

프리믹스 및 포스트믹스 시멘트를 혼입시간이 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향

Effect of Mixing Time of Pre-Mixed Cement and Post-Mixed Cement on the Strength Development of the Concrete

백성진^{1*} · 이혁² · 한준희³ · 김종⁴ · 한민철⁵

Baek, Sung-Jin^{1*} · Lee, Hyeok² · Han, Jun-Hui³ · Kim, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵

Abstract : This study proposed the optimal mixing time for pre-mixed cement and post mixed cement using the statistical analysis method of box plots. Pre-mixed cement can prevent material seegregation, strength loss, and quality variation if mixed for at least 60 seconds, and the data median is shown to be within the box range. Post-mixed cement should be mixed for at least 180 seconds to prevent material segregation, strength loss, and quality variation, and compressive strength tends to increase with longer vibrating times. Therefore, it is suggested that using pre-mixed cement can shorten the vibrating time and increase the productivity of the concrete.

키워드 : 프리믹스 시멘트, 포스트믹스 시멘트, 비빔시간, 박스플롯

Keywords : pre-mixed cement, post-mixed cement, mixing time, box-plot

1. 서론

현재 국내 레미콘 공장의 일 평균 생산시간은 레미콘 8.5제로 인해 8시간으로 제한되었고, 공장의 수와 일일 출하량을 고려한 시간을 계산하면 레미콘 차량 1대분량의 생산시간은 약 190초로 추정된다. 일반적으로 혼합시간이 짧아지면 콘크리트의 품질이 저하될 수 있는데, 특히 재료 분리, 강도저하 및 품질 편차 등을 야기할 수 있다. 그럼에도 불구하고 KS F 4009에 따르면 혼합시간 규정은 “규정하는 믹서로 공장 내에서 균일하게 혼합한다.”, “혼합량과 혼합시간은 규정한 시험을 하여 결정한다”라는 문구로 명확한 혼합시간을 규정하고 있지 않다.

따라서, 본 연구에서는 주문자의 요구사항에 맞게 사전 혼합한 프리믹스 시멘트와 개별 혼합한 포스트믹스 시멘트에 대하여 통계적 분석 방법 중 하나인 박스 플롯을 사용해서 프리믹스와 포스트믹스 시멘트를 사용한 콘크리트의 적정 비빔시간을 제안하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 배합사항으로 W/C 40%, 결합재 조성비는 OPC:FA:BS = 4:4:2의 삼성분계 시멘트로 비빔시기에 따라 사전 혼합한 시멘트(이하 프리믹스 시멘트)와 개별 혼합한 시멘트(이하 포스트믹스 시멘트) 2수준, 비빔시간 변수는 10, 30, 60, 120, 180초로 총 5수준으로 비빔시간 180초를 Plain으로 하여 목표 슬럼프 및 목표 공기량을 만족하도록 배합 설계한 다음 모든 변수에 동일하게 적용하였다. 실험사항으로 굳지 않은 콘크리트에서 슬럼프 및 공기량을 측정하였으며, 경화 콘크리트에서는 데이터 분석을 위하여 총 30개의 재령 28일 압축강도 시험체 강도를 측정하였다. 또한, 데이터 분석방법은 데이터 시각화 유형 중 하나인 데이터의 분포와 데이터군을 비교할 수 있는 박스 플롯을 사용하였다.

표 1. 실험계획

실험항목		실험수준	
실험 요인	W/C (%)	1	40
	목표 슬럼프 (mm)		180 ± 25
	목표 공기량 (%)		4.5 ± 1.5
	비빔 방법	2	프리믹스 시멘트 ¹⁾ 포스트믹스 시멘트 ²⁾
	비빔 시간 (초)	5	10, 30, 60 120, 180 ³⁾
실험 사항	굳지 않은 콘크리트	2	슬럼프 및 슬럼프 플로 공기량
	경화 콘크리트	1	압축강도 (28일)

1) 개별 혼합한 시멘트 OPC:FA:BS = 4:4:2

2) 사전 혼합한 시멘트 OPC:FA:BS = 4:4:2

3) Plain

1) 청주대학교 건축공학과, 석사과정, 교신저자(psj970616@gmail.com)

2) 청주대학교 건축공학과, 석사과정

3) 청주대학교 건축공학과, 박사과정

4) 청주대학교 건축공학과, 조교수, 공학박사

5) 청주대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

3. 실험결과 분석 및 고찰

표 2. 시멘트 비빔방법에 따른 슬럼프와 슬럼프 플로우

구분		비빔시간 (초)				
		10	30	60	120	180
포스트 믹스 시멘트 (mm)	슬럼프	205	115	140	155	190
	슬럼프 플로우	615	275	280	280	305
프리 믹스 (mm)	슬럼프	165	150	190	170	170
	슬럼프 플로우	375	270	380	280	285

