

# 모르타르 배합비별 각종 유지류 침지에 따른 열화저항성

## Anti-degradation of Various Mortar Mixtures Depending on Oil Submerging Conditions

한 천 구\*

황 찬 우

Han, Cheon-Goo\*

Hwang, Chan-Woo

Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, 298 Daesung-Ro, Cheongju-City, 28503

### Abstract

The durability factors of concrete has been researched by many researchers. Among the chemical ingression by acid, alkali, or salt, specially the ingression by sulfate has been actively studied and reported. Generally, for the oil type chemical, it is reported to cause the excessive expansion of cement mortar and further to cause the collapse, while there was no enough research on influence of oil type, relationship with microstructure of mortar, and collapse pattern. Therefore, in this research, using the various oils from general market, the degradation properties of the mortar mixtures with various mix designs were evaluated. according to the experiment, Bio diesel damaged worst and the mix design with less cement content showed the worst damage against oils.

Keywords : various oils, degradation properties, relative dynamic modulus of elasticity, residue compressive strength

## 1. 서 론

일반적으로 내구성(Durability)이란 시간경과에 따른 구조물의 성능저하에 대한 저항성으로 정의된다[1]. 구체적으로 콘크리트의 내구성은 자연환경 중에서의 중성화, 동해, 염해, 알칼리 골재반응 및 화학적침식 등과 관련하여 성능저하 없이 오랫동안 견딜 수 있는 능력을 말하게 된다[2].

따라서 이와 같은 콘크리트의 내구성요인은 많은 연구자들에 의해 오랜기간동안 다양한 연구가 진행되어 열화의 매커니즘이나 방지대책 등 많은 진전이 이루어져 왔다. 특히 화학적 침식과 관련하여서도 산, 알칼리, 염 그중에서도 황산염 침식 등에 대한 연구는 많이 진행되어[3] KS L 5201(포틀랜드시멘트)에는 제 5종 내황산염 포틀랜드 시멘트까지도 규격화되어 관리되고 있다.

그런데 화학적 침식 중 유지류와 관련하여서는 Figure 1과 같이 알라이트( $3CaO \cdot SiO_2$ ) 성분이 유지류와 반응할 경우 팽창을 일으켜 조직을 파괴할 수 있다는 것이 보고되고 있다[4]. 즉, 콘크리트의 모세관 공극에 알칼리 성분인 수산화칼슘과 유지류의 글리세린 에스테르가 비누화 반응[5,6]으로 팽창파괴를 일으킬 수 있다는 것과 유지류의 유리지방산이 산과 같은 역할을 하여 콘크리트를 열화 및 침식시킬 수 있다는 것이다[7].

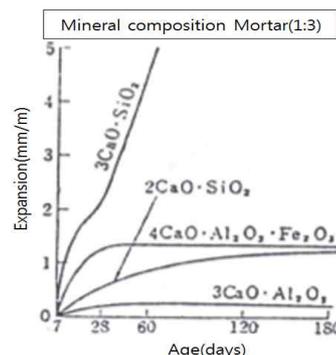


Figure 1. Expansion of the cement mortar was immersed in the fat and oils[4]

Received : January 4, 2017

Revision received : February 17, 2017

Accepted : April 11, 2017

\* Corresponding author : Han, Cheon-Goo

[Tel: 82-43-229-8480, E-mail: cghan@cju.ac.kr]

©2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.ts reserved.

그러나, 구체적으로 유지류의 침식은 실무에서 자주 관찰 되거나 발생하지는 않을지라도 어떤 종류의 유지류가 침식 피해가 크며, 또는 콘크리트 혹은 모르타르의 조직구성과는 어떤 관계가 있고, 파괴 패턴 등은 구체적으로 어떤 상황인지 등에 대하여는 거의 연구된바 없다.

그러므로 본 연구에서는 시중에서 유통되는 일반적인 유지류 및 유지류 가공품까지 다양한 종류를 수집하여 시멘트 모르타르로 마감된 바닥면에 유지류가 쏟아지거나 옆지러져 장시간 방치되는 상황을 가정하여 각종 유지류 침지에 따른 시멘트 모르타르의 배합비별 열화저항을 규명하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 배합사항은 Table 1 및 2와 같다.

