

北村遊水地における固化破碎土を用いた施工について

札幌開発建設部 岩見沢河川事務所 ○片桐 悠太
橘内 英治
諸橋 雅幸

北村遊水地の囲ぎよう堤では、使用する掘削土が盛土材に適さない高含水比粘性土であることから、過年度の検討で適用可能と確認出来たセメント系固化材を混合攪拌した固化破碎土を用いた施工を行っている。固化破碎土を用いた施工が2年目となる今年度は、昨年度の課題を考慮した施工状況の報告とともに地先の方に配慮した工事の取り組み事例を報告する。

キーワード：遊水地、盛土材料、固化破碎土

1. はじめに

石狩川流域に甚大な被害をもたらした昭和56年8月洪水を受け、平成19年9月に石狩川（下流）河川整備計画が策定され、洪水時の流量調節施設として遊水地の整備が位置付けられた。石狩川と旧美唄川に挟まれた低平地に位置する北村遊水地は、湛水面積950ha、総貯水量4200万 m^3 の洪水調節容量を有する道内最大の遊水地で、平成24年度に事業に着手している（図- 1、図- 2）。

北村遊水地では、今後、遊水地を囲う全長17.6kmの築堤整備に400万 m^3 を超える膨大な量の土砂を必要とするが、河道掘削で得られる土砂の大半が、粘性土や泥炭といった不良土であるため、掘削土をそのまま盛土材料として利用することができない。そこで従来の築堤盛土工事では砂攪拌や曝気乾燥による土質改良が行われることが多いが、北村遊水地周辺には良質な砂が少なく改良材の確保が難しいことや、北村遊水地は地役権方式を採用しているため、曝気乾燥や攪拌作業に必要となるヤードスペースを十分に確保することが困難であった。

これらの課題を解決する手法として、近年、施工実績のあるセメント安定処理工法の検討を進め、セメント攪拌した土を一定期間置土したのちに砕いて使用する固化破碎土¹⁾の手法を用いることで河川堤防に要求される品質を確保できることを試験施工等で確認してきた¹⁾。2年目の本施工となる本年度は約55万 m^3 のセメント改良土の製造を行った。昨年度の課題を考慮した施工状況の報告とともに地先の方に配慮した工事の取り組み事例を報告する。



図- 1 石狩川流域図



図- 2 北村遊水地全景

2. 盛土材料の課題と対応

(1) 遊水地事業に必要な盛土材料

北村遊水地では築堤整備に400万 m^3 を超える膨大な量の土砂を必要とするが、河道掘削により発生する土の大半は軟弱粘土、泥炭といった不良土であり、土質改良を要する材料である。

遊水地周囲堤の盛土は盛土高最大9m程度と高く、基礎地盤が極めて軟弱であるため、完成までの沈下分を含めた盛土厚は最大13.5mとなる（沈下量最大4.5m程度）。そのため、盛土自体の変形等のトラブルを生じさせないため、安定した品質を確保した材料を大量に製造する必要がある。これまでの河道掘削粘土を用いた河川堤防の盛土では、秋以降の低温期の降雨等による含水比上昇による盛土品質の低下が度々問題となっており、盛土品質の確保が大きな課題であった。

(2) 固化破碎土の概要

ここで、セメント改良土の製造過程における強度変化のイメージを図-3に、その概要を以下に示す。

- ① 不良土とセメントを攪拌混合した土砂（以下、固化土と呼ぶ）は、一定の養生期間を経ることで水和反応が進行し、強度が増加する。
- ② 十分に強度発現した状態の固化土を、重機等を用いて破碎することで、その後の固結作用に伴う強度増加が抑制され、通常の土砂と同様の變形性を有する盛土材（以下、固化破碎土と呼ぶ）となる。

