

自走式土質改良機による骨材プラント 脱水ケーキの改良

尾下 真規・太田 親・白井 教男

ダム建設工事は、河川工事であり、施工規模が大きいこともあり周辺環境への影響も大きいため、特に自然への配慮が要求される。また、近年においては、産業廃棄物処理のみならず、循環型社会形成推進や建設リサイクルといった建設副産物の減量化、再資源化等の適正処理の推進が急務とされている。このような情勢の中、ダム工事において必須の濁水処理工によって発生する建設副産物（脱水ケーキ）の性状を改良し、盛土材へ有効利用を図った摺上川ダムでの事例を紹介する。

キーワード：ダム、パッチャプラント、骨材、スラッジ、濁水処理、脱水ケーキ、改良、固化材、自走式土質改良機、リサイクル

1. 工事概要

摺上川ダムは福島県の北部を流れる阿武隈川の支流、摺上川上流域に建設されるロックフィルダムであり、洪水調節、流水の正常な機能維持、灌漑用水の補給、水道用水、工業用水の確保及び発電を目的とする多目的ダムである。2003年2月末現在、ダム本体工事の主な工種であるフィル堤体、洪水吐、取水塔、基礎処理が完了し、進捗率は95%である。

2. 脱水ケーキ改良の経緯

ダム工事では、大規模土工事、骨材製造を含めたコンクリート製造工事及びコンクリート打設工事、基礎地盤をセメントミルクで改良する基礎処理工事と多岐にわたり、そのいずれもが濁水対策を必要とするために、濁水処理設備を設置し処理を行っている。

この濁水処理設備では、濁水中の浮遊粒子を凝集剤で沈降させたスラリーを、フィルタプレスにより脱水処理した脱水ケーキが副産物として発生する、見解は様々であるが物性的には75 μm 以下の微粒子が大半を占め建設汚泥に該当する。

ここで建設汚泥の定義として、含水率が高く微細な泥状の掘削物を建設汚泥（産業廃棄物）という。粒子の直径が75 μm 以下の粒子が5%以上、掘削物を標準ダンプトラックに山積みできず、またその上を人が歩けない状態（コーン指数が概ね200 kN/m^2 以下、

又は一軸圧縮強さが概ね50 kN/m^2 以下）のものを指す。

脱水ケーキの物性値を表-1に示す。

表-1 含水比およびコーン指数試験結果

試料名	含水比 (%)	コーン指数 (kN/m^2)	備考
脱水された直後の状態	25.7	257	降雨後試料採取
仮置きされた状態	31.2	73	

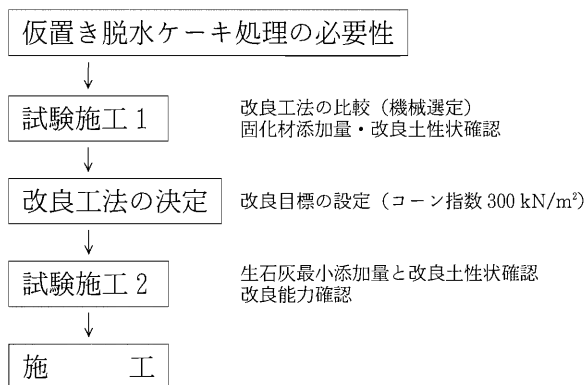
このように、微粒子で含水比が高いために強度も低く、盛土等に有効利用する場合、従来は良質土や岩砕による混合又は互層盛土により性状を改良して使用する方法が一般的であったが、今回は工程上、建設発生土処理の終了と脱水ケーキの仮置きが発生したために（上記表-1の仮置き後物性値参照）、さらに跡地表層部での盛土材として有効利用するためには改良し長期安定化させる必要があった。

3. 固化材の選定

固化材の選定は、一般的には石灰を主成分としたものと、セメントを原料にしたものがあるが、六価クロム発生の危険性や環境への配慮、改良固化後の取扱い、混合性を考慮して生石灰パウダを使用した。脱水ケーキ自体のpHは6.8とほぼ中性である。

4. 改良工法の検討

以下に改良工法検討のフローを示す。



5. 試験施工と結果

脱水ケーキを自己処理する方法として実績等を調査し、固定設備を除いた経済的に有利な、自走式土質改良機とクローラ式スタビライザについて改良試験施工を実施し、それぞれの機械による施工能力、固化材添加量の違いによる改良土の強度を比較検討した。

(1) 工法の比較

施工性、経済性の観点から表—2の施工方法を比較検討した。

表—2

項目	スタビライザ工法	評価	自走式土質改良機工法	評価
特長	アップカット方式と適正なビットの配列・形状やロータ回転数により高い混合性を発揮する。	—	ソイルカッター+大型3軸ロータリハンマ+アフターカッターにより粘性の高い脱水ケーキでも解砕・細粒化混合可能	—
施工能力	改良厚さ $t=30, 45 \text{ m}^3/\text{h}$	△	約 $60 \text{ m}^3/\text{h}$	◎
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 混合前に脱水ケーキの敷均しを必要とするため、コーン指数が小さい場合は作業が困難。 盛土等の施工場所で改良を行う必要がある。 固化材吊上げ用クレーンが必要 	△	<ul style="list-style-type: none"> 脱水ケーキのコーン指数が小さい場合でも改良が可能。 仮置き場所で改良でき、改良土は自由に運搬できる。 クレーン機能がついているため固化材の吊上げ用機械を別途必要としない。 	◎
経済性	現場で敷均し～改良まで 1.0	×	改良から改良土敷均しまで約 0.8	◎
総評	ケーキ敷均しの施工に問題がある。改良厚さ $t=30 \text{ cm}$ の時の経済性は悪い	△	施工性が良く、経済性もよい	◎

