

堤防開削に伴う堤防の土質に関する考察

木曾川上流河川事務所 工務課 ○中田 千夏
相川 隆生
加納 啓司

1. はじめに

河川堤防は永い年月をかけた改修・増補を経て現在の形態に至っており、この結果、その土質構成は極めて複雑なものとなっている。

宇野¹⁾によれば、我国では昭和10年代と昭和28年前後の2期にわたって大規模な改修工事が行われたとされている。また、改修工事には、a.表腹付け、b.天端表腹付け、c.表裏腹付け、d.嵩上げ・表裏腹付け、e.天端裏腹付け、f.裏腹付け、g.天端嵩上げの7種類があることから、1期と2期の改修工事により河川堤防の土質構成は7種類×7種類の49種類が存在すること、その中でも図-1に示す4種類のパターンが多いことを示している。

今回、このような河川堤防の土層構造を直接的に把握可能な堤防開削調査の機会を得たので、その結果を報告する。堤防開削調査は図-2²⁾の牧田川右岸 2.7kp 付近（岐阜県養老町養老郡大野地先）において平成24年11月に排水樋管の改良工事と併せて実施した。

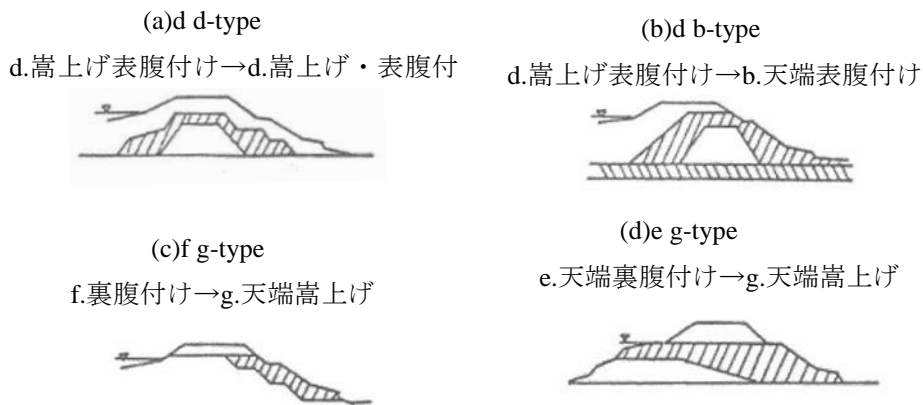


図-1 代表的な堤防土質断面4モデル

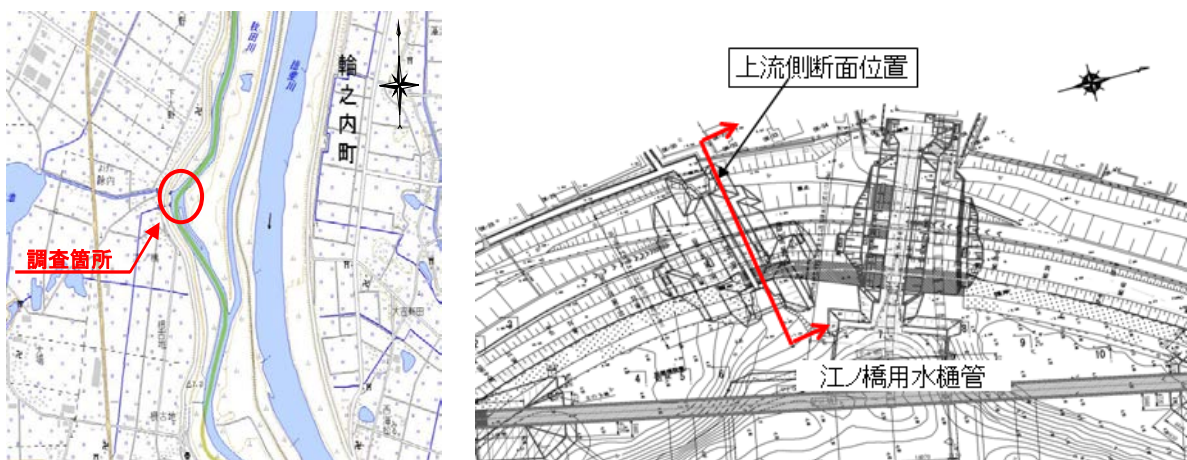


図-2 調査位置と調査断面

2. 堤防開削調査の概要³⁾

(1) 堤防開削調査の目的

河川堤防の開削調査は、堤防を開削する機会を利用して堤体の土層構造を把握し、築堤履歴、水みち等の分布を確認し、堤防の質的検討（耐浸透や耐震に係る質的向上）や合理的で妥当な対策工計画立案に資することを目的とする。

