

# 초기처짐을 갖는 좌굴방정식을 이용한 교량의 내하력 평가

기완서<sup>1</sup>, 양승현<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>조선이공대학 토목건설과

## Evaluation of the Load Carrying Capacity of Existing Bridges Using Buckling Equation With Initial Deflection

Wan-Seo Ki<sup>1</sup> and Seung-Hyun Yang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Civil Construction Engineering, Chosun College University of Science & Technology

**요약** 본 논문은 공용중인 교량구조물의 내하력 평가시 획일적이고 실제 거동특성을 적극적으로 활용하지 않아 발생할 수 있는 내하력 평가의 오류에 대하여 연구하였다. 내하력의 평가시 지점의 경계조건과 같은 현재의 거동특성을 반영하기 위하여 초기 결함을 갖는 부재에 대한 좌굴방정식에 처짐을 적용시켜 산정된 축방향력과 처짐에 의해 구해진 모멘트를 고려하여 교량의 내하력을 평가하였다. 기존의 내하력 평가시에 다소 획일적으로 적용되어지는 응력보정계수를 좌굴방정식을 통하여 각 주형에 대하여 선 반영함으로써 내하력 평가의 오류를 다소 제거하고자 하였다.

**Abstract** The load carrying capacity of bridge structures in public use is generally evaluated without considering their actual behavioral characteristics. This study examined common errors taking place in the evaluation of load carrying capacity of bridge structures. In order to account for their current behavioral characteristics such as the boundary condition, we evaluated the load carrying capacity of a bridge in terms of axial force, which was calculated by applying deflection to the buckling equation for members with initial imperfections, and in terms of bending moment obtained from deflection.

**Key Words** : Load carrying capacity, Buckling equation, Initial imperfections

### 1. 서론

교량구조물은 교량의 기능을 유지하고 이용자의 안전과 권익을 도모하기 위하여 실시하는 유지관리에 따라 잔존수명이 좌우되므로 점검 및 보수보강을 통한 지속적인 유지관리가 요구된다. 유지관리의 일환으로 실시하는 내하력의 평가에서 지점의 경계조건, 강성 및 하중조건과 같은 교량의 현재 특성을 충분히 반영하여 구조해석을 실시한다면 구조해석결과와 실제 거동특성치가 거의 일치함으로써 비교적 정확한 내하력을 평가할 수 있을 것이다. 그러나 정형화된 모델링을 사용하여 구조해석을 실시하는 경우에는 부정확한 응력 및 처짐보정계수를 적용시켜 실제거동과 다소의 차이를 나타내거나 국부적인 파괴의 우려를 발견하지 못하는 등의 심각한 문제점을 야기시킬 수 있다. 이에 따른 대표적인 원인에는 지점의

경계조건, 구조해석 모델링, 측정위치 및 데이터의 선정, 측정장비의 신뢰성, 재해방법에 따른 오차, 강성계산, 구조물의 국부적인 손상, 현장 기술자의 기술력, 장비관리 등이 있다. [1]

이들 중 지점의 경계조건은 교량받침의 미설치 또는 교량받침의 손상에 따른 기능미비가 대표적인 예로서 이를 고려하지 않고 실시하는 내하력은 보정계수의 과다평가로 인하여 잔존 내하력의 신뢰성을 상실시킬 우려가 있다. 또한 교량구조물의 내하력을 평가할 때 구조해석결과와 재하시험에 의한 결과값의 차이를 고려하기 위하여 사용되는 응력보정계수 또는 처짐보정계수는 대상구조물을 탄성체로 전제하여 처짐 또는 응력의 비를 단순히 적용함으로써 다소 획일적이고 실제 거동특성을 보다 적극적으로 활용하지 못하는 경향이 있다고 판단되었다.[2] 본 논문에서는 이를 개선하기 위하여 응력보정계수를

\*교신저자 : 양승현(ttury@daum.net)