上記の結果から施工性やコストの面から、また今回は脱水ケーキが既に仮置きされた状態であり、自走式土質改良機が適切と判断された。

(2) 添加量と強度

生石灰の添加量と改良直後及び改良1週間後の強度を確認したが、日数の経過と共に強度が増加すること、

また最小の固化材添加量であっても改良直後で 400 kN/m^2 、1週間後では 900 kN/m^2 以上の強度に至り再利用に適した品質が確保できることが判明した。

また、改良後降雨にさらされた試料においても強度は確認され、長期安定化されると見なされる。

表—3

施工機械	固化材添加量 (kg/m ³)	改良直後		1週間後	
		含水比 (%)	コーン指数 (kN/m ²)	含水比 (%)	コーン指数 (kN/m ²)
自走式土質改良機	20	24.0	479	23.9	921
	40	23.1	526	23.9	1,036
	60	20.7	651	21.8	1,124

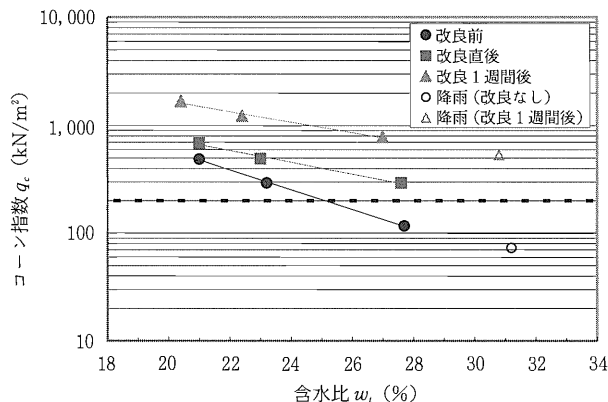
(3) 試験施工 2

試験施工1の結果、本施工の実施と改良目標強度 300 kN/m^2 の決定及び自走式改良機の能力改善を受けて、実施工前に使用するコマツ製リテラ BZ 210-1 の改良能力の確認、固化材必要最小添加量と改良土の性状確認を実施した。この際に仮置きされた脱水ケーキは、含水比にばらつきがあるため、異なる含水比の材料にて試験施工を行った。

表—4 試験結果

試料	施工能力試験		改良前		改良直後		改良1週間後	
	改良能力 (m ³ /h)	添加量 (kg/m ³)	含水比 (%)	コーン指数 q_c (kN/m ²)	含水比 (%)	コーン指数 q_c (kN/m ²)	含水比 (%)	コーン指数 q_c (kN/m ²)
No.1	81.2	14.8	23.2	294	23.0	493	22.4	1,220
	81.4	14.7						
No.2	81.2	14.8	21.0	487	21.0	689	20.4	1,670
	82.7	14.5						
No.3	76.0	15.8	27.7	117	27.6	294	27.0	780
	81.3	14.8						
平均	80.6	14.9						

