

물이 아닌 액체의 종류 변화에 따른 고강도 모르터의 특성분석

Investigation of the High Strength Mortar in accordance with various Non-water based liquid types

한 동 엽* **박 병 관**** **백 대 현**** **송 용 원**** **김 태 완**** **한 천 구*****
 Han, Dong-Yeop Park, Byung-Kwan Baek, Dae-Hyun Song, Yong-Won Kim, Tae-wan Han, Cheon-Goo

Abstract

This study progressed fresh mortar test and hardening mortar test as a characteristic analysis of high strength mortar that is not water but replaced liquid, and the results are summarized as following. As a characteristic of fresh mortar, the flow that is following by the changes of the kind of replaced liquid decreased in order of E, M, A, K, O, L, G, and H, and it is indicated that liquid except H, the flow was better than others. The test show the bending strength of G, L, K, O at and H were more increased than plain as the replaced liquid change on the first day, and on the 28th day, G, L, and K was more increased than plain. The compressive strength of G, K, and O was similar with P(-10) at the first day. On 7th day, the test show G, and L was more increased than P(-10), and other replaced liquid were similar or decreased. On the 28th day, G, K, and A was similar with P(-10) and it is decreased in order of E, L, O, and H.

키워드 : 고강도 모르터, 배합수, 플로우, 압축강도, 휨강도

Keywords : High strength mortar, Batch water, Flow, Compressive strength, Flexural strength

1. 서론

최근 건축물이 대형화, 초고층화 되어감에 따라 고강도 콘크리트는 그 장점인 구조물의 공간확충, 자중경감, 내구성 증진 등으로 인하여 그 수요가 점차 증가하고 있는 추세이다.

콘크리트의 고강도화를 달성하기 위한 가장 기본적인 방법은 물시멘트비를 감소시키는 것이나, 안정비율 이상의 물시멘트비 감소는 유동성의 감소를 유발하여 사용할 수 없는 조건이 된다. 고강도 콘크리트에 있어서 이러한 단점을 보완하기 위해 물의 양을 물이 아닌 다른 액체로 치환하여 물시멘트비를 낮추고, 유동성 및 강도를 개선시키는 방안에 대한 가능성을 검토해볼 필요성이 제기 된다.

이에, 본 연구에서는 물이 아닌 시중에 판매 되고 있는 액체(휘발성이나 소수기를 가지고 있는 액체)를 물에 치환하여 고강도 모르터의 유동성에 미치는 영향과 강도특성 등에 대하여 분석함으로써, 초고강도 콘크리트의 개발가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 실험요인으로 시멘트에 대한 질량비로 플라이 애시 20%와 실리카 폼 10%를 동시에 치환한 물결합재비 20%의 고강도 모르터 배합 1수준에 대하여, 배합수에 대한 질량비로 물이 아닌 8종류 용액을 10%치환할 경우, 및 배합수에서 10%의 물을 줄인 1수준으로 총 10배치를 실험계획 하였다.

이때, 배합수를 100% 사용한 표 2와 같은 플레인 배합에 대해, 목표 플로우 220 ± 10 mm을 만족하도록 배합설계를 하여, 실험변수 별 동일한 배합조건을 적용하였다. 실험사항으로 굳지 않은 모르터에서는 플로우를 측정하는 것으로 계획하였고, 경화 모르터의 역학적 특성 실험으로 압축강도 및 휨강도를 측정하는 것으로 계획하였다.

이때, 배합사항은 표 2와 같다.

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로서, 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 그 물리적 특성은 표 3과 같다. 잔골재는 충남 조치원산 강모래와 부순모래를 5:5의 비율로 혼합하여 사용하였는데, 그 물리적 특성은 표 4와 같고, 혼화제로서

* 서울대학교 대학원 석사, 정회원

** 청주대학교 대학원 석사과정, 정회원

*** 청주대학교 교수, 공학박사, 정회원

표 1. 실험계획

W/B (%)	목표 플로우 (mm)	배합요인			실험사항
		치 환 액 체			
		종류	기호	치환율 (%)	
20	220 ± 10	휘발유	G	0(Plain) 10	· 굳지 않은 모르터 · 플로우 · 경화 모르터 - 압축강도(재령 1일, 7일, 28일) - 휨강도 (재령 1일, 28일)
		경 유	L		
		등 유	K		
		식용유	O		
		HFE	H		
		에탄올	E		
		메탄올	M		
		아세톤	A		
		P(-10) ¹⁾	-		

1) P(-10) : 플레인의 배합수 중 10%의 물을 줄여 준 배합.

