

콘크리트 鋪裝의 初期計測을 통한 初期舉動 特性分析

Analysis of Early Behavior of Concrete Pavement with Initial Measurements

정 원 경* 김 동 호** 권 혁 찬*** 윤 경 구****
Jeong, Won-Kyong Kim, Dong-Ho Kwan, Hyouk-Chan Yun, Kyong-Ku

Abstract

The purpose of this paper is to analysis of initial behavior of concrete pavement with initial measurement strain gauge for concrete pavement at field, and to investigate the field test results for field applicability testing. The early-age behaviors of concrete pavement slabs were measured using the strain gauges. From the slab depths and positions, the outputs from each gauges were recorded at initial curing period. The initial measurement of concrete pavement and check of crack at the joint were performed. the results could be summarized as follows.

From the results of concrete strength, compressive strength and flexural strength were showed 271kgf/cm², 43kgf/cm² respectively

From the tests of early-age strain measurement, it was found that the strain varied at the maximum value of 150 $\mu\epsilon$ and early behavior of concrete slab was showed a tensile strain. However, for long-term was showed a compressive strain due to dry-shrinkage.

키워드 : 콘크리트 슬래브, 변형률 게이지, 초기거동
Keywords : concrete slab, strain gauges, early behavior

1. 서론

콘크리트 포장에 중차량에 대한 뛰어난 적용성과 장기간의 공용성을 지녔고, 또한 국내의 비교적 풍부한 시멘트를 활용할 수 있다는 장점을 지니고 있기 때문에 콘크리트 포장의 사용이 점점 증가되고 있는 추세이다. 우리나라 도로망의 총 연장은 2002년의 91,396km중 콘크리트 포장도로의 연장이 17,365km로 전체 포장도의 19%이었다. 이후 2002년도 기준으로 국내 콘크리트 포장은 전체 포장도의 20%를 점유하고 있으며, 총 18,279km의 연장을

이루고 있다. 특히 고속국도의 콘크리트포장 연장은 1993년도 744km에서 2002년 1,603km로 2.15배의 증가를 보여주고 있다. 우리나라 콘크리트포장 기술은 1984년 완공된 88고속도로와 1987년 준공된 중부고속도로, 2001년도에 준공한 서해고속도로, 중앙고속도로, 2002년도 준공한 중부내륙고속도로의 설계 및 시공 기술을 바탕으로 하고 있으며, 앞으로 건설될 우리나라의 콘크리트 포장의 물량은 막대할 것으로 예상된다. 또한 통일 후 북한 의 인프라 구축 등을 감안하면 앞으로 적어도 수십 년간 콘크리트 포장의 건설은 계속될 것으로 보인다.

이러한 콘크리트 포장에 있어 시공 초기에 발생하는 포장체의 거동은 포장 자체의 공용성에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 선진외국에서는 콘크리트 포장 포설초기의 72시간 거동이 ± 10 년의 포장수명을 결정한다는 인식하에 초기관리에 만전을 기

* 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정
** 강원대학교 토목공학과 박사후과정, 공학박사
*** 강원대학교 대학원 토목공학과 석사과정
**** 강원대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

하고 있으나, 국내에서는 이에 관한 규정과 자료가 부족한 실정이다.

이러한 문제점을 극복하기 위해서는 실제 주행 도로에서의 응답과 거동을 직·간접적으로 연구분석하여 이를 설계 및 시공에 반영하여야 한다. 이를 위하여 도로 구간 내에 설치되어 있는 계측기들로부터 교통 및 환경하중에 대한 반응값들을 수집하고 포장체의 거동의 변화를 측정하여 이론 및 실험시험을 통하여 얻은 기초연구결과들을 검증하고 수정·보완하는 것은 매우 중요한 연구라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 포장 재료들의 물성치를 합리적으로 정량화 하기 위해서 일정 구간마다 물성치에 합당한 현장 및 실내 시험들을 실시하고 통계적으로 결과들을 분석하여 도로 계측자료 DB에 보관하고 관련 연구에서 해당자료를 필요에 따라 손쉽게 얻을 수 있도록 하고자 하였다.

