

河川堤防の降雨浸透において植生の根系が選択流形成と間隙空気の挙動に及ぼす影響

名古屋工業大学 学 〇大桑 有美 正 前田 健一
学 一瀬 守 学 澤村 直毅

1. はじめに

気候変動に伴う豪雨の強度増加や長期化によって、堤防決壊に至る危険性は高まっている。しかし、堤防決壊の原因の1つである降雨浸透に着目した研究はあまり行われていない。また、植生が降雨浸透、間隙空気の挙動に与える影響について未解明な部分が多いため、現行の河川堤防における設計指針¹⁾では、植生の影響が考慮されていない。そこで本研究では、地盤内への降雨浸透における水の部分的あるいは、選択的な特殊流れである選択流と根系に着目して模型実験²⁾を実施し、根系が地盤への降雨浸透に与える影響について検討した。

2. 実験概要

図-1 に実験模型概略図を示す。寸法は高さ 450mm、幅 300mm、奥行き 300mm であり、実堤防の一部を取り出した一要素と想定している。ただし、地盤内の空気の移動経路を見るため、底面および断面は不透気非排水としている。試料には豊浦砂を使用し、空中落下法で堆積させて相対密度を 40%とした。豊浦砂の透水係数は $k=1.23\times10^{-4}$ m/s であり、粒度分布は図-2 に示す。また、根系は竹串を用いて模擬的に再現した。

本実験では、地盤表面から 50mm (No.1)、150mm (No.2)、250mm (No.3)、350mm (No.4) の位置に土壌水分計を設置し、模型中央の体積含水率を計測した。また、散水装置には安定して均一な降雨強度を保つために、均等分布ノズルを用いた。実験ケース一覧を表-1 に示す。実験は模擬根系の有無、直径、長さの条件を変えた全 6 ケースを降雨強度 30mm/h の雨量で 150 分間継続した。

3. 実験結果および考察

各ケースの 4 点に設置した水分計で計測した体積含水率の経時変化を図-3 に示す。

3.1. 模擬根系の間隔による浸透挙動の違い

Case2, Case3, Case4 では、長さ 150mm、直径 3mm の模

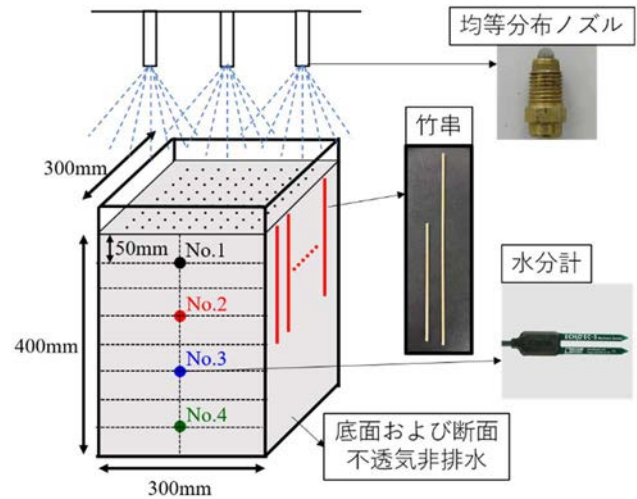


図-1 模型実験概略図及び水分計の設置位置

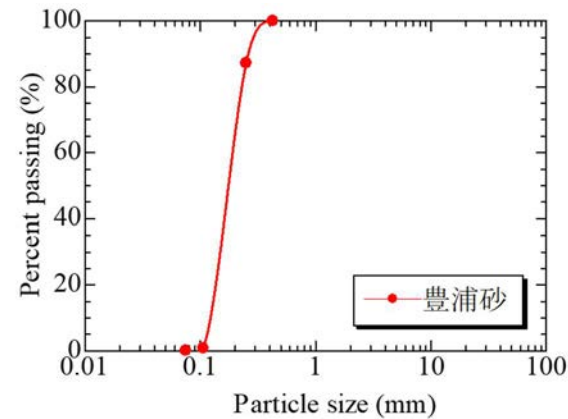


図-2 実験に用いた豊浦砂の粒度分布

表-1 実験ケース

実験Case	竹串の有無	長さ(mm)	太さ(mm)	間隔(mm)
Case1	×			
Case2	○	150	3	30
Case3	○	150	3	50
Case4	○	150	3	150
Case5	○	150	5	30
Case6	○	250	3	30

キーワード 河川堤防, 降雨浸透, 植生

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 16 号館 2 階 227 号室 TEL052-735-5497

擬根系の間隔をそれぞれ変えて実験を実施した。横軸に根系直下の No.2 地点と模型下部の No.4 地点の体積含水率が 10%に到達する時間、縦軸に根系の間隔を表したグラフを図-4 に示す。図-4 より、Case2, Case3, Case4 では根系直下の No.2 地点の浸透速度に大きな差は見られないが、模型下部の No.4 地点の浸透速度は、根系の間隔が大きくなるにつれて速くなっている。これは、根系の側面に水が集水され選択流が生じたが、根系の間隔が小さい Case2, Case3 では、根系先端において水の分子間力により再び界面が形成されたため、浸透速度が遅くなったと考えられる。

