

미끄럼방지포장을 설치한 강상자형 교량의 동적해석

Dynamic Analysis of Steel Box Girder Bridge installed with Skid Proof Pavement

박 병 득¹⁾ · 정 재 훈²⁾ · 임 성 순³⁾

Park, Pyoung Deuk · Chung, Jae Hoon · Yhim, Sung Soon

요 약 : 본 연구는 국내에서 차량의 안전주행을 유도하기 위하여 곡선교, 고가차도 등의 포장면에 설치하는 미끄럼방지포장이 강상자형 교량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 강상자형 교량에서 현장재하시험과 전산구조해석을 실시, 상호 비교함으로써 강상자형 교량의 동적 응답을 분석하였다. 강상자형 교량의 현장재하시험에서는 미끄럼방지포장전후의 고유진동수와 동적처짐을 측정하였으며 전산구조해석에서는 현장재하시험 교량의 재원을 입력값으로 하여 미끄럼방지포장전후의 동적응답을 해석하여 현장재하시험과 상호 비교 분석하였다. 본 연구는 분석한 자료를 바탕으로 미끄럼방지포장과 같은 도로시설물이 교량의 동적응답에 미치는 영향에 대해 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

ABSTRACT : The skid proof pavement is used for safety driving on curved bridges and high level roads. This study analyzed the effect of skid proof pavement on the bridge using actual spot test and computer analysis. In the actual spot test, the natural frequency and dynamic deflection of steel box girder bridges were measured before and after skid proof pavement. Likewise, in the computer analysis, the dynamic response of the finite element model was evaluated. The model was based on real steel box girder bridge according to the skid proof pavement. The analyzed results provide basic data on the effect of skid proof pavement on road structure.

핵심용어 : 미끄럼방지포장, 충격계수, 동적응답, 고유진동수, 재하시험

KEYWORDS : Skid Proof Pavement, Impact Factor, Dynamic Response, Natural Frequency, Actual Spot Test

1. 서론

우리나라는 '97. 7월 자동차 보유대수가 이미 1000만대를 돌파하여 교통수요가 급격히 증가되고 있고 교통량의 증가중 대형화물이 차지하는 운송량의 비율도 지속적으로 증가하고 있다. 특히 경제성을 고려한 운송수단으로서 차량이 점차 대형화, 중량화, 고속화되어가고 있다.

차량의 대형화, 중량화, 고속화는 통행하는 교량에 대해서 기존에 비해 많은 구조적 문제점을 야기 시킨다. 특히 대형 차량의 경우 고속주행 시 교량노면에 노후화를 촉진시키며 많은 구조적 손상을 일으키고 있다.

교량노면 노후화의 대표적인 현상으로서 노면의 파손에 의한 불규칙성을 들 수 있다. 노면의 불규칙성은 교량을 통행하는 차량의 동적효과를 증가시키는 역할을 하며 이러한 동적효

과의 증가는 다시 교량의 손상으로 이어진다.

이렇듯 노면이 불규칙한 교량은 기존의 양호한 교량과는 다른 동적 응답을 보이고 있으나 불규칙한 노면에 대한 문제점들을 기존의 설계방법과 해석으로는 제대로 평가할 수 없었으며 이 분야에 대한 연구 또한 많이 진행되지 않은 상황이다.

현재까지 진행된 연구결과로는 차량의 노면조도합수를 실측 및 시뮬레이션을 이용해서 산출하고 차량모델에 대한 재원을 실험 및 실측에 의해서 산출하여 이를 이용해서 교량노면의 불규칙성을 해석하였다. 그러나 교량에 국지적으로 존재하는 미끄럼 방지포장과 같은 현상이 교량에 미치는 영향에 대한 연구는 부족하였다.

미끄럼방지포장의 목적은 노면과 타이어 사이의 마찰력을 증가시키고 차량 운전자의 경각심을 유발하여 차량의 감속주행을 유도함으로써 안전사고를 방지함에 있다. 그러나 미끄럼

1) 대한주택공사 안전진단팀

2) 학생회원, 서울시립대학교 토목공학과 박사과정

3) 정회원, 서울시립대학교 토목공학과 부교수

본 논문에 대한 토의를 2002년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 동의 회답을 게재하겠습니다.

방지포장은 교량손상에 의한 노면파손과 같이 교량노면의 불규칙성을 유발하고 있으며 이 불규칙성은 그대로 교량의 충격으로 전달된다.

현재 국내에는 미끄럼방지포장공사에 대한 구조설계기준이 부족한 상황이고 특히 교량에 설치된 미끄럼방지포장이 교량에 미치는 영향에 대한 구조해석 및 설계방법은 거의 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 실제 교량의 현장재하시험과 전산구조해석을 실시하여 미끄럼방지포장전에 발생하는 동적응답과 미끄럼방지포장후의 동적응답을 상호 비교함으로써 미끄럼방지포장이 교량구조물에 미치는 영향에 대해서 연구하고자 한다. 본 논문의 연구범위와 방법은 다음과 같다.

