

開削調査結果を踏まえた浸透に対する堤防の安全性の確認

応用地質株式会社 ○高橋 耀介, 倉田 大輔

1. 堤防開削時の調査とは

河川堤防は長い歴史の中で嵩上げや拡幅を繰り返されて現在の姿となっており、土層構造が複雑であるという特徴がある。浸透に対する堤防の安全性を評価する上で、土層構造を把握することは非常に重要である。このため、樋門等の河川構造物の新設・撤去の際には堤防開削調査が行われる。堤防開削時の調査の目的は、築堤土の土層構造を把握することで、健全度の把握や堤防の質的検討等に資することである。

通常、河川堤防の土層構造は、複数箇所ボーリング調査より推定するが、それぞれ1次元的に把握した土層構成に基づくものである。対して、堤防開削時の調査では、堤防の断面を目視による観察することで、築堤土の土層構造を面的（2次元的）に把握することができる。

2. 堤防開削時の調査方法

(1) 調査手順

堤防開削時の調査は、事前調査、開削時調査の順に行われる。以下に調査の概要を示す。

【事前調査】

事前調査とは、堤防を開削する工事の前に、堤防に発生している変状を外観調査することである。例えば、工事の目的が樋管の撤去である場合、樋管周辺の抜け上がりやクラックを外観調査することが多い。

【開削時調査】

開削時調査とは、堤防を開削した後に、堤防の断面を調査することである。堤防の断面は、重機による掘削で乱れている。そのため、堤防の断面に鋤簾等を使用し、人力にて整形を行った後に、スケッチや写真撮影、試料採取を実施する。

また、工事の目的が、河川堤防に埋設された構造物（樋管等）の撤去である場合は、構造物の観察を実施する。

(2) 堤防断面観察時の留意点

河川堤防は、繰り返し嵩上げや拡幅が行われており、断面が大きな堤防であるほど築堤履歴が複雑である。また、同一時期の堤体材料も一様ではないと考えられる。そのため、現場での断面観察のみでは正確な築堤履歴の評価は困難な場合がある。

堤防断面観察を効果的に実施するためには、事前の資料調査により築堤履歴を推定することが必要である。これにより、築堤土の土質構造の特徴をとらえた断面観察を行うことができる。また、築堤履歴を推定しておくことで効果的に試料採取が計画できる。

事前の築堤履歴の把握には、下記に示す資料を収集整理することが有効である。

- ・過去の空中写真、横断測量で当該地の堤防の変遷を把握する。
- ・当該地の河川の治水史(改修計画等)を整理する。
- ・時代による築堤の仕方を理解する。

最近では、スケッチと合わせて、SfM(Structure from Motion)技術を使って、オルソ化写真(正射投影)を作成することで、築堤土の土層構造が分かりやすい成果を作成することができる。

3. 堤防開削時の調査結果

堤防開削時の調査結果の例を示す。

写真-1は、実際の開削調査の様子である。堤防断面に対して鉛直・水平方向に1m間隔で格子を設置して、図-2に示すように観察結果をスケッチに記録した。スケッチは実物の1/20スケールとした。写真-2は堤防の断面のオルソ写真であり、図-2は全体のスケッチから、土質ごとに着色したものである。この堤防開削時の調査結果の概要は、下記に示す。

- ・築堤当初は、粘性土(ローム)が主体であった。土層構造が、斜になっていること(写真-3参照)から、まきこぼしによる築堤をしていたと推定される。
- ・堤防の拡幅の際も、現在の計画高水位までは粘性土によって、まきこぼして築堤していたと推定される。
- ・築堤年代が比較的新しい箇所は、適切に締固めが行われていたと推定される。締固めやすい土質であり、硬質であった。

前述の「斜になっている」土層構造は、堤防開削時調査において、よく確認される。これは、昭和30年代以前の築堤の特徴である。当時は、築堤土をトロッコ等で運搬し、堤防の天端付近からまきこぼして築堤していた。そのため、この時代の築堤土の土層構造は、斜の構造になっていることが多い。当該地では、資料調査により斜の土層構造部分は昭和28年以前に築堤されたものと推定した。



