

# RRR工法協会だより

Reinforced Railroad/road with Rigid Facing Construction System

No. 26 2009. 08

市街地鉄道工事に用いられた RRR-C 工法による  
掘削土留め工の施工  
—淡路・都島間歌島豊里線 Bv 他新設工事—

施工: 小野田ケミコ株式会社  
元請: 株式会社 淺沼組

## 1. はじめに

掘削工事に伴う仮土留め工法として、切ばりやグランドアンカーワーク等が用いられることが多いが、切ばり工法では構造物を構築する際に切ばりが支障となりやすく、また、グランドアンカーワークでは、支持層（定着層）が深い場合にはアンカーワーク長が長くなり、用地境界の問題で施工できない場合も多い。

それらの対策として地山補強土工法の補強原理を応用した仮土留め工が開発されている。ここではその一例として、淡路・都島間歌島豊里線 Bv 他新設工事において採用された RRR-C 工法と切ばり工法を併用した掘削土留め工法について紹介する。

RRR-C 工法による掘削土留め工とは、地山補強土工法の補強原理を応用して、地盤の一体性を高めるために打設した大径補強体（ラディッシュアンカーワーク）と親杭横矢板や鋼矢板の「土留め壁」、「腹起し」等によって構成された構造物である。

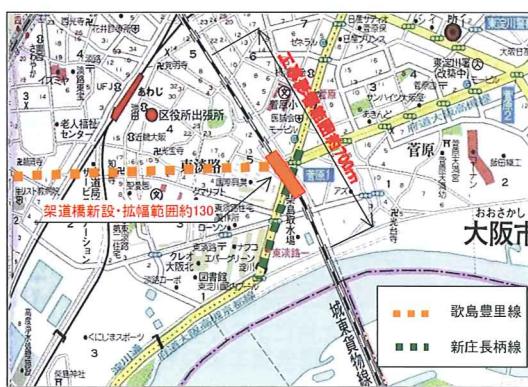


図-1 工事位置図

## 2. 工事概要

大阪市の道路整備事業として都市計画道路歌島豊里線の新設および新庄長柄線の拡幅が計画されており、城東貨物線との交差部において立体交差化工事を行うものである。

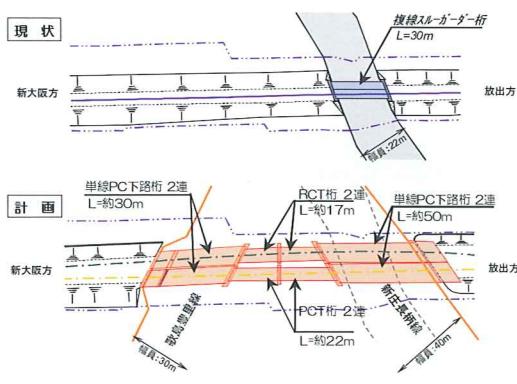
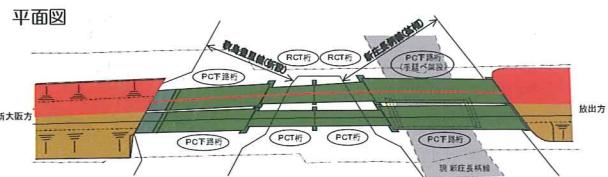


図-2.1 工事概要図(a)



断面図

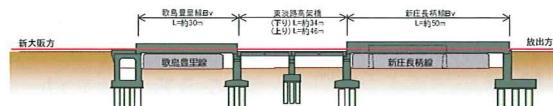


図-2.2 工事概要図(b)

