

철근 부식에 의한 연속철근 콘크리트 포장 거동의 유한요소해석

이재훈¹. 이재훈². 임진선³. 임재규⁴. 김병준⁵. 정진훈^{6*}

Jae-Hoon Lee¹, Jae-Hoon Lee², Jin-Sun Lim³, Jae-Kyu Lim⁴, Byeong-Jun Kim⁵, Jin-Hoon Jeong^{6*}

¹ 정회원, 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정, ² 학생회원, 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정,

³ 정회원, 삼우IMC 기술연구소 소장·공학박사, ⁴ 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원, 인하대학교 토목공학과 박사과정,

⁵ 정회원, 한국아스콘공업협동조합연합회 품질연구원·인하대학교 토목공학과 박사과정, ^{6*} 정회원, 인하대학교 사회인프라공학과 교수 - *교신저자

1. 연구 배경 및 목적

연구 배경

- 연속철근 콘크리트 포장(Continuously Reinforced Concrete Pavement, CRCP)은 어느 정도의 횡방향 균열을 허용하는 포장 형식으로 물이나 염화물계 제설제 등의 침투에 의한 철근 부식에 취약하다.
- 철근의 부식은 철근의 강도를 저하시킬 뿐만 아니라, 녹을 발생시켜 철근 체적을 팽창시킨다. 이로 인해 콘크리트에 발생된 팽창압은 콘크리트에 균열이나 박리 및 탈락을 유발시켜 포장의 공용성 및 내구성을 저하시킨다.

연구 목적 및 방법

- 본 연구에서는 연속철근 콘크리트 포장에 대한 거동 해석을 위해 상용 유한요소해석 프로그램을 사용하여 철근의 부식으로 인한 포장의 균열발생 경향을 분석하고자 하였다.
- 균열 간격 등의 자료가 존재하는 일반 연속철근 콘크리트 포장에 대한 3차원 유한요소해석을 수행하여 유한요소해석 모형의 해석능력을 검증하였으며, 철근의 부식에 따른 물성 변화를 적용하여 균열발생 간격 등을 검토하였다.

2. 연구내용

철근 부식에 의한 연속철근 콘크리트 포장 손상

- 철근 부식에 의한 콘크리트 구조물의 손상은 Fig. 1과 같이 염화물 등이 침투하여 철근을 부식시키기 시작하는 Initiation 단계와 부식에 의해 구조적 손상이 발생하는 Propagation 단계로 구분된다.

