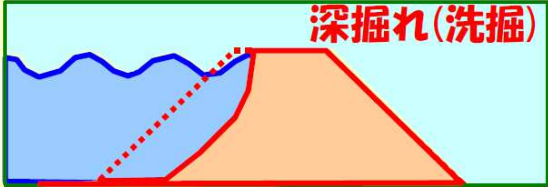
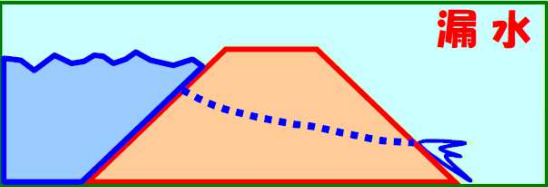
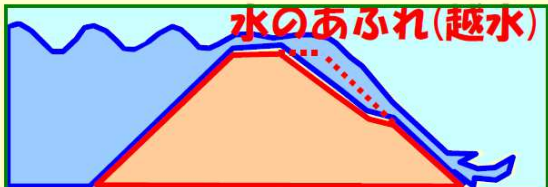
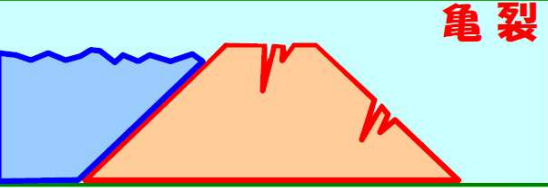
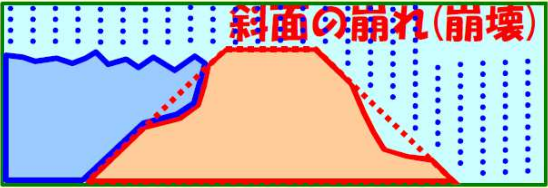


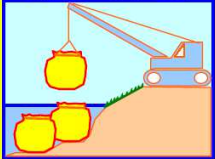
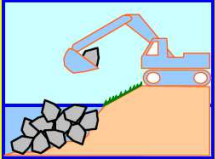
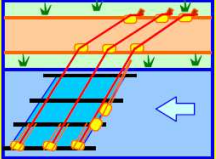
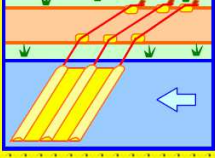
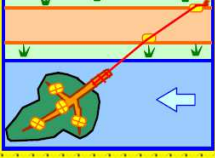
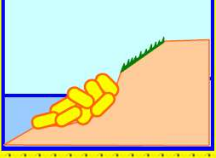
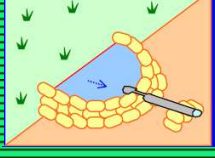
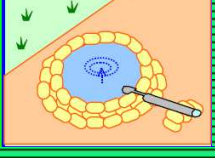
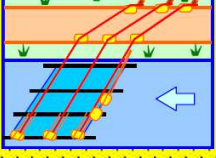
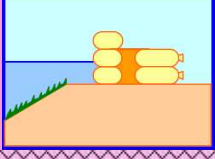
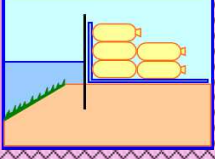
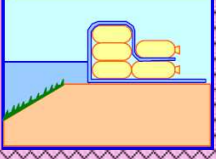
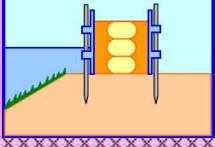
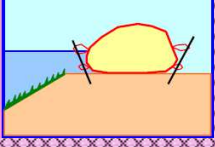
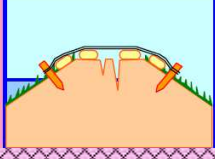
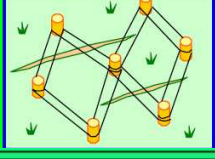
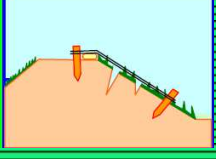
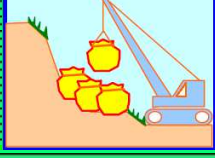
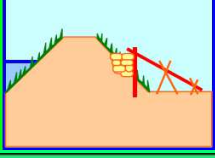
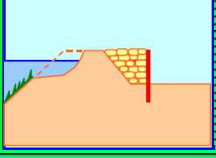
資料3 水 防 工 法

1 水防工法の種類

水防活動では、速やかに現地状況に適合した工法を選定し、迅速に対応することが重要である。以下に被災要因及び対策の基本方針を示す。

被災要因	対策の基本方針
 築堤部・掘込部に関わらず、川側で発生します。	激しい川の流れや波浪等により、堤防の川側が削り取られた状態を「深掘れ(洗掘)」と呼びます。 [対策] 特に築堤部で深掘れが進むと、堤防が決壊し、甚大な被害が発生する恐れがあります。深掘れが進行しないよう、堤防斜面を保護する対策が必要です。
 築堤部の居住地側で発生します。	河川水位が上昇し居住地側との水位差が大きくなることにより、堤防又は基礎部を通った浸透水が地表に漏れ出した状態を「漏水」と呼びます。 [対策] 漏水量の増加により堤防内の土砂が排出され決壊する恐れがあります。漏水量を増加させないよう、川側・居住地側の水位差を小さくする対策が必要です。
 築堤部・掘込部に関わらず発生します。	河川水位が上昇し、堤防の上面を越えて溢れ出した状態を「水のあふれ(越水)」と呼びます。 [対策] 溢れ出した水が堤防上面や居住地側斜面を削り、決壊する恐れがあります。水が溢れないよう、堤防を嵩上げる対策が必要です。
 主に築堤部の堤防上面や居住地側で発生します。	河川の水圧や堤防内の浸透水等の影響で堤防が変形しひび割れが発生した状態を「亀裂」と呼びます。 [対策] 亀裂が進行し決壊する恐れがあります。亀裂が広がらないよう、被災箇所を縫い合わせる対策が必要です。
 主に築堤部で発生します。川側・居住地側に関わらず発生します。	激しい川の流れや降雨の影響で堤防の一部が崩れた状態を「斜面の崩れ(崩壊)」と呼びます。 [対策] 水位があまり高くない状態でも降雨等により斜面の崩れが起る恐れがあります。居住地側の崩れでは失われた部分を直接充填する、川側では反対の居住地側を補充する対策が必要です。

被災要因別の対策として、有効な水防工法を以下に示す。

分類	水 防 工 法 の 種 類		
深掘れ（洗掘）対策	大型土のう・大型ブロック工法  捨石（バックホウ）工法  シート張り工法  水防マット工法  木流し工法  捨土のう（人力）工法 		
漏水対策	月の輪工法  釜段工法  シート張り工法 		
水のあふれ（越水）対策	積土のう工法  改良積土のう工法  改良積土のう工法（2）  せき板工法  水のう工法 		
亀裂対策	打ち継ぎ（鉄線）工法  籠止め（鉄線）工法  繋ぎ縫い（鉄線）工法 		
斜面の崩れ（崩壊）対策	大型土のう工法  杭打積土のう工法  築廻し工法 		

