

令和6年能登半島地震 漁業地域復旧・復興技術検討資料 ＜参考資料＞

—— 施工方法の紹介と留意事項 ——

- (1) 施工方法の紹介
- (2) 施工上の留意事項 〈岩浚渫〉
- (3) 施工上の留意事項 〈船揚場〉
- (4) 施工上の留意事項 〈作業船調達、係留場所、ヤード〉
- (5) 岩盤の分類

水産庁

令和6年7月

(1)-1 施工方法の紹介 < 概要 >

場所	施工方法	概 要	特 徴
海上	バックホウ浚渫	バックホウを搭載した 台船 にて海底の岩を掘削する工法。	軟岩などの比較的強度が弱い岩質の浚渫に適している。浚渫範囲はバックホウのアームが届く範囲に限られる。
	水中ブレーカ	バックホウに取り付けた 水中対応の大型ブレーカ にて台船上から岩盤に振動を与え破碎する工法。	施工範囲はバックホウのアームが届く範囲に限られる。掘削の際はバケットに取り換える作業が必要となるため施工能力は低い。また、破碎時に連続的な騒音が発生。
	砕岩棒	クレーンにて、 砕岩棒（20t～55tからなる棒状になった鉄の塊） を自由落下させることにより岩盤を破碎する工法。	砕岩棒自体の重量が大きくかつ大型であるため、吊り上げるクレーン及び台船も大型のものが必要となる。作業スペースが制限される場所では不向き。
	硬土盤	グラブ浚渫船のクレーン部に装着した 硬土盤グラブバケット で水底に堆積した土砂や岩盤を掘削する工法。	硬土盤グラブバケットは、岩盤やサンゴ等を浚渫するときに使用するバケットで、グラブの自重が重く、先端の爪を鋭利かつ強度を高めた仕様。
	静的破碎剤	生石灰系膨張剤と水との反応により発生する 膨張圧を利用 し、岩石・岩盤・コンクリート等を破碎する工法。	削孔時を除けば、騒音、振動、粉塵を伴わない。施工は比較的簡単であるため、免許や資格は必要ない。水中では、静的破碎剤が流出して破碎効果が不安定になる。また、環境への影響について検討が必要。
	水中発破	海底の岩盤に削孔して 爆薬を装填 する方法と 成型爆薬を張り付けて 発破させる方法がある。	付近を航行する一般船舶の安全確保はもちろんのこと、周辺の施設や生態系に影響が生じないよう最大限の安全対策と環境への配慮が必要。
陸上	ビッグー工法	汎用の油圧ショベルに装着した 油圧式割岩機（ビッグー） を用いて、岩盤を油圧クサビで広げながら破碎する工法。	飛散物の発生が無く安全性が高いことにくわえて、割れる方向が予測出来るため正確な破碎が可能。
	陸上ブレーカ	バックホウに取り付けた 大型ブレーカ を用いて岩盤に振動を与え破碎する工法。	能率が良く、汎用性が高いことが利点として挙げられるが、破碎時の連続的な騒音や粉塵の発生が欠点となるため、周辺環境への配慮が必要となる。

(1)-2 施工方法の紹介 < 海上（岩掘削①） >

3

バックホウ浚渫



▲岩浚渫状況（能登地域）



▲掘削岩（軟岩）

概要

バックホウを搭載した台船にて海底の岩を掘削する工法。
軟岩などの比較的強度が弱い岩質の浚渫に適している。浚渫範囲はバックホウのアームが届く範囲に限られる。

水中ブレーカ



出典：福丸建設(株)HP
https://www.fukumaru-k.com/owned_vessel/fk250.html



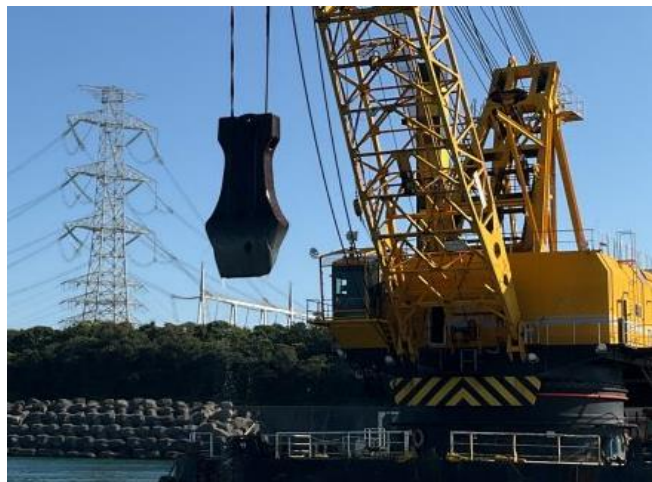
出典：甲南電機(株)HP
<https://www.konan-em.com/kenki/products/mkb-water/>

概要

バックホウに取り付けた**水中対応の大型ブレーカ**にて台船上から岩盤に振動を与え破碎する工法。
ブレーカによる施工範囲は、バックホウのアームが届く範囲に限られる。砕岩を掘削する際は、ブレーカーをバケットに取り換える作業が必要となるため施工能力は悪い。また、破碎時に連続的な騒音が発生する。

