

地盤注入開発機構 — 40年以上の産学協同研究による要素技術を — 一体化した統合地盤改良工法を目指す —

耐久グラウト研究会® シリカゾルグラウト会

シリカゾルグラウト®

無機溶液型耐久シリカグラウト®—本格仮設注入材—
掘削工事 施工実績 1973年以来

国内 50,000 件以上 海外(台湾,韓国)100 件以上
シリカゾルグラウト®とシリカゾル®注入工法
要素技術と一体化したシリカゾル注入工法へと進化

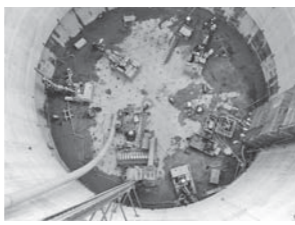
瞬結〜緩結:
ハードライザー
シリカライザー
クリーンロック(IV)
シリカゾルグラウト
セブンシーズ

施工事例

上越新幹線高山トンネル工事以来、高水圧下のトンネル工事、河川横断掘削工事、被圧水下の大規模掘削工事、大深度底盤注入工事や工事期間の長い掘削工事等、本格仮設注入の施工実績は5万件以上に達します。ダブルパッカ工法、複合注入工法、急速浸透注入工法に使用されています。

シリカゾルグラウトは、水ガラスグラウトの劣化要因であるアルカリを全自動シリカゾル製造装置で酸性中和剤により中和・ゾル化して耐久性を付与した非アルカリシリカゾルグラウトの総称として、シリカゾルグラウト会で規定した材料管理と安全施工管理により実施しています。40年以上の東洋大学米倉研究室との産学協同研究による耐久性実証研究と共に、注入地盤の耐久性を可能にするために開発された要素技術と一体化したシリカゾル注入工法へと進化しております。

(右写真) 東京都神田川環状七号地下掘削工事における大深度底盤注入(1987)ダブルパッカ工法
底盤注入深度: GL-93.00~98.00m
底面掘削深度: GL-60.1m



恒久グラウト・本設注入協会/液状化防止注入協会/強化土グループ

恒久グラウト本設注入工法



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

平成14年度(公社)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40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(公社)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、液状化は見られず、理論と有効性が実証されました。



恒久グラウト・本設注入協会 会長 末政直晃 東京都大学教授(工学)

「パーマロックASFシリーズ」NETIS登録 (NETIS登録番号:KT-190051-A)

恒久グラウト施工実績 1,700件以上
液状化対策注入工法実績 8億リットル以上



写真1 1999年産学協同研究による大規模野外試験における恒久グラウトを用いた浸透固結性と経年固結性の実証 (株)ADEKA鹿島工場敷地(神栖)

大規模野外注入試験(1999年)による長期耐久性の実証 2018年に19年目の追跡調査を実施

1999年大規模野外注入試験による恒久グラウト(活性複合シリカコロイド)を用いた急速浸透注入工法における浸透固結性と経年固結性の実証試験を行い(写真1)、1、3、6、10年後の追跡調査による長期耐久性の確認試験を行いました。改良強度はいずれのシリカ濃度においても養生初期より増加していることを確認し、経年固結性が実証されました。



写真2 パーマロック(経年19年)



