

## 2경간 연속보 부모멘트 감소 방안

김동성<sup>1</sup> · 최영구<sup>2</sup> · 박경룡<sup>3</sup> · 김기동<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>수석연구원, (주)디에스글로벌이씨엠, 구조디자인연구소, <sup>2</sup>대표이사, (주)에이앤에스,  
<sup>3</sup>대표이사, (주)디에스글로벌이씨엠, <sup>4</sup>교수, 공주대학교, 스마트인프라공학과

## Method of Reducing Negative Moments of Two-Span Continuous Beams

Kim, Dong Seong<sup>1</sup>, Choi, Young Goo<sup>2</sup>, Park, Kyoung Yong<sup>3</sup>, Kim, Kee Dong<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Principal Research Engineer, S&D Lab, DS Global ECM Co., Ltd., Seoul, 08511, Korea

<sup>2</sup>CEO, ANS Co., Ltd., Yongin, 16942, Korea

<sup>3</sup>CEO, DS Global ECM Co., Ltd., Seoul, 08511, Korea

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Smart Infrastructure Engineering, Kongju National University, Cheonan, 31080, Korea

**Abstract** - Since the maximum negative moment of the two-span continuous beams was so large that it was similar to the maximum positive moment of the same span simple beams, the design of girder bridges using 3- or 4-span arrangements instead of 2-span was common practice. However, due to the development of high-performance steel, there is a trend of increasing the number of two-span continuous beams in which high-strength steel plates are applied to the upper and lower flanges in the negative-moment section. In this study, a method of restricting end rotations that can reduce the maximum negative moment of the two-span continuous beams was proposed. When an equivalent rotational spring with a rotational stiffness of was installed at both ends of a two-span continuous beam with 60 m span, the maximum negative moment was reduced by about 26.2 % and the cross-sectional height of the girder was reduced by about 18.9 %, as compared to the corresponding two-span continuous beam. The rotational springs could be formed by extending the main girder in the form of a overhanging beam and using an axial member composed of cables as an outer link.

**Keywords** - Two-span continuous beam, Member end rotational spring, Maximum negative moment, Equivalent rotational spring system, Three-span continuous beam

### 1. 서론

2경간 연속보의 최대 부모멘트의 크기는 동일한 경간의 단순보에 발생하는 최대 정모멘트의 크기와 유사하고, 등분포하중이 2경간 연속보의 전 구간에 작용하는 경우 최대 정모멘트가 최대 부모멘트의 9/16배로 작게 나타나기 때문에 내측 지점에 현치(haunch)가 사용될 수 있으나 접속도호가 거더 높이와 같이 높아지기 때문에 2경간 대신

에 3경간이나 4경간의 경간 구성을 사용하는 것이 일반적인 설계 관행이었다<sup>[1]</sup>. 그러나 고성능 강재의 개발에 따라 부모멘트 구간의 거더 상하부 플랜지에 고강도 강재 플레이트를 적용하는 방법(HD-hpsF)<sup>[2],[3]</sup>이 교량 전체 길이에 걸쳐서 비교적 균일한 단면 높이를 적용할 수 있는 거의 유일한 방법으로 제시되었으며 이 방법을 적용하는 2경간 연속보가 많아지고 있는 추세이다<sup>[4],[5]</sup>. 그러나 HD-hpsF로 인한 부모멘트 구간의 휨 강도 증가가 교량 길이의 증가에 따른 최대 부모멘트와 정모멘트의 차이의 증가를 장경간 교량에 대해서 따라가지 못하는 한계가 있다.

3경간이나 4경간의 경간 구성은 경간에 대한 단면 높이의 비를 감소시키는 반면 교각의 수를 증가시키는 단점이 있다. 장경간 교량에 HD-hpsF를 적용하는 2경간의 경간 구성은 3경간-4경간에 비하여 교각수가 적으나 경간에 대한 단면 높이의 비가 나쁘게 나타난다. 본 연구는 HD-hpsF

Note.-Discussion open until April 30, 2023. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on September 01, 2022; revised on September 23, 2022; approved on September 26, 2022.

Copyright © 2022 by Korean Society of Steel Construction

\*Corresponding author.

Tel. +82-41-521-9306 Fax. +82-41-568-0287

E-mail. [kkkim@kongju.ac.kr](mailto:kkkim@kongju.ac.kr)

를 적용하는 2경간 연속보의 한계를 극복할 수 있는 단부 회전 구속 방안을 제시하고 이를 적용하는 설계를 수행하여 3경간 연속보에 대한 대안이 될 가능성을 조사하였다.

## 2. 2경간 연속보의 최대 부모멘트

2경간 연속보의 최대 부모멘트는 2경간에 등분포 하중이 작용할 때 Fig. 1(a)와 같이 발생한다. 또한 Fig. 1(b)와 Fig. 1(c)에는 동일한 경간의 지지 캔틸레버 보의 최대 부모멘트와 단순보에 발생하는 최대 정모멘트가 나타나 있다. Fig. 1에서  $EI_b$ 는 보의 휨강성이고  $w_u$ 는 등분포 하중강도이다. Fig. 1의 최대 모멘트의 비교로부터 지지 캔틸레버 보와 2경간 연속보가 부정정 보임에도 불구하고 단순보의 최대 모멘트를 감소시키지 못한다는 것을 알 수 있다. 이러한 이유 때문에 2경간이 거더 교량의 경간 구성에서 제한적으로 사용되었다<sup>[1]</sup>.

