

배합조건에 따른 고유동콘크리트의 성상에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Mixing Condition of High-Flow Concrete

김 상 철* 엄 태 용** 최 수 흥***
Kim, Sang-Chel Eom, Tae-Yong Choi, Soo-Hong

Most difficulties in inducing high flowability of general strength concrete arise from the segregation of aggregates due to the shortage of cementitious binders. To solve the problem, our research team has concentrated on finding the binders to link a gap between coarse and fine aggregates, under the condition not to influence a concrete strength.

As a result of using stone powder or a middle class of aggregate size mostly used for asphalt pavement(Max.dia 13mm), we found that flowability of concrete increased significantly without aggregate segregation and decrease of compressive strength.

1. 서 론

건설기술의 발달과 함께 시공되는 구조물이 대형화, 초고층화함에 따라 고밀도, 고배근등의 새로운 시공기술에 대한 요구가 증대되는 것과는 반대로, 건설근로자에 대한 사회인식의 저하와 업무기피에 따라 점차 노령화와 숙련공부족이 가속화되므로서, 품질저하에 따른 대형구조물 붕괴 사고등이 발생하느바 향후 건설시장 개방을 앞두고 있는 시점에서 국내 건설기술의 대외경쟁력에 큰 문제점으로 지적되고 있다. 이에 대처하기 위한 방법의 하나로서 고유동콘크리트에 대한 연구가 많이 진행되고 있으나 대부분이 결합재량을 많이 사용한 고강도콘크리트용 고유동성콘크리트이고, 기존의 일반콘크리트에

비하여 월등히 높은 시공비가 예상되므로서 실제 현장적용은 요원한 실정이다.

본 연구의 목적은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고유동콘크리트의 실용화를 목적으로 일반강도($\sigma=210\sim240\text{kg/cm}^2$)에서도 고유동콘크리트의 요구성능(슬럼프플로우, 충전성등)을 만족시키는 콘크리트를 제조하므로서, 품질향상과 시공비의 절감에 따른 고유동콘크리트의 현장실용화를 조기에 정착시키기 위해 콘크리트 성상에 관련된 인자들을 이용한 기초 연구를 수행하였다.

2. 실험개요

콘크리트의 유동성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 분체량, 혼화제의 첨가량, 배합시간을 주요 실험인자로 하였으며 각 재료별 특성은 다음과 같다.

2.1 사용재료

- * 동아건설 기술연구소 차장, 공박
- ** 동아건설 기술연구소 주임연구원
- *** 동아건설 기술연구소 연구원

2.1.1 시멘트 및 혼화제

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 S사 보룡포틀랜드시멘트이며, 혼화제로는 충남보령산 플라이애쉬를 사용하였으며 그 화학 성분 및 물리적성질은 다음과 같다.

표 1. 시멘트 및 혼화제의 화학성분 및 물리적 성질

항목 종류	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	비중	비표면적 (cm ² /g)
	시멘트	20.57	5.64	3.26	63.1	3.35	2.11	1.21	3.15
플라이애쉬	52.09	25.36	12.90	2.58	1.37	0.07	2.20	2.15	4,230
석분		0.3	0.2	54.8	0.4			3.05	#300통과

2.1.2 골재

본 실험에 사용된 굵은 골재는 최대치수가 19mm인 쇠석을 사용하였으며, 잔골재는 한강산 강모래로서 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 골재의 물리적 성질

항목	비중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)	단위중량 (kg/m ³)	실적률 (%)	유기물손실
잔골재	2.61	0.79	2.88	1,625	59.8	양호
굵은골재	2.63	0.93	6.91	1,670	62.3	-

2.1.3 혼화제

폴리카arbon산계 고분자 계면활성제의 성분을 가진 고성능 AE감수제를 사용하였으며, 증점제는 셀레로이스 에테르계로서 비중이 1.06±0.02인 혼화제를 사용하였다.

2.2 실험방법

배합요인에 따른 콘크리트의 유동특성을 알아보기 위하여 분체량, 혼화제의 첨가량 배합시간에 따른 유동특성의 변화를 측정하였다.

표 3. 콘크리트 배합표

배합요인	배합기준	배합범위	비고
단위수량	kg/m ³	170~185	
고성능AE감수제	결합제×x	1.0~2.0	S/A=50(x)
물/결합재(W/P)	%	46~50	
증점제	단위수량×x	0.3	결합제 = (C+FA+석분)
석분첨가량	결합제×x	2~10	
13mm골재첨가량	굵은골재량×x	10~50	

비빔방법은 재료를 일괄투입한 후 1분간 건비빔하고 물과 혼화제를 투입한뒤 실험계획에 따라 비빔시간을 달리하였다. 슬럼프 및 강도시험등은 KS규정에 준하여 실시하였으며, 충전성시험은 그림 1과 같은 U형충전시험기를 이용하여 측정하였다.

