

早稲田大学 学生員 ○遠藤学史
日本鉄道建設公団 正会員 保坂鐵矢
国土館大学 正会員 堀地紀行
早稲田大学 正会員 依田照彦

1. はじめに

構造の合理化という観点から、鋼とコンクリートの合成構造が注目され、様々な構造形式^{1), 2)} が検討されている。中でも、充填円形鋼管のジャケット継手部の構造（外側鋼管“接合部を溶接の代わりに主部材となる円形鋼管”と内側鋼管“外側鋼管より小さい円形鋼管”およびコンクリートとの複合構造）は、耐震性と施工性に優れた構造であると言われている。本研究では充填鋼管ジャケット継手部の構造を有限要素法によりモデル化し、数値解析シミュレーションを実施し、静的載荷試験結果と比較検討することを目的とした。

2. 解析モデル

解析モデルのモデル化は以下のように行った。主管（外管）：板厚 9.5mm およびジャケット管（内管）：板厚 12.7mm は 4 節点低減積分厚肉シェル要素（S4R）、充填コンクリートは 8 節点低減積分ソリッド要素（C3D8R）を用いた。材料特性を表 1 に示す。また、鋼管とコンクリートの接触部は接点を共有させている。付加質量はマス要素（MASS）で与えた。主管ギャップ（圧縮側）において接触時の力の伝達機構を評価するためにそれらの隙間にはばね要素を用いた。主管ギャップ（引張側）では、コンクリートの崩壊を考慮し中立軸より引張側のソリッド要素をなくし引張力を内管に受け持たせている。橋脚基部を完全固定、上端を自由端とし、応力が集中すると思われる箇所（橋脚下端、継手部）は密にモデル化を行った。図 3、図 4 はメッシュ分割図である。解析で用いた鋼とコンクリートの応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、ひずみ硬化領域の勾配は一定とした。

3. 解析手法

橋脚上端において鉛直方向に一定軸力 N (100kN) を作用させ、最初のステップで自重解析を行い、次のステップで橋脚上端が水平方向に 17.5cm 変位するまで荷重を漸増させてプッシュオーバー解析を行った。解析では、材料非線形性、幾何学的非線形性を考慮した Riks 法を用い、非線形釣り合い方程式を解いた。数値計算には汎用有限要素法コード ABAQUS (Version5.8) を用いた。

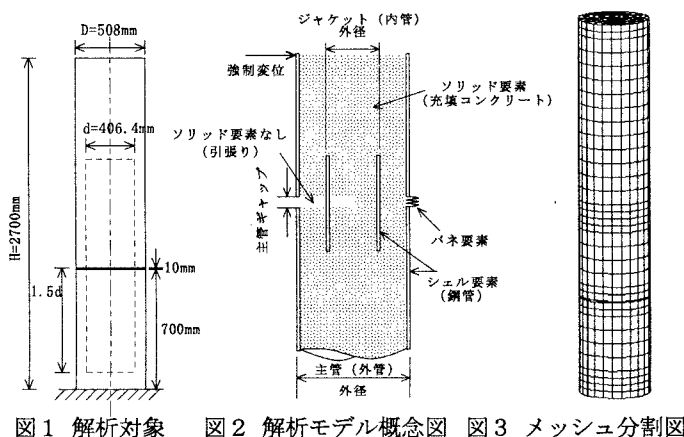


図 1 解析対象 図 2 解析モデル概念図 図 3 メッシュ分割図

表 1 材料特性値

	圧縮強度	ヤング係数	ポアソン比	密度
鋼	320 (N/mm ²)	1.6×10^5 (N/mm ²)	0.3	7850kg/m ³
コンクリート	30 (N/mm ²)	3.0×10^4 (N/mm ²)	0.15	2500kg/m ³

