

## 38. 土木機械設備のストックマネジメントに関する検討

国立研究開発法人土木研究所 藤野 健一  
 (現)国土交通省東北地方整備局 山尾 昭  
 国立研究開発法人土木研究所 ○伊藤 圭

### 1. はじめに

土木機械設備数の増大、機械設備の老朽化の進行、減少する維持管理予算といった状況において、効果的に土木機械設備の整備や更新を実施する必要がある。

特に、今後の維持管理予算の増加が見込まれない状況において、老朽化施設が増加していった場合、設備全体の中でメリハリのある優先度付けを図った維持管理が必要となってくる。

このため、維持管理対象を個々の設備ではなく施設群として捉え、ライフサイクルコストの低減や、整備・更新に係る費用の発生時期の集中緩和を図ることを目的としたストックマネジメントが必要と考える。

このストックマネジメントの実施にあたって、図-1 に示すイメージのとおり、個々の土木機械設備に関する維持管理手法を確立するとともに、個々の施設の評価だけでなく、関連する複数の施設における社会的な影響度と設備のコンディションを総合評価し、効果的に更新や整備を行っていく維持管理計画策定手法を検討したので報告するものである。

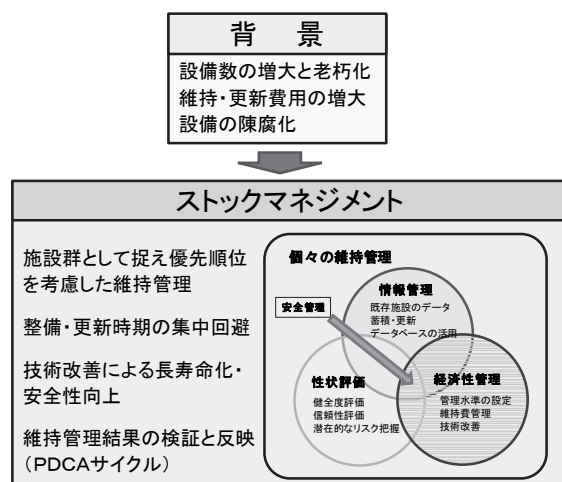


図-1 土木機械設備のストックマネジメントイメージ

### 2. 機械設備維持管理におけるPDCAサイクル

土木機械設備の維持管理を経済的かつ効果的に実施していくためには、各々の機械設備の状況・

状態を適切に評価し、それを維持管理の方法や内容に生かしていくことが重要となってくる。このため、図-2 のような「PDCAサイクル」により維持管理を実施することが必要となる。



図-2 土木機械設備の維持管理PDCAサイクル

このPDCAサイクルを計画的に実施するにあたっては、機械設備の故障・整備履歴のデータベースを基とした信頼性評価による故障分析・故障率、部品の更新年数を把握する必要がある。また複数の設備を計画的に整備する優先度決定を図るため、補完性を考慮した社会影響度を求める必要がある。

### 3. 信頼性評価の検討

土木研究所では、土木機械設備の信頼性評価手法として、FMEA (Failure Mode Effects Analysis) 及びFTA (Fault Tree Analysis) の併用を提案している。

信頼性評価を行うには、過去の運転・故障・更新・修繕・整備の維持管理情報が重要となる。この維持管理情報より、各設備毎にそれぞれ実際に発生している具体の故障内容や構成機器の故障率、更新年数などの実態を的確に抽出し解析する必要があるため、データベース化しておくことが有用となる。

#### 1) 土木機械設備におけるFMEA

FMEAは、システムを構成する機器・部品が故障した場合にシステムにどのような影響があるかを解析し、重大な故障となるような部品・機器

を抽出し、致命度を評価することにより、その重要性を相対的に定量評価できる手法である。

土木機械設備では、作動不良、能力低下などの「故障内容」を明確にすることによりシステム全体への影響度を定性的に把握することができ、また摩耗、変形などの「故障モード」を明確にすることで、どのような物理・化学的変化に対して対策をとるべきかという技術改善検討に役立てる事ができる。

