

洪水から都市を守るために ～気泡の影響を考慮した浸透破壊とその対策に関する研究～

キーワード：浸透破壊、気泡、降雨、越流、SPH

担当：柴田

1. 背景および目的

集中豪雨などがトリガーとなり都市河川で突如として起こる**堤防の決壊**。それはあなたの街を一瞬にして泥水の中に消し去ります。そのような現象がしばしば堤防内に含まれる『**空気（気泡）**』と関係していることが明らかになっています（エアブロー；ガマがふく）。2000年に東海地方を襲った『東海豪雨』では、決壊した新川の堤防内ではいったいどのようなことが起こっていたのでしょうか？また、このような気泡が伴う現象は決して珍しくなく、河川堤防の他にも海底に存在するメタンハイドレート掘削時の地盤安定性や海岸構造物の安定性など、様々な形で関わっています。それらの現象を解明し、**洪水災害を未然に防ぐための効率的な対策法を提案**するため、前田研究室では**室内模型実験**を行うとともに、宇宙物理分野から発達した数値解析手法である **SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法**を用いた**固相（土）・液相（水）・気相（空気）の相互作用を考慮した解析手法の開発**に取り組んでいます。

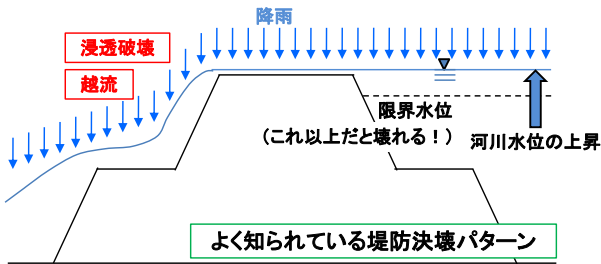


図-1 一般的な堤防決壊パターン

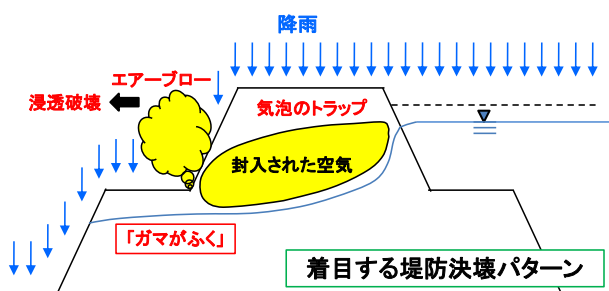


図-2 着目する決壊パターン

2. 模型実験

実験は右写真のような幅2メートルの大水槽に実堤防の1/30スケールの堤体模型を作製し、雨を降らせた後で片側の水位を上昇させます。通常の河川堤防では、河水や雨水の堤体内への浸透を抑制するために、堤体表面がアスファルトで覆われています。それを模擬するために堤体内に「**水も空気も通さないシート**」を施工したときの堤体正面の写真（右上写真）をみると、堤体下部から堤体内部への浸潤状態が非常に複雑であることがわかります。これは、**堤体内部に閉じ込められた空気が逃げ**

場を失い、水の浸潤を妨げているためです。このような状態が続くと堤体内の空気が圧縮されて大規模なエアブローを起し、堤体が崩壊する恐れもあります。そこで、本研究では「**空気を通すが水は通さないシート**」を施工し、同じ条件で実験を行ったところ、**下から堤体内への浸潤がスムーズに進み、空気が水に置換されていく様子を捉えることに初めて成功しました**。このように、前田研究室では実スケールを見据えた広い視野で研究に取り組みながら、現象の本質を捉えることを目標にしています。

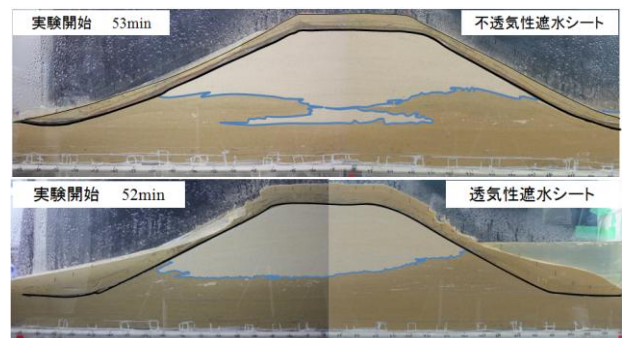


図-3 不透気性遮水シートと透気性遮水シートの比較

3. SPH法を用いた数値シミュレーション

SPH法を用いた降雨を伴わない無体策堤体の浸潤過程の（土と水の二相系）の再現結果（上図）と、無体策の堤体内に気泡が存在する場合（土・水・空気の三相系）の降雨を考慮した解析結果（下図）です。上図では、浸潤線が高水位側から低水位側に向かって徐々に下がり、皆さんが知っている浸透現象をよく表現できることがわかります。また、下図では、豪雨の堤体内への浸潤によって堤体内の気泡が押しえつけられることで逃げ場を失う様子が再現されており、このとき気泡内圧が非常に上昇することが分かっています。**SPH法でこのような固体・液体・気体の三相系解析を成功させた事例は今までに**なく、さらなる改良を重ねることによって他分野においても有用な解析手法となりうる可能性を秘めた結果であるといえます。

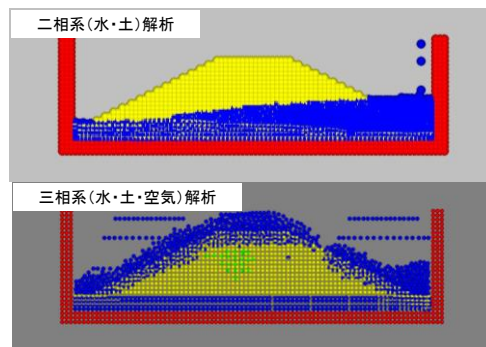


図-4 二相系および三相系解析結果