共同溝の液状化対策施工報告

－葛西共同溝－

東京土木支店　土木工事部　太田有一
東京土木支店　土木工事部　内田勝弘

概要：葛西共同溝は，東京湾岸の埋立地を貫く一般国道357号の道路直下に建設された3連1層のカルバートボックス構造の共同溝である．各ボックスには電気，ガス，通信のライフラインが収容されている．本工事においては，延長72mの山側区間を夜間車線規制によって工事用地を日々確保し鋼矢板締切と地盤改良で壁体構築を行い液状化対策を実施したものである．
Key Words：液状化，鋼矢板締切，地盤改良，高圧噴射撹拌

１．はじめに

葛西共同溝は，東京都江戸川区臨海町において昭和55年頃に建設された延長1400mの共同溝である．地形は旧海岸線の埋立で平坦であり，水文は東西を一級河川 荒川と旧江戸川の河口に挟まれ，南は海岸線に近く地下水位はGL－1.3mと高い．地質は砂質系の埋土以深は，完新世に形成された沖積層で構成され液状化層と判定された砂質土層厚が 13m の有楽町層(上層)と非液状化層の粘性土からなる層厚が 43m の有楽町層(下層)に区分される．有楽町層は，上層の平均N値4，下層の平均 N値2で非常にゆるく軟質である．液状化対策を実施することとなったのは，地盤の液状化に関する耐震設計は建設当時にはなく，建設後に共同溝設計指針にて制定された経緯があり，のちに耐震性の調査を進めた結果，液状化判定とされたためである．本共同溝は，基礎形式が直接基礎で形状が箱状のため軽く，地震の影響で周辺地盤が液状化した場合，液状土砂が共同溝底面に回り込み揚圧力が作用し浮き上がりライフラインと特定緊急輸送道路の機能を喪失する懸念があったため被害を防ぐことが重要とされた．本稿では，液状化対策として実施した鋼矢板締切と地盤改良のうち，現地の地中構造物等の存在によって鋼矢板施工ができない箇所について提案して施工した地盤改良について報告する．

２．工事概要

本工事の概要を以下に示し，概要を**図-1**，**図-2**，**図-3**，**写真-1**に示す．

工事名：葛西共同溝補強その9工事
工事場所：東京都江戸川区臨海町6丁目地先
発注者：国土交通省関東地方整備局東京国道事務所
施工者：株式会社ピーエス三菱 東京土木支店
工期：平成28年8月17日～平成29年11月30日
工事内容：工事延長 72m
鋼矢板締切工（SYW295　排水機能付J型　継矢板） L=16.5m　100枚

