

고성능감수제 종류에 따른 유동화콘크리트의 Bleeding 특성

A Study on the Bleeding Property of Flowed Concrete Due to Different Types of High Range Water Reducing Admixtures

김기수^{*} 하재담^{**} 김동석^{***}
Kim, Ki Soo Ha, Jae Dam Kim, Dong Seuk

신규연^{****} 유규홍^{*****}
Shin, Gyoo Youn Ryu, Kyu Hong

ABSTRACT

Recently, High Range Water Reducing Admixtuer be used increasingly in other to improve the demanded properties(fluidity, strength, durability etc.) and workability in concrete. These kinds of agent govern quality characteristics(air content, setting time, slump, bleeding etc) by the difference of its dispersing mechanism and performance in manufacture of flowed concrete. Accordingly, in this study, for the purpose of high qaulity construction in site, the comparative experiment of dispersing ability due to commercially available three types of agent were carried out in paste, mortar and concrete using two tpyes of cement(I, V). In conclusion, the bleeding reduction by the dispersing ability of agents was verified in the fresh properties of flowed concrete with sea water resistance.

1. 서론

최근들어 사회기반시설 확충으로 콘크리트의 사용범위가 다양해지고 또한 구조물의 대형화 및 특수화 추세에 따라 국내 건설현장에서 특수공법(Slip-form등)의 적용을 위해 고성능감수제를 사용한 유동화 레미콘을 제조·시공중에 있으나 공기단축 및 고품질 시공을 위해 유동화콘크리트에 대한 블리딩 제어가 요구되고 있다. 콘크리트에서 블리딩의 과다는 연속 타설의 경우 콜드 조인트의 생성 원인이 되며, 철근과의 부착력 저하 및 상·하콘크리트의 물·시멘트비 변화(기둥의 경우 약 14%)에 의한 수밀성, 균질성, 강도 등의 저해요인으로 작용하게 된다. 따라서 본고에서는 주성분이 다른 3종류(나프타린계, 멜라민계, 폴리카본산계)의 시중 유통 고성능감수제를 선정하여 시멘트페이스트 및 몰탈에서의 분산 성능 고찰과 아울러 현장조건의 내해수성(5종) 유동화콘크리트에서 고성능감수제(나프타린계 및 폴리카본산계) 종류에 따른 블리딩 저감 측면등 내해수성 유동화 Fresh 콘크리트에서의 품질특성을 비교 검토하였다.

- * 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 실장(공학박사)
- ** 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 선임연구원(공학박사)
- *** 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 주임연구원
- **** 쌍용양회공업(주) 전자재개발팀장(공학박사)
- ***** 쌍용양회공업(주) 전자재개발팀 차장

2. 실험개요

2.1. 사용재료

2.1.1. 고성능 (AE)감수제

고성능감수제는 주성분에 따라 크게 4종류(나프타린계, 멜라민계, 폴리카본산계, 아미노 슬폰산계)로 대별되며, 또한 분산(작용) 메카니즘 측면에서는 시멘트 입자 표면에 흡착되어 정전기적 반발력(N계, M계) 작용과 시멘트 입자 표면에 견고한 보수층 형성에 의한 입체장애 반발력(P계) 작용으로 구분된다. 따라서 본실험은 주성분에 따라 나프타린계(고성능감수제, 기호: N), 멜라민계(고성능감수제, 기호: M), 폴리카본산계(고성능 AE감수제, 기호: P)의 시중 유통 3종류의 혼화제를 대상으로 하였으며, 다음 표1.과 같다.

표1. 고성능 (AE)감수제의 종류

종 류	주성분	비 중	고형분 함량(%) (실측치)
N (표준형, A사)	Naphtalene Sulphonate	1.20	42.5
M (표준형, B사)	Melamine Sulphonate	1.15	39.4
P (표준형, B사)	Polycarboxylic Acid	1.06	18.0

2.1.2. 시멘트

고성능감수제는 시멘트의 광물조성(C3A 함량)에 따라 흡착거동이 달라지므로 감수제 종류에 따른 특성 비교실험을 위해 동일 분말도 수준의 광물조성이 다소 다른 1종(기호: OPC) 및 5종시멘트(기호: SRC)을 대상으로 하였으며, 시멘트의 광물조성과 물리적 성질을 각각 표2. 및 표3.에 나타내었다.

