

# 콘크리트 혼화제로 활용하기 위한 신규 증점제의 성능 평가

## Evaluation on Performance of New Viscosity Modifying Admixture for Concrete Agent

임 서 형\*  
Lim, Seo-Hyung

강 군 중\*\*  
Kahng, Goon-Gjung

김 재 훈\*\*\*  
Kim, Jae-Hun

### Abstract

The purpose of this study is to evaluate the performance of a new viscosity modifying admixture for concrete agent. For this purpose, selected test variables were the ratio of water to cement, the ratio of cement to fine aggregate, contents of superplasticizer, contents of viscosity modifying admixture. As a result of this study, it has been found that addition of viscosity modifying admixture to mortar modifies its fluidity and reduces its segregation by increasing the mortar viscosity. And it has been found that a new viscosity modifying admixture do not significantly affect the setting time, air content of mortar.

**Keywords :** viscosity modifying admixture, superplasticizer, setting time, viscosity, fluidity, mortar, fine aggregate

### 1. 서 론

지금까지 제안된 고유동 콘크리트의 제조 방법에는 재료분리 저항성을 부여하는 방법에 따라 분체계, 증점계 및 병용계로 분류된다. 이 중 다량의 결합재를 사용하는 분체계와 분체와 증점제를 같이 사용하는 병용계의 고유동 콘크리트의 성능은 골재의 표면수율이나 입도변동, 계량오차 등의 영향을 받기 쉽고, 또한 자기충전성을 이루는 배합 범위는

매우 제한되어 있다. 이에따라 분리저감제 또는 증점제라 불리우는 고분자 재료를 콘크리트에 소량 첨가하므로써 제조시의 품질편차를 억제하고 충전성을 향상시키는 것을 가능케 하고 있다. 고유동 콘크리트에 사용되는 증점제는 셀룰로오스계, 아크릴계가 이미 대량생산되어 실용화 단계에 있으며, 다당류계 또한 부분적으로 실용화되어 있다.

본 연구에서 사용하게 될 증점제는 본교의 식품가공학과에서 새로이 개발한 다당류계로서 식품, 화

\* 정회원, 진주산업대학교 건축학과 조교수

\*\* 진주산업대학교 식품가공학과 교수

\*\*\* 정회원, 경민대학 건축과 조교수

● 본 논문에 대한 토의를 2000년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면 2000년 10월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

학, 화장품, 의약 등 다양한 산업분야에서 폭넓게 사용될 가능성이 있으며, 이를 콘크리트용 혼화제로서 활용할 수 있는지 제반 성능을 평가하고자 한다.

따라서, 본 연구에서는 신규 증점제를 사용하여 고유동 콘크리트를 제조하기 위한 기초적 연구의 하나로써 우선 모르타르를 대상으로 유동성, 공기량, 응결 및 강도 등 제반 물성을 파악하고자 한다.

## 2. 신규 증점제의 성질<sup>1)</sup>

미생물은 균종 및 배양방법에 따라 다양한 종류의 균체의 다당을 생산하며, 이들은 점착성능, 유화안정성능, 겔 형성 성능, 표면장력 조절성능, 물 흡수 등 물리적 특성뿐만 아니라 생리적 활성을 나타낸다. 본 연구에서 사용한 증점제는 토양으로부터 분리한 신규 패니바실러스 균주(*paneibacillus* sp.)가 생산한 미생물 균체의 다당류로서 이를 분쇄하여 분말화시켰으며, 외관상의 색상은 연한 갈색을 띠고 있다. 물 또는 알칼리용액 등에 용해되지 않으나 이들 수용액 내에서 팽윤성 겔을 형성한다. 또한, 신규 개발된 다당류는 식품분야 등에서도 활용되므로 인체 및 동물에 무해하다고 할 수 있다.

신규 증점제의 점도는 회전점도계(Brookfield社의 LVT D-III, Spindle No.25)를 사용하여 전단속도, 농도, pH 등 각종 조건을 변화시키면서 25℃에서 측정하였다.

전단속도와 점도와의 관계는 Table 1에서와 같이 전단속도가 증가함에 따라 점도가 감소되는 의가소성(pseudoplasticity)을 나타내고 있다. 증점제의 농도에 따른 점도는 농도가 증가함에 따라 Table 2와 같이 커지고 있다.

