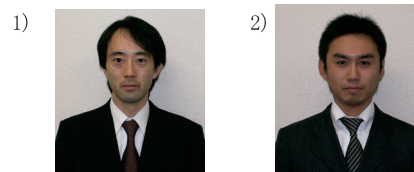


Way of estimation and design of existing sluiceway in the reconstruction of embankment

水工事業本部 水工第2部 斎藤 秀樹 1)
河合 敦 2)



1. はじめに

既設樋門は、丘陵堤化や計画高水流量の増大等に対する堤防強化に伴い堤防断面形状の変更が行われる場合、樋門長不足による改築が必要となる。

改築方法は全面改築と継足し等による部分改築の2つの方法があるが、一般的には設置年数が少ないほど部分改築が有利となる。

樋門の継足しの可能性を判断するためには、既設樋門や周辺堤防の現状を把握し、現状の健全度と将来発生しうる潜在的な変状の有無（変状ポテンシャル：表-1）を適切に評価するとともに、堤防断面変更に伴う既設樋門の耐荷力を照査する必要がある。しかし、これまで継足し樋門の実績は少なく、定量的評価手法や耐荷力照査の手法は確立されていないのが現状である。

本稿は、改築が必要と判断された樋門について、既設樋門の適用性（変状ポテンシャル、目視健全度、耐荷力等）に関する評価手法と評価結果に基づく樋門の改築方法の選定手順及び設計方法について報告するものである。

2. 既設樋門の適用性の評価手法

既設樋門の継足しを行うには、継足し樋門として期待される基本的性能が確保されていることが前提であり、継足し樋門として表-2の基本的な性能を有しているか否かを既往資料を基に判定する。

また、既設樋門および周辺堤防について、将来発生しうる変状（変状ポテンシャル）の程度を定量的に評価する必要がある。

変状ポテンシャルの評価は表-3の各項目についてランク付けを行い、これらの集計結果から評価指標Dが2個以上ある場合、或いは評価指標DとCの合計が4個以上ある場合は既設樋門を継足し樋門として利用することは不適当と判断する。

また、既設樋門の構造安定性、耐力・耐久性、周辺堤防の空洞化の発生について、現地調査により目視確認を行い、表-4の各項目についてランク付けによる評価を行う。

適用性の検討は、函体の横断方向および基礎杭または縦断方向に対して行い、堤防拡幅に伴う増加荷重に対する耐荷力の有無を判定する。

表-1 変状ポテンシャルと目視健全度の評価指標

既設樋門及び周辺堤防の変状ポテンシャルのランク	
A	変状（空洞等）や漏水の可能性はほとんどない
B	変状（空洞等）や漏水の可能性は比較的小さい
C	変状（空洞等）や漏水の可能性はある
D	変状（空洞等）や漏水の可能性が大きい
既設樋門及び周辺堤防の目視健全度のランク	
a	健全である
b	ほぼ健全であり、補修等によって回復が見込める
c	今後危険な状態に進行する可能性がある
d	非常に危険な状態であり、抜本的な対策が必要である

表-2 既設樋門の性能判定項目

既設樋門の性能判定項目
改修計画との整合性が取れているか
通水能力が確保されているか
「河川管理施設等構造令」との適合性が取れているか

表-3 変状ポテンシャルの評価項目

変状ポテンシャルの評価項目	
既設樋門の変状ポテンシャルの評価	設置年
	基礎形式
	地盤条件
	被災履歴
周辺堤防の変状ポテンシャル	周辺地盤の残留沈下量
	基礎地盤の特性

表-4 目視健全度の評価項目

目視健全度の評価項目	
既設樋門の目視健全度の評価	本体の不同沈下量
	函体のクラック・損傷の有無
	コンクリートの劣化の度合い
	継手部の開口および翼壁接続部の開口の度合い
既設樋門の周辺堤防の目視健全度	空洞
	堤体抜け上がり、護岸抜け上がり
	胸壁背面の沈下、翼壁背面の沈下

3. 改築方法の選定手順

既設樋門を継足し樋門として利用することが、全面改築等の代替案と比べ有利であるか否かは、補強や補修等の応力超過対策工、沈下対策工等の必要性について検討した上で、安全性、機能性、使用性、施工性、仮設、周辺との調和、残存価値（耐用期間等）や維持管理を考慮したライフサイクルコスト（L.L.C）による経済性を総合的に考慮して判断する（図-1）。

