

農業用水路の劣化予測とライフサイクルコスト 算定を支援するシステム

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 農村総合研究部

地域資源保全管理研究チーム長 本間新哉

1. はじめに

農業水利施設の施設劣化状態の診断から対策工事の実施までを一貫してできる「基幹水利施設ストックマネジメント事業」が平成19年度に創設され、また併せて、国が造成した施設の劣化状況の診断を全国的に実施する制度整備が行われました。そして平成21年度からは「地域農業水利施設ストックマネジメント事業」により団体営事業等で造成された農業水利施設を対象とする事業が実施されるなどストックマネジメントの重要性が増加しています。ストックマネジメントの取り組みの目的は、農業水利施設の適切な機能保全とライフサイクルコスト（LCC：建設だけではなく維持管理や廃棄のコストも含んだコスト）の低減を図ることにあります。

ストックマネジメントの大まかな流れは、①既存施設の状態を定期的に診断調査及び評価する→②これに基づく劣化予測を行い施設機能の保全対策を比較検討する→③適時・的確な対策を選択実施する→④施設に係るデータの蓄積を図ることにより施設の監視に活用する、とされています¹⁾。事業現場でストックマネジメントを円滑に行っていくためには、点検・診断データの的確な収集と評価を行うことは勿論ですが、劣化予測や補修・補強時期と費用の算定及び対策工法実施時期の調整を効率的に行うことが求められます。

現場では①点検・診断結果から劣化予測グラ

フを作成するのに手間がかかる、②マルコフ連鎖モデルの扱いが不慣れである、③社会的割引率を扱った経験がない、④予算に対応した平準化の実施は煩雑である、⑤点検・診断から劣化予測及びライフサイクルコスト（LCC）の算定と補修費用の平準化までを一貫して学ぶ簡易なシステムがない、などといった課題がストックマネジメント推進の隘路となっている場合が見られます。

そこで鉄筋コンクリート製農業用開水路(以下、農業用水路)を対象とし、現場の施設の点検・診断結果を基に、劣化予測グラフの作成、適時に応じた補修・補強・更新費用の算定及び年度事業予算に応じた対策工法実施時期の調整までの一連の作業を一つのパッケージで実施するシステムを作成したので紹介します。

このシステムは、ストックマネジメントの流れを容易に理解するために使用することができます。例えば、劣化予測グラフの作成については、点検・診断結果を入力すれば、单一劣化曲線やマルコフ連鎖モデルに対応した劣化予測グラフを自動で作成してくれます。また、複数の健全度に応じた対策工法の組み合わせに対して、容易にLCCの試算を繰り返して行うことができるところから、予算上有利な対策工法の組合せを見出すことが容易に可能となります。これら作業を通じて劣化予測がLCC算定結果へ及ぼす影響度の理解を深めることと併せ、予測に必要な診断情報・健全度評価基準とは何か、あるいはどのような診

断情報がより有効でかつ効率的であるのかについて理解を深めることができます。また、この支援システムは、一般に普及している表計算ソフト(Excel 2003)を用いていることから、不慣れなキー操作を学ぶ煩わしさはなく直ちに使用することができます。

2. システムが対象とする農業用水路の構造

農業用開水路についてはよく目にしているとは思いますが、本システムが対象としている農業用水路の劣化診断の対象について説明します(図1～5)。

システムの対象としている水路は、①水路壁面、②水路底版、③目地(縫目)で構成される構造物



図1 農業用開水路の例

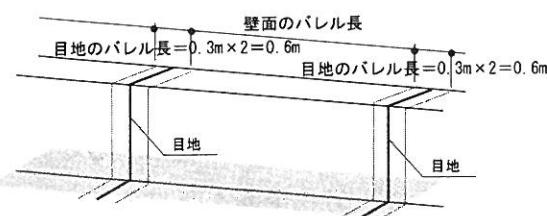


図3 壁面バッフルと目地

で、最小構成単位としては1バッフル(目地から目地まで)と/orしています。これは、扱う対象構造が単純(基本的には壁面と目地の2つの要素で構成)であるという点に特徴があります。

3. システムの全体概要

本システムは以下に示す4つのファイルにより構成されています。

- ①「基本情報・点検情報入力ファイル」：農業用水路の診断結果を蓄積するファイル
- ②「劣化予測ファイル」：診断結果を基に将来の劣化予測グラフを作成するファイル
- ③「維持管理シナリオファイル」：健全度に応じた補修・補強・更新対策工法を設定するファ

