

제올라이트 분말을 이용한 콘크리트의 초유동화에 관한 실험적 연구

김 화 중

(경북대학교 건축공학과 교수, 공박)

1. 서 론

콘크리트에 요구되는 성능은 프레스하 상태에서 장기 내구성에 이르기까지 다양하며, 건축물의 다양화, 시공법의 발전에 따라 고성능의 콘크리트가 요구되고 있다. 그러나 건축물의 고층화·대형화로 인한 고밀도 배근과 폼프시공에 의한 콘크리트의 대량 타설에 의한 다짐이 어려운 점은 구조물의 내구성 저하의 원인이 되고 있다. 따라서 다짐작업등의 작업 정도에 영향을 받지 않고 구조물의 내구성을 확보할 수 있는 고품질의 콘크리트와 시공 방법이 요구되고 있으나 국내에서는 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 본 실험은 구조물의 신뢰성 확보를 목적으로 시공 정도에 영향을 받지 않는 초유동 콘크리트를 개발하기 위하여 혼화재료써 제올라이트를 사용한 초유동 콘크리트 개발을 위한 실험적 연구이다. 제올라이트는 입경이 작아 시멘트 페이스트의 내부공극사이를 충전하여 강도를 높일 수 있다고 보고되고 있으며, 고성능 감수제를 계면활성효과로 액중에 분산하는 경우 모르터의 증점효과와 고밀도충진성으로 콘크리트의 성능 개선이 가능하다. 제올라이트의 콘크리트용 혼화재료로의 사용은 굳지 않은 콘크리트의 재료분리저감성과 경화시의 강도증진에 효과

가 있다고 보고되고 있으므로 본 연구에서는 콘크리트의 유동성의 개선을 목적으로 제올라이트를 사용한 시멘트 페이스트와 모르터의 레올로지적 성질개선에 관한 실험적 고찰을 행하고 콘크리트부문에서는 모르터실험을 토대로 콘크리트의 초유동화를 위한 몇가지 배합을 계획한 뒤 초유동콘크리트의 요구되는 성능을 만족하도록 배합을 설정하고, 평가함으로써 제올라이트를 사용한 콘크리트의 초유동화를 검토하는 것으로 연구를 마무리한다.

2. 모르터 실험

2.1 실험 개요

콘크리트의 유동성은 굵은 골재의 형상, 공극율과 모르터의 유동성에 의존하고 모르터의 유동성은 잔골재의 공극율과 시멘트 페이스트의 유동성에 의존한다. 그러므로 콘크리트의 유동성을 안다는 것은 그의 페이스트와 모르터의 유동성을 파악함이 필연적이다. 그러나 콘크리트 및 모르터에 대한 유동성의 평가는 각종 컨시스턴시 시험을 사용하였는데, 그의 성상을 명확히 알기 위해서는 그것을 구성하는 페이스트와 모르터의 레올로지적 평

가가 유효하다고 생각되어진다. 일반적으로 생콘크리트를 유체로서 평가하는 것은 어려운 일이나 슬럼프시험은 유동학적으로 말하면 항복치를 측정하는 시험이라 할 수 있고 근년 省力化와 펌프시공의 관점에서 많이 사용되는 초유동 콘크리트는 사용되는 페이스트와 모르터를 고유동체로 제안되고 그의 점도 및 항복치는 각종의 점도계로 측정이 가능하다.

본 연구는 페이스트와 모르터의 점도, 항복치를 B형점도계로 측정하고 제올라이트·증점제 치환 효과와 유동성과의 관계를 고찰한다. 제올라이트 치환의 범위는 경제성과 강도

발현성을 고려하여 유동성에 요구되는 시멘트량의 0, 10, 20%범위로 하였고 고성능 감수제는 3%로 고정, 고성능 감수제의 과다 사용으로 인한 재료분리를 막기 위해서 아크릴계의 증점제를 0, 1, 2%범위로 사용하였다.

〈표-2.1 변화 인자 및 수준〉

변화 인자	水準	水準數
물-시멘트 비	40%	1
시멘트 : 모래 비	1 : 2	1
혼화제(제올라이트)	0, 10, 20%	3
혼합비	20%	
고성능 감수제	3%	1
증점제	0, 1, 2%	3

〈표-2.2 모르터 실험의 배합비〉

구분	물-시멘트비 (W/C)	결합재량 (C×%)	시멘트:모래	고성능AE감수제 (C×%)	증점제 (W×%)
Z0-0	40%	0%	1 : 2	3%	0%
Z0-1					1%
Z0-2					2%
Z10-0		10%			0%
Z10-1					1%
Z10-2					2%
Z20-0		20%			0%
Z20-1					1%
Z20-2					2%

주) Z 0-0
 L 0 : 증점제 0%, 1 : 증점제 1% 2 : 증점제 2%
 L 0 : 제올라이트 치환율 0% 10 : 제올라이트 치환율 10% 20 : 제올라이트 치환율 20%
 L 제올라이트

〈표-2.3 시멘트의 화학 조성〉

성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Igloss
조성비(%)	21.4	7.0	2.9	3.1	1.7	60.8	0.72	0.12	1.2

〈표-2.4 시멘트의 물리적 성질〉

비중	안정성	분말도	응결시간(h-m)		압축강도(kg/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	양호	3140	3-45	7-20	210	280	376

〈표-2.5 제올라이트의 물리적 성질〉

종류	화학조성						비중
	화학조성 조성비(%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	
제올라이트		84.40	12.61	1.88	0.28	0.83	2.22

〈표-2.6 고성능감수제의 물리적 성질〉

SP제	유형	색상	주성분	비중
NN-1000	액상	암갈색	나프탈렌포름알데히드축합물	1.20±0.02(20℃)

〈표-2.7 증점제의 물리적 성질〉

증점제	유형	색상	주성분	비중
	액상	우유빛	아크릴 아스테르 및 초산비닐	-

실험에 사용되는 변화 인자와 수준은 표-2.1에 모르타의 배합비는 표-2.2에 나타내고, 시멘트 페이스트의 배합은 모르타 배합에서 잔골재를 뺀 배합으로 한다.