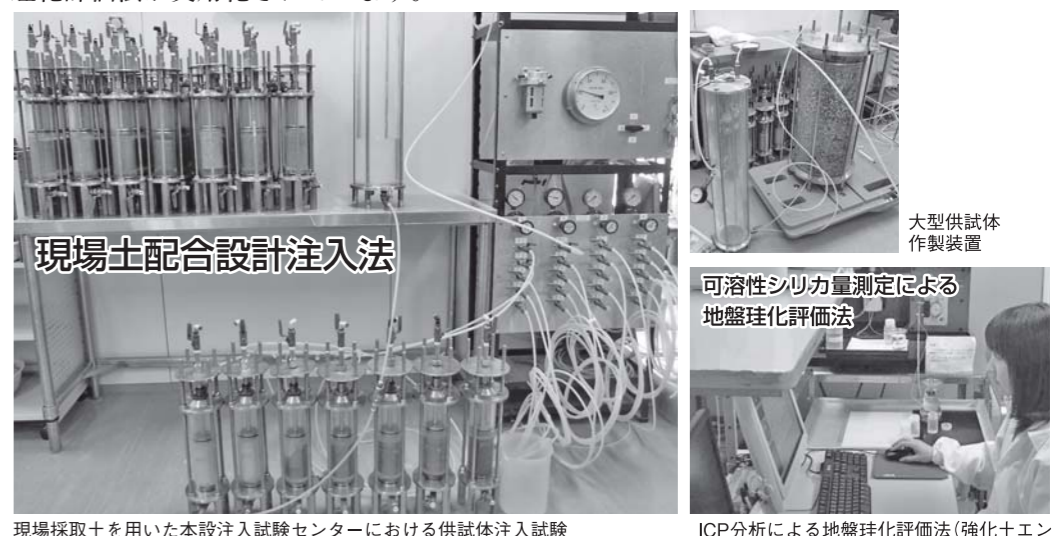
写真3 ハイブリッドシリカ(経年19年)

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



本設注入試験センター

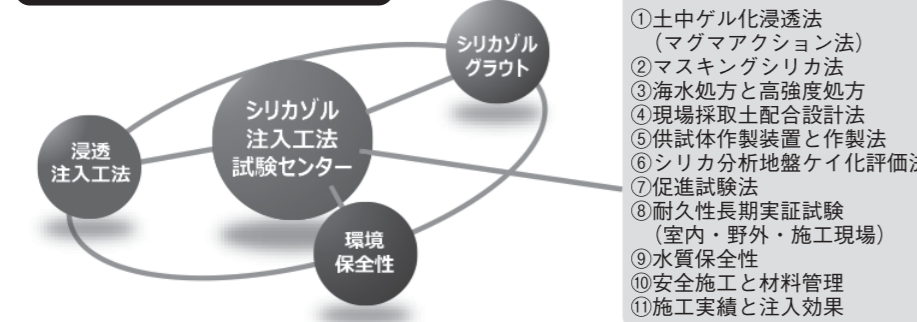
試験研究機能 現場採取土を用いた液状化対策配合設計とデータ集積
データ集積機能
本設注入試験センターでは多数の施工実績によるデータを蓄積し、所定の液状化強度を得るための現場採取土を用いた配合設計を行い、データの提供やコンサルティングを行っています。また改良地盤から可溶性SiO₂含有量を測定し、改良効果を推定する地盤液状化評価法が実用化されています。



現場採取土を用いた本設注入試験センターにおける供試体注入試験 (本設注入試験センター/強化土研究所)撮影:2015年9月

ICP分析による地盤液状化評価法(強化土エンジニアリング/日本化学工業共同開発)

シリカゾル®注入工法

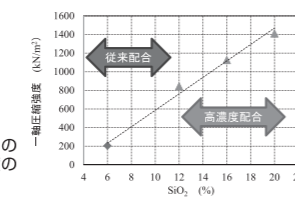


- ①土中ゲル化浸透法(マクマアクション®法)
- ②マスキングシリカ®法
- ③海水処方と高強度処方
- ④現場採取土配合設計法
- ⑤供試体作製装置と作製法
- ⑥シリカ分析地盤ケイ化評価法
- ⑦促進試験法
- ⑧耐久性長期実証試験(室内・野外・施工現場)
- ⑨水質保全性
- ⑩安全施工と材料管理
- ⑪施工実績と注入効果

懸濁型グラウトでは浸透不能な地盤の高強度補強

高強度浸透型無機溶液シリカグラウト FASSシステム

大深度地下掘削にシリカゾルグラウト-Hi 巨大地震の耐震補強にパーマロック・ASF-Hi 通常配合および海水使用にも対応



恒久グラウト・施工事例

「東北地方太平洋沖地震」における施工現場の追跡調査/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8現場において、東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日)後の追跡調査を行った結果、全く被害を受けなかったことが確認された。

