

굵은골재의 최대치수에 따른 고성능 콘크리트의 간극통과성

Passing Performance of HPC Between Reinforcing Bar with Maximum Size of Coarse Aggregate

윤 섭* 백대현** 김정빈*** 박창수**** 이성연***** 한천구*****
Yoon, Seob Baik, Dae-Hyun Kim, Jung-Bin Park, Chang-Soo Lee, Seong-Yeun Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

This paper is to investigate passing performance of high performance concrete between reinforcing bar depending on maximum size of coarse aggregates. Increase in maximum size of coarse results in decrease in water demand and sand to aggregate to secure target slump flow. The larger the maximum size of coarse aggregates is, the denser the space between reinforcing bar is, the amount of concrete passed through the reinforcing bar cage shows to decrease. HPC has favorable passing performance, regardless of aggregate size, when only vertical reinforcing bar is arranged. Whereas, when vertical and horizontal reinforcing bar is arranged at the same time, proper space between reinforcing bar is considered larger than 32mm in case of using 20mm coarse aggregate, 38mm in case of using 25mm aggregate. The increase in maximum size of coarse aggregate leads to increase compressive strength slightly. Length change shows to be decreased with the increase in maximum size of coarse aggregate..

1. 서론

최근 국내 건설공사 현장에서 사용되는 콘크리트용 굵은골재는 하천골재의 대량채취에 따른 고갈현상이 심화됨에 따라 오래전부터 대부분 부순 굵은골재가 이용되고 있다. 하지만, 우리나라 실무의 부순골재 생산업체에서는 레미콘사에서 수요가 없다는 점, 생산과정에서의 관심부족 등으로 인하여 고성능, 고강도, 고내구성 콘크리트에서도 주로 최대치수 25mm의 골재만이 생산되어 보급되고 있는 실정이다. 이는 결국 20mm를 사용할 경우에 25mm를 사용하게 되면 굳지않은 콘크리트의 충전성 불량등 시공성 저하를 일으키고, 경우에 따라서는 비경제적도 될 수 있는데, 보다 양호한 콘크리트의 품질 확보라는 측면에서 최대치수를 다양화한 골재의 생산 및 사용을 적극 검토할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 부순 굵은골재를 사용한 고성능 콘크리트의 품질향상을 위한 방안 중 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 철근과 철근사이를 통과하여 밀실하게 채워질 수 있는 충전성능과 경화

* 정희원, (주)삼표 기술연구소 연구원

** 정희원, 청주대 대학원 석사과정

*** 정희원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원

**** 정희원, (주)삼표 이사

***** 정희원, (주)삼표 기술연구소 소장, 공학박사

***** 정희원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

전후 콘크리트의 기초적 특성을 비교·분석하므로써 콘크리트 제조시 부순 굵은골재를 사용할 경우 보다 높은 품질을 발휘할 수 있는 최적의 굵은골재 최대치수를 제시하여 고성능 콘크리트의 품질향상에 기여하고자 한다.

표 1 실험계획

W/C (%)	슬럼프 플로우 (mm)	목표 공기량 (%)	굵은골재 최대치수 (mm)	철근 순간격 (mm)		실험사항	
				수직 배근	수평 수직 배근	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
30	600±100	3.0±1.0	· 20(현장조건)* · 25(현장조건) · 20(실험실조건)** · 25(실험실조건)	· 25 · 32 · 38 · 50 · 100	· 25 · 32 · 38 · 50 · 100	· 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적질량 · 블리딩량 · 간극통과시험	· 압축강도 (3, 7, 28) · 길이변화율 (표준)

* 반입된 골재를 그대로 사용
** 반입된 골재를 체가름하여 세척후 사용

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉 배합요인으로는 고성능 콘크리트인 W/C 30%의 1수준에 대하여 굵은골재 최대치수를 골재의 조건별로 현장조건에서 20,

25mm의 2수준, 실험실조건에서 20, 25mm의 2수준으로 하여 목표 슬럼프플로우 600±100mm, 목표공기량 3.0±1.0%를 만족하도록 총 4배치를 실험계획하였다.

