

# 조골재 크기 및 용적비에 의한 고유동콘크리트의 각종 유동특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Fluidity Properties of High Flowing Concrete Affected by Size and Volume Ratio of Coarse Aggregate

최 세 진\*   김 완 영\*\*   김 진 만\*\*\*   김 무 한\*\*\*\*  
Choi, Se Jin   Kim, Wan Young   Kim, Jin Man   Kim, Moo-Han

### ABSTRACT

Aggregate is cheaper than cement and confers considerable technical advantages on concrete, which has a higher volume stability and better durability than hydrated cement paste alone. And coarse aggregate is the largest particle size out of concrete and is much affect on the fluidity, compaction and non-segregation ability of high flowing concrete.

As the compaction, fillingability and shrinkage of high flowing concrete, the volume ratio of coarse aggregate is prescribed by Japanese Architectural Standard Specificateon (JASS 5) : from 0.500 to 0.550m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

It is the aim of this study to compare and analysis the fluidity, fillingability and non-segregation of high flowing concrete according to the volume ratio of coarse aggregate of concrete(G/Glim).

키워드 : 고유동콘크리트, 조골재용적비(G/Glim), 충전성, 재료분리저항성

keywords : High flowing concrete, Volume ratio of coarse aggregate, Fillingability, Non-segregation ability

### 1. 서론

현재, 고유동콘크리트에 관련된 연구가 대학 및 기업체 연구소 등에서 활발히 진행되고 있으나, 아직까지는 경제성 및 품질확보에 대한 건설현장에서의 의식부족으로 선진외국과 같은 정도의 실용화는 되고 있지 않은 것이 현실이다.

일반적으로, 고유동콘크리트가 나타내는 유동성, 충전성, 재료분리저항성, 간극통과성 등의 성능에 영향을 주는 요인은 여러 가지가 있다. 콘크리트 구성요소중에서 가장 큰 입경을 가지는 요소인 조골재는 고유동콘크리트의 유동성은 물론이고, 충전성, 간극통과성 및 재료분리저항성에 큰 영향을 주기 때문에, 일본건축학회 「建築工事標準仕様書・同解説(JASS5 鐵筋コンクリート工事)」의 경우 고유동콘크리트의 충전성, 간극통과성 및 건조수축을 고려하여 단위조골재용적을 0.500~0.550m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>의 범위로 권장하고 있다.

본 연구는 조골재 최대치수와 조골재용적비(G/Glim : 조골재의 실적율에 대한 콘크리트 용적중의 조골재의 용적비)를 변화시켜 고유동콘크리트를 제조한 후 각종 유동특성을 실험적으로 비교·분석함

\*정회원, 한국수자원공사 수자원연구소 연구원(충남대학교 대학원)

\*\*정회원, 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원·공박

\*\*\*정회원, 공주대학교 건축공학과 교수·공박

\*\*\*\*정회원, 충남대학교 건축공학과 교수·공박

표1 실험계획 및 배합

W/B	FA 대체율 (%wt)	시멘트 종류	Sc* (%)	조골재 최대치수 (mm)	조골재 용적비 (%)	목표 SF (cm)	SP제** 첨가율 (%)	측정항목	
								굳지않은 콘크리트	경화콘크리트
0.35	30	1종 보통	40	20	45	63±4	소정의 첨가량	유동성 : 슬럼프-플로우(cm) 간극통과성 : V로트(sec), L형간극통과성(cm,sec), 충진성 : 박스충진성(cm,sec), 분리저항성 : L형간극통과성(조골재중량비)	· 압축강도(kg/cm <sup>2</sup> ) (재령 7일, 28일, 56일)
				25	50 55 60				

주]\* : 모르타르중의 세골재용적비, \*\* : 고성능AE감수제(폴리카르본산계)

으로써 고유동콘크리트의 유동특성에 미치는 조골재크기 및 용적비의 영향을 파악하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 실험방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같이 조골재의 크기 및 용적비 수준에 따른 고유동콘크리트의 유동특성을 비교·분석하기 위한 것으로 물결합재비의 수준을 0.35, 단위수량을 175kg/m<sup>3</sup>, 혼화제로서 플라이애쉬 대체율을 30%로 고정하고, 조골재의 크기를 20, 25mm의 2수준, 조골재용적비를 0.45, 0.50, 0.55, 0.60의 4수준으로 설정하였다. 또한, 측정항목으로는 굳지않은 콘크리트의 슬럼프-플로우, V-로트, L-간극통과성 및 박스충진성시험과 함께 경화콘크리트의 압축강도특성도 비교·검토하였다.

