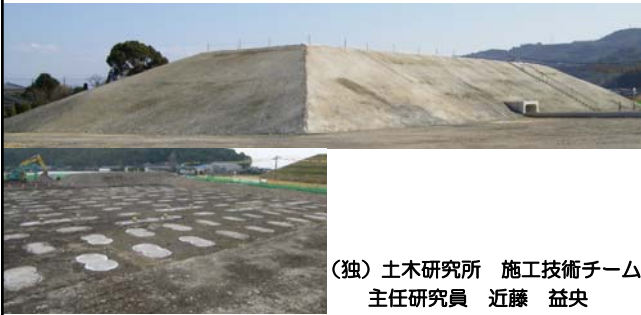


## 経済的に沈下と側方流動を抑制できる 杭・壁併用型地盤改良工法（コラムリンク工法）



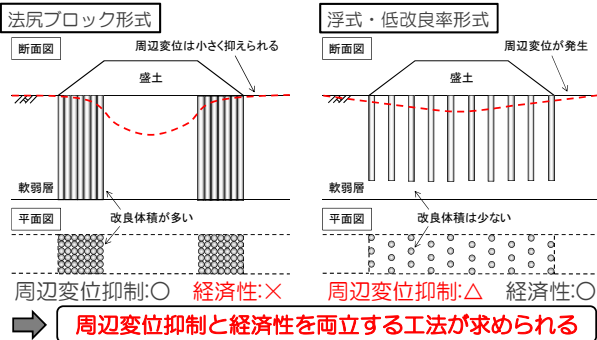
(独) 土木研究所 施工技術チーム  
主任研究員 近藤 益央

## 軟弱地盤対策に関するニーズ

- ・ 住居等が近接しているため周辺地盤への影響を低減  
⇒ 盛土基礎地盤の側方流動低減等
- ・ 液状化に対する対策効果  
⇒ 液状化抑制効果、液状化を考慮した対策等
- ・ 工期の短縮  
⇒ 圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等
- ・ 工費の縮減  
⇒ 特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・ 盛土構築後の残留沈下量抑制

## 軟弱地盤上の道路盛土・河川堤防の構築

- ・ 盛土近傍に家屋などが近接する箇所では、盛土基礎地盤の側方流動や引き込み沈下に伴う周辺地盤への影響が課題



## コラムリンク工法の開発

- ・ 周辺地盤への影響の抑制と経済性を両立できる工法の開発  
⇒ 盛土基礎地盤の側方流動低減等  
⇒ 圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等  
⇒ 特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・ 民間13社との協同開発（平成18年～23年度）  
「側方流動対策としての地盤改良技術に関する共同研究」  
清水建設、大成建設、小野田ケミコ、五洋建設、三信建設工業、三和機材、竹中土木、東亜建設工業、東洋建設、日特建設、不動テトラ
- ・ 特許・商標  
（特許番号）特許第4310502号（名称）盛土支持地盤の補強構造  
（商標番号）商標第5244477号（商標）コラムリンク
- ・ 新技術情報提供システムNETIS  
登録番号 QS-120003-A

