

第5章 河道掘削

5-1 河道掘削設計の基本

河道掘削、および浚渫は、河道断面を拡幅させることで河川の流下能力増加に大きな効果が期待されるが、自然環境に与える影響が大きい。河道内は生物の多様な生息環境であることから、河道断面は、十分に自然環境を考慮することを基本として、施工性、経済性を考慮して設定するものとする。

上流からの土砂の供給が予想される箇所では、掘削箇所の再度堆積により、整備効果の低減が懸念される。そのため、河道掘削の設計にあたっては、河川環境への影響、再度堆積の発生を極力低減させることに留意して法線、断面、および掘削工法を検討しなければならない。また、発達した砂州を掘削することで河川の流下能力を増加させる場合は、必要な河道断面を設定するだけに留まらず、河道の変遷から砂州が形成された要因を分析し、再度堆積を抑制するための抜本的な対策案を検討することが望ましい。

さらに、護岸や橋梁等の横断工作物の設置状況を調査し、既設構造物の安定性に十分に配慮した上で計画するものとする。

5-1-1 掘削断面

1) 掘削断面の基本的な考え方

掘削断面は、下記の考え方にに基づき設定する。

- (1) 掘削断面は、河川管理基図、河川整備基本方針、河川整備計画に基づいて設定することを基本とする。また、掘削により流下能力の増加はどの程度期待されるか、掘削による流向の変動はどうかを十分に検討する。
- (2) 護岸を設置しない区間では、1:3より緩やかな勾配（流木等の堆積にも配慮）を基本とし、掘削の法肩は堤防防護ラインに影響させないように検討する（下図参照）。また、高水敷が堤外民地となっている場合は、用地境界を確認の上、掘削断面を検討する。

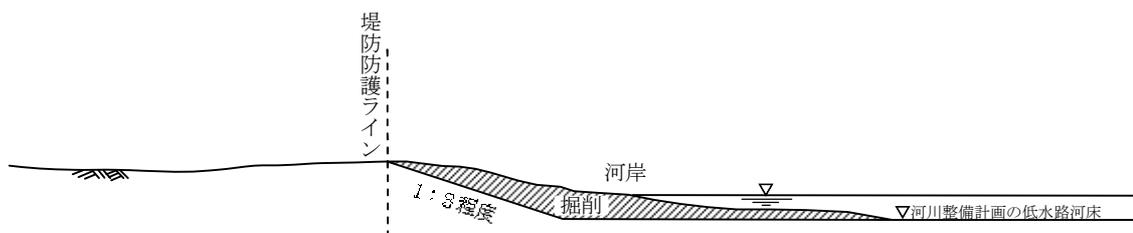


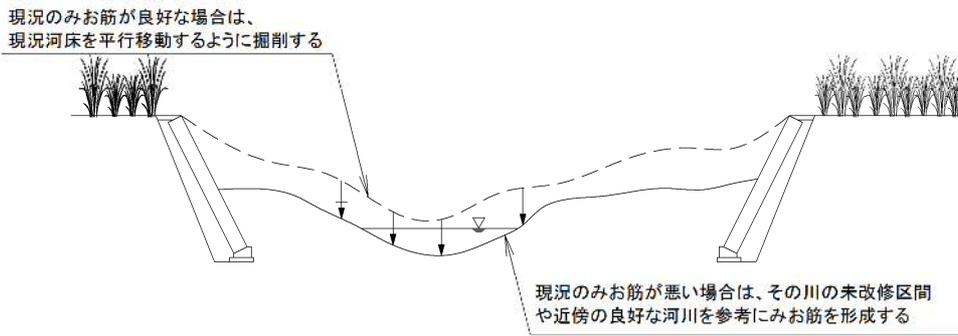
図 5-1-1 掘削断面図

- (3) 下流の流下能力と著しく不均衡となる河道掘削は避ける。
- (4) 左右岸のどちらか片岸のみ掘削する場合は、対岸への影響を十分に検討する。

2) 環境に配慮した断面設定

掘削断面を設定する際、下記の環境対策に配慮する。

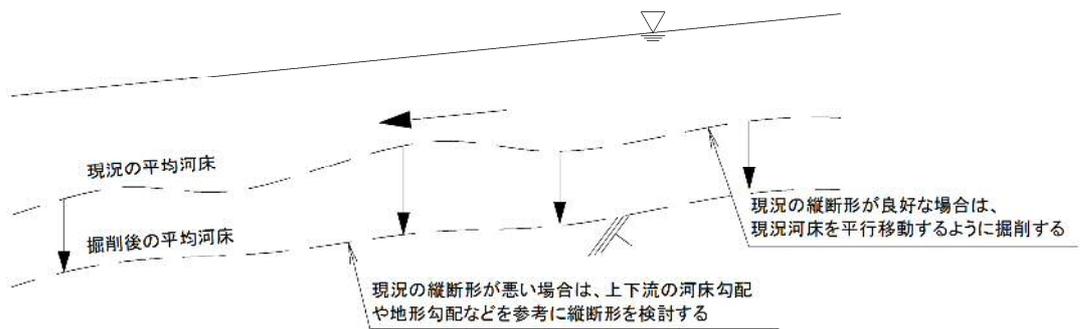
- (1) 河道掘削は、流下能力の増加に効果が大きいものであるが、動植物へ与える影響も大きいため、陸上では、表土を元に戻す、水中では河床のレキを残す等の配慮を行う。
- (2) 大規模な樹木伐採をとまなう場合は、事前に野鳥の会等へのヒアリングや営巣期を避けた工期を設定する。
- (3) 河床を掘削する場合には、多様な自然環境の創出を図るため、平坦な河床とせず、現況で形成されているみお筋や横断方向の地形（瀬・淵などの凹凸）を平行移動（スライドダウン）させ、元の河床に近い形状とする。〔ポイントブックⅢ〕



〔ポイントブックⅢ 2.1.3〕

図 5-1-2(1) 河床の掘下げ方（横断形）

- (4) 縦断形についても、現況の河床形態等を変更しないよう、平均河床高による縦断形は平行移動することを基本として検討する。〔ポイントブックⅢ〕



〔ポイントブックⅢ 2.1.3〕

図 5-1-2(2) 河床の掘下げ方（縦断形）

5-1-2 掘削手順

掘削手順は、現地状況や整備効果の早期発現を考慮し、掘削工法および施工期間に合わせて適切に設定する。主な掘削手順には以下のようなものがあり、治水効果の早期発現、土砂の再度堆積対策および環境負荷の軽減に有効となる。

- ① 筋掘り : 滞筋に近い箇所から順次筋状に掘削する（治水効果の早期発現）。
- ② スライス掘削 : 地山の頂部から順次面的に掘削する（土砂の再度堆積対策）。
- ③ 壺掘り : 河川水の締切として、水際の地山を残して掘削する（環境負荷の軽減）。

【図解】

①筋掘り

- ・滞筋に近い箇所から筋状に掘削を進めることで、治水効果の早期発現を図る掘削手順である。
- ・施工期間が多年度となる場合において、有効な手順となる。
- ・水中施工では、掘削した箇所に土砂が再度堆積しやすいため採用するにあたり、十分な検討が必要となる。

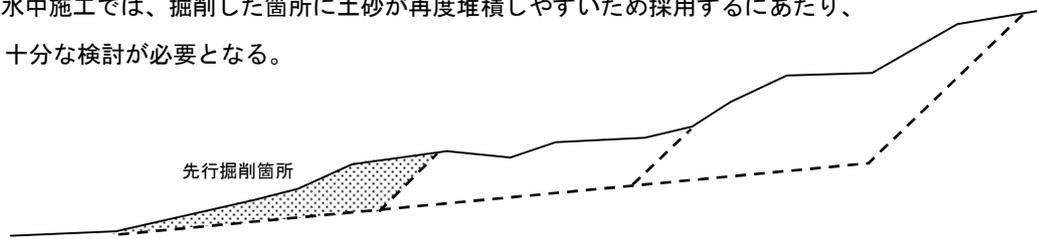


図 5-1-3(1) 筋掘り断面図

②スライス掘削

- ・地山の頂部から面的に掘削を進めることで、再度堆積した土砂を次回施工時に掘削できる掘削手順である。
- ・施工期間が多年度となる水中施工において、有効な手順となる。
- ・治水効果の早期発現は見込められないため、整備優先度が高い箇所では、採用するにあたり十分な検討が必要となる。

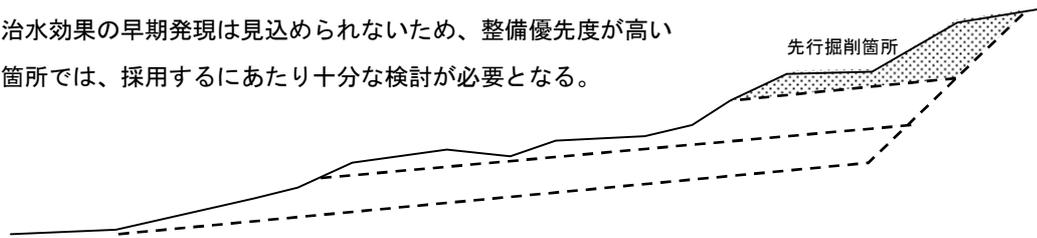


図 5-1-3(2) スライス掘削断面図

③壺掘り

- ・水際の地山を最後に掘削することで、施工中における濁水の流出を極力抑制させる掘削手順である。
- ・単年度の陸上施工において、有効な手順となる。

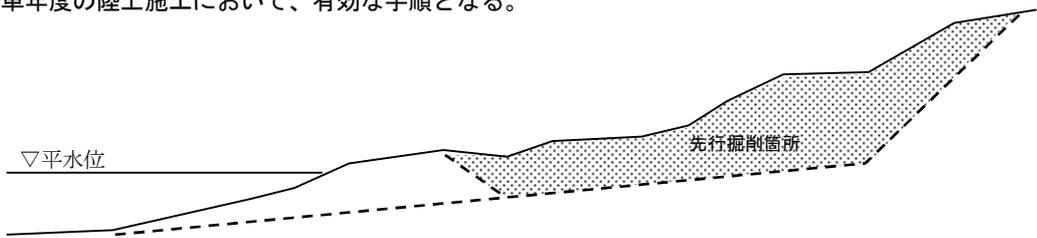


図 5-1-3(3) 壺掘り断面図

5-1-3 現場における事前調査 [河川土工マニュアル7.4.1]

河川の掘削工事に際しては、適切な施工計画作成のために、事前に現場の調査を実施して、必要に応じて工事前、および工事中に諸対策の検討を行い、必要となる対策を適切に実施するものとする。掘削工事の施工に先立って、必要に応じて以下のような事項について事前調査するものとする。

1) 河川利用状況調査

河川の掘削工事においては、河川域を生活の場としている人々やレクリエーションの場として利用している人々に、工事の影響が及ぶ可能性がある場合は、事前に現場周辺の河川利用状況を調査する。

2) 生活環境調査

河川の掘削工事にあたっては、必要に応じて工事現場周辺の生活環境への影響を調査しておくものとする。

河川の掘削工事は、掘削土砂の除去に起因した濁水や、水中の底質を大気に出すことによる悪臭、掘削土を処理する際の騒音等の発生により、周辺的生活環境に直接影響が及ぶ可能性がある場合は、工事に先立って、必要に応じて以下に記述するような事項について周辺的生活環境等を把握するとともに、工事着工前、施工中において監視、注視すべき事項を決めておく。

(1) 水質の調査

既存の水質調査結果、河川の流況、工事中の水質監視項目・注意項目

(2) 悪臭の調査

既存の底質調査結果、周辺の家屋状況、掘削土の排出による悪臭発生の可能性など

(3) 振動・騒音の調査

掘削工事で次のような工事を行う場合は、騒音・振動の発生が予想されることから、振動・騒音に留意すること。

- ① 濁水処理施設や脱水処理施設等のプラントを昼夜連続運転する場合
- ② 仮設ヤードなどで鋼矢板等を打設・引き抜きする場合
- ③ その他、排土先でバックホウやブルドーザ等を運転する場合の振動・騒音

(4) 砂塵の調査

掘削工事における資材運搬用車輛、土砂運搬車輛等による砂利道の砂塵

(5) 土砂運搬路沿道への影響調査

掘削土砂を場外に運搬する場合の運搬路の沿道における運搬車輛による影響

(6) その他、履歴などの情報調査

掘削箇所および周辺に不発弾が埋没している可能性などの情報などがある場合は、必要に応じて、磁気探査などを行い、調査結果によっては必要となる対策を実施する。

3) 生物環境調査

河川の掘削工事においては、事前に工事区域周辺における生物環境を河川環境情報図、レッドリスト、レッドデータブック等をもとに調査する。

現場周辺の河川域に生息する生物群などに工事の影響がおよぶ可能性がある場合は、工事着工前に、必要に応じて生物環境調査を行い、そのデータを整理、保管するとともに、必要に応じて事前または施工中の対策を検討・実施するものとする。

河川の掘削工事においては、施工現場周辺の既存生態調査結果のほかに、必要がある場合は、以下のよう
な事項について現状を把握するものとする。

(1) 植物の調査項目

植物調査では、特定種等の有無、水域およびその周辺の状況など

(2) 魚類の調査項目

回遊魚の遡上、降下時期、魚類の繁殖状況、禁漁水域（区間）・時期、特定種の分布状況、産卵地点・産卵
時期、漁獲状況等

(3) 昆虫類の調査項目

特定種の有無等

(4) 鳥類の調査項目

渡りおよび繁殖等の時期、特定種の生息の有無、水域およびその周辺の状況など

河川の掘削工事では、上記の河川利用状況調査、生活環境状況、生物環境状況によって得られた資料に基づいて、必要がある場合には、工事前、工事中における影響回避・軽減対策を実施する。また、工事中に諸条件が変化した場合にも事前の状況と比較できるようにデータの整理・保管を行う。

特に、漁獲が行われている地区では、調査結果をもとに河川利用者（漁協等）との協議も必要である。

4) 土質調査

浚渫工事の能率、仕様電力、部品の損耗等は、土質によって相当の差があり、工事単価、工法、工期に直接影響するため、事前に浚渫計画区域内の土質を調査する必要がある。特に、浚渫土を築堤材料等への利用を検討する場合には、土質の分布状態を確認し、排泥順序を検討する必要がある。

土質の調査方法は、コアボーリング、および標準貫入試験等によることが望ましいが、簡易的には表層の土砂を採取して簡単なふるい分けによって分類する方法、鉄棒を突き刺してその抵抗によって感覚的に土質変化を想定する方法、ジェットボーリングによって推定する方法等がある。