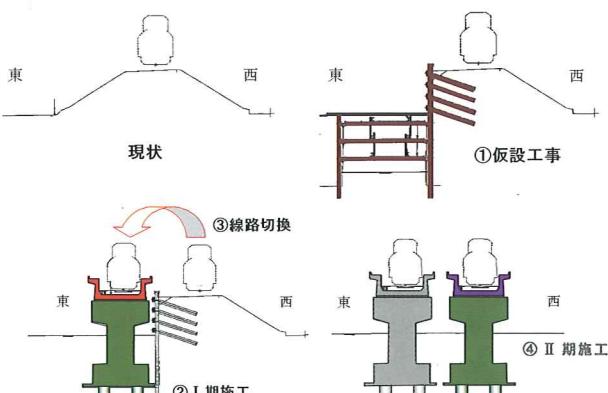


図-3 施工ステップ

本工事は、仮線方式による施工で、図-2.1～図-2.2 の工事概要 (a)、(b) および図-3 の施工ステップに示すように、第Ⅰ期工事として既設盛土のり肩に仮土留めを施工し、盛土を撤去した後、架道橋の基礎工事、下部工、および上部工を構築し、架道橋新設・拡幅工事が完成した後軌道の敷設、電気設備の新設を行い、仮線に切り替えるものである。次に第Ⅱ期工事として現在の線路がある部分の架道橋新設・拡幅工事を行うものである。

工事区間の全景を写真-1に示す。

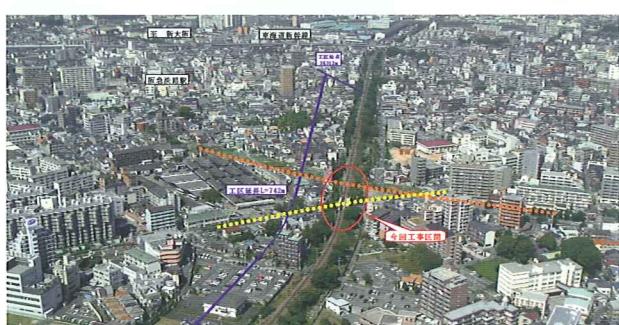


写真-1 工事区間全景

## 3. RRR-C 工法による仮土留め工の概要

RRR-C 工法による仮土留め工の概要を図-4 に示す。RRR-C 工法は、比較的軟らかい既設盛土のり面（地山も適用可）の急勾配化を基本とするため、棒状補強材は周面摩擦力が大き

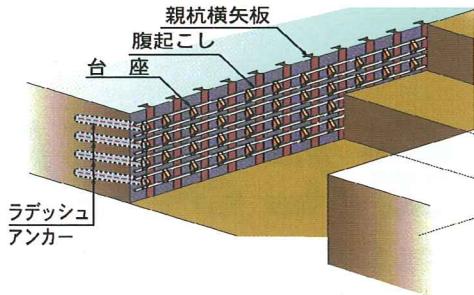


図-4 RRR-C 工法による仮土留め工の概要

い大径補強材（ラディッシュアンカー：直径 40cm）を用いる場合が多く、RRR-C 工法の施工実績のほとんどがこのラディッシュアンカーである。ラディッシュアンカーの構造を図-5 に示す。なお、本事においては既設盛土に近接した掘削工事であることから下方は切ばりの設置が可能であり、図-6 に示すような切ばり併用工法を採用した。

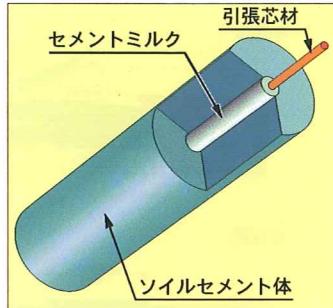


図-5 ラディッシュアンカーの構造

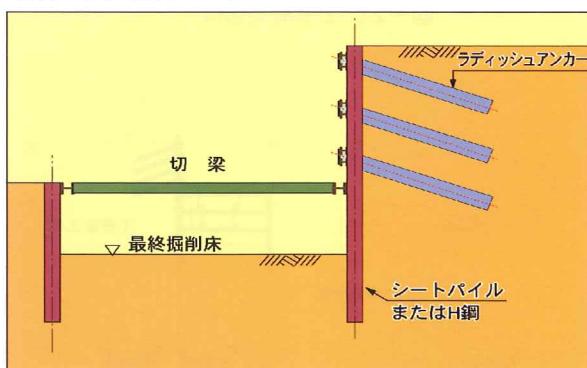


図-6 RRR-C 工法と切ばり併用工法の模式図

#### 4. 設計

地山補強工法を仮土留め工に適用する際の補強土仮土留め工法の設計は、「鉄道構造物等設計標準・同解説開削トンネル 付属資料：掘削土留め工の設計」に準拠して行われる。RRR-C 工法による仮土留め工の設計フローを図-7 に示す。設計の考え方の基本は、グランドアンカー式土留め工と同様であり、棒状補強材を支保工とし、表-1 に示す掘削土留め工の検討項目について設計が行われる。

