

유화처리 정제식용유를 사용한 고성능 콘크리트의 자기수축 Mock-up 실험

Autogenous Shrinkage Mock-up Test of High Performance Concrete by Emulsified Refined Cooking Oil

조만기¹ · 한천구^{2*}Man-Ki Jo¹ · Cheon-Goo Han^{2*}

(Received September 5, 2016 / Revised September 21, 2016 / Accepted September 22, 2016)

The aim of this research is analyzing the fundamental properties and autogenous shrinkage reducing performance of 70 and 100MPa grade high performance concrete including emulsified refined cooking oil(ERCO) under the mock-up conditions. As a results of experiment, the mixture contained 0.5% of ERCO showed slightly decreased slump flow while the slump was increased and segregation resistance performance was improved as 2.5 of EIS. For air content, all mixtures satisfied target air content with increased unit weight and delayed setting time with ERCO addition. In the case of compressive strength, when ERCO was added 0.5%, the result of approximately 5 to 10% of increased compressive strength was observed. For the autogenous shrinkage, ERCO contributed on 20-30% of shrinkage reducing performance comparing to Plain mixture without ERCO. It is considered that capillary pore filling action of soap particles occurred by the reaction of ERCO in cement paste between fatty acid and calcium hydroxide contributed the shrinkage reducing performance. Based on these mock-up test results, application of the high performance concrete mixture with ERCO on CFT actual structure was decided.

키워드 : 고성능 콘크리트, 유화처리 정제식용유, 자기수축, 목업시험

Keywords : High performance concrete, Emulsified refined cooking oil, Autogenous shrinkage, Mock-up test

1. 서론

고성능 콘크리트는 고유동, 고강도 및 고내구성을 발휘하는 이점이 있는 반면, 내부 조직이 치밀하며 초기 재령에서의 수화발현이 커 콘크리트 배합수의 급격한 소모로 이른바 자기건조가 발생함에 따라 자기수축이 발생(Tazawa 1995)한다. 특히, 이러한 고성능 콘크리트의 자기수축량은 고강도화 할수록 건조수축보다 크게 발생하여, 자기수축만으로도 균열을 유발하므로써 콘크리트의 내구성에 악영향을 미칠수 있다. 이와 같은 이유로 고성능 콘크리트에서의 자기수축 저감방안은 구조물의 품질관리의 관점에서 가장 중요한 항목으로 대두되고 있다.

그러나, 고성능 콘크리트의 자기수축저감과 관련한 기존의 많은 연구(Moon 2004; Park et al, 2008)에서는 다양한 수축저감제

를 개발하여 활용하고 있기는 하지만, 경우에 따라서는 적은 효과 및 비경제적인 문제도 제기되어 본 연구팀에서는 순환자원인 폐유지류를 활용하여 자기수축저감에 대한 연구를 진행한 바 있다. 즉, 선형연구결과 순환자원을 원료로한 유화처리 정제식용유(Emulsified Refined Cooking Oil, 이하 ERCO)를 사용하였을 때, 저렴하면서도 자기수축 저감능력이 우수한 것을 확인한 바 있으나 실무에 적용하기 위하여는 구조체 조건에서도 검토의 필요성이 제기되었다.

그러므로 본 연구에서는 부산에 시공하려고 하는 Table 1 및 Fig. 1과 같은 고층건축물의 CFT 기둥에 70 및 100MPa 고성능 콘크리트를 충전하기에 앞서, 모의부재 상태에서의 성능을 확인하고자 한다.

* Corresponding author E-mail: cghan@cju.ac.kr

¹청주대학교 건축공학과, 박사과정 (Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Doctor's course, Cheongju, 28503, Korea)

²청주대학교 건축공학과, 교수 (Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Professor, Cheongju, 28503, Korea)

Table 1. Site summary

Construction project	Busan thes # city avenue
Location of the site	1365-1, Yeonsan-dong, Yeonje-gu, Busan, Korea
Construction period	34 months after begin construction
Purpose of building	Complex building
Site area	5,042m ³
Building area	2,812m ³
Building size	B5F, 32F~33F, 3 continuous building
The number of households	781
Building construction	Reinforced concrete



Fig. 1. Site aerial view of application

2. 이론적 고찰

2.1 유화처리 정제식용유(ERCO)

ERCO는 고성능 콘크리트의 자기수축 저감성능을 향상시킬 목적으로 기존 정제유지류의 유동성 및 강도저하 문제를 보완하기 위해 개질처리한 제품이다. 즉, ERCO의 일반적인 성질로서 주성분은 유지류이며, 불포화 지방산, 포화지방산, 다중불포화 지방산 및 오메가3지방산 등으로 구성되어 있고, 밀도는 0.98g/cm³ 이다. 또한, Fig. 2와 같이 유화처리 전에는 물과 정제식용유가 혼합되지

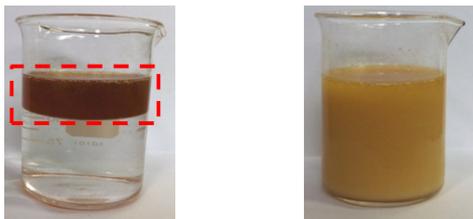


Fig. 2. Emulsified refined cooking oil(ERCO)

Fig. 2. Emulsified refined cooking oil(ERCO)

못하고 서로 분리된 반면에 유화처리 후에는 물과 정제식용유가 적절히 혼합된 모습을 볼 수 있다.

