

浚渫土砂を用いた人工干潟の造成

ー 大阪湾 阪南港阪南2区人工干潟の造成 ー

東洋建設株式会社

本工事は、関西電力株式会社が「堺 LNG センター」建設に伴い実施した浚渫工事で発生した浚渫土を、大阪府が岸和田市地先にて整備中の阪南2区での人工干潟造成に有効利用したものであり、官民共同体制での環境再生と環境負荷低減を両立するこれまでに例のない先駆的な工事である。工事に際しては、粘性土を主体とする軟弱な浚渫土での干潟断面の確保という問題に対して、室内実験、現場実験などの調査活動と連携しつつ施工を展開するとともに、大規模施工では初めてとなる生分解性シートを併用した覆砂工の実施など新しい施工技術を導入するといった試みがなされた。

1. はじめに

近年、開発に伴う埋立などにより急速に自然の干潟が消滅していくなか、各地で再生事業や造成事業が計画されるようになってきた。また浚渫土砂のリサイクルの一環としての人工干潟の造成も行われるようになった。1978年以降に全国の各種整備事業において造成された干潟は2002年度までに約2100haに及び、また、それ以降も約1400haの造成が計画されているとのことである¹⁾。今後も日本の近代化と引き替えに消滅してきた自然を取り戻す方策の1つとして干潟の整備事業は進められるものと考えられる。

このような背景のもと、平成16年2月、大阪湾

岸和田市沖に大阪府港湾局が整備中の阪南港阪南2区(ちきりアイランド)において、関西電力(株)が実施した堺 LNG 基地の栈橋工事で発生した浚渫土を利用した人工干潟が造成された(写真-1)。本工事は官民共同体制での環境再生と環境負荷低減およびコスト削減を両立するこれまでに例のない先駆的な工事であった。工事に際しては、粘性土を主体とする軟弱な浚渫土での干潟断面を確保するという問題に対して、室内実験、現場実験などの調査活動と連携しつつ施工を展開するとともに、大規模海洋施工では初めてとなる生分解性シートを併用した覆砂工の実施など新しい施工技術を導入するといった試みがなされた。

2. 人工干潟の概要

阪南2区は大阪府港湾局が実施している埋立事業で、港湾の物流機能の強化や工場用地の確保及び海



写真-1 干潟完成直後の阪南2区(○部分が人工干潟)

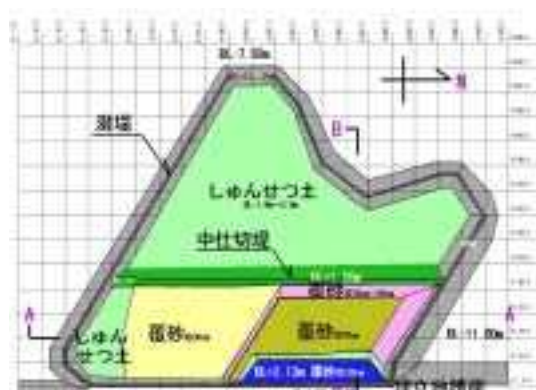


図-1 人工干潟平面図

域の環境創造を目指した整備が行われる予定となっており、今回、造成された人工干潟はその整備事業の一環として、生物の生育・生息環境の創造や、干潟による水質浄化機能の向上を目的としている。図-1に人工干潟平面図を示す。

干潟は既設護岸と潜堤に囲まれた面積が約 5.4ha で、そのうち中仕切り堤と既設護岸で囲まれた潮間帯部分が約 1.6ha である。

3. 干潟の造成

3-1 施工時の課題

今回、人工干潟が造成された地点は沖合約 1km に位置し、水深が 8m~12m と深い場所であった。また、その基盤材料に主として利用した浚渫粘性土は薄層浚渫のため含水比が 100~200% と幅広く分布し、粘着力も 0~5kN/m² と軟弱で非常に流動性に富む材料であった。表-1 に浚渫粘性土の代表的特性を示す。干潟の造成は潜堤を構築した後に直投方式(DL-4.0m 以深)と空気圧送方式(DL-4.0m 以浅)の併用で浚渫土砂を投入し、その後覆砂工へと移行する計画とした。ここで造成に際して2つの問題が懸念された。1つは非常に流動性に富む浚渫粘性土を主体とする基盤材料で潮間帯を含む干潟断面を確保できるかどうかということ、もう1つは、表層に覆砂を行った際に砂が粘性土中に埋没しないかということであった。以上の課題に対して、室内実験や現地での試験施工を行った。

