

RRR 工法協会だより

Reinforced Road with Rigid Facing Construction System

No. 49 2022. 03

RRR-Nail の 30 年の実績

RRR 工法協会事務局

1. はじめに

2020 年（令和 2 年）、RRR 工法協会設立から 30 年目を迎えた。

既設盛土のり面の急勾配化工法（RRR-C 工法）は盛土補強土擁壁工法（RRR-B 工法）と対を成す RRR 工法としてスタートした。既設盛土のり面を効率よく急勾配化するための補強材として開発されたのが大径（直径 40cm）補強材のラディッシュアンカーである。しかし、掘削翼の機構は玉石・礫・がれき等が混在する地盤に対して施工困難な一因となることもあり、また、大径の補強材を施工するための削孔機も大型化するので、局所削孔能力が高く比較的狭隘地での施工に適したキャロットアンカーやロータスアンカーをラインアップに加えて RRR-Nail（スリーアールネイル）として適用範囲を拡大することとした。

この RRR-Nail を用いた補強土工法を大別すると「急勾配化（RRR-C）」、「仮土留め」、「斜面補強」に分類できる。RRR-Nail を用いた「仮土留め」および「斜面補強」も当協会が取扱う補強土工法である。

今号では、2020 年度までの RRR-Nail を用いた地山補強土工法の施工実績を分析した。

2. RRR-Nail の概要

RRR-Nail はラディッシュアンカー、キャロットアンカー、ロータスアンカーの 3 種の地山補強材であり、その概要を下記に示す。

2.1 ラディッシュアンカー

ラディッシュアンカーは、機械攪拌方式の深層混合処理工法の地盤改良技術を応用し、地盤の斜め下方向に円柱状のソイルセメント体を築造するとともに、その軸中心位置に引張芯材を配置する中径～大径（標準径 200～400mm）の棒状補強材である。

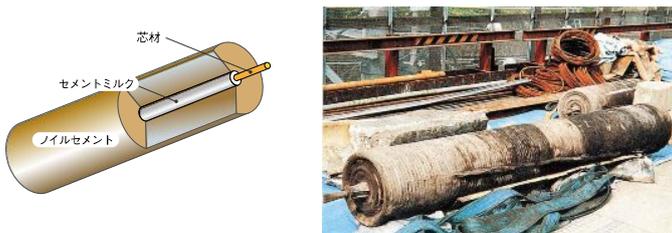


図-1 ラディッシュアンカーの概要

2.2 キャロットアンカー

キャロットアンカーは、ロータリーパーカッションドリルを用いて削孔することにより、直径 170mm の補強体を築造するとともに、その軸中心位置に槍状の先端防護材を装着した引張芯材を挿入する中径棒状補強材である。



図-2 キャロットアンカーの概要

2.3 ロータスアンカー

ロータスアンカーは、ロータリーパーカッションドリルにより直径 115mm の削孔を行った後、セメントミルクでケーシング内を置換充填後に、二重管ダブルパッカー注入で球根状の定着体を築造し、その軸中心に引張芯材を挿入する中径棒状補強材である。

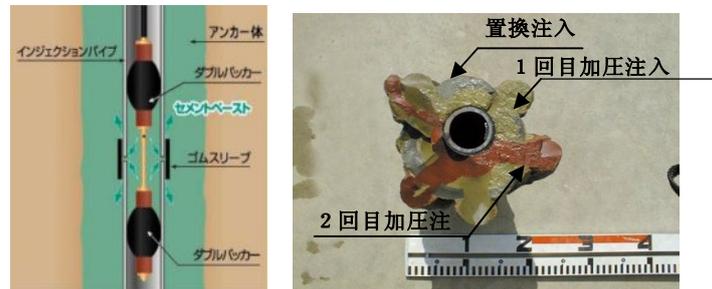


図-3 ロータスアンカーの概要

3. RRR-Nail 適用工法の概要

RRR-Nail を用いた適用工法を大別すると「急勾配化」、「仮土留め」、「斜面補強」に分類できる。

3.1 「急勾配化」の概要

既設盛土のり面急勾配化工法（RRR-C 工法）は、1988 年から鉄道総研において研究開発が進み、効率よく補強可能な大径棒状補強材であるラディッシュアンカーの開発に至った。構造および施工ステップを図-4 に示す。のり面を急勾配化掘削するため、地盤改良杭や土留め（鋼矢板、親杭横矢板など）を用いた一次土留め工によって

