

福井大学大学院工学研究科 学生員 ○宇和 宏規

同上 学生員 宮本 崇広

同上 正会員 小林 泰三

和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 正会員 林 和幸

1. はじめに

近年の異常気象（集中豪雨、巨大台風）により、河川の氾濫や堤防の決壊が後を絶たない。河川堤防の破壊メカニズムには、越水による浸食破壊や浸水による浸透破壊、地震による液状化などがあるが、本研究では浸透破壊に着目し、表法被覆工の浸透破壊防止効果に関する検討を行う。

本研究では、浸透破壊対策工の選定や設計に資する知見を得ることを目的に、表法被覆工を模擬した模型実験と数値解析により、堤体内の浸透メカニズムを調べるとともに、実スケールの盛土に対する浸透破壊防止効果を数値解析によって明らかにした。

2. 模型実験

実験には、図 1 に示すように、堤体高さ 200 mm、天端幅 150 mm、法面勾配を 1:2（2 割勾配）とする模型堤防を用いた（奥行き:200 mm、基礎地盤厚:150mm）。模型堤防には珪砂 6 号と珪砂 6 号と粘土を乾燥重量比 5:1 で混合させた混合土の 2 種類の土質条件で実験を行った。各試料の飽和透水係数は、それぞれ $k = 2.82 \times 10^{-4}$ 、 3.31×10^{-5} m/s である。

表法被覆工（遮水工）は厚さ 3 mm のアクリル材で模擬し、表法面全体に被覆を設ける場合（完全被覆）、基礎部分から 160 mm の高さまで被覆を設ける場合（不完全被覆）、被覆を設けない場合（被覆なし）の 3 ケースで実験を行った。実験では、初期条件として土槽底面から 168 mm の高さに地下水位を設け、その後、表法面の水位を 10 mm/s の一定速度で上昇させた（裏法面の水位は初期地下水位を保つように排水させた）。なお、水位が天端高さに到達した後は、その水位を保つこととした。

図 2 は、裏法尻部分における浸透破壊に至る時間と被覆条件の関係を示したものである。混合土は被覆を

行うことで破壊に至る時間が増長するが、珪砂は被覆を設けても顕著な差は見られなかった。このことは、透水性の高い盛土では、基礎地盤中での浸透が進みやすく、被覆の効果が現れにくいことを示唆している。

本研究では実験に加えて、飽和・不飽和断面 2 次元浸透流解析プログラム AC-UNSAF2D¹⁾を用いて数値解析を行った。図 3 に浸透流解析より得た浸潤線の経時変化を示す。この図から、堤体内の浸潤面形成には被覆の有無が大きく影響し、表法面を被覆することによって堤体内の浸潤線を低く抑えることができることが分かる。

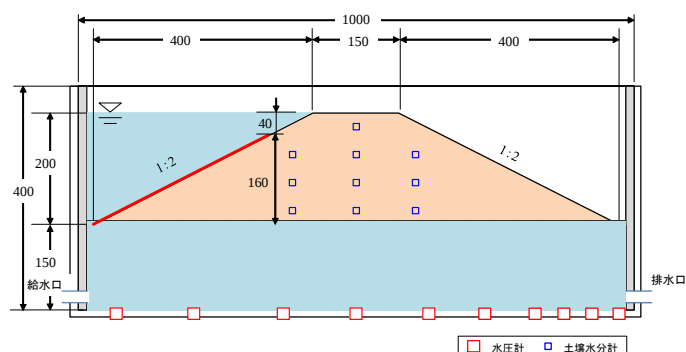


図 1 堤防の浸透破壊模型実験

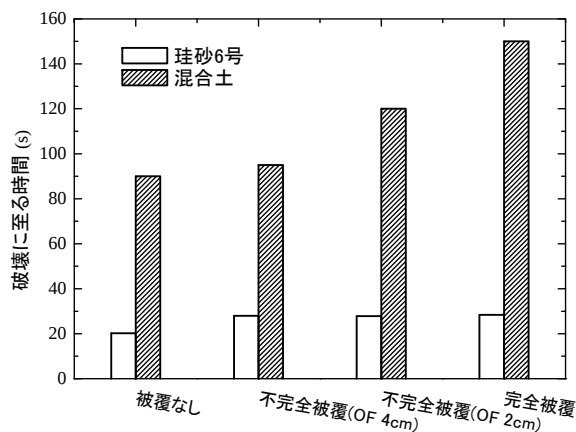


図 2 浸透破壊に至る時間と被覆条件の関係

3. 実スケールモデルにおける浸透流解析

河川水位の上昇から浸透破壊に至るまでの時間を検討するために、ここでは模型堤防を 30 倍した実スケールモデル（堤体高さ 10.5 m，天端幅 4.5 m）に対して浸透流解析を行った。図 4 と 5 に裏法尻付近の水平局所動水勾配の経時変化を示す。図 4 は、堤体と基礎地盤の透水係数を $k = 10^{-3} \sim 10^{-6}$ m/s に変化させた場合の裏法尻付近における局所動水勾配の経時変化を示したものである。局所動水勾配は所定の時間が経過すると一定値に収束し、流れが定常状態に達することが分かる。また、地盤の透水係数が小さくなるほど局所動水勾配の上昇時刻が遅くなることが分かる。被覆なしと完全被覆のケースを比較すると、局所動水勾配の定常値に大きな差異が見られる。ただし、不完全被覆の場合では、被覆なしの場合と大きな差異は見られないことから、被覆工が施されているにもかかわらず、被覆高を超えて流入を許してしまうような場合には、浸透破壊抑制効果が著しく損なわれることが分かる。

