

袋詰脱水処理工法による河川浚渫土の堤体盛土への利用

大阪支店 土木事業部 進 繁樹
大阪支店 土木事業部 山本忠典

概要:過去の河川の浚渫工事において多くの浚渫土は、産業廃棄物には該当しないものの高含水比のため建設汚泥として産業廃棄物と同等に処理されてきたが、現在地球規模での環境問題が多く叫ばれる中、特に建設業界においては3R(リサイクル・リユース・リデュース)が強く指導されている。このような状況下で、河川の浚渫土をジオテキスタイル製袋に充填して脱水・減量化することにより再度河川堤防の堤体盛土として有効利用しようとする「袋詰脱水処理工法」の試みが今回の工事である。

Key Words: 浚渫土, 建設汚泥, 環境問題, 3R, 堤体盛土

1. はじめに

「袋詰脱水処理工法」は、従来捨て土として取り扱われてきた浚渫土などの高含水比土壌をジオテキスタイル製の透水性袋に充填して脱水・減量化を図ると共にジオテキスタイルの補強効果を利用して堤体盛土等に有効利用する工法である。今回、国土交通省発注の1級河川仁淀川水系日下川の浚渫土を「技術活用パイロット事業」として袋詰脱水処理工法(小型袋 1m³)を用いて脱水処理し、堤体高水敷の盛土材として有効利用した。本稿は、この工法を施工するにあたり現地対象土を使用して事前脱水試験を実施し、その結果をもとに袋詰め土砂充填から脱水養生までの施工方法を検討・実施した施工報告書である。

2. 工事概要

工事名:平成15年度 伊野上流護岸外工事。
工期:平成15年10月20日～平成16年1月30日
工事場所:高知県高岡郡日高村江尻地先
工事発注者:国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所
元請:関西土木(株)
数量:河床掘削 3,400 m³, 脱水処理土嚢製作 3,400 袋,
工所用道路設置・撤去 180m(W=6.0m・H=1.0m)

3. 事前脱水試験

「袋詰脱水処理工法」は、高含水比の軟弱土の脱水を促進させながら利用する工法である、これより、脱水養生期間の把握および施工方法、仮設計画の検討をするため対象土の土質調査を行い、現地の土を用いて事前脱水試験を実施した。

事前脱水試験による確認項目

- 現地の土質性状の把握
- 含水比の経時変化と脱水養生期間の把握
- 土のコーン貫入抵抗値の発現と経時変化
- 袋体からの排水濁り発生状況
- 粗雑物の混入状況



進繁樹



山本忠典



写真-1 事前施工設備全景



写真-2 浚渫土充填状況



写真-3 充填土嚢試験体

4. 事前脱水試験結果

a) 現地の土質性状の把握および加水調整

現地対象土は、土質試験結果(表-1)から分かるとおり高含水比の砂質粘土であった。この対象土は計量用ホッパを経由して袋体充填を行ったが、土の粘性度が高く流動性が悪いために充填作業効率が著しく低下した。

これより、現地発生土の自然含水比状態では施工が困難であると判断し国土交通省と協議の結果、現地発生土に加水調整を行って施工することとした。

土質分類	砂質粘土 (高液性限界)
土の湿潤密度	1.37 g/cm ³
加水状態含水比	113.40 %
自然含水比	86.00 %
飽和度	95.70 %
液性限界	73.80 %
塑性限界	31.50 %
強熱減量	10.10 %
土粒子の密度	2.67 g/cm ³
最大粒径	19.00 mm

表-1 土質試験結果

粒度	れき分 (2~75mm)	1.9 %
	砂分 (0.075~2mm)	24.5 %
	シルト分 (0.005~0.075mm)	73.6 %
	粘土分 (0.005mm未満)	

表-2 土の粒度組成

b) 含水比の経時変化と脱水養生期間の把握

一般に高含水比の粘性土は、自重圧密期間は短い。含水比の経時変化(図-1)より7日目から21日目の間で W=3.0%しか変化しておらず、ほぼ初期の自重圧密は7日目で終了したものと考えられる。