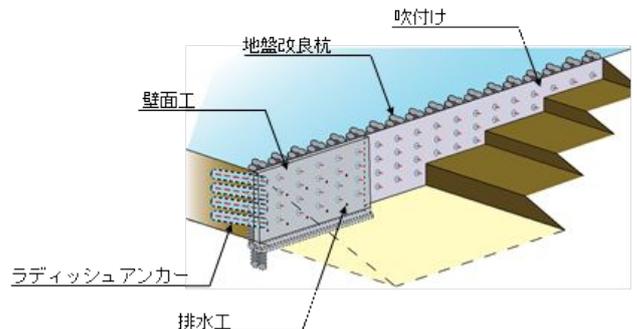


図-4 急勾配化の概要

掘削面に対して事前に壁面剛性を付与して、掘削中であっても変形を極力拘束し安定性を増加させる。開発当初は一次土留め工として地盤改良杭を施工していたが、20年ほど前から徐々に、より安定した構造として鋼矢板や親杭横矢板を用いた一次土留め工が用いられるようになった。一次土留め工と棒状補強材を連結して、補強しながら掘り下げていき最終的に剛なRC一体壁を構築する。

3.2 「仮土留め」の概要

切梁を用いない仮土留めとして補強土工法の原理を応用した補強土式仮土留めが用いられる。急勾配化の一次土留め工として用いられていたが、平成13年(2001年)に制定された鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル(現トンネル・開削編)に補強土式仮土留めが記載されてから多用されるようになった。鋼矢板や親杭(H鋼)を先行して打設し、掘削に伴い棒状補強材を打設して一次土留め工と補強材を連結して仮土留めを行う。

図-5はラディッシュアンカーを用いた仮土留めの概要を示す。

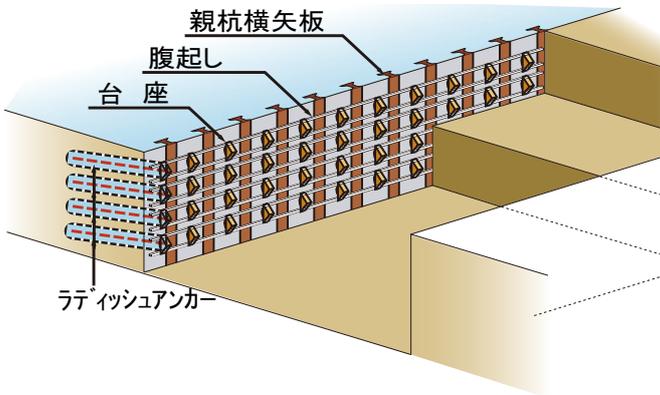


図-5 仮土留めの概要

3.3 「斜面補強」の概要

「斜面補強」は斜面(自然斜面、切土のり面、盛土のり面)を対象として、補強材とのり面工(支圧プレートや格子枠工など)を用いて、地震時や降雨時の安定性を高める目的で行う。図-6はラディッシュアンカーと支圧プレートを用いた斜面補強の概要を示す。

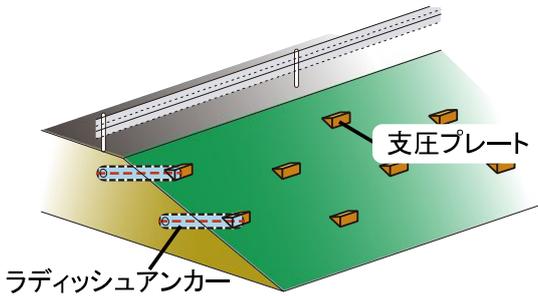


図-6 斜面補強の概要

4. 施工実績の分析

4.1 年度別施工件数

図-7は平成3年度(1991年度)から令和2年度(2020年度)までの「急勾配化」の年度別施工件数(左目盛)と累計施工件数(右目盛)を3種のRRR-Nail(ラディッシュアンカー(RA)、キャロットアンカー(CA)、ロータスアンカー(LO))について示したものである。

当初は急勾配化用に開発したラディッシュアンカーの施工が多かったが、狭隘地の施工や礫混入地盤対応にコンパクトな施工機械で中径棒状補強材を築造できるキャロットアンカーやロータスアンカーの施工が増えてきて、

