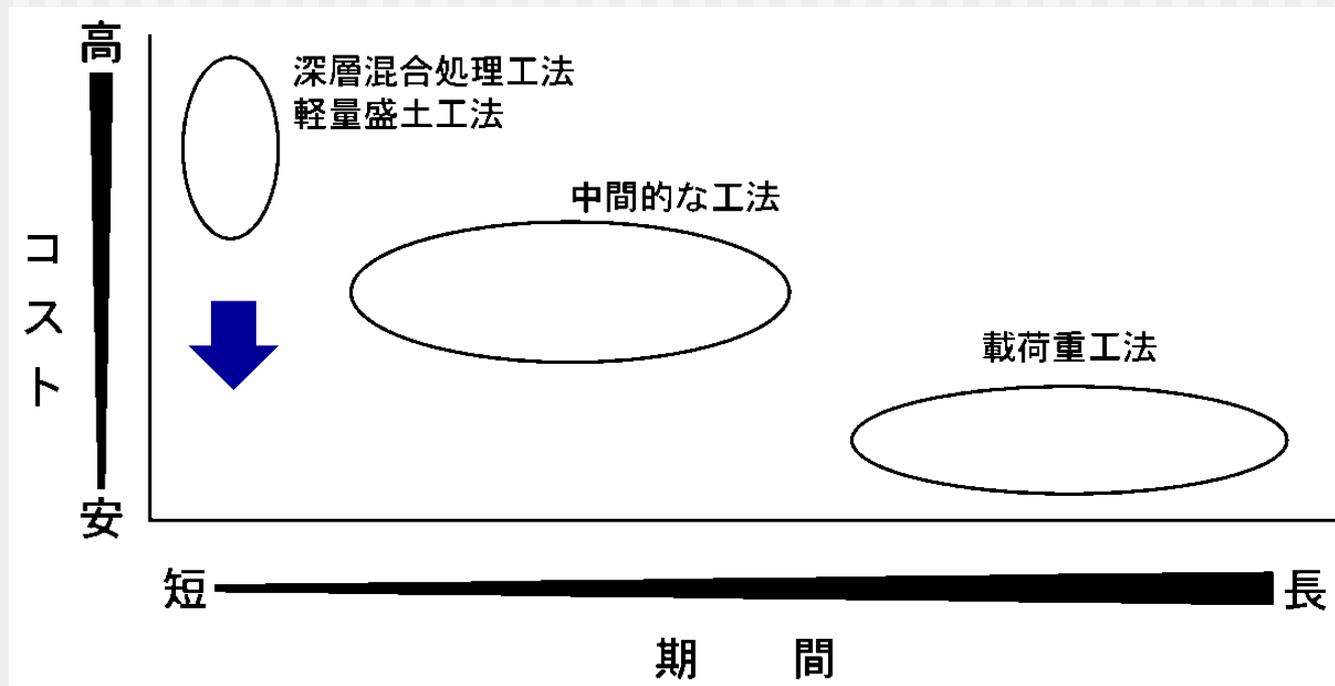


砕石とジオテキスタイルを用いた低コスト地盤改良技術 ～ グラベル基礎補強工法 ～

土木研究所 寒地土木研究所 寒地地盤チーム 橋本 聖

軟弱地盤対策工の現状

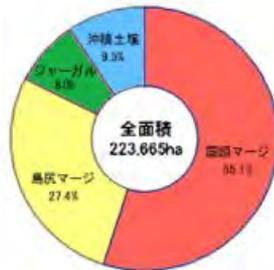


軟弱地盤対策: 『工事期間』と『工事費』がトレードオフ

沖縄の土壌は・・・

■沖縄の土壌構成

土壌	土性	分布割合	主要作物
国頭マージ	酸性	55.1%	さとうきび、 パイナップル、果樹
島尻マージ	弱アルカリ性	27.4%	さとうきび、野菜
ジャーガル	弱アルカリ性	8.0%	さとうきび、野菜
沖積土壌		9.5%	水稻



出典：内閣府沖縄総合事務局農林水産部

島尻泥岩(クチャ)

ジャーガル(風化した泥岩): 粘土質の非常に細かい粒子で出来ているため透水性が低く、雨が降るとグチャグチャの粘着性の泥になる(Wikipedia)



島尻泥岩の物理特性

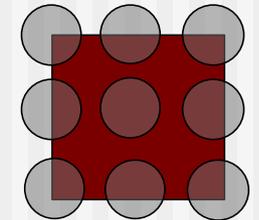
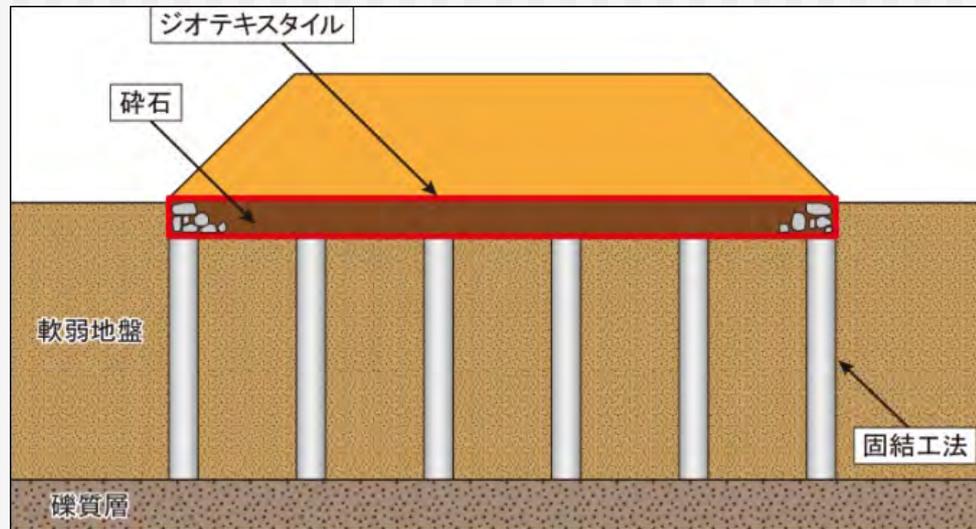
採取位置	比重 G_s	間隙比 e	含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	粒度組成 (%)		
					砂分	シルト分	粘土分
那覇 (石嶺)	2.78	0.65	23.1	2.07	0	24	76
豊見城 (平良)	2.74	0.69	25.4	2.03	1	33	66
西原 (小波津)	2.79	0.71	24.6	2.03	3	36	61
西原 (千原1)	2.76	0.84	29.8	1.95	7	47	46
西原 (千原2)	2.72	1.00	36.1	1.86	15	40	45
具志頭	2.73	1.06	38.7	1.83	11	54	35

新城俊也: 島尻層泥岩, 「九州・沖縄における特殊土」土質工学会九州支部, pp.221-230, 1982.

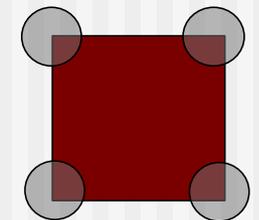
- スレーキング性(軟弱になりやすい)材料
- 深度方向に対するN値の変化は, 風化の程度に反映



