

遠心場降雨実験による盛土内浸透過程に関する研究

(株)ホンダ四輪販売四国 学生会員 ○角南俊樹
愛媛大学院 国際会員 岡村未対

1. はじめに

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震が発生し、東北を中心に約2000箇所の堤防が損傷した。主な堤防の被災原因は、降雨浸透により形成された盛土内飽和域の液状化であると報告されている。鳴瀬川堤防 30.0k~30.5k 地点では震災後の堤体内水位観測や堤防開削調査において水位が観測され、天端直下などの堤体中央部において法尻よりも水位が常時高くなっているとの観測結果も報告されている(図1)。そこで本研究では、水分移動特性を把握し、降雨浸透過程、降雨浸透挙動による水位形成について明らかにすることを目的とし、遠心場において降雨装置を用い、遠心模型実験を行った。

2. 実験概要

本研究では、遠心力場 50g において降雨装置を用いて異なる降雨条件 2 ケースの実験を行った。図2に模型概要を示す。盛土材料は、鳴瀬川 30k 地点での最終的な復旧に用いられた土を用い、締固め度 $D_c=90\%$ 、初期飽和度 $S_{ri}=40\%$ になるように締固めて作製した。間隙水圧を計測するために間隙水圧計を盛土の右側に、飽和度を算出するために間隙水分計を左側に配置した。また、不飽和盛土において雨水浸透に着目した実験を行うため、盛土基礎地盤を非排水境界としてアクリル板を用いた。実験は 2 ケース行い、降雨条件として、降雨強度 r_p 、総降雨量 R_p 、降雨継続時間 Δt_p を次のように設定した。

Case1 $r_p=7.5\text{mm/hr}$, $R_p=835\text{mm}$, $\Delta t_p=111.1\text{hr}$

Case2 $r_p=9.6\text{mm/hr}$, $R_p=1734\text{mm}$, $\Delta t_p=180.6\text{hr}$

なお、これらの値は、遠心模型実験の相似則に従い、雨量については模型の 50 倍、時間は模型の 50² 倍したものである。鳴瀬川土の水分特性曲線、粒度分布及び透水係数を図3(a)(b)に示す。

3. 実験結果・考察

何れのケースにおいても、降雨中に雨水が盛土表面を流下することなく盛土内に浸透したことをビデオカメラで確認した。図4は Case1,2 の実験で得た間隙水圧の時刻歴である。以後、

