

固結工法による軟弱地盤上の道路盛土
～調査・設計・施工・維持

佐賀県建設技術支援機構
令和6年度第2回研修会

令和6年9月13日

盛土委員会 委員長
佐賀大学名誉教授 三浦哲彦

「固結工法による軟弱地盤上の道路盛土の調査・設計・施工・維持に関する参考資料」の発刊について

佐賀県内の道路工事は、一般道路部の低盛土道路、および有明海沿岸道路の中・高盛土道路が並行的に設計・施工されている。

低盛土道路においては、**施工直後の沈下**、**交通荷重による沈下**、**段差発生**の障害、**引き込み沈下**を経験し、沈下抑制工法の開発で対処してきた。

中・高盛土道路の初期工区では、**クリーク**、**更新統沈下**、**着底層不陸**、**固化材と粘土の相性**、**有機質土の固化不全**を経験、盛土試験や調査で対策を講じた。

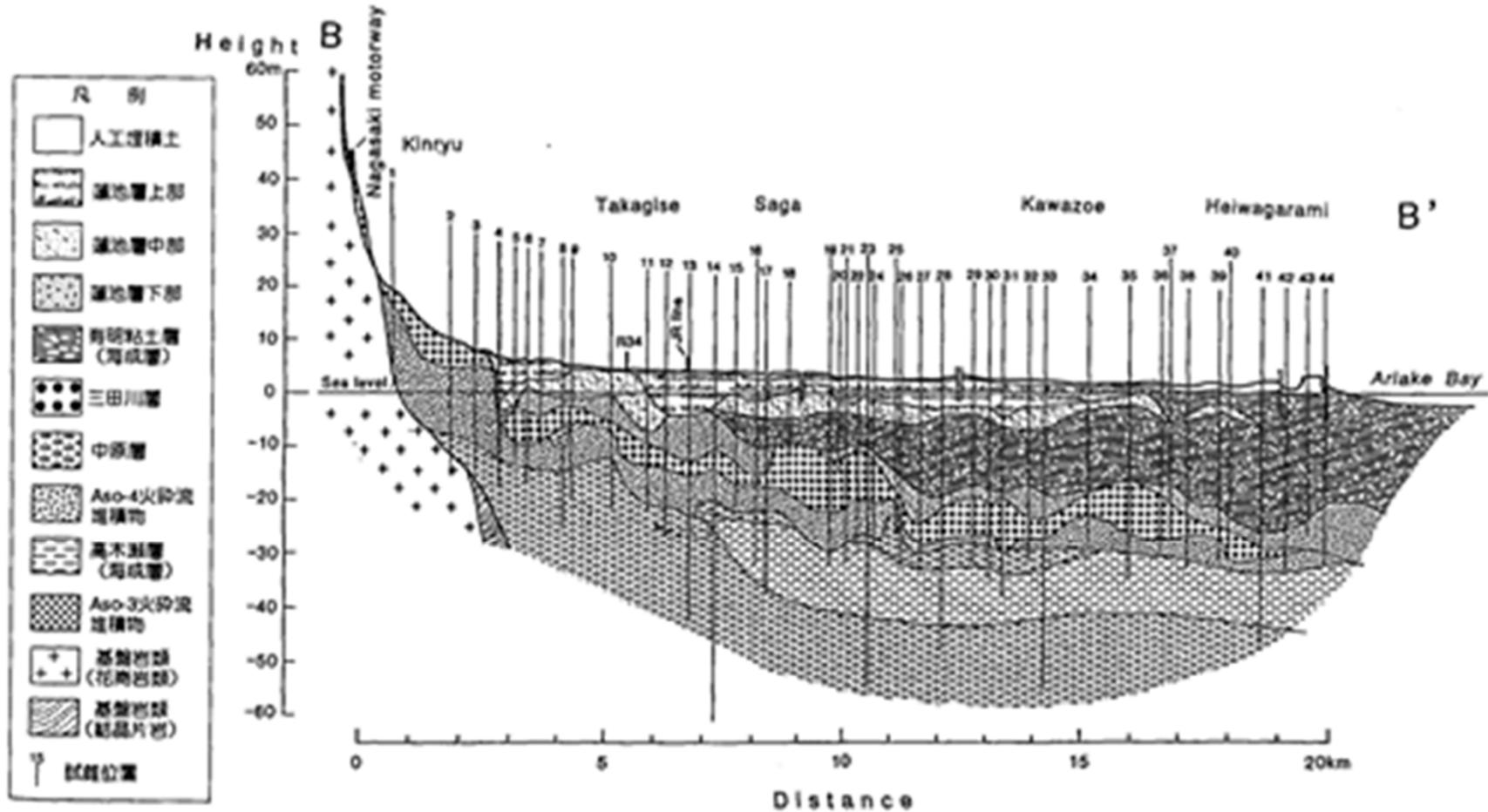
佐賀平野における道路土工構造物の設計・施工で蓄積された**知見を共有し**、**技術伝承**に資するため、県土整備部とNPOの共著で本冊子を編集した。

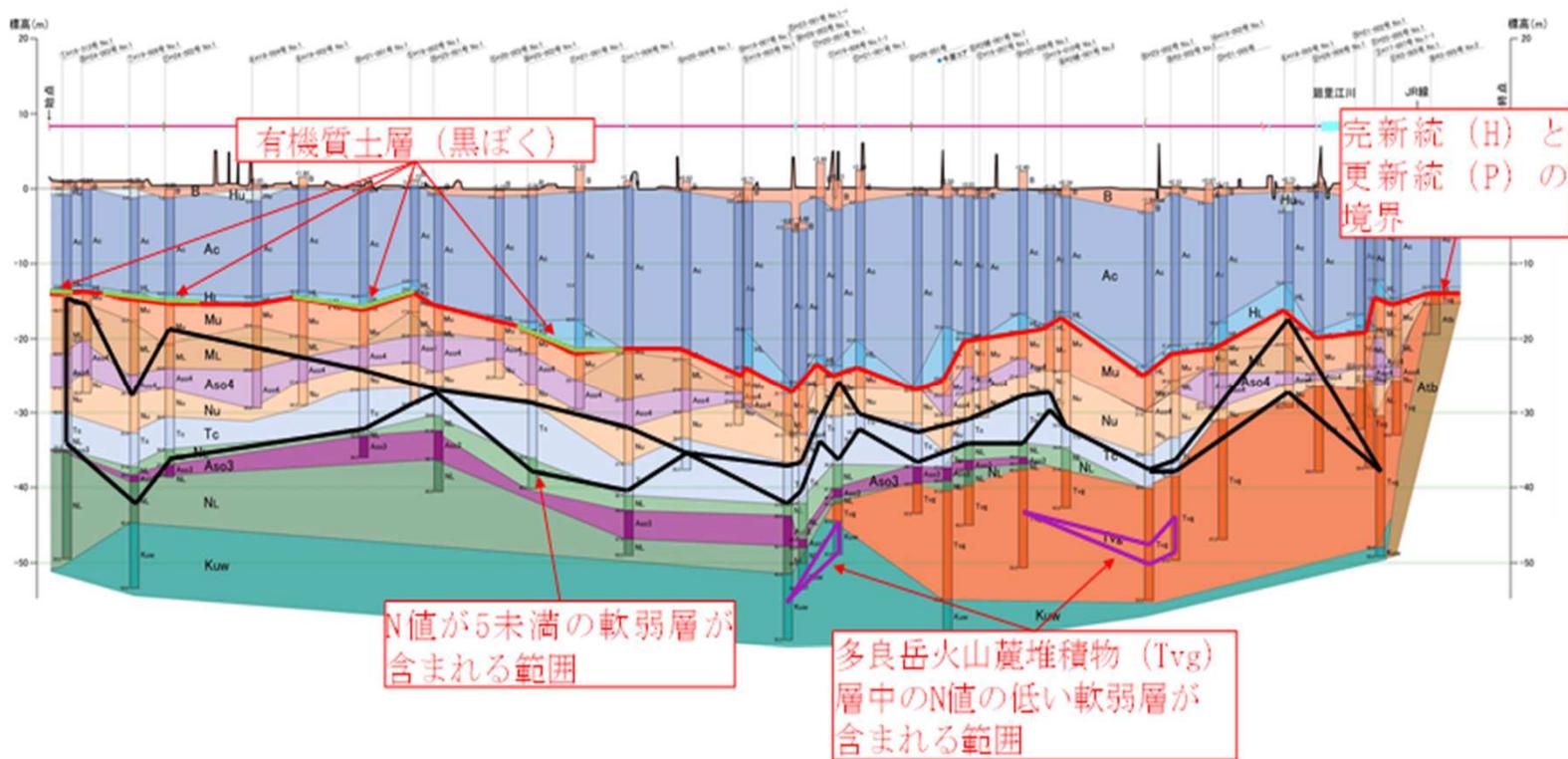
本研修会の資料は、まず佐賀平野の地質について述べ、ついで低盛土道路、中・高盛土の課題と対策について説明している。詳細は盛土委員会へ。

佐賀平野の”地質”で学んだこと

- (1) **非海成・海成・非海成の2層3層構造**
蓮池層上部層・有明粘土層・蓮池層下部層
- (2) 蓮池層上部層:ときに高有機質 陸上で**植生繁茂**
蓮池層下部層:ときに高有機質 **黒ぼく**が堆積
- (3) 20m深部から**可燃性ガス** 1~2万年前の生物遺骸か
- (4) 着底層(三田川層)は1m~2m**不陸** 旧河道か
- (5) 高木瀬層に**高圧縮性**粘土 貝殻が地下風化・軟弱化(下山)
- (6) 佐賀北縁活断層・新たな**伏在活断層**

佐賀平野沖積層の2層、3層構造(下山)

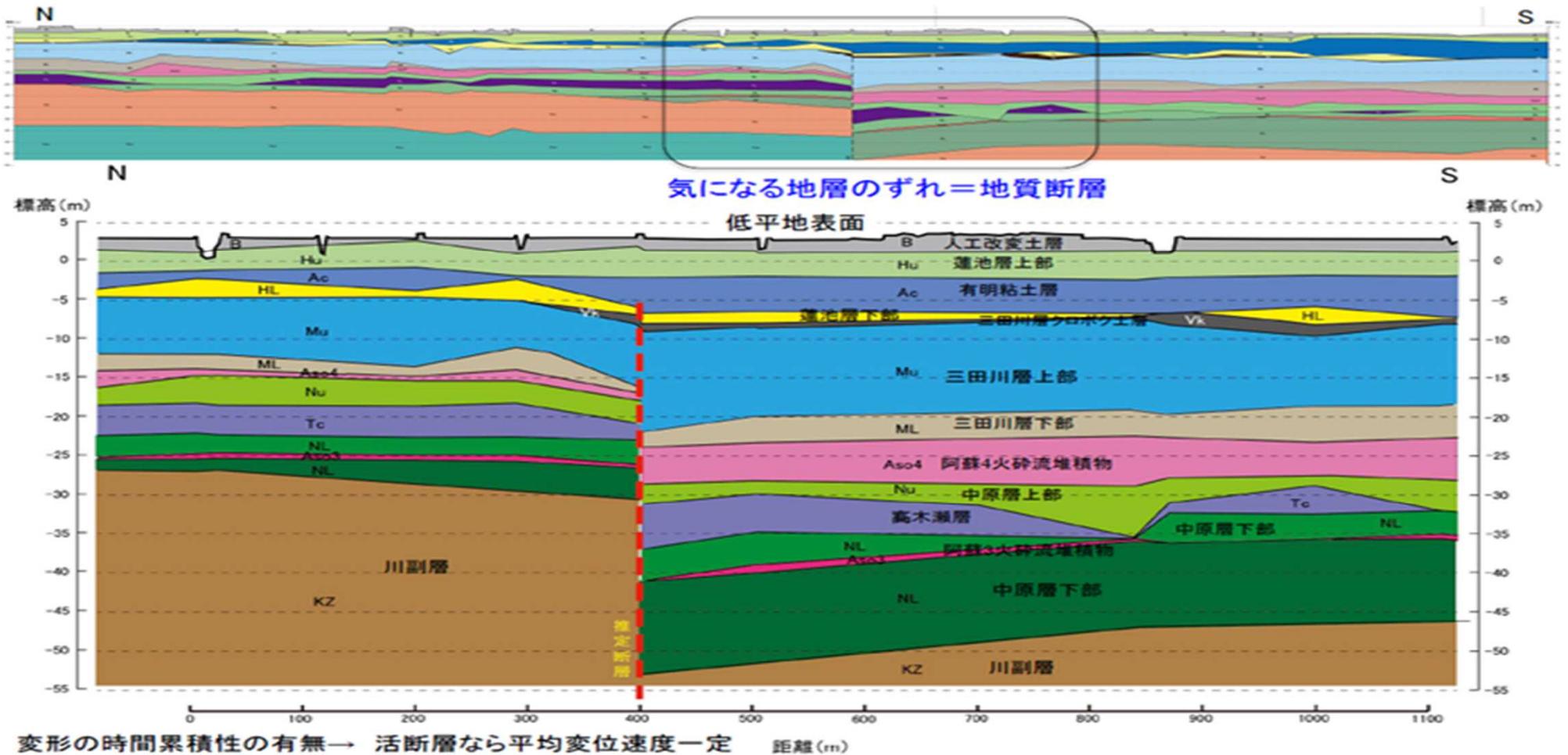




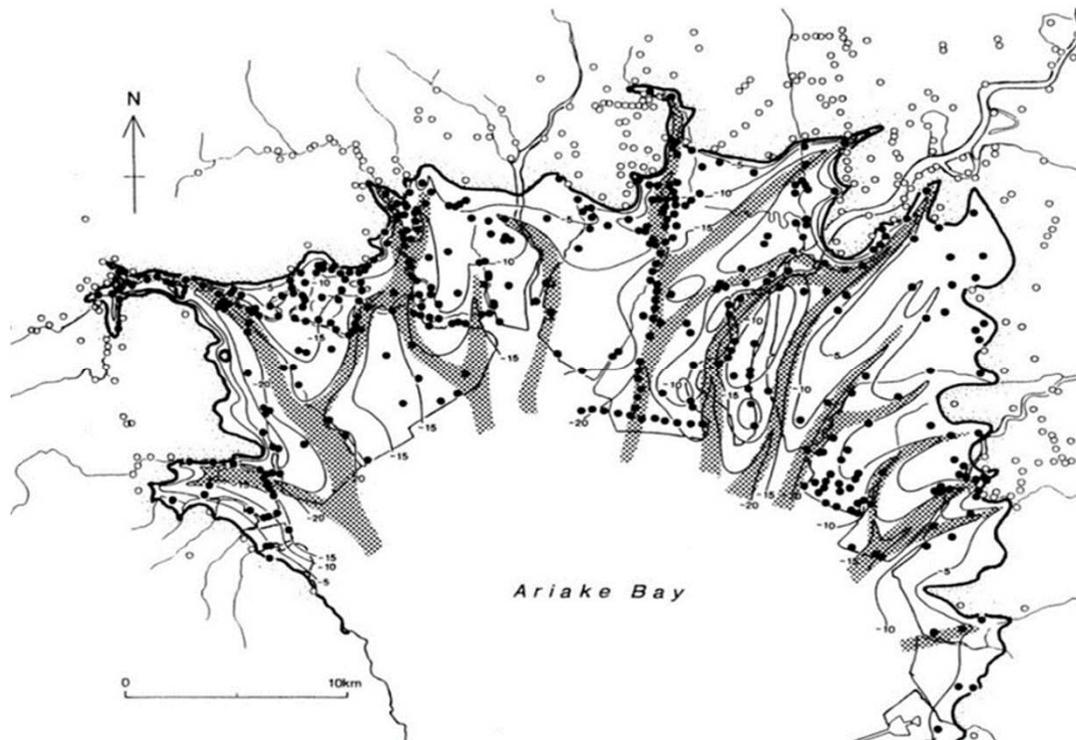
高有機質土黒ぼく
と
N 値5未満軟弱層
(下山・日野)

蓮池層粘土は**貧酸素**の水底堆積物:粘土中の有機物は陸地からの植物遺体の分解物が泥水で運び込まれて堆積した

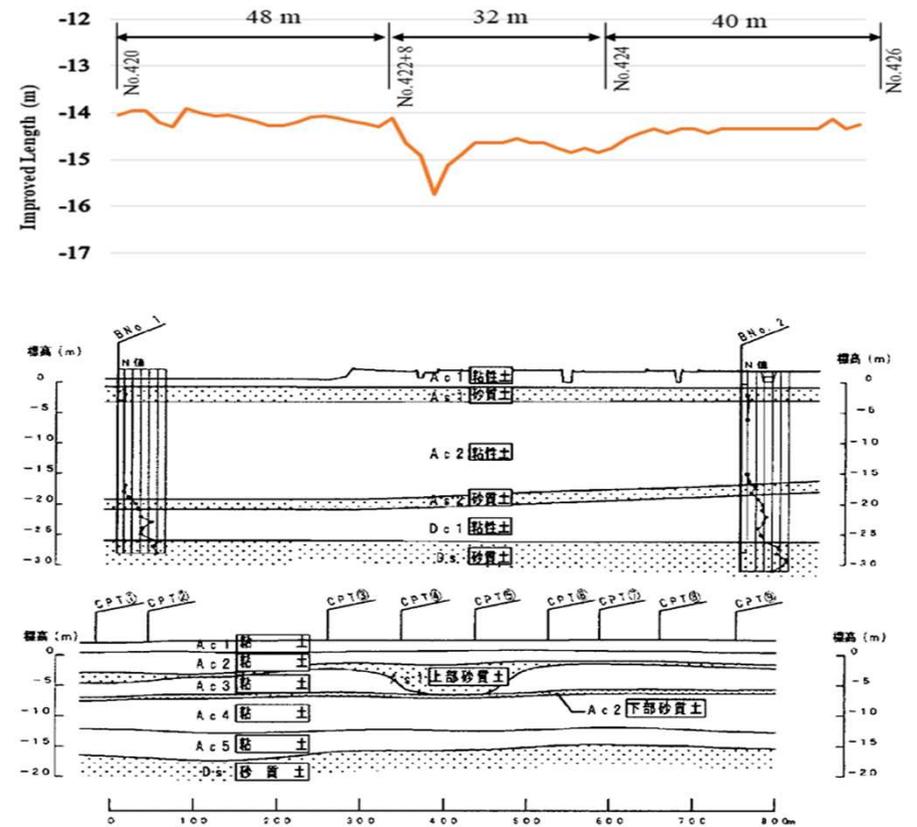
高木瀬層(12.5万年前)と有明粘土層の類似性、何れも**高海面期**の海底堆積物
高木瀬層の貝殻は**地下風化**で**溶脱**され、二次的に軟弱化。地下風化は進行中



伏在活断層(下山): 活断層が動くのは近いかも知れない
 直上構造物の対策: 地盤変形に抵抗性の強い構造に
 例: ボックス基礎は中層改良などで厚い躯体構造に



佐賀平野における海進期浸食谷の分布 (下山)

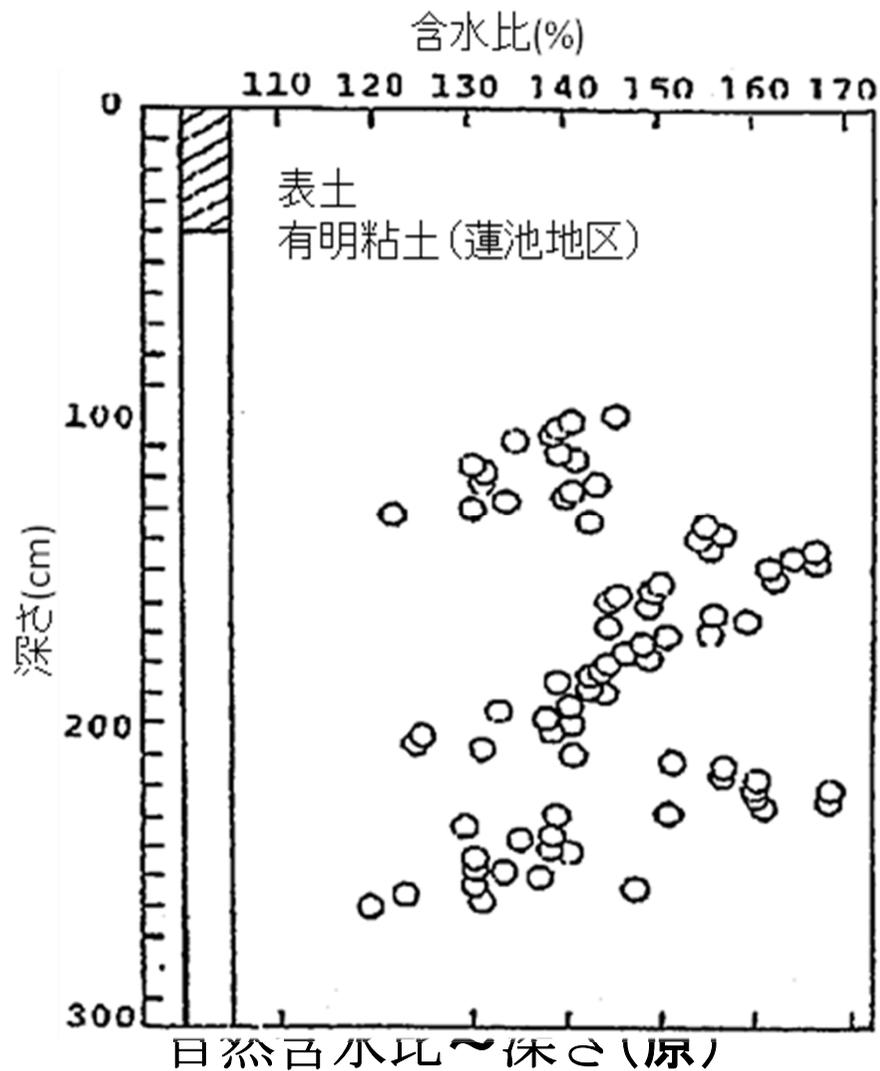


道路が**着底層不陸**の影響で不同沈下する可能性がある

フロート式のコラム**フロート長**(コラム先端から着底層までの深さ)に影響する
不陸の凹部で砂層、又は高有機質土が堆積していれば**周辺地盤と異なる**

佐賀平野の”地盤”で学んだこと

- (1) 高含水比、高圧縮性、高鋭敏性
- (2) 掘削時に崩壊し易い 過剰揚水で塩分溶脱し、高鋭敏化
- (3) 有明粘土は生石灰が混ざり易い 攪拌し易い
- (4) 固化不全を生じることがある 自然・人間由来の有機物
- (5) 地下に埋没したクリーク泥 **ゴミクイ**(畑の肥料)
- (6) 粘土地盤と改良材との**相性** 実験で確認すること

