

道路公園で RRR 工法を採用

—四車線化拡幅工事での使用事例(山形自動車道)—

東急建設(株) 技術本部 土木技術部
田村 幸彦

1. はじめに

山形自動車道は、東北自動車道の村田 JCT (宮城県) から山形市内を通り山形県酒田市を結ぶ自動車専用道路であり、現在、山形県寒河江 IC までの 52.7km が 2 車線の対面通行で開通している。当工区は、2 車線の対面通行で供用している高速道路に、2 車線を増設して四車線化する工事であり、高架橋、トンネル、土工区間の延長 1213m の工区である。その内、腰付け盛土による最大壁高約 11m の高盛土が、テールアルメ工法で計画されていたが、設計変更として RRR 工法を提案し、採用された。道路公園における RRR 工法の採用は当工事が最初であり、採用に至る検討段階においても、RRR 工法の設計の考え方、建設省系の補強土工法との対比について公園側と多くの議論を交わした。

本工事例では、工事の概要はもちろんのこと、道路への適用において問題となった事柄について紹介する。

2. 工法変更の経緯

図-1 に、RRR 工法による補強土擁壁の最大壁高付近の設計断面を示す。原設計であるテールアルメ工法は当区間の施工において下記の問題点があった。

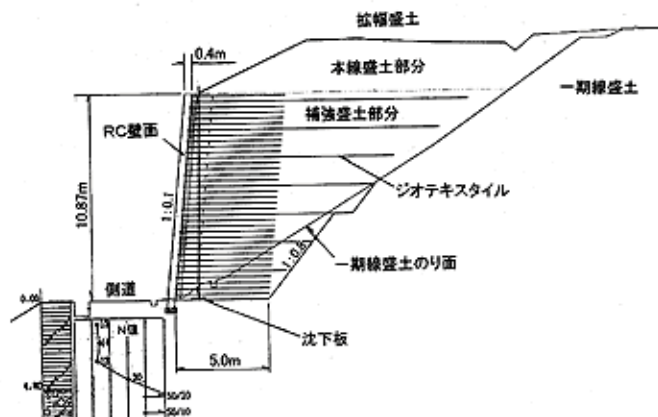


図-1 標準断面

①一期線盛土のり面のり尻が側道端部付近に位置しており、補強材を長く敷設する工法では、最下段の敷設長が 8.5m の設計となり、二期線盛土のり面の掘削範囲が広がり、急勾配 (1:0.8 程度) のり面も高くなる (切土高さ約 12m)。したがって、供用を開始している二期線の安全を確保できる工法の選定が必要となった。

②用地境界前面の工事用道路はトンネル工事に必要であり、また、農道としても通行を確保する必要があった。したがって、壁面構築のための大型重機 (クレーン等) が設置されれば、斜面上に構台形式による迂回路が必要となり、工事費の増大に繋がる。

以上、主に、2 つの問題点を解決するための方策が検討課題であった。

これらの問題点を解決すべく、RRR 工法による補強土擁壁

工法を提案した。

また、基礎の地盤は、図-1 の土質柱状図に示すように礫層を主体とするある程度堅固な地盤であることが確認されていたが、高盛土 (高さ約 11m の補強盛土 + 高さ約 4m の緩斜面本線盛土) 荷重による沈下は、弾性理論による即時沈下式 ($S_t = 1 \cdot (1 - \nu^2) \cdot q \cdot B / E$) より、6cm 程度と予測されたため、施工中の補強盛土部分の沈下が許容できる (= 残留沈下量が小さくなった時点で RC 壁面を構築することができる) 本工法の利点も検討項目として加味された。

3. RRR 工法に対する疑問点・問題点

道路公園では、テールアルメ工法については実績も多く、植生を付加した壁面工を有するジオテキスタイル補強盛土 (土研マニュアルに従った設計) も少なからず実績がある。RRR 工法は道路公園において最初の適用となり、しかも、設計変更となるため、採用にあたって、順序立てた筋道の整理が必要であった。

1) RRR 工法の位置づけ

他の補強土工法と比較するために、TUS 工法、ジオテキスタイル + フロントパネル工法 (土研マニュアル) の概略設計を行い、テールアルメ工法も含めて、工法比較を行った。その結果、TUS 工法、土研式補強盛土工法共に基本敷設長が 8.0m となり、構造物掘削による一期線に与える影響を軽減することができなかった。補強土構造物本体の工費は、いずれも RRR 工法より安い算定となったが、構造物掘削費用等、総合するとほぼ同一の工費となる。テールアルメについては、迂回の工事用道路 (農道) が必要と考えられるため、割高となった。

