

4종(벨라이트)시멘트의 유동성 향상에 대한 연구

A study on the Improvement for Workability of Concrete with Belite Cement

하 상 옥^{*} 구 본 창^{*} 김 동 석^{*1} 하 재 담^{**2} 이 종 열^{***4}
Ha, Sang-Wook Koo, Bon-Chang Kim, Dong-Seuk Ha, Jae-Dam Lee, Jong-Ryul

ABSTRACT

As construction technology advances, most of concrete structures are becoming larger and taller. Therefore, high strength and high quality concrete is necessary for them. Nowadays, the proposal of using type IV(belite cement) is investigated to satisfy high flowing, low heat, and high strength.

In this study, the flow value and compressive strength of mortar were investigated according to usage of AE high range water reducer. And the slump flow value, falling time and height difference of concrete with belite cement and ordinary cement were examined depending on water cement ratio, sand ratio and unit water weight, and the compressive strength to checked depending on age.

1 서 론

건설시장 개방에 따른 국내 건설기술의 국제 경쟁력 향상 및 3D 기피현상으로 건설현장의 인력부족, 인건비 상승 등의 사회적 문제와 아울러 건설기술의 고도화 추세에 따른 콘크리트구조물의 대형화, 다양화 및 고강도화 등 건설현장의 요구에 부응하기 위해서는 콘크리트의 고품질화 및 고성능화는 필수불가결하다. 여기하는 바와 같이 고유동콘크리트란 콘크리트 타설시 시멘트페이스트의 적정점성으로 유동하여 골재와의 세로분리없이 콘크리트의 자중만으로 배관간격을 통과하여 거푸집의 구석구석까지 충전이 되는 자기충진성이 있는 콘크리트로 정의하고 있다.

이와 같은 고유동콘크리트를 제조하기 위한 재료적인 접근으로는 혼화재료의 첨가, 조성광물의 조성 시멘트입자의 구형화 등의 다양한 방법들이 연구되어지고 있다.

김희원, 고품수용성인공수 콘크리트연구실 연구원
김재원, 고품수용성인공수 콘크리트연구실 수임연구원
김민진, 고품수용성인공수 콘크리트연구실 선임연구원
김서민, 고품수용성인공수 콘크리트연구실 조교

현행 시멘트의 조성성분중 벨라이트의 성분이 증용인 포트랜드시멘트보다 많은 4종(벨라이트)시멘트를 사용하여 고유농, 고강도 콘크리트를 개발하기 위한 연구가 선진국에서 활발하게 진행되고 있는데 본 연구에서도 국내에서 생산, 시판되고 있는 4종(벨라이트)시멘트를 이용하여 고유농화 콘크리트를 제조하기 위한 연구의 일환으로 모르타의 콘시스턴스에 대하여 검토하였으며, 아울러 물-시멘트비, 단위수량 및 전분재율을 각각 변화시켜 4종시멘트를 사용한 고유농콘크리트의 배합에 대하여 고찰하였고 아울러 그 특성을 보통시멘트를 사용한 콘크리트와 비교하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

- (1) 시멘트 : 비중과 비표면적이 각각 3.15, 3,112cm²/g인 1종(보통포트랜드)시멘트(이하 OPC)와 비중이 3.20이고 고유농 및 고강도특성을 발현하기 위하여 제조된 분말도 4,270cm²/g인 S사의 4종(벨라이트)시멘트(이하 BRC)를 사용하였으며, 화학성분 및 조성성분은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical properties of cement

Items	Oxide Compositions (%)							Compound Compositions (%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig.loss	C ₃ S	C ₂ S	C ₁ A	C ₄ AF
OPC	21.95	6.59	2.81	60.10	3.32	2.11	2.58	50	21	10	10
BRC	24.50	3.70	3.60	62.00	1.30	2.50	1.80	37	45	3	9

- (2) 골재 : 산골재는 비중 2.61, 흡수율 1.10, 조립을 2.40인 한강산 강모래를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 20mm, 비중 2.63인 부순돌을 사용하였다.
- (3) 화학 혼화제 : 주성분이 폴리카복실산계 고축합물인 고성능 AE감수제(이하 HRWR로 약함)를 사용하였으며, 화학성분과 물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2 Chemical and physical properties of chemical admixture

Items	Main Ingredient	Specific gravity	Alkahl Content	pH	Standard Dosage
HRWR	Polycarboxylic Ether Complex	1.05±0.01	0.9 (%)	7~9	1.1 (C×%)