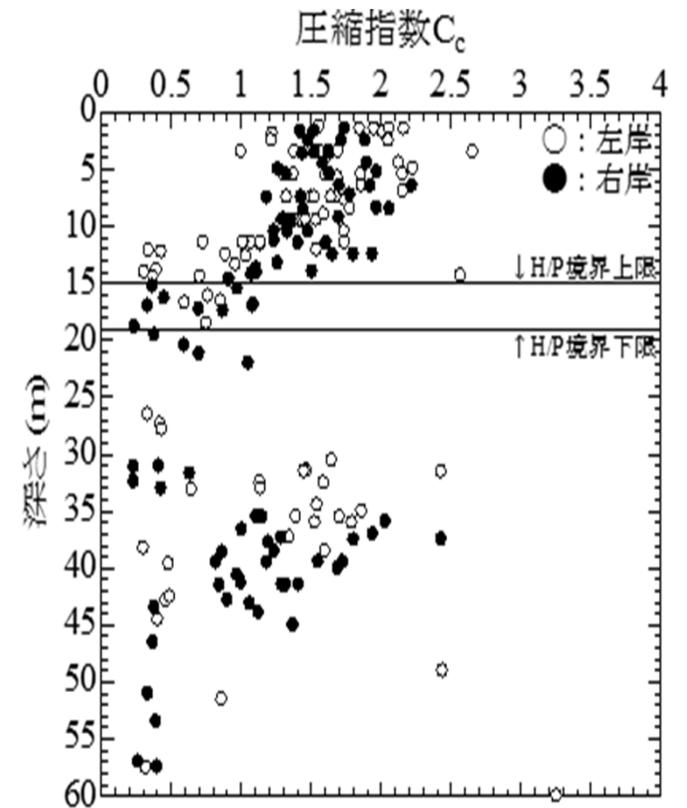
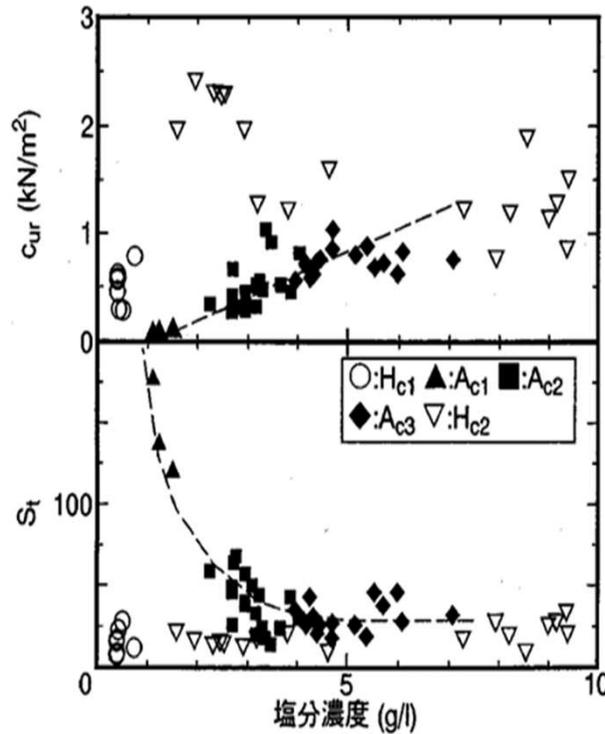
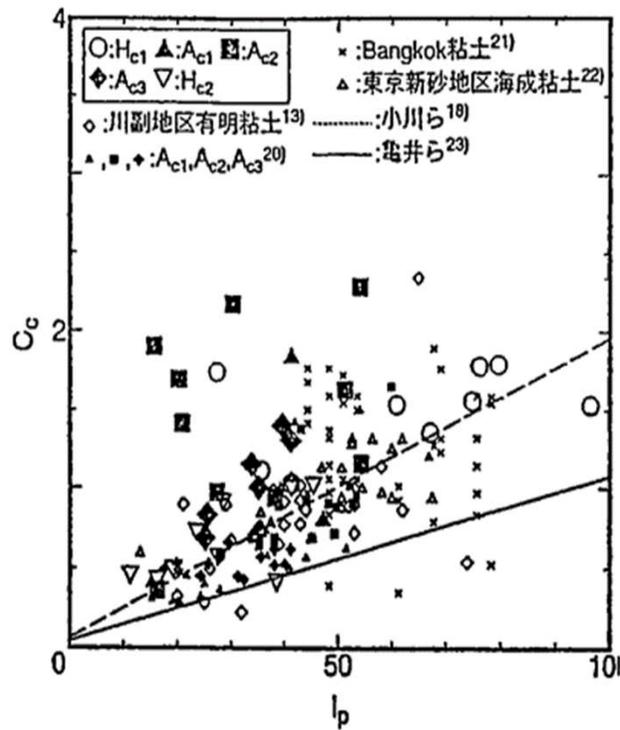


沖積平野の堆積速度、概略0.1cm/年 1
万年の間に堆積厚さは10m

10cm堆積する100年間に大洪水が襲っ
てくれば地盤構成は互層になるかも

粘土の透水係数は $k=10(-7)$ cm/s
シルトの透水係数は粘土の100倍
砂の透水係数は粘土の10,000倍

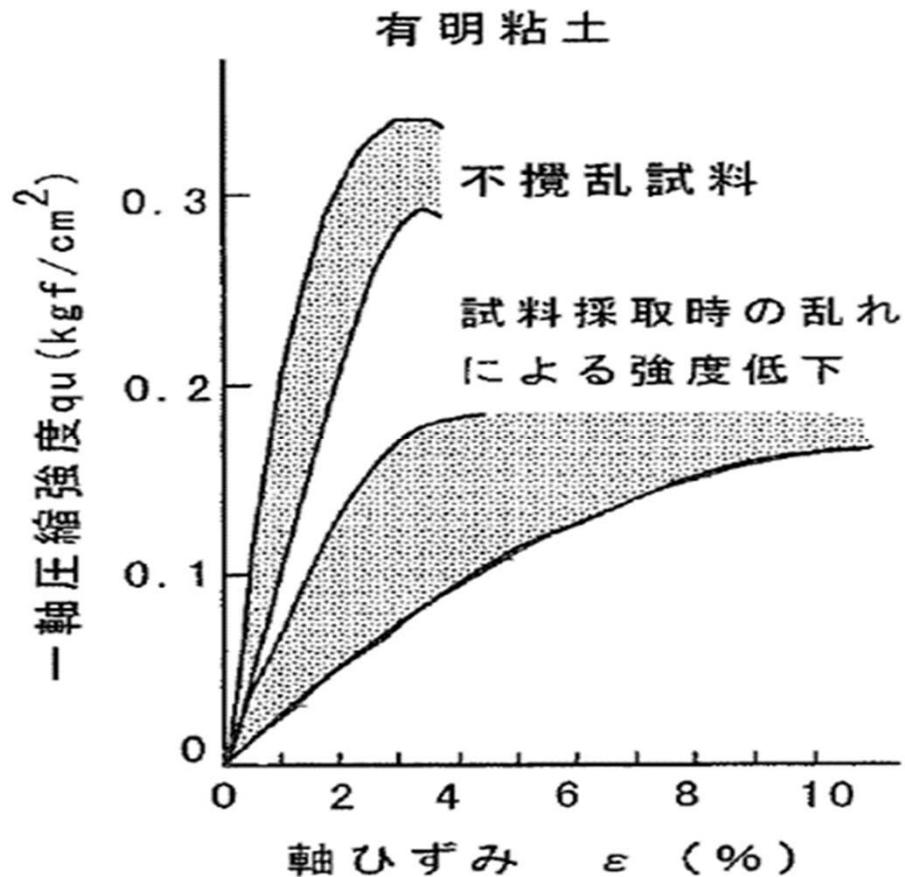
互層堆積: 3m掘削、厚さ10cmの
砂層から水が流出、法面崩壊



粘土の圧縮指数 $C_c \sim$ 塑性指数 I_p
 有明粘土はマクロポア $d \geq 10\mu\text{m}$
 メゾポア $10\mu\text{m} > d \geq 1\mu\text{m}$ が多い

海成粘土は塩分溶脱で
 3g/l以下で鋭敏比 St は
 急上昇する

高圧縮性は有明粘土
 高木瀬層 (Tc)でも
 住之江棧橋の沈下



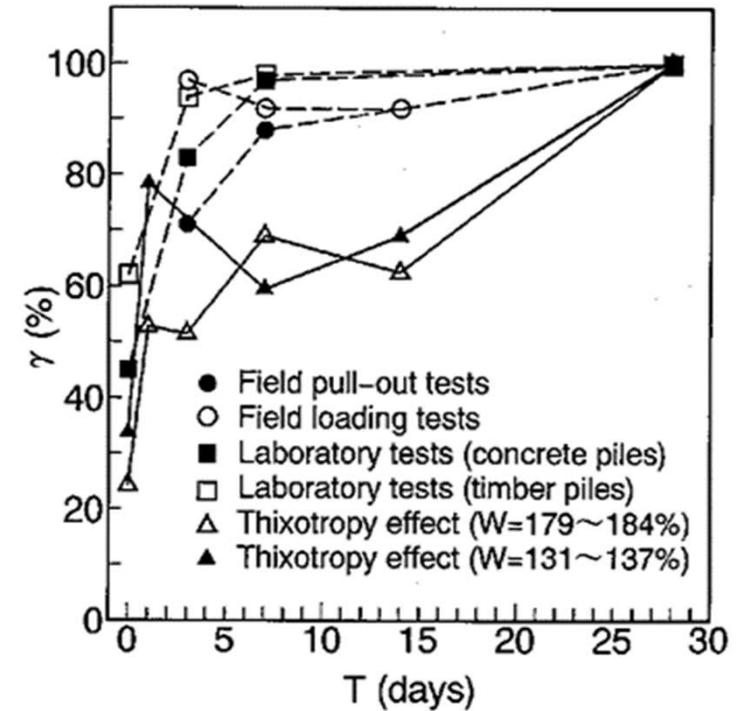
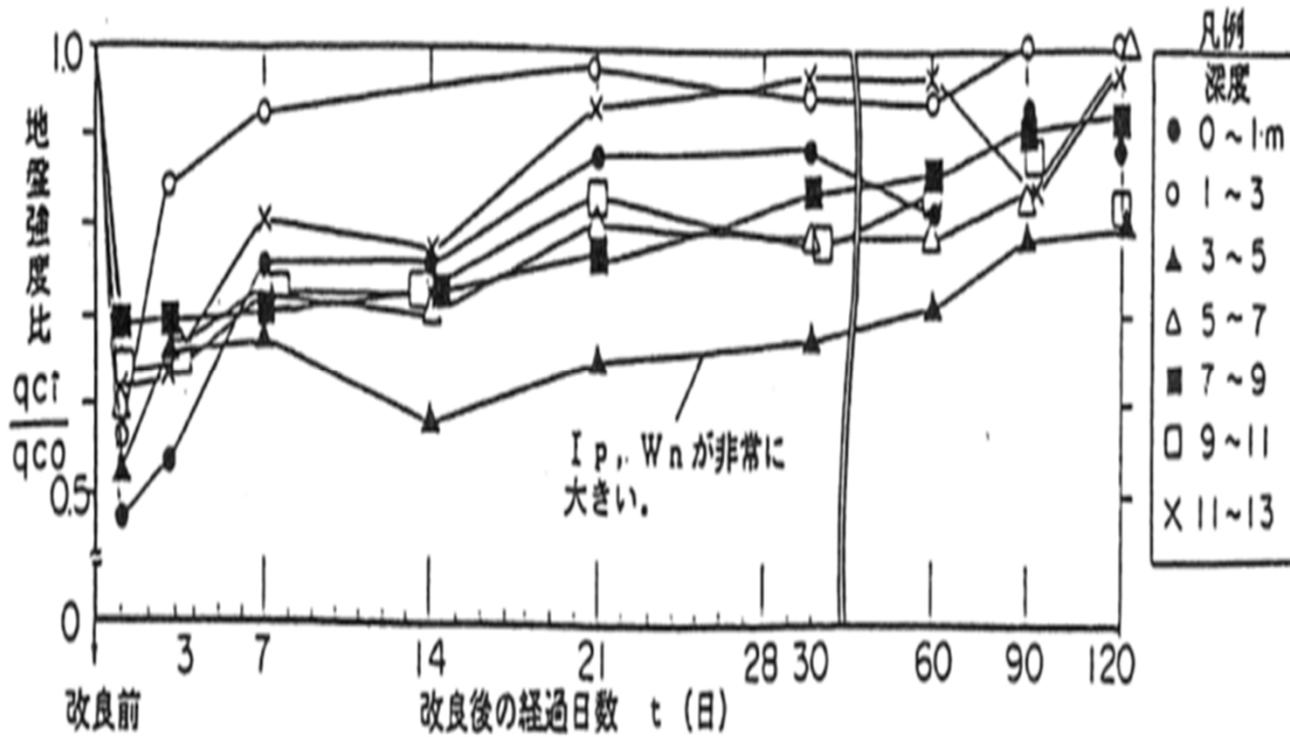
乱れた有明粘土の q_u は低下
圧密降伏応力 p_o は低下

高鋭敏性の粘土は、振動、掘削による応力解放で構造乱れ

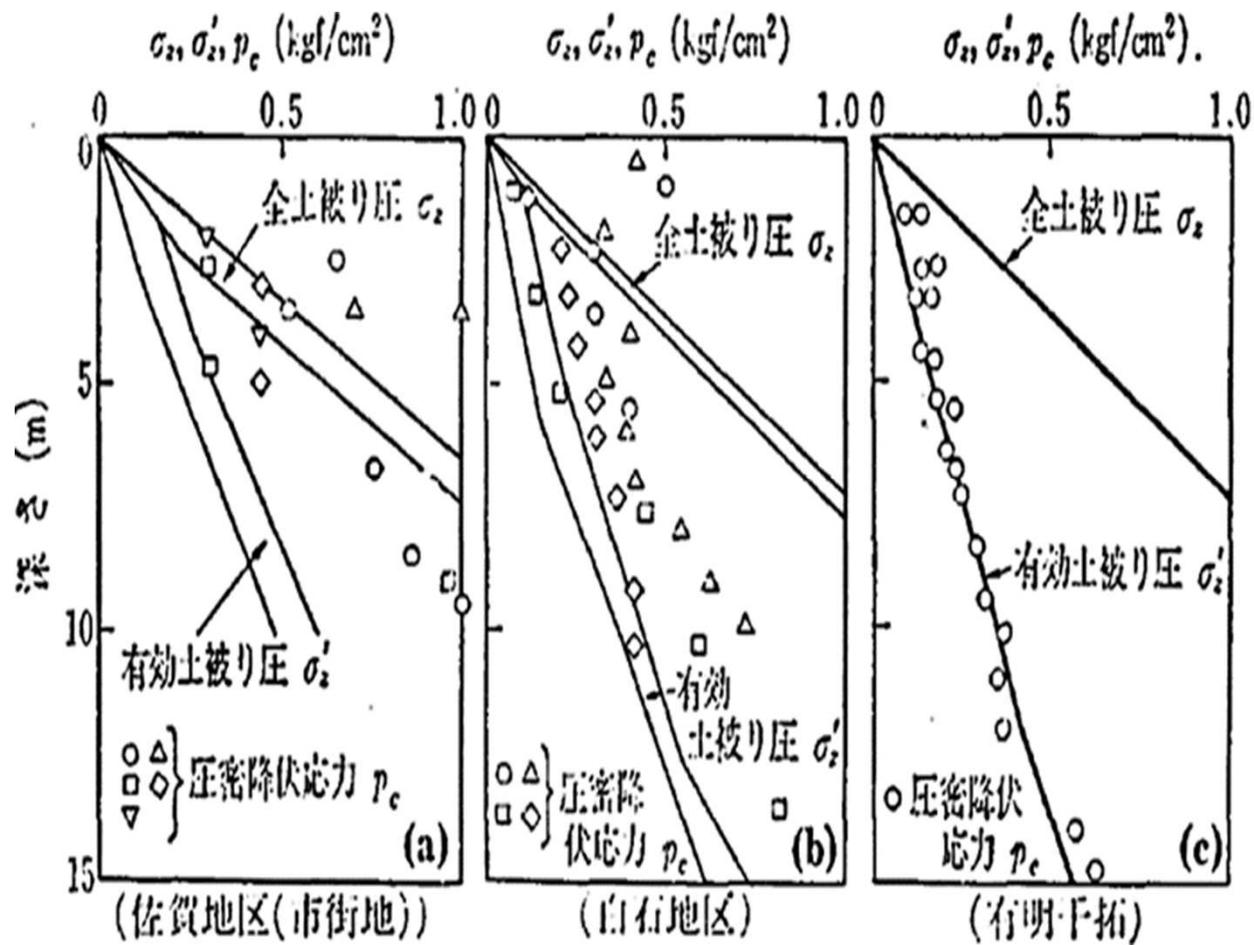
q_u の破壊ひずみ $\epsilon = 2\%$ 程度
は乱れで 5% 程度に

圧密曲線 $e \sim \log p$ は、逆S字形
(おでこ状) \Rightarrow 折れ線型に

内径150ミリ、厚さ4ミリの塩ビ筒
押し込みで乱れ。先端刃状として解決



改良コラム周辺粘土の強度変化 堤防で**高圧噴射**工法
 コラム周辺粘土は**強度低下** 初期強度 qc_0 に対して施工直後は**0.5**
 強度**回復**(シキトピー) 4ヶ月後**0.8**以上に**回復**

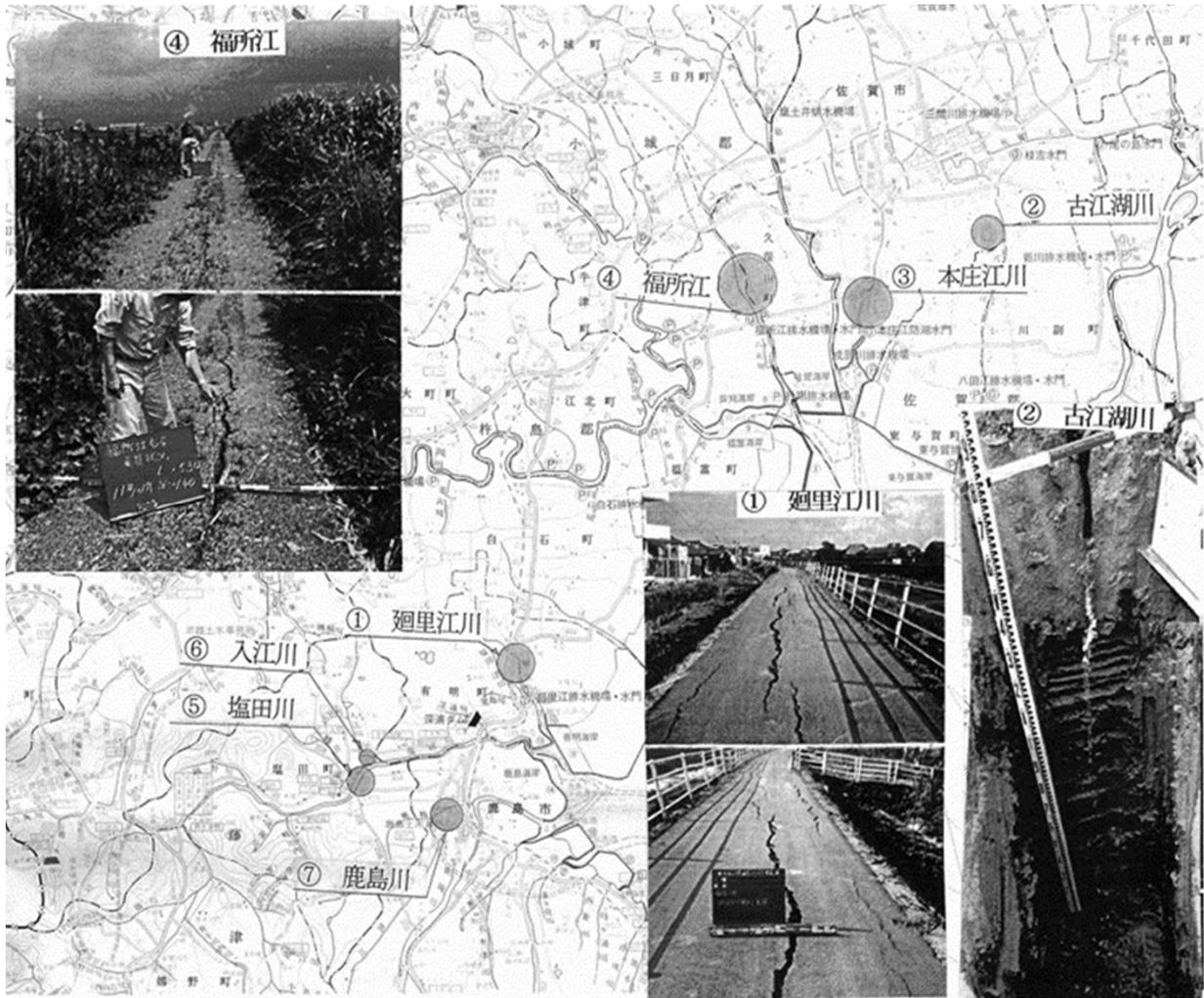


過剰揚水で粘土層は過圧密
地域性がある

調査時点(1990年)で
佐賀過圧密、有明正規圧密

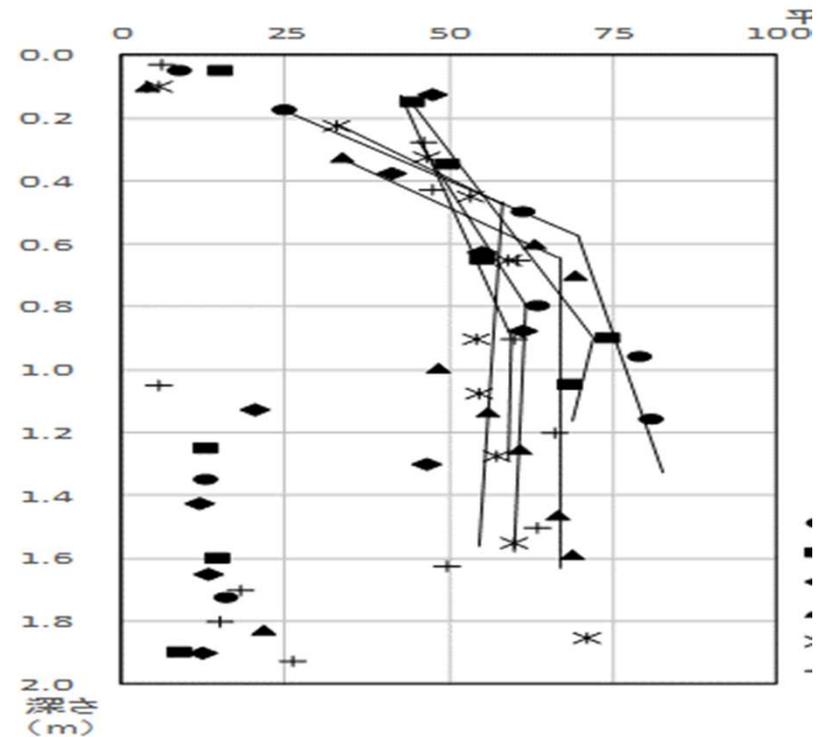
粘土が正規圧密なら
交通荷重の影響を考慮

粘土は記憶力を持っている



平6高温・少雨で亀裂発生 今後の可能性

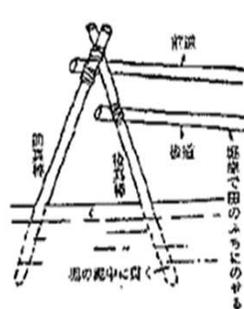
浚渫土(石灰処理):
 $w=60\%$ 、 $T=70^{\circ}\text{C}$
 $D=50\text{cm}$ 温度 50°C
 収縮(5%) 深さ 180cm





埋没クreek判読図(大正から調査時点まで:**半数は埋没**(藤川))

