

# 「豪雨と地震に対するため池の耐久性・遮水性向上技術の開発」

改修を要するため池において、底泥土・発生土等を遮水用築堤材料として有効利用する工法の開発

## 1. 研究開発の概要

本研究開発課題では、既設ため池の機能をできるだけ短期間、かつ低コストで更新するために、対策工事に必要な品質を満たす築堤土を、堆積土砂や掘削発生土等を有効利用し、セメント系固化材により改良して製造する技術を開発した。

### 1.1 背景

ため池のような小規模ダムは築造年月が古く老朽化し、漏水や堤体破損等に対する早急な改修を必要とされているものが多い。ところが特に市街化が進んだ地域では、適切な遮水用築堤土の確保が難しいため、対策工事の実施を困難にしている。

早急な対策工事の実現のためには、必要な遮水用築堤土を外部で入手するのではなく、現地で調達する必要がある。

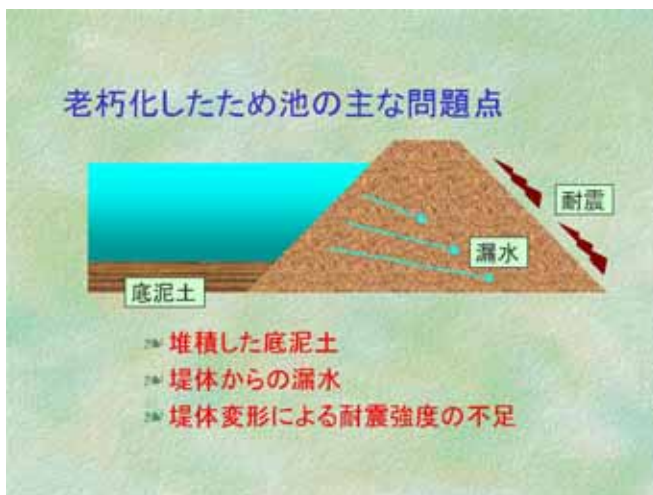


図1.1 老朽化したため池の主な問題点

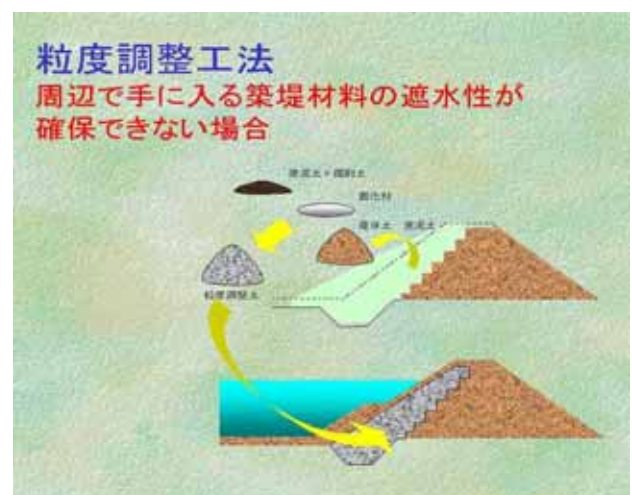


図1.2 工法の概要

本研究課題は、現地調達できる材料として、既設堤体の貯水側法面部の段切り掘削により発生する堤体土と底泥土を選択し、これらの組み合わせによる粒度調整土の遮水用築堤土としての適用性を、室内試験と現場実証試験により調べ、新工法、設計法を開発したものである。

### 1.2 施工の条件

本工法は次のような場合に適用すると効果的である。

遮水性を確保できる築堤土が、

- ・周辺にない。または数量が足りない。
- ・土取りには環境保全上の懸念がある。
- ・購入値段が高い。

堆積土砂（底泥土）や掘削土を搬出するに当たって、

- ・土捨場が周辺にない。受入数量が足りない。
- ・土捨てには環境保全上の懸念がある。
- ・処理及び処分費用が高い。

土砂の搬出入数量（盛土数量）が多く、

- ・騒音振動粉じんなど、交通公害の懸念がある。
- ・交通安全上の懸念がある。

以上のような課題に対して、適用を検討すると良い。工法選定検討のフローを図1.3に示す。



図1.3 対象工法の選定

## 2. 導入効果

既設ため池の貯水容量、洪水調節容量の確保など、機能更新の対策工事に必要な築堤土を現地で調達することにより、次のような効果がある。

### 事業の効率化・迅速化

従来の固化処理しただけの土と異なり既設堤体とのなじみがよく、遮水材、築堤材としても使用可能になる。そのため築堤土を入手できないなど、事業化が困難と思われた地区の様々な制約条件を解決し、早急な機能回復が可能となる。

