

처짐법을 이용한 무근콘크리트 포장하부의 공동탐사

Detection of Void beneath the Plain Reinforced
Concrete Pavement Using Deflection Method

변근주* 이상민** 김영진*** 송영철****
Byun, Keun Joo Lee, Sang min Kim, Young Jin Song, Young Chul

ABSTRACT

In recent years, it has been found that one of the most significant factors in the reduction of the life of concrete pavements is the presence of voids beneath the slab. In the design of pavement, it is assumed that there is a full support through the length of the pavement. When a void develops, this assumption is no longer valid. With increasing void size, traffic loads have a very significant increase in stress. Thus, the combination of existing voids and increasing traffic loads results in significant pavement life reduction. Based on the results of an experimental deflection using Dynaflect device and a theoretical one on the pavement model, this study presents a rational evaluation technique for detecting voids beneath the plain reinforced concrete pavement.

1. 서론

콘크리트포장의 공용성 및 피로수명을 저하시키는 손상원인 중 가장 중요한 영향인자의 하나가 포장하부에 발생하는 공동현상이다. 포장하부의 공동현상은 포장층면부의 팽팽현상, 단차현상, 지반의 장기침하등 여러 복합적인 원인에 의하여 발생하기때문에 콘크리트 포장의 내구성 및 사용성을 증대시키고 손상부위의 조기보수를 위한 효율적인 유지관리체계의 개발을 위해서는 공동의 발생위치 및 발생규모에 대한 합리적인 평가기준이 설정되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 콘크리트포장구조의 이론해석 및 dynaflect에 의한 실험포장모형실험에서 얻은 실험자료를 상호분석하므로써 무근콘크리트 포장하부의 공동탐사를 위한 합리적인 평가방법 및 평가기준을 제시하고자 한다.

2. 콘크리트 포장구조의 이론해석

본 연구에서는 기존의 콘크리트포장구조를 고려하여 입상재료 보조기층을 갖는 포장구조와 빈배합콘크리트 중간층을 갖는 포장구조를 대상으로도 선정하였으며, 공동위치, 발생규모에 따른 지반지지력의 국부적 변화를 이론해석에 효율적으로 반영시키기 위하여 Winkler 기초모형을 지반모델로 적용하였다. 해석이론으로는 유한요소법을 적용하였으며, 포장구조를 슬래브, 지반 및 줄눈요소로 분할하여 각각의 거동을 평가한 후 각 절점의 처짐 및 응력을 산정하였다.

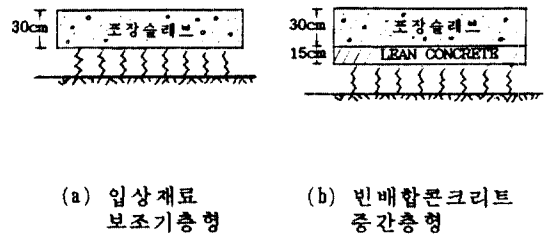


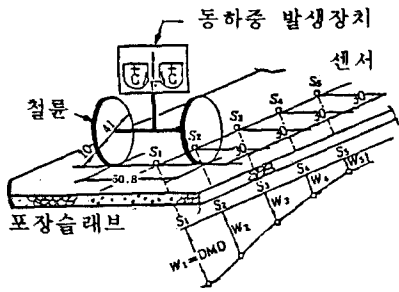
그림 1 Winkler 기초모형

3. 처짐법에 의한 공동탐사

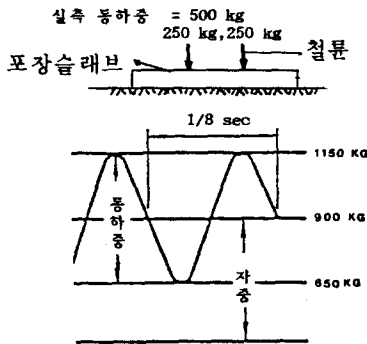
콘크리트포장의 처짐을 측정하여 포장하부의 공동현상을 탐사하는 방법에는 Benkelman Beam과 같이 저속이동하중을 이용하는 정적인 방법, Dynaflect 또는 WES Vibrator 등과 같이 정규진동하중을 이용하는 동적인 방법 및 FWD와 같이 충격하중을 이용하는 방법등이 있으나, 본 연구에서는 Dynaflect를 이용한 공동탐사방법을 제시하고자 한다.

