

砕石堅排水工の排水効果に関する模型実験

高速道路総合技術研究所 正会員 ○安部 哲生 正会員 藤岡 一頼
川崎地質 正会員 塚本 将康 濱田 泰治

1. はじめに

近年、豪雨や地震の影響を受け高速道路盛土が崩落するといった災害が多々発生している。これら崩落災害が発生した箇所の崩落土(盛土材)を観察してみると、含水がかなり高いという共通点が浮かび上がってきた。これを受け、既設盛土内に浸入してくる雨水や地下水等の浸入水を速やかに盛土外に排出させるべく、既設盛土のり面に対しスリット状の溝を掘り、その溝の中に砕石を投入して排水層として機能させる工法(以下「砕石堅排水工¹⁾」という)の検討を行っている。今回、土槽模型実験を行った結果、この排水層(以下「砕石スリット」という)の排水機能は既設盛土の盛土材の保水性にかなり依存することが分かってきた。

2. 土槽模型実験

砕石堅排水工の砕石スリット周囲の含水の変化について明らかにすることを目的に土槽模型実験(以下「実験」という)を行った。実験では、高さ1m、幅1m、奥行1mの立方体形状の土槽を3基使用した。そのうち2基の土槽内は、図1に示すように、砕石スリットを施した既設盛土の一部を切出したイメージを再現するため、砕石と試料土との配置関係が図2の模型ⅠおよびⅡのようになるよう模型作製を行った。実験に使用した試料土は、表1に示す「鉾田砂」と呼ばれる細粒分混じり砂(S-F)を使用し、砕石スリット部に該当する部位には砕石(40-0)(以下、「砕石」という)を使用した。模型作製にあたっては、1層10cm毎に丁寧に締固めを行い、模型が一定の締固め度(「突固めによる土の締固め試験方法(JIS A 1210)」の突固め方法の呼び名 B により求めた最大乾燥密度(ρ_{dmax})に対し密度比(D_c)が $D_c=95\%$

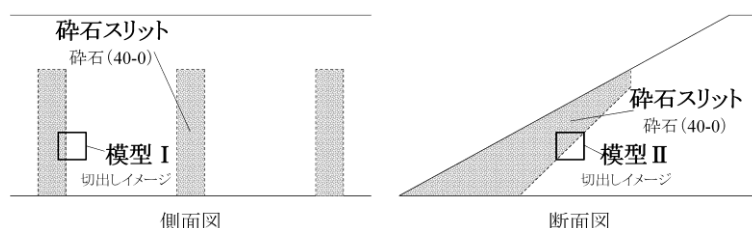


図1 実験に使用した模型の切出しイメージ

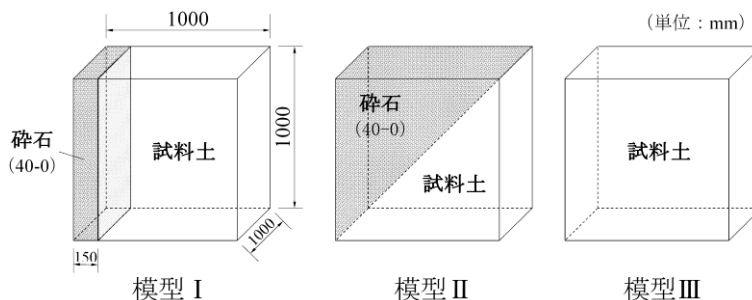


図2 実験に使用した模型の概念図

表1 試料土(鉾田砂)の物理特性

自然含水比 w_n	13.7 %	礫分 2mm以上	0.1 %	均等係数 U_c	3.6
土粒子の密度 ρ_d	2.678 g/cm ³	砂分 2mm~75 μ m	90.0 %	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	1.710 g/cm ³
最大粒径	4.75 mm	細粒分含有率 F_c	9.9 %	最適含水比 w_{opt}	15.6 %

