

잔골재 조립율이 고성능콘크리트의 특성에 미치는 영향

The Effect of Fine Aggregate Fineness modulus on Properties High Performance Concrete

이 승 한* 정 용 욱** 박 태 현***
Lee, Seung-Han Jung, Yong-Wook Park, Tae-Hyun

Abstract

This research investigates how the fineness modulus of fine aggregates and the grain shape of coarse aggregates affects flow characteristics, packing characteristics and compressive strength characteristic.

The experimental results, show that increase of the fine aggregate's fineness modulus improved concrete flow, but filling ability was high at over KS regulation extent due to segregation phenomena. It is considered that the improvement of 0.1 spherical rate was effective to concrete fluidity elevation by reducing about 6% of fine aggregate ratio displays which the smallest gap rate of aggregate. Compressive strength was increased to about 0.6MPa everytime F.M. 0.1 of fine aggregate fineness is increased. However, it was decreased to about 9MPa at F.M. 3.5 compared to F.M. 3.0

1. 서 론

최근 건설 구조물의 대형화, 고층화됨에 따라 복잡한 부재형상 및 과밀 배근 등으로 인한 콘크리트의 충전불량과 시공불량 등으로 콘크리트의 품질저하가 사회적 문제로 대두되면서 다짐이 필요 없는 고성능콘크리트의 구조물에의 적용¹⁾이 늘고 있다.

고성능콘크리트는 다짐이 필요 없는 것을 원칙으로 하기 때문에 굳지 않은 콘크리트의 유동성과 충전성이 구조물의 품질에 직접적인 영향²⁾을 미치게 되므로 유동성과 충전성에 대해서 검토하는 것이 중요하다. 콘크리트의 유동성과 충전성에 영향을 주는 요인으로는 골재의 조립율, 입형, 물시멘트비, 혼화제의 종류 및 혼입량 등이 있으며, 이 중 골재는 콘크리트 용적의 70%이상을 차지하고 있어 고성능콘크리트의 유동성과 충전성에 미치는 영향이 크다. 특히 최근 들어 천연 잔골재의 고갈로 부순골재 사용량의 증가에 따른 입형불량과 천연 잔골재 사용에 따른 조립율 저하 및 입도분포 불량은 고성능콘크리트의 유동성 및 충전성에 큰 영향을 미치게 된다.

이에 본 연구에서는 잔골재 조립율과 굵은골재의 입형이 고성능콘크리트의 유동성 및 충전성에 미치는 영향을 검토하고자 하였다. 이를 위해 잔골재 조립율을 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 네종류로 변화시켰으며, 굵은골재는 입형개선전과 개선후 골재를 사용하여 고성능콘크리트의 유동성, 충전성 및 강도특성에 미치는 영향을 검토하였다.

* 정회원, 계명대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 계명대학교 토목공학과 박사과정

*** 정회원, 계명대학교 토목공학과 석사과정

2 실험개요

2.1 사용분체

실험에 사용한 시멘트는 A사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 플라이애쉬는 삼천포산으로 분말도 약 $4,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 인 것을 사용하였다.

2.2 골재

잔골재는 경북 고령산을 사용하였으며 조립율을 약 2.0, 2.5, 3.0, 3.5의 4종류로 변화시켜 사용하였다. 또한 굵은 골재는 잔골재와 같은 경북 고령산으로 입형 개선 효과에 따른 영향을 검토하기 위하여 입형개선전과 후의 쇄석을 사용하였다. 이들의 물리적 성질을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Physical properties of used aggregate

Type		Specific gravity	Absorption (%)	F.M.	Ratio of absolute volume (%)
Fine aggregate	S2.0	2.60	1.45	2.16	63.72
	S2.5	2.60	1.44	2.58	64.51
	S3.0	2.58	1.90	2.94	66.26
	S3.5	2.58	1.90	3.54	62.04
Coarse aggregate	G1 (Before) ^{*1)}	2.68	1.03	7.05	58.13
	G2 (After) ^{*2)}	2.68	0.94	7.08	66.26

