

# 信濃川下流左岸での堤防亀裂の発生と対策について

須山 聡<sup>1</sup> 木下 泉子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>信濃川下流河川事務所 管理課 (〒951-8153 新潟市中央区文京町14-13)。

2024年11月20日、信濃川下流左岸の庚塚取水樋管付近において堤防亀裂が確認された。維持管理工事における異常発見後、関係機関による迅速な情報共有を行い、河川維持管理技術者および土木研究所等の専門家と連携しながら原因調査、復旧工法の検討および施工を実施した。本論文では、信濃川左岸堤防で堤防亀裂発生・発見による復旧までの原因究明のための調査、対策工事、復旧までについて報告する。

キーワード 河川維持管理、軟弱地盤、災害対応・復旧

## 1. はじめに

信濃川下流域は、新潟平野の沖積低地に位置し、軟弱地盤が広く分布する地域である。また、多数の樋管等の河川構造物を有しており、構造物と周辺堤体との不同沈下起因する変状に対して、継続的な維持管理が求められている。

### (1) 現場概要

当該箇所は新潟市南区臼井地先（信濃川左岸16.8k付近）に位置し、堤内地には住宅が多く存在する。また、1998年には新潟県土地改良区の許認可工作物庚塚取水樋管が完成した。



(図-1 現場位置)

### (2) 当該箇所の履歴

樋管施工後の2002年には今回報告する2024年の変状と似た亀裂が確認されて補修工事が実施されていた。補修工事の後、樋管点検により川表側の管理用階段の目地開きが確認されており、2005年から定期的に観察を行っていた箇所である。



| 計測年   | 目地開き |
|-------|------|
| 2005年 | 2cm  |
| 2016年 | 5cm  |
| 2024年 | 8cm  |

(図-2 管理用階段の目地開きモニタリング状況)

2. 2024 年の変状

(1) 堤防亀裂の発見

2024年11月20日、維持管理工事において護岸および管理用階段の補修作業中、庚塚取水樋管付近の堤防天端から川裏法面にかけて連続する亀裂が確認された。以下（表－1）に時系列をまとめた。

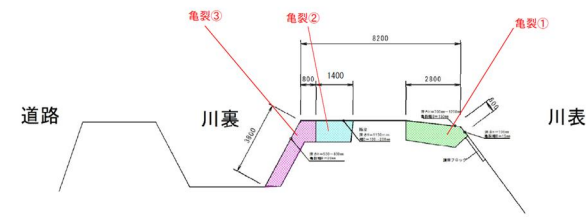
（表－1） 堤防亀裂発見までの時系列

| 種別           | 年月        | 内容                                               |
|--------------|-----------|--------------------------------------------------|
| 過去の履歴        | 2002.3    | 函渠の壁面上、堤防天端から川裏へ伸びる横断亀裂2条が発生。開口幅最大10cm、深さ50cm以上。 |
|              | 2002      | 補修工事                                             |
| 亀裂発見前の維持管理状況 | 2023.12   | 白根土地改良区が庚塚樋管の施設機能診断を実施。ひびわれは確認していない。             |
|              | 2024.1.1  | 令和6年能登半島地震後の地震時点検 1次点検、2次点検、異常発見なし               |
|              | 2024.1.10 | 地震時点検（余震）異常発見なし                                  |
|              | 2024.4    | 許可工作物自主点検 異常発見なし                                 |
|              | 2024.4    | 堤防点検 変状箇所は管理用通路目地開きのみ                            |
|              | 2024.10   | 管理用通路目地開きモニタリング測定。堤防亀裂について発見なし。                  |
|              | 2024.11   | 三条出張所より維持管理工事への目地開きの補修指示。                        |
|              | 2024.11   | 維持管理工事により堤防亀裂発見                                  |



（図－3） 堤防亀裂の様子）

(2) 亀裂の状況



| 下流側 | 深さ    | 幅       | 延長   |
|-----|-------|---------|------|
| 亀裂① | 70cm  | 15cm    | 3.4m |
| 亀裂② | 115cm | 10～20cm | 1.4m |
| 亀裂③ | 80cm  | 3～5cm   | 4.6m |