(2) 堤防開削調査の方法

図-3の開削調査フローに沿って、開削断面の観察（スケッチ、写真撮影）、現位置での砂置換法による現場密度試験もしくは不攪乱試料による密度計測、山中式土壌硬度計を用いた現地計測を実施した。

また、代表的な構成をなす土層を対象に試料を採取し、土粒子の密度試験、土の含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、締固め試験、透水試験、三軸圧縮試験などの室内土質試験を行った。

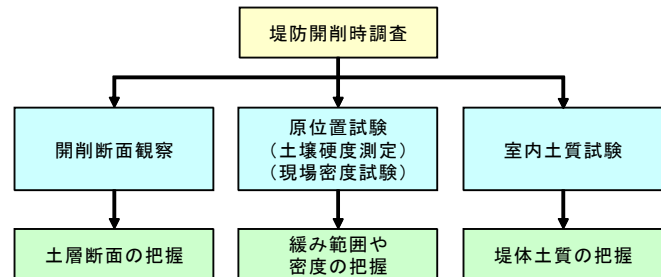


図-3 堤防開削時調査フロー

3. 堤防開削調査の結果

(1) 土層構成

開削調査の目視（写真-1）に基づく河川堤防断面のスケッチを図-4に示す。観察グリッドは幅2m、高さ1mとし、開削断面の目視観察より、各層を大まかに分類して土質試験を行った。河川堤防の土層構成は、目視観察、室内土質試験結果に基づき、築堤時期の違いにより、以下の4種に大別された。



写真-1 開削断面

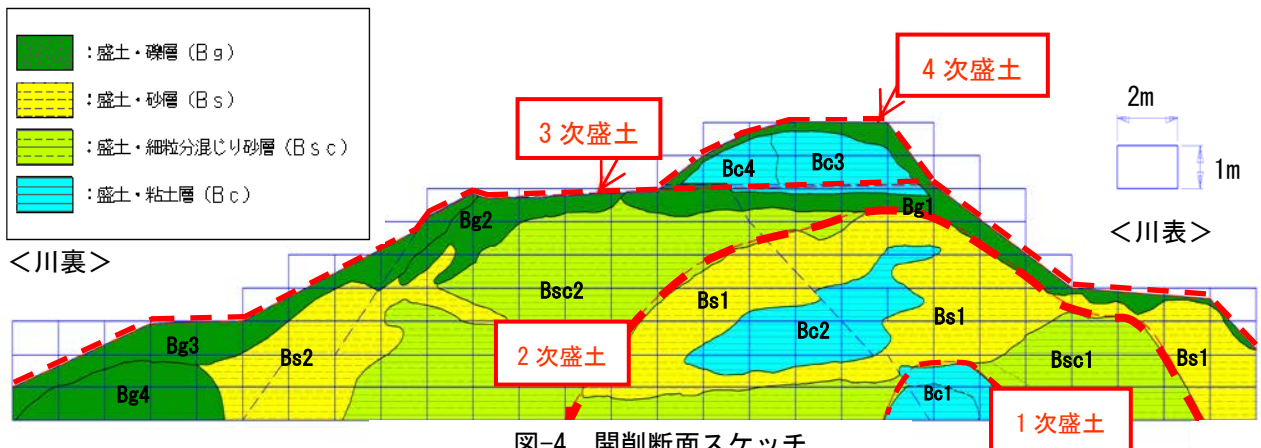


図-4 開削断面スケッチ

【1次盛土】粒径0.075mm未満の細粒分が70%を占める灰色の粘性土 Bc1 で高い固結度を有する。
 【2次盛土】粒径0.075mm～2.0mmの砂分が50～65%を占める暗褐～灰色の砂質土を主体とする盛土である。Bs1 と Bsc1 に含まれる細粒分は20%程度にとどまるが、Bs1 内に分布する Bc2 の細粒分は35%を超える。この盛土については、砂質土に区分されるものではあるが、粘性土に酷似した土性を示す。

【3次盛土】2次盛土の川表側と川裏側に構築された土層とこれを被覆する土層に大別される。川表側の土層は2次盛土のBs1と同様なものである。一方、川裏側で2次盛土に接するBsc2は砂分が50%と主体をなす灰褐色の砂質土で、粒径2.0mm以上の礫分は20%にとどまる。