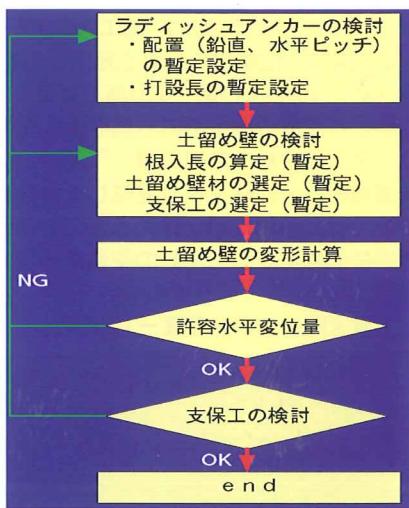


図-7 RRR-C 工法による仮土留め工の設計フロー

表-1 RRR-C 工法を掘削土留め工に適用した場合の検討項目

検討項目	検討概要
① 補強材配置の検討	2ウェッジ法による内的安定の検討
② 土留め壁根入れ長の検討	釣合い根入れ長の算定
③ 掘削底面の検討	ヒービング、ボイリング、盤ぶくろの検討
④ 外的安定の検討	円弧すべり法
⑤ 土留め壁変位の検討	弾塑性法による変位・断面力
⑥ 壁体断面・腹越しの検討	発生断面力による断面照査

表中①の項目では、2ウェッジ法による内的安定の検討により補強材配置を設定する。②～④は一般的な掘削土留め工の設計

方法と同様であり、⑤は土留め壁の変位を求める項目である。ここでは掘削土留め工の計算方法である弾塑性法を用いているが、棒状補強材を支保工とする補強土仮土留め工法では支保工ばねの設定方法が特有なものである。⑥は一般の掘削土留め工の設計と同様に行う。

#### 5. 施工

ラディッシュアンカーの構築手順を図-8 に、また、RRR-C 工法による仮土留め工の施工手順を図-9 にそれぞれ示す。RRR-C 工法は段階掘削と棒状補強材の構築を順次繰り返して急勾配化させるため、各掘削段階で安定確保と切土面の崩壊を防止するために鉛直抑止工が必要となる。鉛直抑止工には、①攪拌混合杭（セメント攪拌混合杭）、②仮土留め（親杭横矢板または鋼矢板）が用いられ、その選定は盛土・地盤条件、掘削深さ、荷重条件等によって判断する必要がある。これまでの実績では最終掘削深さが 5m 程度以下の場合はセメント混合攪拌杭を、5m 程度以上の場合には仮土留めが用いられてきた。今回の場合は、RRR-C 工法を適用する既設盛土部分の最大掘削深さが 5.6m で、下方は切ばりの設置が可能な状況であったことから鋼矢板（IV および VL 型、長さ 10~20m）を採用した。

ラディッシュアンカーは、バックホウタイプの施工機を用いて、図-8 に示す構築手順に従い、アンカー 1 段施工ごとに掘削を行い順次掘り下げていった。写真-2 に施工状況を示す。

工事規模は下記の通りである。

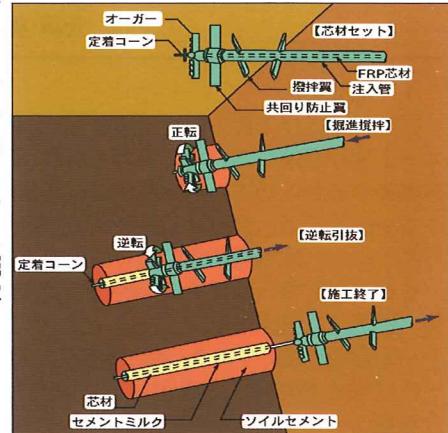


図-8 ラディッシュアンカーの構築手順

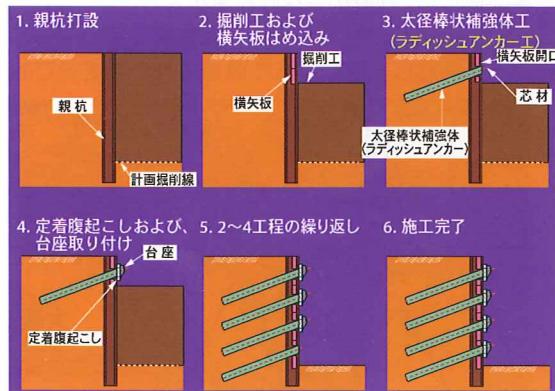


図-9 RRR-C 工法による仮土留め工の施工手順  
(親杭横矢板工法の場合)

