

細粒分を含む砂質土の土粒子流出特性に与える流出口径の影響に関する実験的研究

東北大学 学 ○栗原強 正 河井正 フ 風間基樹 正 金鍾官

1.はじめに

近年、老朽化した管渠の破損部からの土粒子流出に起因する道路陥没が頻発している。しかし、地盤物性が複雑に作用するため、いまだに未解明な部分が多い。本研究では、細粒分を含む締め固めた砂質土地盤内に管渠破損部に模擬した流出口を設け、異なる細粒分含有率や塑性指数での流出抵抗に与える流出口径の影響に着目して実験を行った。

2.小型アクリル円筒を用いた土粒子流出実験

2.1 実験概要

実験装置の概略図を図1に示す。装置は、内径195mm、深さ203mmの小型アクリル円筒であり、装置内に高さ80mmになるように模型地盤を作製した。この模型地盤に水圧を付加し、底面に設置した穴の開いたアルミ板から土粒子を流出させた。水圧は、上流の貯水タンクに空気圧レギュレータを介して圧力を付加し、段階的に陥没が発生するまで増加させた。本実験では、アルミ板の穴の直径を3mm、6mm、12mmの3種類とした。また、陥没の発生は、地盤表面に薄く色砂を敷き、それが流出することで判断した。流出した土粒子は、水で満たされた円筒形の土粒子トラップに堆積させ、その質量の時間変化を電子天秤を用いて計測した。さらに、土粒子トラップから排水された水の質量を、もうひとつの電子天秤を用いて計測し、単位時間あたりの流量を算出した。これらの計測結果は1秒間隔で記録した。

2.2 実験に用いた試料

地盤材料には、粗粒分試料と細粒分試料を混ぜた混合土を用いた。試料の粒度分布を図2に示す。粗粒分には、飯豊珪砂5号 ($\rho_s=2.63 \text{ g/cm}^3$)を用いた。細粒分には、塑性指数 $I_p=45.2$ の木節粘土 ($\rho_s=2.59 \text{ g/cm}^3$)、塑性指数 I_p が0 (非塑性=NP)のDL Clay ($\rho_s=2.67 \text{ g/cm}^3$)を用いた。また、塑性指数と限界水圧の関係を検討するため、細粒分試料2種類を混合させた試料を用いた。ここで、限界水圧とは、模型地盤に陥没が生じた時の地盤表面に作用していた水圧のことであると定義する。限界水圧が高いほど、流出に抵抗できる地盤であることを意味する。

2.3 実験ケース

実験ケースを表-1に示す。全てのケースにおいて地盤は飽和地盤とし、締め固め時の含水比は最適含水

比より3%加水した値を用いた。地盤の締め固めは、 $2\text{cm} \times 4$ 層で湿潤締め固めを行った。また、水圧を50kPa作用させても色砂が流出しなかった場合は、流出に対して安定な地盤と判断した。

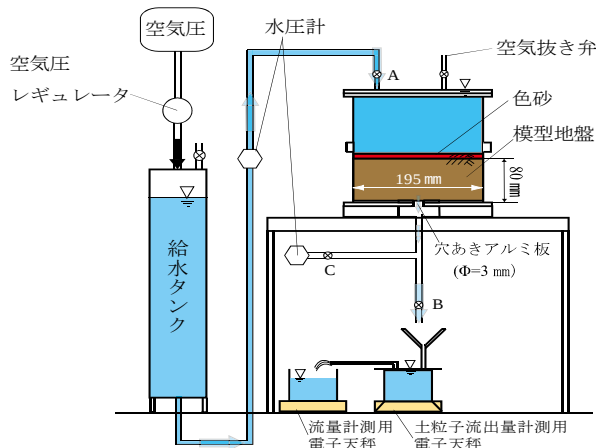


図1 土粒子流出実験装置概略図

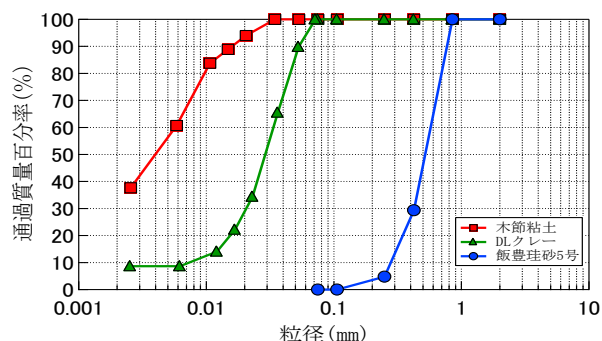


図2 実験に用いた試料の粒径加積曲線

3.実験結果および考察

3.1 細粒分含有率と限界水圧の関係

図3に各口径における細粒分含有率 F_c を変化させた場合の限界水圧 P_{cr} を示す。既往の研究¹⁾で口径が3mmの結果が存在するため、そのデータも記載し、比較を行う。図より、同じ細粒分含有率では、口径が小さいほど限界水圧が高くなっている。 $F_c=20\%$ の場合は、どの口径でも50kPaまで浸食せず、安定した地盤であると判断された。特に、12mmでは、 $F_c=15\%$ の場合は限界水圧が10kPa以下であったのに対して、 $F_c=20\%$ では急激に限界水圧が増加していることがわかる。これより、ある一定以上の細粒分含有率となると、間隙が細粒分で満たされ、流出に対して強い構

