플라이 애쉬 및 고로시멘트를 사용한 중유동콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties of Middle Fluidity Concrete using the Fly-ash and Portland Blast-Furnace Slag Cement

윤 종 기* 나 철 성* 송 민 섭* 김 재 환** 장 종 호** 김 무 한***
Yoon, Jong-Kee Na, Chul-Soung Song, Min-Seob Kim, Jae-Hwan Jang, Jong-Ho Kim, Moo-Han

ABSTRACT

High flowing concrete has not spread whole in the normal concrete structure, because it requires special quality control technique. Recently owing to the lack of natural resources and reinforcement of environmental standard, the construction cost of cement is rapidly increased. Also ready mixed concrete industry has gone through various economical difficulty as the manufacture cost of concrete is increased.

So, the purpose of this study is to evaluate the qualities of middle fluidity concrete using the fly-ash and portland blast-furnace slag cement in order to decrease the amount of cement and resolve the problem of the quality control of high flowing concrete and the manufacture cost.

The results of this study show that it reduces the amount of addition of superplasticizer and develope properties of concrete to the use the fly-ash and portland blast-furnace slag cement.

1. 서 론

최근 콘크리트구조물의 대형화·초고층화·고기능화가 이루어짐에 따라 기존의 콘크리트 유동성으로는 충분한 시공이 이루어지지 않아 구조물의 신뢰성 저하가 예상되어 국내에서도 우수한 유동성 및 충전성을 가진 고유동콘크리트를 개발하였다.[1),2),3)]

그러나 고유동콘크리트는 보통콘크리트에 비교하여 단위결합재량이 증가하고 고성능감수제를 다량으로 사용하기 때문에 제조 및 품질관리에 높은 기술력 및 비용이 요구되며, 실제구조물에 적용할 경우 재료비의 상승, 높은 측압에 대응한 거푸집의 철저한 관리가 요구되기 때문에 진동다짐 작업이 곤란한 구조물 등에 일부 한정되어 적용될 뿐 일반 콘크리트구조물에는 폭넓게 보급되지 않고 있는 상황으로 중유동콘크리트에 대한 연구가 이루어지고 있다.[4)]

한편 최근 천연자원의 부족 및 환경규제의 강화에 의해 시멘트 제조원가 상승으로 콘크리트 제조원가가 증가되고 있는 추세로 레미콘 생산원가를 낮추려는 국내 레미콘 업계와 콘크리트공사비용을 포함한 건설공사비를 저감시키려는 건설생산현장에서는 경제적 측면에서 어려움을 겪고 있는 실정이다.[5)]

따라서 본 연구에서는 플라이애시와 고로시멘트의 혼입율, 물결합재비, 단위수량 및 잔골재율에 따른 중유동콘크리트의 공학적 특성을 실험·실증적으로 비교·검토함으로서 플라이애시 및 고로시멘트를 혼합 사용한 경제적인 중유동콘크리트의 배합설계기술에 관한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정
** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 박사과정
*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사

표 1. 실험계획 및 중유동콘크리트의 배합

시리즈	목표 슬럼프 플로우 (cm)	SP제 첨가율 (%)	증점제 첨가율 (%)	W/B (%)	FA 혼입율 (%)	BFS 혼입율[2] (%)	S/a (%)	단위수량 (kg/m³)	단위중량 (kg/m³) BC	C	FA	S	G	측정항목 굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
I	50±5	※[1]	1.4	45	0	0	50	170	-	378	-	851	955	· 공기량 (%) · 단위용적중량 (kg/l) (비빔직후, 60분) · 슬럼프 슬럼프-플로우 (cm) (비빔직후, 30, 60분) · 응결시험	· 압축강도 (MPa) · 인장강도 (MPa) · 동탄성계수 (GPa) · 초음파속도 (km/sec) (재령 3, 7, 28, 56일)
					10	20			189	151	38	841	944		
					20	20			189	113	76	834	936		
					10	35			340	-	38	839	941		
II				45	10	20	50	170	189	151	38	841	944		
				50				178	178	142	36	840	943		
				55				185	168	135	34	840	943		
III				45	10	20	50	165	183	147	37	853	957		
								170	189	151	38	841	944		
								175	194	156	39	830	931		
IV				45	10	20	48	170	189	151	38	841	944		
							50		189	151	38	841	944		
							52		189	151	38	875	906		