## コラムリンク工法とは

### コラムリンク工法

- ・ 杭状改良体と壁状改良体を機能的に配置した地盤改良工法  
→ 経済性と変位抑制を両立

### 側部壁（壁状改良体）

- ・ 壁内部地盤の側方流動を抑制
- ・ 杭に比べて盛土荷重を多く負担

### 内部杭（杭状改良体）

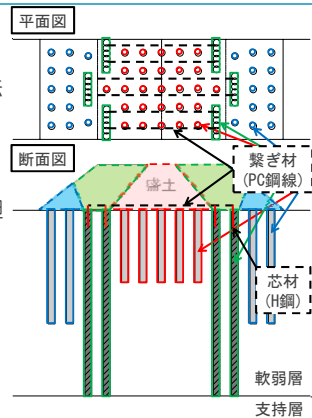
- ・ 壁内部地盤の沈下を抑制

### 外部杭（杭状改良体）

- ・ 法面下部地盤の変形を抑制

### 芯材+繋ぎ材

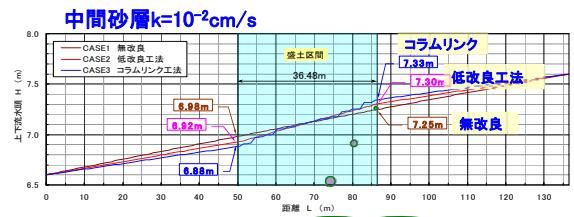
- ・ 壁頭部の傾斜を抑制



## 側部壁の影響

### 側部壁（壁状改良体）

- ・ 壁内部地盤の側方流動を抑制
- ・ 基本的には基礎定着型



## コラムリンク工法の適用範囲

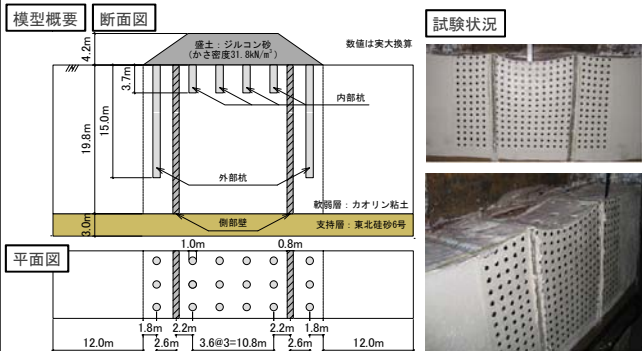
- 1) 深層混合処理工(セメントミルク攪拌工あるいは粉体噴射攪拌工の適用範囲に準拠)
  - ・ 地盤改良深度：40m以下を標準とする
  - ・ 地盤改良体の改良径：φ1000~1300mm×2軸を標準とする
  - ・ 適用地盤：粘性土 最大C=100kN/m<sup>2</sup>(N=10)、砂質土 最大N=30
  - ・ 改良体強度：設計強度は、1.0MN/m<sup>2</sup>以下を標準とする
- 2) 芯材(H鋼)打設工
  - ・ 芯材打設深度：5m以下を標準とする
  - ・ 芯材形状：H-200×200を標準とする
- 3) 敷き網工
  - ・ 材料：ジオテキスタイルを標準とする
  - ・ 仕様：製品基準強度 Tmax=100kN/m(100L)を標準とする
- 4) 繋ぎ材
  - ・ 材料：アンボンドPC鋼より線
  - ・ 仕様：φ15.2mm、引張荷重Tus=261kN

## コラムリンク工法が適用できない範囲

- 1) 地盤条件
  - ・ 粘着力100 kN/m<sup>2</sup>(N=10)以上の粘性土
  - ・ N値30以上の砂質土
- 2) 現場条件
  - ・ 深層混合処理工のベースマシンが入らない狭隘地

## 遠心模型実験による効果の検証

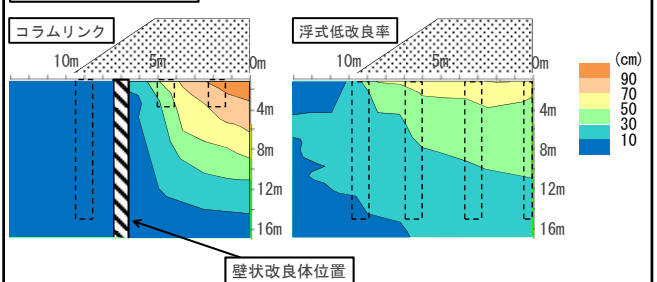
- ・ 静的荷重実験
- 目的：盛土荷重時の地盤挙動の確認、他工法との比較
- 実験：改良した粘土地盤に盛土を荷重→地盤の変形を計測