Bsc2の川裏側に分布するBs2は礫分が50%を占める礫質土で、砂分の含有量は40%である。これらを被覆する土層のうち、上位に分布するBg1は礫分が70%と構成の大半を占める礫質土に分類される。これに対して、川裏のり面表部を形成するBg3は礫質土に区分されるものではあるが、細粒分を40%程度含むことから層相は異なる。

【4次盛土】堤体の最上段を構成する土層で、細粒分が80～85%を占める粘性土を礫質土状の土層が被っている。主体をなす粘性土は川表側のBc3と川裏側のBc4に区分されており、Bc3が灰色を呈するのに対してBc4は褐色を呈する。

開削断面では細粒分を含む砂質土と粘性土を主体に、表層と川裏のり尻付近に礫質土の分布がみられた。さらに、同時期に構築された土層であっても土質が相違しており、その様相は複雑な状況にあることを確認することができた。

(2) 現場密度試験結果

図-5 と表-1 は締固め試験の結果と現位置試験等で得られた締固め度を対比したものである。

図-5 に示した Bsc2 の締固め度は 82.1～91.1%と同一の土層でありながら、大きな幅を有している。また、同一の土層における締固め度の分布幅は、表-1 のように砂・礫質土ならびに粘性土の全てにおいて同様に生じている。

一方、各土層における締固め度の分布を対比すると、砂・礫質土に対して粘性土の締固め度が高い状況がみられる。

なお、河川土工マニュアル⁴⁾に示された規定値と本調査結果を対比すると、本調査では最低でも81%の締固め度が得られており、「平均締固め度90%」には至らないまでも、「締固め度品質下限値80%」は満たしていることを確認できた。

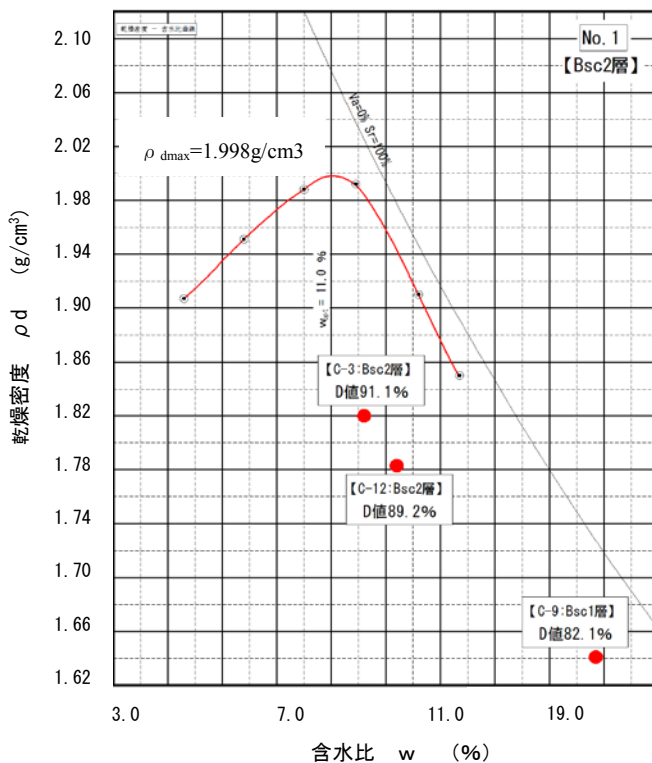


図-5 現場密度試験結果例

表-1 締固め試験結果と締固め度

土層区分	砂質土		礫質土	細粒土
土層名	Bsc2	Bs1	Bg1	Bc3
最大乾燥密度 (g/cm³)	1.998	1.920	2.150	1.639
締固め度(%)	82～91	86～90	81	91～96

(3) 現位置試験・土壌硬度試験結果

土壌硬度試験は通常40mmの縮量に対して8kgf(80N)の力を生じるバネの先端に緊結されたコーンの貫入量を測定するもので、貫入量(mm)

