

東京湾沿岸域における浚渫土砂の高度有効利用

Advanced and Effective Use of Dredged Soil in Tokyo Bay Coast Area

御手洗 義 夫 (みたらい よしお)

東亜建設工業㈱技術研究所 地盤環境研究室 主任研究員

岸 田 隆 夫 (きした たかお)

東亜建設工業㈱技術研究所 所長

五 明 美智男 (ごみょう みちお)

東亜建設工業㈱技術研究所 水理環境研究室 室長

深 沢 健 (ふかさわ たけし)

東亜建設工業㈱技術研究所 地盤環境研究室 室長

1. はじめに

神奈川～東京～千葉の東京湾沿岸域は、現在も我が国の産業の中心であり、各種工場・倉庫群が立ち並ぶ我が国最大の商工業地域を形成している。明治以降の産業の発展に伴い、この東京湾沿岸域では、埋立てによる用地造成や商工業用岸壁の整備、航路・泊地の整備が大規模に行われてきた。また産業の発達に伴う人口集中から、羽田沖残土処分場（後の羽田空港島）など、大規模な海面型廃棄物処分場が建設された。

これらの東京湾沿岸域の整備や維持補修には、大量の浚渫土砂が有効利用されてきている。本稿では、東京湾沿岸域における浚渫土砂の有効利用の歴史と、最近の浚渫土砂の高度有効利用状況を報告する。

2. 東京湾における浚渫土砂の有効利用の歴史

2.1 河口域の良質砂の埋立て事業への利用の時代

東京湾沿岸の港湾整備は、1853年（嘉永6年）浦賀のペリー来港を受け、1859年（安政6年）の横浜港の開港からスタートした。ただし当時は港湾施設がなく、船は沖に停泊し小船で荷物や人を運んでいた。1889年（明治22年）からの第1期の築港工事で1896年（明治29年）に大棧橋が完成、1899年（大正6年）に海面を周辺の海砂で埋め立て、係船岸壁が新港ふ頭（現在の赤レンガ倉庫）が完成し、数千トンクラスの貨物船が停泊出来るようになった。これが、東京湾の港湾整備における大規模な浚渫土砂の有効利用の始まりといえる。その後、横浜・川崎地区では、安田善次郎、渋沢栄一、浅野総一郎ら民間人の手で、多摩川河口などに堆積した砂をポンプ浚渫し遠浅海岸が大規模に埋立てられ、明治末期から昭和の初期にかけて、約500万 m^2 以上の埋立造成が行われ、後の京浜工業地帯の礎がつくられた¹⁾。

幕末の横浜開港に対し東京港^{2),3)}では、1906年（明治39年）に墨田川河口（1号地、現在の月島）、1936年（大正5年）に芝浦地区（2号地、現在の芝浦ふ頭）の埋立造成が完了し、500トンクラスの汽船が停泊できるようになった。その後、1925年（大正14年）に日の出埠頭、1932年（昭和7年）に芝浦ふ頭など、主に河口や海浜の砂をポンプ浚渫し埋立てることで港湾整備がなされ、1941年（昭和16年）に東京港は開港した。

その後、第二次世界大戦前まで、湾内の砂をポンプ浚渫する大規模な埋立てによって港湾整備が盛んに行われ、発展してきた。東京都の14号地（今の江東区夢の島）は1937年（昭和12年）から戦前まで、海砂で埋立てられ（東京都飛行場のため、終戦で埋立て中止）、終戦直後は海水浴場として使用されていた。その後、有名なごみ処分場となり、現在は公園などで有効利用されている。東京港で浚渫砂による埋立地が“人工海浜”として利用されていた時代があることはあまり知られていない³⁾。

2.2 軟弱な浚渫粘性土の埋立て処分時代

上記の良質な海砂を埋立地造成に利用した時代は終わり、高度成長期の昭和30～40年代には、超軟弱な浚渫土（ヘドロ）を埋立処分する時代へ移行した。東京都では東京港の浚渫土（ヘドロ）や建設発生土を、東京国際空港に隣接した沖合に約800 haの海面型廃棄物処分場を設置し、埋立てを行った。これが現在の羽田空港Ⅱ期島である。その後も、東京では中央防波堤、新海面処分場、横浜では南本牧処分場などの海面型処分場が建設され、東京湾の超軟弱な浚渫土砂が埋立て処分されている。

