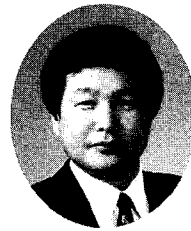
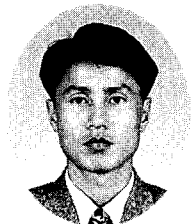


분리저감형 유동화제에 의한 준고유동 콘크리트의 개발

- Development of Semi-High-Fluidity Concrete by Segregation-Reducing Type Superplasticizer -



오선교*



김기철**

1. 서 언

건축물의 구조 재료로서 가장 널리 쓰이는 콘크리트의 경우에도 역시 신기술·신공법에 의한 합리화가 요구되어져, 그동안 새로운 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그 중 시공성 향상을 위한 고유동성을 요구하는 콘크리트의 연구도 많은 발전이 있었는데, 미국 및 유럽의 경우는 고유동, 고강도 및 고내구성을 발휘하는 고성능 콘크리트라는 측면에서 연구가 진행되었고, 일본의 경우는 경화 상태에서의 압축 강도는 범용인 일반 강도 영역이지만, 특히 굳지않은 상태에서 유동성, 재료 분리 저항성 및 충전성이 양호한 고유동 콘크리트에 대하여 많은 연구가 진행되었다. 국내의 경우도 이와 같은 고성능 및 고유동 콘크리트에 대한 연구가 1990년대에 활발히 진행되어 상당한 발전이 있었으며 일부 현장에 적용한 예도 있다.

그러나, 일반적으로 고유동 콘크리트를 실무에 적용할 경우는 양호한 시공성과 작업 능률 향상에 의한 품질 향상 및 고시공 능력에 의한 공기 단축 등의 장점이 있는 반면, 품질 관리에 높은 기술력이 요구되어지고, 거푸집 조립 등의 시공 정밀도 면과 비경제성 등 일부 문제점을 갖고 있다. 이로 인하여 고유동 콘크리트는 현재 일부 공사를 제외하고는 일반적인 보편화가 이루어지지 않고 있다.

이러한 고유동 콘크리트의 난점을 해결하기 위한 방법으로는 고유동 콘크리트보다는 유동성을 작게 하여 경미한 다짐으로 형틀에 양호한 충전이 가능하고, 낮은 비용 및 현 보유 설비로 제조가 가능한 준고유동 콘크리트의 개발이라고 할 수 있다.

이와 같은 준고유동 콘크리트의 제조는 레미콘사 배합으로 제조하는 방법과 베이스 콘크리트를 유동화하는 유동화 콘크리트 공법이 가능할 수 있는데, 경제성 면으로는 유동화 콘크리트 공법이 유리한 것으로 분석된다. 단, 유동화 콘크리트 공법을 도입할 경우에는 유동화 후의 재료 분리를 방지하기 위하여 잔골재를 증가 등 배합 조정이 필요하게 되는데, 이는 레미콘 생산자와 시공자 간에 충분한 협조가 이루어져야 하는 등 번잡함이 있어 배합수정 없이 간편히 이용할 수 있는 분리저감형 유동화 콘크리트 공법의 도입이 요구되어진다.

따라서, 본고에서는 실무 현장에서 유동화 콘크리트 공법의 적용시, 재료 분리를 방지하기 위하여 배합 요인 또는 별도의 첨가 재료 방법을 사용함이 없이 유동화제 자체로서 유동성과 점성을 동시에 발휘함으로써 시공 능력 및 품질 향상을 성취할 수 있는 현장 유동화에 의한 준고유동 콘크리트 공법 및 개발 과정을 소개하고자 한다.

2. 준고유동 콘크리트의 공법 개요

분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트 공법은 기존의 유동화 콘크리트 공법과 마찬가지로 현장에서 분리저감형 유

* 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 대표이사

** 정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 책임연구원

동화제를 투입하여 준고유동 콘크리트를 제조·시공하는 것으로 공법 개요는 <표 1>과 같다. 즉, 기존의 일반 유동화 콘크리트는 유동화 후에 재료 분리의 발생이 문제되었으나, 분리저감형 유동화제는 재료 분리를 방지하기 위하여 기존의 유동화제에 고유동 콘크리트의 점성을 증진시키는 증점제 및 유동화 후의 공기량 확보를 위한 AE제를 동시에 첨가하여 제조함으로써 기존 유동화제의 문제점인

재료 분리를 방지하고, 아울러 품질을 향상시킬 수 있다.

또한, 준고유동 콘크리트는 <그림 1>과 같이 슬럼프 18cm 이상, 슬럼프 플로우 50cm 이하로 보통 콘크리트와 고유동 콘크리트의 중간 영역으로 두 가지 콘크리트의 장점을 겸비하여 경미한 다짐만으로도 형틀에 충전 가능한 콘크리트이고, 적은 혼화제량으로도 유동성이 크며 경제성 면에서도 유리한 콘크리트이다.

