

石狩川における開削調査と築堤履歴について

Exploratory excavation at the Ishikari River and levee construction history

中山修¹・佐古俊介¹・川井正彦²・石川伸³・武井正明³

Osamu NAKAYAMA, Shunsuke SAKO, Masahiko KAWAI, Shin ISHIKAWA and Masaaki TAKEI

¹正会員 財団法人国土技術研究センター 調査第一部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門2丁目8-10 第15森ビル) 正会員

²正会員 応用地質株式会社札幌支社 技術部 (〒003-0023 札幌市白石区南郷通1丁目北9番地20号)

³国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部 (〒060-8541 札幌市中央区北2条西19丁目)

The levees along the Ishikari River have been built on a thick peat layer in many areas. The foundation ground structure in those areas is so special that the levees are sinking into the ground. Because these levees have been raised little by little as they gradually sunk into the ground, they have complex histories of construction. In this study, modeling of the levees of the Ishikari River and the Ikushunbetsu River based on existing data and modeling of the same levees based on exploratory excavation results are compared, and methods of using exploratory excavation results for the purpose of modeling are considered.

Key Words : River levee, seepage, modeling

1. はじめに

河川堤防は、その多くが長い治水の歴史を経て形成されてきたために、古くは自然状態の河道に合わせて築堤したことに始まり、以後は長期間にわたり主として災害を契機として嵩上げや拡幅による改修が繰り返され、現在の姿に至っている。そのため、河川堤防は複雑な基礎地盤の上に成立しているほか、堤体は複雑な土質構成である場合が多く、洪水に対する安全性は、作用する外力条件の他、基礎地盤の微地形と堤体土質構成に大きく支配される。

堤防の安全性照査を行うにあたっては、数本のボーリング調査をもとに、過去の工事記録や堤防横断測量成果を利用しながら、腹付け、嵩上げ等がどのように行われたか推定し、堤体土質構成のモデル化を行い、その成果をもとに浸透流計算、円弧すべり計算を実施することが一般的である¹⁾。しかしながら複雑な築堤履歴を有している堤防や、基礎地盤に軟弱層が厚く堆積する等、基礎地盤が複雑な堤防では、ボーリング結果と過去の測量成果のみで精度の高いモデル化を実施することは容易ではなく、開削調査成果を十分活用

することでモデルの精度を向上することが安全性照査上有意義であると考えられる。

特に、石狩川の堤防においては、厚い泥炭層上に堤防が築造されている場合が多く、泥炭層に堤体がめり込んでいる特殊な基礎地盤構造を有していると同時に、堤体の嵩上げにあたっては、沈下対策として段階施工によって嵩上げを行ったことにより、旧堤を中心として互層構造を持つ複雑な築堤履歴をもっている特殊性がある。

このような河川堤防において、浸透に対する設計を行うにあたっては、ボーリング調査によってのみ堤体・基礎地盤構成のモデル化を行うと浸透現象の再現性に劣る可能性があることから、開削調査を活用することでモデル精度の向上を図ることが有意義と考える。

本研究では、幾春別川新水路事業によって撤去される堤防のうち、石狩川左岸 KP40.73 断面と幾春別川左岸 KP1.76 断面の2箇所を対象として、ボーリング調査のみを実施した場合を仮定して堤防をモデル化した場合と、開削調査をもとにモデル化した場合を比較・分析することにより、堤防のモデル化における開削調査の有効性について考察をおこなったもの

である。

2. 検討対象断面の概要

検討対象断面は、幾春別川新水路の工事に伴い撤去され、かつ工事工程上開削調査を実施することが可能な堤防のうち、石狩川下流部特有の基礎地盤構成と築堤履歴を持つ以下の2箇所の堤防を選定した。

- ・ 石狩川左岸 KP40.73 幌達布砂浜築堤
- ・ 幾春別川左岸 KP1.76 幾春別川左岸築堤

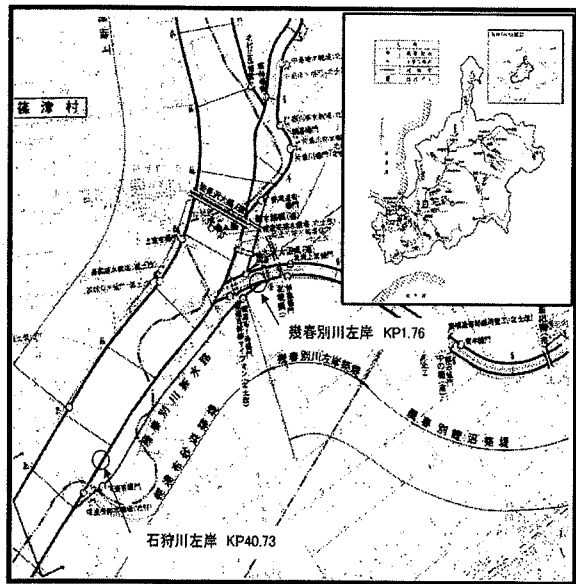


図-1 開削調査実施位置

(1) 石狩川左岸 KP40.73 断面の特徴

本断面のモデル化を行うために、まず、横断測量成果を重ね合わせた²⁾³⁾。記録として存在する最も古い測量断面である昭和32年には、敷幅40m程度の幅の広い堤体が存在しており、昭和59年当時の堤体まではこの堤体を数度嵩上げすることによって築造されていることが伺える(図-2参照)。

