

5. 機能診断調査結果に基づく施設状態評価表

頭首工の健全度の評価は、施設の特性を踏まえて、性能低下に関する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を用い、機能診断調査の結果により行う。

施設状態の適切な評価のためには、各施設や地域の条件等を加味することが必要となる。ストックマネジメントに係る基礎的なデータ蓄積のため、基本的な評価項目と評価区分を共通化することとし、頭首工（コンクリート施設）の基本例として、施設状態評価表を表5-1に示す。

表 5-1 頭首工（コンクリート施設）の施設状態評価表

地 点 調 査 構 造 物 名 称	区 名 施 設 名 称	評 価 年 月 日	評 価 者				
施 設 の 状 態		調査部材番号 例:P-O					
S-5:変状なし S-4:変状兆候 S-3:変状あり S-2:顕著な変状あり S-1:重大な変状あり							
評価項目	評価区分	評価の流れ→					
健全度ランク	S-5	S-4	S-3	S-2	変状別 評価	主要因 別評 価	施設状 態評 価
ひび割れ							
形状と幅(有筋)	タイプ:初期ひび割れ 形状:目地中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因:乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
	タイプ:劣化要因不特定のひび割れ 形状:特徴的な形状を示さないひび割れ 原因:症状が複合的であり劣化要因を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
	タイプ:ひび割れ先行型ひび割れ 形状:格子状・亀裂状などのひび割れ 原因:ASRや凍害などの劣化要因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
	タイプ:外力によるひび割れ 形状:側壁を横切るような水平もしくは斜めのひび割れ 原因:構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的		
	タイプ:鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状:鉄筋に沿ったひび割れ 原因:中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが 全体的		
	最大ひび割れ幅(無筋) 〔部材を貫通する可能性がある場合〕	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~5.0mm] [0.2~1.0mm]	最大ひび割れ幅 5.0mm以上 [1.0mm以上]	S-3に該当するものが 全体的		
	進行性(ASRや凍害などの場合)			有りの場合1ランクダウン			
内部要因 構造物自身の変状	ひび割れ規模				① ひび割れ密度 (ひび割れ幅0.2mm以上) 50cm/m ² 以上	S-3に該当するものが 全体的	
	ひび割れ付随物 (析出物、錆汁、浮き)	無			② 有	又は	
	ひび割れからの漏水	無			③ 渗出し、漏水跡、滴水	流水、噴水	
	ひび割れ段差	無				有	
	ひび割れ以外の劣化						
	浮き	無	部分的	全体的			
	剥離・剥落	無	部分的	全体的			
	析出物(エフロッセンス・ケルなど) (ひび割れを含むものを除く)	部分的(S-4の場合以外)	全体的又は鉄筋に 沿った部分的				
	錆汁 (ひび割れを含むものを除く)	無	有				
	摩耗・すりへり	細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	一		
圧縮強度	鉄筋露出の程度	無			部分的	全体的	
	反発強度法(鉄筋) (圧縮強度換算)※設計強度 21N/mm ² の場合	21N/mm ² 以上 (設計基準強度比 100%以上)	15~21N/mm ² (設計基準強度比 75%以上100%未満)	15N/mm ² 未満 (設計基準強度比 75%未満)			
	反発強度法(無筋) (圧縮強度換算)※設計強度 18N/mm ² の場合	18N/mm ² 以上 (設計基準強度比 100%以上)	13~18N/mm ² (設計基準強度比 75%以上100%未満)	13N/mm ² 未満 (設計基準強度比 75%未満)			
	中性化 (鉄筋)	ドリル法 (中性化残り)	残り10mm以上		残り10mm未満		
外部要因 構造物周辺の変状	変形・歪み	変形・歪みの有無	無	局所的	全体的		
	欠損・損傷	欠損・損傷の有無	無	局所的	全体的		
	戸当たり周辺・巻き上げ機周辺の損傷	無		局所的	全体的		
	不同沈下	構造物の沈下・傾倒	無	局所的	全体的		
	エプロン・護床工周辺河床	エプロン直上下流の局所洗掘、 下流側護床工の消失・沈下・深掘れ	無	局所的	全体的		
	エプロン・ 床版下部	床版・エプロンからの噴水 床版・エプロン下の空洞	無	局所的	全体的		
	護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	無	局所的	全体的		
魚道下流	周辺地盤の沈下・陥没・ひび割れ	無	局所的	全体的			
	下流河床低下など	無	局所的	全体的			
その他の要因	目地の変状 (護岸、エプロン、構造物境界)	目地の開き	無	局所的	全体的		
	止水板の破断	無		有り			
	漏水の状況	無	漏水跡、滲出し、滴水	流水、噴水			
	段差	無			エプロンの場合1ランクダウン		
	周縁コンクリートの欠損等	無	局所的	全体的			
	管理橋	橋桁や床版の損傷	無	局所的	全体的		
操作室 (柱柱と一緒に設置された小規模なもの)	沓座・埋柱張出し部の損傷	無	局所的	全体的			
	雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	無	局所的	全体的			