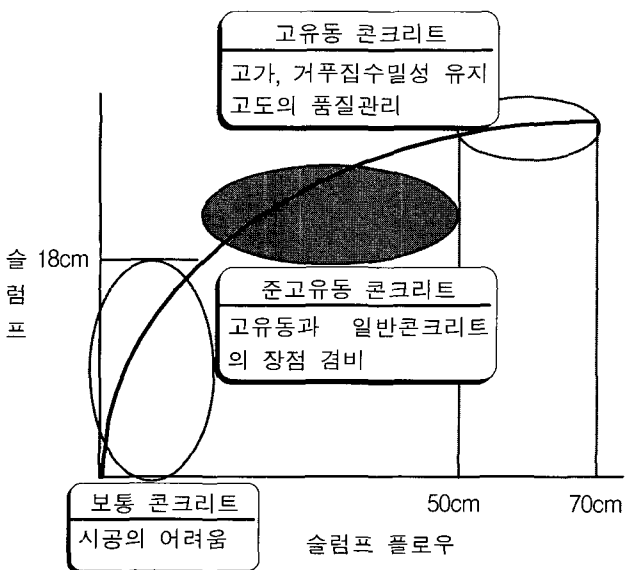
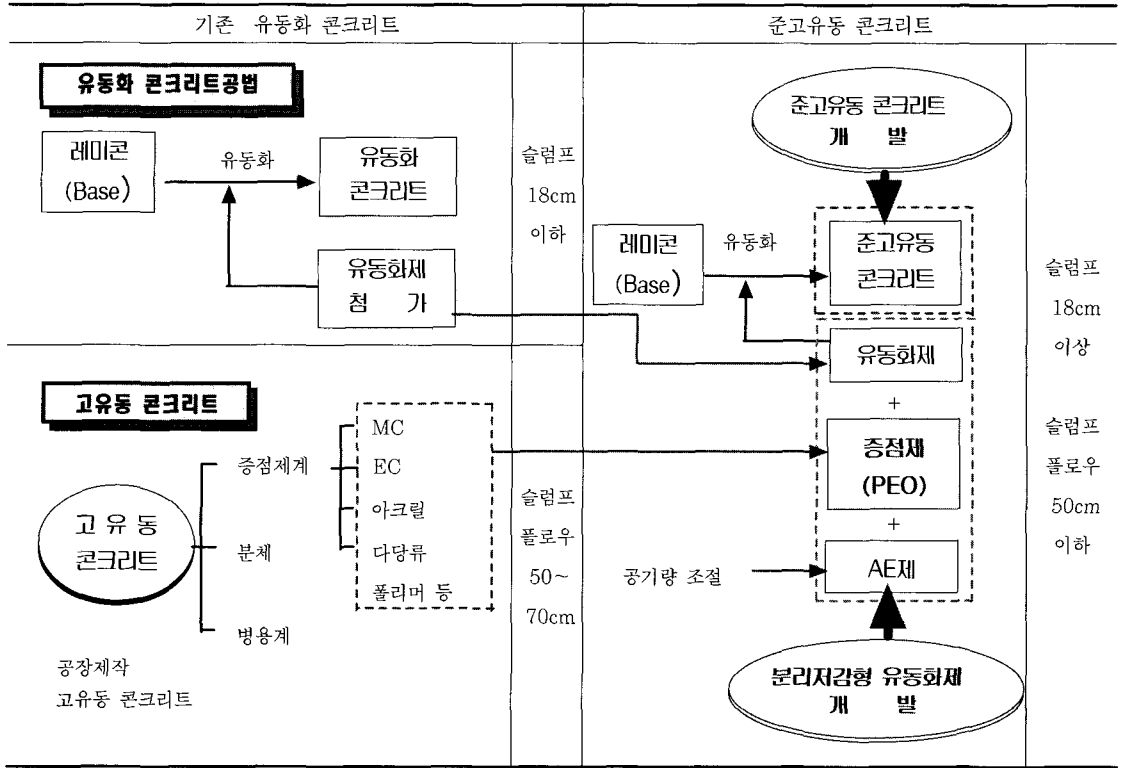


그림 1. 준고유동 콘크리트

표 1. 공법 개요



3. 분리저감형 유동화제의 개발

분리저감형 유동화제 개발의 핵심은 유동화제를 첨가한 콘크리트에 증점제를 첨가하면 점성 증대에 의하여 재료 분리를 방지할 수 있지만 유동성도 저하할 가능성이 있어, 유동성 및 재료 분리 저항성 양자를 동시 확보할 수 있는 유동화제 및 증점제의 적정 첨가량의 결정이 매우 중요한 요인이라고 할 수 있다. <그림 2>는 유동화제, 증점제 및 AE제 사용량에 따른 슬럼프 및 공기량을 나타낸 것이다.

(1) 유동화제 종류 및 첨가량(시리즈 1)

슬럼프는 유동화제 사용량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 단, 유동화제 첨가량이 일정량 이상에서의 슬럼프는 유사하거나 감소하는 것으로 나타났고, 공기량은 베이스 콘크리트를 유동화할 경우 유동화제 사용량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 시리즈 2에서 증점제의 첨가에 의한 슬럼프 감소를 감안하여 시리즈 1에서의 유동화제의 적정 첨가량은 유동화제 종류에 따라 각각 다르게 나타났는데, 나프탈린계 유동화제가 1.2%로 가장 많은 양을 사용하여야 하는 것으로 나타났고, 멜라민계는 1.0%, 폴리칼본산계는 0.6%를 사용하여야 하는 것으로 나타났다.

(2) 증점제 종류 및 첨가량(시리즈 2)