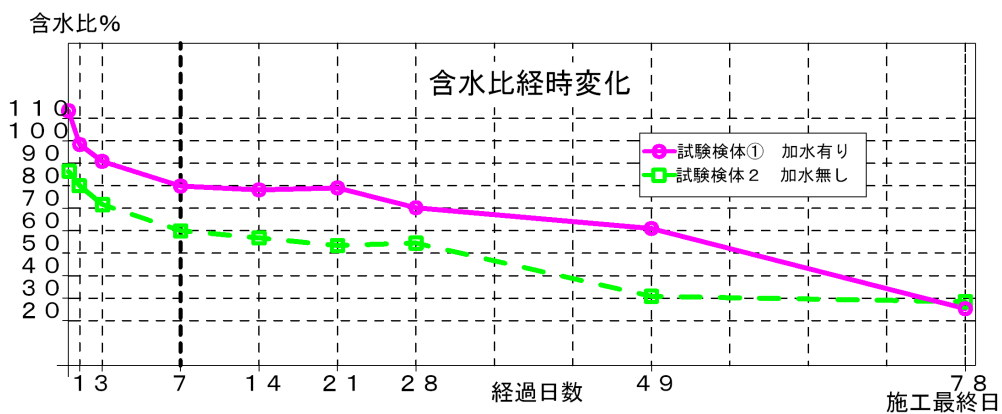


図-1 含水比経時変化

c) 土のコーン貫入抵抗値の経時変化

充填が完了した袋体は、充填場所から利用用途場所まで運搬を伴う。また積み上げに望ましい時期を定めなければならない。そのため充填後、袋体の強度特性の経時変化を測るため土のコーン貫入試験を実施した。同工法のこれまでの実績から、積み上げに望ましい時期を土のコーン貫入抵抗値で 100 ~ 200kN/m²としている。今回の試験結果(図-2)では 18 日目でコーン指数が 100kN/m²に達した。一方、加水していない試験体と比べると強度発現が 57 日目で逆転する。このことより、この土質においては加水した方が強度発現時間は早いことが分かった。

