고온을 받은 콘크리트 적용을 위한 초음파 속도를 이용한 강도추정식 검토

Study on the Compressive Strength Equation using Ultrasonic Pulse Velocity with Concrete Exposed to High Temperature

황 의 철* 김 규 용** 최 경 철*** 윤 민 호*** 이 보 경*** 이 영 욱*
Hwang, Eui-Chul Kim, Gyu-Yong Choe, Gyeong-Cheol Yoon, Min-Ho Lee, Bo-Kyeong Lee, Young-Wook

Abstract

The purpose of this study was to evaluate existing compressive strength equation with concrete exposed to high temperature by ultrasonic pulse velocity. As the result, original compressive strength equation is proper only for compressive strength of normal concrete. Therefore, an accumulation of experimental database of concrete exposed to high temperature is necessary for proposal of new compressive strength equation

키 워 드 : 콘크리트, 비파괴 검사, 초음파 속도
Keywords : concrete, non-destructive test, ultrasonic pulse velocity

1. 서 론

콘크리트는 일반적으로 열전도율이 낮아 열에 강한 재료로 인식되었다. 하지만 화재와 같은 고온을 경험하게 되면 내력저하가 발생하게 되며, 이는 고온에 의한 콘크리트 구성재료의 상이한 열적 거동에 의해 균열 및 공극이 증가하기 때문이다. 이러한 내력저하가 발생하게 되면 콘크리트 구조물의 안정성에 대한 재평가가 요구된다. 최근 내력저하가 발생한 콘크리트의 안정성 평가에 비파괴 검사가 주로 사용되고 있으며, 그중 적용이 간편하고 구조물의 단면에 손실이 없는 초음파 속도를 이용한 비파괴 검사에 대한 관심과 연구가 이루어지고 있다.[1)]

초음파 속도를 이용한 비파괴 검사는 선행연구들에 의해 콘크리트의 초음파 속도를 측정하여 콘크리트의 강도를 추정하는 강도추정식들이 제안되었다. 하지만 이러한 강도추정식들은 건전상태의 콘크리트를 대상으로 하기 때문에 고온을 받아 내력저하가 발생한 콘크리트에 대해서 그 적용성의 검토가 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 고온가열을 받은 30, 70, 110MPa의 콘크리트의 초음파 속도와 실측압축강도를 측정하여 기존 강도추정식의 적용성을 검토하였다.

2. 실험 계획

본 연구의 실험 계획 및 콘크리트 배합을 표 1. 에 나타냈다. 또한 본 연구에서 검토할 기존 콘크리트 강도 추정식은 한전기술연구원의 제안식으로 다음의 식(1)을 이용하였다.

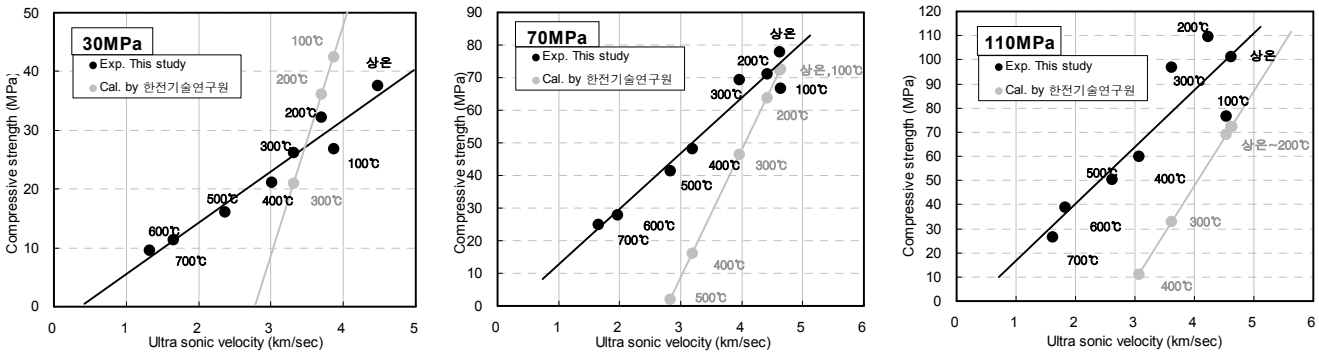
$$F_c = 339.1\,V_p - 1107 \quad \text{---------- (1)}$$

