

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2) — 載荷実験結果 —

中国電力(株) 正会員 ○大久保 佳美 正会員 吉次 真一 正会員 清重 直也 正会員 河原 和文  
(株)大林組 正会員 古荘 伸一郎 正会員 浦田 哲明

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が報告されており、本稿ではその1/4スケール試験体による曲げ載荷実験の結果を報告する。

2. 載荷実験結果 (実験ケースの詳細は (その1) 参照)

(1) Case1 (単管φ528での実験) : 変位 38mm で最大荷重 208kN を計測し、全塑性荷重 234kN の約 0.9 倍にとどまる結果となった。ここで、全塑性荷重は、試験に使用した鋼管杭の実測降伏点 (ミルシート値) から算出した全塑性モーメントに達する時の荷重である。既往文献<sup>2)</sup>によれば、Case1 と同程度の径厚比 (=鋼管径/板厚) で軸力がほとんど作用しない場合、実験では全塑性モーメントは理論値の約 0.9 倍程度という結果となっており、今回の実験での全塑性荷重との差異も径厚比の影響と考えられる。

(2) Case2 (4重管中詰無)・Case3 (4重管中詰有) : Case2 では、変位 120mm で最大荷重 761kN、φ528～φ384 の4重管分の全塑性荷重 704kN (233.6+192.5+155.7+122.5kN) に対して、1.08 倍であった。一方、Case3 シリーズの結果は3 ケース共ほぼ同様の結果となり、変位 530mm～620mm で最大荷重 904kN～908kN、全塑性荷重 704kN に対して、平均で 1.29 倍となった。

Case2 と Case3 を比較すると最外管の局部座屈発生までは同じ挙動であったが、Case3 は Case2 と比較して、最大荷重が 1.19 倍、最大荷重時変位は約 5 倍となった。多重鋼管杭においても、最内側管がコンクリートで中詰めされていることにより、曲げ耐力が増加し、大変形時まで耐力を保持することができる粘り強い構造となることが分かった。

(3) Case4 (交番載荷後の曲げ実験) : 地震のような繰り返し荷重を想定した交番載荷後、一方向の載荷を続けたところ、Case3 と同様に変位の伸びと共に荷重は緩やかに上昇した。同じ変位での荷重の比較をすると、Case3 に対して、Case4 は約 4%大きい結果となった。この理由としては、交番載荷に伴い、金属に塑性変形を与えると変形を受けていない材料よりも硬さが増すひずみ硬化の特性により

キーワード 島根原子力発電所, 津波防波壁, 多重鋼管構造, 水平載荷実験, 中詰コンクリート, 鋼管座屈  
連絡先 〒730-8701 広島市中区小町 4-33 中国電力(株)電源事業本部 (原子力土木) TEL082-544-2665

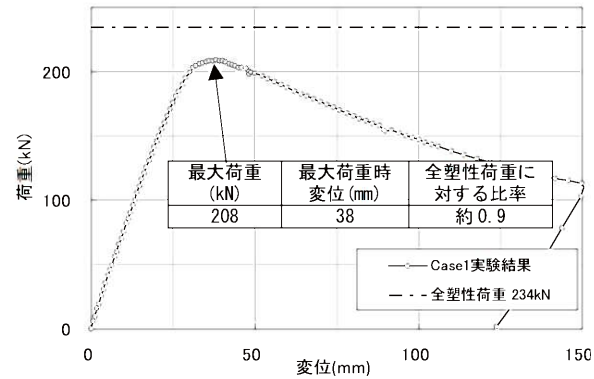


図-1 Case1 荷重変位関係

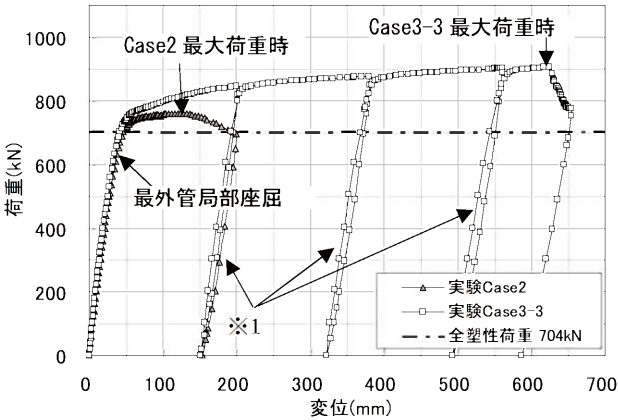


図-2 Case2/Case3-3 荷重変位関係

※1 多重管構造に想定(載荷装置のスローク)以上の粘り強さがあり、試験装置にハガーを順次追加して実験を実施した。

表-1 Case2・Case3 実験結果の比較

| 実験 Case  | 最大荷重 (kN) | 最大荷重時 変位(mm) | 全塑性荷重に 対する比率 |
|----------|-----------|--------------|--------------|
| Case2    | 761       | 120          | 1.08         |
| Case 3-1 | 908       | 536          | 1.29         |
| Case 3-2 | 904       | 560          | 1.28         |
| Case 3-3 | 907       | 624          | 1.29         |
| Case3 平均 | 906       | 574          | 1.29         |