グラベル基礎補強工法とは



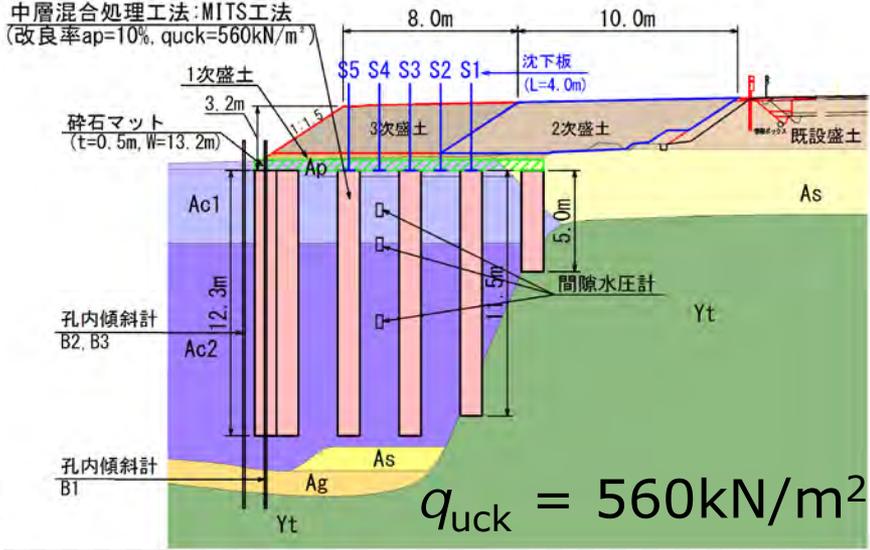
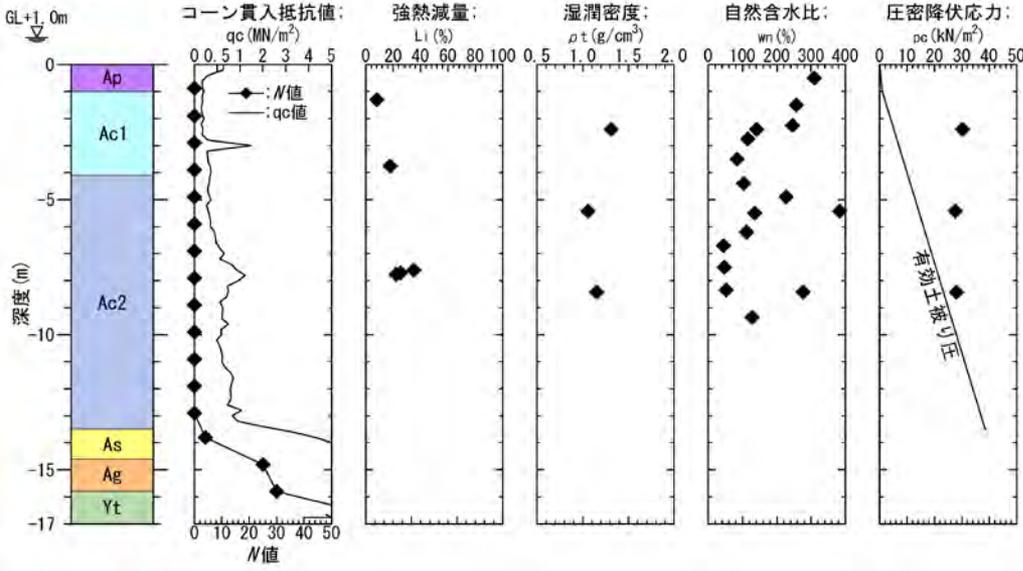
$$a_p = 50\%$$



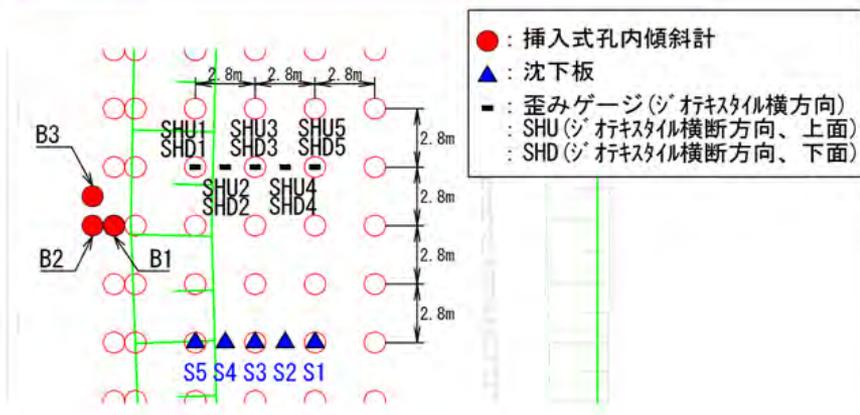
$$a_p = 10\%$$

- 改良体本数を大幅に低減することが可能になるため、施工性の向上および建設コスト縮減の大きく寄与する。
- 『グラベル基礎』は一定の剛性が期待できる材料として機能し、改良体間の不同沈下を低減することが期待できる。
- 『グラベル基礎』は、盛土の安定性に寄与するせん断抵抗が期待できるため、未改良地盤の側方流動を抑制できる。

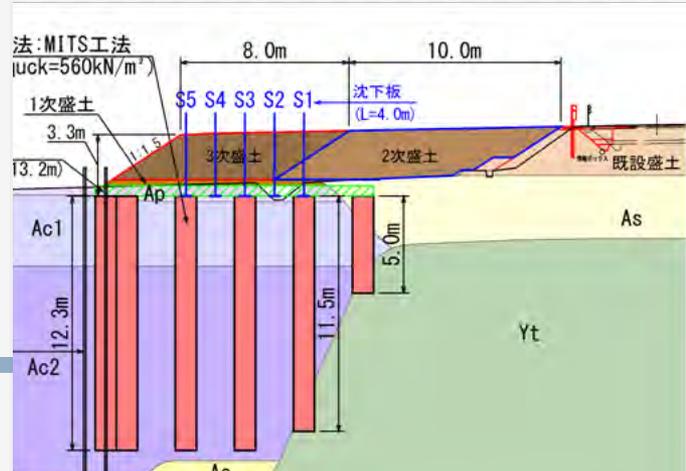
現場概要



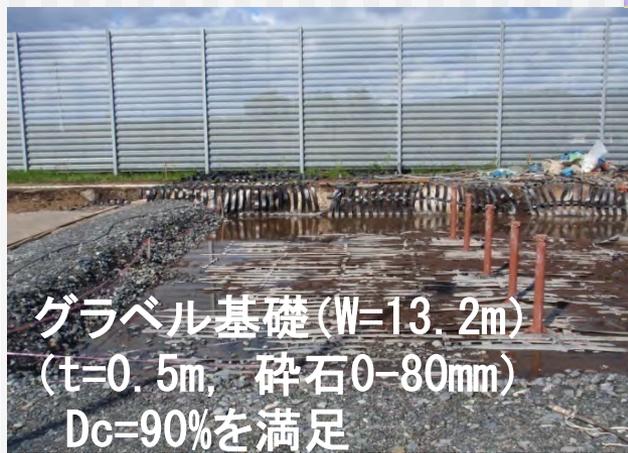
- 目的: 改良効果の確認
- 盛土の安定性
 - 側方流動の有無
 - 不同沈下の抑制 (ジオテキスタイルの効果)



施工手順



地盤改良 (MITS工法) $a_p=10\%$
 $q_{uf28}=700-3,600\text{kN/m}^2$



グラベル基礎 (W=13.2m)
 (t=0.5m, 碎石0-80mm)
 $D_c=90\%$ を満足



グラベル基礎 (W=13.2m)
 (パラリンク: $T_A=133\text{kN/m}$)



礫混り細粒分質砂 (SF-G)
 2次盛土 (W=10m)
 (v=30~60cm/day)

