콘크리트 구조물의 염해부식에 따른 덮개콘크리트의 균열예측

Prediction of Cover Concrete Cracking due to Chloride Induced Corrosion in Concrete Structures

임 동 우* 이 창 홍* 송 하 원*

Lim, Dong Woo, Lee, Chang Hong, Song, Ha-Won

ABSTRACT

In this study, an analysis of cover concrete cracking exposed to the chloride attack was performed based on newly defined durability limit states. Using the methodology in this paper, the prediction of cover concrete cracking and subsequent spalling can be used for the prediction of corrosion induced serviceability degradation of concrete structures subjected chloride attack.

요 약

본 연구에서는 염해환경하에 있는 콘크리트 구조물의 균열 발생 및 피복콘크리트의 탈락에 대한 내구성 한계상태를 설정하여 내구 수명해석을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 부식개시이후의 수명해석 방법은 부식에 따른 콘크리트 구조물의 내구성과 그에 따른 사용성 저하를 정량적으로 평가하는 되 유용하게 사용될 수 있다.

1. 서 론

현재 콘크리트 구조물의 해석시 기존 연구에서는 부식개시시기를 내구수명이 다한 것으로 해석하고 있으나 실제로 구조물은 부식이 개시된 후에도 그 성능을 계속 유지한다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구와는 다르게 합리적 내구수명평가를 위해서 부식개시이후 추가적인 내구성 한계상태로서 부식개시후 피복 콘크리트의 균열발생 이에 따른 피복콘크리트의 박락을 설정하였으며, 이를 해석적으로 구할수 있는 해석식을 사용하여 내구수명해석을 수행하였다.

2. 해석방법 및 입력변수

2.1 해석방법

본 연구에서는 합리적인 평가를 위하여 전확률론적 해석방법을 Monte Carlo Simulation을 사용하고, 부식개시 (DLS 1) 이후에 내구성에 기인한 사용성 한계상태 (DLS 2) 및 안전성 한계상태 (DLS 3) 해석을 위하여 식(1)과 식(2)을 제안했다. 또한 사용성 한계상태는 균열폭 0.05mm를 안전성 한계상태는 1.0mm를 각각 그 기준으로 적용했다.

* 정회원, 연세대학교, 콘크리트공학연구실, 공학석사
** 정회원, 연세대학교, 콘크리트공학연구실, 박사과정
*** 정회원, 연세대학교, 콘크리트공학연구실, 교수

$$W_{crit} = \frac{\frac{4\pi}{\pi(D+2d_0)}\left(2\int_0^t 0.105\left(\frac{1}{\alpha_{rust}}\right)\pi D\, i_{corr}\, dt\right)^{1/2}}{(1-\nu_c)(a/b)^{\sqrt{\alpha}}+(1+\nu_c)(b/a)^{\sqrt{\alpha}}} - \frac{2\pi b f_t}{E_{ef}} \quad (1)$$

$$W_{crit} = K\left(\frac{\pi}{4}(2\alpha x\phi_0 - \alpha^2 x^2) - A_s\left(1-\left(1-\frac{\alpha}{\phi_0}\right)(7.53+9.32\frac{c}{\phi_0})10^{-3}\right)^2\right) \quad (2)$$

2.2 입력변수

본 연구에 적용된 대상구조물은 내구성 1등급 구조물로서 4성분계 콘크리트가 사용되었으며, 물-결합재비는 35%이다. 염소이온 확산계수와 피복두께는 현장 실험을 통하여 얻어졌으며 기존에 수행되었던 변수 분포를 가정이 아닌 적합도 분석을 통하여 확산계수의 실제 분포가 Weibull 분포를 따름을 확인하였으며 표1은 입력변수의 변동성들을 보여준다.

표1. 대상구조물의 입력변수

입력변수	단위	침지구간		비말대 구간	대기구간
		교대 및 교각	침매터널	교대 및 교각	교대 및 교각
표면염화물량	C_s types	Constant	Constant	Constant	Cs(t)=a[ln(bt+1)]
	%,(바인더량)	N(3.0,0.9)	N(3.0,0.9)	N(3.0,0.9)	a=N(0.36,0.11) b=N(3.77,0.38)
피복두께	mm	N(75.0,7.5)	N(110.7,9.5)	N(75.0,7.5)	N(75.0,7.5)
확산계수	$m^2/s\times10^{-12}$	W(5.16,0.86)	W(3.77,0.92)	W(2.84,0.53)	W(5.16,0.86)
재령계수	-	N(0.36,0.07)	N(0.54,0.11)	N(0.36,0.07)	N(0.36,0.07)
임계염화물량	%,(바인더량)	N(0.4,0.04)	N(0.4,0.04)	N(0.4,0.04)	N(0.4,0.04)

3. 결과 및 고찰

3.1 내구수명 평가

입력변수의 변동성을 고려하여 해석한 결과, 그림1에서 보이는 것처럼 사용성 한계상태에 대하여 시간을 고려한 본 제안식은 기존에 제안된 시간을 고려치 않은 기존식들이 구조물의 내구수명을 저평가하고 있음을 보여준다. 또한 그림2에서 보이는 것처럼 안전성 한계상태에서의 내구수명에 대한 새로운 제안식은 기존의 제안식들과 유사한 평가 결과를 보인다.

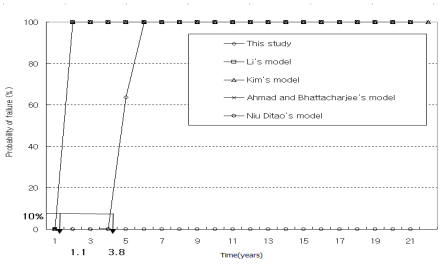

그림1. 사용성 한계 상태 평가

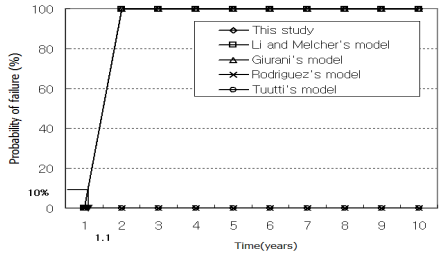

그림2. 안정성 한계 상태 평가

4. 결 론

1) 부식개시이후 추가적인 내구성 한계상태로서 부식개시후 피복 콘크리트의 균열발생 이에 따른 피복콘크리트의 박락의 내구성 한계상태를 부식개시이후의 내구성평가를 위해 제안하였다.
2) 기존식과 다르게 시간을 고려한 본 내구성한계상태 해석 제안식들은 기존식을 이용한 평가값들과 유사하거나 혹은 보다 정확한 결과를 보여준다.

감사의 글

이 논문은 건설교통R&D정책·인프라사업 성능중심의 건설기준 표준화 연구단 및 콘크리트 코리아 연구단(Concrete Corea)의 재정적 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 송하원, 백승우, "염해를 받는 콘크리트 구조물의 성능중심 내구수명 예측기법의 개발", 한국콘크리트학회 2007년도 봄 학술발표회 논문집, 19(1), 2007, pp. 1123-1126