여기서, Fc = 추정압축강도(kg/cm2)
Vp = 초음파속도(km/sec)

표 1. 실험 계획 및 콘크리트 배합

Fck	W/B (%)	가열방법 (℃/min)	가열온도 (℃)	슬럼프 플로우 (mm)	공기량 (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m3)						평가 항목
							W	C	SF	BFS	S	G	
30	55	1	20, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700	650±50	4	45	185	336	0	0	797	956	- 가열 전·후 초음파 속도 - 가열 후 실측압축강도
70	33				2		165	475	25	0	755	905	
110	19						160	589	126	126	618	741	

* 충남대학교 건축공학과 석사과정
** 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)
*** 충남대학교 건축공학과 박사과정



(a) 30MPa (b) 70MPa (c) 110MPa

그림 1. 가열온도에 따른 콘크리트의 가열 후 실측압축강도와 기존 강도추정식의 관계

3. 실험 결과 및 고찰

그림 1.에 가열온도에 따른 30, 70, 110MPa 콘크리트의 가열 후 실측압축강도 및 초음파 속도를 나타냈으며, 한전기술연구원의 제안식에 측정된 초음파 속도를 대입하여 계산된 추정압축강도를 나타냈다.

가열 후 실측압축강도 및 초음파 속도는 설계압축강도에 관계없이 가열온도 100, 200, 300℃ 이후 온도가 증가할수록 지속적으로 저하하는 경향을 나타냈다. 이는 가열온도가 300℃ 이후로 높아질수록 고온에 의해 콘크리트 구성재료의 상이한 열적거동이 커지는 것으로 판단된다.

한편, 한전기술연구원의 제안식에 측정된 초음파 속도를 대입하여 추정된 가열 후 압축강도는 가열 후 실측압축강도와 큰 차이를 나타냈다. 이는 고온을 받은 콘크리트에서 페이스트의 수축과 골재의 팽창으로 균열 및 공극이 증가하기 때문에 일반상태 콘크리트와 고온을 받은 콘크리트의 차이가 발생해 나타나는 현상으로 판단된다.

설계압축강도 30, 110MPa의 콘크리트의 경우에는 상온 및 모든 가열온도에서 추정압축강도와 실측압축강도가 큰 차이를 보였으나, 설계압축강도 70MPa의 경우 상온, 100, 200℃에서의 추정압축강도와 실측압축강도가 유사한 경향을 보였다. 여기서, 한전기술연구소의 강도추정식은 일반강도와 초고강도 콘크리트의 경우보다 고강도 콘크리트이며 일반상태 및 비교적 낮은 온도에 노출된 콘크리트의 강도추정에 적합한 것이라고 판단된다.

4. 결 론

고온을 받은 콘크리트 적용을 위한 초음파 속도를 이용한 기존의 강도추정식 검토에 관한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다. 한전기술연수원에서 제안된 강도추정식과 같이 기존 강도추정식들은 일반상태 콘크리트의 강도추정을 위한 제안식이기 때문에 고온을 받은 콘크리트의 열적 변화를 반영하지 못하는 것으로 판단된다. 이는 콘크리트가 고온을 받게 되면 페이스트의 수축과 골재의 팽창으로 균열 및 공극이 증가하여 내력저하가 발생하기 때문에 일반상태 콘크리트와 물리·화학적으로 차이가 나타나기 때문이다.

초음파 속도를 이용해 고온을 받은 콘크리트의 안전성을 평가하기 위해서는 고온을 받은 콘크리트의 내력저하에 대한 실험적 데이터베이스를 축적하여 수정된 제안식이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF - 2015R1A2A2A01007705).

참 고 문 헌

1. 김무한 외, 고강도콘크리트의 압축강도 추정을 위한 비파괴시험식의 적용성에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집 제2권 제3호, 2002.8