

신뢰성에 기초한 강상형 보도육교의 안전도 및 잔존 내하력평가

Reliability-Based Assessment of Safety and Residual Carrying-Capacity of Steel-Box Pedestrian Bridges

조효남* 최영민** 이은철***
Cho, Hyo Nam Choi, Young Min Lee, Eun Cheol

ABSTRACT

A number of typical type of steel-box pedestrian bridges are constructed in the metropolitan highway or heavy traffic urban area. Although it has the advantage of speedy construction because of its simple structural form and prefabricated erection method, it has been reported that many of these bridges are deteriorated or damaged and thus are in the state such that it would give unsafe and uncomfortable feeling to pedestrians.

In the paper, for the realistic assessment of safety and residual carrying-capacity of deteriorated and/or damaged steel box pedestrian bridges, an interactive non-linear limit state model are fomulated based on the von Mises' combined stress yield criterion. It is demonstrated that the proposal model is effective for the reliability-based safety assessment and residual carrying-capacity evaluation of steel-box pedestrian bridges. In addition, this study suggests an effective and practical field load test method for pedestrian bridges.

1. 서론

현재 국내에서는 도심지나 교통의 흐름이 많으며 보행자의 이용이 많은 주요도로에 지하보도에 비해 시공이 비교적 간단하고 신속하며 유지관리가 상대적으로 용이한 장점때문에 수많은 강상형 보도육교가 표준형으로 건설되어 왔지만, 이들 육교 중에 많은 수가 열화손상되거나 보행자에게 불안감과 불쾌감을 줄 정도로 사용성이 불량한 상태에 있다. 이에 반해 국내의 도로구조물 설계기준인 도로교시방서에서는 보도교 설계에 대한 명확한 규정이 없는 실정이고 선진각국의 시방서에서는 다소 구체적으로 전용보도교의 하중조건에 대해서 언급하는 정도이며, 국내·외적으로 이에 관한 전반적인 연구가 거의 미미한 실정이다. 그러나 보도육교의 특성이 이용시민들이 일상생활속에서 구조물의 거동 및

* 한양대학교 토목·환경공학과 교수
** 한양대학교 토목공학과 박사과정
*** 한양대학교 토목공학과 석사과정

열화손상상태를 직접 감지할 수 있으므로 설계 및 유지관리를 위한 보다 구체적인 연구와 배려가 필요하다고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 현재 선진각국에서는 이미 일반화 되어있는 극한 또는 비탄성좌굴강도에 기반을 둔 한계상태설계법에 기초를 두어 강상형 보도육교의 각 구조부분의 항복 및 좌굴에 대한 각각의 한계상태모형을 제안하고 이에 대한 신뢰성해석을 수행하며, 노후된 기존 강상형 보도육교에 대한 실용적이고 합리적인 잔존내하력 평가 방법을 실제 보도육교에 대한 효과적인 현장재하시험과 함께 제안하고자 한다.

2. 한계상태모형

2.1 개설

한계상태는 통상 극한 한계상태와 사용성 한계상태로 크게 대별된다. 극한 한계상태는 휨모멘트, 전단, 피로강도 등에 의해 구조물의 일부 또는 전체가 구조적 파손을 일으키는 상태를 말하고, 사용성 한계상태는 구조물 사용측면에서의 기능적 손실 또는 구조물의 기능저하 및 손상이 따르는 상태로써 주요 요인으로는 처짐, 균열, 진동 등을 들 수 있다.

본 논문에서는 보도육교의 기초연구로써 위의 한계상태 중 극한 한계상태만을 고려하였으며, 강상형 교량에 대한 각국의 규준들 중 가장 합리적이고 실제적이라고 판단되는 영국 BS Code 5400[BSI, 1983]에 제시되어 있는 플랜지와 웨브를 각기 따로 고려한 시방서규준을 채택하여 이를 토대로 한계상태모형을 제안하였다. 관련연구[조효남, 1992]에 강상형교의 플랜지 보강재의 강도한계상태모형과 웨브의 강도한계상태모형이 이미 제시되었으므로 여기서는 지면제한상 구체적인 기술을 생략하고 본 논문에서는 보강재로 보강된 플랜지의 강도한계상태모형을 추가로 제시하였다.

