

I-128

AE法による実橋の疲労き裂の検出に関する基礎実験

(社) 建設機械化研究所 正会員 谷 倉 泉
(社) 建設機械化研究所 正会員 竹之内博行
新日本製鉄(株) 正会員 武 野 優
日鉄テクノス(株) 岩 井 邦 夫

1. はじめに

近年、交通量の増大に伴い高速道路の橋梁には各種の疲労変状が見られるようになってきた。中でも、鋼板桁橋の対傾構が取り付けられている垂直補剛材と主桁の上フランジとのすみ肉溶接部には、各種の疲労き裂が発見されている。橋梁の維持管理上、そのような疲労き裂を的確に検出することは重要である。本研究は、鋼橋での疲労き裂検出に適用が考えられる各種非破壊検査の中からAE法をとり上げ、実橋の疲労き裂検出のための基礎研究として、室内での疲労試験時のAE計測を実施することにより、AE法によるき裂検出の可能性を探ったものである。本論文では、疲労試験で得られたAE信号の発生状況を中心としてAEとき裂進展との関係等を紹介する。

2. 試験概要

疲労試験は30ton材料疲労試験機を用い、部分片振りの引張り荷重による10Hzの正弦加振とした。供試体の形状は図-1のような主桁上フランジと垂直補剛材を想定したT字継手で、フランジ両側の溶接部のうち片側はK開先溶接、他方は現場を再現した脚長6mmのすみ肉溶接である。試験は4体の供試体についてそれぞれ表-1の応力条件で行った。

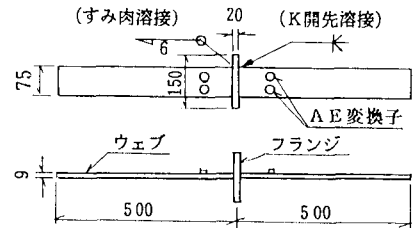


図-1 供試体の形状寸法(単位: mm)

表-1 疲労試験条件および結果

供試体	応力振幅 (kgf/mm ²)	破断回数 (×10 ⁴)	破壊の起点
TP1	20.0	14.7	溶接止端部
TP2	15.0	39.9	"
TP3	12.0	70.4	"
TP4	18.0	25.2	"

AE計測においては、疲労試験機に取付けた供試体に4個のAE変換子を取付け、疲労試験中に発生したAE波をこれらのAE変換子で受信し、中型AE計測システムNAIS-4800でAE発生位置を計算すると共にAE波高値の計測及び疲労過程におけるAE波形のモニターやAE発生状況の把握を行った。装置の構成を図-2に示す。疲労試験時には応力反転による組織の移動や塑性変形に伴う連続型AEが表れるが、き裂進展に伴うAEは突発型AEと言われ振幅が大きく鋭いインパルス状である。連続型AEはAE信号処理しないため、図-3のようにノイズレベルや連続型AEよりも高いしきい値を定め、突発型AEのみ検出した。

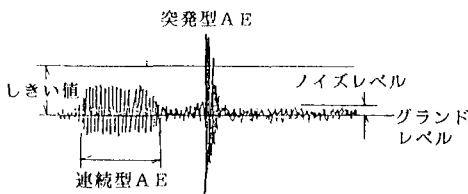


図-3 しきい値の設定

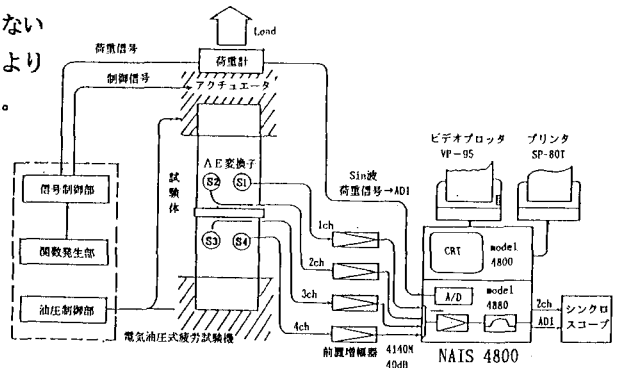


図-2 疲労試験に適用するAE計測装置の構成

3. 試験結果

疲労試験中に確認されたAEの発生状況は全供試体でほぼ類似しており、供試体TP-2を例にとるとAEの発生状況は図-4、AE事象数の累計は図-5のように表される。また、図中にピーチマークから得られた各繰返し回数でのきれつ長さを併せて記入しておく。これらの図からきれつの発生に伴って生じ始める突発型AEの確認によってきれつの発生時期が推定される他、供試体の破断直前のきれつ急進展時にはAEが多発する状況が観察される。疲労試験過程のAE発生状況の特徴をまとめると以下のとおりである。