Table 1. Experimental plan

Item	Factors	Levels			
	C : S	1:1 1:3, 1:5			
	W/C (%)	40, 60, 80			
	Target flow (mm)	150 ± 25			
Mixture and submerging oil	Fat and oils	9	Plain(water) (WA) Perilla Oil (PE) Soybean Oil (SO) Corn Oil (CO) Grape seed Oil (GR) Olive Oil (OL) Lard (LA) Biodiesel (B I) Hydraulic fluid (HY)		
		Fundamental properties	3	Flow Unit weight volume Compressive strength (3, 7, 28, 90, 180 days)	
			Oil resistance test	4	RDME <sup>1)</sup> Length change Mass change Residual compressive strength (180 days)

1) Relative Dynamic Modulus of Elasticity

Table 2. Mixture proportions of mortar

C:S	W/B (%)	W <sup>1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Mass for unit volume of mortar(kg/m <sup>3</sup> )	
			OPC <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
1:1	40	364	910	910
1:3	60	293	488	1 465
1:5	80	267	333	1 666

- 1) Water
- 2) Ordinary portland cement
- 3) Sand

즉, 실험요인으로 모르타르 배합비(이하 C:S)는 폭넓은 실무조건을 고려하여 고강도 영역 1:1, 보통강도 영역 1:3 및 저강도 영역 1:5에 물시멘트비(이하 W/C)는 각각 40 %, 60 %, 80 %의 3수준으로 계획하였는데, 목표플로 역시 실무조건을 고려하여 150 ± 25로 계획하였다. 유지류의 종류로는 Plain의 물(이하 WA)을 기준으로 식물성인 들기름(이하 PE), 콩기름(이하 SO), 옥수수유(이하 CO), 포도씨유(이하 GR), 올리브유(이하 OL)와 동물성인 돼지기름(이하 LA), 유지류 가공품인 바이오디젤(이하 BI) 및 유압작동유(이하HY)로 계획하였다.

실험사항으로 모르타르의 기초적 특성은 플로, 단위용적 질량 및 표준양생 압축강도를 측정하는 것으로 계획하였고, 유지류 침지에 대한 열화저항성 시험은 상대동탄성계수, 길이변화율, 질량변화율 및 잔존압축강도를 측정하는 것으로 계획하였다.

### 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로 먼저 OPC는 국내산 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 석산 잔골재를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 3 및 4와 같다.

유지류는 현재 국내에서 시판중인 것을 구입하여 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 5와 같다.

Table 3. Physical properties of cement

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Loss of ignition (%)	Setting time (min.)		Compressive strength(MPa)		
			Initial	Final	3 days	7 days	28 days
3.15	3 450	2	275	325	28.4	39.5	52.3

Table 4. Physical properties of crushed fine aggregate

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Absorptance(%)	Fineness modulus
2.70	1.13	2.60

Table 5. Physical properties of fat and oils

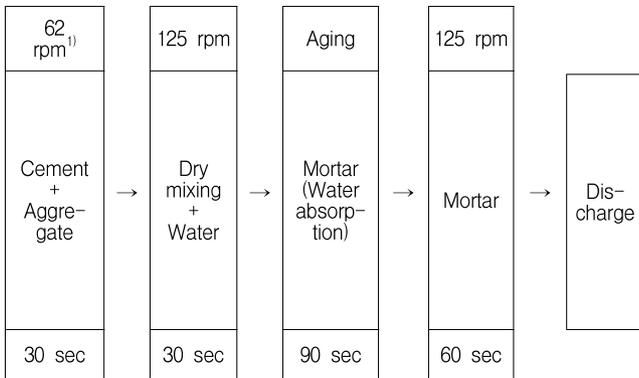
Type	Color	Form	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosity(cP)	Saturated fat(%)
WA	Clear	Liquid	0.998(at 20℃)	1.005(at 20℃)	0
PE	Yellow	Liquid	0.928(at 20℃)	38(at 20℃)	10
SO	Yellow	Liquid	0.820(at 20℃)	51(at 20℃)	14
CO	Yellow	Liquid	0.918(at 20℃)	30(at 20℃)	17
GR	Yellow	Liquid	0.915(at 20℃)	12(at 20℃)	11
OL	Yellow	Liquid	0.910(at 20℃)	54(at 20℃)	18
LA	White	Solid	0.918(at 40℃)	65(at 40℃)	41
BI	Pale yellow	Liquid	0.884(at 20℃)	15(at 20℃)	97
HY	Pale yellow	Liquid	0.842(at 15℃)	146(at 15℃)	1.2

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르타르의 혼합은 Figure 2와 같은 단계로 모르타르 믹서를 사용하여 실험을 진행하였다. 또한, 시멘트 모르타르의 기초적 특성으로 플로는 KS L 5111, 단위용적질량은 KS F 2409, 압축강도는 KS L 5105에 의거 측정하였다.