(1)-3 施工方法の紹介 < 海上（岩掘削②） >

砕岩棒



提供：漁港漁場新技術研究会



▲砕岩棒

概要

クレーンにて、**砕岩棒**（20t～55tからなる棒状になった鉄の塊）を自由落下させることにより岩盤を破砕する工法。

砕岩棒自体の重量が大きくかつ大型であるため、吊り上げるクレーン及び台船も大型のものが必要となる。そのため、作業スペースが制限される場所での使用は不向きである。

硬土盤



提供：漁港漁場新技術研究会



▲硬土盤バケット

概要

グラブ浚渫船のクレーン部に装着した**硬土盤グラブバケット**で水底に堆積した土砂や岩盤を掘削する工法。

硬土盤グラブバケットは、岩盤やサンゴ等を浚渫するときに使用するバケットで、グラブの自重が重く、先端の爪を鋭利かつ強度を高めた仕様となっている。

静的破碎剤

① 破碎剤流し込み・設置



② 亀裂発生状況



出典：太平洋マテリアル(株)HP
https://www.taiheiyo-m.co.jp/products/pro_category.php?cate=9&itemNum=

概要

生石灰系膨張剤と水との反応により発生する膨張圧を利用し、岩石・岩盤・コンクリート等を破碎する工法。削孔時を除けば、騒音、振動、粉塵を伴わないことがメリットである。破碎に時間を要するが、穿孔パターンにより計画的な形状に破碎が可能であり、施工は比較的簡単であるため、免許や資格は必要ない。しかし、安全性の観点から、高度な技術を持った者によって行うのがほとんどである。水中で使用する際は、静的破碎剤が流出して破碎効果が不安定になることが留意点として挙げられる。くわえて、水中での使用は環境への影響について検討が必要。

水中発破



▲潜水士による爆薬装填



▲水中発破

出典：本州四国連絡高速道路(株)HP
<https://www.jb-honshi.co.jp/seto-ohashi/shoukai/kakeru1.html>

概要

水中発破には、海底の岩盤に削孔して爆薬を装填する方法と成型爆薬を張り付けて発破させる方法がある。起爆方法としては、潮流速などの条件により、有線方式、無線方式を使い分ける。水中発破に際しては、付近を航行する一般船舶の安全確保はもちろんのこと、周辺の施設や生態系に影響が生じないよう最大限の安全対策と環境への配慮が必要。

(1)-5 施工方法の比較 < 海上（総括） >

施工方法比較表

浚渫方法	岩の種類	作業船	必要水深	必要幅	施工速度	コスト	備考
バックホウ浚渫	 軟岩	台船+引船	2.0~3.0 m	20m程度	100 m ³ ~ 150 m ³ /日 程度以上	5,000 円 ~ 10,000 円 /m ³ (+ 回航費 小)	漁船入出港時は作業船の一時退避が必要 浚渫+運搬仮置きまで
ブレーカ破碎		台船+引船	2.0~3.0 m	20m程度	50 m ³ ~ 100 m ³ /日	50,000 円 ~ 100,000円 /m ³ (+ 回航費 小)	
砕岩棒+硬土盤		大型船+引船	4.0~5.0 m	30~40m	100 m ³ /日 程度以上	50,000 円 ~ 100,000円 /m ³ (+ 回航費 大)	漁船入出港時は作業船の一時退避が必要 氣中に露出した岩盤での破碎作業は不向き
静的破碎剤	硬岩	小型船	-	-	小	静的破碎剤 > 発破	環境への配慮が必要 特殊な環境で使用されることが多い
水中発破	硬岩	小型船	-	-	大		

※上記コストは直接工事費であり、いくつかの施工事例を参考に物価高騰の影響を考慮して設定した。なお別途、回航費やその他経費が必要となる。

海上での岩浚渫については、現場の状況や工期を考慮し、岩の種類に適した施工方法を選択する必要がある。

- ・ **バックホウ浚渫**は軟岩を想定した施工方法であり、施工速度は比較的早く、コストも安価である。岩の硬軟にばらつきが想定される場合は、ブレーカーの準備もしておくことで工事の中断を回避できる。
- ・ **ブレーカ破碎**は中硬岩を想定した工法であるが、節理（割れ目）の存在や水中の濁りにより効率が低下する。浚渫岩を撤去する際はアタッチメントの取り換え作業も必要となるため、総じて施工速度は遅くなり、単位浚渫量あたりの単価も高くなる。
- ・ **砕岩棒や硬土盤**は硬岩の浚渫に適しているが、大型船を使用するため、狭隘かつ水深の浅い場所での作業には適さない。
- ・ **静的破碎剤や水中発破**は、硬岩破碎の際に用いられる場合が多い。大型船等は必要としないが、爆薬（薬剤）を使用するため、環境への配慮や準備に時間がかかる。

