

초유동 콘크리트의 최적배합 선정방법 및 경제성 분석

The Selection of Optimal Mixing Proportion and Cost Analysis in the SFC

朴 沘 林^{*} 金 武 漢^{**} 權 寧 鎬^{***} 李 相 洙^{****} 元 澈^{****}
Park, Chil Lim Kim, Moo Han Kwon, Yeong Ho Lee, Sang Soo Won, Cheol

ABSTRACT

This research is to examine the selected method of optimal mixing proportion and cost analysis in the super flowing concrete. As confined water ratio(β_p) and K_p is introduced, it is to establish optimal mixing design of super flowing concrete according to the steps of paste, mortar and concrete. From paste and mortar test, it was led to β_p and K_p satisfying the optimum condions depending on the kinds of binders. Then β_p and K_p is reflected to the mix condition of super flowing concrete. The result of test, the mix condition of super flowing concrete satisfied the quality performance of concrete with adjustment of additional rate of the superplasticizer.

Besides, in case of design strength 350kg/cm² of concrete, material cost in super flowing concrete is able to be reduced 5~16% in replacement of fly ash 30% in ordinary portland cement and slag cement.

1. 서 론

국내에 초유동 콘크리트가 도입된 이후, 지속적인 연구개발에 힘입어 초유동 콘크리트는 어느 정도 성숙단계에 이르고 있다. 그러나 지금까지 현장적용에 사용된 초유동 콘크리트는 구성재료의 개발에 따른 한계성 때문에 보통 시멘트와 F급 플라이애쉬를 결합재로 사용한 경우가 대부분을 차지하고 있다.⁽¹⁾ 따라서, 앞으로 구조물의 다양한 요구성능에 대처하기 위해서는 기본적으로 시멘트뿐만 아니라 혼화재료의 개발이 선행되어야 할 것이다.

또한, 초유동 콘크리트는 시멘트 및 혼화재료의 종류에 따라서 유동특성 및 강도특성, 온도특성이 상이하기 때문에 각 결합재 종류에 따른 배합기술을 확보하여 두는 것이 초유동 콘크리트의 활용성을 높이는 방안일 것이다.

따라서, 본 연구에서는 초유동 콘크리트를 다양한 특수구조물(고속철도, 지하철, LNG지하탱크, 항만 시설 등)에 적용을 확대시키기 위한 일환으로서, 최근 국내에서 생산되고 있는 각종 시멘트(보통 시멘트, 저발열 시멘트, 내황산염 시멘트, 고로 시멘트등) 및 혼화재료(F급 플라이애쉬, 석회석분, 증점제 등)를 사용한 이성분계 초유동 콘크리트를 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 단계별로 레오로지 특성을 파악함으로써 유기적인 관계를 갖는 최적의 배합설계 시스템을 정식화시키고 최적배합조건에 따른 유동특성 및 강도특성을 비롯해 경제성 측면에 대하여 분석·정리하고자 한다.

* 정회원, (株)大宇建設技術研究所 所長(副社長·工學博士)

** 정회원, 忠南大學校 建築工學科 教授·工博

*** 정회원, (株)大宇建設技術研究所 建築研究室 前任研究員

**** 정회원, (株)大宇建設技術研究所 建築研究室 主任研究員

2. 실험개요 및 사용재료의 특성

2.1 배합조건 및 범위

각종 시멘트 및 혼화재료의 종류에 따라 콘크리트의 유동특성 및 강도특성에 미치는 영향은 다소 상이하다. 앞으로, 구조물의 다양한 요구성능을 충족시키기 위해서는 구성재료의 기본성능을 파악하는 것이 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 각종 시멘트 및 혼화재료에 따른 레오로지 특성을 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 단계로 이어지는 유기적인 배합설계 시스템을 구축하고자 한다. 본 연구에서 사용한 배합조건 및 범위는 표 1과 같으며, 표 2에 나타난 바와 같이 이성분계 결합재로서 제한하였다. 본 연구에서 제조한 초유동 콘크리트는 분체계가 대부분이며, 일반강도를 대상으로 한 증점제의 사용도 대상범위에 두어 분체계와의 유동특성 및 강도특성을 비롯한 경제성 비교도 수행하였다.