열화저항성을 실험하기 위한 시멘트 모르타르의 양생방법으로는 7일 수중양생 후 21일간 기건 양생한 다음 유지류별로 20±2℃의 온도에서 180일까지 침지하는 것으로 진행하였다. 단, 돼지기름의 경우는 상온에서 고체 상태이기 때문에 가열하여 액체 상태에서 침지를 진행한 후 표준온도에서 보존하였다.

유지류 침지에 대한 열화시험으로 상대동탄성계수는 KS F 2473, 길이변화율은 KS F 2424에 의거하였고, 질량변화율은 시멘트 모르타르의 질량변화량을 처음질량으로 나누는 백분율로 측정하였다. 이때 유지류 침지에 따른 열화저항성 측정주기는 처음 4주는 1주 간격, 그 이후는 한달 간격으로 측정하였다. 단, 잔존압축강도는 180일 침지가 완료된 후 KS L 5105에 의거 측정하였다.



1) Revolutions per minute

Figure 2. Mixing of mortar

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 모르타르의 기초적 특성

모르타르의 기초적 특성으로 Table 6 및 Figure 3은 배합비 종류에 따른 플로, 단위용적질량 및 압축강도를 나타낸 것이다. 모두는 배합 설계하였으므로 목표로 하는 품질을 나타내고 있다.

Table 6. Flow and unit weight volume with mix proportioning type

C:S	Flow (mm)	Unit weight volume (kg/m <sup>3</sup> )
1:1	145	2 288
1:3	175	2 248
1:5	165	2 268

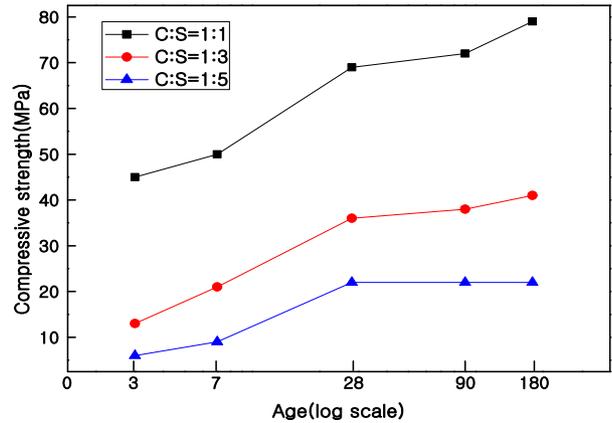


Figure 3. Compressive strength with age

### 3.2 유지류침지에 따른 열화현상분석

유지류 침지에 대한 열화현상분석으로 Table 7 및 Figure 5~7은 유지류종류에 따른 침지사진, 상대동탄성계수, 길이변화율 및 질량변화율을 나타낸 것이다.

Table 7. Photo of fat and oils immersion(180 days)

Fat and oils type	OPC 1:1	OPC 1:3	OPC 1:5
WA			
PE			
SO			
CO			
GR			
OL			
LA			
BI			
HY			

### 3.2.1 열화평가방법의 적용

강도가 서로 다른 모르타르를 각종 유지류에 침지하여 열화시킬 경우, 나타나는 내구성 현상을 분석하기 위하여는 표준적인 시험방법이 필요하다. 그러나 모르타르 또는 콘크리트의 유지류에 대한 열화저항성 시험방법은 현행 KS 규격에는 규정된바 없다. 따라서 일정 재령마다 열화되는 모습 및 파괴 메커니즘이 내부 팽창에 의한 파괴형태이므로 동해 열화현상과 유사하다. 따라서 동해열화의 판단척도에 이용되는 상대동탄성계수, 길이변화율 및 질량변화율을 열화평가에 활용하는 것으로 하였다.

