

大阪湾・阪南2区人工干潟の造成

- 浚渫土を有効利用し、生分解性シートを用いた干潟造成 -



東洋建設(株) 鳴尾研究所 地盤環境研究室
鶴ヶ崎 和博

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、各地でそれらの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、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。ただし、自然干潟と比較して人工干潟は造成速度が非常に急速であるために、設計法や施工法および管理や維持方法についてはいまだに不明確な部分が多いのが現状である。

このような背景のもと、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 基地の棧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。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に阪南2区埋立地の計画平面図を示すとともに、図-2、図-3に人工干潟平面図および代表断面図を示す。

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。

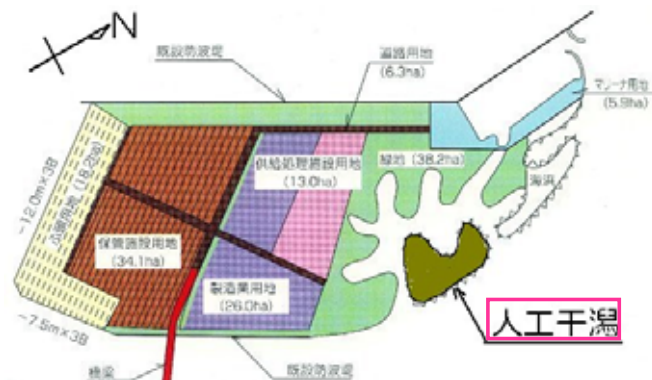


図-1 阪南2区平面図

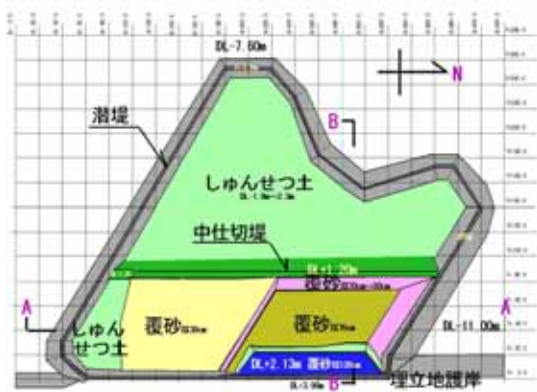


図-2 人工干潟平面図

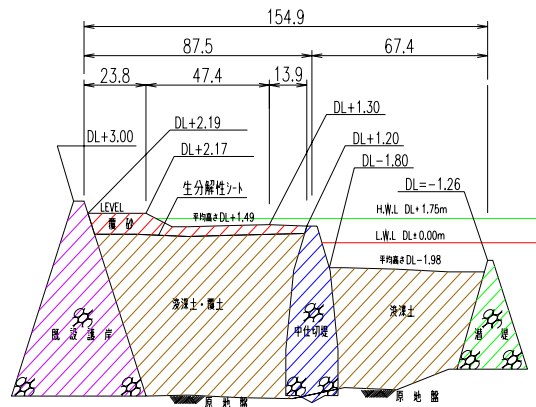


図-3 干潟代表断面図 (B - B 断面)
(H:V = 1:1.5)

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。

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%

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

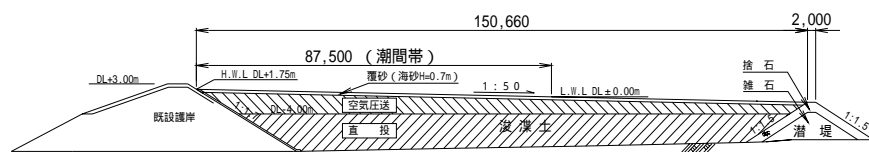
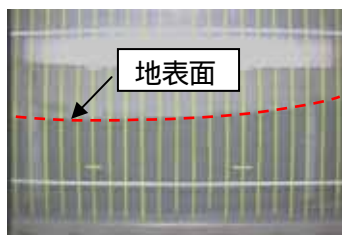


図-4 当初計画断面図

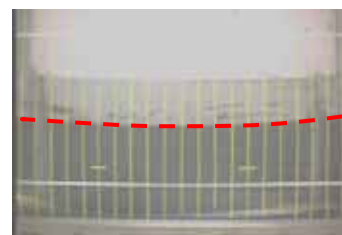
常に流動性に富むものであった。当初計画 (図-4) では潮間帯部分の断面勾配を 1/50 で造成する予定であったが、この流動性に富む材料で果たして勾配の維持が可能であるかが課題となった。このような場合、フロー試験などによる確認方法なども考えられたが、層厚が大きいことによる自重の影響や長期にわたる変形が懸念された。そこで、実際の自重応力を再現し、再現時間の縮尺が可能となる遠心载荷模型実験により、安定勾配に関する確認実験を行った。

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-1)。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/m^2 の繰り返し試料では、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/m^2 程度が必要であることがわかった。



(a) 初期状態



(b) 1年経過後

写真-1 勾配変化実験 ($c=0.3\text{kN/m}^2$)

表-2 勾配変化実験結果

使用材料および強度	初期の平均層厚 (m)	初期勾配	3ヶ月後の勾配	1年後の勾配
原泥 (110% , $c_u = 0.3\text{kN/m}^2$)	13	1/20	1/200	1/500
固化処理 ($c_u = 4\text{kN/m}^2$)	13	1/16	1/16	1/17
固化処理 ($c_u = 2\text{kN/m}^2$)	12	1/17	1/40	1/55

