

砕石とセメントを用いた高強度・低コスト 地盤改良技術

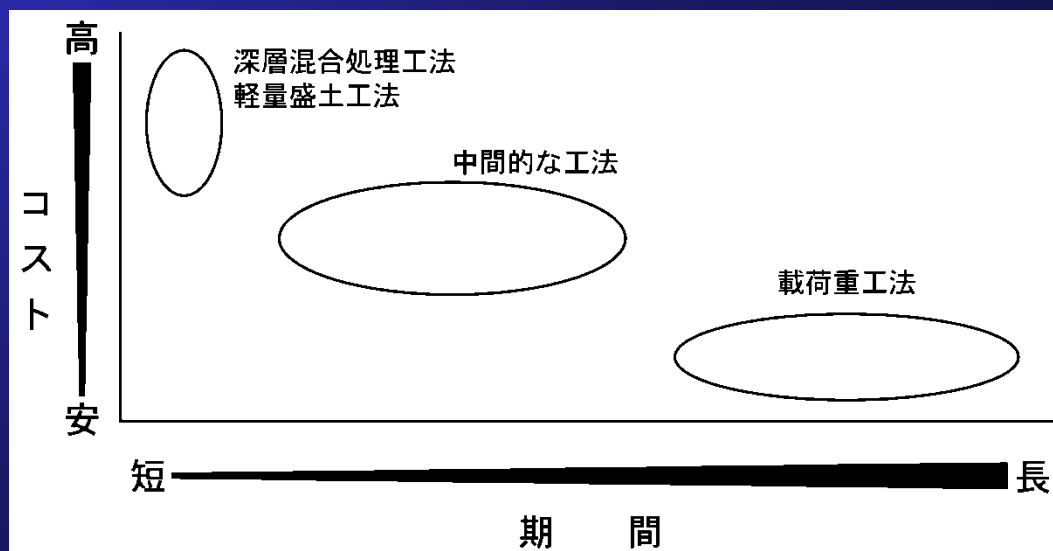
— グラベルセメントコンパクションパイル（GCCP）工法 —

寒地土木研究所 寒地地盤チーム 橋本 聖

1. GCCP工法の概要と開発のねらい
2. GCCP工法の用途
3. 試験施工による改良効果の確認
4. 適用条件と留意事項
選定方法（業務、工事）、適用実績

工法の概要と開発のねらい

軟弱地盤対策工の現状



『軟弱地盤対策のコスト縮減』を目的

➡ 『より早く』、『より経済的』な軟弱地盤対策工法の開発

グラベルセメントコンパクションパイル (GCCP) の開発
- 寒地土研と (株) 不動テトラとの共同研究 -

GCCP工法開発の背景

深層混合処理の課題

- ・ 他工法と比べてコスト高 → コストアップ
- ・ 強度の設定に限界 → コストアップ
(一般的： $q_{uck}=200\sim 500\text{kN/m}^2$)
- ・ 強度のばらつきが大きい → 品質管理が難しい
- ・ 配合試験に1ヶ月必要 → 工期が厳しい

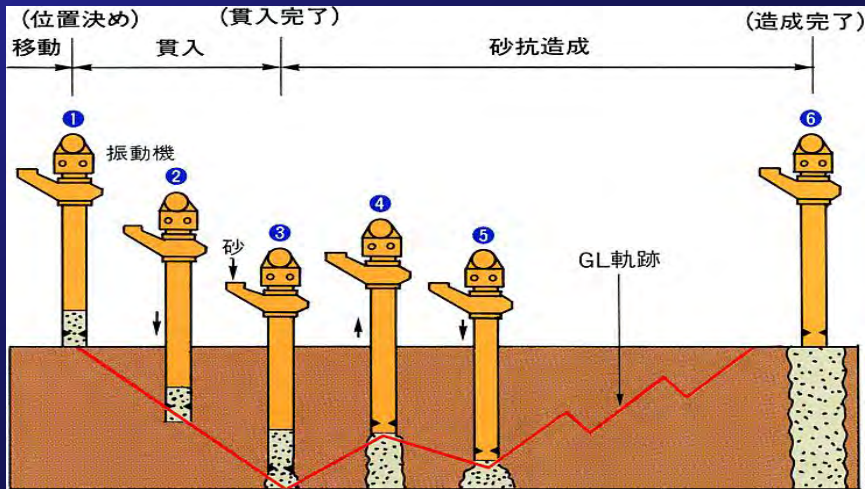


高強度で高品質の固化パイルの研究

GCCP工法(高強度小径パイル)

サンドコンパクションパイル工法の施工機械を使用し**供給材料のみ**でパイルを造成

- 材料：碎石、高炉セメント
- 出来上り径： $\phi 700$ (0.385m^2) を標準
※参考 (DJM： $\phi 1000$ (0.785m^2))
- 強度：設計基準強度 $q_{uck} \geq 2\text{MN}/\text{m}^2$
(現場実験結果： $q_{uck}=2 \sim 10\text{MN}/\text{m}^2$)



