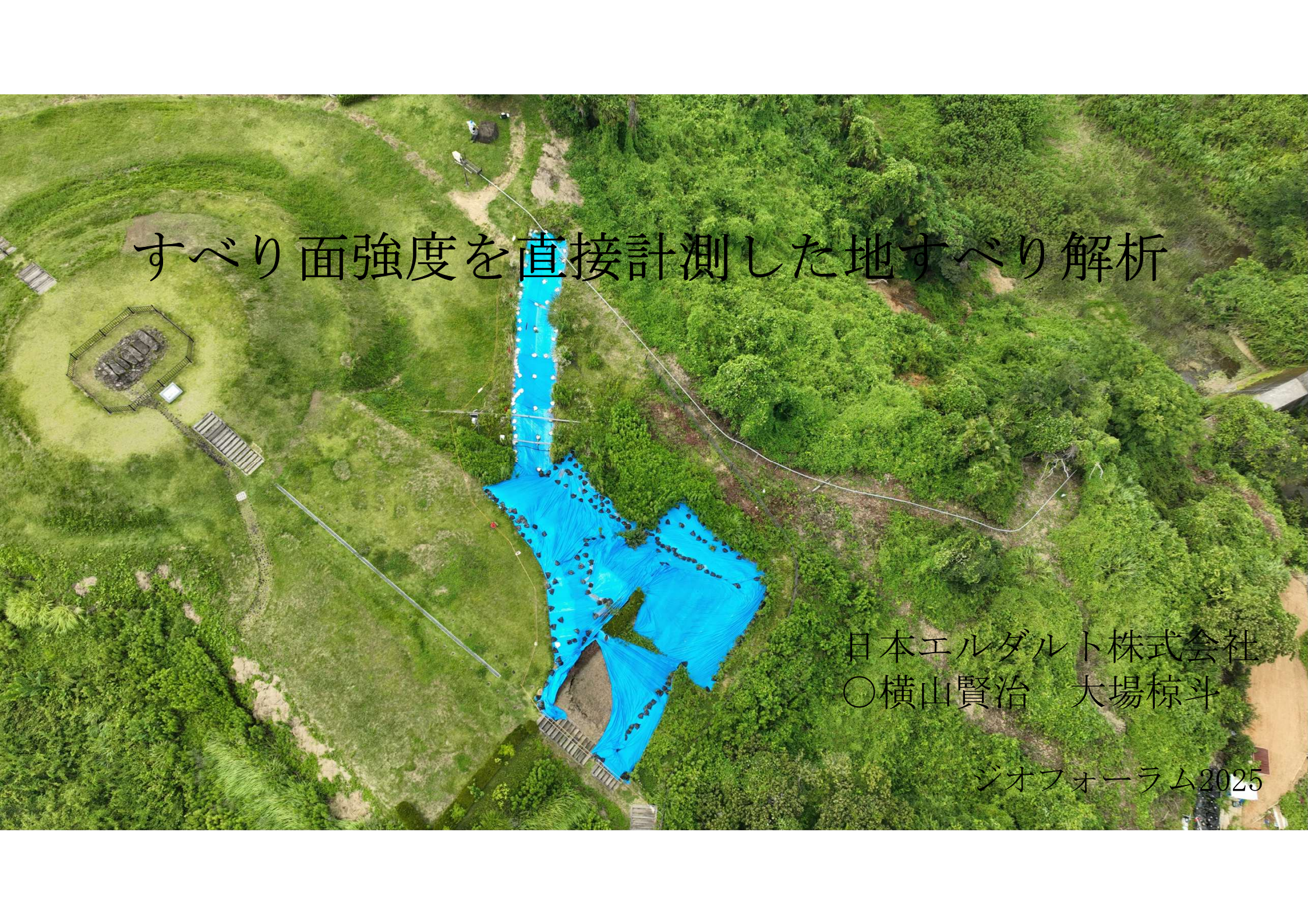




すべり面強度を直接計測した地すべり解析

日本エルダルト株式会社
○横山賢治 大場棕斗

ジオフォーラム2025

すべり面の強度特性(c , ϕ)の計測には時間と費用がかかる