표 1 배합조건 및 범위

변수 구분	물/결합재 용적비(%:Vol)	잔골재 용적비(%)	굵은골재 용적비(%)	고성능 감수제(%)
페이스트	110~140	-	-	-
모르타르	88~102	47	-	0.75~1.2
콘크리트	88~102	47	51	0.75~1.2

표 2 이성분계 결합재의 조합

시멘트	혼화재료	플라이애쉬 (FA)	석회석분 (LS)	증점제 (CA)
보통(I종:OPC)		○	○	○
저열(IV종:LHC)		○	-	-
내황산염(V종:SRC)		○	-	-
고로(특급:SLC)		○	-	-

2.2 사용재료의 특성

본 연구에 사용된 각종 시멘트는 SS사에서 생산된 것으로, 화학성분 및 물리적 성질은 표 3과 같다. 특히, 고로 시멘트는 보통 시멘트에 고로슬래그 미분말을 45%를 치환한 것이다. 또한, 이성분계 초유동 콘크리트의 재료로서 F급 플라이애쉬 및 석회석분은 결합재중량의 30%를 사용하였다. 굵은 골재는 용원석산 25mm 碎石이며, 잔골재는 南洋灣의 세척모래를 사용하였다. 혼화재료 및 골재의 품질시험 결과는 표 4 및 표 5와 같다. 골재시험결과, KS의 품질규준에 만족하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 고성능 감수제 및 증점제는 J사에서 제조된 것을 사용하였으며, 그 품질시험 결과는 표 6과 같다. 특히, 증점제량은 시멘트 중량에 0.25%를 치환하여 사용하였다.

표 3 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

시멘트 종류	화 학 성 분 (%)						비중	비표면적 (cm ² /g)	용결 (h-m)		압축강도 (kg/cm ²)		수화열 (cal/g)	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	R ₂ O			초결	종결	7일	28일	7일	28일
	보통(OPC)	21.0	5.9	3.2	62.5	2.1			0.98	3.13	3200	270	6-50	290
저열(LHC)	25.9	3.0	2.8	63.0	2.2	0.51	3.20	3450	350	8-50	176	375	61.8	74.2
내황산염(SRC)	22.7	4.1	4.4	62.7	1.8	0.79	3.10	3250	320	8-10	269	385	65.7	80.4
고로(SLC)	31.7	10.3	1.7	52.6	2.7	0.96	3.01	3860	285	8-10	245	410	69.4	83.1

표 4 혼화재의 품질시험 결과

특성	비중	CaO (%)	습분 (%)	강열감량 (%)	비표면적 (cm ² /g)
플라이애쉬(FA)	2.15	2.50	0.19	3.57	3,158
석회석분(LS)	3.02	52.0	0.04	16.2	3,430

표 5 골재의 품질시험결과

항목	잔골재		굵은골재	
	측정값	규준값	측정값	규준값
절건비중	2.60	2.5이상	2.59	2.5이상
흡수율(%)	0.62	3.0이하	0.56	3.0이하
실적율(%)	66	60이상	57*	55이상*
단위중량(kg/m ³)	1,720	-	1,506	1,250이상
조립율(FM)	2.82	-	6.84	-
마모율(%)	-	-	18	40이하

* 임의판정실적율

전소에서 생성되는 F급 플라이애쉬를 사용하였다. 각각의 품질시험결과는 표 2와 같다. 잔골재는 남양만산 세척사, 굵은골재는 25mm쇄석을 사용하였다.

표 3 Mock-Up Test용 MASS 콘크리트의 배합

배합조건				단위재료량(kg/m ³)				
FA 치환율 (%)	W/B (%)	W (kg)	S/A (%)	C1	C2	S	G	AE 감수제 (%)
0	48.1	176	44.3	366	0	773	971	0.3
20				293	73	761	956	
30				256	110	755	949	

3. 試驗結果 및 分析

3.1 斷熱溫度上昇試驗

플라이애쉬를 혼합한 매스콘크리트의 수화열 저감정도를 확인하기 위하여 표 3의 배합조건인 플라이애쉬 치환율 0%, 20%, 30%에 따라 적용현장에 사용될 재료와 동일한 재료를 사용하여 사전에 斷熱溫度上昇試驗을 실시하였다.