첫째, 아직 교통이 개방되지 않은 신설고가차도에 인위적으로 미끄럼방지포장과 동일한 효과를 갖는 재료를 설치함으로써 실제와 같은 거동을 나타낼 수 있도록 하였다. 본 현장시험 대상교량은 아직 통행전의 신설 고가차도이므로 미끄럼방지포장 이외의 충격은 고려하지 않았다.

둘째, 현장재하시험교량의 제원을 전산구조해석의 입력값으로 하여 구조해석을 실시하였다. 실시한 구조해석을 바탕으로 미끄럼방지포장전후의 해석상에 나타난 교량구조물의 동적응답을 분석하였다.

2. 기본이론

2.1 충격계수

교량의 동적효과를 정적인 설계에 반영할 수 있는 충격계수값은 일반적으로 교량의 현장재하시험과 전산구조해석에 의한 직접적인 방법과 설계기준에서 제시하는 공식에 의해 계산하는 간접적인 방법으로 나눌 수 있다.

많은 실험적, 해석적 연구에 의하면 충격계수는 활하중이 작용하는 시간적 관계 및 위치, 교량의 고유진동수, 차량중량, 단순교와 연속교등의 교량형태, 노면의 상태, 차량길이, 사하중과 활하중의 비 등 많은 요소들에 의해 영향을 받게되며 특히 활하중은 위와 같은 영향요소와 교량의 공진작용으로 사하중보다 큰 영향을 교량구조에 미치게 된다. 실제 교량의 동적응답 특성을 파악하기 위해서 사용되는 충격계수값은 식 (2.1)과 같다.

$$\text{충격계수} = \frac{y_{d \max} - y_{s \max}}{y_{s \max}} \quad (2.1)$$

여기서, $y_{d \max}$ 는 동적처짐의 최대값, $y_{s \max}$ 는 정적처짐의 최대값이다.

국내의 도로교 설계기준과 미국의 AASHTO 시방서에서는 충격계수를 교량 상부구조의 종류에 관계없이 지간장의 함수로만 규정하고 있다.

일본의 도로교시방서에서는 충격계수를 교량의 지간길이에 대한 함수로 나타내고 있으나 교량의 종류와 설계하중에 따라 달리 규정하고 있다. 일본의 도로교시방서에 규정되어 있는 충격계수는 다음 표 2.1과 같다.

따라서 우리나라에서도 지간장에 의한 충격계수보다는 교량의 형식이나 지간장등에 따른 충격계수의 변화특성을 분석하여 합리적인 충격계수 산정기준이 필요하다. 국내 도로교 설계기준에서 규정하고 있는 충격계수 산출식을 표시하면 식 (2.2)와 같다.

$$i = \frac{15}{(40 + L)} \leq 0.3 \quad (2.2)$$

표 2.1 일본 도로교시방서의 충격계수규정

교량의 종류	충격계수	설계하중
강교	$i = \frac{20}{(50 + L)}$	T하중
철근콘크리트교	$i = \frac{20}{(50 + L)}$	T하중
	$i = \frac{7}{(20 + L)}$	L하중
P.C교	$i = \frac{20}{(50 + L)}$	T하중
	$i = \frac{10}{(25 + L)}$	L하중

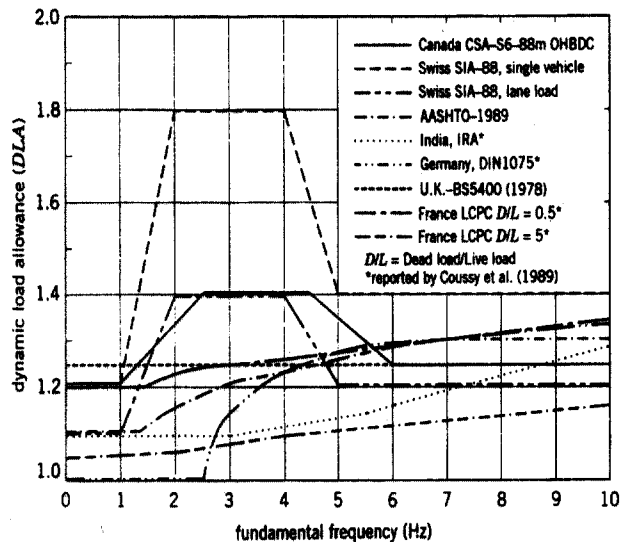


그림 2.1 고유진동수에 따른 각 국의 충격계수

여기서, L 은 원칙적으로 활하중이 등분포 하중으로 재하되는 경우에 설계부재에 최대응력이 일어나도록 재하된 시간부분의 길이(m)이다.

캐나다의 도로교시방서인 OHBDC와 스위스 도로교시방서인 SIA에서는 충격계수를 교량의 고유진동수의 함수로 나타내고 있다. 각국의 충격계수를 그림으로 표시하면 그림 2.1과 같다.

