

機能低下シナリオ（FT図）を活用した 河川管理施設の維持管理について

青木 勇樹¹・穴山 悟司²

¹近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 新宮川出張所 (〒647-0051和歌山県新宮市磐盾1-8)

²近畿地方整備局 紀の川ダム統合管理事務所 管理課 (〒637-0002奈良県五條市三在町1681)

河川管理施設の維持管理は、年数回実施される目視点検により確認された変状を各評価要領に基づき評価し、施設の状態に応じた必要な対策が施されている。点検・評価は点検者の経験や能力によるところが多々あり、効率的・客観的な点検・評価を行いつらい現状がある。そこで、木津川上流河川事務所では効率的・客観的な点検・評価を行えるように、河川管理施設の変状と要因を含めた変状発生過程や、機能低下の状態への進行予測を機能低下シナリオとして整理し、これを活用した河川管理施設の維持管理について紹介するものである。

キーワード 河川管理, 堤防点検, 構造物点検,

1. はじめに

集中豪雨や台風の襲来に伴う浸水被害から、堤防決壊や河川氾濫等による被害を防止または軽減するために、適切な河川の維持管理を行う必要がある。

近年の集中豪雨の頻発や巨大な台風の襲来、浸水被害の拡大などを背景により効率的な施設の維持・修繕を進めることが求められている。木津川上流河川事務所においても河川管理施設を良好な状態に保つように維持・管理していく必要があり、そのために「堤防等河川管理施設の点検結果評価要領」（2019年4月）などを用いて、堤防等河川管理施設の点検・評価を行っている。

本論文では、効率的な点検・評価を進めるために、点検項目と堤防機能への影響について整理した機能低下シナリオを活用した河川管理施設の管理について紹介する。

2. 堤防等河川管理施設の点検評価の概要

主な河川管理施設である堤防は基本的には土で作られ、過去幾度にも渡って築造・補修されるという歴史的な経緯があるため、堤防を構成する材料の品質が不均一という特徴がある。このため、河川堤防の管理は、河川巡視、点検による状態把握、維持補修等を繰り返してきた経験の中で実施内容や管理すべき水準が培われてきた。

このような特徴を有する河川堤防を適切に管理するために、「堤防等河川管理施設の点検結果評価要領」（2019年4月）が整理された。同要領では、河川の特性

や河川ごとに変状の要因やメカニズムが異なることを踏まえ、既往文献やこれまでの堤防管理の実態を踏まえた標準的な考え方が示されている。以下に同要領に示された基本的な堤防を対象とした点検・評価の概要について説明する。

(1) 点検・評価の基本的なフロー

河川管理施設の点検・評価は図-1のフローに示す通り河川維持管理計画に基づき実施される。

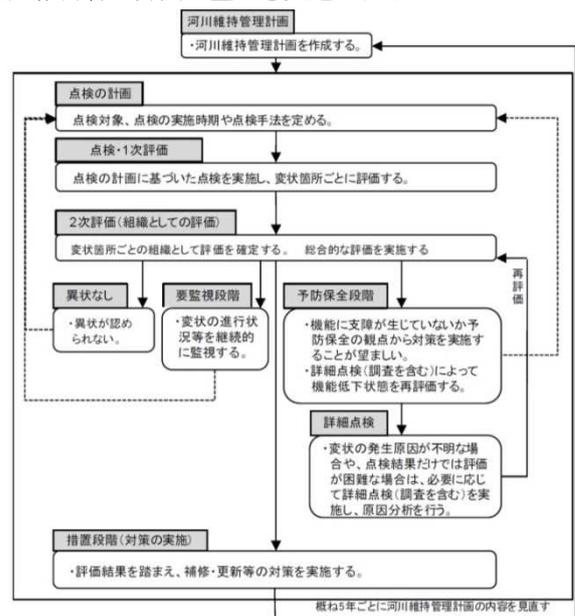


図-1 堤防等河川管理施設の点検・評価フロー¹⁾

堤防点検は通常、出水期前、台風期前の2回実施し、設定した出水規模を上回る出水があった場合は、出水後の点検を実施する。点検により把握された変状について、変状箇所ごと、施設箇所ごとに機能低下の状態を評価する。機能低下の状態評価は「異常なし」、「要監視段階」、「予防保全段階」、「措置段階」の4段階に区分する。

