

Ⅲ-A 305

土留壁ドレーン材の3次元浸透解析

日本鉄道建設公団	正会員	米澤 豊司	青木一二三
	正会員	北川 修三	丸山 修
鉄道総合技術研究所	正会員	館山 勝	小島 謙一

1. はじめに

従来の切取土留壁の裏込栗石のかわりにドレーン材を用い、更にロックボルト工を併用した、新形式の土留壁の効果並びに設計手法を確立するために、その排水性能を有限要素法解析によって検討を行った。縦断方向に連続する栗石と異なり、一定間隔で配置する鉛直ドレーン材の排水効果を検証するため、3次元モデルを設定して浸透流解析を実施した。以下にその概要を報告する。

2. 3次元モデルの設定

(1) ドレーン材の設定

検討対象とした構造形式は、従来方式の縦断方向に連続する裏込栗石の排水機能の代替えとして、鉛直及び水平ドレーン材を図-1の様に配置した。ドレーン材は、北陸新幹線建設時において実績のある材料を想定し、その諸元は下記の通りとした。

- 寸法 : 幅 250mm×厚さ 50mm
- 設置間隔(鉛直ドレーン): 縦断方向 1.5m おき、擁壁と同じ高さまで設置する
(水平ドレーン): 土留壁背面底部に配置、縦断方向に連続
- 透水係数 : $k=1.2 \times 10^{-9} \text{cm/s}$

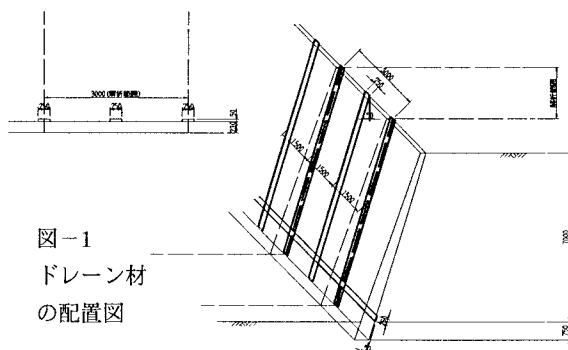


図-1
ドレーン材
の配置図

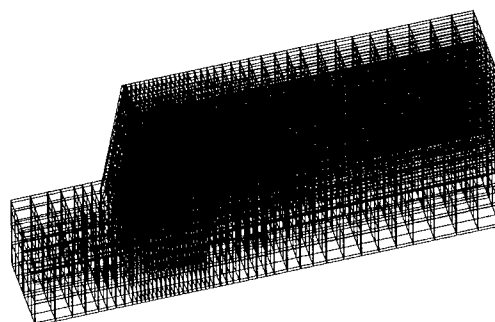


図-2 3次元 FEM モデル図

(2) 水抜きパイプの設定

本解析では、2次元モデルと3次元モデルでの浸透流解析を行っているが、2次元解析では水抜きパイプをパイプ要素として取り扱っている。しかし、3次元解析では解析上水抜きパイプを固体要素で取扱うため、3次元の固体要素での水抜きパイプ部分の透水係数を2次元パイプ要素と等価に置き換えて設定した。

- 2次元モデルパイプ要素 管径 $\phi 60\text{mm}$ 、粗度係数 $n=0.010$
- 3次元モデルのパイプ相当部分の透水係数 $k=7.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$

(3) 3次元モデルの設定

3次元 FEM モデルの全体図を図-2に示す。また擁壁背面のドレーン設置部の平面図を図-3示す。ドレーン設置部以外の箇所も奥行(Z方向)間隔は、図-3に示す通りとする。

キーワード: ドレーン, 3次元モデル, 浸透流解析

連絡先 〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 TEL03-3506-1861 FAX03-3506-1891

3. 解析結果

図-3の様に、ドレーン材を縦断方向に一定間隔に配置しているため、モデル奥行方向の地下水位の挙動を把握するとともに、排水効果にどの程度の差が現れるかを浸透解析によって検証した。すなわち、ドレーン中心断面とドレーン間の断面での水頭値の比較を行った。

またこの浸透解析の結果を反映した応力解析および安定解析は同様に、3次元浸透解析結果の鉛直ドレーン中心を通る断面とドレーン間の中心を通る断面をそれぞれを実施している。

(1)3次元モデルでの比較

ドレーン中心とドレーンから最も離れたドレーン間中央での水位差は、約30cm程度でドレーン中心が低くなる（図-4～図-6参照）。

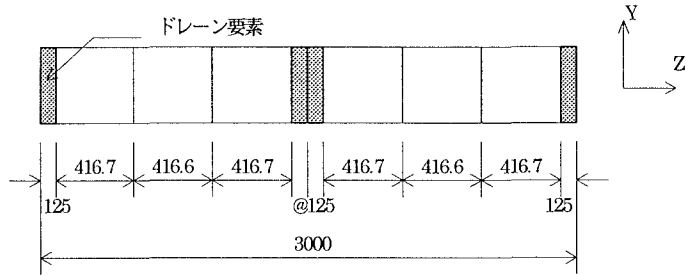


図-3 3次元モデルの奥行間隔(単位 mm)

