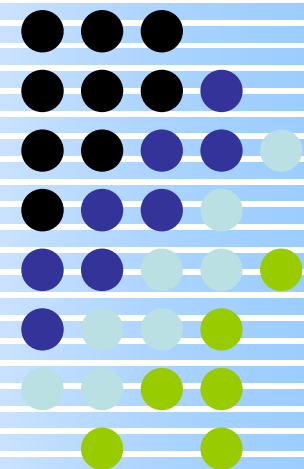


マルチジェット工法
(自由形状・大口径高圧噴射攪拌工法)

SIMAR工法
(吸水型振動棒締固め工法)

2013年2月21日

前田建設工業株式会社



MAEDA WORKS
Construction report of
MAEDA Corporation



1. 工法概要



大口径・自由形状高圧噴射攪拌工法 マルチジェット工法





1-1. 工法概要 マルチジェット工法

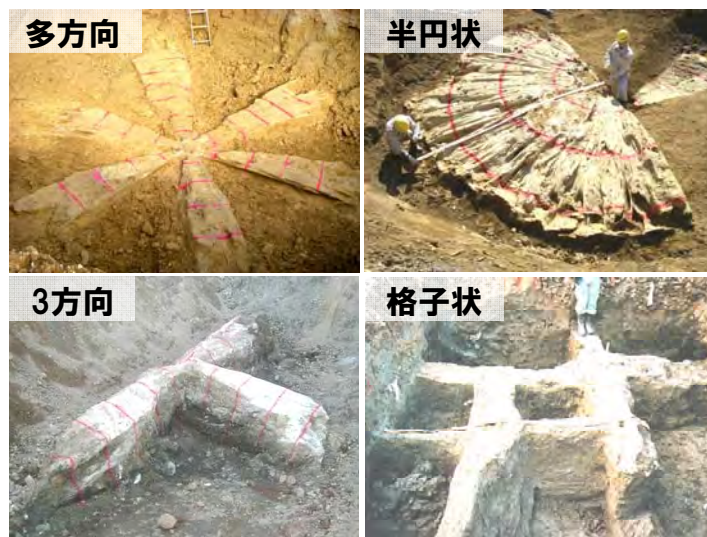
セメントミルクを地中内に超高圧で噴射することで
ソイルセメント改良体を造成する高圧噴射攪拌工法



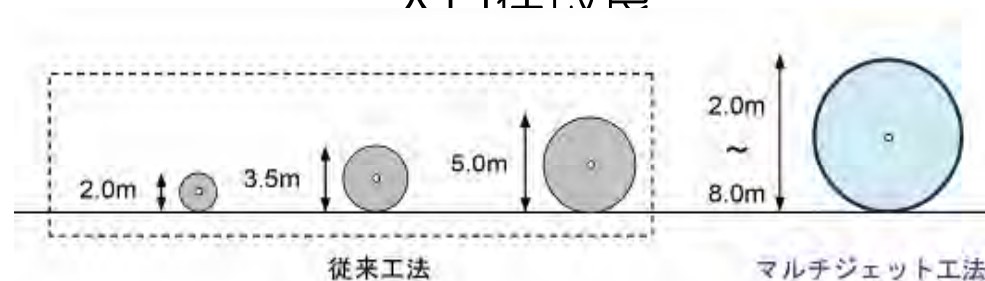
特 徴

- ・ **自由形状**の改良が可能（従来工法は円形状改良）
- ・ **大口径改良**（ $\phi 2.0 \sim 8.0\text{m}$ の造成可）が可能
- ・ 専用管理装置により、**リアルタイム施工管理**が可能

自由形状



大口径改良



- ・ 従来工法 : 改良径は**固定**
- ・ マルチジェット工法 : 改良径を**自由に設定**
(独自のデータにより、引上げ速度と噴射量を調整)

従来工法 : JSG工法、CJG工法、Superjet-Midi工法、Superjet工法

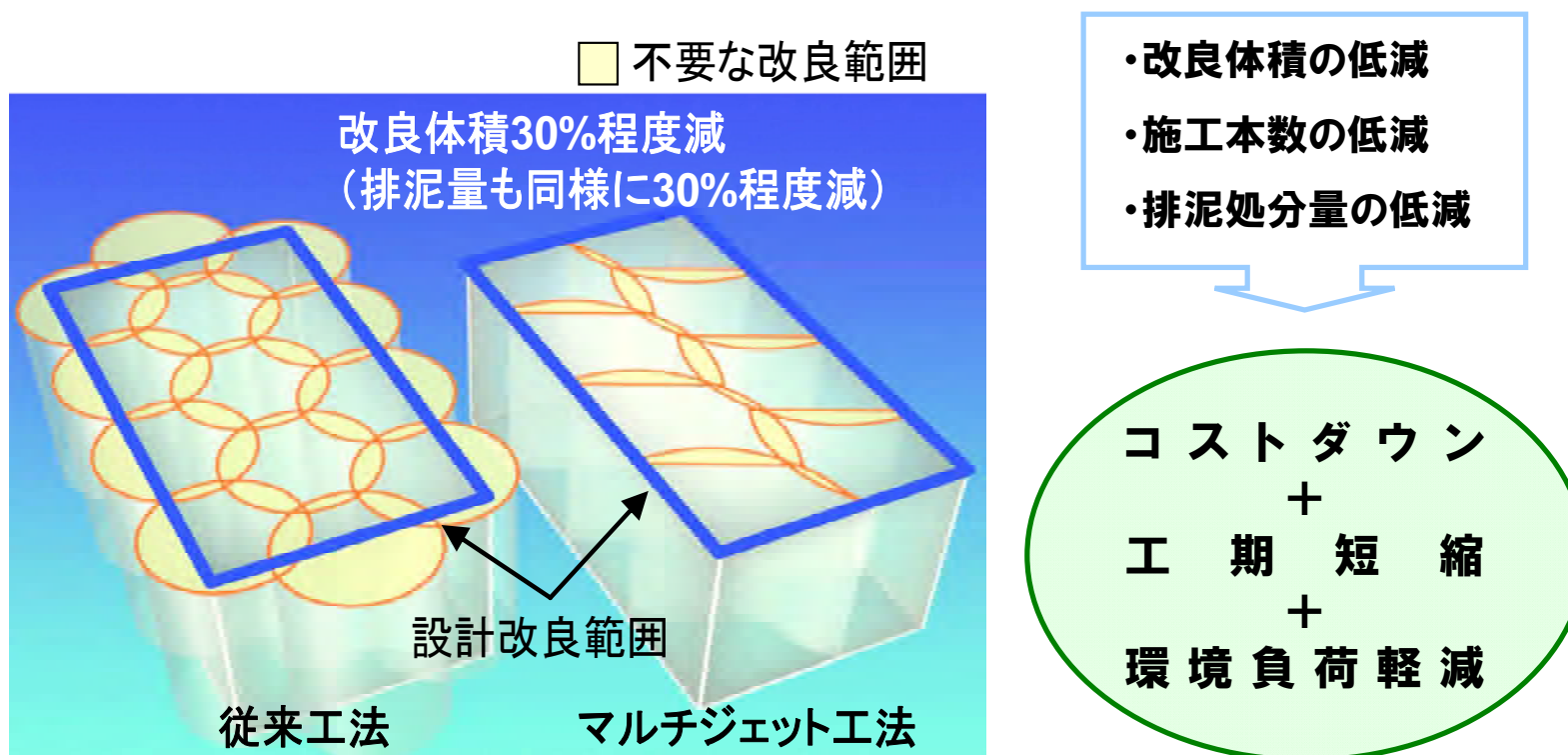


1-1. 工法概要 マルチジェット工法



メリット

- ①コスト縮減と工期短縮が可能（自由形状と大口径改良で合理的な改良）
- ②発生排泥量の低減により、処分費の低減・環境負荷低減
- ③施工管理・品質管理の高度化により、本設目的の改良が可能





1-1. 工法概要 マルチジェット工法

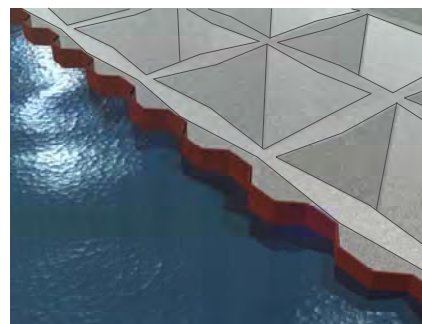
適用例

基礎・護岸の耐震補強

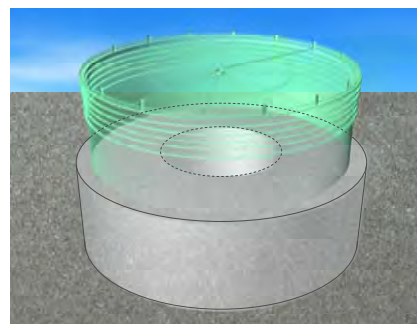
地盤の液状化対策

開削山留めの底盤改良

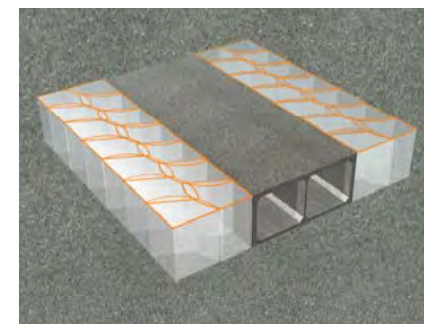
シールド発進・到達防護



護岸背面の改良



タンク直下の改良

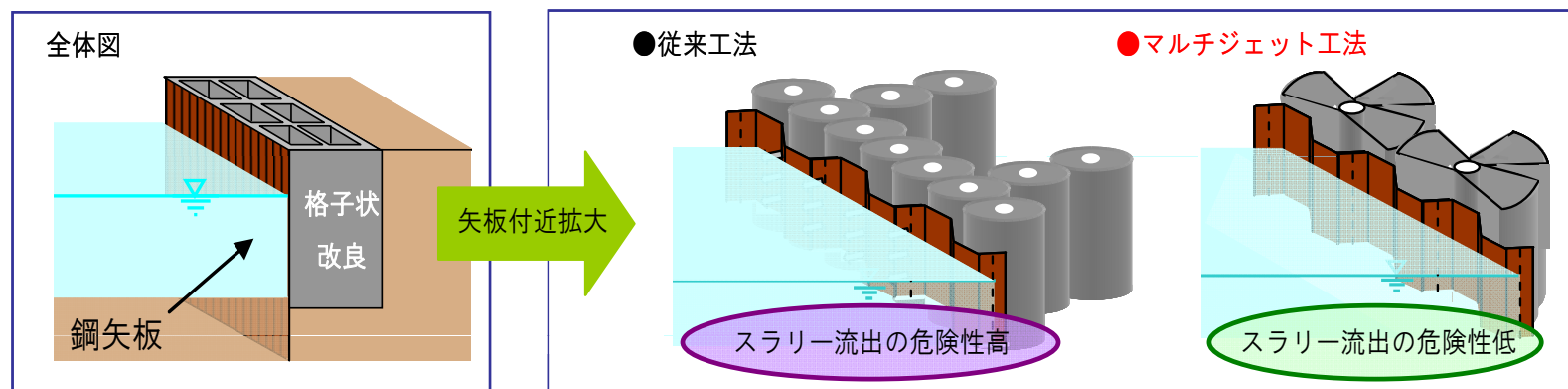


構造物側方の改良

これらの用途以外に、従来の高圧噴射攪拌工法が適用できる箇所には、すべて適用が可能です。

■適用例(矢板式護岸背面改良)

