



# 증점제를 이용한 분리저감형 유동화 콘크리트의 개발에 관한 연구

한 천 구

(청주대학교 건축공학부, 교수, 공학박사)

오 선 교

(주)선엔지니어링 종합건축사사무소, 대표이사, 공학박사)

김 기 철

(주)선엔지니어링 종합건축사사무소, 연구개발팀장, 공학박사)

## 1. 서론

국내외의 일부 건설공사 현장에서는 된비빔 콘크리트의 품질을 그대로 발휘하면서 시공능률을 향상시킬 목적으로 유동화 콘크리트 공법이 채택되고 있다.

그러나 이와 같은 경우, 일반 레미콘 조건하에서 베이스 콘크리트를 출하하고 일반적인 유동화제로 유동성을 향상시킬 경우에는 배합 특성상 잔골재율 부족으로 인한 재료분리가 발생하여 콘크리트 구조물의 미관, 강도 및 내구성 등에 악영향을 미치게 된다.

따라서 실무에서는 시공자가 레미콘 생산자에게 잔골재율 증가 등 배합을 조정한 베이스 콘크리트를 주문한 다음 유동화제로 유동성을 향상시켜 활용하게 되는데, 이러한 경우 레미콘 회사는 배합을 변경해야 하는 번거로움이 있고, 또한 시공자는 잔골재율 증가 등 배합조정에 의한 원가상승의 경제적인 문제점도 있

어 상호간의 협조를 필요로 한다.

그러므로 본 연구에서는 시공자의 현장 유동화작업에 대한 편리성 등을 고려하여 일반 레미콘 생산조건의 베이스 콘크리트를 출하하고, 이를 유동화제로 유동화 하는데, 증점제 등 첨가물을 유동화제에 일정비율 혼입시킴으로서 재료분리를 방지할 수 있는 효율적인 분리저감형 유동화 콘크리트를 개발하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 유동화 콘크리트의 정의 및 개념

유동화 콘크리트란 믹서로 일단 비빔을 완료한 콘크리트(비교적 된비빔 콘크리트로서 베이스 콘크리트(base concrete)라 한다)에 유동화제를 첨가한 다음 이것을 적당한 교반장치(대부분 레미콘용 운반차(에지테이터 트



력)가 이용된다)로 혼합하여 유동성을 증대시킨 콘크리트를 말한다.

이와 같은 유동화 콘크리트에 대한 명칭으로는 중전에 유동 콘크리트, 고유동 콘크리트, 플로우드 콘크리트 등의 여러 명칭으로 통용되어졌으나, 일본에서는 1986년부터 유동화 콘크리트로 통일되었고, 영국에서는 flowing concrete 혹은 superplasticized concrete로 불려져왔으나 유동화 콘크리트는 후자의 용어에 어감이 가깝다.

우리나라의 경우는 1982년 이후 충남대 김무한 교수를 중심으로 많은 연구가 진행되어 왔는데, 건축분야에서는 1994년 8월 건축공사 표준 시방서에 정식으로 유동화 콘크리트가 규정되었고, 토목분야에서는 1991년 토목학회에서 유동화 콘크리트 시공지침(안)·동해설을 발간하였으며, 1996년 개정된 콘크리트 표준시방서에서도 유동화 콘크리트를 규정하게 되었다.

유동화 콘크리트에 있어서는 무엇보다 혼합체의 역할이 중요한데, 특히 유동화제란 유동화 콘크리트에 이용되는 화학혼화제로서, 즉 고성능감수제를 기본으로 하고 후첨가에 편리하도록 성분조정 등이 가미되어져 있는 것을 말한다.

## 2.2 유동화 콘크리트의 사용목적

유동화 콘크리트를 사용하고자 할 경우에는 구조물의 설계조건 및 시공조건 등을 고려하여 그 사용 목적을 명확히 할 필요가 있는데, 유동화 콘크리트의 사용 목적으로는 일반적으로 다음과 같다.

- 1) 시방서에서 규정하고 있는 단위수량의 최대치를 만족하지 않을 경우의 단위수량 저감

1999년 개정한 건축공사 표준시방서의 제 5장 철근 콘크리트공사(이하 KASS-5라 칭함)에서 슬럼프의 최대치는 보통 콘크리트의 경우 18cm이하로 규정됨과 동시에 단위수량의 최대치 규정이 추가되었다. 즉, 내구성 확보를 위한 규정으로 185kg/m<sup>3</sup>이하가 정해져 있다. 또한 고내구성 콘크리트에는 슬럼프의 최대치가 12cm이하, 단위수량의 최대치는 175kg/m<sup>3</sup>이하로 규정되어 있다.

