

## 규불화염계 복합 조성물을 혼입한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

양일승<sup>1)</sup>·윤현도<sup>1)\*</sup>·김도수<sup>2)</sup>·길배수<sup>2)</sup>·한승구<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>충남대학교 건축공학과 <sup>2)</sup>(주)트라이포드 <sup>3)</sup>계룡건설산업(주)

(2005년 4월 18일 원고접수, 2005년 8월 19일 심사완료)

## Experimental Study on Engineering Properties of Concrete Using Fluosilicates Based Composite

Il-Seung Yang<sup>1)</sup>, Hyun-Do Yun<sup>1)\*</sup>, Do-Su Kim<sup>2)</sup>, Bae-Su Khil<sup>2)</sup>, and Seung-Gu Han<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

<sup>2)</sup> Tripod Co. Inc. Daejeon, 138-130, Korea

<sup>3)</sup> Kyeryong Co. Inc. Daejeon, 135-736, Korea

(Received April 18, 2005, Accepted August 19, 2005)

### ABSTRACT

Fluosilicic acid( $H_2SiF_6$ ) is recovered as an aqueous solution which absorbs  $SiF_4$  produced from the manufacturing of industrial-graded  $H_3PO_4$  or HF. Generally, fluosilicates are the salts produced by the reaction of  $H_2SiF_6$  and metal salts. Addition of fluosilicates to cement endows odd properties through unique chemical reaction with the fresh and hardened cement. This study was performed to know mechanical properties and watertightness using fluosilicates based composite made from fluosilicates and other compounds. Mix proportions for experiments were modulated at 0.45 of water to cement ratio and 0.0-2.0% of adding ratio of fluosilicates based composite. Evaluation for mechanical properties of concrete was conducted to know fresh state of concrete, hardening state of concrete, and watertightness. Evaluation for watertightness of concrete was carried out permeability, absorption test and porosity analysis. In addition, Scanning Electron Microscopy(SEM) and Energy Dispersive X-Ray(EDX) used for investigating micro-structure and atomic component distributed in hardened concrete. It is ascertained that characteristics of mechanical properties and watertightness was more improved than non-added because of packing role of fluosilicates based composite and pozzolanic reaction of soluble  $SiO_2$ . Also, concrete added fluosilicates based composite had a tendency to delay setting time and only 0.5% addition of fluosilicates based composite delayed 150 minutes compared with non-added.

**Keywords :** fluosilicates based composites, fluosilicic acid, permeability, porosity, watertightness

### 1. 서 론

최근에 무기 불소계 공정 부산물의 발생에 따른 환경오염 문제 해결과 재활용을 위한 노력이 중요한 현안으로 대두되고 있다. 따라서 세계적으로 이러한 목적을 달성하기 위하여 각종 재활용 기술 및 제조 시설 등이 개발되고 있으며, 현재에도 끊임없는 기술 개발의 노력이 시도되고 있다. 이러한 추세에 따라 국내에서도 1990년대 후반부터 인산( $H_3PO_4$ ) 및 불산(HF)을 안정한 액상형태로 제조되는 규불화염계 화합물이 콘크리트의 강도를 증진시키는 동시에 수밀성 증진 및 수화열 억제 등의 복합적 기능을 통해 경화 후 콘크리트의 건조수축, 소성수축 및 온도응력에 의

한 균열저감 등 수밀성 및 경화 후 물성에 긍정적인 영향을 준다는 여러 연구<sup>1-14)</sup>가 보고되고 있어 향후 건설용 혼화재료로서의 새로운 가능성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 인산 제조과정 중에 부산물로 회수되는 불화규산( $H_2SiF_6$ )을 활용하여 제조된 규불화염계 복합 조성물(이하, SWP-2로 표기함)을 콘크리트에 첨가하여 굳지 않은 콘크리트 성상, 경화특성 및 수밀성 변화에 대하여 검토하고자 한다.