### コスト縮減

築堤土の購入費用やため池内の堆積土砂の処分費用が不要となるため、建設費用の縮減が可能となる。20%程度削減の見込み。

### 機能の更新

底泥土を除去し、旧堤体と同程度(1:2~2.5)の急勾配の築堤が可能になるので、従前の貯水容量が確保でき、かつ築堤土量の削減となる。

### 環境保全・交通安全

底泥土を有効利用し、地区外との大量の土砂搬出入が不要になるので、運搬によるため池周辺の交通事情の悪化がない、土取場や土捨場が不要など、環境負荷の少ない改修工事が可能となる。

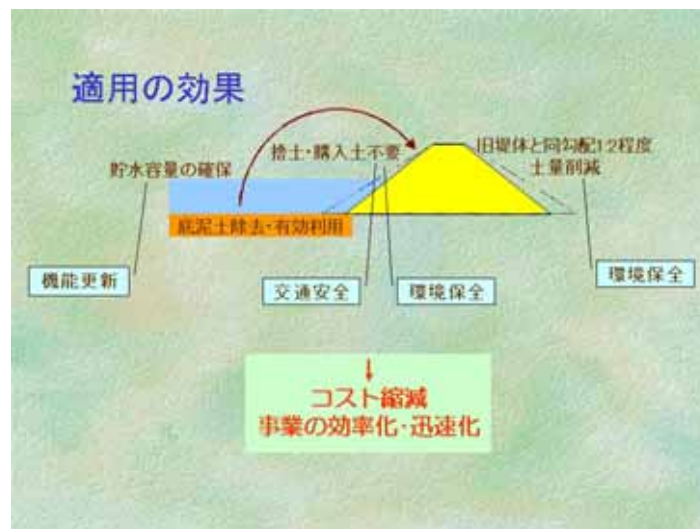


図2.1 適用の効果

## 3. 研究開発期間

平成12年度～平成14年度

## 4. 研究体制

独立行政法人農業工学研究所：造構部

新技術研究開発組合：(株)フジタ、太平洋セメント(株)、三和機材(株)

## 5. 粒度調整土工法

### 5.1 従来技術との比較

従来技術でのため池改修は、堤体補強のための補強材料を外部から購入、運搬する。また底泥土が堆積している場合は浚渫、処分する。新しい堤体は、設計条件から、緩勾配となることが予想され、貯水容量が減少する可能性や新たな用地買収が必要な場合がある。

セメント固化した材料を盛土として利用する場合もあるが、変形特性の違いの問題があり、既設堤体との間にクラック等を生じる危険性が高く、用途は制限される。

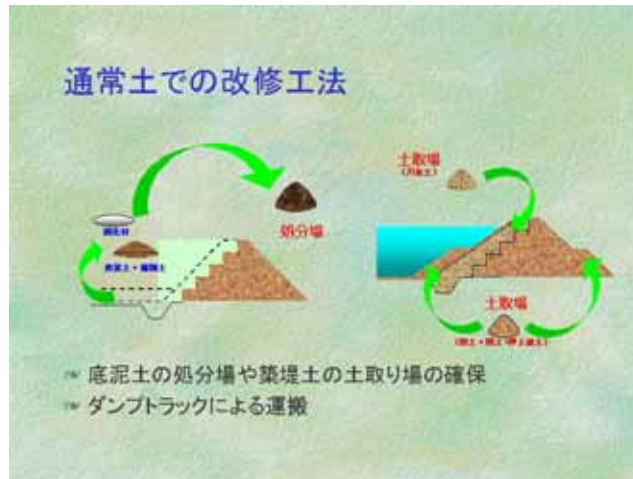


図 5.1 通常土での改修工法

本工法では図 5.2 に示すように、現地調達できる材料として、既設堤体の貯水側法面部の段切り掘削により発生する堤体土と底泥土を選択し、これらの組み合わせによる粒度調整土を遮水用築堤土として有効利用する。対策工事の早期の実施が可能である。