매스콘크리트의 수화발열량을 구하는 방법에는 용해열법이나 전도형 미소열량계를 이용하여 시멘트의 水和熱을 측정해 발열량으로 환산하는방법과 직접적으로 斷熱溫度上昇試驗裝置를 이용하여 구하는 방법이 있으나, 전자의 경우는 측정된 수화열에 대하여 여러가지 보정을 통해 콘크리트의 수화발열량을 추정해야 하는 등의 문제점이 있다. 따라서, 본 시험에서는 그림 3과 같이 수화열을 직접적으로 측정할 수 있는 斷熱溫度上昇試驗裝置를 이용하였다. 이 시험장치는 측정이 간단하고 측정치를 그대로 매스콘크리트의 온도해석에 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한, 斷熱溫度上昇試驗의 결과는 $Q(t) = K(1 - e^{-\alpha t})$ (여기서, $Q(t)$ 는 재령 t 일에서의 단열온도상승량, K 는 최종단열온도상승량, α 는 온도상승속도)과 같은 e 함수 형태로 표현되어 온도해석에 입력치로 이용된다.

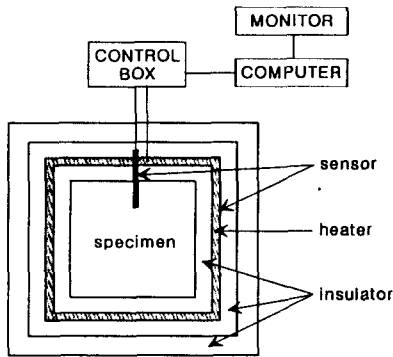


그림 3 단열온도상승 시험기

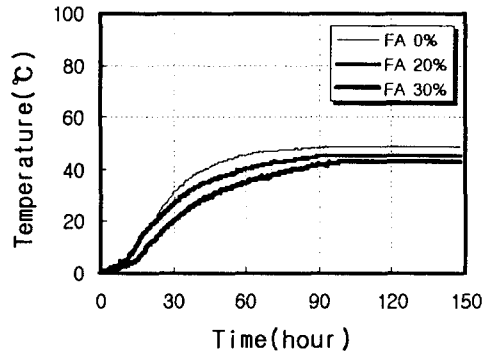


그림 4 배합조건별 단열온도 상승시험 결과

시험용 공시체는 한변의 길이가 15cm인 정육면체로서 타설직후부터 30분간격으로 1주일까지 측정하였다. 試驗結果는 그림 4와 같다.

試驗結果, 플라이애쉬 치환율이 증가함에 따라 단열온도상승량(K)과 溫度上昇速度(α)는 감소하였으며, 최고온도로 수렴되는 시간도 90시간을 전후하여 미소하나 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 길어지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 플라이애쉬를 치환함에 따라 단위시멘트량이 비례적으로 감소한 것과 플라이애쉬의 포졸란 반응에 따른 수화지연효과 등이 복합적으로 작용한 것으로 분석된다.

3.2. 模擬部材試驗

3.2.1 模擬部材의 形狀

레미콘 공장의 배치 플랜트에서 실기시험 및 단열온도상승시험을 수행하여 얻어진 결과를 바탕으로,

표 6(a) 고성능 감수제의 품질시험 결과

주 성분	비중	pH	고형분 (%)	감수율 (%)	강도비 (%)	
					7일	28일
나프탈렌계	1.20	7.5	40	24.9	143	133

표 6(b) 증점제의 품질시험결과

주 성분	점도(분자량)	비중 (kg/l)	습분 (%)	입자크기
폴리솔카라이드	2000mpa · s	0.3	10	98% (200mesh)

3. 초유동 콘크리트의 배합선정 단계

3.1 기본개념

초유동 콘크리트의 기본개념은 강도확보를 최우선으로 하는 일반 콘크리트의 배합설계와는 달리, 유동성·충전성·재료분리 저항성 등을 콘크리트의 기본요구성능으로 하고 있기 때문에, 이에 적합한 배합설계 개념을 도입하여 배합수, 시멘트, 잔골재, 굵은골재, 공기량 및 고성능 감수제와 AE제의 사용량을 합리적으로 산정하는 방안이 필요하다.