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트 I種이며, 그 화학조성 및 시멘트의 물리적 성질은 각각 표-2.3, 표-2.4와 같고 혼화재료로서의 제올라이트는 경북 포항산으로서 원석을 분쇄한 후 체가름을 통하여 No.200 체를 통과한 미분말로 화학조성 및 비중은 표-2.5에 나타내는 것과 같다. 또한 모래는 입형에 따른 플로우의 영향을 최대한 줄이기 위하여 주문진산 표준사를 사용하였다. 그리고 낮은 물시멘트비, 고분말도의 혼화재료의 사용 등으로 인한 슬럼프 저하를 감안하여 각 배합당 나프탈렌 실펜산염계의 고성능 감수제를 사용하였고(참조 표-2.6) 고성능 감수제의 과다 사용으로 인한 재료분리를 막기 위해서 아크릴계의 증점제를 사용하였다.

2.2 시험 방법

2.2.1 유동성의 평가

페이스트와 모르타의 제작은 결합재(시멘트, 제올라이트), 물(고성능감수제, 증점제 함유)을 넣고 제1속으로 1분간, 제2속으로 2분간 혼합한다. 유동성 평가는 사진 1에 나타낸 소형 슬럼프 플로우 시험기를 사용한다. 이 기구는 플로우 시험에 사용되는 콘에 모르타를 주입하고 다짐이 없이 서서히 들어 올려 퍼지는 거리를 측정하여 가장 긴 길이와 짧은 길이의 평균치를 소형 슬럼프 플로우치(sSf)로 하고 플로우 판은 슬럼프 플로우 테스트 판을 이용하였다.

2.2.2 레올로지 특성의 평가

가) 페이스트의 레올로지 시험

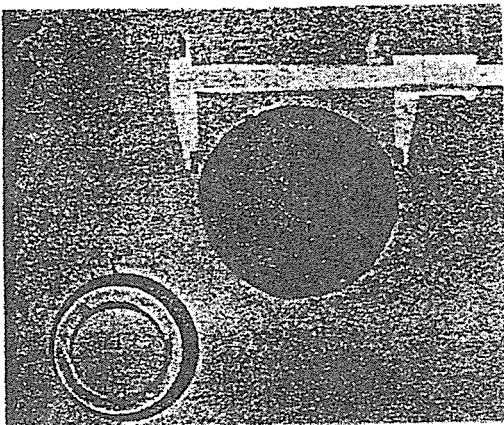
점도계를 사용하여 시멘트 페이스트의 유동성을 측정한 경우 전단 속도와 전단응력의 관계는 일반적으로 비-뉴우튼 유체와 비감유체(bingham)의 중간 성상을 표시한다. 적절한 유동성을 가지는 콘크리트는 회전자의 회전수를 8단계로 변화시켰을 때 전단속도와

전단응력과와의 관계를 직선으로 보아 그의 기울기 및 y절편치로서 소성점도 및 항복치를 구한다.

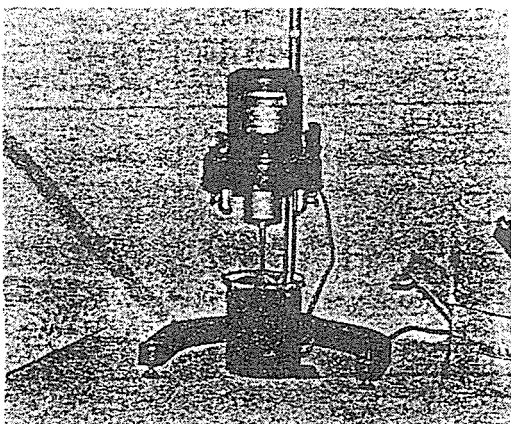
아래의 사진 2에 나타난 원판회전식(東機産業製 R형점도계 BH5번 회전자)회전 점도계를 사용하여 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20, 50, 100rpm의 회전 속도에 대하여 각 10초 간격으로 회전속도를 상승시켜 측정한다.

나) 모르터의 레올로지 시험

모르터의 레올로지 시험은 페이스트의 레올로지 시험과 동일한 측정을 행하고 배합은 페이스트에 잔골재를 추가하여 모르터를 제작한다.



