

固化処理した泥炭の盛土試験について(第2報)

—河川工事で発生する泥炭の有効利用—

札幌開発建設部 江別河川事務所 調査課 ○菅原 成行
高嶋 守仁
林 隆幸

江別河川事務所では治水安全度向上のため、夕張川KP2.5～KP7.5の区間で河道掘削及び千歳川江別太地区での遊水地整備を計画している。既往の調査結果から二つの事業で発生する掘削土約380万 m^3 の内280万 m^3 程度は泥炭であることが判っているが、泥炭はそのままでは盛土材として使用できない材料である。

本報告は、大量に発生する泥炭を固化材で改良し盛土材料として有効利用する可能性の検討のため、夕張川で実施している試験施工についての第2報である。

キーワード：泥炭、盛土材料、固化破碎土、有効利用

1. はじめに

江別河川事務所では治水安全度向上を目的とした夕張川河道掘削(KP2.5～KP7.5、L=5.0km)及び千歳川江別太地区遊水地整備(図-1参照)を計画している。これら事業の掘削工事で発生する泥炭は、高有機質かつ高含水比のため盛土材として流用困難となっているが、これまでの検討¹⁾により固化材を混合することにより盛土材として有効利用できることが判っている。そこで、発生する泥炭を建設発生土利用技術マニュアル³⁾による第3種建設発生土(第3種改良土)に改良し、築堤及び道路路体材料等として使用することを目的に、夕張川において平成21年度より試験施工を実施している。

本報告は、平成22年度～平成23年度に実施した試験施工結果について報告するものである。



図-1 事業概要図

2. 改良土(固化破碎土)の要求性能

(1) 固化破碎土の定義

試験施工は、泥炭と固化材を攪拌後、一定期間放置し、

その後バックホウで破碎し、ブルトーザ転圧を行う(図-2参照)。固化破碎土とは、混合土を一定期間放置後、バックホウで破碎し機械転圧した改良土のことを示す。



図-2 試験施工イメージ図

(2) 固化破碎土の要求性能

改良土の要求性能は、築堤及び道路路体材料への流用を勘案し、以下とした。

a) 施工性の確保(目標コーン貫入抵抗値)

通常の施工機械のトラフィカビリティーを満足する値として、混合土を放置7日後に破碎した固化破碎土について $q_c \geq 400(kN/m^2)$ とした。なお、室内目標強度は、室内/現場強度比を2とし $800(kN/m^2)$ とした。

b) 盛土の品質管理(締固め度)

河川堤防及び道路路体盛土に対する「北海道開発局道路・河川工事仕様書の品質管理基準及び規格値」を満足する値として、現場密度を最大乾燥密度の85%以上とした。

c) 透水係数

築堤材料としての流用を想定した場合、締固め後の土が難透水性を確保できる透水係数として、 $k=1 \times 10^{-5}m/s$ 未満とした。

d) 六価クロム溶出

セメント及びセメント系固化材を地盤改良で使用した場合の土壌の汚染に係る環境基準を満足する値として、0.05mg/L以下とした。

3. 試験施工の目的

平成22年度及び平成23年度における試験施工の目的は、以下の3事項とし、攪拌機械及び固化材添加率の異なる試験盛土を5盛土作製した。図-3に試験盛土配置イメージ図、表-1に目的別盛土比較表を示す。

(1) 泥炭改良における攪拌機械の攪拌状況の比較

既往の試験施工では、固化破砕土を転圧した際、未改良部となり繊維の残った泥炭塊から含水が浸み出し転圧が困難となる場合があった。このことから泥炭の繊維を破断することが重要と考え、施工機械の違いによる攪拌状況を比較することを目的とした。

(2) 長期放置混合土での固化破砕土の性状確認

混合土を放置日数7日後に破砕し、固化破砕土を作製した際、含水が高く転圧不良となる場合があった。このことから、長期放置後(約1年)に固化破砕土を作製し、固化破砕土の転圧状況及び性状を確認することを目的とした。