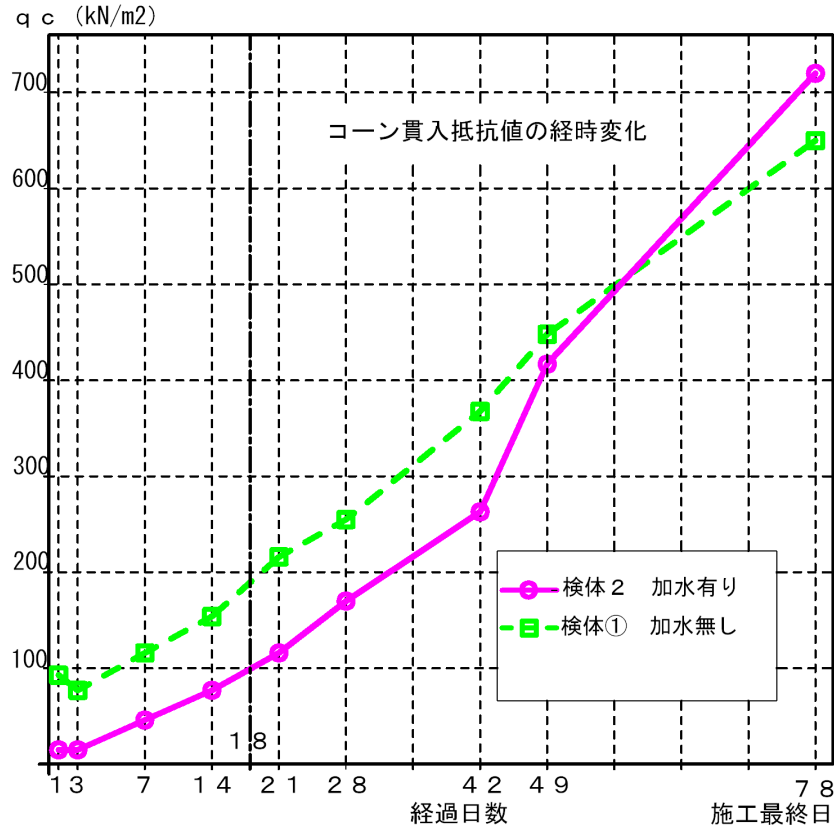


図-2 コーン貫入抵抗値の経時変化

d) 袋体からの排水濁り発生状況

袋体からの排水濁りは脱水が進むと共に袋材の内側にできる泥膜によって過される。排水濁りを濁度計によって計測すると、濁度は袋体充填後、3 時間で現況河川水と同じ濁度(初期値 480NTU, 3 時間後 10NTU)になり放流可能となった。

e) 粗雑物の混入状況

現地の表土を掘削除去すれば、充填土砂の最大粒径は 19mm であり、強熱減量値から有機物含有率は 10%程度である。現地発生土を目視の結果、表土の混入を防げば粗雑物は少ないと判断し、特に充填作業に支障はないと判断した。その結果充填作業前の粗雑物を除去するための振動振るい装置は必要ないと決定した。

以上の結果より仮設工法、施工方法及び品質管理方法を決定した。

5. 仮設工法

粗雑物の混入は少ないと判断したが、河床土の下に砂礫層(20mm~400mm)があることが現地で判明した。これにより掘削時に砂礫が混入することが十分考えられたためポンプ充填方式での圧送は困難と判断しバックホウ充填方式で施工を行うことにした。

施工方法

(1) 仮設ステージ材料

攪拌水槽(25 m³)……1基 袋体受けピット(6 m³水槽)……3基 計量ホッパ(0.5 m³)……3基
 アサガオホッパ……3基 ちょうちんシュート……3本 足場材……60掛 m²
 計量ホッパ受架台(H-100×100)……L=12.0m×2本 L=2.0m×6本
 C型吊り金物(25, SS400 丸鋼)……15セット 吊りワイヤー(4分)……3セット



写真-4 仮設ステージ全景



写真-5 仮設ステージ

(2) 使用機械

攪拌積込み用バックホウ(0.7 m³)……1台
 (計量ホッパの大きさに合わせるためバケット幅を500mmに変更して使用)
 充填土嚢吊り上げ荷下ろし用バックホウ(0.7 m³)……2台
 (0.45 m³ 移動式クレーン付)
 充填土嚢運搬用ダンプトラック(4t)……2台
 加水用水中ポンプ(2インチ)……1台



写真-6 攪拌積込み用バックホウ



写真-7 土嚢荷下ろし用バックホウ



写真-8 運搬用ダンプトラック

(3) 使用人員

世話役……1人, 攪拌積込みオペレータ……1人, 計量ホッパ開閉……1人
 土嚢袋セット……1人, 土嚢袋投入口緊結……2人, 充填土嚢吊り上げ荷下ろしオペレータ……2人
 4tダンプ運転手……2人, 4tダンプトラック積込み・降ろし手元……2人 合計12人(3セット)

6. 袋の材質性能

(1) 生地性能

表-3 生地性能

項目	たて	よこ
引張強さ[N/3cm]	1,900	1,900
伸び[%]	15	15
引裂強さ[N]	1,000	1,000

(2) 袋の規格

容量 : 最大 1 m³

充填後サイズ : 1m×2m×0.5m(用途に応じて, 袋のサイズは任意に作製可能)

充填後重量 : 1.5t(充填材の比重を 1.5とした場合)