한편, 콘크리트의 충전성(간극통과성)을 평가하기 위한 실험으로는 일본 동경대학에서 제안한 시험체를 변형하여 제작하는 것으로 계획하는데, 구획재로서 철근 순간격을 수직방향으로 25, 32, 38, 50, 100mm 간격으로 배치하고, 수직수평교차방향으로 25, 32, 38, 50, 100mm 간격으로 배치하여 시간 경과에 따른 콘크리트의 충전성능을 분석하도록 한다.

실험사항으로는 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량, 단위용적질량 및 블리딩량을 측정하고, 경화 콘크리트에서는 재령 3, 7, 28일에서 압축강도를 측정하며, 실험계획된 재령에서 건조수축 길이변화율을 측정한다. 이때 본 실험에 사용한 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트(밀도: 3.15g/cm³, 분말도: 3,265cm²/g)를 사용하였다. 잔골재는 부순모래(밀도: 2.56g/cm³, 조립률: 2.89)를 사용하였으며, 굵은골재는 부순 굵은골재(밀도: 2.62g/cm³, 조립률: 6.60)를 사용하였다. 혼화제로서 고성능감수제는 국내산 J사의 폴리칼보산계, AE제는 빈줄계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 각종 실험방법은 KS규격에 따른 표준적인 방법으로 실시하였다

표 3 굳지않은 콘크리트의 실험결과

W/C (%)	조건	골재 최대치수 (mm)	슬럼프 (mm)	슬럼프플로우 (mm)	공기량 (%)	단위용적질량 (kg/m ³)
30	현장	20	255	615	3.1	2,469
		25	255	570	3.4	2,450
	실험실	20	255	570	3.0	2,445
		25	250	547	2.5	2,475

3. 실험결과 및 분석

3.1 유동성 및 공기량

표 3은 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적 질량을 나타낸 것이다.

먼저, 골재최대치수 변화에 따른 유동성 및 공기량은 모두 배합설계로 결정하였으므로 목표슬럼프 및 목표공기량을 만족하는 것으로 나타났다. 한편, 그림 1과 2는 골재조건별 목표 슬럼프플로우를 만족하기 위한 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 단위 수량과 잔골재율을 나타낸 것이다.

먼저, 골재종류에 따른 단위수량과 잔골재율은 실험실 조건에서는 골재최대치수가 증가할수록 일반적으로 알려진바와 같이 유동성이 증가되어, 목표슬럼프를 만족시키기 위해 단위수량과 잔골재율을 저감시켰다. 하지만 현장조건의 골재를 사용할 경우 굵은골재 최대치수 20mm와 25mm에 유동성이 거의 차이가 없었기 때문에 동일 단위수량과 잔골재율 1%의 변동만으로 목표 슬럼프플로우를 만족시킬 수 있었는데, 이는 현장조건의 20mm 굵은 골재의 경우 25mm 굵은 골재보다 생산과정에 필요한 파쇄 사이클 수가 증가하고 파쇄 사이클의 증가는 골재 입자간의 마모작용으로 편석의 장편이 파쇄되면서 편석이 줄어들고 각진 모서리 마모가 발생하여 입형이 개선되어 유동성이 향상된 것으로 사료된다.

3.2 굵은골재 최대치수별 통과량

그림 3 및 4는 골재의 조건 철근 배근방향 및 철근 간격별 진동시간 변화에 따른 통과율을 나타낸 것이다.

전반적으로 바이브레이터의 진동시간이 증가함에 따라 콘크리트의 통과율은 증가하는 것으로 나타났고, 골재최대치수에 상관없이 철근 간격이 증가함에 따라 콘크리트의 통과율은 급격히 증가하였다. 특히 본 실험에서는 슬럼프플로우 600mm 고유동 콘크리트를 사용하였는데, 그에 따라 유동성이 매우 커서 철근 배근 간격이 큰 경우 진동을 주기 이전에 콘크리트가 유출되기 시작하는 것으로 나타났고, 골재조건과 굵은골재 최대치수에 상관없이 수직배근의 경우는 앞에서 언급한 바와 같이 통과율 30%를 기준으로 20mm 골재의 경우는 철근간격 38mm 이상, 25mm 골재의 경우는 철근간격 50mm 이상일 때 통과성이 우수한 것으로 나타났다.