그러나, 부순모래, 부순돌 등은 입형이 불량하고, 미립분이 다량 함유되며, 또한 입도 분포가 불량한 것 등 지역에 따른 열악한 골재 사정 등에 의하여 일반적인 방법으로는 시공이 용이한 슬럼프의 범위로 상기의 단위수량 규정을 만족하는 배합설계가 곤란한 경우가 있다.

이 경우 요구하는 수준만큼 단위수량을 줄여서 레미콘을 활용하는 효율적인 방법으로 유동화 콘크리트가 채택될 수 있다.

단, 토목학회에서 정한 콘크리트시방서에는 일반 콘크리트나 특수 콘크리트의 경우 단위수량의 최대치에 대한 규정은 정하고 있지 않으나, 유동화 콘크리트를 이용할 경우 단위수량 저감에 따라 얻어지는 효과는 건축용과 다를 바가 없다.

- 2) 서중 콘크리트 등에서 슬럼프 저하가 현저한 경우 워커빌리티의 개선

서중 콘크리트 등의 경우, 운반이나 부어넣기 과정에서 슬럼프 저하가 현저한 경우에 일반적인 시공방법으로는 양호한 콘크리트의 품질을 확보하기가 곤란하다. 이와 같은 경우에는 공사 현장에서 유동화하는 유동화 콘크리트를 이용하는 방법에 의하여 단위수량의 증대를 초래하지 않고도 워커빌리티를 개선할 수 있다.

### 3) 고강도 콘크리트, 고내구성 콘크리트 등의 워커빌리티 개선 및 단위시멘트량 저감

KASS-5에서 슬럼프의 최대치를 고강도 콘크리트는 15cm이하, 고내구성 콘크리트는 12cm이하로 규정하고 있다. 그러나, 부재의 단면치수, 배근량에 따라서 이와 같은 유동화 콘크리트로 하는 것에 의하여 베이스 콘크리트의 슬럼프가 상기의 값 이하라면 슬럼프 18cm(고강도 및 고내구성 콘크리트)까지도 유동성을 크게할 수 있으므로 유동화 콘크리트를 이용함으로써 워커빌리티를 개선할 수 있다.

또한 고강도 콘크리트에서는 물시멘트비가 낮고 단위시멘트량이 과다한 결과로 되어, 수화열에 의한 온도균열의 발생이나 구조체 콘크리트의 강도발현저해 등의 피해가 발생할 수 있는데, 이와 같은 경우에도 유동화 콘크리트를 활용하게 되면 워커빌리티와 내구성을 확보하면서 단위시멘트량을 줄이는 것이 가능하다.

### 4) 매스 콘크리트의 수화열에 의한 온도상승 억제제를 위한 단위시멘트량의 저감

매스 콘크리트의 경우 유동화 공법을 활용하여 베이스 콘크리트를 제조할 경우는 슬럼프를 아주 작게 하는 것에 의하여 단위시멘트량을 저감함으로써 수화열의 발생량을 낮게 억제할 수 있다.

또한 매스 콘크리트를 적용해야만 하는 부재에도 부재단면크기와 배근밀도로부터 부어넣기 및 다짐이 곤란한 경우에는 유동화 콘크리트를 활용하는 것으로부터 단위시멘트량의 증대없이 워커빌리티를 개선할 수 있다.

### 5) 높은 장소의 압송이나 경량 콘크리트의 경우 펌프압송성을 개선

콘크리트를 펌프로 압송하는 경우, 일반적

으로 슬럼프치가 작을수록 압력손실이 커서 압송이 곤란하게 되는데, 내구성 확보를 위하여 단위수량을 작은 값으로 억제한 상태에서 슬럼프만을 크게 향상시킬 수 있는 유동화 콘크리트는 높은 장소의 압송이나 경량 콘크리트의 압송성 개선에도 큰 효과를 거둘 수 있다.

### 6) 기타 전반적인 콘크리트의 품질향상

결국 유동화 콘크리트를 사용할 경우 이상과 같은 효과와 사용목적 중에서 어떠한 점에 주안점을 두고 사용할 것인가를 명확히 하고, 각각에 따라 배합이나 시공방법 등을 정할 필요가 있다. 즉, 이렇게 되었을 경우 유동화 콘크리트는 단위수량 감소, 경제성 확보, 시공의 용이 및 품질향상 등의 1차적으로 얻어지는 효과 이외에도 다음과 같은 효과를 거둘 수 있다.