評価は、部品毎の「程度：故障モードがシステムに与える影響度」、「潜在性：故障モード発見の難易度」及び「頻度：故障発生頻度」について、評価者による相対的な差異が生じにくい4段階評価を採用し、故障等級として危険指数（R I：Risk Index）を求める。

$$R I = \sqrt[3]{\text{程度} \times \text{潜在性} \times \text{頻度}}$$

危険指数の大きい部品が、システムにおける危険度が高いことを表し、信頼性を考慮する上で重要視する部品となる。

河川ポンプ設備のFMEAの実施例を表-1に示す。部品ごとに危険指数を求めることにより、信頼性を定量評価でき整備の優先順位決定の指標となり得る。

表-1 河川ポンプ設備FMEA例（抜粋）

| 機器区分 | 部品      | 故障内容    | 故障モード  | 原因        | 程度 | 潜在性 | 頻度 | 危険指数 |
|------|---------|---------|--------|-----------|----|-----|----|------|
| 主ポンプ | インペラ    | 排水能力の低下 | 腐食     | 経年変化      | 4  | 3   | 4  | 3.6  |
|      |         | 停止      | 摩耗     | 異物混入      |    |     |    |      |
|      |         | 回転不良    | 欠損     | 水質        |    |     |    |      |
|      | 主軸及び軸受  | 回転不良    | 振動     | キセーション発生  | 4  | 3   | 1  | 2.3  |
|      |         | 変形      | 想定外の外力 |           |    |     |    |      |
|      |         | 停止      | 振動     | 芯ずれ       |    |     |    |      |
| 原動機  | シリンダヘッド | 腐食      | 水質     | 設計・施工の誤り  | 4  | 2   | 3  | 2.9  |
|      |         | 圧縮ガス漏れ  | 変形     | 経年変化      |    |     |    |      |
|      |         | 冷却水漏れ   | ひび     | カハシ隙間調整不良 |    |     |    |      |
|      |         | 潤滑油漏れ   | 欠損     |           |    |     |    |      |

また表-2のように故障等級別の対応を設定することにより、整備計画立案に寄与できる。

表-2 故障等級の設定例

| 等級  | RI      | 評価結果               |
|-----|---------|--------------------|
| I   | 3.5～4   | 追加対策が必要            |
| II  | 2.5～3.5 | 等級を下げる工夫等を必要に応じて実施 |
| III | 1.5～2.5 | 影響度に応じ保全方法を定める     |
| IV  | 1～1.5   | 一般的な維持管理           |

2) 土木機械設備におけるFTA<sup>1)</sup>

FTAは、システムに発生することが望ましくない事象を「トップ事象」として設定し、「FT図（故障木）」を用い、その発生要因となる個々の「基本事象」を求める手法である。

システム全体の信頼度評価のほか、個別システ

ムの信頼度及びミニマルカットセット（トップ事象を引き起こす基本事象の最小組合せ）を把握することができ、時間計画保全の精度向上や保全予防（更新時の仕様改善）に資することができる。

評価は、設備の故障率を用いるが、故障率と信頼度の関係は以下のとおり表される。

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

ここに  $R(t)$ ：信頼度  
 $t$ ：供用時間  
 $\lambda$ ：故障率

故障率は、設備の故障実績データから求めることができるが、十分な実績データがない場合は標準的な取替更新年数より供用時間  $t$  を求め用いる。

供用時間  $t$  が経過したときに全体の10%が更新を迎えるとすると機器の信頼度  $R(t)$  は0.9 とできるため、故障率は次式で表せる。

$$\lambda = -(1/t) \cdot \ln 0.9$$

例として、国土交通省の「ダム用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）（H24.4）」における「信頼性による取替更新年数」を構成機器の寿命とし、下式より故障率を求めた結果を表-3に示す。ここに条件として、待機系のワイヤロープウインチ式を対象とし、頂上現象を「ゲート操作不能」とする。

表-3 信頼性による取替更新年数による故障率（ダム用ゲート設備の例）

| 構成機器・部品  | 信頼性による取替更新年数 | 機器信頼度 | 故障率(1/h)    |
|----------|--------------|-------|-------------|
| 扉体構造部    | 52           | 0.9   | 2.31297E-07 |
| 主ローラ     | 34           | 0.9   | 3.53749E-07 |
| ローラ軸     | 34           | 0.9   | 3.53749E-07 |
| 軸受メタル    | 22           | 0.9   | 5.46703E-07 |
| 補助ローラ    | 28           | 0.9   | 4.29552E-07 |
| 扉体シーブ    | 39           | 0.9   | 3.08396E-07 |
| 開閉装置全体   | 33           | 0.9   | 3.64468E-07 |
| 主電動機     | 16           | 0.9   | 7.51716E-07 |
| 電動機      | 24           | 0.9   | 5.01144E-07 |
| (一部省略)   |              |       |             |
| 軸受       |              |       |             |
| 軸継ぎ手     | 21           | 0.9   | 5.72736E-07 |
| ワイヤロープ   | 10           | 0.9   | 1.20275E-06 |
| 同上端未調整装置 | 23           | 0.9   | 5.22933E-07 |
| 油圧シリンダ本体 | 32           | 0.9   | 3.75858E-07 |
| 油圧ユニット本体 | 15           | 0.9   | 8.01830E-07 |
| 制限開閉機    | 22           | 0.9   | 5.46703E-07 |

