

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

# 시멘트 종류와 직경변화에 따른 하이브리드미터의 응결 및 압축강도 추정

## Estimation of Setting time and Compressive Strength of Hybrid meter According to Cement Types and Diameter Variations

○박재웅\* 정준택\*\* 백성진\*\*\* 임군수\*\*\* 김종\*\*\*\* 한민철\*\*\*\*\*  
Park, Jae-Woong Jeong, Jung-Taek Baek, Seong-Jin Lim, Gun-Su Kim, Jong Han, Min-Cheol

### Abstract

This study aimed to evaluate a feasibility of estimating setting time and compressive strength of high early strength concrete using a Hybrid meter. As a result, It was determined that the measured hardness value at the initial set, final set and at 5MPa of the Hybrid meter were not affected by types of cement. In addition, the Proctor penetration resistance value and the hardness value measured by the Hybrid meter(A) had a high correlation.

키워드 : 하이브리드미터, 조강 콘크리트, 응결시간, 압축강도

Keywords : Hybrid meter, High Early Strength Concrete, Setting time, Compressive Strength

### 1. 서론

콘크리트 공사에서 타설이 완료된 후 수행하는 주요품질관리는 표면마감작업을 위한 응결시간 확인, 소요 재령별 압축강도 확인등이 있다. 현재, 건설현장에서 표면마감작업을 실시하는 시점은 중요시되지만, 수치적으로 관리하지 못하고 기능공의 주관적 판단에 의해 수행되고 있다.

또한, 측면 거푸집 탈형시기의 경우 구조체 관리용 공시체를 이용하는 번거로움으로 인하여 초기품질관리에 어려움이 있다. 이에 본 연구진은 기존 연구에서 세티미터를 이용한 응결시간 및 스트랭스미터를 이용한 초기재령 압축강도 추정방법을 제안한 바 있다. 이후 두 기기의 역할을 하나의 기기로 결합한 하이브리드미터를 개발하여 표면경도에 의한 응결 및 압축강도 추정 연구를 지속적으로 진행하고 있다.

따라서 본 연구는 해당 연구의 일환으로 보통 콘크리트와 조강 콘크리트를 Proctor 관입저항시험기와 만능재료시험기를 통한 측정값들과 하이브리드미터를 이용한 측정값을 상호비교한 후, 기존 연구결과와의 부합성을 검토하고자 한다.

### 2. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 실험사항은 KS 표준에 의거하여 진행하였다. 하이브리드미터의 상세 규격은 표 2와 같으며 측정시 오차를 최소화하기 위해 5회 측정 후 평균 경도치(HD)를 사용하였다. 측정기기의 구성 및 원리는 그림 1과 같다.

표 1. 실험계획

구분	실험요인	실험수준	
배합 사항	시멘트	2	· OPC, HESC <sup>1)</sup>
	목표 슬럼프(mm)	1	· 180±25
	목표 공기량(%)		· 4.5±1.5
실험 사항	응결시간	3	· Proctor 관입저항시험기 · 하이브리드미터(A) · 하이브리드미터(B)
	압축강도	3	· 만능재료시험기 · 하이브리드미터(A) · 하이브리드미터(B)

1) 조강시멘트

표 2. 측정기기의 추정치의 상세 규격

구분	단면형상	직경(mm)	침길이(mm)
하이브리드 미터	(A)	1.5	2.1
	(B)	원기둥 2.0	

\* 청주대 건축공학과 석사과정  
(Corresponding author : Department of Architectural Engineering,  
CheongJu University, jaewoong918@naver.com)

\*\* 청주대 건축공학과 석사과정

\*\*\* 청주대 건축공학과 박사과정

\*\*\*\* 청주대 건축공학과 조교수, 공학박사

\*\*\*\*\* 청주대 건축공학과 교수, 공학박사

이 연구는 2024년도 (주)유담엔지니어링건축사사무소 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:202100197

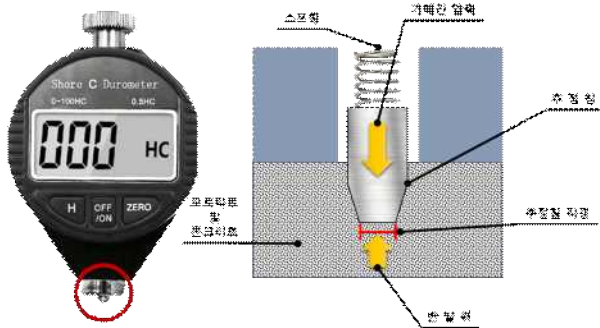


그림 1. 하이브리드미터 구성 및 원리

### 3. 실험 결과 및 분석

그림 2는 시멘트 종류별 시간경과에 따른 하이브리드미터 (A) 및 (B)의 측정 경도치를 나타낸 것이다. 조강 콘크리트는 보통 콘크리트에 비하여 초결시간 약 32% 종결시간 약 33%, 5MPa 도달까지 약 31%까지 촉진되는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 조강형 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트보다 분말도가 높아 배합수와와 접촉면적이 넓어져서 수화반응이 촉진되어 나타난 것으로 판단된다.