サンドコンパクションパイル工法

- ★GCCP工法の特長★
 - 高強度のパイルの造成
 - 改良率を低減
 - 一般のセメントを利用
 - 配合試験不要

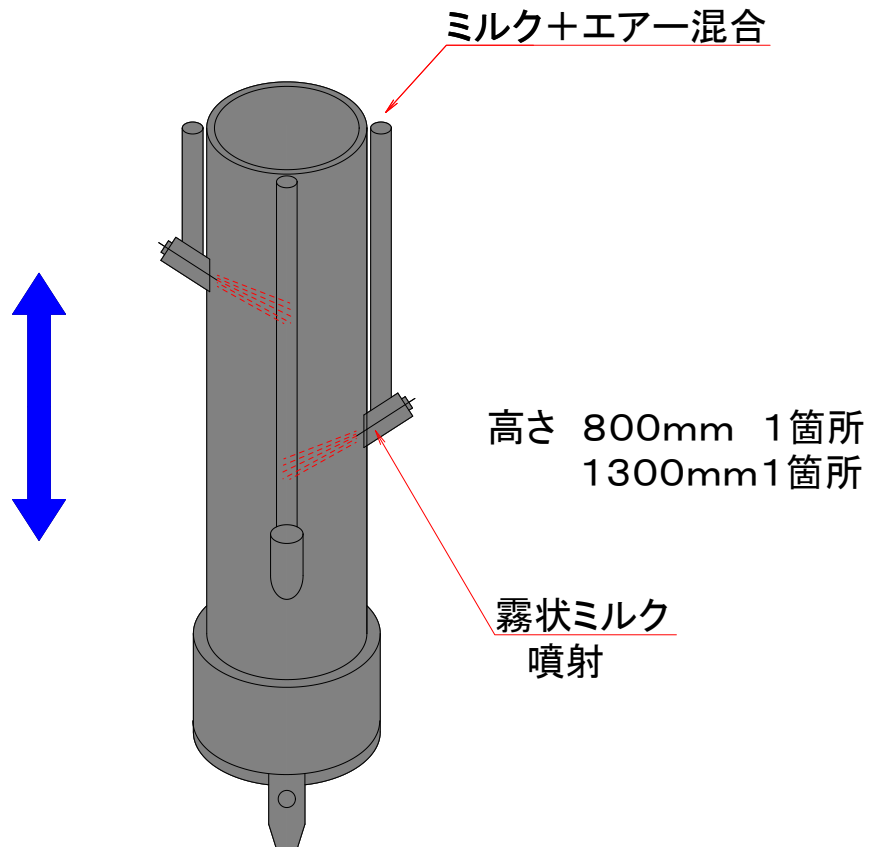
GCCP施工機 セメントスラリー吐出方法

ミルク噴射方法

杭の品質を向上させる為に、今回
エアーとミルクを混合したものを砕
石の中に噴射し、混合性能を向上
させる方式を採用

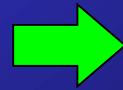


高強度のパイルの造成



建設費用の試算

■ 当たり単価



GCCP ... 152,500円/本(材工込み)

DJM ... 114,000円/本(高炉B 150kg/m³)

<GCCP工法(改良深度L=25m、改良面積A=2,000m²、振動式)>

・ 改良率 $a_p=20\%$

→ $\Sigma L=10,000\text{m}^3 \div 9.62\text{m}^3/\text{本} = 1,040\text{本}$

$C = 152,500\text{円/本} \times 1,040\text{本} = 158,600\text{千円}$

<DJM工法(改良深度L=25m、改良面積A=2,000m²)>

・ 改良率 $a_p=50\%$

→ $\Sigma L=25,000\text{m}^3 \div 11.78\text{m}^3/\text{本} = 2,123\text{本}$

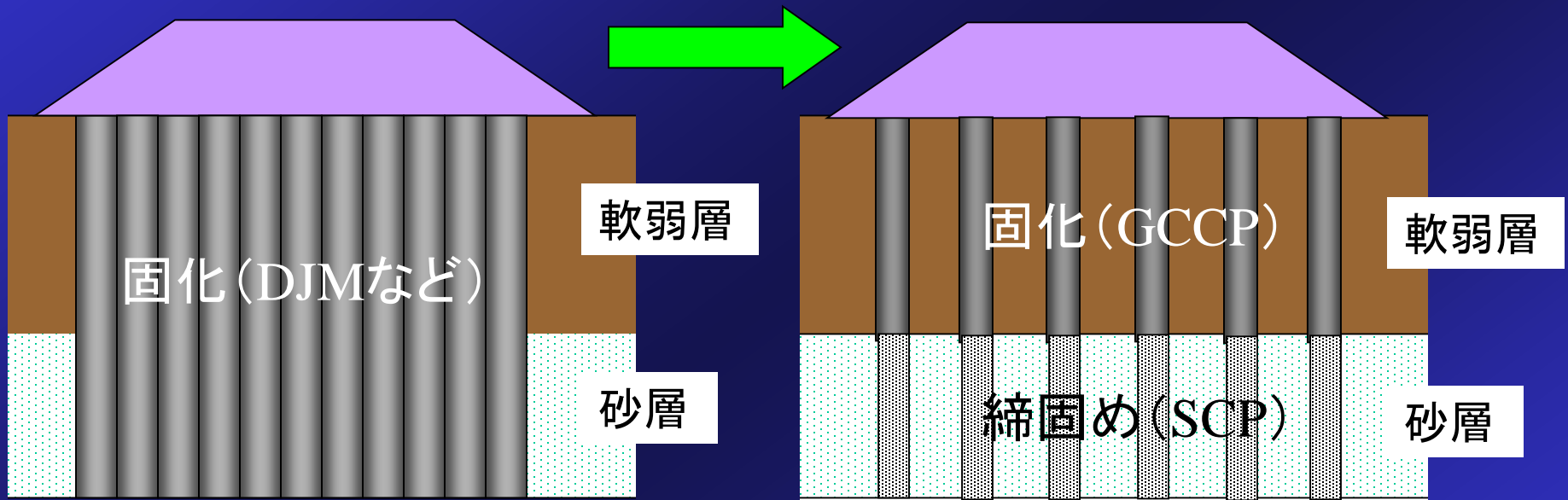
$C = 114,000\text{円/本} \times 2,123\text{本} = 242,022\text{千円}$

