

# 조강콘크리트를 활용한 탈형강도 예측기술과 증기양생 에너지 절감 기술

이 용 중 (쌍용기술연구소 콘크리트연구실 책임연구원, 공학박사)  
 엄 태 선 (쌍용기술연구소 콘크리트연구실 실장, 공학박사)  
 이 중 열 (쌍용기술연구소 소장)

## 1. 서 언

콘크리트 2차제품 생산에 있어 조기 강도발현 촉진, 거푸집 회전율의 증가 및 제품의 조기 출하의 목적으로 상압 증기양생을 실시한다. 그러나 최근 고유가로 인하여, 증기양생 비용의 대폭 증가로 2차제품 업계는 큰 부담을 갖고 있다. 이의 극복 방안 중의 하나는 증기양생 에너지 절감 제조기술을 확보하여 생산성을 확보하는 것이고, 또한, 지구온난화의 대책방안으로 이산화탄소 저감을 위한 많은 제도 및 정책이 추진되어, 지속가능한 2차제품 산업계를 위해, 친환경적인 제품제조와 증기양생 에너지 절감기술 확보는 중요하다.

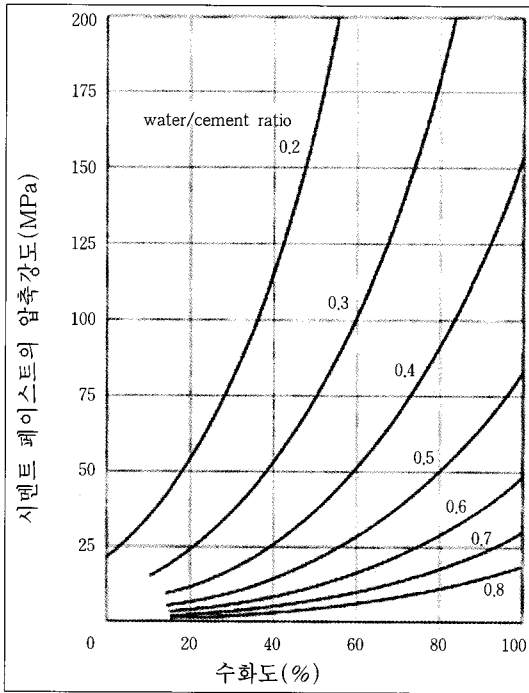
증기양생 에너지의 절감방안으로서는 재료적인 측면에서는 조강성 시멘트 또는 조강형 혼화제를 사용하는 방법과, 콘크리트 배합 측면에서 물-시멘트비를 낮추고, 단위 시멘트량을 높이는 방법을 고려해 볼 수 있다. 증기양생의 궁극적인 목적은 제품 탈형시 제품이 손상되지 않을 정도의 최소한의 압축강도 확보를 위해서 실시하는 것임으로, 생산제품의 콘크리트 배합에 대한 탈형강도 예측식이 확보된다면 증기양생 에너지 절감 방안도 도출 가능하게 된다.

물론 기존의 탈형강도 예측식은 양생온도의 영향을 고려한 적산온도 개념을 이용하고 있지만, 본 기고에서는 적산온도 개념에 추가로 W/C비의 영향도 함께 고려한 하나의 통합된 함수식으로 표현 가능한 탈형강도 예측식에 대하여 자세히 기술하였다. 또한 탈형강도 예측함수식을 이용하면, 시공환경(주로 외기온도) 변화에 대응한 콘크리트 배합선택이 가능하고, 제품의 품질관리에도 활용이 가능함을 기술하였다. 그리고, 탈형강도 예측기술을 이용하여, PC제품의 증기양생 에너지 절감 제조기술과 생산성 향상(1일 2Cycle) 제조기술에 대한 내용도 기술하였다.

## 2. 탈형강도 예측기술

### 가. 콘크리트의 강도 발현 특성

콘크리트의 압축강도는 경화 시멘트 페이스트 강도와 골재 강도 특성치에 의해 결정된다. 압축강도 특성치는 경화 시멘트 수화도의 증진과 함께 증가하고, W/C비가 낮아질수록 증가한다. 이의 특성은 다음 <그림-1>로부터 알 수 있다. 여기서, W/C비 40% 수준의 페이스트 강도는 수화도가 100%인 경우,

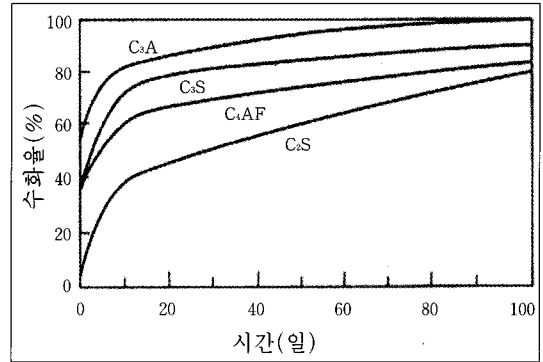


〈그림-1〉 경화시멘트 페이스트의 W/C비, 수화도, 압축강도의 관계

압축강도가 150MPa에 도달한다. 하지만, 콘크리트의 입장에서 본다면 특히, 페이스트와 골재 접착력이 경화 시멘트 페이스트의 압축강도보다 작으므로 사실상, 150MPa 압축강도에는 도달할 수는 없다.