2.2 자유진동해석

구조계의 자유진동은 외력이 없는 상태에서 구조물이 가진 구조적, 재료적 특성에 의해 나타나는 성질로서 수학적으로 이를 고유치문제라고 정의한다. 구조계의 동역학적 평형관계로부터 비감쇠 구조계에 대한 자유진동 방정식을 표시하면 식 (2.3)과 같다.

$$[M]\{\ddot{U}\} + [K]\{U\} = \{0\} \quad (2.3)$$

식 (2.3)에 의해 결정된 i 번째 고유치를 ω_i , 고유벡터를 ϕ_i 라고 하면 고유벡터들로 구성된 매트릭스 $[\Phi] = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p]$ 를 구할 수 있다. 이때 ϕ_i 로 구성된 매트릭스를 모달매트릭스(Modal Matrix)라 한다. 식 (2.3)의 자유진동방정식을 모달매트릭스를 이용해서 표시하면 식 (2.4)와 같다.

$$[I][\Phi] + [\Omega^2][\Phi] = [0] \quad (2.4)$$

여기서, $[I]$ 는 대각항이 1인 단위매트릭스, $[\Omega^2]$ 는 대각항이 고유치의 제곱으로 이루어지는 대각매트릭스, $[\Phi]$ 는 고유벡터를 컬럼으로 하는 모달매트릭스이다.

고유치 문제를 해석하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 연구에 필요한 수 개내지 수십 개의 고유진동수만을 결정할 수 있는 부영역반복법(Subspace Iteration)을 적용하였다. 부영역 반복법은 기억장소의 사용적 측면과 전산 해석 수행시간이 기존의 방법에 비해 우수한 특성을 가진다.

2.3 강제진동해석

시간에 따라 변하는 외력벡터에 의해서 구조계에는 강제진동이 발생하게 된다. 강제진동에는 풍하중에 의한 강제진동, 지진에 의한 강제진동, 충격에 의한 강제진동, 이동하중에 의한 강제진동으로 구분할 수 있다. 구조계에 발생하는 강제진

동을 식으로 표시하면 식 (2.5)과 같고 강제진동평형방정식이라 한다.

$$[M]\{\ddot{U}(t)\} + [C]\{\dot{U}(t)\} + [K]\{U(t)\} = \{R(t)\} \quad (2.5)$$

여기서, $[M]$, $[C]$, $[K]$ 는 구조계의 질량매트릭스, 감쇠매트릭스, 강성매트릭스를 나타내고, $\{\ddot{U}(t)\}$, $\{\dot{U}(t)\}$, $\{U(t)\}$ 는 가속도벡터, 속도벡터, 변위벡터를 나타내고, $\{R(t)\}$ 는 외력벡터를 나타낸다.

식 (2.5)의 강제진동 평형방정식을 해석하는 방법은 크게 해석적 방법과 수치적 방법으로 대별된다.

해석적 방법은 수계산에 의해서 강제진동방정식을 해석하는 기법으로 자유도의 개수가 큰 구조물에 대해서는 적용키 어려운 단점이 존재한다. 수치적 방법은 수치적 알고리즘을 전산작업으로 구현하여 강제진동방정식을 구하는 방법으로 자유도가 큰 구조계에 대해서 적용할 수 있으나 알고리즘의 선택에 따라서 오차가 발생할 수 있기 때문에 알고리즘의 특성을 이해하고 사용해야 한다.

본 논문에서는 구조계의 자유도가 크기 때문에 수치적 방법중의 하나인 Newmark 방법을 선택하였다. Newmark 방법은 Δt 의 선택에 상관없이 동적해석결과를 나타내는 특징을 가지기 때문에 일반적으로 많이 택하는 강제진동 해석방법이다.

2.4 영향선과 이동하중

영향선은 단위이동하중에 의한 특정점의 변위, 반력, 모멘트, 전단력 등의 값을 나타내는 것으로 충격계수의 값을 산출할 때 동적인 응답값의 비교값으로 사용된다. 본 연구에서는 교량구조물의 영향선을 계산할 때 이동하중의 해석에서 Mass Matrix에 Multiplication Factor를 곱해줌으로서 쉽게 영향선을 계산하였다.

이동하중에 의한 강제진동을 해석하는 방법에는 크게 Green의 영향함수를 사용하는 방법, Dirac의 충격함수를 이용하는 방법, 또는 시간함수를 적용하는 방법, 변위형상함수를 이용하는 방법등이 있다. 변위형상함수를 이용하는 방법은 요소내의 이동하중을 손쉽게 절점하중벡터로 변환할 수 있는 방법으로서 임의의 구조계에 적용가능한 방법이다.

본 논문에서는 일정한 크기의 이동하중을 변위형상함수를 이용하여 절점하중 $\{R_e\}$ 로 변환하는 계산방법을 적용하였고 식으로 표시하면 식 (2.6)과 같다.

$$\{R_e\} = [N]_p^T \{P\} \quad (2.6)$$

여기서, $\{P\}$ 는 이동하중의 크기로 구성된 하중벡터이고, $[N]_p^T$ 는 변위형상함수매트릭스에 하중 위치를 대입한 매트릭스의 전치매트릭스이다.

3. 현장 재하시험

3.1 개요

교량의 재하시험은 대상교량에 대해 시험차량을 실제상황과 유사하게 재하시켜 그 때의 처짐, 변형을, 가속도등을 측정하여 이론적인 계산치와 비교 검토하여 대상교량의 구조적 응답특성을 평가하고 필요에 따라 내하력 평가를 위한 기초자료를 구하는데 있다.