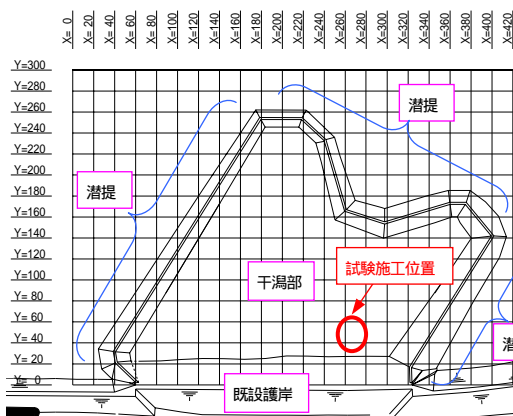


図-5 現地試験施工平面図

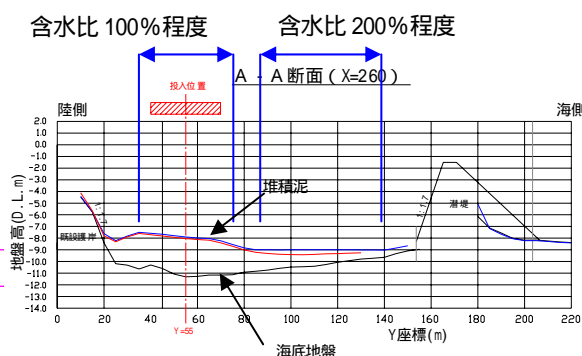


図-6 投入後断面図 (試験施工)

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 1000m^3 積) による 1 点投下を短期間で集中的に行って (図-5)、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-6 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。

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 (写真-2) 2) ~5)。



写真-2 中仕切り堤の造成

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。工期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えない。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。そこで本工事においては、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ートである（写真-3）。

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、浚渫粘性土の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。



写真-3 生分解性シート

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 - 7 に試験施工の概略図を示すとともに、写真-4 に試験施工状況を示す。

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潟の履歴の影響によって、全域が平坦化していった。図 - 8 には試験施工直後からの覆砂表面の高さ変化および図-9 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、強度や安定性については問題なく、覆砂厚を計測した結果、模式図

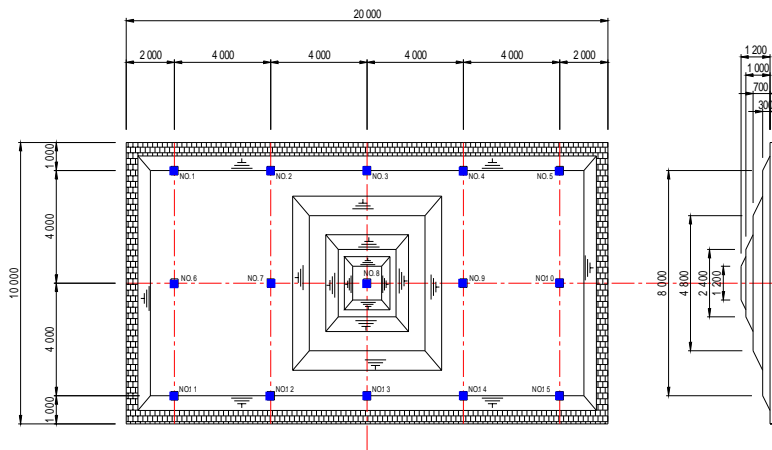


図-7 現地試験施工平面図(は標点)



写真-4 試験施工状況

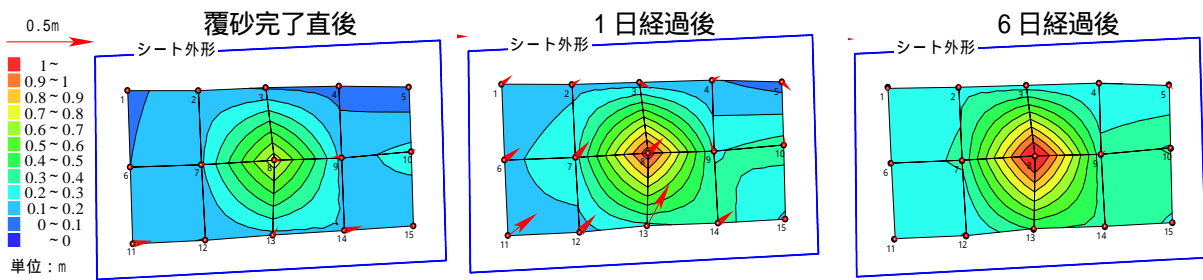


図-8 シート変化状況

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、シート上に薄層で複層に撒き出しが可能であり、施工中に重機の重量および振動によるシートへの負担を軽減させる工法として水搬工法による覆砂工を採用した。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。

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する。

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

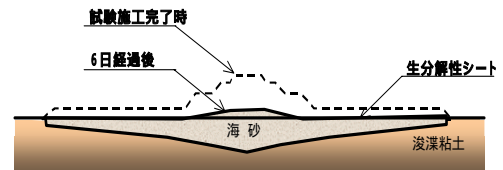


図-9 沈下状況模式図



写真-5 シート敷設状況



写真-6 水搬工法による覆砂



写真-7 干潟全景