

磁気異常密集区域の軟衝撃グラブによる 浚渫（高松港）の報告

鈴木 理恵

四国地方整備局 高松港湾・空港整備事務所 工務課 (〒761-0011 香川県高松市浜ノ町72番9号)

海底に衝撃を与える工事の着手前においては、第二次世界大戦中の空襲による不発弾等が残存している可能性があるため、磁気物の確認を行うことが原則である。高松港朝日地区国際物流ターミナル整備事業では、航路(水深12m)浚渫工事の事前調査として磁気物探査を行った結果、磁気物の密集区域が広範囲に確認された。そのため、グラブバケットの中でも特殊な「軟衝撃グラブ」を使用し、安全性の高い浚渫作業を実施している。また、軟衝撃グラブを使用した施工実績は全国でも少なく、四国地方では初めての試みである。本稿では、高松港朝日地区における軟衝撃グラブを使用した施工方法の検討や対応、その結果等について報告する。

キーワード 軟衝撃グラブ、磁気異常密集区域、安全性、潮流対策、グラブ改良

1. はじめに

高松港は、香川県高松市に位置する港湾であり、「四国の玄関」として重要な役割を果たしており、現在、朝日地区では国際物流ターミナル整備事業を実施している。これまで、高松港においては最大で水深10m岸壁しかなく、大型船の入港時は喫水調整を行うなどしており、非効率な輸送を余儀なくされている。また、県内には水深12m以上の耐震強化岸壁がないため、大規模地震時の緊急物資輸送拠点としての機能が不足している。当該事業が完了することで、地域産業の国際競争力の向上を支える物流機能の拡充、さらには南海地震等の大規模地震時における県民の暮らしや企業活動の維持及び安全の確保ができる。事業進捗状況は、岸壁(水深12m)(耐震)、泊地(水深12m)が完了しており、平成25年度より航路(水深12m)において浚渫工事を進めている。

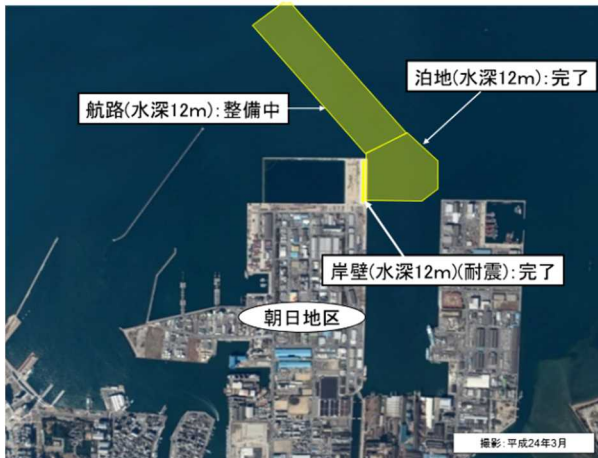


図-1 高松港朝日地区整備状況図

航路(水深12m)の浚渫範囲では、工事着手前の磁気物探査を行った結果、磁気物の密集区域が広範囲に確認され、爆発物の有無を明確に判別することが困難な状況にあった。そのため、グラブバケットの中でも特殊な「軟衝撃グラブ」を使用し、安全性の高い浚渫作業を実施している。なお、軟衝撃グラブを使用した施工実績は全国でも少なく、四国地方では初めての試みである。

本稿は、高松港朝日地区航路(水深12m)における軟衝撃グラブを使用した施工方法の検討や対応、施工結果等について報告するものである。

2. 港湾における浚渫工事

浚渫工事において、海域に爆発物があったため事故につながった例があり、海底に衝撃を与える工事の着手前は、安全を確認するため磁気探査の実施が原則となっている。工事着手前の磁気探査において、磁気反応があれば潜水探査にて磁気物を撤去し、再度磁気探査にて安全確認を行った後、浚渫工事を実施する。