3-2 潮間帯の確保について

まず1つ目の課題である干潟断面の確保であるが、前述したように、今回基盤材料として利用した浚渫粘性土は高含水比であり、非常に流動性に富むものであった。当初計画では潮間帯部分の断面勾配を 1/50 で造成する予定であったが、この流動性に富む材料で果たして勾配の維持が可能であるかが課題と

表-1 浚渫粘性土の物性値

土粒子密度(g/cm ³)	2.689
液性限界(%)	91.5
塑性限界(%)	30
浚渫粘性土の含水比	100~200%

表-2 勾配変化実験結果

使用材料(特性)	初期層厚(実物換算:m)	初期勾配	3ヶ月後(実換算)の勾配	1年後(実換算)の勾配
原泥(cu=0.3kN/m ²)	13	1/20	1/200	1/500
固化処理(cu=4kN/m ²)	13	1/16	1/16	1/17
固化処理(cu=2kN/m ²)	13	1/17	1/40	1/55

なった。このような場合、フロー試験などによる確認方法なども考えられたが、層厚が大きいことによる自重の影響や長期にわたる変形が懸念された。そこで、実際の自重応力を再現し、再現時間の縮尺が可能となる遠心載荷装置(写真-2)により、安定勾配に関する確認実験を行った。

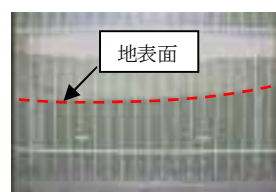
実験は事前に約 1/20 勾配に仕上げた現地浚渫粘性土(初期含水比 110%、粘着力 0.3kN/m²)を実験容器内にセットし、遠心加速度 100G 場において、勾配の経時変化について計測を行った。なお、実験時の模型地盤の目標平均層厚としては 13cm とした。これは実物の自重応力に換算すると、遠心加速度場 100G から約 13m 分の層厚に相当する。また、所定の勾配を維持するための必要強度について確認するため、粘性土の強度を増加させたケースも併せて実験を行った(写真-3)。実験結果を表-2 に示す。

実験の結果、初期含水比 110%、粘着力 0.3kN/m² の練り返し試料では、3ヶ月後には 1/200 勾配に、1年後には 1/500 勾配になり、また、当初の設計勾配を確保するためには、粘着力として、約 2kN/m² 程度が必要であることがわかった。

一方、現地においても安定勾配に関する試験施工を行った。試験は造成地内において、実施工と同様に直投方式(底開式 1000m³ 積)による1点投下を短期間で集中的に行って、堆積勾配の確認や柱状採泥による調査を行った。その結果、図-2 に示すように、土砂投下付近においては 1/40 程度の勾配を形成するものの、その地点より離れるに従い含水比が 200% を超えるような軟弱な浮泥が堆積し、平坦な形状となることがわかった。



写真-2 遠心載荷装置



(a) 初期状態



(b) 1年経過後

写真-3 勾配変化実験(c_u=0.3kN/m²)

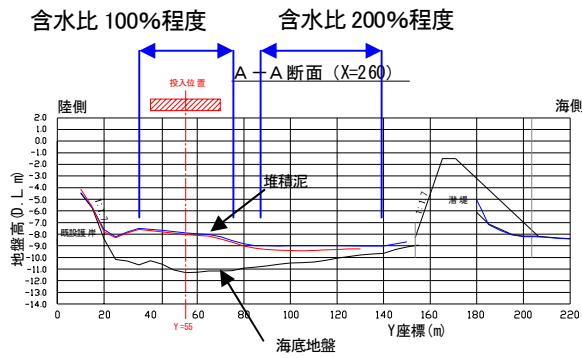


図-2 現地試験施工投入後断面図

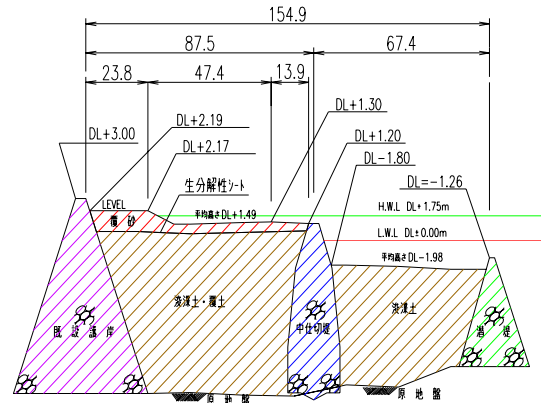


図-3 干潟代表断面図(H:V=1:5)

