

## 複数羽根を有する回転杭の地盤抵抗の設定法の違いが構造物の応答に与える影響

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 日野篤志 ○西村昭彦  
 新日鐵住金 正会員 澤石正道 豊福浩司  
 日鐵住金建材 正会員 徳岡孝俊 和田昌敏

### 1. はじめに

近年、土木構造物の設計コードが改定され、性能設計型の設計法への移行が進められてきた。鉄道分野では、2011年の鉄道構造物等設計標準（基礎構造物）<sup>1)</sup>（以後、基礎標準と呼ぶ）の改定により、杭基礎の地盤抵抗のモデル化方法に信頼性解析による評価を取り入れており、載荷試験結果などの実際の挙動に近い状態でモデル化することが可能となってきた。そこで、著者らは複数羽根を有する回転杭について同様の信頼性解析によって設計支持力の算定に用いる部分安全係数を求め、基礎標準と同様の手順で設定した地盤抵抗モデルについて提案している<sup>2)3)</sup>。

そこで、本稿では、地盤の抵抗モデルに従来の設定法を用いて構造物の耐震性能を評価した場合と現行の設計基準に従ったかたちで新たに評価した地盤抵抗モデルを用いた場合との耐震性能の評価の違いについて確認を行った。

### 2. 構造物のモデル化

本検討では、基礎標準で設計された構造物の諸元<sup>4)</sup>を参考にし、杭種を鋼管ソイルセメント杭から本杭に変更して橋軸直角方向について構造物のモデル化を行った（図1）。構造物のモデル化には、鉄道構造物の設計において一般的に用いられているフレームモデルを用いた。杭の諸元については、鋼管径 700mm、羽根径 900mm、杭長さは 26.5m とした。なお、構造物と地盤の関係を図2に示すとともに地盤の設計用値を表1に示す。

地盤抵抗のモデル化は、杭周面のせん断抵抗と杭前面の水平抵抗、杭先端の鉛直の抵抗を考慮する。ばね定数の値の算定は、本杭の設計施工指針<sup>5)</sup>および文献3)を参考にして行った。対象地盤における支持力の値を算出し、それぞれに対して支持力係数の値を設定している。なお、本条件の場合には先端支持力比が 0.18 となり、基礎の降伏判定の指標となる復旧性能レベル1では提案手法の場合に地盤抵抗係数は 0.85 となった（従来法では 0.83）。

### 3. 静的非線形解析による荷重－変位関係の算定

地盤抵抗の設定方法が異なる2つのモデルについてプッシュ・オーバー解析を実施し、荷重－変位関係の算定を行った。また、その構造部物の地震時の応答を把握するために、所要降伏震度スペクトル<sup>6)</sup>による応答塑性率の算定をあわせて実施した。

従来の地盤ばねのモデル化手法で荷重－変位関係の算定を行った場合（図3）には、押し込み側の杭が震度 0.5 で先行降伏し、その後橋脚基部が降伏点を超過するといった結果になった。所要降伏震度スペクトルを用いて L2 地震動スペクトルⅡに対する最大応答塑性率を求めた場合には、その値は 2.76 となり橋脚基部の最大耐力超過点（損傷レベル2の限界値）を超過しない結果となった。

新しく提案している地盤ばねのモデル化手法で荷重－変位関係の算定を行った場合（図4）にも、押し込み側の杭が震度 0.46 で先行降伏し、その後橋脚基部が降伏点を超過するといった結果になり、従来の設定と同様の損傷過程を示すものの基礎の降伏震度は低くなる結果となった。同様に所要降伏震度スペクトルを用いて L2 地震動スペクトルⅡに対する最大応答塑性率を求めた場合には、その値は 2.91 となり従来法の結果と比較すると大きな応答塑性率を示すものの橋脚基部の最大耐力超過点（損傷レベル2の限界値）を超過しない結果となった。

### 4. まとめ

本稿では、複数羽根を有する回転杭について基礎標準の設計法に適用させるために新たに提案している地盤抵抗のモデル化方法と従来の方法でモデル化した場合の構造物の応答について比較を行った。その結果、構造物の性能を示す荷重－変位関係に差異は生じるものの、最大応答は同程度であり損傷の程度に差は見られなかった。1例ではあるが、提案している設定法は、従来の設定法に対して構造諸元の変更を伴うような挙動大きな変化はないことが分かった。したがって本手法は、構造物の損傷過程を実際の挙動に近づけつつ従来と同様の設計が可能である。