### 2. 규불화염계 복합 조성물의 메커니즘

규불화염계 복합 조성물의 메커니즘은 Fig. 1에 나타낸 것과 같다<sup>13)</sup>. 규불화염계 복합 조성물이 고알칼리의 콘크리트에 첨가되면 규불화염 중 규불화이온( $SiF_6^{2-}$ )이 가수분해에 의해 가용성 실리카와 미반응 불소이온(F<sup>-</sup>)으로

\* Corresponding author

E-mail : wiseroad@cnu.ac.kr

©2005 by Korea Concrete Institute

전이된다. 가용성 실리카는 시멘트 수화반응에 의해 생성된  $\text{Ca(OH)}_2$ 와 반응하는 포졸란반응에 기여하고, 불소이온은 시멘트 수화과정중 용출되는  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  및  $\text{K}^+$  등의 알칼리 이온과 반응하여  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{NaF}$  및  $\text{KF}$  등의 난용성 금속불화물을 생성시키며, 이러한 생성 과정은 시멘트 수화열을 상쇄시키는 열역학적 흡열 과정( $\Delta H > 0$ )으로 진행되면서 난용성 금속불화물을 안정화시킨다. 알칼리 상태에서 난용성 금속불화물은 더욱 안정화되며, 1  $\mu\text{m}$ 이하의 미세한 미립상으로서 콘크리트의 결합 부분을 충전하여 수밀성을 증진시키는 작용과 함께 경화 전·후 수축에 대한 저항성을 부여한다.

난용성 금속불화물이 생성될 때 수반되는 흡열반응은 시멘트 수화열을 흡수하여 콘크리트의 온도응력에 의한 균열을 저감하고, 수화 과정 중 생성된 가용성 실리카의 포졸란 효과에 의해 콘크리트의 수밀성, 강도 및 내구성이 향상된다. 이들 효과는 상호 복합적으로 작용하여 콘크리트의 수밀성, 균열저감성과 내구성 향상에도 기여한다.

### 3. 실험 계획 및 배합

본 연구에서 주요한 변수는 Table 1에 나타난 바와 같이 규불화염계 복합 조성물(SWP-2)에 대한 시멘트중량대 비로써 0%~2% (wt%)의 범위에서 5단계로 나뉜다. 콘크리트 배합은 시멘트의 10%를 플라이애쉬(fly ash)로 치환된 것을 기본배합으로 하였으며, Table 1과 같다. 시멘트는 비중 3.15, 분말도  $3,300 \text{ cm}^2/\text{g}$ 의 1종 보통 포틀랜드 시멘트가 사용되었고, 플라이애쉬는 보령산으로 비중 2.12, 분말도  $2,976 \text{ cm}^2/\text{g}$ , 강열감량 4.1%의 것을 사용하였다. 골재는 강모래(비중 2.57) 및 쇄석(비중 2.67)을 사용하였으며, 규불화염계 복합 조성물의 특성은 Table 2와 같다.

### 4. 실험 결과 및 고찰

#### 4.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

##### 4.1.1 유동성, 공기량, 블리딩 및 응결시간

현장타설시 굳지 않은 콘크리트에 대한 워커빌리티(workability) 및 재료적 특성을 평가하기 위하여 유동성, 공기량, 블리딩 및 응결시간 등을 측정하였다. Fig. 2(a)에 나타난 바와 같이 SWP-2 첨가에 따른 초기 유동성은 약 4.8~12.1% 향상되었고, 슬럼프 손실(slump loss)은 30분 경과시 11.7~22.3%, 60분 경과시 19.7~39.4% 저감되었다. 또한, 첨가량 대비 0.5~1.0%의 첨가로 초기 유동성 향상 및 슬럼프 손실 억제에 개선 효과를 발휘하였다. 이는 균열저감제 성분 중 콘크리트의 유동성에 기여하는 방향족계 고분자 축합물과 규불화염이 시멘트 수화 성분과 반응( $\text{MSiF}_6 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{MF}_2 + 2\text{CaF}_2 + \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ )

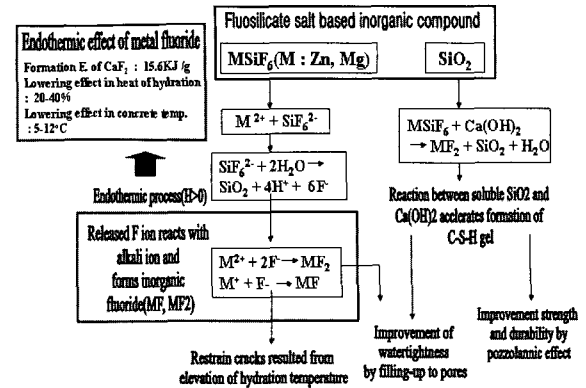


Fig. 1 Mechanism between fluosilicate salt based inorganic compound and cement

Table 1 Mixture proportions of concrete

Specimen	SWP-2 (Cx%)	W/B	S/a	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					SWP-2
				C	FA	S	G	W	
W/B50-0.0	0.0	0.50	0.45	324	36	798	1014	180	0.0
W/B50-0.5	0.5								1.62
W/B50-1.0	1.0								3.24
W/B50-1.5	1.5								4.86
W/B50-2.0	2.0								6.48