표2. 시멘트의 광물 조성

시멘트 종 류	광물 조성비(%)			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
OPC	55.0	20.0	10.0	10.0
SRC	46.0	30.1	3.1	13.0

표3. 시멘트의 물리적 성질

시멘트 종 류	응결(길모아) (h:m)		KS 압축강도 (kg/cm ²)			KS 수화열 (Cal/g)		안정도 (%)	Blaine (cm ² /g)	비중
	초결	종결	3일	7일	28일	7일	28일			
OPC	4:40	7:20	207	279	376	81.0	96.8	0.02	3,200	3.15
SRC	5:20	8:50	174	242	382	67.9	87.0	-0.02	3,140	3.19

2.2. 실험항목 및 방법

2.2.1. 시멘트 페이스트실험

1) 시멘트 분산성

감수제 주성분에 따른 분산성능 비교를 위해 시멘트 페이스트는 주로 고성능감수제 사용영역인 W/C= 0.3을 기준으로 하였으며, 시멘트의 중량비로 감수제의 첨가량을 변화시켜 페이스트의 유동성을 측정하였다. 본실험에서 유동성 측정장치는 $\phi 50\text{mm} \times 30\text{mm}$ 로 제작된 원통형 플로우 Cone을 이용하

였으며, 무진동시의 퍼짐특성(Flow치)을 측정하여 분산성을 비교하는 지표로 하였다.

2) 수화발열시간 측정

본실험에 사용된 고성능감수제는 표준형 혼화제로써 작용 메카니즘(주성분)이 시멘트의 수화반응 속도에 미치는 영향을 평가하기 위해 열량계(Conduction Micro Calorimeter)를 사용하여 수화반응속도를 측정하였다. 시멘트는 SRC를 사용하였으며, W/C= 0.5 조건에서 각각 고성능감수제 C×1.0 wt%를 첨가하여 무첨가 대비 수화발열 곡선상의 2차 최대 발열Peak에 도달할 때까지의 시간을 측정하여 시멘트 응결시간 지연의 지표로 하였다.

2.2.2. 모르터 유동성 실험

모르터의 유동성 실험은 페이스트 분산성 비교실험을 기준으로하여 고성능감수제 종류별로 첨가량을 달리한 초기 동일 Flow수준에서 경시변화특성을 관찰하였다. W/C는 OPC의 경우 0.32, SRC는 0.30를 기준으로 하였으며, 시멘트/모래비는 0.5로 동일하였고, 모래에 의한 영향을 배제하기 위해 입도조정된 모래를 사용하였다(표4). 비빔은 몰탈 믹서를 사용하여 2분간 실시하였고, 모르터의 Flow 측정은 $\phi 100\text{mm} \times \text{H}150\text{mm}$ 로 제작된 Mini Slump Cone을 사용하였으며, 5분, 30분, 60분에서 1분간 재믹싱하여 유동특성 경시변화를 비교평가하였다.

표4. 사용모래의 입도분포

체 공칭치수	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm
통과 백분율(%)	100	65±5	35±5	15±5	4±2

2.2.3. 콘크리트실험

실제 현장조건에 부합되는 배합조건으로 SRC(5종)를 사용하여 내해수성 유동화콘크리트 제조실험을 수행하였다. 사용 혼화제는 시멘트 페이스트 및 모르터 실험결과를 기준으로 N과 P를 대상으로 하였으며, 콘크리트의 요구 목표품질은 표5.와 같고, 사용골재의 물성은 표6.에 나타내었다. 믹싱은 모래→시멘트→자갈(건비빔:30초)→물 투입(60초)→고성능감수제 투입(60초) 순으로 총 150초간 강제식 믹서(Pan-Type, 용량 50L)를 사용하였다. KS F2411에 따른 블리딩 실험을 통해 유동화콘크리트에서 고성능감수제 종류에 따른 블리딩 저감측면 비교 고찰하였으며, 또한 콘크리트의 유동화시 중요한 품질 특성치중의 하나인 슬럼프 경시변화특성(믹싱 직후, 30분, 60분)을 가정식 믹서(2 R.P.M, 용량 80L)을 이용하여 비교하였다.

