

일원분석을 통한 하이브리드 추정계의 측정횟수별 영향검증

One-way ANOVA Analysis to Verify the Effect of Hybrid Strength Estimators by Number of Measurements

한수환^{1*} · 후원야오² · 김수호² · 임군수³ · 김종⁴ · 한민철⁵

Han, Soo-Hwan^{1*} · Hu, Yun-Yao² · Lim, Gun-Su³ · Kim, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵

Abstract

This study is attempted to propose an appropriate number of measurements by checking and statistically analyzing the change in hardness according to the number of measurements. As a result, there was no significant difference between the 20th and 30th data, and in the 10th case, the effect on errors occurring during measurement was found to be dominant. Therefore, as the number of measurements, proposing 20 times in consideration of the convenience of use. In addition, in order to minimize the effect on the measurement error, it is proposed to remeasure the surface mane of the measurement surface and the test value in which the error occurs on the average of the test values.

키 워 드 : 일원분석, 초기재령 압축강도, 추정계, 경도치

Keywords : ANOVA analysis, early age compressive strength, estimator, hardness durometer

1. 서 론

콘크리트는 타설부터 양생을 종료하기까지 품질 및 성능을 확보하기 위해 과학적인 품질관리가 필수적이지만, 실무현장에서는 응결시간 및 측면거푸집 탈형시기와 관련된 측정기기 및 측정방법이 복잡하고 관리상 어려움이 존재하여 현장 작업자의 주관적인 경험과 판단에 근거한 평가가 수행되고 있다.

이에 본 연구팀에서는 상기의 문제를 해결하고자, 고무경도계를 이용하여 하나의 기기로 응결시간 및 초기 압축강도를 추정할 수 있는 하이브리드 추정계(추정계)를 개발하고, 그에 따른 일련의 결과를 도출하고 있다.

본 연구에서는 개발한 추정계의 초기 압축강도 추정의 정밀도 및 신뢰도 향상을 위해 추정계 측정횟수에 따른 경도치의 변화를 검토하고, 이를 통계적 분석을 통해 신뢰성 확보를 위한 적정 측정횟수를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저 하이브리드 추정계의 측정 횟수로는 KS F 2730「콘크리트 압축강도 추정을 위한 반발경도 시험방법」을 참조하여 20회를 기준으로 ± 10 회로 계획하였다. 측정 횟수별 유의성 검정을 위해 통계적 분석 방법을 이용하였는데, 측정 횟수별로 측정된 데이터들의 평균 차이 ANOVA 분석을 통해 검증하도록 계획하였다. 또한, 최소 제곱차이(LSD: Least Squared Difference)사후분석을 통해 측정된 10회, 20회, 30회의 경도치를 각각 비교하여 측정 횟수별로 집단간의 차이가 유의미한지 확인하고자 하였다.

표 1. 실험 및 분석계획

배합사항	레미콘 규격	1	25-24-150
실험변수	측정횟수(회)	3	10, 20, 30
측정사항	초기재령 압축강도(1)	2	하이브리드 추정계에 의한 반발도, 압축강도
통계적 분석	분산분석	1	일원산분석(One-way ANOVA)

1) 종결이후 5 MPa 도달전까지 2시간 간격으로 측정(하이브리드 추정계와 압축강도 동시 측정)

- 1) 청주대학교 산학협력단, 연구원, 공학석사, 교신저자(shhan@cju.ac.kr)
- 2) 청주대학교 건축공학과, 석사과정
- 3) 청주대학교 건축공학과, 박사과정
- 4) 청주대학교 건축공학과, 조교수, 공학박사
- 5) 청주대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

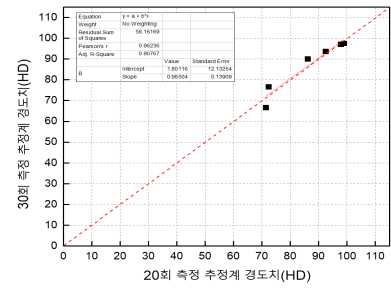
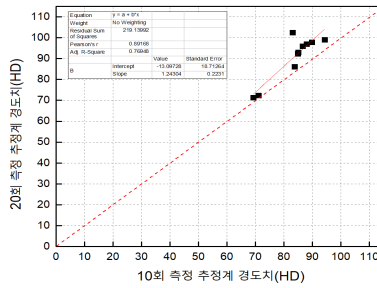
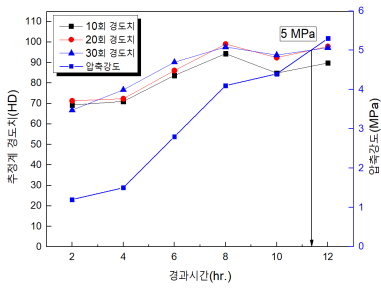


