

# 비소성 황토 콘크리트의 거푸집 탈형 시점 검토를 위한 초음파속도와 강도의 상관관계 회귀 분석

## Regression analysis of the correlation between ultrasonic pulse velocity and strength to examine the demoulding time of non-sintered hwangto concrete

남영진<sup>1</sup> · 김원창<sup>2</sup> · 류정림<sup>3</sup> · 최희용<sup>4</sup> · 최형길<sup>5</sup> · 이태규<sup>6\*</sup>

Nam, Young-Jin<sup>1</sup> · Kim, Won-Chang<sup>2</sup> · Ryu, Jung-Lim<sup>3</sup> · Choi, Hee-Yong<sup>4</sup> · Choi, Hyeong-Gil<sup>5</sup> · Lee, Tae-Gyu<sup>6\*</sup>

**Abstract** : Recently, interest in reducing cement has been growing. Hwangto, an eco-friendly material, has advantages such as air purification effect and humidity control, but when used, accidents such as form collapse may occur due to low strength and reduced durability. In order to quantitatively evaluate the timing of mold demoulding, we would like to evaluate the timing of mold demoulding through correlation with compressive strength using ultrasonic pulse velocity. As a result, the time at which 5 MPa is developed is after 20 hours for the test specimen of W/B 41, in the case of W/B 33, NC33 and HTC33-15 were equally expressed at 12 hours, and HTC33-30 was expressed at 16 hours.

**키워드** : 비소성 황토, 초음파속도, 압축강도, 상관관계

**Keywords** : non-sintered hwangto, ultrasonic pulse velocity, compressive strength, correlation

### 1. 서론

최근 지구온난화의 주요 원인인 온실가스를 저감하기 위한 구체적인 정책과 연구가 증가되고 있다. 특히, 건설부분에서는 시멘트 제조과정에서 발생하는 이산화탄소를 저감하기 위해 시멘트를 대체 할 수 있는 재료에 대해 연구를 지속적으로 수행하고 있다. 그 중 친환경 재료인 황토가 기존 연구자에 의해 일부 연구가 되었으며, 공기정화, 습도 조절과 취득용이 등 다양한 이점을 가지고 있다. 하지만 이러한 황토를 사용했을 때 강도 발현률이 낮아 거푸집 탈형 시점의 평가를 보통콘크리트와 동일 시점에서 진행한다면 거푸집 붕괴 사고와 같은 중대재해가 발생할 우려가 있다고 판단된다.

본 연구에서는 강도발현을 정량적으로 평가하기 위해서는 비파괴 공법 중 하나 인 초음파속도법을 활용해 실시간 모니터링을 실시해야한다고 판단된다. 따라서 본 실험에서는 압축강도와 초음파속도법을 활용해 상관관계로 거푸집 탈형 시점에 대해 평가를 진행하고자 한다.

### 2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트로서 밀도는 3.15g/cm<sup>3</sup>, 분말도는 3,200cm<sup>2</sup>/g이다. 황토는 이산화탄소 절감의 취지에 따라 비소성 황토를 사용했으며, 밀도는 2.50g/cm<sup>3</sup>, 분말도는 3,300cm<sup>2</sup>/g이다. 그리고 사용된 굵은 골재는 분쇄된 화강암 골재이며, 밀도는 2.68g/cm<sup>3</sup>, 조립률은 7.03, 흡수율은 0.68%, 최대 치수는 20mm이다. 잔골재의 경우 강 모래를 사용하였으며, 밀도는 2.54g/cm<sup>3</sup>, 조립률은 2.54, 흡수율은 1.6%이다. 실험을 원활하게 수행하기 위해 혼화제인 폴리카르본산계를 사용하였다.

본 실험의 배합은 표 1에 나타냈으며, W/B의 경우 41%와 33%이다. 비소성 황토의 치환율은 0%, 15% 그리고 30%로 설정하였다. 측정 항목의 경우 압축강도와 초음파속도를 설정하였으며, 측정 방법으로 압축강도는 6시간부터 24시간까지 2시간마다 1회 측정을 진행하였다. 초음파속도는 6시간부터 12시간까지는 30분 동안, 12시간부터 24시간까지는 60분 동안 1회씩 측정을 진행하였다.