模擬根系なしの Case1 では、No.1, No.2 地点において地盤内に圧縮された間隙空気の抵抗により体積含水率の増加が停止したことに對し、模擬根系の長さが 150mm の Case2, Case3, Case4 では、No.1 地点の体積含水率の増加は停止するが、No.2 地点ではゆるやかに上昇する様子が確認できる。これより、根系は地盤外部への間隙空気の排気を妨げる働きがあると言える。

3.2. 模擬根系の直径による浸透挙動の違い

模擬根系の長さを 150mm とし、直径が 3mm の Case2 と直径が 5mm の Case5 を比較する。図-3 より、Case5 の方が急激に浸透が進み、間隙空気が圧縮されにくいことが読み取れる。これは両ケースともに根系の影響で選択流が生じるが、直径が大きい Case5 では、多量に集水および排気がなされたことによると考えられる。

3.3. 模擬根系の長さによる浸透挙動の違い

模擬根系の直径を 3mm とし、長さが 150mm の Case2 と長さが 250mm の Case6 を比較する。図-3 より、浸透速度には大きな違いは見られない。しかし、Case6 では No.2 地点の体積含水率の増加が 10%で停止しており、No.2 地点周辺に間隙空気が圧縮されたと考えられる。そのメカニズムとして、まず根系によって選択流が生じ、根系直下である No.3 地点付近から浸透する。それに伴い、間隙空気は排気され始めるが、選択流を除く表層から浸透する水により排気されにくくなる。そのため、排気されず残留した空気が模型中間層の No.2 地点付近で圧縮されたと考えている。

4. まとめ

本研究では、竹串を模擬根系とし、その有無や間隔、長さ、直径の変化による降雨浸透および間隙空気の挙動について検討した。その結果、根系の間隔が小さい場合、地盤鉛直方向の浸透速度が遅くなることが分かった。こ

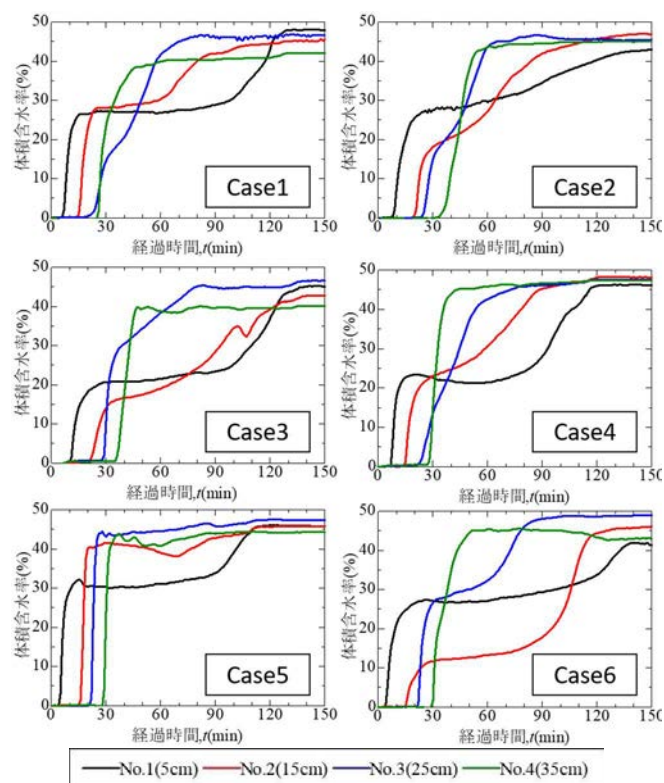


図-3 体積含水率の経時変化

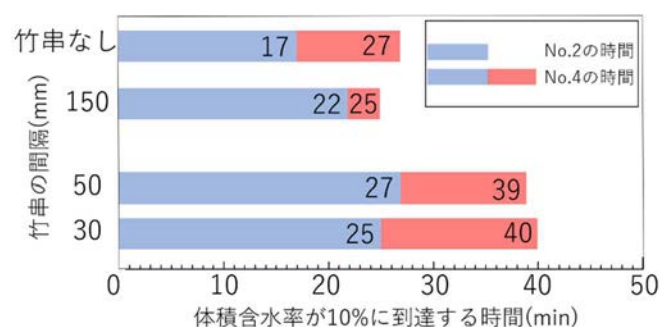


図-4 模擬根系の間隔と浸透速度

れは根系の側面に集水される選択流が生じるが、根系の先端において水の分子間力により再び形成される界面の影響の方が支配的となることに起因する。また、根系の長さによって間隙空気の圧縮位置が異なること、および太さによって浸透速度が異なることが分かった。今後は透気排水条件など、より実堤防に近い条件で実験を実施し、更なる検討を行う。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省河川局治水課，河川堤防設計指針，2007.
- 2) 前田健一，柴田賢，馬場干児，小林剛，桝尾孝之，尾畑功：模擬堤防土槽実験によるエアブローの確認と数値解析，河川技術論文集，Vol.18，pp.305-310，2012.