그림 1. 경과시간에 따른 경도치 및 압축강도

그림 2. 10회 및 20회 추정계 경도치 비교

그림 3. 20회 및 30회 추정계 경도치 비교

표 2. 분산 분석: 일원산 분석(분산분석 및 LSD 사후분석 결과)120

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F 비	P-value	F 기각치
처리	496.1	2	248.0	8.9	0.000446	3.2
잔차	1595.5	57	28.0			
측정횟수별 비교(d1 / d2)	LSD값	평균차이(d1-d2)	t-statistic(t 통계량)	LSD 사후분석 결과		
10회 / 20회	4.1	-8.05	-3.93	sig		
10회 / 30회		-7.43	-3.63	sig		
20회 / 30회		0.62	0.30	non		

그림 1은 측정 횟수별 경과시간에 따른 추정계의 경도치 발현특성과 압축강도 발현을 나타낸 것이다. 압축강도의 경우 시간 경과에 따라 증가하여 종결 이후 11.25시간 경과시 5 MPa를 발현하는 것으로 나타났다. 한편, 경도치의 경우 시간경과에 따라 증가하며 8시간 이후부터 증가폭이 둔화되는 것으로 나타났다. 측정횟수별 특성으로 20회와 30회 측정시 시간에 따른 경도치 변화가 유사한 경향을 보이니, 10회 측정의 경우 여타 측정에 비해 동일 시간대에서 낮은 값을 발휘함을 알 수 있었다. 특히 5 MPa 발휘 시점인 11시간 전후에서 10회 측정의 경우 경도치가 80 HD전후 였으나 20회 및 30회의 경우 90 HD전후로 나타나 약 10% 정도 낮게 측정되었다. 따라서 동일 배합조건에서도 측정횟수에 따라 경도치에 차이가 발생되어 정확한 추정을 위해 적정 측정 횟수를 판단할 필요성이 제기되었다.

이를 위해 그림 2 및 3은 측정 횟수에 따른 추정계의 경도치를 상호 비교한 것이다. 10회와 20회를 비교했을 때 20회의 경도치가 10회에 경도치가 크게 측정된 것으로 나타났고, 반면, 20회와 30회를 비교한 경우 경도치에 큰 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 표 2는 10회~30회 측정된 데이터들의 각각의 평균과 분산의 차이를 확인하고, 평균의 차이가 유의미한 값을 나타내는지 확인하고자 실시한 일원산 분석의 결과를 나타낸 것이다. 각 데이터별로 평균의 차이가 없을 것이라는 귀무가설(H_0)을 수립하였고, 분석을 통해 귀무가설 기각시 각 데이터별로 평균의 차이가 있을 것이라는 대립가설(H_1)을 수립하였다.

분석결과 나타나 $F_{비} > F_{기각치}$, P-value 값이 0.000446으로 유의수준 0.001 값보다 작게 나타나 H_0 를 기각하고, 각 데이터별로 평균의 차이가 있는 것으로 대립가설이 채택되었다. 상기의 일원산 분석 결과를 토대로 LSD 사후분석을 실시한 결과 10회와 20회, 10회와 30회를 비교했을 때 평균의 차이가 각각 -8.05, -7.43으로 나타난 반면, 20회와 30회를 비교하였을 때 평균의 차이는 0.62로 가장 낮게 나타났다. 사후분석결과 10회와 20회, 10회와 30회의 데이터간 평균이 유의미하게 다른 것으로 확인되었고, 20회와 30회의 경우 평균이 유의미하게 유사한 것으로 분석되었다.

이를 통해 10회의 경우 비교적 측정 횟수가 적어 20회와 30회에 비해 측정시 발생하는 오차에 대한 영향이 큰 것으로 판단되며, 20회와 30회의 경우 평균이 크게 다르지 않고, 상관성 또한 높은 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 본 연구진에서 개발한 하이브리드 추정계의 측정 횟수에 따른 경도치 변화를 확인하고, 통계적으로 분석하여 적정 측정 횟수를 제안하고자 하였다. 그 결과 20회와 30회의 데이터는 별다른 차이를 보이지 않았고, 10회의 경우에는 측정시 발생하는 오차에 대한 영향이 비교적 크게 나타났다.

참고문헌

1. 한수환, 김종, 한민철, 한천구. (2022). 응결시간 추정기에 의한 콘크리트 표면마감시간 관리의 가능성 분석. 대한건축학회논문집, 38(3), 241-247.