

실존 콘크리트 구조물의 특성강도 추정기법에 관한 연구

A Study on the Evaluation Techniques of Characteristic Strength of Concrete in Existing Structures

권 영 웅* 정 성 철** 이 상 윤***
Kwon, Young-Wung Chung, Sung-Chul Lee, Sang-Youn
김 민 수*** 김 인 식*** 이 지 은***
Kim, Min-Su Kim, In-Sik Lee, Ji-Eun

ABSTRACT

Primarily, to evaluate the structural condition assessment of concrete structures, percentile strength of concrete in concrete structures should be found out.

This study aims to establish the evaluation techniques for concrete strength in existing concrete structures considering the concrete quality and reliability.

The results are as follows ;

1. Percentile strength of concrete in concrete structures can be estimated from following strength equation.

$$f_p = f_{mea} - \lambda_p S_x$$

2. For the calibration of above percentile strength equation with proposed codes or specifications, following sample size based on ASTM E122 can be applied.

key words ; concrete, strength, evaluation, existing structures, quality, assessment, percentile.

1. 서 언

실존하고 있는 콘크리트 구조물을 평가하기 위해서는 구조체의 강도를 추정하는 것이 그 선행작업으로 여겨지고 있다. 그러나 현실적으로 이는 매우 어려울 뿐더러 아직까지 이렇다 할 추정기법이 없는 것 역시 사실이다.

그래서 본 연구에서는 일반 시방서에서 규정하고 있는 품질관리 수준과 품질관리상의 평균요구강도 개념을 바탕으로 하여 실존하고 있는 구조체의 콘크리트 강도를 신뢰성있게 추정할 수 있는 방법과 검증방법을 제시하고 나아가 현장적용 시험을 통하여 이를 검증해 보기로 한다.

* 정회원, 인천대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 정회원, 인천대학교 대학원, 석사과정

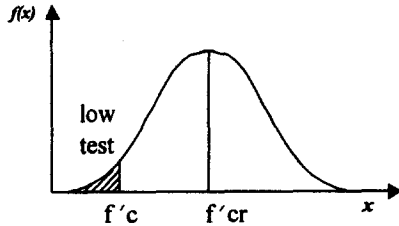
*** 인천대학교 대학원, 석사과정

2. 콘크리트 강도의 평가 수준

2.1 콘크리트의 품질 평가수준

콘크리트의 품질은 콘크리트 강도의 균질성 확보수준에 의해 평가된다. 이는 ACI에서 정의하고 있는 방법으로서 표준편차와 변동계수를 품질평가의 파라미터로 하여 다섯등급으로 평가하고 있으며, 이는 현장이나 시험실에서 요구하는 품질수준과 배치특성 여부에 따라 좌우된다.

2.2 콘크리트의 평균요구강도



콘크리트의 설계기준강도($f'c$)는 보통 최소강도 개념을 가지되 구조물의 주요도에 따라 몇 %의 불량률을 허용하고 있느냐하는 것이다. ACI에서는 정규분포곡선상에서 평균요구강도로서 나타나고 있는데 이는 표준편차법과 변동계수법으로 표현된다.

그림 1 정규분포곡선

2.3 콘크리트의 코아 강도 시험

콘크리트 구조체의 강도가 저강도(low strength)로 판정될 때 평균코아강도와 최소코아강도로부터 콘크리트의 사용 여부를 판정하는 시험으로서 샘플크기(sample size)에 따라 신뢰도가 달라진다.

3. 강도평가 기법 제안

3.1 추정 강도식의 제안

실존 구조체의 강도추정을 위하여 저강도가 나올 확률은 시방서에서 요구하고 있는 구조물의 주요도에 따라 오차한계(tolerance limit)를 정하되 특성강도(characteristic strength limit)를 콘크리트의 평균요구강도 개념으로부터 다음과 같이 제안하고자 한다.

$$f_p = f_{mea} - \lambda_p S_x \dots\dots\dots (1)$$

- f_p : 특성강도
- f_{mea} : 시방서상의 평균요구강도
- λ_p : 오차한계의 상수(percentile limit)
- S_x : 표준편차

위의 식은 다음 식으로도 변환시킬 수 있다.

$$f_p = (1 - \lambda_p V_x) / f_{mea} \dots\dots\dots (2)$$

- V_x : 변동계수

3.2 샘플크기의 제안

콘크리트 구조체로부터의 강도분포는 콘크리트의 배치종류에 따라 크게 달라진다. 일반적으로 동일 배치(within test) 또는 여러 배치(batch to batch test)에 따라 오차가 크게 나타나는데, 본 연구에서는 이러한 불확실성에도 불구하고 전통적으로 샘플크기를 결정하는 표준 시험법 ASTM E122를 도입하고자 한다. 이때, 이 규준은 실존강도와 샘플강도사이의 최대허용차, 표준편차 또는 변동계수, 허용오차(allowable error)한계를 넘어서는 허용위험률(acceptable risk) 등을 고려하고 있다.