程度)となるようにした。模型作製後、模型上部から散水を行い飽和度を上げていき、飽和度がほぼ一定となった時点で散水を止め、その後の試料土中の含水の変化を計測した。試料土中の含水の変化の計測は、誘電率から土壌水分を測定する誘電式土壌水分センサー(デカゴン社製 EC-5)によりキャリブレーションをした上で行った。

3. 実験結果

実験結果の整理にあたっては、砕石スリットの有無に関わらず、重力や乾燥により自然と試料土中の含水が低下していく分を差し引く必要があった。そのため、図3に示すように、模型ⅠおよびⅡの実験結果と模型Ⅲの実験結果とを比較し、その差分をとって評価した。その結果を図4および図5に示す。これら図から、散水して試料土中に水分をいくら加えたとしても、ある一定の含水比(w)以上(鉾田砂では $w=21\%$ 程度以上)

キーワード 盛土, 模型実験, 砕石堅排水工, 浸入水, 透水性, 保水性

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1694

にはなりにくく、完全飽和（鉾田砂では飽和度（ S_r ）は $S_r=90\%$ 程度がほぼ上限値）には容易に至らないことが分かった。また、散水を止め水の供給を断ったとしても、試料土中の水分は排水層である碎石部位を通じていくらかでも排水されるわけではなく、ある一定の含水比（ w ）以下（鉾田砂では $w=11\%$ 程度以下）には下がりにくいことが分かった。碎石の飽和透水係数（ k ）（以下、「透水係数」という）は鉾田砂と比べ 1 オーダー大きい（碎石（40-0）： $k=5.30 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ （ $\rho_d=2.0 \text{ g/cm}^3$ ），鉾田砂： $k=1.57 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ （ $\rho_d=1.6 \text{ g/cm}^3 < D_c=95\% >$ ）ことから、碎石部位無しの場合と比べ、試料土中の含水の速やかな低下を期待したが、碎石部位端部から 30cm 程度の非常に狭い範囲内で 2% 程度以下の含水低下促進効果しか確認されなかった。

4. 碎石スリットの排水効果

図 6 に、試料土（鉾田砂）の保水性試験（「JGS 0151 土の保水性試験方法」による）の結果を示す。実験の結果を踏まえると、自然状態で乾燥し得る含水比は、水分特性曲線の中央部の変曲点に相当するあたりまでで、それ以上含水比を下げようとするならば、さらにポテンシャルを上げていく必要があり自然乾燥では対応できないものと思われる。このことは、碎石スリットの排水効果は、碎石スリットと盛土材との透水性（飽和条件下）の差異よりも盛土材そのものの保水性にかなり依存することを示唆しているものと考えられる。

5. まとめ

今回の実験結果から、既設盛土への浸入水排除対策の実施にあたっては、盛土材そのものの保水性を十分考慮しておく必要があると考える。すなわち、盛土材の保水力が高く容易に碎石スリットによる浸入水の排水効果があまり期待出来ない場合は浸入水排除対策に加え、盛土そのものを補強する対策（盛土補強土工法）が必要となる場合があると考えられる。碎石堅排水工については、現在、本検討の他に地震時の対策効果の検討など²⁾³⁾も合わせて行っており、対策効果の定量的な評価を進めているところである。

参考文献

- 1) 安部・長尾・藤岡・中村：盛土内浸入水排除工－碎石堅排水工－，地盤工学会誌，Vol.61，No.8，pp30～31，2013。
- 2) 濱田・藤岡・安部・新井・三嶋・塚本：碎石堅排水工の対策効果について－その 1：盛土模型実験－，第 50 回地盤工学研究発表会講演集（投稿中）。
- 3) 安部・新井・藤岡・塚本・濱田・三嶋：碎石堅排水工の対策効果について－その 2：遠心力模型実験－，第 50 回地盤工学研究発表会講演集（投稿中）。

