

平成15年十勝沖地震による清真布川の被災と復旧工事

Report on earthquake failure and repair work caused by 2003 TOKACHI-OKI Earthquake at KIYOMAPPU river levee.

国土交通省 正員 井出康郎 (Yasuro Ide)
岡島隆雄 (Takao Okajima)
坂井一浩 (Kazuhiro Sakayi)
応用地質株式会社 正員 川井正彦 (Masahiko Kawai)

1. はじめに

平成15年9月26日午前4時50分、十勝沖の太平洋プレートと北米プレートの境界でM8.0の「平成15年(2003年)十勝沖地震」が発生した。この地震によって、北海道の太平洋岸の各地では、震度6弱の強い揺れを記録し、十勝川下流域を中心とする道内の5水系14河川において、堤防の縦断亀裂、法面のすべり、沈下等の被害を生じた。

この地震では、震源から約250km離れた石狩川水系清真布川流域(栗沢町)においても、震度5弱の揺れを観測し、沈下・開口を伴う堤防縦断亀裂が発生した。

本稿では、平成15年十勝沖地震による清真布川の被災とその要因分析について紹介するとともに、災害復旧工事について報告する。

2. 清真布川の概要

清真布川は、石狩平野東部の丘陵地に源を発し、石狩川の支川幌向川に合流する三次支川である。清真布川沿川は、道内でも有数の軟弱な泥炭地盤が広がっている地域であり、通常に築堤盛土を施工することが困難であったため、パイルネット工法を中心とした軟弱地盤処理工法を用いて築堤工事が実施されてきた経緯がある。

3. 被災の概要

今回の地震による被災は、堤防の縦断的な亀裂、沈下、変形等の被害が右岸側で延290m、左岸側で120m

の区間で生じた。被災の形態は写真－1に示すように、堤防天端部では段差と開口を伴うすべり破壊状の堤防縦断方向の亀裂が確認されており、また、堤内側の法尻付近では、液状化によるものと考えられる噴砂の痕跡も認められている。なお、亀裂の先端は、深いものではほぼ基盤面まで達していることが開削調査により確認されている。



写真－1 右岸側の被災状況

4. 被災原因の調査・検討

(1) 開削調査による被災の詳細把握

被災機構の確認とこれにもとづく復旧工検討の基礎資料とするため、左右岸の被災区間において合計11箇所での堤防開削調査を行った。以下、最も被害が著しかった右岸SP6434断面についてその概要を述べる。

開削調査によって確認された堤防断面状況を図－1に、また既往の工事履歴をもとに開削断面における築堤の履歴を整理したものを図－2に示す。



図－1 右岸 SP6434 開削断面の状況

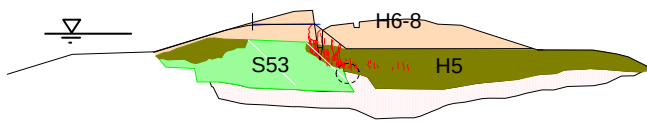


図-2 開削断面における築堤履歴

開削調査の結果、昭和 53 年に施工された築堤の裏法面上に多くのクラックが形成されており、写真-2 に示すように、サンドマットの液状化に伴い噴き上げた砂がクラック内に侵入している状況が確認された。



