

海底地盤における不攪乱粘性土の物理・力学特性の調査

中央大学理工学部土木工学科

正会員

國生剛治

学生会員

○ 上田理枝

学生会員

川端正憲

1. はじめに

現在確認されている海底地滑りは、そのほとんどが有史以前に人々に影響を及ぼさない沿岸から隔たった沖合で起きたものであり、水中音波探査機の登場とともに、その痕跡が発見されるようになった。海底地滑りの起こる斜面は、必ずしも急斜面であるとは限らず緩斜面、場合によっては勾配が 1° 以下でも地滑りが起こることがある。その中には比較的最近、沖合もしくは海岸近くの陸地を含んで起きたものもある。これらは海底ケーブル、人口の多い海岸線、海洋構造物などを破壊したり、津波を引き起こしたりしているが、その発生メカニズムについては不明な点が多く残されている。

そこで今回、図-1 に示す新潟県沖の海底地盤のサンプリング試料を入手し、深さ方向の地盤の物理特性およびベーンせん断試験による非排水せん断強度について調べた。

2. 物理特性

海底土試料は全体的にオリーブ色の粘性土であり、砂層の存在は確認できなかった。この試料は北緯 $37^\circ 41.52'$ 東経 $138^\circ 29.96'$ の海底面(水深 522m)から深さ 57~78cm, 105~125cm, 165~185cm, 215~235cm, 260~280cm, 300~320cm, 360~380cm をそれぞれ採取したものである。

まずこの海底地盤の深さ方向の粒度構成を確認するために、各試料の粒度分布について調べた。図-2 は、粒径加積曲線を示している。いずれの深さにおいても試験に誤差が出ないように、あらかじめ脱塩作業をしてから試験を行った。この曲線において粒径 0.05mm と 0.075mm の間に段差があるが、これはふるい分析と沈降分析の誤差によるものである。各深度の粒径加積曲線については大きな違いは見られなかったが、105~125cm, 360~380cm の深度では粒径 5μ 以下の粘性土が比較的多いことが分かった。図-3 は、深度ごとの粒度分布の違いを粘土、シルト、砂の含有割合で示しているが、全体的にシルト分の割合が多く、深度方向に大きな違いは見られない。

図-4 は各深度の含水比、土粒子密度、供試体質量および供試体体積から求めた間隙比を表している。まず土粒子密度についてであるが、 $2.62 \sim 2.67\text{g/cm}^3$ の範囲に入り、1m 以深ではほぼ 2.66g/cm^3 付近の値をとる。間隙比については、 $0.8 \sim 1.2$ の範囲に入り、一般的に深くなるほど自重圧密により間隙比は小さくなるという傾向がわずかながら見られた。

次にこの海底地盤の深さ方向の自然含水比、液性限界、塑性限界、塑性指数を調べて、図-5 に示した。自然含水比については、間隙水中の塩分補正を行っておらず、ここでは純水として計算している。いずれも今回の深度範囲では深さ方向について、明瞭な変化は見られなかった。ただし、深度 215~235cm では自然含水比や液性限界も小さく、液性指数は 1.0 を超えている。

キーワード：海底土 物理特性 力学特性

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 Tel03-3817-1799



図-1 試料採取地点

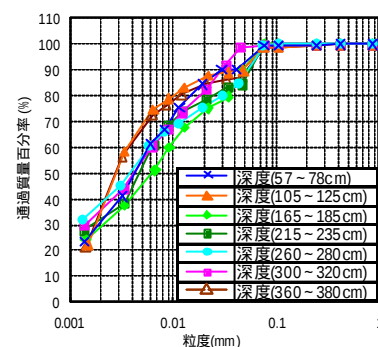


図-2 粒径加積曲線

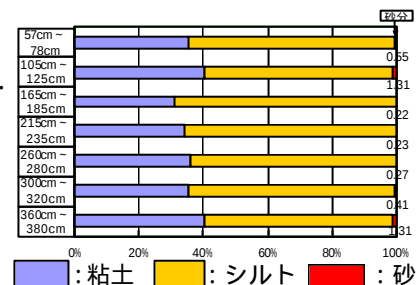


図-3 粒度分布

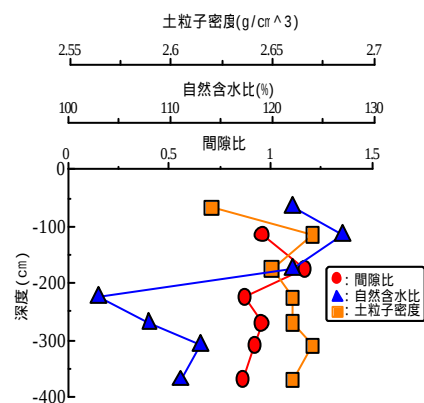


図-4 深さ方向の土粒子密度・間隙比・自然含水比

図-2, 3 から分かるように、粒度分布に大きな差異はないため、この原因については化学的要因も含め、今後検討していく必要がある。

図-6 は、深さ方向の試料の特性を塑性図²⁾上でプロットしたものである。全体的に A 線と重なる位置にあることから中塑性性であると考えられる。また、いずれの深度も液性限界が 50% 以上なので高圧縮性であると言える。ただし相対的には、深度 215~235cm に関しては他の深度より圧縮性、塑性ともに小さかった。