## 遠心模型実験による効果の検証

- ・ 静的荷重実験

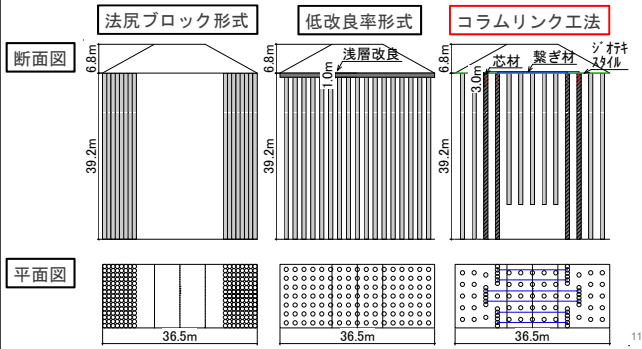
### 鉛直変位コンター



- ・ コラムリンク工法では側壁内側でのみ鉛直変位が発生し、壁の外側ではほとんど鉛直変位が発生していない

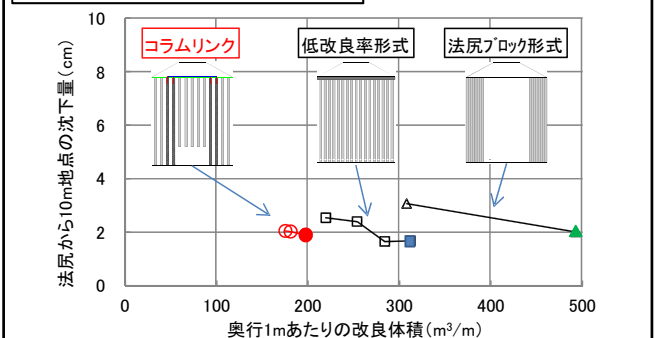
## 解析による効果の検証

- ・ 2次元解析を用いた他工法との比較
- 目的：コラムリンク工法と他工法の変位抑制効果・経済性の比較
- 解析：下記3形式の複数の仕様で、改良体積と変位の関係と比較



## 解析による効果の検証

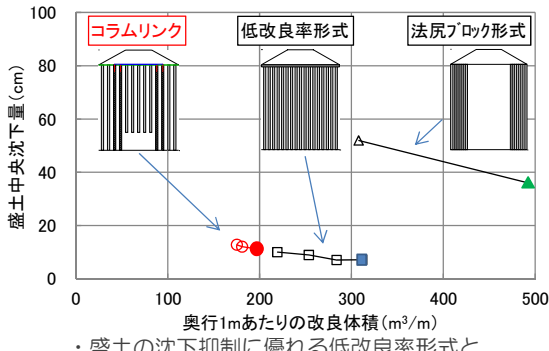
### 法尻から10m離れた地点の沈下量



- ・ 他工法に比べて、少ない改良体積で周辺地盤変位を抑制→周辺変位抑制と経済性を両立

## 解析による効果の検証

### 盛土中央部の沈下量

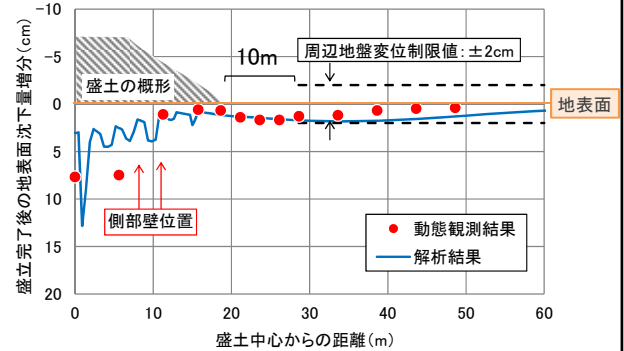


・ 盛土の沈下抑制に優れた低改良率形式と同程度の効果を確認

13

## 解析による効果の検証

### 2次元解析との比較



・ 実地盤の挙動を2次元解析で精度よく再現できた

14

## 設計手法における工夫

### 最適仕様の検討手順

改良率の設定 → 平面配置の設定 → 改良深度の検討 → 仕様決定

- ① 盛土荷重を支えるために必要な平面改良率  
→ 盛土荷重と改良体強度のつり合いから算出

例えば…

- ・ 盛土高さ7.0m (単位体積重量  $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ )
- ・ 改良体の設計基準強度  $1,000 \text{ kN/m}^2$

