

豪雨による砂質堤防内の間隙空気の挙動と透気遮水シートの敷設効果

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○柴田 賢, 今瀬 達也

名古屋工業大学 正会員 前田 健一

応用地質株式会社 正会員 馬場 千児

太陽工業株式会社 正会員 梶尾 孝之

1. はじめに

都市型集中豪雨に挙げられる局所的な集中豪雨が引き起こす堤防の決壊には、豪雨による堤防表層への降雨浸透と河川の水位が上昇することに伴う堤防の下層から表層へ向かう浸透によって、堤体内に間隙空気が閉じ込められ圧縮し、河川水位が高くなった時、突発的にブローする現象が数値解析で指摘されている。また2000年の東海豪雨では、名古屋市内を流れる新川の堤防が決壊し、甚大な被害を及ぼした。このときの決壊過程の目撃者によると、堤防に亀裂が入り、白い泡状の水が噴き出した後、亀裂が広がっていったと報告されている。このように、河川堤防の決壊には間隙空気が関連していることが考えられる。ところが、降雨浸透時において間隙空気の影響は考慮されず、浸透特性や安全性の評価がされており、河川堤防の設計においても降雨の影響を十分に考慮されていないのが現状である。

そこで本研究では、任意の降雨強度を再現可能な降雨発生装置を備えた模型堤防実験を行い、降雨浸透や河川水位の上昇に伴う間隙空気の挙動を把握することを試みた(図-1)。また、降雨浸透および河川水位が上昇によりエアーブロー現象の観察や空気圧の測定を行った。この結果を踏まえ、不透気遮水シートを用い、一般的な越流対策としてのアスファルトフェイシングを模擬した実験を実施し、つぎに透気遮水シートの設置効果を検討した。

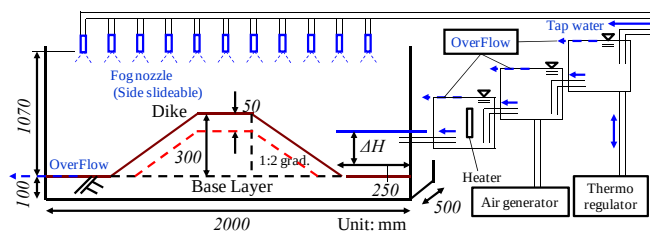


図-1 実験装置概要

2. 実験方法および実験条件

本実験では、模型堤防作製の際に豊浦砂を使用し、基盤層は水中落下、堤体部分は乾燥落下とし、層厚50mmごとに7回/100cm²の割合で突固め、相対密度70%に管理して実施した。まずCase(1), (2)では、降雨のみが堤体内

に与える影響を観察するために、各々、気象庁により非常に激しい雨と定義されている降雨強度60mm/hr, また集中豪雨と定義されている降雨強度120mm/hrを与え、堤体内の間隙空気の挙動に変化が現われるか検討する。Case(3)では、河川水位の上昇による堤体内への浸潤挙動を観察する。水位の上昇速度は先に記した新川堤防の決壊地点におけるハイドログラフをもとに設定している。

以上の結果を踏まえ、Case(4)では降雨強度124mm/hrを45分与え、その後降雨を継続しながら、Case(3)と同様に河川水位を上昇させる。つぎにCase(5)では、堤体内に不透気遮水シート(空気も水も透さないシート)を敷設し、越流対策を試みた。また越流堤等では、昔から堤体内の空気を逃がすために排気孔が設けられていることがある。そこで、Case(6)ではシートに透気性を持たせた透気遮水シート(空気は透すが水は透さないシート)を敷設した。

3. 実験結果および考察

土槽正面から観察されるCase(1)から(3)の浸潤線の経時変化を図-2に示す。外力が河川水位上昇の場合、水位上昇とともに河裏法尻へ浸潤前線が進行しているが、豪雨のみ場合では堤体表層に浸透し表層に浸潤域を形成した後、浸透は法先および法尻から堤体内へ向かって進行している様子が分かる。このように豪雨時の浸透挙動は堤体内に間隙空気を封入することが考えられる。

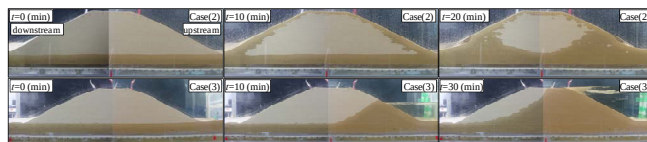


図-2 浸潤線の経時変化 (Case(2)および Case(3))

また、堤体内を観察するために、任意の場所に水分計を埋設し、堤体内における水分量の変化を捉える(図-3)。

Case(1)では、実験開始から20分の間に急上昇し、その後は緩やかな増加傾向にあることがわかる。それに対し、Case(2)の場合、降雨開始40分経過すると堤体内の水分量が上昇し、その後豪雨を継続しているにもかかわらず、

