

# 고유동콘크리트의 충전특성에 미치는 골재 입형의 영향

## The Influence of the Aggregate Grain Shape on Compactability of High Flowing Concrete

이 승 한<sup>\*</sup>      정 용 욱<sup>\*\*</sup>      이 원 기<sup>\*\*\*</sup>  
Lee, Seong Han    Jung, Yong Wook    Lee, Won Ki

### ABSTRACT

This study aims to examine the influence of the unit powder content of concrete and the fine aggregate ratio of high flowing concrete after the improvement of grain shape of the coarse aggregate. According to the experimental results, flowbility and compating of concrete presents the best states in the S/a which has the smallest void ratio.

The coarse aggregate after improvement of grain shape has been changed from 0.68 circular ratio of disc shape to 0.73 circular shape. It lead to be down 6% of fine aggregate ratio (from 47% to 41%), which is satisfactory to compacting. Also, the improvement of grain shape of the coarse aggregate lead the lowest unit powder content to be down 60kg/m from (530kg/m to 470kg/m). And about 11% unit water content can be reduced as unit powder content is down.

### 1. 서론

최근 고강도, 고유동성, 고내구성 등 콘크리트의 품질과 성능을 최대로 발휘시킨 고품질의 고유동콘크리트에 대한 연구개발<sup>1,2)</sup>이 활발히 이루어지고 있다. 이들 연구의 대부분은 천연골재 고갈에 따른 쇄석을 사용<sup>3)</sup>하여 유동성 및 재료분리저항성을 확보하고 있어 골재의 입형 불량에 따른 잔골재율과 단위수량의 증가로 인한 단위분체량 증가를 초래하여 건조수축을 증가시키고 있다.

이에 본 연구에서는 고유동콘크리트에서 굵은골재의 입형 개선유무에 따른 유동성 및 충전성을 평가하고 입형개선에 따른 유동성 향상으로 단위분체량과 잔골재율을 감소시킴으로서 콘크리트의 건조수축을 저감시키고자 한다.

### 2. 실험 개요

#### 2.1 사용재료의 특성

##### 2.1.1 사용분체

실험에 사용한 시멘트는 A사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 플라이애쉬는 충남 보령산으로 정제된 것을

\*정회원, 계명대학교 토목공학과 교수

\*\*정회원, 계명대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\*신회원, 계명대학교 토목공학과 석사과정

사용하였으며, 고로슬래그 미분말은 경복 포항산으로 분말도  $4500\text{cm}^2/\text{g}$ 을 사용하였다. 이들의 물리·화학적 성질을 표1에 나타내었다.

표 1 시멘트 및 혼화재료의 물리·화학적 성질

구 분	분말도 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	비중	강열감량 (lg.loss)	화 학 성 분					
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>2</sub>
시멘트	3169	3.15	1.03	22.94	5.57	3.33	64.05	2.58	0.61
플라이애쉬	3024	2.67	4.36	58.5	23.4	-	-	-	-
고로슬래그	4500	2.90	0	35.08	14.92	0.38	42.26	6.41	0.11

### 2.1.2 골재

잔골재는 경복 고령산을 사용하였으며 입도 조절을 위해 천연사와 부순모래를 7:3으로 혼합하여 사용하였다. 또한 굵은 골재는 잔골재와 마찬가지로 경복 고령산을 사용하였으며 입형 개선 효과에 따른 영향을 검토하기 위하여 입형개선전 쇄석과 입팩트 크랏사로 입형을 개선한 후의 쇄석을 사용하였다. 이들의 물리적 성질을 표2에 나타내었다.

