

줄눈콘크리트포장의 하중응력분포 해석

Stress Distribution Analysis of Jointed Concrete Pavements

박 제 선* 이 주 형** 김 태 경*** 윤 경 구****
Park, Je-Seon Lee Joo-Hyung Kim, Tea-Kyung Yun, Kyung-Ku

ABSTRACT

This study focused on the development of an alternative stress estimation procedure to instantly calculate the critical stresses bonded concrete pavement. Closed form analysis is commonly used to analyze pavement structures. This type of analysis assumes linearelastic material properties and static loading conditions. The well-known ILLI-SLAB finite element program was used for the analysis. Bonded concrete overlay analyzed the stress distribution, behavior and load carrying capacity under track load is made evaluation standard of bonded concrete overlay. In the study, the following results were derived ; The properties of strength is that compress and 3-point bending strength of existing pavement is deteriorated with 184 kg/cm², 59 kg/cm² but compress and splitting tensile strength of overlay is satisfied with 465 kg/cm², 45 kg/cm². Load transfers is happen at adjacent slab by interlocking under track load. The stress distribution under interior, corner and edge load is described high loading position surrounding then loading position.

키워드 : Bonded Concrete Overlay, Stress Distribution, Load Transfer

Keywords : 접착식 콘크리트 덧씌우기, 응력분포, 하중전달

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트 포장은 중차량에 대한 적용성과 장기간의 공용성을 갖는 특징을 가지므로 국내·외적으로 계속적으로 증가하는 추세이다. 국내에서는 1984년 88고속도로를 시초로 대부분의 신설 고속도로는 콘크리트 포장으로 포장되고 있다. 이와 같은 콘크리트 포장은 슬래브의 강성에 의해 하중을 주로 지지하는 것으로 설계되나, 실제의 거동은 지반 상태에 민감하며, 우수 및 지하수위의 변동, 동결융해, 동상현상 이나 점토질 지반의 장기적인 침하현상으로 인하여 포장하부의 지지력 감소에 큰 영향을 받는다. 노면하부에

공동이 발생할 경우 포장 콘크리트는 차량 통과 시 과도한 응력집중에 의해 균열발생 등으로 공용성이 크게 저하된다. 이 같은 콘크리트 포장의 손상은 아스팔트 포장에서 처럼 부분적인 팻칭(patching)이나 덧씌우기에 의한 보수로 대처하기가 어려우므로, 그 손상의 주원인이 되는 포장슬래브와 지반상태에 대한 명확한 정보에 따라 대책이 수립되어야 한다. 콘크리트 포장 슬래브의 유지보수에 앞서 콘크리트 포장체의 거동을 정확히 판단 할 수 있는 방안을 마련하여야 콘크리트 포장이 급격히 손상되는 것을 막고 조기에 보수할 수 있다. 따라서, 콘크리트 포장체의 응력분포에 관한 연구는 콘크리트 포장의 구조진단, 기존 설계법의 수정보완 및 새로운 해석적인 설계법 개발을 위해 매우 중요하다.

이 연구에서는 콘크리트 포장체의 구조적 안정성을 근본적으로 개량하고자 할 때 주로 사용되는 보수보강 공법인 콘크리트 덧씌우기로 보강된 포장체

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 강원대학교 토목공학과 대학원, 박사과정
*** 성덕대학 토목환경과 교수, 공학박사
**** 한국도로공사 도로연구소 책임연구원, 공학박사

에 트럭하중에 의한 현장 재하실험을 수행하여 덧씌우기 포장체의 응력 분포를 분석하고, 콘크리트 덧씌우기 포장체의 내하력과 거동을 파악하였다. 또한 포장해석 프로그램인 ILLISLAB를 사용하여 응력분포를 해석하고, 실제 현장에서 실시한 재하실험 결과와 비교분석 하였다. 이와같이 포장체의 응력분포를 분석함으로써 덧씌우기 포장 구조의 평가 기준을 마련하기 위해 수행하였다.

1.2 연구내용 및 범위

콘크리트 덧씌우기에서 경계면(Interface)은 덧씌우기층의 거동에 직접적인 영향을 주며 접촉식 콘크리트 덧씌우기 포장체의 해석개념은 기존 포장층과 덧씌우기층을 완전히 접촉시켜 단일체(monolith)로 만들어 하나의 슬래브로 보는 것이다. 따라서, 이 논문에서는 접촉식 콘크리트 덧씌우기를 한 포장체에 대하여 덧씌우기 포장구조의 내하력과 거동을 파악함으로써 덧씌우기 포장체에 대한 응력을 분석하였다.

이와같은 연구를 수행하기 위하여 덧씌우기 포장 슬래브에 현장재하 실험을 통한 인위적인 차량하중으로 콘크리트 포장 각 층에서의 변형, 거동을 고찰한다. 변형거동으로 인한 포장구조체의 물성인 탄성계수, 지반지지력 계수 등을 검토하였다. 마지막으로 포장콘크리트 덧씌우기 포장체의 응력을 분석함으로써 계측을 통하여 얻은 실제 응력과 계산에 의한 응력을 비교하여 실측치와 이론치를 상호 비교한다.