〈사진 1 소형 슬럼프 플로우 시험기〉



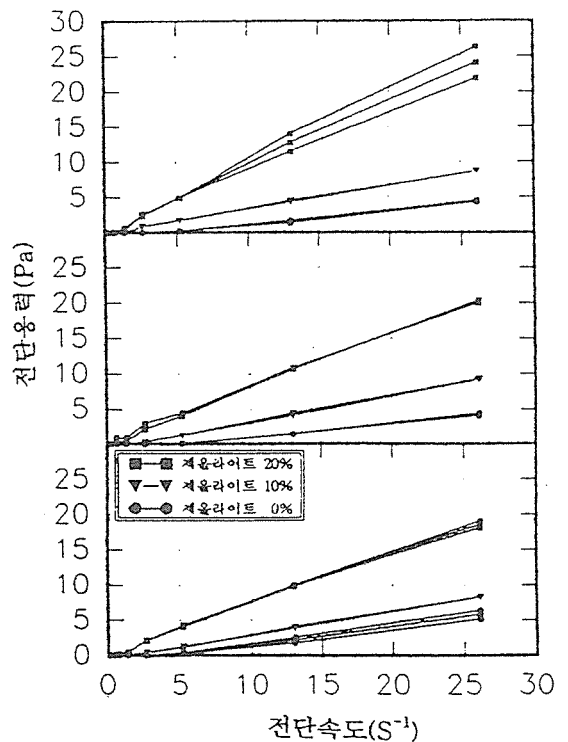
〈사진 2 회전 점도계〉

2.3 실험결과 및 고찰

2.3.1 페이스트의 레올로지 특성과 유동성

그림-2.1은 물/미분말(시멘트·제올라이트) 40%의 조건에 고성능 감수제 3%를 사용한 제올라이트 치환 페이스트의 레올로지 곡선으로 증점제량을 일정하게 한 경우 제올라이트 치환을 증가로 인한 구배(소성점도)가 증가하는 경향들을 나타내고 있다.

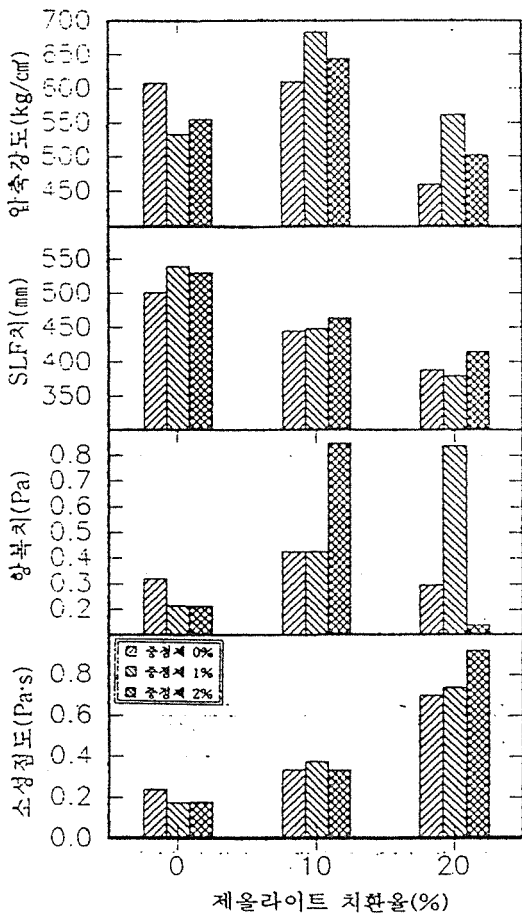
그림-2.2의 제올라이트 치환에 따른 슬럼프 플로우치의 관계에서 증점제 첨가량을 변화시킨 경우 제올라이트 0%치환시는 슬럼프 플로우치가 높게 나타났으나 재료분리현상이 발생하였으므로 재료분리가 발생하지 않은 제올라이트 10, 20% 치환시의 슬럼프 플로우치를 비교해 봤을때 제올라이트 10% 치환



〈그림-2.1 페이스트의 레올로지 유동곡선〉

〈표-2.8 제올라이트·증점제 치환 페이스트의 레올로지 특성과 유동성〉

구분	소성점도 (Pa·s)	항복치 (Pa)	소형 슬럼프 플로우치(mm)
Z0-0	0.236	0.318	501
Z0-1	0.171	0.212	539
Z0-2	0.176	0.212	530
Z10-0	0.334	0.424	445
Z10-1	0.375	0.424	448
Z10-2	0.334	0.848	464
Z20-0	0.699	0.295	388
Z20-1	0.736	0.837	379
Z20-2	0.920	0.138	415

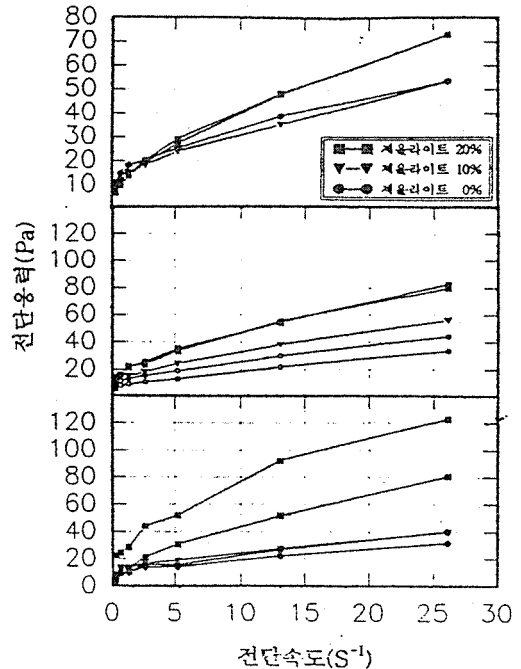


〈그림-2.2 제올라이트 치환량에 따른 페이스트의 소성점도, 항복치, 소형 슬럼프 플로우치, 압축강도의 관계〉

이 양호하게 나타났고 압축강도 면에서도 10%치환이 가장 좋은 값을 얻을 수 있다. 또한 제올라이트 치환에 따른 소성점도의 관계에서 증점제량을 일정하게 한 조건에서 제올라이트 치환율을 증가시킬 경우 소성점도는 증가하나 항복치는 증점제 1% 치환시 증가하는 경향을 나타내고 증점제 0, 2% 치환시 감소하므로 항복치와 소성점도에 대한 적절한 제올라이트 치환량이 존재함을 알 수 있다.

