

### 中径棒状補強材（自穿孔型ラディッシュアンカー）による既設鉄道盛土の耐震補強事例

(株)鴻池組 土木事業本部 正会員 ○村下 富雄 京王電鉄 (株) 鉄道事業本部 西平 宜嗣  
 (株)鴻池組 土木事業本部 正会員 國富 和眞 京王電鉄 (株) 鉄道事業本部 松尾 裕一郎  
 鴻池・京王建設共同企業体 森田 晃弘 鴻池・京王建設共同企業体 佐藤 誠

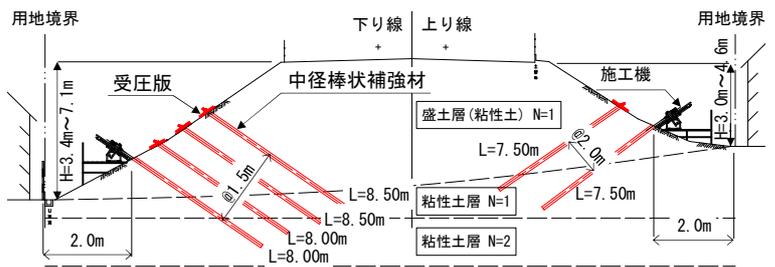
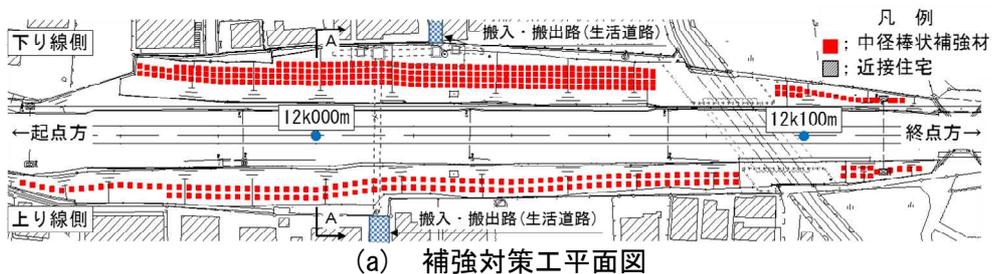
#### 1. はじめに

本工事は、京王電鉄京王線仙川駅～つつじヶ丘駅間の延長約 220m の盛土耐震補強工事である。盛土周辺は住宅が密集し、また搬入路となる周辺道路は狭く屈曲し、環境影響や使用可能機械などの配慮が必要であった。補強工法は、こうした施工環境条件や対象地盤の土質条件を踏まえ耐震設計により、中径棒状補強材（自穿孔型ラディッシュアンカー工法）に決定するとともに、アンカー頭部の固定には独立板形式の受圧板を採用した。

本稿では、中径棒状補強材および独立受圧板による既設鉄道盛土の耐震補強工事について報告する。

#### 2. 工事概要

補強工事の概要図（平面図、断面図）を図1に示す。盛土高さは上下線で異なり、各々個別に補強仕様を決定した。基本の補強仕様は、上り線側でL=7.5m（2段@2.0m）、下り線側でL=8.0m～8.5m（4段@1.5m）である。



(a) 補強対策工平面図  
 (b) 補強対策工断面図  
 図1 補強対策工の概要

採用した自穿孔型ラディッシュアンカー工法は、先端部が攪拌混合ヘッドになっている自穿孔型中空転造ネジ棒鋼を芯材に用い、原位置攪拌混合で円柱状改良体（改良径φ20cm）を造成しながら芯材を引張補強材として残置し、地盤内に棒状補強体を構築する工法である<sup>1)</sup>。補強材の打設は上段から進め、1列の施工が完了次第、足場を盛り替えて下段の補強材の施工を行った。補強材打設完了後、法面を整形して独立板形式の受圧板を設置した。

#### 3. 中径棒状補強材（自穿孔ラディッシュアンカー）の施工

##### 1) 補強対象地盤の土質と工法の適用性

施工機械の能力による適用土質は粘性土でN ≤ 5、砂質土でN ≤ 10である<sup>1)</sup>。対象地盤は粘性土主体で適用範囲内の土質であったが、造成長が標準（最大8m）より長い箇所があること、レキの混入の可能性があることから、削孔困難になる恐れがあった。

実施工では、標準機械より削孔能力が高い施工機械（スプリングドリル）を準備した。施工の状況から削孔困難になるようなレキ等はなく、施工途中で切り替えた標準機械（インバータチゼル）でも削孔が可能で、無事に棒状補強体を造成することができた。

また、盛土法面の浅層の一部に玉砂利が出現したが、ボイド管で口元の孔壁を保護して良質土に置き換えることで補強材の施



写真1 盛土浅層の玉砂利部の処理

キーワード 盛土耐震補強, 自穿孔型ラディッシュアンカー, 独立受圧板

連絡先 〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5 (株)鴻池組 土木事業本部技術部 TEL03-5617-7791

工に支障は生じなかった (写真 1).

