

細粒分流出に伴う砂質土の保水性の変化に関する検討

内部侵食, 保水性, 粒度

横浜国立大学大学院 学生会員 ○劉 長建
横浜国立大学大学院 正会員 崔 瑛

1. はじめに

内部侵食による土骨格からの細粒分の流出は、間隙比及び粒度分布の変化をもたらす。著者らは道路盛土の点検資料から粒度分布を分析し、その多くで内部侵食の可能性があることが分かった。盛土の長期的な安定性を評価するためには、内部侵食に伴う強度や保水性の変化を反映する必要があるが、内部侵食に伴う保水性の変化に関する検討はまだ不十分である。本報では、内部侵食に伴う粒度変化が土の保水性に及ぼす影響について説明する。

2. 試験の概要

本研究では、高速道路盛土の点検資料から Kenney¹⁾のフィルター安定指標により、内部侵食の可能性が高い箇所を選出し、粒度分布が同じになるように粒径が異なる珪砂を混合した(原粒度)。さらに同指標より、同土試料は粒径 0.075 mm 以下の細粒分が 60% 流出する可能性があるかと判断し、原粒度から 0.075 mm 以下の粒子が 20, 40, 60% 流出した場合を想定し、保水性試験を実施した。内部侵食では粒度と間隙の変化が同時に発生するが、ここでは粒度の影響のみに着目し、すべてのケースにおいて同じ間隙比を設定した。具体的には、原粒度材料の相対密度 90% に相当する密度(1.829 g/cm³)になるように、供試体を作成した。図-1 に、流出前後の粒度加積曲線を示す。

供試体は乾燥試料を 10 層に分け、容器内で所定の密度になるように一層ずつ締め固めて作製した。容器の寸法は、直径 50 mm, 高さ 50 mm である。供試体作製後は、容器ごと水槽を設置した減圧デシゲーターに入れ、徐々に減圧させながら飽和させた。飽和過程において水は水槽と供試体の水頭差によって、供試体下部からチューブを通して徐々に供試体内に侵入する。飽和後水頭法(≤13.7 kPa)と加圧法(>13.7 kPa)で段階的に加圧し、最小含水量に到達したと判断した時点で、給水過程に切り替えた。水の流入量は電子天秤(精度 0.001 g)により計測し、2 分ごとにデータを収集した。各ステップにおいては、はかりが変化しなくなった時点で水分平衡に達したと判断し、次のステップに進んだ。試験終了後供試体の含水比を計測し、水分量の変動から各ステップにおける飽和度を逆算した。

3. 試験結果及び内部侵食による影響

図-2 に、各土試料の保水性試験より得られた水分特性曲線(SWCC)を示す。図より、いずれのケースにおいても初期飽和度が 90% で、上述の飽和方法により初期飽和を高めることができた判断できる。図-3 に、細粒分の流出度合(細粒分流出率)が SWCC 特徴を表す各指標に及ぼす影響を比較する。

(1) 空気侵入値(AEV)と最小(限界)飽和度

図-3(a)に示す SWCC より、いずれのケースにおいても、明確な空気侵入値(以下 AEV)が見られた。細粒分流出率が 40% より小さい場合、AEV は細粒分の流出が多いほど、減少する傾向が見られた。間隙比が一定の場合、細粒

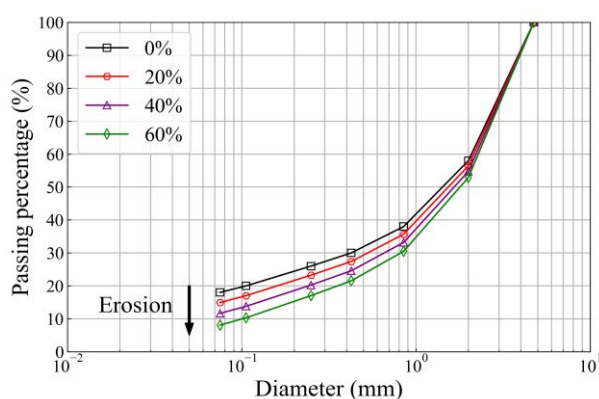


図-1 粒径加積曲線

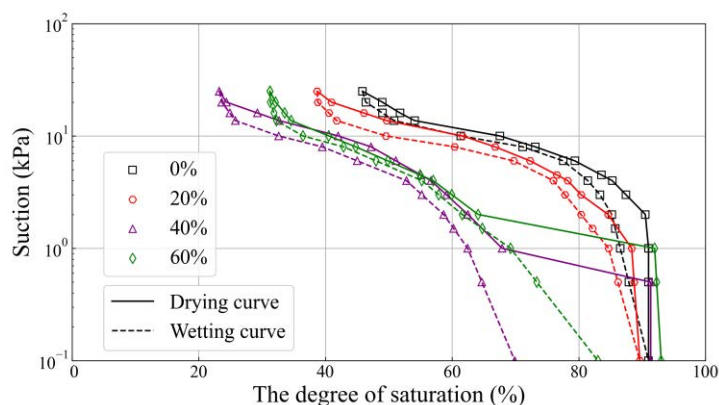


図-2 細粒分の流出が SWCC に及ぼす影響

Investigation of the impact of the erosion of fine particles on the water retention characteristics of sandy soil

