

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—

平成9年3月

建設省土木研究所 材料施工部 土質研究室

(財)土木研究センター	(株)大林組
(株)クボタ建設	五洋建設(株)
佐藤工業(株)	帝人(株)
東洋紡績(株)	ヒロセ(株)
三井石化産資(株)	三菱建設(株)

Copyright ©1997 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

混合補強土の技術開発に関する共同研究報告書 一袋詰脱水処理工法利用技術マニュアルー

建設省土木研究所 材料施工部 土質研究室
(財)土木研究センター (株)大林組
(株)クボタ建設 五洋建設 (株)
佐藤工業 (株) 帝人 (株)
東洋紡績 (株) ヒロセ (株)
三井石化産資 (株) 三菱建設 (株)

要 旨

本マニュアルは、透水性の袋に高含水比で軟弱な土を充填して、盛土や埋土として用いる袋詰脱水処理工法の技術的な標準を示したものである。

キーワード：圧密脱水、大型模型実験、建設発生土、ジオテキスタイル、リサイクル

まえがき

近年、建設事業の進捗にともなって建設現場から発生する土砂（建設発生土）の量は年々増大する傾向にある。一方、都市化の拡大や環境保全の重視などから、建設発生土の受入地の確保は一層困難な状況になってきており、建設発生土の発生量の抑制とともに、再生利用の促進を図ることが重要な課題となっている。

そこで、建設省では、平成4年度から総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制再生利用技術の開発」を開始したが、本マニュアルはその成果の一つとして、建設省土木研究所土質研究室と(財)土木研究センター、民間企業36社（ハイグレードソイル研究会）との共同研究における袋詰脱水処理グループの成果をまとめたものである。

マニュアルの内容としては、袋詰脱水処理工法を適用する際の調査法や設計・施工法、および建設省の試験フィールド制度やリサイクルモデル事業により行われた実施例を示している。

今後、本マニュアルが活用され、当工法が広く普及していくことを期待するとともに、これからもさらに新しい技術の開発や改良を進め、建設発生土の利用技術の高度化が図られることを望むものである。

混合補強土に関する共同研究報告書

一袋詰脱水処理工法利用技術マニュアル

共同研究担当者名簿

三 木 博 史	建設省 土木研究所 材料施工部 土質研究室長
山 田 哲 也	建設省 土木研究所 材料施工部 土質研究室
千 田 昌 平	(財)土木研究センター
小 島 裕 之	(財)土木研究センター 研究開発部*
中 野 雅 弘	(財)土木研究センター 技術研究所 技術部*
和 田 信 昭	(財)土木研究センター 研究開発第一部
土 橋 聖 賢	(財)土木研究センター 研究開発第一部
串 間 正 敏	(株)大林組 土木技術本部 技術第四部
佐々木 徹	(株)大林組 土木技術本部 技術第四部
宮 川 恒 夫	(株)クボタ建設 技術研究所 開発課*
安 部 克 郎	(株)クボタ建設 工事本部 技術部
新 舍 博	五洋建設(株) 技術部門 技術研究所
管 谷 禎 男	五洋建設(株) 技術本部 技術部 特許課
小久保 裕	五洋建設(株) 技術部門 技術研究所*
米 谷 宏 史	五洋建設(株) 技術部門 技術研究所*
稲 田 広 文	佐藤工業(株) 中央技術研究所 土木研究部

* 前担当者

岡 村 康 弘	帝人(株) 加工技術第2部
滝 瑛一郎	東洋紡績(株) 産業資材総括部*
西 田 孝	東洋紡績(株) 繊維技術センター
城 所 育 雄	ヒロセ(株) 補強土統轄部
相 原 啓 一	ヒロセ(株) 補強土統轄部*
近 藤 誠 宏	三井石化産資(株)* (故人)
西 村 淳	三井石化産資(株) 商品技術研究所 土木資材グループ
一 柳 演	三菱建設(株) 技術研究所* (故人)
高 橋 勇	三菱建設(株) 技術本部 技術研究所 土木グループ
中 村 憲 司	三菱建設(株) 技術本部 土木技術部
高 橋 弘 樹	三菱建設(株) 技術本部 土木技術部

* 前担当者

目 次

まえがき

共同研究担当者名簿

第1章 概 要

1-1 工法概要と特徴	1
1-2 適用用途	2
1-3 工法適用上の留意点	3

第2章 設計法

2-1 概要	4
2-2 事前調査	5
2-2-1 現地調査	5
2-2-2 土質調査	8
2-3 袋の選定	9
2-3-1 袋の材料特性	9
2-3-2 袋材の選定	10
2-3-3 袋の作成方法	10
2-4 袋への充填量	15
2-4-1 ポンプ充填方式の充填量	15
2-4-2 バックホウ充填方式の充填量	16
2-5 脱水後の土質および排出水の水質特性	17
2-5-1 脱水量と脱水速度	17
2-5-2 脱水後の土質特性	17
2-5-3 排出水の浮遊物質量 (SS)	18
2-6 袋に働く引張力の算定	19
2-6-1 大型袋の場合	19
2-6-2 小型袋の場合	23
2-7 袋への植生	27
2-7-1 袋材に適する植生	27
2-7-2 施工・維持管理上の留意点	30

2-7-3 植生への適用事例	31
2-8 袋材の劣化防止対策	34

第3章 施工法

3-1 概要	35
3-2 準備工	37
3-3 ポンプ充填方式	38
3-3-1 施工法	38
3-3-2 施工設備・機械	41
3-3-3 施工上の留意点	41
3-4 バックホウ充填方式	42
3-4-1 施工法	42
3-4-2 施工設備・機械	43
3-4-3 施工上の留意点	45
3-5 品質管理	48
3-6 出来形管理	49
3-6-1 出来形管理方法	49
3-6-2 出来形管理上の留意点	49
3-7 維持管理	50

第4章 適用事例

4-1 ダム堆砂の崩壊のり面復旧工事への適用事例	51
4-2 河川底泥浚渫土の多自然型護岸への適用例	55
4-3 湖沼底泥浚渫土の囲繞堤造成への適用	59
—大型袋を用いた積重ね実験—	

参考文献	63
------	----

第1章 概 要

1-1 工法概要と特徴

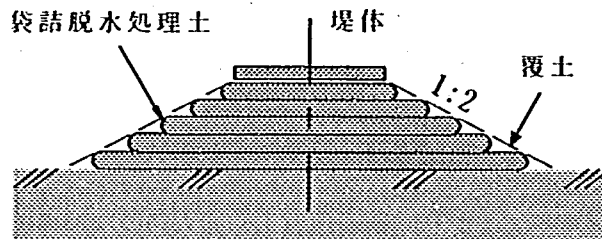
袋詰脱水処理工法は、河川、湖沼などに堆積している高含水比で軟弱な土を透水性の袋（ジオテキスタイル）に充填して脱水を促進するとともに、袋の張力を利用して盛土や土堰堤に積み重ねて有効利用する工法である。

袋詰脱水処理工法の主な特徴として以下のことが挙げられる。

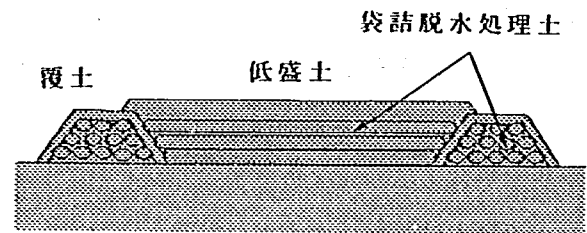
- ①袋への充填土は流動状態であるので、大型の建設機械は不要であり、軟弱地盤上や搬入路のない場所での作業にも適している。
- ②袋体を積み重ねて利用する場合は、ジオテキスタイルによる補強効果が期待できる。
- ③袋は利用目的、利用用途および施工期間に応じて、任意の大きさに作成でき、自重圧密時間および乾燥の期間は袋の大きさで調節できる。
- ④袋体からの排出水の浮遊物質量（SS）は、短時間で非常に小さくなる。
- ⑤袋体の植生は良好であり、周辺環境との調和が図れる。
- ⑥砂質土から粘性土まで広範囲な土質に適用できるが、特に流動性を呈するような軟弱土に威力を発揮する。

1-2 適用用途¹⁾

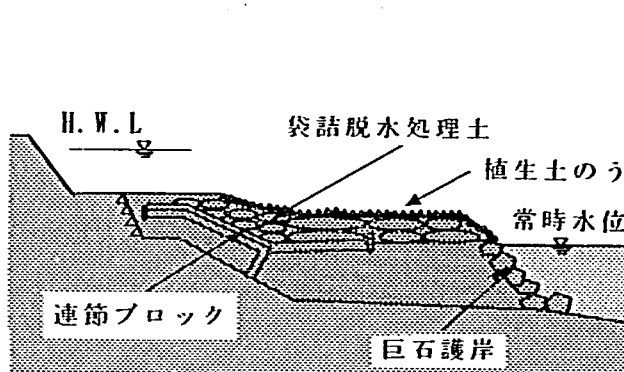
処理土は透水性の袋に覆われているため、土の分散や流れ出しを防止できる。また、含水比の高い土砂の排水が促進されるため、従来埋立処分されてきた発生土が、図1-1¹⁾に示すような築堤や護岸、盛土などの土構造物への適用が可能となる。



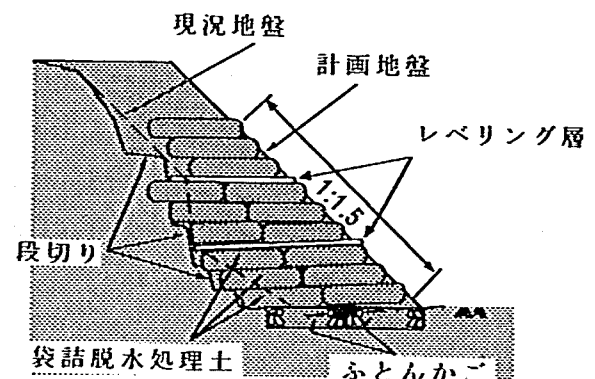
(a) 堤防への適用



(b) 低盛土への適用



(c) 多自然型護岸への適用



(d) 崩壊のり面復旧への適用

図1-1 主な適用用途¹⁾

1-3 工法適用上の留意点

1) 対象土質

袋詰脱水処理工法で対象とする土は、砂質土から超軟弱な粘性土まで広範囲な土質に適用可能である。しかし、有害物に汚染されている可能性のある発生土については、計画・設計段階で「国有地に係る土壤汚染対策指針（平成4年7月）環境庁」に準じて調査、検討を行う必要がある。関係法規の規定を超えて有害物を含むものについては原則として本工法の対象外とする。

2) 減容化に対する配慮

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とから、処理土は脱水に伴って減容化する。したがって、事前に減容率を予測するための土質調査を実施する必要がある。ポンプ充填方式の大型袋の場合は減容化した後、この容積に相当する分の再充填が可能である。

3) 袋材（ジオテキスタイル）の劣化

ジオテキスタイルの素材として代表的なポリエステルやポリプロピレンは、いずれも長期的な耐候性を持たない。ただし、これらの素材は降雨の影響はほとんどなく、劣化は紫外線によるものとみなせる。したがって、ジオテキスタイルの特性を維持するためには紫外線を遮蔽すれば良く、覆土や植生などの対策工を施すことが望ましい。

また、保管時や脱水放置期間中にも遮光の配慮が必要である。

4) 排水に対する配慮

袋体からの排水は、袋詰め作業中や脱水初期にSSが高くなることがある。濁った排水を場外へ出さないように、作業場所周辺に溝を設けて余水を1ヶ所に集め、濁水进行处理して排出するなど適切な措置が必要である。

第2章 設計法

2-1 概要

袋詰脱水処理工法は、砂質土から超軟弱な粘性土まで、広範囲の土質に対し有効な工法である。利用用途についても、建設発生土の有効利用を中心に多種・多岐にわたる。図2-1に標準的な設計手順の概略を示す。

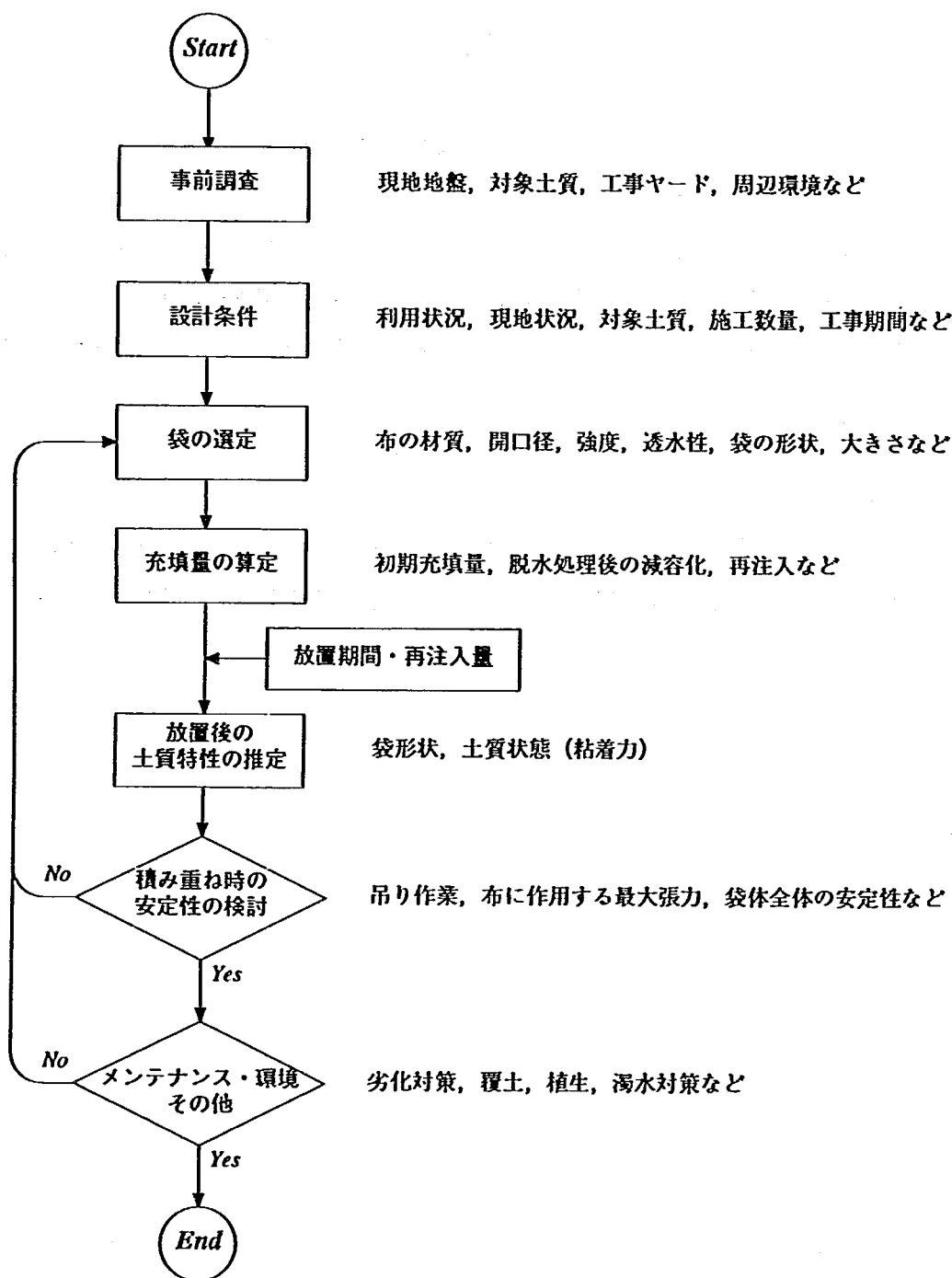


図2-1 設計フロー

これらの検討すべき項目は、利用用途や施工場所の状況、処理対象土質などにより内容が異なる。

2-2 事前調査

2-2-1 現地調査

現地調査は、袋詰脱水処理工法の設計・施工を合理的、経済的に行うための基礎資料を得ることを目的にしている。

1) 地盤調査

袋詰脱水処理工法を実施する場合には、地盤の強度特性が必要な情報となる。地盤調査計画の立案に際しては、まず、調査目的と調査のポイントをよく見極め、調査に対する一貫性のある方針を定め、段階的に地盤調査を進めることが重要である。

地盤調査は、資料収集、現地踏査、現地調査に分けられるが、現地調査は資料収集、および現地踏査において必要と判断された場合にのみ行う。

なお、現地盤の調査の種類としては、以下に示すようなものがあり、必要に応じて室内土質試験を行う。

- | | |
|-----------|--------------------|
| ① ボーリング | ・ 地層の判別と土質の観察 |
| | ・ 試料採取 |
| | ・ 地下水位の調査 |
| ② サンプリング | ・ 不攪乱試料の採取 |
| ③ サウンディング | ・ 標準貫入試験 |
| | ・ 動的貫入試験 |
| | ・ 静的コーン貫入試験 |
| | ・ スウェーデン式サウンディング試験 |
| | ・ 原位置ベーンせん断試験 |

2) 工事用敷地および周辺環境調査

(1) 工事用敷地の調査

袋詰脱水処理を行う場合、施工方法や適用場所に応じて、下記の敷地が必要となる。

①ポンプで充填する場合

a) 送泥・充填設備ヤード

対象土の送泥・充填に必要な機械設備を設置するためのヤード。

b) 施工ヤード

対象土を充填し、袋体を放置、積み重ねるためのヤード。

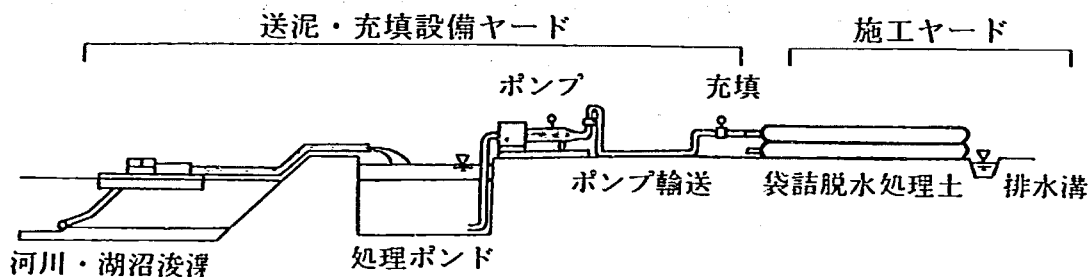


図2-2 (a) ポンプで充填するヤード

②バックホウなどで充填する場合

a) 充填ヤード

対象土をバックホウなどで袋に充填するためのヤード。

b) 仮置ヤード

充填された袋体を仮置きするヤード。

c) 施工ヤード

施工に必要な機械（バックホウ、トラッククレーンなど）の作業および袋体を積み降ろすためのヤード。

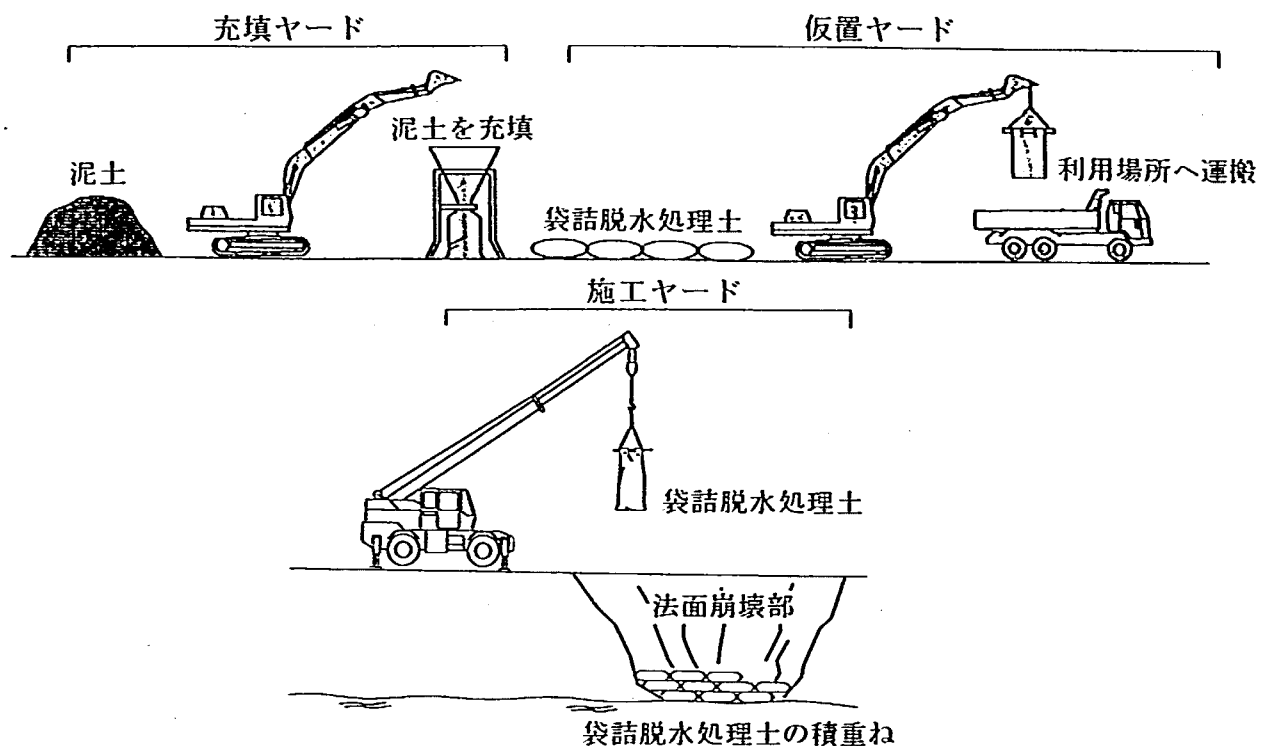


図2-2 (b) バックホウなどで充填するヤード

事前に以上の必要なヤードと現地との関係を十分に把握し、施工計画を立案するうえで、これらのヤードの用地が確保できるかどうか十分に検討する必要がある。

2) 周辺環境調査

施工を行うにあたっては、事前に工事周辺の環境調査を行う必要がある。調査内容としては、工事周辺の近隣民家の有無や、環境基準などを調査する。

2-2-2 土質調査

土質調査として、対象土を採取し土質試験を実施する。また、土質試験結果は、袋を選定する際の重要なファクターとなる。

1) 標準土質試験

本工法を適用するにあたって、必ず実施しなければならない標準土質試験には以下のようなものがある。

- ①土粒子の密度試験 (JIS A 1202)
- ②土の含水比試験 (JIS A 1203)
- ③土の粒度試験 (JIS A 1204)

これらの試験によって、対象土が粘性土である場合には、以下の試験を行う。

- ④土の液性限界・塑性限界試験 (JIS A 1205)
- ⑤土の圧密試験 (JIS A 1217)
- ⑥土の強熱減量試験 (JGS T 221)

