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

国 土 交 通 省　正会員　井出　康郎
葛西　正喜
岡島　隆雄
数田　茂
応用地質株式会社　正会員　川井　正彦

１．はじめに

平成 15 年 9 月 26 日に発生した「平成 15 年(2003 年)十勝沖地震」によって、十勝川下流域を中心として、北海道内の５水系 14 河川において、堤防の縦断亀裂、法面のすべり、沈下等の被害が発生した。本報では、被災した石狩川水系清真布川における災害復旧工事について、その被災状況と工法検討等について報告する。

２．被災の概要

清真布川の被災箇所は、震源より 250km 程度離れているが、被災箇所の周辺（栗沢）では震度５弱と比較的大きな揺れを観測している。

地震直後に撮影された被災状況を写真－１に示すように、清真布川では堤防天端部に段差・開口を伴うすべり破壊状の縦断亀裂が左右岸において確認され、法尻部では、「はらみ出し」や液状化に伴う噴砂の痕跡も見られた。

写真－１　右岸側の被災状況

被災機構の解明と対策工法の検討のために、地質調査やパイルネット木杭の変位調査、堤防断面の開削調査を行った。

なお、清真布川沿川は泥炭性の軟弱地盤地帯であり、軟弱地盤対策としてパイルネット工法を用いて築堤工事が実施された地区である。

これらの調査結果から、地震によりパイルネット工上に敷設されたサンドマットが液状化を生じ支持力が失われ、堤体盛土のすべりにより、クラックが発生したと考えられる。また、パイルネット工の木杭部もすべり状の被災を受けて変状し、基盤処理工としての機能を失っていると考えられた。

３．災害復旧工事の課題

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。

- 豊水期の対応のための鋼矢板二重仮締切りの施工が困難（施工規模・期日）
- 大型重機による施工が困難
- 堤防直下には既設のパイルネット工があり、この撤去は現実的に不可能
- 急速盛土に耐えうる基盤処理工が必要（翌年の出水期までに復旧すること）

なお、基盤処理工を伴わない（切返し深度が限界盛土高を上回らない）区間については、部分切返しによって復旧することとした。

４．復旧工法の選定とその概要

３で述べた課題により、復旧工法の選定に当たっては、次の配慮が必要であった。

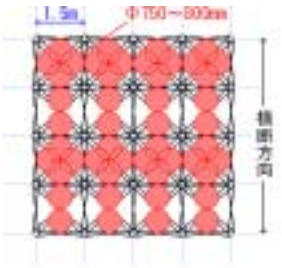
1) 基盤処理工において、軟弱地盤上で施工可能な超小型の施工機械を用いた工法であること
2) 既設のパイルネット工を撤去せず、これの間隙において施工が可能であること
3) 急速盛土に耐えうる強度が確保されること

これらの条件から、高圧噴射攪拌工法を採用して基盤処理工を行い、造成された改良体上に築堤盛土を実施する方針とした。

(1)打設の配置・改良深度

先に述べたように、被災箇所では、過去に軟弱地盤対策としてパイルネット工が 1.5m 間隔で施工されており、改良に当たっては、この間隙において施工することが必要となる。図－１は改良の配置図を示したものであるが、格子配置を工夫することによって、パイルネット工の間隙で施工することが可能となった（ この配置の改良率は 51.7% である）。

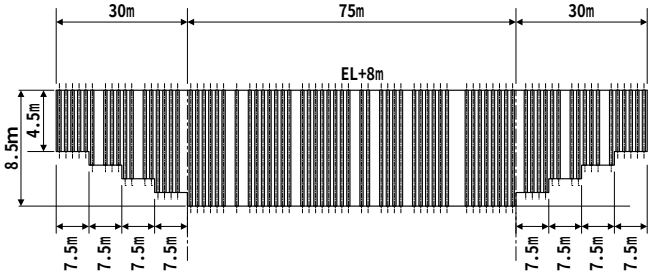
また、格子配置とすることによって、被災の要因のひとつであるサンドマットの液状化に対しても改良効果を発揮することが出来る。また改良深度は軟弱な泥炭層の下面までを改良の対象とした。



図－１　改良体の配置 (改良率 51.7%)

(2)堤防縦断方向の形状

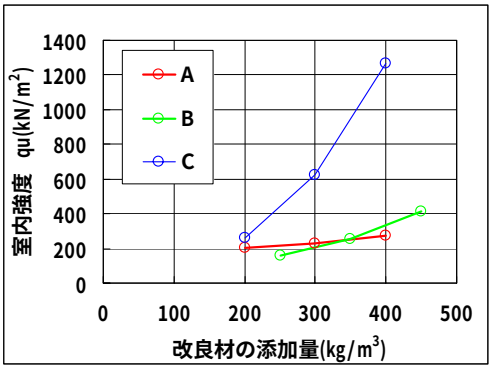
被災箇所は極めて軟弱な泥炭地盤上に位置している。周辺の沈下観測結果によると、被災箇所においても今後、30cm 程度の残留沈下が発生することが予想される。このため、今回の復旧工事で改良範囲と未改良区間の不同沈下による段差の発生を軽減するため、上下流に沈下量を緩和するすり付け区間をそれぞれ 30m 設定した。



図－２　基盤処理工の縦断形状

(3) 配合について

基盤処理工の配合については、現地より採取した泥炭試料を室内配合試験に供し、設計配合量を決定するとともに、現場での試験杭を打設し、その出来型の均質性や強度から最適な配合を選択し、施工配合量を決定することとした。 室内試験結果によると、図－３に示すように、設計強度 200kN/m²（室内強度 600kN/m²）を満足するのは、C セメントを 300kg/m³添加する場合のみであり、この配合量を含め３ケースの配合で試験杭の打設を行った。



図－３　配合試験の結果

なお、高圧噴射攪拌工法は、施工速度や吐出量などが標準的に定められているため、セメントの添加量を変化させる場合には、水セメント比 W/C を変化させる必要がある。

写真－２　W/C＝1.5 の試験杭のくびれ

試験杭打設時の水セメント比とその添加量を整理す

W/C＝1.0：セメント添加量 300kg/m³

W/C＝1.2：セメント添加量　260kg/m³

W/C＝1.5：セメント添加量　220kg/m³

試験杭の結果、いずれの配合においても設計強度 200kN/m² を満足することが確認できた。しかし、写真－２に示すように、水セメント比 1.5 の場合には、改良ムラが大きく、局部的に直径が 10cm 以上も細くなる部位もあり、施工配合としては、所定の品質が確保でき、かつ、経済的な配合である水セメント比 1.2（セメント添加量 260kg/m³）とした。

５．おわりに

平成 15 年十勝沖地震によって被災を受けた清真布川の災害復旧工事は、厳冬期の施工にも関わらず、順調に進捗し、融雪出水前の平成 16 年３月末に復旧工事を完了することが出来た。 復旧工法の検討にあたっては、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」の委員各位に感謝の意を表す。

＜参考資料＞

・「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