한편, 시멘트의 수화도는 시멘트의 수화광물, 양생 온도, 습도, W/C비 등의 따라 변화한다. 시멘트 수화광물의 수화속도는 〈그림-2〉와 같이, C<sub>3</sub>S는 수화가 빠르고, 단기강도 발현에 현저하게 기여한다. 한편, C<sub>2</sub>S는 수화속도가 작기 때문에 단기강도에 비해 장기강도 발현에 기여한다. C<sub>3</sub>A는 활발하게 물과 반응하고, C<sub>4</sub>AF도 초기반응성이 활발하지만, C<sub>3</sub>A와 C<sub>4</sub>AF의 조성비율이 10% 이하로 적어서 강도기여는 작다. 포틀랜드 시멘트는 수화광물 조성 비율에 따라 5종류로 나누어지며, 이 중에서 조강포틀랜드시멘트는 보통 및 저열포틀랜드시멘트에 비해 C<sub>3</sub>S가 많아서 초기 강도가 우수하다.

또한 양생온도도 시멘트의 수화도에 영향을 미



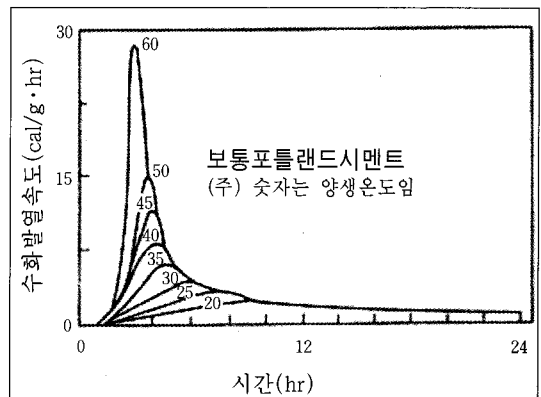
〈그림-2〉 시멘트 수화광물의 수화속도

치며, 시멘트의 수화발열속도와 양생온도의 관계를 〈그림-3〉에 나타내었다. 양생온도가 높을수록 수화반응이 초기에 급격히 진행함을 알 수 있으며, 반응속도는 선형성이 아닌 비선형성을 나타내는 특성이 있다. 그리고, 시멘트의 분말도가 높을수록 수화반응율이 증가하여 조기 강도발현에 기여한다.

콘크리트의 압축강도는 골재 종류, 혼화제 종류, 제조, 운반, 시험방법 등에서도 영향을 받지만, 탈형 강도 예측식은 양생온도와 W/C비의 영향인자만을 고려하였다.

### 나. 적산온도와 등가재령

콘크리트의 압축강도는 가.절에서 기술한 바와 같



〈그림-3〉 양생온도와 수화발열속도와의 관계

이 시멘트 수화반응의 진행과 함께 증가한다. 시멘트의 수화반응속도는 온도에 의존하며, 같은 재령이라도 저온에서 양생된 압축강도는 고온에서 양생된 것 보다 낮은 강도를 갖는다. 압축강도의 온도 및 시간 의존성을 적산온도로 표현하면 식(1)과 같다.

$$M = \sum_{z=1}^n (\theta_z + 10) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 M는 적산온도(°C·D), z는 재령(day),  $\theta_z$ 는 재령 z일에 있어서 일평균기온 또는 일평균 콘크리트 온도(°C)이다.

식(1)은 기준온도를 -10°C로 한 양생온도( $\theta_z + 10$ )와 시간의 곱이며, 이것은 적산온도, 성숙도 또는 Maturity로 불리우고 있다. 적산온도법은 실제로 한중 콘크리트 분야에서 물-시멘트비의 결정, 한중 콘크리트의 기간 결정, 초기 양생의 중지 및 거푸집 제거 시기의 결정, 임의 재령의 강도 추정 등에 이용되고 있다.

적산온도의 개념은 <그림-4>와 같이 현장타설 콘

크리트의 온도이력으로부터의 온도와 시간의 곱인 M1과 일정온도로 양생한 관리용 공시체의 온도이력과 시간의 곱인 M2가 같으면 압축강도와 적산온도의 관계로부터 콘크리트의 강도를 추정할 수 있다는 것을 의미한다.

