

繰り返し水平力を受けるコンクリート充填鋼管柱の終局挙動の簡易解析法

大分県正員○大西 俊一 熊本大学 正員 渡辺 浩
熊本大学 正員 崎元 達郎

1. まえがき

コンクリート充填鋼管構造は、じん性に富むことから橋脚等における新しい構造形式として注目されている。しかしこれらに関する研究の多くは実験によるものであり、塑性変形能力の定量的評価にあたっては、履歴荷重下での挙動を精度よく求めることができる簡易解析法が望まれるところである。そこで、コンクリート充填鋼管構造を骨組構造解析を用いて簡易的に求める方法について検討した。

2. 等価な応力-ひずみ関係の定式化

コンクリート充填鋼管構造の挙動は、内部にコンクリートを充填した鋼管の挙動と、外側を鋼管により囲まれたコンクリートの挙動との和によって概略的に得られると考えられる。よって、まずこれらを下記に従って陽な関数で定義することを試みる。

2.1 充填コンクリートの

平均応力-ひずみ関係

内部コンクリートの平均応力-ひずみ関係は、図-1 に示すような充填鋼管柱の純圧縮実験より求めた。供試体は四隅を溶接集成した正方形断面を有する角形鋼管で長さ L は断面幅の2倍である。荷重は内部コンクリートのみに載荷し、全長に対する変位を計測した。結果の一例として板厚 3.2mm、幅厚比 25 のものを図-2 に示す。このモデルについて、その挙動を定式化したものが図-2

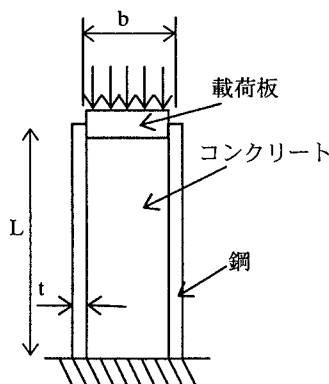


図-1 供試体と載荷方法

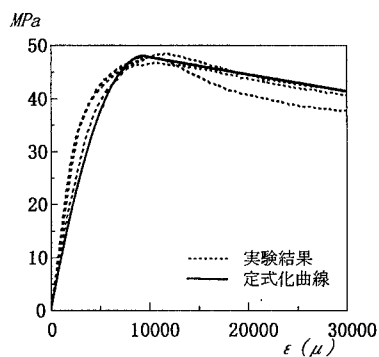


図-2 平均応力-ひずみ関係

中の実線である。詳細の記述は割愛するが、充填コンクリートの平均応力-ひずみ関係が外側の鋼管の幅厚比の関数として定義されている。実験では板厚を 3.2mm と 4.5mm、幅厚比を 25~65 まで変化させたが、他のいずれのモデルも同様によく近似できている。

2.2 局部座屈を考慮した外側鋼管の等価な平均応力-ひずみ関係

外側鋼管の局部座屈挙動を含んだ平均応力-ひずみ関係は、汎用構造解析プログラム MARC による解析結果をもとに求めた。解析モデルは正方形断面を有する角形鋼管で、対称性を考慮して図-3 に示すように 1/8 部分のみについて解析を行った。条件としては、(1) von Mises の降伏条件、(2) マルチリニア型の応力-ひずみ関係、(3) 移動硬化則、(4) 鋼管中央部で板幅の 1/150 の外側への初期たわみ、(5) 中央部に 30% の圧縮残留応力 等を与えた。解析は一般的な軸圧縮変位を部材端に与え、そのときの反力を節点力の総和として求めた。

結果の一例として幅厚比パラメータ $R=0.68$ 、鋼種 SM490Y のものを図-4 に示す。このモデルについて、図-4 中の実線のように 3 直線で近似した。他のモデルも同様な考察を行った結果、コンクリート充填鋼管を構成する鋼板の等価な平均応力-ひずみ関係を幅厚比、および鋼種の関数としてよく近似することができた。