2. 접촉식 콘크리트 덧씌우기 시공

본 연구에서 검토된 덧씌우기 공법은 사용연수에 도래한 콘크리트 포장에 대한 효율적인 유지보수를 위하여, 접촉식 콘크리트 덧씌우기 공법을 대상으로 하였다. 아스팔트 덧씌우기는 포설과 시공속도는 빠르나 변형성이 커 조기에 소성변형, 평탄성 등 문제를 발생시키며, 중교통에 의한 변형과 손상이 빠르고 잦은 유지보수는 교통지체 및 교통사고 요인이 되므로 사용자 비용을 증대시킨다.

따라서, 콘크리트 덧씌우기에 의한 장기공용성을 제공하고, 평탄성 및 포장기능을 장기간 유지하여 중교통에 적합하고, 조기 교통개방이 가능한 포장공법이 필요하다.

콘크리트 덧씌우기는 노후된 콘크리트 포장의 구조적·기능적 보강을 위하여 사용하기 시작하였다. 이러한 콘크리트 덧씌우기는 주로 경험에 의해 발전되어왔으며 현재에 와서는 다양한 조건하에서 여러형태의 덧씌우기 공법이 시행되어지고 있다.

콘크리트 덧씌우기의 종류는 사용되는 콘크리트의 종류에 의한 분류와 기존 노후포장과 덧씌우기 사이의 경계면(interface) 처리방식에 의한 분류로 크게 나눌 수 있다. 콘크리트 종류에 따라 분류하면 일반적인 콘크리트 포장의 종류와 마찬가지로 무근콘크리트 덧씌우기, 철근보강 콘크리트 덧씌우기, 연속철근 콘크리트 덧씌우기, 섬유보강 콘크리트 덧씌우기 등으로 분류되어진다.

경계면의 처리방식에 따라 분류하면 접촉식 콘크리트 덧씌우기(BCO : Bonded Concrete Overlay), 비접촉식 콘크리트 덧씌우기(UBCO : Unbonded Concrete Overlay), 부분접촉식 콘크리트 덧씌우기(Partially Bonded Concrete Overlay), 화이트 탑핑(White Topping) 등으로 분류된다.

2.1 접촉식 콘크리트 덧씌우기

접촉식 콘크리트 덧씌우기 공법은 기존의 콘크리트 포장과 새로 시공된 포장층이 일체가 되어 거동하도록 설계되고 시공된다. 접촉식 콘크리트 덧씌우기 공법은 그림 1과 같은 단면 구조 형태로 구성되어 있다. 시공 방법은 먼저 노후화된 콘크리트 표면을 약간 깎아내고, 경계면에 시멘트 그라우트 등의 접착제를 살포한 후 약 10cm 정도의 얇은 콘크리트로 덧씌우기 하여 기존 콘크리트 슬래브와 일치가 되도록 한다. 접촉식 콘크리트 덧씌우기에서는 기존 포장과 덧씌우기 포장의 완전한 접착이 가장 중요한 사안이며 이를 위해서 기존 포장층에 어느 정도의 거칠음이 필요하고 덧씌우기 포장의 줄눈 위치를 기존 포장과 일치시켜야 한다. 일반적으로 덧씌우기층의 두께는 얇은 편이므로 덧씌우기 두께에 제한이 있는 경우에 주로 사용하며 기존 포장의 파손 상태가 그리 심하지 않은 경우에 적합한 공법이다.

접촉식 콘크리트 덧씌우기 공법이 최초로 사용된 것은 1913년 미국 Ohio주 Warsaw Street인데 이때의 덧씌우기 목적은 동결로 인해 결함이 발생한 포장면을 바로잡는데 목적이 있었다. 초창기 접촉식 콘크리트 덧씌우기 공법은 주로 시공마무리 미흡으로 표면결함이 생겼을 경우나, 마찰저항

회복, 화학물질로 오염된 포장표면을 수정하는데 주로 사용되었다. 최근 들어 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법은 하중지지능력을 보완하거나 결함이 그리 심하지 않은 콘크리트 포장에 주로 사용되고 있으며 특히, 두꺼운 덧씌우기로 상부구조물과의 여유고가 부족해지는 경우 접착식 콘크리트 덧씌우기 공법을 선호하고 있다.