2.2 지방산칼슘염에 의한 지방산의 비누화반응

비누화 반응은 지방의 염기성 가수분해 과정이다. 즉, 천연유지류를 수산화 칼슘용액(알칼리수용액)과 반응시키면 비누, 즉 고급 지방산 알칼리금속염과 글리세린이 된다(Han et al. 2014). 지방산을 RCOOCH₂로 표시한다면 비누화 반응식과 비누화 반응에 의해 제조된 미세비누입자(지방산칼슘염)의 모세관 공극충전 메커니즘은 Fig. 3과 같다.

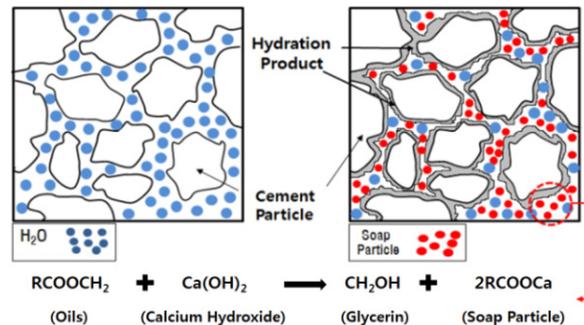


Fig. 3. Filling mechanism of capillary pores(Han et al. 2014)

2.3 기존 연구 고찰

콘크리트의 강도를 향상시키기 위한 방법으로 Han et al.(2007)은 식용유, 휘발유, 등유 및 각종 알코올류 등의 물이 아닌 액체를 사용하여 콘크리트의 공학적 특성을 검토한 바 있는데, 결론적으로 물이 아닌 액체들로 콘크리트의 낮은 W/C에 의한 강도향상에는 실패하였으나, 식용유의 유지류 성분이 자기수축 저감에 효과적인 것을 최초로 규명한 바 있다. 이에 Lee et al.(2012)은 기존 수축저감제와 각종 동·식물성 유지류 종류 변화에 따른 고강도 모르타르 및 콘크리트의 자기수축특성에 대하여 비교하였는데, 결과적으로 기존 수축저감제에 비해 각종 유지류가 우수한 자기수축 저감성능을 나타냄을 확인하였으나, 유지류 사용에 대한 경제성을 확보할 수 있는 방안이 필요하였다.

이에, Han et al.(2012)은 Fig. 4와 같이 폐식용유를 정제처리한 정제유지류를 활용한 고강도 모르타르의 자기수축 저감특성을 검토하였는데, 정제유지류가 자기수축 저감에 효과적이거나, 높은 점성 및 수분과의 결합되지 못하는 단점에 의해 유동성 및 강도가 저하되는 문제점을 확인하였다. 이후 Kim(2013)은 이러한 정제식용유의 단점을 보완하고자, 정제식용유를 유화 처리하는 방법을

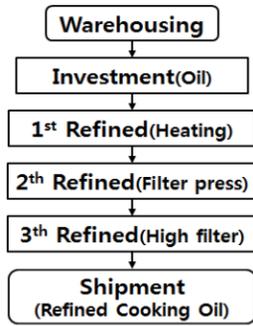


Fig. 4. Generation process of refined cooking oil

고안하여, 고강도 콘크리트에서의 자기수축 저감성능을 확보하기 위한 ERCO 혼입율을 도출하였으나, 실제 현장적용에 대한 적용 연구는 진행한 바 없었다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 Mock-up 실험연구의 실험계획은 Table 2와 같고, 배합사항은 Table 3과 같다. 먼저 실험요인으로 호칭강도는 70, 100MPa의 레미콘 배합 2수준에 대하여, 결합재는 OPC에 대한 질량비로 고로슬래그 미분말(이하 BS) 및 플라이애시(이하 FA)를 각각 20, 10% 치환하는 것으로 계획하였다. 자기수축저감을 위한 ERCO의 혼입율은 결합재량에 대한 질량비로 0, 0.5%의 2수준을 혼입하는 것으로 계획하였다. 실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프 플로, 공기량, 단위용적질량 및 응결시간을 측정하는 것으로 계획하였고, 경화 콘크리트에서는 재령별 압축강도 및 자기수축 길이변화율을 측정하는 것으로 계획하였다.

Mock-up 부재는 Fig. 5와 같이 4개 시험체를 제작하여 상·중·하 부분에 매립형 Strain gauge 및 열전대를 매설한 후 Data logger를 이용하여 자기수축 길이변화율 및 수화열 온도를 측정하였고, 부재 타설 콘크리트는 Fig. 6과 같이 H사에서 출하되는 레미콘을 이용하였다.

본 실험에 사용한 재료는 모두 국내산을 사용하였으며, 그 물

Table 2. Design of experiment(Mock-up test)

Factors		Levels	
Mix- ture	Ready-mixed concrete	2	· 20-70-650 · 20-100-650
	Target flow (mm)	1	· 650±75
	Target air contents(%)		· 2.0±1.0
	Binder composition(%)		· OPC : BS : FA = 7 : 2 : 1
	ERCO replacement ratio(%)	2	· 0 · 0.5
Experiment	Fresh concrete	5	· Slump · Slump flow · Air contents · Unit volume weight · Setting time
	Hardened concrete	2	· Compressive strength (3, 7, 28, 56, 91days) · Temperature history · Autogenous shrinkage (initial set, 1, 2, 3.....28days)
	Mock-up size	1	· Column member(400×400×800)