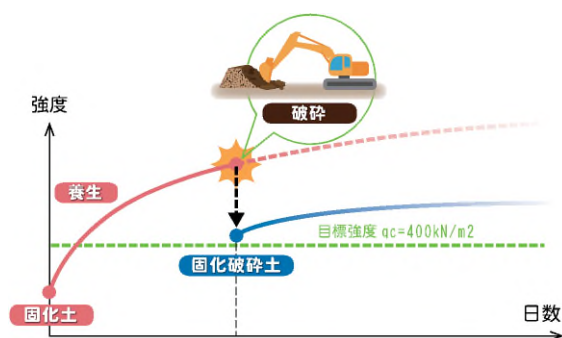


図-3 セメント改良土の強度変化（イメージ）

(3) セメント攪拌工法概要

セメント攪拌工法は、江別太遊水地でも採用されたプラント式攪拌工法である「回転式破碎混合工法」を採用している。この工法は、密閉容器内で高速回転する複数本のインパクトチェーンの打撃力により、不良土とセメントを破碎しながら攪拌混合することで、強度と透水性を満足する均質な盛土材料を製造することが可能となる。

また、曝気乾燥が不要で、攪拌作業に広いヤードを必要とせず、均質な材料を短期間に大量に製造できることから、施工ヤードが限られる北村遊水地において適用性が高いと判断している。

(4) 固化破碎土に関する課題と対応

「河川土工マニュアル」においてセメント等の添加材を用いた改良を実施する場合には、試験施工による適用性確認をすることが推奨されている。本事業においてもこれに従い試験施工及び2か年にわたる追跡調査により、セメント改良土の評価を実施してきた。

セメント改良土の課題としては、コスト削減（配合量削減）、長期強度変化、變形性の低下、プラント型改良の適用性等が挙げられ、試験施工による確認を行った。これまでに得られた知見は以下のとおりである。

- ・セメント攪拌直後に目標強度を得るためには大量のセメントが必要になるが、一定の置土養生期間を設けることでセメント配合量を約50%以下に削減可能。

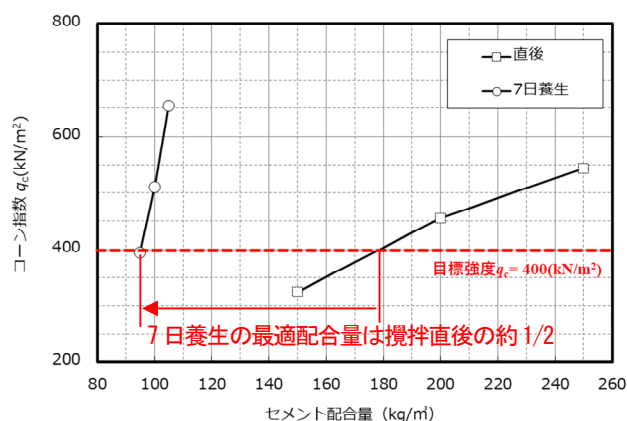


図-4 攪拌直後と養生7日の転圧後のコーン指数

・養生期間を変化させた試験盛土により、養生日数は強度の伸びが著しい7日とすることが最適と判断。現地試験のため値にバラツキはあるが、それ以降は強度の伸びが緩やかで、所要日数に応じて必要置土ヤードが増えるためヤードの限られる本事業では効率的ではないと判断した。

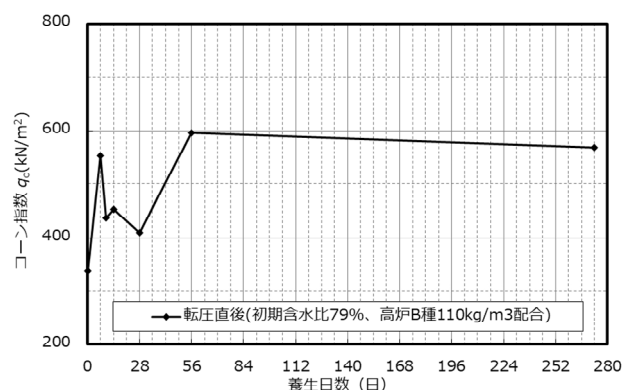


図-5 転圧直後のコーン指数と養生日数の関係の例

・一定期間養生した改良土を破碎して使用する「固化破碎土」の手法を用いることにより、改良土の固まりすぎを防ぎ変形性を向上させることができることを、高さ3mの実物大模型試験で確認した。改良土を直接盛土したものと比較して、固化破碎土は沈下に追従し亀裂等を生じにくいことを確認した。