표 2. 플레인 모르터의 배합

배합비	W/B (%)	W (kg/m ³)	용적배합 (ℓ/m ³)				질량배합 (kg/m ³)			
			C	FA	SF	S	C	FA	SF	S
1:1	20	218	377	94	49	404	732	209	104	1046

표 3. 시멘트의 물리적 특성

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간 (분)		압축강도 (MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,302	0.08	208	351	20.4	29.4	38.7

표 4. 골재의 물리적 특성

구분	밀도 (g/cm ³)	조립률	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m ³)	0.08mm 체통과량 (%)	
						강모래
잔골재	부순 모래	2.6	3.26	0.46	1,684	0.32

표 5. 플라이 애시의 물리·화학적 특성

구분	밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	강열감량 (%)	SiO ₂	습분 (%)
플라이애시	2.21	4,061	3.5	51.2	0.0

표 6. 실리카 품의 물리·화학적 특성

분말도 (cm ² /g)	밀도 (g/cm ³)	강열감량 (%)	화학적 구성(%)				
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
200,000	2.20	1.50	96.40	0.25	0.12	0.38	0.1

표 7. 혼화제의 물리적 특성

구분	주성분	형태	색상	밀도 (g/cm ³)
고성능감수제	폴리칼본산계	액상	암갈색	1.05

표 8. 첨가액체의 물리적 특성

구분	비중 (g/ml)	비등점 (°C)	특성
휘발유	0.71	30~200	휘발성, 소수기
경 유	0.880	250~350	소수기
등 유	0.82	180~250	소수기
식용유	0.921	240	소수기
HFE	1.52	61	휘발성
에탄올	0.81	78.5	휘발성
메탄올	0.79	65	휘발성
아세톤	0.79	56	휘발성

플라이 애시는 국내산, 실리카 품은 노르웨이산 제품을 사용하였는데, 그 물리·화학적 특성은 각각 표 5, 6과 같다. 혼화제로서 국내 S사산의 폴리칼본산계 고성능감수제를 사용하였는데, 그 물리적 특성은 표 7과 같다.

또한, 첨가제로서, HFE는 국내 A사산 HFE-7100 제품을 사용하였고, 기타 첨가제는 모두 국내에서 일반적으로 시판되는 제품을 사용하였는데, 그 물리적 특성은 표 8과 같다

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르터의 혼합은 KS L 5109 방법으로 혼합하였다. 굳지 않은 모르터의 실험으로 플로우 실험은 KS L 5105 규정에 의거 실시하였고, 경화 모르터의 실험으로 압축강도는 KS L 5105, 휨강도는 ASTM C 348 방법으로 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 모르터의 특성

그림 1은 첨가액체 종류에 따른 플로우치를 나타낸 것이다.

