

第 部門

2 方向変厚腹板を有する鋼 I 桁の曲げ耐力およびせん断耐力に関する解析的検討

京都大学工学部	学生員	大塚 浩介	京都大学大学院	正会員	杉浦 邦征
京都大学大学院	正会員	橋本 国太郎	大阪市立大学大学院	正会員	山口 隆司
川鉄橋梁鉄構(株)	正会員	熊野 拓志	宇都宮大学工学部	正会員	鈴木 康夫

1. はじめに

鋼橋の合理化設計の一手法として、板厚が連続的に変化しているテーパ鋼板 (LP 鋼板) の利用^{1), 2)}があり、鋼 I 桁橋や箱桁橋の上下フランジへの適用例がある。しかし、現状では、一方向での板厚変化 (軸方向もしくは板幅方向) のみしか考慮しておらず、2 方向の板厚変化を考慮した研究報告はない。そこで本研究では、2 方向にテーパを有する腹板からなる鋼製 I 断面部材を対象として、テーパ率、幅厚比パラメータを変化させた FEM によるパラメトリック解析を行い、腹板の板厚性状が曲げおよびせん断耐力に及ぼす影響を明らかにする。

2. 解析モデル

(1) 純曲げ解析

解析モデルは図-1 に示すように、中央 2 点荷重の鋼 I 桁とし、対称性を考慮してハーフモデルとした。変厚鋼板を適用する着目パネルの板厚形状を図-2 に示す。図中の色の濃淡は板厚の大小を表している。B0 モデルは等厚板モデルであり、B1 モデルは上下フランジ部付近が厚く、ウェブ中央部が薄いモデルである。B2 モデルは下フランジ側が薄く上フランジ側が厚いモデルである。幅厚比パラメータ R を 1.16,

0.78, 0.50 および 0.37 と設定し、テーパ率 TPR を 0~0.020 の範囲で変化させパラメトリック解析を行った。使用した鋼材は SS400 とし、降伏点は SS400 材の公称値とした。初期不整については残留応力は考慮せず初期たわみは着目部のウェブには $h/250$ となる sin 波、フランジには $b/100$ となる sin 波を与えた。(h: 腹板高, b: 突出幅)

(2) 曲げ・せん断解析

解析モデルは図-3 に示すように、中央 1 点荷重の鋼 I 桁とした。着目パネルのウェブの板厚形状を図-4 に示す。BS0 モデルは等厚板モデルであり、BS1 モデルは上下フランジ部付近が薄く、ウェブ中央部が厚いモデルである。BS2~4 モデルはウェブ板の幅方向と部材軸方向の 2 方向に板厚を変化させたモデルである。BS2 モデルは鋼桁にせん断力が作用する場合、圧縮主応力が生じる対角方向を相対的に厚くしたモデルであり、BS3 モデルは引張主応力が生じる対角方向を相対的に厚くしたモデルである。BS4 モデルは両対角方向の板厚を相対的に大きくしたモデルである。幅厚比パラメータ R_w を 1.41, 0.94, 0.61 および 0.45 と設定し、テーパ率 TPR を 0~0.020 の範囲で変化させパラメトリック解析を行った。使用した鋼材、および初期不整については曲げ解析で用いたものと同様とした。

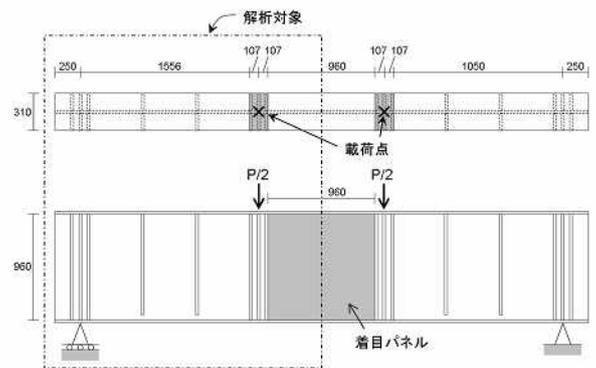


図-1 曲げ解析モデル (寸法単位; mm)

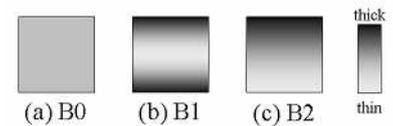


図-2 ウェブの板厚形状

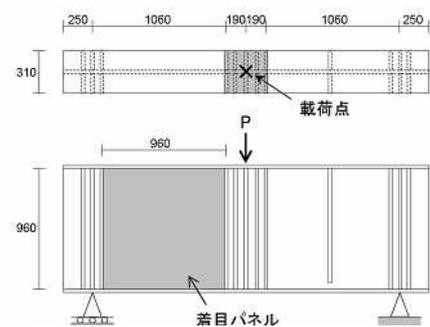


図-3 曲げ・せん断解析モデル

(寸法単位: mm)