堤体土の有効利用、底泥土混合による遮水性の確保、セメント固化による強度の確保、再混合・転圧プロセスによる変形・追従性の確保、が大きな特徴である。

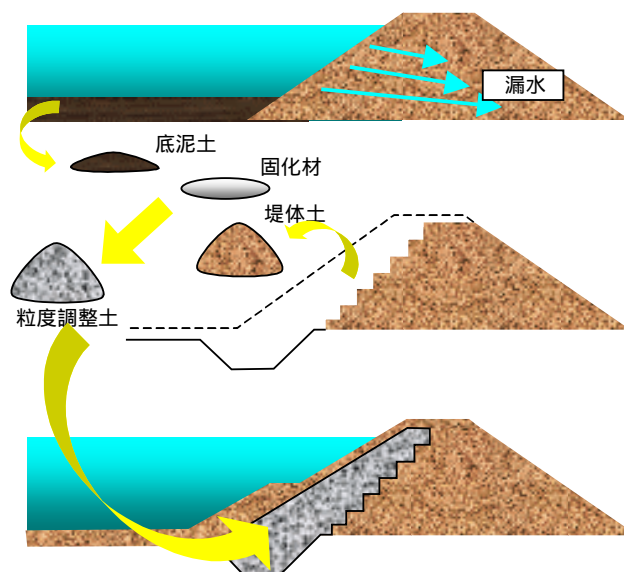


図 5.2 新技術の概要

## 5.2 粒度調整土工法の計画

### 5.2.1 設計

混合比、固化材配合設定のために、堤体掘削土、底泥土の物理特性試験、配合試験を行い、配合設計を進める。

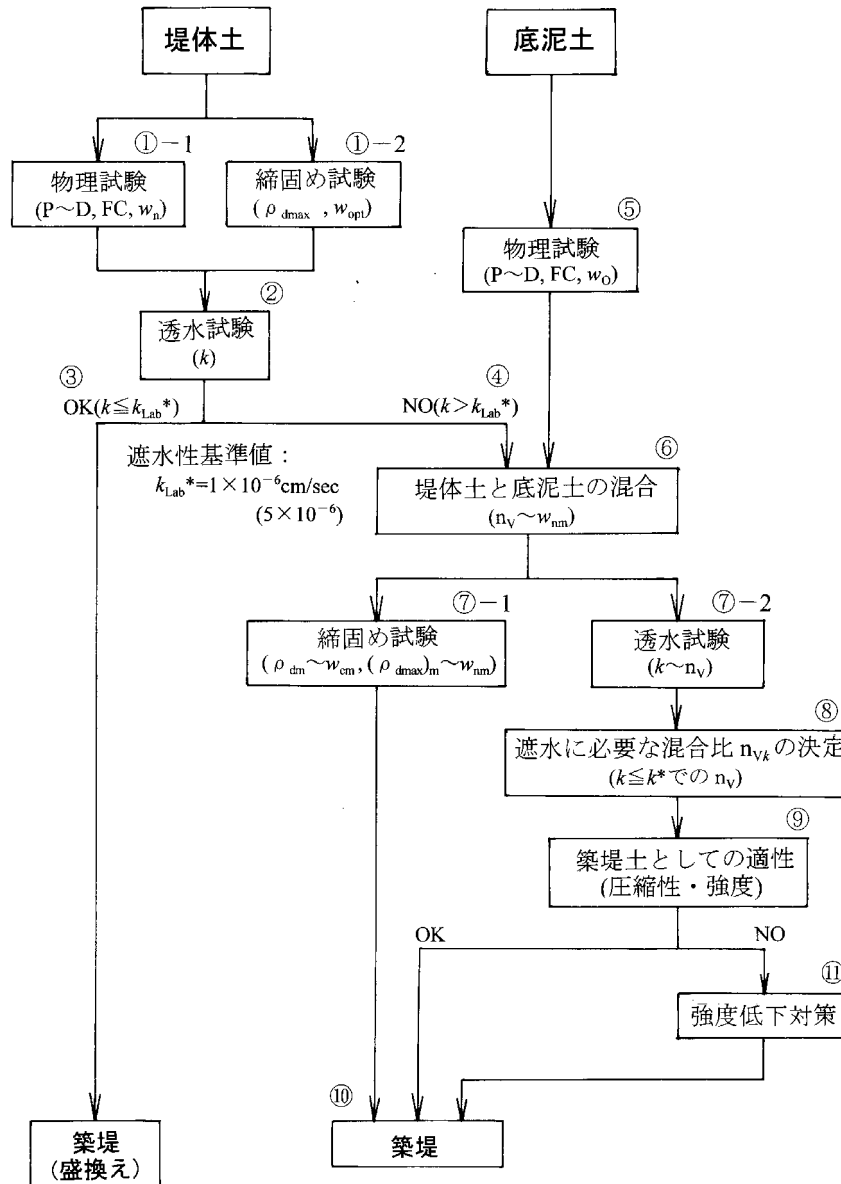


図 5.3 配合設定のフロー

( 1 ) 底泥土混合比の設定