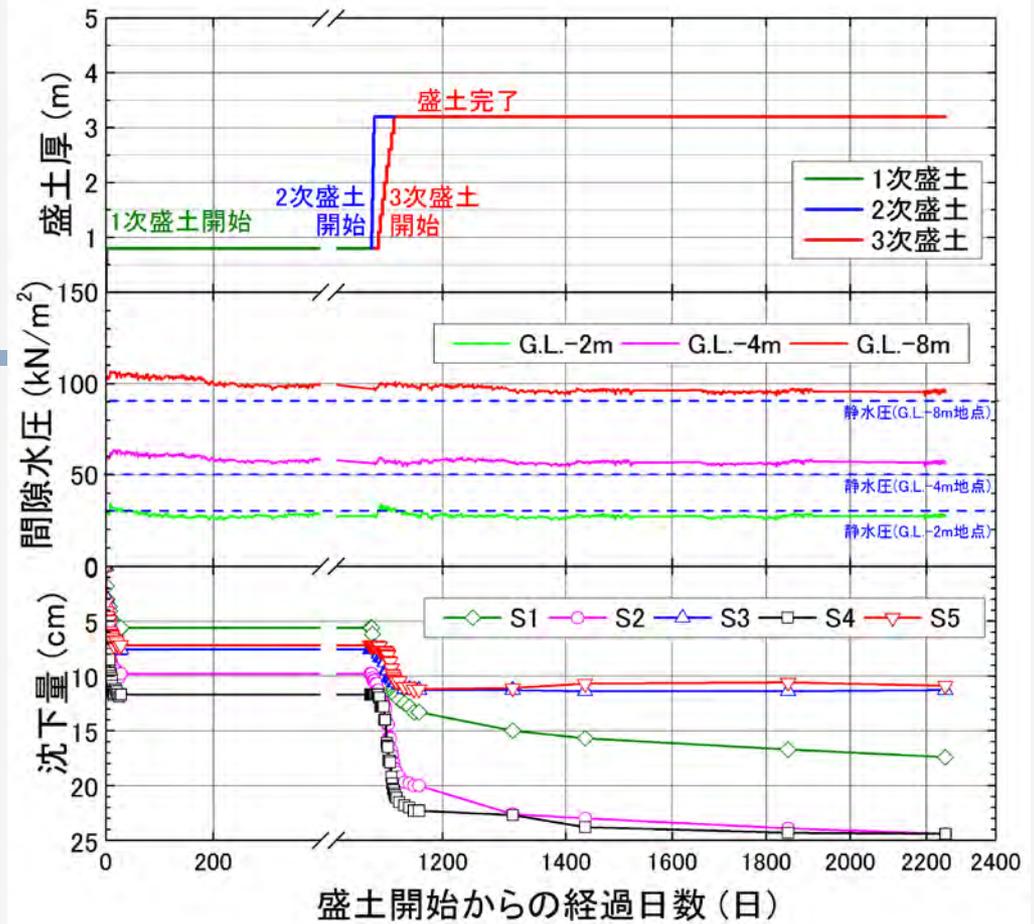
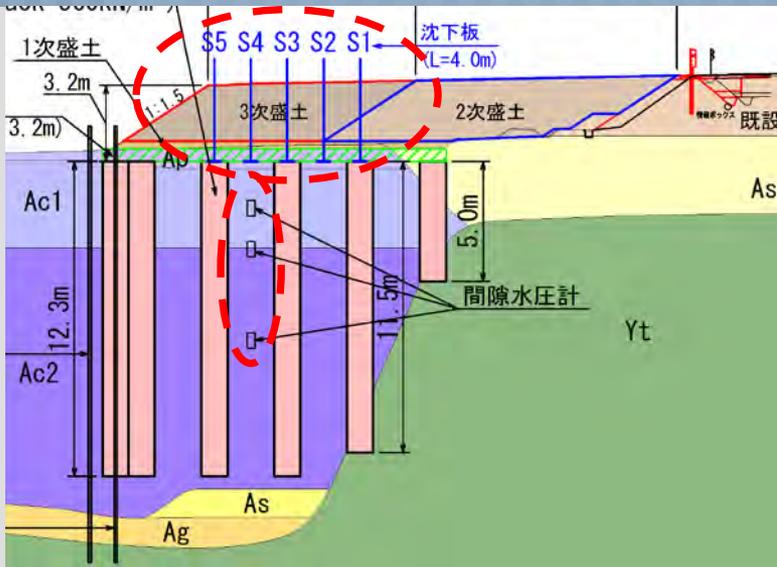


礫混り細粒分質砂 (SF-G)
 3次盛土 (W=8m)
 (v=15~20cm/day)



盛土完了 (Hp=3.3m)

施工結果 ～沈下量・間隙水圧～



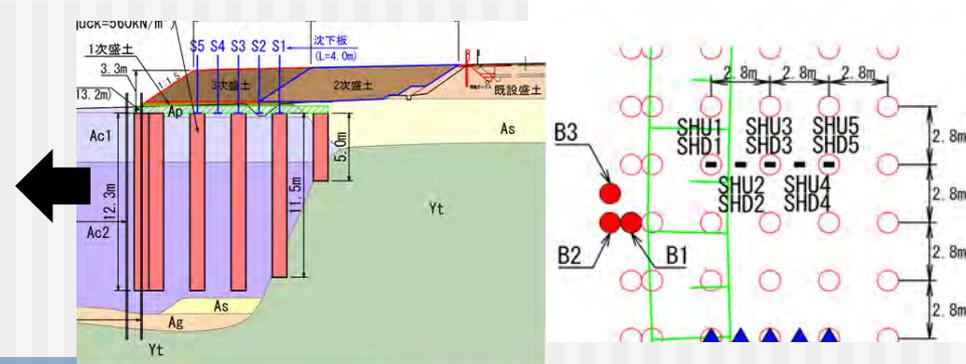
■ 2240日後

- 改良体上 (S1, S3, S5) $S_p = 11 \sim 17 \text{ cm}$
- 未改良地盤 (S2, S4) $S_c = 24 \text{ cm}$

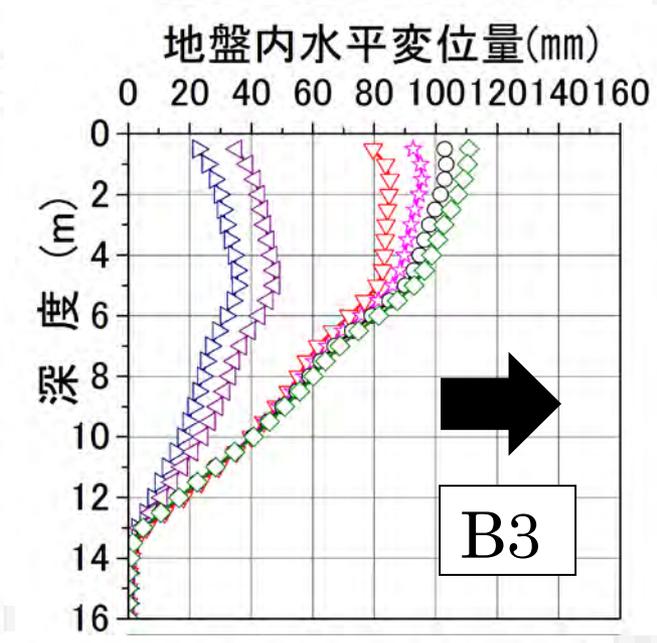
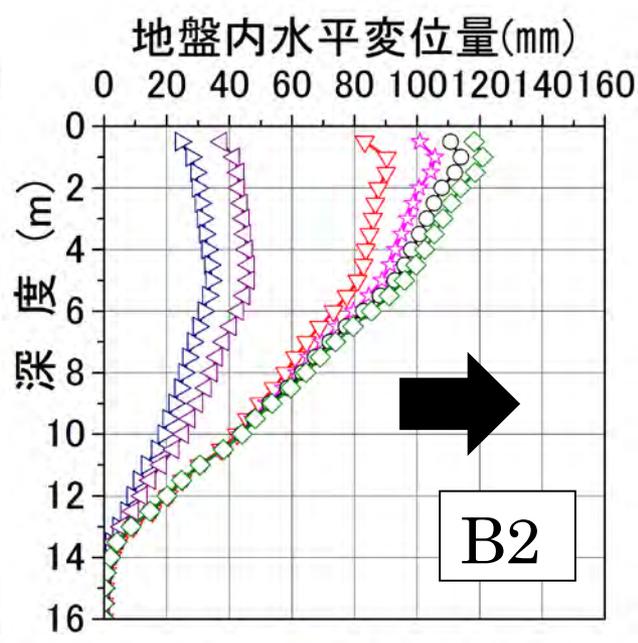
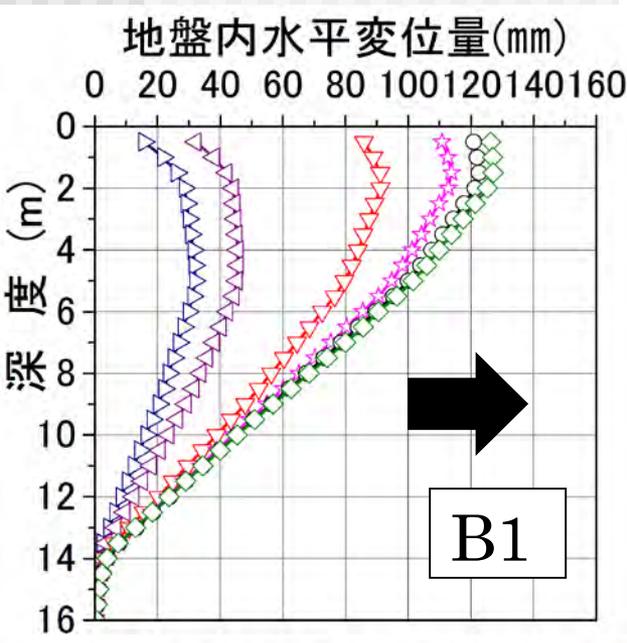
相対的沈下量 $S_G \doteq 10 \text{ cm}$

