

海底仕上げ浚渫機械の開発と施工

Development and Work Execution of Dredges for Undersea Foundation Bed

長谷川 和 夫 (はせがわ かずお)
首都高速道路公団湾岸線建設局設計課 課長

柄 川 伸 一 (えがわ しんいち)
首都高速道路公団工務部設計技術課 課長補佐

上 石 修 二 (あげいし しゅうじ)

(社)日本建設機械化協会建設機械化研究所研究第二部 専門課長

1. はじめに

東京湾の外周に沿って一周する「東京湾岸道路」のうち、横浜市金沢区並木から市川市高谷までの延長64kmのうちの自動車専用道路を首都高速道路公団が高速湾岸線として整備を進めている。現在、空港中央～高谷間28.3km、本牧～大黒埠頭間2.8kmを供用している。

現在工事中の多摩川トンネル、川崎航路トンネルは、それぞれ多摩川河口、川崎航路部に位置し、羽田空港と東扇島とを浮島を間にして結んでいる(図-1)。

この地区は、羽田空港に近接しているため、空域制限の関係から比較検討の結果、沈埋トンネル方式を採用した。多摩川トンネルは延長1549.5mの沈埋トンネル部とその両端の換気塔部および陸上トンネル部より構成され、その全長は2170mである(図-2)。一方、川崎航路トンネルは、延長1187.4mの沈埋トンネル部をふくめ、全長は1947mである。本稿では、本沈埋トンネルの浚渫工事において使用した海上コントロール方式の仕上げ浚渫機械の開発およびこれを用いた施工について報告する。

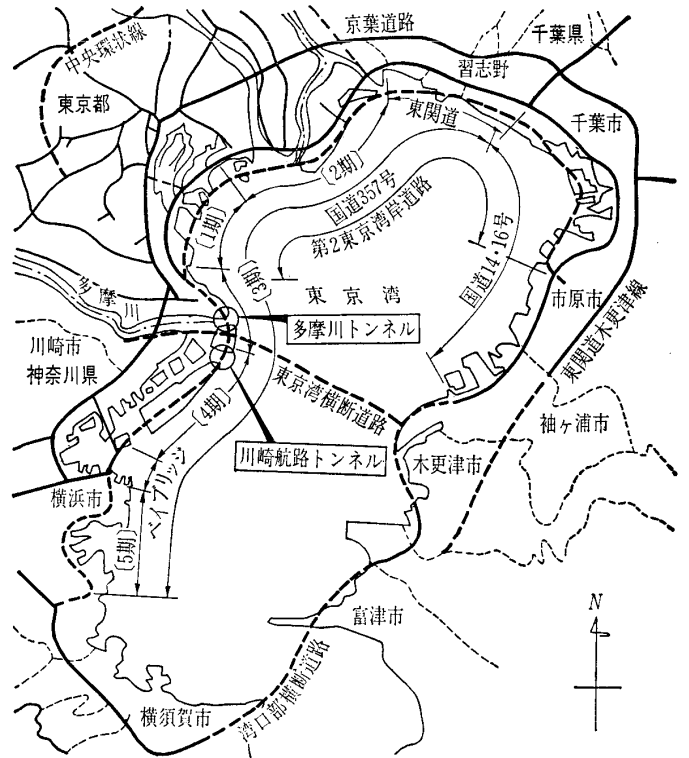


図-1 多摩川トンネル・川崎航路トンネル位置図

2. 仕上げ浚渫機械の開発

2.1 開発の必要性

一般に沈埋トンネルは函体のみかけの比重が小さいため、支持力があまり期待できない軟弱地盤上でも建設できる。両トンネルにおいても、ほぼ全長にわたり軟弱地盤に沈設されるが、トンネル