各機能低下の状態及び評価は表-1に示す通りである。

表-1 変状箇所ごとの点検結果評価区分¹⁾

区分	状態	変状確認	機能支障
a	異常なし	目視できる変状がない、または目視できる軽微な変状が確認されるが、堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていない健全な状態	なし
b	要監視段階	堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていないが、進行する可能性のある変状が確認され、経過を監視する必要がある状態(軽微な補修を必要とする場合を含む)	あり
c	予防保全段階	堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていないが、進行性があり予防保全の観点から、対策を実施することが望ましい状態 ・ 詳細点検(調査を含む)によって、堤防等河川管理施設の機能低下状態を再評価する必要がある状態	あり
d	措置段階	堤防等河川管理施設の機能に支障が生じており、補修又は更新等の対策が必要な状態 ・ 詳細点検(調査を含む)によって機能に支障が生じていると判断され、対策が必要な状態	あり

ここで、「要監視段階」とは、現状では施設の機能に支障を生じていないが、進行する可能性のある変状で、経過を継続的に監視する必要がある状態であり、状況により軽微な補修を必要とする場合も含む。

「予防保全段階」とは、現状では施設の機能に支障を生じていないが、進行性があり、予防保全の観点から対策を実施することが望ましい状態である。なお、変状の発生原因が不明な場合や、目視点検の結果だけでは評価が困難なため、詳細点検が必要な状態もこの段階に区分され、詳細点検の結果を踏まえ状態を再評価する。

「措置段階」とは、施設の機能に支障が生じていると判断され、速やかな補修等が必要な状態である。

これらの評価は点検ごとに実施され、木津川上流河川事務所で行われる横断的連絡調整会議を実施して総合的な評価を行い、評価結果に応じて速やかに、あるいは計画的に対策が実施されることになる。

(2) 土堤の機能低下の状態と変状の関係

堤防は、流水が河川外に流出することを防止するために設けられた施設であり、盛り土により構造された土構造物である。

土堤原則であるため、材料取得の容易さや構造物としての劣化が生じない等の利点がある一方で、構成材料の品質が不均質であり、降雨、流水、地震等の外力により変状が生じる場合がある。

堤防に求められる機能は、表-2に示す通り越水防止機能、耐浸透機能、耐侵食機能であり、各機能は沈下、すべり破壊、パイピングの発生、侵食により機能低下の状態となる。

また、堤防の構造は複数の部位から構成され、各部位ごとに出現する変状は異なるため、点検・評価にあたっては、天端、表法面、裏法面、小段、裏法尻、堤脚水路等の各部位ごとに実施する必要がある。

表-2 土堤の機能低下の状態²⁾

機能	機能低下の状態
越水防止機能	【沈下】堤体あるいは基礎地盤の沈下により所要の高さが確保できない状態で、越水防止機能が損なわれるもの。
耐浸透機能	【すべり破壊】洪水時に河川水あるいは降雨が堤体に浸透することによって間隙水圧が上昇し、堤体の強度が低下して堤体すべりが生じる状態で、耐浸透機能が損なわれるもの。 【パイピングの発生】洪水時の河川水が基礎地盤に浸透することによって間隙水圧が上昇し、土粒子が移動しパイピングが生じる状態で、耐浸透機能が損なわれるもの。
耐侵食機能	【侵食】雨水あるいは洪水時の流水の掃流力により堤体表面あるいは裏法尻部等に侵食が生じ、耐侵食機能が損なわれるもの。

このような堤防の機能、構造、機能低下の状態を踏まえ、堤防の施設ごとに求められる機能と機能低下の状態、機能低下を生じる可能性のある変状が整理されている。

堤防の土堤部分についてみるならば、機能及び機能低下の状態は表-3に示す通りであり、この機能低下に関連する変状として、12の変状があげられている。

表-3 土堤に見られる変状¹⁾

[1] 亀裂	[7] 寺勾配
[2] 陥没や不陸	[8] モグラ等の小動物の穴
[3] 法崩れ	[9] 排水不良
[4] 沈下	[10] 樹木の侵入
[5] 堤脚保護工の変形	[11] 侵食(ガリ)・植生異常
[6] はらみ出し	[12] 漏水・噴砂

土堤の点検では、堤防機能、機能低下の状態、核へ譲渡その出現箇所に着目し、変状の有無、程度、進行状況を確認することになる。

ここで、[1]亀裂に関する事例を示す。同じ変状でも、支障が生じる機能(越水防止機能・耐浸透機能)、機能低下の状態(沈下・すべり破壊・パイピング破壊)は複数関係することがあり、点検で確認された変状がその現場ではどのような機能低下を生じるかについての判断は、点検者の経験を頼りに実施されている。

