

4. 3 北村遊水地の整備における固化破碎土の活用

1. はじめに

石狩川下流域に広がる低平地は、北海道の社会、経済、文化の中心であり、また広大な農地は国内有数の食糧供給地となっている。そのため、ひとたび洪水氾濫が起きると、図1のような浸水により甚大な被害が生じるおそれがある。そこで、現在、戦後最大規模の洪水流量（昭和56年8月上旬）であっても、安全に川に水を流すことができるように、北村遊水地が整備されている。図2に遊水地の働きを示す。平常時は農地として利用され、そこに洪水時の水を貯めることで川の水位を低下させるとともに、洪水後は貯まった水を川に戻すことが求められる。つまり、遊水地の外に洪水氾濫を生じさせないように、堤防の構築が重要となる。

本節では、北村遊水地の整備において堤防を構築するために、固化破碎土が活用された事例²⁾を紹介する。

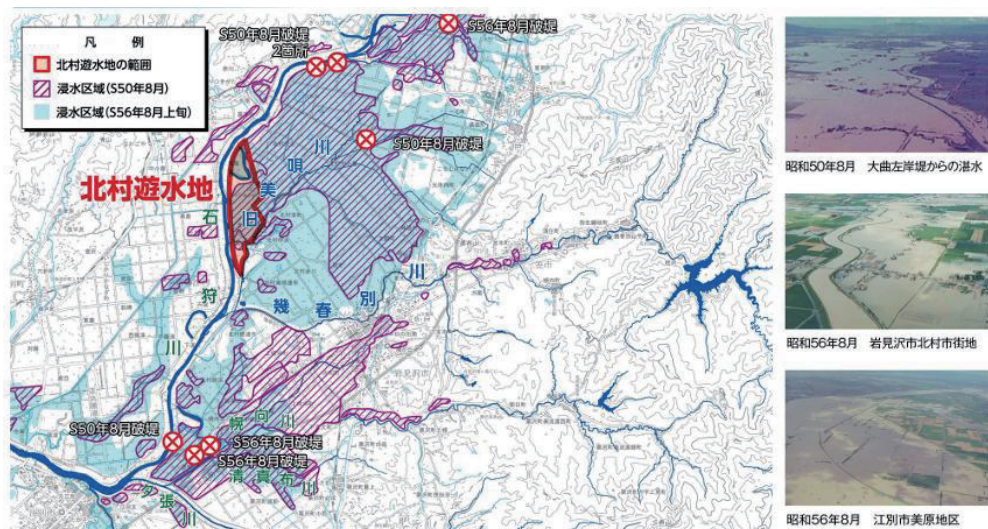


図1 浸水実績図¹⁾



図2 遊水地の働き¹⁾

2. 固化破碎土の採用経緯

北村遊水地は面積 950ha、容量 4200 万 m^3 と大規模であり、全長 17.6km の堤防を整備するためには約 450 万 m^3 の土砂が必要とされた。このような工事では、河川の掘削工事で発生する土砂を盛土して堤防を施工するが、本現場の土砂は高含水比で軟弱であったため、何らかの改良が必要となった。通常、高含水粘性土の改良には、良質な砂質土を混合することで改良されてきた^{3),4)}が、良質な砂質土の発生量が少なく、新たに砂質土を購入する必要があったため、セメント系固化材での固化改良が検討された。

一方で、堤防施工箇所の地盤は、泥炭が広範囲に厚く堆積しており、堤防が施工された後、地盤の圧密沈下が促進されることが考えられた。このため、堤体材料には地盤の変形に追随できるように、強度が小さく、また供用中に強度が増加しないことが求められた。そこで、強度発現を抑制するために、一度、固化した改良土を破碎した「固化破碎土」を締固めて、堤防を施工する方法が採用されることになった。



(a) 高含水粘性土（固化前）

(b) 固化破碎土

写真 1 固化破碎土の外観²⁾

3. 施工概要

固化破碎土による堤防の施工では、本施工時の固化材の種類、固化材添加量および施工方法（転圧方法）を決定するため、室内試験と試験施工が行われる。検討の流れを図 3 に示す。

3. 1 室内試験

(1) 目標値の設定

固化破碎土を堤体材料に用いるためには、①建設機械が走行できる強度、②盛土の安定性を確保できる強度、③堤防が漏水しないこと、④六価クロム溶出量が基準値以内であることの 4 項目を満足していることを確認しなければならない。各項目の目標値を表 1 に示す。