표 2 골재의 물리적 성질

종 류	비중	흡수율 (%)	조립율	단위용적	실적율 (%)	
잔 골 재	2.61	1.88	2.67	1695	65.1	
굵 은 골 재	입형개선전	2.69	1.03	7.01	1535	57.2
	입형개선후	2.71	0.94	6.91	1640	60.6

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 골재의 입형 실험

본 실험에서는 입형개선 전후 골재의 입형 판정을 위하여 굵은골재 및 부순모래를 채집하여 제일 긴 쪽의 직경 a, 측면의 높이인 제일 짧은 직경 c와 a에 직교하는 중간경 b를 측정하였다. 각각 측정된 a, b, c에서 형상계수의 계산식에 따라 표3과 같이 구형율, 세장율, 방형율, 편평율을 구하였다.

표 3 골재의 형상계수

종 류	구 분	구형율	세장율	방형율	편평율	c/b	골재의 형상
		입형개선후	0.73	1.88	1.42	39.04	
굵은골재	입형개선전	0.68	2.39	1.44	50.82	0.63	원반상
	입형개선후	0.78	1.99	1.40	11.61	0.73	구 상
부순모래	입형개선전	0.74	2.60	1.42	11.92	0.59	원반상

표3에서 입형개선후의 굵은골재 및 부순모래의 구형율은 입형개선전 골재보다 높으며 세장율, 방형율, 편평율은 낮게 나타났다. 또한 굵은골재 및 부순모래의 입형은 입형개선전 원반상에서 표면형상을 개선함으로써 입형이 구상으로 분류되었다.

### 2.2.2 골재의 공극률 실험

잔골재와 굵은골재를 혼합하여 KS F 2505 「골재의 단위 용적 중량 및 공극률 시험방법」에 준하여 잔골재를 변화에 따른 공극률을 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 입형개선이 골재의 공극률에 미치는 영향

다음 그림1에 잔골재에 입형개선전과 후의 굵은골재를 혼합하여 잔골재를 변화에 따른 공극률을 나타내었다. 공극률은 입형을 개선한 굵은골재를 사용한 경우 잔골재율 41%에서 공극률이 가장 작은 21.4%가 나타났으며, 입형을 개선하지 않은 굵은골재를 사용하였을 경우 공극률이 가장 작은 잔골재율은 47%로 나타났다.

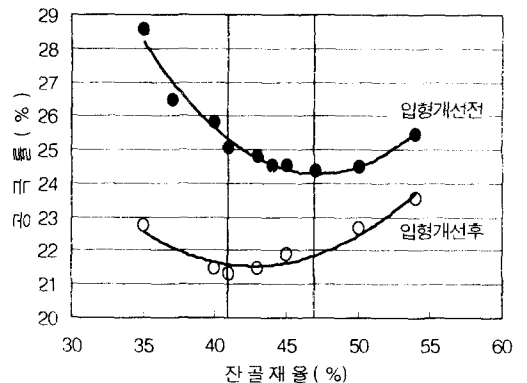


그림 1 잔골재율에 따른 공극률 변화

### 3.2 입형개선이 잔골재율에 미치는 영향

다음 그림2와 그림3에 단위분체량  $450\text{kg/m}^3$  및  $650\text{kg/m}^3$ 에서 잔골재율에 따른 충전고차를 나타내었다.

그림2와 그림3에서 단위분체량  $450\text{kg/m}^3$  사용시 U형 충전고차는 굵은골재의 입형개선과 잔골재율 변화에 관계없이 충전고차가 5cm이상의 값을 보이고 있으며, 단위분체량  $650\text{kg/m}^3$  사용시 U형 충전고차는 굵은골재의 입형개선과 잔골재율 변화에 관계없이 모두 3cm 이내로 U형 충전고차 5cm이내를 만족하고 있다. 이것은 단위분체량  $650\text{kg/m}^3$ 에서는 페이스트량의 증가로 인한 골재사이의 공극을 충전하는 페이스트량이 작아지고 유동성에 기여하는 잉여페이스트량이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 그림2와 그림3에서 입형개선허 굵은골재의 사용시 단위분체량에 상관없이 공극률이 가장 작은 잔골재율 47%에서 가장 우수한 충전성을 나타내고 있으며, 굵은골재 입형개선허는 잔골재율 41%에서 가장 우수한 충전성을 보이고 있다. 따라서, 굵은골재의 입형개선허는 잔골재율을 6%정도 감소시킬 수 있으며, 일정한 유동성에서 잔골재율 저하에 따른 단위수량을 약 13% 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.3 입형개선이 단위분체량에 미치는 영향