2.2 실험 방법

- (1) 플로우 측정시험 : 모르타르를 제조 플로우값을 측정하고 이를 토대로 하여 KS F 2402에 의하여 슬럼프시험을 실시하여 콘크리트가 퍼진 직경을 측정하여 슬럼프 플로우값으로 정하였다.
- (2) 유하시험 장치 : 밑부분을 무근 또는 일자와 십자로 철근을 배근한 O형 깔대기를 사용하였고 정방형의 용기의 밑부분을 증방향, 또는 중횡방향으로 철근을 배근한 Fig. 1과 같은 시험장치를 제작하여 콘크리트를 채운 후 유하시험을 측정하였다.
- (3) 증진심 시험 장치 : 콘크리트의 유동성에 따른 길근 통과성을 알아보기 위하여 Fig. 2의 같이 시험장치를 2등분한 부분에 개폐시설을 설치하고 철근을 증방향으로 배근하여 콘크리트가 다른쪽 부분에 흘러기도록 시험장치를 제작하였다. 이 시험장치의 한쪽 부분에 콘크리트를 가득 채운 후 개폐시설을 열어 다른쪽 부분에 콘크리트가 채워졌을 때 두 부분의 콘크리트 높이차를 측정하였다.

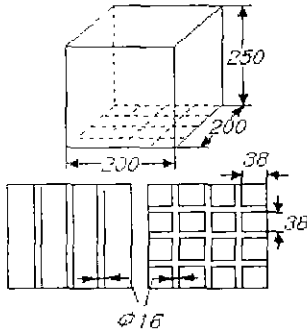


Fig 1. Falling apparatus of concrete

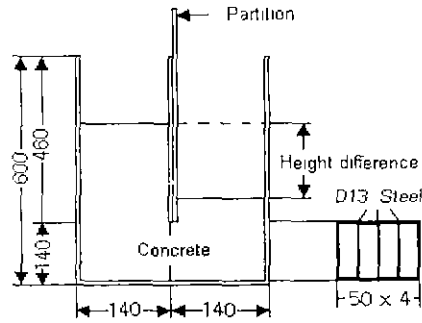


Fig 2. Height apparatus of concrete

2.3 모르타르 및 콘크리트배합

모르타르의 배합은 물-시멘트비 40%, 시멘트와 잔골재의 비율을 1.245로 정하고 고성능 AE감수제의 사용량을 시멘트 중량에 7단계로 변화시켜 첨가하였고 콘크리트배합은 단위수량이 170kg/m^3 일 때 물-시멘트비를 24, 28, 32, 및 36%로 변화시킨 4배합과 이 결과를 통하여 얻은 물-시멘트비에 단위수량을 증가시켜 4배합을 정하고 아울러 이 둘 결과에 잔골재율을 변화시켜 7배합으로 총 15배합을 정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 고성능 AE감수제 첨가에 따른 모르타르의 유동특성

고성능 AE감수제의 사용량에 따른 모르타르의 플로우값을 알아보기 위해서 고성능 AE감수제를 시멘트중량에 7단계로 변화시켜 플로우값을 정리한 것이 Table 3이다.

Table 3. Flow ratio of mortar (%)

Type	Dosage of HRWR (C×%)						
	0.25	0.5	0.75	1	1.5	2	3
OPC	44	55	72	87	105	121	135
BRC	48	58	101	135	202	204	207

여기서 고성능 AE감수제의 사용량이 증가할수록 플로우 비의 차이가 크게 상이함을 알 수 있는데 BRC의 경우 고성능 AE감수제 사용량이 15%에서 플로우 비가 약 200% 정도로 OPC보다 약 2배정도 큰 값을 나타내었으며, 동일한 플로우 비 100%에 필요한 고성능 AE감수제의 양도 OPC의 경우가 BRC보다 2배로 많은 양이 요구됨을 알 수 있었다 이와 같이 4종(벨라이트)시멘트 모르타르의 콘시스턴스가 증가하는 이유는 C₃A와 C₄AF량이 보통시멘트보다 적으므로 이들 광물에 흡착되는 고성능 AE감수제의 양이 줄어들어 시멘트 입자의 분산효율을 증대시키고 고성능 AE감수제의 균일한 흡착이 이루어지기 때문으로 생각된다.

3.2 굵지않은 콘크리트의 유동특성

굵지않은 4종(벨라이트)시멘트의 고유동배합을 선정하기 위하여 고성능 AE감수제의 사용량 1.2%, 잔골재율 50%, 및 단위수량 170kg/m^3 로 정하고 물-시멘트비를 4단계로 변화시킨 콘크리트의 슬럼프 플로우값과 O형 깔대기에 의한 유하시간을 측정하여 정리한 것이 Fig. 3이다. 이 그림에서 물-시멘트

비가 32%일 때 슬럼프 플로우 값이 약 69cm로 가장 크게 나타났으며, 유하시간은 O형 깔대기의 밑부분에 철근을 배근하지 않은 경우와 일자형으로 배근한 경우 각각 약 2.4초, 4.5초로 가장 작게 나타났다. 한편, 물-시멘트비 24%에서는 높은 점성을 나타내는 반면에 물-시멘트비가 36%에서는 콘크리트 재료분리 현상이 발생되었으므로 이 결과 본 연구의 실험방법의 범위에서 최적의 물-시멘트비를 32%로 정하고 여기에 단위수량을 4단계로 변화시킨 결과를 정리한 것이 Fig. 4이다.

