

平成 21 年 6 月 18 日現在

研究種目： 若手研究(B)  
 研究期間： 2006～2008  
 課題番号： 18760355  
 研究課題名(和文) 波の侵食作用に起因する斜面崩壊機構の解明とその安全性評価法の提案  
 研究課題名(英文) Wave-induced failure of soft cliff and its evaluation  
 研究代表者  
 川村志麻 (KAWAMURA SHIMA)  
 室蘭工業大学・工学部・講師  
 研究者番号： 90258707

## 研究成果の概要：

全海岸域の 80%を占めると言われている海岸崖の侵食及びそれに起因する被害が世界的にも数多く報告されている。今後、温暖化によって生じるとされる海面上昇や地下水位の上昇を考慮すれば、この問題は深刻化する可能性があり、早急に検討する必要がある。本研究では、1g 場模型実験と実海岸崖の現地調査を行い、波の侵食に起因する海岸崖(Soft cliff)の崩壊機構と侵食現象の特徴を調べている。得られた結論を総括すると、次の通りである。

- (1) 北海道東部の海岸斜面よりサンプリングした不攪乱試料の力学特性は、比較的密な砂の強度－変形挙動を示し、強い構造異方性を示す。
- (2) 波の侵食作用による斜面崩壊は、液状化現象ではなく、ノッチの形成後、すべりの発達によって、引き起こされる可能性がある。また、その崩壊は斜面強度、波高、波の作用回数に影響を受ける。
- (3) 斜面内ノッチの進行は周期的に生じる小規模崩壊によってさらに拡大され、最終的に斜面崩壊に至る。また、構造異方性の影響はノッチの進行方向、侵食速度に影響を及ぼす。
- (4) 波の侵食による侵食距離ならびに堆積構造異方性の影響を考慮した斜面安定の簡易解析法は、1g 場の模型実験結果を良く表現する。それゆえ、波の侵食作用にともなう種々の堆積構造をもつ斜面の安定性を評価する上では、本解析のような手法は有用である。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,900,000	0	1,900,000
2007 年度	600,000	0	600,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	150,000	3,150,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：波，侵食，斜面崩壊，模型試験

### 1. 研究開始当初の背景

地球上にある Cliff からなる海岸は、全海岸の 80%を占めるといわれている。このような Cliff, bluff の侵食ならびに崩壊現象は、国土保全または地球規模の問題として取り扱われ、多くの研究者がその現象を明らかにしてきている。これらの Cliff は ”Hard cliff” と ”Soft cliff” に大別され、また侵食期間や波浪条件の違いによって短期問題と長期問題に分類される。特に Soft cliff, bluff では急速な侵食やそれに起因する斜面崩壊が生じていることが報告されている。今後、予想される地球温暖化により、現在の海岸域や地下水位が変化する可能性もあり、このような cliff の侵食・斜面崩壊に関する現象の解明と対策は急務になると言える。

### 2. 研究の目的

本研究は、短期安定問題における Soft cliff の侵食現象とそれに起因する斜面崩壊に着目し、精確な予知・予測法の確立とその適切な防災対策法を構築するため、そのメカニズムと対策法を地盤工学の視点から解明・提案するものである。本研究では、種々の強度及び斜面勾配を有する Soft cliff の侵食現象を模型実験と安定解析により明らかにし、その特性に基づいた斜面崩壊対策法を提案することを目的にしている。

### 3. 研究の方法

具体的には以下の項目に検討を加えた。

(1) 現在ある二次元平面ひずみ模型土槽に新

たに試作する Flat 式の造波装置を設置し、波浪特性を把握する。その特性に基づいて、1g 場での波浪再現実験に必要な項目を整理する。

(2) Cliff の強度を変化させた模型実験を実施し、ノッチの発達仕方、それに起因する斜面崩壊のメカニズムを観察した。また斜面勾配を変化させて崩壊の違いも明らかにした。これらの Soft cliff の侵食現象は、PIV 画像解析を用いて明らかにした。この PIV 画像解析は、従来、地盤内の変形特性の把握が難しかった模型実験において有効である。

(3) 遠心力模型実験結果との比較より、1g 場と遠心力場との力学挙動の違いを明らかにし、1g 場模型実験の正当性や工学的意義を明らかにした。

(4) 1g 場と遠心力場実験結果に基づいて、波の繰返し力を考慮した斜面安定解析法と汀線変化に関する基礎資料を収集した。また、斜面崩壊を低減させるための対策案を検討した。

