

護岸と基礎の高強度恒久補強, 液状化防止, 無収縮性恒久止水

恒久グラウト本設注入工法

平成14年度(社)地盤工学会 技術開発賞「恒久グラウトと注入技術」受賞技術

「恒久グラウトと注入技術」は30年以上に亘る産学協同研究による「薬液注入の長期耐久性の研究」を背景に生れ、これらの研究成果が評価され平成14年度の地盤工学会技術開発賞(米倉亮三、島田俊介)を受賞、薬液注入工法は仮設から本設を目的とした地盤注入工法として質的転換を遂げ今日に至っております。室内試験のみでは、確認しきれない実際の耐震効果について、長期野外試験に加えて恒久グラウト・本設注入工法の施工現場について東日本大震災後の地盤を確認調査した結果、変状は見られず、理論と有効性が実証されました。

恒久グラウト・本設注入工法のコンセプト
互いに関連する三大要件①②③と要素技術を本設注入試験センター④で一体化した統合技術

恒久グラウト施工実績 1,100件以上 液状化対策注入工法実績 5億m³以上

1 恒久グラウト

高強度溶液型シリカグラウト自動製造装置「フルオートシリカシステム(FASS-40)」

液状化防止・恒久地盤改良・環境保全
●活性シリカコロイド・活性複合シリカコロイド
— 安定したゲル構造 —
パーマロック®シリーズ
基礎の恒久強化と掘削地盤の高強度補強
●超微粒子複合シリカ
ハイブリッドシリカ®シリーズ

2 急速浸透注入工法

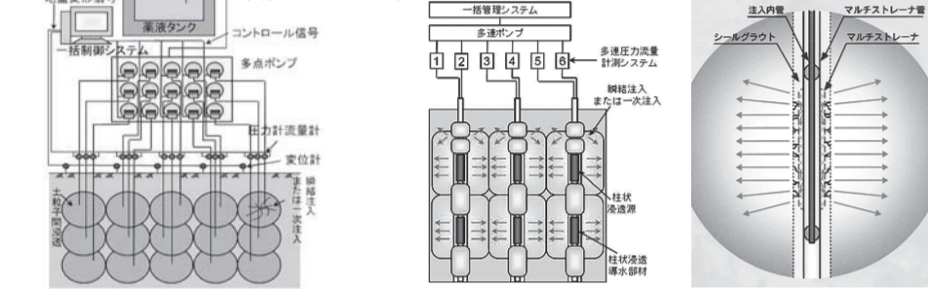
高強度パーマロック、シリカゾルに適用。海水使用が可能。

急速浸透注入工法は注入材に恒久グラウトを使用し「急速施工・経済性・高品質・液状化防止・高強度地盤改良」を実現するマグマアクション法による地盤改良工法です。

3 環境保全性

●超多点注入工法®
国土交通省NETIS:KK-120050-A
●多点同時注入工法®
沿岸技術開発センター 認定番号:第14002号
— 恒久グラウトを用いた変位抑制型の薬液浸透注入工法 —

柱状浸透注入工法
●エキスパッカ®工法
●マルチストレーナ®工法
国土交通省NETIS:SK-140123-A



多点同時注入工法 施工例

八代港既設岸壁の増深に伴う背面埋立地の土圧軽減・液状化対策を目的として多点同時注入工法が実施されました。施工数量は改良土量 11,251m³、注入量パーマロック・ASF-II δ4.557kL (注入率 40.5%)、削孔本数 444 本。ピーク時で 58 箇所の同時注入施工を実施しました。設計基準強度 SuD=50kN/m² に対し、現場改良強度の平均値は SuF=124kN/m² であり、設計基準強度を十分満足していることを確認しました。

