률이 적을수록 유리한 것으로 나타났다.
2. HVFA 콘크리트의 전기화학적 철근부식 촉진시험에 따른 철근부식 개시 시기는 동일 강도 수준의 일반 콘크리트보다 약 1.2~1.6배 증가하는 것으로 나타나, 철근부식 저항성이 개선되는 것으로 나타났다. 또한 HVFA 콘크리트의 철근부식 저항성은 강도 수준이 높을수록, 동일 강도 수준의 경우, 단위결합재량이 많을수록 철근부식 저항성이 우수해지는 것으로 나타났다.
3. HVFA 콘크리트의 염소이온 확산계수는 강도 수준 및 플라이애시 혼입률에 관계없이 일반 콘크리트보다 작은 것으로 나타나, 염소이온 침투저항성이 개선되는 것으로 나타났으며, HVFA 콘크리트의 장기 염소이온 확산계수는 플라이애시의 재령 증가에 따른 포졸란 반응의 활성화로 물-결합재비보다 플라이애시 혼입률이 보다 지배적인 역할을 하는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 한국에너지기술평가원의 전력산업융합원천기술개발사업 “HVCCPs 활용 그린 건설재료 및 실용화 기술” 과제에 의해 수행되었습니다.

## References

- ASTM C 876. (1991). Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 1141. (1998). Standard Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water, American Society for Testing and Materials.
- Bae, S.H., Lee, K.M., Kim, J.S., and Kim, Y.S. (2007). Estimation of Critical Chloride Content for Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete by Accelerated Corrosion Tests, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, **27(5)**, 771–776 [in Korean].
- Bae, S.H., Park, J.I., Lee, K.M., and Choi, S. (2009). Influence of Mineral Admixtures on the Diffusion Coefficient for Chloride Ion in Concrete, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, **29(4)**, 347–353 [in Korean].
- Jung, S.H., Choi, Y.C., Moon, K.D., and Choi, Y.J. (2012). “Development of green construction materials utilizing high volume coal combustion products,” *Proceedings of the Korean Recycled Construction Resource Institute*, **12(1)**, 169–172 [in Korean].
- Kim, Y.J., Lee, S.S., Kim, D.S., and Yoo, J.K. (2004). Effect of the Kinds and Replacement Ratio of Mineral Admixtures on the Development of Concrete Resistance against the Penetration of Chloride Ions, *Journal of Korea Concrete Institute*, **16(3)**, 319–326 [in Korean].
- Korea Concrete Institute. (2009). Standard Concrete Specification, Korea Concrete Institute.
- KS F 2405. (2010). Standard test method for compressive strength of concrete, Korean Standards Association.
- Kwon, S.O. (2013). Comparative Analysis on Experimental Method of Diffusion Coefficient for Chloride Ion in Concrete, M.S. thesis, Andong National University, Korea.
- Kwon, S.O., Bae, S.H., Goo, M.S., and Lee, H.J. (2013a). “Resistance Estimation against Chloride Attack of High Volume Fly Ash Concrete,” *Proceedings of the Korean Recycled Construction Resource Institute*, **13(1)**, 110–113 [in Korean].
- Kwon, S.O., Bae, S.H., Goo, M.S., Lee, H.J., and Jung, S.H. (2013b). “Comparative Evaluation for Resistance to Chloride Attack of High Volume Fly Ash and Plain Concrete according to Strength Level,” *Proceedings of the Korean Recycled Construction Resource Institute*, **13(2)**, 15–18 [in Korean].
- Kwon, S.O., Bae, S.H., Goo, M.S., Lee, H.J., and Jung, S.H. (2013c). “Resistance Evaluation to Reinforcement Corrosion and Chloride Ion Penetration of High Volume Fly Ash Concrete,” *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineers*, 1336–1339 [in Korean].
- Malthotra, V.M., and Mehta, P.K. (2002). High-performance, high-volume fly ash concrete, *Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development*, **9(3)**, 101.
- NT BUILD 492. (1999). Concrete, Mortar and Cement Based Repair Materials, Chloride Migration Coefficient from Non-Steady-State Migration Experiments, Nordtest.
- Oh, S.G. (2011). An Evaluation of Chloride Attack Resistibility of Concrete Mixed with Fly Ash, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, **27(6)**, 91–98 [in Korean].
- Park, J.I. (2013). Resistance against Chloride Ion Penetration of Concrete Containing Mineral Admixtures, Ph.D thesis, Andong National University, Korea.

### 하이볼륨 플라이애시 콘크리트의 철근부식 및 염소이온 확산 특성

이 연구의 목적은 하이볼륨 플라이애시(HVFA) 콘크리트의 강도수준 및 플라이애시의 혼입률별로 콘크리트 내의 철근부식 및 염소이온 침투 저항성을 평가하는 것이다. 이를 위하여 물-결합재비 및 플라이애시 혼입률에 따라 철근 상부를 노출시킨 원주형 공시체와 통상적인 원주형 공시체를 제작하였으며, 이들 각각에 대해 압축강도 및 염소이온 침투 저항성 시험과 전기화학적 방법에 의한 철근부식 촉진시험을 수행하였다. 실험 결과, 대체적으로 플라이애시 혼입률이 많을수록 HVFA 콘크리트의 압축강도는 감소하였으나, 철근부식 및 염소이온 침투 저항성은 크게 개선되는 것으로 나타났다.