2) 追加試験

用途・施工方法により限定して必要とされる追加試験には、以下のようなものがある。

- ⑦土の三軸圧縮試験 (現場の状況により、非圧密非排水(UU) (JGS T 521)、圧密非排水(CU) (JGS T 522)および圧密排水(CD) (JGS T 524)の各試験方法から、適切な試験方法を採用するものとする)
- ⑧締固めた土のコーン貫入試験 (JGS T 716)

2—3 袋の選定

2—3—1 袋の材料特性

袋詰脱水処理工法に使用される袋としては、ポリエステル製の織布、ポリエステルやポリプロピレン製の不織布が一般的であり、下記の特性がある。

- ①ジオテキスタイルの透水係数が大きい方が、脱水効率が高い。
- ②排出水の初期におけるSSは、ジオテキスタイルの透水係数が小さいほど低い。
- ③引張強さや引裂強さに対しては、織布の方が有利である。
- ④植生に関しては不織布の方が有利である。

主な袋材の特性を表2—1に示す。

表2—1 主な袋材の材料特性

	織布						不織布				織布＋ 不織布
名称	#1010	#1016	T-100	T-150	T-200	T-300	#4131N	#4161N	EX-26	EX-80	F-52
材質	ポリエステル		ポリエステル				ポリエステル		ポリプロピレン		
標準色	白		白				白		茶		白
単位重量[g/m ²]	130	165	115	150	210	310	130	160	140	400	310
厚さ [mm]	0.22	0.30	0.19	0.25	0.35	0.50	1.3	1.5	1.5	4.0	3.0
引張強さ たて	37	57	40	53	73	103	6	9	6	19	18
[kgf/cm] よこ	37	57	40	53	73	103	5	7	6	19	3
伸 び たて	17	17	13	14	13	15	65	65	110	100	15
[%] よこ	16	16	13	14	13	15	65	65	70	60	15
引裂強さ たて	35	48	40	35	65	75	8	12	20	45	10
[kgf] よこ	34	40	40	35	65	75	8	12	15	35	18
透水係数	1.6×	1.0×	1.0×	1.0×	1.5×	2.0×	1.0×	1.0×	1.0×	1.0×	1.0×
[cm/s]	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹
A. O. S [m/m]	0.21	0.08	0.29	0.112	0.108	0.258	0.17	0.17	0.23	0.10	0.10

2-3-2 袋材の選定

本工法に用いる袋材の選定項目には、①透水特性と②強度特性がある。なお、①透水特性については、大型袋と小型袋で要求性能は同様であるが、②強度特性については、大型袋と小型袋で要求性能が異なる。

1) 透水特性

大型袋、小型袋を問わず確認を要する事項である。

袋材の垂直方向透水係数は $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 以上とする。ただし脱水性能は、袋材の厚みにも依存するため、充填土の圧密進行を妨げないことを事前に検討しておく必要がある。

2) 強度特性

(1) 大型袋の場合

充填時に最大張力が発生することが実験により確認されている。袋材の引張強度の算定については「2-6 袋材に働く引張力の算定」を参照する。

(2) 小型袋の場合

小型袋の場合、吊り上げ移動時に最大張力が発生する。一方、小型袋はその形状が複雑なため、袋材単体の強度にて制約することは不合理であるので、袋体としての載荷試験（JIS Z 1651「フレキシブルコンテナ」）により、その安全性を確認する。

また、積み重ねて利用する場合には「2-6 袋に働く引張力の算定」を参照する。

2-3-3 袋の作成方法

袋は縫製することにより、袋の形状、大きさは要求品質に応じて任意なものを作ることができる。袋の作成方法は、袋への土砂の充填をポンプで行うのか、バックホウで行うのかによって大きく変わる。すなわち、ポンプ充填の場合は袋をあらかじめ設置した位置で充填ができ、充填後のハンドリング性を考慮する必要は少なく、袋も大型化できる。バックホウ充填の場合は充填時に充填口が大きく開き、かつ充填中の袋の安定保持に注意を払わなければならない。さらに充填後の袋の移動・運搬などハンドリング作業が伴うため、これらの作業が容易で、作業中、袋が破損しないように工夫と配慮が必要になる。

以下に、ポンプ充填方式による大型袋、およびバックホウ充填方式を主とする小型袋の作成方法の例を示す。

1) 大型袋

袋は、図2—3に示すように、布を筒状にしてミシン縫製して作製する。ただし、縫製にあたってはシー
ル材を同時に縫いつけてミシン針穴より粘性土の漏れを防止する対策が必要である。また、袋に粘性土を充
填するための充填口を設ける。充填口は長さ10m前後に1ヶ所の割合で設置することが望ましい。なお、
充填口は立ち上げ部での応力集中による破損を防止するため、立ち上げ部はなだらかな曲線にするのがよい。

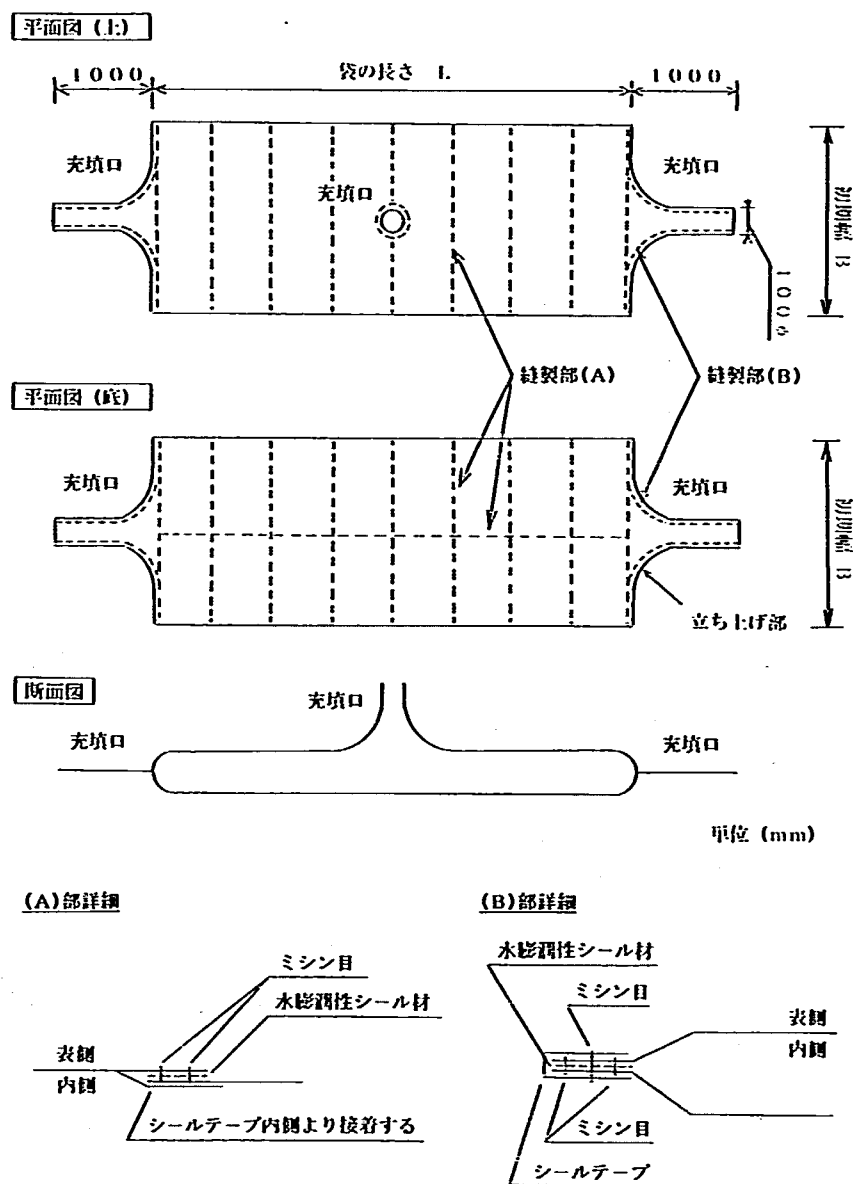


図2—3 大型袋の作製例

2) 小型袋

小型袋を土構造物に適用するにあたり、その形状は以下の3つの観点より検討を行う。

- ①適用現場において準備可能な治具を用いて袋体の形状が保持でき、充填土を容易にかつ安全に充填できること。
- ②袋体の運搬時に、縫製部等が裂けるなどせずに安全に吊り上げることができ、かつ設置時には比較的均一な形状が保持できること。
- ③経済的であること。

なお、小型袋はシート製品を工場で縫製加工するものである。したがって、品質管理ならびに袋体の吊りに対する安全性を確認する手法として、JIS Z 1651「フレキシブルコンテナ」を基本的に採用する。

以下に、検討を行った袋体の概要について記述する。

(a) Aタイプ（横充填・横置き）

- ・長所：袋体設置に特殊な設備を必要とせず、かつ平地作業が可能
充填性、設置時の形状ともに良好
- ・短所：充填作業にはホoppaが必要
- ・形状

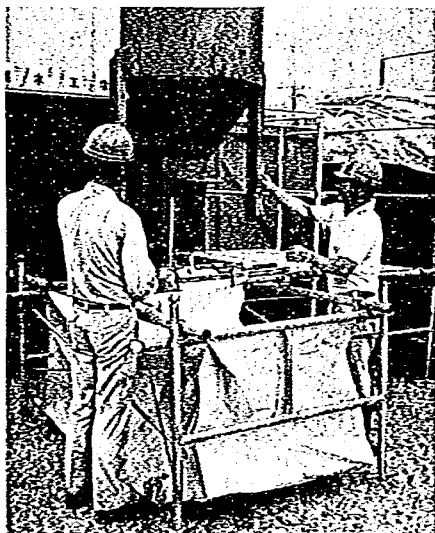


写真2-1 充填作業



写真2-2 設置時の形態

(b) Bタイプ (縦充填・横置き)

- ・長所：充填土の土性（含水比・粘着力）にかかわらず充填可能（バックホウのバケットからの直接投入も可）

設置時の形状も良好

- ・短所：充填用設備、作業用足場が必要
- ・形状

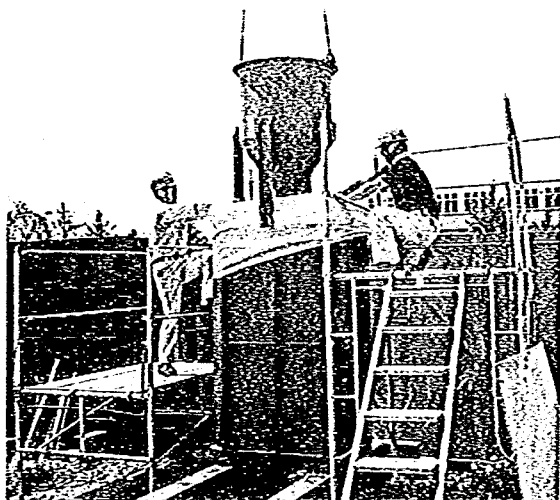


写真2-3 充填作業



写真2-4 設置時の形態

(c) Cタイプ (縦充填・横置き)

- ・長所：汎用品
- ・短所：ポンプ充填が可能な対象土にのみ適用

設置時の形状が不均一なため、積重ね時の作業性が劣る

- ・形状

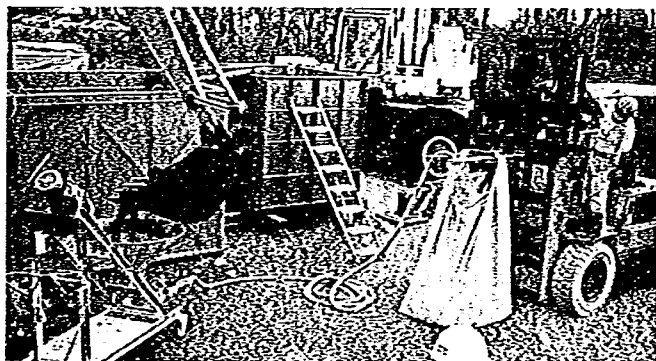


写真2-5 充填作業



写真2-6 設置時の形態

(d) Dタイプ (縦充填・横置き)

- ・長所：充填土の土性（含水比・粘着力）にかかわらず充填可能（バックホウのバケットからの直接投入も可）
- ・短所：設置時の形状が不均一
- ・形状

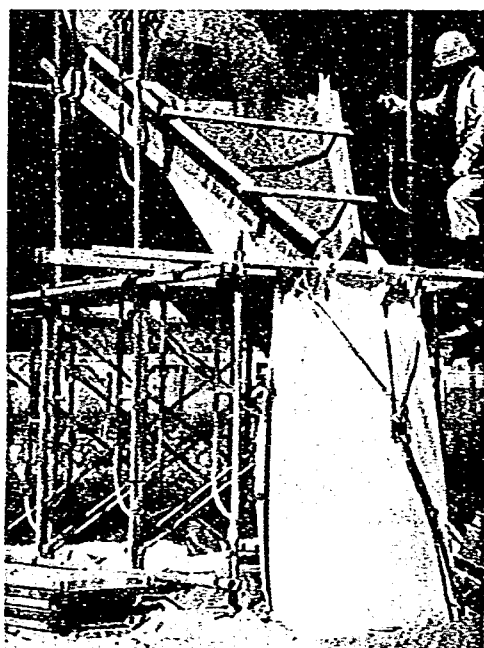


写真2-7 充填作業



写真2-8 設置時の形態

2-4 袋への充填量

袋への充填土量は、袋への充填方式により、次の2つに分けて考える。

①ポンプ充填方式

流動性を呈する粘性土を対象とし、一般に数10m³以上充填可能な大型袋で、現地に袋を設置し充填する方式。脱水後は袋の上部への積上げも可能。

②バックホウ充填方式

ポンプ圧送ができないような比較的含水比が低い粘性土または砂質土を対象とし、一般に1m³程度の小型袋で、仮置きヤードで脱水処理した後に、用途先に積み上げる方式。

2-4-1 ポンプ充填方式の充填量

対象とする土質はポンプ圧送が可能な流動状態の粘性土であり、充填途中および充填終了後の脱水による体積減少を考慮しなければならない。ただし、脱水されて体積が減少すると、袋が満杯になるまで数回の再充填が可能である。

1) 充填時の管理高さ

流動状態の粘性土を大型袋へ充填する場合には、その充填量は充填する袋の高さによって管理する。この管理高さは袋にポンプの注入圧力が作用しない範囲での最大の高さ（袋材に充填土の自重による引張力のみが働いている状態）、すなわち限界充填高さ（ H_{lim} ）²⁾を安全率（ F_s ）で除したものである。管理高さ（ H_{adm} ）は次式で表される。

$$H_{adm} = H_{lim} / F_s = (2B_0 / 5.25) / F_s \quad \dots \text{式}(2-1)$$

ここに、 B_0 ；袋の初期幅（図2-3参照）

F_s ；1.2

2) 袋への充填量

袋は通常10～50m程度の長さで用いるが、必要によりそれ以上の長さで用いることもできる。袋への充填量（ V_{adm} ）は次式で表される。³⁾

$$\begin{aligned} V_{adm} &= 0.87 V_{lim} \\ &= 0.87 (0.247 B_0^2 L_0) \end{aligned} \quad \dots \text{式}(2-2)$$

ここに、 V_{lim} ；限界充填高さ（ H_{lim} ）

時の充填量

L_0 ；袋の初期長さ（図2-3参照）

図2-4に、袋の初期幅が1～5mの場合の、袋の高さと充填量の関係を示す。袋内の粘性土が脱水して容積を減じると、図2-4によりこの容積に相当する分の粘性土が再充填でき、より多くの粘性土を充填することが可能である。

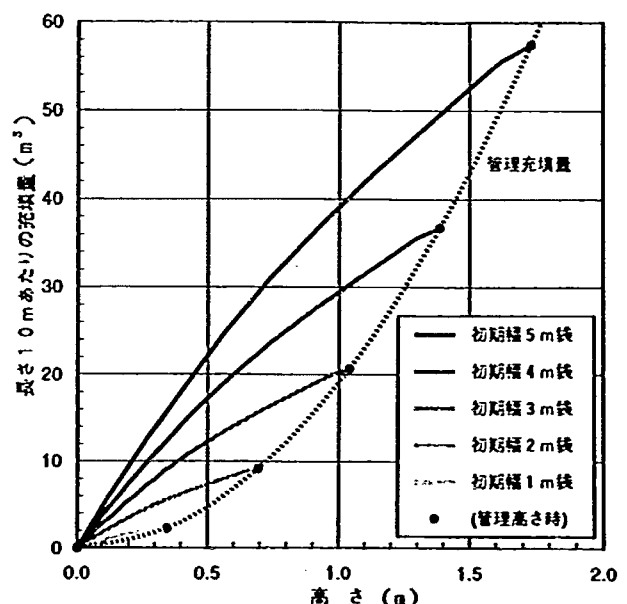


図2-4 袋の高さと充填量の関係

2-4-2 バックホウ充填方式の充填量

小型袋への充填は、一般にバックホウなどで行う。対象とする土質は比較的含水比が低く、ポンプによる圧送ができない砂質土や粘性土で、仮置きヤードで脱水処理した後に、用途先に積み上げるのが一般的である。小型袋への充填量は、脱水後の減容量も考慮し、用途に応じて要求される体積を確保できるように決定する。なお、脱水による減容量は、土質性状によって大きく異なるので、事前試験を行い予測することが望ましい。また、袋への充填量を把握するためには、充填する前にホッパなどで規定の数量を計量したり、ロードセルによる重量計測を行うなどの方法がある。

2-5 脱水後の土質および排出水の水質特性

2-5-1 脱水量と脱水速度

流動性を呈する粘性土を袋に充填すると、その脱水量 q は次式で求めることができる。

$$q = V_{dm} \{ (e_o - e_f) / (1 + e_o) \} \quad \dots \text{式 (2-3)}$$

ここに、 e_o ；充填時の初期間隙比 ($= G_s \cdot w_o / 100$)

e_f ；脱水後の間隙比 ($= G_s \cdot w_f / 100$)

G_s ；土粒子の密度

w_o ；充填時の初期含水比

w_f ；脱水後の含水比

初期含水比に関しては、流動性を持たせるために対象土に加水することがあり、この場合は加水後の含水比となる。また、脱水後の含水比は、処理土を数ヶ月放置する場合は天日乾燥後の含水比となる。

粘土の脱水速度は、自重圧密に関して、次式で求めることができる。

$$t = (H_{dm}/2)^2 T_v / (\alpha C_v) \quad \dots \text{式 (2-4)}$$

ここに、 T_v ；時間係数 (80%圧密時で0.567)

α ；周面排水による排水距離の短縮を加味した補正係数

C_v ；圧密係数

表2-3に本工法による自重圧密時間の測定例を示す。

表2-3 自重圧密時間 (実測)

実験期間	袋の大きさ	注入粘土の含水比 (%)	自重圧密完了時間 (日)	放置後の状態			補正係数 α
				期間 (日)	含水比 (%)	コーン貫入抵抗値 (kgf/cm ²)	
8月～10月	周長2m	300%	7	55 (夏)	110～120	1.2以上	3
10月～12月	周長4m	350%	15	64 (冬)	150～170	0.3～0.5	4

2-5-2 脱水後の土質特性

脱水後の土質特性は、対象土の土質、袋の大きさ、放置期間の天候などによって変化する。霞ヶ浦粘土を用いた実験結果を示すと、図2-5のようになる。袋内の充填土は、放置時間の増加につれて含水比が次第に減少し、コーン貫入抵抗は増加することがわかる。後述するように、脱水した袋の上部に新たに袋を積む場合には、その安定性は下段袋の処理土の粘着力に大きく左右され、積上げ時の目安として粘着力は0.2tf/m²程度が必要である。袋詰脱水処理土の経時的な土質変化は、一義的に決定することができないので、現地で確認する必要がある。

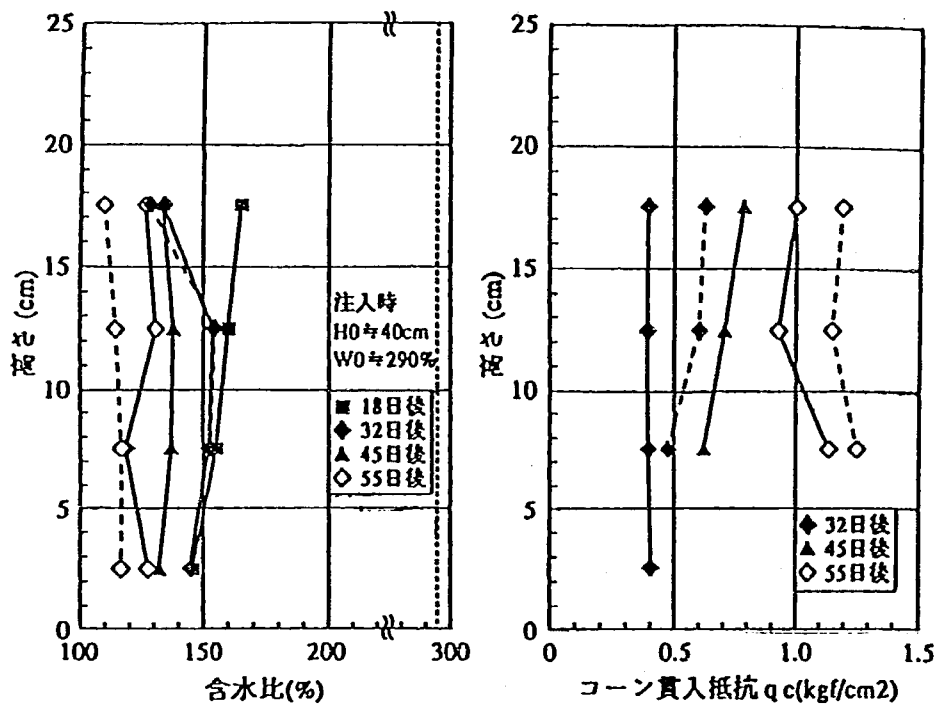


図2-5 含水比とコーン貫入抵抗の測定実例^(4), 5)

2-5-3 排出水の浮遊物質質量 (SS)

袋詰脱水処理による排出水のSSは、充填直後は高いが、袋の内側に細粒分が付着するにしたがって非常に小さくなる。この過程は、対象土の粒度組成と袋材の目合い、加圧速度などに影響されると考えられる。袋の選定が適切であれば、排出水のSSは短時間で収束すると考えてよいが、環境への影響が問題になる場合は、事前試験を行うものとする。

これまでの実施例における排出水のSSの経時変化を図2-6に示す。霞ヶ浦浚渫土の事例によると、排出水のSSは袋への充填開始時から30分までは高いが、経過時間が1時間を超えると、SSは10mg/l以下に低下することがわかる。

