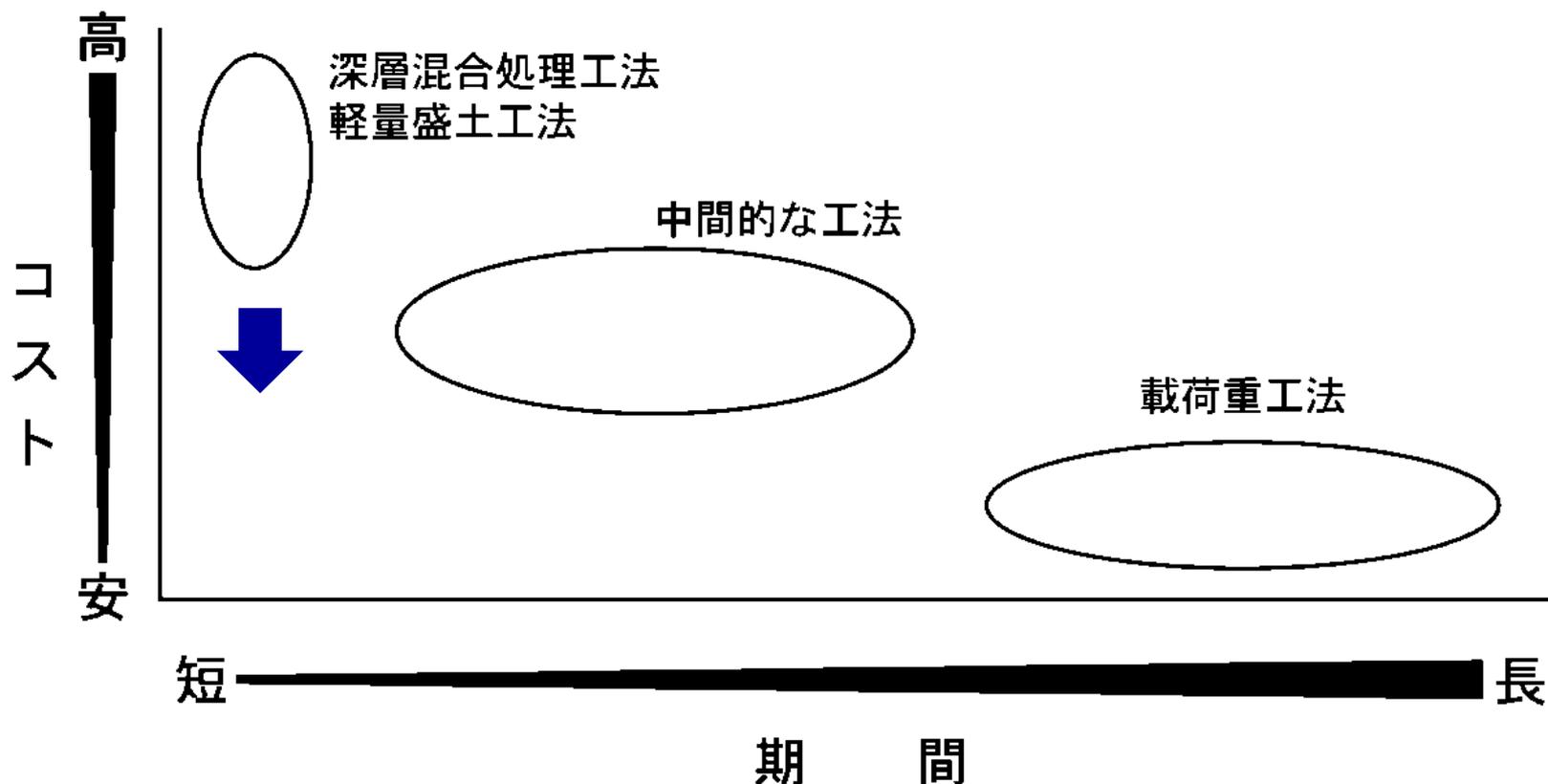


砕石とジオテキスタイルを用いた低コスト地盤改良技術 ～ グラベル基礎補強工法 ～

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所
寒地基礎技術研究グループ
寒地地盤チーム 橋本 聖

1. 軟弱地盤対策の課題
2. グラベル基礎補強工法の改良効果
3. グラベル基礎補強工法の設計法
4. 工事費および施工実績など

軟弱地盤対策の課題



軟弱地盤対策：

『工事期間』と『工事費』がトレードオフ

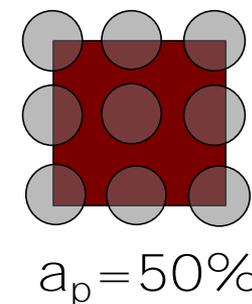
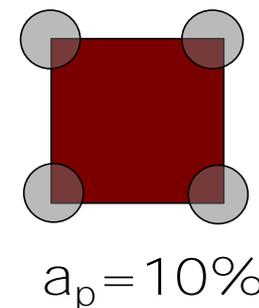
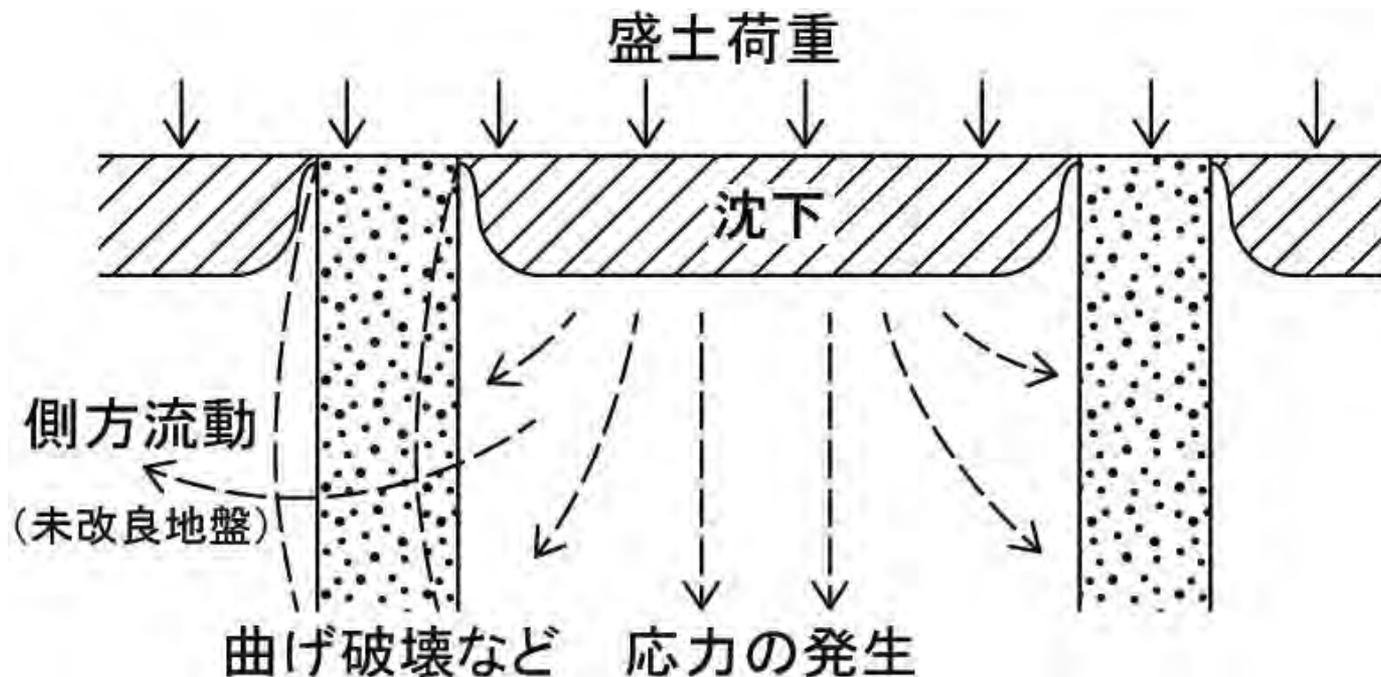
北海道泥炭と沖積粘土との工学的性質の比較