표5. 콘크리트 목표Spec.

사용시멘트	목표품질			굵은골재 최대치수
	설계기준강도 (kg/cm ²)	Slump (cm)	공기량 (%)	
5종시멘트	350	20.0±2.0	4.5±1.5	19mm

표6. 골재의 특성

항목	비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	조립율	비고 (산지)
골재종류						
잔골재(하천사)	2.58	1.1	1,626	-	2.73	부강산
굵은골재(25mm쇄석)	2.81	0.7	1,571	57.0	6.74	단양산

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 시멘트 페이스트의 분산성

고성능감수제 종류별 분산성능 비교를 위하여 W/C비가 0.3인 조건에서 첨가량을 변화시켜 시멘트 페이스트의 플로우값을 측정한 결과를 그림 1.에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 시멘트 광물조성중 주로 혼화제 흡착에 관여하는 C3A의 함량이 적은 SRC(5종) 경우가 OPC 대비 유동성 측면에서 유리한 잇점을 가지고 있으며, 감수제 종류에 따라서는 N과 M의 경우 0.3% 수준에서 플로우값 측정이 어려웠으나 P의 경우는 양호한 유동성을 보였다. 또한 첨가량이 증가함에 따라 (P: 0.6%이상, N, M: 0.9%이상) 페이스트의 혼합수 분리현상으로 플로우값 증가는 크게 둔화되는 경향을 보였다. 이는 고성능감수제 첨가량에 따른 물-시멘트비 의존성이 있을 것으로는 판단되나 본 실험 조건에서의 고성능감수제 종류에 따른 플로우값은 첨가량 및 고형분 대비 P가 가장 우수한 분산성능을 발휘하고 있는 것을 알 수 있다.

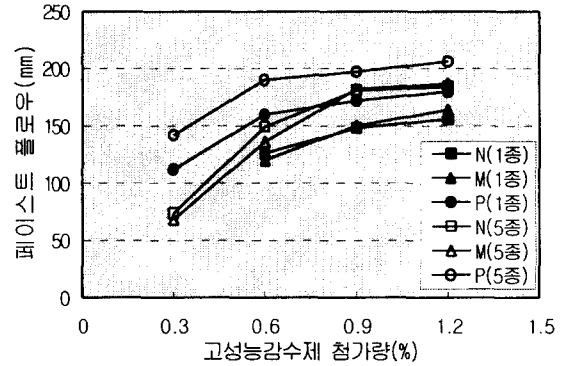


그림1. 시멘트 페이스트의 플로우값(W/C:0.3)

3.2. 시멘트의 수화반응 속도

고성능감수제의 주성분이 시멘트의 응결시간 및 슬럼프 유지성능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 SRC(5종)을 사용한 수화발열 곡선상에 최대 Peak에 도달하는 시간을 측정하여 표7.에 나타내었다. 표에서 보는바와 같이 감수제의 사용은 시멘트 단독 사용 대비 수화반응 속도가 다소 지연되는 효과를 보였으나 콘크리트에서 이들 감수제의 사용은 단위수량 감소를 수반하므로 수화반응 속도는 오히려 빨라지는 효과를 가져 올 것으로 판단된다. 결과에서 감수제 종류별 특징으로는 P의 경우가 가장 큰 지연효과를 보였으나 이는 혼화제 고유의 분산성능을 배제한 동일조건(첨가량)으로 사용한 방법상의 차이와 감수제 주성분의 분산 메카니즘(견고한 보수층 형성에 의한 입체장애)의 영향으로 보여진다.

