総合会社案内
Company Profile

明 日 を 拓 く　*Evercreative & Innovative*

強化土エンジニヤリング株式会社
〒113-0033 東京都文京区本郷3-15-1
TEL03-3815-1687 FAX03-3818-0670

Business venture to develop new technology
KYOKADO ENGINEERING CO., LTD
15-1,Hongo 3-chome,Bunkyo-ku,Tokyo,113-0033Japan
TEL03-3815-1687 FAX03-3818-0670

強化土エンジニヤリング株式会社
KYOKADO ENGINEERING CO., LTD

ご挨拶・創業理念 …… 1

会社概要 …… 4

沿革 …… 5

開発技術と技術グループ …… 7

平成14年度（公社）地盤工学会 技術開発賞受賞技術「恒久グラウトと注入技術」…… 8

開発技術 …… 9

薬液注入工法 …… 11

注入材 …… 13
ハイブリッドシリカシリーズ、パーマロックシリーズ
シリカゾルグラウトシリーズ（ハードライザー、ハードライザー・セブン、シリカライザー
クリーンロックⅣ、ジオシリカ等）、GSG、アルシリカ、ジオバックグラウト、
クレイゲル、可塑状ジオポリマーグラウト

注入工法・注入システム …… 21
エキスパッカ工法、エキスパッカ-N工法、3D-EX工法、
超多点注入工法、マルチストレーナ工法、マルチパッカ工法、3D注入システム
ユニパック工法、マルチライザー工法、プロポーション注入工法

高密度化注入工法 …… 27
可塑状ゲル圧入工法、スパイラルコンパクション工法

バイオ技術と不飽和化工法 …… 28
バイオパイプ、バイオチューブ、バイオグラウト
不飽和化工法:シリカバブル注入工法

補強土工法 …… 29
TUSS工法、レコウォール工法・CABシステム、セルグリッド工法
ドレーンアンカー工法、グラウトパイル工法、ドレーンパイル工法

海外技術協力 …… 33

研究活動 …… 34

強化土研究所

本設注入試験センター・土木化学研究室

産学協同研究 …… 35

自然と技術の調和

ご挨拶

Nature and technology in harmony

強化土エンジニヤリング株式会社　創業者 島田 俊介
取締役会長
地盤工学会名誉会員 地盤注入開発機構名誉会長
農博 技術士(建設部門)

『シリカの化学』から『地盤ケイ化法』を追って

強化土エンジニヤリングは「シリカの化学」を応用した地盤改良技術を開発するベンチャー企業として昭和44年(1969)に創業いたしました。

私たちの目指すものは地核の約60％を占めるシリカを素材とした「環境・耐久・浸透」をテーマにした「注入材と工法」を一体化した技術の開発です[5)8)47)98)143)180)227)]。

創立以来私たちは「産学協同研究」を基本とし、施工会社、材料メーカー、機械メーカーからなる地盤注入開発機構を組織し、協力して時代に先駆けて技術革新を進めてきました。これらの新規技術は、常に時代の変動がきっかけとなって採用され新規市場の創造に繋がりました。

昭和44年(1969)の高分子系の公害問題は[5)8)]有機系水ガラスグラウト[1)](グリオキザール系－GSG－)が、昭和49年(1974)の石油ショックは無機系シリカゾルグラウトが世に出るきっかけになりました[8)]。これらの成果は昭和51年(1976)の上越新幹線中山トンネル並びに高山トンネル[14)20)]の掘削工事において画期的な成果をおさめ、現在の土粒子間浸透を基本とする地盤注入工法の基礎となりました。

シリカゾルは、昭和49年(1974)に水ガラスグラウトが川に流入したという情報からヒントを得て[77)]発明されたものであり、水ガラスを中和したグラウトが中酸性系グラウト[12)20)]の原型となりました。その後、長結型耐久性シリカゾルグラウト[24)25)82)]へと発展し、更にコロイド化を付与した活性シリカコロイド[41)60)143)]「パーマロック」や微粒子高炉スラグとシリカの水和結合による高強度超微粒子複合シリカ「ハイブリッドシリカ」[49)60)77)]等の恒久グラウトの発明につながりました。

昭和57年(1982)にスタートした東洋大学米倉研究室の「薬液注入の長期耐久性の研究」[60)]によって耐久性のメカニズムの解明と40年以上の長期耐久性の実証研究がなされ[60)143)227)275)]、平行して長結型浸透性恒久グラウトを用いた急速浸透注入工法の開発に成功しました。近年の地震の多発化に伴い、液状化対策工や基礎の高強度補強等広く使用されるようになった「恒久グラウト・本設注入工法」により、薬液注入は仮設注入から本設注入への質的変換を遂げました[227)]。これらの成果が平成14年度地盤工学会技術開発賞(米倉亮三、島田俊介)として評価され、次のステップへの大きなモチベーションとなりました。

コロナ以後の急速な時代の変化において、現在は低炭素グラウトによるカーボンニュートラル、見える化技術による技術の高度化と安全施工、DX注入技術によるリモート検査や自動注入など、持続可能な次世代技術を進める原動力になっております。

化学的地盤改良が防災技術・カーボンニュートラルに貢献

昭和53年(1978)に開発に成功した二重管瞬結・緩結複合注入工法[17)26)31)]は、ダブルパッカ工法と共に浸透性耐久グラウトとして「シリカゾルグラウト」[24)25)]の飛躍的発展をもたらしました。恒久グラウトは平成7年(1995)の阪神淡路大震災で被災した基礎の高強度補強工事で初めて超微粒子複合シリカ「ハイブリッドシリカ」[90)92)220)]が採用され、その後「パーマロック」と共に液状化対策工等における恒久グラウトと急速浸透注入工法を統合した「恒久グラウト・本設注入工法」が新しい市場を創り出しました[143)227)]。

「急速浸透注入工法」としては、柱状浸透注入工法「エキスパッカ工法」[100)103)]や三次元同時注入工法「超多点注入工法」[104)107)]が開発され、さらに「マルチパッカ工法」や「マルチストレーナ工法」、「3Dシステム」[108)]が続きました。恒久グラウトを用いた1997年と1999年の大規模野外試験により、浸透固結性と経年固結性が実証され[87)99)143)169)223)227)232)241)247)]、多数の現場データが蓄積され、本設注入試験センターによる現場土注入設計法[227)]の適用等を背景にして日本各地で液状化対策工へと使用されるようになりました。

平成23年(2011)3月11日の東日本大震災では広範囲にわたって液状化が生じましたが、恒久グラウト・本設注入工法による液状化対策工で施工した地盤改良領域では液状化は全く発生しなかったこと、また改良地盤は地震後も液状化強度が劣化していないことが確認されました[238)247)]。これらの成果は今後のインフラの耐震補強の更なる発展につながるものと確信しております。

また近年は東京都市大学と協同で液状化対策工、マイクロバブルやシリカバブルを用いた地盤不飽和化工法[227)]、スパイラルコンパクション工法による高密度化注入工法、ジオポリマーグラウト等を研究開発しております。さらに高強度恒久ハイブリッドシリカはジオポリマーグラウトとして既に1000件以上の実績を持ち、地球温暖化防止の国家プロジェクトであるCO_2削減、カーボンニュートラル技術として貢献しております。その他、大阪大学との可塑状ゲル圧入工法[153)186)]による高密度化注入工法や東京大学との埋設管液状化対策工[255)266)]を推進しております。

さらにバイオパイプやバイオグラウト等のバイオ技術[178)196)197)207)]を北海道大学との協同研究により、近年の自然災害の多発に対する新しいアプローチによる環境保全型地盤強化工法へと展開しつつあります。

今後とも、関係各位の御指導と御鞭撻を心よりお願い申し上げます。

(註) 文中の上付のナンバーは当社ホームページの『研究活動　論文・報文一覧』をご参照ください。右のQRコードよりご参照いただけます。

持続可能な循環型知財企業へ

代表取締役社長　島田 励介

液状化防止、護岸と基礎の高強度恒久補強に優れた「恒久グラウト・本設注入工法」の普及発展を図り防災技術に貢献する

強化土エンジニヤリング株式会社は1969年創業以来、創造（クリエイション）、挑戦（チャレンジ）、連携（コーポレーション）の３Cをキーワードに、「継続は力なり」を企業理念に掲げ、産学協同研究や異業種共同研究などを通して、地盤強化分野での技術革新と新市場の創造に取り組んでまいりました。

これまでに取得した特許数は、国内延べ430件、海外延べ126件、関連技術の契約会社は延べ250社に及びます。施工実績は6万件以上にのぼります。私たちは自社開発技術を市場に提供し、その実績を取り入れることで新たな技術開発の糧となる循環型ビジネスモデルを育ててまいりました。

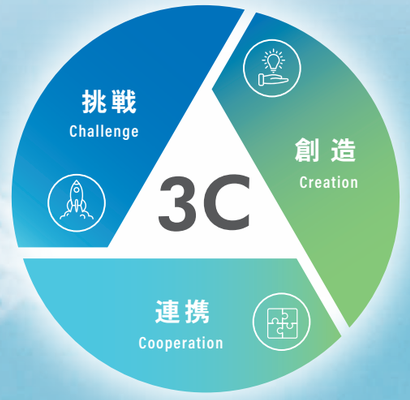
永年に亘る企業活動の中で、当社開発技術の販売窓口として技術普及を担うジャテック株式会社が創業され、開発技術を市場に普及させる為の優れた技術集団である地盤注入開発機構が設立されました。

当社の強みの一つは、地盤改良・強化分野で常に最先端を行く技術企画力と開発力、そして地盤注入開発機構が持つ市場への技術発信力です。地盤注入開発機構は、昭和58年以来、関連する産学官および関連研究会のご協力を得て、全国各地で「最近の薬液注入工法技術」の研究発表会を開催し、技術発信に努めてきました。

更なる強みは、企業理念にもある「継続」であると考えます。当社は50年以上にわたって地盤強化工法を研究し、地盤の長期耐久性の検証を続けて参りました。

その実績から、薬液注入工法は、単なる注入材や注入工法の性能による技術ではなく、実地盤での耐久性の実証などから開発された耐久要素技術を一体化した「統合地盤注入工法」というコンセプトとして体系化されました。このコンセプトに基づき、時代の要請に応えるため、耐久・恒久グラウト注入工法の更なる向上と環境保全と安全施工に努めて参ります。

産学協同研究による時代に先駆けた研究開発から永年のノウハウと実証データの蓄積、研究開発グループによる新規分野の創造と市場への普及、コンサルティング業務までの一貫体制といった他社にない当社の特徴をさらに強固にしていくことで、本分野での更なる発展、当社が持つさまざまな知的財産による社会貢献を目指して邁進していく所存です。



強化土知財企業体
創業理念

継続は力なり

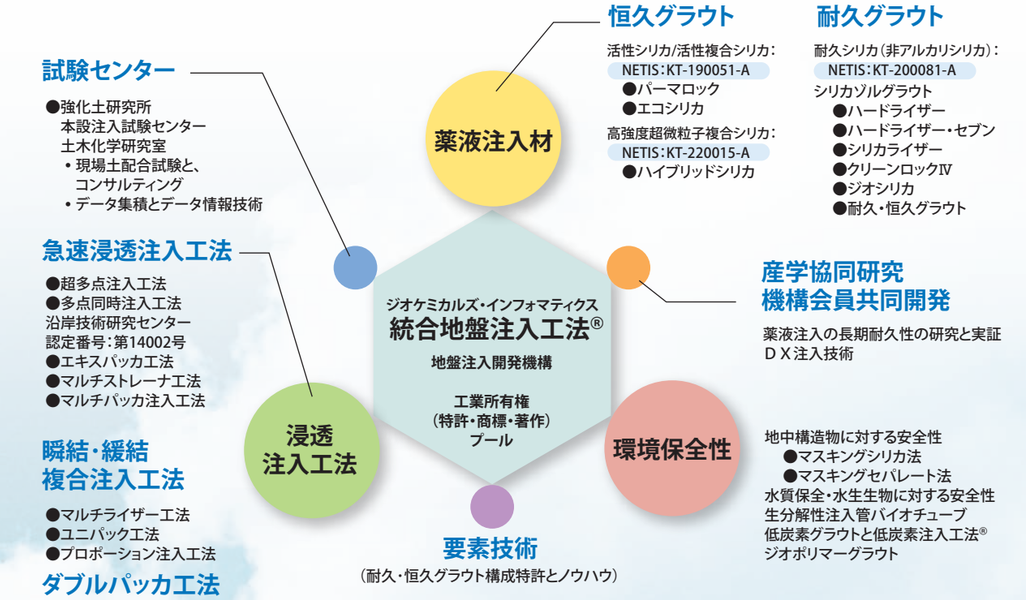
創業1969年

会社概要
Company overview

商号	強化土エンジニヤリング株式会社 KYOKADO ENGINEERING CO.,LTD
創業	1969年（昭和44年4月）創業者 島田俊介
代表者	代表取締役社長 島田励介
本社	東京都文京区本郷3丁目15番1号 美工本郷ビル7階
強化土研究所	東京都文京区本郷3丁目15番1号 美工本郷ビル6階
本設注入試験センター	東京都文京区本郷3丁目18番1号 奈良部ビル1階
ホームページ	http://www.kyokado-eng.com
	地盤注入開発機構を主催 ジャテック株式会社 薬液注入材の販売

次世代技術を目指す「環境×耐久×浸透」　統合地盤注入工法
低炭素注入技術・見える化技術・DX注入技術を推進

地盤注入開発機構では、数十年にわたり、持続可能な開発目標（SDGｓ）を定め、「薬液注入の耐久性の研究目的は多様な地盤において、注入地盤が所定の耐久性を得られる耐久地盤の構築にある。（1981、米倉）」という理念に基づいて産学協同で「薬液注入の長期耐久性」の実証研究や多数の現場での課題解決に取り組み、技術開発を進めてまいりました。その結果、「耐久地盤改良は互いに関連する注入薬液・浸透注入・環境保全性を構成する耐久地盤要素技術（ジオケミカルズ・インフォマティクス）を一体化した統合地盤注入工法（2018.米倉、島田）である」というコンセプトに至り、体系化されました。この永年の産学協同研究と機構会員共同開発によって蓄積された要素技術や恒久グラウト・耐久グラウト（シリカゾルグラウト）の多数の工業所有権（特許、商標、著作等）、とノウハウを当機構にプールし、技術提携契約会社に提供され、上記統合地盤注入工法をベースとして、低炭素グラウト、高強度大径低炭素注入工法、ジオポリマーグラウト、DX注入技術などの次世代技術の技術革新を進めております。