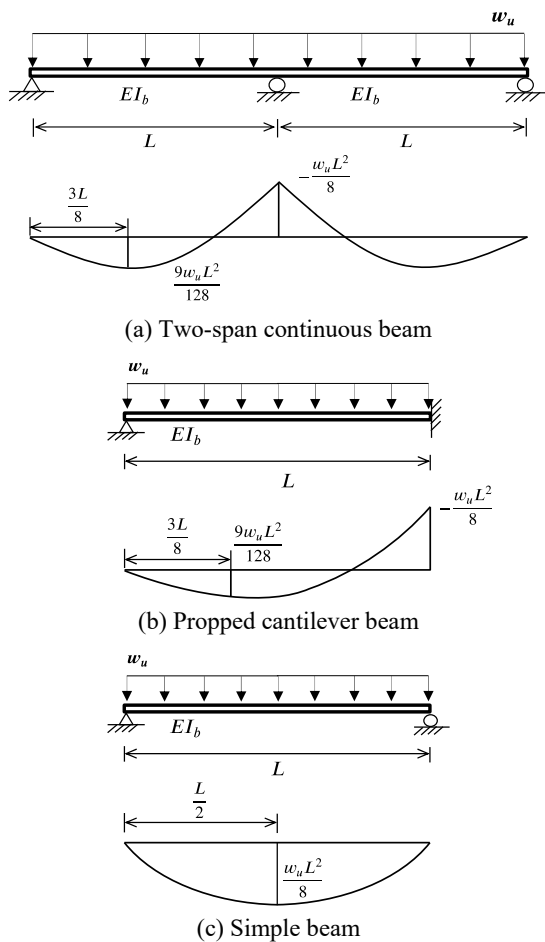


Fig. 1. Maximum moments for various beams

## 3. 단부회전구속 적용 2경간 연속보의 최대 부모멘트

2경간 연속보의 단부에 회전스프링을 설치한 경우에 등분포 하중에 대한 회전스프링 모멘트( $M_s$ )와 내측 지점의 최대 부모멘트( $M_{max}^{ni}$ )는 Fig. 2(a)와 같이 2경간에 재하될 때 각각 식 (1a)와 식 (1b)와 같이 정의된다. Fig. 2에서  $M_{max}^{ns}$ 는 단순보 최대 부모멘트, 그리고  $M_{max}^{ps}$ 는 단순보 최대 정모멘트이다. 식 (1)은 모멘트분배법을 적용하여 결정되었다. 외측 지점의 최대 부모멘트( $M_{max}^{no}$ )와 최대 정모멘트( $M_{max}^p$ )는 Fig. 2(b)와 같이 1경간에 재하될 때 각각 식 (2a)와 식 (2b)와 같이 정의된다. 2경간 연속보의 단부에 회전스프링을 설치한다면 2경간 연속보의 최대 부모멘트( $w_u L^2 / 8$ )가 Fig. 3와 같이 감소한다. Fig. 3의 수직축을 나타내는  $M_{max}$ 는 2경간 연속보의 최대 부모멘트( $w_u L^2 / 8$ )로 정규화되었고, 수평축을 나타내는  $K_r$ 은 보의 휨강성( $EI_b / L$ )으로 정규화되었다.

$$M_s = \frac{w_u L^2}{12} DF_o \quad (1a)$$

$$M_{max}^{ni} = \frac{w_u L^2}{8} \left( 1 - \frac{DF_o}{3} \right) \quad (1b)$$

$$DF_o = \frac{K_r}{4EI_b/L + K_r} \quad (1c)$$

$$M_{max}^{no} = \frac{w_u L^2}{12} \frac{2}{3} \alpha; \quad \alpha = \frac{DF_o(9 + DF_o)}{2(3 + DF_o)} \quad (2a)$$

$$M_{max}^p = \frac{49w_u L^2}{512} - \frac{w_u L^2}{12} \beta \quad (2b)$$

$$\beta = \alpha \left( 1 - \frac{7}{16} - \frac{DF_o}{48} - \frac{\alpha}{24} - \frac{DF_o^2}{384\alpha} - \frac{7DF_o}{64\alpha} \right) \quad (2c)$$

회전스프링의 회전강성( $K_r$ )이 증가함에 따라 내측 최대 부모멘트  $M_{max}^{ni}$ 는 점점 감소하며  $K_r = \infty$ 에 대하여 약 33.3%까지 감소한다. 반면에 외측 최대 부모멘트(식 (2a))는  $K_r$ 이 증가함에 따라 점점 증가하며  $K_r = \infty$ 에 대하여  $w_u L^2 / 8$ 에 비하여 약 16.7% 작은 값으로 나타난다. Fig. 2(a)의 내측과 외측 최대 부모멘트를 같게 만드는  $21.37EI_b / L$ 의  $K_r$ 에 대하여 최대 부모멘트가 최대 27.7% 감소한다. 최대 정모멘트에 대한 최대 부모멘트의 비( $R_{pm}$ )가  $21.37EI_b / L$ 의  $K_r$ 까지 증가하다가 그 이상의  $K_r$ 에 대해서는  $K_r$ 의 증가에 따라  $R_{pm}$ 이 감소한다. 2경간 연속보의 최대 정모멘트에 대한 최대 부모멘트의 비( $R_{pm} = 0.765$ )보다 큰  $R_{pm}$ 을 낳는 회전스프링의 강성 범위는 31 이하로 나타났다. 최대 정모멘

