

# 굵은 골재 입형 개선이 고성능콘크리트의 충전특성에 미치는 영향

Influence of the Improveal Grain Shape of Coarse Aggregates  
on Compactability of High Performance Concrete



이승한\*

Lee, Seung-Han



김희중\*\*

Kim, Hee-Joong



정용욱\*\*\*

Jung, Yong-Wook

## ABSTRACT

The influence of the improvement of grain shape of the coarse aggregate to the unit powder content of concrete and the fine aggregate ratio for the increase of the flowability and segregation resistance of high performance concrete was examined.

According to the experimental results, flowability and compacting of concrete presents best states in the S/a which has the smallest void ratio. The coarse aggregate after improvement of grain shape, that has changed from the 0.68 of spherical rate of disk shape to 0.73, led fine aggregate ratio to be down 6% (i.e from 47% to 41%). The improvement of grain shape of the coarse aggregate also led the lowest unit powder content to be down  $60\text{kg/m}^3$  (i.e from  $530\text{kg/m}^3$  to  $470\text{kg/m}^3$ ). And approximate 10% of unit water content has been reduced as unit powder content was down.

However, the compressive strength after the improvement of grain shape of the coarse aggregate decreased to 5% due to decrease of adhesiveness of the aggregate and cement paste.

Keywords : high performance concrete, the smallest void ratio, fine aggregate ratio, the lowest unit powder content, grain shape, spherical rate

\* 정회원, 계명대학교 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 계명대학교 토목공학과 부교수

\*\*\* 정회원, 계명대학교 토목공학과 박사과정

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 12월 31일까지 학회로 보내 주시면 2001년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

# 1. 서 론

최근 고강도, 고유동성, 고내구성 등 콘크리트의 품질을 향상시킨 고품질의 고성능콘크리트에 대한 연구개발<sup>(1~3)</sup>이 활발히 이루어지고 있다. 이들 연구의 대부분은 고성능감수체에 의하여 유동성을 확보<sup>(4)</sup>하고 고유동시 재료분리저항성을 얻는 방법에 따라 증점제를 첨가한 증점제계<sup>(5)</sup>와 분체량을 증가시킨 분체계 및 이들 양자를 병용 사용한 병용계로 구분<sup>(6)</sup>된다.

이러한 자기충전성 고성능콘크리트는 유동성 및 재료분리저항성의 확보를 가장 중요한 요인으로 들 수 있다. 그러나 최근 콘크리트의 배합은 천연골재 고갈에 따른 골재의 입형이 불량한 쇄석 사용<sup>(7)</sup>으로 콘크리트의 유동성 및 재료분리저항성이 저하되어 잔골재율과 단위수량을 증가시켜 콘크리트의 건조수축이 크게되는 문제점을 가지고 있다. 또한 분체계 및 병용계 고성능콘크리트에서도 부순골재 사용에 따른 유동성 및 재료분리저항성 저하를 방지하기 위하여 단위분체량을 증가시키고 있으며<sup>(8)</sup>, 이로 인하여 콘크리트의 수화열 및 건조수축이 증가되어 내구성을 저하시키는 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 고성능콘크리트에서 굵은 골재인 쇄석의 입형을 개선시켜 굵은골재 입형개선이 골재의 공극율과 잔골재율에 미치는 영향을 조사하여 이에 따른 고성능콘크리트의 유동성 및 충전성을 평가하였다. 또한 본 연구는 굵은골재의 입형개선에 따른 콘크리트의 유동성 향상으로 고성능콘크리트의 충전성을 만족시키는 최소단위분체량과 단위수량을 감소시킴으로서 콘크리트의 건조수축량을 저감시키고자 한다.

더 나아가 본 연구는 굵은골재의 입형개선이 고성능콘크리트의 압축강도 특성에 미치는 영향을 검토하여 고급형 고성능콘크리트의 제조에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료 특성

#### 2.1.1 사용분체

실험에 사용한 시멘트는 A사의 보통포틀랜드

시멘트를 사용하였고, 사용 혼화제는 분말도 3026 cm<sup>2</sup>/g의 충남 보령산 정제 플라이애쉬와 분말도 4500 cm<sup>2</sup>/g인 경북 포항산 고로슬래그 미분말을 사용하였다. 이들의 물리·화학적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical composition and physical properties of cement and mineral admixtures

Type	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Specific gravity	lg. loss (%)	Chemical composition (%)					
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
Ordinary Portland Cement	3169	3.15	1.03	22.94	5.57	3.33	64.05	2.58	0.61
Fly Ash	3026	2.67	2.67	58.50	23.4	-	-	-	-
High-furnace Slag	4500	2.90	2.90	35.08	14.92	0.38	42.26	6.41	0.11

