

분리저감형 유동화제를 이용하는 고유동 콘크리트의 특성에 미치는 플라이애쉬의 영향

Influences of Fly ash on the Properties of High Flowing Concrete Using Segregation-Reducing Type Superplasticizer

윤길봉* 전충근** 손성운** 김성수*** 한천구***
Yin, Ji Feng Jeon, Chung Keun Son, Sung Un Kim, Seong Soo Han, Cheon Goo

ABSTRACT

It is known that high flowing concrete performs much higher fluidity, segregation resistibility and better placeability than normal concrete. However, it is hard to apply high fluidity concrete in field because of high manufacturing cost. Therefore, we intend to investigate the validity of segregation reducing type superplasticizer which is made by combining 0.6l of viscosity agent and 0.022 of AE agent for 1 of superplasticizer. Test are conducted on high flowing concrete using fly ash by applying segregation reducing type superplasticizer. According to experimental results, As contents of fly ash increase, fluidity, segregation resistibility and placeability shows favorable results. And also compressive strength at early age shows to be retarded, while it gains high strength at later age.

1. 서론

최근, 건설공사는 초고층화, 대규모화 및 복잡화로 인해 콘크리트 시공에 있어서 유동성이 좋고, 충전성이 양호한 고유동 콘크리트가 요구되고 있다.

그러나 기존에 연구 개발된 고유동 콘크리트의 경우는 품질은 양호할지라도 제조 단가가 1.5~2배의 고가인 관계로 많은 보급 및 실용화에는 어려움이 제기되고 있다. 따라서 보통콘크리트를 베이스 콘크리트로 제조하고 여기에 유동화제를 후첨가하는 유동화 콘크리트공법 등으로 경제적인 접근을 고려해 볼 수 있으나 이는 재료분리 및 공기량 저하가 문제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고유동 콘크리트를 유동화 공법의 저렴한 가격으로 제조함에 있어, 재료분리가 일어나지 않은 즉 일반유동화제에 증점제 및 AE제를 일정 비율로 첨가하여 고유동 콘크리트용 분리저감형 유동화제(이하 분리저감형 유동화제라 칭함)를 개발한 바 있음에 이를 활용하고, 또한 이 경우 더욱더 품질향상 및 원가절감을 목적으로 플라이애쉬를 치환해 볼 필요성이 제기되었다.

그러므로 본 연구에서는 일반적인 조건으로 플라이애쉬를 일부 치환하여 출하되는 베이스 콘크리트에 분리저감형 유동화제량을 변화시켜 최적의 고유동 콘크리트를 제조하고자 함에 본 연구의 목적이 있다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정
** 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정
*** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 베이스 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다. 먼저, 베이스 콘크리트의 물결합재비는 40%하나의 수준으로 하였고, 플라이애쉬 치환율은 0, 10, 20 및 30%로 하였으며, 각 베이스 콘크리트 배합의 목표 슬럼프는 18±1cm, 목표 공기량은 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 하였다. 분리저감형 유동화제 첨가량은 각각의 플라이애쉬를 이용한 베이스 콘크리트에 양질의 고유동 콘크리트가 제조될 때까지 3수준으로 첨가량을 변화시키는 것으로 하였다.

실험사항으로써, 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량, 단위용적중량, 굵은 골재 씻기 시험 및 U형 충전시험을 실시하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 7일 및 28일의 압축강도와 재령 28일의 인장강도를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로써, 시멘트는 국내산 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같고, 플라이애쉬는 충남 보령 화력산을 사용하였는데 그 물리적 성질은 표 4와 같다. 골재로서 굵은 골재(비중 : 2.58)는 충북 청원군 옥산산 채석을 사용하였으며, 잔골재(비중 : 2.71)는 충북 청원군 옥산산 강모래를 사용하였다.

혼화제로써 유동화제는 실험을 통하여 개발된 멜라민계 베이스에 PEO증점제와 AE제를 혼합한 고유동 콘크리트용 분리저감형 유동화제를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로써 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프 플로우는 KS F 2402, 공기량 및 단위용적중량은 KS F 2421, U형충전시험 및 굵은 골재 씻기시험은 기존에 알려진 표준적인 방법으로

표 1. 실험계획

W/B (%)	목 표 슬럼프 (cm)	F.A/C (%)	유동화제 첨가량 (%) [*]	실험사항	
				굳지 않은 콘크리트	경화 콘크리트
40	베이스 슬럼프 (18±1cm) ↓ 고유동 슬럼프플로우(60±10)cm	0	0.70	슬럼프 슬럼프 플로우 공기량 단위용적중량 굵은골재씻기시험 U형 충전시험	압축강도 (7 및 28일) 인장강도 (28일)
			0.80		
		10	0.65		
			0.75		
20	0.85				
	0.60				
30	0.70				
	0.80				
			0.50		
			0.60		
			0.70		

* 유동화제 첨가량은 유동화제 : 증점제 : AE제를 1 : 0.61 : 0.022의 비율로 분리저감형 유동화제를 제조하여 첨가하는 것으로 하였다.