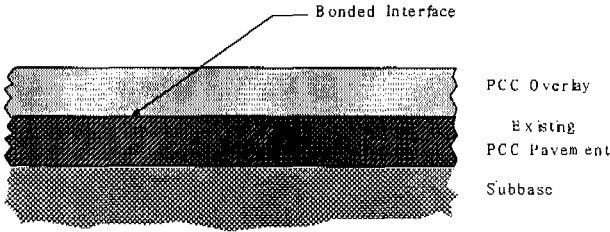


그림 94 접착식 콘크리트 덧씌우기(BCO)공법

2.2 시험시공

접착식 콘크리트 덧씌우기공법에 대하여 국내 적용의 적정성 및 시공지침 산정을 위하여 한국도로공사의 시험시공을 계획을 참조하였다. 시험시공은 국내 콘크리트포장도로의 시초이며 노후도가 심한 88고속도로에서 시공하였다. 시험시공의 세부 위치는 옥포기점 105.00 km지점에서 105.29 km지점(광주방향 지리산 I/C 부근)이었다. 이 구간은 중앙분리대가 존재하는 왕복 4차선 구간으로 시험시공시 교통처리가 용이하며 시험시공에 필요한 연장(290m) 확보가 가능하였다.

콘크리트 덧씌우기의 두께는 6cm와 10cm로 시공하였으며 시험시공의 구간길이는 60m이며 각 구간간의 단차는 0.5%의 접속부를 두어 처리하였다. 트럭하중 재하실험은 6cm 접착식 덧씌우기 구간이며 그림 2는 시험시공구간의 개략도를 나타내고 있다.

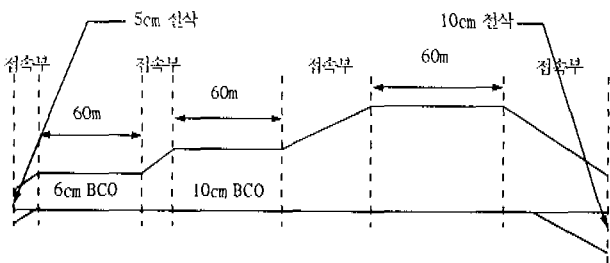


그림 95 시험시공구간 개략도

3. 트럭하중 재하실험

트럭하중 현장재하는 콘크리트 덧씌우기 시험시공구간에서 실시하였다. 본 연구에서는 접착식 콘크리트 덧씌우기 구간중 5번, 6번 슬래브를 대상으로 했다. 5번과 6번 슬래브는 6cm 접착식덧씌우기 구간으로 표면에 변형률 게이지를 설치하였으며, 각 슬래브에 대한 게이지 설치 위치는 그림 3과 같다.

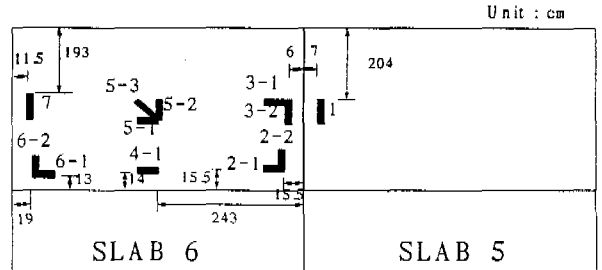


그림 96 표면 변형률 게이지 부착위치

또한, 현장 재하 시험에 사용된 시험차량은 15톤 덤프트럭으로 모래를 만재한 상태에서 총중량은 22.79톤이며, 차륜간 거리 및 차량의 제원은 그림-3과 같다. 차량재하 위치는 그림-2와 같이 5번과 6번 슬래브를 대상으로 슬래브 내부, 선단, 우각부에 차량을 재하하여 각 측점에 변형율을 측정하였다.

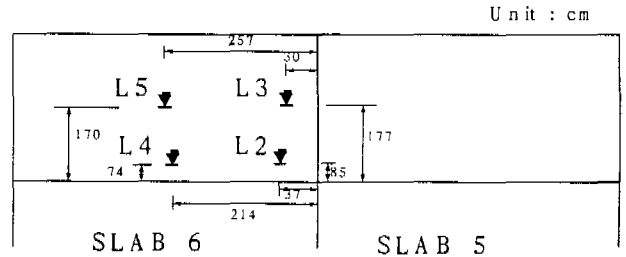


그림 97 차량재하위치

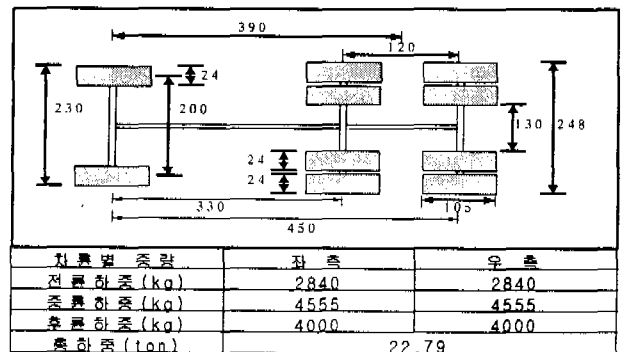


그림 98 재하차량 중량 및 자원

4. 포장해석 프로그램을 이용한 포장 해석

본 연구에서 사용한 포장해석 프로그램은 ILLISLAB으로 실제 88고속도로 재원을 가지고 모델링을 실시하였다.

