

第1部門 信頼性理論を用いた伸縮装置の寿命評価に関する一考察

大阪市立大学工学部 学生員○中村 智昭 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 北田 俊行
大阪市立大学大学院工学研究科 正員 山口 隆司 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 松村 政秀
阪神高速道路公団 正員 加賀山 泰一 大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 北橋 大

1. 研究の背景と目的 新道路技術5箇年計画¹⁾によると、「道路事業の効率性向上」を狙って、「高度経済成長時代に急速に建設された橋梁は、近い将来確実に老朽化が進行する」とされ、「次世代への道路資産の継承を目的とした舗装や橋梁の長寿命化とライフサイクルコストを最小化するための技術」の開発・推進の必要性が述べられている。ライフサイクルコストの最小化とは、新たに建設をする場合は、将来の維持・補修・補強費用をより少なく、かつ寿命をより長くするように構造形式を選定し、設計・施工を実施することである。一方、既設橋梁の場合は、現時点以降の残存寿命をできるだけ長くする。すなわち、合理的な維持・補修・補強を実施することである。しかし、現在ライフサイクルコストの試算条件である寿命の算定は、寿命評価の難しさや蓄積されている寿命データが十分でないと考えられていることなどから、設定を行う個人や機関の経験にもとづいて定性的に判断されることがほとんどである。しかしながら、これらの寿命を適切に評価することは、最適な維持管理を行う上で重要なことである。そこで、本研究では、橋梁構成部位の一つである伸縮装置の寿命を実際の補修データから信頼性理論を用いて定量的に算定することを目的とした。

2. 信頼性理論を用いた伸縮装置の寿命評価

2.1 対象 伸縮装置は、車両通行に伴う車輪荷重の繰返しを受け、非常に過酷な条件下にさらされている。加えて、近年交通量が増加し、かつ車軸重量が大きくなったことから、橋梁構成部位の中でも特に損傷が激しく、そのライフサイクルは比較的短い。また、設置箇所数も多く、その維持管理データの蓄積は比較的進んでいると考えられる。さらに、図-1に示すように、ライフサイクルの比較的短い伸縮装置や舗装、

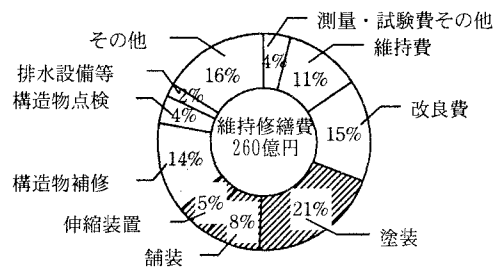


図-1 維持管理費の内訳²⁾

塗装などの維持修繕費に占める割合は大きい。本研究では、阪神高速道路15号堺線の1969年(供用当初)から1997年にかけての伸縮装置の実際の補修データを使用した。その一例を表-1に示す。これを表-2に示す伸縮装置型式別に整理し、それぞれに信頼性理論を用いて寿命評価を行った。ただし、埋設ジョイント型式に関しては、データ数が少なく、統計的な評価を行うことは困難であるため対象には入れなかった。また、写真-1から写真-3には、寿命評価を行った伸縮装置の各型式の写真と構造図を示す。

表-1 本研究で使ったデータの一例

管理番号	補修年月	工事区分	補修内容	型式区分	補修間隔
P-A	1970年3月	建設工事		突合せ後付け	154
P-A	1983年1月	補修工事	打替補修	ゴムジョイント	61
P-A	1988年2月	補修工事	通常補修	ゴムジョイント	
P-B	1970年1月	建設工事		鋼製ジョイント	216
P-B	1988年1月	補修工事	伸縮継手止水工	鋼製ジョイント	110
P-B	1997年3月	補修工事	ノージョイント化	ノージョイント	

表-2 代表的な伸縮装置の種類³⁾

分類	型式	構造概要	適用伸縮量
突合せ式	埋設ジョイント型式	変位をアスファルト舗装の変形で取らせる構造	1~30mm
	突合せ型式	床版遊間部にシールゴム等の目地材を取付ける構造	10~60mm
荷重支持式	ゴムジョイント型式	ゴム材と鋼材を組合せて、輪荷重を床版遊間で支持する構造	10~100mm
	鋼製ジョイント型式	フェースプレートまたはフィンガープレートを使用した鋼製構造	~200mm
	特殊ジョイント型式	その他の支持式構造	----

Tomoaki NAKAMURA, Toshiyuki KITADA, Takashi YAMAGUCHI, Masahide MATUMURA, Yasukazu KAGAYAMA, Dai KITADATE