Dynaflect는 진동하중발생장치, 처짐감지장치, 제어 및 측정장치로 구성되어 있으며 그림 2에 도시된 바와같이 900kg의 자중을 중심으로 50cm 간격을 갖는 2개의 편심추가 8Hz의 주파수로 상하 454kg의 정규진동하중을 발생시키는 전자계측장치이다. 절륜에 의하여 발생하는 포장표면의 동적처짐은 30cm 간격으로 배치된 5개의 geophone에 의하여 검출되며, 포장하부의 공동유무에 따라 민감한 반응을 보이게 된다.

* 정회원, 연세대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 연세대학교 토목공학과 박사과정
*** 정회원, 연세대학교 토목공학과 박사과정
**** 정회원, 한국전력기술연구원 연구과장



(a) Dynaflect의 재원



(b) Dynaflect의 정규진동하중

그림 2 Dynaflect에 의한 처짐측정

4. 공동을 갖는 콘크리트포장모형의 제작

공동형상은 이론해석을 통하여 평가된 결과를 토대로 5가지 공동형상을 선정하였으며, 모형제작시 10cm 두께의 스티로폼을 이용하여 공동을 배치하였다. 포장모형은 폭 5m(본포장 4m, 노면 1m)의 1차선으로 하였으며, 입상재료보조기층형 42m, 빈배합콘크리트중간층형 30m를 포함하여 총 길이 72m로 제작하였다. 또한, 수축줄눈은 깊이 6cm 폭 5mm의 베니어 판으로 제작하여 6m마다 설치하였으며, 다우얼바의 영향을 분석하기 위하여 실무에 배치된 단면재원과 동일한 다우얼바를 1개소에 배치하였다. 포장모형 제작시 포장콘크리트의

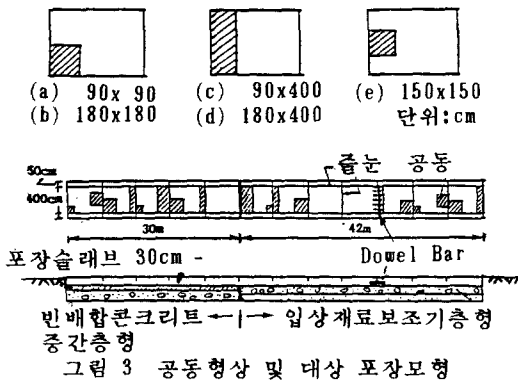


그림 3 공동형상 및 대상 포장모형

내부온도변화를 평가하기 위하여 10개의 온도센서를 1개소에 매립하였으며, 또한 포장콘크리트의 초기 건조수축 및 온도변화에 따른 변형특성을 분석하기 위하여 총 14개의 다압계이저를 설치하였다.

그림 3은 공동형상 및 대상 포장모형을 도시한 것이다.

5. 이론해석과 모형실험결과의 비교분석

포장모서리에 Dynaflect를 재하시켰을 경우, 포장모형별로 지반지지력계수, 공동의 위치 및 발생규모에 따른 포장슬래브의 이론처짐곡선 및 실측처짐을 비교분석한 예는 그림 4, 5, 6, 7, 8 및 9와 같다.

