

# 유동화 콘크리트의 현장적용과 품질관리 시스템 구축

## Application and System Establishment on Quality Control of Flowing Concrete

○김 규 용 <sup>*</sup>	길 배 수 <sup>**</sup>	한 장 현 <sup>***</sup>	주 지 현 <sup>***</sup>
Kim, Gyu-Yong	Khil, Bae-Su	Han, Jang-Hyun	Joo, Ji-Hyun
박 선 규 <sup>***</sup>	한 승 구 <sup>****</sup>	조 성 기 <sup>****</sup>	김 무 한 <sup>*****</sup>
Park, Sun-Gyu	Han, Seung-Koo	Cho, Sung-Gi	Kim, Moo-Han

### ABSTRACT

The interest in workability and quality control of concrete is increasing as to improve quality of concrete structure according to industrialization.

Therefore, it is the aim of this study to evaluate the quality of flowing concrete and systematize quality control by analyzing the data of the quality control of concrete through a basic quality control system for improvement of the concrete in pumping flowing concrete for construction industry..

### 1. 서론

오늘날 사회가 발전함에 따라 건축물의 성능 및 안전성에 대한 관심이 증가되고 있다. 특히 도시화에 따라 보다 경제적으로 우수한 성능의 구조체를 요구하는 사례가 증가하고 있는 추세이며, 이러한 요구는 콘크리트의 시공성 및 품질관리에 의해 크게 좌우되는 경우가 많다.<sup>1)</sup>

따라서 본 연구는 콘크리트의 시공성 및 품질관리를 개선함으로써 콘크리트 구조체의 품질 및 성능을 향상시키고, 결과적으로 시공성의 개선에 따른 경제적 효과를 기하기 위한 목적으로<sup>2)</sup>, 고성능 AE 감수제를 첨가한 건설산업용 유동화콘크리트를 제작하여 실제 APT 현장에 타설하는데 있어, 이의 품질확보 및 개선을 위한 방법론으로써 소정의 품질관리시스템(슬럼프, 슬럼프 손실, 공기량, 온도, 콘크리트의 압축강도)에 의한 콘크리트의 자료를 분석하여 실제 현장에서 타설되고 있는 건설산업용 유동화콘크리트의 품질평가와 아울러 품질관리의 시스템화를 이루는데 본 연구의 목적이 있다.

### 2. 연구의 개요

- \* 정회원, 충남대학교 산업기술연구소 선임연구원
- \*\* 정회원, 대전대학교 건축공학과 대학원
- \*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과 대학원
- \*\*\*\* 정회원, 개롱건설산업(주)
- \*\*\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2.1 유동화콘크리트의 소요품질

유동화콘크리트의 소요품질은 표 1과 같다. 또한 유동화콘크리트의 유동성(슬럼프, 슬럼프-플로우) 유지성능을 그림 1과 같이 운반, 타설대기, 타설소요시간 등을 고려하여 60~90분으로 설정하였으며, 공기량을 4.5±1.5%로 설정하였다.

표1. 유동화콘크리트의 소요품질

평가항목	목표값	비고
설계기준강도	240kgf/cm <sup>2</sup>	배합설계산정 「콘크리트 調合設計指針・同解説」 -일본건축학회-
품질기준강도	270kgf/cm <sup>2</sup>	
배합강도	310kgf/cm <sup>2</sup>	· 규격-KS F 2405 (Φ10×20)
슬럼프	18~22cm	· KS F 2402 (유동성 유지시간 60~90)분
슬럼프-플로우	35~45cm	
공기량	4.5±1.5%	· KS F 2421

2.2 배합강도의 산정

유동화콘크리트의 배합강도는 「콘크리트 調合設計指針・同解説」(일본건축학회)를 참조하여 다음과 같이 산정하였다.

① 품질기준강도

구조물 및 부재의 요구성능을 얻기 위해 필요한 콘크리트의 압축강도로서 일반 설계기준강도와 내구설계기준강도를 확보하기 위하여 콘크리트의 품질을 기준으로 하여 설정한 강도.

$$F_q > F_c + \Delta F = 240 + 30 = 270 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_q > F_d + \Delta F = 240 + 30 = 270 \text{ kgf/cm}^2$$

F<sub>q</sub> : 품질기준강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

F<sub>c</sub> : 설계기준강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

F<sub>d</sub> : 내구설계기준강도 (표준등급 : 240kgf/cm<sup>2</sup>)

ΔF : 표준공시체와 구조체콘크리트의 압축강도차를 고려한 할증강도 (≒30kgf/cm<sup>2</sup>)

② 배합강도

$$28F \geq F_q + T_{28} + K_2 \cdot \sigma$$

$$28F \geq \alpha (F_q + T_{28}) + K_3 \cdot \sigma$$

mT<sub>m</sub> : 4~8월까지 일평균 기온이 15℃ 이상이므로 T=0

K<sub>2</sub> : 불량률 5% 이하로 하기위한 정규편차 (K=1.645)

K<sub>3</sub> : 품질기준강도에 대하여 허용최소치의 변동을 고려한 정규편차 (K<sub>3</sub> = 3.0)

σ : 품질기준강도에 대한 허용최소치와의 비 (α=0.85)

$$28F \geq 270 + 1.645 \times 25 \approx 310 \text{ kgf/cm}^2$$

$$28F \geq 0.85 (270 + 0) + 3.0 \times 25 \approx 304.5 \text{ kgf/cm}^2$$

따라서 배합강도는 310kgf/cm<sup>2</sup>로 설정한다.