川側での対応

居住地側での対応

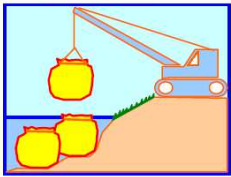
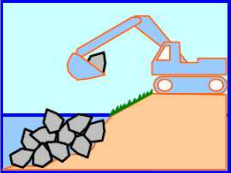
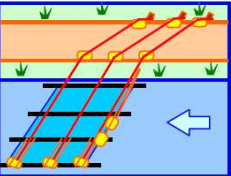
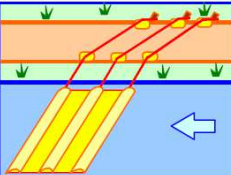
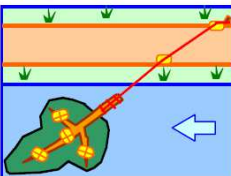
堤防上面での対応

2 水防工法の選定

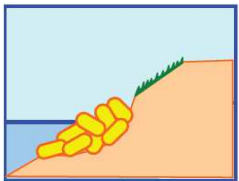
現地状況に応じて適切に水防工法を選定するための目安を以下に示す。

(1). 深掘れ(洗掘)対策

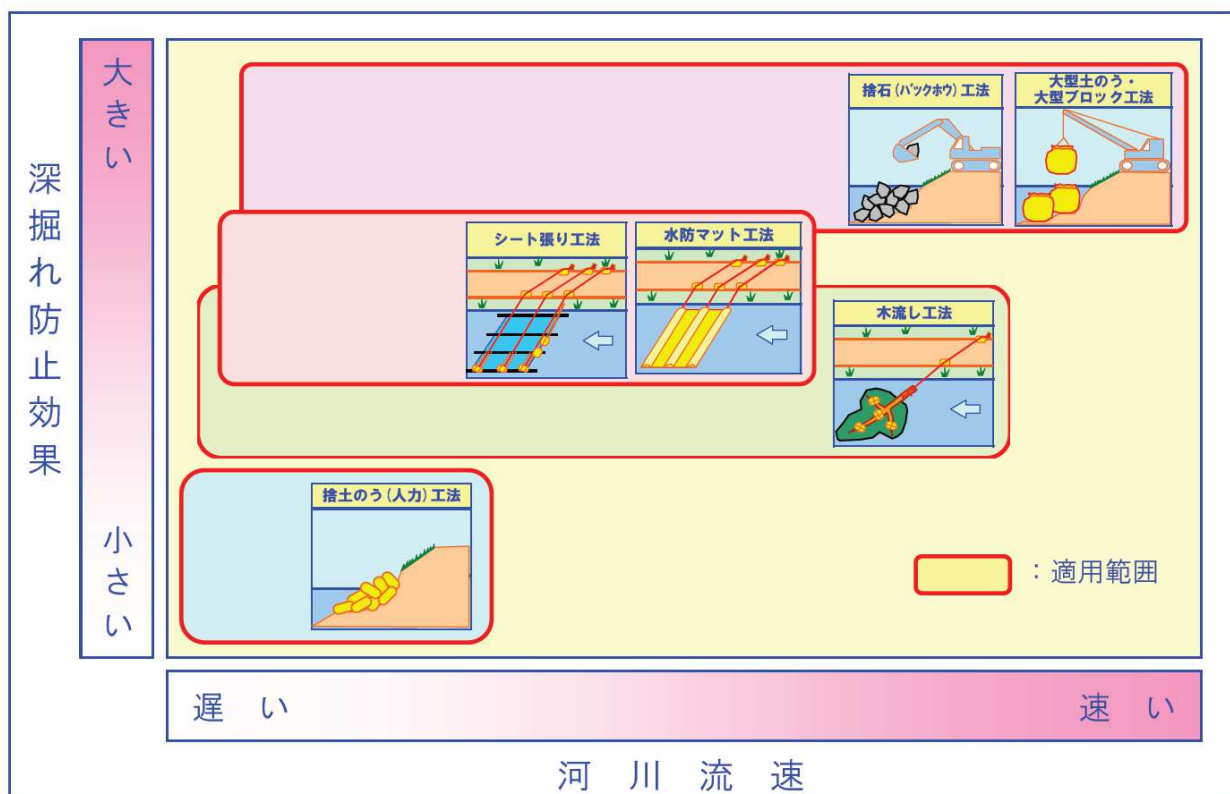
深掘れ対策として効果的な工法には、大型土のう^{おおがたど}のう工法、シート張り^は工法、水防マ^{すいぼう}ット工法、木流し^{きな}工法、捨石^{すていし}・捨土^{すてど}のう工法があります。

大型土のう・大型ブロック工法 おおがたど おおがた 	土木工事などで使用される大型土のうや大型ブロック（消波ブロック等）を被災箇所投入し、川側斜面を直接保護する工法です。流速が速い河川にも適用でき、深掘れ防止効果が高い工法です。 [ポイント] クレーン等の重機を使用する必要があり、被災箇所の水際まで重機が近づける進入路を確保しなければなりません。また、専用の資機材を使用するため、建設業者の協力を求める必要があります。
捨石(バックホウ)工法 すていし 	比較的大きな石をバックホウ等の重機で被災箇所投入し、川側斜面を直接保護する工法です。流速が速い河川にも適用でき、深掘れ防止効果が高い工法です。 [ポイント] バックホウ等の重機を使用する必要があり、被災箇所の水際まで重機が近づける進入路を確保しなければなりません。また、碎石等が大量に得られる場所が近くに必要です。
シート張り工法 は 	合成繊維シート（ブルーシートなど）に骨組み材や重し土のうを取付けた状態で投入し、川側斜面を直接保護する工法です。汎用材料を用いて人力で作製することができます。シートを被災箇所に密着できないと効果が得られないため流速の速い河川での適用は困難です。 [ポイント] シートがあおられないよう、重し土のうを確実に取付けることが重要です。
水防マット工法 すいぼう 	シート張り工法と同じ効果を持つ、水防活動専用開発された工法です。緊急時に迅速に効果を発現することができます。袋体に碎石等を大量に投入できるため、シート張り工法に比べ、あおりに対する抵抗力が高く、比較的流速の速い河川にも適用可能です。 [ポイント] 被災が広範囲に及ぶ場合には、多量の専用資材(水防マット)を短時間に確保できるかが課題となります。
木流し工法 きな 	川側斜面に投入した樹木の抵抗力により、堤防表面の河川流速を低減させ、深掘れの進行を抑える工法です。シート張り工法に比べ、あおりに対する抵抗力が高く、比較的流速の速い河川にも適用可能です。 [ポイント] 現地調達できる樹木を使用しますが、流水に対する抵抗力を得るためには、枝葉の茂った木を用いる方が効果的です。また、木流しがあおられないよう、重し土のうを確実に取付けることが重要です。

