

繰り返し荷重を受ける鋼製R付箱形断面柱の有限要素解析

九州工大 学生員○阿部圭吾 九州工大 正 員 山口栄輝
 九州工大 正 員 久保喜延 福北公社 正 員 吉崎信之
 福北公社 正 員 村山隆之

1. はじめに

福岡都市高速1号線においては、美観上の理由からコーナー部に曲率を有する箱形断面（R付箱形断面）の鋼製橋脚柱が提案されている。しかしながら、R付箱形断面柱の耐震性に関する研究は少なく、その耐荷力や靱性等について十分に明らかにされているとは言いがたい。そこで、基礎的資料を得ることを目的に、実橋脚の1/3.43の供試体を用いて実験が行われた¹⁾。ここでは、この供試体の変形挙動を汎用の有限要素解析プログラム MARC²⁾で解析した結果を報告する。なお、すべての計算において、Sun SPARCstation 20を使用した。

2. 解析モデル

供試体の概略を図-1に示す。本研究では、対称性を利用してこの供試体の1/2を解析対象とし、2種類の要素分割（MESH-1,2）を行って解析した。MESH-1は、供試体の全領域を4節点シェル要素4364個で要素分割したものである。MESH-2では、供試体の下端部約1/5をシェル要素、残りを梁要素で要素分割した。その際には、シェル要素2352個、梁要素11個を使用した。これらの要素分割図は図-2に示している。

材料挙動は、関連流れ則に従うミーゼス型弾塑性体の構成則で記述されるとした。またポアソン比は0.3、それ以外の材料パラメータは一軸引張試験の結果から定めた。硬化則には、移動硬化則と等方硬化則の2種類を用いた。また当然のことではあるが、局部座屈を取り扱うため、幾何学的非線形性（有限変位および有限ひずみ）の影響を考慮に入れた解析を行うこととした。

実験と同様に、全断面降伏荷重の15%の軸圧縮力を作用させた。加えて、水平方向にも交番荷重を作用させたが、載荷点の水平変位が $\pm \delta y$ の整数倍で順次増加（ $\pm \delta y$, $\pm 2 \delta y$, $\pm 3 \delta y$, ...）するよう変位を制御し、水平荷重の大きさはその反力として求めた。ただし、 δy は、供試体下端部で初期降伏が生じる際の載荷点水平変位（線形梁理論で得られる値）である。

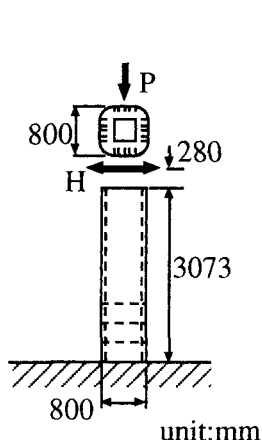


図-1 実験供試体概略

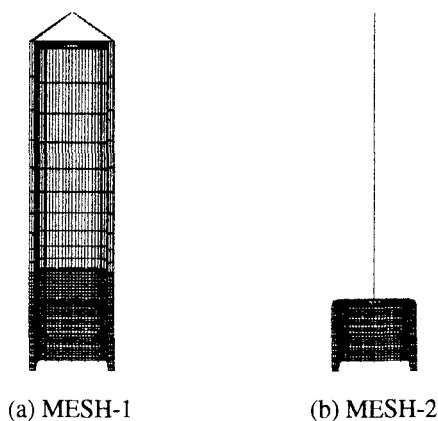


図-2 要素分割

3. 解析結果および考察

まずMESH-1に移動硬化則を適用して解析を行った。計算結果として、水平荷重 H と載荷点での水平変位 δ の関係を図-3,4に示している。なお、 H_y は δ_y に対応する水平荷重（線形梁理論値）である。初期勾配に関しては、実験値と解析値は良く一致しており、橋脚柱を片持梁として線形解析したときの勾配にほぼ等しくなっている。変形が進むにつれて荷重-変位曲線は梁理論値から離れるが、実験では δ_y に達するかなり前からこの乖離が始まる。これは残留応力や幾何的な初期不整に起因すると考えられ、これらの点を考慮していない本解析では、実験値よりかなり遅れて勾配が減少し始め、梁理論値から離れていった。最大荷重を見ると計算値は実験値を約8%下回っているが、最大荷重到達後の強度減少率は、実験値の方がむしろ大きくなっている。これは、解析で用いた構成則や要素分割が、局部座屈発生に伴う複雑な変形・応力性状に十分対応できていないためと考えられる。