2. 이론적 배경

콘크리트포장의 서비스기한은 설계변수, 시공과정, 유지보수 현황 등에 영향을 받는다. 그러나, 콘크리트포장의 초기거동 또한 서비스기한에 대해 상당한 영향력을 가지고 있다. 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장(Portland Cement Concrete Pavement; PCCP)은 초기 타설 72시간의 온도와 습도 변화에 매우 민감한 영향을 받게 되며 이 기간 동안의 콘크리트 거동을 초기거동이라 한다. 이러한 영향은 경화된 콘크리트에서는 일정부분 콘크리트 자체강성으로 보호될 수 있으나, 초기 타설 직후 콘크리트가 일정한 응력 및 변형에 대응할 수 없는 상태에서는 더욱 큰 영향을 받게 된다. 콘크리트 포장체의 균열발생은 대부분 장기적인 교통하중에 의한 발생보다는 초기거동 시 발생된 응력에 의해 발생된다. 따라서, 이 시기의 응력관찰은 콘크리트 포장의 장기적인 성능발현에 매우 중요하게 작용하게 되며 이러한 균열방지를 위한 예방조치가 초기시공관리이다. 콘크리트 포장은 약 20년의 서비스 기한으로 설계된다. 만일 초기거동 기간에 문제가 발생하여 균열 및 포장체의 강성이 저하된다면 콘크리트의 서비스 기한은 10년정도의 차로 감소되는 것으로 연구조사되었다. 반면에 이러한 초기거동 기간에 문제가 발생하지 않는다면 콘크리트 포장은 서비스 설계기간을 훨씬 초과하는 매우 우수한 성능을 발현하고 결과적으로 비용절감효과를 나타내게 된다. 이에 따라 미국 Federal Highway Administration 등 선진국에서는 콘크리트 포장체의 초기거동에서 발생되어질 수 있는 문제원인에 대해 연구를 수행하고 있다. 이러한 콘크리트 포장체의 초기거동에 대한 보다 정확한 자료 및 예측이 가능하다면 한 차원 높은 콘크

리트 포장을 건설할 수 있을 것이다.

3. 실험 및 초기계측 방법

3.1 개요

본 연구에서는 콘크리트 포장의 초기변형 거동과 포장재료의 기초물성 분석을 위한 실내와 시험을 실시하였다. 이를 위하여 경기도 여주군 가남면 안금리 중부내륙고속도로의 상행선 방향에 위치한 콘크리트 포장 구간에 변형계이저를 매설하고 포장재료에 대한 기초물성 시험을 실시하였다. 본 연구에서 콘크리트 포장체의 기본 물성 시험을 위한 공시체는 계측센서가 매설된 부근에 포설된 콘크리트를 이용하여 제작하였다.

3.2 사용재료 및 콘크리트 배합

3.2.1 시멘트 및 골재

시멘트는 강원도 영월군 서면에서 생산되는 국내 H사 1종 보통포틀랜드 제품을 사용하였으며, 출하일자에 따른 물리적 성질은 KS 규격을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 콘크리트 배합에 사용된 굵은골재는 충북 음성군 감곡면 오향리에서 채취된 것이며, 잔골재는 경기도 여주군 점동면 덕평리에서 채취한 것으로 조사되었다. 굵은골재의 최대치수는 32mm로서 골재의 입도분포가 표준입도에 맞지 않아 32mm의 골재와 19mm의 골재를 약 55% : 45%의 비율로 혼합하여 사용한 것으로 나타났다. 골재의 물리적 성질은 표 1과 같으며, 32mm와 19mm의 굵은골재 혼합 입도분포 곡선과 잔골재의 입도분포가 시방입도 범위내에 분포하는 것으로 나타났다.

표 1 사용골재의 물리적 특성

구 분	최대 치수 (mm)	마모율 (%)	비중	흡수율 (%)	단위중량 (kg/m ³)
잔골재	<5	-	2.573	1.50	1,542
굵은골재	19	16.5	2.703	0.72	1,626
	32	12.2	2.737	0.78	1,646

표 2 콘크리트 포장 배합표

W/C (%)	S/a (%)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G(kg)		AE (g)
					G ₁ (32mm)	G ₂ (19mm)	
42.3	37.7	144	340	682	660	532	510

3.2.2 콘크리트 배합

표 2는 콘크리트 포장에 사용된 콘크리트 배합표를 나타낸 것이다. 콘크리트 배합에 사용된 혼합계는 국내 J사 제품의 표준형 AE감수제(LIGACE-UA)로서 첨가량은 시멘트 중량의 0.15%를 사용하였다

3.3 시험편 제작 및 시험방법

콘크리트 포장 구간 기초물성 시험을 위하여 각 단면 포설일자에 맞추어 계측센서가 매설된 부근의 콘크리트를 채취하여 압축강도, 탄성계수 및 휨강도 공시체를 제작하였다

3.3.1 압축강도

사용 콘크리트의 압축강도를 측정하고자 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 원형공시체를 현장에서 제작하여 KS F 2405 규정에 의하여 압축강도시험을 수행하였다. 재령 28일에서 200톤 용량의 만능재료시험기를 사용하였으며, 시험체가 파괴전에 도달할 때까지 하중계기로 시험을 실시하였다. 이때 콘크리트 시험편의 양단을 연타기를 사용하여 수평하게 유지시킴으로써 편심의 영향을 최소화 하였다

3.3.2 휨강도 시험

휨강도 시험은 $15 \times 15 \times 55\text{cm}$ 의 빔 공시체를 제작하여 KS F 2408에 따라 재령 28일에서 3등분점 하중재하방식으로 시험을 수행하였다. 각 시험에 대해 세 개의 공시체의 결과의 평균값을 분석에 사용하였다. 휨강도 측정방법은 파괴하중의 약 50%까지는 빠른 속도로 작용시킨 다음 최대 휨압축응력의 증가가 대분 10kg/cm를 초과하지 않을 정도로 하중을 가하여 휨강도를 구하였다.

