

Ⅲ-A306

土留壁用排水材の模型浸透実験による排水効果の確認

(財)鉄道総合技術研究所
日本鉄道建設公団

正会員○佐溝昌彦
正会員 青木一二三 正会員 米澤豊司
正会員 北川修三 正会員 丸山 修

1. はじめに

切土のり面で用いられる土留壁構造は、良質な裏込め栗石材及び施工専門技術者の不足している状況に伴い、新たな排水材として透水マットが使用されるようになってきている。ここでは、従来の栗石と透水マットの排水性能を定性的に把握することを目的とした模型実験を行い、排水効果を確認したので報告する。

2. 実験概要

実験は、鋼製土槽内の模型地盤に実物の排水材を敷設し、模型地盤背面から一定の水位で水を供給しつづけ、排水孔からの流出量を測定するとともに、模型地盤内の水位分布を測定する。

実験土槽は、幅 1.5m、高さ 1.0m、奥行き 1.0m（水槽を含むと 1.23m）の鋼製で、底面には計 20 個（4×5 列）の圧力測定孔を設けてある。また、水槽と背面土の間はアルミ製の網(150#)で仕切られている（図 1 参照）。

模型に用いた材料の諸特性を表 1 に示す。地盤は稲城砂を用いて所定の密度となるように数層に分けて重錘でつき固めながら構築した。栗石は、碎石 3 号（径 100～150mm）に目潰しとして粒調碎石 6 号（径 5～13mm）を用いた。透水マットはエンドレンマット EM-50CE（厚さ 5cm、幅 25cm、給水面は不織布で縫合）を用いた。

排水材として使用した栗石の透水係数が $2 \times 10^0 \text{ cm/s}$ 以上、透水マットの透水係数は $1.2 \times 10^0 \text{ cm/s}$ であり、地盤の透水係数は $7.5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ である。

3. 実験ケース

土留壁背面の地山のある位置から一様に水が供給される条件とし、土留壁背面に排水材を設置した上で土槽下部に設けた排水孔（塩ビパイプφ 70mm）からの流出量を測定する。実験は従来の栗石タイプとして背面全幅に厚さ 30cm の栗石を設けたケース（ケース：栗石）と実際の透水マットが 1.5m 間隔で敷設されていることから、土槽中央に鉛直に設けたケース（ケース：マット I）と鉛直に加えて排水孔の高さに水平にマットを敷設したケース（ケース：マット T）を行った。さらに比較のために、排水材を敷設しないで土槽下部に排水窓（土槽幅、高さ 70mm、ステンレス製網 150#）を設けたケース（ケース：山砂）を行った。なお、背面の水位を実験開始時に一気に 90cm まで上昇させ、地盤内水位と流出量がほぼ一定となった時点で実験を終了させている。各実験ケースの条件と地盤の初期状態を表 2 に、敷設した排水材の形状寸法を図 2 に示す。

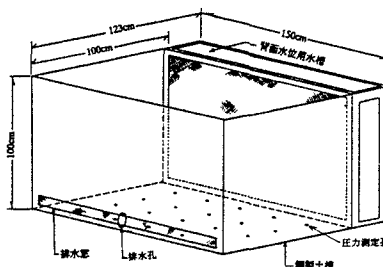


図1 実験土槽の形状

表1 模型材料の諸特性値

材 料 名	地 盤	栗 石	透水マット
	稲城砂	粒調碎石	エンドレンマット
土粒子密度	2.683	碎石3号 150～100mm	型 番 EM-50CE
砂 分	88 %	粒調6号 13～5mm	背面側 不織布
細粒分	12 %	敷設厚さ 30cm	敷設厚さ 5cm
透水係数 (cm/s)	7.5×10^{-3}	2.0×10^0 以上	1.2×10^0

表2 実験条件と模型地盤の初期状態

実 験 ケース名	実験条件				地盤の初期状態		
	排水材	形状寸法	排水方法	背面水位	乾燥密度	間隙比	含水比
マットI	透水マット	I形	パイプ	90cm	1.240	1.164	11.2
栗石	碎石	厚30cm	パイプ	90cm	1.247	1.152	11.0
マットT	透水マット	逆T形	パイプ	90cm	1.256	1.136	8.8
山砂	なし	—	全幅窓	90cm	1.232	1.178	9.2

