

海底地盤を対象とした模型実験に用いる模擬粘土の物理・力学特性

日本大学工学部 学生会員○清水 浩平
 日本大学工学部 正会員 中村 晋
 日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明
 宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 海野 寿康

1. はじめに

海底地盤斜面の地すべりに起因する津波の高さは崩壊した土塊の規模や崩壊速度の影響を受けることが知られている。そのため津波の高さを精度よく予測するためには地震時における海底地盤斜面の安定性評価を精度よく行うことが必要である。本研究では海底地盤を模擬した粘土を使用し、海底地盤斜面を対象とした遠心载荷模型実験を実施する。それに先立ち実験に用いる模擬粘土の物理・強度特性を求め、既存の海底粘土地盤のデータとの比較を行った。

2. 実験方法

模擬粘土は AX カオリン、MC クレーを重量比で 1:1 に配合したものである。この粘土の物理特性(土粒子の密度、粒度、液性・塑性限界)を調べた。模擬粘土は一般的な海成粘土と比べて圧密係数が大きく、圧密速度が大きい材料を用いれば圧密による模型地盤作製に要する時間が短縮できる利点¹⁾があること、及び入手の容易さから上記材料を用いた。また、力学試験は土の圧密定体積一面せん断試験、定ひずみ速度载荷圧密試験を行った。供試体は粘土に蒸留水をまたは水道水を混合して作製した。その際、含水比 100%のスラリー状にしてから気泡を取り除くために真空ポンプで 24 時間脱気した。その後、圧密圧力 100kPa で 72 時間以上上圧密した。一面せん断試験では正規圧密及び過圧密状態で試験を行った。圧密試験の载荷速度は、ひずみ速度 0.05%/min とした。

3. 試験結果と考察

表-1 に物理試験結果を示す。試料は MH(シルト (高液性限界)) に分類された。図-1 に粒径加積曲線を示す。図より粘土分は 58%、シルト分は 42%であった。表-2 に強度特性を示す。全応力表示では正規圧密条件で $c_{cu}=10.3\text{kN/m}^2$, $\phi_{cu} = 14.4^\circ$ 、過圧密条件で $c_{cu}=31.8\text{kN/m}^2$, $\phi_{cu} = 6.3^\circ$ となった。水道水と蒸留水の結果を比較すると若干の差はあるもののほぼ同様の結果となった。図-2 に日本海^{2)~4)}と東京湾⁵⁾の海底粘土地盤の非排水せん断強さとの比較を示す。日本海のデータと比較すると今回の試験結果は非排水せん断強さが大きい。これは日本海の粘土のサンプリング時の応力開放や試料運搬に伴う乱れ、試料の整形方法等⁶⁾により強度を過少評価している可能性

表-1 物理試験結果一覧表

土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	最大粒径 (mm)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数 I_p	分類
2.739	0.050	54.4	37.0	17.4	MH

表-2 強度特性結果一覧表

混合水	圧密状態	応力状態	c (kN/m^2)	ϕ (°)	tan ϕ	備考
蒸留水	正規圧密	全応力	12.7	12.5	0.22	c_{cu}, ϕ_{cu}
		全応力	9.0	9.8	0.17	残留強度
		有効応力	4.0	27.8	0.53	c_1, ϕ_1
水道水	正規圧密	全応力	10.3	9.3	0.16	c_{cu}, ϕ_{cu}
		全応力	2.7	14.4	0.26	残留強度
		有効応力	0.0	27.6	0.52	c_1, ϕ_1
水道水	過圧密	全応力	31.8	6.3	0.11	c_{cu}, ϕ_{cu}
		全応力	26.6	7.2	0.13	残留強度
		有効応力	12.0	19.8	0.36	c_1, ϕ_1

表-3 圧密特性結果一覧表

混合水	P_c (kN/m^2)	C_c	C_v (cm^2/day)	mv (m^2/kN)	k (m/sec)	備考
蒸留水	87	0.31	1539	4.89×10^{-4}	8.52×10^{-9}	C_v, mv, k は $p=100\text{kN/m}^2$ 時
水道水	78	0.33	1441	5.40×10^{-4}	8.50×10^{-9}	C_v, mv, k は $p=100\text{kN/m}^2$ 時

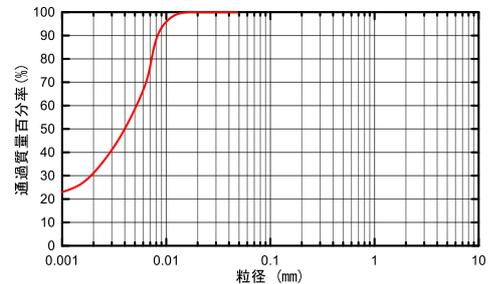


図-1 粒径加積曲線

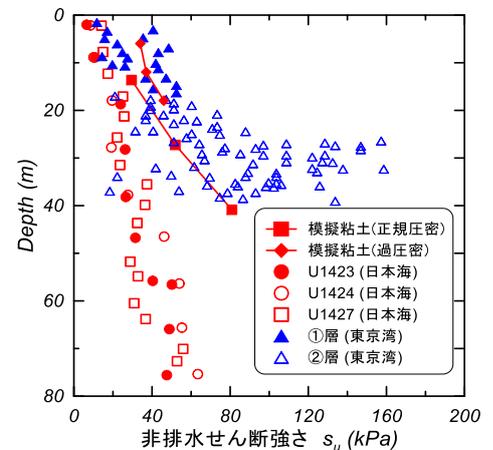


図-2 非排水せん断強さの深度分布

がある。一方で、東京湾のデータと比較するとそれらのデータの下限值と今回の非排水せん断強さは対応していることがわかった。以上より模擬粘土は海底地盤の強度を概ね再現できたと考える。表-3 に圧密特性を示す。図-3 に圧縮曲線を示す。東京湾の粘土では C_c は 0.35~0.40 程度であり室内試験結果の C_c は 0.31~0.33 と概ね対応している。