Changjian, Liu & Ying, Cui Yokohama National University

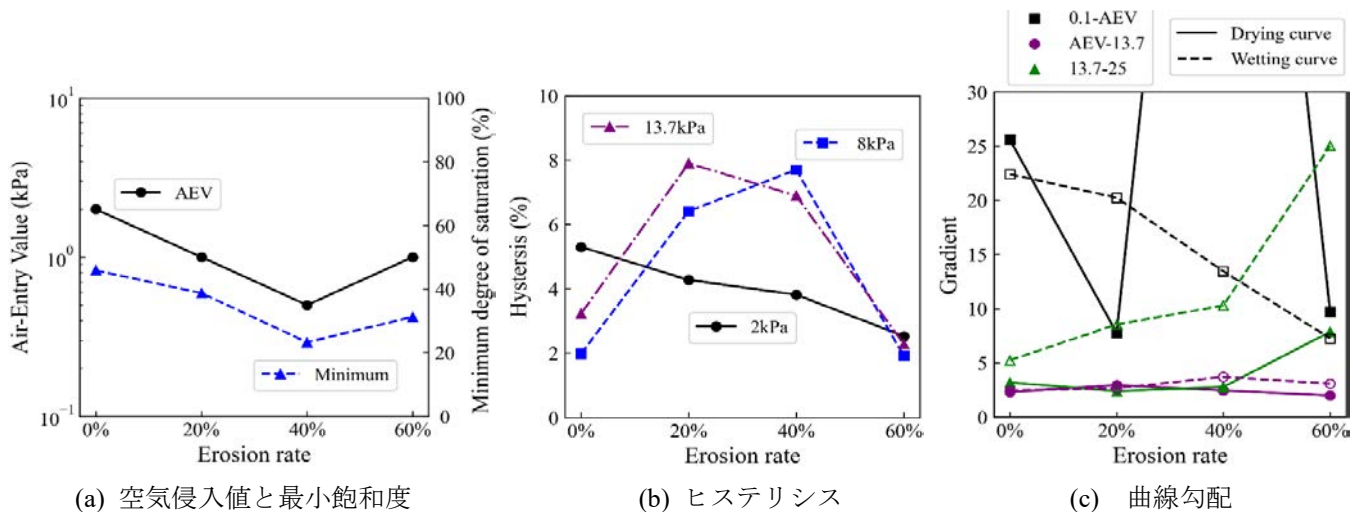


図-3 細粒分流出率が SWCC に及ぼす影響

分の含有率が減ること、粒子数が減少により間隙径が大きくなり、表面張力が減少する。その結果は空気が侵入しやすくなり、AEV が減少すると考えられる。最小飽和度は AEV とほぼ同じ傾向を示し、流出率 40 %より小さい場合は、細粒分の流出につれて徐々に小さくなるが、それ以降増加し始めた。Bate ら²⁾は、理論上粗粒子が多い土または分級された土には同じサクションにおける飽和度は小さくなる傾向があると指摘しており、上述の傾向と一致している。一方、細粒分流出率が 60% の場合は、40% より AEV と最小飽和度が大きくなる結果が見られたが、その理由については今後検討する予定である。

(2) ヒステリシス

SWCC は、ヒステリシスによって排水と給水過程において異なる曲線を示し、そのヒステリシスは細粒分の流出によって変化すると考えられる。本研究では、同じサクションにおける排水と給水過程における飽和度の差を用いてヒステリシスを評価した。図-3(b)に、AEV に近い 2 kPa, SWCC 曲線部にある 8 kPa, ほぼ最小飽和度に到達する 13.7 kPa における給排水の違いを示す。2 kPa の場合、細粒分の減少につれヒステリシスは小さくなるが、8, 13.7 kPa の場合、最大ヒステリシスはそれぞれ流出 20%, 流出 40% に出現する。

(3) SWCC の形状

SWCC の形状評価においては、AEV と最小飽和度のほか、曲線部の勾配も重要なパラメーターとなる。AEV と 13.7 kPa を境として、0.1~AEV 及び 13.7~25 kPa では飽和度がほとんど変化しないが、その間では指数関数的な関係が示された。そこで、各領域の勾配(= $|\Delta\theta/\Delta\log s|$)の逆数を図-3(c)にプロットした。排水過程における 0.1~AEV 間の勾配は、比較のため 1/10 の値を示している。排水曲線では、低サクションの時、内部侵食との関係は見られない。高サクションにわたって、内部侵食にもかかわらず、大きな差は見られていない。一方、吸水曲線では内部侵食の進行に伴い、低中高サクションにおける勾配の変化は小さくなり、一定、大きくなりという結果を得た。すなわち、内部侵食は排水曲線より、吸水曲線に影響を与えたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、内部侵食に伴う保水性の変化を系統的に示すため、間隙比を一定にし、粒度分布の変化させた地盤材料を混合し、保水性試験を実施した。その結果、内部侵食が砂質土の保水性への影響を検討した。AEV と最小飽和度は流出 40% まで減少し、それ以降は増加した。また、実験により内部侵食はヒステリシスや排水曲線への影響は大きくないが、吸水曲線への影響は顕著であることが分かった。今後は、さらに様々な粒度を有する砂質土に対して、内部侵食による保水性の変化を系統的に調べる予定である。

参考文献 : 1) Kenney, T.C. and Lau, D.: Internal Stability of Granular Filters. Canadian Geotechnical Journal, 22, 215-225, 1985. 2) B. Bate, S. Nie, Z. Chen, F. Zhang, Y. Chen : Construction of soil-water characteristic curve of granular materials with toroidal model and artificially generated packings, Acta Geotechnica, Vol. 16, pp.1949-1960, 2021.