

온도의존적 장기팽창성 콘크리트의 해석모델

Modeling of Long-term Temperature Dependent Expansion in Mass Concrete

차 수 원* 장 봉 석** 배 성 근*** 정 우 성**
 Cha, Soo Won Jang, Bong Seok Bae, Sung Geun Jung, Woo Sung

ABSTRACT

Three autogenous expansion model of MgO concrete are investigated in order to access their suitability in stress analysis which consider temperature and volume change due to hydration of cement and temperature dependent expansion of MgO.

요 약

본 연구는 온도의존적 장기팽창성을 갖는 MgO콘크리트 특성을 재령에 따라 온도 및 체적 변화를 고려한 콘크리트 구조물의 응력해석에 적용하기 위한 팽창모델을 비교 분석하여 적합한 모델을 제시하였다.

1. 서 론

일정량의 MgO를 첨가한 콘크리트는 장기팽창성을 가진다. MgO수화반응에 의한 자기팽창변형은 시간과 온도의 함수로 정의되며, 경화중인 콘크리트의 온도, 수축, 팽창응력을 계산하기 위해 자기팽창 변형을 예측하기 위한 모델이 필요하다.

2. 자기팽창 예측모델

2.1 쌍곡선함수형태의 자기팽창 모델

본 모델은 MgO의 중량의 실제 댐의 20년간 내부와 기초 콘크리트의 자기팽창 곡선과 실내실험결과를 분석하여 모델식을 제안하였다.

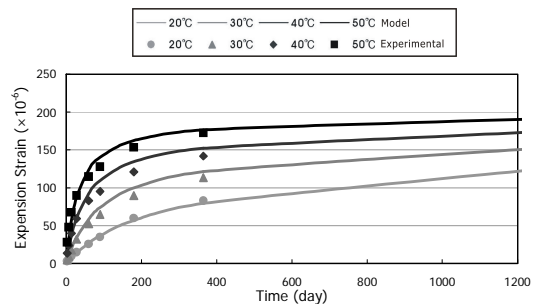
동일 MgO 함유 변온조건하의 쌍곡선 모델,

$$\epsilon = \frac{t}{a(T) + b(t)t} \times 10^{-6}$$

변형을 증분은 급수전개로 근사화,

$$\Delta\epsilon_n = \frac{a_1 T'^{a_2}}{(a_1 T'^{a_2} + b_1 T'^{b_2} t_{mid})^2} (t_n - t_{n-1}) \times 10^{-6}$$

여기서 각 계수는 실험 데이터로서 구할 수 있다.



* 정희원, 울산대학교, 건설환경공학부, 조교수, chasw@ulsan.ac.kr

** 정희원, 한국수자원공사 K-water연구원, 책임연구원

*** 정희원, 울산대학교, 구조연구실, 박사과정

2.2 수학적 자기팽창 모델

다음 모델은 MgO와 Flyash의 첨가량을 고려한 등온조건하의 자기팽창 모델이다.

$$G(t) = c \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot G_0(t)$$

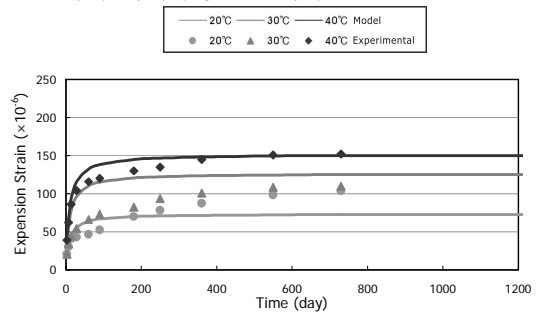
여기서, $G_0(t)$: MgO 콘크리트 체적변형 기본식

k_1 : MgO 첨가량 영향계수

k_2 : fly ash 첨가량 영향계수

k_3 : 온도 영향계수

c : 보정계수



2.3 동력학 자기팽창 모델

MgO 콘크리트의 팽창은 MgO의 수화반응으로 MgO 분자의 체적이 증가하면서 발생하므로 그 팽창특성은 화학반응의 일반적인 법칙에 부합하게 된다. 즉 화학반응은 온도가 높을수록 반응속도가 더 빠르고 팽창증가량이 더 크며 동시에 팽창속도와 반응에 참여한 MgO의 함량은 정비례관계에 있다.

따라서 MgO 콘크리트의 팽창은 하나의 화학반응의 과정이며 화학반응의 일반법칙을 따르게 되어 MgO 반응속도는 온도와 농도의 함수이다. τ 시각의 팽창속도 $d\epsilon(\tau)/d\tau$ 는 그 시간의 잔여팽창량(농도)과 온도의 함수라고 가정하고 이를 표현하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{d\epsilon(\tau)}{d\tau} = \alpha \epsilon_o \left(1 - \frac{\epsilon(\tau)}{\epsilon_o}\right)^\beta e^{-\frac{\gamma}{T+273}}$$

여기서, $\epsilon_o \left(1 - \frac{\epsilon(\tau)}{\epsilon_o}\right)$ 은 MgO의 팽창잔여량이고 화학반응방정식중의 농도에 해당하며, $e^{-\frac{\gamma}{T+273}}$ 는 온도가 반응속도에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

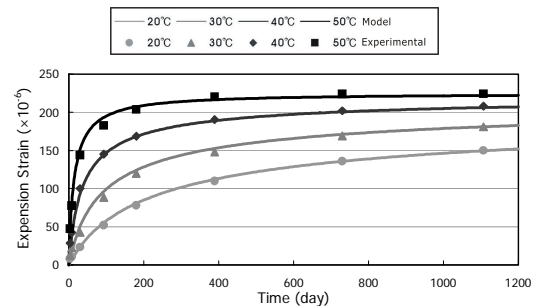
β 가 온도 T의 함수라고 가정하여 식을 수정, 임의의 시간의 팽창량은 순차적 증분형태로 구할 수 있다.

$$\epsilon_g^0 = 0$$

$$\epsilon_g^n = \epsilon_g^{n-1} + \Delta\epsilon_g^n$$

$$\Delta\epsilon_g^n = \alpha \epsilon_o \left(1 - \frac{\epsilon_g^{n-1}}{\epsilon_o}\right)^{\beta_1 + \beta_2 T + \beta_3 T^2} e^{-\frac{\gamma}{T+273}} \Delta\tau$$

여기서 각 계수는 실험결과를 회귀분석하여 구한다.



3. 결 론

동역학모델과 타 연구자의 모델은 기본가정과 팽창량에 대한 영향인자는 유사하고, 온도에 따른 팽창량도 유사하다. 그러나 수치해석을 위한 프로그램은 기본적으로 수화열에 의한 온도해석 및 응력해석이 동반되어야 하고, 이때 프로그램의 수학적 정식화 과정이 증분형태로 이루어져 있으므로 동력학 모델이 가장 유용한 모델이라고 생각된다. 또한 기존모델은 단지 실험결과를 회귀분석하고 있지만 동역학모델은 화학반응 원리에 입각한 모델인 장점을 가지고 있다.

참고문헌

1. Chongjiang Du, "A Review of Magnesium Oxide in Concrete," Concrete international, 2005.