

点検結果および資産情報を活用した 鋼製伸縮装置の損傷傾向の分析

塚本 成昭¹・山下 欣也²・坂本 宏³

¹ 法人正会員 阪神高速技術株式会社 保全技術研修室（〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1）
E-mail: shigeaki-tsukamoto@hex-eng.co.jp

¹ 法人正会員 阪神高速技術株式会社 保全技術研修室（〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1）
E-mail: kinya-yamashita@hex-eng.co.jp

³ 法人正会員 阪神高速技術株式会社 品質安全管理部品質管理課（〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1）
E-mail: hirosaki-sakamoto@hex-eng.co.jp

阪神高速道路では近年、湾岸線を中心に、鋼製伸縮装置の疲労損傷が増加している。これらの損傷の大部分は、爪部の破断、取付ボルトの破断に分類される。膨大な資産数である鋼製伸縮装置を維持管理するためには、合理性かつ効率性が求められる。従来、伸縮装置の点検は路上点検において走行しながらの目視点検や異常音・車上感覚により、損傷を早期発見する事後保全的な点検に依存している。一方、予防保全的維持管理を実現するには、叩き検査や非破壊検査により損傷を未然に検知する定期的な点検が必要であるが、膨大な数量の鋼製伸縮装置から合理的に検査対象の選定が大きな課題である。そこで、本検討では、資産データおよび過去の損傷データから発生傾向を分析し、今後の鋼製伸縮装置の合理的な検査対象および優先度設定を検討した。

キーワード：鋼製伸縮装置、フィンガージョイント、破断、疲労、傾向分析

1. はじめに

阪神高速道路は阪神間の物流の大動脈として258.1km（2021年4月時点）のネットワークを有している。このネットワークの約8割が橋梁である特性上、20,534レーン（平成24年時点）という膨大な伸縮装置を有している。この内、鋼製伸縮装置は7,161レーン（1,920橋脚）を有する。阪神高速道路の鋼製伸縮装置は、フェースプレートのみでの取替が可能となるように、本体とフェースプレートがボルト接合されている特徴がある。近年、湾岸線を中心に、鋼製伸縮装置の疲労損傷が増加している。

このような鋼製伸縮装置の部材の破断は、一般通行車両の安全性や通行性に大きく影響するため、適切な維持管理が必要である。これには破断原因やメカニズムの解明に加え、膨大な資産数である鋼製伸縮装置を維持管理するための合理性かつ効率性が求められる。鋼製伸縮装置の部材の破断を未然に検知する点検の課題として、膨大な数量の鋼製伸縮装置から合理的に点検の優先順位を設定する必要がある。そこで、阪神高速道路が有する点

検結果および資産情報等のデータベース（以下、保全情報システム）に保存されている過去の爪部の破断およびボルトの損傷事例から発生傾向を分析し、今後の鋼製伸縮装置の点検における優先順位を検討した。

2. 鋼製伸縮装置の損傷について

鋼製伸縮装置の疲労損傷の大部分は、①比較的大きな鋼製伸縮装置の爪部の破断、②鋼製伸縮装置の取付ボルトの破断に分類される。

a) 鋼製伸縮装置爪部の破断

近年、図-1に示すような鋼製伸縮装置の爪の破断事例が増加している。これまでの検討から、次に示す順序で爪部が破断に至ることが解明されている¹⁾。

- ① 下面の腐食凹凸を起点としてき裂が発生。
- ② 下面のき裂が路面側に進展。
- ③ 有効断面が減少し、上面からき裂が発生し破断。

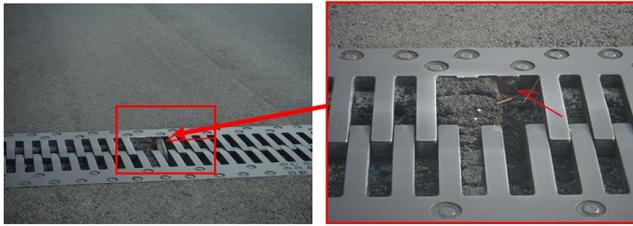


図-1 鋼製伸縮装置の爪部の破断例

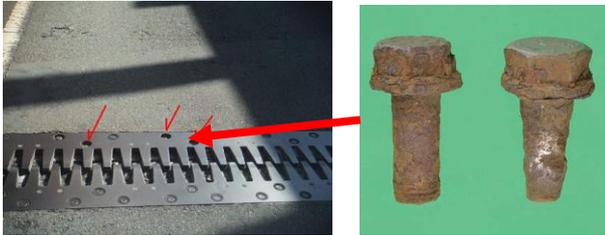


図-2 鋼製伸縮装置取付ボルトの破断例

上記②については、下面からき裂が進展する力学的メカニズムは完全に解明されておらず、今後の課題である。

b) 鋼製伸縮装置取付ボルトの破断

図-2に示すような鋼製伸縮装置のフェイスプレートを固定する取付ボルトが破断する事例が発生している。この損傷は、フェイスプレートと鋼製伸縮装置本体との間に隙間が生じ、車両通行に伴い異常音を伴うことが多く、路上点検や路下点検の際に発見される場合が多い。これまでの破断面の分析から、疲労破壊であることが示されているが、破断の根本的原因および力学的メカニズムは完全に解明されておらず、今後の課題である。

