

粘着性土の浸食速度に及ぼす粘土含有率の影響

早稲田大学理工学術院 正会員 関根 正人
早稲田大学大学院 学生会員 ○白川 剛

1. はじめに

著者らは、粘土と水ならびに砂を所定の比率で混合した材料を「粘着性土」と定義し、その浸食機構を力学的に理解するとともに、その浸食速度を予測する式の誘導を目指した一連の実験的検討を行ってきた。著者ら¹⁾のこれまでの研究を通じて、(1) 粘土含有率が30%以上の供試体に関しては浸食速度が粘土含有率によらず概ね一定となること、(2) ±25%程度の誤差は含まれるものの、誘導された後掲の予測式によって浸食速度が精度よく予測可能であること、などが明らかになっている。しかし、実地形を調べると、30%より小さな比率しか粘土が含有されていない例が少なからず見られる。そこで、本研究では、粘土含有率のさらに小さな供試体を対象とした一連の実験を行い、粘土含有率が供試体の浸食速度に及ぼす影響を定量的に捉えることを目的とする。

2. 実験概要

実験では、あらかじめ所定の比率になるように用意した粘土(TAカオリン)、砂ならびに水を均質になるように練り混ぜたものを供試体とする。供試体の作成に当たっては、まず最初に水と粘土を混合し、十分になじませた後で砂を加え、再度均質となるように再び混ぜ合わせた。また、内部に空気が入り込まないように留意した。さらに、予備実験として1週間程度にわたる予備実験を行い、供試体の圧密がどのように進行するかを確認した。その結果、作成した供試体を水深10cmの下で3日程度静置すると十分な圧密状態になることがわかった。以上を踏まえて、本研究では、3日静置後の供試体を用いて浸食試験を行うことにし、通水前後に供試体の含水比(水含有率)、水温などをあわせて計測することにした。なお、ここで対象とする粘土含有率30%以下の供試体については、これを従来の方法で均質に作成することが難しいことはすでに報告されており、それゆえにここでは新たな供試体作成方法を考案することになった。

3. 浸食速度に関する考察

まず最初に、図-1には浸食実験後の供試体表面の様子を撮影した写真を示した。粘土が白色、珪砂が茶色をしているため、その混合の状態はその色合いからも判断できるが、粘土含有率が小さいほど珪砂の存在が顕著になることが見てとれる。

図-2には、実験により得られた粘着性土の浸食速度の実測値と次式により計算された予測式との関係を示している。実測は供試体表面の高さをレーザ式変位センサを使って行われ、実験後に面的な平均浸食深を求めた。また、通水開始から10分間の平均浸食深をこの時間で除すことによって供試体の浸食速度を評価した。なお、浸食深の時間変化についてもあわせて調べており、10分間にわたってほぼ一定の浸食深となることを確認している。浸食速度の予測式は、これまでの研究から、水含有率 R_{wc} 、摩擦速度 u^* ならびに水温 T の関数として以下のように定式化されている¹⁾。

$$E_s = \alpha \cdot R_{wc}^{2.5} \cdot u_*^3 \quad (1)$$

式中の係数 α は、水温の関数であり、詳細は別論文¹⁾を参照されたい。図-2には本研究で対象とした条件以外のデータも併記されており、概ね同じ傾向にあることが見てとれる。この図より、粘土含有率が30%以下の供試体の場合の浸食速度も、それ以上のものと比べて大きく傾向を異にすることはなく、また、式(1)によってこれまでと同程度に精度よく予測することが可能であること理解された。

なお、一連の実験を通じて、粘土含有率100%(すなわち粘土のみによる供試体)の場合に限って、浸食に

キーワード： 粘着性土、粘土含有率、浸食速度

連絡先： 〒169-8555 東京都新宿区大久保4-3-1, TEL 03-5286-3401, FAX 03-5272-2915

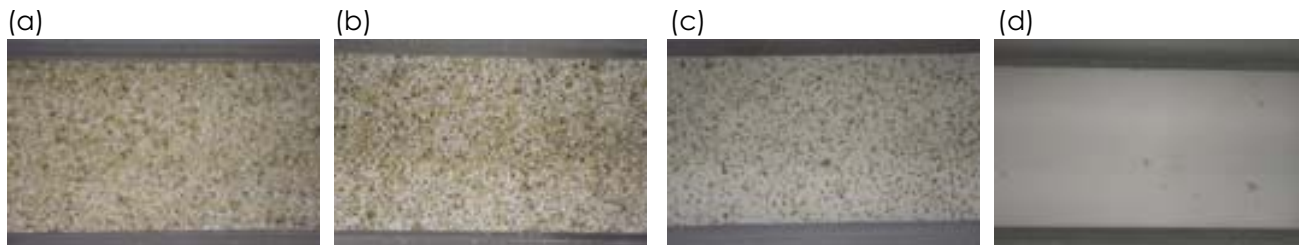


図-2 浸食実験後の供試体表面の様子 : (a) $R_{cc} = 0.15$, (b) $R_{cc} = 0.3$, (c) $R_{cc} = 0.5$, (d) $R_{cc} = 1.0$

