

軟弱粘土地盤を対象とした 部分鋼矢板工の開発と観測施工

PFS工法: **P**artial **F**loating **S**heet-pile method

熊本大学大学院自然科学研究科
大谷 順

内 容

軟弱地盤沈下対策としての新たな鋼矢板工法の開発の経緯を紹介



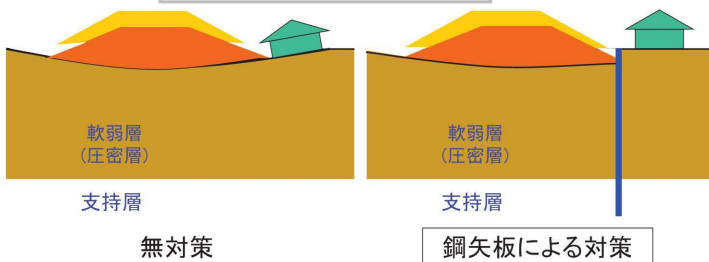
試験施工の重要性

計測データの重要性

産官学の協働の重要性

▶ 鋼矢板を用いた沈下対策工法

軟弱地盤上に計画水位の変更に伴う
河川堤防の嵩上げの目的で盛土を築造



特長

- 地盤改良工法と比較して短期間での施工が可能であり、軟弱層(圧密層)が深い場合でも低コストでの対策が可能
- 狭隘地においても施工が可能 etc.

経 緯:

・昭和50年代後半から始まった、当時の九州大学水工土木学科と建設省九州地方建設局河川部との「土と水の懇談会」に遡る

・当時の九大・土質工学研究室と九地建・菊池川工事事務所との間で、軟弱地盤対策としての鋼矢板工法の効果について、共同研究を実施

・ここでは、矢板の打設位置、打設長、打設角度を変えたいくつかの形式の鋼矢板工法について、現場での試験施工(計測を含む)と室内模型実験を実施し、盛土構築による地盤変形に対する各工法の軽減効果を検討

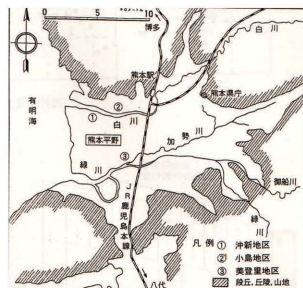
・その後、九地建・熊本工事事務所において、河川堤防の嵩上げや新築に伴う軟弱地盤対策として、鋼矢板工法を採用することになり、委員会(産官学連携型)を設けて、矢板を支持層まで施工しない、いわゆるフローティング型の鋼矢板工法の沈下軽減効果について、試験施工と数値解析の両面から本格的に検討

・その結果、フローティング型鋼矢板工法の沈下軽減効果には限界があることを確認し、支持層まで施工する着底矢板と軟弱地盤の途中までしか施工しないフローティング矢板を組み合わせる、いわゆる部分フローティング鋼矢板工法(PFS工法)を提案

対象となった熊本平野

熊本県白川、緑川下流に広がる熊本平野
は軟弱地盤層厚が約40mと大変厚い

従来工法では地盤変状抑止効果は高いが
経済性に問題あり



熊本平野と試験施工区

コスト面を考慮した地盤変状抑止効果の高い新形式鋼矢板工法の開発

①沖新地区、②小島地区、③美登里地区
で試験施工(多くの土質試験を含む)が行われた

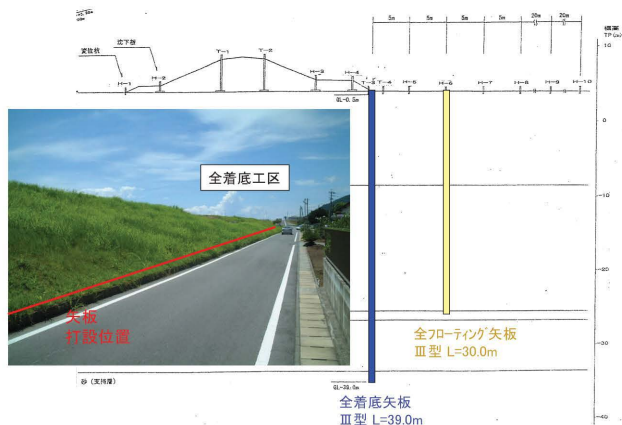
▶ 対策事例(計測事例)