$$n = (3S_x/E)^2 \dots\dots\dots (3)$$

- n : 샘플크기
- S_x : 표준 편차
- E : 샘플링 오차

(3)식은 다음 식으로 변환시킬 수 있다.

$$n = (3V/e)^2 \dots\dots\dots (4)$$

- V : 변동 계수
- e : 허용 샘플 오류($e=E/\mu$)

여기에서 인용되는 허용샘플오차(allowable error)는 ACI 228로부터 구한다.

4. 고 찰

본 연구에서는 현장조사에서 얻어진 강도시험 조사결과를 앞에서 제안된 강도 제안식에 적용시켜 그 강도를 추정하고, 나아가 그 신뢰수준의 적합성을 고찰하고자 한다.

4.1 강도시험 조사결과

다음의 강도시험 자료는 우기중에 타설된 콘크리트 슬래브(용도:주차장) 76곳에 대하여 슈미트 햄머에 의한 비파괴 시험법에 의하여 얻어진 시험결과이다.

표 1 비파괴 시험결과

267	283	300	<u>183</u>	<u>183</u>	317	<u>350</u>	200
250	300	250	<u>200</u>	267	250	<u>367</u>	200
<u>384</u>	300	267	217	267	200	<u>400</u>	217
<u>350</u>	<u>400</u>	317	267	317	250	<u>434</u>	<u>183</u>
<u>367</u>	233	<u>200</u>	250	217	250	317	233
267	217	233	200	283	217	<u>317</u>	<u>183</u>
317	217	<u>200</u>	233	317	250	300	<u>183</u>
267	200	<u>183</u>	217	<u>200</u>	217	<u>317</u>	<u>200</u>
283	233	317	217	267	250		
317	<u>367</u>	217	283	250	267		

위 시험결과로부터 얻어진 콘크리트의 평균강도와 표준편차, 변동계수 및 허용샘플오류는 각각 263kg/cm², 60kg/cm², 23%, 54kg/cm²이다.

4.2 실존 강도의 추정

위에서 얻어진 시험 데이터들로 부터 진단구조체의 콘크리트 강도를 추정하여 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}f_p &= f_{mea} - \lambda_p S_x \\ &= 263 - 1.34(60) \\ &\approx 183 \text{ (kg/cm}^2\text{)}\end{aligned}$$

4.3 샘플 크기의 검증

진단대상 구조체를 10% 저강도, 75% 신뢰수준(보통 구조물)에서 검증하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}n &= (3S_x/E)^2 \\ &= (3 \times 60/54)^2 \\ &\approx 12 < 76 \text{ O.K.}\end{aligned}$$

5. 결 론

본 연구에서는 실존 콘크리트 구조체의 콘크리트 강도를 추정함에 있어서 강도 추정식과 그 검증 샘플크기를 다음과 같이 제시한다.

1. 확률 추정 강도식

$$\begin{aligned}f_p &= f_{mea} - \lambda_p S_x \\ \text{또는 } f_p &= (1 - \lambda_p V_x)/f_{mea}\end{aligned}$$

2. 샘플크기

$$\begin{aligned}n &= (3S_x/E)^2 \\ \text{또는 } n &= (3V/e)^2\end{aligned}$$

참고문헌

1. ACI, "ACI Manual of concrete Practice." American Concrete Institute, 1996
2. 권 영 응, "A Study on the Estimating of Concrete Strength in Existing Building Using NDT Result," KCI-JCI Joint Seminar, June, 1994
3. (주) 합 건설방재기술단, "S아파트 건설안전점검 중간보고서," 합960625SP1, 6월, 1996
4. (주) 합 건설방재기술단, "S아파트 건설안전점검 2차 중간보고서," 합960625SP2, 7월, 1996
5. 권 영 응, "콘크리트 구조물의 안전진단," 건설기술교육원, 1995
6. ACI, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318M-95)," ACI Committee 318, 1995
7. 권 영 응, 정 성 철, "우기층에 타설된 콘크리트의 품질 특성에 관한 연구," '97. 한국콘크리트학회 가을학술발표 논문집, 11월, 1997
8. ASCE, "Guideline for Structural Condition Assessment of Existing Structures," ANSI/ASCE 11-90, ANSI approved, Aug, 1990