また、点検の結果については、調査要領に示された判定目安に基づき a～d 区分に評価する。コンクリート構造物等の場合、判定目安として定量的な判断基準を示すことができるが、土構造物である堤防の場合、定量的な判断基準を示すだけの技術的なデータが揃っていないことから、評価も点検者の経験を頼りに実施している状態である。

以下に[1]亀裂の場合についての例を示すが、これらの目安は堤防の規模や過去の災害履歴を勘案し、河川ごとに設定することとなっており、木津川上流河川事務所では、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領」の目安を適用している。また、亀裂だけでなく堤防の形状変形に関わる[2]陥没や不陸、[3]法崩れ、[4]沈下、[5]堤脚保護工の変形、[6]はらみ出し、[7]寺勾配も

同様に変状の有無が評価の目安となっており、変状と堤防機能との支障の関係については、点検者の判断に依存する。一方、形状変形ではなく事象出現に伴う変状である[8] モグラ等の小動物の穴、[9] 排水不良、[10] 樹木の侵入、[11] 侵食(ガリ)・植生異常、[12] 漏水・噴砂については事象出現箇所の多寡(モグラ等の小動物の穴、樹木の侵入、侵食(ガリ)等)や状態の継続性(排水不良等)等を目安としているが、これらについても定量的な目安は整理されておらず、亀裂等と同様点検者の判断に依存する。

表-4 土堤に生じた亀裂の点検結果評価区分の判定目安

評価区分	評価の目安
a 異常なし	変状なし
b 要監視段階	亀裂が発生しているが、堤防の機能に支障は生じていない。軽微な補修を含む。
c 予防保全段階	盛土は洪水等により、急激に変状が進行することもある。劣化の予測が困難であることから、「c」評価を設定しないことを基本とする。ただし、これまでも一定規模以上の変状については補修を実施している実態を踏まえ、変状の発生原因が不明な場合や、目視点検の結果だけでは評価が困難な場合は、必要に応じて、詳細点検(調査を含む)を実施するものとする。
d 措置段階	亀裂により堤防の機能に支障が生じている。亀裂がH.W.L以下まで及んでいるなど。

(3) 現状の点検・評価業務の課題

上述のように堤防の維持管理は、河川巡視と年に数回実施される点検により状態把握・維持補修を実施されており、その評価や管理水準は長年にわたって積み重ねた経験に基づき行われている。このため、技術的、工学的な知見を積み重ねていくことが重要となっている。

一方、このような経験工学的な側面が強い堤防維持管理において、それを行う河川管理者である国や地方公共団体は、高齢化や若手職員の減少等に伴い、経験ある技術者の不足も大きな課題となっており、堤防機能の支障となる変状の見落としがないか、機能低下の予測は適切か等の課題を抱えている。

3. 機能低下シナリオを活用した堤防管理の概要

(1) 機能低下シナリオの概要

変状の発生は、複数の要因が関連しあって発生している可能性がある。また、変状の進行予測においても、現場状況から複数のシナリオが想定される。これまで、変状の発生メカニズムの推定や進行予測は、現地状況を踏まえた維持管理技術者の経験への依存割合が高い状況であり、客観性の確保が課題となっている。

特に河川堤防は構成材料や外力など維持管理上の不確定要素が多いため、その状態は変化することを前提として、堤防の機能低下シナリオを分析し、現状の評価、進行予測を客観的に行う必要がある。

そこで、過去の経験に基づき要因と施設の機能低下の進行過程を体系化した「機能低下シナリオ(FT図)」を

作成・活用し、変状評価に客観性を確保することとした。

機能低下シナリオの構成は機能低下要因や場の条件、変状の進行、構造物の破壊、被害事象を流れ図で上から下にたどれるようにする。これにより、確認された変状が進行することにより、どのような被害(機能低下)に繋がるか、確認された変状はどのような要因等により発現したかを推定することが出来る。

