

長尺切羽補強工法を用いた線路下横断工事について

東日本旅客鉄道(株)（正会員）○本廣竜三^{*1}，湯浅啓司^{*1}，佐藤康弘^{*1}
 東鉄工業(株) 竹内盛雄^{*2}
 パシフィックコンサルタンツ(株)（正会員） 清水幸範^{*3}

1. 目的

現在当土木技術センターにて施工を行っている「伊勢崎街道公道橋新設工事」において、線路下補強対策工として「長尺切羽補強工法」を採用し、線路下掘削工事を実施した。そこで今回、「長尺切羽補強工」の設計、施工方法、および線路下掘削時の施工状況について報告する。

2. 伊勢崎街道公道橋新設工事について

本工事は上越線高崎駅構内の伊勢崎街道踏切除却および公道橋新設（立体交差化）工事であり、鉄道交差部はエレメント推進工法（パイプビーム工法）にてボックスカルバート（延長 34.5m，幅員 24.1m，高さ 8.0m，片側二車線＋歩道）を構築する計画である。平面図，断面図を図-1，2に示す。

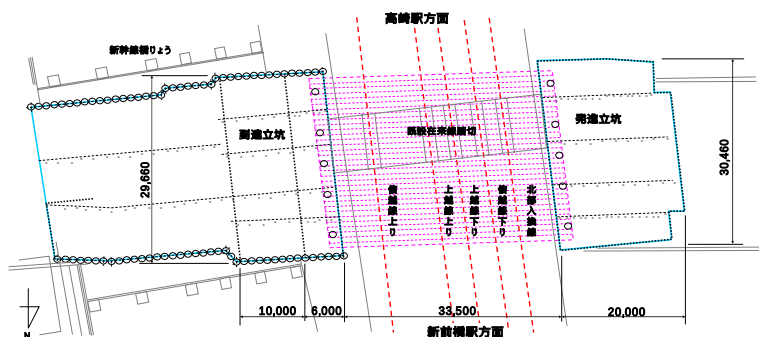


図-1 伊勢崎街道 Bv 平面図

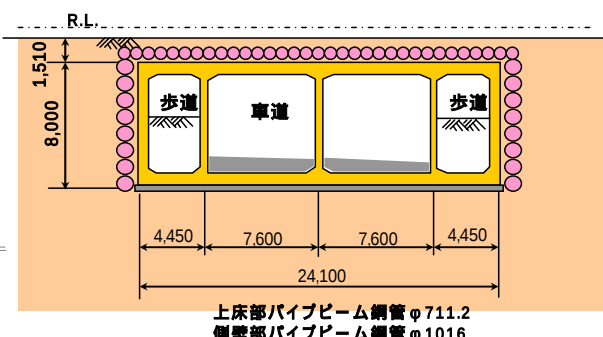


図-2 伊勢崎街道 Bv 断面図

3. 線路下地盤の補強対策と施工状況

当該箇所の地盤特性はN値 2～5 程度の締まりの緩い礫混じりシルト，細砂が不均質に分布しており，地下水位も高い（G.L.-1.0m）ことから，安定計算の結果，現状地盤では自立させながら掘削を行うことが困難であることが判明した。したがって，薬液注入工法にて地盤改良を実施することとした。

発進立坑側から薬液注入を行い，第1ステップ（信越下り線の直下）の注入を実施したところ，軌道面が最大 34mm 隆起し，軌道とトロリー線の離隔距離が限界となった。また注入範囲のコアを抜き取り，三軸圧縮試験から粘着力の測定を行ったところ，設計粘着力の 55%程度しか強度が得られなかったため，薬液注入工法に変わる何らかの代替対策が必要となった。

4. 長尺切羽補強工法の採用と設計，施工

地盤補強工法の代替工法として，作業条件，周辺環境，経済性等を考慮し長尺切羽補強工法を採用することとした。この工法は，山岳トンネルの鏡安定対策や天端安定対策として用いられている対策工の一つで，掘削に先行して切羽から前方に向けて 10～15m 程度の鋼管などの補強材を打設し，補強材の剛性により地山の安定性向上を図るものである。しかしながら，本工法は都市部のトンネル掘削には施工事例が少なく，地山の挙動等について，不明確な点が多く設計手法が明確に定まっていない現状である。このような現状を踏まえ，今回の設計では代表的な 5 種類の設計手法により，補強材料とその配置を検討し，それらの結果を総合的に判定することとした。表-1に各設計手法の概要および検討結果を示す。