場 所	地盤状況	鋼矢板仕様
熊本県 ／白川	GL-約10m:砂質土 GL-約40m:粘性土	SP-II, III L=23.0m(フローティング) 30.0m(フローティング) 39.0m(全着底)

表層の砂質土層が比較的
鋼矢板工法に適した地盤
⇒側方変形が少ない地盤

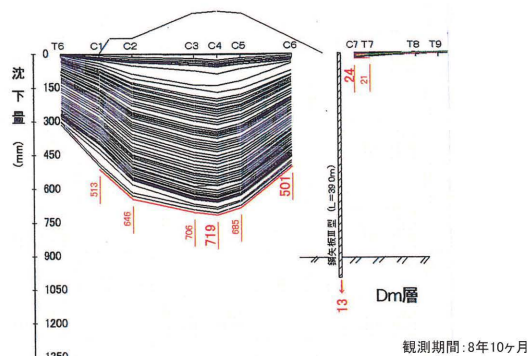
鋼矢板長が非常に長い
⇒施工上の問題あり

▶ 熊本県/白川(小島地区)



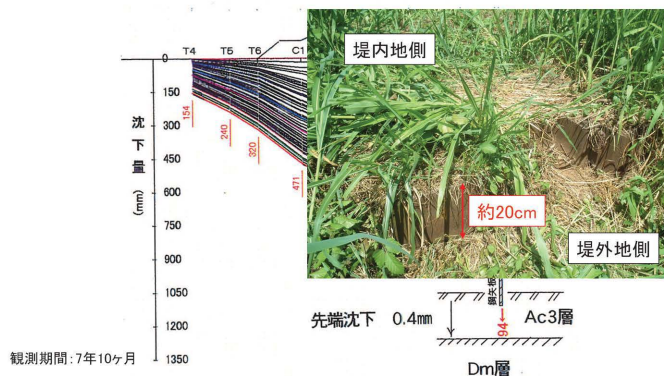
▶ 熊本県/白川(小島地区) -計測結果(1)-

<全着底>

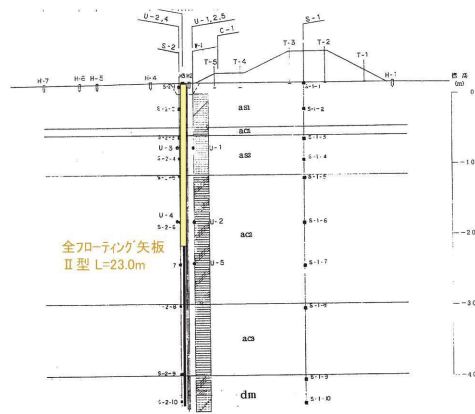


▶ 熊本県/白川(小島地区) -計測結果(2)-

<全フローティング>

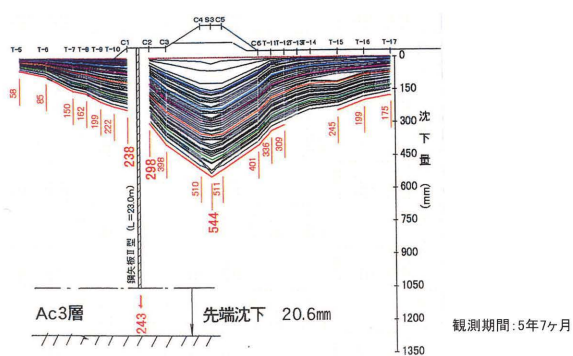


▶ 熊本県/白川(沖新地区)



▶ 熊本県/白川(沖新地区) -計測結果-

<全フローティング>



▶ 鋼矢板を用いた沈下対策工法の発展

➤これまでの沈下対策工法の課題

軟弱層厚が厚い場合、鋼矢板長が長くなる。
⇒設計上要求される鋼矢板型式(Ⅲ型程度)では
施工上の問題が発生する恐れ

施工性を重視して
鋼矢板型式を上げる

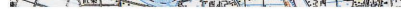
不経済

軟弱層途中で鋼矢板をとめる
(フローティング工法)

「縁切り効果」は認められるものの効果
は十分でない。⇒鋼矢板が沈下

部分フローティング鋼矢板工法
(PFSS工法; Partial Floating Sheet-Pile Method)

