

(III-69) ネガティブフリクションが生ずる鉄道高架橋の基礎杭について

J R東日本 東京工事事務所 正会員 荒井 洋
シエアール東日本コンサルタンツ(株) 狩野重治
シエアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 貴志紀之

1. はじめに

N値が1程度の圧密沈下層(以下圧密層)が30m以上ある極軟弱地盤地域に鉄道高架構築の計画があるが、地盤沈下によるネガティブフリクション(負の摩擦力)により基礎杭に対し大きな影響を及ぼす。そこで、今回の高架鉄道において一般に用いられるラーメン高架橋について、ネガティブフリクションを考慮した基礎杭の検討を行ったので報告する。

2. ネガティブフリクションの発生要因

ネガティブフリクションの発生原因である地盤沈下現象は、(1)地下水の汲み上げ、根切、トンネル工事などに基づく地下水位(水圧)低下により地盤内の間隙水圧が減少し、粘性土層の圧密が行われる場合と(2)杭近接地域での盛土・構造物の構築などにより杭打設後に粘性土層に直接荷重が加えられ、圧密が生ずる場合がある。今回は基礎杭に近接して造成盛土を行うことを想定しており、(2)によりネガティブフリクションが発生するとして検討を行う。

3. 地盤条件

検討に用いた地盤条件(表-1参照)は、GL-47.3mまでがN値1~6の軟弱な沖積層で構成されており、地盤沈下地域でよくみられる地層構成の典型となっている。今回はGL上に造成盛土(2.0m)を行い、その重量により地盤沈下が発生する。

▽盛土天端標高 T.P.+4.30m		深度z (m)	層厚D (m)	土質 区分	N値	γ (KN/m ³)	φ (度)	C (KN/m ²)	Pc (KN/m ²)	P (KN/m ²)	判定
造成盛土		▽GL=2.30m	2.0			18			-	-	-
第1層	(地下水位上)	0.0	0.4	粘性土	1	16		21	-	36	圧密層
	(地下水位下)	0.4	2.4	Ac1					2.6	42.4	
第2層		2.8	3.2	砂質土	6	19	31		22.1	56.8	
第3層		6.0	6.5	粘性土	1	17		30	48.0	85.6	圧密層
第4層		12.5	19.3	粘性土	1	16		84	100.6	131.1	
第5層		31.8	15.5	粘性土	6	17		158	257.0	246.9	
第6層(支持層)		47.3	15.5	砂礫土	50	20	32		382.5	355.4	

表-1 地盤条件

圧密モデルは、当箇所において実施された地質調査結果より、表層地盤(第1層~第5層)において一様に式-①によるものとする。

$$P_c = 8.10 \times z - 0.63 \quad \text{①}$$

ここに、 P_c ; 圧密降伏応力 (kN/m^2) z ; GLからの深度 (m)

また、第1~5層のそれぞれの天端における上載荷重は、式-②で表される。

$$P = \gamma_0 D_0 + \sum \gamma D \quad \text{②}$$

ここに、 P ; 各地層天端における単位面積当り上載荷重 (kN/m^2)

γ ; 各上部層の有効単位重量 (kN/m^3) γ_0 ; 造成盛土の単位重量 (1.8 kN/m^3)

D ; 各上部層の厚さ (m) D_0 ; 造成盛土厚さ (2m)

式-①、②により各層の圧密状態を検討すると表-1のように第5層天端にて $P_c > P$ となるため、第4層以上が圧密層となる。

5. 検討概要

検討に用いた高架橋の構造形式は、近年よく用いられる背割式ラーメン高架橋(15m スパン、複線2柱4径間)である。(図-1参照)

キーワード : ネガティブフリクション, 圧密沈下, 鉄道高架橋, 鋼管杭, SlipLayer

連絡先 : 東京都渋谷区代々木2-2-6 Tel ; 03-5388-6510 FAX ; 03-5371-0298

ラーメン高架橋の基礎杭として、①通常使用される場所打ち杭（先端強化型）、②ネガティブフリクション対策でよく使用される Slip Layer（以下 SL）塗覆鋼管杭③SL 塗覆 SC 杭の 3 タイプについてスケルトンを求め、それぞれを比較検討する。SL 塗覆タイプについては、圧密層となる第 4 層以上の杭体表面に SL を塗覆することとした。SL 塗覆部の周面