実際の施工では、浚渫土粘性土の含水比の分布を詳細に把握することは困難であり、さらに膨大な量の土砂の含水比を調整することは不可能である。そこで、干潟勾配を考慮しつつ所定高さ (DL-3.25m) まで浚渫粘性土を投入した後、図-3 (完成後断面図) に示すように、既設護岸と潜堤との間に中仕切り堤を構築し、その内側に潮間帯部分を確保する方法へと変更した^{2) ~5)}。

3-3. 生分解性シートを併用した覆砂工

人工干潟の造成では、自然浄化の促進と生物の多様性を考慮し、干潟表面には覆砂をするのが一般的である。本工事においても、粘性土上に覆砂を施工するものとし、覆砂厚が 30cm から 120cm に設定されていた。しかし、前述したように、覆砂の下部地盤が非常に軟弱な粘性土のために、覆砂材が埋没することが予想された。時間的な余裕がある場合、この粘性土地盤を気中で暴露させ、表面強度を増加させた後に覆砂することも可能であるが、工期的な制約により暴露ができないような条件では、何らかの補助工法を採用せざるを得ない。このような場合、シートロープやジオグリッドなどの対応が考えられるが、通常これらの補強材はポリエチレンなどの化学繊維を主体とする素材である。そこで本工事では、環境への配慮からこれまでに施工事例のないポリ乳酸を原料とする生分解性シートを採用し、覆砂施工を行った。

採用した生分解性シートはトウモロコシから抽出されるポリ乳酸を原料とするもので、設置した後は自然環境下において水と炭酸ガスに分解されるシ



写真-4 採用した生分解性シート

ートである (写真-4)。

シートは物質移動や生物移動の配慮および地盤への摩擦抵抗への期待からグリッド状とし、所定の土被り圧や施工時の载荷重等から、グリッド幅 6mm、引張り強度 30kN/m を選定した⁶⁾。しかし、生分解性シートを補強材として用いた事例が殆どないこと、強度評価にも不確実性が含まれることなどから、選定したシートでの覆砂施工が確実に実施できるかどうかを試験施工により確認することとした。

試験施工は 10m×20m の生分解性シートを用いた。現地浚渫土上にシートを敷設した後、計画最大層厚である 120cm まで覆砂を 30cm ごとに段階的に上載し、シートの安定性やシート下部の粘性土の沈下および覆砂厚の変化を確認した。図-4 に試験施工の概略図を示す。

試験の結果、シートは覆砂直後から沈下するとともに、層厚に変化を付けた覆砂天端についても沈下や干満の履歴の影響によって、全域が平坦化していた。図-5 には試験施工直後からの覆砂表面の高さ変化および図-6 にその変化の模式図を示す。これより初期層厚の大きい中心部分ほど大きな沈下を示した。試験施工は狭いエリア内での急速施工であり、载荷も局部的に行ったことから、このような沈下が生じたものと考えられる。ただし、強度や安定性に

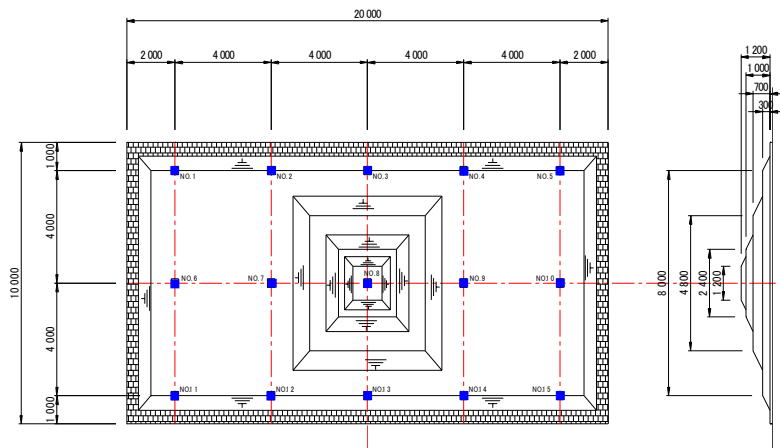


図-5 シート試験施工概略図(■は標点)

