

鋼橋上部工に用いられる H 形断面部材の圧縮強度に関する載荷試験による一検討

東京都立大学 正会員 岸 祐介
 長岡工業高等専門学校 正会員 宮寄 靖大
 東京都立大学大学院 学生会員 ○片山 智貴

1. はじめに

わが国の鋼橋上部工では、圧縮と引張の作用を分けて考えることが基本となるため、引張の作用を基本に考える部材では圧縮部材に使用されないような幅厚比の大きい断面が採用されてきた実績がある。一方、近年は上部工に対して地震動のような外力による交番作用が部材に影響を及ぼす事象についても関心が高まっており、一般的には引張部材として製作される H 形断面に関しても座屈損傷の発生が懸念されている。そこで、本検討では鋼橋上部工に用いられる鋼部材のうち、トラス橋やアーチ橋の主構部材に代表される H 形断面（開断面）部材の圧縮強度の把握を目的として、載荷試験を実施するとともに現行基準との比較・検討を行った。また、本検討では、平成 29 年に改定された道路橋示方書¹⁾（以降、道示と記す）に新たに記載された鋼材である SBHS500 と、従来鋼である SM400 についての比較も行った。

表-1 試験体諸元

	SBHS500	SM400
降伏強度 $[N/mm^2]$	559.0	291.0
弾性係数 $[N/mm^2]$	2.0×10^5	2.0×10^5
ポアソン比	0.29	0.29
フランジ幅(全幅) B_f [mm]	180.0	245.0
フランジ厚 t_f [mm]	9.0	9.0
ウェブ高 B_w [mm]	260.0	360.0
ウェブ厚 t_w [mm]	9.0	9.0
断面積 A $[mm^2]$	5,580.0	7,650.0
断面 2 次モーメント I_y $[\times 10^3 mm^4]$	71,816	185,139
断面 2 次モーメント I_z $[\times 10^3 mm^4]$	8,764	22,081
試験体長さ [mm]	1,320	3,000
有効座屈長 [mm]	1,915	3,595
細長比パラメータ λ	0.81	0.81
幅厚比パラメータ R_f	0.81	0.81
幅厚比パラメータ R_w	0.81	0.81
全断面塑性荷重 P_y [kN]	3,119.2	2,226.2
部材耐力(道示) [kN]	1,605	1,148
部材耐力(鉄道標準) [kN]	1,438	1,035

2. 検討内容

試験体諸元を表-1 に示す。試験体は既設橋における断面実績を参考に、道示の基準において座屈パラメータから連成座屈が発生し得る領域となる部材寸法として製作した。なお、2 種類の鋼材で製作した試験体は、鋼種の違いによる耐荷性能の比較のため、座屈パラメータは同じ値となるように設計している。いずれも、一般的な製作精度が確保されている。表-1 には設計における参考値として、道示および鉄道構造物等設計標準²⁾（以降、鉄道標準と記す）より求まる部材耐力についても示す。載荷試験は、図-1 に示すように境界条件が両端ピン支持となるようにクロスヘッド側にユニバーサルヘッド、反力床側に球座を設置して、試験体の軸方向に圧縮力を加えた。また、載荷試験における耐荷力および試験体の破壊性状を予測するため、有限要素モデルによって対象試験体の数値解析を実施した。対象は曲面シェル要素によってモデル化し、材料特性は既往の材料試験結果から定義した。残留応力は既往の計測結果を参考に図-2 に示すように引張側で $1.0\sigma_y$ 、圧縮側で $0.2\sigma_y$ とする理想的三角形分布で定義し、初期たわみについては道示の許容値に基づき導入した。境界条件は両端ピンとし、治具による幾何学的な距離を考慮している。

