

薄板鋼板を用いた H 型鋼梁の横補剛

正会員 ○ 伊藤 匠*1
同 井戸田秀樹*2
同 花井 勉*3

H 型鋼梁 横座屈 薄板鋼板
繰返し載荷 横補剛

1. 序論

吹き抜けやエレベーターシャフトに隣接する梁など、小梁や方杖による横補剛が不可能な梁にラーメン骨組としての性能を期待する場合、部分的にカバープレートを溶接するなど閉断面を付加して横座屈耐力を高める方法が一般的に用いられている。ここでは薄板鋼板を用いた H 型鋼梁の補強方法として、薄板を乾式工法によって H 型鋼梁に取り付ける簡便な横補剛方法について報告する。

2. 薄板鋼板を用いた H 型鋼梁の横補剛の実験概要

2.1 試験体計画

試験体断面図を図 1 に、試験体全体図を図 2 に示す。H 型鋼断面は H-200 × 100 × 5.5 × 8 であり、鋼種は SS400 とした。試験体長さは 1,950mm、無補剛の試験体の横座屈細長比は $\lambda_b = 0.67$ である。補剛材は板厚 1.6mm の鋼材（以下、薄板）と板厚 6mm の鋼材（以下、厚板）の 2 種類を用意した。図 1 (a) は薄板のハット型断面材をウェブにボルト接合し、閉断面を付加したものである。ボルトには摩擦接合用高力六角ボルト M12 を用いた。補剛位置は施工性を考慮して 3 分割した断面を部分的に取り付けたもの（図 2(a)）、および 1,200mm の区間を連続で補剛したもの（図 2(b)）の 2 種類を用意した。図 1 (b) は閉断面部分の形状を最大にするため、ウェブ全体を覆うように薄板を取り付けるような C 型断面の薄板を図 1(a) 同様ボルト接合したものである。薄板には高力ボルト施工用の貫通孔がある。図 1(a) と同様、材長方向の補剛は図 2(c)(d) のような 2 種類を用意した。

2.2 実験装置

実験装置は既報¹⁾で用いられているものと同じである。試験体は両端をピン支点とピン・ローラー支点で支持し、支点外側に 1m の載荷梁を延長して載荷梁先端に載荷することで均等曲げとする。

2.3 載荷方法

載荷方法は各試験体に対して 2 回繰り返し漸増載荷とした。変位振幅の基本値は全塑性モーメント M_p に対する弾性回転角 θ_p とし、両支点での面内回転角の平均値で制御した。また、繰返し載荷では上フランジが引張フランジ側となる載荷（以下、正載荷）、圧縮フランジ側となる載荷（以下、負載荷）の順に載荷した。

2.4 剛性測定概要

繰返し載荷実験に先立ち、試験体のねじり剛性および面外曲げ剛性の計測を行った。図 3、図 4 に計測装置概要を、表 1 に各試験体の剛性、および無補剛の試験体（表中、B2）の剛性に対する割合（表中、ratio）を示す。