この10年はその傾向が特に顕著である。

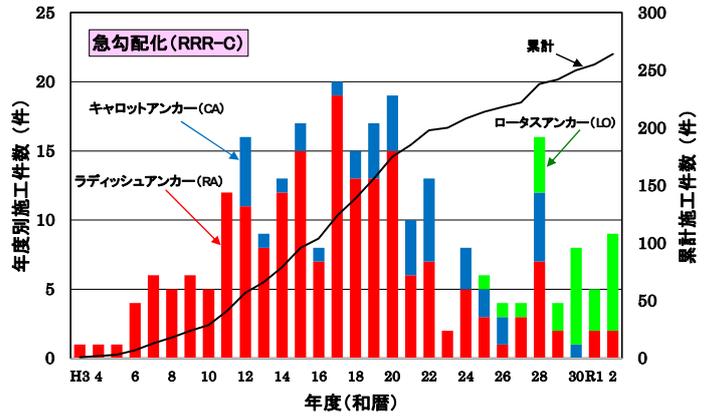


図-7 年度別施工件数(急勾配化)

図-8は「仮土留め」に適用した年度別施工件数を示す。累計施工件数は「急勾配化」の1/2弱であるが、この10年は増加傾向にあり、キャロットアンカー、ロータスアンカーを用いた施工実績の比率が大きくなっている。

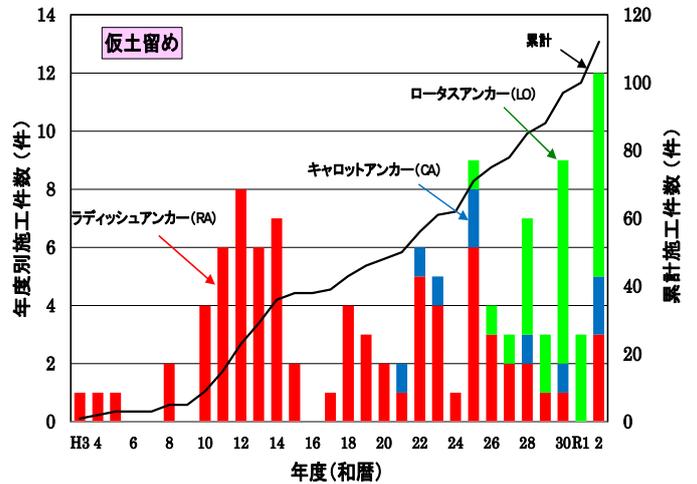


図-8 年度別施工件数(仮土留め)

図-9は「斜面補強」に適用した年度別施工件数を示す。累計施工件数は「急勾配化」の1/3弱である。平成19年度まではラディッシュアンカーを用いた施工実績が全数であった。その後、斜面補強への適用事例は少なくなったが、最近ではキャロットアンカー、ロータスアンカーを用いた施工が主となっている。

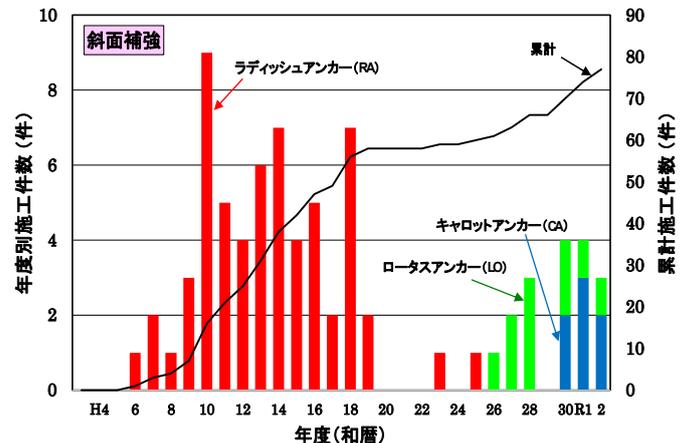


図-9 年度別施工件数(斜面補強)

4.2 鉄道・道路の施工実績

図-10 はラディッシュアンカー (RA)、キャロットアンカー (CA)、ロータスアンカー (LO) について、「急勾配化」、「仮土留め」、「斜面補強」の施工件数を示したものである。各施工件数の内訳は、鉄道 (JR 新幹線、JR 在来線、私鉄) と道路 (国交省・NEXCO (旧道路公団含む)、地方公共団体他) に分類した。