2.3.2 모르터의 레올로지 특성과 유동성

그림-2.3은 모르터의 유동곡선으로서 페이스트 레올로지 유동곡선에서 보다 모르터의 유동곡선이 더욱 비감(bingham)유체에 가까운 거동을 나타내고 있다. 또한 모르터의 레올로지 유동곡선에서도 페이스트와 같이 증점제량이 일정한 경우 제올라이트의 치환



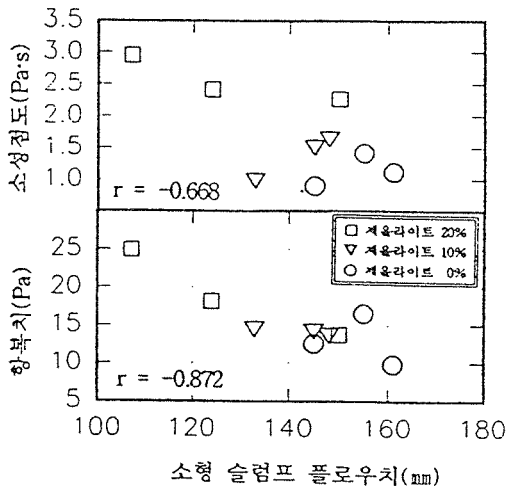
〈그림-2.3 모르터의 레올로지 유동곡선〉

량 증가에 따라 소성점도(구배)가 증가하는 것을 유동곡선상에서 볼 수 있다.

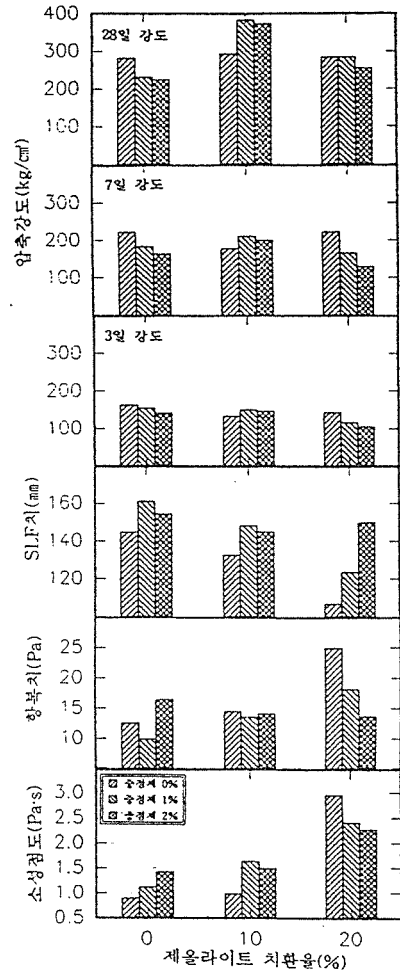
그림-2.4는 소형 슬럼프 플로우치와 레올로지 정수와의 관계를 나타내었다. 소형 슬럼프 플로우치와 소성점도와의 상관관계는 미약한 것으로 나타났으며 슬럼프 플로우치와 항복치와는 비교적 양호한 상관관계를 갖는데 항복치가 작을수록 슬럼프 플로우치는 증가한다.

〈표-2.9 제올라이트·증점제 치환 모르터의 레올로지 특성과 유동성〉

구 분	소성점도 (Pa·s)	항복치 (Pa)	소형 슬럼프 플로우치(mm)
Z0-0	0.894	12.500	145
Z0-1	1.110	9.822	161
Z0-2	1.416	16.442	155
Z10-0	0.975	14.416	133
Z10-1	1.634	13.544	148
Z10-2	1.498	14.109	145
Z20-0	2.947	24.851	107
Z20-1	2.410	18.091	124
Z20-2	2.270	13.686	150



〈그림-2.4 모르터의 소형 슬럼프 플로우치와 레올로지 정수〉



〈그림-2.5 제올라이트 치환량에 따른 모르터의 소성점도, 항복치, 소형 슬럼프 플로우치, 압축강도의 관계〉

〈표-2.10 페이스트와 모르터의 압축강도 결과〉

구 분	페이스트	압축강도(kg/cm ²)			
		모르터			
		28일	3일	7일	28일
Z0-0	608	162	222	281	281
Z0-1	533	154	183	231	231
Z0-2	555	142	164	224	224
Z10-0	610	133	177	293	293
Z10-1	683	149	210	383	383
Z10-2	644	146	200	373	373
Z20-0	459	143	222	284	284
Z20-1	561	115	165	284	284
Z20-2	502	105	129	254	254

그림-2.5에서 제올라이트 치환율과 소성점도의 관계를 보면 증점제량이 일정한 경우에 제올라이트의 증가는 소성점도를 높이고 특히 제올라이트 10~20%치환 사이에서 소성점도의 증가폭이 높게 나타난다. 또한 제올라이트 치환율에 따른 소형 슬럼프 플로우치의 관계에서 증점제 치환량이 일정할때 제올라이트 치환에 따라 소형 슬럼프 플로우치가 감소하는 경향을 보인다.

제올라이트 치환율에 따른 압축강도면에서도 페이스트실험과 같이 10%치환시에 가장 좋은 결과를 볼 수 있다.