#### 2.1.2 골재

잔골재는 경북 고령산을 사용하였으며 입도 조절을 위하여 천연사와 부순모래를 7:3으로 혼합하여 사용하였다. 또한 굵은 골재는 잔골재와 마찬가지로 경북 고령산을 사용하였으며 입형개선 효과에 따른 영향을 검토하기 위하여 입형개선전 쇄석과 임팩트 크랏샤로 입형을 개선한 후의 쇄석을 사용하였다. 이들의 물리적 성질을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Physical properties of used aggregate

Type	Specific gravity	Absorption (%)	F.M.	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Ratio of Absolute Volume (%)	
Fine aggregate	2.61	1.88	2.67	1695	65.1	
Coarse aggregate	Before <sup>*1)</sup>	2.69	1.03	7.01	1535	57.2
	After <sup>*2)</sup>	2.71	0.94	6.91	1640	60.6

\*1) Before : Before improvement of grain shape

\*2) After : After improvement of grain shape

Table 2에서 잔골재의 비중은 2.61로 나타났으며, 조립율은 2.67로 KS 규정값 2.3~3.1을 만족하고 있다. 또한 굵은골재 실적율은 KS

F 2527 「콘크리트용 부순 골재」의 입자모양 판정 실적을 실험 값으로 입형개선전 57.2%에서 입형개선후 60.6%로 3.4% 증가되어 입형개선이 공극률을 감소시키고 있다.

또한 굵은골재의 입형개선이 콘크리트의 유동 특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 골재의 입도분포는 Fig. 1과 같이 KS규격을 만족하도록 입도를 조절하여 사용하였다.

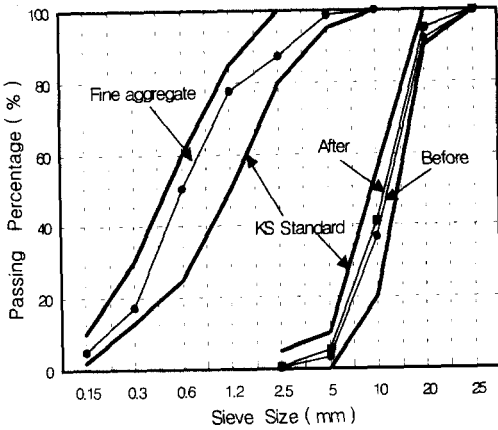


Fig. 1 Grading curves of aggregate

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 골재의 입형 실험

본 실험에서 입형개선 전후 골재의 입형 판정 실험은 4분법에 의하여 굵은골재 및 부순모래를 채취하여 Fig. 2와 같이 긴 쪽의 직경 a, 측면의 높이인 짧은 직경 c와 a에 직교하는 중간경 b를 측정하여 실시하였다.

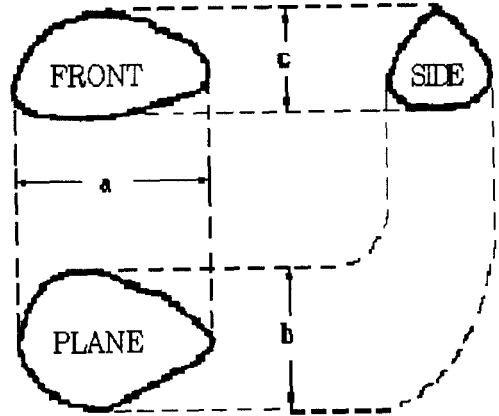


Fig. 2 Measurement of aggregate grain shape

### 2.1.3 혼화제

본 실험에서는 혼화제로서 공기연행제와 증점제를 사용하였으며 고성능 감수제는 나프탈렌계와 폴리칼본산계의 Co-Polymer를 사용하였다. 이들 혼화제의 특성을 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Chemical component and physical properties of chemical admixtures

Type	Characteristic	Main component	pH	Specific gravity
Super plasticizer	Dark brown	Naphthalene + PolyCarbon Co-polymer	8.5±1.5	1.22±0.02
Air-Entraining Admixtures	Dark brown	resin	-	1.025±0.005
Viscosity Agent	White	Cellulose	7±0.1 (1%Solution)	1.06±0.02

Fig. 2와 같이 각각 측정된 a, b, c에서 Table 4의 형상계수의 계산식에 따라 구형율, 세장율, 방형율, 편평율을 계산하였다.