3.3.3 탄성계수

본 연구에서는 콘크리트 포설 각 단면에 대하여 원주형 공시체($\phi 15 \times 30\text{cm}$)를 이용하여 재령 56일에 있어 KS F 2438 규정에 의거하여 탄성계수를 측정하였다

콘크리트 구조 설계기준(이하 설계기준이라 약칭한다)에서는 콘크리트의 탄성계수와 압축강도와 의 관계식을 다음과 같이 나타내고 있다. 즉, 설계기준 강도가

$$f_{ck} = 4270 \omega_c^{1/3} \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

여기서 ω_c 는 콘크리트의 단위중량이며, $\omega_c = 1.45 \sim 2.5\text{t/m}^3$ 에 적용된다.

보통의 골재를 사용한 콘크리트의 단위중량은 $\omega_c = 2.3\text{t/m}^3$ 정도이므로, $f_{ck} \leq 300 \text{ kgf/cm}^2$ 인 보통 콘크리트의 탄성계수는 식에 의하여 다음과 같이

된다

$$E_c = 15,000 \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

그러나 $f_{ck} > 300 \text{ kgf/cm}^2$ 인 콘크리트의 탄성계수

E_c 는 다음 식으로 계산하였다

$$E_c = 3000 \omega_c^{1/5} \sqrt{f_{ck}} + 70,000 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

3.4 콘크리트 포장의 초기계측

3.4.1 포장계측센서

콘크리트 변형률계는 콘크리트 타설 전 포장체 내부에 설치하여 시공 완료 후 포장체의 응력 및 변형률을 측정함으로써 포장체의 안정성 검토와 구조해석 기본자료 획득을 위해 사용된다. 본 연구에서 매설된 KM100B는 전기저항식으로 콘크리트의 변형률을 측정할 수 있는 계측기이다. 본 계측기는 선행창계수가 콘크리트에 근사한 자기온도 보상형으로 탄성계수가 낮은 콘크리트 경화과정에서도 측정이 가능하다. 본 계측기는 국내의 여러 콘크리트 교량에 적용된 사례가 있고 인천 신공항 시험주로 시공시에 사용한 사례가 있다. 보다 자세한 슬래브 내의 매설계측기의 성질은 표 3과 같다

콘크리트 구간에 매설된 KM100B의 계산 방법은 각 계측기의 온도보정계수를 이용하여 변형률을 계산한다. 콘크리트 포장체에서 수집된 모든 변형률의 변화는 아래의 식을 통하여 정리하였으며, 이를 실변형률로 하여 기록하였다

$$\epsilon_2 = C_\epsilon \times \epsilon_1 + C_\beta \times \Delta T$$

여기서, ϵ_2 실변형률 ($\times 10^{-6}$)

C_ϵ 교정계수 ($\times 10^{-6} / 1 \times 10^{-6}$)

ϵ_1 : 초기값으로부터 계산된 변화값

C_β 온도보정계수 ($\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

ΔT : 온도변화 ($^\circ\text{C}$)

표 3 변형률계이지의 주요사항

	계측기 종류	모델명	측정 방식	정밀도	온도 범위
콘크리트 변형률계	콘크리트 변형률계	KM100B	E·R	-	-20~ -80℃
	온도계	Thermistor	E·R	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	-30~ -120℃
Thermocouple type		T-	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	-100~ -200℃	

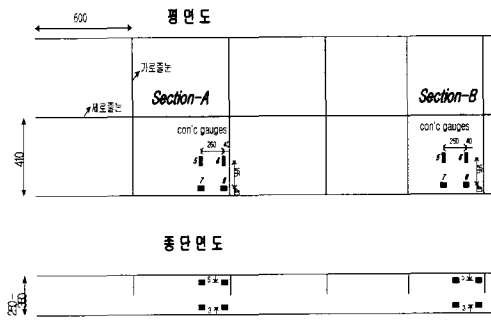


그림 1 콘크리트 포장 변형률 게이지 매설위치

표 4 강도실험결과

단면	압축강도(kgf/cm ²)		휨강도(kgf/cm ²)
	재령 28일	재령 56일	재령 28일
A	269.8	418.3	42.6
B	241.5	334.6	37.6
C	266.1	405.7	39.3
D	254.7	353.6	41.8
E	265.8	396.1	45.4
F	277.4	405.7	43.1
G	300.2	410.4	47.5
H	290.8	406	45.5
평균	270.7	391.3	42.8