온도변화에 따른 증점제의 점도는 Table 3과 같이 안정된 값을 나타내고 있다. 또한, pH 변화에 따른 증점제의 점도값도 Table 4에서와 같이 pH 7 전후에서 다소 증가되는 경향이 있으나 전체적으로 안정된 경향을 보이고 있다.

이상과 같은 결과에서 특히 온도와 pH에 따라 각각의 점도값이 안정되어 있어 콘크리트 혼화제로서 최소한의 조건은 만족하고 있다고 판단된다.

Table 1 전단속도와 점도

전단속도(sec <sup>-1</sup> )	점도(cP)
0.22	56628
0.66	21915
1.10	13533
2.20	7296
4.40	3959
8.80	2064
15.4	1241
22.0	878

Table 2 농도변화와 점도

농도(%)	점도(cP)
0.2	96
0.4	269
0.6	437
0.8	670
1.0	878

Table 3 온도변화와 점도

온도(℃)	점도(cP)
10	830
20	859
30	830
40	811
50	797

Table 4 pH변화와 점도

pH	점도(cP)
3	208
5	231
7	236
9	229
11	226
13	208

## 3. 실험

### 3.1 사용재료 및 배합

신규 증점제를 사용한 모르타르의 물성평가는 재료분리 여부와 함께 유동성을 평가할 수 있는 플로우(flow)와 그 경시변화, 표면수에 따른 플로우 변

화 그리고 공기량 및 응결시간, 압축강도를 대상으로 실시하였다. 이에 대한 실험인자로는 물시멘트비, 시멘트모래비 그리고 신규 증점제와 고성능감수제(superplasticizer, 이하 SP로 약함)량이다.

시멘트는 비중 3.15, 분말도  $3200\text{cm}^2/\text{g}$ 인 포틀랜드시멘트 I종을, 잔골재는 비중 2.58, 조립율 2.56, 흡수율 1.8%인 합천산을 각각 사용하였다. 또한 SP는 폴리카본산계 표준형을 사용하였다.

배합은 시멘트모래비를 1:1.6, 1:2.0으로 하고 각각에 대하여 물시멘트비를 45, 50, 55%로 하였다. SP는 시멘트 중량에 대하여 3.0%까지 첨가하였으며, 신규 증점제는 시멘트 중량에 대하여 0.02, 0.05, 0.08%를 각각 첨가하였다. 잔골재의 표면수에 따른 유동성 평가는 표면수율 4%까지 배합수에 추가하였다.

### 3.2 실험 방법

플로우값은 KS L 5105에 규정된 소형 플로우콘을 사용하여 진동을 주지 않은 상태에서 콘을 들어 올렸을 때 자중으로 퍼진 직경을 2회 측정하여 평균값을 취하였다. 또한, 플로우값의 경시변화는 90분까지 30분 간격으로 측정하였으며, 측정전에 1분간 다시 비빔을 실시하였다.

모르타르의 공기량은 모르타르 공기량 측정기(용량 1ℓ, 日本三洋社, LC-546)를 사용하여 측정하였다.

모르타르의 응결시간은 KS F 2436에 규정된 관입저항침에 의한 방법으로 초결과 중결을 각각 측정하였다.

신규 증점제를 사용한 모르타르의 압축강도는 KS L 5105에 준하여 3, 7, 28일 강도를 각각 측정하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 플로우

시멘트모래비 1:1.6, 1:2.0, 물시멘트비 45~55% 그리고 SP량 0.3~3.0% 범위내에서 증점제

를 0.08%까지 첨가한 모르타르의 플로우값은 Table 5, Fig. 1과 같다.

증점제를 첨가하지 않은 모르타르의 플로우값은 시멘트모래비 1:1.6의 경우 물시멘트비에 관계없이 SP량 0.7~1.2%사이에서 250mm 이상 되었으며 또한 모두 재료분리되었다. 그러나 시멘트모래비 1:2.0의 경우 고성능감수제량 1.2~2.0% 사이에서 플로우값이 250mm를 넘었으며 또한 재료분리되었다.