Table 2 Fundamental properties of SWP-2

Components ingredient		Appearance	pH	Specific gravity
Principle ingredient	Accessory ingredient			
Fluosilicic acid, soluble silica	Aromatic compound, high molecular condensate, nitrate	Dark brown, aqueous solution	2.8	1.16

하여 생성된 수분의 영향인 것으로 사료된다.

Fig. 2(b)는 SWP-2첨가량 및 경과 시간에 따른 공기량 변화를 비교하여 나타난 것으로 SWP-2 첨가로 초기 공기량은 다소 증가하지만, 1.5% 이상 첨가할 경우 공기량의 경시변화가 큰 것으로 확인되었으며, 모든 시험체에서 적정 공기량인  $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하여 공기량 변화에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Fig. 2(c)는 경과 시간에 따른 블리딩량을 나타낸 것으로 블리딩량이 SWP-2의 첨가로 감소되며, 시간 경과에 따라 두드러진 경향을 보였다. 이는 콘크리트 중 혼합수의 상승 경로가 규불화염에서 전이된 미세 난용성 금속불화물에 의해 차단되어 혼합수의 상승을 억제한 효과로 판단된다.

마지막으로 Fig. 2(d)는 시험체별 응결시간을 비교하여 나타난 것으로 SWP-2를 사용하지 않은 콘크리트의 응결시간이 SWP-2의 첨가로 지연되는 경향을 보이며, 0.5% 첨가로도 약 2시간 30분 이상 지연되었다. SWP-2의 첨가율이 0.5% 증가됨에 따라 약 30분 정도 응결이 지연되는 경향을 보였는데, 이는 불소이온과 시멘트 중 용출되는

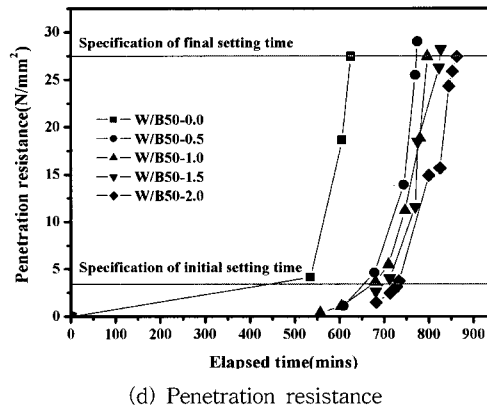
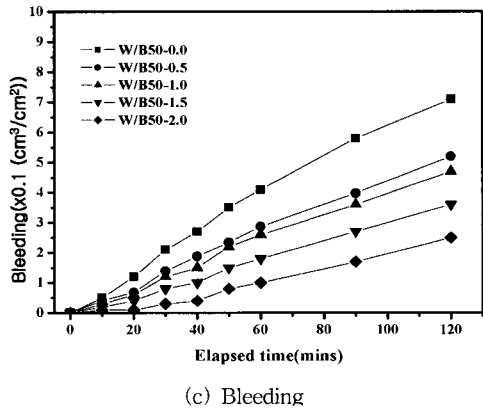
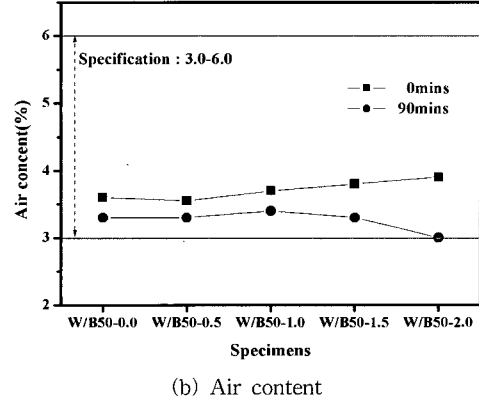
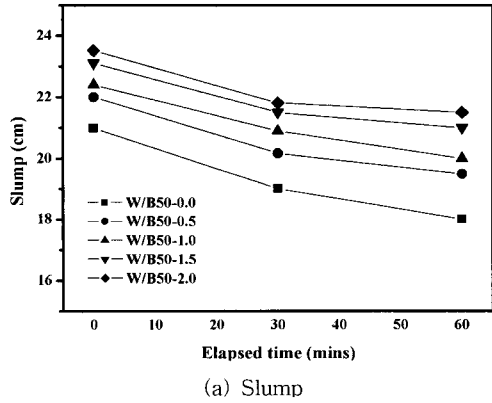