증점제 사용량의 증가에 따른 슬럼프는 PEO 및 MC 증점제

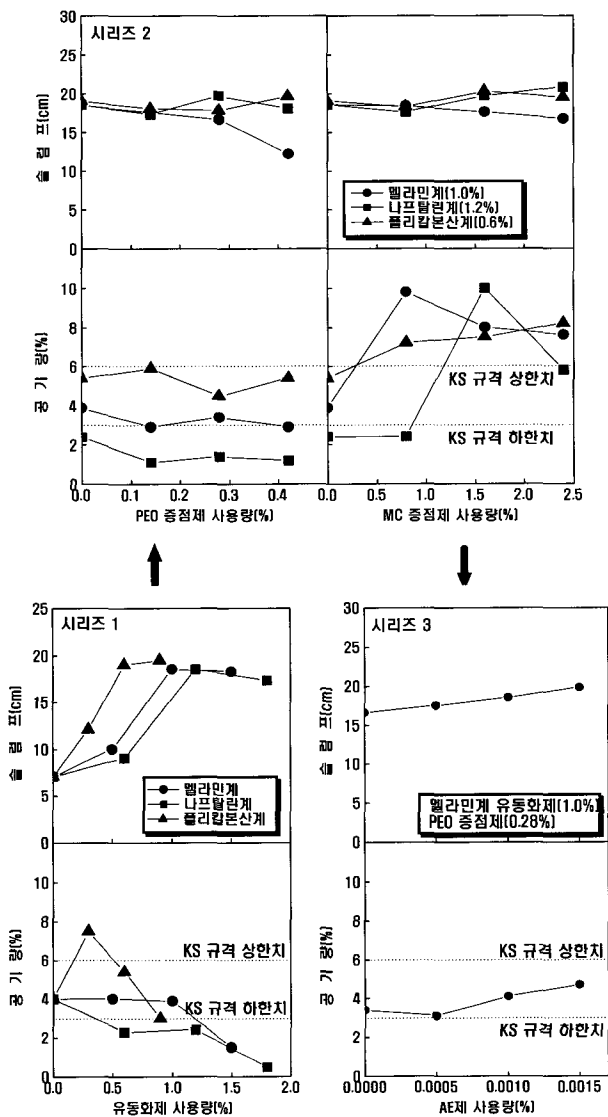


그림 2. 유동화제 · 증점제 및 AE제 첨가량에 따른 슬럼프 및 공기량

공히 멜라민계 유동화제를 사용할 경우 증점제량이 증가에 따른 슬럼프 저하가 큰 것으로 나타났고, 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제를 사용할 경우는 증점제량이 증가할수록 슬럼프는 미소하나 증가하는 것으로 나타났다. 또한, PEO 및 MC 증점제의 점성 증대 효과는 공히 멜라민계 유동화제를 사용할 경우 우수한 것으로 나타났다. PEO 증점제를 사용한 경우의 공기량은 멜라민계, 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제 공히 증점제를 사용하지 않은 유동화 콘크리트의 공기량보다 다소 저하하는 것으로 나타났다. 따라서, 어느 정도 재료 분리를 방지할 수 있는 증점제의 적정 첨가량은 MC 증점제의 경우 1.6%, PEO 증점제는 0.28%가 적당한 것으로 나타났다.

(3) AE제 첨가량(시리즈 3)

AE제 사용에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 AE제 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났는데, 공기량은 AE제

0.001% 첨가할 때 베이스 콘크리트의 공기량을 발휘하는 것으로 나타났다.

(4) 압축 강도

굳지않은 콘크리트에서 멜라민계 유동화제가 유동성 증대 효과 및 첨가량 등의 측면에서 비교적 적당한 것으로 나타났으므로, <그림 3>은 멜라민계 유동화제를 사용한 경우의 압축 강도에 대한 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제를 사용한 경우의 압축 강도를 유동화제 사용량 및 재령에 관계없이 산점도로 나타낸 그래프이다. 멜라민계 유동화제를 사용한 경우의 콘크리트 압축 강도는 나프탈린계 유동화제를 사용한 경우보다 평균 6% 정도 작게 나타났고, 폴리칼본산계 유동화제를 사용하였을 경우보다는 평균 16% 정도 크게 나타났는데, 이는 공기량 차이에 기인된 결과로 분석된다.

<그림 4>는 증점제 종류에 따른 압축 강도를 비교하기 위하여 증점제 사용량 및 유동화제 종류 및 재령에 관계없이 산점도로 나타낸 것이다. 증점제 종류에 따른 콘크리트 압축 강도는 PEO 증점제를 사용한 경우가 MC 증점제를 사용한 경우보다 재령에 관계없이 평균 약 34% 정도 큰 것으로 나타났는데, 이는 비교적 공기량이 적은 것에 기인한 것으로 사료된다.

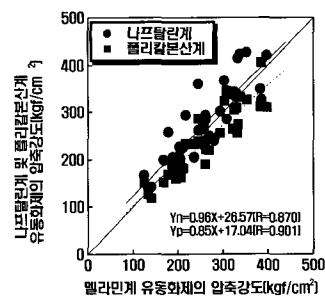


그림 3. 멜라민계 유동화제의 압축 강도에 대한 나프탈린계 및 폴리칼본산계 유동화제의 압축 강도

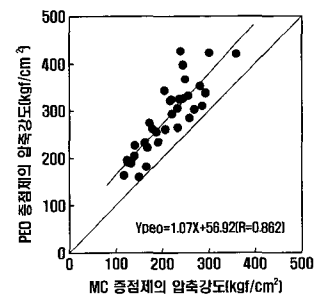


그림 4. MC 증점제와 PEO 증점제의 압축 강도 비교

(5) 경제성 분석

<그림 5>는 유동화제 및 증점제 종류별 1kg당 단가를 비교한 막대그래프이고, <그림 6>은 슬럼프 10cm를 증대시킬 경우의 유동화제 종류별 적정 사용량에 대한 1m³당 단가를 증점제 종류별로 구분하여 나타낸 것이다. 유동화제의 1kg당 단가는 나프탈린계가 가장 저렴하고, 폴리칼본산계가 가장 고가이며, 증점제의 단가는 PEO가 MC보다 월등히 고가이다.