ねじり剛性は B2-HT が高い値を示し、面外曲げ剛性は

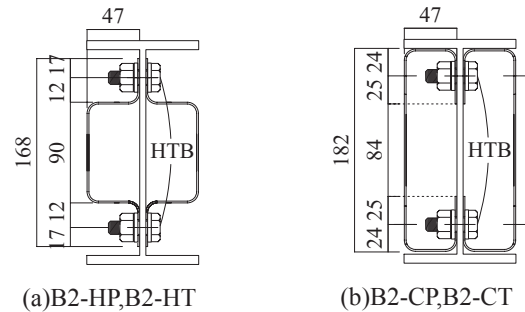


図 1 試験体断面図

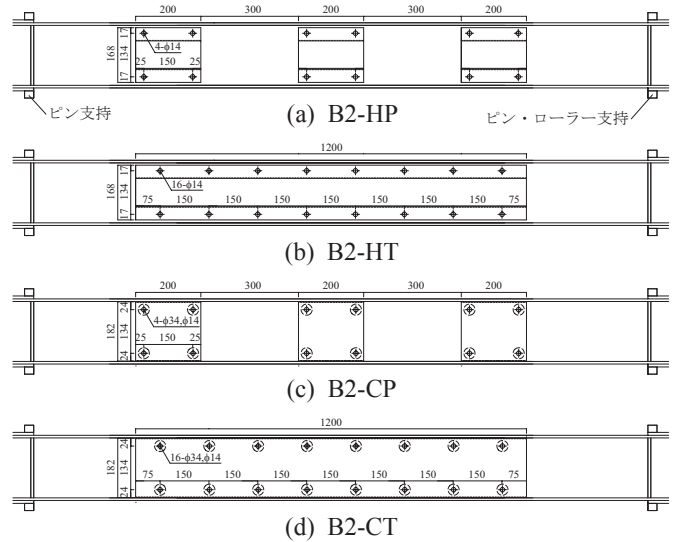


図 2 試験体全体図

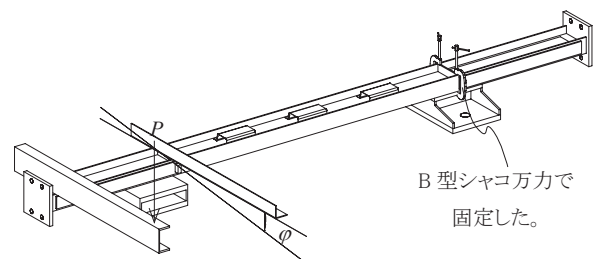


図 3 ねじり剛性計測装置概要

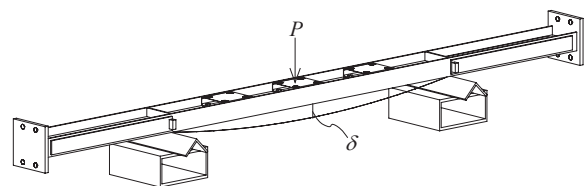


図 4 面外曲げ剛性計測装置

表1 ねじり剛性、面外曲げ剛性測定結果

試験体名	ねじり剛性 × 10 ⁹ [N・mm/rad]	ratio	面外曲げ剛性 × 10 ¹¹ [N・mm ²]	ratio
B2	3.19	—	2.25	—
B2-HP	3.33	1.04	2.64	1.17
B2-HT	7.73	2.42	3.68	1.64
B2-CP	3.28	1.03	2.60	1.16
B2-CT	5.29	1.66	4.37	1.95

B2-CT, B2-HT が高い値を示した。

3. 薄板鋼板を用いた H 型鋼梁の横補剛の実験結果

3.1 荷重変形関係

図5に全試験体の荷重変形関係を示す。縦軸は荷重モーメントを M_p で無次元化し、横軸は材端回転角 θ を θ_p で無次元化した。なお、 θ は両支点の平均値を用いた。また、各試験体の最大耐力 M_{max} およびその時の材端回転角 μ_{max} を図中に記入した。

ハット型薄板補剛の B2-H シリーズ (a)(b) を見ると、部分的に補剛した (a) は変位振幅が θ_p をやや超えたあたりで横座屈が発生し耐力が急激に低下したのに対し、連続的に補剛した (b) では降伏後も $2\theta_p$ 近くまで耐力上昇域が観察された。これら2試験体の面外変形形状を比較すると、写真1で示すように (a) の部分的な補剛では梁全体の面外不安定に伴う変形が生じているのに対し、(b) の連続的な補剛では梁端の無補剛領域のみで面外曲げ変形が生じた。これらのことは B2-C シリーズでも同様に観察された。

3.2 横座屈耐力-横座屈細長比

図6に全試験体の最大耐力と横座屈細長比 λ_b' の関係を示す。 λ_b' は表1の値を用い、両端そり拘束の境界条件を仮定して求めたみかけのサンプナンねじり剛性 $G_s J$ を、(1)式に代入して(2)式より求めた等価横座屈細長比である。

$$M_e = C_b \sqrt{\left(\frac{\pi^2}{l_{bu}^2} EI_Y \cdot G_s J \right) \left[1 + \frac{\pi^2 EI_W}{l_{bs}^2 G_s J} \right]} \quad (1)$$

$$\lambda_b' = \sqrt{\frac{M_p}{M_e}} \quad (2)$$

ここに、 λ_{bs} : サンプナンねじりに関わる支点間距離、 λ_{bu} : 曲げねじりに関わる支点間距離である。各プロットは既往の平均耐力式²⁾とよい対応を示した。