90G の遠心力場で正規圧密地盤を作製した模型実験における含水比分布を図-4 に示す。同試験においてベーンせん断試験より求めたせん断強度分布を図-5 に示す。室内試験より求めた模型実験の含水比および強度は模型実験結果と概ね整合しており、遠心载荷模型実験の地盤の強度を室内試験の結果で評価できることがわかった。

4. まとめ

AX カオリンと MC クレーを重量比 1:1 で混合した模擬粘土の物理特性と力学特性(せん断・圧密)を室内試験より求めた。模擬粘土の非排水せん断強さは、既存の海底粘土のデータと概ね整合することがわかった。また遠心载荷模型実験により作製した地盤の強度及び含水比と室内試験で求めた値は概ね整合することが分かった。今後は遠心载荷模型実験を実施して、海底粘土斜面の安定性を検討する予定である。

5. 謝辞

本研究は原子力規制庁からの委託業務「平成28年度原子力施設等防災対策等委託費（海底における斜面の地震時安定評価に関する基礎検討）事業」により実施したものの一部である。

6. 参考文献

- 1)高橋、北詰、浦上、橋爪、田端竹、森川：閉塞した中間砂層を含む粘土地盤における間隙水圧伝播および沈下特性、土木学会論文集 C Vol.63, No.2, pp.635-648, 2007.
- 2) Tada R., Murray, R., Alvarez Zarikian, C.A., and the Expedition 346 Scientists, Site U1423, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program Volume 346 expedition reports Asian Monsoon, pp. 62, 2015.
- 3) Tada R., Murray, R., Alvarez Zarikian, C.A., and the Expedition 346 Scientists, Site U1424, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program Volume 346 expedition reports Asian Monsoon, pp. 64, 2015.
- 4) Tada R., Murray, R., Alvarez Zarikian, C.A., and the Expedition 346 Scientists, Site U1427, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program Volume 346 expedition reports Asian Monsoon, pp. 80, 2015.
- 5)渡部、田中、佐々木、野口、宮田：東京国際空港 D 滑走路の事前海底地盤調査結果に関する一考察、港湾空港技術研究所報告, Vol.48, No.2, pp.103-121, 2009.
- 6) Tada R., Murray, R., Alvarez Zarikian, C.A., and the Expedition 346 Scientists, Proceedings of the integrated ocean drilling program volume 346, Methods, pp.27-28, 2015.

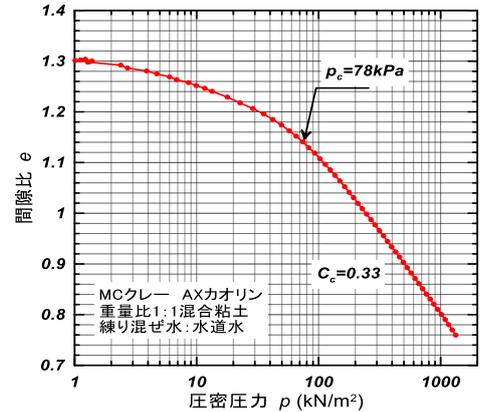


図-3 圧縮曲線

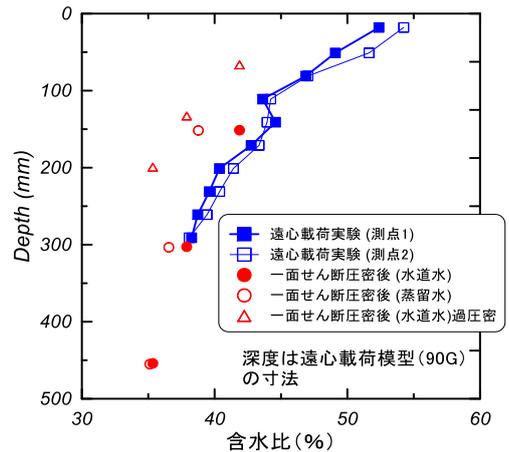


図-4 遠心実験の含水比の深度分布

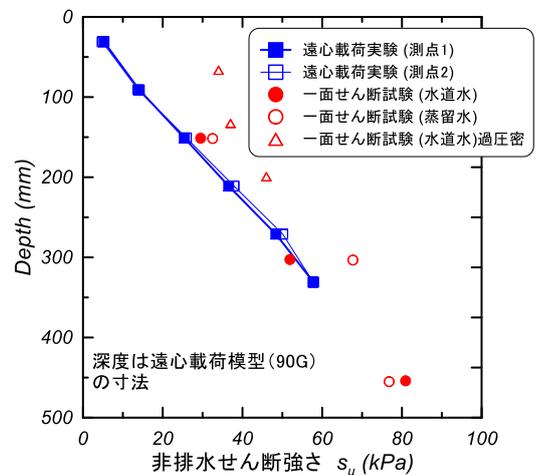


図-5 遠心実験の非排水せん断強さ