#### (1) 콘크리트의 품질 개선

- ① 건조수축의 감소
- ② 블리딩의 감소
- ③ 수밀성·기밀성(氣密性)의 개선
- ④ 수화발열량의 감소
- ⑤ 내구성의 향상

#### (2) 콘크리트의 시공성 개선

- ① 부어넣을 때 시공능률의 향상
- ② 공기의 단축
- ③ 초기강도의 증대
- ④ 바닥 마무리시의 마무리 시간 단축

## 3. 실험계획 및 방법

### 3.1 실험계획

유동화제를 첨가한 콘크리트에 증점제를 첨가하면 점성증대에 의하여 재료분리를 방지할 수 있지만 유동성도 저하할 가능성이 있어, 유

(표 1) 분리저감형 유동화제의 조성성분 및 비율 결정에 관한 실험계획

구분	수 준											
	시리즈	W/C (%)	베이스 슬럼프(cm)	유동화제		증점제		AE제 <sup>3)</sup> 첨가량(%)				
종류 <sup>1)</sup>				첨가량	종류 <sup>2)</sup>	첨가량						
배합사항	I	50	8	M	0.5, 1.0, 1.5	-	-	-				
				N	0.6, 1.2, 1.8							
				P	0.3, 0.6, 0.9							
	II			M	1.0	MC	0.8, 1.6, 2.4		-			
				N	1.2	PEO	0.14, 0.28, 0.42					
				P	0.6							
	III			M	1.0	PEO	0.3		0.0005 0.0010 0.0015			
	실험사항			굳지않은 콘크리트			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 슬럼프 및 슬럼프 플로우</li> <li>• 공기량</li> <li>• 육안으로 재료분리를 판정</li> </ul>					
				경화 콘크리트			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압축강도(3, 7, 28, 91일)</li> </ul>					

- ※ 1) 멜라민계(M), 나프탈린계(N), 폴리칼본산계(P)  
 2) 메칠셀룰로스(MC), 폴리에틸렌 옥사이드(PEO)  
 3) 나트륨로릴 황산염

(표 2) 베이스 콘크리트의 배합자료

W/C (%)	W (kg/m³)	S/A (%)	AE감수제/C (%)	절대용적배합 (l/m³)			중량배합(kg/m³)		
				C	S	G	C	S	G
50	168	38	0.16	107	258	422	336	660	1117

동성 및 재료분리저항성 양자를 동시에 확보할 수 있는 유동화제 및 증점제의 적정 첨가량의 결정이 매우 중요한 요인이라고 할 수 있다. 따라서 유동화제 및 증점제의 종류 변화에 관한 실험계획은 [표 1]과 같다.

먼저, 베이스 콘크리트의 물시멘트비는 일반강도 범위인 50% 1개의 수준으로 하고, 목표 슬럼프는 8±1cm, 목표 공기량은 4.5±1.5%로 한다. 그리고, I 시리즈는 유동화제 종류 및 첨가량을 변화시켜 슬럼프 10cm를 증가시키는 유동화제의 적정 첨가량을 결정하고, II 시리즈는 재료분리를 방지하기 위해서 I 시리즈에서 결정된 적정 유동화제량과 증점

제 종류 및 첨가량을 변화하여 증점제의 적정 첨가량을 결정한다. III 시리즈는 공기량 확보를 위하여 적정 유동화제량 및 증점제량에 AE제 첨가량을 변화하여 AE제의 적정 첨가량을 결정한다.

실험사항으로서 굳지않은 콘크리트는 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 및 육안으로 재료분리를 판정하고, 경화 콘크리트는 3, 7, 28, 91일 압축강도를 측정하는 것으로 한다.

베이스 콘크리트의 배합자료는 [표 2]와 같은데, AE감수제를 사용하고 단위수량 및 잔골재율은 레미콘 회사의 배합을 참고하여 될 수 있는 한 낮게 정하는 것으로 한다.

### 3.2 사용재료

본 연구에서 사용된 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 골재로써 굵은 골재는 충북 괴산산 20mm 부순돌, 잔골재는 충남 병천산 강모래를 사용하는데, 그 물리적 성질은 [표 3] 및 [표 4]와 같다. 혼화제로서 베이스 콘크리트를 제조하기 위해 사용된 AE감수제는 나프탈린계 AE감수제를 사용한다.

고품질이고 경제적인 분리저감형 유동화제의 조성성분 및 비율을 결정하기 위해서 유동화제는 액상인 멜라민계, 나프탈린계 및 폴리칼본산계 3종류를 선택하여 사용한다. 재료분리를 방지하기 위한 증점제는 폴리 에틸렌 옥사이드(이하 PEO라 칭함) 및 메칠셀룰로스(이하 MC라 칭함) 2종류를 사용하고, AE제

는 나트륨로릴 황산염계통을 사용한다. 단, PEO 증점제의 경우는 원분말을 4/1,000배 물에 희석하여 사용한다. 혼화제의 물리·화학적 성질은 [표 5]와 같다. 물은 음용 가능한 청주시 상수도를 사용한다.

