# 鉄道トンネル側壁におけるハイスペックネイリング工法の適用

東海旅客鉄道株式会社　正会員　○中島　啓，田川　謙一
東海旅客鉄道株式会社　曾和　亮介
株式会社大林組　正会員　山本　彰，稲川　雄宣
双葉鉄道工業株式会社　正会員　岸　尚喜

## 1．はじめに

小原トンネルは神奈川県大磯町と二宮町の町境に位置する延長 340m のトンネルである．入口から約 115m 間は凝灰質礫岩，その後出口までの 225m 間は固結シルト質細砂の地質を有している．細砂層における土被りは 25m～42m で表土はロームが堆積しているが，地形的に北側から供給される地下水が凝灰質礫岩地質で堰き止められる構造になっている為，地下水位が高く，建設時から掘削および，路盤安定に苦慮したトンネルである（図-1）．

細砂層内の同トンネルは側壁背面を経由して中央通路に排水された湧水に伴う路盤変状が発生した為，平成 5 年からウェルポイントによる強制排水を実施している．同トンネルの特徴は噴出する程の豊富な地下水と流動しやすい細砂層の中でインバートを持たない事にあり，列車振動で路盤下の砂は漂砂となって流出する為，路盤とトンネルは絶えず沈下及び側壁の内空側へのせり出しおよび，転倒について懸念されてきた．

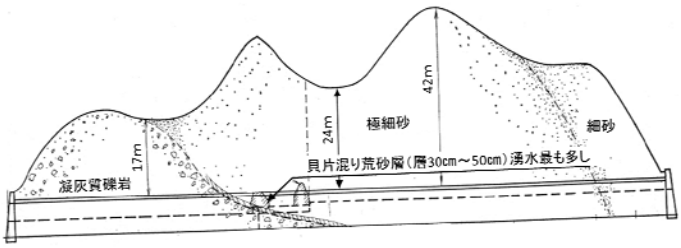


図-1：小原トンネル地質図

## 2．自穿孔ロックボルトの打設

平成 7 年～10 年にトンネル側壁のせり出し対策を含めた機能強化対策として，約 1,100 本の自穿孔ロックボルトの打設を実施している．打設の配置については，1.2m ピッチで上下線それぞれの側壁に 4 本を基本として打設している（図-2）．自穿孔ロックボルトの設計においては，FEM 解析で得られた地山のせん断破壊に対する安全率 1 以下となる領域は側壁より 2m 以内の領域となった．この覆工背面から 2m の範囲においてロックボルトに付加するのに必要な応力度を検討した結果，約 17N/cm² とした．ボルト配置を縦 1.0m，横 1.2m としていることから，ボルトの張力は，約 200kN と設定している．

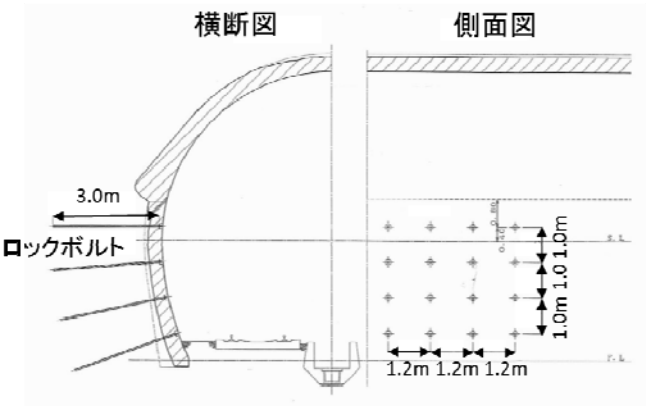


図-2：自穿孔ロックボルトの配置

自穿孔ロックボルトは，打設から約 20 年が経過し，ウェルポイント区間の自穿孔ロックボルトの一部は腐食が確認されている．そのため，平成 27 年に自穿孔ロックボルトの引張試験を実施した．引張試験は，腐食の有無に関わらず 8 本の自穿孔ロックボルトを抽出した．引張試験を実施した結果，8 本中 3 本（37.5%）の自穿孔ロックボルトについて定着がとれず，引張耐力が減衰している事を確認した（図-3）．

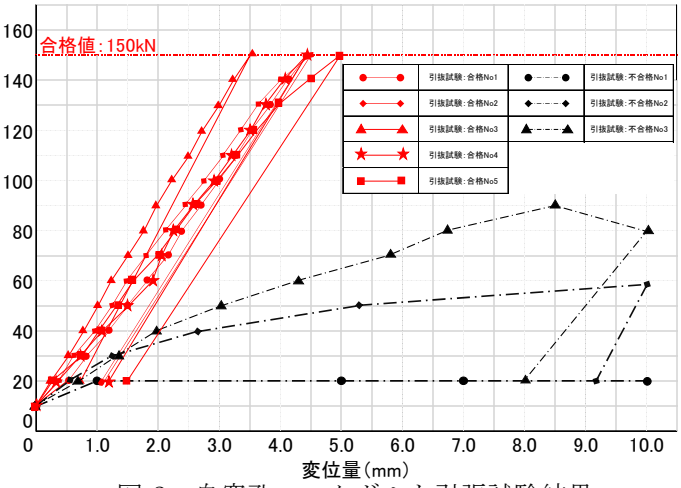


図-3：自穿孔ロックボルト引張試験結果

キーワード　東海道新幹線，トンネル，ハイスペックネイリング工
連絡先　〒100-0005　東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 1 号　東海旅客鉄道（株）施設部工事課　ＴＥＬ 03-3286-5159

