

적산온도법을 이용한 콘크리트 조기강도 예측에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Early Strength Prediction of Concrete by Maturity Method

권 해 원* 배 연 기** 김 석 일*** 지 석 원**** 이 재 삼***** 송 인 명*****
Kwon, Hae Won Bae, Yeoun Ki Kim, Suk-Il Jee, Suk-Won Lee, Jae Sam Song, In-Myung

ABSTRACT

Recently, construction work period reduction is a very important topic of construction business circles. Because that is just big cost reduction. There is an important part of construction to decide the removal time of form. For prediction strength for removal form, P type schmidt hammer method and maturity method is used that. In case early strength prediction of maturity method, that is problem. Because setting duration of concrete is not proper considering. So this experimental study is a coefficient(A) of maturity method.

요 약

현재 국내에서는 후분양제도 도입등에 따라 공기단축이 중요관점으로 대두되고 있다. 철근콘크리트 공사에서 공기단축을 위해서는 콘크리트 타설 후 탈형시기가 매우 중요하게 작용하게 되는데 이를 위해 거푸집 탈형을 위한 조기압축강도 특성을 비파괴 시험 중 하나인 적산온도법을 일부 적용하고 있다. 적산온도법은 온도와 재령과의 관계로 압축강도를 추정하는 방법으로, 플라우만에 의해 한중기 매스콘크리트의 구조물강도를 예측하고자 연구된 것이다. 따라서, 조기압축강도양상과는 다소 다른 결과를 보일 수 있다.

또한 적산온도법은 시멘트의 종류 그리고 배합 등에 따라 온도의 영향이 다르게 적용될 수 있으므로, 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 실험적 연구에서는 조기강도 예측을 위해 결합재 OPC100%와 OPC80+BSC20%에 대해 W/B비를 32, 35, 38, 40%로 다양화하여, 양생환경을 온도 20도씨와 25도씨에 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 36시간 동안 양생한 후 압축강도를 측정할 결과를 바탕으로 현재 국내에서 주로 사용하고 있는 적산온도법을 적용하여 그 상관관계를 살펴보도록 한다.

-
- * 정회원, (주)렉스콘, 연구개발팀, 연구원
 - ** 정회원, (주)렉스콘, 연구개발팀, 과장
 - *** 정회원, 두산건설(주) 해운대 워브더제니스 현장, 공무부장
 - **** 정회원, 두산건설(주) 해운대 워브더제니스 현장 기술지원팀, 부장
 - ***** 정회원, (주)렉스콘 연구개발팀 팀장
 - ***** 정회원, 아이티엠개발(주) 부사장

1. 서 론

현재 국내 대부분의 공동주택건축물은 철근콘크리트구조로 이루어져 있으며, 기준층의 형태가 유사하기 때문에, 기준층 공기가 전체공기에 미치는 영향은 상당히 크다고 할 수 있다. 이러한 기준층의 공기는 공법과 특징에 따라, 4day, 5day cycle 등으로 구분지어지고 각 목표공기에 도달하기 위해서는 각 구조물별 탈형 강도 예측이 중요한 요소로 작용하게 된다. 현재 대부분의 현장에서는 구조물 탈형 강도용 시험체를 제작하여 구조물과 유사한 환경에서 양생한 후 목표탈형시간에 이르러 압축강도를 측정하고 소요강도를 만족할 때에 탈형을 실시하고 있다. 그리고 일부에서는 구조물에 온도센서를 매립하고 그 적산온도를 만족하는 구조물 탈형 강도용 시험체로 압축강도를 측정하고 구조물 탈형을 실시하기도 한다.

전자의 경우는 환경적 요소가 적절히 고려되지 않은 단점이 있으나, 후자의 경우 온도의 영향을 잘 고려한 부분이라 할 수 있을 것이다. 하지만, 구조체는 시간의 흐름에 따라 변화하는 온도의 영향을 받지만, 적산온도를 바탕으로 예측하는 구조물 탈형 강도용 시험체가 겪는 온도환경은 등온환경에 놓이게 된다. 따라서 적산온도값은 상당히 중요한 인자가 됨을 알 수 있다. 하지만, 적산온도법은 플라우만에 의해 한중기 매스콘크리트의 구조물강도를 예측하고자 연구된 것이다. 따라서, 조기압축강도양상과는 다소 다른 결과를 보일 수 있다.