注1)「部分的」とは概ね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。

注2)「変形・歪み」「構造物周辺の変状」などにおける「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。

注3)「ランクダウン」については、「変状項目あたり回のみ有効であり、複数の「ランクダウン」があつてもランクダウンは1階級のみとする。」

注4)変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。

注5)S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術的観点から個別に判定する。

注6)圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。

注7)ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、①+②又は①+③を満たす場合に該当する。

注8)ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

注9)主要因別評価から施設状態評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とすることを基本とする。

6. 頭首工の主要な機能保全対策

6. 1 コンクリート施設に適用される主な工法

機能診断調査・評価の結果を勘案し、施設の状態に応じた機能保全の対策を検討する必要がある。対策の必要性が判断された施設については、施設の性能低下要因、低下の状態を十分に把握し、水密性、耐荷力等の構造機能や通水性等の水理機能の要求性能に適合した工法・材料を選定する。頭首工のコンクリート施設の主な対策工法を表6-1に示す。

表6-1 頭首工のコンクリート施設の主な対策工法

工法名		主な対象部位	要求性能
補修工法	表面処理工法	堰柱上部、管理橋等	粗度係数の改善 漏水の遮断 劣化要因の遮断
	含浸材塗布工法		
	ひび割れ補修工法	コンクリート構造部	漏水の遮断 劣化要因の遮断
	充填工法		
	注入工法		
	断面修復工法	コンクリート構造部	粗度係数の改善 漏水の遮断 劣化要因の除去 耐荷力、変形性能の改善
	左官工法		
	吹付工法		
	モルタル注入工法		
	劣化部補修工法		
	電気防食工法	鉄筋コンクリート構造部	
	脱塩工法		劣化要因の除去
	再アルカリ化工法		
	目地補修工法	コンクリート構造部	漏水の遮断
補強工法	接着工法 (巻立て工法)	鉄筋コンクリート構造部	耐荷力、変形性能の改善 劣化要因の遮断 漏水の遮断 粗度係数の改善
	鋼板接着工法		
	パネル接着工法		
	連続繊維シート接着工法		
	コンクリート増厚工法 (巻立て工法)	鉄筋コンクリート構造部	
	R C巻立て工法		
	P C巻立て工法		
	プレキャストパネル巻立て工法		
	吹付け工法		
	上面増厚工法		
	打換え工法	コンクリート構造部	耐荷力、変形性能の改善
	部分打換え工法		
	全面打換え工法		

流水・土砂などによる摩耗が想定される環境、あるいは水中などの厳しい環境下にある部位への工法の適用にあたっては、耐水性、耐摩耗性および施工条件などに十分留意する必要がある。