3. 콘크리트 실험

초유동 콘크리트의 요구성능을 정량적으로 명확히 판정할 수 있는 표준 시험법은 아직까지 확립되어 있지 않다. 그러나 근래 콘크리트의 변형성과 분리저항성 양자의 성질을 슬럼프값으로 나타내어, 초유동 콘크리트의 요구성능을 평가하고 있다.

따라서 본 연구는 초유동 콘크리트의 요구

〈표-3.1 시험 방법과 측정항목〉

평가 성상	시험 방법	측정 항목
유동성	Slump- Flow 시험	슬럼프플로우치(S_f) 플로우 50cm시간(S_{50}) 플로우 종료시간(S_t)
	L Flow 시험	L 플로우치(L_f) L 플로우속도 (LV_{5-10} , LV_{5-20} , LV_{5-30}) L 플로우 시간(L_{t30} , L_t)
간극 통과성	V로트유하 시험	유하 시간(V_t)
분리 저항성	조골재씻기 시험	중심부 조골재비(A_i) 주변부 조골재비(A_o)

성능을 크게 유동성, 재료 분리 저항성, 간극 통과성 등의 3가지 항목을 중심으로 고찰하기로 한다. 표-3.1에 시험방법과 측정항목을 나타낸다.

3.1 실험계획

실험배합은 표-3.3과 같고 비빔은 60 l 강제식 믹서기를 사용하여 건비빔 1분, 습비빔 4분으로 전체 5분 비빔으로 하였다. 공시체의 제작은 콘크리트 비빔후 60분후에 압축강도 시험용으로 $\phi 10 \times h 20$ cm의 공시체를 제작하여 24시간후에 탈형하여 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 수중 상태에서 3, 7, 28일의 재령까지 양생시켰다.

본 연구의 사용재료는 모르타 실험과 동일하나 잔골재는 조립율이 2.71인 경북 옥성산 강모래이며, 굵은 골재의 경우 경북산 쇄석 골재를 사용 하였다. 골재의 물리적 성질은 표-3.4와 같다.

3.2 실험결과 및 고찰

3.2.1 굳지 않은 상태에서의 초유동 콘크리트의 성능 평가

가) 유동성에 관한 고찰

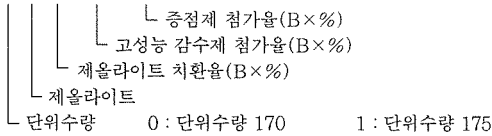
그림-3.1는 슬럼프 플로우 거리에 대한 슬럼프 플로우 속도(S_{V20-50})를 표시한 것으로써 슬럼프 플로우치(SLF)가 500~700mm일 때 플로우의 속도가 10~60mm/sec를 대체적으로 만족하고 있다. 5Z10-3.5-2.0의 경우는 단위수량이 많은 관계로 처음 30cm까지는 높은 속도를 가지나 소성점도의 부족으로 골재의 막힘에 의해 슬럼프 속도가 떨어졌다.

그림-3.2에서 슬럼프 플로우치에 대한 경시변화를 보면 경시변화가 거의 없는 것으로 사료된다.

〈표-3.3 실험 배합〉

배합 조건	단위수량	굵은 골재 최대치수 (mm)	물결합재비 (W/B비) (%)	조골재율 (m ³ /m ³)	단위중량 (kg/m ³)					고성능 AE감수제 (B×%)	증점제 (B×%)	
					단위결합재량(kg/m ³)			모래	자갈			
					치환율	시멘트	혼화제					
OZ0-2.5-0.5	170	25	35	0.3	0 %	485.71	-	814.78	822.0	2.5	0.5	
OZ0-3.0-2.0											3.0	2.0
OZ5-2.5-0.5					5 %	461.43	24.29	807.10	822.0	2.5	0.5	
OZ5-3.0-1.0										3.0	1.0	
OZ10-2.0-0.0										2.0	0.0	
OZ10-2.5-1.8					10 %	437.14	48.57	876.75	822.0	2.5	1.8	
OZ10-3.0-2.0						3.0	2.0					
5Z10-2.5-1.0	175	25	35	0.3	10 %	450.00	50.00	774.30	822.0	2.5	1.0	
5Z10-2.5-1.25										2.5	1.25	
5Z10-2.5-1.5										2.5	1.5	
5Z10-3.5-1.8										3.5	1.8	
5Z10-3.5-2.0										3.5	2.0	
5Z10-4.0-2.0										4.0	2.0	

배합조건 : 0 Z 0 - 2.5 - 0.5



〈표-3.4 골재의 물리적 성질〉

종류 (mm)	표준비중	최대크기 (mm)	단위용적 중량 (kg/m ³)	흡수율 (%)	공기량 (%)	실적율 (%)	마모율 (%)	조립율
잔골재	2.58	4.76	1682	1.63	34.8	65.2	-	2.71
굵은 골재	2.76	25	1480	1.26	47	53	23.8	6.74

그림-3.3에서 L Flow거리에 따른 속도의 변화관계를 나타내었는데 L Flow치가 400~750mm 범위일때 L Flow속도(Lf30)가 표준치 50~250mm/sec를 대체적으로 만족하고 있다.

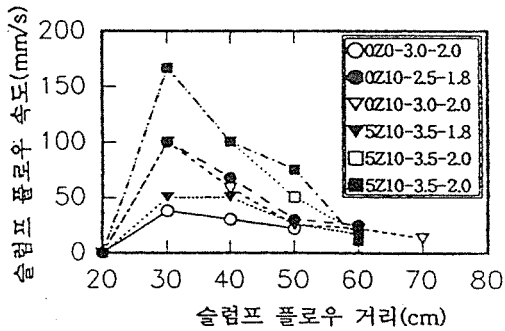
그림-3.4에서 L Flow치의 경시변화는 유동성이 좋은 5Z10-3.5-2.0의 경우를 시간별로 측정된 결과 시간의 경과에 따른 L Flow

속도에 약간의 저하가 있다.

