

# 잔골재 용적비가 고유동 콘크리트의 성질에 미치는 영향

## The Influence of the Volume Contents of Sand in Mortar on the Properties of Self Compacting Concrete

최재진\*    유정훈\*\*  
Choi, Jae-Jin    Yoo, Jung-Hoon

### ABSTRACT

Self-compactability is defined as a capability of concrete to be uniformly filled and compacted in every corners of formwork by its self-weight without vibration during placing. To evaluate the self compactability of self compacting concrete, the slump flow, the time of slump flow at 500mm and U-box apparatus testing methods are used. In this research, the fresh and hardened properties of self compacting concrete using ground granulated blast furnace slag as a part of cement were investigated for the volume contents of sand in the mortar. The workability, flowing characteristics, air content and compressive strength of concrete were tested and the results were compared with the different volume contents of sand in the mortar. In the experiment, we acquired satisfactory results at the point of flowing characteristics and strengths of self compacting concrete.

### 1. 서론

최근 콘크리트 구조물이 점점 대형화되면서 고강도, 고성능 및 고내구성 콘크리트의 필요성이 요구되고 있다. 따라서 전 세계적으로 다양한 연구가 진행되어 왔고 그러한 노력의 한 성과로 다짐이 필요 없는 고유동 콘크리트(Self Compacting Concrete)가 개발되었다.<sup>1),2)</sup> 고유동 콘크리트란 거푸집내의 모든 구석을 진동다짐기의 도움없이 순수하게 자신의 유동성만으로 채워줄 수 있는 콘크리트로 노동력의 절약과 뛰어난 내구성을 현실화하기 위해 개발된 고성능 콘크리트의 한 형태이다. 그러나 이러한 장점이 있는 고유동 콘크리트를 제조하기 위한 배합설계는 환경, 구조, 시공적인 요인뿐만 아니라 재료적인 특성이 크게 영향을 미치고 있다. 그러나 초기 연구에서는 사용되는 분체의 특성을 알아내는 것에 초점을 두어 잔골재 용적비를 40%로 고정하였으나, 이 방법을 사용하면 고유동 콘크리트 배합에서 분체량이 지나치게 많아지고 콘크리트 품질 관리가 어렵게 되는 등의 사용상 문제점이 있었다.

따라서 본 연구에서는 유동성 및 강도 등 고유동 콘크리트의 특성에 악영향을 미치지 않는 범위에서 고유동 콘크리트의 분체량을 줄이기 위해 잔골재 용적비를 달리하여 고유동 콘크리트의 배합 설계를 실시한 후 고유동 콘크리트의 품질을 경화 전후로 나누어 비교 고찰하였다.

\* 정회원, 천안공업대학 토목과 교수

\*\* 정회원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원

## 2. 실험 개요

### 2.1 사용 재료

#### 2.1.1 시멘트 및 고로슬래그 미분말

시멘트는 H사에서 생산한 비중 3.15의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 고로슬래그 미분말은 비중 2.93, 분말도  $4,500\text{cm}^2/\text{g}$ 으로서 각각의 화학성분은 표 1과 같다.

표 1 시멘트와 고로슬래그 미분말의 화학성분

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
시멘트	20.36	5.77	-	-	2.84	64.33	2.05	-	2.51	1.30
슬래그	35.10	14.55	1.12	0.35	0.42	42.65	6.33	0.19	-	0.41

#### 2.1.2 골재

잔골재는 비중 2.58, 흡수율 1.18%, 조립률 2.58의 세척 모래를 사용하고, 굵은골재는 최대치수 20mm, 비중 2.66, 흡수율 0.50%, 실적률 60%, 조립률 6.70의 부순 돌을 사용하였다.

#### 2.1.3 화학 혼화제

본 실험에서 유동성 증가를 위해 사용된 고성능감수제는 담황색의 액상으로 비중 1.05이고, 폴리카르본산에테르를 주성분으로 하고 있다. 또한 공기량 확보를 위해 유기산이 주성분이고, 비중 1.03인 AE제를 사용하였다.

## 2.2 실험 방법

### 2.2.1 슬럼프 플로우 및 500mm 슬럼프 플로우 도달 시간

KS F 2404에 규정된 슬럼프 콘을  $0.8 \times 0.8\text{m}$  이상의 평판 위에 거치시킨 후 콘크리트 시료를 다짐하지 않고 한 층으로 슬럼프 콘에 넣는다. 윗면을 마무리 한 후 슬럼프 콘을 수직 방향으로 들어 올린 후 콘크리트의 움직임이 정지되면 넓이가 최대라고 생각되는 직경과 그 수직 위치의 직경을 측정하여 이것을 슬럼프 플로우로 한다. 또한 넓이가 최대라고 생각되는 직경이 500mm에 도달할 때까지의 시간을 0.1초 단위로 측정하여 이것을 500mm 슬럼프 플로우 도달 시간으로 정하였다.