図3 泥土揚作業図



「佐賀平野の水と土」より
(原図) 深川 保

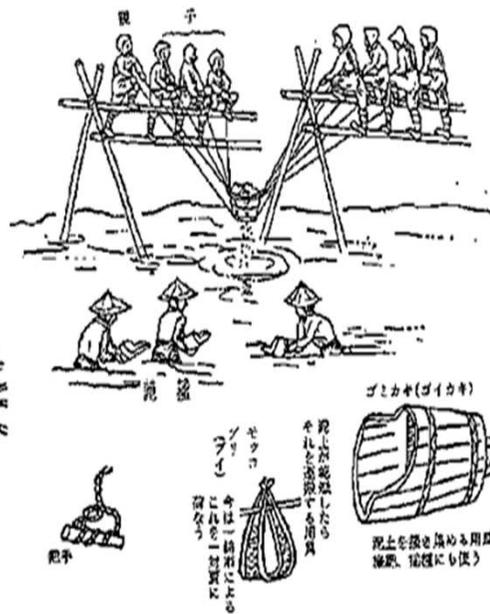


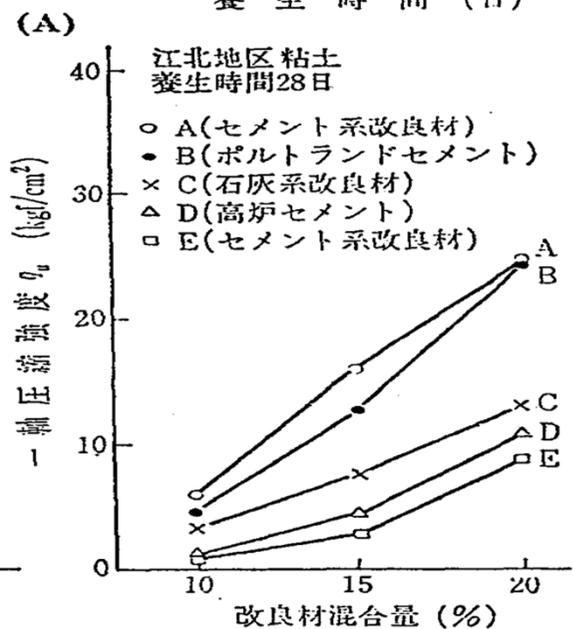
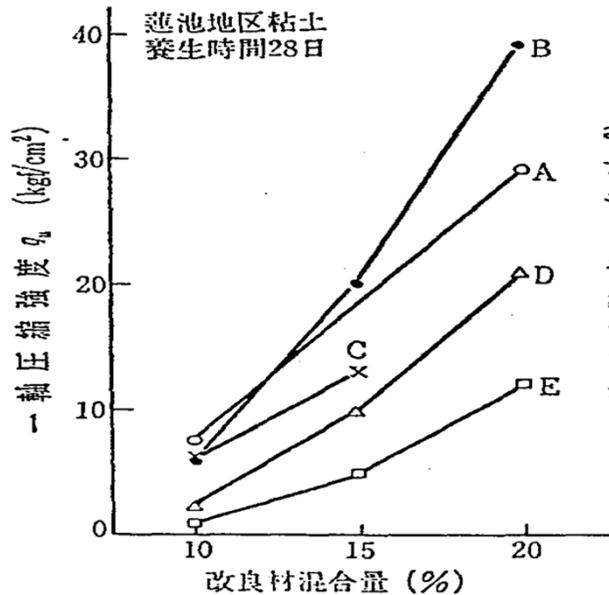
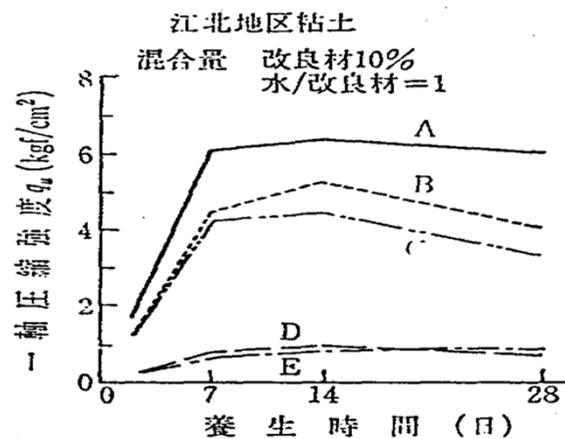
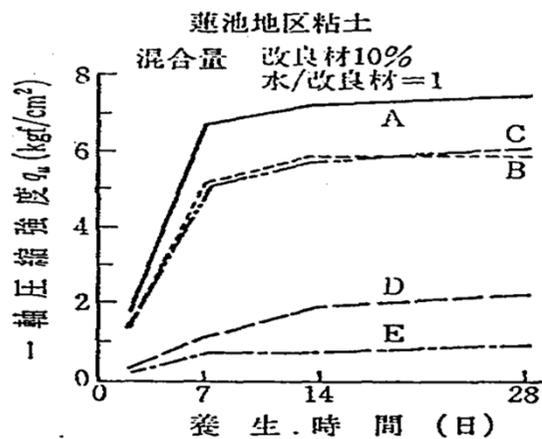
図1 ゴミクイ

(江口辰五郎著 佐賀平野の水と土:成富兵庫の水利事業、新評社、1977.6)

ゴミクイで有機質泥土

地盤改良で**固化不全**の原因

諸富町史、南北クreekは東側
田畑に**利用権** **土地代**は高い



(B)

固化材AとEの効果の差
中央研究所で製品確認

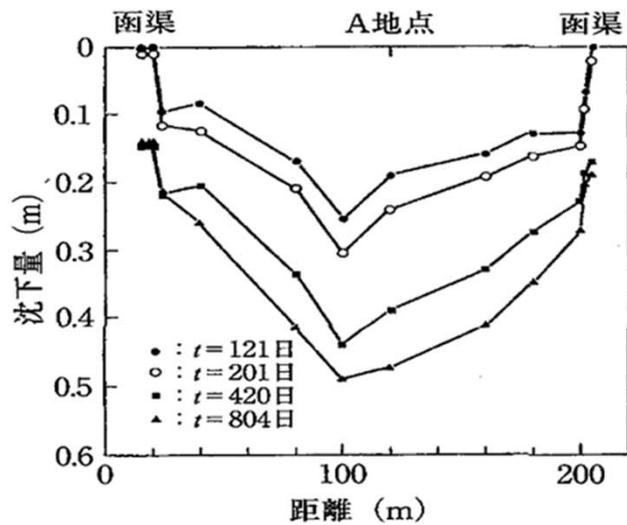
実験粘土、実験者を変えて試験を行い、同じ結果

効果の差の理由は不明
成分、成分比は企業秘密

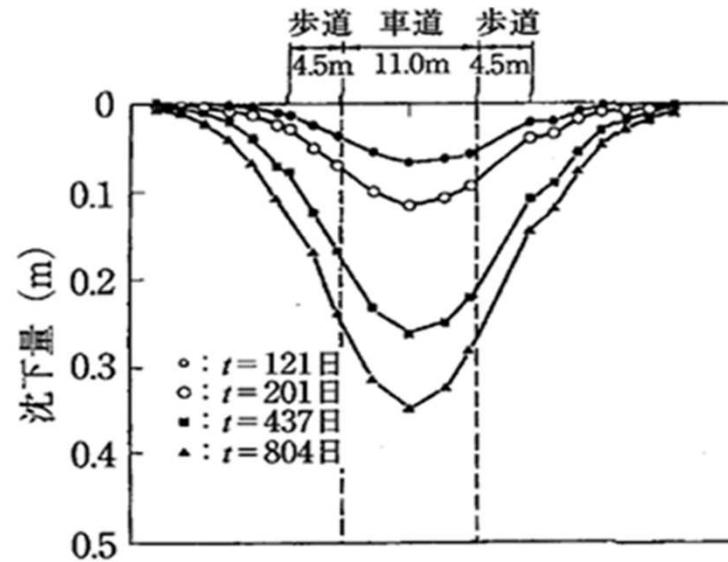
当該粘土と固化材の相性を調べて選択する

低盛土道路の現場調査で学んだこと

- (1) 完成後の数ヶ月での不同沈下、広域地盤沈下、交通荷重
- (2) 新設道路における周辺地盤の引き込み沈下
- (3) 重交通量が多い道路では、浅層改良のみでは道路横断方向の不同沈下を抑制することは難しい
- (4) 交通荷重による圧密降伏応力増分は深さ6~8mまで
交通荷重による圧密沈下量はコラム長で調節可
- (5) 高鋭敏比の粘土地盤を乱さない設計・施工法
掘削法面勾配、杭の水平抵抗係数の選択



道路沈下で段差発生
 (杭支持函渠と浅層改良道路)



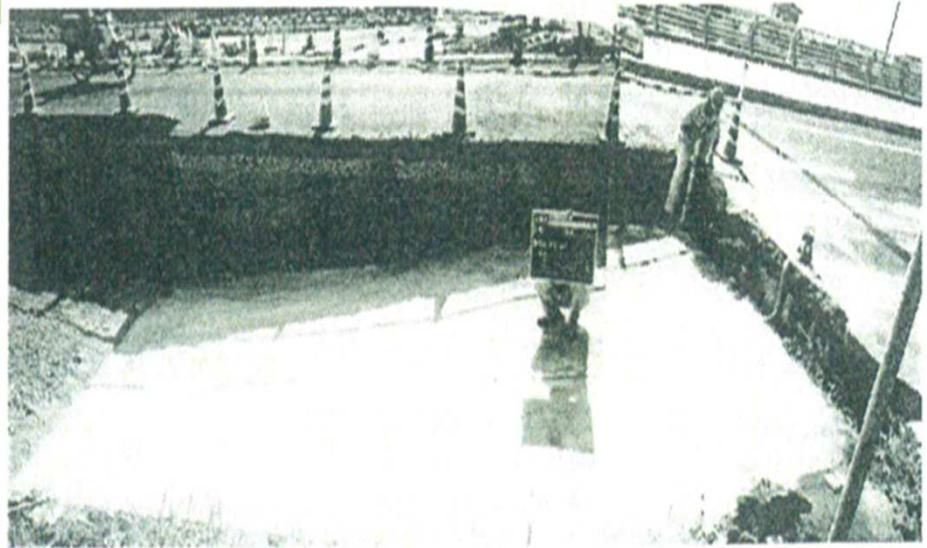
引込み沈下の範囲は
 軟弱層厚相当の水平距離

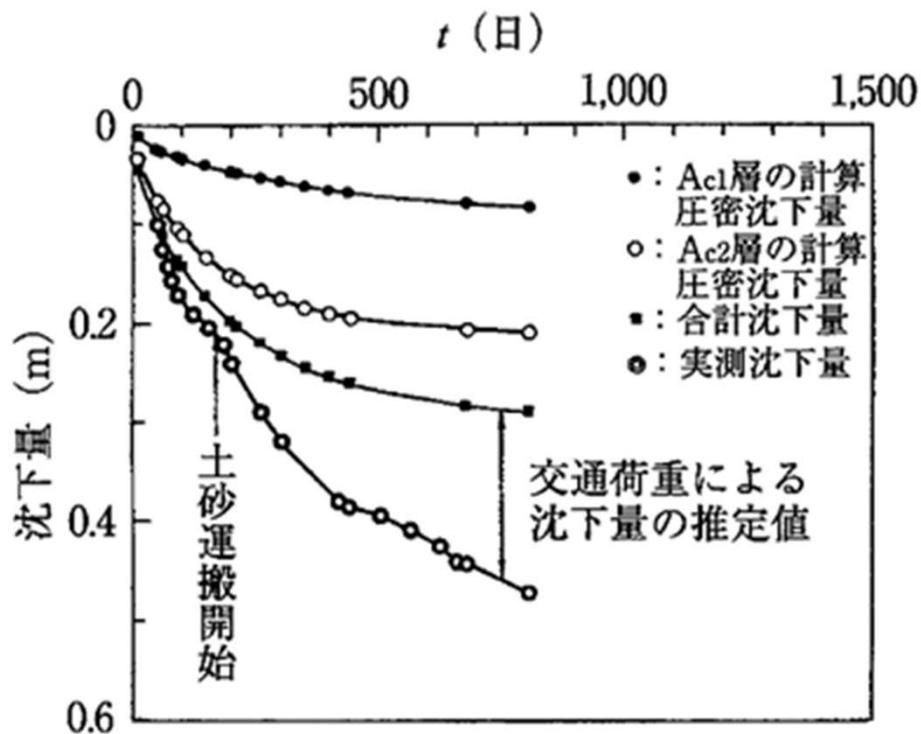
空港道路は数ヶ月で沈下、羽田マヨネーズ(港湾研)
 コラムアプローチ工法で走行性、騒音・振動、引き込み沈下減
 段差・引き込み沈下はコラム長で制御



補修前の空港大橋

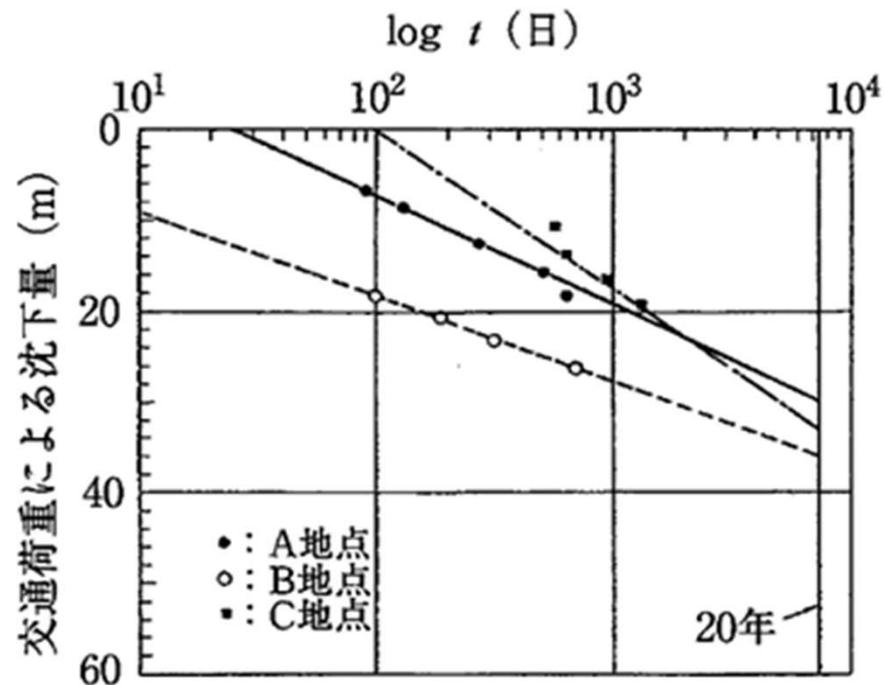
段差・空洞発生 ⇒ 踏掛版撤去
空港大橋取付部 ⇒
コラムアプローチ工法修復





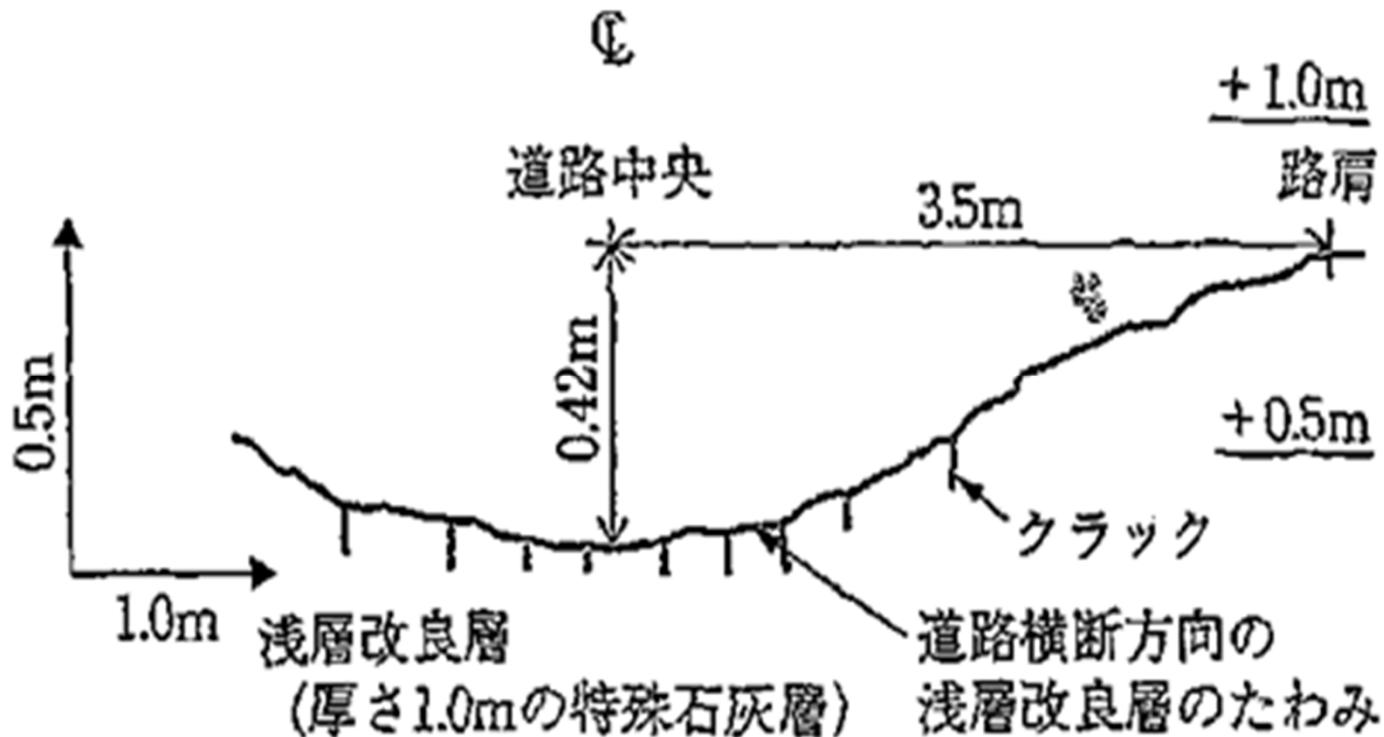
空港道路における路面沈下量

観測沈下量 - 道路荷重沈下量
 (Ac1層 + Ac2層の計算沈下量和)
 = **交通荷重**による沈下量



交通荷重による長期沈下

交通荷重による沈下量をプロット
 (**log t法**)
 20年後の沈下量を推定



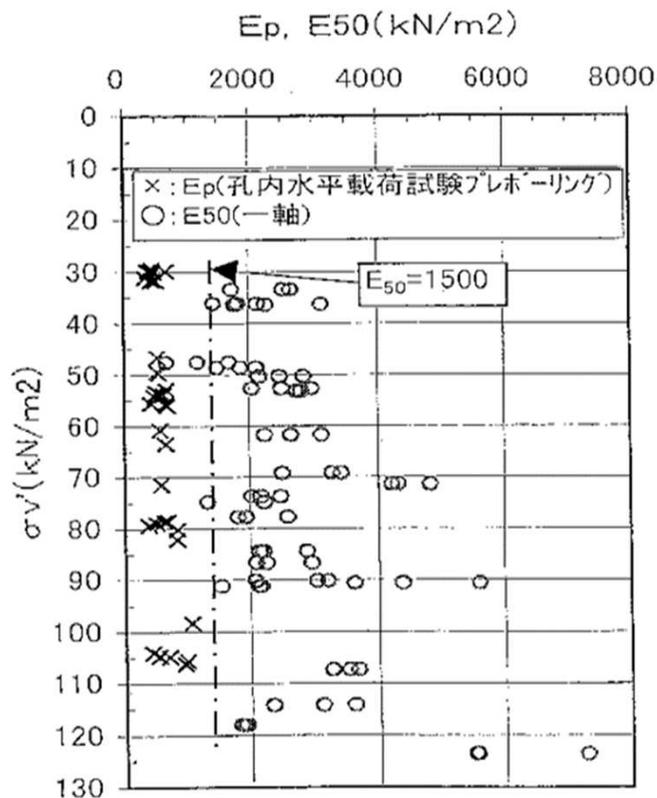
スラブは軽交通中交通
の路盤工法として有用

重交通にはスラブだけで
は対応できない

重交通による沈下を小さく
するにはコラムが有用

橋梁下などコラム施工
困難⇒ 厚いスラブ

浅層改良(スラブ1m厚)の路横断方向の沈下
重交通に浅層改良不適 ⇒ コラム機能



				E=500		E=1500		
				H= 8. 20		H= 8. 20		
項目	規格寸法	単位	単価	数量	工費	数量	工費	
本 体 工	コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$	m ³	15,000	215.3	3,230	179.3	2,690
	型 枠		m ²	6,500	189.0	1,229	179.1	1,164
	鉄 筋	SD345	t	93,000	32.3	3,004	26.9	2,502
	均しコンクリート	$\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$	m ³	16,400	5.8	95	4.2	69
	均しコン型枠		m ²	3,000	3.3	10	2.8	8
	基礎材	t=20cm	m ³	6,800	11.6	79	8.4	57
	足場工		掛m ²	2,100	233.7	491	233.7	491
	支保工		空m ³	4,000	59.1	236	59.1	236
	計		千円			8,374		7,217
	1 m ³ 当り		円/m ³			38,895		40,251
	諸経費	50%	千円			4,187		3,609
合計		千円			12,561		10,826	
土 工	掘 削	土砂	m ³	1,000	249.4	249	190.1	190
	埋戻工		m ³	1,000	102.5	103	85.0	85
	残 土		m ³	2,000	135.5	271	95.7	191
	計		千円			623		466
	1 m ³ 当り		円/m ³			2,498		2,451
	諸経費	50%	千円			312		233
合計		千円			935		699	
基 礎 工	場所打ち杭	φ 1000	m	71,000				
		φ 1200	m	81,000	148.0	11,988	92.5	7,493
		φ 1500	m	102,000				
	計		千円			11,988		7,493
諸経費	50%	千円			5,994		3,747	
合計		千円			17,982		11,240	
下部工工事費			千円		31,478		22,765	

杭の水平反力係数

鋭敏粘土ではELLT (=500)

とEqu (=1500) で大きな差

Equを適用で鋼管杭は8本から5本

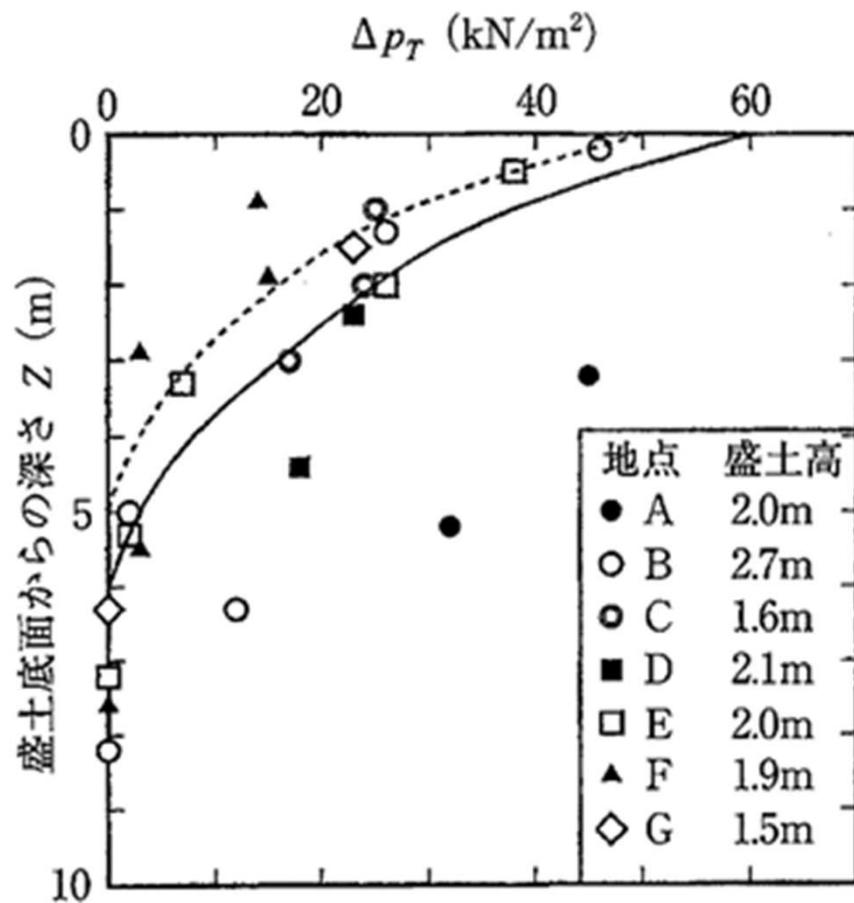
プレボーリング式では孔壁乱れの影響は大きい

セルフボーリング方式なら孔壁乱れの影響は小さい

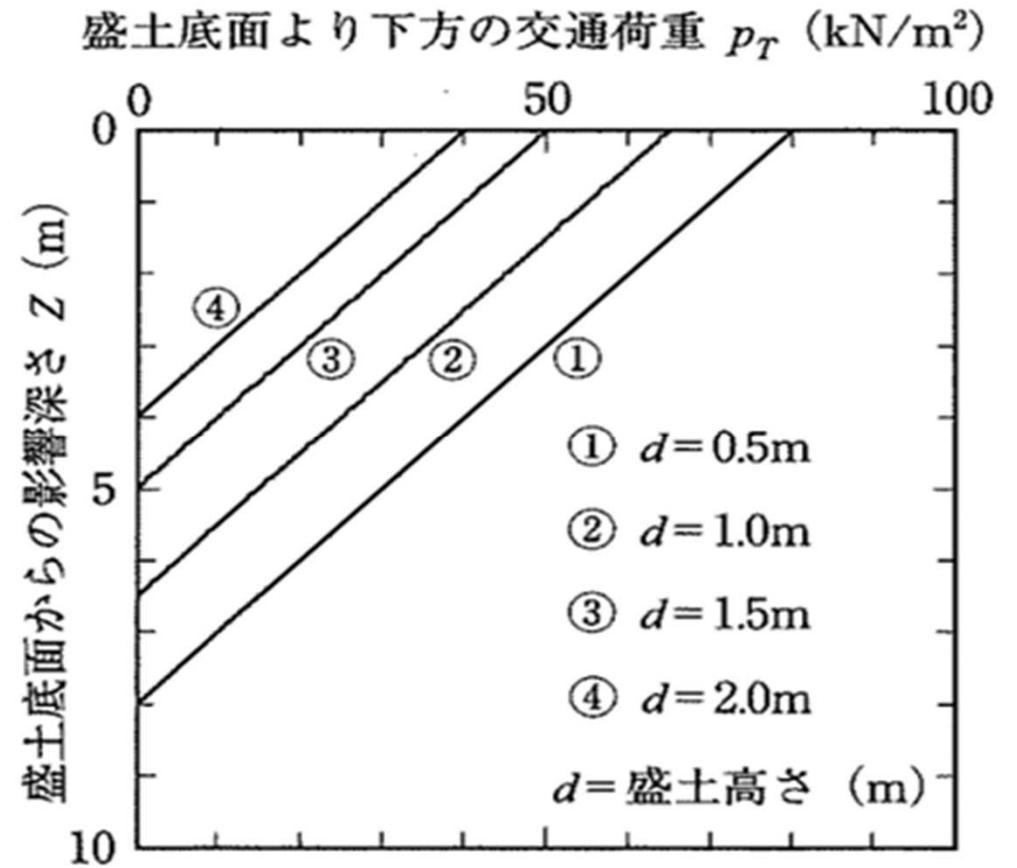
一軸圧縮試験で求めた係数は乱れの影響は小さい

低盛土の道路設計

- (1) 交通荷重による圧密影響深度は6~8mまで
- (2) 交通荷重による圧密沈下の推定法、設計への導入
- (3) 重機走行による振動は、速度2km/h程度で低減できる
- (4) 県道路盤工法比較実験に基づいてコラムアプローチ工法の設計法
- (5) 国道34号での実証盛土試験に基づいてコラムスラブ工法の設計法
- (6) コラムスラブ工法で、交通振動・騒音を10db低減できる