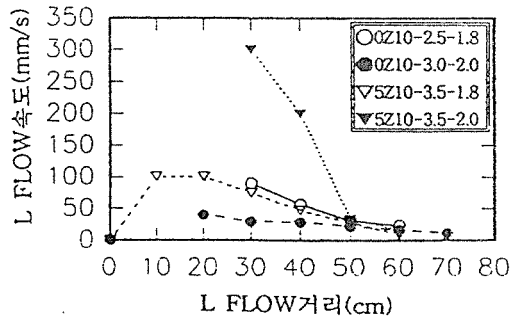
나) 간극통과성에 관한 고찰

표-3.5에서는 유동성이 500~700mm범위에 있는 콘크리트를 가지고 V로트 유하시간을 측정된 결과 표준치 5~15초를 만족하는 값으로 나타났다.

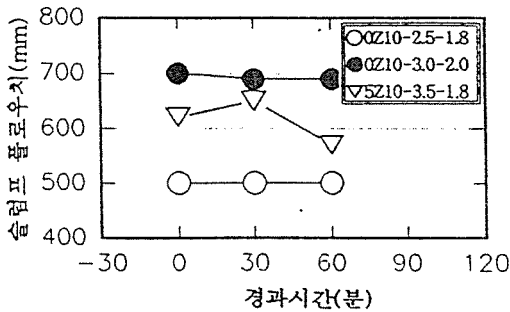
그림-3.5은 경시변화에 따른 V로트 유하시



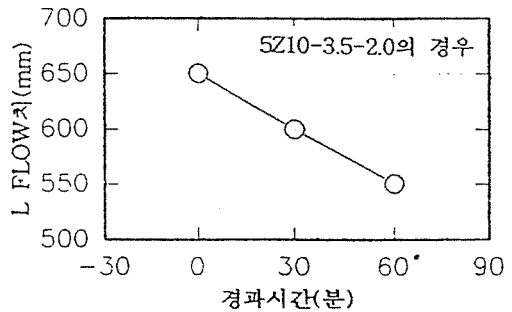
〈그림-3.1 슬럼프 플로우거리-속도 관계〉



〈그림-3.3 L flow 거리-속도 관계〉



〈그림-3.2 슬럼프 플로우치의 경시변화〉



〈그림-3.4 L flow 치의 경시변화〉

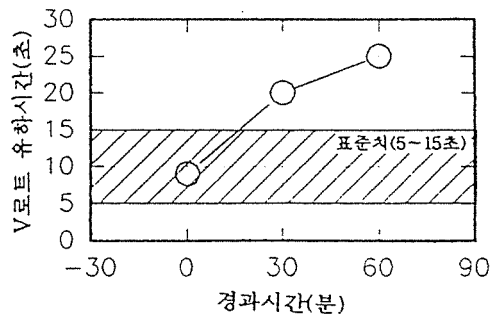
간으로 비빔직후 30분사이에 유하시간의 급격한 증가로 간극통과성에 문제가 있는 것으로 나타났다.

〈표-3.5 V로트 시험 결과〉

구 분	V로트 상대유하속도 (1/s)	V로트 유하 시간
표준치	0.5 - 1.5	5 - 15 sec
OZ10-2.5-1.8	0.55	9sec14
OZ10-3.0-2.0	0.53	9sec50
SZ10-3.5-2.0	0.55	9sec

$$\text{상대 유하속도} = \frac{5}{tv}$$

tv : 유하 시간(초)



〈그림-3.5 V로트 유하시간의 경시변화〉

다) 재료분리저항성에 관한 고찰

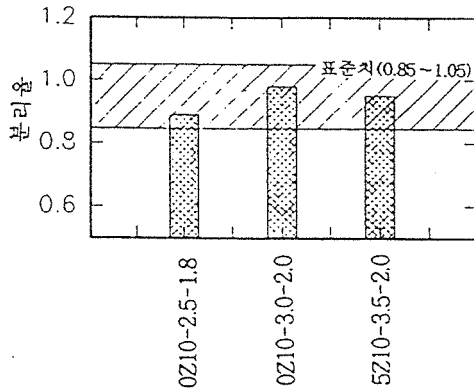
분리저항성에 관해서는 슬럼프 플로우 시험에서 500~700mm범위의 콘크리트를 대상으로 분리율을 평가하였다.

그림-3.6에서 재료분리율의 실험치와 표준치를 비교하여 볼 때 분리율의 표준치 0.85~1.05를 만족하고 있다.

추후 재료분리 저항성에 관한 평가는 시험방법의 정립과 아울러 육안관찰에 의해서도 판정할 수 있는 적절한 시험법의 개발이 필요

〈표-3.6 분리 저항성 시험 결과〉

구 분	(단위:g/cm ²)		분리율 (A ₀ / A _i)
	주변부 단위 조골재량 (A ₀)	중심부 단위 조골재량 (A _i)	
표준치			0.85~1.05
OZ10-2.5-1.8	2.31	2.59	0.89
OZ10-3.0-2.0	2.47	2.52	0.98
5Z10-3.5-2.0	1.80	1.90	0.95



〈그림-3.6 재료분리율의 실험치와 표준치〉

하다고 사료된다.