### 2.2 사용재료 및 비빔방법

본 연구에 사용된 각종 재료는 표 2와 같이 시멘트는 비라이트시멘트, 잔골재는 금강산 강모래, 굵은골재는 대전산 갠자갈, 혼화제로써 플라이애쉬를, 혼화제로써 폴리카르본산계 고성능AE감수제를 사용하였다.

콘크리트의 비빔은 강제식 팬타입 믹서(용량 100ℓ)를 사용하여 (시멘트+플라이애쉬+잔골재)→(물+고성능AE감수제)→(조골재)의 단계별로 균질하게 구성재료를 분할 투입하는 방법을 채택하였고, 총 비빔시간은 210~270초 정도가 소요되었다.

표2. 사용재료의 물리·화학적 성질

잔 골 재	금강산 강모래, 입경2.5mm, 조립율2.60, 비중2.55
굵은골재	대전산 갠자갈, 입경20mm(비중 2.62, 실적율 56.2) 입경25mm(비중 2.62, 실적율 58.3)
시 멘 트	비라이트시멘트 비중3.20, 분말도4,130(㎖/g)
플 라이 애 쉬	분말도3,228(㎖/g), 비중2.13 강열감량2.44(%)
고성능AE감수제	폴리카르본산계, 비중1.04~1.06

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 조골재크기 및 용적비에 따른 각종 유동특성의 검토 및 분석

#### 3.1.1 공기량 및 단위용적중량의 변화

조골재크기 및 용적비에 따른 공기량과 단위용적중량의 변화를 나타낸 그림 1에서 보는 바와 같이 공기량은 20mm가, 단위용적중량은 25mm가 상대적으로 크게 나타나고 있으며, 단위용적중량의 경우 조골재용적비가 증가함에 따라 콘크리트중의 조골재량이 많아짐으로써 20, 25mm 모두 증가하는 경향을 볼 수 있다. 특히, 공기량의 경우 조골재용적비 0.45를 제외하고는 20mm가 3.6~4.1%로 25mm보다 다소 크게 나타나고 있는데, 이는 SP제 첨가율이 20mm에서 0.05%정도 많았기 때문으로 사료되나, 이에 대한 보다 정확한 판단을 위해서는 좀 더 심도있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 3.1.2 유동성 평가시험에 대한 고찰

조골재크기 및 용적비에 따른 슬럼프-플로우와 SP제 첨가율의 관계를 나타낸 그림 2에서 보는 바와 같이 조골재크기와 용적비에 관계없이 유사하게 나타나고 있으며, 슬럼프-플로우값은 25mm에서 다소 변화는 있으나 목표 슬럼프-플로우값을 대부분 만족하고 있다.

