

合成柱（鋼部材）の局部座屈に関する実験的検討

(株) 横河ブリッジ 正会員 佐野 泰如
 (株) 横河ブリッジ 正会員 佐々木 保隆
 ○(株) 横河ブリッジ 正会員 大森 邦雄

1. まえがき 合成柱とは通常の鋼製柱にコンクリートを充填し、合成断面として機能させるものである。鋼製柱と比較するとこの構造の特徴は圧縮力が支配的な柱において、コンクリートを充填することによる鋼材の局部座屈の防止、靱性や耐力の向上が挙げられる。また文献 1)では鋼断面を合成断面にすることで耐力が 2 倍程度増加したことが報告されている。また現在合成柱の設計方法は文献 2)にも規定されており、鋼断面はダイヤフラム間隔を有効座屈長とする縦リブ+母材の T 断面の両端固定柱として合成後の局部座屈による許容応力度が定義されている。これは鋼断面に着目すると、縦リブがダイヤフラム間で外側に抜け出すような座屈モードが生じると仮定しているためである。一方、近年ずれ止めとして着目されている孔あき鋼板を合成柱の縦リブとして利用することにより、縦リブが抜け出す座屈モードは生じにくくなると考えられる（図 1）。その結果、通常の合成柱と同様の断面でも鋼材の局部座屈が生じにくくなるため、ダイヤフラム間隔を広げられる可能性があり、構造の合理化、コンクリート充填性の向上、座屈後耐力の向上等のメリットが挙げられる。これらを背景に、本検討では孔あき鋼板縦リブを有する合成柱と通常の縦リブを有する合成柱の軸圧縮荷重載荷時挙動の模型実験による比較検討を目的とする。

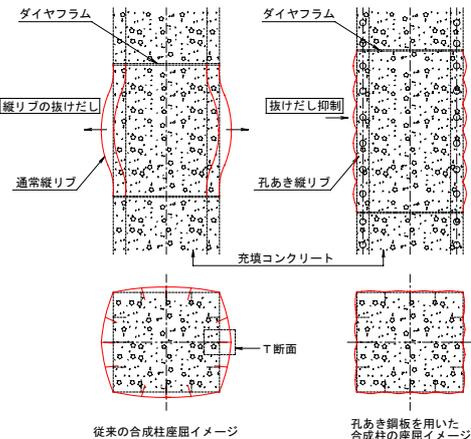


図 1 合成柱の局部座屈概念図

めとして着目されている孔あき鋼板を合成柱の縦リブとして利用することにより、縦リブが抜け出す座屈モードは生じにくくなると考えられる（図 1）。その結果、通常の合成柱と同様の断面でも鋼材の局部座屈が生じにくくなるため、ダイヤフラム間隔を広げられる可能性があり、構造の合理化、コンクリート充填性の向上、座屈後耐力の向上等のメリットが挙げられる。これらを背景に、本検討では孔あき鋼板縦リブを有する合成柱と通常の縦リブを有する合成柱の軸圧縮荷重載荷時挙動の模型実験による比較検討を目的とする。

2. 実験概要 本実験の目的は孔あき鋼板縦リブを有する合成柱の局部座屈を再現し、通常の平板リブを用いた場合と比較することにある。よって表 1 に示すように各実験供試体（SP-1～3）の縦リブ孔数をパラメータとして変化させ、12MN ジャッキにて載荷を行う。荷重載荷方法は初め 0～100kN で偏心を与えないように載荷除荷を繰り返し 3 回程度行い、ゼロ点戻りを確認した後、荷重制御にて単調増加させる。荷重変位関係の非線形性が增大したら、変位制御により荷重が減少又は試験機能力（10MN）まで単調増加させて載荷を行う。計測項目は鉛直変位、柱の長さ方向（1/4,2/4,3/4 の 3 断面）位置での面外変位及び鋼板鉛直軸方向ひずみである。試験体概要図及び写真を図 2 に、断面諸元を表 2 に示す。材料試験より、鋼材（板厚 6mm）の降伏応力度（ σ_y ）は 266.9N/mm²、コンクリートの 28 日圧縮強度（ σ_c ）は 28.6N/mm²であった。なお、充填コンクリートの施工は試験体上端から 50mm の位置で打ち止め、ビニール密封にて現場封かん養生を行い、翌日無収縮モルタルを天端まで充填する方法とした。