「急勾配化」では新線建設が中心である JR 新幹線での施工は少なく RRR-Nail 合計で 28 件であるが、既設盛土を急勾配化する JR 在来線 (144 件) や私鉄 (56 件) での適用が多い。また道路では 47 件であった。

また、「仮土留め」、「斜面補強」はともに JR 在来線での施工比率が高い。

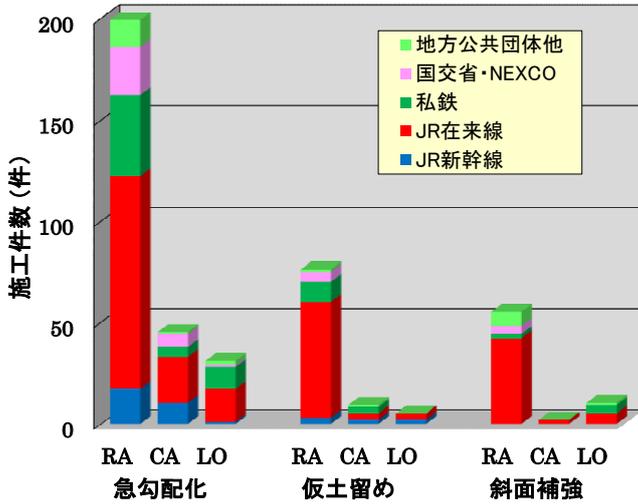


図-10 鉄道・道路における施工件数

図-11 は、構造物延長方向の施工延長について整理したものである。「急勾配化」は施工件数の場合と同様の傾向を示すが、ラディッシュアンカーを用いた「仮土留め」は私鉄の施工比率が大きい。施工件数に比べて施工延長規模が他より長いということである。また、ラディッシュアンカーを用いた「斜面補強」は 1 件当たりの施工延長が「急勾配化」や「仮土留め」より長い。キャロットアンカー、ロータスアンカーを用いた「仮土留め」や「斜面補強」は 1 件当たりの施工延長は短いようである。

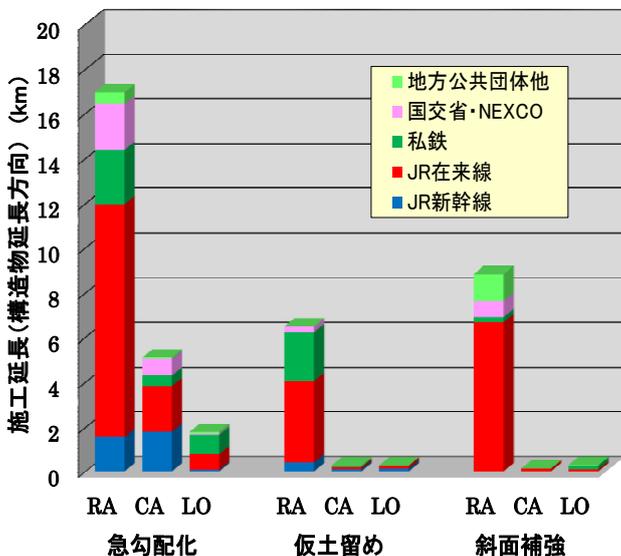


図-11 鉄道・道路における施工延長 (構造物延長方向)

図-12 は補強材の施工総延長を整理したものである。「急勾配化」および「仮土留め」の補強材の施工総延長

は、図-11 の施工規模 (施工延長) と同様な棒グラフの様相を示している。「斜面補強」は図-11 の施工延長に比べて補強材総延長が相対的に小さく、「急勾配化」および「仮土留め」の RRR-Nail の標準配置 (鉛直方向 1.5m、水平方向 1.5m) に対して「斜面補強」の場合の標準打設間隔 (のり面 10m² あたり 1 本) が大きいことが要因と思われる。