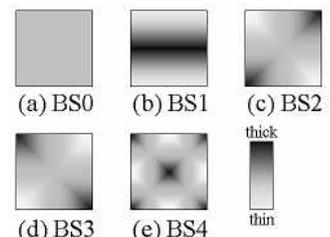


図-4 ウェブの板厚形状

3. 解析結果と考察

(1) 純曲げ解析

B1 および B2 モデルの解析ケースにおける曲げモーメント - 回転角曲線を, $R=1.16$ の場合について図-5 に示す. 図の縦軸および横軸は着目部分に作用する曲げモーメントおよび下フランジの載荷点直下の点におけるたわみ角をそれぞれ示している. B1 モデルの場合, テーパー率が大きくなるほど, 最大曲げモーメントが大きくなる傾向にある. B2 モデルにおいても, B1 と同様に曲げ耐力上昇の傾向が見られる. なお, B2 モデルは幅厚比パラメータが小さいケースでも, 耐力上昇の度合いが大きくなった. これはひずみ硬化による強度の上昇に起因するものと考えられる.

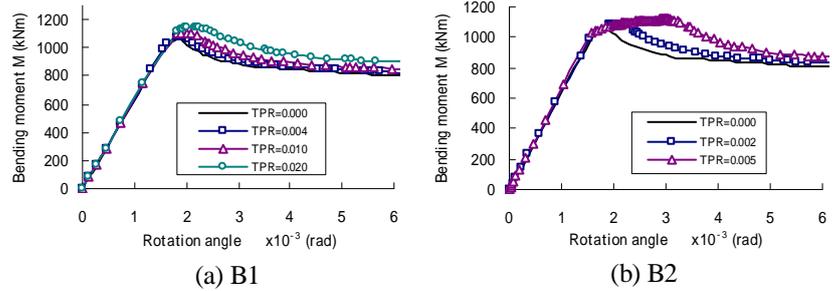


図-5 曲げモーメント - 回転角曲線 ($R=1.16$)

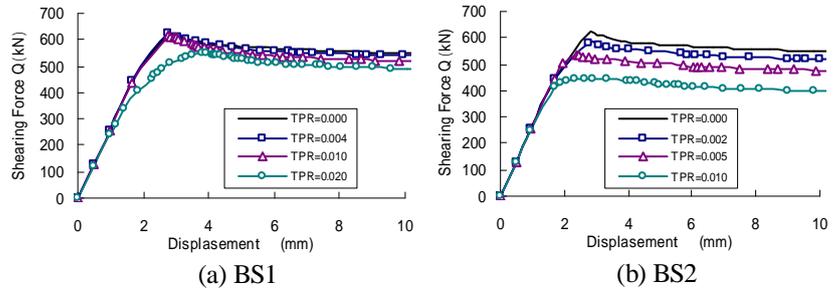


図-6 せん断力 - たわみ曲線 ($R_w=1.41$)

(2) 曲げ・せん断解析

BS1 ~ BS4 モデルの解析ケースにおけるせん断力と変位との関係を, $R_w=1.41$ の場合について図-6 に示す. 図の縦軸および横軸は着目部分に作用するせん断力および下フランジの載荷点直下におけるたわみをそれぞれ示している.

BS1 モデルの場合, 初等はり理論によるせん断応力分布形状を均一化するようなテーパー率 ($TPR=0.004$) で若干の耐力上昇が確認されたがそれ以上のテーパー率では, 耐力低下を生じた. BS2 モデルの場合, テーパー率が大きくなるほど, せん断耐力は小さくなった. また, 幅厚比パラメータが大きくなるほど, この傾向は顕著となった. 一方, BS3 モデルでは, 全ての解析ケースで等厚腹板のケースのせん断耐力を上回り, テーパー率が大きくなるほど, その傾向は顕著であった. 幅厚比パラメータ R_w で比較すると, R_w が大きく後座屈強度による耐力の上昇が期待できる場合と, R_w が小さくひずみ硬化による耐力向上が期待できる場合に, 耐力上昇の度合いが大きくなっていた. なお, BS4 モデルでは, 板厚比 $t_{min}/t_{max}=0.6$ 付近で各幅厚比のケースとも最大せん断力が大きくなっており, この板厚比付近にせん断耐力を最大にするような最適板厚が存在すると考えられる.

4. まとめ

上下フランジ付近が厚く中央部が薄い, もしくは上フランジ付近が厚い腹板形状を有する鋼 I 桁は, テーパー率が大きくなるほど, 曲げ耐力が向上することが明らかになった. また, 引張主応力が生じる対角方向を相対的に厚くした腹板形状を適用することにより, せん断耐力が大幅に向上することが明らかになった.

(参考文献)

- 1) 熊野拓志, 青木徹彦, 塚本芳正, K.A.S.SUSANTHA: テーパー鋼板 (LP 鋼板) を有する鋼製橋脚の強度と変形性能に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.794/I-72, pp.267-280, 2005.
- 2) 鈴木康夫, 山口隆司, 熊野拓志, 杉浦邦征, 渡邊英一: 板幅方向にテーパーを有する鋼製自由突出板の圧縮強度と変形能, 土木学会論文 A, Vol.62, No.3, pp.531-542, 2006.