$$\text{盛土荷重} = 7.0 \times 19.0 = 133 \text{ kN/m}^2$$

盛土荷重を改良体が全て負担する時の平面改良率  $\alpha$  は  
 $\alpha \times 1,000 > 133$

$$\alpha > 13.3\%$$

最小改良率は13.3%

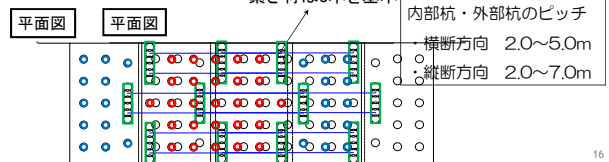
15

## 設計手法における工夫

### 最適仕様の検討手順

改良率の設定 → 平面配置の設定 → 改良深度の検討 → 仕様決定

- ② 側部壁を法肩下部付近に配置  
→ 盛土荷重の負担と地盤の側方流動抑制を両立する位置
- ③ 算出した平面改良率を上回る量の内部杭・外部杭を概ね均等になるように配置  
→ 内部杭：盛土中心部の荷重を負担  
外部杭：法尻部の荷重を負担



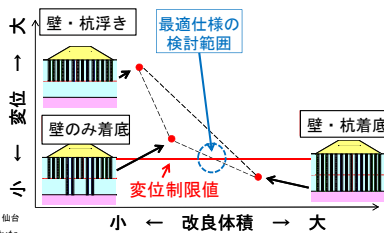
16

## 設計手法における工夫

### 最適仕様の検討手順

改良率の設定 → 平面配置の設定 → 改良深度の検討 → 仕様決定

- ④ 改良仕様の極端な3形式の変位を計算し、改良体積との関係を図化
- ⑤ 変位制限値との比較から、最適仕様の検討範囲を絞り込む



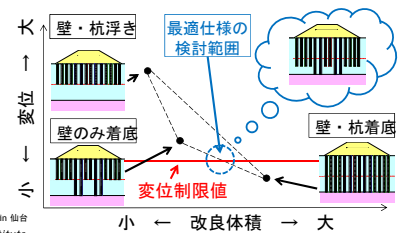
17

## 設計手法における工夫

### 最適仕様の検討手順

改良率の設定 → 平面配置の設定 → 改良深度の検討 → 仕様決定

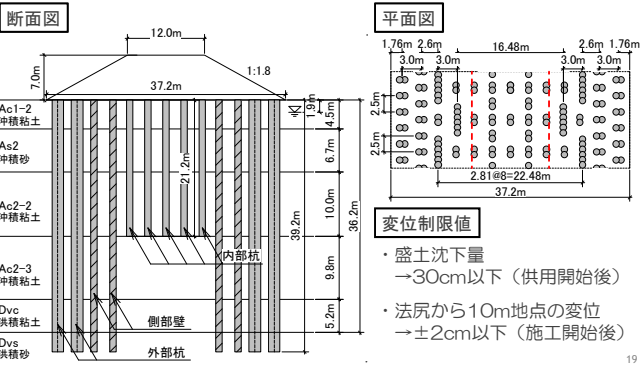
- ④ 改良仕様の極端な3形式の変位を計算し、改良体積との関係を図化
- ⑤ 変位制限値との比較から、最適仕様の検討範囲を絞り込む
- ⑥ 検討範囲付近で、変位制限値を満足する、最小改良体積の仕様を検討し最適仕様とする