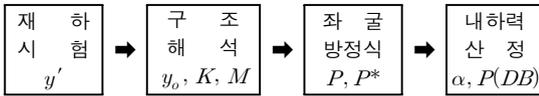
접수일 09년 06월 29일

수정일(1차 09년 07월 14일, 2차 09년 07월 30일)

게재확정일 09년 08월 19일

이용하여 기본내하력의 보정을 통하여 내하력을 산정하지 않고 재하하중에 의한 처짐의 이론치와 실측치간의 차이를 초기치짐으로 간주하여 초기치짐을 가지는 기둥의 좌굴방정식을 적용시켜 교량구조물의 실제 거동특성과 최대한 유사한 거동특성을 나타내고자 하였다. 이를 위하여 교량구조부재를 탄성체로 가정하였고 하중의 크기와 재하위치의 상이에 따른 보정은 하중의 크기만을 고려하여 실시하였다. [3]

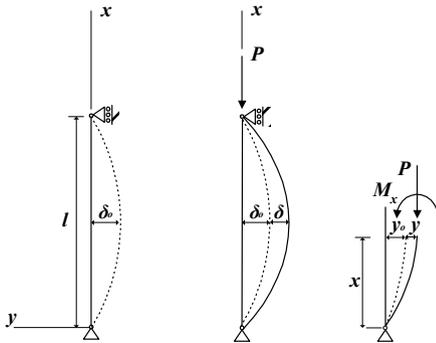
본 연구절차를 요약하면 다음과 같다.



## 2. 좌굴방정식 및 내하력평가

### 2.1 초기치짐을 가지는 기둥의 좌굴

임의의 부재가 제작오차, 온도하중 등에 의하여 부재축이 [그림 1]과 같이 임의점에서  $\delta_0$ 의 초기치짐을 갖을 때 자유물체도로 부터 평형조건  $\Sigma M_z = 0$ 을 취하면



[그림 1] 초기치짐을 갖는 기둥의 변형

$$P(y + y_0) - M_x = 0 \quad (1)$$

$$y'' = -\frac{M}{EI} \text{ 이므로}$$

$$y'' + k^2 y = -k^2 y_0, \quad k^2 = \frac{P}{EI} \text{ 로 부터}$$

이 미분방정식의 해는 다음과 같다.

$$y = A \sin kx + B \cos kx - y_0 \quad (2)$$

적분상수  $A, B$ 는 다음의 경계조건에서 얻어진다.

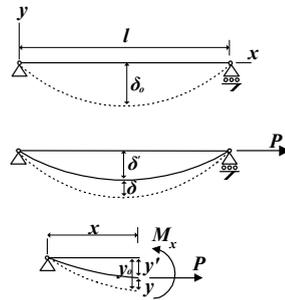
$$y_{(x=0)} = 0 : B = y_0$$

$$y_{(x=l)} = 0 : A = y_0 \tan \frac{kl}{2}$$

그러므로 탄성곡선방정식은 다음과 같다. [4] [5]

$$y = y_0 \left( \tan \frac{kl}{2} \cdot \sin kx + \cos kx - 1 \right) \quad (3)$$

### 2.2 좌굴방정식의 적용



[그림 2] 초기치짐을 갖는 보부재의 변형

본 연구에서는 초기치짐을 갖는 기둥의 좌굴을 적용하고자 [그림 2]와 같이 임의점에서  $\delta_0$ 라는 구조해석에 의한 처짐을 초기치짐으로 간주하고 축방향력을 작용시켜  $\delta$ 라는 좌굴치짐을 생성시킴으로서 실제거동과 최대한 유사한 거동특성을 나타내도록 하였다. 일반적으로 처짐은 실측치보다 계산치가 더 크므로 본 연구에서는 축방향 인장력을 받는 구조체로 가정하여 좌굴방정식을 적용하였으며 실측치가 큰 경우에는 축방향 압축력을 고려하도록 하였다. 좌굴방정식을 고려한 탄성곡선방정식은 다음과 같다.

$$y = y_0 \left( -\tan \frac{kl}{2} \cdot \sin kx - \cos kx + 1 \right) \quad (4)$$

