

# 잔골재율이 육상모래를 사용한 고강도 콘크리트 특성에 미치는 영향

## The Effect of The sand/aggregate ratio on the High Strength Concrete with the Land Sand

박 정 준\* 강 수 태\* 김 성 욱\*\* 안 정 생\*\*\* 김 경 원\*\*\*\* 신 운 선\*\*\*\*\*  
Park, Jung Jun Kang Su Tae Kim, Sung Wook Ahn, Jeong Saeng Kim, Kyoung Won Sin, Un Sun

### ABSTRACT

Recently, land sand is being used more because of the deficiency of river sand. In this paper, in order to manufacture high strength concrete in the range of 70MPa, the effect of sand/aggregate ratio and adding fly-ash.

As results, we could come to conclusion that the reduction of sand/aggregate ratio caused the increase of fluidity in the range of 37~45% and the maximum strength was 77MPa obtained at S/a=39%, which could be considered as optimum S/a. Besides, we could also get a conclusion that the larger amount of fly-ash increased the fluidity within 20% of replacement ratio (fly-ash to cement ratio) and the compressive strength at the age of 28days was equal to or larger than that of plane concrete, which represented no replacement by fly-ash, at the same range. from the results, it could be seen that the optimum replacement ratio of fly-ash was in the range of 10~15%.

### 요 약

최근 들어 국내의 골재수급문제 때문에 육상모래를 많이 사용하게 되는데 이에 이 논문에서는 잔골재율(S/a) 변화를 통하여 콘크리트에 미치는 유동성과 압축강도에 미치는 영향을 파악하고 이에 플라이애쉬 사용에 따른 영향을 추가적으로 검토하여 70MPa급 고강도 콘크리트를 제조하고자 하였다. 검토결과, 잔골재율 37~45% 범위에서 잔골재율이 감소할수록 유동성이 증가하였고 S/a=39%에서 최대 강도인 77MPa를 나타내 적정 잔골재율로 판단된다. 또한 플라이애쉬를 시멘트에 대해 20%까지 치환한 경우 사용량이 증가할수록 유동성이 증가하였으며 재령 28일에서 압축강도도 플라이애쉬를 사용하지 않은 경우에 대해 동등이상의 압축강도를 나타내어 시멘트에 대해 10~15% 치환한 경우가 적정 치환율로 판단된다.

\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조재료연구실 연구원

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 구조재료연구실 책임연구원

\*\*\* 정회원, (주)인터컨스텍 기술연구소 소장

\*\*\*\* 정회원, (주)인터컨스텍 기술연구소 부장

\*\*\*\*\* 정회원, (주)태명실업 품질관리팀 차장

## 1. 서 론

최근 교량의 장대화 및 시공성 향상 등을 위해 고강도 콘크리트와 고유동 콘크리트의 사용이 필수적이라 할 수 있으며 구조물의 자중경감이나 부재단면의 축소에 따른 유효공간의 확보를 위해 고강도 콘크리트에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 이유는 고강도 콘크리트로 제작한 구조부재는 높은 압축강도 특성으로 인해 구조적 성능이 향상될 뿐만 아니라 내부 수화물의 구조가 치밀하여 내구성이 높은 특성<sup>1)</sup>을 나타내는데 이러한 특성을 이용할 경우 동일한 하중조건에서 부재 단면을 크게 줄여 구조부재를 슬림화하고 수명이 긴 구조부재를 만들 수 있는 장점이 있기 때문이다. 이에 본 연구진들은 이러한 고강도 콘크리트의 특성을 이용하기 위해 70MPa급, 100MPa급의 현장 타설이 가능한 고강도 콘크리트 제조기술을 확보하여 향후 SegBeam과 같은 구조부재에 적용할 수 있도록 먼저 70MPa급에 대한 연구를 진행하고자 하였다.

한편, 최근 국내외적으로 진행되고 있는 연구결과를 보면 70MPa급 이상의 고강도 콘크리트는 선별된 골재의 사용하거나 실험실 조건에서 소량 제조될 경우, 충분히 목표한 압축강도를 확보할 수 있는 것으로 나타나고 있다. 그러나 현실적으로 잔골재의 경우, 골재수급 문제가 심각하여 강모래는 공급이 거의 되지 못하며 바닷모래의 경우 해양 자원 및 생태보호 차원에서 개발이 어려워 잔골재 수요량은 많은 부분을 육상모래에 의존하고 있다.