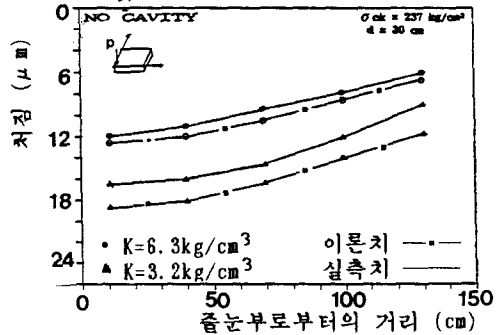


그림 4 입상재료보조기층형(No Cavity)

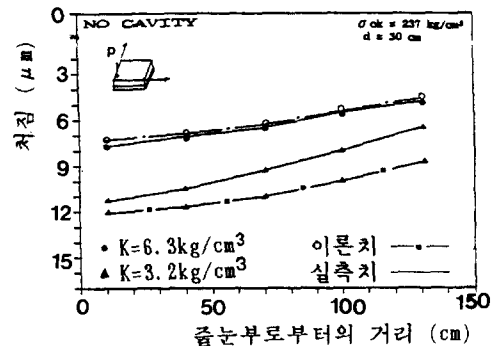


그림 5 빈배합콘크리트중간층형(No Cavity)

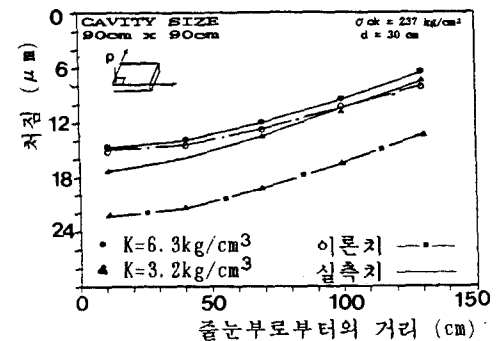


그림 6 입상재료보조기층형 (모서리 90cm x 90cm 공동)

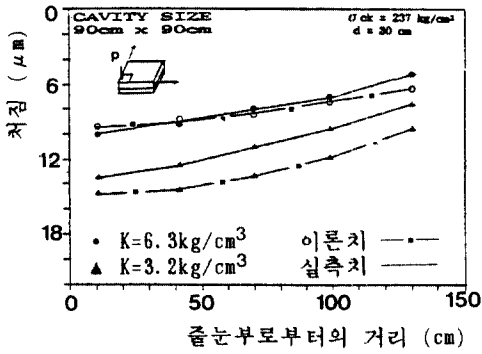


그림 7 빈배합콘크리트중간층형 (모서리 90cm x 90cm 공동)

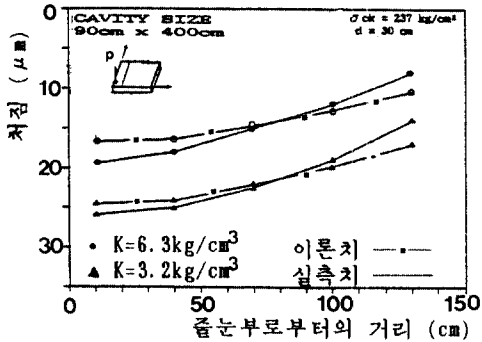


그림 8 입상재료보조기층형 (줄눈전폭 90cm x 400cm 공동)

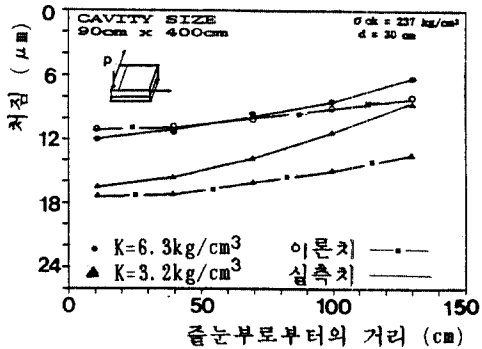


그림 9 빈배합콘크리트 중간층형 (줄눈전폭 90cm x 400cm 공동)

한편 그림10은 포장내부의 온도변화를 분석한 것으로서 8 - 9월의 경우 포장표면에서 5cm 내려갈수록 평균 1 - 2°C의 온도감소가 발생 하는 것으로 평가되며, 포장표면과 밑면의 24 시간 온도변화를 도시하면 그림 11과 같다.

분석결과에 의하면 오전 10 - 11시와 오후 6 - 7시 사이에는 대기온도, 포장표면 및 포장 밑면의 온도가 거의 일치하는 것으로 평가 된다.