既設堤体土の遮水性を改良するため、底泥土を混合して粒度調整を行なう。添加する底泥土の適切な混合比を室内試験から求める。

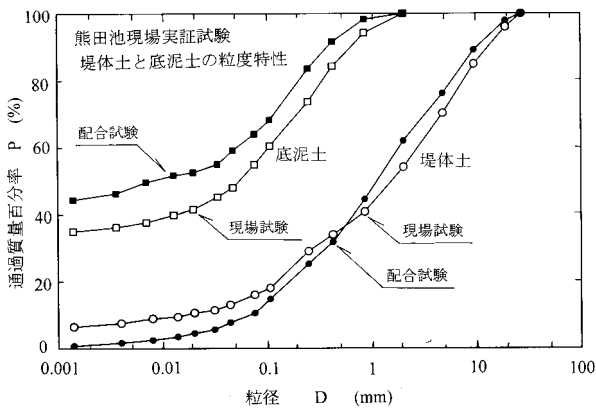


図 5.4 堤体土と底泥土の粒度分布

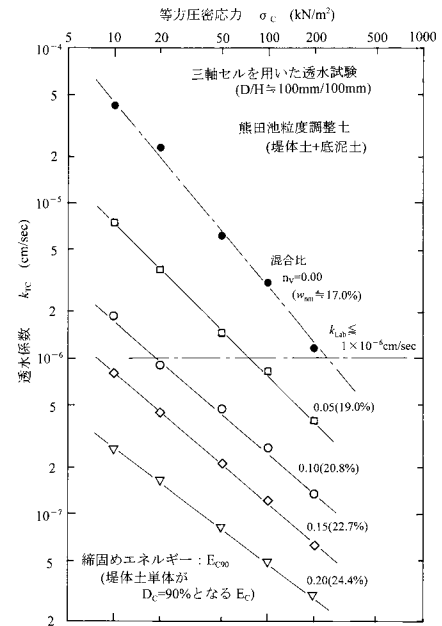


図 5.5 底泥土の混合比と遮水性の関係

( 2 ) 固化材の配合試験

堤体土に底泥土を混合した粒度調整土の強度が低下する場合は、固化材を混合することにより不足する強度を補う。固化材添加量も底泥土の添加量と同様に、あらかじめ室内試験から求める。

