

# 식물성 유지 및 폐식용유를 사용한 고강도 콘크리트의 자기수축 및 공학적 특성

## Autogenous Shrinkage and Engineering Properties of the High Strength Concrete Using Soybean and Waste Edible Oil

(Received September 26, 2011 / Revised October 13, 2011/ Accepted October 18, 2011)

한민철<sup>1)</sup>, 이동규<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>청주대학교 건축공학과

Min-Cheol Han<sup>1)</sup>, Dong-Gyu Lee<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Architectural Engineering Cheongju University, Cheongju, 360-764, Korea

### Abstract

This study investigated possibilities for a new reducing shrinkage method of soybean oil(SO) and waste oil(WO) to compare with shrinkage reducing agent(RS) and expansion additive(EA). There was no big difference to flow, air contents, and compressive strength of plain to use SO and WO. For the reducing shrinkage performance, SO and WO was more effective than RS and EA, because their fatty acid reacted with calcium hydroxide of concrete to turn soap. For the pore distribution by porosimeter, 0.01~0.1  $\mu\text{m}$  pores of SO and WO were 0 ml/g, and 10~100  $\mu\text{m}$  also remarkably lower than any others. In these results, it inferred that they filled up capillary pore and mitigated autogenous shrinkage by their saponification of their fatty acid and calcium hydroxide.

**키워드 :** 폐식용유, 고강도 모르타, 자기수축, 수축저감제, 팽창제

**Keywords :** Waste Edible Oil, High Strength Concrete, Autogenous Shrinkage, Shrinkage Reducing Agent, Expansive additive

## 1. 서 론

최근 급격한 도시화에 따른 인구밀도 증대 및 도시 건축물의 증가로 현대사회의 건축물은 고층화, 대형화로 변화하고 있는데, 고강도 콘크리트는 이러한 사회적 요구에 부응하기 위하여 개발된 건축재료로서 부재의 단면축소, 내구성 향상, 자중경감 등 많은 이점을 지니고 있다.

그런데 이와 같은 고강도 콘크리트는 배합특성상 보통 콘크리트에 비해 단위수량이 적고 물-결합재 비가 낮으며 실리카 흙과 같이 비표면적이 매우 커 초기 수화속도가 현저히 빠른 혼화재료의 사용 때문에 조직이 치밀하고 초기 재령에서의 수화발현이 커 콘크리트 내부 수분의 급격한 소모 등으로 이른바 자기건조에 의한 자기수축이 발생

하게 된다.<sup>1)2)</sup> 경우에 따라 이러한 자기수축만으로도 균열이 발생하여 강도저하와 중성화 및 동결융해 등의 콘크리트의 내구성에 영향을 끼치게 되는데 이와 같은 연유로 인해 자기수축에 의한 균열을 저감시키는 것이 고강도 콘크리트를 사용하는 구조물에 있어서는 중요한 문제 중의 하나이다.<sup>3)</sup>

이에 필자 등은 자기수축의 효과적 저감에 대한 선행연구를 통해 식물성 유지류의 가능성을 확인하였고,<sup>4)</sup> 이를 수축저감제 및 팽창제와 성능비교를 모르타르 실험을 통해 검증한 바 있다.<sup>5)</sup>

따라서 본 연구에서는 고강도 콘크리트의 자기수축저감을 위한 경제적이고 친환경적인 혼화제를 개발하기 위해 식물성 유지인 콩기름과 자원 재활용차원의 폐식용유 및 기존에 사용되는 수축저감제와 팽창제를 적용한 고강도 콘크리트의 공학적 특성, 미세공극구조 및 자기수축특성을 비교·분석함으로써 새로운 자기수축 저감방안을 제안하고자 한다.

\* Corresponding author  
E-mail: scarilet2002@naver.com

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다.

먼저, 배합사항으로 W/C 30% 1 수준에 대하여 보통 포틀랜드 시멘트를 70%, 플라이애시 20% 및 실리카 흙 10%를 동시에 치환한 물-결합재비(W/B) 30%의 고강도 콘크리트를 Plain 배합으로 하였다.

Table 1 Experimental plan

Items		Variables
Mixture	W/B(%)	30
	Flow(mm)	600±10
	Binder composition(%)	OPC : FA : SF = 70 : 20 : 10
	Shrinkage reducing admixtures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SO (Soybean oil)</li> <li>• WO (Waste vegetable oil)</li> <li>• RS (Shrinkage reducing agent)</li> <li>• EA (Expansive additive)</li> </ul>
	Dosages (%)	0*, 1.0, 2.0
Test	Measurement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow</li> <li>• Compressive strength (1, 7, 28 days)</li> <li>• Autogenous shrinkage (1, 2...28 days)</li> <li>• SEM (1, 28 days)</li> <li>• Porosimeter (1, 28 days)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air Content</li> </ul>

