

河川堤防浸透実験について

北海道開発局 石狩川開発建設部 計画課 山田 拓也

1. はじめに

石狩川下流域は我が国有数の軟弱地盤帯である。沈下し易い基盤特性から過去幾度にも及ぶ嵩上げにより堤防の完成化が図られており、初期の堤体材料には河道拡幅により発生した泥炭や高含水の粘土等が流用されているなど、複雑な土質構成を有している。堤防の安定性を評価する上でこのような特性を持った堤防の浸透現象に関する知見は十分に得られていない状況にある。このため、本研究では軟弱地盤上に築造された複雑な施工履歴および土質構成を持つ堤防において洪水時の堤体内浸潤線の挙動を把握し、河川堤防の安全性照査手法へ反映することを目的に、石狩川の実堤防を用いた浸透実験を実施したものである。

2. 実験概要

2. 1 実堤防浸透実験の実施位置

本実験では、幾春別川新水路事業により撤去される堤防のうち、泥炭地盤が分布し、かつ、実験期間に存置可能な幾春別川右岸 KP1.75地点（図-1）の堤防を実験堤とした。



図-1 堤防浸透実験の実施位置

2. 2 実験堤の履歴、土質構造及び形状

実験堤の築堤履歴については、昭和 34 年に高水敷の泥炭を 2.5m の深さで掘削した残土を流用して高さ 4m の堤防を築造したのを始めとし、以降、昭和 39 年、40 年、42 年と築堤工事の記録が残されている。その後、昭和 50 年 8 月の水害を受け、昭和 51 年から昭和 54 年にかけて、我が国最初の河川激甚災害対策特別緊急事業として堤防の嵩上げ・拡幅工事が行われている。さらに、昭和 62 年から平成 2 年にかけて表・裏腹付け盛土、平成 4 年から 5 年にかけて天端拡幅・嵩上げが行われており、結果として極めて複雑な築堤履歴を有するに至っている（図-2、3 参照）。

2. 3 実験概要

堤防浸透実験は平成 17 年および平成 18 年に下記の条件で実施した。

- ①平成 17 年度 長期湛水のみを外力による浸潤線の把握
- ②平成 18 年度【1 回目】 長期湛水+散水の外力による浸潤線の把握
- 【2 回目】 長期湛水+散水+対策工 (SCP) の効果を把握