Key Words : 土粒子流出 細粒分含有率 塑性指数

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学 人間・環境系教育研究棟 地盤工学研究室

表1 実験ケース

ケース番号	細粒分試料	口径(mm)	細粒分の I_p	間隙比	$\rho_{dmax}(g/cm^3)$	$w_{opt}(\%)$	$F_c(\%)$
Case1	木節粘土	6	45.2	0.42	1.96	9.8	13
Case2	木節粘土	6	45.2	0.42	1.98	9.5	15
Case3	木節粘土	12	45.2	0.42	1.98	9.5	15
Case4	木節粘土	6	45.2	0.42	2.00	10.1	20
Case5	木節粘土	12	45.2	0.42	2.00	10.1	20
Case6	木節：DL=1:2 混合	6	14.0	0.42	2.07	8.5	20
Case7	木節：DL=1:2 混合	12	14.0	0.42	2.07	8.5	20
Case8	木節：DL=2:1 混合	6	25.1	0.42	2.05	8.4	20
Case9	木節：DL=2:1 混合	12	25.1	0.42	2.05	8.4	20
Case10	木節：DL=1:2 混合	3	14.0	0.60	2.07	8.5	20
Case11	木節：DL=2:1 混合	3	25.1	0.60	2.05	8.4	20

造が形成されると考えられる。

3.2 細粒分の塑性指数と限界水圧の関係

図4に各口径における細粒分の塑性指数 I_p を変化した場合の限界水圧を示す。口径6mmと12mmでは、ばらつきが見られたため複数回実験を行った。いずれの口径においても、塑性指数が大きいほど、限界水圧も高くなっている。 $I_p=25.1$ の場合は、口径による限界水圧の差は小さいが、 $I_p=14.0$ の場合は口径3mmと6mm、12mmの差が大きい。これは、塑性指数が小さい場合は、口径に対して流出に抵抗するほどの粘着力が大きくなかったためであると考えられる。

3.2 間隙比と限界水圧の関係

図5に異なる間隙比で作製した模型地盤における限界水圧を示す。木節：DL=1:2 混合では、間隙比が大きくなると限界水圧が下がっていたのに対し、木節：DL=2:1 混合では、間隙比が大きくなっても安定であった。本実験での間隙比の差は、締固め度で10%の差であり、この程度の差であれば、塑性指数が高い場合、粘着力により流出に抵抗できる可能性がある。

4. 結論

- (1) 本研究で対象とした口径では、いずれの場合も細粒分含有率を増加させると、限界水圧も大きくなった。
- (2) 塑性指数 $I_p=14.0$ 以下の場合、口径が6mm以上であると、ほとんど流出に抵抗できなかった。
- (3) 締固め度の差が10%程度である場合、塑性指数が大きければ、限界水圧への間隙比の影響度は小さいと推測された。

参考文献

- 1) 高木聖人，河井正，金鍾官，風間基樹：細粒分を含む締固めた砂質土の土粒子流出特性に関する実験的研究，第52回地盤工学研究発表会，pp1441-1442，2017

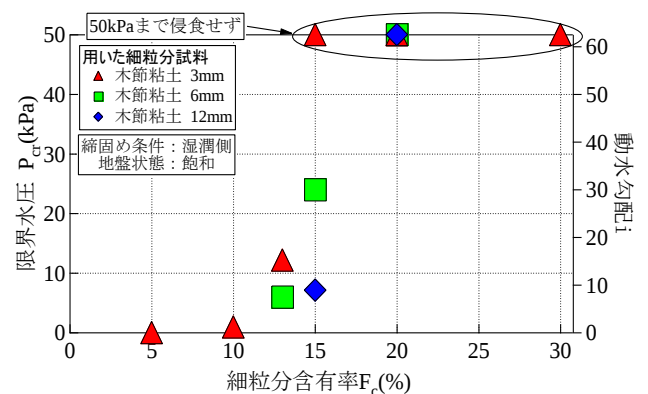


図3 限界水圧と細粒分含有率の関係

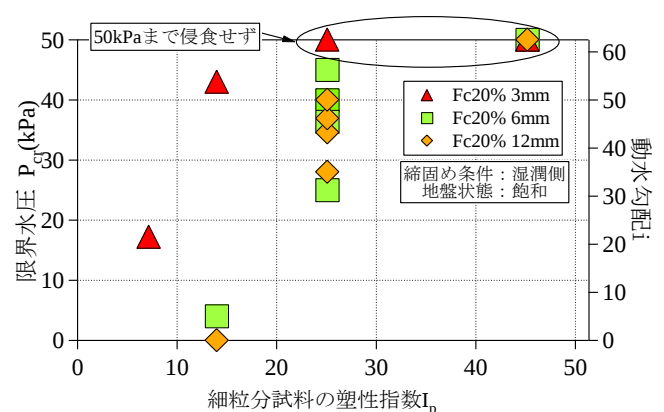


図4 限界水圧と塑性指数の関係

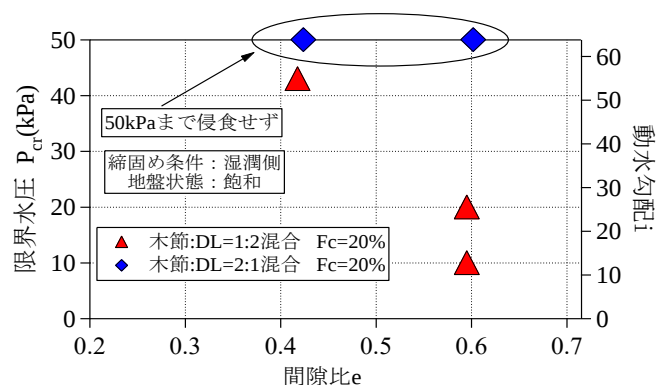


図5 限界水圧と間隙比の関係