2.2 보강된 플랜지의 한계상태모형

von Mises의 항복기준에 의한 BS code의 Stiffener로 보강된 플랜지의 시방서 응력검토 규준은 다음과 같다.

$$\sigma_f^2 + \sigma_2^2 - \sigma_f \sigma_2 + 3\tau^2 \leq \left(\frac{\sigma_{yf}}{\gamma_m \gamma_{f3}} \right)^2 \quad (1)$$

여기서,

σ_f : 플랜지의 교량 축방향의 응력

σ_2 : 횡거더나 격벽의 휨 혹은 곡률로 인한 플랜지의 폭방향 응력

σ_{yf} : 플랜지의 공칭 항복응력

τ : $\tau_1 + 0.5\tau_2$

τ_1 : 비틀림에 의한 플랜지에 발생하는 in-plane 전단응력

τ_2 : 전단력에 의한 웨브와 플랜지의 연결부분에 발생하는 전단응력

γ_m : 저항감소계수

γ_{f3} : 하중효과, 응력분배, 시공시 단면제원의 불확실성 등을 고려하는 하중증가계수

식 (1)에서 강도에 대한 한계상태모형은 설계시 안전모수인 하중증가계수와 강도감소계수를 고려치 않고($\gamma_m \gamma_{f3}=1$), 교축직각방향의 응력을 재하조건에 따라 고려하지 않는다면($\sigma_2=0$) 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$g_f(\cdot) = 1 - \left[\frac{(\sigma_{Lf} \cdot X_{Lf} + \sigma_{Df} \cdot X_{Df})^2 + 3(\tau_{Lr} \cdot X_{Lr} + \tau_{Dr} \cdot X_{Dr})^2}{(\sigma_{Rf} \cdot X_y)^2} \right] \quad (2)$$

여기서,

σ_{Lf} : 균중활하중에 의해 플랜지내에 발생하는 실험응력 (= $\sigma_{al} \cdot (1+i) \cdot K_b$)

σ_{al} : 공칭균중활하중에 의해 플랜지내에 발생하는 응력, i : 충격계수, K_b : 휨응답비

X_{Lf}, X_{Lr} : 휨과 전단응력에 대한 균중활하중과 이에 대응하는 응답불확실량, 충격계수 산정 불확실량 등에 대한 랜덤변수

σ_{Df} : 공칭사하중에 의해 플랜지에 발생하는 응력

X_{Df}, X_{Dr} : 휨과 전단응력에 대한 사하중과 이에 대응하는 응답불확실량 랜덤변수

τ_{Lr} : 균중활하중에 의해 플랜지내에 발생하는 실험전단응력 (= $\tau_{al} \cdot (1+i) \cdot K_r$)

τ_{al} : 공칭균중활하중에 의한 전단응력, K_r : 전단응답비

τ_{Dr} : 사하중에 의해 플랜지내에 발생하는 실험전단응력

σ_{Rf} : 플랜지의 실 저항응력 (= $\sigma_{yf} \cdot D_F$)

D_F : 노후손상계수 (= ω_D^2 / ω_I^2)

ω_D, ω_I : 각각 손상과 무손상 상태의 구조물의 고유진동수

X_y : σ_{yf}, D_F 추정관련 편기와 모든 불확실량을 내포하는 랜덤변수

2.3 불확실량 모형

강상형 보도육교의 신뢰성해석에 사용되는 불확실량에는 구조안전도에 영향을 끼칠 수 있는 모든 것들을 포함해야 하며 표본자료와 통계적 해석 변동량 뿐만아니라 추정오차 또는 모델링 오차, 불확실한 정보로 인한 오차 등도 포함된다. 저항과 하중의 통계적 불확실량인 평균공칭비와 변동계수의 추정방법은 다음과 같다.