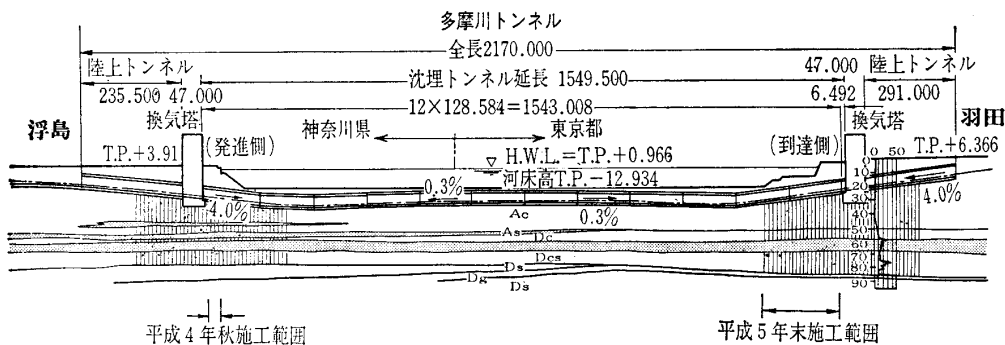


図-2 多摩川トンネル側面図および仕上げ浚渫施工範囲

工事報告

端部は杭基礎で支持された換気塔部の受台上に載せるため支持状態が急変する。このため、端部からいくらかの区間は基礎モルタル層を介して杭基礎とし、杭基礎の設計にあたっては、**図-3**に示すように、杭間隔を変化させるか杭頭部に緩衝ゴム材を取り付けることにより函体軸方向の杭のばね定数（単位長さ当たり）を、換気塔側からトンネル中央部に向かうにしたがい地盤のばね定数にすりつくような三角形分布となるようにしている。また、この基礎杭の一部は沈埋トンネルの全体工程のうち立坑工事との調整の結果、海底地盤内に浚渫前に所定の高さで打設されており、浚渫時には杭頭部に損傷を与えることなく施工する必要があった。この浚渫施工法について現在汎用化している浚渫機械による施工法について検討した結果を**表-1**に示す。それによると、現在の浚渫工法には、杭頭部の仕上げ浚渫に適したものはほとんどない。唯一、潜水士によるエアリフト浚渫が可能ではあるが、作業条件が厳しいこと、浚渫土量が多量であること、などのため機械施工法の開発を必要とした。

2.2 開発条件

施工機械の検討に際しての条件は以下のとおりである。

- ① 施工箇所：多摩川トンネル発進側、到達側および川崎航路トンネル到達側杭基礎部の一部（**図-3**）
- ② 土質：軟弱な沖積粘土でN値0～4程度または置換砂、サンドコンパクション改良土
- ③ 基礎杭：φ1.2mの鋼管杭が打設済、トンネル軸直角方向間隔はほぼ一定、精度は±10cm、軸方向間隔最大11m

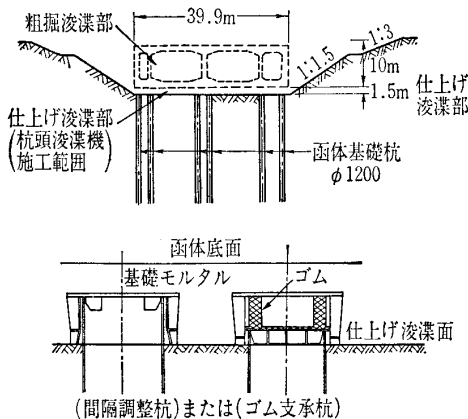


図-3 仕上げ浚渫部および杭頭部構造図

- ④ 水深：20～25m
- ⑤ 浚渫：合計約25000 m³、杭頭上1.5mまでグラブ浚渫済、その後杭頭面まで仕上げ浚渫要（**図-3**）
- ⑥ その他：空域制限あり(38～60m)、海底の視界悪い(0.5m)

2.3 新しい浚渫機械の基本構造

すでに打設されている杭は打設位置、高さについて精度よく把握されていることよりこの杭を利用して浚渫機械を保持し、および位置を把握することとした。移動については杭のトンネル軸直角方向の間隔がどの杭列についても同じであることからこれを利用した歩行システムを考えた。また、土砂の切削方法は土質、開発期間を考え、ポンプ浚渫船に使用されている既存のドラム形カッターを用いることとし、その構造(ピックの本数、先端角度、切削幅等)に基づき、沖積粘性土層を想定した必要な切削能力を備えている。さらに、電気系統、制御系統は安全性、信頼性および荒天時の対応を考え、できるだけ

- | | | |
|-------------------|------------|--------------|
| ① 切削ドラム(油圧) | ⑥ 固定脚 | ⑪ ドラム上下シリンダー |
| ② 水中サンドポンプ(110kW) | ⑦ 移動脚 | ⑫ 送泥ホース |
| ③ 伸縮ブーム | ⑧ フロントジャッキ | ⑬ 伸縮減速機 |
| ④ 横行サドル | ⑨ リヤジャッキ | ⑭ 横行減速機 |
| ⑤ 横行フレーム | ⑩ グリッパー | ⑮ 旋回シリンダー |
| | | ⑯ 方向調整シリンダー |
| | | ⑰ 走行減速機 |