트(식 (2b))는  $K_r$ 의 크기에 상관없이 최대 부모멘트보다 항상 작게 나타난다. 따라서 최대 부모멘트의 감소율과 최대 정모멘트에 대한 최대 부모멘트의 비율을 함께 고려할 때  $21.37EI_b/L$ 의  $K_r$ 이 가장 효율적인 것으로 조사되었다.

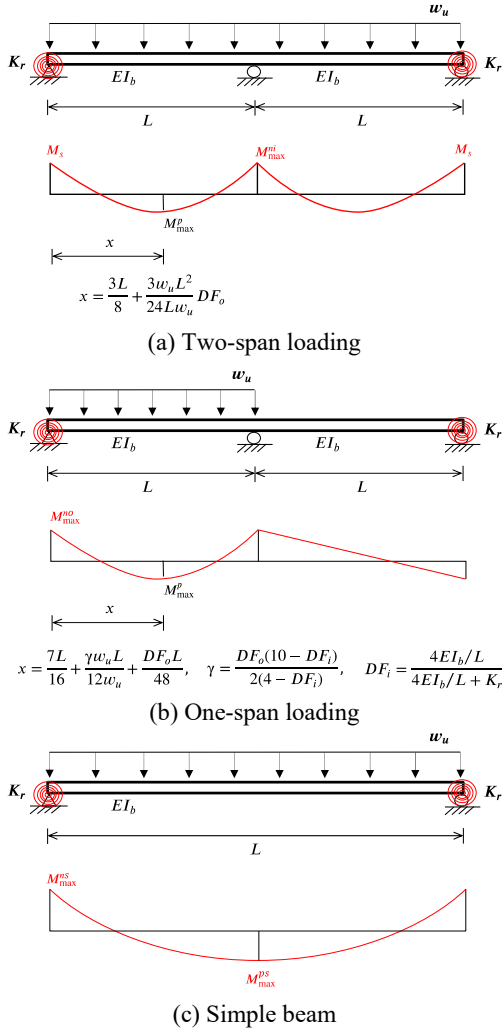


Fig. 2. Maximum moments for beams with rotational springs

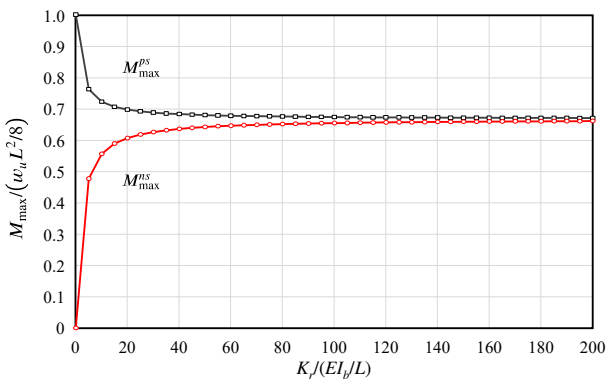


Fig. 3. Variation of maximum moments according to the change of  $K_r$

단순보의 단부에 회전스프링을 설치한 경우에 등분포 하중에 대한 최대 정모멘트( $M_{\max}^{ps}$ )와 최대 부모멘트( $M_{\max}^{ns}$ )는 Fig. 2(c)와 같이 재하될 때 각각 식 (3a)와 식 (3b)과 같이 정의된다. 단순보의 단부에 회전스프링을 설치한다면 단순보의 최대 모멘트( $w_u L^2/8$ )가 Fig. 4와 같이 감소한다. 최대 정모멘트(식 (3a))는  $K_r$ 의 크기에 상관없이 최대 부모멘트(식 (3b))보다 항상 크게 나타난다. 단순보의  $K_r = \infty$  단부에 회전스프링을 적용하는 경우에 최대 정모멘트(식 (3a))가 약 33.3% 감소한다.  $21.37EI_b/L$ 의  $K_r$ 을 단순보의 단부에 적용하는 경우에는 최대 모멘트가 약 31% 감소한다. 이는 2경간에 적용하는 경우에 나타나는 27.7%에 비하여 약 11.9% 큰 값이다. 보 단부의 회전구속의 효과는 경간 수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보인다.

$$M_{\max}^{ps} = \frac{w_u L^2}{8} \left( 1 - \frac{DF_{os}}{3} \right) \quad (3a)$$

$$M_{\max}^{ns} = \frac{w_u L^2}{12} \frac{2}{3} DF_{os} \quad (3b)$$

$$DF_{os} = \frac{K_r}{2EI_b/L + K_r} \quad (3c)$$

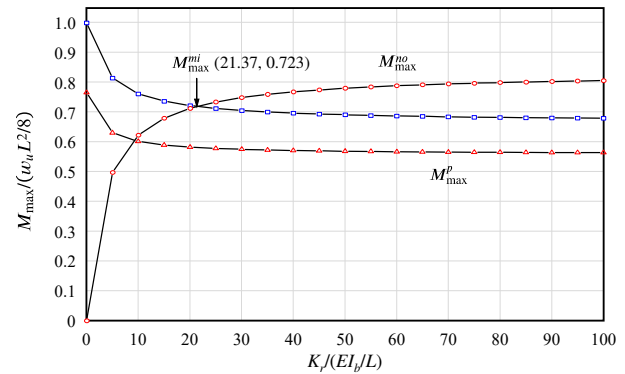


Fig. 4. Variation of maximum positive and negative moment according to the change of  $K_r$

