

盛土における水平排水パイプの地下水排除効果

(独) 土木研究所 正会員 ○徐 永強, 澤松 俊寿, 林 豪人
(独) 土木研究所 藪 雅行
(独) 土木研究所 正会員 小橋 秀俊

1. はじめに

盛土崩落の誘因となる地下水を取り除く抜本的な対策として、盛土内に水平排水パイプ（以下、パイプという）を設置し、地下水排除を試みるのがしばしば行われる¹⁾。これにより地下水位が低下し、盛土が安定化する。パイプには、必要排水量を集水できる、必要とする水位低減が盛土全体にわたり達成できる、という機能が要求される。ここで、湧水のある傾斜地盤上盛土において、のり面の単位奥行きあたりのパイプ本数と地下水位、排水量の関係を浸透実験及び浸透流解析によって評価する。

2. 浸透実験

対象とする盛土の概要を図1に示す。盛土材料には均質な山砂 ($D_{50}=0.18\text{mm}$) を用い、仕上がり層厚 20cm, 締め固め度 $D_c = 90\%$ となるように構築した。傾斜地盤の材料は関東ロームで、高さ 0.5m 幅 0.75m の段切りを設けて

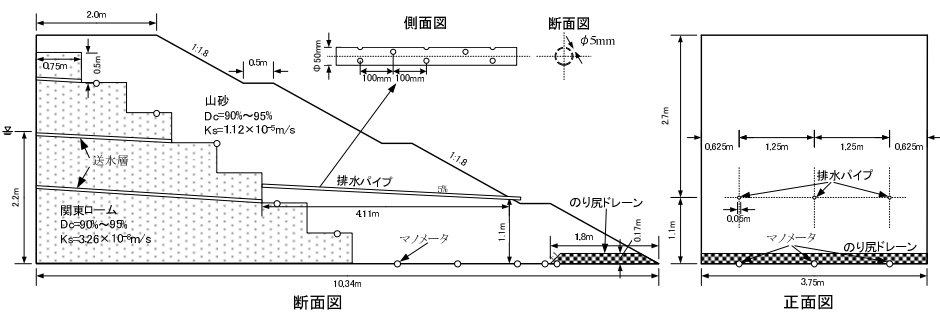


図1：盛土概略図

作製した。地盤の高さ 1m ごとに 5% の勾配を持つ送水層を設けた。パイプは盛土底面から高さ 1.1m に排水口が位置するように 5% の勾配で盛土縦断方向に 3 本設置した。パイプの奥行き間隔は 1.25m, 水平長さは 4.11m である。のり尻に高さ 17cm の砕石ドレーンを設けた。盛土内の水位を観測するために、横断方向に 1m 間隔でマノメータを設置した。

実験方法は、盛土背面の水位が一定になるように給水し、マノメータの値の変化から盛土内の水位が安定したと判断される時点での、排水パイプ及びのり尻からの排水量を計測する。実験ケースを表1に示す。Case0 は盛土の飽和透水係数を同定するために実施したケースである。なお、パイプ本数の制御は、パイプと同じ長さの水風船をパイプの中で膨張し、閉塞することによって実施した。

表1：実験ケース

Case	パイプ本数	水位
Case0	3 本	2.6m
Case1	3 本	2.2m
Case2	両側 2 本	
Case3	中央 1 本	
Case4	片側 1 本	
Case5	なし	

3. 飽和-不飽和浸透流モデル

飽和-不飽和浸透流モデルは 3 次元方程式

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

によって表わされる。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。比水分容量は、van Genuchten²⁾の提案した圧力水頭と体積含水率の関係から、不飽和土の透水係数は、Mualem³⁾の提案した比透水係数と体積含水率の関係から算出する。解析領域は、盛土本体とのり尻ドレーンの部分とする。境界条件として、湧水を考慮する範囲を定水位境界とする。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、地下水面高さで 0 になるようにした。

キーワード 盛土, 水平排水パイプ, 地下水, 浸透流解析

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

4. 結果と考察

実験盛土に対して、有限要素法による飽和-不飽和浸透流解析を行う。解析には、室内試験から得られた山砂の飽和透水係数 $1.12 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 、碎石の飽和透水係数 $1.54 \times 10^{-2} \text{m/s}$ を用いる。パイプのモデル化については、パイプに当たる節点を圧力水頭が 0 とする浸出点境界を与える。

浸透流解析から得られた浸潤線(例として Case1, 3, 5 の結果のみ、凡例の計算①)を実験値とともに図 2 に示す。また、のり尻からの排水量を図 3 に、パイプからの合計排水量を図 4 に示す。定常時浸潤線に対して、計算①は実験値と概ね一致しているが、のり尻排水量に対して計算①の値は実験値の 1/2 以下とかなり低く、パイプの排水量はのり尻排水量と比べると実験値と近い値を示しているが全体的に低くなっている。排水量の多少は本体の飽和透水係数によって決められるため、実際に構築された盛土の飽和透水係数は室内試験で得られた飽和透水係数より大きいことが原因であると考えられる。