전반적인 양상으로 먼저, Table 7과 같이 180일 침지된 시멘트 모르타르의 대표적인 공시체인 경우에서 BI와 같은 유지류일 경우에서 특히 1:5와 같은 빈배합일수록 심각하게 파괴된 모습을 볼 수 있다.

또한 열화 평가 방법에서는 열화되어 파괴를 일으킬 경우 상대동탄성계수가 저하하고, 길이변화율이 증가하며, 질량이 증가하는 전형적인 팽창열화경향을 나타내고 있다. 이는 기존의 이론과 같이 유지류의 글리세린 에스테르가 시멘트 모르타르 조직내 모세관공극의 수산화칼슘 알칼리와 반응하여 지방산칼슘염(비누)을 생성하는 비누화 반응[8]에 기인한 것으로 사료된다.

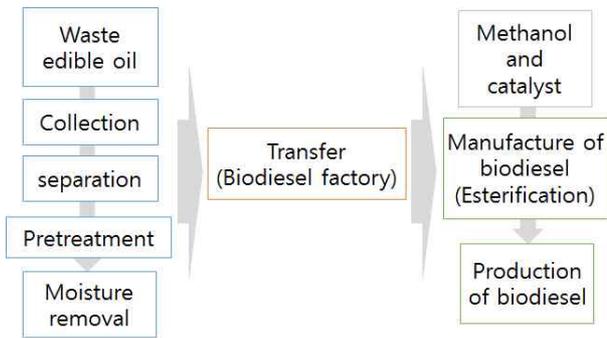
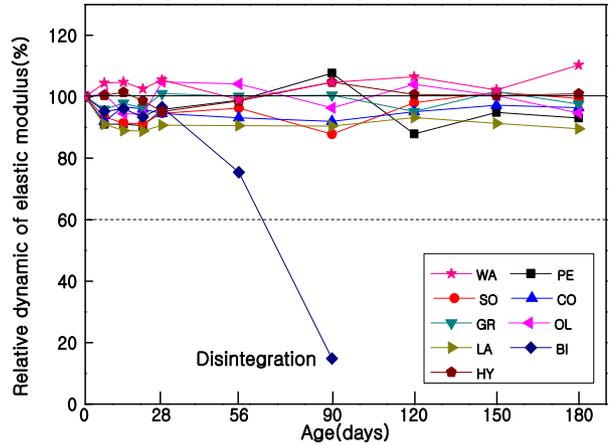


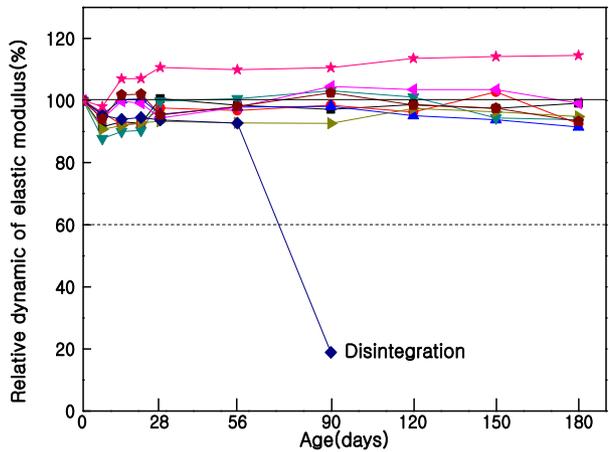
Figure 4. Formation process of biodiesel[9]

### 3.2.2 유지류 종류의 영향

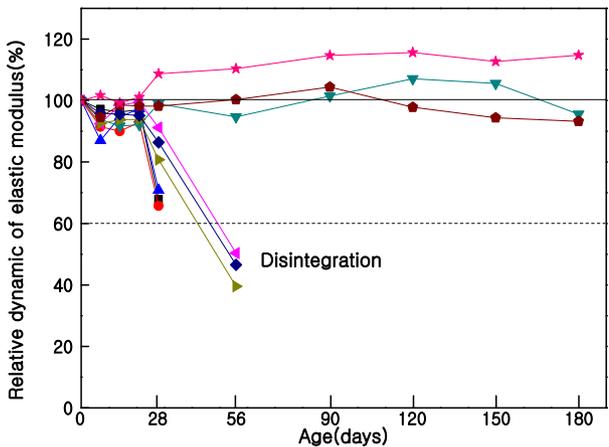
본 항에서는 Plain인 WA와 8가지 종류의 유지류에 침지시킨 시멘트 모르타르에 대하여 특히 유지류 종류관점에서 분석한다. 먼저, BI의 경우는 모든 배합비에서 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, BI의 경우는 Table 5와 같이 점도 15 cP로 GR 다음으로 낮아 모르타르의 모세관내 침투가 용이하다. 또한 BI의 경우는 Figure 4와 같이 제조과



