

応用地質株式会社 ○牧 恭子, 大藪 剛士, 目吉 智

平成 24 年 7 月九州北部豪雨では、一級河川矢部川において、パイピング破壊による堤防決壊が発生している¹⁾。また、平成 30 年 7 月豪雨では、一級河川肱川において、堤防決壊には至らないまでも、パイピングに伴い川裏法面が大きく変形する事例が生じている。これらの被災事例から、パイピングの発生には外水条件だけでなく、堤防の基礎地盤構造が大きく関係することが報告されている²⁾。

2. パイピング発生要因

①被覆土層厚：パイピングは、被覆土層厚が相対的に薄くなる箇所が生じやすく、被覆土層厚が 3m 未満の場合は、発生危険性が高い。②行き止まり構造：川表側から透水層を通して供給された水が、川裏側に分布する粘性土などによって行き場をなくす地盤構造を指し、裏法尻から堤防敷幅の 1.5 倍の範囲内に行き止まり構造がある場合はパイピングの危険性が高くなる。③複層構造：基礎地盤が透水性の異なる複層からなり、かつ上層に対し下層の透水性が高い場合（上層が砂層で下層が砂礫層等の場合）にパイピングが生じやすい。

以上より、堤内地の表層 4m 以浅の地盤構造を詳細に把握することが重要である。図-1 に、パイピングの発生しやすい地盤構造を示す。

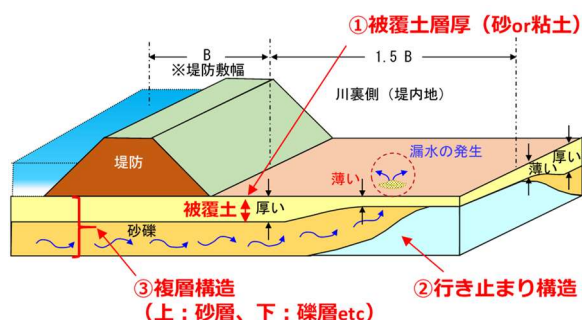


図-1 パイピングが発生しやすい地盤構造

(1) 被災履歴

調査地では、令和元年8月台風10号の出水において、堤

また、過去の出水でも繰り返し漏水被害が発生している。

調査地では、堤体漏水対策や川裏法すべり対策としての川表遮水シートや川裏法尻の砕石による置換工が施工されている。また、調査地の上流側では遮水矢板を一部で施工しているが、矢板下端は透水層の途中で止まっており、難透水層までは根入れがされていない。

(1) 調査方法

本調査地では通常の電気探査よりも電極を密に配置(0.5m 間隔)し、浅部の分解能が高い4極法による高密度電気探査を実施した。

高密度電気探査は、2次元比抵抗電気探査手法の一つであり、直流比抵抗法に基づく探査技術である。これは地盤に人工的に電流を流し、それによって生ずる電位分布を測定して解析し、地盤内の比抵抗の分布を推定する方法である。電気探査で得られる物性値は地盤の比抵抗値であり、地下水環境が同じであれば、粘土、砂、礫の順に比抵抗が高くなる。

また、探査結果の解釈精度を向上するため、測線上の複数箇所でも簡易ボーリングによる試料採取を行い、土質構成を直接確認した。

堤内地における表層地盤構造を面的に把握するため、高密度電気探査は漏水箇所を中心に堤防縦横断方向に複数測線で行った。また、漏水は堤防法尻から1.5B（B：堤防敷幅）の範囲内に行き止まり構造が存在する場合に発生しやすいことから、堤防横断測線は川裏法尻から1.5Bの範囲を目途に配置した。図-2に配置図を示す。

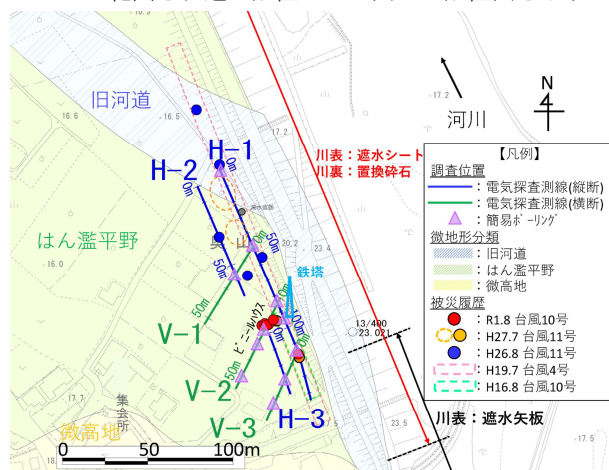


図-2 高密度電気探査測線配置図

5. 調査結果

(1) 高密度電気探査結果により推定した表層地盤構造

図-3に電気探査結果より推定した表層地盤構造を示す。図中には実施した6測線のうち、代表的な2測線の結果を示す。調査地の基礎地盤は砂礫層の上に砂層が分布する複層構造を呈し、表層には被覆土（粘性土）が分布する。なお、砂質土に対し礫質土の比抵抗値が同等もしくは低い値を示すが、それは境界付近に地下水位が分布するためである。

1) H-1測線

H-1測線は、堤防法尻付近の堤防縦断測線である。被覆土は上流側で厚いが、漏水履歴が集中する鉄塔付近より下流側では全般に薄く分布する。また、最下流の測点0m付近は、被覆土直下に砂礫が分布する。

2) V-2測線

V-2測線は令和元年の出水で漏水箇所が集中したビニールハウス内の堤防横断測線である。川側では被覆土が薄い、山側に向かって厚く分布し被覆土層の厚みの変化点付近で行き止まり構造を呈している。漏水箇所は行き止まり構造の手前の被覆土が薄い箇所に集中している。

