

온수양생법에 의한 콘크리트 강도의 조기판정에 관한 연구

Earlier Prediction of Concrete Strength

by The Warm Water Method

김 수 만*

유 종 희**

Kim, Soo Man

Yoo, Jong Hee

ABSTRACT

This paper presents an accelerated-curing method by the warm water method and discusses how these methods can be adapted for regular quality control and quality assurance of concrete. Accelerated strength test data can be used for estimating the future strength, e.g. the 28-day strength.

An accelerated-curing method to predict the 28-day strength of concrete from 1-day warm water-cured test results was evaluated in the laboratory and the field. For these evaluations test are performed for 1845 standard specimens from 123 different batches of concrete.

The results of this study the equation applicable universally with reasonable accuracy are presented for estimating the potential strength of concrete by the warm water-curing method.

1. 서론

콘크리트의 소요 품질확보가 건설현장에서는 매우 시급한 주요문제로 대두되고 있다. 그런데 건설현장에서 콘크리트 품질관리의 지침이 되는 압축강도는 콘크리트를 타설하는 시점에서 측정할 수 없으므로 콘크리트 재료의 특성 및 배합비에 의해 간접적으로 재령 28일 강도를 추정하고 있다. 그러나 콘크리트 배합재료의 불량, 배합비의 오차, 콘크리트 비비기 및 타설 작업의 부실 등으로 재령 28일에 실제 발휘하는 콘크리트강도는 배합설계시 추정한 강도보다 떨어질 가능성이 항상 내재되어 있다. 그러므로 이와같은 가능성을 조기에 확인하여 그 결과에 따라 대책을 마련하여야만 콘크리트의 품질관리가 효율적으로 이루어진다.

이러한 효율적인 품질관리를 수행하기 위해 본 연구에서는 콘크리트를 타설한 후 24시간 이내에 재령 28일 강도를 추정할 수 있는 온수양생법의 활용가능성을 조사하고 이 방법에 따라 양생된 콘크리트 강도와 재령 28일 강도와의 상관관계를 고찰하고자 한다. 이를 고찰하기 위해 본 연구에서는 같은 배치(batch)에서 생산된 콘크리트로 제작한 공시체중 일부는 온수양생법에 의해 24시간내에 강도를 측정하고, 나머지의 일부는 표준수중양생법에 의해 7일, 14일, 28일강도를 측정하였으며, 그 나머지는 현장콘크리트와 동일하게 양생시켜 28일강도를 측정하였다. 측정된 이들 시험결과를 회기분석하여 온수양생법에 의한 콘크리트강도와 재령 28일 강도와의 관계식을 추정하고 동시에 재령 7일, 14일, 28일 강도의 상관관계도 추정하였다. 또한 같은 배치(batch)에서 생산된 콘크리트를 현장 콘크리트와 동일하게 양생시킨 시험용 콘

* 수원대학교 토목공학과 부교수, 工博

** (주) 우성건설

콘크리트 시편을 제작하여 슈미트 햄머와 probe gun에 의한 강도시험을 실시하고 동시에 코어도 채취하여 직접강도시험을 실시하였다.

2. 시험방법

2.1 시험장치

2.1.1 온수양생조 제작

조기강도 추정을 위한 온수양생수조는 현장에서 쉽게 제작할 수 있는 철판을 사용하여 90×150×95cm로 제작하였다. 또한 양생수조의 온도를 조절할 수 있는 온도조절장치를 부착하고 수온을 균일하게 유지시키기 위해서 수조내의 물을 계속 순환시키는 순환펌프를 설치하였다.

2.1.2 시편제작

(1) 표준공시체 제작

123배치에서 $\phi 15 \times 30$ cm인 표준공시체를 각 배치마다 15개씩 제작하여 이중 3개는 24시간 온수양생조에서 양생시켰다. 나머지 9개의 공시체는 7일, 14일, 28일 수중양생시키고, 나머지 3개는 현장에서 양생시켰다.

(2) 현장시편 제작

현장에 40×50×30cm의 콘크리트 구조체를 제작하였다.

