

AE 法による供用下高速道路橋の鋼床版内在き裂検知

株式会社東芝

正会員

○渡部 一雄

非会員

碓井 隆

非会員

上田 祐樹

非会員

染田恵一郎

首都高速道路株式会社

正会員

平野 秀一

正会員

日名 誠太

一般社団法人首都高速道路技術センター

正会員

平山 繁幸

正会員

岩井 渉

1. はじめに

社会インフラの老朽化が進む中、インフラの予防保全に向けたインフラヘルスマonitoringが注目を集めている。我々は、橋梁の劣化を検知する手段として AE (Acoustic Emission) に着目し、AE センサを用いた構造物ヘルスマonitoringシステムの開発を進めている¹⁾。大型車交通量の多い鋼床版橋においてデッキ・U リブ溶接部の溶接ルートを起点とする疲労き裂が問題となっている²⁾。このき裂は内面から発生するため、鋼材を貫通して表面に現れない限り、近接目視が主体の定期点検では発見することは出来ない。き裂が表面に現れない状態(内在き裂)でセンサにより検知できれば大きな事故を未然に防ぐ効果が期待できるほか、補修コストの抑制も期待できる。本稿では、鋼床版箱桁橋を対象に、一般交通下で AE 計測を実施し、計測結果から推定された内在損傷箇所を切削調査により確認した結果を報告する。

2. AE 計測概要

AE 計測は、首都高速道路管内の 3 径間連続鋼床版箱桁橋(橋長 391.5m, 最大支間長 130m, 図 1)の第一径間を対象に実施した。図 2 に計測対象径間平面図と計測対象範囲を示す。計測対象は、定期点検結果を基にき裂数の多い区間を選定した。計測では大型車の輪直下付近の U リブ 1 本を対象として、橋軸方向に 15m 程度の範囲に AE センサーを設置した。図 3 に示すように、150kHz 共振型の AE センサ (Vallen 社製 VS150-RIC) を、計測対象範囲のデッキプレート下面および U リブ側面に計 22ch 設置した。デッキプレート下面のセンサはデッキ進展き裂の検知を、U リブ側面に設置したセンサはビード進展き裂の検知を目的としている。計測には図 4 に示すように AE 評価装置 (Vallen 社製 AMSY-6) を用いたシステムを使用した。計測期間は、2019 年 12 月 16 日(月) 16:31~翌日 4:31 の約 12 時間とし、交通規制の無い供用下での交通荷重に伴う AE 計測を実施した。



図 1 計測対象橋梁

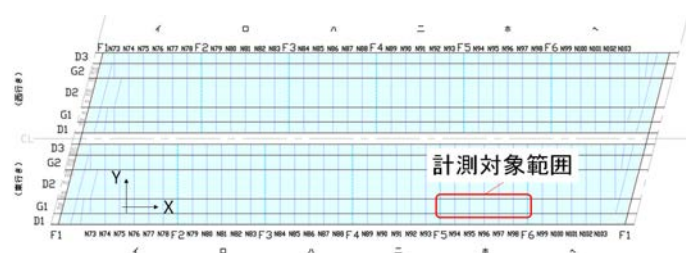


図 2 対象橋梁 径間平面図

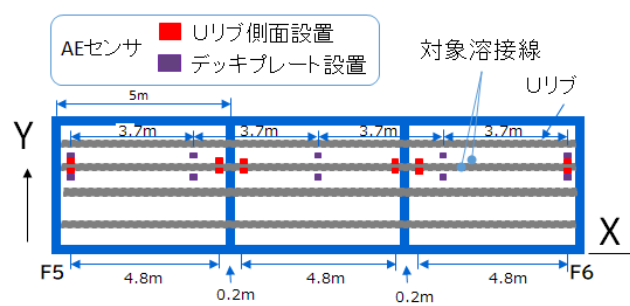


図 3 センサ配置



図 4 計測システム

キーワード 鋼床版, 疲労き裂, ビード進展, アコースティック・エミッション, センシング

連絡先

〒212-8582 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社 東芝 研究開発センター TEL 044-549-2331