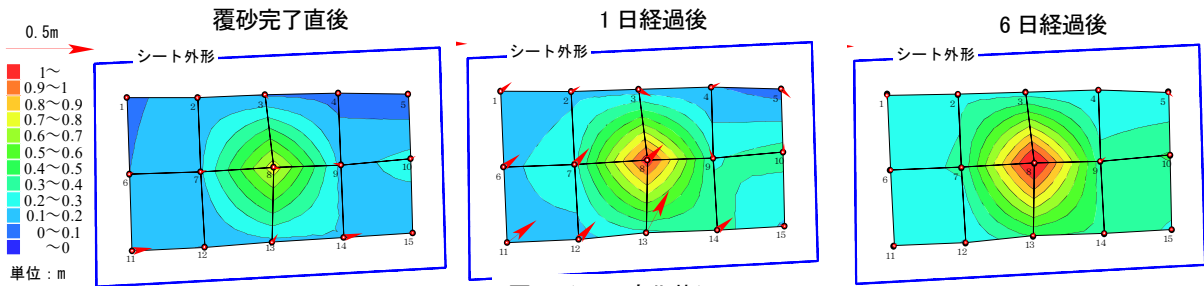


図-5 シート変化状況

については問題なく、覆砂厚を計測した結果、模式図に示すように初期の覆砂厚からさほど変化は見られなかった。これらの結果を受けて、覆砂部全域(21,000m²)にシートは敷設するとともに、薄層で複層に撒き出しが可能となる水搬方式での覆砂工を採用した。写真-5にシート敷設状況を、写真-6に覆砂施工状況を示す。

以上の経緯をもって、平成16年2月に干潟は完成した(写真-7)。

4. おわりに

本工事は、干潟の造成という環境再生と、浚渫土の有効利用による環境負荷低減とコストダウンを同時に実現できた点において、非常に発展性のある工事であったと考える。限られた施工期間と環境に配慮した工法の選択という制約条件のなかで、各種の室内実験や現地実験を施工へと反映させ完成へと結びつけた本工事が、今後の同種工事の参考となれば幸いである。

現在、干潟においては、官・民・学の共同体制での実験や調査活動が継続中である。人工干潟の効果的な造成方法や維持管理方法については不明確な点が多いのが現状であるが、これらの調査を通して、様々な課題が今後明らかになるものと考えられる。

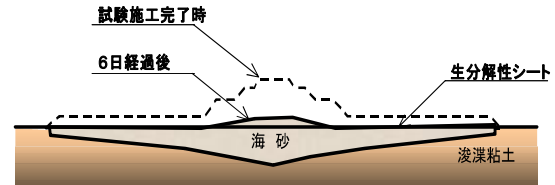


図-6 沈下状況模式図

最後に、本工事の施工に際し、ご指導ならびに多大なご助言をいただいた大阪府港湾局ならびに関西電力(株)の関係各位に、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 例えば、国土交通省港湾局監修(2003)：海の自然再生ハンドブック -その計画・技術・実践- 第2巻 干潟編、ぎょうせい
- 2) 大石富彦 他(2004)：人工干潟造成の基礎地盤材として用いた浚渫土の強度特性、第39回地盤工学研究発表会、pp607-608
- 3) 高橋武一 他(2004)：浚渫粘土を用いた人工干潟造成における地表面勾配の検討、土木学会第59回年次講演会、pp493-494
- 4) 鶴ヶ崎和博 他(2004)：人工干潟造成における地盤の安定勾配に関する室内模型実験、土木学会第59回年次講演会、pp495-496
- 5) 柳畑亨 他(2004)：人工干潟造成地での強制置換法による中仕切り堤の構築、土木学会第59回年次講演会、pp497-498
- 6) 佐藤毅 他(2004)：生分解性シートを用いた人工干潟造成、土木学会第59回年次講演会、pp499-500