3 環境保全性

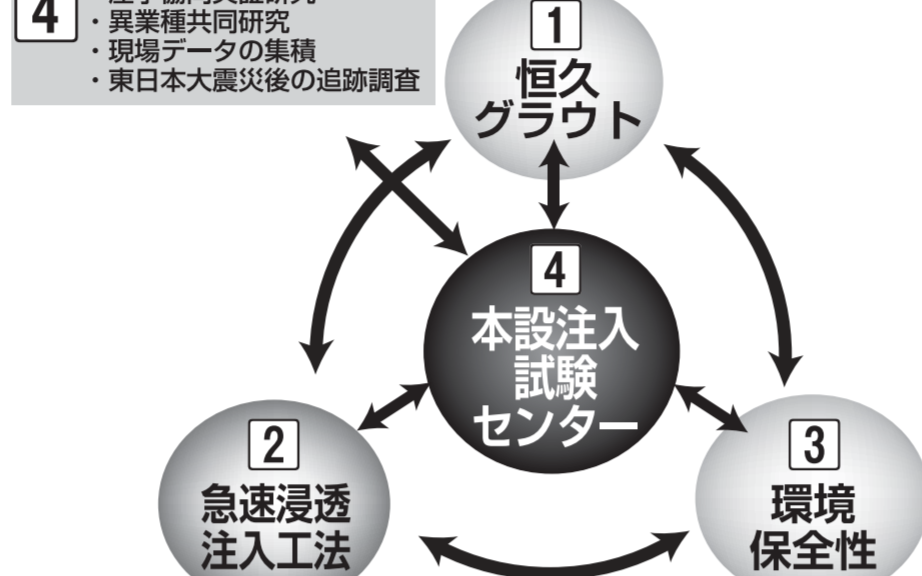
●マスキングシリカ・マスキングセパレート工法による土中埋設物保護技術
●水質保全、水生生物に対する安全性 ●バイオチューブ注入管

本設注入は土中構造物直下又は近傍で用いられることも多く、かつ永続的に構造物に接するため、土中における安全性が重要になります。当機構では、土中構造物に対する影響を防ぐため金属イオン封鎖剤を含む酸性中和剤を用いたマスキングシリカを用いています。マスキングシリカは16年以上の研究によりハイドロキシアパタイトの結晶構造によるコンクリートの保護機能が実証されており(左下写真)、パーマロック・ASFシリーズ(活性シリカコロイド)やハードライザーシリーズなどに適用されています。また酸性シリカ溶液が地中構造物に接触して、影響を及ぼすことが考えられる場合、マスキングセパレート工法により金属イオン封鎖剤を含むマスキングシリカ(マスキングバリア)を構造物直下に施工することによりその影響を遮断する技術も実用化されており、また施工後1年以内(地盤条件による)に成分の殆どが水と炭酸ガスに分解されるバイオチューブ注入管も実用化されており、施工後注入管の存在が不都合な現場に適用されます。

4 本設注入試験センター

●現場土配合設計注入法
●可溶性シリカ量測定による地盤珪化評価法

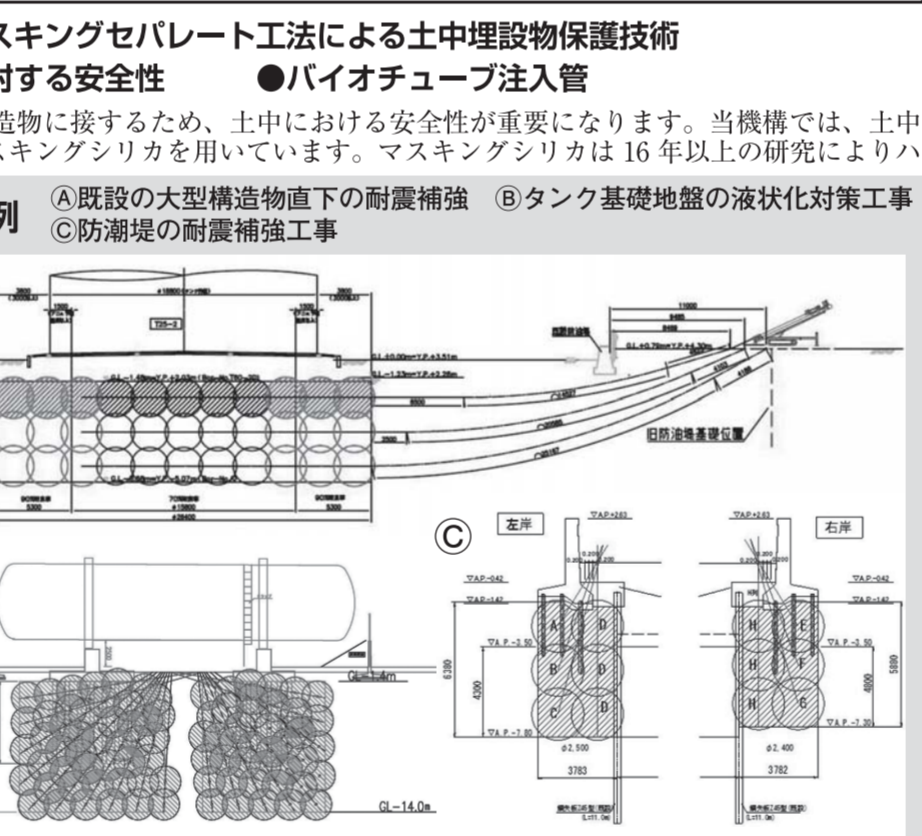
本設注入試験センターでは多数の施工実績によるデータを蓄積し、所定の液状化強度を得るための現場採取土を用いた配合設計を行い、データの提供やコンサルティングを行っています。(強化土研究所内)