すべり面はどこだ？
破碎箇所は全部怪しい！

結晶片岩の地すべりコア
コアではすべり面判定は難しく、
すべり面試料の品質確保も困難。



技術指針では逆算による手法が示されている

しかし、層厚から c を推定して ϕ を逆算により求める手法は経験的に得られた手法であり、技術的根拠は乏しい。

→地すべり滑動を適切に評価できているとは言い難い。

1. はじめに

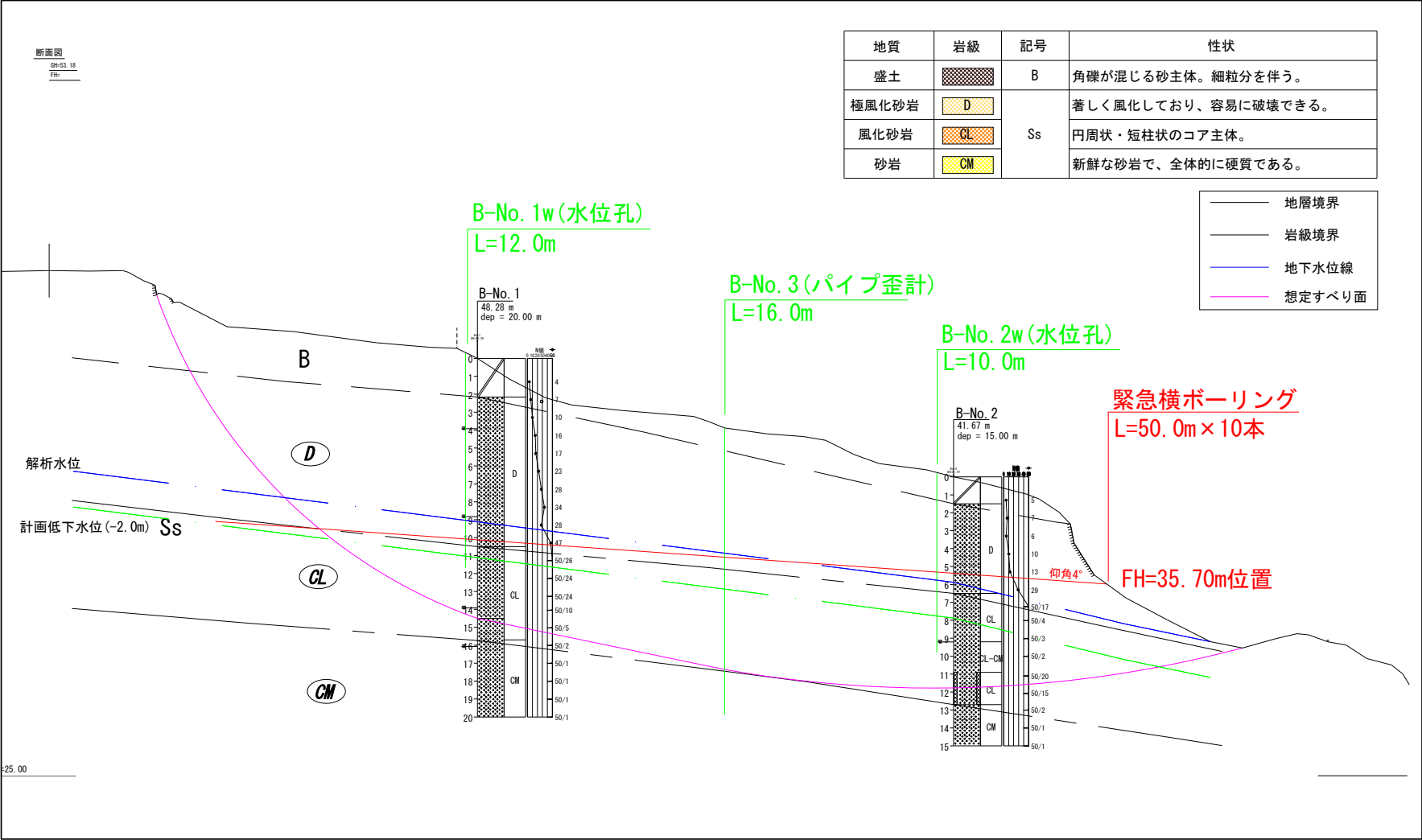