C:S = 1:1



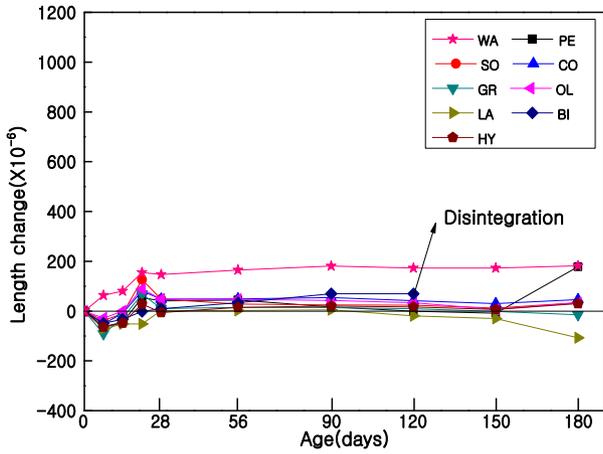
C:S = 1:3



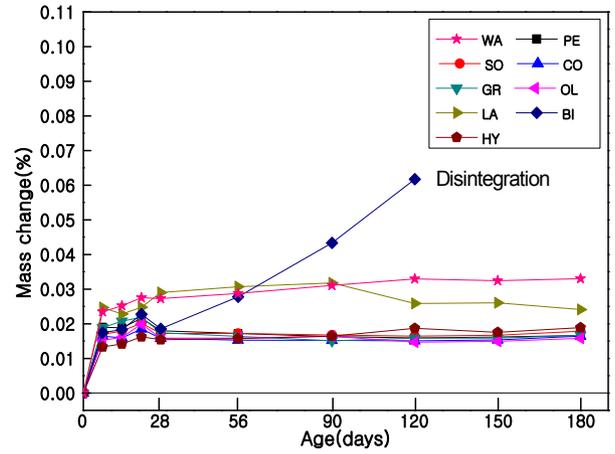
C:S = 1:5

Figure 5. RDME with age

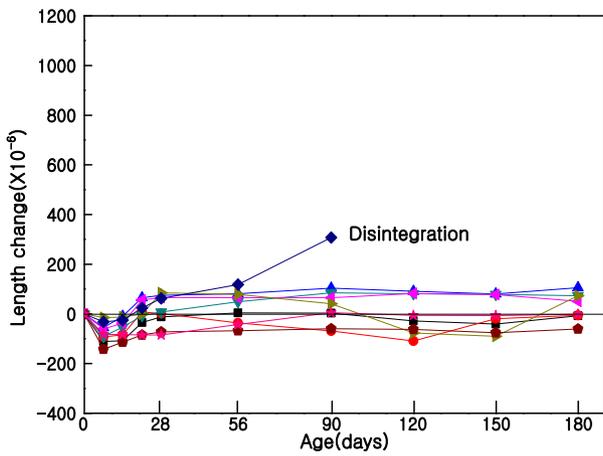
정에서 에스테르화 반응을 시켜 BI와 글리세린으로 분해시킴으로써[9] 포화지방산의 함유량이 Table 7과 같이 가장