4.1 ILLISLAB

ILLISLAB 포장해석 프로그램은 1977년 Tabatabaie 와 Barenberg에 의해 개발된 것으로 Winkler 기초 위에 있는 Medium thick plate theory에 기초하여, 줄눈이나 균열의 하중전달을 고려하여 하나 또는 두 개의 층으로 구성된 콘크리트 포장체를 해석하는 컴퓨터 프로그램을 2차원 유한요소법으로 개발했다. 이 프로그램은 1987년에 기능이 더 추가되어 온도차에 의한 뒤틀림해석이 가능하게 되었으며, 1994년에는 ILSL2 로 개선되면서 노상지지 특성의 선택이 다양해지고 비선형 온도에 대한 해석이 가능해졌으며, 줄눈부의 하중전달을 더욱 정확하게 대변할 수 있게 되었다. 본 연구에서 사용한 ILLISLAB 프로그램은 다음과 같은 제한이 고려된다.

1. 철근보강 줄눈과 연속철근보강 콘크리트 포장은 간접적인 방법에 의해서만 해석할 수 있다.
2. 포장의 배수영향을 고려할 수 없다.
3. 교통량 또는 이동하중의 영향을 고려할 수 없다.
4. 모든 줄눈과 균열은 X와 Y방향의 전체길이를 따라서 수평으로 진행된다.
5. 파괴특성과 콘크리트 슬래브 또는 보조기층의 내구성은 프로그램에서 고려되지 않는다.
6. 전면 접착되었거나 접착된 슬래브와 보조기층의 경계면의 모델에서는 부분적인 접착을 고려하지 않는다.
7. ILLI-SLAB는 슬래브의 온도증감을 제외한 기후영향에 대해서는 고려하지 않는다.

4.2 ILLISLAB를 이용한 포장해석

포장해석 프로그램 ILLISLAB를 이용하여 응력분포 분석을 하기 위해 그림 6과 같이 6개 슬래브를 모델링 하였다. 이 모델은 기초를 Winkler Foundation이라 가정하고 그 위에 두께 30cm 콘크리트 포장체가 있고, 그 포장체 위에 덧씌우기 포장층은 6cm로 구성되어 있으며 두층은 완전히 접착되어 있다. 이 두층의 물성치는 그림 7과 같이 포장의

탄성계수는 $2.96E+05 \text{ kg/cm}^2$, 덧씌우기 층의 탄성계수는 $2.03E+05 \text{ kg/cm}^2$ 이고, 두 층의 포아송비는 0.20이다. 노상지지력 계수(K)는 4.429 Kg/cm^3 으로 FWD 처짐으로 추정하였고, 다웰/콘크리트 상호관계 계수(G)는 $3.39E+05 \text{ Kg/cm}$, 골재맞물림 계수는 $7.03E+01 \text{ Kg/cm}^2$ 으로 가정하였다. 또한 직경 3.2cm 길이 50cm인 다웰바는 30cm 간격으로 배치하였고, 직경 1.6cm, 길이 80cm인 타이바는 75cm가전으로 배치하였다. 이와같은 물성치를 가진 6개의 슬래브의 모델에 대해 트럭하중을 내부, 선단, 우각부에 재하하여 응력분포를 분석하였다.

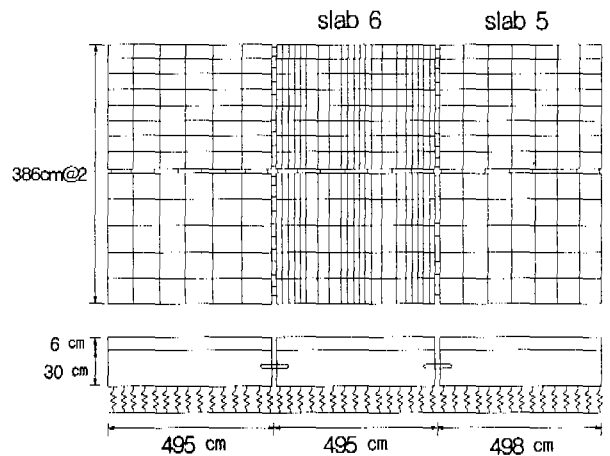


그림 99 접착식 덧씌우기 콘크리트 포장 모델링

6cm	$E_1 = 2.96E+05 \text{ kg/cm}^2$ $\nu = 0.15$	PCC Overlay
30cm	$E_2 = 2.03E+05 \text{ kg/cm}^2$ $\nu = 0.15$	Existing PCC Pavement
	$k = 4.429 \text{ kg/cm}^2$	Subbase

그림 100 접착식 덧씌우기 포장단면 및 물성치

5. 결과 분석 및 고찰

콘크리트 포장에 있어서 하중재하시에 슬래브는 각 위치마다 상이한 응력분포를 가지게 된다. 이 연구에서는 하중 형태별 즉, 내부하중, 선단하중, 우각부하중을 슬래브에 재하 하여 슬래브의 응력분포에 대하여 비교·고찰하였다. 또한 기존

포장층과 덧씌우기 포장층의 강도특성에 대해서도 비교 및 고찰하였다.