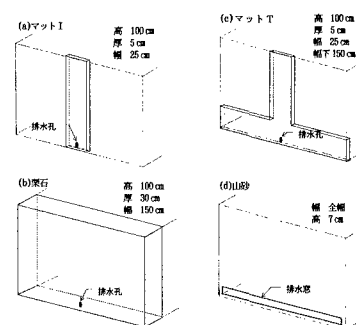


図2 排水材の形状寸法

キーワード：補強土、透水マット、切土、擁壁

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-573-7263 Fax 042-573-7398

4. 実験結果

4.1 地盤内の水位分布の経時変化

図3は地盤内水位の経時変化の一例として、ケース:マットIとケース:山砂における土槽中央断面での地盤内水位である。なお、図中の数字は給水開始からの経過時分である。これによれば、いずれの実験ケースも水位線が水槽側から徐々に排水孔(窓)側に進行していき、90分経過時点までの水位線の進行速度はほぼ一致している。実験開始から120分経過した辺りから水位の変化は小さくなり最終的にはほぼ一定の水位に収れんしていく。

水槽面から85cmの位置での実験開始から240分経過した時点の水位は、山砂:386mmに対してマットI:246mmと0.64倍低くなっている。また、ケース:山砂の水位は最終的には405mm(330分経過時点)に達しており、ケース:マットIの水位との比は0.61倍となり、排水材の効果が出ている(表3参照)。

4.2 地盤内水位の3次元分布

図4は実験終了時の地盤内水位の3次元分布である。この図は土槽内の20カ所の水位データを元に土槽内の水位分布を推定したものである。マットIではマットの敷設してある位置では水位が急激に低下するもののマットから離れるほど水位低下が見られずいわゆるV字型の水面形を示している。栗石およびマットTではいずれも一様(2次元)な水面形を示しており、排水パイプの位置に関係なく土槽内の水位を低下させており、排水材がよく機能していることがわかる。

4.3 ケース別排水量の比較

各実験ケースにおける排水量の経時変化を図5と表3に示す。これによれば、排水量は栗石が最も多く(毎分2,336ml)マットT、マットI、山砂の順であった。山砂の排水量を1とした場合、栗石が3.37倍、マットTが2.02倍、マットIが1.26倍であった。この結果、ケース:山砂を基本とすれば、排水効果が最も大きいのは栗石であり、また排水効果の最も低いのはマットIであった。

5. まとめ

今回の実験結果から、栗石の排水性能と比較すると透水マットの排水性能は、透水マットを所定の間隔で鉛直に配置した場合はマットのない部分の水位を低下させる効果が低い結果となった。ただし、マットを水平にも配置することにより地盤内の水位は均等に低下し、排水量も鉛直配置に比べて1.5倍程度増える結果となった。このことから、透水マットはその敷設方法によっては栗石と同等な排水性能を得ることがわかった。なお、透水マットの配置間隔や最適な敷設形状については今後の検討課題である。

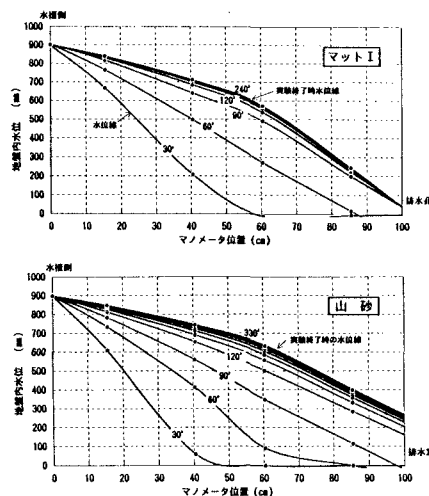


図3 地盤内水位の経時変化の例

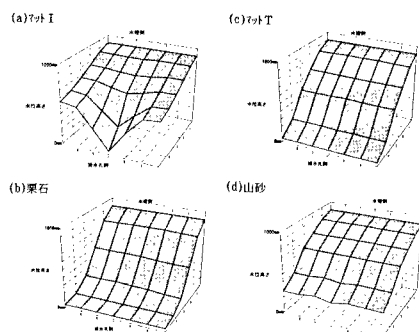


図4 地盤内水位の3次元分布

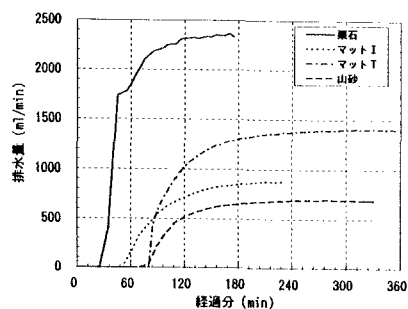


図5 排水量の経時変化

表3 地盤内水位と排水量の比較

実験 ケース	地盤内水位 (mm)	排水量 (ml/min)	地盤内 水位比	排水量比
マットI	246	876	0.61	1.26
栗石	71	2,336	0.18	3.37
マットT	175	1,404	0.43	2.02
山砂	405	694	1.00	1.00