統合地盤注入工法®要素技術

①耐久グラウトと恒久グラウト
②耐久要素技術導入注入材と注入工法
③耐久地盤注入設計法
④耐久性と耐震性の実証：室内試験、大規模野外試験、施工現場確認試験
⑤現場採取土配合設計法とコンサルティング
⑥耐久期間に対応した地盤改良工法
⑦供試体作製装置と作製法と試験法
⑧促進試験法と耐久強度予測法
⑨土中ゲル化時間と配合設定法
⑩マグマアクション法と広範囲限定固結法
⑪シリカ量分析による注入効果確認法
⑫異なる化学的環境・土質の影響
⑬複合注入と急速浸透注入工法
⑭高強度大径固結体注入工法
⑮マスキングシリカ法とマスキングセパレート法
⑯海水処方と高強度処方
⑰微細間隙の止水と岩盤止水
⑱環境保全型注入材と注入工法
⑲水質保全・環境保全・地中構造物の保護
⑳東日本大震災での液状化防止効果確認
㉑試験/施工/効果データの集積と管理
㉒耐久地盤品質管理法と見える化
㉓地盤強化と液状化対策
㉔統合地盤注入工法と次世代技術
㉕材料管理と安全施工
㉖DX耐久地盤情報技術

沿革

1969年 創業 島田 俊介 土木化学コンサルタント事務所 設立（現 強化土エンジニヤリング株式会社）
有機反応材を用いた「高強度水ガラスグラウト」開発

1970年 島田 俊介　技術士（建設部門、土質及び基礎）
1971年 島田 俊介　東京大学より「地盤珪化法の研究」に関して農学博士を授与
■ 1972 ～ 1974年　連載講座「現場技術者のための薬液注入工法」
コンストラクション第10巻1 ～ 27号（島田、兼松著）
1973年 **強化土エンジニヤリング株式会社設立**　代表取締役社長　島田俊介
1974年 契約会社の合同組織**「強化土グループ」**発足（現　**地盤注入開発機構**の母体）
「シリカゾルグラウト」開発（中性シリカゾル／酸性シリカゾル）
1976年 上越新幹線中山トンネル高山工区で長結シリカゾルグラウト「シリカライザー」本格採用
高山トンネル有機系水ガラス採用
1977年 **現　「シリカゾルグラウト会」**発足
📖「最新の地盤注入工法」理工図書（島田、兼松著）1977年4月25日発行
1978年 二重管ロッド瞬結・緩結複合注入工法「マルチライザー工法」「ユニパック工法」開発
1980年 韓国ソウル地下鉄・釜山地下鉄・台湾台北地下鉄にシリカゾルグラウトの技術輸出
1981年 東洋大学米倉研究室と薬液注入の長期耐久性の研究を開始
1982年 二重管複合注入工法の実施権所有会社の組織**「複合注入工法研究会」**発足
1985年 恒久グラウト「超微粒子シリカグラウト（ハイブリッドシリカ）」開発
恒久グラウト「活性シリカグラウト（パーマロック）」開発
無機系水ガラス、有機系水ガラス、シリカゾル、恒久グラウト耐久性の研究
「マスキングシリカ」開発　マスキングシリカのコンクリート保護効果を実証
「永久グラウト研究会」発足→現在**「恒久グラウト・本設注入協会」**

阪神淡路大震災における
ハイブリッドシリカによる
被災基礎の高強度補強（1995）

1986年 世界初気・液反応グラウト「カーボロック工法」の開発（CO_2固定化注入工法）
📖「新・補強土工法」山海堂（米倉、兼松、島田著）1986年4月10日発行
📖「補強土工法の理論と実際」鹿島出版会（コーリンJFPジョーンズ著、米倉、島田共訳）1986年8月20日発行
1987年 直立補強土擁壁「タス工法」開発（武蔵工業大学（現　東京都市大学）と共同研究）
実施権所有会社の組織**「補強土工法・タス協会」**発足
1989年 📖「最先端技術の薬液注入工法」理工図書（島田、佐藤、多久著）1989年6月10日発行
1992年 **ジャテック株式会社**　設立
■「薬液注入における長期耐久性の研究」土質工学会、土と基礎（米倉、島田著）1992年12月
1994年 ■「水ガラス系グラウトの基本的特性について」土質工学会論文vol.34、No.3（三輪、米倉著）1994年9月
1995年 法面緑化用樹脂含浸布製法枠材「セルグリッド」開発
実施権所有会社の組織**「セルグリッド研究会」**発足
阪神淡路大震災の基礎地盤復旧工事に恒久グラウト「ハイブリッドシリカ」が採用される。
1997年 急速浸透注入工法「エキスパッカ工法」「超多点注入工法」「マルチパッカ工法」「三次元浸透注入システム」開発
恒久グラウト急速浸透注入工法の大規模野外注入試験による広範囲浸透固結性と経年固結性の実証研究を開始
恒久グラウトに関する実施権所有会社組織**「恒久グラウト協会」**発足（永久グラウト研究会改め）
→現在**「恒久グラウト・本設注入協会」**

1998年 液状化防止工事に恒久グラウト「パーマロック」が採用される。
2000年 生分解性樹脂を用いた「バイオパイプ、バイオチューブ」開発
📖「恒久グラウト注入工法」山海堂（米倉、島田、木下著）2000年8月18日発行
2003年 平成14年度地盤工学会 技術開発賞受賞「恒久グラウトと注入技術」（米倉 亮三、島田 俊介）
「地盤注入開発機構」設立（次ページ「開発技術と技術グループ」参照）
「シリカゾルグラウト会」「複合注入工法研究会」「恒久グラウト協会（現 恒久グラウト・本設注入協会）」
「タダン工法研究会（現　マルチパッカ工法協会）」「強化土グループ」を統合

2005年 「三次元EX工法」開発
■ 連載「薬液注入の耐久性と恒久グラウティング-本設地盤改良工法への質的転換-」山海堂、土木施工
2005年11月号～ 2006年9月号（島田、米倉ら著）
2006年 「可塑状FMグラウト」開発（電源開発㈱と共同研究開始）
「可塑状ゲル圧入工法」開発　（大阪大学と共同研究）
「エキスパイルコンパクション工法」開発（東京都市大学との共同研究）
「マルチパッカ工法」開発
「バイオグラウト（微生物代謝グラウト）」開発　（北海道大学と共同研究開始）
2007年 **「可塑状ゲル協会」**発足
「マルチパッカ工法協会」発足
「バイオグラウト研究会」発足
「バイオパイプ研究会」発足
「耐久グラウト研究会」発足（現 **耐久グラウト協会**）
📖「恒久グラウト・本設注入工法」山海堂（米倉、島田、大野著）
（現・理工図書）2008年6月19日発行
2008年 **「本設注入試験センター」**設立
バイオパイプが実施工で実施される。
島田 俊介 平成20年度 日本技術士会会長表彰受賞

注入施工現場の東日本大震災後の追跡調査：仙台塩釜港
改良地盤は液状化が生じていないことを確認した（2011.4）
未改良地盤では地震液状化による陥没が確認された。

2009年 **「液状化防止注入協会」**発足
2010年 「シリカバブル」開発　（東京都市大学との共同研究）
📖「地震と地盤の液状化」インデックス出版（東畑、米倉、島田、社本著）2010年10月28日発行
2011年 「恒久グラウト・本設注入工法」東日本大震災にて液状化防止効果を実証
2012年 「マルチストレーナ工法」開発
「急速浸透注入協会」発足
（エキスパッカ工法、超多点注入工法、スリーPオクト工法、マルチストレーナ工法、3Dシステム）
2013年 島田 励介が代表取締役社長に就任（2008年 日立製作所より入社）
2014年 港湾関連民間技術評価報告「多点同時注入工法」登録
2016年 📖「薬液注入の長期耐久性と恒久グラウト本設注入工法の設計施工−環境保全型液状化対策工と品質管理−」
近代科学社（米倉、島田著）2016年10月31日発行
2018年 「耐久地盤要素技術」、「統合地盤改良工法」開発、「統合地盤注入工法」の構築
急速浸透複合注入工法　「複合エキスパッカ工法」「複合マルチパッカ工法」開発
耐久性無機系シリカゾルグラウト「クレイゲルAL」開発
可塑状ゲルTGCポンプシステム試験実施（土木研究センター）
2019年 シリカゾルグラウト38年前の施工現場での耐久性の確認
2021年 「スパイラルコンパクション工法」開発
佐々木 隆光 地盤注入開発機構 技術委員長 兼 本設注入試験センター長 東京都市大学より工学博士を授与
2022年 「プロポーション注入工法（連続ゲルタイム可変システム）」開発
「低炭素型ジオポリマーグラウト」開発、「ハイブリッドジオポリマー」開発
「ＤＸ注入技術」開発、「環境保全注入工法」開発
2023年 **「ジオポリマーグラウト協会」**発足
「統合地盤注入工法研究会」発足
大規模野外試験における恒久グラウトの24年目の長期耐久性を実証

研究開発の実績

- ●特許：国内登録数延430件　海外登録件数延126件
- ●開発技術の契約会社延べ250社
- ●開発技術の施工実績60,000件以上
- ●海外施工実績100件以上
- ●地盤工学会、土木学会等における主な論文・報文350件
- ●海外国際会議発表8件（33ページ参照）
- ●最近の薬液注入技術研究発表会（1983年～2022年）56回

開発技術と技術グループ

薬液注入工法

地盤注入開発機構　「現場の土そのものを素材とする持続可能な薬液注入工法」時代に先行する技術革新を進める組織

名称	強化土グループ	シリカゾルグラウト会	恒久グラウト・本設注入協会	複合注入工法研究会	マルチパッカ工法協会
内容	契約した会社の合同組織 一般注入用開発組織 新規技術開発組織 産学協同研究開発組織 強化土研究所	シリカゾルグラウトの 実施権所有会社の組織	薬液注入の耐久性と 恒久グラウトに関する 東洋大学工業技術研究所 米倉研究室との共同研究 成果を実施する組織	二重管複合注入工法の 実施権所有会社の組織	マルチパッカ工法の 実施権所有会社の組織
技術名	「可塑状ゲル圧入工法®」 「ＦＭグラウト®」 「バイオグラウト®工法」 「バイオパイプ®」 「ジオパック®」 有機反応材を用いた 高強度水ガラスグラウト:「GSG®」 汎用型水ガラスグラウト:「アルシリカ®」 無機懸濁型水ガラスグラウト: 「ジオハード®」 「地盤珪化評価法」 「現場土配合設計法」	シリカゾルグラウト® シリカゾル注入工法 「クリーンロック®Ⅳ」 「ハードライザー ®」 「ハードライザー・セブン®」 「シリカライザー ®」 「ジオシリカ®」	恒久グラウト® 活性シリカコロイド・活性複合シリカ 「パーマロック®」シリーズ 高強度超微粒子複合シリカ® 「ハイブリッドシリカ®」シリーズ 急速浸透注入工法 「超多点注入工法®」 「多点同時注入工法」 「エキスパッカ®工法」 「マルチストレーナ工法」	二重管複合注入工法 「ユニパック工法®」 「マルチライザー ®工法」 「プロポーション 注入工法」	「マルチパッカ®工法」
正会員数	26社	23社	22社	23社	23社
実施工	2,000件以上	50,000件以上 （海外台湾・韓国100件以上）	2,000件以上 10億kg以上	7,000件以上	3件以上

関連協会

- ・可塑状ゲル協会®
- ・統合地盤注入工法研究会
- ・バイオグラウト研究会
- ・バイオパイプ研究会

耐久グラウト協会®

急速浸透注入協会

液状化防止注入協会

ジオポリマーグラウト協会®（低炭素注入工法®）

関連組織

地盤注入開発機構

事務局：〒113-0033東京都文京区本郷2-3-9 ジャテック㈱内
TEL.03-3815-2162 FAX.03-3815-2102 E-mail：info@jckk.jp

工法事務局：〒113-0033東京都文京区本郷3-15-1美工ビル
強化土エンジニヤリング㈱研究開発本部
TEL.03-3815-1687 FAX.03-3818-0670 E-mail：info@kyokado-eng.com

地盤注入開発機構関連組織
・知的財産権活用センター
・環境研究センター

補強土工法

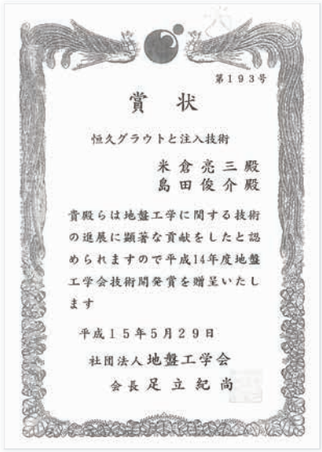
名称	補強土工法・タス協会	セルグリッド研究会
内容	現地発生材を用いた補強盛土擁壁の実施権所有会社組織	セルグリッド式補強土工法の実施権所有会社組織
技術名	直立補強土壁工法「タス®（TUSS）工法」	樹脂含浸布製法枠「セルグリッド®工法」
会員数	4社	2社
実施工	163件	55件

補強土工法・タス協会
事務局：〒113-0033東京都文京区本郷3-15-1美工ビル
強化土エンジニヤリング㈱　内
TEL 03-3815-1687　FAX 03-3818-0670

セルグリッド研究会
事務局：〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-5-12
ADEKAケミカルサプライ㈱ 内
TEL 03-3811-7191　FAX 03-6275-0513

平成14年度（公社）地盤工学会技術開発賞受賞技術

「恒久グラウトと注入技術」


賞状

第193号

恒久グラウトと注入技術

米倉亮三殿
島田俊介殿

貴殿らは地盤工学に関する技術の進展に顕著な貢献をしたと認められますので平成14年度地盤工学会技術開発賞を贈呈いたします

平成15年5月29日

社団法人地盤工学会
会長 足立紀尚

米倉亮三　東洋大学名誉教授・工博
島田俊介　強化土エンジニヤリング㈱社長（現：会長）・農博
地盤工学会名誉会員

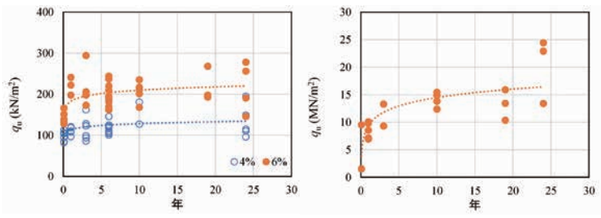
恒久グラウトは、1981年からの産学協同研究による薬液注入の長期耐久性の研究を背景に生まれました。恒久性実証研究や注入技術と組み合わせた大規模野外試験により、浸透固結性と経年固結性の実証試験を行いました。その成果が評価され、平成14年度には、「恒久グラウトと注入技術」（米倉亮三、島田俊介）として、（公社）地盤工学会技術開発賞を受賞しました。従来、仮設目的の工事が主流だった薬液注入工法の分野に質的転換をもたらし、本設目的の工事への適用が拡がりました。その後も長期耐久性の確認試験は継続され、2023年には大規模野外試験後24年目の経年固結性を確認しています。

恒久グラウトの浸透固結性と経年固結性の野外実証試験：24年以上

2023年パーマロック・ASF-Ⅱ　2023年ハイブリッドシリカ

固結地盤のコアサンプリング状況　経年24年

2023年パーマロック・ASF-Ⅱ　2023年ハイブリッドシリカ



恒久グラウトの経年固結性の実証：24年間（超多点注入工法、エキスパッカ工法による）

東日本大震災における地盤改良効果の確認

恒久グラウトを用いた、急速浸透注入工法により液状化対策工事を行った現場について、東日本大震災（H23.3.11）後に追跡調査を行いました。東北地方から関東地方にかけて、8箇所で調査を行った結果、被害の大きかった地域においても施工後の地盤は被害が見られず、地盤改良が有効であることが実証されました。