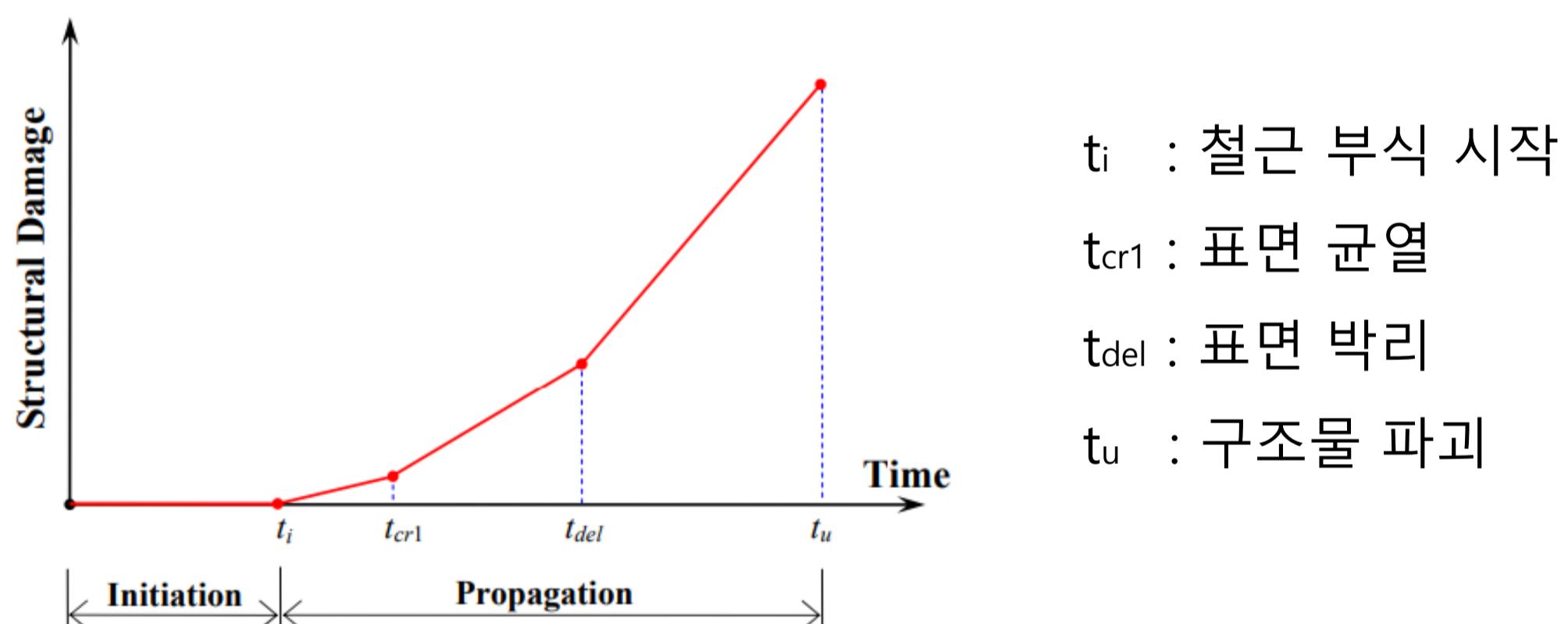


Fig. 1 시간에 따른 철근 콘크리트 구조물의 부식 손상 모형

- 철근이 부식하여 생성되는 부식생성물(녹)은 일반 이형철근 대비 2~3배의 체적을 가지며, 이로 인해 발생하는 팽창압은 철근 콘크리트 구조물의 균열 및 박리의 원인이 된다.
- 본 연구에서는 철근 부식에 의해 연속철근 콘크리트 포장에 가해지는 팽창을 다음과 같은 식을 통해 열팽창계수로 환산하여 해석에 적용하였다.

$$\alpha_T = \frac{1}{\Delta T} \left[\sqrt{1 + 4(\alpha_v - 1) \left[\frac{\Delta T}{d} - \left(\frac{\Delta T}{d} \right)^2 \right]} - 1 \right]$$

- 연속철근 콘크리트 포장에서 세로방향 철근은 콘크리트와의 부착을 통해 균열을 유도하고 과도한 균열폭을 억제하는 역할을 한다. 철근이 부식할 경우 Fig. 2와 같이 초기에는 부착강도가 증가하지만 부식이 진행될수록 부착 강도가 감소하게 된다.

