

# 중질탄산칼슘 슬러리를 활용한 콘크리트의 기초적 물성

## A Fundamental Properties of Concrete Using the Ground Calcium Carbonate Slurry

문 한 영\*      정 호 섭\*\*      최 두 선\*\*\*      양 은 철\*\*\*      유 지 훈\*\*\*  
Moon, Han Young    Jung, Ho Seop    Choi, Doo Sun    Yang, Eun Cheol    You, Ji Hoon

### ABSTRACT

Mechanical properties of mortars and concretes blended with GCC(Ground Calcium Carbonate slurry) and silica fume were investigated. Results from this study showed that air contents of mortars were constant regardless of replacement of GCC and flow values of mortars were decreased with replacement of it. Especially, mortars and concretes replaced with 10% of GCC had a good trend with respect to compressive strength. In case of simultaneous use of GCC and silica fume, the workability and compressive strength of the concretes seem not to be any problems in mechanical properties. This study indicated that the most reasonable replacement of GCC was 10% and the addition as fine aggregate was more effective than that as binder.

### 1. 서론

최근 콘크리트 구조물이 점차 대형화, 고층화 및 경량화 됨으로써 고강도 및 고성능 콘크리트가 요구되고 있는 추세이다. 일반적인 고강도용 콘크리트의 제조방법으로서는 물-결합재비를 대폭 낮추는 방법, 양질의 시멘트질 재료 및 골재와 고성능감수제 등을 사용하는 방법, 고온고압증기양생 또는 특수 성형방법 등을 응용하는 방법을 들 수 있다.

특히 굳지 않은 고강도용 콘크리트의 시공성 확보를 위한 재료적인 측면에서 필요 불가결한 조건으로 평균입경이 15 $\mu$ m정도인 시멘트에 고로슬래그 미분말, 플라이애시 또는 2 $\mu$ m정도의 실리카흄 등을 시멘트와 치환하므로써 충전밀도를 크게 하여 유동성을 향상시키는 방법이 널리 이용되고 있다.(1,2)

본 연구에서는 고강도용 콘크리트를 제조하기 위한 목적의 일환으로 석회석을 습식상태로 미분쇄하여 평균입경 1.5 $\mu$ m 정도의 중질탄산칼슘 슬러리(이하 중질탄산칼슘 또는 GCC로 약함)를 제조하여 실리카흄의 대체재료로 사용하고자 하였다. 그래서 중질탄산칼슘과 실리카흄의 치환률을 변화시켜 제조한 고강도용 모르타르 및 콘크리트의 기초물성을 측정하여 고찰하였다.

\* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과, 교수  
\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과, 박사과정  
\*\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과, 석사과정

그 결과 중질탄산칼슘과 실리카흙을 동시에 사용하는 경우가 좋은 결과를 보여주었으며, 중질탄산칼슘을 사용하여 제조한 콘크리트의 경우 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 경우보다 우수한 결과를 나타내었다.

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용 재료

(1) 시멘트 : 시멘트는 비중 3.15, 비표면적 3,280cm<sup>2</sup>/g인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 보통포틀랜드시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

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> (%)	Ig. loss (%)	Specific Gravity	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)
21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2	1.3	3.15	3,280

(2) 골재 : 잔골재는 비중이 2.59이고 조립률이 2.17인 강모래 35%와 비중이 2.60이고 조립률이 3.18인 부순모래 65%를 골고루 섞어 입도를 조정한 후에 사용하였으며, 굵은골재는 비중이 2.62인 부순돌을 사용하였다.

(3) 혼화재료 : 주성분이 폴리카르본산계인 Malialim A-20 고성능감수제(SP)를 시멘트 중량의 1.8% 사용하였으며, 본 연구에 사용된 고성능감수제의 일반적인 성질은 표 2에 나타내었다. 중질탄산칼슘은 주성분이 Calcite로서 수중 수쇄하여 슬러리 상으로 제조한 평균입경이 1.5 $\mu$ m정도인 중질탄산칼슘을 사용하였으며, 중질탄산칼슘의 XRD분석결과와 입도 분포를 그림 1 및 그림 2에 나타내었다. 중질탄산칼슘의 경우 극히 미세한 고로슬래그 미분말과 대부분이 해외로부터 수입하는 실리카흙에 비하여 경제적이고 구하기 쉬운 장점이 있으며, 본 연구에 사용된 중질탄산칼슘은 고형분량이 75%인 것을 사용하였으며 물리적 성질은 표 3에 나타내었다.

