

畳み込みニューラルネットワークを用いた鋼アーチ橋模型の損傷検知

Detection of steel arch bridge model using convolutional neural network



大阪公立大学大学院 都市系専攻 橋梁工学研究室 赤星花奈

鋼アーチ橋模型の損傷が動的応答に及ぼす影響を明らかにし、有効な周波数帯を用いて損傷検知を行う

BACKGROUND

背景 中小橋梁が吊材の腐食により落橋する事故が報告されました。今後、橋梁の老朽化が進む中で簡単な方法で、**損傷位置の特定**、**残存耐力**を推定する**スクリーニング手法**が必要となります。近年では加速度応答等を画像として畳み込みニューラルネットワーク（以下CNN）に学習させる方法の有効性が示されています。しかし、損傷を特定するための特徴量に関しては未知な場合が多いです。特徴量を明らかにし、必要なデータのみを計測することで、**検知精度の向上**や、**センサを削減**できる可能性があります。

目的 鋼アーチ橋模型の動的解析から、腐食損傷が最も影響を及ぼす**周波数帯**を特定し、CNNを用いて損傷の位置と程度を検知します。



Fig.1 Musota Arched Bridge

KEYWORDS

- Damage detection
- Dynamic analysis
- Vibration

RESULT

- 補剛桁の損傷は、**2次～4次モード**への影響が大きかったです。
- 吊材の損傷は、**1次～3次モード**への影響が大きかったです。これらのモードすべてで固有振動数が減少したことから、**吊材の剛性は鉛直モードへ大きく影響**していることがわかりました。
- 横桁の損傷では200Hzまでの周波数帯の変化が大きくなりました。固有振動数はすべてのモードで増加し、**横桁の剛性は鉛直モードへほとんど寄与しない**ことがわかりました。
- 2カ所損傷の場合、単数の損傷の特徴がどちらも表れました。

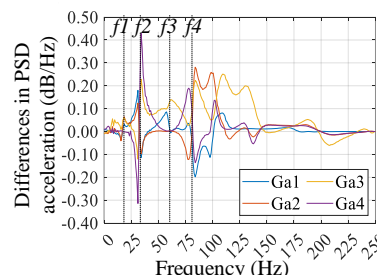


Fig.4 Differences between PSDs for intact and stiffening girder-damage cases

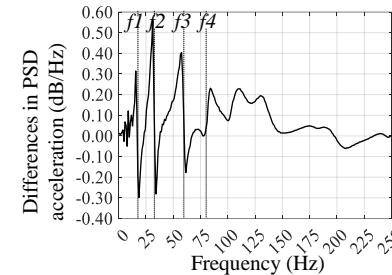


Fig.5 Differences between PSDs for intact and Ga3-Ha2 case

200Hz までの周波数帯の情報が重要!

METHOD

○畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を利用した鋼アーチ橋模型の損傷検知

- ① 鋼アーチ橋模型のFEモデル(Fig.2)を作成します。補剛桁、吊材、横桁の格点部の板厚を1カ所または2カ所減少させ、動的解析を実施します。
- ② 2つの抽出点から得た加速度応答をFDD法によって分解し、損傷の影響が大きい周波数範囲を特定します。
- ③ CNNを構築し(Fig.3)、特定した周波数範囲のPSDを画像として学習させます。

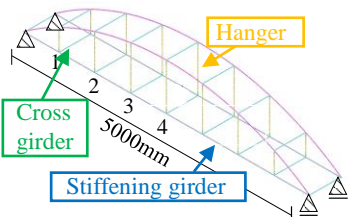


Fig.2 Steel arch bridge model

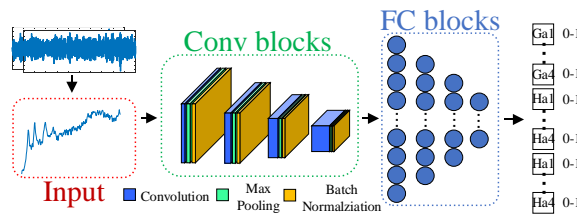


Fig.3 Architecture of the deep CNN

- Fig.6のように、板厚の減少が10%までの損傷の**位置を検知**することができました。また、損傷の程度の計測は、実際の損傷率の±2%程度での予測が可能であることがわかりました。
- また、**未知の3カ所の損傷**に対しても、損傷度の予測の可能性があることがわかりました。

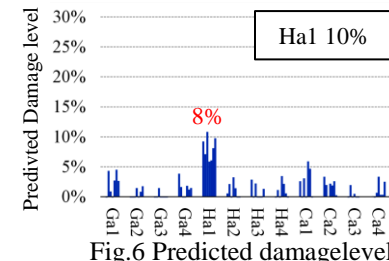


Fig.6 Predicted damage level

SUMMARY

- ✓ 鋼アーチ橋の補剛桁、吊材、横桁の損傷がPSDに与える影響は**200Hzまで**に大きく表れました。
- ✓ CNNを用いた鋼アーチ橋模型の損傷検知によって、**損傷率の±2%**で1カ所または2カ所の損傷を検知することができました。