### 3.3 실험방법

콘크리트의 혼합은 20±3℃의 실험실에서 강제식 팬믹서를 이용한다. 재료 투입순서 및 혼합시간은 [그림 1]과 같이 잔골재, 시멘트, 굵은골재 순으로 믹서에 투입후 저속(20rpm)으로 30초 동안 건비빔을 행한다. 다음 물을 넣고 중속(30rpm)으로 90초간 혼합한 뒤 30초 동안 정치시킨다. 그 후 혼화제를 투입하고 고속(40rpm)으로 120초간 비빔함으로써 총 4분 30초에 걸쳐 혼합을 완료하고 배출한다.

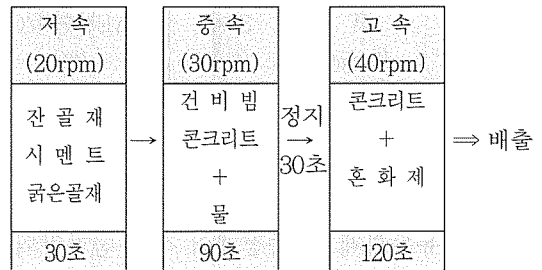
[표 3] 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm <sup>3</sup> /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3.328	0.07	260	420	214	308	384

[표 4] 골재의 물리적 성질

골재종류	비중	조립율	공극율 (%)	흡수율 (%)	단위용적 중량(kg/m <sup>3</sup> )	입형판정 실적율(%)
강모래	2.56	2.54	42.04	1.92	1,492	53.4
부순돌	2.61	6.7	41.2	1.52	1,584	57.6

← 베이스 콘크리트의 제조 → | ← 유동화 → |



[그림 1] 콘크리트의 혼합

[표 5] 혼화제의 물리적 성질

구분	주 성분	성상	색상	비중(20℃)	점도(mPas)	표준사용량(C×%)	
AE감수제	Naphthalene	액상	암갈색	1.180	15.0	0.1~0.2	
유동화제	N	Naphthalene	액상	1.150	15.0	0.5~1.0	
	P	Polycarbonic Acid	액상	1.050	15.0	0.5~3.0	
	M	Melamine	액상	연황색	1.080	5.0	1.0~3.0
증점제	PEO	Poly Ethylene Oxide	액상	연황색	1.000	5.0	0.1~1.5
	MC	Methyl Cellulose	액상	연황색	1.010	125	0.5~2.0
AE제	Sodium Lauryl Sulfate	액상	연황색	1.040	30.0	0.01~0.02	

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 굳지않은 콘크리트의 특성

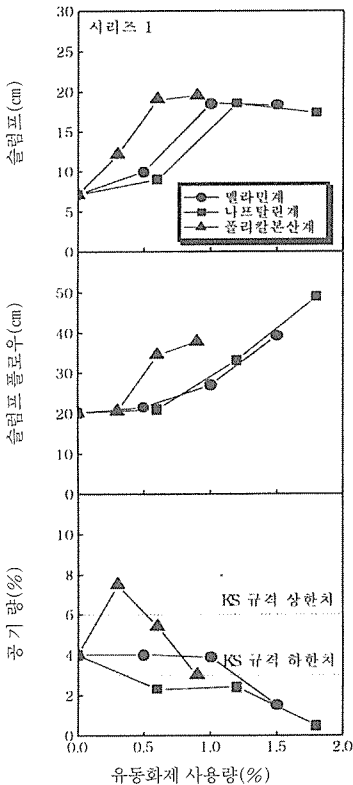
#### (1) 유동화제 종류 및 첨가량(시리즈 1)

[그림 2]는 유동화제 사용량에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량을 유동화제 종류별로 구분하여 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