太田有一

内田勝弘

地盤改良工(高圧噴射撹拌)　L=14.0m　計5本

ϕ 3500　θ =180°　2本

ϕ 8000　θ =180°　2本,　θ =45°　1本

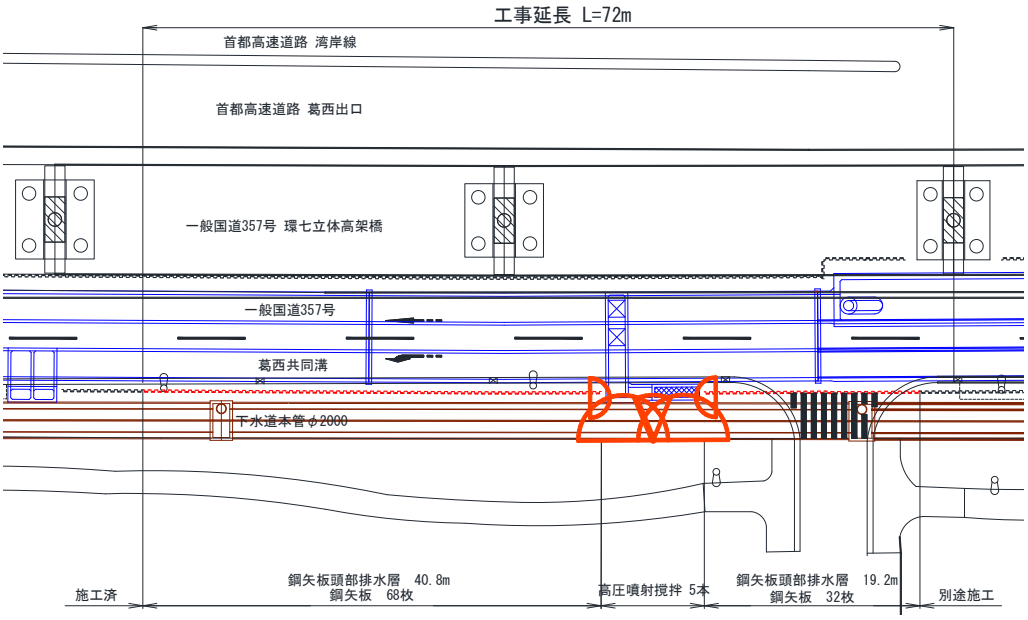


図-1　平面図

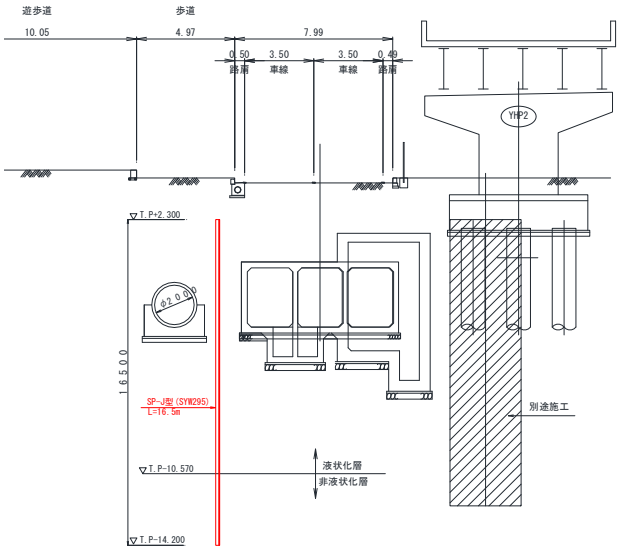


図-2　鋼矢板締切工断面図

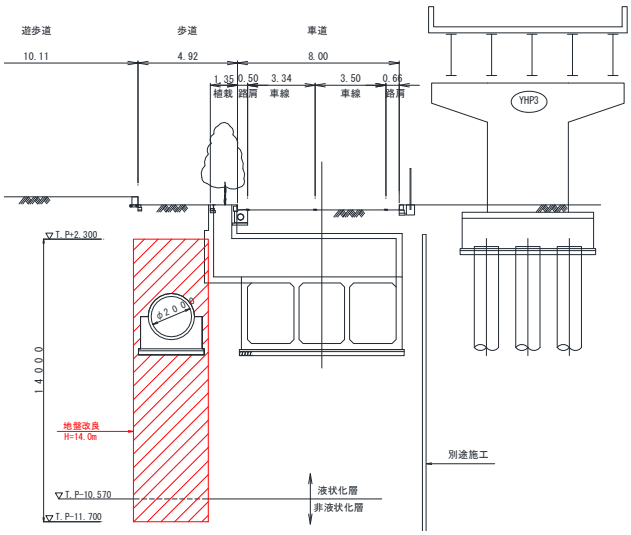


図-3　地盤改良工断面図

写真-1　施工箇所　（参照 Google マップより）

３．計画

3.1　課題

本工事では，所定目的物を施工する上で現地条件に制約の多い点が課題となった，以下に列記する．

1. 地下埋設物，既設構造物(共同溝本体，共同溝入溝口，下水道本管)が近接．
2. 施工による供用道路や地下埋設物への影響．
3. 交通量25000台/日，大型車混入率45%のため道路使用許可条件が21時～翌6時の時間的制約．
4. ヤードが狭小（車線減少規制で最大幅8m）．

3.2　液状化対策工法の選定

はじめに事前調査として既設共同溝の内部調査・測量，健全度調査および各占用企業者の管理台帳から必要な箇所の試験掘，探査ボーリング，健全度調査を実施して正確な位置，深度，脆弱部の有無など把握した．（**写真-2**，**写真-3**） 次に課題を解決できる工法を選定するため，**表-1** に示す液状化対策として用いられている工法分類表から一次評価を行い，次に**表-2** に示す適用性について二次評価を実施した．結果として共同溝へ液状化した土砂の回り込みを防ぐ連続壁が必要不可欠のため鋼矢板締切との一体化に優れる深層混合処理工法の高圧噴射撹拌工法が最適となった．