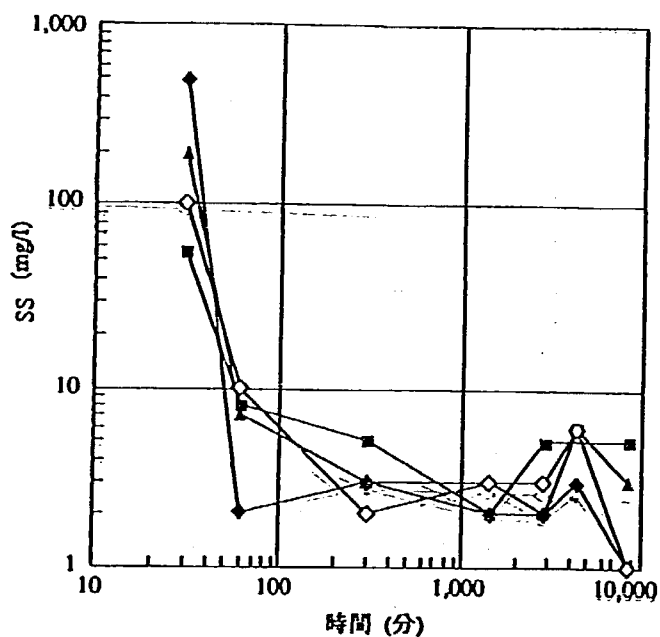


図2-6 浮遊物質質量 (SS) の測定事例⁽⁴⁾

2-6 袋に働く引張力の算定

2-6-1 大型袋の場合

軟弱な粘性土を充填した大型袋を積み重ねて、盛土構造物として利用する場合、一般に、以下に示すような作業段階において袋材に引張力が発生する。

1) 充填時に袋材に作用する引張力

袋に粘性土を充填すると、その自重により、袋材に引張力が発生する。この状況を膜応力のFEM解析により求めた事例が図2-7である。袋の引張力は、袋の上部でほぼ均一に発生することがわかる。また、図2-8は、単位体積重量が $1.1 \sim 1.4 \text{ tf/m}^3$ の粘性土を袋に充填した際の袋の大きさと袋材に必要な引張力の関係を示している。ただし、安全率は袋材の異方性、縫製部の強度低下、クリープの影響などを考慮して $F_s = 5$ としている。この図を考慮して、袋材を選定する必要がある。

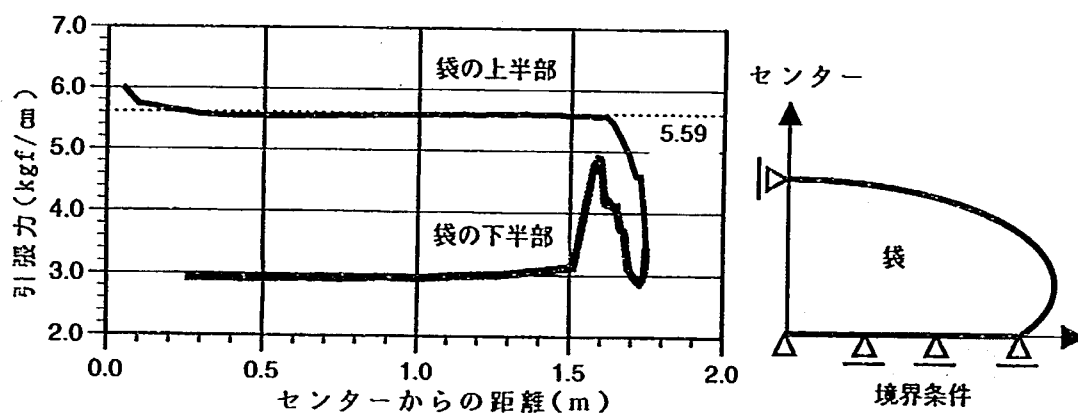


図2-7 袋材に発生する引張力の膜解析事例³⁾

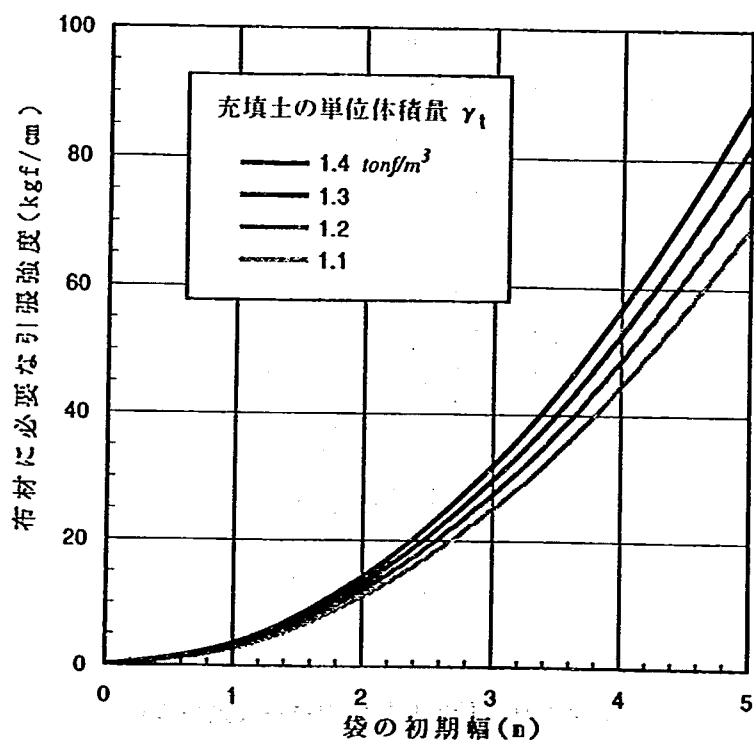


図2-8 袋材に必要な引張力

2) 袋体を積み重ねて利用する場合

袋体を積み重ねて利用する場合、下段袋には上段袋が荷重として作用する。したがって、荷重によって生じる袋材の引張力や下段袋の変形を考慮して設計を行う必要がある。袋体を積み重ねる場合の設計フローを図2-9に示す。

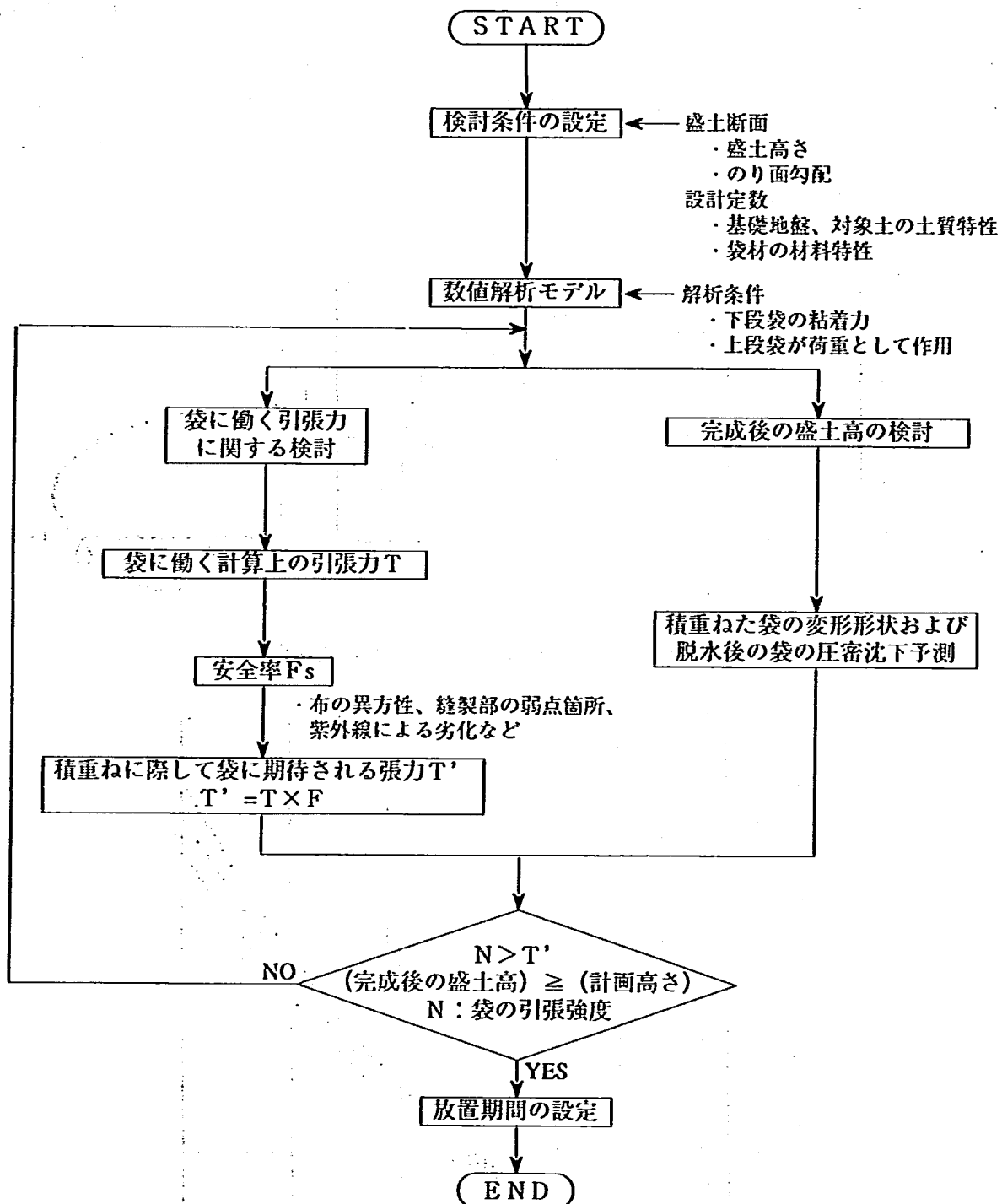


図2-9 積み重ね設計フロー (大型袋)

(1) 数値モデルの構築

袋体を積み重ねる際の下段袋に働く引張力の算定には、以下の数値モデルが適用できる。モデルの構築条件は次のようである。すなわち、下段袋に載荷された際に、その荷重を袋詰脱水処理土の間隙水圧 u 、粘着力 c および袋材の引張力 T の成分の和で受け持つモデルである（図 2-10 参照）。本モデルでは、載荷は剛性載荷で、非排水条件とし、図 2-11 において載荷による押込み量（長方形 A_1 の面積）と袋の伸びによる周辺部の膨張量（ A_2 の面積）が等しいと仮定している。

①力のつり合い条件（平面ひずみ条件）

$$B \cdot p = B \cdot u + 2T \cos \theta + N_c \cdot c \cdot B \quad \dots \text{式(2-5)}$$

②袋の張力と間隙水圧の関係式

$$T = r \cdot u \quad \dots \text{式(2-6)}$$

④袋は弾性体

$$dL = T \cdot L / E \quad \dots \text{式(2-7)}$$

ここに、 B ; 載荷幅 (m)

p ; 上段袋の荷重 (tf/m^2)

N_c ; 支持力係数で 5.14 (平面ひずみ条件)

E ; 伸び剛性 (tf/m)

L ; 袋の全長 (m)

dL ; 袋の伸び量 (m)

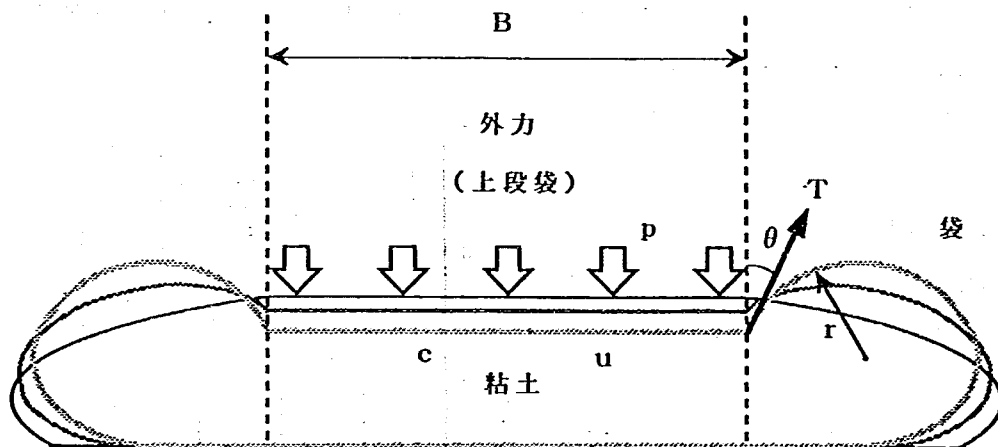


図 2-10 袋体に関する力のつり合いモデル

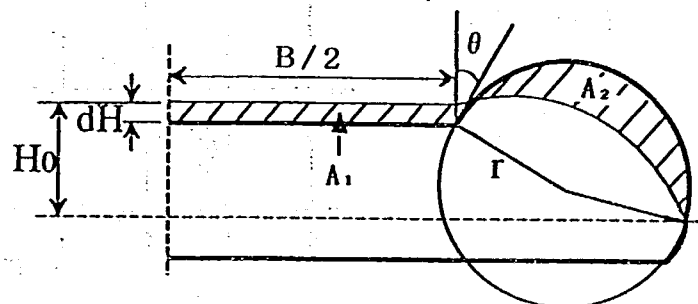


図 2-11 袋体の変形モデル

(2) 積重ね時の引張力の算定

図2-12は、1つの計算事例を示している。脱水により、袋詰脱水処理土の粘着力が $c = 0.2 \text{ tf/m}^2$ になった大型袋の上部に袋を置き、単位体積重量が 1.2 tf/m^3 の粘性土を充填して、荷重（＝単位体積重量×高さ）と袋に発生する引張力の関係を求めたものである。袋の引張力は、初期に粘土の粘着力成分が発揮されるため、ある荷重 P_0 （＝ $N_c \cdot c \approx 1 \text{ tf/m}^2$ ）まで引張力は発生しない。その後は、載荷重にほぼ比例して引張力が増加する傾向がある。なお、脱水による袋詰脱水処理土の強度発現は、コーン貫入抵抗試験を行って調査するが、そのための調査用袋体を準備しておく方が望ましい。

縦軸は計算で求めた引張力に安全率 $F_s = F_{s1} \times F_{s2} = 10$ を乗じたものである。なお、ここでいう安全率は、まず袋材の異方性、縫製部の強度低下、クリープの影響などによる安全率 $F_{s1} = 5$ とし、さらに袋材の紫外線による劣化の影響 $F_{s2} = 2$ を考慮したものである。また、袋の紫外線による劣化対策については、植生や覆土を行うなどが考えられるが、詳細は「2-8 袋材の劣化防止対策」を参考にされたい。

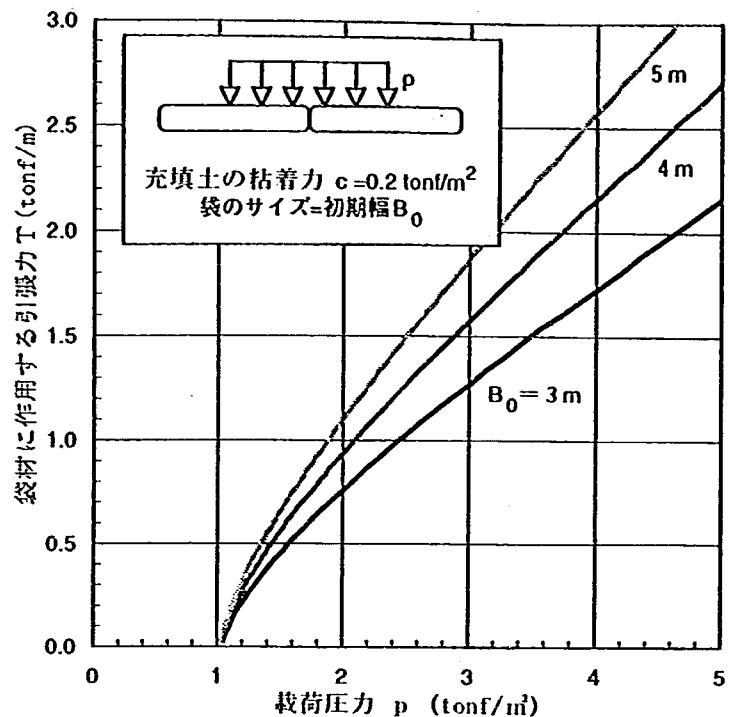


図2-12 載荷圧力と袋材の引張力の関係

(3) 積重ね時の下段袋の変形

袋を積重ねた場合、載荷によって生じる下段袋の変形（押込み）の算定にも前述のモデルが適用できる。

ここで、前項と同様の条件で積重ねによる押込み量を算定した例を図2-13に示す。この図より、下段袋の積重ね時の沈下量を算定することができる。

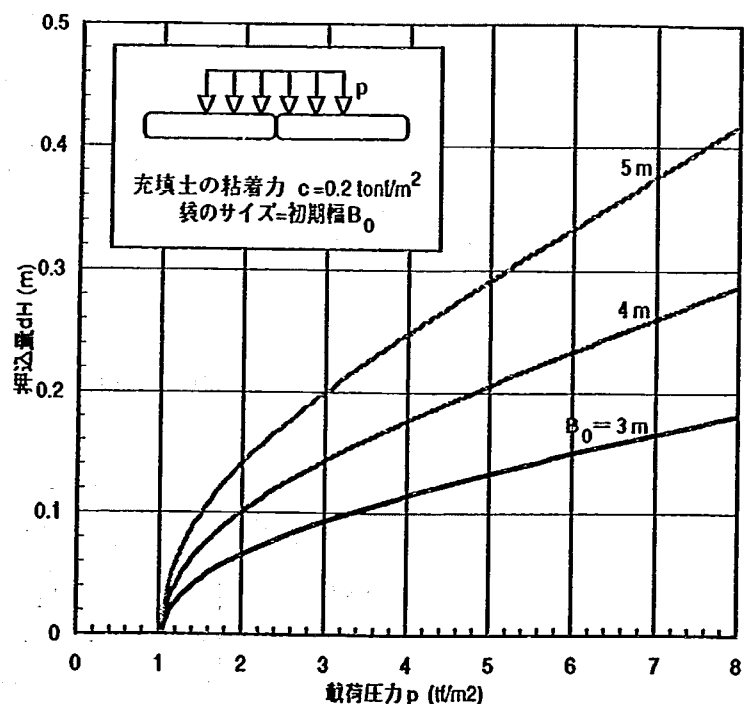


図2-13 載荷圧力と押込み量の関係

2-6-2 小型袋の場合

粘性土または砂質土を充填した小型袋を積み重ねて、堤防、崩壊のり面復旧および多自然型護岸などの盛土構造物として利用する場合、一般に、以下に示すような作業が必要となるが、それぞれの作業段階において袋体には引張力が発生する。

①袋への充填

袋への充填は、一般に簡易充填ホッパを利用して行うが、充填時の重量により袋体に引張力が発生する。

②袋体の仮置き

袋に充填した後、仮置きヤードへの吊り込み・運搬に伴い袋体に引張力が作用する。

③袋体の運搬・吊り上げ

仮置きヤードで脱水処理した袋体を吊り上げ、所定の場所に設置する際に充填土の自重により袋材には引張力が作用する。

④袋体の積重ね・据付け

脱水処理した袋体を所定の場所に据付け、所定の盛土形状に積み重ねる際に載荷荷重により袋体に引張力が発生する。

以上のことから、小型袋を積み重ねて盛土構造物として利用する場合には、各作業段階において発生する袋材の引張力を算定し、最適な袋材を選定することが必要である。

図2-14は、最適な袋体の仕様を決定する際の設計手順を示すものであるが、各作業段階において袋体に作用する引張力、ならびに完成形の袋体盛土に対する部分的安定の考え方を以下に示す。

1) 充填時および仮置き時

袋体への充填時および仮置き時には、図2-15に示すように充填土の重量（自重）により袋材には円周方向に引張力 T_1 が作用する。

袋材に作用する引張力は、袋材に均一な内圧（袋体下端部での土被り荷重）が作用する円筒シェルと仮定して、下式より算定する。

$$\begin{aligned} T_1 &= \sigma_v \cdot r \\ &= \gamma_t \cdot H \cdot r \end{aligned}$$

ここに、 T_1 ：袋材に作用する引張力

σ_v ：袋体下端での土被り荷重

γ_t ：充填土砂の単位体積重量

H ：袋への充填高さ

r ：袋体の換算半径

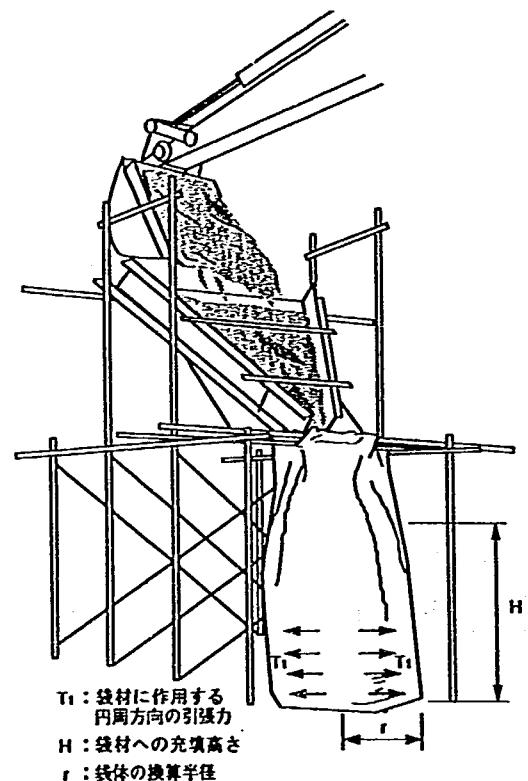


図2-15 充填時・仮置き時に発生する袋体の引張力

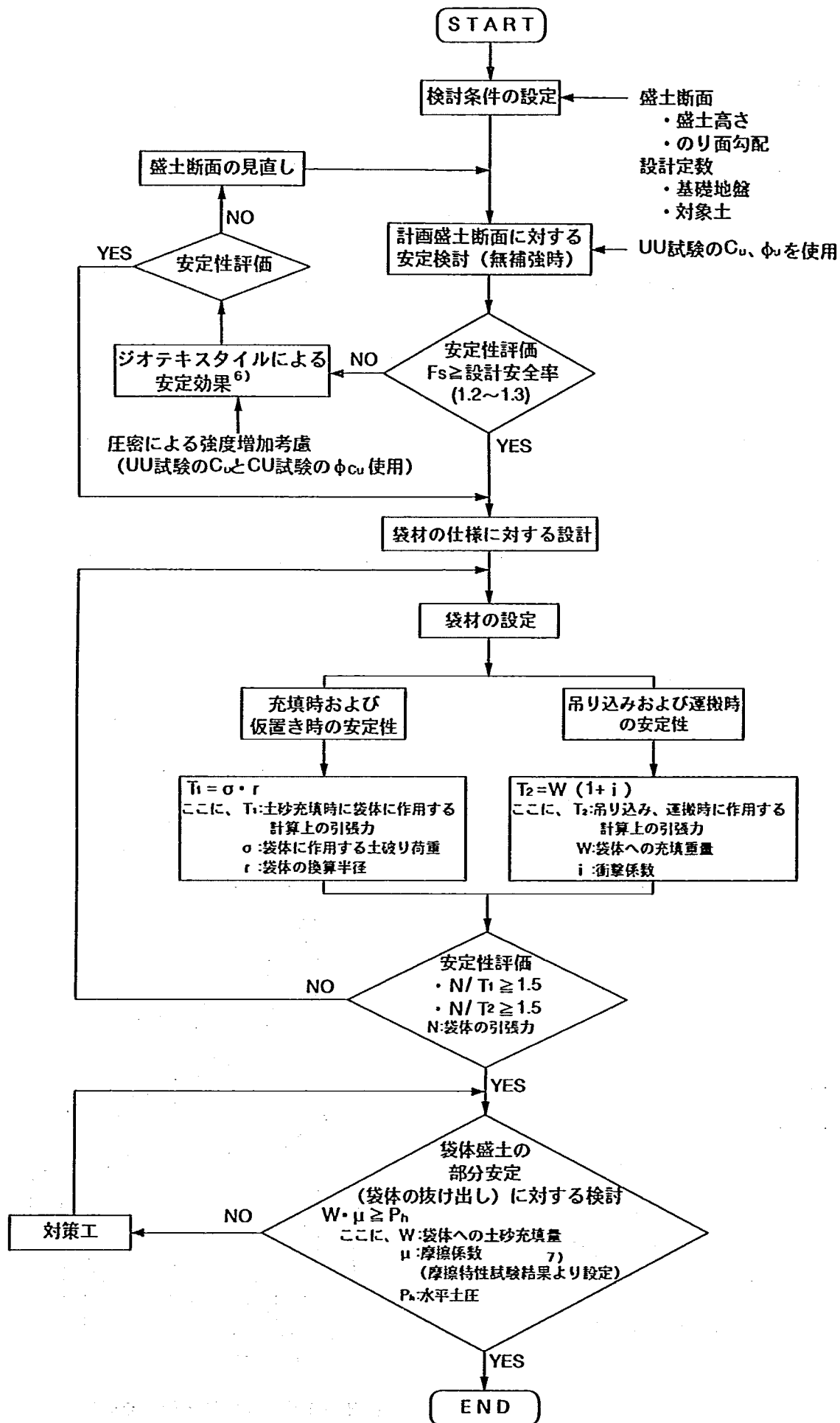


図2-14 積重ね設計フロー（小型袋）

2) 袋体の運搬・吊り込み時

袋詰脱水処理土を運搬し、所定の場所に吊り込んだり、あるいは所定の盛土形状に積み重ねたりする場合には、図2-16に示すように、充填土の自重により袋材には鉛直方向（重力方向）に引張力が作用する。