□ 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



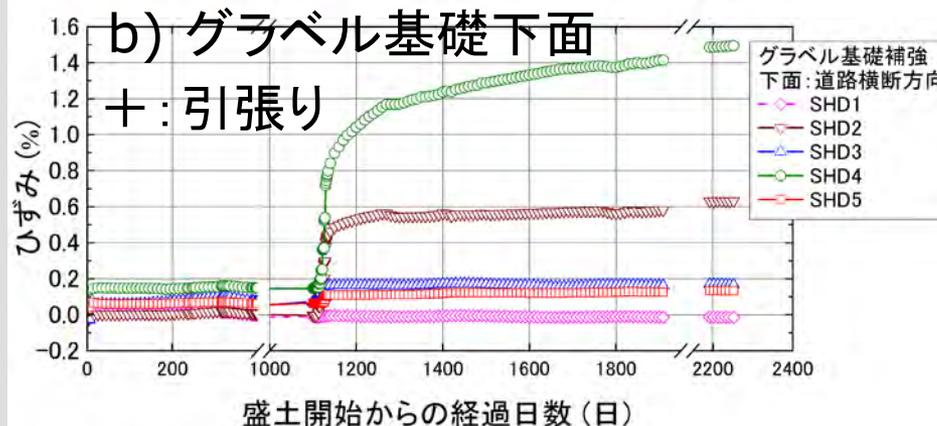
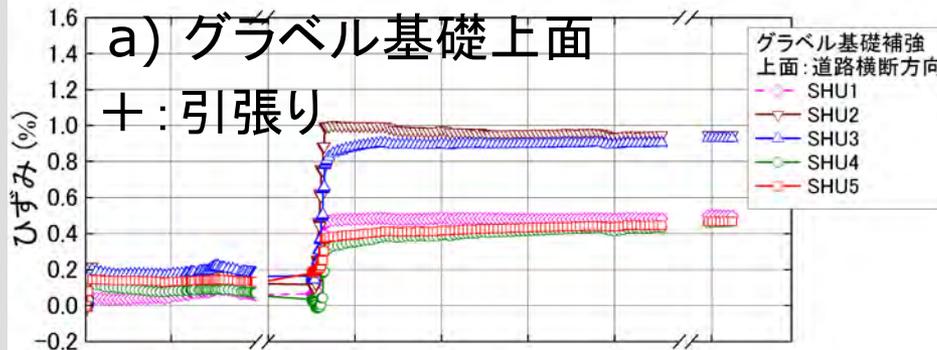
施工結果 ～地中変位～



□ 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 $\epsilon_{\max} = 0.8\%$



3次盛土終了3年後
 グラベル基礎下面 $\epsilon_{\max} = 1.5\%$
 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)

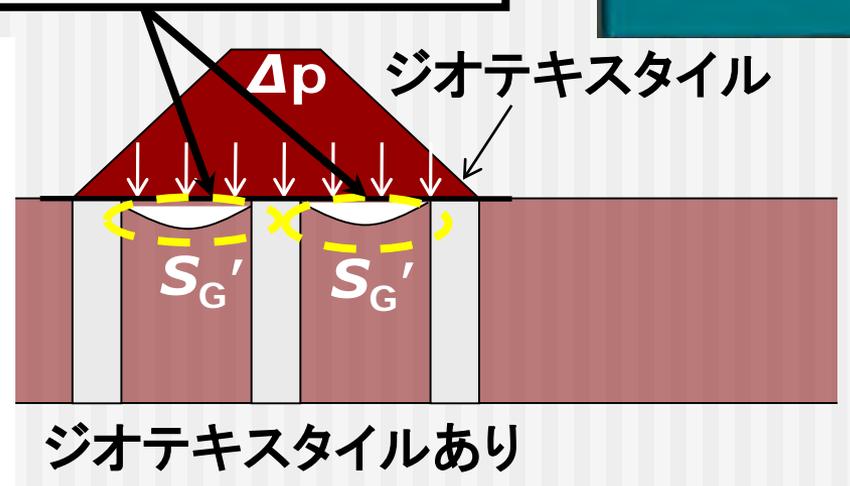
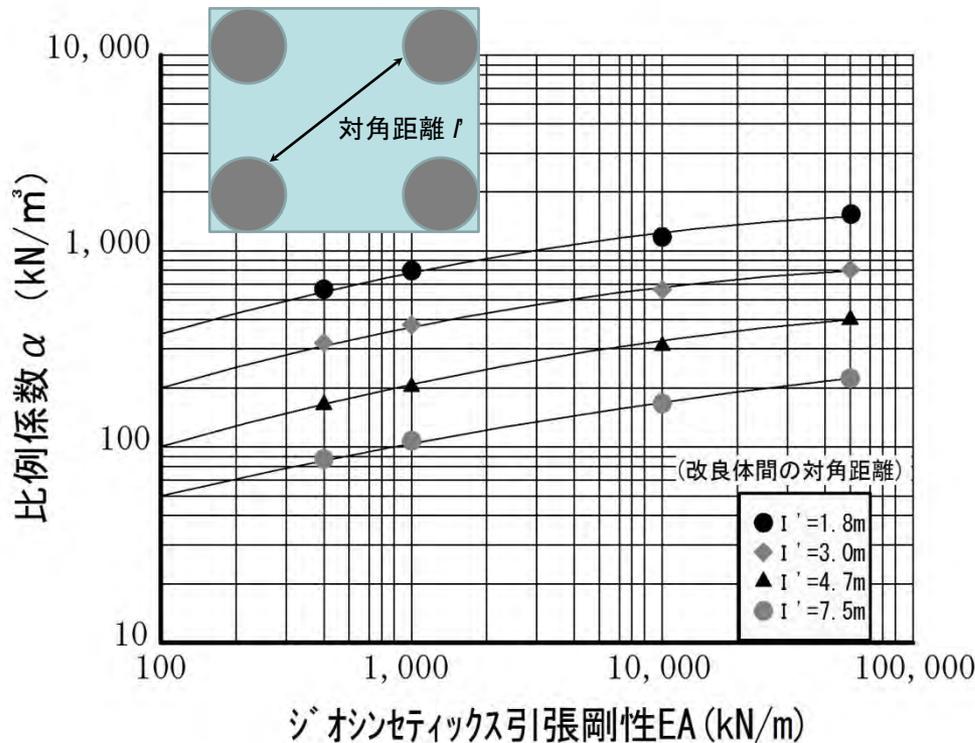
ジオテキスタイルの設計強度に
 相当する ひずみ $\epsilon = 7.6\%$



