

国土交通省四国地方整備局 正 員 ○村田 寛文
高知工業高等専門学校 正 員 勇 秀憲

1. はじめに

近年、都市高速道路等に鋼橋脚が数多く建設されるようになった。この鋼橋脚をはじめとしてプレートガーター、箱形などの土木構造物は圧縮部材として板パネルが幅広く使用されており、圧縮板要素の安定性・耐荷力を評価することは非常に重要な問題となっている。板が弾塑性域において荷重を受けると板の一部が降伏して剛性に変化が生じる。鋼橋脚が繰り返し圧縮荷重を受け破壊等を起こす時、橋脚を構成する板パネルの面外変位、塑性疲労や局部座屈などがその耐荷力に大きな影響を及ぼす。

本論文では、地震荷重を受ける橋脚のモデルの一部として行われた薄肉箱型断面柱の耐荷力実験の結果¹⁾を基に、薄肉箱型断面柱を矩形断面の柱と仮定し、汎用有限要素法解析ソフトである ANSYS を用いて解析し、その結果より、繰り返し圧縮時において、薄肉箱型断面柱を構成する板パネルの局部座屈が耐荷力に与える影響を明らかにするものである。

2. 弾塑性解析

薄肉箱型断面柱を矩形断面の柱として解析を行う（図1）。この時矩形断面柱の断面積、断面二次モーメント等の幾何学的特性は薄肉箱型断面柱から算出した値を与える。また塑性材料特性（応力—歪み曲線）は、断面の板パネルの残留応力が台形分布であると仮定した場合の柱全体の平均応力—歪み関係より求めたものを仮定した。²⁾そして、それを弾塑性域を含めた5直線により近似し、vonMises 降伏条件、結合流れ則、移動硬化則等に従うものとした。解析対象は補剛材無しと補剛材有りの場合を考え、並行して補剛材が劣化特性にどのような影響を与えるのか調べた。

本研究では繰り返し荷重による薄肉箱形断面柱の局部座屈による劣化を調べるため、荷重を除荷するときに、除荷後の残留変位が実験の薄肉箱型断面柱の残留変位に一致するように試行錯誤して、解析を進めた。

図2は補剛材無しの場合の軸方向荷重—軸方向変位曲線の解析結果である。

これらの解析結果を基に矩形断面柱と実験の薄肉箱型断面柱の荷重—変位曲線を描きそれからのエネルギー量を調べ局部座屈の影響を評価した。

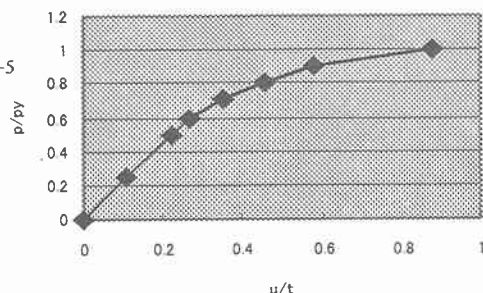
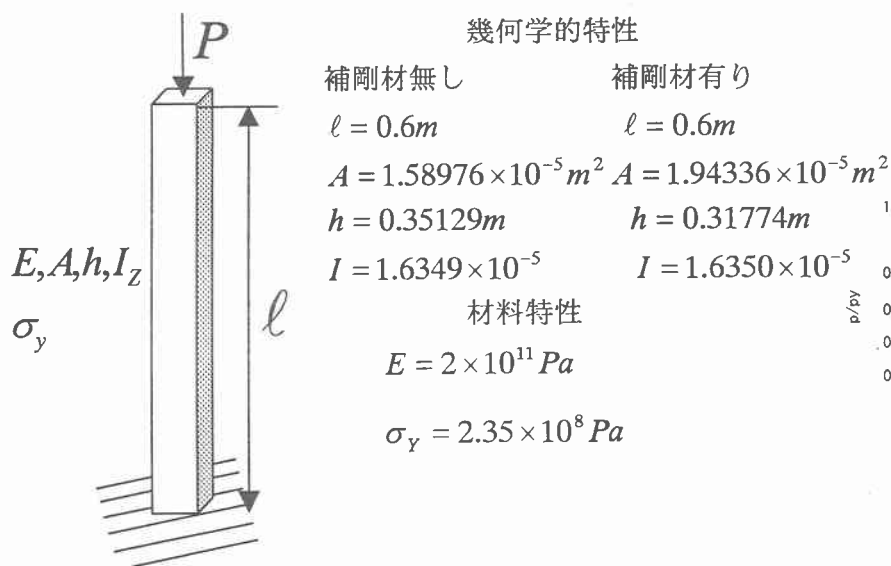