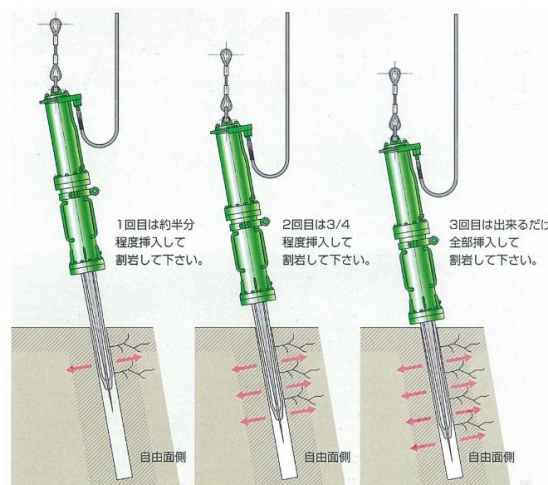
(1)-6 施工方法の紹介 < 陸上 >

7

ビッガー工法



出典：東興ジオテック(株)
<https://www.toko-geo.co.jp/construction/show/168>



概要

汎用の油圧ショベルに装着した**油圧式割岩機（ビッガー）**を用いて、岩盤を油圧クサビで広げながら破碎する工法。飛散物の発生が無く安全性が高いことにくわえて、割れる方向が予測出来るため正確な破碎が可能である。

陸上ブレーカ



出典：奥村機械(株)HP
<https://okumura-kikai.co.jp/product/entry.php?no=44>



概要

バックホウに取り付けた**大型ブレーカ**を用いて岩盤に振動を与え破碎する工法。能率が良く、汎用性が高いことが利点として挙げられるが、破碎時の連続的な騒音や粉塵の発生が欠点となるため、周辺環境への配慮が必要となる。

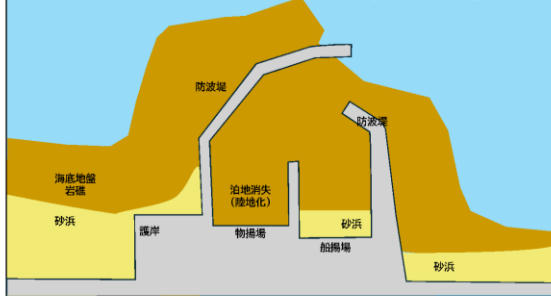
(1)-7 施工方法の紹介浚渫方法 < 陸上施工のイメージ >

8

対象とする箇所

パターンA：隆起量大 完全に陸地化

陸地化した個所及び水深が浅い（1m未満）箇所



- ・水域が**港口部まで完全に露出**しているため、利用漁船は航行、係留が困難。
- ・**陸揚作業等も困難。**

陸上施工方法

① ブレーカ工法



出典：奥村機械(株)HP
<https://okumura-kikai.co.jp/product/entry.php?no=44>

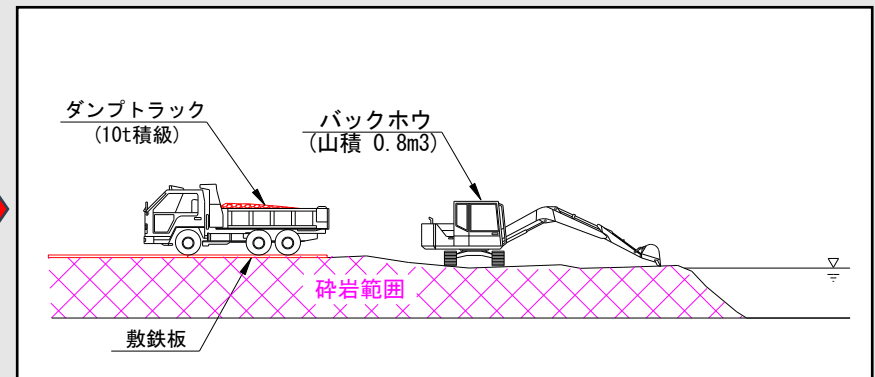
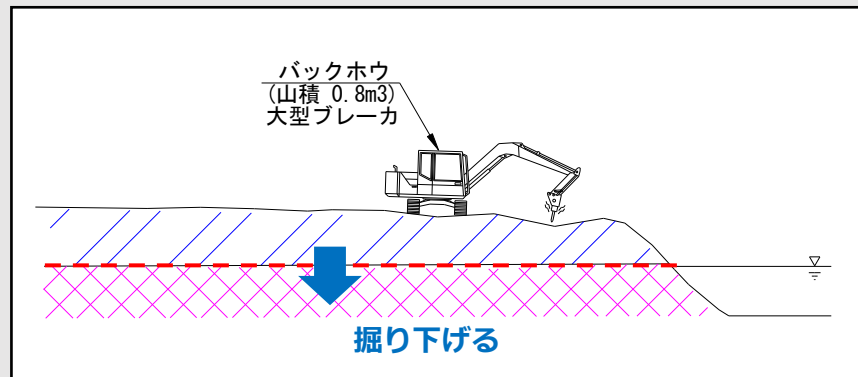
② ビッター工法



