

I-A 38

I形断面桁の塑性回転容量の予測に関する実験的研究

立命館大学大学院 学生会員 野阪 克義
 富士車輛 正会員 小室 吉秀
 富士車輛 正会員 上平 哲
 立命館大学理工学部 正会員 伊藤 満

1.はじめに

AASHTOの代替荷重係数設計法¹⁾（オートストレス設計法）は、最大設計荷重時において中間支点上断面は、最大正モーメントを受ける断面が全塑性モーメント M_p に達するまで十分な塑性回転容量をもつことを要求している。もし設計された断面の曲げモーメント－塑性回転角曲線の履歴が予め把握されていると、最大設計荷重時のはりの回転角と、その曲線から直接求められる回転容量とを比較することにより、最大設計荷重時の設計に対する安全性がより明確なものとなる。

本研究は、オートストレス設計法を用いた最小重量設計を行い、その中から実際の設計に用いられる断面寸法を導き出し、これらの断面を有する試験桁の静的曲げ試験を行った。そして、実験結果に基づきオートストレス設計断面にとって実用的な曲げモーメント－塑性回転角曲線を作成することを目的としたものである。

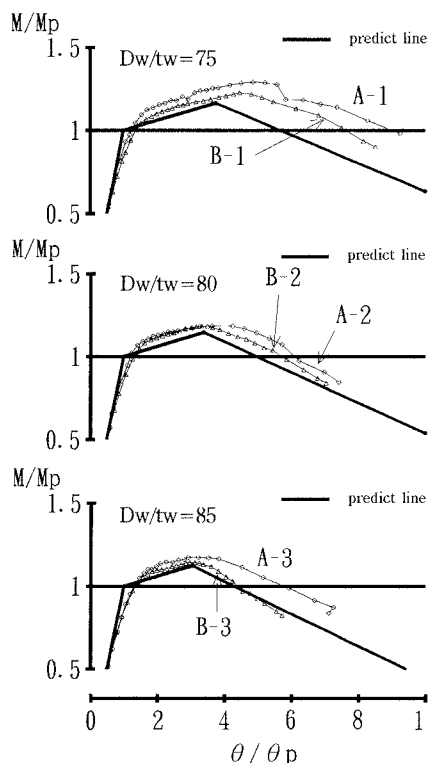
2.予測曲線と実験結果

最小重量オートストレス設計を行った場合²⁾、連続ばりの中間支点上圧縮フランジの幅厚比 bfc/tfc はほぼ12から14の間になる。また、腹板の幅厚比 Dw/tw を一定とした場合、これくらいの bfc/tfc の範囲内では、曲げモーメント－回転角曲線の履歴にそれほど差を生じないと推測される。したがって、実験結果²⁾に基づいて曲げモーメント－回転角曲線の实用曲線を作成するに当たり、パラメーターはウェブ幅厚比 (Dw/tw) のみにとどめた。予測曲げモーメント－回転角曲線を3つの直線（弾性域、ひずみ硬化域、ひずみ軟化域）で仮定し、各々の直線の式を以下のように提案する。

$$\begin{cases} \frac{M}{M_p} = \frac{\theta}{\theta_p} & \left(0 \leq \frac{\theta}{\theta_p} \leq 1 \right) \\ \frac{M}{M_p} = k_1 \left(\frac{\theta}{\theta_p} - 1 \right) + 1 & \left(1 < \frac{\theta}{\theta_p} \leq n \right) \\ \frac{M}{M_p} = -k_2 \left(\frac{\theta}{\theta_p} - n \right) + k_1(n-1) + 1 & \left(n < \frac{\theta}{\theta_p} \right) \end{cases}$$

上式において、 $k_1=0.06$ 、 $n=-0.07 \times (Dw/tw) + 9$ 、 $k_2=8 \times 10^{-6} \times (Dw/tw)^2 + 0.04$ である。 k_1, k_2 はそれぞれひずみ硬化域、ひずみ軟化域における曲げモーメント－回転角曲線の傾きを表しており、 n は予測曲線における最大荷重時の θ/θ_p の値である。

図-1は、上式から求まる予測曲線を実験結果と比較したものである。図-2は有効塑性モーメント M_{pe} 時における回転容量 (R_{pe}) を、縦軸に実験値、横軸に予測値をとり、比較したものである。図中の直線は予測値＝実験値を表す直線であり、今回の予測値はほとんどの供試体について、この直線より上側に位置しており、今回提案した予測曲線から求まる予測値はおおよそ安全側となっていることが分かる。

