

I-Beam연속교 내측지점의 소성변형에 관한 연구

정경희[†] · 김진성^{*} · 양승이^{**}

한국철도대학교 철도시설토목과 · ^{*}인덕대학 건설환경 · ^{**}콜로라도 주립대 토목환경공학과
(2002. 7. 24. 접수 / 2002. 11. 14. 채택)

Study on Plastic Deformation of Interior Support at the Continuous I-Beam Bridge

Kyung Hee Chung[†] · Jin Sung Kim^{*} · Seung Ie Yang^{**}

Department of Railroad and Civil Engineering, Korean National Railroad College

^{*}Department of Architecture and Environmental Engineering, Induk Institute of Technology

^{**}Department of Civil and Environmental Engineering, University of Colorado at Boulder

(Received July 24, 2002 / Accepted November 14, 2002)

Abstract : The steel shows plastic deformation after the yield point exceeds. Because of overloads, the plastic deformation occurs at the interior support of a continuous bridge. The plastic deformation is concentrated at the interior support, and the permanence deformation at the interior support remains after loads pass. Because local yielding causes the positive moment at the interior support, it is called "auto moment". Auto moment redistributes the elastic moment. Because of redistribution, auto moment decreases the negative moment at the interior support of a continuous bridge. In this paper, the moment-rotation curve from Schalling is used. The plastic rotation is computed by using Beam-line method, and auto moment is calculated based on the experiment curve. The design example is presented using limit state criterion.

Key Words : auto-moment, moment-rotation curve, plastic rotation, local yield, overload, permanence deformation, limit-state, redistribution, plastic deformation

1. 서 론

강재는 항복강도이상에서도 작용하중에 의하여 비탄성거동을한다. 연속교 해석시 활하중에 의해 내측지점에서는 부의 모멘트가 최대로 되어 제일 먼저 항복에 도달되어 **Shakedown** 현상이 발생한다¹⁾. **Shakedown** 현상이란 부재에 항복응력을 일으키는 하중보다는 크고 극한하중보다는 작은 힘이 작용한 뒤 하중을 제거하면 그 다음에 오는 이 보다 작은 하중에 대해서는 탄성거동을 하게되는 현상을 말한다²⁾. 즉 탄성영역이 넓어짐을 뜻한다. 이러한 현상은 모든 부재에 발생하는 것이 아니고 연성이 큰 재료에서 주로 발생한다³⁾.

과재하중과 같은 큰 하중이 작용한 후에 국부항복에 의하여 발생된 잔류변형에 의하여 탄성영역의 확장을 이용할 수 있다. 이와 같은 자생모멘트의 잇점은 PS콘크리트 보에서 PS강선을 프리스트레싱하거나 연속교에서 내측지점에 상향 처짐을 갖도록 제작한 후 이를 제거하는 방법으로부터 얻을 수 있는 잇점과 유사하다⁴⁾.

Shakedown 현상으로 연속형교의 내측지점에서는 영구변형이 발생하고 이로 인한 내측지점에서는 자동적으로 정의 자생모멘트가 발생하여 내측지점의 부모멘트를 감소시켜주고 경간단면에서는 정의 모멘트를 증가 시켜준다.

자생모멘트를 계산하기 위해서는 모멘트-비탄성 회전곡선이 정의되어야 한다.

조밀단면(**Compact Section**)을 갖는 **I-Beam**교의 내측지점에 대해서는 횡방향의 비틀림좌굴이 발생하

[†]To whom correspondence should be addressed.
ckh@chuldo.krc.ac.kr

지 않도록 충분히 횡지지된 조건하에서 AASHTO지침시방서에서 모멘트-비탄성회전이 규정되어 있다⁵⁾.

압축플랜지에서 초조밀단면이고 복부의 세장비는 비조밀단면인 형(Girder)에서는 복부의 세장비에 따라 조밀단면에서 개발한 모멘트-비탄성회전곡선을 수정하여 과재하중 및 최대하중에 적용할 수 있는 통합자생응력법을 Schilling이 개발하였다⁶⁾. 그러나 내측지점에서 비조밀단면인 모멘트-비탄성회전곡선은 실험에 의해 발표되고 있다⁷⁾. 경간단면에서는 텍사스 대학의 Vasseghi 와 Frank가 합성단면에 대한 모멘트-비탄성회전곡선을 발표한바 있다⁸⁾.