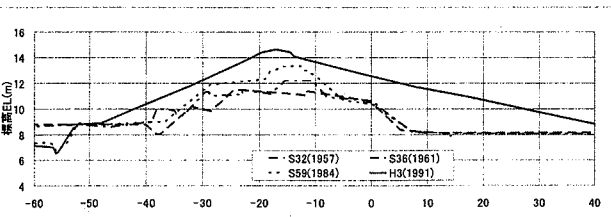


図-2 横断測量結果の重ね合わせ (KP40.5 断面)

一方、堤防の土質構成は、開削調査により明らかになっているが、ここでは、対象断面において、3本のボーリング調査を実施したと仮定して、擬似ボーリング調査結果を推定した。

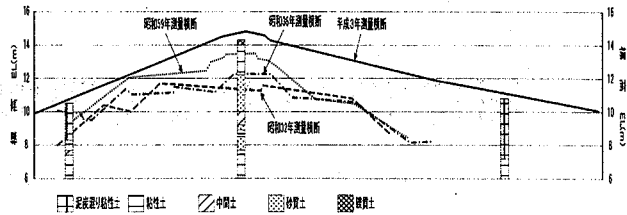


図-3 堤体土質構造 (擬似ボーリング調査)

これによると、粘性土と砂質土の互層で築堤された旧堤防に、昭和36年の砂質土による嵩上げ、昭和59年の粘性土による嵩上げと裏腹付け、平成3年の堤体拡幅という築堤履歴を持つことが想定できる。

(2) 幾春別川左岸 KP1.76 断面の特徴

本断面のモデル化を行うために、石狩川と同様、横断測量成果を重ね合わせた²⁾³⁾。

これによると、昭和38年の堤体に腹付け・嵩上げすることによって現在の堤体が築造されていることがわかる(図-4参照)。

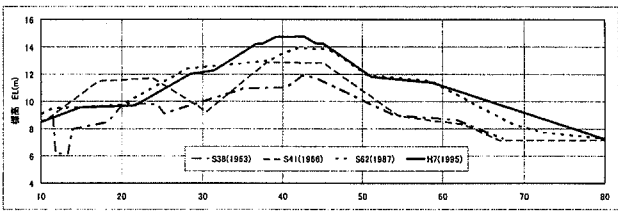


図-4 横断測量結果の重ね合わせ (左岸 KP1.8)

一方、堤防の土質構成は、開削調査により明らかになっているが、ここでは、対象断面において、3本のボーリング調査を実施したと仮定して、擬似ボーリング調査結果を推定した。

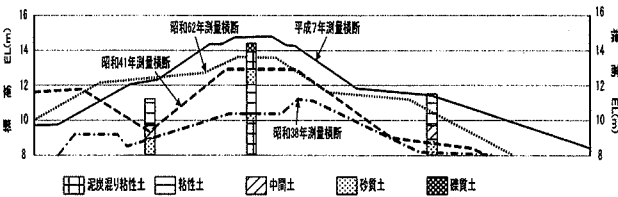


図-5 堤体土質構造 (擬似ボーリング調査)

これによると、泥炭混り粘性土で築堤された旧堤防に、昭和38年砂質土、41年粘性土、平成7年に粘性土による嵩上げ、並びに堤体拡幅という築堤履歴を持つことが想定できる。

3. 開削調査結果

次に平成 16 年 10 月に実施した石狩川左岸 KP40. 73 断面と幾春別川左岸 KP1. 76 断面の開削調査を実施した結果を以下に示す。

(1) 石狩川左岸 KP40. 73 断面の開削調査結果

開削調査によると、堤体は、天端直下に高さ 1m 程度の粘性土を主体とする盛土があり、この盛土を中心として砂質土と粘性土の互層からなる幅の広い堤体が確認され、この幅の広い堤体を嵩上げ・腹付けすることによって最終的に、川表 10 割、川裏 5 割の丘陵堤断面まで築造されていることが分かった。また、基礎地盤は、ハンモック状に堤体中心に向かってゆるく傾斜している基礎地盤が確認でき、最大 1.5m の沈下が確認できた。