2.3.1 저항 불확실량

전술한 한계상태모형의 저항관련 랜덤변수 X_y 는 다음과 같이 기본 랜덤변량의 적으로 표현할 수 있다.

$$X_y = X_M \cdot X_F \cdot X_P \cdot X_D \quad (3)$$

여기서,

X_M : 재료의 강도추정 기본 불확실량 랜덤변수

X_F : 제작 및 시공과정에 수반되는 불확실량 랜덤변수

X_P : 해석 및 모델링 관련에 수반되는 불확실량 랜덤변수

X_D : 노후손상도 추정관련 불확실량 랜덤변수

이때 X_y 의 평균과 분산은 2차 모멘트법 불확실량 대수에 의해 다음과 같이 기본 랜덤변량의 평균과 분산으로부터 구할 수 있다.

$$\overline{X_y} = \overline{X_M} \cdot \overline{X_F} \cdot \overline{X_P} \cdot \overline{X_D} \quad (4)$$

$$V_y = \sqrt{V_M^2 + V_F^2 + V_P^2 + V_D^2} \quad (5)$$

2.3.2 응답 불확실량

작용응력의 불확실량을 나타내는 응력응답의 불확실량은 다음과 같이 된다.

$$X_{Df} = X_{Dfi} \cdot X_{Dfq}, \quad X_{Dr} = X_{Dri} \cdot X_{Drq} \quad (6)$$

$$X_{Lr} = X_{Lfi} \cdot X_{Lfq}, \quad X_{Lr} = X_{Lri} \cdot X_{Lrq} \quad (7)$$

여기서,

$X_{Drq}, X_{Drq}, X_{Lfq}, X_{Lrq}$: 휨과 전단에 대한 사하중과 균중하중에 대응하는 응답 불확실량 랜덤변수

$X_{Dfi}, X_{Dri}, X_{Lfi}, X_{Lri}$: 휨과 전단에 대한 사하중과 균중하중의 불확실성을 나타내는 랜덤변수

3. 내하력평가

3.1 내하력평가 기준식

본 논문에서는 강구조물의 재래적인 허용응력판정법(Allowable Stress Rating; ASR)과 이를 보다 합리적으로 개선한 허용응력판정법(Improved ASR; IASR), 그리고 본 연구의 조합응력한계상태로부터 유도한 조합응력판정법(Combined Stress Rating; CSR)과 함께 최근 우리나라의 도로교시방서[도로교시방서, 1992]의 하중 및 저항관련 안전모수를 신뢰성 개념에 의한 Code Calibration을 통해 우리나라 실정에 맞도록 어느 정도 반영한 하중저항계수법(Load and Resistance Factor Rating; LRFR)을 적용하여 내하력평가의 기준식으로 다음과 같이 제안하였다.

■ 내하율

- 재래적인 허용응력판정법 (ASR)

$$RF = \min \text{ of } \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_1} K' \\ \frac{\tau_a - \tau_d}{\tau_1} K' \end{array} \right. \quad (8)$$

- 개선된 허용응력판정법 (IASR)

$$RF = \min \text{ of } \left\{ \begin{array}{l} \frac{D_f \cdot \sigma_a - \sigma_d}{\sigma_1 \cdot K} \\ \frac{D_f \cdot \tau_a - \tau_d}{\tau_1 \cdot K} \end{array} \right. \quad (9)$$

- 조합응력판정법 (CSR)

: 본 연구의 경우 직선보도교형식에 대한 적용이므로 식(1)에서 $\sigma_2=0$ 이고 다음과 같은 조합응력내하력평가식을 유도할 수 있다.

$$RF = \frac{-(AB+3CD) + \sqrt{(AB+3CD)^2 - (A^2+3D^2)(B^2+3C^2-F)}}{(A^2+3D^2)} \quad (10)$$