한편, Bergstrom를 비롯한 다수의 연구자는 적산온도 개념을 근거로 해서 양생온도의 영향을 고려하는 등가재령(Equivalent Age)의 적용이 가능함을 제시하였으며, 산정식(이하 적산 등가재령으로 칭함)는 다음 식(2)와 같다.

$$t_e = \frac{\sum(\theta - T_0)\Delta t}{T_r - T_0} = \frac{\sum(\theta - T_0)\Delta t}{20 - T_0} = \frac{\sum(\theta + 10)\Delta t}{30} \dots (2)$$

여기서,  $t_e$ : 등가 재령(Day),  $\Delta t$ : 콘크리트 온도가  $\theta$ 인 일 수,  $\theta$ : 콘크리트의 온도(°C),  $T_0$ : -10°C,  $T_r$ : 콘크리트 기준온도(20°C)이다. McIntosh는 초기재령에서 받은 온도의 조건에 따라 적산온도의 개념을 이용해도 콘크리트의 강도발현에 관해서 반드시 정확하게 평가할 수 없다는 결론을 도출하였고, 또한 Alexander 등과 McIntosh는 적산온도 등가재령의 개념은 초기재령에 대해서는 과소평가를 장기재령에 대해서는 과대 평가한다는 것을 지적했다.

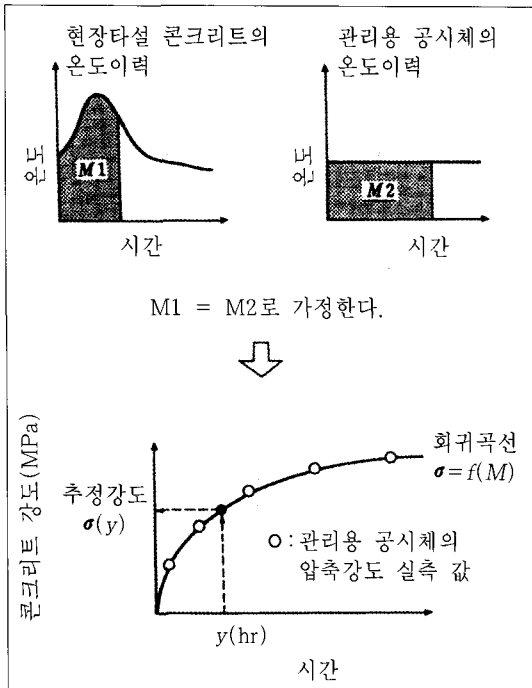
상기 식(2)의  $T_0$ 를 -10°C로 하는 적산온도의 개념은 강도발현이 양생온도에 대해 선형성을 나타내는 것이 문제점이라고 인식한 Hansen 등은 아래니우스(Arrhenius)의 식을 근거로 해서 식(2)를 변화시켜 다음과 같은 등가재령 산정식을 제안했다.

$$t_e = \sum \exp\left\{\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_k}\right)\right\} \Delta t \dots\dots\dots (3)$$

$$E_a = 33.5\text{kJ/mol} \quad T_k \geq 293\text{K} \dots\dots\dots (4a)$$

$$E_a = 33.5 + 1.47(293 - T_k)\text{kJ/mol} \quad T_k < 293\text{K} \dots\dots\dots (4b)$$

여기서,  $T_0$ 는 기준온도(293(K)),  $T_k$ 는 양생온도(K),  $E_a$ 는 결보기 활성화 에너지(kJ/mol)이고, 식(4)에 나타낸 바와 같이 20°C를 기준으로 온도의 함수이다. 그리고 R은 기체상수(8.3144J/(mol·K))



<그림-4> 적산온도 개념

이다. 식(3)에서 양생온도를 20°C 기준으로 하여,  $E_0/R$ 의 값을 계산하면 4,029이고 약 4,000이라고 가정하면 다음 식(5)와 같이 된다.

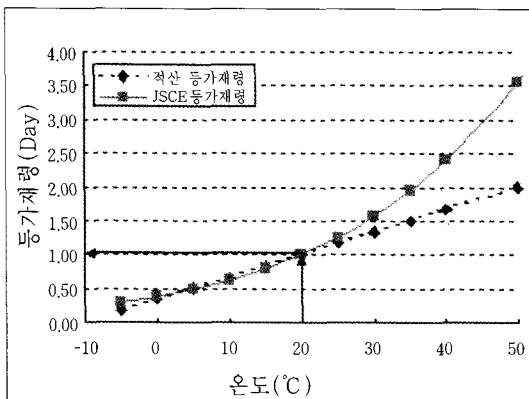
$$t_e = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot \exp\left(13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_0}\right) \dots (5)$$

여기서  $t_e$ 는 증가재령(Day)이고,  $\Delta t_i$ 는 온도가  $T(^{\circ}\text{C})$ 인 기간(Day),  $T_0$ 는 1°C이다. 일본 토목학회 콘크리트표준시방서에서는 중장기 재령에서의 수축 변형률과 크리프변형률을 예측할 때 식(5)를 이용하도록 기술되어 있다.

본 기고에서는 적산 증가재령과 구분할 때는 JSCE 증가재령으로 표현하였다. 증가재령의 의미는 콘크리트의 양생온도가 정온 20°C와 다른 경우에 시멘트 수화반응이 촉진되거나 지연되는 것을 정온 20°C로 양생한 재령으로 환산한 재령이다.