袋材に作用する引張力は、袋体の運搬、吊込み作業時に吊り込み部分が片利きとなることや、また運搬時の衝撃などを考慮して設定する。

$$T_2 = W \cdot (1 + i) / L$$

$$= \gamma_t \cdot V \cdot (1 + i) / L$$

ここに、 T_2 ：袋材に作用する鉛直(重力)
方向の引張力

W ：袋に充填する対象土の重量

γ_t ：対象土の単位体積重量

V ：袋への充填土量

i ：衝撃係数（＝0.3）

L ：袋体吊り込み部分の長さ

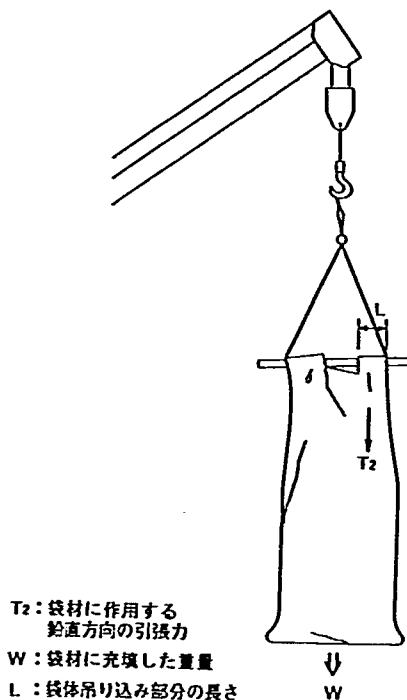
運搬・吊り込み作業時の

袋体の安定性（バランス）

を考慮、荷重が吊り込み

部分の片側のみに作用する

ものとして、袋体吊り込み部分の長さ $1/2$ とする。



T_2 ：袋材に作用する
鉛直方向の引張力

W ：袋材に充填した重量

L ：袋体吊り込み部分の長さ

図2-16 運搬・吊込み時に
発生する袋材の引張力

3) 袋体盛土の部分的安定検討

袋体を所定の盛土形状（完成形）に積み重ねた場合には、図2-17に示すように積み重ねた袋体が背面の押し出し力（水平土圧）に対し
て抜け出すかどうかの部分的な安定検討を行う。

$$W \cdot \mu \geq P_h$$

ここに、 W ：抜け出しを検討する袋
体上部の重量

P_h ：抜け出しを検討する袋
体に作用する押し出し
力（水平土圧）

μ ：袋体間の摩擦係数

（＝0.35～0.45）⁷⁾

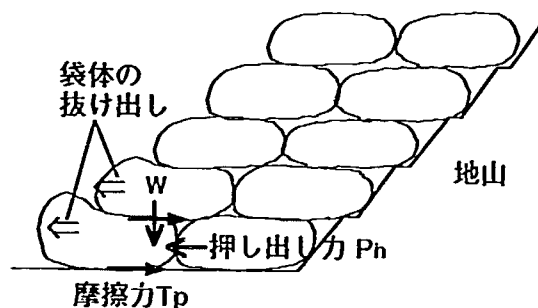


図2-17 袋体盛土の部分的安定検討

なお、計画盛土断面や袋材の引張強度を考慮した補強盛土工（ジオテキスタイル補強土盛土）としての安定検討については、「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル 平成5年1月（財）土木研究センター」⁶⁾を参考にされたい。

2-7 袋への植生

2-7-1 袋材に適する植生

袋材は、地中に埋設されれば半永久的に劣化を免れることが知られている^{8)・9)}。しかし、直接に紫外線を受けると劣化が進むことから袋体の表面を植生することで保護と景観の改善を図ることが望ましい。

植生試験の結果から袋材と植生の関係については、以下のことが明らかになっている。

- ①袋材の布地が密になるほど根の通過は少なくなる。
- ②表2-4に示したすべての植物に布地を貫通して根の伸張が見られた。
- ③布地が密になるほど地上部重は少なくなる。

しかし、実施工における植種の選定にあたっては、布地以外の現場の条件等も考慮して判断すべきである。

<参考>

植生試験には、3種類のポリエステル製の袋材（引張強度100、200、300 kg/3cm）を用いた。実験は、図2-18に示すように植生箱に布地を挟んだ植生基盤を設け、抽水植物（ヨシ、オランダガラシ）やのり面に使用される植物（コスモス、サルビア、ウイピングラブグラス、ケンタッキー31）の生育経過を観察した。生育期間は平成8年3月から8月までとした。

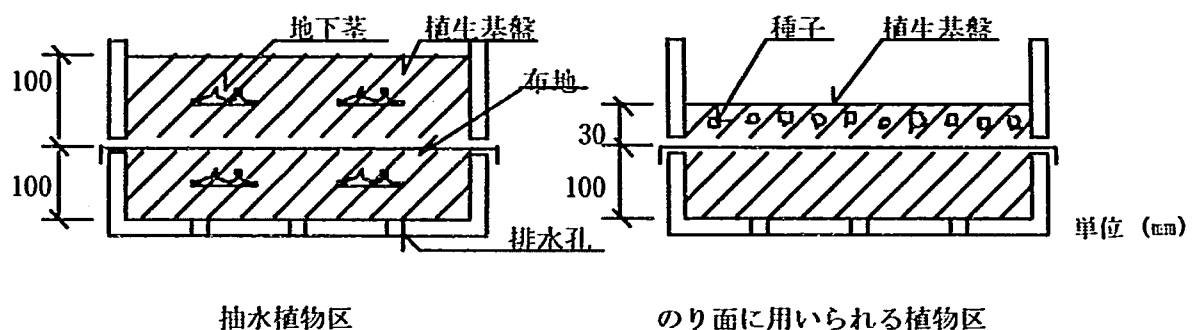


図2-18 実験概要図

表2-4 生育結果

[布地は引張強度 (kg/3cm)、貫通跡はm²当たりを示す]

		重量 (g)				茎径、草丈 (mm)、本・株数 (本)、被覆率 (%)				
布地種類		ナシ	100	200	300	布地	ナシ	100	200	300
ヨシ	地上部 (生)	1043	1885	1845	1584	茎径 平均 mm	4.8	4.8	4.6	4.4
	布上部 (乾)	294	466	697	538	草丈 平均 mm	1810	1880	1880	1670
	布下部 (乾)	0	-174	-85	-36	本数	112	128	104	113
						貫通跡 (cm ²)	0	76.8	19	11.3
ワナナギ (4株)	箱外部 (生)	1474	660	451	650	被覆率 (%)	512	338	334	360
	地上部 (生)	112	115	87	151	茎径 平均 mm	5.2	4.8	4.9	5.1
	布上部 (乾)	80	14	39	10					
	布下部 (乾)	0	-5	-1	-3					
コスモス	地上部 (生)	64	114	106	88	茎径 平均 mm	4	4.8	3	3
	布上部 (乾)	48	21	20	7	草丈 平均 mm	600	750	620	750
	布下部 (乾)	0	-10	-11	-4	本数	26	28	21	20
サルビア	地上部 (生)	157	108	104	101	茎径 平均 mm	3.5	3	2.1	2.4
	布上部 (乾)	42	17	17	21	草丈 平均 mm	520	420	450	540
	布下部 (乾)	0	-22	-18	-10	本数	49	41	44	34
ウィーピング ラブグラス	地上部 (生)	258	338	253	232	草丈 平均 mm	750	730	760	680
	布上部 (乾)	77	72	78	85	株数	42	26	32	19
	布下部 (乾)	0	-35	-29	-19					
ケンタッキー 31-F	地上部 (生)	105	131	102	107	草丈 平均 mm	370	350	360	400
	布上部 (乾)	58	43	64	54	株数	18	14	16	10
	布下部 (乾)	0	-22	-43	-29					

(ヨシ区)

図2-19、写真2-9に示すようにヨシの生育は順調で、草丈は特に差は見られなかった。布地が密になるほど布下部の重量が減少する傾向が見られた。ヨシの根が布地を貫通した状況を写真2-10に示す。

(オランダガラシ区)

オランダガラシは、布地の種類による重量の差は見られなかった。定植後3ヶ月で植生箱の表面が覆われ、以後は水面上に茎を延ばし、5ヶ月目の8月下旬には箱上の茎葉は枯れて茶褐色となった。布下部の根も赤褐色になっており酸素不足が原因と思われる。

(コスモス区およびサルビア区)

コスモスは播種後2ヶ月半より花が咲き始め、4ヶ月目は最盛期となり、5ヶ月目の試験終了時にはほとんどが枯れた状態となった。また、サルビアは4ヶ月目から生育が始まり、5ヶ月目の8月下旬の試験終了時には花が増えていることから、コスモスからサルビアへの開花リレーに適している。コスモスとサルビアは共に、地上部の重量の差は少なく、布地が密になるほど布下部の重量が少なくなっていた。

(ウィーピングラブグラス区)

ウィーピングラブグラスの布下部の重量は、布地が密になるほど少なくなるが、布上部の重量の差は見られなかった。

(ケンタッキー31フェスク区)

ケンタッキー31フェスクは、布地の種類による差が顕著ではなかった。

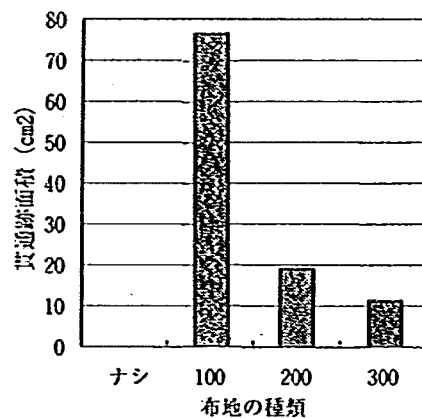
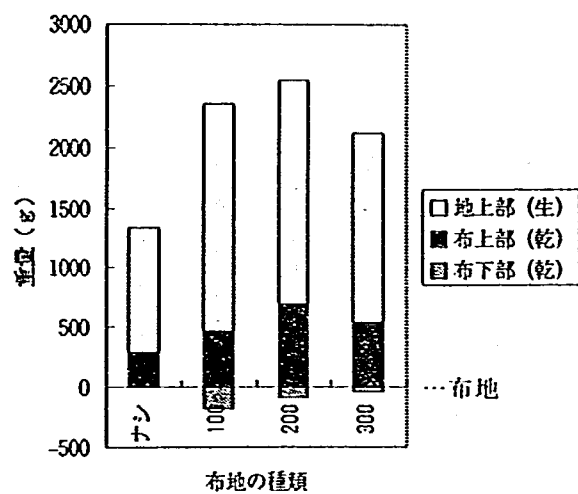


図2-19 ヨシの生育

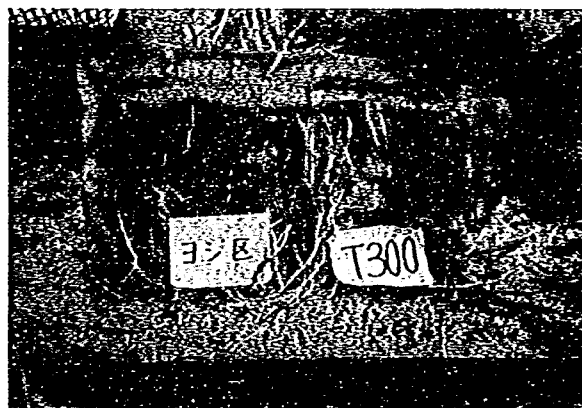
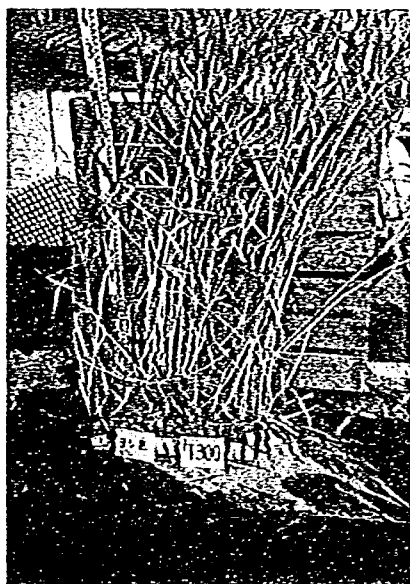


写真2-9 ヨシの布上部と布下部

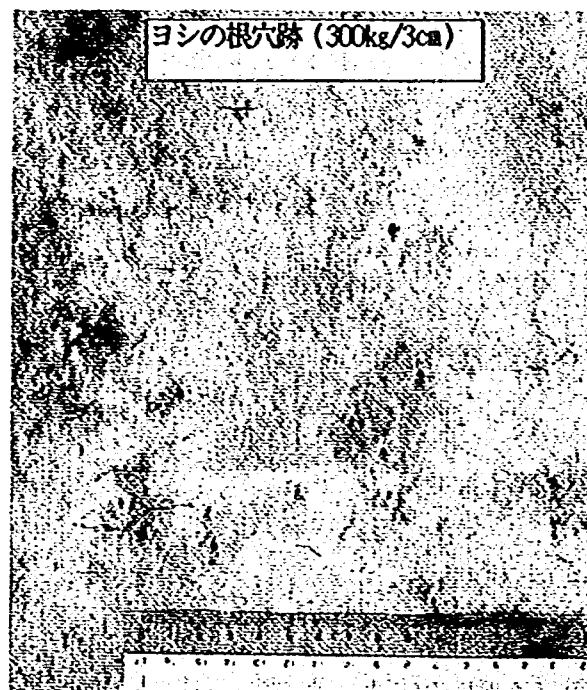
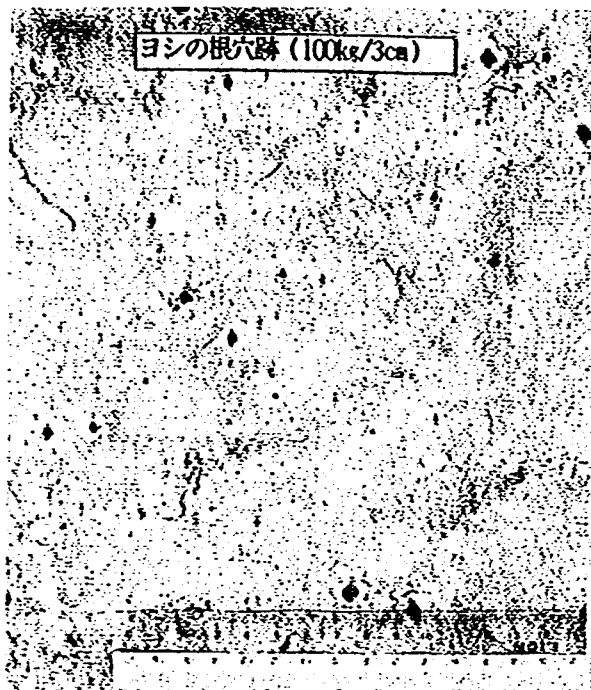


写真2-10 ヨシ根の貫通跡

2-7-2 施工・維持管理上の留意点

植生の決定に際しては、現地周辺状況を鑑み、慎重に決定することが望ましい。また、実施工では、現場条件の様々な影響を受けるため、裸地となりやすい布地の垂直部や流水の影響を受ける場所では紫外線を受けないようにするため補強材を施すなどして、表面を補強するなどの補強処置が望まれる。

2-7-3 植生への適用事例

袋詰脱水処理したダム堆砂を崩壊のり面の復旧工事（工事概要については後述）に適用したが、袋体の紫外線による劣化防止および周辺環境との調和を図るため、植生工（テクソルグリーン工法）によるのり面保護工を採用した。

表2-5は使用した袋材および植生工の仕様を示す。

表2-5 袋材および植生工の仕様

使用した袋材の仕様		植生工の仕様
材 質	： ポリエチレン織布	播種用植物
標 準 色	： 白色	花 ：コスモス、ルドベキア
引張強度	縦方向 ： 192 kgf/3cm	サルビア
	横方向 ： 187 kgf/3cm	牧草：オーチャードグラス
伸 度	縦方向 ： 21%	リードカナリーグラス
	横方向 ： 21%	ハギ：ヤマハギ、イタチハギ
透 水 係 数	： 1.3×10^{-2} cm/s	メドハギ
開孔径	縦方向 ： 0.2 mm	吹付け厚さ $t = 5$ cm
	横方向 ： 0.1 mm	（基材3 cm、種子土2 cm）
		施 工 時 期 3月中旬

袋体への植生は非常に良好であったが、2度の異常出水があり、この影響で植生がはがれる状況が見られた。特に2度目の出水は当該ダム史上2番目の出水であり、出水時の流速は3.3 m/s程度と想定され、非常に大きな流速であった。

植生工の結果は以下の通りである。

- ①花および牧草の根については、横に広がる性質を有しており、袋体をはうように伸びるため、1回目の出水によって流された。
- ②ハギ類の根については、直線的に伸びる性質を有しているため、袋体に根が進入し、袋体と一体化が図れ、1回目の出水では変化が見られなかったが、2回目の異常出水で流された。
- ③出水の影響を受けなかった範囲については、良好な植生が維持できた。
- ④袋体の垂直部分は、袋体上面部分に比べ、植生が崩落しやすく（植生基盤が形成されにくく）、裸地となりやすい。

当該地においては、異常出水という事態に見舞われ、施工した植生がはがれ落ちる（流出する）という現象が見られたが、出水の影響を受けていない範囲については良好な植生が維持できた。

写真2-11～写真2-13は植生状況を示している。

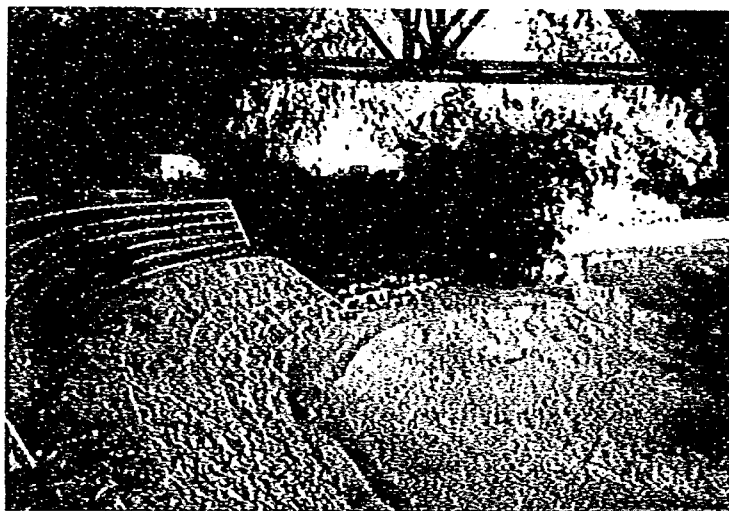


写真2-11 植生状況



写真2-12 異常出水により流された植生状況



写真2-13 植生工の流された状況

2-8 袋材の劣化防止対策

当工法に使用する袋材は、ポリエステル・ポリプロピレンなどのプラスチック材料を素材とした織布あるいは不織布である。

一般にこれらの製品は紫外線による劣化が著しく、夏期で直射日光に曝された場合には、3～6ヶ月程度で強度が3割程度になることすらある。しかし、遮光措置さえ十分に行えば耐久性は飛躍的であることから、本工法の対応策としては法面部あるいはその他日光に曝される部分に、覆土あるいは植生工を施すものとする。

図2-20に試験施工(茨城県霞ヶ浦)で使用した袋材の一部に植生を施し(芝の種子を混入させたマットを袋表面に貼り付け)、約4、8、16ヶ月放置後にサンプルを採取し、引張試験を行った結果を示す。

①曝露部

約4ヶ月放置の結果によると、植生をせずに天日に曝された状態のサンプルは、表面に粘土が付着している状態であったが、強度が50%にまで低下していた。16ヶ月後では、強度の低下は一層顕著であり、残留強度比は10～20%であった。

②植生部

植生を施した部分では、芝の成長は極めて良好で、かつ根の一部は袋材を貫通していた。引張試験の結果によると、残留強度比は4ヶ月後で96%、16ヶ月後で70%程度であることから、植生による劣化抑制効果が確認された。したがって、袋材の表面部に植生工を行うことは有効であり、さらに覆土で完全に遮光すれば劣化抑制効果は著しいものと判断できる。