표7. 최대 Peak 도달시간(h:m)

혼화제종류	Plain(무첨가)	N	M	P
SRC	13:52	15:50	15:10	18:25

* 고성능감수제 사용량: C×1.0 wt% (W/C : 0.5)

3.3. 모르터 유동성

표8. 모르터 플로우 측정결과(mm)

시멘트종류 혼화제종류	OPC (W/C:0.32)			SRC (W/C:0.30)		
	N (1.2%)	M (1.2%)	P (0.9%)	N (0.9%)	M (0.9%)	P (0.6%)
측정시간						
5분	276(100)	262(100)	286(100)	331(100)	323(100)	335(100)
30분	201(72.8)	174(66.4)	232(81.1)	292(88.2)	251(77.7)	312(93.1)
60분	152(55.1)	141(53.8)	209(73.1)	201(60.7)	172(53.3)	243(72.5)

모르터의 혼화제 종류별 플로우값 (유동성) 경시변화를 표8. 및 그림2.에 나타내었다. 고성능감수제 종류에 따른 모르터의 유동성은 시멘트 페이스트의 플로우값과 거의 유사한 경향을 보였으며, 경시변화 특성의 경우도 N과 M은 동일수준인 반면 P는 첨가량이 적음에도 불구하고 주성분의 분산 성능 차이에 의해 N, M 대비 상대적으로 우수한 유동성 및 플로우 유지성을 발휘하였다.

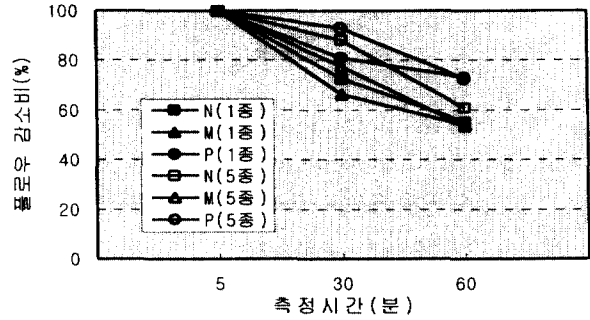


그림2. 고성능감수제 종류별 모르터 플로우 경시변화

3.4. 내해수성 콘크리트의 유동화 특성

콘크리트에서 블리딩현상은 사용시멘트, 골재조건, 혼화제(제) 및 배합조건에 의해 영향을 받지만 본 실험은 사용재료 및 배합이 이미 결정된 현장에 부합되는 내해수성(5종) 유동화콘크리트에서 나프탈린계 및 폴리카본산계 고성능감수제에 대한 블리딩 저감효과를 검토하였다. 배합조건 및 물성 측정결과는 표9.에 나타내었고, 슬럼프 경시변화 및 블리딩 특성을 각각 그림3. 및 그림4.에 나타내었다. 실험결과 블리딩 제어측면에서 가장 효과적인 방법인 혼화제 사용측면에서 감수제의 분산성능의 차이에 의해 블리딩 저감효과가 우수하였으며, 특수공법(Slip form 등)의 적용을 위한 고품질의 내해수성 유동화콘크리트 제조가 가능함을 확인하였다.

[공기 연행성] 연행공기량은 목표수준 확보는 가능하나 N의 경우 공기량 확보를 위해 별도의 AE제를 사용한 반면, P의 경우는 고성능 AE감수제로써 공기연행성이 양호하였다.

[블리딩 특성] 유동화콘크리트의 블리딩 저감은 분산성이 좋은 혼화제의 적정량 사용이 중요하며, 특히 내해수성(5종) 유동화콘크리트는 광물조성(C3A 함량)에 따른 단위수량 저감이 요구됨에 따라 P의 경우 고유동성 유지와 함께 블리딩 저감효과가 뚜렷하였다. 반면 N의 경우는 목표 슬럼프 확보를 위해 첨가량 증대에 따라 블리딩 현상 증대 및 블리딩 속도가 빠른 경향을 보였다.

[슬럼프 경시변화] 유동화콘크리트의 주요 품질 특성치로서 경시변화는 나프탈린계가 슬럼프 손실이 큰 반면 P의 경우는 측정시간 60분 전·후에서 슬럼프가 다소 증대되는 경향을 보였다.