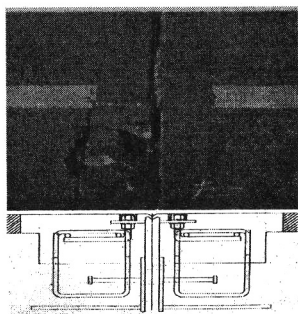


写真-1 突合せ型式

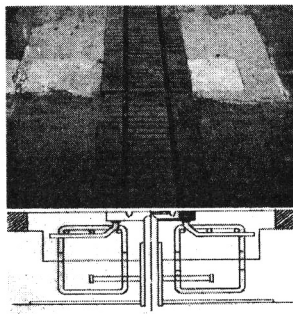


写真-2 ゴムジョイント型式

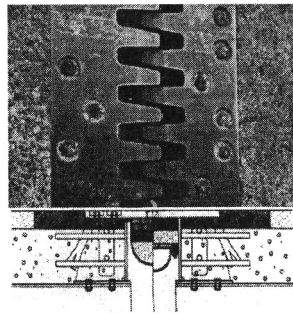


写真-3 鋼製ジョイント型式

2.2 評価方法 伸縮装置の損傷・劣化は、使用材料の剛度不足だけでなく繰返し載荷される車輪荷重の増加、あるいは、設計・施工・管理不良などのさまざまな不確実性を持つ要因が組み合わさって生じる。そのため、本研究では、このような不確実性を含むものに対し、確率的手法により定量的な評価を行うことのできる信頼性理論を用いることとした。まず、与えられた補修データを理論分布にあてはめ、最尤推定法により母集団の母数値を推定した。最尤推定法とは、サンプルが実現するときの同時確率を尤度と定義し、それに含まれるパラメータの値を変化させて、この尤度が最大になるときの値をパラメータの推定量とする方法である。そして、推定された母数値より以下の式で求められる平均値を伸縮装置の寿命とした。

・正規分布: $E(t) = \mu$ ・対数正規分布: $E(t) = \exp[\mu_{Le} + \sigma_{Le}^2 / 2]$ ・ワイブル分布: $E(t) = \eta \cdot \Gamma(1 + 1/m)$

ここに、 $E(t)$: 平均値, μ : 平均値 (正規分布), μ_{Le} : 平均値 (対数正規分布), σ_{Le} : 標準偏差 (対数正規分布), η : 尺度母数 (ワイブル分布), m : 形状母数 (ワイブル分布), Γ : ガンマ関数 である。

2.3 結果 図-2 には、実際の補修箇所数の度数分布と推定された確率密度関数とを比較した例を示す。図-3 には、伸縮装置型式別に正規分布、対数正規分布、およびワイブル分布をあてはめた場合の平均値の値を示す。この図から、いずれの分布形をあてはめた結果も、平均値を比較するとほぼ同じ値となることが分かる。また、突合せ型式で約 7 年、ゴムジョイントで約 8 年、鋼製ジョイント排水型式で約 17 年、非排水型式で約 5 年という寿命が算定された。

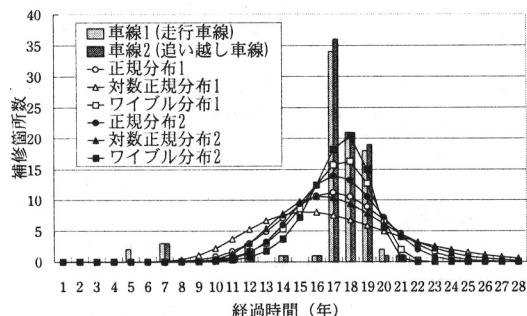


図-2 鋼製ジョイント排水型式の寿命分布図

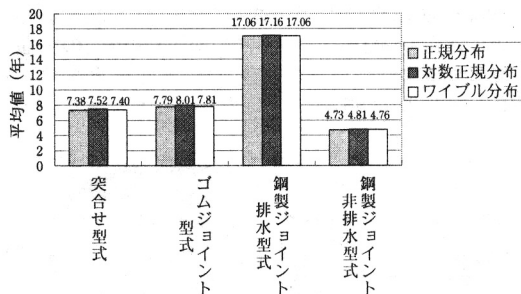


図-3 伸縮装置型式別の平均値(年)

3. まとめ 本研究により、これまで経験にもとづいて定性的に設定されてきた伸縮装置の寿命を、型式別に蓄積された補修データから信頼性理論を用いて定量的に算定することができた。このことは、橋梁構成部位の中でも比較的ライフサイクルの短いものに関しては、現在蓄積されているデータだけでも寿命を定量的に算定することが可能であることを示している。今後、それらの寿命を設定し、ライフサイクルコストの試算条件を整えるとともに、統一的手法による橋梁の損傷・補修データの収集・蓄積を進めることが重要である。

参考文献

- 建設省道路局・土木研究所：新道路技術 5 箇年計画，1998 年 11 月。
- 北田俊行・関 惟忠・松倉孝夫・西岡敬治・岩崎一好・矢野幸子：都市高速道路網における鋼橋の耐用年数とトータルコストに関する一試算，構造工学論文集，Vol.41A, pp897-906, 1995 年 3 月。
- 日本橋梁建設協会：鋼橋伸縮装置設計の手引き，1995 年 7 月。