현재 비조밀단면에 대한 모멘트-비탄성회전곡선은 실험을 통해 얻지만 앞으로는 컴퓨터 모델링을 통하여 모멘트-비탄성회전곡선의 유도가 가능하리라 본다.

본 논문에서는 조밀단면인 연속합성압연형교의 내측지점에서 AASHTO지침시방서에서 제시된 모멘트-비탄성회전곡선을 이용하여 내측지점에서 자생모멘트를 구하였다. 이 자생모멘트를 경간단면에 재분배하여 과재하중에 대한 한계상태를 검토하여 보았다.

2. 하중단계별 한계상태

강도설계법에 따라 교량을 설계할때는 하중을 크게3단계로 나누고 각 하중단계별로 구조물의 수행조건을 제시하여 이 조건을 만족하도록 설계하고 있다. 즉, 사용하중, 과재하중, 최대하중의 3단계로 나누고 각 하중단계별 구조물의 수행조건을 제시하여 이 조건을 만족하도록 설계하는 것이다⁹⁾. 조밀단면에 대한 LFD(Load Factor Design)방법과 ALFD(Alternative Load Factor Design)방법의 하중단계별 수행조건과 한계상태규준은 다음과 같다¹⁰⁾.

2.1. 사용하중(Service Load : SL)

하중조합은 다음과 같다.

$$SL = D + (L + I) \quad (1)$$

여기서 D는 사하중이고 L은 활하중이며 I는 충격하중이다. 사용하중은 구조물에 실제로 작용하는 하중이며 구조물에 요구되는 수행조건은 피로응력과 활하중에 의한 탄성처짐의 제한이다. 사용하중을 받

고 있는 구조물이 수행해야 할 요구조건은 LFD설계법과 ALFD설계법에서 동일하다.

2.2. 과재하중(Over Load : OL)

과재하중은 구조물이 받을 수 있는 가장 큰 하중이나 실제로 구조물에 자주 작용하는 하중은 아니다. 과재하중의 하중조합은 식(2)와 같다.

$$OL = D + \frac{5}{3}(L + I) \quad (2)$$

과재하중단계에서 구조물에 요구되는 수행조건은 비탄성처짐이 불쾌한 주행감을 주지 않도록 하는 한계 내에 있도록 해야한다. 이 조건을 만족하기 위해서는 탄성적으로 구한 최대 정, 및 부모멘트의 크기를 합성단면에서는 항복모멘트(M_y)의 95% 이하, 비합성단면에서는 항복모멘트(M_y)의 80% 이하가 되도록 제한하고 있다. 이 제한은 LFD설계법과 ALFD설계법에서 동일하다. 그러나 LFD 설계법에서는 조밀단면을 갖고 있는 연속보의 내측지점에서 탄성적으로 구한 부모멘트의 10%를 경간내의 정모멘트단면에 재분배시키는데 비하여 ALFD설계법에서는 10% 대신에 Shakedown 현상을 인정하며 응력제한은 하지 않는다.

2.3. 최대하중(Maximum Load : ML)

최대하중이란 구조물이 완전히 제기능을 상실하게되는 하중으로서 보통교량의 최대재하능력을 평가하기 위해 사용되며 최대하중의 하중조건은 다음과 같다.

$$ML = 1.3(D + \frac{5}{3}(L + I)) \quad (3)$$

조밀단면을 갖는 부재일 경우 LFD설계법은 최대하중에 의한 탄성모멘트는 부재내에서 단면의 항복모멘트보다 작아야한다. LFD설계법에서는 Mechanism 형성 여부를 검토하도록 되어 있다. 먼저 내측지점에서 소성힌지가 발생하고 나서 하중이 증가함에 따라 경간단면에서 소성힌지가 발생하면 Mechanism이 형성된다.