（図－4） 開削前 亀裂の測定結果）



（図－5） 川表 亀裂①）



（図－6） 天端 亀裂②）



（図－7） 川裏 亀裂③）

### (3) 調査内容

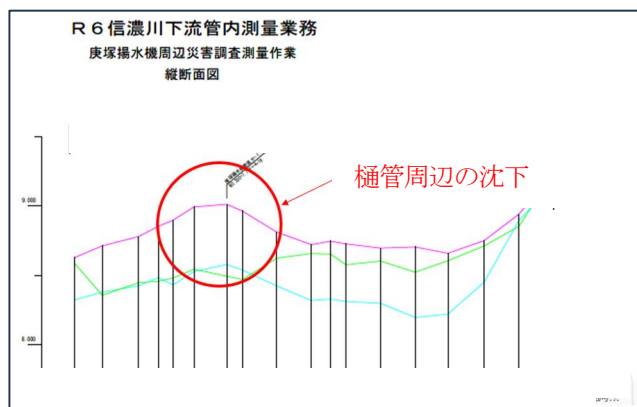
令和6年能登半島地震後の点検では異常が発見されなかった。何が原因となって起こった亀裂なのか、調査については、河川維持管理技術者および土木研究所等の専門家の助言を受けて進めた。(表-2)

(表-2) 調査内容

| 調査内容                      |         |
|---------------------------|---------|
| 石灰水の注入                    | 亀裂方向把握  |
| UAV測量<br>距離標座標測量<br>現地高測量 | 現場範囲把握  |
| 函渠内部点検                    | 函渠状態把握  |
| 堤防掘削調査                    | 堤防内部状況  |
| サウンディング                   | 地盤の緩み把握 |



(図-8 石灰水注入の様子)



(図-9 亀裂確認後に測量した堤防縦断形状)

### (4) 調査結果

測量により、堤防縦断形状が庚塚取水樋管で凸形状を示しており、周辺地盤の沈下が確認された。(図-9) 函渠内部点検を行ったが、函渠自体に亀裂等は見られず、概ね健全と判断できた。目視上、2024年の亀裂は下流側のみであったが、上流側亀裂の有無の確認のため、上流側の表土を剥いだ。確認の結果、上流に亀裂はなかった。2002年の亀裂は函渠をはさんで上下流側の2条であったが、この点が、2002年と2024年の亀裂の異なる点である。

堤防掘削調査においては、亀裂(クラック)は川表側深度3.18m、川裏側2.85mまで目視確認した。ピンポールによる貫入を含めると3.8mまで続いていることが分かった。又、掘削した部分において、前回2002年補修時に使用された剛性の改良土(ソイルセメントと推定される)が確認された。

(表-3) 川表開削状況

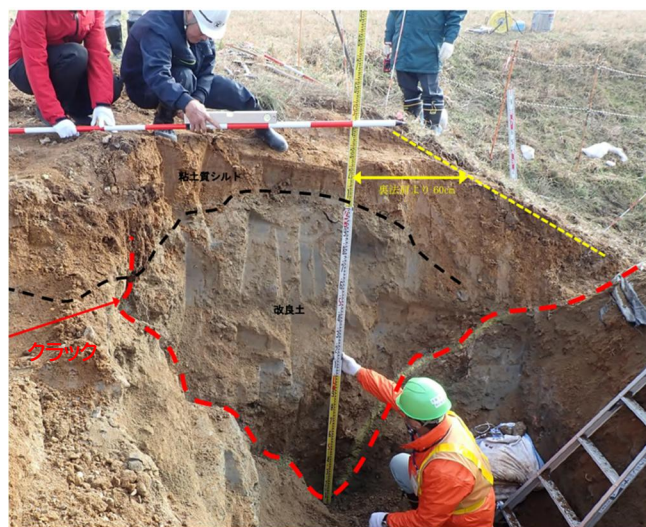
|              |            |
|--------------|------------|
| 深度0～0.35m    | 表土(芝、碎石)   |
| 深度0.35～0.60m | 粘土質シルト(褐色) |
| 深度0.60～3.18m | 剛性改良土(暗灰色) |



