

伊 野 町 正会員○ 森岡 佐江
高知高専 正会員 勇 秀憲

1. はじめに

薄肉鋼構造物を構成する板要素は、引張力、圧縮力、せん断力、曲げモーメントやそれらの組み合わせ力を複雑に受けている。

本研究では、地震荷重を静的な繰返し荷重とし、汎用有限要素法 ANSYS を用いて、鋼薄肉箱型断面柱を構成する板要素の局部座屈に対する弾性座屈解析、弾性・弾塑性後座屈解析、初期たわみを考慮した弾性・弾塑性大変形解析を行った。その結果、特に鋼製脚が繰返し地震荷重を受けるときの弾塑性大変形挙動や終局強度の基本的特性を明らかにした。

2. 解析対象

本研究では、鋼薄肉箱型断面柱を構成する板要素の局部座屈に対し、1枚の板要素（図1のモデル）を対象に、その弾塑性大変形解析を行う。まず、正方形板要素に対して解析を行い、既往の研究結果と比較し、ANSYS の妥当性を確認する。その後、鋼箱型柱の繰返し載荷実験供試体¹⁾を構成する板要素と同じ形状の矩形板要素で解析を行い、柱モデルの弾塑性解²⁾と比較した。

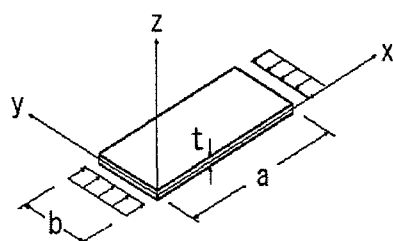


図1 圧縮板要素モデル

板要素が面内一様変位を受け圧縮されるものとし、その面外境界条件として次の4通りについて考える：①周辺単純支持、②載荷辺単純支持・非載荷辺固定支持、③載荷辺固定支持・非載荷辺単純支持、④周辺固定支持。なお、板要素の特性は①正方形板要素： $a/b=1$ 、 $b/t=100$ 、ヤング率 $E=205.8 \times 10^9 \text{ Pa}$ 、降伏応力 $\sigma_y=235.2 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、ポアソン比 $\nu=1/3$ 、②矩形板要素： $a/b=2.4$ 、 $b/t=156.25$ 、 $E=200 \times 10^9 \text{ Pa}$ 、 $\sigma_y=235.2 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、 $\nu=0.3$ である。

3. 弾性座屈・後座屈・大変形解析

弾性座屈解析による座屈応力および座屈モード、弾性後座屈解析・弾性大変形解析による荷重－たわみ曲線、荷重－面内変位曲線は高い精度で理論値や既往の研究結果に一致した。

4. 正方形板要素の弾塑性後座屈・大変形解析

正方形板要素の弾塑性後座屈・大変形解析により得られた結果を図2、3に示す。これは、境界条件が周辺単純支持のモデルの初期たわみ (w_0) を変化させたときのつり合い曲線で、図2の横軸は無次元化最大たわみ、図3の横軸は無次元化載荷辺面内変位、そして縦軸は図2、3ともに無次元化面内圧縮荷重を表している。また、図4に示すように、終局状態を表す塑性ヒンジ²⁾が形成される様子が確認できた。さらに、図2の既往の塑性崩壊機構曲線³⁾と比較すると、本解析結果は Sherbourne の塑性崩壊機構曲線によく一致し、終局最大荷重がこの曲線上にあることが確かめられた。また、初期たわみと終局最大荷重の関係から初期たわみの敏感性曲線を描いた。

5. 矩形板要素の弾塑性後座屈・大変形解析

鋼箱型柱の実験値と比較するため、矩形板要素の弾塑性大変形解析を行い、終局最大荷重に影響を及ぼす初期たわみの大きさや形状を調べた。

図5は、周辺単純支持矩形板要素の荷重－面内変位曲線 (P_y) で、実験値と柱モデルの弾塑性解も示す。初期たわみの増加による荷重の低下が確認できる。このモデルの初期たわみは1次座屈モードと同じものを与えたが、弾塑性大変形後の変形形状はそれとは違ったものとなった。これは、最大荷重到達後に、特に1次モード以外の2次モードなどの影響により、たわみの対称性が失われたからであると思われる。