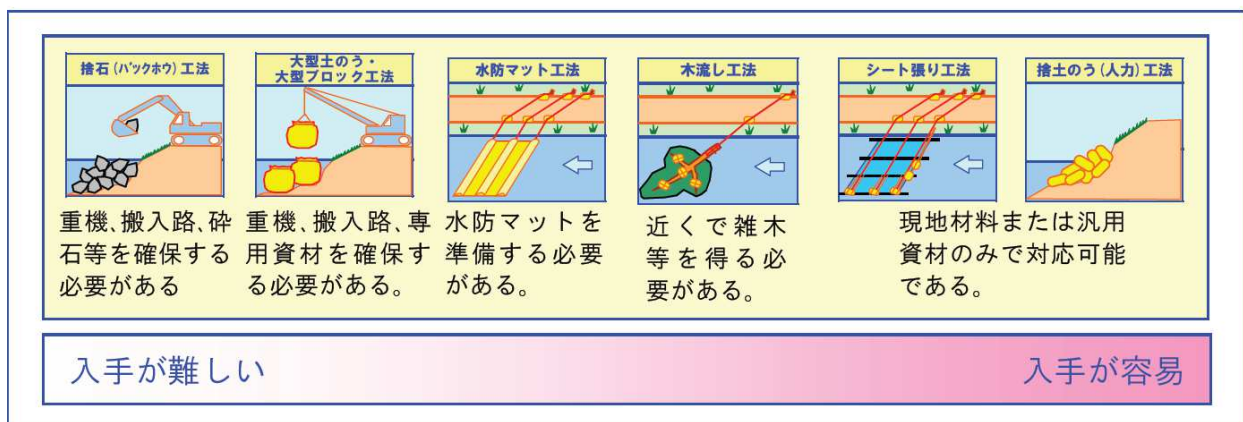
※ 洪水時に水際まで重機を近づけることは非常に危険です。以上の工法の適用に当たっては十分安全が確保されることが前提となります。

すてど 捨土のう(人力)工法 	深掘れされた部分に土のう等を投入し、斜面を保護する工法です。被災箇所が、土のうを人力で投げ入れることができるような水際に近い箇所で、比較的緩やかな流速の場合にのみ適用可能です。 [ポイント] 石や土のうを単体で投入するため流水に流されやすく、特に被災箇所が広範囲に及ぶ場合には適用が困難です。緊急時の応急処置として位置付け、他の有効な工法を併せて準備すべきです。
---	---

各対策工の中から現地状況に応じた工法を適切に選定するためには、深掘れ防止の効果だけでなく、特に河川の流速、資機材入手の容易さを考慮する必要があります。



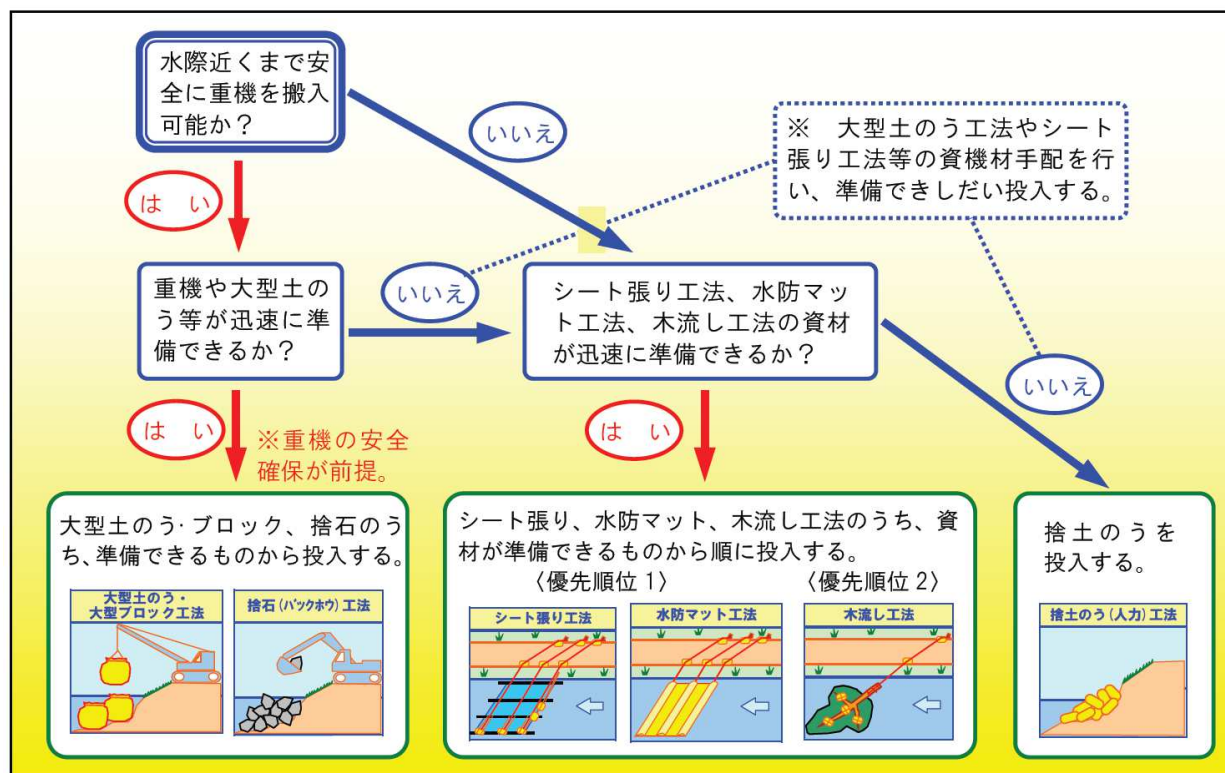
深掘れ防止工法の効果と河川流速



※ 水防活動は、その周辺で得られる材料で工夫することが大前提です。

深掘れ防止工法に必要な資機材入手の難易度（一般的な例）

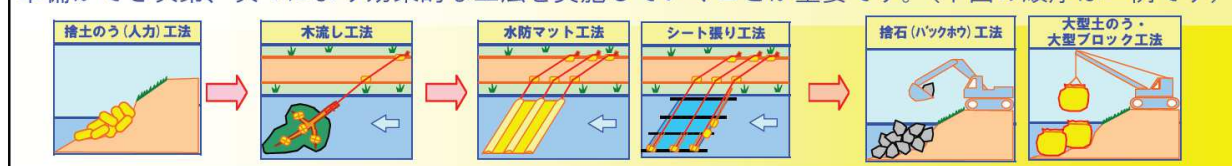
河川の流速、資機材入手の難易度を考慮した深掘れ対策工法の選定フローを示します。



深掘れ防止工法の選定フロー

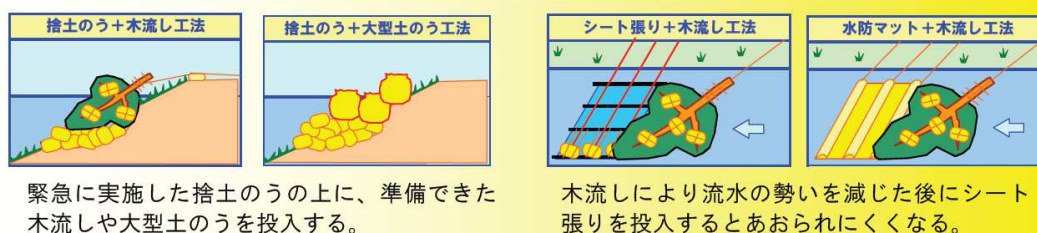
現地状況が緊急を要する場合が多いため、基本的には、資機材の準備ができる工法から優先的に実施します。ただし、より効果的な他の工法についても、手配を急ぎ、準備ができ次第、次々に実施していくことが重要です。

