

震動後の水位上昇による浸透を考慮した河川堤防の模型実験

徳島大学 学生会員○大黒雄貴, 大山一輝, 福田典紀
 徳島大学 正規会員 渦岡良介, 上野勝利, 鈴木壽

1. 研究の背景と目的

2011 年東北地方太平洋沖地震では、河川・海岸堤防、道路・鉄道盛土などの土構造物が大きな被害を受けた¹⁾。特に、震動に加えて津波の外力を受けた被害が多く、津波の越流深度が大きい地点ではより多くの被害が見られた。地震・津波のように複数の外力が時間差で作用した場合の土構造物の破壊挙動や外力に対する性能評価を明らかにする必要があるが、既往の研究は少ない²⁾。本研究では、河川堤防を対象として、地震外力によって生じた堤防の変状（沈下、ひずみ、クラックなど）を考慮して、後続の浸透・越流に対する堤防の性能を明らかにすることを目的とする。ここでは、その基礎的研究として地震による変状を模擬した模型堤体を用いて浸透実験を行い、震動後の浸透に対する堤体の耐浸透性能を評価した。特に、堤体に生じるクラックの本数や開口幅などの不連続変形に着目し、重力場で予備実験を行った後、遠心力場でも実験を行った。

2. 重力場における予備実験

予備実験は重力場で行った。図 1 に実験の概要図を示す。土槽内に設置したアルミ土台の上に法面勾配 1:2、盛土高さ 100 mm、天端長さ 100 mm の模型堤体を作製した。堤体材料は稲城砂（土粒子密度 $\rho_s=2.636 \text{ g/cm}^3$ 、細粒分含有率 $F_c=21.2 \%$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.69 \text{ g/cm}^3$ 、最適含水比 $W_{opt}=17.2 \%$ ）である。また、図 2 に堤体材料の粒径加積曲線を示す。河川土工マニュアルが推奨する河川堤防に使用すべき堤体材料の粒径加積曲線にほぼ収まっていることから稲城砂を使用した。堤体模型は目標締固め度 $D_c=70 \%$ とし、1 層目の含水比 $w_1=17.2 \%$ 、2 層目から 5 層目の含水比 $w_2=7 \%$ を目標に 5 層に分けて 1 層あたり 20mm 毎に締固めを行い密度管理によって作製した。土槽の片側から洪水を想定して水位を上昇させ、水位を一定に保った。その後、堤体内浸透の様子を堤体断面側正面から 5 分ごとにカメラで撮影し、画像より読み取った。また、土槽底部から排出される堤体内の浸透流量を電子天秤を用いて計測した。

表 1 に実験ケースの一覧を示す。実験ケースは 2011 年東北地方太平洋沖地震における典型的な河川堤防の

被災パターン¹⁾を参考にし、クラックの本数や開口幅を基準に Case1, Case2, Case3 の 3 ケースとした。堤体の変状は堤体底部の左右にあらかじめ設置しておいたテフロンシートを引き抜くことで生じさせた。

図 3, 図 4, 図 5 に Case1 から Case3 における水位上昇後 5 分毎の湿潤線の変化を示す。ここでは、毛管水が模型内を進行する最前線を湿潤線と呼ぶことにする。図中の赤線は浸透前のクラックを示し、青線は湿潤線を示す。Case1, Case2, Case3 の順に堤体内で変化する湿潤線の数が増していることがわかる。すなわち、クラックの数や開口幅が増すに連れて水が堤体内を浸透する時間が増加する傾向があると言える。また、図 6 に水位上昇後の経過時間と堤体から排水された浸透流量の関係を示す。Case1, Case2, Case3 の順にクラックの数や開口幅が増すに連れて経過時間に対する浸透流量（浸透流速）が減少していることがわかる。重力場の浸透実験では毛管現象が支配的となるが、これらがクラックで妨げられることで、浸透流速が減少したと考えられる。

3. 遠心場における本実験

本実験は遠心载荷装置を用いて 50g 場で行った。図 7 に実験概要図を示す。土槽内に設置したアルミ土台の上に法面勾配 1:2、盛土高さ 50 mm、天端長さ 50 mm の模型堤体を作製した。堤体材料と堤体模型の作製方法については、予備実験と同様である。実験中の水位調整は貯水タンクに接続したレギュレーターによりタンク内の空気圧を調整して行い、浸透の様子を土槽正面と排水側上部に設置した 2 台のカメラによって撮影し、画像より読み取った。また、堤体内の浸透流量を排水側の土槽底部に設置した水圧計を用いて測定した。実験ケースはクラックの本数や開口幅を基準に表 1 に示す Case4, Case5 の 2 ケースとした。