### 2.3 내하력평가

#### 2.3.1 축력 및 횡분배영향 고려

거동치의 정확한 산정을 위하여 시간 중앙에서의 구조해석 및 재하시험에 의한 처짐과 탄성곡선방정식을 이용하여 다음과 같이 축방향력을 산정하였다.

$$x = \frac{l}{2} \text{ 로부터}$$

$$\cos \frac{kl}{2} = \frac{1}{1 - \frac{y}{y_0}} \quad (5)$$

여기서,  $k = \sqrt{\frac{P}{EI}}$

$y_o$  : 구조해석에 의한 계산처짐량  
 $y'$  : 재하시험에 의한 실측처짐량  
 $y = y_o - y'$

위와 같이 얻어진 축방향력은 단일 보요소에 대한 축방향력으로서 구조물의 실제 모델과는 다소의 차이가 있으므로 유한요소법에 기반한 구조해석프로그램을 이용하여 횡분배계수를 산정하여 각 주형에 발생하는 축방향력에 횡분배의 영향을 고려하였다. 4개의 주형을 가진 교량 구조물에서는 4×4의 횡분배율 Matrix를 얻을 수 있다. [6]

$$K = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} \end{bmatrix} \quad (6)$$

여기서,  $K_{ij}$  : 하중분담율 매트릭스  
 $i$  : 분담율 측정위치  
 $j$  : 하중 재하위치

$$\{P^*\} = [K] \{P\} \quad (7)$$

여기서,  $P^*$  : 횡분배를 고려한 축방향력  
 $P$  : 단일 보요소의 축방향력  
 $K$  : 유한요소법에 의한 횡분배율

식(6)과 같이 횡분배의 영향을 고려한 축방향력에 의한 부모멘트로부터 구조해석과 재하시험에 의한 거동특성을 일치시키도록 하였다.

$$M_x = -P^* \cdot y = -P^* (y_o - y') \quad (8)$$

### 2.3.3 공용내하력 평가

#### 1) 모멘트

좌굴방정식을 이용하여 구조해석 및 재하시험에 따른 처짐량의 차이를 감소시켜 거동특성을 최대한 일치시키기 위하여 발생시킨 부모멘트는 재하시험에 사용된 하중을 대상으로 얻어진 결과이며 내하력은 DB하중에 의하여 결정되므로 DB하중에 대한 부모멘트를 구하기 위하여 모멘트비 계수를 이용하였다. 실제 재하시험에 사용된 하중과 DB하중은 하중의 크기 및 재하위치가 다소 상이하나 본 연구에서는 하중의 크기만을 고려하여 DB하중에 대한 부모멘트를 산정하여 적용시켰다.

$$\alpha = \frac{|-M_{LC}|}{|M_{LC-\max}|} \quad (9)$$

$$-M_{DB} = -\alpha \cdot M_{DB-\max} \quad (10)$$

여기서,  $\alpha$  : 모멘트비  
 $-M_{LC}$  : 축력에 의한 부모멘트

$M_{LC-\max}$  : 재하하중에 의한 최대 휨모멘트

#### 2) 공용내하력

기존의 내하력평가에서와 같이 재료강도와 강도감소계수를 고려하고 설계 활하중에 의한 휨모멘트를 산정할 때 구조해석에 의하여 구해진 재하하중에 의한 모멘트와 좌굴방정식에 의한 부모멘트의 합을 사용하므로써 응력보정계수에서 처짐항을 제거하고 충격치만을 고려한 보정계수를 사용하였다. 본 연구에서 실시한 강도설계법에 의한 공용내하력의 평가는 다음과 같다.

$$\text{내하율 (RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d \cdot M_d}{\gamma_l \cdot M_l (1+i)} \quad (11)$$

$$\text{보정계수 (Ks)} = \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \quad (12)$$

$$\text{공용내하력 (P)} = Ks \times RF \times P_r \quad (13)$$

여기서,  $\phi M_n$  : 극한저항모멘트 ( $\phi$  : 0.85)

$M_d$  : 실측 고정하중 모멘트

$M_l (1+i)$  : 활하중에 의한 모멘트(충격포함)