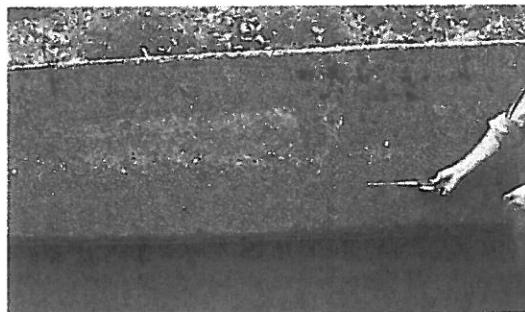


図2 劣化の進んだ水路壁面の例

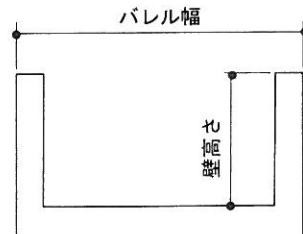


図4 バッフル幅と壁高さ

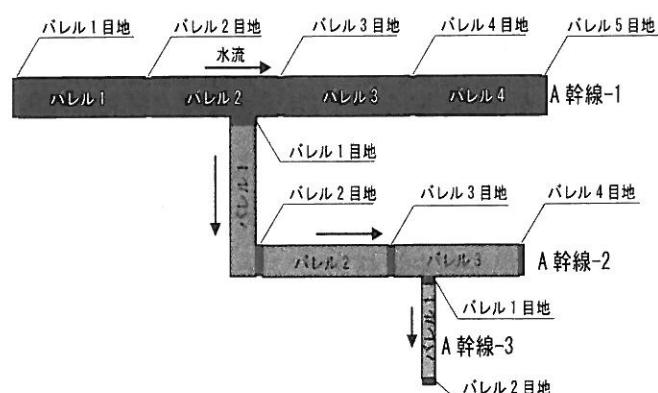


図5 水路番号とバッフル番号の考え方の例

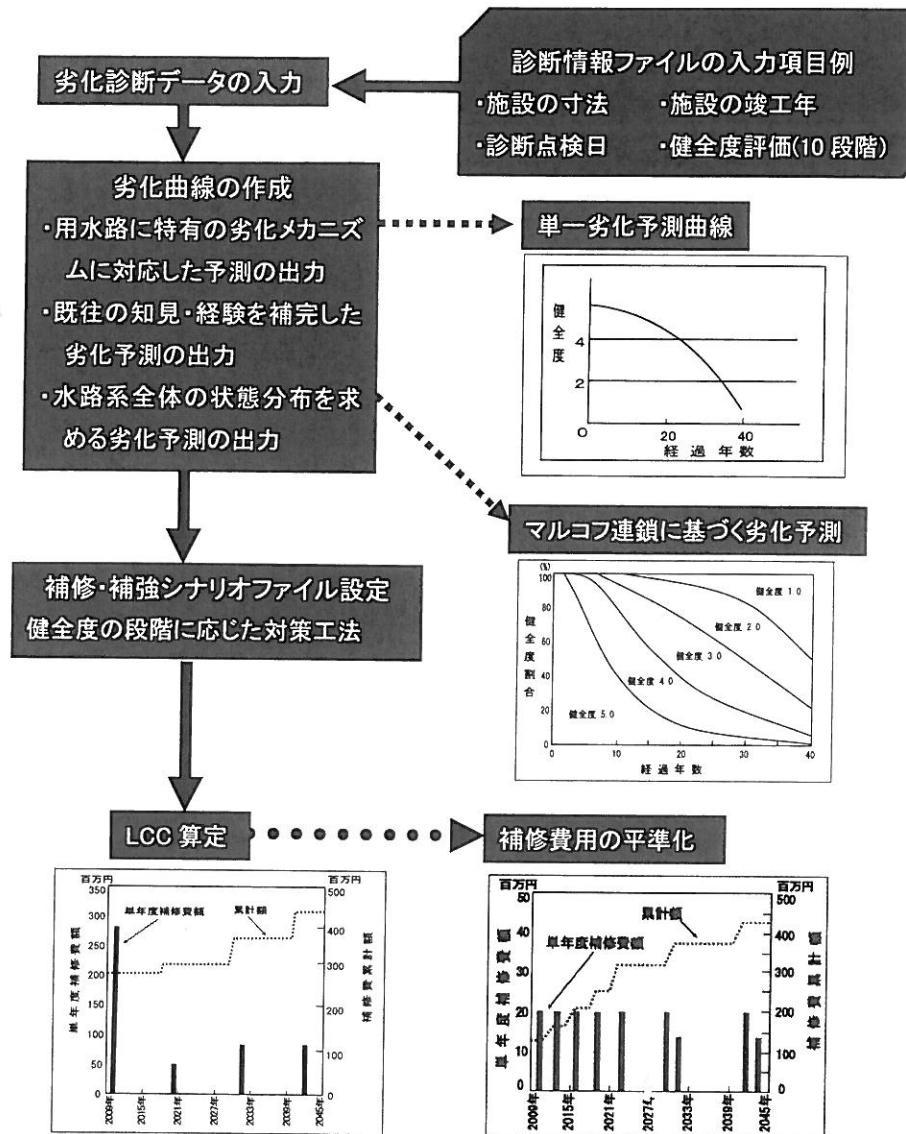


図6 システムの全体の流れ

イル

- ④「農業用水路 LCC 評価システム」：①～③を統合的に管理して LCC を算定するファイル
システム全体の流れの概要を図 6 に示します。

4. システムへの入力と出力

システムを構成する各ファイルについて具体的な作業手順、データ入力項目及び出力例について説明します。

(1) 基本情報・点検情報入力ファイル

このファイルは、LCC を計算する農業用水路の基本情報や点検情報を入力するファイルです。

このファイルでは、農業用水路を水路系としてとらえ、複数の幹線・支線を対象とした情報を入力します。Excel の一つのワークシートに一つの水路名（水路番号）の情報を入力し、ファイルを作成します。長大な水路で、同一の水路系内に複数の水路がある場合は、複数のワークシートを使い入力します。ワークシート毎に水路名を設定して、情報を入力することにより一つの基本情報・点検情報ファイルを構成します。基本情報・点検情報としては、施設のサイズ（バーレル長、高さ、幅）、主たる劣化機構、健全度評価結果、竣工年月日、健全度を判定した日の

項目があります。健全度は10段階評価(5.5、5.0、4.5……1.0の0.5刻み)で入力が可能です(表1)。

表1 点検診断情報の入力例

番号	パレル (m)	パレル寸法		部 位		主たる劣化機構		竣工 年月日	健全度を 判定した日
		幅(m)	壁高さ(m)			健全度目視	劣化機構		