国道7地点: **交通荷重のみ**による
 圧密降伏応力の増加: **最深8m**



換算交通荷重の提案値
 (**盛土厚を考慮した提案**)

交通荷重による圧密降伏荷重の増加(Δp_t)の求め方

道路直下の粘土地盤の圧密降伏応力 p_c は次の要因で構成

p_{c0} : 道路構築前の自然状態における圧密降伏応力(深さ分布)

p_c : 交通開放後の道路構築後の道路荷重による圧密降伏応力(深さ分布)

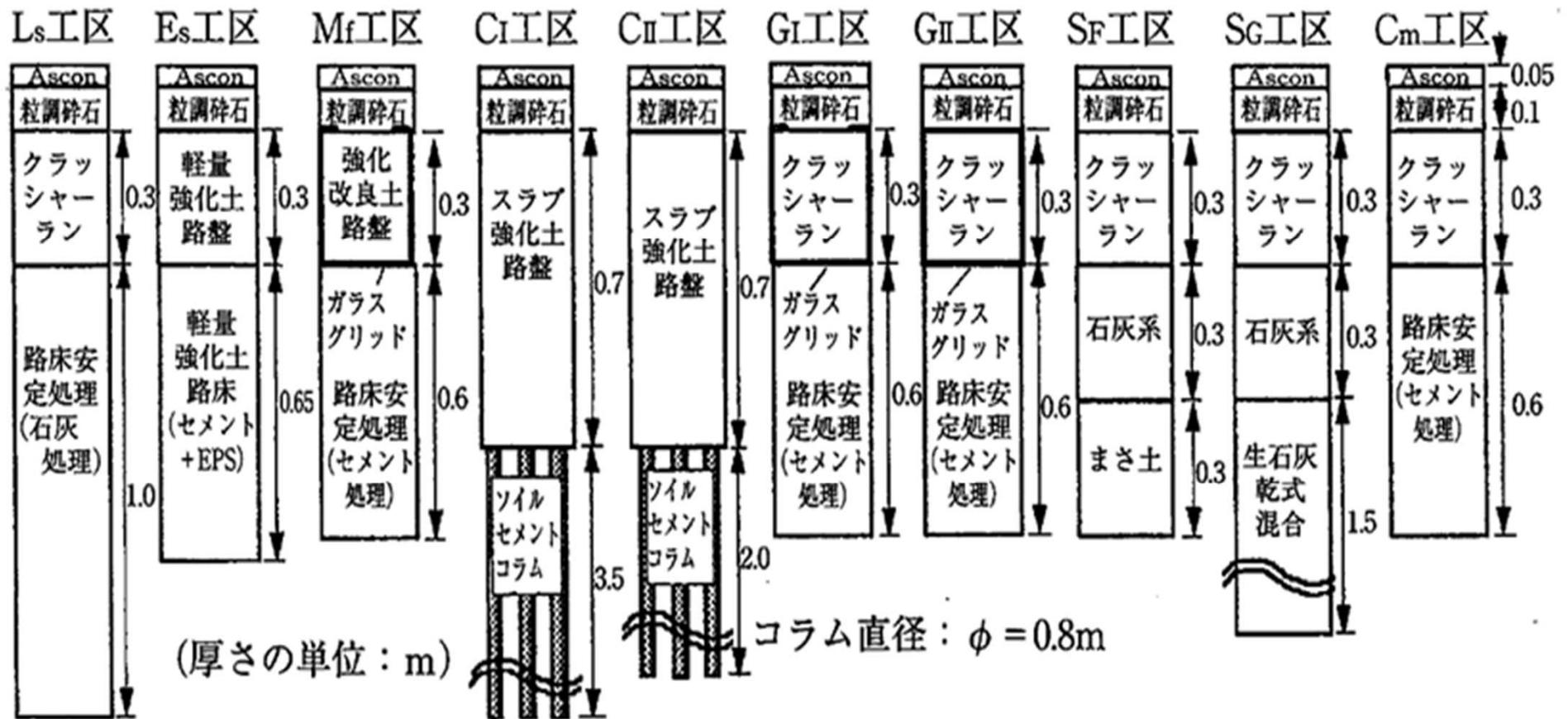
Δp_t : 交通荷重による圧密降伏応力の増加(深さ分布)

$$\Delta p_t = p_c - p_{c0}$$

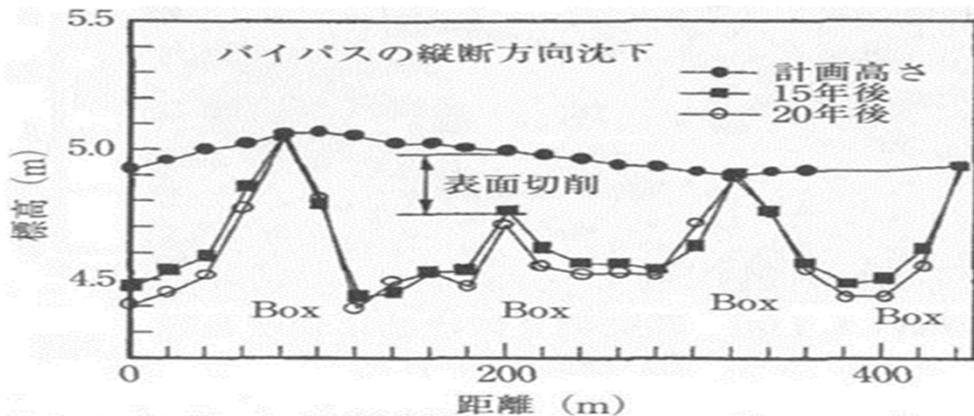
ただし

p_{c0} は道路近くで正規圧密状態の畑の圧密降伏応力(の深さ分布)

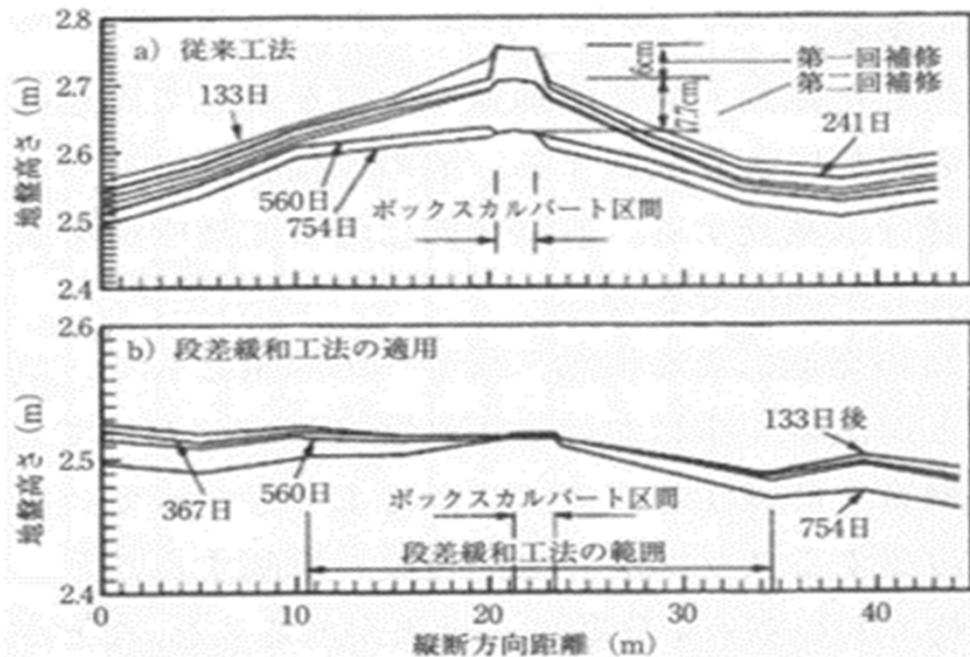
p_c は現国道直下で計測した圧密降伏応力(深さ分布)



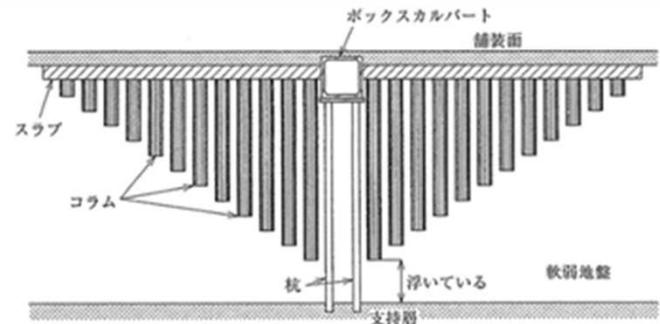
県道試験 軽量材、ジオテキスタイル、などは沈下抑制に効果
 スラブをコラム群で支えるシステムは**段差緩和**に有効
 建設費**低廉な従来**工法は、沈下に伴う維持管理費が**高い**
 トータルコストの観点から、**コラムアプローチ工法**は有利



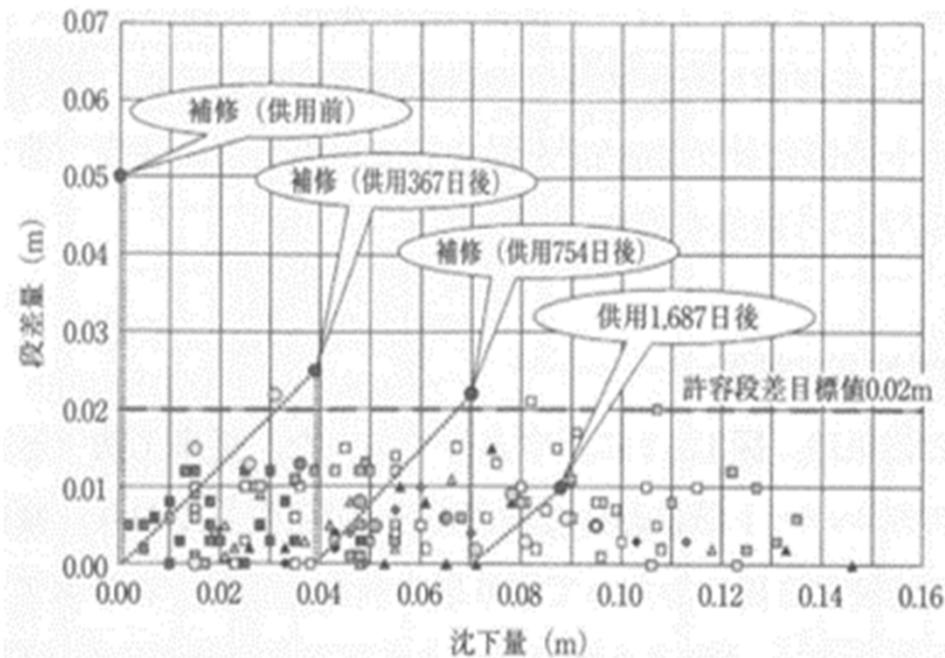
ボックスと道路の段差



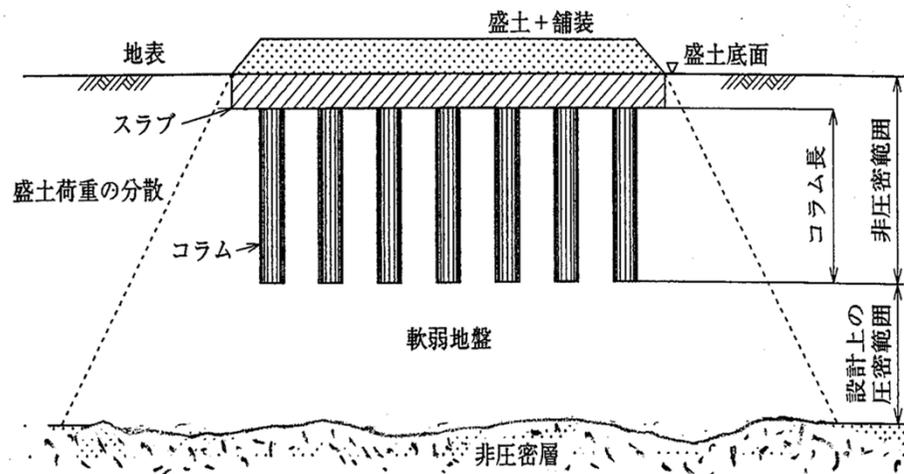
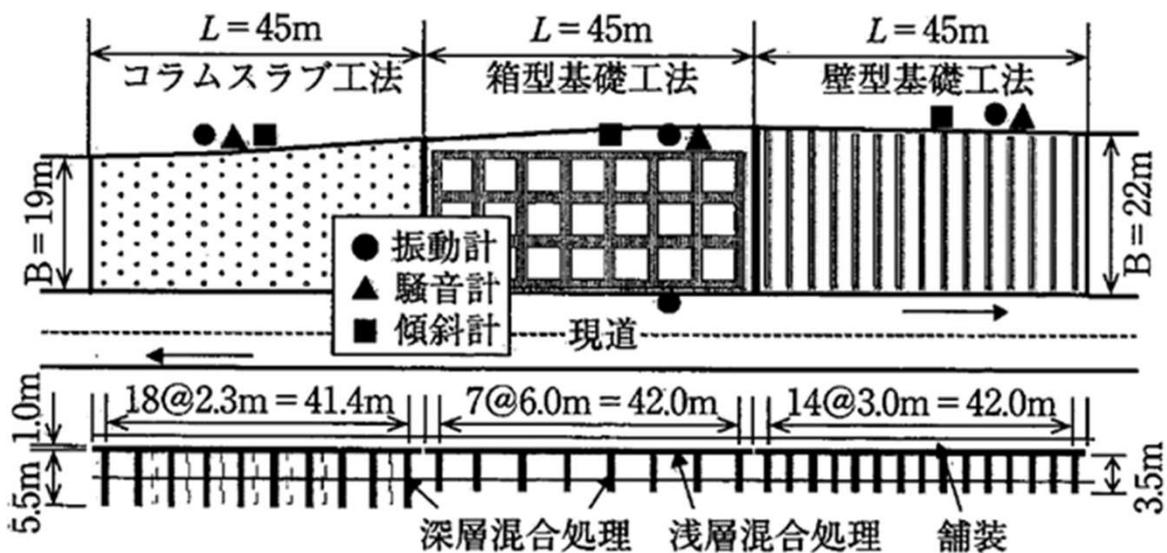
コラムアプローチ工法の適用



段差緩和工法の概念図(杭支持ボックス周辺の段差)



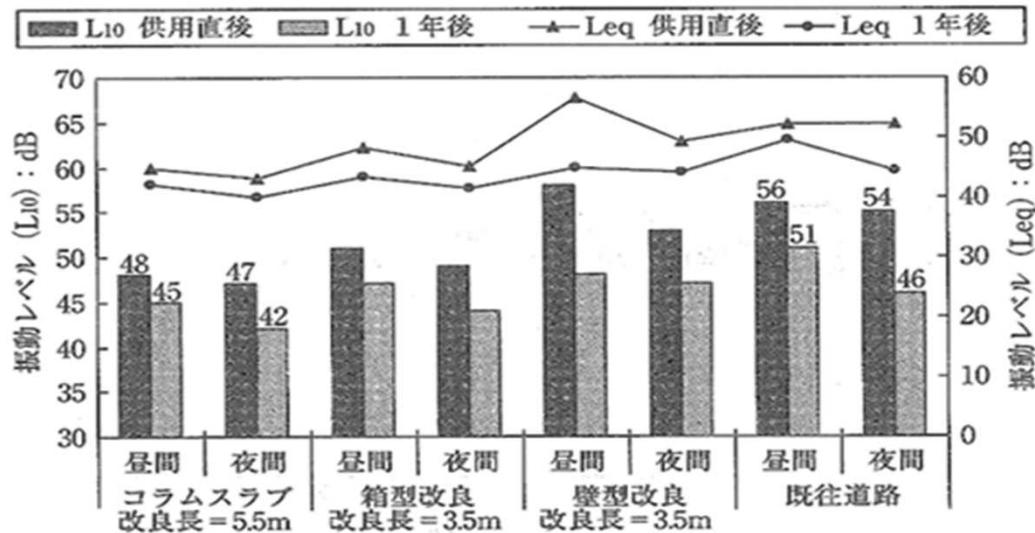
コラムアプローチ工法の効果

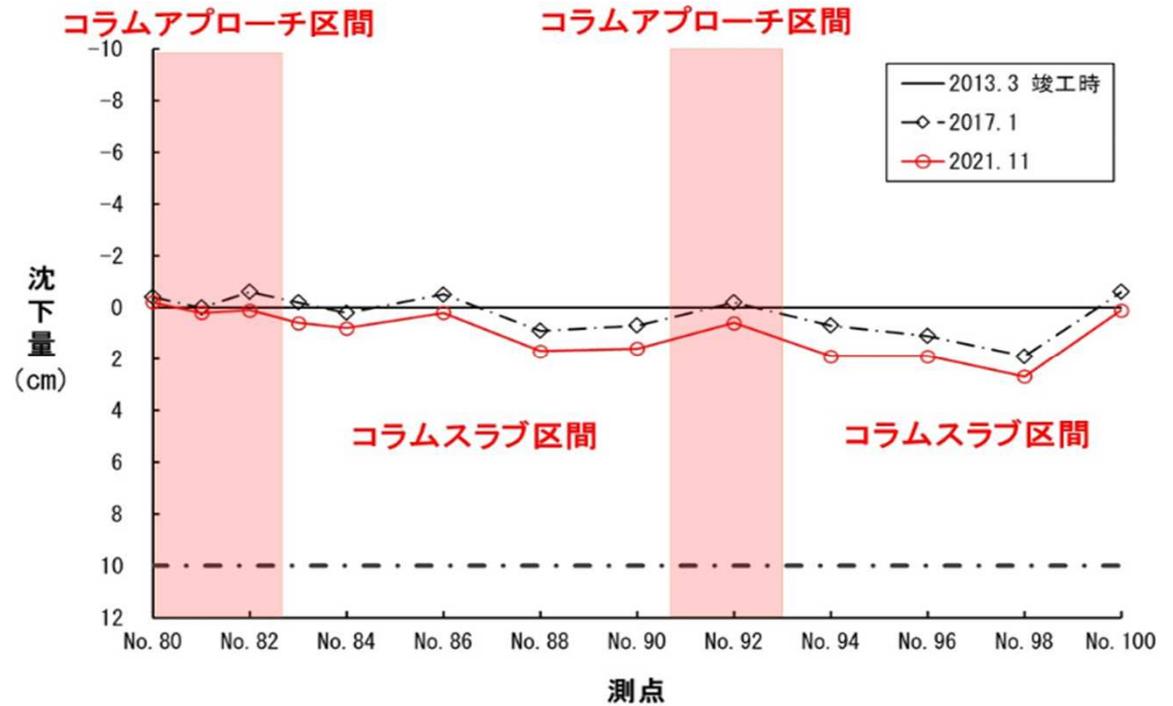
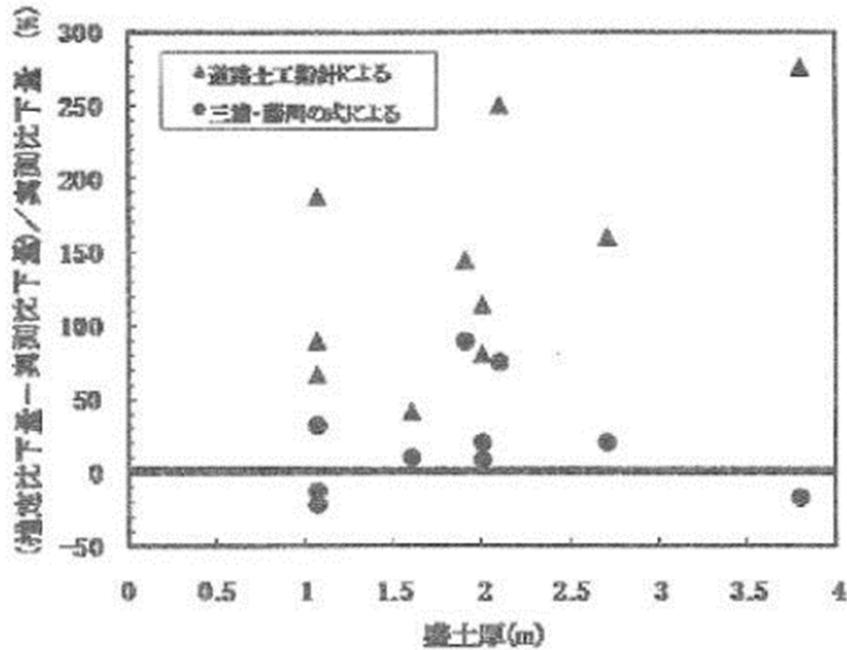