$M_l = (1-\alpha)M_{DB-\max}$

$\gamma_l$  : 활하중계수 (2.15)

$\gamma_d$  : 고정하중계수 (1.3)

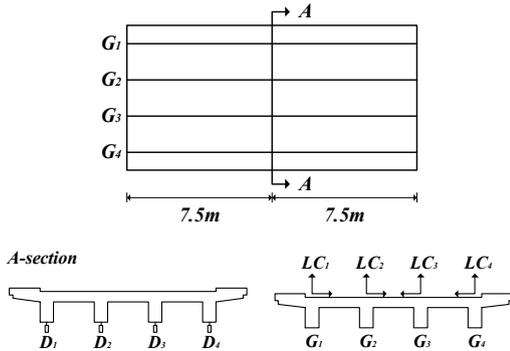
$P_r$  : 설계활하중 (DB 또는 DL하중)

## 3. 현장실험 및 적용

### 3.1 현장실험

본 연구 대상교량은 1988년에 준공된 지방도 820호상의 4경간 단순지지의 RC T형교이다. 총폭은 7.7m, 교장 60m(4@15m)이며 받침이 설치되어 있지 않아 하부구조와 상부구조가 직접 부착되어 교통하중 등에 의하여 접촉부의 파손이 국부적으로 발생한 상태이며 외관상태는 열화가 다소 진행되었다. 정적 재하시험에 의한 처짐량을

측정하기 위하여 변위계를 시간 중앙부의 각 주형 하단에 부착하였다. 총 중량 27.08ton의 재하차량의 중륵을 시간 중앙부에 위치시키고 각 Load Case별로 재하차량을 이동시켜 정적 치짐을 산정하였다. 동적 재하시험은 정적 재하시험의 LC 2에 대하여 10~60Km/h의 주행속도로부터 실시하였다.



[그림 3] 재하시험 현황

[표 1] 재하시험차량 제원

| 축 중 (ton) |       |       |       | 제 원 (cm) |     |     |     |
|-----------|-------|-------|-------|----------|-----|-----|-----|
| 전륵        | 중륵    | 후륵    | 총중량   | 전륵거      | 전축거 | 후륵거 | 후축거 |
| 5.12      | 11.46 | 10.50 | 27.08 | 205      | 321 | 185 | 130 |

### 3.2 실험결과 및 고찰

정적 재하시험을 통하여 측정된 치짐량은 지점의 경계 조건을 비롯한 각종 원인에 의하여 구조해석에 의하여 계산된 치짐량과 다소의 차이를 나타내었다.

[표 2] 치짐량

| 구 분  |   | 변 위 (mm) |       |       |       |
|------|---|----------|-------|-------|-------|
|      |   | D1-G1    | D2-G2 | D3-G3 | D4-G4 |
| LC 1 | 계산값                                       | 2.897    | 2.154 | 1.330 | 0.587 |
|      | 실측값                                       | 1.853    | 1.283 | 0.985 | 0.413 |
|      | $\delta_{\text{계산}} / \delta_{\text{실측}}$ | 1.563    | 1.679 | 1.350 | 1.421 |
| LC 2 | 계산값                                       | 1.635    | 1.850 | 1.850 | 1.635 |
|      | 실측값                                       | 1.095    | 1.133 | 1.368 | 1.093 |
|      | $\delta_{\text{계산}} / \delta_{\text{실측}}$ | 1.493    | 1.633 | 1.352 | 1.496 |
| LC 3 | 계산값                                       | 1.635    | 1.850 | 1.850 | 1.635 |
|      | 실측값                                       | 1.104    | 1.128 | 1.380 | 1.118 |
|      | $\delta_{\text{계산}} / \delta_{\text{실측}}$ | 1.481    | 1.640 | 1.341 | 1.462 |
| LC 4 | 계산값                                       | 0.587    | 1.330 | 2.154 | 2.897 |
|      | 실측값                                       | 0.405    | 0.848 | 1.466 | 2.131 |
|      | $\delta_{\text{계산}} / \delta_{\text{실측}}$ | 1.449    | 1.568 | 1.469 | 1.359 |

구조해석과 재하시험에 의한 치짐 차이를 이용하여 축 방향력을 산정하고 횡분배계수 K를 고려하여 축방향 력

을 재산정하였다.