このような機能低下シナリオ活用のメリットは状態の客観的な把握・共有や新しい評価の継承をすることが出来る点がある。

(2) 機能低下シナリオの活用例

木津川上流河川事務所の変状事例として、名張川16.4k付近において発生した図-2、3の天端洗堀がある。



図-2 護岸天端の洗堀



図-3 洗堀による民地側への侵食

図-4はこの洗堀の変状について、その発生要因と変状を結ぶことにより変状発生過程を示し、変状と被害事象を結ぶことにより変状進行予測を示している。

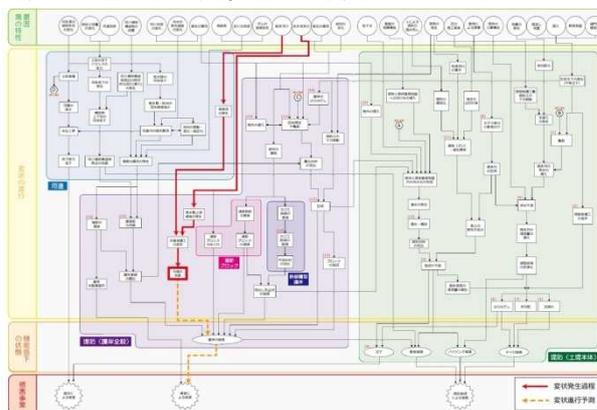


図-4 木津川上流管内河川管理施設の機能低下シナリオ(FT図)の確認例

この機能低下シナリオを見ると、変状の発生要因は、急流河川、洪水流体力だと考えられる。1つ目の理由としては、洗掘箇所は低水護岸法線的に水衝部であり、流水の作用を直接的に受けやすい場所である。また、河床勾配が急なため、出水時は高速流が発生しやすい。2つ目の理由としては、護岸はHWLまで設置されておらず、連節ブロックの天端は地山に擦り付けた状態であり、地山には玉石を置き並べているが、護岸天端高を超える高水位発生時には掃流力で玉石は容易に流され洗掘が生じやすいと考えられる。この変状をそのまま放置した場合、護岸の破損という機能低下の状態になり、侵食による被害という被害事象が発生するシナリオが予測される。実際、現場は護岸天端の被覆がないため、高水位発生時は容易に洗掘が拡大しやすく、洗掘が進行した場合、護岸背面が空洞化し護岸の安定性の低下によって崩壊することが考えられる。

このように機能低下シナリオを活用することにより、確認された変状についての発生原因や関連する変状の見落とし防止、認識の共有等を円滑かつ客観的に行うことができる。

この変状に対しては、洗掘が進行しないよう2019年度に対策を行う予定である。

なお、木津川上流河川事務所で該当する変状がなく、活用例の紹介はできないが、図-4に付属するものとして、河川管理施設のうち樋門・樋管を対象としたFT図も作成したため、図-5に紹介する。樋門・樋管における変状が堤体へ影響する、またはその逆に堤体における変状が樋門・樋管へ影響する可能性があることから、両方の関係性を考慮できるように作成しており、今後も更新していく予定である。

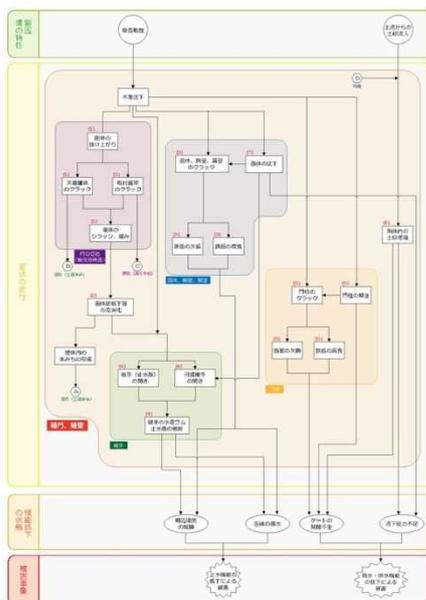


図-5 木津川上流管内河川管理施設の機能低下シナリオ (FT 図) 樋門・樋管

4. おわりに

機能低下シナリオ (FT 図) を活用することによって、河川管理の経験が浅い、もしくは全くないものであっても、発見された変状に対して、進行すればどのような被害が発生するのかという予測や、そもそも何が要因となってその変状が発生したのかという発生前のことを把握・共有することができ、また、河川管理の経験者であっても、その河川の特徴を反映したシナリオであれば、他の河川ではなかった要因等の知識共有に有効なツールということだと考えている。

今回紹介した機能低下シナリオは木津川上流河川事務所の河川特性等を基に作成したものであり、他の河川では河川特性の違いなどにより実態に合わない可能性がある。しかし、その合わない部分をその河川の特徴を反映したものに追加・修正することによって、その河川で利用できる機能低下シナリオを作ることができる。

経験ある職員の減少がある中で、技術の継承や効率的・効果的な堤防点検を行うために同様の機能低下シナリオ (FT 図) が整備されることが望ましいと考えられる。

謝辞: 本論文の執筆にあたり、多大なるご協力を頂きました株式会社パスコのご担当者様、また、関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 堤防等河川管理施設の点検結果評価要領, 平成 31 年 4 月, 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課
- 2) 堤防等河川管理施設の点検結果評価要領 参考資料, 平成 31 年 4 月, 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課

※本論文の内容は、従前の所属である木津川上流河川事務所管理課における業務に基づくものである。