

コンクリート構造物のリスクベースメンテナンス

電源開発株式会社 正会員 ○坂田 智己
(株)開発設計コンサルタント 正会員 野嶋潤一郎

1. はじめに

地球温暖化問題に対するエネルギーと環境の共生が国際的に求められており、エネルギー資源の効率的活用がグローバルな課題として浮上している。こうした中、水力発電は再生可能エネルギー、クリーンエネルギーとして注目されるようになってきているが、現在稼働中の水力発電所の多くは設置後 40 年以上を経過しており、今後の設備健全度低下リスクの増大が懸念されている。一方、電気事業者には競争力強化のためのいっそうのコストダウンが求められており、設備の信頼性と経済性のバランスをいかにとることが要求されている。そこで本報では、水力発電土木設備の設備保全最適化に向けた一手法として RBM（Risk Based Maintenance）を基本フレームワークとしたコンクリート構造物の維持管理手法について設備の現状と共に報告する。

2. 設備の現状

電源開発(株)は北海道から九州に合計 59 箇所の水力発電所を保有している。それらの多くは'50 年代（17 箇所）および'60 年代（24 箇所）に運転が開始されている。

これまでも定期的な点検を実施しているが、コンクリート構造物の健全度を網羅的に把握するために、平成 18 年度から平成 20 年度の 3 ヶ年をかけ、目視を中心とする点検を実施した。主要設備の点検結果を図-1 に示す。ここで健全度の定義は表-1 のとおりである。

上述のとおり、設備の多くは完成後約 40 年以上を経過しているが、総じて主要発電設備には著しい健全度の低下は確認されず、健全度は S~B であった。もちろん、これまでの維持管理の成果であるが、その設置環境や劣化要因からもこれまでのコンクリート設備の健全度低下進行は緩慢であったといえよう。

3. RBM フレームワーク

維持管理手法の基本的フレームワークはプラント施設等の維持管理に適用されている RBM^{1,2)}を援用している。この手法はリスクを「破損の起こりやすさ（発生確率）」×「起きた場合の被害の大きさ（影響度）」で表現し、その大きさに基づいて補修要否判断や優先順位評価を実施しようとするものである。

図-2 に RBM の概念を示す。図-2 では健全度（発生確率）および影響度をそれぞれ 3 段階で表現し、その組み合わせからⅠ~Ⅲのリスクレベルを決定している。リスクレベルは保全方式の選定、対策の要否判断ならびに優先度評価を実施する上での指標となる。

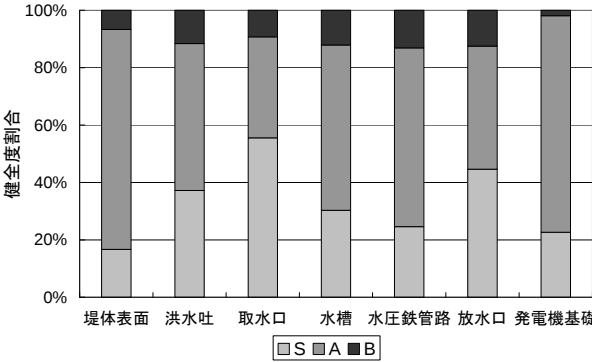


図-1 主要設備の健全度

表-1 健全度の定義

健全度	状態説明
S	損傷、変状なし
A	損傷、変状はあるが、軽微なもの
B	損傷、変状があり、性能低下がみられるもの
C	損傷、変状が著しく、性能限界となっているもの
D	損傷、変状が極めて著しく、要求性能を満足していないもの

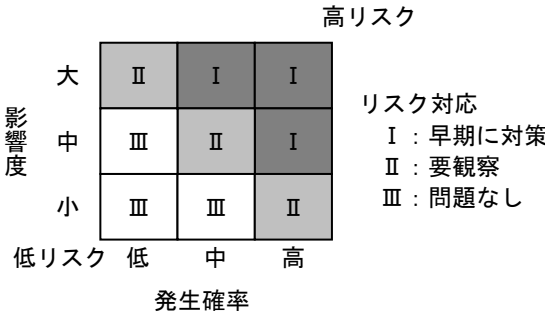


図-2 RBM フレームワーク

キーワード 水力発電, 維持管理, リスク, 劣化, RBM
連絡先 〒104-8165 東京都中央区銀座 6-15-1 電源開発(株) 水力エンジニアリング部 TEL 03-3546-3221