5) 水理・気象関係の調査

浚渫工事の着工前には、気象関係（最大風速、風向波浪等）ならびに浚渫箇所付近の平水位、既往最高水位、既往最濁水位、流速などについて調査を行い、工程計画や、非常時の退避位置、および方法を検討しておく必要がある。

6) 障害物の調査

浚渫区域内における水制、電信、電話、電力ケーブル、および橋梁、鉄塔のピアの根入れ等について、事前に十分調査する必要がある。また、必要に応じてこれらの関係機関と処理方法、および浚渫工法について協議して了解を得ておく必要がある。

7) 土捨て場の調査

ポンプ浚渫による土捨て場は、土捨て場内の排水系統を調査し、排水される水の処理とともに泥水による環境への悪影響を生じさせないような対策を検討する必要がある。

【コラム】掘削工事における河川環境への配慮

○川には瀬や淵、干潟やワンド、流れの緩急や潮の満ち引きなどがあり、これらの多様性が川の持つ重要な機能の源である。掘削工事においては、川のもつ多様性に配慮しながら、事前調査や漁業関係者等との打合せを実施し、瀬・淵、干潟・ワンドおよび漁場や養殖場等への影響を最小限に抑えるよう検討することが望ましい。

【瀬・淵】

- 水深と流速によって生息する生物が異なる。



瀬、淵は、魚類の産卵場や採餌場、鳥などの採餌場となる※1

※1 [多自然型川づくりの取組みとポイント]

【干潟・ワンド】

- 干潟：多様な生物の生息の場、魚、ハゼ、鳥、チドリ、底生動物、カニ、貝
- ワンド：多様な生物の生息の場、魚、イタセンパラの繁殖、貝、底生動物、カニ



生物の宝庫である干潟※2

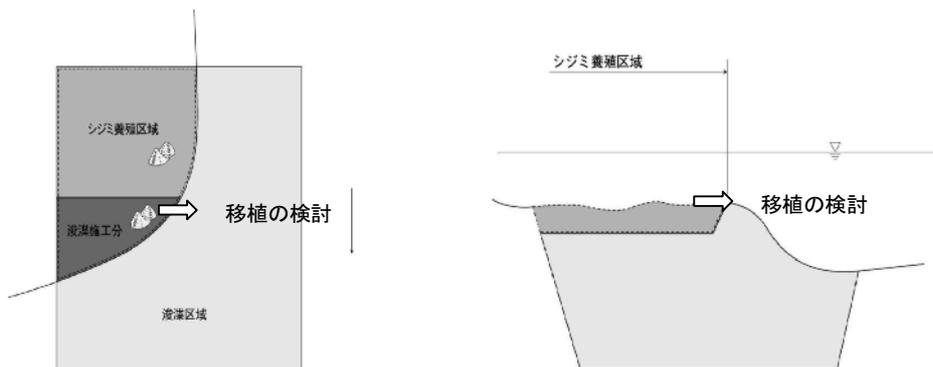


魚の産卵場、仔稚魚の生育の場となるワンド※2

※2 [淀川水系流域委員会資料]

【漁場・養殖場等への配慮】

- 漁場や養殖場がある場合は、移植等で影響を最小限にする。

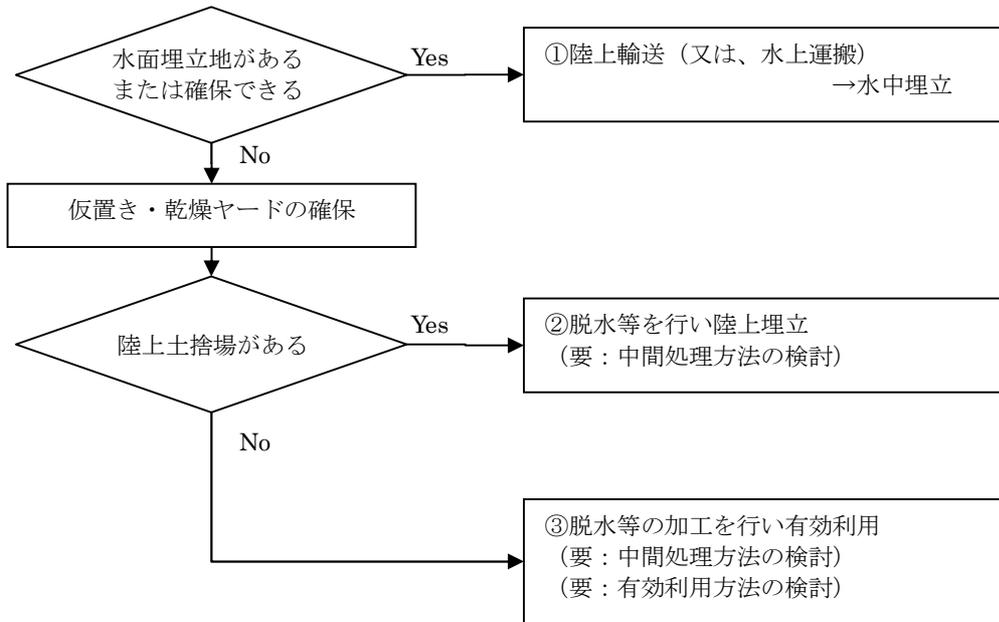


養殖場移植検討の例

5-1-4 仮置き・乾燥ヤード [河川土工マニュアル 7.4.1]

河川の掘削工事でもっとも主要な仮設には、河床土の掘削から土砂の最終処分までの掘削全体に係わる仮設がある。

これは、下図に示すように掘削の方式と排土の最終処分方法までの作業をどのように行うのかによって異なるが、主な作業と必要となる仮設には以下のようなものがある。



[河川土工マニュアル 7.4.1]

図 5-1-4 河床土の掘削から土砂の最終処分までの概念

- ・ 掘削から排土先までの排砂管や仮敷鉄板等の仮設
- ・ 土砂の含水状況の改良に係わる仮置き、乾燥ヤード、水切り設備等の仮設
- ・ 土砂の埋め立てに係わる粉塵防止柵や濁水処理設備等の仮設
- ・ 他工事への有効利用のための運搬などの仮設

掘削工事においては、上述のような仮設が必要となるが、これらの仮設は、経済性、効率性、現場条件等を考慮し、あくまでも仮設であることから過大なものとならないよう適切に実施するものとする。

また、掘削工事区域一帯での、一般船舶等の通航、河川使用の調整、生活環境への影響の軽減、河川環境への影響の軽減・保全等などについて必要となる仮設も必要に応じて実施するものとする。

5-1-5 掘削土の土質改良 [河川土工マニュアル7.4.2]

掘削土砂を有効利用する場合は、対象とする用途基準などを考慮して適切に土質改良する。

掘削土砂の最終処分としては、水面の埋め立て、陸上の埋め立て、あるいは他の工事での有効利用などがあるが、水面埋め立て以外では、含水比の高い掘削土を自然乾燥などによって適切に土質改良して利用するのが一般的である。なお、河川における掘削工事では、発生した土砂を築堤材料として有効利用した事例が多い。

掘削工事によって発生した土砂を有効利用する場合は、こうした資料などを参考にして土質の区分、用途標準などに応じて適切に改良するものとする。

掘削工事によって排出された土砂の含水状態を改良する一般的な工法には、下表に示したようなものがある。

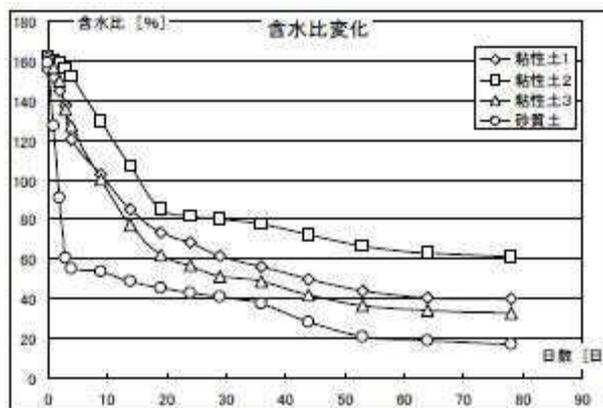
表 5-1-1 掘削土の含水状態の改良法 (例)

原理	改良法	
自然乾燥	天日乾燥法	
補助的脱水法	トレンチ法	敷砂利脱水法
	底面脱水法	袋詰脱水処理法
	強制脱水法	サンドイッチ法 (陸上埋立)
良質土との混合	ブレンド法	

[河川土工マニュアル 7.4.2] 一部加筆

下図は、自然乾燥によって掘削土砂の含水比を改善した施工事例を整理したものである。この資料によると、含水比の低下は、概略以下のようにになっている。

- ・ 砂質土 (As) 1ヶ月程度で急激に 40~50% 程度に改善される。
その後の改善速度は、緩やかになる。
- ・ 粘性土 (Ac) 1ヶ月程度で 60~80%程度に改善される。
その後の改善速度は、緩やかになる。



[河川土工マニュアル 7.4.2]

図 5-1-5 自然乾燥による浚渫土の含水比改善事例

1) 自然乾燥

自然乾燥は、浚渫土砂を敷き均し、天日によって自然乾燥させる方法である。

2) 補助的脱水法

補助的脱水法は、簡易な方法で人為的に手を加えることによって脱水・乾燥を促進する方法で、以下に示すような方法がある。

(1) トレンチ工法

排出された浚渫土の表面にトレンチを掘削し、大気に暴露する泥土の表面積の増大を図り、乾燥を促進する。

(2) 底面脱水工法

土砂の処分先において浚渫土の底面、または垂直面に暗渠排水管や不織布を設置して、これを介して泥土中の水を、懸濁物の少ない水にして排出し脱水、乾燥を促進する。

(3) 強制脱水工法

処分先に敷き均された浚渫土に対して、プラスチック・ボード・ドレーンを多段に、水平埋設し、ドレーン材の一端からポンプにより泥土中の水を負圧吸引して急速改良する。

(4) 敷砂脱水工法

処分地の表面にドレーンパイプを設置し、その上に浚渫土を置く。さらにその表面に、一定厚の砂を敷均す。この2つの対策によって浚渫土中の水分は、表面からの蒸発と、底面からの排水との両面から排水させる。

(5) その他の工法

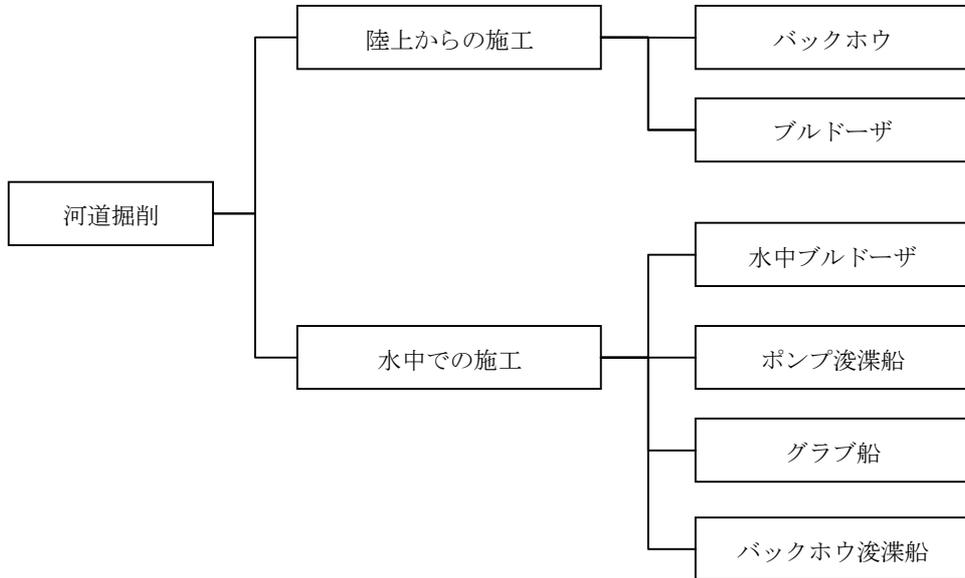
上記の工法のほか、「発生土利用促進のための改良工法マニュアル」には、浚渫土のような泥土を対象に各種の改良工法が紹介されている。

3) 良質土との混合

掘削土の状態が悪く築堤材料等へ流用し難い場合は、良質土と混合することにより、工事間流用を図り、土砂処分費等の抑制を図る。

5-1-6 河道掘削の工法分類

河道掘削は、陸上からの施工と、水中での施工に大別される。陸上からの施工工法では、一般的な土工事と同様にバックホウやブルドーザが挙げられる他、水中での施工が可能な水中ブルドーザがある。また、水中での施工工法では、ポンプ浚渫船、グラブ船、バックホウ浚渫船が挙げられる。



第2編
河川編
第5章
河道掘削

図 5-1-6 河道掘削の工法分類



図 5-1-7 水中での施工における施工機械の例

5-2 陸上からの施工

河道掘削は、河川整備計画に基づき、掘削断面を設定する。河道掘削、および浚渫は、掘削土の処理を含めると工事費が極めて大きくなる。従って、設計にあたっては、治水上の基本事項を守ることは勿論であるが、施工計画を検討して、安全性かつ経済性に配慮することが必要である。

5-2-1 工法選定

河道掘削の工法は、下図の選定フローによって選定する。

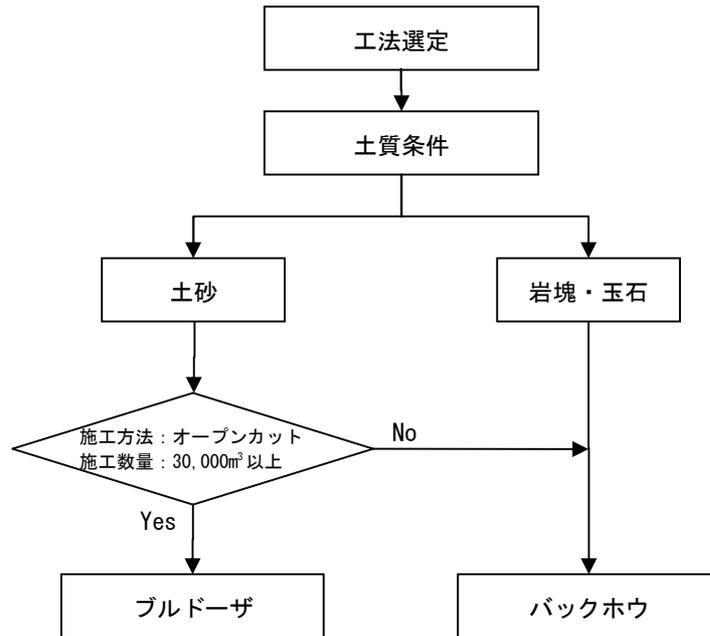


図 5-2-1 工法選定フロー

5-2-2 バックホウ [河川土工マニュアル 4.2.6]