Table 4. Physical properties of OPC

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	Soundness (%)	Setting time (min.)		Compressive strength(MPa)		
			Initial time	Final time	3 days	7 days	28 days
3,390	3.15	0.05	230	345	24.8	39.3	56.9

Table 5. Physical properties of aggregates

Type	Density (g/cm ³)	FM	Water absorption (%)	Passing amount through 0.08mm sieve (%)
Natural fine aggregates	2.59	2.86	2.63	2.87
Crushed fine aggregates	2.63	2.62	1.42	3.00
Coarse aggregates	2.62	6.48	0.58	-

리·화학적 성질은 Table 4~9와 같다. 또한, 실험방법으로 슬럼프 및 슬럼프 플로는 KS F 2402, KS F 2594 규격에 의거하여

Table 3. Mix proportions

Type	W/B (%)	S/a (%)	ERCO replacement ratio (%)	W (kg/m ³)	Unit weight(kg/m ³)					
					C	S	G	FA	BS	SP
20-70-650	25.8	46.5	0	160	434	757	905	62	124	6.2
			0.5							
20-100-650	15.6	43.2	0	153	687	576	787	98	196	11.8
			0.5							

Table 6. Physical and chemical properties of FA

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	L.O.I (%)	SiO ₂ (%)	Moisture content(%)
3,850	2.20	2.50	51.3	0.10

Table 7. Physical and chemical properties of BS

Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)	L.O.I (%)	Chemical composition(%)				
			MgO	SO ₃	Cl	SiO ₂	CaO
2.90	4,254	1.91	5.26	1.95	0.002	34.20	42.50

Table 8. Physical and chemical properties of High-range water-reducing agent

Main property	Color	Shape	Density (g/cm ³)	Solid content (%)
Polycarboxylate	Dark brown	Liquid	1.01	30.0

Table 9. Physical properties of ERCO

Main ingredient(%)				Viscosity (cP)	Phase
unsaturated acid	Saturated acid	Multi-unsaturated acid	Omega 3acids		
23	15	54	8	25	Liquid

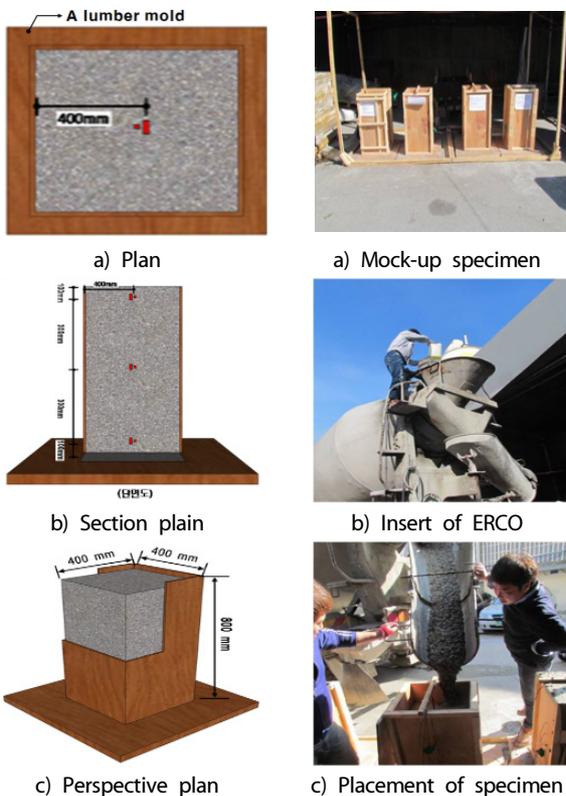


Fig. 5. Mock-up specimen and gauge point

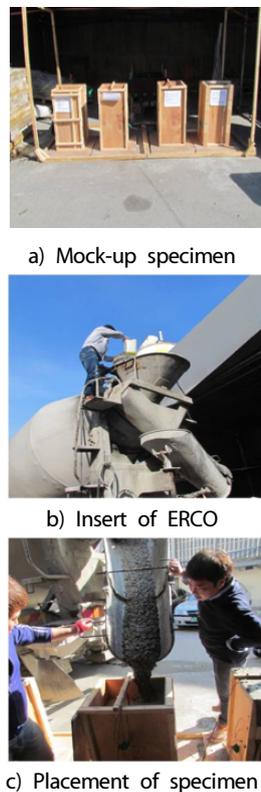


Fig. 6. Mock-up test

진행하였고, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409, 응결시간은 KS F 2436 규격에 의거하여 진행하였다. 압축강도시험으로 공시체는 KS F 2403에 의거하여 제작하였고, 강도시험은 소정 재령에서 KS F 2405 규정에 의거하여 측정하였으며, 자기수축길이변화율은 KS F 2586 규격에 의거 실험을 진행하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 굳지않은 콘크리트 특성

Fig. 7은 레미콘 배합 별 ERCO 사용 유무에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로를 나타낸 것이다. 먼저, ERCO를 사용함에 따라 슬럼프는 증가하는 반면, 슬럼프 플로는 약간 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 점도 1,005cP의 물만을 사용한 배합에 비해 점도 25.0cP의 ERCO를 추가 사용함에 따라 ERCO의 고점성에 기인한 것으로 사료된다.