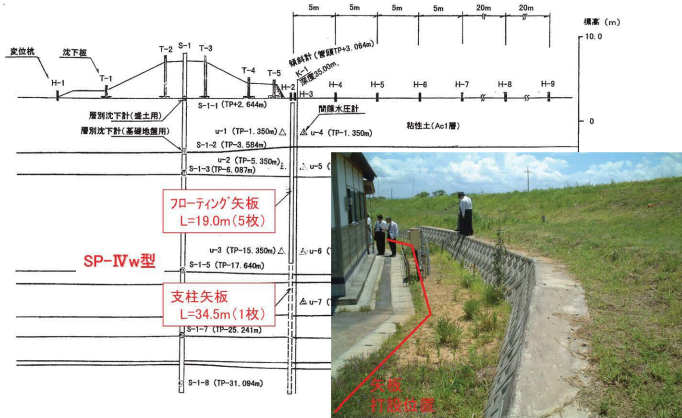
＜熊本県/白川・緑川での試験施工事例＞



1000

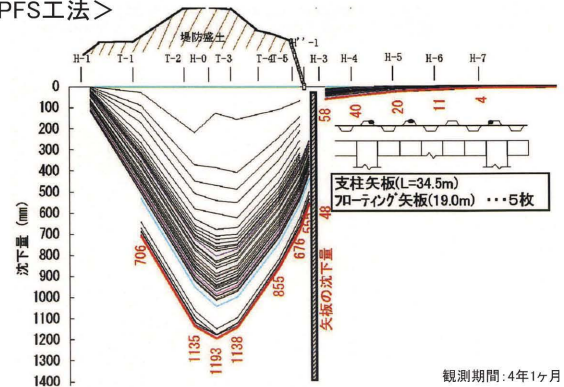


▶ 熊本県/緑川(美登里地区)



▶ 熊本県/緑川(美登里地区) 一計測結果一

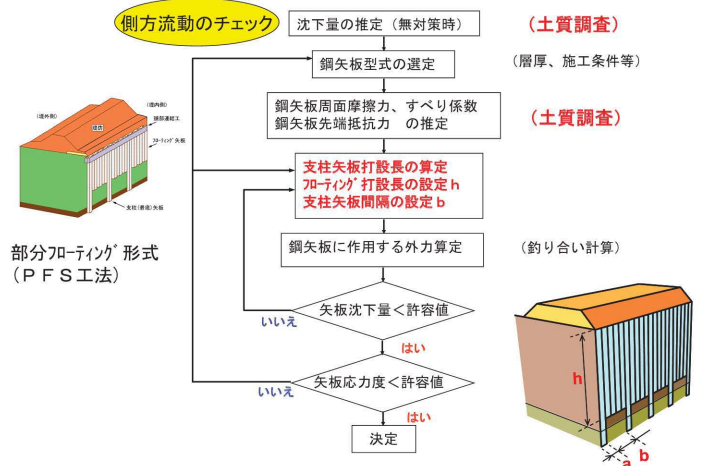
<PFS工法>



▶ PFS工法のコスト削減効果

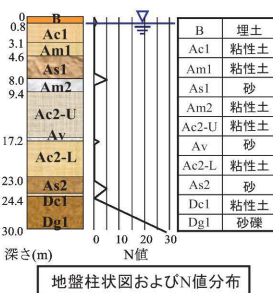
	PFS工法	着底工法
形状図		
打設工法	W/J併用圧入	W/J併用圧入
鋼矢板	着底: SP-IVw L=38.5m 1枚 70-: SP-IIIw L=19.0m 5枚	SP-IVw L=38.5m
工事費比率	0.45	1.00