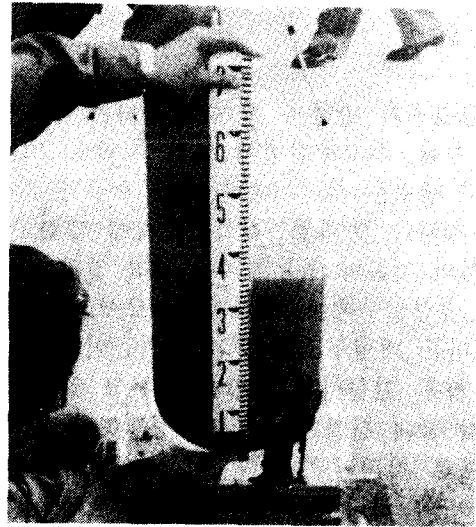


그림 1. U형충전시험기

3. 실험결과 및 고찰

3.1 분체량에 따른 유동특성

그림 2에 석분첨가량에 따른 슬럼프플로우 변화를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 W/P의 변화와는 크게 상관없이 일정비

올까지는 석분의 첨가량이 증가함에 따라 슬럼프플로우값이 증가하는 것을 보이고 있다.

이것은 석분의 미립자가 공극을 배워주므로 충전성이 좋아지고 그에 따라 유동성도 양호해지는 것으로 판단된다. 그러나 어느 일정 한도를 지나서는 미립분의 과다에 따른 유동성의 저하로 슬럼프플로우 값이 감소되었다. 또한, 석분첨가량에 따른 U형충전시험 결과를 보면 W/P 46%에서는 석분량의 증가에 따라 U형 충전고의 차이가 줄어들기는 하였으나 만족할만한 결과나 나오지 않았는데, 이 원인은 슬럼프플로우 시험에서와 마찬가지로 분체량의 과다로 인하여 충분한 유동성을 확보하지 못한 결과로 판단된다. 하지만, W/P 48%와 W/P 50%에서는 U형 충전고의 차이가 5cm 이내로서 유동성 및 충전성이 양호하게 기록되었는데 W/P 48%에서는 분체량 4%, W/P 50%에서는 분체량 6%에서 유동성과 충전성이 가장 좋았다. 이렇게 분체량에 따른 효과상의 차이를 보이는 것은 유동성과 충전성을 동시에 유지시킬 최적 단위수량의 확보와 관련하는 것으로 사료되는데, 특히 W/P 50%에서는 석분의 첨가량에 관계없이 충전성 및 유동성이 양호한 결과를 보였다.