2) 土研マニュアルとの対比

RRR 工法 (補強盛土工法) は、平成 6 年 3 月に (財) 国土開発技術センターの一般土木工法・技術審査証明を取得し、道路分野での適用にお墨付きを得たわけであるが、道路公園ではテールアルメ以外の補強盛土構造物には、土木研究センター (土木研究所) 監修の「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル (平成 5 年 1 月)」が用いられてきた関係で、RRR 工法の採用にあたっては 2 つの設計方法の考え方を整理することが必要であり、当工事では以下のような項目について検討・整理した。

(1) 補強材の試験方法と低減係数

RRR 工法と土研マニュアルでは、補強材の試験方法が異なり、クリープ低減係数や施工時低減係数等も異なるが、アルカリ低減係数については RRR 工法独自のものである。これは、アルカリ性のコンクリート壁面と接触する部分の強度を低減させる目的があるが、「設計上、最大強度が必要な箇所は、壁面に接する部分ではないので、低減する必要はないのでは？」ということであった。これには、納得する部分があり、アルカリ低減係数を 1.0 として、敷設長に変化があるかどうか試算した。もともと、アルカリ低減係数は 0.97 程度のものであり、敷設長に変更はなく、RRR 工法のマニュアルに従うこととした。

(2) 外的安全率

外的安定は、補強土構造を含む地盤全体の安定を円弧すべりにより検討するものであるが、通常「道路土工指針」などでは、

円弧すべりの安全率を常時 $F_s=1.20$ 、地震時 $F_s=1.0$ が標準となっており、原設計のテールアルメもこの基準で設計されていた。「RRR工法はなぜ、常時 $F_s=1.30$ なのですか？工法に自信がないのですか？」というような質問を最初投げかけられた。道路構造物は鉄道構造物よりも変位に対する許容度が大きいと考えられるので、当工事では道路公団の基準を使用した。いかなる用途でも設計上で $F_s=1.20$ では必要としない基礎地盤の改良が必要となる事もあり、今後、道路分野で普及させていくための外的安定の安全率については議論を重ねる必要があるだろう。

(3) 最適なジオテキスタイルの選定

「材料マニュアルに登録されている数ある材料の中からこの材料を選んだ理由を明確にしてほしい」と言われ、表-1のような材料比較表を作成した(表-1は作成した表の一部分を示す)。

表-1 適切な補強材の選択

| 設計基準破断強度 (tf/m) | 常時設計破断強度 (tf/m) <低減係数> | 地震時設計破断強度 (tf/m) <低減係数> | 価格 (円/m ²) | 単位強度あたりの価格 (円/tf/m) <常時> | 単位強度あたりの価格 (円/tf/m) <地震時> |
|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 3.3 | 1.65<0.50> | 2.64<0.80> | 1350 | 818 | 511 |
| 6.0 | 3.00<0.50> | 4.80<0.80> | 2100 | 700 | 438 |

つまり、同じ3t用のものでも、設計基準破断強度は3.0、3.1、3.3(tf/m)などと異なり、また、それぞれに低減係数が異なる。当然、設計基準破断強度に低減係数を乗じて得られる常時設計破断強度(tf/m)、地震時設計破断強度(tf/m)、が異なり、設計価格も異なる。設計計算上は、常時(地震時)設計破断強度の違いにより、安全率、特に、内的安定の安全率に与える影響が大きく、補強材の違いにより、敷設長さが異なる場合もある。工費に影響が出るということで、表-1の作成となったのである。実際には、この他に市場性や施工性、使用実績などの要因が加味されるが、発注者側としては、このような見方をすることが多いようである。

(4) 土のうの透水性

土のうは中詰めに砕石を用い、補強土擁壁の排水層として機能するため、通常の土のうとは異なり、目合のある特殊な土のうを用いる。したがって、価格も2~3倍する。「普通土のうではだめなの？」ということになる。「土のう自体に透水性が必要で、その透水性は砕石の透水性を阻害しない程度のものが必要である」。