3. 잔류응력

소성이론에 의하면 강재는 항복응력에 도달한후

하중을 제거하여도 영구변형이 발생한다. 그러나 실제 구조물의 실험결과에 의하면 잔류응력의 영향 때문에 강재의 항복응력보다 훨씬 적은응력, 즉 항복응력의 약 17~60% 정도의 응력하에서도 영구변형이 발생하기 시작한다고 보고되어 있다¹¹⁾.

작용모멘트(M)와 비탄성회전각(θ_p)의 관계는 비선형이며 실험적으로 구해야 한다.

M- θ_p 관계곡선을 얻기 위한 많은 실험이 실시되었으며 Schilling은 실험결과로부터 M- θ_p 관계에 대한 실험곡선을 구하여 설계에 적용하도록 제안하였다¹²⁾.

Schilling은 합성단면과 비합성단면으로 구분하여 실험결과를 발표하였다¹³⁾. 비합성단면은 강재만의 단면을 말하고 합성단면은 강재와 슬래브내 교축방향으로 배근된 철근이 합성된 것으로 본다. 비합성 및 합성단면에 대한 Schilling의 식은 각각 다음과 같다.

비합성단면은 식(4)로 표현되어지며

$$\frac{M}{M_{PN}} = -3.646 \times 10^8 \times \theta_p^4 + 7.188 \times 10^6 \times \theta_p^3 - 54170 \times \theta_p^2 + 210 \times \theta_p + 0.6 \quad (4)$$

합성단면에서는 식(5)로 표현된다.

$$\frac{M}{M_{PN}} = -2.344 \times 10^8 \times \theta_p^4 + 4.58 \times 10^6 \times \theta_p^3 - 39690 \times \theta_p^2 + 247.9 \times \theta_p + 0.17 \quad (5)$$

여기서 M은 작용하중에 의한 모멘트이고 M_{PN} 부모멘트단면의 소성모멘트이며 θ_p 는 비탄성회전각이다.

3.1. 자생모멘트 계산

연속교의 내측지점에서 과재하중에 의해 국부적인 항복이 발생하고 하중이 통과한 후에도 영구변형이 남아 있게된다. 내측지점에서는 구속을 해제시켜주면 영구변형으로 인하여 이 지점이 위로 솟아 올라오게 된다. 그러나, 사하중이 작용하거나 지점이 구속되면 솟음이 억제되면서 외측지점에서는 반력이 발생하고 이 반력에 의해 내측지점에서는 모멘트가 발생하는데 이 모멘트를 자생모멘트(Auto-moment)라 한다. 자생모멘트는 외력에 의하여 발생하는 모멘트와는 반대방향으로 작용하므로 결국 내

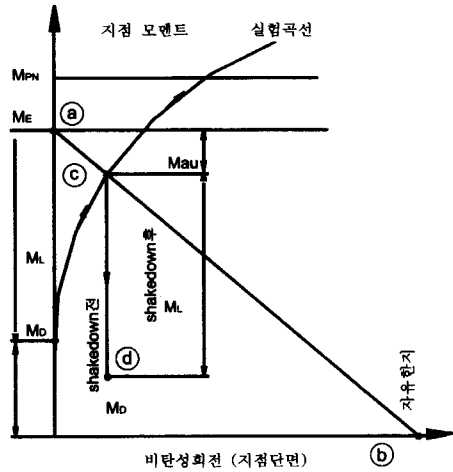


Fig. 1. Beam-line Graph

측지점에서 사하중에 의한 모멘트를 감소시켜 주는 역할을 한다.

3.2. 자생모멘트의 계산

연속교의 내측지점에서 임의의 과재하중에 의한 자생모멘트(M_{au})와 비탄성회전각(θ_p)은 Beam-line 방법에 의하여 구할 수 있다¹⁴⁾. Fig. 1에서 지정모멘트(M_E)는 과재하중을 받고 있는 연속보에서 탄성 해석으로부터 구한다.