3.2.2 경화상태에서 초유동 콘크리트의 압축강도

그림-3.7은 재령에 따른 압축강도 발현율과 고성능감수제 및 증점제량에 따른 압축강도 성상을 나타낸 것으로 초기 재령에서 약간 낮은 값을 나타내지만 재령이 증가할수록 강도발현율은 증가하여 거의 plain콘크리트의 수준에 도달한다. 한편 초기 재령에서 강도발현 수준에 미달되는 것은 재료분리를 막기 위해 증점제 사용과 고성능 감수제를 사용으로 인한 콘크리트의 응결 지연에 기인한 것으로 사료되므로 초기재령에서의 강도발현을 위해서는 적절한 배합에 의한 첨가율을 도출하여야 될 것이다.

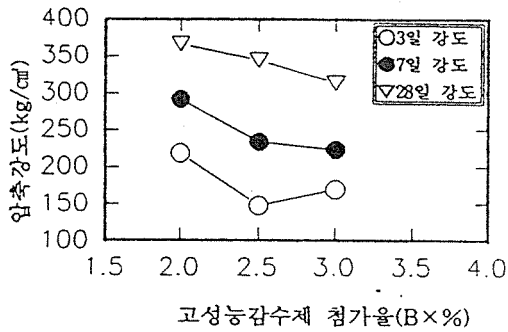
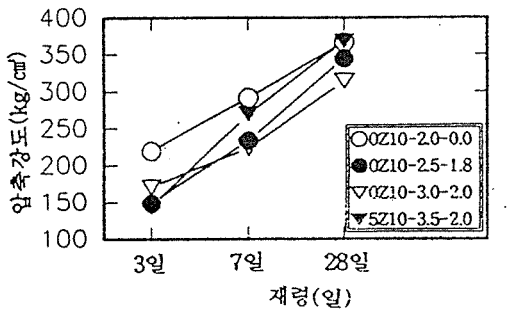
그림-3.7에서 압축강도에 있어서 고성능 감수제의 영향을 보면 고성능 감수제 2%이상의 범위에서 목표 슬럼프 플로우치를 얻기 위해 고성능 감수제량을 증가시킬 경우 압축강도가 저하되는 것으로 나타났다. 이로 보아 추후 온도 변화에 따른 고성능감수제의 영향이 검토되어야 할 것이다.

3.3 각 성능 평가의 상관관계 고찰

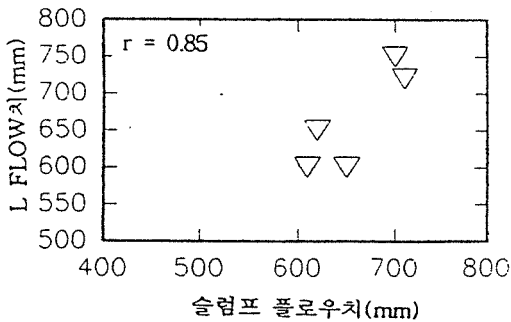
그림-3.8에서 L Flow치(Lf)와 슬럼프 플로우치(Sf)의 상관관계를 고찰하면 상관계수가 0.85로 상관성이 높으며 본 시험의 결과로

〈표-3.7 콘크리트 압축강도 시험 결과〉

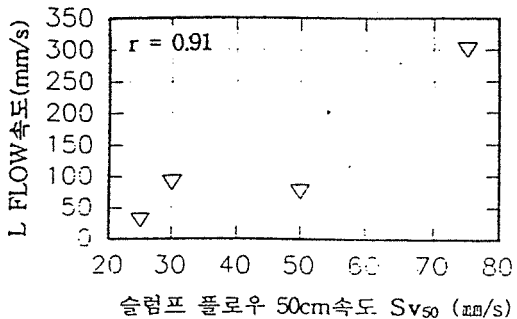
구 분	압 축 강 도 (kg/cm ²)											
	3일 강도				7일 강도				28일 강도			
	①	②	③	평균	①	②	③	평균	①	②	③	평균
OZ10-2.0-0.0	213	222	223	219	277	293	305	292	381	347	370	366
OZ10-2.5-1.8	153	157	135	148	216	235	250	234	354	356	323	344
OZ10-3.0-2.0	179	162	169	170	223	233	216	224	331	308	303	314
5Z10-3.5-2.0	113	165	150	143	279	267	265	270	376	413	315	368



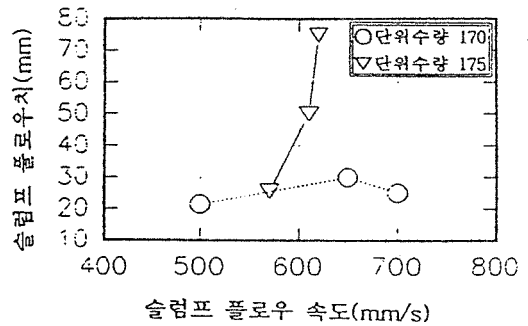
〈그림-3.7 압축강도에 미치는 영향인자〉



〈그림-3.8 슬럼프 플로우치와 L Flow치의 상관 관계〉



〈그림-3.9 슬럼프 플로우속도와 L Flow속도의 상관관계〉



〈그림-3.10 슬럼프 플로우속도와 슬럼프 플로우치의 상관관계〉

양호한 Sf치 600~750mm범위에 대한 Lf치는 600~750cm의 범위이다.

