

글리콜에테르계 혼화제가 콘크리트의 내구성 향상에 미치는 영향에 관한 연구

A Study on Durability Improvement of Concrete Using Glycol Ether Chemical Admixture

김 광 기*

Kim, Kwang-Ki

송 인 명**

Song, In-Myung

정 상 진***

Jung, Sang-Jin

Abstract

Focused on the material-related aspect for enhancing the durability of concrete, the present study analyzed the effect of glycol ether admixture, which is a chemical admixture that can compact the structure of concrete by entraining air inside the concrete, on the basic physical properties and durability characteristic of the concrete.

In analyzing the results of experiment, we examined the basic physical properties and durability characteristic of concrete according to addition rate based on OPC and selected the optimal addition rate. In addition, with the optimal addition rate, we added glycol ether admixture to concrete, which contained fly ash used as binder and high-performance water reducing agent for reducing the unit quantity, and examined changes in the characteristics of the concrete.

According to the result, the optimal addition rate of glycol ether admixture was 3% of the unit quantity of cement, and the addition of binder and chemical admixture did not have a significant effect on unhardened concrete but reduced the air content. In addition, concrete showed resistance performance of around 30% to carbonation and around 40% to drying shrinkage. In addition, as for resistance to freezing and thawing, the relative dynamic modulus of elasticity was over around 85% through atmospheric curing. These performances prove the effect.

키워드 : 글리콜에테르, 내구성, 건조수축, 탄산화, 플라이애시

Keywords : Glycol Ether, Durability, Drying Shrinkage, Carbonation, Fly-ash

1. 서 론

콘크리트구조물이 접하고 있는 환경조건에 따라 동결융해에 의한 스케일, 수분의 증발에 의한 건조수축, 이산화탄소에 의한 탄산화 현상과 유해인자에 의한 화학적 침식 등으로 인하여 열화가 진행되어 내구성능이 결여된다. 이러한, 열화현상의 원인을 확인하면 복합재료로서 구성되어 공극을 포함하고 있는 다공질이라는 성질과 그 안에 포함하고 있는 물에 의한 것으로 귀결될 수 있다. 이러한 열화요인에 의한 콘크리트 구조물의 성능을 향상시키기 위한 방안으로는 고성능시멘트 및 혼화재료의 개발 등이 이루어지고 있다.

이와 관련하여 염해저항성, PC계 조강 혼화제를 혼합한 강도 및 내구특성, 수축저감제를 사용한 건조수축, 유황콘크리트를 사용한 화학저항성 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.¹⁾²⁾³⁾⁴⁾ 하지만, 상기한 연구들은 단일의 요구성능을 중심으

로 콘크리트의 배합설계상에서 특수시멘트 및 혼화재료의 사용을 전제로 하고 있어 콘크리트가 적용되는 다양한 환경조건을 고려한 품질확보를 위하여 지속적인 배합의 변화가 요구되고 있다.

따라서, 콘크리트의 품질을 변화시키지 않고 기 배합된 콘크리트에 단순 혼입하여 내구성을 향상시킬 수 있는 소재는 콘크리트의 제조 및 시공상 장점으로 부각될 수 있다. 또한, 내구성을 향상시키기 위한 기술적 요인으로서 콘크리트를 구성하는 재료적 측면에서 다공질 복합재료라는 성질을 이용하여 조직의 밀실화와 경화에 불필요한 잉여수를 최소화시킬 수 있다면 내구성 측면에서 효과적일 수 있을 것이다.

이러한 측면에서 낮은 빙점과 높은 기화점의 특성을 가지고 있어 부동액이나 도료 등에 사용되고, 물과 접촉시 가수분해되어 계면활성제로 사용하고 있는 글리콜(분자식:HOCH₂CH₂OH)의 유기화합물은 일률적인 공기연행(큰 기포를 분할시켜 일정크기를 갖는 기포로 다량으로 변화시킬 수 있는 연행성능)이 가능하므로 콘크리트의 내구성 향상 측면에서 사용을 검토할 필요성이 있다.

* 단국대학교 건축공학과, 박사과정

** ITM코퍼레이션건축사 사무소, 부사장

*** 단국대학교 건축공학과, 교수

이에, 본 연구에서는 결합재료로서 사용하고 있는 산업부산물 중 플라이애시를 치환한 콘크리트의 양생조건을 달리하면서 글리콜에테르계 혼화제를 첨가하여 이 혼화제가 콘크리트의 성능에 미치는 영향을 평가하고 실용화를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획

글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 특성을 규명하기 위한 실험에 대하여 우선, 각 물-시멘트비 변화에 미치는 영향과 적정 첨가율의 검토를 위해 콘크리트 기초물성 및 내구성을 검토하였다.(시리즈 I)

또한, 콘크리트의 물-시멘트비를 50%로 고정하여 물리적 특성에 가장 큰 영향을 미치는 단위수량을 고정시켰으며, 플라이애시의 치환율은 5, 10, 15%로 하여 치환율이 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 확인할 수 있도록 하였다.