3. 軟衝撃グラブの概要

(1)開発経緯

昭和40年の下関港における機雷爆発事故を契機とし、旧運輸省港湾局では、海底に衝撃を与える港湾工事等を施工する場合は、事前の磁気探査を確実に実施すること等を定めた。しかし、昭和47年、新潟港において、死者2名、負傷者45名の重大事故が発生した。これは、港湾施設の沈下等により鋼管杭が海底に埋没し、事前の磁気探査において、反応が多く十分な解析が不可能であったことが起因していた。これを受け、旧運輸省第一港湾建

設局は、昭和51年から昭和53年にかけて、海底に磁気物があっても安全かつ効率良く浚渫することを目的として、社団法人日本作業船協会と共同で「軟衝撃グラブ」を開発した。

(2) 軟衝撃グラブの特徴

軟衝撃グラブは、グラブに内蔵されている油圧機器の作業油圧力を制御することが可能となっており、締付力は直接爆発物を掴んでも安全とされる4t以下¹⁾としている。また、グラブが爆発物に衝突しても安全であるように、水中荷重を4t、巻き上げ・巻き下げ速度を2.1m/s以下に制限している。刃先形状は、機雷信管部(直径33mm)よりも大きくし(50mm×19mm)、機雷を掴んだ際に爪先が刺さって作動することのないよう設計されている。



写真-1 軟衝撃グラブ外観

(3) 一般的なグラブとの比較

グラブを用いた浚渫について、図-2の右図が一般的に使用されるものであり、左図が軟衝撃グラブである。軟衝撃グラブは、一般的なグラブと比較すると小型である。

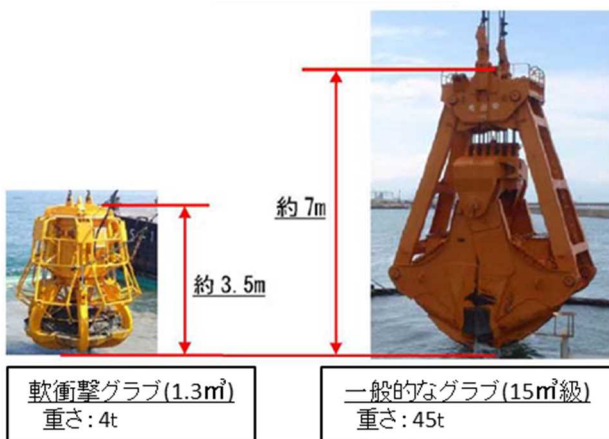


図-2 一般的なグラブと軟衝撃グラブの比較

(4) 施工実績

軟衝撃グラブを使用した工事は、神戸港、大阪港、堺泉北港、新潟港等において実績がある。

4. 高松港における施工方法の検討

(1) 現状調査

a) 自然環境

図-3に施工海域における潮流シミュレーション結果を示す。矢印が長く密であるほど潮流が速いことを表しており、湾奥部と比較すると、航路(水深12m)部は潮流が早い箇所に位置し(図-3左図)、流速2.0m/sを超える場合がある。

また、土質調査結果より、航路(水深12m)部は砂質土と粘性土で構成されている(図-3右図)。

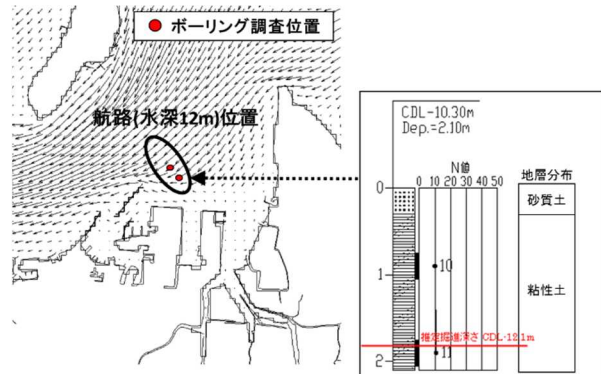


図-3 施工海域における潮流シミュレーション結果(左)と土質調査結果(右)