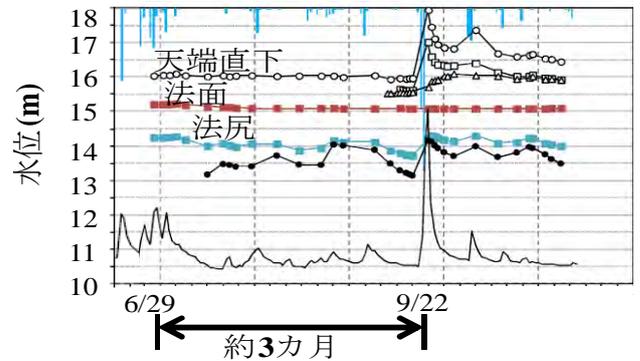


図1 鳴瀬川堤防 30.0k 地点の水位変化の時刻歴

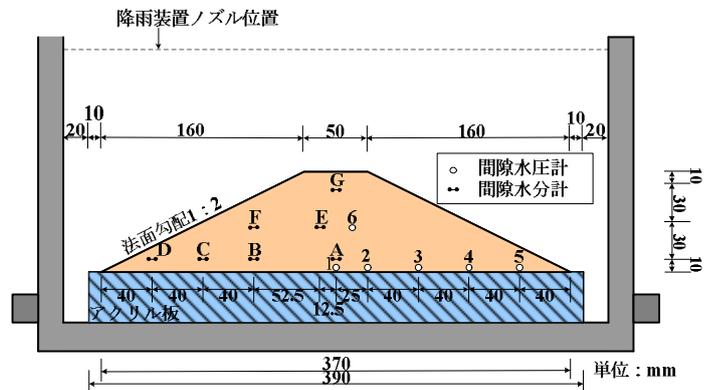


図2 模型概要

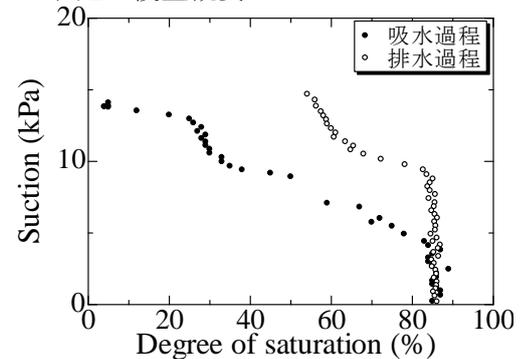


図3(a) 水分特性曲線

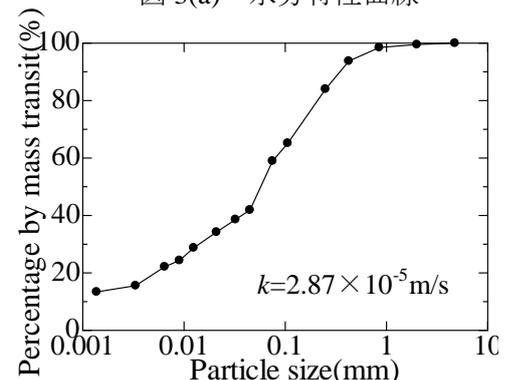


図3(b) 粒度分布, 透水係数

実験結果は原型スケールに換算して示す。図5はCase1,2において間隙水圧計と間隙水分計から求めた盛土内水位，飽和度分布，雨水浸透状況の時間変化である。また $t_p=0$ が降雨開始時刻， $t_p=2500$ 時間が実験終了時刻である。 $t_p=2500$ 時間の図の破線は吸水高さ40cmの毛管上昇を考慮した飽和領域の高さである。図5より次のことがわかる。図5において総降雨量の違いにより，Case1では盛土中央において雨水浸透せず飽和度が増加しない領域が残ったが，Case2では盛土全体に浸透した結果となった。これは，Case1における総降雨量が盛土全体を湿潤化させるに十分な雨量でなかったためである。図5に示す盛土内水位において，Case1では降雨終了時に法尻部に約0.7mの水位が形成され， $t_p=2500$ 時間までに排水が進み水位は盛土底面まで低下した。Case2では降雨終了時に法尻部に約1.8mの水位が形成され， $t_p=2500$ 時間(約3カ月)には約0.5mの水位が存在していた。総降雨量が多いほど盛土内水位が形成されやすくなり，ある程度以上の水が盛土内に入ると約3カ月の時間経過後も盛土内の水が完全には排水されず滞留することがわかった。図5の盛土内飽和度分布に着目すると，降雨浸透している部分と浸透していない部分では飽和度が異なり，浸透している部分では50~60%を示している。また，Case1では天端，法面付近の飽和度が $t_p=2500$ 時間でも低下せず，Case2では天端，法面付近の飽和度が低下し天端直下の飽和度が上昇している。

4. まとめ

- 1) 総降雨量が多い場合，盛土内水位は降雨開始直後に法尻部に形成され，法尻部に形成された水位は天端直下方向に向かって水平方向に移動し，降雨終了後には天端直下に水位を形成する。また，盛土上部に浸透した雨水は盛土底部に向かって鉛直下方に移動する。
- 2) ある程度以上の水が盛土内に入ると約3カ月間の盛土内水位変化は比較的少なく，鳴瀬川堤防の水位観測データと同様に盛土内に水位が滞留したままの結果となった。鳴瀬川堤防の飽和域が地震によって液状化した原因として盛土内水位が排水されにくいことで盛土内飽和域が長期にわたって形成されたままであったことが推察される。

参考文献

国土交通省東北地方整備局北上川等堤防復旧技術検討会：北上川等堤防検討会報告書 平成23年12月

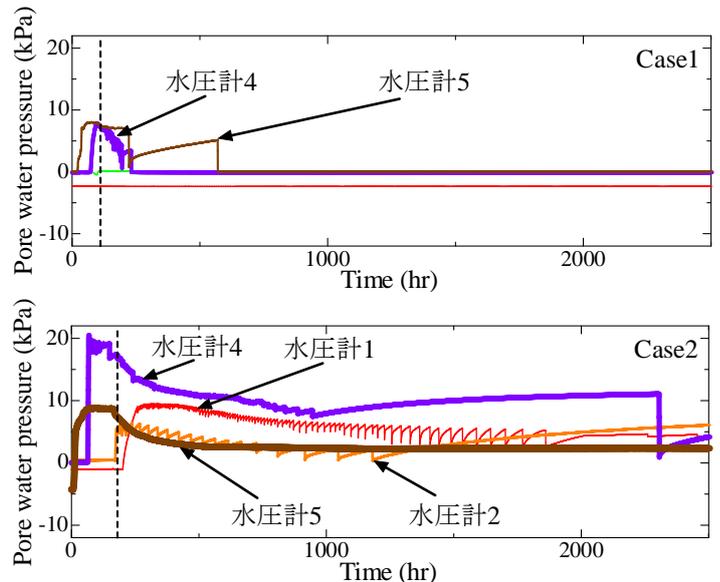


図4 Case1,2の間隙水圧計時刻歴

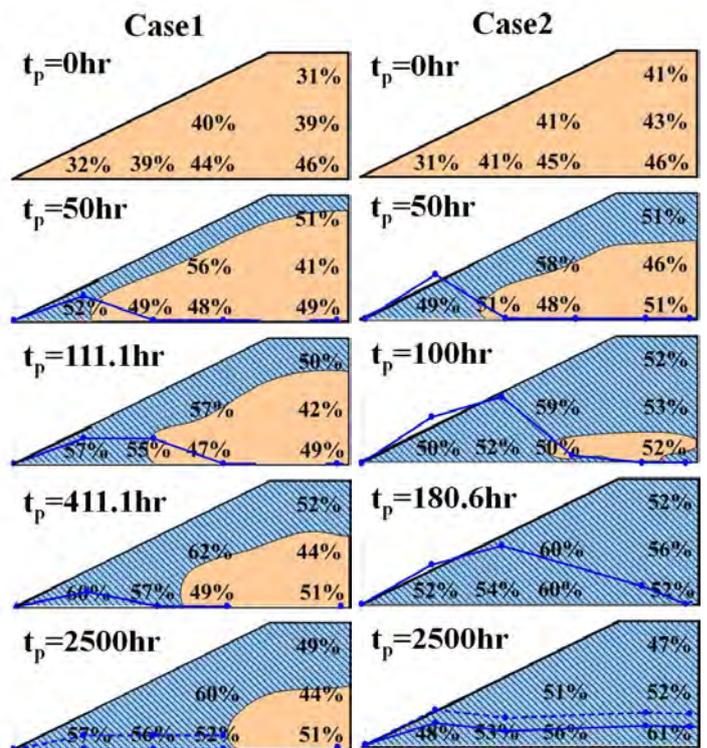


図5 Case1,2の時間変化による水位，飽和度分布，降雨浸透過程図