

# 斜面安定解析ソフトを用いた海底地盤安定計算の事例紹介

興亜開発株式会社 ○吉澤 光城, 高橋 幸伸

## 1. はじめに

斜面の安定性を評価する場合、「社団法人日本道路協会：道路土工—斜面安定工指針，2009」等に示されている標準勾配と当該地における地盤状況を対比し，安定性を評価する機会が多い。

しかし，現場状況によっては標準勾配と対比できないケースも存在する。今回評価の対象となった箇所は海底地盤で，土質が底質に近いものであり，標準勾配との対比が困難であった。そこで，調査地における地盤定数を推定し，これに基づいて斜面安定解析ソフトを用いて安定性評価を行うこととした。

## 2. 現場状況

調査地は固定式水上栈橋側面である。この場所では浚渫工事の際に，栈橋張石上部に堆積している土砂が浚渫部に崩落する現象が報告されていた（図-1）。そのため，この土砂の現況の安定度を把握し，今後の荷役船の接岸に支障が発生するかを調査するため，試料サンプリング及び室内土質試験を実施し，斜面の安定計算を行った。

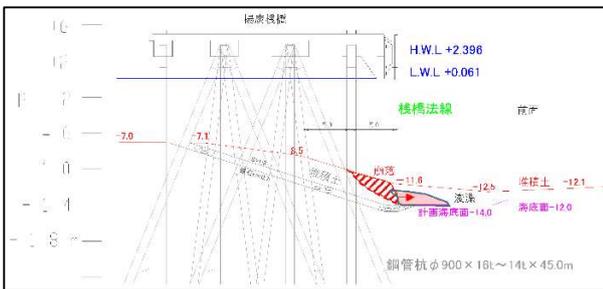


図-1 堆積土の崩落概要図

## 3. 調査方法

調査する海底面は現在供用中の栈橋直下に位置し，ボーリングによる乱れの少ない試料採取は，栈橋を削孔することとなるため安全の面から不採用となった。そのため，今回はダイバーの人力による，シンウォールサンプラーの押し込みによる乱れの少ない試料採取を採用した。

試料サンプリングは以下の箇所を実施し（図-2），採取深さはGL-0.5m～-1.5mとした。

- 浚渫実施エリアである No.27断面：栈橋法線を基準に栈橋下方面に2.5m部と7.5m部

- 浚渫未実施エリアである No.36断面：栈橋法線を基準に栈橋下方面に2.5m部

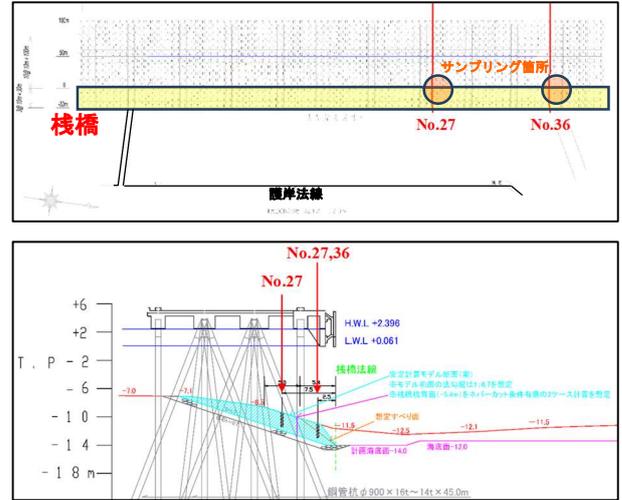


図-2 サンプリング実施箇所

## 4. 室内土質試験及び地盤定数

### (1) 室内土質試験結果

室内土質試験結果より，調査地に堆積する土砂は「砂混じり～砂質粘土」に分類され，自然含水比  $w_n >$  液性限界  $w_L$  の関係から不安定な土と判定される。

### (2) 湿潤密度の推定及びペーンせん断試験

採取された試料は非常に軟質かつ貝殻片を多量に含んでおり，ライナーから取り出した段階で変形してしまう可能性が高かった。そこで，試料を含むシンウォールサンプラー全体の重量・試料長・ライナー重量からの湿潤密度の推定及びペーンせん断試験を実施した。

ペーンせん断試験はサンプリング試料10cm ごとに試験を行い，1.0 cN・m 以上の値を読み取ることができた箇所の値のみを結果として採用した。

湿潤密度推定の計算結果を表-1に，ペーンせん断試験の試験結果を表-2に示す。

表-1 湿潤密度推定の計算表

試料名	TW長さ om	上部距離 om	試料長 om	全質量 g	TW質量 g	試料質量 g	土体積 om <sup>3</sup>	推定 $\rho_t$ g/om <sup>3</sup>
No.27-2.5m②	99.7	3.4	93.3	8090.0	2801.6	5066.4	4121.868	1.229
No.27-7.5m①	98.7	2.9	92.8	8040.0	2773.5	5044.5	4099.778	1.230
No.27-7.5m②	98.8	3.5	92.3	7850.0	2776.3	4851.7	4077.689	1.190
No.36-2.5m②	99.3	3.0	93.3	8350.0	2790.3	5337.7	4121.868	1.295
							平均	1.236

表-2 ペーンせん断試験結果一覧（採用値）

地点	No.27m-2.5②		No.27m-7.5①		No.36m-2.5②		
	読み取った値 (cN・m)	ペーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	読み取った値 (cN・m)	ペーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	読み取った値 (cN・m)	ペーンせん断強さ (kN/m <sup>2</sup> )	
	1.0	0.81	2.5	2.02	3.5	2.83	
			2.0	1.62	2.5	2.02	
			1.5	1.21	2.5	2.02	
			1.0	0.81	2.0	1.62	
平均値		0.81		1.42		2.12	1.43