35%コスト減(無騒音タイプ20%)

GCCP工法の用途

その1: 液状化対策との併用が可能

コスト縮減、工期短縮



< 深層混合処理工法 >

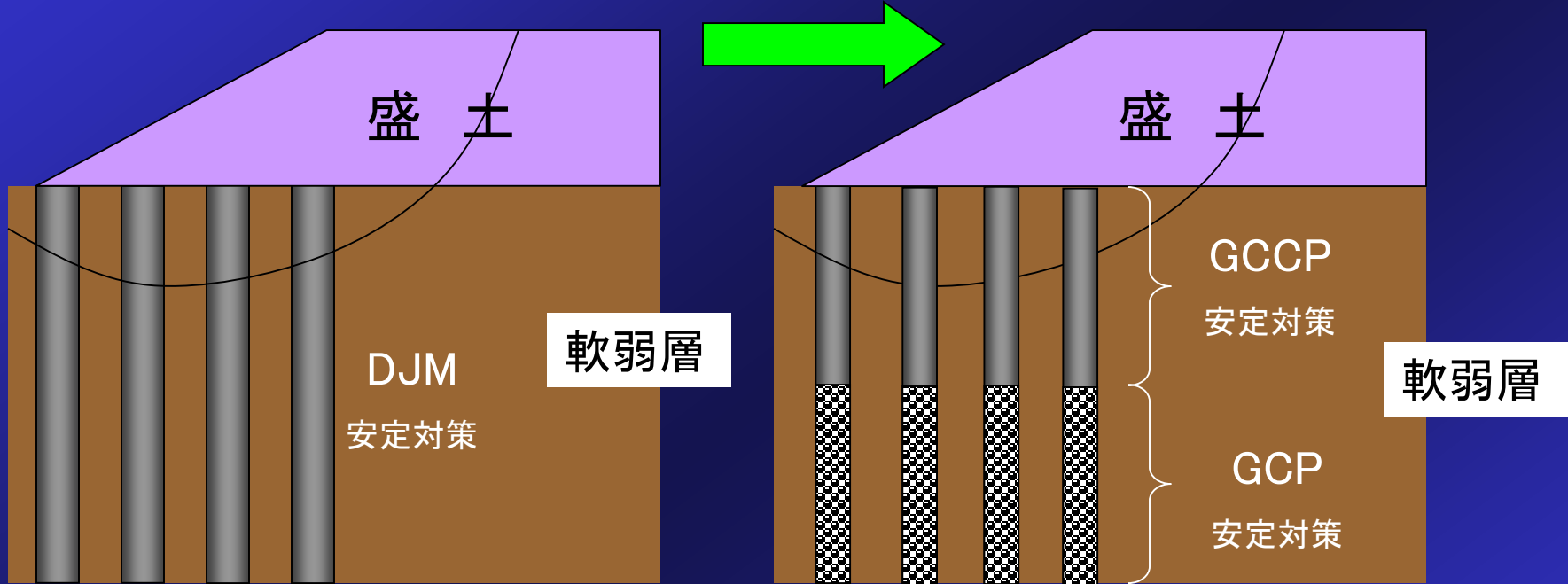
液状化対策部分は全面 or
格子状改良が必要となり割高

< GCCP >

沈下対策と液状化対策の
組合わせが容易で経済的

その2: 経済的な改良仕様の設定が可能

コスト縮減、工期短縮



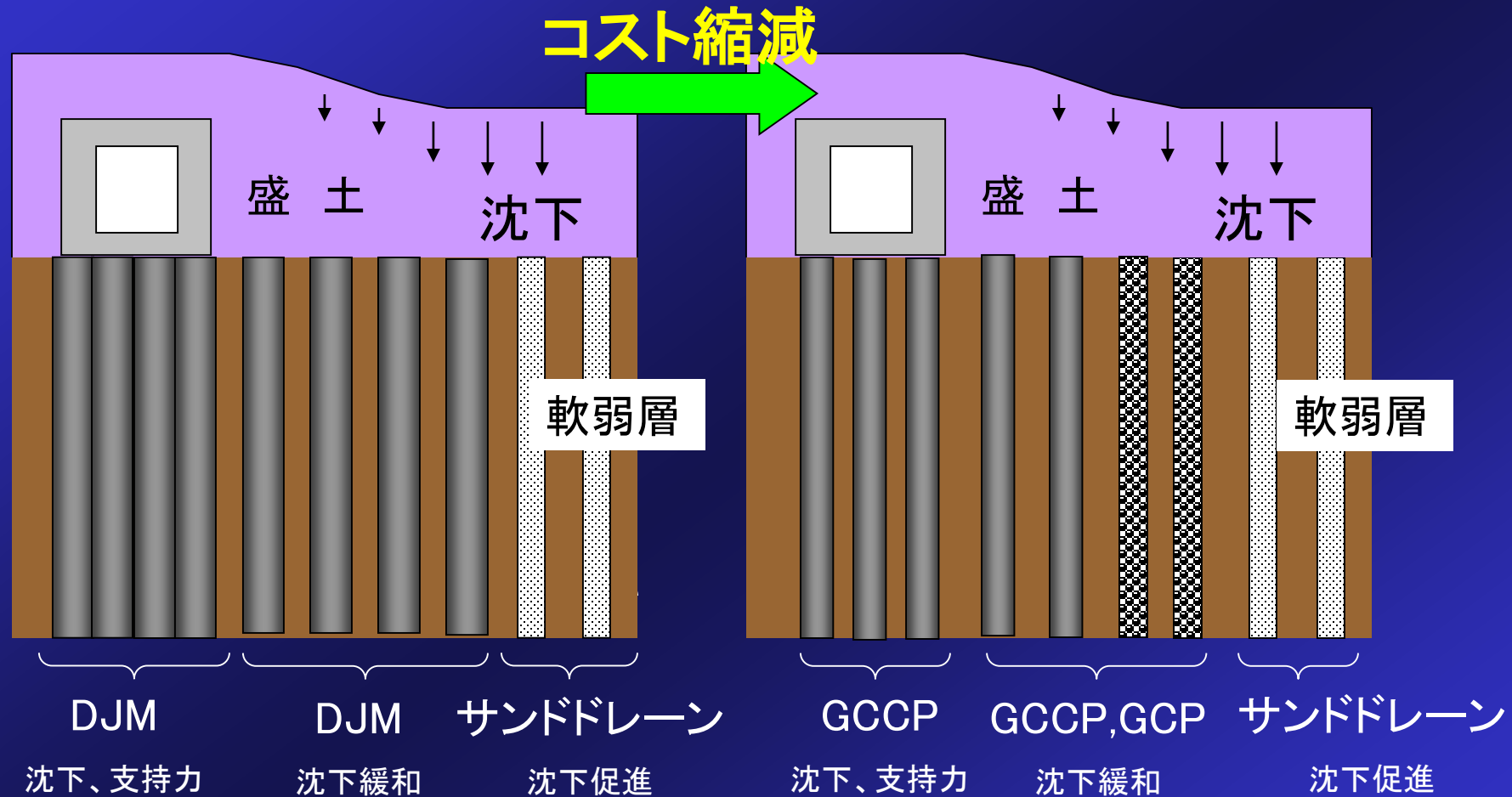
<深層混合処理工法>

通常の仕様

<GCCP>

円弧すべり安全率の小さい層のみ
固化パイルとする

その3: 同一機械で多目的な改良が可能



<深層混合処理工法>

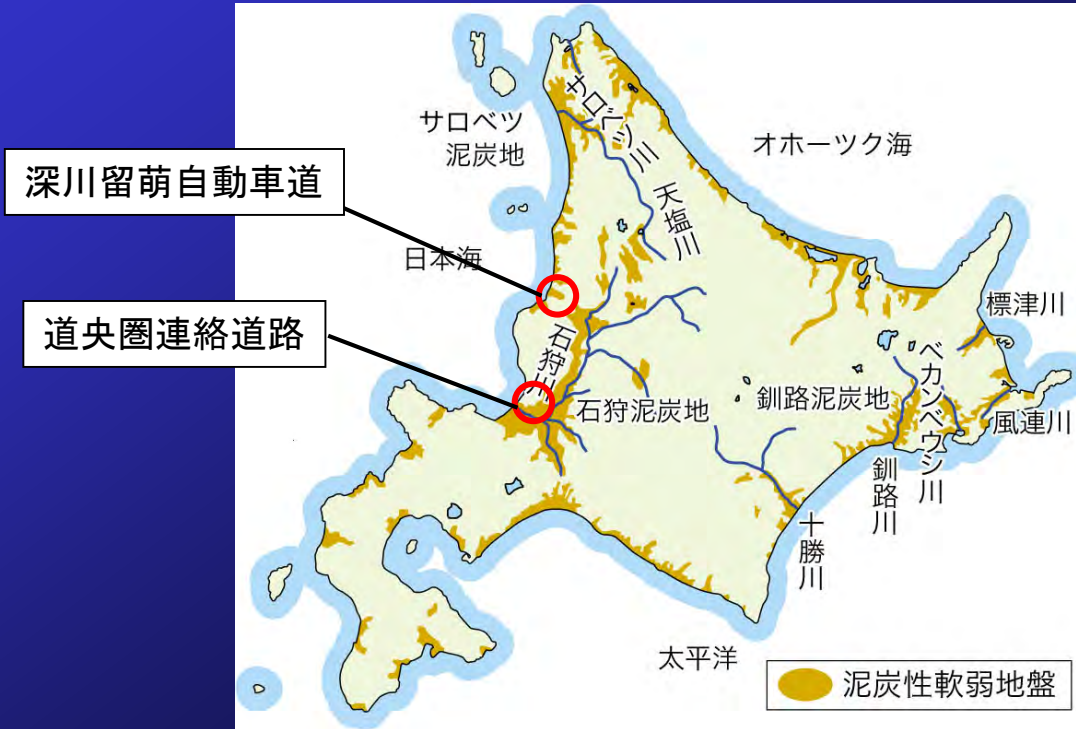
複数の機械を用意する必要あり

<GCCP>

1台の機械で多目的の改良杭を造成可能

試験施工による改良効果の確認

試験施工の概要



植物遺体から構成される
特殊な土

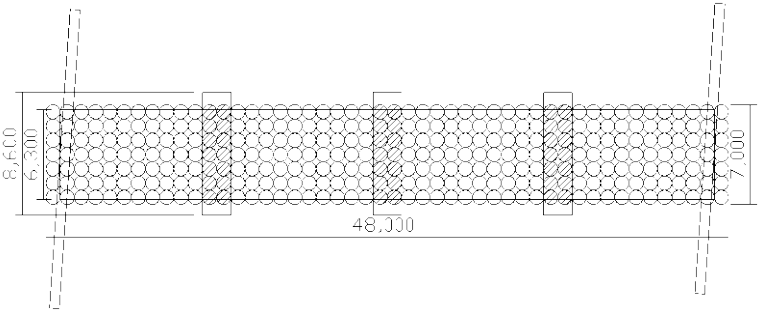
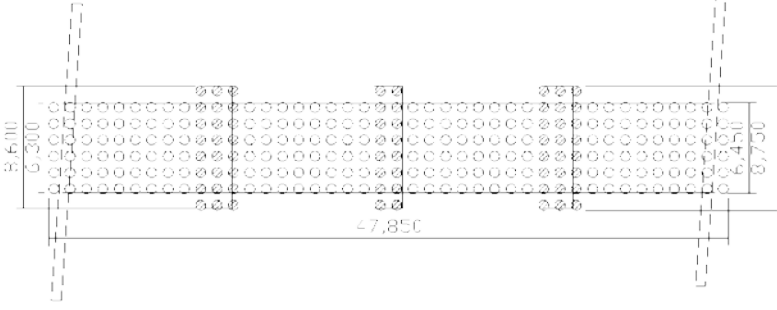
■ 道央圏連絡道路(国交省北海道開発局)

－ 沈下低減効果の確認

■ 深川留萌自動車道(国交省北海道開発局)

－ 強度特性、振動・騒音の確認

深川留萌自動車道での試験施工