4 本設注入試験センター

●現場土配合設計注入法
●可溶性シリカ量測定による地盤珪化評価法

本設注入試験センターでは多数の施工実績によるデータを蓄積し、所定の液状化強度を得るための現場採取土を用いた配合設計を行い、データの提供やコンサルティングを行っています。(強化土研究所内)



地盤注入開発機構

恒久グラウト・本設注入協会®
液状化防止注入協会®
耐久グラウト研究会®
強化土グループ

【事務局】〒113-0033 東京都文京区本郷3-15-1 美エビル5階 ジャテック棟内
TEL 03-3815-2162・FAX 03-3815-2102 ホームページ: http://www.jokk.jp
【工務事務局】強化土エンジニアリング株式会社

4 東日本大震災における施工地盤(8現場)の追跡調査報告



参考文献「東北地方太平洋沖地震と恒久グラウト改良地盤」地盤注入開発機構, 恒久グラウト・本設注入協会, 液状化防止注入協会, 2012.1

4 不飽和化による液状化対策—マイクロバブル/バブルホワイト—

既存市街地等の液状化対策工で安価で、大型の施工機械を用いることなく、騒音がなく公害の面からも安全な工法が望まれています。強化土(珪)・強化土エンジニアリング(株)は東京都市大学末政研究室と佐藤工業(株)との共同で微粒子化シリカとマイクロバブルを用いた新規技術を開発しました。この工法の原理は微粒子化シリカによる地盤の高密度化とマイクロバブルによる地震時の過剰間隙水圧の発生抑制との複合効果によるものです。シリカの微粒子化は過剰間隙水圧の発生を抑制して浸透注入に成功しました。注入実験では相対密度 60% の砂の供試体を相対密度 70% まで増大できることが確認されています。今後、重要視される環境保全と、経済性を要求される液状化対策工への適用を目指しています。

4 薬液注入の長期耐久性の研究/ 恒久グラウト・本設注入協会® 耐久グラウト研究会®

1982年東洋大学米倉研究室で開始された「薬液注入の長期耐久性の研究」は無機系、有機系、シリカゾル系、活性シリカコロイド系に関して行われ、1992年「土と基礎」12月号に最初の論文が、2015年「地盤工学会誌」12月号に最新の論文として「各種薬液注入材の長期養生結果と浸透水圧を作用させた薬液改良固結の耐久性」が発表され、その間100件あまり発表されています。

1974年に開発され、この40年間に5万件以上の施工実績をもつ、シリカゾルグラウトは「水ガラスの劣化要因であるアルカリを酸性反応剤により中和・除去した注入材の総称で、シリカの溶脱がほとんどなく長期耐久性に優れている。主剤はJIS規格～アルカリ分の少ない特殊水ガラス(高モル比水ガラス)で、添加剤は無機物や多価金属化合物を用いることでゲルタイム調整機能や環境保全機能を有しており、目的や地盤条件や施工法に応じて、主剤、酸性反応剤、添加剤の種類、配合並びに直接法とシリカゾル製造装置を用いる間接法の選定ができる」注入材です(シリカゾルグラウト会「シリカゾルグラウト注入工事における材料管理について」1991年7月、1994年9月、2003年9月、2007年10月と、ハードライザー、シリカライザー、ジオシリカ、クリンロックの技術資料とカタログ参照)。シリカゾルグラウト(粒径1nm)のシラノール基の縮合重合によって形成されたゲルのネットワークは化学的には安定していますが、構造的に弱いため耐久性が低減する傾向があります。本設注入は多様な地盤条件下で、1.5～3.0mの大きな注入孔間隔(仮設注入は1.0m)で注入して所定の品質を満たす永続性を要求され、施工後の品質の評価と構造物や環境に対する安全性を要求されます。このため恒久グラウト「活性シリカコロイド系」(粒径5～20nm)は脱アルカリのみにおける耐久性の持続効果を「コロイド化」を付与することにより、ゲルの化学的安定性と構造的安定性を可能にしました。東日本大震災後の野外注入地盤と実際の施工地盤の追跡調査によって、室内試験による注入材そのものの耐久性のみでは確認しきれない港湾地区の浸透水圧下での広い注入孔間隔の注入地盤の実際の大地震に対する耐震効果を確認できました。恒久グラウト・本設注入工法は三大要件と要素技術を現場採取土により所定の改良効果を得られる配合注入設計を行う本設注入試験センターで一体化した統合技術®です。