2.3 軟弱な浚渫粘性土の固化処理、軽量化などによる高度有効利用の時代

上記の南本牧処分場、新海面処分場では、超軟弱な浚渫粘性土を埋立て処分する以外に、事前混合処理による岸壁の裏込め材など護岸・岸壁構造の一部として利用する高度有効利用が行われている。浚渫粘性土にセメントを添加することで、強度や難透水性が得られること、軽量であること、さらにリサイクルの側面から、南本牧では1992年度（平成4年度）から、新海面では1996年度（平成8年度）から、専用のプラント船を用いた事前混合処理土PMC（Pre Mixed Clay）工法で、浚渫粘性土の有効利用が行われている。図-1に新海面処分場のある護岸の断面図を示す。ここでは廃棄物処分場の遮水構造の一部と護岸の裏込め材として事前混合処理土が東京港の浚渫粘性土を用いて作製・打設されている。

横浜みなとみらい岸壁（1999, 2001年度、施工量81 910 m^3 ）や青海コンテナふ頭（2003年度、施工量11 235 m^3 ）では、固化処理土にセメントと気泡を混合し軽量化した、SGM（Super Geo Materials、いずれも湿潤密度12 kN/m^3 以下）の施工も行われている。

また、専用プラント船を必要としない、圧送管内で土

論文

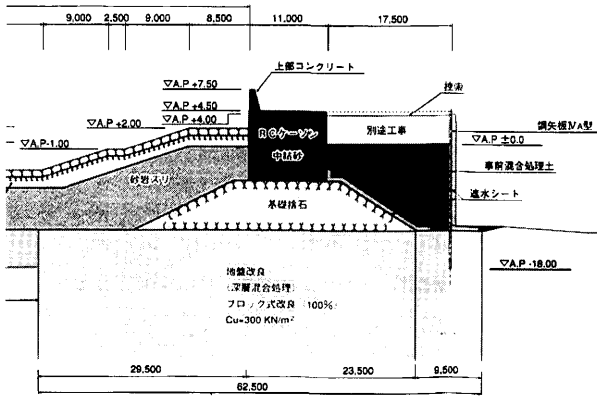


図-1 新海面処分場Cブロック東側護岸標準断面図

表-1 東京湾の浚渫土砂の土質分類と土量

	千葉港	木更津港	東京港	横浜港	川崎港	横須賀港	中ノ瀬航路	合計
砂質土	1.6	1.4	0.0	13.5	8.4	3.6	16.2	44.7
中間土	0.0	0.3	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	9.7
粘性土	0.0	0.1	233.3	16.0	1.7	0.0	25.1	276.2
合計	1.6	1.8	233.3	38.9	10.1	3.6	41.3	330.6

国土交通省資料:平成12~13年実績 万m³/年

砂と固化材を混合する管中混合処理工法⁴⁾の施工も、平成15年度に荒川河口の浚渫土砂を用いて行われている。本工法は、浚渫土の固化処理を大規模急速施工に対応できる工法で中部国際空港人工島造成工事では、約860万m³の固化処理による埋立てを1.7ヶ月で行った実績があり⁴⁾、次期羽田再拡張工事での採用も有望視されている。

3. 現在の東京湾における浚渫土砂の発生量

東京湾では、多摩川、隅田川、江戸川を中心とする河川から土砂が供給されることによって、堆積する土砂と、航路・泊地の維持浚渫や増深化のため、恒常的に浚渫土砂が大量に発生している。

表-1は、東京湾における主要港等の浚渫土量およびその土質について、2000年~2001年の実績をまとめたものである。浚渫土量は東京港で最も多く、またそこではすべてが“粘性土”である。東京湾全体でも全浚渫土量の内、80%以上が、“粘性土”であり、その処分や有効利用が重要な課題であることが推察される。

4. 最近の話題

4.1 古タイヤを用いたゴムチップ混合固化処理土

第2章では、浚渫土砂を埋立て処分するだけでなく、固化処理や軽量化で高度に有効する時代に切り変わったことを述べた。最近では、固化処理土に廃棄物である古タイヤを原料とするゴムチップを混合することで、変形性能を向上させ、さらに付加価値の高い浚渫土砂を有効利用する技術が研究開発され、実現場へ適用されている⁴⁾。

ここでは、東京湾の浚渫粘性土（液性限界120%、シルト・粘土分99%）を含水比240%に加水調整したもの（JH テーブルフロー値：約33 cm）に、普通ポルトランドセメントを50~75 kg/m³添加した固化処理土（混合

