

座屈防止構造を適用した合成補剛 I 桁の負曲げ実験

JFE 技研 (株) 正会員 岡田 淳

1. はじめに

長支間連続合成 2 主 I 桁橋の中間支点部近傍においては、大きな負曲げが生じるため、設計上、下フランジ（圧縮フランジ）の局部座屈や桁断面の横座屈の発生により、鋼材性能を十分に活用できない場合がある。そこで、このような座屈の発生を防止し、鋼材本来の性能を有効活用するためのコンセプトを提案した。一例を図-1 に示す。本案は、中間支点部近傍の下フランジ、ウェブ、鉛直補剛材に囲まれるスペースに RC 部材などからなる座屈防止構造を設置し、下フランジと座屈防止構造を一体化させることにより、過大なフランジ厚とウェブ厚の低減、および水平補剛材の省略を図り、

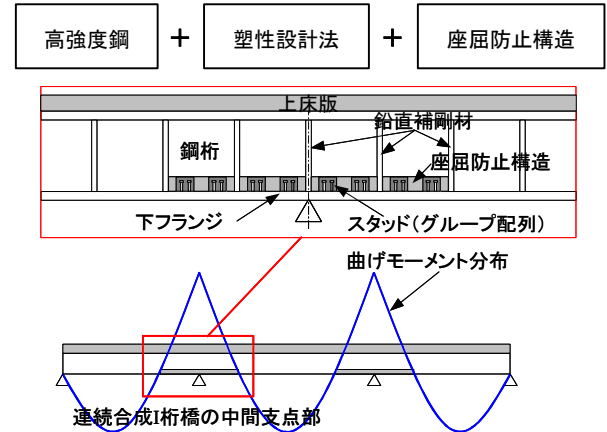


図-1 鋼材性能の有効活用コンセプト（中間支点部近傍）

さらに高強度鋼と塑性設計法の活用を考慮するものである。2004 年度～2005 年度には I 桁の負曲げ実験（Peeping Test）を行い、下フランジの座屈防止効果について確認した¹⁾。ただし、載荷位置の少し外側の下フランジの局部座屈の発生により、鋼断面のみのタイプとの違いが顕著とならなかったこと、下フランジの曲げ降伏荷重を十分に超えるレベルまで座屈防止効果を確認できなかったことが課題となった。また、普通鋼の SM400 を用いて上床版なしで実験を行っており、実機適用を考える上での検証が不十分であった。そこで今回は、高強度鋼を用い、座屈防止構造を適用した上床版付きの合成補剛 I 桁の負曲げ実験を行い、実構造により近い構造で座屈防止構造の有効性について検証することを目的とする。

2. 実験概要

実験概要を図-2 に示す。対象としたのは、中央支間 80 m～100 m 程度の 3 径間連続合成 2 主 I 桁橋における中間支点部近傍の断面である。AASHTO LRFD Interim 2005 を参考にして塑性設計を行い、断面を決定している。ただし、制約事項として、以下の点を考慮している。

- ・ウェブ高，ウェブ厚，上下のフランジ幅，上下のフランジ厚の縮尺がほぼ 1/3 となるようにした。ただし，鋼材の板厚については，入手可能なものに合わせた。
- ・鉛直補剛材については，載荷点や後述する着目区間の外側で供試体が壊れないようにするために，比較的剛なものとした。また，水平補剛材はなしとした。
- ・上床版に関しては，設計段階において D_p/D_t (D_p はコンクリート床版上面から塑性中立軸までの距離， D_t は合成断面の全高) が 0.13 程度となるように断面寸法を調整した。

負曲げ載荷を行うため，下フランジが上になるように上下を逆にして供試体を設置しており，1500 mm の載荷点間隔（等曲げ区間）を実験の着目区間としている。座屈防止構造に関しては，ここでは現場打ちの RC 部材としており，ウェブを挟んだ両側に頭付きスタッド（ $\phi 19 \times 100$ ）を介して，下フランジと一体化している。

鋼材として高強度鋼 WEL-TEN590RE を用いた。材料試験から得られた降伏強度は $513 \text{ N/mm}^2 \sim 548 \text{ N/mm}^2$ である。また，上床版および座屈防止構造に使用したコンクリートの圧縮強度は， 44.7 N/mm^2 である。