유동화제와 증점제의 적정 사용량에 따른 단가는 나프탈린계 유동화제를 사용하고, PEO 증점제를 사용할 경우 가장 저렴하고, 폴리칼본산계 유동화제에 MC 증점제를 사용하는 경우가 가장 비싼데, 이는 MC의 경우 분말을 이용하였고, PEO는 물과 희석하여 사용하기 때문으로 원재료의 1kg당 단가는 PEO가 비

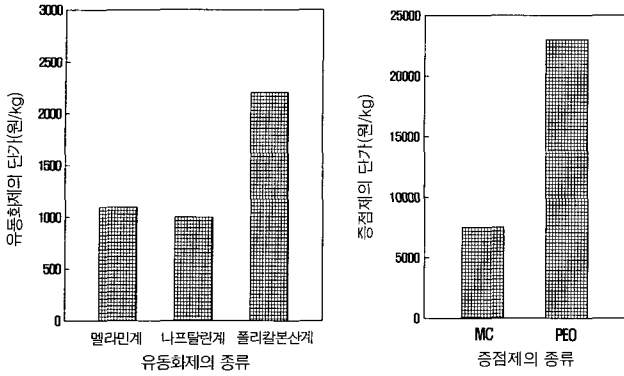


그림 5. 유동화제 및 증점제의 1kg당 단가

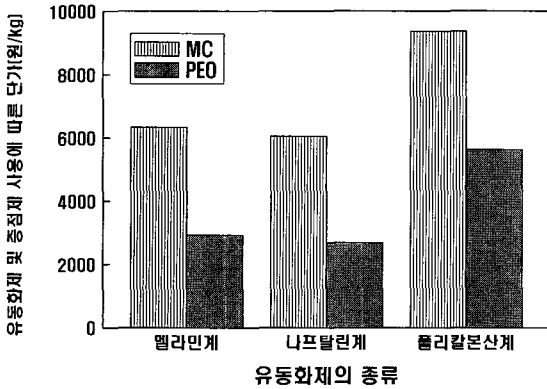


그림 6. 유동화제 및 증점제의 적정 사용량에 대한 1m³당 단가

하지만, 실제 유동화에 사용되는 가격은 PEO가 저렴하다

이상의 결과를 분석하여 준고유동 콘크리트에 활용할 분리저감형 유동화제의 혼화제는 먼저, 멜라민계 유동화제의 경우는 가격은 나프탈렌계보다 약간 고가지만 증점제와 조합될 경우 점성 확보 및 공기량 안정성이 좋아 유리하고, 또한 증점제의 경우 PEO는 MC보다 가격 및 공기량 안정성이 양호하여 유리하다.

따라서, 일반 조건인 베이스 콘크리트의 유동성을 향상할 수 있으면서 재료 분리가 발생하지 않고, 공기량도 안정하여 경제성도 성취할 수 있는 분리저감형 유동화제의 조합은 1m³당 첨가량과 경제성을 검토할 경우 멜라민계 유동화제, PEO 증점제 및 AE제를 일정비율로 혼합하여 첨가하는 것이 가장 효과적이다. 개발한 분리저감형 유동화제의 물리적 성질은 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 개발한 분리저감형 유동화제의 물리적 성질

혼화제 종류	주성분	색상 및 형태	비중(20℃)	pH
분리저감형 유동화제	복합형	연황색 액체	1.08±0.02	7.0±1.0

4. 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 모의 부재 적용 특성

실무 조건하에서 개발한 분리저감형 유동화제를 이용하여 베이스

스 콘크리트를 유동화하는 공법을 실제 구조체에 도입할 경우, 재료 분리 현상 및 충전 불량 등의 문제점이 발생할 수도 있어 이에 대한 검토가 필요하다.

따라서, 일반 조건하에서 베이스 콘크리트를 제조하고 개발한 분리저감형 유동화제를 이용하여 유동화 콘크리트를 제조하여 굳지않은 콘크리트, 경화 콘크리트의 특성 및 모의 부재 충전성을 비교·분석함으로써 분리저감형 유동화제를 이용한 유동화 콘크리트 공법의 현장 적용성을 사전에 검토하였다. L형 모의 부재의 충전성 실험을 위한 시험체 제작도는 <그림 7>과 같다.

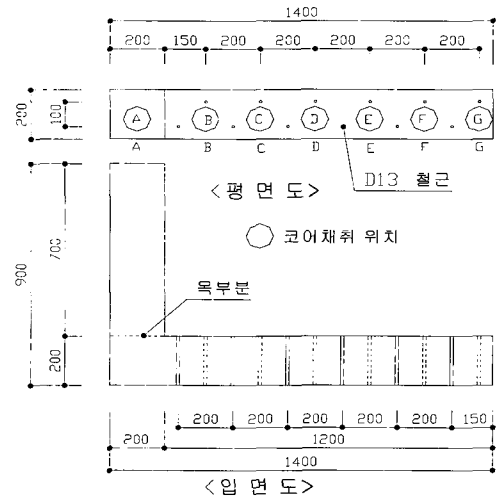


그림 7. L-type 모의 부재 제작도

(1) 배합 특성

<그림 8>은 베이스 콘크리트에 사용한 AE 감수제 및 유동화 콘크리트에 사용한 분리저감형 유동화제의 첨가율을 W/C별로 나타낸 그래프이다. 먼저 베이스 콘크리트의 제조에 있어서 W/C 50%인 경우가 40%인 경우보다 적은 양의 AE 감수제가 첨가된 것으로 나타났다. 단, 유동화 콘크리트의 경우는 베이스 콘크리트와 달리 단위시멘트량 차이에 따른 유동화제량 및 점성으로 인하여 W/C 40%인 경우가 W/C 50%인 경우보다 분리저감형 유동화제 첨가율이 적은 것으로 나타났다.

(2) 유동성

<그림 9> 및 <그림 10>은 유동화제 첨가율에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우치를 W/C 및 유동화제 종류별로 나타낸 것이다. 전반적으로 슬럼프 및 슬럼프 플로우치는 유동화제 첨가율이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났는데, 단, W/C 50%에 있어서 슬럼프치는 분리저감형 유동화제를 첨가할 때 같은 양의 일반 유동화제를 첨가하는 경우보다 크게 나타났다. 또한, 슬럼프 15cm인 베이스 콘크리트를 슬럼프치 21cm 및 23cm로 유동화하는 경우 슬럼프 플로우치는 35~55cm 정도로 유동성이 양호하게 나타났다.