矢板に向けて噴射せずに近接した改良が可能^{なため}、海側へのスラリー流出のリスクを軽減することが可能です。

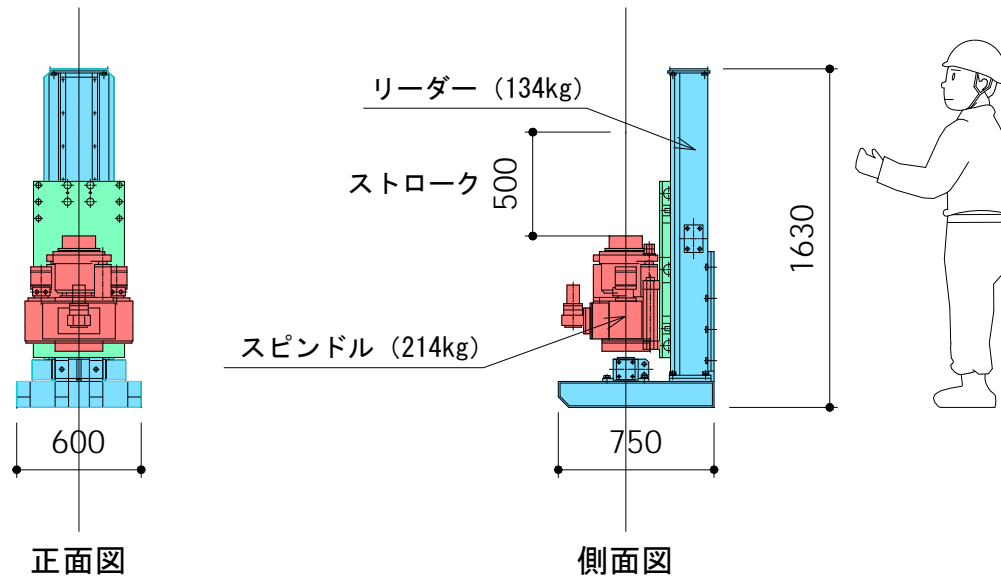


1-1. 工法概要 マルチジェット工法



超小型マルチジェットマシンの開発

- ①現状の改良径性能を確保
(自由形状可能+最大直径φ8m)
- ②W60×D75×H163cm総重量400kg
- ③施工機材の軽量化・分割化により
人力運搬移動が可能



マルチジェット工法 施工実績総括表



マルチジェット工法施工実績(1/3)

2013年1月現在

No.	工事名	発注者	場所	削孔深度 (m)	改良体積 (m ³)	時期
1	耐震液状化対策路盤改良工事（（本工事）：Aセンター） 岸壁対策工事（1-5, 6）	A社	愛知県	18.2	3,373.0	H19.6～H20.1
2	阪和自動車道 海南インターチェンジ工事	西日本高速道路(株)	和歌山県	11.0	630.0	H19.9～H19.9
3	B社 F工場地震(液状化) 対策工事	B社	愛知県	12.7	1,447.0	H19.9～H20.1
4	C社 G工場地震(液状化) 対策工事	C社	愛知県	12.5	3,543.0	H19.10～H20.3
5	一級河川 寝屋川大日南調整池構築工事（取水施設工）	大阪府	大阪府	22.7	1,868.0	H20.1～H20.10
6	法面盛土耐震補強工事	D社	福島県	20.1	1,258.0	H20.9～H20.11
7	放水路旧護岸除却工事・関連改修工事	E社	千葉県	8.5	1,220.0	H20.12～H21.1
8	戸塚駅前地区都市計画道路工事	横浜市	神奈川県	22.4	248.0	H21.1
9	F社防油堤漏油対策工事のうち地盤改良工事	F社	福島県	12.0	832.0	H21.6～H21.9
10	共同溝工事のうち分岐洞道工事	東京電力(株)	東京都	10.9	178.0	H21.7～H21.8



マルチジェット工法施工実績(2/3)

2013年1月現在

No.	工事名	発注者	場所	削孔深度 (m)	改良体積 (m ³)	時期
11	県道高速名古屋新宝線きらく橋工区下部工事	名古屋高速道路公社	愛知県	8.4	371.0	H21.10
12	阪和自動車道海南インターチェンジ工事	西日本高速道路(株)	和歌山県	7.6	135.0	H21.9 ～ H21.11
13	第2海水取り入れ設備横護岸補強その1, 第2海水取り入れ設備横護岸補強その2	昭和電工株式会社	神奈川県	18.6	2,000.0	H21.7～H21.11
14	新宿歩行者専用道第2号線Ⅱ期出入口設置工事	東京都第三建設事務所	東京都	17.0	291.0	H22.3
15	G社防油堤漏油対策工事のうち地盤改良工事	G社	福島県	4.2～10.7	120.0	H22.4～H22.5
16	東京都勝島ポンプ所流入管渠工事その2	日本下水道事業団	東京都	26.0	673.0	H22.8～H22.9
17	新潟市川端排水区東堀4号幹線到達立坑地盤改良工	日本下水道事業団	新潟県	8.75～12.25	286.0	H22.8～H22.9
18	I社防油堤漏油対策工事のうち地盤改良工事	H社	福島県	12.0	260.0	H22.11～H22.12
19	J社耐震補強工事に伴う地盤改良工事	I社	茨城県	18.4	16,739.0	H22.11～H23.2
20	K社工場側方流動対策工事	J社	神奈川県	12.0	3,931.0	H22.12～H23.3



マルチジェット工法施工実績(3/3)

2013年1月現在

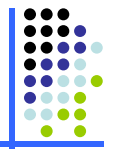
No.	工事名	発注者	場所	削孔深度 (m)	改良体積 (m ³)	時期
21	L社工場パイプラック基礎構造部防護工事に伴う地盤改良工事	L社	茨城県	3.8~3.9	136.0	H23.3~H23.4
22	有楽町線小竹向原・千川間連絡設置工事	東京地下鉄(株)	東京都	7.0~7.5	559.6	H23.3~H23.4 H23.7~H23.8
23	新中川低水護岸整備工事(その43-2)	東京都江東治水事務所	東京都	8.5~13.5	897.1	H23.10~H23.11
24	燕市旧配水塔改修工事	地盤補強	燕市	17.0	794.0	h23.11~h23.12
25	M社発電所地盤改良工	液状化防止	L社	12.7	1,491.6	h23.11~h24.2
26	N社発電所地盤改良工	液状化防止	M社	15.2	484.0	h24.3~h24.4
27	O社工場地盤改良工	液状化防止	N社	8.0~11.0	2,673.0	h24.6~h24.10
28	P発電所復水タンク地盤改良工	液状化防止	O社	3.6~12.1	766.9	h24.10~h24.11
29						
30						



