

電気抵抗による地盤中のゆるみの評価

名古屋工業大学 学生会員 ○高木 健太郎
名古屋工業大学 正会員 前田 健一
名古屋工業大学 学生会員 山口 敦志

1. はじめに

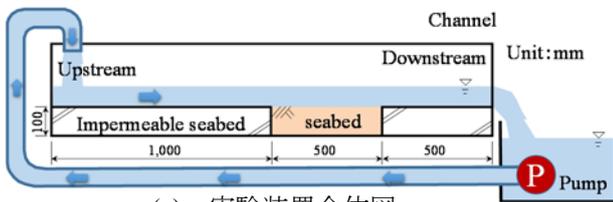
東日本大震災時の防潮堤や鬼怒川堤防において、洗掘現象が構造物の支持力低下、土構造物としての大規模な損傷をもたらし、甚大な被害を発生させている。既往の研究では、洗掘現象による地盤内の間隙水圧を計測したところ、地盤表層で過剰間隙水圧の発生が見られることがわかっている¹⁾。

そこで、水平流れが作用する移動床水路実験(実験A)と土槽底面からの一次元浸透実験(実験B)の2種類の実験において、浸透を受けた地盤内変状を電気抵抗の変化から捉えることを試みた。

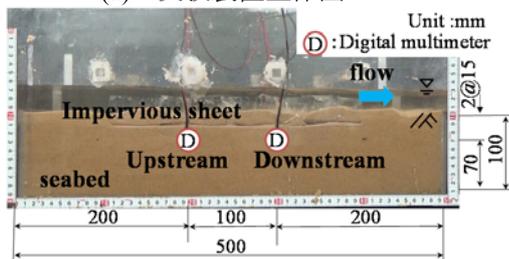
2. 水平流体作用時の地盤内流速測定(実験A)

2.1 実験概要

実験A(図-1(a))では、循環流を装置内に設置し



(a) 実験装置全体図



(b) 土槽区間内配置図

図-1 移動床水路実験(実験A)の様子

た土槽に作用させた。実験には、直径4.76mmの真鍮球を付けた電線を介してデジタルマルチメーターで電気抵抗値を計測した。地盤材料は豊浦砂($D_{50}=0.17\text{mm}$)を用いた。また、埋設した真鍮球に作用する水平方向の浸透による影響のみを観察するため、遮水シートを設置した(図-1(b))。相対密度は40%に設定した。本報告では、実験開始から3分間隔で塩水を注入し地盤中の流速測定を試みたケースと注入無しのケースの結果を示す。

2.2 電気抵抗値の変動

図-2に塩水の注入有りと注入無しにおける抵抗値の経時変化を示す。まず、注入無しは水平流体の作用により徐々に抵抗値が減少しているが、局所的な変化は見られなかった。一方、注入有りは注入後に著しく抵抗値が減少している。これは、抵抗値の低い塩水が測定点を通過したためだと考えられる。

注入有りについて下流側の変化をより詳しく見るため、 $-0.5\sim 0\text{k}\Omega$ の抵抗値の変化を図-2(c)に示す。この図から、注入有りでは上流側と下流側の値は同じ様な傾向で減少していることがわかる。さらに、上流側と下流側で2回の塩水注入による反応の立下がり点の時間差から流速を求めたところ、それぞれ 3.03mm/s 、 2.70mm/s となった。この値はDarcy則による理論流速の約40倍に相当し、地盤内を高速で流れる水が地盤内応力を変化させている可能性が考えられる。

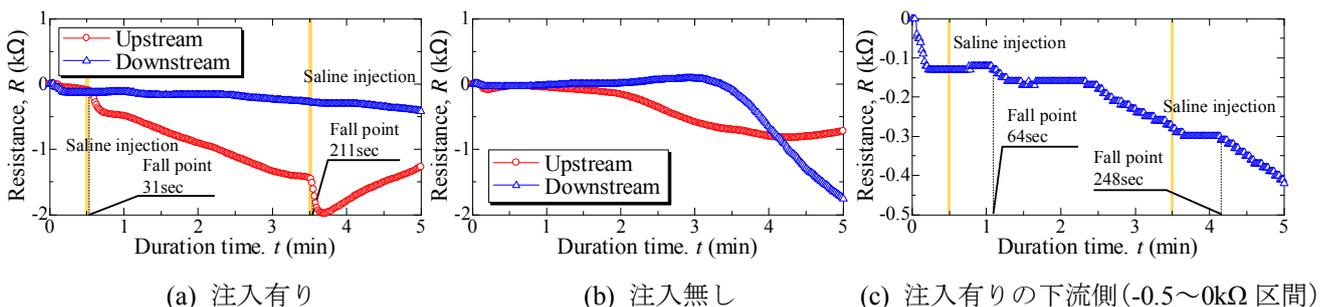


図-2 デジタルマルチメーターの計測結果

3. 土槽底面からの浸透に伴う地盤内挙動 (実験 B)