즉 이모멘트는 사하중모멘트(M_D)와 과재활하중 모멘트 $\frac{5}{3}(L+I)$ 의 합으로 나타낸다. 또한 이 경우의 비탄성회전각(θ_p)은 0이다(a점). b점은 사하중과 과재하중에 의해 발생하는 내측지점에서의 총 비탄성회전각으로서 이 지점을 자유힌지로 가정할 경우의 비탄성회전각이다.

이 지점의 모멘트는 0이다. 탄성해석으로부터 점 a와 점b는 직선으로 연결할 수 있다. 그러므로 자유힌지인 b점부터 지정모멘트를 증가시키면 b-a 직선에서 a점의 탄성모멘트(M_E)에 도달하게 된다. 그러나 실제의 실험결과에 의하면 실험곡선과 만나는 점(c) 까지 밖에 도달하지 않는다. 따라서, 실험곡선과 a-b 직선과의 교점 c를 구하면 그 점에 대응하는 모멘트가 실제로 작용하고 있는 모멘트 즉, Shakedown 모멘트(M_{SH})이고 이때의 변형이 실제의 비탄성회전각이다. 자생모멘트(M_{au})는 탄성 해석으로부터 구한 모멘트(M_E)와 Shakedown 모멘

트(M_{sh})의 차로써 구할 수 있다. 과재하중이 통과한 후에 이 자생모멘트는 지점의 사하중모멘트(M_D)을 감소시켜주며 다음에 오는 활하중에 대해서는 이미 발생한 소성회전각(θ_p)을 유지하면서 ㉔점에서 ㉔점까지 수직 상승한다. 즉, Shakedown모멘트(M_{sh})까지는 탄성적으로 거동하고 이보다 더 큰 과재하중이 오면 ㉔점부터 실패곡선을 따라 비선형으로 거동하게 된다. 이때의 실제 모멘트는 이상에서 언급한 방법을 따라 계산할 수 있다. 내측지점이 2개 이상인 연속교의 경우 한 내측지점의 자생모멘트는 다른 내측지점의 자생모멘트의 크기도 영향을 받게 되므로 자생모멘트의 재분배가 필요하다.

4. 설계 예

설계 예는 보강재 횡브레이싱 전단연결재와 같은 세목은 고려하지 않고 단면해석에 필요한 모멘트만 고려하여 자생모멘트를 계산하였다 주형 간격이 2.3m인 3경간 연속합성교(21m+25.2m+21m)로써 1등급 교량이다. 슬래브 유효폭은 도로교표준시방서 8.3.4에 따라 결정하였고, 사용 강재는 SWS50($F_y=3200\text{kg/cm}^2$)인 H800×300×14×26 강을 사용하였다.

사용된 단면의 제원 및 기하학적 성질은 다음과 같다. 정모멘트 단면에서 강재의 단면2차모멘트와 도심은 아래와 같다

$$I_s = 298470 \text{ cm}^4, y_s = 40 \text{ cm}$$

합성단면에서는 단면2차모멘트와 도심은 다음과 같다.

$$I_n = 816072.4 \text{ cm}^4, y_n = 74.47 \text{ cm}$$

$$I_{3n} = 596827 \text{ cm}^4, y_{3n} = 60.12 \text{ cm}$$

여기서 I_n, I_{3n} 은 N=1 및 3 일 때 단면 2차 모멘트이다.

부모멘트단면에서 비합성 합성단면 압축부 강재높이 $D_{CP}=58.534 \text{ cm}$ 이다.

합성단면의 단면2차모멘트와 소성모멘트는

$$I_V = 449350.9 \text{ cm}^4, y_v = 50.24 \text{ cm}$$

$$M_{ps} = 269.5 \text{ t-m}, M_{pv} = 352.34 \text{ t-m}$$

M_{ps} 은 강재의 소성모멘트 이고
 M_{pv} 은 합성단면의 소성모멘트이다.

(1) 최대 휨모멘트

최대휨모멘트를 계산하기 위하여 사용한 하중은 1등급로서 합성전 사하중 $W_{d1} = 1.951\text{t/m}$, 합성후 사하중 $W_{d2} = 0.415 \text{ t/m}$, 활하중 횡분배계수는 DB-24인 경우 $\frac{S}{1.65}$, DL-24인 경우 $\frac{1}{2} \times (\frac{S}{1.65})$ 를 적용하여 각점의 최대휨모멘트도를 그리면 Fig. 2 와 같다.