図2 荷重—変位曲線（補剛材無し）

図1 矩形断面柱

3. 解析結果とまとめ

図3は本論文の解析値と実験の薄肉箱形断面柱の値を比較したものである。補剛材の有無による突出した差異は見られなかった。これは、解析では補剛材の材料特性は考慮せず、補剛材の有無によって断面積、断面二次モーメントが大きく変わらなかったからである。薄肉箱形断面柱の実験結果では、補剛材無しの場合は図3のように板パネルの初期たわみの影響で初期段階から板パネルのたわみは大きくなって、柱全体の耐荷力に影響を与えている。一方、補剛材有りの場合には、薄肉箱形断面柱は一体として全塑性荷重 P_y の10%程度まで弾性挙動し、以後も補剛材無しに比べ高い耐荷力を有して挙動する。

従って本論文は実験の薄肉箱形断面柱を矩形面と仮定して、局部座屈を起こさない矩形断面柱を解析したが、その結果補剛材の有無による薄肉箱形断面柱の板パネルの局部座屈(たわみ)の影響を示すことができた。

図4は補剛材無しの場合の除荷開始点までの解析値曲線、実験値曲線がなす面積(エネルギー)を算出したものである。図中の $y=f(x)$ の式をそれぞれの荷重—変位曲線を4次式で近似したものである。($y=P/Py$, $x=u/t$ を示す。) 除荷開始点までの荷重—変位曲線の面積を近似曲線により算定しエネルギー量とした。補剛材が無い場合(図4)には矩形断面柱のエネルギー量を100%としたとき、実験の箱型断面柱のエネルギー量は31.4%であった。局部座屈の耐荷力に与える影響はこれを差し引いた量で68.6%であった。これは矩形断面柱の全エネルギーの約2/3を占める結果となった。一方、補剛材有りの場合は、矩形断面柱全体に対し箱形断面柱のエネルギー量は56.2%、局部座屈の影響量は43.8%であった。この結果から補剛材が板パネルの局部座屈に対して耐荷力を約25%向上させると考えることができた。以上から板パネルで構成される柱構造において局部座屈の影響は塑性疲労の影響等に比べ非常に高いと考えられる。

参考文献

1)丹羽・渡辺, 鋼橋脚の耐震性と健全度に関する研究, 阪神高速道路公団・(財)防災研究協会, 1983.
2)Niwa,Y., Watanabe,E., Isami,H. and Fukumori,Y,A New Approach to Predict the Strength of Compressed Steel Plates, Proc. JSCE, NO.341, pp.23-31, 1984.
3)サイバネットシステム株式会社: ANSYS 入門セミナー, 2000.
4)サイバネットシステム株式会社: ANSYS 構造非線形セミナー, 2000.

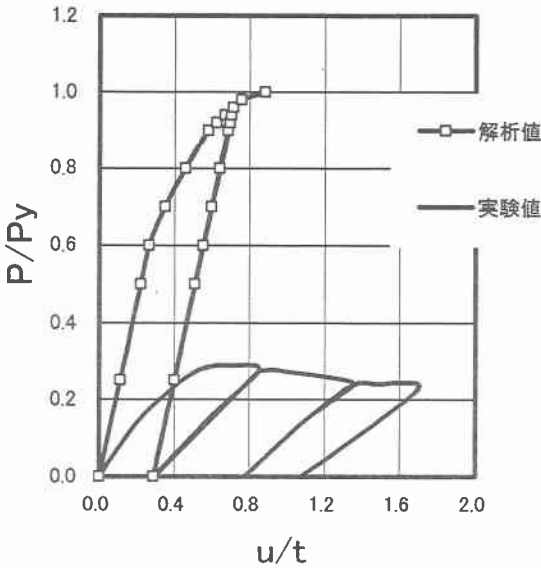


図3 荷重—変位曲線(解析値, 実験値)
補剛材無し

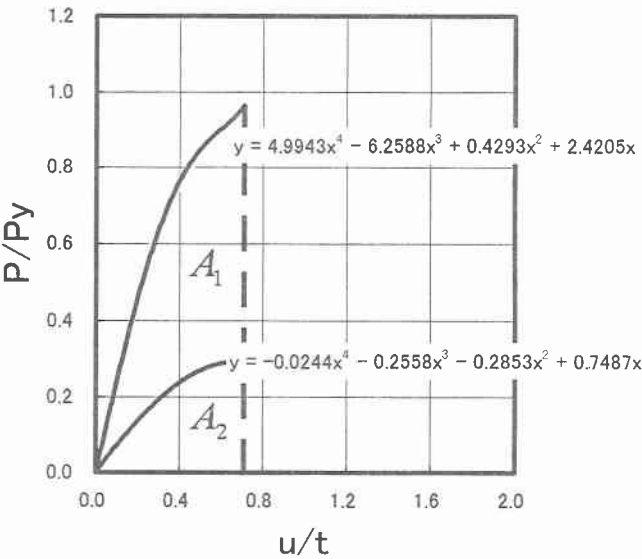


図4 除荷点までのエネルギー(補剛材無し)
 $A_1 = 0.305927$ $A_2 = 0.139907$