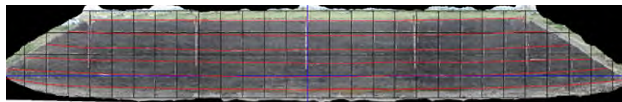


図-6 実物大模型試験（高さ3m幅20m）状況

・2か年の追跡調査による強度変化は、現地コーン指数はバラツキがみられるが、一軸強度は初期強度の3倍程度の伸びで、概ね半年程度で強度の伸びは緩やかになる傾向がみられた。室内で湿潤状態で養生した試料の含水比は緩やかな減少傾向であるが、現地の試験盛土の含水比は上昇傾向であった。

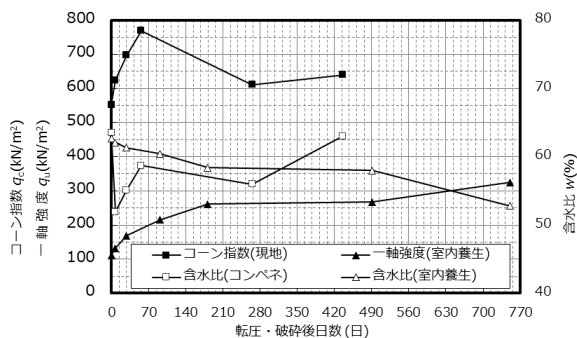


図-7 長期強度・含水比変化
(初期含水比79%、高炉B種110kg/m³配合)

・セメント改良で改良対象土の含水比はほとんどの場合水和反応等により5～30%程度低下する。固結効果のほかに含水比低下効果が確認された。含水比が低下することで、最適含水比に近づき、強度、締固め密度の品質を確保しやすい材料となった。

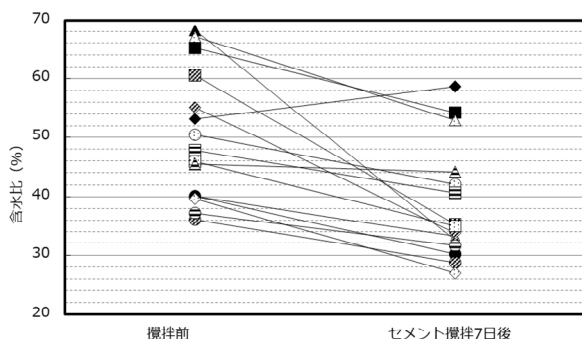


図-8 セメント攪拌および養生による含水比変化

・従来の粒度改良（砂攪拌）と比較して、軟弱粘土単体で改良された土であるため、細粒分が多く透水性が低い

難透水材料である（図-9）。細粒分が多いため乾燥クラックの発生が懸念されるが、散水や切り返し、再転圧で対処可能であることが確認された。また、難透水であるため降雨等による置土時の含水比変化が小さい傾向がみられた。

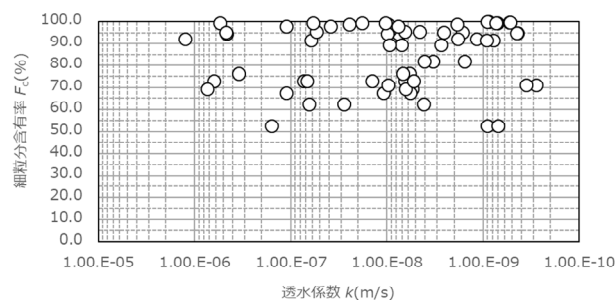


図-9 改良土の粒度と透水係数

以上の検討により、固化破碎土は堤防材料に必要な品質である強度（トラフィカビリティ）、締固め度、難透水性を確保でき、長期的に安定した材料であることが確認された。

3. 今年度の施工状況

(1) 河道掘削量・攪拌土製造量

今年度は10工事で計58万m³のセメント攪拌土が製造された。

1工事あたりの製造量は概ね6万m³程度で、時間当たりの製造量は設計値の100m³/hに対し86～120m³/hの実績となっている。設計値を下回るのは砂分をほとんど含まない粘土が多く、詰まり等で攪拌装置への土の一定供給ができず製造量が落ちる傾向がみられた。なお、時間当たり製造量はプラント稼働時間のみを対象に算出しており、土砂運搬の遅延等の外的要因による中断時間は含まれていないため、実際の施工における時間当たり製造量はこれより低下する。

