

載荷試験データに基づく節付き場所打ちコンクリート杭の支持力評価に関する検討 (その2：地盤抵抗係数の検討結果)

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 西岡 英俊 正会員 神田 政幸
 (株) 大林組 正会員 喜多 直之 正会員 ○光森 章 正会員 渡邊 康司

1. はじめに

場所打ちコンクリート杭の中間部を拡幅して節部を設けた節付き場所打ちコンクリート杭(ナックル・パイ
 ル)は、節部を設けた中間支持層を有効に活用し、常時及び地震時の押込み抵抗力・引抜き抵抗力の増大を図
 った基礎杭である。同名報告(その1)では、鉄道構造物設計標準(以下、鉄道標準)に準拠した支持力評価
 に用いた節付き場所打ちコンクリート杭の載荷試験の概要を示し、載荷試験結果を鉄道標準の基準支持力度算
 定式と比較した結果について報告した。本報告(その2)では、設計支持力の算定に用いる地盤抵抗係数の検
 討結果を報告する。

2. 地盤抵抗係数の算出方法

鉄道標準における杭の設計鉛直支持力 R_{vd} は式(1)で算出される。

$$R_{vd} = f_r R_k = f_{rt} R_{tk} + f_{rf} R_{fk} \quad (1)$$

ここで、 f_r ：地盤抵抗係数、 R_k ：基準支持力、 f_{rt} ：先端に関する地盤抵抗係数、 R_{tk} ：基準先端支持力、 f_{rf} ：周
 面に関する地盤抵抗係数、 R_{fk} ：基準周面支持力である。式(1)で示される設計鉛直支持力を算出するには、基
 準支持力の他に地盤抵抗係数の評価が必要となる。地盤抵抗係数は、要求性能ごとに所定の信頼性を確保する
 ように定められるものであり、文献¹⁾に示される手法に従えば、式(2)で表される。

$$f_{rt} = \mu_t - \beta_a \alpha_t \sigma_t \quad f_{rf} = \mu_f - \beta_a \alpha_f \sigma_f \quad (2)$$

ここで、 μ_t, μ_f ：平均値、 σ_t, σ_f ：標準偏差、 β_a ：目標安全性指標、 α_t, α_f ：感度係数である。目標安全性指標
 β_a は、各限界状態に対する安全余裕度を表している。また、感度係数 α_t, α_f は、基準先端支持力比 p_t に応じて
 変化するため、設計する杭が摩擦杭か支持杭かという特
 徴を反映した地盤抵抗係数が算出される。

式(2)における平均値 μ_t, μ_f は、少数標本からの推定とな
 るため、データ数 n に応じて信頼水準 0.75 の下限値とな
 る式(3)により推定される。

$$\mu = \bar{\mu} - k_s \sigma \quad (3)$$

ここで、 μ ：推定した平均値、 $\bar{\mu}$ ：平均値、 σ ：標準偏
 差、 k_s ：データ数 n に応じた係数で図-1 に示す値である。

3. 要求性能と限界状態

地盤抵抗係数を算出する際に必要となる要求性能と限
 界状態を表-1 に示す。これらの要求性
 能と限界状態は鉄道標準に準拠したも
 のであり、統計処理は5種類の要求性
 能・性能項目について行った。

4. 地盤抵抗係数の算定

統計処理の結果得られた平均値と変
 動係数を表-2 に示す。表には鉄道標準

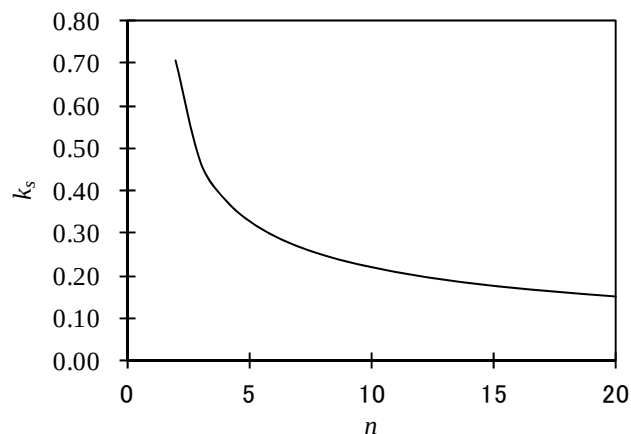


図-1 データ数 n に応じた係数 k_s (信頼水準 0.75)

表-1 要求性能および限界状態

要求性能	性能項目	基準変位量 (mm)	目標安全性指標 β_a 基準変位量の超過確率 P_t	限界状態
使用性	長期支持性能	20(13.3) ^{※1}	$\beta_a=1.6, P_t=5\%$	不同沈下によるひび割れ
	短期支持性能	20	$\beta_a=1.3, P_t=10\%$	
安全性	地震時以外	50 or 0.05D ^{※2}	$\beta_a=1.0, P_t=16\%$	顕著な軌道変位
復旧性	性能レベル1	50 or 0.05D	$\beta_a=0.85, P_t=20\%$	残留沈下による軌道補修
	性能レベル2	0.1D	$\beta_a=0.5, P_t=30\%$	残留沈下による構造物補修

※1: 統計処理時は、長期載荷試験における変位の増加を考慮してカッコ内の値を用いた

※2: Dは杭径を表す

節付き場所打ちコンクリート杭、載荷試験、地盤抵抗係数

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 大林組 生産技術本部 TEL.03-5769-1317