Table 4 Calculated equation of shape factor

Shape factor	Calculated equation	Remark
Spherical rate	$\phi = \sqrt[3]{bc/a^2}$	a: Major axis
Slenderness rate	$e = a/c$	b: Medium axis
Cubical rate	$s = a/b$	c: Minor axis
Flattening rate	$f = ab/c$	

### 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.

### 2.2.3 콘크리트의 충전실험

콘크리트의 충전성 평가는 Fig. 3과 같은 높이 59 cm, 폭 28 cm인 용기의 중앙부에 이형철근 D13 을 5 cm간격으로 3개 배치한 U형 충전시험 장치로 실험을 행하였다.

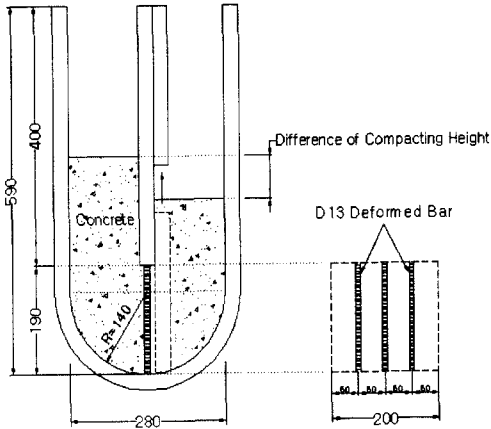


Fig. 3 U type compacting test apparatus

### 2.3 콘크리트의 배합 및 공시체 제작

배합은 단위분체량 450, 550, 650kg/m<sup>3</sup>에 대하여 혼화제 사용시 물구속비가 가장 작은 플라이애쉬 20%, 고로슬래그 15%를 혼합 치환<sup>(9)</sup>하여 실시하였다.

배합 방법은 50ℓ 강제식 믹서를 사용하여 시멘트, 플라이애쉬, 고로슬래그 미분말을 잔골재와 함께 60초간 건비빔을 한 후 1차수를 투입하고 90초간 믹싱을 하였다. 이 후 2차수와 혼화제 및 굵은골재를 투입하여 150초간 믹싱하여 배출하였다.

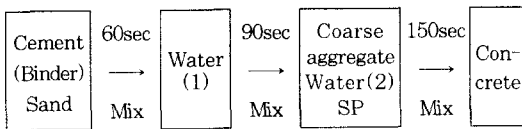


Fig. 4 Mixing method of concrete

배합 후 굳지 않은 콘크리트의 공기량을 비롯한 유동성 및 충전성 시험을 실시하였으며 압축 강도용 공시체를 제작하여 20±1℃로 유지되었

수조에서 수중양생을 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 골재의 입형판정

Table 5는 Table 4의 계산식으로 구한 굵은 골재 및 잔골재의 입형개선전·후의 형상계수값을 나타낸 것이다.

Table 5에서 입형개선후의 굵은골재 및 부순 모래의 구형율은 입형개선전 골재보다 높으며 세장율, 방형율, 편평율은 낮게 나타났다.

Table 5 Shape factor of aggregate

Type	Classification	Spherical rate	Slenderness rate	Cubical rate	Flattening rate	c/b	Aggregate shape
Coarse aggregate	Before <sup>*1)</sup>	0.68	2.39	1.44	50.82	0.63	Disk Shape
	After <sup>*2)</sup>	0.73	1.88	1.42	39.04	0.78	Grular Shape
Crushed sand	Before <sup>*1)</sup>	0.74	2.60	1.42	11.92	0.59	Disk Shape
	After <sup>*2)</sup>	0.78	1.99	1.40	11.61	0.73	Grular Shape

\*<sup>1)</sup>Before : Before improvement of grain shape

\*<sup>2)</sup>After : After improvement of grain shape

이 표에 바탕을 둔 골재의 입형개선 전후의 형상을 Fig. 5에 나타내었다.

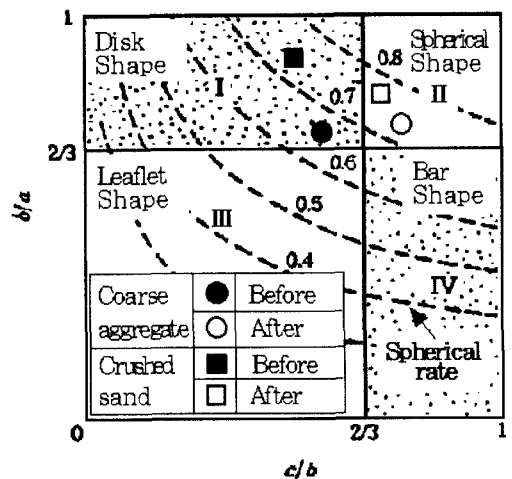


Fig. 5 Correlation of circular rate and shape of aggregate

이 그림에서 입형을 개선하지 않은 굵은골재 및 부순모래의 입형은 I 구역의 원반상으로 분류되는데 비하여 입팩트크랏샤로 입형을 개선한 굵은골재 및 부순모래의 입형은 입형이 전체적으로 양호한 II 구역의 구상으로 나타났다.