Fig. 2 Properties of fresh concrete

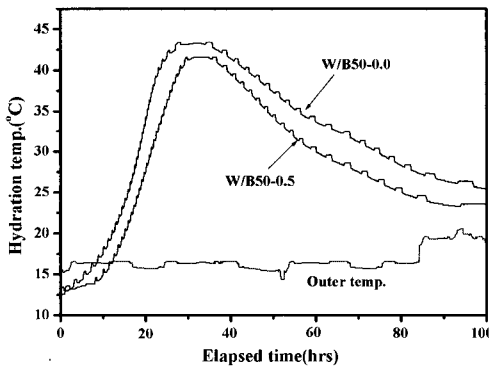


Fig. 3 Hydration temperature of concrete

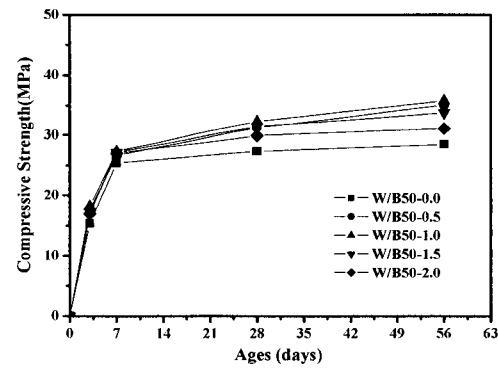


Fig. 4 Compressive strength of concrete

Ca<sup>2+</sup> 등의 알카리 이온이 반응하여 생성되는 CaF<sub>2</sub> 등 난용성 금속 불화물이 미수화 광물 표면에 침적되어 수화를 방해하고, 열역학적 흡열효과로 경화이전 상태에서 시멘트 수화열의 급격한 상승을 억제하는 효과 때문인 것으로 판단된다.

#### 4.1.2 콘크리트의 단열수화온도

두께 10cm의 스티로폼으로 내장하여 단열처리하고, 25×25×25cm 입방형 단열거푸집에 콘크리트를 비빈 후 체분리(sieving)에 의해 굵은 골재를 제거한 콘크리트를 채운 상태에서 중앙부에 열전대(thermocouple)를 설치한 후 온도측정 장치인 매추리티 미터(maturity meter)를 연결하여 수화온도를 측정하였다. 수화온도 측정 시간은 96시

간까지 하였으며, 동시에 외부 온도를 측정함으로써 시험체의 단열상태를 확인하였다.

Fig. 3은 보통콘크리트와 SWP-2가 0.5% 첨가된 콘크리트의 수화열 측정결과를 비교하여 나타낸 것으로 골재의 열전달계수, 함수율 등의 영향으로 다소 차이는 있으나 유사한 경향을 보였다. 또한, SWP-2를 0.5% 첨가한 콘크리트(W/B50-0.5)는 무첨가 콘크리트에 비하여 온도 상승 속도가 완만하며, 최고 온도가 약 3°C 저하되고 냉각과정에서도 수화온도가 낮은 것으로 확인되었다.

#### 4.2 경화 콘크리트의 특성

##### 4.2.1 압축강도

Fig. 4는 재령별 콘크리트의 압축강도 변화로서 재령 3일과 7일에서 무첨가 콘크리트보다 강도가 증진되며, 재령 28일, 56일에서 더욱 현저한 경향을 보였다. 이는 규불화염이 경화 콘크리트 중 결합부인 공극과 수화물 간극 등을 충전하여 공극이 없는 치밀한 경화 조직을 형성하고, 가용성 실리카의 포졸란반응에 의해 재령 경과에 따라 압축강도가 더욱 향상된 것으로 판단된다.