본 연구에서는 일반적인 목적 외에 교량 상부 포장면에 설치되고 있는 미끄럼방지포장 시공전·후의 동적특성을 평가하기 위한 것으로써 주로 처짐량을 기준으로 충격계수 산정을 목적으로 시험을 실시하였다.

3.2 대상교량 및 재하차량의 제원

현장재하시험에서는 동적재하시험으로 실시하였고 미끄럼방지포장 전과 후의 교량상태에 재하차량을 속도별로 주행시켜 그 결과를 계측장치로 측정하였다.

현장재하시험교량의 제원은 표 3.1과 같고 재하차량의 제원은 표 3.2와 같다.

표 3.1 대상교량 현황

형식	Steel Box	총 연장	240m
교폭	16.34m	주형형식	3륜 강박스
차선수	4차선	설계속도	60km/hr
등급	1등교	설계하중	DB 24
경간	5경간연속보 (40M+50M+60M+50M+40M)		

표 3.2 재하차량의 제원

구분	중 량(ton)				비고
	전 륜	중 륜	후 륜	소 계	
좌측	2.90	4.80	4.70	12.40	운전측
우측	3.20	4.55	4.60	12.35	
합계	6.10	9.35	9.30	24.75	

3.3 현장 재하시험 및 계측위치

현장재하시험은 정적 및 동적주행시험을 실시하였으며 주행속도는 10km/hr부터 최대속도인 80km/hr까지 매 10km/hr단위로 증가시켰다. 본 교량에서는 하향구배 구간 중 차량주행속도가 가장 크며 하부공간으로 차량이 통행하지 않아 게이지 설치 등이 효과적인 제5경간을 시험구간으로 선정하여 제 5경간내 외측과 중앙 주행에 대해서 처짐측정을 위한 게이지와 가속도게이지를 설치하였다.

3.4 미끄럼 방지포장

대상교량에 미끄럼방지포장 효과를 내기 위하여 두께 3mm의 아스팔트성질을 이용 시험경간 40m에 설치폭1m와 띄움폭3m인 이격식(1-3방식)방법을 기준으로 설치하였으며 미끄럼방지포장의 위치 및 형상도는 그림 3.1과 같다.

3.5 현장계측결과

미끄럼방지포장전후의 동적주행시험은 각 속도별 차량 주행에 대한 동적처짐을 측정하였고 그림 3.2, 그림 3.3과 같다.

실험결과는 (+)값이 교량의 하향방향처짐, (-)값이 교량의 상향방향의 처짐을 나타낸다.

미끄럼방지포장전과 미끄럼방지포장후의 동적하중 재하시험에 의한 처짐값을 기준으로 동적확대계수를 표시하면 그림 3.4과 같다.

그림 3.4를 분석하면 미끄럼방지포장전의 각 주행속도별 동적확대계수의 값이 미끄럼방지포장후에도 일률적으로 증가함을 볼 수 있다. 또한 미끄럼방지포장전의 동적확대계수가

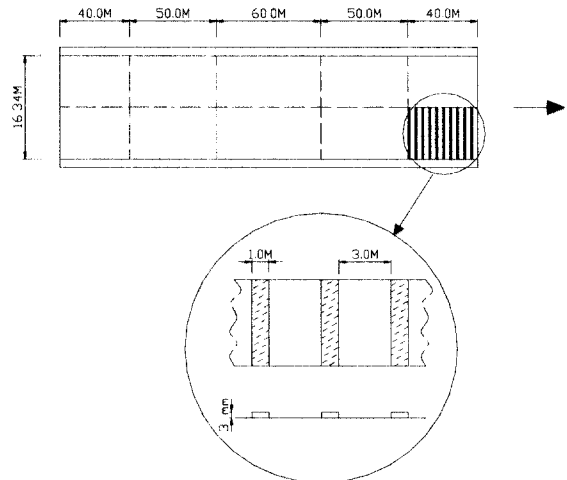


그림 3.1 노면에 설치된 미끄럼방지포장의 형상

증가하는 구간인 20km/h와 60km/h 부분이 미끄럼방지포장 장후에도 유사한 거동을 나타냄을 알 수 있다.

미끄럼방지포장 전후의 교량의 고유진동수를 표시하면 표 3.3과 같고 비교분석을 위해 전산해석결과도 수록하였다. 계측된 고유진동수의 유사한 결과로부터 미끄럼방지포장이 교량 구조계의 강성 및 질량에는 별다른 영향을 작용하지 않음을 알 수 있다. 실측과 전산해석의 고유진동수가 다소 차이가 있으나 이것은 전산해석시 이상화된 가로보와 거더를 이용해서 실험교량모델을 모델링하였기 때문이라고 판단된다.