또한, 양생조건을 표준수중양생과 기건양생으로 구분하여 양생방법이 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 성능발현에 미치는 영향을 확인할 수 있도록 하였다.(시리즈 II) 이때의 굳지 않은 콘크리트의 물리적 특성은 슬럼프 18 ± 2.5 cm, 공기량 4.5 ± 1.5 %를 기준으로 설정하고 글리콜에테르계 혼화제를 혼입할 경우에는 AE제의 첨가량을 높여도 공기량에는 영향을 주지 않는다는 것을 예비실험을 통하여 확인한 결과를 토대로 글리콜에테르계 혼화제 첨가 시에는 1.5 ± 0.5 %로 설정하였다.

표 1. 실험수준 및 인자

실험내용	실험인자	실험수준
시리즈 I	물-시멘트비	45, 50, 55%
	글리콜에테르계 혼화제 첨가율	0, 1, 2, 3, 4%
	양생 방법	표준수중양생
시리즈 II	물-시멘트비	50%
	광물질혼화제	플라이애시 5, 10, 15%
	글리콜에테르계	3%
	고성능 감수제	목표슬럼프를 위한 소정의 첨가율
	양생 방법	표준수중양생 기건양생(0℃, 10%) (15℃, 50%) (30℃, 80%)

2.1 사용재료

시멘트는 국내 H사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하고 잔골재는 인천산 세척사, 굵은 골재는 광주산 쇄석을 사용하였다. 또한, 혼화재료 중 고로슬래그 미분말은 분말도 $4386 \text{cm}^2/\text{g}$, 플라이애시는 보령산으로서 강열감량 4%인 것을 사용하고 화

학혼화제는 H사의 AE제와 나프탈렌계의 고성능 감수제를 사용하였다.

표 2. 사용재료의 품질

사용재료	물리적 성질	
시멘트	밀도 : $3.15 \text{g}/\text{cm}^3$, 분말도 : $3,362 \text{cm}^2/\text{g}$	
잔골재(세척사)	최대치수 : 5mm, 밀도 : $2.62 \text{g}/\text{cm}^3$, 흡수율 : 1.3%, 조립률 : 2.26	
굵은 골재(쇄석)	최대치수 : 25mm, 밀도 : $2.69 \text{g}/\text{cm}^3$, 흡수율 : 1.2%, 조립률 : 6.91	
플라이애시	보령산, 밀도 : $2.20 \text{g}/\text{cm}^3$, 강열감량 : 4%, SiO_2 : 45.4%	
혼화제	고성능감수제	나프탈렌계
	글리콜에테르계 혼화제	밀도 : 0.98, 옅은 황색의 액체

2.2 배합설계

본 연구에서는 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 콘크리트의 성능을 검토하기 위하여 일반강도 콘크리트를 대상으로 표 3과 같이 물-시멘트비를 45%, 50%, 55%로 구분하였다. 또한, 플라이애시 치환율은 현장에서의 서중기 플라이애시 한계량으로 사용하는 10%와 동절기에 사용하는 5%, 그리고 15%까지 치환율을 증가시킨 콘크리트를 설계하였다.

2.3 시험체 제작 및 양생

콘크리트의 혼합은 강제식 혼합믹서(용량 100ℓ)를 사용하였으며, 글리콜에테르계 혼화제의 혼입 시기는 예비실험을 통한 단계별 혼합시간을 검토하여, 최종적으로 모든 재료의 혼합과정을 거친 이후 단독으로 후첨가 하는 방식으로 하여 제조하였다.

또한, 제작한 시험체를 1일 경과 후 탈형 하여 표준수중양생($20 \pm 3^\circ\text{C}$)과 기건양생(0°C , 10%, 15°C 50%, 30°C , 75%) 조건으로 구분하여 항온항습기에 정치시켜 양생하였다.

2.4 실험방법

굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 측정은 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421에 의거하여 실험하였으며, 경화콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405에 따라 실험하여 콘크리트의 기초물성을 확인하였다.

또한, 탄산화 촉진 깊이는 온도 20°C , 습도 60%, CO_2 농도 5%의 조건으로 촉진재령 1, 2, 4, 6, 8주에서 변색법으로 측정하고, 동결융해실험은 KS F 2456의 급속 동결융해에 대한 저항 시험에 준하여 시험체는 $\text{Ø}100 \times 200 \text{mm}$ 의 원주형 공시체를 사용하여 상대동탄성계수를 측정하였다.

아울러, 길이변화 측정은 $100 \times 100 \times 400 \text{mm}$ 의 시험체에 매립형 스트레인게이지를 설치하여 온도 20°C , 습도 60%의 항온항습조건에서 91일까지의 길이변화율을 측정하였다.

표 3. 배합계획

시리즈	구분	W/B (%)	S/a (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위중량(kg/m ³)				글리콜에테르계 혼화제 (%)	AE제 (%)
					C	FA	S	G		
I	OPC45-0	45	44	411	-	-	737	963	0	0.005
	OPC45-1								1	
	OPC45-2								2	
	OPC45-3								3	
	OPC45-4								4	
	OPC50-0	50	45	185	-	-	769	965	0	
	OPC50-1								1	
	OPC50-2								2	
	OPC50-3								3	
	OPC50-4								4	
	OPC55-0	55	46	-	-	799	963	963	0	
	OPC55-1								1	
	OPC55-2								2	
	OPC55-3								3	
OPC55-4	4									
II	FA5-0	50	45	185	352	18	801	926	0	0.0067
	FA5-3		3							
	FA10-0		47.5		333	37	806	914	0	0.0084
	FA10-3		3							
	FA15-0		47.5		314	56	803	911	0	0.0115
	FA15-3		3							