写真-2 クラック群と液状化して噴き上げた砂

一方、開削断面の底面部においては、写真-3 に示すように築堤盛土時に施工されたパイルネット工が確認された。



写真-3 開削底面に確認されたパイルネット工

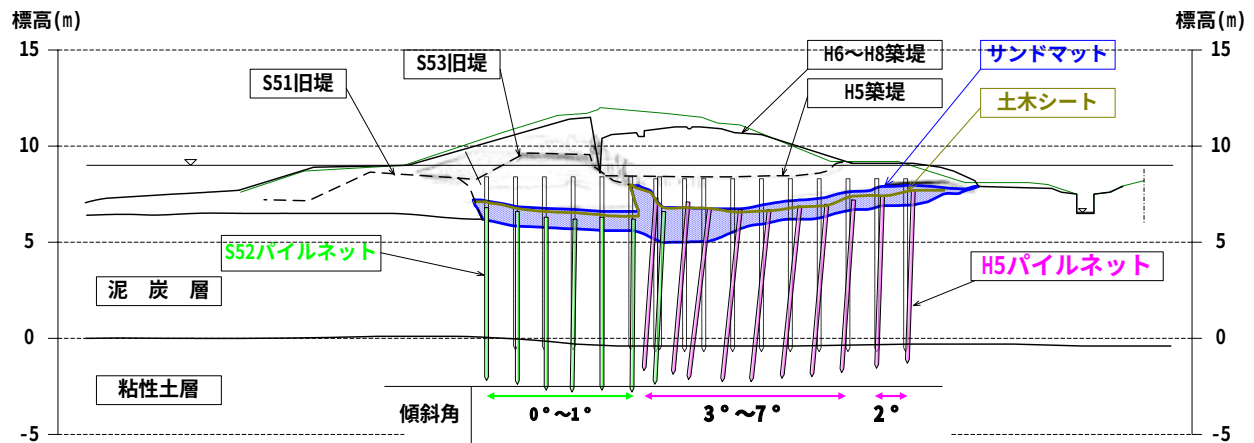


図-3 右岸 SP6434 における被災状況のまとめ

このパイルネット工の変状状況については以下の現象が確認された。

- ・ パイルネットの木杭の傾斜については、昭和 53 年施工部では 0~1 度傾斜している程度であったが、平成 5 年施工では 3~7 度堤内側に傾斜していることが確認された。
- ・ 工事記録からは、サンドマットは木杭頭部の上に 50cm の厚さで施工されていたが、多くのクラックが生じている堤内側では、サンドマット部分の厚さが薄くなっており、部分的に木杭頭部が堤体土中に貫入していた（写真-4 参照）。

これら、開削調査によって確認された被災状況をまとめて、図-3 に示す。



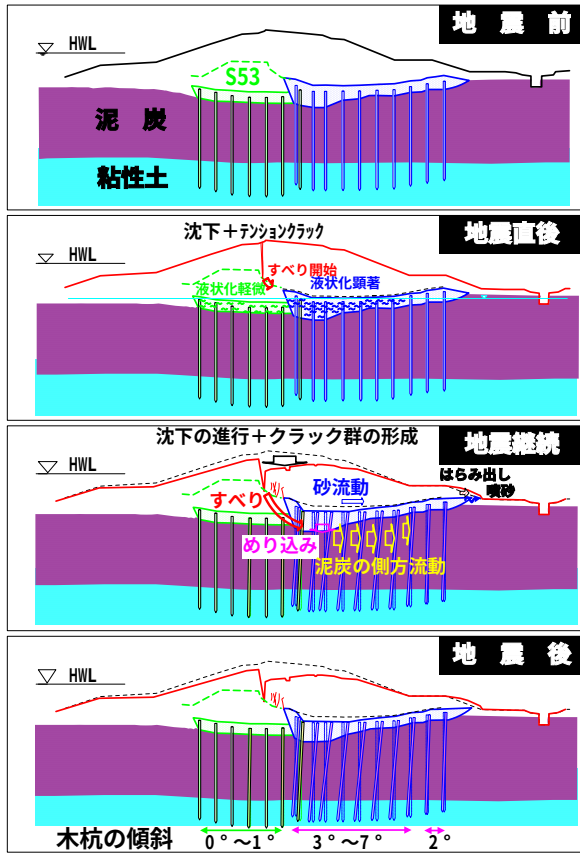
写真-4 土木シートから突出した木杭頭部

(2) 被災発生機構の推定

地震直後に実施された地質調査から、無被災箇所と比べ被災箇所では、泥炭内部の含水比や強度にばらつきが大きく見られ、被災により泥炭層が乱された可能性がある。これら開削調査・地質調査から、被災機構を次のように推定することができる。

- 1) 地震によってサンドマットが液状化し、堤体の支持力が失われる。
- 2) 1)により、昭和 53 年施工の築堤盛土とその後の H5 年施工部の境界ですべりが生じ、堤体内にクラックが形成される。
- 3) 堤体土のすべりに伴い、液状化したサンドマットは押し出され、側方に移動するとともに亀裂

- 内に侵入する。一部では堤脚部に噴砂となる。
- 4) 3)とほぼ同時に、すべりの荷重により、サンドマットが下位の泥炭にめり込む。
- これら 1)～4)の被災の流れを模式的に図－4に示す。



図－4 推定した被災機構

(3) 被災・無被災を区分した要因の考察

清真布川堤防は、全川ほぼ類似した地盤条件であり、かつ、同様の築堤履歴・基盤処理工（パイルネット工）を有している。しかしながら、被災区間はごく限定された区間にのみ生じた。ここでは、その被災・無被災を区分した要因について考察を加える。

① 清真布川全川の特徴について

清真布川全川の地形・地質、橋梁の位置、パイルネット長（木杭の長さ）、被災履歴などの特性について既往の資料をもとに図－5に整理した。この図によると、

- 被災箇所は、治水地形分類上は明らかでないが、地質図幅では低位泥炭の分布域に相当する。
- 被災箇所は清真布川において2番目に橋梁間距離の長い区間のほぼ中央に位置し、その堤軸方向は震源方向に対し65度と最も大きい。
- 右岸の被災箇所は腹付け盛土部（平成5年築堤）のパイルネット木杭の長さが短い区間に一致する。
- 左岸の被災区間は築堤時にすべり破壊を生じた区間と合致する。