(3) 泥炭の曝気効果による固化材添加率の低減確認

室内試験において、泥炭の含水比を低下させることにより、固化材添加率が低減されることが確認された。このことから、試験施工にて泥炭の曝気効果の検証、曝気後の泥炭の固化材添加率及び性状を確認することを目的とした。

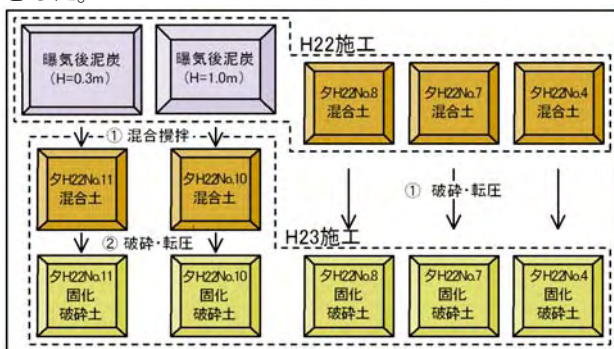


図-3 試験盛土配置イメージ図

表-1 目的別盛土比較表

目的	a)攪拌状況の比較				
	b)長期放置混合土		c)曝気後の固化破砕土		
攪拌機械	ロータリー式スクリューライザー	自走式(A)	バックホウ	自走式(B)	
盛土No.	タH22 No.4	タH22 No.7	タH22 No.8	タH22 No.10	タH22 No.11
H22施工	泥炭掘削・攪拌・放置			泥炭掘削・仮置(曝気)	
放置期間	370日	368日	365日	-	-
H23施工	破砕・転圧			攪拌・放置・破砕・転圧	

4. 試験施工方法

(1) 固化材

使用した固化材は、コスト、改良性能及びこれまでの実績を勘案し、高炉B種セメントとした。固化材添加率は、室内配合試験により決定した。なお、固化材添加率とは、泥炭の湿潤密度に対する重量%である。

a) 平成22年度試験施工

- ・高炉B種セメント(添加率32%)

b) 平成23年度試験施工

- ・高炉B種セメント(添加率31%)

(2) 攪拌機械

攪拌機械は、攪拌状況の違いを確認する目的で、一般的な施工実績や混合土利用マニュアル(案)⁴⁾を参考に以下の3工法とした。

a) バックホウ(0.7t級、H22施工)

土木建設工事等で使用される掘削機械である。大規模な攪拌工事での実績は少ない。



写真-1 バックホウ(0.7t級)

b) ロータリー式スタビライザー(H22施工)

ツインヘッドの攪拌翼で攪拌するもので、攪拌状況を直接確認できることから信頼性が高く、粒度調整を目的とした土砂攪拌(2種混合)では、最も実績がある。



写真-2 ロータリー式スタビライザー

c) 自走式土質改良機(H22、H23施工)

ホッパに投入された泥炭をソイルカッターとロータリーハンマーで粉碎混合するものである。使用機種は、攪拌工程が異なる2機種とした。



写真-3 自走式土質改良機(A)



写真-4 自走式土質改良機(B)

(3) 破碎機械

混合土を破碎する機械は、バックホウ(0.7t級)とした。

(4) 転圧機械

転圧機械は、盛土の敷均し転圧で用いられるブルトータザ(8t級)とした。

5. 試験施工結果

(1) 泥炭改良における攪拌機械の攪拌状況の比較

a) バックホウ攪拌

固化材攪拌時は、セメント及び泥炭塊が確認され攪拌ムラが顕著であった。固化破碎土も同様に最大φ30cm程度のセメント濃集部及び泥炭塊が確認された。泥炭塊は繊維質が多く含水も高い状態であり、未改良の状態であった。



写真-5 バックホウ攪拌状況(H22施工)