\* Plain

Table 2 Mixture proportions of concrete

Variables	W/B (%)	Dosages (%/B)*	S/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )						AD (%/B)	AE (%/B)	
				W	R**	C	FA	SF	S			G
Plain	30.0	-	45.0	175.0	-	408.1	116.6	58.3	687.3	840.0	1.8	0.015
BO1	29.0	1.0		169.1	5.8	408.1	116.6	58.3	687.3	840.0		
WO1	29.0			169.1	5.8	407.8	116.5	58.3	686.8	839.4		
RS1	29.0			169.1	5.8	408.1	116.6	58.3	687.3	840.0		
EA1	30.0			175.0	5.8	404.0	115.4	57.8	687.3	840.0		
BO2	28.0	2.0		163.3	11.7	408.0	116.6	58.3	687.0	839.7		
WO2	28.1			163.3	11.7	407.5	116.4	58.2	686.3	838.8		
RS2	28.0			163.3	11.7	408.2	116.6	58.3	687.4	840.1		
EA2	30.0			175.0	11.7	399.9	114.3	57.1	687.3	840.0		

\* BO, WO, RS substitute for water, and EA does for binder

\*\* Shrinkage reducing admixtures

단위결합재량에 대한 질량비로 BO, WO, RS 및 EA를 각각 1, 2% 치환한 2 수준으로 총 9 배치 실험계획 하였다. 이때 Plain의 배합에 대하여 목표 슬럼프플로 600±100 mm, 목표 공기량 3.0±1.0%를 만족하도록 배합설계 하였다.

실험사항으로는 굳지않은 콘크리트 상태에서 슬럼프 플로, 공기량을 측정하고, 경화 콘크리트에서는 압축강도 및 자기수축 길이변화를 측정하는 것으로 계획하였다. 또한 재령 1 일과 28 일에 전자현미경에 의한 콘크리트 내부의 미세구조를 확인하고 포로시미터를 이용한 공극분포를 측정하여 유지류의 사용이 콘크리트의 미세구조 및 공극구조에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

### 2.2 사용재료

본 연구에 사용한 각 재료의 물리·화학적 성질은 Table 3~8과 같다.

즉, OPC는 국내 A사산을 사용하였고, 잔골재는 강모래와 부순 모래를 1 : 1로 혼합 사용하였으며, 혼화재로 FA 및 SF는 각각 B와 C사산을 사용하였다. SP제는 D사의 폴리칼본산계를 사용하였고, AE제는 E사의 제품을 사용하였다. BO는 F사의 대두유, WO는 국내에서 일반적으로 배출되는 것, RS는 F사의 수축저감제, EA는 G사의 CSA계 팽창재를 사용하였다.

Table 3 Physical properties of OPC

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Setting time(min.)		Compressive strength (MPa)			Soundness (%)
		Ini.	Fin.	3 days	7 days	28 days	
3.15	3 265	210	300	22.0	28.9	38.9	0.15

Table 4 Physical properties of fine aggregates

Aggregates	Density (g/cm <sup>3</sup> )	F.M	Absorption (%)	Passing amount of 0.08 mm sieve
River sand	2.50	2.86	2.63	2.87
Crushed sand	2.65	2.62	1.42	3.00

Table 5 Physical properties of FA

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	LOI (%)	Moisture contents (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Activation index (%)
2.21	3 520	3.7	0.1	46.8	93

Table 6 Physical and chemical properties of SF

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Chemical composition(%)									
		LOI	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O		
2.21	160 000	1.38	96.65	1.87	0.03	0.38	0.19	0.32	0.56		

Table 7 Physical properties of SP and AE agents

Agents	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Appearance	Color	Basis
SP agent	1.05	Liquid	Brown	Polycarboxylate
AE agent	1.04	Liquid	Brown	Negative ion

Table 8 Physical properties of shrinkage reducing admixtures

Kinds	SO	WO	RS	EA
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.99	0.98	1.01	2.87
Appearance	Liquid	Liquid	Liquid	Powder

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험 방법으로 콘크리트의 혼합은 트윈샤프트 믹서를 사용하여 콘크리트를 제조하였다.

굳지않은 콘크리트 실험으로 슬럼프 플로는 KS L 2594, 공기량은 KS F 2421에 의거 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405에 의거 실시하였고, 자기수축 길이변화 시험은 KS F 2586에 의거 Fig. 1과 같이 100×100×400 mm의 각주형 몰드의 바닥과 양단에 1 mm 두께의 테프론시트(Teflon sheet)를 깔아 변형이 구속되지 않도록 하고, 매립형 게이지를 매설하여 공시체를 제작 한 후 온도 20±2 °C의 실내에서 1일

간 양생하였다. 탈형 후 동일한 온도에서 28일간 양생하였는데, 이때 자기수축시험체는 즉시 표면에서의 수분 증발 및 흡수를 막기 위해 폴리에스테르필름(Poly ester film) 및 알루미늄 은박지로 감싸 주었다.

자기수축 길이변화율 측정은 초결 시점을 기준으로 하여 재령 28일까지 측정하였으며, 콘크리트의 선펡창계수를 적용하여 이를 수축량에 보정해주어 온도에 의한 영향을 배제하였다.

