

증점제를 사용한 보통강도 콘크리트의 고유동화

High Flowing of Normal Strength Concrete using Viscosity Agent

김진철, 박성학, 정용
Kim, Jin Cheol Park, Sung Hak Jeong, Yong

ABSTRACT

This experimental study was performed to produce high flowing normal strength concrete using viscosity agent. Test variables were selected to the viscosity agent contents with 4 levels, the cement contents with 5 levels and the coarse aggregate contents with 3 levels, etc.

As a result, the high flowing and filling properties of concrete were obtained by proper amount of viscosity agent and superplasticizer in the normal strength concrete.

For the concrete mix proportions, it was found that unit weight of cement was more than 364kg/m^3 and volume of coarse aggregate was less than 280l/m^3 in this study.

1. 서론

콘크리트는 사회기반시설을 구축하는 데 있어 중요한 구조재료이며, 내구적으로 안정한 구조물을 구축하기 위해서는 해당 구조물에 적합한 콘크리트 배합설계와 엄밀시공이 필수 불가결한 조건임은 주지의 사실이다. 그러나 3D 업종 기피에 따른 숙련기술자의 부족, 건설관계 종사자의 콘크리트에 대한 인식부족, 저가입찰과 재도급, 재하청 등 건설시장의 악순환, 기술력이 부족한 중소 레미콘 업체의 난립 등과 같은 현재의 사회환경 하에서 삼품 백화점과 같은 부실한 콘크리트 구조물이 시공되고, 붕괴되는 현실 때문에 고품질 콘크리트의 제조뿐만 아니라 경화후 콘크리트 구조물의 신뢰성이 확보될 수 있는 고기능성 콘크리트에 대한 필요성이 대두되었다.^{1)~3)}

이러한 시대적 요청 하에서 콘크리트 시공 개선부문에 초점을 두고 콘크리트 자체의 유동성과 충전성으로 작업원의 숙련도가 경화후 콘크리트 품질에 영향을 미치지 않는 고유동

성 또는 고충전성 콘크리트 개발이 필요하게 되었다.

콘크리트의 고유동화는 결합재량 증가 또는 증점제 등을 사용하여 소성점도를 향상시켜 재료분리를 저감시킴으로써 가능하다.

그러나 보통강도 범위(호칭강도 210 ~ 300 kgf/cm^2) 콘크리트는 배합특성상 결합재량이 적고, 단위수량이 크기 때문에 고유동화가 곤란한 강도수준의 콘크리트이다.

본 연구는 건설현장에서 일반적으로 사용되고 있는 보통강도 콘크리트를 증점제와 고성능감수제를 사용하여 재료분리를 저감하고, 유동성을 향상시켜 보통강도 범위에서 고유동화 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 실험개요

2.1 실험재료

시멘트는 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 골재는 굵은골재 최대치수 19mm 쇄석 및 세척사를 사용하였다.

증점제는 분말형 셀룰로오스계를 사용하였으며, 증점제 사용에 따른 공기량 과다발현을

* 정희원, 동양중앙연구소 연구원

방지하고자 알콜계 소포제를 사용하였다.

또한 증점제와의 적합성을 고려하여 멜라민계 고성능감수제를 사용하였으며, 표 1은 실험에 사용된 재료의 물성을 나타내고 있다.

표 1. 사용재료

종류	품 질
시멘트	보통포틀랜드 시멘트 (비중 3.15, 블레인값 2,967cm ² /g $\sigma_{28} = 343\text{kgf/cm}^2$)
잔골재	세척사(비중 2.60, FM 2.64)
굵은골재	19mm 쇄석(비중 2.65, FM 6.90)
증점제	HEC(Hydroxy Ethylcellulose) 점도 12,000mPa·sec(2%수용액)
소포제	알콜계 소포제
고성능감수제	분말형 멜라민계 고성능감수제

2.2 실험방법

(1) 콘크리트 배합

증점제 첨가량, 단위시멘트량, 단위굵은골재량 등의 변화에 따른 콘크리트 물성을 고찰하기 위하여 표 2와 같은 콘크리트 배합을 선정하였다.

증점제 첨가량은 단위수량 중량비로 결정하였으며, 증점제 첨가로 인한 과도한 공기연행을 방지하고자 적정량의 소포제를 사용하였다.

(2) 유동성, 간극통과성 및 충전성 실험

프레쉬 콘크리트 배합특성에 따른 유동성, 간극통과성 및 충전성을 고찰하기 위하여 슬립프플로우시험, 직경 75mm의 O형 깔대기 시험 및 철근이 배근된 박스형 충전시험을 하였다.