[표 3] 치짐량

| 구 분  |    | $y_o$ (mm) | $y'$ (mm) | $y = y_o - y'$ | $P$ (ton) | $P^*$ (ton) |
|------|----|------------|-----------|----------------|-----------|-------------|
| LC 1 | G1 | 2.897      | 1.853     | 1.044          | 4,813     | 5,178       |
|      | G2 | 2.154      | 1.283     | 0.871          | 5,713     | 4,646       |
|      | G3 | 1.330      | 0.985     | 0.345          | 3,085     | 3,932       |
|      | G4 | 0.587      | 0.413     | 0.174          | 3,672     | 3,438       |
| LC 2 | G1 | 1.635      | 1.095     | 0.540          | 4,256     | 4,558       |
|      | G2 | 1.850      | 1.133     | 0.717          | 5,359     | 4,370       |
|      | G3 | 1.850      | 1.368     | 0.482          | 3,101     | 4,038       |
|      | G4 | 1.635      | 1.093     | 0.542          | 4,280     | 3,946       |
| LC 3 | G1 | 1.635      | 1.104     | 0.531          | 4,159     | 4,327       |
|      | G2 | 1.850      | 1.128     | 0.722          | 5,414     | 4,416       |
|      | G3 | 1.850      | 1.380     | 0.470          | 3,009     | 4,411       |
|      | G4 | 1.635      | 1.118     | 0.517          | 5,429     | 4,771       |
| LC 4 | G1 | 0.587      | 0.405     | 0.182          | 3,900     | 4,356       |
|      | G2 | 1.330      | 0.848     | 0.482          | 4,852     | 4,186       |
|      | G3 | 2.154      | 1.466     | 0.688          | 4,063     | 3,861       |
|      | G4 | 2.897      | 2.131     | 0.766          | 3,160     | 3,483       |

축방향력은 식(6) 및 (7)과 같이 유한요소법에 기반한 구조해석프로그램을 이용하여 다음과 같이 횡분배계수를 고려하였다.

$$K = \begin{bmatrix} 0.73 & 0.35 & 0.07 & -0.15 \\ 0.35 & 0.36 & 0.21 & 0.07 \\ 0.07 & 0.21 & 0.36 & 0.35 \\ -0.15 & 0.07 & 0.35 & 0.73 \end{bmatrix}$$

재하하중에 의한 최대 모멘트와 축방향력에 의한 모멘트비를 표 4와 같이 구하였다.

[표 4] 모멘트비  $\alpha$

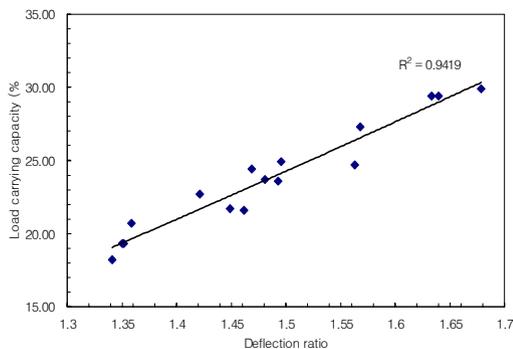
| 구분   |    | $M_{\text{max}}$ | $-P^* \cdot y$ | $\alpha$ | $M_{DB}$ | $M_t$ |
|------|----|------------------|----------------|----------|----------|-------|
| LC 1 | G1 | 36.39            | -5.41          | 0.149    | 34.98    | 29.77 |
|      | G2 | 26.83            | -4.05          | 0.151    | 26.06    | 22.12 |
|      | G3 | 16.25            | -1.36          | 0.084    | 26.06    | 23.87 |
|      | G4 | 6.70             | -0.60          | 0.090    | 34.98    | 31.83 |
| LC 2 | G1 | 19.76            | -2.46          | 0.124    | 34.98    | 30.64 |
|      | G2 | 23.32            | -3.13          | 0.134    | 26.06    | 22.57 |
|      | G3 | 23.32            | -1.95          | 0.084    | 26.06    | 23.87 |
|      | G4 | 19.76            | -2.14          | 0.108    | 34.98    | 31.20 |
| LC 3 | G1 | 19.76            | -2.30          | 0.116    | 34.98    | 30.92 |
|      | G2 | 23.32            | -3.19          | 0.137    | 26.06    | 22.49 |
|      | G3 | 23.32            | -2.07          | 0.089    | 26.06    | 23.74 |
|      | G4 | 19.76            | -2.47          | 0.125    | 34.98    | 30.61 |
| LC 4 | G1 | 6.70             | -0.79          | 0.118    | 34.98    | 30.85 |
|      | G2 | 16.25            | -2.02          | 0.124    | 26.06    | 22.83 |
|      | G3 | 26.83            | -2.66          | 0.099    | 26.06    | 23.48 |
|      | G4 | 36.39            | -2.67          | 0.073    | 34.98    | 32.43 |