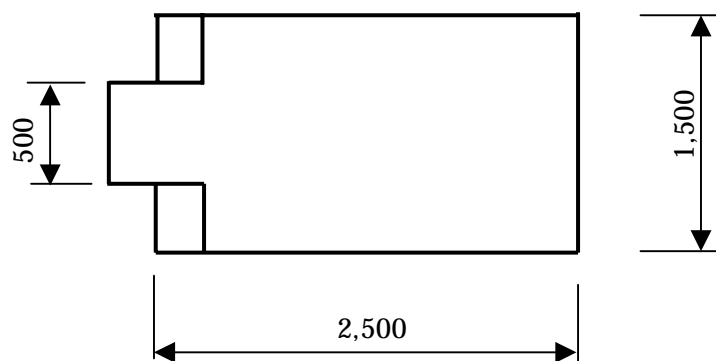


図-3 袋体基本形状

(3) 材料購入会社および製品名

表-4 販売会社および製品名

脱水処理土嚢	1m ³ 用	販売会社	商品名
		東洋紡(株)	サンクバック
		帝人テクノプロダクツ(株)	ガーディアンバック

7. 品質管理

(1) 脱水養生期間とコーン貫入抵抗値

充填された袋体は, 事前脱水試験において試験体の含水比試験を行った結果(図-1), 7日目で自重圧密脱水がほぼ完了した後も継続的に脱水が行われていることが判明した. また, 脱水効果が上がる7日目までの期間と土のコーン貫入抵抗値の発現とが比例しないことがこの試験にて判明した.

(2) 脱水養生ヤードと運搬可能時期

充填された袋体は, 試験結果より土のコーン貫入抵抗値が 100 ~ 200kN/m² に達するためには 18 日間以上必要であることが推定されたが(図-2), 現場の仮置き面積は約 1,000 袋分しかなく 18 日間脱水土嚢を現場に仮置いた場合, 作製 100 袋/日×18 日=1,800 袋 1,800 袋×1.5m×2.5m(袋体の面積)=6,750m² 必要であった. 5段積み重ねた場合でも 6,750m²/5段=1,350m²となり現地に仮置くことは難しいと判断した. 7日間で自重圧密脱水が完了しており, 過去の実績よりジオテキスタイル製の袋材の引張り強さから, 土のコーン貫入抵抗値が 0kN/m² であっても運搬は可能である. ことから国土交通省との協議

の結果7日間で場外へ搬出し、用途先の現場にて所定の強度に達するまで仮置きすることを決定した。現場においては200袋に1回の割合で試験体を作製し土のコーン貫入抵抗値の変化を確認した。

(3) 含水比管理目標

充填された袋体は、事前脱水試験において作業効率を向上させた土壌の含水比が113.4%であったため、現地での管理目標値は110%±5%に決定した。また、午前1回目の攪拌時と午後1回目の攪拌時に含水比の確認を行い規格値内に収まっていることを確認した後、施工を開始することとした。

(4) 袋材の受入れ時検査

袋材の破損、縫い目の糸飛びなどの不具合がないように検査した。

検査は、受入れ時に目視にて抜き取り検査を行い、さらに充填時に全ての袋を検査確認した。

8. 出来形管理

(1) 袋材数量

袋数の確認は袋体を場外搬出する前に国土交通省に袋数の確認をしてもらうことにした。

(2) 定量管理

充填量の確認は、当初重量で管理する予定であったが日々の土質状態によって湿潤密度と含水比が異なることから重量で管理することは困難と判断した。これにより0.5m³用のコンクリートホッパに2回充填することによる定量管理を行うことにした。

