

OS0501 ジェットファンにおけるメンテナンス高度化のためのリスク指標の導出

○学 野村 直之 (群馬大) 正 岩崎 篤 (群馬大)
杉谷 恒也 ((株)電業社)

Risk index for sophistication of the maintenance planning of the jetfan

Naoyuki NOMURA (Gunma Univ), Atsushi IWASAKI (Gunma Univ),
Tuneya SUGIYA (DMW CORPORATION)

Key words : , Structural Reliability, Damage evaluation , Risk assessment , Probability of failure

1. 緒言

現在、構造物の経年劣化が進み、それに伴う事故などの報告もなされている。これらの構造物を新たに建設するには多大なコストがかかるため、供用中の構造物のメンテナンスを行うことにより、可能な限り供用することが望まれる。

設備や機器の故障によるリスクを考慮したメンテナンスを行う手法として RBM(リスクベースメンテナンス)がある。この手法は構造物の各部位の故障の発生確率やその故障の影響(人的, 経済的)の確率評価に基づいて評価し、優先順位をつけることでメンテナンスを効率的に行えるようにするものである。RBMに関する国内での規格は策定中であり、実用例も少ない。現在では主に劣化、損傷のデータが豊富にある固定機器や配管などに RBM を適用しているが、損傷が偶発的に発生し、将来の劣化、損傷を推定することが困難となる回転機器には、RBM の適用が難しいとされている。

本研究では、トンネル換気用ジェットファンを対象として、実機での正常時の計測範囲から、その後の破損確率の評価について検討する。合わせて影響度の仮定を行い、モニタリングにおけるリスク評価モデルの検討を行う。

2. リスクについて

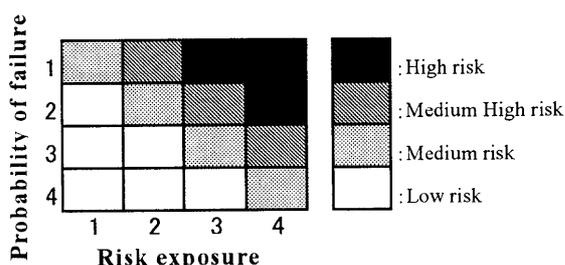


Fig.1 Risk matrix

リスクとは、機器が故障する可能性および故障によって生じる被害の大きさを同時に表すパラメータであり、通常、対象となる機器の破損確率と被害により被る影響度の積により求められる。リスクの表現方法として Fig.1 に示すリスクマトリックスがある。縦軸に故障確率、横軸に影響度を取り、それぞれをランク分けすることで、リスクの大きさを分類する。分類されたリスクの大きさが許容範囲を超えている場合、そのリスクが許容範囲に入るように検査頻度や検査間隔などを定めるのがメンテナンス計画となる。また、現状で許容範囲にある部位に実施されている検査をな

くしても、リスクが変わらずに許容範囲にあるならば、その検査は省略できることを意味する。さらに、検査の省略により検査コストの削減もできる。機器によって最適なメンテナンス計画を立て、機器全体のリスクが一定値以下になれば、安全で効率的な運転が可能となる。