18

## 現場施工例

目的：実施工と事後の動態観測から、**施工性・改良効果**を検証  
 適用場所：熊本県の有明海沿岸部、軟弱粘土層が4.0m



19

## 現場施工例

既存の深層混合処理機械で施工可

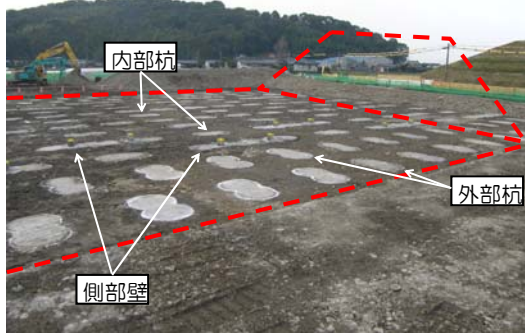


平成25年度土研新技術ショーケース in 仙台  
 FWR Public Works Research Institute

20

## 現場施工例

地盤改良後の地表面状況



平成25年度土研新技術ショーケース in 仙台  
 FWR Public Works Research Institute

21

## 現場施工例

対策効果を高める芯材、敷材



平成25年度土研新技術ショーケース in 仙台  
 FWR Public Works Research Institute

22

## 現場施工例

盛土直下の改良のためのため盛土施工に影響を与えない



平成25年度土研新技術ショーケース in 仙台  
 FWR Public Works Research Institute

23

## 現場施工におけるニーズの確認

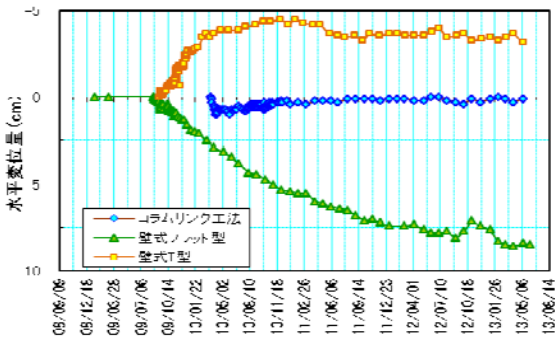
- ・周辺地盤への影響を低減  
⇒盛土基礎地盤の側方流動低減等
- ・液状化に対する対策効果  
⇒液状化抑制効果、液状化を考慮した対策等
- ・工期の短縮  
⇒圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等
- ・工費の縮減  
⇒特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・盛土構築後の残留沈下量抑制

平成25年度土研新技術ショーケース in 仙台  
 FWR Public Works Research Institute

24

## ニーズ 「周辺地盤への影響低減」

法尻から10m離れた地盤の水平変位は極わずか

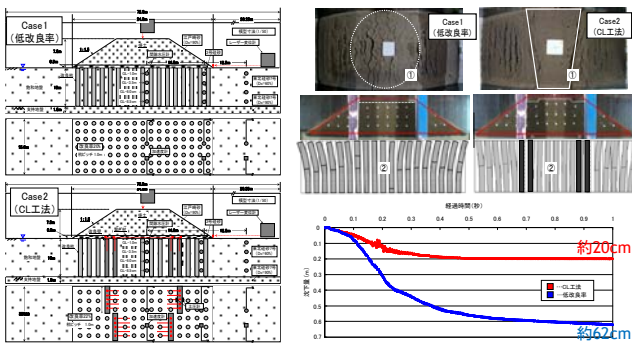


## 現場施工におけるニーズの確認

- ・周辺地盤への影響を低減  
⇒盛土基礎地盤の側方流動低減等
- ・液状化に対する対策効果  
⇒液状化抑制効果、液状化を考慮した対策等
- ・工期の短縮  
⇒圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等
- ・工費の縮減  
⇒特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・盛土構築後の残留沈下量抑制

## ニーズ 「液状化に対する対策効果」

- ・施工された現場では液状化履歴なし  
⇒動的遠心力模型実験で効果を確認



## ニーズ 「液状化に対する対策効果」

### 実験結果から得られた液状化対策効果

- 液状化時の盛土荷重は杭に集中しており、液状化地盤には盛土荷重が作用していないこと。
- 繋ぎ材による側部壁の拘束により、液状化時の水平変位抑制に十分な効果を有すること。
- さらに、盛土法尻部にも改良壁を設置し、繋ぎ材による拘束を行えば、盛土全体の液状化変位抑制に繋がること期待できる。

## 現場施工におけるニーズの確認

- ・周辺地盤への影響を低減  
⇒盛土基礎地盤の側方流動低減等
- ・液状化に対する対策効果  
⇒液状化抑制効果、液状化を考慮した対策等
- ・**工期の短縮**  
⇒**圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等**
- ・工費の縮減  
⇒特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・盛土構築後の残留沈下量抑制

