

既設堤防の浸透対策としてのスクリーパイプドレーン工法の開発

株式会社建設技術研究所 正会員 ○中嶋 亮太 正会員 楊 雪松
正会員 小畑 耕一 正会員 亀山 千佳 原田 直樹

1. はじめに

浸透対策工法であるドレーン工は、堤体へのなじみの良さや経済性の観点から代表的な堤防質的強化工法と言える。しかし、既設堤防にドレーン工を施工する場合、ドレーン長によっては堤防を大きく切り込み、施工時期や開削規模によっては仮締切が必要になるなど、工事規模が大きくなることが課題である。特に都市河川では、用地制約により施工ヤードの確保が難しい場合も多く、狭隘部でも容易に施工可能な浸透対策工法の開発が急務である。

本稿は、上記課題点を解決する工法として新たに開発したスクリーパイプドレーン（SP ドレーン）工法の構造および設計法について報告するものである。なお、鉄道分野では既に盛土のすべり対策としてパイプドレーン工法が実用化されているが、本工法は、浸透対策工に特化し、水みちの防止や施工性、維持管理性を向上させ、河川堤防への本格運用を目指すものである。

2. SP ドレーン工法の開発

SP ドレーン工法は、図-1 に示すように従来のドレーン工に代わって、堤防法尻部に集水孔を有するパイプ（SP ドレーン）を設置することで堤体内の排水を図る。

SP ドレーンは、本体管とガイドロッド（図-2）からなる二重管構造となっている。本体管は、スクリーが設けられた先端部（鋼管）と集水孔を有した後続部（ポリエチレン（PE）管）に構造分離しており、両者はスラストベアリングにより接合されている。ガイドロッドは本体管の先端部のみに嵌合されている。施工時は、回転圧入力をガイドロッドに与えることで本体管の先端部のみが回転し、後続部は回転せずに SP ドレーンが堤防へと貫入する。貫入後は、ガイドロッドのみ引き抜くことで、本体管のみを堤体内に残置させる。本構造の採用により、SP ドレーン工法は以下に示す特徴を有している。

- 小規模施工が可能：SP ドレーン工法は回転圧入により施工するため、堤防や周辺地盤の開削を伴わない。よって大規模な施工ヤードを必要としない。
- 水みち発生を防止する先端のスクリー形状：水平ボーリング工に代表される従来の非開削排水工法は、パイプ周囲の水みちの発生や目詰まりなどの問題が考えられ、河川堤防への適用性は低かった。一方 SP ドレーン工法は、先端部のパイプ周囲にスクリーを設けることで、浸透路長を延長し、水みちの発生を抑制している。
- 維持管理性に配慮した構造：SP ドレーン工法では、パイプ内側に目詰まり防止のため取り出し洗浄が可能な内挿フィルタを挿入し、維持管理性の向上を図っている。

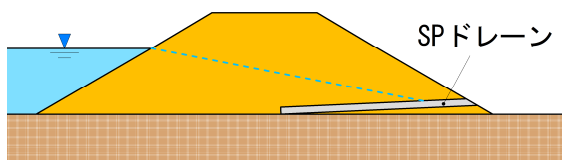


図-1 SP ドレーン工法の概要

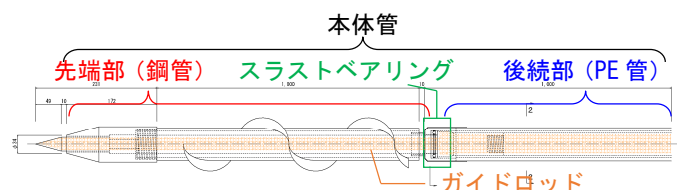


図-2 SP ドレーンの概要図（本体管+ガイドロッド）

3. SP ドレーンの貫入実験による施工性の確認

SP ドレーン工法の施工性や施工に伴って生じる地盤への影響を確認するため、堤防を模擬した盛土を用いて貫入実験を実施した。SP ドレーンの回転圧入には、図-3 に示すように水平ボーリングマシンを用いた。

実験の結果、図-4 に示すように最大推進圧力 1.3t、最大回転圧力 93.3kg・m で地山を乱すことなく堤体内部 8m まで SP ドレーンを貫入させることが可能であることを確認した。

キーワード 浸透、堤防質的強化、ドレーン、非開削、水平ボーリング、排水工法

連絡先 〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎 1-14-6 建設技術研究所東京本社水工部 TEL 048-835-3700



図-3 水平ボーリングマシンを用いた貫入実験

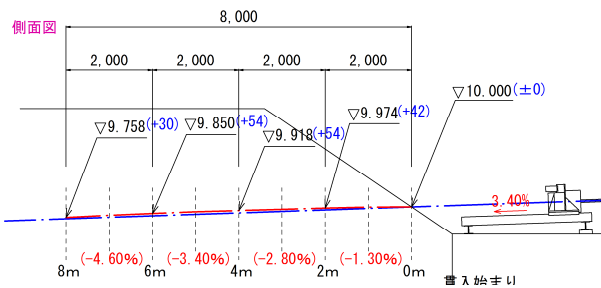


図-4 実験により確認された SP ドレーンの貫入量と貫入線形

4. SP ドレーン設計法の提案

4. 1 実証実験と三次元浸透流解析による SP ドレーンの透水係数の設定

SP ドレーンによる堤体内水位の低減量は、縮小堤防模型による実験で確認した。実験の概要は図-5 に示す。実証実験後は、観測された堤体内水位を三次元浸透流解析モデルで再現した。SP ドレーンの透水係数は、実証実験での観測水位と解析モデル上で得られる堤体内水位が一致するように、逆解析を行って設定した。

