

つくばエクスプレス（常磐新線）における ネガティブフリクションを考慮した杭の設計

日本鉄道建設公団関東支社工事第二部
日本鉄道建設公団関東支社工事第四課
日本鉄道建設公団関東支社守谷鉄道建設所

正会員 山岸 明
正会員 石渡 徳久
○正会員 田中 健

1. 目的

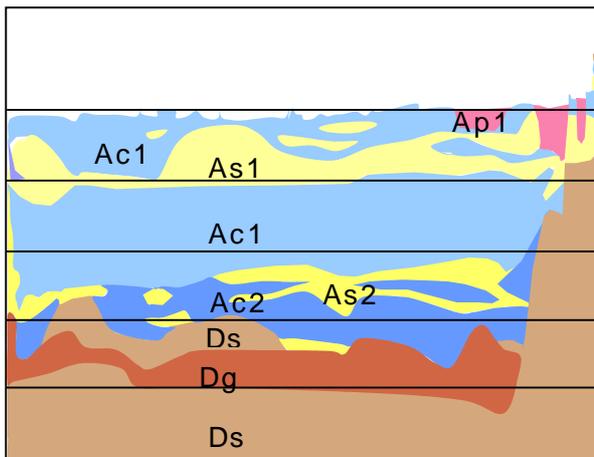
つくばエクスプレス（常磐新線）において、橋脚の施工に伴い、周辺地盤に存在する粘性土層の圧密沈下により、杭に対し負の周面摩擦力（ネガティブフリクション（以下「NF」））が発生し、杭先端地盤の破壊に伴う杭の沈下等が懸念された。

そのため、杭周面にすべり層剤としてスリップレイヤーコンパウンド剤（以下「SL剤」）を塗布し、NFを低減したSL塗布杭を採用した。本稿では、NFを考慮した杭の設計及び施工方法について報告する。

2. 概要

①地質概要

本工事箇所である茨城県伊奈町・谷和原村地区は小貝川流域に広がる沖積低地の東端に位置しており、腐植土、粘性土、砂質土層からなる沖積層がGL下約30m付近まで分布している。また、工区終点側には筑波台地があり、一部で表層に腐植土層があるものの洪積砂質土層が分布している。その内、腐植土（Ap1）及び沖積粘性土（Ac1）においては圧密沈下の対象となる土層で、沖積砂質土層（As1）では地震時に液状化の対象となる土層である。（図－1 参照）



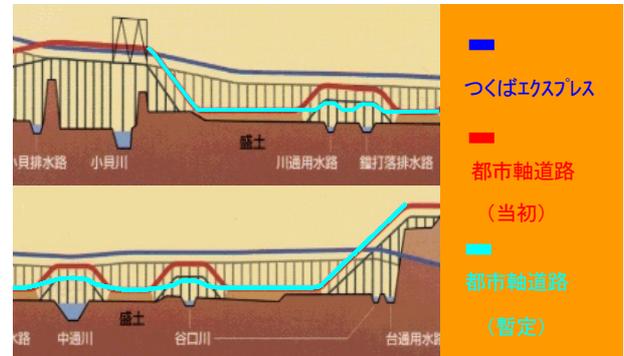
図－1 伊奈・谷和原地区地質縦断面図

②橋梁構造選定の経緯

当工事箇所においてはつくばエクスプレスに両側に並行する都市計画道路（以下「軸道」）の建設が予定されている。軸道の道路構造は、橋梁構造区間と盛土構造区間からなり、そのうち、盛土構造区間においては、周辺地盤の圧密沈下を考慮し、鉄道工事に先行してプレロード施工を実施する予定であったためNFを考慮せず、鉄道の構造形式は景観に配慮した構造として杭基礎・アーチスラブラーメン高架橋を計画していた。

しかし、昨今の厳しい経済情勢から軸道の道路構造はその橋梁構造区間の大半を盛土構造区間とした暫定構造で開業することとなり、また、軸道の建設主体である茨城県と協議の結果、プレロード施工が鉄道橋梁の施工と同時若しくはその後に行うこととなった。

（図－2 参照）



図－2 軸道構造概要図

よって、鉄道橋梁の基礎構造物に対し、軸道のプレロードにより発生するNFの影響を低減する構造として、壁式橋脚・桁構造を採用した。

③ネガティブフリクション（NF）について

表層に沖積層が存在する軟弱地盤等においては、近接盛土または地下水位の低下等により、基礎構造物周辺の地盤が沈下を生じ、基礎にNFが発生する可能性がある。（図－3 参照）