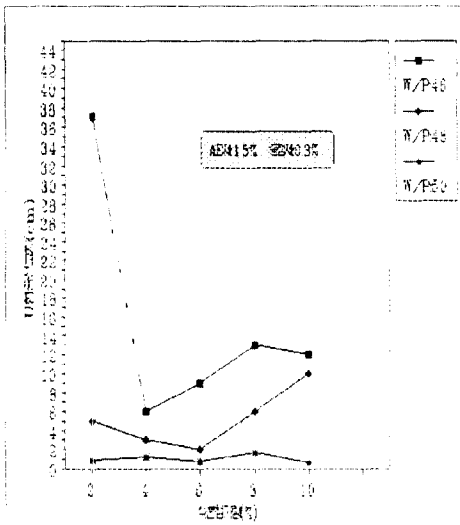


그림 2. 석분첨가량에 따른 슬럼프플로우변화

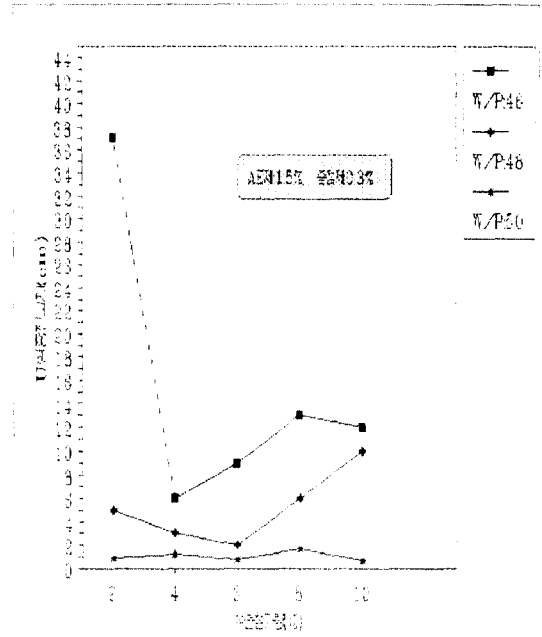


그림 3. 석분첨가량에 따른 U형충전시험

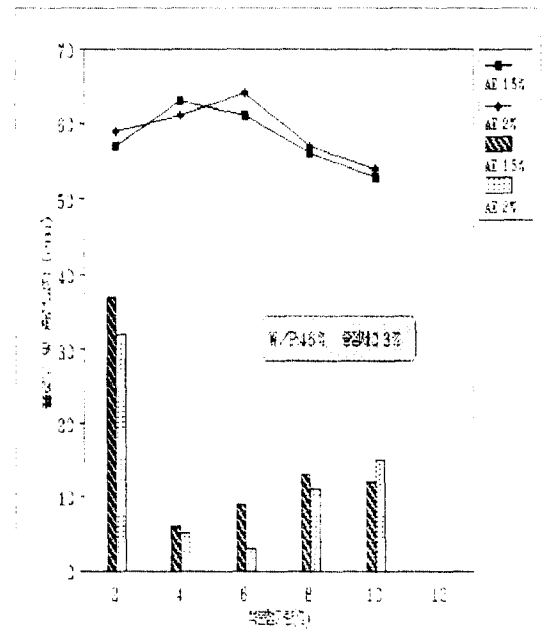


그림 4. AE제 첨가량에 따른 슬럼프, U형 충전고 비교(1)

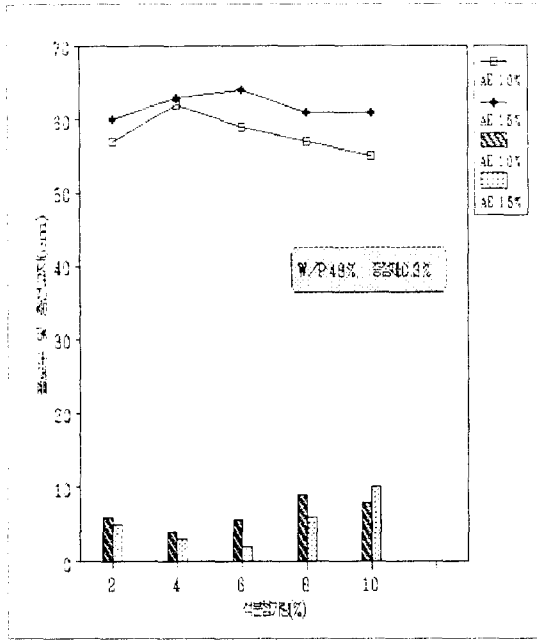


그림 5. AE제 첨가량에 따른 플로우, U형 충전고 비교(2)

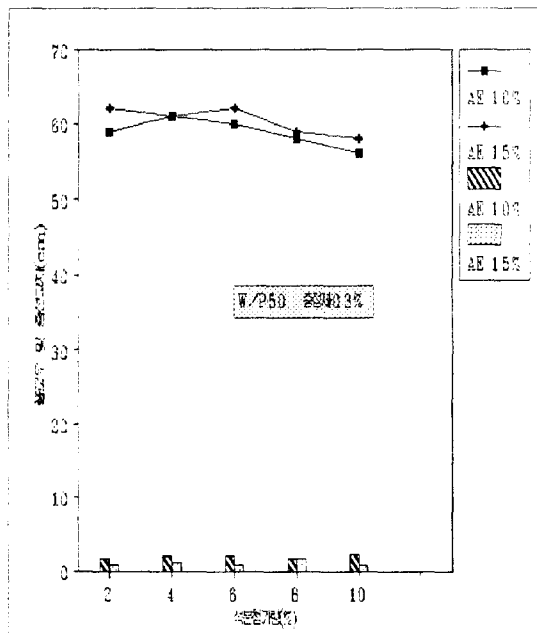


그림 6. AE제 첨가량에 따른 플로우, U형 충전고 비교(3)

3.2 석분의 첨가량에 따른 강도 변화

그림 7은 석분첨가변화에 따른 압축강도의 크기를 나타낸 것으로 석분 첨가량의 변화에 대한 압축강도의 변화는 첨가량에 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

