

熱影響を受けた鋼桁の座屈耐荷力評価

首都高速道路（株） 正会員 ○中村 充
 （一財）首都高速道路技術センター 正会員 仲野 孝洋
 （一財）首都高速道路技術センター 正会員 大住 圭太

1. はじめに

近年、高架橋における火災事例が多く報告されている。落橋につながるといった大きな事故事例としては、2007年にアメリカのオークランドベイブリッジ付近の高架橋の事例、2008年に発生した首都高速5号線において熱影響を受けた主桁ウェブの大変形によって架け替えが行われた事例などがある。これらの事例は主にタンクローリーの事故に起因し、部材が大きく座屈するなど矯正困難な変形が生じたものであり、大規模な修繕が必要であった。首都高速5号線の事例では約2か月間の通行止めを余儀なくされ、交通や物流に対する社会的影響が大きかった。一方、2014年に発生した首都高速3号渋谷線の火災事例では、主桁ウェブに大変形は見られないものの道路橋示方書の部材精度に基づく板平面度 $h/250$ (h :ウェブ高) を超過していた。そのため、鋼材の機械的性質が変化していないことを確認したうえでウェブを形鋼で挟み込むことで変形矯正を兼ねた補強を行い、火災後72時間で交通開放した。なお、主桁ウェブで確認された最大はらみ変形量は首都高速5号線で66mm ($h/250=5\text{mm}$ を超過)、首都高速3号線で17mm ($h/250=9\text{mm}$ を超過) であった。

本検討は、熱影響により変形した鋼桁の補強要否を判断している平面度 $h/250$ の妥当性について小型試験体を用いて座屈耐荷力を実験的に検証したものである。

2. 小型試験体による座屈耐荷力の評価

(1) 概要と目的

主桁ウェブ変形量の違いによる座屈耐荷力の評価を行い、主桁補強を必要とする変形量を把握するために小型試験体を用いたせん断座屈試験を実施した。

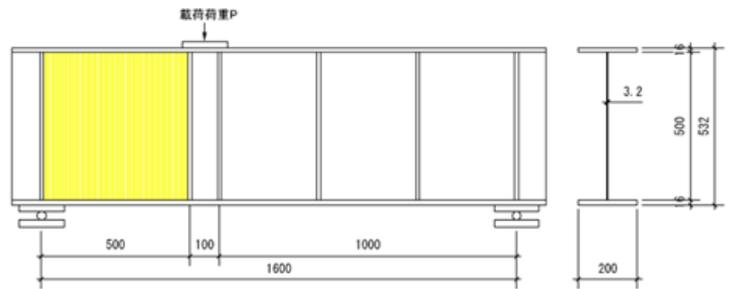


図-1 試験体の形状

(2) 実験方法

鋼 I 桁の桁端部に生じるせん断座屈に着目して高温加熱により変形した試験体がどの程度の残存耐荷力を有するのかを実験的に検証する。

試験体は、図-1 に示すとおりウェブ高 500mm、ウェブ厚 3.2mm、アスペクト比 1.0 の鋼 I 桁とした。鋼種は SM400 (降伏強度 245N/mm²)、この場合の座屈係数は 9.34、座屈パラメーターは 1.43 である。常温の弾性せん断座屈強度は 69N/mm² となり、弾性せん断荷重 169kN、Basler 式による座屈荷重を考慮した最大せん断荷重は 393kN である。表-1 に小型試験の条件を示す。载荷試験の準備として鋼材の機械的性質に影響のない

表-1 試験ケース

ケース名	加熱条件	载荷試験条件	備考
健全	非加熱	破壊	健全時の座屈耐力の把握
加熱-h/250	加熱 (600℃)	加熱 (変形) → 常温 (破壊)	残存耐力の把握
加熱-h/50	加熱 (600℃)	加熱 (変形) → 常温 (破壊)	〃



図-2 加熱状況

キーワード 火災, 部材平面度, 座屈耐荷力

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3 首都高速道路株式会社 TEL 03-3264-8624

600℃程度にて主桁ウェブ全面をガスバーナーにより加熱し、平面度 h/250 (2mm), h/50 (10mm) の残留変形を与えた。上限 600℃程度によるガスバーナーの燃焼時間、試験体との距離などを複数の試験体で事前検証し、所定の残留変形量を与えることが可能となった。