キーワード 連続合成 2 主 I 桁橋，中間支点部，座屈防止，高強度鋼，塑性設計

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1

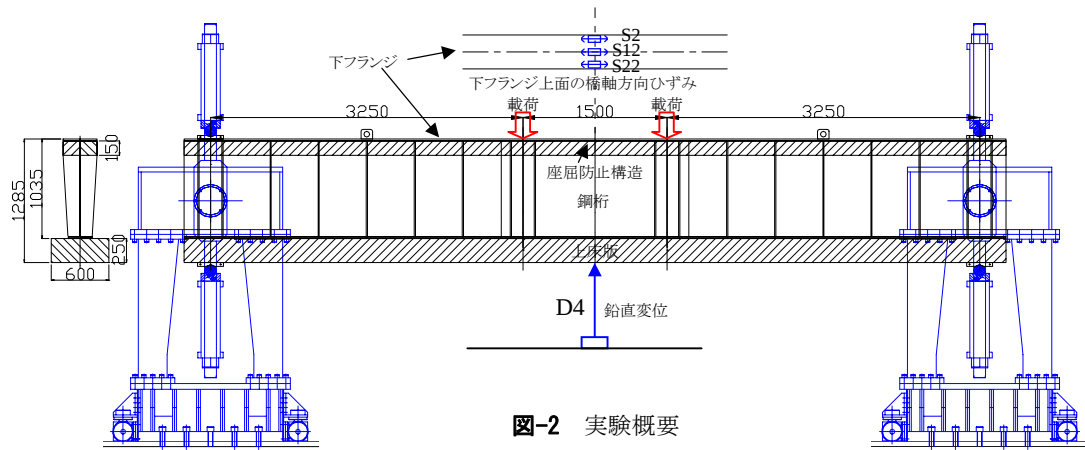


図-2 実験概要

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、上床版の鉄筋の曲げ降伏荷重の実強度計算値 P_y は1800 kN、全塑性耐荷力の実強度計算値 P_p は3210 kNであり、これらを図中に示している。載荷荷重—鉛直変位関係は、上床版の鉄筋の曲げ降伏荷重到達後わずかに勾配が小さくなるものの、ほぼ直線的に増加し、2900 kN程度から勾配が水平に近い状態になり、全塑性耐荷力 P_p を超えた3292 kNでピークとなり、座屈防止構造の破壊により緩やかに低下した。最大荷重は全塑性耐荷力の実強度計算値を上回り、載荷荷重—鉛直変位関係は、最大荷重後も安定した挙動を示していることから、鋼桁断面の塑性化が十分に進展するまで、座屈防止構造が有効に寄与したと判断できる。

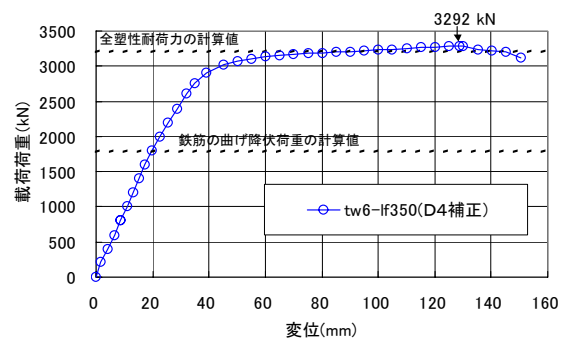
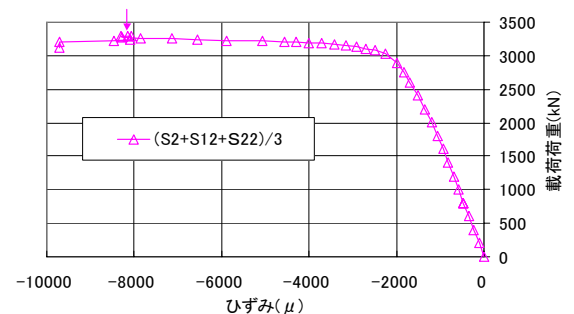


図-3 載荷荷重—鉛直変位関係

図-4 載荷荷重—橋軸方向ひずみ関係
(下フランジ上面)

載荷荷重と支間中央部における鋼桁下フランジ上面の橋軸方向ひずみを図-4に示す。ここでは、S2、S12、S22の平均値をプロットしている。また、ひずみは引張をプラス、圧縮をマイナスとして表示している。なお、実強度から計算した下フランジの降伏ひずみは -2620μ である。図-4より、下フランジ上面の載荷荷重—橋軸方向ひずみ関係は、安定的な挙動を示しており、最大荷重時におけるひずみ（矢印）は、降伏ひずみを超える -8100μ 程度となっている。この結果より、下フランジのひずみが降伏ひずみを十分に超えるレベルまで、座屈防止構造が有効に寄与することが確認された。

4. まとめ

高強度鋼を用いた上床版付きの合成補剛I桁断面に対しても、下フランジのひずみが降伏ひずみを十分に超えるレベルまで座屈防止構造が有効に寄与し、鋼桁断面の塑性化が進展することが確認された。また、パラメータを適切に設定することにより、全塑性耐荷力に到達できることも確認された。

今後の課題として、数値解析による評価、および設計手法の構築が望まれる。また、実機化に際し、コストや施工面の検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 岡田 淳：連続合成2主I桁橋中間支点部近傍の座屈防止構造，土木学会第61回年次学術講演会，I-146，pp. 291-292，2006.9.