적산 증가재령과 JSCE 증가재령의 가장 큰 개념 차이는 적산 증가재령은 양생온도와 증가재령이 선형성을 표현하는 반면에 JSCE 증가재령은 비선형성을 표현한다는 데 있다.(<그림-5>)

나. 절의 <그림-3>에 나타난 양생온도와 수화발열 속도의 관계로부터 알 수 있듯이 양생온도가 높을수록 비선형적으로 수화반응속도가 증가하기 때문에 JSCE 증가재령이 적산 증가재령보다 압축강도 발현특성을 더 잘 표현한다고 볼 수 있다.

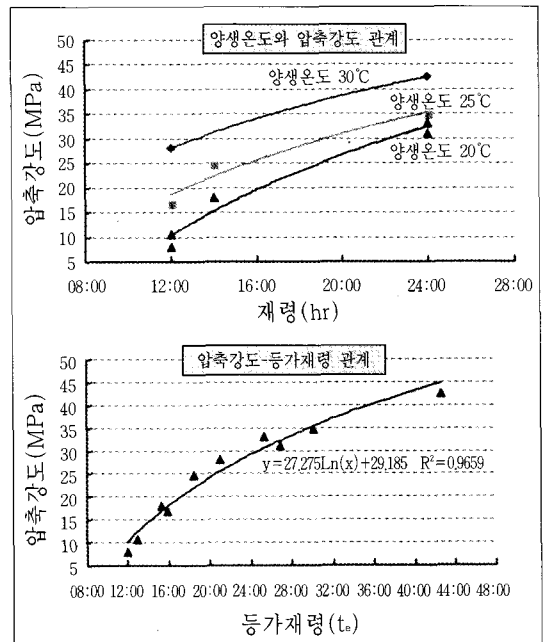


<그림-5> 양생온도와 증가재령의 관계

다시 말하면, 재령 1일 동안의 양생온도가 20°C인 경우의 JSCE 증가재령은 1일과 동일하지만, 양생온도가 10°C인 경우의 JSCE 증가재령은 약 15hr에 해당되고, 양생온도가 40°C인 경우의 JSCE 증가재령은 약 2.5일에 해당한다.(<그림-5>)

## 다. 증가재령을 이용한 압축강도 예측식

JSCE 증가재령(이하 증가재령으로 칭함)을 이용한 압축강도 예측식 도출 예는 <그림-6>에 나타나 있다. <그림-6>의 좌측 그림은 동일 콘크리트 배합의 양생온도별 압축강도 발현특성을 나타낸 것이고, 양생온도가 증가하면, 동일재령에서의 압축강도는 증가한다. <그림-6>의 우측 그림은 좌측 그림의 양생조건과 재령을 고려한 식(5)를 이용하여 구한 증가재령과 압축강도 관계를 나타낸 것이다. 우측 그래프가 한결 간단히 표현됨을 알 수 있고, 압축강도와 증가재령의 관계를 지수함수로 표현하면, 회귀분석결과 결정계수가 0.96 이상으로 상관성이 상당히



<그림-6> 증가재령과 압축강도 관계

〈표-1〉 탈형강도 추정식의 계수

구 분	S=a+b×Ln(t <sub>e</sub> )		
	a	b	r <sup>2</sup>
W/C=37%	29.185	27.275	0.9659

높음을 알 수가 있다.

양생온도를 고려한 등가재령과 압축강도 추정식은 다음 식(6)으로 기술할 수 있으며, Plowman이 제안한 식과 같은 표현이지만, 여기서는 적산온도 등가재령 대신에 JSCE 등가재령식을 이용하였다.

$$S = a + b \times \text{Ln}(t_e) \dots\dots\dots (6)$$

여기서 S는 콘크리트의 압축강도, a와 b는 실험상수이고, t<sub>e</sub>는 등가재령이다. a의 값은 등가재령 1일에 대응하는 압축강도이고, b의 값은 강도증진속도를 나타내며, b의 값이 커질수록 등가재령 1일 이전에는 강도증진속도는 증가하지만, 등가재령 1일 이후의 강도증진속도는 작아지는 특성이 있다. 식(6)의 형식으로 〈그림-6〉의 실험상수와 결정계수를 정리하면 〈표-1〉과 같다.

### 라. 양생온도와 W/C비를 고려한 통합 탈형강도 예측식

다.절에서는 양생온도를 고려한 탈형강도 예측식이지만, 특정 W/C비에 국한된 식이다. 본 기고에서는 탈형강도 예측식에 W/C비를 포함한 함수에 대해서 제안한다.