다음 그림4는 단위분체량에 따른 충전고차를 나타낸 것으로 충전성을 만족하는 최소단위분체량을 결정하기 위하여 슬럼프플로우  $65 \pm 5\text{cm}$ 로 고정하고, 단위분체량을 변화시켜 U형 충전고차를 측정하였다.

실험결과 굵은골재의 입형을 개선하지 않을 경우 단위분체량  $520\text{kg/m}^3$ 이하에서는 충전고차가 12cm 이상으로 크게 나타나 충전성을 만족시키지 못하고 있으나, 단위분체량  $530\text{kg/m}^3$  이상에서는 충전고차 3cm 이내로 양호한 충전성을 나타내고 있어 골재의 입형을 개선하지 않을 경우 충전성을 만족하는 최소 단위분체량은  $530\text{kg/m}^3$ 으로 사료된다. 또한, 입형개선허 굵은골재 사용시 충전성은 단위분체량  $470\text{kg/m}^3$  이상에서 충전고차가 3cm 이내로 우수한 충전성을 보이고 있으나, 단위분체량  $450\text{kg/m}^3$  이하의 경우 급격히 충전고차가 증가하여 불량하게 나타났다.

이것은 단위분체량 감소로 인한 페이스트와 골재간의 상대량 감소에 따른 폐쇄현상에 의한 것으로 판단된다. 따라서 굵은골재의 입형을 개선할 경우 충전성

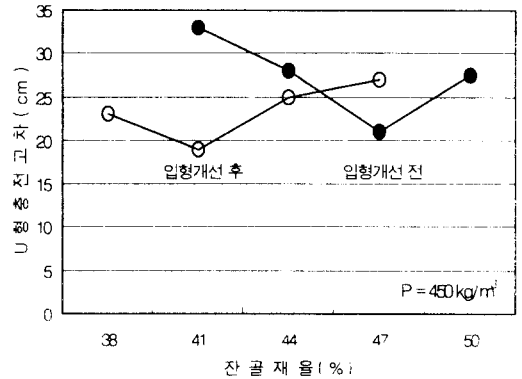


그림 2 잔골재율에 따른 충전고차

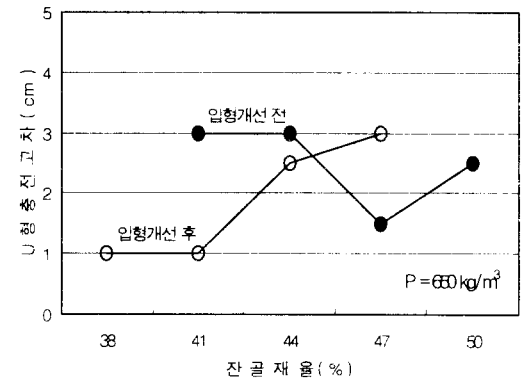


그림 3 잔골재율에 따른 충전고차

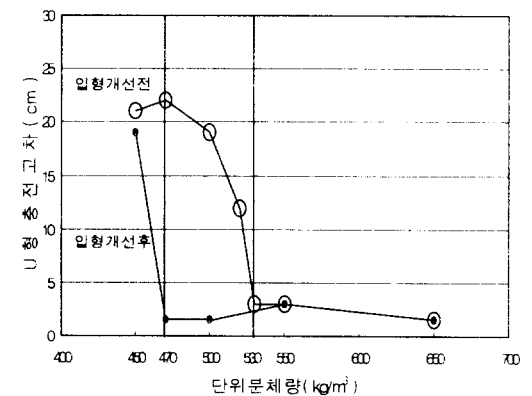


그림 4 단위분체량에 따른 충전고차

및 유동성을 만족하는 최소단위분체량은 입형개선전 보다 약  $60\text{kg/m}^3$  감소된  $470\text{kg/m}^3$ 인 것으로 사료된다.