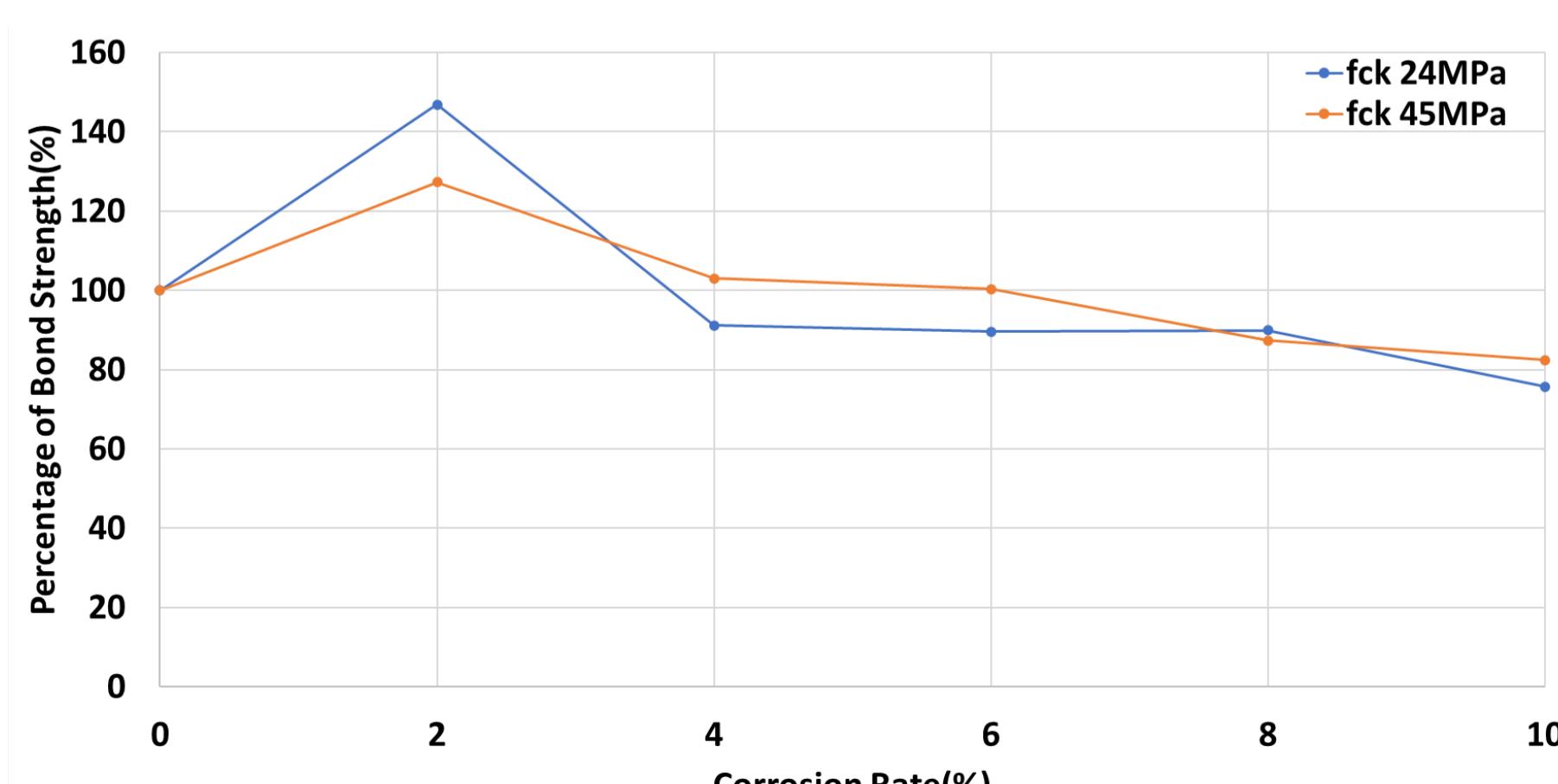


Fig. 2 철근 부식에 따른 부착강도의 변화

연속철근콘크리트 포장 해석 방법 결정

- 철근 부식에 따른 연속철근 콘크리트 포장의 거동을 해석적으로 연구하기 위해 본 연구에서는 상용 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS를 사용하였다.
- 콘크리트는 골재와 모르타르로 이루어진 비균질적인 재료이지만 내부의 비균질성이 구조체의 거동에 미치는 영향이 크지 않다고 알려져 있어 재료적 특성은 균질하다고 가정하였다.
- 콘크리트 포장의 유한요소모형에 대표적으로 사용되는 3차원 Brick element에는 C3D8, C3D20, C3D8R, C3D8I가 있다. 본 연구에서는 해석시간이 비교적 빠르며 C3D8 요소의 단점을 개선한 C3D8R 요소를 적용하였다.
- 연속철근 콘크리트 포장은 슬래브에 발생하는 횡방향 균열을 허용하는 포장 형식이므로 해석 시 환경하중과 교통하중에 의해 발생하는 균열에 대한 고려가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 콘크리트의 압축과 인장에 의한 균열 및 균열의 진전에 관해 해석하기 위한 방법으로 CDP(Concrete Damaged Plasticity) Model을 적용하였다.