경화된 콘크리트의 세공분포와 경화체 미세구조를 관찰하기 위하여, 정해진 재령까지 양생한 후 아세톤에 보관하여 지속적인 수화반응을 정지 시킨 후 수은압입법에 의한 미세공극구조 및 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope)을 이용한 콘크리트의 경화체 미세구조를 관찰 하였다.

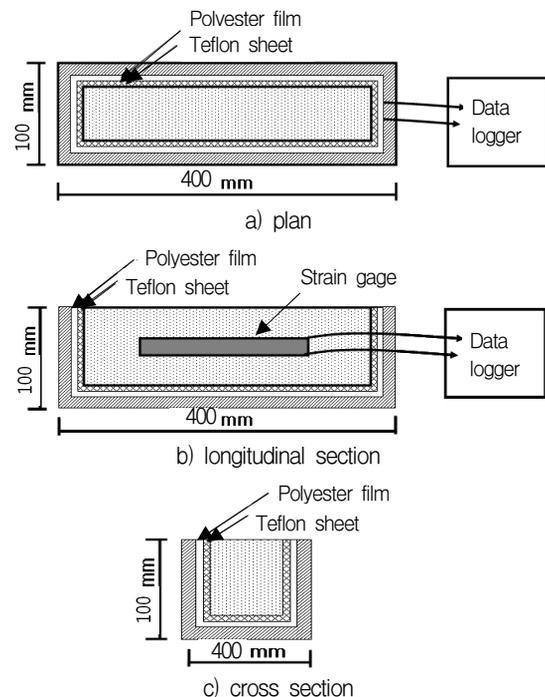


Fig. 1 Specimen set-up for autogenous shrinkage

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

Fig. 2는 수축저감용 혼화제 사용량에 따른 플로치를 나타낸 그래프이다.

먼저, Plain배합의 슬럼프 플로는 654 mm로 목표 슬럼프 플로를 만족하는 것으로 나타났다.

BO 및 WO를 사용한 경우의 유동성은 사용량 1%에서 각각 593 mm 및 605 mm로 Plain에 비해 각각 9% 및 7% 씩 감소하였고 또한 치환율의 증가에 따라서도 감소하여

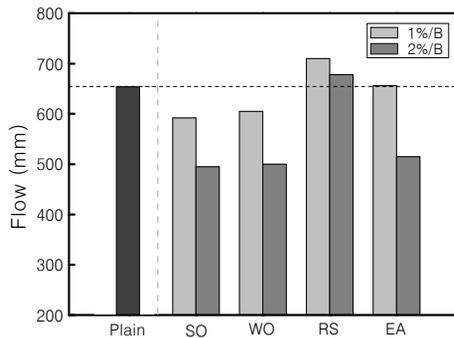


Fig. 2 Flow depending on shrinkage reducing admixtures

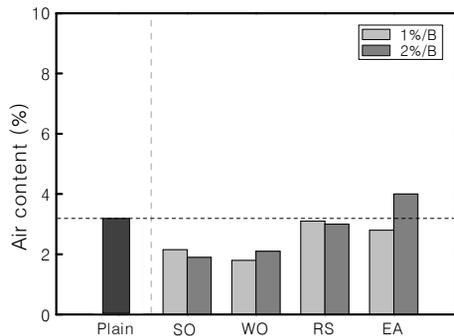


Fig. 3 Air contents depending on shrinkage reducing admixtures

사용량 2%에서는 495 mm 및 500 mm로 Plain에 비해 각각 24% 및 23%씩 감소하는 것으로 나타났는데 이는 유지류의 사용량만큼 단위수량이 감소되었기 때문으로 판단되며, 선행 모르타 실험<sup>5)</sup>에서는 약간의 볼베어링 작용을 확인할 수 있었으나 콘크리트에서는 굵은 골재의 영향으로 효과를 볼 수 없었다.

RS의 경우 사용량 1% 및 2%에서 플로치는 각각 710 mm 및 678 mm로 1%의 경우 목표 범위를 약간 상회하는 것으로 나타났으며, EA는 치환율 1%에서 656 mm, 2%에서 515 mm로 모두 목표 범위를 만족하였지만, 치환율이 증가할수록 유동성은 다소 감소하는 것으로 나타났다. RS는 다른 수준들이 Plain에 비해 유동성이 떨어지는 것과 달리 증대되는 결과를 나타냈는데 이는, 알콜계로서 물보다 점성이 작고 알코올의 가수분해로 인한 단위수량 증가 효과에 기인한 것<sup>6)</sup>으로 사료된다. 또한 EA의 경우 바인더에 대하여 사용할 경우 단위분체량의 증가로 인한 점성 증가 및 급격한 에트린자이트 생성에 의한 팽창으로 인해 유동성이 감소된 것으로 사료된다.