Fig. 8은 레미콘 배합 별 ERCO 사용 유무에 따른 슬럼프 플로를 슬럼프치로 나눈 재료분리평가정수(Han 1998)로 나타낸 것이다. ERCO를 사용하지 않은 경우는 재료분리 평가정수 3등급으로 재

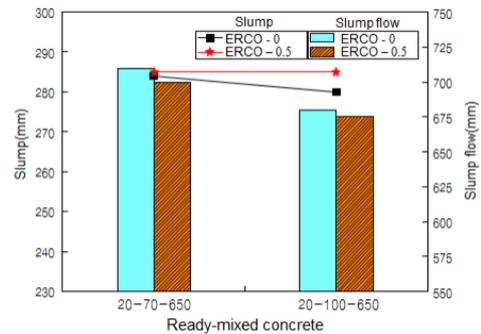


Fig. 7. Influence of using ERCO on slump and slump flow of ready-mixed concrete

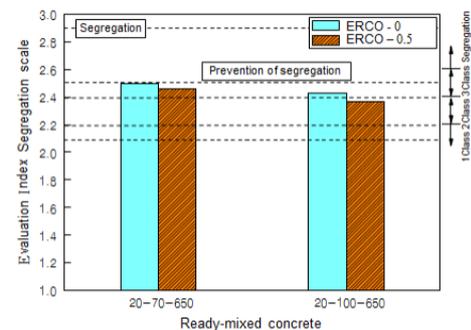


Fig. 8. Influence of using ERCO on Evaluation index segregation scale of ready-mixed concrete

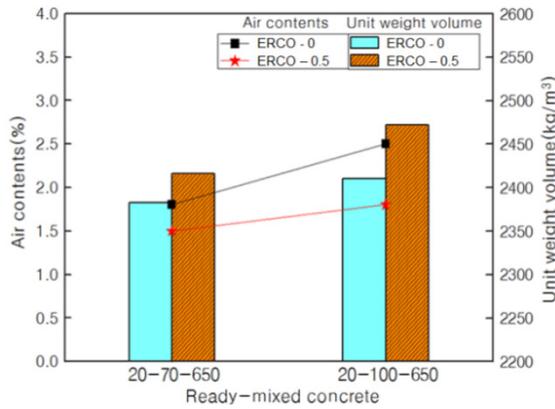


Fig. 9. Influence of using ERCO on air contents and unit weight volume of ready-mixed concrete

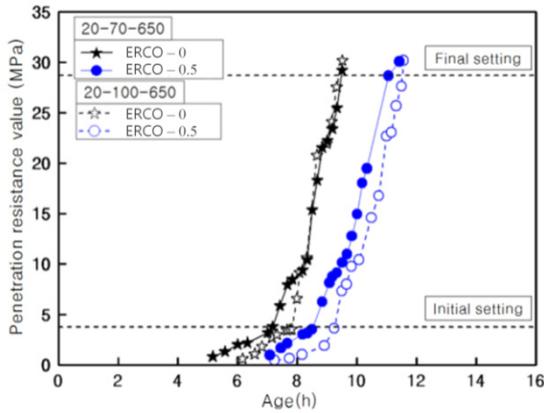


Fig. 10. Penetration resistance with time according to the mix ratio of ERCO

료분리 경계선에 있지만, ERCO를 사용한 경우는 점성증가에 기인하여 재료분리 저항성이 개선됨으로서 3등급 및 2등급으로 양호해짐을 알 수 있었다.

Fig. 9는 레미콘 배합 별 ERCO 사용 유무에 따른 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다. 먼저, 공기량의 경우 모든 배합에서 목표 범위인 $2.0 \pm 1.0\%$ 를 만족하는 것으로 나타났으나, ERCO를 사용함에 따라 약 20~40%정도 저하하는 경향을 나타내었다. 이는 ERCO중 유화제의 소수기 성분이 콘크리트 내부의 AE성분과 결합하여 공기포를 생성하지 못함에 AE공기량이 저하된 것으로 판단된다. 단, 단위용적질량의 경우는 공기량과 상반되는 것으로 나타났다.

Fig. 10는 ERCO 사용 유무에 따른 경과시간 별 관입저항치로 응결시간을 나타낸 것이다. 전반적으로 ERCO를 혼입한 경우 혼입하지 않은 배합에 비해 응결시간이 지연되는 것으로 나타났으나, 응결시간 차이는 약 1~2시간으로 크지 않게 나타났다.