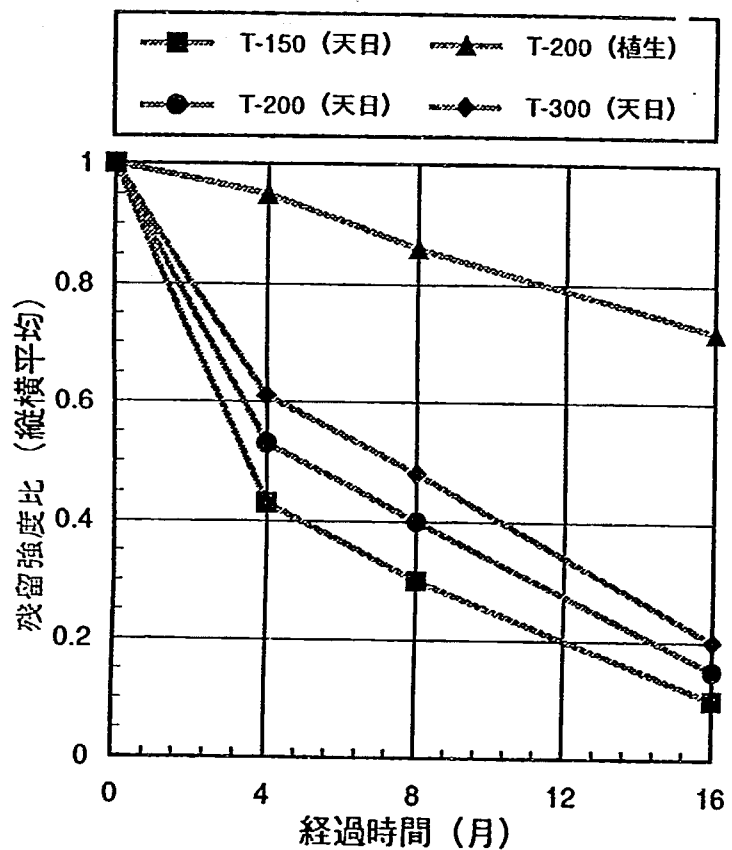


図2-20 袋材の引張試験結果

第3章 施工法

3-1 概要

袋詰脱水処理工法の標準的な施工フローを図3-1に示す。袋詰脱水処理工法の施工法は、以下に示すように2種類に大別できる。

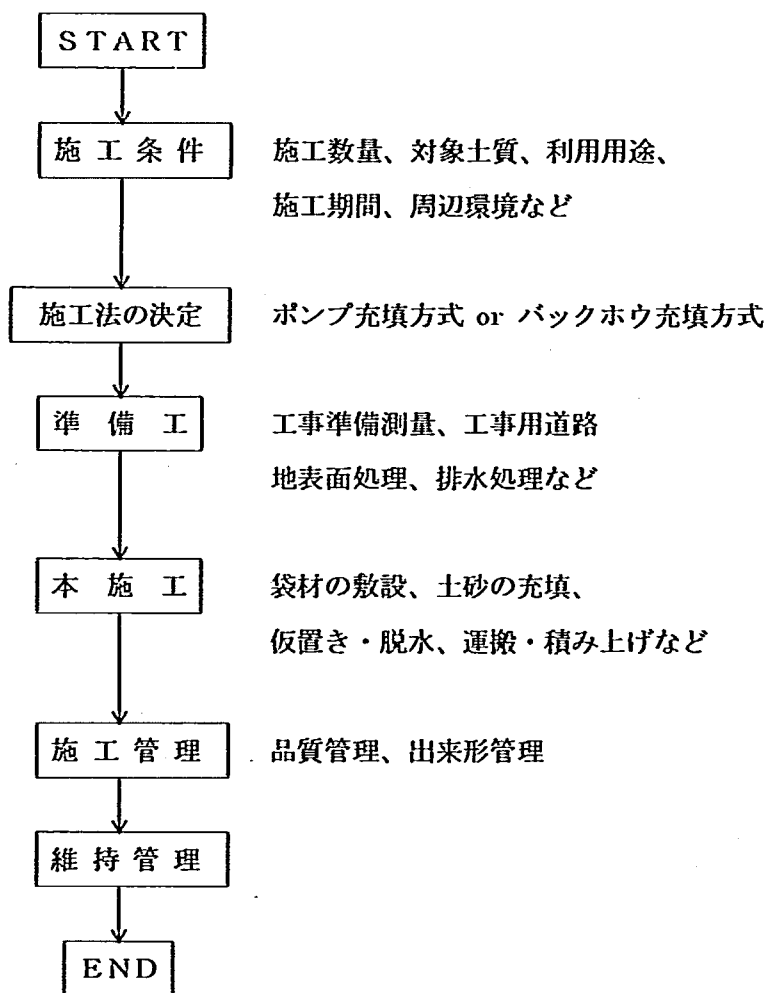


図3-1 標準的な施工フロー

1) ポンプ充填方式

対象土がポンプ圧送できる場合は、サンドポンプやスラリーポンプなどで充填する。この方法は、どのような袋体にも適用可能であるが、大型袋を使用したほうが効率的である。また、充填土が脱水・減容化したら何度でも再充填できるという特徴がある。図3-2にポンプ充填方式による施工法の一例を示す。

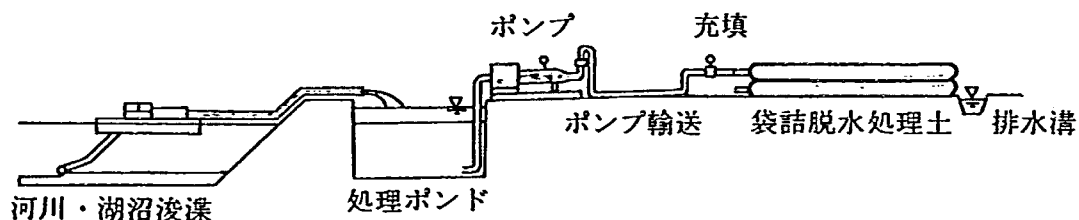


図3-2 ポンプ式充填方式による大型袋への充填例¹⁾

2) バックホウ充填方式

対象土の含水比が比較的低く、ポンプ圧送ができない場合には、バックホウなどで袋に充填する。この場合、充填後仮置きして、ダンプトラックで用途先まで運び、クレーンなどで積み上げる。運搬や積み上げなどの作業性から、1袋1 m^3 程度の小型袋が対象となる。図3-3にバックホウ充填方式による施工法の一例を示す。

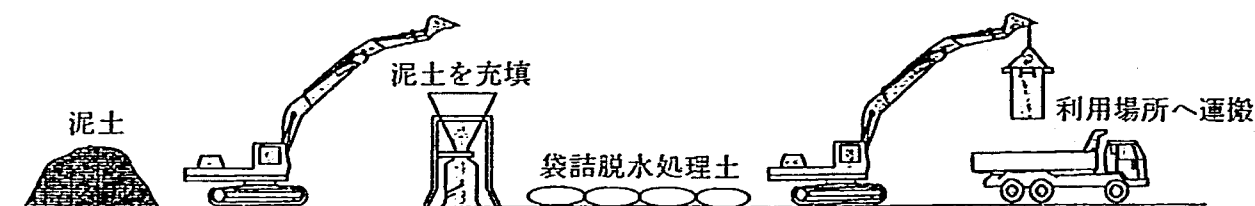


図3-3 ポンプ式充填方式による小型袋への充填例¹⁾

3-2 準備工

袋詰脱水処理工法の施工にあたり、準備工は、工事全体の進捗および品質、経済性、工期などに与える影響が大きく、適切な施工管理を行う上できわめて重要である。

以下に主な準備工とその留意点を示す。

1) 工事準備測量

袋詰脱水処理工法を適用する場合、施工方法や適用場所によって充填ヤード、仮置きヤード、送泥・充填設備ヤード、施工ヤードなどの用地が必要となる。このため、工事準備測量を行って設計図書と現地の地形や広さなどとの関係を把握したうえで、施工計画を立案しなければならない。

2) 工事用道路

工事用道路は、工事を実施するために必要とされる機械、資材、および処理土を運搬するために必要な道路であり、工事の成否を左右する。ポンプ圧送による充填方式や小規模で運搬土量が少ない場合は問題となることは少ないが、処理土を大量に運搬する工事では特に注意しなければならない。

表層が軟弱で工事用車両の稼働が困難な場合には、鉄板や良質な材料を敷均したり、安定処理などの対策が必要となる。

3) 地表面処理

地表面の状態は、施工場所によってさまざまであるので、以下に示すような適切な処理を行っておくことが必要である。

①表土処理

袋は、織布や不織布を素材とするものであり、地表に突起物や異物があると破損して、充填土が流れ出すことがある。このため、草木、切株、礫などの突起物やガラス片、空き缶などの除去、もしくはサンドマットなどによる敷均しが必要である。

②段差・勾配処理

段差や勾配がある地盤に袋体を設置する場合には、袋体の安定が損われたり、局所的な応力集中により袋材の損傷が懸念される。このため、袋体の設置に先がけて地盤の段差や勾配をなくすように平坦に均す必要がある。

4) 排水処理

袋詰脱水処理に伴う排出水が施工基盤を軟弱化させることがあるため、各ヤードの周辺には仮排水溝を整備しなければならない。

3-3 ポンプ充填方式

3-3-1 施工法

1) 採泥・圧送工

浚渫土などをポンプにて袋に充填する場合、採泥方法として以下の方法が代表的である。

(1) 浚渫送泥管から直接採泥する方式

浚渫工事が稼働中であり、既設の送泥管がある場合には、そこから分岐管を設け対象土を採取する。

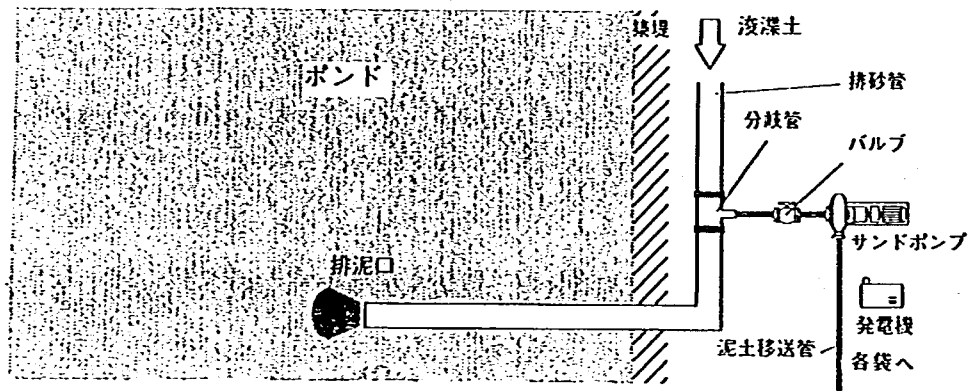


図3-4 送泥管からの直接採泥

(2) 処理ボンドなどから採泥する方式

(1)の方法が採れない場合は、クレーンあるいは泥上車にサンドポンプを取り付けるなどして、対象土を採取する。

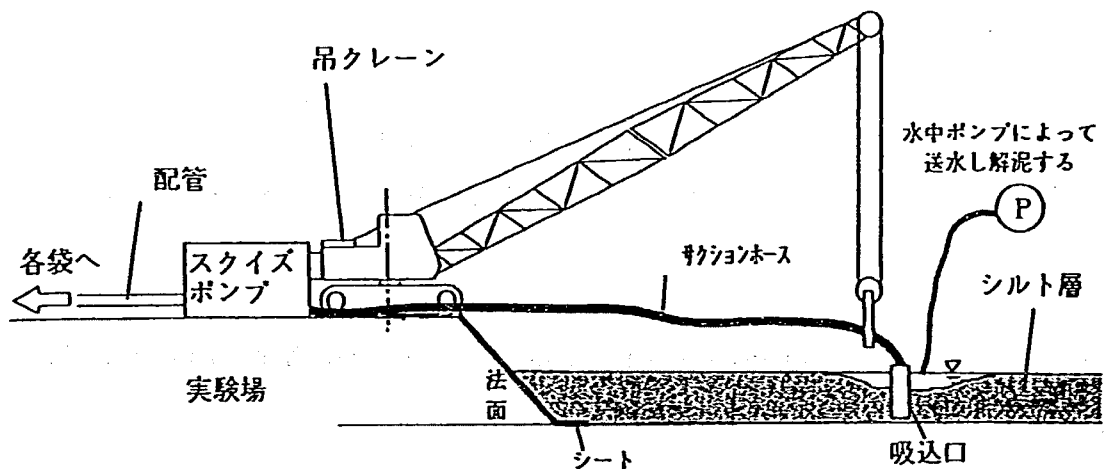


図3-5 クレーンを用いた処理ボンドからの採泥法

いずれの方法にしても、対象土の充填場所までの搬送距離が長くなる場合は必要に応じて中継ポンプを設置する。また、対象土の中には巨礫やビン、カン、木片などの異物が混入していることがある。これらが混入していると袋詰め作業時に袋や圧送ポンプを破損させたり、積上げ時に袋を破損させることがあるので、スクリーンなどを使用して事前に排除する必要がある。

2) 袋の敷設工

大型袋を使用する場合、あらかじめ施工場所に袋を敷設する。敷設にあたっては、袋材の破損に十分注意して敷設する。また、万が一破損個所が見つかった場合は水膨潤性のシールを使用した補修材などで補修を行う。注入時に袋が移動しないように、ロープなどでアンカーを取ることも有効である。

長尺盛土に適用する場合、敷設時に袋と袋をジョイントして使用する。この場合、継手を設けた袋をロープで緊結する方法が現場実験で適用可能であることが実証されている。図3-6に袋のジョイント方法を示す。

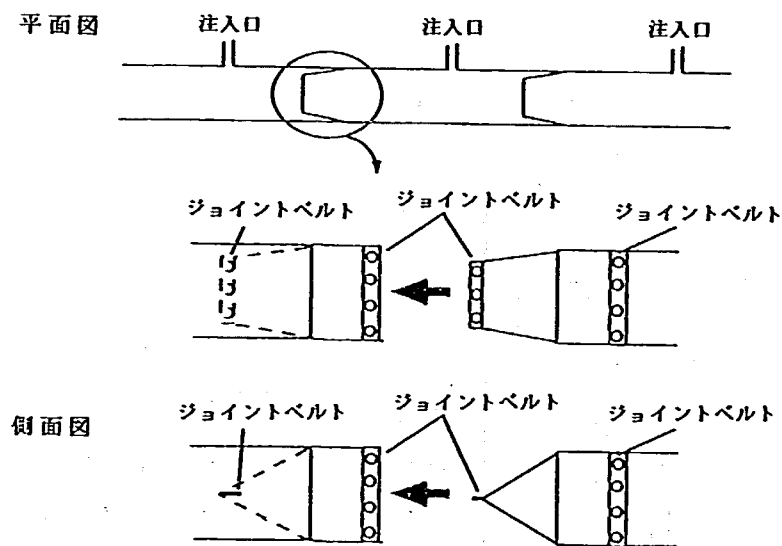


図3-6 袋のジョイント方法

3) 充填工

充填量の管理は、「2-4-1 ポンプ充填方式の充填量」で定めたように袋の高さを計測して行う。限界充填高さ (H_{lim}) を越えて充填するとポンプの圧送圧力が直接袋材への張力となって作用し、袋が破断する可能性がある。したがって、袋への充填量の管理は慎重に行わなければならない。また、配管経路上に電磁流量計、 γ 線密度計を設けて注入量の把握を行ったり、圧力センサーを取付けて過剰な内圧が袋に作用しないように制御することが望ましい。図3-7に充填設備の一例を示す。

また、脱水に伴って減容化した場合、袋が満杯になるまで何度でも再充填できる。再充填の回数を減らすためには、できるだけ低含水率の対象土を充填することが望ましい。

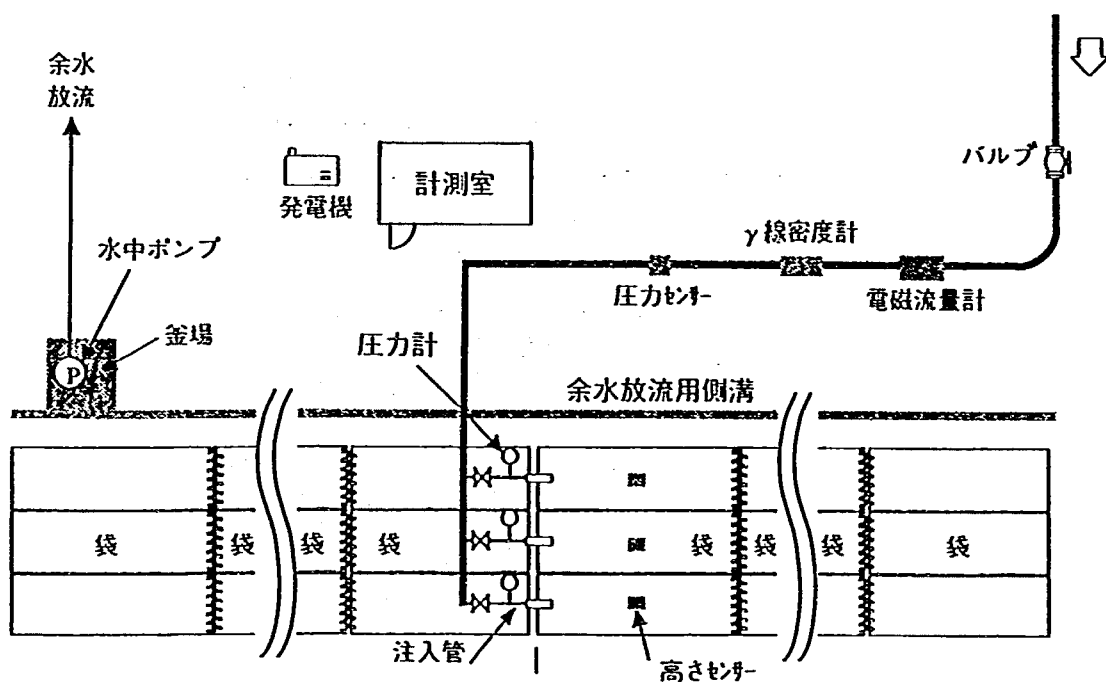


図3-7 充填設備例

4) 積上げ工

上段袋の積上げは、できるだけ下段袋の圧密が進行した後に行うことが望ましい。積上げ時期は「2-6-1 袋に働く引張力の算定」で説明した数値モデルにより、下段袋材に働く引張力が過大にならないように、下段充填土が脱水・乾燥によって必要な粘着力を満足する時点とする。

3-3-2 施工設備・機械

ポンプ充填方式の標準的な施工設備、機械の配置例を図3-8に示す。

作業	設備・機械名
基盤整備	バックホウ、ブルドーザ等
集泥	浚渫船、クレーン+集泥ポンプ 輸送管、発電機等
注入	スクイズポンプ、輸送管、 発電機、計測機器等
表面保護	バックホウ、吹付けポンプ

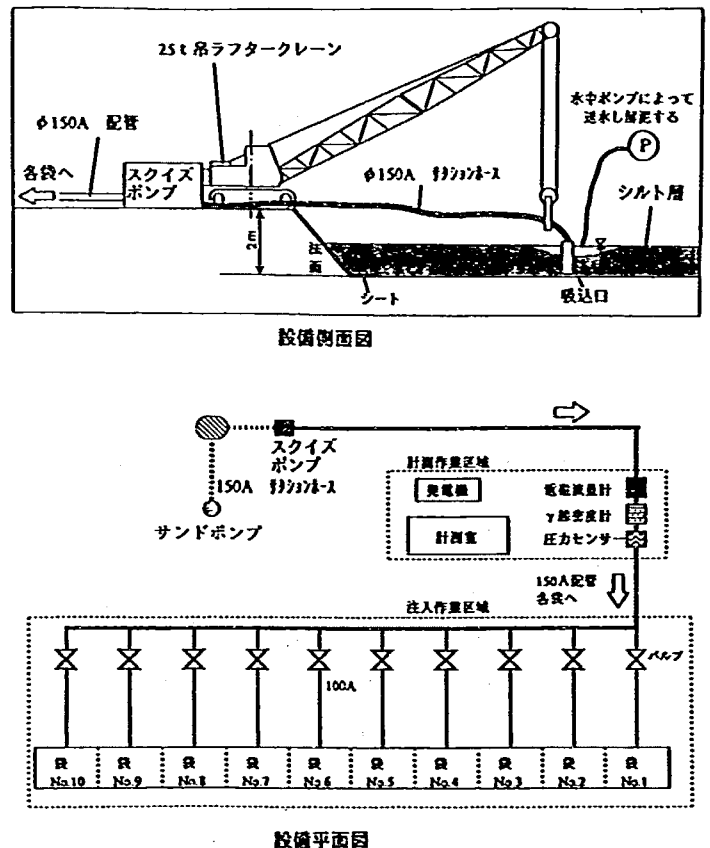


図3-8 ポンプ充填方式の施工設備・機械の配置例

3-3-3 施工上の留意点

1) 袋材の劣化

袋材は紫外線によって劣化するので、必要に応じて袋に植生を施すなどの対策を行うことが望ましい。

2) 充填時および脱水初期の排水処理工

充填作業時および脱水初期にSSの高い排水が出ることもある。よって環境的な制約のある場合は、トレンチ（仮排水溝）に流入した濁水の対策が必要である。また、充填作業中や脱水初期に、袋体に振動、衝撃を与えたりすると、排水のSSが大きくなるので注意しなければならない。

3-4 バックホウ充填方式

3-4-1 施工法

比較的含水比が低く、ポンプによる圧送ができない粘性土および砂質土は、バックホウにより袋に充填する。

バックホウ充填方式による施工法を以下に示す。

1) 袋への充填

袋への充填は、一般に簡易充填ホッパやコンクリートホッパを用いてバックホウにより行うが、対象土の状況に応じて縦充填（袋体の上部より充填）および横充填（袋体の中央部より充填）を適用する。

写真3-1～写真3-2は、簡易充填ホッパおよびコンクリートホッパを介して、袋に対象土を充填している状況を示している。

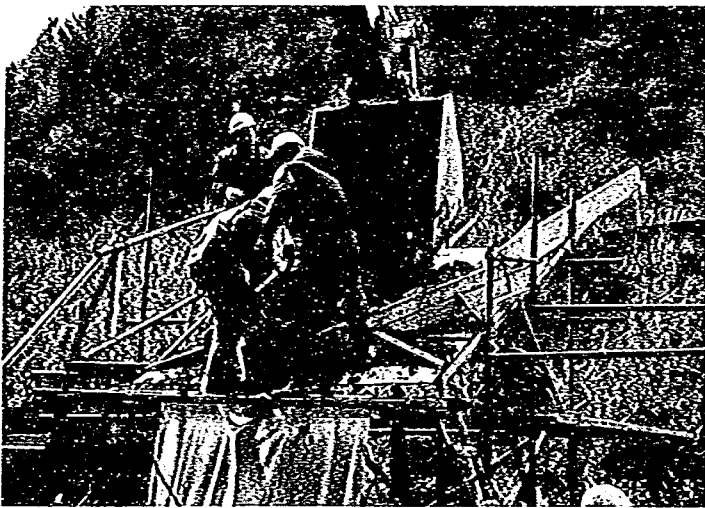


写真3-1 簡易充填ホッパ方式
(砂質土)