写真-2　共同溝(ガス溝)調査

写真-3　下水本管内部調査

表-1　液状化対策工法分類表

工法大分類	代表的な工法名等	評価基準	評価
鋼材締切工法	鋼矢板締切工法	機械設備が他工法と比較すると小さく，施工ヤードが狭い箇所で優位． 排水機能付き鋼矢板で間隙水圧消散効果も得られる． 本工事の一般部で採用している工法．	○
深層混合処理工法	高圧噴射撹拌（JSG工法）等 機械撹拌工法（CDM工法）等	高圧噴射撹拌は鋼矢板締切工法の欠損部防護には適している．種々の工法があるため適用性は高い． 機械撹拌工法は機械設備が大型で用地ヤードが大きく必要なため適さない．	○
グラウト工法	多重管注入工法 浸透固化工法　等	土質・地下水の影響を大きく受けるため注入効果・強度の均質性など検討課題が多い．多重管注入工法は施工ヤードは狭小でも対応できる．	△
静的締固め工法	コンパクショングラウチング工法 等	モルタル圧入のため周辺(下水管路)への影響が懸念される．施工ヤードは狭小でも対応できる．	△
振動締固め工法	サンドコンパクションパイル工法 等	構造物新設時の事前施工で優位． 機械設備が大型、用地ヤードが大きく必要で振動・騒音・周辺への影響が大きく適さない．	×
間隙水圧消散工法	グラベルドレーン工法 等	構造物新設時の事前施工で優位． 機械設備が大型、用地ヤードが大きく必要なため適さない．	×

表-2　深層混合処理工法適用性判定表

検討・必須条件	適用性		
	機械撹拌工法	機械撹拌併用 高圧噴射撹拌工法	高圧噴射 撹拌工法
地盤改良体が鋼矢板と密着し壁体の一体化が図れる	撹拌翼使用では一体化ができない ×	適用可 ○	適用可 ○
狭小ヤードならびに交通規制(1車線規制)での施工が可能	3点式くい打ち機配置不可 ×	ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞﾏｼﾝ使用工法のみ適用可 △	適用可 ○
地震時の外力に対して十分な強度を有する改良体の造成が可能	適用可 ○	適用可 ○	適用可 ○
鋼矢板欠損幅が大きい場合、大口径改良体の造成が可能	改良径φ1500程度のため適用不可 ×	改良径φ2000程度のため適用不可 ×	改良径φ8500まで適用可(N値による) ○
現場条件による検討結果	×	×	○

次に調査で決定した鋼矢板欠損幅，液状化層厚をもとに施工する詳細工法の選定を以下の**図-4**，**図-5** に示すフローで進めた．地盤改良は改良体が固結するまではスラリー・可塑状で強度を持たないため施工中や直後の国道の沈下や陥没などの不測の事態発生を避けるため改良天端から浅層部分への 45°影響線が工事にて常時占用している範囲内で収まるように改良体配置や路面覆工の計画を行い，従来技術の円形改良と比較して必要改良範囲を**図-6** に示すように自由な形状で改良を行える JETCRETE 工法(ジェットクリート）を発注者と協議を進め採用することとした．従来技術との比較を**表-3** に示す．