(3) 地盤定数

以上の土質試験結果より、調査地における地盤定数を表-3のように設定した。

表-3 地盤定数の設定結果

単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断強さ	
	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	せん断抵抗角 $\phi$ (度)
12	1.4	0

5. 斜面の安定計算結果

斜面の安定計算には「富士通 Japan 株式会社製 斜面安定計算システム COSTANA」を使用し、「社団法人日本道路協会：道路土工—軟弱地盤対策工指針，1986」に基づき計算を行った。安定計算には、最も危険側と見られる断面を選定した。また、栈橋杭背面（栈橋法線から離隔5.4m）が抑止工の役割を果たしている可能性があったため、その箇所をネバーカットの条件として、無い場合と有る場合の2ケースを想定して安定計算を実施した。

表-4に安定計算の層条件、図-3,4に安定計算のモデルと最小安全率の計算結果を示す。張石についてはすべり出しが起らないような値を仮に設定した。

表-4 層の設定条件

層番号	飽和重量 (kN/m <sup>3</sup> )	湿潤重量 (kN/m <sup>3</sup> )	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	粘着力の 一次係数	水平震度	鉛直震度
1	12.00	12.00	0.00	1.40	0.00	0.000	0.000
2	20.00	20.00	45.00	0.00	0.00	0.000	0.000
3	12.00	12.00	0.00	1.40	0.00	0.000	0.000

最小安全率を求めるための格子設定は、まず格子の分割ピッチを1m 四方と大まかに取って安全率が最小値となる箇所を探し、分割ピッチを0.5m 四方と細かく取って最小安全率を求めた。

栈橋杭の抑止力を無視した場合の最小安全率は0.689となり、抑止力を考慮した場合の最小安全率は1.006となり、 $F_s < 1 \sim F_s \approx 1$ という結果が得られた。以上より、栈橋杭背面によりすべり出しが抑えられている箇所もあるが、全体として「今後もすべり出しが発生する可能性が高い」と評価した。

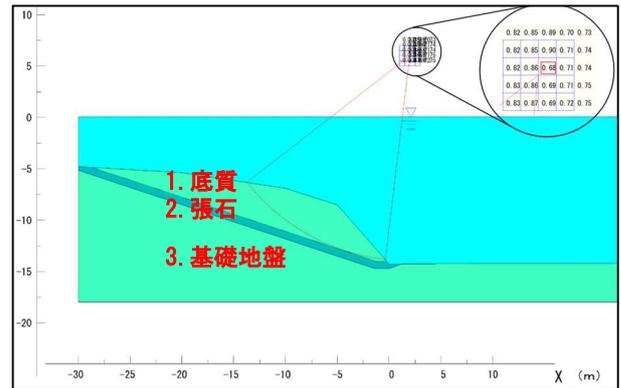
また、参考までに同ソフトを用い、対策工を検討する上で重要となる最大抑止力計算及び必要となるせん断強さ  $c \phi$  の算定を必要安全率1.2として逆算により求めた(表-5)。

表-5 層の設定条件

栈橋杭背面	最大抑止力	逆計算	
		$c=1.4$	$\phi=0$
無し	最小安全率と同箇所にて16.4kN	$\phi=6.29 \sim 20.49$	$c=2.44$
有り	最小安全率と同箇所にて2.0kN	$\phi=-10.61 \sim 20.79$	$c=1.67$

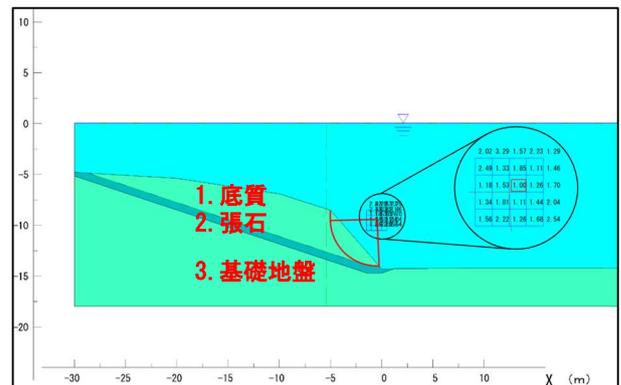
今回の結果では最小安全率を与える断面と最大抑止力を与える断面が一致したが、これが一致しない場合があ

ることに留意する必要がある。



最小安全率	$F S MIN =$	0.689
円弧の中心	X =	2.00 (m)
	Y =	6.00 (m)
	半径 R =	20.000 (m)
抵抗モーメント	$M R =$	440.3 (kN·m)
起動モーメント	$M D =$	639.5 (kN·m)

図-3 安定計算モデルと最小安全率の計算結果 (栈橋杭背面無し)



最小安全率	$F S MIN =$	1.006
円弧の中心	X =	-0.50 (m)
	Y =	-9.50 (m)
	半径 R =	4.500 (m)
抵抗モーメント	$M R =$	46.0 (kN·m)
起動モーメント	$M D =$	45.7 (kN·m)

図-4 安定計算モデルと最小安全率の計算結果 (栈橋杭背面有り)

6. まとめ

現場に応じた地盤定数を設定し、斜面安定解析ソフトを用いることで、すべり出し状況の予測を立てることができた。斜面安定解析ソフトによる計算は数秒で終わるため、適切な地盤定数の設定と正確な図面の作成が重要になると感じた。今後斜面安定解析を行う際はこの2点を重視して取り組みたい。