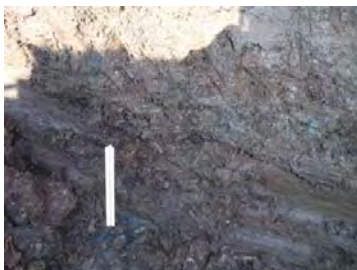


写真-6 破碎時状況(H23施工、灰色がセメント部)

b) ローター式スプレイダ攪拌

固化材攪拌時は、バックホウよりは攪拌されているが、セメント及び泥炭塊が確認された。固化破碎土は、セメント濃集部が確認されたが、バックホウ攪拌時のようなセメント塊は認められなかった。泥炭塊は攪拌されているものの、繊維質が多く残る状態であった。



写真-7 ローター式スプレイダ攪拌状況(H22施工)



写真-8 破碎時状況(H23施工、灰色がセメント部)

c) 自走式(A)攪拌

固化材攪拌時は、良く攪拌された印象を受けるが、混合土中に未改良の泥炭の繊維が多く確認された。固化破碎土は、セメント濃集部が少なく泥炭塊も認められなかった。



写真-9 自走式(A)攪拌状況(H22施工)



写真-10 固化破碎土状況(H23施工)

d) 自走式(B)攪拌

固化材攪拌時は、良く攪拌された状態であり、泥炭の繊維質が確認されるが、未改良の泥炭は認められない。固化破碎土も同様に、セメント濃集部が少なく泥炭塊も認められなかった。



写真-11 自走式(B)攪拌状況(H23施工)



写真-12 固化破碎土状況(H23施工)

(2) 長期放置混合土での固化破碎土の性状確認

a) 転圧状況

転圧は、バックホウ攪拌での夕H22No.8を除くすべての盛土で可能となったが、転圧後のキャタピラ跡には、含水の浸み出しが認められた。転圧困難だった夕H22No.8は、未改良の泥炭塊やセメント濃集部が確認され、含水が高い状態であった。



写真-13 代表的な転圧状況写真(夕H22No. 4)

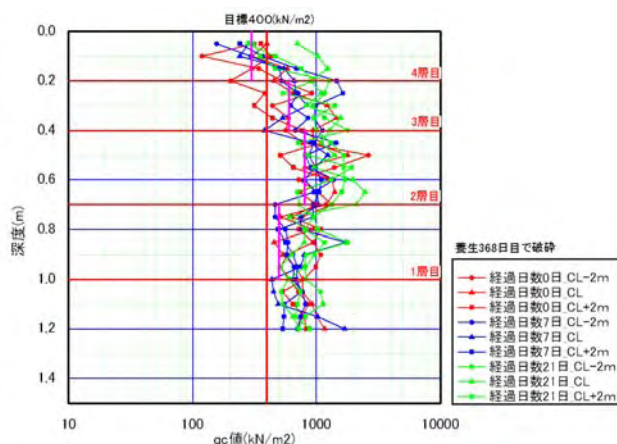


写真-14 転圧状況(夕H22No. 8転圧困難)

b) ポータブルコーン貫入試験結果

転圧困難だった夕H22No.8を除くすべての固化破碎土で、最上層を除き目標qc値400(kN/m²)を満足する結果となった。図4に代表例としてqcの深度分布図(夕H22No.7)を示す。この傾向は、他の固化破碎土も同様であった。最上層の敷均しで使用した固化破碎土は、1~3層目と比

較し、含水比が高い状態であったことが原因であると考えられる。



(含水比：1層目91.2%、2層目97.7%、4層目112.7%)

図4 代表的なqcの深度分布図(夕H22No. 7)

c) 締固め試験結果

現場密度試験結果で得られた締固め度を図-5、締固め試験から得られた代表的な「乾燥密度と含水比(現場密度試験結果併記)」の関係図を図-6に示す。締固め度は、殆どの固化破碎土で基準値以下となった。転圧時の含水比は、締固め曲線における最大乾燥密度の85%を得られる含水比(W=105.1%)より、高い状態(W=113.6、120.9、153.0)であった。