- ① 疲労試験開始直後にAE発生ピークがある。
- ② AE発生減少期が途中でみられる。
- ③ 破断前には大振幅のAEが多発する。

このようにAEの発生状況は疲労試験過程、さらに応力範囲によっても異なるため、全過程をAEの発生状況に応じて表-2のようなAE的Stageに分類し、各応力範囲毎にAE的Stageを表したのが図-6である。その結果、疲労試験中のAEの発生状況は応力範囲に対応したAE的Stageで表せることが明らかとなった。

4. 実橋へのAE法の適用について

橋梁モデルによるAE計測を行った結果、実験室レベルでは疲労きれつの発生時期や破断前のきれつの急成長時期を、AE的観点から診断できる可能性があることがわかった。しかしながら実橋ではAE的StageのIとⅢすなわちきれつが存在していないのかあるいはきれつが存在してもAEの減少期なのかの区別が付きにくく、その点ではAEと疲労きれつとの対応はつきにくいと言えよう。しかしこの問題に対しては、小振幅の突発型AEを検出するための信号検出機能を改良する、あるいはオペレータがオシロスコープによる波形観察で判断する方法により信頼性を高めることは可能であると考えられる。AE法の実橋への適用に当たっては、さらに実験室レベルの基礎データの蓄積を行ったうえで実橋での基礎研究に移り、きれつの存在およびきれつの位置確認に至るまでの信頼性の高いAE診断技術の開発を進める必要がある。これらの技術課題が解決されれば、実橋へのAE法の適用は有望であり、管理システムあるいはこれまでの情報（目視を含む非破壊試験）に更に新しい有効な情報を追加するものと考えられる。

表-2 AE的 Stage の特徴

AE的 Stage	AE 発生状況	疲労きれつとの対応
I	連続型AE発生	疲労きれつ発生前
II	突発型AEの発生が始まる。AE事象数多発	疲労きれつ起点の発生
III	微小信号の発生。時々大振幅AEの発生	疲労きれつ進展
IV	載荷時、降荷時大振幅AEの多発	きれつ進展速度大で破断に至る

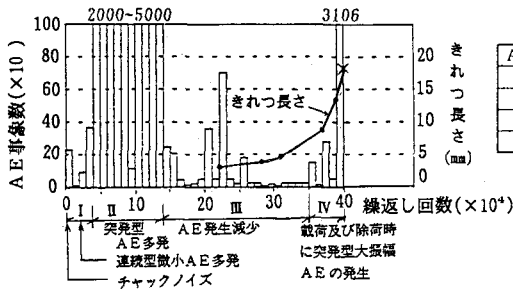


図-4 AE発生状況(供試体: TP2)

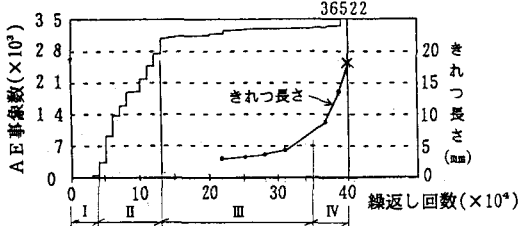


図-5 AE累積パターン(供試体: TP2)

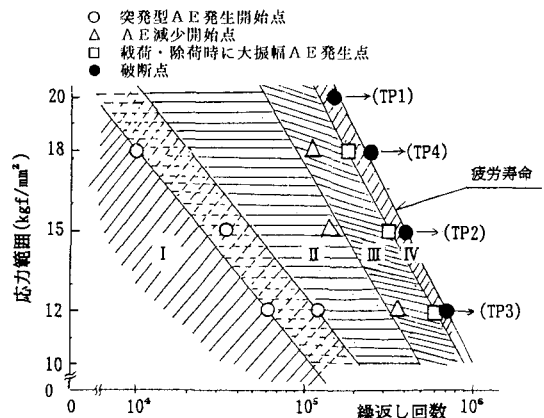


図-6 AE的 Stage (AEによる疲れ進行推定)