

# 연속철근 콘크리트 포장의 신종균열 상태 분석

## New Type Crack Propagation in Continuously Reinforced Concrete Pavement

조영교\* · 김성민\*\* · 오한진\*\*\* · 박희범\*\*\*\* · 이하나\*\*\*\*\*

Cho, Young Kyo · Kim, Seong-Min · Oh, Han Jin · Park, Hee Beom · Lee, Hana

### 1. 서 론

연속철근 콘크리트 포장(CRCP: Continuously Reinforced Concrete Pavement)에서 발생하는 신종 균열인 내부 수평균열은 CRCP의 콘크리트 슬래브 내부에 철근이 위치한 깊이에서 수평방향으로 평면으로 생기는 균열이며 횡방향균열이 있는 근처에서 발생하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 콘크리트 포장의 파손인 스폴링이나 편치아웃 등은 도로의 표면에서 육안으로 관찰이 가능하므로 그 존재가 오래전부터 파악되어 왔지만 CRCP의 수평균열은 오래전부터 포장 내부에 존재했음에도 불구하고 표면에서 관찰되지 않기 때문에 알려지지 않다가 근래에 미국에서 발견되었다(Won et al., 2002; Kim and Won, 2004). 심각한 수준의 스폴링이나 중간 깊이의 편치아웃과 팝아웃 등의 파손은 일부분 수평균열과 연관된 것으로 밝혀졌으며, 따라서 수평균열의 발생을 방지하여 이로 인한 CRCP의 성능과 수명의 감소를 방지하여야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 중부내륙고속도로 상에 위치한 시험도로 CRCP 구간에서 육안조사를 통한 횡방향균열분석 및 코어 채취를 통한 수평균열분석을 수행하였다.

### 2. 횡방향균열 분석

시험도로 CRCP에서의 횡방향균열의 발생을 건설 후부터 계속 조사해왔으며 각 조사 시기를 표 1에 나타내었다.

표 1. 횡방향균열 조사 시기

조사 차수	시기	조사 차수	시기
CRCP 타설	2002년 10월	4차 조사	2004년 10월
1차 조사	건설 직후	5차 조사	2005년 5월
2차 조사	2003년 9월	6차 조사	2007년 10월
개통	2004년 3월	7차 조사	2010년 9월
3차 조사	2004년 7월		

균열은 번호를 기입하여 언제 발견한 균열인지를 알 수 있도록 그림 1과 같은 균열맵을 제작하여 균열의 모양과 발생 시기를 기록하였다. 균열의 번호는 첫 번째 숫자가 표 1에 나타난 조사 시기이며 두 번째 숫자는 그 조사 시기에 몇 번째로 발견되었는지를 나타내었다. 예를 들어 7-4는 7번째 조사인 2010년 9월의 조사에서 발견되었으며 C1, C2, C3 등 어떤 지정된 조사 구간에서 7번째 조사 중에 4번째로 발견된 균열임을 나타내었다. 여기서 C1, C2, C3는 시험도로 CRCP 구간에서 종방향철근비를 다르게 적용하여 시공한 것으로 C1 구간은 철근비

\* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : brain@khu.ac.kr) - 발표자  
\*\* 정 회 원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자(E-mail : seongmin@khu.ac.kr)  
\*\*\* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : fantum2040@khu.ac.kr)  
\*\*\*\* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail : bambams@khu.ac.kr)  
\*\*\*\*\* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : leehana@khu.ac.kr)

0.6%, C2는 0.7%, C3는 0.8%로 되어 있으며 각 구간은 84m의 연장을 갖고 있다.

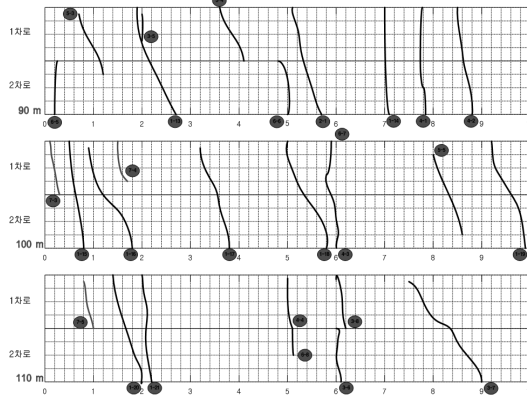


그림 1. 균열맵

균열수를 이용하여 구간별 평균균열간격을 산출하였다. 각 구간의 길이가 약 84m이므로 구간의 시작과 끝 부분에 균열이 있다고 가정하면 균열간격은 균열수에 1을 더한 수로 84를 나누면 된다. 이렇게 구한 평균균열간격을 표 2에 나타냈다. 그림 2는 조사 시기에 따라 평균균열간격이 감소하는 것을 보여준다. 철근비가 0.6과 0.7%인 C1과 C2 구간은 거의 비슷한 균열간격을 보이고 있는데 반해 철근비가 0.8%인 C3 구간은 균열간격이 확실히 좁은 것을 알 수 있다. CRCP는 철근비가 커지면 철근이 콘크리트의 환경하중에 대한 체적변화를 제지하려는 현상이 커지기 때문에 콘크리트의 인장응력이 증가하게 되고 따라서 더 많은 횡방향균열이 생기게 된다. 하지만 본 연구에서 알 수 있는 바와 같이 철근비가 0.6과 0.7%인 경우는 철근비의 효과가 비슷한 것을 알 수 있었으며 0.8%일 때는 다른 구간에 비해 확실히 좁은 균열간격을 보여준다.