耐久グラウト研究会®: 40年余の耐久資料を活用する組織。2000年設立。43社加盟。

参考文献 1)「最先端技術の薬液注入工法」島田, 佐藤, 多々, 理工図書, 1989.6
2)「恒久グラウトの新しい展望」米倉, 島田, 土木施工, 1997.8
3)「薬液注入の耐久性と恒久グラウトエンジニアリング—本設地盤改良工法への質的転換—」米倉, 島田, 土木施工, 2005.11～2006.9連載
4)「地震と地盤の液状化」東畑, 米倉, 島田, 社本, インデックス出版, 2010.10

地盤注入開発機構

試験研究機能
データ集積機能

本設注入試験センター

現場採取土を用いた恒久グラウト・液状化対策配合設計

絶え間ない研究開発と実用化された新規技術を発信し続ける組織

シリカゾルグラウト

「ハードライザー」「ハードライザー・セブン」
「クリンロック」「シリカライザー」「ジオシリカ」
高強度型「ハードライザー・セブン Hi」
17年間の長期耐久性を現場実証
施工実績5万件以上

シリカゾルグラウト会

【正会員】三信建設工業(株) ライト工業(株) 日特建設(株) 日本基礎技術(株) 大阪防衛建設(株) ケミカルグラウト(株) 日本総合防水(株) セキソ(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 東野ジオテック(株) 東亜グラウト工業(株)

【特別会員】強化土(株)・強化土エンジニアリング(株)
【賛助会員】強化土グループ参照
耐久グラウトによる長期仮設注入
【耐久グラウト研究会】43社加盟

シリカゾルグラウトは水ガラス中のアルカリを酸で中和した非アルカリ性シリカ溶液の総称であって、上記名称の商品を対象としています。

二重管複合注入工法

「ユニパッカ工法」
「マルチライザー工法」
「ジオコンポ注入工法」
施工実績7,000件以上

複合注入工法研究会

【正会員】三信建設工業(株) ライト工業(株) 日特建設(株) 日本基礎技術(株) 大阪防衛建設(株) ケミカルグラウト(株) セキソ(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 東野ジオテック(株) 三和土質基礎(株) 芝田土質(株) 嶺地巧社

【特別会員】強化土(株)・強化土エンジニアリング(株)
【賛助会員】強化土グループ参照

恒久グラウト・本設注入工法

平成14年度地盤工学会技術開発賞受賞技術

活性シリカ: 液状化防止 マスキングシリカコロイド 「パーマロックシリーズ」 超微粒子複合シリカ 高強度補強 「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」 「スリープ工法」 「マルチストレーナ工法」

施工実績1,100件以上 注入実績5億m³以上

恒久グラウト・本設注入協会

【正会員】三信建設工業(株) ライト工業(株) 日特建設(株) 日本基礎技術(株) 大阪防衛建設(株) ケミカルグラウト(株) 嶺地巧社(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 東野ジオテック(株) 三和土質基礎(株) 芝田土質(株) 嶺地巧社

【特別会員】強化土(株)・強化土エンジニアリング(株)
【賛助会員】強化土グループ参照

本設注入試験センター(強化土研究所内)
急速浸透注入協会 16社加盟
液状化防止注入協会 13社加盟

「マルチパッカ工法」

自在複合注入工法

マルチパイプによる
瞬結・長結単独注入
複合注入、複数同時注入

マルチパッカ工法協会

【正会員】三信建設工業(株) ライト工業(株) 日特建設(株) 日本基礎技術(株) 大阪防衛建設(株) ケミカルグラウト(株) 嶺地巧社(株) 東亜グラウト工業(株) セキソ(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 東野ジオテック(株) 三和土質基礎(株) 芝田土質(株) 嶺地巧社