그림 12는 다우얼바의 영향률 분석한 것으로 공동이 발생할 경우, 다우얼바에 의하여 약 29%의 처짐감소를 얻을 수 있는 것으로 분석된다.

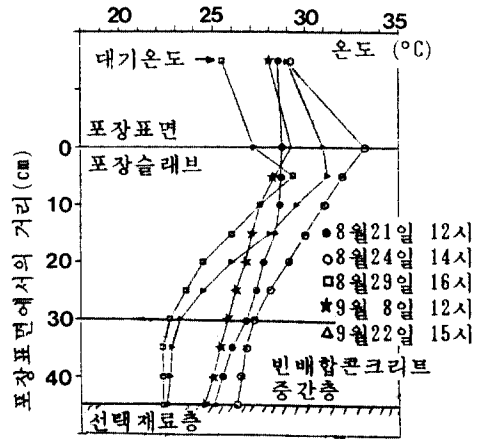


그림 10 포장내부의 온도변화

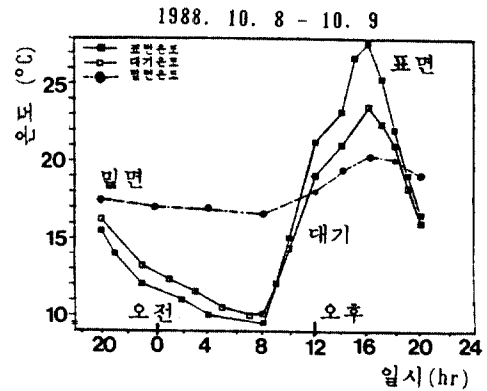


그림 11 포장의 24시간 온도변화

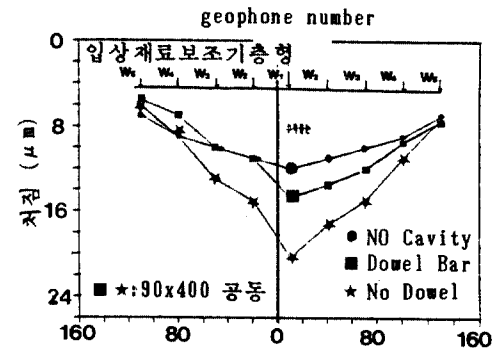


그림 12 다우얼바의 영향분석

6. 이론처짐과 실험처짐의 상관관계 분석

지반지지력 및 공동형상의 변화에 따른 이론처짐과 Dynaflect 실험처짐의 상관관계를 분석한 결과는 그림 13, 14와 같으며 82.3%

이상의 양호한 상관계수를 갖는 것으로 평가된다.