そこで、Case0 で観測されたのり尻及び排水パイプからの排水量より飽和透水係数を逆算して、Case1~5 を再計算した。また、パイプのモデル化方法については、従来の浸出点境界法では、パイプの排水能力を過大評価される可能性があり、解決法としてパイプ周囲要素の透水性低下法が提案されている⁴⁾。ここで透水性低下法を用いてパイプをモデル化し、Case0 においてのり尻排水量及び排水パイプ排水量が実験値と一致するように盛土本体とパイプ周囲要素の飽和透水係数を試算した。排水量がそれぞれ 98% 以上一致した時点で盛土の透水係数は $2.97 \times 10^{-5} \text{m/s}$ 、パイプ周囲要素の飽和透水係数は $1.58 \times 10^{-5} \text{m/s}$ が得られた。これらの飽和透水係数を用いて Case1~5 を再計算した(凡例の計算②)。得られた定常時浸潤線を図 2、のり尻からの排水量を図 3、パイプからの排水量を図 4 に示す。

図 2 より、計算②の浸潤線が計算①と比べるとより実験値と一致している。また、計算①の浸潤線は実験値及び計算②より低く、パイプを浸出点境界法でモデル化すると、排水能力を過大評価する可能性があると考えられる。図 4 の排水量より、パイプ本数の減少により、排水量が減少するがパイプ本数と比例関係になっていないことが分かった。また、計算②でのり尻排水量とパイプ排水量とも実験値と概ね一致しており、より正確に実験の再現ができた。今後は、盛土材料などの違いによる水平排水パイプの排水効果を検証する予定である。

図 2 より、計算②の浸潤線が計算①と比べるとより実験値と一致している。また、計算①の浸潤線は実験値及び計算②より低く、パイプを浸出点境界法でモデル化すると、排水能力を過大評価する可能性があると考えられる。図 4 の排水量より、パイプ本数の減少により、排水量が減少するがパイプ本数と比例関係になっていないことが分かった。また、計算②でのり尻排水量とパイプ排水量とも実験値と概ね一致しており、より正確に実験の再現ができた。今後は、盛土材料などの違いによる水平排水パイプの排水効果を検証する予定である。

参考文献

1) 徐永強, 井谷雅司, 宮武裕昭, 大下武志: 盛土内水平排水工の排水効果に関する実験的評価, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集第 III 部, Vol.63, pp.703-704, 2008. 2) van Genuchten, M. T.: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soils Science Society of America Journal*, Vol. 44, pp.892-898, 1980. 3) Mualem, Y.: A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media *Water Resources Research*, 12(3), pp.513-522, 1976. 4) 徐永強, 澤松俊寿, 林豪人, 藪雅行, 小橋秀俊: 浸透流解析における盛土排水パイプのモデル化, 地盤工学会第 44 回地盤工学研究発表会, 2009 (投稿中)。

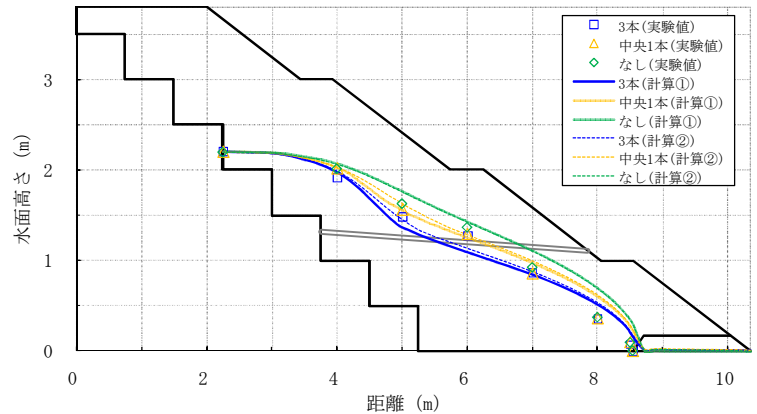


図 2 : 定常時浸潤線

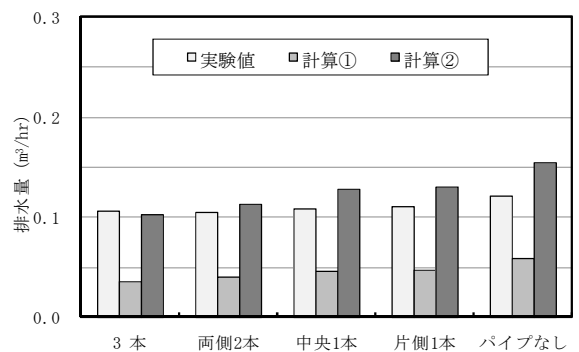


図 3 : のり尻からの排水量

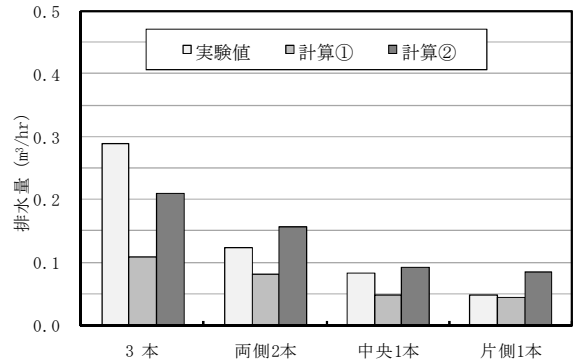


図 4 : 排水パイプからの排水量