- 施工延長 : 97.0m
- 掘削高さ : 5.6m (既設盛土部分)
- 補強材直径 : 40cm 長さ : 5.0~8.0m
- 間隔 : 鉛直 1.3m、線路方向奥行き 1.2~1.6m
- 打設角度 : 20 度下向き
- 打設本数 : 252 本



写真-2 ラディッシュアンカーアンカー工の施工状況



写真-3 腹起し、補強芯材の定着および引抜き試験状況

なお、補強芯材は鉄道における電食の心配のないFRPロッドを用いている。また、腹起しは、写真-3および写真-4に示すようにH鋼ダブル（H100とH125）を用いた。写真-3には、併せて施工管理試験として実施した引抜き試験状況を示す。

#### 6. おわりに

ラディッシュアンカーを用いたRRR-C工法による仮土留め工法は、補強体径が大きく、周面摩擦抵抗が大きく発揮されるこ



写真-4 ラディッシュアンカー完成後の状況

とから従来のグランドアンカー工法等と比較して、アンカー長を短くすることが可能となり、隣地境界の制限があるような施工箇所には有効な工法である。

特に、今回のように既設盛土に近接し、偏荷重が作用するような状況の中で、下方は切ばりの設置が可能な施工状況等には適しており、今後、施工条件の厳しい市街地での適用が期待される。

## Q&A

※Q&Aの添番号は連載通し番号です。

Q6: RRR-C工法に使われる棒状補強材  
どんな性能が必要なの?



A6: 棒状補強材の補強効果は、地盤の性状、適用条件、補強材諸元の相対的関係に大きく依存するんだよ。また、恒久構造物への適用にあたっては、補強材の耐久性も重要な要求性能になるんだ。・・・(\*に続く)

読者の皆様からの質問をお待ちしています。協会事務局までお寄せ下さい。

\*図-1を用いて説明しよう。

RRR-C工法に用いる棒状補強材には、設計上、すべり線より上方部分の滑り落ちようとする土塊を、棒状補強材の引抜き抵抗力で引き留める働きが期待されており、棒状補強材に作用する引抜き力は芯材を介して地盤に伝わるんだよ。

そのため、棒状補強材には以下の性能が必要となるんだよ。

1) 芯材は作用する引抜き力に耐えるだけの引張り強度があること。

2) 芯材に作用する引抜き力を伝達することができる芯材とソイルセメント間の付着強度があること。

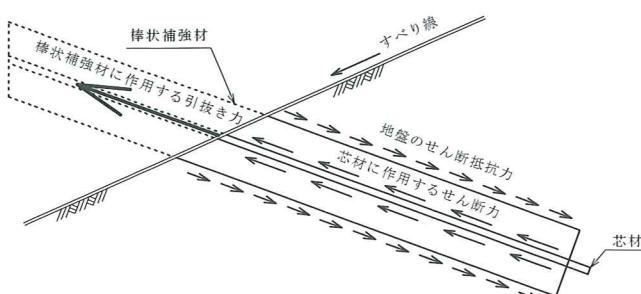


図-1 棒状補強材に作用する力

3) ソイルセメントに伝達された引抜き力は地盤に伝わるので、棒状補強材と地盤の付着力があること。

4) 永久構造物として使用する場合は耐久性があること。棒状補強材に使用する芯材は雨水や地下水に対して腐蝕しないこと、また鉄道では電車による迷走電流に対して電蝕が生じないこと。

棒状補強材には、外径が5cmから40cm程度までの種類があり、5~10cmの比較的小径の棒状補強材はドリルでのり面に孔を開け、その中に鉄筋を配置して孔中をセメントミルクで充填して構築し、また、外径30~40cmの比較的大径の棒状補強材は深層混合処理工法の原理を応用して攪拌混合によるソイルセメント柱体を構築後、その軸心位置にFRPロッド、あるいは、ネジ節鉄筋等の芯材を配置して構築するんだ。

