

# 쇄석분을 사용한 고성능콘크리트의 기초특성

## Fundamental Properties of High Performance Concrete using Crushed Stone Fines

이 승 한\*      정 용 옥\*\*      박 정 준\*\*\*  
Lee, Seong Han    Jung, Yong Wook    Park, Jung Jun

### ABSTRACT

This study aims to make high performance concrete for normal strength using crushed stone fines to control high strength of the high performance concrete.

According to the experimental results, when crushed stone fines are increased every 10%, 15% of compressive strength is decreased, and 5% of drying shrinkage is increased, compared to normal high performance concrete. Also, high performance concrete has been evaluated to have good durability factor more than 100% in the 480cycle of freezing and thawing test, without regard to using AE and crushed stone fines.

### 1. 서론

최근 건설 구조물의 대형화, 고층화됨에 따라 복잡한 부재형상 및 과밀 배근 등으로 인한 콘크리트의 충전불량, 숙련공의 부족으로 인한 시공불량 등으로 콘크리트의 품질저하가 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 콘크리트의 품질 및 구조물의 신뢰성을 향상시키기 위하여 고성능콘크리트의 개발이 요구되고 있어 이에 관한 연구<sup>1)</sup>가 활발히 진행되고 있다.

일반적으로 고성능콘크리트의 제조방법으로는 증점제계, 분체계 및 병용계로 대별<sup>2)</sup>할 수 있으며, 지금까지 국내에서 개발된 고성능콘크리트는 대부분 플라이애쉬 및 고로슬래그 미분말을 사용한 분체계 및 병용계<sup>3)</sup>에 속한다. 이러한 분체계 및 병용계 고성능콘크리트는 유동성 증진 및 충전성 향상을 위하여 단위분체량을 증가시킴으로써 콘크리트의 고강도화와 수화발열량을 증가시키고 있다.

이에 본 연구에서는 고성능콘크리트의 강도범위를 일반강도 범위로 조정하기 위하여 쇄석·쇄사의 생산시 발생하는 부산물인 쇄석분을 분체로 사용하여 일반강도 범위의 고성능콘크리트를 제조하고자 하였다.

따라서 분체로서 쇄석분을 사용한 고성능콘크리트의 압축강도, 유동성 및 충전성을 평가하고, 건조수축 및 동결융해시험을 통한 내구성을 검토하여 일반강도의 고성능콘크리트 제조에 기초자료를 제공하고자 하였다.

\*정회원, 계명대학교 토목공학과 교수

\*\*정회원, 계명대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\*정회원, 계명대학교 토목공학과 석사과정

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용재료

실험에 사용한 시멘트는 A사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 채석분은 경북 고령산으로 분말도 5500cm<sup>2</sup>/g인 것을 사용하였다.

잔골재는 경북 고령산을 사용하였으며 입도조절을 위해 천연사와 부순모래를 7:3으로 혼합하여 사용하였다. 또한 굵은골재는 잔골재와 마찬가지로 경북 고령산으로 임팩트 크랏샤로 입형을 개선한 후의 채석을 사용하였다. 이들 사용재료의 물리·화학적 성질을 표1과 2에 나타내었다.

표 1 시멘트 및 석분의 물리·화학적 성질

구분	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	비중	강열감량 (Iglass)	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>3</sub>
시멘트	3169	3.15	1.03	22.94	5.57	3.33	64.05	2.58	0.61
채석분	5500	2.72	4.9	57.4	12.77	9.76	4.68	2.37	-

표 2 골재의 물리적 성질

종 류	비중	흡수율 (%)	조립율	단위용적	실적율 (%)
천연사	2.61	1.88	2.67	1695	65.1
굵은골재	2.71	0.94	6.91	1640	60.6

### 2.2 배합 및 실험항목

본 실험에서는 단위분체량 550kg/m<sup>3</sup>, 잔골재를 41%로 고정하고 채석분 치환율을 0%, 10%, 20%, 30%, 40%로 변화시켜 굳지않은 콘크리트의 유동성 및 충전성을 평가하였으며, 경화후 압축강도, 길이변화 및 동결융해시험을 실시하였다. 이들 실험계획표를 표3에 나타내었다.