表-3の結果を用いてFTAを行った結果、頂上現象「ゲート操作不能」の故障率は、 $8.04407 \times 10^{-6}(1/h)$  となり、約 14.2 年に1回発生する割合となった。

このときのミニマルカットセットは、基本事象「ワイヤロープの不具合／切断」→「開閉装置の故障」に至るセットであるが、このような評価による点検作業の重み付けも可能となる。

また現場における整備・更新の判断は予算と信頼性を総合的に判断して行わなければならないが、

F T Aを用いることにより更新時期を迎える構成機器の優先度の指標となり得る。

## 5. 社会影響度評価手法の検討

### 5.1 道路管理用機械設備の社会影響度

#### 1) 道路管理用機械設備の故障による影響事例

道路管理用機械設備のうち、道路排水設備、トンネル換気設備、消融雪設備の3設備を対象として、日本国内の過去 15 年程度における設備の機能停止・能力不足等が道路交通または地域社会生活に対し影響を与えた主な通行止め等の事例に関し、公表資料を元に調査した結果は以下のとおりであった。

道路排水設備：17 事例(集中豪雨、ゲリラ豪雨)

トンネル換気設備：9 事例(交通事故)

消融雪設備：23 事例(積雪・凍結、スリップ 事故)

#### 2) 道路管理用機械設備が沿道及び地域社会生活に対して与える影響

前述の事例では、通行止め等の措置を行ったものであるが、明確に「機械設備の故障または機能不足等によるもの」とは確認できなかった。

しかし、道路管理用機械設備が故障した場合の最も大きな影響は、「道路の通行止め」と同等と考えられるため、調査事例を基にして沿道及び地域社会生活に対して与える影響について検討した。

以下に道路排水設備の例を示す。

表-4 道路排水設備の故障による影響

| 事象         | 影響項目               | 指標        |
|------------|--------------------|-----------|
| 冠水による通行止め  | 自動車交通の途絶による迂回      | 時間損失      |
|            | 歩行者の途絶による迂回        |           |
|            | 迂回交通による周辺道路の混雑     |           |
|            | 物流交通(トラック)の途絶による迂回 | 時間損失      |
|            | 渋滞による環境負荷          | 生産活動の停滞   |
|            | 緊急搬送時の迂回           | 環境負荷軽減    |
|            | 緊急対応車(警察・消防等)の迂回   | 人的損害額     |
|            | 送迎車両(企業送迎等)の迂回     | 人的損害額     |
|            | 送迎車両(スクールバス等)の迂回   | 車両等の物的被害額 |
|            | 生産活動の停滞            | 時間損失      |
|            | 消費活動の停滞(世帯の孤立)     | 生産活動の停滞   |
|            | 車両の故障              | 消費活動の停滞   |
| 冠水による車両の水没 | 死傷事故の発生            | 車両等の物的被害額 |
|            | 排水対応               | 人的損害額     |
| 被害発生に対する不安 | 排水コストの発生           | 車両等の物的被害額 |
|            | 冠水発生やそれによる道路遮断への不安 | 作業経費の軽減   |
|            |                    | 不安感の増加    |