表 1 試験ケース

供試体名	SP-1	SP-2	SP-3
リブ形状 (mm)	70 × 6		
孔数 (個)	4	0	1
供試体高さ (mm)	2500		

表 2 試験体断面諸元

鋼断面積	A_s	155.0 cm ²
コンクリート断面積	A_c	3008.2 cm ²
T断面無次元化細長比 ²⁾	λ	0.753
無補剛板幅厚比パラメータ ²⁾	R_f	0.500

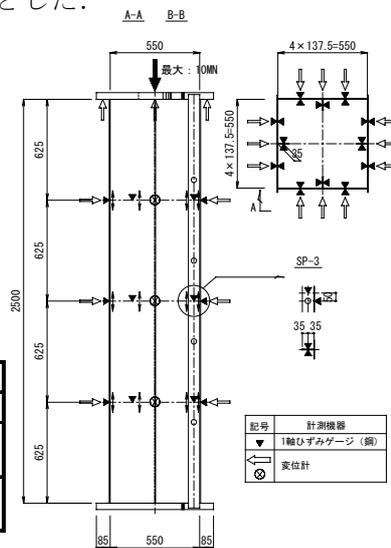


図 2 試験体概要図及び試験状況

3. 実験結果 各実験供試体とも 10MN の荷重載荷で最大耐力には至らなかった. SP-1～SP-3 の荷重変位曲線を図 3 に示す. これより 8MN を超えたあたりで非線形性が現れ, 最大変位で 3.5mm ($\delta/H=0.0014$) となり, 除荷後の残留変位は 0.25mm～0.5mm 程度と分かる. 鋼材の局部座屈に関して, 縦リブが全体的に抜け出すような挙動は, 3 体とも目視では判別不能であった. 各供試体の鋼材の平均ひずみと荷重の関係を図 4 に示す. 図 4 には式(1)に示す縦リブ+母材の T 断面の局部座屈荷重 (材料強度は材料試験結果を用いた) を同時に示す. ここで, σ_{cal} :鋼材の T 断面柱としての座屈応力度, A_S :鋼断面積, A_C :コンクリート断面積, n :鋼とコンクリートのヤング係数比 (=10) である.

$$P_{scr} = \sigma_{cal} (A_S + A_C/n) \quad (1)$$

4. 結果の考察 図 3 の荷重変位曲線より大きな差はないものの縦リブの孔数が多いほど, 最大変位, 残留変位共に小さく鋼とコンクリートの合成効果が向上していることが分かる. これは図 4 の平均ひずみでは縦リブの孔数が多い SP-1 (縦リブ孔数:4) の方が SP-3 (縦リブ孔数:1) より鋼材ひずみが大きくなっており, 鋼材に均等に力が伝達されていることから分かる. また鋼材ひずみから SP-2 (縦リブ孔数:0) は設計計算値付近で局部座屈が生じたことが推定されるが, 急激な支持力低下には至っていない. 局部座屈は SP-2 の中央断面 (4 面) の荷重ひずみ曲線 (図 5) より, 東西断面で鋼板表裏の片側ひずみに逆方向への変化が生じているので, この面で座屈が先行していると考えられる. このことから, 支持力が急激に低下しないのは, 鋼材が局部座屈した後も充填コンクリート断面で抵抗するためと考えられる.

孔あき鋼板リブを有する合成柱 (SP-1,3) でも局所的には同様の傾向を示したが, SP-2 の中央断面ほど顕著ではなかった. これは, 孔あき鋼板がジベルとして縦リブが面外方向に支持されているため, 局部座屈が生じにくい境界条件となっていたためと考えられる.

今回の実験では, 終局耐力までは荷重できなかったが, コンクリートとの合成効果, 鋼材の面外変形が増大したときに孔あき鋼板がジベルとして変形を抑えることを考慮すると, 通常の縦リブを用いる場合と比べ, 終局耐力が大きくなると推定される.

5. まとめ 本検討において得られた知見を以下に挙げる.

- ・ 孔あき鋼板縦リブを用いることで, 鋼とコンクリートの合成効果が向上し, 鋼板外側への変形を抑制する.
- ・ 孔あき鋼板縦リブを用いることで, 通常の平リブと比べ局部座屈挙動は低減されるが, 設計で想定しているような縦リブが抜け出すような局部座屈挙動は目視では確認できなかった.