### 3.3 내하력산정

[표 5] 내하력 비교

| 구분   |    | 기존방법  | 좌굴방정식 | 대비(%) |
|------|----|-------|-------|-------|
| LC 1 | G1 | 7.72  | 5.81  | -24.7 |
|      | G2 | 10.94 | 7.67  | -29.9 |
|      | G3 | 8.83  | 7.13  | -19.3 |
|      | G4 | 6.97  | 5.39  | -22.7 |
| LC 2 | G1 | 7.37  | 5.63  | -23.6 |
|      | G2 | 10.64 | 7.51  | -29.4 |
|      | G3 | 8.84  | 7.13  | -19.3 |
|      | G4 | 7.34  | 5.51  | -24.9 |
| LC 3 | G1 | 7.31  | 5.58  | -23.7 |
|      | G2 | 10.69 | 7.55  | -29.4 |
|      | G3 | 8.77  | 7.17  | -18.2 |
|      | G4 | 7.17  | 5.62  | -21.6 |
| LC 4 | G1 | 7.15  | 5.60  | -21.7 |
|      | G2 | 10.22 | 7.43  | -27.3 |
|      | G3 | 9.60  | 7.26  | -24.4 |
|      | G4 | 6.67  | 5.29  | -20.7 |

강도설계법에 의한 내하력과 좌굴방정식을 이용한 내하력은 Load Case 및 주형에 따라 최대 30%의 차이가 발생하였는데 이는 재하시험과 구조해석에 의한 처짐량을 단순 비교하여 응력보정계수를 적용함으로써 발생한 것으로 판단되었다. 실제로 그림 4와 같이 각 방법에 따른 내하력비를 계산치와 실측치에 따른 처짐비와 비교한 결과 처짐비가 클수록 내하력의 감소가 더 크게 나타났다. 이는 처짐의 영향을 고려하는 시점 및 방법에 따라 내하력이 변하는 것으로 분석되었다.



[그림 4] 처짐비와 내하력비의 관계

### 4. 적정성 평가

본 연구는 구조물이 탄성거동한다는 가정하에 좌굴방정식을 적용하였으며 이에 대한 타당성 검토를 위하여

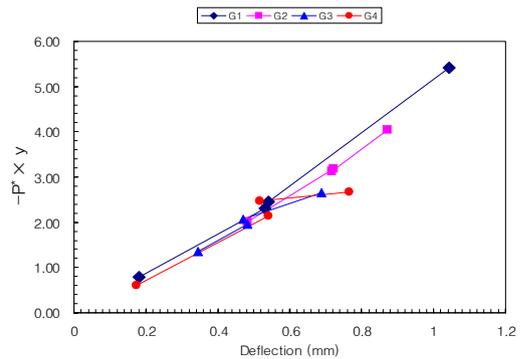
각 Load Case에 따라 처짐의 차를 좌굴방정식으로부터 구해진 축력에 의한 휨모멘트와의 미분방정식으로 부터 신뢰수준을 통한 각 주형의 거동특성을 파악하고자 하였다.