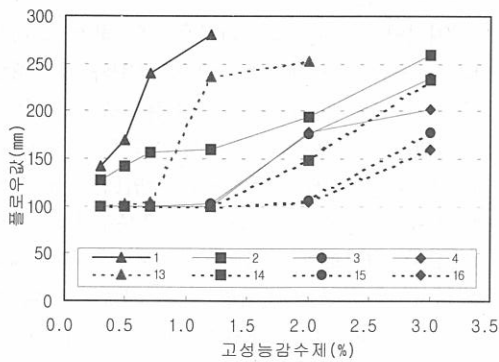
증점제를 0.02% 첨가하였을 경우 무첨가에 비하여 플로우값은 물시멘트비, 시멘트모래비에 관계없이 급격히 둔화되는 경향을 보이고 있다. 즉, 시멘트모래비 1:1.6의 경우 물시멘트비에 관계없이 SP량 0.7~2.0%, 시멘트모래비 1:2.0의 경우 SP량 1.2~2.0%에서 모두 재료분리되었으나 증점제를 0.02% 첨가하였을 경우 플로우값이 급격히 둔화되면서 재료분리가 발생하지 않았다. 그러나 증점제 0.02%에서도 시멘트모래비 1:1.6에서 물시멘트비 50, 55%의 경우 SP량 3.0%와 2.0%에서 그리고 시멘트모래비 1:2.0에서 물시멘트비 55%의 경우 SP량 2.0%에서 각각 재료분리되었다. 기타 증점제 첨가량 0.05~0.08%에서는 배합비에 관계없이 재료분리가 발생하지 않았다. 따라서, 증점제의 첨가 여부에 따른 재료분리 저항성 및 모르타르의 점성변화가 뚜렷하게 나타나지만 첨가량에 따른 차이는 크지 않다고 판단된다. 그러나, 증점제를 0.05% 이상 다량으로 첨가하면 물시멘트비 45, 50%에서 SP량을 1.2% 정도 첨가하여도 플로우값은 거의 변화되지 않고 있다.

경제적인 고유동 콘크리트를 제조하기 위해서는 단가가 높은 증점제뿐만 아니라 SP와 결합재량도 가능한 배합비 범위내에서 최소한으로 사용해야 한다. 1996년 일본건축학회에서 제안한 고유동 콘크리트용 분리저감제의 품질시험 방법(안)<sup>2)</sup>에 의하면 증점제를 사용한 모르타르의 플로우값을  $220 \pm 10\text{mm}$ 로 제안하고 있다. 물론 본 실험과의 배합비가 다소 다른 점도 있지만 이를 기초로 하여 실제 고유동 콘크리트를 제조하기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

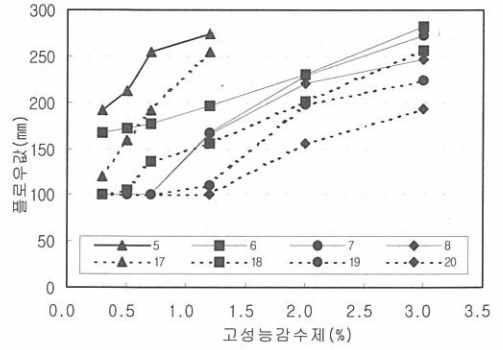
Table 5 플로우 시험 결과

시멘트 모래비	물시멘트 트비	증점제 (%)	법례 No.	고성능감수제 (%)					
				0.3	0.5	0.7	1.2	2.0	3.0
1:1.6	0.45	0.00	1	142	169	240	281*	-	-
		0.02	2	127	142	157	160	194	260
		0.05	3	100	100	100	102	176	234
		0.08	4	100	100	100	100	177	202
	0.50	0.00	5	191	212	255	274*	-	-
		0.02	6	167	172	177	196	231	282*
		0.05	7	100	100	100	167	229	272
		0.08	8	100	100	100	166	220	246
	0.55	0.00	9	227	246	278*	-	-	-
		0.02	10	213	216	218	236	261*	-
		0.05	11	144	164	184	180	242	271
		0.08	12	125	138	151	200	242	254
1:2.0	0.45	0.00	13	100	102	104	236	252*	-
		0.02	14	100	100	100	149	233	-
		0.05	15	100	100	100	106	178	-
		0.08	16	100	100	100	104	159	-
	0.50	0.00	17	120	159	191	255*	-	-
		0.02	18	100	106	136	155	201	257
		0.05	19	100	100	100	110	198	224
		0.08	20	100	100	100	100	155	193
0.55	0.00	21	160	169	208	250*	-	-	
	0.02	22	143	149	155	190	224*	-	
	0.05	23	100	100	121	143	214	262	
	0.08	24	100	100	100	145	184	225	