5.1 기존포장 콘크리트의 강도특성

기존 콘크리트 포장체의 강도 특성을 살피기 위해서 코아를 채취하여 실험을 하였다. 코아는 100×200mm의 원형 공시체를 채취하였고 코아를 채취하여 압축강도실험과 할렬인장강도 실험을 수행하였으며, 표 1은 기존 콘크리트 포장의 강도실험결과를 나타낸다.

기존 콘크리트의 평균코아 압축강도와 할렬 인장강도가 각각 184kg/cm²와 30kg/cm²으로 측정되었다. 코아 채취시 코아에 가해지는 손상으로 인해서 코아 강도는 실제 강도의 85% 정도임을 감안하면, 실제 콘크리트 포장의 압축강도는 217kg/cm²으로 산정된다. 동일한 방법으로 할렬 인장강도는 35kg/cm²으로 산정된다. 이러한 강도는 1983년 본 콘크리트 포장이 건설될 당시 콘크리트 배합 기준강도가 270kg/cm² 정도임을 감안할 때 약 20% 정도의 강도 감소를 가져왔다. 따라서 차후의 콘크리트 포장의 막대한 유지관리비를 줄이기 위해서는 덧씌우기 보수보강방법이나 기타 적절한 방법으로 보수할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

표 1 기존 콘크리트 포장의 강도 특성

(단위: kg/cm²)

공시체 번호	압축강도	할렬 인장강도
1	176	29
2	183	29
3	193	33
평균 (S.D.)	184 (7.0)	30 (2.0)

5.2 덧씌우기 콘크리트의 강도특성

시험시공 후 콘크리트 덧씌우기의 단기 및 장기강도를 추적하기 위해서 현장에서 공시체를 제작하여 양생했다. 현장 공시체 양생은 덧씌우기에 사용한 동일한 양생제를 살포하여 현장에서 기건 중에 양생하였다. 단기 강도를 추적하여 조기교통개방 가능성을 검증하기 위하여 1일, 3일, 7일에 압축강도 및 휨강도를 측정하였다.

(1) 공시체 압축강도

조강슬래그 시멘트의 초기강도발현특성을 살피고 단기 강도를 추적하여 조기교통개방 가능성을 검증하기 위하여 1일, 3일, 7일에서 압축강도를 측

정하여 표 2에 나타냈다.

3일 교통개방을 위해 중요한 의미를 갖는 3일 압축강도는 19mm와 25mm 일반 콘크리트에서 각각 141kg/cm² 과 91kg/cm²을 보였는데, 이러한 압축강도는 기대치 보다 상당히 작았다. 이는 시험시공포설 당일 밤의 최저 온도가 0 °C까지 내려가 콘크리트 초기양생을 지연시켰기 때문인 것으로 사료된다. 7일 강도는 설계기준강도를 넘었고, 28일 강도는 500kg/cm²의 강도 발현을 보이며 고강도 콘크리트의 강도(400kg/cm²)를 넘었다.

현장에서 공시체를 24시간 후에 탈형하고 양생제 만을 살포한 상태에서 양생하였기 때문에 공시체의 습기가 증발되고 단열이 안돼서 양생조건은 실제 콘크리트포장 덧씌우기 양생조건 보다 열악하다. 따라서 실제 덧씌우기 콘크리트의 강도는 현장 공시체 강도보다 상회할 것으로 판단된다.

표 2 현장공시체의 압축강도 발현특성

(단위: kg/cm²)

배합구분	공시체 번호	1일	3일	7일	28일
19mm 일반	1	76	157	313	502
	2	76	115	276	484
	3	63	152	350	529
	평균 (S.D.)	72 (6.1)	141 (18.7)	313 (30.2)	505 (18.0)
25mm 일반	1	38	76	282	442
	2	38	99	269	468
	3	41	99	274	554
	평균 (S.D.)	39 (1.0)	91 (11.0)	275 (5.0)	488 (48.0)

(2) 공시체 휨 강도

표 3은 현장공시체의 휨강도 측정결과치를 나타낸다. 압축강도 발현특성에서와 동일하게 1일과 3일에 25mm의 휨강도 공시체가 19mm 휨강도 공시체보다 6시간 늦게 제작되었고 같은 시간에 실험되었기 때문에 적게 측정되었다.

조기 휨강도 또한 덧씌우기포장 타설 당일의 낮은 기온 때문에 큰 강도발현을 보이지 못했다. 3일 휨강도는 약 30kg/cm²의 값을 보였으며 이는 교통개방 기준 휨강도인 35kg/cm² 보다 적다.