4. 健全度低下リスク評価

健全度低下リスク評価の構成を図-3に示す。影響度レベルは設備がなんらかの原因で要求性能を満足しなくなった場合を想定し、経済的影響および第三者影響の程度を半定量的に算定した上で、それらの組合せから数段階で順位付けする。ここで、経済的影響には事業機会損失や設備復旧費等が、第三者影響には第三者被害、社会経済活動および環境への影響がその評価対象に含まれる。なお、この影響度レベルは設備の重要度を表しており、設備保全水準を決定する指標でもあるため、ここでは設備保全レベル（ML：Maintenance Level）と呼称する。

一方の確率レベル（PL：Probability Level）は健全度とその低下進行度の組合せから設定する。確率レベルを設定するマトリクス例を表-2に示す。表-2における健全度の定義は表-1に示したとおりである。進行度は健全度低下に繋がる劣化の進行度を示しており、劣化進行が確認される時間間隔で表現される。

設備の損壊シナリオとしてその要因毎に様々なものが考えられるが、大別すると①経年劣化によって徐々に健全度が低下し損壊につながるもの、②健全度によらず自然災害のように突発的な損壊につながるもの、③それら2つが組み合わさったものの3通りが考えられる。②では例えば護岸擁壁のように、壁体自体の健全度に係らず、基礎洗掘等で突発的に損壊するようなシナリオとなろう。そうした構造物では、構造物の健全度とその低下進行度のみでは損壊確率の高まりを表現できないため、ここでは劣化以外の健全度低下要因を進行度で評価することによって損壊確率の高まりを考慮することとしている。

健全度低下リスクレベルマトリクス例を表-3に示す。このマトリクスによって各設備の健全度低下リスクを評価し、そのリスクレベルによって基本的な対策方針を表-4に基づいて決定する。

健全度低下によるリスクを算定するためには健全度の将来予測が必須であるが、履歴情報が蓄積されていない場合も多く、予測モデルの開発も含めて今後の精度向上を図る必要があると考えられる。したがって、ここで報告する手法は早期に実現可能なリスク評価手法として位置付けられ、今後の履歴情報蓄積と予測モデル開発の進展を見ながらも、より定量化された手法に向けた取り組みが必要であろう。

5. おわりに

本報では、水力発電設備のうちコンクリート構造物の健全度低下リスク評価とその結果に応じた対策を含めた維持管理手法について報告した。本手法の適用にあたっては、いくつかの課題が残されているが、管理レベルの差別化を図った水力発電設備の効果的、かつ効率的な維持管理のための意思決定を支援できるものと考えている。しかし、健全度の低下要因は様々で、それぞれに不確実性を伴うため、その限界に留意が必要であろう。まずは実施可能なことから着手し、課題の克服も含め、本手法の継続的改善を図っていく予定である。

【参考文献】

1) 木原重光；富士彰夫. リスク評価によるメンテナンス RBM/RBI 入門. 日本プラントメンテナンス協会, 2002.
2) 田勝哉；高橋潤；富士彰夫. RBM を用いたコンクリート診断手法の提案. 土木学会第 60 回年次学術講演会, 2005.

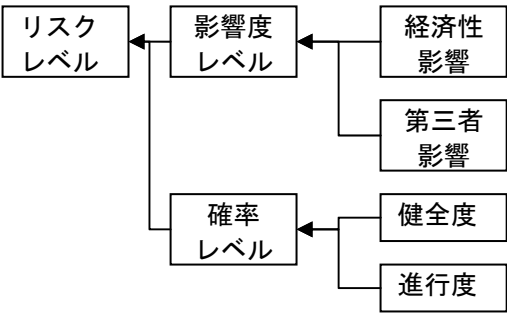


図-3 健全度低下リスク評価の構成

表-2 確率レベルマトリクス（例）

1年未満	PL-II	PL-II	PL-I	PL-I
1年	—	PL-III	PL-II	PL-I
1年超	—	PL-III	PL-III	PL-II
進行度 健全度	S	A	B	C

表-3 リスクレベルマトリクス（例）

ML-I	II	I	I
ML-II	III	II	I
ML-III	III	III	II
ML PL	PL-III	PL-II	PL-I

表-4 リスク対策（例）

リスク レベル	基本的な対策
I	早期に補修・補強等の対策実施
II	詳細調査による性能照査または補修・補強の検討と計画
III	通常管理