透水試験を行うことになった。試験は、普通土のうと排水性土のうの2種類に対して「ジオテキスタイルの垂直方向透水性能試験方法(案)(土と基礎:1994 Vol.42 No.2 pp.83~86参照)に準拠して図-2に示す試験装置にて行った。土のうは開口部分の接触状態により透水性が異なると考えられるので図-3に示すような開口面積が最小の場合と最大の場合の2種類・各3個実施した。その結果は、普通土のう(開口最小) $\Psi_{15}=1.41 \times 10^{-2} (S^{-1})$ 、普通土のう(開口最大) $\Psi_{15}=1.78 \times 10^{-2} (S^{-1})$ 、排水性土のう(開口最小) $\Psi_{15}=1.50 \times 10^0 (S^{-1})$ 、排水性土のう(開口最大) $\Psi_{15}=2.75 \times 10^0 (S^{-1})$ という結果となった。中詰めの砕石(C40~0)の透水係数が $k=10^{-1} (cm/s)$ 程度であると考え、普通土のうでは、砕石の透水性を阻害するが、排水性土のうを用いることにより透水性を確保できると判断できた。

4. 施工

施工は通常の手順で進められたが、当現場において目新しい点は

- ①土のう作成機(商品名サンドパッカー(コマツ製:レンタル))を導入し、1日平均700~800袋製作した。
- ②盛土材にはトンネルずり(風化岩)を使用するため、油圧破砕機およびスケルトンバケットを装着したバックホウにより小割・粒径調整を行った。なお、盛土材は自然含水比7.2%、最適含水比11.8%、最大乾燥密度 $1.969g/cm^3$ であった。

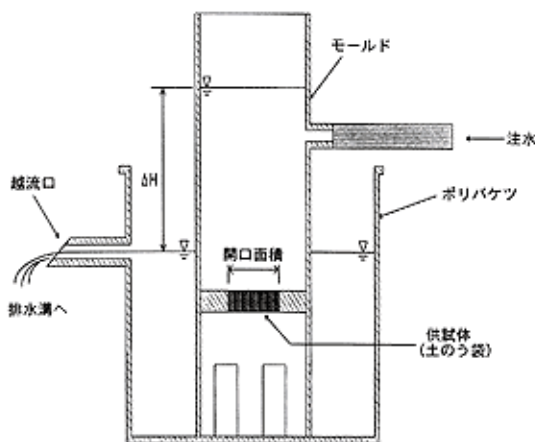


図-2 土のう透水性試験装置の概要

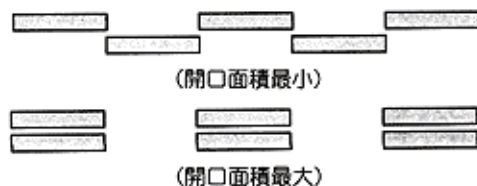


図-3 土のうの重ね合わせ状況

写真-1に施工状況を写真-2に壁面構築後の完成状況を示す。



写真-1 施工状況



写真-2 完成状況

5. 補強盛土の沈下とRC壁面の施工時期

当工区では、特に軟弱地盤上の盛土ではなかったが、本線盛土を含めると高さ15mの高盛土となるためある程度の基礎地盤の沈下が予想され、事前の沈下予測では、約6cmで、ほとんどが即時沈下であろうと考えていた。

沈下の管理として、図-1に示す補強盛土のり面近傍の基礎地盤上に沈下板を設置し、施工中および補強盛土部分完成後の沈下を計測した。図-4は盛土の進行状況と沈下の経時変化を示したものである。

盛土施工初期は、沈下速度が緩やかで、一期線盛土等の荷重履歴の影響を受けているものと考えられる。しかし、盛土高が5m以降の荷重に対して沈下が急速に進んだ。

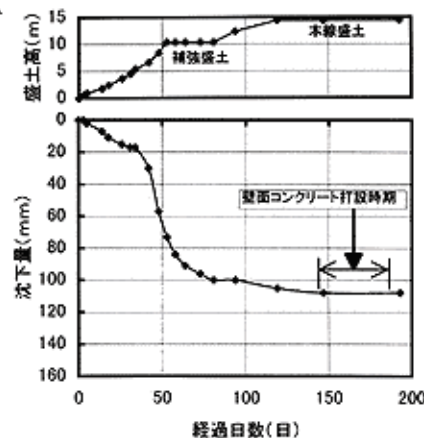


図-4 基礎地盤の沈下と壁面施工時期

補強盛土部分完了時の沈下量は、73mmで、上部の本線盛土開始までの、約30日間の沈下量は27mmであった。本線盛土荷重の影響は小さく、盛土完了後の沈下量が2mm程度と小さいため、壁面コンクリートの施工に着手した。この間の沈下は皆無であり、その後の残留沈下はほとんどないものと判断した。