吸水型振動棒締固め工法 SIMAR工法



1-2. 工法概要 SIMAR工法



地中に貫入したロッド（H-400：吸水機能付き）を振動させ、地盤を締め固める工法

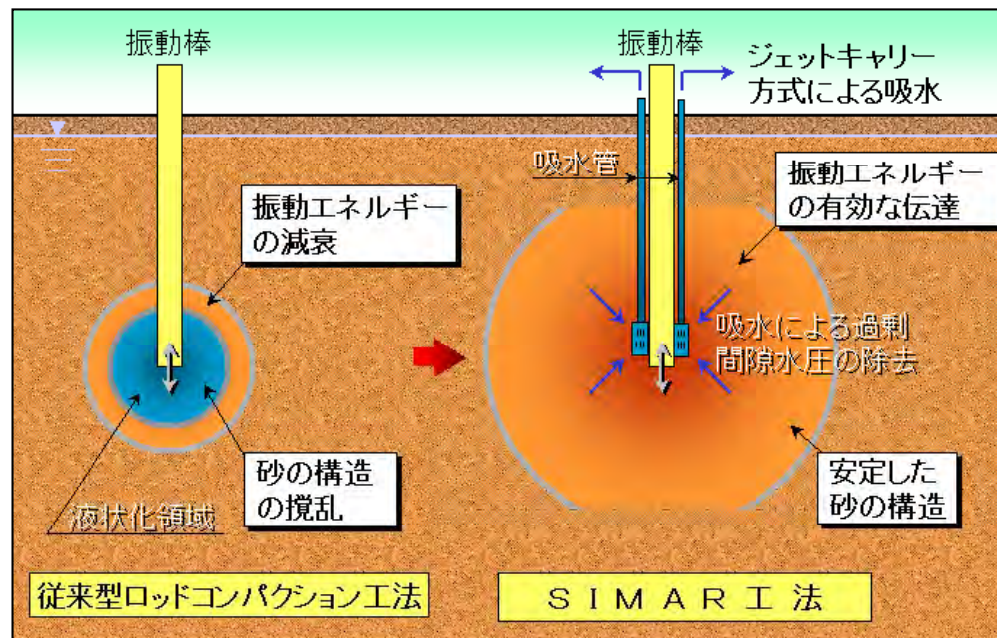
特 徴

従来の振動棒締め固め工法

↓
・・・締め固め時に過剰間隙水圧が発生し、締め固めエネルギーが減衰

SIMAR工法

・・・吸水管により過剰間隙水圧を消散させ、締め固めエネルギーを確実に地盤に伝搬させることで締め固め効果を飛躍的に拡大

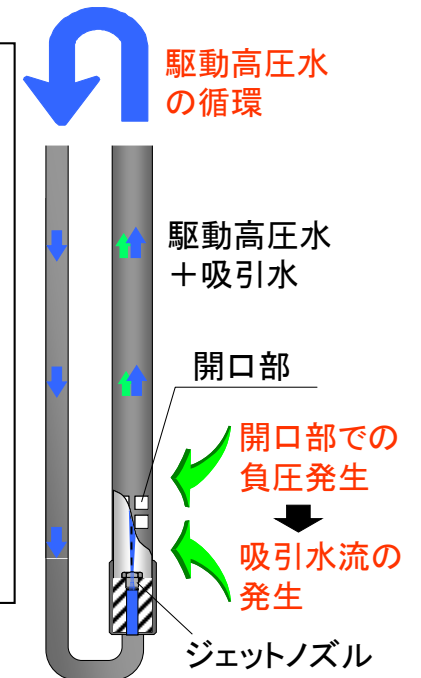
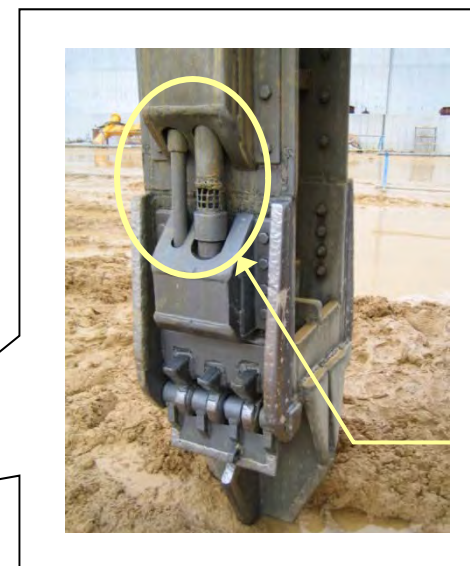
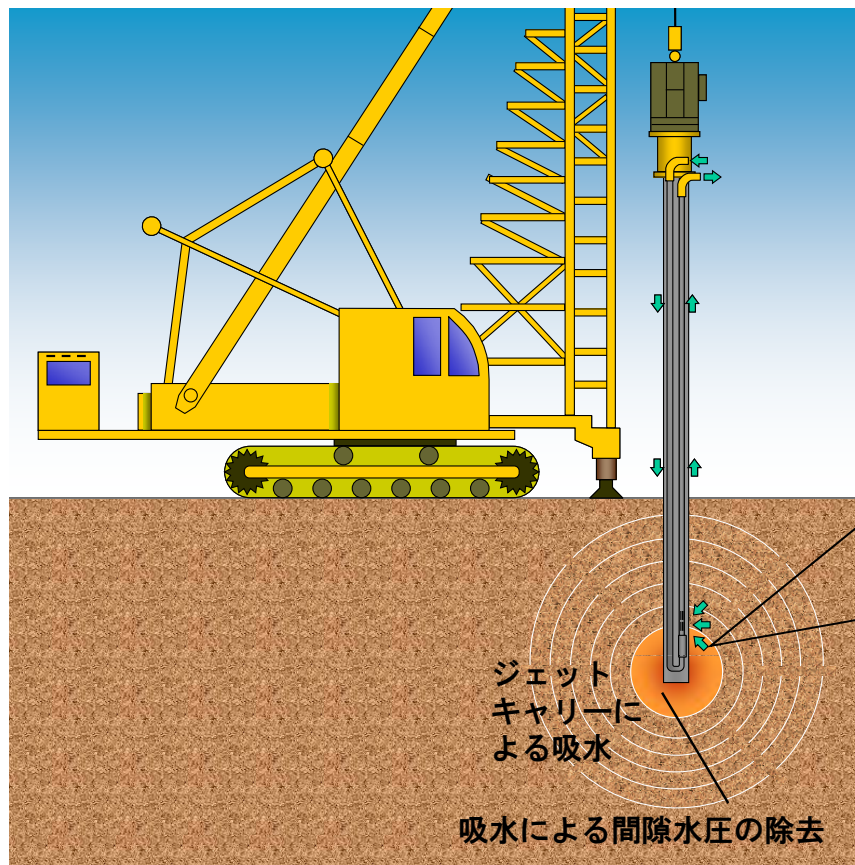


1-2. 工法概要 SIMAR工法



ロッド先端の吸水機構

- ・ 超高圧ポンプによるジェットキャリー採用により、大深度の場合でも安定した吸水を行うことが可能（真空ポンプでは揚程に限界あり）



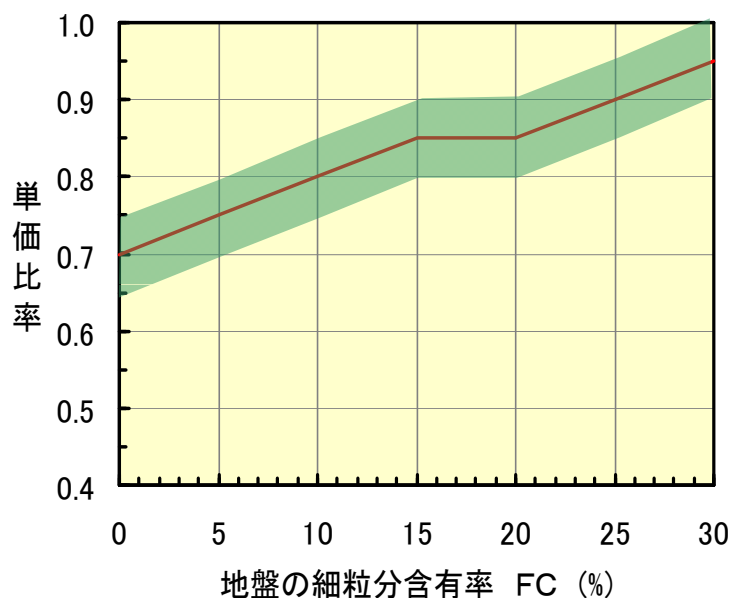
1-2. 工法概要 SIMAR工法



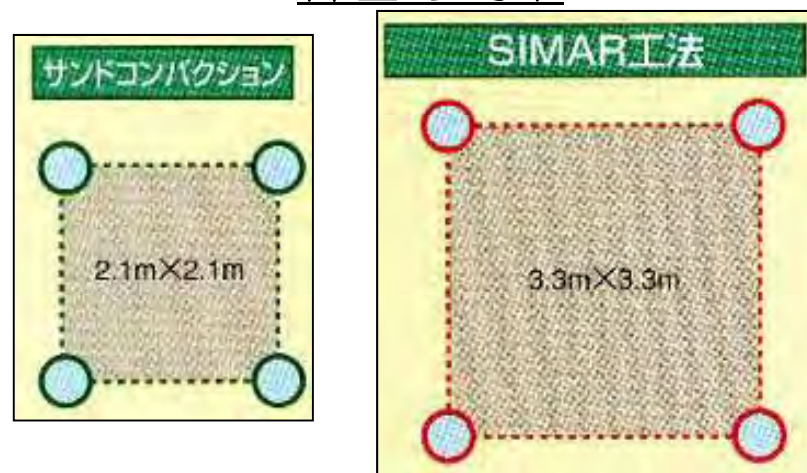
メリット

①従来工法と比べ、**大幅な工期短縮とコスト縮減**を実現

コスト比較 (SCP工法比)

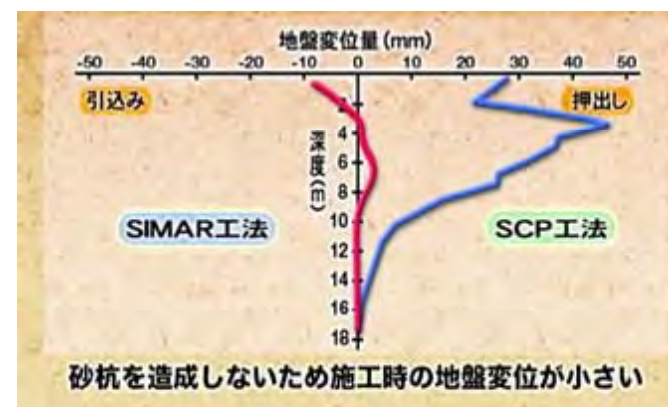


締固め効果



②施工に伴う地中変位や近傍の既設構造物
へ**影響が少ない**

③充填材として良質な**購入砂は不要**



SIMAR工法 施工実績総括表



S I M A R 工法施工実績

2012年1月現在

No.	工事名	発注者	場所	改良本数 (本)	改良総延長 (m ³)	時期
1	尼崎西宮芦屋港尼崎地区岸壁地盤改良工事	運輸省 第三港湾建設局	兵庫県	224	2,977	H10.1~H10.3
2	物流施設地震（液状化）対策	A社	愛知県	229	3,762	H19.10~H20.2
3	敷地造成の液状化対策工事	B社	福井県	3,716	37,842	H10.11~H11.7
4	新幹線用盛土路盤基礎の液状化対策工事	(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構	北海道	4,790	55,550	H21.9~H22.7
5	貯炭場バルコン基礎の液状化対策工事	C社	茨城県	4,810	93,235	H22.3~H23.10
6						
7						
8						
9						
10						