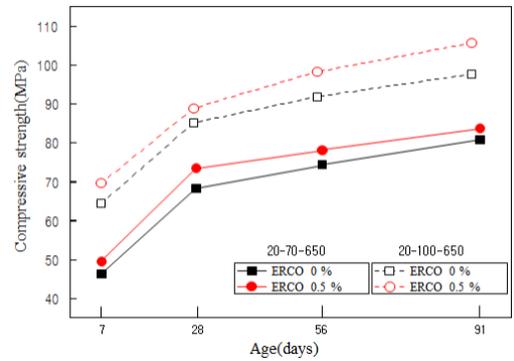


Fig. 11. Compressive strength by age according to the mix ratio of ERCO

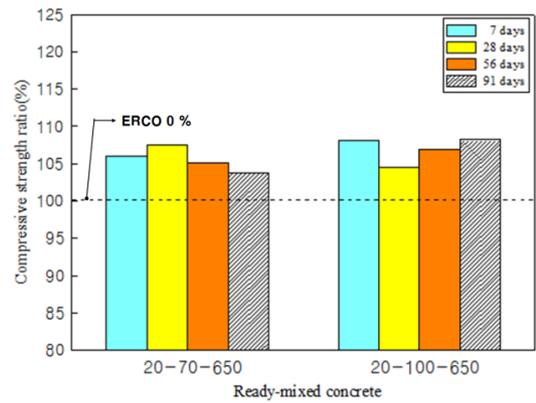


Fig. 12. Compressive strength ratio by age according to the mix ratio of ERCO

4.2 압축강도 특성

Fig. 11은 ERCO 사용 유무별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이고, Fig. 12는 레미콘 배합 및 ERCO 사용 유무에 따른 재령별 압축강도비를 비교하여 나타낸 것이다. 먼저, 압축강도의 경우 레미콘 배합별 ERCO 0.5%를 적용한 배합이 적용하지 않은 배합에 비해 높은 강도발현율을 나타내었으며, 특히, 호칭강도 100MPa에서의 ERCO 0.5%의 경우 재령 91일에서 약 7MPa정도 높은 압축강도 발현율을 나타내었는데, 이는 공기량 저하에 의한 강도증진과 ERCO내 유화제의 수분산 작용으로 친유·친수기가 시멘트 계면에서의 수화반응 및 비누화에 의한 공극충전을 활성화(Han et al. 2011)함에 따라 콘크리트의 압축강도가 증진된 것으로 판단된다. 또한, 압축강도비는 ERCO를 혼입 사용한 경우 무혼입 배합에 비해 모든 재령별 높은 압축강도 증진율을 나타내었는데, 특히 호칭강도 100MPa의 경우 5~10%의 압축강도 증진율을 나타내었다.

4.3 수화열온도 특성

Fig. 13는 ERCO 사용 유무 및 상·중·하 위치별 재령경과에 따른 70MPa Mock-up 부재의 온도이력을 나타낸 것이고, Fig. 14는 동일한 요령으로 100MPa Mock-up 부재의 온도이력을 나타낸 것이다. 전반적으로, 100MPa급 Mock-up 부재의 경우 70MPa급 Mock-up 부재의 온도이력에 비해 초기재령에서 높은 온도이력을 나타내었다. 즉, 강도와 상관없이 타설 12시간 내·외에서 높은 수화열온도 이력을 나타내었고, 이후 재령에서의 온도이력은 저하하여 외기에 근접하는 온도를 나타내었다. 또한, 각각 부재의 상·중·하부의 온도이력의 경우 거의 차이가 없으나, 하부에 비해 중앙부 및 상부 측이 높은 온도이력을 나타내었는데, 이는 하부의 열이 상부로 전달되는 열전달 특성상 중앙부 및 상부측에서 높은 온도이력을 나타낸 것으로 판단된다. 또한, 강도와 상관없이 ERCO를 사용한 배합이 ERCO를 사용하지 않은 배합에 비해 높은 온도이력을 나타내었는데, 이는 ERCO의 수분산 작용에 의해 수화반응이 활성화됨에 따라 부재 내부의 더 높은 수화열이 발생되어 높은 온도이력을 나타낸 것으로 사료된다. 또한, 이러한 온도이력의 선평창 계수를 고려하여 자기수축 길이변화율 산정시

$10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 가 되도록 온도 팽창량을 보정하여 수축량을 구하였다.

4.4 자기수축 특성

Fig. 15는 ERCO 사용 유무별 재령경과에 따른 70MPa Mock-up 부재의 상·중·하에서 수직과 수평의 자기수축길이변화율을 나타낸 것이고, Fig. 16은 동일한 요령으로 100MPa Mock-up 부재의 자기수축 길이변화율을 나타낸 것이다. 먼저, 강도별에 따른 자기수축은 일반적으로 B/W가 클수록 조적이 치밀하고 초기 재령에서의 수화발현이 커 콘크리트 내부 배합수의 급격한 소모 등으로 자기수축이 크다는 기존의 이론과 동일한 결과로 나타났다(Tazawa 1995). 전반적으로 레미콘 배합 별 Mock-up 부재의 상부측을 제외한 중앙부 및 하부의 자기수축 길이변화율은 수직축정치에 비해 수평축정치가 더 큰 길이변화율을 나타내었으며, ERCO사용에 따른 자기수축은 ERCO를 사용하지 않은 배합에 비해 우수한 것으로 나타났다. 특히, 70MPa의 ERCO를 적용하지 않은 배합의 28일 상·중·하부의 평균 측정치의 경우 각각 -568×10^{-6} , -546×10^{-6} , -499×10^{-6} 의 자기수축을 나타낸 반면에, ERCO를 적용한 배합의 상·중·하부의 평균 측정치의 경우는 각각 -410×10^{-6} , -423×10^{-6} ,

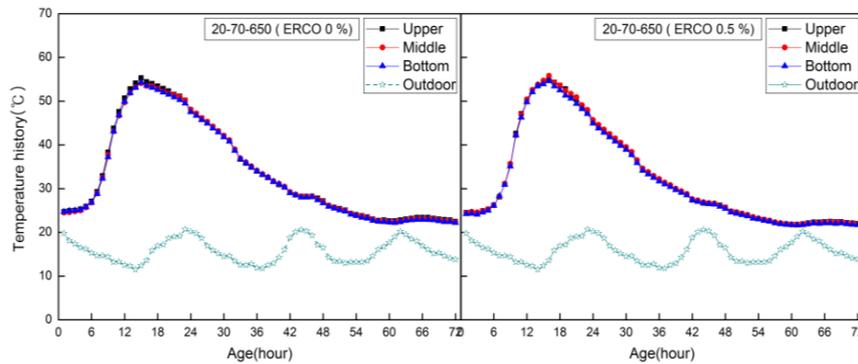


Fig. 13. Ratio of temperature history changes by age according to the mix ratio of ERCO(70MPa mock-up member)