Fig. 5에는 내민보와 축방향 부재로 구성된 단부 회전스프링의 한 예를 보여준다. 회전스프링의 회전강성은 식 (4)와 같이 정의된다. Fig. 6는  $21.37EI_b/L$ 의  $K_r$ 과  $49.5EI_b/L$ 의  $K_r$ 을 발생시킬 수 있는 내민보 길이( $l_p$ )와 축방향 부재의 강성( $K_a$ )의 상관관계를 보여준다. 내민보 길이가 증가할수록 축방향 부재의 강성이 기하급수적으로 감소한다는 것을 알 수 있다. 또한 보다 큰 회전스프링의 강성( $K_r$ )을 발생시키기 위하여 동일한 내민보 길이( $l_p$ )에 대해 보다 큰 축방향 부재의 강성( $K_a$ )이 필요하다는 것을 알 수 있다.

$$K_r = \frac{M_s}{\theta_c} = \frac{(3EI_p/l_p)K_a}{3EI_p/l_p^3 + K_a} \quad (4)$$

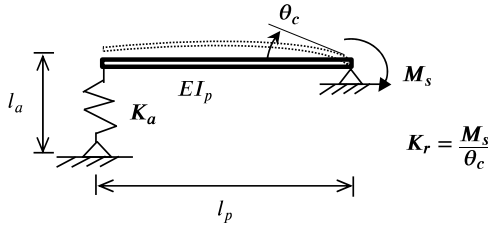


Fig. 5. Equivalent rotational spring

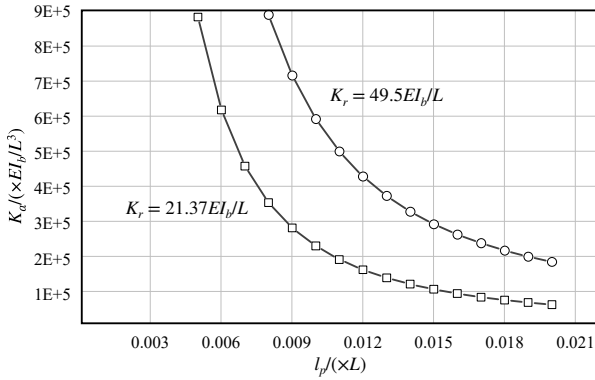


Fig. 6. Variation of  $K_a$  according to the change of  $l_p$

### 4. 단부회전구속 적용 2경간 연속보의 설계

#### 4.1 설계개요와 설계대상 교량

KDS 24 14 31 강교설계기준(하중저항계수설계법)<sup>[6]</sup>을 이용하여 단부회전구속을 갖는 60 m 경간의 2경간 연속보를 설계하고 상응하는 판형 거더와 비교하여 단부회전구속의 장점을 조사하였다.

대상교량은 Fig. 7과 같이 콘크리트 슬래브 두께 300 mm, 차선 폭 4.0 m, 길 어깨 폭 2.4 m, 아스팔트 포장 두께 75 mm

의 2차선 2경간 합성 교량이다. 차량 활하중은 표준트럭하중과 표준차선하중으로 구성된 KL-510이다. 교량 설계에서는 극한한계상태 I, 사용한계상태 II, 피로한계상태 III, 시공성 등의 한계 상태가 고려되었다. 또한 활하중에 의한 탄성 처짐은 교량 길이의 1/800로 제한되었다. 콘크리트 슬래브에 적용된 설계압축강도는 30 MPa이다.

#### 4.2 단부회전구속 적용 2경간 연속보의 모멘트와 전단력 포락선

Fig. 8에 60 m 경간의 2경간 연속보에 대하여 단부회전을 구속하지 않은 일반적인 판형 거더(PG-1과 PG-2)와 단부회전스프링을 갖는 거더(RS-i)의 강도한계상태를 검토하기 위한 설계하중조합에 대한 모멘트와 전단력 포락선을 나타냈다. 120 m 길이의 3경간 연속보(PG-3)에 대한 모멘트와 전단력의 포락선 또한 Fig. 8에 제시되어 있다. 모멘트와 전단력 포락선은 고정하중, 설계 차량활하중 등의 영향을 고려하여 구성된다. 설계 차량활하중에 대한 모멘트 포락선은 표준트럭하중에 대한 모멘트 포락선과 1대의 표준트럭하중의 75 %와 표준차로하중의 조합에 대한 모멘트 포락선 중에서 최댓값을 사용하여 구성되었다.

