

YP685 鋼を用いて塑性設計法を適用した合成補剛 I 桁の正曲げ実験

JFE スチール(株) 正会員 岡田 淳

1. はじめに

筆者は合成 I 桁橋をターゲットとして、AASHTO や Eurocode の適用外である、高強度鋼(YP500 鋼, YP700 鋼) + 塑性設計法の組み合わせコンセプト¹⁾を提案している。高強度鋼と塑性設計法を組み合わせることで、より大きな曲げ耐荷力を得ることができ、これにより、PC 橋に対してコスト競争力のある長支間合成 I 桁橋を実現できると考えられる。

前回の検討^{1), 2)}では、YP450 鋼である WEL-TEN590RE を用いて塑性設計法を適用した I 桁断面の曲げ実験を実施して、終局耐力および破壊モードについて確認した。そこで、本検討では、WEL-TEN590RE よりさらに高強度である JFE-HITEN780S (YP685 鋼) を用いた I 桁断面の曲げ実験を実施し、文献 1) で提示した高強度鋼(YP500 鋼, YP700 鋼) + 塑性設計法の組み合わせに対するパラメトリック解析結果と、提案した曲げ耐荷力の低減式の妥当性を検証することを目的とする。

2. 供試体および実験概要

tw6-780 供試体は、80 m + 100 m + 80 m の 3 径間連続合成 2 主 I 桁橋における中央支間中央部の断面(正曲げ部)を対象モデルとして想定した。断面諸元、断面形状、実験概要を表-1、図-1、図-2 にそれぞれ示す。供試体は、全長 6750 mm、ウェブ高 $D_w = 750$ mm、支点間隔 6000 mm、載荷点間隔 1500 mm の上床版付きの合成補剛 I 桁であり、前回実験を行った tw6 供試体²⁾と同一諸元である。1,500 mm の載荷区間(等曲げ区間)の断面を着目断面としており、その両外側の断面については、せん断座屈や横倒れ座屈が先行して生じないように、下フランジの拡幅(最大幅 380 mm)、ウェブの増厚(板厚 9 mm)を行い、比較的剛な水平・垂直補剛材(板厚 9 mm)を設置している。

表-1 tw6-780 供試体の断面諸元

供試体	下フランジ		ウェブ		上フランジ		床版		
	幅 b_{lf}	厚さ t_{lf}	幅 D_w	厚さ t_w	幅 b_{uf}	厚さ t_{uf}	幅 b_c	厚さ t_c	ハンチ厚 t_h
tw6-780設計値	180	12.0	750	6.0	150	12.0	470	100	30

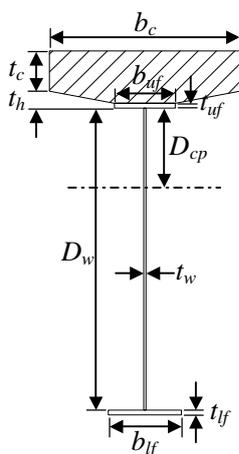


図-1 供試体中央部断面形状

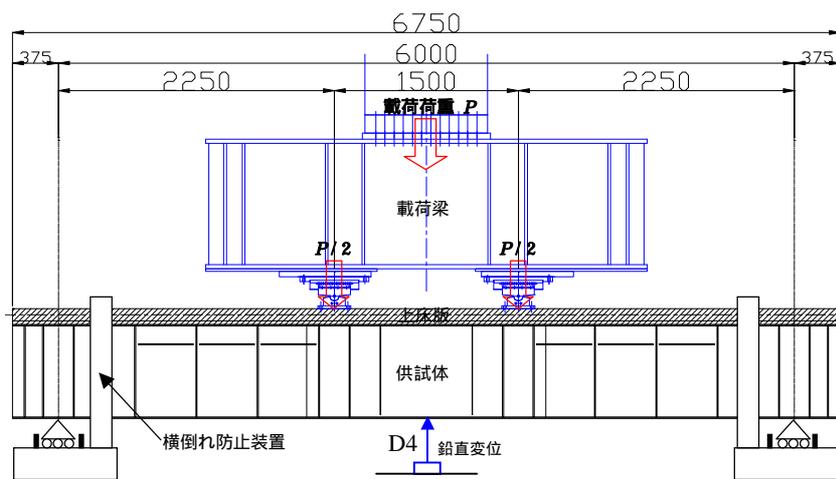


図-2 実験概要

キーワード 合成 I 桁, 塑性設計, 高強度鋼, 正曲げ

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1

鋼材に関しては、前回のtw6供試体で用いたWEL-TEN590RE(YP450鋼)よりさらに高強度なJFE-HITEN780S(YP685鋼)を用いた。JFE-HITEN780Sは、公称降伏強度 685 N/mm^2 、引張強さ $780\text{ N/mm}^2 \sim 930\text{ N/mm}^2$ であり、高強度ながら合金元素添加量を最小限に抑え、溶接性と経済性を追及した調質型高張力鋼板である。材料試験から得られたウェブおよびフランジの実降伏強度は $774\text{ N/mm}^2 \sim 793\text{ N/mm}^2$ であり、公称降伏強度 685 N/mm^2 より13%~16%高くなった。コンクリートに関しては、tw6供試体では呼び強度を 27 N/mm^2 としたが、鋼材の高強度化とバランスさせるために、呼び強度 51 N/mm^2 で配合設計を行なった。材料試験による実験日の圧縮強度は 73.2 N/mm^2 であり、呼び強度より44%高くなった。