(1) 補修工法

1) 表面処理工法

表面処理工法は、頭首工では堰柱上部や管理橋等の流水の影響を受けない部位に適用される。洪水吐等のように転石、砂礫が混合した流水が流下する部位には、対摩耗性から適用は難しい。

ポリマーセメント系の材料には、コンクリートよりも透水性の高いものもあることから、凍害の対策工として表面被覆工法は適さない場合がある。

①表面被覆工法

コンクリート構造物の表面あるいは断面補修を適用した箇所からの劣化因子の侵入を抑制・遮断し、耐久性の向上、劣化進行の抑制、美観の回復を図るために、有機系や無機系被覆材により表面を被覆する工法である。

②含浸材塗布工法

コンクリート表面に含浸材を塗布して、劣化因子の侵入防止又は新たな性能を付与する工法である。吸水防止層を形成し、水分や劣化因子の侵入を抑制するシラン系の材料とコンクリートへのアルカリ付与、表面の脆弱部の強化あるいは緻密化を主目的としたケイ酸塩系に大別される。また、ケイ酸塩系には、リチウム系とナトリウム系がある。ケイ酸リチウム系は、細孔表面に固形の連続被膜を形成し、脆弱なコンクリート表層部を固化し、中性化したコンクリート表層部にアルカリ性を付与して鉄筋の腐食環境を改善する。一方、ケイ酸ナトリウム系は細孔内部に不溶性の結晶体を生成したり、外部からの水や炭酸ガスの侵入を抑制したりする機能を発揮する（図 6-1）。



図 6-1 含浸材塗布工法の例

2) ひび割れ補修工法

ひび割れ補修工法は、ひび割れからの劣化因子の侵入防止、一体性の回復を図る補修工法である。主として①ひび割れ被覆工法、②注入工法、③充填工法がある。これらの工法は、ひび割れの発生原因、ひび割れの進行性の有無、発生状況、ひび割れ幅の大小、ひび割れの変動の大小、鉄筋腐食の有無などによって、単独あるいは組み合わせて使い分ける。頭首工では、流水の影響を受けない部位で適用される。流水の影響を受ける部位においては、摩耗劣化を起こしていない比較的初期の段階で検討することが望ましい。

以下にひび割れ被覆工法、注入工法、充填工法の概要を示す（表 6-2、図 6-2）。

表 6-2 ひび割れ補修工法の適用条件

補強目的	ひび割れ現象	ひび割れ幅 (mm)	表面処理工法	注入工法	充填工法	浸透性 防水材塗布
防水性	ひび割れ幅の 変動 小	0.2 以下	○	△	—	○
		0.2~1	△	○	○	—
	ひび割れ幅の 変動 大	0.2 以下	△	△	—	○
		0.2~1	△	○	○	—
耐久性	ひび割れ幅の 変動 小	0.2 以下	○	△	△	—
		0.2~1	△	○	○	—
		1 以上	—	△	○	—
	ひび割れ幅の 変動 大	0.2 以下	△	△	△	—
		0.2~1	△	○	○	—
		1 以上	—	△	○	—
	鉄筋腐食	—	—	—	○	—

参考) 「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」 (社)日本コンクリート工学会 (2003 年)