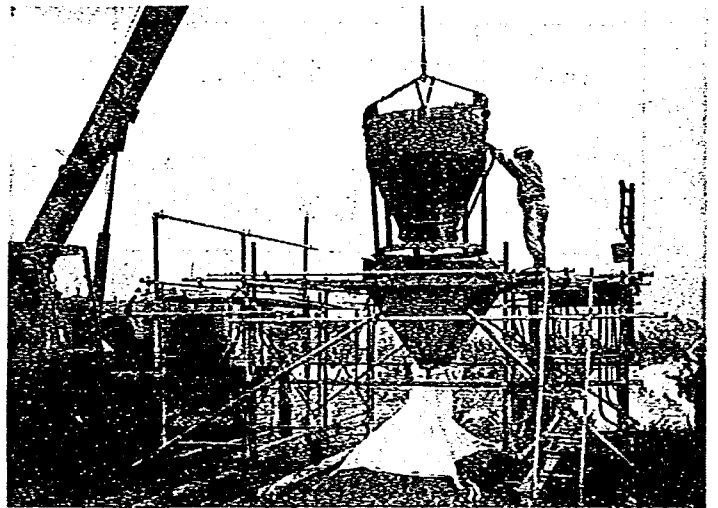


写真3-2 コンクリートホッパ充填方式
(浚渫土)

2) 充填土の仮置き

充填土は、圧密排水および強度増加を図るため、レッカーあるいはクレーンなどにより一時仮置きヤードに運搬し、放置する。

なお、砂質土のように含水比が小さく、せん断強度が期待できる場合には、仮置きヤードで養生しないで、そのまま所定の場所に設置することもある。

写真3-3は、充填土を仮置きヤードで放置している状況を示している。



写真3-3 仮置きヤードでの放置状況

3) 袋体の運搬

一定期間放置した袋体は、クレーンあるいはダンプトラックに積込んで、施工ヤードに運搬する。

写真3-4は、仮置きヤードで一定期間放置した袋詰脱水処理土をダンプトラックで運搬している状況を示している。

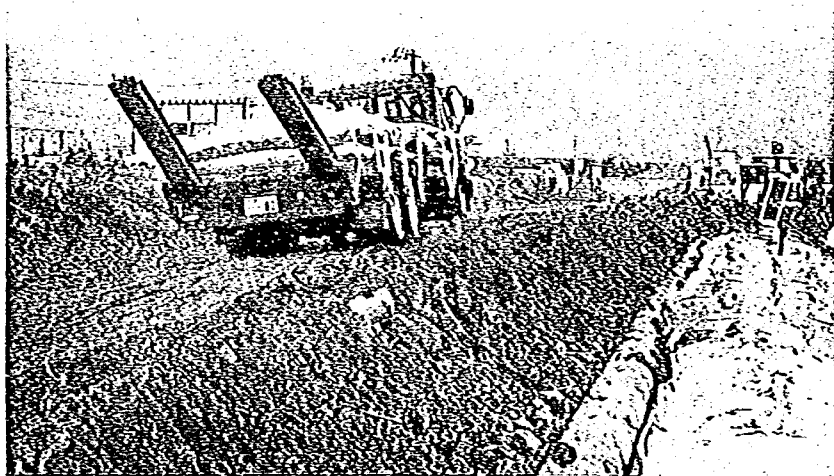


写真3-4 袋詰脱水処理土の運搬状況

4) 袋体の積重ね、据付け

運搬した袋体は、クレーンおよびレッカーにより所定の場所に吊り上げ、所定の盛土形状となるように積み重ねて、整形する。

袋体を吊り上げる方法としては、通常写真3-5に示すように2点吊りとしているが、水中盛土として計画されていたり、袋体の形状を維持するためには、写真3-6に示すように、専用の治具を製作して、4点吊りとすることもある。

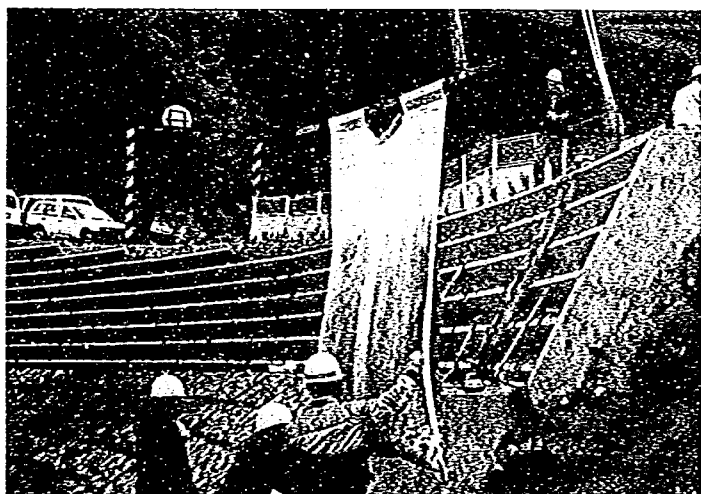


写真3-5 2点吊り方式



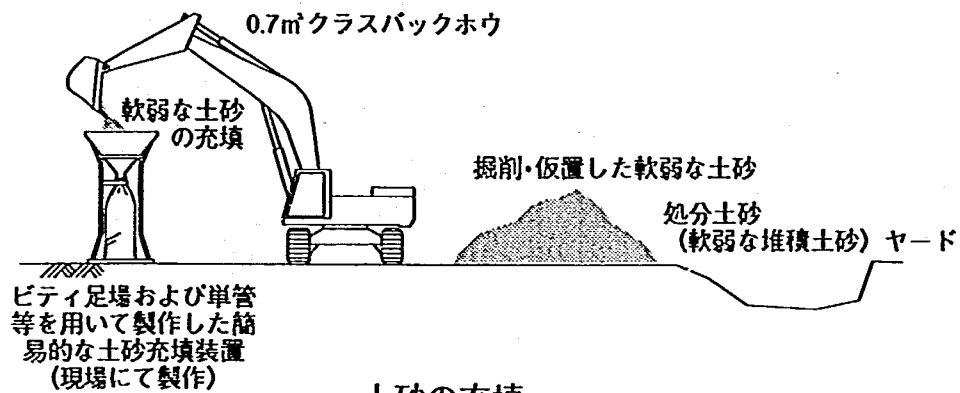
写真3-6 4点吊り方式

3-4-2 施工設備・機械

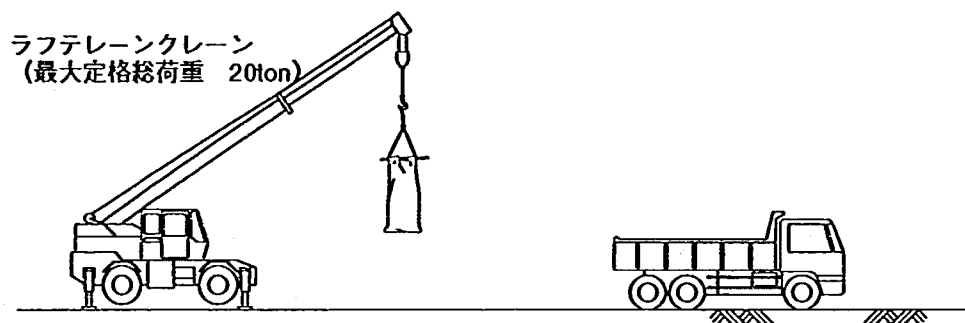
バックホウ充填方式に必要な施工機械・設備の一覧を表3-1に、施工機械の配置例を図3-9に示す。

表3-1 標準的な施工設備・機械

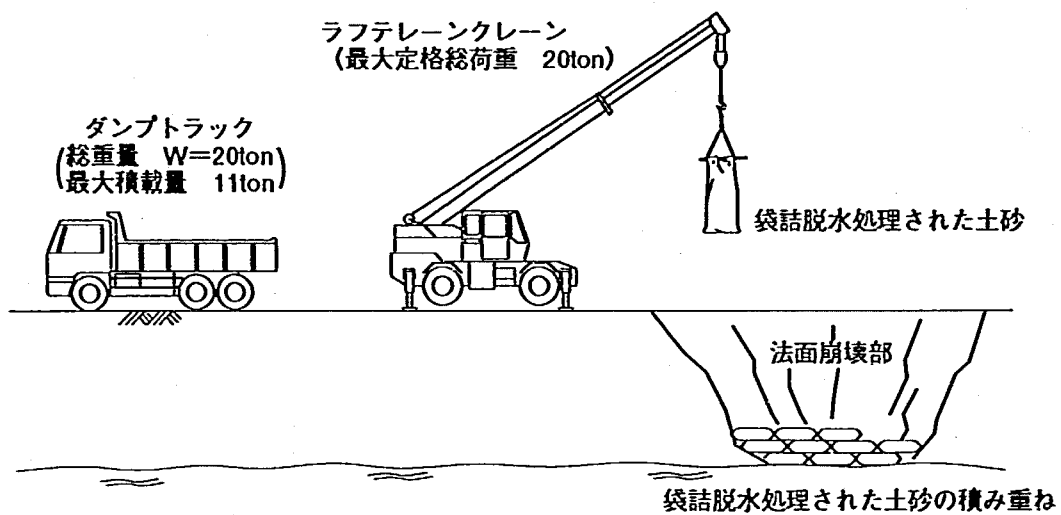
作業内容	施工機械・設備
基盤整形	ブルドーザ、バックホウなど
対象土の収集・積み込み	バックホウ、クラムシェルなど
対象土の運搬	ダンプトラック、ベルコンベアなど
袋への充填	バックホウ、簡易充填ホッパ コンクリートホッパなど
充填土の運搬	ダンプトラック、クレーンなど
袋体の積み重ね、据付け	クレーン、レッカーなど



土砂の充填



袋体の運搬



袋体の積上げ

図3-9 施工機械・設備の配置例

3-4-3 施工上の留意点

当該充填方式を適用する場合の施工上の留意点を以下に示す。

1) 袋への充填量

計画土量以上の土量を充填した場合、袋材には設計値以上の引張力が作用するため、袋体の安定性が懸念される。このため、ロードセルなどを使用した重量管理やホッパなどを利用した土量管理をするなどして、充填量管理を行う必要がある。

また、充填時には荷重の偏心により吊り込み部分の一部に応力が集中すると、袋体の破損の原因となるため、十分に注意する。

2) 仮置き・脱水

脱水期間は利用用途によって異なるが、ヤードの制限などにより段積みにして仮置きする場合には、上載荷重（段積みした袋体）により下段の袋体へ引張力が作用するので、事前検討が必要である。

また、脱水の進行に伴い、袋詰脱水処理土本来の追従性が失われる場合もあるため、用途先での積上げ作業が容易となるような形状（できるだけ矩形に近い形）にしておくことが望ましい。

3) 運搬・吊上げ作業

運搬・吊上げ作業は、できるだけ袋体に衝撃を与えないことが望ましい。吊上げ作業中に衝撃を与えると、袋体や袋体吊り部分に必要以上の荷重が作用して、破損することがある。また、クレーンなどで斜めに吊上げると、袋体に引裂き力が作用して破損することがある。

さらに、ダンプトラックなどによる運搬中に振動や衝撃を与えると、袋体の充填口などが破損することもあるため、取扱いには注意を要する。

4) 積上げ時期

袋体の積上げ時期は、袋体に作用する上載荷重や抜け出しなどに対する安定性を考慮して決定する。

積上げに際しては、袋体を構成しているジオテキスタイルによる補強効果も期待できるが、この補強メカニズムに関しては現在研究中である。これまでに袋体を積み重ねた事例としては2例あるが、対象土のコーン貫入抵抗はいずれも 1 kgf/cm^2 以下で、地山が安定した地点での腹付け盛土である。

写真3-7は、コーン貫入抵抗がほとんど得られない粘性土を袋体に充填した直後に積み重ねた状況を示すものである。このように安定した地山への腹付け盛土で、また両側に押え盛土などの拘束力があれば、袋への充填直後（コーン貫入抵抗が得られない状態）であっても袋体の積上げが可能な場合もあり得る。

(参考) これまでに袋体を積み重ねた事例を以下に示す。

(a) 石手川ダムの事例

この現場では、三軸圧縮試験(UU条件)を行ったところ以下の結果が得られた。

粘着力 $C=0.09 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi=0$

$q_c=10c$ の関係より、 $q_c=0.9 \text{ kgf/cm}^2$

また、現地発生土の土質試験結果や脱水試験結果の詳細は、「4-1 ダム堆砂の崩壊のり面復旧工事への適用事例」を参照にされたい。

(b)福岡国道工事事務所の事例

写真３－７は、福岡国道工事事務所で実施された事例である。表３－２に対象土の基本的土質性状を、表３－３に積み上げた際のコーン貫入抵抗を示す。

表３－２ 土質性状

土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	粒度組成(%)				液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数
		礫分	砂分	シルト分	粘土分			
2.677	71.1	0.6	16.3	26.6	56.5	56.1	33.9	22.2

表３－３ 強度特性

深度 (cm)	コーン貫入抵抗 q_c (kgf/cm ²)
10	0.86
20	0.26
30	0.13
40	0.07
50	0.06
60	0.06
70	0.06
80	0.10



写真３－７ 袋体の積み重ね状況

5) 据付け作業

据付け作業は、クレーンやレッカーなどによって行い、袋体の積み方は一般に谷積み形式とする。また、袋体が前面に押し出されないように、受け盤構造となるように積み上げることも大切である。

さらに、袋体の大きさや形状にばらつきがみられる場合には、適宜水平調整層（レベリング層）を設けることが望ましい。なお、ここでいうレベリング層は、安定処理材を添加した砂で作成し、厚さ15cm程度を目安とする。

3-5 品質管理

品質管理は、袋材に要求される品質及び袋詰脱水処理土の脱水による強度発現などを確認することを主目的として実施する。以下にその主な項目と留意点を示す。

1) 袋材の製品検査

受入れ時に以下に示す試験により、要求品質を満足しているかを確認しなければならない。なお、検査ロットの大きさは、現場条件や安全性等を考慮して、適宜検討する。

(1) 主な室内検査

① 引張強さ(JIS L 1908, 1096)

縫製部と原反について各々実施する

② 引裂試験(JIS L 1096)

③ 単位面積重量(JIS L 1908, 1096)

④ 厚さ(JIS L 1908, 1096)

⑤ 透水係数(JIS A 1218 準拠)

⑥ 伸び特性(JIS L 1096)

⑦ 載荷試験(JIS Z 1651)

小型袋のみに適用

⑧ その他

また、施工前に下記を目視検査を実施する。

(2) 主な目視検査

① 形状・寸法

② 布地の傷、縫製部のほつれ等

③ 吊りベルトの傷、縫製部のほつれ等

④ その他

2) 袋の保管

袋詰脱水処理工法に使用される袋材（ポリエステル、ポリプロピレン等）は、紫外線に対する長期耐候性を持たない。したがって、長期間使用する予定のない袋は屋内に保管するなどの配慮が必要である。

3) 土質性状の確認

施工中及び施工直後に、以下の土質調査を実施し、袋詰脱水処理土の性状を把握しておく必要がある。

① 沈下測定

② サウンディング試験

③ 含水比試験

なお、これらの試験を実施するにあたっては、品質管理用の試験袋を別途作成しておくことが望ましい。

3-6 出来形管理

出来形管理は、計画断面に対して袋体盛土の形状・寸法が満足しているかどうかを確認するために実施するものである。

しかし、袋体は、脱水・自重圧密の進行とともに体積が減容化するため、袋への充填土量と出来形土量とは大きく異なる。そこで、袋詰脱水処理工法の工事数量の算出にあたっては、充填土量を採用するものとする。

また、施工中の品質管理により計画数量と大きな差異が生じると想定される場合には、工事数量変更で対応しなければならない。

3-6-1 出来形管理方法

以下の方法で管理を行う。

表 3-4 出来形管理方法

出来形管理項目	管 理 方 法	
	ポンプ充填方式	バックホウ充填方式
充 填 土 量	流量計による管理	ホッパ、ロードセルによる管理
袋 材 数 量	袋材の面積・個数管理	袋材の個数管理
出来形形状	幅、高さ、長さ、のり面勾配などの管理	幅、高さ、長さ、のり面勾配などの管理

3-6-2 出来形管理上の留意点

①予想を上回る減容化（盛土体の沈下）

施工中の管理により計画時よりも大きく減容化すると想定される場合には、所定の形状・寸法を確保できないことが懸念される。このため袋体の数量や余盛りなどで調整することが望ましい。

②基礎地盤の沈下

軟弱地盤上に適用した場合、袋体盛土の施工に伴い地盤が沈下し、計画断面を確保できない場合がある。このため、沈下対策を行うか、余盛り等で調整するなどの対策を講じることが望ましい。

3-7 維持管理

維持管理は、以下の項目につき、施工終了後より適宜実施しなければならない。

1) 植生

植生不良は袋体盛土の美観を損ねるのみでなく覆土のこぼれ出しや、天日に曝された袋材の紫外線劣化の原因となる。したがって、雨期（根ぐされ）、冬期（渇水）には、特に注意して植生状況を把握しておく必要がある。

植生不良が生じた場合には速やかに種子吹付け工等を実施することが必要である。また、野焼きや草刈りなどは、袋体を損傷することがあるので実施してはならない。

2) 変形

処理土の圧密沈下などに伴うのり面部の僅かな変形は袋体盛土の安定性を損なうことはない。しかし、盛土背面からの被圧水などにより、袋体盛土の異常な変形が確認された場合は速やかに対策工を検討し、対処する必要がある。

3) 強度

袋体内の処理土が圧密促進により、適切な強度を発現しているかをサウンディング試験などにより確認する。なお、袋体盛土本体の近傍に測定用試験袋を設置して適宜計測することが望ましい。

強度発現が予測を大幅に下回る場合は、測定数を増やし、かつ経時変化を確認する。その結果、強度増加が認められない場合には、袋体盛土の安定性を評価し、対策工を検討する。

4) 袋材の損傷

袋材の損傷が認められた場合は速やかに修繕しなければならない。ただし、植生が良好な状態で根の活着が強固であったり、充填土の圧密が終了している場合には、袋体内からの充填土のこぼれ出しがないことが確認されれば、修繕を行う必要はない。

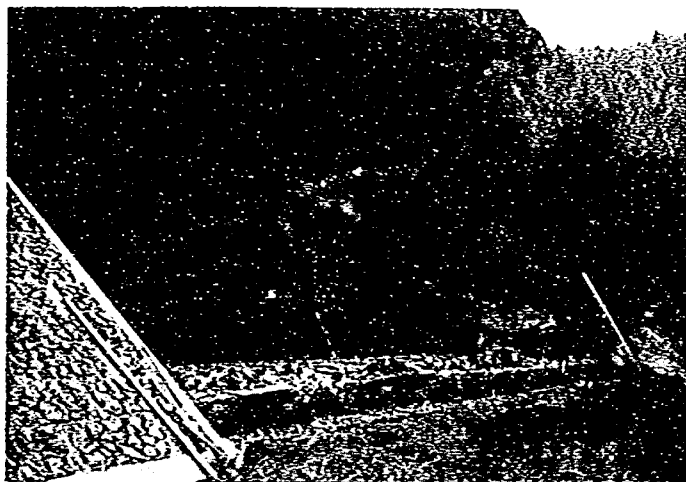
4. 適用事例

4-1 ダム堆砂の崩壊のり面復旧工事への適用事例

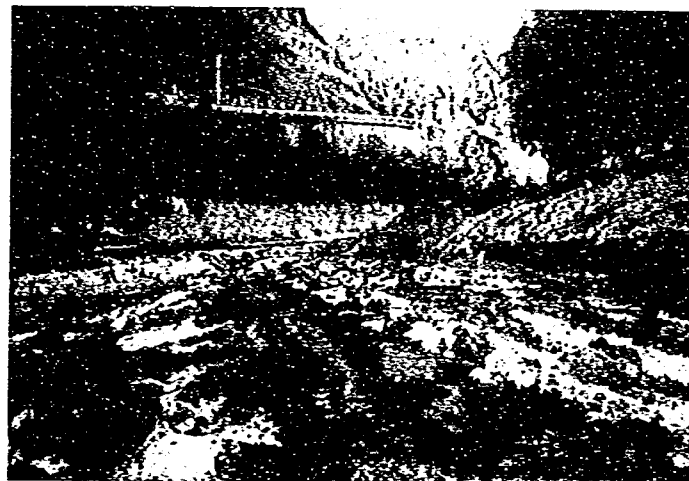
1) 工事概要

当該のり面復旧工事は、建設省試験フィールド制度の一環として、貯砂ダムに堆積した軟弱な土砂を袋詰脱水処理して、近隣の崩壊したのり面に積み重ねて、発生土の再利用（有効利用）を図ったものである。

写真4-1に当工法を適用した現場の状況を、図4-1に標準施工断面図を示す。



(崩壊のり面復旧地点の状況)



(貯砂ダム背面の堆砂状況)

写真4-1 現地の状況写真

工事概要は以下の通りである。

- ・ 施工場所：愛媛県松山市
- ・ 施工時期：1995年2月～3月
(袋体盛土の挙動計測は継続中)
- ・ 処理土量：250 m³
- ・ 施工規模：復旧盛土高さ H=5.5 m
施工延長 L=10 m
袋体の総数 N=200袋

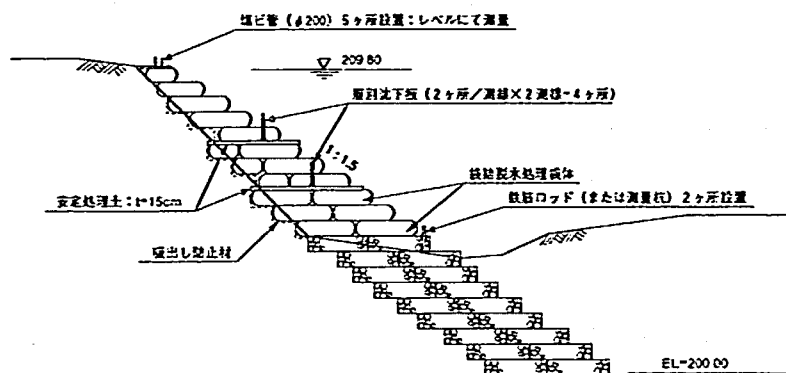


図4-1 標準施工断面図

2) 対象土の土質性状および袋材の仕様

貯砂ダム背面に堆積した土砂の土質性状を表4-1に、使用した袋材の仕様を表4-2に示す。

表4-1 対象土の基本的土質性状

土粒子の密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	粒度組成(%)			液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数
		礫分	砂分	シルト・粘土分			
2.63	32.9	20	47	33	56.9	37.9	19.0