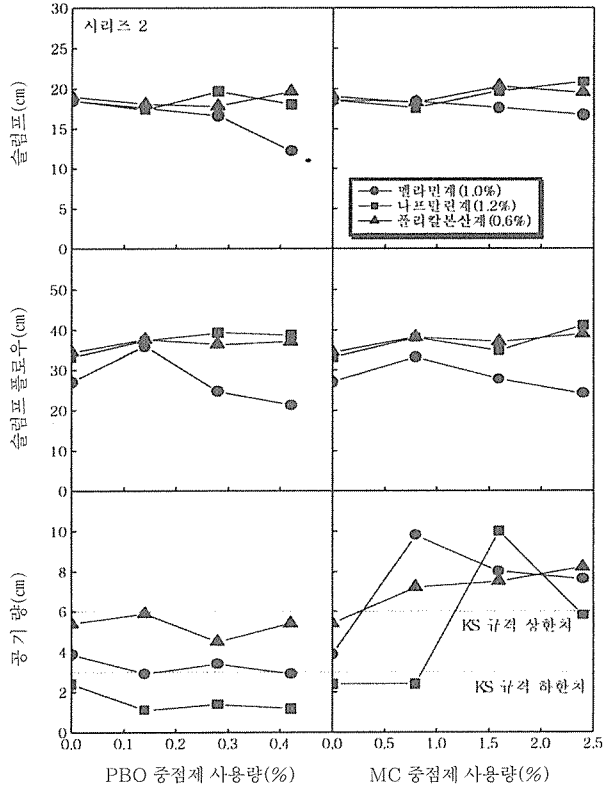
슬럼프는 유동화제 사용량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 단, 유동화제 첨가량이 일정량 이상에서의 슬럼프는 유사하거나 감소하는 것으로 나타났으나, 슬럼프 플로우는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 유동화제가 과량 첨가되면서 콘크리트의 점성부족으로

중양에 굵은골재가 쌓이고 시멘트 페이스트가 분리되는 재료분리발생에 기인하여 나타난 것으로 분석된다.

공기량은 베이스 콘크리트를 유동화할 경우 유동화제 사용량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 이는 유동화제의 주성분이 비공기연행성이기 때문에 첨가후의 콘크리트는 시멘트의 분산, 슬럼프의 증대, 점성저하 등에 의해 공기가 쉽게 소실되는 원인으로 분석된다. 단, 폴리칼본산계 유동화제의 경우는 베이스 콘크리트에 비하여 공기량이 증가하다 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 폴리칼본산계 유동화제의 경우 유동화제에 가미된 AE제 성분에 의하여 공기량이 증가한 것으로 분석



(그림 2) 유동화제 사용량에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량



(그림 3) 증점제 사용량에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량

된다.

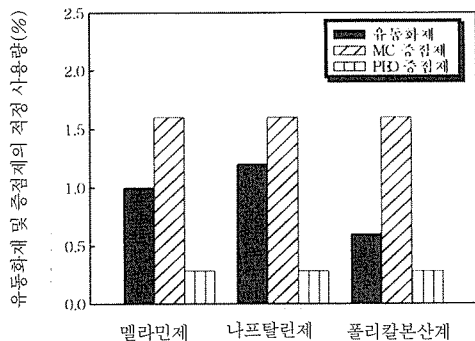
따라서, 시리즈 II 에서 증점제의 첨가에 의한 슬럼프 감소를 감안하여 시리즈 I 에서의 유동화제의 적정 첨가량은 유동화제 종류에 따라 각각 다르게 나타났는데, 나프탈린계 유동화제가 1.2%로 가장 많은 양을 사용하여야 하는 것으로 나타났고, 멜라민계는 1.0%, 폴리칼본산계는 0.6%를 사용하여야 하는 것으로 나타났다.

(2) 증점제 종류 및 첨가량 (시리즈 II)

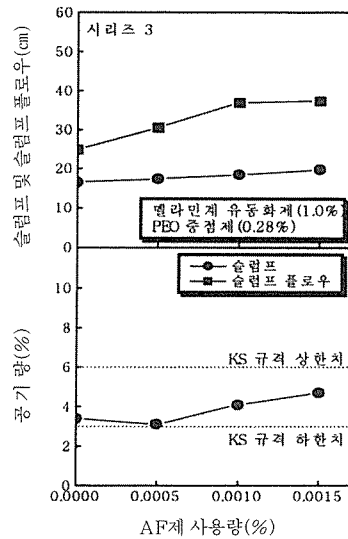
[그림 3]은 적정 유동화제량을 사용할 경우 증점제 사용량에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우를 증점제 종류별로 구분하여 나타낸 그래프이다.

증점제 사용량의 증가에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 PEO 및 MC 증점제 공히 멜라민계 유동화제를 사용할 경우 증점제량이 증가에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우 저하가 큰 것으로 나타났고, 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제를 사용할 경우는 증점제량이 증가할수록 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 미소하나마 증가하는 것으로 나타났다.

이는 증점제가 첨가됨에 따라 콘크리트의 점성이 증대하여 재료분리가 방지됨에 기인한



(그림 4) 유동화제 종류에 대한 유동화제 및 증점제의 적정 사용량



(그림 5) AE제 첨가량 변화에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량

것으로 분석된다. 또한, PEO 및 MC 증점제의 점성증대 효과는 공히 멜라민계 유동화제를 사용할 경우 우수한 것으로 나타났다.