(1) ショベル系掘削機の作業能力

運転1時間あたりの作業量の算定式は次のとおり通りである。

$$Q = \frac{3600 \cdot q_0 \cdot K \cdot f \cdot E}{C_m}$$

ここに、
 Q : 運転1時間あたりの作業量 (m³/h)
 q₀ : バケットの容量 (m³)
 K : バケットの係数
 f : 土量換算係数
 E : 作業効率
 C_m : サイクルタイム (sec)

(2) バケットの容量

ショベル系掘削機のバケット容量は、一般には平積みで表現されている。機種ごとのバケット容量は「日本建設機械要覧」などを参照にするとよい。

表 5-2-1 ショベル系掘削機諸元

種別	形式	規格	出力 (kW)	機械質量 (t)	バケット容量 (平積m ³)	接地圧 (kN/m ²)
バックホウ	クローラ型・ 排出ガス対策型	0.35m ³ 級	60	11.8	0.35	38
		0.4m ³ 級	64	12.1	0.40	40
		0.6m ³ 級	104	19.8	0.60	43
		0.7m ³ 級	116	22.1	0.70	51
ドラグライン	機械ロープ式・ クローラ型	0.6m ³ 級	77	30.2	0.60	57
		1.2m ³ 級	97	50.0	1.20	57
クラムシェル	油圧式クローラ型	0.3m ³ 級	40	10.7	0.30	39
		0.6m ³ 級	85	19.1	0.60	44
	油圧式ホイール型	0.3m ³ 級	61	10.6	0.30	37

(「道路土工—施工指針 (S61.11)」による表を「日本建設機械要覧(2007年)」に基づき修正)

[河川土工マニュアル 4.2.6]

(3) バケット係数

バケット係数は土質、切土深さ、切土高さなどにより変化するものであるが、計画の際には土の種類に応じて実績値をとりまとめたものを利用することが多い。過去の実績からの参考値としてほぐした土量に関する値を土の種類に応じてまとめたものを表 5-2-2 に示す。

表 5-2-2 バケット係数(K)

土の種類	油圧式バックホウ および ドラグライン	クラムシェル	備考
岩塊・玉石	0.45~0.75	0.40~0.70	山盛になりやすいもの、かさばらず空隙の少ないもの、掘削の容易なものなどは、大きい係数を与える。
礫混り土	0.50~0.90	0.45~0.85	
砂	0.80~1.20	0.75~1.10	
普通土	0.60~1.00	0.55~0.95	
粘性土	0.45~0.75	0.40~0.70	

(「道路土工—施工指針 (S61.11)」による)

[河川土工マニュアル 4.2.6]

(4) サイクルタイム

ショベル系掘削機のサイクルタイムは特に土質および土の固結状態と関連して掘削の難易に影響されるところが大きい。また、掘削から積込みまでの旋回角度の違いによってもサイクルタイムは変化する。ショベル系掘削機のサイクルタイムについて、実績からの表 5-2-3 に示す。

表 5-2-3 ショベル系掘削機のサイクルタイム

機種	バックホウ	ドラグライン	クラムシェル
規格	0.35~0.6 m ³ 級	0.6m ³ 級	0.6m ³ 級
旋回 角度	45°	24	33
	90°	28	36
	135°	31	39
	180°	35	42

[河川土工マニュアル 4.2.6]

(5) 作業効率

ショベル系掘削機の作業効率には、現場の諸条件のうち、土質、地形、作業地盤の勾配、排水の良否などのほか、施工法、特に段取り、補助ブルドーザの有無、ダンプトラックの組み合わせなどが影響し、サイクルタイムとの相対関係で定められる。

5-2-3 ブルドーザ [河川土工マニュアル]

(1) ブルドーザの作業能力

運転1時間あたりの作業量の算定式は次のとおり通りである。

$$Q = \frac{60 \cdot q \cdot K \cdot f \cdot E}{C_m}$$

- ここに、 Q : 運転1時間あたりの作業量 (m³/h)
 q : 1回の掘削押土量 (m³)
 f : 土量換算係数
 E : 作業効率
 C_m : サイクルタイム (min)

(2) 1回の掘削押土量

1回の掘削押土量はブルドーザのけん引力、土工板の寸法・形状、土質および施工条件などにより変化する。

1回の掘削押土量の求め方には、実作業中の実績から算定する方法と、押土実験の結果をもとに算定する方法がある。後者の方法は前者に比べて理論的ではあるが、一定条件下での実験値がもととなっているので押土量が大きく算定される場合があり、注意する必要がある。

表 5-2-4 ブルドーザの諸元

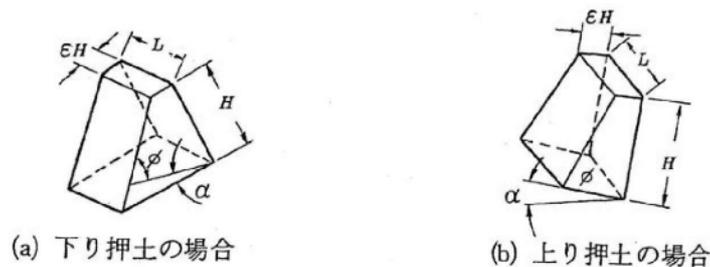
形式	規格	出力 (kW)	重量 (t)	土工板寸法 (m) L×H	土工板容量 (q ₀) (m ³)	接地圧 (kN/m ²)	土工板形式
普通型	3t 級	29	3.9	2.17×0.59	0.52	38	アングル
	6 "	56	7.1	2.44×0.85	1.22	43	"
	9 "	71	9.0	2.74×0.98	1.82	40	"
	11 "	82	10.8	3.05×1.06	2.37	42	"
	15 "	112	15.6	3.28×1.20	3.27	49	"
	18 "	140	19.6	3.42×1.23	3.58	70	ストレート
	21 "	179	27.7	3.72×1.44	5.34	79	"
	32 "	231	39.5	3.96×1.72	8.12	108	"
湿地型	3.5t 級	29	4.3	2.56×0.59	0.62	24	ストレート
	7 "	56	7.6	2.88×0.79	1.25	28	"
	10 "	71	9.4	3.33×0.91	1.91	27	"
	13 "	82	11.2	3.05×1.06	2.37	28	"
	16 "	112	16.9	3.86×1.16	3.60	30	"

注1) 本表記載の機種及び諸元は「日本建設機械要覧(2007年)」によつた。

注2) 土工板容量 q₀ は[参考]の式において φ=30°、α=0°、ε=0、μ=0.80として求めた。

[河川土工マニュアル 4.2.6]

土工板による押土の形状を図 5-2-2 のように考えると 1 回の掘削押土量は次の式で表わされる。



[河川土工マニュアル 4.2.6]

図 5-2-2 土工板で押される土の形状

$$q_0 = LH^2 \left\{ \frac{1}{2 \tan(\phi + \alpha)} + \varepsilon \right\} \mu$$

- ここに、
- q0 : 土工板要領 (m³)
 - L : 土工板の長さ (m)
 - H : 土工板の高さ (m)
 - α : 運搬路の勾配 (ただし、下り作業では負号をとる) (度)
 - φ : 材料により決まる角度 (度)
 - ε : 材料により決まる係数
 - μ : 材料により決まる係数

なお、この算式の場合、ストレートドーザは、Hがアングルドーザに比較して大きいので、q0が大きくなることに注意が必要である。

実際の作業能力算定では、土工板容量 q0 と押土距離 l との関連付けが困難なために上式を用いることは少なく、表 5-2-4 に示す土工板容量 q0 に表 5-2-5 に示す係数 ρ を乗じて 1 回の掘削押土量 q を求めることが多い。

表 5-2-5 押土距離、搬路の勾配に関する係数 ρ

運搬距離 (m) 勾配 (%)		10 まで	20	30	40	50	60	70	80
平坦	0	1.0	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72
下り	5	1.12	1.08	1.03	0.99	0.94	0.90	0.85	0.81
	10	1.28	1.23	1.18	1.13	1.08	1.02	0.97	0.92
	15	1.47	1.41	1.35	1.29	1.23	1.18	1.12	1.06
上り	5	0.89	0.85	0.82	0.78	0.75	0.71	0.68	0.64
	10	0.80	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58
	15	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53

(「道路土工－施工指針 (S61.11)」による)

[河川土工マニュアル 4.2.6]

(3) サイクルタイム

ブルドーザのサイクルタイムは次のように表わされる。

$$Cm = \frac{l}{V_1} + \frac{l}{V_2} + t_g$$

- ここに、
- Cm : ブルドーザのサイクルタイム (min)
 - l : 平均掘削押土距離 (m)
 - V1 : 前進速度 (m/min)
 - V2 : 後進速度 (m/min)
 - t_g : ギヤの入換えなどに要する時間 (min)

l/V1 は掘削押土に要する時間を表し、土質、勾配などによる負荷の大きさから車速 V1 を求める。l/V2 は後退時間を表し、押土の場合により負荷が少ないので速い車速を用いることができる。

実際の作業における C_m を推定することは極めて難しいが、河川工事などにおける平均的な C_m としては次式を参考にすると便利である。

① 掘削押土作業

$$C_m = 0.0381 + 0.20(\text{min})$$

② 掘削押土敷ならし作業

$$C_m = 0.0381 + 0.65(\text{min})$$

(4) 作業効率

ブルドーザの作業効率は単位時間あたりに出し得る作業能力と、長期の運転実績から求めた運転時間あたり作業量との間に大きな開きを生じ、また、実績値自体も広範囲にばらつくことが多い。ブルドーザの作業効率は、サイクルタイムなどと同様に現場における要因により変化するが、1回の掘削押土量、サイクルタイムを前記の参考のように平均的な数値として固定したとすれば、実績からの参考値として表 5-2-6 のように表すことができる。

表 5-2-6 作業効率 (E)

現場条件 土質名	地山の掘削押土			ルーズ状態の土砂押土		
	良好	普通	不良	良好	普通	不良
砂 砂質土	0.80	0.65	0.50	0.85	0.70	0.55
礫混り土 粘性土	0.70	0.55	0.40	0.75	0.60	0.45
破碎岩	—	—	—	—	0.35	0.25

注1) 作業現場が広く(土工板幅の3倍以上)、トラフィカビリティや地盤の凹凸を考慮してスリップ等がなく、また下り勾配等で作業速度が十分期待できる条件がそろっている場合は「良好」をとる。

注2) 作業現場が狭く、地盤状況を考慮してスリップやぬかるみが多く、また上り勾配等で作業速度を阻害する条件がそろっている場合は「不良」をとる。

注3) 作業現場が広いが作業速度が期待できない場合、作業現場が狭い(土工板幅の3倍未満)が作業速度が十分期待できる場合等、上記の諸条件がほぼ中位と考えられる場合は「普通」をとる。

注4) 軟岩をリッピングしたものは、リッピング後の状態を考慮し、その状態に応じた土質の値をとるものとする。

[河川土工マニュアル 4.2.6]

5-3 水中での施工

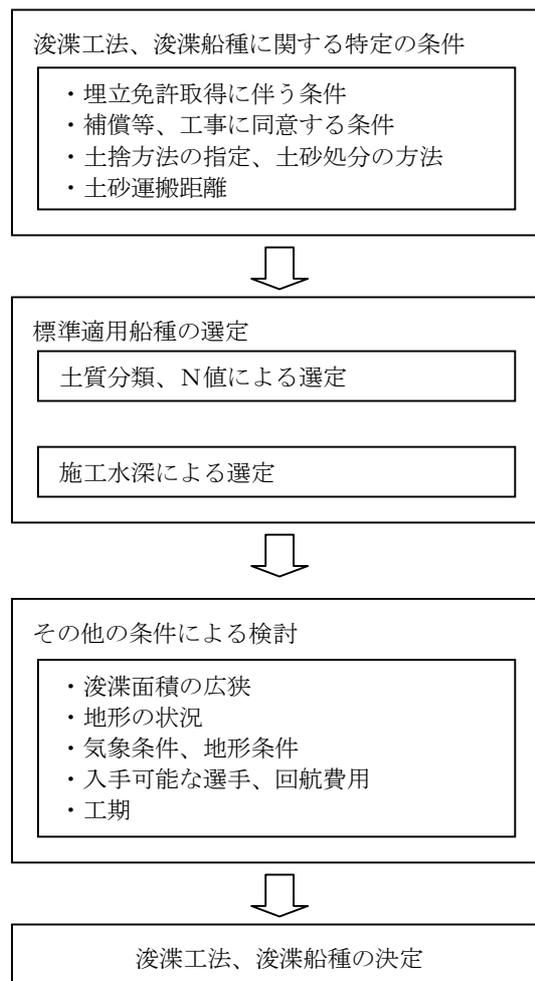
浚渫とは、水面以下にある土砂等を掘削することであり、浚渫船による施工が一般的である。浚渫船による施工工法は、ポンプ浚渫、グラブ浚渫、バックホウ浚渫があり、機種選定にあたっては、浚渫土量、面積、水深、土質、土捨場、動力源等の条件を十分調査して決定する。また、水中での施工が可能な水中ブルドーザがある。

5-3-1 工法選定 [港湾積算基準]

浚渫工法は、土量、工期、土捨て場までの距離、土質、面積、水深、動力源等の条件から決められるが、浚渫船は現地までの輸送費が高むので、以後の計画土量等を勘案して工法を選定する必要がある。また、施工能力についても公称能力と実際の能力とは土質や施工条件によって相当の差が生じるものなので、選定にあたっては注意する必要がある。

1) 浚渫工法、浚渫船種の選定フロー

浚渫工法、および浚渫船種は、下図の選定フローによって選定する。



[港湾積算基準 3章 1-5-1]

図 5-3-1 浚渫工法、浚渫船種の選定フロー

2) N 値別の標準適用船種

浚渫区域の土質状態によって、標準適用船種の選定を行う。標準適用船種は、土質分類（普通土砂、岩盤）、および N 値、状態に応じて下表より選定する。

表 5-3-1 N 値別の標準適用船種

土質		標準適用船種					摘要	
分類	N 値、状態	ポンプ浚渫船	グラブ浚渫船			バックホウ浚渫船		
			普通地盤用	硬土盤用	岩盤用			
普通土砂	粘土質系土砂	30 未満	○	○			○	粘性土、粘土質土砂
		30～50 未満	○	—	○		○	
	砂質系土砂	30 未満	○	○			○	砂質土、砂質土砂
		30～50 未満	○	—	○		○	
	レキ混り土砂	30 未満		○			○	
		30～50 未満		—	○		○	
岩盤	軟質		—	○				
	中質		—	○				
	硬質		—	—	○			