改良能力も向上し、添加量も最小 15 kg/m^3 であっても、強度に何ら問題ないことが確認された。また、表—4の結果の含水比と強度の関係、及び降雨後の材



図—1 施工含水比とコーン指数の関係

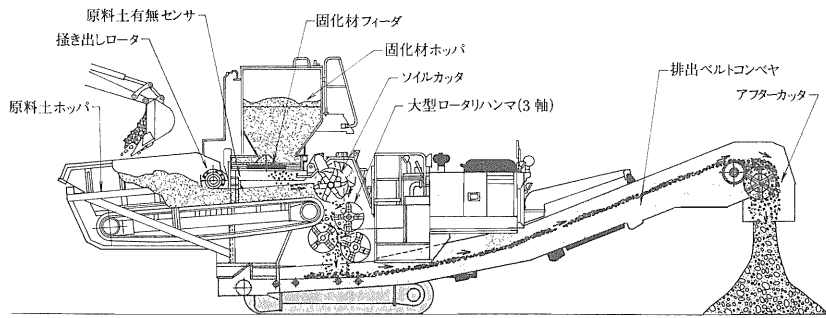


図-2 土質改良機の断面図

料（改良前・後）の関係を図-1のグラフに示す。このグラフから含水の如何にかかわらず、また長期的に品質が確保されることがうかがえる。

6. 自走式土質改良機の概要

今回利用したコマツ製自走式土質改良機（リテラ BZ210-1, 自重：20.5 t）は次のとおりである。

(a) 特長

油圧ショベルの足回りを利用しその上に原料土供給装置、固化材供給装置、混合機、排出ベルトコンベヤなどを搭載し、現場の自由場所で施工できる構造である。

(b) スペック

1時間当たり最大で80 m³/hの能力を持つ。対象土は粘性土から礫混じり土まで。

(c) 改良の仕組み（図-2）

- ① 原料土ホッパーに投入された土はベルトコンベヤフィーダで搬送され、ホッパー出口部の掻出しロータによって一定量に均されて送られる。
- ② 定量供給された土の上に、固化材ホッパーから設定量の固化材を添加する。
- ③ 混合機に送られた土と固化材はソイルカッタで切削混合され、さらに3軸ロータリハンマで衝撃混合される。
- ④ 排出ベルトコンベヤに乗った土はベルトコンベヤ先端でさらにアフタカッタで細粒化混合される。
- ⑤ 混合された改良土はそのまま排出される。

7. 施 工

自走式土質改良機を用いた施工順序は次のとおりである。

(a) 施工順序

造成ヤード測量	盛土ヤードの現況を測量する
↓	
脱水ケーキ改良工	自走式土質改良機にて脱水ケーキに生石灰を混合する

改良土運搬・敷均し工	改良土を運搬しブルドーザで敷均す（敷均し厚さ t=30 cm 程度）
↓	
改良土の出来形測量	改良土がすべて造成されたのち、敷均し後の形状を測量する
↓	
改良土覆土工	改良土に土石を覆土する（t=1 m）
↓	
覆土後の出来形測量	覆土完了後、全体の形状を測量する

(b) 主要工種数量表

脱水ケーキ改良工，改良土運搬敷均し，改良土覆土工の種別工種は表-5のとおりである。

表-5

種別工種	仕様	数量	備考
脱水ケーキ改良工	脱水ケーキ	15,280 m ³	自走式土質改良機
	生石灰	220 t	
改良土運搬敷均し	改良土	14,710 m ³	生石灰込み
改良土覆土工	土石	6,740 m ³	

(c) 施工状況

写真-1，写真-2に改良土の状況と敷均し状況を示す。

(d) 施工能力

今回の材料は脱水ケーキであり、原材料の投入に慎重を期したことから、平均した作業量は約60 m³/hであった。

(e) 品質管理

品質管理は表-6の項目について実施した。



写真-1 改良状況

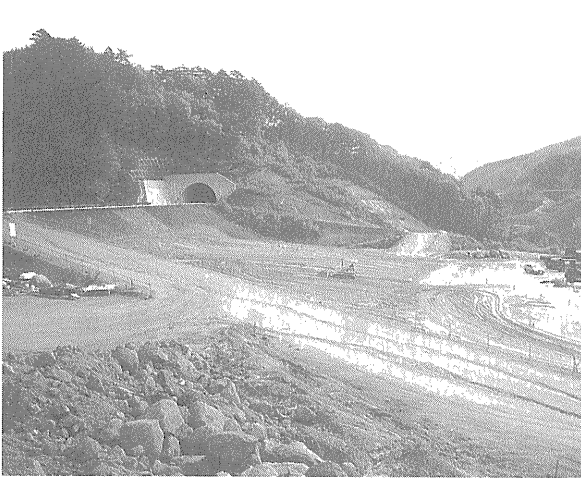


写真-2 運搬敷均し状況



写真-3 施工部位

表-6

改良土敷均し後	試験		現場密度試験				改良土のコーン指数試験	
	規格	土の締固め試験	JIS A 1214		建設汚泥リサイクル指針			
項目	$\rho_{d\max}$ (t/m ³)	W_{opt} (%)	乾燥密度 (t/m ³)	D 値 (%)	コーン指数 (kN/m ²)			
管理値					300 以上			
試験値	1.673	15.3	① 1.434 ② 1.569 ③ 1.445 平均 1.483	85.7 93.8 86.4 88.6	① 334 ② 369 ③ 353 平均 352			
備考	モールド径 100 mm					敷均し直後に採取		

8. おわりに

脱水ケーキはダム工事のみならず、各種工事において発生するが、先にも述べたが良質土との混合などの選択肢の無い場合も多々考えられる、仮置き可否も工法の選択には欠かせないが、建設副産物再資源化の一手法を示す結果は得られたと考えられる。

また、ダム建設工事においては近年の環境意識の高

まる中、脱水ケーキだけでなく建設副産物をいかに環境への負荷を少なく、合理的にリサイクルしていくかが重要かつ早急な課題である。

J C M A

【筆者紹介】



尾下 真規 (おした まさのり)
摺上川ダム本体建設工事
飛島・大林建設共同企業体
第一工事課長



太田 親 (おた ちかし)
摺上川ダム本体建設工事
飛島・大林建設共同企業体
工事主任



白井 教男 (しらい のりお)
株式会社小松製作所
建機マーケティング本部
環境・システム事業室
商品企画部

現場技術者のための

建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約 180 点の用語解説と約 70 点の使い方を収録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A 5 判 120 頁

■ 定 価：会 員 1,050 円 (消費税込), 送料 420 円

非会員 1,260 円 (消費税込), 送料 420 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289