○: 適当な工法

△: 条件によって採用可

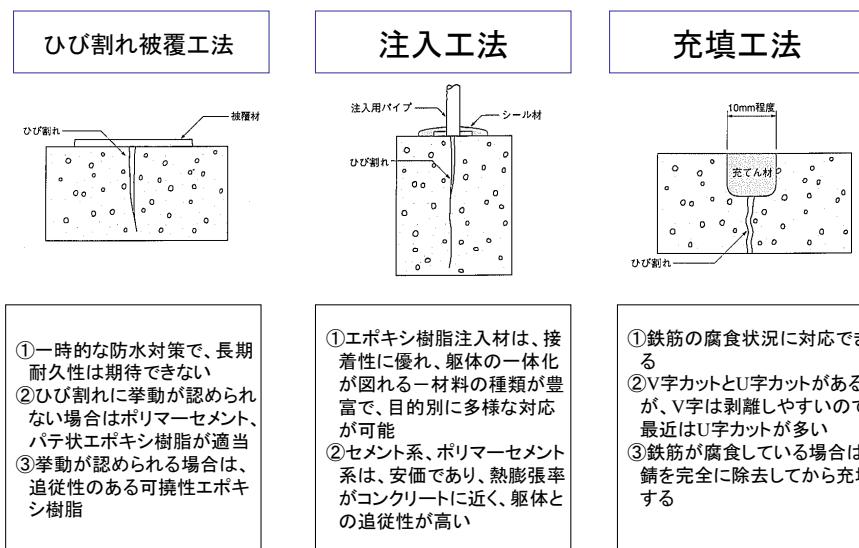


図 6-2 ひび割れ補修工法の例

①ひび割れ被覆工法

ひび割れ被覆工法は、微細なひび割れ（一般に幅 0.2mm 以下）上に、表面被覆層を形成させて防水性及び耐久性を向上させる工法で、ひび割れ部分のみを被覆する工法と全面を塗布する方法がある。この工法は、変動の小さいひび割れで表面の防水性を目的とした場合では、施工も簡便で経済性に優れるという長所を持つ。しかし、ひび割れ内部の処理ができない場合や、ひび割れに進行性や大きな変動がある場合には、その変動に追従できずに変状が発生する可能性が高い。使用材料は、補修目的や構造物の置かれた環境により異なり、一般には塗膜弹性防水材、ポリマーセメントペースト、セメントフィラーなどが用いられる。

適用にあたっては、表のとおりひび割れ幅、ひび割れの進行性に応じて工法、材料を選定する。施工性の確保において、外気温により材料の硬化性がことなるので施工条件に合致した材料を選定する必要がある。

②注入工法

注入工法は、ひび割れに樹脂系あるいはセメント系の材料を注入してひび割れ内部を閉塞し、防水性および耐久性を向上させる工法で、施工方式により低圧低速注入方式や機械注入方式などに区分される。現在は、注入器具などを用いて注入圧力 0.4MPa 以下の低圧かつ低速で注入する工法が主流となっている。この方式は、(1)注入精度が作業員の熟練度に左右されない、(2)注入量の管理が容易である、(3)ひび割れ深部のひび割れ幅が 0.05mm と狭い場合でも確実に注入できる、などの特有を有している。

注入工法で使用される材料は、エポキシ樹脂やアクリル樹脂などの樹脂系、ポリマーセメント系、セメント系などがある。樹脂系注入材は、

- (1)コンクリートとの接着性に優れていて、躯体の一体化回復を図ることも可能であること、
- (2)目的に応じた粘性や伸び率を有する注入材を選定できること、
- (3)エポキシ樹脂注入材の耐久性については、実構造物の補修後追跡調査の結果から約 40 年が確認されていること、

などの特長がある。

また、ポリマーセメント系及びセメント系の注入材は、

- (1)樹脂系に比べ安価であること、
- (2)線膨張係数がコンクリートに近いこと、
- (3)鉄筋防錆効果を付与させることも可能であること、

などの特徴がある。

③充填工法

充填工法は 0.5mm 以上の幅の広いひび割れ、かつ鉄筋腐食を生じていない場合の補修に適用する工法で、ひび割れに沿ってコンクリートを U 字形又は V 字形にカットし、その部分に補修材料を充填する方法である。使用材料は、シーリング材の他、可とう性エポキシ樹脂、ポリマーセメントモルタルなどがある。なお、鉄筋が腐食している場合は、錆を完全に除去してから充填する。