- 注) 1. 表中の○印が標準適用船種である（—は適用不能の船種）。
 2. 普通土砂の土質分類はポンプ浚渫とグラブ浚渫で異なる。
 3. 上記の土質が複数含まれている工事においては、原則として最も硬い土質に適用される船種を選定する。
 4. レキ混り土砂または岩盤については、過去の施工実績あるいは試験工事の結果を勘案してポンプ浚渫船を適用することができる。
 5. N 値 50 以上の未固結土砂は別途考慮する。

〔港湾積算基準 3 章 1-5-2〕 一部加筆

3) 施工水深別の標準適用船種 [小型ポンプ船マニュアル]

浚渫区域の施工水深によって、標準適用船種の選定を行う。標準適用船種は、標準最大作業水深（朔望平均満潮位（H.W.L.））に応じて下表より選定する。

表 5-3-2 施工水深別の標準適用船種

船種	規格	標準最大作業水深	摘要
ポンプ浚渫船	D250PS型 E200PS型	1.5～6.0m	小型ポンプ船 マニュアル
	D420PS型	2.5～8.0m	
	D600PS型 E500PS型 D800PS型	3.0～10.0m	
	D1,350PS型	3.0～15.0m	
	D2,250PS型	18m未満	
	D3,200PS型	20m未満	
	D4,000PS型	22m未満	
	D6,000PS型	28m未満	
	D8,000PS型	30m未満	
グラブ浚渫船 (普通地盤用)	D0.8m ³	10m	河川土工 マニュアル
	D1.2m ³	15m	
	D2.5m ³	16m	
	D5.0m ³	30m未満	
	D9.0m ³	40m未満	
	D15.0m ³	45m未満	
	D23.0m ³	50m未満	
グラブ浚渫船 (硬地盤用)	フライ級 D3.5m ³	30m未満	
	ライト級 D5.5m ³	40m未満	
	ヘビー級 D7.5m ³	45m未満	
	スーパーヘビー級 D11.5m ³	50m未満	
グラブ浚渫船 (岩盤用)	フライ級 D3.5m ³	20m未満	砕岩棒使用時
	ライト級 D5.5m ³	20m未満	
	ヘビー級 D7.5m ³	20m未満	
バックホウ浚渫船	D1.0m ³	4m未満	
	D2.0m ³	6m未満	

注) 1. 標準最大作業水深は、朔望平均満潮位（H.W.L.）を基準とする水深である。

[港湾積算基準 3章 1-5-4] 一部加筆

5-3-2 水中ブルドーザ

(1) 水中ブルドーザの特徴

水中ブルドーザは、水中掘削用機械として遠隔操作機能を組み合わせ、開発、実用されたものである。水中ブルドーザは、水中作業に適用するために各種の安全感知センサーと警告装置、水圧に応じた機械の内圧調整機構等、様々な工夫がなされており以下の特徴を有している。

- ① 作業船および陸上機械が入れない浅瀬域で作業可能
- ② 無線遠隔操縦式により、運転員の安全を確保
- ③ 河川内仮設が不要なため、河積阻害がなく経済的
- ④ 排土板で面掘削するため、仕上がり精度が高く、掘削面に勾配が付いていても施工可能
- ⑤ 作業船に比べて余掘が少なく経済的であり、薄層浚渫が可能
- ⑥ アンカーを使用しないため、船舶の航行を阻害しない
- ⑦ ダクト（吸排気塔）を倒すことにより、橋梁下作業が可能

(2) 水中ブルドーザの例

重量	: 陸上 43,500kg 水中 27,900kg
全長	: 9,305mm
全幅	: 4,000mm
全高	: 9,760mm
接地圧	: 陸上 95.1kN/m ² (0.97kg/cm ²) 水中 60.8kN/m ² (0.62kg/cm ²)
	※N値7以上
土工機	: 油圧式エプロン付ドーザ、パラレログラム式油圧リッパ
操縦方法	: 無線遠隔操縦方式（制御有効距離最大約100m） 有線操縦可能（緊急時）
作業水深	: 最大7.0mまで

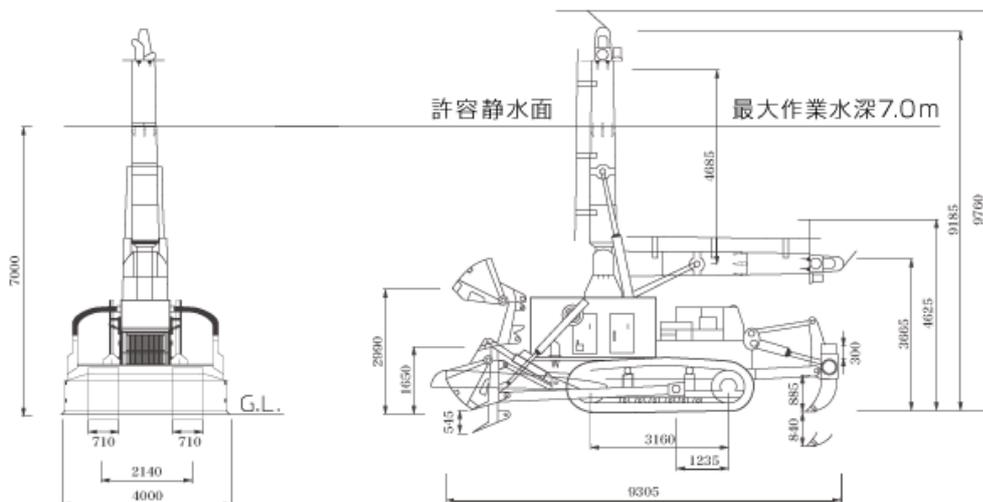


図 5-3-2 水中ブルドーザの例

5-3-3 ポンプ浚渫

1) 適用範囲

この要領は、河川において施工する浚渫の内、ポンプ式浚渫の設計に関する標準を示すものである。
この要領に定めていない事項については、下記による。

「土木工事標準積算基準書（国土交通省）」（以下「土木積算基準」）

「港湾請負工事積算基準（国土交通省）」（以下「港湾積算基準」）

また、「小型ポンプ船・空気圧送船工事設計積算マニュアル（平成26年度 全国ポンプ・圧送船協会）」
（以下「小型ポンプ船マニュアル」）等を参考にする。

2) 浚渫の目的

流下断面確保のため、ポンプ式浚渫船等を使用して直接河床の地盤を掘り下げる工事を浚渫という。
一般に浚渫区域周辺に排砂池を計画し、排砂土砂を処理地まで運搬する工法がとられている。

3) 浚渫設計の手順

浚渫設計の手順は図5-3-3のフローを標準とする。

(1) 浚渫方法の選定

土質分類、N値により選定する。

浚渫方法は、浚渫区域の河床の土質調査を行い、土質により採用すべき浚渫方法が想定される（「港湾積算基準」土質、N値別の標準適用船種による）。

また、土捨方法の指定、土砂の処分方法、及び土砂運搬距離などを考慮するものとする。

浚渫船の土質に対する適用範囲は、「港湾積算基準」による他は表5-3-3によるものとする。

表 5-3-3 小型ポンプ船の土質別適用範囲

土 質			適 用 船 種		
分 類	基準N値	N値の範囲	小 型 ポ ン プ 船		
粘性土	0	0～1 未満	E 200PS 型 D250 ～420PS 型	E500PS 型 D600 ～800PS 型	D1,350PS 型
	2	1～4 "			
	5	4～8 "			
	10	8～13 "			
	15	13～18 "			
	20	18～25 "			
	30	25～35 "			
砂質土	10	0～13 未満	↓	↓	↓
	15	13～18 "			
	20	18～25 "			
	30	25～35 "			

注) E：電動船 D：ディーゼル船、数値は規格呼称馬力を示す。

[小型ポンプ船マニュアル]

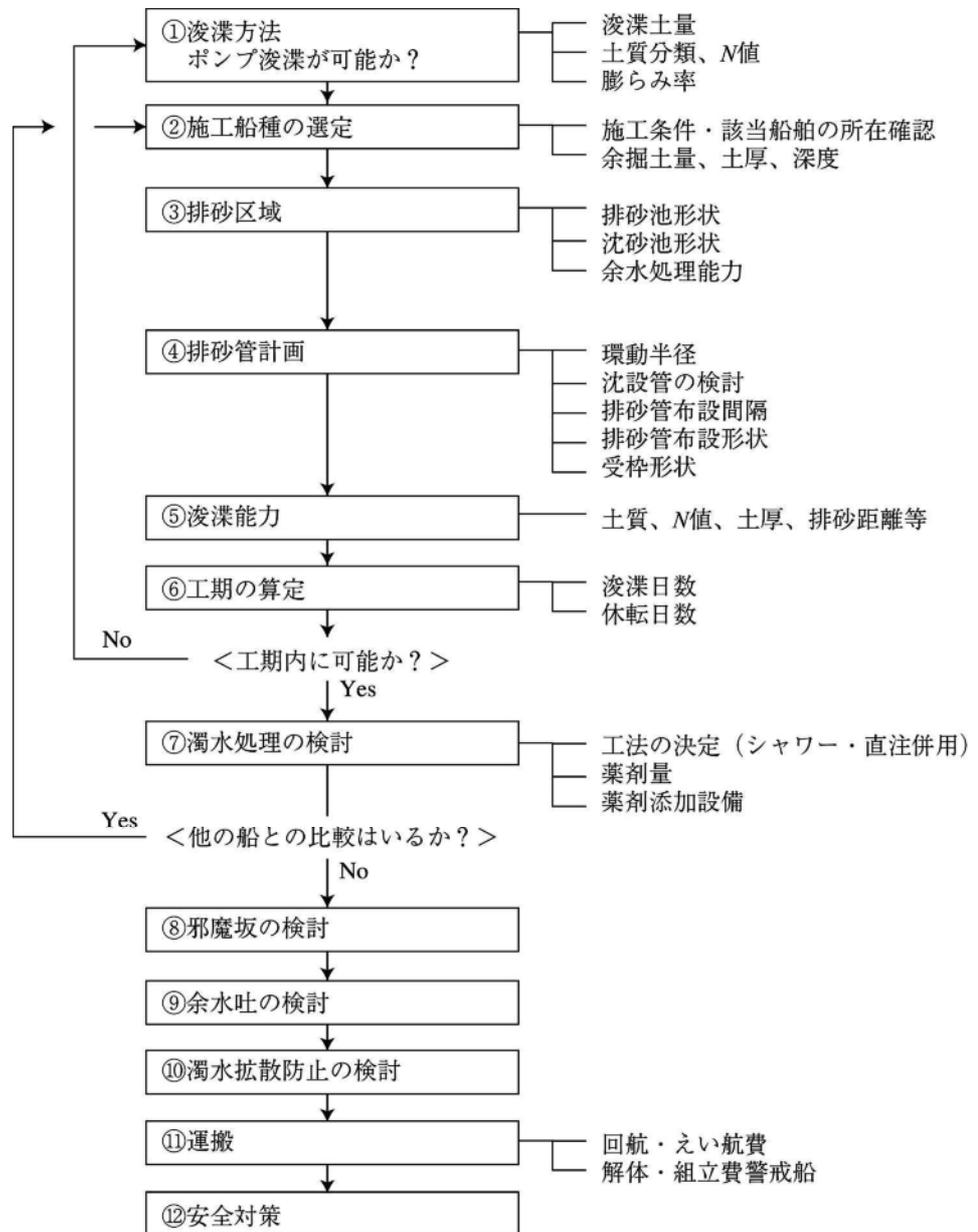


図 5-3-3 浚渫設計の手順

(2) ポンプ浚渫船の規格選定

ポンプ浚渫船の規格は、施工条件該当船種の所在により選定するものとする。

「港湾積算基準」ポンプ浚渫船の規格選定による他は、下記とする。

① 浚渫水深による規格選定

規格別標準作業範囲は「港湾積算基準」による他は、下表とする。

表 5-3-4 規格別標準作業範囲

規 格	浚渫深度	浚 渫 幅	適 用
D250PS 型 E 200PS 型	1.5～6.0m	18～25m	
D420PS 型	2.5～8.0m	20～30m	
D600PS 型 D800PS 型 E500PS 型	3.0～10.0m	25～40m	
D1,350PS 型	3.0～15.0m	50～70m	

[小型ポンプ船マニュアル]

② 土質・N値、排送距離による規格選定

本章 5-3-4 3) (6)浚渫能力の算定を参照。

③ 経済比較

当該船種の所在地を確認のうえ船種を決定するものとし、所在地の確認は、「ポンプ船静動表（愛知県港湾建設協会）」等、船種は、「現有作業船一覧（日本作業船協会発行）」を参考にして、以下の項目について留意し経済比較を実施するものとする。

- a. 該当浚渫区域に至る航路に橋梁がある場合は浚渫船航行が可能か桁下クリアランスの検討をする。
- b. 川床浚渫に関し、浚渫船の吃水による航路水深を検討する。
- c. 電動式とディーゼル式とが競合する場合には両者を比較検討の上決定する。この際ディーゼル機関の電動機換算出力は次のとおり。

$$\text{ディーゼル公称馬力} \times 0.8 = \text{電動機換算出力}$$

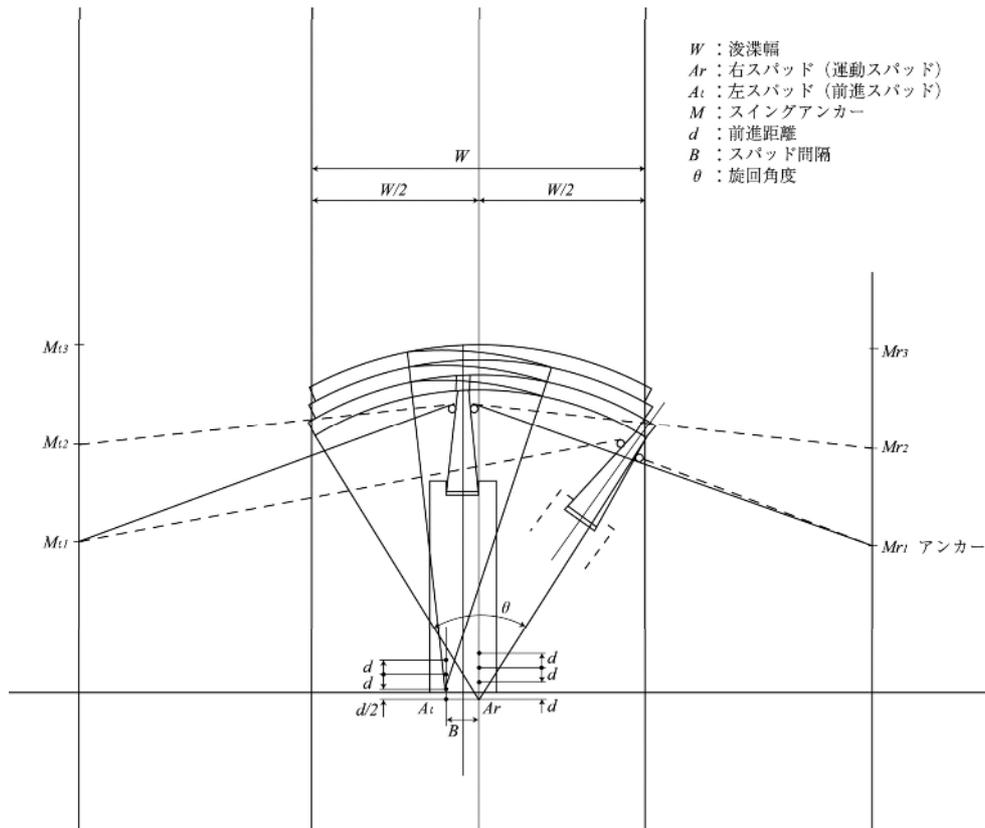
④ 規格別標準作業船団構成は表 5-3-5 を標準とする。

表 5-3-5 規格別標準作業船団構成

船 扱	揚 錨 船 規 格	交 通 船 規 格	備 考
E200PS 型	D1 t 吊	鋼製 D30PS 型 3.0GT	
E500PS 型	D3 t 吊	鋼製 D50PS 型 4.9GT	
D250PS 型	D1 t 吊	鋼製 D30PS 型 3.0GT	
D420PS 型			
D600PS 型			
D800PS 型	D5 t 吊	鋼製 D50PS 型 4.9GT	
D1,350PS 型		鋼製 D60PS 型 6.0GT	