(図-10 川表開削状況)

(表-4) 川裏開削状況

|             |            |
|-------------|------------|
| 深度0～0.4m    | 表土(芝、碎石)   |
| 深度0.4～0.85m | 粘土質シルト(褐色) |
| 深度0.85～3.8m | 剛性改良土(暗灰色) |

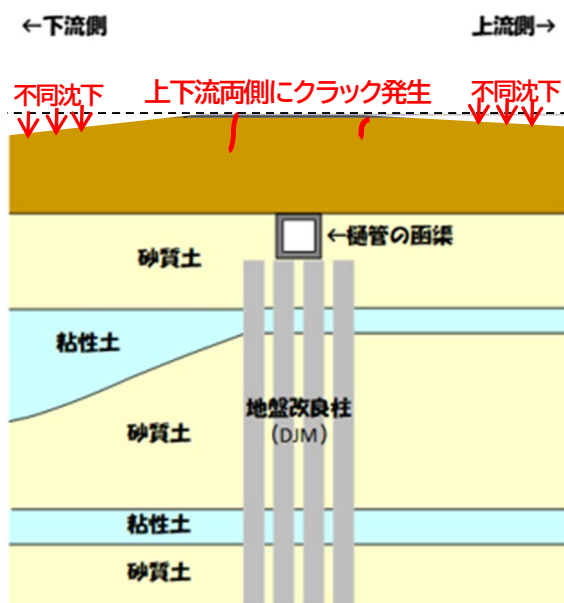


(図-11 川裏開削状況)

### 3. 軟弱地盤における堤防亀裂の原因

#### (1) 2002年の堤防亀裂の原因推定

庚塚樋管は、改良地盤柱上に施工され、樋管自体は沈まない構造になっているが、完成後約4年で堤防部分等の変状が起きている。当時の報告書によると、「変状の基本的な原因としては、構造物と堤体等の地盤との挙動の差と考えられる」とし、「盛土により沈下する場所（未改良地盤）と沈下しない場所（改良地盤：DJMパイル）の沈下特性の違い（不同沈下）から生じた変状（亀裂）である」と整理されていた。（図－12）

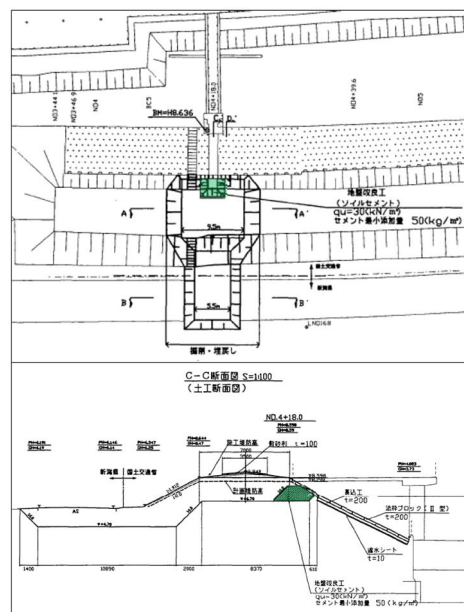


2002年 亀裂状況

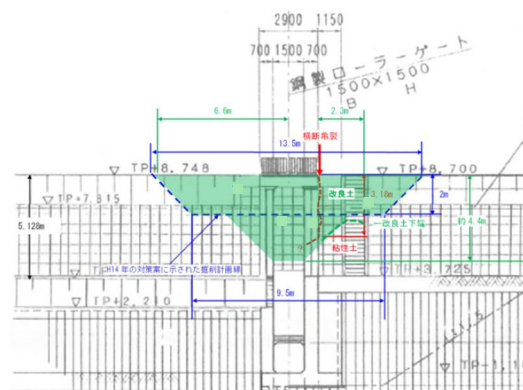
(図－12 2002年原因概念図)