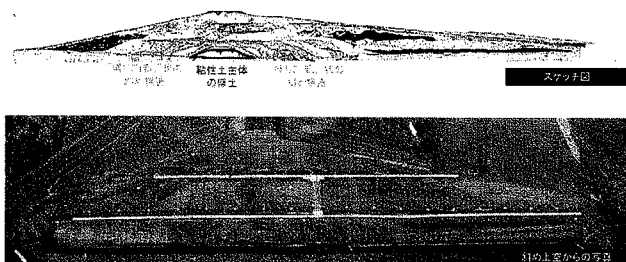


図-6 石狩川左岸 KP40. 73 断面開削調査結果

(2) 幾春別川左岸 KP1. 76 断面の開削調査結果

開削調査によると、堤体は、中央部に泥炭と粘性土を用いた堤体が存在しており、これに腹付け、嵩上げすることによって、堤体が築造されてきたことが確認された。

なお、当該断面においては堤体基盤部までの掘削が行えなかったため、基礎地盤へのめり込み量については把握できなかった。

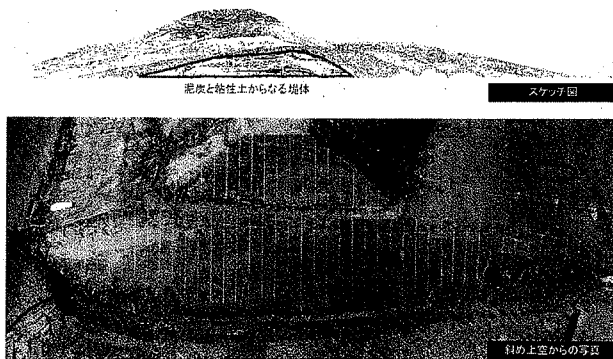


図-7 幾春別川左岸 KP1. 76 断面開削調査結果

4. 開削調査を考慮した対象断面のモデル化

堤体の安全性照査を実施する際のモデル化を行うにあたっては、以下の資料を参考にすることが一般的である。

- ・ 最低 3 箇所程度のボーリング調査
- ・ 築堤履歴
- ・ 堤防横断測量成果

そこで、通常モデル化を行うにあたって最低限用いられるこれらの資料によって、今回の対象断面をモデル化した場合と、開削調査の結果を含めてモデルの精度向上を図った場合の比較を行った。

(1) 石狩川左岸 KP40. 73 断面のモデル化

2. の対象断面の概要で示した、築堤履歴と擬似ボーリング調査結果を用いて行った対象断面のモデルを以下に示す。

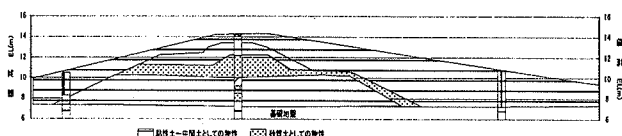


図-8 想定される検討モデル

当該断面の開削調査結果によると、砂質土と粘性土状の互層で築堤された幅の広い堤体が確認されている他、天端直下付近で 1.5m 程度堤体が基礎地盤にめり込んで沈下している状況が確認されている。

特に沈下については、近傍の KP40. 0, KP40. 5, KP41. 0 における天端中央部の堤防縦断測量結果の経時変化図を見ると、興味深い結果が読み取れる。つまり、開削調査位置付近の KP40. 5, KP41. 0 においては、昭和 34 年～昭和 36 年(1959～1961 年)、昭和 52 年～昭和 55 年(1977～1980 年) および昭和 63 年～平成元年 (1988～1989 年) にかけて嵩上げ盛土が施工されているが、盛土の都度沈下をしている傾向を見て取ることができ、昭和 32 年から平成 9 年までの間に約 120cm の沈下を生じており、開削調査の結果と比較的一致していることがわかる。(図-9 参照)