写真-5 生分解性シート敷設状況



写真-6 水搬工法による覆砂



写真-7 干潟完成状況

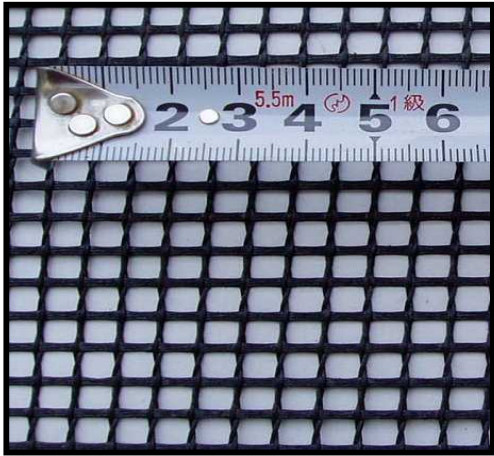
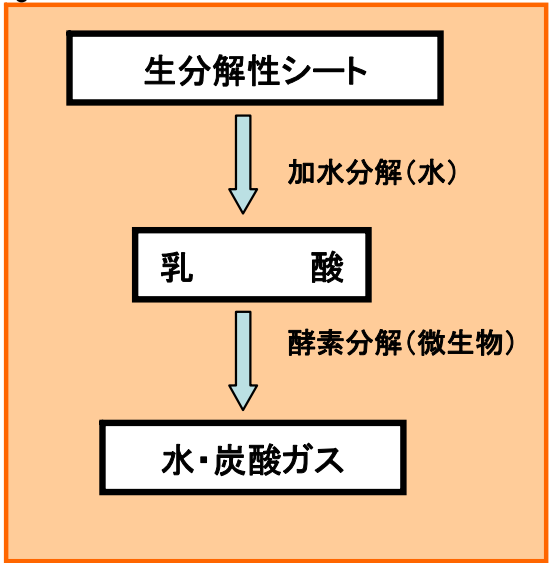
生分解性シートを併用した干潟および浅場造成手法

近年、浚渫土砂を利用した人工干潟や人工浅場が各地で計画あるいは造成されつつあります。ただし、用材として利用される土砂が非常に軟弱な場合、最終的に覆砂などを行う際に、適切な施工ができない可能性が有ります。

東洋建設株式会社では、このような問題を解決する手法として、「生分解性シートを併用した干潟および浅場造成手法」を今回新たに提案します。通常の軟弱地盤の補強対策として利用される化学繊維を原料とするシートとは異なり、生分解性材料であるポリ乳酸を原料とするシートを利用していることが大きな特徴です。

とうもろこしから抽出されるポリ乳酸を原料とし、現地条件にもよりますが、通常4～5年で水と炭酸ガスに分解されます。
(写真はメッシュサイズ6mm、引張強度30kN/m)

生分解性シートの分解のメカニズム



シートを挟んで確認された巣穴



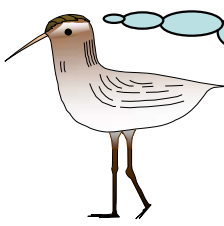
特長

- 通常のシート工法やジオテキスタイル工法と同様の設計法が適用できます。
- 生分解性なので、いずれは水と炭酸ガスに分解されます(4年～5年程度-ただし、現地条件にもよります)。
- メッシュ状なので、地盤との摩擦抵抗も期待できる上に、生物の地中への移動を妨げません。

これなら僕たちも安心して暮らせるね!!



えさも豊富だし 来年もまた来よう!!