## ニーズ 「工期の短縮」

**比較** : 法尻から10m地点の鉛直変位が2cmとなる仕様を解析で求め、縦断方向100mの工期を比較した

| 改良形式   | 法尻ブロック形式             | 低改良率着底+浅層改良          | コラムリンク工法             |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 断面図    |                      |                      |                      |
| 平面図    |                      |                      |                      |
| 深層改良体積 | 49,260m <sup>3</sup> | 24,923m <sup>3</sup> | 17,526m <sup>3</sup> |
| 工期     | 497日 (100%)          | 294日 (59.2%)         | 255日 (51.3%)         |

## 現場施工におけるニーズの確認

- ・周辺地盤への影響を低減  
⇒盛土基礎地盤の側方流動低減等
- ・液状化に対する対策効果  
⇒液状化抑制効果、液状化を考慮した対策等
- ・工期の短縮  
⇒圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等
- ・**工費の縮減**  
⇒特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・盛土構築後の残留沈下量抑制

## ニーズ 「工費の縮減」

**比較**：法尻から10m地点の鉛直変位が2cmとなる仕様を解析で求め、縦断方向100mの工費を比較した

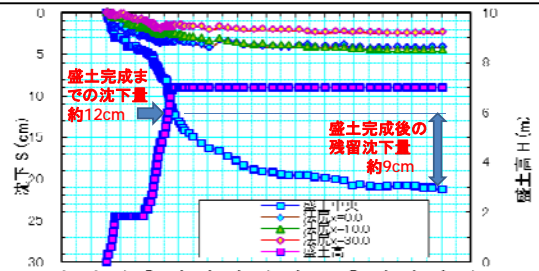
| 改良形式   | 法尻ブロック形式             | 低改良率着底+浅層改良          | コラムリンク工法             |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 断面図    |                      |                      |                      |
| 平面図    |                      |                      |                      |
| 深層改良体積 | 49,260m <sup>3</sup> | 24,923m <sup>3</sup> | 17,526m <sup>3</sup> |
| 直接工事費  | 24,700万 (100%)       | 17,700万 (71.7%)      | 14,500万 (58.7%)      |

## 現場施工におけるニーズの確認

- ・工期の短縮  
⇒圧密沈下促進、改良体作成工期の短縮等
- ・工費の縮減  
⇒特別な機材が不要、工期短縮による人件費軽減等
- ・液状化に対する対策効果  
⇒液状化抑制効果、液状化を考慮した対策等
- ・周辺地盤への影響を低減  
⇒盛土基礎地盤の側方流動低減等
- ・**盛土構築後の残留沈下量抑制**

## ニーズ 「残留沈下量抑制」

- ・盛土完成後の中央部における残留沈下量は約9cm
- ・盛土完成後約2年で沈下はほぼ収束



## コラムリンク工法研究会

- ・本技術の向上及び普及の促進を通じて、社会に貢献することを目的とし、技術の改良、普及活動に取り組むために「コラムリンク工法研究会」を平成24年9月に設立
  - (1) 本工法の普及及び関連技術情報の収集
  - (2) 本工法の設計、施工に関わる技術資料の整備
  - (3) 本工法の改善・改良及び用途開発と用途拡大のための技術開発
  - (4) 本工法に関わる産業財産権の運営管理業務の支援
- ・事務局  
(一財) 土木研究センター
- ・コラムリンク工法マニュアルの作成  
平成26年度発行に向けて作成中

## まとめ

- ・本工法は、盛土や周辺地盤に設定された変位制限値に対して、**杭状の改良体と壁状の改良体を最適に配置**することで、低改良で**効果的に沈下・水平変位を抑制できる工法**である。
- ・本工法は、組合せにより改良仕様が無数に存在する工法であるが、要求される変位制限値に対して、最適仕様を**簡易に求められる設計手法**を考案した。
- ・試験施工により、動態観測結果より得られた変位は、**無対策地盤と比較して極めて小さく抑えることが可能**となった。
- ・従来技術の深層混合処理をベースにしているため、施工に**特殊な機械を必要としないため、汎用性の高い工法**である。
- ・液状化が懸念され地盤においても、**地震時の盛土沈下量を抑制するとともに、改良杭に大きな損傷を与えない、耐震性の高い工法**である。