표 3 현장 공시체 휨강도 발현특성
(단위: kg/cm²)

배합구분	공시체 번호	1일	3일	7일	28일
19mm 일반	1	15	31	46	62
	2	14	34	43	59
	3	14	27	38	56
	평균	14	31	42	59
	(S.D.)	(1.0)	(3.0)	(3.0)	(2.0)
25mm 일반	1	8	32	43	59
	2	11	24	33	57
	3	6	32	39	-
	평균	8	29	38	58
	(S.D.)	(2.0)	(4.0)	(4.0)	(1.0)

(3) 현장 덧씌우기 코아강도

표 4는 최대골재크기 25mm 일반콘크리트 덧씌우기 현장코아를 포설후 28일에 채취하여 압축강도 및 할렬인장강도를 측정하여 표시한 것이다. 최대골재크기 19mm 일반콘크리트는 덧씌우기 두께가 작아서 코아를 채취하지 못 하였다. 압축강도는 100×200mm의 원통형 코아를 채취하여 측정하였고 할렬인장강도는 Ø100mm의 공시체를 채취하여 70mm 정도의 두께로 절단하여 실험하여 산정하였다.

코아 압축강도는 465kg/cm² 으로 488kg/cm²의 현장공시체 압축강도 보다 약간 작게 나타났다. 그러나 코아채취에 의한 콘크리트 코아의 손상등을 고려하여 코아강도를 실제강도의 85%로 산정하는 것이 일반적이다. 이러한 코아손상을 고려하여 실제 강도를 산정하면 547kg/cm²의 콘크리트 덧씌우기 강도를 얻는다. 이 강도는 현장공시체 압축강도보다 크며, 이는 현장 덧씌우기의 양생조건이 공시체의 양생조건보다 더 좋기 때문으로 판단된다.

코아 할렬인장강도는 45kg/cm²으로써 현장공시체 휨인장강도 58kg/cm² 보다 적게 측정되었다. 그러나, 이 강도 또한 코아 채취시의 손상 정도를 감안해 산정하면 52kg/cm²의 콘크리트 덧씌우기 할렬강도를 얻는다. 이 강도는 현장공시체 휨인장강도 58kg/cm² 보다 적게 나오나 인장강도 시험편 크기와 실험방법의 차이에서 오는 결과로 사료된다.

이러한 분석으로부터 현장 공시체강도가 콘크리트 덧씌우기 강도를 잘 대변하고 있음을 알 수 있으며 그 타당성도 입증된다. 또한 실제 덧씌우기의 28일 압축강도와 휨인장강도가 각각 500kg/cm² 과 50kg/cm² 이상임을 확인 할 수 있다.

현장 콘크리트 덧씌우기 압축강도의 분산이 27.5로써, 압축강도의 6%이다. 할렬인장강도의 분

산은 4.9로써 할렬인장강도의 11%이다. 따라서, 압축강도의 신뢰성이 더 좋음을 알 수 있다.

표 4 현장 콘크리트 덧씌우기 코아강도(28일)
(단위: kg/cm²)

코아번호	압축강도	할렬인장강도
1	433	39
2	453	51
3	464	45
4	508	-
평균	465	45
(S.D.)	(27.5)	(4.9)

5.3 실험에 의한 종방향과 횡방향 응력비교

그림 8 ~ 그림 10은 접착식 덧씌우기한 콘크리트포장에서 6번 슬래브에 트럭하중을 내부, 선단부, 우각부에 재하하여 얻은 종방향 횡방향 응력분포이다. 이때 응력단위의 부호에 따라 압축응력(-), 인장응력(+)이 구분된다. 먼저 그림 8은 내부에 트럭하중을 재하하였을 때 응력분포로 재하위치(S5)의 응력이 선단부와 우각부에 트럭하중을 재하한 경우 그 재하위치(각각 S4, S2)의 응력보다 작음을 알 수 있다. 이는 슬래브 내부에 트럭하중이 재하한 경우는 응력이 종방향과 횡방향으로 분산됨으로 작은 응력값을 갖는 것으로 사료되어진다. 그림 9는 선단부에 트럭하중을 재하하였을 경우에 응력분포로 재하위치에 약 7kg/cm²의 응력이 발생함을 알 수 있다. 그림 10은 우각부에 트럭하중을 재하하였을 때 응력분포로 우각부에 최대응력이 약 8kg/cm²이 발생함을 알 수 있다. 또한, 횡방향 응력이 종방향 응력보다 더 큰데, 이는 횡방향으로 하중전달효과가 더 크다는 것으로 사료되어진다.