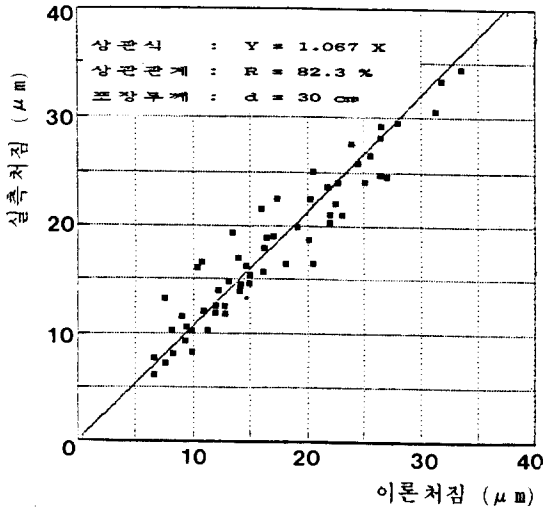


그림 13 입상재료보조기층형 포장모형

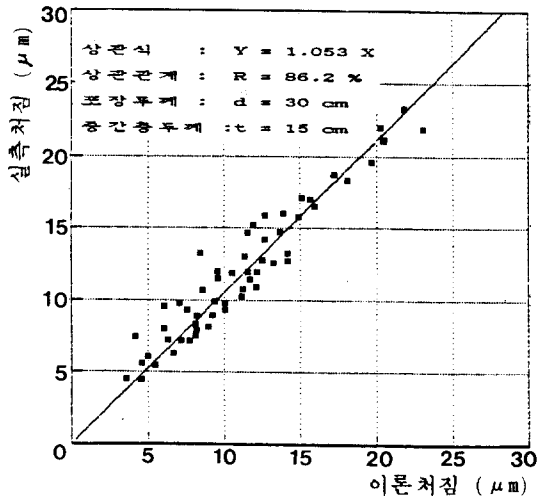


그림 14 빈배합콘크리트중간층형 포장모형

7. 처짐법에 의한 공동탐사방법의 제안

(1) 지반지지력의 평가

실제 현장에서는 포장하부의 지지력을 평가하는 일이 불가능하므로, 본 연구에서는 이론 처짐과 실측처짐의 상관관계로부터 공동이 발생하지 않는 콘크리트포장의 처짐을 이용하여 지반지지력을 평가할 수 있는 방법을 그림 15와 같이 제안한다.

(2) 공동발생면적의 평가

다우얼바가 설치되지 않은 입상재료보조기층형 포장과 빈배합콘크리트중간층 포장에 대하여, 수축줄눈부 및 시공줄눈부의 모서리처

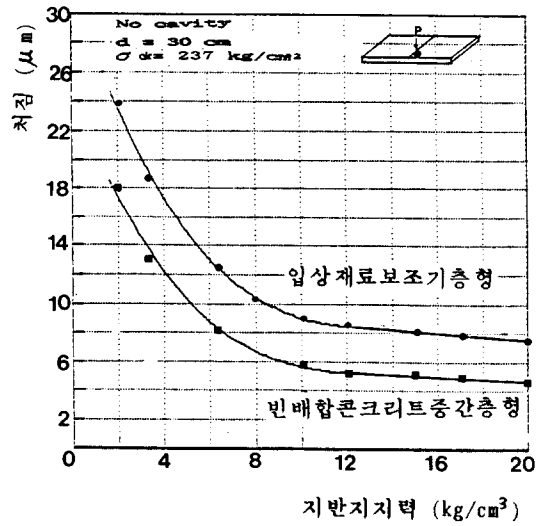


그림 15 수축줄눈 모서리의 처짐에 의한 지반지지력 평가

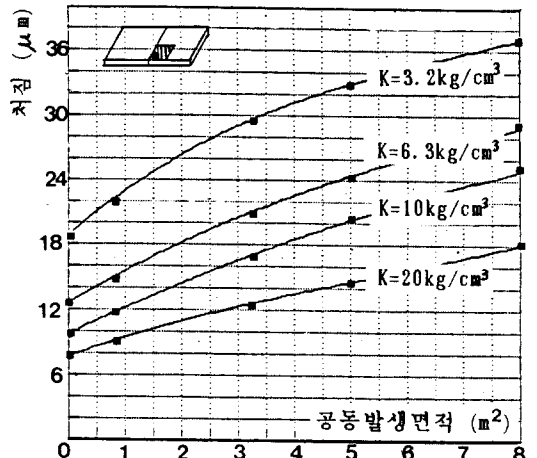


그림 16 수축줄눈부 모서리의 공동 평가방법 (입상재료보조기층형 포장)

표 1 공동발생규모의 평가공식(모서리 공동)

포장모형	공동위치	평가공식
입상재료보조기층형	수축줄눈부	$A = \frac{(W1 - 50.003 \times 10^{-0.046k})}{(16.434 - 0.466K)}$
	시공줄눈부	$A = \frac{(W1 - 25.704 \times 10^{-0.035k})}{(2.699 - 0.136K)}$
빈배합콘크리트중간층형	수축줄눈부	$A = \frac{(W1 - 29.444 \times 10^{-0.039k})}{(4.426 - 0.145K)}$
	시공줄눈부	$A = \frac{(W1 - 22.751 \times 10^{-0.031k})}{(2.572 - 0.135K)}$

진에 의한 공동발생규모의 평가방법을 제시하면 그림 16, 17 및 표 1과 같다.