表-4 に示す影響について、計測可能性、定量評価の可能性、定性的な評価の別を以下のとおり整理した。

表-5 影響と評価内容

| 発信する効果     | 便益・定量・定性的評価の別 | 評価項目                                                                   |
|------------|---------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1.時間損失     | 便益評価          | 1-1 自動車の時間損失の軽減効果                                                      |
|            |               | 1-2 自動車の走行経費の軽減効果                                                      |
|            |               | 1-3 歩行者・自転車の時間損失の軽減効果                                                  |
| 2.人的損害額    | 便益評価          | 2-1 死亡事故人的損害額・負傷損害額の軽減効果                                               |
|            |               | 2-2 救急搬送の遅延による死亡・負傷等の人的損害の軽減効果                                         |
| 3.車両等の物的被害 | 便益評価          | 3 故障・事故による物的損失額の軽減効果                                                   |
| 4.環境負荷軽減   | 便益評価          | 4 環境負荷軽減の軽減効果                                                          |
| 5.不安感の増加   | 便益評価          | 5 周辺住民の不安感の解消                                                          |
| 6.作業経費の発生  | 便益評価          | 6 作業経費の軽減                                                              |
|            |               | ・設備を整備しない場合、冠水や積雪の除去費用が発生するが、設備整備によりこれら費用が必要なくなるため、この費用の減少を代替財として評価する。 |
| 7.生産活動の停滞  | 定量評価          | ・便益測定方法は確立されていない。                                                      |
| 8.消費活動の停滞  | 定量評価          | ・定量的な評価方法として、被害額の積み上げによる効果の計測、経済波及効果の計測等の方法が考えられ得るが、規程の方法が確立されていない。    |

### 3) 社会影響度の試算

道路管理用機械設備の故障による影響を表す評価項目として適切な項目を選定するため、道路排水設備の調査事例を対象として、発現する効果として最も影響が大きいと考えられる「時間損失(=時間便益)」を対象に試算した結果の例を表-6 に示す。

表-6 社会影響度の試算結果(例)

| 便益額 |          | 百万円  |      |      |
|-----|----------|------|------|------|
| 項 目 |          | 事例①  | 事例②  | 事例③  |
| 自動車 | 時間便益     | 30.5 | 17.0 | 75.8 |
|     | 走行経費便益   | 1.9  | 1.6  | 3.9  |
| 歩行者 | 歩行者の迂回便益 | 0.03 | 0.1  | 0.04 |
| 自転車 | 自転車の迂回便益 | 0.01 | 0.11 | 0.03 |
| 合 計 |          | 32.4 | 18.8 | 79.8 |

| 便益構成比 |          | 事例①    | 事例②    | 事例③    |
|-------|----------|--------|--------|--------|
| 項 目   |          |        |        |        |
| 自動車   | 時間便益     | 94.0%  | 90.4%  | 95.0%  |
|       | 走行経費便益   | 5.9%   | 8.5%   | 4.9%   |
| 歩行者   | 歩行者の迂回便益 | 0.09%  | 0.53%  | 0.05%  |
| 自転車   | 自転車の迂回便益 | 0.03%  | 0.58%  | 0.04%  |
| 合 計   |          | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

影響評価項目の内訳をみると、自動車の迂回による移動時間便益が 9 割以上を占め高いシェアを占める結果となった。

一方、歩行者、自転車交通量の迂回便益については、迂回路の設定として自動車利用と同様の条件を設定して試算を行ったが、結果、便益のオーダーとしてはシェア 1%にも満たず、大きなものとはならなかった。

これは、対象道路の交通量が冠水により迂回道路に転換することになるが、対象道路の交通量が多い場合、迂回路の交通量が大幅に増加することにより混雑度が大幅に上昇し、旅行速度が低下することが大きく関係している。

以上の結果より、道路管理用設備における社会影響度検討にあたっては、その影響の大きさから、自動車の迂回による時間便益を代表値として評価を行っていくことが考えられる。

### 5.2 河川管理用機械設備

#### 1) ネットワーク型河川 GIS モデルの構築<sup>2)</sup>

過年度研究において、流域でネットワークを構成している水路に複数の排水機場が設置されているケースをモデルとした「ネットワーク型河川 GIS モデル」を構築した。

構築にあたっては、機械設備を実際に管理している現場事務所等において容易に活用できるようにするため、ソフトウェアの改良自由度が高く他の施設群への応用が可能であることなどから CommonMP (Common Modeling Platform for water-material circulation analysis) を採用した。この「ネットワーク型河川 GIS モデル」は、表

-7に示す機能を有し、各々の施設が機能を失った場合の内水側湛水状況を予測可能なものとしている。

あわせて、河川 GIS に地域の資産情報を重合させて、出水事例毎に施設がカバーした内水側湛水域の被害総額を積み上げ可能なものとしている。

さらに、排水機場については、当該プログラムを用いて他の排水機場が機能しない場合の補完機能があるかどうかを模擬的に検証することができるものとし、被害総額と合わせて補完機能の大小などの評価から、施設群の中における社会的な影響度の評価に資することができるものとしている。