1	0.1	0.95	0.7	目 地	右	4.5	継目劣化	1997/3/31	2006/11/13
					左	4.5	継目劣化	1997/3/31	2006/11/13
					底	4.5	継目劣化	1997/3/31	2006/11/13
	8.9	0.95	0.7	壁 面	右	4.0	壁面摩耗	1997/3/31	2006/11/13
					左	4.0	壁面摩耗	1997/3/31	2006/11/13
					底	4.0	壁面摩耗	1997/3/31	2006/11/13

表2 対策工法マトリックス

実施時期（シナリオ名）		シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
対策を実施する健全度		4.5	3.5	2.5
加速期前期 (3.5 ≥ 健全度 > 2.5)	対策工法	はつり除去(10mm) 断面修復(10mm) 表面被覆	はつり除去(20mm) 断面修復(20mm) 防錆 表面被覆	ユーザー設定
	補修数量	壁面 100%	壁面 100%	ユーザー設定
	補修費	補修費単価×壁面積	補修費単価×壁面積	ユーザー設定
	回復レベル(健全度)	5.0	5.0	ユーザー設定
	補修費単価(円/m ²)	24,200	34,100	ユーザー設定

(2) 劣化予測ファイル

劣化予測のモデルは、大きく2つに分類されます。一つは、中性化に代表されるコンクリート構造物の劣化機構について、既往の研究や知見から求められた経験式を活用する個別劣化現象モデルです。もう一つは、既往の劣化機構では予測モデルの作成が困難な場合で(水路壁面の凹凸進行や継目の劣化等)、点検データを基に統計手法を用いて劣化予測を行う統計モデルです。統計モデルはさらに二つに分かれ、壁面等パレル毎の劣化に対応して個別施設の劣化予測を行うことができる单一劣化曲線モデルと、水路系全体の劣化の割合を基に劣化進行を予測するマルコフ連鎖モデルがあります。