SWP-2가 첨가됨에 따라 강도는 증진되나 1.0%이상 첨가하면 강도의 증진율이 둔화되는 현상을 보이는데, 이는 규불화염계 복합 조성물을 과량으로 첨가하면 과도한 충전작용에 의해 경화과정 중에 팽창압 유발로 인해 다소 강도가 저하되는 것으로 추정된다.

#### 4.2.2 길이 변화

길이 변화는 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험 방법)중 다이얼 게이지(최소 눈금 : 0.01 mm) 방식에 따라 실시하였다. 시험용 공시체는 100×100×400 mm 크기의 입방형으로 제작 성형한 후 1주일간은 습윤양생, 그 후 소정의 계획된 재령까지는 온도 20±1℃, 상대습도 60±5% 조건의 기건양생 하에서 180일간 측정하였으며, 그 시험 결과는 Fig. 5에 나타내었다. SWP-2의 첨가로 길이 변화가 감소하였으며, 첨가를 증가에 따라 더욱 두드러진 경향을 보였다. 이는, SWP-2 중 규불화염과 시멘트 수화 성분과의 반응에 의해 생성된 난용성 금속불화물의 충전 작용으로 수밀성이 증진됨으로써 경화 후 건조수축을 구속하는 효과 때문인 것으로 판단된다. JASS 5에서는 6개월 길이 변화율을  $8.0 \times 10^{-4}$  mm로 지정하여 그 이상의 길이 변화 발생시 콘크리트 구조물에 유해한 균열을 발생시키는 것으로 규정하고 있다. 상기 규정에 따르면 W/B50-2.0 시험체는 길이 변화가  $1.28 \times 10^{-4}$  mm로 측정되어 콘크리트 타설시 균열 발생을 억제하는 효과가 있는 것으로 판단된다.

#### 4.3 콘크리트의 수밀성 평가

##### 4.3.1 공극부피 및 공극률 분석

SWP-2의 첨가에 따른 공극 구조 및 공극률 변화를 파악하여 콘크리트의 수밀성에 미치는 영향을 미시적으로 분석하기 위해 콘크리트 경화체의 공극률 및 누적 공극 부피를 수은압입장치인 Mercury Intrusion Porosimeter [Micro meritics (USA), Autopore-III 9400]를 이용하여 재령 28일 콘크리트 경화체를 대상으로 진공압(evacuation pressure) 50.0 μmHg, 진공시간 5분, 수은 주입압력은 0.49 psia로 조절하여 측정하였다. Table 3과 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 SWP-2 첨가에 의해 콘크리트 경화체의 누적 공극부피가 감소되지만 재령이 증가됨에 따라 SWP-2의 첨가 유무에 따른 영향이 첨가율의 증가에 따른 효과보다 큰 것으로 확인되었다.

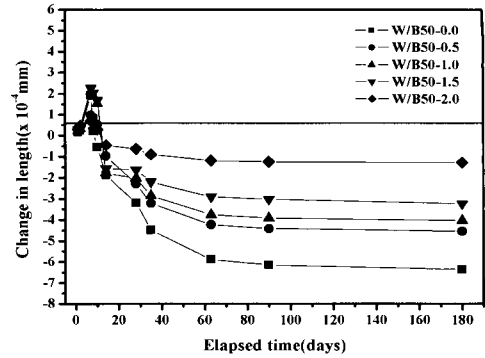
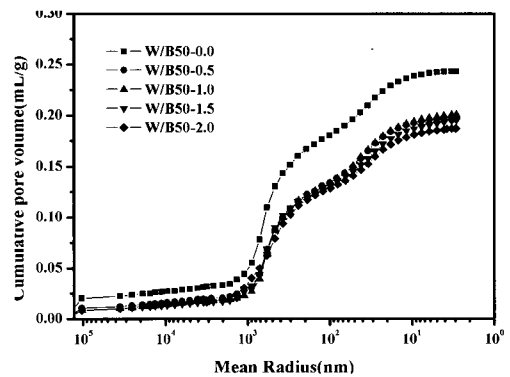
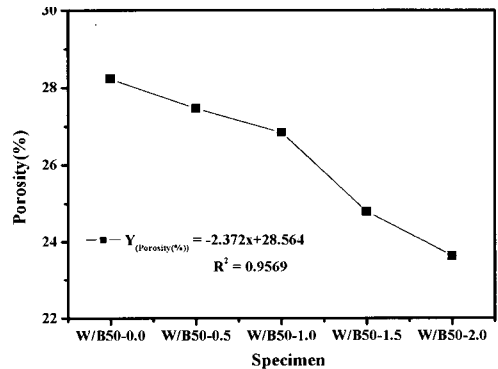