식(6)의 계수 a와 b는 W/C비에 따라 결정되는 실험상수이기 때문에, W/C비가 다르면 계수 a와 b도 변화하게 되고, 이는 계수 a와 b가 W/C비의 함수임을 말한다. 따라서 양생온도와 W/C비의 함수인 탈형강도 예측식은 다음 식 (7)과 같이 정의할 수 있다.

$$S(x, t_e) = c(x) + d(x) \text{Ln}(t_e) \dots\dots\dots (7)$$

$$c(x) = a_1x^2 + a_2x + a_3 \quad d(x) = b_1x^2 + b_2x + b_3$$

여기서, x는 W/C비이고, S(x, t<sub>e</sub>)는 W/C비와 등가재령에 대한 압축강도 함수이고, c(x)는 식(6)의 계수 a에 해당하는 W/C비의 함수이고, d(x)는 강도증진속도를 나타내는 계수 b에 해당하는 W/C비의 함수이다. 본 기고에서는 계수 함수 c(x)와 d(x)는 2차함수로 기술하였지만, 실험결과로부터 회귀분석을 통하여 또 다른 형태의 함수표현도 가능하다고 생각된다. 통합 탈형강도 예측식의 활용 예는 3.나.절에 기술하였다.

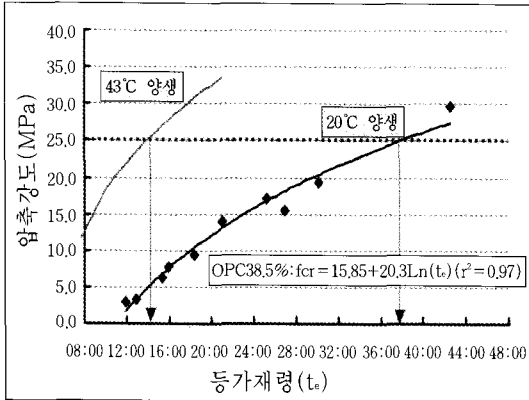
## 3. 탈형강도 예측기술의 활용성

콘크리트 2차제품의 증기양생 에너지 절감 기술 중에 하나는 외기온과 증기양생온도 차이를 가능한 작게 하여 열손량을 줄이는 방법이다. 또한, 공동주택 골조공사의 건설공정 관리를 위해서는, 외기온의 급격한 변화에 대응한 콘크리트 배합의 신속한 변경 및 양생소요기간의 결정이 가능한 시스템 구축도 가능할 것이다. 이러한 것들은 정밀도가 높은 탈형강도 예측 기술을 활용하여야만 가능한 기술이다.

### 가. 증기양생비 절감 제조기술 검토

프리캐스트 콘크리트 제품 제조에 사용하는 보통 포트랜드 시멘트의 동일 콘크리트 배합에 대한 양생온도 20, 25, 30℃와 압축강도 측정재령 12hr, 14hr, 24hr 대하여 등가재령과 압축강도의 관계를 나타낸 결과는 〈그림-7〉과 같다. 등가재령의 개념으로부터, 20℃ 정온양생을 한 경우, PC제품의 탈형강도 25MPa에 도달하기 위한 양생시간은 약 38hr이 소요됨을 알 수 있고, 만일 14hr에 탈형강도 25MPa를 확보하기 위해서는 양생온도를 43℃로 올려야만 가능하다.

그런데, 콘크리트 혼합 후부터 14시간 동안 정온 43℃를 유지하는 기술은 현실적으로 불가능하기 때문에 〈그림-8〉과 같은 콘크리트 타설 후 전치 2시간, 승온 3시간, 최고온도 5시간을 유지시키는 증기

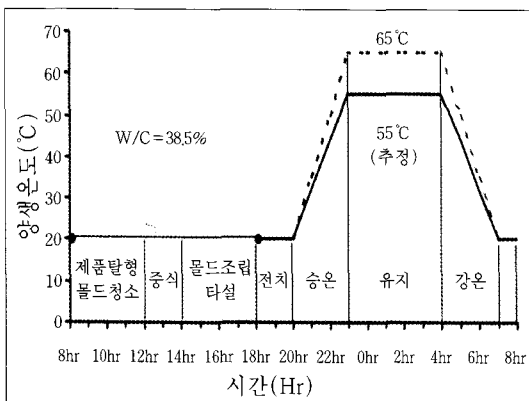


〈그림-7〉 목표강도 확보를 위한 최소양생온도 추정

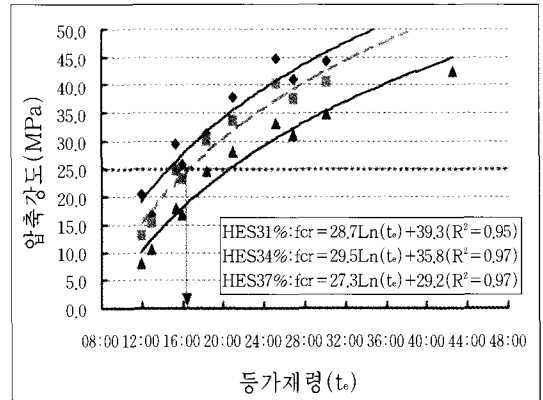
양생을 실시할 수 밖에 없다.