- 하중저항계수판정법(LRFR)

$$RF = \frac{P_n}{P_r} = \frac{\phi' R_n - \gamma_d' S_d}{\gamma_1' S_1 K} \quad (11)$$

여기서,

K' : 응력보정계수 (건교부지침 : $\approx 1/K$)

σ_1, τ_1 : 공칭균중활하중에 의해 플랜지와 웨브에 각각 발생하는 휨응력과 전단응력

σ_d, τ_d : 공칭사하중에 의해 플랜지와 웨브에 각각 발생하는 휨응력과 전단응력

$A = \sigma_{Lr} / \sigma_{Rr}$; $B = \sigma_{Dr} / \sigma_{Rr}$; $C = \tau_{Dr} / \sigma_{Rr}$; $D = \tau_{Lr} / \sigma_{Rr}$; $F =$ 시방서에 따른 계수(도로교시방서,

AASHTO : 1, BS code : 0.75)

$R_{Rf} : D_F \cdot \sigma_{yf}$

σ_n = 노후손상도를 고려한 실공칭저항강도 ($D_F R_n'$)

R_n' = 시방서 공칭강도

S_d = 공칭사하중효과

S_l = 공칭활하중효과

$K = (1+i)K_s$, K_s = 실용담비(실측응력/계산응력), i = 실충격계수

P_n : 공용내하력, P_r : 공용하중(설계보도하중)

γ_d' , γ_l' : 각 시방서에 따르는 각각 사하중계수 및 활하중계수

■ 공칭안전율

선진국에서는 구조안전성의 척도로서 신뢰성지수 β 를 종래의 안전율에 대한 대체 개념으로써 보편적으로 사용하고 있다. 우리나라와 같이 허용응력법의 개념이 아직 친숙한 경우에는 구조안전성의 개념을 신뢰성지수 β 로 전환시키는데 대한 과도적 개념으로서 공칭안전율 n' 를 사용할 수 있다.

$$n' = \frac{R}{Q} = \frac{\eta_Q}{\eta_R} \exp[\beta \sqrt{(V_R^2 + V_Q^2)}] \quad (12)$$

여기서, R, Q = 각각 실강도 및 하중효과; η_R, η_Q = 저항과 하중의 평균공칭비; V_R, V_Q = 저항 및 하중효과의 변동계수

3.2 재하방법

3.2.1 정적재하시험

재하방법은 보도교의 경간구성 형태에 따라 지간중앙과 지점부에 가능한한 최대구조응답(최대 정·부모멘트, 최대 처짐, 최대 전단력)이 발생하도록 일정수의 균중을 재하한다. 다음 표 1에서는 정적재하시험의 재하방법에 대해 정리하였다.

표 1. 재하경우별 재하방법(단순교)

No.	재하방법		분석항목	재하인원
	종방향 위치	횡방향 위치		
1	지간 전체에 일정한 간격으로 연속으로 재하	폭방향 중앙부	지간중앙부의 최대 휨 변형을 및 최대처짐	20
2	지간중앙부	폭방향으로 다수의 균중을 재하	지간중앙부의 최대 휨 변형을 및 최대처짐	20
3	가동단 지점부에서 1m 떨어진곳	폭방향으로 다수의 균중을 재하	지점부의 최대 전단변형을	20

3.2.2 동적재하시험

동적재하시험은 일정수의 균중이 교량에 동적외력을 가하며 외력이 가해지는 방법에 따라 제자리에서 걷기/구보하기, 지간끝에서 반대편끝으로 교행 혹은 연행으로 걷기/구보하기 등으로 나누어 실시하여 교량의 동적처짐과 가속도를 측정한다. 동적충격시험에서는 지간중앙에서 일정수의 균중이 제자리에서 동시에 뛰기로 대상구조물의 동적거동을 측정한다. 표 2에서는 본 연구팀에서 실시한 동적시험을 정리하였다.