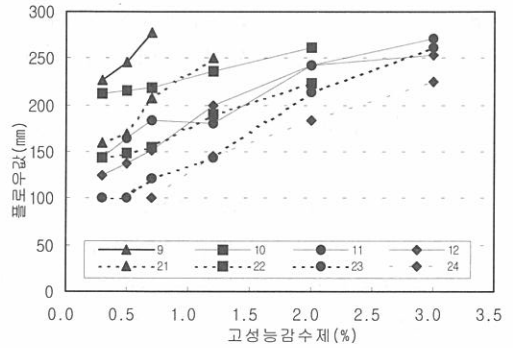
\* 재료분리된 상태를 나타냄.



(a) 물시멘트비 45%



(b) 물시멘트비 50%



(c) 물시멘트비 55%

Fig. 1 모르타르의 플로우값

#### 4.2 플로우 경시변화

증점제를 사용한 모르타르의 플로우 경시변화는 Fig. 2, 3과 같다. Fig. 2는 시멘트모래비 1:1.6 그리고 물시멘트비 55%일 때 증점제와 SP를 각각 첨가하였을 경우의 플로우값 경시변화이다. 그림에서와 같이 SP만을 첨가하였을 때는 90분 경과 후 플로우값이 초기값의 80%이하로 떨어진 반면 증점제만을 첨가하였을 때는 초기값의 90% 이상을 유지하고 있다. SP만을 첨가한 모르타르의 플로우값은 시간과 함께 일정한 비율로 저하되지만, 증점제만을 첨가한 경우 60분까지 거의 일정한 값을 유지하다가 그 후 저하되었다. Fig. 3은 시멘트모래비 1:1.6,

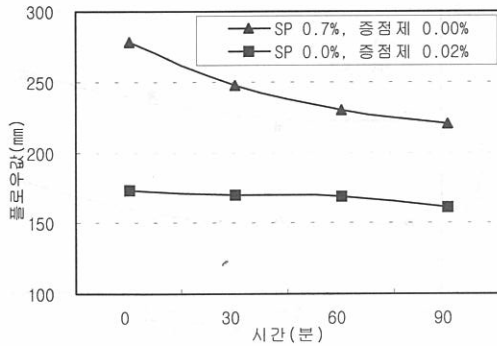


Fig. 2 증점제 첨가 여부에 따른 플로우값의 경시변화

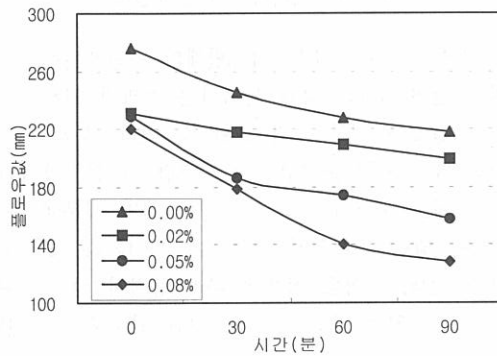


Fig. 3 증점제량에 따른 플로우값의 경시변화

물시멘트비 50%, SP량 2.0%일 때 증점제 첨가량에 따른 플로우값의 경시변화이다. 증점제 첨가량이 많을수록 시간경과와 함께 플로우가 크게 저하되어 증점제 0.05, 0.08%에서 각각 초기 플로우값의 약 70, 60%를 나타내고 있다. 또한, 증점제 0.02%를 첨가한 모르타르는 증점제를 첨가하지 않은 경우 보다 시간경과에 따른 플로우값이 천천히 저하되고 있다.

따라서, 플로우값의 경시변화는 증점제보다 SP의 영향을 크게 받으며 또한, 증점제 첨가량 0.05%부터 SP와의 상성작용으로 시간경과와 함께 플로우값이 크게 저하된다고 판단할 수 있다.