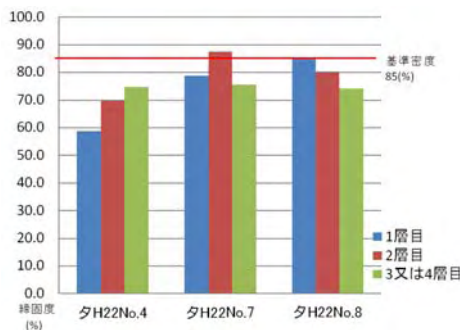


図5 締固め度結果図

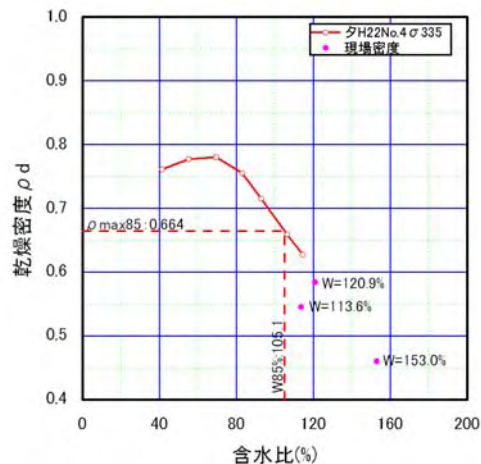


図6 締固め曲線(夕H22No. 4)

d) 室内試験結果

室内土質試験結果を表-2に示す。透水係数及び六価クロム溶出量は、品質目標を満足する結果となった。

その他、固化破碎土の性状を表す指標として、改良前の泥炭を併記し、湿潤密度、含水比、強熱減量の試験結果を示す。

表-2 室内試験結果一覧表

盛土No.	固化材	湿潤密度 (kN/m ³)	含水比 (%)	強熱減量 (%)	透水係数 (m/s)	六価クロム (mg/L)
泥炭(改良前)	-	10.4	604.7	66.2	-	-
夕H22No.4	高炉B	12.6	120.0	26.5	2.43E-08	定量下限
夕H22No.7	高炉B	13.3	97.0	23.3	2.01E-07	定量下限
夕H22No.8	高炉B	12.4	137.2	30.1	2.55E-08	定量下限

(3) 泥炭の曝気効果による固化材添加率の低減確認

a) 曝気泥炭の含水比試験結果

含水低下を目的とした泥炭盛土は、50cmのサンドマット上に施工され、盛土高は夕H22No.10が1m、夕H22No.11が0.3mとした(図-8参照)。図-7には各深度の試験結果を時系列で表した。

夕H22No.10は、盛土直後(10/9)に570%あった含水比が、盛土後339日(9/13)で、230~270%となり、含水が低下していることが確認された。なお、地表面に近い深度0.1mの含水比は、盛土後339日(9/13)において364%と高い含水比を示すが、これは調査前の9/2~9/6の降雨により含水比が上昇したと考えられる。

夕H22No.11についても、夕H22No.10と同様の傾向を示し盛土直後(10/9)に430%あった含水比が、盛土後339日(9/13)で234%となり、含水が低下していることが確認された。

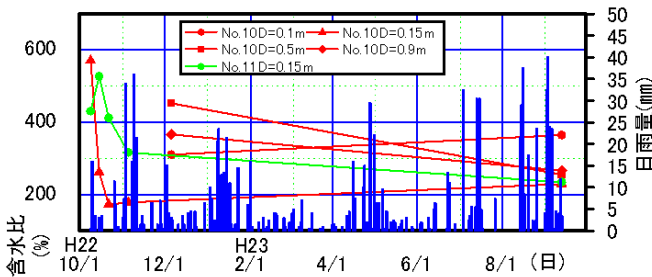


図-7 含水比の経時変化図

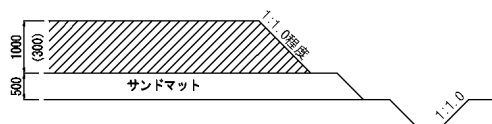


図-8 泥炭盛土形状図

b) 固化材添加率(室内配合試験結果)

