

SBHS500 を用いた溶接箱形断面圧縮部材の連成座屈強度に関する実験的検討

首都大学東京	正会員	○岸 祐介	首都大学東京	フェロー会員	野上 邦榮
ものづくり大学	正会員	大垣賀津雄	(株)横河ブリッジ	正会員	水口 知樹
(株)横河ブリッジ	正会員	池末 和隆	日本ファブテック(株)	正会員	小峰 翔一
ものづくり大学	学生会員	菊地 新平	長崎大学大学院	正会員	中村 聖三
首都大学東京	正会員	村越 潤	大日本コンサルタント(株)	正会員	平山 博

1. はじめに

我が国では従来、許容応力度設計体系に基づき道路橋の設計がなされてきたが、平成 29 年の改定に伴い部分係数法による限界状態設計が道路橋示方書¹⁾(以降、道示)に導入された。圧縮部材の連成座屈に関する耐荷性能は、道示改定においても積公式により評価されている。これまで積公式による設計は実挙動との間に乖離が指摘されており、今後設計・照査における高度化・合理的化が図られる必要がある。著者らは、これまでに鋼トラス橋などに用いられる無補剛箱形断面部材を対象に、連成座屈強度について弾塑性有限要素解析によって求めた値と従来基準の比較を行ってきた。ただし、数値解析における検討では初期不整の設定などに仮定値を用いており、強度に関する推定精度向上には実験結果に基づくデータ補強が必要である。そこで本検討では、H29 道示で新たに採用された SBHS 鋼材を用いた試験体を作製し、溶接箱形断面部材の連成座屈強度について実験的な検討を行った。

2. 検討内容

試験体は既設橋の実績²⁾を参考に図-1 に示すような断面形状とした。部材寸法に関しては、道示の柱および板の基準耐荷力曲線を踏まえて①全体座屈のみ発生、②連成座屈が発生する試験体寸法として表-1 に示す値とした。SBHS500 については、板厚 6mm、8mm で圧延方向、圧延直角方向の材料試験を 5 本ずつ実施した。

表-2 に板厚ごとの平均値を示す。試験体は両端にベースプレート进行、局部座屈の発生を抑えるため端部にリブを取り付けた。

実験は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、载荷は試験体の軸方向に圧縮力を与えた。载荷速度は試験機の性能から 0.01mm/sec とした。

また、载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、材料構成則はバイリニア、初期不整は道示の許容値に基づくものとした。

3. 実験結果

図-2、図-3 に载荷試験における载荷荷重－試験体の軸方向変位の関係を示す。連成座屈試験体 (SBHS-1) の载荷実験では、3060kN まで载荷したが耐荷力のピークを得ることはできなかった。(図-2 参照) 事前に検討した数値解析では耐荷力は 3000kN であったため、実際の試験体の耐荷力の方が大き

表-1 試験体諸元

	SBHS-1	SBHS-2
フランジ幅 B_f [mm]	270	210
フランジ厚 t_f [mm]	8	8
ウェブ幅 B_w [mm]	185	145
ウェブ厚 t_w [mm]	6	6
断面積 A [mm ²]	6540	5100
試験体長さ L [mm]	2700	2100
断面 2 次モーメント I [mm ⁴]	4568×10^4	2273×10^4
細長比 L/r	31.99	29.96
細長比パラメータ λ	0.53	0.50
幅厚比 B_f'/t_f	31.25	23.75
幅厚比 B_w/t_w	30.83	24.17
幅厚比パラメータ R_f	0.86	0.65
幅厚比パラメータ R_w	0.85	0.67
全断面塑性荷重 [kN]	3632	2833
耐荷力 (積公式) [kN]	2142	2469

表-2 材料試験結果

板厚 [mm]	6	8
降伏強度 [N/mm ²]	575	546
引張強度 [N/mm ²]	630	644
弾性係数 [N/mm ²]	212,029	204,120
ポアソン比	0.28	0.27

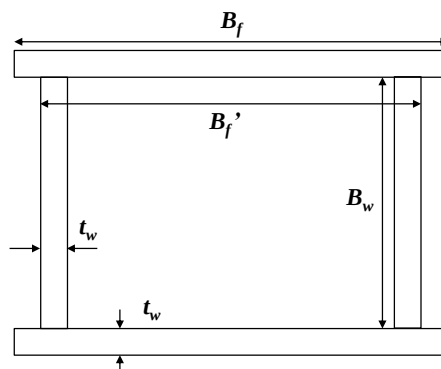


図-1 試験体断面形状

キーワード SBHS500, 連成座屈, 溶接箱形断面, 圧縮载荷試験, 有限要素解析

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

い結果となった。試験体の耐荷性能が数値計算の検討結果を上回った一因として、仮定した初期たわみの許容値より実際の初期たわみが小さかったことが考えられる。また、道示の積公式から求まる耐荷力と実験結果を比較すると、積公式による耐荷力は800kNほど低めに評価されることがわかる。全体的な荷重－変位関係の傾向として、実験結果の方がFEAの結果よりも剛性が大きくなった。