曲げ耐力が増加したと考えられる。この実験結果より、基準地震動相当の繰り返し荷重を受けた後でも今回の多重鋼管構造では曲げ耐力は低減しないと考えられる。

### 3. 多重鋼管内部変形状況の確認

写真-1 に示されるように、載荷実験中、曲げを受けた最外側の鋼管は基部で座屈による大きなはみ出し変形が外側から観察された。しかしながら、内挿管については外側から観察することができない。そこで、中詰めコンクリートや鋼管間充填モルタルのひび割れや内挿管の状況を確認し、4重管が一体構造として挙動しているかを確認

するために、Case4の実験後の試験体を用い、鋼管の座屈部を鉛直方向に切断し、状況を観察することとした。

写真-2 に Case4 の座屈部の切断面写真を示す。交番載荷を受けたにも関わらず、圧縮側のモルタルやコンクリートにひび割れ等の損傷は全く見られなかった。また、圧縮側の鋼管杭は座屈による変形量は内側ほど小さく、外側から内側にかけて、順番に座屈が発生したと考えられる。引張側の鋼管の破断は、最外管のみであり、さらに曲げ変形が進んだ場合、順次内側の鋼管が破断すると考えられる。

この内部変形状況の観察より、設計で想定していたように、多重鋼管は一体構造として曲げ挙動・荷重分担し、最外管から内側の鋼管へと荷重が伝わっていることが分かる。さらに、大変形に対しても段階的に耐力が減少していく粘り強い構造であることが確認できた。

### 4. まとめ

(1) コンクリートで中詰めされた多重鋼管杭は一体構造として挙動することが確認でき、全塑性モーメント合計値の 1.29 倍の耐力を有することがわかった。

(2) 中詰めコンクリートにより 4 重管の曲げ耐力は 1.19 倍となり、約 5 倍の変形となるまで耐力を保持することができる粘り強い構造となることが分かった。

(3) 原子力発電所において想定している規模を超える地震のような繰り返し荷重を受けても、多重鋼管杭の耐力が低減しないことが分かった。

### 参考文献

- 1) 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
- 2) 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.

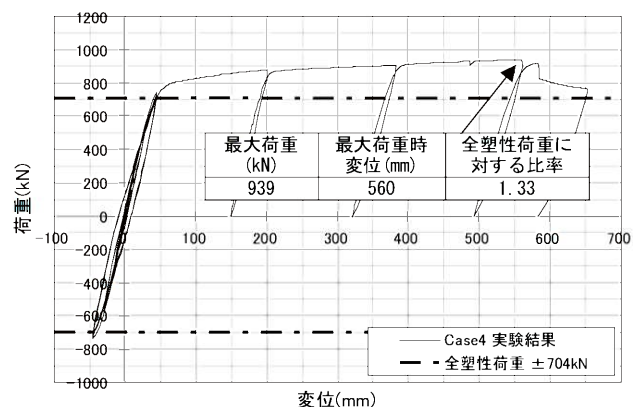


図-3 Case4 荷重変位関係



写真-1 Case4 最大荷重時座屈状況

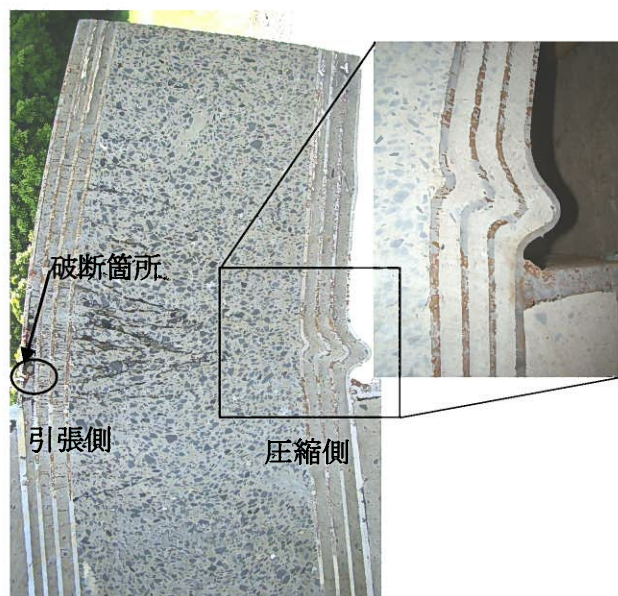


写真-2 Case4 座屈部切断断面