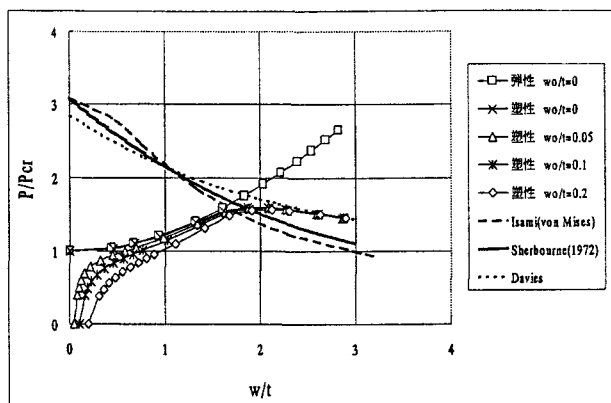


図2 荷重－たわみ曲線

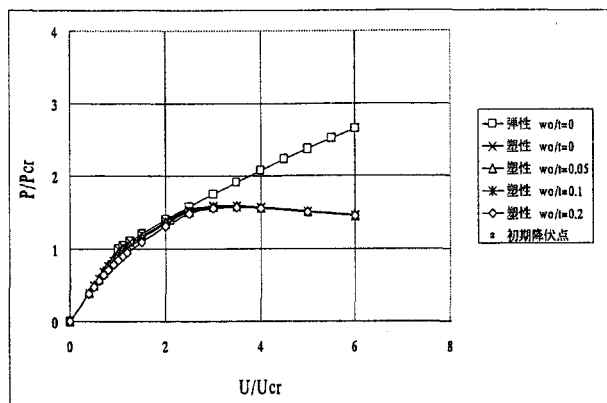


図3 荷重－面内変位曲線

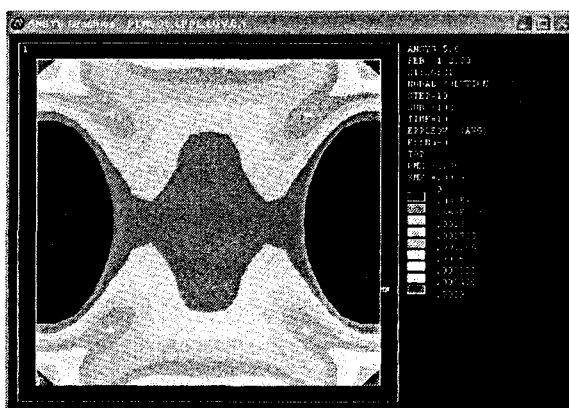


図4 塑性ヒンジ

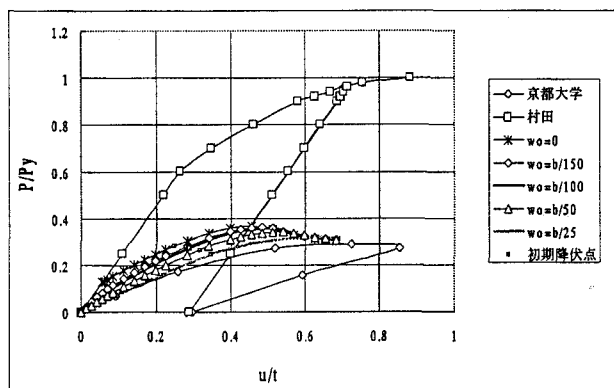


図5 荷重－面内変位曲線 (P_y)

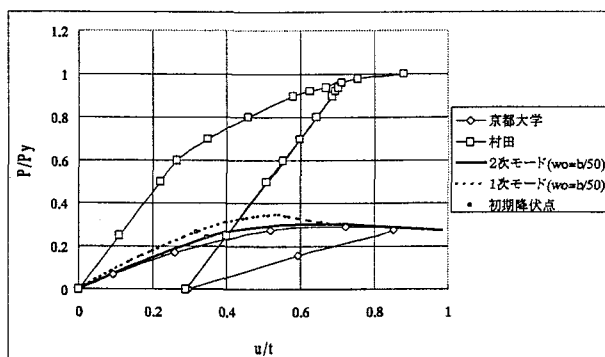


図6 荷重－面内変位曲線 (P_y)

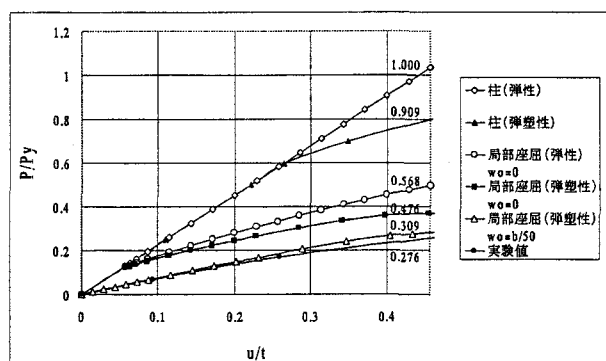


図7 ひずみエネルギー

そこで、初期たわみモードが2次モードを卓越して有するモデルとして解析を行った。ここでは、実験での測定値（最大たわみ約5mmで、幅250mm）¹⁾を参考にして、 $w_0=b/50$ として与えた。図6にその結果を示す。図6では、2次モードの方が実験値に非常になんて近くなっている。このことは、実験での破壊時のモードは2次モードであったことを裏付けている。この実験値と本解析のわずかな差は、実験供試体の溶接による残留応力の影響によるものと考えられる。また、実際の供試体では、1次モード、2次モード、またはそれ以上のモードが複雑に混ざり合った初期たわみを有しており、解析ではそれらを考慮する必要がある。

図7は、弾塑性局部座屈強度に対応する面内変位までのひずみエネルギーを、弾性柱モデルを1.000として、弾塑性柱モデル、弾性局部座屈、弾塑性局部座屈（初期たわみ有・無）および実験値のそれを示す。局部座屈・弾塑性および初期たわみの影響により、弾性柱モデルの約30%程度まで劣化することが分かった。

参考文献

- 1) 京都大学工学部，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，1983。
- 2) 村田，汎用有限要素法による鋼橋脚の劣化特性解析，土木学会四国支部講演概要集，1-14，pp.28-29，2001。
- 3) 勇秀憲，圧縮矩形板の崩壊機構曲線，高知工業高等専門学校学術紀要，第33号，pp.83-91，1990。