3경간 연속보의 경간은 내측보와 외측보에 대해서 각각 46.2 m와 36.9 m로 구성되어 있다. 모멘트와 전단력 포락선은 범용해석프로그램인 MIDAS CIVIL<sup>[7]</sup>을 이용하여 결정되었다. 플랜지와 웹에 380 MPa(HSB380)의 항복강도를 갖는 강재를 사용하는 PG-1을 제외한 모든 보에서 상하부 플랜지에 460 MPa의 항복강도를 갖는 고강도 판재(HSB460)가 적용되었다. RS-1과 RS-2는 각각 21.37EI<sub>b</sub>/L의 K<sub>r</sub>과 49.5EI<sub>b</sub>/L의 K<sub>r</sub>을 갖는 회전스프링을 적용한 2경간 연속보이다. Fig. 8의 모멘트와 전단력의 포락선을 결정할 때 Fig. 9에 제시된 거더의 단면이 적용되었다.

2경간 연속보에 등분포 하중만 작용하는 경우에는 내측

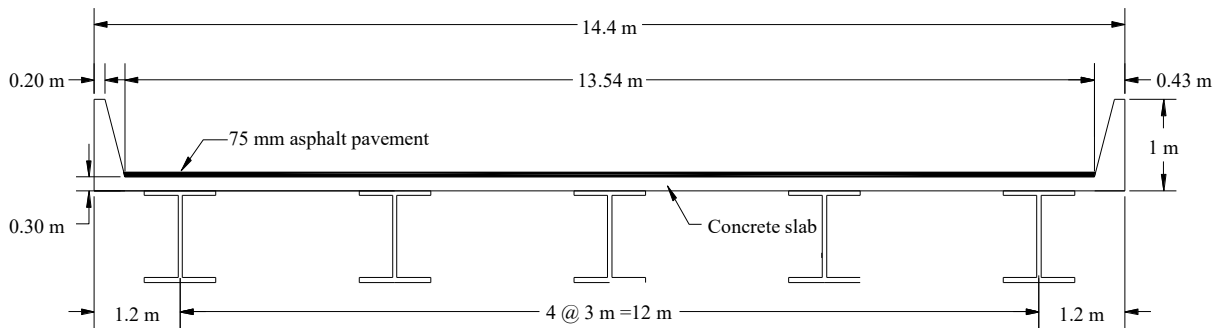


Fig. 7. Cross section of target bridge

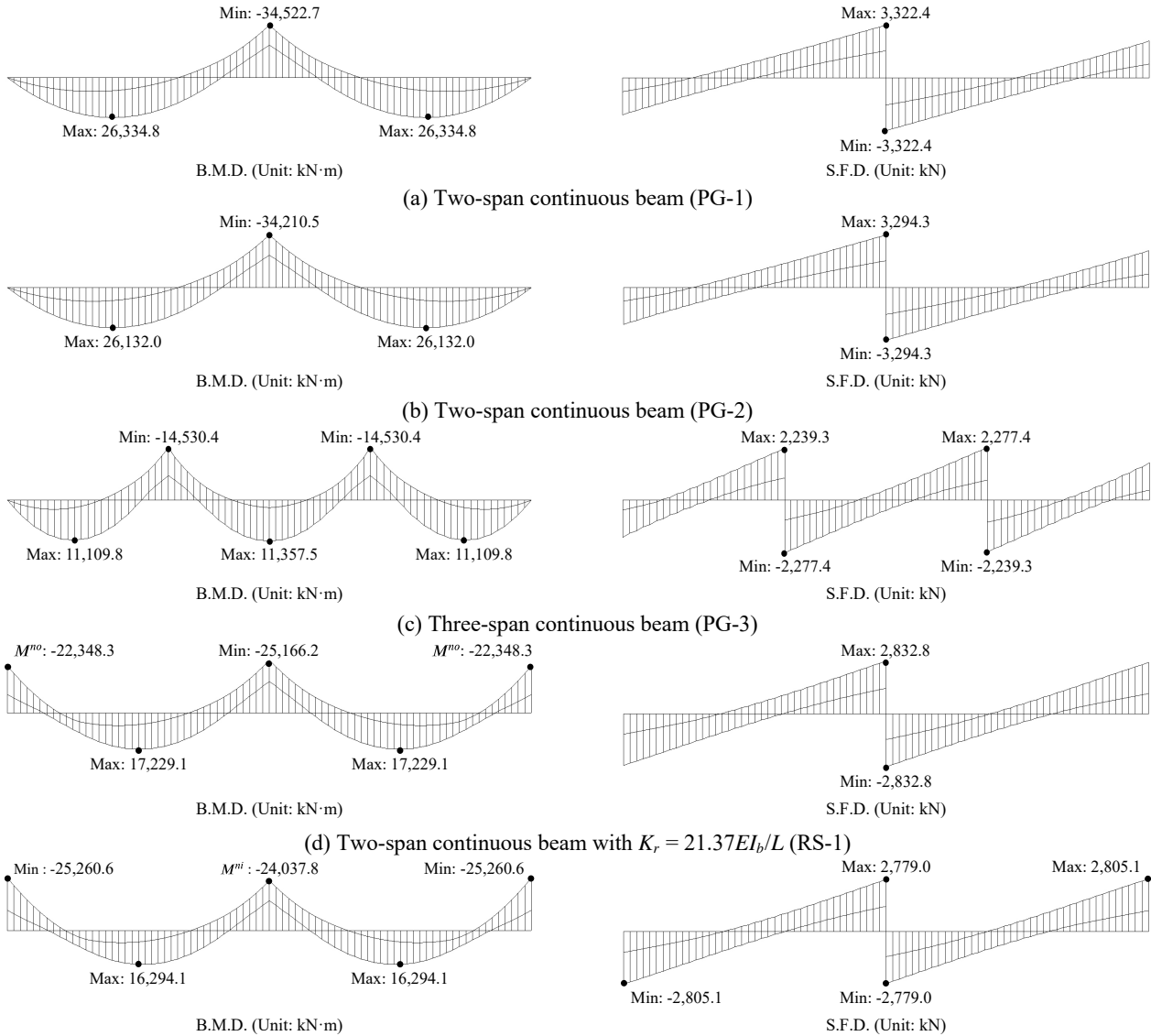


Fig. 8. Moment & shear envelope for strength limit states

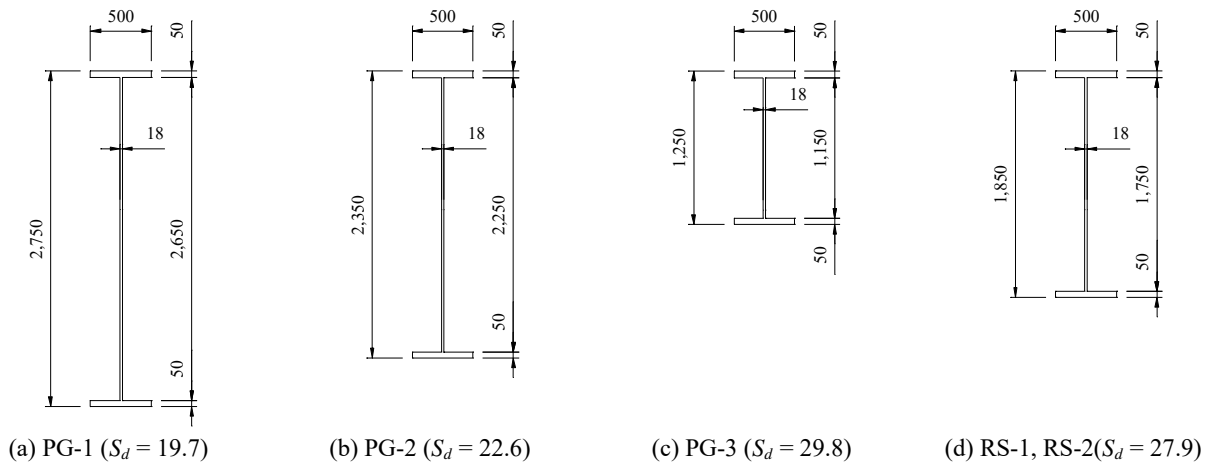


Fig. 9. Various cross-sections for two-span continuous beams (Unit: mm)