*1) Before : Before improvement of grain shape

*2) After : After improvement of grain shape

2.3 실험계획

콘크리트 배합은 단위시멘트량 $371 \text{ kg}/\text{m}^3$, 플라이애쉬 $159 \text{ kg}/\text{m}^3$ 로 단위분체량을 $530 \text{ kg}/\text{m}^3$ 로 하였다. 또한 물분체비는 34%로 하였으며, 잔골재율은 굵은골재 입형개선전의 경우 47%, 입형개선후의 경우는 41%로 고정하였다. 이들 콘크리트 배합을 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Mixing design

Series	B (kg/m ³)	WB (%)	S/a (%)	Unit content (kg/m ³)					Admixture (B×%)	
				W	C	FA	S	G	SP	AE
G1S2.0	530	34	47	1802	371	159	722	839	1.0	0.05
G1S2.5										
G1S3.0										
G1S3.5										
G2S2.0	530	34	41	1802	371	159	630	984	1.0	0.05
G2S2.5										
G2S3.0										
G2S3.5										

3. 실험결과 및 고찰

3.1 잔골재 조립율 및 굵은골재 입형이 혼합골재의 공극률에 미치는 영향

다음 Fig. 1과 Fig. 2에 조립율 2.0, 2.5, 3.0, 3.5인 잔골재에 입형개선전과 후의 굵은골재를 혼합하여 잔골재율 변화에 따른 공극률을 나타내었다.

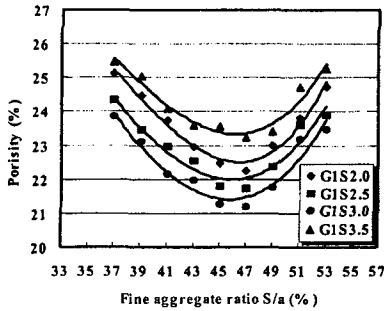


Fig. 1 Porosity according to S/a (Before)

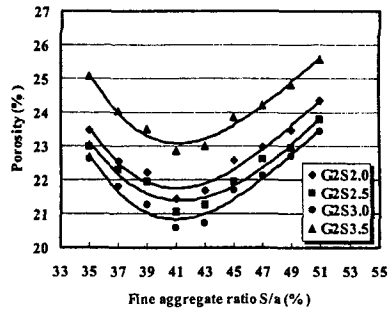


Fig. 2 Porosity according to S/a (After)

일반적으로 콘크리트는 골재 입자간의 공극을 시멘트페이스트로 채워서 만들어지므로 공극률이 작은 골재를 사용하는 것이 시멘트페이스트의 소요량을 적게 할 수 있다.³⁾ Fig. 1과 Fig. 2에서 굵은골재 입형개선 유무에 관계없이 최소공극률이 낮은 잔골재의 조립률 순서는 3.0, 2.5, 2.0, 3.5으로 나타나 잔골재 조립률 KS 규정값인 2.3~3.1보다 작거나 너무 클 경우 오히려 공극률을 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 입형을 개선하지 않은 굵은골재를 사용한 경우 공극률이 가장 작은 잔골재율은 잔골재 조립율에 관계없이 47%로 나타났으며, 입형개선 굵은골재를 사용한 경우 잔골재율 41%에서 공극률이 가장 작게 나타났다. 따라서 굵은골재의 입형개선은 잔골재율을 6% 감소시킬 수 있어 동일한 워커빌리티를 얻는데 사용되는 단위시멘트량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 또한 굵은골재의 입형개선은 최소공극률을 약 0.5% 감소시키는 효과를 가져왔다.

3.2 잔골재 조립률 및 굵은골재 입형이 균치 않은 특성에 미치는 영향

3.2.1 유동특성

Fig. 3은 잔골재 조립률에 따른 슬럼프플로우를 나타낸 것으로 굵은골재의 입형개선 유무에 관계없이 잔골재 조립율이 증가할수록 슬럼프플로우는 증가하였다. 또한 굵은골재의 입형개선과 잔골재 조립률 0.5 증가는 슬럼프 플로우를 약 3~5cm정도 향상시키는 것으로 나타났다.