그림-3.9는 L Flow속도(Lv)와 슬럼프 플로우 50cm에서 구한 슬럼프 플로우 속도 (Sv50)의 상관관계를 표시하였는데 상관계수가 0.91로 높게 나타났다.

그림-3.10은 단위수량에 따른 슬럼프 플로우치와 슬럼프 플로우 속도의 관계로 단위수량 175일 경우 슬럼프 플로우치에 따른 슬럼프 플로우 속도는 단위수량 170일 경우보다 크다. 이는 단위수량의 증가로 굳지 않은 콘크리트의 소성점도가 저하된데 기인하는 것으로 보여진다.

4. 결 론

1. 모르터의 슬럼프 플로우치와 항복치는 비교적 양호한 상관을 가지며 항복치가 작으면 슬럼프 플로우치는 증가한다.

2. 페이스트와 모르터 시험에서 제올라이트 치환율의 증가에 의해 소성점도가 증가하며 특히 제올라이트 10~20%치환 사이에서 소성점도 증가 폭이 크다.

3. 페이스트와 모르터시험에서 제올라이트 10% 치환시에 압축강도가 가장 좋게 나타난

다.

4. 슬럼프 플로우치가 500~700mm가 되는 콘크리트의 경우 슬럼프 플로우 속도가 대체적으로 표준치 10~60mm/s를 만족하며 경시 변화는 거의 없는 것으로 생각되어지고 간극 통과성의 표준치(0.5~1.5초)와 재료분리 저항성의 분리율 표준치(0.85~1.05)도 만족하였다.

5. 압축강도면에서는 고성능감수제의 과다 사용으로 초기재령에서 약간 낮은 값을 나타냈으나 재령 28일에서 거의 plain콘크리트 수준에 도달하였다.

6. L Flow치(Lf)와 슬럼프 플로우치(Sf)의 상관관계는 상관계수가 0.85로 상관성이 있으며 본 시험의 결과로 양호한 슬럼프 플로우치 600~750mm범위에 대한 L 플로우치는 600~750cm으로 나타났다.

7. L Flow속도(Lv)와 슬럼프 플로우 속도(Sv50)의 상관관계는 상관계수가 0.91로 높게 나타났다.

참고문헌

- 강석화, 박칠림, "초유동 콘크리트의 메카니즘", 콘크리트학회지, 1994.2, pp32-41
- 泉 達男 外3人, "高流動콘크리트의 레올로지-특성에關する基礎的研究", 콘크리트工學年次論文報告集, 1994,Vol.16,No.1, pp177~182
- 寺田謙一 外2人, "超流動콘크리트의各種 콘систен시-評價試驗方法에關する研究(その9:モルタルのレオロジ-試驗(1)(2))", 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994.9, pp495-498
- 小野山貫造 外6人, "超流動콘크리트의調査에關する實驗的研究(その3: モルタル層のレオロジ-특성)", 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994.9, pp577-578
- 枝松良展 外2人, "モルタルのフロー値に及ぼす粉體特性の影響", 콘크리트工學年次論文報告集, 1994,Vol.16,No.1, pp77~82
- 角田忍, "高流動콘크리트의流動性評價研究", 콘크리트工學年次論集, 1994, Vol.16,No.1, pp183~188
- 岳尾 告一, "シリカフュームを用いたモルタルの流動性に關する基礎的研究", 콘크리트工學年次論文報告集, 1994,Vol.16,No.1, pp89~94
- 綠川猛彦 外1人, "ベストの流動性に及ぼす微粉末物性の影響", 콘크리트工學年次論文報告集, 1994,Vol.16,No.1, pp71~76
- 谷川 恭雄, "超流動콘크리트における粗骨材運行性に關するレオロジ-的考察", 超流動콘크리트에關するシンポジウム論文集, 日本 콘크리트工學協會, 1993.5, pp 79-84
- 松田 敦夫 外 2人, "超流動콘크리트의各種 콘систен시-評價試驗方法에關する研究(その3:Lフロー-試驗)", 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994.9, pp483-484
- 梅本 宗雄 外 2人, "超流動콘크리트의各種 콘систен시-評價試驗方法에關する研究(その4:V로트試驗)", 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994.9, pp485-486
- 강석화, "초유동 콘크리트의 개발", 대우건설기술지, 1993.7, pp.74-87
- 장일영, 박 희민 "하이퍼포먼스 콘크리트의 가능성", 한국콘크리트학회지, 제4권, 2호 1992.6, pp45-51

14 정재동, 노재호, “고성능 콘크리트의 개발과 전망”, pp 64-74

15. 岡村 甫, 坂田昇, “締固め不要コンクリートの充填性評価のためのロート試験”, 超流動コンクリートに関するシンポジウム論文集, 日本コンクリート工學協會, 1993.5, pp17-22

16. 松岡 康訓, 新藤 竹文, “超流動コンクリートの開發と實用, 施工”, No.302, 1990.12,

pp48-53

17. 岡村 甫, “締固め不要への挑戦”, セメント.コンクリート, No.539, 1992.1, pp2-9

18. 岡村 甫, 小澤 一雅, “締固め不要コンクリートの可能性と課題”, コンクリート工學, Vol.26, No.1, 1988.1, pp1-3

19. 岡村 甫, 小澤 一雅, “HPCコンクリートの開發”, コンクリート工學年次論文報告集, Vol.11, No.1, 1989.6, pp 69-74

공사현장에서의 레미콘에 대한 물타기(加水)는 콘크리트 강도, 내구성, 수밀성을 현저하게 저하시키므로 절대 금지한다.



그렇게 물을 많이 사용하면 배탈이 난다