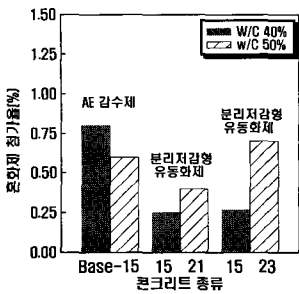


그림 8. 콘크리트 종류별 혼화제 첨가율

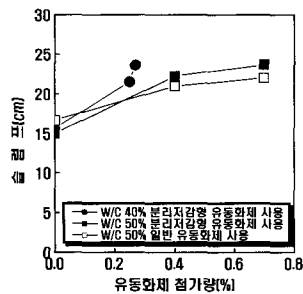


그림 9. 유동화제 첨가량에 따른 슬럼프

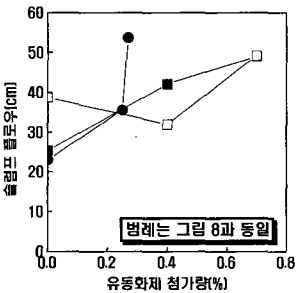


그림 10. 유동화제 첨가량에 따른 슬럼프 플로우

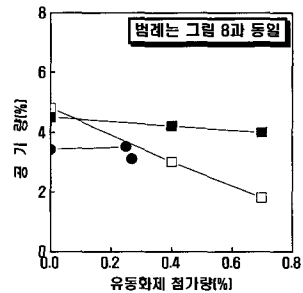


그림 11. 유동화제 첨가량에 따른 공기량

(3) 공기량

〈그림 11〉은 공기량을 나타낸 것으로 공기량은 분리저감형 유동화제를 이용할 경우 점성 부여 및 첨가물의 공기량 확보 특성으로 W/C 및 첨가율에 따라 큰 변화가 없는 것으로 나타난 반면, 일반 유동화제를 첨가할 때에는 점성 저하에 기인하여 첨가율이 증가함에 따라 공기량은 급격하게 감소하는 것으로 나타났다.

(4) L형 모의 부재 충전 특성

〈그림 12〉는 L형 모의 부재에 굳지않은 콘크리트를 부어넣었을 때 유동된 콘크리트의 충전 상황을 나타낸 것이다. 베이스 콘크리트는 유동성 부족으로 인하여 L형 모의 부재의 끝부분까지 채워지지 않았으나, 준고유동 콘크리트의 경우는 전반적으로 L형 모의 부재의 끝부분까지 콘크리트가 충전되었다. 한편 일반 유동화제를 사용한 경우는 충전 상황이 다소 불량한 것으로 나타났는데, 이는 일반 유동화제 사용시 점성이 적고, 재료 분리 현상이 나타나 모의 부재의 끝부분까지 충전되지 못하는 것으로 분석된다.

(5) 압축 강도 특성

〈그림 13〉은 콘크리트 종류별 28일 압축 강

도를 공시체 다짐 방법별로 나타낸 그래프이다. 당연한 결과이겠지만 압축 강도는 W/C 40%의 경우가 W/C 50%보다 높게 나타났고, 베이스 콘크리트와 유동화 콘크리트간의 강도 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 단, W/C 50%일 때 일반 유동화제를 사용한 경우는 분리저감형 유동화제를 사용한 경우보다 약간 큰 강도로 나타났는데, 이는 유동화 과정에서 공기량 감소에 기인한 것으로 분석된다. 다짐 방법별 압축 강도는 각 W/C별 무다짐과 표준다짐에 의한 강도 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

(6) 코어 압축 강도 특성

〈그림 14〉는 콘크리트 종류별 각 코어 채취 위치에서의 28일 압축 강도를 나타낸 것이다.

콘크리트 종류별 표준공시체 압축 강도와 비교하면 거의 유사한 값으로 강도 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. W/C 40% 및 50% 각 위치별 코어 압축 강도는 콘크리트를 부어넣은 위치에서 멀어질수록 약간 감소하는 것으로 나타났고, W/C별 유동화제 첨가량에 따른 강도는 첨가량이 증가할수록 양호한 것으로 나타났는데, 이는 유동화제 첨가량 증대에 따른 시멘트의 분산 및 유동성 증대에 따른 결과로 분석된다. 유동화제 종류에 따른 코어 압축 강도는 거의 유사한 값으로 강도 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