	DJM工法 (粉体噴射型攪拌工法)	GCCP工法 (グラベルコンパクションパイル)
平面図	 <p>ピッチ □1.00m × 1.00m</p> <p>本数 : 348本 改良長 : 5079m</p>	 <p>ピッチ □1.15m × 1.15m</p> <p>本数 : 268本 改良長 : 4194m</p>
強度	中～低強度 ($qu_{ck}=0.45\text{MN/m}^2$)	高強度 ($qu_{ck}=2\text{MN/m}^2$)
改良率	高改良率 ($a_p=78.5\%$)	低改良率 ($a_p=29.1\%$)

GCCPとDJMの比較表

サイレンサーで対応

		DJM工法 (粉体噴射型攪拌工法)		GCCP工法 (グラベルセメントコンパクションパイル)	
材料		高炉セメントB種(C=350kg/m ³)	△	高炉セメントB種(C=150kg/m ³) 砕石(0~40)	○
強度		中~低強度(quck=0.45MN/m ²)	○	高強度(quck=2MN/m ²)	○
改良率		高改良率(ap=78.5%)	○	低改良率(ap=29.1%)	○
設計	沈下量	9.92cm < 10cm	○	9.54cm < 10cm	○
	内部応力	1.29 < 1.2	○	2.13 < 1.2	○
品質		ばらつきは多い (羽根切り回数で品質を確保)	○	高品質 (現地土が混ざらない改良体)	○
施工能力		硬質地盤への貫入が難しい。 (砂質土:N≦12、粘性土:N≦4)	×	硬質地盤への貫入が可能 (砂質土:N≦30)	○