3) 断面修復工法

断面修復工法は、コンクリートの劣化、鋼材の腐食、損傷、その他の原因によって欠損したコンクリート断面、又は許容限度以上の劣化因子を含むコンクリート部分を除去した後の断面を、その当初の断面寸法に復旧する工法である。近年、農業用用水路における通水性能の回復・向上対策としても採用されている。施工方法として、①左官工法、②吹付け工法、③モルタル注入工法がある。一般に使用される断面修復材は、ポリマーセメントモルタル系と樹脂モルタル系に大別できる。補修断面の大きさ、打継ぎ方向、早強性の要否、施工方法などの条件により材料を使い分ける。また、断面修復工法では、通常、旧躯体との接着性を強固にするためプライマーが使用される。

断面補修材には圧縮、曲げ及び引張強度などが躯体コンクリートと同等であること、線膨張係数、弾性係数、ポアソン比などが躯体コンクリートと同等であること、乾燥収縮や硬化収縮が小さく、躯体コンクリートとの接着性が高いこと、などの性能が要求される。

このほか、④劣化部補修工法がある。

①左官工法

比較的小規模な断面の修復に適用し、ポリマーセメントモルタルや軽量エポキシ樹脂モルタルなど左官職人が左官コテを使って断面欠損部を充填する工法である。仕上がりは職人の技量によるところが大きい。

流水の影響を受けない堰柱上部等に適用される。

②吹付け工法

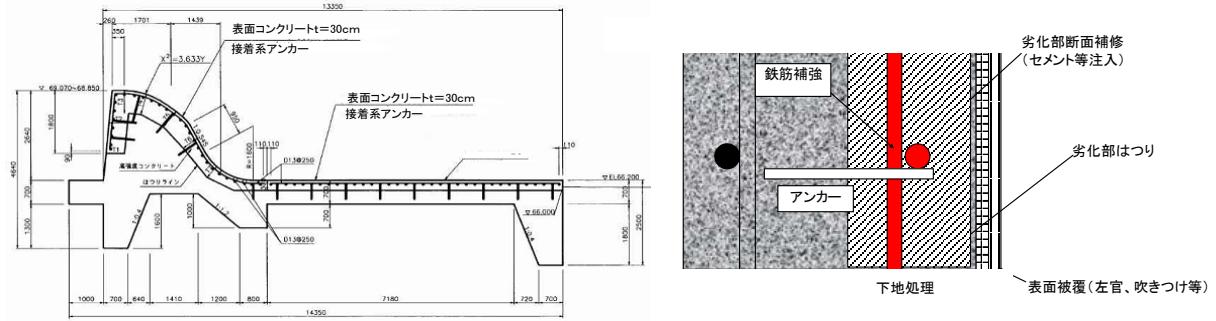
補修面積が比較的大面積の場合に適用し、事前に混練した断面修復材を専用の吹付け機を使用して断面を回復させる工法である。一般に吹付けした後に左官コテで平滑面を仕上げていくことになる。吹付け機には、あらかじめ練り混ぜた断面修復材を吹き付ける湿式工法と、粉体と水又は硬化開始材、促進材などの混合材を別々に圧送して吹き付ける乾式工法がある。

③モルタル注入工法

施工対象が大規模な断面の修復に適用し、保守断面に合わせた経常に型枠を組み、流動性に優れたポリマーセメントやセメントモルタルをポンプで圧送して充填する方法である。鉛直面（側面）や下面などの施工箇所に適用される。