平成 17 年度は、洪水位を想定した長期湛水実験を行い、さらに、平成 18 年度 1 回

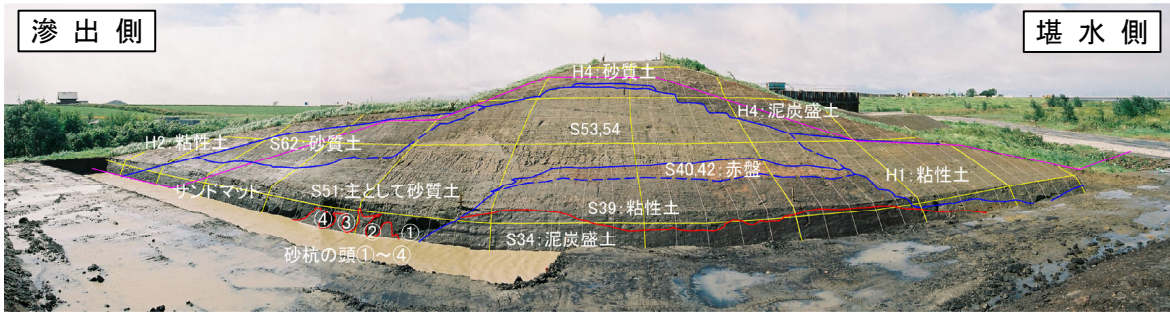


図-2 築堤履歴図

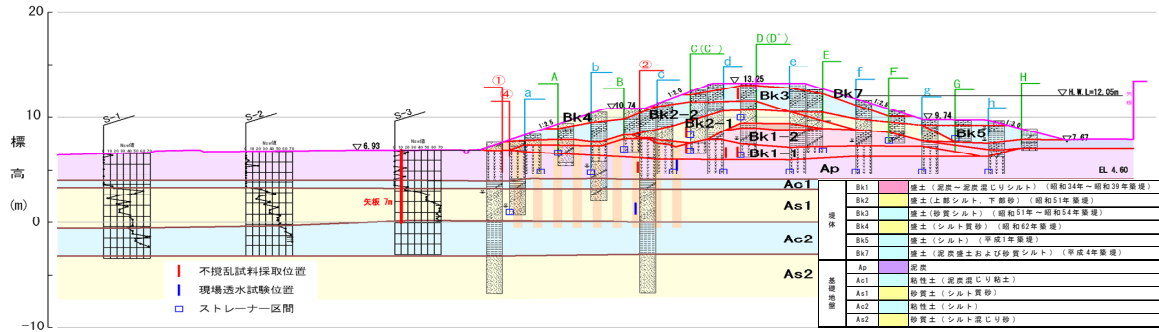


図-3 実験堤の土質構造

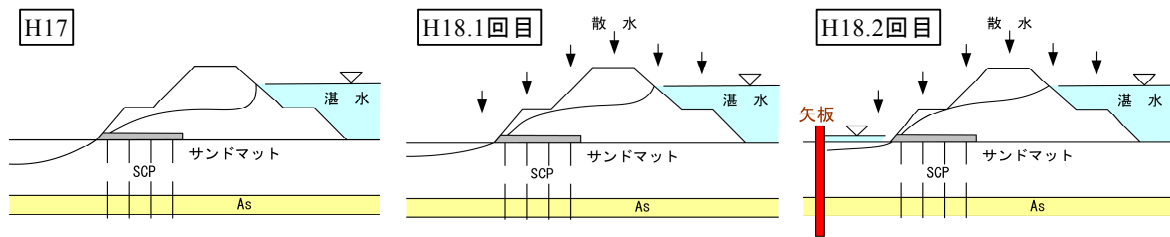


図-4 幾春別川堤防浸透実験の概要

目の実験では、平成 17 年度の実験外力に加えてスプリンクラーによる散水 (散水強度 5mm/h) を行い、散水 (以下、降雨と記す) が浸潤線の上昇に与える影響を把握した。同年 2 回目の実験では、滲出側法尻部に打設されたサンドコンパクションパイル (以下、SCP と記す) の浸透現象に対する影響を確認するため、滲出側に矢板を打設し、SCP の効果を排除した状況で実験を行った (図-4 参照)。

3. 浸透実験結果

3. 1 泥炭を含む堤防の平常時の浸潤線について

平成 17 年度から平成 18 年度の各条件下での実験によって得られた堤体内の浸潤線の時間変化を図-5 に示す。いずれの実験ケースにおいても、初期の堤体内浸潤線が泥炭からなる旧堤の天端付近に位置し、堤体中央部で凸状となる高い水位を示していることがわかる。これは泥炭の保水性の高さ、および堤防盛土によって堤体中央部の泥炭地盤が沈下し、この沈下した箇所に地下水が滞留しているためだと考えられる。

3. 2 降雨が堤体内浸潤線の上昇に与える影響

降雨の有無に伴う堤体内浸潤線の時間変化を図-5 a), b) に示す。長期湛水のみを外力として与えた図-5a) の場合に比べ、降雨外力を与えた図-5b) 場合の浸潤線の上