#### (2) 2002年の補修

2024年に実施した開削調査では、2－(4) 調査結果においても述べたとおり、堤体内に剛性の改良土が確認された。この剛性の改良土は、2002年度調査報告書に記載されている管理橋設置部の支持力向上対策のための改良土（ソイルセメント）と推察される（図－13）が、2024年の開削調査で確認された改良土の範囲は2002年度調査報告書の提案よりも広範囲であった。（図－14）その理由としては、施工時のトラフィカビリティ確保、亀裂が想定より深かった、盛土が想定外の軟弱粘性土であった、等が推定された。



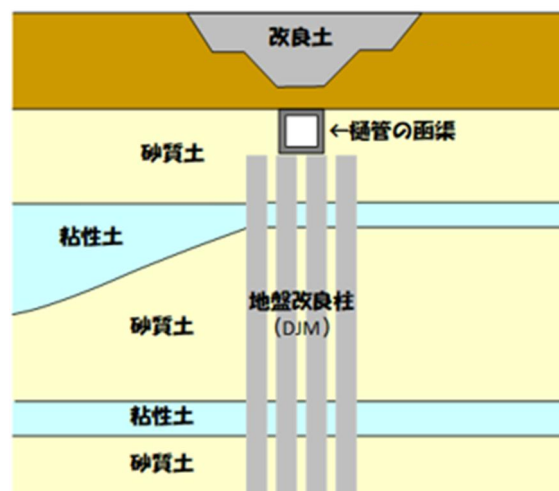
(図－13 2002年度調査報告書における改良範囲)



(図－14 2024年開削調査後の推定改良土範囲)

←下流側 上流側→

高剛性の改良土で復旧



2002年 補修後

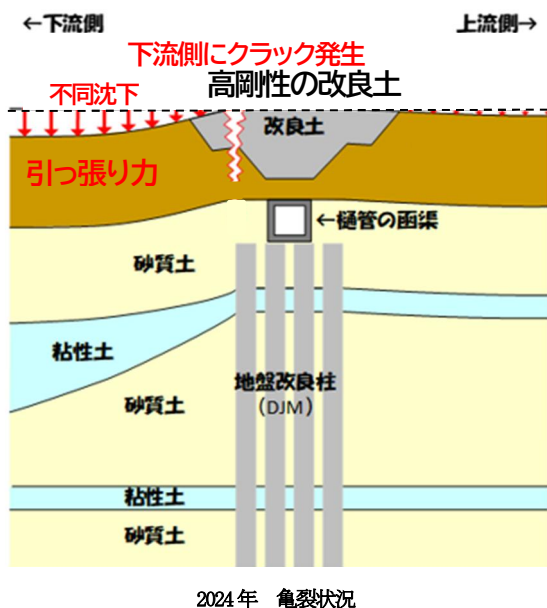
(図－15 2002年補修概念図)

## (2) 2024年の堤防亀裂の原因

2024年の堤防亀裂は突如として現れ、より深い亀裂とであり、応急度の高い変状であった。

現場周辺のボーリング調査結果によると、場所によって軟弱層厚が異なること、軟弱地盤層が今回堤防亀裂が発生した下流側により厚く堆積していることが分かった。

突如として片側だけに現れた変状の理由として、次のように推察された。①下流側の地盤に粘性土が厚く堆積していることにより沈み込み、引っ張り力が作用した②高剛性の改良土が使われていたため、沈下の変化に追従できず、ある時折れるように亀裂が起きた。つまり、2002年同様原因は堤体盛土による不同沈下であるが変状の現れ方の違いは、盛土の土質にあった。



(図－16 2024年亀裂原因概念図 )

## 4. 復旧工法の検討

### (1) 亀裂・緩み確認とサウンディング試験

復旧工法は専門家の助言のもと決定した。堤防開削調査では、亀裂の先端が樋管上部まで続いている可能性が拭い払えなかったため、さらに樋管函体天端に近い位置までの掘削を行った。一次掘削では改良土中で亀裂を確認したが砂質土では亀裂や緩みがないことを確認 (図－17)、二次掘削面では全体的によく締まった状態にあり亀裂などの異常も認められなかった。(図－18)