### 2.2.2 U box 실험

고유동콘크리트의 장애물 통과성을 시험하기 위해 유동 장애, 경계판 및 경계 출구 등을 중앙부에 설치한 U형의 박스 한쪽에 콘크리트 시료를 삽입한 후 경계 출구를 열어, 맞은 편에 콘크리트가 정지할 때까지 정지하고 이때 충전된 콘크리트 높이를 U box 충전 높이로 하였다.

### 2.2.3 압축강도

간힌 공기를 가능한 끌어 넣지 않도록 하면서 한 층으로 모울드의 윗면까지 흘려 넣는 방법으로 압축강도용 공시체를 제작하고, 재령 7 및 28일에서 고유동콘크리트의 압축강도를 측정하였다.

### 2.3 고유동 콘크리트 배합

고로슬래그 미분말은 유동성을 고려하여 전체 분체량에 대한 부피비로 50%를 사용하였다.<sup>3)</sup> 굵은골재 최대치수 및 절대 용적은 각각 20mm 및 0.3m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>으로 하였다. 본 실험에 사용된 고유동 콘크리트의 배합을 용적 배합으로 표시하여 표 2에 나타내었다.

표 2 고유동 콘크리트 배합표

잔골재 용적비 (%)	굵은골재 최대치수 (mm)	슬럼프 플로우 (mm)	물-결 합재비 (%)	물-분체 용적비 (%)	목표 공기량 (%)	절대 용적 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )					고성능 감수제 (kg/m <sup>3</sup> )	AE제 (g/m <sup>3</sup> )
						물	시멘트	고로슬래그	잔골재	굵은골재		
42	20	650±50	26.1	79.3	4.5±1.0	0.168	0.1060	0.1060	0.2751	0.3	3.864	547.4
44			26.9	81.8		0.165	0.1009	0.1009	0.2882	0.3	3.065	521
46			28.7	87.3		0.165	0.0945	0.0945	0.3010	0.3	2.875	402.5
48			29.8	90.7		0.162	0.0893	0.0893	0.3144	0.3	2.715	217
50			32.2	97.9		0.162	0.0828	0.0828	0.3275	0.3	2.264	50.3

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 굳지 않은 고유동 콘크리트의 품질

굳지 않은 고유동 콘크리트의 유동성에 미치는 혼화제 사용량과 유동 특성을 잔골재 용적비에 대해 정리한 것이 각각 그림 1 및 2이다. 이때 괄호 안의 값은 측정된 슬럼프 플로우 값 및 공기량을 나타낸 것이다.

그림 1에서 알 수 있듯이 고유동 콘크리트의 목표 슬럼프 플로우 650±50mm를 만족시키기 위한 고성능감수제의 사용량은 잔골재 용적비가 증가할수록 작아지는 경향을 나타내고 있다. 이는 잔골재 용적비가 증가할수록 물-결합재비의 증가로 유동성에 기여하는 잉여수가 점차 증가하기 때문이다.

그림 2의 경우 측정된 슬럼프 플로우가 목표 범위 내에 있더라도 500mm를 도달하는 시간은 잔골재 용적비에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 이 경우 잔골재 용적비가 작으면 500mm 도달 시간이 크게 나타나는데, 이는 사용된 분체가 많아지기 때문에 점성이 다소 증가되므로 이러한 결과가 나타난 것으로 생각된다. 그러나 유동 장애가 있는 U-box의 충전 높이에 잔골재 용적비가 큰 영향을 나타내지 않고