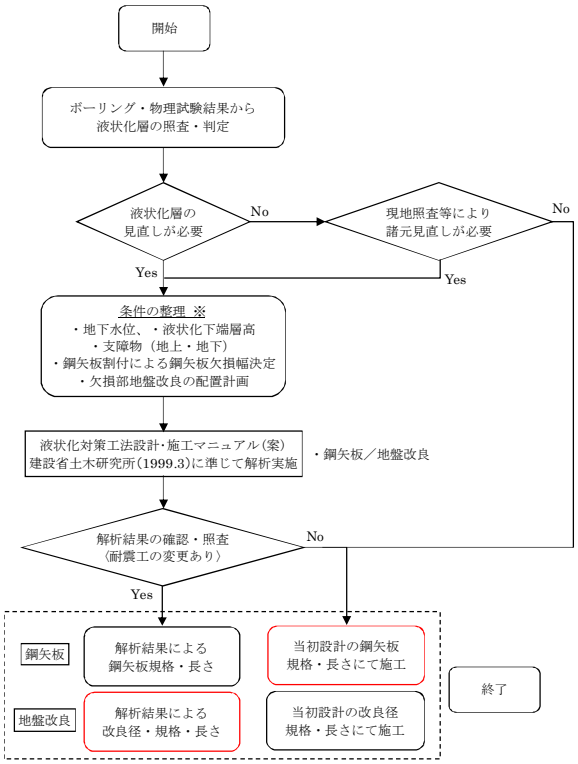


図-4　照査フロー

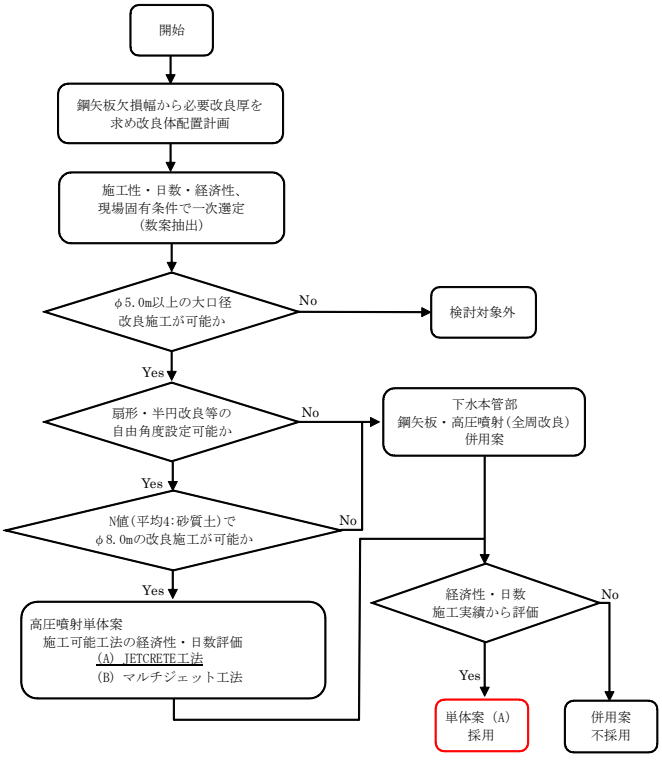
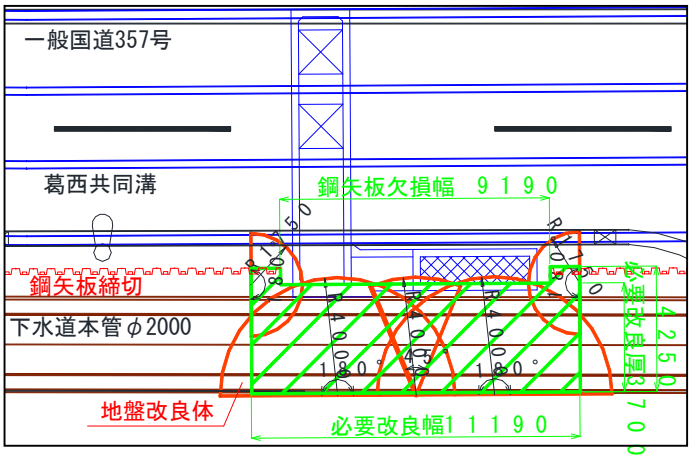


図-5　詳細工法選定フロー

表-3　施工数量比較表

	従来技術(円形改良)	今回(扇形･半円改良)	縮減率
改良体土量	1859m³	926m³	50%
汚泥発生量	1654m³	820m³	50%



項目	諸元
鋼矢板欠損幅	9.19m
対策工 (必要改良範囲)	必要改良厚 3.7m
	必要改良幅 11.19m
	改良長 14.0m
地盤改良体	φ8000　θ=45°　N=1 本
	φ8000　θ=180° N=2 本
	φ3500　θ=180° N=2 本