정온 43°C 양생조건을 증기양생 Cycle공정으로 환산하여 계산하면(식(6)의 탈형강도 예측식 이용), 증기양생 최고온도는 55°C로 소요되며, 여기서는 열손실량을 고려하지 않은 순수 열량으로 보아야 한다. 다시 말하면, 증기양생실과 외기온과의 열손실량을 감안하면, 증기양생 최고온도를 65°C로 유지하여야만 재령 14시간에 탈형강도 25MPa이 도달가능할 것으로 예측하게 된다. 〈그림-8〉의 콘크리트 배합은 콘크리트 2차제품 제조시에 사용하는 탈형강도 25MPa을 얻기 위한 배합이고, 실제 제품 생산시 증기양생 최고온도는 65°C로 하고 있다.

한편, 증기양생비 절감 목적으로 조기강도 발현성



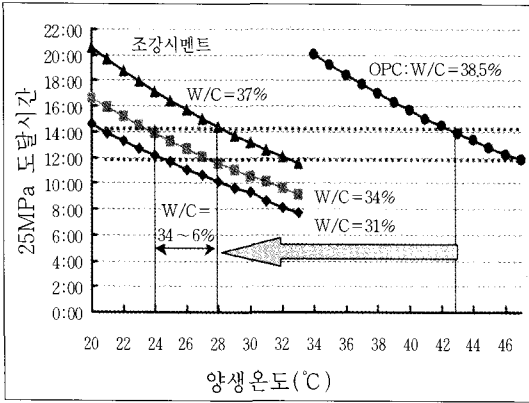
〈그림-8〉 증기양생 제조공정



〈그림-9〉 조강시멘트를 이용한 콘크리트의 등가재령과 압축강도 관계

이 우수한 조강시멘트로의 적용 가능성을 검토하기 위해 W/C비 및 양생온도별로 등가재령과 압축강도의 관계를 그래프로 나타내면 다음 〈그림-9〉와 같다. 조강시멘트를 이용한 경우, 정온양생 20°C이고, W/C비 34%인 경우, 목표강도 25MPa에 도달하기 위한 양생시간은 약 16hr이 필요함을 알 수 있다. 정온양생 20°C로 하고, 목표로 하는 14hr시간에 25MPa을 얻기 위해서는 W/C비는 약 31% 수준이어야 하나 단위 시멘트량이 과대하게 되는 단점과 장기강도가 설계기준강도를 훨씬 웃돌아 비경제적이다.

해당 W/C비에 대한 압축강도 예측식(식(6))을 이용하여 25MPa 도달하기 위한 최소양생온도를 추정한 결과는 〈그림-10〉과 같다. 추정결과, 보통포틀랜드시멘트를 이용한 콘크리트는 최소양생온도가 43°C이나, 조강시멘트를 이용한 콘크리트의 14시간에 25MPa도달하기 위한 최소양생온도는 W/C비가 34~36% 범위에 있다면 24~28°C 조건이면 가능함을 추정하게 된다. 이 정도의 온도범위라면 하절기에는 무증기 양생으로도 가능하고, 동절기의 경우에도 최소한의 증기양생만 실시해도 콘크리트제품 생산에 큰 걸림돌이 제거될 수 있는 수준이라 볼 수 있으며, 동절기 기존 공정대로 제품을 생산하면, 양생과정 중 익일 새벽 외기온이 -5°C 이하인 경우, 증기양생실과의 온도차이가 최소 70°C 이상이 되고,

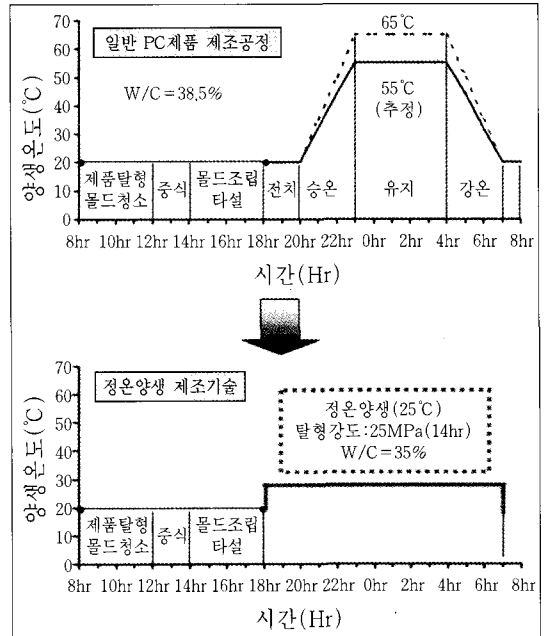


〈그림-10〉 양생온도와 25MPa도달시간 관계

이에 해당하는 온도차이 만큼 열손실량이 증가한다. 그러나 조강콘크리트의 정온양생 24~28°C 조건으로 양생하면, 최소 30°C 이상 온도차이만이 발생하기 때문에 기존공정에 비해 대폭적인 열손실량이 줄어들게 되고, 증기양생 에너지도 절감 가능한 기술이다.

