

AI を活用した高速道路伸縮装置の損傷診断に関する研究

(株) 建設技術研究所 正会員 ○法橋 広歩
(株) 建設技術研究所 正会員 中田 隆史
阪神高速技術 (株) 非会員 宮下 智陽

1. はじめに

我が国の道路構造物の多くは高度経済成長期に集中的に整備されており、老朽化が急速に進行している。一方で、近年の急速な少子高齢化に伴い、道路構造物のメンテナンスを行う技術者が減少しており、大きな社会問題¹⁾となっている。その解決策として、AI(人工知能)などの最新 ICT 技術を活用し、メンテナンスを効率化することが重要と考える。

本研究では、AI 技術の一種である深層学習による物体検知技術を活用し、阪神高速道路における伸縮装置の損傷診断モデルを提案する。それにより、道路メンテナンスにおける点検業務²⁾の効率化への AI 技術活用の有効性を検証した。

2. AI による伸縮装置の損傷診断モデル

(1) 診断対象の伸縮装置と損傷種別

対象の伸縮装置として、表面がゴムで覆われている「ゴム製伸縮装置」(図-1)に着目する。さらに、本装置で発生する「ゴム浮き」、「ゴム亀裂」、「鋼板露出」(図-2)の3種類の損傷を診断する。



図-1 ゴム製伸縮装置

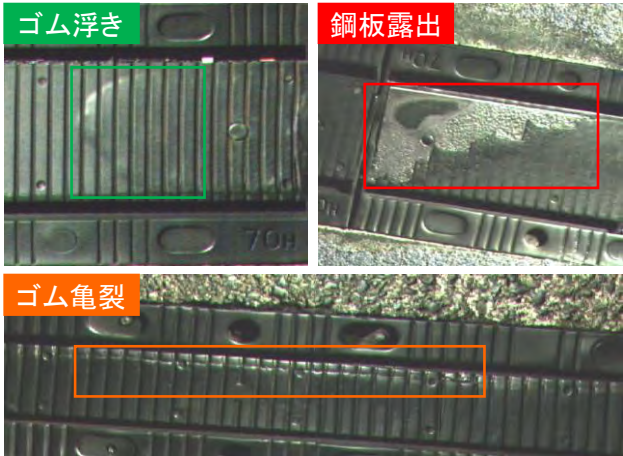


図-2 解析対象の伸縮装置損傷例

(2) AI による損傷診断モデル

深層学習モデルの一種であり、リアルタイムに高精度な物体検知が可能な「YOLOv5」³⁾をベースとした診断モデルを開発した。モデルにより損傷箇所を枠で囲い、検知確率を表示することで、点検業務における損傷把握の一次スクリーニングに活用する。

(3) 教師データ

阪神高速道路におけるゴム製伸縮装置の点検結果から、損傷画像を収集した。路面上の損傷は重大事故の引き金にもなるため、道路管理者は日々点検・修繕を実施している。そのため、実際に損傷が発生している点検画像は少ない。そこで、教師データ不足を補うため、各画像に対して、回転・反転・ズームなどのデータ拡張処理を実施した。その結果を反映した各損傷のデータ数を表-1 に示す。

表-1 教師データ数

	オリジナルデータ数	データ拡張後データ数
ゴム浮き	51	561
ゴム亀裂	45	495
鋼板露出	44	484

3. モデルの精度検証

(1) 検証方法

阪神高速 11 号池田線における伸縮装置の点検画像 558 枚を対象に、モデルの精度検証を実施した。点検画像内の各損傷数は、ゴム浮きが 366、ゴム亀裂が 167、鋼板露出が 16 箇所である。また、モデルの精度評価指標として、表-2 に示す適合率および再現率を使用する。

表-2 精度評価指標

評価指標	最適値	算出式
適合率	1.0	$\frac{\text{AIによる検知数(正解のみ)}}{\text{AIによる検知数(正解・不正解両方含む)}}$
再現率	1.0	$\frac{\text{AIによる検知数(正解のみ)}}{\text{実際の損傷数(目視による計測)}}$

(2) 検証結果

各損傷に対する精度検証結果を表-3、モデルによる損傷診断結果の一例を図-3 に示す。全損傷種別で再現率は比較的高い値であり、損傷の未検知が少ない結果となった。最も低い「ゴム亀裂」で 0.819、最も高い「ゴム浮き」で 0.946 である。一方で、適合率が全体的に低く、特にゴム亀裂では 0.347 と誤検知が多発した。

これは、点検業務の一次スクリーニングでの本モデルの活用を前提としており、可能な限り未検知を減らし再現率を高くする必要があったためである。

表-3 精度検証結果

解析項目	適合率	再現率	検知閾値
ゴム浮き	0.552	0.946	0.10
ゴム亀裂	0.347	0.819	0.05
鋼板露出	0.700	0.875	0.30