(2) 단면검토

조밀단면의 검토는 도로교표준시방서 강교편 4.1절과 6.2절의 규정을 따랐다.

압축플랜지 폭은

$$b_f = \frac{(30-1.4)/2}{2.8} = 5.107 < \frac{545}{\sqrt{F_y}} = 9.63$$

이고 복부판 두께

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} = \frac{2 \times 58.535}{1.4} = 83.62 < \frac{5100}{\sqrt{F_y}} = 90.15$$

따라서 조밀단면이다.

(3) 비탄성 회전각 검토

과재하중에 의한 내측지점에서 비탄성회전각의 발생여부를 합성전 사하중모멘트와 합성후사하중모멘트에 의하여 검토 하여보면

$$\text{합성전 } \frac{M_{D1}}{M_{ps}} = \frac{104.78}{269.5} = 0.386 < 0.60$$

이므로 합성전 사하중에 의해서는 비합성단면에서는 비탄성회전각이 발생하지 않는다.

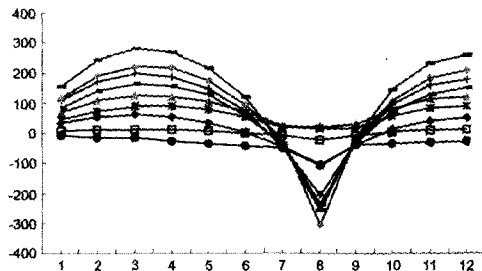


Fig. 2. Moment Envelope

$$\text{합성후 } \frac{M_D}{M_{PN}} = \frac{127.06}{352} = 0.36 > 0.17$$

이므로 합성후 사하중 모멘트에 의하여 합성단면에서는 비탄성회전각이 발생한다.

합성후 과재하중에 의한 모멘트 (M_{OL})는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} M_{OL} &= M_{D1} + M_{D2} + \frac{5}{3} M_{L+1} \\ &= 104.78 + 22.28 + \frac{5}{3} \times 108.75 \\ &= 308.31 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{OL}}{M_{PL}} = \frac{308.31}{352.34} = 0.875 > 0.17$$

합성후 과재하중에 의해서 비탄성회전각이 발생한다. 과재하중이 재하 될 경우 강재단면의 응력은

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{M_{OL}}{I_y} \times y_v = \frac{308.31 \times 10^5}{449350.9} \times 50.24 \\ &= 3451 (\text{kg/cm}^2) > 3000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

따라서 과재하중에 의해 강재에 국부항복이 발생한다.

(4) 내측지점에서 자유회전각 계산

내측지점에서 과재하중에 의해 부모멘트와 동일한 모멘트를 일으킬 수 있는 등가 등분포하중은 3 연모멘트 방법에 의하여 다음과 같다(Fig. 3).

$$\begin{aligned} w &= 4 \times \frac{3N+2}{L^2(1+N^3)} \times M_L \\ &= 4 \times \frac{3 \times 1.2+2}{21^2(1+1.2^3)} \times 308.31 \\ &= 57.40 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Fig. 3에서 등가등분포하중에 의해 외측경간에서 모멘트가 0이 되는 위치는 15.88m 이고 이 지점까지는 합성단면이므로 모멘트면적법에 의하여 회전각을 구하면 0.01555rad이다. 내측경간에서 모멘트가 0이 되는 위치는 5.435 m 이고 이 지점까지는 비합성단면이므로 모멘트면적법에 의하여 회전각을 구하면 0.02669 rad 이다. 총회전각 (θ_c)은 내,외경간의 회전각의 합으로서 0.04224 rad 이다.