【参考文献】 1) 中井 博, 吉川 紀, 中村 一平, 袴田 文雄, 寺田 博昌: 合成柱 (充てん方式) の圧縮・曲げ耐力および付着力に関する基礎実験, 橋梁と基礎, pp.19～27, 1985 年 6 月, 2) 土木学会: 鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物 (平成 9 年度版)

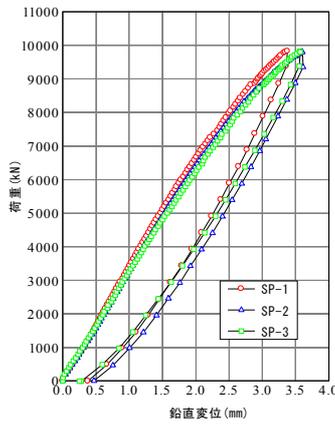


図 3 荷重変位曲線

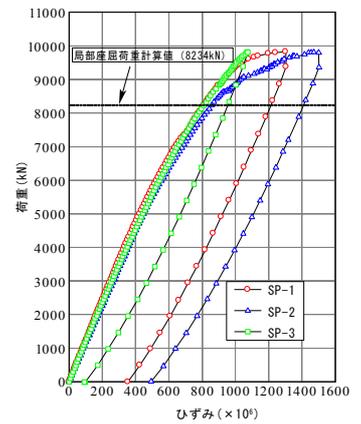


図 4 荷重ひずみ曲線

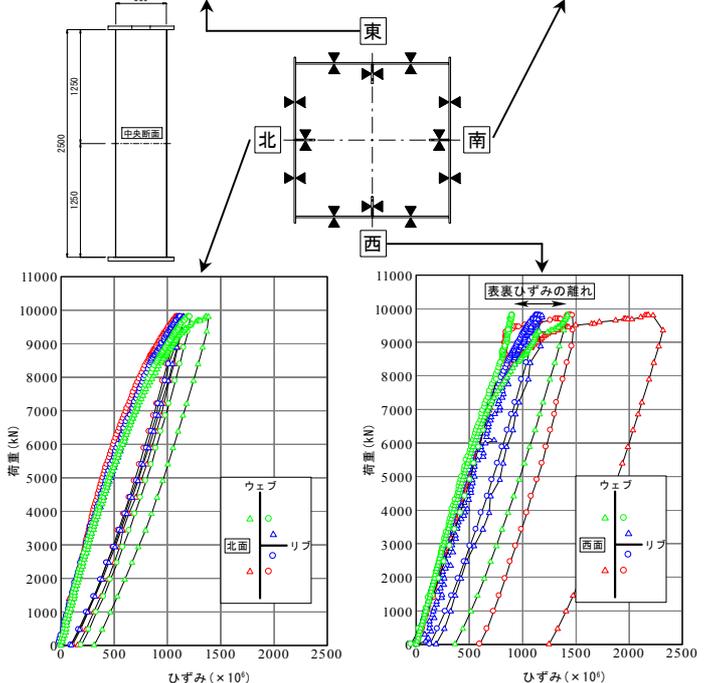
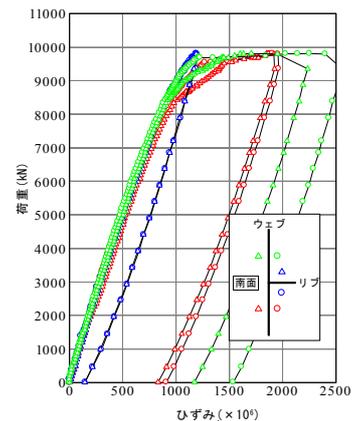
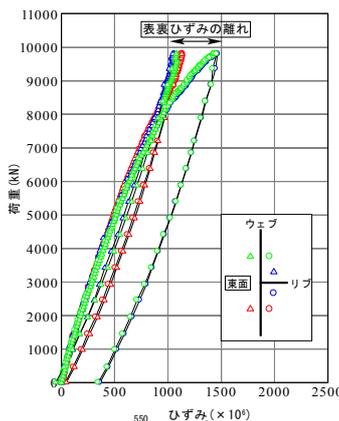


図 5 SP-2 中央断面ひずみ (4 面)