準備ができ次第、次々により効果的な工法を実施していくことが重要です。(下図の順序は一例です)

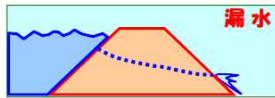


各工法を単独で実施するだけでなく、組み合わせることで迅速に効果を発現できる場合があります。現地状況や緊急度に応じて柔軟に対応してください。

工法を組み合わせることで、迅速に効果を発現できる場合があります。



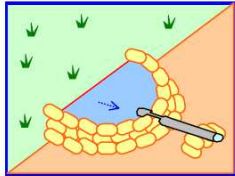
(2).



漏水対策

漏水対策として効果的な工法には、月の輪工法、釜段工法があります。また、ごく稀と考えられますが、川側で漏水が発生している箇所を特定できた場合には、シート張り工法を併用することも有効です。

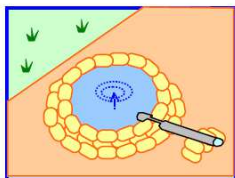
月の輪工法



漏水箇所周辺に、土のうを月の輪状に積上げ水深を保つことにより、川側との水位差を小さくし、漏水量の増加を抑え、堤防内部の土砂流出による決壊を防止する工法です。居住地側斜面に用いられます。

[ポイント] 月の輪部分の水密性を確保し、漏水箇所（居住地側）の水位を上げることが重要です。なお、漏水量を増加させないことが目的であり、漏水を完全に止めることを期待する工法ではありません。

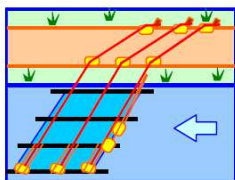
釜段工法



形が円形となる他は、機能・目的とも月の輪工法と同じです。居住地側の平地に適用されます。

[ポイント] 月の輪工法と同様で、円形部分の水密性を確保することが重要です。

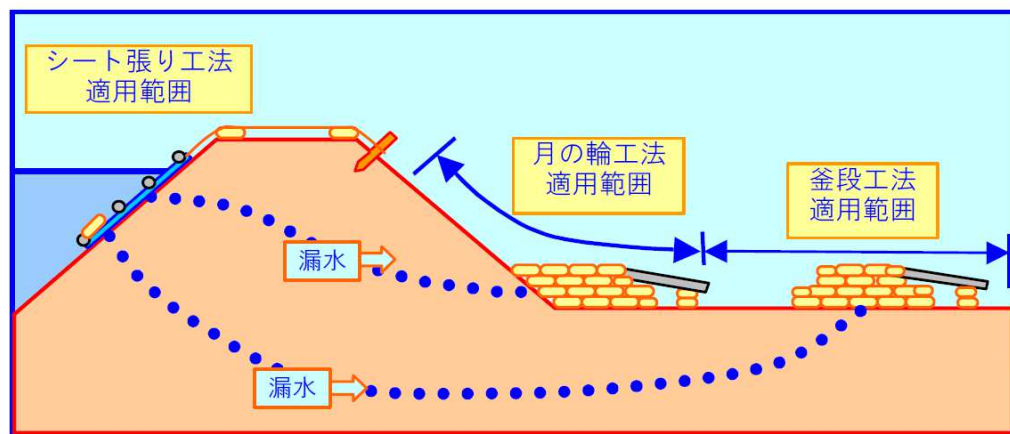
シート張り工法



合成繊維シート（ブルーシートなど）に骨組み材や重し土のうを取付けた状態で投入し、川側斜面に発生した漏水箇所（入口）を直接遮断する工法です。汎用材料を用いて人力で作製することができます。シートを被災箇所密着できないと効果が得られないため流速の速い河川での適用は困難です。

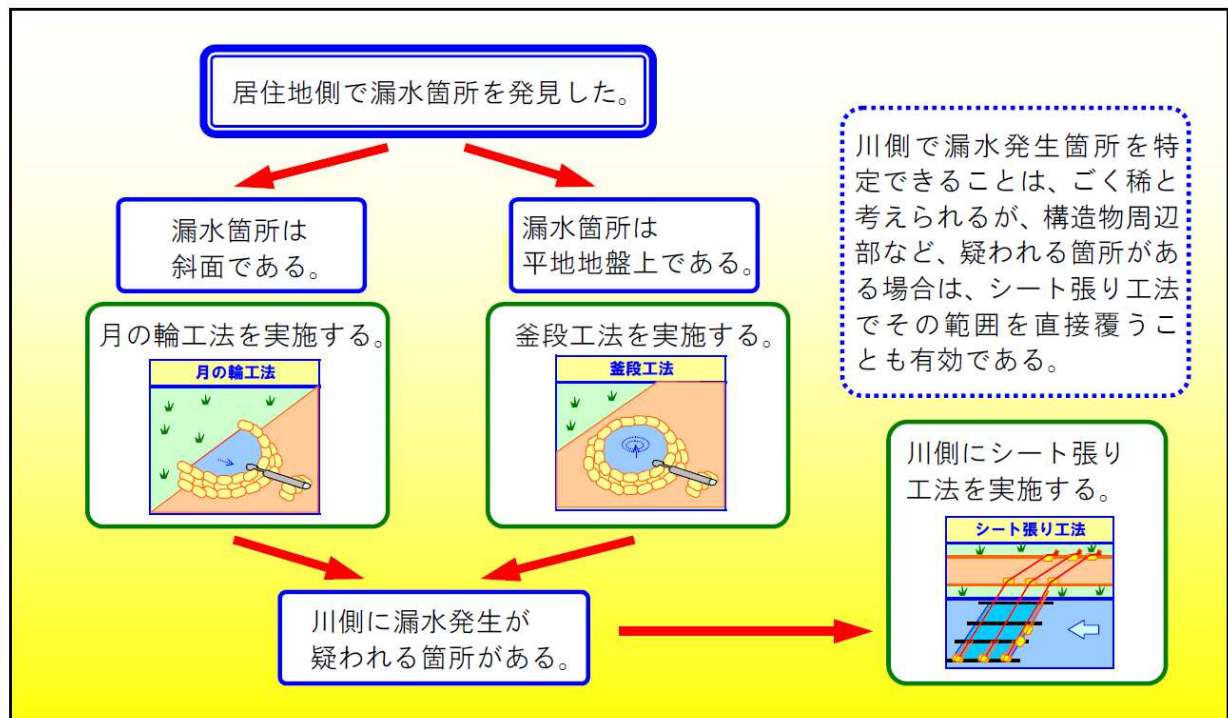
[ポイント] シートがあおられないよう、重し土のうを確実に取付けることが重要です。