が小さいほど硬度が高いと評価する。

図-6 に堤体の主体をなす土層における土壌硬度試験の結果を対比する。

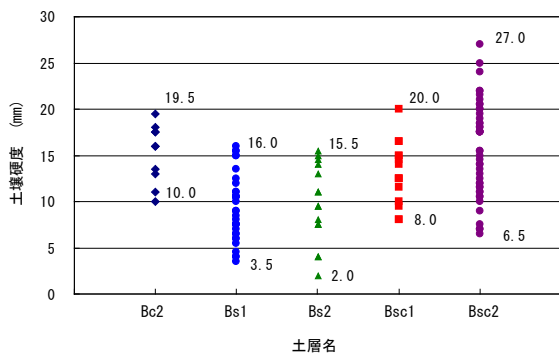


図-6 土壌硬度試験結果

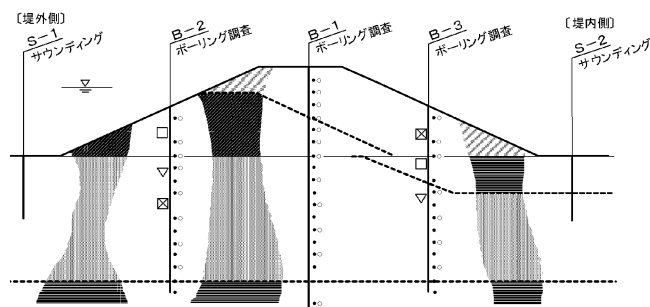


図-7 ボーリング等調査箇所の例

いずれの土層における計測値も一定の幅を有している。同一層における計測値の分布幅は全般的に 10mm 程度で推移している。ただし、Bs2 で 2.0～15.5mm、Bsc2 で 6.5～27.0mm が計測されており、土壌硬度の分布は土層毎に異なっている状況がみられる。

4. 堤防開削調査と堤防詳細点検結果の対比

(1) 堤防詳細点検の概要

堤防詳細点検は、ボーリング調査結果を基に堤防の形状・土質構成をモデル化し、解析を行うことにより堤防の浸透に対する安全性を把握しようとするものである。土質断面モデルは、堤防の高さや敷幅等の規模や堤体ならびに基礎地盤の複雑さに対応する必要がある。

土質断面モデル作成に必要な調査は、図-7 のように一般的には堤防天端中央付近、裏のり面の中央付近、表のり面の中央付近の 3 箇所のボーリング調査を基本とする。

堤体および基礎地盤の土質構成が複雑な場合には、ボーリング調査地点の間を補間するサウンディング等の調査を実施する。堤防横断方向の土質、主に基礎地盤の連続性が問題となる場合には、必要に応じ高水敷や堤内地にも調査地点を配置する。

(2) 堤防開削調査結果と堤防詳細点検結果の対比

堤防開削調査で得られた牧田川右岸 2.7kp の土層構成と堤防詳細点検で得られた 2.6kp の堤防詳細点検の土層断面モデルは次項の図-8 のように対比され、以下の事項が判読される。

【土層境界 1】堤防開削点検結果において 2 次盛土と表記された土層境界は、堤防詳細点検結果の土層断面モデルでの Bc を表現する土層境界と整合している。

【土層境界 2】堤防開削調査結果で 3 次盛土ならびに 4 次盛土と表記された土層境界は、堤防詳細点検結果の土層断面モデルで Bsg2 を示す土層境界と整合している。

【土質区分 1】開削調査断面結果で堤体の川表側に分布する 2 次盛土は細粒分を 20～35% 含有する砂質土により構成される。一方、これに対比される堤防詳細点検結果での Bc は粘性土に区分される。

【土質区分 2】堤防開削調査で確認された 3 次盛土と 4 次盛土は砂質土を主体とするが、礫質土と粘性土も

分布する。これに対して、堤防詳細点検結果において当該の盛土に対比される Bsg1 は砂質土に区分される。

100m 程度の離隔を有する堤防開削調査結果と堤防詳細点検結果の対比により、地質調査結果に築堤履歴を勘案した堤防詳細点検の土層断面モデルは、一定の精度で土層境界の分布を表現していることが確認できた。

これは点の地質情報であるボーリング調査結果に築堤履歴を勘案することで、不可視情報である土層境界の推定精度が向上することを示していると考えられる。

一方、土質区分は、堤防開削調査結果と土層断面モデルとの間に多くの相違がみられた。この相違の生じた原因・頻度等について詳細に言及することは困難であるが、堤体縦断方向の土質変化に起因して、ボーリング調査地点と開削調査位置との土質が相違していることが起因していると考えられる。

よって、堤防詳細点検における土層断面モデルの作成に際しては、堤防横断方向のみならず堤防の縦断方向の土層分布について十分な資料を集積することが重要な事項と考えられる。