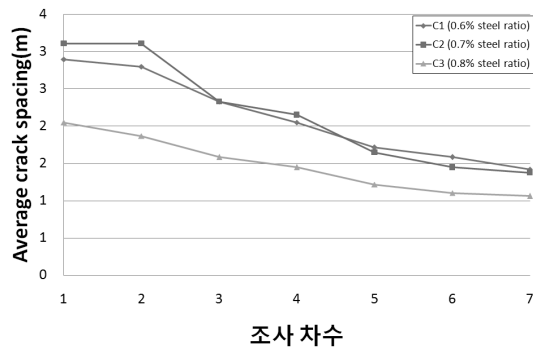


그림 2. 조사 시기에 따른 평균균열간격 변화

표 2. 조사시기별 균열수와 균열간격

구간	C1								C2								C3							
	조사차수	1	2	3	4	5	6	7	계	1	2	3	4	5	6	7	계	1	2	3	4	5	6	7
균열수	28	1	6	5	8	4	6	58	26	0	9	3	12	7	3	60	40	4	8	5	11	7	3	78
평균균열간격	2.9	2.8	2.3	2.1	1.7	1.6	1.4	1.4	3.1	3.1	2.3	2.2	1.7	1.5	1.4	1.4	2.1	1.9	1.6	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1

### 3. 신중 수평균열 분석

포장 내부의 수평균열 존재 여부를 파악하기 위해서는 두 가지의 방법을 이용할 수 있다. 첫 번째 방법은 콘크리트 슬래브의 옆면을 직접 관찰하는 것이다. 이를 위해서는 노건을 파서 슬래브의 옆면을 볼 수 있도록 해야 한다. 다른 방법은 코어를 채취하여 수평균열의 유무를 살펴보는 방법이다. 대부분 수평균열은 초기에 발생한 횡방향균열의 근처에서 발생하기 때문에 이러한 수평균열 파악 방법을 적용하기 위해서는 초기에 발생한 횡방향균열을 선택하여 그 부분에 수평균열 파악 방법을 적용하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는

그림 3과 같이 코어를 채취하는 방법을 이용하여 수평균열의 유무를 파악하였다.

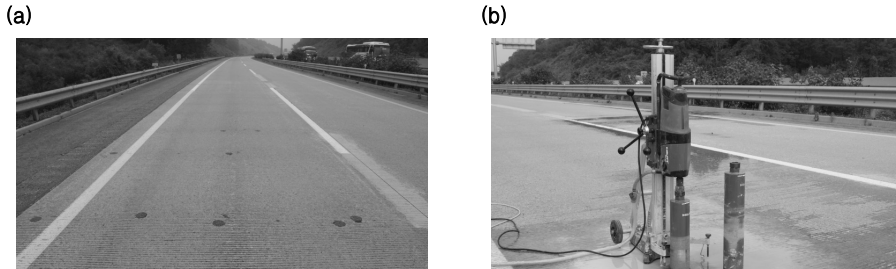


그림 3. 코어채취: (a) 이전 코어 채취위치, (b) 코어링 작업

시험도로 CRCP구간 중 3곳의 횡방향균열 근처에서 코어를 채취하였으며 이전의 실험에서 채취한 9개의 수직방향의 코어와 비교를 통한 균열진전 여부를 확인하기 위하여 추가의 6개의 수직방향의 코어를 채취하였다. 코어 채취 평면도는 그림 4와 같으며 그림의 A~I는 기존에 채취한 코어이며, J~O는 추가로 채취된 코어이다. 또한 추가로 채취된 코어의 사진은 그림 5에 나타내었다. 코어 채취 평면도에서 ①위치의 횡방향균열과 ②위치의 횡방향균열은 약 1년의 시간 차이를 두고 발생한 균열이며 ②위치의 균열이 더 늦게 발생하였다. 기존의 코어 채취 시기와 추가로 채취된 코어와는 약 5년의 시간차이를 두고 있다.