즉 굵은골재의 구형율은 입형개선전 0.68에서 입형개선후 0.73으로 0.05 개선되었다.

또한 채사의 입형가공은 구형율을 0.74에서 0.78로 변화시켜 0.04 증가시킨 것으로 나타났다.

### 3.2 입형개선이 골재의 공극률에 미치는 영향

다음 Fig. 6에 천연사와 부순모래를 7:3으로 혼합한 골재에 입형개선전과 후의 굵은골재를 혼합하여 잔골재율 변화에 따른 공극률을 나타내었다.

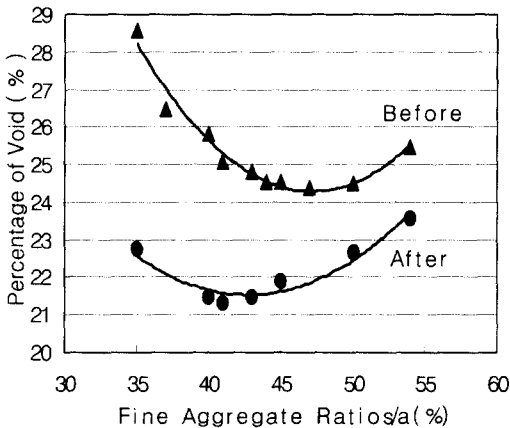


Fig. 6 Percentage of void according to s/a

일반적으로 콘크리트는 골재 입자간의 공극을 시멘트페이스트로 채워서 만들어지므로, 공극률이 적은 즉 실적율이 큰 골재를 사용하는 것이 시멘트페이스트의 소요량<sup>(10)</sup>을 적게 할 수 있다. 실험결과 Fig. 6과 같이 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. 또한 입형을

개선한 굵은골재를 사용하였을 경우 잔골재율 변화에 따른 공극률은 21.4~23.2%인데 비해 입형을 개선하지 않은 굵은골재를 사용하였을 경우 공극률이 24.4~28.6%로 크게 나타나 굵은골재의 입형 개선은 공극률을 줄일 수 있다. 따라서 굵은골재의 구형율 0.05개선은 잔골재율을 6% 감소시킬 수 있어 동일한 워커빌리티를 얻는데 사용되는 단위시멘트량을 줄일 수 있는 것으로 사료된다.

### 3.3 단위분체량이 잔골재율에 미치는 영향

입형불량 골재는 각이 많고 편평하여 구형에 가까운 골재보다 공극률이 크고, 실적율이 낮아 동일한 단위시멘트량에서 유동성을 저하<sup>(11)</sup>시킨다고 알려져 있다. 이에 본 실험은 콘크리트의 유동성을 증가시키기 위하여 입형개선 전후의 골재를 사용하여 잔골재율 및 단위분체량을 변화시켜 고성능콘크리트의 충전특성을 조사하였다.

#### 3.3.1 입형개선전

다음 Fig. 7은 입형개선전 골재를 사용하여 단위분체량 450 kg/m<sup>3</sup>, 550 kg/m<sup>3</sup>, 650 kg/m<sup>3</sup>에서 잔골재율에 따른 충전고차를 나타낸 것이다.

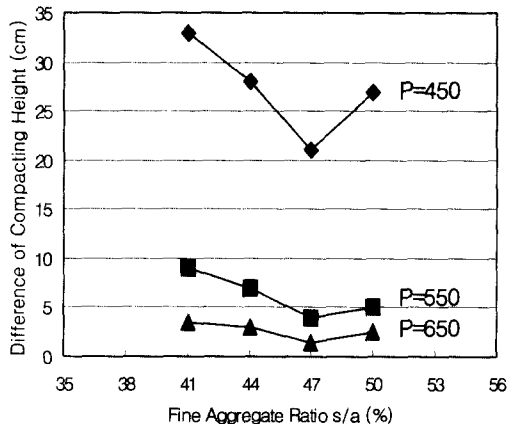


Fig. 7 Difference of compacting height according to s/a (Before improvement of grain shape)

이 그림에서 입형개선전 굵은골재를 사용하였을 경우 단위분체량에 관계없이 골재의 공극률이 가장 작은 잔골재율 47%에서 가장 우수한 충전고차를 보이고 있다.