泥 炭 (主として 石狩泥炭)	軟弱粘土	備 考
9.5~11.2	15~17	—
0.9~2.7	8~14	—
115~1,150	30~60	—
30~90	<20	—
1.3~2.1	2.6~2.8	—

間隙比	e	5~19	0.8~2.8	—
透水係数 k (m/s)	透水係数	$10^{-4} \sim 10^{-5}$	$10^{-6} \sim 10^{-8}$	—
	方向比	3~7	—	
圧縮指数	C_c	2.6~5.3	0.2~1.0	沖積粘土
強度増加率	S_u/P	0.5~1.0	0.2~0.3	—
圧密係数	C_v (cm ² /s)	10^{-4}	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	—

泥炭をセメント処理する際の現状と課題

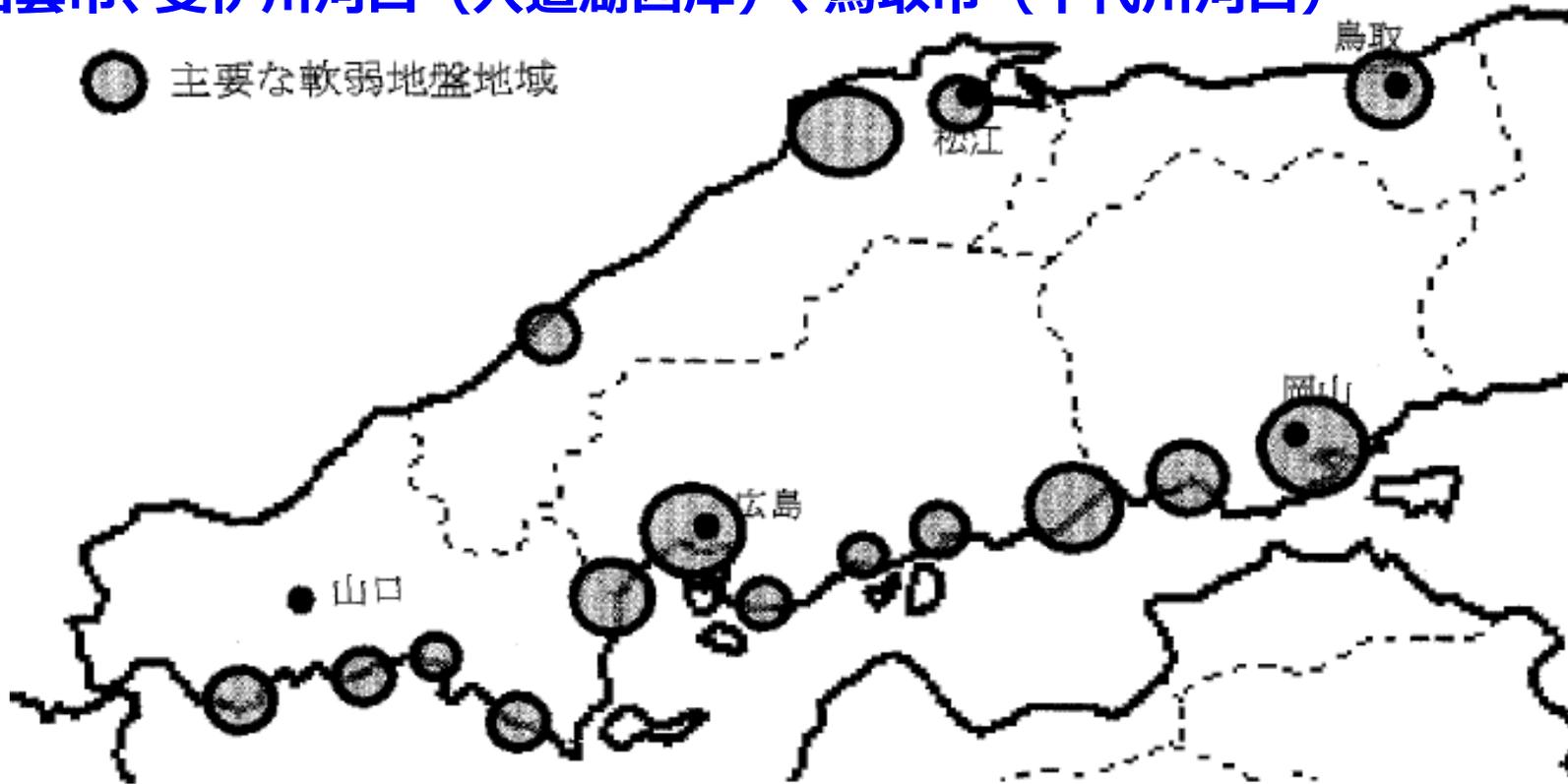


- セメント安定処理の**改良率**： $a_p = 50\%$ が基本（経験則）
- **固結工法**は他工法と比較して、**費用**が**割高**になる傾向

課題：コスト縮減

出雲市、斐伊川河口（宍道湖西岸）、鳥取市（千代川河口）

● 主要な軟弱地盤地域



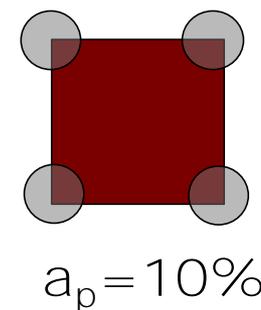
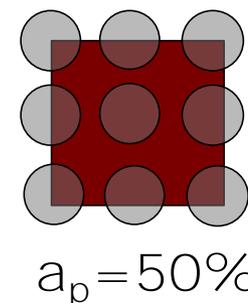
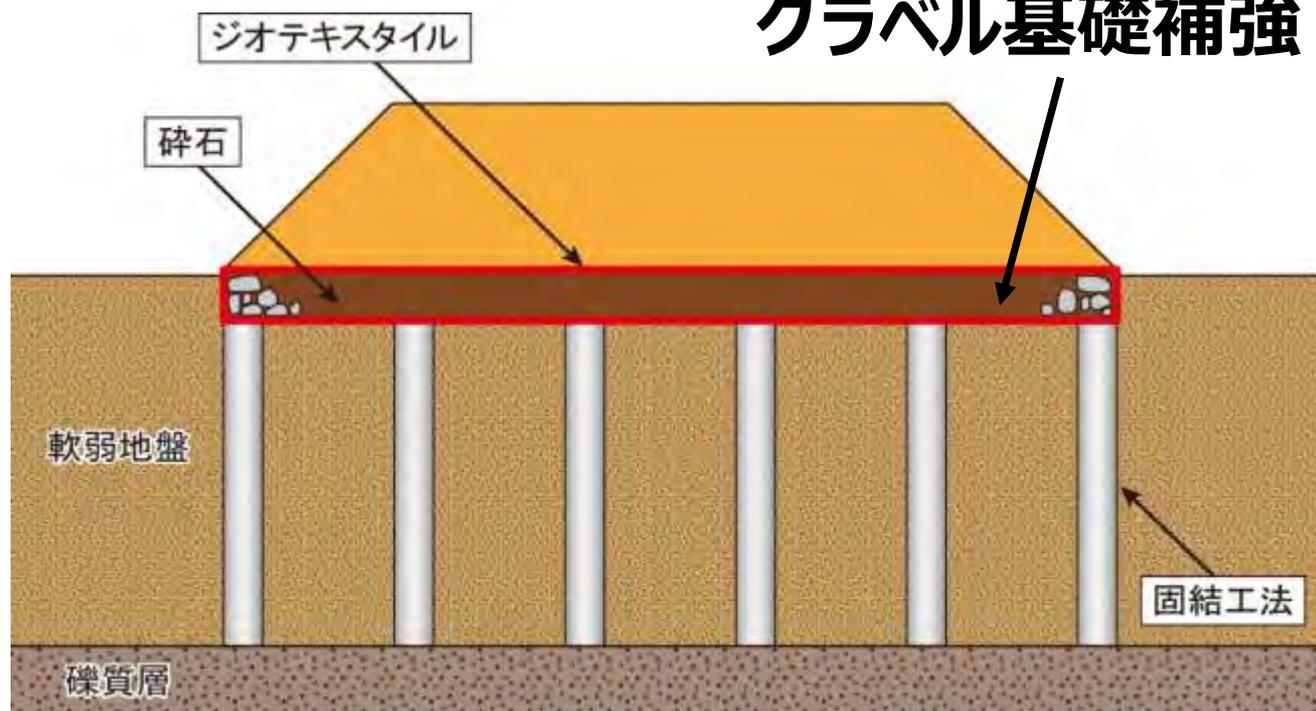
山口県宇部市、周南市、岩国市、広島県広島市、呉市、三原市、福山市
岡山県倉敷市玉島地区、岡山市