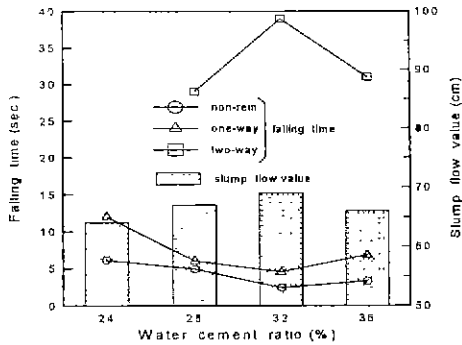


Fig 3. Slump flow value and falling time (according to water cement ratio)

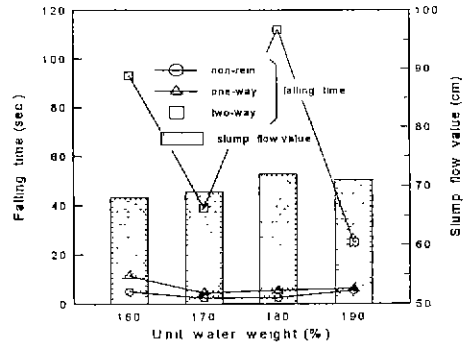


Fig 4. Slump flow value and falling time (according to water content)

이 그림에서 단위수량이 증가함에 따라 슬럼프 플로우값은 증가하는 경향이 있었으나, 콘크리트의 유하시간은 O형 깔대기 밑부분의 철근 배근에 관계없이 단위수량이 170kg/m³에서 가장 짧게 나타났으며 이는 앞의 실험결과와도 비교적 잘 일치하는 유사한 경향임을 알 수 있다. 한편 4종시멘트의 잔골재율에 따른 유동성을 알아보기 위하여 물-시멘트비 32%, 단위수량 170kg/m³에 잔골재율을 47~54%로 8단계 변화시켰을 때의 결과로는 큰 차이는 발견할 수 없었으나 잔골재율 50%인 경우 슬럼프 플로우값이 69cm로 가장 크게 나타났고 잔골재율이 49%이하와 54%에서는 콘크리트가 재료분리 경향이 나타났으며, 52%이상에서는 십자형 배근시의 유하시간이 크게 증가하는 경향이 있으므로 4종시멘트가 고유동성을 얻기 위해서는 잔골재율이 50±1% 정도가 적절하다고 생각되었다.

다음은 4종 시멘트의 유동특성을 보통시멘트 콘크리트와 비교하기 위하여 단위시멘트량을 각각 350, 450 및 550kg/m³의 3단계로 변화시켜 충전높이차 및 유하시험 장치(Fig 1)로 유하시간을 측정하여 정리한 것이 Fig. 5이다.

단위시멘트량 450kg/m³ 및 550kg/m³의 경우 OPC의 충전높이차가 14, 8cm인 반면, BRC는 콘크리트의 자중만으로 충분히 충전되는 아주 좋은 유동성을 나타내었다.

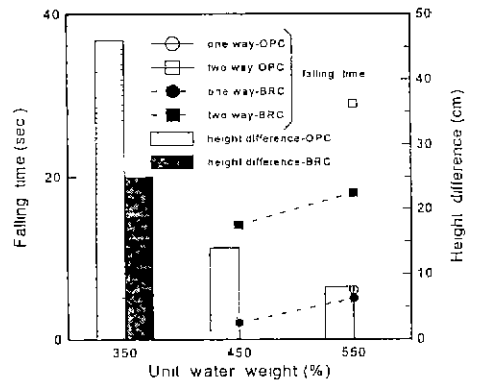


Fig. 5 Height difference and falling time

4. 결론

- 1) 본 실험범위 내에서 4종(백라이트)시멘트 콘크리트의 유동성을 높이기 위한 배합조건으로서는 단위시멘트량 500kg/m³ 이상에서 W/C 32%, \sqrt{a} 50±1%, 단위수량 170kg/m³ 이상이 확보되어야 한다.
- 2) 1종(백라이트)시멘트 콘크리트의 유동성을 보통시멘트와 비교한 결과, 단위시멘트량 450kg/m³ 및 550kg/m³에서 충전높이차가 나타나지 않았으며 유하시간도 보통시멘트보다 우수한 결과를 나타내기 때문에 4종시멘트를 사용함으로써 자기충진 등의 고유동성 확보가 가능하다.