PEO 증점제를 사용한 경우의 공기량은 멜라민계, 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제 공히 증점제를 사용하지 않은 유동화 콘크리트의 공기량보다 다소 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 PEO 증점제가 약간의 공기량 감소효과가 있는 것으로 분석된다.

MC 증점제를 사용할 경우의 공기량은 증점제를 사용하지 않은 유동화 콘크리트에 비해 공기량이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 MC 증점제의 발포성능에 의하여 나타난 것으로 분석된다.

따라서, 어느정도 재료분리를 방지할 수 있는 증점제의 적정 첨가량은 MC 증점제의 경우 1.6%, PEO 증점제는 0.28%가 적당한 것으로 나타났고, PEO 증점제가 MC 증점제보다 재료분리 방지효과가 우수한 것으로 나타

났다.

폴리칼본산계 유동화제와 PEO 증점제를 사용할 경우를 제외한 기타의 경우는 KS F 4009 규격의 공기량을 만족하기 위하여 MC 증점제는 소포제를 사용해야 하고, PEO 증점제는 AE제를 사용하여야 할 것으로 밝혀졌다.

### (3) AE제 첨가량(시리즈 III)

시리즈 III에서는 공기량의 변화를 조정하기 위하여 이미 결정된 적정 유동화제와 증점제의 종류 및 첨가량에 AE제 혹은 소포제를 사용하여 공기량을 확보하도록 하는데, 유동화제의 유동성 증대효과 및 첨가량, 증점제의 재료분리방지효과 및 공기량의 안정성 등을 고려하여 멜라민계 유동화제 및 PEO 증점제의 경우만을 대상으로 하였다.

[그림 5]는 멜라민계 유동화제 1%와 PEO 증점제 0.3%를 사용할 경우 AE제량 변화에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량을 나타낸 그래프이다.

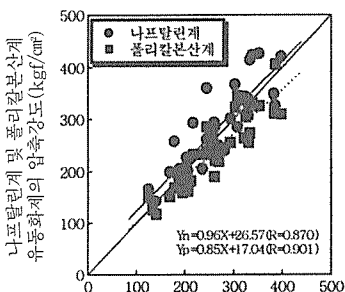
AE제 사용에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 AE제 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 AE제의 볼베어링 작용

에 의하여 증가하는 것으로 분석된다. 또한, 당연한 결과이겠지만 AE제 첨가량이 많아질수록 공기량은 커지는 것으로 나타났는데, 본 연구범위에서는 공기량은 AE제 0.001%첨가할 때 베이스 콘크리트의 공기량을 발휘하는 것으로 나타났다.

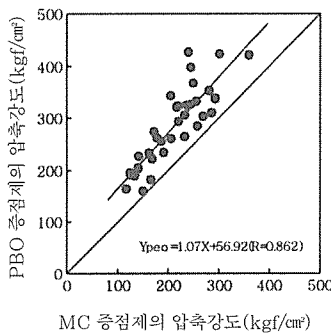
## 4.2 경화 콘크리트의 특성

굳지않은 콘크리트에서 멜라민계 유동화제가 유동성 증대효과 및 첨가량 등의 측면에서 비교적 적당한 것으로 나타났으므로, [그림 6]은 멜라민계 유동화제를 사용한 경우의 압축강도에 대한 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제를 사용한 경우의 압축강도를 유동화제 사용량 및 재령에 관계없이 산점도로 나타낸 그래프이다.

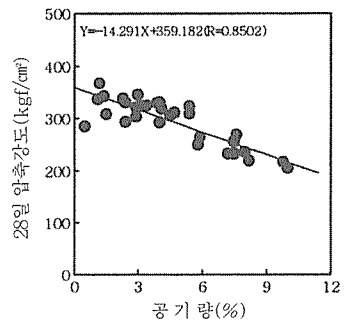
멜라민계 유동화제를 사용한 경우의 콘크리트 압축강도는 나프탈린계 유동화제를 사용한 경우보다 평균 6% 정도 작게 나타났고, 폴리칼본산계 유동화제를 사용하였을 경우보다는 평균 16% 정도 크게 나타났다. 이는 공기량 분석에서와 같이 나프탈린계 유동화제를 사용



(그림 6) 멜라민계 유동화제의 압축강도에 대한 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제의 압축강도



(그림 7) MC 증점제와 PEO 증점제의 압축강도 비교



(그림 8) 공기량과 28일 압축강도와의 관계



한 경우에 비교적 공기량이 적게 나타났고, 폴리칼본산계 유동화제는 비교적 공기량이 크게 나타났던 것에 기인된 결과로 사료된다.