【特別会員】強化土(株)・強化土エンジニアリング(株)
【賛助会員】強化土グループ参照

産学協同 新規技術研究開発組織

強化土(株)・強化土エンジニアリング(株)
強化土研究所

「バイブライン急速浸透注入工法」
「マイクロバブル水注入工法」
「可塑状ゲル圧入工法」(TGC工法)
「バイオグラウト・バイオパイプ」
「土壌浄化法」

強化土グループ

【正会員】カセイ商事(株) 林六(株) 東陽商事(株) 繁和産業(株) カツラギ商事(株) 四国通建(株) ソーダニック(株) 新野ケミカル(株) 新野ケミカル(株) ジャテック(株)

【特別会員】強化土(株)・強化土エンジニアリング(株)

強化土グループは左記契約正会員と上記賛助会員、特別会員で構成されます

地盤関連団体の活動

恒久グラウト・本設注入工法 普及・発展を図り防災技術に貢献へ

地盤注入開発機構会長

屋宮 康信



地盤注入開発機構は、薬液注入分野の5協会「複合注入工法研究会」「シリカゾルグラウト会」「マルチパッカ工法協会」「恒久グラウト・本設注入協会」「強化土グループ」を統括する組織として2003年に設立され、おかげさまで本年13年目の活動を行っております。

東日本大震災の発生以来、建設業界を取り巻く環境は大きく変動し、防災への対策を強化していく事が大きなテーマとなってまいりました。

このことは従来にも増して技術重視型に変革したということで、専門工事業者にとっては自社の技術をどのように活用して社会に貢献していくかを問われていく事と思われま

す。当機構は永年に亘り、常に時代の要望・変化に対応すべく、従来技術の改良や新規技術の開発を進めてまいりました。当機構の技術は東日本大震災でも施工個所で確認する限り、液状化被害皆無という大きな成果を発揮し、従来提案・推奨して参りました理論・技術の正しさが実地で証明できた事例となりました。これをまとめた報告書(「東北地方太平洋沖地震と恒久グラウト改良地盤」)はすでに発表させていただき、各種資料を取り揃えておりますので是非当機構までお問い合わせ頂けますようお願い申し上げます。

以下にて当機構の各協会の活動をご紹介します。

「複合注入工法研究会」

当研究会が推進する二重管ロッド複合注入工法は長い歴史を持つ工法ですが、現在なお薬液注入工法の主力として群を抜く実績をあげております。その施工件数は7,000件以上におよび本工法の高い技術を証明しております。

「シリカゾルグラウト会」

協会内における耐久グラウト研究会を中心に産学協同研究による長期耐久性の研究を行い、シリカゾルグラウトの耐久性のメカニズムを解明しホモゲルおよびサンドゲルの長期耐久性について確認・実証し、耐久グラウトとして施工実績は5万件以上に上ります。また、長期耐久性を持つシリカゾルグラウトには環境対策も重要な項目となってまいりますのでコンクリート構造物に対する保護機能をもつマスキングシリカを開発し、10年以上の研究によりそれを実証したマスキングシリカゾル「ハードライザーシリーズ」を使用しております。

さらに、業界で初めて無機系溶液型で高強度を期待できるシリカゾルを全自動で連続製造し、配合水への海水利用を可能にしたシステム(「フルオートシリカシステム」)の開発に成功致しました。

「マルチパッカ工法協会」

本工法は特殊な注入管(内管、外管)を用いることにより、従来の二重管ダブルパッカ工法の改良効果の信頼性を保持しながら様々なバリエーションを備えた画期的な注入工法です。2ステージ同時注入や一次・二次同時注入が可能ですので工期短縮に大きく貢献できる工法と言えます。

「恒久グラウト・本設注入協会」(別記事をご覧ください。)

「強化土グループ」(別記事をご覧ください。)

このような現状を踏まえ、(社)地盤工学会、(社)土木学会の特別会員であります当機構は、昨年度、関東地区(日本科学未来館)、関西地区(科学技術センター)におきまして「最近の薬液注入工法技術研究発表会」(CPD認定プログラム)を開催し、耐震補強、恒久グラウトによる本設地盤改良・液状化対策工に加えまして、東日本大震災における改良効果の実証確認を題材に400名を超える発注者・コンサルタント・建設会社の皆様にご聴講頂き、当機構の保有する技術に対する高い期待を感じました。当日は東京都市大学末政直見教授、東京大学内村太郎准教授、大阪大学常田賢一教授に特別講演を頂き、当機構の技術陣が最先端技術をご披露し好評をいただきました。