## 3．ハイスペックネイリング工の検討・実施

自穿孔ロックボルトの引張耐力の減衰を確認した事により，設計時の耐力を満足させる為，ロックボルトの追加打設について検討した．

設計耐力を算出する上での条件は①既設自穿孔ロックボルトは 50%が定着していない②再打設は既設自穿孔ロックボルトの間に 3 本打設する事とした．

自穿孔ロックボルト打設時の側壁支持力は 1,360kN/m（側壁底面の支持力と自穿孔ロックボルトによる地山と側壁の摩擦抵抗力の合計）であるが，50%が機能していない状態であると支持力は 1,130 kN/m となる．3 本の追加打設を実施する場合，設計時の耐力まで向上させる為には 1 本当たり 100kN 必要であった．地山が砂質土であること，湧水が多いことを鑑み，対策の検討を実施した．

東海道新幹線では盛土補強工法としてハイスペックネイグ工を実施し，盛土を一体化させ耐震性を向上させている．ハイスペックネイリング工は芯材（鉄筋等）の先端に袋体を装着し，その袋体にグラウト材を加圧注入することで，引張抵抗力の増加を図るネイリング工法である．その諸元は補強材：φ22mm×4.5m，削孔径：φ110mm，袋体（拡張後）：φ150×1.5m×2 袋である．また袋体は加圧注入する事により，袋体周辺のグラウトは脱水され硬化する為，地山の湧水の影響を受けない．定着の原理は鋼管拡張型ロックボルトと同様であるが，削孔径に対しての袋体の拡張量が大きい事から盛土補強と同様の効果が得られることが期待した．

ハイスペックネイリング工の設計耐力の算出は，過去のボーリング調査の結果である N 値 10 に基づき，切土補強土工法設計・施工要領より摩擦抵抗を 8.0N/㎝ 2 とした．また，袋体の長さ及び定着面積と安全係数（地震時 1.5：切土補強土工法設計・施工要領）より，設計上の引張定着力は約 110kN/本となった．

定着力の確認を実施する為に，4 本の試験施工を実施した．

試験施工の状況を写真-1，試験結果は図-4 に示す．変位と荷重の関係については全数，同様の傾向となった．打設したハイスペックネイリング工について全数，100kN 以上の引張耐力を有し有効性を確認した．

写真-1：ハイスペックネイリング工施工状況

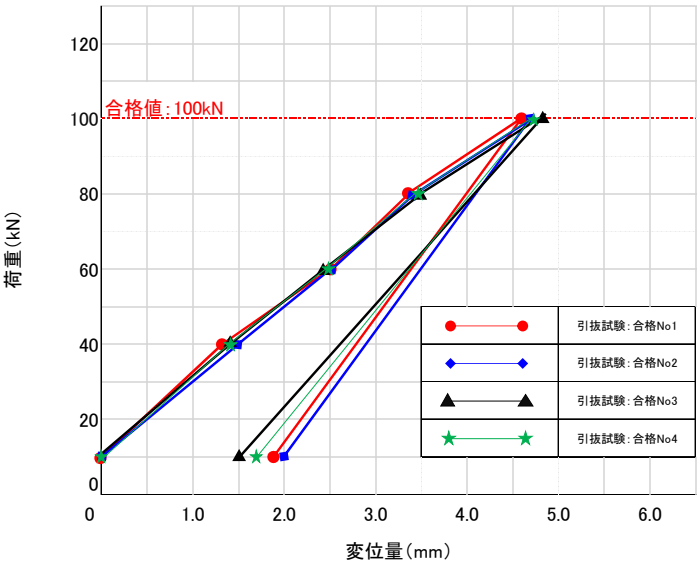


図-4：ハイスペックネイリング工引張試験結果

## 4．おわりに

今回の試験施工を通じて，湧水が多い砂質地山に対してハイスペックネイリング工が有効である事が確認できた．今後は本施工を実施し，約 3 年で 800 本の打設を計画している．

また長期的での耐力の減衰については未確認なので今後も確認を実施していく．

≪参考文献≫

1) 山本彰・稲川雄宣・鳥井原誠：「ハイスペックネイリング工法」を用いた土留め工の開発，PP1-6

2) 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社：切土補強土工法設計・施工要領，PP31，33