OPC : 보통 포틀랜드시멘트, OPC50-3 : 물시멘트비 50%+글리콜에테르계 혼화제 3%첨가

FA10-3 : 플라이애시 10% 치환+글리콜에테르계 혼화제 3%첨가

3. 실험결과 및 고찰

3.1 첨가율 선정에 관한 실험결과 (시리즈 I)

3.1.1 굳지않은 콘크리트 실험결과

글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 콘크리트의 모든 배합에서 목표 슬럼프 18±2.5cm를 만족하였으며, 첨가율의 변화에 대한 슬럼프는 차이는 미미하여 콘크리트의 워커빌리티에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 글리콜에테르계 혼화제의 첨가에 따라 약 3%정도 공기량이 감소되어 동일한 배합에서 첨가율은 무관한 것으로 나타났다. 아울러, 콘크리트의 물-시멘트비 증가에 따라 응결시간이 증가하였으며, 이는 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 콘크리트에서도 동일한 경향을 나타내었다.

또한, 첨가율에 관한 응결시간은 1%와 4%에서 응결지연시간 차이가 15분 정도로 나타나 첨가율의 증가가 콘크리트의 응결성상에 미치는 영향은 작은 것으로 나타났다. 이는 글리콜에테르계 혼화제가 물보다 작은 비중으로 인해 콘크리트 내에서 수분증발을 억제함에 기인한 것으로 사료된다.

3.1.2 압축강도 시험결과

글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 콘크리트의 압축강도성상은 그림 1과 같이 혼화제를 첨가한 시험체가 무첨가에 비교하여 높게 나타났으며, 28일 재령의 강도를 기준으로 약 2~4MPa 정도의 강도 차이를 나타내었다. 그러나, 물-시멘트비가 증가할수록 혼화제의 첨가를 통한 강도의 증진 효과는 감소하는 경향을 나타내어 물-시멘트비 55%에서는 혼화제를 첨가하지 않은 콘크리트와 유사한 경향을 나타냈으며, 물-시멘트비가 증가할수록 혼화제의 첨가와 무첨가의 강도 차이가 작아진 것으로

나타났다. 또한, 혼화제의 첨가율이 증가할수록 다소 높은 강도성상을 나타냈으나 그 차이가 미미하여 첨가율의 증가에 따른 강도 발현율은 크지 않은 것으로 확인할 수 있었다. 아울러, 초기재령 보다는 28일 이후의 장기재령에서 혼화제의 첨가에 따라 강도발현의 차이가 물-시멘트비 45%는 5~7MPa, 50%는 3~4MPa, 55%는 1~2MPa 정도로 나타나 물-시멘트비가 증가할수록 낮은 강도발현율을 나타내었다.

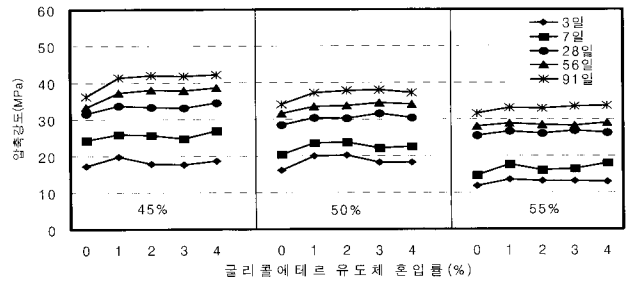


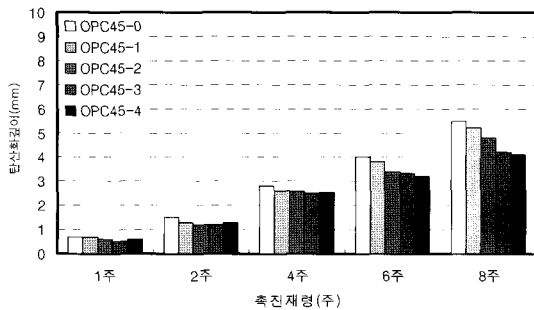
그림 1. 물-시멘트비에 따른 압축강도 시험 결과

3.1.3 탄산화 촉진깊이 시험결과

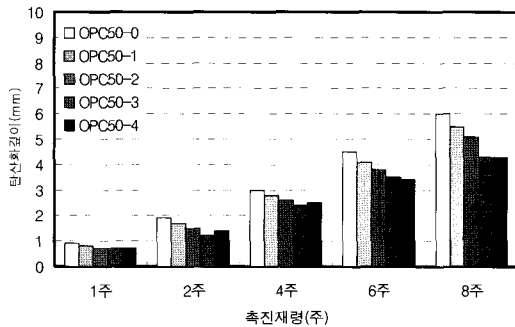
콘크리트의 탄산화 촉진 재령이 경과 할수록 깊이가 증가되었으며 특히, 재령 2주에서부터 수산화칼슘의 탄산화로 인하여 가속화되는 것으로 나타났다. 또한, 물-시멘트비가 증가할수록 높은 탄산화 현상을 나타내어 재령 8주에서 각각의 물-시멘트비별 5.6mm, 6mm, 8.6mm의 탄산화 깊이를 그림 2와 같이 확인하였다.