次に全体座屈試験体(SBHS-2)の実験結果に関して、耐荷力のピークに着目するとFEAの結果が2600kNであるのに対して実験結果は2845kNを記録しており、実験結果の方が9.4%大きな値を示した。この数値は表-1に示す全断面塑性荷重に相当し、この結果についても連成座屈試験体と同様に道示の積公式による評価値よりも実験値が大きくなった。一方、全体的な試験体の挙動としてはFEAと実験結果の剛性の値に大きな差異は見受けられず、2000kN 辺りまでの挙動はFEAによって精度良く推定されていると考えられる。

破壊性状に関しては、SBHS-1では耐荷力のピークを得られなかったこともあり、残留変形はほとんど確認できなかった。一方、SBHS-2に関しては、FEAと実験結果では変形性状が大きく異なっていた。図-4はFEAによって得られたピーク後の耐荷力が10%低減した時点での変形性状を示しており、柱全体の変形と、柱中央位置で局部変形が生じる結果となった。これに対し、図-5に示す実験結果の変形性状としては、試験体全体としてのたわみは確認されず、球座側のリブ近傍で局部座屈が発生していた。局部変形はフランジ面で凹形、ウェブ面が凸形となる座屈モードが現れており、全体的な曲がりとはほぼ生じずに構成板に座屈が生じる短柱に近い挙動となった。これはリブによる拘束や治具の状態などによる影響のため、有効座屈長が設計値よりも短く評価された可能性が考えられ、今後検討を進める必要がある。

4. まとめ

本検討ではSBHS500を用いて溶接箱形断面材の座屈実験を行った。連成座屈の発生を予想した試験体では正確な耐荷力を得られなかったが、道示の積公式による値以上の耐荷力を有していることを確認した。一方で、全体座屈の発生を予想した試験体の変形性状が数値計算の結果と異なり、リブや境界条件の影響について検討が必要である。

謝辞：本検討はJSSC鋼橋の強靱化・長寿命化研究委員会 合理化設計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JSSC鋼構造研究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，2017.7. 2) (独)土木研究所，鋼箱形断面圧縮部材の耐荷力に関する検討，土木研究所資料第4221号，2012.

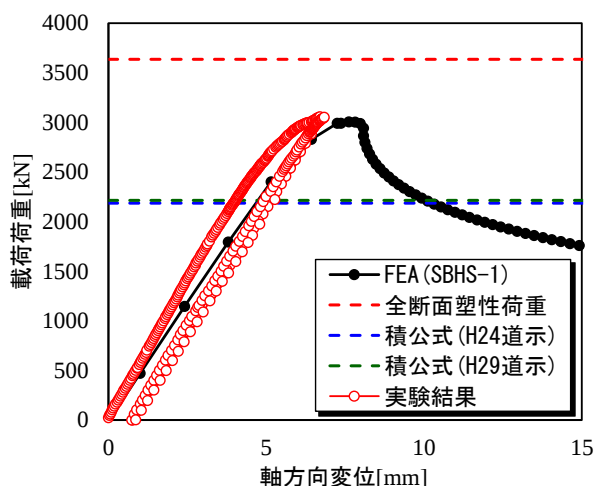


図-2 載荷荷重－軸方向変位関係 (SBHS-1)

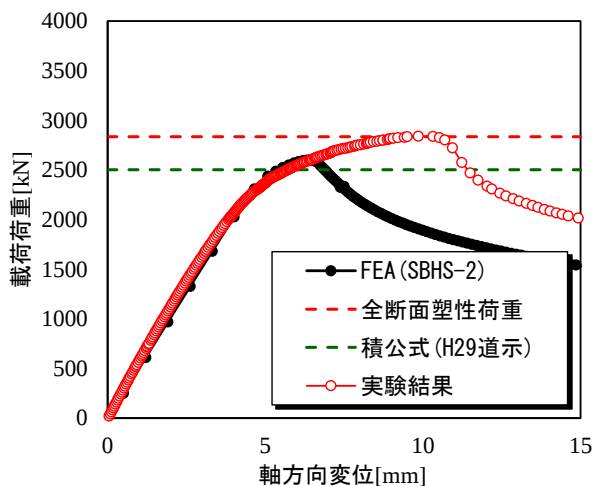


図-3 載荷荷重－軸方向変位関係 (SBHS-2)

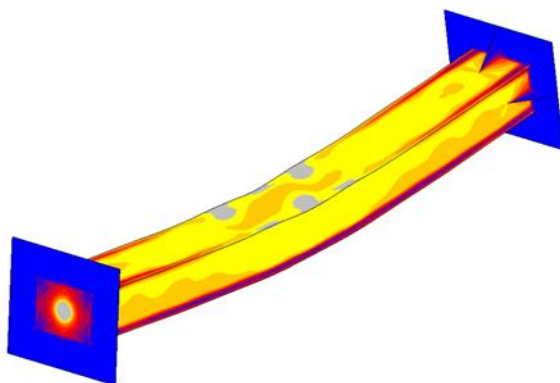


図-4 FEA 変形性状 (倍率×5, SBHS-2)



図-5 変形性状 (実験結果, SBHS-2)