2. 試験方法

3. 試験結果

4. 解析

5. まとめ

地すべり概要

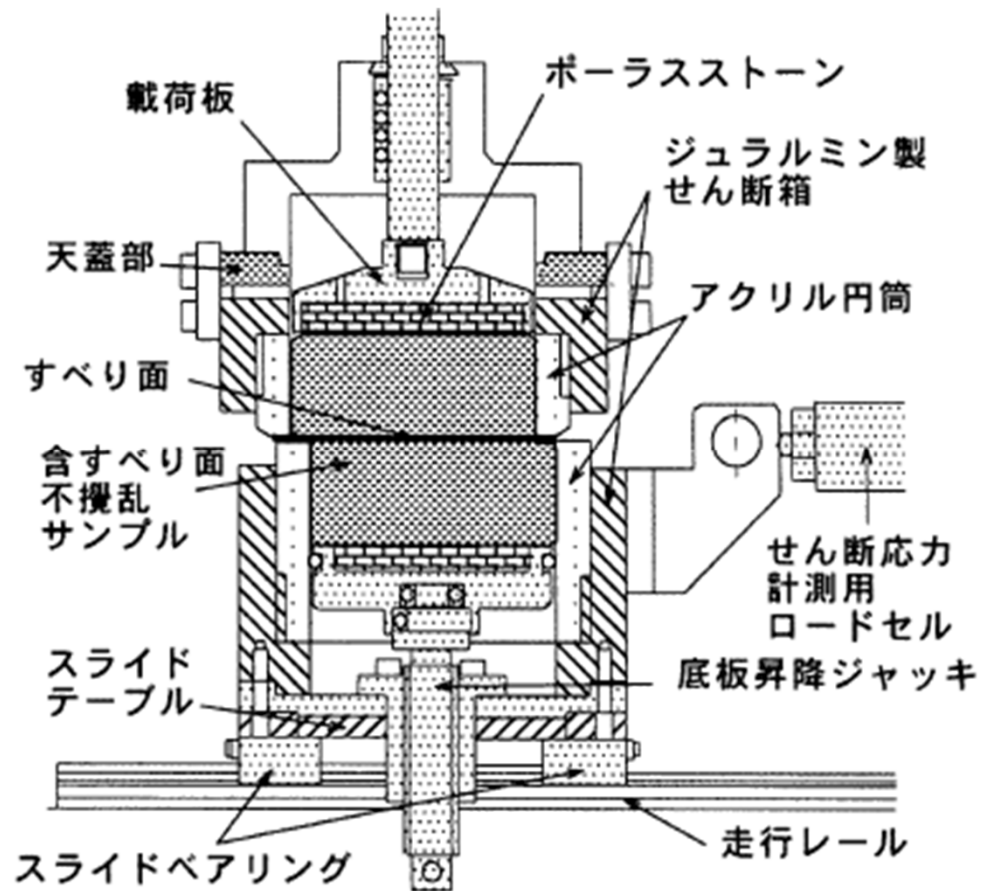
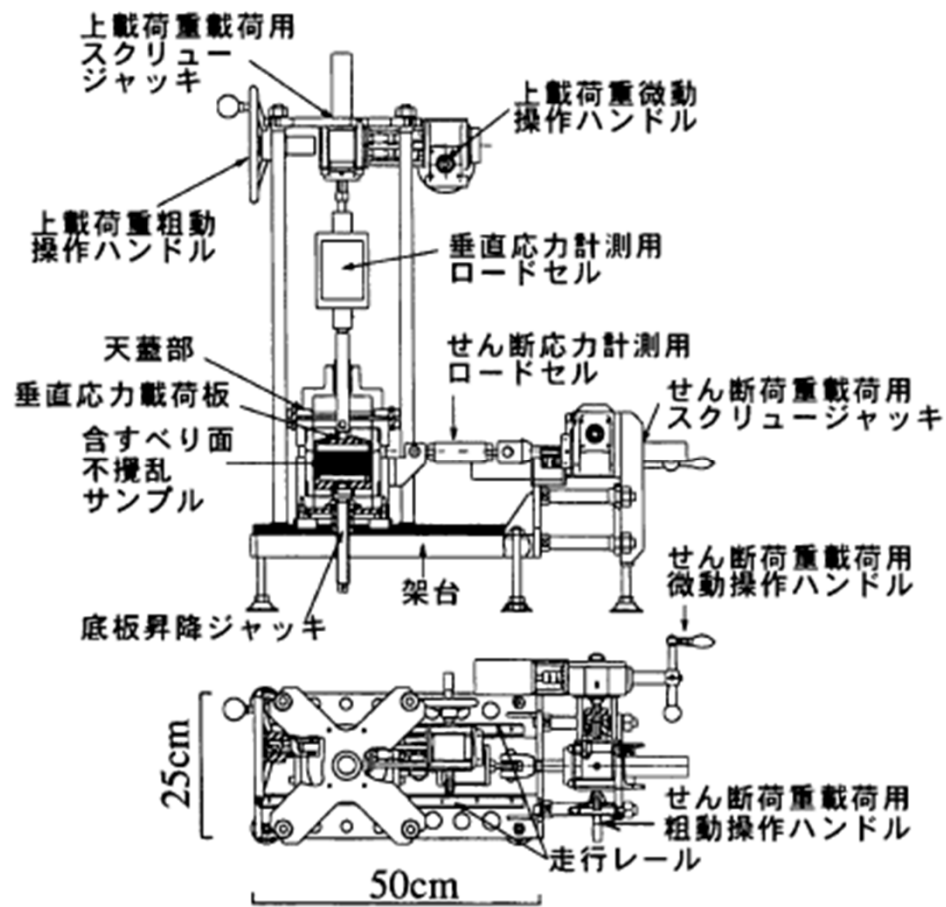