표 2. 베이스 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	W (kg/m ³)	S/A (%)	FA/C (%)	SP제/C (%)	AE/C (%)	용적배합 (ℓ/m ³)			
						C	F	S	G
40	180	50	0	1	0.015	143	0	316	316
			10	0.85	0.018	129	20	313	313
			20	0.8	0.025	114	41	310	310
			30	0.75	0.034	100	61	307	307

표 3. 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	용결시간(분)		압축강도 (kgf/m ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,303	0.08	226	409	231	308	410

표 4. 플라이애쉬의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	압축강도비 (%)	SiO ₂ (%)	강열감량 (%)	습분 (%)
2.23	3,519	97	97	3.4	0.3

실시하였다. 경화콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405, 인장강도는 KS F 2423의 규정에 따라 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 1은 분리저감형 유동화제의 첨가량 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 및 단위용적중량을 플라이애쉬 치환율별로 구분하여 나타낸 그래프이다.

(1) 슬럼프 및 슬럼프 플로우

먼저, 베이스 콘크리트의 경우 목표 슬럼프 18 ± 1 cm를 만족하였으며, 슬럼프 및 슬럼프 플로우의 경우 유동화제 첨가량 증가에 따라 크게 증가하는 것으로 나타났다.

플라이애쉬 치환율 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 대부분이 목표 플로우치를 만족하였으며, 플라이애쉬 치환율 0%에서는 유동화제 첨가율 0.8%, 10%에서는 0.75%, 20%에서는 0.7% 및 30%에서는 0.6%의 첨가율이 가장 양호한 결과를 나타내었다.

(2) 공기량 및 단위용적중량

먼저, 베이스 콘크리트의 경우 대부분 목표 공기량 $4.5 \pm 1.5\%$ 범위에서 유동화제 첨가에 따른 공기량은 동일하거나 약간 증가하였지만, 유동화제를 다량 첨가한 경우에는 점성부족으로 약간 저하하는 것으로 나타났다.

또한, 플라이애쉬 치환율에 따른 공기량은 치환율이 증가할수록 그 저하정도가 크게 나타났다. 이는 플라이애쉬 중의 미연탄소분에 의해 유동화제중의 AE제 흡착작용에 의해 연행공기량이 저하한 것으로 분석된다.

그러나 전반적으로는 모든 배합에서 KS규격의 허용범위를 만족하는 것으로 나타났으며, 단위용적중량은 공기량과 반대경향으로 나타났다.

(3) 재료분리저항성 및 충전성

그림 2는 유동화제 첨가율 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 재료분리 저항율과 충전높이를 플라이애쉬 치환율별로 구분하여 나타낸 그래프이다.

먼저 재료분리 저항율의 경우는 각 배합에서 공히 85~95%로 양호하게 나타났는데, 유동화제 첨가율이 클수록 또는 플라이애쉬 치환율이 높을수록 양호한 저항성으로 나타났다. 이는 플라이애쉬 치환율이 높을수록 콘크리트의 점성이 증가하여 재료분리가 방지됨에 따라 나타난 결과로 분석된다.

충전높이는 재료분리 저항율과 유사한 경향으로 대부분 20cm 이상으로 나타났는데, 단지 유동화제 첨가량 0.7%, 플라이애쉬 치환율 0%에서만 20cm이하로 나타났다. 이는 콘크리트의 점성이 저하되어, 모르타르와 굵은 골재가 함께 유동을 이루지 못하고, U형 충전 시험 장치내의 철근 주변에서 폐쇄현상을 발생시켜 유동에 의한 이동성이 불량해지므로써 충전성이 저하된 것으로 분석된다. 반면에 플라이애쉬의 치환율이 증가할 경우에는 점성증대 및 굵은 골재의 분산 유지성능이 향상되어 충전성이 양