このように、補強盛土施工中の総沈下量が11cm程度ある場合でも、補強盛土部分の施工の後に、壁面を構築する本工法では、構造的にも最終の出来形形状としても問題なく施工することができた。

6. おわりに

本工区は平成9年12月に無事竣工し、道路公団として最初のRRR工法の盛土も4車線供用開始を待つのみとなった。RRR工法の道路への適用において、土研マニュアルも含めて、道路での基準との整合性を整理する必要を感じた。また、補強土自体の性能については、RRR工法は他の補強土工法に比べて優れていると考えているが、工事費については、他工法と比べて割高であるとの積算例が多い。この工法を普及発展させるためには、より安くするための工法改善が急務であると痛感した。

最後に、採用にあたって御尽力いただき、熱心に討議していただいた道路公団関係者の方々に感謝の意を表します。

Design-RRR for Windows(Ver.1.0)の紹介

中央開発(株)地盤解析室・岸田 浩

RRR工法設計プログラムDesign-RRR for Windows (Ver.1.0) (以下RRR/Win) は、面状補強材と剛性のある壁面を用いて盛土のり面を鉛直に構築する補強盛土工法、及び棒状補強材と剛性のある壁面を用いて既設盛土のり面を急勾配化する既設盛土のり面急勾配化工法の設計計算を行うためのソフトウェアです。RRR/WinはWindowsの持つ機能を最大限に利用し、データ入力の平易化、入力ミスの低減等とともに、計算結果の高品質化、レポート様式の出力を行うことが出来ます。また計算時間につきましても前バージョンより更に高速化を図り、試計算の繰り返しもスムーズに行うことが出来ます。もちろん今までの工法(鉄道B工法、C工法、道路B工法)はすべて同様の手順で計算が行えます。以下にデータの入力画面と円弧すべり計算結果を示します。

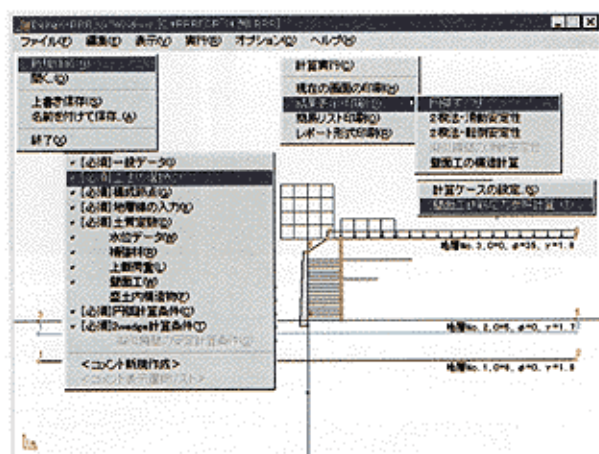


図 データの入力画面図

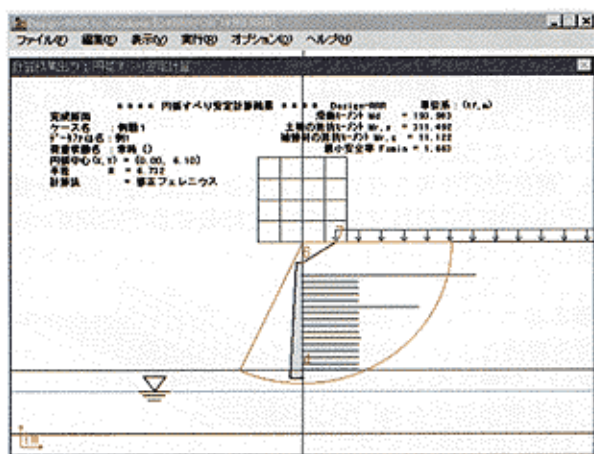


図 円弧すべり計算結果表示

詳しい資料(パンフレット、レポート形式出力例など)や購入方法については、弊社担当までご連絡下さい。また、試用版も用意しております。【連絡先】中央開発(株)地盤解析室 岸田、西原 TEL 03-3208-3708, FAX 03-3208-3572