出典：東興ジオテック(株)
<https://www.toko-geo.co.jp/construction/show/168>

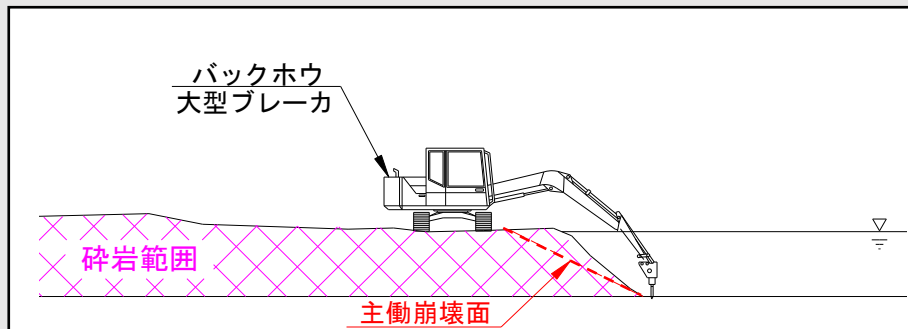
① 水面付近まで掘り下げ

作業範囲確保のため、現地盤をブレーカを取り付けたバックホウにて水面付近まで掘り下げる。
地盤が比較的軟らかい場合は、バックホウにて掘り下げる。



② ブレーカによる岩掘削

水中対応のブレーカを取り付けたバックホウにて岩を破碎する。主働崩壊面の外にバックホウを配置し、アームを伸ばして作業する。

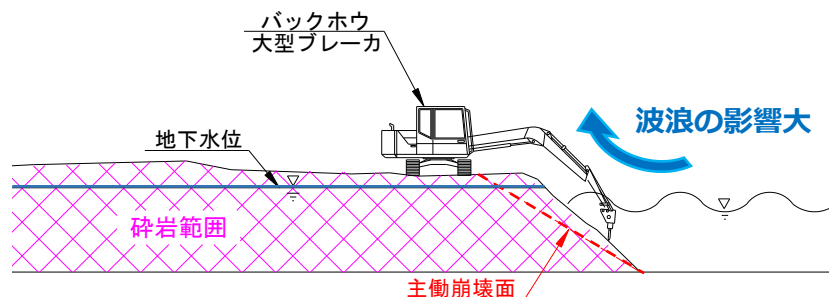


※

- ・地盤は不安定であることが予想されるため重機の転倒に注意が必要
- ・岩盤の主働崩壊面が不明確な場合は、安全側に45度で設定する
- ・掘削範囲が砂の場合は、勾配が1 : 2.0～1 : 3.0程度で安定することに留意する

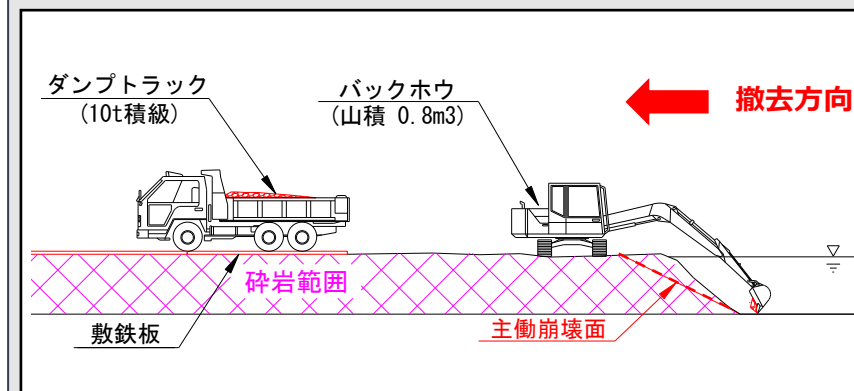
A 波浪の影響を受ける場所、地下水位が高い場所の施工例

波浪の影響がある場合や地下水位が高い場合は、重機が作業する天端高を上げて安全性を確保する。



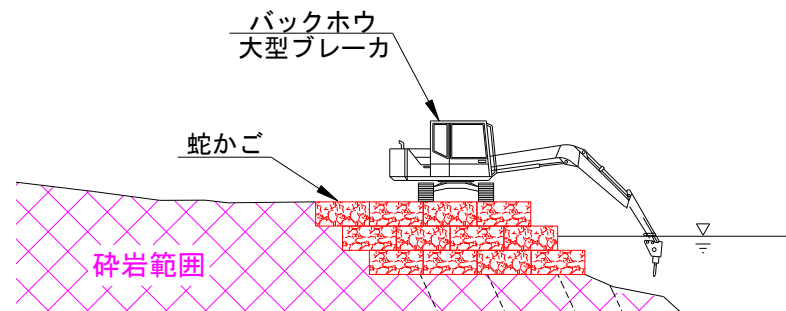
③ バックホウによる岩撤去

ブレーカにて破碎した岩を、バックホウにて撤去する。撤去した岩は、ダンプトラックに直接積み込み、処分場所まで運搬する。なお、ダンプトラックの通行路には、砕石と敷鉄板を敷設してダンプトラックの通行を安全かつスムーズに行う。