$$\frac{dM_x}{dy} = \frac{d(P^* \cdot y)}{dy} = P \quad (14)$$

여기서,  $y$  : 처짐량의 차( $y_{\text{계산치}} - y_{\text{실측치}}$ )

$P^*$  : 좌굴방정식으로부터 구한 축방향력

미분방정식으로 부터 신뢰수준을 통한 각 주형의 거동 특성을 파악한 결과  $y = y_{\text{계산치}} - y_{\text{실측치}}$  와  $d(P^* \cdot y)/dy$ 의 관계는 각 주형 및 Load Case에 따라 유사한 기울기의 거동특성을 얻었으며 신뢰수준도 양호한 것으로 나타났으므로 연구대상 구조물이 탄성거동한다는 가정하에 적용시켰던 좌굴방정식이 타당한 것으로 판단되었다.



[그림 5] 축력에 의한 휨모멘트와 처짐의 관계

### 5. 결론

공용중인 교량구조물의 내하력을 평가하기 위하여 초기 결함을 갖는 구조부재로 간주하여 좌굴방정식을 이용하여 실제거동과 유사한 거동특성을 나타내도록 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 좌굴방정식을 이용한 내하력은 강도설계법에 의한 내하력 대비 18~30%가 적게 평가되었는데 이와 같이 내하력값이 크게 차이가 나는 것은 기존의 내하력 평가시 응력보정계수의 처짐 또는 응력의 비를 단순히 적용하는데 가장 큰 원인이 있는 것으로 나타났다.

- 2) 본 연구의 타당성 검토를 위하여 각 Load Case에 따라 치짐과 좌굴방정식에 의한 힘모멘트를 비교 검토한 결과 전반적으로  $dM/dy$  선도가 유사하고 신뢰수준이 양호한 것으로 나타났으며 연구대상 구조물이 탄성거동하는 것으로 추정되었다.
- 3) 구조물의 응답, 하중재하 위치, 단면강성의 선정과 같은 부분에서 응력보정계수의 적용상 어려움이 야기될 소지가 있으므로 초기치짐을 갖는 좌굴방정식의 적용을 비롯한 다양한 방법을 통하여 실제 거동특성을 구조해석에서 최대한 유사하게 묘사할 수 있다면 보다 다양한 내하력의 평가가 이루어 질것이라고 사료되었다.
- 4) 향후에는 사용재료, 공용기간, 교량형식 등에 있어 본 논문보다 다양화를 꾀함으로써 풍부한 자료를 바탕으로 하여 연구의 질을 높이고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 구봉근, 신재인, 이상중, “응력보정계수 산정방법 개선”, 한국구조물진단학회, 제5권 제1호, pp.169~175, 2001.
- [2] 박길현, 양승현, “교량받침의 거동특성을 고려한 내하력 평가,” 한국구조물진단학회, 제7권 제2호, pp.209~216, 2003..
- [3] 오병환, 김기수, 이용중 “교량구조물의 개선된 내하력 평가기법,” 한국구조물진단학회, 제1권 제1호, pp.53~64, 1997.
- [4] 이수근, “구조물의 안정이론”, 전남대학교 출판부, pp. 314~373, 1995.
- [5] 장승필, 김문영, 김성보, “구조안정론”, 서울대학교 출판부, pp. 18~44, 1999.
- [6] 高島春生, “도로의 횡분배 실용계산”, 원기술, pp. 225~370, 1998.

### 기 완 서(Wan-Seo Ki)

[정회원]



- 1989년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학 교수

<관심분야>

지반공학, 유지관리, 가시설물의 안전검토

### 양 승 현(Seung-Hun Yang)

[정회원]



- 1994년 2월 : 조선대학교 조선대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 조선대학교 조선대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학 겸임교수

<관심분야>

토목구조설계, 교량유지관리, 가시설물의 안전검토