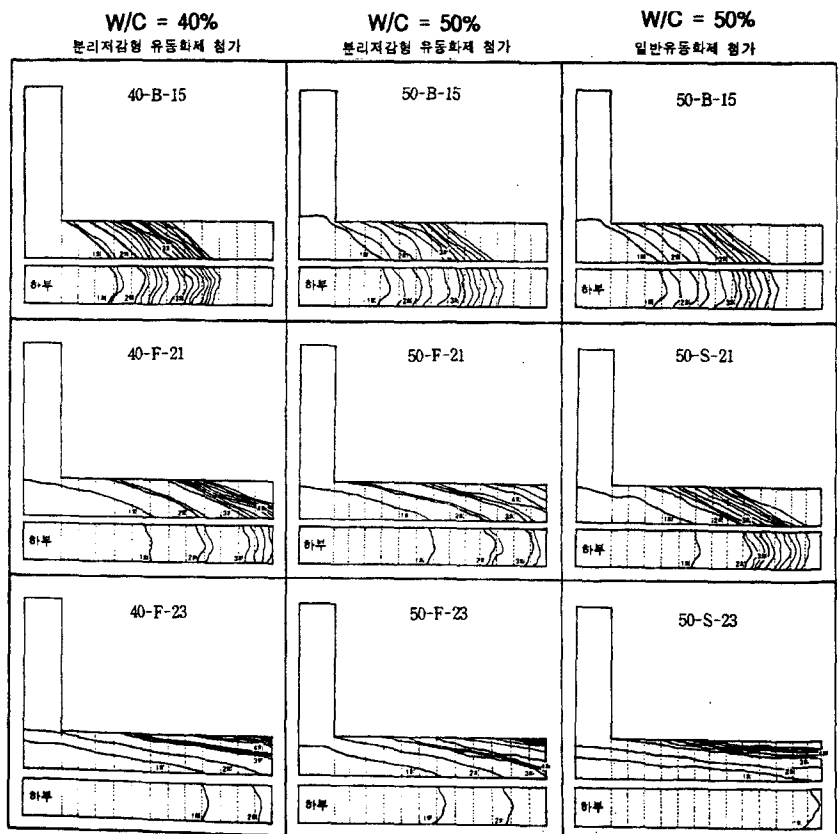


그림 12. L형 모의 부재의 콘크리트 충전 상황

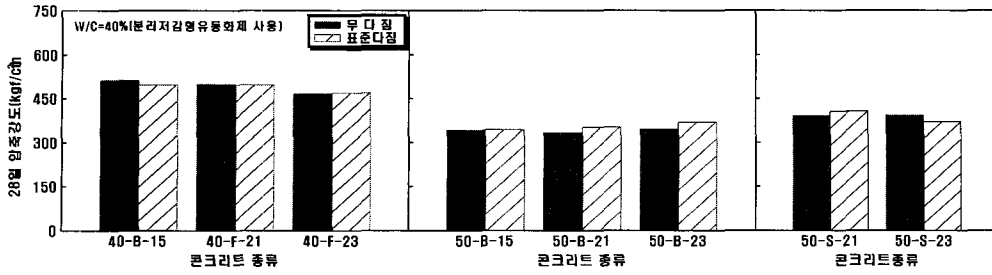


그림 13. 콘크리트 종류별 압축 강도

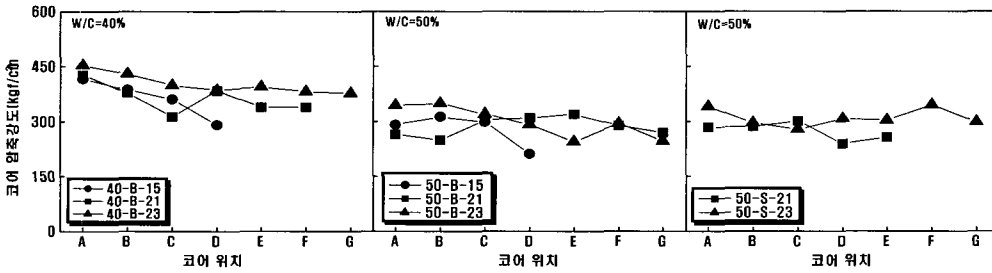


그림 14. 콘크리트 종류별 코어 위치에 따른 압축 강도

5. 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 현장 시공 사례

5.1 현장 적용 실험

개발한 분리저감형 유동화제를 이용하여 실제 레미콘 회사에서 출하된 일반 조건하의 레미콘을 대상으로 실제 구조체에 부어넣기를 실시하고, 유동화 전·후의 굳지않은 콘크리트의 특성, 경화 콘크리트의 특성 및 품질을 분석하였다. 현장 실험의 대상 건물의 공사 개요는 <표 3>과 같고, <그림 15>는 베이스 콘크리트 및 준고유동 콘크리트의 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

(1) 유동성

베이스 콘크리트의 슬럼프치는 Lot별로 약간 차이는 있지만 요구한 슬럼프 범위 15 ± 1 cm를 만족하는 것으로 나타났고, 분리저감형 유동화제를 0.4% 첨가하여 유동화시킨 후의 슬럼프는 유동화 목표치 21 cm의 유동성을 발휘하는 것으로 나타났다(사

전 1) 참조).

슬럼프 플로우 역시 Lot별로 베이스 콘크리트에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 유동화 후에는 슬럼프치와 같이 Lot 3, Lot 1 및 Lot 2의 순으로 슬럼프 플로우치가 큰 것으로 나타났다.

(2) 공기량

공기량은 Lot별로 Lot 2, Lot 1 및 Lot 3 순으로 크게 나타났는데, 베이스 콘크리트 및 압송 전·후 공히 KS 규정인 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하는 것으로 나타났다.

(3) 압축 강도

압축 강도를 베이스 콘크리트와 준고유동 콘크리트의 압송 전·후와 관계없이 산점도로 나타낸 결과, 재령에 관계없이 거의 모두 45° 선에 분포되고 있는 것으로 나타나, 베이스 콘크리트와 준고유동 콘크리트의 압축 강도는 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 3. 공사 개요

공사명	우암 선교관 증축 공사
현장 위치	충북 청주시 상당구 우암동 126-3번지
건축 규모	지하: 1층, 지상: 5층, 옥탑: 1층
구조	철근 콘크리트 라멘조
실험 대상 층 (부어넣기량)	3층(256 m ³), 4층(262 m ³), 5층(264 m ³)
실험 대상 층 및 타설 날짜	3층(1999. 3. 16), 4층(1999. 4. 1), 5층(1999. 4. 21)

