

盛土内水平排水工の排水効果に関する実験的評価

(独) 土木研究所 正会員 ○徐 永強, 井谷 雅司, 宮武 裕昭, 大下 武志

1. はじめに

盛土等の土構造物の安全対策として、排水工が実施される。排水工は排水材（有孔管、板状排水材など）が設置される。これにより、盛土内の水位が低下し、斜面が安定化される。このような排水材の位置と間隔は、本来は盛土内水位の分布状態や自由水面の位置などを予測した上で実施されるべきであるが、経験に基づく仕様により決定されている。また、現在のところ、理想化された状態に対してでさえ、排水材の位置、設置間隔、長さ、方向などが土中水位の低下、排水量、斜面の安全率の向上にどの程度寄与するかを精度良く予測する方法は提案されていない。そこで、地山湧水のある均質盛土を想定し、排水材の設置間隔が土中水位の低下、排水量との関係を調べるために、実大模型実験および数値解析を行った。

2. 実験概要

対象とする盛土は、排水材料の有孔管及び板状排水材に対し、各1基を構築する。2基の盛土の寸法が同じで、その概要を図1に示す。盛土材料には均質な山砂を用い、代表的な物性値は表1に示す。堤体は仕上がり層厚25cm、締め固め度 $D = 85\%$ となるように構築した。なお、実験では、不透水性地盤上の盛土を想定しているため、盛土底面には透水係数 $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 以下となるよう締め固めた関東ローム層を厚さ20cm設けた。このため、盛土内に浸透した水は、盛土底面に達した後にはのり尻より盛土外部へ排出される。盛土の高さは3.8m、幅3.75m、のり面勾配は1:1.8で、高さ1mごとに幅50cmの小段を設けた。排水管及び板状排水材は盛土底面から高さ1.1m、2.1mの位置に5%の勾配で設置した。のり尻に高さ50cmの碎石排水ドレーンを設けた。碎石の飽和透水係数を 1.0 cm/sec とする。盛土内の水位を観測するために、長さ方向1m間隔でマンノメータを設置した。盛土の飽和透水係数は透水試験より $K_s = 1.12 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ を得られた。実験方法は、盛土背面の水位が一定になるよう給水し、盛土内の水位が安定した時点で、浸潤線位置及び排水量を観測する。板状排水材を設置した盛土に対しては、配置間隔1.25mの1ケース、有孔管を設置した盛土に対しては、配置間隔1.25m（3列）、2.5m（中間列を閉塞）、6.25m（左側2列を閉塞）及び無排水（すべて閉塞）の計5ケースを行った。なお、有孔管の閉塞はセメントミルクを管の奥まで注入することによって実施した。

3. 飽和-不飽和浸透流解析

図1に示す盛土をモデル化し、浸透流解析を行った。飽和-不飽和浸透

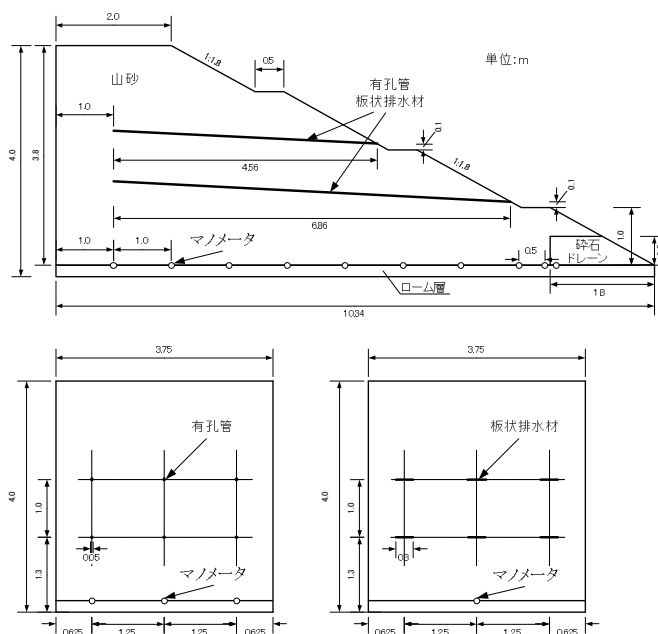


図1：盛土概略図

表1：山砂の物性値

一般	土粒子密度	g/cm^3	2.614
	自然含水比	%	17.6
粒度構成	粗砂分	%	12
	細砂分	%	82
	シルト分	%	6
	最大粒径	mm	4.75
	均等係数		2.2
	曲率係数		1.1
締め固め	最大乾燥密度	g/cm^3	1.638
	最適含水比	%	15.8
	飽和透水係数	cm/sec	1.12×10^{-3}

キーワード 盛土, 水平排水工, 排水効果, 実大模型実験, 数値解析

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 TEL: 029-879-6759

流を支配する方程式は次のような 3 次元方程式である。

$$\nabla \cdot (K(\theta) \nabla (h+z)) = (C(\theta) + \beta S_s) \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

ここに、 $K(\theta)$ は土の透水係数、 θ は体積含水率、 h は圧力水頭、 z は基準位置からの高さ、 t は時間、 $C(\theta)$ は比水分容量、 S_s は比貯留係数、パラメータ β は、飽和流域で $\beta=1$ 、不飽和領域で $\beta=0$ である。不飽和土の透水係数及び比水分容量と体積含水率（圧力水頭）の関係は、van Genuchten の提案式¹⁾から算出した。