表-7 各要素モデルの主な機能

| 要素モデル名    | 主な機能                                                                                                                      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一次元不定流    | ①河道内の水面形(水位・流量)の追跡が可能<br>②上下流の区別の区分が無く河道内の流向が1方向に限定されない機能<br>③複数河川の分派と合流が可能<br>④設備要素モデル(水門、排水機場、堰)と接続接続<br>⑤越水・破堤モデルと接続可能 |
| Nilim氾濫解析 | ①氾濫原における浸水心の追跡<br>②河道破堤地点と氾濫原の接続関係の指示<br>③氾濫原の接続地点の水位の出力                                                                  |
| 越水・破堤     | ①越水と破堤の選択<br>②横越流時及び正面越流時の越流量の算出<br>③破堤開始と破堤幅<br>④破堤開始水位及び破堤敷数の設定<br>⑤戻り流量の考慮                                             |
| 排水機場      | ①一定量の排水の設定<br>②内水位・外水位によって排水開始と停止を制御する設定                                                                                  |
| 水門        | ①水門からの流量を算出(潜り流量、中間流出、自由流出)<br>②上流側水位・下流側水位によって水門の開閉を制御する設定<br>③水門の河床高の設定                                                 |
| 可動堰       | ①越流公式による越流量の算出<br>②上流側及び下流側水位によって敷高を制御する設定                                                                                |

図-3 にネットワーク型の流域におけるシミュレーションモデル例、図-4 に同モデルの排水機能喪失時における氾濫計算結果の例を示す。

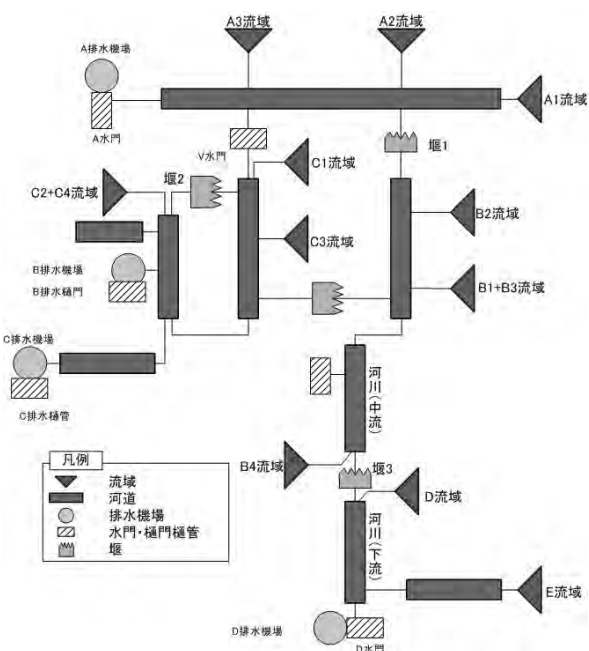


図-3 モデル施設群の排水系統図



図-4 はん濫計算結果（A排水機場機能停止の場合）

## 2) 既往モデルへの追加機能

前述の既往モデルに、CommonMP 上で表現できる以下の要素を改良・追加した。これにより操作性、汎用性が増加し、他流域で容易にかつ速やかに応用できるようになったものとする。

### (1) 雨量観測所が欠測した場合の雨量の設定

既往モデルでは、「いずれかの雨量観測所において欠測となっている場合は、再度ティーセン分割を行って降雨を作成する」としていたが、個々にティーセン分割をすることは作業の支障となるため、観測所雨量を入力データとして、CommonMP プロジェクト内で観測所雨量の欠測処理、流域平均雨量の作成、流域平均雨量を用いた演算を一括で行うことができるように以下の二つのモデルを作成した。

- ①欠測補完モデル：いずれかの観測所が欠測となった場合に、近傍観測所雨量で補完。
- ②流域平均雨量算出モデル：観測所雨量をもとに、ティーセン法により流域平均雨量を算出する。