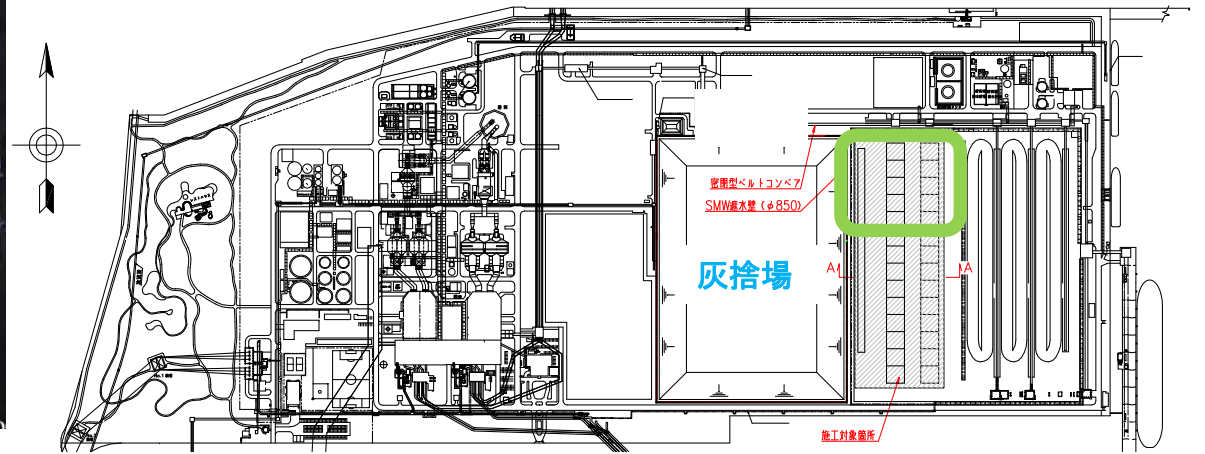


2. 常陸那珂火力発電所における液状化対策工法 (SIMAR工法、マルチジェット工法) の 東日本大震災における効果

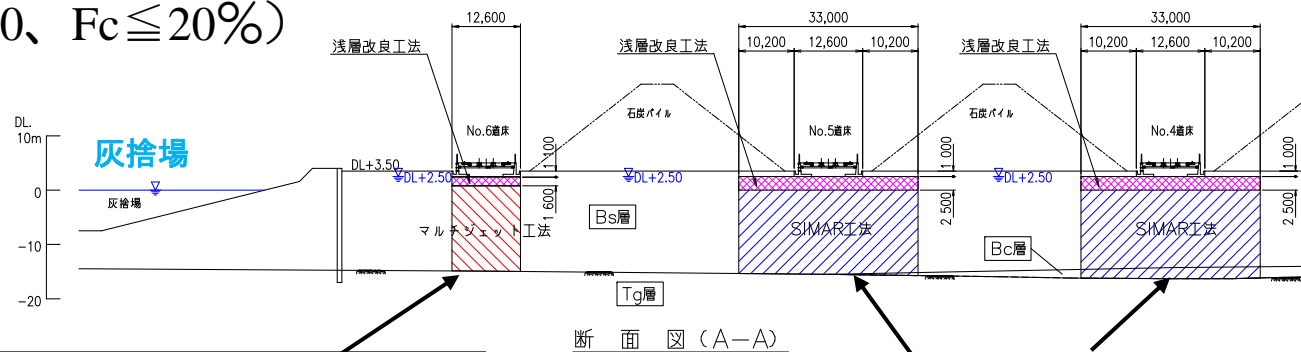
2-1. 液状化対策工事概要



2号機増設工事のうち貯炭場他工事ならびに関連除却工事 (2010.3~2012.2)
(リクレーマー基礎の液状化対策工事)



平成9~11年の若齢の埋立地
(埋土層20m、N値=5~20、 $F_c \leq 20\%$)



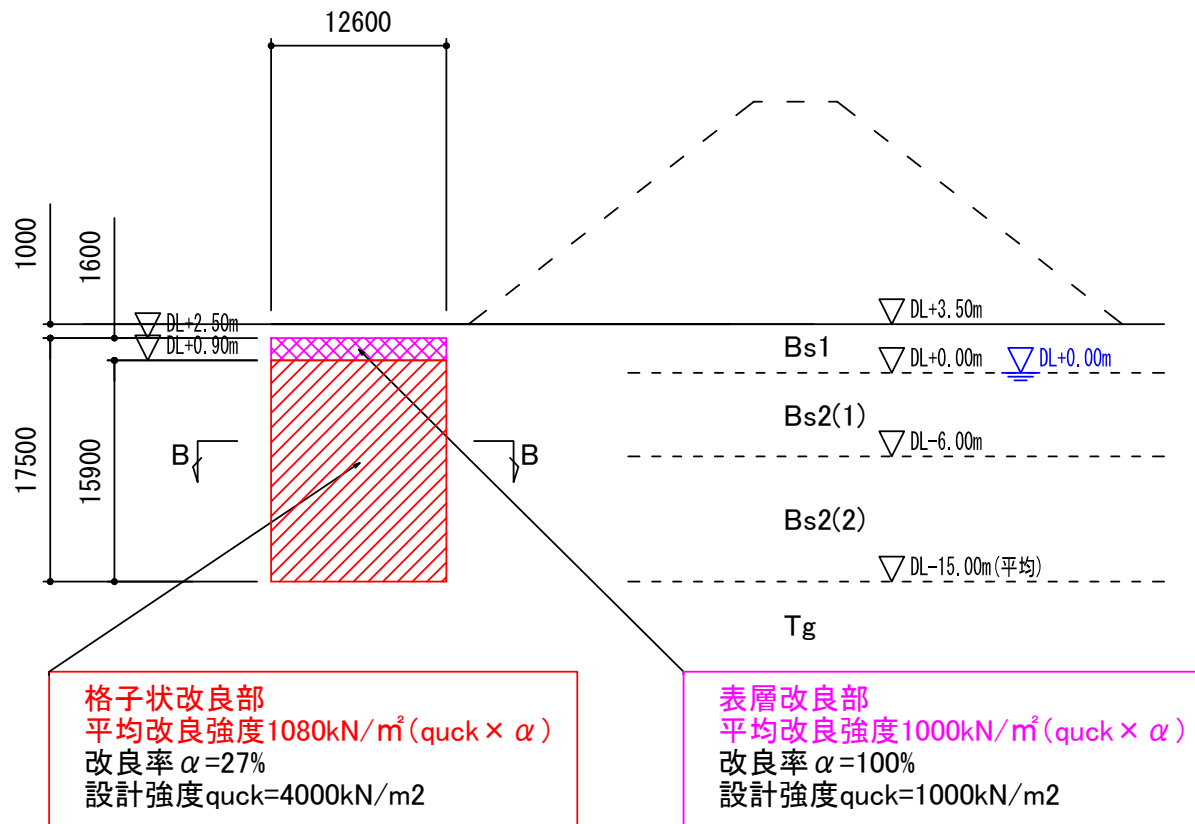
マルチジェット工による格子状改良
□-12.6m × 375m 改良長平均16m程度