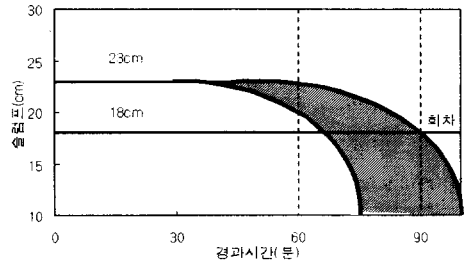


그림 1. 경과시간에 따른 유동성 손실

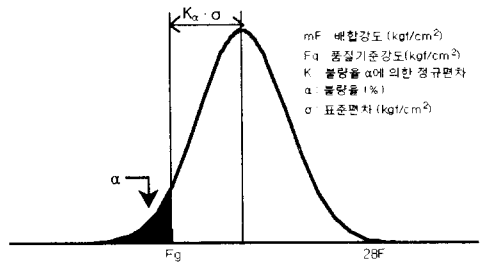


그림 2. 유동화콘크리트의 정규분포

3 유동화콘크리트의 품질

3.1 월별 일평균 기온의 분포

그림 3은 월별 일평균 기온을 나타낸 것으로 각 월별 일평균 기온이 각각 12.5℃/4월, 17.9℃/5월, 20.9℃/6월, 24.6℃/7월, 25.8℃/8월로 나타났다.

3.2 굳지않은 콘크리트의 성상(슬럼프, 공기량)

그림 4와 그림 5에 4~7월에 타설한 유동화콘크리트의 슬럼프와 공기량을 나타내었다. 슬럼프, 공기

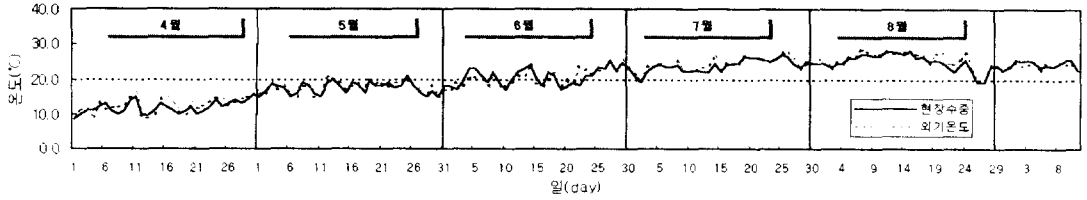


그림 3. 월별 일평균기온

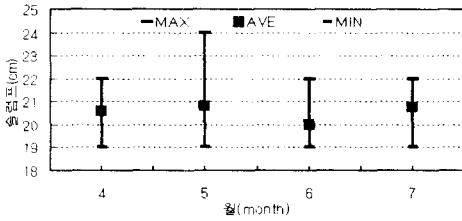


그림 4. 월별 슬럼프의 변화(4~7월)

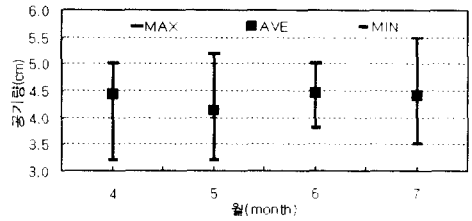


그림 5. 월별 공기량의 변화(4~7월)

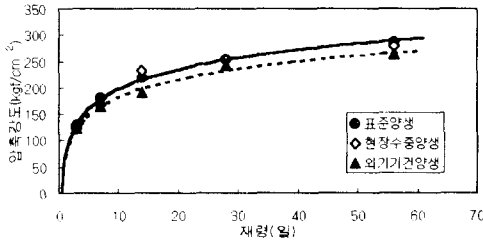


그림 6. 양생방법별 강도발현(5~6월)

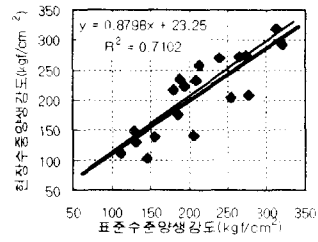


그림 7. 표준양생강도와 현장수중양생강도와의 관계(5~6월)

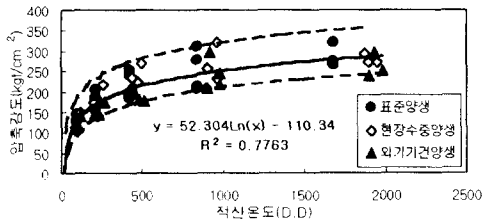


그림 8. Plowman식에 의한 적산온도와 실측치와의 관계

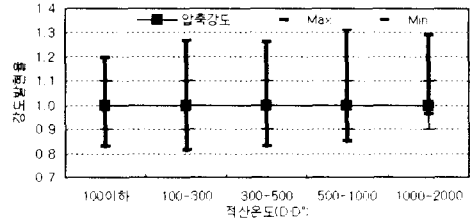


그림 9. 적산온도와 강도발현율

량 모두 본 실험에서의 목표값에 모두 만족하는 것으로 나타났다.