또한 단위분체량 450kg/m<sup>3</sup>에서의 U형 충전고차는 최적잔골재율 47%에서 21cm를 나타내고 최적잔골재율을 벗어난 잔골재율에서는 급격히 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 단위분체량이 증가할수록 잔골재율의 영향이 감소되며 충전성이 증가하여 단위분체량 650kg/m<sup>3</sup>의 경우에는 모든 잔골재율에서 U충전고차 3cm 이내로 충전성을 만족하고 있다.

이것은 단위분체량 증가에 따른 페이스트량의 증가로 인한 유동성에 기여하는 잉여페이스트량이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

### 3.3.2 입형개선후

다음 Fig. 8에 입형개선후 골재를 사용하여 각각의 단위분체량에서 잔골재율에 따른 충전고차를 나타내었다.

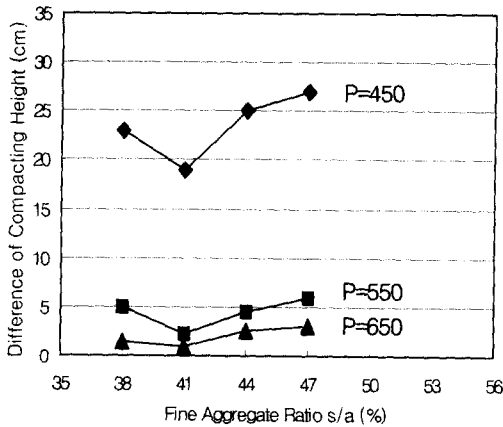


Fig. 8 Difference of compacting height according to s/a (After improvement of grain shape)

Fig. 8은 단위분체량이 증가할수록 유동성과 재료분리저항성이 증가되어 충전고차가 작아져 단위분체량 550 kg/m<sup>3</sup> 이상에서는 충전고차 5cm 이내의 우수한 충전고차를 나타내고 있다. 그러나 단위분체량 450 kg/m<sup>3</sup>에서는 최소충전고차를 나타내는 S/a 41%에서도 19cm로 나타나 고성능 콘크리트의 한계값 5cm를 초과하고 있다. 이것은

단위분체량 감소에 따른 유동성에 영향을 주는 잉여페이스트량의 감소로 충전성이 저하된 것으로 사료된다.

따라서 단위분체량의 증가는 콘크리트의 잉여페이스트량을 증가시켜 재료분리저항성과 유동성 확보에 효과적이며 충전성에 기여하는 잔골재율의 영향을 감소시킬 수 있지만, 건조수축 및 수화발열량을 증대시킬 수 있어 고급형 고성능콘크리트 제조를 위해서는 충전성을 만족하는 최소단위분체량의 결정이 필요하다.

### 3.4 입형개선이 최적 잔골재율에 미치는 영향

다음 Fig. 9는 단위분체량 550 kg/m<sup>3</sup>에서 잔골재율에 따른 충전고차를 나타낸 것으로 입형개선전 굵은골재를 사용하였을 경우 잔골재율 47%에서 충전고차 4cm로 가장 우수하게 나타났으며, 굵은골재 입형개선시 잔골재율 41%에서 충전고차 2cm로 가장 우수하게 나타났다.

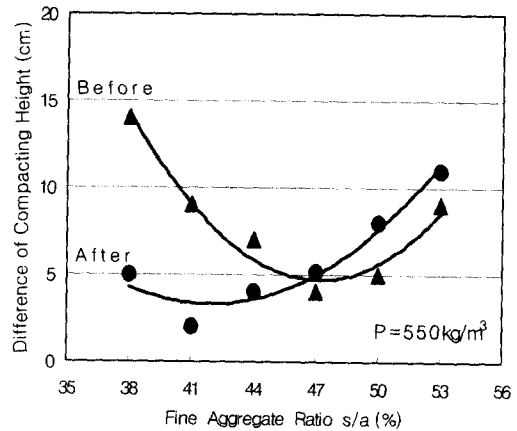


Fig. 9 Difference of compacting height according to s/a

따라서, 굵은골재의 입형개선은 잔골재율을 6%정도 감소시킬 수 있으며, 일정한 유동성에서 잔골재율 저하에 따른 단위수량을 약 10%정도 감소시킬 수 있는 것으로 사료된다.