コラムスラブ工法の構造
路面沈下量は**コラム長**で調整

国道34号における道路試験
コラムスラブ工法の実証試験

国道34号の試験道路における振動測定結果
コラムスラブ工法で振動・騒音とも**10dB減**





設計沈下量10cm

道路土工指針の方法：交通荷重による増加応力が深部まで及ぶ

三浦・藤川の方法：交通荷重の影響は深さに伴って減少し、6～8mでゼロ

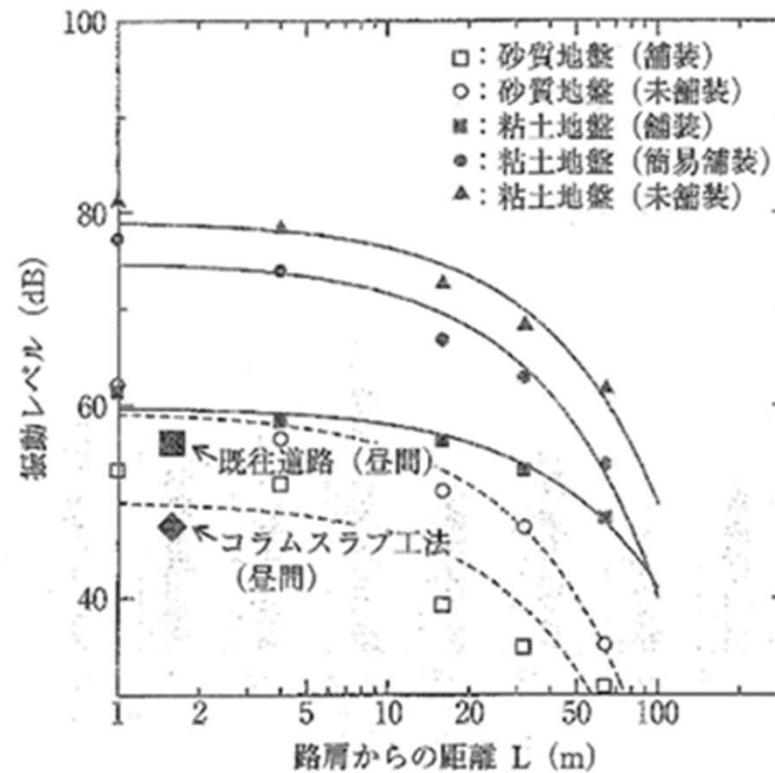
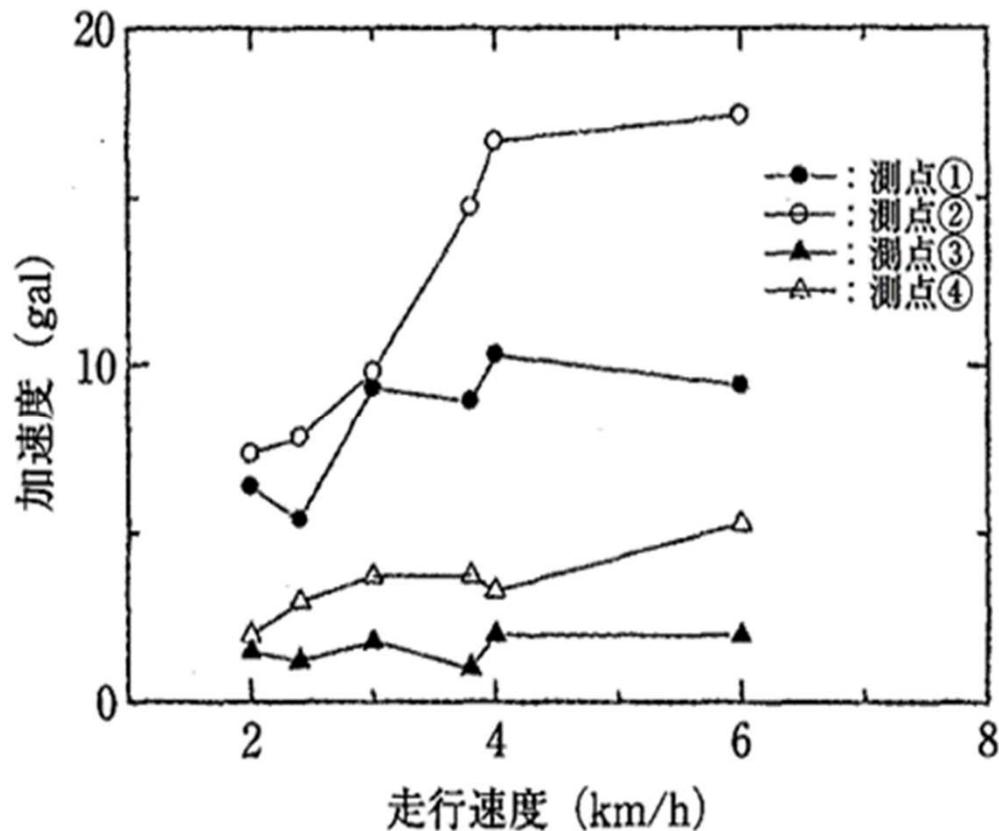
左図：2方法比較 (推定沈下 - 実測沈下) ÷ 実測沈下 ⇒ 道路土工法は過大評価

右図：コラムスラブ工法4年後、8年後の状態

計算ソフト：道路土工の方法を組み込んだものがある

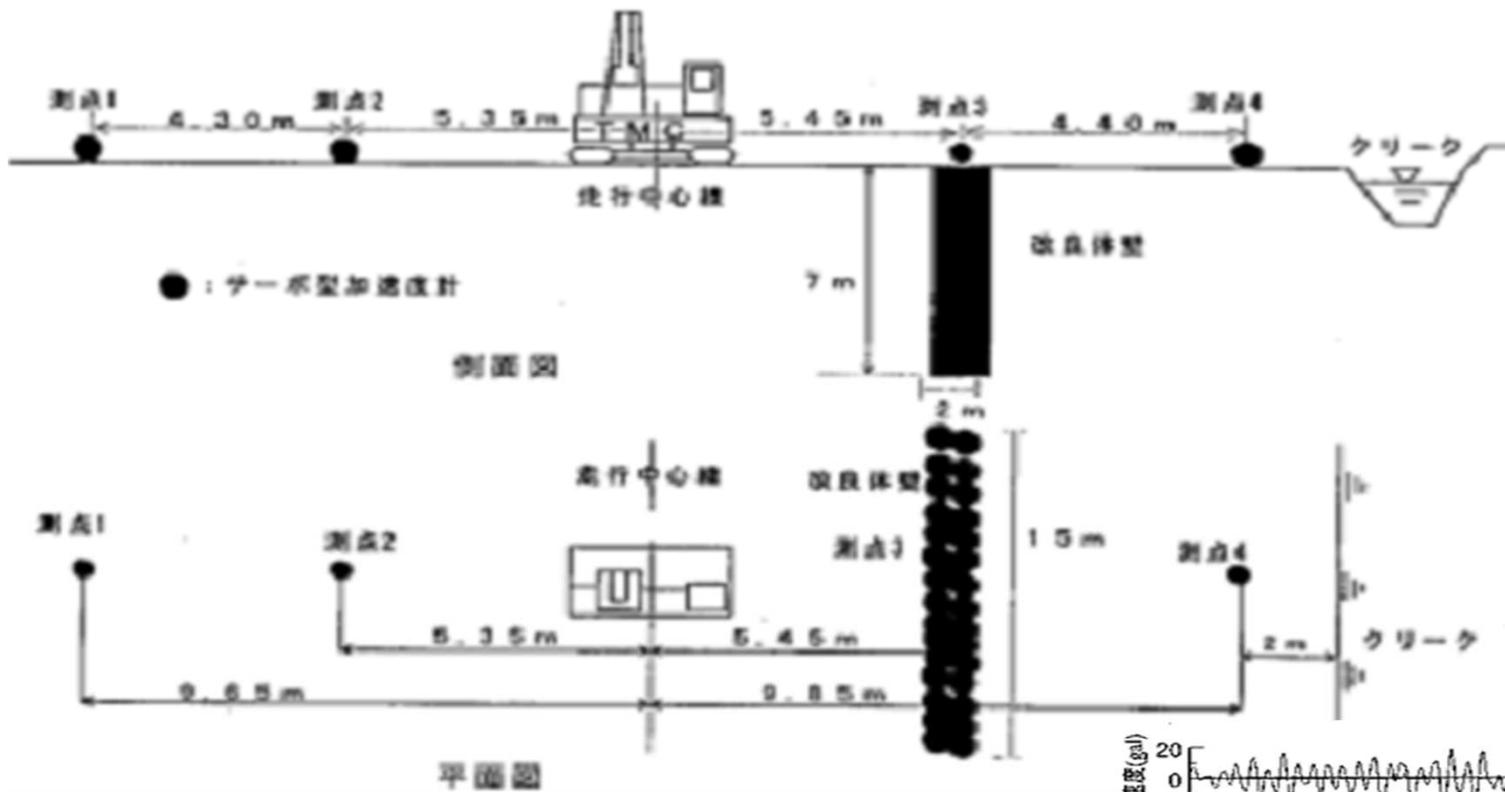
佐賀国道の試験道路でわかったこと

- (1) 2年間の沈下観測結果により、3工法は何れも設計沈下量10cm以内
- (2) コラムスラブ工法は、箱型工法、壁式工法と比べて、**低コスト、機能性高い**
- (3) **コラムスラブ**工法は、路側における**振動・騒音**を**10dB**低下する効果
- (4) **交通荷重による圧密沈下**を評価する方法を提案



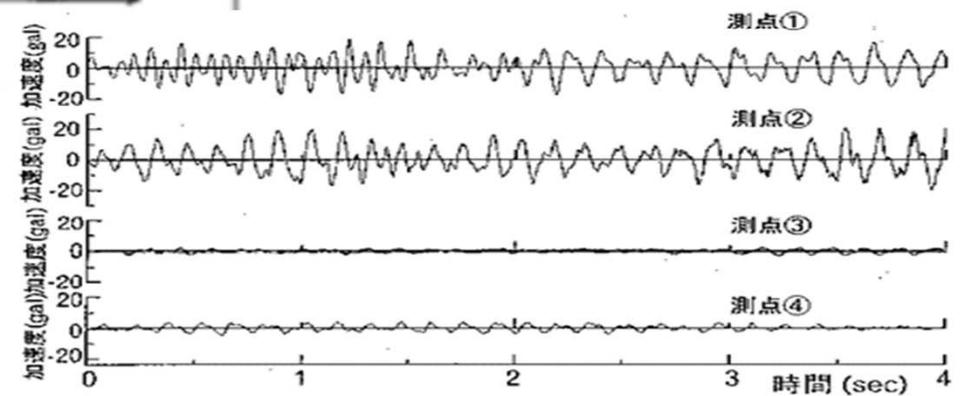
重機走行速度と発生加速度の関係
周辺家屋への配慮
速度2km/hで大きく低減

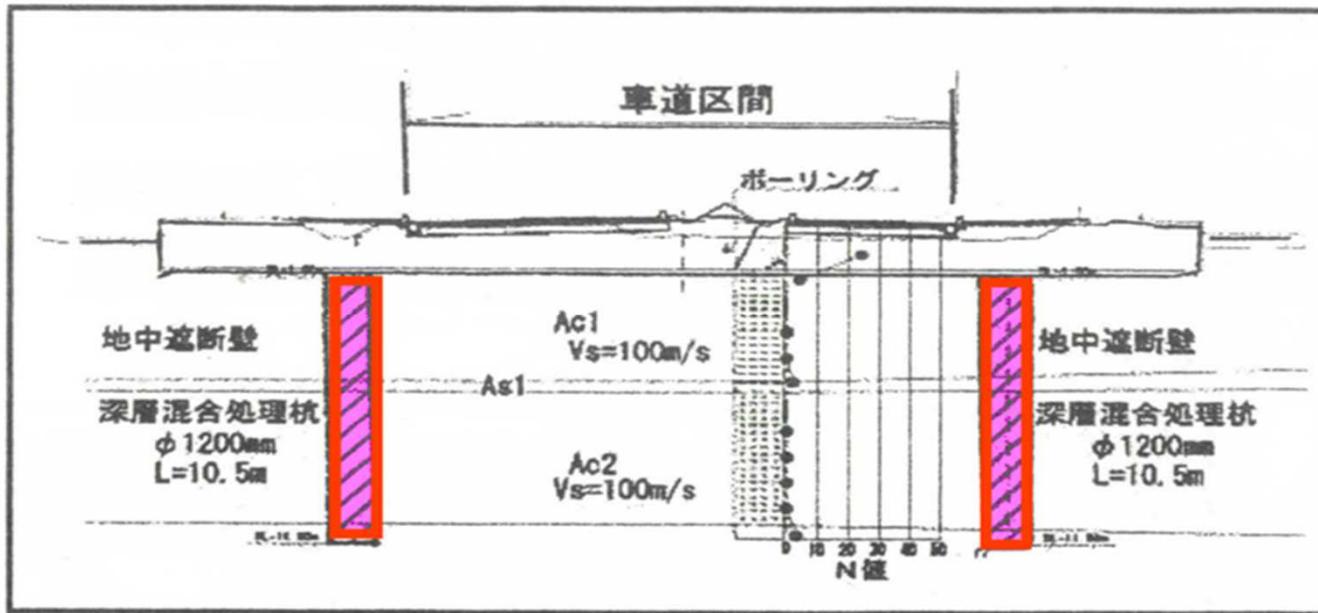
路面・地盤改良による
振動レベル～震源からの距離
コラムスラブ工法の効果



走行振動実験 の概要

実測加速度波形
(測点 1 と 4 の加速度の差)

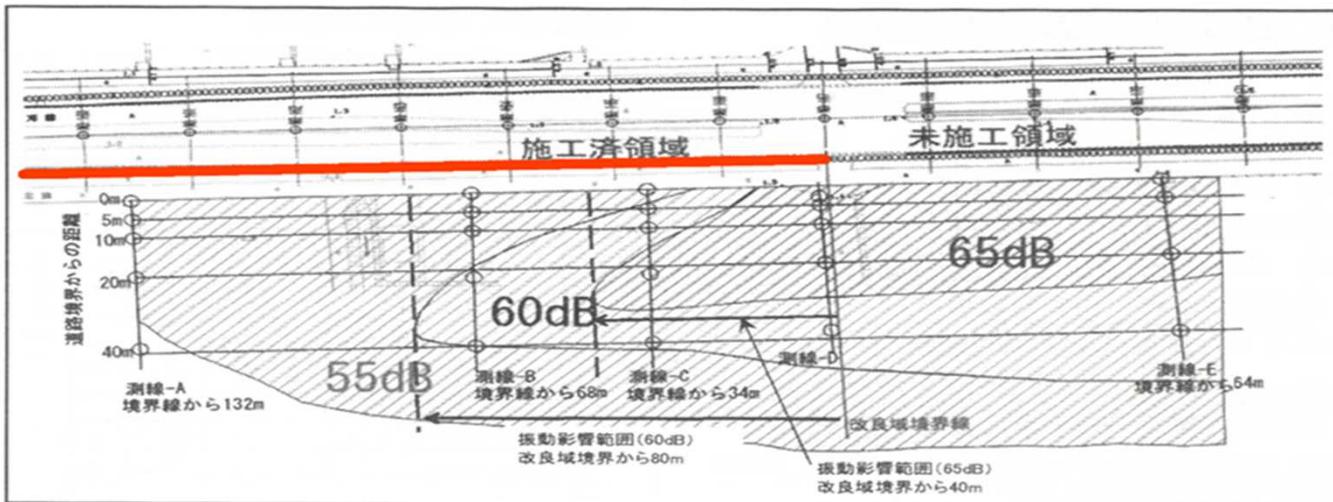


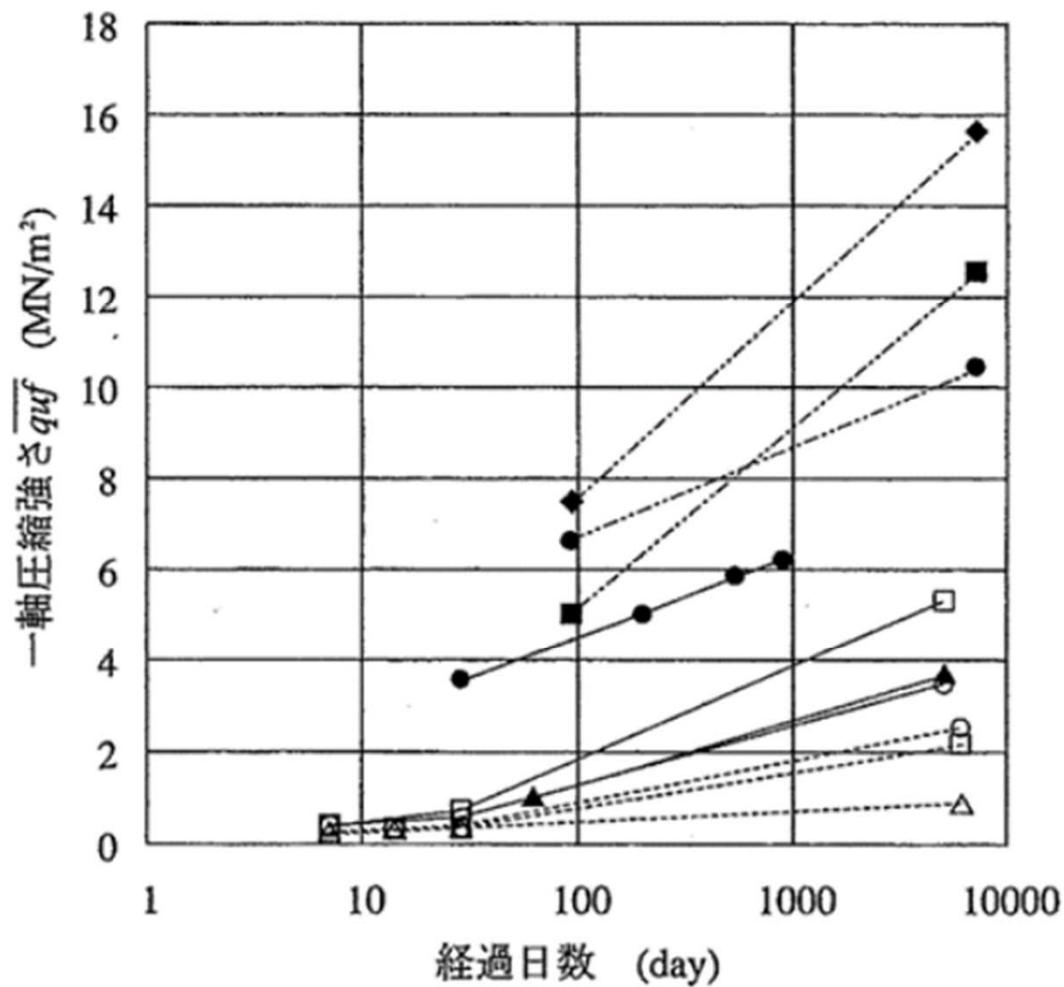


福岡県西方沖地震
住民は交通振動に
敏感に

振動・騒音対策とし
て現場試験

振動・騒音は、遮断
壁を設ければ
効果的に低減





セメント系固化材による改良土の長期強度

トータルコストの検討

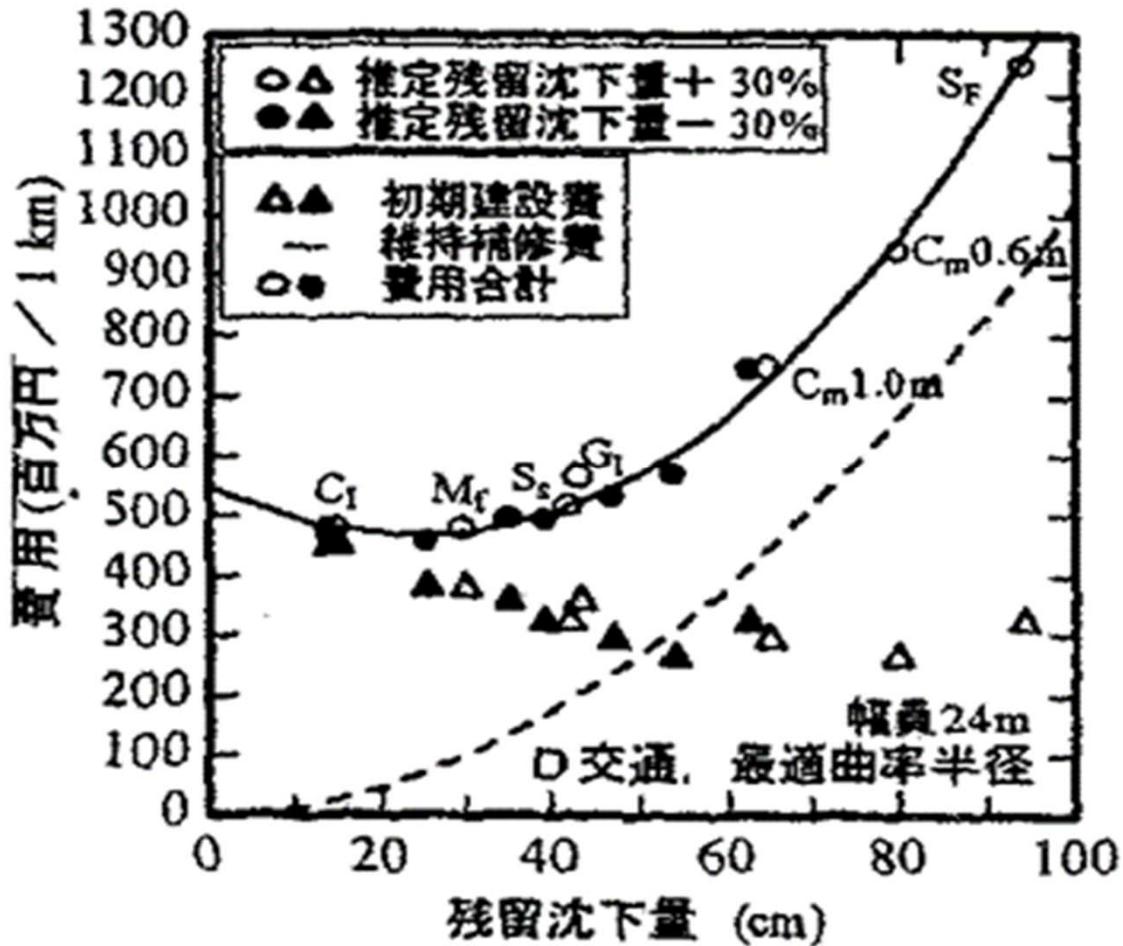
軟弱地盤上の道路盛土建設に要する費用

LCC＝初期建設費、維持補修費、周辺対策費、撤去費等

TC（道路）＝初期建設費、維持補修費、**周辺対策費**

道路計画では、次のことを検討することが望ましい

- (1) トータルコストの検討
- (2) 長寿命化と**カーボンニュートラル**

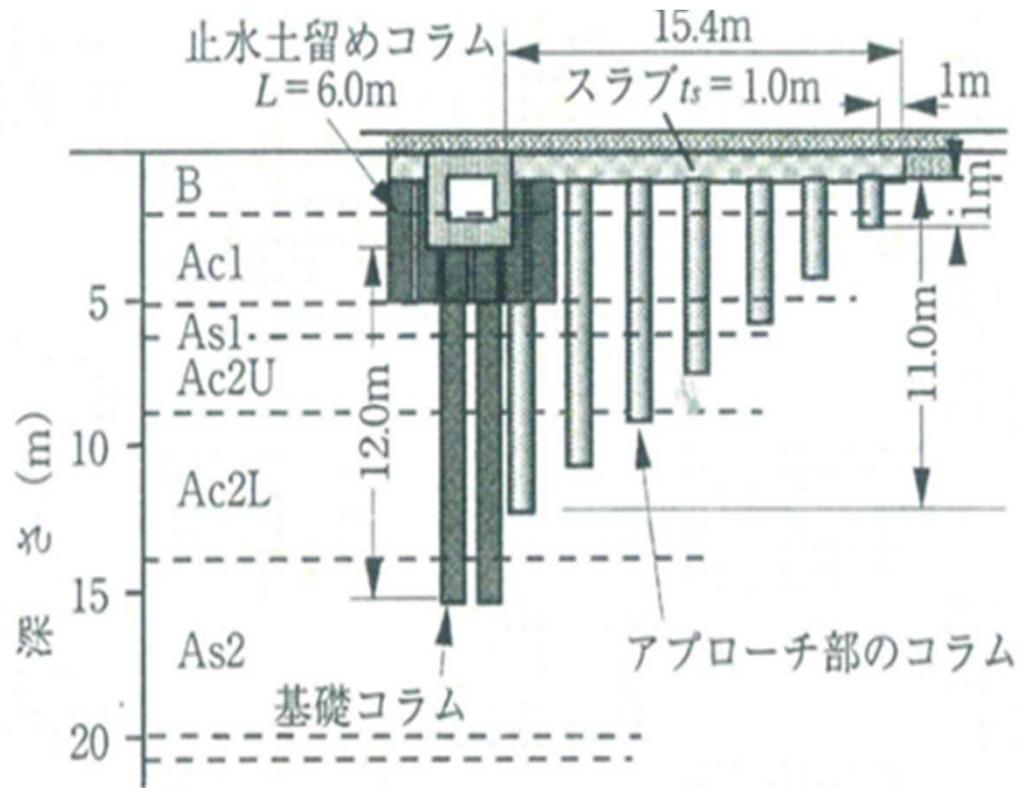


県道路盤工法の比較試験 トータルコスト比較

従来工法 (SF、Cm)
初期費は最も低い
補修費は最も高い

新工法 (Ci、Mf) は
初期費は高い
補修費は低い

新工法 トータルコスト
は最も低い

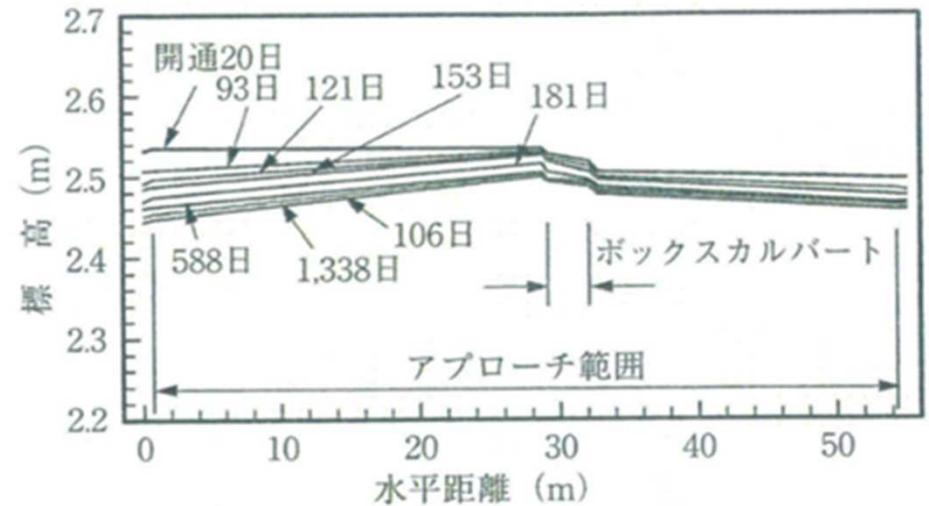


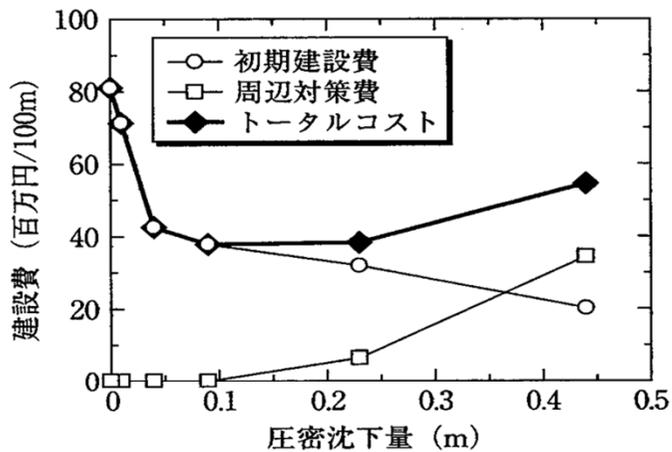
段差緩和システム工法の概要と工事費
の比較(工期・工費の減)