図-1 $M/M_p - \theta/\theta_p$ 曲線

3. 予測回転容量のオートストレス設計法への適用

連続ばりのオートストレス設計において、最大設計荷重に対する設計条件として、

- ・最初のヒンジは中間支点上で形成される。
- ・最大設計荷重に達するまで、荷重が最大正曲げモーメント断面に再分配されるように支点上の塑性ヒンジが十分な回転容量をもつこと。
- ・最大設計荷重時に、最大正モーメント断面は塑性モーメントに達していない。

などが要求されている。設計計算においては、最大負モーメント(中間支点部)が有効塑性モーメント(M_{pe})以上

であり、最大正モーメントが M_p 以下であるか否かで、これらの条件を満足しているか照査している。この時AASHTO Guide Spec. では、はりの中間支点断面は M_{pe} までは弾性的に挙動し、それから一定のモーメント M_{pe} で非弾性回転するとしている。そのため、最大設計荷重時のはりには各々のスパンの端モーメントが M_{pe} に等しい単純ばりと考えられる。よって、最大荷重時における塑性回転容量は、この単純ばりを静力学的に計算することによって求まる。今回は、文献2)において行った二径間連続ばりの設計で得られた断面における最大設計荷重時の中間支点断面の回転角を求め、予測曲げモーメントー回転角曲線との比較を行うことにする。

設計により得られた断面 ($Dw/tw=90, bfc/tfc=12.8$) における予測曲線と、最大設計荷重時における中間支点の塑性回転角を図-3に示す。回転角は中間支点上のモーメントが M_{pe} であるとして求めている。図からもわかるように、求められた回転角は予測曲線における回転容量(R_{pe})よりも小さく断面は安全であり、中間支点上断面は十分な回転容量をもつと考えられる。このように、予測曲げモーメントー回転角曲線は実際に設計された断面の、最大設計荷重時における安全性を確認するのに用いることができると思われる。

4. あとがき

曲げモーメントー塑性回転角曲線を予測する実用式を提案し、その実用式をもとに実際の設計断面の回転容量に対する安全性を示し、予測曲線の設計への適用法について示した。

今後は、予測曲線を数値解析的に作成し、今回の提案式と比較、検討していく予定である。

<参考文献>

- 1) AASHTO: "Guide Specification for Alternate Load Factor Design Procedures for Steel Beam Bridges Using Braced Compact Sections", Washington D.C., 1986
- 2) 野阪克義, 上平哲, 山崎栄一: "実用的曲げモーメントー回転角曲線の予測に関する実験的研究", 土木学会関西支部年次学術講演会概要集, 平成8年5月
- 3) 竹内成行: "非対称断面ばりの塑性回転容量に関する実験的研究", 立命館大学大学院修士論文, 平成8年2月
- 4) 渡邊剛: "H型断面ばりの座屈後変形能に関する実験的研究", 立命館大学大学院修士論文, 平成8年2月
- 5) A.F. Lukey and P.F. Adams: "Rotation Capacity of Beams under Moment Gradient", Journal of the Structural Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 95, No. ST6, Proc. Paper 6599, June, 1969

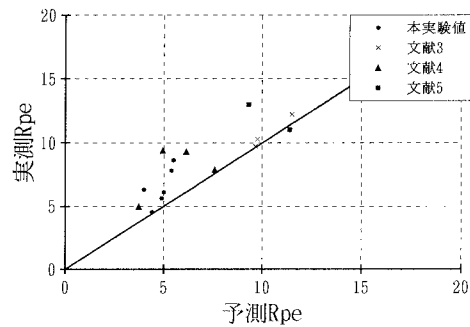


図-2 塑性回転容量

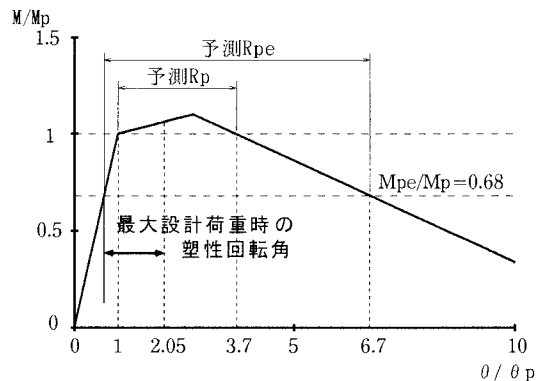


図-3 中間支点断面の塑性回転角