2.2 콘크리트 배합

(1) 골재의 물리적 특성

재료의 산지로서 조골재는 균포시 산본동이며, 세골재는 평택군 오성면 진위천으로 물리적 성질은 표1과 같다.

[표1] 골재의 물리적 성질

골재	비중	흡수율	조립율	마모율
세골재	2.60	1.21	2.95	
조골재	2.67	1.03		21.3

(2) 콘크리트 시방배합

콘크리트의 시방배합 결정은 설계기준강도에 증가계수 12%를 적용하여 배합비를 결정하였으며 배합표는 표2와 같다.

[표2] 콘크리트 시방배합

기준강도 kg/cm ²	최대입경 mm	W.C. %	S.a %	slump cm	단위량 (kg/m ³)			
					W	C	S	G
400	19	36.3	45.0	12.0	192	529	725	911
270	25	46.0	42.0	12.0	173	376	729	1034
240	25	49.0	41.0	12.0	175	357	733	1040
210	25	55.5	42.0	8.0	175	315	781	1107
150	25	63.0	43.0	8.0	166	263	828	1127

2.3 온수양생법

2.3.1 온수양생조의 수온

온수양생조의 수온은 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 선택하였으며 이는 기 연구된 시험에서 이용한 온수양생조의 수온과 동일하게 선택하여 그 결과를 서로 비교하기 위해서이다. 또한 수조에서 공시체 양생작업시 화상의 염려없이 물속에 손을 넣어 작업할 수 있는 최고 온도이기도 하다.

2.3.2 온수양생 방법

공시체 제작후 전치시간으로 초결이 시작되는 3시간후에 공시체를 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 양생수조에 20시간 30분간 양생시킨 다음 양생수조에서 공시체를 꺼내어 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 표준양생 수조에서 30분간 식힌다. 이 공시체를 수조에서 꺼내어 캠핑한 다음, 압축강도 시험을 실시한다. 이러한 온수양생법의 양생과정은 그림.1과 같다.

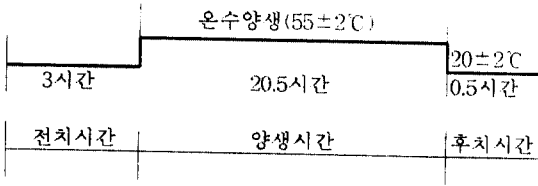


그림.1 온수양생 과정

2.4 콘크리트 강도시험

2.4.1 일축 압축강도시험

123배치에서 각 배치마다 15개씩 제작한 총 1845개의 공시체를 컴퓨터 시스템이 부착된 UTM200ton 강도시험기를 사용하여 일축압축강도시험을 실시하였다.

2.4.2 현장시편 강도시험

현장에 제작하여 놓은 시편을 슈미트 햄머와 probe gun을 사용하여 강도시험을 실시 하였을 뿐만아니라 코아도 채취하여 강도시험을 실시하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 24시간 강도와 28일 강도와의 상관관계

3.1.1 28일 표준수중양생 강도와의 관계
시험결과의 상관관계는 최소자승법을 적용하여 $y=a+bx$ 인 상관관계식을 구한다. 시험결과의 상관관계식은 식(1)과 같다.

$$F_{28} = 42.44 + 1.99F_1 \quad (1)$$

여기서, F_1 = 24시간온수양생법에의한강도

식(1)은 국내외에서 연구 발표한 상관관계식과 약간의 차이가 있으나, 이는 24시간 강도측정용 몰드 사용을 본 연구에서는 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 를 사용하였고, 국내외에서 연구 발표한 자료에는 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 로 사용하였기 때문이다.