図-6　地盤改良体配置図・諸元

4．施工

4.1　配合試験

高圧噴射撹拌工法は，高圧の噴流で土砂を流体切削して改良体を造成するため土質によって品質にバラツキが出やすい．そのため配合試験用に採取したサンプリング土砂の確認を行い，既存ボーリング報告書と比較し疑義があれば物理試験などを実施する必要がある．結果はシルト層の介在はなく，均質な砂質土で鉛直方向の液状化下端層位置となる粘性土への変化もボーリングデータと整合していることを確認した．そこで現位置の土砂で**図-7** に示す配合試験フローに従って試験を実施した．試験における目標強度を設定する強さ比（現場強度／室内配合強度）を**図-8** によりスラリーを用いて砂質土を改良した場合および当社の隣接工事における配合実績を参考に quf/qul＝1 として室内目標強度は設計基準強度の砂質土 3MN/m² とした．ただし配合仕様については，実績等で定めた最小配合が決まっているので通常の多種配合から最適配合を決定する試験ではなかったことを記しておく．

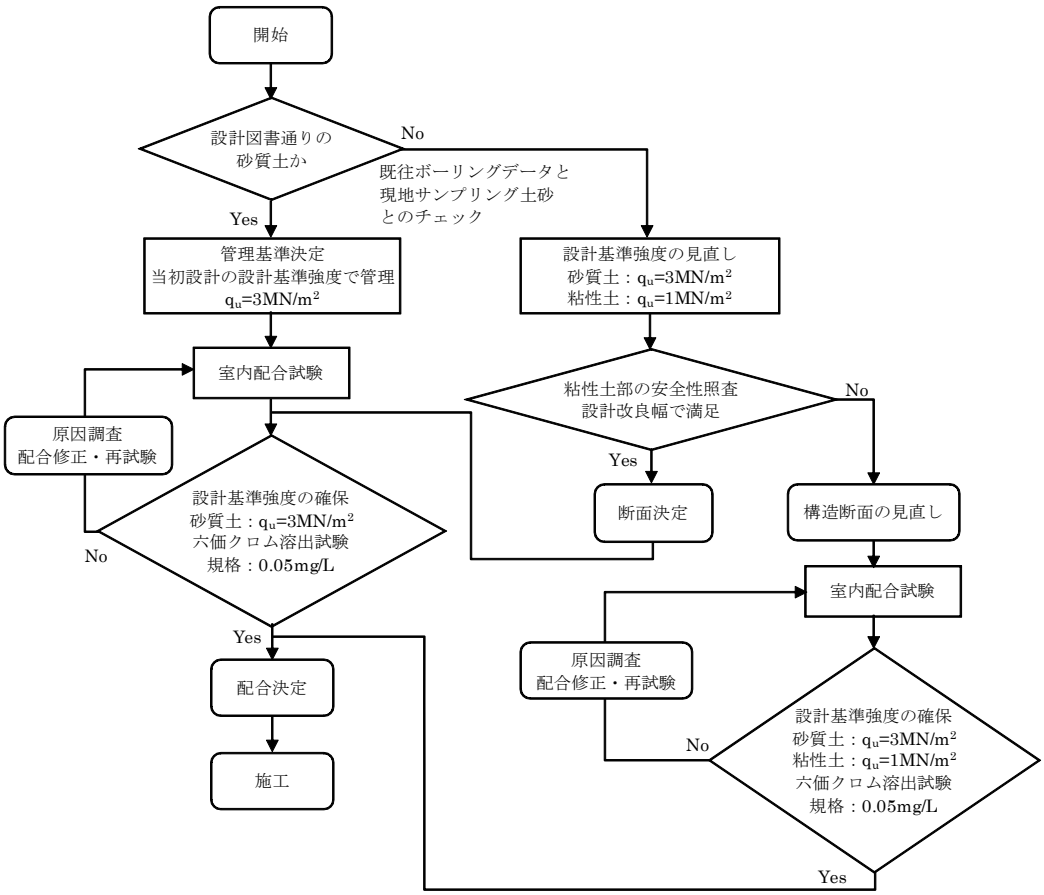


図-7　配合試験フロー

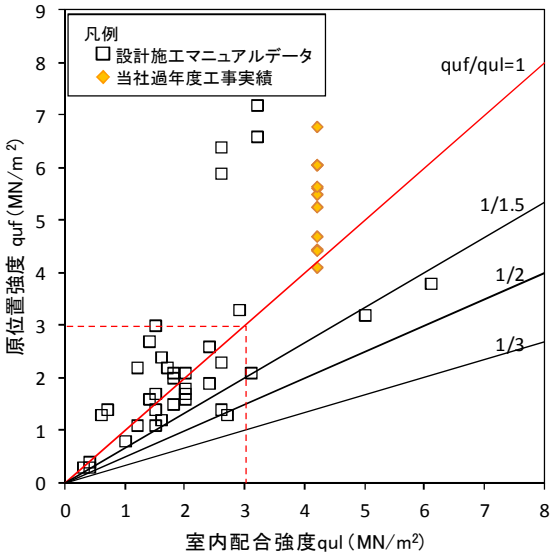