弾塑性FEM解析による不同沈下抑制効果の検討

改良体+ジオテキスタイル

ジオテキスタイルで不同沈下量を低減させる改良効果： α

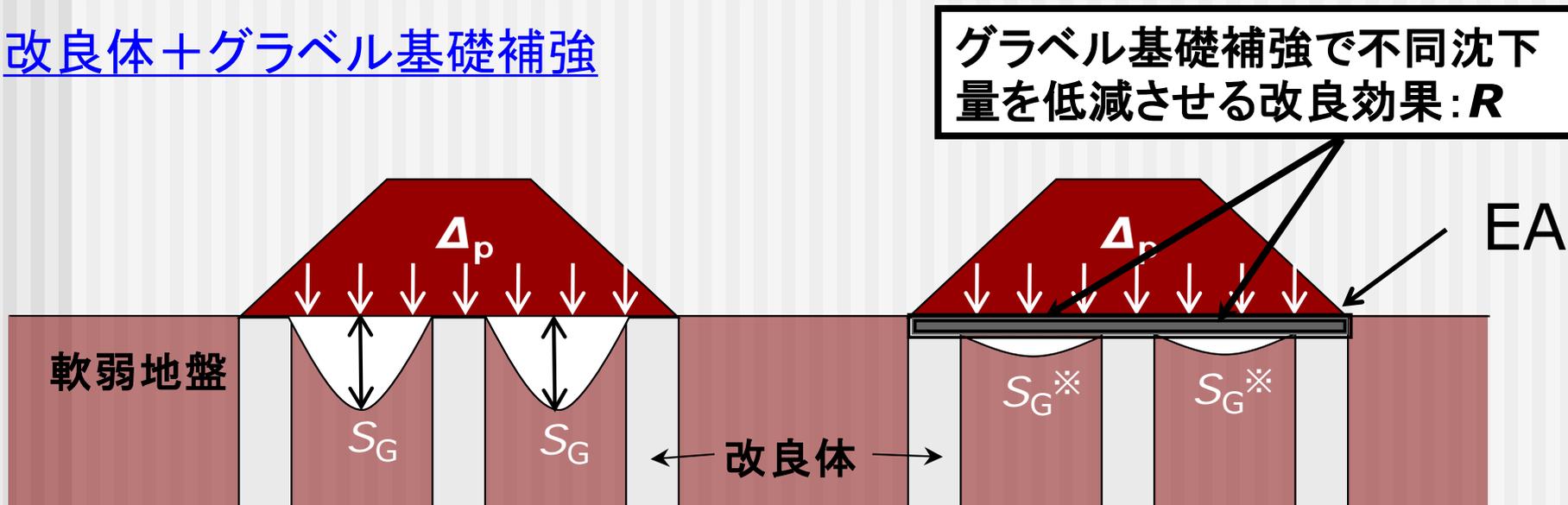


$$S_G' = \frac{S_G}{1 + 2\alpha(S_G/\Delta p)}$$

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

グラベル基礎補強による不同沈下抑制効果

改良体+グラベル基礎補強



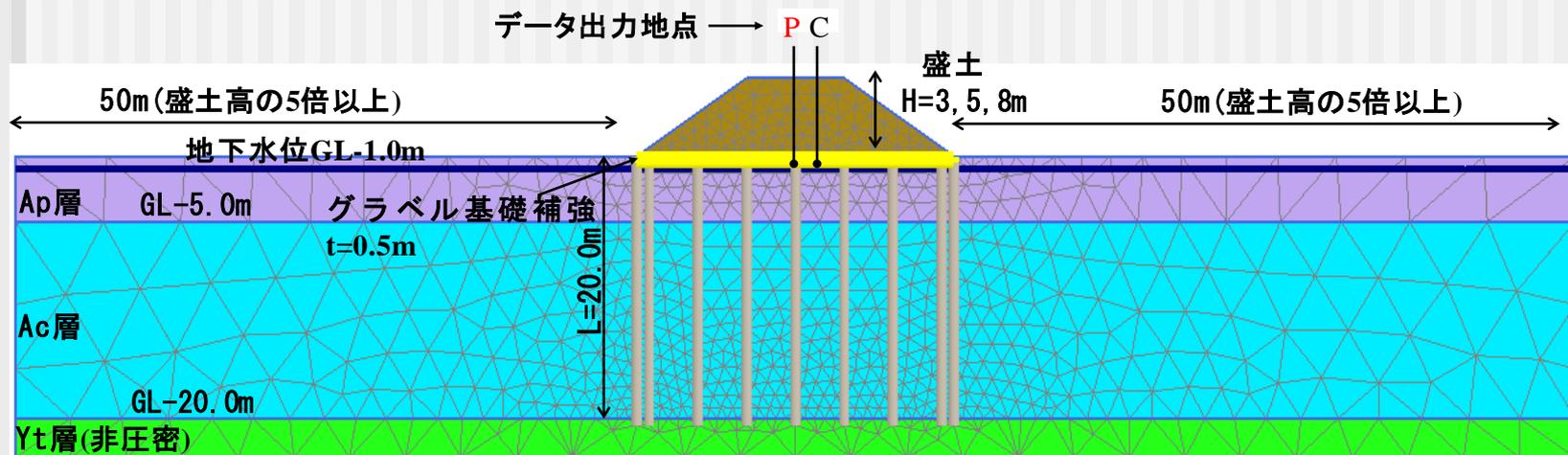
■ グラベル基礎補強の敷設効果:

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

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

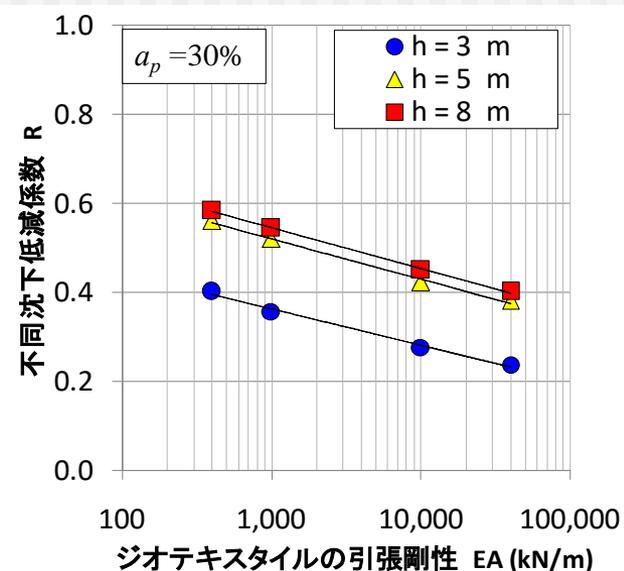
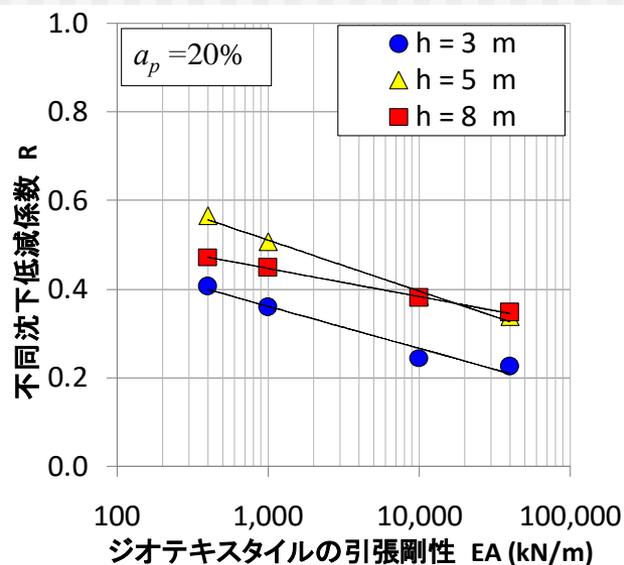
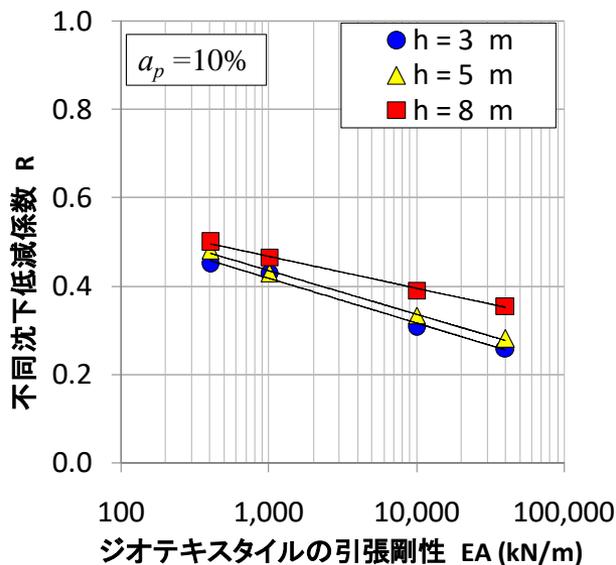


盛土高 h (m)	改良率 a_p (%)		
	10 ($l'=3.96\text{m}$)	20 ($l'=2.83\text{m}$)	30 ($l'=2.29\text{m}$)
3	○	○	○
5	○	○	○
8	○	○	○

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

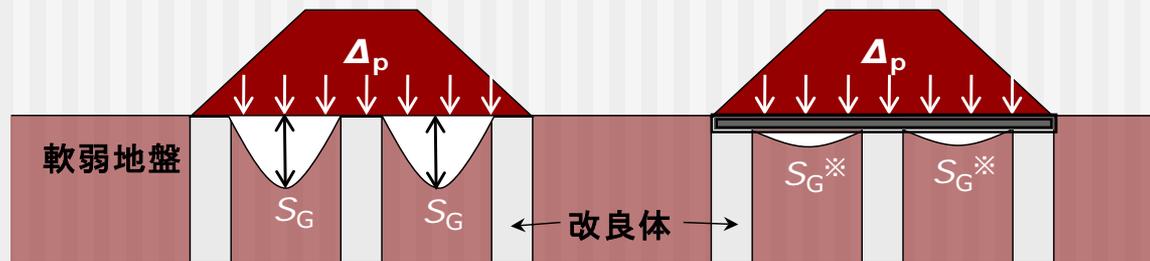
改良率、盛土高、ジオテキスタイル引張剛性 EA を変化させたことによる
不同沈下低減係数 R と EA の関係を整理