이러한 기본개념을 만족하기 위해서는 콘크리트를 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 단계로 구분하여 상호관계를 정량적으로 규명하는 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 그림 1에 나타난 바와 같이 페이스트 및 모르타르 상태의 단계적 연구를 통해 콘크리트에서 초유동성의 기본개념을 정식화시키고, 이를 통해 보다 쉽게 예측할 수 있는 배합선정 방법을 도출하고자 한다.

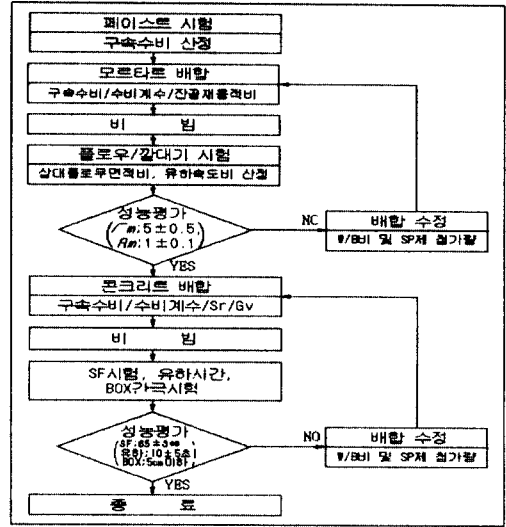


그림 1 최적배합 선정 플로우

3.2 페이스트 시험

초유동 콘크리트의 배합선정시 가장 중요한 것은 사전에 사용할 재료의 특성을 정확히 파악함으로써 콘크리트 상태에서의 배합오차를 가능한 줄이는 것이다. 따라서, 페이스트 단계에서의 구속수비 개념을 도입하여 모르타르 또는 콘크리트로 이어지는 초유동 콘크리트의 배합설계를 정식화시킬 필요가 있다. 그리하여, 페이스트 시험에 의해 결합재의 특성에 따른 유동에 기여하지 못하는 단위수량(구속수량)을 먼저 산정하고 이에 따른 결합재의 구속수비(β_p)를 결정한 후, 이를 배합설계에 반영시킬 수 있는 방안이 필요하다. 결합재의 구속수비 산정방법은 표 7과 같고, 상대플로우면적비(Γ_p)는 (식1)로 산정한다.

$$\Gamma_p = \frac{\pi (F_p/2)^2 - \pi (F_0/2)^2}{\pi (F_0/2)^2} = (F_p/F_0)^2 - 1 \quad (식1)$$

여기서, F_p 는 페이스트의 플로우값(mm), F_0 는 플로우-콘의 단면직경(100mm)을 나타낸 것이다.

구속수비는 모르타르 및 콘크리트의 물/결합재비 및 단위재료량 산정에 필요하기 때문에, 사전에 실험으로 정확한 값을 산정해야 한다.

표 7 시멘트 또는 결합재의 구속수비(β_p)

페이스트 플로우시험 (시멘트 또는 결합재)	물/시멘트(결합재) 용적비 $\Rightarrow 1.1 \sim 1.4$ (4개)
상대플로우면적비 - 물/시멘트 용적비	시험결과 (선형 회귀분석)
구속수비 (β_p)	상대플로우면적비=0 \rightarrow 구속수비 산정

3.3 모르타르 시험

모르타르 시험은 초유동 콘크리트 배합설계의 사전단계로서, 콘크리트에서의 물/결합재비와 고성능 감수제의 사용량을 선정할 수 있다. 따라서, 물/시멘트 용적비(또는 물/결합재 용적비)를 시멘트의 구속수비에 수비계수(K_p)를 곱한 (식2)로부터 산정되며, 잔골재 용적비(S_r)는 (식3)에 의해서 산정한다.

$$W/C (W/B) = K_p \times \beta_p \quad (\text{식2}) \quad S_r = \frac{S/M}{1 - S_m} \quad (\text{식3}) \quad R_m = \frac{10}{T_r} \quad (\text{식4})$$

여기서, S 는 잔골재 용적, M 은 모르타르 용적, 그리고 S_m 은 입경이 0.06mm이하인 잔골재의 비율을 의미한다. 모르타르 시험은 먼저 잔골재 용적비를 정한 후, 물/결합재비와 고성능 감수제의 첨가율을 변화시키면서 플로우 및 깔대기 시험을 통해 목표값을 만족하는 최적의 배합조건을 도출한다.