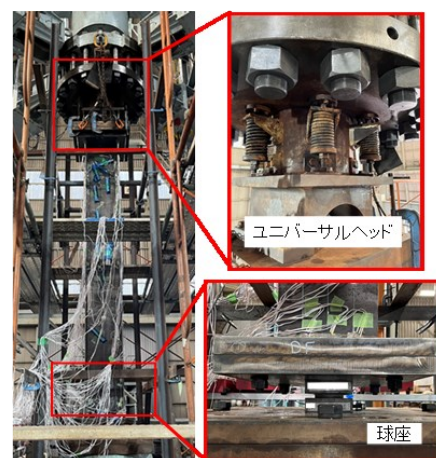


図-1 セットアップ状況

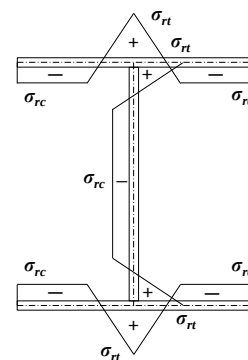


図-2 残留応力分布（解析）

3. 実験結果

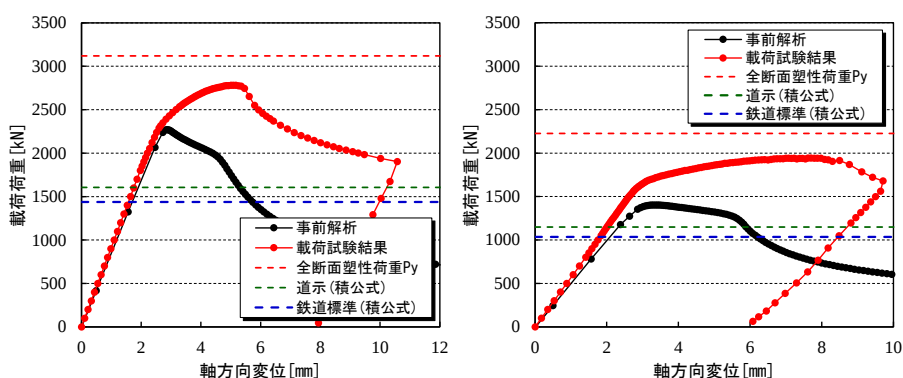
図-3 に載荷試験から得られた載荷荷重－軸方向変位の関係を示す。図-3(a)より SBHS500 試験体では、2000kN あたりまでの剛性は載荷試験結果と事前解析で近似した履歴であることが確認できる。ピーク荷重として、載荷試験では 2783kN の値を得ており、事前解析のピーク荷重である 2272kN と比較して、22.5%大きい結果となつ

キーワード SBHS500, H 形断面, 圧縮部材, 連成座屈, 載荷試験

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 都市環境学部 TEL:042-677-1111 (内 4572)

た．図-3(b)より SM400 試験体では、1200kN あたりまでの初期剛性において事前解析の結果と比較して載荷試験結果の方が剛性の大きい結果を得た．ピーク荷重については、載荷試験では 1943kN、事前解析で 1403kN となり載荷試験結果の方が 38.5% 大きい結果となった．

両試験体とも事前解析結果による推定値が安全側の結果を示したが、この一因としては初期不整の差異が影響していると考えられる．図-4 は SBHS500 の場合の事前解析結果と載荷試験結果の変形状を比較したものである．事前解析では導入した初期たわみに基づき、部材中央付近を節とする全体的な変形が生じており、載荷試験では部材中央付近での局所的な変形が大きく現れている．これらの差異については、今後、再現解析による検討を予定している．