### 4. 研究成果

一連の研究において得られた結論を総括すると次の通りである。

(1) 図-1 は、北海道標津町で採取した BV 供試体（供試体の軸方向が原地盤の鉛直軸と一致したもの）の非排水三軸試験から得られた最大、最小主応力比 ( $=\sigma_1' / \sigma_3'$ ) と最大、最小主ひずみ ( $\epsilon_1, \epsilon_3$ ) の関係を示したものである。なお、豊浦砂の結果 (Drc=87.5%) も併記している。試験結果から、標津土の強度-変形特性は、密な砂が示す硬化-軟化型の挙動と類似していることがわかる。また、有効拘束

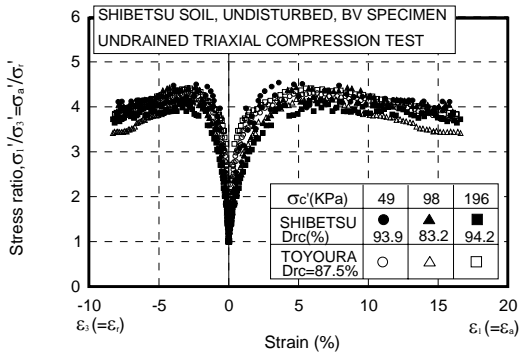


図-1 BV 供試体の応力比-主ひずみ関係

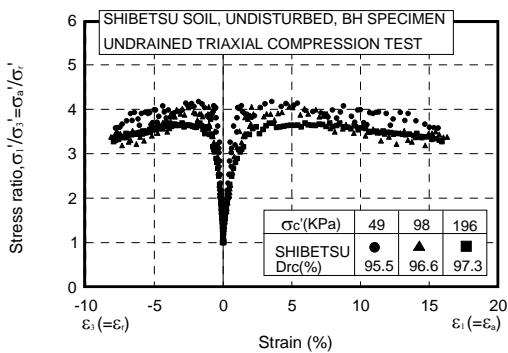


図-2 BH 供試体の応力比-主ひずみ関係

圧  $\sigma'_c$  の増加にともなって同じひずみレベルの応力比が小さくなっており、拘束圧依存性を示している。図-2 は BH 供試体 (BV 供試体を  $90^\circ$  回転させたもの) の非排水条件における応力比-主ひずみ関係を示している。BV 供試体との比較では、BV 供試体は応力比に明瞭なピークが認められるものの、BH 供試体では明確なそれは認められず、破壊時の主ひずみにおいても BH 供試体の方が BV 供試体より大きかった。これらのことから、BV 供試体は BH 供試体より変形抵抗が大きく、高いせん断強度を有していることがわかる。

このように、北海道東部の海岸斜面よりサンプリングした不攪乱試料の力学特性は、比較的密な砂の強度-変形挙動を示し、強い構造異方性を示す。

(2) 波浪侵食模型実験における斜面内の代表的な過剰間隙水圧比  $\Delta u / \sigma'_{v0}$  の経時変化を図-3 に示す。図中の  $z$  は水面からの深さを

