

鉄道高架橋における施工監理

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 ○旦代 雅人

1. はじめに

場所打ち杭の先端支持力向上や沈下防止を目的として、先端プレロード場所打ち杭工法が用いられる。この工法は、杭の鉄筋かごの先端に袋体を取付け、杭のコンクリート打設・硬化後に地上からセメントミルクを加圧注入する工法である。設計上、杭先端支持力を向上させる場合や、地中梁のない1柱1基礎構造等の場合に有効な工法である。

本報告では、河川改修工事に伴う東北本線平泉・前沢間に位置する衣川橋りょう高架橋新設工事の先端プレロード場所打ち杭における、施工前段階での検討と対策、実施工での施工監理と実施結果について報告する。

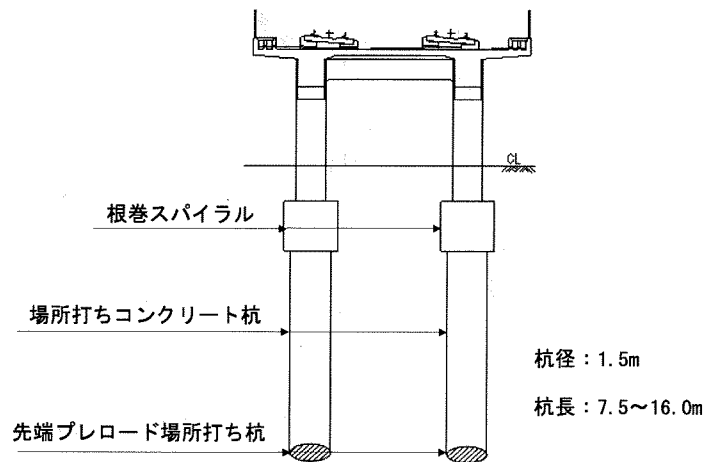


図-1 構造物の概要（単杭形式）

2. 概要

本高架橋は9連のラーメン構造から成る背割式ラーメン高架橋である。基礎構造は全て杭基礎でオールケーシング工法により施工を行った。地中梁形式と単杭形式（根巻スパイラル）に分かれ、先端プレロード場所打ち杭は単杭形式に用いた。単杭の構造を図-1に示す。

先端プレロード場所打ち杭には、下記の注入圧力の10分間保持によって2種類に分けられる。

①先端支持力向上型（注入圧力：1.5 MPa）

プレロード効果により先端支持力を向上させる役割

②先端品質向上型（注入圧力：1.0 MPa）

スライムの圧縮・除去により杭先端の品質を向上させる役割

本工事では、支持地盤が軟弱なため先端支持力向上型で設計した。

表-1 浮上りについての検討（第1次）

	条件検討		計算値			判定方法 (R_f/F / ($P \times A$) ≥ 1.0)	結果 (抗浮安定可能性)
	杭径	杭長	基礎標準の最大周面摩擦力 (Rf)	R_f/F ①	プレロード圧力 ($P \times A$) (P=1.5) ②		
R1	1.5	10.5	4,547	1,819	2,651	0.69	有り
	1.5	7.5	6,144	2,458	2,651	0.93	有り
R2	1.5	8.0	6,345	2,538	2,651	0.96	有り
	1.5	8.0	6,322	2,529	2,651	0.95	有り
R3	1.5	10.0	8,262	3,305	2,651	1.25	無し
	1.5	9.0	4,963	1,985	2,651	0.75	有り
R4	1.5	9.0	3,966	1,586	2,651	0.60	有り
	1.5	9.0	5,097	2,039	2,651	0.77	有り
R5	1.5	9.0	4,192	1,677	2,651	0.63	有り
	1.5	11.0	5,496	2,199	2,651	0.83	有り
R6	1.5	11.0	4,224	1,690	2,651	0.64	有り
	1.5	13.0	4,506	1,802	2,651	0.68	有り
R7	1.5	13.0	5,600	2,240	2,651	0.84	有り
	1.5	15.0	8,264	3,306	2,651	1.25	無し
R8	1.5	16.0	10,167	4,067	2,651	1.53	無し
	1.5	16.0					

表-2 浮上りについての検討（第2次）

	条件検討		計算値			判定方法 (R_f/F / ($P \times A$) ≥ 1.0)	結果 (抗浮安定可能性)	上載荷重検討 (kN)			判定方法 (R_f/F / ($P \times A$) ≥ 1.0)	結果 (抗浮安定可能性)	
	杭径	杭長	基礎標準の 最大周面摩擦力 (Rf)	R_f/F ①	プレロード圧力 ($P \times A$) (P=1.5) ②			根巻	柱間フーチング	上載荷重計 ③			①+②+③
R1	1.5	10.5	4,547	1,819	2,651	0.69	有り	218	29	247	2,066	0.78	有り
	1.5	7.5	6,144	2,458	2,651	0.93	有り	295	169	464	2,922	1.10	無し
R2	1.5	8.0	6,345	2,538	2,651	0.96	有り	147	116	263	2,801	1.06	無し
	1.5	8.0	6,322	2,529	2,651	0.95	有り	342	169	511	3,040	1.16	無し
R3	1.5	9.0	4,963	1,985	2,651	0.75	有り	342	169	511	2,496	0.94	有り
R4	1.5	9.0	3,966	1,586	2,651	0.60	有り	140	116	256	1,842	0.69	有り
	1.5	9.0	5,097	2,039	2,651	0.77	有り	342	169	511	2,550	0.96	有り
R5	1.5	9.0	4,192	1,677	2,651	0.63	有り	140	116	256	1,933	0.73	有り
	1.5	11.0	5,496	2,199	2,651	0.83	有り	342	169	511	2,710	1.02	無し
R6	1.5	11.0	4,224	1,690	2,651	0.64	有り	140	116	256	1,946	0.73	有り
	1.5	13.0	4,506	1,802	2,651	0.68	有り	342	169	511	2,313	0.87	有り
R7	1.5	13.0	5,600	2,240	2,651	0.84	有り	140	116	256	2,496	0.94	有り

