

数値標高モデルと高密度貫入試験による河川堤防のパイピング部の特定

愛媛大学大学院 学生会員 ○今村衛

正会員 岡村未対 正会員 小野耕平

1. はじめに

河川堤防の高水位被災形態の一つにパイピング破壊がある。高水位継続時間の短い日本ではパイピングが原因と思われる破壊は 2012 年の矢部川堤防などの数事例しか報告されていないが、河川堤防の劣化が進む今後はパイピング破壊が増加することが考えられる。1980 年代から活発にパイピングの研究が行われているが、その発生条件や進展速度などの詳細なメカニズムは明らかにされていない。このような状況のなかで、近年パイピングによって直上の法面に現れる沈下形状の特徴に着目し、そこからパイピングの規模と位置を推定する方法が提案されている¹⁾。本研究ではこの方法を現場に適用し、パイピング部を推定した。また、高密度の貫入試験によりパイピング部の特定を試み、これによるパイピング部と推定結果を比較した。

2. 高密度貫入試験によるパイピング部の特定

本研究の調査対象は 2016 年の洪水で噴砂が生じた高知県の後川堤防右岸 6k400 地点(図 1)である。堤内側の横断面を図 2 に示す。堤体直下の薄い(層厚約 1m)砂質シルト～シルト質礫層と、その下の透水性の高い砂礫層からなる、パイピングの発生しやすい典型的な二層構造の基礎地盤となっている。高密度貫入試験はミニラムサウンディング試験機を用いて行った。図 3 に示すように貫入は縦断方向に設定した 4 測線で最短 1m 間隔の合計 30 地点で行った。図 4 に測線 B と測線 C の貫入試験の貫入結果を示す。堤体底部の N_d 値は 5～20 程度、パイピングが発生する可能性が高い砂質シルト～シルト質礫層の N_d 値は 2～10 程度であった。本研究では空洞あるいは極めて緩んだ領域であるパイピング部を対象とし、ロッドの周辺摩擦を補正した先端抵抗値 N_d が 1 未満の層(図 4 の赤い矢印)を緩み箇所と定義した。緩み箇所の深度分布は、パイピングが発生しやすいと考えられる、砂質シルト～シルト質礫層と一致している。緩み箇所が存在した貫入点を図 3 黒点、緩み領域が存在しなかった貫入点を白抜きの点で示した。これより噴砂の発