이때, 콘크리트를 혼합시 SO 또는 WO가 물과의 비중차 및 물에 섞이지 않는 소수기로 인하여 콘크리트 윗면에 기름기가 뜨는 현상이 우려되었지만, 치환되는 양이 적

고 콘크리트의 점성이 있는 관계로 뜨거나, 혼합에 영향을 주는 형상은 보이지 않아 사용에는 큰 무리가 없는 것으로 판단되어진다.

Fig. 3은 수축저감용 혼화제 사용량에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다.

Plain의 공기량은 3.2%로 목표 범위를 만족하였고, SO 및 WO의 공기량은 1.8%~2.2%의 범위를 나타내 Plain에 비해 감소하는 것으로 나타났으며, 치환율의 변화에 따라서는 큰 차이를 보이지 않았다. RS 및 EA의 공기량은 2.8~4.0%로 모두 목표 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

SO 및 WO의 공기량 감소는 식물성 유지 및 폐식용유 지류의 비누화 반응에 의한 세공분포의 감소와도 연관이 있는 것으로 판단되며, 이로 인해 중성화 및 내염해성에 효과적일 것으로 미루어 짐작할 수 있는데 이는 식물성 유지 및 폐식용유의 사용에 따른 고성능 콘크리트의 내구성 평가를 추가 실험으로 진행하여 확인할 계획이다.

### 3.2 압축강도

Fig. 4는 수축저감용 혼화제 종류별 재령에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다.

전반적으로 거의 모든 수준에서 Plain보다 강도가 다소 높게 나타났으며, SO와 WO의 경우 재령 28일에서의 압축강도가 소폭 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

Plain의 초기재령 1일 압축강도는 19.8 MPa로 나

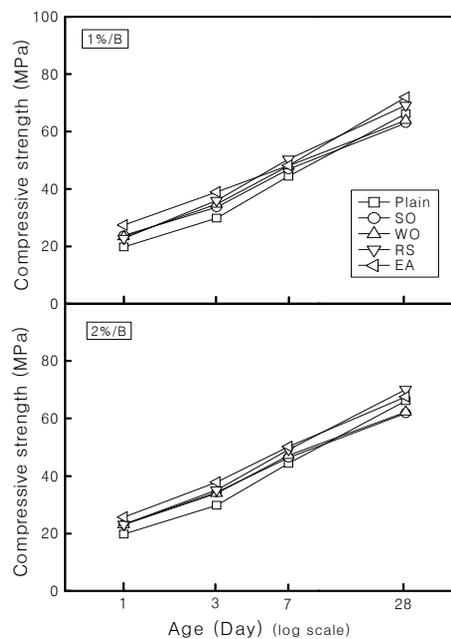


Fig. 4 Compressive strength depending on shrinkage reducing admixtures

타났고, 모든 재령에서의 압축강도는 Plain에 비해 약 15~30%정도 증가하는 것으로 나타났다. 특히 SO 및 WO의 압축강도는 치환율 1%에서 각각 24 MPa 및 23 MPa로 나타났고, 사용량 2%에서 모두 23 MPa로 나타나 양호한 강도발현을 나타내었다.

재령 28일에서 Plain의 압축강도는 66 MPa로 나타났고, SO 및 WO의 경우 Plain에 비해 다소 감소하였는데 사용량 1%에서 각각 63 MPa 및 64 MPa, 사용량 2%에서 모두 62 MPa로 나타났다. 또한, RS의 경우 재령 28일의 압축강도는 사용량 1%에서 69 MPa로 나타났고, 사용량 2%에서 70 MPa로 나타나 Plain보다 증가하는 것을 알 수 있었다. EA의 경우 재령 28일 압축강도는 사용량 1%에서 72 MPa로 나타났고, 사용량 2%에서 68 MPa로 나타나 양호한 강도발현 특성을 보였다.

전반적으로 압축강도는 SO 및 WO를 사용한 경우 초기 재령에서는 Plain에 증가하였고, 재령이 경과할수록 다소 감소하는 것으로 나타났는데 큰 차이는 보이지 않았다.

### 3.3 자기수축 특성

Fig. 5는 수축저감용 혼화제 종류별 재령에 따른 자기수축 길이변화율을 나타낸 것이며, Fig. 6은 1일과 28일의 각 수준에 따른 자기수축 길이변화 비율을 나타낸 것이다.

먼저, Plain의 재령 28일까지의 자기수축 길이변화율은  $342 \times 10^{-6}$ 으로 나타났고, 유지류를 사용한 경우 사용량 1%에서는 SO, WO, EA 및 RS의 순으로 자기수축 제어 성능이 우수하였고, 치환율 2%/B에서는 WO, SO, EA 및 RS의 순으로 자기수축 길이변화율이 작게 발생하였다. 특히 SO와 WO의 자기수축 길이변화율은 사용량 1%에서 각각  $-237 \times 10^{-6}$ ,  $-254 \times 10^{-6}$ 으로 나타나 Plain에 비해 약 30~40%, 치환율 2%에서 각각  $-207 \times 10^{-6}$ ,  $-202 \times 10^{-6}$ 으로 나타나 Plain에 비해 아주 효과적으로 자기수축을 저감하는 것으로 나타났다. 또한 치환율이 증가할수록 자기수축이 저감하는 것을 확인할 수 있었다.