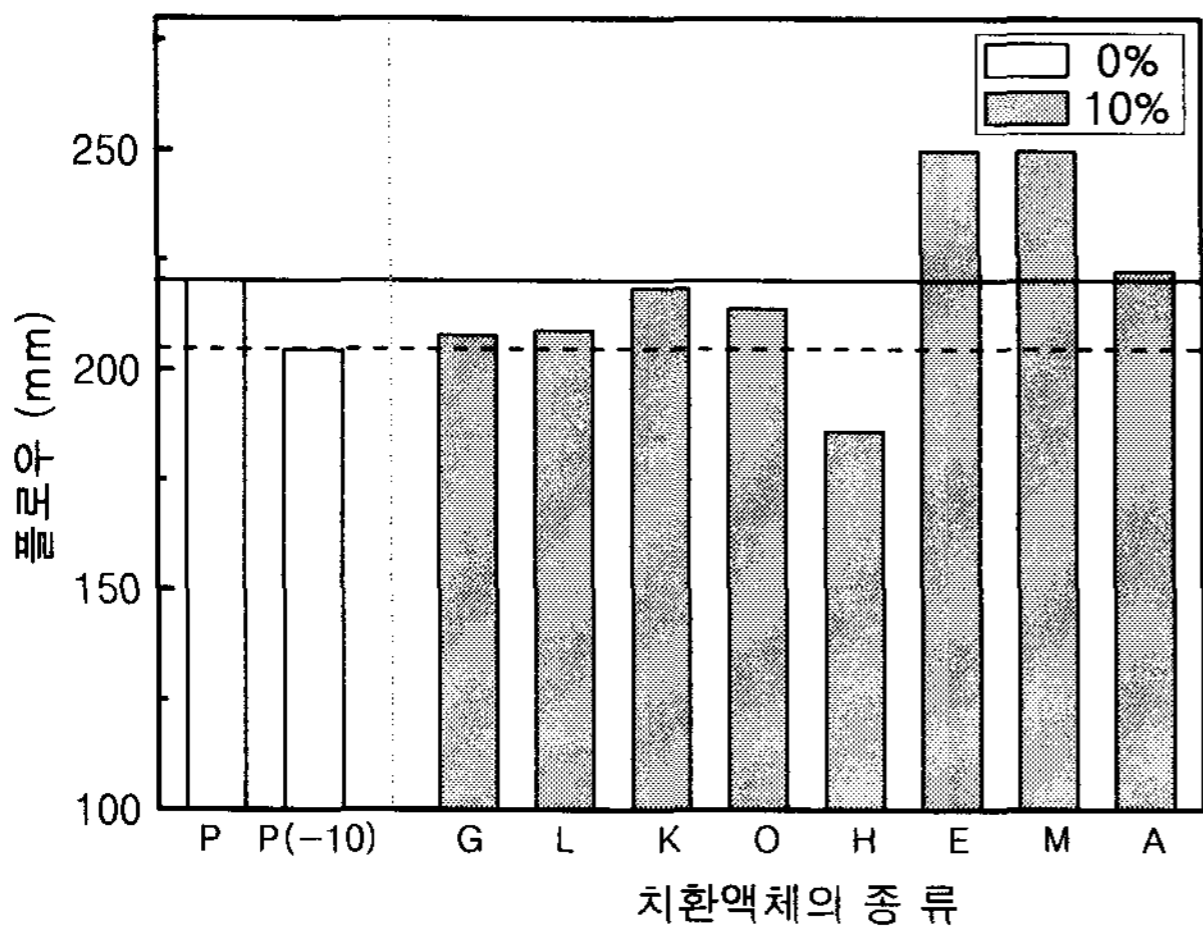


그림 1. 치환액체 종류 변화에 따른 플로우

분인 G, K, L 및 O의 경우 친수기와 반응을 하지 않으므로 배합수의 역할을 하지 못하여 유동성이 저하된 것으로 분석되는데 단, 여기서 기름성분이 모르터의 혼합과정에서 불베어링 역할을 하여 P(-10)보다는 유동성이 양호한 것으로 나타났다. 한편, A는 친수기와 소수기의 성질 및 휘발성이 큰 특성을 갖고 있는데, 양이 적을 시에는 친수기 성질을 나타내고, 양이 많아지면 소수기의 성질을 나타낸다. 따라서, A를 물에 10% 치환한 경우, 친수기 성질에 의해 단위수량이 증가함에 따라 유동성이 증가 되는 것으로 나타났다. H의 경우는 빠른 휘발성 및 불용해성에 기인하여 유동성이 감소된 것으로 나타났다.

3.2 경화 모르터의 특성

3.2.1 휨강도

그림 2는 치환액체 종류에 따른 모르터의 재령 1일, 28일 휨강도를 나타낸 것이다.

모르터의 휨강도에서 P(-10)은 재령 1일과 28일에 각각 15.4, 27.1MPa로 플레인에 비해 각각 약 29%, 16% 증가한 것으로 나타났다.

치환액체 종류 변화에 따른 휨강도는 재령 1일에서 G, L, K, O, H는 플레인에 비해 강도가 약 10~31% 증가한 것으로 나타났고, E와 A는 유사한 수준을 나타내었으며, M은 약 62%정도 감소하는 것으로 나타났다. 재령 28일에서 G, L, K는 플레인에 비해 약 4~12% 증가하는 것으로 나타났고, O, A, E는 유사한 수준을 나타내었으며, M, H는 플레인에 비해 약 9%, 8%정도 감소하는 것으로 나타났다.