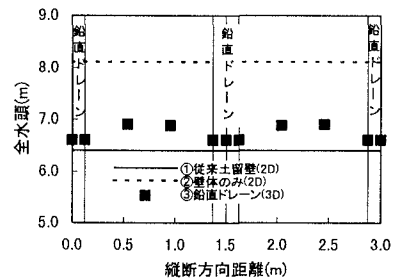


図-4 モデル奥行方向の水頭値の変化

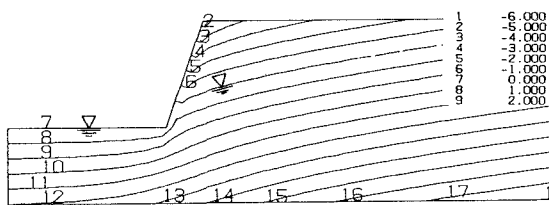


図-5 圧力水頭コンター図(ドレーン中心)

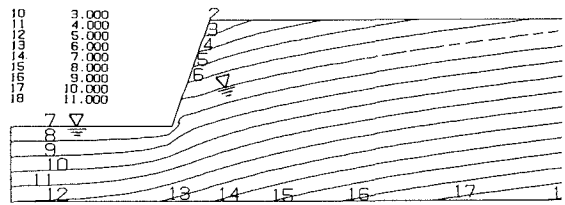


図-6 圧力水頭コンター図(ドレーン間中央)

(2)従来土留壁との比較

表-1に示すように、先に実施した従来土留壁及び壁体みの解析結果¹⁾とを比較すると、裏込栗石の水位上昇量は1.4m、鉛直ドレーンのドレーンから最も離れた位置では1.9m、壁体のみでは3.1mとなりこれらを比較すると、鉛直ドレーンの排水効果が比較的大きことが確認された。

表-1 土留壁背面に作用する全水頭

	検討断面	全水頭(m)		水位差(m)
		初期状態	定常水位	
①従来土留壁	——	5.0	6.4	1.4
②壁体のみ	——	5.0	8.1	3.1
③壁体+鉛直ドレーン	ドレーン中心	5.0	6.6	1.6
	ドレーン間中央		6.9	1.9

4. おわりに

今回の検討で、ドレーン材が排水機能的に栗石とほぼ同等であり、壁体のみに比べて大きな効果が期待できることがわかった。この構造形式は、躯体コンクリートが地山に直接施工されるため、地山との付着性も期待でき、またドレーン材が軽量であるため施工効率が高まること等の利点も多い。

この土留壁新工法について耐雨実験等の準備も進めており、他にも寒冷地での凍結、耐震性等の諸問題を早期に解決していく方針である。

【参考文献】1)氏原,青木,米澤,北川,丸山,小島:土留壁の浸透解析,第53回土木学会年次学術講演会1998.10

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つ、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。

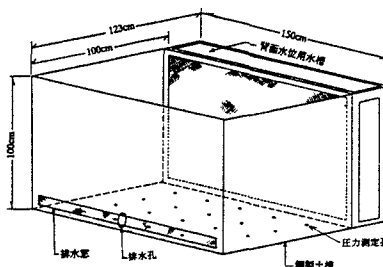


図 1 実験土槽の形状

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

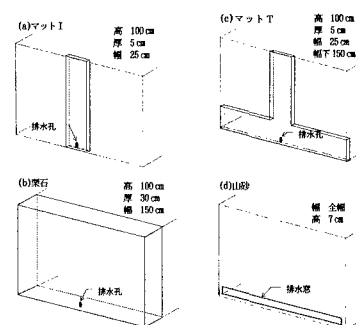


図 2 排水材の形状寸法

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。

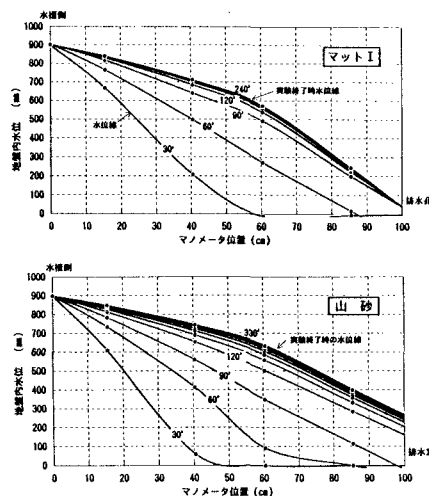


図3 地盤内水位の経時変化の例

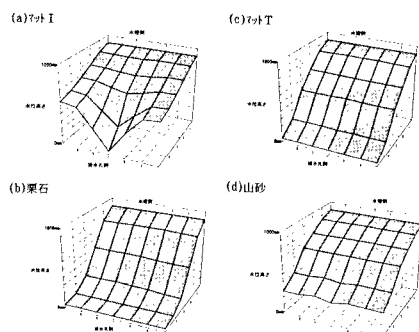


図4 地盤内水位の3次元分布

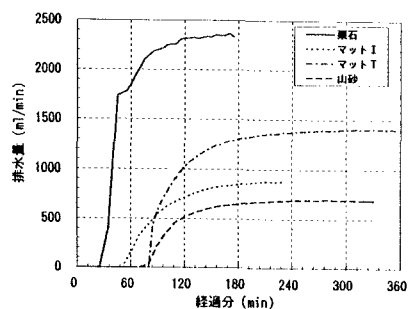


図5 排水量の経時変化

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