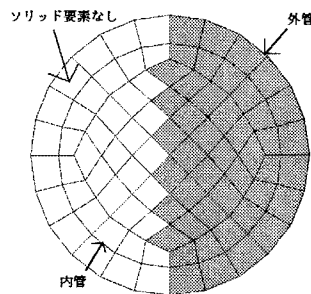


図 4 ギャップ位置での断面図（メッシュ図）

キーワード：合成構造、ジャケット継手構造、有限要素法、プッシュオーバー解析

連絡先：早稲田大学理工学部 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 Tel&Fax 03-5286-3399

4. 解析結果および考察

図4に、プッシュオーバー解析で得られた天端水平荷重－水平変位関係を示す。解析による初期剛性の値は実験値より大きくなっているだけでなく、解析値の方が実験値より先に降伏し、最大荷重値も実験値に比べ低い。これは、実際の供試体では基礎補剛部を設置しているが、今回の解析ではその部分をモデル化せず、橋脚基部を固定端にしているため、剛性が高くなったと思われる。解析では外管同士が接触せず、外管のギャップ(圧縮側)に取り付けたばね要素は役目を果たさなかった。その結果、降伏後の挙動が実験値に比べて小さくなったと考えられる。しかしながら、全体的な挙動は実験値と解析値がほぼ同じ傾向を示している。図5は静的解析後の変形図(全体図)である。橋脚基部において鋼製橋脚に見られるような座屈は外管では見られない。その一方で、ギャップ近傍では大きく変形している。このとき、外管における塑性ひずみは全体にわたって見られなかった。図6は内管の変形図および塑性ひずみ分布である。内管は外管のギャップ位置で同様に大きく変形している。また、塑性ひずみはその近傍に集中している。このことから、全体挙動は内管とその周りのコンクリートの剛性に依存していることが分かる。また、図7に最小主応力の流れ、図8に内管内部のコンクリート最小主応力分布を示す。橋脚上部から下部への圧縮応力の流れが見てとれる。実験ではギャップ近傍のコンクリートが崩壊しているので、外管同士が接触するが、解析ではコンクリートの崩壊を正確にモデル化できないので、外管同士は接触しなかった。したがって、ばね要素に力が作用すれば強度は増すと思われる。

5. まとめ

充填鋼管の外管は継手部、橋脚基部とも塑性ひずみは見られず、外管全体の座屈現象は観察できなかった。その結果、ジャケット継手部の変形能の高さが確かめられた。実験値との比較から、解析モデルの有用性についてもある程度確かめられたので、今後は、内管のラップ長、板厚、ギャップの大きさなどの影響について検討する必要があると思われる。

おわりに、数値解析モデルの作成にあたり日本鉄道建設公団よりデータをいただきました。記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 森下益臣、青木徹彦、鈴木森晶：コンクリート充填円形鋼管柱の耐震性能に関する実験的研究、構造工学論文集 I、Vol.46A pp.73-83,2000.3
- 2) 折野明宏、井浦雅司：部分的にコンクリートを充填した円形鋼製橋脚の挙動、第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp.83-88,2000.1

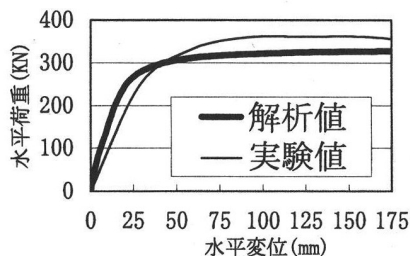


図4 プッシュオーバー解析時の
天端水平荷重－変位関係

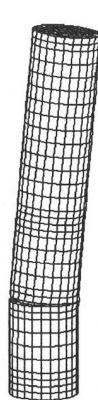


図5 全体変形図
(水平変位 17.5cm)

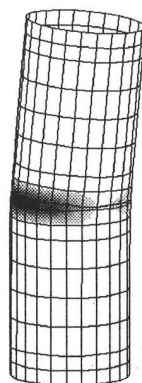


図6 内管の変形図
(塑性ひずみ分布)



図7 外管の主応力
(圧縮)

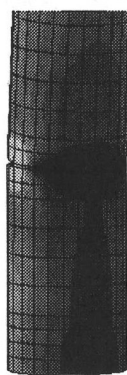


図8 内管内部の
コンクリート主応力