3. 先端プレロード場所打ち杭事前検討

先端プレロード場所打ち杭は、杭の周面摩擦力を反力として、杭先端地盤にプレロードを作用させている。そのため、周面摩擦力が小さい場合は、杭体が浮上ることがある。「先端プレロード場所打ち杭工法 設計施工マニュアル（東日本旅客鉄道株式会社）」を用い、注入時における杭の浮上りについて事前に検討した。同マニュアルによると浮上り許容値は5mm以内であり、

$$P \times A_p \leq R_f / F \quad (P \times A_p / R_f / F \geq 1.0) \text{ ————— 式 1}$$

(P：計画注入圧、Ap：杭先端面積、Rf：単杭の最大周

面支持力、F：安全率 (2.5)) を満足すればよい。式1から各柱について検討した結果を表-1に示す。表-1より、

一部の杭を除き 5mm 以上浮上る可能性があることが分かった。同マニュアルによると浮上る可能性がある場合、

①上載荷重を注入圧力に対する反力としてとり、注入を行う。

②鉄道構造物におけるラーメン高架橋の場合、軌道(レール)レベル等への影響が少ない時、主に梁の施工前までに注入する。

という措置方法がある。よって、柱施工後に注入する計画で浮上りについて再検討した。内容は式 1 の R_f/F に上載荷重の W を加えて算出したものであり、その結果を表-2 に示す。上載荷重を加えても一部の杭は浮上る可能性があることが分かった。

4. 浮上り防止対策

事前検討においてプレロード注入により杭が浮上る可能性があったため、対策を考案した。前述の通り、支持力向上型はプレロードにより支持力の一端を担うため、プレロード無しの状態、つまり杭自体で支持力を確保出来ていれば、注入圧力を下げて施工が出来る。その支持力について確認した結果、浮上る可能性がある全ての杭は、杭だけで支持力を確保していることが確認された。よって先端プレロードの注入圧力を先端支持力型：1.5MPa から品質向上型：1.0MPa に変更することとした。表-3 に示すとおり、注入圧力を 1.0MPa に変更することにより、全ての杭について浮上らない結果を得た。

5. 施工監理と結果

検討結果を踏まえて、実際のプレロード注入による杭の挙動を確認した。浮上りの測定はダイヤルゲージを用い場所打ち杭の鉄筋に当てて測定する方法と、杭鉄筋にレベルを設置しトランシットで測定する 2 つの方法で行った(図-2)。その結果、マニュアルの浮上り許容値 5mm に対して施工結果は表-5 に示した通り、最小で 0.0mm、最大で 2.0mm となり、事前検討と対策により浮上りを発生させることなく施工出来た。

6. まとめ

先端プレロード場所打ち杭の施工監理は、注入の圧力管理と杭の浮上りの計測が重要である。今回の事前の検討と対策により、杭の浮上りは許容値内に収まり施工することが出来た。今後も先端プレロード場所打ち杭施工に関しては、事前の浮上りの検討と注入圧力・杭頭変位監理により施工していくことが大切である。

「参考資料」

1)先端プレロード場所打ち杭工法 設計施工マニュアル(東日本旅客鉄道株式会社)

表-3 浮上りについての検討(最終)

	条件検討		計算値			判定方法 (R_f/F)/($P \times A$) ≥ 1.0	結果 (杭頭変位可能性)	上載荷重検討(kN)			検討 ③=①+②	判定方法 (R_f/F)/($P \times A$) ≥ 1.0	結果 (杭頭変位可能性)
	杭径	杭長	品質向上型の 最大注入圧力(MPa)	R_f/F ①	プレロード型 ($P \times A$)/($P \times A$) ②			投巻	柱のフーチング	上載荷重計 ③			
R1	1.5	10.5	4,547	1,819	1,767	1.03	有り	218	29	247	2,066	1.17	無し
R4	1.5	9.0	4,963	1,985	1,767	1.12	有り	342	169	511	2,496	1.41	無し
	1.5	9.0	3,966	1,586	1,767	0.90	有り	140	116	256	1,842	1.04	無し
R5	1.5	9.0	5,097	2,039	1,767	1.15	有り	342	169	511	2,550	1.44	無し
	1.5	9.0	4,192	1,677	1,767	0.95	有り	140	116	256	1,933	1.09	無し
R6	1.5	11.0	4,224	1,690	1,767	0.96	有り	140	116	256	1,946	1.10	無し
R7	1.5	13.0	4,506	1,802	1,767	1.02	有り	342	169	511	2,313	1.31	無し
	1.5	13.0	5,600	2,240	1,767	1.27	有り	140	116	256	2,496	1.41	無し



(ダイヤルゲージによる方法) (トランシットによる方法)

図-2 杭変位測定方法

表-4 施工結果

	構 造		結 果 (杭頭変位可能性)	杭頭変位測定結果 (mm)
	杭径	杭長		
R6	1.5	11.0	無し	0.77
	1.5	11.0	無し	0.00
R7	1.5	13.0	無し	0.40
	1.5	13.0	無し	0.00
R8	1.5	15.0	無し	0.20
	1.5	13.5	無し	0.80
R9	1.5	16.0	無し	0.20
	1.5	16.0	無し	0.40