3.4.2 초기계측 및 조사방법

콘크리트 포장 구간의 초기거동 및 공용성 파악을 위해 콘크리트 포설 직후 시간대를 구분하여 추적조사를 실시하였다. 본 연구에서 콘크리트 포장 계측항목은 대기 온도 및 콘크리트 슬래브 높이별 온도변화와 콘크리트 슬래브 변형률 거동을 측정하였다. 즉, 매립된 계측센서에 대한 초기거동을 수동으로 계측하여 재령, 온도에 따른 콘크리트 포장 슬래브의 변형을 기록하였다. 계측시간대 구분은 대기온도의 변화가 가장 크게 나타나는 오전 7시, 오전 11시, 오후 3시, 오후 10시로 구분하여 계측센서를 측정하였다. 또한, 측정일수는 타설 직후부터 3일까지 일괄되게 측정하여 초기거동을 파악하고자 하였다. 그림 1은 콘크리트 포설 시 매립된 계측센서의 위치를 나타낸 것이다.

4. 기초물성 시험 및 초기계측 결과

4.1 콘크리트 포장재료의 기초물성 시험결과

4.1.1 압축강도

현장에서 계측센서가 매설된 위치에 포설된 콘

크리트를 채취하여 제작된 공시체를 이용하여 압축강도를 실시하였다. 제작된 공시체의 양생은 콘크리트 포장체 양생제 살포시 동일한 방법으로 양생제를 살포한 후 노건에서 1일간 기건양생을 실시하였다. 1일 이후 탈형하여 현장 수조에 침수시켜 27일간 수중양생을 실시한 후 만능재료시험기 이용하여 강도시험을 실시하였다.

본 콘크리트 포장 구간에 대한 재령 28일 압축강도 측정 결과 표 4와 같이, 평균값은 약 271kgf/cm²로 나타났다. 재령 28일에 있어 압축강도 최대값은 G단면으로 약 300kgf/cm²를 나타내었으며, 최소값은 B단면으로 242kgf/cm²로 측정되었다. 이러한 압축강도의 차이는 현장에서 공시체의 제작 시 낮은 작업성으로 인한 다짐불량 및 양생불량의 영향으로 판단되어진다. 일반적으로 콘크리트 포장체는 성형틀을 제작하지 않고 연속으로 타설하는 슬립폼의 형태로 이루어진다 따라서, 이러한 작업의 특성상 매우 낮은 작업성을 갖는 콘크리트를 생산, 포설하게 되며, 성형 및 다짐을 위하여 기계화 시공을 실시하게 된다. 그러나, 본 연구에서 현장제작된 공시체의 경우, 인력 다짐 및 마무리로 인하여 콘크리트의 밀도가 포설된 포장체에 미치지 않는 것으로 판단된다. 그러나, 재령 56일에 있어서의 압축강도는 약 391 kgf/cm²로 나타나 44%의 강도증진을 나타내었다. 따라서, 재령에 따른 강도증진은 정상적으로 이루어지는 것을 확인할 수 있었다.

4.1.3 휨강도

표 4는 현장 공시체의 휨강도 측정결과를 나타낸 것이다. 압축강도 측정과 동일하게 재령 28일에 있어 실내에서 유압축정기를 이용하여 3등분점 하중재하 방식으로 시험을 실시하였다. 콘크리트 포장의 경우 휨강도가 설계기준강도이며, 재령 28일 휨강도 45kgf/cm²를 기준으로 하고 있다. 본 콘크리트 포장 단면에 있어 평균 휨강도는 약 43kgf/cm²를 나타내었다. 그러나, 압축강도와 마찬가지로 B구간의 휨강도가 낮게 나타났다. 이러한 구간을 제외한 휨강도는 대체적으로 설계기준강도를 만족하는 것으로 나타났다.

4.1.4 탄성계수

본 연구에서는 현장 공시체(φ15×30)를 이용하여 재령 56일에 있어 콘크리트 A, B, D, F, H 단면에 대한 탄성계수를 측정하였다. 표 5는 포장 단면별 탄성계수를 실측에 의한 결과와 콘크리트 구조 설계기준에 의한 계산식 결과를 비교하여 나타내었다. 탄성계수의 측정은 최대압축강도값의 약 30%에 해당하는 하중값을 3회에 걸쳐 반복적으로 재하하여 이때 발생하는 공시체의 휨방향 변형을

변형계측센서를 이용하여 자동계측하였다 이렇게 자동계측된 결과를 하중-변형을 곡선으로 표현한 후 선형통계처리를 통하여 탄성계수를 추정하였다 또한, 3회에 걸쳐 얻은 데이터간의 상관계수 R^2 를 계산하였다