解析結果および考察

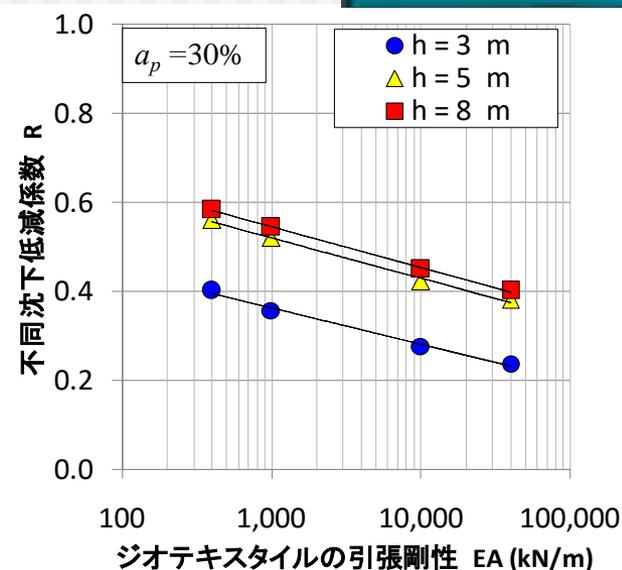
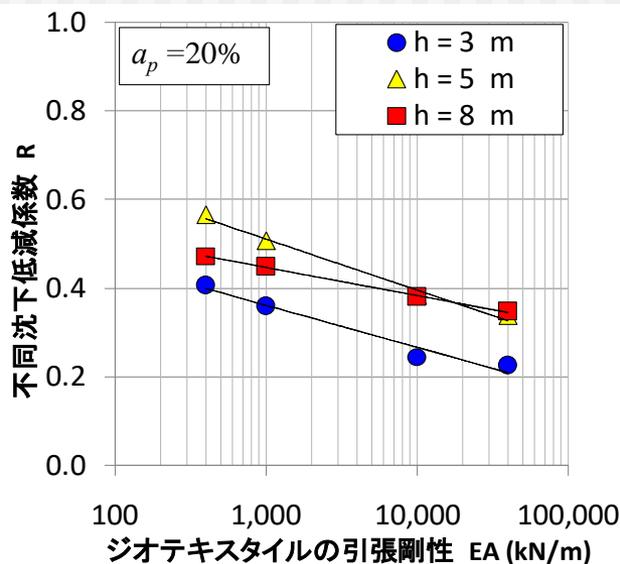
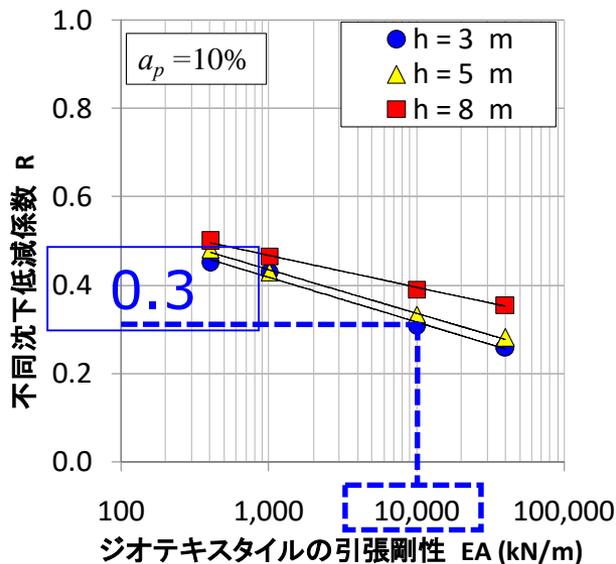


盛土高、改良率の大小に拘わらず、RとEAの関係は右肩下がり

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



例えば・・・

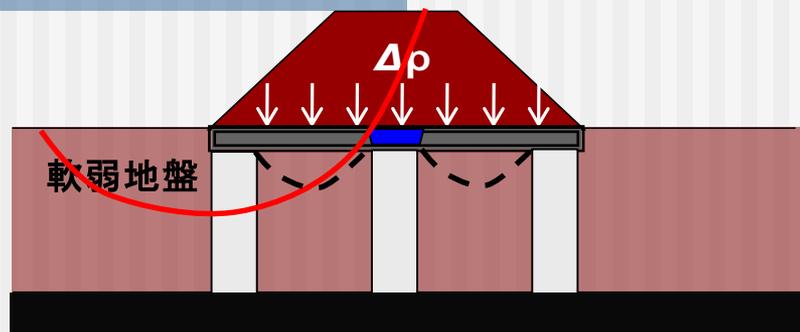
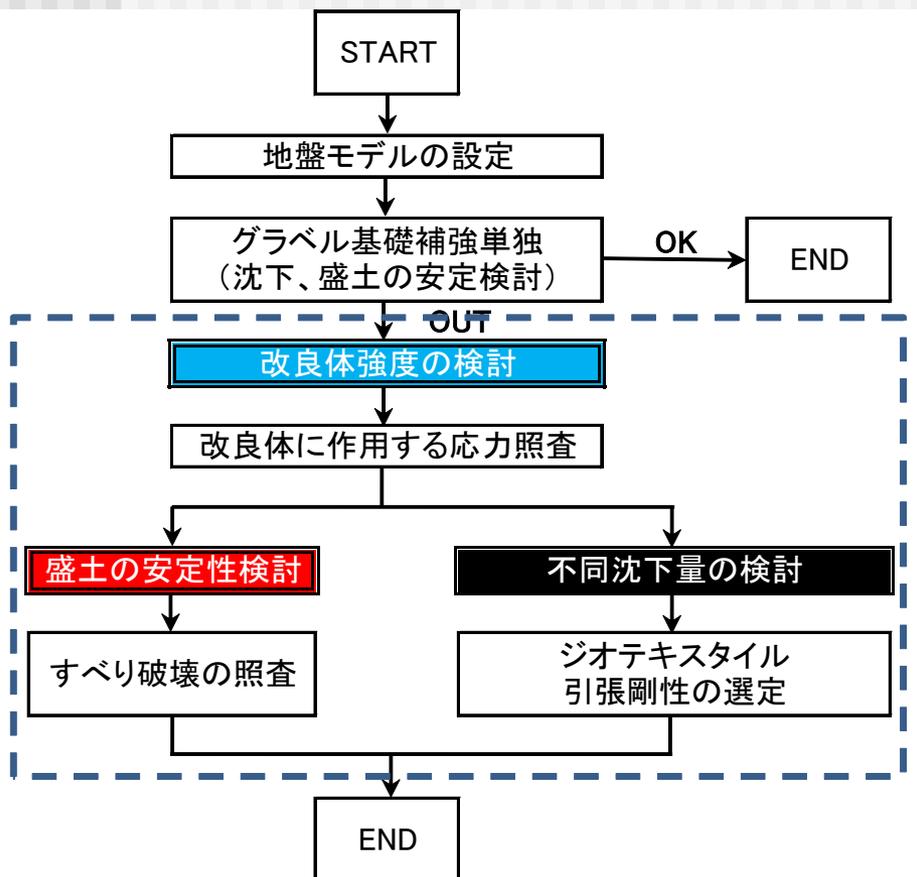


盛土高 $h=5\text{m}$ 、 $a_p=10\%$ で検討されていた場合

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

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

設計方法



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)