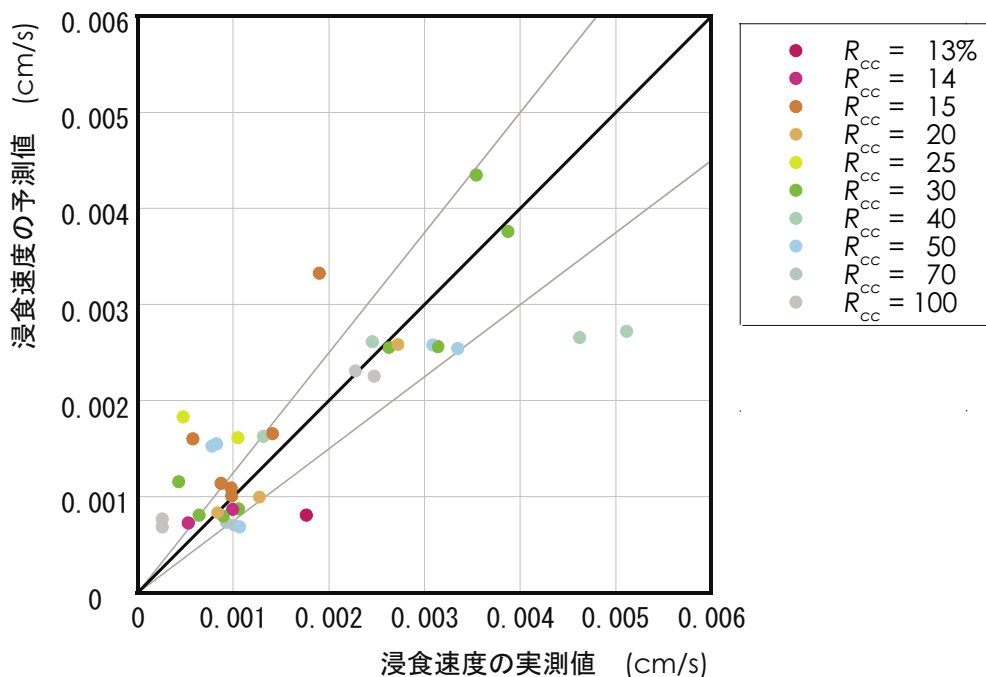


図-1 浸食速度の実測値と予測値の比較

伴い供試体表面に波が形成されることがあることがわかっている。

4. 結論

本研究では、粘土含有率が 30% 以下の粘着性土を対象にして浸食実験を行った。その結果、粘土含有率が 13% 以上である限り、粘着性土の浸食速度が粘土含有率の影響を受けることはないと判断され、著者らがこれまでに提案してきた浸食速度予測式がそのまま適用できることが確認された。一方、粘土含有率が 13% 未満の供試体に関しては、その浸食特性を把握するための十分なデータが得られておらず、未解明のまま残されている。これは、本研究で新たに採用した方法によっても供試体を均質に作成することが難しいためである。粘土を含有しない砂だけの場合の浸食速度は、たとえば中川・辻本の pick-up rate 予測式などからその値を求めることができるが、ここで用いた珪砂に対する浸食速度は図-1 のものと比べて 1 オーダーも大きな値となる。このことは、粘土含有率 0% ~ 13% の間で浸食速度が急変することを意味している。今後はさらに検討を加え、こうしたメカニズムの解明に挑んでいくつもりである。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 C (研究代表者：関根正人, No.21560546) の助成を受けて行われたものである。また、実験の実施ならびに結果の整理に当たり、鈴木孝昌君、福島遼太郎君、寺岡佑樹君 (当時、早稲田大学創造理工学部学生) の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) 西森研一郎, 関根正人：粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究, 土木学会論文集 B, Vol.65, No.2, 127-140, 2009.
- 2) たとえば, 関根正人：「移動床流れの水理学」, 共立出版