반면, 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 콘크리트는 첨가율이 증가할수록 탄산화 현상이 억제된 것으로 나타났다. 촉진 재령 8주에서 첨가율 3%의 경우, 무첨가와 비교하여 물-시멘트

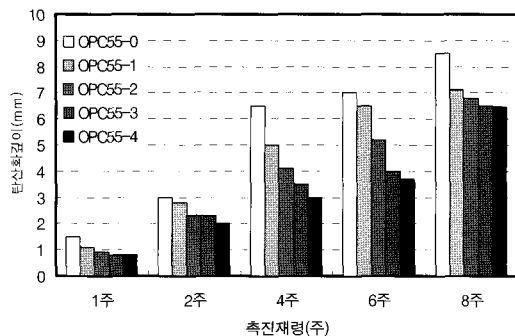
비 45%는 1.4mm, 50%는 1.8mm, 55%는 2.1mm 정도의 탄산화 깊이가 저하된 것으로 나타났다. 이는 공기량이 감소한 결과를 통하여 공극이 감소되고 조직의 치밀성이 향상되어 나타난 것으로 판단된다. 따라서, 물-시멘트비가 감소할수록 조직이 치밀해져 탄산화깊이가 감소하고, 물시멘트비 55%에서 혼화제의 무첨가와 3% 첨가의 차이가 2mm 이상으로 가장 높게 나타난 것으로 판단된다.



a) W/C 45%



b) W/C 50%



c) W/C 55%

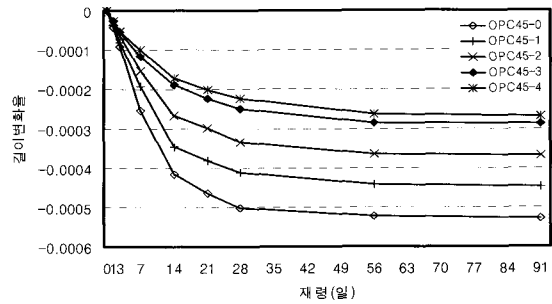
그림 2. 탄산화 축진 시험결과

3.1.4 길이변화 시험결과

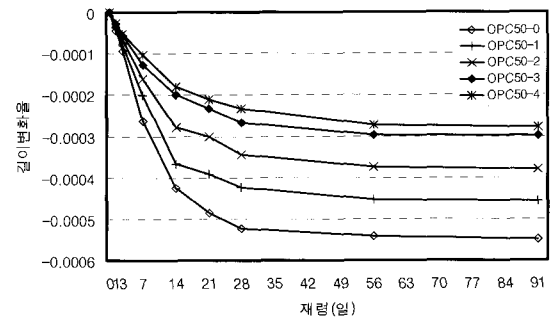
모든 배합에서 재령의 경과와 함께 물-시멘트비의 증가에 따라 건조수축 시험의 척도인 변화율이 증가하고, 그림 3과 같이 초기 14일까지 급격한 변화율을 나타내었으나 재령 28일 이후에는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 콘크리트의 길이변화율은 첨가율이 증가할수록 무첨가와 비교하여 2% 이상 첨가 시 감소 경향을 나타냈으며, 4% 첨가 시에는 무첨가와 비교하여 약 50% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 혼화제를 무첨가 한 콘크리트는 물-시

멘트비가 증가할수록 길이변화율이 증가하였으나 3% 이상 첨가 함으로써 길이변화율을 감소시키는 것으로 나타났다.

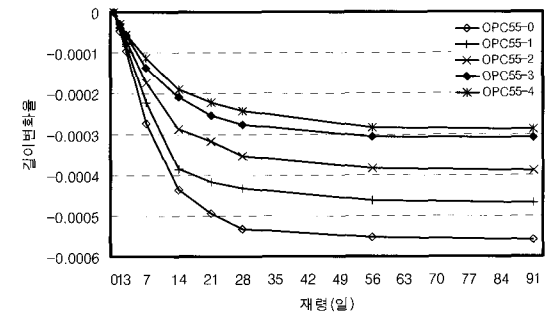
이는 글리콜에테르계 혼화제가 콘크리트 잉여수의 표면을 덮고 있어 수분 증발을 억제하고 높은 휘발점을 가지고 있어 액상의 물질이 증발하면서 발생하는 콘크리트 표면에서의 인장응력을 발생시키지 않은 것⁵⁾으로 사료된다.