3. 実験との比較による解析法の検討

以上により定義された充填コンクリート、および外側の鋼管の等価な応力-ひずみ関係を用いてコンクリ

キーワード：コンクリート充填鋼管、骨組構造解析、充填コンクリート、局部座屈

連絡先：〒860 熊本市黒髪2丁目39-1、熊本大学工学部環境システム工学科 Tel.096-342-3579

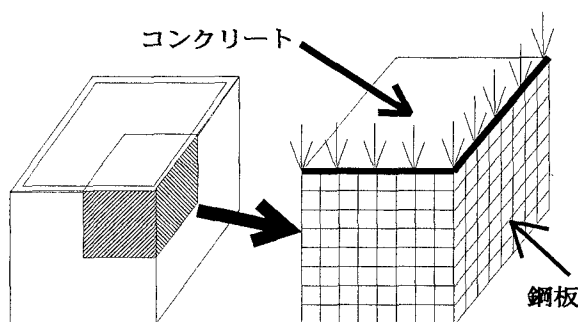


図-3 解析モデル

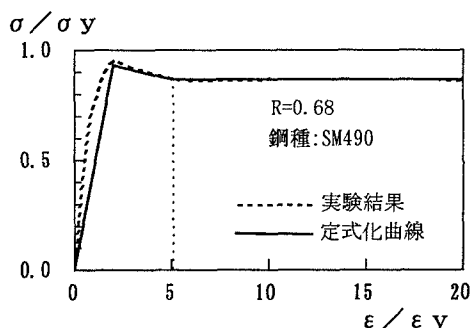


図-4 平均応力-ひずみ関係

ート充填鋼管構造についてファイバー要素を用いた骨組解析を行い、葛らの実験¹⁾と比較して検討を行った。実験供試体は、無補剛箱形断面を有する片持柱であり、その自由端に鋼断面の降伏軸力の15%の一定軸圧縮力と漸増繰返し水平変位 H を与える。なお、水平変位は所定の各変位振幅につき3回ずつである。

なお、本実験は曲げ荷重であるため、2.2で求めた応力-ひずみ関係はフランジの挙動について解析したものと考えることができる。そこでこの結果をフランジのみに適用した解析結果と実験結果とを比較した例が図-5である。実験結果と比較すると、おおむね良好な解析結果が得られることがわかる。

また、図-6は、図-5における各水平振幅での第1サイクルの最大変位点を結んだ包絡線である。ここでは比較のため2.2の関係をフランジ、ウェブに適用するか否かで3とおりの解析結果を示している。これによると、局部座屈の影響を無視すると解析結果は実験結果をかなり大きく評価するが、フランジのみに評価することによりおおむねよい評価が可能であること、また、これをさらにウェブに適用しても結果にはあまり大きな違いが見られないことがわかる。このことから、ウェブには本来板要素の面内曲げによる局部座屈挙動を考慮した等価な応力-ひずみ関係を与えるべきではあるが、ウェブが柱にの曲げ挙動に与える影響はフランジに比べてかなり小さいため、2.2で得られた関係をウェブに適用することで代用が可能であると考えられる。

4. あとがき

骨組構造解析により、コンクリート充填鋼管構造の履歴挙動を精度よく解析することができた。また、充填鋼管構造を3次元要素によりFEM解析する場合は、EWSでも数日のオーダーの解析時間を要するが、本解析法での所要時間は普及型パーソナルコンピュータでも数分であり、この面でも有用であると考えられる。

【参考文献】 1) 葛 漢彬他：繰返し荷重を受けるコンクリート充填鋼柱の強度と変形能に関する研究，構造工学論文集 Vol.40A, 1994.3

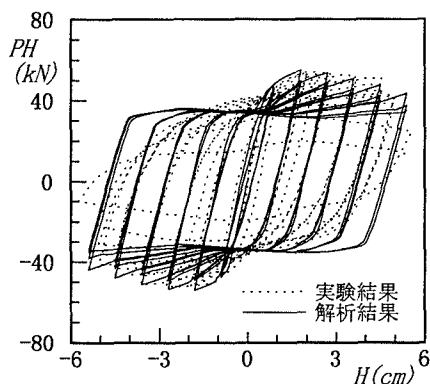


図-5 荷重-変位曲線の比較

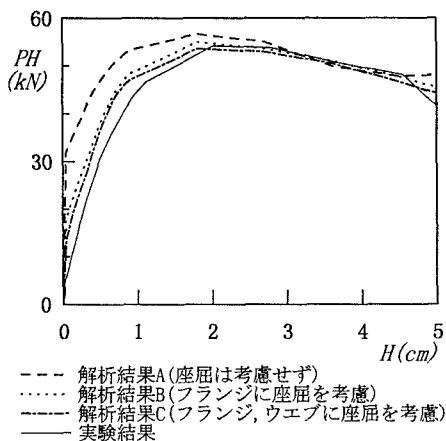


図-6 荷重-変位曲線の包絡線の比較