4. 結論

本論文では、薄板鋼板を用いた H 型鋼梁の横補剛について、繰返し曲げ実験を実施し、以下の知見を得た。

- 1) 板厚に関わらず、材長方向に部分的に閉断面を付加しても、梁の性能改善は期待できない。
- 2) 薄板でも材長方向に連続的な閉断面を付加すれば、横座屈細長比を半分程度まで短くすると同等な性能改善が可能である。

【参考文献】

- 1) 吉田卓矢, 井戸田秀樹, 小野徹郎: 横座屈で耐力が決まる等曲げ H 形鋼梁の繰返し荷重履歴モデルの提案, 日本建築学会大会 学術講演梗概集, pp.1109-1110, 2013.8
- 2) 井戸田秀樹, 山崎和浩: H 形鋼梁部材の平均耐力式と変動係数, 日本建築学会構造系論文集, pp.1025-1035, 2014.7

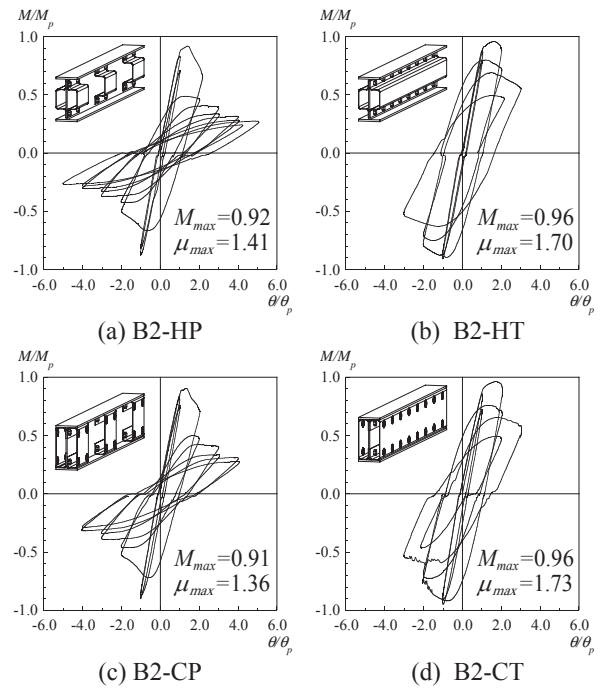
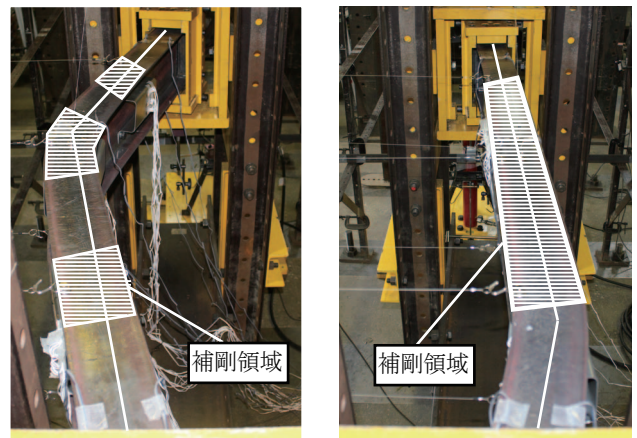


図5 荷重変形関係



(a) B2-HP (b) B2-HT

写真1 B2-Hシリーズ載荷後

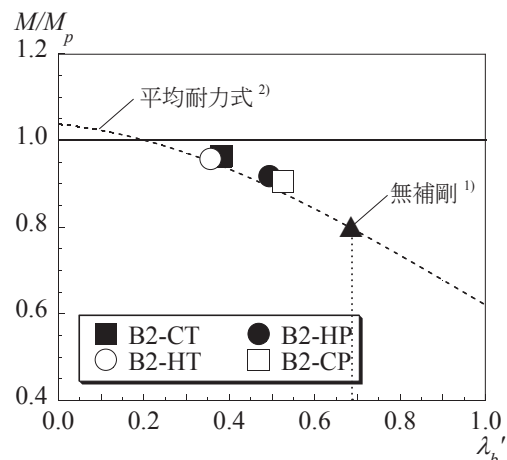


図6 横座屈耐力 - 細長比関係

*1 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 大学院生
*2 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 教授・工博
*3 株式会社エビス建築研究所 代表取締役・工博

*1 Graduate Student, Nagoya Institute of Technology
*2 Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.
*3 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.