図-8　室内配合強度決定根拠

（深層混合処理工法設計・施工マニュアル（改訂版）に加筆）

4.2　施工

施工については，**図-9** に示す施工フローに従い実施した．地盤改良は専用管理装置で噴射圧力，噴射量，揺動角度，回転速度，回転角度，ステップ長の管理・制御を行った．高圧噴射撹拌のイメージを**図-10** に示す．また**表-4** の噴射造成仕様に示すように固化材噴射量が造成長 1m あたり 15m³ と多いため，地山のゆるみの誘発による舗装，構造物の沈下等に対しては，リスクを低減する施工順序で施工することと，共同溝換気口部等での管理基準値を定めた計測，地中構造物内部への改良スラリーの流入についての監視を合わせて実施した．改良施工状況を**写真-4** に示す．

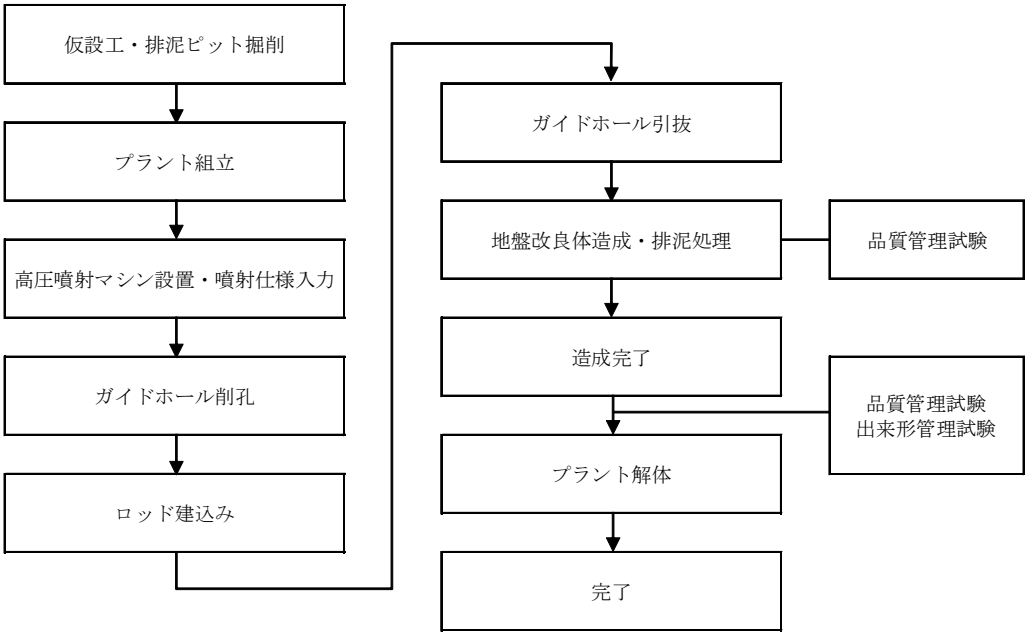


図-9　施工フロー

表-4　噴射造成仕様

有効径 mm	噴射角 °	固化材 圧力 MPa	固化材 流量 ℓ/分	引上速度 分/m	圧縮空気 圧力 MPa	圧縮空気 流量 m³/分
φ8,000	180	30～40	320	48	0.7～1.35	10以上
φ8,000	45		320	12		
φ3,500	180		185	9		