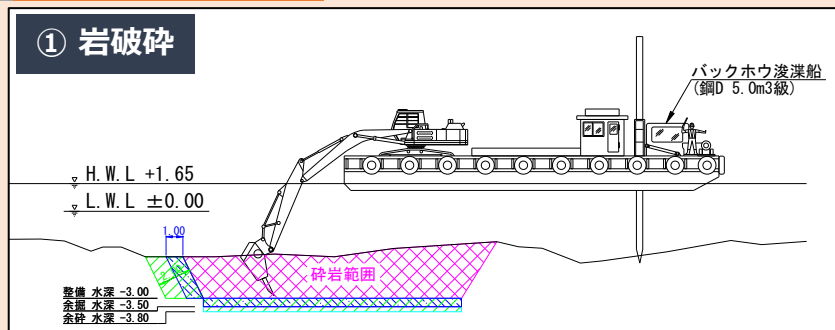
B 水深が浅い場所や崩れやすい地盤での施工例

蛇かごを設置して作業土台とする。蛇かごを撤去しながらバックホウにて岩を撤去する。



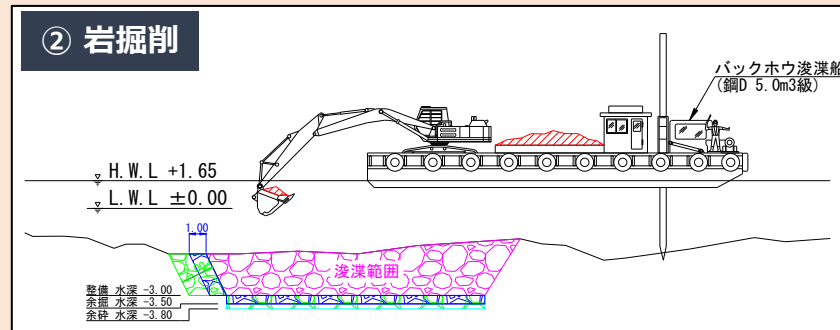
施工事例

① 岩破碎



水中ブレーカを取り付けたバックホウ浚渫船にて施工

② 岩掘削



バックホウ浚渫船のブレーカをバケットに取り換え施工

< 一般的な施工方法 >

海上

▼水中ブレーカによる破碎



▼バックホウ浚渫船による掘削



出典：山陽建設(株)HP
<https://www.it-sanyo.co.jp/business/dredging/>

陸上

▼陸上ブレーカによる破碎

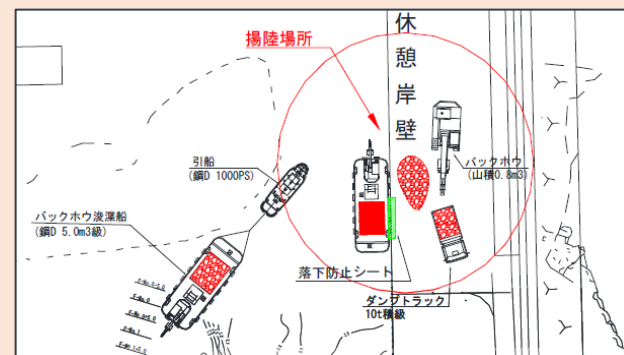
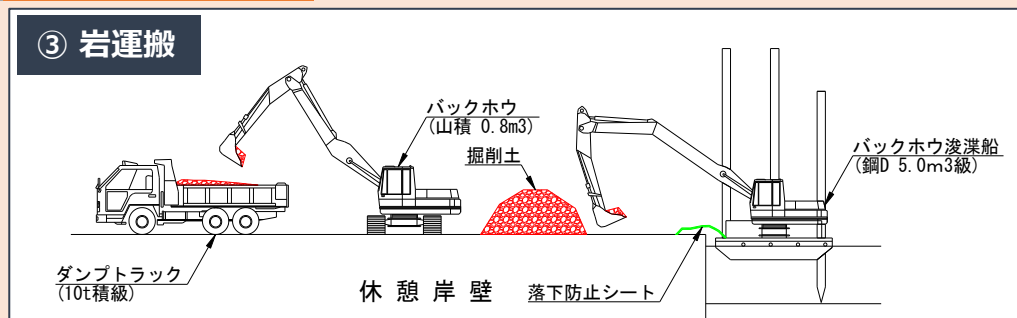


被災地復旧における施工上の留意点

- 作業船に必要な作業水深および作業幅を確保するための浚渫も必要となるため、作業船の選定には留意が必要。
- 破碎中の水中の濁りによって岩表面の状況が視認困難となり、破碎機（ブレーカーや砕岩棒）の空振り頻度が増加するため、施工能力の低下が懸念される。
- 狭隘な港内での作業の場合、施工性の低下が懸念される。
- 掘削作業中、港口から砂が流入する場合は、手戻り作業の発生が懸念される。
- 港口が狭隘である場合は、大型の船舶の入域が困難であることが懸念される。➡ 陸上に栈台を仮設し施工する方法も有。

施工事例

③ 岩運搬



バックホウ浚渫船の船倉が満載になった時点で揚陸場所(休憩岸壁)へ運搬し、ダンプトラック (10t級)にて仮置場まで運搬。

< 一般的な運搬方法 >

海上

▼台船+引船



陸上

▼ダンプトラックによる運搬



被災地復旧における施工上の留意点

- 浚渫した岩塊等の処分場所の確保が必要。陸上処分の場合は別途陸揚げ岸壁の確保が必要。
- 陸上運搬の場合、道路の被災状況を考慮した陸上運搬ルート of 確保が必要。
- 海上運搬の場合、作業船舶の調達が可能かが懸念される。運搬船の隻数が限られる場合は施工性の低下が懸念される。
- 海象条件が悪い冬季は、海上運搬が困難となる。

