

筑波大学

○前田勝弘 天田高白

建設省土木研究所 石川芳治 小山内信智 欧国強

沖縄開発庁沖縄総合事務局

渡部文人

## 1. はじめに

南西諸島では、おもに開発地、農地から国頭マージと呼ばれる赤土が河川、海洋に流出し自然や地域の産業に大きなダメージを与えている。極めて高い粘性を持つ国頭マージは、今日各分野でその受食性について検証<sup>1)</sup>されているが、締固め度などその土質条件に関する研究例はもちろん、地盤を直接的に侵食させその侵食特性を導いた例も少ない<sup>2)</sup>。建設省土木研究所砂防研究室において開発された「地盤侵食抵抗試験機」を用いた欧らによる関東ロームについての報告<sup>3)</sup>があるが、本研究では同様にコーン指数により数量化した地盤の締固め度と侵食速度を中心に国頭マージの侵食特性を解析する一方、コンシステンシーなどの概念を含めて粘性土の侵食について特徴を捉え、併せて試験機を用いた新しい受食性指標の導入を副題とした実験の成果について報告する。なお試験土を採取した沖縄島北部東村は、深刻な赤土砂の被害を受けた代表的な地域である。

## 2. 侵食抵抗試験

試験機は直径30cmの円筒型で内筒と外筒の間(8cm)にあるドーナツ状の円盤の回転によって掃流力を発生させるものである。平均侵食速度E (cm/min)は、ある回転速度N (rpm)での5分間の侵食量により算出した。また地盤の締固め時の含水比は約25%に統一した。ほかに地盤から採取した100cm<sup>3</sup>の試料を完全に飽和させたものの含水比を飽和含水比と名付け、これを侵食面の含水状態とみなし、コンシステンシーとの比較を行った。コーン指数qc(kgf/cm<sup>2</sup>)と乾燥密度ρd(g/cm<sup>3</sup>)の回帰式は、 $\rho d = 1.08 \cdot qc^{0.218}$  (R<sup>2</sup>0.855)であった。粒土分布、コンシステンシーは図1に示す。なお試験土は日本統一分類法では粘土(C' H)と判別された。

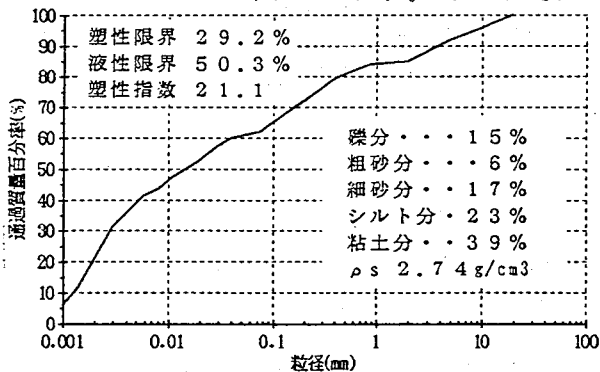
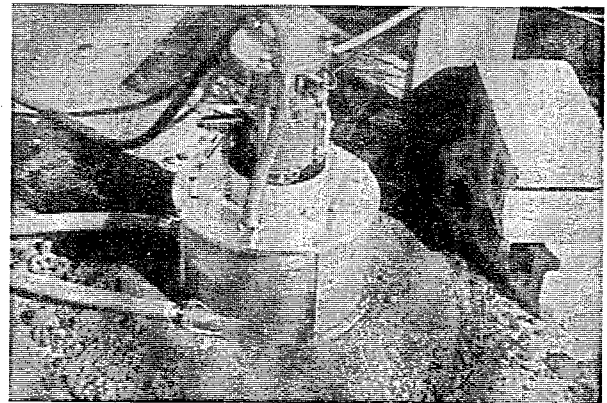


図1 試験土の粒径加積曲線(東村)



写真：試験模様

### (1) コーン指数qcと平均侵食速度E

締固め度による侵食速度の変化を図2に示した。これより試験前のqcがおおよそ4.0 kgf/cm<sup>2</sup>以上の範囲では、侵食速度が直線的に減少するのに対し、qcが0.0~4.0 kgf/cm<sup>2</sup>の範囲では、侵食速度がおおよそ0.8 cm/min前後の値を保持する(頭打ちになる)現象が認められる。この範囲では、地盤は締固め度と関わらない侵食抵抗を失った状態、つまり高受食域となっていると考えられる。

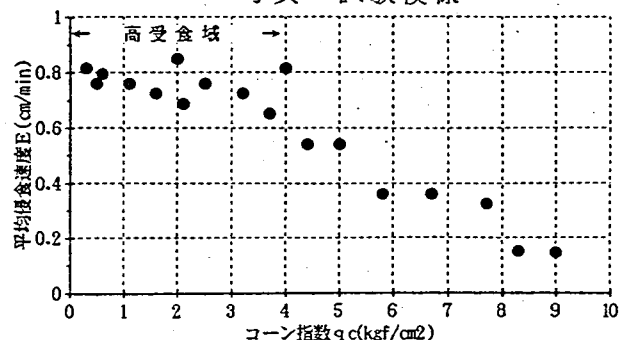


図2のX軸を飽和含水比(%)にした図3では、図2 平均侵食速度とコーン指数(試験前)の関係高受食域が45~50%以上で現れる。この境界に着目すると、試験土の液性限界が、50.3%であることと関連づけられよう。つまり高受食域の形成範囲は、液性限界を越える含水状態(液性