표 2. Malialim A-20의 물리적 성질

주성분	폴리카르본산계 화합물
외관	갈색 액상
고형분 / 비중	20% / 1.04 $\pm$ 1.0
pH	2.5 $\pm$ 1.0

표 3. 중질탄산칼슘의 물리적 성질

고형분 농도	$\geq$ 75%
백색도	$\geq$ 94%
점도(B형점도계 60rpm)	$\leq$ 200cps
pH	10.0 $\pm$ 0.5

### 2.2 실험 배합

모르타르 배합은 물-시멘트비를 35%로 고정시키고 중질탄산칼슘과 실리카흙의 치환률을 변화시킨 것으로서 표 4에 나타내었으며, 모르타르 실험을 바탕으로 콘크리트를 제조하여 특성을 알아보고 동일

한 물-시멘트비에서 중질탄산칼슘과 실리카흄을 시멘트 량의 10%[(GCC+SF)/C=10%]를 치환하여 제조한 콘크리트의 배합을 표 5에 나타내었다.

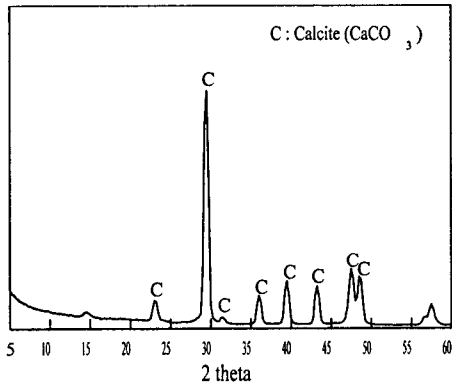


그림 1 중질탄산칼슘의 XRD분석결과

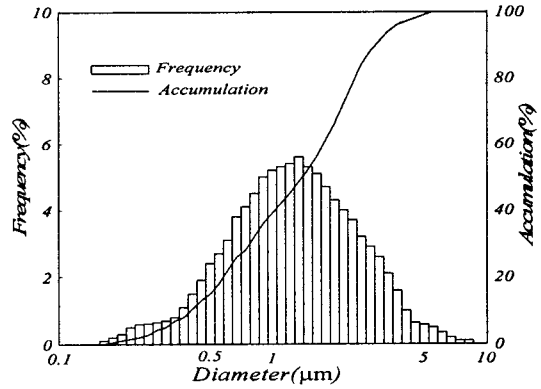


그림 2 중질탄산칼슘의 입도분포곡선

표 4. 모르타르의 배합표

Items Types	W* (g)	C (g)	S (g)	GCC (g)	SP (g)
Control	315	900	1,800	0	16
G-10	315	900	1,710	90	16
G-15	315	900	1,665	135	16
G-20	315	900	1,620	180	16
G-25	315	900	1,575	225	16
G-30	315	900	1,530	270	16

\* GCC의 고품분량이 75%이므로 GCC에 함유된 수량을 포함하여 산출

표 5. 콘크리트의 배합표

Items Types	W/B	S/a	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )						
			W	C	S	G	GCC	SF	SP
OPCW35	35	39	165.0	471.4	651.9	1,031.4	0	0	9.43
G5W35	35	39	157.1	471.4	643.2	1,017.6	31.4	0	9.43
G10W30	30	39	146.7	550.0	606.4	959.4	73.3	0	9.43
G10W35	35	39	149.3	471.4	634.5	1,003.9	62.9	0	9.43
G10W40	40	39	151.3	412.5	655.5	1,037.2	55.0	0	9.43
G15W35	35	39	141.4	471.4	625.8	990.1	94.3	0	9.43
S10W35	35	39	165.0	471.4	628.0	993.7	0	47.1	9.43
G7S3W35	35	39	154.0	471.4	632.5	1,000.8	44.0	14.1	9.43
G5S5W35	35	39	157.1	471.4	631.3	998.8	31.4	23.6	9.43
G3S7W35	35	39	164.3	471.4	630.0	996.8	14.9	33.0	9.43