a) W/C 45%



b) W/C 50%



c) W/C 55%

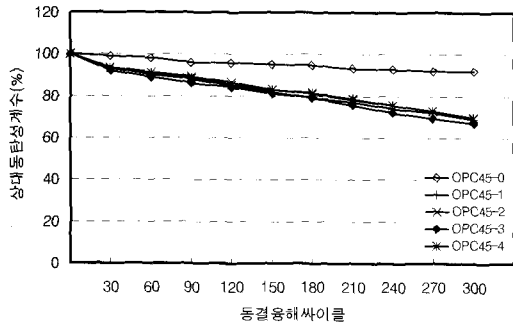
그림 3. 길이변화 시험 결과

3.1.5 동결융해 시험결과

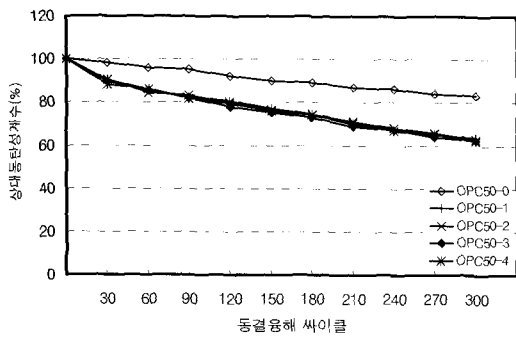
글리콜에테르계 혼화제를 첨가하지 않은 시험체는 300 사이클에서 물-시멘트비 45%는 90% 이상, 50%는 80% 이상, 55%는 60%의 동탄성계수를 나타내었다. 그러나, 글리콜에테르계 혼화제를 첨가 한 콘크리트는 물-시멘트비 45%와 50%에서 상대동탄성계수 60%를 약간 상회하였으며, 55%에서는 동결융해 내구성의 지표인 상대동탄성계수 60%를 넘지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 혼화제 첨가율의 증가에 따른 동탄성계수의 차이는 미미한 것으로 확인되어 동결융해 저항성에는 효과가 적은 것으로 판단된다.

이는 콘크리트 내부에서의 팽창 및 수축에 의한 완충효과를 얻을 수 있는 공기량이 감소한 것⁶⁾에 기인한 결과로 사료된다.

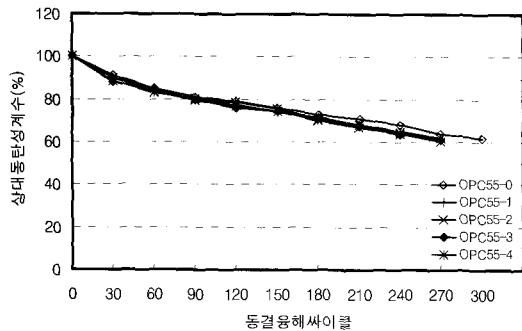
따라서, 물-시멘트비 55%에서는 상대동탄성계수 60%이하를 유지하고 있으므로 글리콜에테르계 혼화제를 사용한 배합설계시 충분한 고려가 필요할 것으로 판단된다.



a) W/C 45%



b) W/C 50%



c) W/C 55%

그림 4. 동결융해 시험 결과

3.2 글리콜에테르계 혼화제 첨가율의 결정

압축강도는 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 경우 106~110 정도 향상된 것으로 나타났으나 첨가율 증가가 압축강도 발현율에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. 또한, 첨가율 3%와 4%에서 탄산화 현상에 대한 저항성은 128, 외기온도변화에 의한 길이변화율은 147 정도로서 건조수축에 의한 균열 발생의 저항성이 큰 것으로 나타났다. 그리고 동결융해 저항성은 혼화제 첨가율 1~4%에서 60 정도를 나타내어 글리콜에테르계 혼화제 사용 시의 주의해야 할 사항임을 확인할 수 있었다.

따라서, 상기한 각각의 실험결과인 압축강도 110, 탄산화저항성 128, 건조수축에 의한 길이변화 147, 동결융해저항성 60 정도의 성능으로 판단할 경우 글리콜에테르계 혼화제 첨가율 3%가 가장 적정할 것으로 판단된다.

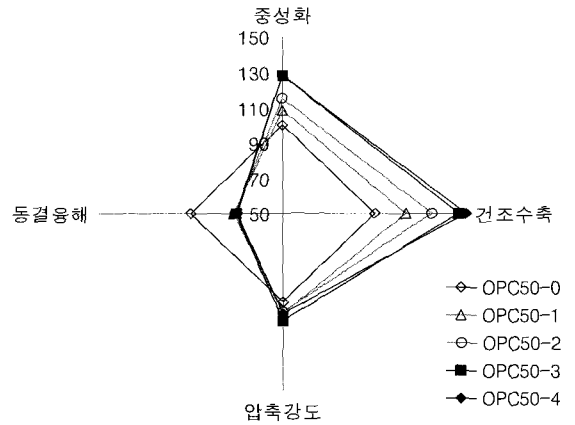


그림 5. 글리콜에테르 유도제 첨가율 검토

3.3 양생온도에 관한 시험결과 및 고찰(시리즈 II)

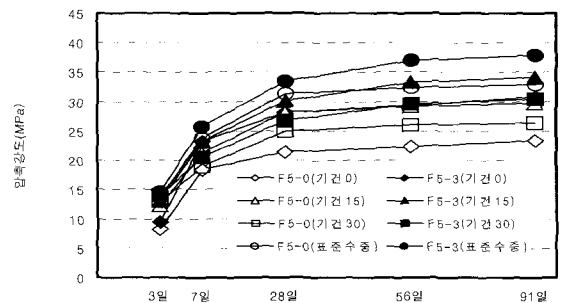
3.3.1 압축강도 시험결과

플라이애시를 치환한 콘크리트의 압축강도는 치환율이 증가함에 따라 전체적으로 강도가 감소하는 경향으로 나타났다. 초기재령에서는 고온에서 양생한 시험체가 저온에서 양생한 시험체 보다는 높으며, 그림 6과 같이 기중양생 한 시험체보다는 표준수중양생 한 시험체가 높은 강도발현율을 나타내었다.

