

## 砕石とセメントを用いた高強度・低コスト 地盤改良技術

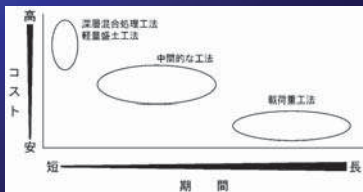
### — グラベルセメントコンパクションパイル（GCCP）工法 —

土木研究所寒地土木研究所 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

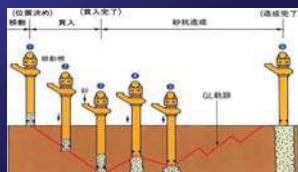
- ・ 他工法と比べてコスト高 → コストアップ
- ・ 強度の設定に限界 → コストアップ  
(一般的:  $q_{uck}=200\sim500\text{kN/m}^2$ )
- ・ 強度のばらつきが大きい → 品質管理が難しい
- ・ 配合試験に1ヶ月必要 → 工期が厳しい

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：砕石、高炉セメント
- 出来上り径： $\phi 700$  ( $0.385\text{m}^2$ ) を標準  
※参考（DJM）： $\phi 1000$  ( $0.785\text{m}^2$ )
- 強度：設計基準強度  $q_{uck} \geq 2\text{MN/m}^2$   
(現場実験結果： $q_{uck}=2\sim10\text{MN/m}^2$ )



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

## 標準仕様および配合仕様

### 適用地盤

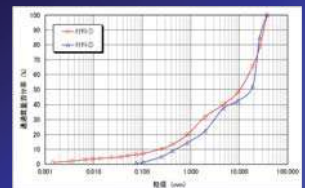
砂地盤、粘性土地盤、有機質土地盤、火山灰質地盤など、様々な地盤に適用可能

### 改良仕様

- ・ パイル径： $\phi 700\text{mm}$
- ・ 打設ピッチ： $1.0\text{m}\sim 2.0\text{m}$  ( $a_p=10\%$ 以上)
- ・ 設計基準強度： $q_{uck} \geq 2\text{MN/m}^2$

### 配合仕様

- ・ 材料：砕石（C-40）
- ・ セメント種類：高炉セメントB種
- ・ 水セメント比： $W/C=1.0$
- ・ セメント添加量： $150/\text{kg/m}^3$



砕石の粒度分布の一例

## 施工設備

### SAVEコンポーザー施工機

SAVE機材一覧  
 施工機本体  
 フレックサー  
 発電機  
 タイヤスタック



### GCCP施工機

GCCP機材設備一覧  
 施工機本体・流量計・ロードセル  
 フレックサー  
 発電機  
 タイヤスタック  
 ホット油  
 プラント設備  
 高所作業車



## 材料の供給フロー

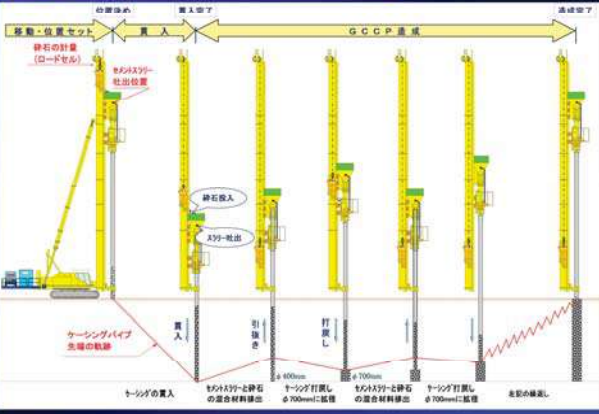
### 砕石



### 固化材セメント



## 施工方法



## 改良効果

GCCPの出来上り径は $\phi 700\text{mm}$  ( $0.385\text{m}^2$ )を標準とするため通常の深層混合処理パイロ $\phi 1000\text{mm}$  ( $0.785\text{m}^2$ )の半分の断面積となる。したがって、深層混合処理と同じ配置(同本数)とした場合パイロピッチを広げる事無く改良率を1/2にできる。

### コスト縮減、工期短縮



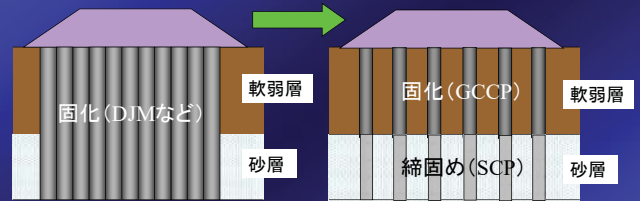
改良径:  $\phi 1000\text{mm}$ , 改良率: 50%  
 配合固化材: 特殊セメント(費用大)  
 固化材添加量: 泥炭→多い  
 粘性土→少ない

改良径:  $\phi 700\text{mm}$ , 改良率: 25%  
 配合固化材: 普通セメント(費用小)  
 固化材添加量: 一定して少ない  
 粘性土→少ない