### 3.5 입형개선이 단위분체량에 미치는 영향

본 실험에서는 굵은골재의 입형개선이 단위분체량

에 미치는 영향을 검토하기 위하여 단위분체량 변화에 따른 충전특성을 검토하여 Fig. 10에 나타내었다.

Fig. 10은 충전성을 만족하는 최소단위분체량을 결정하기 위하여 슬럼프플로우  $65 \pm 5$ cm로 고정하고, 단위분체량을 변화시켜 U형 충전고차를 측정 한 것이다.

일반적으로 콘크리트의 물시멘트비가 일정한 조건하에서 단위분체량이 증가하면 골재사이의 공극을 충전하는 페이스트량이 늘어나 유동성에 기여하는 잉여페이스트량이 증가하므로 콘크리트의 유동성이 향상<sup>(12)</sup>된다. 그러나 입형이 나쁜 골재는 구형에 가까운 골재보다 실제의 체적이 적고 공극이 많아져 공극에 채워야 할 모르타르 및 시멘트페이스트량이 많아지므로 일정한 분체량에서는 입형이 구형에 가까운 골재보다는 유동이 떨어지게 된다.

본 실험결과 굵은골재의 입형을 개선하지 않을 경우 단위분체량  $530 \text{ kg/m}^3$ 이내에서는 충전고차가 8cm이상으로 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 최소단위분체량은  $530 \text{ kg/m}^3$ 으로 사료된다.

또한, 입형개선후 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 증

가하여 불량하게 나타났다. 이것은 단위분체량 감소로 인한 페이스트와 골재간의 상대량 감소에 따른 폐쇄현상에 의한 것으로 판단된다. 따라서 굵은골재의 입형개선은 충전성 및 유동성을 만족하는 최소단위분체량을 감소시키며 본 실험에서의 입형개선은 최소단위분체량이 입형개선전 보다 약  $60 \text{ kg/m}^3$  감소된  $470 \text{ kg/m}^3$ 인 것으로 나타났다.

### 3.6 입형개선이 강도에 미치는 영향

콘크리트의 강도는 일반적으로 물시멘트비에 의해 결정되지만 이것은 골재가 파괴되기 이전에 콘크리트가 먼저 파괴되어야 한다는 것을 전제로 하고 있다. 또한 골재의 입형은 콘크리트의 작업성<sup>(13)</sup>에 영향을 미칠 뿐만 아니라 콘크리트의 강도에도 영향을 미친다. 쇄석은 일반적으로 강자갈보다 입형이 불량하여 동일 슬럼프를 얻기 위한 단위수량이 증가되지만, 표면형상이 거칠어 시멘트페이스트와의 부착을 좋게하기 때문에 콘크리트의 강도면에서는 유리하다. 이 때문에 가늘거나 편평하지 않은 쇄석은 시멘트량을 증가시키지 않더라도 강자갈을 사용한 콘크리트와 동등 혹은 그 이상의 강도<sup>(14)</sup>를 낼 수 있다고 알려져 왔다.

본 실험에서 입형개선 전후의 쇄석을 사용한 잔골재율 및 단위분체량에 따른 28일 압축강도 특성은 다음과 같다.

#### 3.6.1 잔골재율에 따른 강도특성

입형개선 전후의 굵은골재를 사용하여 단위분체량  $450 \text{ kg/m}^3$ ,  $650 \text{ kg/m}^3$ 에서 잔골재율 변화에 따른 28일 압축강도 특성을 조사하여 Fig. 11에 나타내었다.

Fig. 11에서 잔골재율 변화에 따른 28일 압축강도 특성은 큰 차이를 나타내지 않고 있으며, 잔골재율의 증가와 함께 압축강도가 조금씩 증가하는 경향을 나타내고 있다.

또한 압축강도는 단위분체량에 관계없이 입형개선전이 입형개선후 보다 약 5%정도 크게 나타나 있다. 이것은 굵은골재의 입형개선으로 페이스트와의 부착특성이 떨어져 강도가 저하된 것으로 판단된다.