▶ 設計手順



数値解析による検討

実際の軟弱地盤を対象
白川流域に広がる熊本平野



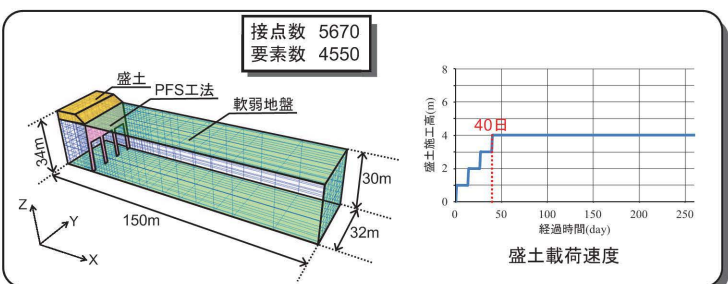
実際の地盤で採取された地盤材料で行われた三軸圧縮試験などの結果を下に決定

	λ	κ	β	R_{cs}	OCR
B	圧縮指数	膨脹指数	修正応力係数	限界主応力比	過圧密比
Ac1	0.45	0.042	1.12	1.63	1.0
Am1	0.16	0.02	1.07	1.37	1.0
As1					
Am2	0.2	0.023	1.10	1.52	1.0
Ac2-U	0.2	0.016	1.12	1.67	1.0
Av					
Ac2-L	0.31	0.023	1.09	1.45	1.0
As2					
Dc1	0.45	0.033	1.10	1.53	1.0
Dg1					

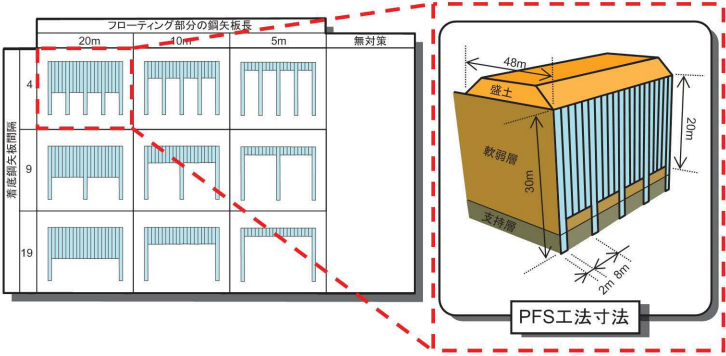
	c_u	v	γ_t (kN/m ³)	k_s (m/day)	E (kN/m ²)
B	初期間隙比	ポアソン比	湿潤単位体積重量	透水係数	弾性係数
Ac1	3.14	0.26	14.6	4.00E-04	42
Am1	1.55	0.31	16.7	5.60E-03	184
As1		0.33	18.0	4.10E+00	538
Am2	1.38	0.28	17.0	6.60E-03	260
Ac2-U	1.76	0.26	15.9	5.50E-04	147
Av	0.33	0.29	14.7	1.00E-04	4880
Ac2-L	2.52	0.29	14.7	1.00E-04	4880
As2	0.33	0.33	17.0	9.50E-02	538
Dc1	1.44	0.28	16.0	1.10E-03	538
Dg1		0.33	19.0	3.90E+01	4880

解析条件

解析プログラム	弾塑性有限要素解析 FEM _{ij} -3D	構成側	粘土層	弾塑性体
変位境界条件	Y-Z面: X方向拘束 Y,Z方向自由		砂層	線形弾性体
	Z-X面: Y方向拘束 Z,X方向自由		鋼矢板	線形弾性体
排水境界条件	底面: X,Y,Z方向拘束		盛土	幅24m 高さ4m
	X-Y, Y-Z面: 排水境界		単位体積重量	17.6 kN/m ³