3. AE 計測結果

前項に記載した計測期間中に、複数の AE センサが捉えた AE 波の到達時間差から AE 発生源位置を算定する位置標定を行なった。図 5 の断面図に示すように U リブ側面に設置したセンサ（以下、側面センサ）の解析では、U リブ底部の中央線（切開線）に沿って展開した仮想平面上で標定を行なうこととした。図 6 に側面センサに関して標定に用いたセンサグループを示す。F5 桁側から 4 つずつの側面センサでグループを形成し、A, B, C の 3 領域で標定を行なった。図 7 に側面センサを用いた AE 源位置標定結果を示す。図中の橙色の線は溶接線の位置を表す（図 6 参照）。図中のグリッドサイズは約 $\square 70\text{mm}$ であり、グリッド内に標定された AE イベントの数に応じて凡例の通りに表示色を変化させている。領域 A および領域 B には AE 源の集中は見られない。一方で、領域 C には AE 源が集中した箇所が確認できた。溶接線上においては X, Y, Z（それぞれ図 6 の x 軸における 13.6m, 14.2m, 14.4m の位置）の 3 つの集中箇所が抽出された。図 8 に集中箇所 X における代表的な AE 波形を示す。70kHz 付近から 250kHz 付近に掛けてピークを有する典型的なバースト状の AE 波形が得られている。

4. 切削調査

前項で抽出された 3 箇所の AE 源集中箇所について、U リブ溶接部の切削調査を行なった。調査の結果、集中部 X からはビード進展型の内在き裂が検出された。該当部の切削後の写真を図 9 に示す。溶接ルートからビード表面側に向かって 4mm 程度の高さまでき裂が進展していることが分かる（図中矢印参照）。橋軸方向の進展長さは 45mm であった。なお、集中部 Y からは微小な溶接欠陥（ブローホール）が検出された。一方、集中部 Z からは欠陥やき裂は検出されなかった。

5. まとめ

供用下の鋼床版箱桁橋において、交通荷重を用いた AE 計測を実施し、計測結果から推定された鋼床版内部損傷箇所を切削調査により確認した。その結果、1 箇所より溶接ルートを起点としたビード進展型の内在き裂の検出を確認した。供用中のノイズ環境下において得られた AE 計測データを適切に処理することにより、溶接部に内在する疲労き裂を検出できる可能性を示した。一方で、過検知や有意ではない欠陥の判断などにおいて更なる改善の余地がある。



図 5 側面配置センサの 2 次元への展開

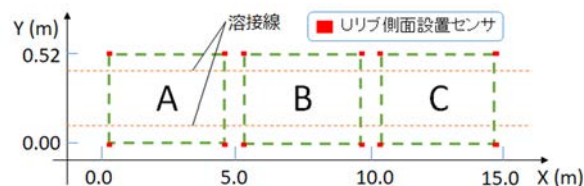


図 6 位置標定に用いたセンサグループ

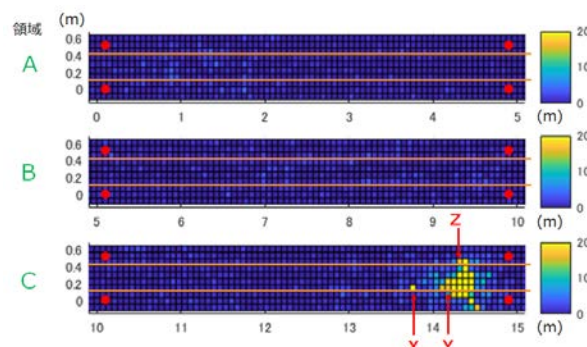


図 7 AE 源位置標定結果

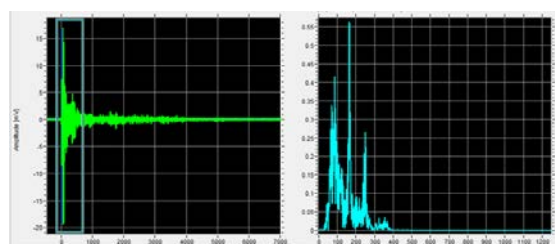


図 8 AE 源集中箇所 X における波形の例



図 9 切削調査結果（集中箇所 X）

参考文献

- 1) 渡部ら：小型無線 AE センサシステムによる道路橋床版のイベントドリブン型損傷評価計測，土木学会第 73 回年次学術講演会 (2018)，pp. 55-56
- 2) 八木ら：鋼床版トラフリブ溶接部の内在疲労き裂に対するフェーズドアレイ超音波探傷試験の適用，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) (2016)，Vol. 22, No. 3, pp. 393-406