과 외측 최대 부모멘트를 같게 만드는 단부회전스프링의 회전강성( $K_r$ )이  $21.37EI_b/L$ 으로 나타났지만 표준트럭하중과 표준차선하중으로 구성된 KL-510 활하중을 포함하는 설계하중조합에 대해서는  $21.37EI_b/L$ 의  $K_r$ 을 적용한 RS-1의 경우에 내측 부모멘트가 외측 부모멘트보다 12.6 % 크게 나타났다. 반면에  $49.5EI_b/L$ 의  $K_r$ 을 적용한 RS-2의 경우에는 외측 부모멘트가 내측 부모멘트보다 5.1 % 크게 나타났다.

2경간 연속보에 대해 최대 부모멘트에 대한 최대 정모멘트의 비가 단부회전을 구속하지 않은 경우와  $21.37EI_b/L$ 의  $K_r$ 과  $49.5EI_b/L$ 의  $K_r$ 을 적용한 경우에 대하여 각각 0.763, 0.685, 그리고 0.645로 나타나 단부회전의 구속이 증가할수록 최대 부모멘트에 대한 최대 정모멘트의 비가 감소하는 경향을 보였다.

RS-2에 비해 0.4 % 작은 RS-1의 최대 부모멘트는 PG-1과 PG-2에 비하여 약 27 %와 26.2 % 각각 작게 나타났다. 상하부 플랜지에 고강도 강재를 적용한 PG-2의 최대 부모멘트가 PG-1에 비하여 약 1.0 % 작게 나타났다. 그리고 RS-1의 최대 부모멘트가 3경간 연속보 PG-3에 비하여 약 73 % 크게 나타났다. 교장 120 m의 2경간 연속보에 단부의 회전을 구속하면 최대 부모멘트가 상당히 크게 감소될 수 있었지만 3경간 연속보의 최대 부모멘트보다 상당히 크게 나타나 경간 수의 증가에 따른 모멘트 감소의 폭을 따라가는데 한계를 보였다.

RS-1에 비해 약 1.0 % 작은 RS-2의 최대 전단력은 PG-1과 PG-2의 최대 전단력보다 약 15.6 %와 14.8 % 각각 작게 나타났다. PG-3의 최대 전단력은 RS-2보다 약 18.8 % 작게 나타났다.