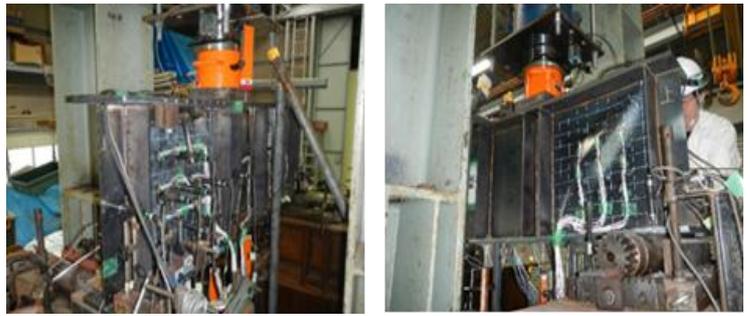


図-4 実験状況

(3) 実験結果

図-5 に示すとおり、健全と平面度 h/250 はほぼ同様な傾向を示しているが、平面度 h/50 は鉛直変位の増加が早く始まっており異なる傾向にある。ただし、最大荷重に有意な差はない。また、図-6 に示すウェブの変位とひずみのグラフから健全は約 250kN で面外変形と考えられる著しい応力変化が見られる。一方、平面度 h/50 は約 180 kN で座屈が生じたと考えられ、弾性座屈強度は 3 割程度の低下が見られた。

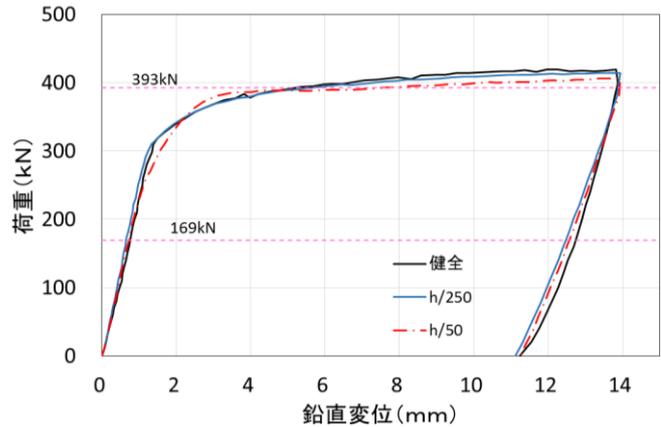


図-5 荷重と鉛直変位の関係

3. FEM による座屈耐荷力の評価

小型試験結果の諸条件と整合させた FEM 解析を実施した。解析は弾塑性有限変位解析とし、解析プログラムは MidasNFX2014 を使用した。その結果、平面度 h/100 以下であれば健全なものと同等の耐力を有することを確認した。また、参考に解析した平面度 h/20 は弾性座屈耐力が大きく低下する傾向が見られた。

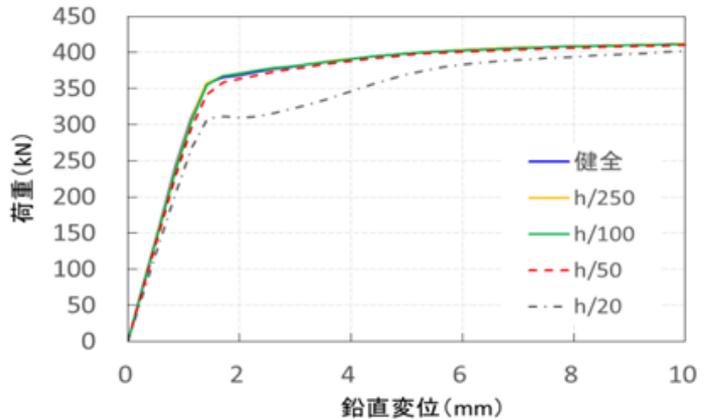


図-7 FEM 解析結果

4. まとめ

本検討により主桁ウェブは平面度 h/100 以下であれば座屈耐荷力は低下することなく、健全な部材と同様に使用できることが確認された。

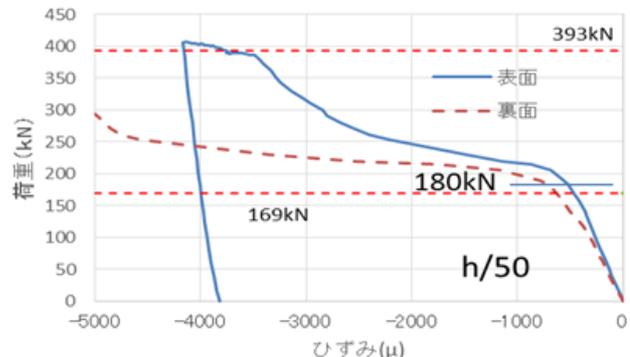
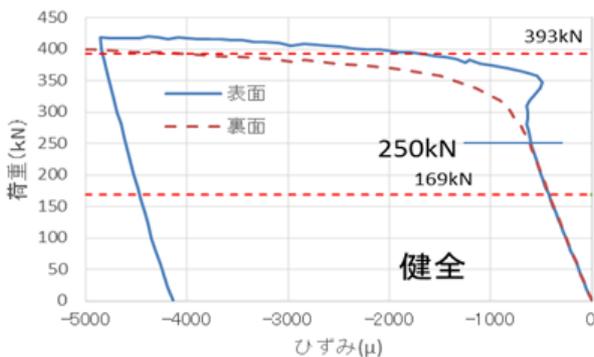


図-6 荷重とひずみの関係

参考文献

望月ら：プレートガーター橋主桁腹板の初期たわみが座屈耐荷力に及ぼす影響 構造工学論文集, Vol. 45A(1999年3月)