・注入工法：急速浸透注入工法
（A）超多点注入工法
（B）エキスパッカ工法

・注入材：（C）パーマロック・ASF-Ⅱ

地盤改良区域：被害なし

千葉県蘇我国道157号液状化対策工改良地盤：（B）（C）
地震後被害なし（施工：2004年10 ～ 12月・撮影：2011年4月）

地盤改良区域：被害なし

仙台塩釜港改良地盤（A）（C）
地震後被害なし（施工：2007年・撮影：2011年4月）

未改良区域：陥没が確認された

仙台塩釜港未改良域：地盤改良が未実施であり、
地震後陥没が確認された（撮影：2011年4月）

開発技術

薬液注入工法

注入材

恒久グラウト®注入材 13ページ

●ハイブリッドシリカ®シリーズ
懸濁型恒久グラウト：超微粒子複合シリカ®
・ハイブリッドシリカ(二重管単相・複相用)
・ハイブリッドシリカ(ダブルパッカ用)
・ハイブリッドシリカ・GE
・ハイブリッドシリカ・K
・ハイブリッドジオポリマー
・ジオポリマーグラウト

●パーマロック®シリーズ
溶液型恒久グラウト：活性シリカ®コロイド
・パーマロック・AT
・パーマロック・ASF
・パーマロック・ASF-I
・パーマロック・ASF-Ⅱ(汎用溶液型、液状化防止用)
・パーマロック・ASF-Ⅱα・δ(本設注入・液状化防止用)
・パーマロック・ASF-Ⅲ(高強度改良用)
・パーマロック・ASF-Ⅲα(本設注入用)
・パーマロック・ASF-Ⅴ
・パーマロック・Hi(岩盤等の微細亀裂の止水用)

耐久グラウト注入材 17ページ

●シリカゾルグラウト®シリーズ　無機溶液型懸濁型耐久グラウト

【溶液型】
・クリーンロック®
・クリーンロックⅣ
・ハードライザー®
・ハードライザー・セブン®
・ハードライザー・セブンHi
・シリカライザー®
・ジオシリカ®

【懸濁型】
・クリーンファーム®
・ハードライザー®SS

●有機溶液型高強度水ガラスグラウト／GSG
●無機系溶液型汎用水ガラスグラウト／アルシリカ
●ジオパック®グラウト
●クレイゲルセブン

●その他
・可塑状ジオポリマーグラウト®
・ハイブリッドチューブ®
・エキスパイプ®
・フルオートシリカシステム®(FASSシステム)
・ジオバッグ®

本設®注入工法

急速浸透注入工法 21ページ

●エキスパッカ®工法・エキスパッカ-N工法
●超多点注入工法®・多点同時注入工法
●マルチストレーナ®工法

注入システム

●3D注入システム

自在複合注入工法® 25ページ

●マルチパッカ®工法

二重管複合注入工法® 26ページ

●ユニパック®工法
●マルチライザー®工法
●プロポーション注入工法®
●ジオコンポ®注入工法

高密度化注入工法 27ページ

●可塑状ゲル圧入工法®(TGC®工法)
●スパイラルコンパクション®工法

不飽和化工法

●シリカバブル注入工法
●マイクロバブル注入工法

低炭素注入工法

●ハイブリッドシリカシリーズ 13ページ
●可塑状ジオポリマーグラウト 20ページ
●カーボロック工法

バイオ技術 28ページ

●バイオパイプ®・バイオチューブ®
●バイオグラウト®

補強土工法

パネル式補強土壁工法 29ページ

●タス®工法(TUSS工法)

ブロック式補強土壁工法

●レコウォール工法・CABシステム

斜面・法面対策

●セルグリッド®工法

その他補強土工法

●ドレーンアンカー工法
●グラウトパイル工法・ドレーンパイル工法

付属技術

●マスキングシリカ®・マスキングセパレート®
●マグマアクション®
●地盤ケイ化®評価法
●現場土配合設計法
●ジオセル工法

統合技術

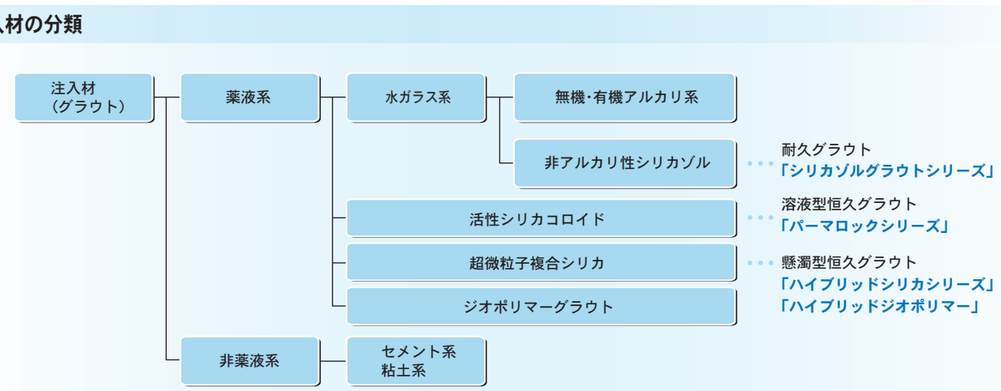
●統合地盤注入工法

薬液注入工法

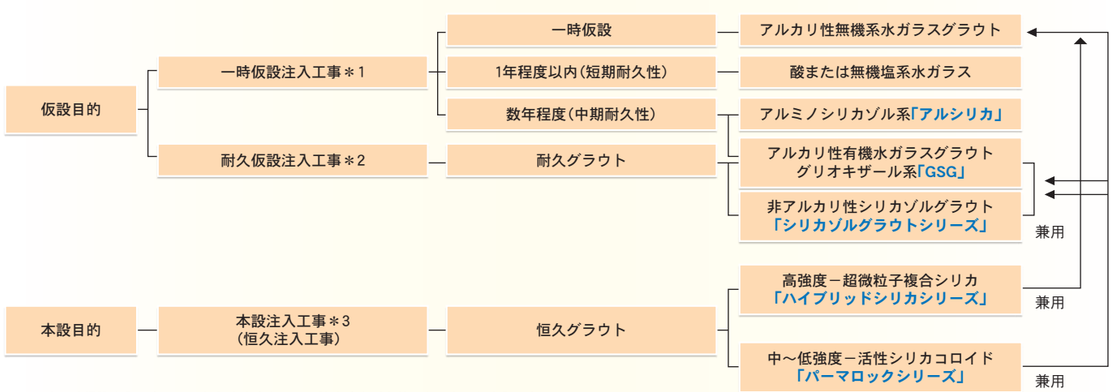
現場の土そのものを素材とする薬液注入工法で持続可能な地盤改良技術を推進

薬液注入工法とは、地盤中に薬液（注入材）を注入して、地盤の透水性を減少させたり、地盤の強化を図る地盤改良工法です。薬液（注入材）とは、任意に固化時間を調整できる材料であり、薬液注入は、地盤の透水性の減少または、地盤の強度を増加させることから、従来、下水道や鉄道などの掘削工事での一時的な地盤改良や止水を目的とした仮設工事（地下管路工事などの土木建築工事の掘削等の安全を図る補助工法）として用いられてきました。
当社では創業以来大学との産学協同研究を進めており、40年以上にわたる東洋大学工業技術研究所の米倉研究室との共同研究により、水ガラス系注入材の耐久性を高めた「耐久グラウト」並びに、半永久的に恒久構造物を築造することを可能にする注入材「恒久グラウト」の開発に成功いたしました。その後、さらなる研究で急速浸透注入工法の開発、室内試験による40年以上の恒久性の実証や大規模野外試験による20年以上の浸透固結性と経年固結性の実証を行い、近年恒久グラウトを用いた本設注入工法は、液状化対策工や恒久止水、高強度補強等、新しい地盤改良工法としてその需要が拡大しております。
「恒久グラウト」を用いた注入工法では、原則的に注入形態は浸透注入とし、均質な地盤改良を行わなければなりません。すなわち、吐出量を小さくして注入圧の上昇を抑え、土粒子間浸透を行う必要があります。従来の工法は浸透源が小さいため割裂注入が生じやすく、吐出量を小さくすると工期が長くなることから、施工コストが高くなる欠点がありました。そこで、これらの欠点を解決するために開発された注入工法「急速浸透注入工法」は、浸透源を大きくすることや、注入ポイントを多数にするなどの新しい発想により、大容量土を急速かつ地盤に変状を与えずに浸透注入を行うことが可能になりました。

注入材の分類

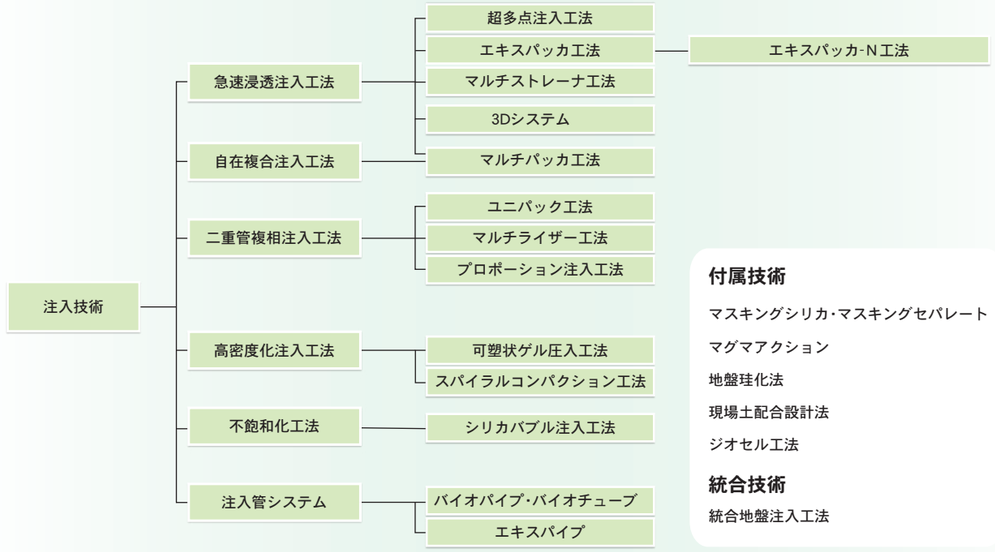


注入目的による注入材の分類



＊1）一時仮設注入工事：1 ～ 2年程度止水あるいは強度改良が有効であるような注入工事
＊2）本格仮設注入工事：数年以上にわたって止水あるいは強度改良が有効である注入工事
＊3）本設注入工事：恒久構造物としての地盤改良工事

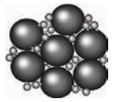
注入工法の分類



工法と注入材の組合せ

工法名		コンセプト	注入速度	注入孔間隔	注入管理	注入材		
						溶液型グラウト	懸濁型グラウト	シール材
急速浸透注入工法	超多点注入工法（三次元同時注入）	『三次元同時注入』結束注入細管の多数の吐出口から超多点注入ポンプにより低吐出・同時に複数個所注入する。	2～6ℓ/min×32point=64～192ℓ/min	1.5～2.5m	一括管理システム	○	△	必要
	エキスパッカ工法（柱状浸透源）	『柱状浸透注入』地盤内に大きな柱状の浸透源を確保することにより、大吐出・低圧で注入をする。	20～30ℓ/min	1.5～3.0m	1point毎の管理	○	○	不要
	エキスパッカ-N工法	『柱状浸透注入』地盤内に大きな柱状の浸透源を確保することにより、大吐出・低圧で注入をする。崩壊性地盤でも確実に浸透源を確保する。	20～30ℓ/min	1.5～3.0m	1point毎の管理	○	△	不要
	マルチストレーナ工法	ダブルパッカ工法の改良型。大きな浸透源から急速浸透が可能。	5～30ℓ/min	1.5～3.0m	1point毎の管理	○	○	必要
	マルチパッカ工法	『自在複合注入工法』	5～30ℓ/min	1.0～3.0m	8point一括	○	△	必要
従来工法（ダブルパッカ工法）		1ポンプ：1ポイントの注入。浸透源が小さいため、大吐出注入では割裂を生じやすい。	10ℓ/min	1.0m	1point毎の管理	○	○	必要

注入材　恒久グラウト



高強度恒久グラウト（懸濁型）：超微粒子複合シリカ【低炭素注入工法®】

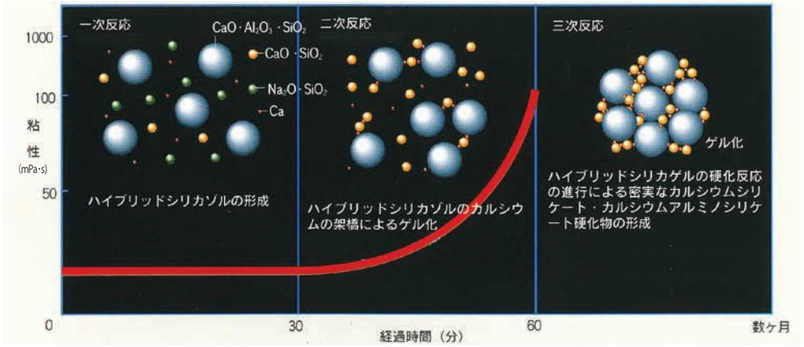
ハイブリッドシリカシリーズ

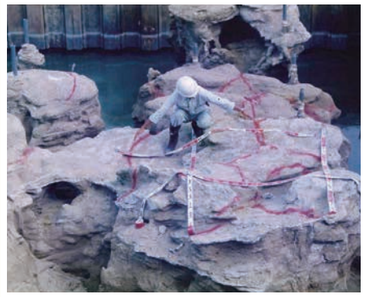
NETIS登録番号：KT-220015-A
平成14年度(公社)地盤工学会技術開発賞受賞技術
「恒久グラウトと注入技術」

「ハイブリッドシリカシリーズ」は、永年にわたる東洋大学工業技術研究所の米倉研究室との超微粒子複合シリカグラウトの共同研究の成果から開発された無機系懸濁型注入材です。この注入材は、ジオポリマーグラウトに相当し、スラグがアルカリの作用によって結合する「潜在水硬性」という特性を生かし、スラグと液体シリカを混合してゲル化させ、固化することで、地盤を改良するものです。現地盤に浸透して大径かつ高強度の連続固結柱を構築することができます。この技術はすでに1000件以上の実績があり、豊富な施工データがそろっています。また産業副産物である高炉スラグを使用しており、二酸化炭素（CO2）排出量が少なく、産廃土の発生もほとんどありません。そのため、環境配慮型注入材として位置づけられ、地盤注入分野におけるカーボンニュートラルに貢献するものと思われます。

