島根原子力発電所 1, 2号機北側津波防波壁

多重鋼管杭の耐力・挙動特性(その3) – 解析による多重鋼管杭の実耐力評価 –

中国電力(株) 正会員 河原 和文 正会員 吉次 真一 正会員 清重 直也 正会員 大久保 佳美 (株)大林組 正会員 〇古荘 伸一郎 正会員 田坂 幹雄

1. はじめに

島根原子力発電所の1,2号機北側に設置した津波防波壁の基礎には、コンクリートで中詰された大口径鋼 管による多重鋼管杭構造を採用している。今回、多重鋼管杭の水平載荷実験を行い、多重鋼管杭の実耐力・挙 動特性を確認することとした。(その1)では載荷実験の目的と概要、(その2)では載荷実験結果が報告され た¹⁾。本稿では載荷実験と同スケールのモデルを用いた FEM 解析により解析での再現性を確認し、その後、解 析モデルを実物大スケールまで拡大して多重鋼管杭の実耐力評価を行った結果を報告する。

2. 実験後解析

載荷実験に用いた試験体スケール・各材料試験値による 材料強度・拘束条件を再現したモデルにより,3次元 FEM 非線形解析を実施し載荷実験結果との比較を行った。

(1) 解析モデルおよび解析条件

3次元 FEM 非線形解析プログラム「FINAL」により,多重 鋼管はシェル要素,鋼管間および最内管内部のコンクリー トはソリッド要素を用いて図-1のようにモデル化した。ま た,鋼管要素とコンクリート要素の境界には厚みを持たな いフィルム要素を入れ,鋼管とコンクリートのすべりを解 析上考慮した。

鋼管杭の弾性係数および剛性低下率については,試験に 使用した鋼管の材料試験値の平均を使用することとし,そ れぞれ,2.08×10⁵N/mm²,0.004 とした。ポアソン比は, 0.3を用いた。(その2)載荷実験結果で述べたとおり,本 稿で対象とした鋼管の径厚比では,全塑性モーメントは理 論計算値の90%となることから¹⁾³⁾,試験に使用した鋼管杭 の材料試験による降伏強度平均400N/mm²を90%に低減した 360N/mm²を降伏強度として解析の入力値とした。

コンクリートおよびモルタルの解析用物性値について は、載荷実験時に行った圧縮強度試験結果の平均値を用い ることとし、弾性係数およびポアソン比は、それぞれ 2.50 ×10⁴N/mm²および 0.2 とした。鋼管とコンクリートとの付 着力については、既往の鋼管・コンクリート複合構造の実 験結果⁴⁾より、0.49N/mm²を用いた。



解析上の拘束条件については、載荷実験と同様に鋼管下端の試験架台で拘束されている最外鋼管のみ拘束する。また、載荷点についても実験での載荷ジャッキの中心位置に載荷点を設けて水平方向に載荷した。

キーワード 島根原子力発電所,津波防波壁,多重鋼管構造,3次元 FEM 非線形解析,実物大スケール 連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 設計第一部 TEL03-5769-1305

-192

-192

(2) 実験後解析結果

図-2 に、Case3(4 重管中詰有、 φ528~ φ384)の実験結果と実験後解析の比較を示す。解析結果は実験結 果と比較して、鋼管座屈後の第一変化点付近で若干のずれがあるものの、ほぼ一致した荷重変位関係となって いる。今回使用した FEM 解析プログラムでは鋼管の座屈による強度低下の影響は考慮することはできないため、 鋼管座屈後の解析値は実際と異なる場合が多い。しかしながら、今回の多重管構造で座屈後の解析値が実験値 と一致しているのは、中詰めコンクリートが圧縮力を負担し、実験において鋼管座屈による強度低下の影響が ほとんどみられなかったためと考えられる。実験 Case3 の 3 ケースの最大荷重の平均値 906kN に対して、実験 Case3 の最大荷重時平均変位での解析における同位置での荷重は 908kN、実験結果とほぼ一致する解析結果と なっており、多重鋼管の荷重変位関係を解析上で再現できていることが確認された。

3. 実物大スケール解析

非常に高い精度で多重鋼管構造の曲げ挙動が解析にて再現 できたことを踏まえ、1、2号機北側津波防波壁で実際に施工 された鋼管杭の耐力評価を行うため、実物大スケールでの解 析を実施した。

(1) 解析モデルおよび解析条件

実物大スケール解析では,実験後解析で確認されたモデル を実物大スケールまで拡大することによって解析モデルを作 成した。また,実験結果およびその実験後解析との比較を行 うため,解析に使用する物性値は実験後解析を同じ値とする。

(2) 実物大スケール解析結果

実物大スケール解析結果を図-3 に示す。解析では、最大荷重以降の 荷重の低下が再現できないため、実験 Case3 で得られた最大荷重時の鋼管 基部の部材角(図-4)の平均値0.206radを実物大スケール解析での最大荷 重として定めることとした。部材角0.206rad変形時における荷重は 15,830kNで、全塑性荷重に対して1.29倍となり、曲げ耐力の増加分は実験 結果および実験後解析と一致していることが確認できた。これより、実物 大スケールの多重鋼管解析モデルにて実機の曲げ耐力評価が可能であるこ とが確認された。

20,000 16.000 12,000 荷重(kN) 部材角0.206rad 最大荷重 全塑性荷重に <u>対する</u>比率 (kN) 時変位(mm) 15.830 8,000 臼 角時 部村) rad b 4,000 実物スケール解析結果 全塑性荷重 12,245kN 0 500 1.000 1.500 0 2.000 2,500 変位(mm)

図-3 実物大スケール解析結果



図-4 鋼管基部の部材角

4. まとめ

(1) コンクリートで中詰された載荷実験の試験体をモデル化した FEM 解 析結果は実験での荷重変位関係とほぼ一致し,実験での最大荷重まで解 析で再現可能であることが確認された。

(2) 実物大スケールでの多重鋼管解析においても、実験後解析と同様に実験結果と同じ曲げ挙動を確認することができ、実機でも全塑性モーメントの1.29 倍の曲げ耐力が期待できることが分かった。

参考文献

1)島根原子力発電所1,2号機北側津波防波壁 多重鋼管杭の耐力・挙動特性(その1)・(その2),土木学会 第69回年次学術講演会(投稿中)

2)河原和文・清水雄一・吉次真一・清重直也・大久保佳美:島根原子力発電所 1,2 号機北側津波防波壁で採用した多重鋼管杭の耐力・挙動特性,電力土木 No. 368, pp. 90~94, 2013.11

3) 津田圭吾:軸力と水平力を受ける鉄骨系柱材の弾塑性挙動に関する研究,九州大学博士論文,1993.

4)田中浩一・大内一・長沼一洋・緒方辰男:水平力を受ける鋼管・コンクリート複合橋脚の挙動評価,土木学 会論文集 No. 648/V-47, pp89-108, 2005.