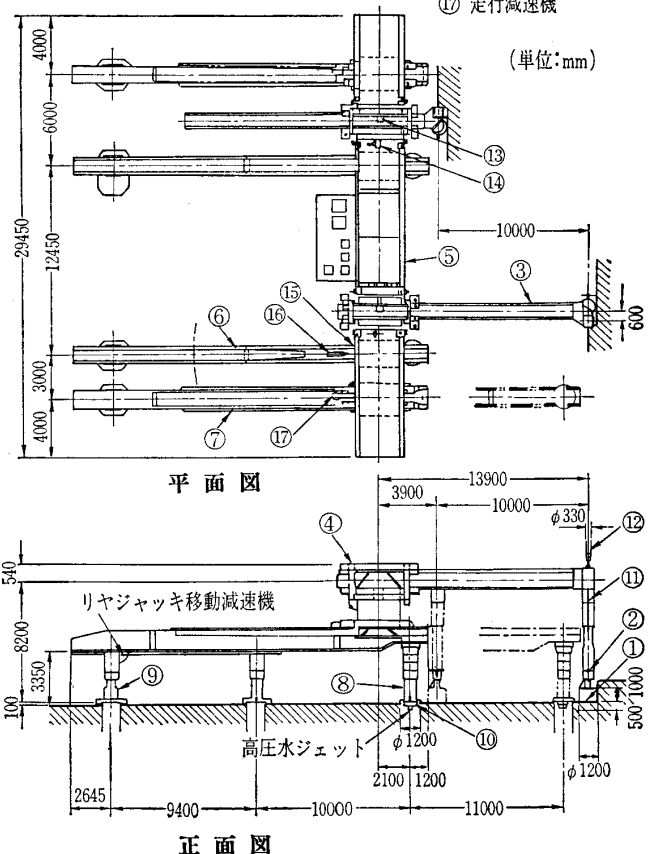
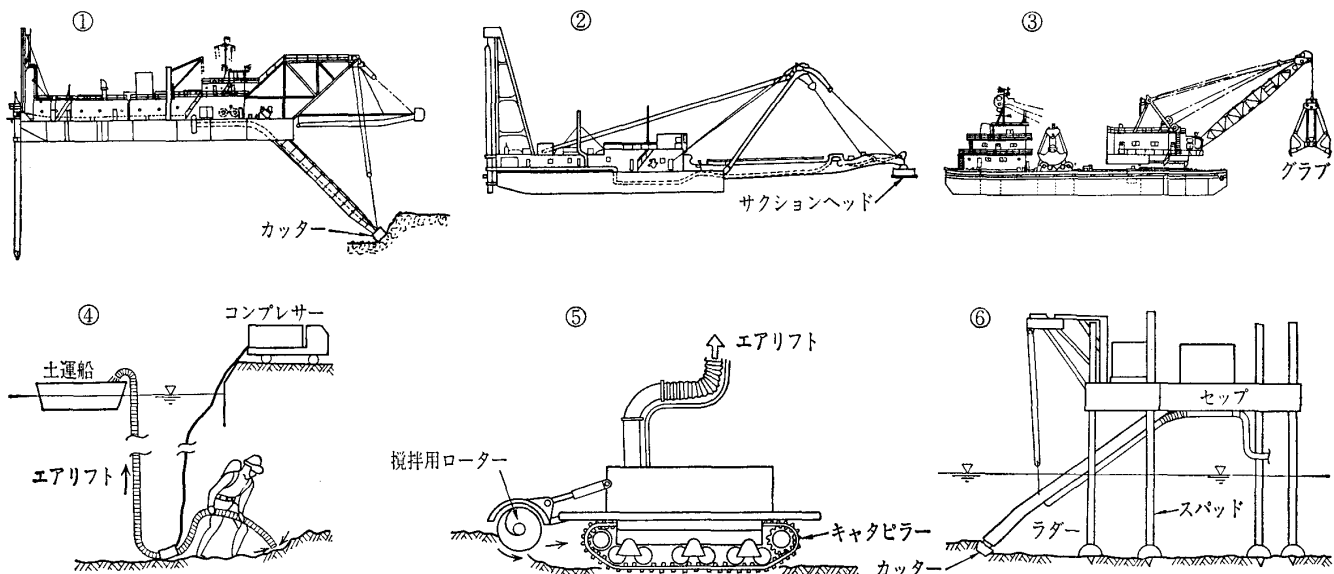