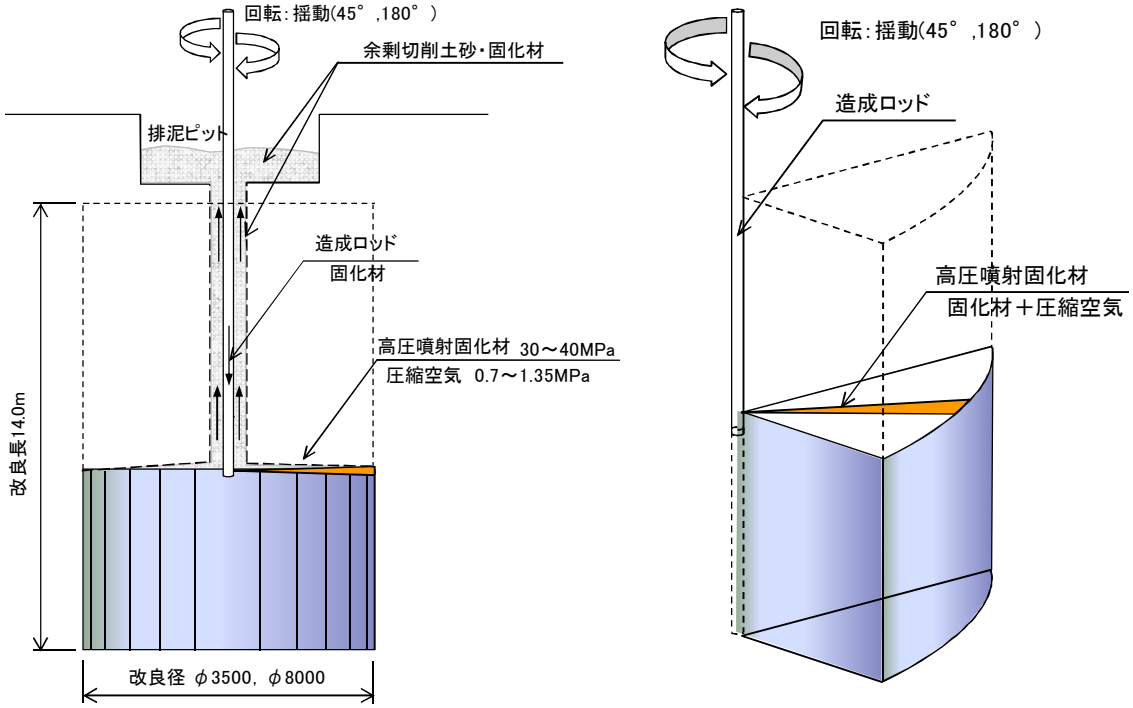


図-10　高圧噴射撹拌イメージ図（正面図，側面図）

写真-4　改良状況全景

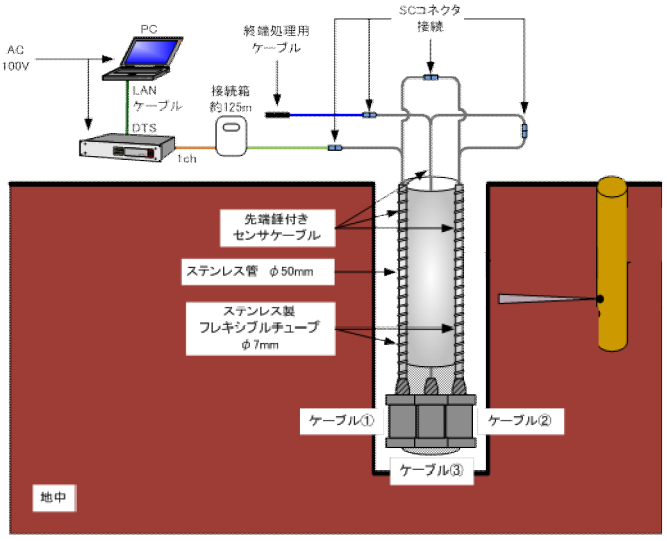


図-11　改良径確認模式図

4.3　出来形確認方法

地盤改良の出来形確認手法は，施工後のコアボーリングで改良径ならびに採取供試体の圧縮強度試験で確認することが一般的である．施工前などに行える他の確認手法として本工事から600m東における当社過年度施工の同種工事で行った試験施工について記す．**図-11**に示す模式図のように改良外縁にボーリングを行い設置した光ファイバーケーブル（センサー間隔0.5m）に改良材の高圧噴射が当たると温度が上昇することを利用した方法で必要な造成径が確保されているかを確認するものである．高圧噴射圧力によるケーブル損傷防止はφ7mmのSUS製のフレキシブルチューブを被せたものをφ50mmステンレス管の外側に2本設置し，内側にはケーブルのみ1本を設置し測定を行い温度変化状況により噴射到達の確認を行った．噴射到達を確認するモニターを**図-12**に示す．噴射到達によるセンサーの温度変化をパソコン上で確認するもので，本試験施工では噴射後20秒～30秒経過時点で温度変化が現れ，施工仕様の妥当性を確認した．試験施工で噴射到達が確認できないなどの問題時もリアルタイムに状況を把握し，噴射圧，吐出量，1ステップあたりの引上速度の調整など施工仕様の変更を行えるため，地質変化が懸念される工事などには有用な方法である．

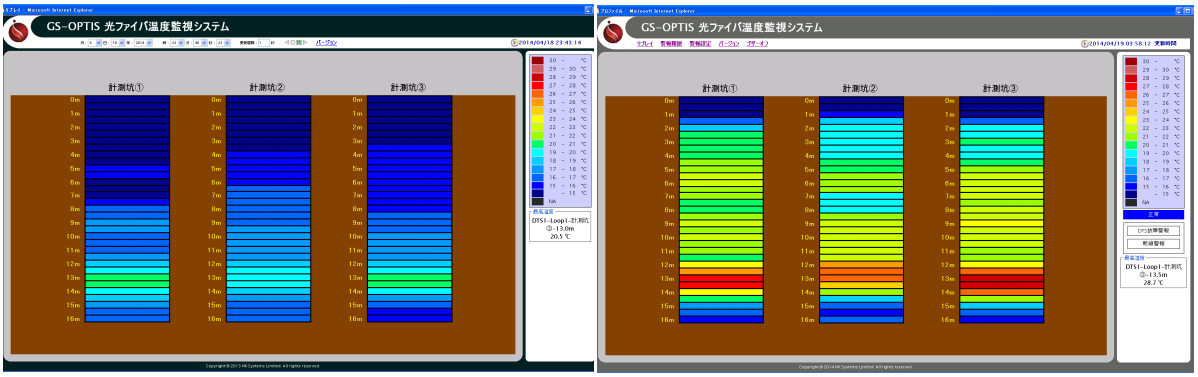


図-12　温度変化モニター（左：施工前　右：試験施工中）

4.4　施工結果