3.1 実験概要

実験 B (図-3) では、一次元浸透模型装置を用いて、飽和体積砂に土槽底面からの注水を行った。地盤材料は豊浦砂を用いた。電気抵抗値は、実験 A と同様の計測方法で行い、同時に水分計による計測も行った。相対密度 40% の緩い地盤と相対密度 70% の密な地盤の計 2 ケース行った。

3.2 飽和度と電気抵抗値の変動

図-4 に緩い地盤と密な地盤における飽和度と抵抗値の経時変化を示す。まず、飽和度では、両ケースとも値に大きな変化は見られなかった。この結果から、水分計による土槽底面からの浸透に伴う地盤内挙動を捉えることは困難であることが伺える。次に、抵抗値では、緩い地盤は浸透流の発生直後にわずかに値が下がるが、その後は一定になり、約 4 分後に上層、下層ともに減少した。下層に比べ上層は値の減少量が小さかった。一方、密な地盤は浸透流の発生直後か

ら上層、下層ともに大きく減少した。この過程の違いは相対密度が大きく影響を与えていると考えられる。浸透流により生じたゆるみにより抵抗値が低下したと仮定すると、密な地盤は浸透流の発生直後にゆるみが生じたため、上層、下層ともに抵抗値が下がったと考えられる。一方、緩い地盤では元からゆるみが生じていたため抵抗値が下がるまでに時間差が生じたと考えられる。

また、図-4 より、下層は両ケースとも減少量はほぼ同じだが、上層は緩い地盤の方の減少量が小さい。この要因として、透水係数が異なったことが考えられる。密な地盤では浸透流が上層までほぼ減衰せず伝播したが、緩い地盤では密な地盤よりも透水係数が大きいので、浸透流が減衰しながら伝播し、結果、上層は下層ほどゆるみが生じず、抵抗値の減少量が小さかったと考えられる。

4. 結言

洗掘時の地盤の変化を考察するに当たり、飽和地盤中の電気抵抗値の変化を計測した。水平流れが作用した時の土粒子移動を伴うような地盤表層内の流速測定及び、土槽底面からの浸透流が発生した時の地盤内のゆるみ挙動の観察を試みた。

その結果、流速測定では Darcy 則を仮定した流速の約 40 倍もの速さで間隙水が流れている流動層があることがわかった。また、浸透によって目視で観察できる地盤の変状やその前に発生するゆるみ現象を電気抵抗値の変化から捉えられることがわかった。

謝辞: 本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基礎研究 (B) 23360203 および、研究スタート支援 26889035 の助成を受けたことに記して謝意を表す。

参考文献: 1) 伊藤嘉・今瀬達也・前田健一：高速流体の作用に伴う間隙圧の変化に着目した洗掘現象の実験的考察，第 24 回中部地盤工学シンポジウム論文集，pp.63-70，2012。 2) 齊藤啓・前田健一・杉井俊夫・小林剛・伊藤嘉・今瀬達也：豪雨特性と間隙空気の影響を考慮した河川堤防の飽和・不飽和浸透挙動とモニタリング手法，第 25 回中部地盤工学シンポジウム論文集，pp.41-48，2013。

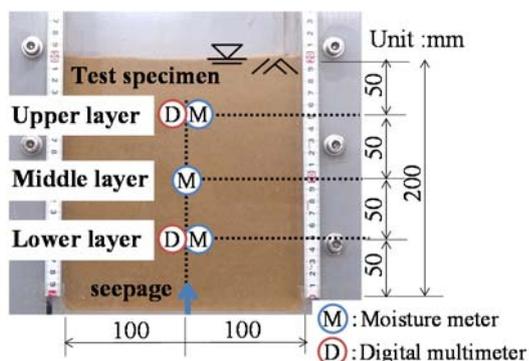


図-3 実験装置全体図 (実験 B)

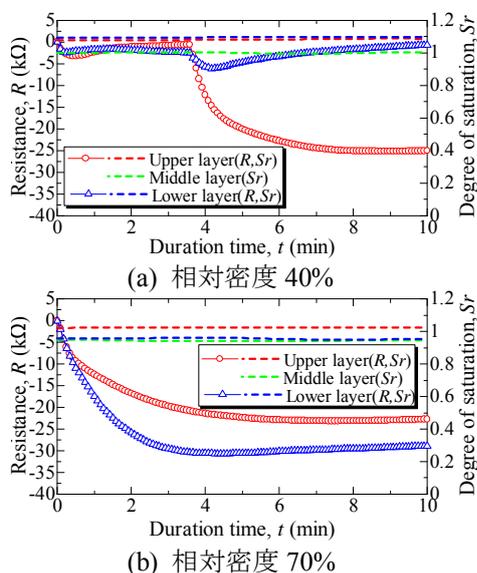


図-4 デジタルマルチメーターと水分計の計測結果