注入工法: ①超多点注入工法 ②エキスパッカ工法
注入材: ③パーマロック・ASF-II



参考文獻 1)東畑・米倉・島田・本「地盤の液状化—恒久・本設注入によるその対策」,インデックス出版,2010,10 2)「恒久グラウトと注入技術」平成14年度(公社)地盤工学会技術開発賞関連技術-付東北地方太平洋沖地震における施工地盤の追跡調査報告—2014.10改訂版

- ①現場採取土配合設計法
- ②供試体作製装置と作製法(本設注入試験センター)
- ③促進試験法
- ④土中ゲル化時間と配合設定法
- ⑤マクマアクション®法と広範囲浸透固結法
- ⑥シリカ分析地盤ケイ化評価法
- ⑦マスキングシリカ®法とマスキングセパレート®法
- ⑧海水処方と高強度処方
- ⑨無収縮ゲル処方と微細間隙の止水
- ⑩異なる化学的環境・土質の影響
- ⑪一次注入材と二次注入材の相性
- ⑫恒久性・耐震性実証試験
- ⑬水質保全・環境保全
- ⑭東日本大震災での液状化防止効果確認
- ⑮施工データ・注入効果データの集積

恒久グラウト

液状化防止・恒久地盤改良・環境保全・恒久止水

- 活性シリカコロイド® 海水処方可能
- パーマロック® シリーズ 国土交通省 NETIS:KT-190051-A 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

基礎の高強度恒久補強 1995年阪神・淡路大震災復旧工事以来基礎の高強度補強多数 800件

急速浸透注入工法

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」を実現する地盤改良工法です。

- 超多点注入工法® 国土交通省NETIS:KK-120050-A
- 多点同時注入工法® 国土交通省NETIS:KT-140123-A
- 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
- マルチパッカ®工法

地盤注入開発機構

シリカゾルグラウト®とシリカゾル®注入工法

「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」
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
本格仮設注入材 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) ㈱大阪防水建設社 日本綜合防水(株) セキソ(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 東亜グラウト工業(株) ㈱ニチボー

【特別会員】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本格仮設注入
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除去した非アルカリ性シリカ溶液の総称として、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®

「ユニパック工法」
「マルチライザー工法」

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) ㈱大阪防水建設社 セキソ(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) ㈱ニチボー 三和土質基礎(株) 芝田土質(株) 大洋基礎工業(株)

【賛助会員】三和土質基礎(株) 芝田土質(株) 大洋基礎工業(株)

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 マスキング複合シリカ 「パーマロックシリーズ」
超微粒子複合シリカ: 高強度改良 「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」
「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」

施工実績 1,700 件以上 注入実績 8億リットル以上

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) ㈱大阪防水建設社 ㈱地巧社 セキソ(株) 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 大洋基礎工業(株) 三和土質基礎(株)

【特別会員】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

関連組織
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、複段同時注入

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) ㈱大阪防水建設社 小野田ケミコ(株) 東興ジオテック(株) 双栄基礎工業(株) 新日本グラウト工業(株) ㈱ティシーエー

【特別会員】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

強化土エンジニアリング(株)
本設注入試験センターとコンサル業務

「パイプライン急速浸透注入工法」
「シリカバブル注入工法」
「可塑型ゲル圧入工法」(TGC工法・EPC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】左記正会員参照
【賛助会員】(株)ADEKA 東曹産業(株) 日本化学工業(株) ラサ工業(株) 日本建設機械商事(株) 原工業(株) ADEKAケミカルサプライ(株) ㈱島田商会 ㈱花マテリアル ㈱薬材開発センター

【特別会員】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

下水道事業に貢献する諸団体

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

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年の設立以来16年にわたり常に時代の要望・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。

東日本大震災発生以来、北海道・大阪府など各地で地震が多発するようになるにつれ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ことが大きなテーマとなっております。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ことと思われま