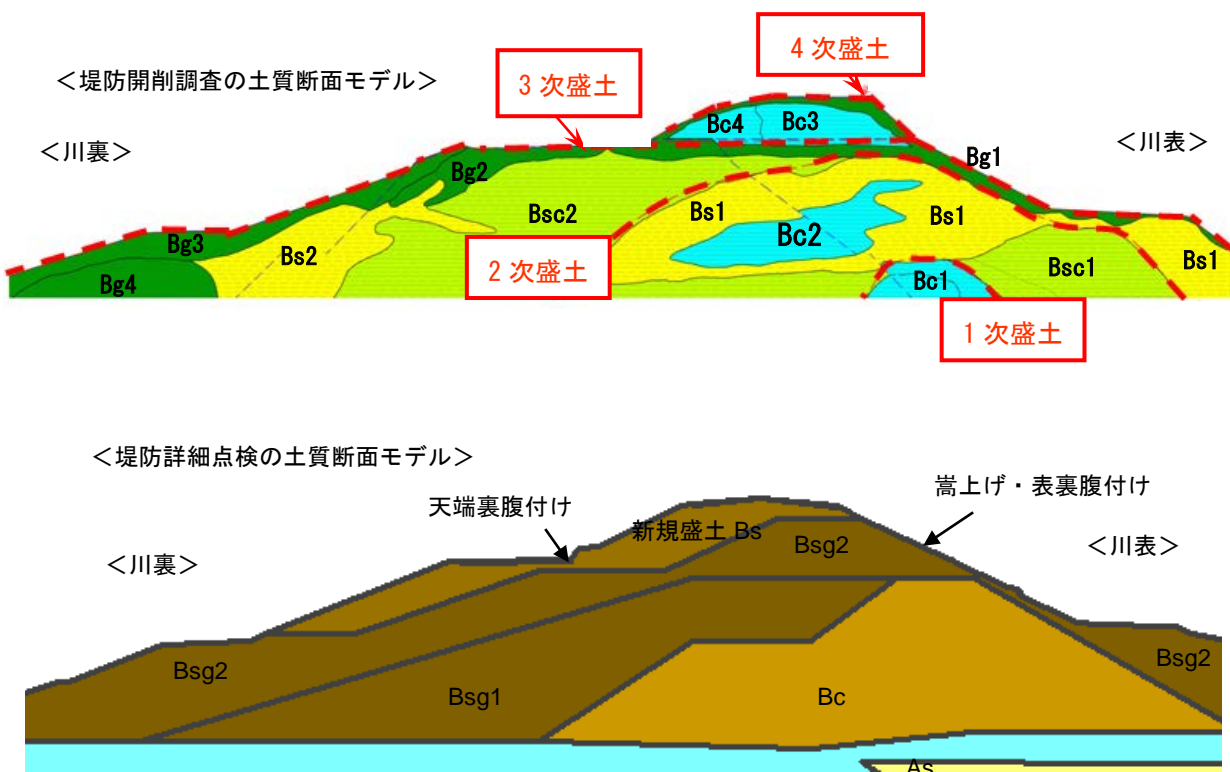


図-8 開削調査結果と詳細点検断面モデルの対比

5. まとめ

最後に、堤防開削に伴う堤防の土質に関する考察について結論と課題を以下のとおり整理する。

(1) 結論

1. 堤体の土質は同時期に構築した土層でも相違があり、土質区分や締固め、土壌硬度も異なり、同じ断面内でも、複雑な様相を呈する。
2. 開削調査と詳細調査の対比より、詳細調査のモデルが、一定の精度で土層境界を表現できることが確認された。

(2) 課題

土質区分には比較的大きな相違があり、詳細モデルの構築には、ボーリング調査結果のみではなく、縦断方向の土層分布など十分な資料集積が重要である。

今後もこのような機会を貴重なものと捉え、河川堤防の構造に関する情報の収集・整理に取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) 宇野尚雄: 国土交通省 国土交通大学校 平成15年度 専門課程 河川構造物設計研修テキスト 河川堤防の歴史とあり方, 1995.
- 2) 国土交通省国土地理院: 地理院地図を引用・加筆, 2013
- 3) 国土交通省河川局治水課: 河川堤防開削時調査マニュアル, 2011.
- 4) 財団法人 国土技術研究センター: 河川土工マニュアル, pp.30-35, pp.71-77, 2010.