표 2. 동적시험의 종류 및 측정항목

종류	재 하 방 법	분석 항목	재하인원
보행 시험	시간중양부나 폭방향의 양쪽끝에서 연행 혹은 교행으로 보행하기 일정수의 균중을 보행위치와 보행방향에 관계없이 무작위로 보행	• 동적 변형률 • 동적처짐	20
주행 시험	시간중양부나 폭방향의 양쪽끝에서 연행 혹은 교행으로 주행 일정수의 균중을 주행위치와 주행방향에 관계없이 무작위로 주행		20
충격 시험	1점프 충격시험 일정수의 균중이 지간중양부에서 동시에 점프를 하여 착지 굴신충격시험 일정수의 균중이 무릎만을 약10cm정도로 굽혔다 펴기를 반복하여 주기적인 충격을 가함	• 고유 진동수	10

4. 적용에

본 논문에서 제안한 강도한계상태모형에 의한 강상형 보도육교의 신뢰성해석을 수행하고 또한 본 논문에서 제시한 각종 내하력평가식에 의해 잔존내하력을 평가하여 본 연구의 제안식들의 타당성을 검증하기 위해서 일반적으로 사용되고 있는 실제의 일연 강상형 보도육교를 선정하여 적용하였다.

특히, 구조해석에 있어서 상부구조만을 단순지지된 격자모델에 의해 모델링(단순해석)한 경우와 보도교 전체를 입체골조로 모델링(엄밀해석)한 경우에 대한 비교를 수행하였고 각 설계시방서간의 차이를 고찰하기 위해 도로교시방서[1992]와 AASHTO[1994], 그리고 BS code[1983]의 규준을 각각 적용하였다. 이상과 같은 연구를 위해 선정한 대상구조물의 단면도는 그림 1과 같고 그림 2와 같다.

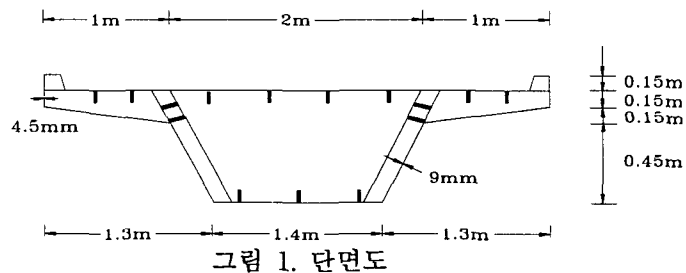


그림 1. 단면도

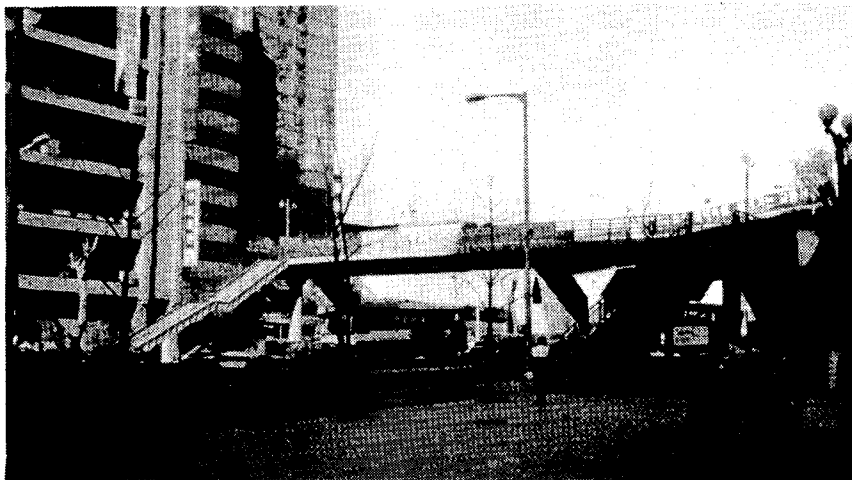


그림 2. 보도육교의 전경

4.1 재하시험

3.2절에서 소개한 방법에 의해 본 적용교량에서 실시한 정·동적 재하시험의 개념도를 그림 3에 시험전경을 그림 4에 나타내었다.