모르타르의 상대플로우 면적비(이하, Γ_m)는 (식1)과 동일하며, 상대깔대기 속도비(이하, R_m)는 □형 깔대기 시험장치로 유하시간(T_r)을 측정된 (식4)로부터 산정한다.

한편, 모르타르 시험에서 목표로 하는 평가값은 기존의 연구⁽²⁾에서 최적으로 나타난 ($\Gamma_m \cdot R_m$) = ($5 \pm 0.5 \cdot 1 \pm 0.1$)의 범위로 하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 구속수비 특성결과

페이스트 시험에 의한 구속수비는 사용재료에 따른 유동특성을 파악하고 또한, 모르타르 배합선정시 기본값이 되기 때문에 높은 신뢰성을 갖도록 정확한 값을 산정해야 한다. 따라서, 본 연구에서는 시멘트 및 혼화재의 종류에 따른 유동특성을 평가하기 위하여 구속수비 및 변형계수를 측정하였으며, 결과는 표 8 및 그림 3과 같다.

페이스트 시험에서 나타난 구속수비는 OPC+LS < SRC+FA < OPC+FA < LHC+FA < SLC+FA의 순으로 나타내고 있다. 이는 결합재의 형상 및 분말도, 화학조성 등에 따른 영향으로 평가된다.

특히, 석회석분을 사용한 결합재의 경우에는 구속수비(0.9545)가 다른 결합재보다도 매우 낮은 값을 나타내고 있어 유동에 기여하는 효과가 클 것으로 사료된다. 한편, 결합재 종류에 따른 변형계수는 구속수비와 유사한 경향을 나타내고 있다.

표 8 유동 특성 실험결과

구분 \ 특성	페이스트		모르타르				
	B_p	E_p	K_p	W/B (%)	SP (%)	Γ_m	R_m
OPC+FA	1.0261	0.0797	0.994	37	1.1	4.86	0.96
OPC+LS	0.9545	0.0802	0.973	30	1.2	5.15	0.93
LHC+FA	1.0442	0.0854	0.845	32	0.75	4.90	0.91
SRC+FA	1.0167	0.0730	0.943	35	0.9	5.10	1.05
SLC+FA	1.0708	0.1005	0.875	35	0.95	4.69	1.03

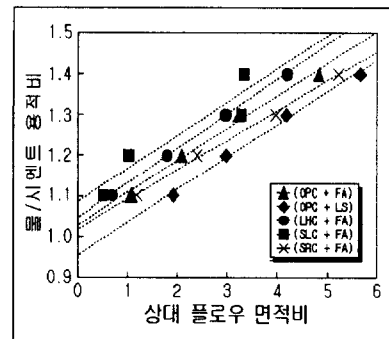


그림 3 구속수비(β_p)의 실험결과

4.2 모르타르 특성결과

모르타르 시험에서는 유동성과 점성의 최적조건인 $\Gamma_m(5 \pm 0.5) \cdot R_m(1 \pm 0.1)$ 에 만족하는 물/결합재 용적비(W/B)와 수비계수(K_p)를 구하는 것으로, 이는 콘크리트의 배합선정시 기본이 되는 값이기 때문에 가능한한 정도가 큰 값을 선정하여야 한다. 본 배합설계 시스템은 구속수비에 수비계수를 곱한 값이

물/결합재 용적비(또는 물/시멘트 용적비)가 되도록 구성되어 있기 때문에 결국, 모르타르의 최적조건을 만족하는 수비계수를 선정하는 것이 중요하다. 따라서, 모르타르 시험에서 행한 결합재 종류에 따른 수비계수는 표 8에 나타난 바와 같다. 여기에서 잔골재 용적비는 콘크리트상태와 동일하게 47%로 하였다. 모르타르 시험결과, 최적조건을 만족하는 결합재 종류에 따른 수비계수는 0.84~0.99의 범위에 있다는 것을 알 수 있으며, 고성능 감수제의 첨가율도 사용재료에 따라 다소 차이를 보이고 있지만 0.9~1.2% 정도로 나타나고 있다.