試験方法：すべり面せん断試験を採用

すべり面試料を用いた試験はいくつか提案されている

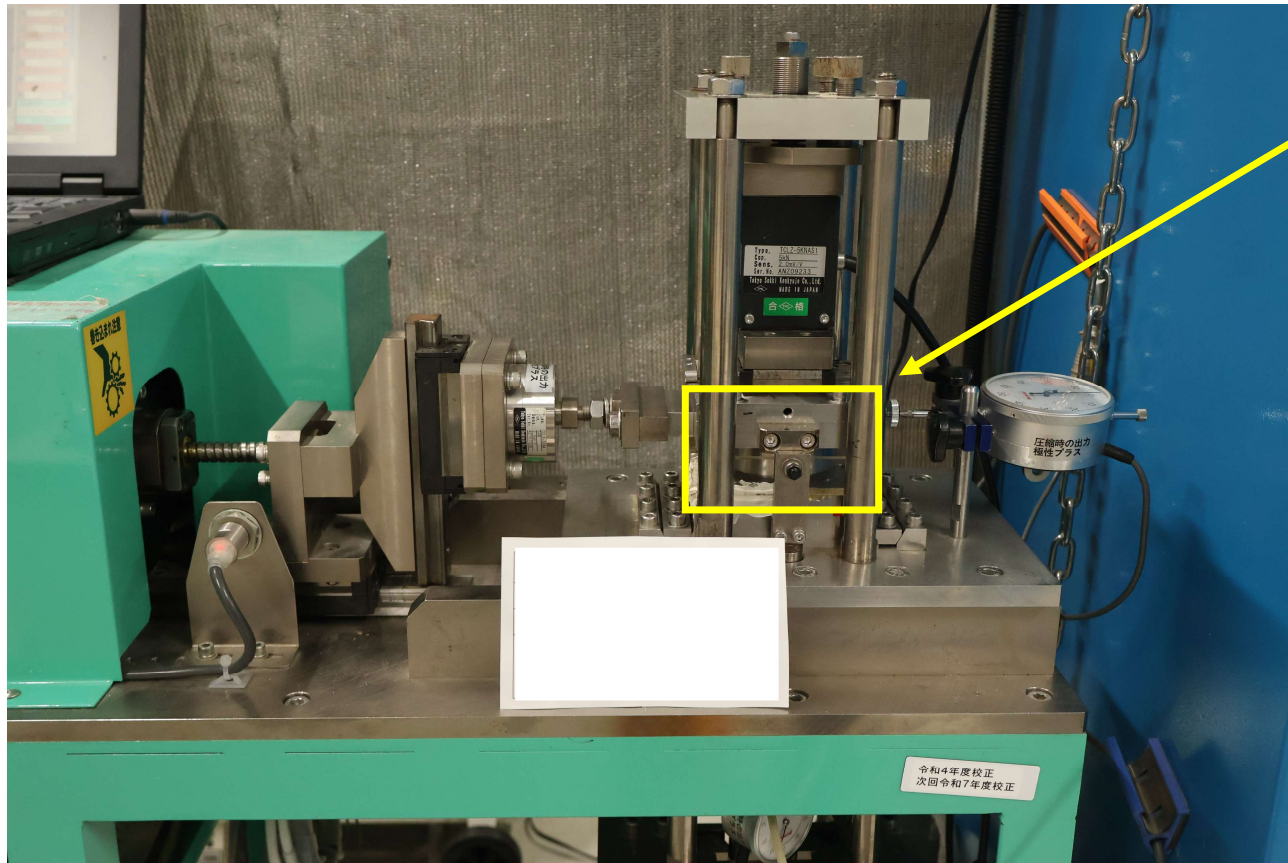
試験方法	利点	課題
三軸圧縮試験	ピーク強度、完全軟化強度が得られる	残量強度が得られない
リングせん断試験	無限大の変位を与えられ残留強度が得られる	一定量以上の試料が必要
すべり面せん断試験	残留強度が精度よく得られる	不攪乱試料が必要