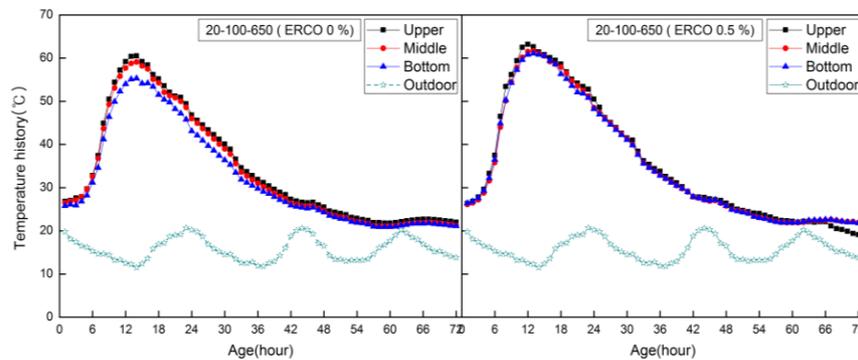


Fig. 14. Ratio of temperature history changes by age according to the mix ratio of ERCO(100MPa mock-up member)

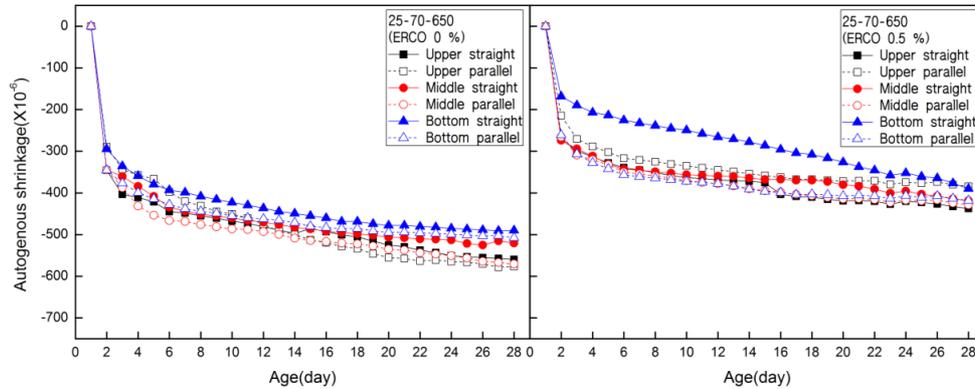


Fig. 15. Ratio of straight and parallel autogenous shrinkage changes by age according to the mix ratio of ERCO(70MPa mock-up member)

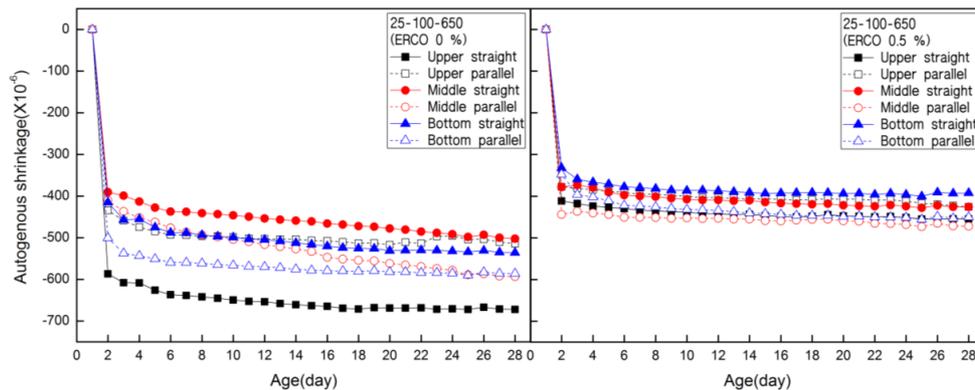


Fig. 16. Ratio of straight and parallel autogenous shrinkage changes by age according to the mix ratio of ERCO(100MPa mock-up member)

-404×10^{-6} 의 자기수축을 나타내어, 약 20~30%의 자기수축 저감효과가 나타남을 알 수 있었다.

또한, 100MPa의 ERCO를 사용하지 않은 배합의 상·중·하부의 평균치는 각각 -594×10^{-6} , -548×10^{-6} , -561×10^{-6} 을 나타낸 반면에, ERCO를 적용한 배합의 상·중·하부의 평균 측정치는 각각 -440×10^{-6} , -448×10^{-6} , -421×10^{-6} 로 약 20~30%의 높은 자기수축 저감성을 나타내었다. 이는 ERCO의 주성분인 지방산($C_3H_5(OCOR)_3$)이 콘크리트 경화체중 수화생성물인 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)에 가수분해 되어 지방산칼슘염($2RCOOCa$), 즉 미세비누입자를 생성시킨 결과, 이 미세비누입자가 콘크리트 경화체내부의 모세관 공극을 충전함으로써, 경화된 시멘트 입자사이의 고체면에 흡착된 액체 박막이 분리압력에 의해 콘크리트 내부 공극의 수축이 완료되는 고체간의 분리압력설(Tazawa 1995)에 부합하여 공극 충전 및 수축완화 작용에 기인한 것으로 분석된다.

Fig. 17은 ERCO 사용유무 및 강도별 재령경과에 따른 공시체의 자기수축 길이변화율을 나타낸 것이다. 전반적으로 공시체의 자기수축 길이변화율은 Mock-up부재에 비해 약 10%정도 작은 길이

변화율을 나타내었다.