最近のRRR-C工法では、大径の棒状補強材が用いられることが多く、図-2に示すように、円柱状のソイルセメントの軸心位置に引張り芯材を配置し、芯材とソイルセメントの付着力を向上させるために芯材周囲をセメントミルクで被覆している三層構造をしたラディッシュが用いられているんだよ。

ラディッシュは、写真-1に示すように、鉄筋補強材に比べ補強材径が大きく、1本あたりの地盤との付着面積が大きいため、補強材長を短くすることができ、同時に本数を少なくすること

ができるんだ。また、この工法は原位置土とセメントミルクを攪拌混合するものであり、周辺地盤を緩めないことから、鉄道営業線下でも使用されているんだよ。

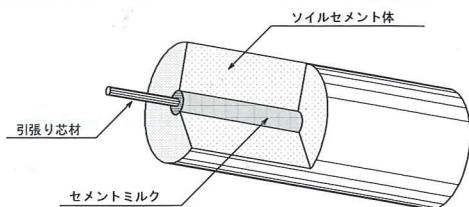


図-2 ラディッシュアンカー



写真-1 挖り起されたラディッシュアンカ一体

#### 【会社紹介】

#### ライト工業株式会社

当社は1943年の創業以来、斜面の崩壊防止、軟弱地盤の改良、環境保全関連など専門土木分野における時代のニーズにあわせて独自の技術を開発し、事業を拡大してきました。

「EC（エコクレイ）ウォール工法」は、粘土鉱物を主成分とする遮水材と原位置土とを、粉体混合攪拌させ、均一な粘土遮水壁を造成する工法です。セメントを使用せず、粘土鉱物を使用していることで ①高い遮水性②長期安定性③地震に対する耐久性、安定性④汚染物質を吸着浄化する性質を持つ⑤排泥がなく経済的といいうような特徴を有しており、環境負荷を大き

く低減した、環境配慮型遮水壁工法となっています。

出来形断面



(技術部 鵜木道幸)

#### 【事務局だより】

#### 平成21年度定時総会を開催いたしました。

平成21年6月3日に八重洲富士屋ホテルにおいて、定時総会を開催いたしました。

以下の議案はすべて原案通り可決承認されました。

- ①平成20年度事業報告
- ②平成20年度収支決算
- ③平成21年度事業計画
- ④平成21年度収支予算
- ⑤部会の新設及び組織の一部変更

総会終了後、ご来賓をお招きして懇親会も行われ盛況のうちに終了いたしました。

また当日、総会に先立ち理事会も開催されました。

#### 平成21年度RRR工法技術講習会を開催いたします。

平成21年11月30日(月)、名古屋市において、技術講習会を開催いたします。今年度も東京理科大学龍岡文夫教授、ならびに(財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部長の館山 勝氏の特別講演に引き続き、RRR工法・性能照査型設計法についての講習会を開催いたします。奮ってご参加下さい。



講習会会場の写真

#### 【入会・退会】

平成21年6月25日付けで相鉄建設(株) (本社:横浜市)から入会申請(正会員)があり、臨時理事会にて承認されました。よって当協会会員は正会員35社、準会員25社 計60社となりました。

#### 【現場紹介】

##### ・RRR-B工法(盛土補強土壁工法)

No	発注者	工事件名	現況	施工会社
①	近畿日本鉄道㈱	東花園高架第5工事	施工中	清水・浅沼JV
②	西日本旅客鉄道㈱	紀ノ川橋梁改修工事	施工中	大林JV

#### 【編集委員会名簿】

委員長:宮崎啓一(西松建設㈱) 幹事:田村幸彦(㈱複合技術研究所)

委員:田島 直毅(前田建設工業㈱)・小川 敦久(㈱クラレ)・西村 淳(三井化学産資㈱)

#### 【協会事務局】

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4-6-9 ロックフィールドビル6F 一㈱複合技術研究所内

電話 03-5276-5319 FAX 03-5276-5309 ホームページ・アドレス <http://www.RRR-SYS.GR.JP>