### 4.3 표면수와 플로우

잔골재의 표면수 변동에 따른 플로우값의 변화를

파악하기 위한 실험결과는 Fig. 4와 같다. SP와 증점제 모두를 첨가하지 않거나 SP만을 첨가한 모르타르의 플로우값은 Fig. 4에서와 같이 거의 동일한 비율로 증가되었으나, 증점제와 SP를 동시에 첨가한 모르타르의 플로우값은 그 증가 기울기가 작게 나타나고 있다. 따라서, 증점제를 첨가할 경우 표면수 변동에 따른 유동성변화가 적기 때문에 콘크리트의 품질편차가 적을 것으로 판단된다.

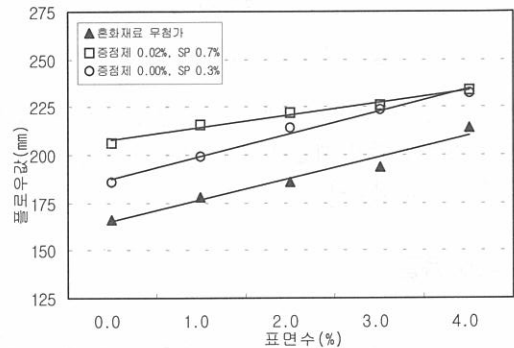


Fig. 4 표면수와 플로우값

### 4.4 공기량

물시멘트비 50%, 시멘트모래비 1:2.0의 배합에서 증점제 첨가량에 따른 모르타르의 공기량은 Fig. 5에서와 같이 그 첨가량이 많아질수록 증가되어 증점제 0.08%일 때 6.1%까지 증가되었다. 증점제를 첨가하지 않은 보통 모르타르의 공기량은 0.9%에 비하여 증점제 0.02%에서 4.2%로 나타나 증점제의 첨가에 따른 공기량 증가는 크다고 할 수 있으나, 그 후의 증가는 급격히 둔화되고 있다. 이는 본 실험에 사용한 폴리카본산계 SP의 사용여부에 관계없이 나타난 결과로서 SP와의 상호작용은 없는 것으로 판단되나, 기타 혼화제와의 상성작용에 대해서는 연구할 필요성이 있다. 그러나, 셀룰로오스계 또는 아크릴계처럼 소수성이 큰 증점제를 사용하여 공기량 증가가 문제시되는 것에 비하면 신규 증점제는 공기량 증가에 따른 큰 문제는 없는 것으로 판단

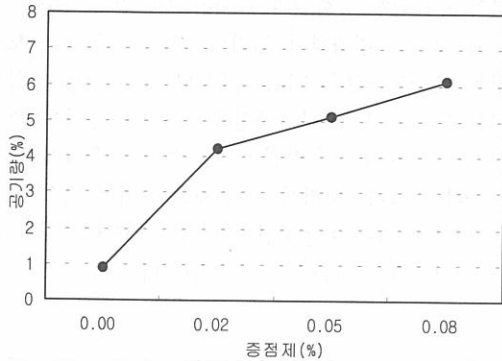
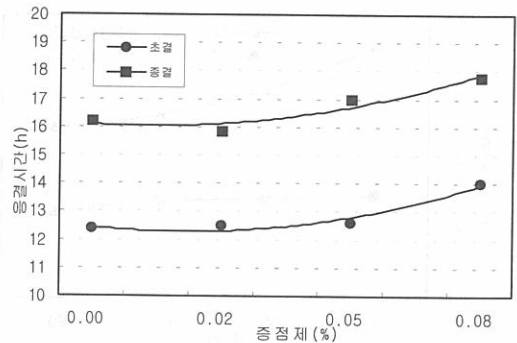


Fig. 5 증점제 함유량과 공기량

된다. 단, 바이오폴리머계인 커들란과 웰란에 비하면 공기량이 많기 때문에 추후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4.5 응결시간

증점제가 응결시간에 미치는 영향을 파악하기 위하여 SP를 첨가하지 않고 증점제만을 사용한 모르타르의 응결특성은 Fig. 6과 같다. 이때의 배합은 물시멘트비 50%, 시멘트모래비 1:2.0 이며, 그림에서와 같이 증점제를 첨가한 모르타르의 초결 및 종결시간은 증점제 첨가량 0.02%에서 그 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 0.05%부터 다소 늦어지기 시작하여 첨가량 0.08%에서 초결 및 종결이 약 80~100분 지연되었다. 그러나, 이러한 영향