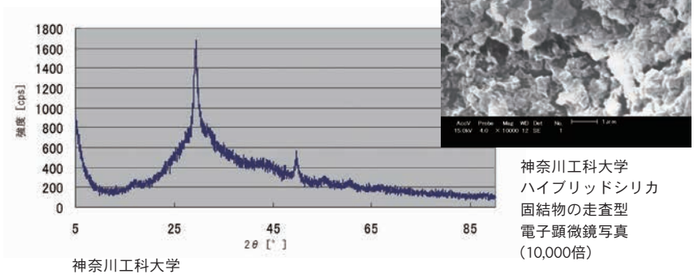
ハイブリッドシリカ
（ダブルパッカ用，二重管単相・複相用）
ハイブリッドジオポリマー

ハイブリッドシリカ・GE
ハイブリッドシリカ・K
ジオポリマーグラウト

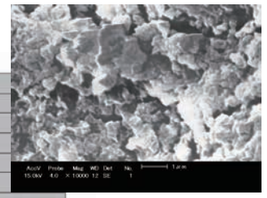




ハイブリッドシリカによる浸透固結状況



神奈川工科大学
ハイブリッドシリカ固結物のX線回折結果



神奈川工科大学
ハイブリッドシリカ
固結物の走査型
電子顕微鏡写真
（10,000倍）

柱状浸透方式（エキスパッカ工法）による
ハイブリッドシリカの固結体

阪神大震災復旧工事におけるハイブリッドシリカによる基礎の補強

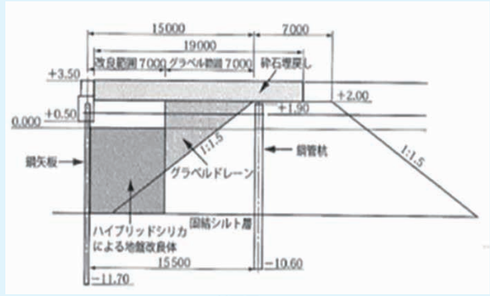
ハイブリッドシリカによる堤防補強

施工例

■工事件名
某工場桟橋後背地地盤改良工事

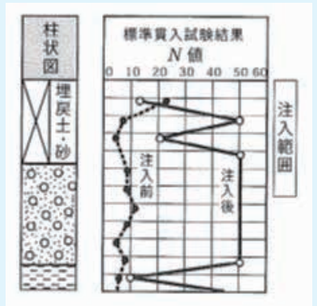
■工事概要
施工場所：八戸市
改良目的：桟橋・護岸の補強

薬液注入工法：二重管ダブルパッカ工法
使用注入材：恒久グラウト「ハイブリッドシリカ」



断面図

施工状況



改良効果

注入率：30 ～ 40%
注入速度：14L/min
注入量：1,600kL

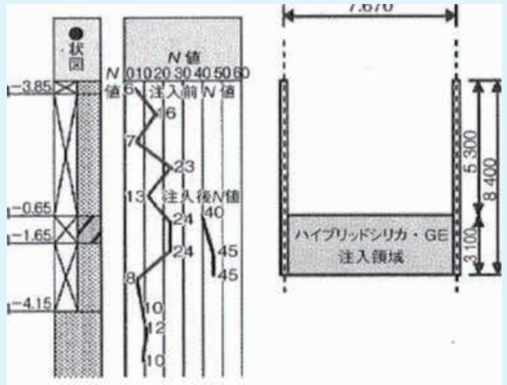
■工事件名
掘削時の底盤からの湧水による土砂の流出防止工事

■工事概要
既設港湾施設の液状化対策、既設陸の補強工事

	事前	事後
N値	10～24	40～45

薬液注入工法：二重管ダブルパッカ工法
使用注入材：恒久グラウト「ハイブリッドシリカ・GE」

施工状況



施工図

施工実績（1000件以上）

目的	適用例
基礎の高強度補強と液状化対策	・橋梁基礎、建造物、擁壁基礎の補強 ・杭基礎の補強 ・液状化防止 ・変状防止 ・すべり破壊防止 ・空洞充填、沈下修正 ・杭基礎補強 など
掘削地盤の高強度補強	・トンネル地盤改良 ・立坑掘削底盤改良 ・シールド曲線部反力 など
護岸、止水壁等の高強度止水、補強	・護岸等漏水防止 ・土留め矢板欠損部補強 ・護岸吸出し防護 など

適用工法
- ●急速浸透注入工法
- ・超多点注入工法
- ・エキスパッカ工法
- ・マルチストレーナ工法
- ・マルチパッカ工法
- ・3D工法（3D-EX、3D-MP、3D-DP）
- ●ダブルパッカ工法
- ●二重管複相注入工法　など

注入材　恒久グラウト

恒久グラウト(溶液型):活性シリカコロイド活性複合シリカコロイド

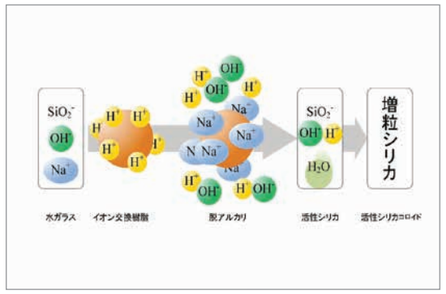
パーマロックシリーズ

NETIS登録番号:KT-190051-A
平成14年度(公社)地盤工学会技術開発賞受賞技術
「恒久グラウトと注入技術」

「パーマロックシリーズ」は、永年にわたる東洋大学工業技術研究所の米倉研究室との「薬液注入の長期耐久性に関する研究」の成果から開発されました。パーマロックシリーズは、水ガラスのアルカリ成分をイオン交換法によって除去して得られた活性シリカコロイドをベースとしており、注入液の構成成分はすべて無機物で、固結砂はほぼ中性を保ち、環境保全性に優れた溶液型活性複合シリカグラウトです。また、シリカの溶脱が殆どなく、強度低下のない恒久グラウトです。注入液の粘度は水とほぼ同じで、十数時間の長いゲルタイムで連続的に注入することが可能です。この特性により、地盤への浸透性が高く、大きな浸透径による大容量土恒久地盤改良の注入が可能なため、液状化対策工のみならず、砂地盤の恒久地盤改良にも適用可能です。注入材の種類は多岐にわたり、改良目的や地盤条件などに応じて選定されます。本設注入試験センターでは、現場土を用いた事前配合試験を実施しています(P.34参照)。

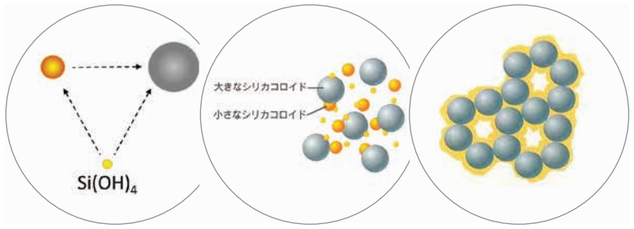
- パーマロック・AT
- パーマロック・ASF-I
- パーマロック・ASF-Ⅲ(高強度改良用)
- パーマロック・ASF-Ⅲα(本設注入用)
- パーマロック・ASF-V
- パーマロック・ASF
- パーマロック・ASF-Ⅱ(汎用溶液型、液状化防止用)
- パーマロック・ASF-Ⅱα(本設注入・液状化防止用)
- パーマロック・ASF-Ⅱδ(本設注入・液状化防止用)
- パーマロック・Hi(岩盤等の微細亀裂の止水用)

恒久原理:シリカの脱アルカリと増粒



イオン交換法によるアルカリの除去

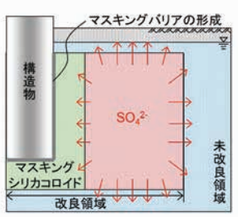
活性複合シリカコロイドの反応モデル



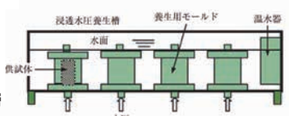
シリカ粒子の成長　活性複合シリカコロイドの形成　活性複合シリカコロイドのゲル化

マスキングセパレート工法

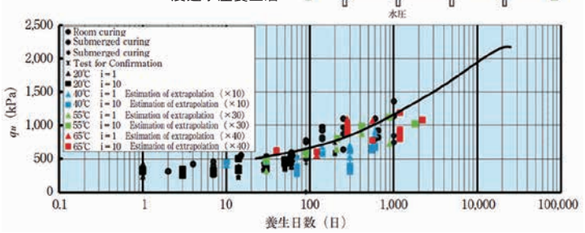
酸性シリカ溶液が地中コンクリートに接触して、影響を及ぼすことが考えられる場合、金属イオン封鎖剤を含むマスキングシリカコロイドを構造物近傍に施工することによりその影響を遮断します。



東洋大学共同研究



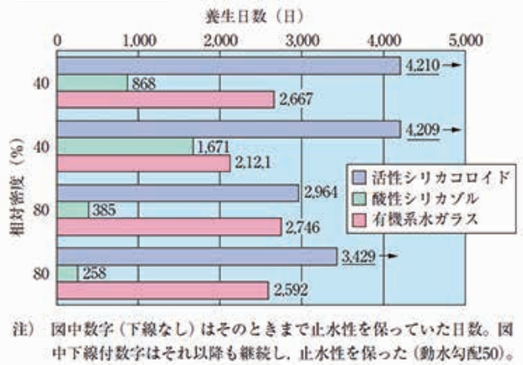
浸透水圧養生層



浸透水圧下における活性シリカコロイド系注入材CSNの促進養生における20℃に換算した固結砂強度の経時変化

マスキング効果によるコンクリート保護効果

「パーマロック・ASF-Ⅱ」は金属イオン封鎖剤を含むため地中構造物等をマスキングシリカにより保護し、恒久地盤改良効果の維持においても優れた効果を発揮します。左写真はモルタル供試体と同体積のパーマロックのゲル中に養生したモルタル供試体です。表面にマスキングシリカの不溶性被膜が形成され、コンクリート保護機能は16年以上経ても確認されています。



注) 図中数字(下線なし)はそのときまで止水性を保っていた日数。図中下線付数字はそれ以降も継続し、止水性を保った(動水勾配50)。

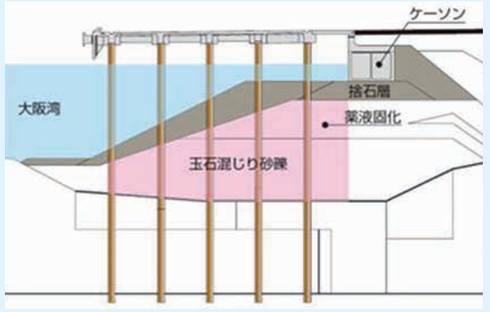
固結豊浦砂に動水勾配50で長期間透水し続けた場合止水性を保った日数

施工例

■工事件名
供用中岸壁の大規模液状化対策工事(夢洲コンテナターミナルC-11)

■工事概要
スーパー中枢港湾である大阪北港夢洲地区において、必要な耐震性能を満足し、かつターミナルの利用を妨げずに「急速施工」が可能な「超多点注入工法」を用い恒久グラウト「パーマロック・ASF-Ⅱα」により地盤改良工事を行いました。
本工法は、1ポンプあたりの注入速度は低速(毎分1～6リットル)ながら、多点同時注入による急速施工が最大の特徴です。したがって、全体工期の短縮が図られることにより経済性が向上します。

薬液注入工法:急速浸透注入工法「超多点注入工法」
使用注入材:恒久グラウト「パーマロック・ASF-Ⅱα」



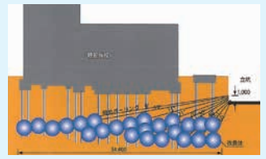
断面図

施工状況

■工事件名
原子力関連施設下部地盤の液状化防止工事(茨城県)

■工事概要
原子力施設の信頼性、健全性の向上の観点から、液状化対策工事が実施された。既設施設直下地盤の改良であったため、占有作業面積の少ない作業用立坑からの水平・斜め施工が採用された。東日本大震災の地震後においても被害を蒙ることはなかった。

薬液注入工法:急速浸透注入工法「エキスパッカ工法」
使用注入材:恒久グラウト「パーマロック・ASF-Ⅱα」



液状化対策概要

施工状況

■工事件名
既設防潮堤耐震補強工事(東京都大田区)

■工事概要
当該工事では供用中の河川防潮堤の耐震化工事を行った。河川の一部を鋼矢板にて締め切った狭隘な施工スペースで護岸基礎地盤の液状化対策を行った。狭い作業空間での施工であり、小型の機械で施工できる恒久グラウトを用いた薬液注入工法がその威力を発揮し、東日本大震災の地震後においても被害を蒙ることはなかった。

薬液注入工法:急速浸透注入工法「エキスパッカ工法」
使用注入材:恒久グラウト「パーマロック・ASF-Ⅱα」

施工状況　対象地盤設計断面図

施工実績(1200件以上)

目的	適用例
構造物基礎の恒久補強と液状化対策	・建築基礎の補強および液状化防止 ・タンク基礎液状化防止 ・埋設管路液状化防止 など
地盤の安定と恒久止水	・トンネル工事の恒久補強と恒久止水 ・橋脚防護 ・変状防止 など
護岸・水路の補強、液状化対策と吸出し防止	・護岸液状化防止と吸出し防止 ・漁港整備工事 ・廃棄物処理場と産業廃棄物の封じ込め ・恒久止水 など

適用工法
- ●急速浸透注入工法
- ・超多点注入工法
- ・エキスパッカ工法
- ・マルチストレーナ工法
- ・マルチパッカ工法
- ・3D工法(3D-EX、3D-MP、3D-DP)
- ●ダブルパッカ工法
- ●二重管複相注入工法　など

無機溶液型懸濁型耐久グラウト

シリカゾルグラウトシリーズ

NETIS登録番号：
KT-200081-A

「シリカゾルグラウトシリーズ」は、全自動シリカシステムを用いて水ガラスのアルカリ成分を酸で中和した非アルカリ性珪酸水溶液をベースにした注入材であり、ゲルからのシリカの溶出量は非常に少なく、長期耐久性に優れた注入材です。シリカゾルグラウトの長期耐久性は、東洋大学工業技術研究所の米倉研究室との永年の研究で解明され、さらに38年前の現場のサンプリングや調査によって強度の劣化のないことが確認されています。
施工実績は50,000件を超え、地盤注入分野において主力注入材の地位を占めています。

＊「シリカゾル®」並びに「シリカゾルグラウト®」という表示は注入分野の著名商標であって、その商標権はシリカゾルグラウト会で扱われている下記の注入材に許諾されております。

溶液型

- 瞬結　クリーンロック
- 瞬結～緩結　クリーンロックⅣ
- 瞬結～緩結　ハードライザー
- 瞬結～緩結　ハードライザー・セブン
- 瞬結～緩結　ハードライザー・セブンHi
- 瞬結～緩結　シリカライザー
- 瞬結～緩結　ジオシリカ

懸濁型

- 瞬結～緩結　ハードライザー SS
- 瞬結～緩結　クレイゲル

(a) 材令16年（1997年）

(b) 材令38年（2019年）

シリカゾルグラウト（シリカライザー）の注入地盤において
コアサンプリングで得られた固結試料。長期耐久性が実証されている。
（「シリカゾルグラウトの長期耐久性実証試験報告書」シリカゾルグラウト会による）