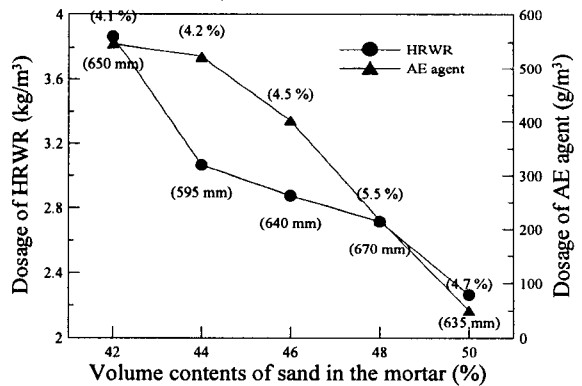


그림 1 고유동 콘크리트의 혼화제 사용량

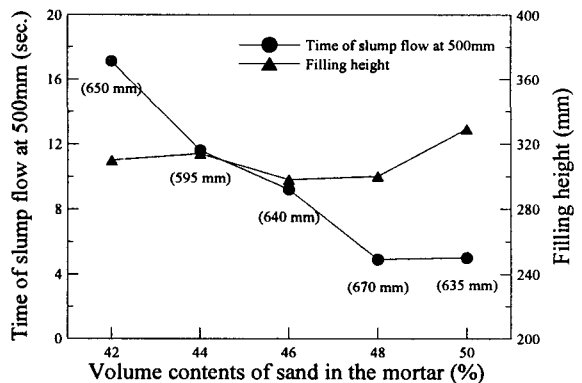


그림 2 고유동 콘크리트의 유동 특성

있다.

### 3.2 경화한 고유동 콘크리트의 강도 특성

고유동 콘크리트의 배합에서 잔골재의 함유량이 콘크리트 압축강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 재령별 압축강도를 잔골재 용적비에 대해 정리한 것이 그림 3이다.

초기 배합 설계에 의한 분체계 고유동 콘크리트는 점성을 확보하기 위해 잔골재 용적비를 40%로 제한하므로 인해 시멘트량이 크게 늘어나고 유동성을 확보하기 위해 고성능감수제량도 늘어나기 때문에 일반적으로 압축강도가 필요

이상으로 높아진다.<sup>1)</sup> 본 실험에서도 잔골재 용적비가 42%~44% 범위에서는 압축강도가 50MPa 이상으로 고강도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 잔골재 용적비가 증가할수록 물-시멘트비가 높아지고 시멘트량이 감소하기 때문에 압축강도가 낮아지는 경향을 보이고 있다. 잔골재 용적비가 50%인 경우 40MPa 이하의 강도로서 보통 강도 정도에서도 분체계 고유동 콘크리트가 제조될 수 있음을 알 수 있다.

### 4. 결론

고유동 콘크리트 배합에서 잔골재량을 잔골재 용적비에 의해 42%~50% 범위에서 제조한 고유동 콘크리트의 품질을 비교, 검토해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고유동 콘크리트의 목표 슬럼프 플로우  $650 \pm 50$ mm를 만족시키기 위한 고성능감수제의 사용량은 잔골재 용적비가 증가할수록 작아지는 경향을 나타내고 있다.
- 2) 잔골재 용적비가 감소하면 분체량이 증가하기 때문에 고유동 콘크리트의 점성은 다소 증가하는 경향을 나타내었다.
- 3) 잔골재 용적비를 증가시키면 물-시멘트비가 증가하고 시멘트량이 감소하기 때문에 보통 강도 정도의 분체계 고유동 콘크리트 제조가 가능하다.

### 참고문헌

1. 日本土木學會, 高流動コンクリート施工指針, 1998.
2. 小澤一雅, 前川宏一, 岡村 甫, “ハイパフォーマンスコンクリートの開發,” 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 11, No. 1, pp.699~704. 1989. 6.
3. Jae-Jin Choi, Eun-Kyum Kim, Chun-Se Park and Jung-Hoon Yoo, “Properties of Self Compacting Concrete Using Ground Granulated Blast Furnace Slag”, Concrete Under Severe Condition, CONSEC'04, Seoul, Korea, Vol.2, pp. 1313~1320, 2004.

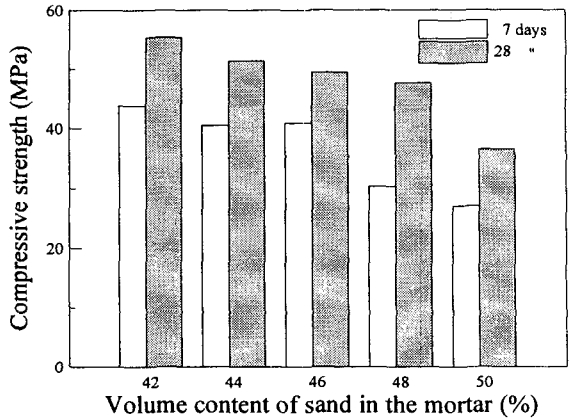


그림 3 고유동 콘크리트의 압축강도