ことが読み取れる。

② 清真布川堤防の振動特性について

既往の文献によると、低位泥炭と中・高位泥炭との間に工学的な差異がほとんど見られないことが指摘されている。しかしながら、上述のように被災箇所のみが低位泥炭の分布域に相当することから、著者らは基盤の構造や物性など多様な要因を包括する振動特性に差異を生じている可能性があると考え、

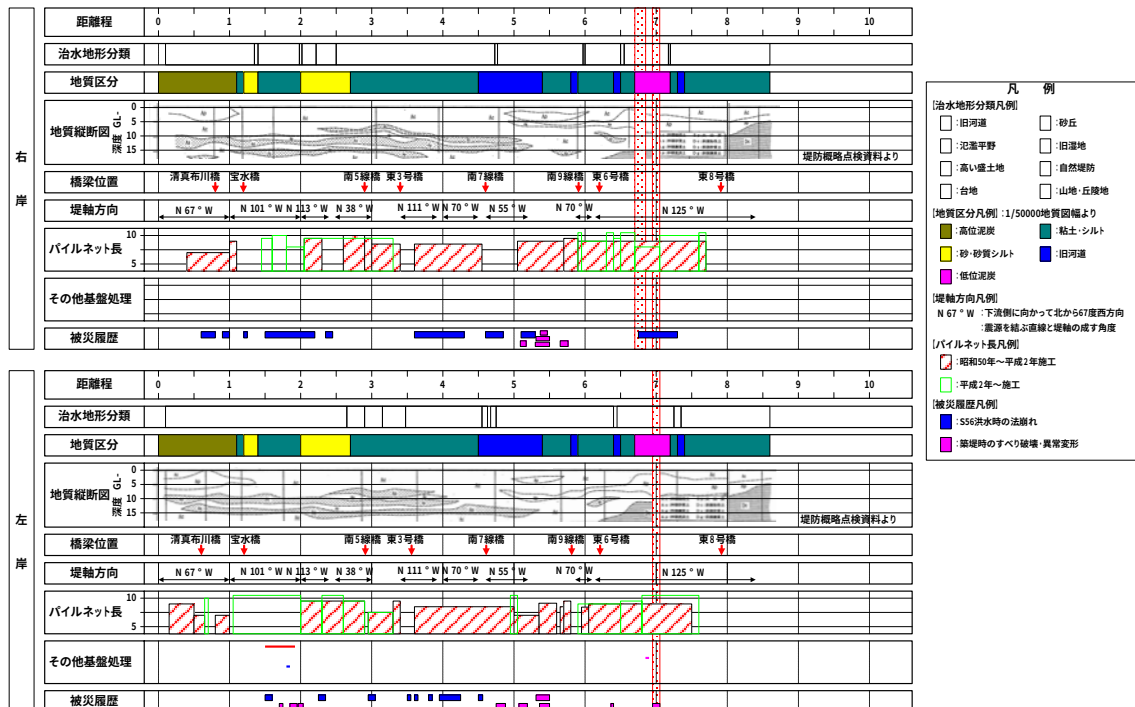
Site.1：KP0.5 付近（無被災）

Site.2：KP4.0 付近（無被災）

Site.3：KP6.8 付近（被災箇所（基盤処理済））

Site.4：KP7.2 付近（無被災（低位泥炭分布域））

の4測線の堤防天端・法尻・堤内地盤の合計12箇所において常時微動測定を実施し、振動特性を把握した。



図－5 清真布川の特徴の整理結果

測定結果を図-6に示したが、常時微動の測定結果によると、

- ・被災箇所である Site.3 と無被災箇所の Site.4 の振動特性がほぼ等しい（いずれも低位泥炭分布範囲）。
 - ・上のスペクトル比のピークは、周期1秒～2秒にあり、無被災区間より長周期域での増幅が見られる。
- ことが明らかとなった。すなわち、低位泥炭の分布範囲内では、周期1秒以上の周期の地震動を受けたときの振動の増幅が他区間に比べ最も著しい状況にあると言える。

