

철근콘크리트 부재에서 철근 부식을 고려한 장기 균열폭 예측

Corrosion Induced Long Term Crack Width Prediction for Structural Concrete Members

이 기 열* 양 준 호** 정원용*** 노삼영**** 김대중***** 김우*****

Lee, Gi Yeol Yang, Jun Ho Chung, Won Yong Rho, Sam Young Kim, Dae Joong Kim, Woo

ABSTRACT

This research developed a long-term crack width prediction model based on bond characteristics that considered steel corrosion, concrete shrinkage and creep in cracking stabilized structural concrete members.

요약

본 연구는 균열이 발생한 철근콘크리트 구조 부재에서 공용중 철근 부식과 콘크리트의 건조수축 및 크리프의 영향을 고려한 장기 균열폭을 예측할 수 있도록 부착특성에 기반한 모델을 개발한 것이다.

1. 서론

콘크리트 구조부재의 철근 부식에 의한 균열폭 연구는 균열의 영향을 직접적으로 고려하지 않고 철근 부식에 따른 팽창압에 의해 발생하는 균열에 대한 연구가 대부분이다. 그러나 공용중인 콘크리트 구조 부재에서는 사용하중에 의해 균열이 발생한 후, 콘크리트 중성화와 같은 열화에 의해 철근 부식이 발생하고, 이와함께 콘크리트의 시간의존적 특성인 건조수축과 크리프에 의해서 장기 균열거동은 단기하중 상태 또는 부식 생성물의 팽창압에 의해 유발되는 거동과는 상당한 차이가 발생하게 된다.

2. 철근 부식 특성

철근 부식특성은 부식률, 부식진행길이 및 단면적 변화로 대표할 수 있다. 본 연구에서는 제안 모델의 계산 편의를 위하여 철근부식속도 $v_c(\mu\text{m}/\text{year})$ 를 일정하게 가정한 후, 시간 $t(\text{year})$ 에 따른 철근 부식률 X_c 로 환산하여 다음과 같이 정의하였다.

$$X_c = \frac{4d_b \cdot v_c \cdot t - 4(v_c \cdot t)^2}{(d_b)^2} \times 100 \quad (1)$$

균열발생 후 철근이 부식되면 균열면을 중심으로 철근 매입길이 방향으로 부식이 진행된다. 본 연구에서는 균열면을 기준으로 한 부식율 X_c 에 따른 철근부식길이 $l_{t,c}$ 를 다음과 같이 정의하였다.

$$l_{t,c} = 350 \frac{X_c}{\sqrt{\pi \cdot A_s}} \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

* 정회원, (주) 삼안, 연구개발원, 과장
*** 정회원, (주)삼안, 연구개발원, 전무이사
***** 정회원, 전남도립대학, 토목환경과, 부교수

** 정회원, 전남대학교, 토목공학과, 박사과정
**** 정회원, 한양대학교, 건축학부, 교수
***** 정회원, 전남대학교, 토목공학과, 교수

철근 부식은 철근직경 및 단면적의 감소를 유발시키므로 식 (1)로 정의한 부식률을 이용하여 부식에 의한 철근직경 감소 깊이 $\Delta d_b(X_c)$ 를 포함하는 철근단면적 $A_{s,c}$ 를 다음과 같이 정의하였다.

$$A_{s,c} = \frac{(d_b^2 - 2d_b \cdot \Delta d_b(X_c) + 4\Delta d_b^2(X_c))\pi}{4} \quad (\text{mm}^2) \quad (3)$$

부착특성에 기반한 장기 균열폭 예측식을 구성하기 위해서 CEB-FIP Model Code 1990에서 제시하는 $\tau_x = \tau_{max}(S_x/S_1)^\alpha$ 를 이용하였다. 최대부착응력 τ_{max} 는 $X_c > 1.5\%$ 인 경우에는 $\tau_{max,c} = 1.192e^{-0.117X_c} \tau_{max}$ 로 적용하고, 시간 t (hour)의 함수로 정의하는 특성미끄럼값을 $S_{t,t} = S_t(1+k_t)$, $k_t = (1+100t)^{0.08} - 1$ 로서 적용하였다.

3. 장기균열폭 모델 및 검증

콘크리트 균열면에서 발생하는 평균 균열폭 w_m 은 그림 1(b), (c)에 보인 철근과 콘크리트의 변형량 Δl_{sm} 과 Δl_{cm} 의 차이의 2배와 같으며, 본 연구에서 제안하는 균열폭 모델의 기준식이 된다. 앞 절에서 제시한 철근 부식 및 부착특성의 변화를 포함하여 평형조건으로부터 Δl_{sm} 과 Δl_{cm} 을 각각 계산하고 그 차이를 정리하면 다음과 같은 장기균열폭 모델이 유도된다.

$$w_m = 2 \frac{N_o}{E_s} \left(\frac{l_{t,c}}{A_{s,c}} + \frac{l_{t,b}}{A_s} \right) - \frac{2(1+n\rho)\pi s_o^\alpha}{(2+\alpha)E_s l_t^\alpha} \left[\frac{\tau_{max,c} d_b l_{t,c}^{2+\alpha}}{A_{s,c} s_{1,c}^\alpha} + \frac{\tau_{max} d_b l_{t,b}^{2+\alpha}}{A_s s_1^\alpha} \right] \quad (4)$$

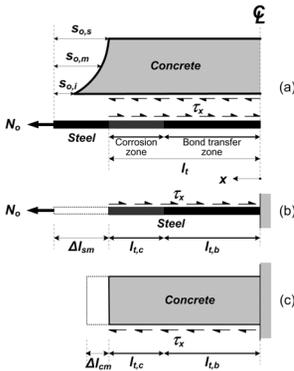


그림 1. 균열폭 모델링

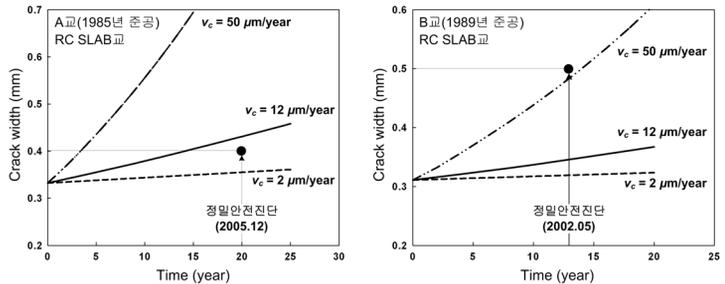


그림 2. 제안 균열폭 모델의 검증

4. 결론

철근 부식에 의한 장기 균열폭을 예측하기 위해서 부착특성에 기반하여 제안된 모델은 부착응력-미끄럼 관계와 평형조건 및 균열안정화 특성을 모두 포함하며 철근 부식과 콘크리트 시간의존적 특성을 결합하여 일원적 방법에 의해 비교적 정확한 장기 균열폭 예측이 가능하다.

감사의 글

이 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2004년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호:04핵심기술C02-02) 및 교육과학기술부 우수연구센터육성사업(과제번호: R11-2005-056-04004-0)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. CEB-FIP, *CEB-FIP Model Code 1990*, Comite Euro-International Du Beton, Paris, 1991.