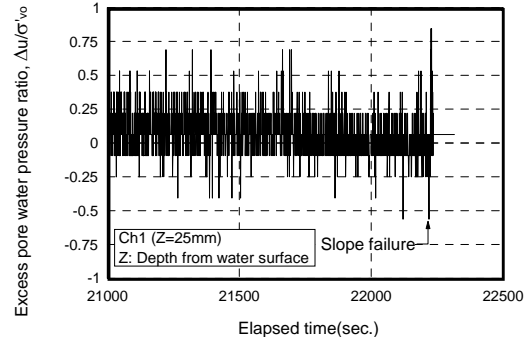


図-3 過剰間隙水圧比の経時変化

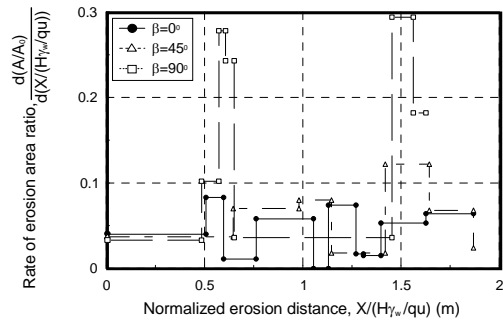


図-4 侵食面積比の増加率と正規化侵食距離との関係

示し、 $\Delta u$  は過剰間隙水圧、 $\sigma'_{v0}$  は有効土被り圧を示す。図より、波の作用によって水圧比は変動しているものの、蓄積傾向にはない。その値は最大で 0.8 程度であった。それゆえ、本試験の範囲内では、このような侵食に起因する斜面崩壊は液状化現象に起因するものではなく、侵食が斜面崩壊の誘因である可能性が高いことが伺える。

よって、侵食作用による斜面崩壊は液状化現象ではなく、ノッチの形成後、すべりの発達によって、引き起こされる可能性がある。また、その崩壊は斜面強度、波高、波の作用回数に影響を受けている。

(3) 図-4 は、侵食面積比  $A/A_0$  の増加割合と正規化した侵食距離  $X / (H_y / q_u)$  との関係を示している。図より、侵食距離の増加にともなって侵食面積比が段階的に増加していることがわかる。このことは侵食による斜面崩壊では増加

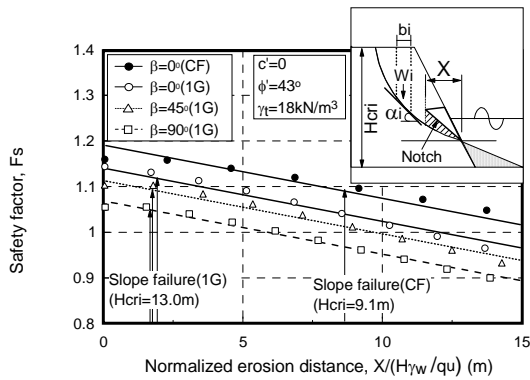


図-5 斜面崩壊に対する安全率

率の急増ポイントでみられた小規模崩壊が徐々に進行し、最終的に本研究で言う斜面崩壊に至るといった進行性破壊を示したものである。また、その小規模崩壊の大きさは異方性の影響を受けている。

(4) 図-5 は、斜面の安定解析結果を示したものである。図より、波の侵食による侵食距離ならびに堆積構造異方性の影響を考慮した斜面安定の簡易解析法は 1g 場及び遠心力载荷実験結果を良く表現していることがわかる。

それゆえ、波の侵食作用にともなう種々の堆積構造をもつ斜面の安定性を評価する上では、本解析のような手法は有用である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

(1) S. Kawamura, S. Miura and M. Kuribayashi : Mechanical behavior of coastal soft cliff subjected to wave erosion, Proc. of Fourth International conference on Scour and Erosion (ICSE), pp. 412-426, 2008. 査読有

(2) 川村志麻, 栗林正樹, 三浦清一 : 波の侵食作用を受ける海岸斜面の力学特性とその評価, 海岸工学論文集, 土木学会, Vol. 55, pp. 536-540, 2008. 査読有

(3) 川村志麻, M. C. R. Davies, P. Dong and X. Wu : 海岸侵食による Soft cliffs の斜面崩壊に関する検討, 海岸工学論文集, 土木学会, Vol. 53, No. 2, pp. 891-895, 2006. 査読有

[学会発表] (計 4 件)

(1) 栗林正樹 (発表者) : 波浪による斜面内ノッチの進行が斜面崩壊に及ぼす影響とその評価、地盤工学会北海道支部技術報告会, 2009 年 1 月, 北見工業大学

(2) 栗林正樹 (発表者) : 波浪による斜面内ノッチの進行に起因する斜面崩壊機構に関する模型実験, 第 44 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2009 年 8 月 関東学院大学

(3) 栗林正樹 (発表者) : 海食崖から採取した試料の排水・非排水変形-強度特性, 第 63 回土木学会年次学術講演会, 2008 年 9 月, 東北大学

(4) 川村志麻 (発表者) : 波の侵食に起因する斜面崩壊機構に関する模型実験、第 62 回土木学会年次学術講演会, 2007 年 9 月, 広島大学

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

(2) 川村志麻 (KAWAMURA SHIMA)  
室蘭工業大学・工学部・講師

(3) 研究者番号 : 90258707