④劣化部補修工法

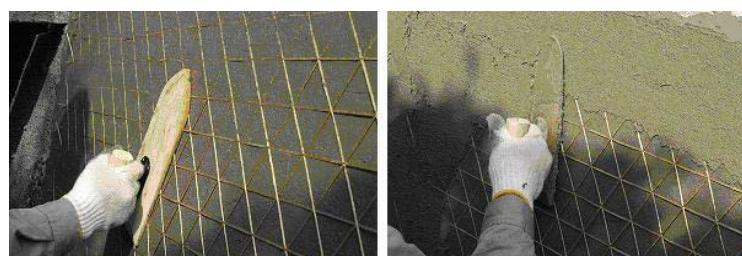
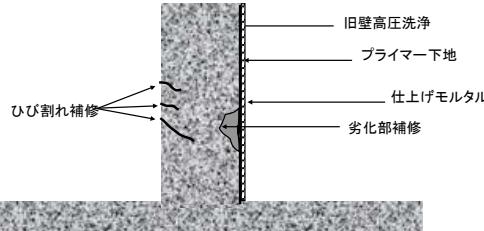
洪水吐、固定堰等、流水の厳しい環境下にある部位で一般的な工法である。施工法により最小厚が異なること、補修面積、施工の方向を考慮して工法を選定する。内部に空隙を残さないことに留意する。また、損傷部分を除去する際、健全な部分に損傷を与えないよう工法を選定することが必要である。



劣化表層コンクリートのはつり



補強鉄筋組み立て



左官工法・モルタル吹付工法等による表面の補修

(2) 補強工法

1) 巻立て工法

門柱などの部材に対し、鉄筋腐食に伴う部材の静的耐荷力、たわみ量および疲労寿命といった部材の力学的性能の低下に対する性能回復や活荷重の増加に伴う改修、および耐震性の向上を目的として行なわれる。地震などにより破損し、耐力が低下した部材に、多種の補強材料を巻き立てることにより必要な耐力を復旧させる場合などにも用いられる。巻き立てる材料には、鋼板・鉄筋コンクリート・炭素繊維シートやアラミド繊維等がある。なお、施工に当たっては、補強対象物の劣化状態、コンクリートの充填性や、既存部材と材料が剥離しない接着剤の選定・気候などの施工条件に留意する必要がある。堰柱の場合には、ゲートがあり、補強材料を巻き立てることが出来ないので、部材のコアとなるコンクリートの保護が必要である。したがって、既設部材を補強材料により半巻立てを行ったうえで、断面方向の定着をコアコンクリート内に確実に実施する必要がある。

①鋼板巻立て工法

コンクリート部材の引張縁の外側に鋼板を接着あるいは巻き立てることにより、両者間にせん断力の伝達を行なわせ、既設のコンクリートと鋼板の一体化を図り、引っ張り鉄筋あるいはプレストレス量の不足を補うことを期待する工法である。

②鉄筋コンクリート巻立て工法

既設部材の周囲に補強鉄筋（高強度柱筋、スパイラル帶筋、中間鉄筋等）を配置し、コンクリートを打ち足し、断面を増加させて補強を図る。外力に対して、既設コンクリートと新設コンクリートは一体となって挙動することが基本的な条件である。

③繊維材巻立て工法

接着剤（エポキシ樹脂等の常温硬化樹脂）を含浸させながらコンクリートに接着あるいは巻き立てる。連続繊維の種類は、炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維等がある。特徴としては、軽量で手作業だけで施工が可能であること、構造物の複雑な形状にも柔軟に対応でき加工性に優れているなどがあげられる。

2) 打ち換え工法

鉄筋腐食などに起因したひび割れを伴う劣化が著しく進行し、耐力の低下している部材に適用され、既存の部材を撤去した後、必要な耐力を有する新たな部材を構築する工法である。

6. 2 エプロン・護床工などに適応される主な工法

(1) エプロンの空洞化対策

エプロンの空洞化対策は、主に以下の3タイプの対策が一般的である。

工 法	目 的	特 徴
グラウト注入工法	河床とエプロンの空洞部をモルタルやウレタン材等を注入して埋めるもので、空隙によるエプロンの変形を防止する工法。	注入前と注入後で浸透路長に大きな違いがない場合は、再度パイピングが生じ、空洞化が再発する場合がある。
本体及びエプロン下部の遮水工増設工法	遮水工(止水矢板等)の増設により、浸透路長を確保し、パイピングを抑制する。	パイピング抑制として最も確実な工法であるが、河床地盤の状況などによっては工事費が高くなる。
エプロン直下流護床ブロックの石礫間詰め工法	エプロン直下流の河床材の抜け出し、護床工の沈下を防ぎ、エプロン直下流の水位低下、剥離流による圧力低下を抑制し、パイピングの発生を防止する。	護床ブロックに空隙があり、エプロン直下流のブロックから沈下が先行している場合、エプロン部に空洞化が生じていても、間詰め石礫粒径をブロック空隙より大きくすれば、パイピングが抑制できる。