Fig. 5 Change in length of concrete by elapsed time



(a) Cumulative pore volume(mL/g) (28 day)



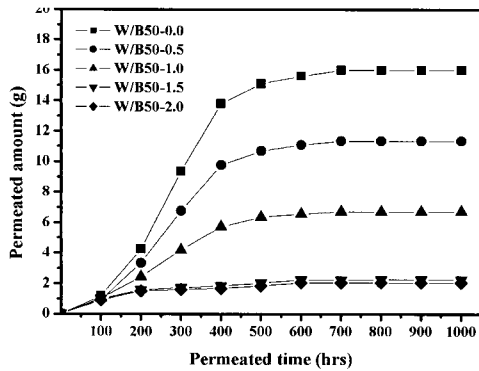
(b) Porosity (%)

Fig. 6 Cumulative pore volume and Porosity according to SWP-2 ratio

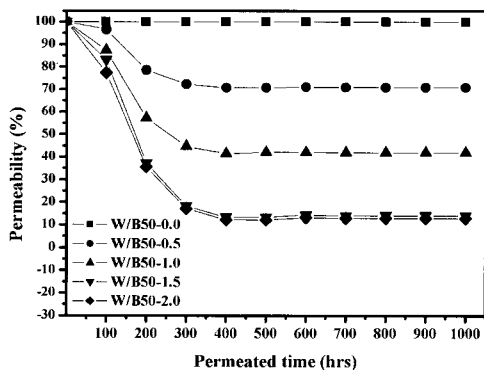
Table 3 Experimental results of porosity(%) for hardened concrete

Item	W/B50-0.0	W/B50-0.5	W/B50-1.0	W/B50-1.5	W/B50-2.0
Porosity	28.226 %	27.467 %	26.847 %	24.782 %	23.639 %

공극률에 있어서는 W/B50-0.5에서는 2.7%, W/B50-1.0에서는 4.9%, W/B50-1.5에서는 12.2%, W/B50-2.0에서는 16.3% 가량 감소된다. 즉, SWP-2를 적정 첨가하면 특히 수화반응에 의해 생성된 수화생성물의 작용(난용성 금속 불화물의 충전작용, 가용성 실리카의 포졸란작용)에 의해 콘크리트 경화체의 수밀성이 한층 더 개선되고 있음을 실험적으로 확인하였다.

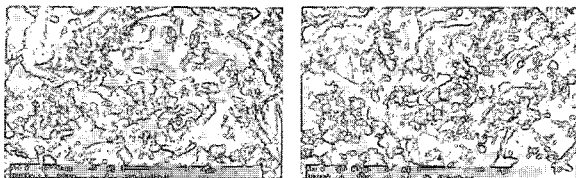


(a) Permeated amount (g)



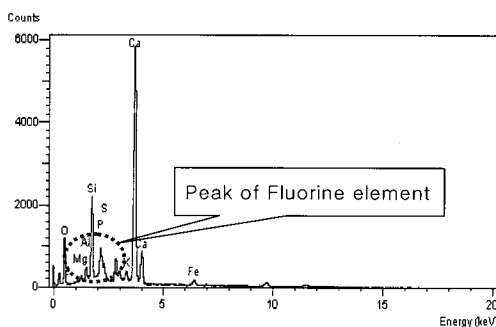
(b) Permeability (%)

Fig. 7 Permeated amount and permeability according to SWP-2 ratio



(a) W/B50-0.0

(a) W/B50-0.5



(c) EDX result of packing(dot circle) by CaF<sub>2</sub> in W/B50-0.5 specimen

Fig. 8 SEM photof hardened concrete and EDX result of packing region

#### 4.3.2 투수성 분석

투수성 평가는 KS F 2451(건축용 시멘트 방수재 시험 방법) 및 KS F 4926(콘크리트 혼입용 방수재)에 준하여 실시하였다. 시험체는 콘크리트를 비빈 상태에서 굵은골재를 분리한 후  $\Phi 130 \times 40$ mm의 모르타르 시험체를 제작하

여 투수성 평가에 사용하였다. 투수시험은 시험장치에 5 kgf/cm<sup>2</sup>의 압력을 가하여 투과되는 물의 양을 out-put 방식으로 실시하였으며, 100시간 단위로 1000시간까지 측정하였다. 투수성과 투수율에 대한 시험결과를 Fig. 7에 나타내었다. 투수량은 측정 후 400시간까지는 선형적인 증가를 보이다가 그 이후는 완만하게 증가되는 경향을 보였다.