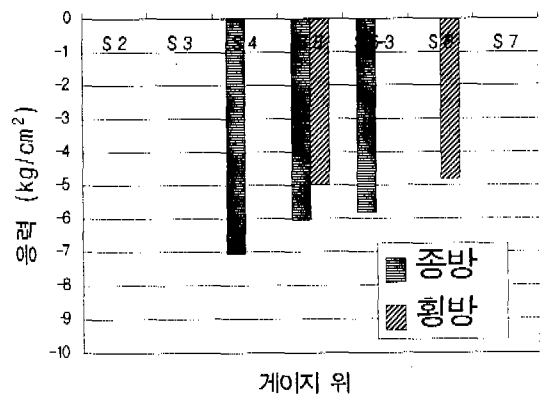


그림 101 실험에 의한 내부하중 응력

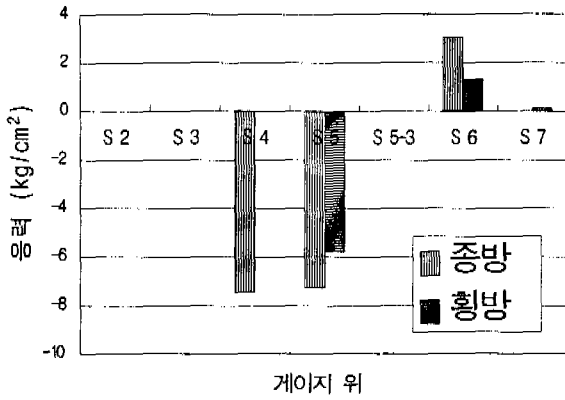


그림 102 실험에 의한 선단하중 응력

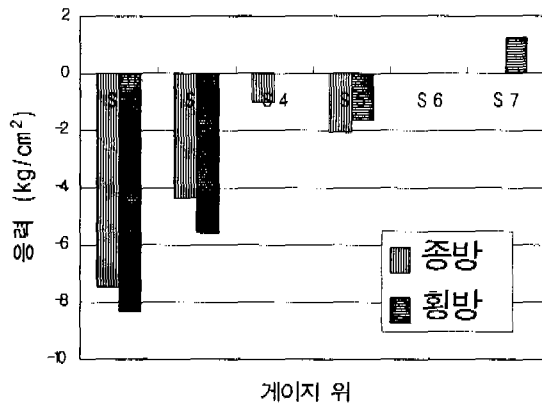


그림 103 실험에 의한 우각부하중 응력

5.4 이론과 실험에 의한 응력비교

이 절에서는 덧씌우기 콘크리트포장에 세가지 트럭하중 즉 내부, 선단부, 우각부에 재하하였을 때 실험에 의해 얻은 응력분포와 포장해석 프로그램인 ILLISLAB를 이용해 분석한 응력분포를 비교·분석하였다.

그림 11과 그림 12는 6번 슬래브에 내부하중을 재하한 경우 실험에 의한 응력과 ILLISLAB 분석에 의한 응력을 비교한 그림으로 그림 11은 종방향 응력을 비교한 것이고, 그림 12는 횡방향 응력을 비교한 것이다. 여기서 재하위치에서는 실험치가 이론치보다 큰 응력이 발생함을 확인하였다.

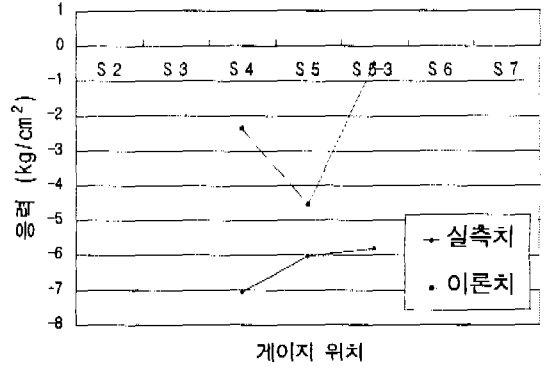


그림 104 내부하중에 의한 종방향 응력

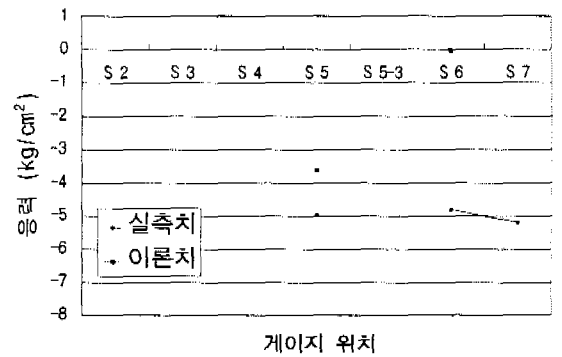


그림 105 내부하중에 의한 횡방향 응력

그림 13은 6번 슬래브에 트럭하중을 선단부에 재하하였을 때 실제 실험에 의해서 산정한 응력과 포장해석 프로그램 ILLISLAB를 사용하여 분석한 응력을 비교한 그림이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 이론치와 실측치는 다소 차이가 있으며, 재하위치에서의 응력은 실험치가 이론치보다 큼을 알 수 있었다. 또한 응력변화는 유사함을 알 수 있다.