(2) 護床工の補修・補強

護床工の沈下・流失対策としては以下のようなものが一般的である。

工 法	目 的	特 徴
バッフルピアや副堰堤などの補助構造物による減勢工法	跳水を強制的に発生させ、護床工区間での高速流を抑制する。	補助構造物の設置形状によっては、護床工上流側(エプロンや堰本体)に高速流が発生し、キャビテーションが発生する危険性があるので注意を要する。
護床ブロックの連結工法	ブロックの連結による張力により、全体で流水に対する摩擦抵抗を確保する。	ブロックの流失防止対策としては最も効果的な対策である。
河床材移動抑制工法	吸出し防止材の敷設により河床材の吸出しを防止する工法が一般的である。	吸出し防止材は直接河床材の吸出しを抑制するので、護床ブロックの沈下、流失に効果的である。 石礫間詰め工法も効果的であるが、礫径の選定など、技術的な検討が必要である。

(3) 取付護岸工の補修・補強

全面改築（更新）を必要としない段階の取付護岸の変状については、以下の点に留意して補修・補強対策工法を選定する。

変状の状態	対策
護岸の構造に大きな変化は無く、局部的な脱石・脱ブロックや背面の空洞化が進んでいる。	<ul style="list-style-type: none"> 土砂などの充填を行い、変状部のブロックの張替えを行う。
はらみ出し、陥没が生じている。	<ul style="list-style-type: none"> 護岸工の構造を検討の上、対策を決定する 護岸目地から間隙充填材（クラッシャーラン等）が流失し、ブロックの合端に空隙が生じている場合は、間隙充填材料の充填、グラウト注入、目地モルタル充填などにより、護岸ブロックの一体化を図る。
局部的に目地に間隙が生じて合端が接していない。	<ul style="list-style-type: none"> ブロックのゆるみ、脱落などの原因になるので、速やかにモルタルなどで充填する。 変状が激しい場合は、鉄筋やエポキシ樹脂等で補強する。
天端付近が洗掘している。	<ul style="list-style-type: none"> 埋め戻しを行い十分に締め固める。 必要に応じて天端保護工を施す。
基礎が洗掘している。	<ul style="list-style-type: none"> 根固め工または根継工を施し、上部護岸の安定化を図る。
連結ブロックの脱落や鉄筋の破断が生じている。	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋の連結やブロックの補充を行う。

引用文献・参考文献

- ・ 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き（2007）
- ・ 食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」（2009）
- ・ 食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）」（2010）
- ・ 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「頭首工」基準書・技術書、平成20年3月（2008）
- ・ 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良施設耐震設計の手引き、平成16年3月（2004）
- ・ 農林水産省東海農政局土地改良技術事務所：東海農政局管内における農業水利施設改築技術（2008）
- ・ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、中達雄・高橋順二編著：農業水利施設のマネジメント工学（2010）
- ・ 社団法人農業土木事業協会：農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き〔平成18年6月全面改訂版〕（2006）
- ・ 社団法人日本河川協会：国土交通省河川砂防基準（案）同解説
- ・ 社団法人土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕（2007）
- ・ 社団法人日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術（2009）
- ・ 社団法人日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針（2009）
- ・ 中達雄：ストックマネジメントに対する水利システムの機能と性能、農業農村工学会誌76(3)、pp15-18（2008）
- ・ 上野和弘、長束勇、石井将幸、野中資博：流水に起因した力学的摩耗作用に関する基礎的研究、平成19年度農業農村工学会大会講演会講演要旨（2007）