施工後に 3 箇所のコア採取（**写真-5**）を行い，目視判定では各々棒状で強度を持ち，セメント色への変化もあり必要改良範囲が均質に改良されていることを確認した．強度試験結果は 3.2MN/m²～12.1MN/m² で強度のバラツキは見られたが設計基準強度を十分に満足した．隣接する他社工区において高圧噴射施工時に国道路面の沈下が発生していたため，当該箇所が影響範囲とならないよう配置計画を十分に吟味し慎重に施工を行った結果，路面沈下や地中構造物の変状を発生させずに目的物を完成させた．

写真-5　採取改良コア

５．まとめ

本稿で全国でも実績の少ない大口径地盤改良について報告した．今回は社内の同種工事例も参考に事前検討を十分に進め，必要改良範囲に対して半円と扇形を用いた合理的な改良形状を計画し実施した．従来技術の円形改良と比較して改良土量や産業廃棄物の汚泥処理量を 50%削減し，工事費や工程の縮減，環境にも配慮した施工を実施することができた．地盤改良は不可視状態で施工が推移するので完成後に不具合が確認された場合のリスクが大きいため事前の検討と計画が重要であるので今後の共同溝などの線状構造物に対する液状化対策の参考となれば幸いである．

謝辞

本工事を施工するにあたり，ご指導頂いた関東地方整備局東京国道事務所の関係者各位にこの場をおかりして深く感謝の意を表します．

参考文献

1）建設省土木研究所：液状化対策工法設計・施工マニュアル(案)，1999.3
2）日本道路協会：共同溝設計指針，1986.3
3）日本道路協会：道路橋示方書・同解説（V 耐震設計編），2012.3
4）財団法人土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法 設計･施工マニュアル(改訂版)，2004.3
5）JETCRETE 研究会：JETCRETE 技術・積算資料　第 2 版，2016.4