표 3은 하이브리드미터의 측정 경도치, 초결, 종결 및 5 MPa 도달시 측정 경도치를 나타낸 것이다. 하이브리드미터(A), (B) 모두 시멘트 종류 변화에 큰 영향을 받지 않는 것으로 확인되었다. 또한, 하이브리드미터(A)의 경우 하이브리드미터(B)와 비교하였을 때, 전반적으로 작은 경도치를 확인할 수 있었다. 이는 측정시 표면에 닿는 침의 단면적의 차이에 따른 것으로 판단된다.

그림 3 및 4는 시멘트 종류에 따른 측정 경도치를 관입저항치와 압축강도와의 상관성을 회귀 분석하여 그래프로 나타낸 것이다. 하이브리드미터(A)의 경우 초결시 4.0~5.9 HD, 종결시 32.3~33.6 HD, 5MPa 도달시 67.6~72.2 HD로 측정되었으며 결정계수( $R^2$ )의 경우 각각 0.931, 0.859로 높은 상관성을 확인할 수 있었다. 또한, 하이브리드미터(B)의 경우 초결시 10.1~11.7 HD, 종결 39.4~46.3 HD, 5MPa 도달시 75.0~76.0 HD로 측정되었으며 결정계수( $R^2$ )는 각각 0.895, 0.782로 하이브리드미터(A)보다 수치가 낮은 것을 확인할 수 있었다.

표 3. 하이브리드미터 측정경도치

구분	시멘트	초결 (HD)	종결 (HD)	5MPa (HD)
하이브리드미터 (A)	OPC	4.0	32.3	72.2
	HESC	5.9	33.6	67.6
$R^2$		0.931		0.859
하이브리드미터 (B)	OPC	10.1	39.4	76.0
	HESC	11.7	46.3	75.0
$R^2$		0.895		0.782

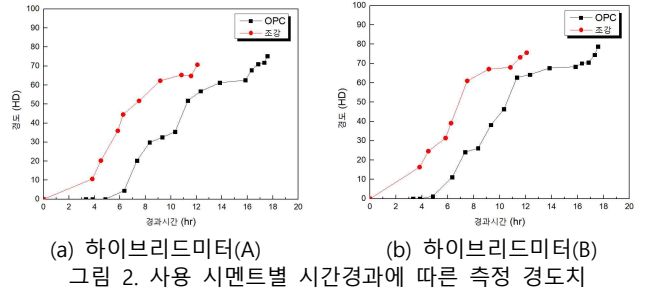


그림 2. 사용 시멘트별 시간경과에 따른 측정 경도치

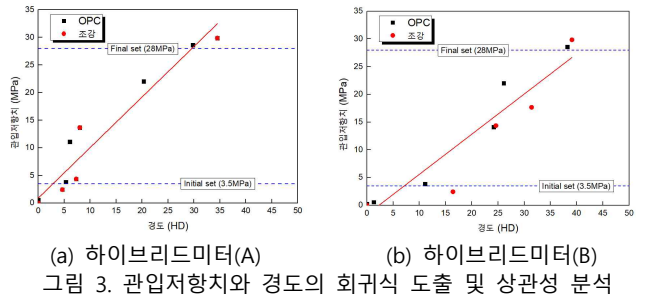


그림 3. 관입저항치와 경도의 회귀식 도출 및 상관성 분석

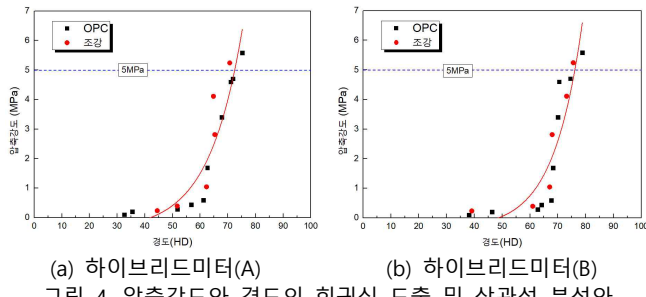


그림 4. 압축강도와 경도의 회귀식 도출 및 상관성 분석

### 4. 결론

본 연구에서는 하이브리드미터를 활용하여 보통 콘크리트와 조강 콘크리트의 응결시간과 5MPa 강도 발현 시기까지의 경도치를 측정 후 상호비교함으로써 하이브리드미터의 사용 가능성을 평가하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 본 연구조건에서 프록터 관입저항시험기에 의한 응결시간과 콘크리트 압축강도 시험에 따른 강도 발현 시기는 조강 콘크리트가 보통 콘크리트보다 더 빠른 것으로 확인하였다.
- 2) 초결 및 종결, 5 MPa 도달시 하이브리드미터를 통한 측정 경도치는 보통 콘크리트와 조강 콘크리트 모두 유사한 경도치를 확인하였다.
- 3) 프록터 관입저항시험치와 압축강도를 하이브리드미터의 측정 경도치로 추정된 결과 하이브리드미터(A)가 더 높은 상관관계를 나타내어 응결시간 및 강도 추정에 유용하게 사용할 수 있는 것으로 평가되었다.

이상을 종합하여 볼 때 하이브리드미터를 통해 콘크리트의 응결시간 및 압축강도를 측정하게 된다면 기존의 프록터 관입저항시험기와 압축강도 측정에 비해 더욱 간편하게 휴대 및 측정이 가능하며 추정의 정확도 또한 향상되는 기대효과를 확인하였다.