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 중질탄산칼슘의 치환률에 따른 모르타르 및 콘크리트의 특성

중질탄산칼슘을 사용한 모르타르의 유동성과 공기량 및 압축강도를 알아보기 위하여 중질탄산칼슘을 시멘트 중량의 0, 10, 15, 20, 25 및 30%로 변화시켜 제조한 모르타르의 공기량과 플로우값 및 압축강도를 정리한 것이 그림 3과 그림 4이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 중질탄산칼슘을 치환하지 않은 기준 모르타르의 공기량은 4.87%이고, 치환률이 증가함에 따라 공기량의 변화는 미미하였으며 5% 내외였다. 또한 모르타르의 플로우값은 중질탄산칼슘의 치환률이 증가함에 따라 직선적으로 감소하는 결과를 보여주었으며 기존의 연구결과와 동일한 경향을 보여주고 있다.

한편 그림 4에 나타난 것과 같이 모든 재령에서 중질탄산칼슘을 치환한 모르타르의 압축강도는 거의 유사한 결과를 보여주고 있다. 그리고 재령 28일의 경우 중질탄산칼슘을 치환한 모르타르가 사용하지 않은 모르타르보다 동등 이상의 결과를 보여주고 있으며, 특히 치환률이 10%인 경우 가장 좋은 압축강도 발현을 보여주었다.

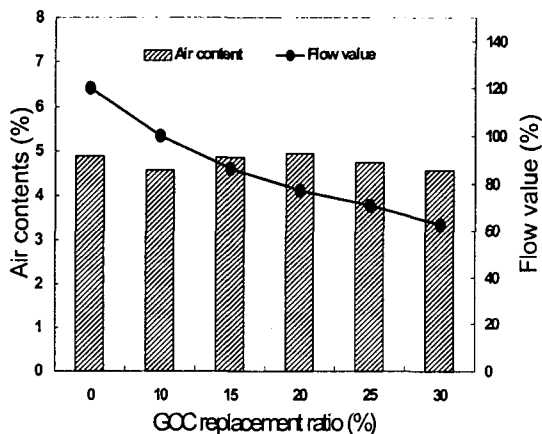


그림 3. 중질탄산칼슘의 치환률에 따른 모르타르의 공기량 및 플로우값

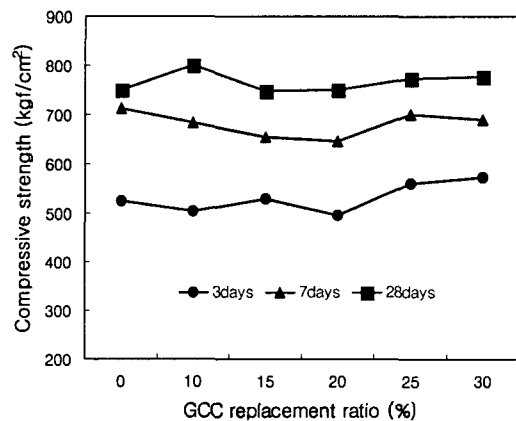


그림 4. 중질탄산칼슘 치환률에 따른 모르타르의 압축강도

이번에는 중질탄산칼슘의 치환율을 0, 5, 10 및 15%로 변화시켜 제조한 콘크리트의 재령별 압축강도 특성을 나타낸 것이 그림 5이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 중질탄산칼슘의 치환율이 10%인 경우가 가장 우수한 결과를 보여주고 있다.