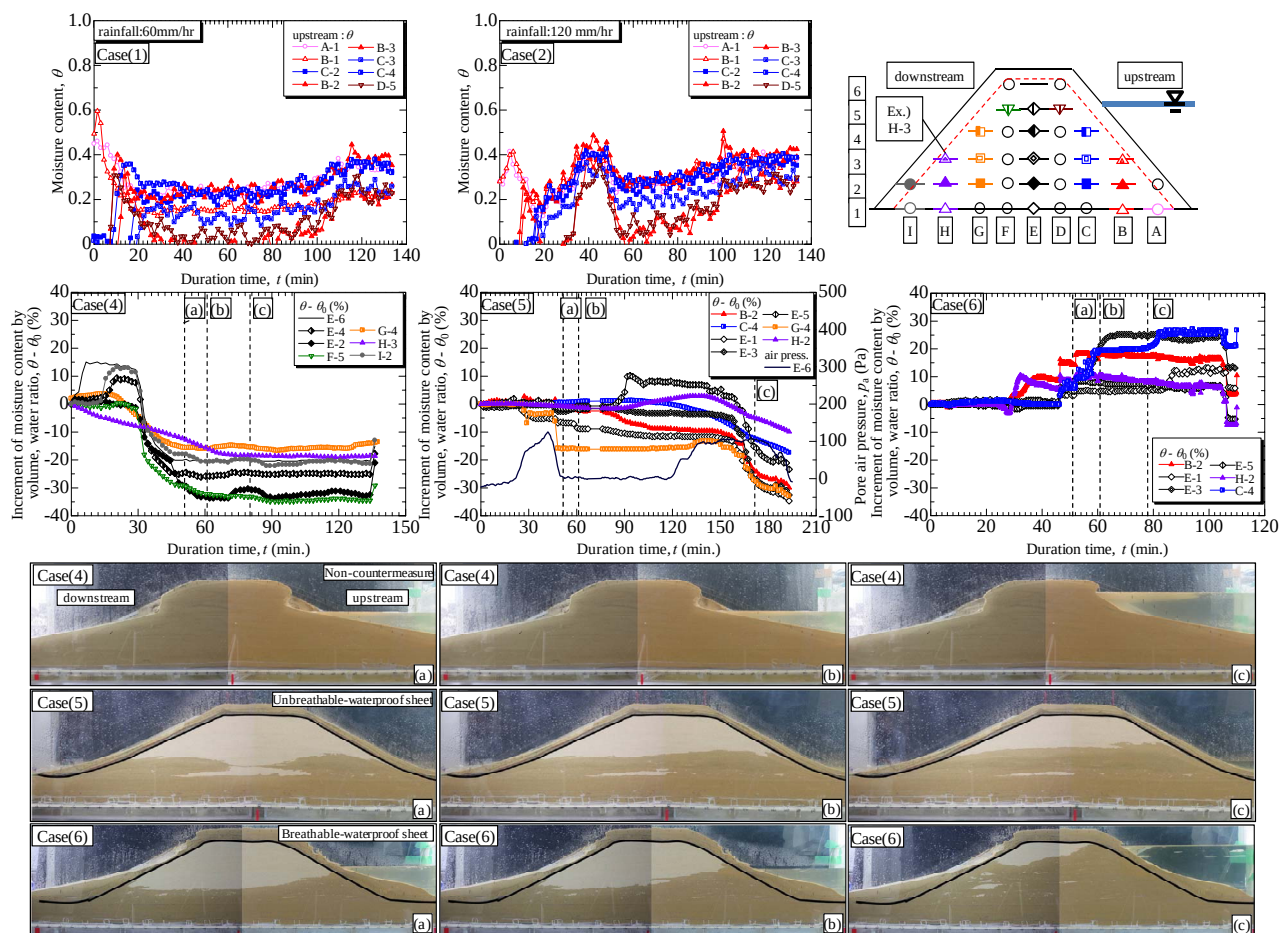


図-3 堤体内の水分量の経時変化：Case(1)およびCase(2)（降雨あり，水位上昇なし，シート無し），Case(4)（降雨あり，水位上昇あり，シート無し），Case(5)からCase(6)（降雨あり，水位上昇あり，シート有り）：(a)河川水位が150mmに到達した時，(b)河川水位を150mmに保持して10分経過した時，(c)河川水位を250mmに保持して10分経過した時

堤体の表層と基盤層に挟まれた領域で水分量が急激に低下している。これは，堤体内における間隙空気起因していることが考えられる。

つぎに，外力を豪雨と河川水位の上昇を同時に考慮した場合（Case(4)から(6)）における堤体内の体積含水率の変化と浸潤前線の経時変化を図-3に示す。

事前降雨と降雨を伴う場合（Case(4)），降雨開始30分経過すると，降雨を継続させているにもかかわらず，体積含水率が急激に低下している。これは降雨浸透によって堤体内に間隙空気が閉じ込められていることが考えられる。また越流すると，堤体本体は激しく洗掘され最後には，基盤層近くまで崩壊することが分かった。

そこで不透気遮水シートを敷設し越流対策を試みると，越流時において，堤体本体は完全に保護された。堤体内では堤外側の水位が高くなると，体積含水率が減少し始めると同時に空気圧が上昇している。また，実験終了後のシート内で多量の空気が観察されたことから，シートが固定されていない場合，越流時に間隙空気に高い揚圧力が作用し，シートが剥がれる際には，堤体に損傷を

与えることが予想される。

以上を踏まえ，透気遮水シートを設置すると，高水位となっても急激な水分量の低下は見られず，越流時も完全に保護された。したがって，堤体内から外部への早期に空気塊が放出されていることが考えられる。

4. 結論

本実験により，豪雨によって堤体内に間隙空気が封入され，河川水位が上昇すると空気が圧縮し，特に越流間際には高い揚圧力が掛かるため，突発的な破壊を引き起こす可能性が考えられる。不透気遮水シートによる浸透防止工法では，越流時に閉じ込められた間隙空気が堤体に損傷を与える要因となる場合が考えられる。そこで，透気遮水シートを堤体内に敷設すると，堤体内の間隙空気を早期に外部へ放出するとともに，越流時にシート内部の形状を完全に保護できることが分かった。

参考文献) 前田健一，柴田賢，馬場干児，榊尾孝之，今瀬達也：豪雨と気泡の影響を考慮した河川堤防における透気遮水シートの設置効果，ジオシンセティックス論文集，第25巻，pp.107-pp112，2010。