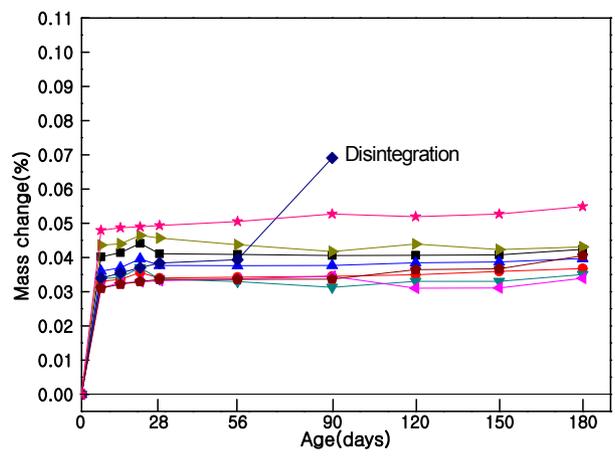
C:S = 1:1



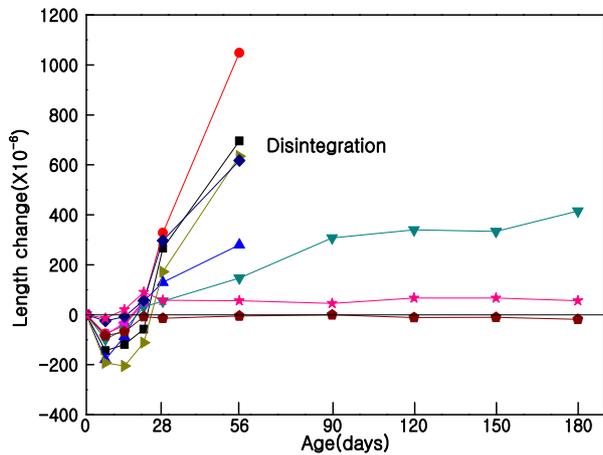
C:S = 1:1



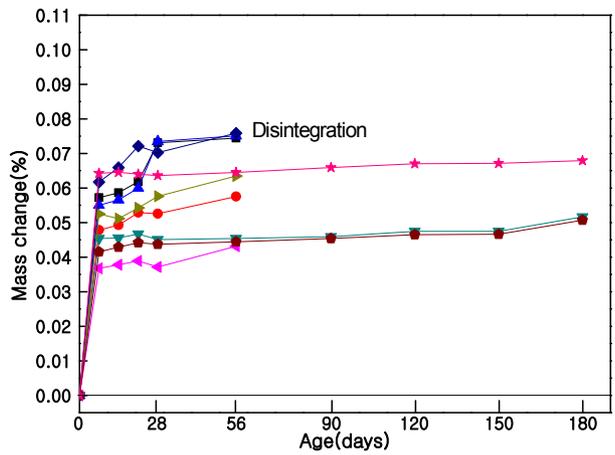
C:S = 1:3



C:S = 1:3



C:S = 1:5



C:S = 1:5

Figure 6. Lenth change with age

Figure 7. Mass change with age

많다. 이는 바이오폐이 시멘트 수화생성물 중 수산화칼슘 알칼리와 비누화 반응으로 타 유지류에 비하여 비누의 지속

적인 생성이 팽창파괴를 크게 일으킨 것으로 사료된다. 모르타르 배합비 1:5의 경우는 PE, SO, CO, OL, LA 및 BI가

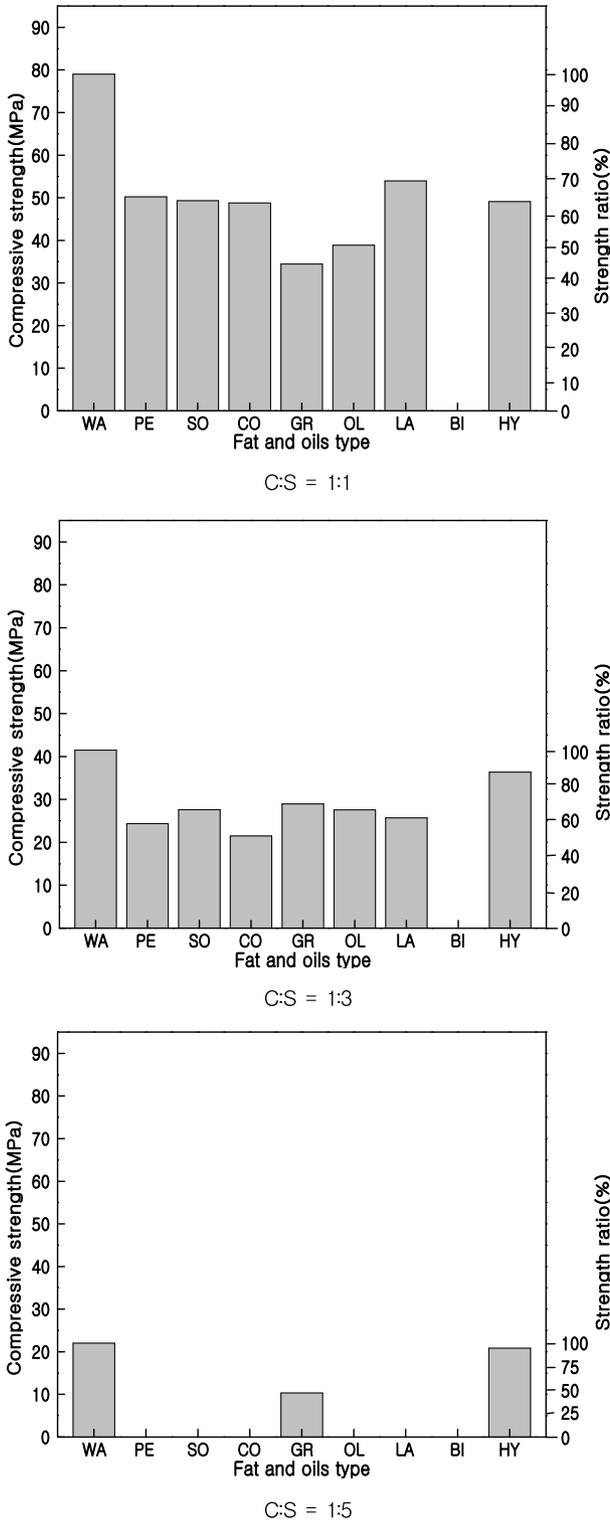


Figure 8. Residual compressive strength with fat and oils type in 180 days

모르타르의 열화에 영향을 미치는 것으로 나타난 반면 GR 및 HY에서는 상대동탄성계수, 길이변화율, 질량변화율에서

재령 28일의 상태를 계속적으로 유지하는 것으로 나타났다. 즉, 이는 모세관 공극구조가 큰 빈배합의 경우, 어떤 유지류라도 내부까지 용이하게 침투할 수 있는데, 결국 각종 유지류의 경우 지방산 함유량에 따라 비누생성량이 달라 열화 정도에 차이가 발생하는 것으로 분석된다.

### 3.2.3 모르타르 배합비의 영향

먼저 모르타르 배합비 1:1과 1:3은 유사한 경향으로 열화 시에는 상대동탄성계수가 저하하고, 길이변화율 및 질량변화율은 증가하는 것으로 나타났다. 단 모르타르 배합비 1:1의 BI인 경우는 길이변화율에서 재령 120일까지 일정하게 유지되다가 갑자기 파괴되었지만 모르타르 배합비 1:3의 경우는 재령 56일 이후 증가하다 파괴되었다.