우선, 재령 56일에 대한 압축강도와 탄성계수간의 관계를 살펴보면, 압축강도가 증진될수록 탄성계수도 증진되는 경향을 나타내었다 또한, 각 콘크리트 단면의 탄성계수 측정(E_c) 결과, 전체적으로 콘크리트 구조 설계기준에 의한 계산값(E_c)과 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 결과를 통해 콘크리트 구간에 포설된 콘크리트 재료는 기준의 재료관계 문헌과 잘 부합되는 것으로 판단되었다

표 5 탄성계수 결과 비교

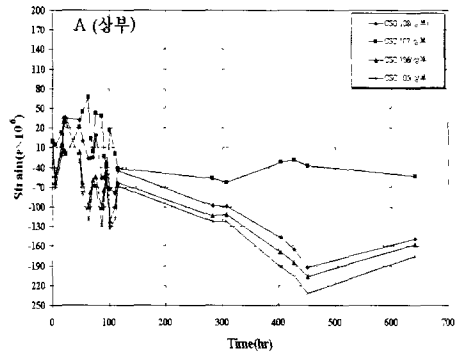
단면	탄성계수(kgf/cm ²)			비교	
	실측 (E_e)	시방서 (E_c)	제안식 (E_p)	E_e/E_c	E_e/E_p
A	284.236	284.750	294897.5	0.99	0.96
B	288.054	262.067	284566.4	1.09	1.01
D	279.857	267.445	287035.2	1.04	0.97
F	306.871	281.491	293471.8	1.09	1.04
H	294.415	281.491	293471.8	1.04	1.00
평균	290.690	275.448			

본 연구에서는 콘크리트 구간에 대한 재령 56일 압축강도와 탄성계수간의 관계를 통계처리하여 다음과 같은 상관관계를 도출하였다.

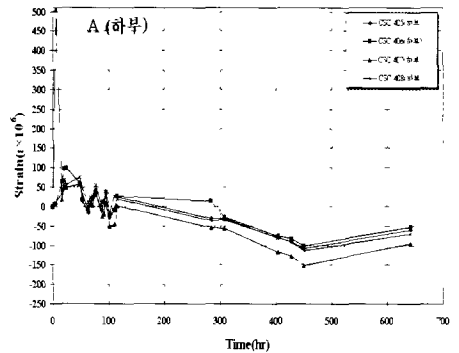
$$\bar{E}_c = 4823\sqrt{f_{ck}} + 196291 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

4.2 콘크리트 포장의 초기 변형계측

아래의 그림 2~9는 중앙 슬래브에 대한 시간에 따른 변형을 변화를 나타낸 것이다 상부 변형을 게이지와 하부 변형을 게이지를 구분하여 슬래브 상·하부의 변형을 차이를 확인하고자 하였다. 결과를 살펴보면, 모든 구간에서 시간에 따라 점진적으로 압축변형이 발생함을 알 수 있다. 초기재령에서는 약간의 인장변형을 나타내지만 상·하부 모두 경화에 따른 건조수축 등으로 인하여 압축변형을 나타내고 있다 상·하부의 변형률은 상부의 압축변형이 하부의 압축변형보다 모든 경우에 있어 다소 크게 나타남을 알 수 있다.

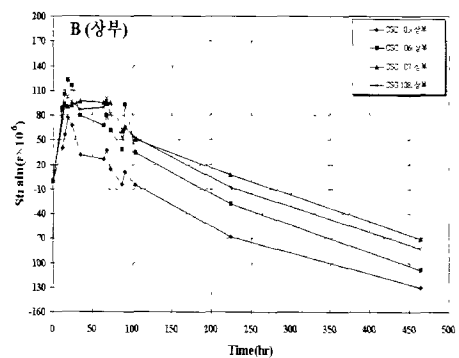


(a) A 슬래브 상부

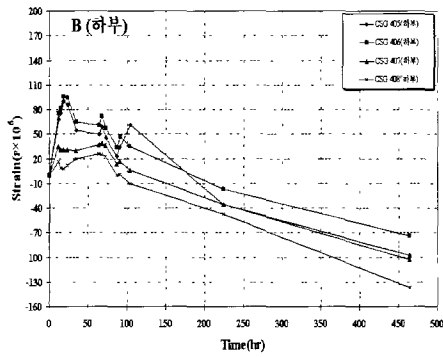


(b) A 슬래브 하부

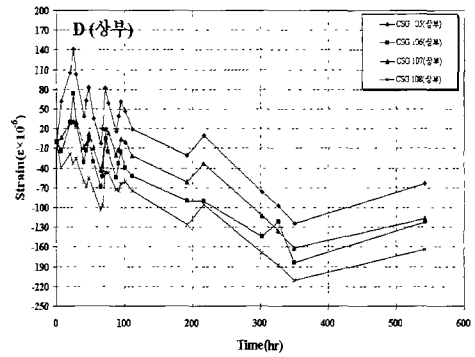
그림 2 시간에 따른 콘크리트 변형률 (A슬래브)