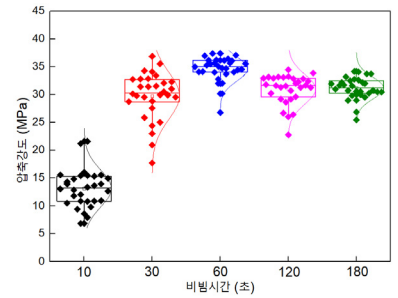
먼저 표 2는 시멘트 비빔방법에 따른 슬럼프와 슬럼프 플로우 결과값을 나타낸 것이다. 모 든배합의 비빔시간 180초에서 목표 슬럼프인 180±25mm를 만족하게 배합설계를 진행하였 다. 전적으로 비빔시간이 짧아질수록 믹스방법에 관계없이 슬럼프가 감소하는 것으로 나타 났다.

그림 1은 물시멘트비 40%에서 결합재 혼합시기 및 비빔시간별 3성분계 콘크리트의 재령 28일 압축강도를 박스 플롯으로 나타낸 것이다. 먼저, 그림 1(a)는 프리믹스 시멘트의 비빔시 간에 따른 압축강도 데이터 분포로 비빔시간 10초의 경우는 다른 비빔시간 변수와 비교하여, 박스 플롯의 중앙값이 약 13MPa로 낮은 것을 확인할 수 있다. 이는 짧은 비빔시간으로 인해 재료가 충분히 혼합되지 못해 재료분리가 발생하여 강도가 저하되었을 것으로 판단된다. 반 면에, 비빔시간 60초 이상의 경우는 중앙값이 약 30 MPa로 10초간 비빔경우보다 크게 나타났 으며 360초의 비빔시간 강도대비 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 프리믹스 시멘트 의 적절한 비빔시간은 60초 내외가 될 것으로 판단된다.

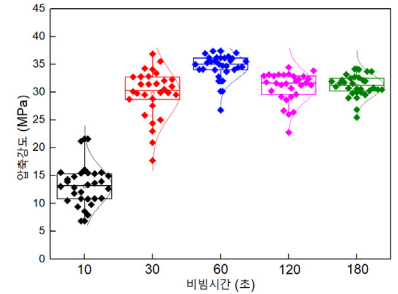
한편, 그림 1(b)는 포스트믹스 시멘트의 비빔시간별 재령 28일 압축강도 데이터 분포를 보 여주고 있으며, 비빔시간 10초와 30초의 경우, 중앙값이 다른 시간 변수 (60~360초)에 비해서 하위 범위에 분포하는 것으로 나타났다. 이는 짧은 비빔시간으로 인해 그림 2(b)와 같이 광물 질 혼화재의 분산이 충분히 일어나지 않아 재료분리가 발생하여 품질편차가 발생한 것으로 판단된다. 비빔시간 60초와 120초의 경우는 전체적인 강도분포가 Plain으로 계획한 180초보 다 낮게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 사전 혼합한 프리믹스 시멘트와 포스트믹스 시멘트의 적정 비빔시간을 압 축강도 측면에서 통계적 분석 방법인 박스 플롯을 사용하여 분석한 결과를 분석하였다. 연구 결과프리믹스 시멘트를 사용할 경우, 재료분리, 강도저하 및 품질편차를 방지하고, 데이터 중 앙값이 상자 범위에 분포하는 혼합시간은 최소 60초 이상으로 판단되나, 포스트 믹스 시멘트 를 사용할 경우 재료분리, 강도저하 및 품질편차를 방지하고, 데이터 중앙값이 상자 범위에 분 포하는 혼합시간은 최소 180초 이상으로 판단되어 프리믹스방법으로 시멘트를 혼합하는 것 이 콘크리트 비빔시간 단축측면에서 효과적인 것으로 사료된다.

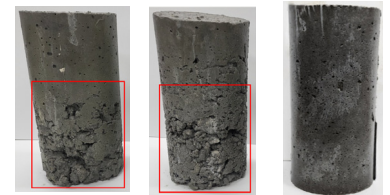


(a) 프리믹스 시멘트



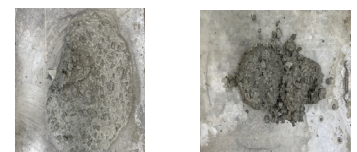
(b) 포스트믹스 시멘트

그림 1. 분체혼합시기 및 비빔시간에 따른 압축강도분포 [W/C 40 %]



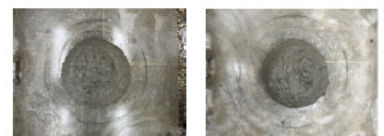
(a) 10초 배합 (b) 30초 배합 (c) 180초 배합

그림 2. 비빔시간에 따른 압축강도 공시체



(a) 포스트믹스 시멘트 (b) 프리믹스 시멘트

그림 3. 비빔시간 10초 슬럼프



(a) 포스트믹스 시멘트 (b) 프리믹스 시멘트

그림 4. 비빔시간 180초 슬럼프