3. 対象機器及び解析条件

3.1 対象機器

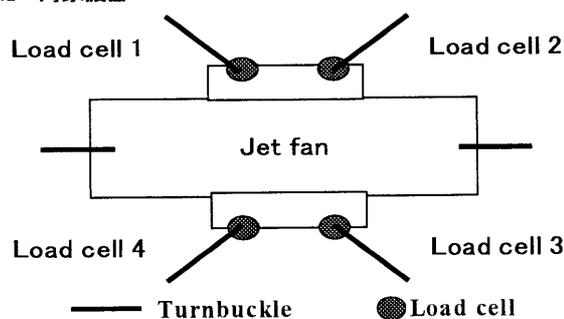


Fig.2 Arrangement of Load cells

本研究の適用対象であるジェットファンは、前後 2 本、中央 4 本のターンバックルで支持されている。前後 2 本のターンバックルは大きな振動を防ぐために取り付けられており、ジェットファンの重量は主に中央 4 本のターンバックルで支持されている。ターンバックルの負荷状態を測定するために、各ターンバックルとジェットファン本体の接合部にロードセルが取り付けられている。Fig.2 にロードセルの配置図を示す。本研究では、場所の異なる 2 ヶ所のトンネル A, B で計測されたデータを解析し、比較する。トンネル A において、サンプリング周波数は 500[Hz]で、1 回の計測で 8192 点取得する。また、トンネル B において、サンプリング周波数は 666[Hz]で、1 回の計測で 9000 点取得する。計測は 4 つのロードセルで同時に行う。なお、ジェットファンのメンテナンスは、年に 1 回目視による検査が行われており、数年に 1 回分解整備が行われている。

3.2 解析条件 ジェットファンの主な損傷として、支持部材ターンバックルの緩みが挙げられる。そこで本研究では、ターンバックルの緩みが発生する確率を故障評価確率として定義する。ジェットファンは動的荷重を受け、正常状態であってもばらつきが大きくなるため、数カ月分の計測データを正常と仮定し、その分布の両側 1%をしきい値として、

しきい値を超えた割合を故障評価確率とする。本研究では、6ヶ月間のデータを正常と仮定し、しきい値を求め、その後の6ヶ月間の故障確率評価を行う。また、異常が発生した際、つまり実際にターンバックルが緩んだ状態での故障確率評価も行う。

影響度は、トンネルの交通量とその交通量における大型車の割合を指標とする。Table.1に示すようにランク分けし、それぞれのポイントの合計で評価する。本研究では、トンネルAは交通量を大、大型車の割合を中とするので、ポイントは7である。また、トンネルBは交通量を中、大型車の割合を小とするので、ポイントは5である。

Table.1 Division ranking of risk exposure

ポイント	交通量および大型車の割合のランク
4	大
3	中
2	小
1	微

3.3 緩みを模擬したデータによる解析 実際にターンバックルを緩めた状態のデータから故障評価確率を求めることで、緩みの程度によって故障評価確率がどのように変化するかを検証する。緩み量は正常状態を0%とし、10%ずつ80%まで緩めたデータを用いる。本研究で用いるデータは、ロードセル1におけるターンバックルのみ緩めたものである。

4. 解析結果

Fig.4, 5にトンネルA, Bにおける各ロードセルの破損確率をそれぞれ示す。縦軸は故障確率、横軸は計測期間である。なお、故障確率は各月の平均値を累積したものをプロットしている。Fig.4より各ロードセルで故障確率にばらつきはあるものの、最大で約5%となっている。また、Fig.5ではどのロードセルもほぼ同様の故障確率となっており、最大で約7%となっている。これより、全体で100台のジェットファンが設置されていると仮定すると、年間でトンネルAは5台、トンネルBは7台ターンバックルに緩みが発生することを意味する。Fig.6に両トンネルのリスクマトリックスを示す。縦軸は故障確率、横軸は影響度であり、リスクの大きさの分類はFig.1と同様である。Fig.6より今回のモデルではどちらのトンネルもMedium riskと評価される。この大きさのリスクの場合、現状行っている検査を次回の定期検査で適切に行えばよいということの意味するので、年に1回行う目視検査は省略できないと考えられる。しかしながら、故障確率は計測に基づいた評価だが、影響度はあくまで仮定であり、今回のケースに関しては定性的にはトンネルAの方が多くの検査が必要であると言える。今回は6ヶ月間のデータを正常と仮定しているが、検査後は1年間のデータ全てを正常と仮定し、今後の評価を行うこととなる。この様に学習以降の期間により評価手法の信頼度は低下するため、今後、評価手法の信頼度が低下するモデルを考慮する必要がある。今回の手法によるリスク指標の導出はあまり精度が高いとは言えないが、メンテナンスに関するおおよその検討は可能であると考えられる。

Fig.7に実際に緩みが発生した際の故障確率を示す。縦軸は故障確率、横軸はターンバックルの緩み量である。ロードセル1のターンバックルのみ緩めているため、緩み量の増加に伴いロードセル1, 3