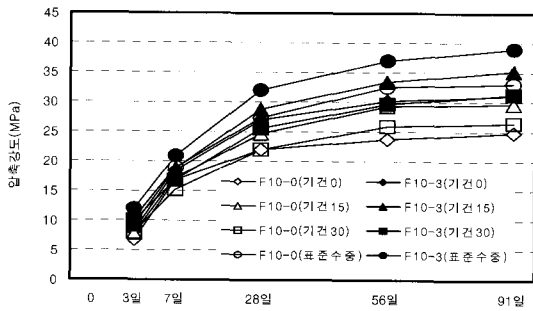
또한, 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트에서는 표준수중양생 한 시험체가 가장 높은 압축강도를 나타내었다. 압축강도를 재령 91일을 기준으로 확인하면, 치환율 10%에서는 양생조건에 따라 수중양생의 경우 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 시험체의 압축강도가 39MPa, 무혼입 한 시험체는 33MPa 정도를 나타내어 약 6MPa의 강도 차이를 나타내었다.

아울러, 기중양생별 글리콜에테르계 혼화제의 첨가 유·무에 따른 강도 차이는 30℃가 약 4.5MPa, 15℃에서는 5MPa, 0℃에서 양생한 시험체는 2.5MPa 정도의 강도 차이를 나타내었다. 이러한 경향은 플라이애시 치환율 5%와 15%도 유사한 경향으로서 표준수중양생 한 시험체의 강도차가 가장 크고, 기중양생 한 시험체에서는 온도가 낮을수록 강도 차이는 미미한 것으로 나타났다.

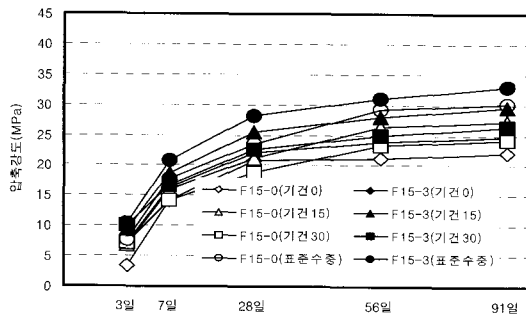
따라서, 글리콜에테르계 혼화제의 첨가에 따라 플라이애시를 치환한 콘크리트의 압축강도는 약 8% 정도가 향상된 것으로 판단된다. 또한, 플라이애시 치환을 통한 초기강도 저하에 대한 문제점을 혼화제의 첨가를 통하여 보완할 수 있을 것으로 사료된다.



a) 플라이애시 5%

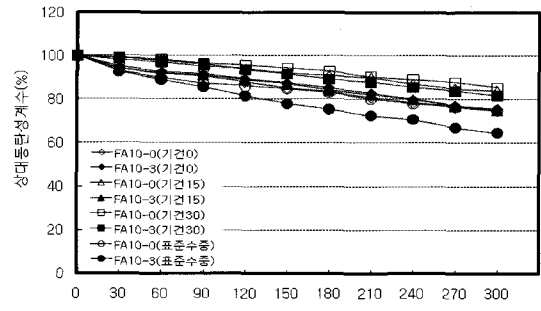


b) 플라이애시 10%

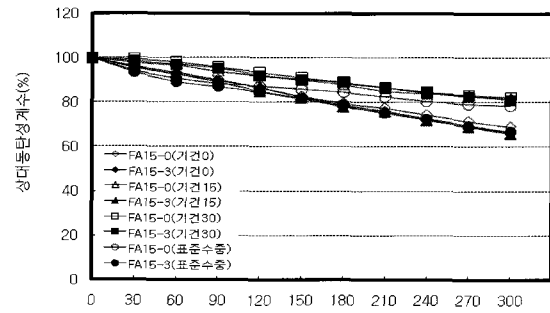


c) 플라이애시 15%

그림 6. 양생조건에 따른 압축강도 시험결과



b) 플라이애시 10%



c) 플라이애시 15%

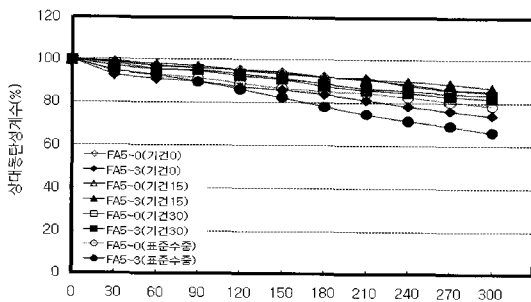
그림 7. 양생조건에 따른 동결융해 시험결과

3.3.2 동결융해 시험결과

글리콜에테르계 혼화제를 첨가하지 않고 수중양생 한 시험체는 동결융해 300 사이클에서 치환율의 증가에 따라 미미하지만 증가하여 약 80% 정도의 상대동탄성계수를 나타내었다. 그러나, 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 시험체는 치환율에 상관없이 약 60% 정도로 나타나 혼화제의 첨가로 인하여 표준수중양생 한 기준 시험체보다 낮은 결과로 나타났다.

이러한 현상은 굳지 않은 콘크리트의 공기량이 감소한 결과로부터 판단할 수 있으며, 콘크리트 내부에서의 팽창 및 수축에 의한 완충효과를 얻을 수 있는 공기량이 감소에 기인한 결과로 사료된다.