연속철근 콘크리트 포장 해석

- 연속철근 콘크리트 포장에 대한 유한요소해석은 해석 결과와 실제 포장에 발생하는 균열을 유사하게 모사할 수 있는지에 대한 검증이 필요하다.
- 대상 CRCP 포장 단면은 Fig. 3과 같이 한국도로공사의 시험도로에 시공된 철근비 0.7%의 30cm 두께를 가진 연속철근 콘크리트 포장으로 결정하였다.

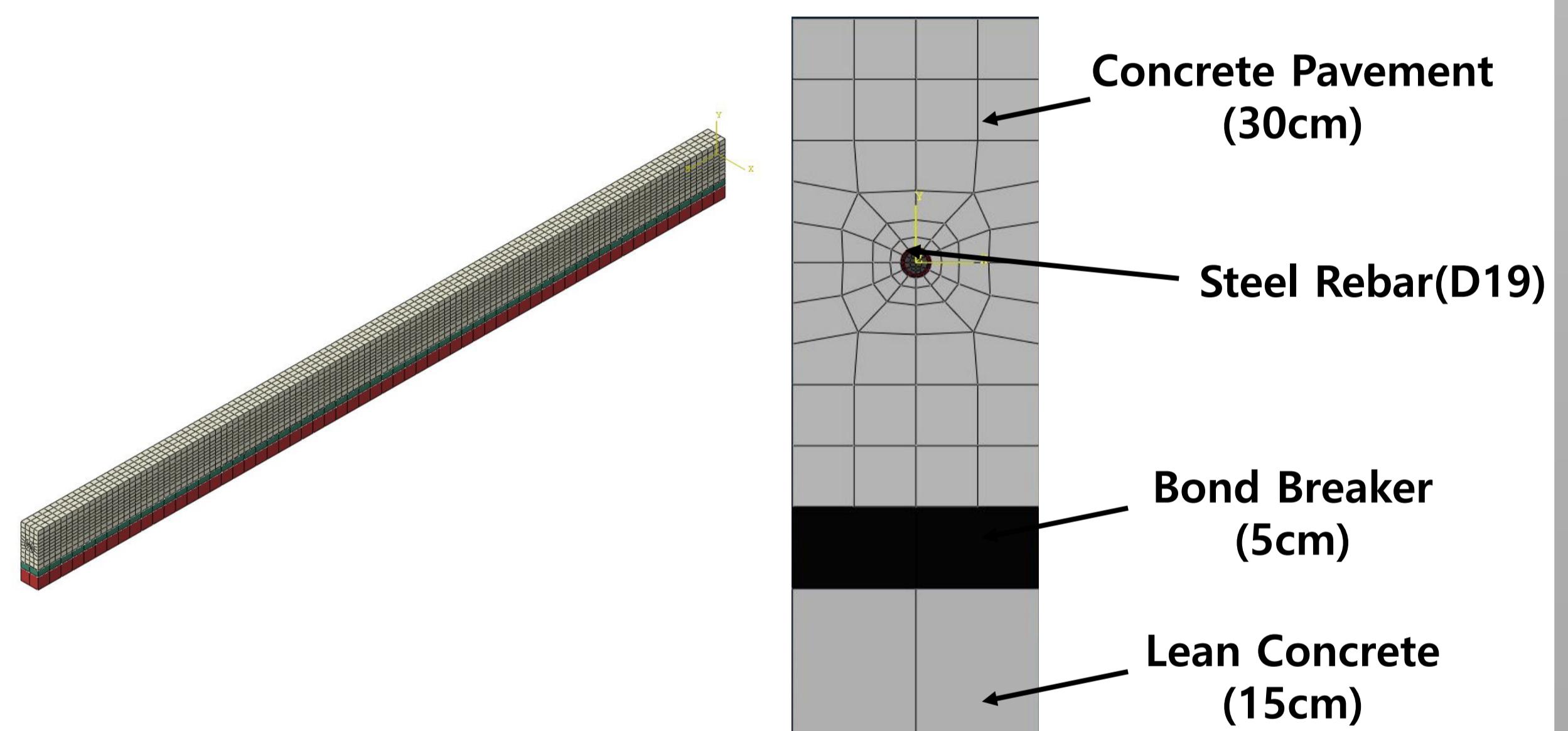


Fig. 3 시험도로 연속철근 콘크리트 포장 단면

- 철근의 부식에 따른 해석을 수행한 결과는 Fig. 4와 같다.

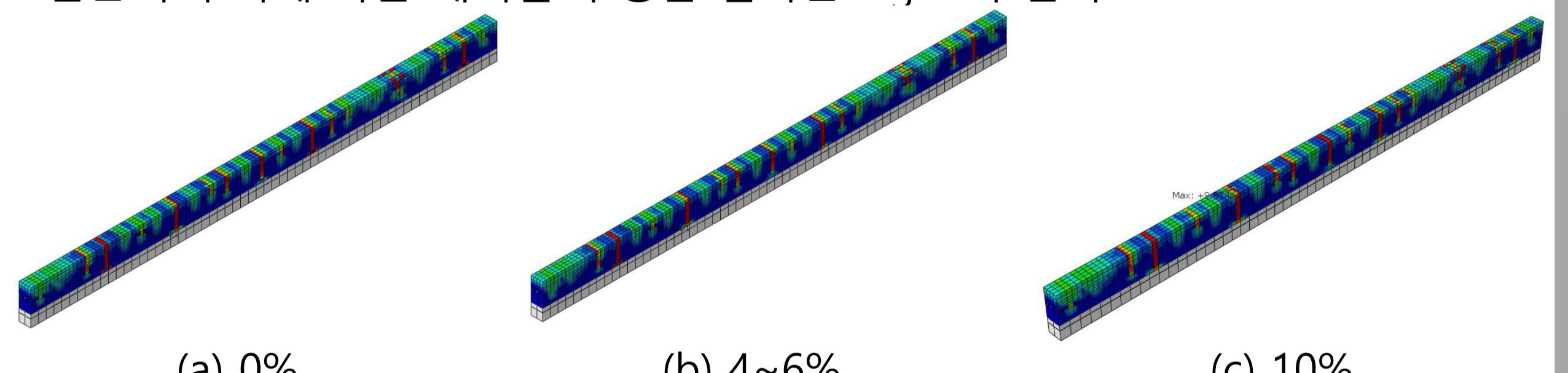


Fig. 4 철근 부식에 따른 연속철근 콘크리트의 균열발생 경향

3. 결론

- 본 연구에서는 철근 부식을 고려한 연속철근 콘크리트 포장의 유한요소해석 모형을 개발하고자 하였으며 포장에 발생하는 균열을 해석하기 위해 CDP Model을 적용하였다.
- 일반 연속철근 콘크리트 포장에 대한 해석을 실시하여 모델의 균열 해석 능력을 검증하고, 철근의 부식에 따른 팽창과 부착 강도 감소 등을 고려하여 철근 부식에 따른 연속철근 콘크리트의 균열발생 경향을 분석하였다.
- 연속철근 콘크리트 포장에서 철근의 부식은 전체 철근이 아닌 균열부를 중심으로 발생한다. 따라서 균열로부터 철근이 부식하는 영향 범위를 결정하고 그에 따른 해석을 실시할 계획이다.