SIMAR工による締固め
□-33.0m × 442m 改良長平均16m程度

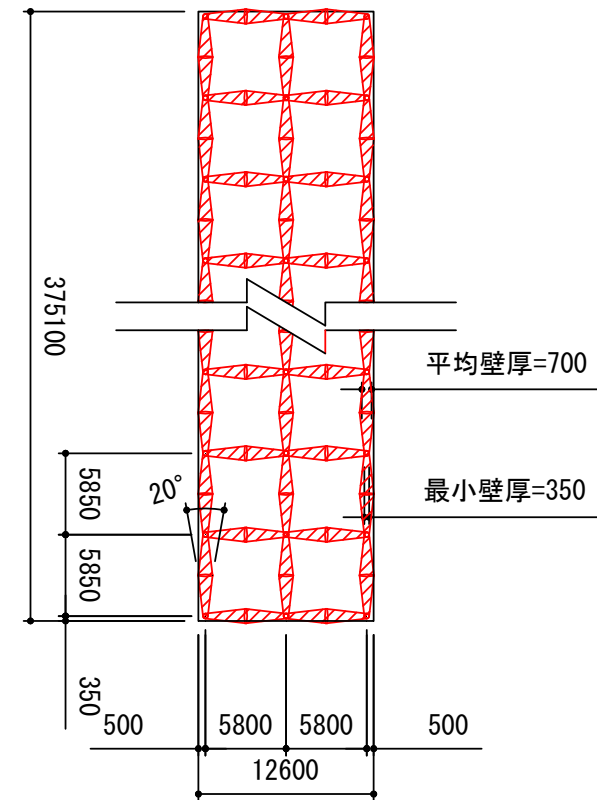
2-1. 液状化対策工事概要



マルチジェット工法改良配置図（格子状改良）



断面図A-A



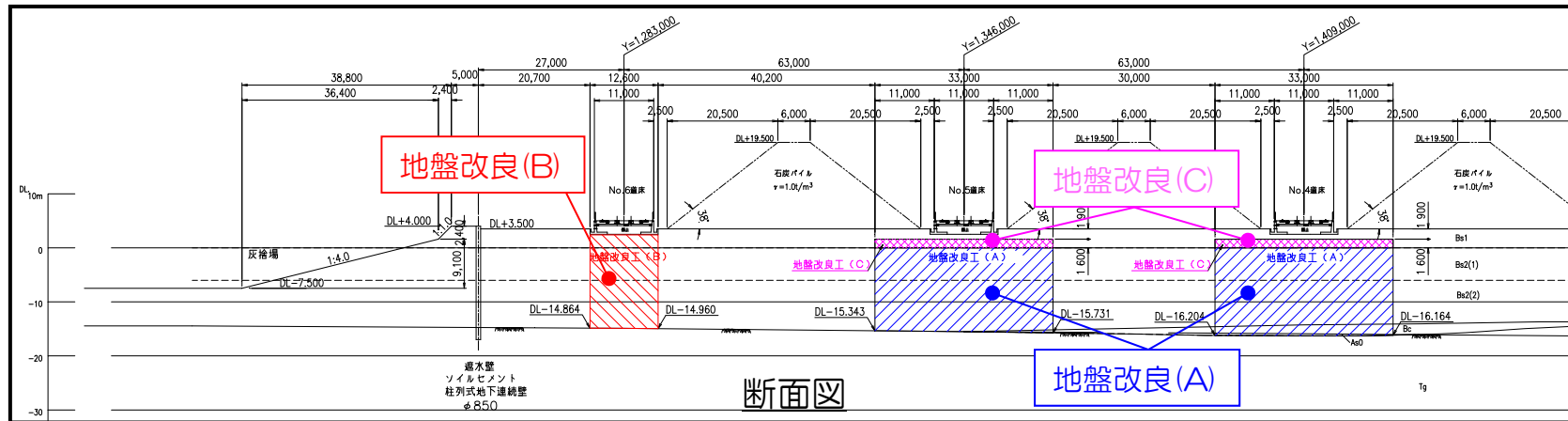
平面図B-B

2-1. 液状化対策工事概要



地盤改良工法VE

コストダウンを目的として地盤改良工法のVE提案 ⇒採用



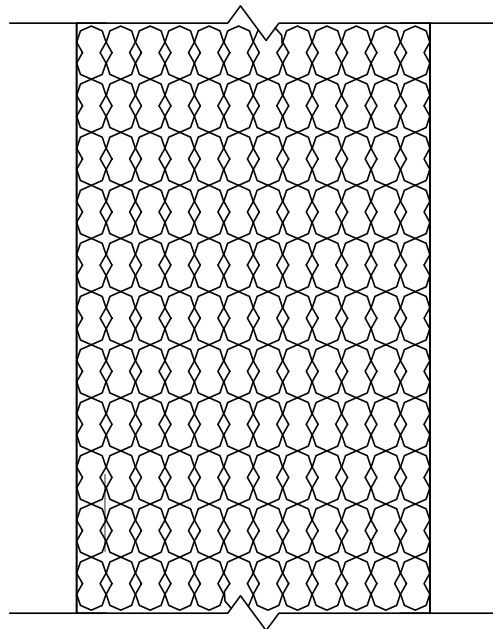
2-1. 液状化対策工事概要



機械攪拌工法

高圧噴射攪拌工法

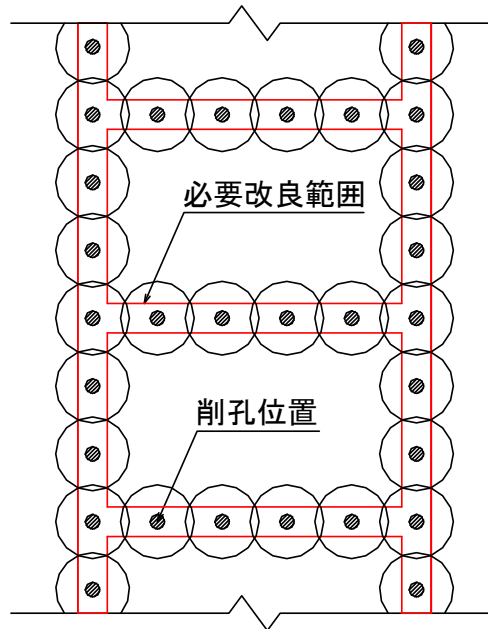
従来工法



改良率 $\alpha=78.5\%$
 設計強度 $quck=1000kN/m^2$
 改良体積 1.6
 削孔本数 4.4

従来工法

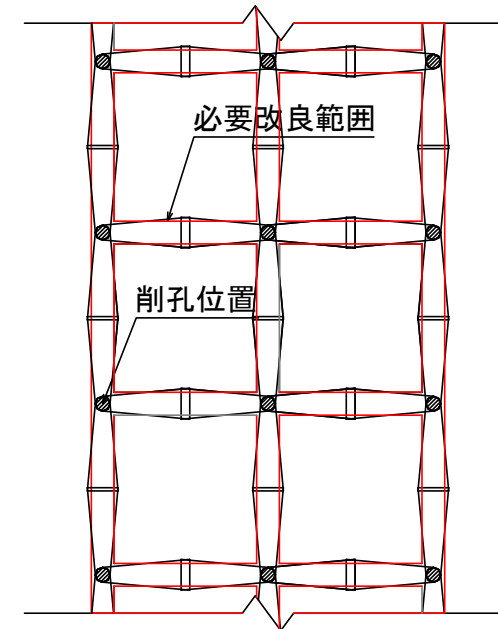
*改良直径2.5mとした場合



改良率 $\alpha=47.8\%$
 設計強度 $quck=4000kN/m^2$
 改良体積 1.0
 削孔本数 1.0

マルチジェット工法

*改良直径6.0mとした場合



改良率 $\alpha=31.9\%$
 設計強度 $quck=4000kN/m^2$
 改良体積 0.67
 削孔本数 0.40

*改良体積および削孔本数は高圧噴射攪拌工法の従来工法を基準とした

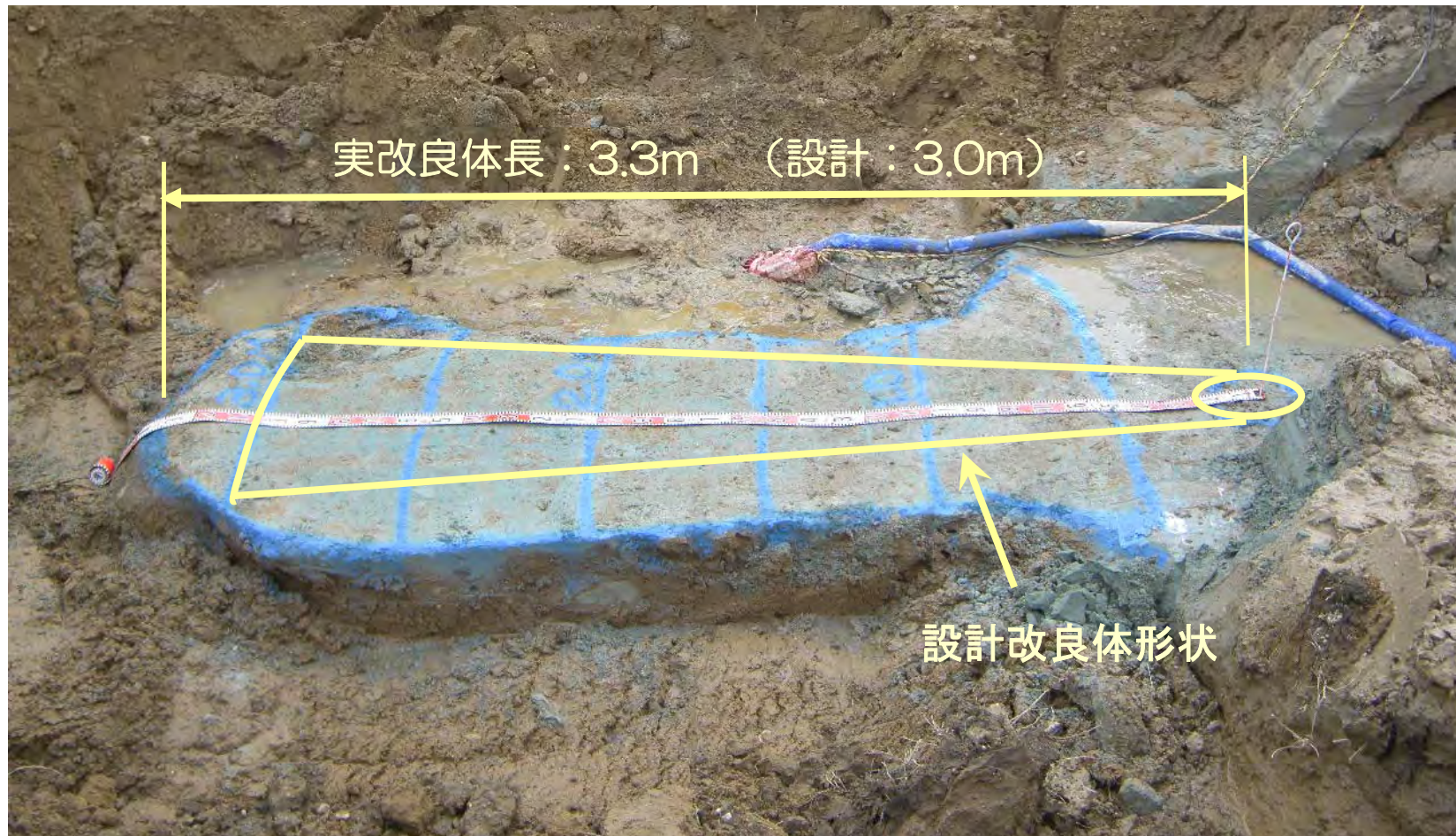


2-1. 液状化対策工事概要



マルチジェット工法による格子状改良

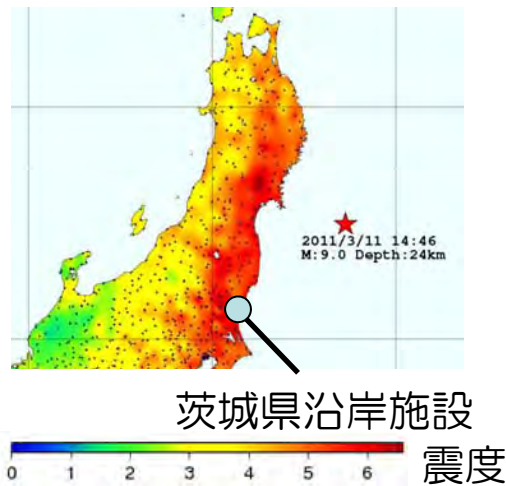
掘起しによる出来形形状確認状況



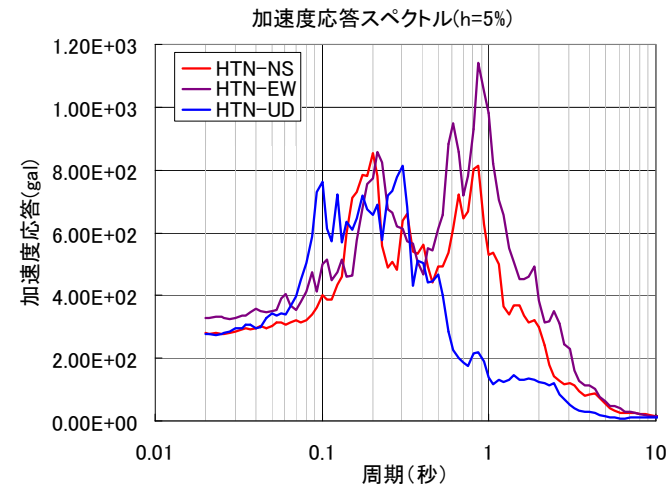
2-2. 東北地方太平洋沖地震の被災状況



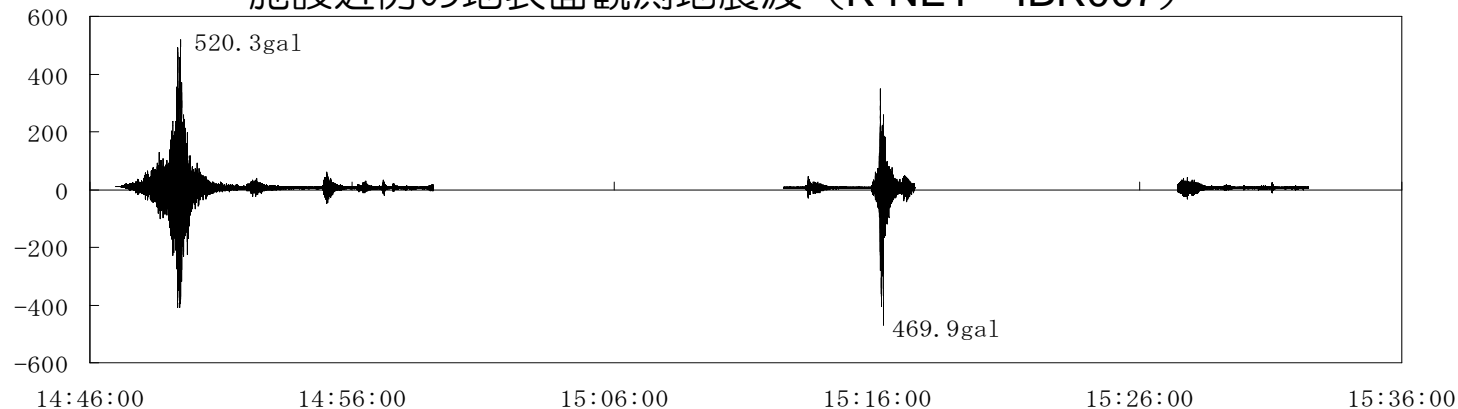
茨城県沿岸施設の地盤の液状化対策としてマルチジェット工法、SIMAR工法を適用（H22） →東日本大震災で対策効果を確認