3. 損傷発生傾向の分析手順

膨大な数量の鋼製伸縮装置の効率的な維持管理を行うには、合理的な点検の優先順位の設定が不可欠である。そこで、前章で述べた2種類の鋼製伸縮装置の損傷発生傾向から点検の優先順位の設定を検討した。ここでは、鋼製伸縮装置全資産と損傷発生箇所それぞれの分布傾向を比較することで、損傷傾向を分析した。損傷発生傾向の分析手順を図-3に示す。

4. 損傷発生傾向の分析結果

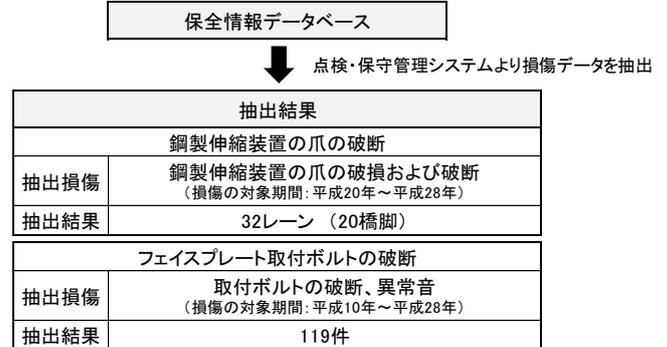
(1) 鋼製伸縮装置の爪の破断

阪神高速道路では平成20年以降、H29.3末時点で鋼製伸縮装置の爪の破断事例が32レーン（20橋脚）、59本の爪の破断が発生している。このうち20橋脚中8橋脚において、同一橋脚で複数の破断が発生している。このこと

手順 1



手順 2



手順 3



図-3 損傷発生傾向の分析手順

から、一度爪が破断すると同一橋脚上の別レーンに同様の損傷が発生する可能性が高いことを示している。

次に、鋼製伸縮装置の全資産1,920橋脚中、破断事例がないランプを除く1,407橋脚を基準にして、保全情報システムに登録されている、設計伸縮量+平均遊間量に着目し、損傷発生傾向を分析した。

鋼製伸縮装置の爪の長さはデータベースに登録されていないため、爪の長さとの相対的に密接な関係にある設計伸縮量+平均遊間量の分布および損傷の発生下限値を図-4に示す。この結果、損傷が発生する設計伸縮量+平均遊間量の下限値は280mmであり、規模の小さい鋼製伸縮装置は損傷しないことが明らかになった。

次に、設計伸縮量+平均遊間量毎の破断数量を表-1に示す。先に述べたように、一度爪が破断すると同一橋脚上の別レーンに同様の損傷が発生する可能性が高いことを考慮して、ここでは橋脚単位の伸縮装置の資産数に占

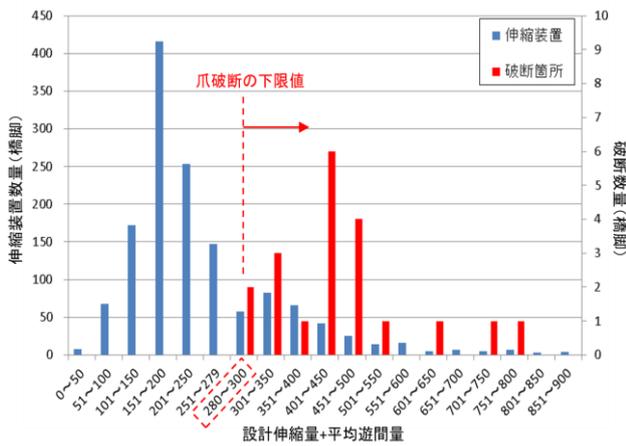


図-4 設計伸縮量+平均遊間量の分布および下限値

表-1 設計伸縮量+平均遊間量毎の破断状況

	合計	設計伸縮量+平均遊間量		
		401以上	301~400	280~300
資産数 (橋脚)	1,407	89	129	57
破断数 (橋脚)	20	14	4	2
破断率	1.4%	15.7%	3.1%	3.5%