* 실험 대상 층은 주로 3층이며, 3층 타설량을 Lot1, 2, 3으로 나누어 실시

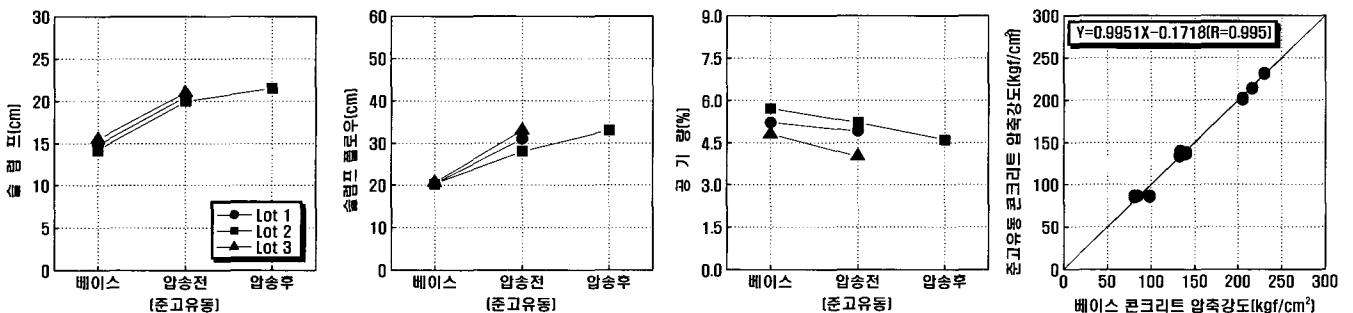
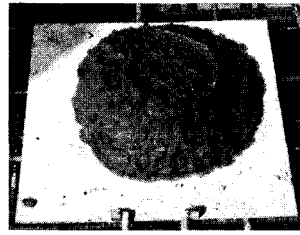


그림 15. 베이스와 준고유동 콘크리트의 특성 비교



(a) 베이스 콘크리트의 슬럼프 (b) 준고유동 콘크리트의 슬럼프

사진 1. 베이스 콘크리트 및 준고유동 콘크리트의 슬럼프 모습

5.2 현장 시공 사례

다음 <사진 2> ~<사진 12>는 분리저감형 유동화제를 이용하여 현장에서 제조한 준고유동 콘크리트로 시공한 현장이다.

6. 준고유동 콘크리트와 기존 유동화 공법 비교

준고유동 콘크리트와 기존의 유동화 콘크리트의 차이점을 비교하면 <표 4>와 같다.

(1) 청주 우암교회 선교관 증축 공사



사진 2. 콘크리트 부어넣기

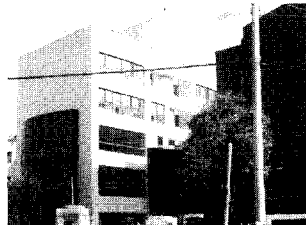


사진 3. 준공 건물

(3) 청주대학교 대천수련원 신축 공사



사진 5. 유동화제 투입



사진 6. 콘크리트 부어넣기

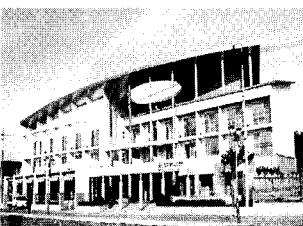


사진 7. 수련원 전면

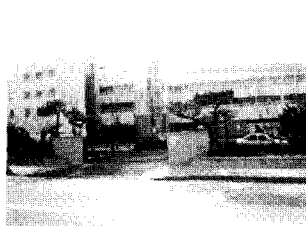


사진 8. 수련원 후면

7. 결 언

콘크리트 시공의 고능률화 및 합리화를 목적으로 개발된 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트를 실무에 적용할 때 필요한 사항을 요약하여 다음과 같다.

- 1) 실무 현장에서의 콘크리트는 구조물의 요구 조건, 사회적 인 변화 등에 따라 유동성이 큰 것을 사용할 수밖에 없으므로, 능동적으로 유동화 콘크리트에 대처하는 의식 전환이 필요하다.
- 2) 준고유동 콘크리트는 사용 목적을 정확히 파악하고 접근해야만 좋은 품질의 유동성 콘크리트를 활용할 수 있다.
- 3) 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트는 시공자의 책임 하에 필요한 시험 및 검사가 정확하게 이루어져야 한다.
- 4) 품질 좋은 콘크리트 구조물을 만들기 위해서는 준고유동 콘크리트와 같은 새로운 기술 도입을 적극 수용하는 자세를 가져야 한다. □