### 3.4 입형개선이 강도에 미치는 영향

본 실험에서는 입형개선전과 입형개선후의 굵은골재를 사용하여 단위분체량 변화에 따른 28일 압축강도 특성을 조사하였다. 입형개선전 굵은골재 사용시 최적 잔골재율 47%로 고정하고 단위분체량을 450, 470, 500, 530, 550,  $650\text{kg/m}^3$ 의 6종류로 변화시켜 강도특성을 조사하였다. 또한 입형개선 굵은골재를 사용한 28일 압축강도는 최적 잔골재율 41%로 고정하고 단위분체량을 5종류로 변화시켜 조사하였다. 다음 그림5에 입형개선전과 후의 골재를 사용하여 단위분체량에 따른 28일 압축강도 특성을 나타내었다.

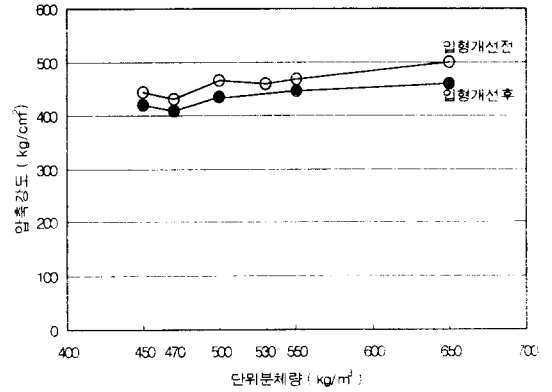


그림 5 단위분체량에 따른 28일 압축강도 특성

이 그림에서 단위분체량에 따른 압축강도 변화는 대체적으로 분체량이 증가할수록 증가하고 있으나 400~500 $\text{kg/cm}^2$ 사이로 큰 차이를 보이고 있지 않다. 또한 입형개선전과 입형개선후의 압축강도는 큰 차이가 없고 입형개선전이 입형개선후보다 부착특성이 우수하여 약 5%정도 크게 나타나 있다.

## 4. 결론

본 연구는 굵은골재의 입형개선이 고성능 콘크리트의 단위분체량과 잔골재율에 미치는 영향을 검토한 것으로 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 구형율 0.68의 원반상에서 구형율 0.73의 구상으로 입형개선 시킨 굵은골재는 충전성을 만족하는 잔골재율이 47%에서 41%로 작아져 잔골재율을 6% 감소시켰다.
2. 콘크리트의 충전성은 최소공극률을 갖는 잔골재율에서 가장 우수하며, 골재의 입형개선은 최적 잔골재율을 감소시켜 고성능콘크리트의 유동성 향상에 효과적이다.
3. 고성능콘크리트의 충전성을 만족하는 최소단위분체량은 굵은골재 입형개선전  $530\text{kg/m}^3$ 에서 입형개선후  $470\text{kg/m}^3$ 으로  $60\text{kg/m}^3$  감소되었다. 따라서 굵은골재의 입형개선은 동일 단위분체량에서 단위수량을 11% 정도 줄일 수 있어 콘크리트의 수화열 및 건조수축량을 저감시킬 수 있다.
4. 굵은골재의 입형개선은 골재와 시멘트페이스트의 부착력 감소로 콘크리트의 압축강도를 약 5%정도 감소시킨다.

### 참고문헌

1. 日本土木學會：高流動コンクリートに関する技術の現況と課題，コンクリート技術シリーズ
2. 近松龍一，竹田宣典，十河茂幸：超流動コンクリートの流動性と分離抵抗性にする一考察，コンクリート工學年次論文報告集，Vol. 14，No. 1，1992，pp37~39.
3. 松岡康訓：超流動コンクリート，コンクリート工學論文集，Vol. 31，No. 3，1993，3，pp. 79~82.