

流動化 콘크리트의 現場 適用에 관한 實驗的 研究

A Study on Field Application of the Flowing Concrete

尹起源*	李建哲**	朴相俊**
Yoon, Gi Won	Lee, Gun Cheol	Park, Sang Jun
金鍾錫**	韓千求***	潘好鎔***
Kim, Jong Seok	Han, Cheon Goo	Bahn, Ho Yong

Abstract

This study was performed to analyze flowing properties with kinds of the super-plasticizer and flowing effects with agitation method of the mixer truck. After that, this study presents the reference data about better flowing method and quality control when flowing concrete is applied in practice.

1. 序 論

최근 우리나라의 건설공사에서는 시공능률의 향상을 목적으로 유동화 콘크리트를 검토하고 도입하는 사례가 증가하고 있다.

그러나 실무에서 유동화 콘크리트의 성패는 유동화제의 선택과 현장 유동화 방법에 따라 좌우될 수 있음에도 불구하고 이 부분에 대한 실증적인 연구 보고는 많지 않은 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 레미콘 공장의 배저플랜트에서 제조된 Base 콘크리트에 유동화제의 종류를 변화시켜 투입하고 굳지않은 상태 및 경화상태의 특성을 분석·구명하고 유동화제 종류를 결정하며, 이를 기초로 실무 현장에서 믹서 트럭의 교반방법 변화에 따른 유동화 성능을 분석하므로써 궁극적으로는 실무의 유동화 콘크리트 적용시 최적 유동화 방안 및 품질관리에 한 참고자료를 제시하고자 한다.

* 正會員, 淸州大 大學院 博士課程
** 正會員, 淸州大 大學院 碩士課程
*** 正會員, 淸州大 教授, 工博

2. 實驗計劃 및 方法

2.1 실험계획

본 실험에 이용한 레미콘의 배합은 표 1과 같고, 실험계획은 표 2 및 3과 같다. 단, 현장 유동화 방법에 따른 성능 실험에 사용한 레미콘의 배합은 유동화제 종류에 따른 성능 실험시 본 실험에 적용한 콘크리트 배합의

표 1 콘크리트 배합표(25-210-8)

실험구분	W/C (%)	S/A (%)	W (kg/m ³)	AE/C (%)	중량배합 (kg/m ³)			용적배합 (ℓ/m ³)		
					C	S	G	C	S	G
유동화 시기	56.2	44.4	153	0.0030	317	835	1033	101	324	384
유동화 방법	54.8	47.0	149	0.0035	319	886	992	101	343	369

S/A 및 A.E제 첨가량이 작은 것으로 판단되어 배합을 약간 수정하여 제조한 것이다.

2.2 사용재료

본 연구에 사용한 시멘트는 국내 H사 1종 보통 포틀랜드 시멘트(비중 : 3.15, Blaine : 3.182)를 사용하고, 잔골재는 충남 연기군산 천연사(비중 : 2.58, F.M : 2.70), 굵은골재는 충북 청원군 산 화강암 부순돌(비중 : 2.69, F.M : 6.90)을 사용한다.

또한, 혼화제로써 AE제는 국내 G사의 AE 감수제 표준형(리그닌계)을 사용하며, 유동화를 위한 고성능감수제는 국내 Y사의 나프탈렌계 및 T사의 멜라민계 각 1종씩을 선정하여 실험에 이용하도록 한다. 물은 레미콘 공장에서 사용하고 있는 지하수를 이용한다.

표 2 실험 요인 및 수준(유동화제 종류에 따른 특성)

요 인		수 준		
유동화제 변수	배합	1	25-210-8	
	유동화제 종류	2	멜라민계, 나프탈렌계	
	유동화 시기	4	혼합 즉시, 30분 경과후 60분 경과후, 90분 경과후	
	목표 Slump	1	18±2cm	
실험사항	굳지않은 상태	Base 콘크리트	3	경시변화에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량
		유동화 콘크리트	3	경시변화에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 (단, 30분에서 공기량은 제외)
	경화 상태	Base 콘크리트	1	매단계에서 제작한 공시체의 28일 압축강도
		유동화 콘크리트	1	매단계에서 제작한 공시체의 28일 압축강도 (단, 30분 경과후는 제외)

2.3 실험방법

실험방법으로 먼저 콘크리트의 혼합은 레미콘 공장의 일반적인 혼합방법에 따라 배척 프랜트에서 25-210-8 규격의 레미콘을 제조하며, 굳지않은 상태의 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량 시험과 경화상태의 압축강도 시험은 KS 규격의 표준적인 방법에 따라 실시한다.