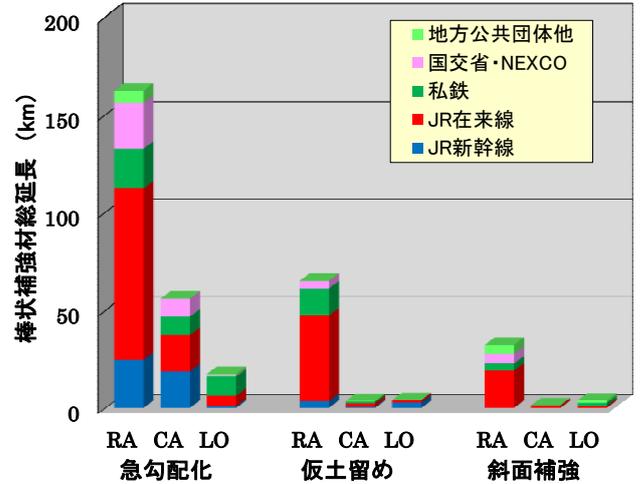


図-12 鉄道・道路における棒状補強材施工総延長

4.3 平均補強密度と平均高さ

施工 1 件当たりの施工実績データ (施工延長、平均高さ (のり長)、補強材総延長) を基に整理した。

図-13 は「急勾配化」における壁面の単位面積当たりの補強材長 (平均補強密度) と平均壁面高さの関係を示したものである。壁面単位面積当たりの補強材長は施工 1 件当たりの補強材総延長を壁面総面積で除した値である。一般的に壁面高さが高くなるにつれて補強材長は長くなるが、補強材の配置間隔 (水平および鉛直方向) と補強材長は安定計算で決まり、配置を疎にすると補強材は長くなり、配置間隔を密にすると補強材長は比較的短くなるので、壁面高さとの相関はあまり顕著ではないようである。また、急勾配化掘削面の後背に斜面がある場合は補強材長も長くなるが、後背斜面の有無のデータがないので、このことも顕著な相関関係が認められない一因と思われる。また、補強材の種類による相違も明確には認められない。

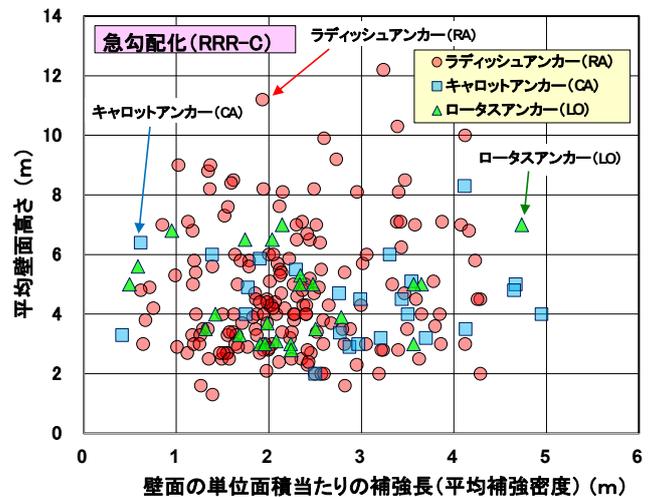


図-13 壁面の単位面積当たりの補強材長 (急勾配化)

図-14 は「仮土留め」の単位面積当たりの補強材長と平均仮土留め高さの関係を示したものである。掘削高さが高くなるにつれて単位面積当たりの補強材長が長くな

るという若干ではあるが正の相関が認められる。

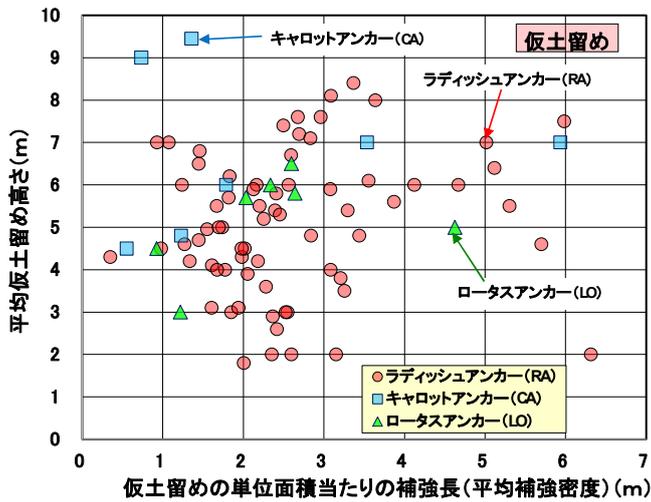


図-14 仮土留めの単位面積当たりの補強材長(仮土留め)

図-15は「斜面補強」ののり面単位面積当たりの補強材長と平均のり長さの関係を示したものである。のり長が長くなる(斜面高さが高くなる)につれて単位のり面積当たりの補強材長が短くなる傾向が認められる。また、同程度の斜面高さを補強する場合は中径棒状補強材のキャロットアンカーとロータスアンカーは大径棒状補強材のラディッシュアンカーより補強材長が長くなるようである。