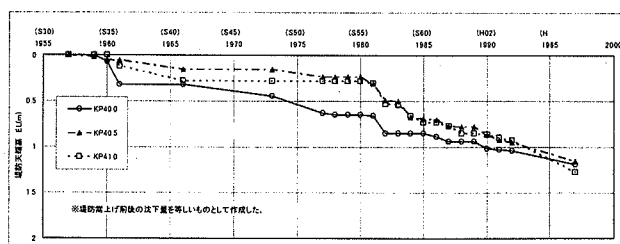


図-9 開削調査位置周辺の天端中央の高さの変遷

これらのことから、堤防のモデル化にあたり、開削調

査結果や沈下の推移を考慮すると堤体中央がハンモック状に基礎地盤にめり込んだ以下のようなモデル化を行うことができる。

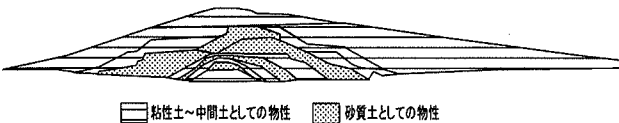


図-10 開削調査結果を考慮した検討モデル

(2) 幾春別川左岸 KP1. 76 断面のモデル化

2. の対象断面の概要で示した、築堤履歴と擬似ボーリング調査結果を用いて行った対象断面のモデルを以下に示す。

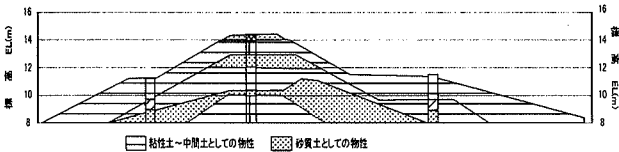


図-11 想定される検討モデル

ここで、近傍の KP1. 6, KP1. 8, KP2. 0 における、天端中央部の堤防縦断測量結果の経時変化図を見ると、昭和 39 年（1964 年）以降で、少なくとも 3 回の嵩上げが実施されているが、盛土の都度沈下している傾向を見て取ることができ、昭和 38 年から平成 7 年の間に、約 100cm の沈下を生じていることがわかる。（図-12 参照）。

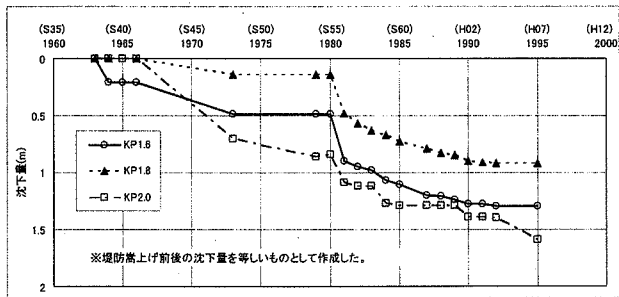


図-12 開削調査位置周辺の天端中央の高さの変遷

当該断面の基礎地盤は、層厚 5m 程度の泥炭層を主体としていることから、泥炭層に堤体がめり込んでいる特殊な基礎地盤構造を持っている可能性が高く、開削調査では確認できなかったが、沈下を十分に考慮したモデル化を行わなければならないことが分かる。

したがって、堤防のモデル化にあたって、開削調査結果や沈下の推移を考慮すると堤体中央が基礎地盤にめり込んだ以下のようなモデル化を行うことができる。

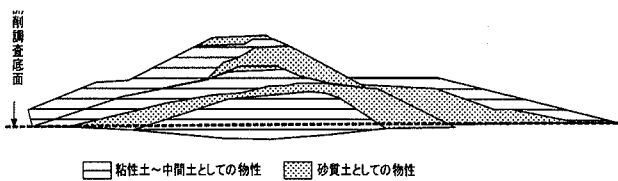


図-13 開削調査結果を考慮した検討モデル

5. 結論

石狩川中下流域の堤防においては、厚い泥炭層上に堤防が築造されている場合が多く、泥炭層に堤体がめり込んでいる基礎地盤構造を持っていると同時に、堤体は沈下対策として段階施工によって嵩上げを行ってきたことにより、旧堤を中心として複雑な築堤履歴をもっている特殊性がある。

このような堤防の土質構造の特徴が、堤体の安全性に与える影響としては、以下があげられる。

- ・旧堤を中心とした砂質土と粘性土の互層構造を持つ堤体の場合、構造によっては堤体内の浸潤線が塞ぎ上げられることにより、堤体の安全性に影響を及ぼす。
- ・基礎地盤に透水性が低い粘性土や泥炭が存在し、比較的透水性の高い堤体材料が基礎地盤にめり込んでいる場合、その部分が常に飽和されている状態が生じやすい。このため洪水時には、堤体内の浸潤線が上昇しやすく、地震時には液状化を生じることにより堤体の安定性に影響を及ぼす。

したがって、このような軟弱地盤上の河川堤防において、ボーリング調査によってのみ堤体・基礎地盤構成のモデル化を行い、浸透に対する安全性照査を実施した場合には、浸透現象の再現性に劣るおそれがあるために、周辺で実施された開削調査結果や沈下測量成果を活用することでモデルの精度向上を図ることが有意義である。

参考文献

- 1) 財団法人 国土技術研究センター：河川堤防構造検討の手引き、平成 14 年 7 月
- 2) 北海道開発局石狩川開発建設部監修、財団法人 北海道開発協会発行：石狩川治水史、昭和 55 年
- 3) 北海道開発局石狩川開発建設部、北海道開発局旭川開発建設部監修、発行：続石狩川治水史、平成 13 年

(2005. 4. 7 受付)