に示されている場所打ち杭に関する統計処理の結果を合わせて示している。ここで、周面に関する有効データ数のカッコ内は、同名報告（その1）に

における基準支持力の検討に用いた全データ数であり、統計処理にはカッコ外のデータ数を採用した。これは、交番試験の引抜き側や大変形の押込み試験後に実施した引抜き試験データなど、载荷履歴の影響を大きく含んでいるデータを除外するためである。表-2 より、場所打ち杭は基準変位の小さい長期使用限界状態で杭先端の変動係数が大きくなっている。一方、節付き場所打ちコンクリート杭は、基準変位の小さい長期使用限界状態及び短期使用限界状態で、杭先端及び節部の変動係数が小さくなる傾向を示した。これは、従来、バラツキが大きい

とされる場所打ち杭の杭先端部における支持力とは異なる傾向であり、節付き場所打ちコンクリート杭の節部及び杭先端部における支持力のバラツキが小さいことを示唆している。さらに、周面に関する変動係数も、場所打ち杭より小さな値を示していることから、周面に関しては場所打ち杭と同一の評価を準用することで安全側の評価になると考えられる。次に、2. に示す手法により、表-1 に示す目標安全性指標、表-2 に示す統計値及び杭の基準先端支持力比を用いて地盤抵抗係数を算出した。ここで、表-2 の統計値のうち変動係数が小さい（30%未満）のものに関しても、実際の設計では地盤調査の不確実性を考慮する必要がある。そこで、本報告では、変動係数が30%未満のケースでも30%と仮定した。図-2 に、地盤抵抗係数と基準先端支持力比の関係を示す。各ラインは、順に使用性・長期支持性能、使用性・短期支持性能、安全性・地震時以外、復旧性・性能レベル1、復旧性・性能レベル2の各要求性能・性能項目に対する地盤抵抗係数を示している。また、図には、比較のために場所打ち杭の地盤抵抗係数を点線で示している。図-2 より、いずれの要求性能・性能項目についても、基準先端支持力比が大きい場合に地盤抵抗係数が低下しており、対応する場所打ち杭の地盤抵抗係数と比較して、値に若干の差異はあるものの、地盤抵抗係数は場所打ち杭と類似した傾向となっている。

5. まとめ

同名報告（その1）に示した载荷試験データを対象に、鉄道標準に準拠して節付き場所打ちコンクリート杭の地盤抵抗係数の算出を試みた。その結果、有効データ数が $n = 2 \sim 3$ と少ないながらも、場所打ち杭に類似した傾向を示すことが確認できた。今後、载荷試験データを蓄積して、十分な信頼性を有する地盤抵抗係数を提案していくとともに、節付き場所打ちコンクリート杭と同様の施工法により施工される節付き壁杭（ナックル・ウォール）についても、鉄道標準に準拠した支持力の検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 西岡, 神田ほか(2008): 载荷試験データの統計的処理による杭工法別の支持力算定, 鉄道総研報告, Vol. 22, No. 10, pp. 41-46. 2) 鉄道技術総合研究所編(2012): 鉄道構造物設計標準・同解説(基礎構造物)。

表-2 地盤抵抗係数の検討結果

	基準変位 統計値	周面				先端			
		長期20mm	20mm	min (50mm, 5%D)	10%D	長期20mm	20mm	min (50mm, 5%D)	10%D
場所打ち杭 ¹⁾	有効データ数 n	7	6	6	6	9	8	8	8
	平均値 μ	1.16	1.16	1.31	1.37	0.5	0.56	0.85	1.39
	変動係数 V	38%	38%	40%	33%	60%	46%	44%	49%
節付き場所打ちコンクリート杭	有効データ数 n	3(5)	3(5)	3(5)	3(5)	2	2	2	2
	平均値 μ	1.06	1.22	1.62	1.74	0.63	0.73	1.06	1.35
	変動係数 V	21%	16%	25%	65%	22%	27%	41%	65%

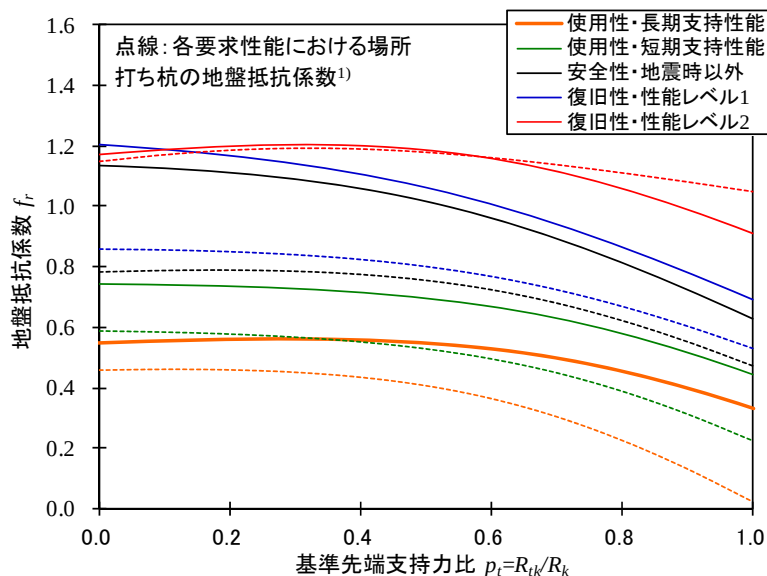


図-2 地盤抵抗係数の検討結果