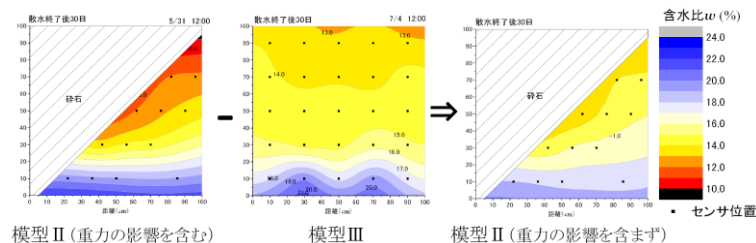


図 3 実験結果の整理方法（模型 II の例）

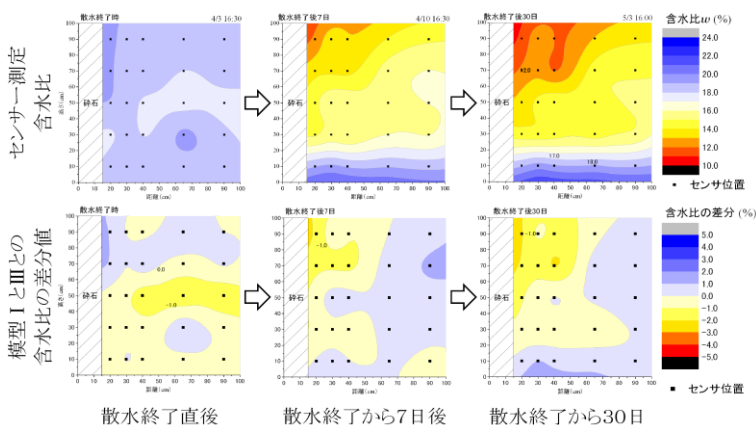


図 4 実験結果（模型 I）

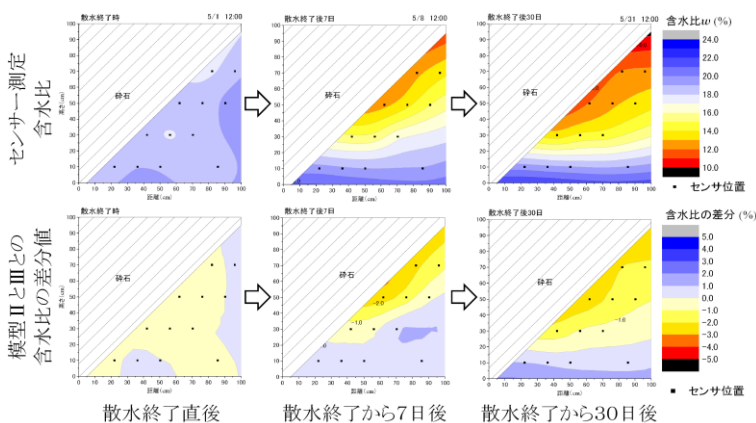


図 5 実験結果（模型 II）

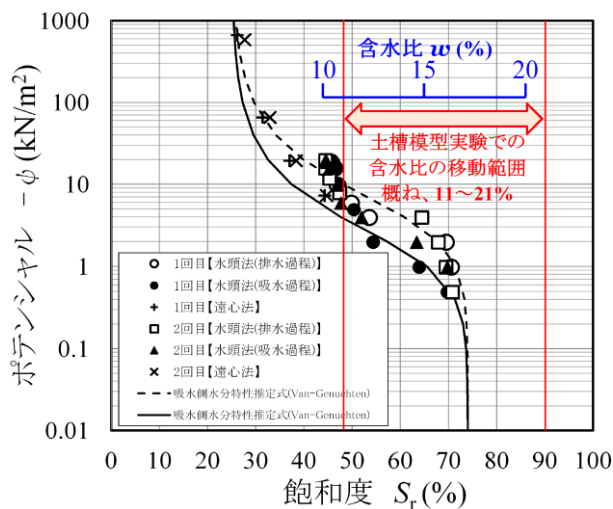


図 6 試料土（鉾田砂）の保水性試験結果