図-4 横行ガーダー方式仕上げ浚渫機構造図

表-1 現状の浚渫機械による施工法検討結果

評価項目	機械規模, 容量	土質	浚渫土厚	揚土量	浚渫跡精度	作業反力	評価
① カッター付ポンプ浚渫船	・-20m~-25mまでの水深の場合4000PS級が必要になる。	・問題なし	・4000PS級から見れば,1.5m厚は薄い。 ・浚渫効率は悪い。	・公称能力700m ³ /h	・上下方向4000PS級の場合±0.5m	・スパットによる前進不可能。 ・スイングワイヤーが取れない。	・作業反力が取れないこと。 ・制約条件から未浚渫土量が多量になるため,更にほかの大掛かりな工法が必要となる。 以上2項目が障害となる。
② カッターレスポンプ浚渫船	・-20m~-25mまで浚渫できる現有船はない。 ・4000PSのカッターを外し特殊ヘッドを付けて対応する。	・問題なし	・適当な土厚である。	・カッター付ポンプ浚渫船の公称能力の1/2程度となる。(1スイングの土厚が薄い) ・公称能力350m ³ /h	・上下方向4000PS級の場合±0.2m	・スパットによる前進不可能。 ・スイングアンカーが打てずスイングワイヤーが取れない。	・作業反力が取れないこと。 ・制約条件から残土量が多量になるため,更にほかの大掛かりな工法が必要となる。 以上2項目が障害となる。
③ グラブ浚渫船	・-20m~-25mまでの水深の場合グラブ容量は6.0m ³ ~8.0m ³ が適当である。	・問題なし	・問題なし	・公称能力250m ³ /h~300m ³ /h	・上下方向±0.6m	・アンカーワイヤーが浚渫船の係留ができる。	・掘削位置制御が難しく,杭頭を損傷する可能性があることが最大の問題である。 杭間の広い範囲でもバケットの倒れを考慮すると杭頭損傷の可能性はある。
④ 潜水士によるエアリフト浚渫	・-20m~-25mまでの水深は潜水士にとってはきびしい環境であり1回の潜水時間は1時間程度となる。	・N値4であれば,このままでは吸引できない。掘削用水ジェットを併用する。	・問題なし	・人力浚渫であり6φの揚泥管を使用した場合1時間当たり2~3m ³ の揚土量であろう。	・視界が悪く,基準がとりにくいため精度が落ちる。	・支援船の係留ができる。 ・潜水士が水中作業を行うことができる。	・人力浚渫のため,扱い土量は極めて少ない。構造的なダメージを与えることのない工法であるが,視界0.5mで大深度という悪環境下での作業であり,長時間の大量施工には向かない。
⑤ 着底型浚渫船	・現有機械は水深20mまで耐えられる様に設計されている。	・自走には向かない土である。 ・浚渫対象土としてN値=0としているので問題が残る。	・浚渫土量は1回に0.05m程度である。	・メーカー公称能力50m ³ /h	・海底を自由に走向できれば,上下方向±0.1m	・キャタピラー方式で自走するが平面的な位置と姿勢の確認が非常に困難である。	・海底を自走することは軟泥の場合不可能である。
⑥ 自己昇降型浚渫船	・水深が深いので従来型のセップはそのまま使用できない。	・浚渫については搭載機械によって決める。 ・脚支持耐力は不安定(N値4~10必要)	・浚渫については搭載機械によって決める。	・左に同じ	・ベース台船が脚で安定させられることができれば非常に高い精度で作業ができる。上下方向±0.05m	・軟泥上に脚を出し安定させることは困難。 ・N値10以上必要である。	・脚の支持が安定すれば搭載浚渫機械の施工精度が得られる。このままでは脚の支持が安定しない。



