

## 연속철근 콘크리트포장의 역학적거동 예측 기법연구

(A Study on Prediction Technique in Continuously Reinforced Concrete Pavements )

김연복\*  
Kim, Yeon-Bok

### Abstract

In this study, to make a construction strategy to minimize or protect punchout and steel corrosion in CRCP, the following items have been studied;

- 1) Review of the structural response characteristics and the current design criteria in CRCP.
- 2) Evaluation of basic analytical concepts and the limit of application in the current models
- 3) Some suggestions of performance monitoring in CRCP and evaluation of construction s-strategy with preformed crack induces

### 1. 서 론

본 연구는 우리 나라의 교통, 토질, 재료 및 환경조건에 적합한 연속철근 콘크리트포장의 공용성 개선과 설계, 시공 기준을 개발 하기 위한 단계적 연구의 일환으로 수행된 1단계 기본연구 사업으로서, 기존의 연속 철근 콘크리트포장 이론과 역학적 해석 메카니즘을 심층적으로 분석, 평가하여 역학적 기계장치에 의한 연속철근 콘크리트포장거동의 인위적 제어 메카니즘 개발 및 개념 정립이 본 연구에서 이루어졌다.

본 연구 단계에서는 CRCP 공용성을 개선하기 위한 방안으로서 이론적 예측 기법에 의한 preformed CRCP의 개념 정립과 시공개념을 평가제시하고, 시험포장 및 계속 계획을 수립하는 것 까지 수행되었다.

### 2. 적용모형과 해석 방법론

CRCP 거동의 지배반응 Parameter인 횡방향 균열 발생은 내적 및 외적 작용 힘에 의해서 유발된 체적변화에 대한 포장 슬래브의 구속결과이다.

횡방향 균열형성은 2가지의 다른 기본 메카니즘에 기인된다.

(1) 온도 강하, 건조 수축, 그리고 수분 변화로 형성되는 내력, (2) 윤하중에 의한 외적 유발응력 이들 원인들의 관계를 개념적으로 표시하면 다음과 같다.

$$X = f(T, Z, B, MC, WL)$$

여기서, X = 균열간격

T = 온도강하

Z = 건조수축계수

B = 포장과 기층사이에 평균마찰계수

MC = 수분변화

WL = 윤하중

#### (1) 모형의 기본 가정

이 해석 모델의 기본식을 유도 하는데 사용된 기하학적 배열과 기본 해석 단위는 각각 그림 3.1, 3.2에 이들 CRCP의 기하학조건은 시공지 설치되는 단부 처리장치와 누적마찰력 때문에 슬래브가 양단부에서 정착되며, 정착단 사이에 포장은 고정구간을 유지하는 것으로 고정된 길이(fixed length)를 유지하는 것으로 가정하고 있다.

또한 이 모델의 역학적 해석에 있어 정의되는 기본 가정조건은 다음과 같다.

- (i) 콘크리트와 철근 재료 성질은 선형 탄성적이고 공간에 대하여 독립적이다.
- (ii) 주어진 온도변화와 건조수축크기는 슬래브 길이 전체에 대하여 균등하게 분포하며, 환경 하중재하에 대하여 1축부재(uni-axial structural model)로 거동하는 것으로 가정한다.
- (iii) 콘크리트 슬래브와 보조기층 사이에 마찰 특성은 탄성적 관계이다.
- (iv) 슬래브의 크리이프와 뒤틀림(Warping) 효과는 무시한다.

\* 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구원

## (2) 모형 해석 기법

CRCP 거동에 대한 주요해석인자는 일정범위의 재료성질, 환경 조건, 그리고 포장구조의 기하적 배열조건에 대한 균열간격, 균열폭, 그리고 콘크리트와 철근 응력에 대한 시간 이력 (time history)이라 할 수 있다.

현재에 있어, 이와 같은 해석인자를 추정할 수 있는 역학적 해석모델이 균열간격 및 기타 슬래브 반응을 추정하기 위하여 채택하고 있는 "Incremental Approach" 기법은 그림(2.3)에 보여지는바 같고, 단계별 특성은 다음과 같다.