반면, 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 시험체는 전체적으로 85% 이상을 나타내어 표준수중양생 한 시험체와 비교하여 상대적으로 높은 상대동탄성계수를 나타내었다. 또한, 30°C에서 양생한 시험체가 0°C에서 양생 한 시험체보다는 높고 15와 30는 유사한 경향으로 나타났다.



a) 플라이애시 5%

이러한, 기건양생을 통한 저항성의 효과는 콘크리트 내부의 공극수가 건조될 때 글리콜에테르계 혼화제의 유기계 성분이 모세관 틈 사이로 침투되어 기포와 같은 역할을 하게 되어 향상되는 것으로 사료된다.⁷⁾ 따라서, 상기한 결과를 토대로 확인하면, 수중양생 보다는 기건양생을 실시하는 것이 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 동결융해 저항성에 있어 효과적인 것으로 판단된다.

3.3.3 길이변화 시험결과

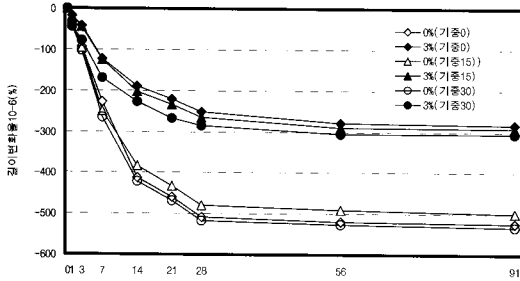
건조수축에 의한 길이변화율은 재령이 증가 할수록 증가하고, 그림 8과 같이 초기 14일까지 급격한 변화율을 나타내었으나, 재령 28일 이후에는 거의 변화가 없이 완만한 것으로 나타났다. 글리콜에테르계 혼화제를 첨가하지 않은 콘크리트는 플라이애시 치환율의 증가에 따라 길이변화율이 미미하지만 감소하는 경향으로 나타났다. 이러한, 경향은 단위수량이 일정한 상태에서 결합재 페이스트의 체적이 증가하기 때문에 플라이애시의 치환율이 증가 할수록 커진 것으로 사료된다.

또한, 0°C, 15°C, 30°C의 기중양생 조건에서의 길이변화는 온도가 높을수록 큰 길이변화율을 보여 양생조건인 온도 30°C, 습도 80% 조건의 경우 초기에는 큰 변화율을 나타내었으나 점차 그 폭이 좁아져 15°C에서 측정된 실험결과와 유사한 경향으로 나타났다.

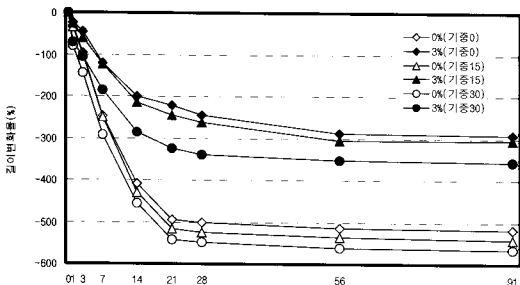
이러한, 기중 조건에 의한 길이변화는 상대습도가 유지되는 조건변화에 따른 수분증발에 기인한 것으로 사료된다.⁹⁾ 반면, 글리콜에테르계 혼화제를 사용한 시험체는 혼화제를 첨가하지 않은 콘크리트와 비교하여 약 40% 정도의 낮은 길이변화율을 나타내어 기중 조건에서의 건조수축에 의한 길이변화율을 감소시키는 것으로 판단되었다.

3.3.4 탄산화 촉진깊이 시험결과

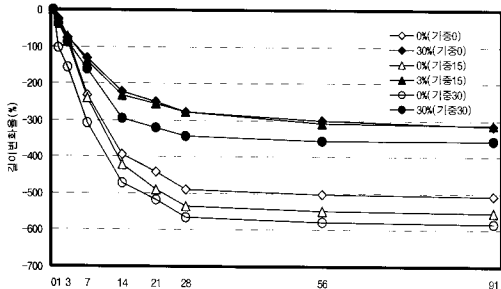
글리콜에테르계 혼화제를 혼입하지 않은 시험체는 치환율 5, 10, 15%에서 촉진 재령 8주를 기준으로 표준수중양생한 시험체는 약 6.6, 7.4, 8.1mm를 나타내었으며, 기중양생 0℃는 8.7, 8.9, 9.1mm, 15℃는 7.3, 7.9, 8.3mm, 30℃는 7.5, 8.3, 8.6mm의 깊이를 나타내었다.



a) 플라이애시 5%



b) 플라이애시 10%



c) 플라이애시 15%

그림 8. 양생조건에 따른 길이변화 시험결과

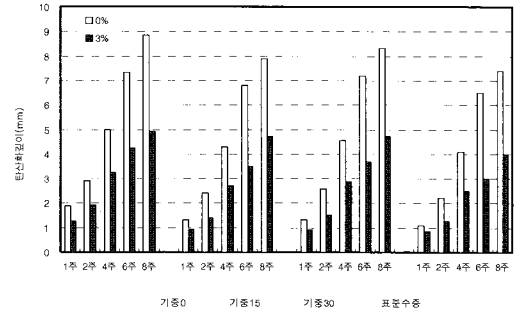
즉, 플라이애시의 치환율의 증가 할수록 탄산화 깊이가 커지고, 28일간 표준수중양생하고 촉진한 시험체보다는 기중양생한 시험체의 탄산화 깊이가 크고 0℃에서 양생한 시험체가 15℃와 30℃에서 양생한 시험체보다 탄산화 촉진깊이가 깊은 경향으로 나타났다.