Ⅲ-A 307

礫質土の浸透破壊への粒度の影響

中央大学 正 國生 剛治

学○藤倉 裕介 荒井 隆俊

1. まえがき

浸透破壊の発生、破壊条件は、Terzaghi による限界動水勾配の考え方が一般的に用いられ、均等係数の比較的小さな砂などについてはその破壊、限界時に関する設計法はすでに確立されている。しかし、特に細粒の砂やシルトから粗粒の礫が混在するような礫質地盤についてはその粒度によって、限界動水勾配理論値よりもはるかに大きな実験値が得られたり^{1),2)}、あるいはその1/3から1/5の大ききで細粒分がパイピングするといったケース^{3),4)}もあり、非常に複雑な現象を生じている。そこで、礫質土の上昇浸透流による破壊挙動やメカニズムを明らかにする目的で、定水位透水試験を行っている。本報告では今までに得られた礫質土の限界動水勾配の実験値をもとにその粒度分布の影響に関して考察する。

2. 試験方法と試験試料

実験装置の概略は図1に示すようなものである。試料を入れる円筒は透明アクリル樹脂製のもので、内径200mm、長さ400mmである。円筒には、透水試験時の水頭差 h を測定するためのピエゾメータが5本付いている。通水管上部の給水部と透水円筒上部の越流部は二重構造とし、試験中は水をオーバーフローさせて水位を一定に保つようにした。フィルター部は、多数の穴の開いたアクリル板と金網、ろ紙を用いた。図1のように設置した装置において給水部を50mmごとに上方に上げ、水位を変化させて透水試験を行った。測定は段階ごとに約20～30分間隔で行い、同時に供試体内の変化の様子を観察した。動水勾配 ($i = h/L$) は図1のようにそれぞれのピエゾメータの読みと越流部自由表面高さとの差を h 、供試体上面からそれぞれのピエゾメータまでの距離を L としてそれぞれ求め、平均化したものを採用した。試験に用いた試料の粒度分布を図2に示した。どの試料も最大粒径を26.5mmと一定にしている。主に利根川砂礫を用いて試料Aを人工調整して作製し、それをもとに、細粒分を加えた試料B、砂分含有率を小さくした試料Cを作製した。また、ポートアイランドまさ土³⁾に関しても参考として示してある。各試料の物理特性をは表1に示した。供試体の作製は、最大密度、最小密度試験を行った試料に関してはその結果⁵⁾をもとにして、目的の相対密度 (30%～80%まで10%ごと) に調整した。具体的な作製方法は乾燥試料を用いて円筒を何層かに分け、突き棒によるタンピングを行って密度を調整した。ただし、密詰めの場合は木槌による水平打撃を併用して供試体を作製した。

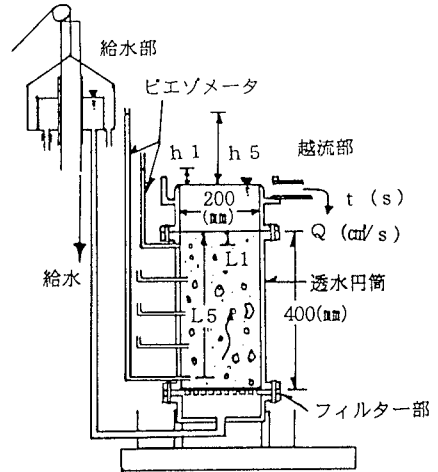


図1 定水位透水試験装置

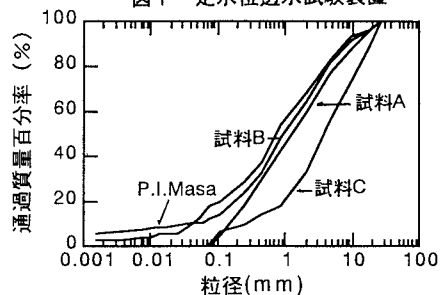


図2 粒径加積曲線

表1 試料の物理特性

	ρ_s (g/cm ³)	均等係数	曲率係数
試料A	2.655	9.92	0.57
試料B	2.685	34.3	1.52
試料C	2.635	25.4	3.41
まさ土	2.622	45.0	1.81