표 3 실험계획표

배합명	항 목	단위분체량 (kg/m <sup>3</sup> )	W/P (%)	S/a (%)	고성능감수제 (P×%)	Air (%)	실험항목	
							굳지않은콘크리트	경화콘크리트
C100		550	$\beta_f$ (약34%)	41	1.5	5±1	· 슬럼프플로우	· 압축강도
C90CS10	· U형 충전고차						· 길이변화	
C80CS20	· V로드 유하시간						· 동결융해시험	
C70CS30	· 공기량						· 동탄성계수	
C60CS40								

표3에서 공기량은 5±1%가 되도록 하였으며, 공시체 제작은 각 배합별로  $\phi 10 \times 20$ cm의 압축강도용 12개, 콘크리트 길이변화 측정용  $10 \times 10 \times 40$ cm 1개, 동결융해시험용  $76 \times 101 \times 412$ mm 1개씩 각각 제작하였다. 또한 압축강도용 공시체는 1일후 탈영하고, 20±1℃의 양생조에서 수중양생을 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 유동 및 충전특성

그림1에 채석분 치환율에 따른 슬럼프플로우 및 U형 충전고차를 나타내었다. 그림 1은 석분치환율만

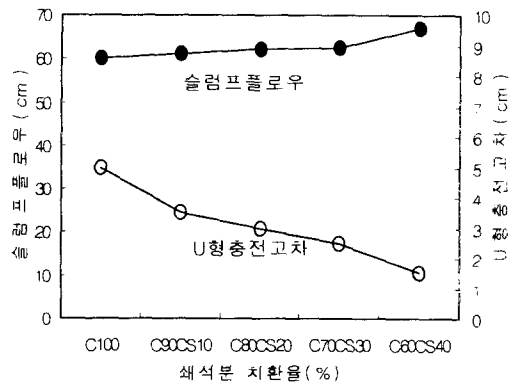


그림 1 채석분 치환율에 따른 유동 및 충전특성

변화시킨 표3의 배합에서 슬럼프플로우  $65 \pm 5\text{cm}$ 와 U형 충전고차 5cm이내를 만족하고 있다. 또한 이 그림에서 쇄석분은 치환율이 증가할수록 슬럼프플로우를 증가시켜 콘크리트의 유동성 향상에 효과적임을 나타내고 있다. 한편 쇄석분은 치환율이 증가할수록 U형 충전고차를 감소시켜 40%치환시 가장 낮은 충전고차 1.5cm를 나타내고 있다

### 3.2 압축강도 특성

다음 그림2에 쇄석분 치환율에 따른 압축강도 특성과 그림 3에 쇄석분 무치환에(C100) 대한 7, 28, 56, 91일 쇄석분 치환율별 압축강도 강도비를 나타내었다.

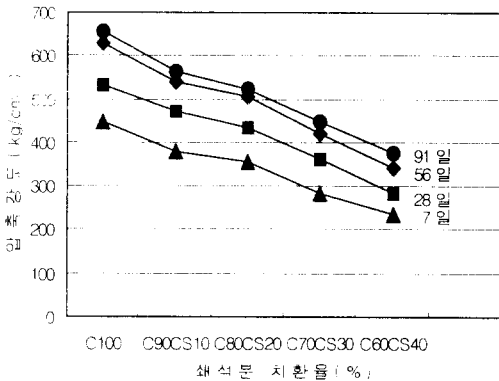


그림 2 쇄석분 치환율에 따른 재령별 압축강도

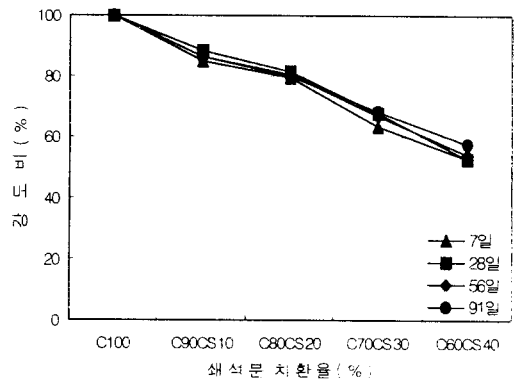


그림 3 쇄석분 치환율에 따른 압축강도 강도비

그림 2에서 쇄석분 치환량이 증가할수록 압축강도는 재령에 관계없이 감소하고 있으며, 91일 압축강도에서도 무치환시 약  $650\text{kg/cm}^2$ 이 쇄석분 40%치환시 약  $380\text{kg/cm}^2$ 으로 떨어져 쇄석분치환율에 따라 비례적으로 강도감소 현상을 나타내고 있다. 또한 그림 3에서 쇄석분 사용은 재령에 관계없이 치환율 10% 증가시 마다 무치환시의 압축강도를 약 15%씩 감소시키고 있어 고강도화 되는 분체계 및 병용계 고성능콘크리트의 강도조절용 분체로 적합하다고 사료된다.

### 3.3 건조수축 특성

일반적으로 시멘트의 일부로서 석분을 치환하였을 경우 건조수축 저감 효과가 거의 없다는 보고<sup>4)</sup>가 있으며 본 실험 결과에서도 쇄석분 치환시 건조수축량을 증가시키는 것으로 나타났다.