3. 実験結果および考察

載荷荷重と支間中央部鉛直変位D4(ただし支点沈下分を補正)の関係を図-3に示す。ここで、下フランジの曲げ降伏荷重の実強度計算値 P_y は $2,020\text{ kN}$ 、全塑性耐荷力の実強度計算値 P_p は $2,560\text{ kN}$ であり、これらを図中に示している。 P_y を超えた後、載荷荷重-鉛直変位関係の勾配は徐々に小さくなり、 P_p の少し手前で、床版コンクリートの圧壊により載荷荷重が急激に低下した。最大荷重は $2,437\text{ kN}$ であり、全塑性耐荷力より5%小さい値となった($0.95P_p$)。

曲げ耐荷力と塑性中立軸位置の関係を図-4に示す。ここでは、文献1)で示した実験値、解析値、AASHTO式、Eurocode式、筆者の提案式に加え、tw6-780の実験値をプロットしている。解析値は、鋼材の降伏強度が高くなるほど、塑性中立軸位置のパラメータ D_p/D_t の増加に対する曲げ耐荷力の低減度合いが大きい結果となるが、実験値はこれと整合するものであり、WEL-TEN590RE(YP450鋼:ウェブおよびフランジの実降伏強度は $499\text{ N/mm}^2 \sim 578\text{ N/mm}^2$)を用いたtw6およびtw4.5より、さらに高強度なJFE-HITEN780S(YP685鋼:ウェブおよびフランジの実降伏強度は $774\text{ N/mm}^2 \sim 793\text{ N/mm}^2$)を用いたtw6-780では、 D_p/D_t が小さいにも関わらず、曲げ耐荷力の低減が大きいことが分かる。

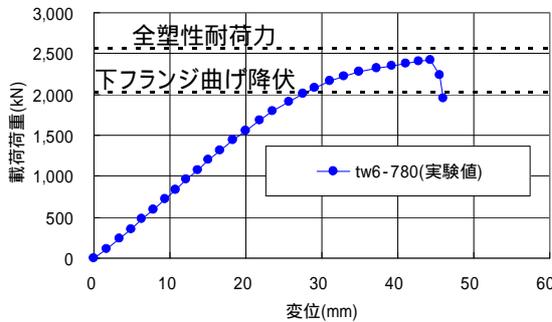
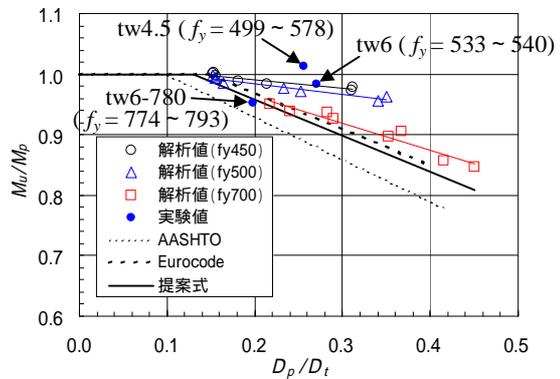


図-3 載荷荷重 - 鉛直変位関係



tw4.5, tw6, 解析値, 提案式については文献1)参照

図-4 曲げ耐荷力と塑性中立軸位置の関係

4. まとめ

実験値との比較により、高強度鋼(YP500鋼, YP700鋼) + 塑性設計法の組み合わせに対するパラメトリック解析結果が妥当であることが確認された。なお、筆者の提案式は、YP700鋼(降伏強度 700 N/mm^2)の解析結果に対して若干安全側となるように設定されているため、実降伏強度 $499\text{ N/mm}^2 \sim 578\text{ N/mm}^2$ のWEL-TEN590REを用いたtw6およびtw4.5に対しては安全側の評価、 $774\text{ N/mm}^2 \sim 793\text{ N/mm}^2$ のJFE-HITEN780Sを用いたtw6-780に対しては、少し危険側の評価になったと考えられる。

参考文献

- 岡田 淳, 加藤真志: 高強度鋼を用いて塑性化を考慮した合成I桁の曲げ耐荷力特性の評価, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.1, pp. 151-164, 2009.2.
- 岡田 淳: 塑性設計法を適用した合成補剛I桁の正曲げ実験, 土木学会第63回年次学術講演会, CS02-01, pp.49-50, 2008.9.