キーワード 複数羽根、回転杭、設計支持力、部分安全係数、静的非線形解析

連絡先 〒186-8540 東京都国立市東 1-4-13 株式会社ジェイアール総研エンジニアリング 構造技術部

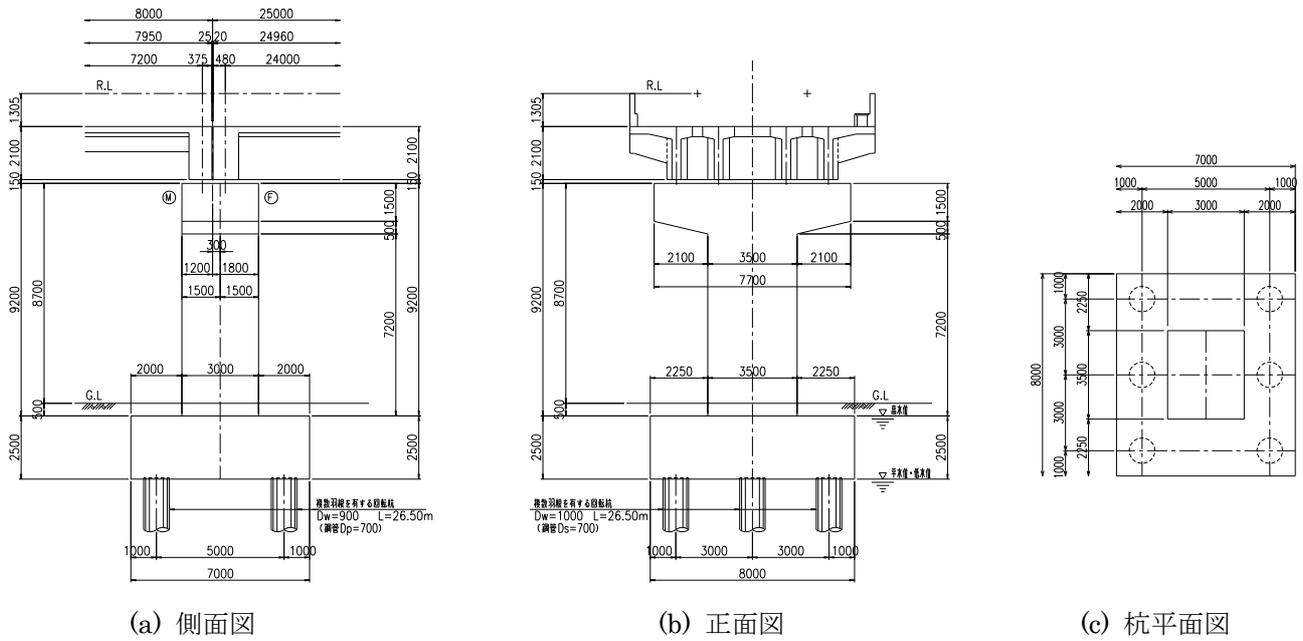


図1 対象構造物の一般図

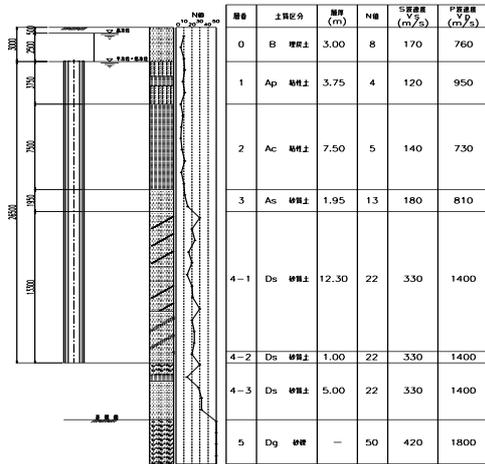


図2 構造物と地盤の関係

表1 モデル化に用いる地盤定数一覧

層番	層厚 (m)	土質区	N値	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_d$ (kN <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$\phi_d$ (度)	$E_d$ (kN <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$V_{s0}$ (m/s)
0	3.00	砂質土	8	18	-	-	1422	170
1	3.75	粘性土	4	16	60	-	6382	120
2	7.50	粘性土	5	16	80	-	8618	140
3	1.95	砂質土	13	19	-	32	1683	180
4-1	12.3	砂質土	22	19	-	33	5647	330
4-2	1.00	砂質土	22	19	-	32	5647	330
4-3	5.00	砂質土	22	19	-	-	5647	330
5	-	砂礫	50	20	-	-	9628	420

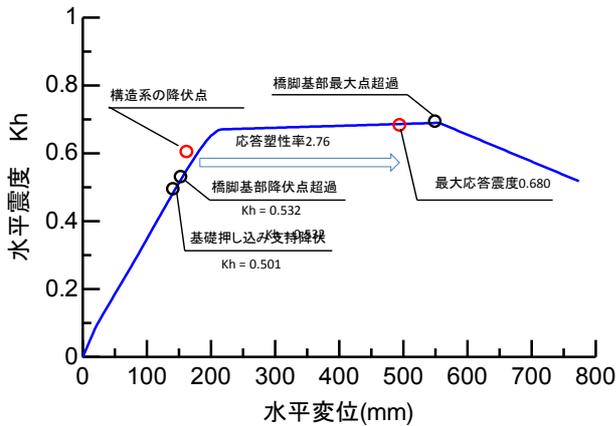


図3 荷重-変位関係の算定結果 (従来法)

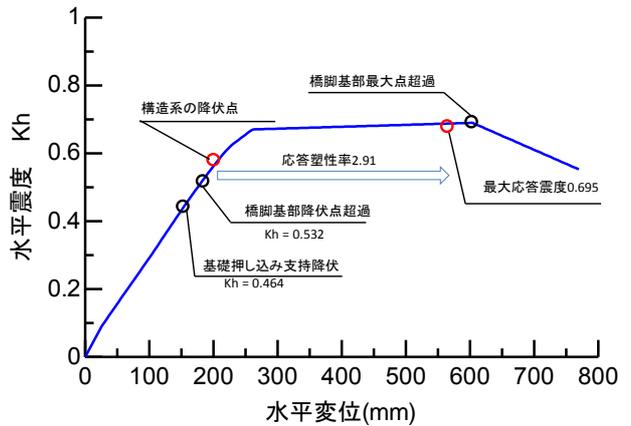


図4 荷重-変位関係の算定結果 (提案手法)

参考文献 1) (公財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (基礎構造物), 2012.9 2) 澤石ら: 複数羽根を有する回転杭の設計支持力を求める部分安全係数に関する一考察, 土木学会年次講演会, 2019 (投稿中) 3) 徳岡ら: 複数羽根を有する回転杭の地盤抵抗モデルに関する一考察, 土木学会年次講演会, 2019 (投稿中) 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 RC 橋脚 5) 土木学会: 回転圧入鋼管杭 (NS エコスパイラル) の設計施工法に関する技術評価 報告書, 土木学会技術推進ライブラリーNo.13, 2013 6) (公財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計), 2012.