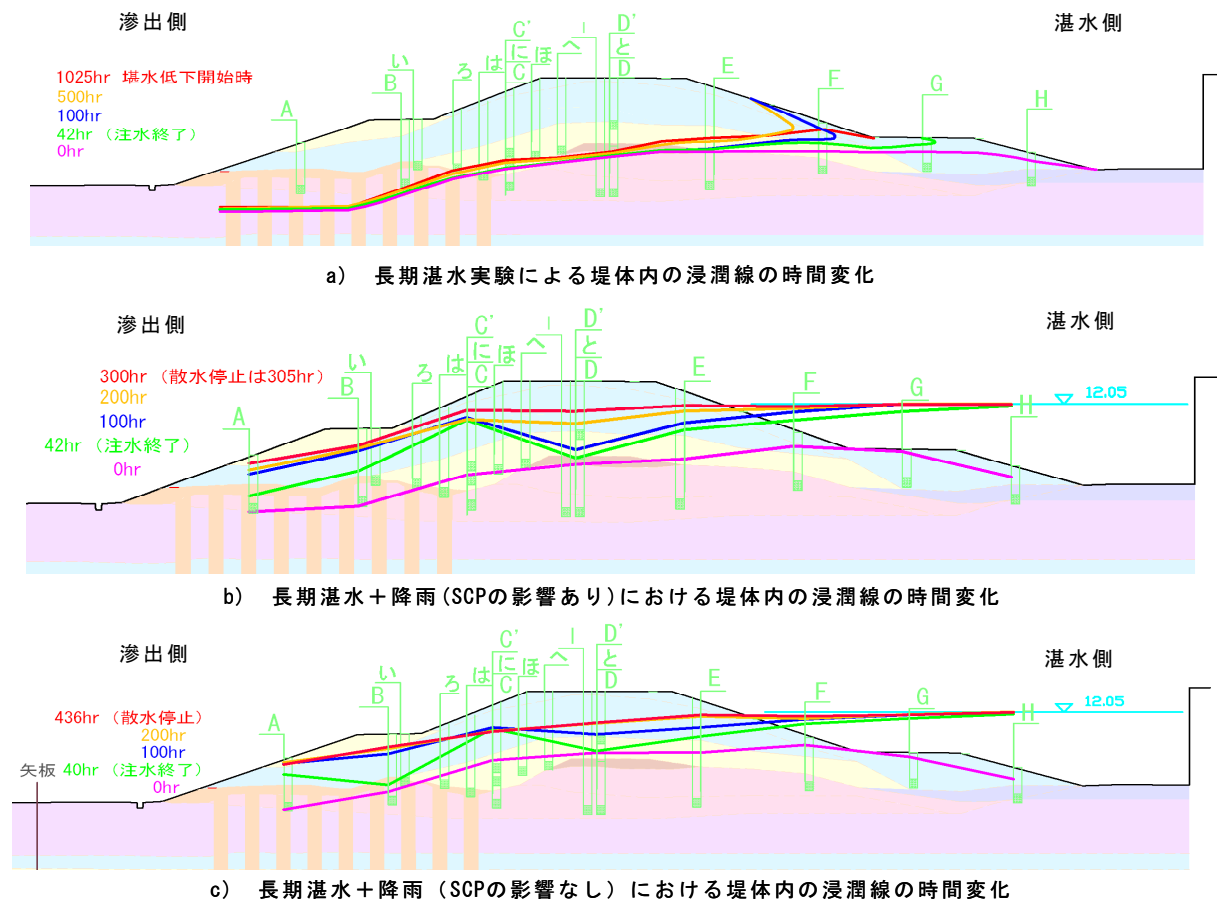


図-5 堤防浸透実験によって把握された堤体内の浸潤線の時間変化

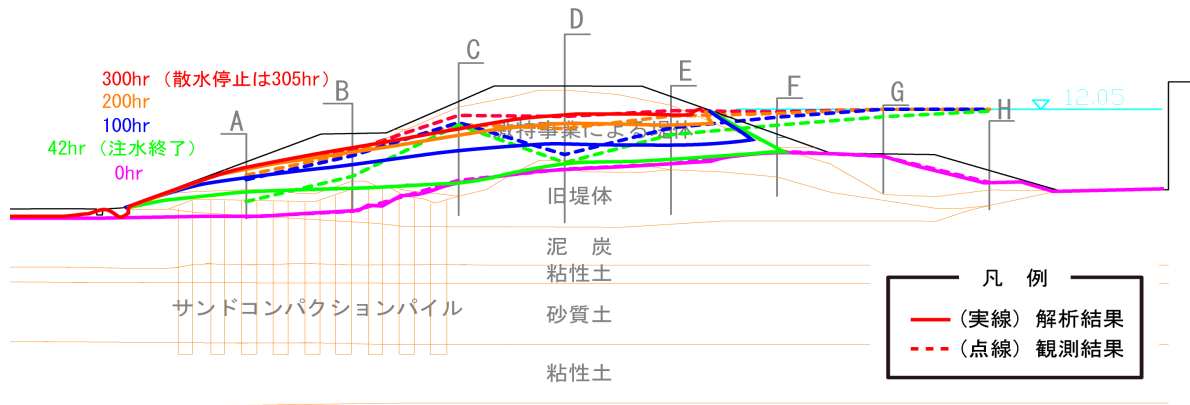
昇が著しく、特に堤体中央から滲出側における降雨の影響が顕著であることがわかる。2箇年にわたる浸透実験より堤体内水収支を計算すると、長期湛水による堤体内浸透量が概ね $0.3\text{m}^3/\text{day}$ に対して、降雨に伴う浸透量が概ね $1.7\text{m}^3/\text{h}$ と非常に大きいことから、堤体内浸潤線の挙動に与える降雨の影響は極めて大きいと言える。