### 3.3 콘크리트의 강도발현

#### 3.3.1 양생방법별 강도발현

그림 6은 공사현장에서 타설되고 있는 유동화콘크리트를 표준양생, 현장수중양생, 외기건양생의 세가지 양생방법으로 나누어 실험한 결과를 나타낸 것이다. 표준양생과 현장수중양생에 의한 강도발현 성상은 매우 유사한 경향을 보이고 있는데 이는 표준양생 및 현장수중양생의 온도범위가 5~6월에 타설 및 양생된 콘크리트의 경우 유사했기 때문으로 사료되며, 외기건양생의 경우 약 8% 정도 낮은 비율로 발현되었다. 또한 표준수중양생강도와 현장수중양생강도와의 관계를 나타낸 그림 7에서도 강도가 거의 유사하게 발현된 것으로 나타나고 있다.

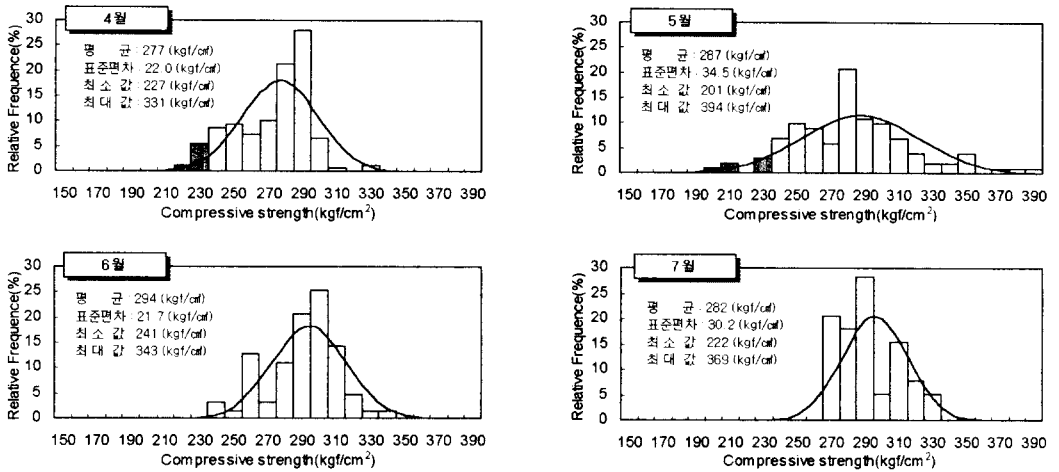


그림 10. 월별 강도시험결과

### 3.3.2 적산온도와 강도발현율

그림 8은 Plowman식에 의한 적산온도와 실측치와의 관계를 나타낸 것으로 실제 건설생산현장에서 유동화콘크리트의 강도예측에 적산온도를 활용하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 그림 9는 적산온도와 강도발현율을 나타낸 것으로 대부분 강도발현율  $1 \pm 0.3\%$ 범위안에 있는 것으로 나타났다.

### 3.4 월별 콘크리트의 강도시험결과

그림 10은 4월부터 7월까지 월별 강도시험결과를 나타낸 것으로 4, 5월의 경우 정규편차가 다소 크고, 불량율이 높게 나타나는데 그의 불량원인을 파악한 결과 유동화 적용단계에서의 인식부족, 관리용 공시체의 제조 및 치수 오차, 골재 표면수적용 오차 등이 있으며, 관리도의 작성 및 분석시스템의 도입에 의하여 강도관리수준이 향상되었다. 따라서, 월별 강도분포를 검토하여 평균값과 표준편차를 통해 보다 균일한 콘크리트를 제조할 수 있는 기초자료로서 활용할 수 있다.

## 4. 결론

1. 양생조건별로 콘크리트 강도시험을 한 결과 표준양생과 현장수증양생의 경우 거의 유사한 강도수준을 보여주고 있으나, 외부기건양생의 경우 상대적으로 낮은 발현현상을 보이고 있어 실구조체콘크리트의 양생방법등에 대한 고려가 필요하다.
2. 구조체콘크리트의 압축강도는 공사현장에서 타설 및 다짐, 기온조건 등 제반조건을 고려하여 현장양생과 외부기건양생의 경우에 적산온도이론을 적용하여 보다 정확한 강도관리를 할 수 있다.
3. 히스토그램에 의한 강도 전 영역에서의 강도분포를 검토하여 보다 균일한 강도관리를 할 수 있다.

## 참고문헌

1. 콘크리트의品質管理指針・同解説, 1999 改正
2. 流動化콘크리트 施工指針案同解説, 日本建築學會
3. 김무한 외, "적산온도에 의한 고강도콘크리트의 압축강도 증진해석에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집 14권 12호 1998년 12월