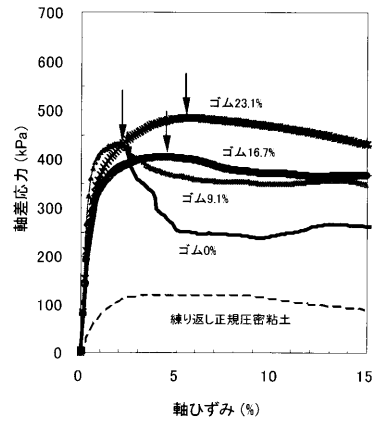


図-2 応力ひずみ曲線（三軸非排水せん断試験）⁶⁾

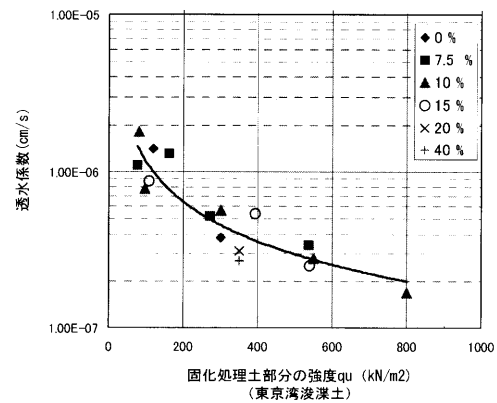


図-3 ゴムチップ固化処理土の各配合の透水係数

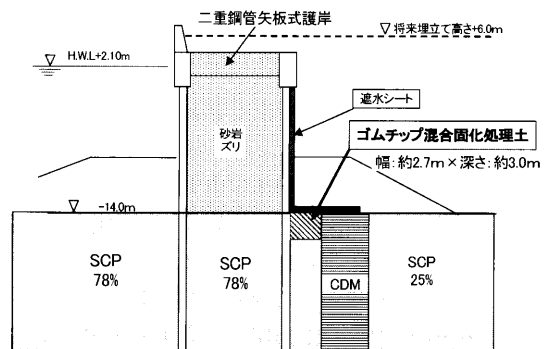


図-4 新海面処分場Gブロック（一部）の護岸断面

直後のテーブルフロー値：13~14 cm）にゴムチップを混合したケースについて紹介する。

軟弱粘性土を固化処理した場合、図-2のゴム0%の三軸非排水せん断試験結果に示すように、固化処理土は通常の粘性土と比較して、小さなひずみでピーク強度を示し、その後ひずみ軟化を生じ、脆性的な変形性状を示す（固化材添加量55 kg/m³）。同じ固化処理土に、ゴムチップを体積で10~20%程度混合すると、ゴム量が多いほど破壊ひずみが伸び、ピーク強度後の応力低下が少なく、脆性的な性質が改善され、練返し試料の正規圧密粘性土と同等の変形性状となっていることがわかる⁴⁾。口絵写真-13, 14には、一軸圧縮試験の供試体をX線CTスキャンにより撮影・解析した内部破壊状況を示す。ゴムチップ混合により、せん断に伴う大きな縦方向クラックの発生が抑制されていることがわかる⁴⁾。

また、図-3に示すようにゴムチップを0~40%程度混合することで透水系数の変化はない(固化材添加量50~75 kg/m³)。

これらの結果、ゴムチップ混合固化処理土は変形に対して大きなクラックを生じにくく、変形に伴う透水性の低下も顕著に抑制できることが見出された⁴⁾。

この特性を生かして、東京都の新海面処分場建設工事では、このゴムチップ混合固化処理土が、遮水工の一部として採用された(平成14年度Gブロック西側護岸建設工事その2;延長82.8m, 打設量約800m³, 図-4)³⁾。

このように、最近では浚渫粘性土を用いた固化処理土に古タイヤゴムチップを混合することで、強度・靱性(変形追随性)・遮水性を有する新たな地盤材料として、浚渫土砂がさらに高度に有効利用することが可能になっている。なおこれらの成果は、茨城大学、熊本大学、(独)港湾空港技術研究所、ブリジストン[®]および東亜建設工業[®]との産学官の共同研究で行われたものである^{4),5)}。

4.2 環境再生事業への浚渫土砂の有効利用

上記の浚渫粘性土の固化処理、軽量化などでリサイクル利用する方法の他に、本項では、より積極的に東京湾の環境再生を目的に最近行われている話題を紹介する。

(1) 青潮対策としての“深堀部”への埋戻し

東京湾の湾奥部では、かつて埋立てに使用するために土砂採取した窪地“深堀部”の存在に起因して発生する青潮が問題となっている。青潮は夏から秋にかけて発生しやすく、植物性プランクトンの死骸が“深堀部”などの深海部の窪地に蓄積・分解する際に酸素を消費してしまうために貧酸素水塊となり、水面近くに浮上することで生じるものである。その青潮が浅瀬に移動し、魚介類を死滅させる原因となっている。そこで現在、東京湾の湾奥部の“深堀部”を東京湾の浚渫土砂で埋戻すことで対策が講じられている。また、その埋戻しでは、土砂投入時の汚濁発生を起さない配慮をした二重管トレミー工法⁶⁾などが採用され実施されている。