※ 樋門等の構造物と堤防の境界部は漏水の発生し易い箇所です。川側で漏水対策を行う場合は、このような箇所に注意するようにしましょう。



漏水対策工法の適用範囲

被災箇所を考慮した漏水対策工法の選定フローを示します。

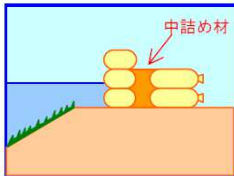


漏水防止工法の選定フロー

(3). 水があふれ(越水)対策

水があふれ(越水)対策として効果的な工法には、^{つみど}積土のう工法、^{かいりょうつみど}改良^{つみど}積土のう工法、^{いた}せき板工法、^{すい}水のう工法があります。

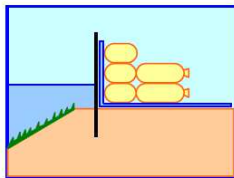
^{つみど}積土のう工法



堤防上面に土のうを積上げ、水があふれを防止する工法です。構造が簡単で汎用材料で作製できます。広く一般的に用いられています。

[ポイント] 止水の役割は主に中詰め材が受け持ちます。しっかりと踏み固め、止水性を確保することが重要です。

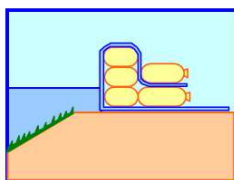
^{かいりょうつみど}改良^{つみど}積土のう工法



積土のう工法の改良型で、中詰め材を省略する代わりにブルーシート等で止水の役割を受け持たせる工法です。中詰め材を省略した分、施工性が向上しています。

[ポイント] 積土のう工法と同様に、土のう重量と杭で水圧に抵抗する構造です。舗装された堤防上面など、杭が打ち込めない場所では、抵抗力が減少します。

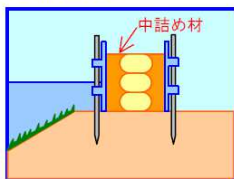
^{かいりょうつみど}改良^{つみど}積土のう工法(2)



改良積土のう工法から、さらに杭を省略しています。舗装された堤防上面など、杭が打ち込めない場所で有効です。

[ポイント] 土のう重量のみで水圧に抵抗する構造です。改良積み土のう工法と同様にシートで止水性を確保しますが、杭を打ち込む必要がない分、作業が容易です。

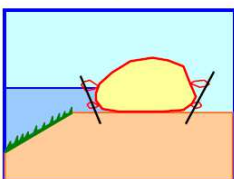
^{いた}せき板工法



軽量鋼板製のせき板を杭で固定し、中詰め材で安定させる構造です。何らかの理由で大量の土のうを作製できない場合に有効です。

[ポイント] 中詰め材を重機で投入できる場合は、作業性が飛躍的に向上しますが、越水箇所が広範囲に及ぶ場合は、せき板の確保が課題となります。

^{すい}水のう工法



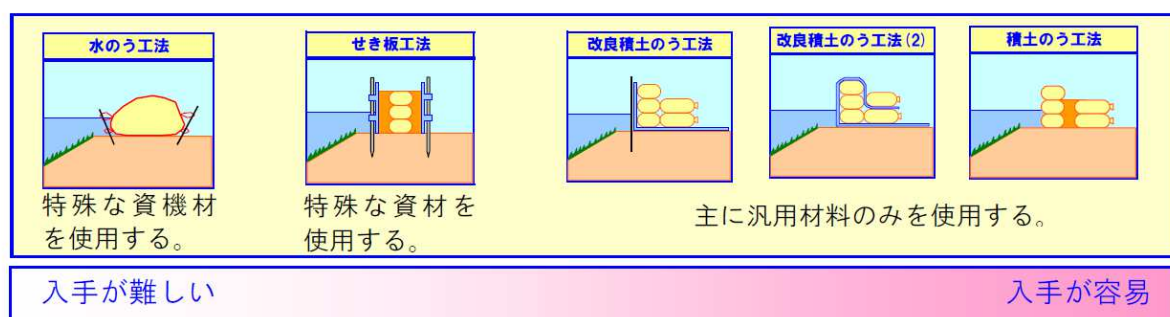
ビニロン帆布製の水のうにポンプで水を注入し水があふれることを防止する構造です。都市部で多量の土が得られない場合に有効です。

[ポイント] 水があふれる箇所が広範囲に及ぶ場合は、水のうの確保が課題となります。また、河川水位が予想以上に上昇した場合に対処することができません。

各対策工の中から、必要資機材の入手の難易度および作業性に注目し、以下にその優先性について示します。なお、作業性については、一般的な堤防上面が舗装されている場合を対象とします。

(1).必要資機材の入手の難易度

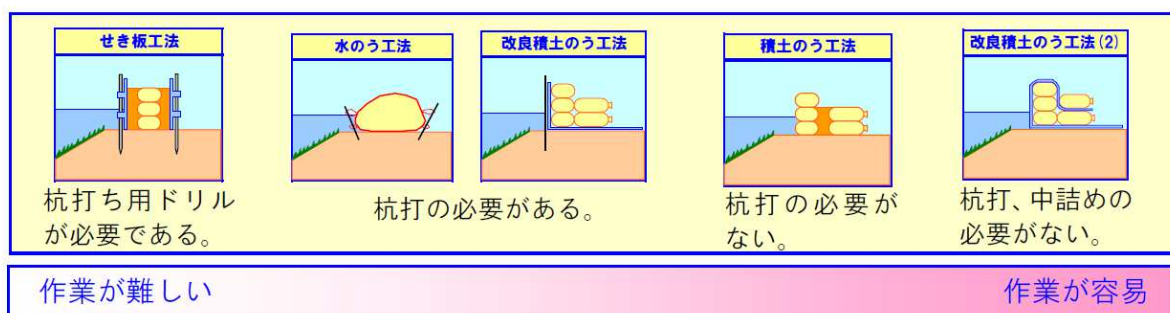
土のうやブルーシートなど汎用資材のみで作製可能な他の工法に比べ、特殊資材(水のう)やポンプが必要となる水のう工法を用いることは、特に被災箇所が広範囲に及ぶ場合、不利になります。