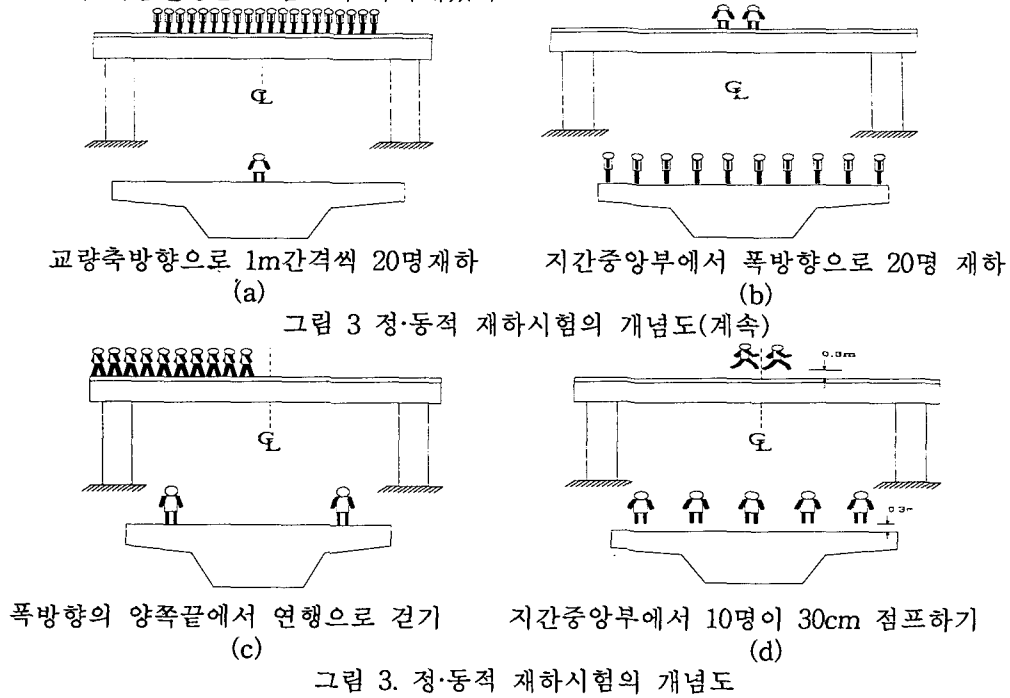


그림 4. 정·동적 재하시험 전경

4.2 신뢰성평가

본 연구에서 제안한 강상형 보도육교의 강도한계상태모형중 지간중앙의 플랜지에 대한 신뢰성해석을 수행하여 그 결과를 표 6에 나타내었다.

이때 신뢰성해석에 고려한 통계적 불확실량은 표 3~5에 나타난 바와 같다. 그러나 재료를 강도와 하중변수를 제외하고는 불확실량의 본질적인 특성이나 관련데이터의 부족으로 인하여 국내·외의 관련논문[Ellingwood, 1980; Cho, 1989; Hart, 1982]을 참조하고, 주로 경험과 판단에 의존하여 국내의 현실을 고려하는 값으로 추정하였다. 물론 이러한 저항 및 하중관련 각종 통계적 자료는 앞으로 저항 및 하중관련 조사, 연구가 점차로 확대되고 통계적인 자료가 누적되어져야 할 것이다. 이 자료는 어디까지나 현 단계로서의 추정치로서의 의미를 갖는다.