4.3 콘크리트 특성결과

초유동 콘크리트의 배합설계 시스템을 구축하기 위하여 모르타르 시험에서 최적조건으로 나타난 구속수비 및 수비계수를 배합설계 플로우에 따라 시행한 결과, 표 9와 같다. 표 9에서는 잔골재 용적비를 모르타르 시험과 마찬가지로 47%로 하였으며, 굵은골재 용적비는 지금까지 최적인 것으로 나타나고 있는 51%로 하였다.

본 배합설계 시스템에서는 구속수비 및 수비계수에 따라 콘크리트의 물/결합재비를 산정하는 것이 가능하였고 결국, 적절한 고성능 감수제의 첨가율에 따라 초유동 콘크리트에서 요구하는 품질성능을 만족하는 콘크리트를 제조할 수 있었다. 또한, 각종 결합재 종류에 따라 유동성 및 점성측면에서 다소 차이를 나타내고 있는 것은 사용재료에 따른 레오로지 특성으로 사료되며, 특히 석회석분을 사용한 초유동 콘크리트의 경우, 낮은 물/결합재비에서 소요성능을 만족하고 있는 것은 상대적으로 구속수비가 낮아 유동에 기여하는 효과가 크기 때문이라고 할 수 있다.

한편, 고성능 감수제의 첨가율은 결합재 종류에 따라 모르타르 시험에서 사용한 경우와 다르게 나타난 것도 있어 이는 앞으로 지속적인 시험을 통해 검토·규명해야 할 것이다.

각종 결합재 종류에 따른 강도특성은 사용재료의 화학조성에 따른 수화반응 차이로 인하여 상이하게 나타나고 있기 때문에, 구조물의 설계조건에 따라서 초유동 콘크리트의 구성재료에 따른 사용방안도 달리 검토하여야 할 것이다.

표 9 초유동 콘크리트의 배합조건 및 실험결과

특성 종류	구속 수비 (β_p)	수비 계수 (K_p)	W/B (%)	잔골재 용적비 (%)	굵은골재 용적비 (%)	슬럼프 플로우		유하 시간 (sec)	BOX 높이차 (cm)	L형 플로우		SP제 첨가량 (%)	28일 압축강도 (kg/cm ²)
						50cm속도 (cm/s)	최종값 (cm)			속도 (cms)	최종값 (cm)		
OPC+FA	1.0261	0.994	37	47	51	2.5	64×58	7.7	3.0	1.8	65	1.0	451
OPC+LS	0.9545	0.973	30			2.8	63×59	8.0	4.0	2.1	60	1.2	468
LHC+FA	1.0442	0.845	32			3.0	64×61	5.0	4.0	2.4	60	0.75	275
SRC+FA	1.0167	0.943	35			1.9	63×65	12.4	3.0	0.9	70	1.0	-
SLC+FA	1.0708	0.875	35			1.4	61×62	10.0	3.5	1.6	61	0.8	447
중점제	-	-	45			1.9	62×64	13.0	4.0	0.8	70	0.8	289
평가기준	-	-	-			-	-	65±3	10±5	5이하	-	-	-

5. 최적배합조건에 따른 경제성 분석

초유동 콘크리트의 경제성 분석은 재료비를 비롯해 공사비(인건비), 공사기간, 품질 등 전체적으로 평가하는 것이 타당하지만, 본 연구에서는 기초단계로서 재료비측면에서 비교하기로 하고, 향후 이를 바탕으로 종합적인 경제성 분석을 행하고자 한다.

현재, 실용화되고 있는 설계기준강도 350kg/cm²인 초유동 콘크리트로 설계기준강도 210~270kg/cm²인 대부분의 공사현장에 사용하는 현실에서는 비경제적일 수밖에 없다. 그러나 향후, 구조물의 고층화 및 대형화에 따른 콘크리트의 요구품질을 충족시키기 위해 사용되는 초유동 콘크리트는 경제성 측면에서도 효과가 클 것이다.

