

# 장시간 운반에 따라 저하된 콘크리트의 품질회복에 관한 연구

## A Study on the Performance Restoration of Deteriorated Concrete by Long Distance Delivery

○ 裴長春\*    金虎林\*    황인성\*\*    이형원\*\*\*    양성환\*\*\*\*    한천구\*\*\*\*\*  
Pei, Chang-Chun    Jin, Hu-Lin    Hwang, Yin-Seong    Lee, Hyung Won    Yang, Seong-Hwan    Han, Cheon-Goo

### Abstract

This paper investigated the possibility of quality restoration of deteriorated concrete caused by long distance delivery using chemical admixtures such as superplasticizer, AE agent and retarding agent. According to test results, long distance delivery lead to reducing fluidity and air content markedly, while setting time accelerated. Quality restoration agent(QRA) was made by combining super- plasticizer, AE agent and retarding agent with the proportion of 1:0.0025:0.1. It was confirmed that deteriorated concrete achieved quality restoration with the level of target slump, air content and setting time without strength loss when using QRA with proper amount.

키 워 드 : 장시간 운반, 품질저하, 품질회복제

Keywords : Long Distance Delivery, Quality Deterioration, Quality Restoration Agent

## 1. 서 론

레미콘은 운반시간경과에 따라 시멘트의 초기수화, 수분의 증발 및 골재의 수분흡수 등으로 인해 워커빌리티 및 공기량이 저하하고, 경화 콘크리트에서의 압축강도 특성에도 영향을 미치는 사례가 보고되고 있다.

따라서 현행 건축공사표준시방서 및 콘크리트표준시방서에서는 콘크리트의 비빔 시작부터 부어넣기 종료까지 시간의 한도를 외기온이 25℃ 미만인 경우 120분, 25℃ 이상인 경우 90분으로 규정<sup>1)2)</sup>하고 있고, KS F 4009에서는 레디믹스트 콘크리트를 운반차로 운반하는 경우 혼합을 개시하고부터 짐을 부릴때까지의 시간한도를 90분으로 규정<sup>3)</sup>하고 있다.

그러나, 우리나라의 인천지역 등 일부 해안지역은 인근 섬으로 레미콘을 운반할 경우에는 규정시간 초과로 인한 공사불능, 구조체 콘크리트의 품질저하 등 문제가 발생하게 되고, 또한, 도심지의 교통혼잡 등에 의해서도 비슷한 상황이 발생하고 있다.

따라서, 장시간 운반 및 타설시간 지연에 따라 저하된 레미콘의 품질회복에 대한 기술개발이 요구되고 있고, 또한 섬, 산간 등 원거리 공사가 가능한 레미콘의 품질확보 기술이 필요한 실정이나, 아직까지 이에 대한 연구결과는 충분히 보고

된바 없는 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 장시간 운반에 따라 저하된 레미콘의 유동성, 공기량, 응결시간을 유동화제 AE제 및 지연제 등의 혼합비율로 조합하여 가칭 「품질회복제」를 개발한 다음 이에 따른 콘크리트의 기초적 특성을 검토하므로써, 향후 장시간 운반 혹은 타설시간 지연에 따라 품질저하된 레미콘의 품질회복 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 먼저, 실험요인으로 W/C는 50% 1수준에 대하여 목표 슬럼프 210±15mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 플레인 배합과 플레인 콘크리트를 3시간 방치한 베인스 콘크리트에 대하여 유동성 회복을 위한 유동화제 혼입률을 0.1, 0.2, 0.4, 0.6%의 4수준으로 변화시켜 현장도착후의 목표 슬럼프 150±15mm를 만족하는 적정 혼입률을 결정하고, 또한 AE제 혼입률을 0.0003, 0.0005, 0.001%의 3수준으로 변화시켜 장시간 운반으로 저하된 공기량을 확보하며, 저하된 응결시간 회복을 위한 지연제 혼입률을 0.02, 0.03, 0.04%로 변화시키는 총 10배치를 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량, 응결시간과 경과 콘크리트에서는 3, 7, 28일의 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 청주대학교 산업과학연구소, 전임연구원 정회원, 공학박사

\*\*\* 평창종합건설(주), 대표이사

\*\*\*\* 인천전문대학 건축과 교수, 정회원, 공학박사

\*\*\*\*\* 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

표 1. 실험계획

W/C (%)	배합사항						실험사항	
	목표 슬럼프 (mm : 비빔직후)	목표 공기량 (%)	방치시간* (h)	유동화제 혼입률 (%)	AE제 혼입률 (%)	지연제 혼입률 (%)	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
50	210±25	4.5±1.5	0 (플레인)	-	-	-	· 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적질량 · 응결시간	· 압축강도 (3, 7, 28일)
			3	0.1	0	0		
				0.2				
				0.4				
			0.6	0.0003	0			
0.2	0.0005							
0.001								
0.2	0.0005	0.02						
				0.03				
				0.04				