표 3. 강도추정 불확실량

X_M		X_F		X_P		X_D		X_{yi}		분포형
평균공칭비	COV	평균공칭비	COV	평균공칭비	COV	평균공칭비	COV	X_{yi}/X_{yin}	V_{xyi}	
1.1	0.1	1.0	0.05	1.0	0.05	0.9	0.10	0.99	0.16	Normal

표 4. 사하중 불확실량

X_{DAi}		X_{DQ}		X_{Di}		분포형
평균공칭비	COV	평균공칭비	COV	X_{Di}/X_{Din}	V_{DXi}	
1.05	0.08	1.0	0.05	1.05	0.1	Normal

표 5. 활하중 불확실량

X_{LAI}		X_{LQ}		X_{Li}		분포형
평균공칭비	COV	평균공칭비	COV	X_{Li}/X_{Lin}	V_{DXi}	
0.8	0.8	1.0	0.11	0.8	0.81	Lognormal

표 6. 신뢰성해석 결과

설계 code	위치	해석방법	열화정도	신뢰성지수(β)	공칭안전율(n')
도로교 시방서 & BS code	지간 중앙	엄밀	개통직후(무손상)	1.79	2.44
			현 재(열화손상)	1.17	1.71
		근사	개통직후(무손상)	0.28	1.03
			현 재(열화손상)		
	지점부	엄밀	개통직후(무손상)	2.93	4.68
			현 재(열화손상)	2.30	3.26
		근사	개통직후(무손상)	3.63	6.97
			현 재(열화손상)	2.97	4.78
AASHTO	지간 중앙	엄밀	개통직후(무손상)	2.00	2.62
			현 재(열화손상)	1.38	1.88
		근사	개통직후(무손상)	0.45	1.13
			현 재(열화손상)		
	지점부	엄밀	개통직후(무손상)	3.17	4.93
			현 재(열화손상)	2.54	3.51
		근사	개통직후(무손상)	3.86	7.16
			현 재(열화손상)	3.21	5.04

☒ 신뢰성해석이 부적절함

- 표 6의 신뢰성해석 결과로부터 다음과 같은 내용을 살펴볼 수가 있다.
- 적용예 형식의 보도교에 대한 구조해석 및 신뢰성 해석결과 지간 중앙단면이 구조안전에 지배적임을 알 수 있다.
 - 근사해석은 지간중앙의 경우, 신뢰성지수가 무손상시 도로교시방서의 경우 0.28, AASHTO의 경우 0.45로 비합리적일 뿐만 아니라 열화손상상태의 경우는 해석이 수행되지 않는 등 보도육교의 신뢰성해석에 부적절함을 알 수 있다.
 - 시방서간의 비교시, 신뢰성지수나 공칭안전율이 지간 중앙의 경우 AASHTO가 도로교시방서나 BS Code 보다 약간 높게 평가하고는 있으나 시방서간에 큰 차이는 없음을 알 수 있다.
 - 구조물에 다소간의 열화손상이 있어도, 강도에 대해서는 파괴확률이나 공칭안전율이 심하게 저하되지 않음을 알 수 있다.

4.3 내하력평가

각 설계기준과 적용교량에 대한 정·동적 재하시험을 통하여 획득한 노후손상도와 응답비, 충격계수를 표 7에 나타내었고 제안한 내하력 평가방법에 의거하여 잔존내하력 평가를 실시한 결과를 표 8에 나타내었다.

표 8로부터 내하력평가 결과를 다음과 같이 분석 할 수 있다.

- 근사해석은 무손상시나 손상시에 비합리적인 내하력을 주므로 적용할 수 없다.
- 도로교시방서의 하중계수가 보도하중에 대해 정확히 규정되지 않아 도로교의 2.15를 적용하여 본 결과, CSR과 LRFR에서 내하력이 타시방서에 비해 상당히 안전측으로 평가되고 있으므로 국내의 도로교시방서에서도 보도하중에 대한 하중계수가 합리적으로 결정되어야만 할 것이다.
- 엄밀해석이 수행되어지면, 열화손상된 보도교에 대해서는 각 평가방법에 따른 차이가 크지 않으므로 실용적으로는 어느 방법을 적용하여도 되지만 정밀한 내하력평가는 CSR에 의해 수행되어야만 할 것이다.