東京都神田川地下調節工事における大深度立坑掘削のための底盤注入
（シリカゾルグラウト）

上越新幹線中山トンネル
（シリカライザー注入後の切羽の固結状態、上部のゆるみ部：CBによる固結、
中～下部：シリカライザーによる浸透固結が顕著）

シリカゾル製造装置 – 高強度シリカゾル「シリカゾルHi」が製造可能

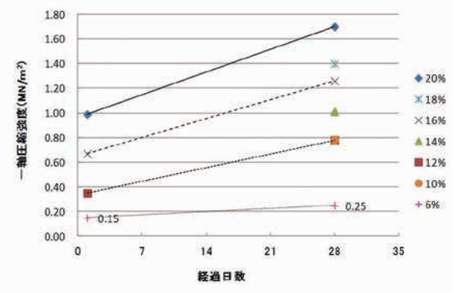
フルオートシリカシステム（FASS）

供試体条件

豊浦砂を用い、Dr=60%になるように供試体を混合法で作製した。固結後の供試体をPP製ラップで2重に包み湿潤状態の密閉容器内で養生し一軸圧縮強度を測定した。

シリカ濃度別強度

1日目から強度が発現し、28日目にはさらに強度が発現している。無溶液型グラウトとして最大の強度をうる事が出来ます。



コンクリート保護効果

ハードライザー・セブンに用いられる中和剤（ハードナーセブン）は金属イオン封鎖剤を含有しており、コンクリート表面のCaイオンやMgイオンをマスキング作用によって封鎖します。封鎖されたCaまたはMgはCa^{2+}、Mg^{2+}のイオンとしての機能を失って不動態化し、シリカ分と共にコンクリート表面に不溶性の錯体を生成し、コンクリート表面に白色の不溶性被膜（マスキングシリカ）を形成してコンクリート内部からのアルカリの溶出を抑制し、かつコンクリート外部からのイオンの侵入を抑制してコンクリートを保護します。（下写真）

ハードライザーも金属イオン封鎖剤を用いており、コンクリートに対する保護機能を有しております。

マスキングセパレート工法

酸性シリカ溶液が地中コンクリートに接触して、影響を及ぼすと考えられる場合、金属イオン封鎖剤を含むマスキングシリカコロイドを構造物近傍に施工することによりその影響を遮断します。

適用地盤および用途

・砂礫、砂、粘性土地盤の強化および止水
・複合地盤への適用
①砂礫～粘性土層からなる互層地盤
②粘性土中に介在砂層がある場合、あるいは砂層中に粘性土が介在する地盤
③地下水流が存在する地盤
・固結効果のみならず止水効果も確実である事が必要な工事
・地表面の隆起や構造物への影響が問題になる工事への適用
・長期耐久性が要求される工事への適用

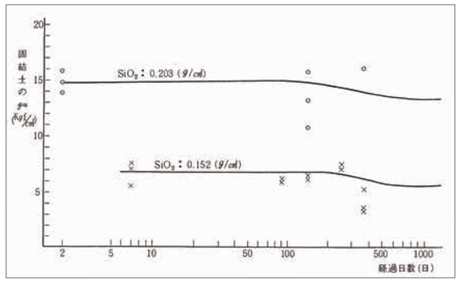
モルタルと同一体積のハードライザー・セブンのゲル中に3年間浸漬したモルタルの供試体の様子（表面にマスキングシリカの白色の被膜が形成されている）

適用工法

二重管ストレーナ工法
二重管ダブルパッカ工法
急速浸透注入工法
二重管複合注入工法

GSG 有機溶液型高強度水ガラスグラウト

「GSG」は、GS（土木用グリオキザール）を用いた有機系水ガラスグラウトです。優れた強度を持ち、多様な注入工法へ適用できます。ゲル化時間の調整が容易で、長いゲル化時間でも高い強度が得られます。超高強度の浸透固結を有する山岳トンネル工事に多数使用され、有機溶液型水ガラスグラウトとして最大（2000件以上）の施工実績を有しています。特に山岳トンネル工事に適しており、中山トンネル（下写真）では2kN/m²で湧水圧があったにもかかわらず、注入目的を達成しました。



GS系水ガラスグラウトによる固結土の長期強度

適用工法

二重管ストレーナ工法
二重管ダブルパッカ工法
急速浸透注入工法
二重管複合注入工法

上越新幹線中山トンネル工事におけるGSGの実施状況

20kgf/cm²の高被圧水下のボーリング

固結地盤の切羽の状況

アルシリカ 無機系溶液型アルミノシリカゾルグラウト

「アルシリカ」は、水ガラスのシリカとアルミニウム化合物を反応させ、アルミノシリカゾルを形成してゲル化させるグラウトです。この無機系溶液型水ガラスグラウトは、低温～高温域において、ゲルタイムを瞬結～緩結(数秒～数十分)まで調整することが容易です。ゲルタイムが長い配合でも確実に固化します。また、ゲル化物は、従来の水ガラス系グラウトに比べて体積変化が少なく、長期止水性に優れています。

適用工法

二重管ストレーナー工法（単相式）、二重管ストレーナー工法（複相式）

適用地盤および用途

・砂礫、砂、粘性土地盤の強化および止水
・地表面の隆起や構造物への影響が問題になる工事への適用

ジオパックグラウト 無機懸濁型低アルカリグラウト

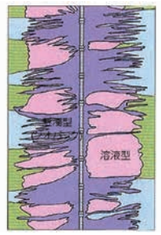
「ジオパックグラウト」は、1液性の低アルカリ懸濁注入材であり、恒久グラウトと併用してもその耐久性に影響を及ぼしません。また、促硬性をもつため様々な工法でシール材として使用されています。

使用例

・パーマロックシリーズのシール材と一次注入材
・恒久グラウトを用いたダブルパッカ工法や複合注入工法のシール材と一次注入材
・エキスパッカ工法におけるジオバッグの充填材
・空洞充填や裏込め材　　・超多点注入工法におけるシール材

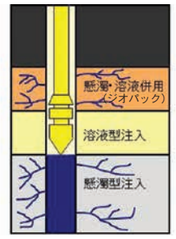
ジオパックグラウトと溶液型注入材の併用モデル

二重管ダブルパッカ工法



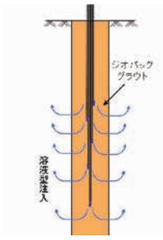
一次注入：懸濁型注入材（ジオパックグラウト）
二次注入：溶液型注入材（水ガラス系グラウト）

二重管ダ複合（ユニパック工法）



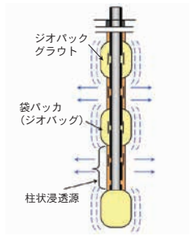
一次、二次同時注入

超多点注入工法



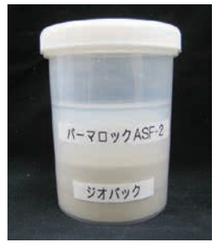
注入管周囲のシール材として使用

エキスパッカ工法



袋バッグ（ジオバッグ）内に圧入

注入液との相性



低アルカリ性のため、「パーマロックシリーズ」等と併用しても、恒久性を失いません。

作製日：2004.5.18
測定日：2010.4.28

可塑状ジオポリマーグラウト 環境配慮型可塑状グラウト

「可塑状ジオポリマーグラウト（フライアッシュ配合（FM）の「可塑性FMグラウト」）」は、電源開発㈱との共同研究によって開発された、石炭火力発電所の副産物であるフライアッシュを主材とした資源循環型グラウトです。液状と固体状の中間領域にある可塑状を呈するグラウトであり、セメントグラウトのようにセメント粒子の沈殿などの材料分離が生じることなく、さらに流動性に優れたフライアッシュモルタルを使用するため圧送性に優れ、かつ注入されたグラウトは空洞範囲外の小さな隙間に逸送することなく限定注入が可能となります。さらに配合量を調整することで、異なる流動特性や固結特性を得ることができるため、地盤条件や目的に応じて確実に充填することが可能です。

用途

1 既設・新設トンネルの裏込め
トンネルシールドの背面に注入することにより、構造物地山とシールドを一体化させ、安定性及び恒久性を向上する。

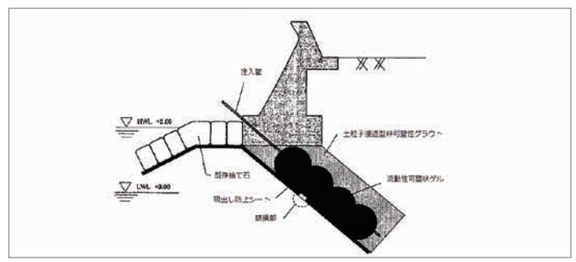
2 既設構造物直下の空洞充填
既設構造物や道路下部の空洞を充填し、構造物の傾斜や沈下を防止。

3 既設基礎の補修
振動や震災などで基礎周辺に発生した空洞を充填し補修。

4 護岸の吸出し防止
吸出し防止シート破損部の修復および周辺地盤強化。（右図参照）

電源開発㈱田子倉トンネルにおける可塑状FMグラウトの空洞充填工事

チキソゲル®



適用工法

・可塑状ゲル圧入工法

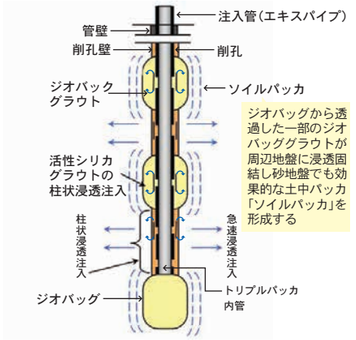
急速浸透注入工法

柱状浸透注入工法

エキスパッカ工法

エキスパッカ工法　　エキスパッカ-N工法　　3D-EX工法

「エキスパッカ工法」は、高速かつ広範囲に注入材を吐出できる特殊な注入管（エキスパイプ）を使用して、既設構造物に影響を与えずに、迅速に地盤改良する液状化対策注入工法です。大容量の効率的な浸透注入による急速改良を実現しています。
従来の薬液注入工法では、注入管の直径を有効な浸透径とし、球状の浸透源からの浸透を基本にしているため、小さな吐出量で注入していました。また、吐出量を大きくすると注入圧が高くなりやすく割裂注入状態になりやすいという問題点がありました。
本工法は、ジオバッグを膨張させることにより、土中に削孔径よりも大きなソイルパッカを形成し、上下のソイルパッカ間に大きな柱状浸透源を確保できます。また内管はトリプルパッカを用いて軸方向に間隔をあけて設けた上下の吐出口から外管の柱状浸透源に注入液が均等に吐出します。このため、削孔間隔を大きくとり、大きな吐出量で低圧で土粒子間浸透による広範囲固結が可能になりました。以上より、広範囲の浸透と大容量土の急速施工による液状化対策工に適した地盤改良工法です。

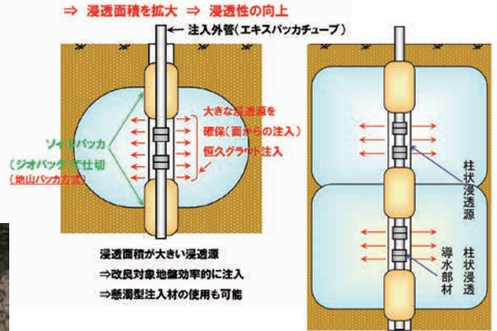


ジオバッグはジオバックグラウトの一部が透過する透水性袋体で、脱水効果により高濃度で硬化し、高強度の袋パッカを形成する

用途

・構造物直下の補強 ・液状化対策 ・基礎の耐震強化
・開削工事に伴う底盤改良 ・タンク基礎における遮水壁構築
・護岸の吸出し防止、補強 ・トンネル掘削に伴う補強
・地中連壁欠損個所の補強 ・恒久的な止水対策 など

エキスパッカ工法の原理



専用注入管

ジオバッグを装着した注入外管と特殊な注入内管を使用します。

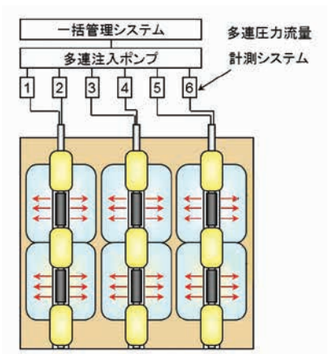
ジオバッグにジオバックグラウトを充填した注入外管

土中のジオバッグとソイルパッカの形成
地盤中におけるソイルパッカの形成 地表面

注入内管からの噴射状況
（トリプルパッカ方式）

注入外管の多段注入口からの同時注入状況

3D-EX工法

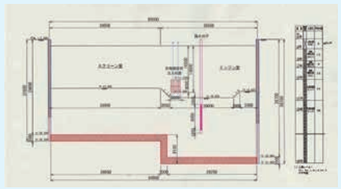


施工例

エキスパッカ工法によるハイブリッドシリカの固結体と浸透固結状況

エキスパッカ工法によるパーマロック・ASF-Ⅱの固結体と浸透固結状況

エキスパッカ工法によるシリカゾルを用いた大規模底盤注入


工事断面図及び柱状図

施工状況

床付状況

エキスパッカ-N工法

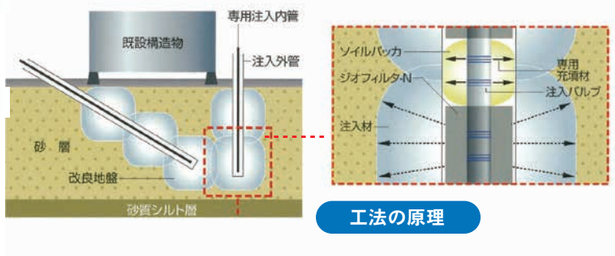
エキスパッカ-N工法が採用している「柱状浸透注入工法」とは、注入管に間隔をあけて形成したソイルパッカ間の柱状空間から注入を行うものです。この技術は上下のソイルパッカ間の注入管周りにジオフィルターNを装着し、孔壁の崩壊を防止するほか、柱状浸透空間を確保し、均一な注入を確実に実施することを特徴とするものです。

用途

・砂地盤等の液状化対策　・構造物の耐震補強対策
・恒久的な止水対策

主な特徴

● 大型改良体をスピーディに造成
● 効率的な施工で工期を短縮
● 確実な浸透源を確保
● 既存施設を稼働しながらの施工が可能
● 削孔本数を大幅に削減
● 狭小な作業スペースに対応



工法の原理

専用注入材

エキスパッカ工法は、下記の専用注入材を用います。
特に液状化防止工事には恒久グラウト（パーマロック・ASFシリーズ）、仮設工事にはシリカゾルグラウトが適しています。