3. 力学特性

まずベーンせん断試験の概要について説明する。直径：50mm、高さ：40cm の円筒型に試料を切り抜き、その円筒を固定させた。そして、ベーンブレードを試料内に挿入し、回転速度 12°/min でベーンロッドを回転させ、回転中のトルクを測定した。ベーンブレードの大きさは、幅：D=14mm、高さ：H=28mm を用いた。ベーンの貫入深さは、ベーンブレード中心位置が試料上端から約 18.5mm の位置になるように設定した。また、鋭敏比について調べるため、完全に練り混ぜた試料についても試験を行った。詳細については室内ベーンせん断試験に関する既往文献¹⁾を参考にした。

図-7 は、粒径 5 μ 以下の粘土分が比較的多く含まれている深度 360~380cm とそうでない 215~235cm に関して、試料の非排水せん断強度と練り混ぜ後の非排水せん断強度を自然含水比、液性限界、鋭敏比と共に示したものである。練り混ぜていない試料の非排水せん断強度は深さと共に強度が大幅に増加するのに対し、練り混ぜ後の強度増加はわずかであることが分かる。

図-8 に昨年までに行った他の地点の海底粘土の結果³⁾と合わせて、鋭敏比と自然含水比の関係を示している。含水比の違いによらず、海底粘土の鋭敏比はほぼ 1.6~4.4 の間に入っていることがわかる。したがって、海底地すべりが起きた場合に、せん断変形を受けた地すべり土塊が粘土内部での大幅な強度低下によって長距離の泥流すべりに発展する可能性は少ないと考えられる。

4. まとめ

新潟県沖の海底粘土の物理試験、ベーン試験により以下のことが分かった。

- ・ 0.5~4m の深度範囲で、粘土の物理特性に大きな変化はなく、高圧縮性、中塑性性であるといえる。深度 215~235cm は液性限界が小さい値をとったが、この原因はさらに調べる必要がある。
- ・ 多くの地点の海底粘土の鋭敏比は 1.6~4.4 で、練り混ぜによって極端に強度が低下する土ではないことから、海底地すべり時に粘土内部での大幅な強度低下により長距離の泥流すべりに発展する可能性は少ないことが分かった。

なお産業技術研究所の池原 研氏には貴重な海底土の試料を提供していただき、心より感謝申し上げます。

- <参考文献> 1) 田中洋輔、今井五郎、片桐雅明：深さ方向に含水比が減少する超軟弱粘土地盤のベーンせん断強度と含水比の関係、土木学会論文集 No.778/ -69、99-110、2004.12
- 2) 石原研而：第 2 版 土質力学 丸善株式会社
- 3) 高橋哲也：海底地盤の特性および海底地滑りメカニズムについての基礎的研究、中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻、2007 年度修士論文

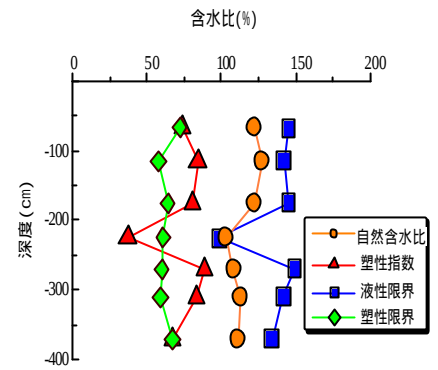


図-5 深さ方向の自然含水比・コンシステンシー限界

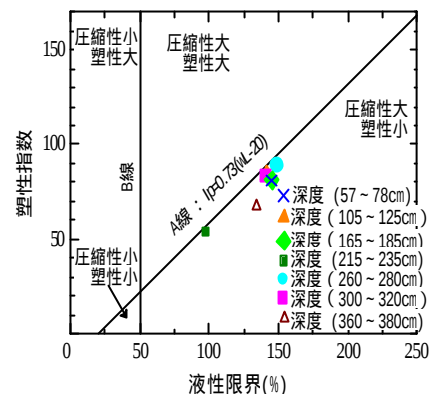


図-6 塑性図

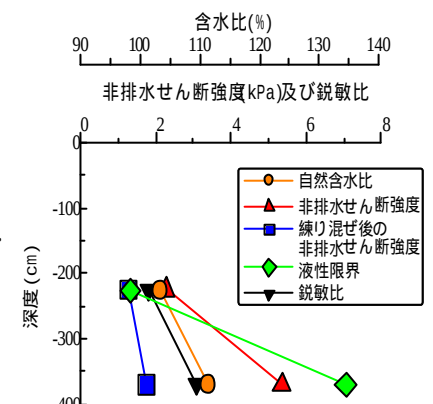


図-7 深さ方向の非排水せん断強度・自然含水比・液性限界

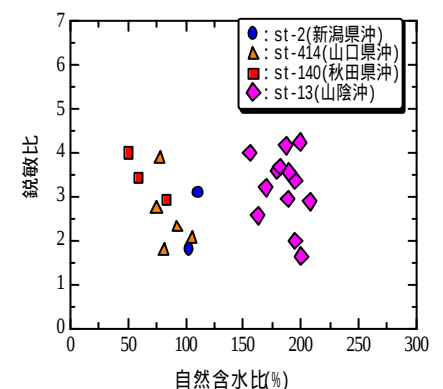


図-8 自然含水比・鋭敏比