표 2. 콘크리트의 배합

배합사항				용적배합 (ℓ/m³)			질량배합 (kg/m³)		
W/C (%)	단위수량 (kg/m³)	S/a (%)	AE 감수제 (%)	C	S	G	C	S	G
50	185	45	0.8	111	301	368	350	768	982

## 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 골재로써 잔골재는 인천 중구 항동산 세척사, 굵은골재는 경기도 광주산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였다. 혼화제로 고성능감수제는 국내산 폴리칼본산계를 사용하였고, 지연제는 당류계를 사용하였는데, 각 재료의 물리적 성질은 표 3~5와 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm³)	분말도 (cm²/g)	안정도 (%)	응결시간 (분)		압축강도 (MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,203	0.08	215	310	21.9	30.0	38.5

표 4. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm³)	조립률	흡수율 (%)	단위용적질량 (kg/m³)	0.08mm체 통과량 (%)
잔골재	2.54	2.89	1.12	1,682	1.15
굵은골재	2.67	6.75	0.69	1,563	0.10

표 5. 혼화제의 물리적 성질

구분	주성분	색상	형태	밀도 (g/cm³)
유동화제	폴리칼본산계	미황색	액체	1.05
AE제	비이온성 계면활성제	황색	액체	1.04
지연제	당류계	무색	액체	1.02

## 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 그림 1의 순서에 따라 실시하였다. 즉, 방치 시간에 따른 콘크리트의 혼합은 플레인 배출 후 경과시간에 따라 방치하면서, 30분 간격으로 교반해주는 것으로 하였다.

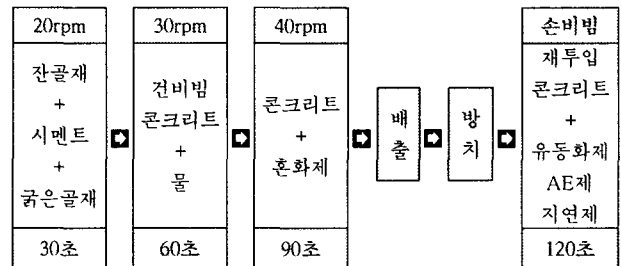


그림 1. 콘크리트의 혼합

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402의 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였으며, 공기량은 KS F 2421, 단위용적질량은 KS F 2409의 규정에 의거 실시하였고, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 판입저항 시험방법에 의거 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 Ø10×20cm 공시체를 KS F 2403 규정에 의거 제작하여 계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지 않은 콘크리트

그림 2는 플레인 및 3시간 방치한 베이스 콘크리트에 대하여 유동화제, AE제 및 지연제 혼입률 변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성을 나타낸 것이다. 먼저, 플레인 콘크리트는 비빔 직후 목표 슬럼프 210±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 것으로 나타났고, 플레인을 3시간 방치한 베이스 콘

크리트의 유동성 및 공기량은 크게 저하하는 것으로 나타났다.

### 1) 유동화제 혼입률 변화

베이스 콘크리트의 저하된 유동성을 회복시키기 위한 유동화제 혼입률 변화에 따라서는 유동성이 증가하였고, 공기량은 저하하였으며, 응결은 다소 지연되는 것으로 나타났다. 이때, 현장도착 목표 슬럼프  $150 \pm 25\text{mm}$ 를 만족하는 유동화제의 혼입률을 0.2%로 결정하였다.

### 2) AE제 혼입률 변화

플레인 콘크리트를 3시간 방치한 베이스콘크리트의 저하된 공기량을 회복시키기 위한 AE제 혼입률 변화에 따라서는 유동성 및 응결시간의 큰 차이없이 공기량이 증가하는 것으로 나타났다.

이때, 장시간 운반에 의해 저하된 공기량은 AE제 혼입률 0.0005%에서 플레인과 유사한 목표 공기량을 확보하는 것으로 나타났다.

### 3) 지연제 혼입률 변화

방치시간에 따라 저하된 응결시간을 회복시키기 위한 지연제 혼입률 변화에 따라서는 지연제 혼입률 증가에 따라 유동성 및 공기량의 큰 차이 없이 응결시간이 지연되었다.

이때, 지연제 혼입률 0.02%에서 플레인과 유사한 응결시간으로 나타났다.

이상을 종합하면 플레인 콘크리트의 장시간 운반에 의해 저하된 베이스 콘크리트는 실험결과, 유동화제 0.2%, AE제 0.0005%, 지연제 0.02%로 나타나, 유동화제 : AE제 : 지연제를 1 : 0.0025 : 0.1 비로 혼합하면 유동성, 공기량 및 응결시간이 플레인과 동등한 수준으로 회복되는 것으로 밝혀졌다.