표 10은 각종 결합재 종류별 최적배합조건에 따른 재료비를 비교한 것이다. 표 10에 나타난 바와

같이 동일한 배합강도에 따라 재료비를 비교하면, 전반적으로 초유동 콘크리트는 상승되지만 플라이애쉬를 사용한 보통 시멘트 및 고로 시멘트의 경우, 5% 및 16%의 절감효과를 나타내고 있다. 이는 산업부산물인 플라이애쉬 및 고로슬래그를 콘크리트로 재활용함에 따른 효과라고 할 수 있다. 특히, 중점제를 사용한 초유동 콘크리트의 경우, 강도측면에서는 일반강도를 나타내지만 순수재료비 측면에서 분체계보다 상승되기 때문에 경제성이 떨어지고 있다.

그러나 초유동 콘크리트의 성능에 따른 무다짐에 의한 인력절감 및 빠른 타설속도에 의한 공기단축, 품질확보, 환경개선 등의 관점에서는 경제성이 뛰어난 콘크리트라고 할 수 있다.

표 10 초유동 콘크리트의 배합조건별 재료비 비교

구분 종류	물/결 합재비 (%)	단 위 증 량 (kg/m ³)										단가 (원)
		OPC	LHC	SRC	SLC	FA	LS	SP	S	G	CA	
		55원	100원	75원	45원	25원	30원	680원	5.4원	8.4원	6,500원	
OPC (25-240-21)	51	347				39		1.2	763	892		32,411
		19,085				975		816	4,043	7,492		
OPC (25-350-21)	39	454				62		1.6	643	884		38,532
		24,970				1,550		1,088	3,499	7,425		
OPC+FA (25-350-65)	37	342				147		4.9	825	747		36,546
		18,810				3,675		3,332	4,455	6,274		
OPC+LS (25-350-65)	30	402					172	6.9	825	747		42,691
		22,110					5,160	4,692	4,455	6,274		
LHC+FA (25-240-65)	32		371			159		4.0	825	747		54,524
			37,100			3,975		2,720	4,455	6,274		
SRC+FA (25-350-65)	35			350		150		4.0	825	747		43,449
				26,250		3,750		2,720	4,455	6,274		
SLC+FA (25-350-65)	35				348	149		4.7	825	747		33,310
					15,660	3,725		3,196	4,455	6,274		
중점제 (25-240-65)	45	470						4.5	825	747	1,175	39,639
		25,850						3,060	4,455	6,274	7,637	

6. 결 론

초유동 콘크리트의 최적배합 선정방법 및 경제성 분석에 따른 연구결과를 정리하면, 다음과 같다.

- (1) 페이스트 단계에서의 구속수비는 플라이애쉬 30%를 치환한 경우, 내황산염 시멘트<보통 시멘트<저열 시멘트<고로 시멘트 순으로 나타내고 있으며, 변형계수도 동일한 경향을 나타내고 있다. 특히, 석회석분을 사용한 경우에는 유동에 기여하는 효과가 매우 큰 것으로 나타났다.
- (2) 모르타르 시험에서 최적조건에 만족하는 수비계수는 0.84~0.99의 범위를 나타내고 있으며, 구속수비 및 수비계수에 의한 페이스트, 모르타르 및 콘크리트 단계로 이어지는 최적의 배합설계 시스템을 정식화시킬 수 있었다.
- (3) 초유동 콘크리트의 순수재료비 측면에서는 일반강도범위(210~270kg/cm²)에서 적용하는 경우, 다소 경제성이 떨어지지만, 고강도범위(350kg/cm²)에서는 산업부산물의 이용으로 16%까지 절감효과를 나타내고 있었다.

【참고문헌】

- (1) 朴北林, 權寧鎬, 李相洙, 元澈., “超流動 콘크리트의 2차제품 적용에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술 발표회 논문집, 제9권1호, pp.285~291, 1997.5
- (2) 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雅., “ハイパフォーマンスコンクリート”, 技報堂出版, 1993.
- (3) 朴北林, 安宰鉉, 權寧鎬, 李相洙., “超流動 콘크리트의 配合設計에 關한 研究”, 한국콘크리트학회 가을학술 발표논문집 제8권2호, 1996.11, pp.283~289