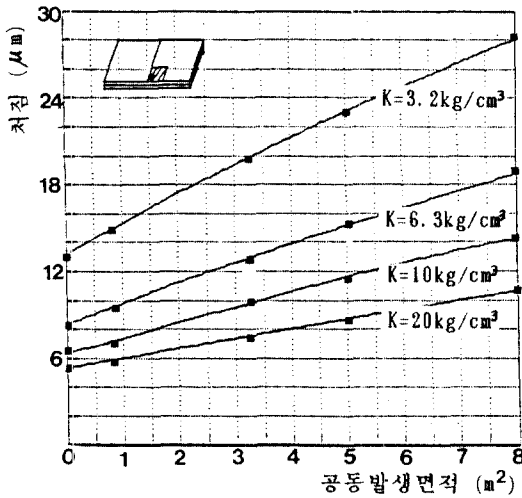


그림 17 수축줄눈부 모서리의 공동 평가방법 (빈배합콘크리트중간층 포장)

(3) 허용처짐의 제안

포장모형별로 포장내부의 최대휨응력이 허용휨강도 45kg/cm^2 와 같아질때의 하중-처짐 곡선을 도출한 결과는 그림 18과 같으며, 이를 무근콘크리트포장의 허용처짐으로 제안하고자 한다.

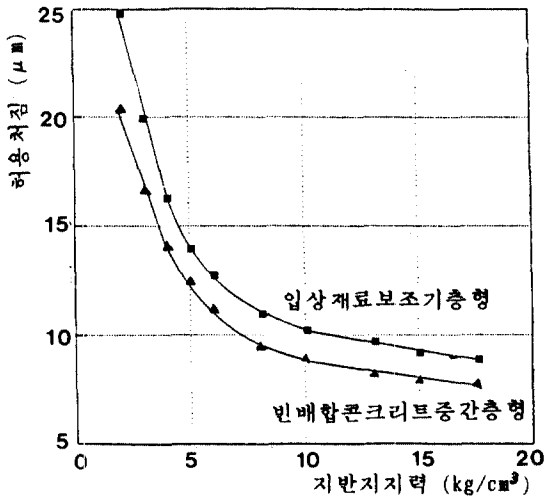


그림 18 지반지지력별 허용처짐의 분석

8. 결론

본 연구를 통하여 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) Winkler 기초모형을 적용하면, 공동이 가지고 있는 콘크리트 포장슬래브의 응력

및 변위를 산정함에 있어 매우 엄밀한 해석결과를 얻을 수 있다.

- 2) 모형실험 결과, 빈배합콘크리트 중간층을 갖는 포장이 입상재료보조기층을 갖는 포장에 비하여 구조적으로 안정된 거동을 나타내었으며, 실험크기의 포장모형에 대한 Dynaflect의 실험처짐 및 Winkler 기초모형에 의한 이론해석 결과가 잘 일치하기 때문에, Dynaflect를 이용한 공동탐사방법은 매우 신뢰도가 높은 것으로 평가된다.
- 3) 포장콘크리트의 허용휨강도를 기준으로 할때, 포장 모서리부에 차량하중이 재하될 경우 모서리에서 90 - 120cm의 범위에서 최대휨인장응력이 발생하며, 이러한 포장슬래브의 특성으로 인하여 우각부균열이 발생하는 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Richard A. Weiss, 'Pavement Evaluation and Overlay Design using vibratory Non-destructive Testing and Layered Elastic Theory, Vol. I, Development of procedure', prepared for U.S. Department of Transportation, March, 1980, pp. 1-167.
- 2) F.H. Scrivner & W. M. Moore, 'A New Research Tool for Measuring Deflection of Pavements', 1966, pp. 1-6.
- 3) Austin Kovacs, Rexfold M.M., 'Detection of Cavities under Concrete Pavement', U.S. Army Corps of Engineers, July, 1983.
- 4) Francisco Torres, B. Frank McCullough, 'Void Detection and Grouting Process', Research Report 249-3, The Univ. of Texas at Austin April, 1983, pp. 1-178.