#### 4.3 단부회전구속 적용 2경간 연속보의 단면

Fig. 9에 60 m 경간의 2경간 연속보에 대한 판형 거더(PG-1과 PG-2)와 단부회전스프링을 갖는 거더(RS-i)의 설계결과가 나타나 있다. 120 m 길이의 3경간 연속보(PG-3)에 대한 설계 단면 또한 Fig. 9에 제시되어 있다.

플레이트 거더의 플랜지와 웹은 플레이트 거더의 형상 한계를 고려하면서 단면적을 최소화하기 위해 각각 조밀 단면과 세장 요소 단면으로 구성되었다. 또한 웹의 세장비는 세로 방향 보강재 설치가 배제될 수 있도록 150의 제한값을 사용하였다. PG-2의 웹과 플랜지에 적용된 강재의 항복강도는 RS-1과 RS-2의 설계와 동일하다. 상하부 플

랜지에 고강도 강재를 적용한 PG-2는 PG-1에 비해 거더 단면의 높이를 약 13.1 % 감소시킬 수 있었다. 단부회전스프링을 적용한 RS-1과 RS-2는 PG-2에 비하여 거더 단면의 높이를 동일하게 약 18.9 % 감소시킬 수 있었다. 그리고 3경간 연속보 PG-3의 단면 높이는 RS-i에 비해 약 27.9 % 작게 나타났다.

RS-1과 RS-2의 경간의 단면 높이에 대한 비( $S_d$ )는 PG-2에 비하여 약 23.5 % 큰 27.9로 나타났다. 60 m 경간의 2경간 연속보에 단부회전스프링을 적용한 RS-1과 RS-2가 가장 좋은 경간의 단면 높이에 대한 비( $S_d$ )를 낳았다. 3경간 연속보 PG-3는 RS-i에 비하여 거더 단면 높이를 약 27.9 % 감소시킬 수 있었지만 PG-3의 경간의 단면 높이에 대한 비( $S_d$ )는 RS-i에 비하여 약 6.8 % 크게 나타났다. 경간의 감소로 인하여 3경간 연속보의 거더의 단면 높이가 단부회전구속을 갖는 2경간 연속보에 비하여 상당히 크게 감소하였지만  $S_d$ 의 증가 비율은 경간이 감소하였기 때문에 단면 높이의 감소 비율보다 훨씬 작게 나타났다. 동일한 교량길이의 3경간 연속보에 비하여 크게 나쁘지 않은  $S_d$ 를 낳는 단부회전구속을 갖는 2경간 연속보(RS-i)가  $S_d$  차이로 인한 단점이 부가적인 교각의 시공을 상쇄할 수 있는 경우 3경간 연속보에 대한 대안도 될 수 있다는 가능성을 보였다.

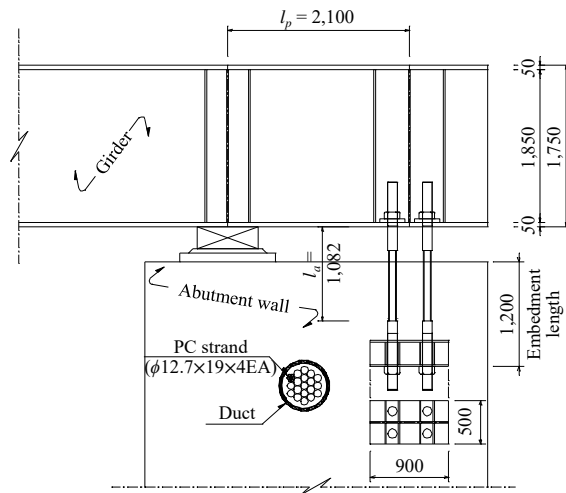
#### 4.4 회전스프링의 설계

$21.37EI_{b1}/L$ 과  $49.5EI_{b2}/L$ 의 회전강성을 갖는 등가회전스프링의 설계가 Table 1에 제시되어 있다. Table 1의  $I_{b1}$ 과  $I_{b2}$ 는 각각 Fig. 9(d)의 단면과 Fig. 7의 콘크리트 슬래브 합성단면에 대한 단면2차모멘트이다. 등가회전스프링의 축방향 부재의 설계는 SWPC7BN 강종의 7 wire strands (12.7 mm)<sup>[8]</sup>를 이용하여 이루어졌다.  $21.37EI_{b1}/L$ 의 회전강성은  $49.5EI_{b2}/L$ 의 회전강성에 비하여 동일한 내민보 길이에 대하여 보다 작은 축방향 부재의 강성이 소요되고, 동일한 축방향 부재의 강성에 대하여 내민보의 길이가 감소된다는 것을 알 수 있다.

Fig. 10에  $21.37EI_{b1}/L$ 의 회전강성을 갖는 등가회전스프링 축방향 부재의 설계와 정착 상세를 제시하였다. 정착 길이는 10,642 kN의 부착소요강도( $F_a$ )와 AASHTO LRFD Bridge Design Specification<sup>[9]</sup>의 ANCHORS 인장파괴모드인 Concrete Breakout 모드 검토를 통하여 이루어졌다. 부착소요강도( $F_a$ )는 RS-1의 최대 외측부모멘트( $M^o$ )를  $l_p$ 로 나누어 결정된다.