沿岸域の平野部に軟弱地盤（沖積粘性土層）が厚く堆積

グラベル基礎補強工法 の改良効果

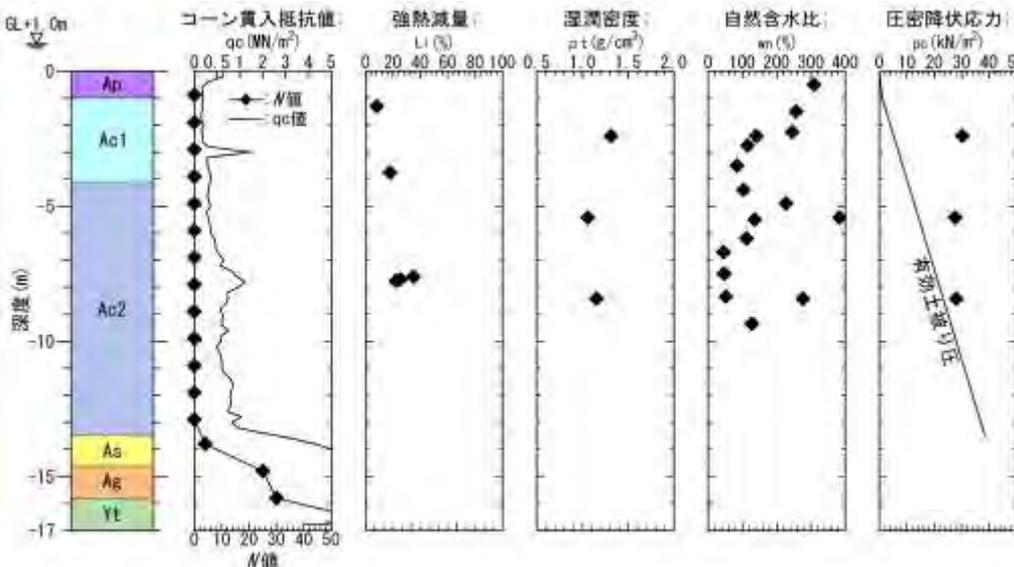
グラベル基礎補強工法とは

グラベル基礎補強

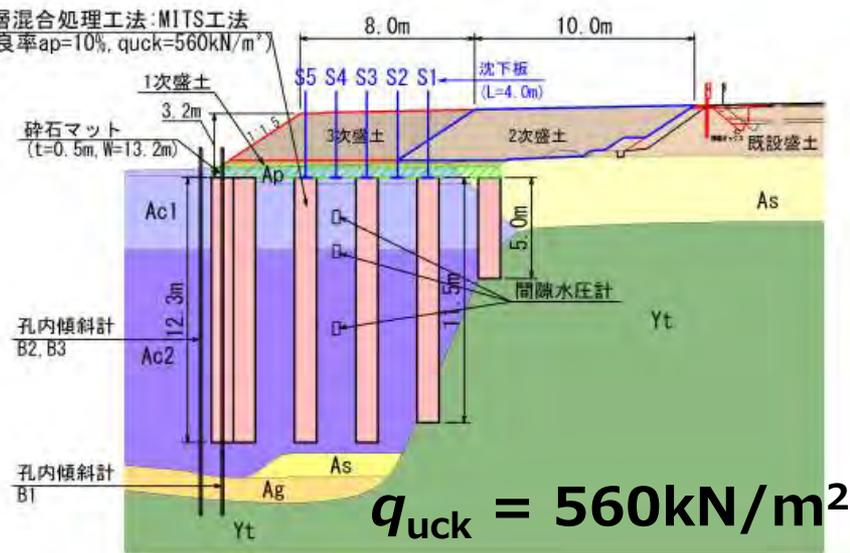


- 軟弱地盤上に早期に盛土が構築できる
経済的な軟弱地盤対策工法
(コスト縮減、不同沈下低減、周辺地盤の変形抑制)

試験施工現場

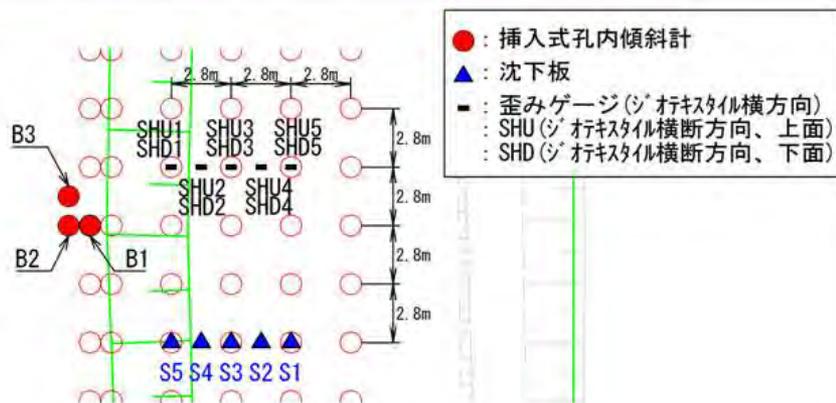


中層混合処理工法: MITS工法
(改良率 $ap=10\%$, $quck=560kN/m^2$)

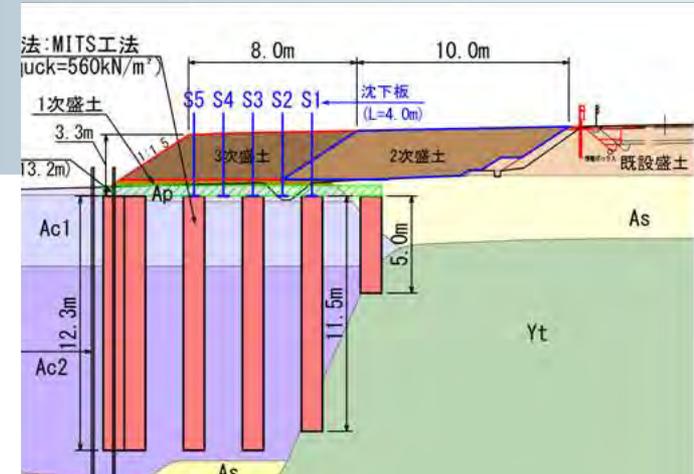


目的：改良効果の確認

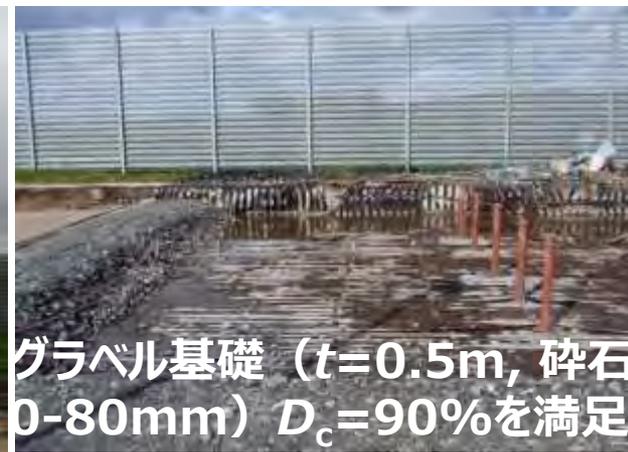
- 盛土の安定性
- 側方流動の有無
- 不同沈下の抑制
(ジテキスタイルの効果)