※ 水防活動は、その周辺で得られる材料で工夫することが大前提です。
必要資機材の入手の難易度

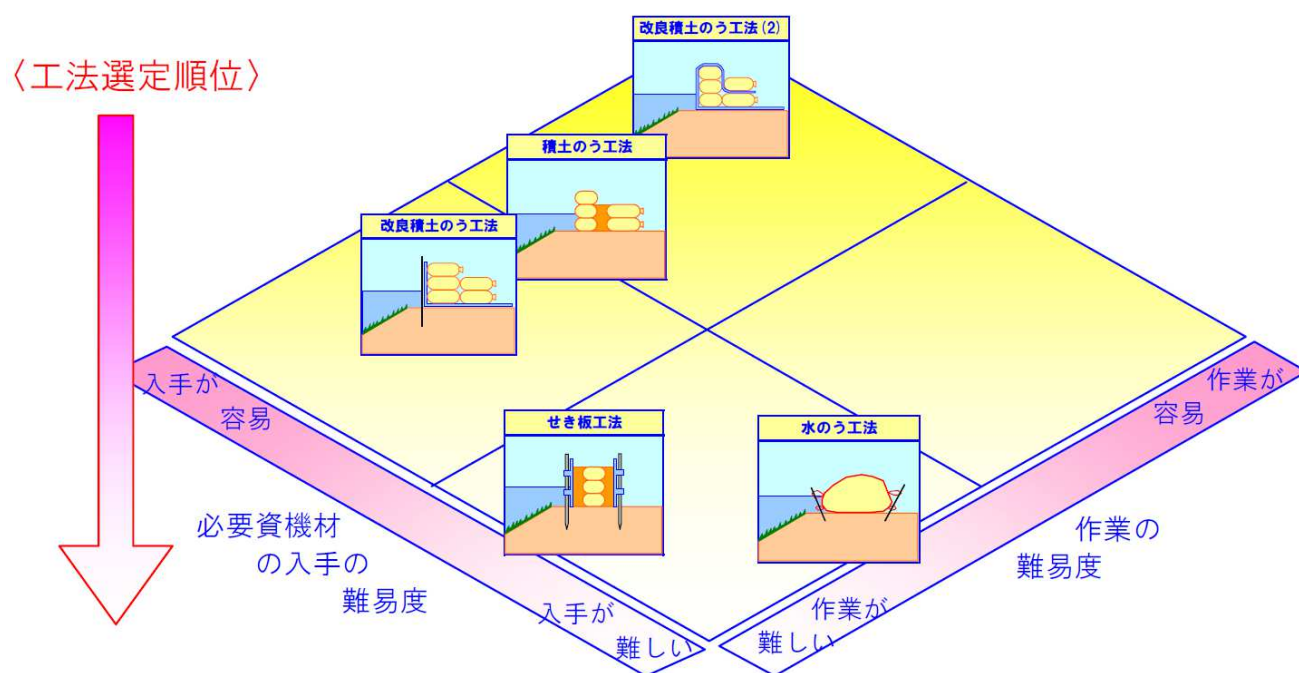
(2).作業の難易度（堤防上面が舗装されている場合）

一般的な堤防上面が舗装されている箇所では、特に杭打ち作業がない、または少ない改良積土のう工法、積土のう工法が有利となります。



作業の難易度

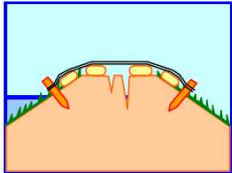
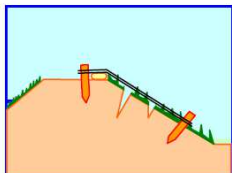
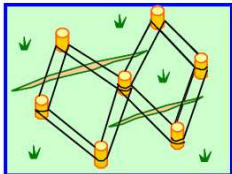
資機材入手の容易さと作業性のみに注目した場合の水のあふれ対策工法選定の目安（優先度）を以下に示します。なお、実作業時には、この他、土のう作製に必要な水防団員が確保可能か、必要資材（数量）を短時間で確保可能か、など現場状況を考慮し、適切に工法選定する必要があります。



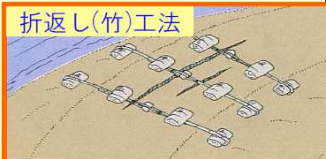
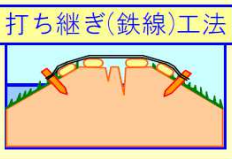
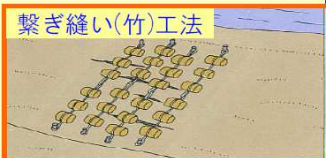
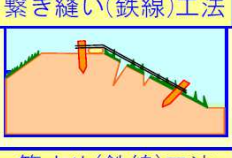
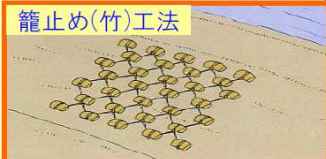
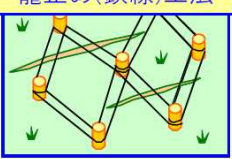
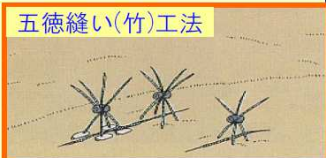
水のあふれ対策工法を選定する際の優先度

(4). 亀裂対策

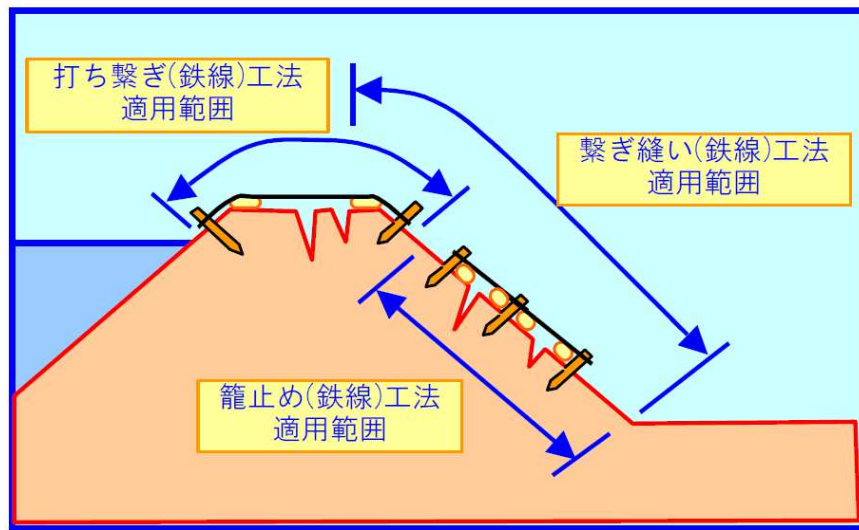
亀裂対策として効果的な工法には、打ち継ぎ工法、籠止め工法、繋ぎ縫い工法があります。

打ち継ぎ(鉄線)工法 	繋ぎ縫い(鉄線)工法 	堤防に発生した亀裂を鉄線で挟み込み、亀裂が広がることをくい止める工法です。堤防上面に用いられる打ち継ぎ工法と、堤防上面から居住地側斜面にかけて発生した亀裂に対して用いられる繋ぎ縫い工法があります。
[ポイント] 亀裂が広がろうとする際に、鉄線に直ちに引張り力が発生する状態が理想的です。このためには、鉄線に緩みがないよう固定することが重要です。		
籠止め(鉄線)工法 	堤防に発生した亀裂を鉄線で縫い合わせるにより、亀裂が広がることをくい止める工法です。堤防斜面に広範囲に発生した亀裂に対して有効です。 [ポイント] 亀裂が広がろうとする際に、鉄線に直ちに引張り力が発生する状態が理想的です。このためには、鉄線に緩みがないよう固定することが重要です。	