RS 및 EA의 재령 28일까지의 자기수축 길이변화율은 사용량 1%에서  $-312 \times 10^{-6}$  및  $-305 \times 10^{-6}$ 으로 나타나 Plain에 비해 약 9, 11%씩 저감하였고, 치환율 2%에서는  $-285 \times 10^{-6}$  및  $-224 \times 10^{-6}$ 으로 나타나 Plain에 비해 약 17, 35%씩 저감하였다.

따라서 혼화제 종류 및 치환율 변화에 따른 자기수축 저감효과는 WO, SO, EA, RS의 순으로 양호하여 SO 및 WO는 RS 및 EA보다 고강도 콘크리트의 자기수축 저감방면에서 그 효과가 더욱 우수함을 알 수 있었다. 이는 SO와 WO의 경우 식물성 유지류로서 그 주성분인 지방산이

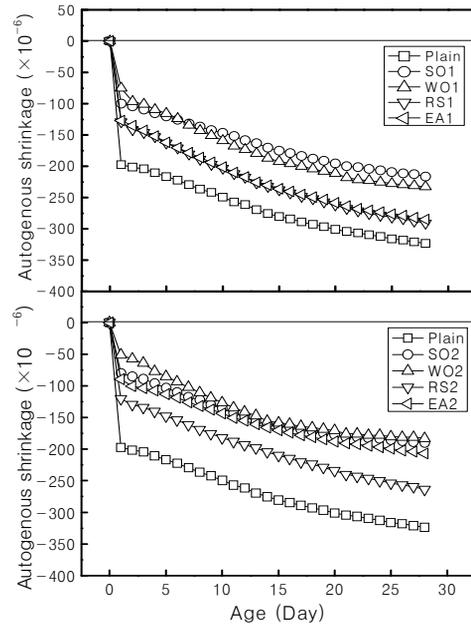


Fig. 5 Autogenous shrinkage depending on shrinkage reducing admixtures

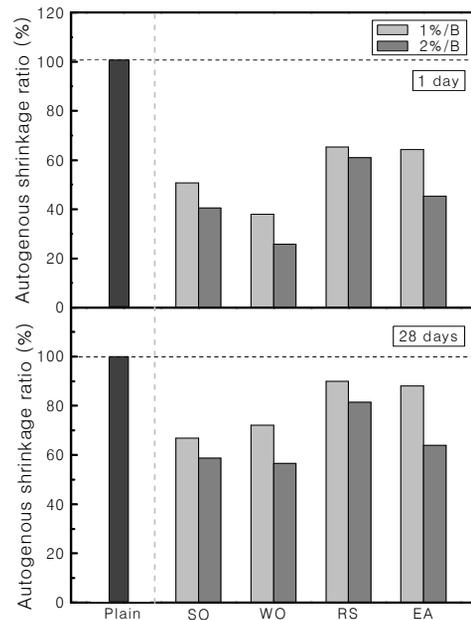


Fig. 6 Autogenous shrinkage ratio depending on shrinkage reducing admixtures

시멘트 수화물 중 수화생성물인 수산화칼슘( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )과 가수분해반응을 진행하여 지방산 칼슘염을 생성하게 되는데, 이러한 생성물들이 콘크리트 경화체내의 모세관 공극을 충전시켜 수축완화 작용에 기인한 것으로 사료된다.

Fig. 7은 재령 28일의 압축강도와 자기수축 길이변화율 간의 상관관계를 나타낸 것이고, Fig. 8은 압축강도와 자

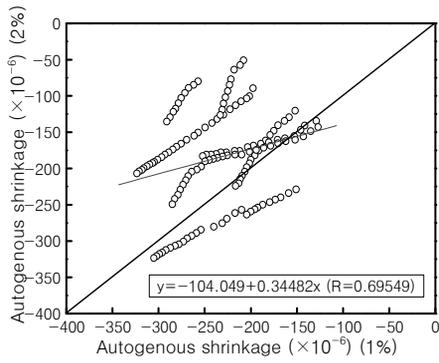


Fig. 7 Comparison of autogenous shrinkage depending on dosages of shrinkage reducing admixtures

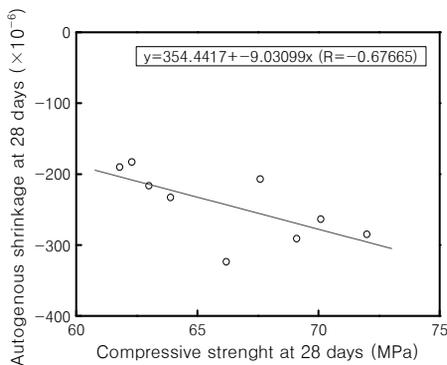


Fig. 8 Relationship between autogenous shrinkage and compressive strength

기수축 길이변화율의 상관관계를 나타낸 것이다.