그림.2에 도시된 바와 같이 24시간 강도

가 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상 일때, 즉 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 고강도 콘크리트는 식(1)로 계산된 28일 강도의 편차가 심하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

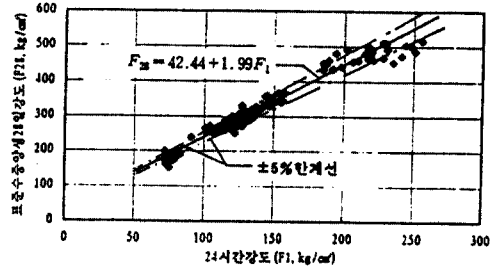


그림.2 24시간 강도와 28일 표준양생 강도와의 관계

3.1.2 28일 현장양생 강도와의 관계

그림.3에 나타난 바와 같이 28일 현장양생의 강도와 24시간 온수양생에 의한 강도와의 상관관계는 식(2)와 같다.

$$F_{28} = 51.08 + 1.64F_1 \quad (2)$$

여기서, F_1 = 24시간온수양생법에의한강도

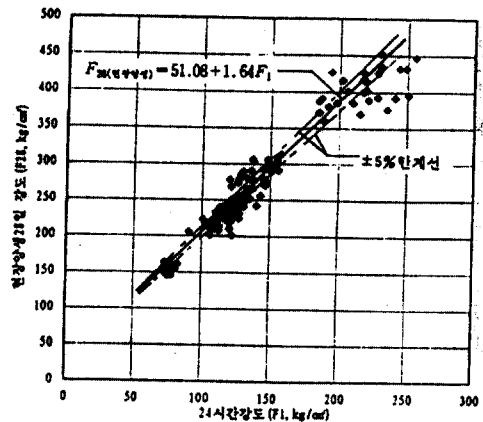


그림.3 24시간 강도와 28일 현장양생 강도와의 관계

3.2 현장시편의 강도와 24시간 강도와의 상관관계

3.2.1 슈미트 햄머에 의한 28일 강도와와의 관계

그림.4에 나타난 바와 같이 현장시편의 28일 슈미트 햄머 강도와 24시간 온수양생에 의한 공시체 강도와의 상관관계는 식(3)과 같다.

$$F_{28} = 88.25 + 1.75F_1 \quad (3)$$

여기서, F_1 = 24시간온수양생법에 의한 강도

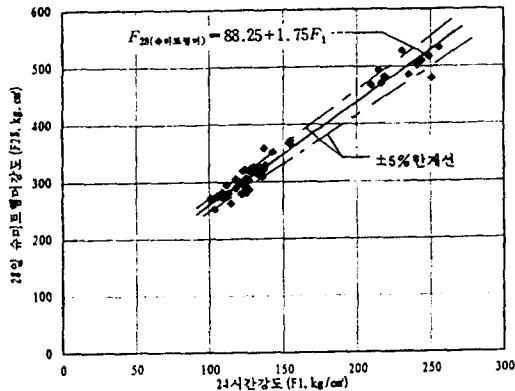


그림.4 24시간 강도와 슈미트 햄머 강도와의 관계

3.2.2 probe gun에 의한 28일 강도와와의 관계

그림.5에 나타난 바와 같이 현장시편의 28일 probe gun 강도와 24시간 온수양생에 의한 공시체의 강도와의 상관관계는 식(4)와 같다.

$$F_{28} = 81.80 + 1.39F_1 \quad (4)$$

여기서, F_1 = 24시간온수양생법에 의한 강도

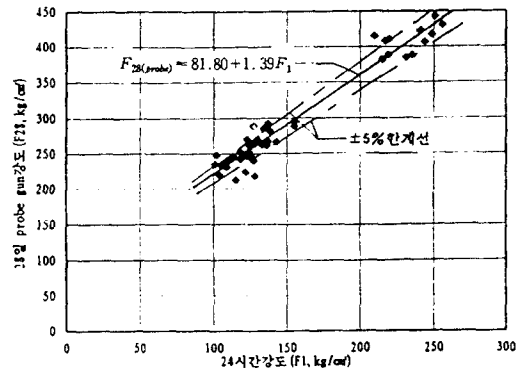


그림.5 24시간 강도와 probe gun의 강도와의 관계

3.2.3 코아채취에 의한 28일 강도와와의 관계

그림.6에 나타난 바와 같이 현장시편의 코아 강도와 24시간 온수양생에 의한 공시체 강도와의 상관관계는 식(5)와 같다.