振動・騒音		無振動・低騒音工法	○	振動・騒音の問題(バイブロ)	△
変位		施工時、変位の発生はある 影響範囲15m程度	△	施工時、変位の発生はある 影響範囲15m程度	△
コスト		100	△	87	○

品質(一軸圧縮試験)

GCCPのばらつき: 変動係数 $C_v=20\sim 30\%$ (DJM $C_v=20\sim 50\%$)

配合: $C=100, 150\text{kg}/\text{m}^3$ では強度差は2.5倍あるが、

変動係数には差が無く、 $C_v=25\%$ 程度(ばらつきは少ない)

杭番	個数	配合量 (kg/m^3)	水セメント 比	径 (mm)	平均強度 (kN/m^2)	標準偏差 (kN/m^2)	変動係数 (%)	最大 (kN/m^2)	最小 (kN/m^2)
D-3	17	150	1.0	86	6143	1852	30	9083	2258
D-36	15	150	1.0	116	5967	1254	21	7311	3480
C-22	9	150	1.0	116	5685	1485	26	7365	3021
平均	41	150	1.0	86,116	5978	1485	25	9083	2258
I-42	9	100	1.5	86	2324	562	24	3096	1447

パイルの掘起し調査



コア状況D-3

0~3m



3~6m



6~9m



適用条件と留意事項

選定方法(業務、工事)