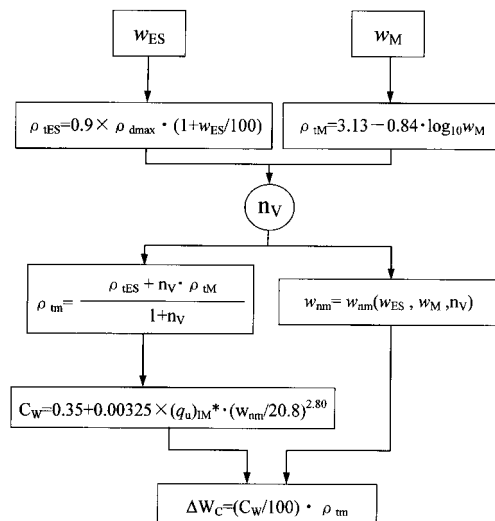


図 5.6 粒度調整土の強度に及ぼす含水比の影響

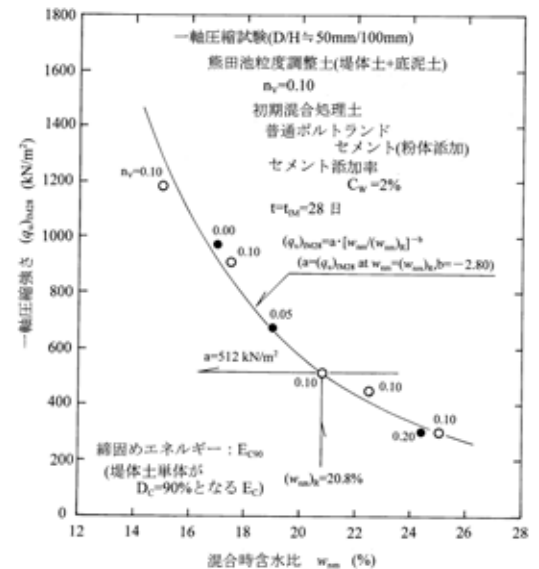


図 5.7 固化材添加量の決定手順

## 5.2.2 施工

### (1) 施工手順

本工法による、堤体の改修は、次の手順で行う。

	施工フロー	内 容
準備	配合試験	遮水性確保のため堤体掘削土、底泥土、強度確保のため固化材の配合を設定
	ヤード造成	改良ヤードを造成(必要な場合改良を実施)
堤体掘削	旧堤体掘削・運搬	旧堤体の表面部掘削および段切り、築堤材分は改良ヤードへ運搬 掘削(法面段切り、止水トレンチ、両袖部)
	コアトレンチ掘削・運搬	傾斜型斜水ゾーンの場合の掘削、築堤材分は改良ヤードへ運搬
改良	底泥土掘削・運搬	配合必要量の底泥土を掘削、改良ヤードへ運搬 底泥土の採取
	初期混合・転圧	撒き出し、固化材添加、攪拌混合、転圧 堤体土の撒出し・敷均し 底泥土の撒出し・敷均し セメントの撒出し 堤体土、底泥土、セメントの初期混合 粒度調整土の初期転圧
	再混合・(運搬)*	1日養生後、土と同様の变形性を確保するため再混合、(築堤箇所へ積込み、運搬)* 堤体土、底泥土、セメントの再混合
築堤	(撒き出し)*	(バックホウによる撒き出し(仕上がり厚30cm))*
	敷均し・転圧	ブルドーザ(15t級)による敷均し・転圧(転圧回数6回~8回)、品質管理試験 粒度調整土の再転圧
覆土	覆土	表面への覆土(現地発生土、購入土)
	仮設工	ヤードの造成や仮設道路の造成、仮設電気設備、水替え工等

凡例 本工法特有のプロセス ( ) \*盛土箇所では改良する場合は不要



堤体土掘削 ( $w_n=13.7\%$ )



底泥土採取 ( $w_n=76.2\%$ )



堤体土の撤き出し



底泥土の撤き出し



固化材の添加



含水比の測定

固化材添加量の決定





混合 1



転圧 1



混合 2



転圧 2

写真 5.1 施工プロセス

( 2 ) 攪拌・混合機械の比較

スタビライザー



混合状況



攪拌翼

バックホウ・スタビライザー



混合状況



攪拌翼

バケットミキシング



混合状況



攪拌翼

写真 5.2 混合機械

3機種で比較した混合性能は、スタビライザーが最も優れている。したがってスタビライザーの使用を推奨するが、入手困難な地域で他の混合機械を使用する場合は、試験施工を行い、混合時間を長めにするなど、施工条件を設定する必要がある。

