

営業線軌道直下における擁壁背面盛土のアンカー補強について ～ロータスアンカー工法～

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○矢野 康平
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 牛田 直希
西日本旅客鉄道株式会社 中島 卓哉

1. はじめに

現在、当社では JR 山陽本線広島・横川間において新駅を設置するプロジェクトを進めている(図-1)。当該箇所のうち、盛土区間では、上り線ホームの一部は図-2に示すように既設盛土をアンカー補強し、張出しホームを新設する。当初、盛土の補強工法としてラディッシュアンカー工法を計画していた。ラディッシュアンカー工法は攪拌混合工法であり、これまで鉄道構造物で多用されている工法であるが、攪拌翼の推進力が弱く、固い地盤や支障物の多い地盤での適用は難しい工法である。本現場での確認の結果、擁壁背面に径 100mm 以上の岩塊等、支障物が多数あり、攪拌混合工法での施工は不可能であると判断した。本稿では、その代替工法として採用したロータスアンカー工法についての工事の結果を報告する。



図-1 新駅設置箇所

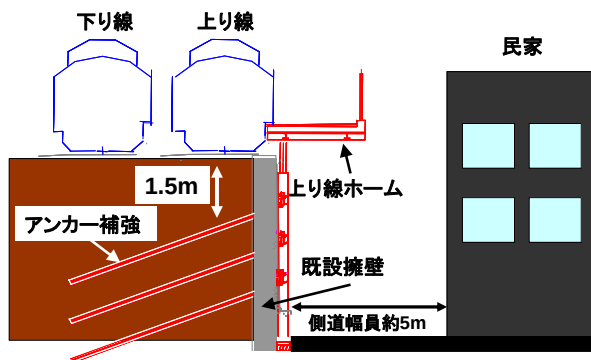


図-2 張出しホーム図

2. ロータスアンカー工法

ロータスアンカー工法の主な特徴として以下の 3 点がある。

- ロータリーパーカッション方式の掘削機による高い掘削能力。
- 軽量かつ小型な掘削機による省スペース施工。
- グラウトの加圧注入による補強体形成。

本工法は建設技術審査証明を受け、多くの施工実績がある RSI グラウンドアンカー工法を応用した工法である¹⁾。本工法の施工手順を以下に示す。

- ①図-3に示す掘削機による掘削を行う。
 - ②ケーシングを残して掘削機を引抜く。
 - ③掘削孔にグラウトを注入する。
 - ④図-4に示す専用の注入管を挿入し、掘削用のケーシングを引抜く。
 - ⑤注入したグラウトが、水の加圧注入によって割れる状態になるまで待ち、ダブルパッカーによる水の加圧注入を行って、セメント体の水割りを行う。
 - ⑥水割りによって生じたヒビにグラウトの加圧注入を行う。
- この⑤、⑥をもう一度繰り返すことにより球根状の補強体を形成し、大きな引抜き抵抗力を得る。



図-3 ロータスアンカー掘削機

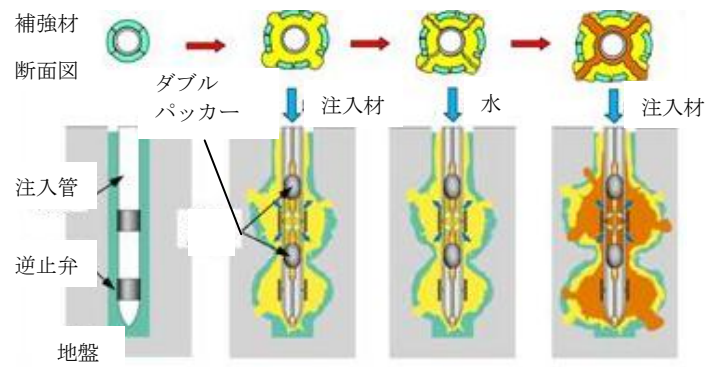


図-4 補強体形成図

キーワード ロータスアンカー、アンカー補強、鉄道施設、新駅、盛土、軌道直下

連絡先 〒732-0052 広島市東区光町2丁目6-34 広弘ビル2階 西日本旅客鉄道(株)広島工事所 TEL082-263-4777

3. 施工内容

本工事でのロータスアンカーの施工内容は以下の通りである。

- ・施工箇所：対象擁壁の高さ 6m, 延長 28m.
- ・アンカーの施工本数：51 本 (L=9m, 3 段×17 列).
- ・軌道とアンカーの離隔：上段で軌道直下土被り 1.5m.
- ・補強体形成箇所：アンカー1 本につき 9 箇所 (1 箇所/1m)
- ・注入方法：一次注入 (掘削孔の奥から 1 箇所ずつ)
二次注入 (水割り後, 一次と同様)
- ・補強体の径：230mm (グラウト一次注入量 135ℓ /本, 二次注入量 153ℓ /本).