표 3 실험계획(유동화 방법에 따른 특성)

레미콘 현장도착	유동화를 위한 교반방법 변화				유동화후 성능평가	경화상태	
	초	30	60	90			120
● 유동성, ● 공기량 시험 ● 공시체 제작	rpm	30	60	90	120	배출 전중후 ● 유동성 ● 공기량 ● 공시체 제작	● 28일 재령의 압축강도 시험
	6	○	○	○	○		
	9	○	○	○	○		
	12	○	○	○	○		
	15	○	○	○	○		

2.4 유동화실험 적용현장 개요

유동화 콘크리트를 실험하는 현장의 개요는 다음 표와 같다.

현장위치	청주시 흥덕구분평동
공사명	청주 분평 APT 건설공사
시공자	삼익(주)
공사기간	1994.12~1997.6
공사규모	20층 5개동의 부대건물
건물구조	철근콘크리트 벽식구조
타설공법	콘크리트 공법
시험적용	4동 18층

3. 實驗結果 및 分析

3.1 시간 경과에 따른 유동화 특성

그림 1 및 2는 Base 콘크리트를 혼합즉시, 30, 60, 90분 경과후 나프탈렌계 및 멜라민계 2종의 혼화제로 유동화시킨 유동화 콘크리트에 대하여 경시변화에 따른 슬럼프 및 공기량의 변화경향을 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

전반적이 경향으로 경시변화에 따른 슬럼프 저하경향은 기존의 연구결과와 유사하게 나타나고 있었는데, 유동화 시기별로 볼 때 Base 콘크리트의 제조후 시간이 경과할수록 유동화시킨 콘크리트의 유동성은 감소하는 것으로 나타났으나 동일 시점일 경우 전 단계에서 유동화시킨 콘크리트의 슬럼프보다는 약간 큰 것으로 나타나 유동화 시기는 타설직전에 실시하는 것이 최대의 유동화 성능을 발휘할 수 있는 것으로 분석된다.

한편 공기량의 경우는 Base콘크리트에 비하여 유동화시킬 경우 공기량이 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 유동화 후 콘크리트의 점성저하로 공기의 손실이 용이함에 따라 나타난 결과로 분석되는데, 혼화제 종류별로는 멜라민계인 T사의 유동화제가 Y사의 나프탈렌계 유동화제보다 유동화 후 공기량의 유지성능이 우수한 것으로 나타났다.

그림 3은 Base 콘크리트 및 유동화 콘크리트의 28일 압축강도를 막대 그래프로 나타낸 것이다. 전반적으로 Base 콘크리트에 비하여 유동화 콘크리트의 압축강도가 약간 저하하는 것으로 나타났는데, 유동화제 성분별로는 멜라민계가 나프탈렌계보다 약간 저하하는 것으로 나타났다. 이의 원인으로 혼화제 성분별 압축강도의 차이는 공기량의 차이에서 기인된 결과로 분석된다.