무첨가 콘크리트(W/B50-0.0)의 1000시간까지 총 누적투수량은 총 16g이었으나 SWP-2를 첨가한 투수량은 전체 투수시간에서 감소하였으며, 첨가율에 비례하여 투수량이 감소되었다. 무첨가 콘크리트(W/B50-0.0) 대비 W/B50-0.5는 약 20%(누적투수량 : 11.35g), W/B50-1.0은 약 60%(누적투수량 : 6.71g), W/B50-1.5는 약 76%(누적투수량 : 2.25g), W/B50-2.0은 약 88%(누적투수량 : 2.05g)로 투수율이 감소되는 효과를 보였다. 즉, SWP-2를 첨가하면 콘크리트의 투수 저항성이 크게 개선되는 것으로 확인되었는데, 이는 콘크리트 경화 조직의 수밀성을 개선시키는 효과를 잘 설명해 주고 있다.

#### 4.3.3 콘크리트의 경화 조직 분석

콘크리트 경화조직의 미세구조 관찰은 SEM (Scanning Electron Microscopy, JEOL JSM-840 A, Philips)을 이용하여 배율 2,000배에서 실시하였다. Fig. 8(a)와 (b)에 나타낸 것과 같이 무첨가 콘크리트(W/B50-0.0)는 공극이 다수 관찰된 반면 SWP-2가 0.5% 첨가된 콘크리트 경화조직은 난용성 금속불화물의 충전 및 가용성 실리카의 포졸란작용에 의한 효과에 의해 공극이 거의 없는 치밀한 경화체를 형성하였다.

콘크리트 경화 조직 내 난용성 금속불화물(MF2)의 존재 거동을 파악하기 위해 EDX (Energy Dispersive X-ray, Model Link System AN 10000, Japan)를 이용하여 난용성 금속불화물에서 기인된 불소(F) 원소 피크를 분석한 결과, Fig. 8(c)에 나타낸 바와 같이 SWP-2가 첨가된 경화체의 SEM 이미지상에 충전 부위(Red circle)로 예상되는 부분에 대해 원소 분석을 실시하여 난용성 금속불화물에서 기인된 불소 피크를 확인할 수 있었다.

## 5. 결 론

규불화염계 복합 조성물을 콘크리트에 첨가하여 콘크리트의 공학적 특성에 대해 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 무첨가 콘크리트의 응결시간은 규불화염계 복합 조성물의 첨가로 지연되는 경향을 보였으며, 0.5%첨가로도 약 2시간 30분정도 지연되었다.
- 2) 규불화염계 복합 조성물이 경화 콘크리트 중의 결합부인 공극이나 수화물의 간극 등을 충전하여 치밀한 경

화조직을 형성 함으로써 무첨가 콘크리트보다 강도가 증진된다.

- 3) 규불화염계 복합 조성물의 첨가하면 시멘트 수화 과정 중에 생성되는 난용성 금속불화물의 충전작용 및 가용성 실리카의 포졸란반응의 복합적 효과에 의해 투수율 및 공극률이 크게 감소되어 콘크리트 경화체의 수밀성이 증진되는 것으로 확인되었다.

### 감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 실시하는 2004년 중소기업 혁신기술개발사업(과제명: 콘크리트 혼화용 규불화염계 균열저감제의 상용화 기술개발)에 따른 연구 성과물로서 이에 대한 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. D. S. Kim, B. S. Khil, H. S. Lim, J. H. Nam, and J. S. Rho, "Fluidity and Hydration Properties of Cement Paste added Zinc Fluosilicate ( $ZnSiF_6$ , aq.)(in Kor.)", *J. Kor. Ceram Soc.*, Vol.39, No.2, 2002, pp.178~183.
2. P. Kumar Mehta, *Concrete Structure, Properties, and Materials*, Prentice Hall, 1992, pp.17~41.
3. J. R. Lee, J. O. Kim, S. G. Han, Y. S. Kang, B. S. Khil, and J. H. Nam, "Experimental Study on the Watertightness and Hardening Properties of Concrete using Fluosilicate Salt Based Chemical Admixture", *Proc. of the Korea Concrete Institute*, Vol.16, No.1, 2004, pp.36~39.
4. ACI Committee 318, *Building Code Requirement for Reinforcement Concrete and Commentary*, American Concrete Institute, 1995, pp.57~62.