표 7. 내하력평가를 위한 설계기준/응답비/충격계수/노후손상도

설계기준	시방서	하중 (kg/m ²)	하중증가계수		응답비	험	엄밀해석	1.08	노후손상도	노후손상도	무손상	1
			사하중	활하중								
설계기준	도로교시방서	500	1.3	2.15	응답비	험	근사해석	0.87	노후손상도	노후손상도	무손상	0.92
	AASHTO	420	1.25	1.75			전단	엄밀해석			0.99	충격계수
	BS	500	1.05	1.5		근사해석		0.9	손상	100%		

5. 결론

- 1) 시방서간에 차이는 있지만 그다지 크지 않으므로 기존 보도교에 대한 실용적인 신뢰성 및 내하력평가지 어느 시방서의 적용도 허용할 수 있다고 사료된다. 다만 국내 도로교시방서의 보도하중에 대한 하중계수가 보다 합리적인 값으로 제시되어야만 할 것이다. 실보유안전도와 잔존
- 2) 보도교의 구조해석은 어느 시방서의 경우에도 3차원골조 모델링의 엄밀한 해석이 수

행되어야만 한다.

표 8. 내하력평가 결과(지간중양부)

설계 code	해석방법	열화정도	평가방법			
			ASR	IASR	CSR	LRFR
도로교시방서	엄밀	개통직후(무손상)	0.7	0.61	0.41	0.75
		현 재(열화손상)	1.07	1.07	1.10	0.49
	근사	개통직후(무손상)	0.18	0.18		0.28
		현 재(열화손상)	0.12	0.07		0.14
AASHTO	엄밀	개통직후(무손상)	1.29	1.29	1.80	1.13
		현 재(열화손상)	0.84	0.74	0.92	0.73
	근사	개통직후(무손상)	0.21	0.21		0.43
		현 재(열화손상)	0.14	0.09		0.23
BS code	엄밀	개통직후(무손상)	1.07	1.07	1.50	1.02
		현 재(열화손상)	0.7	0.61	0.76	0.66
	근사	개통직후(무손상)	0.18	0.18		0.42
		현 재(열화손상)	0.12	0.07		0.23

- 3) 기존 보도교의 경우, 강도에 대한 안전도를 평가하기 위하여 엄밀한 신뢰성해석은 필요치 않다고 판단되며 내하력평가지 엄밀해석이 수행된다면 실용적으로 어느 평가방법을 사용하여도 무방하다고 판단된다. 그러나 엄밀한 신뢰성해석이 필요할 때, 본 연구에서 제안한 강도한계상태함수는 적절한 모형이라고 판단된다.
- 4) 본 연구에서 제안한 보도육교의 현장재하시험 방법은 추후 보도육교의 내하력평가를 위한 현장재하시험 기준을 제시하여 줄 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Ang, A. B-S. and Tang, W.H.(1984), "Probability Concepts in Engineering Planning and Design", Vol. I, John Wiley
2. British Standards Institution(1983) "Steel, Concrete and Composite Bridges", British Standard BS 5400 : Part 1,2,3. Code of Practice for Design of Steel Bridges, BSI, London.
3. Cho, H.N.(1989) "Development of Highway Bridge Design Criteria and Reliability Assessment of Existing Bridges Based on the System Reliability Methods" Research Report, Dept. of Civil Eng. Hanyang Univ., Struc. lab.
4. AASHTO(1994) "AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS", AASHTO, Washington, D.C.
5. 건설부 (1992), "도로교 표준시방서"
6. Ellingwood, B., Galambos, T.V., MacGregor, J.C., and Cornell, C.A.(1980), "Development of a Probability-Based Load Criterion for American National Standard A58," National Bureau of Standard SP-577, Washington, D.C.
7. 조효남, 김인섭(1992), "강상형 교량 상부구조의 신뢰성 해석", J. Research Institute of Industrial Sciences, Vol. 35., Hanyang Univ.
8. Hart, G. C.(1982), "Uncertainty Analysis, Loads, and Safety in Structural Engineering, Prentice-Hall