す。東日本大震災以前に当機構の技術による改良地盤は、震災後現地調査で液状化被害皆無という大きな成果が確認されました。このことは従来から提案・推奨してまいりました理論・技術の正しさが実地で確認・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」)は既に発表させていただいております。また、1999年に恒久グラウトと急速施工法を組み合わせた大規模野外試験を茨城県神栖町(現茨城県神栖市)で行いましたが、今般19年間の固結地盤の経年固結性の実証試験を実施し、その観察結果を報告書としてまとめたほか、各種資料を取りそろえておりますので、ぜひ当機構までお問い合わせいただきますようお願い申し上げます。

これらの事例から当機構の技術を活用した地盤改良工事は増加傾向にあり、恒久グラウト施工実績は1,700件以上、液状化対策注入工法実績は8億ℓ以上に上っております。パーマロックASFシリーズはNETIS登録されております。

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・実証してまいりました。耐久グラウトとしてその施工実績は5万件以上に上り、海外(台湾・韓国)でも技術導入されております。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。

「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さまざま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、地盤工学会、土木学会の特別会員であります当機構は、本年度、関東(東京都千代田区)、中部地区(名古屋市)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200名を超える発注者・コンサルタント・建設会社の皆さまにご聴講いただき、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晃教授、名古屋大学野田利弘教授に特別講演をいただき、当機構の技術陣が当機構の注入技術、注入管理および効果確認についてご披露し好評をいただきました。

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さま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さまにご提案し、社会貢献へ努めてまいりたいと希望しております。

今後とも皆さま方のご指導・ご鞭撻をお願い申し上げます。

非アルカリシリカによる地盤改良工法の進歩 — 耐久地盤要素技術の開発と統合化 —

地盤注入開発機構事務局長 強化土グループ会長

島田 励介



地盤注入開発機構は創立以来、「産学協同研究」を基本とした「施工会社、材料メーカー、機械メーカー」からなる組織です。本機構はシリカを素材とした「環境・耐久・浸透」をテーマとして開発した要素技術を一体化した統合地盤注入工法を目指して参りました。

■薬液注入の長期耐久性の研究

1974年、高分子系の公害問題により、暫定指針で水ガラスグラウトのみが使用許可になって以来、高分子系に代わる浸透性に優れたシリカ系グラウトが東洋大学の米倉亮三教授(現名誉教授)の指導のもとに強化土エンジニアリングらの研究開発グループによって新しく有機系水ガラス、シリカゾル系、活性シリカコロイド系、超微粒子複合シリカ系の注入材が開発されました。その後、1981年にスタートした東洋大学工業技術研究所米倉研究室の「薬液注入の長期耐久性の研究」以来、30年以上の長期耐久性の実証研究の発表がなされ、注入材の耐久性のメカニズムの解明と耐久性からみた注入材の体系化が行われました。また近年では東京都市大学、末政研究室のご指導のもとに固結地盤の強度発現のメカニズムの解明が進められております。更に多数の施工実績と東日本大震災を経て恒久地盤改良の要素技術が開発され、それらを統合した地盤改良工法へと進化しております。

■シリカゾルグラウトとシリカゾル注入工法

1974年に酸性液中に水ガラスを加えるという逆転の発想によって開発された非アルカリ性シリカゾルグラウトは現場で水ガラスの劣化要因であるアルカリを全自動製造装置中で中和除去して、1nm程度にゾル化することにより、耐久性と長結性を付与して土粒子間浸透と地下水面下の固結性を可能にしたグラウトです。

このグラウトはその後、改良技術を加えることにより、高分子系に代わって現在5万件以上の施工実績をもち、山岳トンネル工事、都市工事等の本格仮設工事の主力となっております。1999年の野外耐久注入試験の19年後の耐久性が2018年度に実証され、施工現場では施工後16年10カ月の長期耐久性が確認されました。近年の厳しい条件下でまた注入後掘削工事まで長年月かかる大深度地下掘削工事、シールド発進工事、大規模底盤工事や開削に伴う山留め工事等、地盤が不安定化すれば大きな事故につながる工事が多くなることを予想して、産学協同で本設注入とともに耐久地盤を形成するために要素技術が開発され、材料と一体化したシリカゾル注入工法として進化しております。