(b) 초결 및 종결 시간

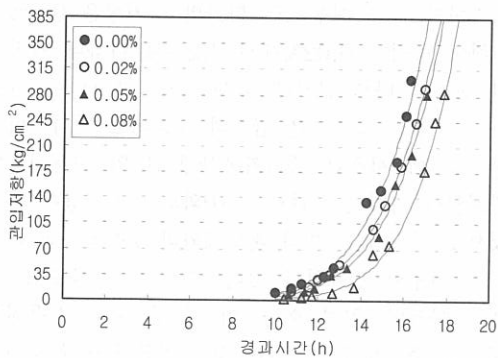
Fig. 6 증점제량에 따른 응결시간

은 셀룰로오스계 또는 아크릴계의 증점제처럼 초결 및 종결이 5시간 정도 늦어지는 결과에 비하면 그 영향 정도는 매우 작다고 할 수 있다. 특히, 신규 증점제는 수중불분리성 혼화제처럼 그 분자량이 매우 크에도 불구하고 그 사용량이 적기 때문에 응결에 큰 영향을 미치지 않는다고 판단된다. 그러나, 각종 SP와의 상호 작용에 따라 응결시간이 변화될 가능성도 있기 때문에 이에 대한 연구도 요망된다 하겠다.

#### 4.6 압축강도

물시멘트비 50%, 시멘트모래비 1:2.0의 배합에서 증점제를 첨가한 모르타르의 압축강도는 Fig. 7과 같다.

증점제 사용량에 따른 압축강도는 0.02%에서 가장 큰 값을 나타내지만 그 이상부터는 감소되고 있다. 또한, 재령이 증가함에 따라 증점제량 0.02%에서의 강도 증가율이 매우 크게 나타나고 있으며, 증점제량이 많아질수록 재령에 따른 강도 감소도 크게 나타나고 있다. 이와같이 증점제량 0.02%에서 강도가 높게 나타나는 이유는 증점제 사용으로 재료분리가 감소되었으며 또한 증점제가 팽윤성 겔을 형성하여 공극을 충전시킨 결과로 추정된다. 그러나, 증점제 0.05%부터는 다량의 팽윤성 겔이 형성되어 오히려 강도를 저하시킨 것으로 추정된다.



(a) 응결 특성

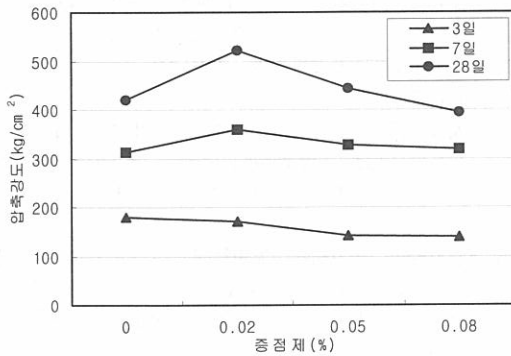


Fig. 7 증점제량에 따른 압축강도

## 5. 결론

다당류계 신규 증점제를 콘크리트용 혼화제로 활용하기 위한 본 연구 범위내에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) SP의 사용량에 관계없이 증점제를 첨가하면 모르타르의 점성이 증가하여 유동성이 안정화되고 재료분리가 억제된다. 또한, 증점제의 첨가여부에 따른 모르타르의 유동성은 큰 차이를 나타내나 증점제 첨가량에 따른 차이는 적다.
- 2) 신규 증점제만을 첨가한 모르타르의 플로우값이 SP 또는 SP와 증점제를 사용한 모르타르의 플로우값보다 경시변화에 따른 저하가 작게 나타나 신규 증점제의 유동성 유지능력이 매우 우수한 것으로 나타났다.
- 3) 증점제 사용량 0.08% 이내에서 모르타르의 공기량은 4~6%를 나타내 아크릴계와 셀룰로오스계의 증점제에 비하여 매우 우수한 성능을 갖고 있으나, 증점제를 사용하지 않은 보통 모르타르에 비하여 공기량이 증가돼 이에 대한 대책이 요구된다.
- 4) 증점제를 사용한 모르타르의 응결시간은 첨가량 0.02%까지 영향이 없으나, 0.05%부터 다소 지연되어 0.08%에서 초결 및 종결시간이 약 80~100분 지연되었다.
- 5) 증점제를 사용한 모르타르의 압축강도는 증점제량

0.02%에서 가장 높게 나타났고 그 이상부터는 감소되는 경향을 보이고 있다. 이와같은 현상은 재령이 커짐에 따라 뚜렷한 경향을 보이고 있다.