### (2) 引き上げ式の堰モデルの追加

引き上げ式の堰の動作は図-5 のとおりとし、要素モデルの機能を図-6 に示す。

- ①平水時は堰が存在することにより上流側への堰上げが発生する。
- ②洪水時は堰が引き上げられることにより自由水面で流下する。

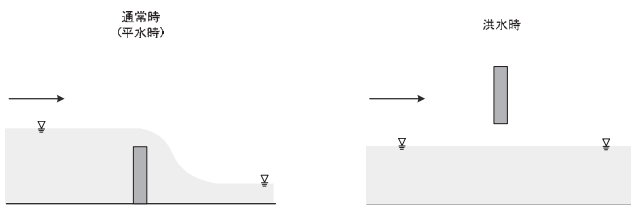


図-5 引き上げ式堰の動作のイメージ

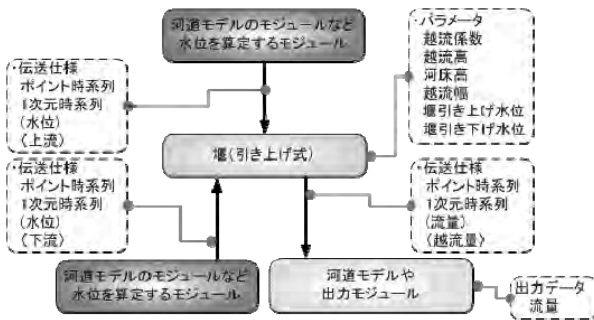


図-6 引き上げ式堰モデルの機能

(3) ポンプ（可変排水量型）モデルの追加  
排水ポンプ（可変排水量型）の動作は図-7 のとおりとし要素モデルの機能を図-8 に示す。

- ①内水位がポンプ稼働開始水位を超過した場合、内外水位差に応じて排水を行う。
- ②内水位あるいは外水位がポンプ停止水位に到達した場合、ポンプの運転を停止する。
- ③水門あるいは樋門・樋管と連動している箇所においては、水門あるいは樋門・樋管が閉じている状態においてのみ稼働を行う。
- ④可変翼排水機の場合については、翼角や回転数に応じて複数のポンプ性能曲線が存在する。

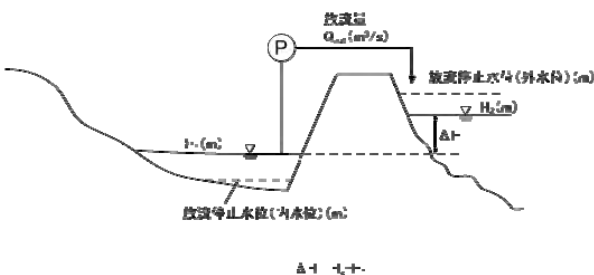


図-7 排水ポンプ（可変排水量型）の動作のイメージ

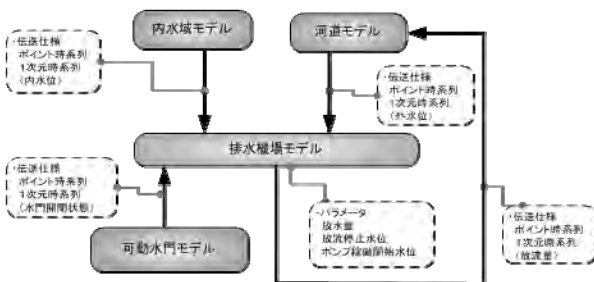


図-8 ポンプ（可変排水量型）モデルの機能

## 6. 維持管理計画策定手法の検討

### 1) 維持管理計画策定における指標

機械設備の維持管理計画を検討するにあたり、勘案する要素は以下の①～⑤が考えられる。

- ①設備の状態
- ②設備の故障しやすさ
- ③設備が故障した場合の影響
- ④設備機能を維持するための費用
- ⑤機能を補完可能な設備の有無

### 2) 各要素の内容

各要素は以下のとおり整理できる。

#### ①設備の状態：点検結果に基づく健全度

設備の状態は、毎年（または毎月）実施する点検によって目視または振動等の計測を行うことによって把握され、その結果を基に各設備ごとに「健全度」を判定するので、その指標を活用する。

特に、計測値がある場合には、これまでの計測値の傾向から今後の設備状態の予測が可能である。

#### ②設備の故障しやすさ：故障率（信頼性）

設備の故障しやすさ（または故障しにくさ）は、当該設備または同形式・同機器構成の他設備におけるこれまでの故障・不具合事例により算定する。

また、河川ポンプ設備、河川用ゲート設備またはダム用ゲート設備においては、各設備の「点検・整備・更新マニュアル（案）」に、標準的な寿命の記載がある機器・部品があるため、その寿命を参考に故障率を算定することも可能である。

