

鉄道に近接した仮土留におけるハイスpekクネイリングの適用事例

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○キーチョンイエン，杉田 清隆
JR 東日本コンサルタンツ（株） 正会員 成田 浩明，幸田 和明

1. はじめに

品川駅構内の東海道本線直下において、地下躯体を開削工法で構築する予定である。構築に伴い施工する仮土留の支保工は、グラウンドアンカーを基本としたが、ホーム下で十分な空頭が確保できず仮土留上端付近に支保工の設置が困難であった。そこで、軌道近接部での仮土留上端の変位抑制を目的として、低空頭で施工可能なハイスpekクネイリング（以下、HSN）工法の適用を検討した。

設計を行うにあたり、HSN の定着地盤は埋土で構成される軟弱な粘性土地盤であることから、膨大な数の補強材が必要となり、施工が困難になることが想定された。

そこで、当該地盤に試験用 HSN を打設して引抜き試験を実施することで、極限引抜き抵抗力を確認し、設計に反映することを検討した。本稿ではこの検討内容について報告する。

2. HSN 工法概要と選定事由

HSN 工法は、芯材に袋体（パッカー）を装着した補強材を削孔した孔に挿入し、袋体内にグラウトを加圧注入することによって、引抜き抵抗力の増加を図るものである。軟らかい粘性土地盤でも高い引抜き抵抗力が得られることに加えて、最小高さ 1.5m での打設が可能であることから狭隘な空間での施工に有効である。当該の掘削箇所は図-1 に示すように、ホーム下で十分な空頭が確保できず、グラウンドアンカーを仮土留上端付近に施工することが困難であったことから、軌道への影響が懸念された。そこで、低空頭下で施工可能な HSN を採用し、軌道接近部での仮土留上端の変位抑制を図った。

3. 引抜き試験について

引抜き試験は、実際の施工箇所にてパッカー長 1.5m の試験用 HSN を 3 本打設して実施した。引抜き試験の概要と結果については、参考文献¹⁾ にて詳細に報告している。HSN の引抜き試験を行った結果、設計値を上回る引抜き抵抗力を発揮することを確認した。

4. HSN の引抜き抵抗力の評価方法

一般的に軌道に近接する仮土留の設計は弾塑性法で行い、支保工の抵抗特性は線形バネで評価する。本検討で用いた仮土留の解析ソフトでは、HSN の抵抗特性を線形バネでモデル化できないことから、引抜き試験結果より求めた極限引抜き抵抗力を集中荷重として入力する手法で解析を行った。なお、本検討において HSN の極限引抜き抵抗力和せん断地盤ばね定数は式[1]および式[2]により算出した。

・極限引抜き抵抗力 T_{max} (kN)²⁾

$$T_{max} = \tau_{max} \cdot \pi \cdot \phi \cdot L \quad \dots[1]$$

τ_{max} (1.0・c)：極限周面摩擦抵抗力度(kN/m²)， ϕ ：削孔径(m)，L：定着長(m)，c：粘着力(kN/m²)

・せん断地盤ばね定数 Kfv (kN/m)³⁾

$$Kfv = kfv \cdot U \cdot \Delta l \quad \dots[2]$$

kfv ：周面の鉛直せん断地盤反力係数(kN/m³)，U：周長(m)， Δl ：定着長(m)

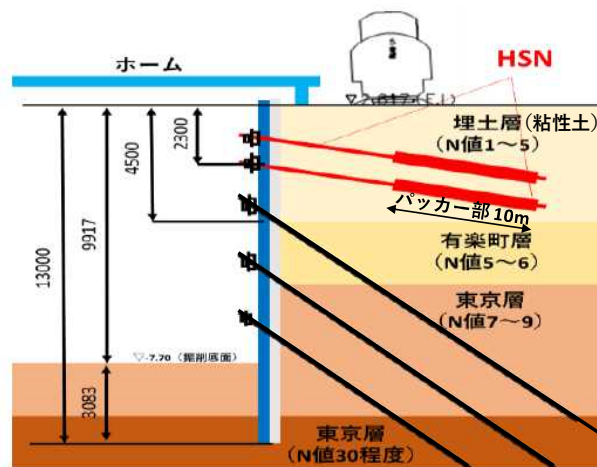


図-1 施工箇所断面図

キーワード ハイスpekクネイリング工法、引抜き試験、仮土留

〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 新宿ビル 東日本旅客鉄道（株）東京工務所 TEL 03-3378-7147

図-2 に引抜き試験で得られた引抜き抵抗力と HSN の引抜き量の関係を示す。HSN の極限引抜き抵抗力算定において、参考文献²⁾では、粘性土の極限周面摩擦抵抗力度は $1.0c$ で評価している。しかし、引抜き試験において測定した極限引抜き抵抗力の最小値は No. 2 の 26.5 kN であり、設計値 ($1.0c$) 14.14 kN と比較して 1.9 倍程度の値となっている。

今回の設計計算においては、この結果を踏まえ極限周面摩擦抵抗力度 τ_{max} を $1.5c$ で評価することとした。式[1]を用いて、 $1.5c$ で計算したパッカー長 10m の場合(図-1)の極限引抜き抵抗力は 147.1kN となった(図-3)。設計ではこの値を集中荷重として考慮し、弾塑性法により解析を行うこととした。