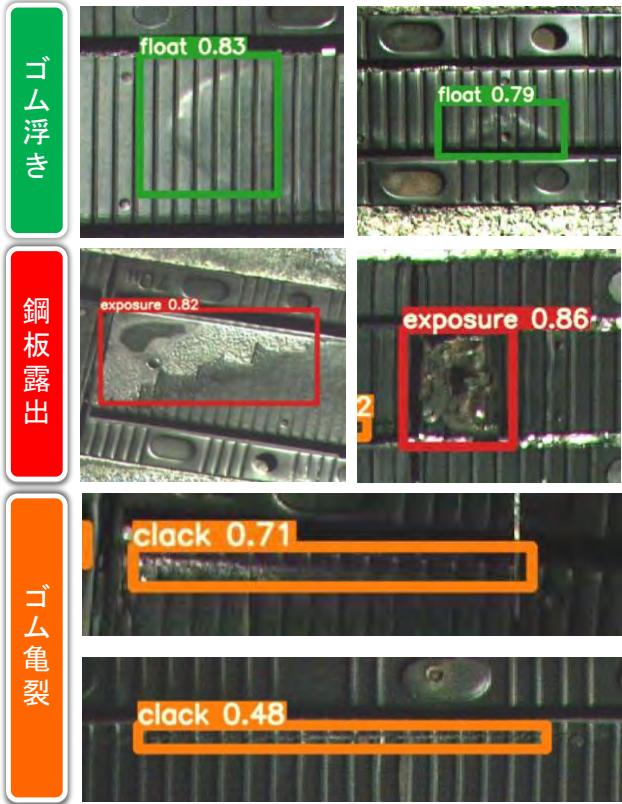


図-3 解析結果画像例

4. モデルの評価

現状の点検業務では重大損傷の早期修繕を実現するため、収集後の数千枚の点検画像に対して、目視チェックを実施している。その結果、一次点検に数週間の時間を要している。本研究で開発したモデルは、再現率が高く解析時間も 0.29 秒/枚と高速なため、目視チェックを効率化するための一次スクリーニングに有効活用でき

ると考える。

一方で、伸縮装置の損傷は多種多様な形状が存在するため、現状では教師データが不足しており、学習していない形状の損傷が発生した場合のモデルの信頼性について懸念が残る。今後は、下記のような対策を実施することで、モデルの更なる改良を実施予定である。

- 1) 図-4 に示すように、損傷診断の前に伸縮装置を種別ごとに仕分けることで誤検知を抑制
- 2) ゴム製伸縮装置以外（フィンガージョイント、埋設ジョイント、簡易鋼製ジョイントなど）の損傷に対する診断機能の開発、実装
- 3) 生成系 AI の活用による教師データの拡張、モデルの汎用性向上検討

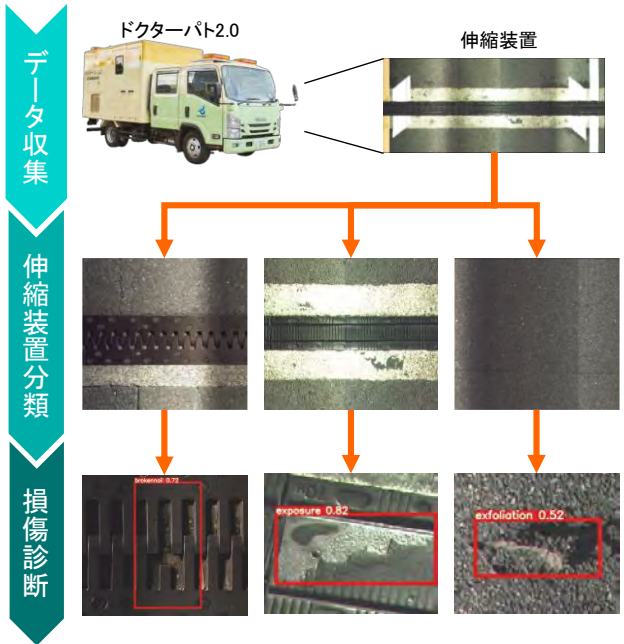


図-4 将来的な損傷診断システムのフロー

5. おわりに

本研究では、阪神高速道路における伸縮装置の損傷診断モデルを開発し、道路管理者によるメンテナンス作業の効率化に貢献できる可能性を示した。

今後は、上記のモデルの改良と並行し、モデルを実装した現場作業システムの開発、並びに実用性検証を実施し、モデルの実運用化を目指したい。

参考文献

1) 国土交通省：国土交通白書，2023。
2) 阪神高速道路株式会社，阪神高速技術株式会社：道路構造物の点検要領，2018。
3) Ultralytics：Yolov5，<<http://github.com/ultralytics/yolov5>>（入手 2021.4.8）。