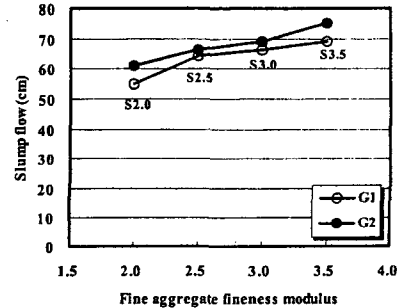


Fig. 3 Slump flow according to fine aggregate F.M.

3.2.2 충전특성

Fig. 4에 잔골재 조립률 및 굵은골재 입형개선에 따른 U형 충전고차를 나타내었다. 이 그림에서 굵은골재 입형개선에 관계없이 잔골재 조립율의 증가는 충전고차를 감소시키는 것으로 나타났다. 반면, 입형을 개선시킨 굵은골재와 잔골재 조립률 3.5 사용시 충전고차 14cm로 본 연구 기준 값인 5cm이내를 상회하고 있다. 이것은 굵은골재의 입형개선과 잔골재 조립률 증가가 잉여페이스트량을 증가시키는 결과를 초래하여 유동성 증가로 재료 분리에 의한 골재입자간 아치현상에 따른 폐쇄현상을 나타내어 충전고차가 높게 나타난 것으로 사료된다.

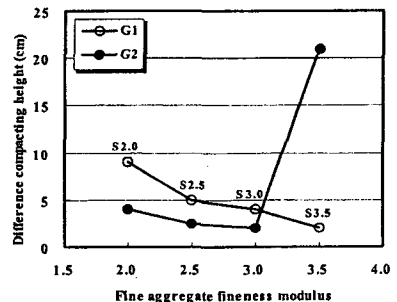


Fig. 4 Difference of compacting height according to fine aggregate F.M.

3.2.3 상대유속도

Fig. 5에 잔골재 조립률 및 굵은골재 입형에 따른 V로드 유하시간을 나타내었다. 이 그림에서 입형개선전 굵은골재와 잔골재 조립률 2.0 사용시 V로드 유하시간이 26초로 기준 값 7~20초를 만족시킬 수 없었다. 반면, 입형을 개선시킨 굵은골재 사용시 유하시간 16초로 기준 범위를 만족시켰다. 이것은 잔골재 조립률 2.0 과 입형개선전 굵은골재의 사용으로 낮은 조립율과 입형 불량에 따른 유동성 저하에 기인한 것으로 사료되며, 굵은골재의 입

형을 개선시킴으로서 유하시간을 충족시킬 수 있었다. 따라서, 굵은골재의 입형개선은 유동성 증진에 따른 상대유하시간을 줄일 수 있어 고성능콘크리트의 충전성 향상에도 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한 입형을 개선시킨 굵은골재와 잔골재 조립을 3.5에서도 유하시간 37초로 상한값인 20초를 크게 벗어나고 있다. 이것은 잔골재 조립을 3.5와 입형개선시킨 굵은골재의 사용으로 유동성의 과다 증가에 따른 재료분리현상으로 골재입자간 맞물림현상에 의해 유하시간이 길게 나타난 것으로 사료된다.

3.3 잔골재 조립을 및 굵은골재 입형이 압축강도에 미치는 영향

Fig. 6은 잔골재 조립을 및 굵은골재 입형개선에 따른 28일 압축강도를 나타낸 것이다.