(3) 콘크리트 응결실험

콘크리트를 No. 4체로 습식 체가름하여 응결 실험용 공시체를 제작하고, KS F 2436에 의거하여 초결 및 종결시간을 측정하였다.

표 2. 콘크리트 배합

W/C (%)	S/a (%)	단 위 중 량(kg/m ³)			
		C	W	S	G
59.5	56.9	340	202	962.2	742
55.5	56.4	364	"	942.2	"
52.6	52.8	384	"	873.9	795
47.4	57.3	"	182	977.85	742
50.0	56.7	"	192	951.85	"
52.6	56.0	"	202	925.9	"
"	59.1	"	"	977.9	689
47.6	55.1	424	"	892.8	742
43.5	54.2	464	"	859.8	"

3. 고유동 콘크리트의 세물성

3.1 유동성 및 충전성

고유동 콘크리트 제조에 있어서 소요의 조성점도를 확보하지 못할 경우 과도한 유동성으로 인하여 재료분리가 발생할 수 있으며, 본 연구에서 대상으로 하는 보통강도 범위의 콘크리트는 배합특성상 단위수량이 크기 때문에 재료분리의 가능성이 매우 높다.³⁾

재료분리를 저감시키기 위해서는 콘크리트의 조성점도를 향상시켜야 한다. 이를 위하여 증점제를 사용하였으며, 그에 따른 적정 증점제 첨가량을 조사한 결과가 그림 1이다.

실험결과 증점제의 첨가량에 따라 콘크리트의 유동성 및 충전성은 상이한 결과를 나타냄으로서 소요의 물성을 만족하는 적정 첨가량이 존재하고 있음을 알 수 있으며, 본 실험의 범위에서 사용한 증점제는 적정 첨가량이 단위수량 중량비 0.2%인 것으로 나타났다.

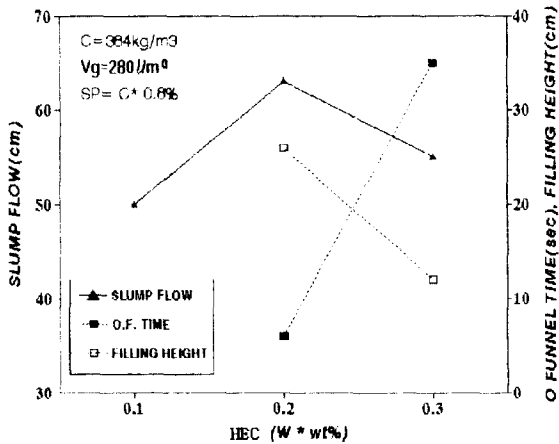


그림 1. 증점제 첨가에 따른 유동성 및 충전성

한편 과밀배근된 철근사이를 통과하는 콘크리트의 간극통과성은 소요의 재료분리 저항성과 유동성 뿐만 아니라 단위 굽은골재량에 의해서도 좌우되는 것으로 연구 보고되고 있다.^{1)~5)}

그림 2는 간극통과성 확보를 위한 적정 굽은골재량을 파악하기 위하여 단위시멘트량 384kg/m³, 증점제 첨가량 0.2%를 사용하여 굽은골재량을 변화시키면서 실험한 결과이다.

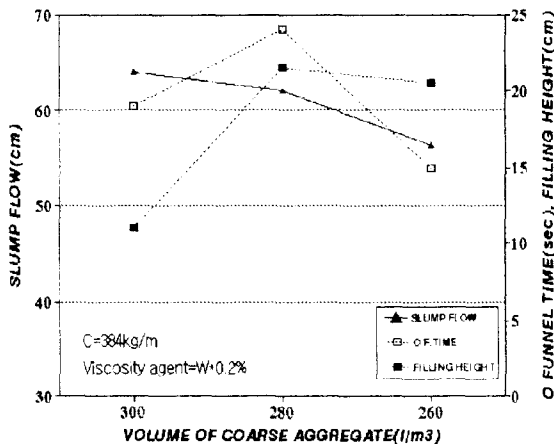


그림 2. 단위굽은골재량에 따른 유동성 및 충전성 변화

실험 결과, 굽은골재량 변화에 따라 소요의 유동성은 확보되지만 岡村²⁾ 등의 실험결과와 유사하게 충전능력 및 간극통과성이 최대로 되는 적정 굽은골재량이 존재하고 있음을 알 수 있으며, 본 연구의 범위에서는 280l/m³인 것으로 나타났다.

또한, 콘크리트 배합에 있어서 결합재의 역할은 경화후 콘크리트 물성 뿐만 아니라 경화전 콘크리트의 유동성 및 충전성에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다.