■恒久グラウトと本設注入工法

1985年にはシリカゾルグラウトの知見と実績を背景に脱アルカリに10~20nm程度のコロイド化を導入してシリカゲルの収縮によるサンドゲルの強度の低下を抑えることにより、地盤条件、環境条件と注入目的の多様性に対応が可能な、シリカゾルよりも更に耐久性を向上した無機溶液型活性シリカコロイドと活性複合シリカである「パーマロックシリーズ」(NETIS登録番号KT-190051-A)と、水和結合による高強度とゲル化機能を付与した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」等の恒久グラウトが開発されました。恒久グラウトの40年以上の長期耐久性実証研究や液状化強度の研究と急速浸透注入工法による大規模野外実証研究が1997年、1999年に行われました。その経年固結性の実証が施工後1、3、6、10年目に加えて、2018年に、施工後19年目のコアサンプリングによる固結強度の持続性が実証されております。

これらの経緯を経て、多数の現場で当面した課題を産学協同で解決して要素技術を開発してまいりました。その結果、本設地盤改良は注入材そのものの恒久性とともに

に注入地盤の恒久性や環境保全性を可能にするための要素技術と一体化した統合技術として進化し本設注入工法への道が開かれました。今日、本設注入の施工件数は液状化対策工をはじめ1,700件以上であり、注入量は8億ℓ以上となっております。

またハイブリッドシリカは超微粒子複合シリカの水和結合とゲル化特性によって得られる高強度恒久性、浸透固結性が認められ、山留工、トンネルや開削工等の本格仮設工事や護岸工事の高強度恒久地盤改良工等、その施工実績は800件以上に達しております。

■急速浸透注入工法

1978年に開発された二重管ロッド瞬結・緩結複合法(マルチライザー工法、ユニパック工法)とダブルパッカー工法におけるシリカゾルグラウトによる土粒子間浸透注入工法の実績を背景に、さらに1997年には本機構開発グループにより、経済性と施工能率を上げた「急速浸透注入工法」が開発されました。それが三次元同時注入工法「超多点注入工法」、や柱状浸透注入工法「エキスパッカ工法」、「マルチストレーナ工法」「マルチパッカ工法」等で恒久グラウトの発展に寄与するとともにシリカゾルグラウトにも適用されるようになりました。

以上の成果は2002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)として評価されました。

■東日本大震災

2011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(8現場)を確認した限りでは、液状化被害が皆無であることを追跡調査によって確認しました。また改良地盤は地震後も液状化強度の劣化がないことも確認しています。このように本設注入は多様な地盤条件下での化学的地盤改良工法であるが故に、室内試験のみでは確認しきれない実際の地震動に対する改良効果をこれらの追跡調査で確認することができました。

■要素技術と本設注入試験センター

薬液注入の耐久性は注入地盤そのものの耐久性を意味するものであり注入材そのもののみで定まるものではなく、互いに関連する要素技術が一体化して初めて可能であるという知見から、2007年に強化土研究所内に「本設注入試験センター」を設立し、現場採取土注入設計法や地盤珪化評価法の開発等を進め、工事ごとに現場採取土を用いて所定の強度を得るための配合試験を実施してユーザーに提供しております。

■統合地盤注入工法

このようにして40年来、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行うことで得られた知見から、恒久グラウト・本設注入工法並びに耐久シリカ注入工法は互いに関連する「非アルカリシリカ注入材」「浸透注入工法」「環境保全技術」の三大要件を構成する要素技術「広範囲土中ゲル化浸透法(マグマクション浸透固結法)」「マスキングシリカ法」「現場土配合設計法」「シリカ分析地盤珪化評価法」「供試体作製装置と試験法(本設注入試験センター)」「促進試験法」を一体化した統合技術に進歩しております。これらの要素技術は恒久グラウトのみならず耐久グラウトを用いた地盤改良工法にも導入して、さらなる薬液注入の技術と信頼性の向上に寄与するべく努めております。

今後とも、関係各位のご指導とご鞭撻を心よりお願い申し上げます。