これまで用いられてきた伝統的な亀裂対策工法には、折返し工法、繋ぎ縫い工法、籠止め工法、五徳縫い工法がありますが、すべて現地調達した竹材を主材料とするものでした。本書では、材料入手の容易さ、作業性の良さといった観点から、これらを鉄線使用の打ち継ぎ工法、籠止め工法、繋ぎ縫い工法に集約することとしました。

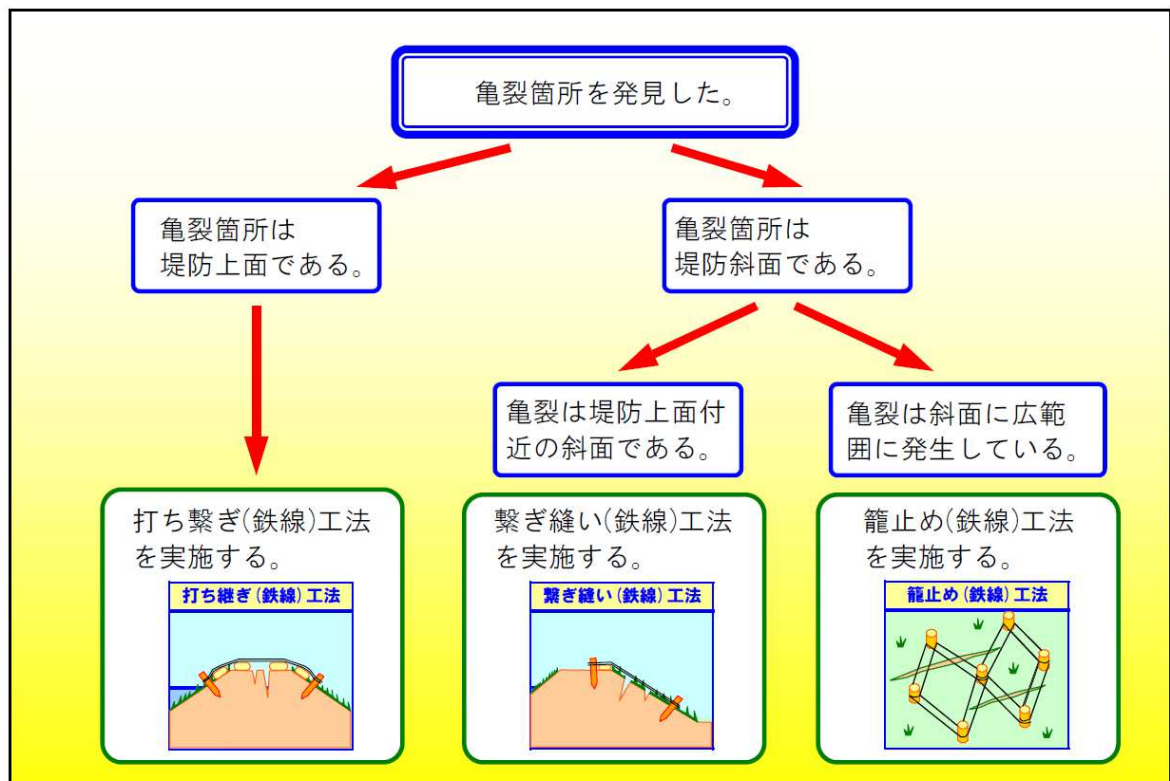
伝統的な水防工法（亀裂対策）	本書に掲載した工法
折返し(竹)工法  上面を挟むように堤防斜面に竹を挿し、中央部で竹同士を繋ぎ合わせ、亀裂の進行を防止する工法。	打ち継ぎ(鉄線)工法 
繋ぎ縫い(竹)工法  堤防斜面に発生した比較的大きな亀裂の両端に杭を打ち、その間を2本の竹で繋ぎ合わせ、亀裂の進行を防止する工法。	繋ぎ縫い(鉄線)工法 
籠止め(竹)工法  斜面に広範囲に広がった亀裂に対し、対角線状に打った杭を交互に竹で繋ぎ合わせ、亀裂の進行を防止する工法。	籠止め(鉄線)工法 
五徳縫い(竹)工法  堤防斜面に発生した亀裂の周辺に竹を挿し込み、それらを束ねることにより亀裂の進行を防止する工法。	同構造ではないが、同様の亀裂防止効果が期待できる上記3工法で代用する。

打ち繋ぎ(鉄線)工法は、主に堤防上面に発生した亀裂に、籠止め(鉄線)工法、繋ぎ縫い工法(鉄線)は、主に堤防斜面に発生した亀裂に使用します。



亀裂対策工法の適用範囲

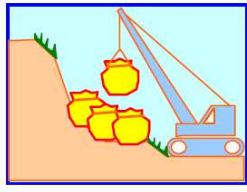
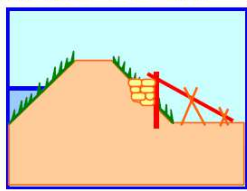
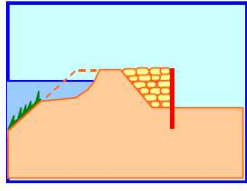
被災箇所を考慮した亀裂対策工法の選定フローを示します。