$$F_{28} = 61.82 + 1.44F_1 \quad (5)$$

여기서, F_1 = 24시간온수양생법에 의한 강도

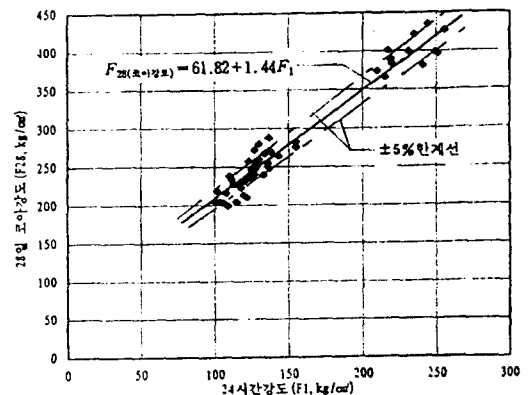


그림.6 코아채취에 의한 28일 강도와와의 관계

3.3 24시간 강도와 기 시험결과와의 비교

국내외에서 발표된 여러가지 24시간 온수양생법에 의한 축진강도의 결과와 본 연구에서 얻은 시험결과를 도시한 것이

그림.7이다. 이 그림에서 본 연구의 시험결과가 기 발표된 상관관계와 거의 비슷한 경향을 띠고 있으며, 신도가 상단에 도시된 이유는 표준공시체 크기의 차이에 의한 것이다.

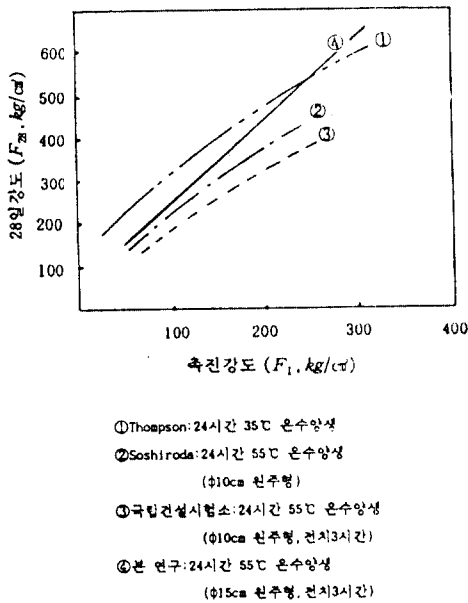


그림.7 기존 축진시험과의 비교

4. 결론

온수양생법에 의해 24시간내에 콘크리트 강도측정이 가능하며 이 측정결과로부터 재령 28일 강도를 추정할 수 있는 상관관계식을 얻었다. 이 결과는 기 연구된 결과와 비슷한 경향을 띠고 있어 현장에서 실무에 적용이 가능하다고 판단된다.

그러나 고강도콘크리트($\sigma_{ck} \geq 400\text{kg/cm}^2$)에 대해서는 추정식에 의한 결과와 실제로 측정한 결과의 편차가 심하므로 실무에 적용하기 위해서는 더 많은 실험연구가 수행되어야 할 것으로 본다. 또한 재료 및 배합, 주위환경에 따른 다양한 실험연구도 이루

어셔야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. M.S.Gerend, "Steam Cured Cylinders Give 28-Day Concrete Strength in 48hour Engineering News-Record, Vol 98,no. 7, pp.282-283,1927.
2. ASTM Drsignation C684-89, "Standard Test Method for Making, Accelerated Curing and Testing Concrete Compression Test Specimens"
3. V.M.Malhotra, "Accelerated Strength Testing of Concrete Specimens", chapter3.
4. Joseph F.Lamond. "Accelerated Strength Testing by The Warm Water Method" ACI journal Title NO.76-23,1976.
5. T.R.Nalk, "Adaptation Strength Testing Methods for Quality Control and Quality Assurance", Pubilcation ACI, 1978.
6. E.A.Abdun-Nur. "Accelerated, Early, and Imediate Evaluation of Concrete Quality" Pubilcation ACI, 1978.
7. S.B. Hudson and G.W. Steele, "Development in the Predication of Potential Strength of Concrete from Results of Early Tests." Transportation Research, ND, 558PP. 1-12, 1975.
8. 건설교통부 "콘크리트 강도 조기판정방법조사", 국립건설시험소, 1993.