

鋼構造部材の弾塑性解析手法に関する研究

徳山高専専攻科	学生会員	○赤野 正敏
徳山高専	正会員	重松 恒美
徳山高専	正会員	原 隆
徳山高専	正会員	田村 隆弘

1. まえがき

立体骨組とは、柱と梁の接合部が剛に接合された骨組で、広い空間をその内部につくることができ、橋梁、高層ビル、地下構造物などの様々な構造物に見られる構造形式である。地震動や風に対する立体ラーメンの耐力を分析することは、建築物や橋梁という土木建築構造物の安全な設計を行うためには不可欠である。安全な構造物をつくるためには、構造物の弾塑性挙動を厳密に追跡し、弾性限をこえた後に構造部材に発生する塑性域の広がりを忠実に反映させた解析を行う必要がある。

本研究では、立体骨組の弾塑性解析をティモシェンコ梁理論に基づいて行うことを目的とする。そして、梁を高さ方向と奥行き方向に分割し、ファイバーモデルとして立体フレームの荷重に対する変形応答や塑性域の広がりを解析し分析する。弾塑性解析については各ファイバーの、一軸の応力ひずみ関係式を用いて応力履歴を考慮した有限要素法を用いた。ただし、本研究では立体構造を全体解析する前段階として部材レベルの変形特性を把握することを主眼において解析する。

2. 数値解析

数値解析において接線剛性法を用いて弾塑性問題を解く。非線形問題の解析は、解が現在の構造の変位に依存するばかりでなく、それ以前の荷重履歴に依存するので本研究の数値計算は、増分法にもとづいて行う。この計算過程では、残差力が収束したとみなされるまで連続的に繰り返される。

(1) 解析モデル 1

図-1に鉛直荷重を受ける両端固定梁の数値モデルを示す。断面は箱形で荷重 P を中央点で受けており、要素数は10でファイバー数は48要素とした。また図-2のように塑性化しやすい部分だけ短い要素で表現したモデルで、 X の値を30、25、20cmと変化させ塑性化の進展を調べた。材料定数は次の通りである。

弾性係数 $E = 210\text{GPa}$
せん断弾性係数 $G = 81\text{GPa}$
ひずみ硬化係数 $H' = 0.001$
降伏応力 $\sigma_0 = 250\text{MPa}$

梁の寸法は、 $b = 20\text{cm}$ 、 $t = 20\text{cm}$ 、 $l = 300\text{cm}$ である。

(2) 要素長による比較

箱型断面の解析結果を図-3に示す。梁を10等分したモデルと塑性化の生じると予想される梁端および中央にファイバーモデルを用い他は通常の弾性モデルを用いた簡易モデルで解析した。要素を短くした方が変位応答が硬くなり降伏荷重が小さくなっている。このグラフより要素長は30cmが適当であることが分かる。

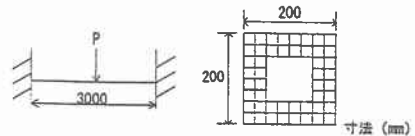


図-1



図-2

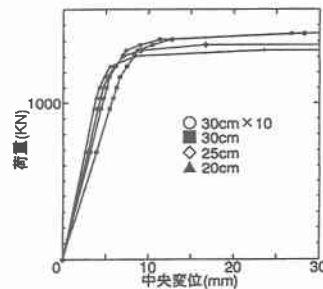


図-3 荷重-変位曲線

(3) 塑性化の進展

図-4に各荷重段階における塑性の広がりを出す。図中の黒色部分は、部材の塑性化した部分を表している。塑性化は端部から始まり中央部へと広がっている。このように本解析モデルは、立体梁の塑性化を逐次表現することができる。

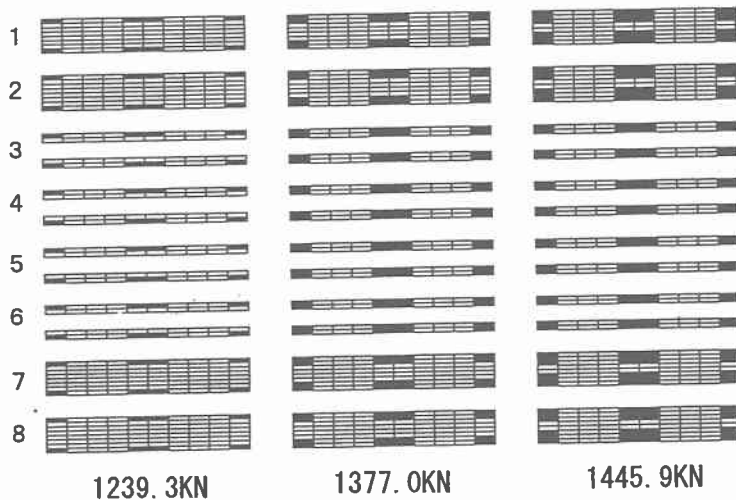


図-4 塑性化の進展

(4) 解析モデル2

図-5に鉛直荷重を2点で受ける両端固定梁の数値モデルを示す。断面は円管で荷重Pを2点で受けており、要素数は8でファイバー数は12要素、24要素、48要素の3種類で行った。材料定数は解析モデル1の場合と同様である。

梁の寸法は、外径=101.6mm、厚さ=4.2mm、 $l=1800\text{mm}$ である。

(5) 要素数による比較

解析結果を図-6に示す。断面の要素数を12、24、48にして解析した。これを見ると12と48要素でほとんど違いがないのがわかる。このことで円管の場合は、12要素位の近似で十分な精度が得られることがわかる。

3. 結論

本研究では、面外せん断変形を考慮するティモシェンコ梁理論を用いて立体骨組の要素レベルの弾塑性解析を行った。簡易モデルでは要素長が断面寸法の1-2倍で精解と良好な近似が行えることが示された。また円管では比較的少ない要素の近似でよい精度が得られることがわかった。さらに非線形解析において両端固定梁の塑性化は両端部から始まり次第に内部へ広がっていくことが把握できた。

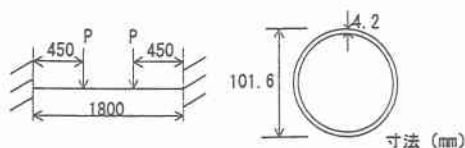


図-5

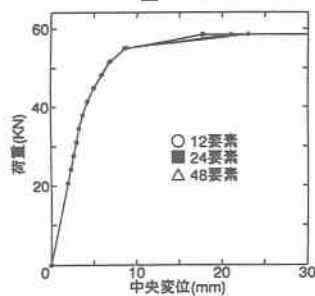


図-6 荷重-変位曲線