段差緩和システム工法の観測結果

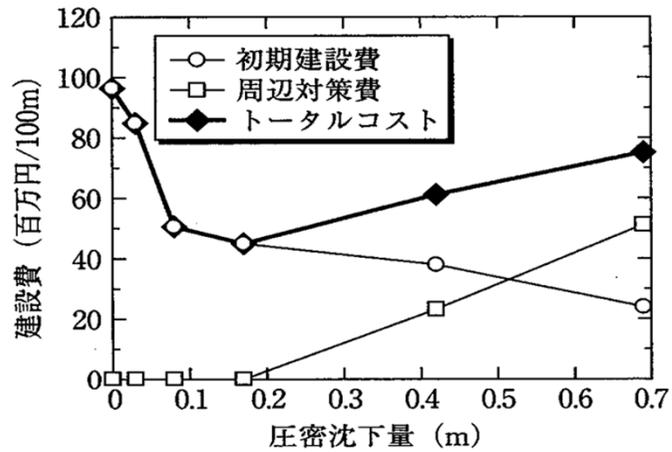
項目	直接工事費 + 補修費 (百万円)		
	従来工法	提案工法	節約率(%)*
土工	2.6	2.1	-19.2
本體工	17.8	17.8	0.0
基礎工	20.6	13.2	-35.9
仮設工	11.5	15.5	+34.8
計	52.5	48.6	-8.0
補修費	32.4	0.0	-100.0
合計	84.9	48.6	-42.8

* - は従来工法より減少； + は従来工法より増加

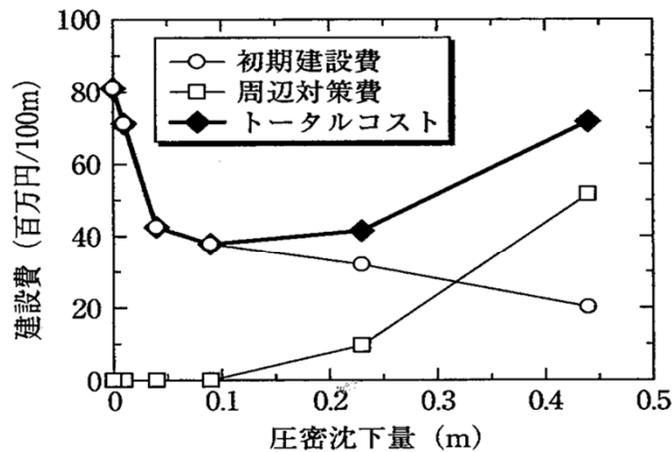




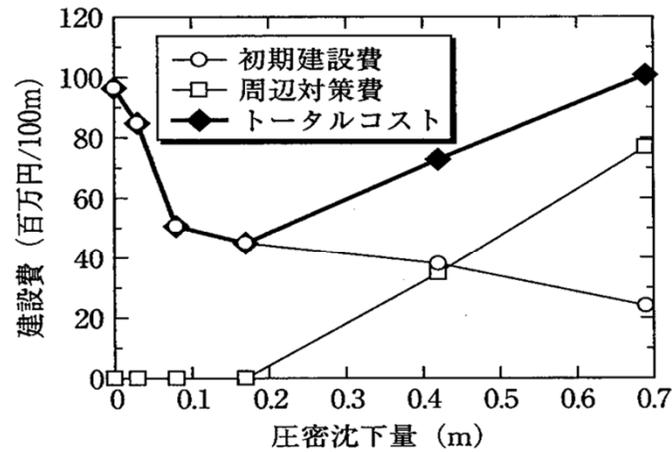
(b) 周辺対策費の単価 4 万円/m²



(b) 周辺対策費の単価 4 万円/m²



(c) 周辺対策費の単価 6 万円/m²



(c) 周辺対策費の単価 6 万円/m²

図4.3.4 ケース3：圧密沈下量と建設費の関係（軟弱層厚11.9m，盛土高さ2.0m，敷き幅19.2m）

図4.3.5 ケース4：圧密沈下量と建設費の関係（軟弱層厚11.9m，盛土高さ3.0m，敷き幅22.8m）

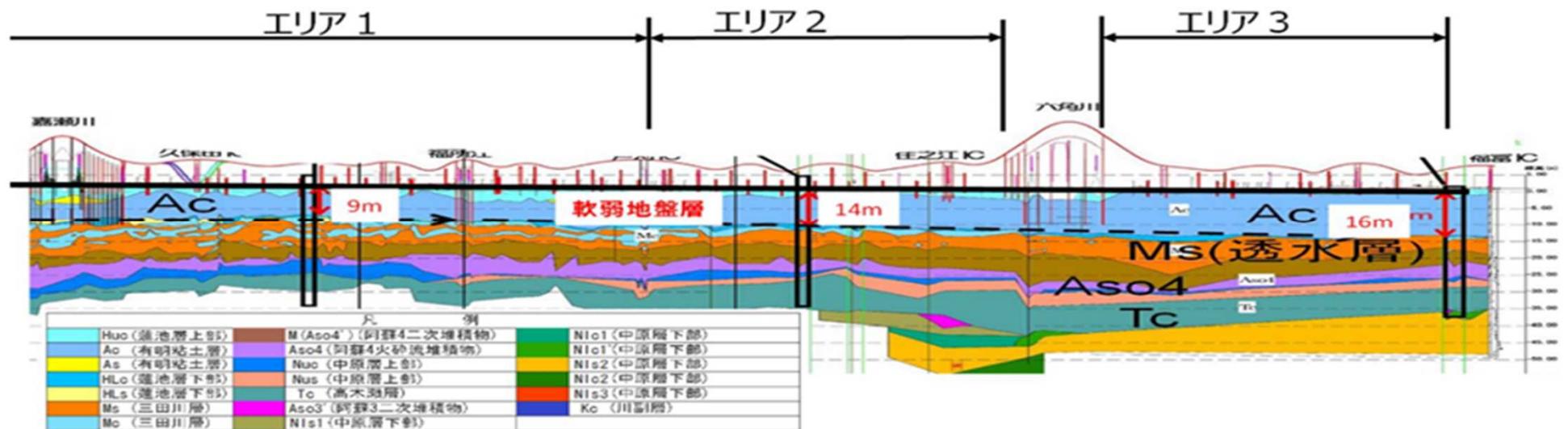
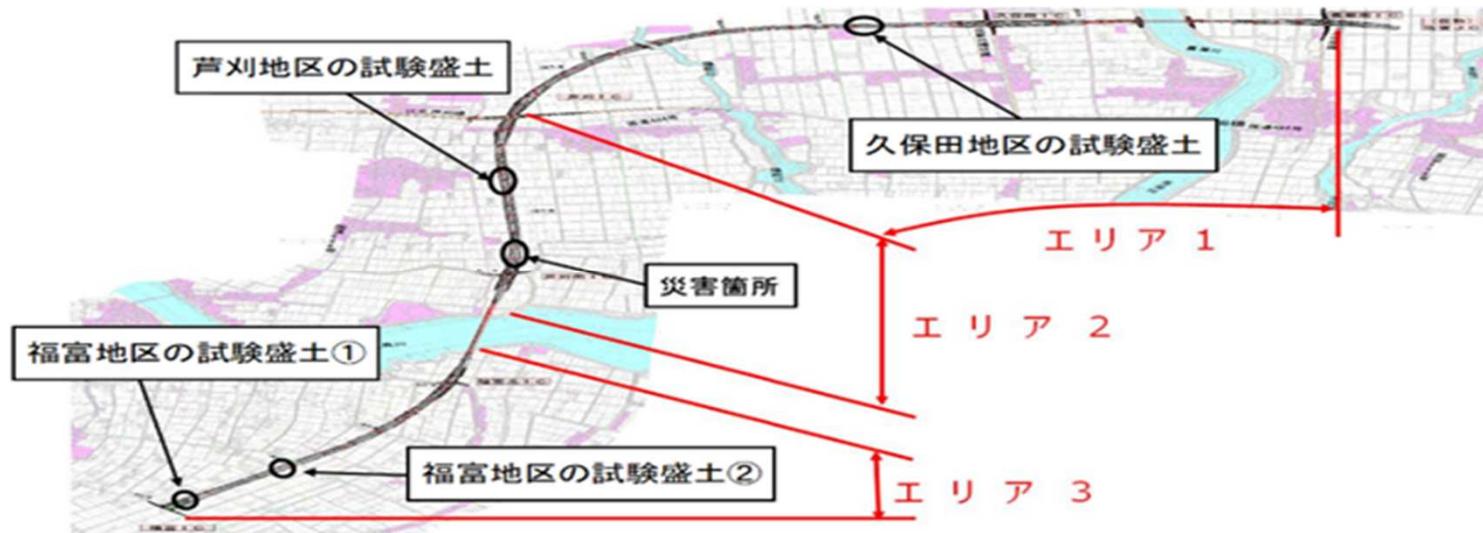
低盛土道路の
トータルコスト

浅層改良工法と
コラムスラブ工法

残留沈下10~20cm
トータルコスト
最小に

道路のコスト比較検討(佐賀土木)

比較工法		圧密促進+応力遮断	沈下抑制工法(フロート)	沈下抑制工法(着底式)
対策仕様		<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留沈下量$\div 0\text{cm}$ ・ 余盛+ドレーン ・ のり尻着底コラム (各2列0.1mラップ) ・ コラム$\phi 1.0\text{m}$ ・ コラム長$L=22.0\text{m}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留沈下量$\leq 10\text{cm}$ ・ 全幅スラブ+コラム ・ スラブ$t=1.0\text{m}$ ・ コラム$\phi 1.0\text{m}$ ・ コラム長$L=13.5\text{m}$ ・ コラム$a_p \div 15\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留沈下量$\div 0\text{cm}$ ・ 全幅スラブ+コラム ・ スラブ$t=1.0\text{m}$ ・ コラム$\phi 1.0\text{m}$ ・ コラム長$L=21.0\text{m}$ ・ コラム$a_p \div 15\%$
初期 建設 費	ドレーン	915万円	—	—
	スラブ		493万円	493万円
	コラム	4,694万円	3,114万円	7,299万円
周辺対策費				
維持補修費		—	—	—
費用計(比率)		5,609万円(1.56)	3,607万円(1.00)	7,792万円 (2.16)
総合評価			○ 採用	



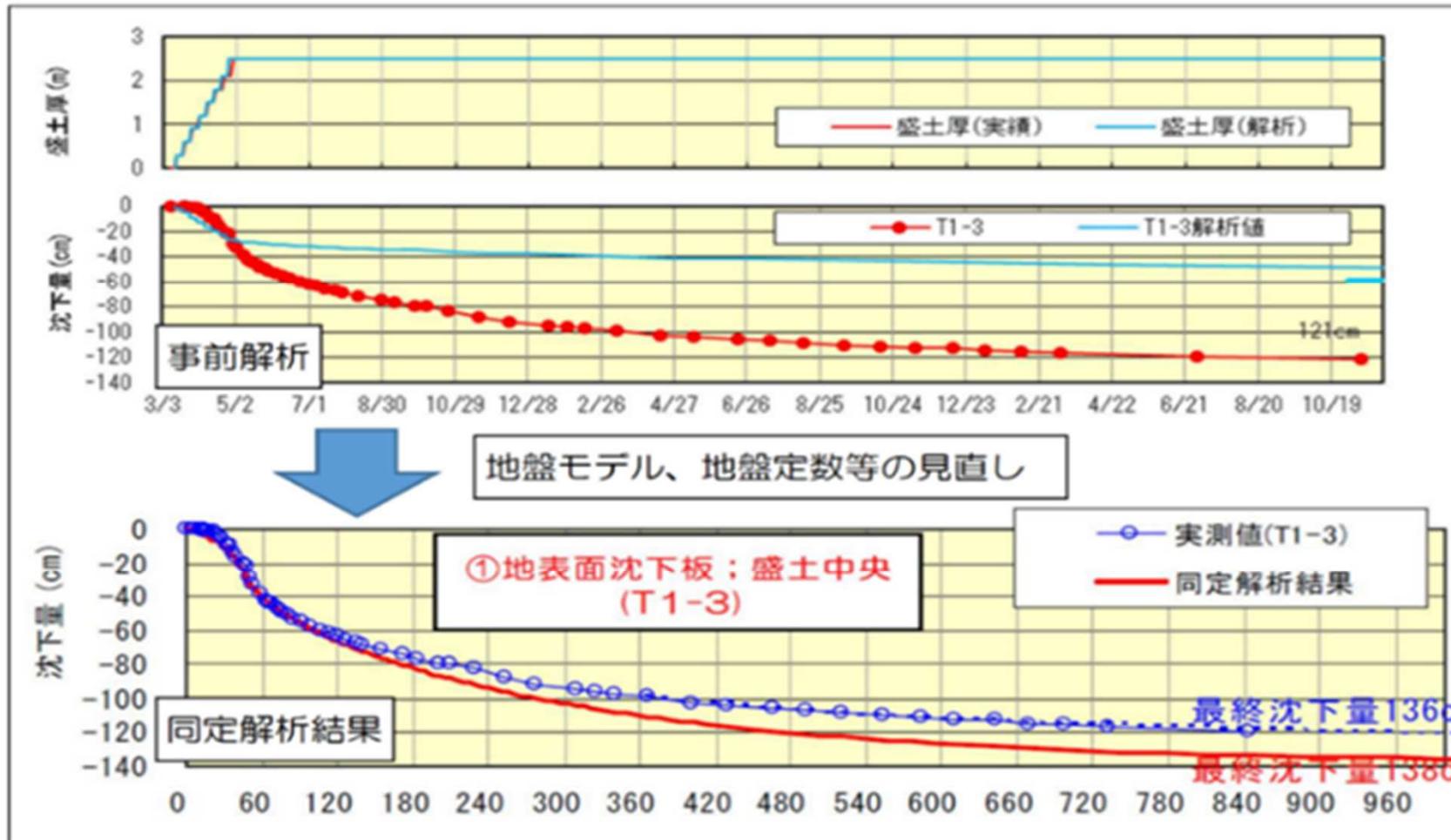
有明海沿岸道路(佐賀～福富工区)で経験したこと

佐賀福富道路 試験地区、仕様・盛土高・検証（有沿事務所）

試験地区	試験番号	試験盛土の仕様概要と検証内容	測点 No	盛土 高(m)
久保田 試験盛土	CASE1	無対策、地盤定数の確認	125	2.5
	CASE3	面積改良率 $a_p=30\%$ 、敷金網フロート式	112	6.5
	CASE4	$a_p=30\%$ 、敷金網フロート式	90	8.7
芦刈 試験盛土	ブロック8	$a_p=30\%$ フロート式、敷金網なし	280	7.0
	ブロック 11	$a_p=20\%$ 、浅層改良1m、経済性比較 フロート式、敷金網なし	295	7.0
福富試験盛土①	—	$a_p=30\%$ 、浅層改良（粉体）1m、フロート式、	487	8.5
福富試験盛土②	A測線	$a_p=30\%$ 、浅層改良（スラリー） 着底式の導入の検証 1.5m	460	8.5
	B測線	$a_p=30\%$ 、浅層改良（スラリー）1.0m、 フロート式、経済性比較の検討	463	7.5

初期の中高盛土試験で調べたこと、わかったこと

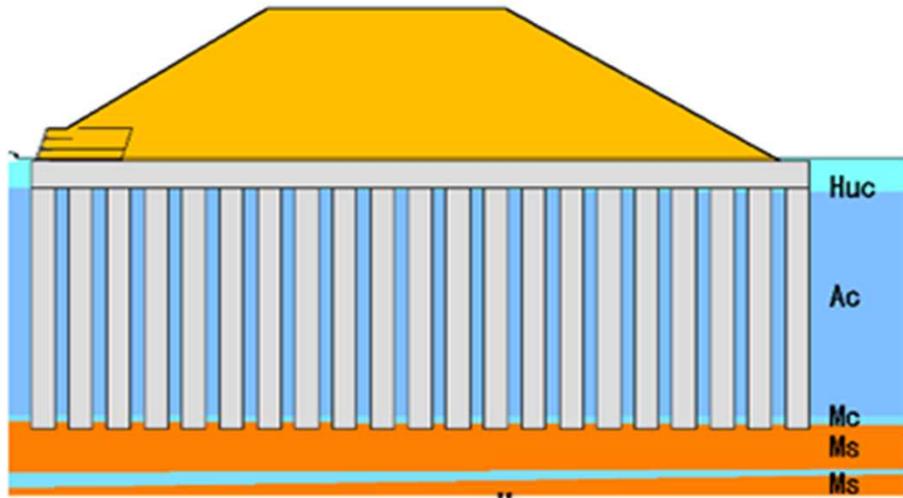
- (1) 盛土試験による地盤定数の確認、逆解析による定数確定
- (2) FEM解析による地盤改良上盛土の安定性、予測沈下量の確認
- (3) 解析は官民境界の水平変位を実際より過大に見積もること
- (4) フロート式深層改良上に**敷金網**を敷設、盛土試験に導入
- (5) **敷金網**の効果は北九州空港で効果、解析的には不明
- (6) **ボックスカルバート基礎**は局部的、安定を図るため**着底式**
- (7) 地盤の圧縮・圧密は沖積層に注目、実際は**更新統に及ぶ**



土質パラメータ調査のための久保田試験盛土(2.5mで1.4mの沈下)

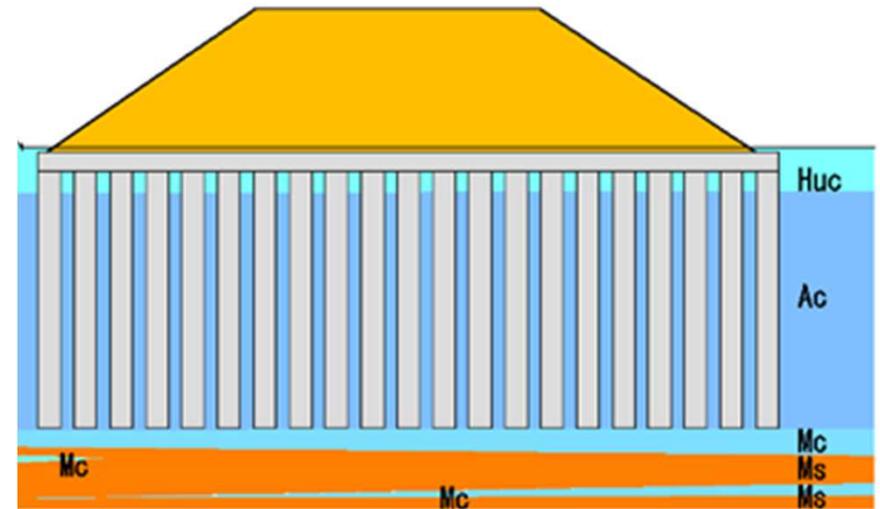
福富試験盛土②の概要

A側線



盛土高：8.5m(余盛0.5m含む)
対策： $a_p=30\%$ (着底)，
浅層改良**1.5m**(スラリー攪拌)
最大沈下量：**16.4cm**(17.8ヶ月)
のり尻変位：**2.9cm**(最大値)