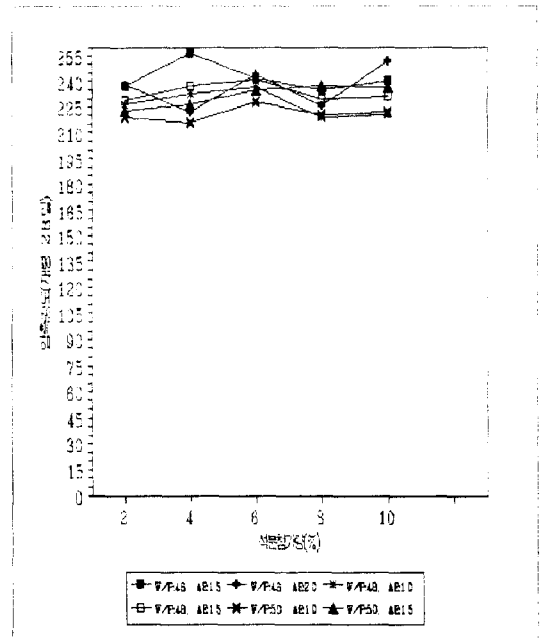


그림 7. 석분첨가량과 압축강도의 관계

3.3 13mm골재 사용시의 유동성 및 충전성

콘크리트의 유동성 및 충전성에 미립분의 영향이 크다는 것은 이미 석분의 실험을 통하여 확인하였으나, 석분의 경우 아직까지는 재료입수 및 현장적용시에 품질관리의 문제점이 발생할 수 있으므로, 미립자가 19mm골재에 비해 다량 함유되어 있는 ASCON용 13mm골재를 이용하여 석분을 사용하지 않고 19mm골재의 일부를 13mm골재로 대체하여 유동성 및 충전성을 확인해본 결과는 그림 8과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 19mm골재만 사용한 경우에는 U형충전시험을 통해 충전된 높이의 차(충전고차)가 다소 높은 값을 보이고 있지만, 19mm와 13mm골재를 혼합하여 사용한 경우에 대해서는 W/P 46%의 경우 대체율이 20~30(%)구간

에서 좋은 결과를 보이고 있다. 그러나, 이보다 대체율이 적거나 많은 경우에는 유동성을 유발시킨 분체량 부족 혹은 단위수량의 부족으로 충분한 유동성 및 충전성을 발휘하지 못하고 있다. W/P 50%에서는 대체율이 20~50%에서 유동성 및 충전성이 양호한 것으로 나타났다.

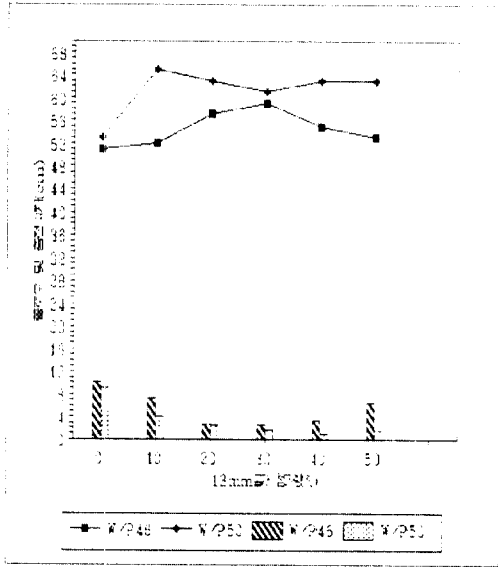


그림 8. 13mm골재 대체율별 플로우 및 충전성 비교

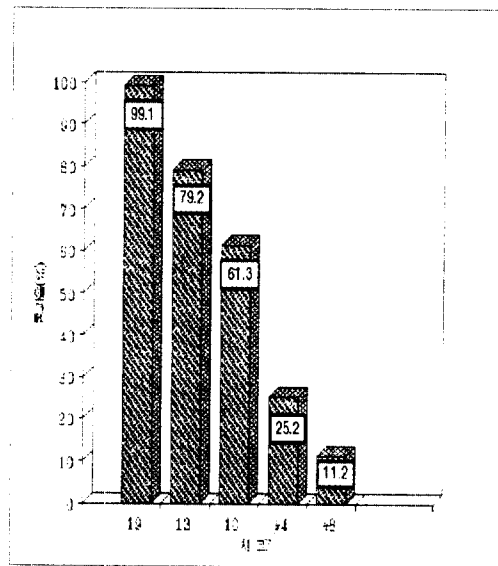


그림 9. 13mm골재의 체가름시험 결과

3.4 배합시간 및 속도에 따른 유동특성

배합시간 및 속도에 따라 유동성에 차이가 있다는 사실은 이미 많은 연구결과에서 알려진 사실이며, 본 실험에서도 그림 10와 같은 결과가 나타난 것으로 미루어 볼 때 배합시간과 속도가 고유동콘크리트의 제조시에 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