1日当たりの製造量は、プラント稼働時間が平均8時間（設計5.5時間）程度であり800m³/day程度であった。

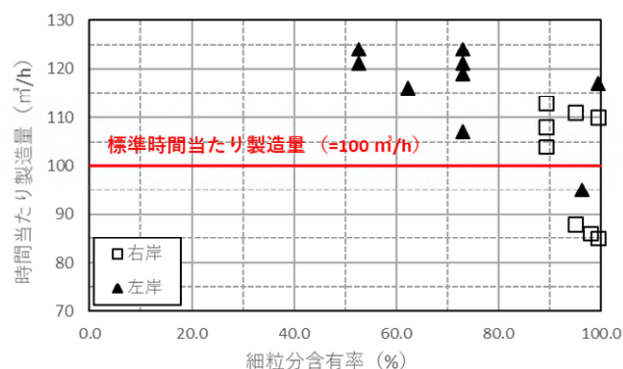


図-10 プラントの時間あたり製造量

表-1 今年度の製造実績

No	製造 土量 (m ³)	掘削 箇所	最大 含水比 wn (%)	細粒分 含有率 (最大) (%)	セメ ント 添加量 (kg/m ³)	使用 セメ ント	時間 あたり 製造量 (m ³ /h)
1-1	16,676	その他	66.7	98.0	90	ETR3	103
1-2	49,629	右岸	70.6	95.1	90	ETR3	111
2	39,600	左岸	56.8	99.5	90	高炉B	117
3-1	18,811	右岸	55.3	98.0	100	ETR3	86
3-2	45,686	右岸	64.1	95.1	90	ETR3	88
4-1	21,404	左岸	29.5	96.3	110	高炉B	95
4-2	30,650	左岸	37.2	73.0	90	高炉B	107
5	59,995	左岸	43.3	73.0	120	高炉B	119
6	60,243	左岸	51.7	73.0	120	高炉B	121
7-1	26,107	右岸	51.7	99.4	80	ETR3	85
7-2	38,182	右岸	67.6	89.3	100	ETR3	108
8-1	27,351	右岸	70.5	89.3	80	ETR3	104
8-2	30,507	左岸	39.5	73.0	80	ETR3	124
9-1	24,300	右岸	48.9	99.4	80	ETR3	110
9-2	8,626	右岸	56.8	89.3	110	ETR3	113
9-3	27,210	左岸	41.2	62.3	90	ETR3	116
10-1	35,599	左岸	38.9	52.6	70	高炉B	121
10-2	21,809	左岸	35.6	52.6	70	高炉B	124
計	582,385						

(2) 盛土使用量、施工状況

製造土量のうち約 50 万m³ 程度が本年度の盛土工事に使用され、旧美唄川囲ぎよう堤で層厚 3.6m 程度、周囲堤で層厚 5.4m 程度の盛土が実施された。

盛土後に実施された電気式コーン貫入試験の先端抵抗を見ると、0.5～10MN/m² の範囲(主に 1～4MN/m²)であり十分な強度を有していた。また、盛土の透水性が低いため降雨時の雨水浸透が少なく強度低下しにくい、降雨後に曝気乾燥を要しないため施工中断日数が少ない、ガリ浸食が生じにくいという特徴も見られた。