曝気された泥炭にて実施した室内配合試験結果を図-9に示す。H22施工時に含水比が577.7%の泥炭で32%だった添加率は、含水比を低下させた泥炭でも添加率30.2~31.0%(図-9参照)となり、明確な固化材添加率の低減は確認されなかった。

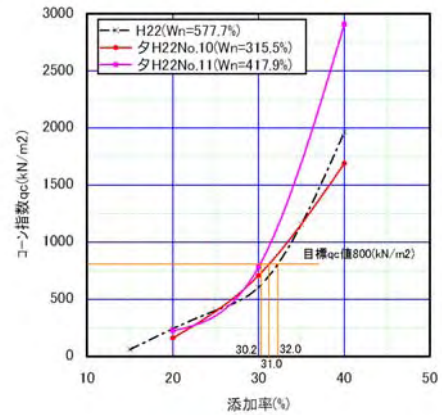


図-9 室内配合試験結果図

c) 転圧状況

固化破碎土の含水比は、長期放置混合土を用いた固化破碎土(W=100~130%程度)と比較し、含水比が低い状態であった(W=90~120%程度)。転圧状況は良好で、転圧後のキャタピラ跡にほとんど含水の浸み出しは認められなかった。



写真-15 代表的な転圧状況写真(夕H22No. 10)

d) ポータブルコーン貫入試験結果

目標qc値400(kN/m²)を満足する結果となった。図-10に代表例としてqcの深度分布図(夕H22No.11)を示す。長期放置混合土のように含水比の高い固化破碎土がなかったことから、1~4層目とも目標qc値を満足する結果となった。

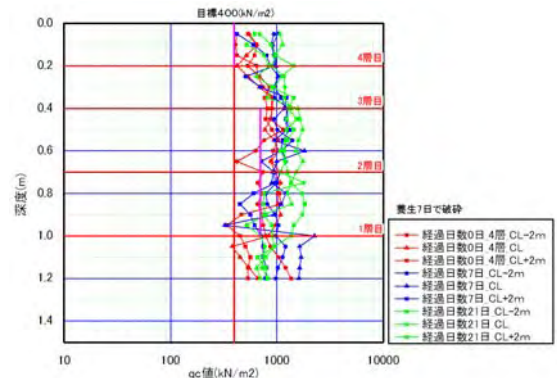


図-10 代表的なqcの深度分布図(夕H22No. 11)

e) 締固め試験結果

締固め度は、夕H22No.10で概ね基準値を満足する結果となった。

夕H22No.11は、基準値を満足しなかったが、現場で得

られた含水比は、基準値を満足できる値を示していた。(図-12参照)。基準値を満足できなかった原因は、施工基盤が夕H22No.10より軟弱だったことが理由の一つであると思われる。

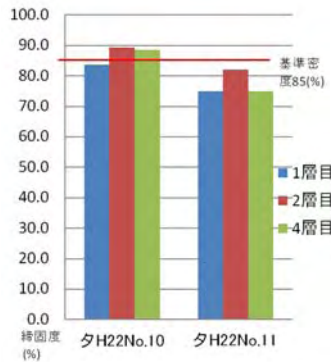


図-11 締固め度結果図

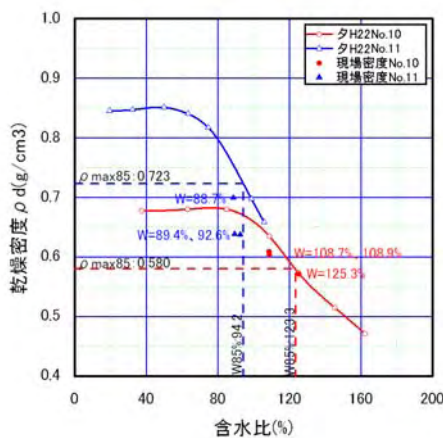


図-12 締固め曲線(夕H22No.10、11)