[그림 7]은 증점제 종류에 따른 압축강도를 비교하기 위하여 증점제 사용량 및 유동화제 종류 및 재령에 관계없이 산점도로 나타낸 것이다.

증점제 종류에 따른 콘크리트 압축강도는 PEO 증점제를 사용한 경우가 MC 증점제를 사용한 경우보다 재령에 관계없이 평균 약 34% 정도 큰 것으로 나타났는데, 이는 비교적 공기량이 적은 것에 기인한 것으로 사료된다.

[그림 8]은 공기량 변화와 압축강도의 관계를 살펴보기 위해 공기량에 대한 28일 압축강도를 유동화제 및 증점제 종류 및 첨가량에 관계없이 산점도로 나타낸 것이다. 본 실험결과 공기량 1%의 증가는 압축강도 4~6%의 저하

를 가져오는 것으로 나타났다.

### 4.3 경제성 분석

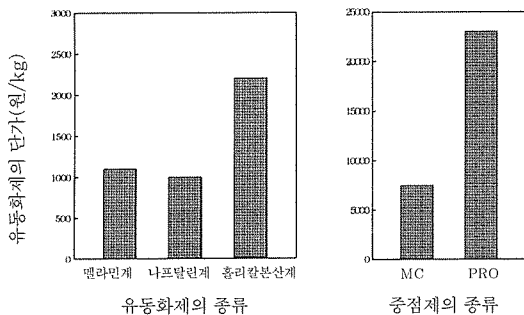
[그림 9]는 유동화제 및 증점제 종류별 kg 당 단가를 막대그래프로 나타낸 것이고, [그림 10]은 슬럼프 10cm를 증대시킬 경우의 유동화제 종류별 적정 사용량에 대한 m<sup>3</sup>당 단가를 증점제 종류별로 구분하여 나타낸 것이다.

유동화제의 kg당 단가는 나프탈린계가 가장 저렴한 것으로 나타났고, 폴리칼본산계가 가장 비싼 것으로 나타났으며, 증점제의 단가는 PEO가 MC보다 비싼 것으로 나타났다.

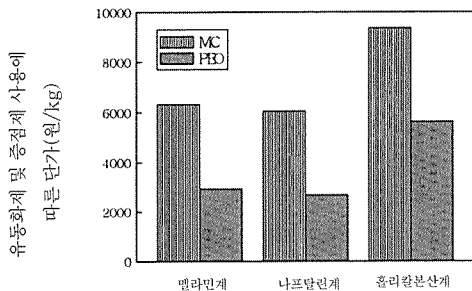
유동화제와 증점제의 적정 사용량에 따른 단가는 나프탈린계 유동화제를 사용하고, MC 증점제를 사용할 경우 가장 싼 것으로 나타났고, 폴리칼본산계 유동화제에 PEO 증점제를 사용하는 경우가 가장 비싼 것으로 나타났다.

그러나 멜라민계 유동화제의 경우는 가격은 나프탈린계보다 약간 비싸더라도 증점제와 조합될 경우 점성확보 및 공기량 안정성이 좋아 유리하고, 또한 증점의 경우 PEO는 MC보다 가격은 약간 고가일지라도 공기량 안정성이 좋아 유리한 것으로 판단된다.

따라서 일반 조건인 베이스 콘크리트의 유동성을 향상할 수 있으면서 재료분리가 발생하지 않고 공기량도 안정하여 경제성도 성취할 수 있는 분리저감형 유동화제의 조합은 1m<sup>3</sup>당 첨가량과 경제성을 검토할 경우 멜라민계 유동화제, PEO 증점제 및 AE제를 1 : 0.3 : 0.001로 혼합하여 첨가하는 것이 가장 효과적



(그림 9) 유동화제 및 증점제의 1kg당 단가



(그림 10) 유동화제 및 증점제의 적정 사용량에 대한 1m<sup>3</sup>당 단가

[표 6] 개발한 분리저감형 유동화제의 물리적 성질

혼화제 종류	주성분	색상 및 형태	비중(20℃)	pH
분리저감형 유동화제	복합형	연황색 액체	1.08±0.02	7.0±1.0



인 것으로 밝혀졌다.

개발한 분리저감형 유동화제의 물리적 성질은 다음 [표 6]과 같다.