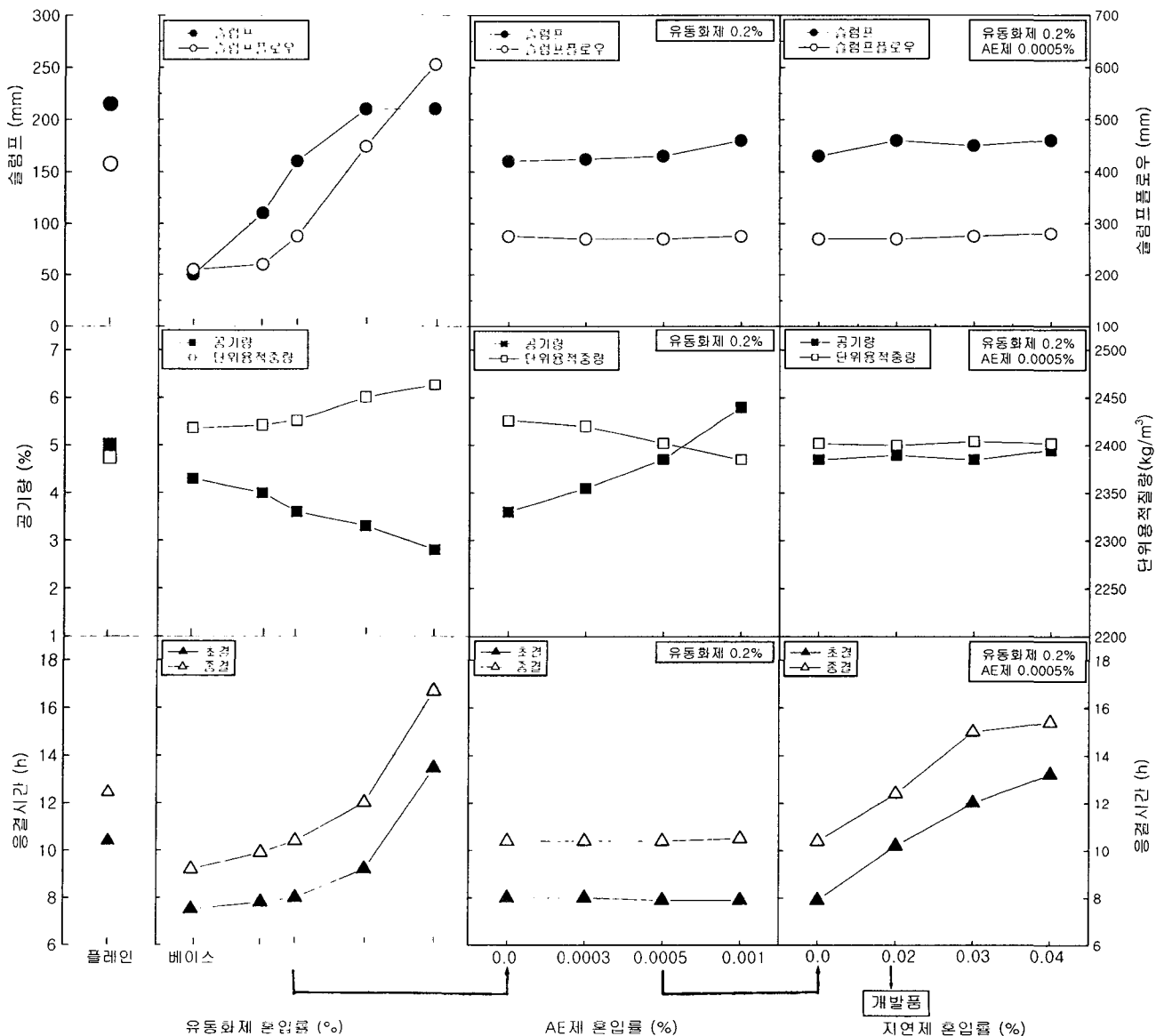


그림 2 혼화제 혼입률 변화에 따른 균질한 콘크리트의 특성

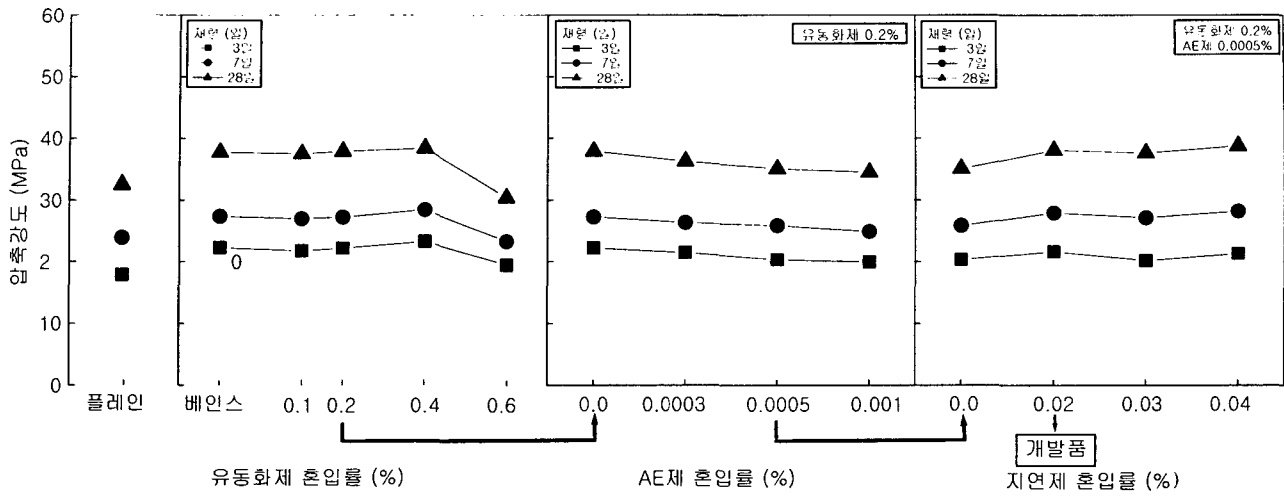


그림 3. 재령별 혼화제 혼입률 변화에 따른 압축강도

### 3.2 경화 콘크리트

그림 3은 플레인 및 베이스 콘크리트의 유동화제, AE제 및 자연제 혼입률 변화에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 재령이 경과할수록 증가하였고, 3시간 방치한 베이스는 플레인과 비교하여 약 16%정도 증가하였는데, 이는 일정한 방치시간동안 주기적인 교반으로 일부 응집된 시멘트 입자가 분리되어 물과 접촉할 수 있는 면적이 증대됨에 따라 수화작용이 원활해지고, 또한 공기량 감소, 골재의 흡수 및 수분증발에 의해 W/C가 감소되어 압축강도가 증가한 것으로 분석된다.

또한, 베이스 콘크리트에 유동화제 혼입률 변화에 따른 압축강도는 혼입률 0.4%까지는 베이스와 비교하여 공기량 감소로 미소하게나마 증가하였지만 0.6%에서는 저하하였는데, 이는 굳지않은 상태에서의 재료분리 현상때문인 것으로 분석된다. AE제 혼입률 증가에 따라서는 공기량의 증가에 기인하여 다소 감소하였고, 자연제 혼입률 변화에 따라서는 다소 증감의 차이는 있으나 베이스와 큰 차이가 없었다. 그러나, 최종적으로 「품질회복제」로 품질회복된 콘크리트는 플레인 콘크리트보다 17%정도 증가하는 것으로 나타났다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 장시간 운반에 의해 저하된 콘크리트의 품질회복을 목적으로 유동화제, AE제, 자연제 혼입률 변화에 따른 「품질회복제」를 