海上部に配置することとした。このようにして開発した機械を「横行ガーダー方式仕上げ浚渫機」と称

する。また,杭間隔が一定(11m)以上広がる区間の浚渫に対応させるため,基礎杭を軸として切削

工事報告

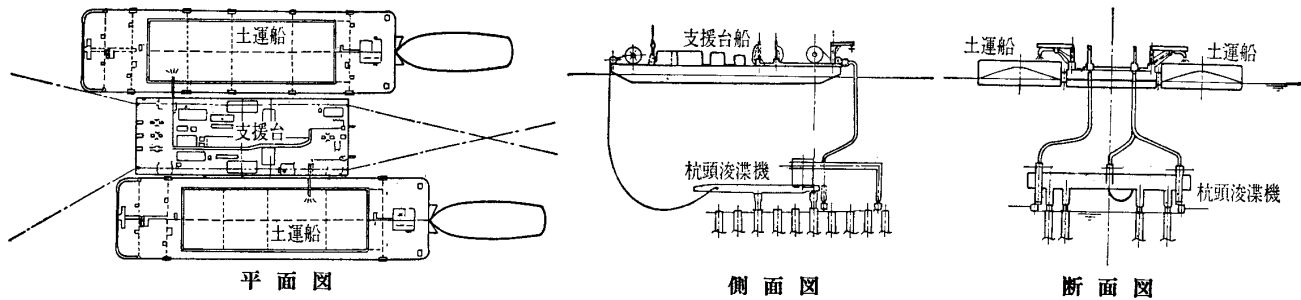


図-5 海上システム（横行ガーダー方式）

表-2 土質ごとの概略施工実績（横行ガーダー方式）

土質	土量 (m ³)	送水量 (m ³)	含泥率 (%)	浚渫時間 (min)	稼働日数 (日)
粘性土	3000	55000	5.5	1600	11
30%改良土	4000	76000	5.3	2250	11
80%改良土	3800	105000	3.6	3100	14

ドラムを回転させながら浚渫する「支柱支持旋回方式仕上げ浚渫機」を使用して施工した。しかし、ここでは誌面の都合上、報告は省略する。

3. 横行ガーダー方式仕上げ浚渫機

3.1 主要仕様および構造

約30mの長さの横行フレームに切削ドラム付き伸縮ビーム、固定脚、移動脚がそれぞれ2個ずつ備わっており、これらを動かすことにより歩行、浚渫を行う。構造を図-4に示す（口絵写真-3参照）。

3.2 施工方法

- ① 準備：台船上にて点検調整を行い、設置箇所に対応した杭間隔、高さにしておく。
- ② 吊下ろし：クレーン船にて海中の所定の杭上に吊下ろす。その後、ケーブル、ホースを接続。
- ③ 浚渫：切削ドラムにて浚渫を行う。次に移動する杭の部分まで浚渫を行い切削ドラムを所定の位置まで戻す。1回の浚渫厚さは約60cmであり2層に分けて浚渫を行う。
- ④ 移動：移動脚を次の杭列の上に乗せる。その後、固定脚を伸縮ビーム、横行フレームごと前進させる（以降③、④の繰返し）。
- ⑤ 海上システム：海上には本機の制御機構を搭載した支援台船および土運船を配備させる。浚渫された土砂は支援台船上の送泥管を通して土運船に積み込まれる（図-5）。
- ⑥ 吊上げ：トンネル幅約40mに対し横行フレーム長が30mであるため、浚渫はトンネル軸方向

に位置を替え2回に分けて行う。位置を替える際にはクレーン船で吊り上げ、脚間隔を杭間隔に応じて調整したのち吊り下ろす。

3.3 施工実績

多摩川トンネルの到達側の仕上げ浚渫において土質ごとの浚渫施工実績を表-2に示す。これによると、粘性土において浚渫能力（実作業時間当たり）は約110m³/h（含泥率5.5%）となり、80%改良土ではあるが砂質土に近い土質では約70m³/h（含泥率3.6%）であった。これは、浚渫方式の似ているポンプ浚渫船の含泥率（平均6%程度）と比べれば満足できるものといえる。また、切削ドラムは土質にかかわらず粘性土に適した同一のものを用いているが、土質に適したドラムを用いればもっと浚渫能力が上がるのではないかと考えられる。

4. あとがき

横行ガーダー方式仕上げ浚渫機については、平成4年10月に多摩川トンネル発進側においてはじめて施工を行い、平成5年末に到達側で2度目の施工を行った。また、支柱支持旋回方式については平成5年末の施工が最初であった。両機とも陸上での試運転ののち海上施工を行ったが最初の施工においてはケーブルの絶縁不良、送泥ホースの曲がりなどによる作業中止があったが、改良を重ね、沈埋函の沈設工程に影響を与えることなく概ね順調に施工を完了したことを付け加えておく。

参考文献

- 1) 久保田・柄川・松岡・清水：首都高速道路 高速湾岸線多摩川・川崎航路沈埋トンネルの設計・施工，コンクリート工学，Vol. 30，No. 5，pp. 29～43，1992。
- 2) 久保田・水野：海底面下に打設された鋼管杭の上を浚渫する機械の開発，建設の機械化，No. 516，pp. 36～40，1993。

（原稿受理 1994. 2. 2）