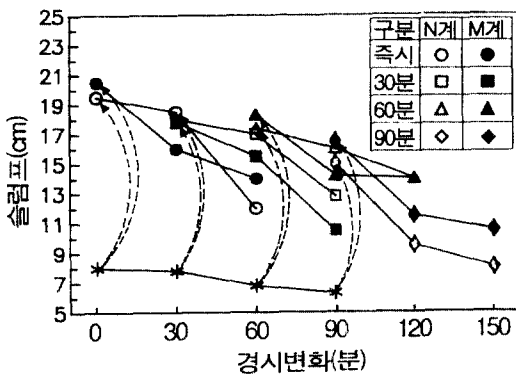


그림 1 경시변화에 따른 슬럼프 변화

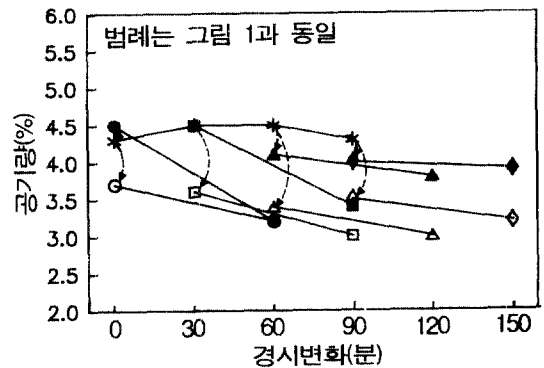


그림 2 경시변화에 따른 공기량 변화

3.2 믹서트럭의 교반방법에 따른 유동화 콘크리트의 특성

그림 4는 유동화 속도 및 시간을 포함한 총 교반회전수와 Base 콘크리트에서 유동화시킨 콘크리트의 슬럼프 증대량을 레미콘 배출 초기, 중기, 후기로 구분하여 산점도로 나타낸 것이다.

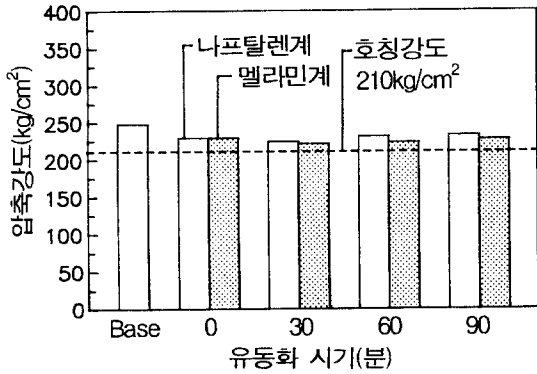


그림 3 Base 및 유동화 콘크리트의 압축강도

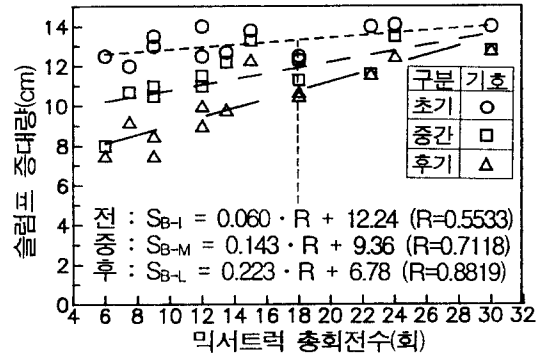


그림 4 믹서트릭 총회전수와 슬럼프 증대량

전반적인 경향으로 총 교반회전수가 증가할수록 Base 콘크리트의 슬럼프에서 유동화 콘크리트의 슬럼프 증대량은 증가하고 있으며, 레미콘의 혼합효율에 관한 평가척도인 배출 초기와 후기의 슬럼프 차이는 감소하는 것으로 나타났다.

즉, 적절한 최저 교반회전수의 결정은 KS F 4009에서 정하는 바(7.1.4 운반차 : ~전차~ 콘크리트의 1/4과 3/4의 부분에서 각각 시료를 채취하여 슬럼프 시험을 하였을 경우, 양쪽의 슬럼프 차가 3cm 이내가 되는 것이어야 한다.)와 같은 품질을 발휘하여야 하는데, 본 연구에서는 레미콘의 배출시기를 1/3, 2/3 및 3/3의 부분에서 시료를 채취하여 슬럼프 시험을 하였으므로 현행 KS규격의 운반차 성능평가와는 동일하게 적용할 수 없는 점과 본 실험의 슬럼프 범위를 8~18cm로 적용하였으므로 슬럼프의 허용오차가 2.5cm인 점 등을 종합적으로 고려하여 레미콘 배출 초기 및 후기의 슬럼프 차를 2.5cm이하로 정하고 믹서트릭의 최저 총회전수를 추정하면 그래프중에 표시한바와 같이 18회 이상은 교반하여야 양호한 유동화 콘크리트를 제조할수 있을 것으로 분석된다.

그림 5는 그림 4와 동일한 요령으로 유동화후 공기량 감소를 산점도로 나타낸 것으로 초기에 배출되는 콘크리트의 공기량 감소가 크고, 후기에서 감소가 작은 것으로 나타났는데, 이는 슬럼프의 증대량 분석에서 나타난 바와 같이 유동화제가 완전히 균일하게 분포되지 않으므로 초기의 유동성이 크게 증대된 부분의 공기량 감소가 크게 나타난 것으로 분석된다.