그림 5은 철근 배근 조건 및 골재 조건별 철근간격에 따른 바이브레이터 진동 종료후의 콘크리트 최종 통과율을 나타낸 것이다. 전반적으로 굵은골재최대치수가 작을수록 철근 간격이 넓을수록 콘크리트

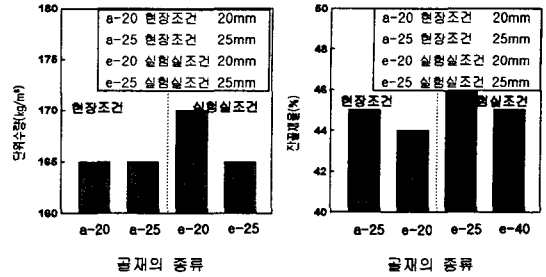


그림 1 골재종류에 따른 단위수량 그림 2 골재종류에 따른 잔골재율

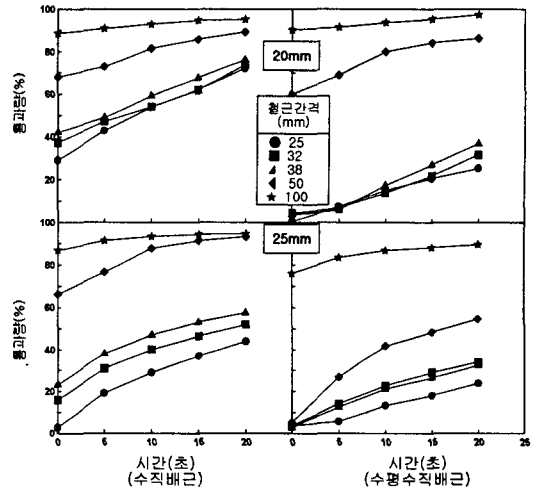


그림 3 진동시간 변화에 따른 통과율(현장조건)

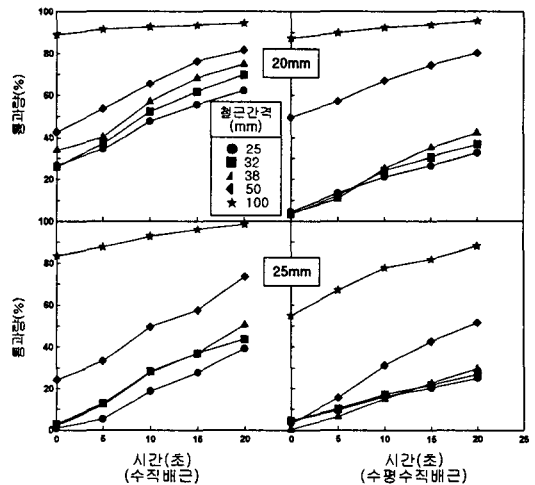


그림 4 진동시간 변화에 따른 통과율(실험실 조건)

트의 최종 통과율이 증가하는 것으로 나타났다. 현장조건 20mm 골재의 경우, 현장조건 25mm 골재보다 콘크리트 통과율이 약 0~63%, 실험실조건 25mm 골재보다는 0~83%, 실험실 조건 20mm 골재보다는 0~16% 정도 양호한 통과성을 나타냈다. 이는 현장조건 20mm 골재가 골재의 사이즈가 작고, 파쇄공정의 증가로 다른 조건의 골재보다도 입형이 양호하기 때문인 것으로 사료된다.

3.3 경화콘크리트의 특성

그림 6은 굵은골재 최대치수 및 골재조건에 따른 압축강도 실험결과를 나타낸 것이다.