따라서 선별된 골재를 사용할 수만 없는 현실적인 문제를 고려하여 고강도 콘크리트에 대한 연구가 진행되어야 한다고 판단된다. 특히 육상모래의 경우 점토분 함량이 기존의 강모래에 비해 다소 많기 때문에 콘크리트의 유동성이나 압축강도 저하의 원인이 되므로 점토분의 영향을 최대한 배제시키기 위한 노력이 필요하다. 이에 잔골재율(S/a) 변화에 따른 고강도 콘크리트의 특성을 파악하고, 더 나아가 플라이애쉬 사용에 따른 압축강도의 영향을 파악하여 70MPa급 콘크리트를 제조하고자 하였다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

#### (1) 결합재

본 실험에 사용한 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트이며 혼화제는 비중 2.13을 갖는 플라이애쉬를 사용하였으며 이들의 물리·화학적 특성은 표 1과 같다.

표 1 시멘트 및 사용혼화제의 물리·화학적 성질

구분	항목	비표면적 ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	밀도 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Ig.loss (%)	화학적 구성(%)					
					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>
	OPC	3,413	3.15	1.40	21.01	6.40	3.12	61.33	3.02	2.3
	Fly ash	3,618	2.13	3.82	55.93	-	-	-	-	-

#### (2) 골재

굵은골재는 비중이 2.63이고 최대치수 20mm인 부순돌을 사용하였고, 잔골재는 비중이 2.58인 육상모래를 사용하였다.

#### (3) 고성능 감수제

고성능 감수제는 국내 D사의 폴리칼본산계로 고형성분 25%의 연한갈색 액상형태를 사용하였다.

### 2.2 배합

콘크리트 배합설계는 잔골재율, 플라이애쉬 사용에 따른 유동성과 압축강도의 영향을 파악하는 것으로 설계하였고 모든 배합은 150리터 용량의 속도조절이 가능한 콘크리트용 팬믹서를 이용하였다. 이

때, 고성능 감수제는 분체량의 1.8%로 고정하였으며 콘크리트 배합설계에 대한 사항을 표 2에 나타내었다.

표 2 콘크리트 배합설계

단위수량 (W) (kg/m <sup>3</sup> )	W/B (%)	단위분체량 (B=C+FA) (kg/m <sup>3</sup> )	잔골재율 (S/a) (%)	FA
				Fly ash (C×%)
160	25	640	37	-
			39	0
				5
				10
				15
				20
			41	-
			43	-
45	-			

### 2.3 실험방법

#### (1) 슬럼프 플로우

굳지 않은 콘크리트의 특성을 파악하기 위하여 콘크리트가 퍼진상태에서 최대직경과 최소직경을 측정하여 그 평균을 슬럼프 플로우로 하였다.

#### (2) 양생방법 및 압축강도

콘크리트의 압축강도는  $\phi 100 \times 200\text{mm}$  원주 공시체를 제작하여 1일 후 탈형하고 온도  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 수중에서 표준양생을 실시한 다음 재령 7일, 28일에 KS F 2405에 준하여 실시하도록 계획하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 사용 잔골재의 특성

이 연구에 사용되어진 잔골재에 대한 시험결과를 표 2에 나타내었고 그림 1에 잔골재 입도분포 곡선을 나타내었다. 그림 1과 같이 육상모래를 사용한 잔골재의 입도분포는 KS 기준을 만족하는 것으로 나타났으나 표 2에서와 같이 점토의 함량이 다소 많이 포함되어 있는 것으로 나타났다.

표 3 잔골재 시험결과

시험항목	시험결과
조립률	3.2
표면건조 포화상태의 밀도	2.53
절대 건조밀도	2.49
흡수율	1.97
점토 덩어리	2.4
0.08mm체 통과량(%)	4.8
염화물(%)	-
유기불순물	표준색용액보다연함
단위용적질량(kg/L)	다점봉시험
	1.588

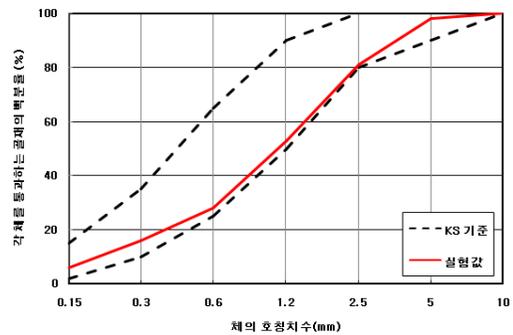


그림 1 잔골재의 입도분포 곡선

### 3.2 잔골재율의 변화에 따른 영향

잔골재율을 변화시켜 그에 따른 유동성과 압축강도의 영향을 각각 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 이 연구의 조건에서 잔골재율을 37~45%로 변화시킨 경우 잔골재율이 낮을수록 유동성이 증가하는 경향을 나타내었고 잔골재율 39%의 경우 재령 28일 압축강도가 77MPa로 가장 크게 나타내었다. 따라서 육상모래에 대한 점토분에 대한 영향을 줄여 강도를 증진시키기 위해서는 잔골재율 변화에 따른 영향을 파악하여 최적의 잔골재율을 구하여 배합설계를 하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