즉, 대체로 혼합이 많이 되는 회전수 범위로 갈수록 배출 초기 및 후기의 공기량 감소차가 작아지는 것으로 분석되는데, 배출 초기 및 후기의 공기량 차이는 평균적으로 볼 때 약 1.0% 정도로 나타났다. 또한, 슬럼프 차로부터 추정된 적정 총회전수 이상의 교반 범위에서 공기량 감소는 0.6~1.5%정도로써 Base 콘크리트 제조시 이를 고려하여 AE제 사용량을 상향조정하여야 유동화 후 KS 규정의 공기량을 확보할 수 있을 것으로 보여진다.

그림 6은 믹서트릭의 총회전수와 Base콘크리트에 대한 배출 초,중,후기의 압축강도 증감량을 백분율로 환산하여 산점도로 나타낸 것이다.

전반적으로 믹서트릭의 총회전수가 증가할수록 유동화후의 압축강도도 증가하는 것으로 나타났고, 배출시기별로는 배출초기 공시체의 압축강도가 제일 작고, 중기 및 후기의 순으로 일정하게 증가하는 것으로 나타났으나 본 연구조건인 범위에서는 대부분 95%이상의 압축강도를 발휘하고 있어 크게 문제되지 않는 슬럼프의 증대 및 혼합효율 등을 고려하면 18회전 이상의 교반이 필요할 것으로 사료된다.

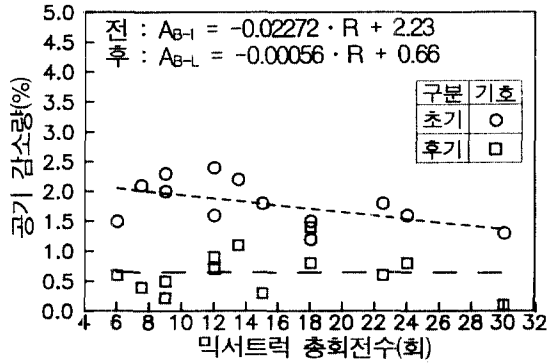


그림 5 믹서트럭 총회전수와 공기감소량

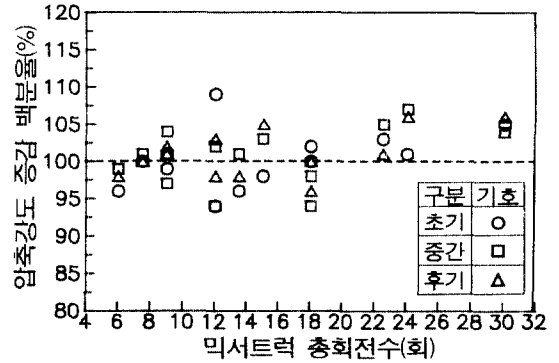


그림 6 믹서트럭 총회전수와 압축강도 백분율

4. 結 論

본 연구는 유동화제의 종류 및 유동화 시기에 따른 굳지않은 상태 및 경화상태의 특성을 구명하고, 실무 현장에서 믹서트럭의 교반방법 변화에 따른 유동화 성능을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 경시변화에 따른 유동화 콘크리트의 슬럼프 저하경향은 유동화제의 성분별 큰 차이없이 나타났고, 공기량의 경우는 멜라민계의 유동화제가 유동화후 공기량의 유지성능이 우수한 것으로 나타났다.
2. 압축강도의 경우 Base에 비하여 유동화 콘크리트가 약간 저하하는 것으로 나타났고, 유동화제 성분별로는 공기량의 유지성능에 기인하여 멜라민계가 약간 작은 것으로 나타났다.
3. 유동화 방법으로 교반회전수가 적을수록 믹서트럭 배출 초기 및 후기의 슬럼프 차가 크게 나타나 혼합효율이 양호한(초기 및 후기의 슬럼프 차가 2.5cm이하인 범위) 교반회전수는 18회 정도인 것으로 분석되었다. 유동화 후 공기량은 1% 정도 감소하는 것으로 나타나 Base 콘크리트의 AE제 사용량을 상향조정하여야 할 것으로 분석되었다.
4. 유동화에 의한 압축강도의 발현은 대부분 95% 이상을 발휘하고 있어 현장 유동화시 압축강도 측면에서의 문제점은 거의 없을 것으로 사료된다.