표9. 콘크리트 배합조건 및 실험결과

구 분	배합조건(kg/m ³)					Slump (cm)	공기량 (%)	블리딩량 (cc/cm ²)	블리딩율 (%)	압축강도(kg/cm ²)			비 고 (사용골재)	
	W/C	W	S/A	SP	AE					3일	7일	28일		
SRC	N	39.8	165	44.0	4.0	0.125	21.0	2.5	0.43	9.90	270	372	458	연구소골재 (25mm)
	P-1				2.7	-	19.5	3.2	0.08	1.80	273	389	472	
	P-2				2.9	-	21.0	3.0	0.14	3.40	262	380	464	
	N	39.8	165	44.0	4.0	0.125	19.5	3.0	0.19	5.00	243	337	491	현장골재 (19mm)
	P-①				3.0	-	20.5	4.6	Tr.(측불)		268	383	498	
	P-②				3.2	-	23.0	5.6	Tr.(측불)		246	369	505	

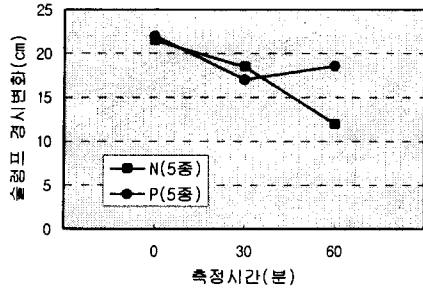


그림3. 고성능감수제 종류별 슬럼프 경시변화

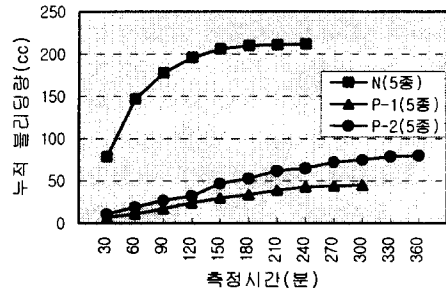


그림4. 고성능감수제 종류별 블리딩 특성

4. 결론

본실험에서 주성분이 다른 시중 유통 나프타린계, 멜라민계 및 폴리카본산계 고성능감수제를 대상으로 한 시멘트 페이스트 및 모르타의 분산성 비교실험 및 이를 바탕으로한 현장조건의 내해수성 유동화 콘크리트 블리딩 특성 검토결과,

- 1) 폴리카본산계가 첨가량 및 고형분 함량이 낮지만 우수한 분산성능을 발휘하였으며, 반면에 수화반응속도는 다소 지연되는 특징을 가지고 있었다.
- 2) 내해수성(5종) 유동화콘크리트는 광물조성(C3A 함량)에 따른 단위수량 저감이 요구됨에 따라 폴리카본산계의 경우 고유동성 유지와 함께 블리딩 저감효과가 뚜렷하였다.
- 3) 따라서 분산성능 우수한 고성능감수제의 적절한 사용으로 블리딩 저감등 콘크리트 요구특성 개선 및 해안 연안구조물의 특수공법(Slip form 등)의 적용을 위한 고품질의 내해수성 유동화콘크리트 제조가 가능함을 확인하였다.

고성능감수제 주성분별 품질특성(요약)

실험항목	품질특성	비교평가
시멘트 및 모르타	분산성	P>N≅M
	수화반응속도	M≅N>P
콘크리트	공기량	P≥N
	슬럼프 경시변화	P>N
	블리딩 저감	P≫N

5. 참고문헌

- 1) 各種の減水劑を添加したペースト及びモルタルの流動性, 山口 修 外 3人, セメント・コンクリート論文集, No. 49, pp. 216~221, 1995.
- 2) ポリカルボン酸系高ピーライト系セメントに對する吸着舉動, 中村 昌士 外 1人, セメント・コンクリート論文集, No. 50, pp. 892~897, 1996.
- 3) 新規高性能減水劑の構造と物性, 佐藤 治之 外 2人, セメント・コンクリート論文集, No. 49, pp. 222~227, 1995.
- 4) 高流動モルタルの性状及ぼすセメント及び高性能AE減水劑の影響, 吳 承寧 外 3人, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol. 18, No.1, pp. 57~62, 1996.
- 5) 新規高性能AE減水劑を用いたコンクリート物性, 北天 和重 外 3人, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol. 18, No.1, pp. 381~386, 1996.