

土木機械設備の機能回復能力の定量的評価について(第2報)

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○上野仁士
国立研究開発法人 土木研究所 正会員 新田恭士
国立研究開発法人 土木研究所 吉田 潔

1. はじめに

河川・道路に導入されている各種の土木機械設備は、国民の生命、財産を守るうえで不可欠な社会インフラであり、必要時には確実な機能発揮が要求されている。これらのマネジメントは現在、限られた維持管理予算を有効に活用するため、設備構成部品が故障した際の設備稼働への影響や故障頻度を評価要素として、重要度の高いものを予防保全、低いものを事後保全と仕分けすることで効率的・効果的に行われている。

しかし、さらなる施設数の増大、老朽化の進行により、設備保全を万全に行えない事態に陥りつつある。また、万全な設備保全を行っても故障を完全に0にはできないことから、設備不稼働時からの早期機能回復が強く求められており、それに応じたマネジメント手法を検討する必要がある。

本研究は、土木機械設備のより確実な機能発揮を目指し、土木機械設備のさらなる効率的・効果的なマネジメント手法について検討・提案するものであり、その評価要素として、設備不稼働状態からの機能回復能力の定量的評価を試みた。

一昨年、研究途上ではあるが、その内容について概説した。今回はその後の進捗状況について発表する。

2. 機能回復難易度の定量的化手法

土木機械設備の機能回復能力の定量化は、FMEA（Failure Mode and Effects Analysis：故障モード影響解析）の手法をベースとしている。

まず、機器を構成する部品を列挙し、その部品個々に対して機能回復に影響する7つの評価項目と、各評価項目の2～4段階の評価基準(しきい値)を設定する。

そして、各評価項目を評価基準に基づき採点する。

その後、採点結果から機能回復指標を所定の算出法で算出する。機能回復指標の数値が高いものほど早期の機能回復が困難として評価する。

この一連の解析をFRDA（Function Recovery Difficulty Analysis：故障回復難易度解析）と命名した。

以上について、評価項目と評価基準例、機能回復指標算定式を表-1に示す。

表-1 FRDA概要

大項目	小項目	評価	4点	3点	2点	1点	合計点	機能回復指標算定のための点数配分の調整	
								元の合計点	機能回復指標算定点数
機能回復難易度	復旧までの所要時間	4段階	7ヶ月以上	4～7ヶ月	3～4ヶ月	3ヶ月未満	A:左記3項目の合計 3～8点	7～8点	→ 4点
	設備復旧者の違い	2段階			メーカー	点検業者		6点	→ 3点
	設備復旧場所	2段階			工場	現場		5点	→ 2点
機能補完性	予備品・二重化によるもの	4段階	なし	対応可(重)	対応可(軽)	二重化可能	B:左記2項目の計 2～7点	3～4点	→ 1点(注)
	近隣他機場等による機能補完	3段階		不可能	能力不足だが可能	可能		6～7点	→ 4点
								5点	→ 3点
修繕費用ランク		4段階	1000万円超	1000万円以下	100万円以下	30万円以下	C:1～4点	4点	→ 4点
								3点	→ 3点
								2点	→ 2点
故障検知難易度		4段階	分解が必要			目視で特定可能	D:1～4点	1点	→ 1点
			分解しても特定困難	メーカーが分解	点検業者で分解可能			4点	→ 4点
								3点	→ 3点

機能回復指標は「VA×B×C×D」で算出
(注)機能回復難易度Aは、「設備復旧者の違い」が操作員の場合は、他の点数に関わらず1点とする。

機能回復指標を算定

キーワード 土木機械設備、維持管理、信頼性評価

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6号 国立研究開発法人土木研究所先端技術チーム

TEL029-879-6757 E-Mail h-ueno@pwri.go.jp

3. FRDA の活用の提案

FRDA による機能回復能力の定量化は,様々な活用のある場があると考える. それらを具体的に検討した結果を概説する.

① 維持管理計画への反映・活用

機械設備の維持管理計画は,国土交通省「河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル(以下「マニュアル」と表記)に則り策定される. 構成機器を予防保全とするか事後保全とするかは,信頼性評価により「致命的機器」「非致命的機器」として仕分けすることで行われ,マニュアルにも例示されているが,この仕分けでも維持管理予算を超過し計画策定に苦慮している実例がある. そのような場合に,さらに機能回復の遅速を評価に加えることで,さらなる仕分けが可能となると考える.

② 予備品選定への活用

同じ構成部品でも,表-1に示した評価項目のうち,予備品の有無により「復旧までの所要時間」「修繕費用ランク」が異なる. そこで,予備品が有る場合と無い場合双方の機能回復指標を算定し,その差の大小により,予備品保有の効果(＝早期復旧が可能)を定量的に示すことができると考える(差が大きいものほど予備品保有効果が高い).

③ 新設時等の機器選定への活用

設備新設時の機器選定においては,評価要素の一つに「維持管理性」があるが,コストや設置スペースなどと異なり定性的評価となっている. これを定量化することにより,より具体的な評価が可能と考える.

そこで実際に,排水機場の原動機について,ディーゼルとガスタービンの2通りの評価シミュレーションを行った. また,FRDA は機器の構成部品毎に評価をするが,このシミュレーションの際に,構造が異なり部品点数に違いのある機器の比較をどのように行うかの検討が必要となった. 比較方法として「A 案:機能回復困難な部品数の比較」「B 案:機能回復指標の平均値の比較」「C 案:機能回復困難部品の割合の比較」の3案を発案・検討を行い,結果として現時点では C 案が有力と評価した. 検討内容を表-2に示す.

表-2 機器選定時の比較方法の検討内容

	A案	B案	C案
比較方法	機能回復困難な部品数の比較	機能回復指標の平均値の比較	機能回復困難部品の割合の比較
検討結果	設備の機能回復困難となる部品が多いことは、故障時の機能復旧のリスクがそれだけ高いということを表しているのだからわかりやすい。 しかし、「機能回復が容易」と評価された部品数が考慮されないで「機器総体としての機能回復の困難さ(容易さ)の評価」として、単純な個数の比較でよいかは検討の余地がある。	A案に比べ部品数の違いによる数値の影響は少ない。 しかし、回復容易となった機器と回復困難となった機器を混合して平均する事から、FRDAにより部品毎に評価した結果を、設備の代表値として評価することは適切ではないと考える。	設備の機器・部品のうち、何個の機器・部品が機能回復困難であるか算出する。機器・部品数の影響が少なく、違う設備でも比較可能であり同評価レベルとする事ができる。 設備に機能回復困難機器がどれぐらいの割合であるかにより、リスクを評価できる。
評価	△	×	○

4. あとがき

機能回復能力の定量化について,算定手法や活用手法など研究を進め,その結果を元に今年度末に,FRDA マニュアル素案を取りまとめたところである.

実際の活用の際には,「3 ③新設時等の機器選定への活用」で示したように,比較に際して検討を要する事項が生じる可能性もある. 今後は,実際の維持管理計画上的仕分けの実践等シミュレーションを引き続き行うとともにマニュアル素案の意見照会を行い,実用性の確認や評価の仕方等のリバイスを経た後,社会実装に向けて公開を行う方針である.