4. 事前検討

1) 注入圧の検討

前述のように本工事は営業線軌道直下での施工である。注入を効率的に行うためには注入圧を高くすることが望ましいが、注入圧が高くなるにつれ盛土の隆起を発生させ軌道の変状を引き起こす危険性が高まる。鉄道総合技術研究所において行われた注入と軌道変状の検証実験結果では、本現場での最小土被りと同じ土被り 1.5m の位置において、注入圧を 1.5MPa 以下にすると、アンカー施工前後での軌道の高低の変化を 0.8mm 程度に抑えることが出来るという結果が報告されている²⁾。そこで、施工時の注入圧の上限を 1.5MPa で管理することとした。

2) 施工時間帯の検討

営業線軌道直下での新工法の採用であるため、最も軌道に影響を与える危険性のある上段の施工のうち、施工開始 3 本のアンカー施工は列車本数の少ない夜間に試験的に施工を行った。その際、大きな騒音を伴う掘削作業を昼間に実施し、軌道変状を起こす危険性のある注入作業を夜間に行った。この施工の結果、高低の変化は 0.1mm 以下であり軌道近接箇所においても注入による大きな軌道の変状が起こらないことが確認できたため、昼間での注入を行うこととした。

5. 本施工

本工事では、基本的に表-1 に示すサイクルでアンカーの施工を行った。グラウト注入後、水割りをを行う前に 1 日程度グラウトの硬化を待つ必要があり、1 本のアンカー施工には実質 3 日必要であった。注入はプラントからの圧送作業のみであるため、掘削と施工位置をずらすことで同時に作業が可能であり、工期の短縮を図るため掘削班と注入班に分かれて施工した。具体的には 1 日で行う作業は基本的に掘削 3 箇所、前日掘削箇所の水割り・一次注入 3 箇所、前日一次注入箇所の水割り・二次注入 3 箇所とした。以下では、それぞれの班の施工上特筆すべき点をまとめる。

○掘削について

- ・施工箇所は住宅街に近接しており、本掘削機は騒音が大きいため、防音シートでの対策が必要であった。
- ・営業線軌道直下での施工であるため、掘削後の盛土の沈下対策として、ケーシングを引抜く前にグラウトによる置換注入を行った。

○注入について

- ・補強体の径は設計数量の注入が完了したことをもって、設計径が得られたことを確認した。

- ・注入パイプに圧力計を設置し、圧力上限値を超えないよう、常に圧力値を確認しながら注入を行った。この圧力で注入が進まなくなった場合には、その前後注入箇所に追加注入を行い、アンカー1 本毎の注入の設計数量を満足するようにした。

本工事では、試験施工も含めると 36 日間で 58 本のアンカー施工を完了した。当初の計画より施工本数が増えているのは一部金属片混入等による掘削不能箇所ではアンカー長を短くし本数を増やすことで、設計通りの補強強度を得られるようにしたためである。

表-1 施工タイムスケジュール

項目	作業時間(分)	時間									
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ロータスアンカー工											
掘削	60										
掘削機引き抜き	10										
置換注入	20										
注入管挿入	10										
ケーシング引き抜き	10										
ボーリングマシン移動・削孔段取り	30										
一次 水割り～加圧注入～管内水洗	30										
一次加圧注入	45										
二次 水割り～加圧注入～管内水洗	30										
二次加圧注入	45										

6. 施工結果

1) 軌道への影響

施工時の軌道監視としてリンク式軌道計測器を設置し、2 分間隔で高低・通りの自動計測を行い、軌道の状態を常に監視した。その結果、注入の影響と考えられる高低の変化が見られたのは上段 18 箇所の内 1 箇所のみであり、その変化量は 0.4mm であった。施工期間全体を通しては、最大で高低 1.5mm の増加箇所があったが、これは施工期間を通じて緩やかに値が増加しており、注入に起因する値の増加ではないと考えられる。

2) 引抜き試験

中径アンカーの施工後確認引抜き試験は、施工数量の 2%かつ 2 本以上 1 サイクル載加試験を行うこととされている³⁾が、今回は初の施工であるため上中下 3 段で 1 本ずつとアンカー長を短くした箇所の計 4 本で多サイクル載加試験を行い、残りのアンカーは全数最大計画荷重でのみ引抜き試験を行った。引抜き試験の計画最大荷重は 112.0kN であり、試験の結果、最大 2mm 程度の弾性変化があったが、降伏は見られなかった。したがって、全てのアンカーで設計通りの引抜き抵抗力が得られていることが確認できた。

7. まとめ

今回、新工法であるロータスアンカーの施工を行った。その際、圧力の上限値の設定、施工時間の検討、工期短縮のための作業手順の検討を行い、軌道への影響確認を行いながら施工した。その結果、軌道変状を起こすことなく、全数所定の引抜き抵抗力を得て無事に工事を完了した。

参考文献：

- 1)ライト工業：鉄道盛土斜面の耐震補強技術 ロータスアンカー工法カタログ
- 2)鉄道総合技術研究所,複合技術研究所,ライト工業：加圧注入型地山補強土工法による補強効果の検証 ロータスアンカー試験施工報告書, 2013
- 3)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 留め構造物, 2012