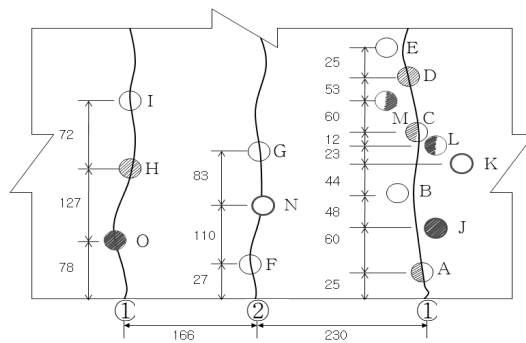


그림 4. 코어 채취 평면도 (단위: cm)

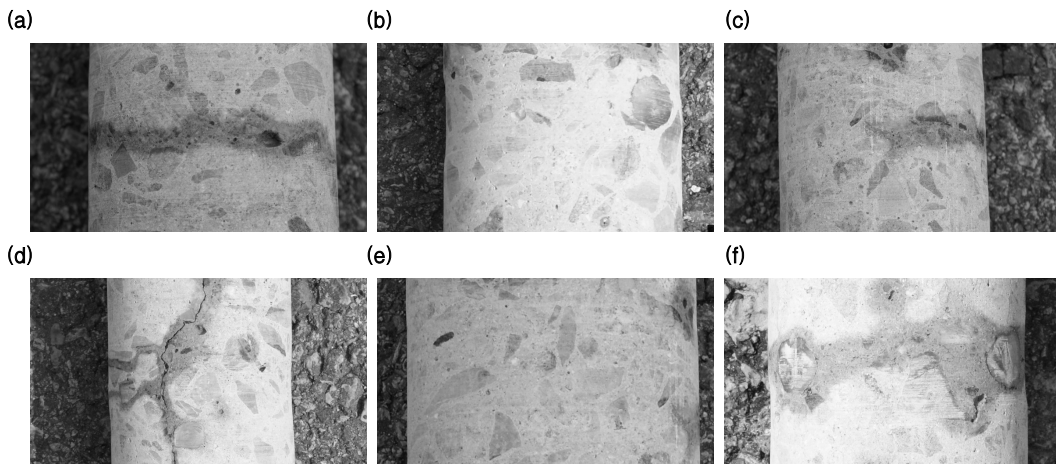


그림 5. 채취한 코어:

(a) 코어 J, (b) 코어 K, (c) 코어 L, (d) 코어 M, (e) 코어 N, (f) 코어 O



기존의 수평균열은 ①위치에서 코어 A와 C에서는 횡방향균열의 좌측부분(그림 4에서 빗금친 부분)에서 발견되었으며 코어 D와 H에서는 전단면에 걸쳐 수평균열이 발견되었다. 이전 코어인 코어 C의 오른쪽에는 수평균열이 발생되지 않았지만 추가로 채취된 코어 J와 L에서 수평균열이 발견되었다. 이는 수평균열이 미소하게 진전되고 있는 것을 의미하는 것이다. 또한 코어 O를 통해 H에서 길어깨 방향으로 내부수평균열이 존재하는 것을 예측할 수 있다.

이전에 ②위치에서 채취한 코어 F, G에서는 수평균열이 존재하지 않았으며 약 5년 후인 현재에 N위치에서 코어를 채취하였으며 이번 코어에서도 수평균열이 확인되지 않았다. 이것은 수평균열이 주로 콘크리트 타설 후 발생한 초기 횡방향균열 부근에서 발생하는 반면 뒤늦게 발생한 횡방향균열에서는 존재할 확률이 낮다는 것을 보여주는 것이다.

#### 4. 결 론

중부내륙 고속도로 상에 위치한 시험도로에서의 현장 실험을 통한 철근비에 따른 균열양상과 신중 수평균열 진전에 관한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 철근비가 0.6과 0.7%인 경우는 철근비의 효과가 그리 크지 않지만 0.8%일 때는 다른 구간에 비해 확실히 균열간격이 좁게 나타났다.
- 신중 수평균열은 주로 콘크리트 타설 후 발생한 초기 횡방향균열 부근에서 발생하는 반면 뒤늦게 발생한 횡방향균열에서는 수평균열이 존재할 확률이 낮다.
- 수평 균열의 진전을 확인하기 위해 시험도로에서 코어를 채취하였으며 이전의 데이터와 비교분석한 결과 수평균열이 미소하게 진전되었음을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 기초연구사업중 일반연구자지원사업(과제번호: 2010-0007816)의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] Kim, S. M. and Won, M. C.(2004), "Horizontal cracking in continuously reinforced concrete pavements," *ACI Structural Journal*, Vol. 101, No. 6, American Concrete Institute, pp. 784-791.
- [2] Won, M. C., Kim, S. M., Merritt, D. and McCullough, B. F.(2002), "Horizontal cracking and pavement distress in Portland cement concrete pavement," *Proceedings of the 27th International Air Transport Conference*, ASCE, Orlando, Florida., (CD-ROM).