**Table 1.** Details of rotational springs of RS-1 and RS-2

$K_r$	$I_p$	$l_p$ (m)	$K_a$	$l_a$ (m)	$A_c$ (mm <sup>2</sup> )
$21.37EI_{b1}/L$	$I_{b1}$	2.1	$69EA_c/l_a$	1.082	98.7
$21.37EI_{b1}/L$	$I_{b1}$	1.6	$90EA_c/l_a$	0.886	98.7
$49.5EI_{b2}/L$	$I_{b2}$	2.1	$78EA_c/l_a$	0.289	98.7



**Fig. 10.** Cross-section of axial members in equivalent rotational springs and anchorage details (Unit: mm)

## 5. 결론

2경간 연속보의 최대 부모멘트를 감소시킬 수 있는 단부 회전구속 방법을 제시하고 설계를 수행하여 단부회전구속 방안의 타당성을 검증하였다. 단부회전구속의 장점을 조사하기 위하여 300 mm 콘크리트 슬래브 두께와 14.4 m 교량 폭의 2차선 단일경간 합성교량으로 구성된 대상 교량에 대해 두 종류의 단부회전구속을 갖는 120 m 교량길이의 2경간 연속보를 설계하였다. 그리고 상대비교를 위하여 동일한 교량길이의 3경간 연속보의 설계도 수행되었다.

60 m 경간의 2경간 연속보의 단부에  $21.37EI_b/L$ 의 회전강성을 갖는 등가회전스프링을 설치하였을 때 상응하는 2경간 연속보에 비하여 최대 부모멘트가 약 26.2 % 감소하였고, 거더 단면 높이를 약 18.9 % 감소시킬 수 있었다. 그리고 경간에 대한 단면 높이의 비를 약 23.5 % 증가시킬 수 있었다. 또한 3경간 연속보에 비하여 단부회전스프링 설치 2경간 연속보의 경간에 대한 단면 높이의 비가 크게 나쁘지 않게 나타나 3경간 연속보에 대한 대안도 될 수 있다고 조사되었다.

결론적으로, 부모멘트 구간 상하부 플랜지에 고강도 판재의 적용과 함께 보 단부의 회전구속이 거더 단면 높이를 크게 감소시켜서 경제성 있는 2경간 연속보의 설계가 가능하였고 3경간 연속보에 대한 대안이 될 가능성을 보였다.

## 감사의 글

본 논문은 공주대학교 충돌진동연구센터의 지원으로 이루어졌습니다.

## 참고문헌(References)

- [1] White, D. (2022) *Steel Bridge Design Handbook, Chapter 4: Strength Behavior and Design of Steel*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [2] Jun, S.C., Han, K.H., Lee, C.H., and Kim, J.W. (2017) Flexural Testing of Asymmetric Hybrid Composite Beams Fabricated from High-Strength Steels, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.29, No.3, pp.217-228 (in Korean).
- [3] Park, Y.M., Kang, J.H., Lee, K.J., and Kim, H.S. (2014) Evaluation of Flexural Strength of Hybrid Girder Composed of HSB800 and HSB600 Steel, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.26, No.6, pp.581-594 (in Korean).
- [4] Wright, K. (2015) *Steel Bridge Design Handbook, Stringer Bridges: Making the Right Choices* (FHWA-HIF-16-002 - Vol. 6), Federal Highway Administration, USA.
- [5] Steel Market Development Institute (2018) *Guide Specification for Highway Bridge Fabrication with HPS 100W (HPS 690W) Steel* (2nd Ed.), USA.
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2018) *Design Standard of Steel Bridge (Limit State Design)* (KDS 24 14 31: 2016), Korea (in Korean).
- [7] MIDAS Information Technology Co., Ltd. (2021) *MIDAS CIVIL 2021 v2.2*, Korea.
- [8] Korean Agency for Technology and Standards (2011) *Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete* (KS D 7002: 2011), Korea (in Korean).
- [9] American Association of State Highway and Transportation Officials (2017) *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (8th Ed.), USA.

---

**요 약** : 2경간 연속보의 최대 부모멘트는 동일한 경간의 단순보에 발생하는 최대 정모멘트와 유사할 정도로 크기 때문에 2경간 대신에 3경간이나 4경간의 경간 구성을 이용한 거더교의 설계가 일반적인 관행이었다. 그러나 고성능 강재의 개발에 따라 부모멘트 구간의 거더 상하부 플랜지에 고강도 강재 플레이트를 적용하는 2경간 연속보의 수가 많아지고 있는 추세이다. 본 연구에서는 2경간 연속보의 최대 부모멘트를 감소시킬 수 있는 단부 회전 구속 방안을 제시하였다. 60 m 경간의 2경간 연속보의 양단부에 회전강성을 갖는 등가 회전스프링을 설치하였을 때 상응하는 2경간 연속보에 비하여 최대 부모멘트가 약 26.2% 감소하였고, 거더의 단면 높이를 약 18.9% 감소시킬 수 있었다. 등가 회전스프링은 주 거더를 내민 보 형태로 연장하고, 케이블로 구성된 축방향 부재를 외부 링크로 사용함으로써 구현할 수 있었다.

**핵심용어** : 2경간 연속보, 부재단부 회전스프링, 최대 부모멘트, 등가 회전스프링, 3경간 연속보

---