(2) 청주대학교 종합운동장 신축 공사

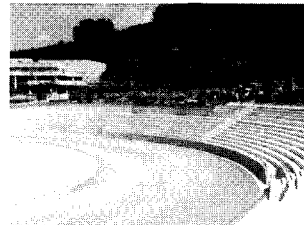


사진 4. 준공 후의 관람석



(4) 대원건설 의왕아파트 신축 공사



사진 9. 유동화제 투입



사진 10. 콘크리트 부어넣기

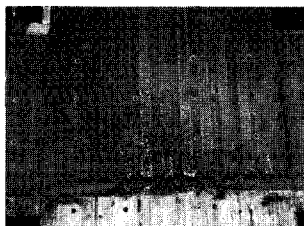


사진 11. 보통 콘크리트 표면

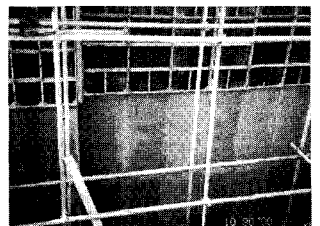


사진 12. 준고유동 콘크리트 표면

표 4. 준고유동 콘크리트와 기존 유동화 공법의 비교

	기존 공법의 문제점	신공법의 효과
유동화 공법 · 고유동 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유동화 후 재료 분리 → 레미콘 배합 설계 수정 ■ S/A 증가, 단위수량 증가 ⇒ 품질 저하 <ul style="list-style-type: none"> · 건조 수축 균열 증대 · 탄성계수 감소 · 비용 증대 ■ 레미콘 현장의 관리 증대 <ul style="list-style-type: none"> · 별도의 배합 설계로 번잡 · 배합 자료 관리의 복잡 · 주문자와 생산자간의 충분한 합의 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 재료 분리 방지(증점제 효과 + AE제) → 레미콘 배합 수정 불필요 ■ S/A, 단위수량 불변 ⇒ 품질 향상 <ul style="list-style-type: none"> · 건조 수축 균열 감소 · 탄성계수 유지 · 비용 증가 최소화 ■ 레미콘 현장의 관리 간편 ⇒ 관리 용이 <ul style="list-style-type: none"> · 배합 설계 불필요 · 자료 관리 간단 · 특별한 합의 불필요
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시공성 어려움 ■ 유동화 공법 : 슬럼프 18 cm 이하 <ul style="list-style-type: none"> · 컨벤셔널 18 cm보다 시공성 곤란 · 블리딩량 및 침하량 증가 ■ 고유동 콘크리트 : 슬럼프 플로우 50 ~ 70 cm <ul style="list-style-type: none"> · 수밀한 거푸집 시공이 필요 · 거푸집 측압 증대 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시공 용이 ■ 준고유동 콘크리트 : 슬럼프 18 cm 이상, 슬럼프 플로우 50 cm 이하 <ul style="list-style-type: none"> · 큰 유동성으로 간단한 바이브레이팅에 충전 용이 · 블리딩량 및 침하량 감소(증점제 효과) · 수밀성 저하된 거푸집의 경우도 시공 가능 · 거푸집 측압 약간 증대
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경제성 증대 ■ 유동화 공법 <ul style="list-style-type: none"> · 경제성 양호 ■ 고유동 콘크리트 <ul style="list-style-type: none"> · 1.5 ~ 2배 비용 증대 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경제성 유리 ■ 유동화 공법에 의한 준고유동 콘크리트의 제조 <ul style="list-style-type: none"> · 유동화 공법보다는 비용 증대 → 컨벤셔널 콘크리트보다는 경제적 · 고유동 콘크리트보다는 대폭 저렴
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 품질 확보 곤란 ■ 증점제계 고유동 콘크리트 <ul style="list-style-type: none"> · 점성 확보, S/A 증대로 건조 수축 증대, 탄성계수 저하 · MC 증점제는 공기량 변동이 큼 → 강도 저하 → 내구성 저하 · 품질 관리에 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 품질 확보 용이 ■ 분리저감형 유동화제를 이용한 유동화 공법으로 준고유동 콘크리트의 제조 <ul style="list-style-type: none"> · S/A 낮음 → 건조 수축 감소, 탄성 증대 · PEO 증점제는 공기량이 안정 → 강도 불변 → AE제로 내동해성 등 내구성 향상 · 현장 실정에 따라 조정이 가능하여 품질 관리가 용이

참고문헌

1. 오선교, "분리저감형 유동화제의 개발 및 실용화에 관한 연구", 청주대학교 대학원 공학박사 학위논문, 2000.
2. 한천구, 반호용, 오선교, "분리저감형 유동화 콘크리트 개발에 관한 실험연구", 대한건축학회논문집, 제14권 12호, 1998.
3. 한천구, 유호범, 오선교, 반호용, "분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 제조 및 특성분석", 대한건축학회논문집, 제16권 6호, 2000.
4. 한천구, 강의영, 오선교, 반호용, "증점제를 이용한 분리저감형 유동화 콘크리트의 개발", 한국콘크리트학회 논문집, 제11권 4호, 1999.
5. 유호범, 강의영, 오선교, 한천구, 반호용, "분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 모의부재 충전 특성", 대한건축학회 춘계 학술발표대회 논문집, 제19권 1호, 1999.
6. 김효구, 강의영, 오선교, 한천구, 반호용, "거푸집 및 바리제 종류에 따른 제치장 콘크리트의 광택도에 관한 연구", 한국콘크리트학회 춘계 학술발표대회 논문집, 제11권 1호, 1999.
7. 오선교, 유호범, 강의영, 반호용, 한천구, "분리저감형 유동화제를 이용한 유동화 콘크리트의 현장적용 연구", 대한건축학회 추계 학술발표대회 논문집, 제19권 2호, 1999.
8. 日本建築學會 材料施工委員會 第一分科會·流動化コンクリート研究小委會, 「流動化コンクリートの技術の現況」, 1979.
9. 小山 智辛, 小山田英弘, "中流動コンクリートに関する基礎的研究", 日本建築學會學術講演論文集, 1998. 9.
10. 三好 征夫, 中村 成春 : 準高流動コンクリートの基礎研究, 日本建築學會學術講演論文集, 1998. 9
11. 윤기원, 김종석, 박상준, 김기철, 한천구, 반호용, "유동화 콘크리트의 유동특성에 관한 현장 실험 연구 - 제1보 : 유동화제 종류에 따른 특성 -", 대한건축학회 학술발표논문집, 제16권 제2호, 1996.
12. 김종석, 박상준, 김기철, 윤기원, 한천구, 반호용, "유동화 콘크리트의 유동특성에 관한 현장 실험 연구 - 제2보 : 유동화 방법에 따른 특성 -", 대한건축학회 학술발표논문집, 제16권 제2호, 1996, pp.681~684.
13. 윤기원, 이권철, 박상준, 김종석, 한천구, 반호용, "유동화 콘크리트의 현장적용에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제8권 제2호, 1996, pp.271~275.
14. 김종석, "유동화 콘크리트의 효율적인 제조 및 활용방안에 관한 연구", 청주대학교 대학원 공학석사 학위논문, 1997.
15. 대한건축학회, 「건축공사 표준시방서」, 1999.