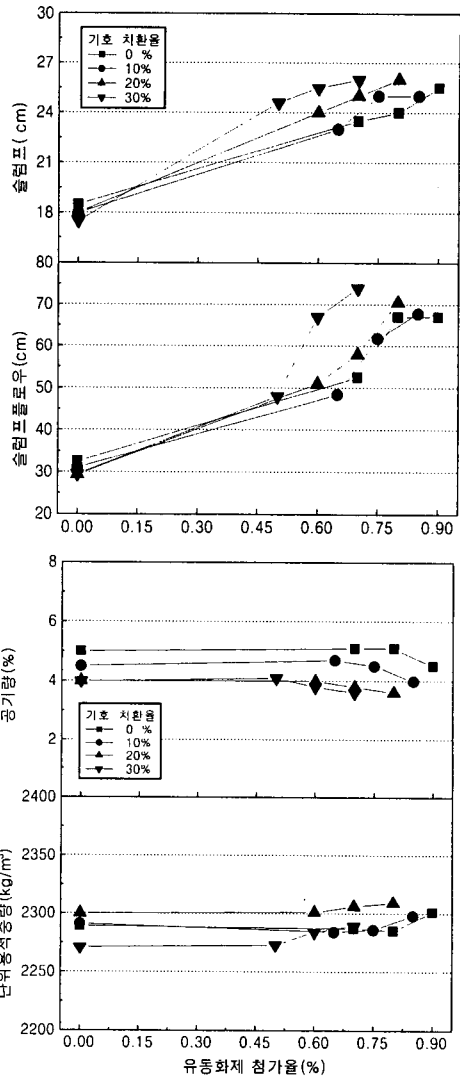


그림 1. 유동화제 첨가량에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성

호하게 나타난 것으로 분석된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림.3은 유동화제 첨가량 변화에 따른 재령 7일 및 28일의 압축강도와 28일 인장강도를 플라이애쉬 치환율 별로 구분하여 나타낸 그래프이다.

전반적으로 플라이애쉬를 이용한 각 베이스 콘크리트에 유동화제를 첨가한 경우, 압축 및 인장강도는 다소 감소하거나 거의 변화 없는 것으로 나타났고, 또한 플라이애쉬 치환율이 증가함에 따라 압축강도는 재령 7일에서 감소하는 경향을 나타낸 반면, 재령 28일에서는 플라이애쉬의 포졸란 반응에 기인하여 다소 증가하는 경향으로 나타났다.

4. 결론

플라이애쉬의 치환율을 변화시켜 제조한 베이스 콘크리트에 분리저감형 유동화제를 첨가하여 고유동 콘크리트를 제조할 경우 굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 특성을 분석한 결과는 다음과 같이 요약된다.

(1) 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 유동화제 첨가량이 증가할수록, 그리고 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 크게 증가하는 것으로 나타났다. 특히 플라이애쉬 치환율 0%에서는 유동화제 첨가율 0.8%, 10%에서는 0.75%, 20%에서는 0.7% 및 30%에서는 0.6%첨가율에서 가장 양호한 결과를 얻었다.

(2) 공기량은 유동화제 첨가량 변화에 따라 약간 변동은 있으나, 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 감소하는 경향이였다. 단위용적증량은 공기량과 반대 경향으로 나타났다.

(3) 재료분리저항율은 적정 분리저감형 유동화제를 첨가할 경우 85%이상의 양호한 결과로 나타났고, 충전성은 플라이애쉬 치환율 및 유동화제 첨가량이 증가할수록 양호한 것으로 나타났다.

(4) 압축강도는 유동화제 첨가량이 증가할수록 작아지거나 혹은 큰 변화가 없고, 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 초기재령에는 저하하나, 후기재령에는 유사하거나 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 한천구, 강의영, 오선교, 반호용 ; 중점제를 이용한 분리저감형 유동화 콘크리트의 개발 및 그 특성 분석, 한국 콘크리트학회 논문집, 제11권, 제4호, 1999.
2. 한천구, 반호용, 오선교 ; 분리저감형 유동화 콘크리트 개발에 관한 연구, 대한 건축학회논문집, 제14권, 제12호, 1998
3. 高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解説 ; 日本建築學會, 1997.

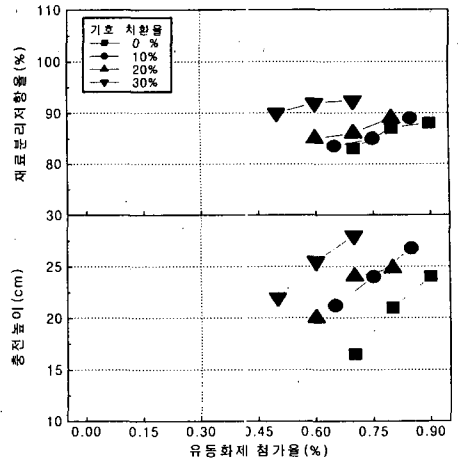


그림 2. 유동화제 첨가율에 변화에 따른 재료분리저항성 및 충전성

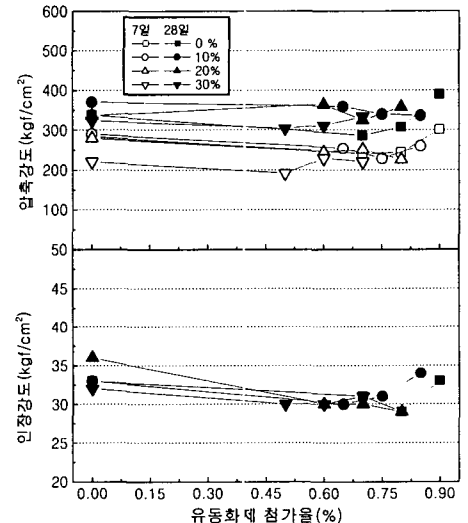


그림 3. 유동화제 첨가량 변화에 따른 경화 콘크리트의 재령별 강도