める橋脚単位の破断伸縮装置数の割合を破断率とした。その結果、全鋼製伸縮装置における破断率は1.4%である一方、損傷が発生する280mm以上の設計伸縮量+平均遊間量における破断率は高い傾向を示し、特に設計伸縮量+平均遊間量が401mm以上の鋼製伸縮装置における破断率が15.7%と他と比較して非常に高い傾向であることが明らかになった。

(2) フェイスプレート取付ボルトの破断

保全情報システムより、平成10年以降の鋼製伸縮装置の損傷データから、取付ボルトの損傷(破断・抜け)およびそれらに起因した鋼製伸縮装置の異常音、合計119件を抽出した。この119件の損傷した鋼製伸縮装置装置と、全鋼製伸縮装置の路線、床版種別、竣工年、伸縮装置延長、設計伸縮量、平均遊間量、設計伸縮量+平均遊間量、それぞれの項目について資産および損傷の分布状況を比較することで、損傷の発生傾向を分析した。これらの項目は、鋼製伸縮装置の破断要因である「疲労」に影響をおよぼす荷重、通行量、供用年数、発生応力に密接に関連する項目である。

これらの比較結果を図-5~図-11に示す。ここでは、全鋼製伸縮装置に対する各項目の率を「資産率」、119件の損傷した鋼製伸縮装置に対する各項目の率を「損傷率」を定義している。

これらの結果から、いずれの項目においても損傷率に顕著な傾向が見られず、資産率と損傷率の分布傾向に有

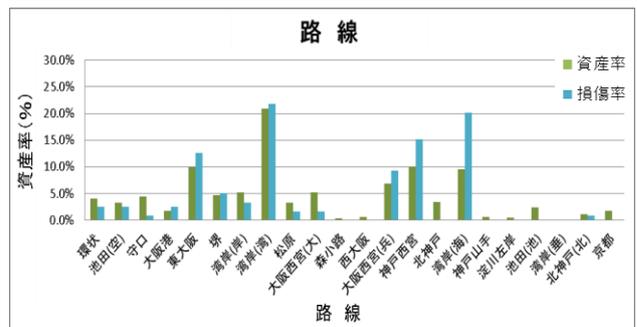


図-5 比較結果(路線)

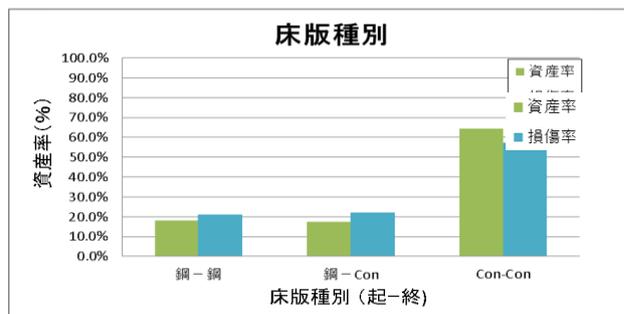


図-6 比較結果(床版種別)

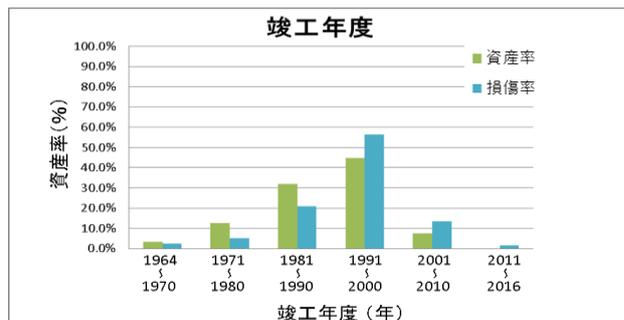


図-7 比較結果(竣工年度)

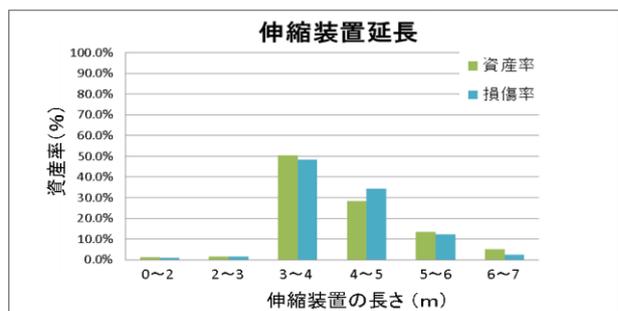


図-8 比較結果(伸縮装置延長)