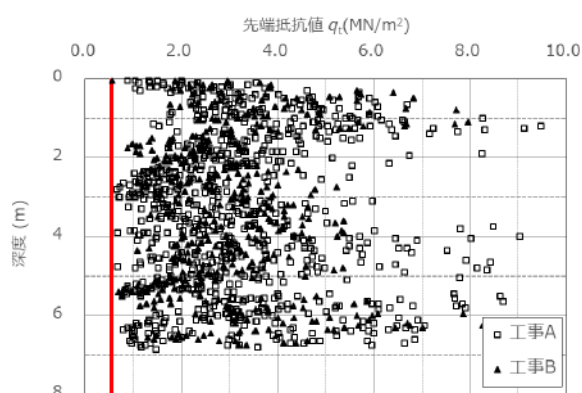


図-11 セメント改良土盛土の施工後コーン指数

4. 施工にあたっての課題と対応

(1) 土質による製造量の違いと製造量確保の工夫

全体的に砂分の含有が多い砂質粘土主体の左岸掘削土と、ほとんど粘土、シルトで構成される右岸粘土では、時間あたり製造量に差がみられた(図-10)。粘性の強い土を供給機を通しプラント攪拌部に大量一定供給することが困難であったことが主な要因である。これに対処するため、掘削箇所における曝気乾燥及び砂質土(主に表土)との事前混合を行い、粘性の強い粘土を事前に解しやすくし、詰まりによる施工中断の防止、供給量の増大を図った。

また、左岸に位置する遊水地に使用する盛土材を運搬するため、右岸粘土は必ず石狩川を跨ぐ移動が生じており、運搬上の制約も多い。道路汚損対策として実施したダンプトラックのタイヤ洗浄等で運搬に遅れが生じるとプラントに使用する土が不足し、施工を中断する事例も見られた。これに対処するため、プラント近傍に母材のストックヤードを設け、運搬に遅れた際のプラント投入量の不足を防ぎ、施工中断を回避した。

(2) プラントの周辺環境対策

周辺農地は営農を継続していたため、プラントからの粉じん対策として、セメントに最低限の加水を行いセメント粉じんを低減するフロージェットミキサー工法を試験的に導入した。

セメント重量に対し最大10%の加水を行うことで、母材へのセメント投入、攪拌時のセメントの飛散を大きく低減できることが確認された。

粉じん低減効果は確認されたが、汎用性が乏しく高額なため、全10基のプラントにフロージェットミキサーの設置が困難であったことから、簡易的にセメント投入部に高圧ミストを噴霧する対策を試験的に実施したところ、同様の効果が確認されたため、安価な粉じん対策として次年度以降に採用を予定している。

5. 施工における地域への配慮

地役権方式で整備される北村遊水地では施工中も遊水地内での営農が継続されるが、運搬土量、ダンプトラック台数が膨大なため、地域への配慮として以下の取り組みを実施した。

(1) 道路汚損対策

土砂運搬による道路の汚損を低減するため、工事用道路出口の舗装を行い土砂落としスペースとして一般道の汚損を低減した。また、出口にはタイヤ洗浄機・湿式スパッツを設置するとともに清掃員も配置した。積み込み、積み下ろし箇所では荷台(あおり)の清掃を実施した。これらの対策工を確認するため、運搬協議会による監視

体制を構築し改善に努めた。

(2)渋滞対策

道路の渋滞対策として、朝のダンプトラック入場時間の調整・分散化を図るとともに、一般道への出口では一般車が減速しないタイミングや車両間隔に配慮した誘導を行った。

6. まとめ

本年度の施工では、当初計画の60万m³に近い土量の盛土製造を完遂し、50万m³以上の盛土が安定的に立ち上げられた。盛土品質も安定的に確保されており、過去2年間で施工されたセメント改良盛土においても問題は生じていない。

プラント周辺や運搬における環境対策も年々改善を図り、地域からの苦情件数も減少傾向である。

今後も本年度と同程度の盛土を実施するにあたっては各路線の運搬土量がネックとなっており、従来の砂攪拌と比較して改良材の運搬量が大幅に低減されることは事業の進捗に非常に有利な点となっている。

今後、盛土が完成断面となった箇所においては植生工が実施されるが、セメント改良土に泥炭覆土を実施し、泥炭処理量を低減する取り組みを検討しているところである。植生に加え、改良土の長期的な品質等についてもデータを積み重ね、改良効果の検証を進める予定である。最後に、本施工の遂行にあたり地元の皆様、関係機関、受注業者に多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 田中大地,仲条元,岡田幸七：北村遊水地における堤防盛土材の改良工法について一固化破碎土による施工報告と今後の展望一,第64回北海道北海道開発技術研究発表会,2020