【事務局だより】

技術説明会(九州地区)が開催されました

第4回技術説明会が平成9年11月19日に福岡市のアスクビルにて開催されました。当日は、建設省・道路公団をはじめ設計会社等から多数ご出席をいただき盛大に開催されました。

今回の特別講演は、九州大学工学部教授・落合英俊先生より『地盤の補強とその工法』についてご講演がありました。

なお、業務多忙な折講師を務めて下さった技術委員会の方々にお礼申し上げます。

協会役員の現場見学会が行われました

協会役員(理事・監査役)による現場見学会が11月28日新宿区西新宿の鉄建建設㈱・淀橋作業所にて行われました。

当日は、半谷会長を初め12名の参加のもと、高橋真一工事主任から工事概要の説明がありました。引き続き、現場見学・質疑応答と、有意義な見学会でした。

終わりに、お忙しい中ご協力頂きました淀橋作業所の方々にお礼申し上げます。



技術説明会



現場見学会

【会員紹介】

株式会社 関西シビルコンサルタント

当社は、JR西日本グループの一員として、創業以来「新しい価値の創造」・「信頼される技術」をモットーに地球環境の整備、よりよい生活環境のクリエイターとして歩んでまいりました。そして今、時代のニーズがますます多様化・複雑化する中、総合建設コンサルタント会社としての当社の社会的使命も重要性をますます共に、活躍の「場」も広がってきます。そうした時代のトレンドを見据え、クライアントの良きアドバイザーとして、人に快適、そして地球に快適なアメニティ空間の想像から創造を実現し、豊かな社会環境づくりに邁進していきたいと思っています。

RRR工法実績

- ・東舞鶴駅付近調査設計
- ・新長田鷹取4K1(左)土留改良に伴う調査設計
- ・西治橋測量設計調査
- ・福知山線複線化

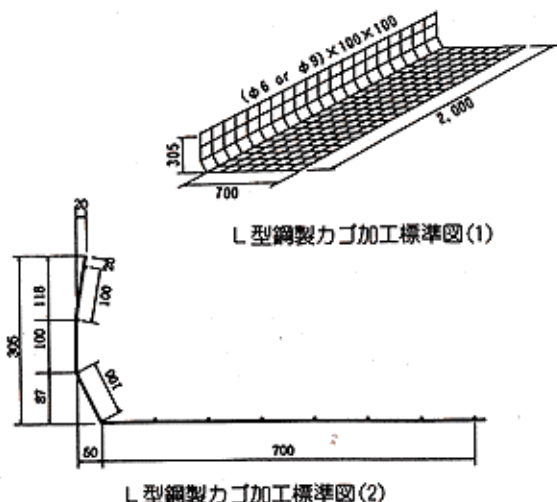
【技術紹介】

仮抑え材について

補強盛土工法に使用している仮抑え材は、RRR工法用土のう袋が大半であったが、最近省力化を目的としたL型鋼製カゴが使用され始めていますので紹介します。

L型鋼製カゴは、溶接金網を下図のとおりL型に折り曲げたものです。材料は、φ6×100×100又はφ9×100×100の溶接金網を使用します。使用時には、施工高さ等を考慮して、仮抑え材が変形しないよう材料の太さ(6mm、9mmの何れか)を選定すればよいようになっています。

なお、現在改訂作業を進めている補強盛土工法「設計・施工マニュアル」並びに材料マニュアルに掲載する予定です。



【会員紹介】

鹿島建設株式会社

装いを一新した「協会だより」の誌面をお借りできますことを大変光栄に存じます。当社のRRR工法施工実績の内、代表例をご紹介します。

写真-1 日本鉄道建設公団 北陸新幹線 新坂城変電所斜坑他工事(補強盛土工法、1994~1996年施工)

本工事は、新幹線トンネルに送電線を引き込むための斜坑と変電所ヤードの造成を行うもので、盛土57,000㎡、最大高さ18mで、このうち補強盛土は920㎡、壁高1.2~5.6m、総延長355mです。盛土材は補強盛土に適した扇状地性の礫混じり砂です。