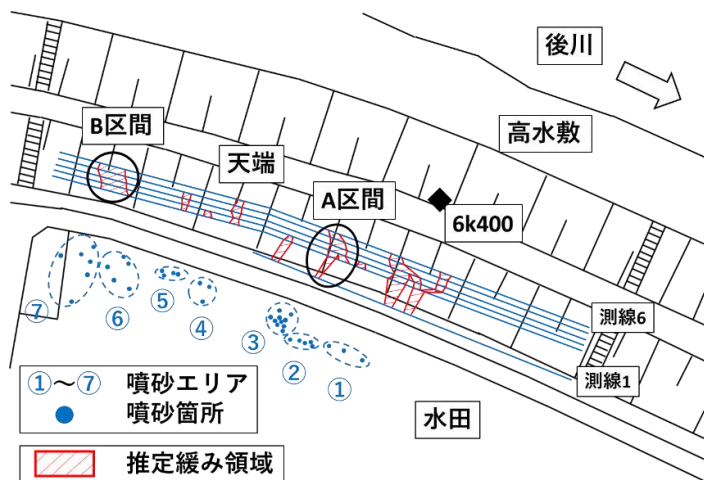


図1 後川右岸 6k400 地点

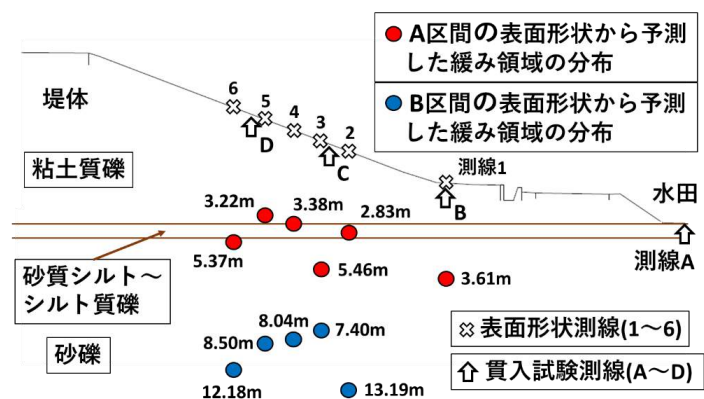


図2 土質横断面図

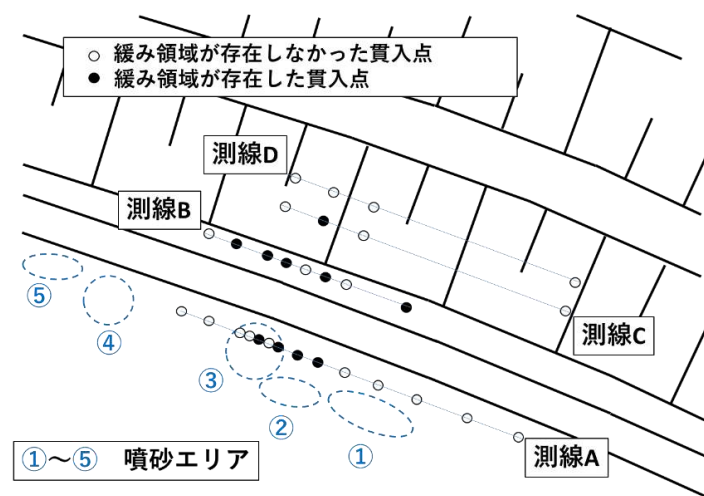


図3 貫入位置と緩み領域の位置

河川堤防 パイピング 貫入試験 数値標高モデル

〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番 TEL:089-923-9820

生した箇所と緩み領域の存在した貫入点の位置はよく対応していることがわかる。

3. 表面形状からのパイピング部推定

堤防表面形状のデータは SfM を用いて取得した。異なる位置から撮影した多数のデジタル写真から三次元形状モデルを作成する技術である。本研究ではデータは 5cm メッシュで作成した堤体表面形状を用いた。本研究では図 1 に示す 6 本の測線を縦断方向に設定し、縦断方向の高さの変化を調べた。図 5 に示すように、パイピング部に特徴的な沈下形状が見られる。すなわち、パイピング部の土被り厚の小さい法尻付近から土被り厚の大きな法肩に向かい、直上に現れる凹形状が浅く広がってゆく。このような箇所が水平縦断距離 10m、25m、35m、60m、85m に見られる。この凹部の形状を岡村ら¹⁾に倣ってガウス曲線で近似し、その最大沈下量 S_{max} と変曲点距離 x_i からパイピング部の縦横比 H/B (本研究では 0.03 とした) を仮定してパイピング部の幅 B 、高さ H 、深さ D を推定した。推定した緩み領域の進展を図 1 の赤い斜線で示す。平面的には、これらの箇所は噴砂箇所および貫入試験で特定した緩み箇所と良く対応している。図 1 の A 区間、B 区間の鉛直横断面において表面形状から推定した緩み箇所を図 2 に示す。推定したパイピング位置は A 区間では概ねパイピングが発生しやすいと考えられる砂質シルト～シルト質礫層と一致したが B 区間では下部礫層内の深い位置となった。表面形状から推定されるパイピングの深度は仮定する H/B の値に大きく依存するため、これを適切に決める必要がある。

4. まとめ

本研究では数値標高モデルによる表面形状からパイピングによる緩み領域を推定し、貫入試験で特定した緩み箇所と比較して推定方法の妥当性を検証した。表面形状から推定した緩み領域は過去の噴砂箇所や貫入結果と平面的にほぼ一致し、推定法の妥当性を確認する