#### ③設備が故障した場合の影響：社会的影響度

設備が故障した場合の社会的影響度は、設備が故障した場合の被害想定額を指標とする。

河川ポンプ設備や河川ゲート設備では、本研究で作成した河川 GIS モデルを使用して、道路管理用設備では自動車の時間便益・走行便益で代表させることが可能である。

#### ④設備機能を維持するための費用：維持修繕費

設備の維持修繕費は、これまでの点検・整備・修繕実績または見積等により把握する。

#### ⑤機能を補完可能な設備の有無：補完性

複数の機械設備が存在し、それらが互に関連する場合、（たとえば、ある設備の機能が減少したり喪失したりした場合に、他の設備によってその機能の一部が補われるような場合）には、複数の機械設備間の代替機能の有無とその程度（＝相互補完性）を指標化することにより、当該設備の重要性を表す指標となり得る。

### 3) 優先順位の検討

各設備の「点検・整備・更新マニュアル（案）」に

において、「整備・更新の優先順位は装置・機器特性を考慮したうえで、健全度の評価、設置条件による重み付けを指標化し、定量的な優先度を算出することを標準とする」とある。

前述の各指標は、定量化することが可能であるため、これらを基に優先順位を検討することができる。特に複数施設の比較検討にあたっては、設備機能を損失した場合の社会影響度を有効に活用することで、優先すべき設備の抽出に寄与できるものと考ええる。

なお、各指標を算定するにあたっては、故障事例や必要となる維持修繕費額等のデータを的確に把握する必要があるため、データベース化を図りデータの集約・解析を図ることが必要である。

国土交通省においては、機械設備維持管理データベースの運用を進めているため、全国の実績データの集積が進み活用すれば、より精度の高い維持管理計画の検討に資することができるものと考ええる。

## 7. まとめ

### 1) 信頼性評価

FMEA・FTAを用いた土木機械設備の信頼性評価は、各部品・機器ごとの致命度の評価、故障率の算定、時間計画保全の精度向上、保全予防（更新時の仕様改善）に資することができ、維持管理計画を検討するにあたって有効な手段である。

しかしながら、これらの評価のベースとなるデータは過去事例から主に求められることになるため、機械設備維持管理データベースの活用が必須といえる。

### 2) 社会影響度評価

本研究において、土木機械設備の機能喪失した場合の社会影響度（被害総定額）について、道路管理用機械設備の機能喪失の場合には自動車の迂回による時間損失を、河川管理用機械設備の機能喪失の場合についてはCommonMPを用いた河川GISモデルによるシミュレーションに基づく被害額を、それぞれ求める手法を提示した。

複数の機械設備を管理するうえで、社会的影響度を考慮した優先度付けは、限られた予算のなかでの管理において、非常に有効なものと思われる。

特に河川GISモデルについては、対象の雨量観測所が欠測した場合の雨量の設定方法、堰要素モデル・ポンプ要素モデルの改良などを行ったことにより本モデルの活用性・汎用性が増したものと考ええる。

なお、各要素モデルについては、CommonMPのHP (<http://framework.nilim.go.jp/>) での公開を予定しており、他の流域でも本モデルの活用が可能となる。

### 3) 今後の課題

道路管理用機械設備の社会的影響度評価方法及びネットワーク型河川GISモデルを用いた土木機械設備の社会的影響度評価算定手法として、本研究成果を積極的に発信することとしている。

しかしながら、ネットワーク型河川GISモデルの構築においては、地形等の多種のデータが必要となり複雑な面もあるため、より使いやすいようにデータの簡略化などを図る必要がある。

また、各土木機械設備の健全度評価、故障率の解析等もあわせて維持修繕の優先順位の考え方の精度を高めていく必要がある。

このため、これらの課題に取り組み、土木機械設備を総合評価する手法を確立することにより、複数施設を考慮した維持管理計画の立案手法の検討を進めることとしている。

最後に本研究に携わった関係各位への感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 藤野健一、田中義光、上野仁士、石松豊：土木機械設備のストックマネジメントに関する研究、土木研究所研究成果報告書、2010
- 2) 藤野健一、竹田英之、山尾昭：ネットワーク型GISモデルを用いたシミュレーションによる土木機械設備の社会影響度評価手法の検討、平成25年度建設施工と建設機械シンポジウム、2012.11