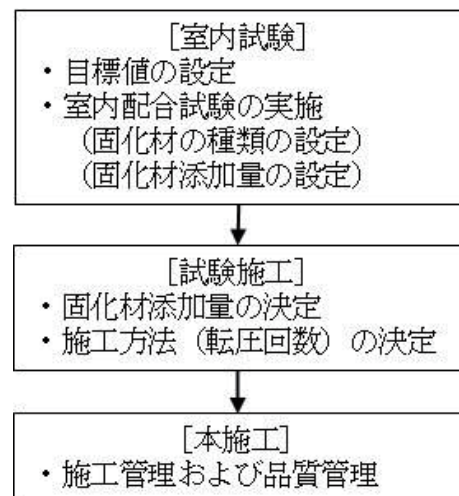


図 3 固化破碎土による堤防施工の流れ

表 1 目標値の設定

項目	目標値	備考
建設機械が 走行できる強度	コーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$	本工事で広く使用しているコンバインド式振動ローラ 4t 級の走行性を確保できるコーン指数が設定された。
盛土の安定性を 確保できる強度	盛土の締固め度 90%以上	河川堤防の設計では、定められた断面形状で締固め度・飽和度・空気間隙率などの締固め管理基準を満たして施工した場合、安全性を確保し堤防に求められる機能を確保するものとされている ⁵⁾ 。本工事では、盛土の施工管理を締固め度管理とし締固め度 90%以上 ⁶⁾ を確保すれば、盛土の安定性を確保できる強度とされた。
堤防が 漏水しないこと	透水係数 10^{-6}m/sec 以下	堤体が漏水しないことを透水係数で判断することとした。本工事では、室内において締固め度 90%で作製した供試体について、透水係数が 10^{-6}m/sec 以下 ⁷⁾ と設定された。
六価クロム 溶出量	0.05mg/L 以下	環境庁告示第 46 号に従う。

(2) 室内配合試験

表 1 の目標値を満足する、固化材の種類と固化材添加量を検討するため、室内配合試験が実施された。室内配合試験で対象とする固化対象土は、工事対象の $29,000\text{m}^3$ より 8 試料が採取され、最も含水比が大きい試料とされた。自然含水比は 60.4%、コーン指数は 108kN/m^2 と湿地ブルドーザでの施工ができない軟弱土であった。この試料を用いて、室内配合試験が行われた結果、目標コーン指数を満足する条件として、特殊土用固化材を用いた場合の固化材添加量 90kg/m^3 に設定された（図 4）。透水係数および六価クロム溶出量についても、目標値を満足していることが確認された。

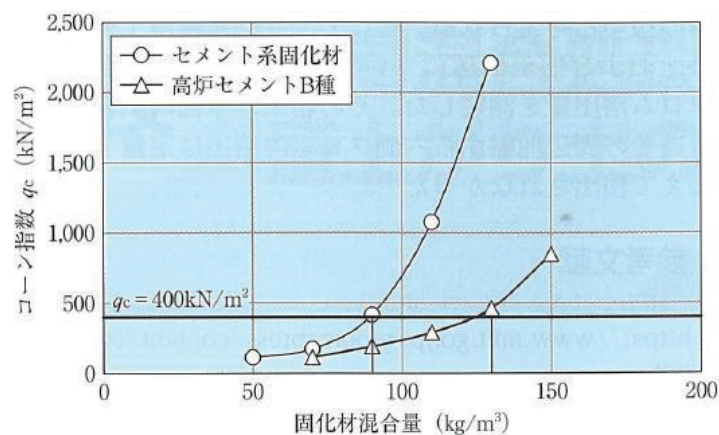


図 4 固化材添加量とコーン指数の関係²⁾

3. 2 試験施工

室内試験と現場施工では、固化対象土と固化材の混合状況、締固め状況、養生条件などが異なるため、室内試験の結果をそのまま本施工に適用できない。そこで、本施工と同条件で試験施工を行い、固化材添加量と転圧回数が検討された。

現場攪拌では室内配合試験よりも混合精度が劣るため、室内配合試験で求めた固化材添加量を最低値に 90、100、110、120、140kg/m³ の 5 条件が設定された。それぞれの条件に対して、転圧回数を 2、4、6、8 回の 4 条件で、盛土が試験施工された。写真 2 に試験施工の状況を、図 5 に試験施工の結果を示す。コーン指数および締固め度の目標値を満足させる転圧回数は 8 回であり、固化材添加量は 90kg/m³ であった。