本工事箇所においては、軸道のプレロードによる沖

積層の圧密沈下により発生するNFにより、杭体の破壊及び杭先端地盤の破壊、すなわち鉄道橋梁の沈下が懸念された。

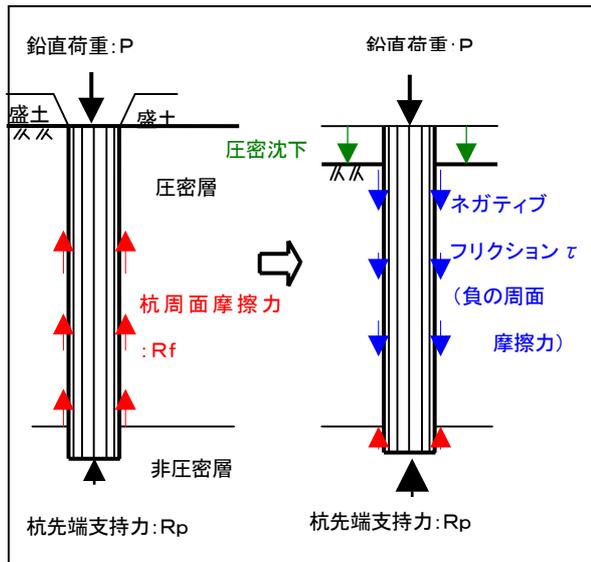


図-3 NF概念図

3.NFを考慮した杭の設計

①SL塗布杭の採用

- NFを考慮し、杭先端支持力を確保するためには、
 (1)支持力を多くとる方法
 (2)NFを低減する方法

がある。(1)は杭本数及び杭径の増大等があるが、経済的、施工的な課題から問題があるため、(2)としてSL塗布杭を採用した。

SL塗布杭とは、既製杭（SC、PHC）の表面にSL剤（瀝青材）をすべり層剤として塗布することによってNFを低減する杭である。（図-4参照）

SL剤の特性としては荷重時間が長い場合、粘性体としての挙動を示しNFを吸収する機能を有するため、圧密沈下により発生するNF軽減対策としては有効である。

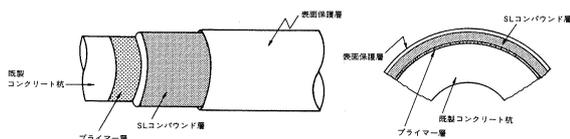


図-4 SL塗布杭概要図

②設計における残留NF (τ)

発生するNFにより、SL塗布杭に対し残留NFとしてせん断応力 τ が発生する。このせん断応力 τ は圧密沈下量及びSL剤塗布厚等から以下のとおり算出される。¹⁾

$$\tau = d * S / (3 * h)$$

d : 年間圧密沈下量(m)

S : スチフネス係数 (0.003)

h : SL剤の塗布厚 (0.006m)

ここで、スチフネス係数とは、地中温度及びSL剤への荷重時間とその特性を示している。（図-5参照）

伊奈・谷和原地区におけるAp1、As1、Ac1層の一次元圧密沈下量は約96cmと想定されるため、上式計算の結果、杭に働く残留NFは $\tau = 0.16 \text{tf/m}^2$ となる。

設計上、鉄道構造物等設計標準・同解説「中掘り先端根固め工法」²⁾から求められるNFは 2.0tf/m^2 であることから、SL剤が発生するNFの約90%を吸収していることとなる。

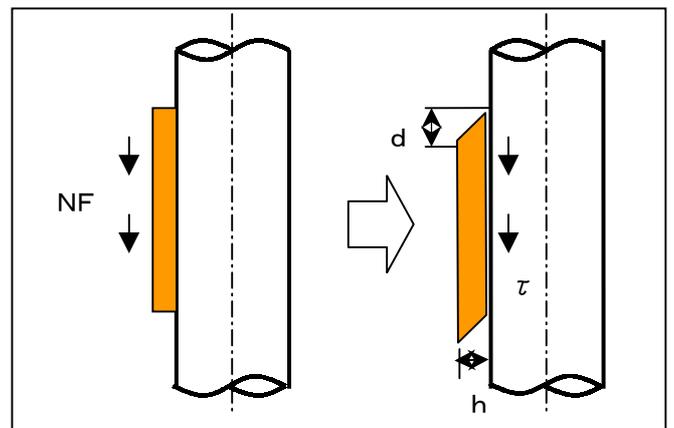


図-5 SL塗布杭NF低減概要

③中掘り先端根固め工法の採用

SL塗布杭は杭の建て込みの際に過度の衝撃に弱い。そのため、①杭の沈降埋設が容易で、②杭先端部を根固め（拡大球根）することにより地盤支持力の増大が期待できる等の理由により、当工法を採用した。

4.まとめ

本工事における鉄道橋脚及び軸道のプレロード施工は完了したところであり、鉄道橋脚フーチング下に沈下計を設置し地盤の沈下量を計測しているところである。現在橋脚の沈下は計測されておらず、SL剤及び杭先端根固め部が有効に機能しているといえる。今後も引き続き計測等を行い必要な対策を講じていきたい。

参考文献

- 1) シェルグループ研究所：Slip layer compound for bearing piles
- 2) 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・抗土圧構造物）