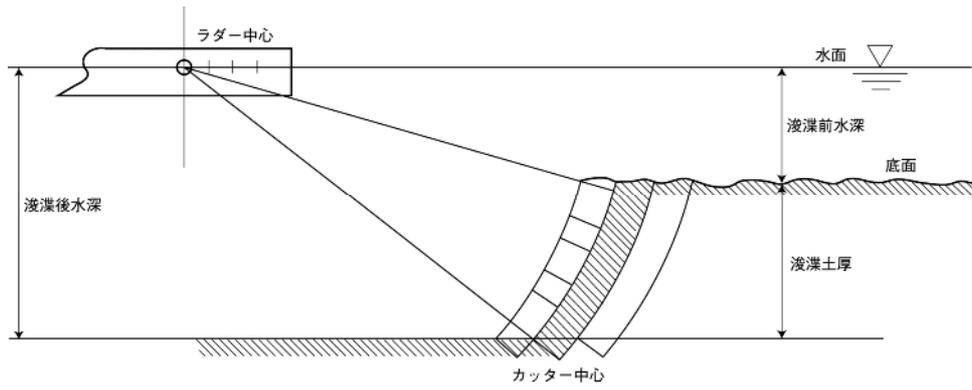
[土木積算基準]

第2編
河川編
第5章
河道掘削



[小型ポンプ船マニュアル]

図 5-3-4 ポンプ浚渫船掘進平面図



[小型ポンプ船マニュアル]

図 5-3-5 ポンプ浚渫船掘進断面図

第2編
河川編
第5章
河道掘削

(3) 浚渫土量・余掘土量

浚渫の対象土量は、以下により算出するものとする。

- ① 浚渫土量 = 計画浚渫断面内に対する地山の土量（純土量）
（契約数量）
- ② 浚渫取扱土量 = 純土量 + 余掘土量
- ③ 余掘土量 = 計画浚渫底面積 × 余掘り厚

※法面余掘は、河川工事では考慮しない。

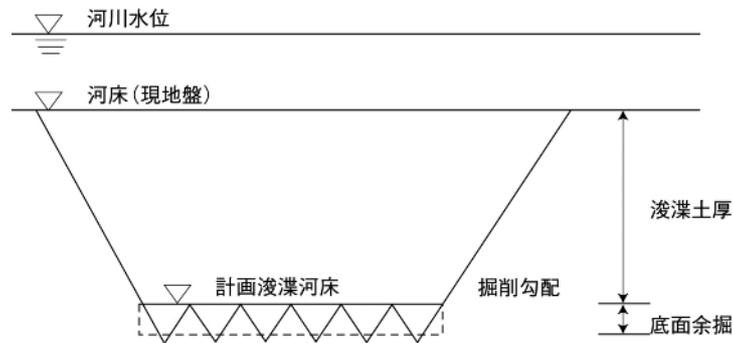


図 5-3-6 浚渫土量・余掘土量

表 5-3-6 掘削勾配の一般値

土 質			掘削勾配
分 類	N 値	状 態	
粘性土	4 未満	軟泥	1 : 3.0 ~ 1 : 5.0
	4 ~ 8 未満	軟質	1 : 2.0 ~ 1 : 3.0
	8 ~ 20 未満	中質	1 : 1.5 ~ 1 : 2.0
	20 ~ 40 未満	硬質	1 : 1.0 ~ 1 : 1.5
砂質土	10 未満	軟質	1 : 2.0 ~ 1 : 3.0
	10 ~ 30 未満	中質	1 : 1.5 ~ 1 : 2.0
	30 ~ 50 未満	硬質	1 : 1.0 ~ 1 : 1.5
砂 利			1 : 1.0 ~ 1 : 1.5
岩 盤			1 : 1.0

〔小型ポンプ船マニュアル〕 一部加筆

表 5-3-7 底面余掘厚

土 質	規格	余掘厚 (cm) (施工深度)			
		-3m 未満	-3m ~ -5.5m 未満	-5.5m ~ -9m 未満	-9m 以上
粘性土 および 砂質土	D250PS 型 E200PS 型	20	30	40	—
	D420PS 型	30	40	50	—
	D600PS 型 D800PS 型 E500PS 型	30	40	50	60
	D1,350PS 型	50	60	70	100
	マイクロ D150 ~ 200PS 型	20	30	40	—

〔小型ポンプ船マニュアル〕

(4) 排砂池容量

排砂池の容量決定には、土質を十分調査し、膨らみ率を考慮して計画するものとする。

膨らみ率の実績例 粘性土 1.3 砂質土 0.9

(5) 排砂管計画

排砂管の敷設は、土質・浚渫船の馬力により計画するものとする。

① 排砂管路間隔

排砂管路の間隔は、表 5-3-8 による。

表 5-3-8 排砂管路間隔 (m)

	ポンプ船馬力	土質		
		シルト・粘土	シルト質細砂	砂
支線 と 支線	D 500PS 未満	40	30	20
	D 500PS-D1,000PS	60	50	40
	D2,000PS-D3,000PS	100	80	60
	D4,000PS 以上	150	100	80

(社)日本埋立浚渫協会発刊「受枠配管と仮護岸」より

- a. 平均排砂管路間隔(Xm)は、各土質の土量にて加重平均して求める。又、排砂管出口からの排送砂距離は、Xm/2 とする。
- b. 排砂管間隔は、排砂管本数とする。
- c. シルト・粘土とシルト質細砂で加重平均して求める。

② 排砂管及び受枠

a. 排砂管及び受枠の区分

排砂管及び受枠の区分は「土木積算基準」による他は、表 5-3-9 のとおりとする。

表 5-3-9 排砂管及び受枠の区分

区分	管径	ポンプ船機種	排砂管長	備考
I	200~300mm	E200PS 型、D250PS 型 マイクロ D150PS 型、D200PS 型	6.0m	
II	350~560mm	E500PS 型、D420PS 型、D600PS 型 D800PS 型、D1,350PS 型	6.0m	

[小型ポンプ船マニュアル]

D1,350PS 型を越えるものについては「港湾積算基準」を参照のこと。

③ 水上管

- a. 水上管のフローター、排砂管及び水上管ゴムジョイントの組み合わせについては、表の通りとするが、算出方法においては過去の「工事实績」及び「港湾積算基準」を参考として、算出した。

表 5-3-10 排砂管、フローター、ゴムジョイントの組み合わせ

浚渫船規格	排砂管 (径/mm)	フローター (径/mm)	ゴムジョイント (長さ/mm)
D 1,350PS	560	1,100	1,300
D 2,250PS	660	1,300	1,500
D 4,000PS	710	1,400	1,600

〔港湾積算基準〕

- b. 環動半径の計算は次を参考とする。

環動半径とは、浚渫船につないである水上管を経由して排砂管（沈設管）に接続するまでの距離をいう。

- イ. 環動半径 = $\{ \text{水上管}(5.5\text{m}-6.0\text{m}) + \text{スリーブ 働き長}(0.5\text{m}-0.6\text{m}) \} \times \text{フローター本数} + \text{船体長} \times 0.9$ (余裕約1割)
- ロ. D 4,000PS をこえるものについては、「港湾積算基準」を参照のこと。
- ハ. 現場内で環動半径が短い場合は、短く設計し、水上管本体も短くする。

表 5-3-11 環動半径（参考）

環動半径（参考）
1,350PS = $\{6.5\text{m} \times 40 \text{本} + 40\text{m}\} \times 0.9 = 270\text{m} = 270\text{m}$
2,250PS = $\{6.5\text{m} \times 50 \text{本} + 40\text{m}\} \times 0.9 = 329\text{m} = 330\text{m}$
4,000PS = $\{6.5\text{m} \times 55 \text{本} + 40\text{m}\} \times 0.9 = 358\text{m} = 360\text{m}$

ニ. 沈設管

配管ルートで船舶等の航行が予想される場合は、沈設管（河底管）を設置するものとする。施工方法としては、高水敷にて沈設管を組み立て、両サイド盲蓋をし、揚錨船にて所定の位置まで曳航し注水して沈設する。

(6) 浚渫能力の算定

浚渫船作業能力は、排送距離・土質・N値により決定する。

① ポンプ浚渫船の1日当り浚渫量の算定は次式（「港湾積算基準」）による。

$$Q = q \cdot E \cdot T \quad (\text{少数1位四捨五入})$$

ここに、Q：ポンプ浚渫船の1日当り浚渫量（m³/日）

q：ポンプ浚渫船の1時間当り浚渫能力（m³/h）

E：能力係数（E1～E6）

T：ポンプ浚渫船の1日当り運転時間

（標準の場合：13h/日、標準により難しい場合：17h/日）「土木積算基準」

② ポンプの浚渫船の1時間当り作業能力（q）

作業能力は、N値、土質別の浚渫土量から以下の順序で求める。

- a. 浚渫区間から排砂区間までの平均排送距離を求める。
- b. 各N値別の土量を算出する。この時の土質分類及び基準N値と、それに対応するN値の範囲は「港湾積算基準」による。
- c. 表5-3-12に示す「土質・N値排送距離別の浚渫能力表」より、各N値別の作業能力の値を読みと②で求めた基準N値別土量を荷重平均して、1時間当りの浚渫能力とする。

表 5-3-12 土質・N値排送距離浚渫能力表

ポンプ浚渫船	適用基準等
D250～D1,350 ps 未満	「小型ポンプ船設計積算マニュアル」による
D1,350ps 以上	「港湾積算基準」による
その他	「港湾積算基準」電動換算 1,000ps による

③ 中継ポンプ船を使用する場合

「土質・N値、排送距離別の適正規格範囲表（「港湾積算基準」）に定める排送距離の実用限界を超える場合、または土質条件が悪い場合で、主たるポンプ浚渫船に加えて中継ポンプ船を配置するときの浚渫能力は、「港湾積算基準」による。

(7) 濁水の処理

浚渫条件が決定した後、余剰水が河川の水質基準や排水規制に適合するかどうかを図 5-3-7 のフローにて検討し、濁水の処理が必要と判断された場合は、凝集剤の添加を行うものとする。

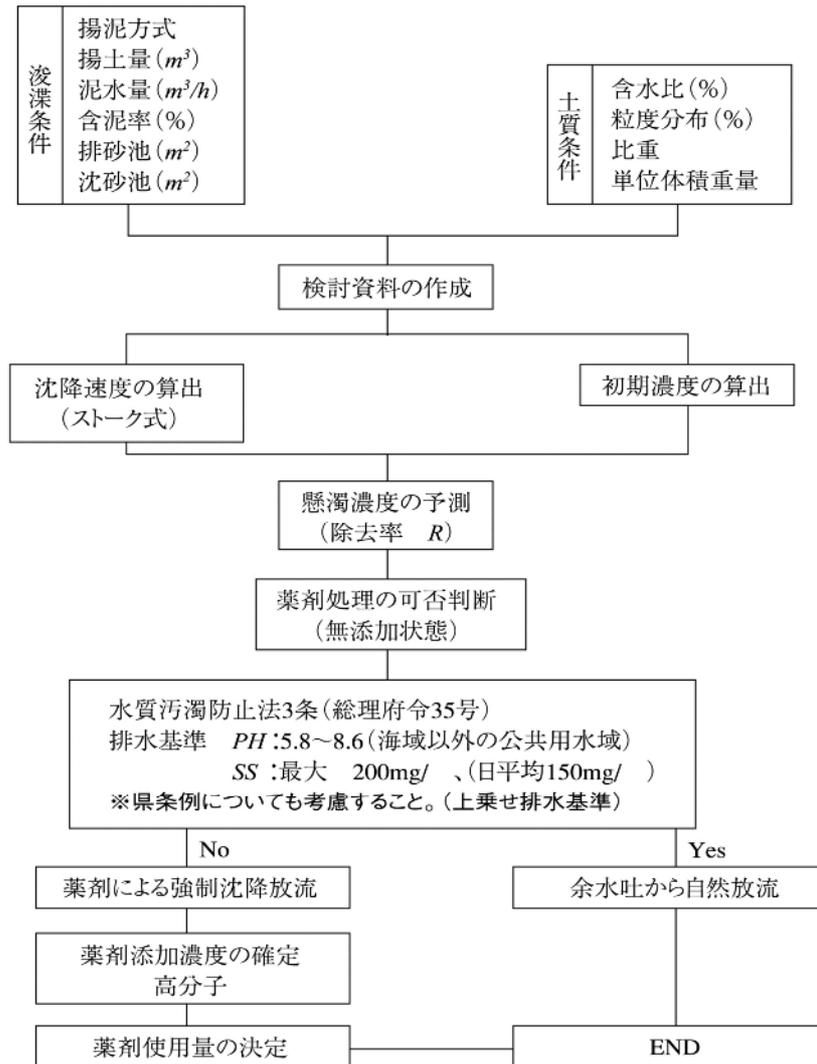


図 5-3-7 余水吐処理検討フローチャート

① 凝集剤及び中和剤

余水処理に使用される凝集剤及び中和剤としては表 5-3-13 の 3 種類を標準とする。

- a. 凝集剤の添加量は事前に施工区域での凝集剤添加沈降試験を行うか、既往の類似工事のデータ等から推定して算出するものとする。
- b. 一般には、低濁度の原水処理には無機凝集剤が用いられており、高濁度の原水処理には無機凝集剤と高分子凝集剤が併用されている。

c. 凝集剤の選定には、環境面に十分配慮するものとする。

表 5-3-13 使用凝集剤及び中和剤

薬 剤	名 称
無機凝集剤（無機）	ポリ塩化アルミニウム（液体 PAC）
有機高分子凝集剤（高分子）	ポリアクリルアミド系
中和剤	液体荷性ソーダー

② 凝集剤添加量

排砂管からの流出水の初期濃度を土質条件より決定し、下記順序にて添加濃度を算出する。

a. 初期濃度の算出

含泥率と固型分濃度（懸濁濃度）の関係は下記に示す式により求める。

$$C_p = \frac{100 \times P}{P + W + \frac{100 - P}{G_s}} \quad [\text{ヘドロの脱水処理及び余水処理, NO. 6, 1976}]$$