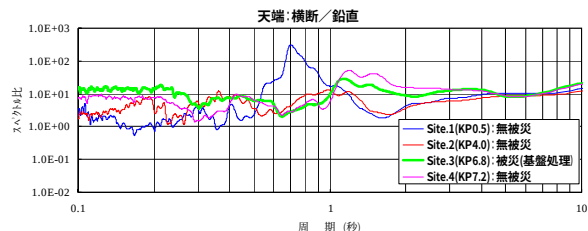


図-6 常時微動測定結果の一例

なお、今回の地震において清真布川（東6号樋門）および釧路川（岩保木水門）で計測された地震波形およびそのスペクトル分析結果（y成分）を図-7、図-8に示したが、清真布川での地震が釧路川に比べ長周期であり、かつ、そのピークが1秒強の周期にあることがわかる。つまり、今回の地震動が堤防の固有周期のピークと合致していることがわかる。

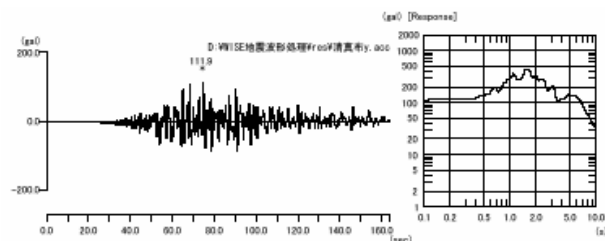


図-7 清真布川の地震波形とスペクトル

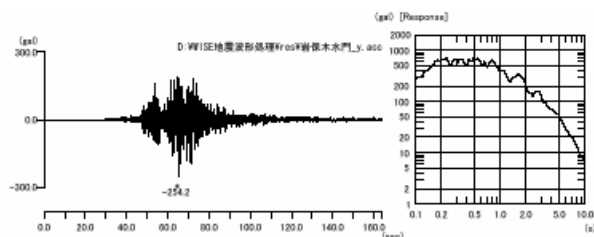


図-8 釧路川の地震波形とスペクトル

これらのことから、清真布川においては、

- ① 橋梁間の距離から、中央部の被災箇所周辺はゆれやすい状況（固定点の中央）にあった可能性がある。
- ② 堤軸方向が震源方向と成す角が直角に近く、揺れに対して弱い角度で地震動を受けた可能性がある（国土地理院発表の変位の方向とも直角に近い角度となっている）。
- ③ ほぼ同じ地盤構成ではあるが、低位泥炭の分布範囲では他区間に比べ、やや長周期の地震動に対しゆれが増幅される傾向にあり、その固有周期が今回の地震動と合致した。

といった要因が被災と無被災を区分した可能性が考えられる。

5. 復旧工法について

(1) 復旧工事の課題

清真布川は、軟弱な泥炭層が分布する石狩平野の中でも、特に軟弱な泥炭が広がる地域として知られており、復旧工事の選定に当たっては以下の制約条件があった。

- ・出水期の対応のための仮締切堤防の施工が困難
- ・大型重機による施工が困難
- ・既設のパイルネット工の撤去が現実的に不可能
- ・急速盛土に耐えうる基盤処理工が必要

(2) 復旧工法の選定とその概要

(1)で述べた課題により、高圧噴射攪拌工法を採用して基盤処理を行い、造成された改良体上に築堤盛土を実施する方針とした。

なお、採用した高圧噴射攪拌工法の詳細は以下のとおりである。

- ・改良体の配置は、既存パイルネットの間に格子状に配置した（改良率は51.7%）
- ・改良深度は急速盛土時に安定上問題を生じる泥炭層の下面までとした
- ・軟弱地盤地帯であり、周辺の残留沈下が30cm程度と予想されたため、縦断方向に30mのすりつけ区間を設置した
- ・地下水の流動を阻害しないよう延長10m毎に不施工部（スリット）を設置した

6. おわりに

清真布川堤防の被災箇所については、短期間に無事復旧工事を完了することが出来た。被災箇所以外の区間についても、堤防の安全度向上を図るために、ドレーン工を鋭意実施しているところである。また、被災の原因等については、現在も継続して、検討・解析を行っているところであり、今後得られる知見についても、報告していきたいと考えている。

謝辞

清真布川の復旧工法の検討にあたってご指導を頂いた「平成15年十勝沖地震河川災害調査検討会」の委員各位ならびに被災原因検討にあたってご指導を頂いた広島大学 佐々木教授に感謝の意を表し、本稿を締めくくりたい。

参考文献

- ・「平成15年(2003年)十勝沖地震 被災と復旧 第2報」北海道開発局
- ・「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」北海道開発土木研究所
- ・井出、広野、岡島、川井；「平成15年(2003年)十勝沖地震による清真布川の被災について」第59回年次学術講演会，2003年
- ・井出、葛西、岡島、数田、川井；「超軟弱泥炭地盤における河川堤防の地震災害復旧工事について」第59回年次学術講演会，2003年