表4-2 袋材の標準仕様

	引張強度 (kgf/3cm)	伸度 (%)	透水係数 (cm/s)	開孔径 (mm)	材質	容量 (m ³)	サイズ (m)
縦方向	192	21	1.3×10 ⁻²	0.2	ポリエスチレン	1.0	1.0×2.0×0.5 (80%充填時)
横方向	187	21		0.1			

3) 施工法

当該対象土は含水比が低く、砂質系の材料であること、また作業ヤードが狭く処理ポンドなどの配置ができないことから、単管パイプによる簡易土砂シュートを製作し、バックホウによる充填方式を採用した。

施工状況写真を写真4-2～写真4-4に示す。



写真4-2 土砂充填状況



写真4-3 袋体設置状況

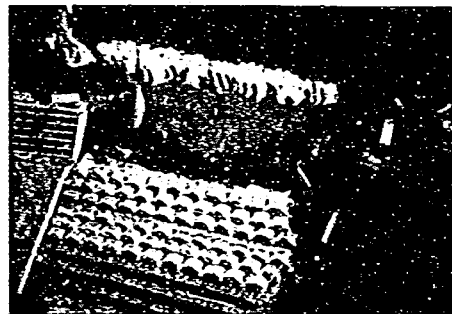


写真4-4 袋体据付状況

4) 施工および計測結果

(1) 施工性

袋への充填、仮置き、吊込みおよび積上げ工といった一連の施工性はほぼ良好であり、1日あたり40袋程度の処理が可能であった。しかし、堆砂が塊状で持ち込まれたため、ホッパ部で閉塞しやすくなり、人力による補助を必要とした。また、袋体吊上げ時に充填土が底部に片寄り（底膨れ現象が発生し）、当初計画していた袋体の形状確保が困難となった（所定の場所に据え付けた時点で人力により整形を試みたが、流動性を呈していないため、整形ができなかった）。

(2) 充填土の土質性状

充填土の土質性状の変化を把握するため、計測用試験袋および計測用袋体盛土を設置して、各種土質調査を実施した。

① 試験袋の計測結果

充填土の含水比およびコーン貫入抵抗の経時的な変化を測定したが、その測定結果を図4-2～図4-3に示す。

充填直後のコーン貫入抵抗は 2 kgf/cm^2 以下であったが、約1カ月の放置で 4 kgf/cm^2 程度となり、脱水による強度増加が顕著に認められた。

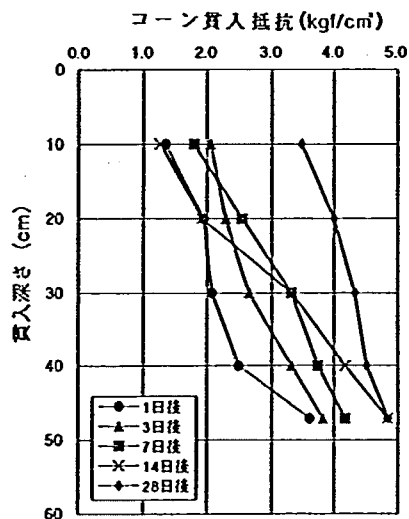


図4-2 コーン貫入抵抗の経時変化

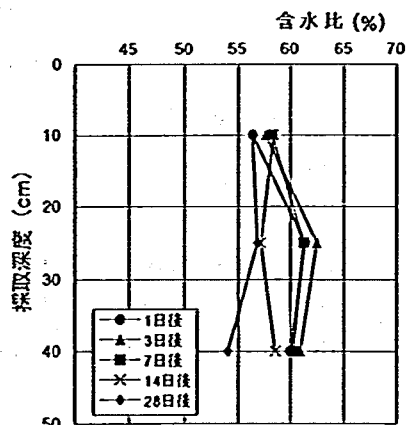


図4-3 含水比の経時変化

また、含水比についてはコーン貫入抵抗ほど顕著に変化が認められないが、全体的に5%程度の低下は見られた。

②計測用袋体盛土の計測結果

計測用袋体盛土の施工完了後、約1年経過した時点でスウェーデン式サウンディング試験を実施した。

図4-4に示すように表面付近では、100kg以下の自沈層がみられるが、中間付近より回転数が見られ、N値に換算すると3~4の値が得られた。

また、含水比については図4-5に示すように、深度方向にかかわらず充填時に比べて約10%程度の低下が見られ、45%程度の値となった。

③袋体盛土の挙動測定結果

袋体盛土の挙動を把握し、その安定性を評価するため、図4-1に示すように層別沈下板および反射板を設置して沈下および変形挙動測定を長期間実施している。

図4-6は袋体盛土の経時的な沈下挙動を示すものであるが、盛土完了後1カ月程度の放置でほぼ収束傾向を示している。

なお、盛土完了後3カ月および6カ月での沈下計測では、異常出水による沈下が見られた（流木などが袋体に衝突し、陥没した箇所が確認された）。

その後の沈下は収束しており、袋体がすべり出したり、崩壊するような挙動は見られず、袋体盛土は安定しているものと評価される。

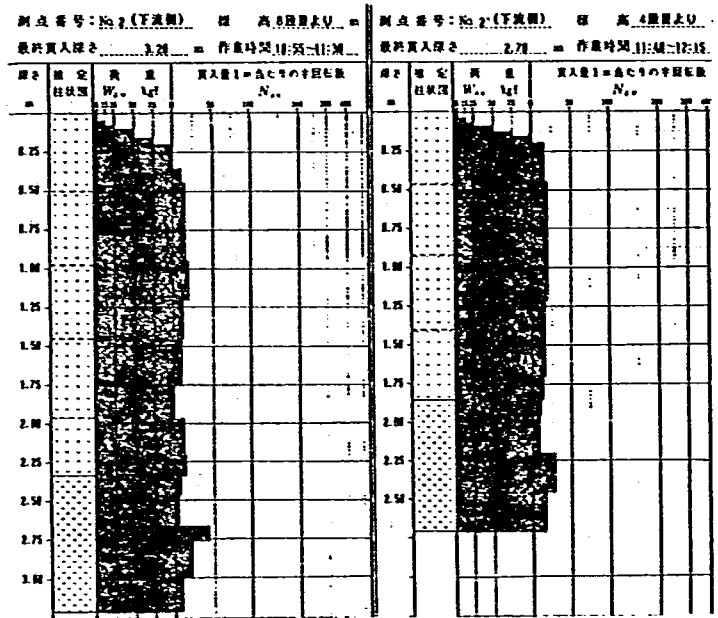


図4-4 サウンディング結果

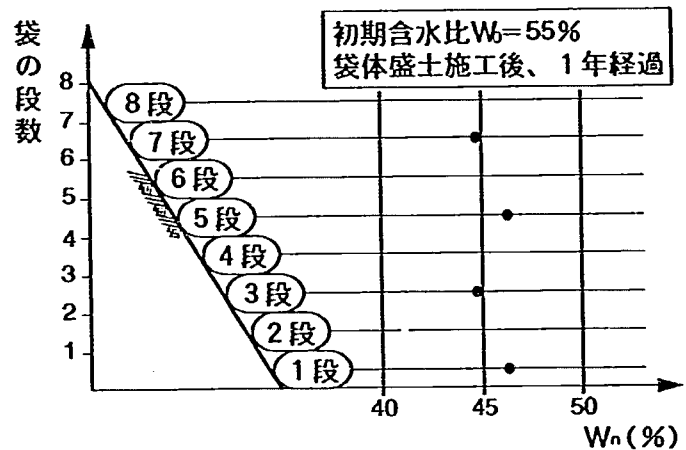


図4-5 含水比試験結果

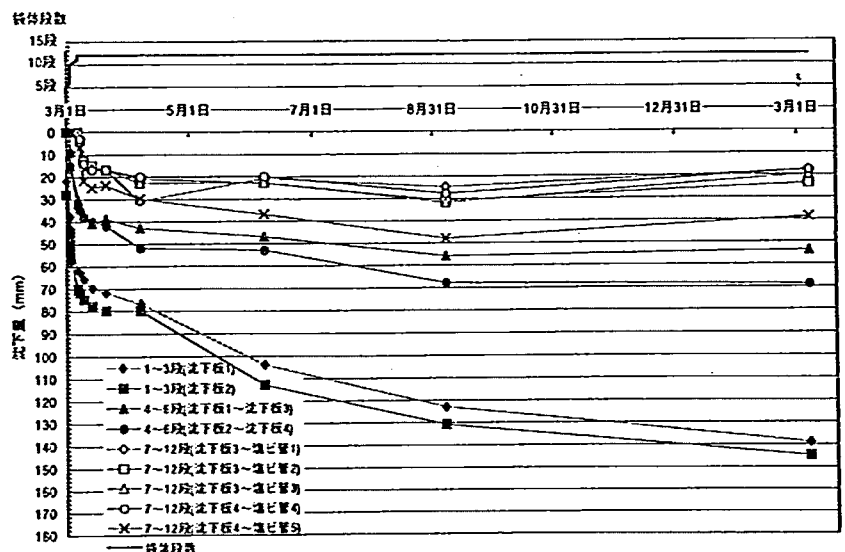


図4-6 沈下の経時変化

(3) 植生について

袋材の紫外線劣化防止および周辺環境との調和（共生）を図るため、袋体盛土ののり面保護工としてテクソルグリーン工法を採用した。

異常出水により下から3段までの袋体については植生がはがれて袋が露出している箇所が見られたが、これより上の袋体については写真4－5に示すように植生は良好で、低木については袋体への根の混入も見られた。



写真4－5 袋体盛土の植生状況

4-2 河川底泥浚渫土の多自然型護岸への適用例

1) 工事概要

当該工事は、建設省リサイクルモデル事業の一環として旧吉野川の河川改修工事に伴って発生する底泥浚渫土を植生可能な袋に充填し、多自然型護岸の盛土材として再利用したものである。なお、当該現場は緩流河川内であり、洪水時の流出防止のため脱水終了後の袋体の重量は1tf以上であることが要求された。

- ・ 施工場所：徳島県板野町
旧吉野川下流
- ・ 施工時期：1995年6月
～11月
- ・ 処理土量：1600m³
- ・ 施工規模：護岸延長 L=145m

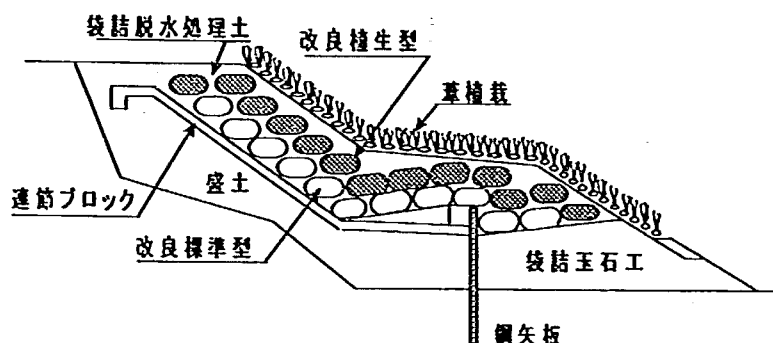


図4-7 標準断面図

2) 対象土の土質性状および袋材の仕様

充填土の土質性状を表4-3に、使用した袋材の仕様を表4-4に示す。なお、当該工事では袋体の設置作業が水中（水中盛土）で計画されたため、通常の2点吊りではなく図4-8に示すような4点吊りに改良した袋を用いた。

表4-3 土質性状

土質分類	土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	粒度組成(%)			液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数
			砂分	シルト分	粘土分			
シルト	2.677	83.0	25.0	54.0	21.0	39.0	28.6	10.4

表4-4 袋材の仕様

型 式		引張強度 (kgf/cm)	伸度 (%)	透水係数 (cm/s)	開口径 (μm)	材質	容量 (m ³)	サイズ (m)	使用数量 (袋)
改良標準型		ㄗ 73 ㄗ 73	13 13	1.5×10 ⁻³	112×128	ポリエステル (織布)	1	1.6×2.5	890
改良植生型	上面	ㄗ 9 ㄗ 7	65 65	1.0×10 ⁻²	—	ポリエステル (不織布)	1	1.6×2.5	579
	下面	ㄗ 73 ㄗ 73	13 13	1.5×10 ⁻³	112×128	ポリエステル (織布)	1	1.6×2.5	

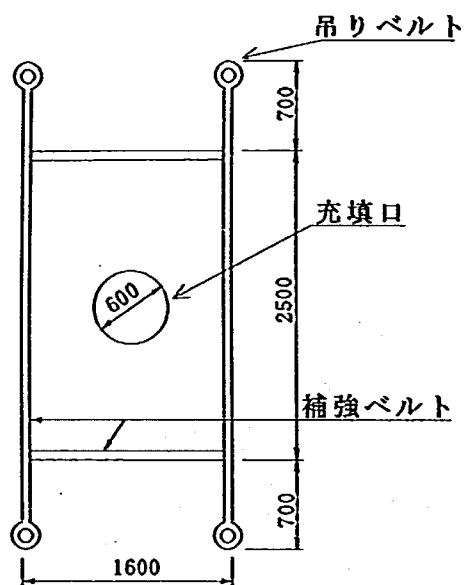


図4-8 袋の形状寸法

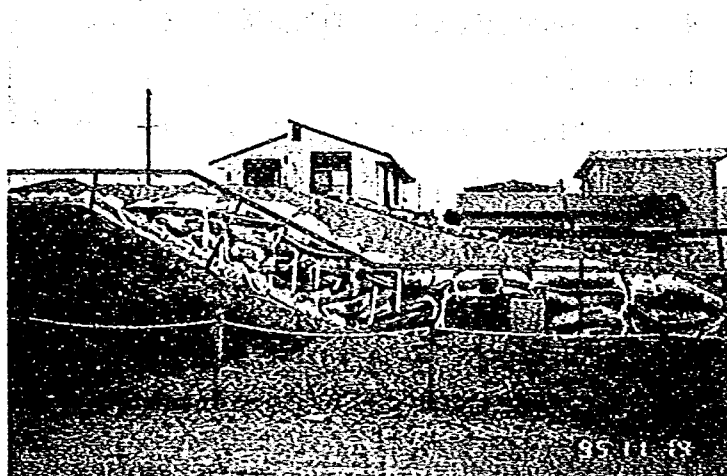


写真4-6 完成予想実大モデル

3) 施工法

図4-9に当該工事の施工フローを示す。対象土は河川浚渫土であり高含水比で流動性を呈していたが、小型袋への充填であったのでバックホウ充填方式を採用した。なお、袋への充填土量は定量ホッパを用いて管理した。

施工状況を写真4-6～4-8に示す。

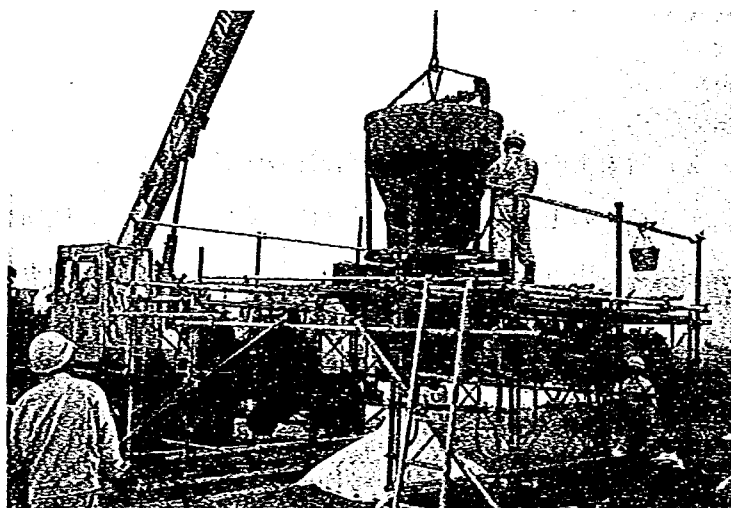


写真4-7 充填状況

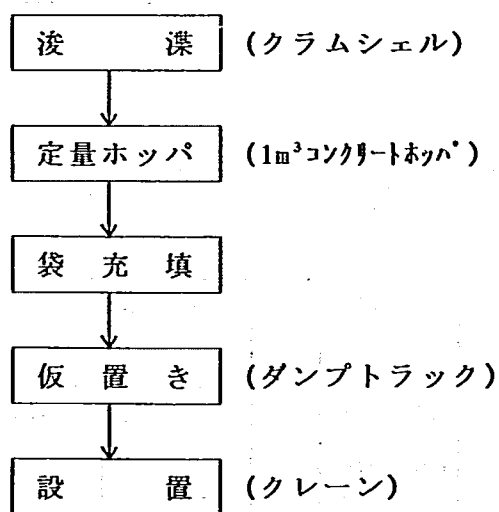


図4-9 施工フローおよび使用機械

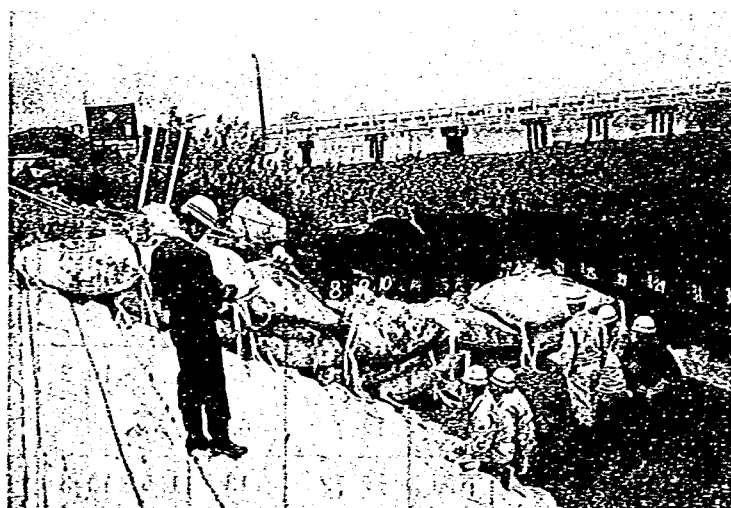


写真4-8 設置状況

4) 施工および計測・観測結果

(1) 施工状況

当該工事は、脱水処理土を水深約1mの水中盛土とする計画であったので、施工性を考慮して4点吊りが可能な袋を使用した。袋への充填、定量ホッパによる充填量管理、吊込みおよび積上げ作業等の施工性は、ほぼ良好であった。また、脱水放置時の袋材劣化による強度低下は、衝撃試験の結果、積上げ作業に支障となるものではなかった。

(2) 試験袋体の土質性状変化

充填土の土質性状変化を把握するため、計測用試験袋を設置して、各種土質調査を行った。

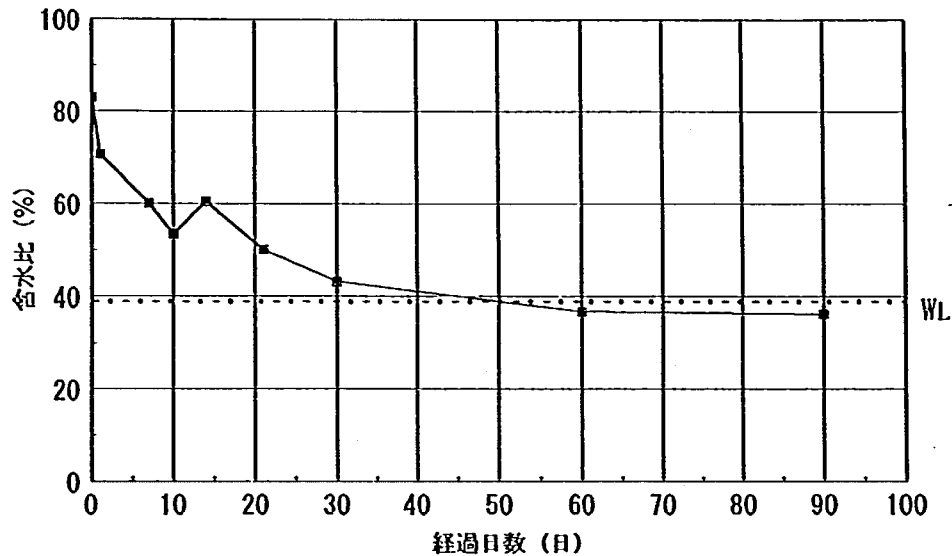


図4-10 含水比の経時変化

図4-10に含水比の経時変化を、図4-11にコーン貫入抵抗の経時変化を示す。充填時に83.0%であった含水比は、21日後に50.1%になり、コーン貫入抵抗も当初測定不能であったものが1週間で 0.5 kgf/cm^2 程度になった。また、ほぼ30日経過すると含水比は液性限界付近まで減少し、それとともにコーン貫入抵抗にも急激な増加が見られた。その後、コーン貫入抵抗は経時的に増加し、脱水による強度増加が顕著に認められた。

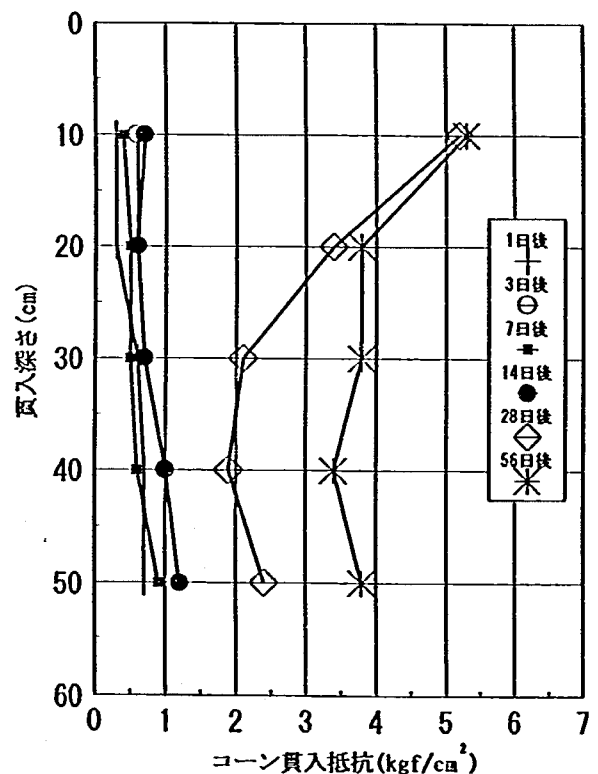


図4-11 コーン貫入抵抗の経時変化

(3) 植生

写真4-9は施工後約6ヶ月経過した植生状況を示す。袋体への植生状況は良好であり、植栽したヨシは一面に繁茂していた。



写真4-9 植生状況

4-3 湖沼底泥浚渫土の囲繞堤造成への適用

— 大型袋を用いた積重ね実験 —

1) 実験概要

霞ヶ浦の浚渫土を利用して、実物大の袋を用いた現地実験を行った。本実験は浚渫土の注入に関する施工性、脱水速度、放置期間における土質特性の変化、植生状況を調査する実験Aと袋の積重ね時の安定性を検討するための実験Bを行った。表4-5に実験概要を、表4-6に対象土の土質性状を示す。