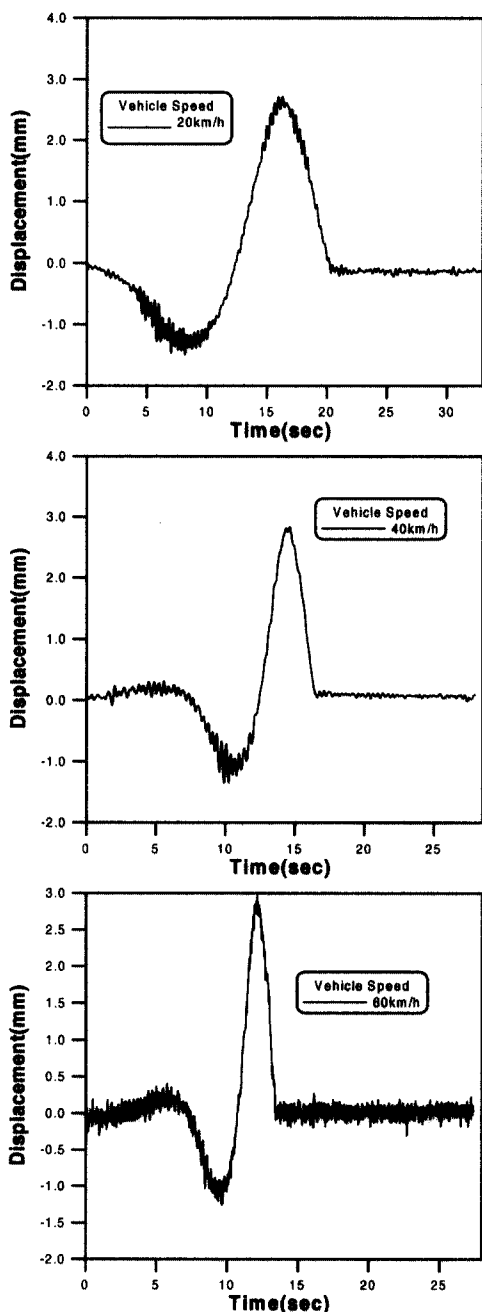


그림 3.2 미끄럼방지포장전의 속도별 계측처짐곡선

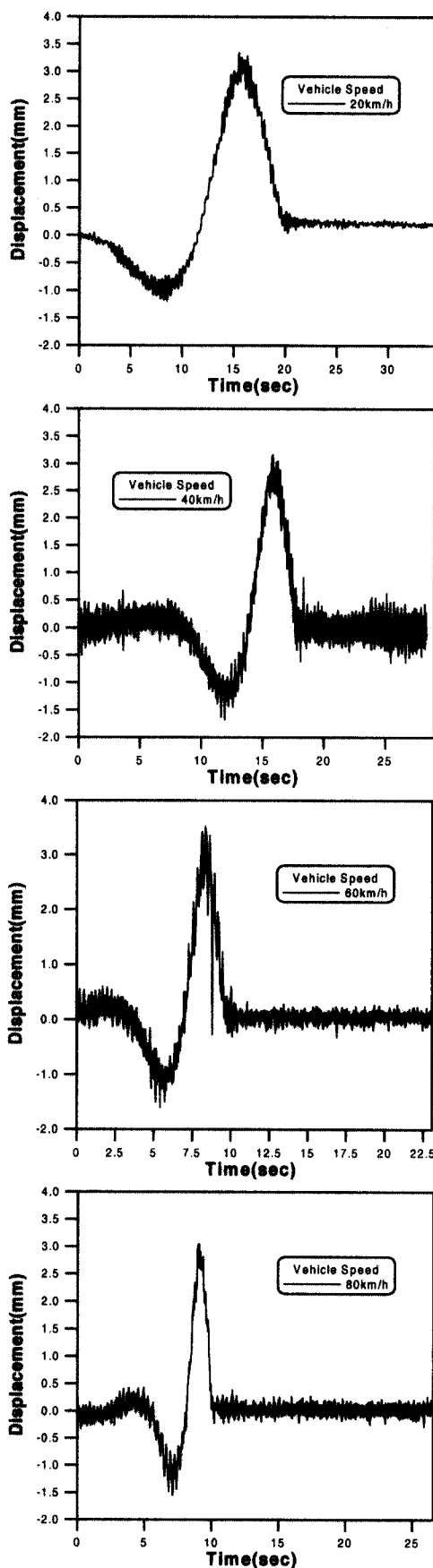


그림 3.3 미끄럼방지포장후의 속도별 계측처짐곡선

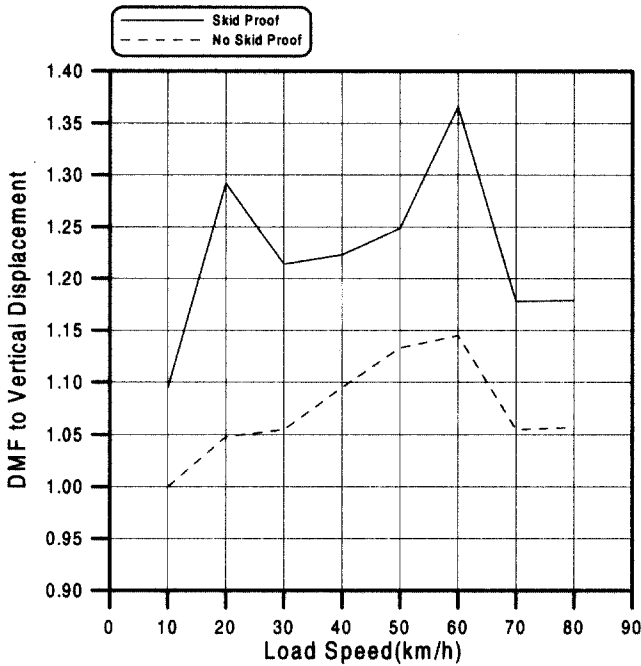


그림 3.4 미끄럼방지포장전후의 계측처점에 대한 동적확대계수

표 3.3 포장전, 포장후, 전산해석간의 고유진동수 비교

Mode	실측치 (포장전)	실측치 (포장후)	전산해석
1	1.8432 Hz	1.8188 Hz	1.8414 Hz
2	2.6794 Hz	2.6855 Hz	2.4726 Hz
3	3.0576 Hz	3.0762 Hz	2.7209 Hz
4	4.3158 Hz	4.3457 Hz	4.0835 Hz

4. 전산구조해석

4.1 개요

전산구조해석대상 교량은 현장재하시험을 실시한 5경간 연속 Steel Box 교량으로 선정하였고 구조해석에 사용된 교량의 단면특성치는 표 4.1과 같다.

4.2 이동하중 해석

본 논문에서는 차량중량에 의한 하중효과 이외에 노면의 불규칙성에 의한 수직방향의 관성력 효과를 고려하기 위해서 1계 자유도를 가지는 이동차량으로 모델링하였고 이를 표시하면 그림 4.1과 같고 해석모델로 사용된 차량제원은 표 4.2와 같다. 이때 차량모델의 제원 중 스프링상수는 참고문헌에서 사용한 덤프트럭의 스프링상수를 사용하였고 타이어와 현

표 4.1 전산해석에 사용된 교량의 단면특성치

구 분	전체 교량단면(주형3개)