사용량 비교에서는 1%의 경우보다 2%의 자기수축 길이 변화율이 더 적게 나타났으나 사용량 증가 대비 큰 차이를 보이지는 않았으며, 압축강도와의 관계에서는 강도가 증진될수록 자기수축 길이변화율이 커지는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.4 세공분포 및 미세구조 변화

Fig. 9는 포로시메타를 통해 측정된 채령 1일과 28일의 각 수준별 콘크리트 내부의 미세공극분포를 나타낸 것이며, Fig. 10은 채령 1일과 28일의 각 수준별 누적세공분포를 나타낸 것이다.

각 수준의 사용량별 공극분포 측정결과 채령 1일에서 Plain의 경우 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극인 모세관공극이 비교적 많이 분포하는 것에 비해 SO 및 WO의 경우 치환율 변화에 상관없이 모두 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극의 분포가 0 ml/g으로 나타났으며, 10~100 μm 사이즈의 공극이 미비하게 분포되어 있는 것으로 나타나 유지류가 콘크리트의 미세공극을 충전해주는 역할을 하는 것으로 판단되어진다. RS의 경우에

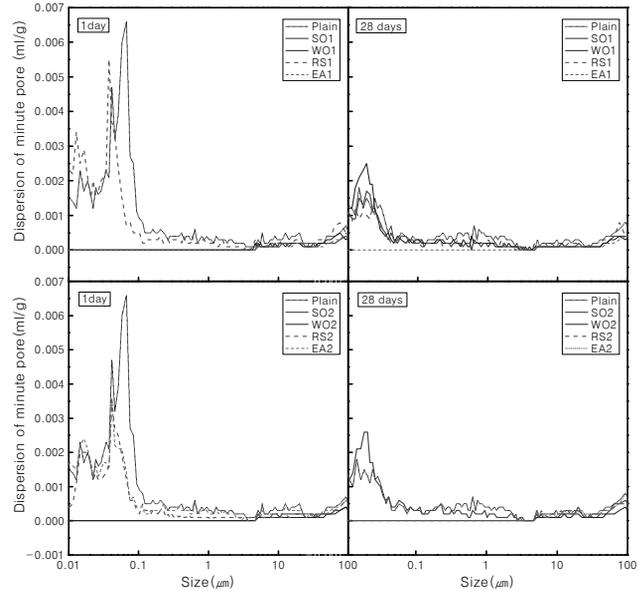


Fig. 9 Pore distribution by porosimeter depending on shrinkage reducing admixtures

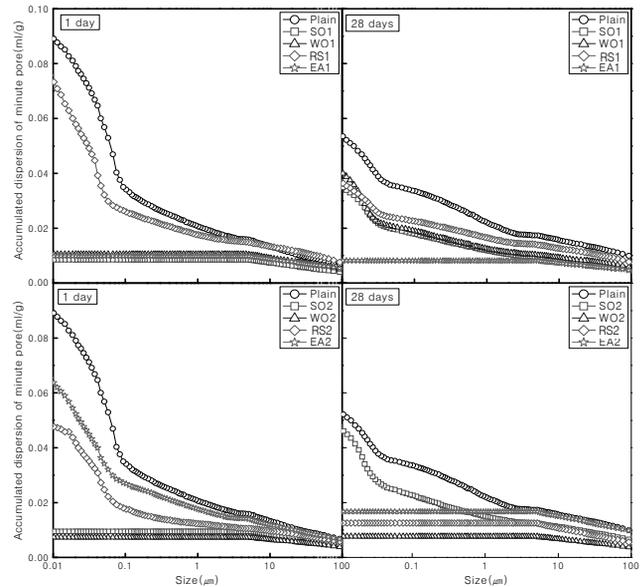


Fig. 10 Accumulated dispersion of minute pore depending on substitute materials

는 공극을 줄여주지는 못하는 것으로 나타났으며, EA의 경우 콘크리트 내부에서 팽창을 일으켜 유지류 보다 성능은 다소 떨어지지만 내부의 공극을 감소시켜 주는 것으로 확인되었다. 하지만 기존의 자기수축 제어방안인 두 수준 모두 Plain과 마찬가지로 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극인 모세관공극이 비교적 많이 분포되어 있는 것을 알 수 있었다.