개발하고, 이에 따른 콘크리트의 특성을 검토하였는데, 그 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로, 플레인 콘크리트는 목표 슬럼프 및 목표 공기량을 만족하였고, 3시간 방치한 베이스 콘크리트는 유동성 및 공기량이 크게 저하하였고, 응결시간이 빠르게 나타났다.

- 2) 장시간 운반에 의해 저하된 베이스 콘크리트는 유동화제 : AE제 : 자연제를 1 : 0.0025 : 0.1 비로 혼합하면 유동성, 공기량 및 응결시간이 플레인과 동등한 수준으로 회복되는 것으로 밝혀져 「품질회복제」를 개발할 수 있었다.

- 3) 압축강도 특성으로, 베이스 콘크리트에 유동화제 혼입률 변화에 따른 압축강도는 혼입률 0.4%까지는 베이스와 비교하여 공기량 감소로 다소 증가하였고, AE제 혼입률 증가에 따라서는 공기량의 증가에 기인하여 다소 감소하였으며, 자연제 혼입률 변화에 따라서는 다소 증감의 차이는 있으나 베이스와 큰 차이가 없었다. 그러나, 최종적으로 「품질회복제」로 품질회복된 콘크리트는 플레인 콘크리트보다 17%정도 증가하는 것으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. 대한건축학회 ; 건설교통부제정 건축공사표준시방서, 기문당, 2003
2. 한국콘크리트학회 ; 건설교통부제정 콘크리트표준시방서, 기문당, 2003
3. KS F 4009 규격, 한국콘크리트학회, 2003
4. 한천구, 양성환, 황인성, 문학룡, 전충근; 운반시간 지연에 의해 저하된 레미콘의 성능회복에 관한 기초적 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제 24권 제 1호, pp. 363~366, 2004. 4