図 5 は、法勾配を 1 : 1.0 ~ 1 : 2.0 に変化させた場合の局所動水勾配の経時変化を示したものである。ただし、基礎地盤と堤体の透水係数は模型実験に用いた混合土のもつ $k = 3.31 \times 10^{-5}$ m/s とし、基礎地盤厚，堤体高さ，天端幅はそれぞれ 4.5，6.0，4.5 mm に固定して勾配のみを変化させた結果である。この図から、法勾配が急になるほど局所動水勾配は大きくなり、また上昇速度も大きくなることが分かる。また、被覆の有無によっても動水勾配の大きさや上昇速度に違いが見られ、法勾配が急になるほど被覆の有無による影響は顕著化することが分かる。今回の解析ケースでは、完全被覆の 1 割勾配のケースと被覆なしの 1.5 割のケースにおける局所動水勾配変化がある程度一致している。1.5 割勾配と 2 割勾配のケースでも同様のことが言える。このことは、浸透破壊に対する安定性という観点において、覆工の効果は法面勾配を 5 分大きくする効果に相当することを意味している。

4. おわりに

表法面を覆工した被覆堤防の浸透破壊に関する模型実験と浸透流解析を行った。堤体の透水係数が小さく、法面勾配が大きいほど浸透水の貯留効果が高いことは自明であるが、表法面を被覆することによって堤体内の浸潤面水位を大幅に低下させることができ、浸透破

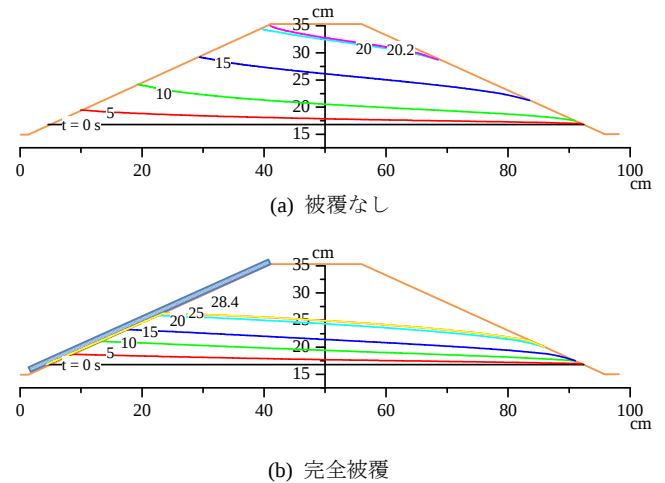


図 3 浸潤線の経時変化（珪砂 6 号）

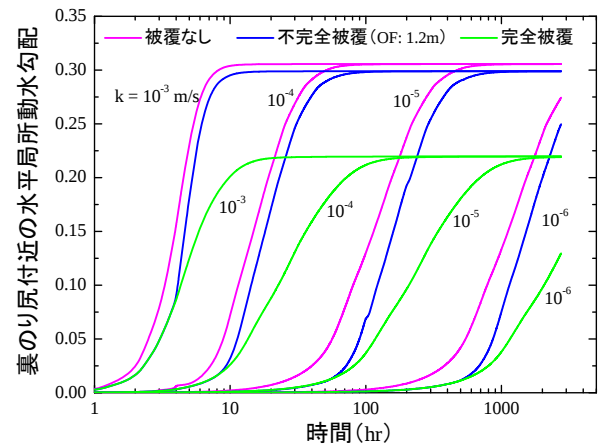


図 4 透水係数による動水勾配の経時変化

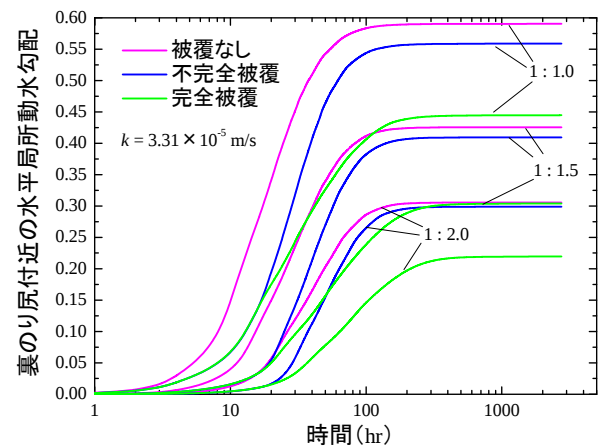


図 5 法面勾配による動水勾配の経時変化

壊が発生するまでの時間を遅延する効果のあることが明らかとなった。ただし、透水係数が大きい場合やのり面勾配が小さい場合、また、被覆を超えて河川水が浸透するような場合には、浸透防止効果が低減する。

参考文献

1) 岡山地下水研究会 HP,

http://www.igeol.co.jp/okayama/oka_index.htm