채령이 경과할수록 시멘트의 수화반응에서 생성된 수화물의 누적으로 인하여 모세관공극 분포는 현저하게 줄어

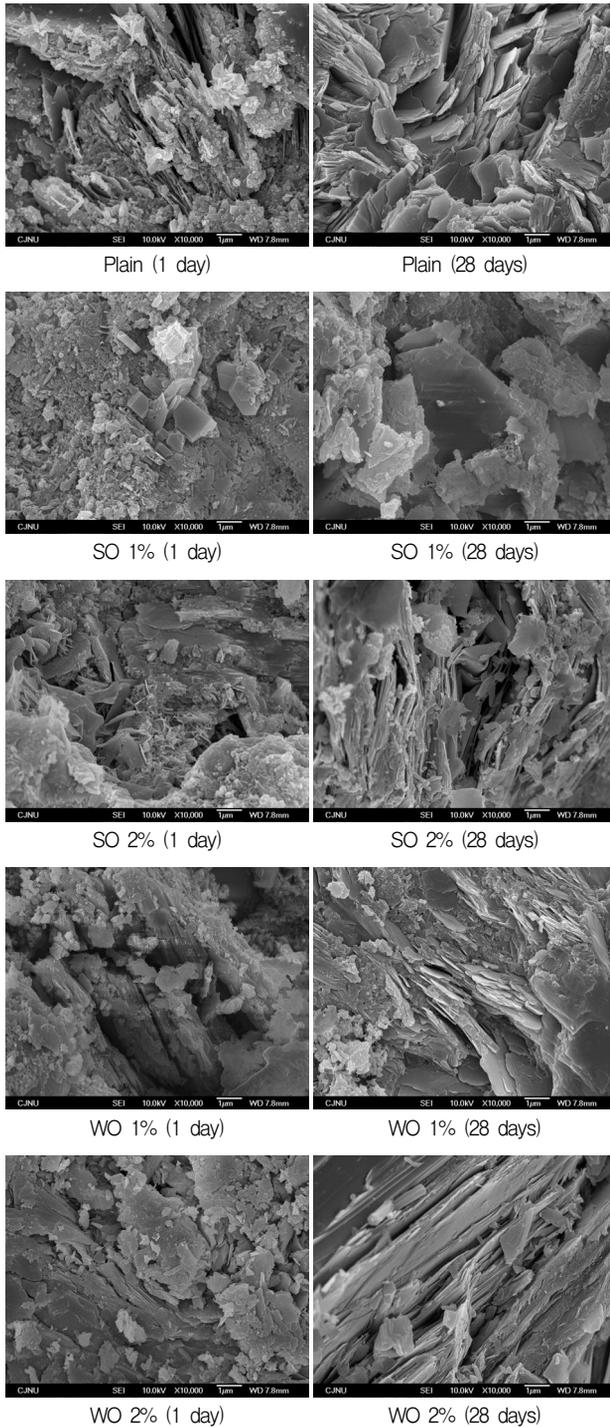


Photo 1 Fine structure of concrete depending on shrinkage reducing admixtures

드는 것으로 나타났고, SO 및 WO의 경우 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극인 모세관공극의 분포가 다소 증가하는 것으로 나타났다.

전체 공극량을 판정할 수 있는 누적 세공량에서도 유지

류가 기존에 사용되어지던 수축저감제와 팽창제보다 적은 결과를 나타냈다.

Photo 1은 각 수준별 재령 1, 28일에 SEM에 의한 콘크리트 내부의 미세구조이다.

SEM 사진 촬영 결과를 보면 SO 또는 WO를 사용한 경우 Plain에 비해 미세구조가 더욱 치밀하고, 모세관 공극으로 사료되는 부분이 현저히 적게 관찰되었다.

따라서, SO 및 WO 중의 지방산 성분이 시멘트 수화생성물인 Ca(OH)<sub>2</sub>와의 반응으로 콘크리트내의 모세관공극을 충전 시켜줌으로서 수축완화 작용으로 기인하여 자기수축을 저감시킨다는 가설을 입증할 수 있었다.

이러한 공극 충전성능은 콘크리트의 자기수축 메커니즘의 하나인 분리압력설(7)에 대한 충분한 대책으로 이용되어질 수 있어 자기수축 저감에 크게 기여할 수 있는 특성으로 판단되어진다. 또한 내부 모세관 공극이 충전됨으로 인해서 콘크리트의 화학적 부식, 염해 및 중성화 등과 같은 콘크리트의 내구성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 식물성 유지인 공기름과 자원 재활용 차원의 폐식용유의 새로운 자기수축 저감방안으로서의 가능성을 검토하고자 수축저감제 및 팽창제와 비교·분석하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

1) SO 및 WO는 Plain에 비해 유동성이 소폭 저하되었으나 공기량에서는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 확인되었다. 강도결과는 재령 28일에 유지류에서 약간의 저하가 발생하였지만 대부분의 수준에서 양호한 결과를 나타냈다.

2) 혼화제 종류 및 치환율 변화에 따른 자기수축 저감 효과는 WO, SO, EA, RS의 순으로 양호하여 SO와 WO는 RS 및 EA보다 고강도 콘크리트의 자기수축 저감효과가 더욱 우수함을 확인 할 수 있었는데, 이는 SO과 WO의 주 성분인 지방산이 시멘트 수화물 중 수화생성물인 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)과 가수분해 반응을 진행하여 지방산 칼슘염을 생성하게 되는데, 이러한 생성물들이 콘크리트 경화체 내의 모세관 공극을 충전시켜 수축완화 작용에 기인한 것으로 사료된다.