Fig. 18은 ERCO 사용유무에 따른 자기수축량의 상관관계를 나타낸 것이다. 전반적으로 ERCO를 사용한 경우 약 20~30% 정도의 저감성을 나타내었으며, 부위 별 모든 측정치에서 자기수축 저감능이 나타남을 알 수 있었다.

Fig. 19은 ERCO 사용유무, 강도별 Mock-up 부재의 수직과 수평간의 자기수축 길이변화율을 비교한 것이다. 전반적으로 유사한 경향이지만, 수직 및 수평의 경우 70MPa 배합에서는 상·중·하부와 상관없이 수평축의 자기수축이 약간 큰 것으로 나타난 반면에, 100MPa배합의 경우는 상부축수직에서의 자기수축이 수평에 비해 약간 큰 것으로 나타났다.

Fig. 20은 ERCO를 사용한 70 및 100MPa 고강도 콘크리트를 실제 CFT강관 내부에 타설된 모습을 나타낸 것이다. 현장여건 상 강관 내부에 타설된 콘크리트를 확인할 수는 없었으나, 육안관찰 결과 강도와 상관없이 타설된 콘크리트와 CFT강관이 일체화 되어 균열없이 시공된 모습을 확인할 수 있었다.

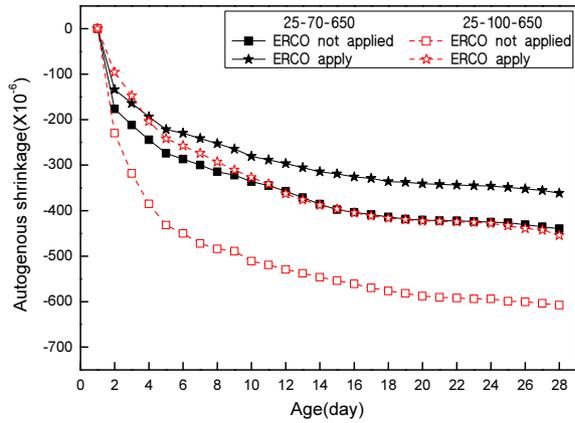


Fig. 17. Ratio of autogenous shrinkage changes by age according to the mix ratio of ERCO(measure test piece)

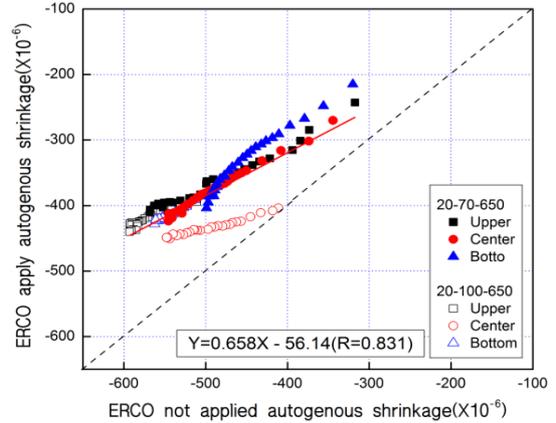


Fig. 18. Correlation of autogenous shrinkage according to the mix ratio of ERCO(Mock-up member)

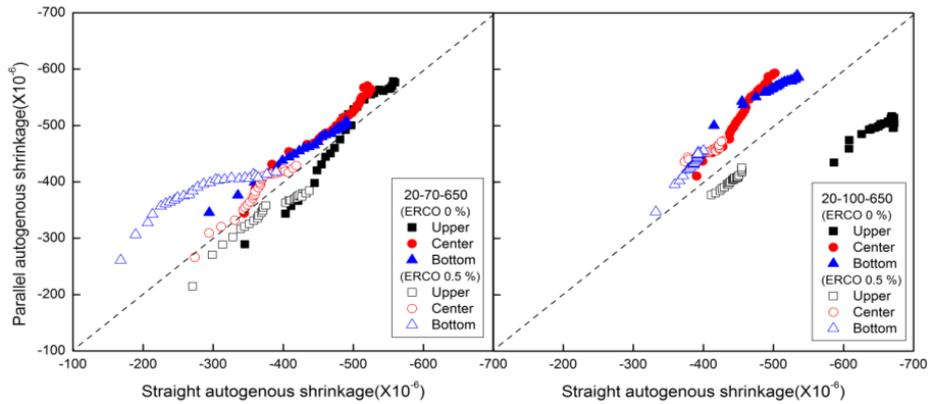


Fig. 19. Ratio of straight and parallel autogenous shrinkage changes by age according to the mix ratio of ERCO



i) Buried CFT steel pipe ii) CFT steel pipe inside

Fig. 20. State of the concrete of CFT steel pipe inside the actual

5. 결론

본 연구는 CFT에 사용하는 70 및 100MPa급 고강도 콘크리트의 ERCO 적용 유무에 따른 기초적 물성 및 강도특성을 분석하고, Mock-up 시험을 통해 자기수축 저감성능을 검토하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 굳지않은 콘크리트의 유동특성으로 ERCO를 사용함에 따라 슬럼프 플로는 약간 저하하는 경향을 나타내었으나, 슬럼프는 증가하였다. 따라서, 슬럼프 플로치를 슬럼프치로 나눈 재료분리 저항성(EIS)은 2.5 이하로 양호하게 나타났다.
2. 공기량의 경우는 모두 목표범위를 만족하는 것으로 나타났는데, ERCO사용에 따라 공기량은 저하하는 경향이었고, 단위용적질량은 증가하였으며, 응결시간은 지연되는 것으로 나타났다.
3. 강도 특성은 ERCO를 0.5% 사용함에 따라 호칭강도 별 모든 배합에서 ERCO 0%에 비해 약 5~10%정도의 높은 압축강도 발현율을 나타내었다.
4. 수화열 온도 특성으로 100MPa급 Mock-up 부재의 경우 70MPa급 Mock-up 부재의 온도이력에 비해 초기재령에서 높은 온도이력을 나타내었으나, 이후 재령에서는 저하하여 외기 온도에 근접하는 온도이력을 나타내었다. 또한, ERCO를 사용한 배합이 ERCO를 사용하지 않은 배합에 비해 높은 온도이력을