### 3.3 플라이애쉬 사용에 대한 영향

잔골재율 39%의 콘크리트에 대해 플라이애쉬를 시멘트의 0~20% 치환한 결과 그림 4와 같이 플라

이애쉬를 사용할수록 유동성이 증가하였다. 압축강도의 경우 그림 5에서와 같이 시멘트만을 사용한 C100에 비해 7일 강도인 초기에는 압축강도가 낮게 형성되었으나 재령 28일에서는 거의 동등한 압축강도 발현을 나타내었다. 따라서 이 연구에서와 같이 플라이애쉬를 시멘트 대신 치환하는 경우 시멘트에 대해 10~15% 치환한 경우가 적정 치환율로 판단된다.

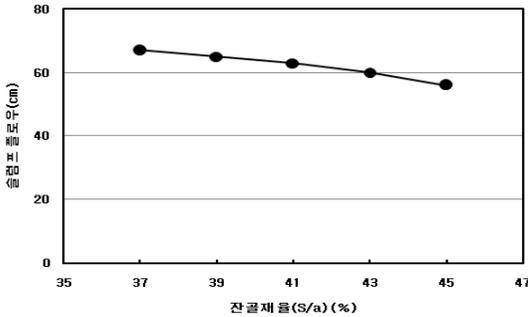


그림 2 잔골재율 변화에 따른 유동성

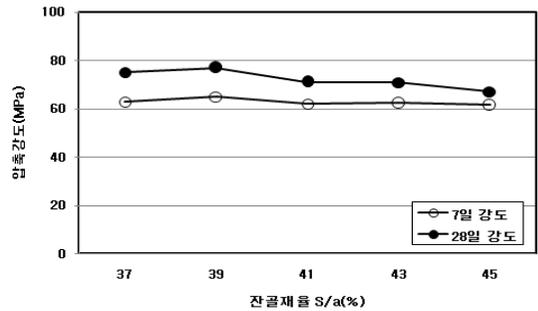


그림 3 잔골재율 변화에 따른 압축강도

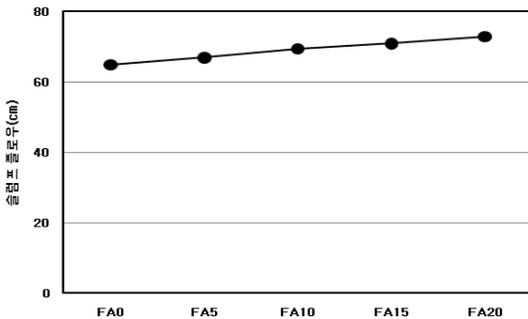


그림 4 플라이애쉬 사용량에 따른 유동성

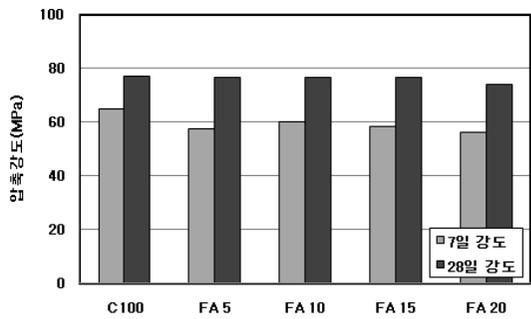


그림 5 플라이애쉬 사용량에 따른 압축강도

#### 4. 결론 및 향후 연구

이 연구는 현장타설이 가능한 70MPa급 고강도 콘크리트를 제조함에 있어 육상모래를 사용하는 경우 잔골재율을 39%로 조절하고 플라이애쉬를 시멘트에 대해 10~15% 치환한 범위에서 슬럼프 플로우 65cm를 확보하며, 압축강도 약 77MPa의 고강도 콘크리트를 제조하였다. 한편, 이 연구에 사용된 골재를 사용하여 100MPa급 콘크리트 제조에 대한 연구도 진행 중에 있다.

#### 감사의 글

이 논문은 한국건설기술연구원 기본연구사업인 “하이브리드 사장교용 초고성능 콘크리트 개발”과 (주)인터컨스텍과 (주)태명실업이 지원한 “SegBeam용 70MPa, 100MPa급 고강도 콘크리트 개발에 관한 연구”의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. PC Aïtcn, "The durability characteristics of high performance concrete: a review" Cement & Concrete Composites 25, pp.409-420, 2003.