施工手順



地盤改良(MITS工法)
 $a_p = 10\%$



グラベル基礎 ($t=0.5m$, 碎石
0-80mm) $D_c=90\%$ を満足



グラベル基礎
(パ・リンク: $T_A=133kN/m$)



2次盛土 ($W=10m$)

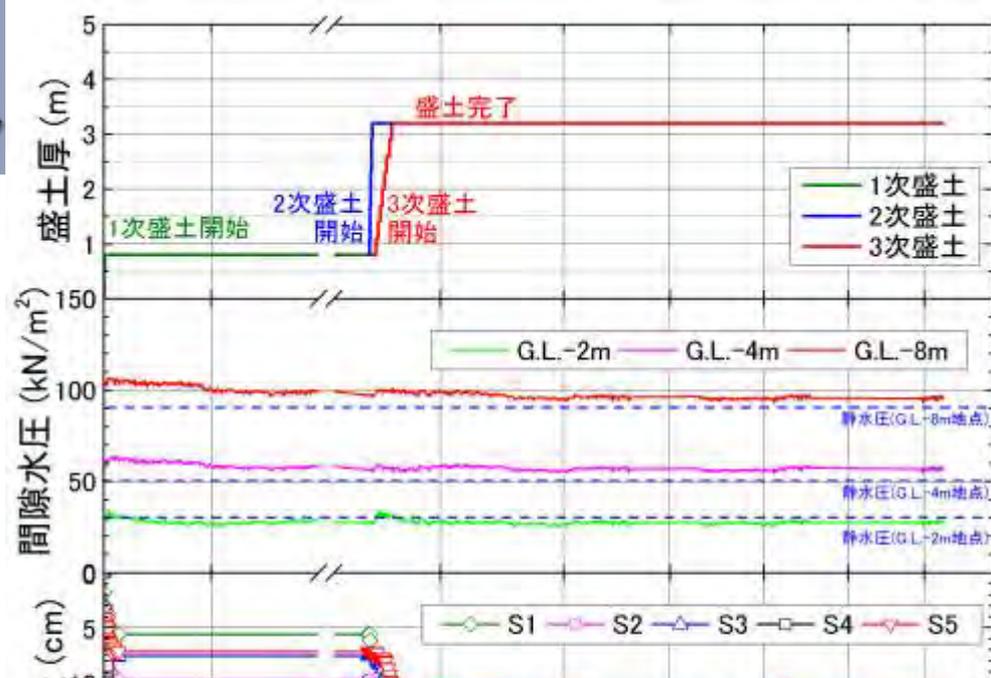
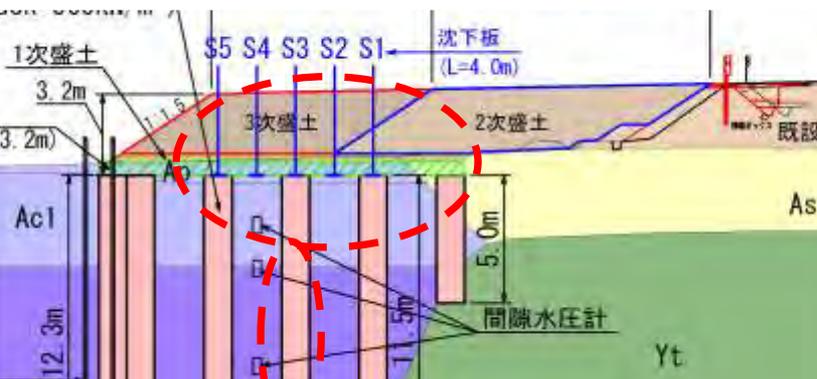


3次盛土 ($W=8m$)



盛土完了 ($H=3.3m$)

施工結果 ～沈下量・間隙水圧～



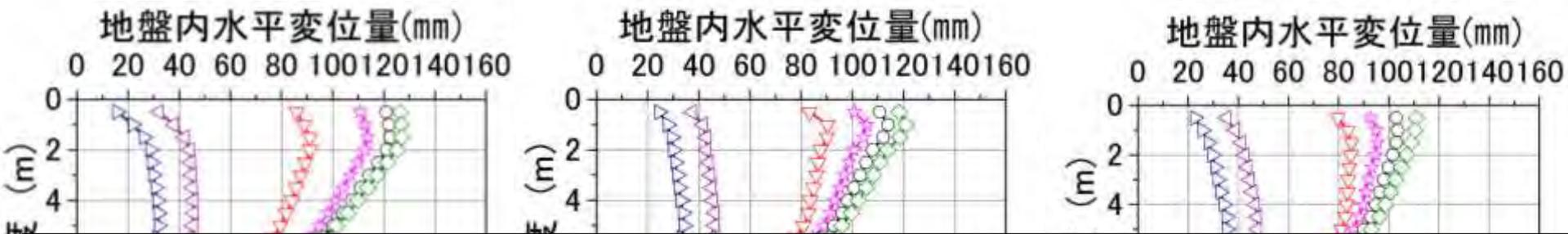
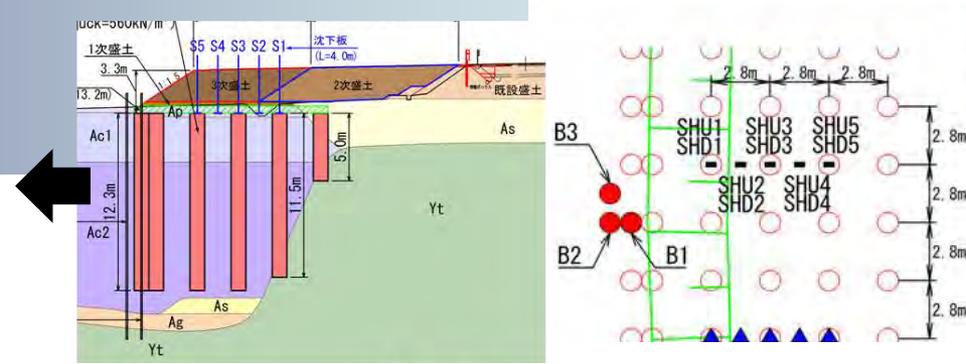
『**グラベル基礎補強**』が不同沈下低減に寄与し、**長期的に盛土の安定性が確保**

盛土開始からの経過日数 (日)

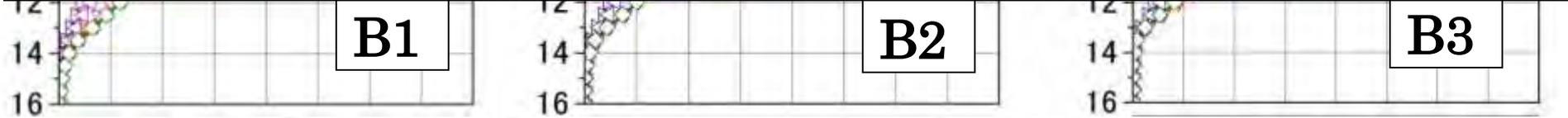
- 2240日後
 - … 改良体上 (S1,S3,S5) $S_p = 11 \sim 17 \text{cm}$
 - 未改良地盤 (S2,S4) $S_c = 24 \text{cm}$
 - ⇒ **相対的沈下量 $S_G \approx 10 \text{cm}$**