(a) B 슬래브 상부

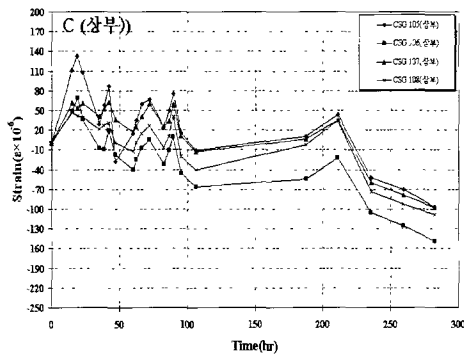


(b) B 슬래브 하부

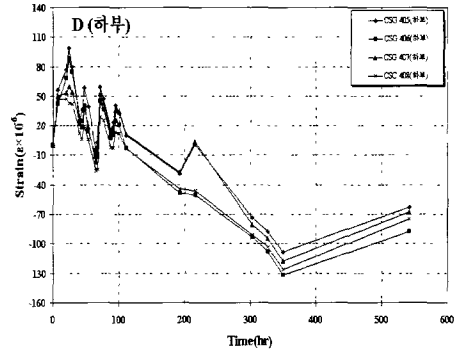


(a) D 슬래브 상부

그림 3 시간에 따른 콘크리트 변형률 (B슬래브)

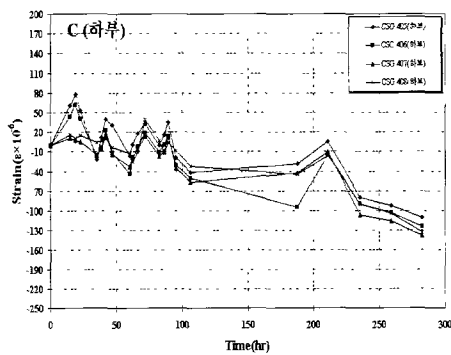


(a) C 슬래브 상부

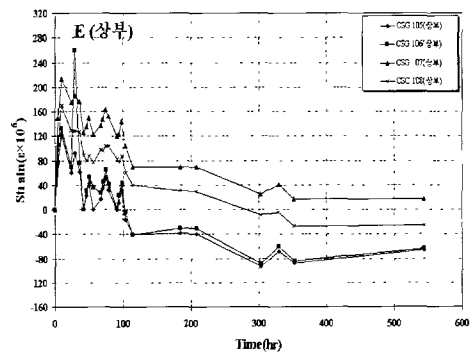


(b) D 슬래브 하부

그림 5 시간에 따른 콘크리트 변형률 (D슬래브)

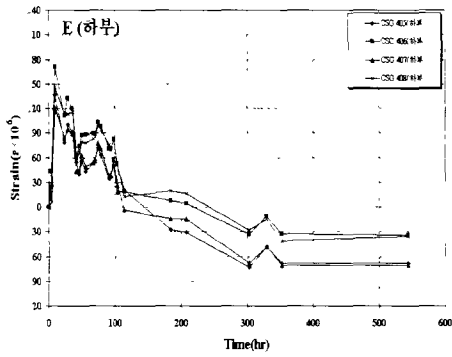


(b) C 슬래브 하부

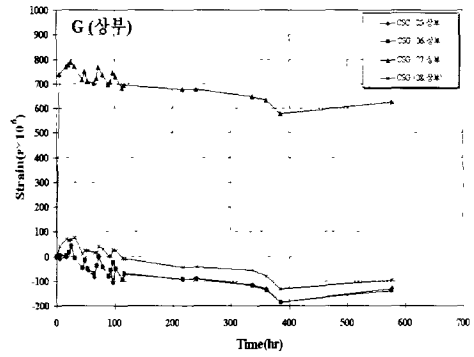


(a) E 슬래브 상부

그림 4 시간에 따른 콘크리트 변형률 (C슬래브)

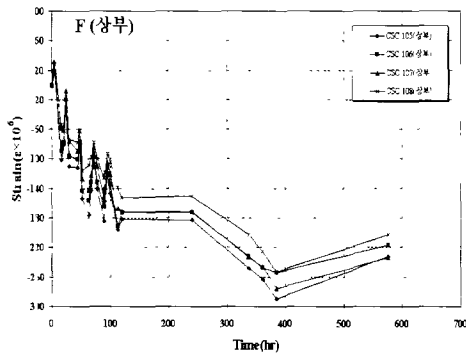


(b) E 슬래브 하부

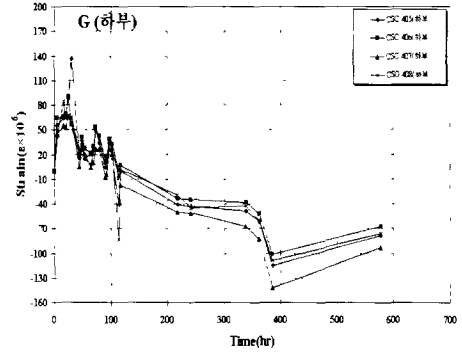


(a) G 슬래브 상부

그림 6 시간에 따른 콘크리트 변형률 (E슬래브)