한편 중질탄산칼슘의 치환율을 10%로 고정시키고 물-시멘트비를 30, 35 및 40%로 변화시켜 제조한 콘크리트의 재령별 압축강도에 대하여 나타낸 것이 그림 6이다. 이들 그림에서 주지하는 바와 같이 물-시멘트비의 증가에 따라 압축강도는 감소하였으며, 중질탄산칼슘을 사용한 콘크리트의 경우 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 경우와 유사한 결과를 보여주고 있다. 중질탄산칼슘을 사용한 모르타르의 경우와 같이 중질탄산칼슘을 사용한 콘크리트의 경우에도 치환률 10%일 때가 좋은 결과를 보여주었다.

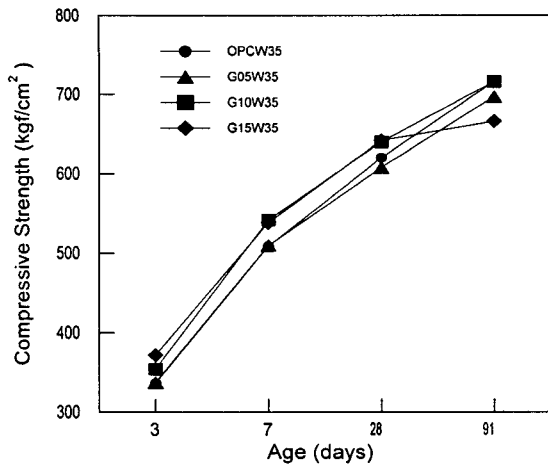


그림 5. 중질탄산칼슘 치환률에 따른 콘크리트의 재령별 압축강도

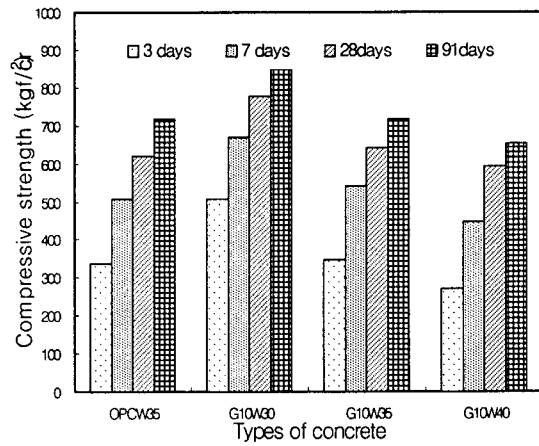


그림 6. 물-결합재비 별 콘크리트의 압축강도 (중질탄산칼슘 10% 치환)

### 3.2 중질탄산칼슘과 실리카흄을 동시에 혼합한 콘크리트의 압축강도특성

슬러리 중에 분산, 부유하고 있는 평균입경이  $1.5\mu\text{m}$  정도의 중질탄산칼슘 입자는 평균입경이  $15\mu\text{m}$  정도의 시멘트입자와 평균입경  $0.2\mu\text{m}$  정도의 실리카흄 입자의 중간크기의 입자로서 시멘트, 중질탄산칼슘 및 실리카흄을 동시에 혼합함으로써 초미립자로부터 수  $10\mu\text{m}$ 까지의 입도분포가 고르게 되어 있다.