특히 모르타르 배합비 1:5는 WA, GR, HY를 제외한 모든 유지류의 경우 상대동탄성계수저하, 길이변화율과 질량변화율의 증가를 일으킨 후 파괴되었는데 이는 저장도이기 때문에 비누의 생성으로 인한 팽창압을 구속하지 못하여 팽창 파괴가 크게 나타난 것으로 판단된다.

### 3.3 잔존압축강도분석

잔존압축강도특성으로 Figure 8은 유지류 종류별 재령 180일까지 침지시킨 시멘트 모르타르의 잔존 압축강도를 나타낸 것이다. 모르타르 배합비 1:1 및 1:3은 전반적으로 WA 대비 약 50~60 % 정도의 잔존강도율을 나타내는 것으로 나타났다. 단, BI의 경우는 180일 이전에 모두 파괴되어 압축강도를 측정할 수 없었다. 모르타르 배합비 1:5는 GR, HY를 제외한 모든 유지류에서 파괴되어 잔존 압축강도를 측정할 수 없었는데, GR의 경우는 약 50 %, HY는 약 5 % 감소하는 것으로 나타났다. 이는 상기 열화현상분석과 같이 비누화 반응에 기인한 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구는 각종 유지류에 배합비별 시멘트 모르타르 공시체를 침지하여 어떠한 유지류가 가장 큰 열화현상을 일으키는지를 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 모르타르를 각종유지류에 침지시킬 경우, 열화현상은 상대동탄성계수가 저하하고, 길이변화율이 증가하며, 질량이 증가하는 전형적인 팽창성 열화모습을 나타내었다.