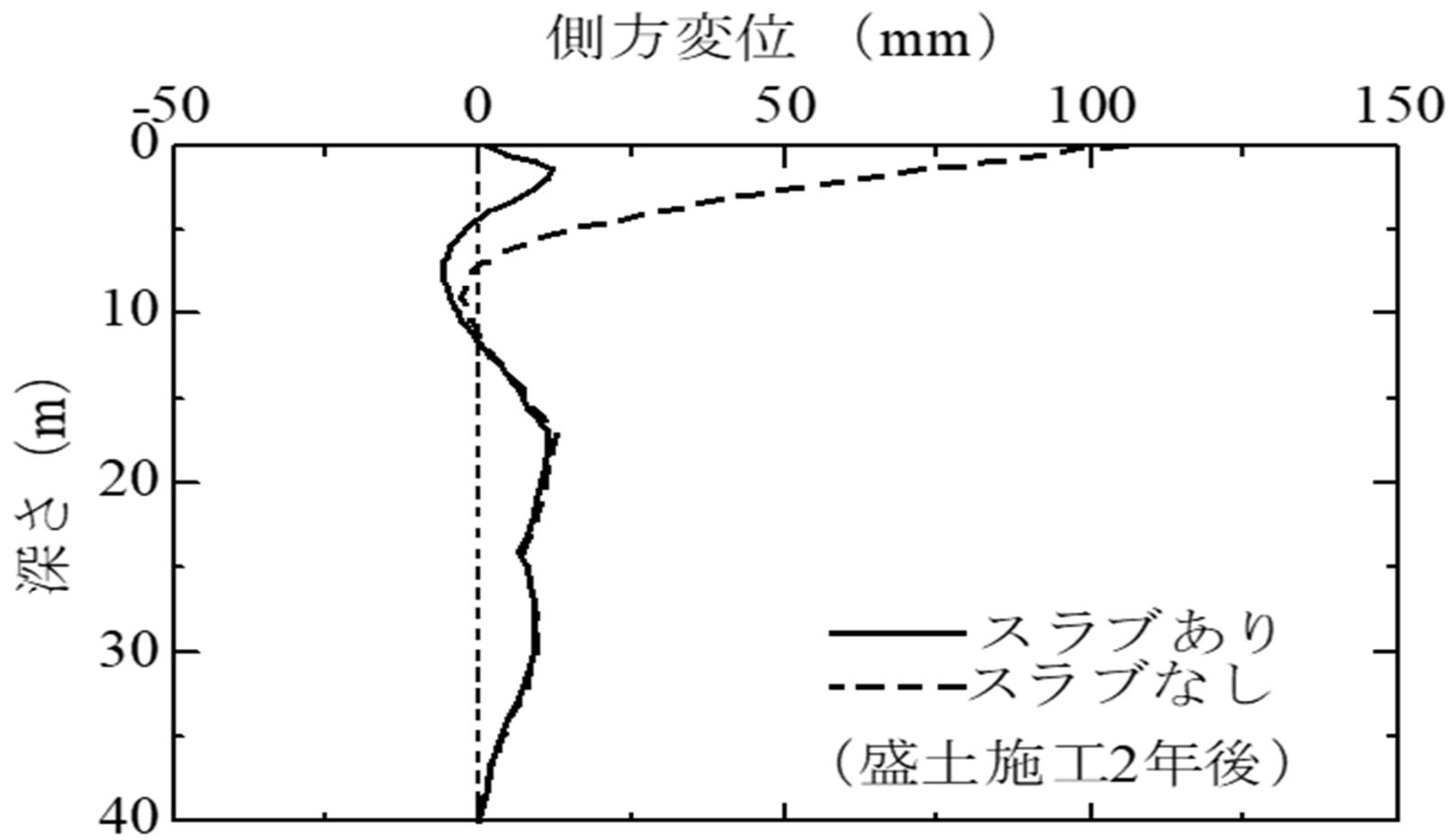
B側線



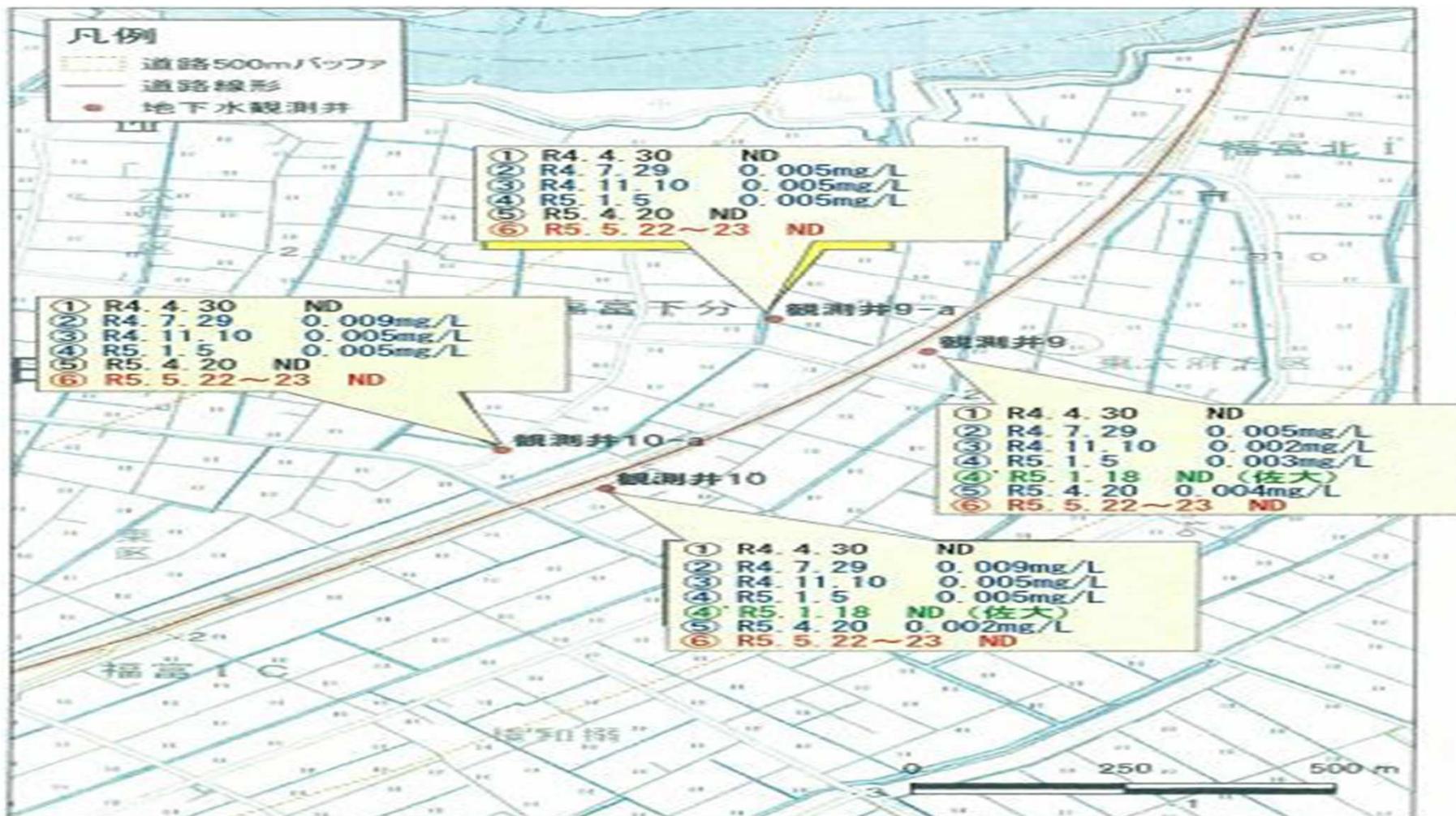
盛土高：7.5m(余盛0.5m含む)
対策： $a_p=30\%$ (フロート長0.6~1.0m)，
浅層改良**1.0m**(スラリー攪拌)
最大沈下量：**59.7cm**(17.8ヶ月)
のり尻変位：**6.6cm**(最大値)

福富試験盛土に基づく設計・施工法の見直し

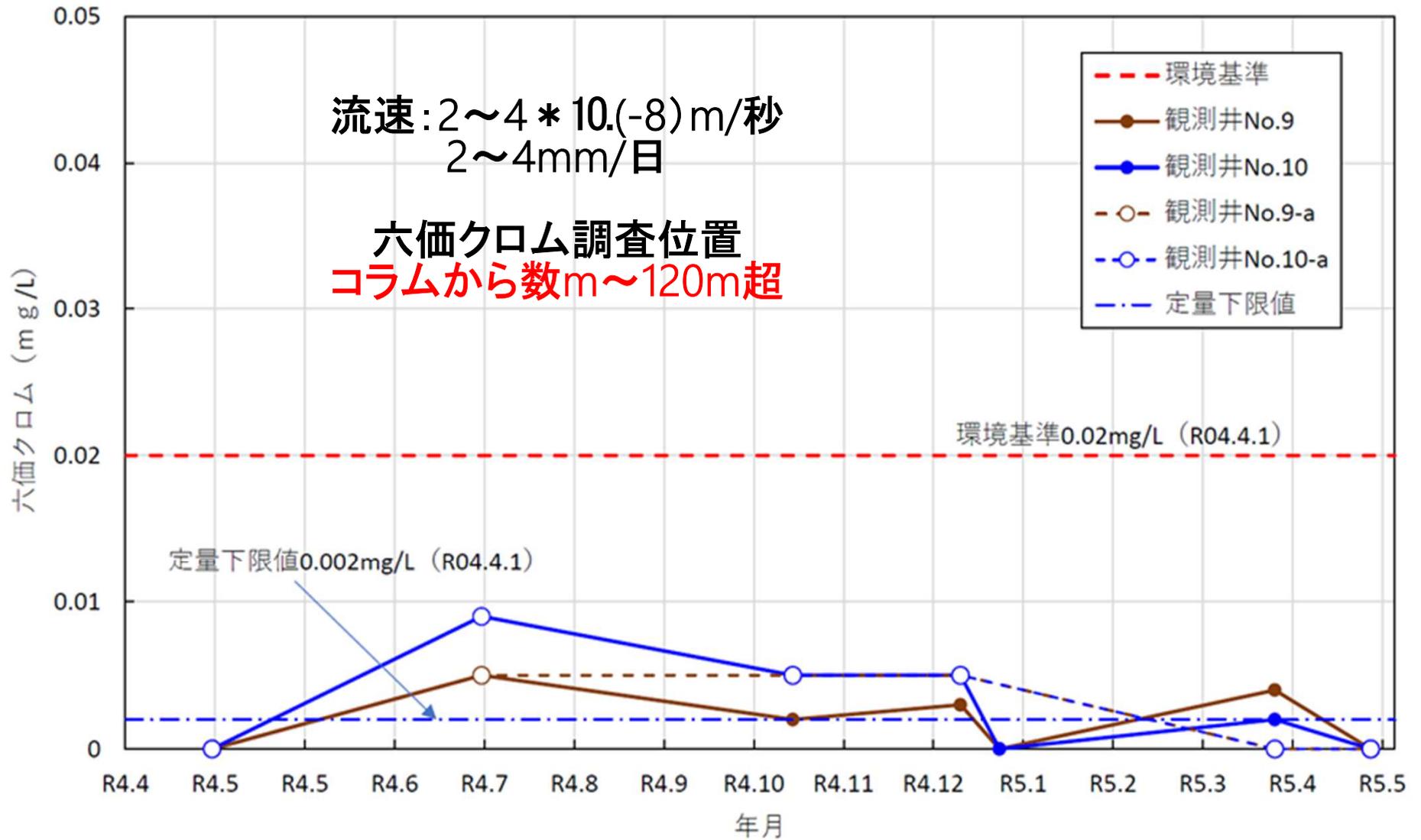
- (1) フロート式では不陸対応が難しく、**着底式**とする
- (2) **着底管理**は施工機械トルク管理で対処
- (3) 着底に伴う**地下水環境**への影響は調査を実施
- (4) 浅層改良は**スラリー混合式**、**スラブ**は必要厚さに
- (5) 蓮池層（上・下）の高有機質土による**固化不全**対策



スラブの有無による側方変位への影響(柴)



着底式導入後の地下水 六価クロム調査位置
 コラムからの距離(数m~120m超)



着底式コラム導入後における観測井・六価クロムの経時変化

芦刈南インターチェンジ崩壊の教訓

- 現象 道路中央線、縦断方向に約**50m**が外側に崩壊
- 原因** コラム**3~4**列が押し込まれ、周辺コラムを外側に押し出す
- 誘因 熊本地震、その直後の大雨
- 素因** 道路中央線に沿う**旧クレーク**からの泥揚げ（ゴミクイ）で**高有機質**が堆積
- 崩壊** 道路縦断方向**3~4**列コラムは**固化不全**、地震の影響で盛土荷重で圧壊
• 改良地盤中に**盛土が押し込まれ**、側面コラム群を外側に押し出した

- ・盛土高:H=7.5m
- ・のり面勾配 1:1.8
- ・オフランプ側は補強土壁 1:0.3
- ・改良長L=13m, Msから1.0mフロート
- ・深層混合処理工法 改良率30%
(φ1.2m × 正方形配置1.9m間隔)
- (設計基準強度quck=600kN/m²)

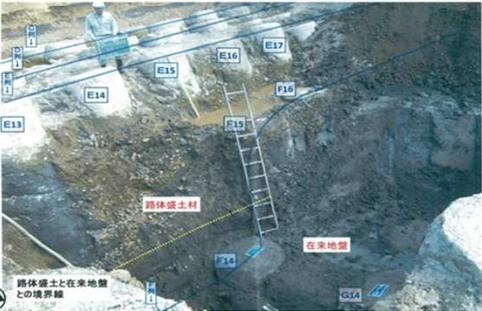
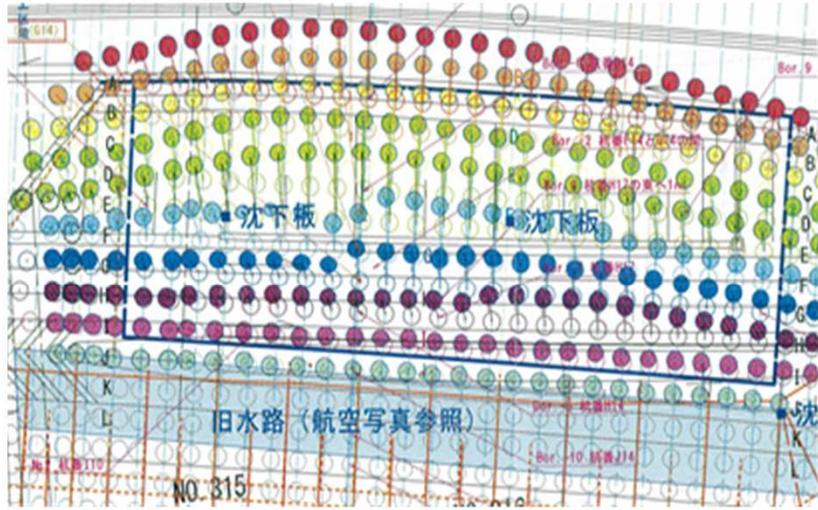
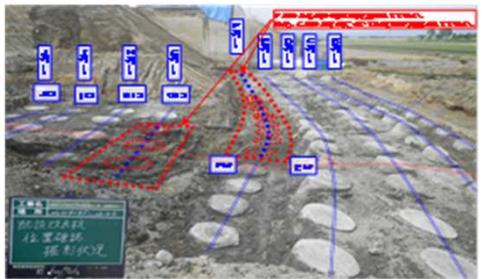
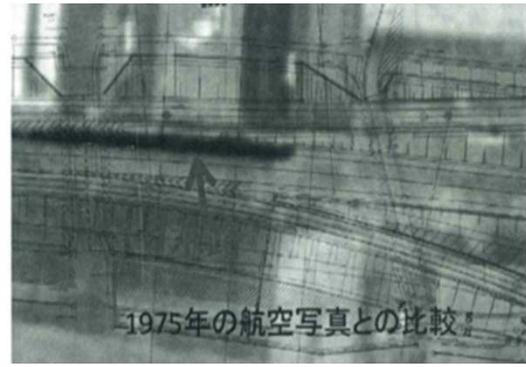
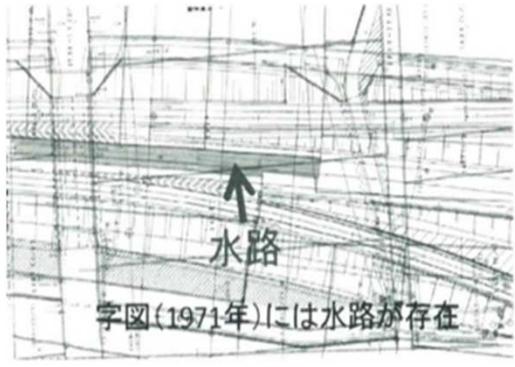
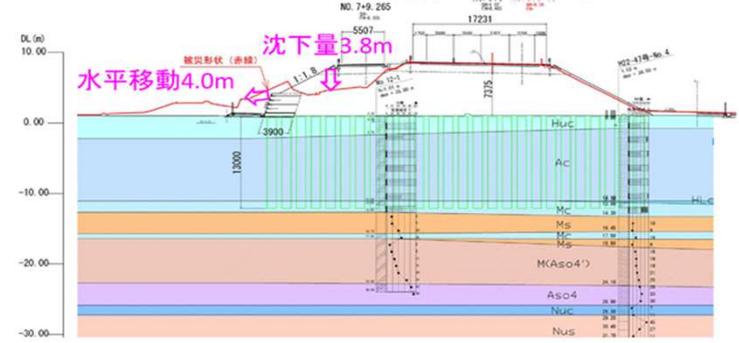


図3 泥土操作機

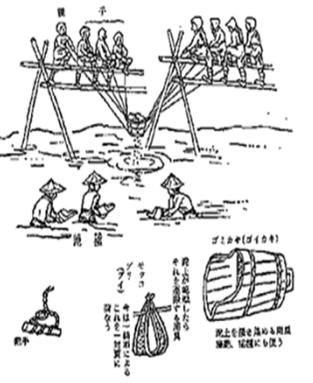
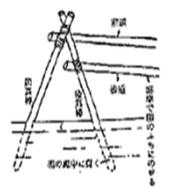
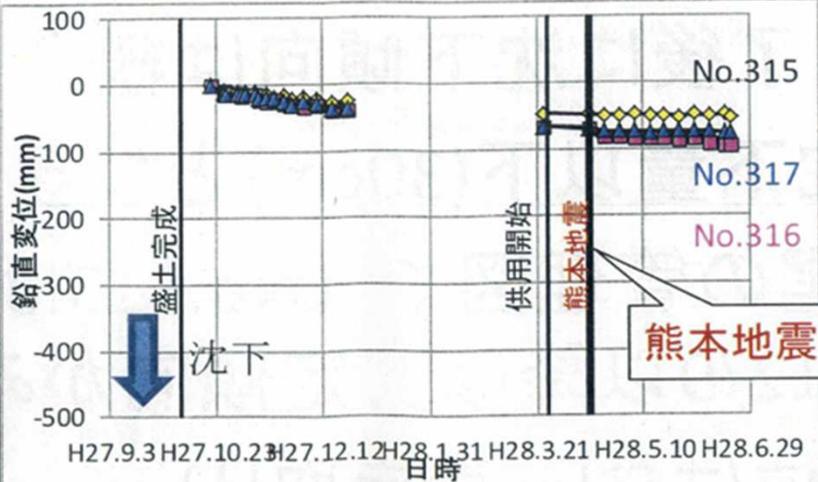
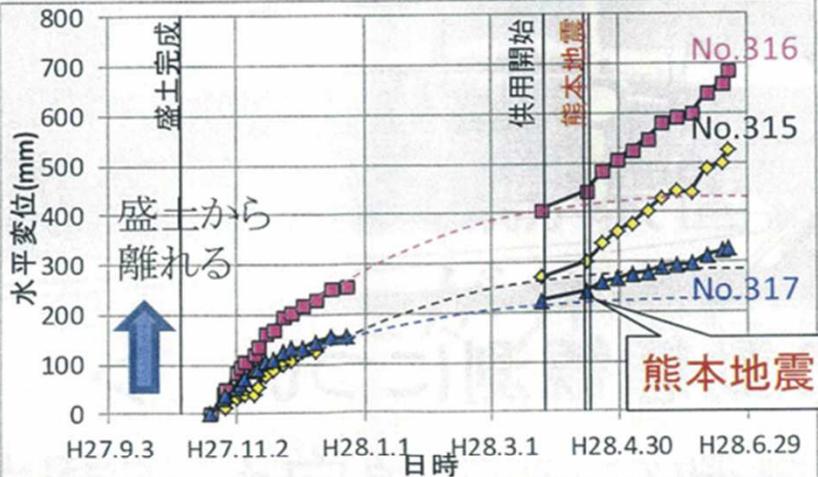


図1 ゴミクイ
(江口辰五郎著 佐賀平野の水と土:成富兵庫の水利事業、新評社、1977.6)

補強土壁天端



盛土崩壊の教訓

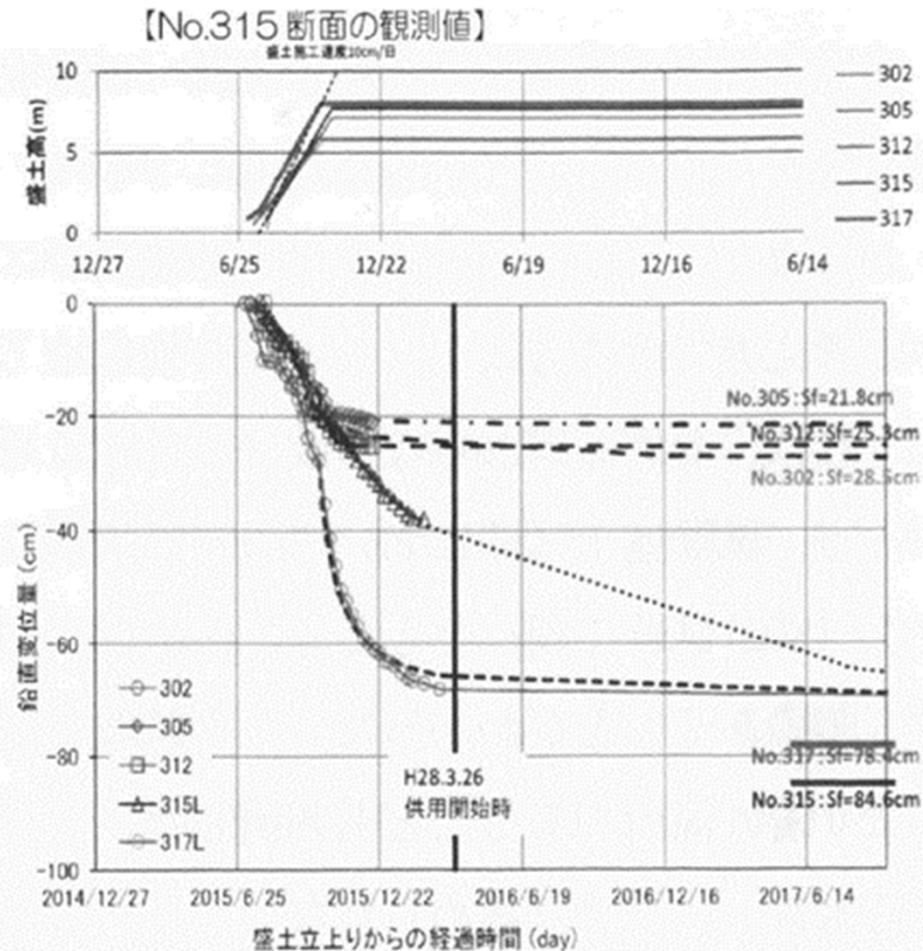
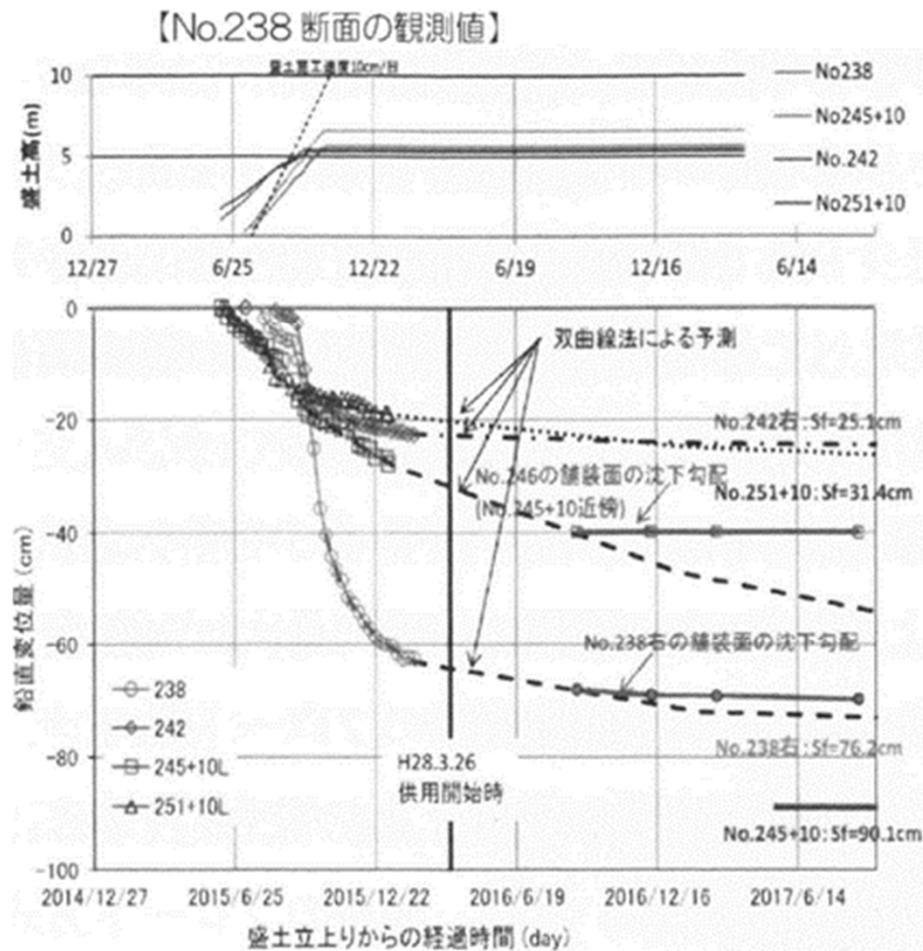
予兆は無かったか 継続的観測
の重要性