すべり面せん断試験とは？



出典：眞弓ほか:すべり面せん断試験によるすべり面せん断強度評価,日本地すべり学会誌,Vol.40,No.4,p.16

すべり面せん断試験とは？



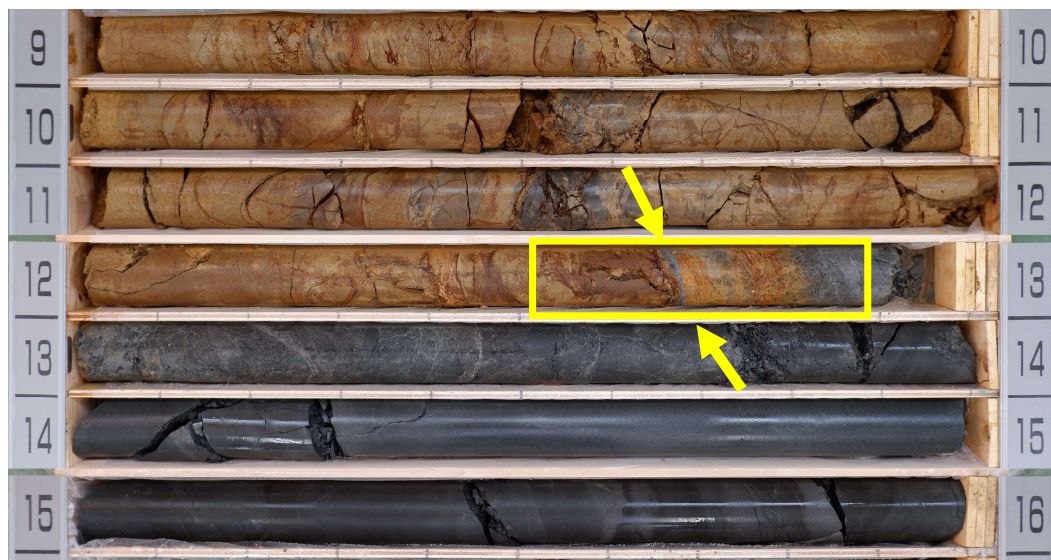
試験状況

ここに試料をセットして
垂直応力を加えながらせん断
させる



成形試料

試験に使用した試料： $\phi 86\text{mm}$ で採取したコアを使用



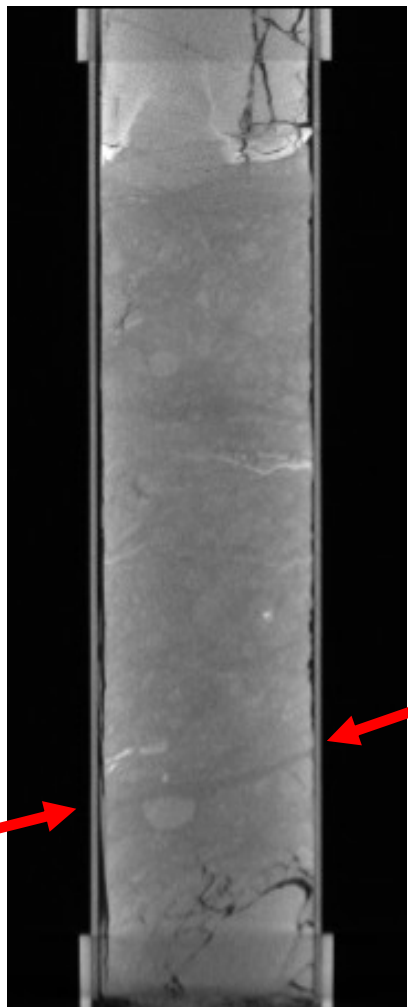
No. 4コア



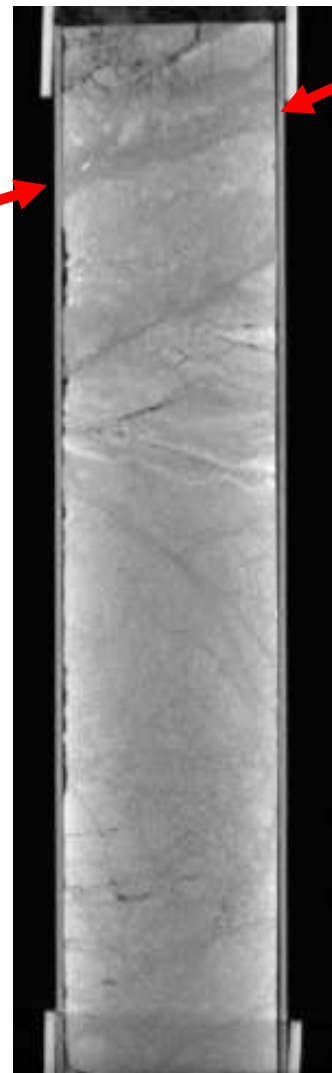
No. 5コア

試験に使用した試料：コアのCT画像

No. 4コア



No. 5コア



試験結果

試料番号	粘着力 c (kN/m2)	せん断抵抗角 ϕ (°)
No. 4	7.3	19.1
No. 5	3.3	15.5



No. 4試料



No. 5試料

解析：層厚から粘着力を設定する場合

試験を行わない場合の地盤定数は、「層厚＝粘着力 (kN/m^2)」※としてせん断抵抗角を逆算で算出する逆計算が一般的。

※ $c=25\text{kN/m}^2$ を上限とする

本事例では、4つの解析断面で安定計算を行った。

表 c =層厚から算出したせん断抵抗角一覧

R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$
$\phi=11.32^\circ$	$\phi=13.11^\circ$	$\phi=14.21^\circ$	$\phi=11.44^\circ$