따라서, 콘크리트 2차제품 제조시 고유가 시대의 증기양생 에너지를 절감할 수 있는 제조기술로서, 조기강도가 우수한 조강시멘트를 적용하면 W/C=35%에서 정온양생 25°C이면 14시간에 탈형강도 25MPa를 얻을 수 있는 제조기술이 가능하다. 이에 대한 내용을 정리하면 다음 〈그림-11〉과 같다.

정온양생 25°C는 하절기에는 무증기양생이 가능하며, 춘추절기에는 최소한의 증기양생으로 25°C 양생이 가능하고, 외기온과의 온도차이가 작아 열손실율도 최대한 줄일 수 있어 증기양생 에너지를 절감할 수 있을 것이다.



〈그림-11〉 증기양생비 절감 정온양생 제조기술

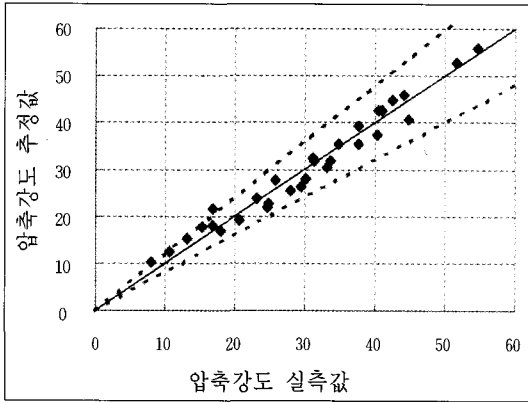
### 나. 통합 탈형강도 예측식의

#### 증기양생제품 품질관리 활용성 검토

특정 W/C비에 대한 탈형강도 예측식을 하나의 함수로 표현한 예(이하 통합탈형강도 예측식이라 칭함)는 다음 〈표-2〉에 나타내었다. 계수 a와 b에 해당하는 함수 c(x)와 d(x)는 본 기고에서는 2차함수로 표현하였으며, 통합 탈형강도 예측식을 이용하여 실측값과 추정값의 관계를 나타내면 〈그림-12〉와 같다. 이 그림의 통합 탈형강도 예측식의 실측값과 추정값과의 차이는 ±20% 범위내에 있다.

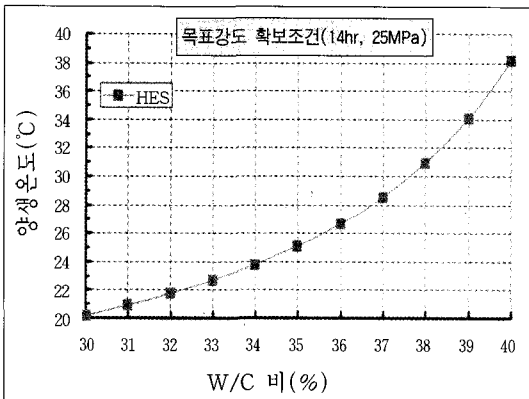
〈표-2〉 양생온도와 W/C비를 고려한 탈형강도 예측식 계수

구 분	W/C비별 탈형강도 추정식(양생온도 고려)			탈형강도 예측식(양생온도+W/C비)
	S=a+b×Ln(t <sub>e</sub> )			
	a	b	r <sup>2</sup>	S(x, t <sub>e</sub> )=c(x)+d(x)×Ln(t <sub>e</sub> ) c(x)=a <sub>1</sub> x <sup>2</sup> +a <sub>2</sub> x+a <sub>3</sub> , d(x)=b <sub>1</sub> x <sup>2</sup> +b <sub>2</sub> x+b <sub>3</sub> 단 x는 W/C 비
W/C=37%	29,185	27,275	0.9659	
W/C=34%	35,840	29,527	0.9701	c(x) = -1769.4x <sup>2</sup> +1034.5x-111.33
W/C=31%	39,310	28,724	0.9494	d(x) = -1697.2x <sup>2</sup> +1130x-158.46

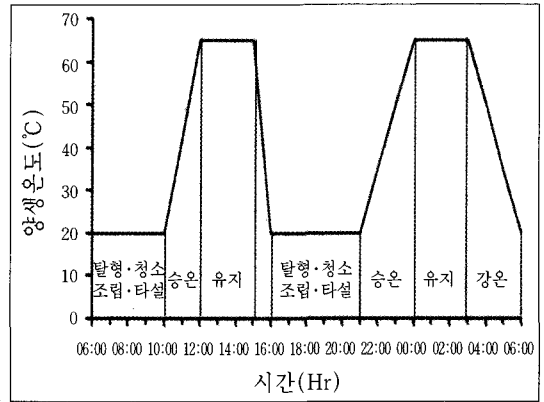


〈그림-12〉 통합 탈형강도 예측식을 이용한 압축강도 실측값과 추정값의 관계

통합 탈형강도 예측식을 얻으면 임의의 W/C비와 양생조건에 대한 압축강도 추정도 가능하기 때문에 〈그림-13〉과 같은 재령 14시간에 압축강도 25MPa 도달가능한 양생온도와 W/C비의 관계를 얻을 수 있다. 하나의 예로, 하절기 증기 양생실이 30℃ 이상 유지하고 있다고 가정하면, W/C=37% 수준에서도 무증기양생이 가능함을 알 수 있다. 이것은 기존 증기양생제품 제조시 연중 동일 배합을 적용하는 생산조건에서 외기온의 변동에 따른 콘크리트 배합 설계도 가능함을 의미하기 때문에 제품 생산조건 변경 및 품질관리용으로도 충분히 활용할 수 있다고