주1) 목표 슬럼프-플로우를 만족시키기 위한 소정의 첨가량
주2) 고로시멘트 단위중량에 포함되어 있는 고로슬래그미분말량의 전체 결합재량에 대한 혼입율
BC : 고로시멘트, C : 시멘트, FA : 플라이애시, S : 잔골재, G : 굵은골재

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 연구의 실험계획은 표 1에 나타낸 바와 같이 플라이애시와 고로슬래그미분말 혼입율, 물결합재비, 단위수량 및 잔골재율을 변화시켜 중유동콘크리트의 공학적 특성을 비교·검토하고자 하였다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용재료	물리적 성질
시멘트	· 1종 보통포틀랜드시멘트 · 밀도 : 3.15g/cm² · 분말도 : 3,630cm²/g
고로시멘트	· 밀도 : 3.04g/cm² · 분말도 : 5,962cm²/g
플라이애시	· 밀도 : 2.13g/cm² · 분말도 : 2,976cm²/g
고성능감수제	· 폴리카르본산계
잔골재	· 제염사 · 최대치수 : 5mm · 밀도 : 2.58g/cm² · 조립율 : 2.41
굵은골재	· 부순자갈 · 최대치수 : 25mm · 밀도 : 2.89g/cm² · 조립율 : 6.94

2.2 사용재료 및 비빔방법

본 연구에서 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2와 같으며 콘크리트의 비빔방법은 고로시멘트, 시멘트, 플라이애시, 잔골재를 먼저 건비빔한 후, 물, 고성능감수제와 증점제 및 굵은골재를 투입하여 총 210초간 비빔을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 측정결과 분석 및 검토

3.1.1 공기량, 단위용적중량 및 고성능감수제 첨가율의 변화

표 3은 굳지않은 콘크리트의 측정결과를 나타낸 것으로 경과시간에 따라 공기량은 저하하고 있으며, 단위용적중량의 경우 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다.

또한 목표 슬럼프-플로우를 만족시키기 위한 고성능감수제 첨가율의 변화는 시리즈 I 의 경우 혼입율 0%는 고성능감수제 첨가율이 1.6%, 그 외는 0.38~0.5%로 나타나 플라이애시 및 고로시멘트를 혼합 사용하면 고성능감수제 첨가율이 낮아지는 것으로 나타났다. 한편 시리즈II와 III에서 물결합재비 및 단위수량이 증가할수록 고성능감수제 첨가율이 다소 낮아지고 있는 반면, 시리즈IV에서 잔골재율에 따른 고성능감수제 첨가량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3. 굳지않은 콘크리트의 측정결과