等方硬化則を用いて行った解析結果を図-5に示す。移動硬化則の場合に比べると最大荷重は上昇しており、実験値と良く一致した値となっている。しかしながら、荷重-変位曲線自体は実験とかなり違う傾向を示し、移動硬化則の方が実験結果に近い傾向を与えている。なお、計算時間節約のため、この解析ではMESH-2を使用した。MESH-1の解析では3週間程の計算時間を要するのにに対し、MESH-2を用いると1週間以内で計算を終了することができた。ただし、MESH-2で移動硬化則による解析を行い、MESH-1の結果と比較したところ、最大荷重付近から強度が小さめに評価された。これは、シェル要素領域と梁要素領域を結合するのに導入した剛な板により、局部座屈が生じやすくなったためと思われる。

4. おわりに

鋼製円筒橋脚に関しては、移動硬化則を用いた上記の計算方法で、実験結果と良く一致した解析結果を得られることが報告されている³⁾。しかし、本研究で対象としたR付箱形断面柱の場合には、実験結果とそれほど良く一致しなかった。今後は、構成則や要素分割により多くの注意を払い、さらに検討を加える予定である。

参考文献

- 1) 鋼製R付箱形断面橋脚柱の耐震性に関する実験報告書，新日鐵・横河ブリッジ，1996年。
- 2) MARC K-6 マニュアル A～D編，日本マーク，1994年。
- 3) 高久，安藤他：地震時の鋼製橋脚の弾塑性解析とベンチマークテスト，橋梁と基礎，Vol.30，No.8，pp.138-141，1996年。

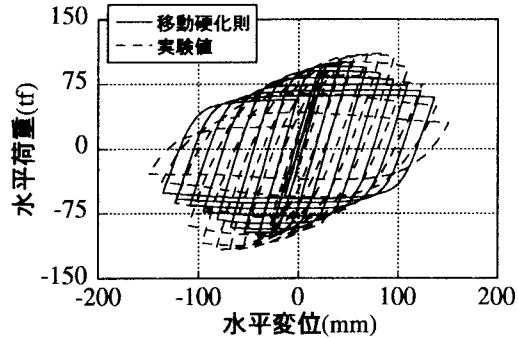


図-3 荷重-変位曲線

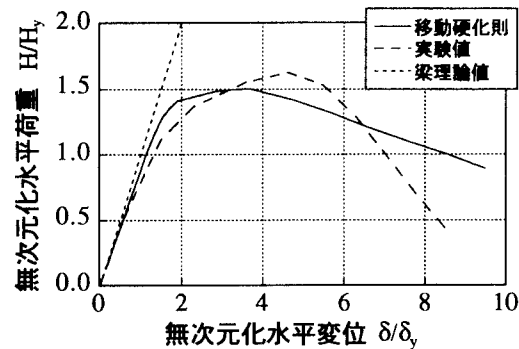


図-4 荷重-変位曲線（包絡線）

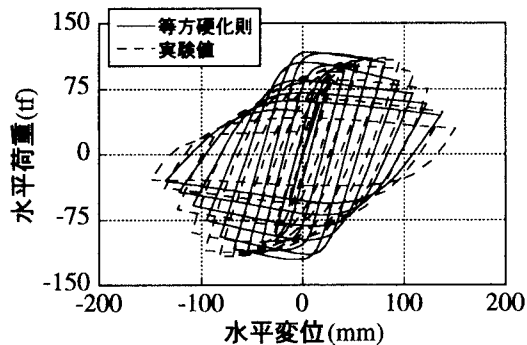


図-5 荷重-変位曲線