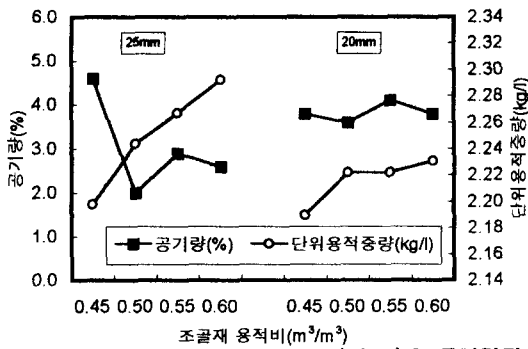


그림 1. 조골재크기 및 용적비에 따른 공기량과 단위용적중량의 변화

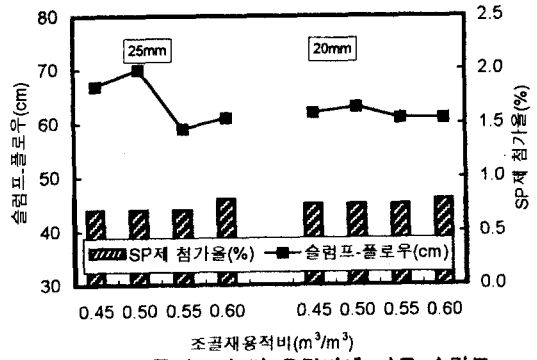


그림 2. 조골재크기 및 용적비에 따른 슬럼프-플로우와 SP제 첨가율의 관계

### 3.1.3 간극통과성 평가시험에 대한 고찰

그림 3은 조골재크기 및 용적비에 따른 V-로트 상대유속도와 모르터용적비(콘크리트중의 모르터 용적비율, 공기량제외)의 변화를 나타낸 것으로, 조합요인에 관계없이 모두 일본 콘크리트 공학협회 『超流動コンクリート研究委員会 論文報告集』에서 제시하고 있는 V-로트 상대유속도 범위인 0.5~1.5의 수준을 만족하고 있음을 알 수 있다. 특히, 그림에서 보면 25, 20mm 모두 조골재용적비가 증가함에 따라 0.55까지는 V-로트 상대유속도가 조금씩 감소하다가, 조골재용적비가 0.55를 넘어 0.60이 되면 다시 증가하는 경향을 볼 수 있는데 이는, 조골재용적비 0.45~0.55까지는 콘크리트중의 모르터량이 상대적으로 감소함에 따라 조골재간의 상호마찰이 다소 증가하여 간극통과성을 방해하고, 조골재용적비 0.60에서는 조골재와 모르터의 약간의 재료분리 현상으로 모르터부분이 먼저 통과되면서 그 효과가 역전된 것으로 사료된다.

조골재크기 및 용적비에 따른 L-간극 슬럼프(낙하높이)의 변화를 나타낸 그림 4에서 알 수 있듯이, 25, 20mm 모두 조골재용적비가 증가함에 따라 L-간극슬럼프치가 감소하고 있는데, 이는 조골재량이 많아짐으로써 상호 충돌로 인해 시험기의 간극을 통과하지 못한 것으로 생각되며, 조골재용적비 0.60의 경우는 L-간극슬럼프치가 10cm로 상당부분이 통과하지 못하고 있다.

### 3.1.4 충전성 및 재료분리저항성에 대한 평가

그림 5는 조골재크기 및 용적비에 따른 박스충전시험 전·후실 높이차의 변화를 나타낸 것으로, 조골재크기 25mm보다는 20mm가 상대적으로 높이차가 적게 나타나고 있으며, 조골재용적비가 증가함에 따라 높이차도 증가하고 있어 충전성이 저하하고 있음을 알 수 있다.

그림 6은 L-간극통과성 시험에 의해 구한 조골재크기 및 용적비에 따른 전·후실 조골재중량비차

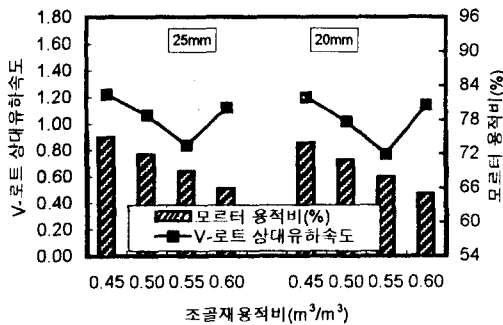


그림 3. 조골재크기 및 용적비에 따른 V-로트 상대유속도와 모르터용적비의 변화

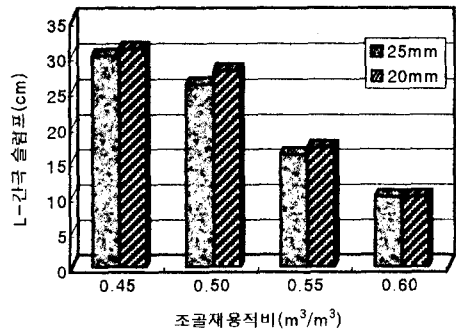


그림 4. 조골재크기 및 용적비에 따른 L-간극슬럼프의 변화

의 변화를 나타낸 것으로, 조골재크기 20mm의 경우가 25mm보다 중량비차가 적게 나타나고 있으며, 조골재크기 25mm의 조골재용적비 0.60을 제외하고는 조골재중량비차가 10% 이내로 나타나 일본 「超流動 콘크리트 研究委員會 論文報告集」에서 제시하고 있는 0~10%의 수준을 만족하여 대체적으로 양호한 성상을 보이고 있다.