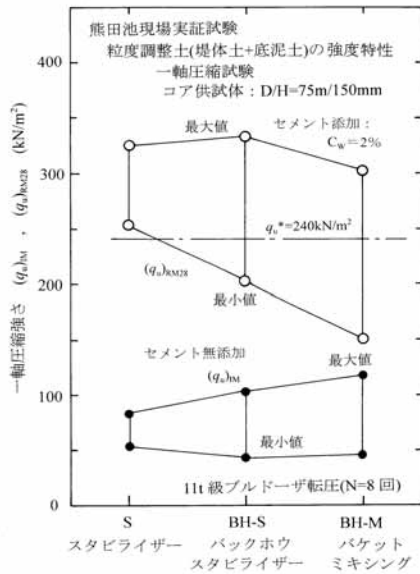


図5.8 混合機械~粒度調整土の強度特性

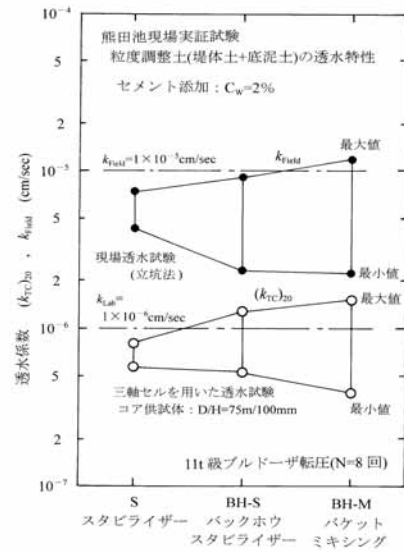


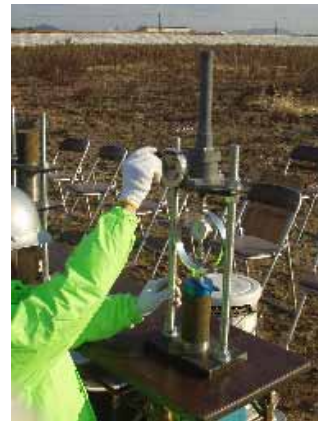
図5.9 混合機械~粒度調整土の透水特性

(3) 品質管理試験

施工中の遮水性、強度の品質管理は、定期的な現場透水試験、一軸圧縮試験などで確認する。



透水試験状況



一軸圧縮試験状況



コーン貫入試験と供試体採取状況

写真5.3 品質管理試験

(4) 現場実証試験

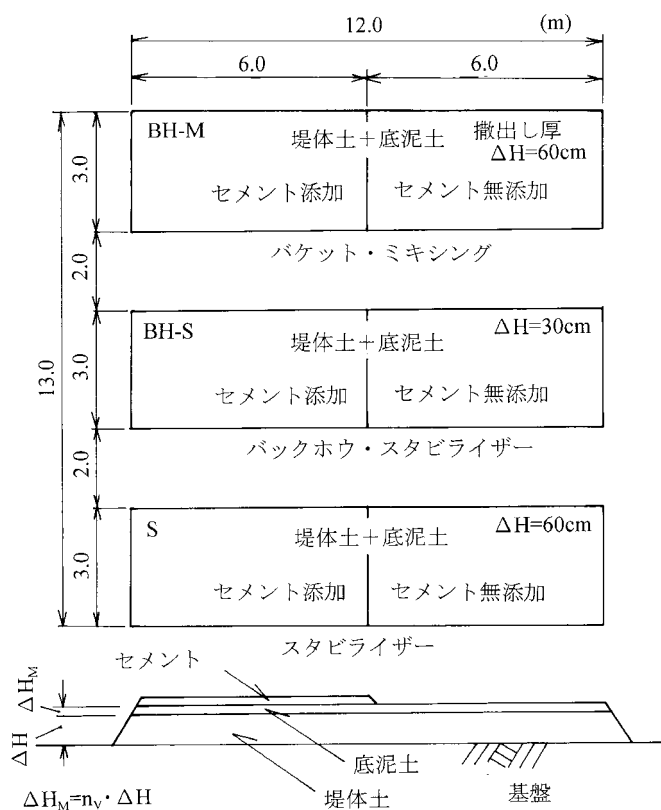
現場実証試験は、中国四国農政局香川農地防災事業所管内の熊田池をお借りして行ない、本工法の施工性を確認した。

時 期：平成 14 年 12 月

試験場所：香川県さぬき市熊田池



写真 5.4 現場試験ヤードの整地・計測状況



底泥土の撤出し管理：  
 バックホウバケットによる容積管理  
 転圧：11t 級ブルドーザ転圧 (N=4, 6, 8 回)