キーワード 立体交差化工事，地盤補強対策，長尺切羽補強工法，GFRP

連絡先	*1 〒370-0052 群馬県高崎市旭町 190	東日本旅客鉄道（株）高崎土木技術センター	TEL027-324-6594
	*2 〒370-0046 群馬県高崎市江木町 324-12	東鉄工業（株）高崎支店 高崎江木工務所	TEL027-325-5252
	*3 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1	パシフィックコンサルタンツ（株）	TEL03-3344-0575

表 - 1 各種設計手法の概要と検討結果

設計法	概要	補強材ピッチ	備考
類似設計法	類似した地山における過去の配置パターンから決定する方法。	最大:1,600mm 最小: 800mm	補強材ピッチの最大と最小を求める。
抑止力設計法	切羽の安定に必要な水平抑止力から補強材配置を決定する方法。補強材の引張強さから本数が決定される。	1,240mm	補強材本数:141本
せん断強度設計法	補強材のせん断強さから、本数を決定する方法。	800mm	補強材本数:430本
釣合設計法	滑り面上における法線方向抵抗力と、接線方向抵抗力から本数を決定する方法	500～1,000mm	補強材本数:380本
複合設計法	滑り面上における法線方向抵抗力と接線方向抵抗力、さらに補強材のせん断強さを考慮して本数を決定する方法。	1,000mm	補強材本数:165本

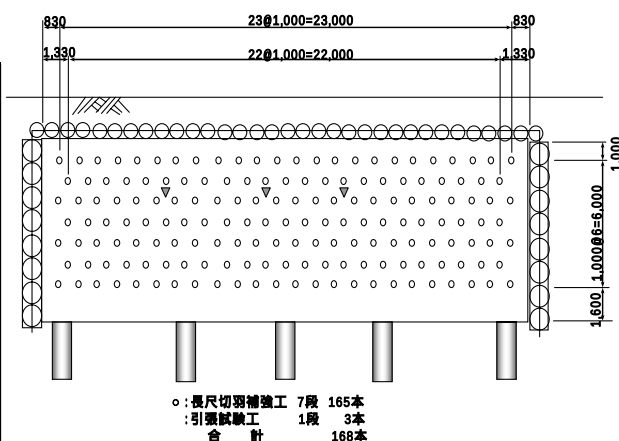


図 - 3 長尺切羽補強対策工(断面図)

5種類の設計結果の比較から、必要な補強材本数は141～430本となった。本結果と設計手法が確立されていない実状があるが以下の理由から、今回の必要本数は複合設計法で求められた165本を採用することとした。施工断面図を図-3に示す。

- ・ 165本は山岳トンネルでの使用実績が多い類似設計法による計算結果を満たしている。
- ・ 165本は、他箇所にて実施工で用いられた抑止力設計法の計算結果を満たしている。
- ・ 釣合設計法の場合、水平方向ピッチが500mmであるため補強材のグループ効果（群杭効果）が懸念される。
- ・ 補強効果には「引張効果」と「せん断効果」を同時に考慮しているが、それぞれの許容応力度は、強度特性値の1/2として安全を見込んでいる。

当現場では掘削作業の妨げとならないよう、切削可能なGFRP（ガラス繊維強化プラスチック）チューブ（図-4）を長尺補強材として使用し、定着力確保のためセメントミルク注入を実施した。また表面保護を目的として、補強材端に定着金具を設置した。施工状況を図-5に示す。



図 - 4 補強材(ガラス繊維強化プラスチック)



図 - 5 施工写真

5. 長尺切羽補強工法施工後の線路下掘削状況

本補強工法を施工した結果、線路下掘削時には大規模な地山の崩壊はもちろんのこと、局所的な崩壊も認められず順調な施工を行うことができ、平成17年3月現在で線路下の掘削を完了している。

6. まとめ

本研究では、地山安定対策として「長尺切羽補強工」を採用し、設計方法、施工管理について報告を行った。その結果、営業列車に影響を与えることなく、線路下の掘削を施工することができた。

今後、都市部の軟弱地盤で、既設構造物に大きな変状を与えることのない地山安定対策工法として、十分に適用可能であると判断できた。しかしながら、この工法は山岳トンネル工事での実績は多いが、都市部での実績は少なく、その補強効果については未解明の部分が多く、設計手法などの改良すべき点は残されているため、今後さらなる設計手法、施工方法の確立に努める必要があると考える。

参考文献

- ・ 小西他：里塚・上野幌連絡線 JR 上野幌駅構内アンダーパス工事，トンネルと地下，第36巻2号，pp103-112.2005.2