### 3.2 압축강도의 검토 및 분석

그림 7은 조골재크기 및 용적비에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로, 모든 조합에서 28일 압축강도가 400~500kgf/cm<sup>2</sup> 수준으로 고강도를 발현하고 있으며, 조골재 크기와 용적비에 따른 유의할 만한 변화는 나타나고 있지 않다.

## 4. 결론

조골재 크기 및 용적비에 따른 고유동콘크리트의 각종 유동특성을 실험·실증적으로 검토·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 슬럼프-플로우의 경우 조골재크기 및 용적비에 관계없이 모두 목표 슬럼프-플로우값을 만족하고 있다.

2) V-로트의 경우 다소 변화는 있지만 모두 양호한 성능을 나타낸 반면, L-간극슬럼프의 경우는 조골재 용적비에 따라 큰 차이를 보이고 있으며 이러한 경향은 박스충전성시험에서도 뚜렷하게 나타나, 간극통과성 및 충전성의 평가시 주의가 필요할 것으로 사료된다.

3) 본 실험결과 모든 수준에서 조골재크기 20mm가 25mm보다 충전성이 동등이상의 수준을 보였고, 조골재용적비가 증가함에 따라 충전성이 저하하는 것으로 나타났으며, 그러한 경향은 조골재크기 25mm에서 더 뚜렷하게 나타났다.

4) 재료분리 저항성의 경우 조골재크기 25mm의 조골재용적비 0.60을 제외하고는 조골재중량비차가 10% 이내로 나타나 일본 「超流動 콘크리트 研究委員會 論文報告集」에서 제시하고 있는 0~10%의 수준을 만족하며 대체적으로 양호하게 나타났다.

### 참고문헌

1. 日本建築學會編 / 高流動 콘크리트의 材料·調合·製造·施工指針(案), 日本建築學會, 1997, 1.
2. 超流動 콘크리트 研究委員會 ; 콘크리트 심포지움 論文報告集, 日本 콘크리트 工學協會, 1993.5.21
3. 金武漢 ; 高流動 콘크리트의 콘시스턴스 特性 및 各種 影響要因에 關한 考察, 레미콘지, 1996, 4
4. 日本建築學會 ; 建築工事標準仕様書·同解説(JASS5 鐵筋 콘크리트 工事), 1997, 3, pp 404~405

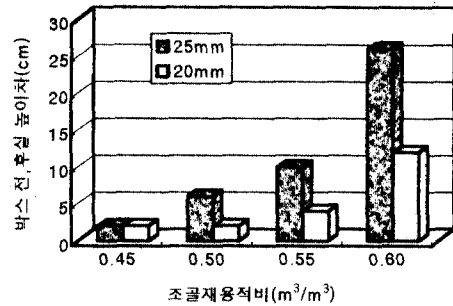


그림 5. 조골재크기 및 용적비에 따른 박스충전 시험 전·후실 높이차의 변화

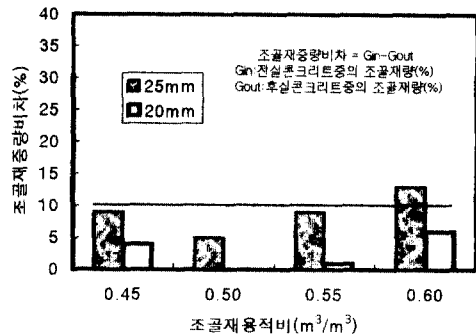


그림 6. 조골재크기 및 용적비에 따른 전·후실 조골재중량비차의 변화

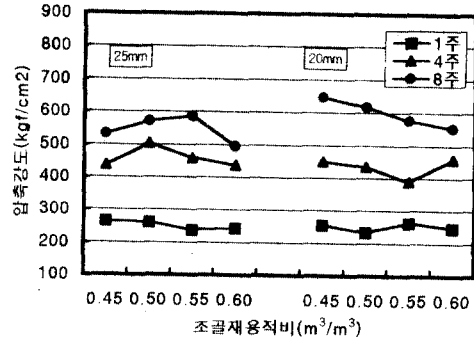


그림 7. 조골재크기 및 용적비에 따른 압축강도의 변화