5. 解析結果

図-4 に弾塑性法により算定した掘削ステップ(掘削深さ)と仮土留の最大水平変位の関係を示す。HSN を用いることで掘削進行に伴う変位の増加を低減することが可能となり、軌道整備の回数を減らすことができる結果となった。ここで、引抜き試験結果を反映した変位の算定にあたっては、HSN が極限引抜き抵抗力を発揮するまでに変位を生じることを考慮し、弾塑性法で求められる仮土留の変位量に、図-3 に示す HSN の降伏変位 (4.7mm) を加算して評価した。また、HSN ありのケースで「当初 $1.0c$ 」と「試験結果反映 $1.5c$ 」で変位量に大きな差が無いが、これは試験結果を反映したケースでは HSN 本数を減らしているためである。引抜き試験結果を反映した結果として、当初は仮土留全体で 200 本程度必要だった HSN 本数を 130 本程度まで低減することができた。

6. まとめ

本稿では、設計段階で当該工地盤に対して HSN の引抜き試験を実施し、試験結果から引抜き抵抗力の見直しを行った。その結果、HSN の引抜き抵抗力は設計値を大きく上回り、HSN 本数を低減することができた。

本稿のように設計段階で実施工地盤に対して HSN 等の地山補強材の引抜き試験を行うことで、抵抗力を精緻に評価し、より合理的な設計を行えると考えられる。今後、実設計に反映し施工していく予定である。

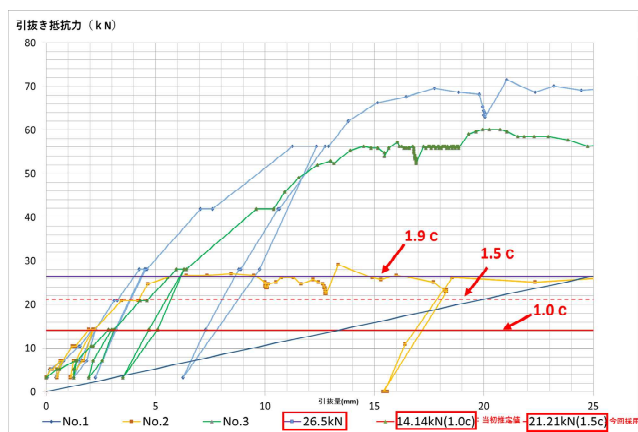


図-2 引抜き試験結果

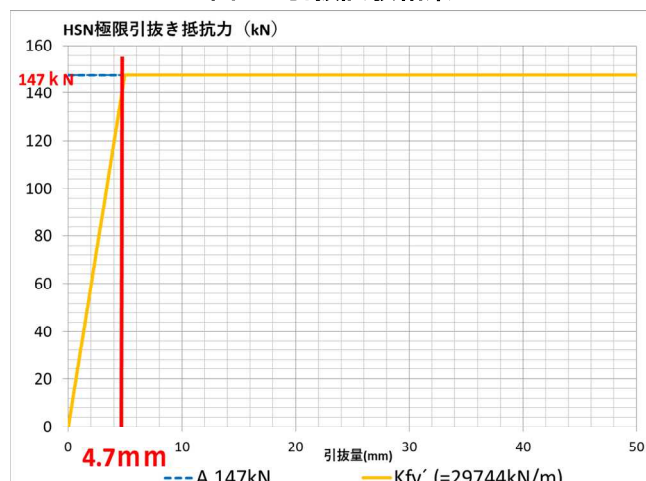


図-3 引抜き試験を反映した HSN 極限引抜き抵抗力

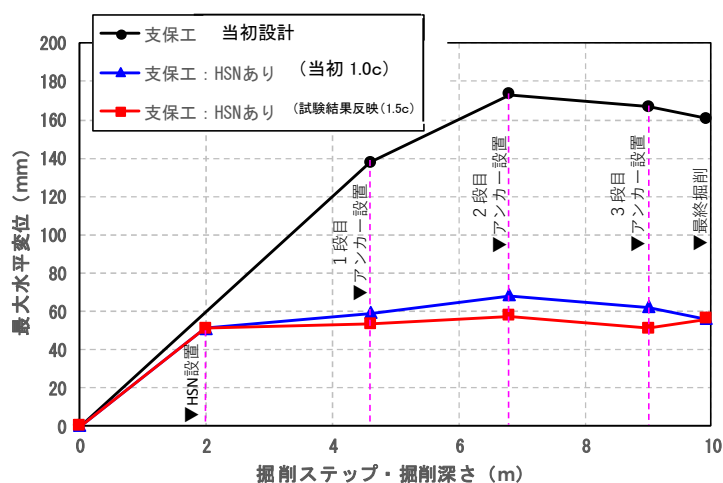


図-4 掘削ステップと最大水平変位の関係

参考文献

- 1) 細川一樹ほか：埋土層に施工したハイスpek ネイリングの引抜き試験，土木学会関東支部研究発表会，2020. 3
- 2) 株式会社大林組：ハイスpek ネイリング工法を用いた鉛直補強土壁工と仮土留め工の設計・施工マニュアル
- 3) 国土交通省ほか：鉄道構造物等設計標準・同解説基礎構造物，2012. 4，丸善出版