- (i) 임의시간  $t_1$ 에서, 인장강도-시간 관계식으로부터 콘크리트 인장강 (그림 2.3 a).
- (ii) 시간  $t_1$ 에서 건조수축 계수,  $\alpha_1$ 와 온도강도  $T_1$ 를 계산한다 (그림 2.3 b).
- (iii) 3.1.2절에서 정의된 역학적 해석모델을 사용해서, 최대 콘크리트 인력을 계산한다. (그림 2.3 c)
- (iv) 콘크리트 인장강도와 계산 콘크리트 인장응력을 비교해서, 강도가 응력 균열은 일어나지 않게 된다.
- (v) 그러면 시간을  $t_2$ 로 증가시켜서 (i)-(iv) 단계 과정을 반복한다.  
만일, 응력이 강도보다 큰 경우 그림 2.3 d,  $t_1$ 과  $t_2$ 사이에서 균열이 발생하게 된다.
- (vi) 시간  $t_1$ 와  $t_2$  사이 임의 시점에 대하여 균열이 발생된 대응 슬래브 응력상태를 본다.
- (vii) 시간과 물성 Parameter 값을 증가시키고 (i) - (vi) 단계를 계속 한다.

## 3. 수치 해석의 예

표 2.1로 주어지는 입력 조건에 대한 재형에 따른 평균 균열 간격 사이 관계를 표시하면 그림 2.4와 같다.

또한, 콘크리트 재료 조건을 표 2.2와 같이 변화시켰을때, 균열 간격, 균열 폭 그리고 철근 응력 사이에 관계를 그림 2.5, 2.6와 같이 계산되었다.

실제 현장에서 계속된 범위와 비교해 볼 때, 역학적 계산치가 잘 대응되는 결과를 보여주고 있다.

## 4. 결 론

본 연구에서 적용된 역학적 CRCP 거동 예측 모델은 0.6% 철근비율 가지고 충분한 슬래브 두께를 확보한 CRCP 재료는 Split 인장강도가 35 - 40  $\text{Kg/cm}^2$  이고, 열팽창 계수가  $8.1 - 9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ , 콘크리트 건조 수축 계수가 0.0004이하 인 경우, 현장 거동과 잘 일치 됨을 알 수 있다. 그러나 본 연구는 제한된 콘크리트 물성 자료와 현장 계속 자료를 토대로 이루어졌고, 앞으로 시험포장 및 현장재료의 물성시험을 통한 입력 조건의 모형화와 CRCP의 횡방향 균열 간격과 균열 폭 사이에 거동 메카니즘의 상관성 규명 연구가 계속 되어져야 한다.

## 참고문헌

- (1) "Analysis of Steel Stress and Concrete on an experimental Continuously Reinforced Concrete Pavement" Texas Highway Dept, May 1968 Rept 46-2, PP1-PP41
- (2) "Evaluation of Singles Axle Load Response on Experimental Continuously Reinforced Concrete Pavement", April 1965, Rept 46-3, P.17 - P.29
- (3) "Concrete Pavement and Pavement Overlay", TRB, 1980, TRR 756 P.1-P.14
- (4) "Material Properties to Minimize Distress in Zero-Maintenance Pavement", FHWA/RD-80/155. Vol 1,2
- (5) "Stabilized Subbase Friction Study for Concrete Pavements", Univ. of Texas (Austin), CTR Rept 459-1
- (6) "Limit State theory for Reinforced Concrete Design", by B.P Hughes, Pitmen Books Limited, 1980 P.273-P.300
- (7) "도로포장의 설계", 산해당, 1974, P.265-279
- (8) "중부고속도로 건설지", 건설부/도로공사, 1988.12
- (9) "중부고속도로 건설사업, 감리종합보고서", 한국종합설계공사, 1989.12
- (10) "Computer Program CRCP-4,5,6 and 7 tech Memo" Manual Unpublished in CTR, 1990 Univ. Texas (Austin)