9. 施工上の問題点と解決策

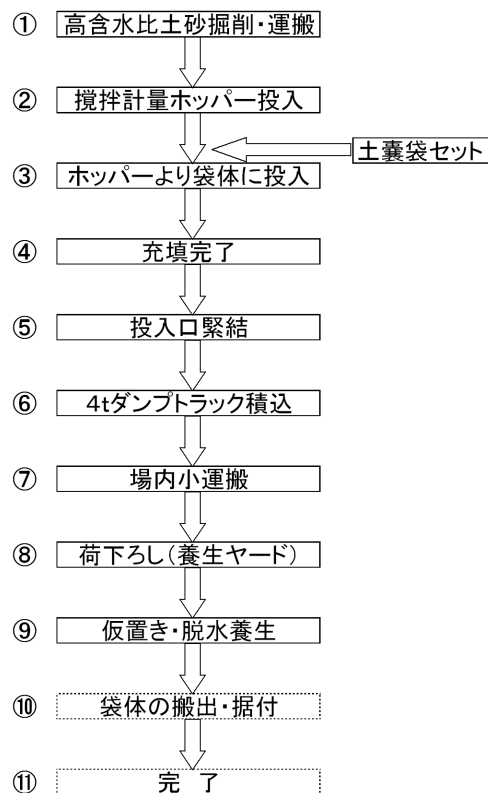


図-4 施工フロー

(1) 高含水比土砂掘削

掘削において水面上での土砂は含水比が約 86%、水面下では含水比 100%の状態であるため水面上の土砂が連続して掘削される場合は加水して含水比を調整することに問題はないが、両者が交互に上がってくる場合の含水比の調整が問題となった。このため攪拌水槽(25 m³)に直接土砂を投入せず水槽回りに別途の土砂貯蔵槽を設けここで含水比を確認し調整を行った。これにより設定した含水比を越えることなく全て規格値内に納めることができた。

(2) 攪拌・計量ホッパ投入

掘削土の含水比が低い場合、粘性土であるためバックホウで攪拌を行っても十分含水比調整できないことが判明した。このため実際にバックホウにて何分間攪拌を行えば完全に攪拌できるのか実験を行った。これにより約 10 分間攪拌を行えば十分攪拌できることが確認された。しかし、水槽の容量が 25 m³であるため袋体を 25 袋製作すると再度攪拌を行わなければならない最終的にかかなりの時間のロスが生じた。

(3) ホッパより袋体に投入

コンクリートホッパ(0.5 m³)内にバックホウにて泥土を充填し人力にて表面を均一にした後に袋体に充填を行うが、この時アサガオホッパの充填口に礫や木片がつまり作業の進行の妨げとなった。ステージの構造上アサガオホッパは簡単に外れないため、人力による泥土の撤去を行った後、粗雑物を取り除くことになる。これによって定量管理を行うための泥土を撤去した量ははっきりしないため一度土嚢袋内の泥土を全て撤去し袋内を洗浄してから再度袋を使用することになる。一度粗雑物が詰まってしまうと最低でも 5 分以上ロスが生じた。このためコンクリートホッパの上に 6×150×150 の溶接金網を置くことで障害物の進入を防止する措置を講じた。この結果、障害物によるロスタイムが、以前は平均 1.5 時間/日程度であったのが、溶接金網設置以降は 40 分/日程度となり効果はあったと考えられる。

(4) 投入口緊結方法

袋体への充填が終了後一度バックホウにて作業員の胸程度の高さまで吊り上げを行う。事前施工時は、荷造り紐にて投入口の緊結を行っていたが、3 箇所緊結するのに 4 分間もかかってしまった。過去の事例では番線にて緊結を行っているものがあつたが、番線だと積重ねたり移動したときに他の袋に引っ掛かって破れてしまう恐れがあり、今回は被服番線(2mm)にて施工を行った。これにより積重ねたり移動したときに袋が破損する事例は一度も生じなかった。また、緊結スピードも徐々に上がり最終的には 3 箇所緊結を行うのに約 1 分までになった。しかし、緊結が良くできているものとそうでないものとの差が袋体を重ねた時にはっきり現れるため(緊結部の横から充填土砂が漏れ出てくる)今後は、袋の投入口の方を改良してワンタッチで緊結できかつ漏れ出ないように工夫を施したものを袋メーカーと開発する必要がある。