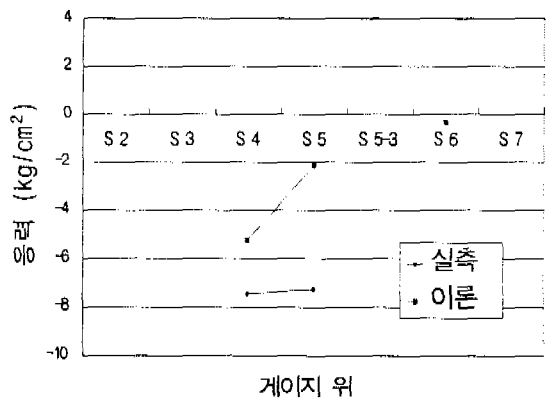


그림 106 선단하중에 의한 종방향 응력

그림 14와 그림 15는 6번 슬래브의 우각부에 트럭하중을 재하한 경우로 실험에 의한 응력과 포장해석 프로그램인 ILLISLAB를 사용해 얻은 응력을 비교한 것으로, 그림 14는 종방향 응력을 그림 15는 횡방향 응력을 나타내고 있다. 여기서 재하위치에서 실험치가 이론치보다 큰 응력을 발생하는 것을 알 수 있고, 각 위치의 응력변화는 유사하다는 것을 알 수 있다.

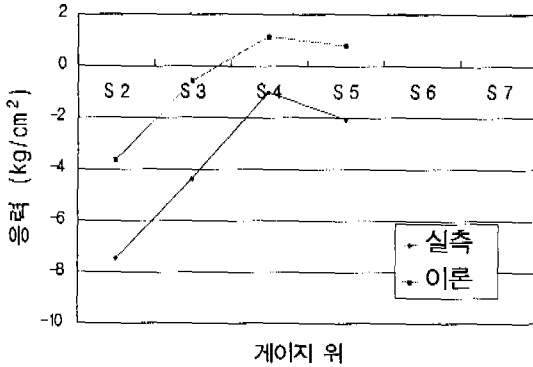


그림 107 우각부하중에 의한 종방향 응력

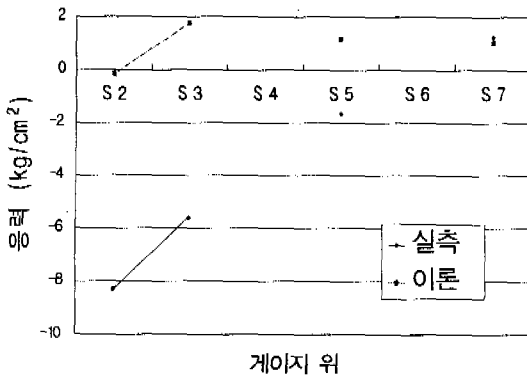


그림 108 우각부하중에 의한 횡방향 응력

전체적으로 응력분포를 살펴보면, 재하위치에서 실험에 의해 얻은 실험치는 ILLISLAB를 사용해 얻은 이론치보다 더 큰 응력을 확인하였고, 그 응력변화는 이론치와 실험치가 유사하다는 것을 확인하였다. 이와 같이 이론치와 실험치의 차이가 발생하는 것은 ILLISLAB 해석시에는 완전접착 덧씌우기로 가정했으나 실제 포장에서는 기존포장체와 덧씌우기 포장체 사이에 부분적인 박리가 존재하는 것으로 사료되어진다.

6. 결론

1. 각하중별 응력분포 결과 재하 위치의 최대 표면 응력치는 8 Kg/cm^2 으로 포장설계강도 45 Kg/cm^2 보다 적다는 것을 확인하였다.
2. 우각부 하중에서 횡방향 응력이 종방향 응력보다 더 큰 응력을 볼 수 있는데, 이는 횡방향으로 하중전달효과가 더 크다는 의미로 사료되어진다.
3. 이론과 실험에 의한 응력비교 결과 이론과 실험에 의한 응력의 변화는 유사하나 실험치가 이론치보다 큰 응력을 알 수 있었다. 이는 ILLISLAB 해석시 완전접착 덧씌우기로 가정하나 실제 포장체에서는 부분적인 박리가 존재하는 것으로 판단되어진다.
4. 콘크리트덧씌우기 설계시 완전 접착식으로 설계할 경우에는 부분적인 박리를 고려해서 설계해야 함에 유의해야 한다.

참고문헌

- [1] 한국건설기술연구원, "시멘트콘크리트 포장의 유지보수 대책에 대한 연구(II)," 한국도로공사 1995년도 연구보고서, 1995
- [2] 한국도로공사, "고속도로 포장 유지보수 지침서," 도로연구소, 1995
- [3] AASHTO-AGC-ARTBA Joint Committee, "Guide Specification for Concrete Overlays of Pavements and Bridge Decks," Task Force 30 Report, 1990
- [4] Darter, M. I., Owusu-Antwi, E. B., "AASHTO Pavement Overlay Design," Publication NO> FHWA-HI-94-048, 1994
- [5] Ioannides, A. M., "Analysis of Slabs-on-Grade for a Variety of Loading and Support Conditions," Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1984
- [6] Khazanovich, L., "Structural Analysis of Multi-Layered Concrete Pavement Systems," Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1994
- [7] Korovesis, G. T., "Analysis of Slab-On-Grade Pavement System Subjected to Wheel and Temperature Loadings," Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1990
- [8] Tabatabaie, A. M., "Structural Analysis of Concrete Pavement Joint," Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1978