- 間隙水圧
 - … 盛土構築による**水圧上昇は小** (静水圧に近い)
 - ⇒ **盛土荷重はグラベル基礎補強を介して改良体に作用**

施工結果 ～地中変位量～



低改良率にも拘わらず、改良体と未改良地盤が一体的に挙動する『複合地盤』として機能

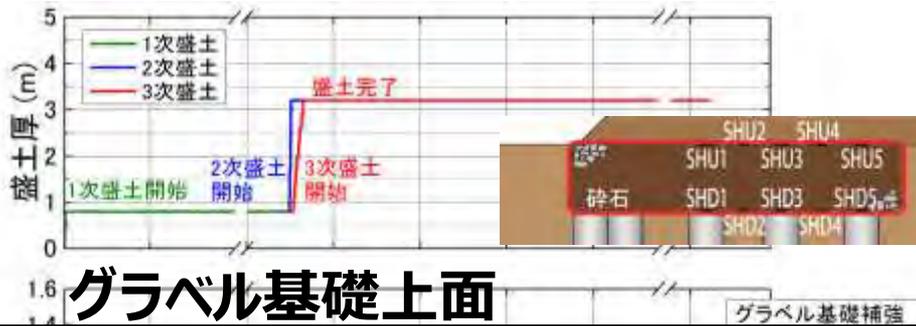


□ 1次盛土施工前(0日) △ 1次盛土終了後(8日) ◁ 2次盛土終了後(1102日) ▽ 3次盛土終了後(1130日)
 ◇ 盛土完了3ヶ月後(1224日) ☆ 盛土完了10ヶ月後(1435日) ○ 盛土完了2年後(1850日)

変形モード・変形量はB1-B3で概ね同様

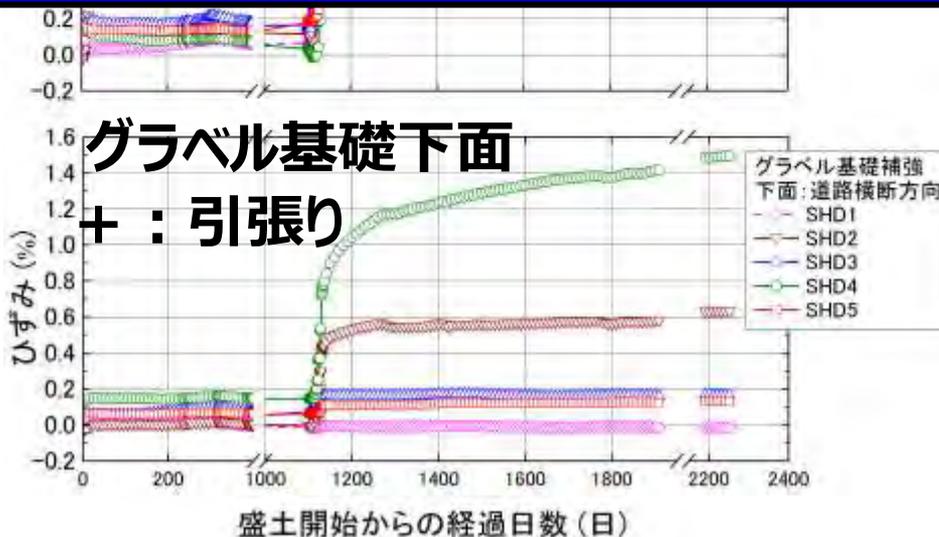
→ 改良体と未改良地盤が一体的な挙動

施工結果 ～補強材ひずみ～



- 3次盛土終了時
 グラベル基礎上面 $\epsilon_{\max} = 1.0\%$
 グラベル基礎下面 $\epsilon_{\max} = 0.8\%$

ジオテキスタイルの健全性は十分満足しており、長期的にグラベル基礎補強の機能が維持



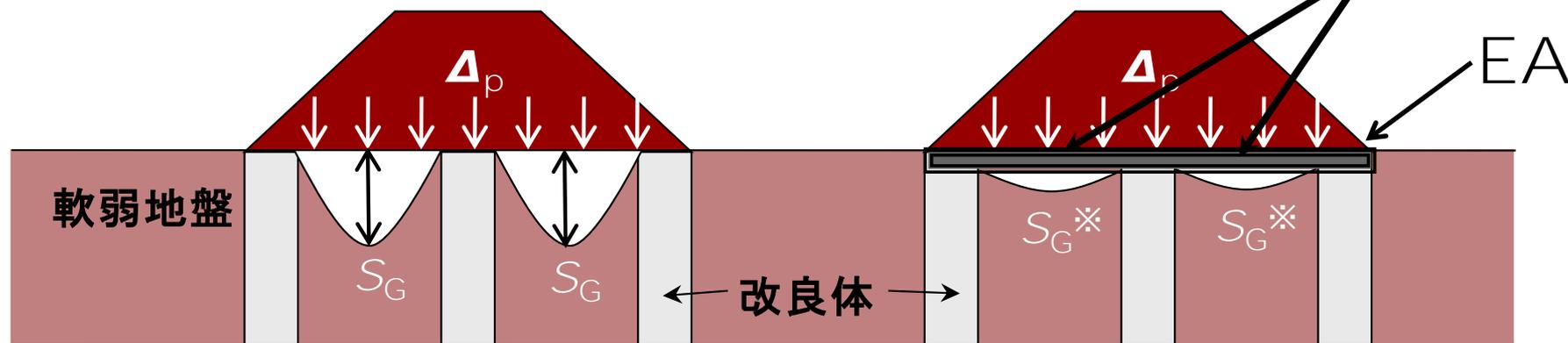
未改良地盤のジオテキスタイルに経時的に応力作用 (クリープ)

ジオテキスタイルの設計強度に相当する ひずみ $\epsilon = 7.6\%$

グラベル基礎補強工法の設計法

改良体+グラベル基礎補強

グラベル基礎補強で不同沈下量を低減させる改良効果： R

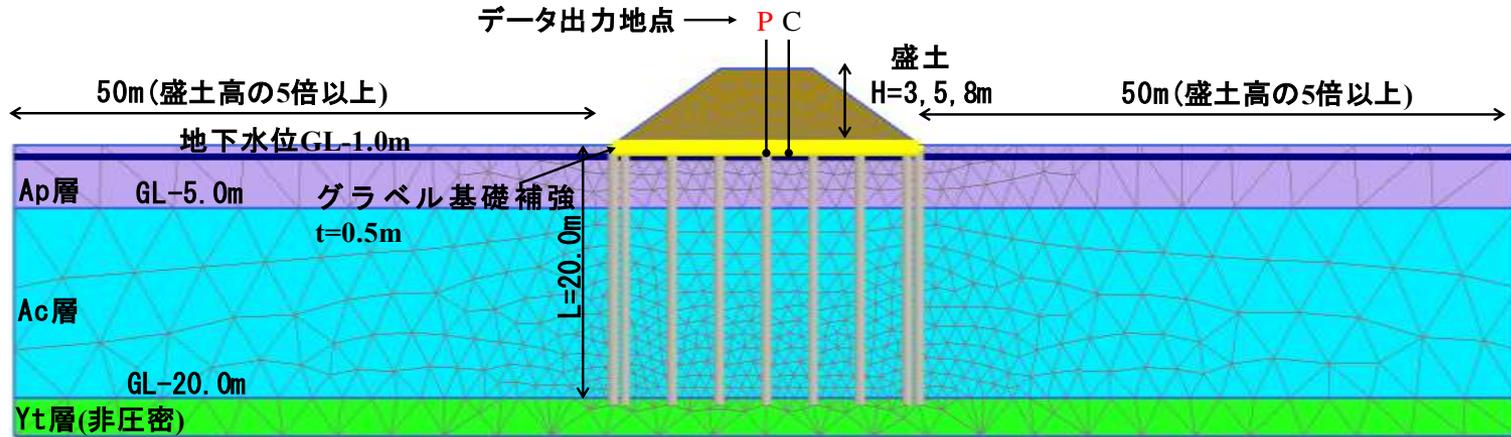


- **グラベル基礎補強の敷設効果：**
盛土によって改良体と未改良地盤の間に生じる相対的な沈下をグラベル基礎補強が受け持つことで、不同沈下量を低減することが可能
⇒ グラベル基礎補強で不同沈下量を低減させる改良効果を『不同沈下低減係数』と定義

