

アコースティックエミッション法による供用下鋼橋の疲労亀裂探査に関する研究

本州四国連絡橋公団 正会員 遠藤和男

1. はじめに

アコースティックエミッション法（以下、AE法）は、圧力タンクやタンクカーの検査手法として一般的に用いられる非破壊検査の1つであるが、供用下鋼橋での使用はこれまで限られている。その大きな理由は通行車両やボルトのがたつき等によるバックグラウンドノイズの存在であり、AE法を信頼性のある点検ツールとするには、真のAE（疲労亀裂による）と偽のAE（ノイズによる）を効率良く区分しなければならない。そこで本試験では、試験室及び供用下鋼橋において、クランプ止めた疲労亀裂入り鉄板の連続AEモニタリングを行い、AE法による疲労亀裂探査能力、ノイズの影響を確認した。なおAEモニタリングでは、ガードセンサーテクニックとロケーションテクニックを用いている。

2. 試験の概要

2.1 室内試験

供試体の形状とAEセンサー配置を図-1に示す。供試体は、繰り返し荷重により形成されたシャープノッチ（深さ3.48 in.=8.8 cm）を有しており、相当する応力拡大係数(ΔK)は4011 kgf/cm^{1.5}である。なお応力範囲は、予め実施した実橋での応力測定により、3 ksi (=211 kgf/cm²)と設定した。AEセンサー、AE計測器にはそれぞれフィジカルアコースティック社のRI5I (150kHz 共振センサー)、LAM (Local Area Monitor) を用いた。AE計測器の設定値を表-1に示す。実橋での状況を再現する為、鋼板（桁の下フランジを模擬）に供試体をクランプ止めし、その鋼板に繰り返し荷重を载荷しながら連続AEモニタリングを行った（図-2）。データセンサー間隔、ガードセンサー使用の有無に応じて表-2に示す3ケースを実施した。

2.2 実橋試験

室内試験に引き続き、実橋における連続AEモニタリングを行った。供試体は室内試験に用いたものと同一であり、供試体の形状、AEセンサー配置、AE計測器の設定値（しきい値以外）も同一である。供試体を中央径間中央の下フランジ上にクランプ止めし、延べ30時間の連続AEモニタリングを行った（図-3）。試験条件を表-3に示す。