の負荷が減少し、ロードセル2, 4の負荷が増加する。そのため、ロードセル2, 4での破損確率が上昇している。今回の両トンネルの結果から、緩みが発生した場合、20%程度の緩みであることが分かる。

5. 結言

本研究では、長期計測データを用いてトンネルごとに故障評価確率を求め、影響度を仮定することでリスク指標の導出を行った。以下に結言を示す。

- (1) 学習以降の期間では評価手法の信頼度が低下するため、今後、評価手法の信頼度が低下するモデルを考慮する必要がある。
- (2) 本研究で用いたモデルでは精度が高いとは言えないが、年間の故障確率およびリスクの大きさの分類が可能であるため、メンテナンスに関するおおよその検討を行うことが可能であると言える。

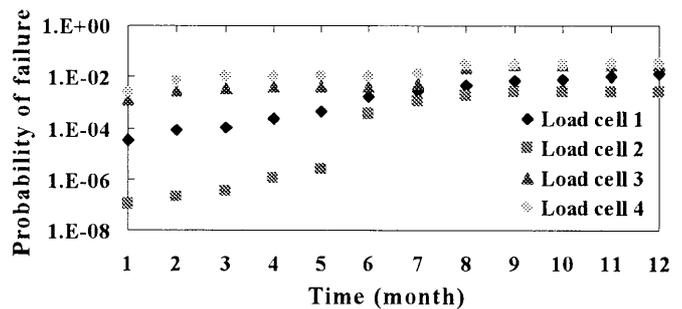


Fig.4 Probability of failure at tunnel A

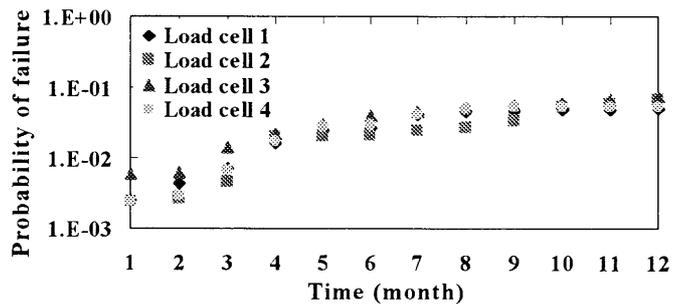


Fig.5 Probability of failure at tunnel B

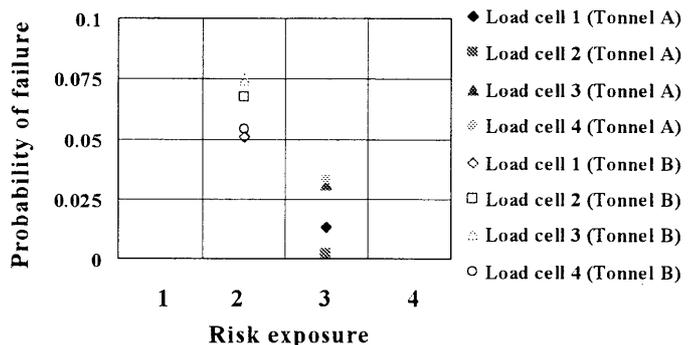


Fig.6 Risk matrix at tunnel A and B

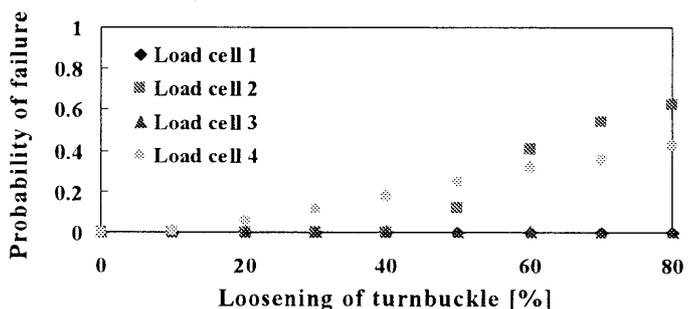


Fig.7 Probability of failure at each loosening