## 5. 결론

유동화제와 증점제 종류 및 양의 변화에 의한 분리저감형 유동화제의 개발을 위한 콘크리트의 제반특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 유동화제에 의해 목표 슬럼프치를 10cm증가시키기 위한 유동화제의 사용량은 폴리칼본산계 유동화제가 가장 적은 것으로 나타났으며, 멜라민계, 나프탈린계의 순이었고, 또한 증점제의 첨가량은 PEO 증점제가 MC보다 적은 것으로 나타났다. 적정 유동화제량에 대한 공기량은 MC 증점제를 사용할 경우 발포성능에 의하여 다소 크게 나타났고, PEO 증점제의 경우 소포성능을 발휘하는 것으로 나타났다.

(2) 유동화제 사용에 따른 압축강도는 멜라민계 유동화제의 경우 나프탈린계 유동화제보다 저하하며, 폴리칼본산계 유동화제에 비하여 증가한 것으로 나타났고, 또한 증점제 사용에 따른 압축강도는 PEO 증점제의 경우 MC 증점제를 사용하는 경우보다 증가한 것으로 나타났는데, 이는 공기량 차이에 기인하여 나타난 것으로 분석된다. 즉, 공기량 1%증가에 따른 압축강도는 4~6% 저하하는 것으로 나타났다.

(3) 유동화제 및 증점제를 사용하였을 경우의 경제성은 나프탈린계 유동화제와 MC 증점제를 사용할 경우 가장 싼 것으로 나타났고, 폴리칼본산계 유동화제를 사용할 경우 비싼 것으로 나타났다. 그러나, 액상 분리저감형 유동화제의 개발은 경제성 및 품질을 종합적으로 고려할 경우 멜라민계 유동화제와 PEO 증점제 및 AE제를 1 : 0.3 : 0.001로 혼합하여 제

조할 경우 가장 효과적인 비율로 밝혀졌다.

## 참고문헌

- 1) 오선교 ; 분리저감형 유동화제의 개발 및 실용화에 관한 연구, 청주대학교 대학원 공학박사 학위논문, 2000.
- 2) 한천구, 반호용, 오선교 ; 분리저감형 유동화 콘크리트 개발에 관한 실험연구, 대한건축학회논문집, 제 14권 12호, 1998
- 3) 한천구, 유호범, 오선교, 반호용 ; 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 제조 및 특성분석, 대한건축학회논문집, 제 16권 6호, 2000.
- 4) 한천구, 강의영, 오선교, 반호용 ; 증점제를 이용한 분리저감형 유동화 콘크리트의 개발 : 한국콘크리트학회 논문집, 제 11권 4호, 1999.
- 5) 유호범, 강의영, 오선교, 한천구, 반호용 ; 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 모의부재 충전 특성, 대한건축학회 춘계 학술발표대회 논문집, 제 19권 1호, 1999.
- 6) 김호구, 강의영, 오선교, 한천구, 반호용 ; 거푸집 및 박리제 종류에 따른 체치장 콘크리트의 팽창도에 관한 연구 : 한국콘크리트학회 춘계 학술발표대회 논문집, 제 11권 1호, 1999.
- 7) 오선교, 유호범, 강의영, 반호용, 한천구 ; 분리저감형 유동화제를 이용한 유동화 콘크리트의 현장적용 연구 : 대한건축학회 추계 학술발표대회 논문집, 제 19권 2호, 1999.
- 8) 日本建築學會 材料施工委員會 第一分科會 流動化コンクリート研究小委會 ; 流動化コンクリートの技術の現況, 1979.
- 9) 小山 智辛, 小山田英弘 ; 中流動コンクリートに關する基礎的研究, 日本建築學會學術講演論文集, 1998. 9
- 10) 三好 征夫, 中村 成春 ; 準高流動コンクリートの基礎研究, 日本建築學會學術講演論文集, 1998. 9

- 11) 윤기원, 김종석, 박상준, 김기철, 한천구, 반호용 ; 유동화 콘크리트의 유동특성에 관한 현장 실험 연구 - 제 1 보 : 유동화제 종류에 따른 특성 -, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 16권 제 2호, 1996.
- 12) 김종석, 박상준, 김기철, 윤기원, 한천구, 반호용 ; 유동화 콘크리트의 유동특성에 관한 현장 실험 연구 - 제 2 보 : 유동화 방법에 따른 특성 -, 대한건축학회 학술발표논문집, 제 16권 제 2호, pp.681~684, 1996.
- 13) 윤기원, 이건철, 박상준, 김종석, 한천구, 반호용 ; 유동화 콘크리트의 현장적용에 관한 실험적 연구, 한국 콘크리트학회 학술발표논문집, 제 8권 제 2호, pp.271~275, 1996.
- 14) 김종석 ; 유동화 콘크리트의 효율적인 제조 및 활용방안에 관한 연구, 청주대학교 대학원 공학석사 학위논문, 1997.
- 15) 대한건축학회 ; 건축공사 표준시방서, 1999.