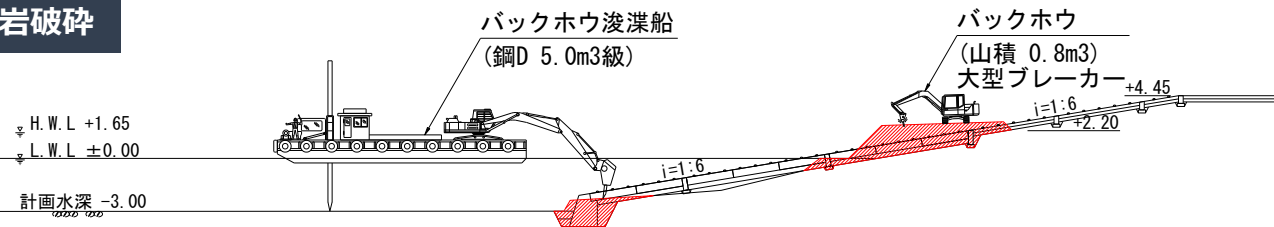
(3)-1 施工上の留意事項 < 船揚場（水深確保） >

12

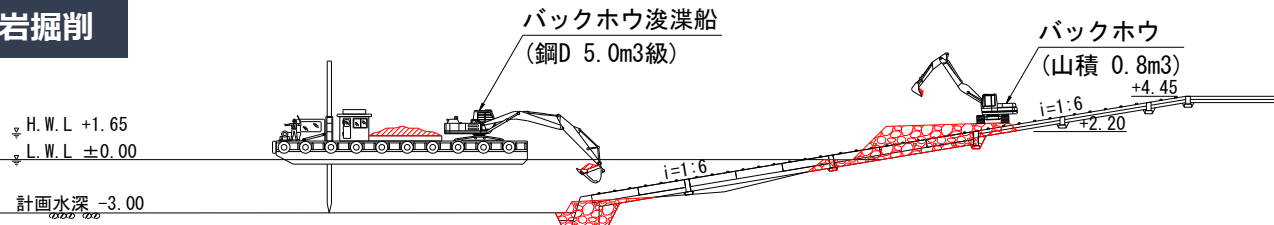
土工

施工事例

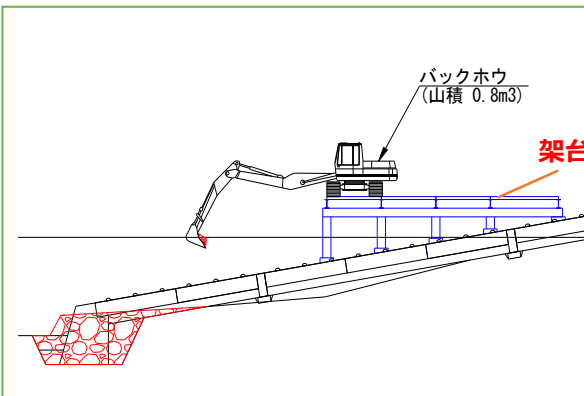
① 岩破碎



② 岩掘削



架台による施工イメージ



▲ 架台イメージ（側面）

▼ 架台イメージ（前面）



被災地復旧における施工上の留意点

- 船揚場先端部分の水深確保が困難である場合は、作業船による施工が困難となる。
➡ 架台および棧台を仮設し、極力陸上作業とする必要がある。

① 岩破碎

② 岩掘削

③ 岩運搬

④ 基礎整正

⑤ 路体盛土

⑥ 止壁工
(先端)

⑦ 側壁工

張ブロック工

⑧ 基礎栗石
投入・均し

⑨ 張ブロック据付

⑩ 間詰・端部
調整コンクリート⑪ 止壁工
(中間・止壁)

⑫ 舗装工

⑬ 付属工

土工

施工事例

④ 基礎整正

H. W. L +1.65
L. W. L ±0.00

計画水深 -3.00

潜水土船
(D180PS)

潜水土

-4.00

+2.20

i=1:6

+4.45

⑤ 路体盛土

H. W. L +1.65
L. W. L ±0.00

計画水深 -3.00

-3.50

-4.00

バックホウ
(山積 0.8m³)

⑥ 止壁工（先端）

潜水土船
(D180PS)

H. W. L +1.65
L. W. L ±0.00

計画水深 -3.00

-4.00 -3.50

潜水土

埋戻コンクリート
(水中コンクリート)

先端止壁

1.80 0.50 0.50

⑦ 側壁工

地点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

ブロック据付位置

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

掘削ライン

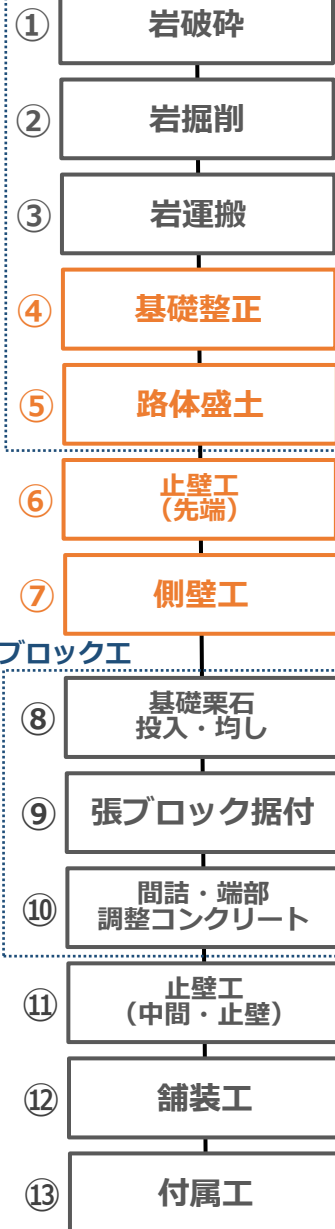
終点側側壁

コンクリートポンプ車
(100m³/h)