なお、本事例では臨界水位が判明しているため、臨界水位時を $F_s=1.00$ として計算している。

解析：試験値を用いた逆算

層厚から推定される粘着力に比べ格段に小さい！

試験結果では粘着力とせん断抵抗角が得られているが、ここではせん断抵抗角を固定して粘着力を逆算で算出した。

表 試験値 ϕ を用いた粘着力

R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
$c=3.83\text{kN/m}^2$	$c=8.05\text{kN/m}^2$	$c=4.66\text{kN/m}^2$	$c=5.96\text{kN/m}^2$
$\phi=15.5^\circ$	$\phi=15.5^\circ$	$\phi=19.1^\circ$	$\phi=15.5^\circ$

表 c =層厚から算出したせん断抵抗角一覧

R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$	$c=13.0\text{kN/m}^2$
$\phi=11.32^\circ$	$\phi=13.11^\circ$	$\phi=14.21^\circ$	$\phi=11.44^\circ$

解析：試験値を用いた順算

粘着力とせん断抵抗角の両方を用いた順算

計算測線	順算Fs	γt	c	ϕ
		kN/m ³	kN/m ²	°
R4主測線	0.986	18	3.3	15.5
R6解析測線	0.878	18	3.3	15.5
左測線	1.071	18	7.3	19.1
右測線	0.927	18	3.3	15.5

試験は左右測線のための、主測線と解析測線では小さい値を採用して計算している。

臨界水位状態での順算では、安全率が1.00を下回る測線が多く、実現象と合致しない。

解析：試験値を用いる利点

層厚= c で推定される粘着力は、 ϕ 固定の逆計算でも、試験値の c のみに着目しても、相当小さな値となる。

すなわち、層厚から推定している粘着力は過大値である可能性が高い。

これはせん断抵抗角が小さく算出されることを示しているため、設計上は安全側の計算となるが、過大な対策工を選定している可能性がある。

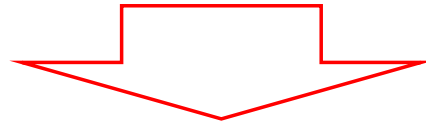
解析：各条件における安全率対比

条件		R4主測線	R6主測線	左測線	右測線
c=層厚の逆算	使用したc	13.00	13.00	13.00	13.00
	逆算結果(ϕ)	11.32	13.11	14.21	11.44
	対策工効果安全率	1.232	1.218	1.122	1.177
試験値c固定の逆算	使用したc	3.30	3.30	7.30	3.30
	逆算結果(ϕ)	15.70	17.70	17.70	16.80
	対策工効果安全率	1.253	1.280	1.209	1.288
試験値 ϕ 固定の逆算	逆算結果(c)	3.83	8.05	4.66	5.96
	使用した ϕ	15.50	15.50	19.10	15.10
	対策工効果安全率	1.280	1.251	1.231	1.237

対策工はいずれも排土＋集水井を仮定している

本事例による試算効果

当初の解析(主測線のみ)では、抑制工での目標安全率到達ができなかったため、抑止工(杭工)を検討していた。しかし、費用が大きくなったことから副測線および室内試験を用いた解析の必要性を指摘され、実施したところ抑制工での目標安全率到達が可能と試算された。



これにより対策工費用を大幅に圧縮することが可能となった。試験値の取り扱いには十分な検討が必要であるが、 c =層厚から設定する値よりもより実現象に近い解析ができるため有用性は高いと考えられる。

まとめ

各指針、基準書には「試験を行っていない場合」に限り c =層厚からの推定を表にして提示している。

しかし、本事例のように c =層厚の値に比べ試験値は相当小さな値となることがある。

試験実施には条件があるものの、積極的な試験の実施が望まれる。