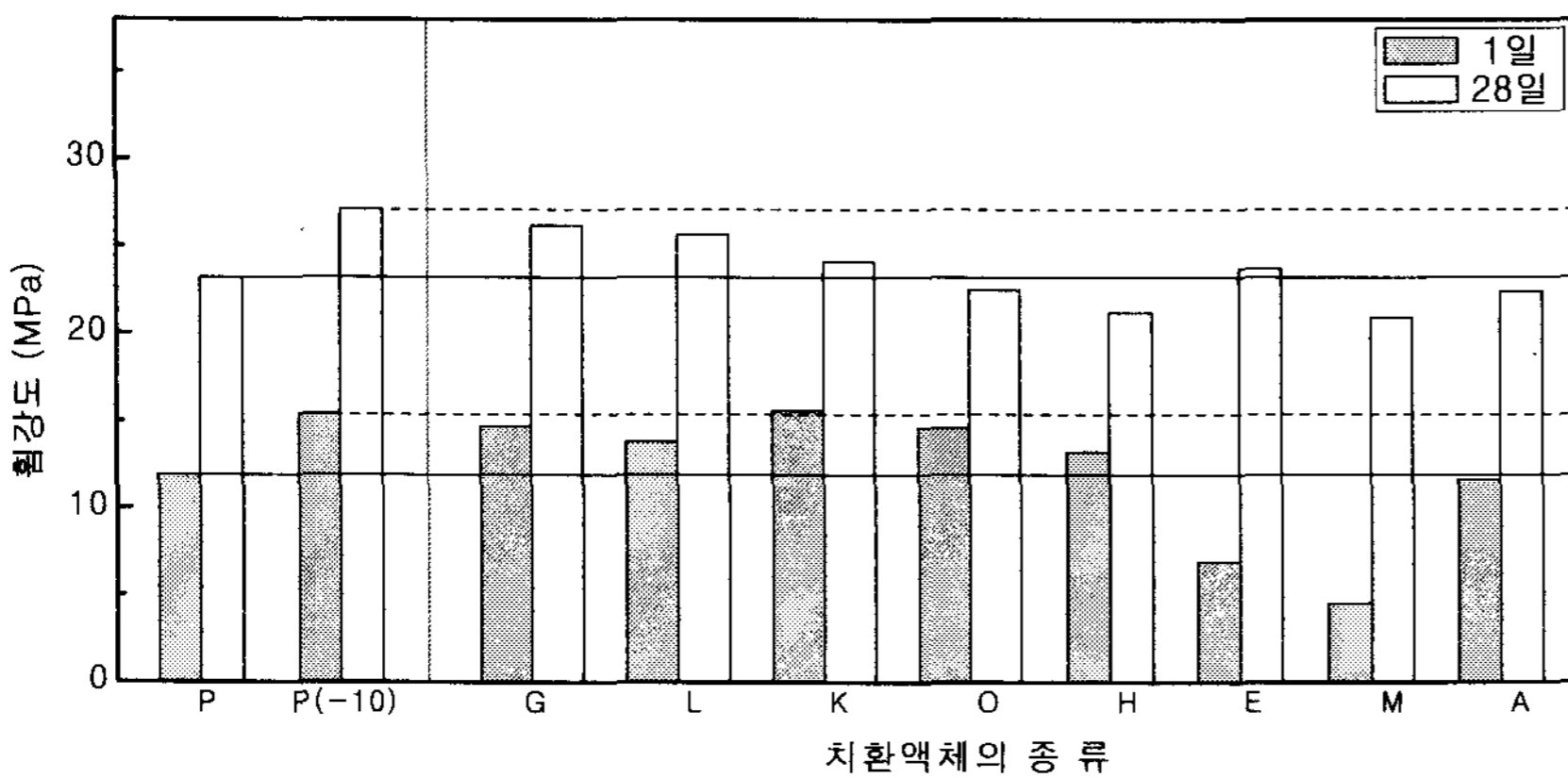


그림 2. 치환액체 종류 변화에 따른 휨강도

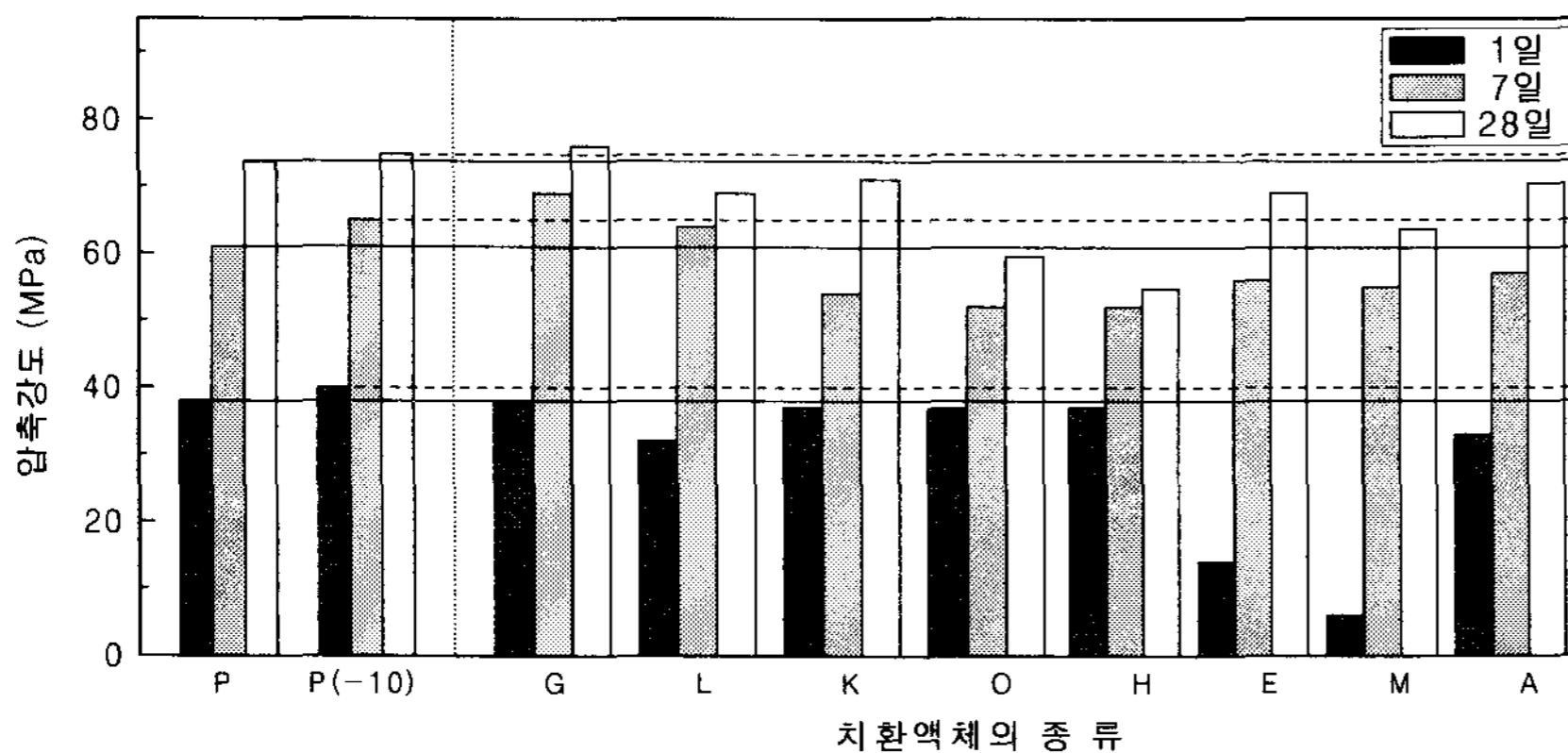


그림 3. 치환액체 종류 변화에 따른 압축강도

먼저, 플레인은 목표 플로우 범위를 만족하였으며, 물 10%를 줄인 P(-10) 경우는 플레인에 비해 약간 감소하는 경향을 나타냈는데, 이는 단위수량의 감소에 기인한 것으로 분석된다.

치환액체 종류 변화에 따른 유동성은 에탄올(이하 E), 메탄올(이하 M), 아세톤(이하 A), 등유(이하 K), 식용유(이하 O), 경유(이하 L), 휘발유(이하 G), HFE(이하 H) 순으로 유동성이 감소하는 경향을 나타내었다. 즉, E와 M의 경우 분자중의 히드록시기가 극성 성분을 뺀으로서, 물에 쉽게 용해되어 단위수량의 증가에 기인하여 유동성이 증가된 것으로 분석되고, 기름성

3.2.2 압축강도

그림 3은 치환액체 종류에 따른 모르터의 재령 1일, 7일, 28일의 압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, 플레인은 1일, 7일, 28일에 각각 37, 68, 73MPa의 값을 나타내었고, P(-10)은 플레인에 비해 모든 재령에 있어서 약간 증가한 것으로 나타났다.