表4-5 霞ヶ浦における袋の実物大実験概要

実験区分	袋の大きさ・数	布の厚さ・引張強度	備考
実験A	周長 6m×長さ20m、1袋	0.25mm、53kgf/cm(T-150)	
浚渫土充填	周長 8m×長さ20m、1袋	0.35mm、73kgf/cm(T-200)	一部で植生実験
後放置	周長10m×長さ20m、1袋	0.50mm、103kgf/cm(T-300)	
実験B	周長 8m×長さ20m、3袋	0.38mm、83kgf/cm(#1020)	下段
2段の積重ね	周長 8m×長さ16m、2袋		上段 (約6ヶ月後に積む)

表4-6 対象土の土質性状

土粒子密度 G_s (g/cm ³)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)	粒度組成 (%)			強熱減量 L_i (%)
			砂	シルト	粘土	
2.475	224.7	67.8	0	43	57	18.5

2) 実験方法

大型袋への浚渫土の充填にあたっては、①浚渫船から排砂管を通して送られてくる浚渫土を、分岐管を設けて直接袋に充填する方法(図4-14)と、②ボンドに堆積している浚渫土を採取して、袋に充填する方法(図4-15)を用いた。実験Aでは①の方法で充填し、実験Bの上段袋の充填には②の方法を採用した。これらの方法は、いずれも施工が容易であることが確認された。

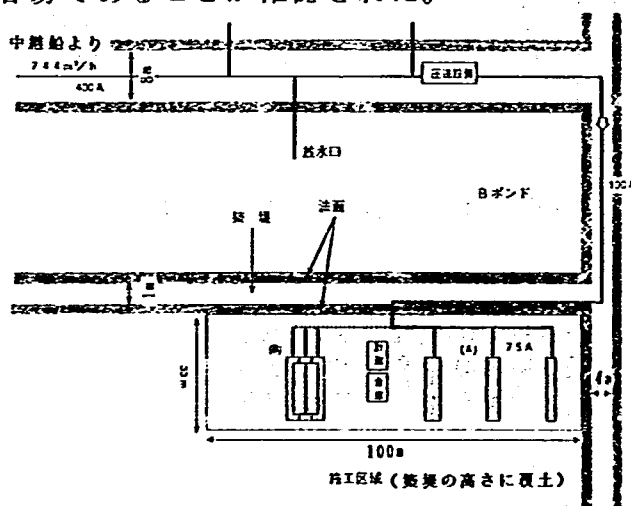


図4-14 排砂管からの直接採泥

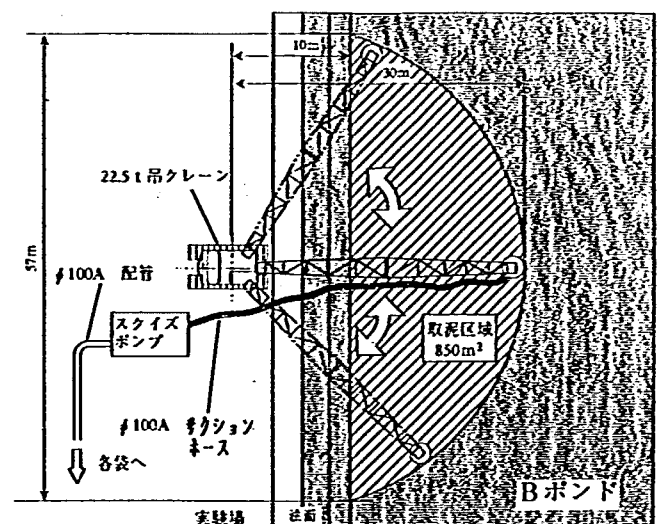


図4-15 処理ボンドからの採泥

3) 実験結果

実験の主な結果を要約すると、次のようになる。

- ①注入量は周長 6 m、8 m、10 m×長さ 20 mの袋において、それぞれ 38.6 m^3 、 68.7 m^3 、 107.4 m^3 であり、多量の浚渫土を袋に処分することができた。充填完了後の状況を写真 4-10 に示す。
- ②袋体の中央高さの変化を図 4-16 に示す。再充填にあたっては袋材の劣化による破断が懸念されたが、放置期間が 2～3 ヶ月程度では、ほぼ初期の高さまで浚渫土の再充填が可能であった。
- ③充填後の袋体の形状は、ほぼ楕円の約 1/3 下部を切った形状となった (図 4-17)。
- ④図 4-18 は、充填土の土質特性の変化を示している。放置期間中の乾燥によって、含水比の減少とコーン貫入抵抗の増加が明確に認められる。
- ⑤下段袋に浚渫土を充填後約 6 ヶ月間放置し、上段に袋体を積み重ねた。下段袋の充填土の粘着力がおよそ $c = 0.4 \text{ tf/m}^2$ と想定よりも大きかったので、下段袋はほとんど変形しないで、上段袋を積むことができた (写真 4-11、図 4-19)。
- ⑥芝の植生は、根の一部が織布を貫通しており、植生状況は極めて良好であった。(写真 4-12)

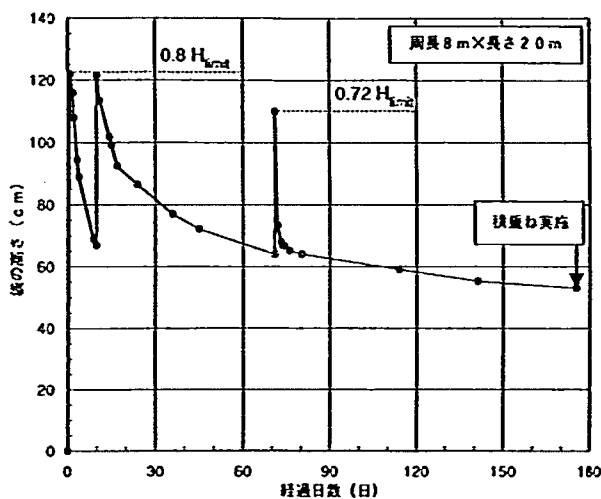


図 4-16 袋体の中央高さの変化

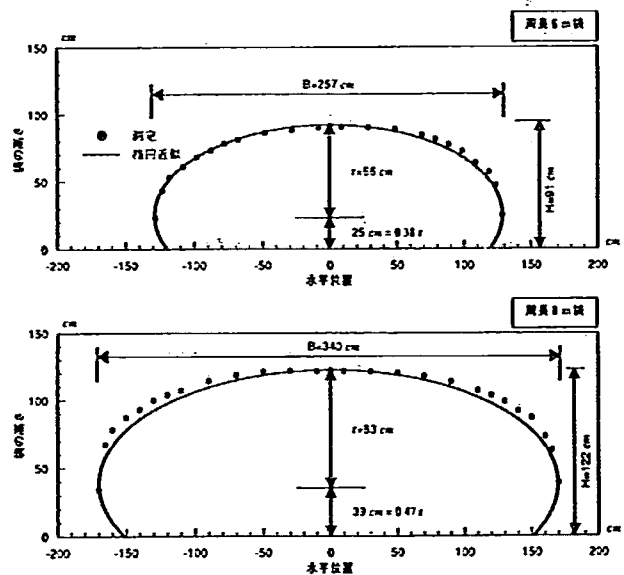
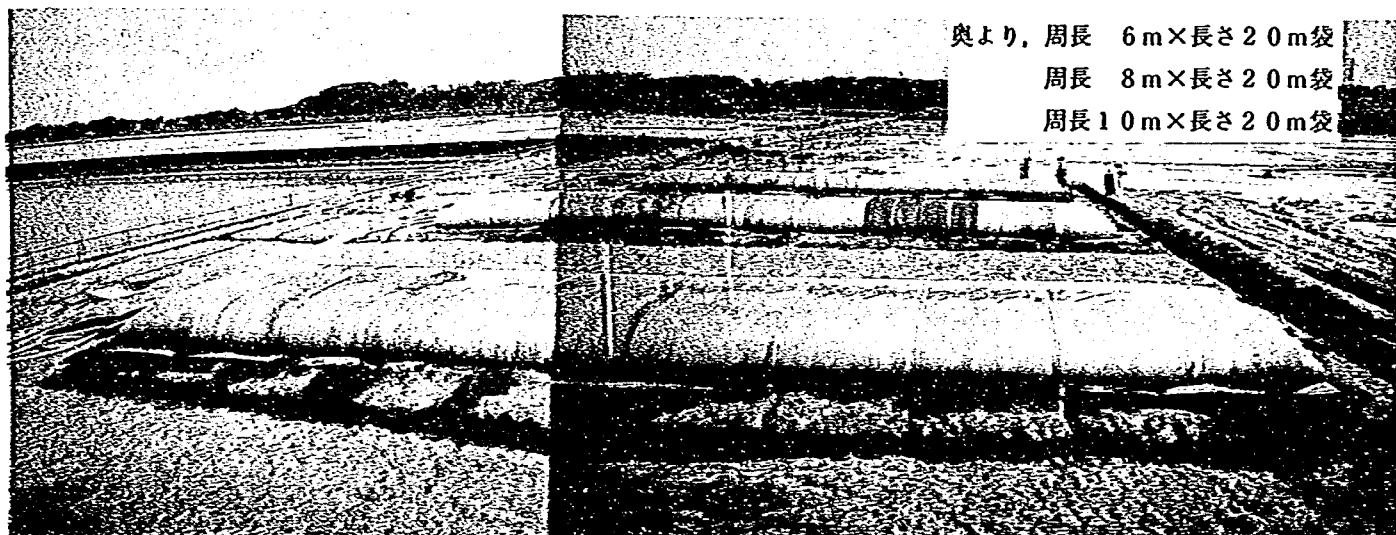


図 4-17 充填後の袋体の形状



奥より、周長 6m×長さ20m袋
周長 8m×長さ20m袋
周長10m×長さ20m袋

写真4-10 充填完了状況

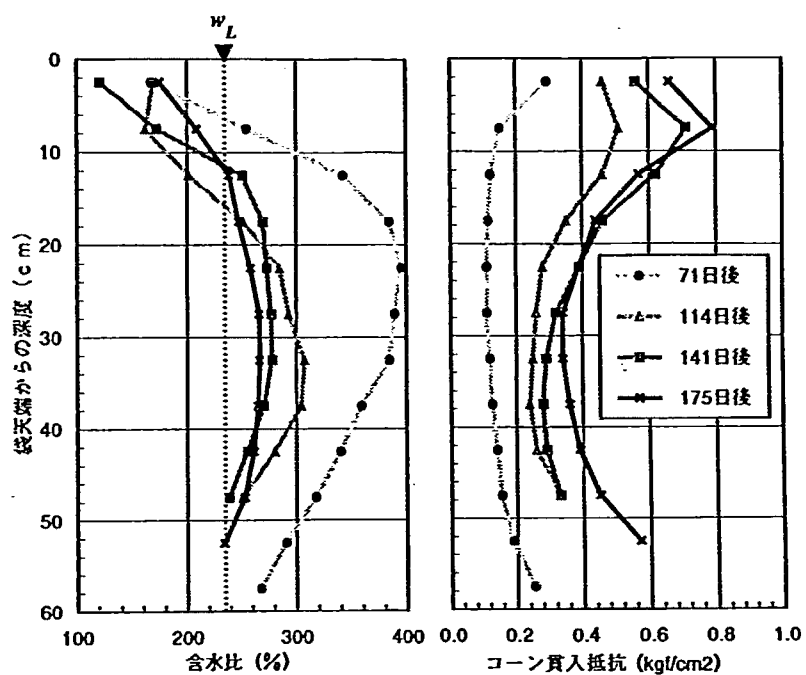


図4-18 充填土の含水比とコーン貫入抵抗

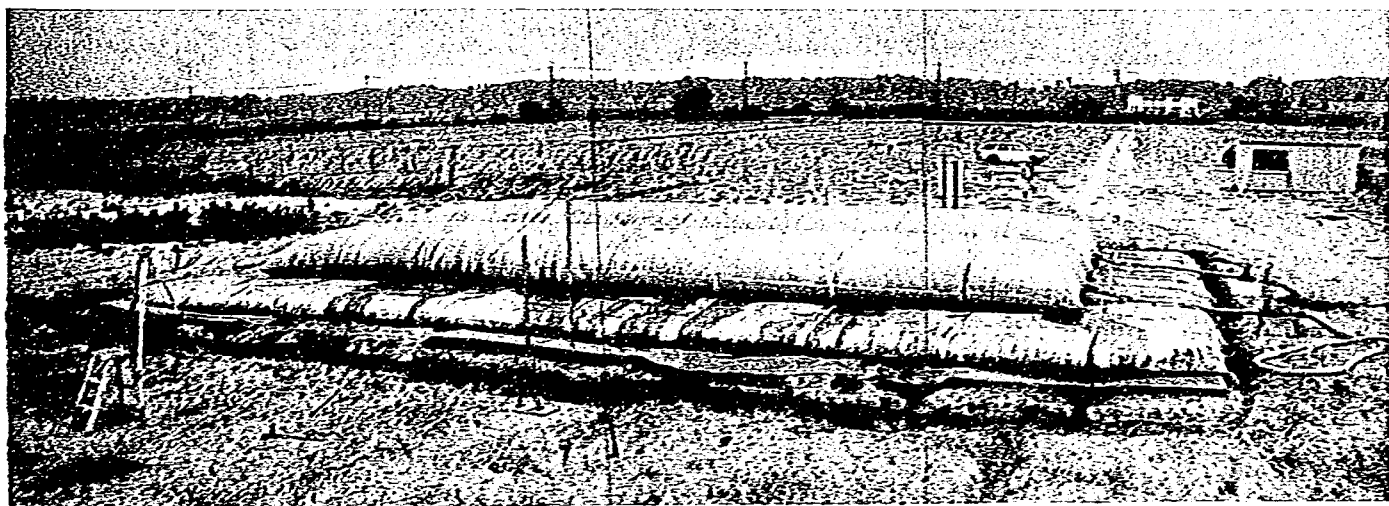


写真4-11 上段袋積重ね後の状況

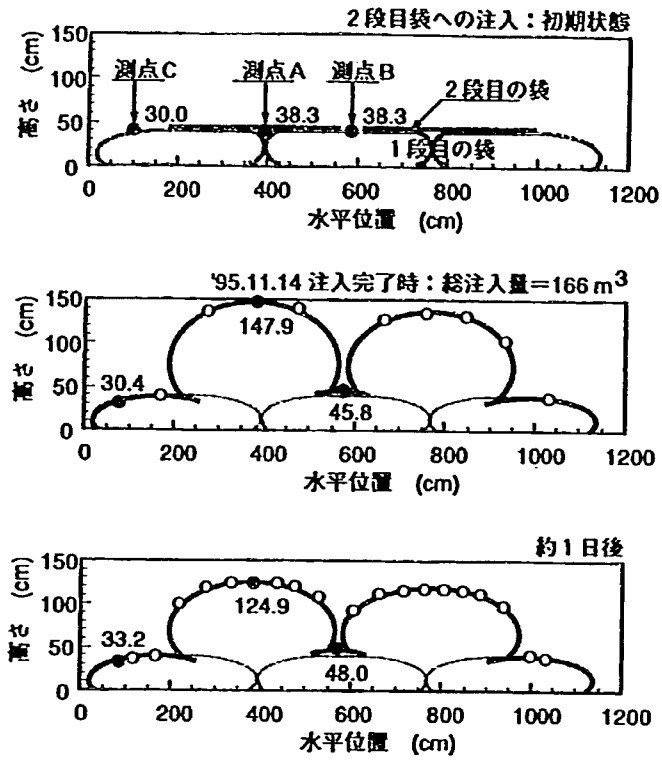


図 4 - 1 9 積重ね時の断面形状

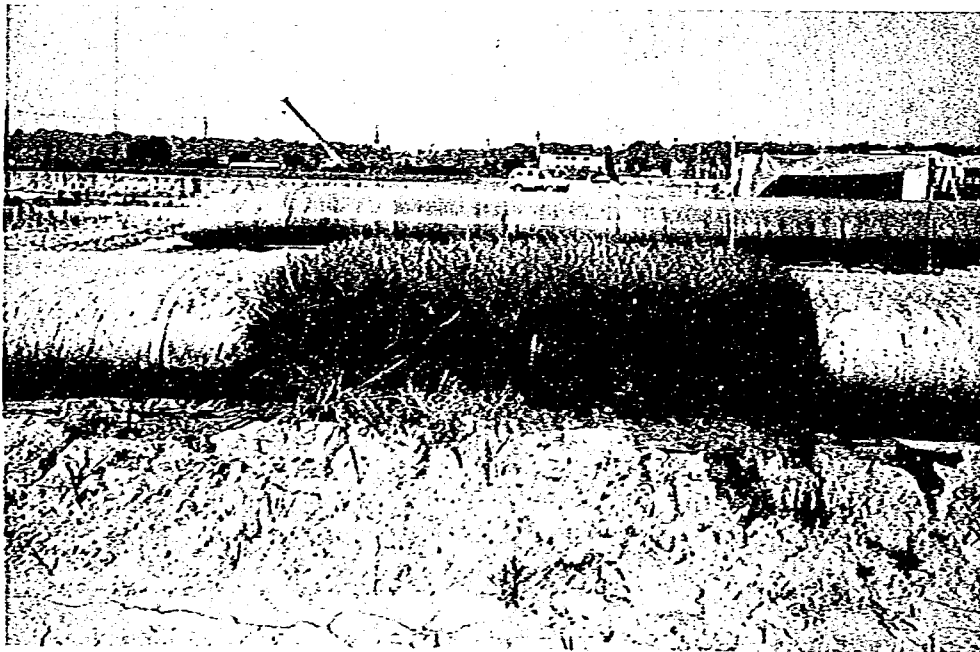


写真 4 - 1 2 袋体への植生状況 (68日経過時)

参考文献

- 1)建設省 建設発生土利用のための開复工法概要、PP. 15～18
- 2)山田哲也・高橋弘樹・新舎博・近藤誠宏 浚渫土の袋詰脱水処理に関する研究（その1）－高含水比粘土を注入した袋詰粘土の内圧による破裂実験－、第30回土質工学研究発表会、pp. 2511～2512
- 3)山田哲也・新舎博・土橋聖賢・岡村康弘 浚渫土の袋詰脱水処理に関する研究（その3）－大型袋の注入実験－、第30回土質工学研究発表会、pp. 2515～2516
- 4)山田哲也・高橋弘樹・新舎博・安部克郎・相原啓一・佐々木徹 高含水比粘土の袋詰め脱水処理工法に関する研究（その2）～周長2m袋の脱水実験～、第28回土質工学研究発表会、pp. 2699～2702
- 5)山田哲也・新舎博・千田昌平・近藤誠宏・佐々木徹・鈴木薫 高含水比粘土の袋詰め脱水処理工法に関する研究（その4）～周長4m袋の脱水実験～、第48回年次学術講演概要集、pp. 1150～1151
- 6)（財）土木研究センター ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル
- 7)山田哲也・佐々木徹・高橋勇・土橋聖賢 積み重ねた袋詰盛土の部分安定（袋体の抜け出し）に関する評価（その1）、第31回地盤工学研究発表会、pp. 2545～2546
- 8)石田勝夫 土中における不織布物性の経年変化について、第1回ジオテキスタイルシンポジウム発表論文集、pp. 11～14
- 9)河田秀雄 ブロックマットに使用した合成繊維製織布の地中に於ける長期耐久性について、第3回ジオテキスタイルシンポジウム発表論文集、pp. 110～114
- 10)青山憲明・古性隆・千田昌平・一柳演・近藤誠宏 軽量ブロックを利用した軽量盛土工法、第27回土質工学研究発表会、pp. 2529～2530
- 11)三木博史・車田佳範・関口昌男・千田昌平・宮川恒夫・一柳演 高含水比粘土の袋詰め脱水処理工法に関する研究（その3）～砂を混合した粘土の強度特性～、第28回土質工学研究発表会、pp. 2703～2706
- 12)三木博史・古性隆・千田昌平・相原啓一・新舎博・近藤誠宏 高含水比粘土の袋詰め脱水処理工法に関する研究（その5）～袋の3段積み重ね実験～、第48回年次学術講演概要集、pp. 1148～1149
- 13)三木博史・林義之・山田哲也・森範行 ハイグレードソイルの利用技術、土と基礎、pp. 25～30
- 14)山田哲也・小久保裕・土橋聖賢・佐々木徹 疎水化剤を添加した浚渫泥水の袋詰脱水特性（その1）－疎水化剤の有無・布の違いによる影響－、第29回土質工学研究発表会、pp. 2403～2404
- 15)山田哲也・高橋弘樹・土橋聖賢・新舎博 疎水化剤を添加した浚渫泥水の袋詰脱水特性（その2）－疎水化剤の種類・袋への注入速度の影響－、第29回土質工学研究発表会、pp. 2405～2406
- 16)三木博史・山田哲也・一柳演・串間正敏・新舎博 浚渫土の袋詰脱水工法、土と基礎、pp. 31～34
- 17)三木博史・小久保裕・佐々木徹・滝瑛一路 浚渫土の袋詰脱水処理に関する研究（その2）－高含水比粘土を注入した袋詰粘土の外圧による破裂実験－、第30回土質工学研究発表会、pp. 2513～2514
- 18)山田哲也・高橋弘樹・土橋聖賢・西村淳 浚渫土の袋詰脱水処理に関する実物大実験（その1）－大型袋の注入実験－、第31回地盤工学研究発表会、pp. 2535～2536
- 19)山田哲也・新舎博・安部克郎・稲田広文 浚渫土の袋詰脱水処理に関する実物大実験（その2）－大型

袋の脱水特性一、第31回地盤工学研究発表会、pp. 2537～2538

20) 三木博史・小久保裕・佐々木徹・城所育雄 浚渫土の袋詰脱水処理に関する実物大実験（その3）—大型袋の積み重ね実験一、第31回地盤工学研究発表会、pp. 2539～2540

21) 山田哲也・土橋聖賢・新舎博・高橋勇 粘着力を持つ袋詰粘土の外圧破裂実験、第31回地盤工学研究発表会、pp. 2541～2542

22) 三木博史・佐々木徹・滝瑛一路他1名 積み重ねた袋詰脱水処理土の安定性評価、第31回地盤工学研究発表会、pp. 2543～2544

23) Hiroshi Miki & Tetsuya Yamada・Hiroshi Shinsha・Isamu Takahashi・Masatoshi Kushima Application of geotextile tube dehydrated soil to form embankments, IS-OSAKA 96 Environmental Geotechnics, pp. 385～390

24) Hiroshi Miki & Tetsuya Yamada・Hiroshi Kokubo・Isamu Takahashi・Tohru Sasaki Experimental study on geotextile tube dehydration method of dredged soil, Euro Geo 1, Geosynthetics: Applications, Design and Construction, pp. 933～941