本年度につきましても、引き続き全国各地での技術研究発表会に加え、会員(専門工事業者)と賛助会員向けの会員講習会、個別の公共機関・団体様向けの技術研修会も随時開催致します。

地盤注入開発機構は今後も薬液注入分野における最大の業界団体の一つとして、絶え間ない研究開発とそれにより実用化された新規技術の情報を皆様に発信し続ける組織であり、工法コンプライアンスを重視しながら材料のみならず、注入工法を含む統合技術として耐震補強、液状化対策工を中心に皆様にご提案し、社会貢献へ努めて参りたいと希望しております。

今後とも皆様方のご指導・ご鞭撻をお願い申し上げます。

恒久グラウト・本設注入工法 インフラの環境保全型耐震補強に注力

地盤注入開発機構名誉会長・強化土グループ会長

島田 俊介



強化土グループは創立以来、「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、シリカを素材とした「環境・耐久・浸透」をテーマとした「注入材と工法」を一体化した本設注入技術の開発を目指して参りました。

1974年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発明した水ガラスを酸で中和したグラウトが中酸性系グラウトとして、長結型耐久性シリカゾルグラウトへと発展しました。さらにマスキングシリカによる土中構造物の保護技術、海水処方、高強度シリカなど多数の新規技術を付与して、この40年間にその施工実績は5万件以上に達し、地盤注入分野での最大の施工実績を上げて、長期耐久グラウトに成長しております(シリカゾルグラウト会)。

このシリカゾルグラウトの多数の実績と知見をもとに本設注入が要求される恒久要件を満たすために開発された脱アルカリにコロイド化を付与した活性シリカコロイド系グラウトが恒久グラウトです。

恒久グラウトは浸透水圧下での港湾地区で要求されるゲルの構造が安定なコロイド化とインフラにおいて要求される環境保全性を付与した無機溶液型活性シリカコロイド「パーマロックシリーズ」と水和結合による高強度を付与した超微粒子複合シリカ「ハイブリッドシリカシリーズ」であって、これらが注入技術、環境技術と一体となって構成されております(恒久グラウト・本設注入協会)。

82年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」によって無機系、有機系、シリカゾル系、コロイド系の耐久性のメカニズムの解明と最初の学会発表がされ(92年)、その後30年以上の長期耐久性の実証研究がされ、平行して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。

「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」や「マルチストレナーナ工法」、3D多点注入工法「超多点注入工法」「多点同時注入工法」等が開発され、更に「スリーPシステム」や「多連システム」や「マグマアクション法」等の土粒子間急速浸透注入システムが開発されました(急速浸透注入協会)。

恒久グラウトを用いた急速浸透注入工法は13年以上の大規模野外試験による浸透固結性と経年固結性の実証、多数の現場データの蓄積と本設注入試験センターによる現場採取土注入設計法や地盤珪化評価法の開発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(液状化防止注入協会)。その結果、現在施工実績は1,100件以上で注入実績は5億以上となっております。これらの成果が02年度地盤工学会技術開発賞「恒久グラウトと注入技術」(米倉亮三、島田俊介)と評価されました。また本年度には「多点同時注入工法一恒久グラウトを用いた変位抑制型の薬液浸透注入工法一」が沿岸技術研究センター評価証、第14,002号として認定されております。

液状化対策工は1.5~3.0mの注入孔間隔(仮設注入では1.0m)で多様な地盤条件、施工条件、環境条件下でいつ発生するかわからない地震に対して注入地盤の所定の効果の永続性を要求されます。このため、多くの現場経験において直面した課題ごとに産学協同研究で本設注入に必要な要素技術の研究開発を進めて参りました。11年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・本設注入工法により液状化対策工を実施した地盤では液状化被害が皆無であることを施工地盤(8現場)の追跡調査によって確認しました。さらに改良地盤は地震後も液状化強度の劣化がないことを確認しています。これによって、室内試験による注入材そのものの耐久性のみでは確認しきれない浸透水圧下で広い注入孔間隔での注入地盤の実際の大地震に対する耐震効果を実証することができました(恒久グラウト・本設注入協会)。これらの実績によって、恒久グラウト・本設注入工法は互いに関連する恒久グラウト、急速浸透注入工法、環境保全技術の三大要件を本設注入試験センターによる現場採取土を用いた注入設計と多数の施工現場の実績と東日本大震災に対する効果確認の結果と要素技術と共に一体化した統合技術であるとのコンセプトを確立し、環境保全型耐震地盤強化工法として技術の研鑽に努めております。

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。