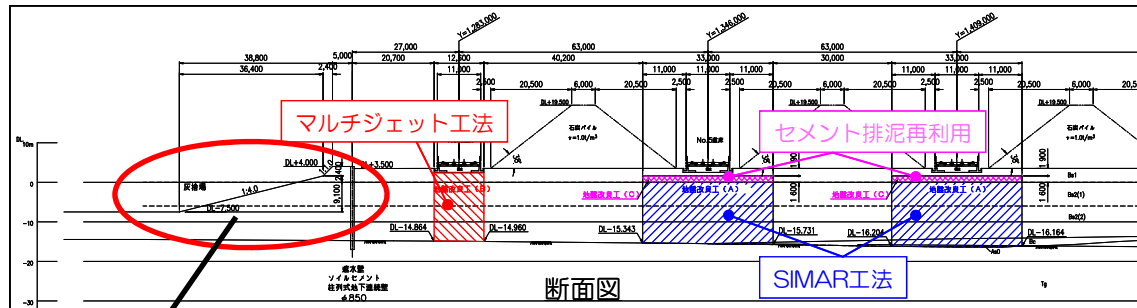
施設内観測地震波（加速度応答スペクトル）



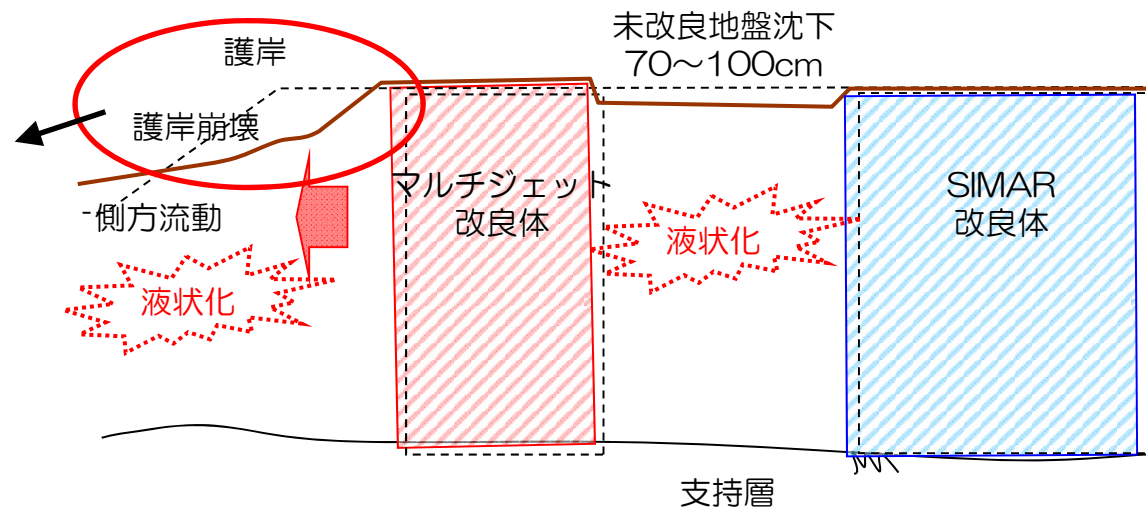
施設近傍の地表面観測地震波（K-NET IBR007）



2-2. 東北地方太平洋沖地震の被災状況



側方流動による護岸の壊滅的な崩壊



設計想定外地震動に対して、**側方流動**による壊滅的な護岸崩壊が発生



マルチジェット改良体が側方流動に対して抵抗し、**貯炭場安定性を確保**
 (一部掘り返しによる調査結果から、マルチジェット改良体は剛体変位であり健全であることを確認)



2-2. 東北地方太平洋沖地震の被災状況



構内施設被災状況

構内道路
(液状化現象)



構内道路
(液状化現象)



2-2. 東北地方太平洋沖地震の被災状況



構内施設被災状況

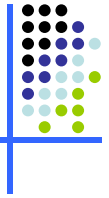
護岸
(液状化による側方流動)



護岸
(液状化による側方流動)



2-2. 東北地方太平洋沖地震の被災状況



構内施設被災状況

液状化による沈下



液状化による沈下



2-2. 東北地方太平洋沖地震の被災状況



震災後状況：SIMAR施工箇所では液状化発生なし

(SIMAR施工箇所と無対策箇所の対比)





— 補足資料 —

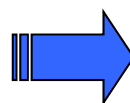


震災前後の地表面状況（マルチジェット工法）

震災前

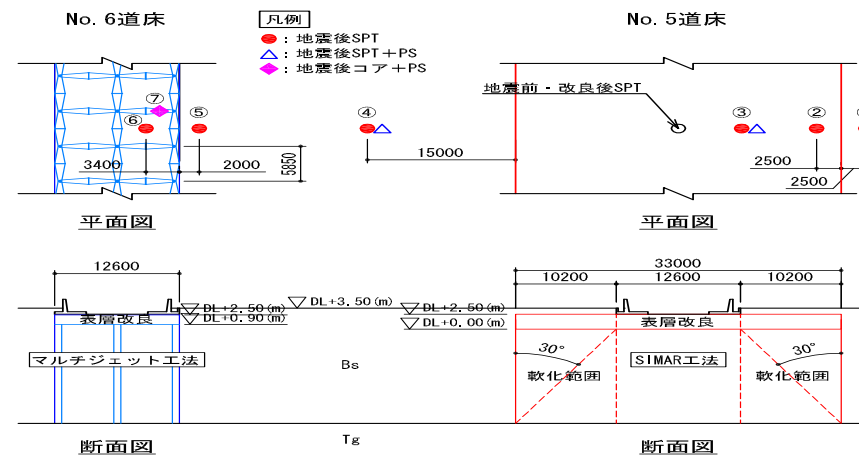


震災後



震災後状況 ・ 格子内地盤液状化なし、改良体の破壊なし

3. 震災後の改良効果検証





3. 震災後の改良効果検証

SIMAR工法調査の着目点（震災後調査）

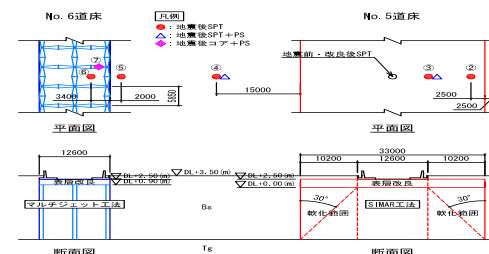
①地震前後で改良中央付近の強度変化確認

- 標準貫入試験によるN値比較 ⇒ 液状化していないことの定量評価

②地震前後で改良境界付近（設計軟化範囲）の強度変化確認

- 標準貫入試験によるN値比較

⇒設計上軟化範囲をなくすことができる
(改良範囲を低減しコストダウン)



③改良地盤の液状化強度・動的変形特性の確認

- 不攪乱試料採取による液状化強度試験
- 〃 による繰返し三軸試験（変形特性）



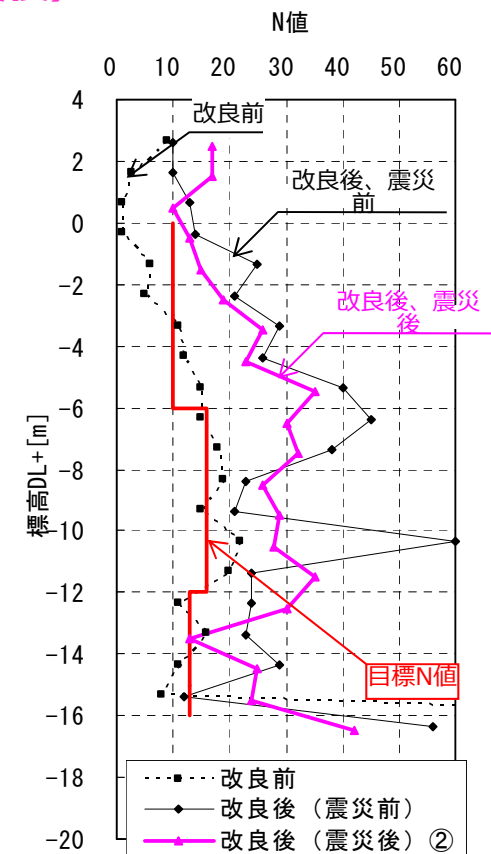
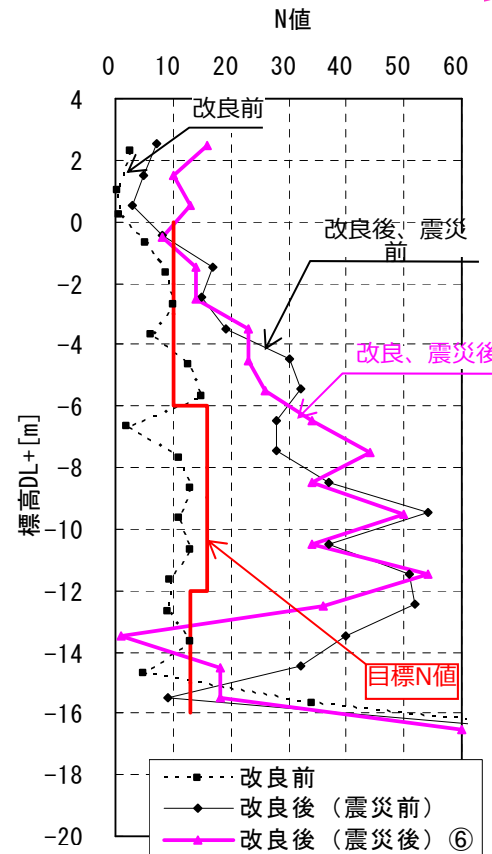
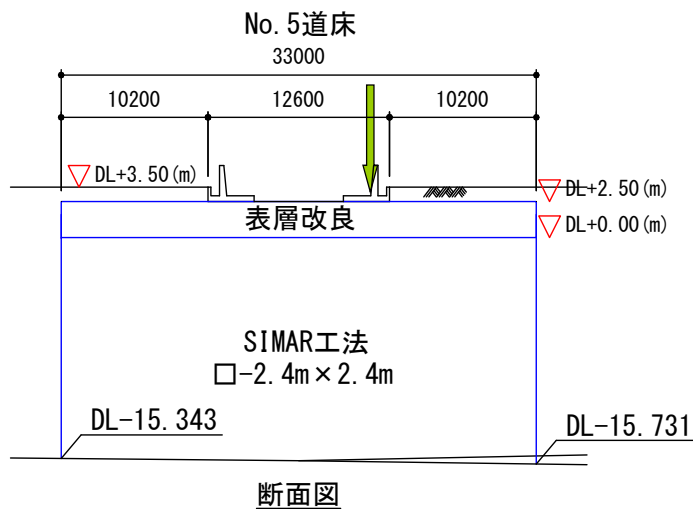
3. 震災後の改良効果検証



S I M A R 部 地震前後の改良部中央付近での強度変化

改良地盤 N値比較

未改良 (震災前) - 改良後 (震災前) - 改良後 (震災後)
 No.5-1 ⑥ No.5-5 ②



震災前後で改良部中央付近で強度低下していない(=液状化していない)