状態)の範囲であると展開できる。飽和含水比と試験後のコーン指数の関係を示した図4も前述と同様、飽和含水比が45~50%の値を過ぎると試験後の $q_c$ は貫入抵抗を示さず地盤が液状化していることが理解できる。

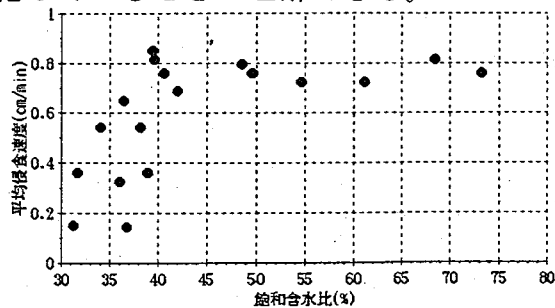


図3 平均侵食速度と飽和含水比の関係

(2) 回転速度Nと平均侵食速度E

図5は(1)と同条件で、固く締固めた地盤と軟らかく締固めた地盤とで、国頭マージの掃流力の増減に対する侵食特性を見いだしたものである。両者に共通して、各々の「限界掃流力」を持つことや、およそ110rpmの回転速度まではほぼ直線的に平均侵食速度は増加することがわかる。固い地盤においては、平均侵食速度が約0.6 cm/minで頭打ちになる

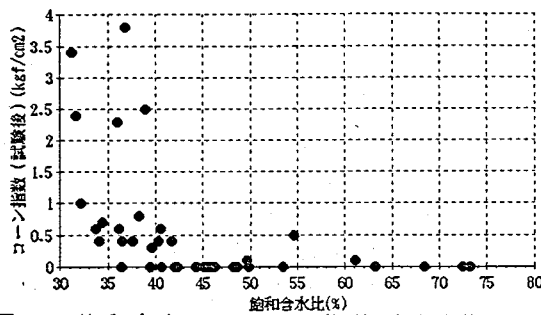


図4 飽和含水比とコーン指数(試験後)の関係

現象が見られる。粘土であることから粘着力で結合される土粒子のせん断に要する時間と剥離間隔時間の大小に起因すると考えられる。軟らかい地盤の場合は、110rpmあたりから侵食速度の伸びが鈍くなる。これは飽和含水比が、およそ46%で地盤が液性状態であると推察できることから、固い場合とは対照的に応力に対してせん断抵抗を示さず、侵食速度が僅かながら増すと考えられる。ここで粘着力をどのように数量化すべきかが問題になるが、現場一面せん断試験器をもって表現すると、固い地盤の粘着力は5.4gf/cm<sup>2</sup>、軟らかい地盤の粘着力は0.55gf/cm<sup>2</sup>という結果を得た。これにより地盤が液性状態になるとせん断応力(掃流力)に対してほとんど粘着力が効いていないことが推測される。

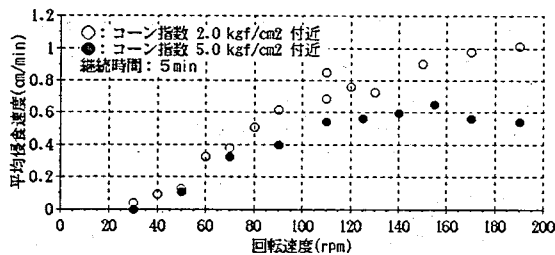


図5 回転速度と平均侵食速度の関係

3. まとめ

粘着性地盤を代表する沖縄の赤土を材料に以上のような結果と考察を得た。今後さらに試験を重ね、水路実験、斜面侵食実験との比較や無次元化などの水理学的な検討を含む解析が必要であろう。しかし今回の実験結果から赤土砂対策に関していくつか言及するならば以下のようなことが言えそうである。

高受食域の範囲では多少の締固めは意味をなさず、多量の赤土砂を流出させる可能性が高いと言えよう。また締固め度を一定値以上に増大させることによって限界掃流力が増すのはもちろんのこと、よく締固めておけば、大きい掃流力でも粘土分の粘着力により土粒子の剥離を抑制できるが、締固めが弱いと粘着力が働かず容易に土粒子が運搬され侵食が進行することがわかる。そのような現象はコンシステンシーとの因果、特に液性限界を境にしての侵食機構の差違によることが認められた。一時的な発生源である裸地からの生産量を少しでも軽減するために、十分に締固める施工管理の徹底が必須であることも付け加えられよう。

参考文献

- 1) 例えば、翁長謙良：沖縄島北部における土壌侵食の実証的研究、琉球大学学術報告第33号別刷、1986
- 2) 沢井健二、芦田和男：粘性土の受食性試験法に関する研究、第16回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集、1979、pp.213~214
- 3) 欧国強、石川芳治、前田昭浩、草野慎一：地盤侵食抵抗に関する基礎的試験、平成5年度砂防学会研究発表会概要集、pp.197~198、1993