ことができた。一方深度の推定位置は仮定するパイピング部の縦横比 H/B に強く依存し、これを適切に設定することが課題であることがわかった。

5. 参考文献

1) 岡村未対、平尾優太郎、前田健一(2017):パイピングにより堤体表面に現れる沈下分布の特徴、河川技術論文集、第 23 巻

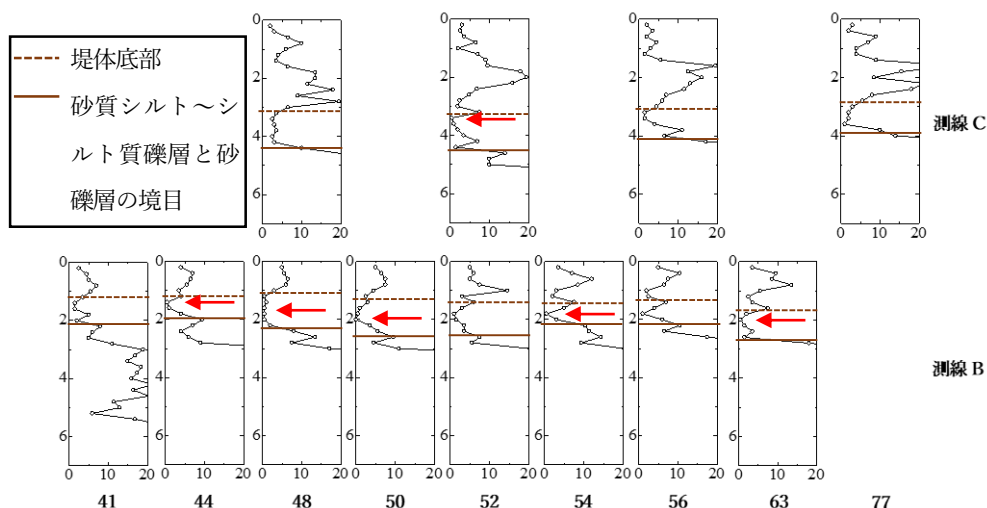


図4 測線B・測線Cの貫入結果

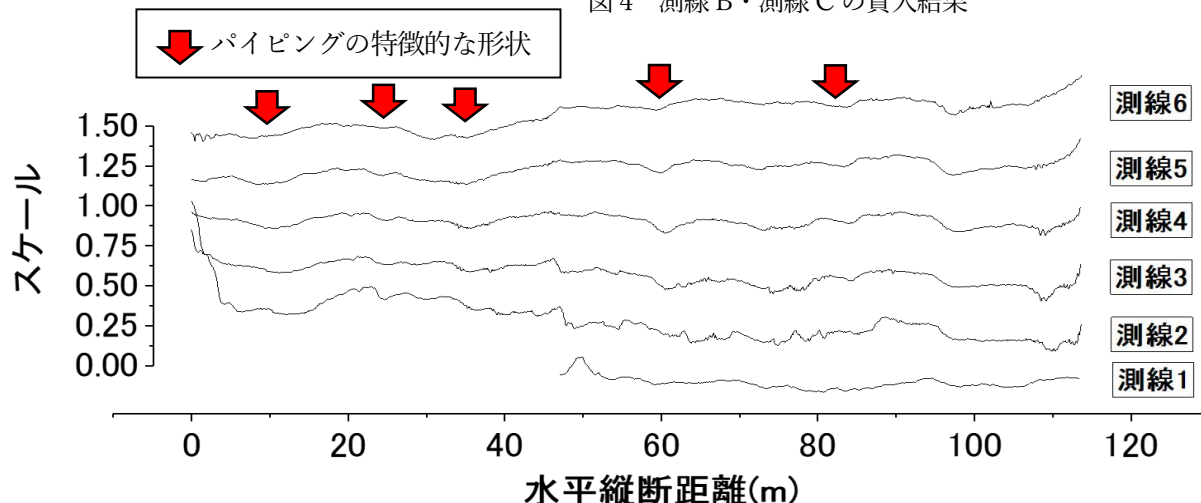


図5 表面形状による沈下分布