b) 磁気探査(事前)結果

航路(水深12m)の浚渫範囲において、工事着手前に事前の磁気探査を行ったところ、探査範囲のうち約65%が磁気異常密集区域であることが判明した(図-4)。通常の磁気探査波形記録は、個々に異常点を分離して解析することができるが、磁気異常密集区域は、波形記録の1つの反応が収まる前に次の反応が現れる等、個々の波形記録を分離することができない範囲である。なお、高松市街地は空襲範囲の記録があり²⁾、実際に平成4年と平成7年に高松市内陸部にて不発弾が1個ずつ発見されている。

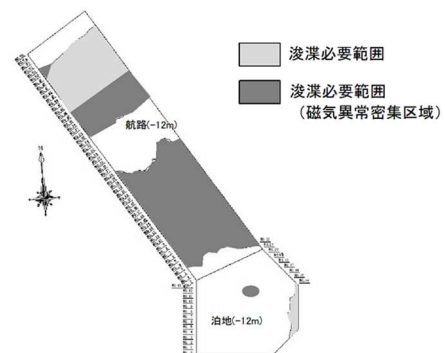


図-4 浚渫必要範囲及び磁気異常密集区域

c) 潜水調査結果

事前の磁気探査での結果を受け、部分的に潜水調査を実施し、海底状況の確認を行った(図-5 A-1~7, B-1)。潜水調査の結果、磁気物は主にスクラップであった。それらは航路南側を中心に大量に存在しており、海底は爆発物の有無を明確に判断できない状況であった。また、

潜水士による磁気物の揚収作業について、表面に存在し比較的小さなものは揚収可能であるが、埋没しているものはジェットポンプ等で掘削すること、大きなものは起重機船等の大型船舶で揚収する必要があった。

なお、突棒調査においては、60cm程しか突棒を押し込むことができず、それより下は固い地盤であることが判明した。

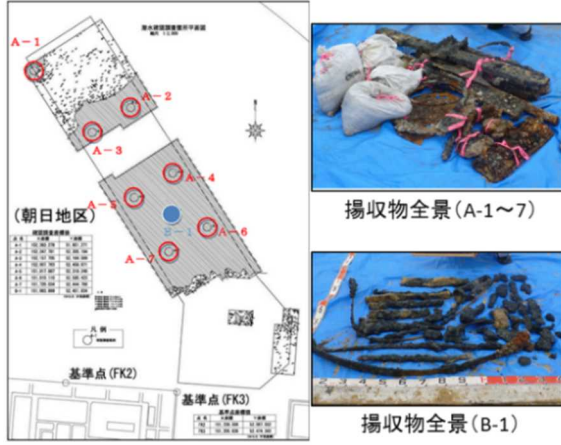


図-5 潜水調査箇所(左)と揚収物(右)

(2) 施工方法の検討

浚渫作業のフローを図-6に示す。一般的な作業の流れは方法①または方法②となる。しかし、高松港においては、事前の磁気探査において、磁気物の密集により個々の磁気異常点を分離できない範囲が広域に存在することが判明した。よって、大量の磁気物について撤去方法を検討する必要があった。方法③は方法②と同様に、潜水探査にて磁気物を撤去する方法であるが、4. (1)c)潜水調査結果で記したとおり、人力だけですべてを撤去するのは困難であった。そこで、他港で前例のある方法④を検討した。方法④は、土砂と同時に磁気物を撤去することのできる軟衝撃グラブを使用し、主に表層の磁気物を撤去した後、磁気探査と潜水探査にて爆発物の有無を確認し、爆発物がなければ一般的なグラブで所定水深まで浚渫を行うという二段階施工の方法である。費用、施工期間、現実性等を考慮し、方法③と方法④を比較検討した結果、方法④が優位であると判断し採用した。