写真-1 現場状況

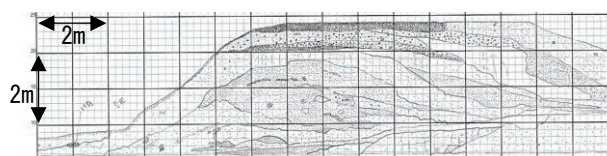


図-1 スケッチの一部



写真-2 開削断面のオルソ写真

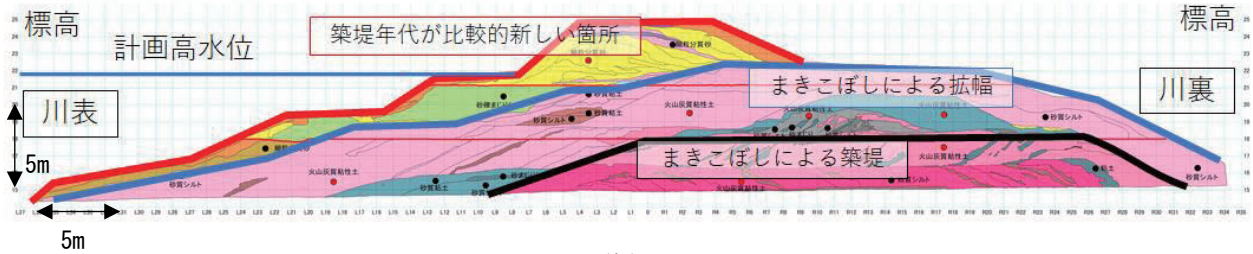


図-2 着色したスケッチ

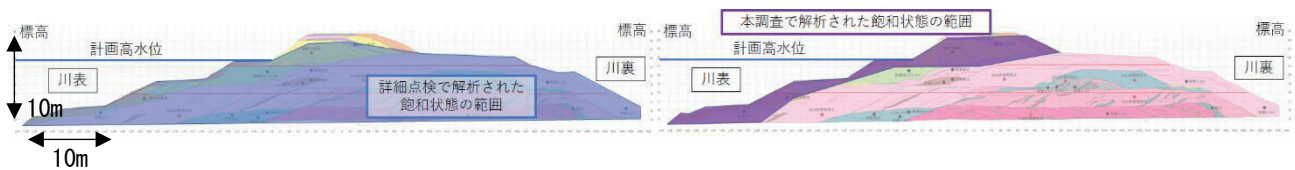


図-3 浸透流解析結果

このような土質分布を観察できることが、堤防の断面を面的に把握できる堤防開削時の調査の利点である。

4. 安全性の再確認

(1) 解析方針

堤防開削箇所を含む区間では、堤防の浸透に対する安全性の照査(以下、詳細点検と称す)が実施されている。詳細点検では、限られたボーリング調査に基づき推定した堤防モデルに対して、浸透流解析と安定解析によりすべりやパイピングの照査が行われる。

本調査で、築堤土の土質分布を詳細に把握し、土質ごとに乱れの少ない試料を採取し室内土質試験を実施した。この開削調査に基づいた堤防モデルに対して浸透流解析を行い、浸潤線の違いから安全性を確認した。

詳細点検と本調査の解析条件の概要を以下に示した。

- ・解析に使用したモデルは、粘性土を主体としていた。
- ・本調査のモデルでは、詳細点検の土質より、透水性の低い層を分布させた。

(2) 解析結果

図-3は、図-2に、「詳細点検」と「本調査結果」による浸透流解析を併記したものである。

図-3より、詳細点検における浸透流解析結果では、計画高水位の時に、堤防全体が飽和した状態であった。本調査結果における浸透流解析結果では、計画高水位の時においても、川表側の堤体の一部のみ飽和した状態であった。なお、計画高水位より標高が高い位置で飽和しているのは、降雨が影響している。これにより、当該地の河川堤防は、詳細点検での想定より河川水が浸透しにくい築堤土で構成されていることが判明した。そのため、河川水によるのり面すべりの安全性への影響は少ないと

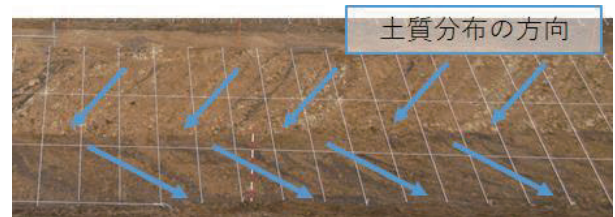


写真-3 斜になっている土層構造

判断できる。

5. まとめ

本論文のまとめを以下に示す。

- ・既往資料により築堤履歴を推定することで効果的な断面観察が行える。
- ・開削断面の土質分布状況から築堤方法が推定できる場合があり、築堤履歴を整理する上での重要な指標となる。
- ・本事例では、堤防開削時の調査により、河川水が浸透しづらい築堤土で構成されていることが確認されたが、限られたボーリング調査により推定された堤防モデルと開削調査により確認された堤防モデルは大きく異なる場合があるため、浸透に対する堤防の安全性照査にフィードバックすることが重要である。

《引用・参考文献》

- 1) 河川堤防開削時の調査マニュアル(平成23年 国土交通省 河川局治水課)
- 2) 河川堤防の構造検討の手引き(平成24年 財団法人 国土技術センター)