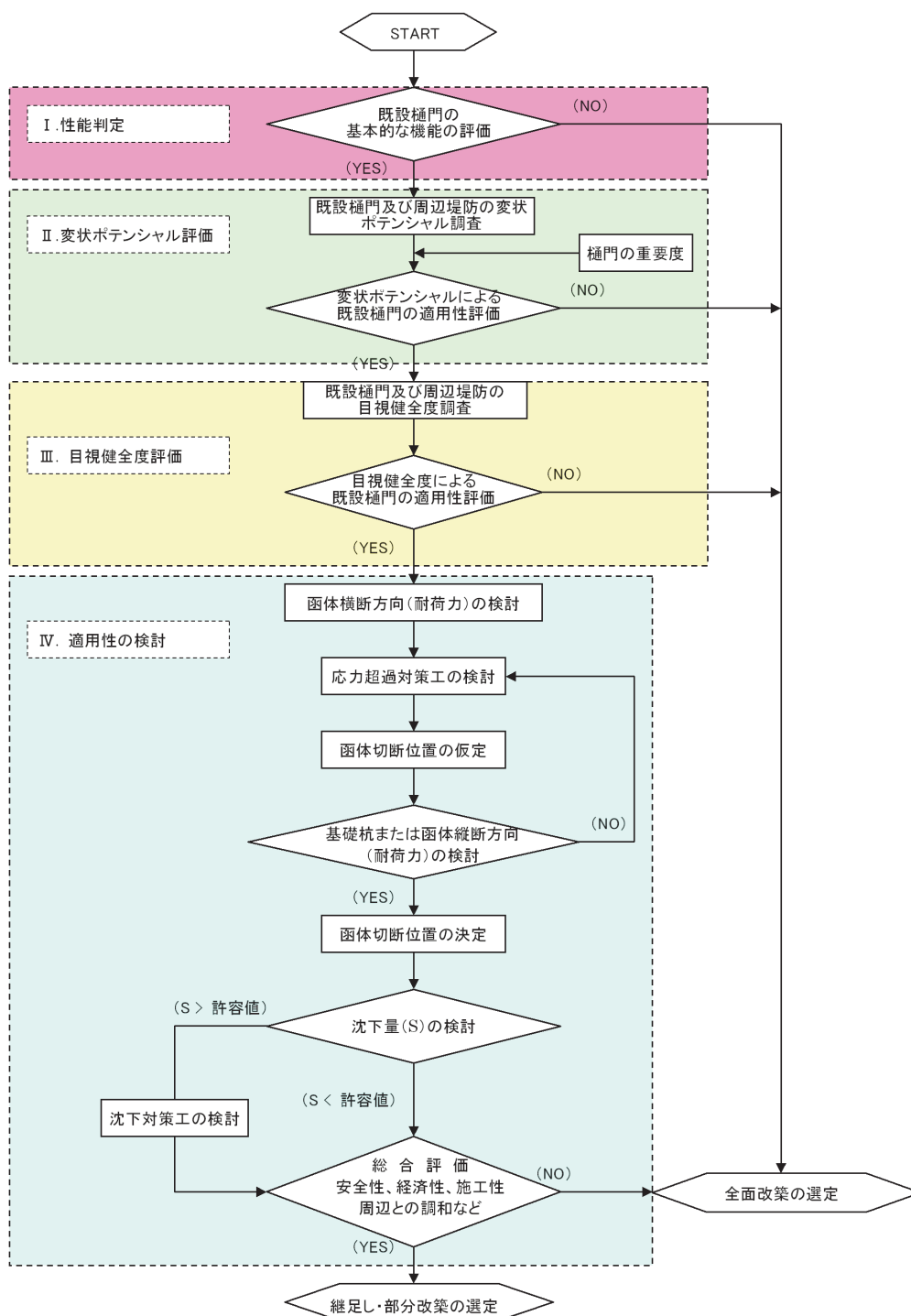


図-1 既設樋門の評価手順

4. 設計方法

4. 1. 継足し樋門の基礎形式

構造物の基礎形式の考え方は、同一構造物では同一基礎形式とすることが構造の原則である。

しかし、堤防横断構造物である樋門のうち、杭基礎を用いた剛支持樋門は、函体周辺の空洞化や堤防のクラック発生等により堤防機能を損なう恐れが高いため、杭基礎以外の基礎形式を選定することが原則とされている。これに従い既設樋門の基礎形式が杭基礎の場合、それに接続する継足し部は直接基礎の柔構造とする。