## 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



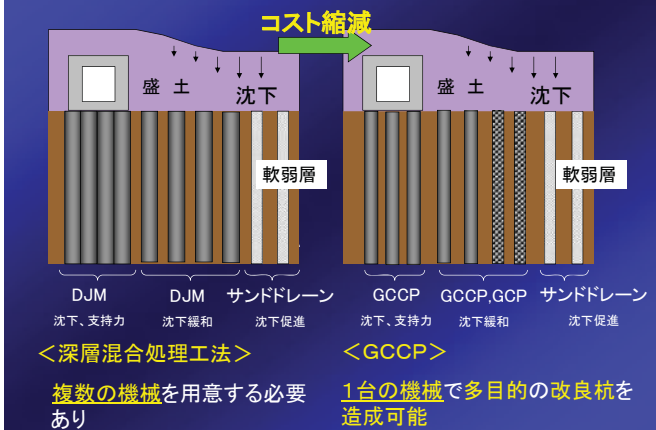
<深層混合処理工法>

液状化対策部分は全面 or 格子状改良が必要となり割高

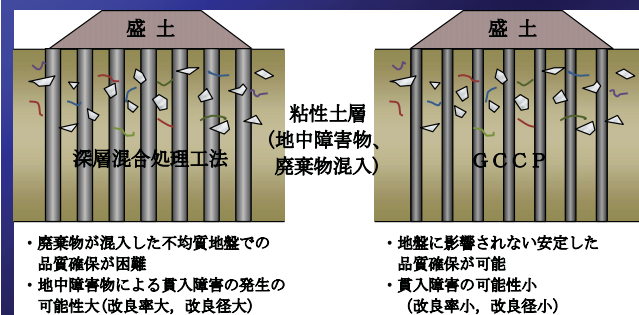
<GCCP>

沈下対策と液状化対策の組み合わせが容易で経済的

### その2: 同一機械で多目的な改良が可能



### その3: 廃棄物や地中障害物混入地盤の施工可能



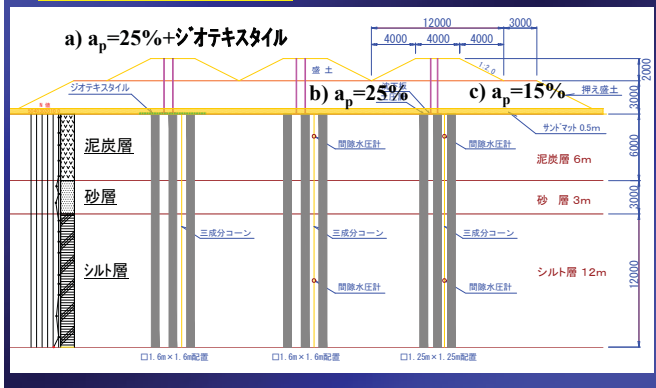
### 試験施工による改良効果の確認

### 試験施工の概要

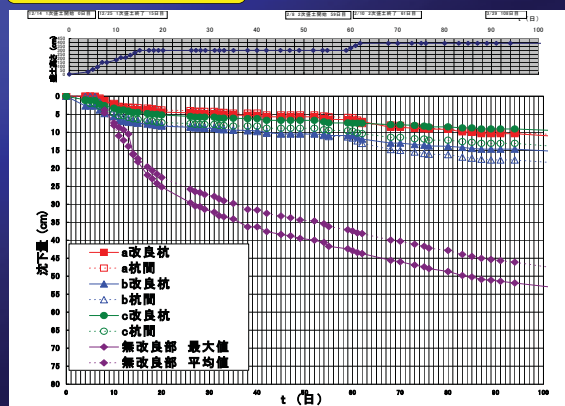


### ①盛土の安定対策

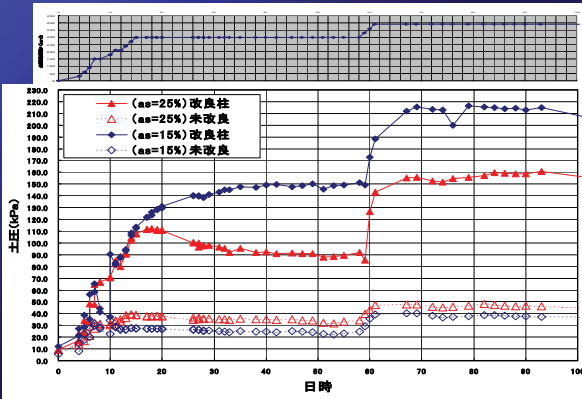
#### 試験施工盛土の断面図



### 沈下観測データ



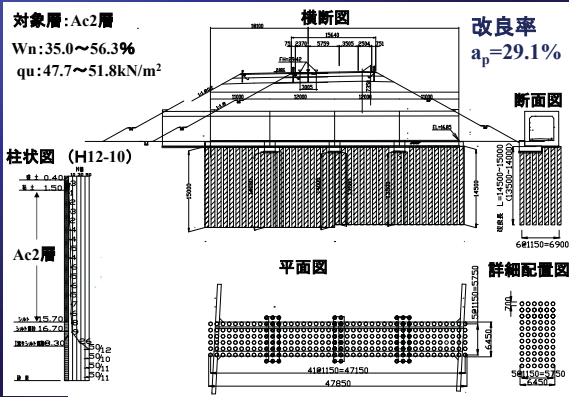
## 土圧計測定データ



## ②ボックスカルバートの支持力対策

	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		
ピッチ	□1.00m × 1.00m	□1.15m × 1.15m
本数	348本	268本
改良長	5079m	4194m
強度	中～低強度 (quck=0.45MN/m <sup>2</sup> )	高強度 (quck=2MN/m <sup>2</sup> )
改良率	高改良率 (ap=78.5%)	低改良率 (ap=29.1%)