施工のながれ

浚渫土投入



浚渫土砂を投入している状況です(写真は空気圧送方式)。投入直後は重機はおろか人も入れないほど非常に軟弱です。

シートの敷設



シート台船(発泡スチロール製の枠と遮水シートで構成)により、生分解性シートを地表面に敷設します。

シート敷設後の状況



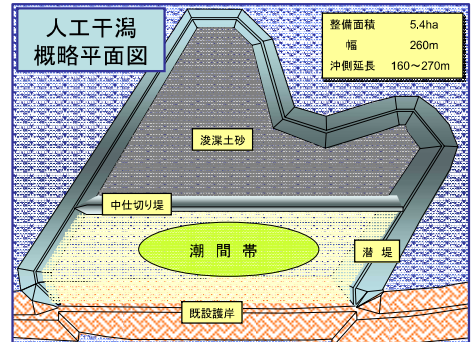
生分解性シート敷設後の状況です。

覆砂工



シート敷設後の覆砂工の状況です。写真では薄層で複数撒き出しが可能となる水搬工法を示しています。

平成16年2月には、大阪湾岸和田市沖の阪南2区においてこの生分解性シートを用いた人工干潟を施工しました(事業主体:大阪府港湾局、施工:関西電力(株)、東洋建設(株))。含水比が100%~200%と不均質な軟弱粘性土を主材料とする本工事において、シートの敷設面積は21,000m²にも及びました。まさに環境への配慮、環境再生へのこだわりから生まれた工法といえます。なお、本干潟造成は平成16年度土木学会関西支部技術賞ならびに地盤工学会関西支部技術賞を受賞しました。



完成後の干潟全景

- 干潟面積 約 5.4ha
- 潮間帯面積 約 1.6ha
- 浚渫土投入 約 33万m³
- 施工期間 H14.7~H16.2

本工法は現在、東洋建設(株)、株田中、ユニチカファイバー(株)で共同出願中(特願2004-033800「人工干潟及び人工浅場の造成方法」)の工法です。



大量の浚渫粘性土を有効活用した人工干潟の施工技術について

— 大阪湾・阪南2区人工干潟の造成 —

説明内容
 大阪湾 岸和田市沖の阪南2区において、浚渫土による人工干潟が造成された。本人工干潟は、官民共同体制での環境再生と環境負荷低減を両立するこれまでに例のない先駆的な工事であった。
 造成に利用した浚渫土は非常に軟弱な粘性土を主体とし、水深の深い場所での造成であったが、各種の室内実験や現場実験との連携のもとに施工を進めるとともに、環境配慮の観点から、生分解性シートを併用した覆砂工の実施など新しい技術の導入も試みた。
 本説明会においては、阪南2区での人工干潟造成について紹介するとともに、軟弱な浚渫土を干潟造成に適用する際の課題や生分解性シートの適用について説明する。

東洋建設株式会社

工事位置図

阪南2区 H16. 2航空写真(干潟完成後)

阪南2区埋立計画概要

事業主体: 大阪府港湾局
 土地利用面積: 約142ha
 事業期間: 平成10年度～24年度
 埋立土量: 約1,910万m³

阪南2区人工干潟計画概要

大阪湾の干潟面積は東京湾の1%に満たない

人工干潟の造成

東京湾	大阪湾
1940	15
単位: ha	

干潟面積: 約 5.4 ha
 潮間帯面積: 約 1.6ha
 浚渫土投入: 約 33万m³

施工期間
 平成14年7月～16年2月


阪南2区人工干潟計画概要

干潟面積: 約 5.4 ha
 潮間帯面積: 約 1.6ha
 浚渫土投入: 約 33万m³

特徴

- 沖合い約1kmに位置し、水深が8.0～12.0mと比較的大きい
- 軟弱な浚渫粘土による造成
- 地表面勾配が1/50の前浜干潟の形状
- 浚渫粘土上に覆砂を施工する2層埋立形式

浚渫粘性土の性状



浚渫粘土の物性値

浚渫粘土の含水比	100%~200%
塑性限界~液性限界	30%~91.5%
浚渫粘土の粘着力	0kN/m ² ~5.0kN/m ²

施工上の問題点

高含水比で軟弱な粘土

【問題点1】 所定勾配の確保の問題
高い流動性が予想され、潮間帯を形成するための所定勾配の確保や安定性が課題

【問題点2】 覆砂の施工の問題
覆砂が粘土に潜り込むおそれあり

室内調査や現地調査の実施

干潟造成における地盤の安定勾配に関する室内模型実験

実験による検証

ビーム型遠心模型実験

遠心載荷装置構成

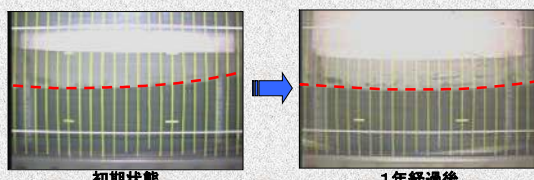
回転半径	(m)	2.5
容器最大寸法	(mm)	50.8×50.8×50.8
最大回転数	(rpm)	200
最大加速度	(g)	200
質量比最大質量	(kg)	2000
保持時間	(s)	75
メインモーター	(kW)	40.97
スリッパリング機構		80
駆動用		7
ロータリージョイント	(mm)	5