- 2) 유지류 종류의 영향으로는 유지류 가공품인 BI의 경우 1:1~1:5인 모든 배합비에서 낮은 점도 및 높은 포화 지방의 영향으로 계속적인 비누화 반응에 기인하여 가장 크게 열화를 일으키는 것으로 나타났다. 또한 모르타르 배합비 1:5인 경우는 PE, SO, CO, OL, LA도 모르타르에 팽창파괴를 일으키는 것으로 나타났지만 GR, HY에서는 약간의 열화경향으로 비교적 양호하게 유지되는 경향을 나타내었다.
- 3) 모르타르 배합비의 영향은 1:1 및 1:3인 부배합일수록 1:5보다 열화가 적게 나타났는데, 특히, 모르타르 배합비 1:1의 고강도에서 BI는 길이변화율이 재령 120일까지 일정하게 유지하다 순간적으로 파괴되는 특이한 경향을 보였다.
- 4) 유지류 침지 후 180일 경과된 시점에서의 잔존 압축강도로 BI는 그 이전 재령에서 모두 파괴되어 가장 취약함을 알 수 있었고, 모르타르 배합비 1:1 및 1:3은 대부분 50-60% 전후를 보인 반면, 1:5인 경우는 HY 및 GR을 제외한 모든 유지류의 경우 파괴되어 저장도 일수록 유지류에 열화파괴가 크게 발생함을 알 수 있었다.

이상을 종합하여 볼 때 강도가 서로 다른 모르타르를 각종 유지류에 침지하여 열화 시킬 경우 유지류 종류 중에서는 BI(바이오디젤)가 가장 피해가 크고, 모르타르 배합비는 빈배합일수록 비누화 반응에 따른 팽창으로 피해가 크게 나타남을 알 수 있었다. 금후의 과제로는 유지류에 대한 열화 저항성 향상 대책에 대한 연구 등의 필요성이 제기되었다.

## 요 약

콘크리트의 내구성 요인은 오랜기간동안 많은 연구자들에 의하여 다양한 연구가 진행되었다. 특히 화학적 침식과 관련하여 산·알칼리, 염, 그중에서도 황산염 침식 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그런데 화학적 침식 중 유지류의 경우는 모르타르의 팽창을 일으켜 파괴할 수 있다고 보고되어 있지만, 유지류 종류의 영향, 모르타르의 조직 구성과는 어떤 관계가 있고, 파괴 패턴 등은 구체적으로 연구된 바가 없다. 그러므로 본 연구에서는 시중에서 유통되는 각종 유지류에 대한 시멘트 모르타르의 배합비별 침지에 따른 열화특성을 분석하고자 하였다. 실험 결과 유지류 종류

중에서는 BI(바이오디젤)가 가장 피해가 크고 모르타르 배합비는 빈배합일수록 비누화 반응에 따른 팽창파괴가 크게 나타남을 알 수 있었다.

**키워드** : 각종 유지류, 열화특성, 상대동탄성계수, 잔존압축강도

## References

1. Korea Concrete Institute, Concrete pyojunsibangseo haeseol [Concrete Standard Specification], Seoul(Korea): Kimoodang; 2009, Korean.
2. Jung SJ, Geonchookjaeryo [Building material], Seoul (Korea): Boseonggak; 2005, Korean.
3. Kim JP, Sulfate attack of concrete and its evaluation criteria, Journal of the Concrete Institute of Korea, 2008 Nov;2008(11):911-4.
4. Mizgami GO, Kagakutekihushowku [Chemical corrosion], Tokyo (Japan): Gihodobooks; 1986, Japanese.
5. Han CG, Fundamental properties and reduction of autogenous shrinkage of HPFRCC depending on various fiber contents and ERCC dosages, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2017 Feb;17(1):1-8.
6. Han MC, Effect of emulsified refine cooking oil and expandable microsphere on durability of high-volume blast furnace slag concrete, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2015 Apr;15(2):201-7.
7. Han CG, Chemical corrosion of concrete, Seoul: Construction Media; 2016, Chpter 222, Partical classroom of Han Cheon Goo; 62-3 p.
8. Han MC, Effects of waste cooking oil on durability of high volume mineral admixture concrete, Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, 2013 Mar;1(3):173-80.
9. Korea Bio-energy association[Internet], Seoul: Korea bio-energy association [updated 2013 Dec; 2016 Dec 23], Available from:<http://www.kbea.or.kr/>.