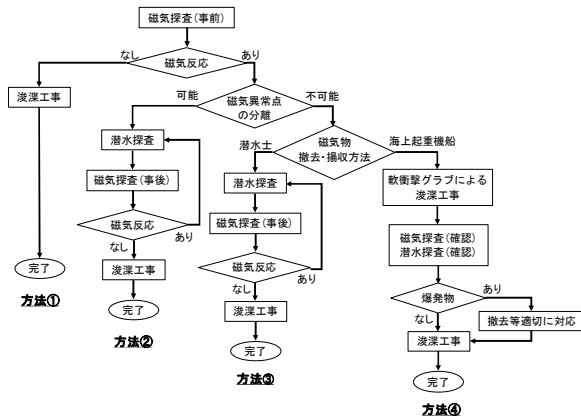


図-6 浚渫作業フロー

しかし、軟衝撃グラブでの施工に当たっては、以下の課題が考えられたため、事前に対応策を検討した。

a) 未施工区域の防止検討

軟衝撃グラブは球状であるため、掘り残しが発生することが懸念された。そこで、掘跡を円接させながら浚渫を行うことを検討した。その結果、船舶の位置を固定し、グラブバケットを少しずつラップさせながら船舶の前方を浚渫して、船体幅の1サイクルが終了後、船舶を前方へ移動し、同じ作業を繰り返すこととした(図-7~9)。

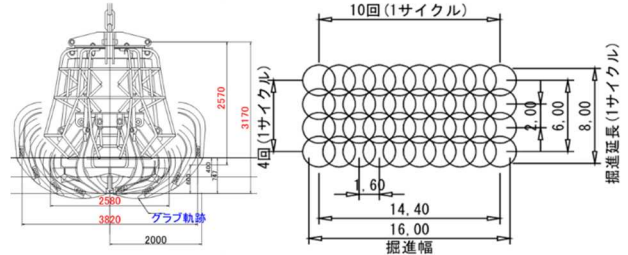


図-7 軟衝撃グラブ構造図(球状)

図-8 浚渫1サイクル平面図

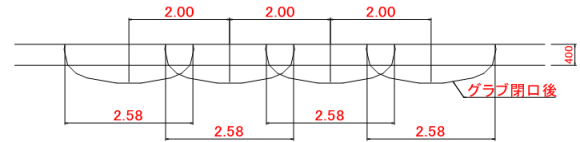


図-9 掘削断面図

b) 分別方法の検討

浚渫土砂は背後の埋立に活用する計画であり、磁気物と土砂に分別する必要があったため、効率的な分別を行うことを検討した。その結果、浚渫土は土運船に載せる際と埋立地にて揚土する際にスクリーンに通し、ふるい分けを行うこととした。スクリーン形状については、過去の文献等から、高松市に投下された爆弾は250Kg爆弾であり、その形状寸法は直径30~38cm、長さ120cmと想定されたため、爆弾を通さない30cmメッシュとした。

5. 高松港における施工中の課題と対応

航路(水深12m)における軟衝撃グラブを用いた浚渫工事について、平成25年度から平成27年までの3箇年で実施した工事について報告する。年度毎の施工箇所は図-10の通りである。

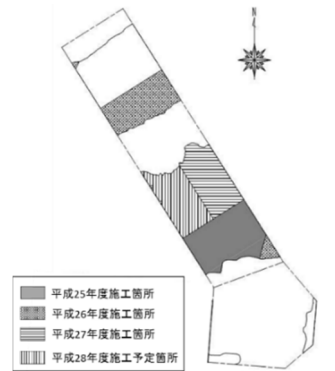


図-10 軟衝撃グラブ浚渫箇所

(1) 施工中に発覚した課題と対応

a) 潮流対策

軟衝撃グラブは、油圧機器を内蔵しており、グラブを45度以上傾けるまたは転倒させると、作動油槽内のポンプのストレーナー部分から空気を吸い込んでしまい、破損の原因となる。グラブは軽量であるため潮流の速い施工海域では流され易く、傾くことで幾度となく故障した。その際、グラブを完全に復旧させるのに2日を要したこともあった。故障した時の潮流速を潮流推算値より検証した結果、流速2.0ノット以上の時間帯であることが分かった。よって、作業時間を調整し、流速2.0ノット以上の時間帯は作業待機とした。

b) 土砂漏れ対策(グラブ改良)