不同沈下低減係数『 R 』 $R = S_G^* / S_G$

パラメトリックスタディ

目的： 設計時、グラベル基礎補強を使用するジオテキスタイル引張剛性EAの選定図（R～EA）を、パラメトリックスタディにより整理



盛土高 h (m)	改良率 a_p (%)		
	10 ($l'=3.96$ m)	20 ($l'=2.83$ m)	30 ($l'=2.29$ m)
3	○	○	○
5	○	○	○
8	○	○	○

ジオテキスタイル引張剛性 $EA=400, 1000, 10000, 40000$ (kN/m)

改良率, 盛土高, ジオテキスタイル引張剛性EAを変化させたことによる不同沈下低減係数RとEAの関係を整理

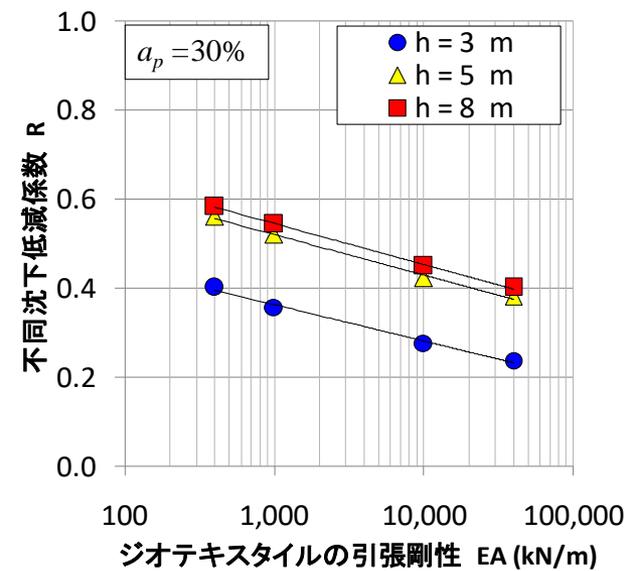
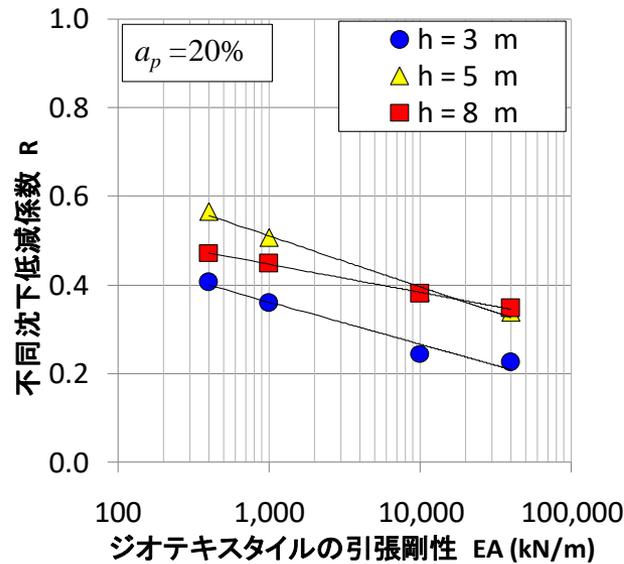
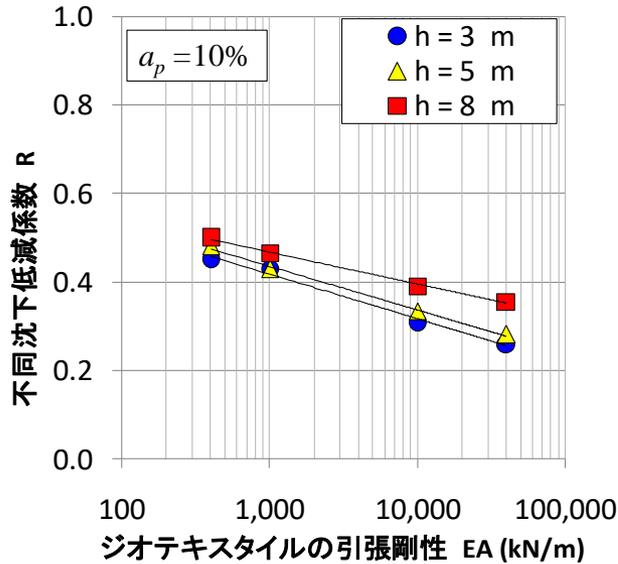
パラメトリックスタディに用いたパラメーター一覧



必要なパラメータ	修正カムクレイモデル		線形弾性		モールクーロン		ハリ要素	ジオグリット
	Ac1	Ac2-2	As	Yt	盛土	砕石	改良体	ジオテキスタイル
単位体積重量 γ_t kN/m ³	13.12	11.53	19.00	20.00	16.50	20.00	13.43	---
自然含水比 w_n %	140.8	276.5	---	---	---	---	---	---
強熱減量 L_i %	14.1	27.7	---	---	---	---	---	---
見かけの粘着力 c kN/m ²	---	---	---	---	1000.0	0.0	---	---
有効せん断抵抗角 ϕ °	34.7	37.3	---	---	0.0	40.0	---	---
限界状態応力比 M	1.404	1.517	---	---	---	---	---	---
静止土圧係数 k_0	0.431	0.395	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	---
過圧密比 OCR	2.30	1.20	---	---	---	---	---	---
初期間隙比 e_0	3.457	5.997	---	---	---	---	---	---
有効ポアソン比 ν'	0.301	0.283	0.330	0.330	0.330	0.330	0.330	---
圧縮指数 λ	0.930	1.918	---	---	---	---	---	---
膨張指数 κ	0.118	0.243	---	---	---	---	---	---
鉛直透水係数 k_y m/day	1.21E-02	2.16E-02	8.64E+00	不透水層	8.64E+00	8.64E+00	---	---
水平透水係数 k_x m/day	6.05E-02	1.08E-01	8.64E+00		8.64E+00	8.64E+00	---	---
透水係数変化係数 ck	0.896	2.438	---	---	---	---	---	---
変形係数 E kN/m ²	---	---	11200	140000	14000	21875	141366	---
引張剛性 EA kN/m	---	---	---	---	---	---	---	パラメトリック
直径 D m	---	---	---	---	---	---	1.0	---
改良体間隔 L m	---	---	---	---	---	---	パラメトリック	---