図 5.10 熊田池現場試験ヤードの設定

(5) 積算の考え方

積算上の基本的項目は表5.1のとおりとなる。現場の状況により、必要な工種等があればこれに追加する。

表5.1 積算上の比較項目

粒度調整土工法			従来工法	
工種	項目	備考	項目	備考
掘削	掘削・積込	堤体+コアトレンチ及び底泥土	掘削・積込	堤体+コアトレンチ
	運搬		運搬	
土質改良	撒き出し	バックホウ	なし	
	初期混合	スタビライザー		
	初期転圧	ブルドーザ		
	セメント系固化材			
	ヤード造成	整地改良		
盛土	再混合	スタビライザー	[購入土]	
	積込	バックホウ	購入費	
	運搬		掘削・積込	
	撒き出し	バックホウ	運搬	運搬距離
	敷均し・締固め	ブルドーザ	敷均し・締固め	
発生土 処分	なし		[発生土処分]	
			改質	スタビライザ
			固化材	
			掘削・積込	
			運搬費	
試験費	現場品質管理	一軸圧縮/透水試験		
配合設計	配合試験		なし	
特許料			なし	

歩掛りは農林水産省監修土地改良工事積算基準（土木工事、機械経費）を利用する。改良6,000m<sup>3</sup>での作業日数例を図5.11に示す。

	施工フロー	条件	実日数	使用機械
準備	配合試験		30日	
	ヤード造成		5日	ブルドーザ
堤体掘削	旧堤体掘削・運搬	4000m <sup>3</sup>	16日	バックホウ (クローラ)ダンプ
	コアトレンチ掘削・運搬	1000m <sup>3</sup>	7日	バックホウ (クローラ)ダンプ
	底泥土掘削・運搬	1000m <sup>3</sup>	4日	バックホウ (クローラ)ダンプ
改良	初期固化・転圧		24日	バックホウ スタビライザー ブルドーザ等
	再混合・(運搬)*		24日	スタビライザー等 (バックホウ (クローラ)ダンプ)*
築堤	(撒き出し)*		24日	(バックホウ)*
	敷均し・転圧		24日	ブルドーザ等
覆土	覆土			( )*盛土箇所では改良する場合は不要 条件、日数は改良土量6,000m <sup>3</sup> の場合の概算例

図5.11 標準作業日数

現場の条件によってコストは異なるが、コストの目安として、改良 5000m<sup>3</sup> 程度ではおよそ 5,000 円 / m<sup>3</sup>、改良 2000m<sup>3</sup> 程度ではおよそ 7,500 円 / m<sup>3</sup> となる( 配合設計を含む )。改良 6000m<sup>3</sup> でのコスト比較例を表 5.2 に示す。

表 5.2 概算コスト比較

工種	粒度調整土工法			従来工法		
	項目	概算額(円)	備考	項目	金額(円)	備考
掘削	掘削・積込		堤体+コアトレンチ5,000m <sup>3</sup>	掘削・積込		堤体+コアトレンチ5,000m <sup>3</sup>
	運搬		底泥1,000m <sup>3</sup>	運搬		
	計	3,660,000	6,000m <sup>3</sup>	計	3,050,000	5,000m <sup>3</sup>
土質改良 6,000m <sup>3</sup>	撒き出し		バックホウ	なし		
	初期混合		スタビライザー24日			
	初期転圧		ブルドーザ			
	セメント系固化材		60kg/m <sup>3</sup>			
	ヤード造成		30×80m整地改良			
	計	15,827,400	6,000m <sup>3</sup>	計	0	
盛土 6,000m <sup>3</sup>	再混合		スタビライザー	[購入土]		
	積込		バックホウ	購入費		購入費は含まず
	運搬			掘削・積込		
	撒き出し		バックホウ	運搬		運搬距離20km
	敷均し・締固め		ブルドーザ	敷均し・締固め		
	計	6,420,000	6,000m <sup>3</sup>	計	13,050,000	6,000m <sup>3</sup>
発生土 処分	なし			[発生土処分]		
				改質		スタビライザ
				固化材		50kg/m <sup>3</sup>
				掘削・積込		
				運搬費		
	計	0		処分費		処分費は含まず
	計	0		計	27,375,000	5,000m <sup>3</sup>
試験費		500,000	一軸圧縮/透水試験			仕様による
配合設計	配合試験	2,000,000		なし	0	
特許料		600,000		なし	0	

