

## 砕石とセメントを用いた高強度・低コスト 地盤改良技術

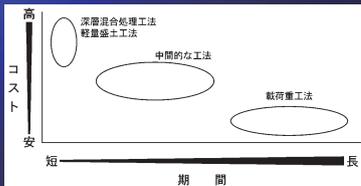
### — グラベルセメントコンパクションパイル (GCCP) 工法 —

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:  $qu_{ck}=200\sim500\text{kN/m}^2$ )
- ・ 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

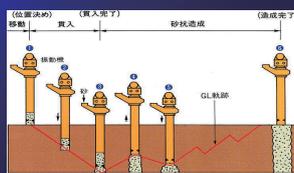
## GCCP工法(高強度小径パイル)

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

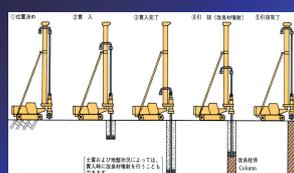
- 材料: 砕石、高炉セメント
- 出来上り径:  $\phi 700$  ( $0.385\text{m}^2$ )  
※参考 (DJM):  $\phi 1000$
- 強度: 設計基準強度 $qu_{ck} \geq 2\text{MN}$   
(現場実験結果:  $qu_{ck}=2\sim10\text{MN}$ )

### ★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



サンドコンパクションパイル工法



深層混合処理工法 (DJM)

## 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

ミルク+エア混合

高さ 800mm 1箇所  
1300mm 1箇所

霧状ミルク噴射

霧状ミルク噴射

## 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/m<sup>3</sup>)

<GCCP工法(改良深度L=25m、改良面積A=2,000m<sup>2</sup>、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=2,000m<sup>2</sup>)>

- ・ 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%)**

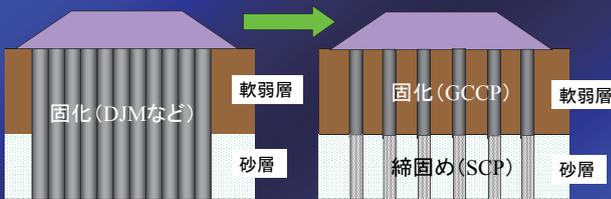
6

## GCCP工法の用途

7

### 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

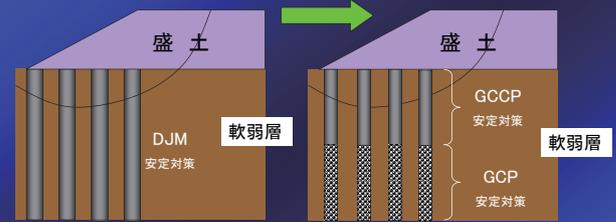
<GCCP>

沈下対策と液状化対策の組合わせが容易で経済的

8

### 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

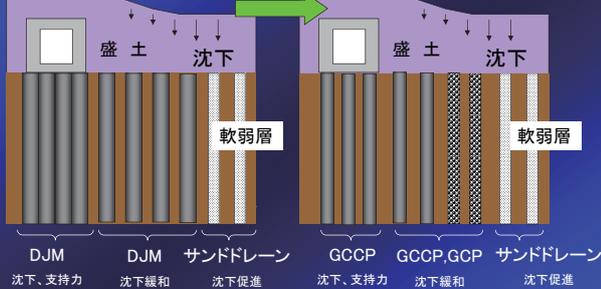
<GCCP>

円弧すべり安全率の小さい層のみ 固化パイルとする

9

### その3: 同一機械で多目的な改良が可能

コスト縮減



<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

10

## 試験施工による改良効果の確認

11

## 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

12

## 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		
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%)

13

## 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

14

## 品質(一軸圧縮試験)

GCCPのばらつき: 変動係数  $C_v=20\sim30\%$  (DJM  $C_v=20\sim50\%$ )

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、 $C_v=25\%$ 程度(ばらつきは少ない)

杭番	倍率	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

15

## パイルの掘起し調査



16

## コア状況D-3

0~3m

3~6m

6~9m



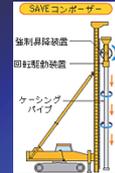
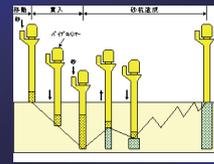
17

## 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

18

### 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



19

### 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

20

### 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/>)  
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。  
(公表歩掛の参考明示)  
第3条 下記項目のうち適用項目○印該当は、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)	○
				指定工種及び工法(2)	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(3)	変位緩衝孔	
				指定工種及び工法(4)	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(5)	GCCP工法施工後、一軸圧縮試験にて強度を確認	

工事発注時: 特記仕様書にGCCP工法を明記

21

### 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

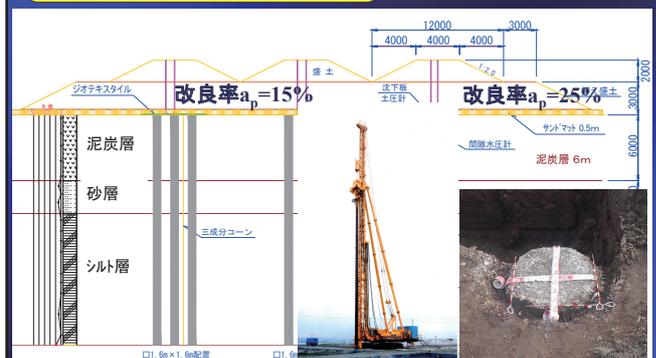
- ・ 工事発注前に、発注者がGCCP工法の見積もりを入手
- ・ 受注者が応札時にGCCP工法の施工見積もりを提出(施工見積もりが設計単価)

※特許料(40円/m)を含めて施工を受注

22

### 盛土の沈下対策 道央圏連絡道路での試験施工

発注: 北海道開発局

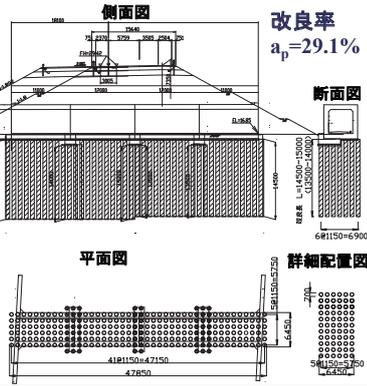


23

**BOXカルバート基礎の支持力増加  
～深川留萌自動車道**

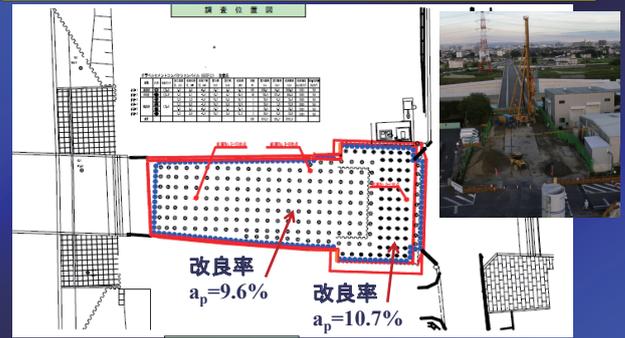
発注：  
北海道開発局

対象層：Ac2層  
Wn:35.0～56.3%  
qu:47.7～51.8kN/m<sup>2</sup>



24

**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  $a_p=10.7\%$

25

**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

26