

# 한중조건에서 시멘트 종류 및 양생온도별 콘크리트의 강도 발현 특성

## Characteristics of Concrete Strength Development Based on Cement Type and Curing Temperature in Cold-Weather Conditions

한준희<sup>1\*</sup> · 임군수<sup>2</sup> · 이현직<sup>3</sup> · 박재웅<sup>3</sup> · 김종<sup>4</sup> · 한민철<sup>5</sup>

Han, Jun-Hui<sup>1\*</sup> · Lim, Gun-Su<sup>2</sup> · Lee, Hyeon-Jik<sup>3</sup> · Park, Jae-Woong<sup>3</sup> · Kim, Jong<sup>4</sup> · Han, Min-Cheol<sup>5</sup>

**Abstract** : In this study, analyzed the difference in compressive strength of concrete under cold conditions, using the 28-day standard curing compressive strength as a reference and examining variations based on cement types and curing temperatures. The results showed that the strength difference based on curing temperatures reached up to 9MPa at 0°C. However, as the curing period progressed, the difference in strength due to curing temperature gradually diminished. These findings are anticipated to be valuable for concrete mixing and quality control in cold weather conditions.

**키워드** : 저온조건, 강도발현, 시멘트 종류

**Keywords** : low temperature, strength development, cement types

### 1. 서론

콘크리트의 압축강도는 콘크리트의 중요한 역학적 성질 중 하나로 건축 구조체에서 용도, 설계 및 기상 조건에 따라 요구성능에 차이가 있다. 특히, 콘크리트 구조체의 강도는 구성재료의 특성으로 인하여 기온에 민감하게 반응한다. 이에 따라 국가건설기준(KCS)에서는 콘크리트 배합강도 결정시 일평균 기온조건 및 시멘트 종류에 따라 강도를 할증하도록 규정하고 있다.

하지만, 국가건설기준(KCS)의 강도 보정은 KCS 14 20 10의 일반 콘크리트 기준으로 일평균 기온 4°C~18°C의 한랭기 조건이므로, 4°C이하 및 일최저기온 0°C 이하인 한중 콘크리트 적용조건에서는 강도 보정을 적용할 수 없는 실정이다.

따라서, 본 연구는 한중 조건에서의 시멘트 종류 및 양생온도별 콘크리트의 강도 발현 특성을 분석하여, 한중 조건에서의 콘크리트의 압축강도 확보 및 품질관리에 연관한 참고자료로 제시하고자 한다.

표 1. 실험계획

구분	수준	실험변수				
		W/B(%)	4	40	45	50
배합사항	슬럼프(mm)	1	180 ± 25			
	공기량(%)		4.5 ± 1.5			
	시멘트 종류	3	OPC <sup>1)</sup>	FAC <sup>2)</sup>	BSC <sup>3)</sup>	
	양생온도(°C)	3	20	4	0	
실험사항	경화 콘크리트	압축강도(28, 42, 56일)				

1) Ordinary portland cement (OPC)  
2) Fly ash cement(FAC) 2종  
3) Blast furnace slag cement(BSC) 2종

### 2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 물-시멘트비는 40%~55%까지 5% 단위로 총 4수준으로 계획하였으며, 모든 변수에서 목표 범위를 만족하도록 배합 설계하였다.

시멘트 종류는 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC), 2종 플라이애시 시멘트(FAC) 및 2종 고로슬래그 시멘트(BSC)로 3수준으로 하였으며, 양생 온도 변수는 표준양생조건 20°C, 한랭기 온도조건 4°C 및 한중기 온도조건으로 0°C로 총 3수준으로 선정하였다.

실험사항으로 표준양생 조건을 기준으로 양생 온도 변수에 따른 재령별 압축강도 차이를 분석하는 것으로 계획하였으며, 관련 실험은 KS 기준에 의거하여 실시하였다.

1) 청주대학교, 건축공학과, 박사과정, 교신저자(gksehxhf@naver.com)

2) 청주대학교, 건축공학과, 박사과정

3) 청주대학교, 건축공학과, 석사과정

4) 청주대학교, 조교수, 공학박사

5) 청주대학교, 교수, 공학박사

### 3. 실험결과 분석

그림 1은 재령 28일 표준양생 조건 압축강도를 기준으로 시멘트 종류 및 양생온도에 따른 콘크리트의 재령별 압축강도의 차이를 나타낸 것이다. 먼저, 일반적인 경향으로 물-시멘트비(W/C) 및 양생온도에 따른 강도 발현 특성은 W/C가 증가할수록 강도는 감소하는 경향으로 나타났으며, 양생온도의 경우는 양생온도가 낮아질수록 강도발현이 저하하는 것으로 나타났다.