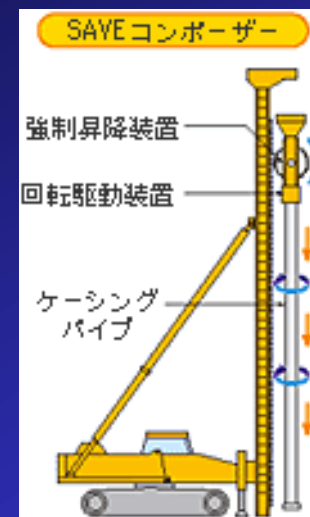
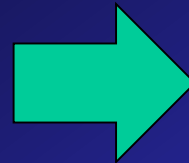
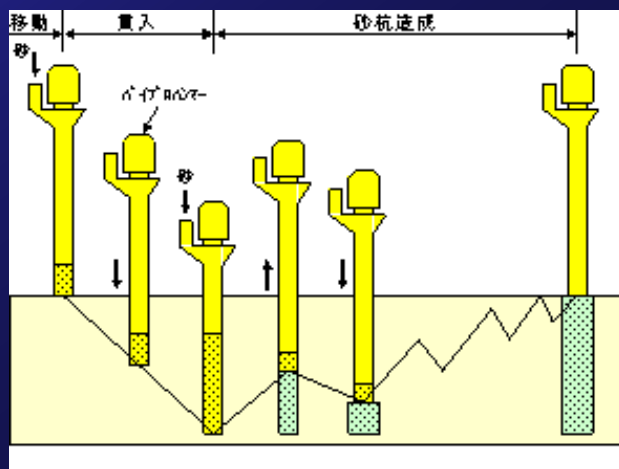
GCCP工法の適用実績

適用の条件と留意点




■地盤 → 全地盤対象（粘性土、砂質土、泥炭など）

■対策 → 盛土、擁壁などの安定、沈下対策

■騒音・振動 → 従来タイプの施工機械では要注意
最近、無振動・無騒音タイプあり



どうすれば使うことができるのか ～ 業務編 ～

対策案	プレロード	深層混合処理工	SCP工法	GCCP工法
				
工期	×	◎	○	◎
経済性	◎	△	○	○
評価	×	△	○	◎

業務の詳細設計: **GCCP工法**を比較対象

どうすれば使うことができるのか ~工事編1~

特記仕様書

(仕様書の添付省略)

第1条 公共工事請負契約約款第1条第1項に規定する仕様書のうち、工事標準仕様書の添付を省略する。
なお、土木工事標準仕様書は、愛知県建設部建設企画課H. P. にて、最新のものを確認すること。
(建設企画課ホームページアドレス: <http://www.pref.aichi.jp/kensetsu-kikaku/>)

(公表歩掛の参考明示)

第2条 この設計書に記載されている歩掛等は、標準的な施工方法を参考明示したものであり、設計図書に特別の定めのある場合を除き、指定するものではない。

(施工条件の明示)

第3条 下記項目のうち適用項目○印該当欄は、当該工事に関する施工条件であり、特記仕様書として明示する。
なお、参考明示○印該当欄は、積算上の条件明示であり、指定するものではない。

大項目	中項目	適用項目	小項目	明示事項	内容	参考明示	
I	工法関係	①	工事施工関係	○ 1 工法指定	指定工種及び工法(1)	低改良率セメントコラム工法(GCCP工法)	
					工法指定する理由(1)	軟弱地盤の改良及び周辺地盤への影響	
					指定工種及び工法(2)	変位緩衝孔	
					工法指定する理由(2)	沿線の工場に供する家屋等への影響防止	
					指定工種及び工法(3)	GCCP工施工後、一軸圧縮試験にて強度を確認	
					工法指定する理由(3)	一軸圧縮試験	

工事発注時：特記仕様書にGCCP工法を明記

どうすれば使うことができるのか ～工事編2～

北海道発注

- ・ 工事発注前に、発注者がGCCP工法の見積もりを入手
- ・ 受注者が応札(通常、入札方式)

開発局発注

- ・ 工事発注前に、発注者がGCCP工法の見積もりを入手
- ・ 受注者が応札時にGCCP工法の施工見積もりを提出
(施工見積もりが設計単価)