## 감사의 글

본 연구는 진주산업대학교와 (주)송원건설의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. Seo, Weon-Taek, Kahng, Koon-Gjung, "Isolation and Characterization of a Novel Exopolysaccharide-Producing Paenibacillus sp. WN9KCTC 8951P, Journal of Microbiology and Biotechnology, Vol. 9, No. 6, 1999, pp. 820~825.
2. 日本建築學會, "高流動コン크리트用分離低減劑品質基準(案)", 1996
3. Ghio, V. A., Monteiro, P. J. M., "The Effects of Polysaccharide Gum Additives on the Shotcrete Process", ACI Materials Journal, Vol. 95, No. 2, 1998, pp. 152~157.
4. Ghio, V. A., Monteiro P. J. M., "Effects of Polysaccharide Gums on Fresh Concrete Properties", ACI Materials Journal, Vol. 91, No. 6, 1994
5. Ghio, V. A., Monteiro P. J. M., "The Rheology of Fresh Cement Paste Containing Polysaccharide Gums", Cement and Concrete Research, Vol. 24, No. 2, 1994, pp. 243~249.
6. Khayat, K. H., Yahia, A., "Effect of Welan Gum-High-Range Water Reducer Combinations on Rheology of Cement Grout", ACI Materials Journal, Vol. 94, No. 5, 1997, pp. 365~372.
7. Khayat, K. H., Zubeir Guizani, "Use of Viscosity-Modifying Admixture to Enhance Stability of Fluid Concrete", ACI Materials Journal, Vol. 94, No. 4, 1997, pp. 332~340.
8. Chong Hu, Francois de Larrard, "The Rheology of Fresh High-Performance Concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 26, No. 2, 1996, pp. 283~294.

9. Kawai, T., Okada, T., "Effect of Superplasticizer and Viscosity Increasing Admixture on Properties of Lightweight Aggregate Concrete", ACI SP-119, 1989, pp. 583~604.
10. Skaggs, C. B., Rakitsy, W. G., Whitaker, S. F., "Applications of Rheological Modifiers and Superplasticizers in Cementitious Systems", ACI SP-148, 1994, pp. 191~207.
11. Khayat, H. K., "Effects of Antiwashout Admixtures on Fresh Concrete Properties", ACI Materials Journal, Vol. 92, No. 2, 1995, pp. 164~171.
12. 超流動コンクリート研究委員会, "超流動コンクリート研究委員会報告書(Ⅱ)", 日本コンクリート工學協會, 1994, pp. 11~37.
13. 坂本淳, 横田和直, 松岡康訓, "品質の異なる増粘剤を用いた高流動コンクリートの諸性質" コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 16, No. 1, 1994, pp. 131~134.
14. 牛島榮, 谷口秀明, 立石彬, "特殊増粘剤を混入いた高流動コンクリートの性狀に関する基礎的研究", コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 16, No. 1, 1994, pp. 135~140.
15. 友澤史紀, 野口貴文, "ペーストのレオロジー特性・付着特性に及ぼす分離低減剤の影響", コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 17, No. 1, 1995, pp. 105~110.
16. 谷口秀明, 増田和機, 原田和樹, "フライアツツユと各種分離低減剤を用いた高流動コンクリートの基礎性狀", コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 17, No. 1, 1995, pp. 209~214.
17. 日比野誠, 大内雅博, 岡村甫, "分離低減剤の流動性安定效果に関する一考察", コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, 1998, pp. 367~372.
18. 江原雅宣, 泉達男, "イオン増粘型混和剤を用いた高流動コンクリートの研究", コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, 1998, pp. 373~378.

(접수일자 : 2000. 4. 24)