実験模型

フロー実験

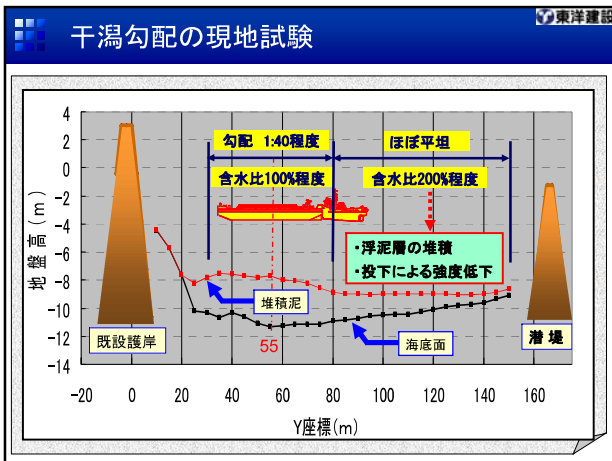
勾配変化実験

干潟勾配の室内試験(遠心模型実験)

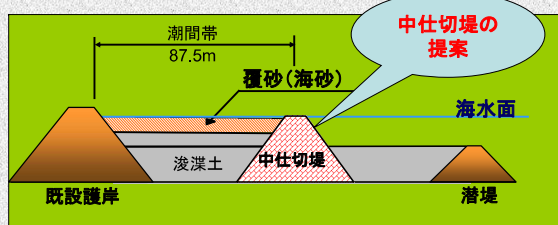


勾配変化試験の結果

使用材料および強度	初期勾配	3ヶ月後勾配	1年後勾配
原泥 (110%, Cu=0.3kN/m ²)	1/20	1/200	1/500
固化処理 (Cu=2.0kN/m ²)	1/17	1/40	1/55



中仕切り堤の設置



潮間帯 87.5m

中仕切り堤の提案

覆砂(海砂)

海水面

既設護岸

浚渫土

中仕切り堤

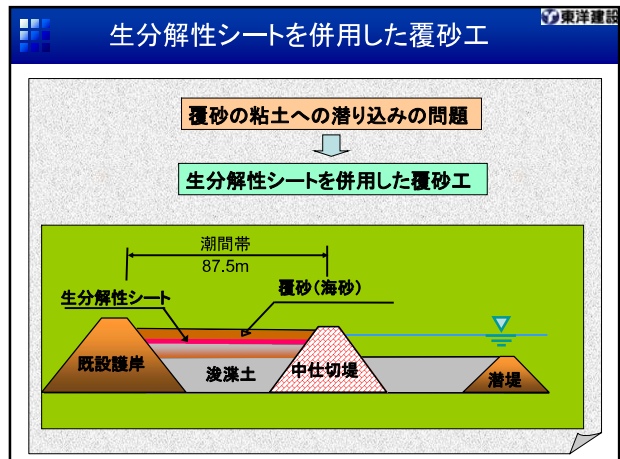
潜堤

概念図

1年後	0.5 m
2年後	0.6 m
3年後	0.8 m
5年後	1 m
10年後	1.5 m

浚渫粘土の予測圧密沈下量

潮汐の干満周期により露出と水没のサイクルを繰り返す潮間帯を確保



生分解性シートの特徴

生分解性シートの特徴

- ・ とうもろこしから抽出されるポリ乳酸を原料
- ・ 通常4~5年で分解される
- ・ 補強材として使用した実績が少ない

シート引張強度30kN/m

軟弱土上へのシート敷設・覆砂試験施工

10m×20mの生分解性シートを敷設した上に、段階的に覆砂して、シートの安定性や沈下、覆砂厚の変化などを確認

強度や安定性に問題はなく、覆砂も当初層厚を維持

シート敷設工

台船によるシートの敷設
シート台船: 発泡スチロールの枠に
透水シートをかけたもの

シート敷設後の全景
潮間帯全域21000m²への敷設

水搬工法による覆砂工

覆砂工: 水上部施工
20, 20, 30cmの3段階施工

覆砂工: 陸上部施工