나타내었고, 각각 부재의 상·중·하부의 온도이력의 경우 거의 차이가 없으나, 하부에 비해 중앙부 및 상부 측이 높은 온도 이력을 나타내었다.

5. 자기수축 특성은 전반적으로 ERCO를 사용한 배합의 경우 사용하지 않은 배합에 비해 20~30% 정도 높은 자기수축저감 성능을 나타내었는데, 이는 ERCO의 주성분인 지방산($C_3H_5(OCOR)_3$)이 콘크리트 경화체중 수화생성물인 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)에 가수분해 되어 지방산칼슘($2RCOOCa$), 즉 비누입자를 생성시켜, 콘크리트 경화체 내부의 모세관 공극을 충전함으로써 자기수축이 저감된 것으로 분석된다.

종합적으로 ERCO를 사용한 70 및 100MPa 고성능 콘크리트는 유동성 및 강도를 충분히 확보하였고, 자기수축 저감에도 효과적인 것으로 나타나, 이를 CFT 실구조체에 타설하는 것으로 결정하였다.

References

Han, C.G., Kim, G.C. (1998). New method for evaluating the segregation resistance of high-fluidity concrete, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **10(2)**, 147-154 [in Korean].

Han, D.Y., Park, B.K., Baek, D.H., Song, Y.W., Kim, T.C., Han, C.G. (2007). Investigation of the high strength mortar in

accordance with various non-water based liquid types, *Proceedings of the Korea Institute of Building Construction*, **7(2)**, 61-64 [in Korean].

Park, S.G. (2011). Study on the autogenous shrinkage prediction of high strength concrete using shrinkage reducing admixture, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, **24(11)**, 77-84 [in Korean].

Han, S.Y., Lee, D.G., Baek, D.H., Jeon, C.K., Han, M.C., Han, C.G. (2011). The effect of emulsified waste oil on reduction of autogenous shrinkage of high strength mortar, *Proceedings of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **11(2)**, 109-112 [in Korean].

Kim, T.C. (2013). Reduction of Autogenous Shrinkage of High Strength Concrete Using Emulsified Refined Cooking Oil, Ph.D Thesis, Cheongju University [in Korean].

Lee, D.G. (2012). Mitigation of Autogenous Shrinkage for High Strength Concrete Applying Edible Oils, Ph.D Thesis, Cheongju University [in Korean].

Moon, H.R. (2004). Engineering Properties of High Performance Concrete with the Combination of Expansive Additive and Shrinkage Reducing Agent, Master's Thesis, Cheongju University [in Korean].

Tazawa, E., Miyazawa S. (1995). Experimental study on mechanism of autogenous of concrete, *Journal of the Cement and Concrete Research*, **25(8)**, 1633-1638.

유화처리 정제식용유를 사용한 고성능 콘크리트의 자기수축 Mock-up 실험

본 연구에서는 CFT에 사용하는 70 및 100MPa급 고강도 콘크리트의 ERCO 적용 유무에 따른 기초적 물성 및 강도특성을 분석하고, Mock-up 시험을 통해 자기수축 저감성능 및 활용성을 검토하고자 하였는데, 그 결과 굳지않은 콘크리트의 유동특성으로 ERCO를 사용함에 따라 슬럼프 플로는 약간 저하하는 경향을 나타내었으나, 슬럼프는 증가하였고, 재료분리 저항성(EIS)은 2.5 이하로 양호하게 나타났다. 공기량의 경우는 모두 목표범위를 만족하는 것으로 나타났는데, 단위용적질량은 증가하였으며, 응결 시간은 약간 지연되는 것으로 나타났다. 강도 특성의 경우 ERCO를 0.5% 사용함에 따라 호칭강도 별 모든 배합에서 ERCO 0%에 비해 약 5~10%정도의 높은 압축강도 발현율을 나타내었다. 자기수축 특성은 전반적으로 ERCO를 사용한 배합의 경우 사용하지 않은 배합에 비해 20~30%정도 높은 자기수축저감 성능을 나타내었는데, 이는 ERCO의 주성분인 지방산($C_3H_5(OCOR)_3$)이 콘크리트 경화체중 수화생성물인 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)에 가수분해 되어 지방산칼슘($2RCOOCa$), 즉 비누입자를 생성시켜, 콘크리트 경화체 내부의 모세관 공극을 충전함으로써 자기수축이 저감된 것으로 분석된다. 종합적으로 ERCO를 사용한 70 및 100MPa 고성능 콘크리트는 유동성 및 강도를 충분히 확보하였고, 자기수축 저감에도 효과적인 것으로 나타나, 이를 CFT 실구조체에 타설하는 것으로 결정하였다.