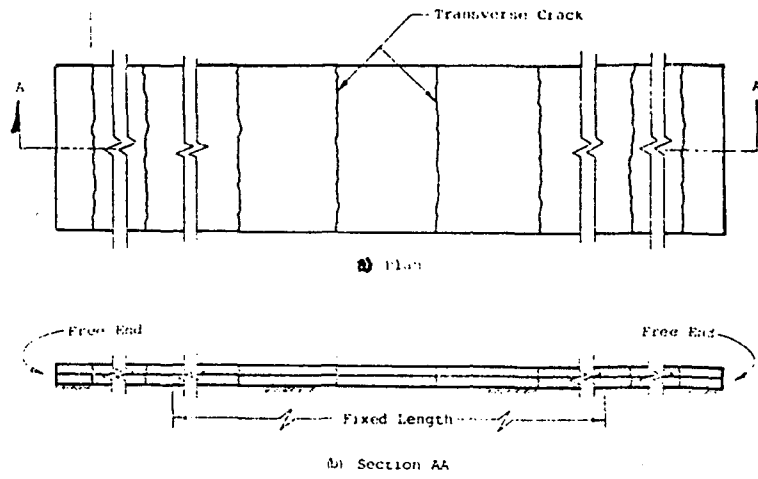


그림 2.1 CRCP 전체 연장 구성

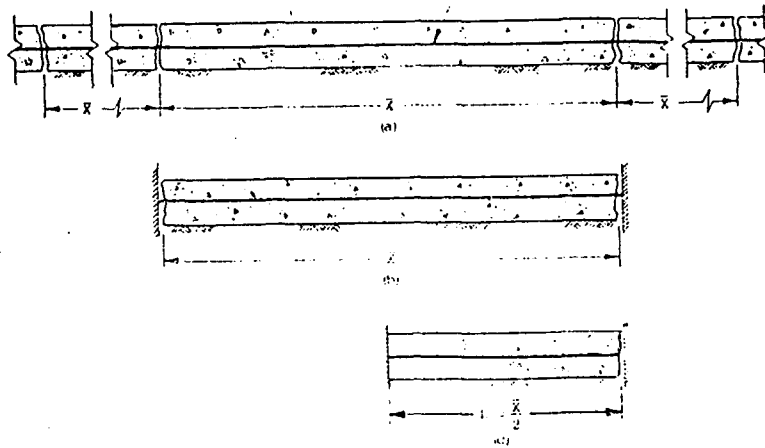


그림 2.2 CRCP 기하 모델

표 2-1 해석 입력 조건

<ul style="list-style-type: none"> <li>철근성질                     <ul style="list-style-type: none"> <li>철근종류 : 아형철근</li> <li>철근 직경 (<math>\phi</math>) : 19mm</li> <li>항복응력 (<math>f_y</math>) : 413,700 kg/cm<sup>2</sup> (60,000 Psi)</li> <li>연장률계수 (<math>\epsilon_s</math>) : <math>10.8 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}</math></li> <li>탄성계수 : <math>2.04 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2</math> (<math>29 \times 10^4 \text{ Psi}</math>)</li> </ul> </li> <li>콘크리트성질                     <ul style="list-style-type: none"> <li>슬래브두께(D) : 30cm</li> <li>단위중량(<math>\gamma_c</math>) : 2.4 t/m<sup>3</sup></li> </ul> </li> <li>슬래브-보강재 상호 작용                     <table border="1"> <thead> <tr> <th>콘크리트 이송강도</th> <th>마찰응력 (<math>k_f / \text{mm}^2</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1.25</td> <td>1.48</td> </tr> <tr> <td>2.51</td> <td>4.43</td> </tr> <tr> <td>3.77</td> <td>5.62</td> </tr> <tr> <td>5.03</td> <td>6.61</td> </tr> <tr> <td>6.29</td> <td>6.92</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>온도조건                     <ul style="list-style-type: none"> <li>양생온도 : 27°C</li> <li>설계평균최저온도 : -1°C, -5°C</li> <li>최저온도보정인수 : 15년</li> </ul> </li> </ul>		콘크리트 이송강도	마찰응력 ( $k_f / \text{mm}^2$ )	0	0	1.25	1.48	2.51	4.43	3.77	5.62	5.03	6.61	6.29	6.92
콘크리트 이송강도	마찰응력 ( $k_f / \text{mm}^2$ )														
0	0														
1.25	1.48														
2.51	4.43														
3.77	5.62														
5.03	6.61														
6.29	6.92														