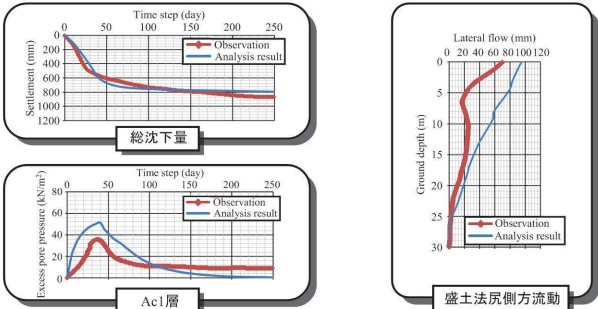


解析ケース



実際に行われたPFS工法の試験施工を再現

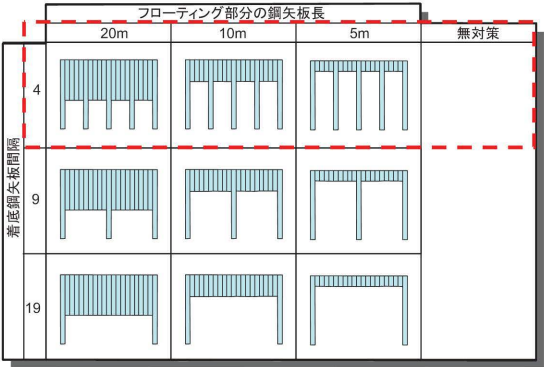
沈下量、間隙水圧、側方流動比較



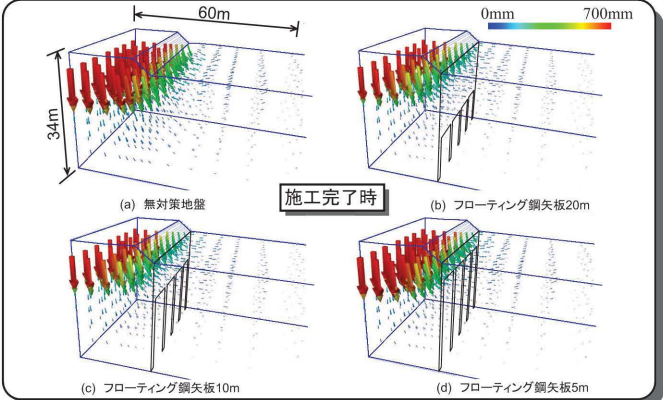
これら結果より、地盤の変形挙動、間隙水圧については、傾向は類似しており、全体的な挙動を把握する上では十分な精度で把握できると考える。

本研究で行った数値解析モデルは十分な精度で圧密挙動を再現できると考えられる。

フローティング鋼矢板長の違いによる側方地盤への影響について

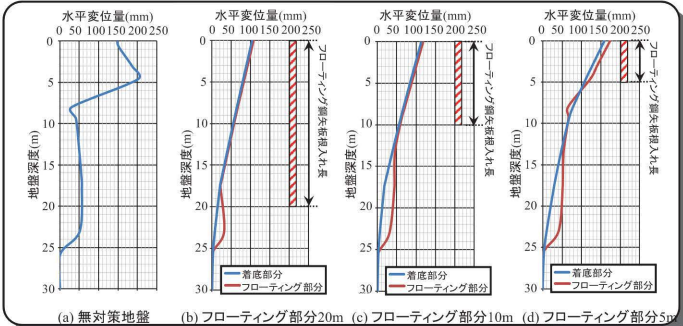


三次元変位ベクトル



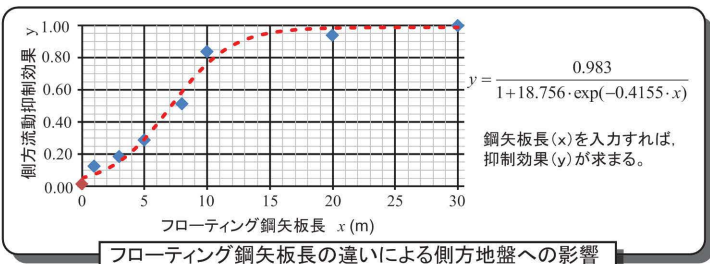
フローティング鋼矢板長が短くなると、周辺地盤の地盤変状抑制効果は、低くなる傾向にあると考えられる。

盛土法尻地盤深度－水平変位量分布



盛土施工完了時 盛土法尻 地盤深度-水平変位量分布

まとめ



フローティング鋼矢板長の違いによる側方地盤への影響

側方流動抑制効果 = $2 - \frac{\text{無対策地盤の最大水平変位量(mm)} - \text{各ケースの最大水平変位量(mm)}}{\text{無対策地盤の最大水平変位量(mm)} - \text{全着底工法の最大水平変位量(mm)}}$

フローティング鋼矢板長が15m程度で、全着底工法に比べて90%程度の効果があり、十分側方地盤変状効果を発揮できると考えられる

PFS工法の側方地盤変状抑制効果を十分に発揮させるためには、フローティング鋼矢板長を側方流動が急激に上昇する地盤深度より深い地盤深度までフローティング矢板長を根入れする必要があると考えられる。

▶ 最後に

軟弱地盤沈下対策としての新たな鋼矢板工法の開発



試験施工の重要性→新技術には欠かせない
計測データの重要性→ICT技術の高度化
産官学の協働の重要性→社会基盤整備の基本



- ・わが国における質の高い建設技術を輸出産業へ
- ・ISOの理解は言うまでもない