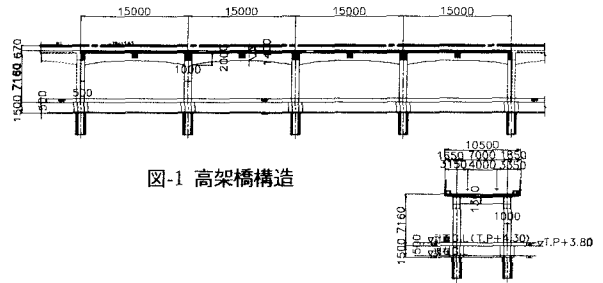


図-1 高架橋構造

摩擦力度は、 2 kN/m^2 とする。算定方法は鉄道構造物等設計標準²⁾による。

5. 各杭のスケルトンおよび考察

1) 杭長および杭径

杭の支持力の検討により、杭長および杭径を求めると表-2 のようになる。

場所打ち杭は鋼管杭に対し周面支持力（ $\text{frf} \cdot \text{Rf}$ ）は約 4 倍となるが、ネガティブフリクション（ Fn ）も約 34 倍となり、 $\phi 1.4\text{m}$ の場合通常より約 10m 多く支持層へ根入れを行う必要がある。それに対し、SL 塗覆杭は $\phi 1.2\text{m}$ で支持層へは通常根入れをすればよいので有利である。

即ち、上記場所打ち杭と SL 塗覆杭との関係を数式で表すと、次のようになる。圧密層厚を La (m)、非圧密層厚を Lb (m) とすると、SL 塗覆杭の方が支持力的に有利になる場合は、

$$\Delta \text{Fn} \cdot \text{La} > \Delta \text{frf} \cdot \text{Rf} \cdot \text{Lb} \quad (\Delta \text{Fn} = 265 \text{ kN/m; 場所打ち杭と SL 塗覆杭との } \text{Fn} \text{ の差})$$

$$\therefore \text{La}/\text{Lb} > 0.65 \quad (\Delta \text{frf} \cdot \text{Rf} = 172 \text{ kN/m; 場所打ち杭と SL 塗覆杭との } \text{frf} \cdot \text{Rf} \text{ の差})$$

従って、本検討の土質条件の場合、圧密層厚が非圧密層厚の約 0.65 倍以上あれば SL 塗覆杭の方が支持力的に有利となる。 $\text{La} = 31.8\text{m}$ 、 $\text{Lb} = 15.5\text{m}$ であるので $\text{La}/\text{Lb} = 2.05$ となり、SL 塗覆杭の方が有利である。

2) 杭断面

SL 塗覆の鋼管杭・SC 杭の場合について、それぞれ杭断面を検討すると表-3 のようになる。

今回杭長が長い為発生断面力が大きく、鋼管杭の場合 SKK490 材でも $t = 22\text{mm}$ と鋼材厚が大きいものを使用しなければならないが、SC 杭を使用すれば SKK400 材の $t = 12\text{mm}$ でよい。

6. まとめ

今回ネガティブフリクションが発生するラーメン高架橋の基礎杭について検討し、ネガティブフリクションが発生する地盤における SL 塗覆杭の有効性を確認した。今後の課題として、杭先端部において PHC 杭の使用等断面の変更を検討し、さらに現地の制約条件を踏まえつつ各杭種について経済比較を行い有効性を確認していきたい。

<参考文献>

- 1) NKK, 久保田鉄工(株), 川崎製鉄(株), 新日本製鐵(株), 住友金属工業(株): 既製杭 負の摩擦力処理方式, 基礎工, 総合土木研究所, 1989 年 5 月
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物, 基礎構造物), 鉄道総合技術研究所編, 平成 11 年 10 月, 平成 12 年 6 月

	①場所 打ち杭	②SL塗覆 鋼管杭	③SL塗覆 SC杭
$\text{Fn}(\text{kN/m})$	273	8	8
$\text{frf} \cdot \text{Rf}(\text{kN/m})$	229	57	57
$\text{Rv}(\text{kN})$	3,365	3,928	3,738
$\text{Rvd}(\text{kN})$	3,100	3,100	3,100
杭径 (m)	1.4	1.2	1.2
杭長 (m)	60	48.5	48.5

※決定ケース；長期使用限界
 Rv ；許容鉛直支持力
 Rvd ；杭頭反力

表-2 杭長および杭径

	②SL塗覆 鋼管杭	③SL塗覆 SC杭
鋼管厚(mm)	22	12
材質	SKK490	SKK400
概要図		
発生応力	$M = 3,439 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $N = 3,363 \text{ kN}$	$M = 6,488 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $N = -155 \text{ kN}$

表-3 杭断面