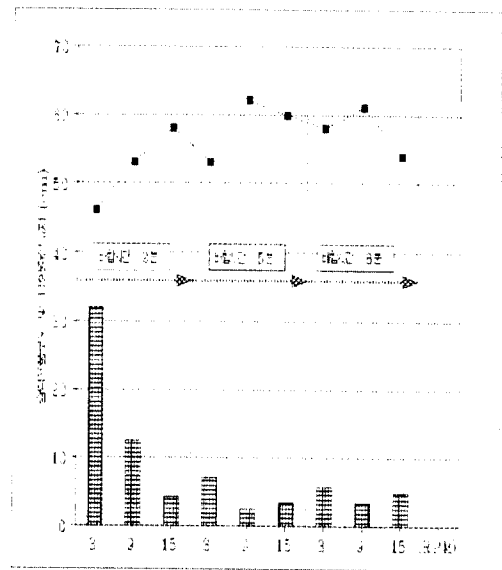


그림 10. 배합시간 및 속도와 유동성의 관계

3.5 기존에 수행된 외국 연구와의 비교

고유동콘크리트가 가장 활발히 연구되고 있는 일본의 고유동콘크리트 연구자료를 비교·검토한 결과 표 4와 같이 국내에서는 대체적으로 유동성에 중요한 요인이 되는 분말도가 낮고, 골재의 과쇄형상등이 좋지 않은 등으로 인하여 같은 배합으로도 동일한 효과를 얻을 수 없었다. 그 외에도 경제적인 문제에 있어서 인건비등이 높은 일본에서는 혼화제등의 다량 사용이 크게 문제되지 않으나, 국내의 실정으로는 기존 시공방법과 비교하여 단가가 크게 상승하는 문제가 발생하므로 현장실용화를 위해서는 혼화제의 사용량도 제한되는 문제점이 발생하였다.

표 4. 일본과의 비교 사례

구 분	한 국	일 본	비 고
OPC의 비표면적	3300이하	3300이상	
골재파쇄형상	각이 크고 편석이 많다	각이 둥글고 편석이 없다	
혼화재	분말도가 낮음	분말도가 높다	고로슬래그, 플라이애쉬등.

4. 결 론

고유동콘크리트의 성상과 관련된 인자들에 대하여 연구 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) W/P 48%와 W/P 50%에서 골재간의 입도 격차를 메워줄 일정량의 매개분체를 첨가함에 따라 혼화재의 다량 첨가 없이도 유동성 및 충전성이 우수한 콘크리트를 제조할 수 있음을 확인하였다.
- 2) 대부분의 배합에서 석분의 첨가율에 관계없이 강도는 기준강도 이상을 확보할수 있어 적절한 석분의 활용이 기대된다.
- 3) 13mm 골재를 석분과 대체 사용한 경우 입도분포가 양호하다면 유동성과 충전성이 좋은 고유동콘크리트의 제조가 가능하므로 품질관리가 수월해짐에 따라 현장실용화가 가능하리라 기대된다.
- 4) 배합시간 및 속도에 따라 유동특성에 변화가 있음을 확인하였으며, 앞으로 사용재료, 믹서종류, 재료의 첨가방법, 배합량 등의 변화요인을 포함한 포괄적인 연구가 이루어져야할 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) 노재호 외, “초유동콘크리트의 유동성능에 미치는 배합요인의 영향”, 한국콘크리트학회 논문집, 제6권2호, pp.115-120 1994
- (2) 초유동콘크리트에 관한 심포지움(논문보고집), 일본콘크리트공학협회, 1993
- (3) 竹田宣典 외, 超流動コンクリートの流動性と分離抵抗性に関する考察, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.14, No.1 pp.381-386, 1992.6
- (4) T. C. Powers, The Properties of Fresh Concrete
- (5) 岸清 외, ミキサの種類と練りませ時間がコンクリートの品質に及ぼす影響, 土木學會論文集, No. 402/V-10, pp. 53-60, 1989. 2