「斜面補強」は円弧すべり安定計算により配置仕様を決めるため、斜面の土質定数の設定や補強前の斜面安定度の評価の影響を受けやすく、データのばらつきが大きいものと思われる。

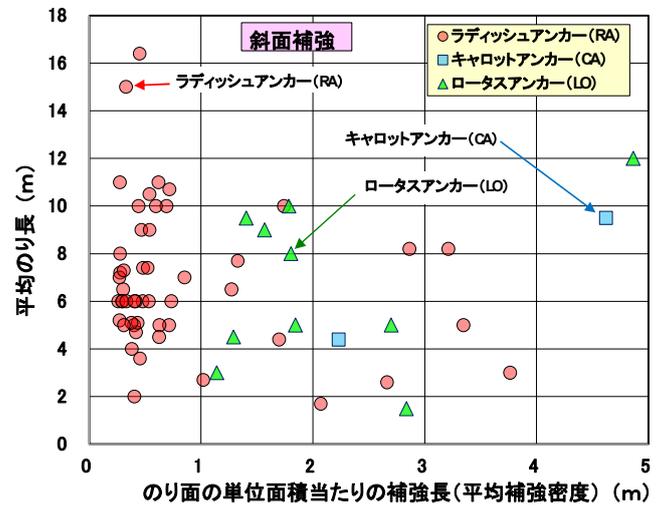


図-15 のり面の単位面積当たりの補強材長(斜面補強)

5. おわりに

棒状補強材である RRR-Nail を用いた「急勾配化」、「仮土留め」、「斜面補強」の施工実績を分析した。当初はラディッシュアンカーの施工実績が卓越していたが、最近では後発でラインアップ入りした玉石・礫地盤対応に有効で狭隘地での施工に適したキャロットアンカー、ロータスアンカーの施工実績が増えてきた。

ラディッシュアンカーは大径で効率よい地盤補強が可能な補強材なので、硬質地盤対応・コンパクトな施工に向けて改良を行う余地がある。今後、RRR-Nail それぞれの特徴を活かした地盤補強の更なる普及・発展を期待する。

【事務局だより】

令和3年度 技術講習会について

令和3年度 RRR 工法協会 技術講習会を2022年2月10日(木)にZOOMにてライブ配信いたしました。244名と、大変多くのご参加申し込みをいただき、盛況のうちに終了いたしました。

特別講演①

「RRR ジオテキスタイル補強土工法の根源と特徴」
東京大学・東京理科大学 名誉教授 龍岡文夫先生(90分)

特別講演②

「最近の鉄道構造物の基礎工」
(公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部長 神田 政幸氏(45分)

龍岡教授、鉄道総研神田部長のご講演動画をホームページで公開しています

東京大学名誉教授・東京理科大学名誉教授 龍岡文夫様、(公財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部長 神田 政幸様にご講演いただいた技術講習会の動画をホーム

ページで配信しています。<https://www.rrr-sys.gr.jp/>にて公開中です。ぜひご覧ください。

令和4年度 定時総会について

令和4年7月8日(金)に対面での定時総会を予定しています。新型コロナウイルス感染状況次第ではZOOMの併用・変更といたします。4月中に確定させ、ご連絡担当者様へお伝えいたします。

【入会・退会】

退会：株式会社関西シビルコンサルタント
当協会会員は現在正会員37社、準会員29社 計66社です。

その他:寄付のお知らせ

令和3年度定時総会において予算承認していただいた寄付(150万円)を、2021年8月の大雨で被災した松本市のアルピコ交通上高地線の復旧支援とさせていただきます。

アルピコ交通様からお礼状をいただいております。

【編集委員会名簿】

委員長：佐藤靖彦(西松建設(株)) 幹事：田村幸彦(株)複合技術研究所 事務局：田村幸彦(株)複合技術研究所
委員：神田隆真(前田建設工業(株))・竹本 慎一(株)クラレ・西村 淳(三井化学産資(株))

【協会事務局】

〒160-0004 東京都新宿区四谷1-23-6 協立四谷ビル 5F (株)複合技術研究所 内
電話 03-5368-4103 FAX 03-5368-4105 ホームページ・アドレス <https://www.rrr-sys.gr.jp>