既存の軟衝撃グラブで施工した結果、爪先に隙間が生じているため、砂質土を多く含む土砂では漏れることが判明した。そのため、砂質土でも効率良く作業が行えるよう、爪先を閉じた際、隙間が発生しない形状に改良した(図-11)。

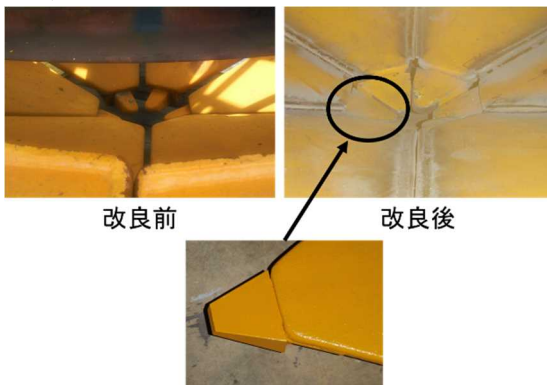


図-11 軟衝撃グラブ爪先改良

(2) 施工前の検討についての対応結果

グラブの掘跡を円接させながら浚渫した結果、未施工区域は発生せず、工事を完了できた。また、浚渫土をスクリーンに通して分別した結果、3箇年の工事において回収した磁気物は、写真-3のように、主にスクラップであった。なお、爆発物は発見されていない。



写真-2 海上での浚渫状況



写真-3 磁気物分別状況と回収状況

(3) 施工後の磁気探査(確認)、潜水探査(確認)結果

磁気探査の結果、浚渫工事を行う前と比較すると、磁気異常密集区域が減少していた。よって、潜水探査により、海底の状況確認や爆発物の有無等の判別が可能となった。潜水探査の結果、爆発物は発見されず、浚渫の妨げとなる大型のものも発見されなかった。また、潜水士への聞き取りや水中写真(写真-4)により、①磁気異常密集区域の底質は砂質の締め固まった状態であること、②磁気物は海底から突起した状態で保たれていることから、磁気物は深く埋没することなく、海底面付近に留まっていると想定できる。



写真-4 潜水探査(確認)時の水中写真
(鋼矢板(左)、鉄パイプ(右))

さらに、磁気異常密集区域の要因を究明するため、浚渫工事で揚土した土砂について、揚土場内で陸上探査を実施した。調査の結果、磁気異常点がいくつも検出され、土砂も何らかの理由で磁気を帯びていたことが判明した。よって、土砂の磁気反応が密集区域の要因の一つと想定できる。

6. まとめ

高松港の磁気異常密集区域において、軟衝撃グラブを使用することで、安全かつ効率的に磁気物を撤去することができた。また、残りの磁気物についても、潜水探査で爆発物の有無を確認することが可能となったことから、軟衝撃グラブを使用した浚渫が、海底の安全性を確認するために効果的であったと言える。

施工箇所は、軟衝撃グラブでの施工実績のない海象、土質条件であったため、施工前に考えられた課題と施工中に発覚した課題について繰り返し対応策の検討や改善を図った。よって、高松港のような潮流の速い現場や海底地盤が砂質土であっても、軟衝撃グラブでの施工は可能であることが確立された。

近年では、浚渫作業中の爆発物による事故は発生していないが、今後も、軟衝撃グラブが磁気異常密集区域の安全性確保に効果的なものとなると考える。さらに、軟衝撃グラブを他港で使用する際には、高松港での施工実績が参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 運輸省第一港湾建設局：海底金属物回収作業の安全性に関する調査研究，1973年
- 2) 国立国会図書館所蔵：日本都市戦災地図 第一復員省