図 8 に水位上昇後の経過時間と堤体内の浸透流量の関係を示す。Case4, Case5 を比較すると、クラックの入った Case5 の方が経過時間に対する浸透流速が少ないことがわかる。水位上昇直後に侵水コラプスによって堤体が沈下し、密度が大きくなったことで浸透性が

低下した可能性がある。

4. まとめ

地震によって変状した土構造物の浸透性能を明らかにすることを目的として、地震による変状を模擬した模型堤体を用いて重力場と遠心力場において浸透実験を行い、震動後の浸透に対する堤体の耐浸透性能を評価した。その結果、堤体に入ったクラックの本数や開口幅の違いが後続の浸透に対する堤体の性能に影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- 1) 国土交通省 東北地方整備局・関東地方整備局: 河川堤防の被災状況, 2011.
- 2) 乙志和孝, 古関潤一, 金子勝, 田中宏征, 永尾直也: 矢板版を用いた堤防の補強に関する実験的研究, 地盤工学ジャーナル, 6(1), 1-14, 2010.

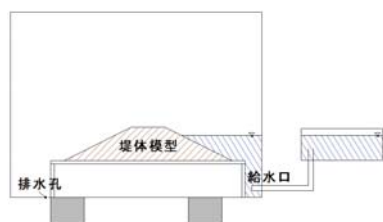


図 1 実験概要図（重力場）

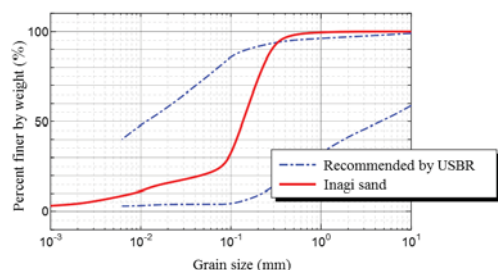


図 2 堤体材料の粒径加積曲線

表 1 実験ケース

ケース	遠心加速度	被災程度
1	1G	無被害
2	1G	小
3	1G	大
4	50G	無被害
5	50G	小

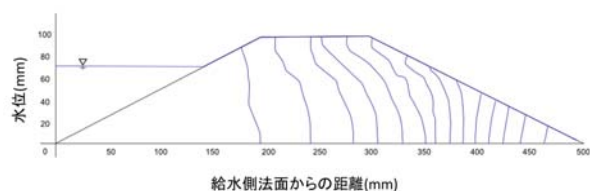


図 3 湿潤線の変化 (Case1)

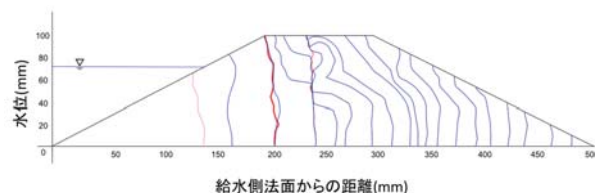


図 4 湿潤線の変化 (Case2)

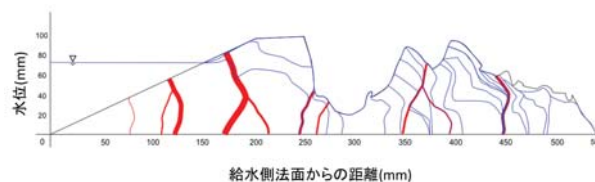


図 5 湿潤線の変化 (Case3)

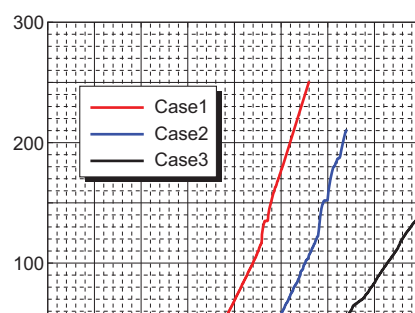


図 6 経過時間と浸透流量の関係（重力場）

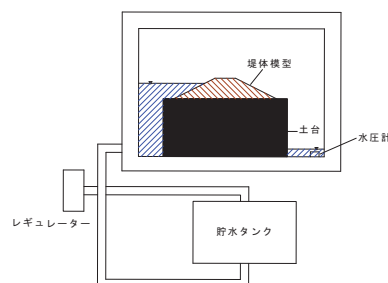


図 7 実験概要図（遠心場）

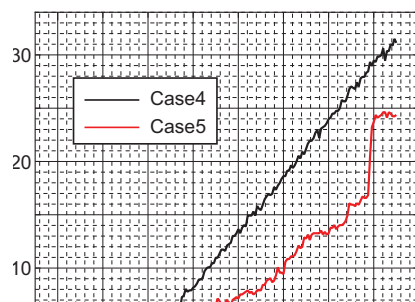


図 8 経過時間と浸透流量の関係（遠心場）