既設が直接基礎の剛支持であり、堤防拡幅後の残留沈下量が 5 cm を超える場合は、継足し部のみではなく、既設部も含めた樋門全体を柔構造とする必要がある。

また、既設が直接基礎の柔支持の場合は、継足し部も柔支持となるが、既設函体が既に沈下の影響を受けているため、既設の耐力評価では、過去の沈下の影響を考慮する必要がある。

4. 2. 既設函体の耐力力の検討

(1) 既設函体横断方向の耐力力の検討

既設函体横断方向の耐力力の検討は、土被り厚の増加等、新たに加わる荷重を考慮して、箱型フレームにモデル化、部材の応力度が許容応力度以内であることを照査する。

(2) 既設函体縦断方向の耐力力の検討

既設柔構造樋門の耐力力の照査については、具体的な方法が確立されていない。ここでは、設計事例に基づき柔構造樋門の耐力力照査方法について紹介する。

既設の柔構造樋門を継足し樋門として使用するためには、現況の函体に作用している残留応力と、今後の時系列的な地盤変位で発生する断面力を重ね合わせ、函体がこれに対する所要の耐力力を有している必要がある。現況函体に作用している残留応力は、過去に発生した沈下量を推定し、再現計算により算定する。

既設の柔構造樋門の函体縦断方向の耐力力は以下の方法で照査する。

- ① 既設樋門設置から現在までに発生した地盤の沈下量を再現計算により算出する。
- ② ①と測量結果を照らし合わせ、設定した土

質定数の妥当性を検証する。

- ③ 堤防開削時に発生する基礎地盤のリバウンド量を算定する。
- ④ ①の沈下量を③のリバウンド量と重ね合わせ、地盤変位を考慮した弾性床上梁モデルにて函体縦断方向の断面力を算定する(図-2)。
- ⑤ 完成堤構築のための盛土による残留沈下量を算定し、これを考慮した弾性床上梁モデルで函体縦断方向の断面力を算定する(図-3)。
- ⑥ ④と⑤の断面力を重ね合わせ、部材応力が許容応力度以内であるか否かを判定する。

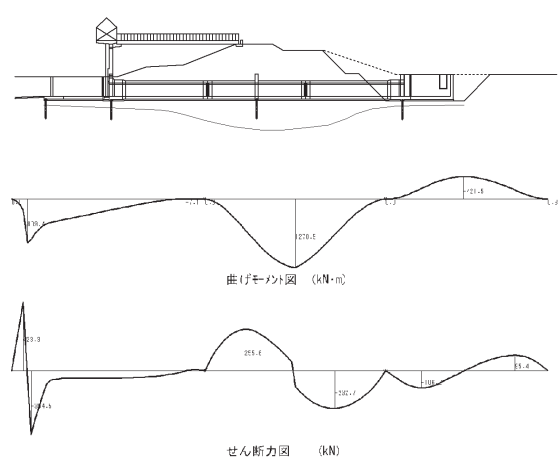


図-2 堤防開削時の断面力

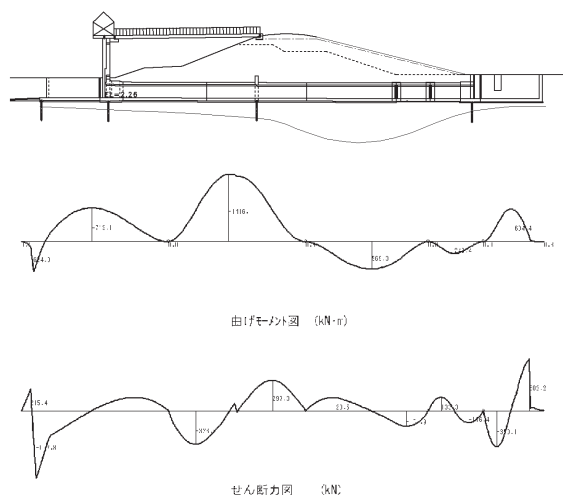


図-3 堤防盛土時の断面力

(3) 既設基礎杭の耐荷力の検討

既設樋門が杭基礎の場合、基礎杭の耐荷力について照査する。既設の基礎杭を継足し後も使用するためには、既設杭に作用している残留応力と堤防盛土により新たに発生する杭の断面力を重ね合わせた条件下において、杭体が所要の耐荷力を有する必要がある。