動的遠心力载荷模型実験

実験手順

50Gまで遠心加速度を上昇

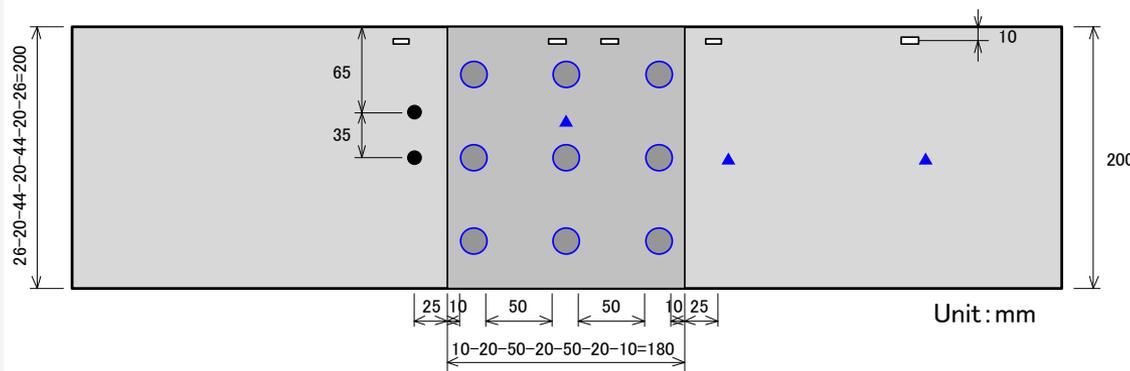
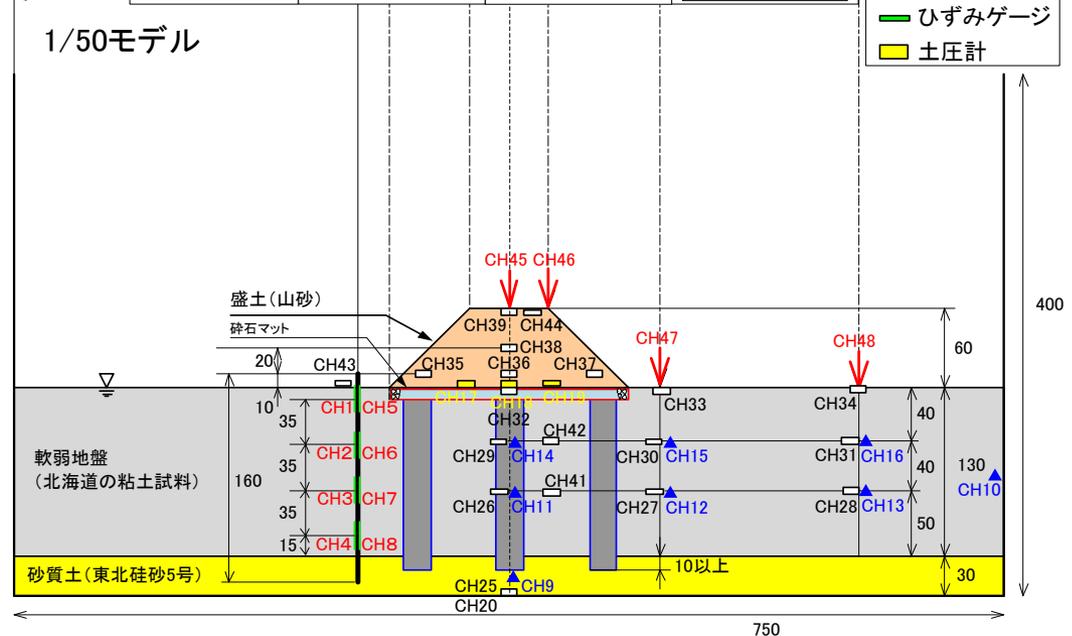
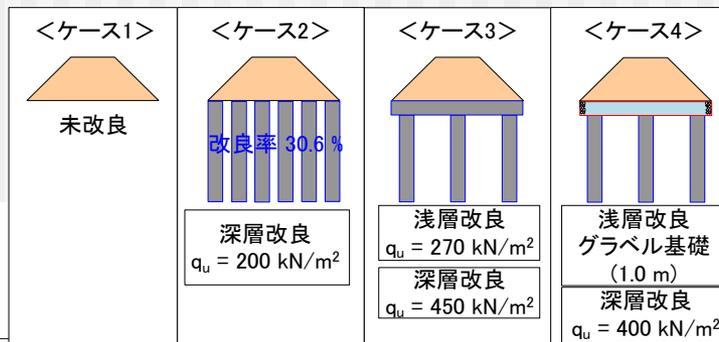


レベル2加振実験

(入力波形: sin波40波、
1.5Hz、500gal)

計測項目

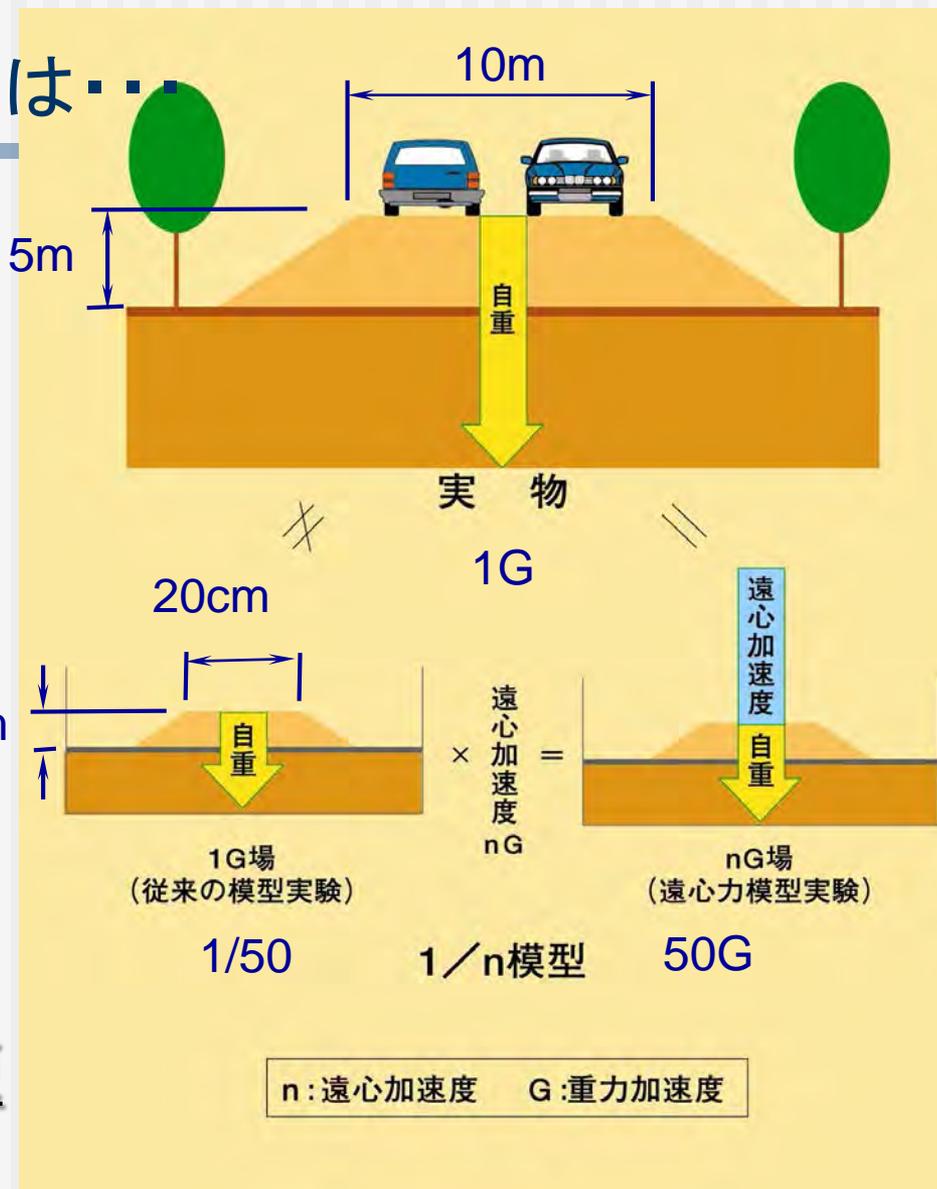
- ・レーザ変位計: 鉛直変位
- ・地中変位計: 水平変位
- ・加速度計
- ・間隙水圧計
- ・画像撮影: 地盤の変形



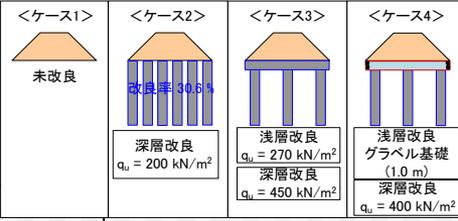
動的遠心力載荷模型実験とは...