(2) 人工的な泥質干潟の創出への浚渫土砂の利用

東京湾では、第2章に述べた明治以降の埋立てによって産業の発展が得られたものの、約9割の干潟が消失したとされている。干潟は貝類・カニ類・魚類などの生物の棲家であり、下水や河川から流れ込む窒素やリンなどの栄養塩を吸収して増殖する植物プランクトンを餌にする。また干潟に育成する葦・ヨシなどの植物は、栄養塩や有機物を分解する水質浄化作用を有している。

干潟はその形成する土質によって砂質干潟と泥質干潟に分類される。東京湾では、多摩川河口や谷津干潟(千葉県)などが泥質干潟であり、現在もトビハゼ(写真-1)やカニなどの多くの生物が棲息し、ヨシの群生がみられ、渡り鳥も多く飛来する場所となっている(口絵写真-15~17)。そこで最近では、環境再生の目的で表-1に示した東京湾で発生する泥質土を用いた人工干潟の創出や保全に関する調査・研究が進められている。多摩

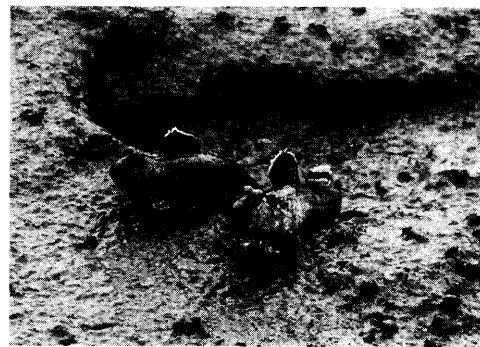


写真-1 トビハゼ(多摩川河口)⁷⁾

川河口域では、干潟の地形、土質構成、トビハゼの巣穴の形状や産卵巣穴数などの調査を行っている⁷⁾。

5. まとめ

本稿では、東京湾沿岸域における浚渫土砂の有効利用が、明治以降の大規模な港湾整備に海砂を大量に利用してきた時代から、最近の超軟弱な浚渫粘性土を高度に有効利用する時代までの状況を報告した。

建設産業は「大規模建設の時代」から「環境重視の社会基盤整備の時代」へと移りつつある。そのような流れのなかで、東京湾沿岸域でも、大量かつ恒常的に発生する浚渫土砂の有効利用技術が開発され、実現場への適用が積極的に行われようとしている。今回紹介した自動車産業から発生する廃棄物である古タイヤを混合することで付加価値を高めたり、干潟の創出などに利用することで、より積極的に環境に配慮した浚渫土砂の高度有効利用が進むことが期待される。

また、さらに有効利用するための浚渫土砂から良質な砂分を回収する分級工法や脱水処理など減容化技術等も、取り入れられることが予測される。

参考文献

- 1) 東亜建設工業[®]:東京湾埋立物語, 東洋経済新報社, p. 201, 1989.
- 2) 高荷久昌:東京港埋立史, 地質と調査, 82第4号, pp. 36~40, 1982.
- 3) Y. Mitarai, T. Fukasawa, A. Sakamoto, A. Nakamura: The Construction Project of Central Japan Airport, Proceedings of the 12th Asian Regional Conf., Vol. 2, pp. 1511~1516, 2003.
- 4) 御手洗義夫・川合弘之・安原一哉・菊池喜昭・アショカ・K・カルモカル:古タイヤゴムチップを混合した複合地盤材料の力学的特性と港湾工事への適用事例, 第49回地盤工学シンポジウム, pp. 77~84, 2004.
- 5) 菊池喜昭・永留 健・大谷 順・御手洗義夫:X線CT法によるゴムチップ混合固化処理土の工学的特性評価, 第6回環境地盤工学シンポジウム, 2005(印刷中).
- 6) 奥村研一・手塚 哲・高木幸夫・五明美智男・飯田 勲・矢内栄二:二重式トレミー管を用いた土砂投入, 海洋開発論文集, Vol. 13, pp. 375~379, 1997.
- 7) 玉上和範・五明美智男・杉浦 琴:人工的な泥質干潟の創出 技術に関する基礎的研究, 海洋開発論文集, Vol. 20, pp. 995~1000, 2004.

(原稿受理 2005.2.21)