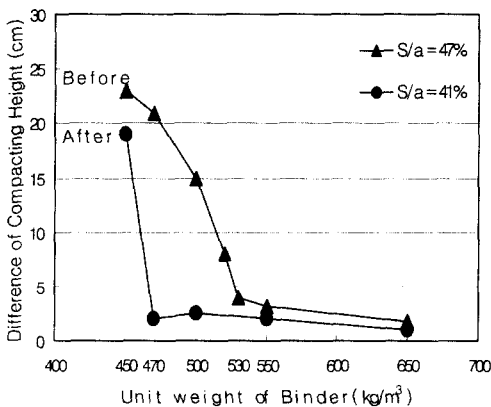


Fig. 10 Difference of compacting height according to unit weight of Binder

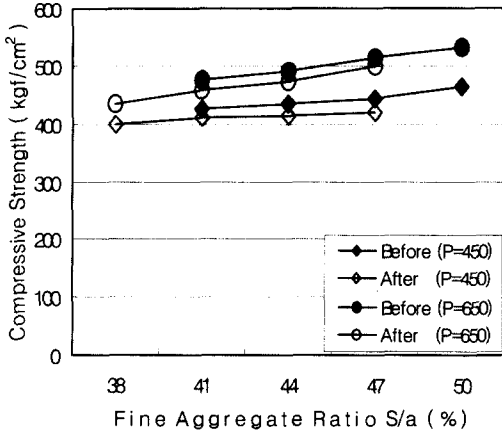


Fig. 11 Compressive strength according to S/a

### 3.6.2 단위분체량에 따른 강도특성

입형개선전과 입형개선후의 굵은골재를 사용하여 단위분체량을 변화시킨 28일 압축강도는 다음과 같다.

입형개선전 굵은골재 사용시 최적잔골재율 47%로 고정하고 단위분체량을 450, 470, 500, 530, 550, 650 kg/m<sup>3</sup>의 6종류로 변화시켜 강도 특성을 조사하였다. 또한 입형개선 굵은골재를 사용한 28일 압축강도는 최적 잔골재율 41%로 고정하고 단위분체량을 5종류로 변화시켜 조사하였으며 Fig. 12에 입형개선전과 후의 골재를 사용한 단위분체량에 따른 28일 압축강도 특성을 나타내었다.

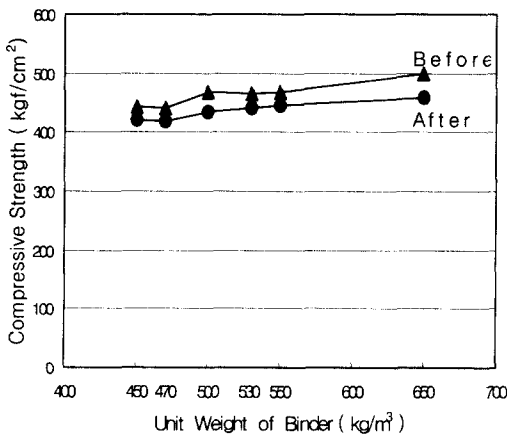


Fig. 12 Compressive strength according to unit weight of Binder

이 그림에서 단위분체량에 따른 압축강도 변화는 대체적으로 분체량이 증가할수록 증가하고 있으나 400~500 kgf/cm<sup>3</sup> 사이로 큰 차이를 보이고 있지 않다. 또한 입형개선전과 입형개선후의 압축강도는 입형개선전이 입형개선후 보다 약 5%정도 높게 나타났다.

입형개선 골재의 강도저하는 골재 상호간의 맞물림 작용 및 시멘트 페이스트와의 부착력 감소에 의한 것으로 보고<sup>(10)</sup>되고 있다. 그러나 본 실험에서 사용한 단위분체량 450 kg/m<sup>3</sup> 이상의 부배합 콘크리트에서는 골재상호간의 적정거리가 확보됨으로써 입형개선 골재의 강도저하 원인은 시멘트 페이스트와 골재의 부착력 감소에 기인한 것으로 사료된다.

## 4. 결 론

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

1) 굵은골재의 입형개선은 고성능콘크리트의 충전성을 만족하는 최소단위분체량을 감소시킨다.

즉, 굵은골재의 구형을 0.05%의 입형개선은 고성능콘크리트의 충전성을 만족하는 최소단위분체량을 굵은골재 입형개선전 530 kg/m<sup>3</sup>에서 입형개선후 470 kg/m<sup>3</sup>으로 60 kg/m<sup>3</sup> 감소시켜 동일 단위분체량에서 단위수량을 10%정도 줄일 수 있어 콘크리트의 수화열 및 건조수축량을 저감시킬 수 있다.

2) 골재의 구형을 증가는 최적잔골재율을 감소시키며 구형을 0.68의 원반상에서 구형을 0.73의 구상으로 입형개선시킨 굵은골재는 공극율을 감소시켜 최소공극을 갖는 잔골재율을 47%에서 41%로 6% 감소시켰다.