이러한 영향인자를 고려하기 위하여 증점제 첨가량을 단위수량 중량비 0.2%로 하였을 때 충전성이 양호한 단위시멘트량을 파악하기 위한 실험결과가 그림 3이다.

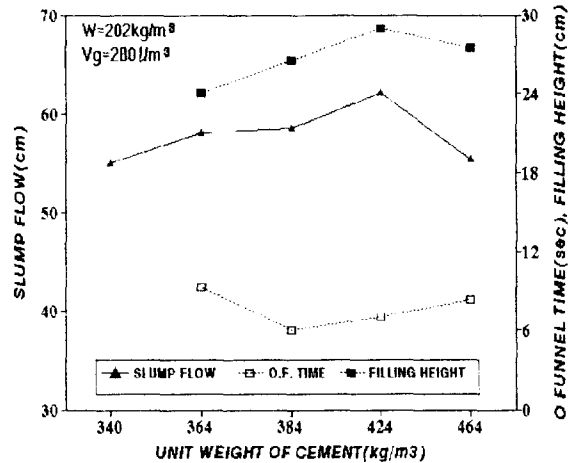


그림 3. 단위시멘트량과 유동성 및 충전성

실험결과, 단위시멘트 340kg/m³의 경우 소요의 유동성은 발현하고 있으나, 충전성 및 간극통과성 실험결과 콘크리트가 유동중 폐쇄현상이 발생하였으나, 단위시멘트량이 증가함에 따라 단위시멘트량 364 kg/m³을 임계점으로 하여, 이 이상에서는 양호한 유동성 및 충전성이 발현되어 고유동콘크리트가 지녀야 할 소요의 유동성, 간극통과성, 충전성 등은 단위시멘트량과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

3.2 단위수량 및 고성능감수제

콘크리트 중의 단위수량이 많으면 콘크리트의 소성점도가 낮아져 재료분리 발생할 수 있으며, 경화후 수축이 커지는 등의 문제점이 있다.⁵⁾

그림 4는 단위수량 변동 및 고성능감수제 첨가량에 따른 슬럼프 플로우 변화를 나타낸 것으로 점선 및 실선은 각각 증점제 첨가량 0.1% 및 0.2%을 나타내고 있다. 단위수량에 따라 슬럼프 플로우의 발현정도는 다르지만 전체적으로 고성능감수제의 첨가량이 증가함에 따라 슬럼프 플로우가 증가하는 경향을 나타내고 있다.

증점제 첨가량 0.1%의 경우 재료분리가 발생하였으며, 이는 재료분리에 저항할 수 있는 콘크리트의 소성점도가 낮기 때문인 것으로 생각된다.

실험결과로 부터 증점제와 고성능감수제를 첨가하여 고유동 콘크리트를 제조하는 경우 콘크리트 재료분리에 유의하여 소요 물성 발현에 적정한 첨가량을 결정해야 할 것으로 생각된다.

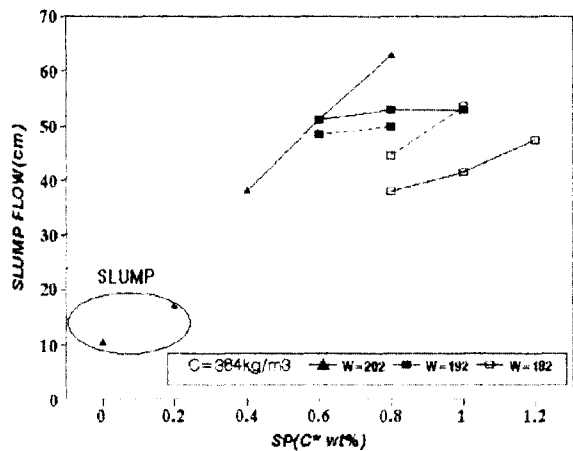


그림 4. 단위수량에 따른 고성능감수제의 첨가량

3.3 응결성상

셀룰로오스계 증점제는 시멘트의 수화를 지연시키는 경향이 있으며, 그 지연정도는 증점제의 분자량 또는 첨가량에 따라 변화되고 있음이 보고되고 있다.⁶⁾

본 연구에서는 증점제 첨가에 따른 콘크리트 응결성상을 파악하기 위하여 단위시멘트량 384, 424kg/m³에 대하여 감수제(단위시멘트량 0.3%) 및 공기연행제(단위시멘트량 0.015%)를 사용한 콘크리트 배합과 증점제(단위수량 0.2%) 및 고성능감수제(단위시멘트량 0.8%)를 사용한 콘크리트 배합의 응결시간을 측정하여 결과를 그림 5에 나타내었다.