(a) SBHS500

(b) SM400

図-3 載荷荷重一軸方向変位関係

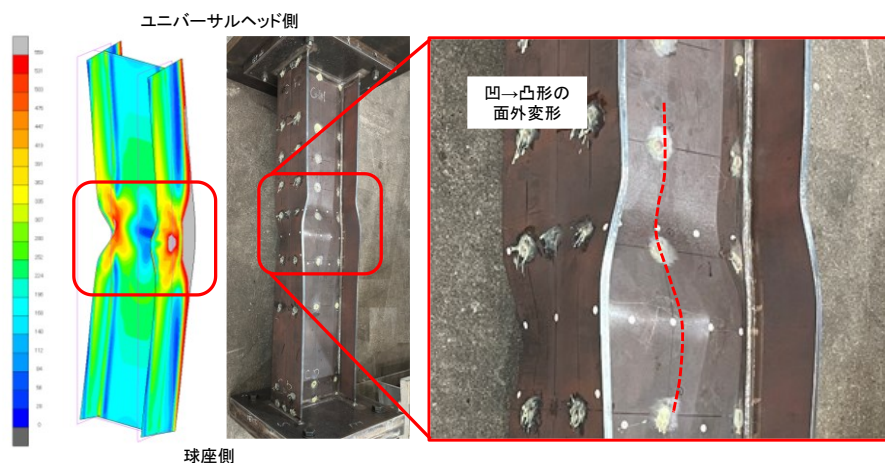


図-4 変形状の比較 (SBHS500)

図-5 は道示の軸方向圧縮強度 σ_{cu} お

よび鉄道標準の軸方向圧縮耐力 N_u をそれぞれ鋼材の特性値 σ_{yk} および有効断面と鋼材の特性値の積 $A_{nk} \cdot \sigma_{yk}$ で正規化した曲線を示しており、載荷試験結果を比較のためにプロットしている．両基準とも、部分係数を考慮しない限界強度を縦軸に、細長比パラメータを横軸に取る形で整理しており、積公式の関係から短柱領域でも 1.0 より小さい値となっている．道示の軸方向圧縮強度と比較すると、載荷試験結果は SBHS500 で 73.4%、SM400 では 69.2% 大きな値を示しており、道示基準がかなり安全側で設定されていることが確認できる．鉄道標準の軸方向圧縮耐力との比較では、載荷試験結果は SBHS500 で 93.4%、SM400 では 87.5% 大きな値を示しており、鉄道標準は道示よりもさらに安全側の評価となるように設定されている．これらの結果より、載荷試験結果と両基準との差異は、鋼種によらず同程度であることが確認された．材料特性や初期不整のばらつきによって、この差異が小さくなるケースは考えられるが、両基準とも耐荷力基準自体が大きく安全側に設定されており、合理化の余地はあるものと考えられる．

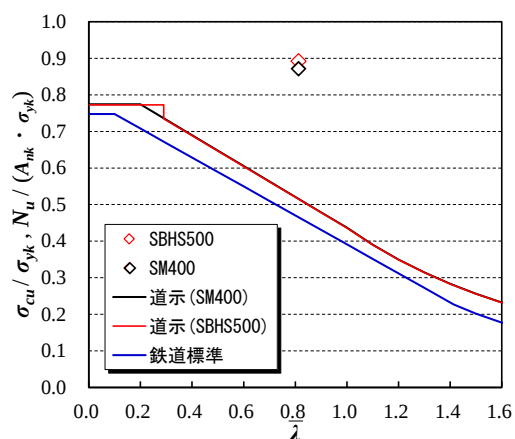


図-5 道示および鉄道標準と載荷試験結果との比較

4. まとめ

鋼橋上部工に用いられる H 形断面部材の圧縮強度について、載荷試験を実施し、現行基準との比較・検討を行った．結果として、載荷試験結果は道示および鉄道標準のそれぞれより求まる耐荷力よりも大きな値を示し、鋼種によらず道示で 70% 程度、鉄道標準で 85% 以上、設計規準は安全側に設定されていることを確認した．

謝辞：本検討は JSSC 鋼橋の構造性能と耐久性能委員会 構造性能研究部会における活動の一環として検討されたものである．また、実験実施にあたっては日本鉄鋼連盟の 2022 年度鋼構造研究支援助成による支援を受けた．記して謝意を表する．

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ 鋼橋・鋼部材編，2017．2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，2009．