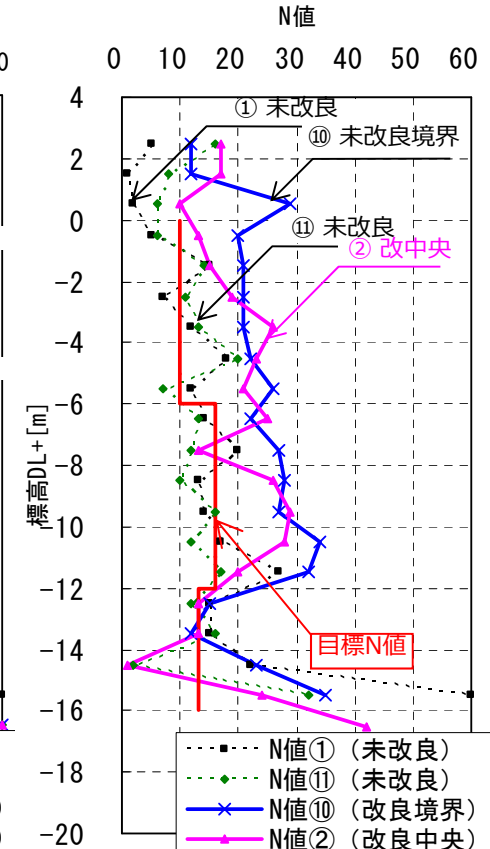
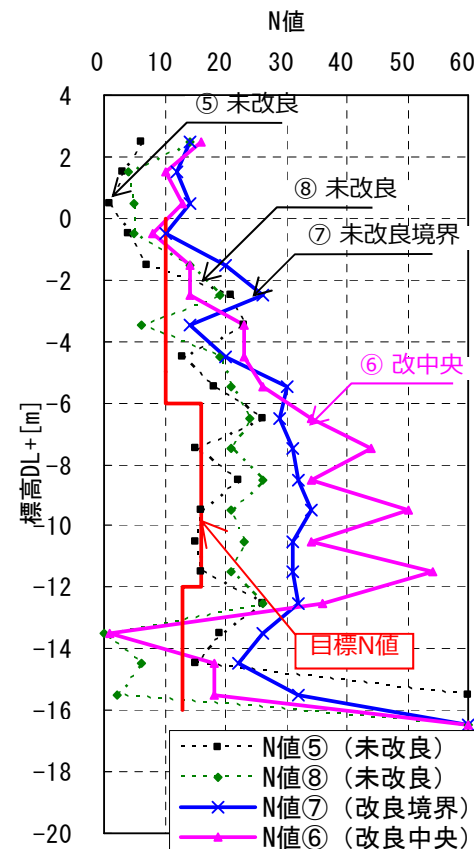
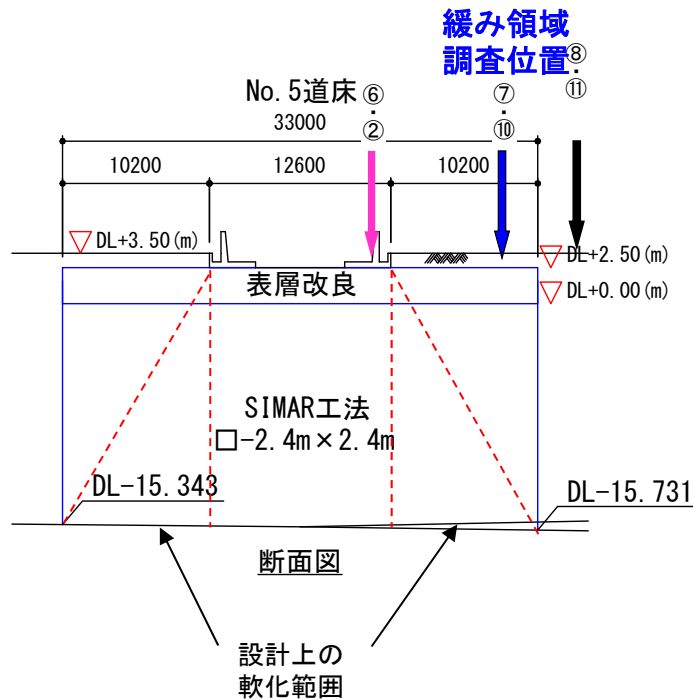
3. 震災後の改良効果検証



SIMAR部 地震後の改良部境界付近での強度変化

改良地盤境界部 N値比較

No.5-1 No.5-5



改良境界部付近の緩みは発生していない

⇒設計上軟化範囲をなくすことができる(コストダウン可能)