②점은 내측지점에서 합성후의 사하중에 의한 모멘트와 그 단면의 소성모멘트의 비가 실험곡선

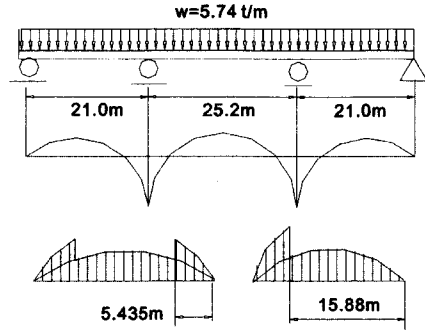


Fig. 3. Plastic Rotation at interior supports

(5) 자생모멘트 계산

자생모멘트는 Schilling이 제안한 합성단면에 대한 모멘트-소성회전각관계의 실험곡선(Fig. 4)을 이용하여 구한다.

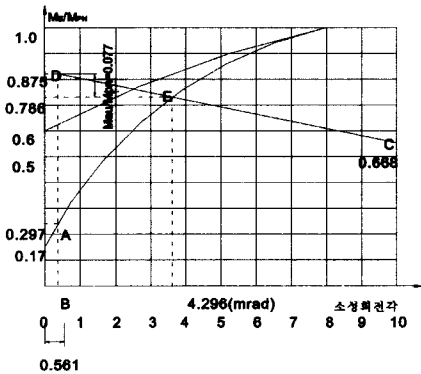


Fig. 4. Auto Moment Computation

$M2(\theta_p)$ 와 만나는 점으로서 소성회전각이 발생하기 시작하는 점이다. ②점은 ①점의 횡좌표이다. ③점은 탄성거동을 나타내는 식으로서 $M3(\theta_p)$ 에서 $\theta_p = 10 \text{ mrad}$ 때의 $M3(\theta_p)$ 값이다.

$M3(\theta_p)$ 식은 내측지점의 총회전각과(0.04224 rad) 과 $\frac{M_{OL}}{M_{PV}} = 0.875$ 을 직선으로 연결하여 얻은 식이다. 따라서 자생모멘트는 D점의 종좌표 값과 두 식의 교점의 종좌표 값의 차에 소성모멘트를 곱하여 구한다.

$$\begin{aligned} M_{\text{auto}} &= (0.863 - 0.786) \times M_{PV} \\ &= 0.077 \times 352.3442 = 27 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

이 자생모멘트는 한쪽 교각만의 소성회전각 때문에 발생한 것이며 3경간연속교에서는 다른쪽 교각의 소성변형에도 영향을 주므로 3연모멘트법을 이용하여 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$M_i = -\frac{M_{au} \cdot N}{2(N+1)}$$

$$= -\frac{27 \times 1.2}{2(1.2+1)} = -7.36 \text{ t} \cdot \text{m}$$

대칭인 3경간 연속보에서 한 내측지점에서 발생한 자생모멘트는 다른 내측지점에 영향을 주므로 중첩의 원리를 이용하여 내측지점에 대한 전체 자생모멘트는 다음과 같다(Fig. 5).

$$M_{au} = M_{au0} - M_i = 19.64 \text{ t} \cdot \text{m}$$

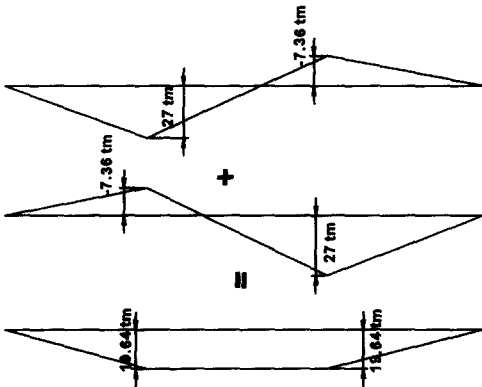


Fig. 5. Redistribution of Auto Moment

지점에서 발생한 자생모멘트는 경간지역에서는 탄성적으로 비례한다. 경간지역에서 최대 정의 모멘트 위치는 $\frac{3}{8}L$ 이라면 비례식에 의하여 이 위치에서의 자생모멘트는 $M_{au} = 7.364 \text{ t} \cdot \text{m}$ 이다(Fig. 6).