目的	分類			名称	主な用途	時間
本設	恒久グラウト	無機懸濁型	超微粒子複合シリカ	ハイブリッドシリカシリーズ	高強度地盤改良・液状化防止	数秒～数十分
		無機溶液型	活性シリカコロイド	パーマロックシリーズ	液状化防止・恒久止水・地盤強化	数秒～十数時間
仮設	耐久グラウト	無機溶液型	シリカゾルグラウト	ハードライザーシリーズ	止水と地盤強化	数秒～十数時間
一次注入シール材	特殊グラウト	無機懸濁型		ジオパックグラウト	ジオバッグ充填材・シールグラウト材	数十分

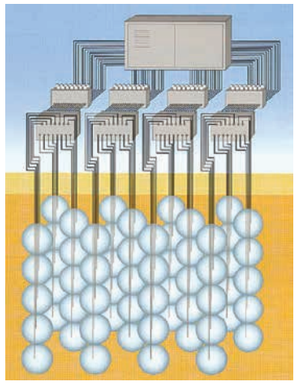
急速浸透注入工法

超多点注入工法

NETIS登録番号：旧KT-980353-A 超多点注入工法
旧KT-100019-A DCI多点注入工法

薬液注入工法における一つの理想は、薬液を均質に土粒子間にしみ込ませる浸透注入にあります。少しずつゆっくりと注入することで球体に近い理想的な固結体が得られますが、従来の方法では莫大な時間と手間を要し、施工効率の改善が大きな課題でした。
この矛盾を解決するため、低吐出量のポンプと結束注入細管を用いて多数の注入ポイントから三次元同時に注入し、急速浸透注入工法施工を可能にした技術が、「超多点注入工法」です。ウォーターフロント、港湾設備、海上空港など地盤の液状化が懸念される様々な施設における地震対策に用いられています。

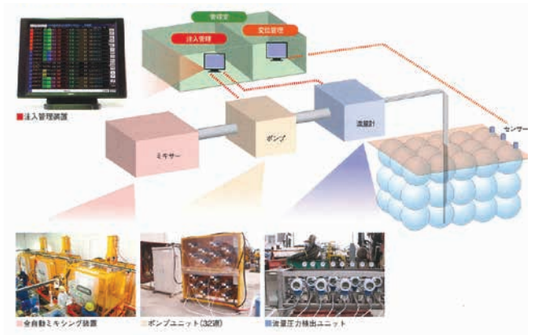
●既設構造物近傍・直下の施工が可能
●1ポンプ当りの注入速度は低速（毎分1 ～ 6ℓ）ながら、多点同時注入（32連）による急速施工が可能
●ユニット化された専用システムにより、狭隘部での施工が可能
●注入圧力に応じて、個々のポンプを機械的に自動制御
●フレキシブルな結束注入細管（ハイブリッドチューブ）を使用し、占用範囲の限定注入と同時注入が可能



用途

・杭基礎の液状化対策 ・構造物直下の地盤改良 ・直接基礎の液状化対策
・滑走路、道路の液状化対策 ・地中構造物の浮上がり防止
・盛土構造物（狭隘、近接部）の液状化対策 ・既設岸壁、護岸の液状化対策
・既設岸壁、護岸の吸い出し防止 など

専用システム（マルチ多連システム）模式図



注入配管系統

注入プラントから注入ポイントを結ぶ注入配管、注入管、ノズルチップ。超多点注入工法の配管系統は、驚くほどコンパクトです。一つの注入孔にセットされるノズルと注入管は、芯材を中心に束ねられます。深度方向のノズルピッチは任意に設定可能であり、不均質な地質状況に応じて適切な改良体配置が可能です。また、軽量で扱いやすい注入管は、極めて簡単にセットすることができます。

注入管
注入ポイントの数と同数を使用する
注入管は内径が6mmの細いものです。

ノズルチップ
注入管の先端で薬液を吐出するノズルチップ。外径8mmで薬液の逆流を防止する逆止弁を備えています。

専用注入材

超多点注入工法は、多数の吐出口から同時に低吐出量で長時間連続注入することにより、広範囲は土粒子間浸透をすることが特徴です。
従って長いゲル化時間で低粘度を保ち、しかも浸透性、固結性、耐久性に優れた注入特性を有する以下の専用注入材を用います。
特に液状化防止工事には恒久グラウト（パーマロック・ASFシリーズ）、仮設工事にはシリカゾルグラウトが適しています。

目的	分類			名称	主な用途	時間
本設	恒久グラウト	無機溶液型	活性シリカコロイド	パーマロックシリーズ	液状化防止・恒久止水・地盤強化	数秒～十数時間
		無機懸濁型	超微粒子複合シリカ	ハイブリッドシリカシリーズ	高強度地盤改良・液状化防止	数秒～数十分
仮設	耐久グラウト（耐久仮設・一次仮設）	無機溶液型	シリカゾルグラウト	ハードライザーシリーズ	止水と地盤強化	数秒～十数時間
				ジオシリカ		
				クリーンロックⅣ		
一次注入シール材	特殊グラウト	無機懸濁型		ジオパックグラウト	シールグラウト材	数十分

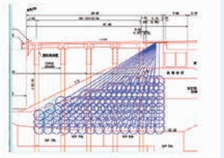
施工例

■工事件名
平成22年（2010年）大阪北港夢洲地区：大規模液状化対策工事

■工事概要
スーパー中枢港湾である大阪北港夢洲地区において、必要な耐震性能を満足し、かつターミナルの利用を妨げずに「急速施工」が可能な「超多点注入工法」を用い恒久グラウト「パーマロック・ASF-Ⅱα」により地盤改良工事を行いました。
本工法は、1ポンプあたりの注入速度は低速（毎分1~6リットル）ながら、多点同時注入による急速施工が最大の特徴です。したがって、全体工期の短縮が図られることにより経済性が向上します。

薬液注入工法：急速浸透注入工法「超多点注入工法」
使用注入材：恒久グラウト「パーマロック・ASF-Ⅱα」

近畿地方整備局 局長表彰

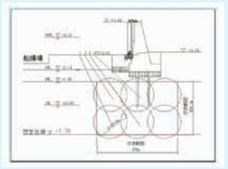


標準断面図

■工事件名
津波対策港湾特別緊急・津波対策漁港特別緊急合併工事（3号工）

■工事概要
既設港湾施設の液状化対策、
既設陸の補強工事

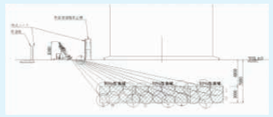
薬液注入工法：急速浸透注入工法
「エキスパッカ工法」
使用注入材：恒久グラウト
「パーマロック・ASF-Ⅱ」



標準断面図

■工事件名
神奈川県某タンク基礎の液状化対策工

薬液注入工法：急速浸透注入工法
「エキスパッカ工法」
使用注入材：恒久グラウト
「パーマロック・ASF-Ⅱ」



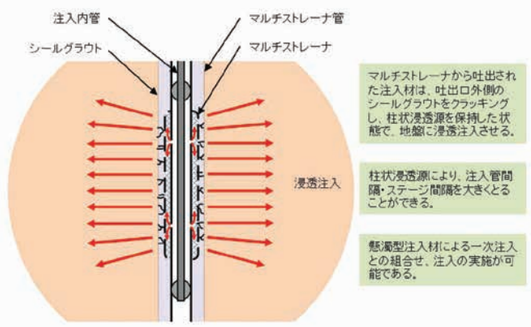
標準断面図

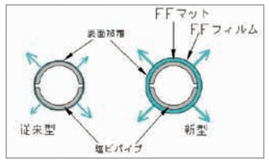
マルチストレーナ工法

NETIS登録番号：旧KT-140123-A

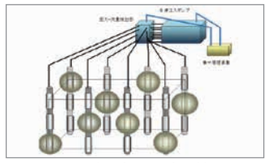
マルチストレーナ工法は、シールグラウト方式によるダブルパッカ工法に分類され、柱状浸透源により高速・広範囲の浸透注入を可能にした急速浸透注入工法です。特殊な注入外管（マルチストレーナ管）により一次注入、二次注入も可能です。

マルチストレーナ工法の原理





注入外管



マルチストレーナ工法の
3Dシステムタイプ

出来型写真

専用注入材

マルチストレーナ工法は、以下の専用注入材を用います。なお、注入材は用途や対象地盤を考慮して選定します。

目的	分類			名称	主な用途	時間
本設	恒久グラウト	無機懸濁型	超微粒子複合シリカ	ハイブリッドシリカシリーズ	高強度地盤改良・恒久止水・地盤強化	数十分
		無機溶液型	活性シリカコロイド	パーマロックシリーズ	液状化対策・恒久止水・地盤強化	～数時間
仮設	耐久グラウト	無機溶液型	シリカゾルグラウト	ハードライザーシリーズ	止水と地盤強化	～数時間
一次注入シール材	特殊グラウト	無機懸濁型		ジオパックグラウト	シールグラウト材	数十分

自在複合注入工法

マルチパッカ工法

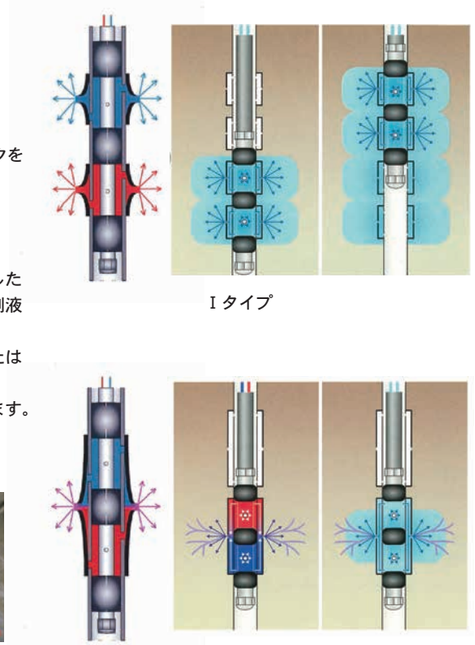
「マルチパッカ工法」は、マルチパッカ内管とマルチスリーブ外管を用いることで、瞬結注入材、長結注入材の単独注入、複合注入、複段同時注入を可能にした注入工法であり、注入中の地表面へのリークを防ぐ機能ももつ自在複合注入工法ともいうべき急速浸透注入工法です。

2ステージ同時注入［Iタイプ］

・外管の異なる吐出口より同時に2ステージを注入することで、施工能力が向上します。
・長結注入材を2ステージ同時に注入でき、施工能率が向上します。
・一次・二次注入材を同時に注入することができます。
・長結性注入材がリークした場合、注入中に上部吐出口より一次注入材を注入してリークを防ぐことができます。
・地盤状況に応じ、理想的・経済的な注入を行うことができます。

注入外管スリーブ内混合注入［IIタイプ］

・A液とB液を別経路で圧送し、注入外管のスリーブ部で混合し、瞬結注入材を注入した後、緩結注入材に切り替える複合注入工法が可能であり、A液を懸濁液、B液を可塑剤液として注入外管のスリーブ内で注入できます。
・長結注入材が地表面にリークした場合、別経路より急結剤またはゲル化調整剤または一次グラウトを注入しリークを防ぐことができます。
・プロポーション注入工法を用いてA液、B液は任意の比率で圧送することができます。
・スリーブグラウトを用いることなく瞬結・緩結複合注入が可能です。
・可塑状グラウトを注入して高密度化地盤改良を行うことができます。



Iタイプ

IIタイプ

マルチパッカ内管からの
2ステージ同時吐出状況

マルチスリーブ外管からの
2ステージ同時吐出状況

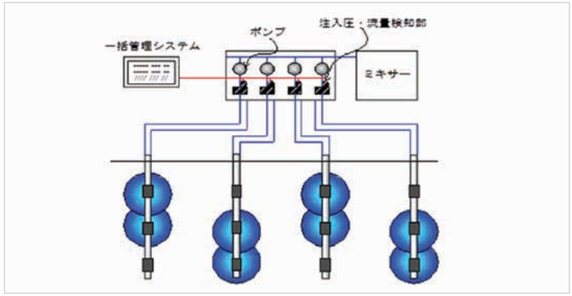
マルチスリーブ外管からの
瞬結懸濁液の吐出状況

3D注入システム

「3D工法」は、多連注入システムを用いた工法であって、多数のスリーブ吐出口からの同時注入を一括管理できる急速浸透注入工法です。注入工法はダブルパッカ工法、マルチパッカ工法、エキスパッカ工法、セルフパッカ工法の適用が可能であり、土質性状に合わせた注入管を使用することができます。

・1ユニットで8ステージ以上を同時注入が可能です。
・各ポイントはインバーターにより5 ～ 25ℓ/minの可変吐出が可能です。
・懸濁型注入材の注入が可能です。
・脈動のない低吐出が可能です。

施工モデル



注入ポンプ

・多連注入ポンプ
例）q=6ℓ/min×8ポイント
・懸濁型注入材の注入が可能
・注入時の脈動がない

注入一括管理システム

・複数ポイントを個別に注入管理
・遠隔制御が可能
・流量、圧力、積算流量の自動記録

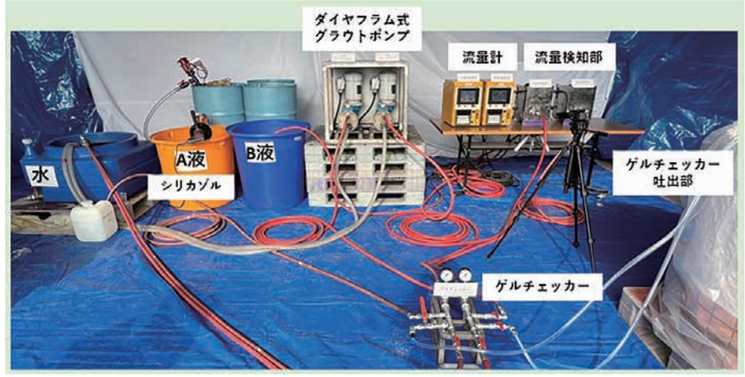
複合注入工法

二重管複合注入工法
- ユニパック工法
- マルチライザー工法
- プロポーション注入工法

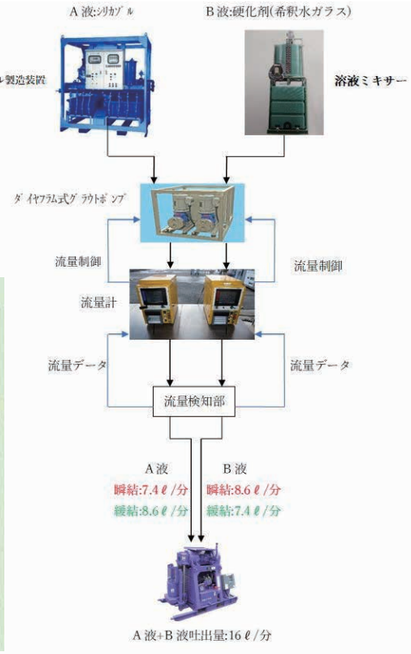
「二重管複合注入工法」は、二重管ロッド注入工法による施工の簡便性・高能率性を生かしながら、地盤変化への対応性と改良効果の信頼性の確保を可能にした工法です。
最初に注入する一次注入の瞬結性グラウトは削孔時に生じた注入管周りにグラウトパッカを形成するとともに、注入対象地盤内の粗間隙を充填し、拘束地盤を形成するための前処理機能を果たします。この一次注入で前処理された地盤に対して、二次注入の浸透性グラウトを注入することによって均質な浸透固結体を形成します。複合注入工法研究会のメンバーにより既に7,000件以上の施工実績があり、優れた成果を上げています。