치환액체 종류 변화에 따른 압축강도는 재령 1일에서 G, K, O, H는 P(-10)과 유사한 경향을 나타내었고, L, A는 P(-10)에 비해 각각 약 15%, 13% 감소하였으며, E와 M은 P(-10)에 비해 각각 약 63%, 57%로 크게 감소하는 것으로 나타났다. E와 M의 경우는 전술한 바와 같이 치환에 따른 단위수량의 증가에 기인하여 강도의 감소가 크게 나타난 것으로 분석된다. 한편, 재령 7일에서는 G, L이 P(-10)에 비해 각각 약 13%, 4% 증가하는 것으로 나타났으나, 다른 치환액체는 강도가 감소하는 것으로 나타났다. 재령 28일에서의 압축강도는 G와 A는 P(-10)과 유사한 수준을 나타내었고, K, M, E 및 L은 P(-10)에 비해 2~13% 감소하는 경향이 나타내었으며, O, H는 P(-10)에 비해 약 14%, 19%정도 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 물이 아닌 액체의 종류 변화에 따른 고강도 모르터의 특성에 대해 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 모르터의 특성으로, 치환액체 종류 변화에 따른 유동성은 E, M, A, K, O, L, G, H 순으로 감소하는 경향을 나타내는데, H를 제외한 액체는 P(-10)보다 유동성이 우수한 것으로 나타났다.
- 2) 경화 모르터의 특성으로, 치환액체 종류 변화에 따른 휨강도는 재령 1일에서 G, L, K, O, H가 플레인에 비해 강도가 증가하는 것으로 나타났고, 재령 28일에서는 G, L, K가 플레인에 비해 증가하는 것으로 나타났다. 압축강도는 재령 1일에서 G, K, O, H는 P(-10)과 유사한 경향을 나타내었다. 재령 7일에서 G, L이 P(-10)에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 다른 치환액체는 유사하거나 감소하는 경향을 보였다. 28일에서는 G, K, A은 P(-10)과 유사한 수준으로 양호하게 나타났고, E, L, O, H 순으로 감소하였다.

이를 종합하면, 석유계통의 오일인 휘발유는 높은 휘발성, 물과 결합하지 않는 특성 및 볼베어링의 역할에 기인하여 P, P(-10) 보다 유동성 및 강도가 증가하는 것으로 나타나 W/C 감소의 효과가 있어 초고강도 콘크리트 개발에 효과가 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 김지만, 공민호, 양동일, 고해징, 이영도, 정상진 ; 고로슬래그시멘트를 사용한 초고강도콘크리트의 강도발현 특성, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp449~452, 2006, 10
2. 김지만, 민홍준, 공민호, 양동일, 고해징, 정상진 ; 고강도 혼화재 및 마이크로 시멘트를 사용한 초고강도 콘크리트의 강도발현특성, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp457~460, 2006
3. 민홍준, 김우재, 공민호, 안무영, 임남기, 정상진 ; 저열포틀랜드시멘트를 사용한 초고강도 콘크리트의 기초물성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.23, n.7, pp 103~110, 2007, 7
4. 손영준, 공민호, 양동일, 박무영, 정근호, 정상진 ; 설계기준강도 100MPa급 초고강도 콘크리트의 기초 물성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회(창립60주년 기념) 논문집, v.25 n.1 pp181~184, 2005. 10
5. 심재형, 이태희, 강석표, 김용로, 임정수, 김무한 ; 굵은 골재의 암석종류에 따른 고강도 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계), v.21, n.2, pp363~366, 2001. 10
6. 양동일, 김지만, 공민호, 정상진 ; 초고강도 콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.22 n.9 pp99~106, 2006. 09
7. 엄준환, 최진만, 이성연, 정양희, 최일호, 이도범 ; 초고강도 콘크리트의 물리적 성상에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp349~352, 2006-10
8. 한천구, 한민철, 김종백 ; 입도분급 시멘트 및 이를 사용한 시멘트 모르터의 공학적 특성, 대한건축학회 논문집(구조계), v.23, n.7, pp111~118, 2007. 7
9. 한천구 ; 한천구의 콘크리트 실무가이드 100, (주) 건설미디어