그러므로, 본 연구에서는 현재 국내에서 많이 사용하고 있는 적산온도식을 적용한 결과와 콘크리트의 조기강도발현 특성상 조기온도에 가중치를 적용한 결과를 상호 비교하여, 그 상관관계 및 정확도를 살펴보도록 한다.

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 실험방법

본 실험적 연구에서는 아래 표 1과 2와 같이 조기강도 예측을 위해 결합재 OPC100%와 OPC80+BSC20%에 대해 W/B비를 32, 35, 38, 40%로 다양화하여, 양생환경을 온도 20℃와 25℃에 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 36시간 동안 양생한 후 압축강도를 측정하고 각 온도별 적산온도에 표준시방서 시공편에서 정하고 있는 정수 A의 값을 적용하여 압축강도와 재령별 적산온도를 구하도록 한다. 이들의 상관관계를 살펴보고, 실험적으로 구하여진 정수 A값의 범위에서 다른 정수를 사용하여 같은 작업을 반복 시행토록 하여 그 결과가 근접해지는 정수 A의 특성을 파악하도록 한다.

표 1. 시험항목 및 실험인자

구 분		항 목
시험항목	굳지 않은 콘크리트	공기량, 슬럼프플로, 콘크리트 온도 경시변화(초기, 90분)
	경화 콘크리트	압축강도측정재령: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24hr(기건양생) 3, 7, 28day(표준수중양생)
실험인자	W/B(%)	32~40
	결합재구분	OPC100%, OPC80%+BSC20%
	양생온도	20, 25℃

표 2. 배합범위

항 목	배 합 범 위	수 준	기 타
물결합재비(W/B)	32~40%	* 배 합 : 8 개 * 결합재 : OPC100%, OPC80+BSC20% * 시험체 : 176 조	* 혼화제: PC계 * 사용량: 1%미만
잔골재율(S/a)	43~45%		
단위수량(W)	165kg/m ³		

2.2 사용재료

사용재료는 해운대 두산위브 더 제니스 신축공사 현장에 납품되는 레미콘 공장 중 1개소에서 수급한 원재료를 사용하였으며, 그 종류 및 특징은 아래 표 2에 나타난 바와 같다.

표 3. 원재료종류 및 특성

원재료명	산 지	밀 도	흡수율 (%)	조립율	온 도 (℃)
OPC	한라 시멘트	3.15	-	-	14.3
BSC	한국 슬래그	3.05	-	-	14.5
강 사	창녕 남지	2.54	1.5	1.95	13.5
부순 잔골재	양산덕계 대동광업	2.62	1.5	3.50	14.1
굵은골재(20mm)	양산덕계 유승건기	2.62	0.85	6.87	11.8
물	상수도	1.00	-	-	35.0

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

경화전 콘크리트의 물성은 아래 표 4와 같으며, 그림 1은 적산온도 식 $M = \sum(\Theta + A)\Delta t$ 의 적용계수 (A)에 9, 10, 11을 적용하고 압축강도 시험결과와의 관계를 나타낸 그래프이다.

표 4. 굳지 않은 콘크리트의 물성

결합재 구분	W/B (%)	S/a (%)	FLOW (mm)		Air (%)		온도(℃)	
			0분	90분	0분	90분	0분	90분
OPC 100%	32~40	43~45	620×630	580×570	3.6	3.2	18.6	16.5
			640×650	600×620	3.1	2.6	19.2	17.4
			610×620	570×570	3.0	2.6	19.4	17.5
			600×610	580×570	2.8	2.4	19.5	17.4
OPC 80% + BSC 20%	32~40	43~45	600×590	560×560	3.3	2.7	19.6	17.2
			590×600	560×570	3.4	2.6	19.1	17.2
			610×620	580×590	3.1	2.7	19.8	17.5
			610×610	590×590	2.8	2.2	18.2	16.4