盛土内の初期水位は、盛土の底面とする。初期圧力水頭は、深さ方向に直線的に増加すると仮定し、地下水面高さが 0 になるようにした。また、有孔管及び板状排水材に沿って水は完全排水されると仮定し、その位置にある節点は圧力水頭がゼロの浸出点とした。

4. 結果と考察

実験で得られた浸潤線を図 2 に示し、対応する数値解析で得られた浸潤線を図 3 に示す。なお、図に示す浸潤線は、実験や数値解析で得られた 3 次元浸潤線を横断方向に平均化したものである。図より、排水管を密にするほど浸潤線を低下させることがわかる。また、同じ間隔の有孔管より板状排水材の方は排水幅が大きいため、浸潤線がより低下されている。更に、ドレーンを設置することによって、のり尻の浸潤線を低下させ、安定性向上に効果的な手段であることがわかる。

無排水時の浸潤線に対する浸潤線の最大低下幅を図 4 に示す。図より、実験値と計算値とも排水材の間隔が大きくなるにつれ、浸潤線の最大低下幅が小さくなっていることがわかる。また、同じ配置間隔時の最大低下幅は計算値より実験値が小さくなっている。これは盛土の繰り返し浸水で水みちができたことが原因だと考えられる。

各ケースにおける盛土からの排水量を図 5 に示す。排水材を密になるほど排水量が多くなることがわかる。盛土内の間隙水圧を速やかに消散する面から見ると密に配置すると盛土がより安全になる。今後は、排水管等の降雨に対する排水効果、浸潤線の低下や、排水量増大の安定性向上効果を検討していきたいと思う。

参考文献

- 1) van Genuchten, M. T.: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soils Science Society of Americal Journal*, Vol. 44, pp.892-898, 1980.

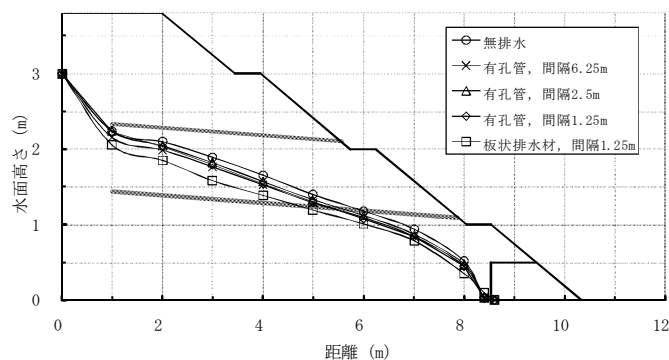


図 2：実験浸潤線

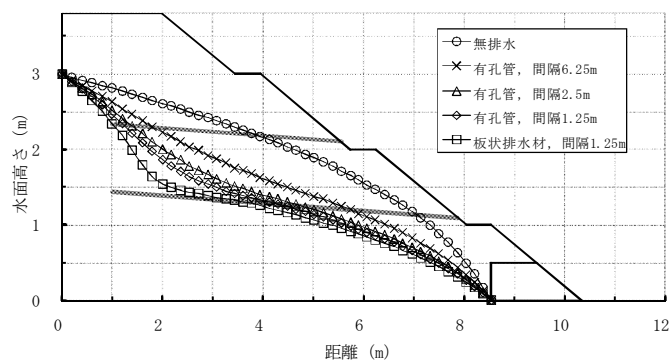


図 3：計算浸潤線

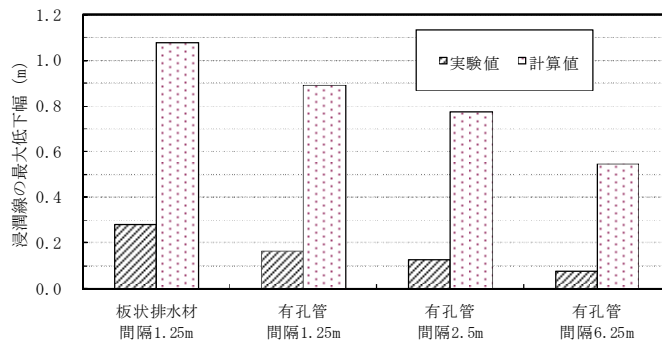


図 4：無排水時に対する浸潤線の最大低下幅

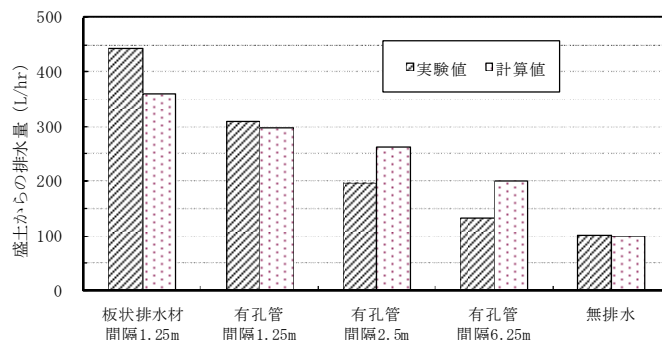


図 5：盛土からの合計排水量