写真 2 試験施工の状況²⁾

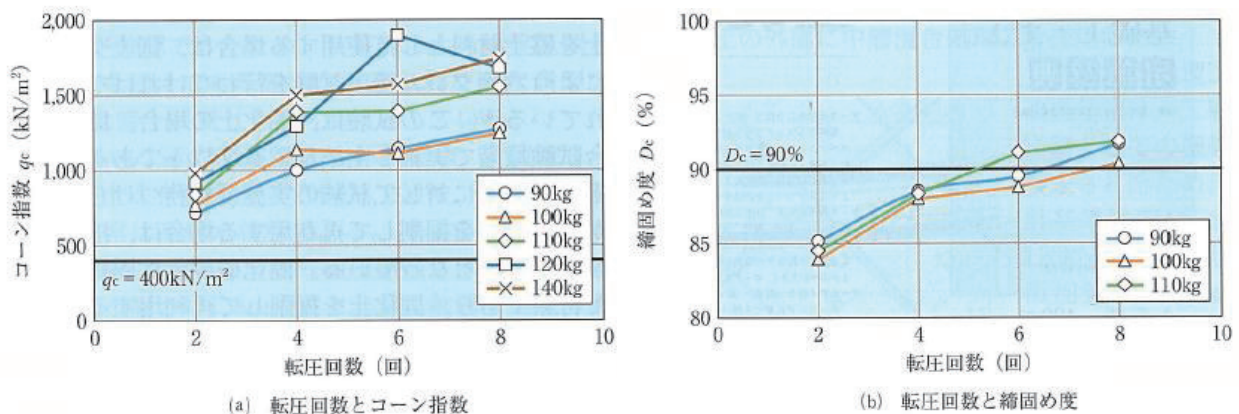


図 5 試験施工の結果²⁾

3. 3 本施工

室内試験および試験施工の結果を基に、本施工が実施された。本試験の仕様を表 2 に示す。また、品質管理試験の結果を図 6 に示すとおり、コーン指数、締固め度のいずれも目標値を満足していることが確認された。

表 2 本施工の仕様

項 目	仕 様
工 法	回転式破碎混合機で作製された固化破碎土の転圧
固化対象土	粘性土
改良土量 (m ³)	29000
目標コーン指数 (kN/m ²)	$q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上
固化材の種類	特殊土用固化材
固化材添加量 (kg/m ³)	90
転圧回数	8 回

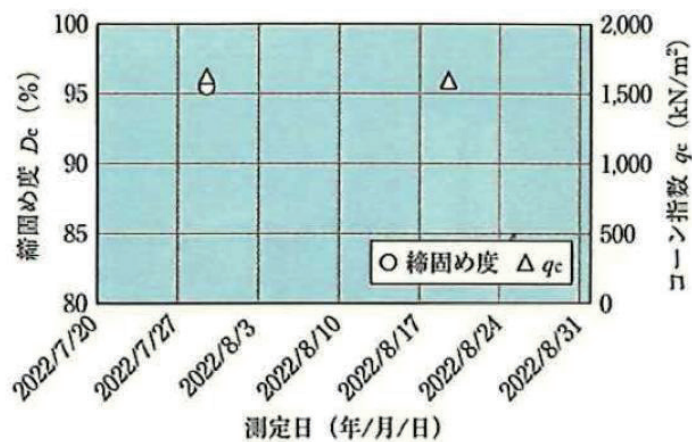


図 6 本施工時の品質管理試験の結果

6. おわりに

北村遊水地の整備において、堤防が築堤されることになり、堤体材料に固化破碎土が適用された。北村遊水地の整備期間は平成 24 年度から令和 12 年度と長期間かつ大規模なものであり、今後も品質管理に留意しながら、固化破碎土の活用が期待される。

【参考資料】

- 1) 国土交通省北海道開発局札幌開発建設部ホームページ：北村遊水地事業
https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/iwamizawa_kasen/e1lg9c0000002gjp-att/e1lg9c0000002h1d.pdf (2024 年 11 月現在)
- 2) 佐藤厚子ほか：固化破碎土の活用事例、基礎工、pp.57～60、2024.8
- 3) 西村右敏、村田陽子、小田祐嗣：天塩川下流域における河川工事発生土の築堤材料調査、地盤工学会北海道支部技術報告集、No.52、pp.229～238、2012
- 4) 安田昌弘、西川幸格、北畑大輔：河川堤防に用いる高含水比粘性土の改良工法について―千歳川遊水地群における回転式破碎混合工法の実用化に向けて―、第 54 回北海道開発局技術研究発表会、2011.2

- 5) (財) 国土技術研究センター：河川土工マニュアル、p.59、2009
- 6) 国土交通省北海道開発局：道路・河川工事仕様書、品質管理基準及び規格値、2-221、2023
- 7) 北海道開発局：漏水対策工設計施工指針（案）、p.117、1984