遠心力載荷装置



応力状態を再現した実験

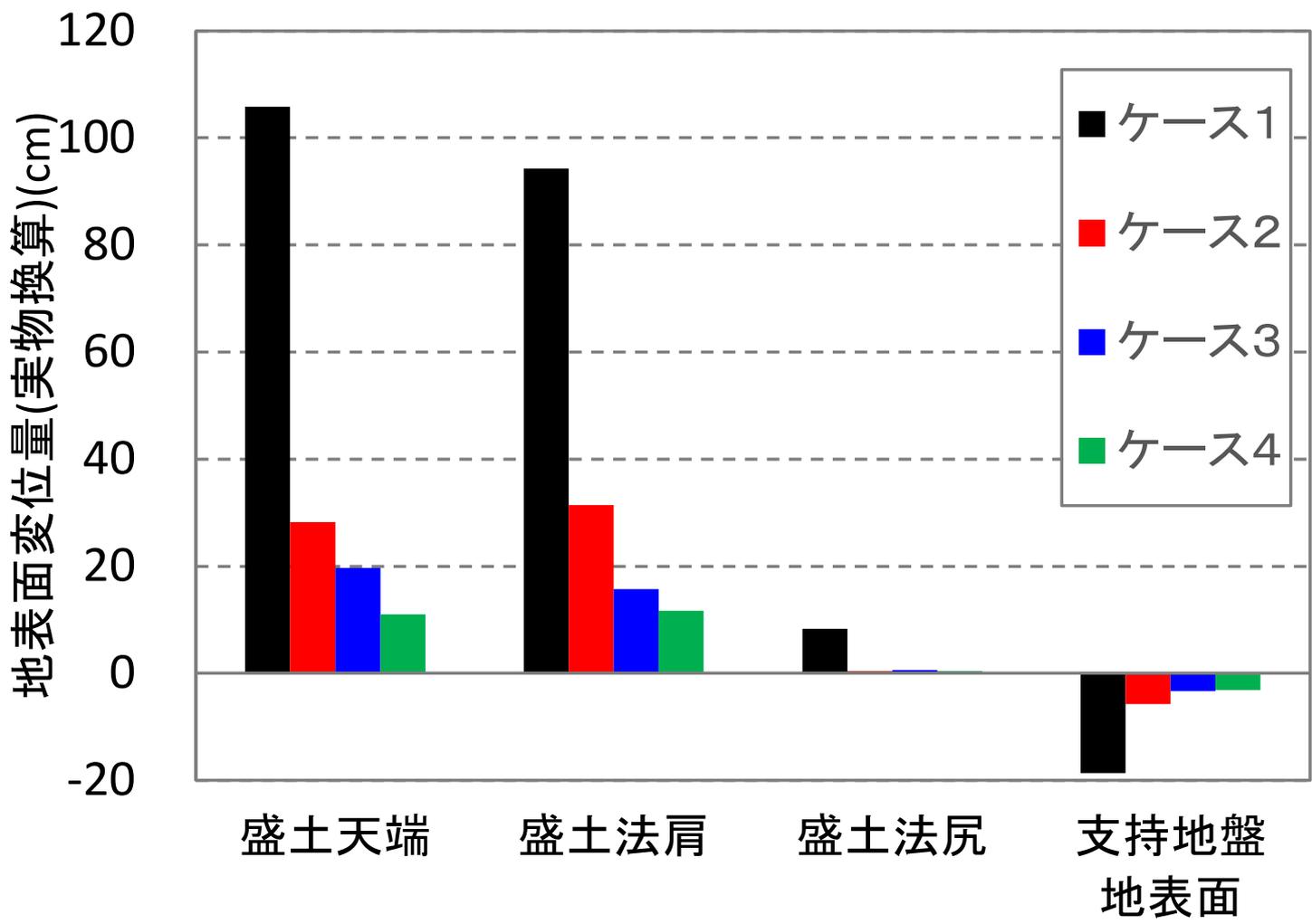


試験結果

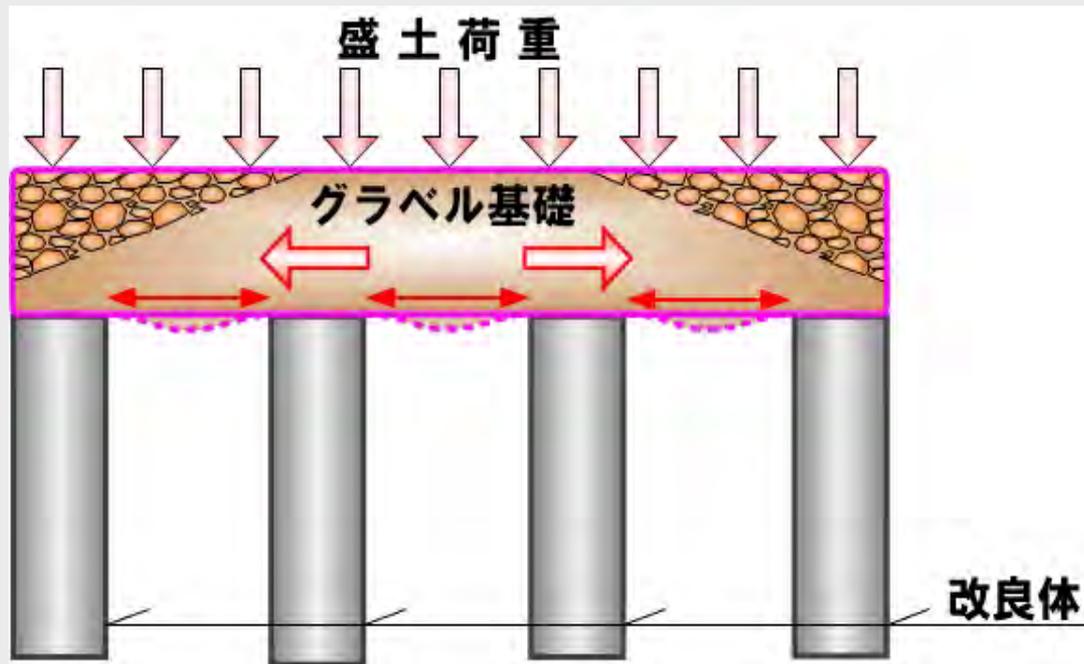
	土槽断面 (加振後)	盛土天端 (加振後)
1		
2		
3		
4		



各ケースの地表面変位量(実物換算)



グラベル基礎補強の補強メカニズム



- グラベル基礎補強内の碎石は引張剛性の高いジオテキスタイルで拘束
- 高靱性でかつ高剛性を有する矩形構造体として機能

工事費比較



【試算した現場条件】

- 低盛土 (H=3.2m, 現道盛土拡幅)
- 盛土周辺は牧草地 (側方変位許容)
- 改良深度は中層混合処理工法の施工範囲内

直接工事費(千円)

140,000
120,000
100,000
80,000
60,000
40,000
20,000
0

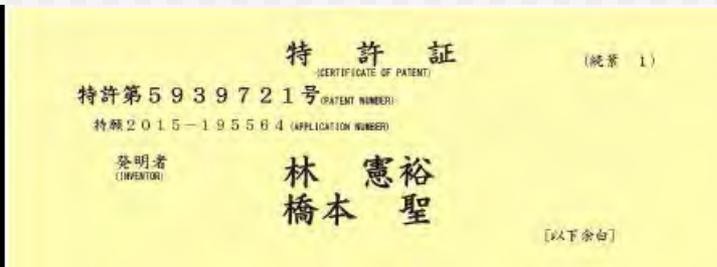
深層混合処理
(DJM工法)

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**

施工実績など



- 特許工法 (H28.6月取得)
- 工事費に特許料を含めて発注
(特許料率は2%)
- 宮城県、北海道横断自動車道 (阿寒IC～釧路西IC)、日高自動車道で検討中
- NETIS申請準備中
- 設計・施工マニュアルを整備中

まとめ

- 不同沈下量は10cm程度、間隙水圧も静水圧とほぼ一定であり、長期的に盛土の安定性は維持
- 改良体背面地盤、改良体間の未改良地盤は同じ挙動・変形量であり、複合地盤として機能
- ジオテキスタイルのひずみは一部、クリープによる増加がみられるが、設計強度のひずみより小さく、グラベル基礎補強の機能は維持

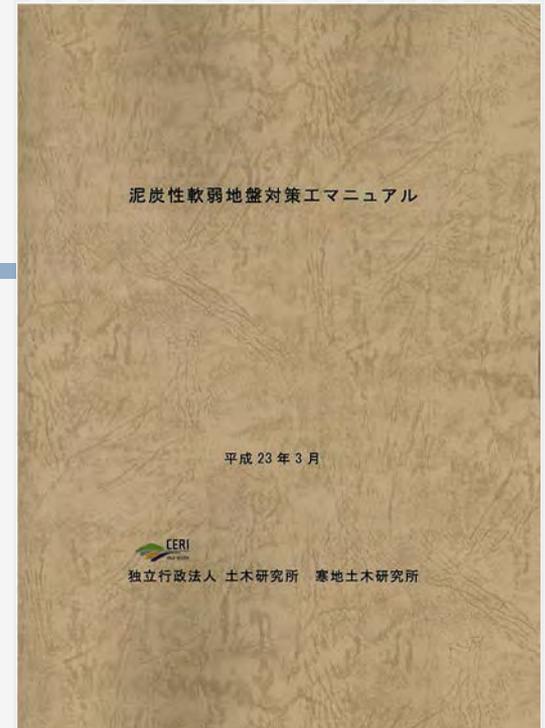
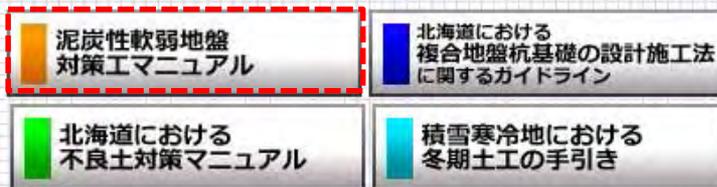
試験施工の地盤、施工条件の再現解析 & パラスタを実施

- 設計時、許容不同沈下量を満足するジオテキスタイル引張剛性の算定図を解析的に整理、本工法の『設計手法』を提案した

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



ご検討の際にはご遠慮なくお知らせください！

■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