一般に樋管等構造物の周辺堤防には、不同沈下による緩みや空洞化が生じやすく、これらは陥没や漏水等堤防機能を大きく損ねる原因となっている。よってサウンディング試験を行い函渠の周辺の空洞やゆるみについて調

査し、許容範囲内であることを確認した。(図－19)



(図－17 一次掘削状況 )



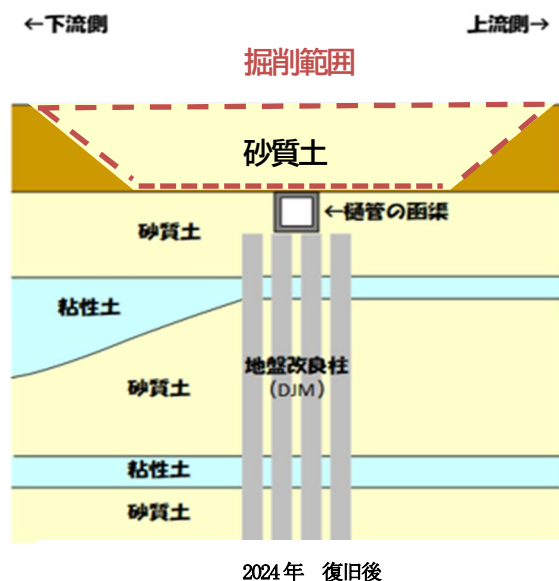
(図－18 二次掘削状況 )



(図－19 サウンディング試験 )

## （２）剛性改良土の除去

2002年の補修で使用した剛性の改良土は約20年間沈下変状に抵抗していたと考えられる。しかし、軟弱地盤では沈下そのものを完全に防ぐことは困難である。不同沈下が発生する場所における局所的な地盤改良は沈下に追従できず、改良部の下空洞化や明瞭な亀裂を生じやすい。よって、2002年の補修で使用されていた剛性の改良土については撤去し、変状を緩和できる土質で（良質な改良土）での再盛土を行った。将来的に全体ができるだけ均一に沈下することを目標として復旧方法を選定した。



（図－２０ 2024年復旧概念図）

| 分類    | 地盤材料の分類名                      | 細粒分質れき質砂 (SFG) |
|-------|-------------------------------|----------------|
|       | 分類記号                          |                |
| コーン指数 | 密固め回数                         | 25/3           |
|       | コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>2</sup> | 1083.3         |

補足）コーン指数は約1,083 kN/m<sup>2</sup>で、固化体ではなく締固め土に近い。土質分類は「細粒分質れき質砂（SFG）」で、砂質土としての変形追従性を有する。

（図－２１ 使用改良土 土質試験）

## 5. 維持管理

復旧工事は2025年5月に完了したが、軟弱地盤では長期的な沈下の継続が想定されることから、2026年2月に測量基準点を設置し、継続的な沈下モニタリングを開始した。（図－２２）当年度が測量によるモニタリングの初年度となる。今後は、定期的な測量および目視点検により沈下量や変状の推移を把握し、沈下傾向の継続が確

認された場合には、堤防天端の補修や追加調査の実施など、変状の進行状況に応じた維持管理対策へ反映していく予定である。



（図－２２ モニタリング用測量杭設置）

## 6. おわりに

本論文では、同一箇所において異なる時期に発生した堤防亀裂事例を比較・検討した。軟弱地盤上の堤防に設置された構造物周辺では、不同沈下の影響は避けられない。復旧方法の検討にあたって、盛土の剛性差が将来的な変状に影響を及ぼす可能性が示された。軟弱地盤上の堤防における構造物の設計・維持管理および復旧工法の検討の一助となることを期待する。

また、本事例では、日常の維持管理を通じた継続的な監視により早期に異常を発見するとともに、関係機関との連携、災害応急対策業務に関する協定業者体制を活用して緊急復旧対応を実施し、出水期前までの復旧を完了した。今後も継続的なモニタリングを実施し、変状の推移を把握しながら適切な維持管理に努める。



（図－２３ 復旧完了）

謝辞：助言を頂いた土木研究所、河川維持管理技術者、関係各機関の方々には資料の提供等多大なお力添えを頂きました。お礼申し上げます。