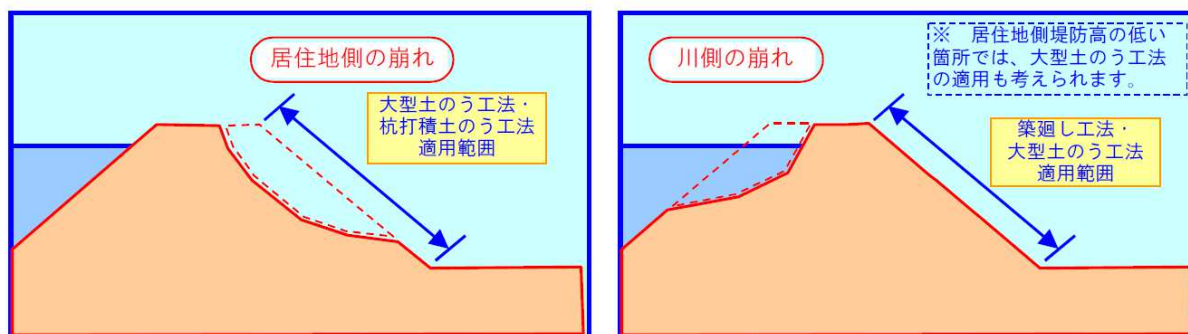
亀裂対策工法の選定フロー

(5) ． 斜面の崩れ(崩壊)対策

堤防斜面の崩れ(崩壊)対策として効果的な工法には、大型土のう工法、杭打積土のう工法、築廻し工法、築廻し工法があります。

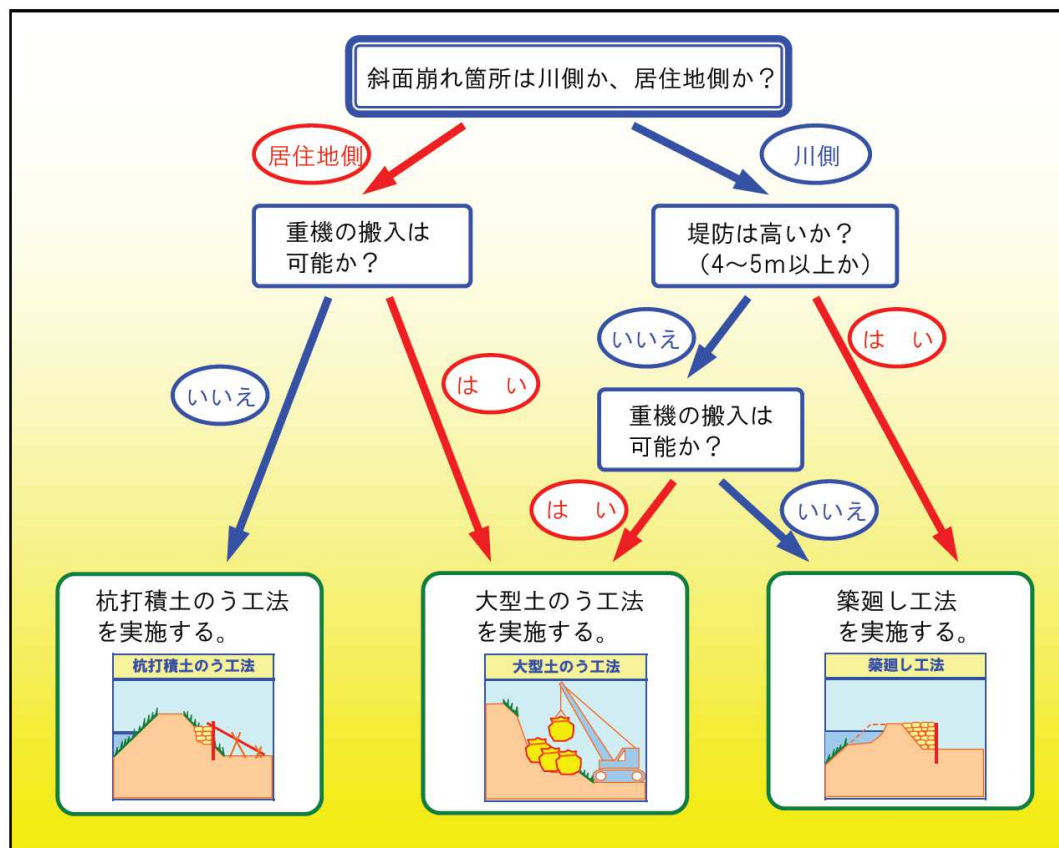
大型土のう工法 	主に居住地側斜面の斜面崩れ箇所に、土木工事（仮締切り工）などで使用される大型土のう（1m×1m×1m）を充填し、決壊を防止する工法です。比較的規模の大きな崩れに対して有効です。なお、堤防高が低い箇所では、川側崩壊への対策としても適用可能です。 [ポイント] 被災箇所の近くまでクレーンが近づける進入路を確保しなければなりません。また、建設業者の協力を求める必要があります。
杭打積土のう工法 	居住地側斜面で崩れの恐れがある場合、または比較的小規模な崩れが発生した場合に、対象箇所下面に打ち込んだ杭と崩れ面との間に土のうを充填し、崩れの進行を防止する工法です。 [ポイント] 斜面崩れ箇所下部のすべりを杭と押え木でくい止め、上部の崩れを充填した土のうで押える構造です。杭を十分打ち込むことと、押え木で適切に支えることが重要です。
築廻し工法 	川側の深掘れ(洗掘)・斜面の崩れ(崩壊)で不足した堤防断面を居住地側に確保することにより決壊を防止する工法です。 [ポイント] 川側の深掘れ・斜面崩れの反対側（居住地側）の同じ位置に、同程度以上の土のうを積むことが基本です。なお、併せて川側の深掘れ防止対策を実施すると効果的です。

大型土のう工法、杭打積土のう工法は、主に居住地側斜面の崩れへの対策として、築廻し工法は、主に川側斜面の崩れへの対策として使用します。



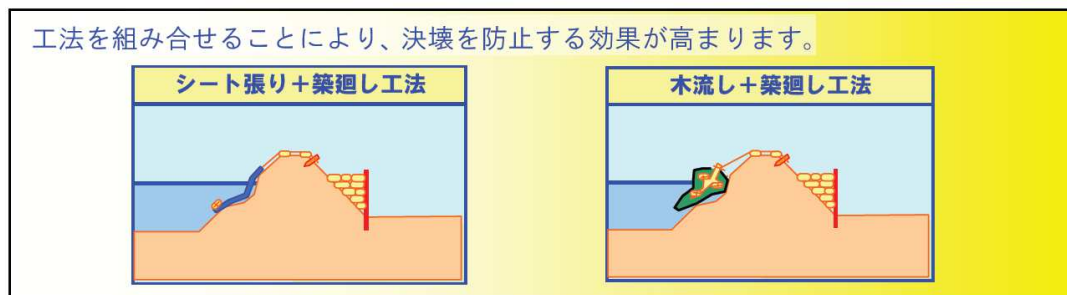
斜面の崩れ対策工法の適用範囲

被災箇所を考慮した斜面の崩れ対策工法の選定フローを示します。

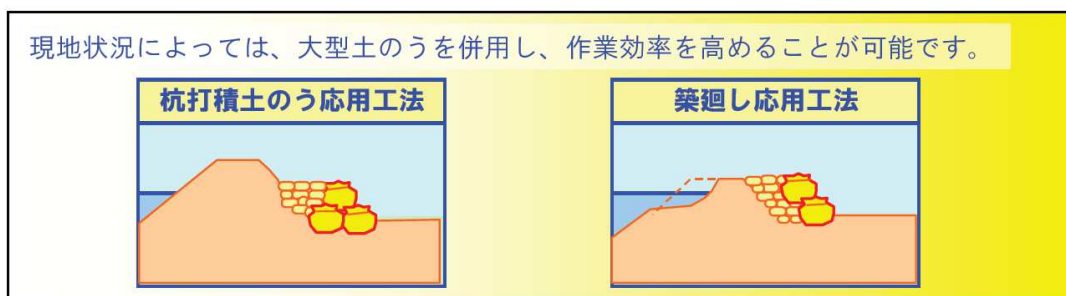


斜面の崩れ対策工法の選定フロー

川側の斜面崩れに対しては、築廻し工法に川側の深掘れ(洗掘)対策を組み合わせる方法が効果的です。



重機が搬入でき、かつ堤防が低い場合は、大型土のうを併用することにより、作業効率のよい応用工法を適用することが可能です。



【参考文献】 国土交通省 中国地方整備局「時代に即した水防工法 工法選定と作製の手引き」抜粋
作製手順等は、中国技術事務所のホームページに掲載されています。
http://www.cgr.mlit.go.jp/ctc/tech_dev/topics/suibou/index.htm