골재 최대치수별로는 큰 차이가 없는 것으로 판단되나, 실험실 조건에서는 25, 20mm 순으로 약간 크게 발휘되었으나, 현장조건의 경우 25, 20mm간의 압축강도의 차이는 없는 것으로 나타났다.

그림 7은 골재의 조건 및 최대치수별 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

먼저, 재령이 증가할수록 건조수축이 증가하는 것으로 나타났다. 골재 조건별로는 같은 굵은 골재 크기에서 현장조건이 미립분 함유량이 높아 실험실조건보다 건조수축이 크게 나타났다. 또한 당연한 결과겠지만 굵은골재 최대치수별로는 골재의 사이즈가 작을수록 건조수축은 크게 발생하였는데, 이는 유동성 확보를 위한 단위수량의 증가에 기인한 결과로 사료된다. 따라서, 굵은 골재 최대치수가 클수록 건조수축 저감에는 유리한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 부순 굵은골재를 사용한 고성능 콘크리트의 품질향상을 위한 방안으로 굵은골재 최대치수변화가 콘크리트의 간극통과성능 및 콘크리트의 제반품질에 미치는 영향에 대하여 분석하였는데, 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 배합 및 굳지않은 콘크리트의 특성으로 실험실 조건의 골재를 사용한 경우 굵은골재 최대치수가 증가할수록 목표슬럼프를 확보하기 위한 단위수량 및 잔골재율을 감소시켜야 함을 알 수 있었고, 현장조건의 골재를 사용한 경우 20mm 및 25mm 골재간에는 목표슬럼프를 확보하기 위하여 동일한 단위수량을 사용하였는데, 이는 최대치수 20mm 골재의 생산공정이 25mm 골재보다 한단계 더 진행되어 입형이 개선되어 나타난 결과로 판단된다.

(2) 콘크리트의 간극통과성인 경우는 골재 최대치수가 클수록, 철근배간격이 좁을수록 콘크리트의 통과량이 감소하는 것으로 나타났는데, 통과율 30%를 양호한 통과성으로 판정하였을 경우, 수직 철근배근시 골재치수에 관계없이 양호한 통과율을 보였으나, 수직수평철근 배근시에는 골재조건에 상관없이 20mm 골재의 경우는 철근간격 32mm 이상에서, 25mm 골재의 경우는 철근간격 38mm 이상에서 양호한 통과성을 나타내었다.

(3) 경화콘크리트의 특성으로 압축강도는 굵은골재 최대치수가 증가할수록 약간 증가하는 경향을 나타내었으나, 현장조건의 경우, 골재 최대치수 20, 25mm간에 압축강도의 차이는 없는 것으로 나타났고, 건조수축 길이변화율의 경우는 굵은골재 최대치수가 클수록 작게 나타나는 것을 알 수 있었다.

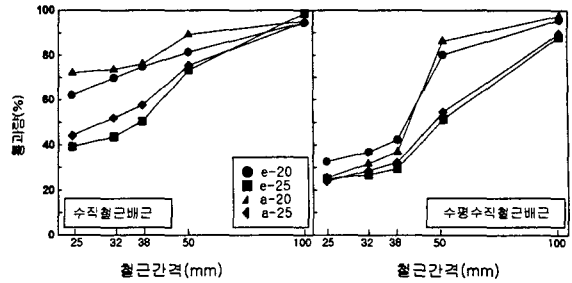


그림 5 철근간격에 따른 20초 진동후의 콘크리트 통과량

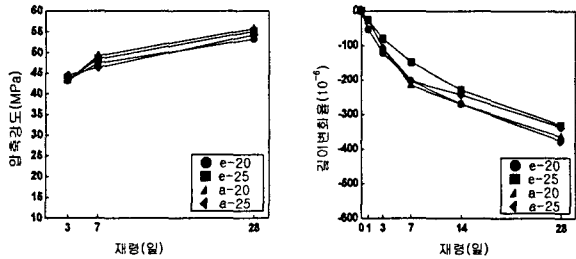


그림 6 재령경과에 따른 압축강도

그림 7 재령경과에 따른 건조수축 길이변화