한편, 재령 28일 표준양생 조건 압축강도를 기준으로 각 변수별 강도차이는 시멘트 종류에 상관없이 유사한 경향으로 나타났으며, 재령경과에 따른 압축강도 차이는 감소하는 것으로 나타났다. 구체적으로 재령 28일 표준양생 조건(20°C)대비 재령 28일 한랭기 온도 조건(4°C)에서의 압축강도 차이는 평균 6 MPa, 한중기 온도 조건(0°C)에서는 평균 9 MPa의 강도차이로 나타났다. 또한, 위와 동일한 요령으로 재령 42일 경우는 한랭기 온도 조건(4°C)에서 압축강도 차이가 평균 3 MPa, 한중기 온도 조건(0°C)에서는 평균 6 MPa의 강도 차이로 나타났으며, 재령 56일의 경우는 한랭기 온도 조건(4°C)에서 압축강도 차이가 평균 1~2 MPa, 한중기 온도 조건(0°C)에서는 평균 3~4 MPa의 강도 차이로 나타났다. 즉, 양생온도가 낮아지면 강도 발현도 저하되는 것으로 나타났으나, 재령 28일, 42일, 56일의 콘크리트 강도를 비교했을 때, 재령이 경과함에 따라 양생온도의 영향으로 인한 강도 차이는 감소하는 것으로 나타났다.

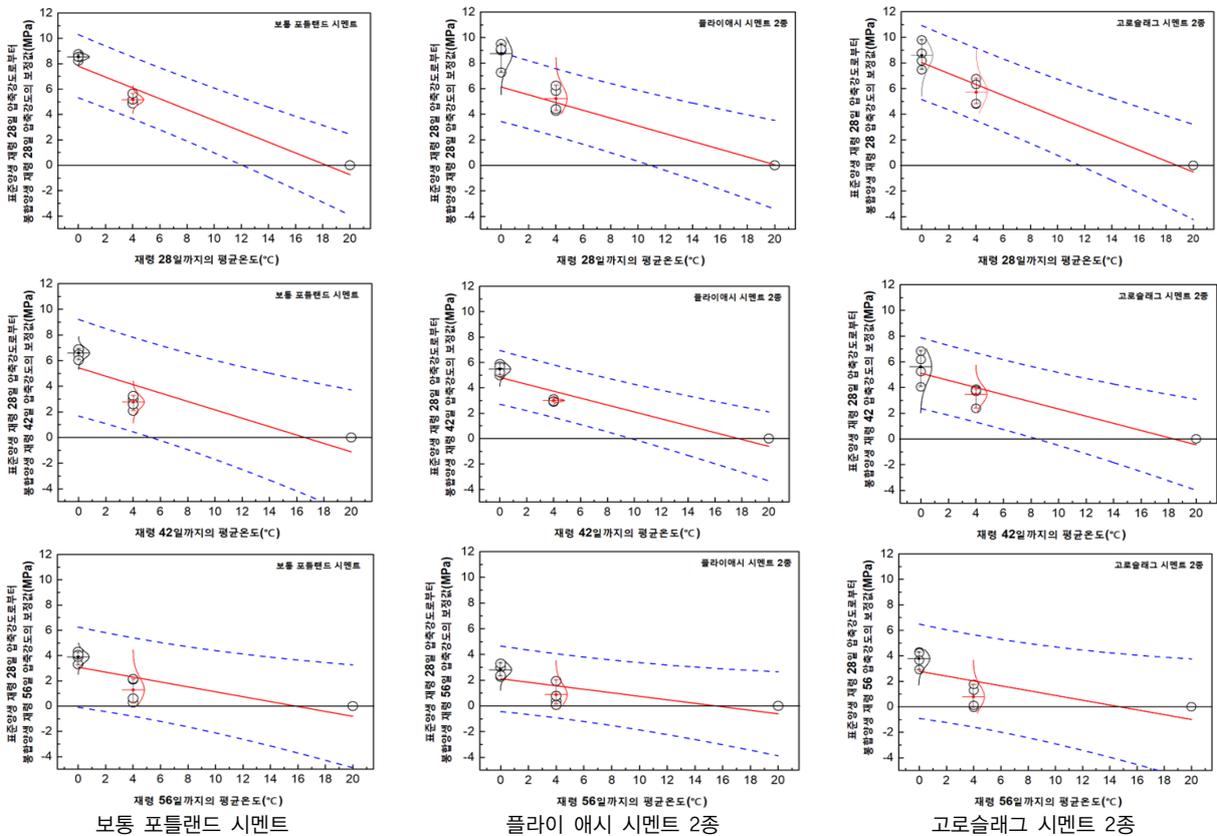


그림 1. 시멘트 종류 및 양생온도별 콘크리트의 재령별 압축강도차

### 4. 결론

본 연구는 한중 조건에서의 재령 28일 표준양생 조건 압축강도를 기준 시멘트 종류 및 양생온도 조건에 따른 콘크리트의 압축강도 차이를 중심으로 분석하였다. 분석결과 양생온도별 강도차이는 0°C조건에서 최대 9 MPa로 나타났다. 그러나, 재령이 경과할수록 양생온도의 영향으로 인한 강도 차이는 점차 감소하는 것으로 나타났다. 한중 온도 조건에서의 콘크리트 배합 및 품질관리에 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

### 감사의 글

이 논문은 2023년도 국가건설기준센터의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.