이 그림에서 잔골재 조립율이 2.0에서 2.5, 3.0으로 증가할수록 압축강도가 약 3MPa씩 증가하는 것으로 나타났으나, 잔골재 조립을 KS범위인 2.3~3.1을 벗어나는 3.5에서는 3.0에 비해 약 9MPa 정도 감소하였다. 이것은 Fig. 1과 Fig. 2에서 나타낸 것과 같이 잔골재 조립을 3.5에서 혼합골재의 공극율이 조립을 2.0, 2.5, 3.0보다 높은 것에 기인한 것으로 혼합골재의 공극율이 증가함에 따른 고성능콘크리트의 밀실도 저하에 의한 강도감소로 사료된다.

또한 28일 압축강도는 잔골재 조립율에 관계없이 굵은골재의 입형개선이 입형개선 후 보다 약 6%정도 높게 나타나고 있다. 입형개선 시킨 굵은골재의 강도저하는 골재 상호간의 맞물림 작용 및 시멘트페이스트와의 부착력 감소에 의한 것으로 보고되고 있다. 그러나 본 실험에서는 단위분체량 530kg/m³의 부배합 콘크리트를 사용하였기 때문에 골재상호간 적정거리가 충분히 확보되어 입형개선 골재의 강도저하 원인은 시멘트 페이스트와 골재의 부착력 감소에 기인한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 잔골재 조립을 및 굵은골재 입형개선이 고성능콘크리트의 유동 및 충전특성에 미치는 영향을 검토한 것으로 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 굵은골재 입형개선 유무에 관계없이 잔골재 조립을 KS 규정값 2.3~3.1보다 작거나 클 경우 골재의 공극율을 증가시키는 것으로 나타났으며, 굵은골재의 입형개선은 최소공극율을 나타내는 잔골재율을 47%에서 41%로 감소시키는 것으로 나타났다.
- 2) 굵은골재의 입형개선은 V로드 상대유하시간을 감소시킬 수 있었으며, 잔골재 조립을 KS 기준을 만족하는 2.5와 3.0에서 상대유하시간이 양호하게 나타났다.
- 3) 28일 압축강도는 KS 규정값 내에서 잔골재의 조립율이 0.1씩 증가할수록 0.6MPa씩 증가하나, KS 규정값 2.3~3.1보다 큰 조립을 3.5에서는 3.0에 비해 약 9MPa정도 감소하였다. 또한 굵은골재의 입형개선은 잔골재 조립율에 관계없이 입형개선에 따른 시멘트페이스트와의 부착력 감소로 약 6%정도 낮게 나타났다.

참고문헌

1. 정용욱, 윤용호, 이승한, "현장적용을 위한 분체계 초유동콘크리트의 배합비 산정에 관한 연구", 2003 대한토목학회 정기학술대회, 2003. 10, pp. 1113~1118.
2. Lee, Seung-Han, Han, Hyung-Sub, "Effect of Powder and Aggregate on Compactability of High Performance Concrete", An International Journal of Korea Concrete Institute, VOL. 11, NO. 3, JULY 1999, pp. 19 ~28.
3. 村田二郎, 岩崎訓明, 兒玉和巳, "コンクリートの科學と技術", 山海堂, 1996.

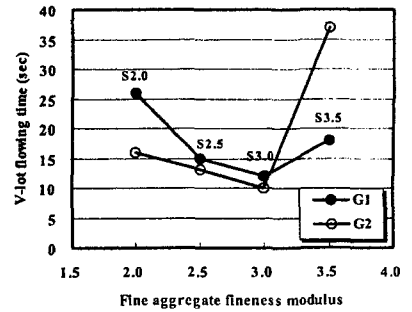


Fig. 5 V-lot flowing time according to fine aggregate F.M.

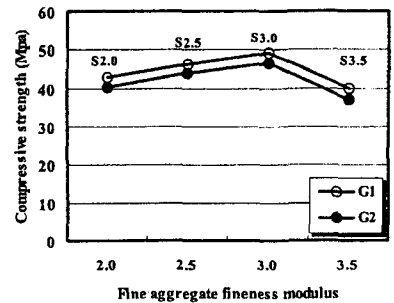


Fig. 6 Compressive strength content according to fine aggregate F.M. (Age 28 days)