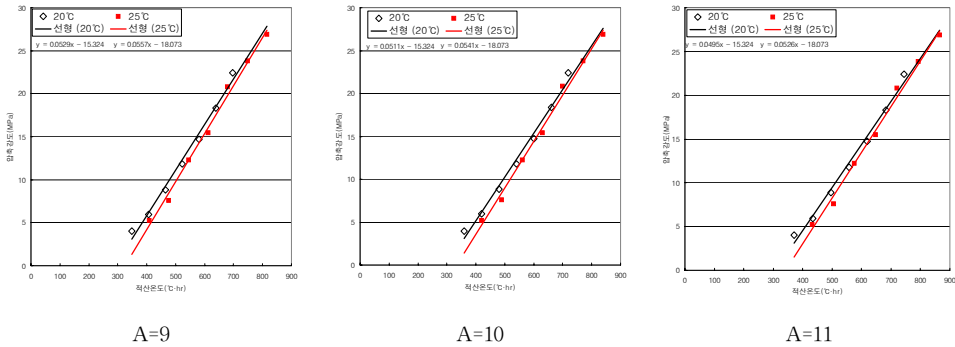


그림 1. 양생온도 및 적용계수(A)의 변화에 따른 적산온도와 압축강도의 관계

3.2 고찰

위 그림 1에 나타난 바와 같이 양생온도 20, 25℃에서 재령 12~24hr 기간동안 2시간 간격으로 압축강도를 측정하고 그 결과를 적산온도식의 적용계수(A)에 대해 9, 10, 11을 적용하여 조기강도에서의 적산온도와 압축강도의 관계를 살펴본 결과 현재국내에서 주로 적용하고 있는 A계수 10을 적용한 경우도 상당히 높은 일치성을 보이고 있다. 24시간 이내에서는 고온에서 양생된 경우가 저온에서 양생된 경우보다 다소 낮은 압축강도를 보이고 있으며 강도증진율은 증가하고 있다. 따라서 서두에 제안한 조기강도 영역에서는 기존 적용계수와 다른 상수를 적용해야 한다는 것은 증명이 되었으나, 본 실험적 연구의 결과만으로는 좀 더 일치성을 확보할 수 있는 계수 혹은 적산온도식을 제안하는데에는 어려움이 있을 것으로 판단된다. 이는 추가적인 연구와 고찰을 통해 제안해야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

양생온도 20, 25℃에서 재령 12~24hr 기간동안 2시간 간격으로 압축강도를 측정하고 그 결과를 적산온도식의 적용계수(A)에 대해 9, 10, 11을 적용하여 조기강도에서의 적산온도와 압축강도의 관계를 살펴봄으로써 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 적용계수(A)의 상수 9, 10, 11은 모두 높은 일치성은 나타내었으나, 재령 24시간 이전까지는 양생온도가 높은 경우의 적산온도별 압축강도가 모두 낮게 나타나, 조기강도에서 기존 적용계수를 그대로 적용하여 구조물 탈형강도를 예측하는 것은 안정성이 떨어지는 것으로 나타났다.
- 2) 조기강도에서 일치성을 확보하기 위한 계수는 1차 방정식($y=ax+b$)에서 상수 a는 낮추고, b를 높이는 데 유효한 계수를 산정해야 하는 것으로 확인되었다.
- 3) 본 실험적 연구의 결과만으로는 조기강도에서의 안정적인 일치성을 확보할 수 있는 적산온도식을 제안하는 것은 무리가 따르며, 이는 추가적인 연구와 고찰을 제안해야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 실험적 연구는 해운대 두산위브 더 제니스 현장의 지원을 통해 수행되어, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 콘크리트 표준시방서 해설, 한국콘크리트학회, 2004
2. 최신콘크리트공학, 한국콘크리트학회, 2001
3. Concrete Micro Structure, Properties, and Materials, P.Kumar Mehta & Paulo J.M Monteiro