ここに、 C_p : 流入泥水の懸濁濃度 (%)

P : 流入泥水の含泥率 (%) (一般に 10~13% [河川土工マニュアル 第4章第2節])

W : 浚渫土の自然含水比 (%)

G_s : 真比重 (一般に 2.65~2.80)

C_p を SS 濃度に直し ($C_p \times 10,000 \text{mg}/\ell$) そのうち砂質分 (0.074mm 以上) を除いたものを初期濃度とする。

b. 沈降速度の算出

沈降速度は Stokes (ストークス) の式により求める。

レイノルズ数 ($Re = Vd/\nu$) が 1 以下で球状に近い単粒子が静止水中または層流中を沈降する場合に適合する。

$$V = \frac{1}{18} \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \frac{gd^2}{\nu}$$

ここに、 V : 粒子の沈降速度 (m/s)

g : 重力加速度 $9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$

ρ_s : 土粒子の密度 (kg/m^3)

ρ : 水の密度 $1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

d : 土粒子の直径 (m)

ν : 水の動粘性係数 (m^2/s) [水理公式集 数表第 22 表より]

10°C 1.310×10^{-6}

15°C 1.146×10^{-6}

20°C 1.010×10^{-6}

SS として、懸濁するのは、シルト以下の土粒子と考えられるため 0.074mm 以下を対象とする。

c. 埋立地から流出する懸濁濃度の予測

水面積負荷法による予測

$$u = \frac{q}{A_1(1-\alpha) + A_2}$$

ここに、u : 水面積負荷 ($m^3/m^2 \cdot h$)q : 流出水量 (m^3/h)A1 : 排砂池面積 (m^2)A2 : 沈砂池面積 (m^2) α : 埋立率

$$\text{流出水量}(q) = \frac{Q}{\text{含泥率}(\%)}$$

ここに、Q : 時間当たりの浚渫能力 (m^3/h)

$$\text{埋立率}(\alpha) = \frac{\text{排砂土量}}{\text{排砂池容量}}$$

ここに、排砂土量 = 浚渫土量 × ふくらみ率

4. 埋立地での SS 除去率 (R) は、水面積負荷 (u) と粒子の沈降速度 (V) と相関がある。

実験式 [下水・廃水ガイドブック]

水面積負荷 $u \leq 0.05 \quad m^3/m^2 \cdot h$ の時

$$R = 100 \times 10^{(A_0 u^2 + B_0 u)}$$

$$A_0 = 27.658 \log V - 25.726$$

$$B_0 = 0.285 \log V - 0.289$$

ここに、R : SS 除去率 (%)

V : 平均沈降速度 (m/h)u : 水面積負荷 ($m^3/m^2 \cdot h$)水面積負荷 $0.1 > u \geq 0.05 \quad m^3/m^2 \cdot h$ の時

$$R = A_1 \log u + B_1$$

$$A_1 = 0.62(\log V)^2 + 38.97 \log V - 37.51$$

$$B_1 = 0.97(\log V)^2 + 67.25 \log V + 34.76$$

d. 流出の SS 濃度を沈殿除去率から求める。

$$C = C_0 \left(1 - \frac{R}{100} \right)$$

ここに、C : 流出の SS 濃度 (ppm)

C₀ : 排砂池流入泥水の SS 濃度 (ppm)

砂分 (0.074mm 以上) を除いたシルト分、粘土分

R : SS 除去率 (%)

d. 薬剤の添加濃度

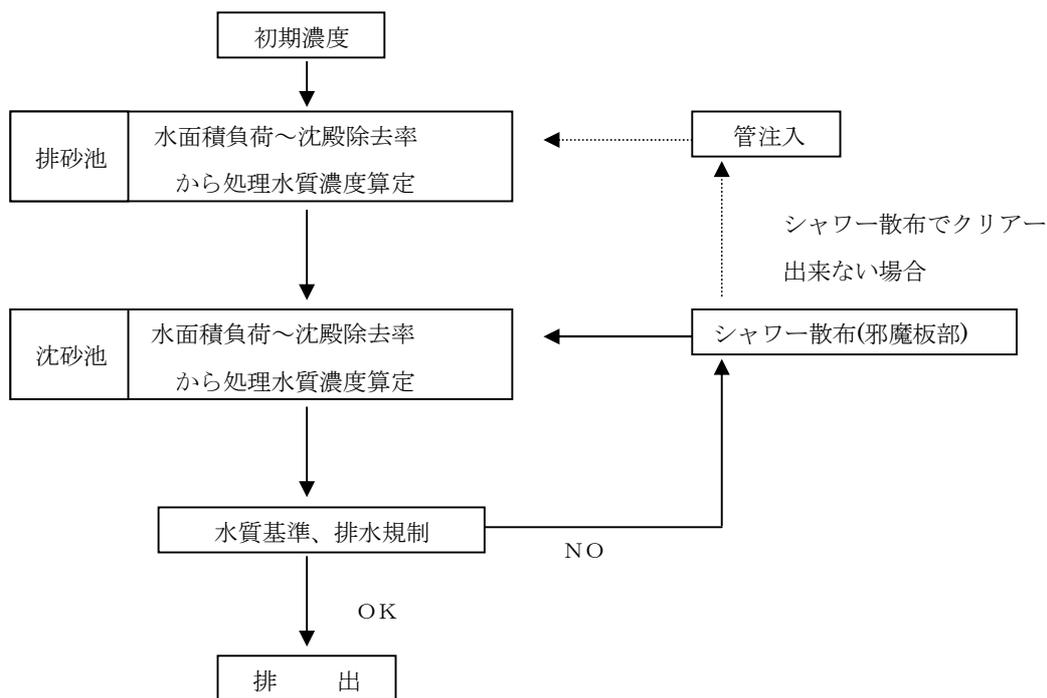


図 5-3-8 薬剤の添加濃度フローチャート

以上の検討を1回の浚渫土量をn個に分けて、それぞれの初期濃度に対する添加濃度を求める。これより添加平均濃度、添加量が求められる。

- イ. nは適宜とするが、5～10分割を標準とする。
- ロ. シャワーと管注入を併用する場合は、シャワーだけの増量とシャワー+管注入の両者の比較を行い少ない方とする。
- ハ. PAC使用量に対する中和剤の使用量は図 5-3-9 より PH7 (中性) となるよう求める。

事例として、砂質土、泥水中のシルト、粘土懸濁粒子の自然沈殿試験と凝集沈降試験（有機高分子凝集剤添加時と無機凝集剤添加時）を行って得られた水面積負荷（ u ）と沈殿除去率（ R ）の関係を図 5-3-10 に示す。

使用苛性ソーダは、純分100%時の添加量で表示。

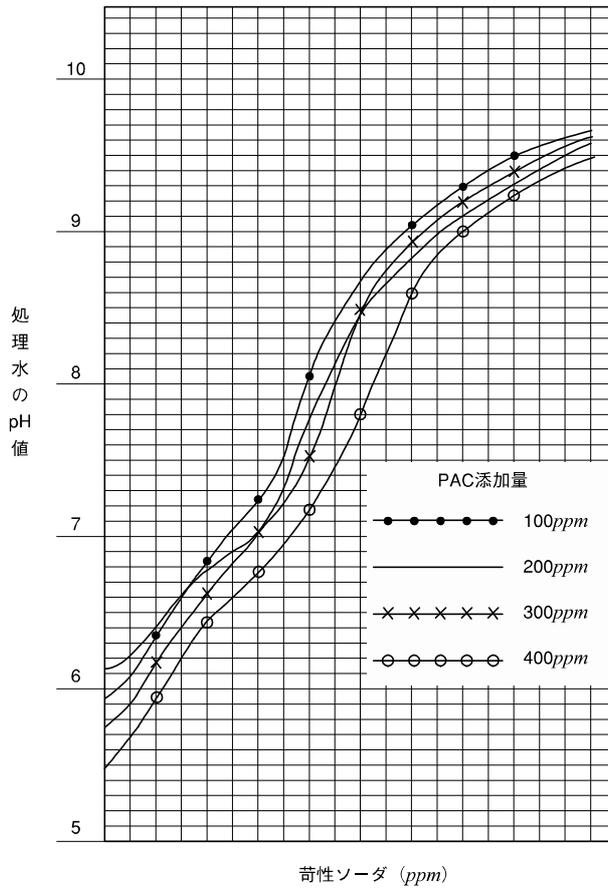


図 5-3-9 中和曲線—苛性ソーダ添加量と pH の関係

泥水SS濃度 ≒ 10,000ppm (実測10,600ppm)

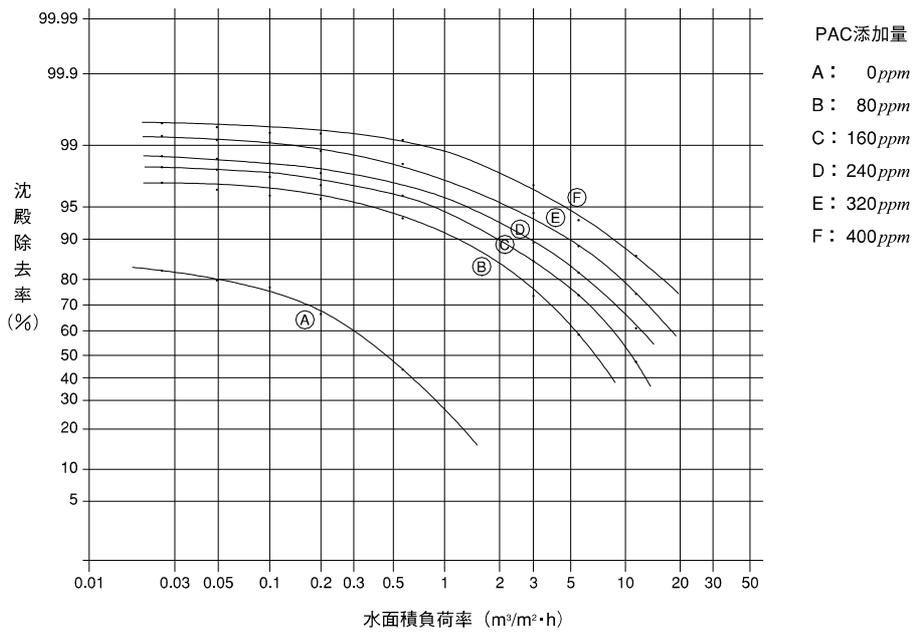


図 5-3-10 水面積負荷と沈殿除去率の例

③ 凝集剤添加

凝集剤の添加方法を大別すると、沈砂池前シャワー散布、排砂管内直接注入、シャワーと、管注入併用の3種類に分けられる。

添加順序は、基本的に無機凝集剤を先に添加する。

凝集剤の添加を行うために、ポンプ・タンク・発電機等の設備を設置する。

実施例を、図 5-3-11,5-3-12 に示す。

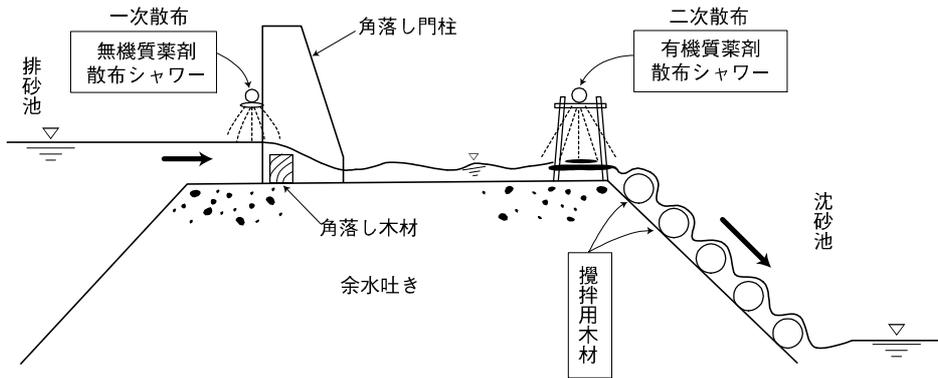


図 5-3-11 薬剤散布状態概念図 (シャワー方式)

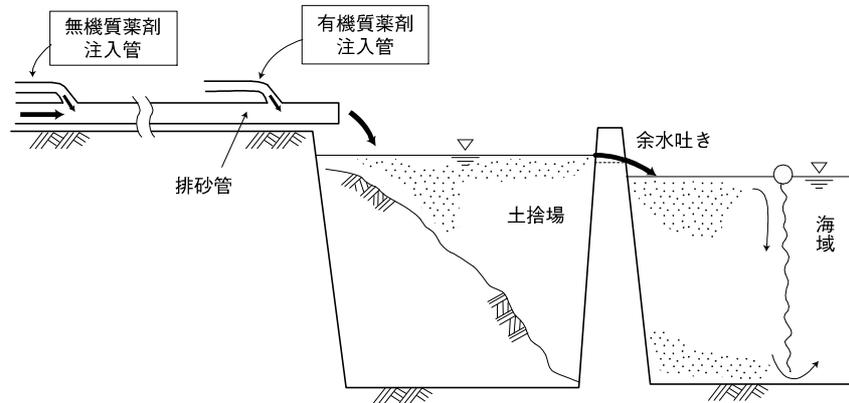


図 5-3-12 薬剤混入状態概念図 (管直注入方式)

④ 邪魔板の検討

凝集剤を使用する場合は、薬剤を攪拌させるために攪拌設備として邪魔板を設置する。

通常は、越流構造として越流部に板を設置して水の流れを攪拌する方法がとられる。

施工例を図 5-3-14～5-3-18 に示す。

a. 設置幅 (B)

設置幅は、流量検討より決定する。

$$B = \frac{Q}{\mu \cdot h_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}}$$

ここに、

B : 能力内設置必要幅 (m)

Q : 現場最小N値・最短距離能力での最大流出量 (m^3/s 、浚渫能力/含泥率%)