(2) 表層地盤と被災履歴の関係

図-4に6測線分の調査結果より推定した表層地盤構造と被災履歴の関係を平面図上に整理した。

鉄塔付近より上流側は被覆土が厚く分布し、漏水が発生しにくく、鉄塔付近より下流側は被覆土が薄く、漏水が発生しやすい地盤構造といえる。特に、令和元年の出水で漏水箇所が集中したビニールハウス内では、山側に向かって被覆土が厚く分布し、行き止まり構造となるため漏水が集中したものと考えられる。また、最下流側は被覆土が薄く、その直下には砂礫層が分布するため漏水が発生しやすいといえる。それほど水位が上昇しなかった過去の出水で湧水が発生する現象と整合する結果となっている。

6. おわりに

本論では、近年堤防のパイピング被害が繰り返し発生する箇所において、パイピング調査に有効な高密度電気探査を実施し平面的に表層地盤構造を把握した結果、漏水が発生する箇所では近年の研究成果で漏水が発生しやすいといわれている複層地盤や法尻から1.5B 以内の範囲に行き止まり構造等を有していることが確認できた。対策工を検討する上では、パイピングのメカニズム及び詳細な表層地盤構造を考慮することで、効果的な対策工法及び範囲の検討が可能になると考える。

《引用・参考文献》

- 国土交通省九州地方整備局矢部川堤防調査委員会：矢部川堤防調査委員会報告書,2013.
- 西村 征哉,前田 健一,高辻 理人,榎山 総平,牧 洋平,泉 典洋：実堤防の調査結果に基づいた河川堤防のパイピング危険度の力学的点検フローの提案,河川技術論文集 第 25 巻,pp.499-504,2019.

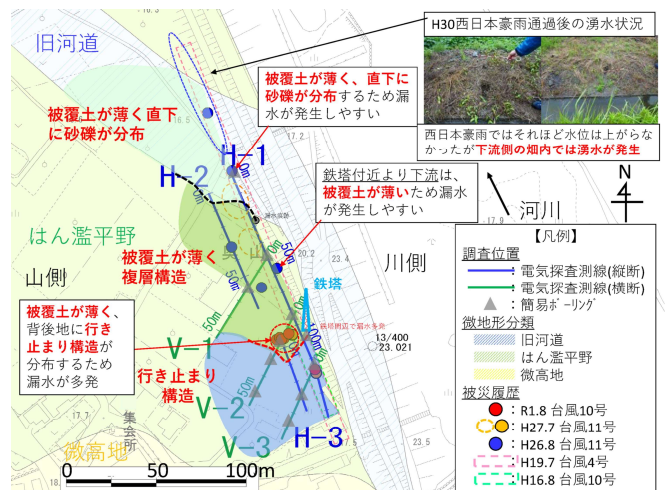


図-4 表層地盤と被災履歴の関係

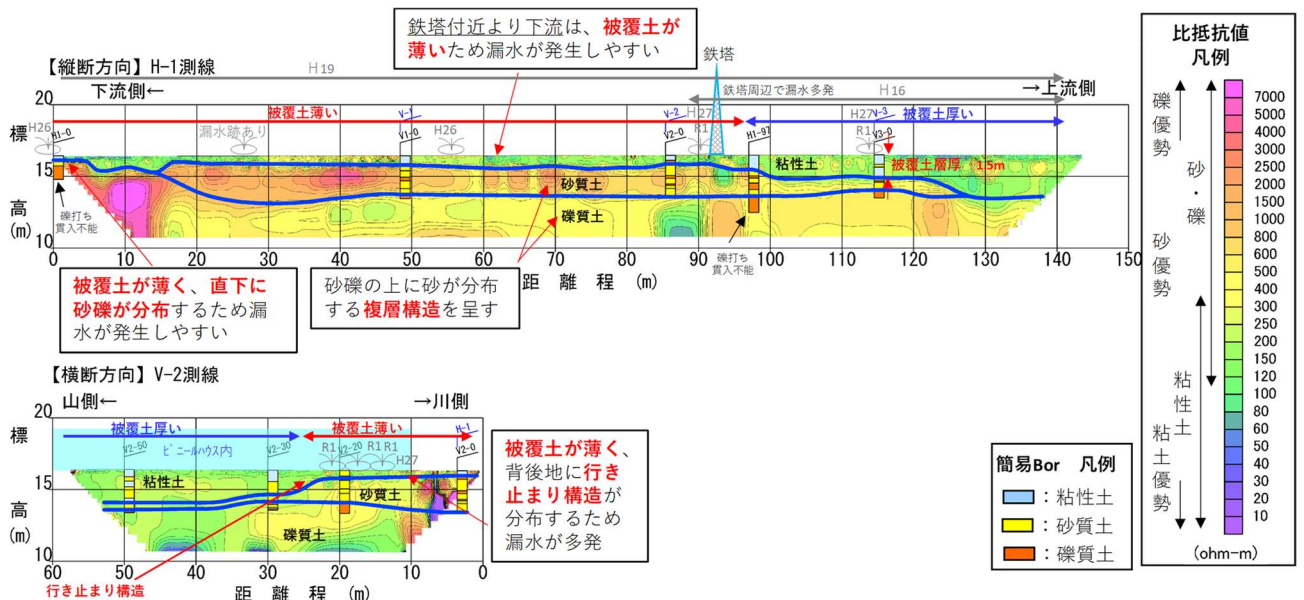


図-3 電気探査結果による表層地盤構造