基礎杭の耐荷力の検討は、本体を「弾性支承上の梁（必要に応じて負の周面摩擦を考慮）」にモデル化し、堤防開削時に発生する断面力と盛土によって発生する断面力を重ね合わせて以下の方法で照査する。尚、モデルの支点には杭の三成分のバネ（バネ支点： K_V 、 K_H 、 K_M ）を考慮する。

K_V ：杭の軸方向バネ定数（kN/m）

K_H ：杭の軸直角方向バネ定数（kN/m）

K_M ：杭の軸直角方向バネ定数（kN・m/rad）

- ① 堤防開削時に基礎杭に作用する荷重を算定する。
- ② ①の荷重条件下で、弾性支承上梁モデルにて函体縦断方向の計算を行い、杭体に作用する断面力を算定する（図-4）。
- ③ 堤防拡幅後に基礎杭に作用する荷重を算定する。
- ④ ③の荷重条件下で、弾性支承上梁モデルにて函体縦断方向の計算を行い、杭体に作用する断面力を算定する（図-5）。
- ⑤ ②と④の断面力を重ね合わせ、支持力および応力が許容値以内であるか否かを判定する。

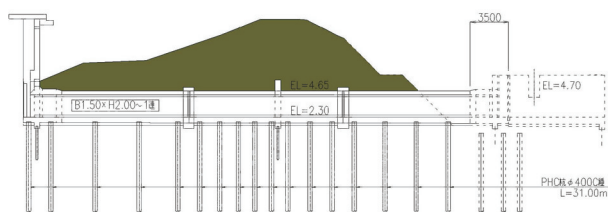


図-4 堤防開削時

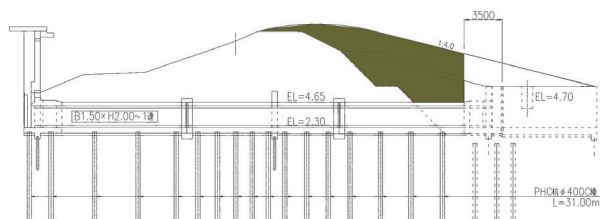


図-5 堤防盛土時

4. 3. 継足し樋門の設計

(1) 横断方向の検討

継足し部分の函体横断方向は、通常の樋門設計と同様に「箱型フレーム」にモデル化し、スパンごとに最も危険な断面を選定し、各々の荷重条件に対して安全となるように設計する。

(2) 縦断方向の検討

継足し部分の函体は、「腹付盛土による地盤変位の影響を考慮した弾性床上梁」にモデル化し、増設部と既設樋門を接続後の部材応力度が許容値以内であることを照査する。

継足し部のスパン割は、地盤の残留沈下量の推定精度が十分でない現状を考慮し、本体の安全を確保するため 10 m 程度以下とする。

5. 今後の課題

5. 1. 経済性の評価における課題

既設樋門が古く、適用性の評価により継足し可能と判定された場合において、継足し又は全面改築の判断を行う際には、経済性が重要な比較検討の要素となる。

経済比較は、イニシャルコストと維持管理を考慮したライフサイクルコスト (L.L.C) の総合評価となるが、既設樋門の耐用年数の設定、維持管理費用の推定方法等の精度向上が今後の課題と考えられる。

5. 2. 残留沈下量の推定精度

既設の柔構造樋門の耐荷力の照査では、時系列的に変化する沈下量を推定するため、通常の柔構造樋門の設計で行うよりも複雑な沈下予測計算が必要である。また、柔構造樋門の縦断方向に発生する応力は、樋門のスパン割と地盤の沈下曲線に大きく左右される。

したがって、今後は施工時モニタリング等に基づき残留沈下量の推定方法の妥当性の検証を行うとともに、FEM 解析等の精度の高い解析手法を用いるなどにより、残留沈下量の推定精度の向上を図り、それを構造設計へ適切に反映することが重要である。
(以上)

<参考文献>

- ・河川管理施設等構造令：(社) 日本河川協会
- ・柔構造樋門設計の手引き
：(財) 国土開発技術センター
- ・樋門補強マニュアル（案）：国土交通省 河川局