キーワード: 礫質土、均等係数、曲率係数、浸透

連絡先: 〒112-8551 文京区春日1-17-23 中央大学理工学部土木工学科 ☎03-0817-1799 Fax03-3817-1803

3. 実験結果と考察

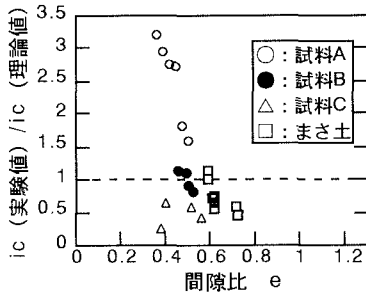


図3 間隙比と限界動水勾配

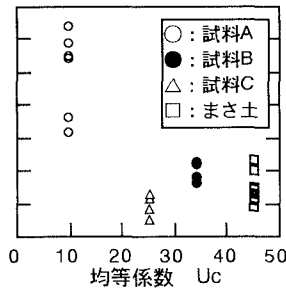


図4-1 均等係数とic

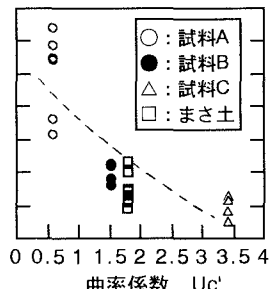


図4-2 曲率係数とic

図3は試験で得られた限界動水勾配の実験値と理論値の比と間隙比の関係を示している。限界動水勾配の実験値は給水部の水位上昇によって浸透破壊が生じ、ピエゾメータの下がる寸前のものを採用した。試料Aのようなicの実験値が理論値を大きく上回る傾向は既往の文献^{1),2)}でも報告されている。それに対して、まさ土や細粒分を含んだ試料B、砂分含有率を減少させた試料Cでは比較的ゆる詰めの場合、限界動水勾配の実験値はその理論値よりも小さい結果を得ている。図4-1、4-2は図3と同様に均等係数、曲率係数との関係をそれぞれ示している。均等係数、曲率係数ともにその増加に伴い限界動水勾配は小さい値をとり、粒度分布の広がりやの大きさ、粗粒と細粒の配合割合に関係していることを示唆している。図5はKenney (1985) らが提案した礫質土の安定指標³⁾を各試料に適用した結果を表している。図中の右下の図のような要領で粒度分布上にFを1%きざみでとり、それに対応する粒径D, 4D, そしてHを求め、FとHの関係として表したものである。この図表は実際に不安定化した粒子の最大粒径程度までが重要であると考えられるのでF=30(%)までの関係を示した。また、過去の文献^{4),5)}より安定と不安定を破線により区分けた。試料B、Cとまさ土が試料Aに比べて不安定材料である可能性を示していると思われる。図6は図5より得られたH/Fの最小値とその限界動水勾配の実験値と理論値の比の関係をプロットしたものである。(H/F)_{min}の値の減少に伴い、限界動水勾配は小さくなる傾向が読み取れ

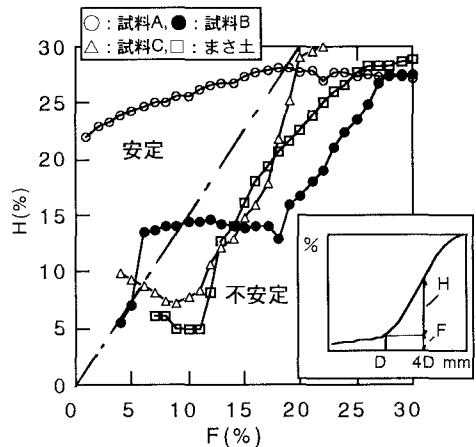


図5 FとHの関係

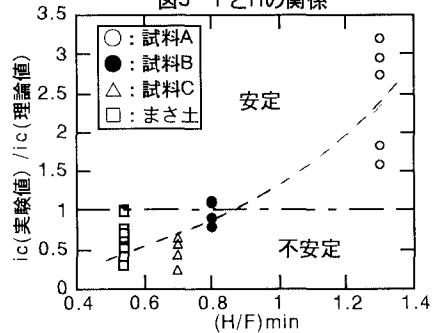


図6 (H/F)_{min}とicの関係

4. 結論

(1)試料の粗粒と細粒の配合割合や中間粒径の欠如などが粒子同士の見かけの粘性、結合力を小さくし、限界動水勾配の実験値に影響していると考えられる。(2)図5,6による粒度分布を用いた指標によると今回の試験で用いたまさ土や試料B、Cは不安定材料に判定され、理論限界動水勾配以下で不安定現象の生じる可能性を示していると思われる。(3)今後は礫質土の不安定化の条件を更に定量的に評価する方法を検討したいと考えている。

参考文献 1) 大西他 (1980) ボイリング現象に関する一次元モデル実験について、第15回土質工学研究発表会、p.1441-1444. 2) 山口他 (1990) 粒度の広い砂のバイピング特性、第25回土質工学研究発表会、p.1667-1668. 3) 國生、藤倉 (1997) ポートアイランドまさ土の上昇間隙水流による不安定化メカニズム、第32回地盤工学研究発表会、p.767-768. 4) Skempton, A. W. & Brogan, J. M. (1994). Experiments on piping in sandy gravels. *Geotechnique* 44, No. 3, 449-460. 5) Kenney, T. C. & Lau, D. (1985). Internal stability of granular filters. *Can. Geotech. J.* 22, p.215-225.