プロポーション注入工法

「プロポーション注入工法」は、注入薬液の流量の合流比率により連続的にゲルタイムを可変する地盤注入工法です。
搭載されている連続ゲルタイム可変システムとゲルタイム・pH可視化システムにより、リアルタイムで注入中の注入液のpHとゲルタイムの制御・可視化し、土中ゲルタイムを管理することが可能です。また瞬結注入材と緩結注入材の切り替えをリアルタイムで行うことができ、同時にゲルタイムを可変しても一定のシリカ濃度を保持して所定の品質が得られる地盤改良が期待できます。また実施工において注入管ロッドから吐出されている注入材が、瞬結注入材か緩結注入材かの把握が流量計表示の目視により、リアルタイムで確認できます。瞬結・緩結の切り替えが瞬時に行えるため、リーク対応が迅速に行えることで注入プラントでの作業員削減、機材等の省力化(自動化)が可能です。



プロポーション注入工法　機材全景



プロポーション注入工法(2液)

専用注入材

マルチパッカ工法および複合注入工法は、以下の専用注入材を用います。なお、注入材は用途や対象地盤を考慮して選定します。

目的	分類			名称	主な用途	時間
本設	恒久グラウト	無機懸濁型	超微粒子複合シリカ	ハイブリッドシリカシリーズ	高強度地盤改良・恒久止水・地盤強化	数十分
		無機溶液型	活性シリカコロイド	パーマロックシリーズ	液状化防止・恒久止水・地盤強化	～数時間
仮設	耐久仮設	無機溶液型	シリカゾルグラウト	ハードライザーシリーズ	止水と地盤強化	～数時間
	一次仮設	有機溶液型		GSG	止水と地盤強化	数分～
		無機溶液型		アルシリカ（無機）		数十分
一次注入シール材	特殊グラウト	無機懸濁型		ジオパックグラウト	シールグラウト材・一次注入材	数十分

高密度化注入®工法

静的締固め工法

可塑状ゲル圧入工法

TGC工法

Thixo Gel Compaction Method

「可塑状ゲル圧入工法」は、可塑状態のゲルの流動特性を利用して、軟弱地盤に圧入することで、地盤を高密度化し、地盤改良を図る静的締固め工法です。可塑状ゲルは液体と固結体の中間領域にあり、静止時は流動せず、加圧することで流動し、所定時間後に固化するグラウトであるため、圧入した可塑状ゲルは土粒子間浸透せず、所定の対象地盤中にゲルそのものによる塊状固結体を形成するとともに、その体積分だけ周辺地盤の間隙が減少して密度が増大し、地盤を締め固めます。コンパクトな装置を用い狭隘な施工条件、現場条件下での施工性に優れています。

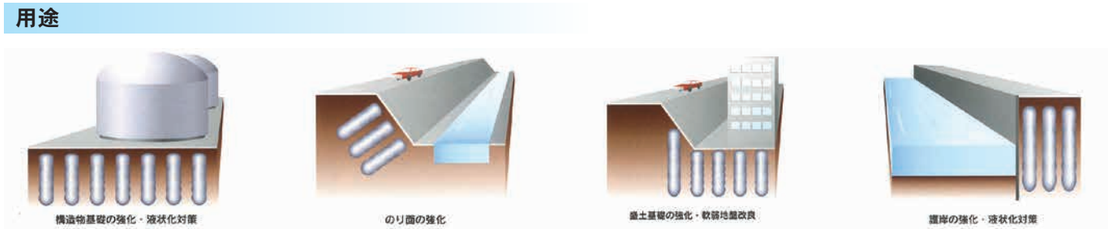
特徴

●無振動、低騒音
　静的圧入により、無振動、低騒音で地盤を締固める事ができます。
●狭い空間での施工
　小型機械の使用により、空頭制限のある場所や、既設構造物周辺部等の狭い空間でも施工が可能です。
●車上にプラント
　小型機械を用いるため、車上にプラントを設置できます。
●柔軟な設定が可能
　土層毎に改良率に対応した圧入量を設定する事ができます。
●高密度化による地盤強化
　地盤中に圧入されたゲルそのものによる柱状固結体は急速に強度増加し固結体そのもの強度と周辺地盤の高密度化による地盤強化が期待できます。

野外注入実験による塊状ゲル化物の形成の実証

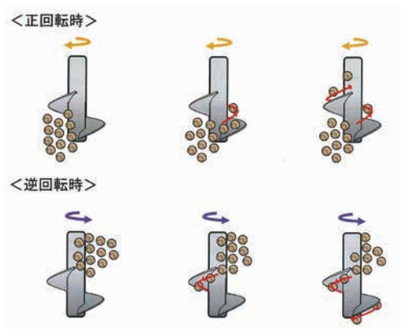
連続固結柱の形成
出来形確認（土木研究センター）

用途



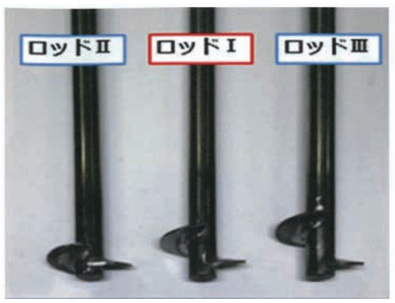
スパイラルコンパクション工法

「スパイラルコンパクション工法」は、東京都市大学と共同開発した地盤を高密度化する地盤改良工法であり、羽付きロッドを正・逆回して砂又は固結材を地盤に圧入することで、狭隘地での近接施工や施工時の地表面隆起の抑制をしながら高密度化する新たな静的締固め工法です。

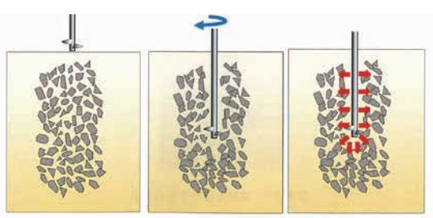


羽根による締固めメカニズムの概要図

貫入試験状況



模型杭の概要図



羽根付き杭の施工方法

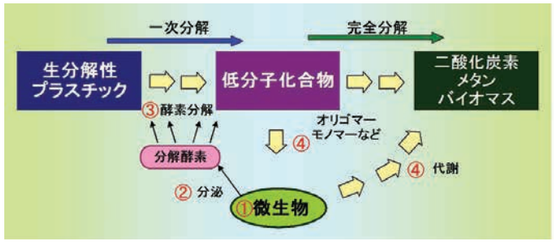
バイオ技術と不飽和化工法

環境にやさしい土木用生分解性注入管

バイオパイプ・バイオチューブ

「バイオパイプ・バイオチューブ」は、微生物により炭酸ガスと水に分解されるプラスチックであり、従来は埋め殺しせざるを得なかった各種土木工法用注入管などに最適です。

生分解のメカニズム



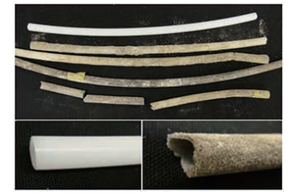
バイオパイプの分解状況。
バイオパイプ埋設前（左）と1年埋設後（右）の比較

バイオチューブ・超多点注入工法への適用。注入孔への結束注入細管の設置状況

●土中で分解し、コンポスト化する。
●地盤中または掘削残土中に存在しても、分解後有害物を生じない。
●回収不可能な地盤への利用が可能。

用途

薬液注入工法の注入管…撤去の必要もなく、将来的に炭酸ガスと水に分解されます。
建設工事の補助工法…地盤強化および止水目的の掘削工事が容易です。
土壌浄化管や観測井戸として…施工後の注入管の撤去の必要がありません。
圧密・排水工法における排水管として。

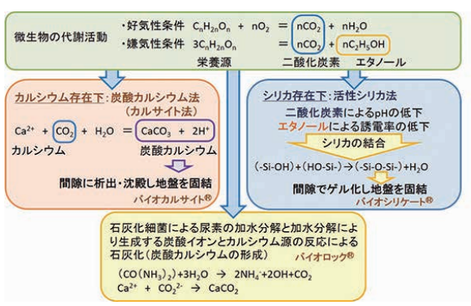


超多点注入工法用の注入管
バイオチューブの生分解状況

微生物代謝を用いた地盤改良

バイオグラウト

「バイオグラウト」は、北海道大学との共同研究によって開発した、自然界に存在する土壌微生物と環境に無害な原料を用いた環境負荷を生じない地盤改良技術です。
バイオグラウトによる地盤改良には、炭酸カルシウム法と活性シリカ法があります。炭酸カルシウム法は微生物代謝で地盤中の間隙や岩の割れ目に炭酸カルシウムを析出・沈殿させ、透水性を低下させる技術です。活性シリカ法は微生物代謝でシリカをゲル化させて地盤を固結させる技術です。今後、液状化対策工や環境に配慮した地盤改良工法など、さまざまな適用が期待されています。



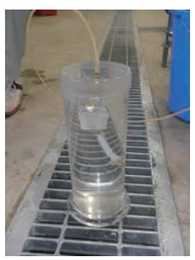
バイオグラウトの固化原理

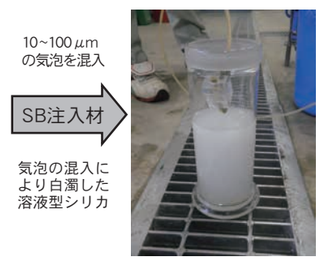
不飽和化工法

シリカバブル注入工法

東京都市大学との共同研究により開発された「シリカバブル注入工法」は、地盤の不飽和化による液状化対策としての長所とシリカグラウト注入工法の長所を組み合わせ、シリカ注入材に10～100μmの気泡を混入（SB）し、地盤内に浸透注入を行います。注入されたSBは土粒子間で気泡を包含した状態で固結します。その結果、以下の改良効果を得ることができます。

●不飽和化による過剰間隙水圧上昇の抑制
●コストダウン
●シリカ溶液によるせん断変形の抑制（即時沈下防止）
●不飽和地盤の耐久性の向上（透水性の低下）





補強土工法

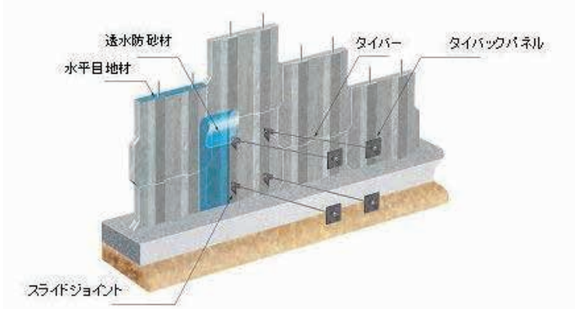
パネル式補強土壁工法 TUSS工法

NETIS登録番号：旧QS-980159

タス（TUSS）工法はTied Up Soil System（土粒子を強固に連結する）からの造語で、土質の悪いわが国の建設事業に適合するように、広範囲な現場発生土を盛土材料として用いることを目的として、1978年に開発されました。
タス工法では、補強材とこれと壁面との連結部に採用しているタス工法独自のスライドジョイントシステムにより、盛土材料の圧縮沈下にも追従でき補強材と盛土材料との間には大きな引抜き抵抗力が得られます。このため地震に対しても応力集中しにくい構造になっておりますので耐震性に優れた補強土壁工法です。また補強材は2タイプあり摩擦抵抗のみならず支圧抵抗も期待できる構造であることから、広範囲な盛土材料の利用が可能になり現地発生土を盛土として有効利用できます。
国土交通省、（独）日本高速道路保有、債務返済機構、水資源開発公団、都道府県等で道路拡張工事等に採用されています。

研究・開発には、「太平洋セメント株式会社」・「強化土エンジニヤリング株式会社」設計・部材製造・施工には、「ティーシートレーディング株式会社」・「日本コンクリート工業株式会社」が携わり「補強土工法・タス協会」を設立して、タス工法の普及活動を行っています。

壁面勾配	直壁のみ
適用高さ	3m以上（盛土高20m程度まで）
壁面の施工	大型重機を使用
用途	道路（盛土高を必要とする場合）
特徴	壁面材と補強材の接続にスライドジョイントシステムを採用



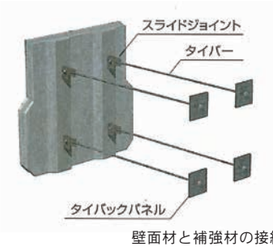
ダム付替道路（事業主体：農林水産省）

東名阪自動車道（事業主体：国土交通省）

道路改良（事業主体：県土木事務所）

道路改良（事業主体：国土交通省）

復興道路（事業主体：県土木事務所）



壁面材と補強材の接続（スライドジョイント）

施工状況（補強材設置）

道路改良（事業主体：市町村）

造成工事（事業主体：民間）

ごあいさつ

補強土工法 ・タス協会会長
東京都市大学工学部教授 工学博士 末政 直晃

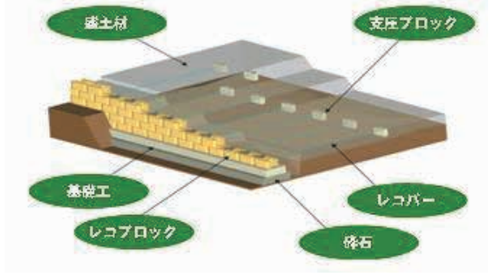
タス工法は、盛土の前面に十分に品質管理された既成コンクリートパネルを配置し、背面の盛土の崩落を押さえるとともに、連結された支圧アンカーでパネルと盛土の一体性を高めて安全性を増すことにより、強靭な土構造物を作るものである。盛土の十分な締固めを邪魔しないようにパネルと支圧アンカーの接合部にスライドジョイントを設ける工夫も施されている。このような特徴によって現在までの最高壁高は17.5mにまで達している。

プレハブ工法の特徴である、施工性の良さや化粧パネルの使用による景観性の高さも現場の厳しい要求に答える形で常に磨いてきた。安全性が極めて高く、施工性・景観性で卓越した特徴を有するタス工法は今後ますます各方面でお役にたてるものと確信している。

補強土工法

ブロック式補強土壁工法　レコウォール工法･CABシステム

レコウォール(RECO WALL)工法とは、Reinforced Earth Composite Wallの略称で、壁面材にコンクリートブロックを、補強材に鋼製支圧アンカーや格子状鉄筋を使用する補強土壁工法であって、壁面材に作用する土圧力に対し、盛土層中に敷設した引張り補強材の引抜抵抗力によって釣り合いを保ち、土留壁の効果を発揮します。
レコウォール工法は、従来のコンクリートパネルに比較して格段に小さな、自然に優しい景観をもつ乾式コンクリートブロックからなる壁面材と、支圧機能をもつ伸びの少ない金属補強材をインターロッキングで一体化して構成しているため、応力集中が生じにくい柔構造でありながら、変位が少なく破壊しにくい構造です。