合計 29,007,400 円

1m<sup>3</sup>当たり 4,834 円

\*改良土量6,000m<sup>3</sup>、スタビライザー混合として試算

合計 43,475,000 円

1m<sup>3</sup>当たり 7,245 円

\*掘削処分土量5,000m<sup>3</sup>、購入土量6,000m<sup>3</sup>として試算

( 6 ) 計画に当たっての Q & A

Q 1 : セメントの六価クロム対策はどのように行なうか。

A 1 : 覆土をする。また溶出試験を行い、必要なら六価クロム対策用固化材を使用するが、関連工法の砕・転圧盛土工法では、これまで対策用固化材が必要になった例はない。

Q 2 : 対象土の事前調査は必要か。

A 2 : 採取計画及び配合設計のために、分布・特性等を事前に調査する。

Q 3 : 有機物はどのように扱うか。

A 3 : 大きな根などは除去するが、草程度は問題ない。

Q 4 : 初期混合後の転圧は必要か。

A 4 : 固化をいったん進めるために必要となる。

Q 5 : 固化材による収縮、変形性の問題はないか。

A 5 : 再混合後は土の特性を示す。破壊のピークがなく、収縮も問題ない。

Q 6 : 再混合後の土の保管は可能か。

A 6 : 再混合後の土は保管せず、直ちに盛土・転圧する。

Q 7 : 植栽は可能か。

A 7 : 覆土があるので問題ない。また関連工法での植栽実験でも植栽に支障はない。

Q 8 : 雨が多い場合の影響はあるか。

A 8 : 含水比の変化に注意する。降雨後は盛土表層を除去し、次の盛り立てを行なう。

## 6. 新技術開発成果のまとめ

遮水性の不足する既設堤体土は、室内配合試験により決定した混合比に相当する底泥土を加え、混合機械で均一に混合して粒度調整を行えば遮水用築堤土として適用できる。粒度調整土の強度が不足する場合は、固化材を添加する土質改良法が有効である。その際の固化材添加量の設定は施工機械のトラフィカビリティーや堤体安定に必要な強度を確保できること、既設堤体部との極端な剛性差が生じないようにすることから、室内配合試験による決定法を提案した。

現場実証試験により実施工で適用可能と考えられるスタビライザー、バックホウスタビ、バケットミキシングの3種類の施工機械について混合性能を確認したが、スタビライザーが混合の均一性、混合効率において最も優れている。

このような粒度調整土によるため池改修工法・設計法により、事業の制約条件が解消され、環境面、コスト面でも有利となる。事業の効率化・迅速化が期待できる。

### 【参考文献】

#### 指針

- ・平成 15 年度官民連携新技術等普及マニュアル
- ・既設堤体土の遮水性を底泥土混合により改良した「粒度調整土工法」の設計・施工指針(案)  
平成 15 年度版 新技術研究開発組合

#### 論文

- ・「堤体土に底泥土を混合した粒度調整土の遮水用築堤土への適用性」  
土木学会論文集 No.722/2002.12
- ・「固化土杭を含む複合土の中型一面せん断試験による強度特性」  
第 56 回土木学会年次学術講演会(熊本)
- ・「堤体土に底泥土を混合した粒度調整土の圧密沈下・強度特性」  
第 56 回土木学会年次学術講演会(熊本)
- ・「底泥土を混合して粒度調整した堤体土の遮水性改良特性」  
第 56 回土木学会年次学術講演会(熊本)
- ・「固化土杭により補強した複合土の一面せん断強度」第 57 回土木学会年次学術講演会(北海道)
- ・「一面せん断試験による固化処理土杭を含む複合地盤の強度特性」  
第 37 回地盤工学会研究発表会(大阪)
- ・「固化土杭により補強した土の一面せん断強度」第 37 回地盤工学会研究発表会(大阪)
- ・「固化土塊を含む土の一面せん断強度特性」第 37 回地盤工学会研究発表会(大阪)
- ・「底泥土混合によるため池堤体土の遮水性改良特性」第 37 回地盤工学会研究発表会(大阪)
- ・「堤体土に底泥土を混合した粒度調整土の遮水用築堤土への適用性に関する現場試験」  
第 38 回地盤工学会研究発表会(秋田)
- ・「底泥土を混合した粒度調整堤体土の締固め・透水特性」  
農業土木学会平成 13 年度大会講演会(盛岡)

#### 特許

- ・公開特許公報 2003-20625 「土構造堤体の補強方法」(審査中)