(5) 場内小運搬

袋体緊結完了後、袋体を 4t ダンプトラックに積み込みを行うが、この時 4t ダンプトラックのボディに引っ掛け袋体を破ってしまうことが多々生じた。当初は、10t ダンプトラック・キャリアダンプ・ホイローダ・門型クレーン案などを検討していたが人員数、経済性、施工性、安全性を考慮した結果 4t ダンプトラックにて場内運搬を行うことに決定したが、泥土を充填した袋体がこれほど破れやすいとは思っていなかったため、このような結果となつてしまった。今後は、運搬方法を考えるときに袋体をいかにして破らないようにするかも検討すべきである。

(6) 脱水養生

脱水養生についての問題点として、仮置きヤードの広さが課題である。今回仮置きヤードは約 1,000 m²であった。品質管理のところでも述べたが現実に約 10 日分(約 1,200 袋)しか仮置きすることができなかった。今回は 3,400 袋と数量が少なかったことで搬出工程に大きな問題は生じなかったが今後、数量が増加した場合などのことを考慮し十分なスペースをもつ仮置きヤードの確保も考慮しなければならない。また、同じ日に製作

された袋体でも下に置かれた袋体と上に置かれた袋体では脱水速度に違いが出てしまう。当然下に置かれた袋体は上載荷重により脱水速度が速く(7日間で $q_c=70 \text{ kN/m}^2$)、上に置かれた袋体は自重脱水のみであるので脱水速度は事前施工と同じ結果を得た。これらの結果より、同じ日に製作されたものは同じ条件で脱水処理を行う必要があると考えられる。これにより土嚢袋を吊した状態にして管理すればどれも同じ条件で脱水養生が行えると考える。また、仮置きヤードの広さに応じて図面上で計算した個数が仮置できるため仮置きヤードがどの程度必要になるのかを算定しやすくなり無駄な借地がいらなくなる。現実に袋体は横にして脱水を行うよりも縦に吊して脱水を行った方が脱水が速いことが確認された。(7日間で横 $q_c=49 \text{ kN/m}^2$ 縦 $q_c=62 \text{ kN/m}^2$)



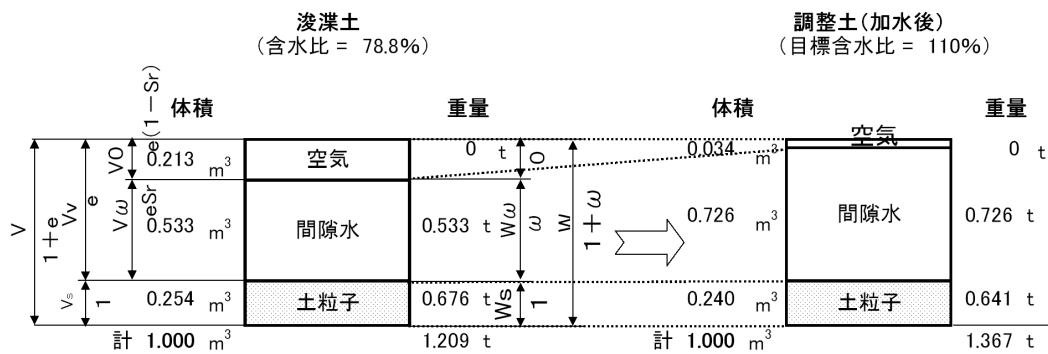
写真-9 浚渫状況



写真-10 脱水ヤード全景

10. 土量変化率

浚渫土量は $3,400 \text{ m}^3$ (地山土量)であったが最終的に何袋の袋体が作製できるのかが問題となった。地山掘削土量に対して、袋詰充填土(浚渫土)を袋体に入れると体積が増加する。これを土質試験の結果から増量分を想定した。



湿潤密度	ρ_t	1.209	g/cm^3
乾燥密度	ρ_d	0.676	g/cm^3
土粒子の密度	ρ_s	2.661	g/cm^3
自然含水比	ω_n	78.8	%
間隙比	e_0	2.936	
飽和度	S_r	71.4	%