2) 自穿孔型ラディッシュアンカーの品質

盛土下部の原地盤に腐植土混じりの層が存在し、補強材の先端の一部が当層に到達する。腐植土は、強度発現しにくいと想定されたため、当層の土質試料を用いてソイルセメントの配合試験を実施した。なお、必要強度 (現場強度) は、表 1 を参考に  $quf_{28}=1.5N/mm^2$  に設定した。配合試験の結果、固化材の必要添加量は、 $450kg/m^3$  であった。

ソイルセメント硬化後に現場引張試験を実施した。試験時の荷重～変位の関係を表 2 に示す。最大試験荷重は設計荷重相当の 45kN で、この荷重までに降伏点は確認されていない。また、最大荷重時の残留変位は 0.84mm であった。以上より、設計上必要な品質 (補強効果) は十分確保できた。

3) 施工時の周辺への影響 (軌道への影響)

本工法は、地盤を攪拌混合によりソイルセメントに置き換えることから、周辺への影響が少ないとされている。実施工では、まず試験施工を行い、列車走行に対する影響を確認した。補強材施工前後で盛土法肩および軌道の鉛直変位をレベル測量により測定したところ、変化が認められなかったことから、軌道への影響は無いと判断した。以後の施工時においても、列車の安全走行を考慮して計測を継続した。補強材の打設は水平方向に連続施工としたが、変位量は 1～2mm 程度と測量誤差の範囲内であり影響は無かった。

4. 独立受圧板形式の選定と施工

受圧構造には吹付け法砕工が多く用いられているが、アンカー頭部の拘束効果が法砕工と同等であれば、独立板形式の受圧構造の採用が可能である。本工事では、住宅が密集し周辺道路が狭く資機材の搬入が困難なこと、吹付け法砕工では粉じん・はね返りの影響が懸念されることから、FRP 製の独立受圧板 (グリーンパネル) を採用した (写真 2)。独立受圧板の規格は、設計アンカー力に対する耐力および接地地盤の支持力を照査し、1m のスクエアタイプを使用した。独立受圧板は小型軽量 (16.8kg/枚) のため人力搬入が可能で施工性に優れている。



写真 2 独立受圧板設置状況

法面は、景観に配慮して緻密に繁茂する地被植物によるランドカバー工を計画している。現在は、雑草の発生を抑制するために防草シートを法面に設置している。このシートは、地被植物の育成を阻害しない専用の通根性防草シートであり、降雨時の法面浸食も防止できる (写真 2)。

5. おわりに

鉄道の盛土耐震補強工事に自穿孔型ラディッシュアンカー工法を適用し、所定の品質を確保するとともに、周辺に影響を及ぼすことなく工事を完了した。本工事の結果が、今後の同類工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) RRR 工法協会；ラディッシュアンカー工法施工マニュアル，平成 24 年 6 月
- 2) (財) 先端建設技術センター；先端建設技術・技術審査証明報告書，ラディッシュアンカー (太径棒状補強体)，平成 19 年 11 月

表 1 現場強度の目安<sup>2)</sup>

土質	固化材添加量 (kg/m <sup>3</sup> )	現場強度 $quf_{28}$ (N/mm <sup>2</sup> )
砂質土	200～300	1.5～4.0
粘土、シルト	250～350	1.0～3.0
関東ローム	250～350	1.0～3.0
有機質土	250～350	0.8～2.0
高有機質土	300～450	0.5～1.5

表 2 引張試験結果 (荷重～変位)

サイクル	荷重 T (kN)	芯材変位量		
		変位量	残留変位量	弾性戻り量
		$\delta_s$ (mm)	$\delta_{sr}$ (mm)	$\delta_{se}$ (mm)
1	5	0.24	—	—
	10	1.13	0.12	1.01
2	15	1.17	—	—
	20	1.21	0.30	0.91
3	25	1.67	—	—
	30	1.85	0.43	1.42
4	35	2.15	—	—
	40	2.29	0.56	1.73
5	40	2.42	—	—
	45	2.68	0.84	1.84