## BOXカルバート基礎の支持力増加 ～横断面図、平面図～



## 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 <sup>3</sup> )	高炉セメントB種 (C=150kg/m <sup>3</sup> ) 砕石 (0～40)
強度	中～低強度 (quck=0.45MN/m <sup>2</sup> )	高強度 (quck=2MN/m <sup>2</sup> )
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	ばらつきが多い (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 (パイプロ)
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)

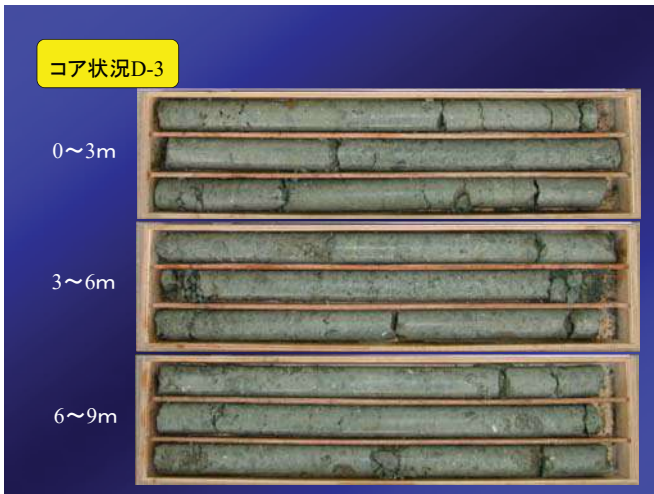
GCCPのばらつき: 変動係数C<sub>v</sub>=20～30% (DJM C<sub>v</sub>=20～50%)

配合: C=100, 150kg/m<sup>3</sup>では強度差は2.5倍あるが、  
変動係数には差が無く、C<sub>v</sub>=25%程度(ばらつきは少ない)

杭番	個数	配合量 (kg/m <sup>3</sup> )	水セメント 比	径 (mm)	平均強度 (kN/m <sup>2</sup> )	標準偏差 (kN/m <sup>2</sup> )	変動係数 (%)	最大 (kN/m <sup>2</sup> )	最小 (kN/m <sup>2</sup> )
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





**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**

**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	I 工事施工関係	○	I 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)	変位層併礼	
				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工法後、一軸圧縮試験にて強度を確認					
指定工種及び工法(3)	工法指定する理由(3)	GCCP工法後、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 ~**

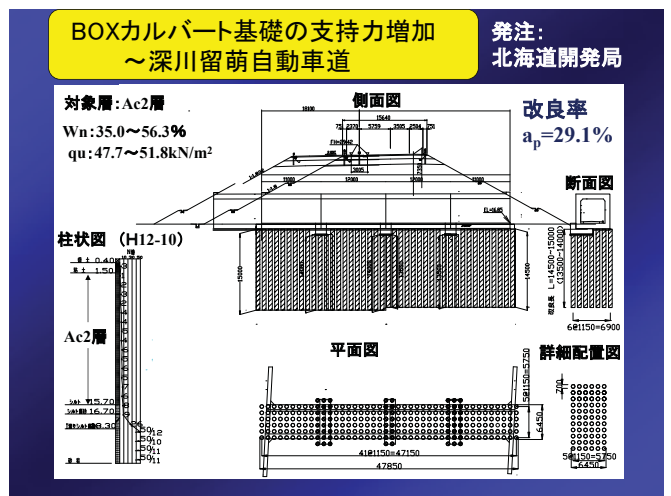
**北海道発注**

- 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)

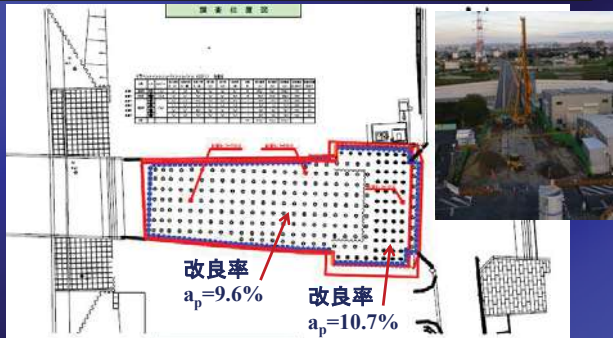
**開発局発注**

- 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



### 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...



- 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 (GCCPについても記述)
    - ・北海道開発局の技術基準に指定
- 【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