1) 세명대학교 소방방재공학과, 석사과정

2) 세명대학교 소방방재공학과, 박사과정

3) ㈜에프엠웍스, 대표이사, 공학박사

4) ㈜클레이맥스, 대표이사, 공학박사

5) 경북대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

6) 세명대학교 소방방재공학과, 교수, 공학박사, 교신저자(ltg777@semyung.ac.kr)

표 1. 콘크리트의 배합

ID.	W/B (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )				
			W	C	NHT	S	G
NC41	41.0	46.0	165	400	0	799	956
HTC41-15			165	340	60	794	950
HTC41-30			165	280	120	788	943
NC33	33.0	43.0	165	500	0	711	961
HTC33-15			165	425	75	705	953
HTC33-30			165	350	150	699	944

### 3. 실험 결과

그림 1에는 압축강도와 초음파속도를 측정하여 보통콘크리트와 황토를 혼합한 콘크리트의 상관관계를 나타냈다. 수직 거푸집 탈형 강도인 5MPa와 탈형 시간인 12시간에 충족하는 것은 W/B 33% 시험체에서 NC33과 HTC33-15이며, 그 시점에서의 초음파속도는 2.57km/s와 2.18km/s를 나타냈다. 다음으로 HTC33-30이 16시간에서 5 MPa를 발현했으며, 그 시점에서의 초음파 속도는 2.68km/s를 보였다. W/B 41% 시험체에서 NC41은 20시간, HTC41-15는 24시간에 5MPa를 발현하였으며, 그 시점에서의 초음파속도는 2.92km/s, 2.78km/s를 나타냈다. HTC41-30은 24시간 이내에 5MPa에 도달하지 못했다.

상관관계의 경우 W/B 33%에서는 NC33이 가장 높은 0.99를 보였으며, W/B 41%에서는 HTC41-15가 가장 높은 0.97를 나타냈다. HTC41-30은 0.88로 각 시험체 대비 가장 낮은 상관관계를 보였으며, 나머지 시험체에서 0.90 이상의 높은 상관관계를 보였다.

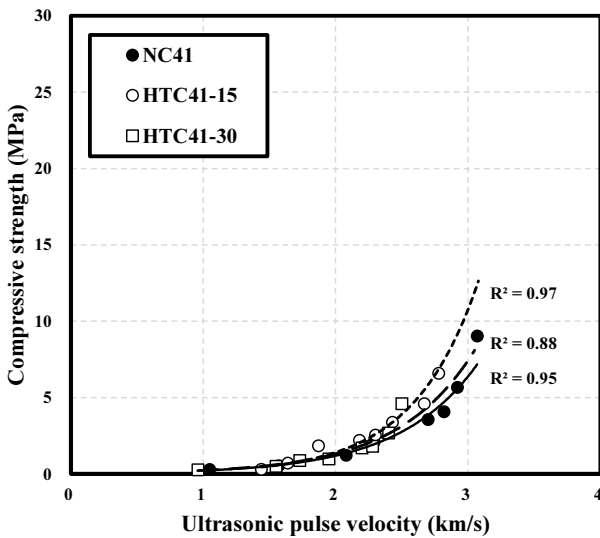


그림 1. W/B 41% 시험체의 초음파속도와 압축강도의 상관관계

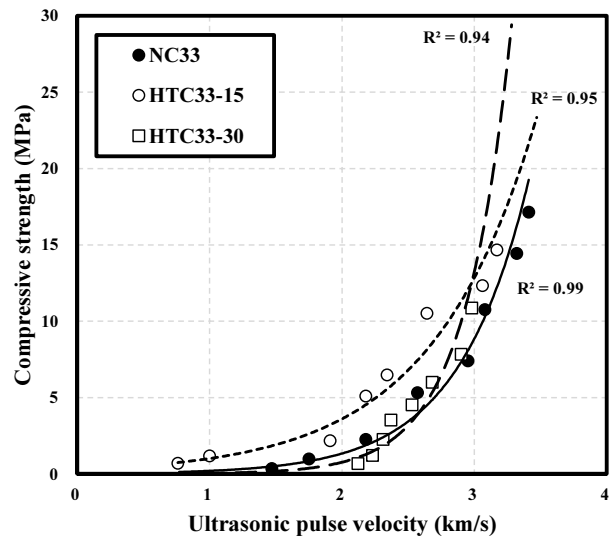


그림 2. W/B 33% 시험체의 초음파속도와 압축강도의 상관관계

### 4. 결론

본 연구에서는 거푸집 탈형 시점에서의 강도발현을 평가하기 위해 압축강도와 초음파속도를 활용해 보통콘크리트와 비소성 황토를 혼합한 콘크리트를 측정하였다. W/B 33%에서 수직 거푸집 탈형 강도인 5MPa의 발현시점이 NC33과 HTC33-15가 12시간으로 동일하였으며, 각각의 초음파속도는 2.57km/s와 2.18km/s를 나타냈다. 나머지 시험체의 경우 5MPa를 16시간이후에 도달하였으며, 압축강도와 초음파속도의 상관관계는 0.90 이상으로 높은 상관계수를 나타냈다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)의 국토교통지역혁신기술개발사업(RS-2021-KA162704)의 지원으로 수행되었습니다.