劣化予測ファイルには、個別劣化現象モデル

に対応した「中性化他入力シート」と、单一劣化予測曲線モデル及びマルコフ連鎖モデルに対応する「壁面摩耗入力シート」と「継目劣化入力シート」が用意されています。中性化他入力シートでは、水セメント比やコンクリートのかぶり厚などの材料や施工上の特性値を入力して、单一劣化曲線を求めます。壁面摩耗入力シートと継目劣化入力シートでは、施設竣工年、点検日、点検時点の健全度を入力することにより、壁面凹凸や継目劣化に対応した单一劣化曲線及びマルコフ連鎖遷移率について、表計算ソフトにあるマクロを用いて計算を行い、グラフ作成までを自動で実施してくれます(図6 単一劣化予測曲線を参照)。

表3 LCC評価システムファイル入力例

入力項目	入力作業
1. 基本情報・点検情報ファイルの選択	作成した情報ファイルを選択
2. 劣化予測ファイルの選択 ① 単一劣化曲線 ② マルコフ過程	单一劣化またはマルコフ過程を選択した後、作成した予測ファイルを選択
3. 維持管理シナリオファイルの選択	作成したシナリオファイルを選択
4. LCC の算定 ① LCC 開始年 ② LCC 算定期間 ③ マルコフ対策実施割合 ④ 社会的割引率 ⑤ 水路毎のシナリオファイル	LCC 開始年を西暦で入力 LCC 算定期間を年単位で入力 マルコフ対策実施割合を%単位で入力 社会的割引率を%単位で入力 水路毎のシナリオファイルを選択
5. 補修費用の平準化計算 ① 目標年度予算 ② 先送り許容年数 ③ 集約期間（3～5 年が目安）	目標年度予算を円単位で入力 許容年数を年単位で入力 集約期間を年単位で入力

(3) 維持管理シナリオファイル

維持管理シナリオファイルは、農業用水路の LCC を算定する際の、維持管理方針（対策実施の健全度）と対策工法（対策工の種類等）を関係付けしたファイルです。

この維持管理方針と対策工法を関係付けした表を対策工法マトリクスと呼びます（表2）。一番左の枠に対策を実施する健全度を設定し、その横枠に健全度に応じた対策工法、補修数量、補修後の回復レベル、補修費単価を設定します。

健全度に応じた対策工法の組合せをユーザー シナリオとして複数設定することができるの で、シナリオ別の LCC 算定結果比較が簡単に できます。

(4) 農業用水路 LCC 評価システムファイル

農業用水路 LCC 評価システムファイルでは、上記 (1) ~ (3) のファイルと共に、LCC 算定開始年、LCC の算定期間（最大 100 年）、マルコフ過程の劣化予測を用いた場合の対策開始

実施割合（%）、社会的割引率（%）、支線水路毎に対応する対策シナリオ名を入力することにより（表3）、基本となる LCC 算定結果が出力されます（図6 の LCC 算定を参照）。そしてこの結果を基に、年度に予算制約が生じた場合に 対応するため、年度補修費用の平準化に必要な目標年度予算、先送許容年数、集約期間を入力することにより、対策工法の実施時期の調整を行なうことができます（図6 の補修費用の平準化を参照）。

5. おわりに

このシステムを活用することにより、異なる対策実施レベル（健全度）や対策工法の組合せに対する補修・補強の実施時期の間隔、年度費用、累積費用の比較を容易に行なうことができます。社会的割引率は公共事業の場合、現在は 4% を用いていますが、0% を用いた時の LCC 算定結果と比較することにより、社会的割引率の考え方への理解

が深まるものと考えています。更に場合によっては、劣化予測ファイルにテストデータ（仮のデータ）を用いることにより、耐用年数の長短による経済比較を行うことができ、耐用年数の違いがLCCに及ぼす影響度合を容易に確認することもできます。

紹介したシステムは、農村工学研究所のホームページの「お役立ち情報」で公開しています。
(<http://nkk.naro.affrc.go.jp/library/yakudachi/>)

soft_date.html)

システム本体と共に、より詳細なシステム解説及び操作手順説明もありますので、ご希望の方はダウンロードして活用いただければ幸いです。

参考資料

- 1) 農業水利施設機能保全の手引き、農業土木事業協会、2007年