탄성계수(E)	$2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$
단면 2차 모멘트(I)	0.4475 m^4
단위길이당 질량(M)	0.669 t/m

표 4.2 전산해석에 사용된 차량의 특성치표

구 분	차량제원
차량의 질량	2.52t
차량의 스프링상수 (바퀴 1개당)	2521tf/m

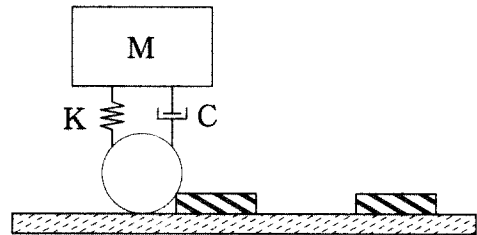


그림 4.1 이동차량의 모델링

가계의 감쇠현상은 무시하였다. 차량모델을 간단히 하기 위해서 현가스프링상수와 타이어스프링상수를 직렬연결한 상수를 사용하였고 차량의 피칭현상에 의한 영향을 무시하고 수직진동에 의한 영향만을 고려하였다.

미끄럼 방지포장에 의해 발생하는 노면의 불규칙 효과는 교량의 교축방향으로 거리에 대한 요철높이를 입력하여 차량 모델이 요철을 통과할 때 요철높이에 의한 차량질량의 수직방향관성력으로 고려하였다. 전산해석에 의한 미끄럼방지포장전의 동적처짐곡선을 실제 계측에 의한 동적처짐곡선과 함께 나타내면 그림 4.2과 같다.

미끄럼 방지 포장효과를 고려한 전산해석에 의한 속도별 동적처짐곡선을 나타내면 그림 4.2와 같다. 그래프는 포장효과를 보기 위해서 포장전의 실측 데이터와 별도로 작성하였다.

4.3 결과분석

미끄럼 방지 포장전후의 현장계측과 전산해석에 의한 동적 처짐의 최대값을 표시하면 표 4.3과 같고 미끄럼방지포장 전후의 속도별 충격계수를 표시하면 표 4.4와 같다. 충격계수 산출 시 미끄럼 방지 포장전의 차량의 속도가 10km/h일 때를 유사정적으로 하여 충격계수의 산출기준으로 하였다.