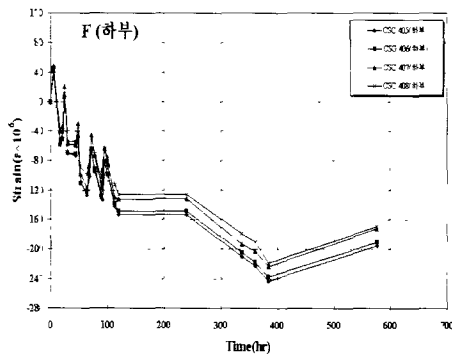


(a) F 슬래브 상부



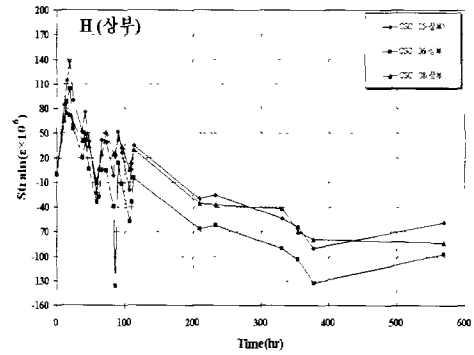
(b) G 슬래브 하부

그림 8 시간에 따른 콘크리트 변형률 (G슬래브)

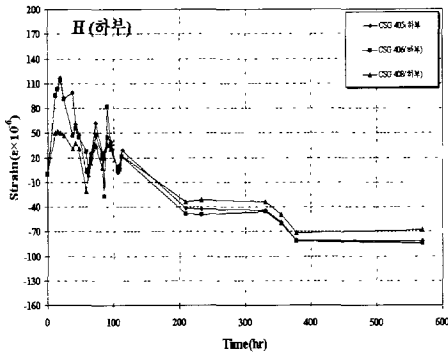


(b) F 슬래브 하부

그림 7 시간에 따른 콘크리트 변형률 (F슬래브)



(a) H 슬래브 상부



(b) H 슬래브 하부

그림 9 시간에 따른 콘크리트 변형률 (H슬래브)

이는 슬래브 상부가 대기에 직접적인 노출로 인해 건조수축 및 수분증발이 하부보다는 더 크게 나타나기 때문으로 판단된다. 또한, 상부의 경우 주행방향과 직각되게 배치된 횡방향 게이지가 종방향 변형률보다는 다소 크게 나타났다. 그러나, 하부의 경우는 뚜렷한 차이를 발견할 수는 없었다.

이러한 초기거동을 보다 자세히 살펴보면, G슬래브의 상부 변형게이지 107을 제외하고는 초기재령 100시간 이내에서의 콘크리트 슬래브의 초기 변형률은 10~180 μ 의 압축거동을 보이고 있다. 또한, 초기재령에서의 팽창에 의한 인장력은 최대 140 μ 의 변형을 나타내어 콘크리트의 초기재령에서의 균열발생 및 과도한 인장력 발생이 유발되는 것을 관찰할 수 있었다.

4.3 줄눈 간격 및 줄눈부 유도균열 관찰

콘크리트는 경화할 때 건조수축(Shrinkage)이 발생하며, 강성이기 때문에 온도와 습도 변화에 따라 수축과 팽창을 반복하게 되며 이로 인해 균열이 발생하게 된다. 균열이 임의적으로 발생하면 보수가 어렵고 2차적인 파손이 발생하기 때문에 콘크리트가 경화되면서 균열이 발생하기 전에 슬래브 두께의 1/4 또는 1/3깊이로 홈을 형성하는 줄눈을 설치하여 균열을 유도하게 된다. 그러나, 콘크리트 포장에서 미리 균열을 줄눈으로 유도하려 하지만 줄눈 절단 시기를 놓친다면 슬래브의 두께 부족, 슬래브 하부층에서의 변형으로 인해 균열이 줄눈부가 아닌 곳에서 균열이 발생할 수 있게 된다 따라서, 콘크리트 포장에서의 줄눈의 유도균열 형성 여부에 대한 조사는 매우 중요하다.

유도균열 발생 유무에 대한 육안조사는 표 6과 그림 10과 같이 콘크리트 구간의 주행방향을 시작점으로 하여 추월선과 주행선 양쪽 방향 모두를 조사하여 기록하였다.