※解析プログラム：汎用解析ソフト「PLAXIS(2012-AE)」

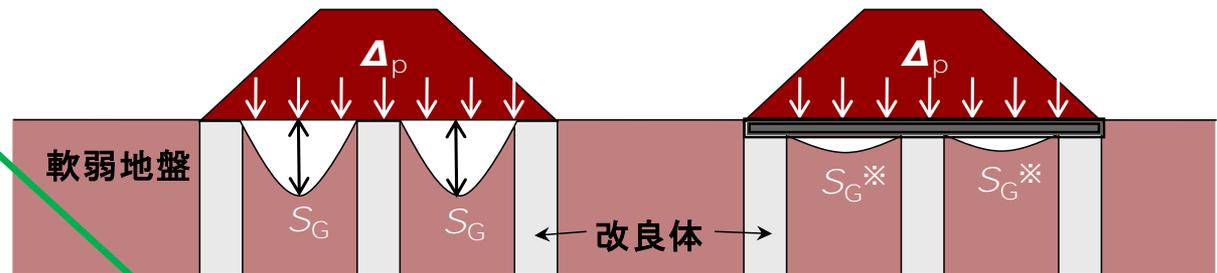
解析結果および考察



盛土高、改良率の大小に拘わらず、 R と EA の関係は右肩下がり

下記式から R を導出し、上記図から EA を読み取る

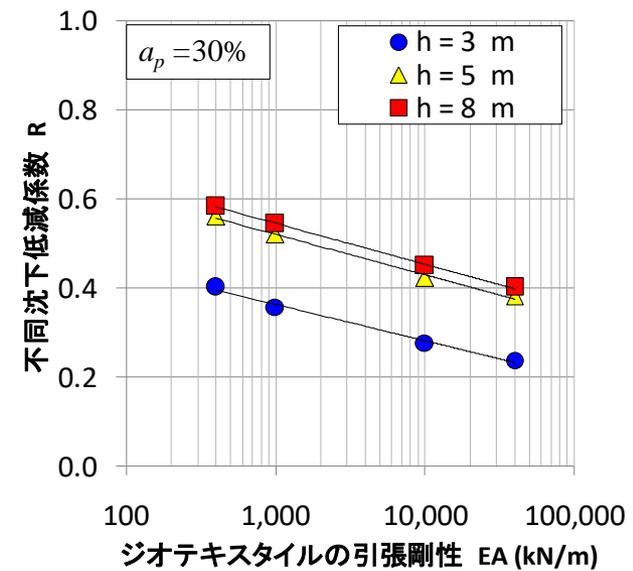
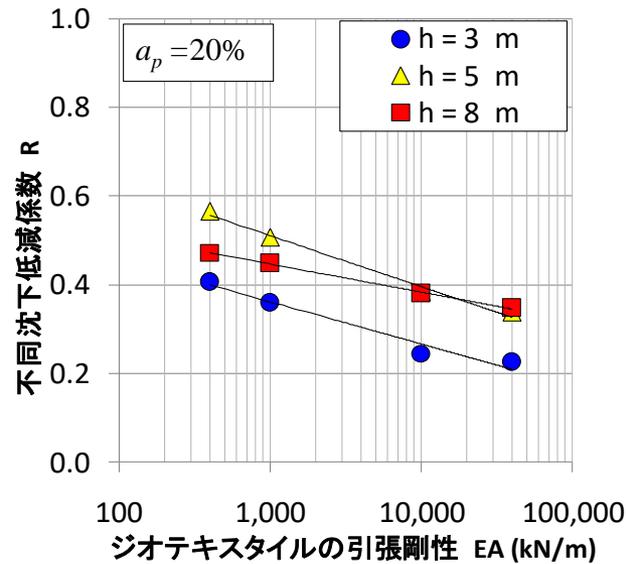
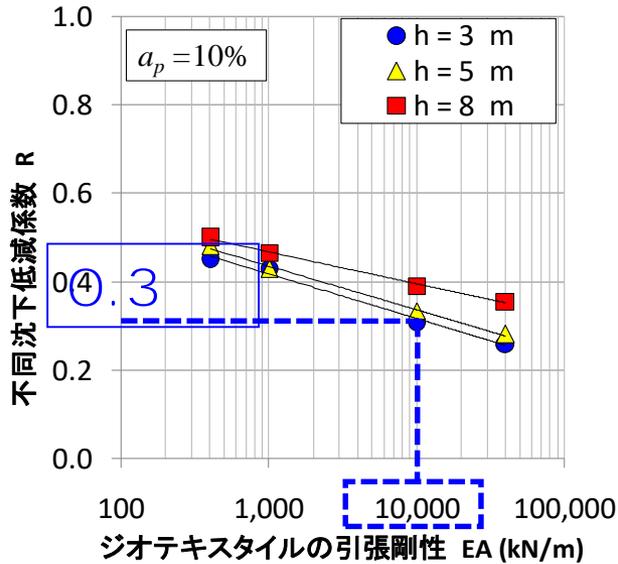
$$R = \frac{S_G^*}{S_G}$$



ジオテキマニュアルから導出

設計者が設定

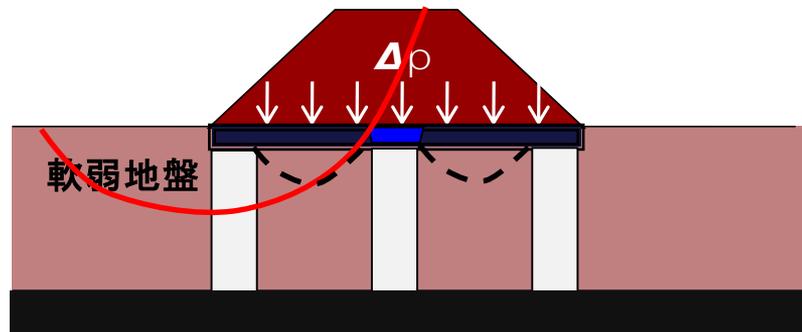
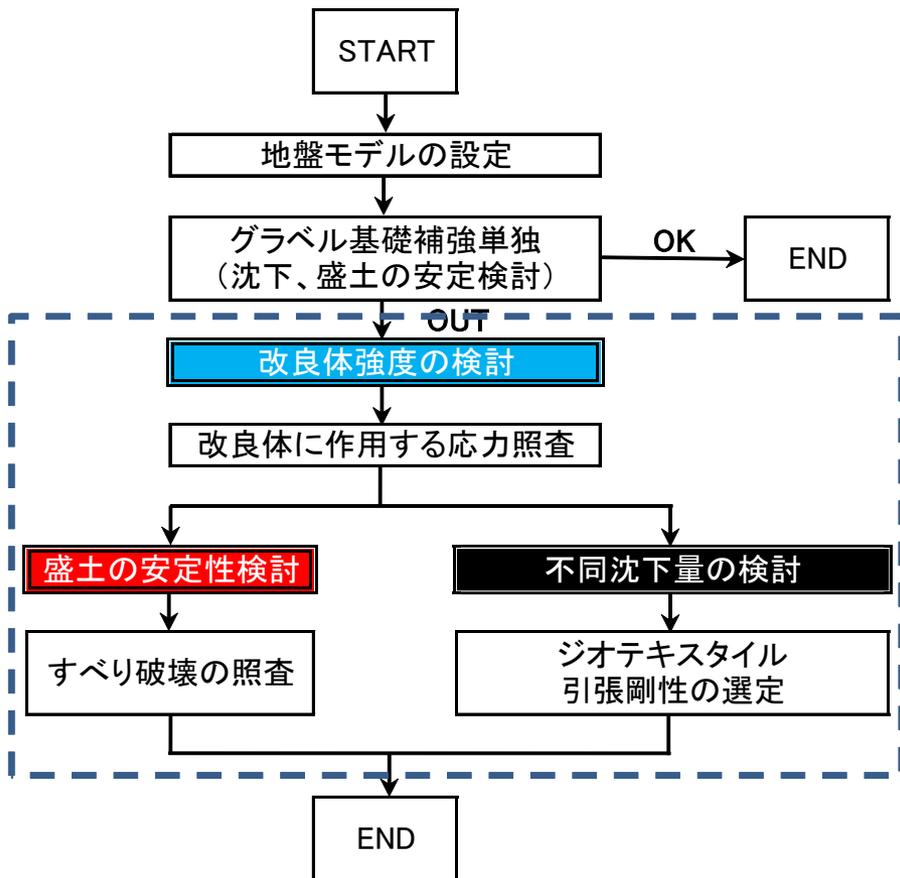
例えば...