3) 공극분포 측정결과 재령 1일에서 Plain의 경우 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극인 모세관공극이 비교적 많이 분포하는 것에 비해 SO 및 WO를 사용한 경우 치환율 변화에 상관없이 모두 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극의 분포가 0 ml/g으로 나타났으며, 10~100 μm 사이즈의 공극이 미비하

게 분포되어 있는 것으로 나타나 유지류가 콘크리트의 미세공극을 충전해주는 역할을 하는 것으로 판단되어진다.

종합적으로, 식물성 유지 및 폐식용유를 사용한 경우 플로, 공기량 및 압축강도에서 약간의 저하는 발생하지만 이는 대부분 목표치를 만족하는 수준이었으며, 자기수축 길이변화는 크게 감소되는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 유지류의 비누화 반응에 기인한 것으로 판단된다.

추가적인 검토로 비누화 반응에 의해 감소된 세공분포가 고강도 콘크리트의 내구성에 미치는 영향 및 유지류의 유화에 의한 초기물성 저하개선에 관한 실험을 실시할 예정이다.

### 참고문헌

- 1) Tazawa E., Miyazawa S., Experimental study on mechanism of autogenous shrinkage of concrete, Cement and Concrete Research, Vol.25, No.8, pp.1633~1638, 1995.12
- 2) Zhang M. H., Tam C. T., Leow M. P., Effect of water-to-cementitious materials ratio and silica fume on the autogenous shrinkage of concrete, Cement and Concrete Research, Vol.33, No.10, pp.1687~1694, 2003.10
- 3) Hua C., Acker P., Ehrlacher A., Analysis and models of the autogenous shrinkage of high performance concrete, Proceedings of the International Workshop on Microstructure and Durability to Predict Service Life of Concrete Structures, 2004
- 4) 한동엽, 박병관, 백대현, 송용원, 김태완, 한천구, 물이 아닌 액체의 종류 변화에 따른 고강도 모르타르의 특성분석, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집 Vol.7, No.2, pp.61~64, 2007
- 5) 한민철, 송일범, 폐식용유를 사용한 고강도 모르타르의 자기수

- 축 및 공학적 특성, 한국건설순환자원학회지, Vol.5, No.1, pp.97~102, 2010
- 6) 강승민, 강현주, 송명신, 박필환, Polymer Modified Cement의 초기 수화 지연 mechanism에 관한연구, 한국콘크리트학회 가을학술대회논문집 Vol.21, No.1, pp.221~222, 2009
- 7) 이창수, 박종혁, 공극 내 상대습도, 모세관압력, 표면에너지 변화에 따른 콘크리트 자기수축, 한국콘크리트학회 논문집, Vol.22, No.2, pp.131~138, 2008
- 8) 조병영, 오동욱, 마승환, 이종석, 김성래, 박종익, 산업부산물 을 활용한 폴리머 콘크리트의 기초특성에 관한 연구, 한국건설순환자원학회 학술발표논문집 Vol.10, No.1, pp.179~182, 2010
- 9) 최경렬, 건설현장의 폐기물 감량 및 재활용 사례, 한국건설순환자원학회지, Vol.3, No.1, pp.4~9, 2007.
- 10) 류현기, 권용주, 폐주물사의 치환율 변화에 따른 모르타르의 특성 분석, 한국건설순환자원학회지, Vol.4, No.4, pp.99~104, 2009

**식물성 유지 및 폐식용유를 사용한 고강도 콘크리트의 자기수축 및 공학적 특성**

본 연구에서는 콩기름과 자원 재활용 차원의 폐식용유의 새로운 자기수축 저감방안으로서의 가능성을 검토하고자 수축저감제 및 팽창제와 비교·분석하였는데, 그 결과는 다음과 같다. SO 및 WO는 Plain에 비해 유동성이 소폭 저하되었으나 공기량에서는 큰 차이를 보이지 않았고, 강도결과는 재령 28일에 유지류에서 약간의 저하가 발생하였지만 대부분의 수준에서 양호한 결과를 나타냈다. 자기수축 저감효과는 SO와 WO가 RS 및 EA보다 우수함을 확인할 수 있었는데, 이는 SO와 WO의 지방산이 시멘트 수화물 중 Ca(OH)<sub>2</sub>와 가수분해 반응을 진행하여 지방산 칼슘 염을 생성하게 되는데, 이러한 생성물들이 콘크리트 경화체내의 모세관 공극을 충전시켜 수축완화 작용에 기인한 것으로 사료된다. 공극분포 측정결과 SO 및 WO의 경우 치환율에 상관없이 0.01~0.1 μm 사이즈의 공극이 0 ml/g 으로 나타났으며, 10~100 μm 사이즈의 공극이 매우 적은 것으로 나타나 유지류가 콘크리트의 미세공극을 충전해주는 역할을 하는 것으로 판단된다.