5. K. Inada, N. Kozakai, H. Inokawa, and K. Uchida, "Effect of Heat Controlling Agent in Mass Concrete", *CAJ proceeding of Cement & Concrete*, Vol.44, 1990, pp.198~203.
6. J. H. Lee, K. H. Lee, and H. K. Kim, "A Study on the Retarding Effects of Cement Mortar Setting(in Kor.)", *J. Kor. Ceram Soc.*, Vol.33, No.3, 1996, pp.307~312.
7. J. S. Rho, *Cement and Fluorine Chemistry*, Cement, 1997, pp.51~60.
8. S. H. Han, K. H. Lee, S. C. Jung, and N. H. Kim, "The Effects of Hydration Retarding of Portland Cement by  $MgSiF_6 \cdot 6H_2O$ (in Kor.)", *J. Kor. Ceram Soc.*, Vol.34, No.2, 1997, pp.163~170.
9. M. H. Grant, *Fluorine Chemistry (A Comprehensive Treatment); A Wiley Interscience Publication*, New York, 1994. pp.83~95.
10. J. O. Kim, J. H. Nam, D. S. Kim, B. S. Khil, and B. K. Lee, "Changes in Hydration and Watertightness of Cement Containing Two-Component Fluosilicate Salt Based Chemical Admixture(in Kor.)", *J. Kor. Ceram Soc.*, Vol.41, No.10, 2004, pp.749~755.
11. V. S. Ramachandran, *Concrete Admixture Handbook (Properties, Science, and Technology)*, 2nd ; Noyes Publication, Ottawa, 1995, pp.264~266.
12. P. Paulini, "Reaction Mechanism of Concrete Admixture", *Cement and Concrete Research*, Vol.20, No.1, 1990, pp.910~918.
13. W. Gerhartz, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Fluorine Compounds, Inorganic*, A Wiley Interscience Publication, Vol.A11, 1997, pp.326~335.
14. 강성용, 양일승, 한병찬, 김도수, 길배수, 윤현도, "규불화염계 균열저감제를 이용한 균열저감 특성", 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, Vol.16, No.2, 2004, pp.289~292.

### 요 약

최근 무기 불소계 공정 부산물의 발생에 따른 환경 오염 문제 해결과 재활용을 위한 노력이 중요한 현안으로 대두되고 있다. 따라서 세계적으로 이러한 목적을 달성하기 위하여 각종 재활용 기술 및 제조 시설 등이 개발되고 있으며, 현재에도 끊임없는 기술 개발의 노력이 시도되고 있다. 이러한 추세에 따라 국내에서도 1990년대 후반부터 인산( $H_3PO_4$ ) 및 불산(HF)을 제조하는 공정 중에 액상형태의 부산물로 회수되는 불화규산( $H_2SiF_6$ )을 활용하여 안정한 액상형태로 제조되는 규불화염계 화합물이 콘크리트의 강도를 증진시키는 동시에 수밀성 증진 및 경화 후 물성에 긍정적인 영향을 주며, 향후 건설용 혼화재료로서의 새로운 가능성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 인산 제조 공정 중에 공정부산물로 회수되는 불화규산( $H_2SiF_6$ )을 활용하여 제조된 규불화염계 복합 조성물을 첨가한 콘크리트의 공학적 특성을 파악하고자 콘크리트의 굳지 않은 특성(유동성, 공기량, 블리딩, 응결시간), 콘크리트의 경화 특성(압축강도, 길이 변화) 및 콘크리트 수밀성에 대하여 검토를 행하였다. 그 결과, 규불화염계 복합 조성물의 첨가하면 시멘트 수화 과정 중에 생성되는 난용성 금속불화물의 충전작용 및 가용성 실리카의 포졸란반응의 복합적 효과에 의해 압축강도가 향상되고 투수율 및 공극률이 크게 감소되어 콘크리트 경화체의 수밀성이 증진되는 것으로 확인되었다.

**핵심용어** : 규불화염계 복합 조성물, 불화규산, 투수성, 공극률, 수밀성