시리즈	W/B (%)	FA 혼입율 (%)	BFS 혼입율 (%)	S/a (%)	단위수량 (kg/m³)	SP제 첨가율 (%)	측정항목									
							공기량 (%)		단위용적중량 (kg/ℓ)		슬럼프 (cm)			슬럼프-플로우 (cm)		
							직후	60분	직후	60분	직후	30분	60분	직후	30분	60분
I	45	0	0	50	170	1.6	6.2	6.3	2.14	2.16	26.0	26.0	26.0	55.0	49.0	48.0
		10	20			0.5	5.3	4.5	2.33	2.35	25.0	21.5	19.0	54.0	34.0	30.0
		20	20			0.45	4.5	4.2	2.28	2.43	25.0	22.0	20.0	59.0	36.0	31.5
		10	40			0.41	4.8	4.0	2.37	2.43	24.0	21.5	19.5	55.5	32.5	29.5
II	45	10	20	50	170	0.5	5.3	4.5	2.33	2.35	25.0	21.5	19.0	54.0	34.0	30.0
	50				178	0.45	5.5	4.7	2.30	2.40	24.0	21.0	18.0	52.5	35.0	30.0
	55				185	0.38	5.8	5.0	2.33	2.43	26.0	22.0	20.0	56.0	32.5	30.5
III	45	10	20	50	165	0.6	6.0	4.8	2.30	2.32	26.0	22.0	20.0	54.0	33.0	32.0
					170	0.5	5.3	4.5	2.33	2.35	25.0	21.5	19.0	54.0	34.0	30.0
					175	0.49	5.0	4.3	2.32	2.34	26.5	22.5	21.0	58.5	35.0	31.0
IV	45	10	20	48	170	0.5	5.5	4.7	2.33	2.35	25.0	21.0	18.5	56.0	33.5	29.0
				50		0.5	5.3	4.5	2.33	2.35	25.0	215	19.0	54.0	34.0	30.0
				52		0.5	5.5	4.5	2.24	2.26	25.0	22.0	19.5	54.0	34.5	31.5

3.1.2 경과시간에 따른 슬럼프-플로우의 변화

그림 1은 시리즈별 경과시간에 따른 슬럼프-플로우의 변화를 나타낸 것으로 비빔직후의 슬럼프-플로우는 55cm 정도, 경시 30분에서는 32.5~36cm, 경시 60분에서는 29.5~32cm로 유사하게 나타났다. 그러나 시리즈 I 의 혼입율 0%에 있어서는 목표 슬럼프-플로우를 만족시키기 위한 고성능감수제 첨가율이 많아 유지성능이 지속된 것으로 판단된다.

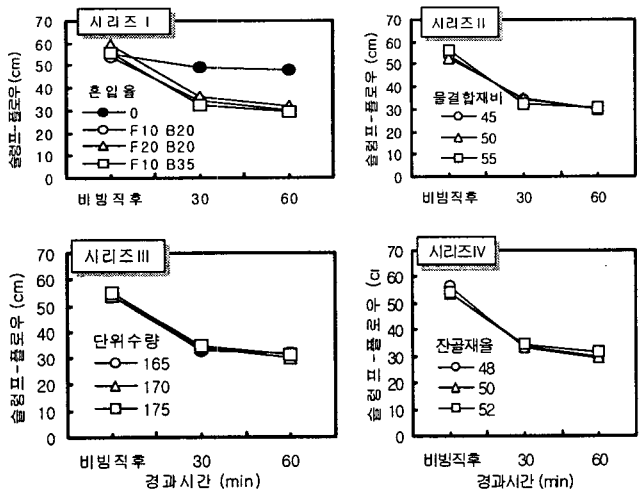

그림 1. 시리즈별 경과시간에 따른 슬럼프-플로우의 변화

3.1.3 응결성상의 변화

그림 2는 시리즈별 경과시간에 따른 관입저항치의 변화를 나타낸 것으로 시리즈 I ~ IV에서는 초결도달시간이 10시간~10시간 38분, 종결도달시간은 13시간~13시간 16분으로 유의할 만한 차이는 나타내고 있지 않았으나, 혼입율 0%는 초결도달시간 17시간 50분, 종결도달시간 19시간 50분 정도로 고성능감수제 첨가량의 영향이 큰 것으로 나타났다. 또한 시리즈별 종결 도달시간은 초결도달시간과 비교하여 약 3시간 정도 소요되는 것으로 나타났다.