湿潤密度	ρ_t	1.367	g/cm^3
乾燥密度	ρ_d	0.641	g/cm^3
土粒子の密度	ρ_s	2.669	g/cm^3
自然含水比	ω_n	113.4	%
間隙比	e_1	3.164	
飽和度	S_r	95.7	%

湿潤単位体積重量 : $\gamma_t = W/V \text{ (tf/m}^3\text{)}$
 乾燥単位体積重量 : $\gamma_d = W_s/V \text{ (tf/m}^3\text{)}$
 含水比 : $\omega = W_w/W_s \text{ (%)}$
 飽和土 : $S_r = V_w/V_v \text{ (%)}$

$$\text{体積変化率} = \frac{1+e_1}{1+e_0} = \frac{1+3.164}{1+2.936} = \frac{4.164}{3.936} = 1.06$$

図-5 体積変化率表

以上の結果より当工事における浚渫土(地山掘削土)の土量は袋詰処理する時点で6%の増量となると予測した。これにより 計算上は $3,400 \times 1.06=3,598$ 袋となった。結果的に現場での最終的な袋体製作数は 3,611 袋となりほぼ計算値と同じ値であった。

今後は、設計段階から事前の土質試験データを活用し、地山掘削土量および各土質に対する割増率を計上する必要がある。

11. 堤体盛土の施工

今回堤体盛土工区は別途発注であったため、仮置き・脱水ヤードからの運搬および盛土工区への据え付けは管理外であった。しかし、盛土工区の施工状況を見る限り非常に良く施工管理され堤体の機能は十分満たされており、今後の観測結果を期待する。



写真-11 堤体盛土施工状況全景

12. まとめ

今回、河川に堆積した浚渫土を袋詰脱水処理工法(小型袋)により堤体盛土に利用する工事であったが施工事例が少ないことと、浚渫土の土質によって施工方法が大きく違うことが予測され、どの施工方法を採用することが当現場において最良なのかを判断することが最も重要なことであった。これより事前施工・各種土質試験・仮設工法の検討を繰り返し施工性・安全性・経済性・工期的に最も優れる施工方法を選択し一連の作業を無事に終了することができた。この現場施工実績で判明したことは、河川浚渫土に加水して流動性をもたした方が脱水速度および強度発現期間が短い。浚渫土量(地山土量)は、袋詰めにするると6.0%体積が増加する。コーン貫入抵抗値が 0kN/m^2 であっても運搬可能(脱水養生期間を多くすると脱水養生ヤードが広く必要である。)であった。

現地の土質性状によって施工方法、仮設計画も異なることから、今後、多くの施工実績を積み重ねながら各地域の土質データの集積をしていきたい。

一方、一連の作業を通じて今後解決すべき問題点としてバックホウでの攪拌ではなく大型の攪拌機等で短時間に均一に攪拌できるよう改善する必要がある。バックホウでの袋体充填作業時、充填土の飛散防止をする必要がある。(攪拌後調整ホッパに投入を行うがこの施工時に投入土が少しずつステージ下に落ちてしまうため現場内が常に汚い状態になってしまった。今回の施工方法では、人体に影響のある物質が土砂の中に混入している場合には使用不可能である。)バックホウにて充填を行うのではなくスクレーコンベア等で確実に送泥できるよう改善の必要がある。

コンクリートホッパに2回充填させることで定量管理を行うことにしたが、今後は 1m^3 の箱形のホッパを作製し完全な定量管理を行うべきである。以上の問題点を解決し、充填方法を検討する必要がある。

環境問題として特にリサイクルが求められる時代において袋詰脱水処理工法は時代のニーズに答えられる工法の一つであると考えられることから今後は、施工に伴って判明した課題に一つ一つ改良を加えより良い工法に完成させて当社として特色のある技術の一つになるようにしていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省土木研究所:混合補強土の技術開発に関する共同研究報告書・袋詰脱水処理工法利用技術マニュアル・共同研究報告書整理番号第169号,1997.3