〈그림-13〉 통합탈형강도 예측식 이용한 W/C비와 양생온도 관계

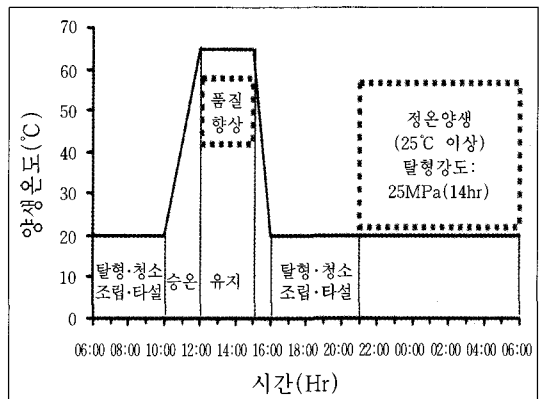


〈그림-14〉 기존 1일 2회전 증기양생 Cycle 예

판단된다.

### 다. 생산성 향상제조기술(1Day-2Cycle) 제조기술

콘크리트 2차제품 생산에서 출하물량의 수급조절상 1일 2회전 생산공정으로 제품을 생산하는 경우가 종종 있다. 그러나 1일 2회전 공정으로의 전환은 증기양생시간이 짧기 때문에 일반적으로 증기양생온도를 65℃ 이상으로 생산하게 되고, 이는 탈형강도는 얻지 못해 제품의 파손이 증가하고, 콘크리트의 내구성에도 영향을 미친다. 가.절 및 나.절에 기



〈그림-15〉 조강 콘크리트를 이용한 1일 2회전 증기양생 Cycle 예



술한 조강콘크리트의 전환은 1일 2회전 생산공정 중에 생산되는 콘크리트의 품질 향상을 도모하고 오후에 제조되는 1일 1회전의 생산공정은 정온양생으로 제품을 생산하기 때문에 제품의 품질향상과 증기양생 에너지 절감이 가능한 기술 접목이 가능할 것으로 예상된다.

#### 4. 맺음말

콘크리트 2차제품의 증기양생비 절감 목적의 통합 탈형강도 예측식을 이용한 정온양생제조 조건에 대하여 기술하였다. 물론, 시공환경(외기온)의 변동

에 따른 공동주택의 골조콘크리트 공기단축 콘크리트의 거푸집 탈형시기 결정 및 최소 양생일수의 결정에도 적극 활용할 수 있는 기술이라고 본다.

본 내용은 아직 실구조물 적용을 통한 검증을 마친 상태는 아니지만, 개념상으로 적용성에는 문제가 없을 것으로 예상된다. 또한 통합 탈형강도 예측식은 실재령 2일 이내에 대한 검토내용으로 재령 28일과 같은 장기재령에 대한 검토는 앞으로 필요할 것으로 예상된다.

본 기고에서 기술한 증기양생 에너지 절감 기술을 이용한 콘크리트 2차제품의 적용한 실적과 현장 적용성 검증결과를 추가로 보고할 예정이다. ▲

### 시사 용어 해설

#### ▶ 환매조건부채권(RP)

환매조건부채권매매(RP 또는 Repo:Repurchase Agreement)는 일정 기간 경과 후 정해진 가격으로 환매하기로 하는 조건으로 채권을 매매하는 것을 말한다. RP거래는 채권매매 형태로 이루어지나 실제로는 단기자금의 조달과 운용수단으로 이용되고 있어 단기자금 대차거래의 성격을 지닌다. 채권 이외에 주식 및 부동산 등도 환매조건부매매의 대상이 될 수 있으나, 전통적으로 RP 거래라고 할 때는 채권을 담보로 자금을 거래하는 것을 말한다. 따라서 RP시장은 채권시장과 매우 밀접한 관계가 있다. RP거래는 채권을 매개로 하기 때문에 채권시장의 수급에 영향을 줄 뿐만 아니라 RP시장과 채권시장간의 차익거래 기회를 제공해 채권가격이 보다 합리적으로 형성되도록 한다. 이처럼 RP시장은 단기금융시장과 자본시장을 연결시켜 주는 기능을 한다. 발행 목적에 따라 여러 가지 형태가 있는데, 흔히 중앙은행과 시중은행 사이의 유동성을 조절하는 수단으로 활용된다. 한국은행에서도 시중에 풀린 통화량을 조절하거나 예금은행의 유동성 과부족을 막기 위해 수시로 발행하고 있다. 또 은행이나 증권회사 등의 금융기관이 수신 금융상품의 하나로 고객에게 직접 판매하는 것도 있다.