μ : 流出係数 (0.35)

h_1 : 越流水深 (0.15m)

b. 設置個所数

邪魔板の設置個所数は、排砂池水面積が有効にとれるように設置個所を均等に配置するものとする。

通常は2箇所程度 (1箇所の幅 $b = B/2$)

⑤ 余水吐の検討

排砂池・沈砂池より出てくる排水設備として余水吐を設置する。

通常は、弁式構造として弁をいくつか設置して水を排水する方法が採られるが、全体で余水を吐く場合は、溢流設備を作る場合もある。なお、よし根がある場合は、余水吐部によし根等が推積するので処理を検討するものとする。

a. 吐口高

吐口高は、工事期間の平均水位を目安とする。(感潮区間では満潮位以上)

b. 設置数

設置数については、排砂管内流速を 1.5m/s 程度として求める。

$$\text{設置数} = \frac{q_1}{1.5 \times \pi \times 1/4 \times d^2} \quad (\text{弁})$$

ここに、

q_1 : 1時間当たりの浚渫量 (m^3 、浚渫能力/含泥率%)

d : 管径 (m)

c. 設置場所

余水吐の設置場所は、沈砂池水面積が有効にとれるように設置個所を均等に配置することを原則とするが、沈砂池内の配管が長くなる場合は、管が浮いてしまうので堰堤よりまとめて設置するものとする。(図 5-3-13 参照)

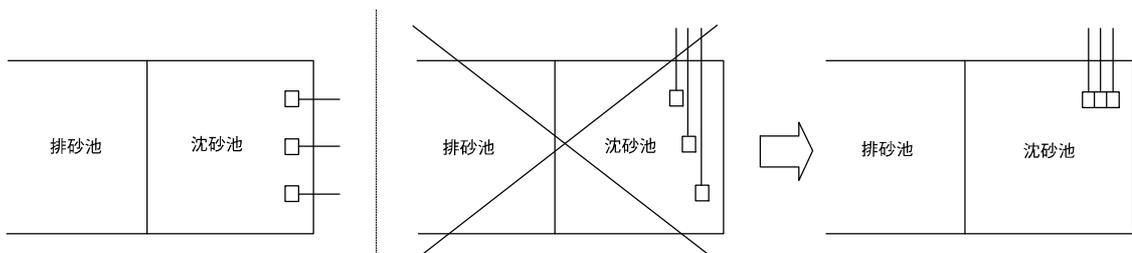


図 5-3-13 余水吐の配置

⑥ 濁水拡散防止膜（シルトフェンス）

沈砂池、排砂池から濁水が直接河川に流出する場合に配置するものとする。

$$L = (B^\circ / 360) \times 2\pi r$$

ここに、

L : 濁水防止膜の長さ

r : 膜内に沈殿する半直円錐の半径 (m)

B : 膜の布設範囲 (°)、現地状況にて設定

- a. 濁水拡散防止膜の設置は、機能及び施工性より3スパン（20m/1スパン）以上とする。
- b. フロート径300mm、カーテン（#300）長さ2mを標準とする。

⑦ 膜内の沈殿土量

$$V = (1/2) \times (1/3) \times \pi r^2 \times h$$

ここに、

V : 膜内沈殿土量 (t) = (浚渫土量/含泥率%) × C

C : 排水規準濃度 (ppm)

h : 半直円錐の高さ (m)

⑧ ヨシ根流防止膜（ダストフェンス）

浚渫区域から、ヨシ根等混入物の流失の恐れがある場合には下流にダストフェンスを設置するものとする。

- a. 布設延長は、現場状況による。
- b. 規格は、網目50mm・カーテン長2mを標準とする。

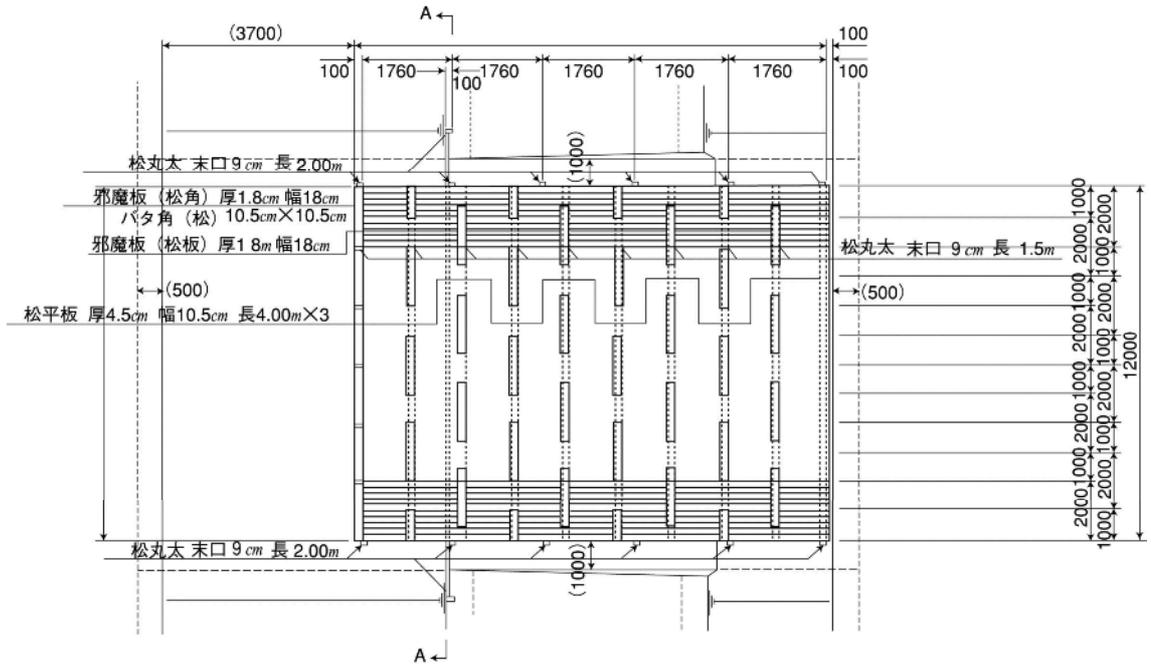


図 5-3-14 邪魔板平面図 (例)

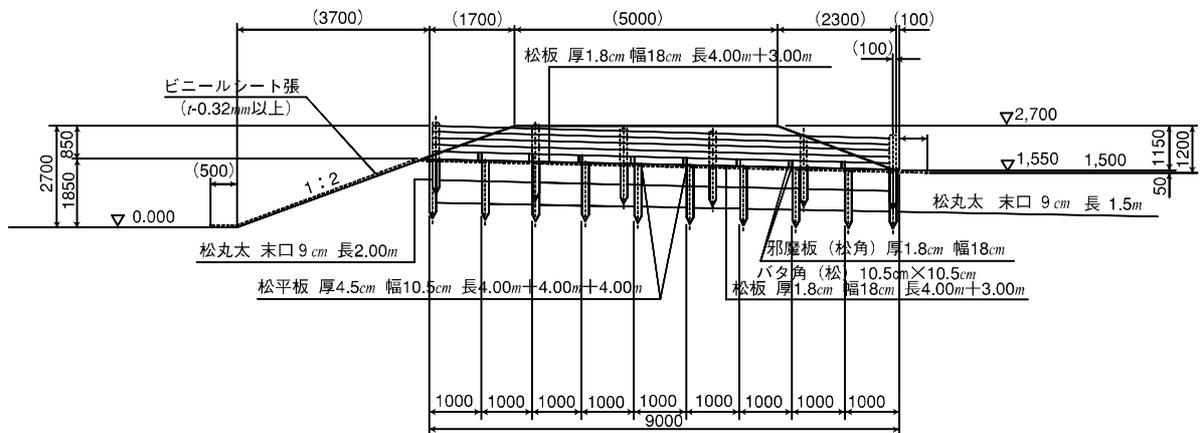


図 5-3-15 邪魔板縦断面図 (例)

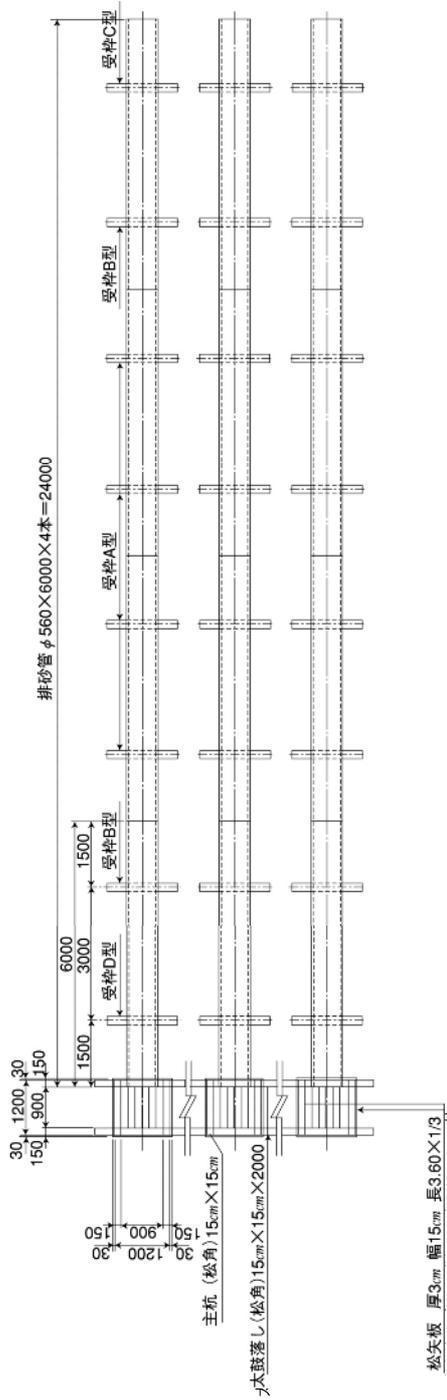


図 5-3-17 余水吐平面図 (例)

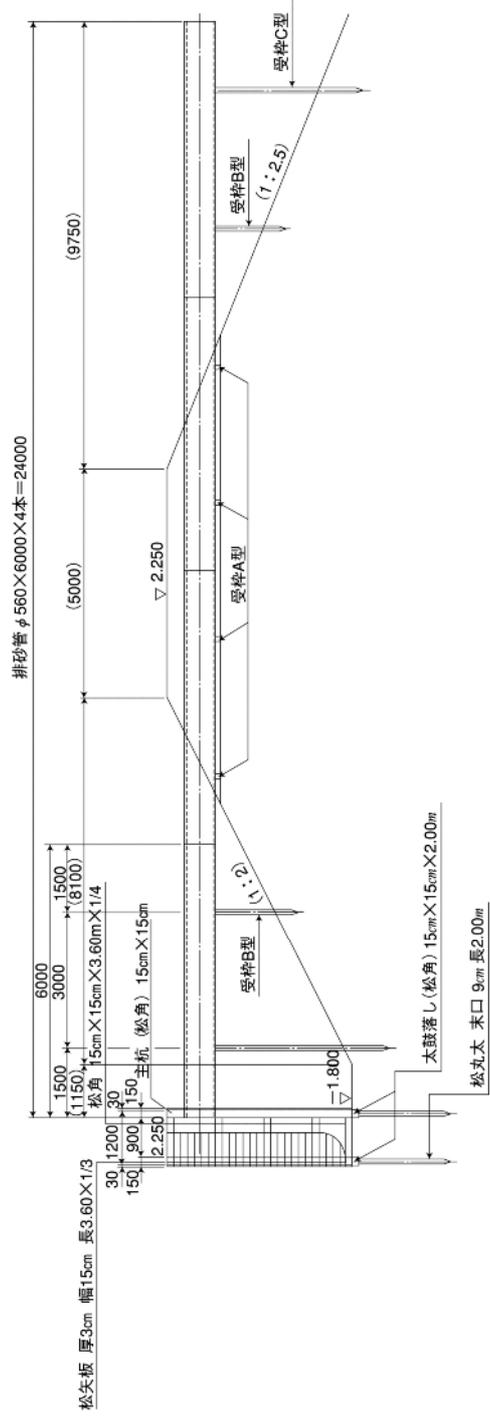


図 5-3-18 余水吐断面図 (例)

(8) 運搬

該当浚渫船が、現場まで回航・えい航出来るかを定期横断面図等より検討する。

注1) 回航：航行距離が片道 25 海里(46km)以上(一平水区域内の回航は除く)航行される場合。

2) えい航：航行距離が片道 25 海里(46km)未満または一平水区域内において航行させる場合。

① 回航

「土木積算基準」による他は、下記による。

表 5-3-14 回航用引船

回航用引船 (P S)	ポンプ浚渫船 (P S)	速力	
		えい航時	独航時
鋼 D 350	250	3.1 ノット (5.7 km/h)	10 ノット (18.5 km/h)
鋼 D 450	420		
鋼 D 500	600		
鋼 D 800	1,350		
鋼 D 1,200	2,200		
鋼 D 2,000	4,000		

② えい航

「港湾積算基準」によるものとするが、1,350PS 未満のポンプ船については、引船は鋼D350PS とする。

③ 分解組立

橋梁等がある場合は、通過可能の高さまで分解組立とする。

(9) 安全対策

警戒船

河口部において航行する船舶に対して工事区間を徹底させるため、上下流に警戒船を配備する。

警戒船の規格 … 交通船 30 p s 総トン数 3 t

5-3-5 グラブ・バックホウ浚渫〔河川土工マニュアル7.4.2〕

以下にグラブ・バックホウ浚渫の施工に関する技術的事項を記述するが、ポンプ浚渫において記述した事項と重複するような事項については、重複記述をしないものとする。

1) 特徴

グラブ・バックホウによる浚渫の主な特徴には、ポンプ浚渫に比較して、以下のような事項が考えられる。

- (1) 小規模の排砂ヤード、乾燥ヤードで対応が可能である
- (2) 濁水処理、排土先の余水処理、泥土の臭気拡散による障害などへの対応が軽微となる
- (3) 発生土の有効利用における、利用側の用途、利用条件に対して広く柔軟な対応が可能である
- (4) 工事現場、およびその周辺における施工中の条件変化等に柔軟に対応できる

グラブ・バックホウ浚渫は、上記のような特徴があることから、近年、河川における浚渫での施工事例が多くなってきている。グラブ・バックホウ浚渫における工事の着工から終了までの主な作業内容と手順は、一般に、下図に示すとおりである。この図に示したように、グラブ・バックホウ浚渫における掘削土砂の運搬方法には、大別して以下の2つの方法がある。