具体的対策として 荷重軽減法
押さえ荷重法

コラム打設直後に固化不全
を見極める

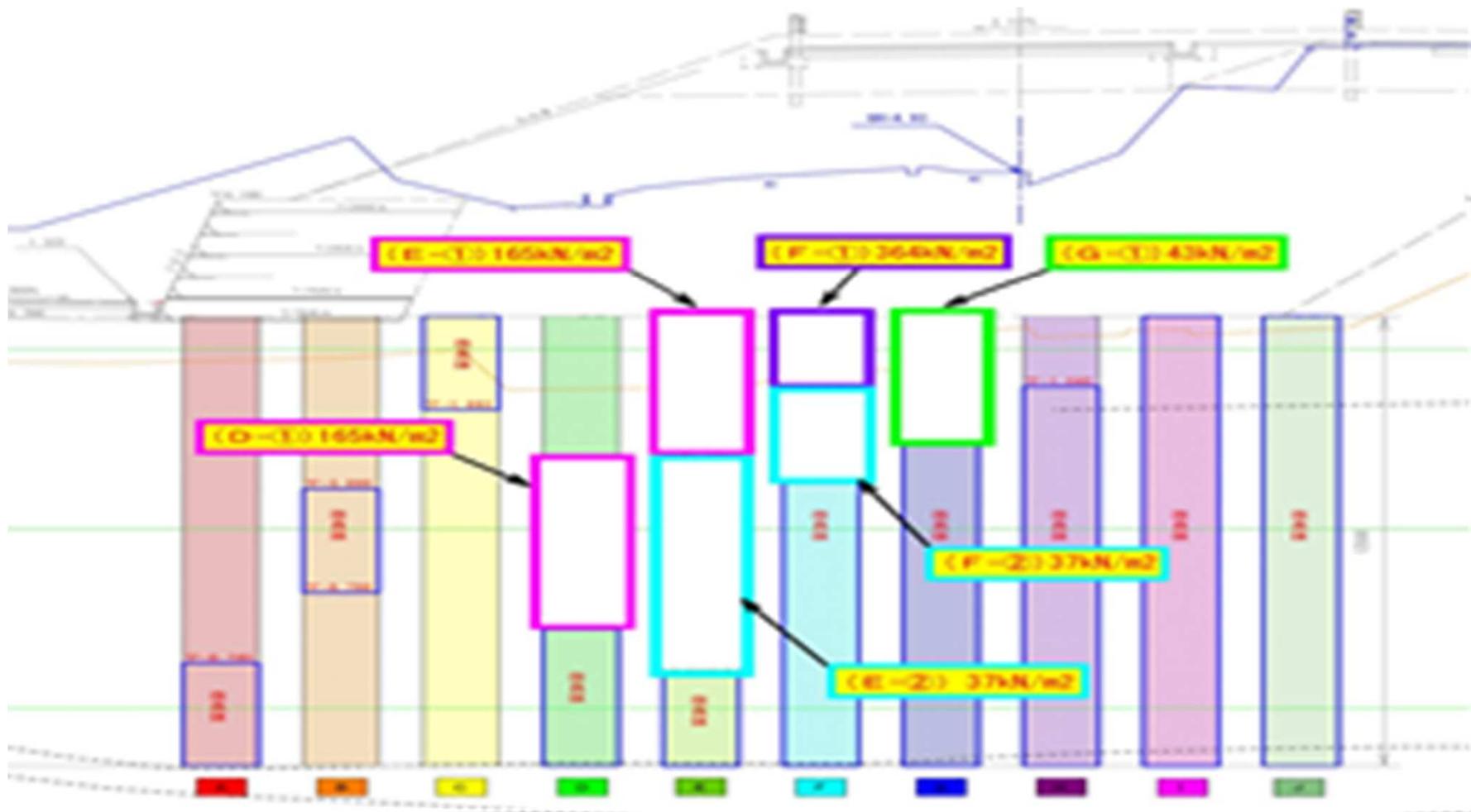
固化材と粘性土との相性

早期の相性確認⇒促進養生法



設計段階: 沖積層の沈下量を検討(更新統の沈下量は無視)

崩壊箇所では、単純計算沈下量を超える沈下量が発生した



崩壊盛土を除去して、既設コラムの強度分布を推定
 設計強度600kN/m² 赤枠・緑枠部分は40～160kN/m²と推定
 道路縦断方向のコラム3～4列が**圧壊**、盛土**落ち込み**、
 補強土壁基礎コラムは**側方**に押されて倒壊

区分		試験杭						
杭番		No. 78	No. 57	No. 90	No. 53	No. 82	No. 65	
配合量		150kg			180kg			
安全率		3			4			
層	上層	①	1,506	2,456	1,202	2,298	1,645	3,147
		②	1,868	1,625	1,521	1496	2,142	854
		③	2,228	2,054	1,197	1,977	2,538	1,400
	平均		1,867	2,045	1,307	1,924	2,108	1,800
	中層	①	1,132	1,417	589	1,851	2,529	1,947
		②	1,382	1,617	1,547	2,634	1,359	915
		③	1,973	1,828	1,292	2,317	2,055	2,073
	平均		1,496	1,621	1,143	2,267	1,981	1,645
	下層	①	1,677	2,142	1,770	2,109	967	1,896
		②	880	793	2,121	2,189	1,175	1,394
		③	2,357	612	611	1,391	2,496	660
	平均		1,638	1,182	1,501	1,896	1,546	1,317

目標強度600kN/m²以下
 但し、規格値は目標強度の85%以上であり、
 600kN/m² × 85% = 510kN/m²

復旧工事における試験杭の強度
 当初の100kg/m³ ⇒ 150kg/m³

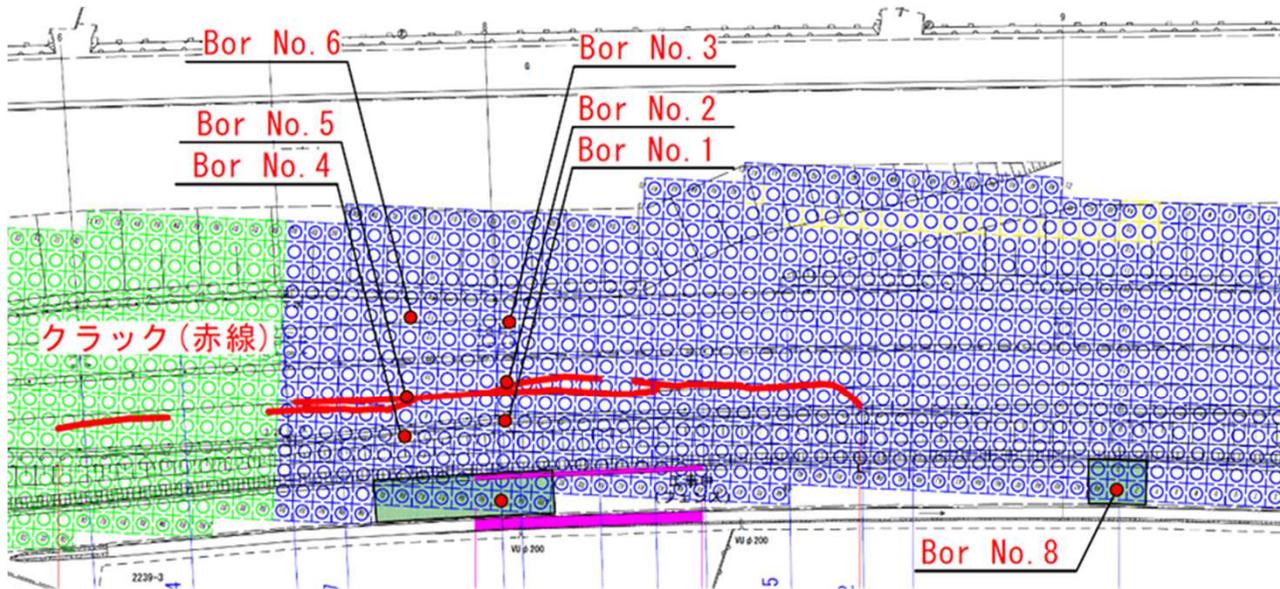


福所江東で得た教訓

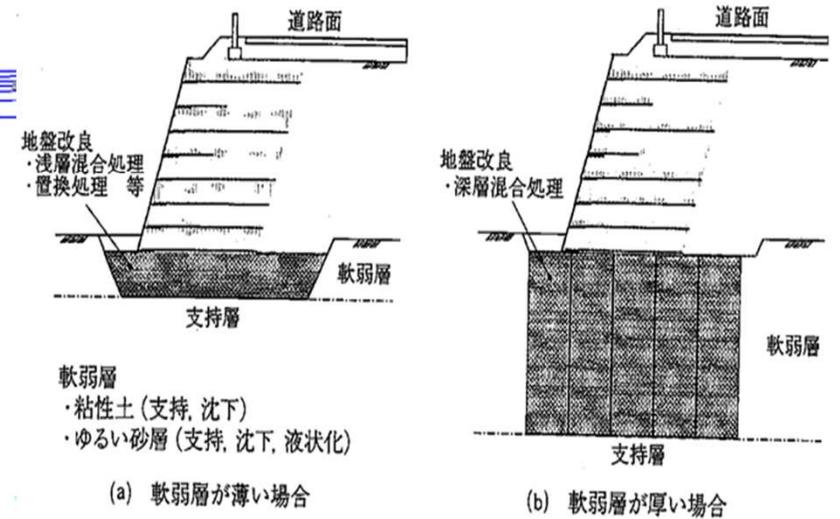
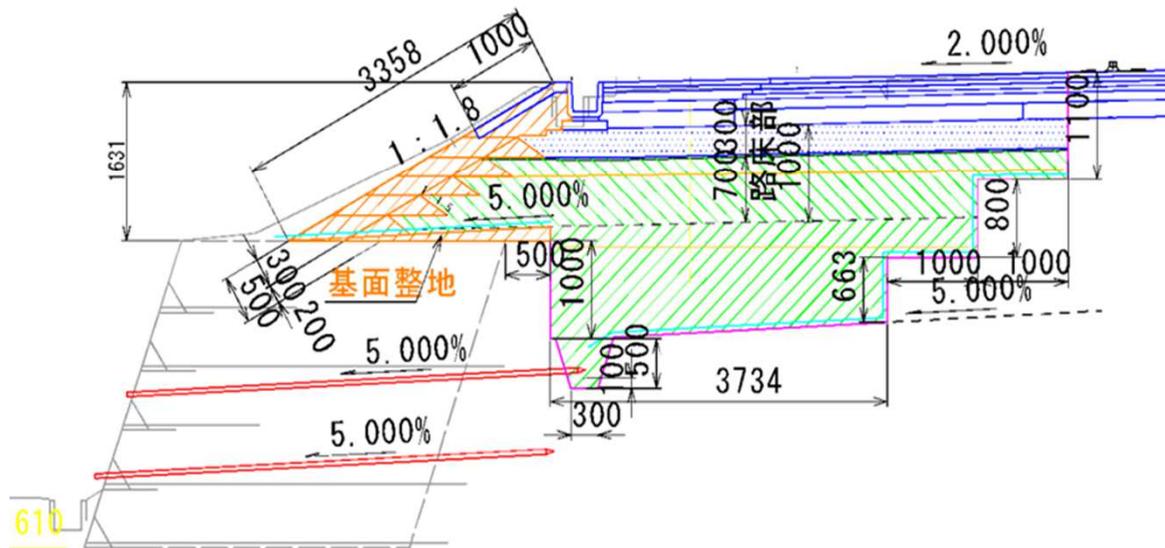
福所江東における**亀裂発生** **仮説**:路盤材の流出に伴う空洞化

路盤の締固め工事で復旧:同じ場所において**数年後**に亀裂

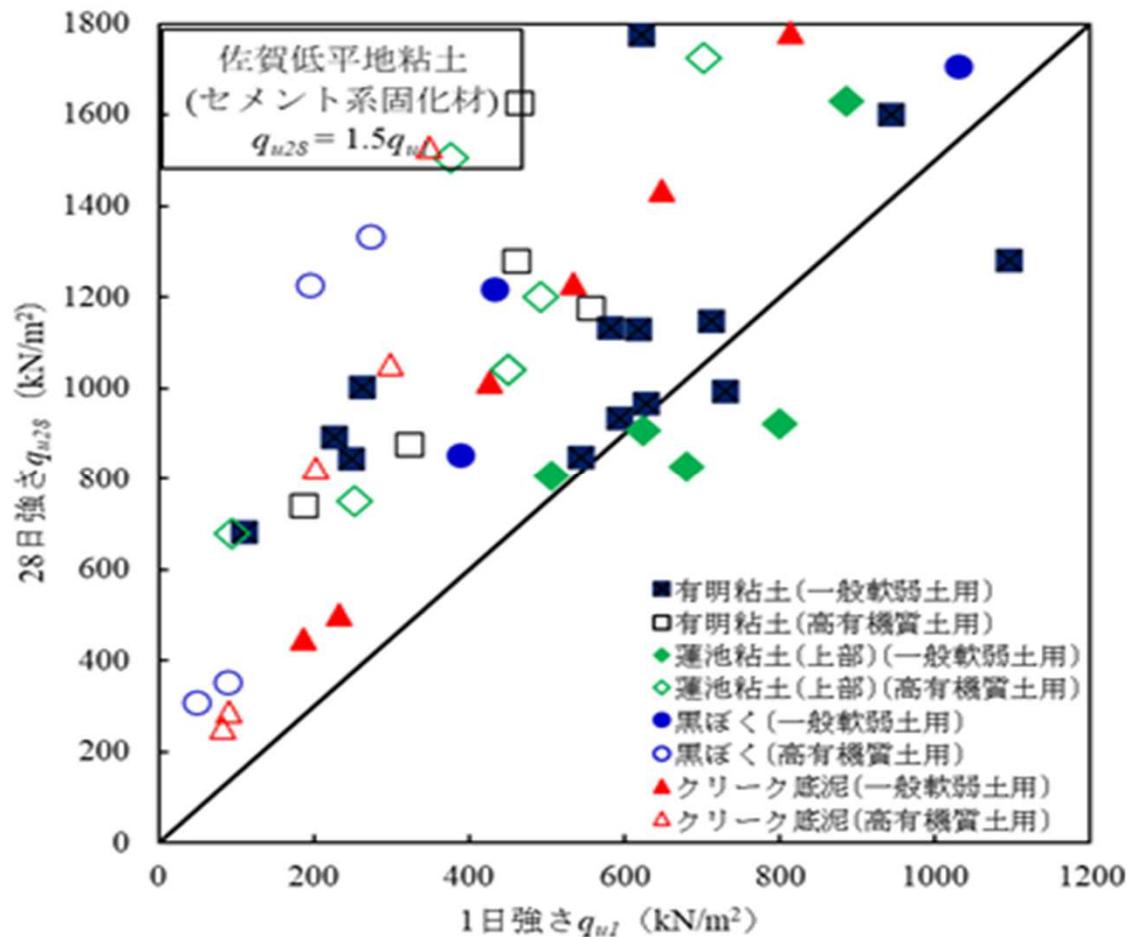
針貫入試験による調査 コラム頭部2mが固化不全 ⇒ **軽量化対応**



計画では1:1.8法勾配
計画変更で補強土壁



固化材～粘土の相性を早期確認する新たな品質管理の提案



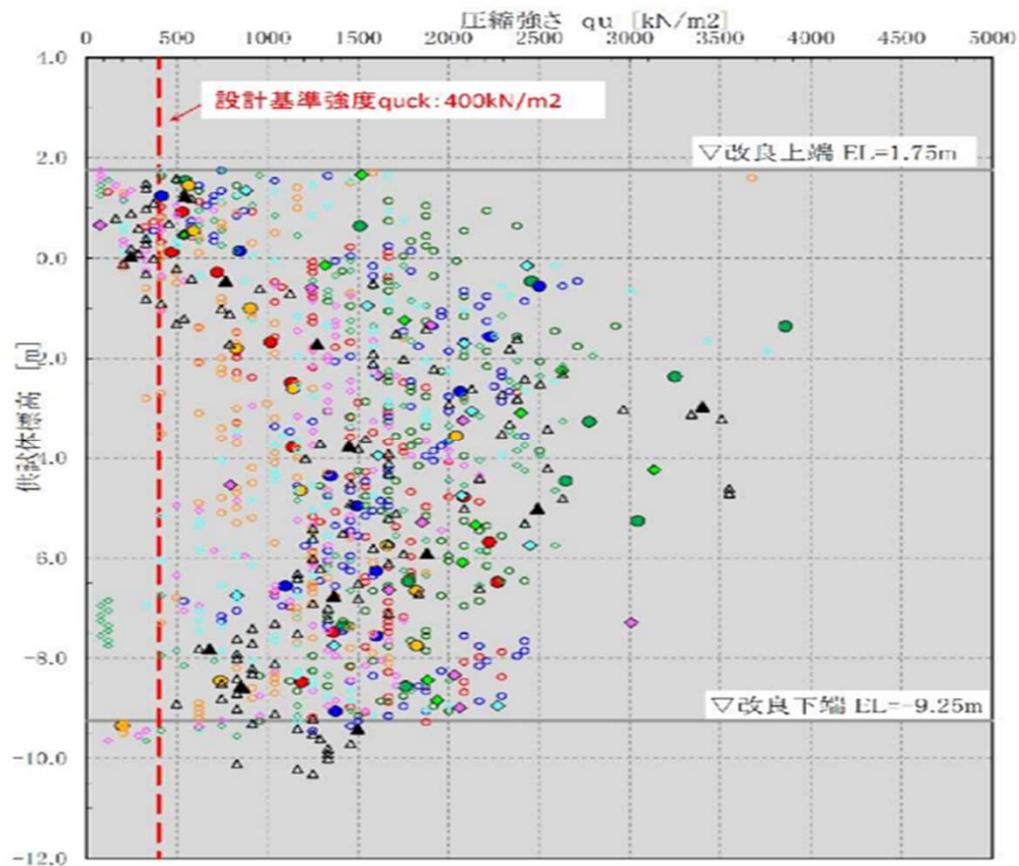
固化現象は**化学反応**
温度の影響を受ける

オートクレーブ養生100°C以上

促進養生法は**建築関係**の経験

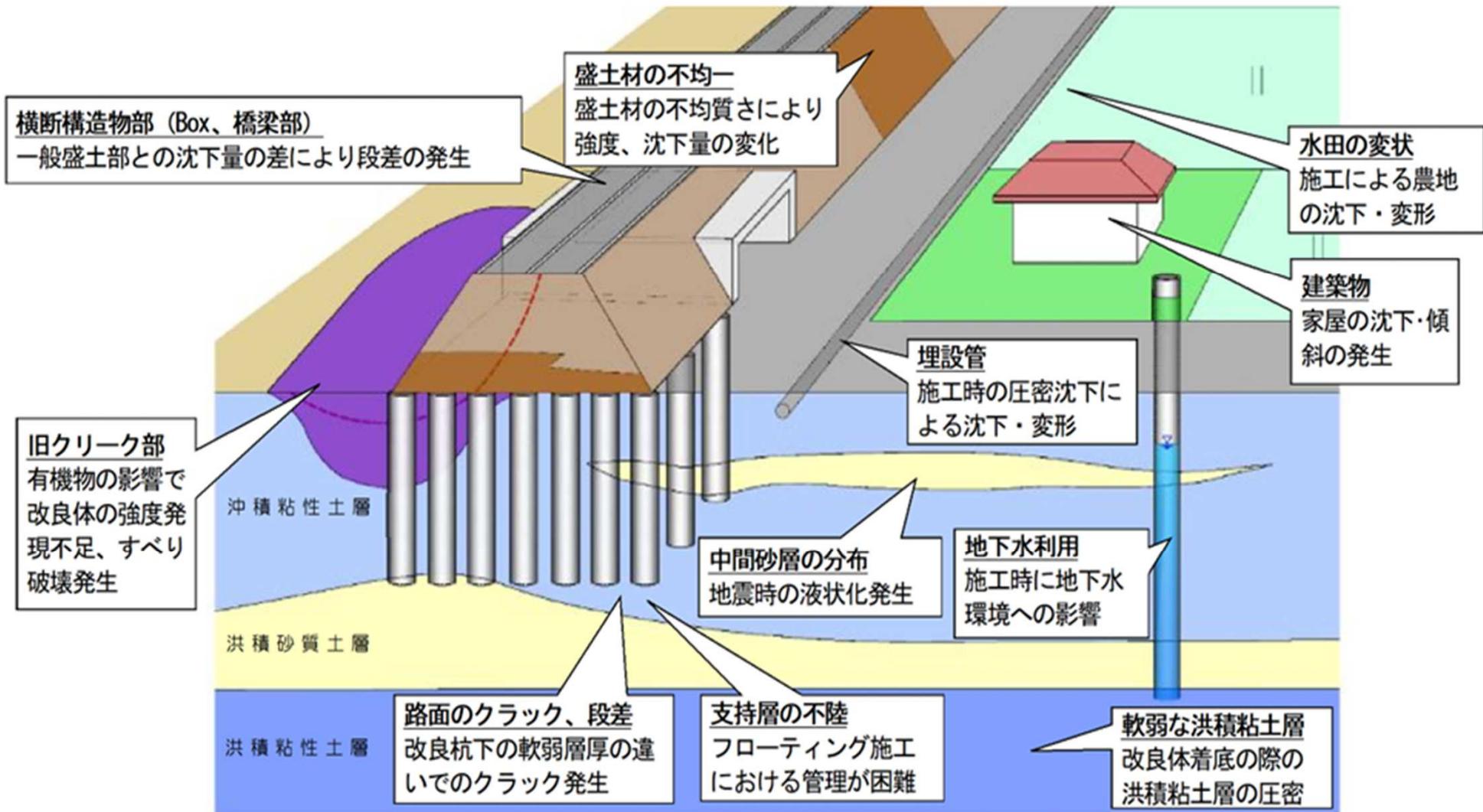
促進養生研究会は、**養生55°C**
22時間養生を採用

1日で28日強度を推定できる



コラムの固化不全リスクを早期検出する新たな手法の提案

コラム一軸強度分布、針貫入試験換算 q_u の関係 (福所江東)



佐賀平野の地質地盤リスク(梶尾辰史)

カーボンニュートラルの取り組み

土木学会は、土木分野の取り組みとして、5つを挙げている。

- ①セメント使用量の低減、
- ②リユース材料の活用、
- ③低燃費建機の利用、
- ④構造物の長寿命化、
- ⑤ICTの普及。

軟弱地盤上道路では長寿命化、TCミニマムの取り組み

軟弱地盤上の盛土工事 ⇒ 一般的な留意事項は「軟対指針」に書いてある

不確定要素がいっぱい(地盤の内部は神のみぞ知る)

だけど解を得るためには人間が理解できるようにする必要

例: 粘土層とシルト層の境目はどこ?

過剰間隙水圧ゼロという境界条件

透水係数は変化しないという解析条件

「時間」が大きなカギを握る

同じ地盤で同じ盛土高さでも...

ゆっくり盛土(バーチカドレーン) ⇔ 急いで盛土(深層混合処理)

時間にまつわる設計条件は不変ではないし、一定でもない

天候や用地買収, 文化財調査, 客土調達等で工程が変更

設計時の想定と施工の現実 ⇒ 情報化施工 ⇒ 対策工の見直し

} 思いどおりになるわけがない
(が, 近づける努力が必要)

地盤リスクマネジメント

発注者, 調査者, 設計者, 施工者が“同じ舞台で”考える

笹子トンネル事故調報告書

設計情報⇒施工に反映, 設計・施工情報⇒維持管理に反映

不具合事象の(組織を越えた)共有

佐賀特有の問題

既往事例や
試験盛土は
「実物大の実験」

⇒ 学ばにや損

軟弱地盤に道路盛土を構築するに当たって(川井田実)

NEXCO 盛土式と高架橋のトータルコスト比較

補修費は11年間

初期沈下に伴う補修費により盛土の補修費は大

10～20年後は沈下収束した盛土式は補修費用が減

コンクリートや鋼材のメンテナンス費用で高架形式の費用増

(単位：万円/m)

	用地費	工費	集中管理費	小計	補修費 (11年間)	トータル コスト
盛土	27.9	142.6	1.3	171.8	13.0	184.8
高架橋	9.1	339.6	—	348.7	5.8	354.5

軟弱地盤上の道路では不同沈下対策、引込み沈下対策

低盛土道路の沈下原因は 盛土荷重＋交通荷重
軽交通には 浅層改良（スラブ）で対応可
重交通には スラブ＋深層改良（コラム）が有効

中高盛土の沈下原因は 盛土荷重、スラブ＋コラムが有効
スラブとコラムの固化を確実にするには阻害要因を除く
高有機質土、固化材～粘土の相性に配慮する

品質管理 針貫入試験と促進養生法を提案
地質、長寿命化、トータルコストミニマム、
カーボンニュートラルに留意 (おわり)