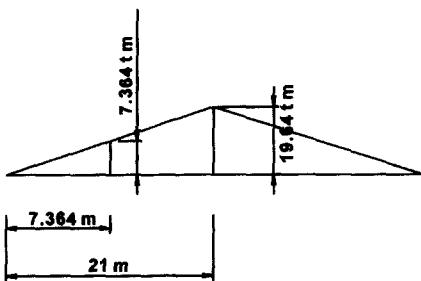


Fig. 6. Auto Moment in Span

자생모멘트는 응력 계산시 탄성계수비 n 은 $3n$ 을 사용하여 응력을 계산한다.

(6) 과재하중에 의한 응력 검토

강도설계법에서 과재하중에 대한 응력검토는 부모멘트 단면에서 응력을 제한하지 않으나 정모멘트 지역에서는 최대응력이 비합성시에는 항복응력의 95% 보다 작도록 제한하고 있다. 정모멘트 지역에서 최대응력이 발생하는 하부플랜지단에서 응력을 검토하면 다음과 같다.

합성전 사하중 응력 824.65 kg/cm^2
 합성후 사하중 응력 131.85 kg/cm^2
 합성후 과재하중 응력 1874.80 kg/cm^2
 자생모멘트에 의한 응력 197.83 kg/cm^2
 계 3029.13 kg/cm^2 이다.

이 값은 한계상태 규준인 $0.95F_y$ 값인 3040 kg/cm^2 보다 적으므로 한계상태 규준을 만족한다

5. 결론

강재는 항복에 도달하여도 영구변형이 발생하면서 진응력은 증가된다. 강교에서 연속교는 내측지점이 제일 먼저 항복에 도달한다. 강교에서 조밀단면인 경우는 국부적인 좌굴이 발생하지 않고 소성모멘트에 도달한다. 내측지점에 소성모멘트가 발생하더라도 경간단면에 소성모멘트가 발생하기까지는 소성회전은 한다.

본 연구는 과재하중 작용시 모멘트-소성회전실험곡선을 적용하여 발생하는 자생모멘트를 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) LFD방법에서는 막연히 내측지점에서 탄성모멘트의 10%를 감소시켜주지만 모멘트-실험곡선을 이용하여 자생모멘트를 구하였기 때문에 실제거동에 해당되는 설계를 할 수 있다.
- 2) 현존교량의 평가시에 잔류응력을 고려하여 평가하면 실제거동에 부합되는 결과를 나타내므로 평가결과가 좋게 나타날 것이다.
- 3) 소성변형을 고려한 회전관계를 실험곡선에 의하여 결정하기 보다는 컴퓨터모델링을 통하여야만 실용적인 설계가 이루어 질 것이다.

참고문헌

- 1) AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges, 15th, 1992.
- 2) 건설부, 도로교표준시방서. 1996.
- 3) AASHTO, "Guide Specification for ALFD Procedures for Steel Beam Bridges Using Braced Compact Section," Washington, D.C. 1986.
- 4) Haaizer,g.,Carskaddan,P.S., Suggested Autostress Procedures for LFD of Steel Beam Bridges, AISI Project 188 April 1987.
- 5) Schilling, C.G., Exploratory Autostress Girder Designs, AISI Project 188,
- 6) Schilling, C.G., An Unified Autostress Method, AISI Project 51, Washington, D.C, Nov 1989.
- 7) Hourigan, E.V and Holt, R.C., "Design of a Rolled Beam Bridge by New AASHTO Guide Specification for Compact Briced Sections," AISI, 1987.
- 8) Grubb, M.A., "The AASHTO Guide Specification for ALFD Procedure for Steel Beam Bridges," AISI., 1987.
- 9) Baker, M.G., "Inelastic Design of Steel Girder Bridge," AISC., 1995.
- 10) 정경희, "내측지점 및 경간내의 소성변형을 고려한 3경간 연속 합성판형교의 강도해석," 박사학위논문, 홍익대학교 대학원, 1996.
- 11) 김진성, "통합자생응력법에 의한 연속합성판형교의 해석," 한국강구조학회, 1996.