- ① 浚渫船に 接舷した土運搬船に積み込み、引船、または押船で土捨場まで運搬
- ② 掘削土砂を空気圧送により搬送

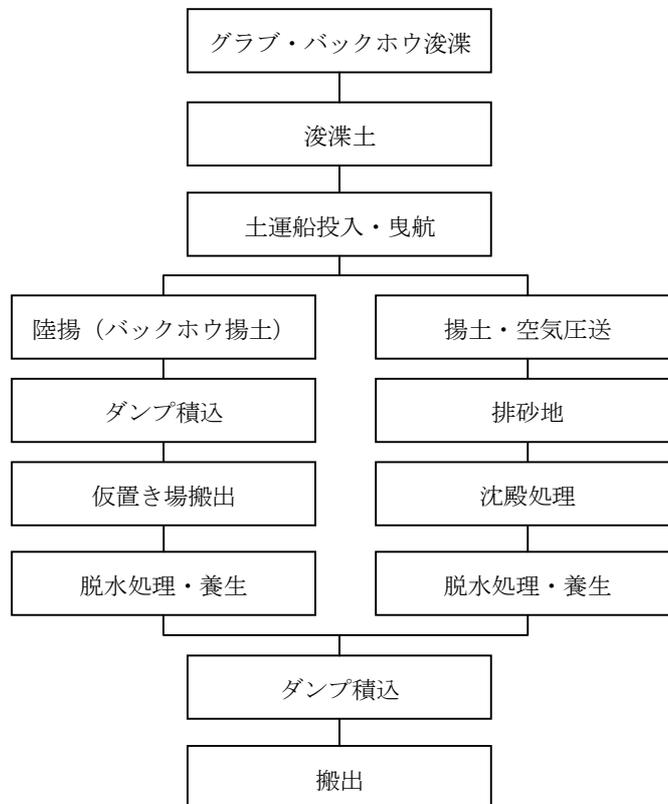


図 5-3-19 グラブ・バックホウ浚渫による施工フロー

2) 浚渫設計の手順

浚渫設計の手順は図 5-3-20 のフローを標準とする。

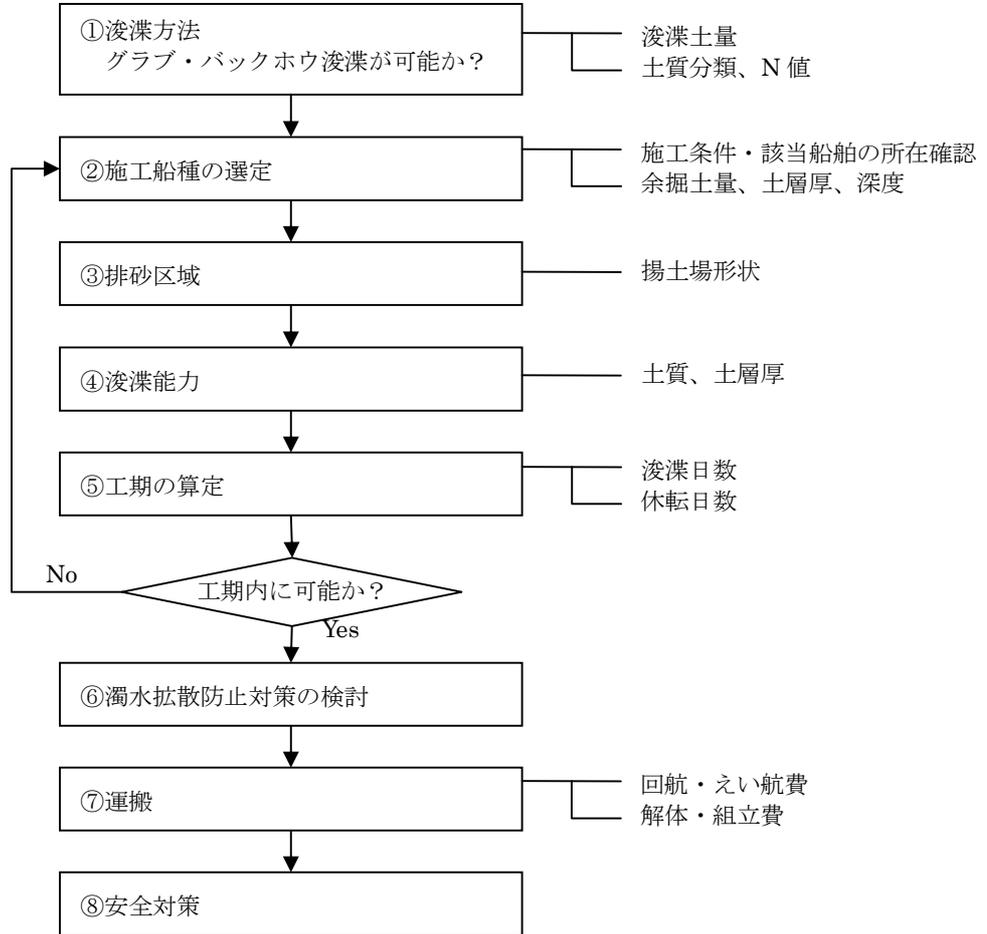


図 5-3-20 浚渫設計の手順

3) 施工能力

グラブ浚渫船、バックホウ浚渫船の規格と施工深度・能力は、下表に示すとおりである。

河川工事で使用されるグラブ浚渫船のバケット容量は 2m³ 程度以下が対象と想定される。この規模でのグラブ浚渫船の船体寸法は、積載重量や平面形状、深さ等によって様々であるが、対象河川への適用性や運搬時の目安として既存の作業船寸法例を下表に示す。

表 5-3-15 グラブ浚渫船の規格と施工能力

規 格	標準最大水深		船体主要目 (目安)			
	浚渫深度(m) (最大深度)	浚渫能力 (m ³ /日)	全長 (m)	全幅 (m)	高さ (m)	吃水 (m)
D0.8m ³	6.0(10)	140~240	17.0	7.2	2.0	0.8
D1.2m ³	7.5(15)	210~350	24.0	9.0	2.0	0.8
D2.5 m ³	7.5(16)	480~730	27.0	12.0	2.0	1.2

[河川土工マニュアル 7.4.2] 一部加筆

バックホウ浚渫船の施工にあたっては、掘削予定箇所の土砂の種類、硬度によって施工の効率が異なり、全体の施工計画に及ぼす影響が大きい。1日あたり標準7時間の運転をした場合の浚渫量、**および**既存の作業船寸法例を下表に示す。

表 5-3-16 バックホウ浚渫船の規格と施工能力

規 格	標準最大水深		船体主要目 (目安)				
	浚渫深度 (m)	浚渫能力 (m ³ /日)	全長 (m)	全幅 (m)	高さ (m)	吃水 (m)	乾舷 (m)
D1.0m ³	4.0(4.0~5.5)	170~310	24.0	10.0	1.8	0.8	1.0
D2.0m ³	6.0(7.0~10.7)	350~630	26.0	11.0	2.0	1.0	1.0

[河川土工マニュアル 7.4.2]

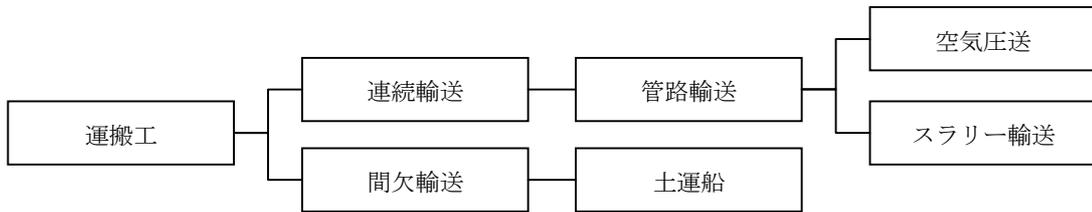
4) 運搬方法の選定

グラブ・バックホウ浚渫における土砂の運搬方法は、掘削条件、掘削場所の堆積土砂の分布、排土先の現場状況等を考慮して適切に選定するものとする。

(1) 運搬工法

グラブ・バックホウ浚渫において、一般的に採用されている掘削土砂の運搬・輸送方法には、以下に示すように大別して2つの方法がある。

- ① 掘削土を連続的に輸送する方法（連続作業）
- ② 掘削土を間欠的に輸送する方法（バッチ作業）



〔河川土工マニュアル 7.4.2〕

図 5-3-21 浚渫土の運搬・輸送方法

掘削土砂の運搬・輸送方法は、一般に、以下のような事項を考慮して選定されている。

- ① 経済性、効率性
- ② 輸送距離（目的地までの距離は適切か）
- ③ 施工能力（設定工期に対応できる能力をもっているか）
- ④ 適用土質（浚渫土の土質に適用できる方式か）
- ⑤ 浚渫土の水分含有量（掘削時の土砂の含水状況に適した方式か）
- ⑥ 適用地形（周辺の地形および目的地までの地形に適用できるか）
- ⑦ 環境（周囲に民家がある場合は、振動・騒音、ホコリなどの発生度合い）
- ⑧ 受入地の受入基準（強度、性状、土壤環境基準等）および受入環境（位置、運搬条件等）
- ⑨ 水切り後の水を河川へ放流するための水質基準

5) 土運搬船による土砂の運搬

グラブ・バックホウ浚渫において、土運船によって掘削土砂を運搬する場合の、掘削量と運搬船の船数の標準的な組み合わせは、下表に示すようになる。

表 5-3-17 掘削土量と土運船および引船の標準機種

作業船規格区分		土運船		引船	
		規格 (密閉式)	隻数	規格 (鋼製)	隻数
平均	215m ³ /日以下	100m ³ 積	2	D300PS型	2
浚渫量	215m ³ /日以上 645m ³ /日以下	300m ³ 積	2	D500PS型	2

〔河川土工マニュアル 7.4.2〕

なお、掘削土砂を土運搬船によって運搬する場合は、運搬先までの航路の検討、陸揚げ施設等の検討が必要となる。土運船の形状寸法は、水域の特性等に合わせて造船されることから、地域や所有者によって異なるが、目安として一例を示す。

表 5-3-18 土運船の形状

土運船規格	船体主要目 (目安)				引船規格	船体主要目 (目安)			
	全長 (m)	全幅 (m)	高さ (m)	吃水 (m)		全長 (m)	全幅 (m)	高さ (m)	吃水 (m)
100m ³ 積	26.0	6.0	1.9	1.7	D300PS	11.5	4.2	1.8	1.3
300m ³ 積	30.0	8.0	3.5	2.4	D500PS	12.0	4.3	2.0	1.9

〔河川土工マニュアル 7.4.2〕

6) 空気圧送による土砂の搬送

掘削土の空気圧送は、土砂を圧縮空気といっしょに排砂管に送り込み、気体・液体・固体の混合体として排砂管内の摩擦抵抗を少なくして長距離輸送する工法である。

この方法は、浚渫土を高濃度で圧送することができるため、軽微な余水処理設備が可能となる。

空気圧送方式による圧送距離別の1日あたり施工能力には、下表に示すような事例がある。

表 5-3-19 空気圧送船の施工能力 (m³/日)

規格	圧送距離 (m)					
	500	1000	1500	2000	2500	3000
粘土①	160~600	160~540	150~470	150~410	140~340	140~270
粘土②	200~720	190~650	190~570	180~490	180~410	170~330
粘性土	280~1020	280~910	270~800	270~680	260~570	260~450
砂質土	250~900	240~810	230~710	220~610	210~510	200~400
砂	150~550	130~450				

注) 粘土①：浚渫土の含水比が100%未満

粘土②：浚渫土の含水比が100%以上

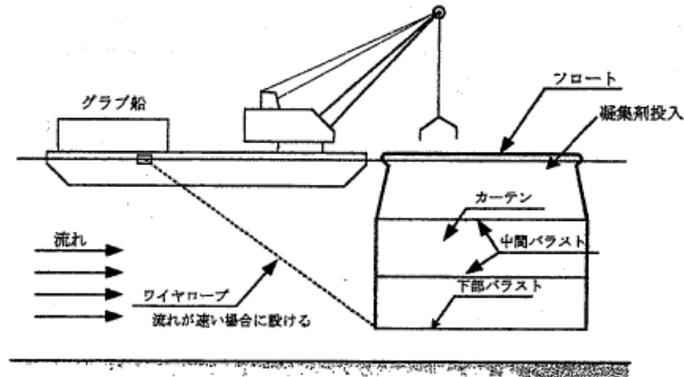
〔河川土工マニュアル 7.4.2〕

5-4 濁水拡散防止対策 [河川土工マニュアル 7.4.2]

河川の浚渫工事では、浚渫・掘削箇所において発生する濁水に対して濁水防止柵、濁水防止膜などを設置して、濁りの拡散を防止・低減する。

1) 濁水防止柵

濁水防止柵は、グラブ・バックホウ浚渫などによって局所的に濁りが発生する箇所において使用される。この方法は、下図に示すように水深に応じてカーテン長を自在に調整できる構造になっていることが多い。



[河川土工マニュアル 7.4.2]

図 5-4-1 濁水防止柵概念図

2) 濁水防止膜

濁水防止膜は、比較的設置が容易で任意の場所で設置することが可能であるため、河川の浚渫工事において頻繁に利用されている。

ただし、この方法は、流速が速い場所では、場合により破損、流失などの恐れもあり、このような条件の工事現場では、施工中の管理に難がある。

濁水防止膜の設置範囲には、大別して以下の2つの方法がある。

- (1) 浚渫区域の全体を大きく囲んで設置する場合
- (2) 浚渫船周辺の狭い範囲を囲む場合

濁水防止膜の形式には、垂下型、自立型、垂下+自立併用型などがある。

表 5-4-1 濁水防止膜の形式

形式	特徴	概要図
垂下型	水面からフロートでカーテンを垂下するタイプで、最も一般的な濁水防止膜である。	
自立型	河床面からフロートでカーテンを立ち上げるタイプである。	
中間フロート型	水位変動が大きい場合、水面の昇降に対応できるようにカーテンの中間にフロートを取り付けたタイプである。	
通水型	通水性のある材料をカーテンに用いた垂下型のタイプである。余水吐や沈澱池で用いられる。	

[河川土工マニュアル 7.4.2]

○参考文献

基準等の略称	参考文献	年月	監修・編集・発行等
港湾積算基準	港湾請負工事積算基準	H27	国土交通省
土木積算基準	土木工事積算基準書	H27	国土交通省
河川土工マニュアル	河川土工マニュアル	H21.4	(財)国土技術研究センター
下水・廃水ガイドブック	下水・廃水・汚泥処理ガイドブック	—	環境技術研究会
小型ポンプ船マニュアル	小型ポンプ船・空気圧送船工事設計積算マニュアル	H26	全国ポンプ・圧送船協会
ポイントブックⅢ	多自然川づくりポイントブックⅢ	H23.10	(社)日本河川協会
発生土改良マニュアル	発生土利用促進のための改良工法マニュアル	H9.12	(財)土木研究センター