이는 기중 양생한 시험체는 수화 과정에서 충분한 수분이 공급되지 않고 원활한 응결·경화 과정이 이루어지지 않아 저항능이 낮은 것으로 판단된다. 또한, 플라이애시의 치환으로 실리카 또는 알루미늄이 수산화칼슘과 결합하는 반응으로 인하여 콘크리트의 알칼리성이 감소되기 때문으로 사료되었다.8)

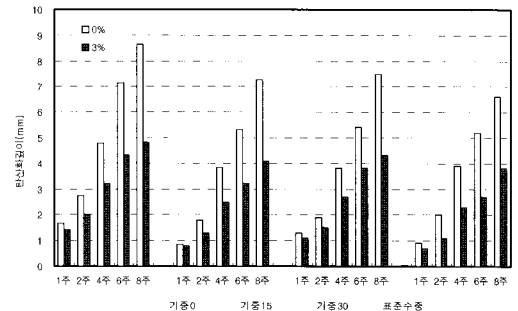
그러나, 글리콜에테르계 혼화제를 첨가한 시험체의 탄산화 깊이는 혼화제를 첨가하지 않은 시험체와 비교하여 약 30~40% 정도의 저감된 깊이를 나타내었다. 즉, 표준수중양생 한 경우 3.8, 4.0, 4.0mm, 0℃ 4.8, 4.9, 5.2mm, 15℃ 4.1, 4.7, 4.5mm, 3

0℃ 4.3, 4.7, 4.9mm정도의 깊이를 나타내어 탄산화 현상에 대한 저항능이 향상된 것으로 판단되었다.

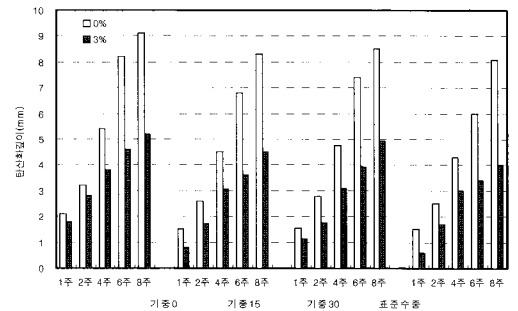
이러한 경향으로 미루어 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 기중 양생을 통하여 탄산화 현상의 저항성에 관한 효과가 충분한 것으로 사료된다.



(a) 플라이애시 5%



(b) 플라이애시 10%



c) 플라이애시 15%

그림 9. 양생조건에 따른 탄산화 촉진 깊이 시험결과

4. 결 론

본 연구는 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 발현되는 성능에 관한 특성을 고찰하여 내구성을 향상시킬 수 있는 소재로서의 자료를 제시하기 위한 연구로서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트의 슬럼프, 응결 실험을 통하여 굳지 않은 콘크리트의 특성에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 첨가량에 관계없이 약 3% 정도의 공기량이 감소되는 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 2) 글리콜에테르계 혼화제를 혼입할 경우 무혼입한 시험체 보다 높은 강도를 나타내었으나 기중양생 한 시험체가 표준 수중양생보다는 낮은 강도발현을 보이는 것으로 판단된다.
 - 3) 글리콜에테르계 혼화제의 적정 첨가율을 3%로 결정할 수 있었으며, 광물밀 혼화제 및 화학혼화제의 혼합사용 시에도 콘크리트의 물성을 저하시키는 등의 요인을 확인할 수 없었다.
 - 4) 콘크리트의 탄산화 현상과 건조수축에 대한 저항성은 첨가율이 높을수록 저항능력이 향상되어 약 40% 정도 무첨가한 콘크리트와 비교하여 성능이 향상된 것으로 판단된다.
 - 5) 표준수중 양생한 시험체는 상대동탄성계수가 약 60% 정도를 나타내나, 기중 양생한 경우에는 85% 이상을 나타내어 콘크리트의 기중양생이 동결융해에 대한 저항능력을 향상시키는 데 효과적인 것으로 판단된다.
 - 6) 글리콜에테르계 혼화제를 혼입한 콘크리트는 저온에서 양생한 시험체가 상대적으로 낮은 성능치를 나타내고 있어 현장 적용시 외기온도에 의한 양생관리가 필요할 것으로 판단된다.
1. 문한영 외, 폴리카르본산계 조강혼화제 혼합 콘크리트의 강도 및 내구 특성, 한국콘크리트학회논문집 제 19권 2호, p.p. 217~224, 2007
 2. 윤재환 외, 유황콘크리트의 내구성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 22권, 6호, p.p. 95~102, 2006
 3. 정상진 외, 건축시공 신기술 공법, 1판, 기문당, 서울, p.138, 2002
 4. 정재동 외, 고내구성콘크리트의 염해 저항성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회논문집, 제 3권, 3호, p.p 73~81, 2003
 5. 플라이애시 콘크리트의 특성 및 적용성에 관한연구, 대한주택공사 주택연구소, 1999. 04
 6. 한국 콘크리트학회, 최신 콘크리트 공학 pp. 512, 2005
 7. 한천구 외, 건조수축 저감형 유동화제의 개발에 관한연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 23권, 1호, p.p. 105~112, 2007
 8. 콘크리트耐久性改善用 乾燥收縮低減劑 ヒビガードの技術 資料, 株式会社 フローソック