3) 콘크리트의 충전성은 최소공극률을 갖는 잔골재율에서 가장 우수하며, 골재의 입형개선은 최적 잔골재율을 감소시켜 고성능콘크리트의 유동성 향상에 효과적이다.

4) 단위분체량의 증가는 유동성에 기여하는 잉여 페이스트량의 증가로 고성능콘크리트의 충



전성을 향상시키며 잔골재율의 영향을 감소시킬 수 있다.

- 5) 골재의 입형개선은 원반상의 쇄석 및 쇄사를 구상으로 개선시킬 수 있으며 임팩트크랏사를 사용하여 구형율을 0.05 % 향상시킬 수 있다.
- 6) 굵은골재의 입형개선은 부배합 콘크리트에서 골재와 시멘트페이스트의 부착력 감소로 콘크리트의 압축강도를 감소시킨다. 즉, 굵은골재의 구형율 0.05 % 개선은 콘크리트의 압축강도를 약 5 % 정도 감소시킨다.

## 감사의 글

본 연구는 대경화학공업(주) 및 (주)폼레미콘과의 '98 산·학·연 지역컨소시엄 연구에 의해 이루어졌으며, 입형가공 골재를 제공하여 주신 부광산업(주)에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雅 : 하이퍼퍼포먼스 콘크리트, 技報堂出版, 1993.
2. 변근주 : 고성능콘크리트의 연구동향 및 전망, 콘크리트학회지, Vol. 6, No. 1, 1994.2, pp.2~23.
3. Erick J. Sellevold : High-Performance Concrete : Early Age Cracking, Pore Structure, and Durability, International Workshop on High-Performance Concrete, 1994, pp.193 ~ 208.
4. 長瀧重義 : 콘크리트의 고성능화, 技報堂出版, 1997.
5. 万木正弘, 坂田 昇, 岩井 稔, "特殊増粘劑を用いた縮

- 固め不要コンクリートに関する研究", 콘크리트工學年次論文報告集 Vol.14 No.1, 1992, pp.51~56.
6. 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, 콘크리트技術シリーズ, 平成 8年.
7. 岩井信彰, 榊田佳寛, 阿部道彦 : 高流動コンクリートのフレッシュ性狀に及ぼす骨材の形狀・寸法の影響, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996, pp. 117~122.
8. 名和豊春 : 高流動コンクリートの現況と展望(メカニズムを中心に), セメント・コンクリート, No. 578, 1995, pp. 10~21.
9. 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.
10. 대한건축학회 : 고강도-고성능 콘크리트 제조·시공 및 설계, 철근콘크리트분과위원회 기술보고서 ATR 96-1, 1996.
11. 河野 清 外 2人 : 細骨材の粒度・粒形が、フレッシュモルタルコンクリートの性質に及ぼす影響, セメント技術年報 36, 1982, pp. 128~131.
12. 出光 隆, 山崎竹博, 高山俊一 : 球狀細骨材を用いた超流動化コンクリートの配合に関する研究, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.14, No.1, 1992, pp. 393 ~ 398.
13. F. P. Zhou, F. D. Lydon and B. I. G. Barr : Effect of Coarse Aggregate on Elastic Modulus and Compressive Strength of High-Performance Concrete, CEMENT and CONCRETE RESEARCH, An International journal, 1995.1-2, pp.177 ~ 186.
14. 村田二郎, 岩崎訓明, 兒玉和巳 : 콘크리트の科學と技術, 山海堂, 1996.

## 요 약

본 연구는 고성능콘크리트의 유동성과 재료분리저항성을 증진시키기 위한 굵은골재의 입형개선이 단위분체량과 잔골재율에 미치는 영향에 대해서 검토한 것이다.

실험결과 최소공극율을 만족하는 S/a에서 콘크리트의 유동성 및 충전성이 가장 우수하게 나타났으며, 구형율 0.68의 원반상에서 구형율 0.73의 구형으로 입형개선 시킨 굵은골재는 충전성을 만족하는 잔골재율이 47 %에서 41 %로 작아져 잔골재율을 6 % 감소시켰다. 또한 굵은골재의 입형개선은 충전성을 만족하는 최소단위분체량을 530kg/m<sup>3</sup>에서 60kg/m<sup>3</sup> 감소된 470kg/m<sup>3</sup>을 나타내어 이에 따른 단위수량을 10% 정도 줄일 수 있다.

반면, 굵은골재의 입형개전시 압축강도는 골재와 시멘트페이스트의 부착력 감소로 약 5% 정도 감소하였다.

(접수일자 : 2000. 5. 19)