실험결과, 증점제를 첨가한 콘크리트는 감수제 및 공기연행제를 사용한 일반 콘크리트 배합에 비하여 초결에서 약 4~5시간, 종결에서 약 3~4시간 정도 지연되었다.

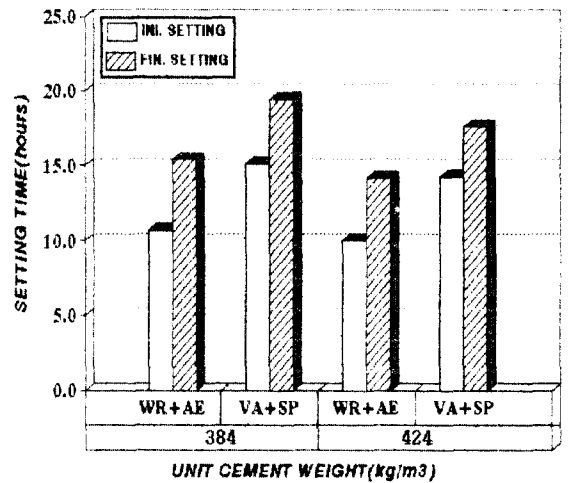


그림 5. 증점제 첨가에 따른 응결시험결과

셀룰로오스계 증점제 첨가에 따른 콘크리트의 응결지연은 시멘트 입자 표면에 흡착됨으로서 시멘트의 수화를 지연시키기 때문인 것으로 생각되며, 이러한 응결지연 정도는 셀룰로오스계 증점제의 점도, 치환도(셀룰로오스 분자의 수산기량), 첨가량 등에 따라 변화되기 때문에 사용되는 증점제의 선택에 유의할 필

요가 있을 것으로 생각된다.⁶⁾

또한 단위시멘트량에 따른 응결지연 정도는 단위 시멘트량이 증가함에 따라 약간 감소되는 것으로 나타났다.

3.4 압축강도

그림 6은 본 실험에서 고려한 콘크리트 배합의 물-시멘트비와 압축강도와의 관계를 나타낸 것이다.

증점제를 사용하여 제조한 콘크리트에서도 물-시멘트비와 압축강도 사이에는 직선적인 상관관계가 존재하고 있음을 알 수 있다.

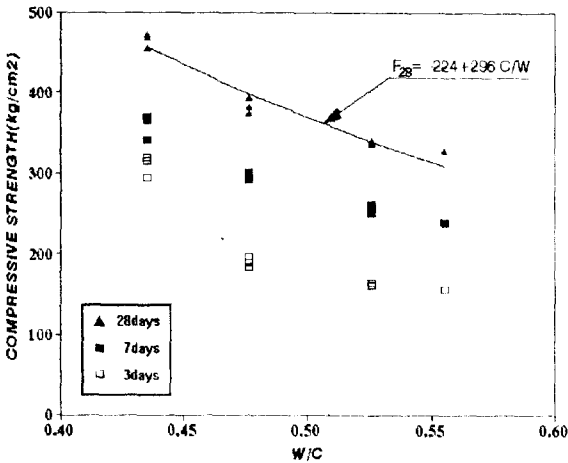


그림 6. 물-시멘트비와 압축강도의 관계

5. 결론

이상의 실험결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

(1) 증점제 첨가량에 따른 실험결과 콘크리트의 양호한 유동성 및 충전성을 발휘하는 적정 첨가량은 단위수량 중량비 0.2%인 것으로 나타났다.

(2) 굵은골재 최대용적 및 단위시멘트량은 콘크리트의 유동성 및 충전성과 밀접한 관련이 있으며, 본 연구의 범위에서는 각각 280l/m³ 및 364kg/m³이었다.

(3) 증점제를 사용함에 따라 3~5시간 정도의 응결지연이 발생하였으며, 지연 정도는 점도, 치환도 등에 따라 변화될 수 있으므로 증점제의 선정에 주의해야 할 것으로 생각된다.

(4) 증점제를 사용한 콘크리트에서도 물-시멘트비와 압축강도 사이에는 직선적인 상관관계가 존재하고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- 1) 岡村甫 등, 하이パフォーマンス콘크리트, 技報堂出版株式會社, 1993
- 2) 小澤一雅 등, 土木學會第42回年次學術講演梗概集第5部, 1987
- 3) 박연동 등, 한국콘크리트 학회 가을학술발표회 논문집, 제 6권 2호, 1994
- 4) 井上和政 등, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1991
- 5) 名和豊春 등, セメント・コンクリート, No. 578, 1995, pp 10~21
- 6) 大友 健 등, 特殊水中コンクリートの凝結特性に及ぼす材料の影響に関する研究, 콘크리트工學年次論文報告集, 11-1, p 385-390, 1989