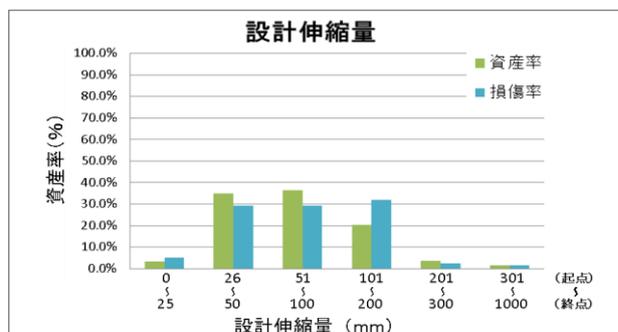


図-9 比較結果(設計伸縮量)

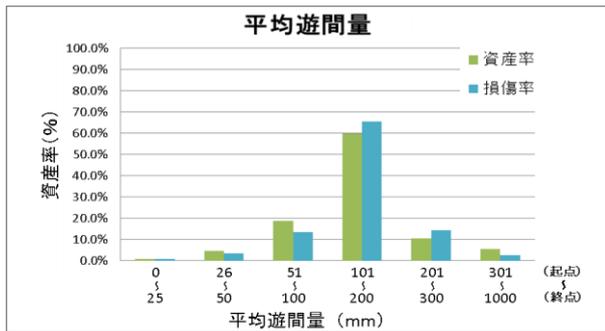


図-10 比較結果 (平均遊間量)

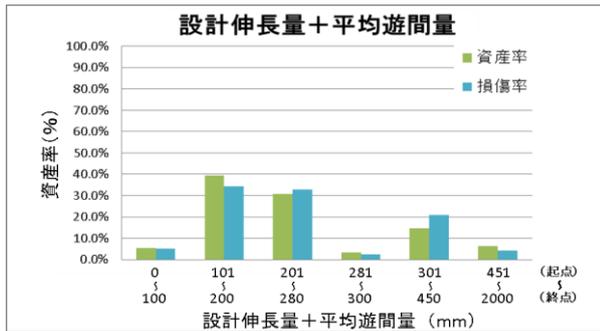


図-11 比較結果 (設計伸縮量+平均遊間量)

意差は認められない。このことから、損傷発生箇所に顕著な傾向がなく、全ての伸縮装置に対し平均的に発生していると考えられる。

5. 分析結果のまとめ

ここまで述べた損傷発生傾向の分析結果を以下にまとめる。

(1) 鋼製伸縮装置の爪の破断

- ① 鋼製伸縮装置における設計伸縮量+平均遊間量が280mmを下限值として、280mm以上で損傷が発生している。
- ② 橋脚単位に着目した場合、設計伸縮量+平均遊間量が401mm以上の鋼製伸縮装置は、高い損傷発生傾向を示した。
- ③ 爪が破断すると、同一橋脚上の別レーンにも発生する可能性が高い。

(2) フェイスプレート取付ボルトの破断

- ① 損傷発生に顕著な傾向は認められない。
- ② 取付ボルトの破断要因である「疲労」に影響を

およぼす荷重、通行量、供用年数、発生応力に密接に関連する項目であるいずれの項目と比較しても発生傾向に特徴がなく、平均的に発生している。

6. 鋼製伸縮装置の点検の優先順位の設定

損傷発生傾向の分析の結果、爪の破断に対して、設計伸縮量+平均遊間量が401mm以上の鋼製伸縮装置を第1優先とし、次に表-1に示した301mm以上400mm未満、280mm以上300mm未満をそれぞれ第2優先、第3優先と設定することができた。

取付ボルトの破断に対しては、平均的に発生していることを考慮して、爪の破断に対する点検の際に同時に行うことでサンプル検査とした。

このような分析から得られた結果から鋼製伸縮装置の点検を実施中である。

7. 最後に

保全情報データベースに登録されている鋼製伸縮装置の資産データおよび点検結果を分析することで、損傷の発生傾向を把握でき、膨大な資産に対する合理的かつ効率的な維持管理のための点検の優先順位を示すことができた。このことは他の損傷に対しても同様に点検結果や資産情報を活用することで、合理的な点検の優先順位設定ができ、効率的な維持管理に大きく寄与できるものと考えられる。

また、保全情報データベースに登録されていない情報を収集、整理し、さらにはデータマイニング的手法²⁾などを活用し分析することにより、フェイスプレート取付ボルトの破断のような発生傾向が掴めなかった損傷についても、損傷の発生傾向を得られる可能性がある。

参考文献

- 1) 勝島龍郎, 塚本成昭, 杉岡弘一, 尾幡佳徳, 岡本亮二: 破面分析による鋼製伸縮継手の破断原因の推定, 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集, I-394, 2015.9.
- 2) 例えば, 江本久雄, 八木英樹, 塚本成昭, 宮本文徳: 矛盾データを有する橋梁点検データからのラフ集合によるルール抽出方法, 知能と情報, 24(6), pp.1154-pp.1164, 2012.12.