※特許料(40円/m)を含めて施工を受注

BOXカルバート基礎の支持力増加 ～深川留萌自動車道

発注：
北海道開発局

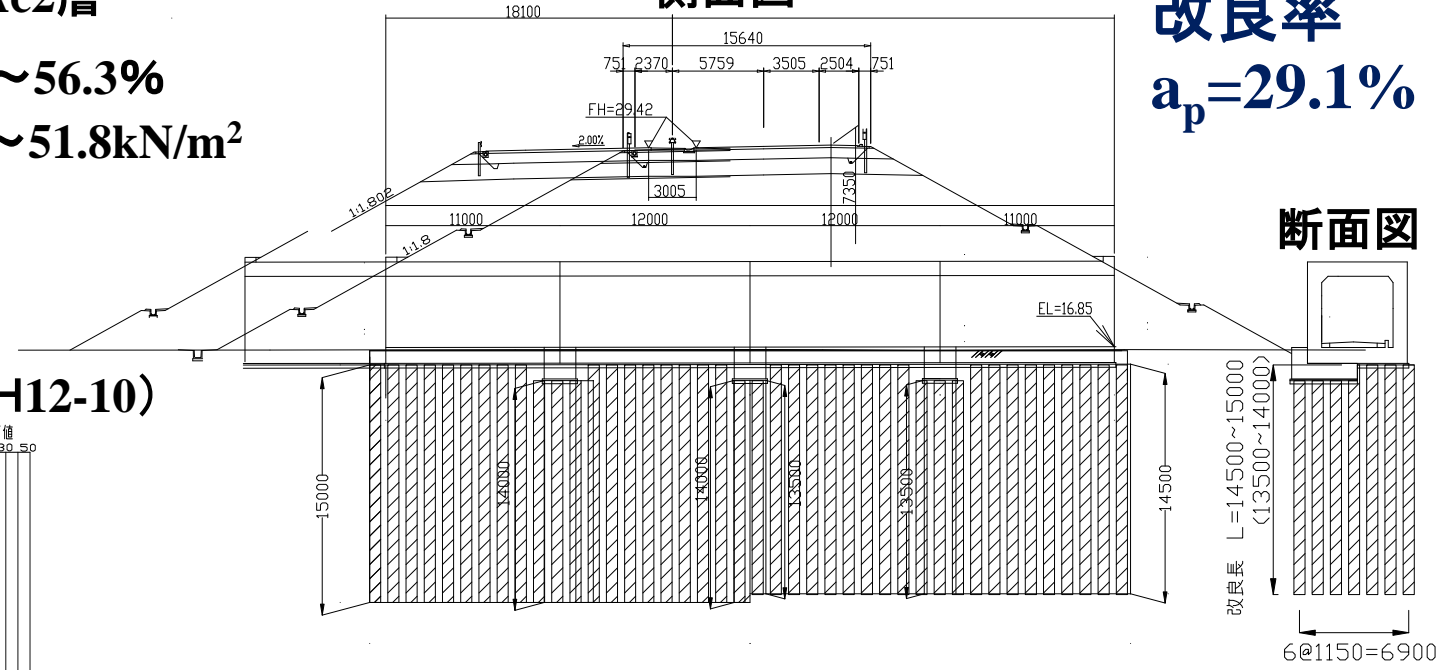
対象層: Ac2層

Wn: 35.0~56.3%

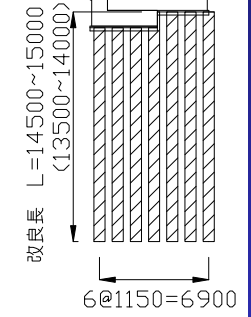
qu: 47.7~51.8kN/m²

改良率
a_p=29.1%

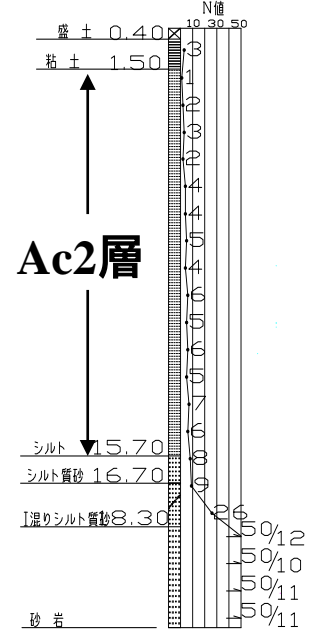
側面図



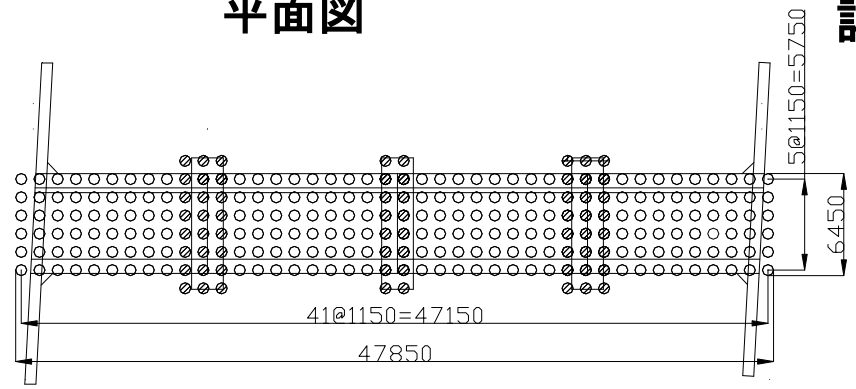
断面図



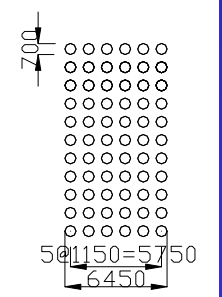
柱状図 (H12-10)