再現解析の結果、実証実験での観測水位に最も近い計算水位は、SP ドレーンの透水係数が $1.0\text{E}+00\text{cm/sec}$ の場合であった(図-6)。三次元浸透流解析上で設定した各地層の透水係数を整理すると、表-1 のとおりである。

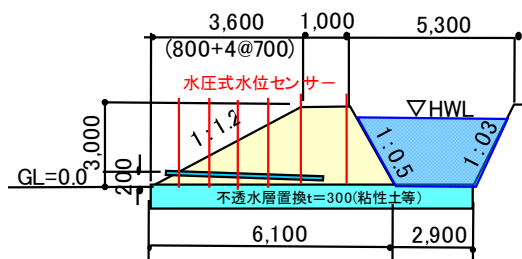


図-5 縮小模型実験の概要

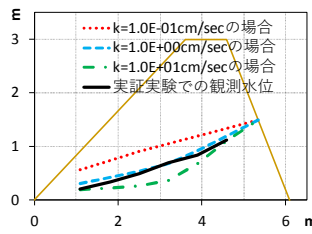


図-6 観測水位と再現水位

表-1 三次元浸透流解析での設定透水係数

地層	飽和透水係数		不飽和浸透特性
	kx (cm/s)	ky (cm/s)	
堤体(透水層)	$6.10\text{E}-04$	$6.10\text{E}-04$	砂質土SF
SPD	$1.00\text{E}+00$	$1.00\text{E}+00$	礫質土G
基礎地盤(難透水層)	$1.00\text{E}-07$	$1.00\text{E}-07$	粘性土C

堤体、基礎地盤は実験時の土質と同様である。

4. 2 二次元浸透流解析による設計法の提案

三次元浸透流解析モデルを用い、SP ドレーンの設置間隔を任意に与えて算出した堤体内水位を、通常の設計業務で用いられる二次元解析にて再現を可能とする手法を検討した。計算位置は、最も水位が高くなる SP ドレーン設置箇所の中地点とし、二次元浸透流解析においては SP ドレーンに与える透水係数を低減することで同位置の水位を再現した(図-7)。低減された透水係数を等価透水係数とし、図-8 に示すように SP ドレーンの設置間隔により定式化することで、三次元的な水位低減効果を発揮する SP ドレーンを二次元的に評価することが可能となった。

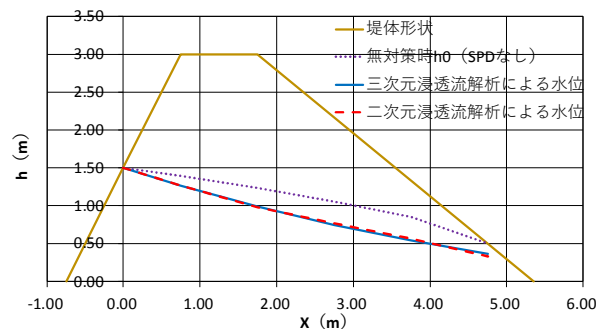


図-7 二次元解析による三次元解析モデル堤体内水位の再現

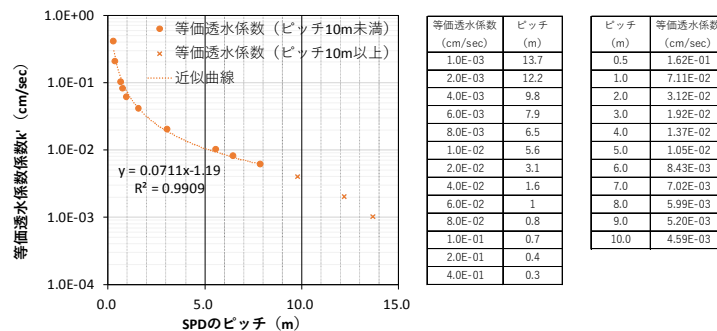


図-8 SP ドレーンの設置間隔と等価透水係数の関係

5. おわりに

既設堤防の浸透対策工法として、水みちの発生を抑制しながらも容易に堤体に貫入が可能であり、かつ維持管理性に優れる SP ドレーンを開発することができた。また、二次元浸透流解析による SP ドレーンの簡便な設計法を提案した。今後は、異なる土質条件に対する検討を行い定数設定や設計法の精度を向上していく必要がある。

参考文献

- ・太田・宇野・柏熊：堤防の浸透破壊を防止するパイプドレーン工法，土木学会第 65 回年次学術講演会，pp.247-248