3. 3 堤体中央部における浸潤線の上昇について

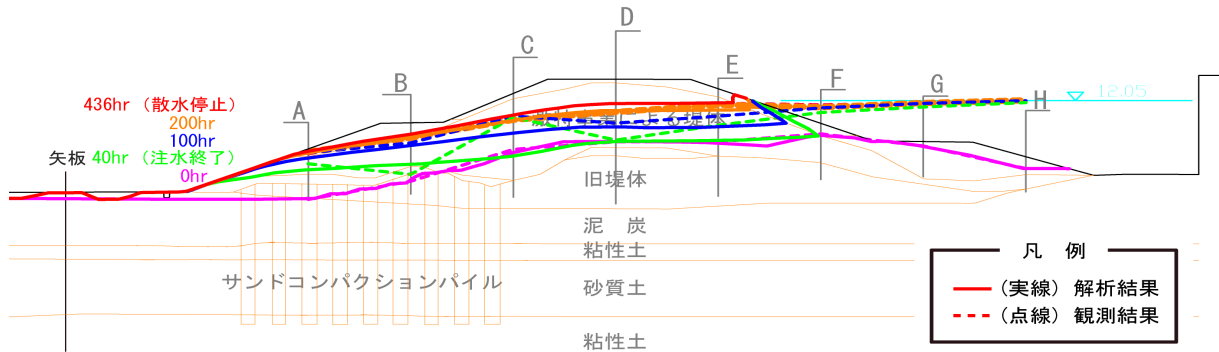
降雨湛水実験での浸潤線の時間変化(図-5 b), c)に着目すると、裏法面部の浸潤線は 40 時間程度で凸型の形状を有し、堤防裏法面にて急勾配な浸潤線が形成されることが確認された。この原因としては降雨浸透の局部集中や堤体を構成する中間土の吸水性(サクション)による浸潤線の引き上げなどが考えられる。裏法面にて動水勾配が急になると裏法尻部の軟弱化を誘発し、堤体を不安定化させる要因となりえるため、安定性照査ではその危険性を十分に把握・勘案する必要があると考える。

4. 浸透流解析

浸透実験結果を基に飽和・不飽和浸透流計算を用いて浸潤線の挙動を解析した。図-6 a), b)に現地実験及び浸透流解析より得られた浸潤線の時間変化を示す。湛水及び降雨が長期間継続した場合においては、浸透流解析結果は実験結果を良く再現していると言える。一方で、浸潤線上昇過程の 40 時間付近の浸潤線に着目すると、浸透流解析結果からは実験で確認された堤体中央部での浸潤線



a) 長期湛水+散水 (SCP の影響あり) 時の観測及び浸透流解析の浸潤線の時系列変化



b) 長期湛水+散水 (SCP の影響なし) 時の観測及び浸透流解析の浸潤線の時系列変化

図-6 観測結果及び浸透流解析結果の比較

の局所の上昇が見られなかった。これは浸透流解析における中間土の取り扱いによるものであろうと考えられる。本解析では礫、砂質土及び粘性土の3種の水分特性曲線により解析を行っている。このため実験堤を構成する砂質シルトなど中間土の土質特性が正確には解析に取り込まれず、実験にて観測された湿潤線の局所の上昇やそれに伴う堤体裏法面での浸潤線の急勾配化を再現できなかつたと考察する。

5. 考察とまとめ

実験より、平常時から堤体内の泥炭により堤体内水位が高く保持される場合があり、また堤防浸透外力として長期湛水に比べ降雨が浸潤線の上昇をより助長していることから、洪水の比較的早い段階で堤防の不安定化が引き起こされる可能性がある。

これらを踏まえ、平常時に堤体内水位の高い堤防区間の事前把握や堤体内水位のモニタリング等により、より効率的かつ効果的な河川管理に繋げていくことが可能となると考える。

また、堤防安全性照査手法として、中間土等の取り扱いを浸透流解析に反映することにより、裏法側における浸潤線の局所の上昇等の再現性を高めることで浸透流解析の再現性に繋げ、堤防安全性照査の精度向上を目指すことが出来ると考えられる。

参考文献 1) 田中・西藤・石郷岡「河川堤防浸透実験について」;第50回北海道開発局技術研究発表会, 2007年、2) 加川・武井・石郷岡,「河川堤防浸透実験について」;第49回北海道開発局技術研究発表会, 2006年