写真-2 京浜急行電鉄(株)上大岡駅前再開発ビル新築工事に伴う駐車場車路新設工事(急勾配化工法、1995年鹿島・東急・大林・清水・京急JV施工)

用地の有効利用を図るため、鋼矢板山留め工法を採用しましたが、一部でRRR工法を試験的に適用しました。RRR工法施工区間は、総延長16.5m、最大山留め高3.5mで、施工中も列車走行に支障を来さず、良好な結果を得ることができました。

(土木技術本部 阿部 裕・技術研究所 吉田 輝)

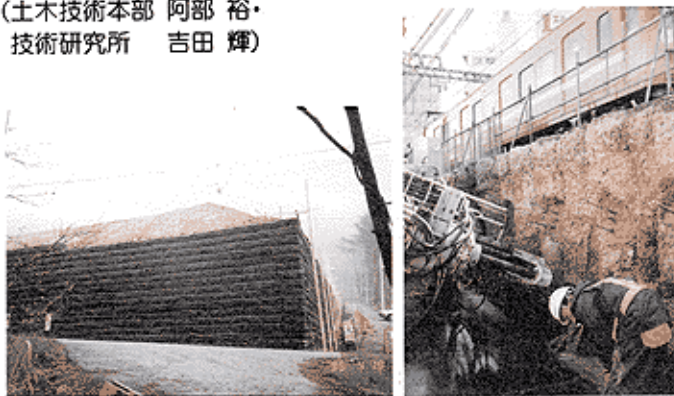
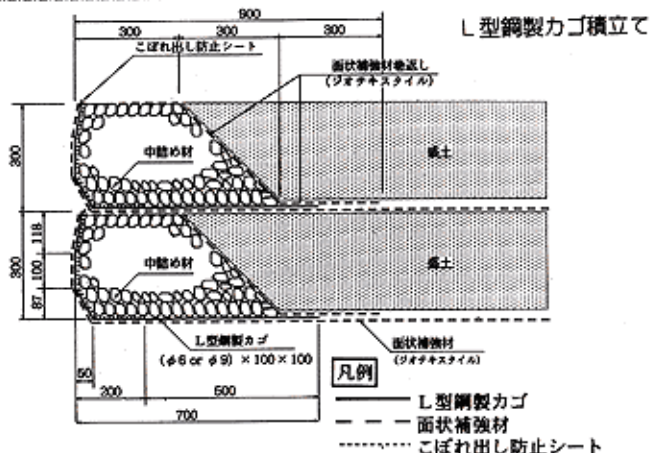


写真-1 コンクリート壁打設前

写真-2 アンカー補強工
施工中



【施工中の現場紹介】

・補強盛土工法

| No | 発注者 | 工事件名 | 現況(12月15日現在) | 施工会員 |
|----|----------------|-------------------|---------------|-------|
| ① | 中部地建・名四国道工事事務所 | 国道302号大高改良Gランプ工事 | 壁面工施工中 | 名工建設㈱ |
| ② | 九州旅客鉄道株式会社 | JR東田開発工事 | 壁面工施工中 | 鹿島建設㈱ |
| ③ | 東日本旅客鉄道株式会社 | 淀橋三線線路橋改良工事 | 盛土・壁面工施工中 | 鉄建建設㈱ |
| ④ | 東武鉄道株式会社 | 東武野田線岩槻~春日部間複線化工事 | 一部盛土完了・基礎工施工中 | 東鉄工業㈱ |

・既設盛土のり面急勾配化工法

| No | 発注者 | 工事件名 | 現況(12月15日現在) | 施工会員 |
|----|----------------|------------------|--------------|-------|
| ① | 中部地建・名四国道工事事務所 | 国道302号大高改良Gランプ工事 | 壁面工施工中 | 名工建設㈱ |
| ② | 西武鉄道株式会社 | 新宿変電所新設に伴う擁壁工事 | 壁面工施工中 | 西武建設㈱ |

【編集委員名簿】

委員長：宮崎啓一(西松建設㈱) 幹事：田村幸彦(東急建設㈱)
委員：吉田輝(鹿島建設㈱)・白沢真(前田建設工業㈱)・河村吉彦(㈱クラレ)・西村淳(三井石化産資㈱)

【協会事務局】

〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設㈱土木技術部内 ☎ 03-3406-4043 FAX 03-3406-7309