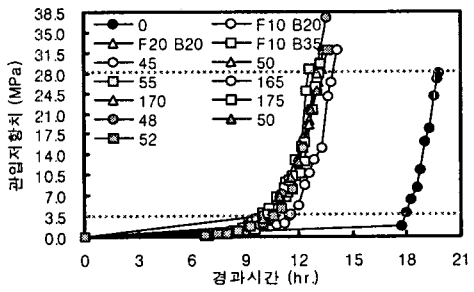

그림 2 시리즈별 경과시간에 따른 응결성상의 변화

3.2 경화콘크리트의 측정결과 분석 및 검토

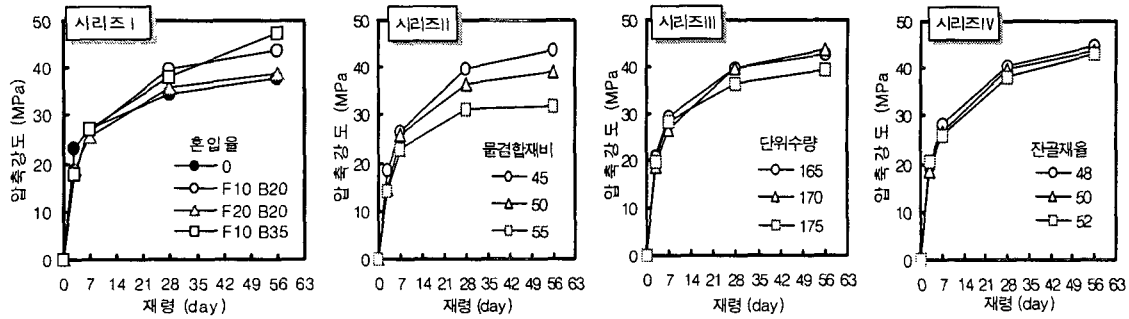

그림 3. 시리즈별 재령에 따른 압축강도의 변화

그림 3은 시리즈별 재령에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 시리즈 I 의 경우 초기재령에 있어서 혼입율 0%가 높은 강도발현을 하고 있으나 재령 28일 이후에서는 모든 혼입율에서 0%와 유사하거나 높은 강도발현을 하는 것으로 나타났다. 이는 플라이애시와 고로시멘트에 포함되어 있는 고로슬래그미분말이 포졸란 반응의 결과로 판단된다. 또한 플라이애시와 고로시멘트를 혼합 사용한 중유동콘크리트는 물결합재비의 영향이 큰 것으로 나타났으나 단위수량 및 잔골재율의 영향은 많지 않은 것으로 나타났다.

4. 결 론

플라이애시 및 고로시멘트를 사용한 중유동콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구를 비교·분석한 결과 다음과 결론을 얻었다.

1) 굳지않은 콘크리트 측정결과 플라이애시 및 고로시멘트를 혼합 사용할 경우 목표 슬럼프-플로우를 만족시키는 고성능감수제의 첨가량 감소 및 응결시간이 단축되는 것으로 나타났다.
2) 경화 콘크리트 측정결과 플라이애시 및 고로시멘트를 혼합 사용한 경우의 압축강도는 플라이애시 및 고로슬래그미분말의 혼입율과 물결합재비에 관한 영향은 큰 것으로 나타났으나, 단위수량 및 잔골재율의 영향은 적게 나타났다.
3) 플라이애시 및 고로시멘트를 혼합 사용할 경우 효율적이고 경제적인 중유동콘크리트가 제조 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 松藤 泰典 外, 中流動コンクリートに関する基礎的研究 その1 中流動コンクリートの概念, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1998. 9, pp.971~972.
2. 김규용, 고강도유동화 콘크리트의 공학적 특성 및 현장 제조에 관한 실험적 연구, 충남대학교 석사학위논문, 1996. 2.
3. 김무한 외, 고유동콘크리트의 향후 전망과 과제, 한국레미콘협회, 제69호, 2001. 10, pp.41~48.
4. 오선교 외, 분리저감형 유동화제에 의한 준고유동 콘크리트의 개발, 한국콘크리트학회지, 제13권 제3호, 2001. 5, pp.69~76.
5. 이승환 외, 플라이애시 및 고로슬래그를 사용한 고성능콘크리트의 특성, 한국콘크리트학회논문집, pp.275~280.