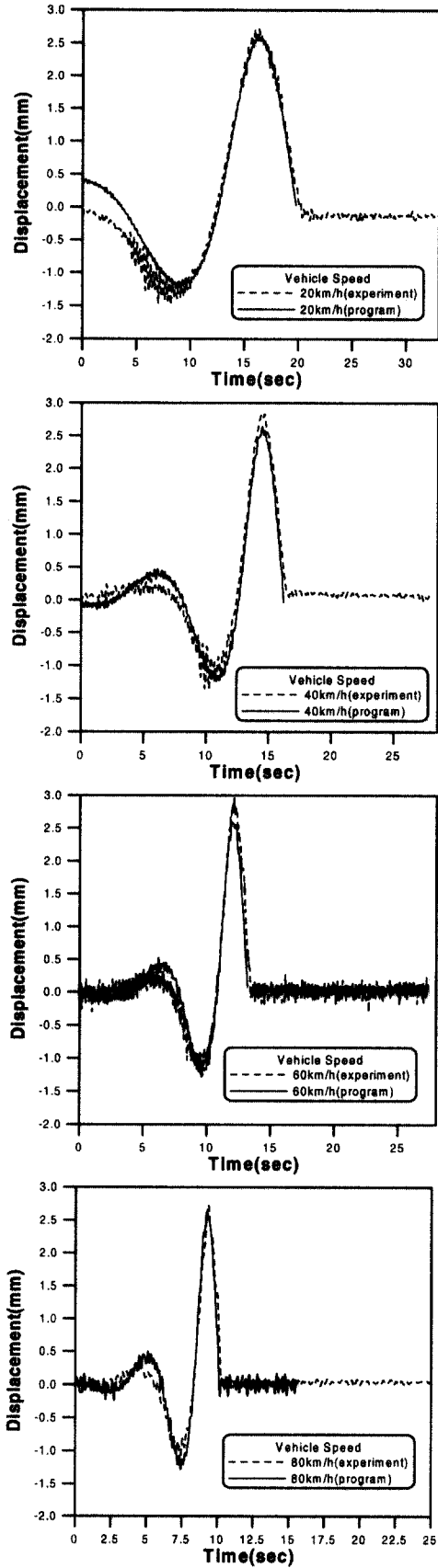


그림 4.2 미끄럼방지포장전 계속동적처짐과 전산해석에 의한 속도별 처짐곡선

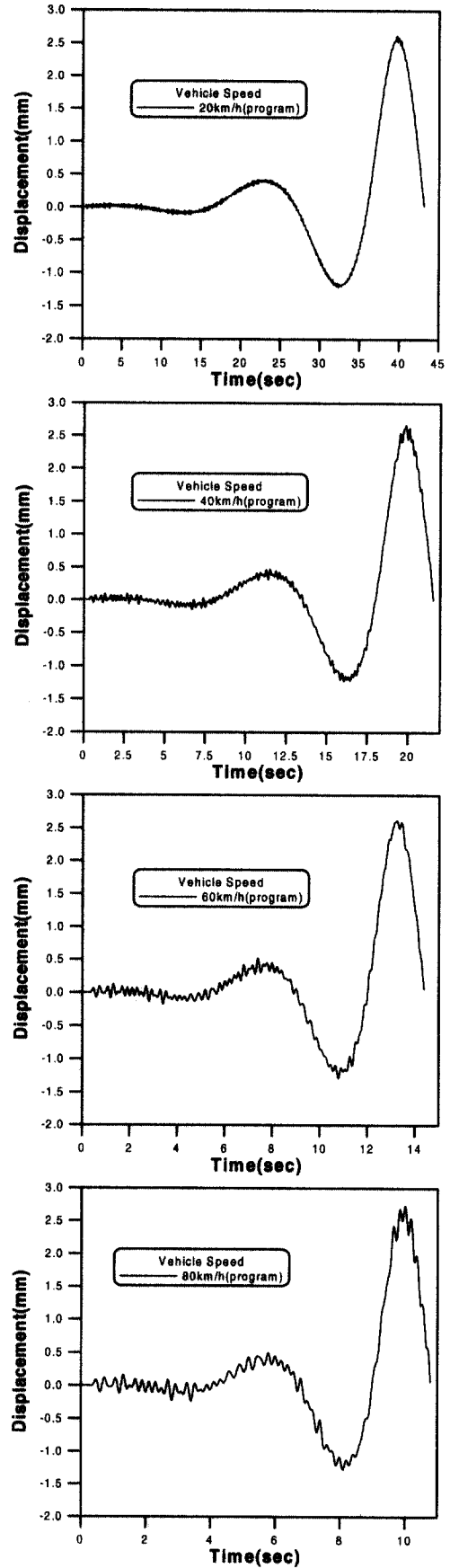


그림 4.3 미끄럼방지포장후의 전산해석시 속도별 처짐곡선

표 4.3 미끄럼 방지 포장전후의 현장계측과 전산해석의 동적처짐 비교

속도	구분	포장전(mm)		포장후(mm)	
		현장계측	전산해석	현장계측	전산해석
10(km/h)		2.585	2.475	2.831	2.595
20(km/h)		2.710	2.603	3.340	2.623
30(km/h)		2.726	2.602	3.137	2.625
40(km/h)		2.831	2.639	3.162	2.669
50(km/h)		2.929	2.646	3.229	2.696
60(km/h)		2.960	2.588	3.530	2.617
70(km/h)		2.726	2.665	3.048	2.725
80(km/h)		2.733	2.636	3.046	2.734

위의 결과로부터 미끄럼방지포장이 설치되지 않았을 때 실제 교량의 계측자료와 전산구조해석상의 결과값은 약 10%내외의 차이가 발생되었고 미끄럼 방지 포장이 설치된 후의 계측자료와 전산구조해석은 약 20%내외의 차이가 발생되었다.

이러한 오차의 발생원인은 전산해석시 교량 노면의 조도영향을 무시하였으나 실제 교량의 경우 노면조도가 존재하기 때문에 조도의 영향으로 전산해석에 비해서 다소 최대 처짐값이 크게 측정되었기 때문이라고 판단된다. 특히 차량의 주행속도가 증가하고 교량 노면의 상태가 불량할수록 최대처짐의 값이 증가하는 것을 각종 연구결과에서 볼 수 있다.