ミキサー車
(4m³積)

被災地復旧における施工上の留意点

- 水中作業は、浚渫による濁りの影響を受けるため、作業の重複を避ける必要がある。
- 資機材の調達・運搬が可能かが懸念される。



張ブロック工

(3)-3 施工上の留意事項 < 船揚場 (ヤード確保) >

14

土工

施工事例

⑧ 基礎捨石投入・均し

H.W.L +1.65
L.W.L ±0.00

計画水深 -3.00

-2.00
-3.50
-4.00

バックホウ

(山積 0.8m³)

i=1:6
+2.20
+4.45

基礎栗石

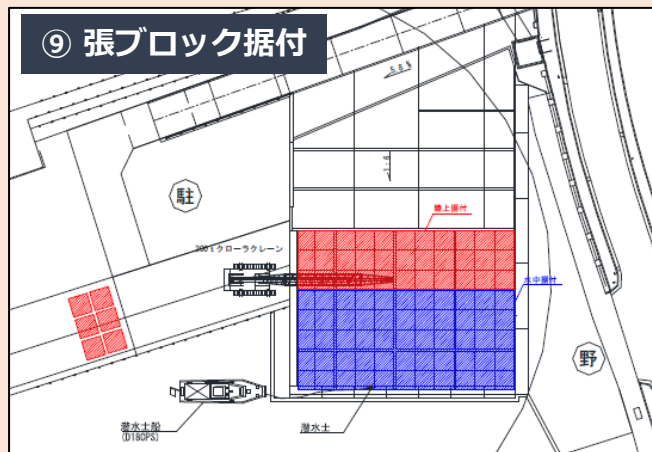
H.W.L +1.65
L.W.L ±0.00

計画水深 -3.00

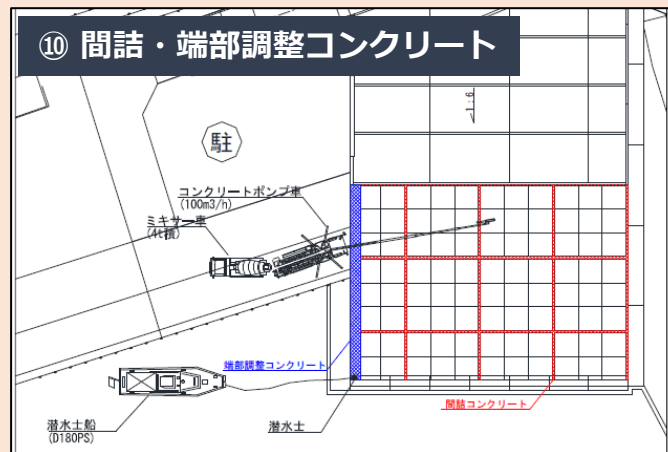
潜水土船
(D180PS)

-2.00
-3.50
-4.00

⑨ 張ブロック据付



⑩ 間詰・端部調整コンクリート



被災地復旧における施工上の留意点

- 張ブロックの製作ヤードの確保が必要。
(工場制作の場合は道路の被災状況を考慮した陸上運搬ルートが必要。)

① 岩破碎

② 岩掘削

③ 岩運搬

④ 基礎整正

⑤ 路体盛土

⑥ 止壁工
(先端)

⑦ 側壁工

張ブロック工

⑧ 基礎栗石
投入・均し

⑨ 張ブロック据付

⑩ 間詰・端部
調整コンクリート

⑪ 止壁工
(中間・止壁)