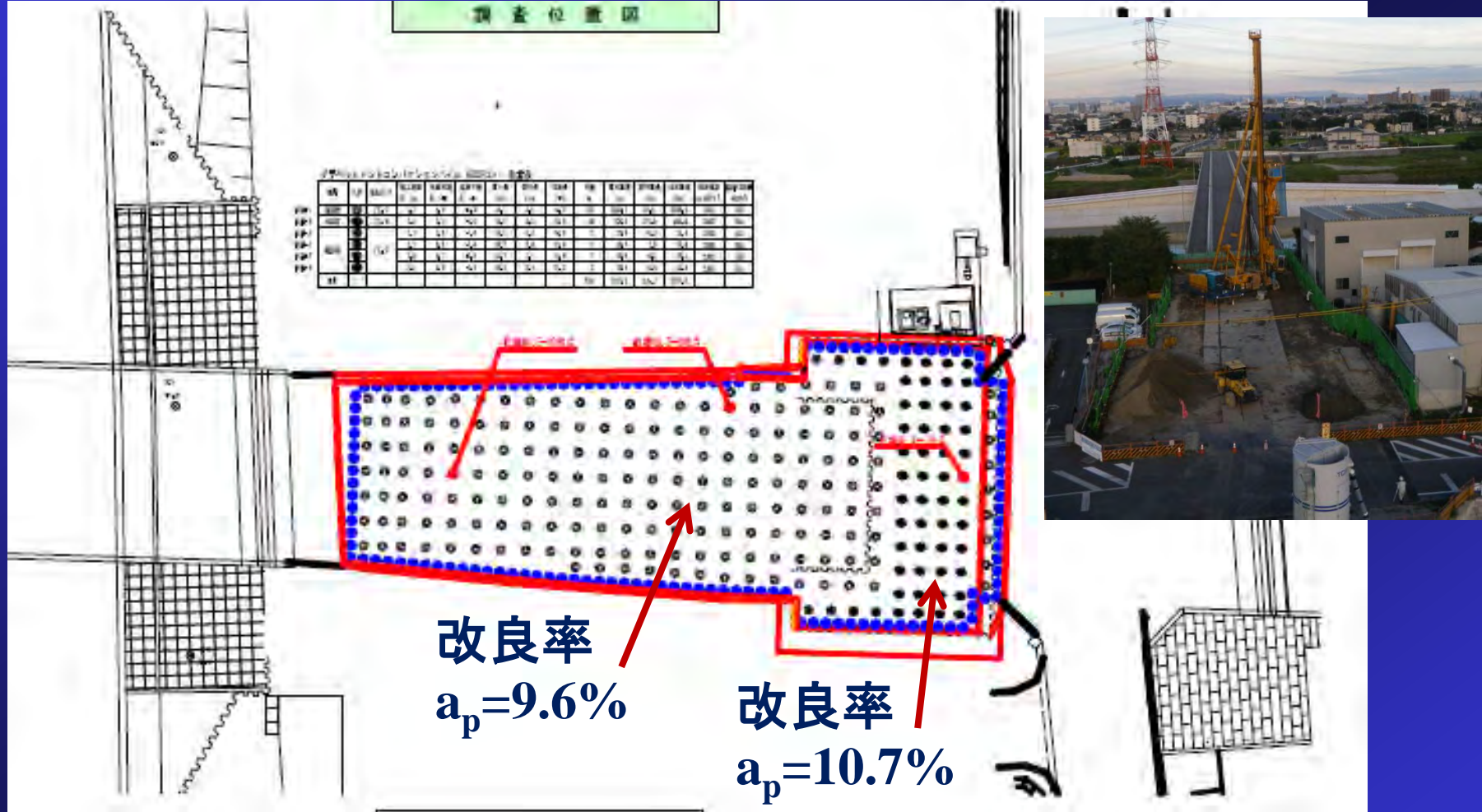
平面図



詳細配置図



道路盛土の沈下低減 & BOXカルバートの支持力増加



発注：愛知県

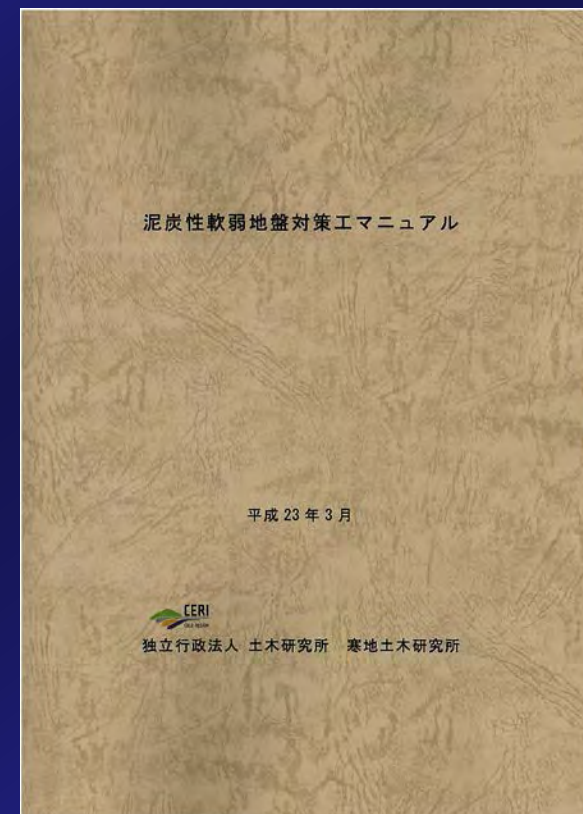
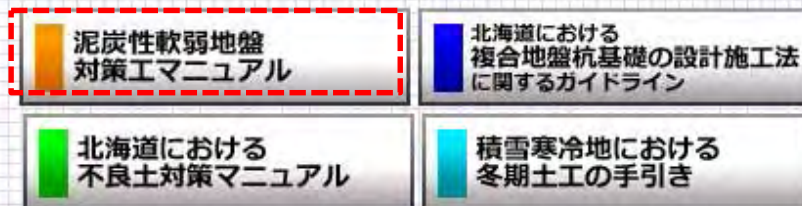
地盤：廃棄物埋立て

改良率：道路盛土部 $a_p=9.6\%$ ，BOXカルバート $a_p=10.7\%$

さいごに・・・



あなたは **07962** 番目の訪問者です。



■ 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル(編著:寒地土木研究所)

- ・泥炭性軟弱地盤の調査・設計・施工・維持管理の標準的な考え方
- ・北海道開発局における準拠すべきマニュアル類に指定

【PDF版】 寒地土研のWebサイトから無償ダウンロード

GCCP工法

～『より早く・より経済的な』
軟弱地盤対策工法～

■お問い合わせ■

寒地土木研究所 寒地地盤チーム 橋本

TEL: 011-841-1709, FAX: 011-841-7333

E-mail: qiaoben@ceri.go.jp