盛土高 $h=5\text{m}$ 、 $a_p=10\%$ で検討された場合

$$R = \frac{S_G^*}{S_G} = 0.3$$

上記の図より、**ジオテキスタイル引張剛性 $EA=10,000\text{kN/m}$ の製品を選択**



不同沈下量の検討

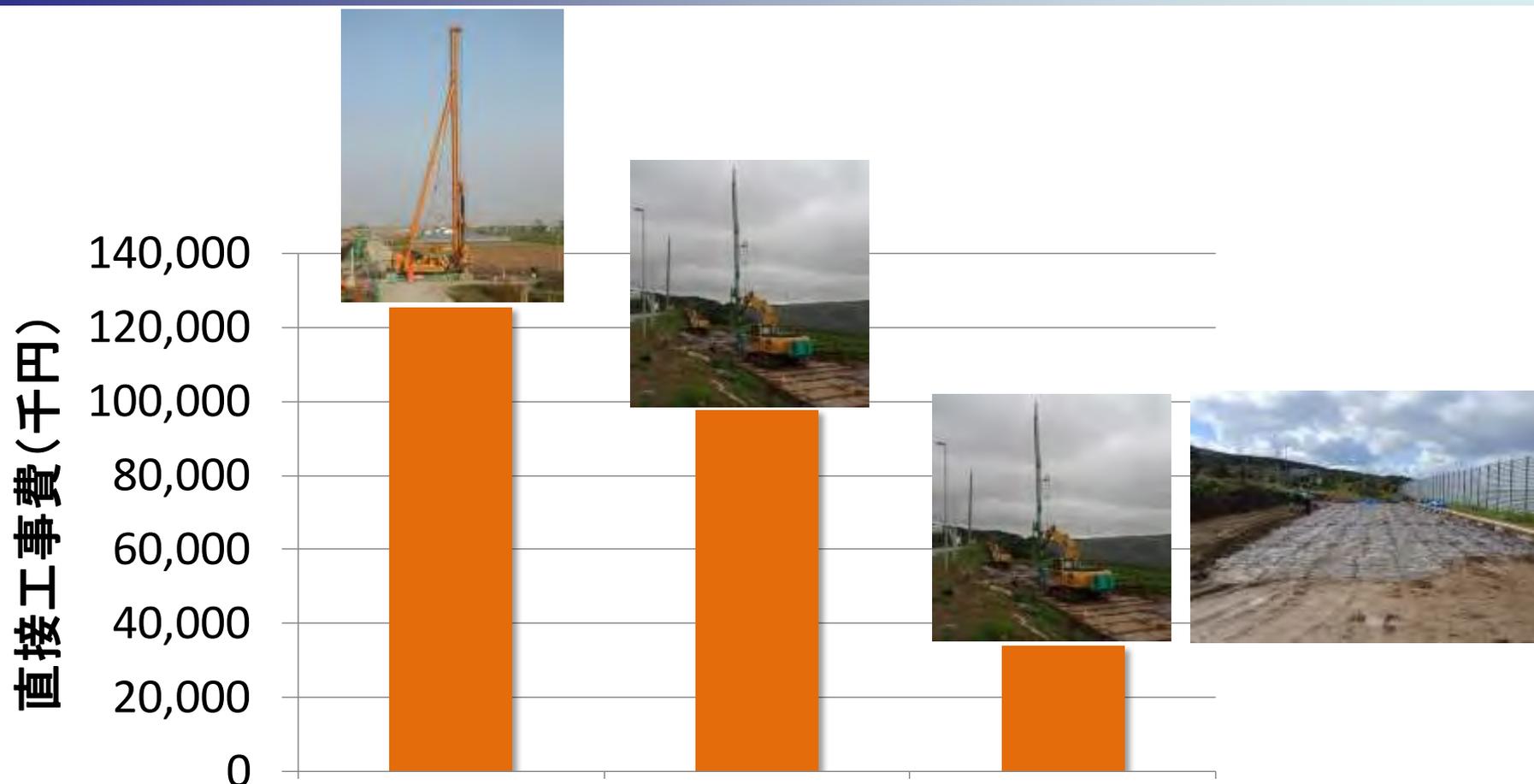
$$R = \frac{S_G^*}{S_G}$$

- R : 不同沈下低減係数
- S_G^* : 許容不同沈下量(cm)
- S_G : グラベル基礎補強が無い場合の
不同沈下量(cm)



工事費および施工実績など

工事費の比較

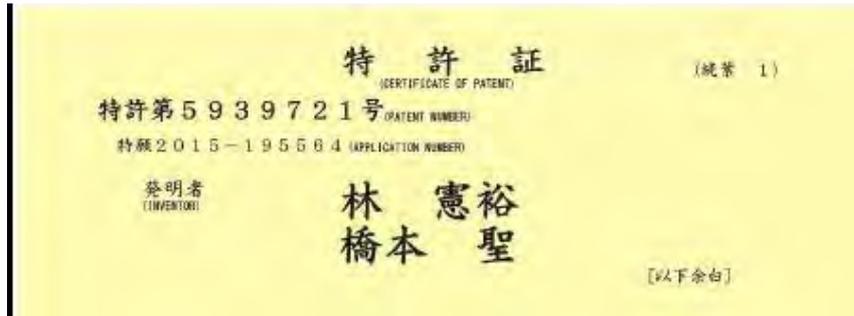


深層混合処理
(DJM工法)

中層混合処理
($a_p=50\%$)

グラベル基礎補強併用
低改良率固結工法

■ 中層混合処理工法(改良率 $a_p=50\%$)と比較して、約6割コスト減



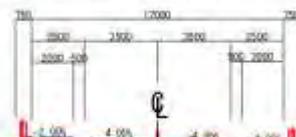
- 特許工法(H28.6月取得)
- 工事費に特許料を含めて発注
- 宮城県、日高自動車道で検討中
- 北海道横断道(新直轄では工事中)
- NETIS申請準備中
- 設計・施工マニュアル準備中

桜田区間の改良断面

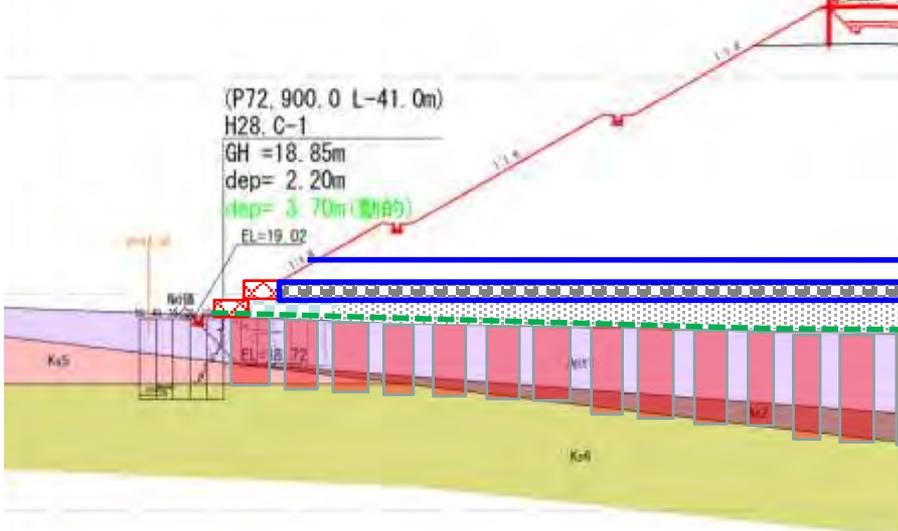
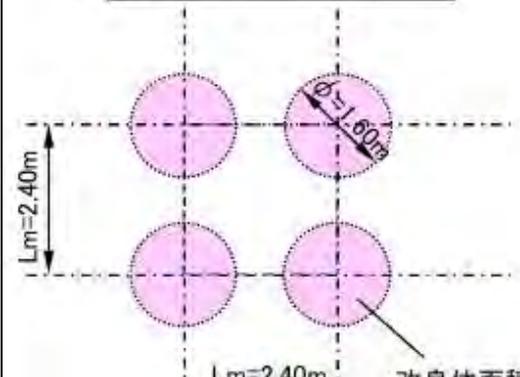
盛土高 $H=13.5\text{m}$
改良率 $a_p=35\%$
泥炭層厚 $t_{\max}=13\text{m}$

B-B' 断面

72900.00
GH = 18.02
FH = 33.18
BH = 15.16



改良率: $a_p=35\%$
改良強度: $q_{ucp}=570\text{kN/m}^2$



地盤改良: R2年度
盛土: R3年度



CERI 独立行政法人 土木研究所
寒地土木研究所
寒地基礎技術研究グループ
寒地地盤チーム
Geotechnical Research Team

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	 北海道における 複合地盤杭基礎の設計施工法 に関するガイドライン
 北海道における 不良土対策マニュアル	 積雪寒冷地における 冬期土工の手引き



■ 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



ご静聴ありがとうございました

■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