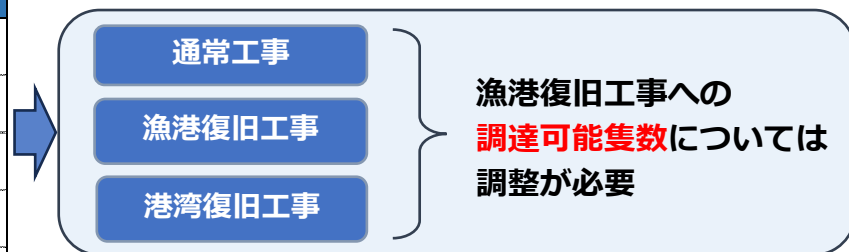
⑫ 舗装工

⑬ 付属工

(4) 施工上の留意事項 ＜ 作業船調達、係留場所、ヤード ＞ ¹⁵

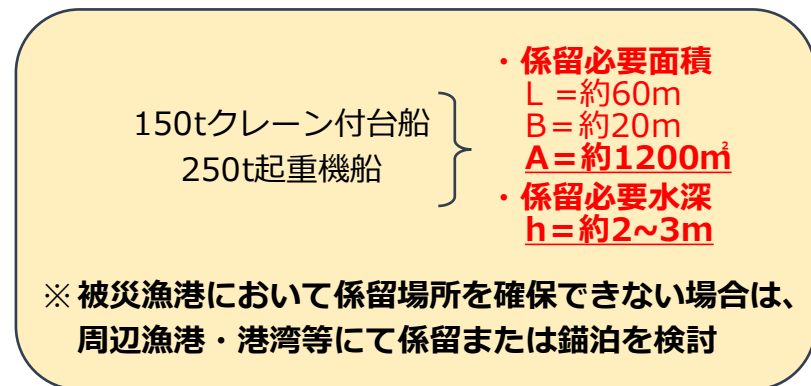
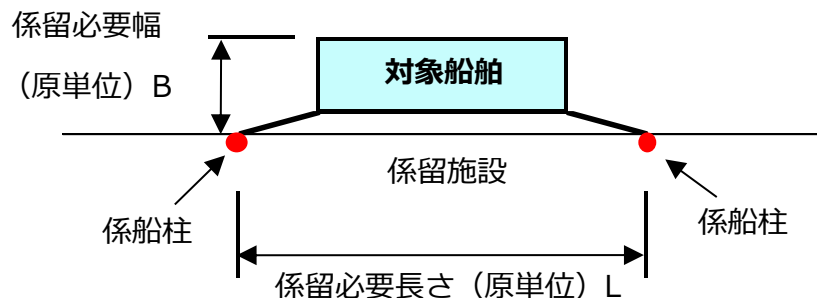
作業船調達可能性：現有船舶数（周辺地域）

船舶名	北陸地方	備考
台船	能登半島には2隻程度	北陸：10隻程度
バックホウ浚渫船	北陸地方にはほとんど無い	全国：80隻程度
クレーン付台船	50t～150t吊 15隻程度	
起重機船	150t～400t吊 15隻程度	
砕岩船	1隻	全国：70隻程度



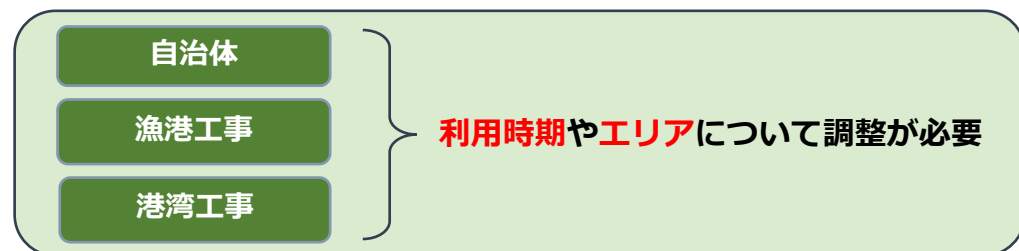
作業船の係留場所の確保

- 岸壁での係留時必要範囲



ヤードの確保

- 浚渫土砂や浚渫岩の仮置場
- プレキャスト部材の製作、資材の仮置場
- 陸上で発生した災害廃棄物の仮置場



岩盤は、原則として一軸圧縮強度または地山弾性波速度により分類する。

なお、これにより難しい場合は「現場における岩の判定の目安」に基づき、土質試料の状況（節理、破碎、風化等）から判定する。

岩盤の分類	一軸圧縮強度	地山弾性波速度
軟質	49.1 N/mm ² 以下	2.5 km/s 以下
中質	49.1 ～ 117.7 N/mm ² 以下	2.5 ～3.5 km/s 以下
硬質	117.7 ～ 176.5 N/mm ² 以下	3.5 km/s を超える

●現場における岩の判定の目安

区 分			① 硬軟の程度	② 割目の状態	③ コアーの状態	摘 要
軟質	軟石	CM	・ハンマーで叩くと軽く割れる ・爪で傷つくことあり ・ダイヤモンドビットで掘進適	・割目多く5cm以下 ・閉口して粘土挟む	・岩片～細片（角礫状）で砕けやすい ・不円形多く原形復旧困難	・軟岩で容易に砕け易いもの
	風化石	CL	・極く脆弱で指で割れ、つぶれる ・メタルクラウンで掘進可	・割目多いが粘土化進行 ・土砂状で密着している	・細片状で岩片残し指で砕けて粉状 ・円形コアーなし	・破碎帯でコアー部の一部細片状で採取したもの
		D	・粉体になりやすい ・メタルクラウンで無水掘可	・粘土化進行のためクラックなし	・土砂状	・破碎帯、粘土化帯でコアー採取不能のもの
中質		CH	・ハンマーで叩くと濁音 ・小刀で傷つく硬さ ・ダイヤモンドビットで2～4cm/min	・割目発達 ・閉口部に一部粘土を挟む ・ヘアークラック発達割れ易い	・大岩片状で概ね10cm以下で5cm前後のものが多い ・原形復旧困難	・短柱状なるも風化進行軟質のもの
硬質		A	・ハンマーで叩くと金属音 ・ダイヤモンドビットで2cm/min	・亀裂少なく概ね20～50cmで密着している	・棒状～長柱状で概ね30cm以下で採取される	
		B	・ハンマーで叩くと軽い金属音 ・ダイヤモンドビットで2～4cm/min	・割目間隔5～15cmを主としている ・一部開口している	・短柱～棒状で概ね20cm以下	