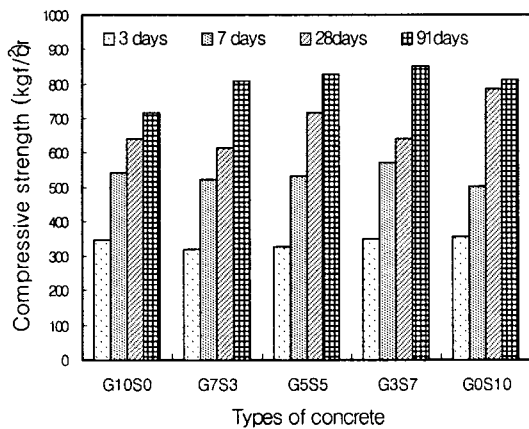


그림 7. 중질탄산칼슘과 실리카흄을 동시에 혼합한 콘크리트의 압축강도

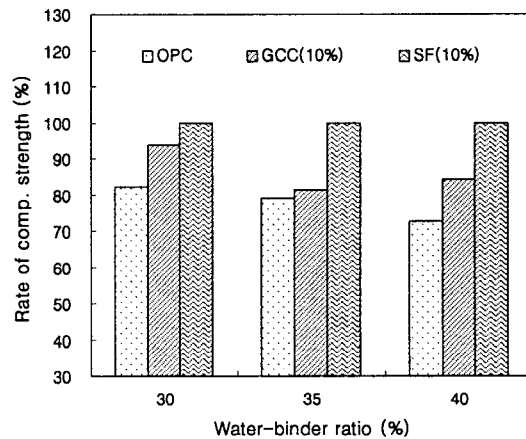


그림 8. 물-결합재비 별 재령 28일 콘크리트의 압축강도비

그래서 중질탄산칼슘과 실리카흄을 동시에 첨가한 콘크리트의 특성을 알아보기 위하여 중질탄산칼슘과 실리카흄의 치환률을 전체 시멘트 중량의 10%를 잔골재와 치환한 경우[(GCC + SF)/C=10%]에 대하여 중질탄산칼슘과 실리카흄의 비율이 10:0, 7:3, 5:5, 3:7 및 0:10으로 5단계 변화시키고 물-시멘트비

를 35%로 고정시켜 제조한 콘크리트의 재령 91일까지의 압축강도를 나타낸 것이 그림 7이다. 또한 중질탄산칼슘과 실리카흙의 치환률을 10%로 하고 실리카흙을 10%를 치환한 경우의 재령 28일 강도를 100으로 하였을 경우 상대강도비를 나타낸 것이 그림 8이다.

그림 7에서 알 수 있듯이 중질탄산칼슘과 실리카흙의 치환비율에 관계없이 초기재령에서는 중질탄산칼슘과 실리카흙만을 사용한 경우가 좋은 강도를 보여주었으나 장기재령으로 갈수록 치환하여 사용한 것이 훨씬 좋은 결과를 보여주고 있다. 그림 8에서와 같이 중질탄산칼슘을 사용한 콘크리트의 경우 물-시멘트비에 관계없이 실리카흙을 치환한 경우에는 못 미치지만 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 경우 보다는 우수한 결과를 보여주고 있다.

#### 4. 결 론

중질탄산칼슘 슬러리를 고강도용 콘크리트 재료로 사용하기 위하여 실시한 모르타르 및 콘크리트의 기초실험 결과 본 연구의 실험 범위 내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 중질탄산칼슘 슬러리를 사용한 고강도용 모르타르의 공기량은 치환률의 증가에도 불구하고 거의 변화가 없는 반면, 플로우값은 직선적으로 감소하는 결과를 나타내었다.
- (2) 중질탄산칼슘 슬러리를 사용한 모르타르 및 콘크리트의 압축강도는 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 모르타르 및 콘크리트 보다 큰 값을 나타내었으며, 치환률 10%에서 가장 크게 나타났다.
- (3) 중질탄산칼슘 슬러리와 실리카흙을 동시에 혼합하여 사용한 콘크리트의 압축강도는 중질탄산칼슘 슬러리 및 실리카흙만을 각각 사용한 경우보다 15% 및 5% 정도 큰 값을 나타냄으로서 실리카흙의 대체재료로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국 엘가드주식회사의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 연구비를 지원해주신 회사의 관계자에게 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 佐原 晴也, 山内 匡, “濕式粉碎重質炭酸カルシウムスラリーのコンクリート材料への活用検討”, 콘크리트工學年次論文集, Vol. 22, No. 2, 2000, pp.37~42.
2. 谷川 恭雄, 森 博嗣, 黒川 善幸, “超流動コンクリートにおける粗骨材連行性に関するレオロジー的考察”, 콘크리트工學, 日本コンクリート工學協會, 1993. Vol. 31, No. 5-8.
3. 和美 廣喜, 柳田 克巳, “高強度コンクリートの流動特性に関する實驗的研究”, 콘크리트工學論文集, 第4卷, 第1號, 1993, pp. 123~130.
4. 内川 浩, 羽原 俊祐, 平尾 宙, “超流動・高強度コンクリート硬化體の組織と構造”, 超流動コンクリートに関するシンポジウム 論文報告集, 1993.