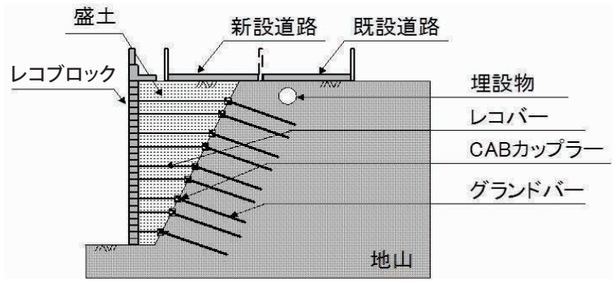


壁面勾配	直壁～ 1：0.1
適用高さ	2m ～ 15m程度
周辺環境の適応性	曲面施工・着色ができる
壁面の施工	大型重機の入らない地形条件でも施工が可能
用途	道路(インターチェンジ、曲面)、公園、水辺、農道、林道
特徴	小型の乾式コンクリートブロックで構築

CABシステムは、レコウォール工法における支圧ブロックに代えて既存地山に打設したグランドバーに特殊な連結装置(CABカップラー)を介して盛土補強材を結合し、壁面と盛土と地山を一体化して安定を保つ工法です。CABシステムとは切土と盛土をCAB(Cutting Area Ground Bar)システムにより一体することにより既存の法面の掘削量を最小限にして安定化するシステムを意味します。

卓越した曲面施工

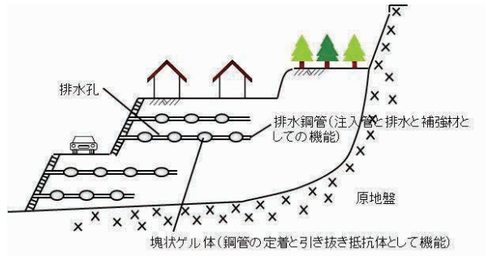
優れた耐震性



その他の補強土工法

ドレーンアンカー工法

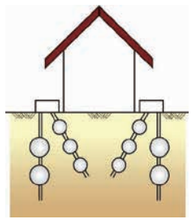
ドレーンアンカー工法は排水機能をもつ鋼管を用い、鋼管より一定間隔で複数の可塑状ゲルによる固結体を排水孔をはさんで形成した工法です。
可塑状ゲルと鋼管による補強機能、可塑状ゲルによる地盤の締固め機能、排水鋼管による排水機能等、すべての地盤改良機能を備えた斜面や崖崩れを防ぐことを目的とした画期的な地盤補強土工法です。
可塑状ゲルは限定固結することができますので排水孔を生かしながら、それをはさんで限定した大きさの固結体を形成することができます。



ドレーンアンカー工法による地盤の排水補強を示す縦断面図

グラウトパイル工法･ドレーンパイル工法

グラウトパイル工法は杭の摩擦抵抗と塊状固結体の支圧抵抗により構造物を支持します。
またドレーンパイル工法は排水機能をもつ鋼管を用いて、複数の可塑状ゲルによる固結体を形成した工法です。排水機能により排水することで液状化に対しても安定です。

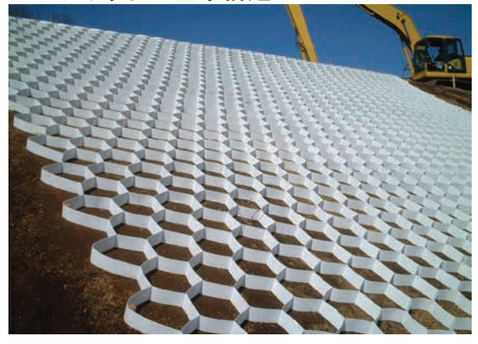


適用例：家屋の耐震補強

法面緑化補強土工法：樹脂含浸布製法枠工法　セルグリッド工法

セルグリッド工法はポリエステル不織布に樹脂を含浸させ、剛性を持たせた帯状体をハニカム構造に展開し、セル内に客土して土粒子拘束効果を持たせた補強土工法です。作業の省力化に優れており、完成した法面は排水性･保水性を保持します。火山灰質土でも適用できます。

セルグリッドの基本構造



法面敷設

客土、緑化後完成
松山城跡三之丸西側土塁保存整備工事
(発注者：松山市)

特徴

1)現場条件での適合

軽量･コンパクトなので、保管、運搬、現場への搬入が容易である。

2)作業性による工期短縮

留め材(杭、ホッチキス)以外の部品が不要で、設置･展張に時間がかからない。

3)安定した法面保護

透水性のある不織布を使用しているため、排水効果が大きく、雨水による土砂及び種子の流出を抑え、植生効果を促進させる。

4)景観性

樹脂含浸の不織布を材質とするハニカム構造なので、現場に応じて曲面施工が容易であり、若干の凹凸箇所にも対応できる。また、深さが一定なので、客土材を均一に敷設することができる。

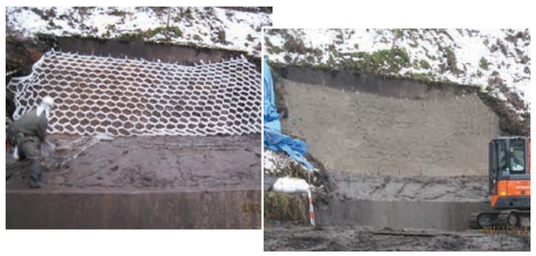
適用性

用途	目的
法面保護	法面の浸食防止植生による緑化
壁面の施工	護岸工事河床の安定
補強土	路盤　土留め壁

施工条件

壁面勾配	壁面勾配1:1以下
適用高さ	法面高さ6m程度
周辺環境の適応性	法面緑化や植生工の併用が可能
用途	法面緑化、浸食防止、洗掘防止

富士スピードウエイ改修工事
(発注者：富士スピードウエイ株式会社)



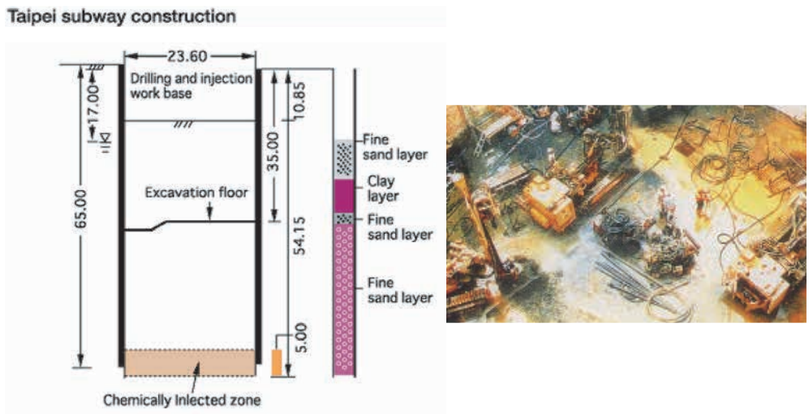
急勾配地山の法面保護
(発注者：秋田県鹿角地域振興局)

海外技術協力

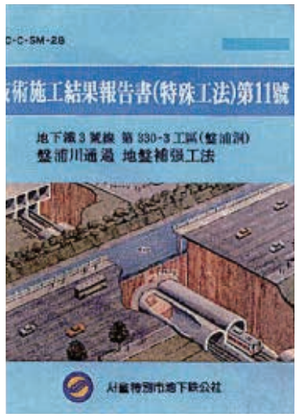
強化土エンジニヤリング㈱は海外の有力会社と技術契約を行い、国際的な技術協力を進めています。

海外(台湾・韓国)施工実績:100件以上

台北地下鉄大深度掘削工事におけるシリカゾルの実施状況



ソウル地下鉄3号線工事



海外学会発表・講演実績

1982	昭和57	島田俊介,星谷勝,兼松陽,栢原健二:A NEW GROUTING MATERIAL OF NON-ALKALINE SILIKA SOL,American Society of Civil Engineers -technical Engineering,Grouting in Geo
1992	平成4	島田俊介:最近の薬液注入工法-複合注入工法と薬液注入の耐久性について,台湾講演
1993	平成5	島田俊介,米倉亮三:A New Chemical Injection Method,Eleventh Southeast Asian Geotechnical Conference (東南アジア土質工学会議 シンガポール講演)
1994	平成6	米倉亮三,島田俊介ら:The Deep Excavation of Ground Containing Artesian Groundwater,3rd International Conference on DEEP FOUNDATION PRACTICE incorporating PILETALK(シンガポール, 国際会議)
1995	平成7	The Recent Development of Chemical Grouting、台湾技術研究発表会講
1996	平成8	米倉亮三,島田俊介,多田,林:Deep open cut base improvement injection influenced by artesian water,Proc. of the 2nd International Conference on Ground Improvement Geosystems, IS-TOKYO´96, 1996.5,
2006	平成18	Adel M.EL-KELESH,常田賢一,小山忠雄,島田俊介:PHYSICAL MODELING OF FM GROUTING,The 12th Japan Earthquake Engineering Symposium(第12回 日本地震工学シンポジウム)
2007	平成19	Adel M.EL-KELESH,常田賢一,小山忠雄,島田俊介:Laboratory investigation into effectiveness of thixotropic gel compaction method,IS Kyu s h u2007地盤改良国際会議
2009	平成21	Adel M.EL-KELESH,常田賢一,小山忠雄,島田俊介,佐々木隆光:EFFECT OF PUMPING PROCEDURE ON MECHANISMS OF TGC GROUTING,日本技術士会,建設部会講習会 Adel M.EL-KELESH,常田賢一,小山忠雄,島田俊介,佐々木隆光:Calibration chamber investigation into performance of TGC grouting,IS Tokyo Tsukuba International Congress Center
2011	平成23	佐々木隆光,島田俊介,小山忠雄,末政直晃:Influence of Soil Characteristics on Gel Time and Unconfined Compression Stength of Ground Improved by Chemical Grouting Method,ISOPE-2011
2012	平成24	佐々木隆光,小山忠雄,島田俊介,末政直晃:Influence of Gelling Time on Permeability and Strength of Ground Improved by Chemical Grouting Method,ISOPE-2012
2013	平成25	佐々木隆光,小山忠雄,島田俊介,末政直晃:A Fundamental Study on Cyclic Behaviors of Sand Improved by Chemical Grouting Method,ISOPE-2013
2014	平成26	佐々木隆光,末政直晃,常田賢一,島田俊介,小山忠雄:Influence of Vertical Pressure and Injection Type on Effects of Ground Improvement with Thixotropic Gel Compaction Method,ISOPE-2014
2019	平成31	フィンランド「ONKALO」大深度岩盤止水を目的とした溶液型グラウト適用(清水建設)における室内実験協力

研究活動

強化土研究所

強化土研究所では、産学協同研究を積極的に進めています。新規商品の開発および本設注入のための基本的な物理試験や化学試験、現場採取土を用いた室内実験による配合設計等を行っています。研究所内には本設注入試験センターを設置し、研究所の試験研究機能とあわせて35年以上に亘り集積した研究データを取扱い、液状化対策工に対応したコンサルティングを行っています。

本設注入試験センター・土木化学研究室

土木化学研究室は1969年強化土研究所に発足以来、シリカの化学を応用した産学協同による研究開発の中心組織です。
本設注入試験センターは、2007年に開設した試験研究機能、データ集積機能、及びコンサルタント機能を持つ機関です。
本設工事として恒久グラウト注入工法を用いた地盤改良、液状化対策、耐震補強では永続性のある改良効果を得ることが求められます。そのため、事前配合試験が重要です。そこで、本設注入試験センターでは、現場採取土を用いた事前配合試験を行い、そこから得られたデータに永年の産学共同研究による知見を付加することで、より信頼性の高い品質を施工会社、企業主等関係各位に提供しています。地盤注入開発機構と協力、連携することにより耐久・恒久グラウト注入工法の普及と技術の向上を図り、皆様のニーズに的確に応えて参ります。

供試体作製

一軸圧縮試験

2m一次元浸透試験

三軸圧縮試験

施設・試験内容

供試体作製
拘束圧下浸透法、真空下浸透法など試験の目的に応じて適切な方法により、供試体を作成します。

浸透試験
長尺モールドを用いた一次元浸透試験の他、二次元・三次元浸透試験を行い、薬液の浸透固結性の確認を行います。

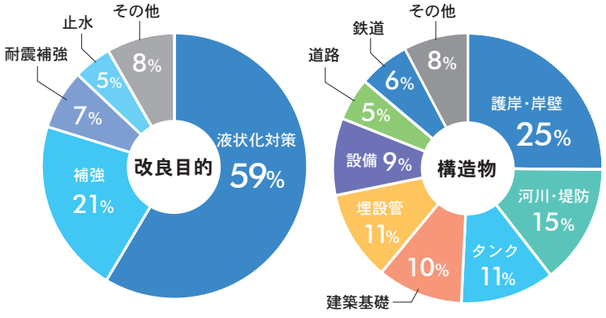
物理試験
土粒子密度試験、粒度試験、最大・最小密度試験他

化学試験
pH試験、シリカ含有量試験、カルシウム含有量試験他

力学試験
一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、三軸繰返し圧縮試験

その他
促進試験、相性試験等
＊一部、外部機関にて実施しています。

配合試験実施改良目的及び構造物

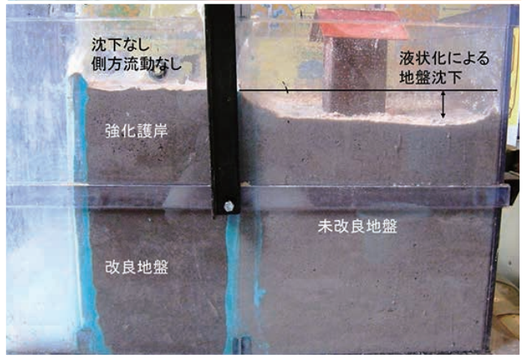


研究活動

大学研究室との共同研究

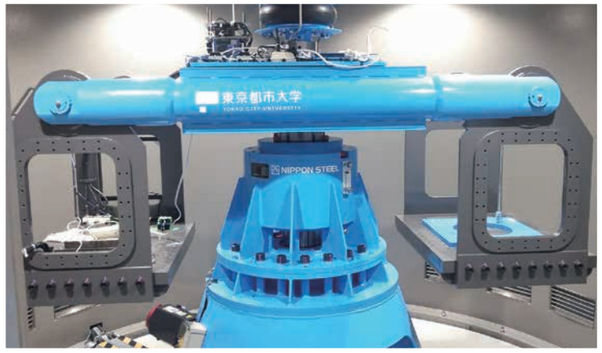
東洋大学工業技術研究所 米倉研究室

・薬液注入の長期耐久性の研究
・護岸の側方流動防止工法の研究　等



東京都市大学 地盤環境工学研究室

・遠心模型装置を用いた可塑状ゲル、薬液改良体、補強土壁に関する研究
・スパイラルコンパクション工法の開発による高密度化注入工法の研究
・シリカバブル、マイクロバブルに関する研究　等



北海道大学

・バイオグラウトの研究

大阪大学

・大型土槽を使用した可塑状ゲル圧入の
　塊状ゲル化物形成に関する研究