표 6 콘크리트포장 줄눈부 균열발생 조사결과

단면	주행선		추월선		측정불가
	균열 발생	균열 미발생	균열 발생	균열 미발생	
A	15	6	9	12	
B	2	11	3	12	주행선(4)/ 추월선(2)
C	24	0	22	2	
D	15	4	16	3	
E	18	5	17	6	
F	6	7	12	1	
G	11	10	14	7	
H	17	7	22	2	
총합	108	50	115	45	주행선(4)/ 추월선(2)
	66.7%	30.8%	71%	27.8%	

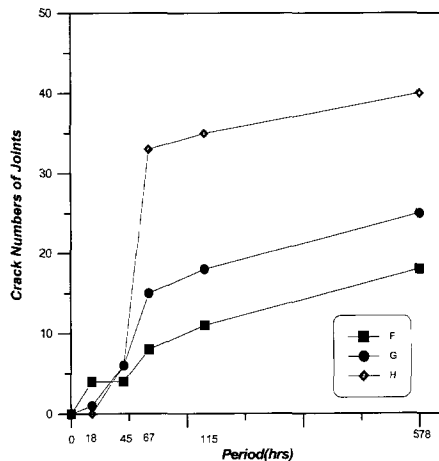


그림 10 시간에 따른 줄눈부 균열발생수

이를 살펴보면, 콘크리트 구간 포설 후 약 30일 정도 경과할 때까지 총 줄눈수 162개중 추월선은 71%, 주행선은 66.7%가 줄눈부 균열 형성을 나타내었다. 또한, 그림 10에서와 같이 초기 약 1~4일 사이에 집중적으로 줄눈부 균열이 발생하는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구는 중부내륙고속도로 구간에 설치되어 있는 계측기들로부터 교통 및 환경하중에 대한 반응값들을 수집하고 포장체의 거동의 변화를 측정하여 콘크리트 포장체의 초기거동분석을 수행하였다. 이러한 과정을 통하여 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1 압축강도 및 휨강도에 대한 결과를 살펴보면, 재령 28일에서의 압축강도는 평균 271 kgf/cm²로 나타났으나, 개령 56일에 있어서는 약 391 kgf/cm²로 우수한 강도발현 특성을 나타내어 강도로 인한 문제점은 없는 것으로 판단되었다 또한, 휨강도의 경우 재령 28일에 있어 평균 43 kgf/cm의 평균값을 나타내어 설계기준강도를 만족하지는 않았으나, 이는 양시제 제작과정에서 발생한 다짐불량이 원인이며, 교통개방에 대한 어려움은 없는 것으로 판단되었다.

2 콘크리트 포장체에 대한 탄성계수 시험결과, 재령 56일 압축강도값에 의한 시방서 계산식은 262.037 ~ 284.750 kgf/cm²의 범위로 나타났다 또한 실측값에 대한 탄성계수는 279.875 ~ 306.871 kgf/cm²의 범위로 측정되었다 본 연구에서는 실측 자료를 기준으로 압축강도와 탄성계수와의 관계를 회귀분석하여 상관관계를 도출하였다.

3 콘크리트 포장체의 초기거동을 관찰하기 위하여 포설 후 3일간에 걸쳐 일정시간동안 콘크리트 변형률계, 온도계에 대한 실측을 실시하였다 콘크리트포장 슬래브 내 콘크리트 변형률계 측정결과 초기재령에서는 약간의 인장변형을 나타내었지만, 상·하부 모두 경화에 따른 건조수축 등으로 인하여 압축변형을 나타내었으며, 상부의 압축변형이 하부의 압축변형보다는 다소 크게 측정되었다

4 줄눈부 유도균열의 발생 유무는 포장체의 공용성에 매우 큰 영향을 미치게 된다 JPCP 구간에 대한 줄눈부 유도균열 관찰결과, 포설 후 30일이 경과한 후 추월선은 71%, 주행선은 66.7%의 줄눈부 유도 균열을 관찰 할 수 있었다. 줄눈발생 시기는 타설 후 1~4일 사이에 집중적으로 발생하여 초기 줄눈 절삭 시기에 대한 결정이 매우 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 윤경구, 최주성, 김도형, "시험도로의 건설과 한국 도로포장 설계법 개발" 도로포장공학회지 1(1), 10월, pp 45~55, 1999.
- [2] 이승원, 장경범, 김문겸, 최고일, "콘크리트 포장슬래브의 구조적 거동분석을 위한 계측연구", 대한토목학회논문집, 제15권, 제3호, 대한토목학회, pp.545~554, 1995
- [3] 한국도로공사, "중부고속도로 표면상태 조사보고서", 1999.
- [4] 한국도로공사, "계측센서 조사 및 계측시스템 기본설계", 1999

- [5] 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학 1999
- [6] 건설교통부, "도로 포장 유지보수 실무편람", pp.65~67, 1999
- [7] 한국도로공사, "시험도로의 건설과 운영에 관한 연구(I)", 도로연 98-67-23, 1998
- [8] National Highway Institute, "Pavement Deflection Analysis", NHI Course No. 13127, FHWA-HI-94-021, Federal Highway Administration 1994
- [9] "Minnesota Road Research Project Work Plan for Research Objective", Minnesota Development of Transportation, March 1999