다음 그림 4는 쇄석분 치환율에 따른 길이변화를 나타낸 것으로 쇄석분 치환율이 10%증가할 때 마다 건조수축량은 약 5%씩 증가하여, 40%치환시 무치환시와 비교해 약 20%정도 증대되는 것으로 나타났다.

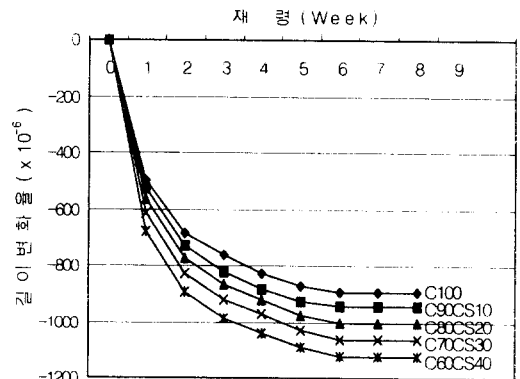


그림 4 쇄석분 치환율에 따른 길이변화

### 3.4 동결융해 특성

고성능콘크리트와 일반콘크리트의 동결융해특성을 비교하기 위하여 다음 그림 5에 일반콘크리트 ( $f_{28} = 240kg/cm^2$ , Non-AE) 및 고성능콘크리트에서 쇄석분 무치환과 쇄석분 30%치환에서 AE제 혼입 유무에 따른 480Cycle까지의 상대동탄성계수를 나타내었다.

그림5에서 일반콘크리트는 동결융해 150사이클에서 상대동탄성계수 60%이하로 떨어진 반면, 고성능콘크리트는 AE제 혼입유무와 쇄석분 혼입유무에 관계없이 동결융해 480사이클에서 상대동탄성계수는 약 103%의 범위를 보이고 있다.

이것은 고성능콘크리트의 경우 유동성 향상으로 인한 기포조직의 치밀화로 모두 100%이상의 높은 상대동탄성계수를 나타내는 것으로 사료된다.

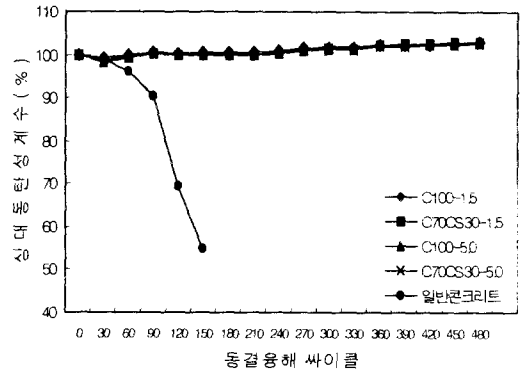


그림 5 AE제 혼입유무에 따른 상대동탄성 계수

### 4. 결론

본 연구는 분체로서 쇄석분을 이용하여 고성능콘크리트의 기초특성을 조사한 것으로 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 쇄석분 사용은 치환율 10% 증가시마다 무치환시의 압축강도를 약 15%씩 감소시키고 있어 고강도화되는 분체계 및 병용계 고성능콘크리트의 강도조절용 분체로 사용이 가능하다고 사료된다.
2. 쇄석분은 슬럼프플로우를 증가시키고, U형충전고차는 감소시켜 고성능콘크리트의 유동성 증진 및 충전성 향상에 효과적이다.
3. 고성능콘크리트용 분체로서 쇄석분을 사용시 건조수축량을 증가시키며 10%증가시 마다 약 5%의 건조수축량을 증가시킨다.
4. 물분체비가 작은 고성능콘크리트의 동결융해저항성은 단위분체량과 유동성 증가로 기포조직이 치밀화되어 AE제 혼입유무 및 쇄석분 치환과 관계없이 480사이클 동결융해 반복시험에서 내구성지수 100%이상으로 우수하게 나타났다.

### 참고문헌

1. Lee, Seung-Han, Han Hyung-Sub : Effect of Powder and Aggregates on Compactability of High Performance Concrete, Concrete Journal, VOL.11 NO.3, JULY 1999, pp. 19 ~ 28.
2. 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雅 : 하이パフォーマンス콘크리트, 技報堂出版, 1993.
3. 添田政司 外 3人 : 高爐슬라그微粉末を用いた早強性をする高流動콘크리트의耐凍害性に關する研究, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996, pp. 153~158.
4. 日本콘크리트工學協會 : 超流動콘크리트に關するシンポジウム論文報告集, 1993. 5. pp. 151-163.