3. 震災後の改良効果検証



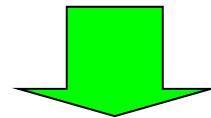
マルチジェット部 調査の着目点

①改良体の連続的な健全性の確認

- ・コアサンプリング（1箇所）
- ・PS検層（1箇所）
- ・多点式IT試験（2箇所）

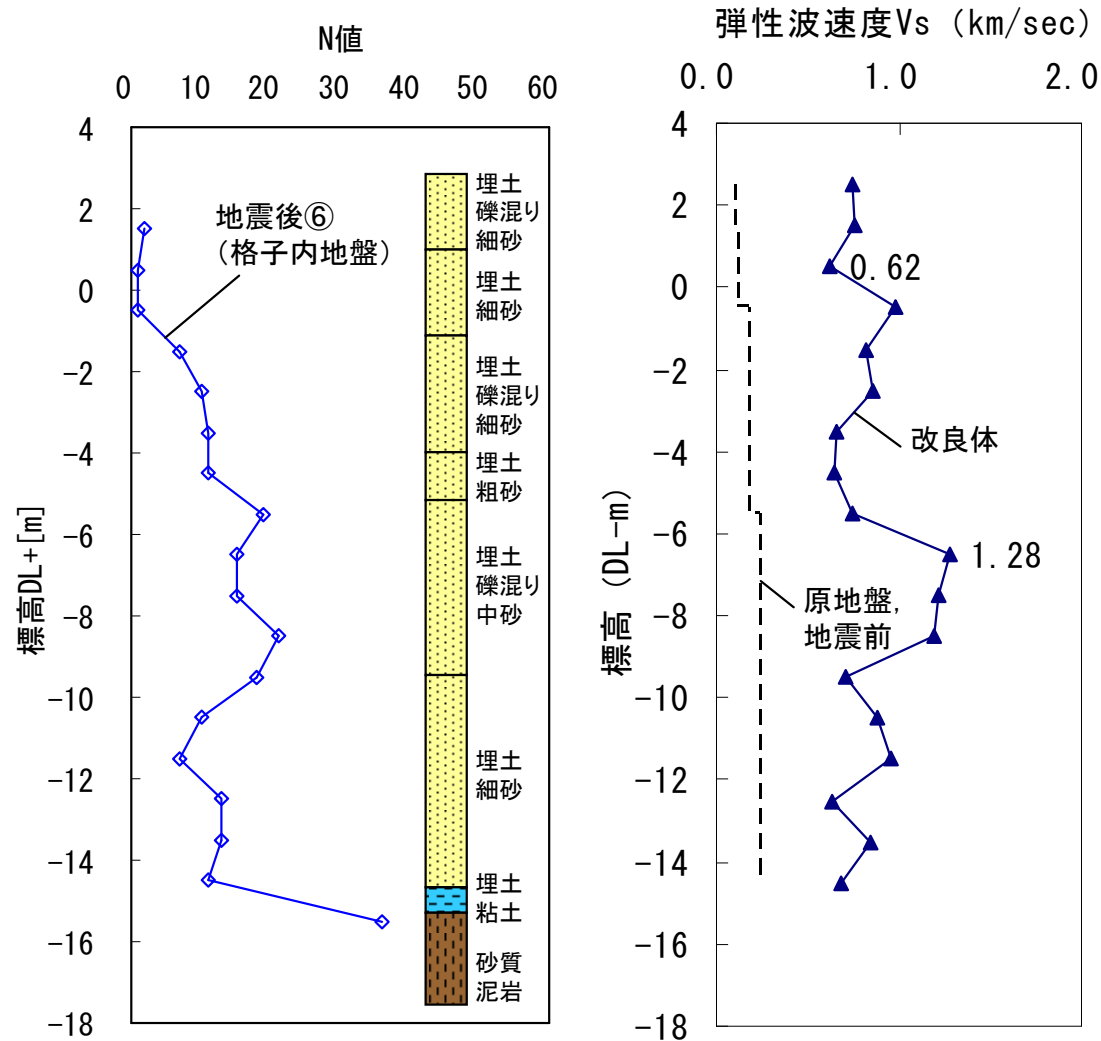
②格子内地盤の液状化有無の確認

- ・ボアホールカメラ目視確認（2箇所）



- ・格子改良体は健全性を維持している
- ・格子内未改良部は液状化現象は発生していない

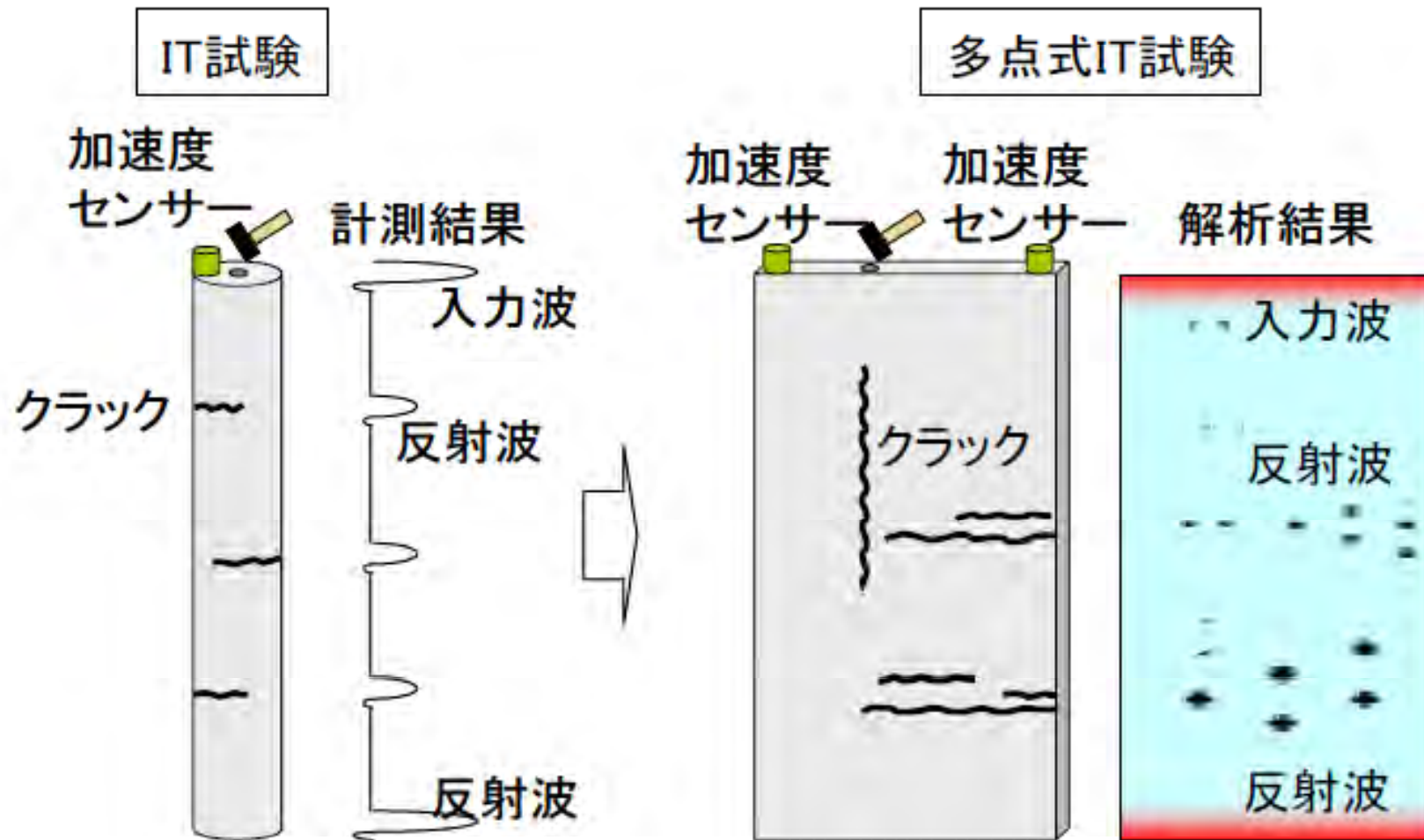
改良体の連続的な健全性の確認 (P S 検層)



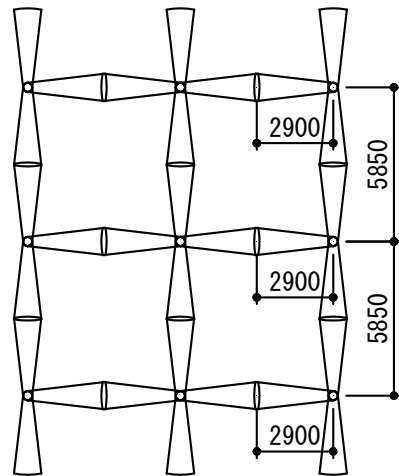
改良体が設計強度を連続的に確保していることを確認



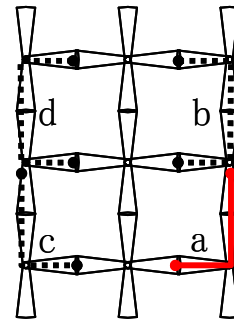
改良体の連続的な健全性の確認（多点式IT試験）



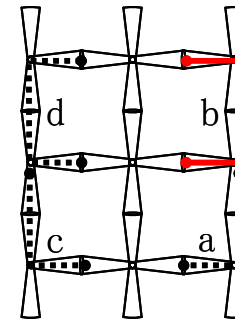
改良体の連続的な健全性の確認（多点式I T試験）



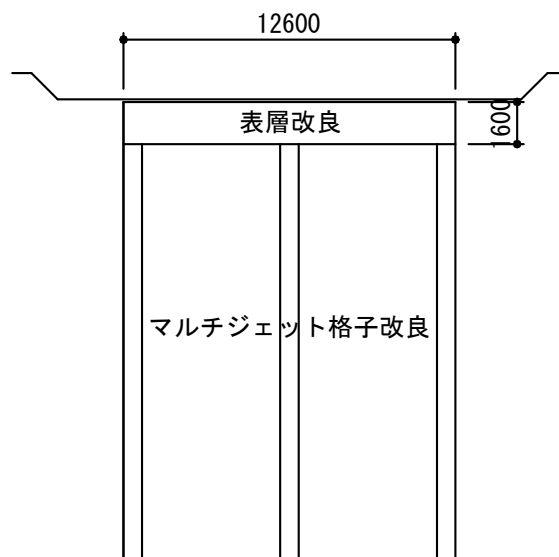
平面図



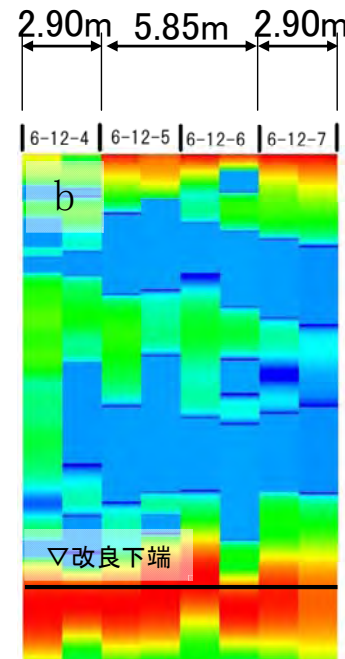
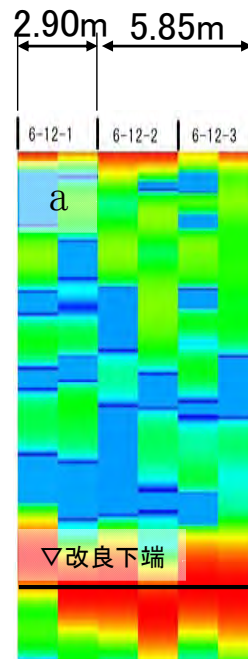
展開側面図a



展開側面図b



断面図



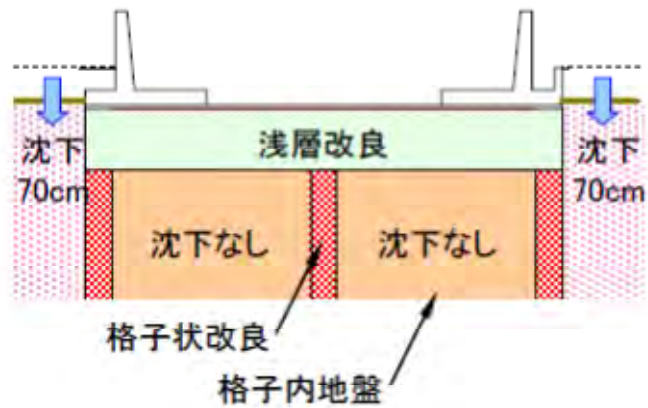
地表面の赤色は打撃入力、DL-15m付近の黄～赤色は先端反射

改良体の中央付近で黄～赤色がないため、改良体は連続していると評価できる

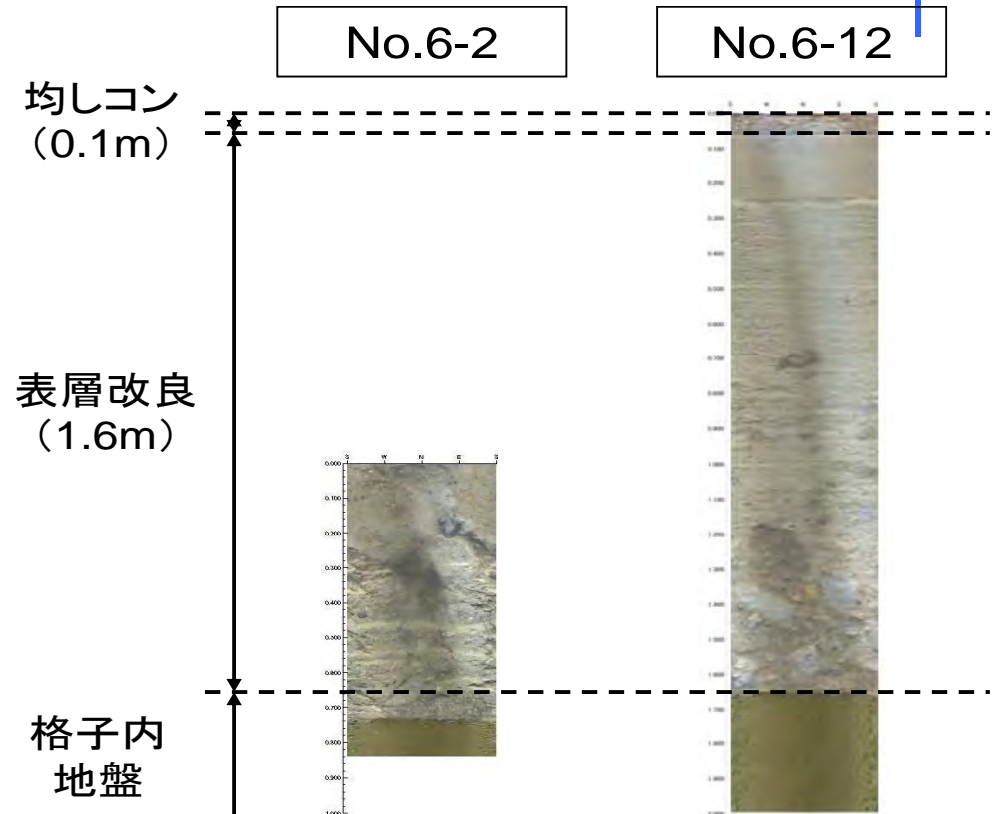
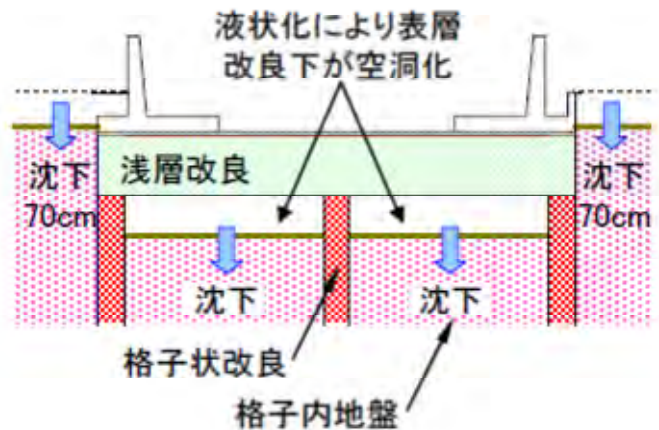
格子内地盤の液状化有無の確認（ボアホールカメラ）



格子内地盤：液状化なしの場合



格子内地盤：液状化ありの場合



表層改良と格子内地盤が密着していることから、格子内地盤の液状化は発生していないと推定される。