표 2.2 해석 CRCP 콘크리트 재료 성질

재료성질	종류		
	1	2	3
인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	26	38	56
연장률계수 (/°C)	$1.1 \times 10^{-4}$	$9 \times 10^{-6}$	$16.2 \times 10^{-6}$
콘크리트탄성계수	0.99002	6.0004	6.9902

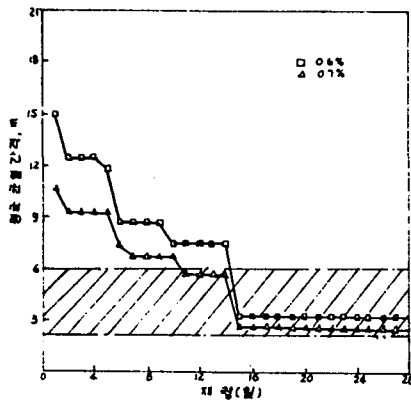


그림 2.4 재형에 따른 평균 균열간격 변화

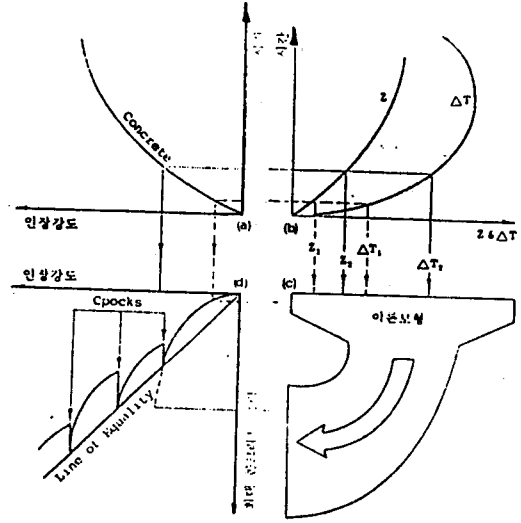


그림 2.3 CRCP공용성 추정에 적용되는 Incremental Approach 구성

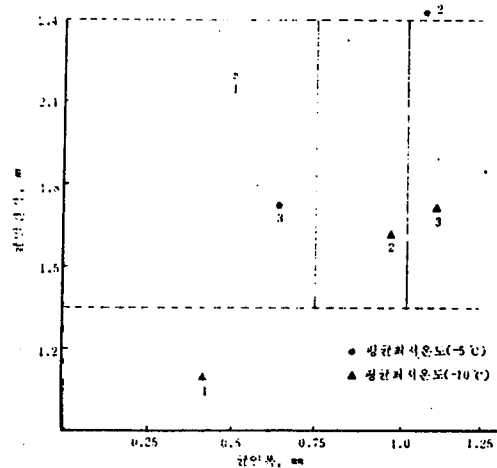


그림 2.5 계산균열폭과 균열간격에 대한 적정포장공용성을 위한 조건

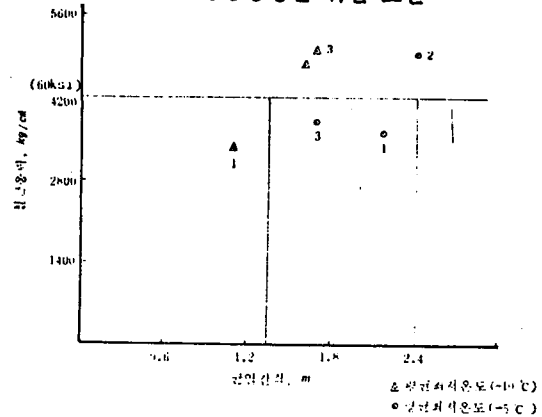


그림 2.6 계산균열간격과 철근응력에 대한 적정포장공용성을 위한 조건