f) 室内試験結果

室内土質試験結果を表-3に示す。透水係数及び六価クロム溶出量は、品質目標を満足する結果となった。

表-3 室内試験結果一覧表

盛土No.	固化材	湿潤密度 (kN/m ³)	含水比 (%)	強熱減量 (%)	透水係数 (m/s)	六価クロム (mg/L)
夕H22No.10 泥炭(改良前)	-	9.9	315.5	37.8	-	-
夕H22No.10	高炉B	12.4	127.2	23.9	3.43E-08	0.018
夕H22No.11 泥炭(改良前)	-	9.3	417.9	65.9	-	-
夕H22No.11	高炉B	12.6	70.5	20.9	5.98E-06	0.020

6. 考察

(1) 泥炭改良における攪拌機械の攪拌状況の比較

バックホウ攪拌は、他の攪拌機械と比較し攪拌状況が悪かった。バックホウ攪拌以外の固化土では、すべて転圧が可能となり、目視による判断となるが、ロータリー式スタビライザー、自走式土質改良機(A)とも攪拌状況に大差がない結果となった。しかし、自走式土質改良機においては、攪拌工程が1回多いアフターカッター(ベルトコンベアーの端部)が装備されている自走式(B)の方が、攪拌状況が良かった。

(2) 長期放置混合土での固化破砕土の性状確認

混合土作製後、放置7日後で固化破砕土を作製した場合、含水が高く転圧不良となる場合があったが、長期放置後の混合土では、改良ムラの多かったバックホウ攪拌以外は、転圧可能で、目標qc値400(kN/m²)を満足する結果となった。このことから、長期放置後の混合土から固化破砕土を作製することは、放置7日後で破砕するより転圧状態が良いと考えられる。

(3) 泥炭の曝気効果による固化材添加率の低減

泥炭を仮置きすることにより曝気効果が得られることが確認されたが、固化材添加率の低減には至らなかった(固化材添加率 曝気なし32%、曝気あり31%)。ただし、泥炭の含水比を低下することにより、混合土放置7日後で固化破砕土を作製した際の転圧状況は、腐植物片からの含水の浸み出しが少なく良好な状態であった。

7. おわりに

今回の試験施工により、混合土の長期放置または泥炭を曝気乾燥することにより、第3種建設発生土(第3種改良土)へと土質改良が可能であることが示された。しかし、今後、築堤及び道路路体材料等へ流用する際は、以下についての課題を検討する必要があると考えられる。

(1) 締固め度管理基準値の確保が困難

長期放置混合土及び曝気した泥炭の固化破砕土5盛土において、基準値を満足できる含水比となった盛土が夕H22No.10、11の2盛土となった。実際、転圧により基準値を満足できた固化破砕土は、夕H22No.10の1盛土のみとなり、基準値を満足することが困難な状況であった。

(2) 単位体積重量が軽いことの懸念

固化破砕土の湿潤密度は、12~13(kN/m³)程度となり、一般的な築堤盛土材(18~19kN/m³)と比較して軽い材料となっている。このことから、築堤材料として使用するには堤防安定性などの懸念が残る。

これまでの試験施工結果を踏まえ、今後は千歳川江別太地区の遊水地箇所において、固化破砕土の検討を引き続き進めていく計画である。

参考文献

- 1) 佐藤厚子、西本聡：泥炭を材料とする固化破砕土の強度、第39回地盤工学研究発表会講演集、2004年7月。
- 2) 佐藤厚子、西川純一、西本聡：改良した泥炭による盛土施工、地盤工学会第5回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、2003年7月。
- 3) (財)土木研究センター、(独)土木研究所編著：建設発生土利用技術マニュアル、2004年9月。
- 4) 旧石狩川開発建設部工務課(現札幌開発建設部)：混合土利用技術マニュアル、2010年3月