충격계수산출결과 미끄럼 방지포장 전에는 충격계수가 최대 0.145로서 도로교 설계기준보다 작게 산출되었으나 미끄럼 방지포장후에는 현장계측의 차량주행속도가 60km/hr일 때의 충격계수의 값이 0.366으로서 현행 도로교시방서에서 정한 최대치인 0.3을 초과하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 현장에 설치한 미끄럼방지포장층 두께가 3mm인 점을 감안하여 볼 때 두께가 증가할수록 충격계수는 더욱 큰 값을 보일 것으로 판단된다. 전산해석상에서는 미끄럼 방지포장 전에 비해서 포장후가 노면의 불규칙한 영향으로 충격계수가 증가하는 경향을 나타내었으나 실측값에 비해서는 대체적으로 적게 산출되었다. 이러한 현상은 해석의 간편화를 위하여 교량을 1차원 보요소로 구성한 후 교량전체단면을 1개의 보의 강성으로 치환하는 과정에서 교량의 강성이 과대평가되어서 발생하는 것으로 판단되며 신설교량이라는 가정으로 노면조도를 무시하고 해석한 결과라고 판단된다.

5. 결론

본 연구는 미끄럼방지포장이 교량에 미치는 영향을 현장시험과 구조해석을 통하여 분석하였다. 본 연구에서 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 교통이 개방되지 않은 신설 고가차도에서 덤프트릭

표 4.4 미끄럼 방지 포장전후의 현장계측 의한 속도별 충격계수

속도	구분	현장계측		전산해석	
		포장전	포장후	포장전	포장후
10(km/h)		-	0.095	-	0.048
20(km/h)		0.048	0.292	0.052	0.060
30(km/h)		0.054	0.214	0.051	0.061
40(km/h)		0.095	0.223	0.066	0.078
50(km/h)		0.133	0.249	0.070	0.089
60(km/h)		0.145	0.366	0.046	0.057
70(km/h)		0.055	0.178	0.077	0.104
80(km/h)		0.057	0.179	0.065	0.101

을 이용하여 미끄럼방지포장전후의 동적 특성을 조사한 결과 미끄럼방지포장을 실시할 경우 충격계수가 포장전에 비해서 커졌음을 알 수 있다. 이러한 현상은 미끄럼방지포장으로 인하여 차량주행시 바퀴의 충격효과가 교량의 진동현상을 더 크게하므로써 나타나는 동적확대계수의 증가로 판단된다.

둘째, 시험차량이 미끄럼방지포장 구간을 시속 10km/h에서부터 최고속도인 80km/h까지 매 10km/h 단위로 주행한 결과 주행속도 20km/h와 60km/h에서의 충격계수가 다른 주행속도에서의 충격계수보다 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 현상은 20km/h와 60km/h일 때 교량의 고유진동수와 이동하중의 진동수가 일치하기 때문에 발생하는 공진현상이라고 판단된다.

셋째, 시험 경간에 대해서 도로교 설계기준에 의해서 충격계수를 산출하면 0.187을 나타내고있다. 미끄럼포장방지전의 계측에 의한 충격계수값은 60km/h에서 0.145의 충격계수를 나타내고 있으며 이 값은 국내 시방서 기준을 만족하고 있으나 미끄럼방지포장을 했을 경우 충격계수를 계산하면 60km/h에서 최대 0.366의 값을 나타내고 있다. 이 값은 도로교 설계기준에 의한 0.187의 값을 2배정도 초과하고 있고 도로교 설계기준의 최대값인 0.3을 22%정도 초과하고 있다. 따라서 현행의 도로교 설계기준에서 제시하는 충격계수 계산식은 미끄럼 포장과 같이 노면의 불규칙성이 존재하는 경우에는 적용이 어렵기 때문에 미끄럼방지포장과 같은 노면의 요철과 관계된 교통안전시설을 설치할 경우에는 교량의 동적응답에 대해서 사전에 충분한 검토가 있어야 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 임성순, "나선형 곡선 부재의 동적 해석", 서울대학교 공학박사 학위논문, 1987
2. 조서경, "불규칙한 노면을 주행하는 이동하중에 의한 연속교의 동적거동에 관한 이론 및 실제적 연구", 서울대학교 공학석사 학위논문, 1989

3. "도로교설계기준", 한국도로교통협회, 2000
4. "차량의 제동에 의한 3차원 모델 교량의 동적거동", 대한토목학회논문집, 제 16권, I-6호, 1997
5. OHBDC, "Ontario Highway Bridge Design Code", Ministry of Transportation and Communication, Downview, Ontario, 1983
6. SIA, "Schweizer Norm", SIA, Switzerland, November, 1985
7. 日本道路橋協會, "道路橋示方書, 同解説", 1990
8. 장경수, "재하시험 자료분석에 의한 충격계수에 관한 연구", 연세대학교 공학석사학위논문, 1998
9. L.Fryba, "Vibration of Solids and Structures under Moving Loads", Noordhoff Int. Pub., 1971

(접수일자 : 2001년 9월 20일)