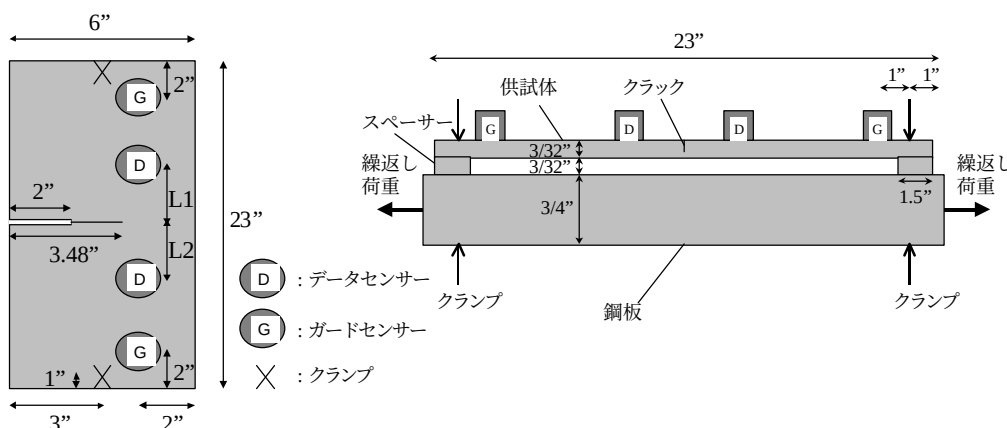


図-1 供試体形状及び AE センサー配置

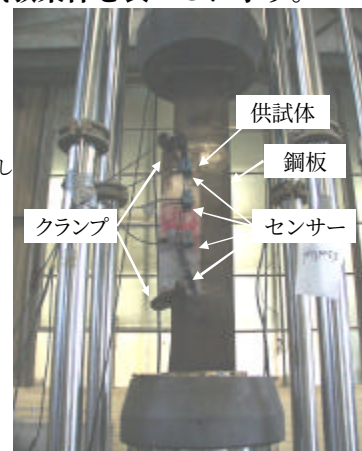


図-2 室内試験



図-3 実橋試験

表-1 AE 計測値の設定値

Peak Definition Time (PDT)	200 μ S
Hit Definition Time (HDT)	400 μ S
Hit Lockout Time (HLT)	200 μ S
Threshold	50 dB (室内) 45 dB (実橋)
Gain	40 $\pm$ 3 dB
Sensor Preamplifier Gain	40 dB
Sensor Bandpass Filter	100-300 kHz
Wave Velocity	120,000 in/sec
Event Lockout	Case 1: 2 in. Case 2: 6 in. Case 3: 4.5 in.
Event Over Calibration	2 in.
Guard Lockout Time	First Threshold Crossing
Event Timing	125 μ S

表-2 室内試験条件

	Case 1	Case 2	Case 3
荷重載荷回数	50,000		
載荷振動数	1 Hz		
応力範囲	3 ksi (荷重制御)		
センサー間隔	L1=3 in. L2=3 in.	L1=3 in. L2=3 in.	L1=1.5 in. L2=3 in.
ガードセンサー	ON	OFF	ON

表-3 実橋試験条件

	Period 1	Period 2	Period 3
モニタリング時間	12時間	6時間	12時間
センサー間隔	L1=3 in. L2=3 in.	L1=3 in. L2=3 in.	L1=1.5 in. L2=3 in.
ガードセンサー	ON	OFF	ON

キーワード：アコースティックエミッション (AE) 法、鋼橋、疲労亀裂

連絡先：〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4-1-22 Tel: 078-291-1075 Fax: 078-291-1362

3. 試験結果

3. 1 室内試験

図-4に示すように、ロケーションディスプレイは疲労亀裂の位置を正確に示した。

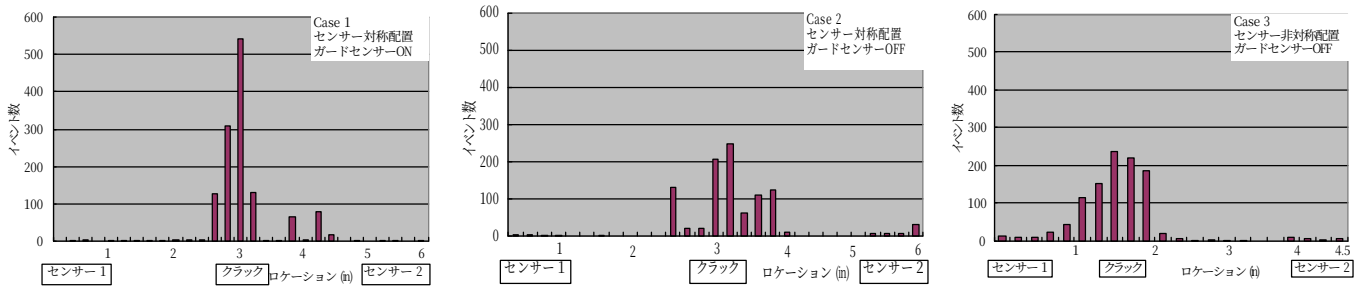


図-4 ロケーションディスプレイ (室内試験)

図-5にCase 1のAEヒットの継続時間-振幅の関係をプロットした。この関係は3ケースとも同じ傾向を示し、継続時間1000 ms以下、振幅70 dB以下であった。

3. 2 実橋試験

Period 1、2の比較より、ガードセンサーの有効性が確認された。但し、Period 3においてはバックグラウンドノイズの影響を大きく受けた。(図-6)

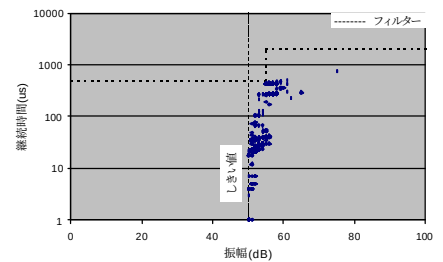


図-5 継続時間-振幅 (Case 1)

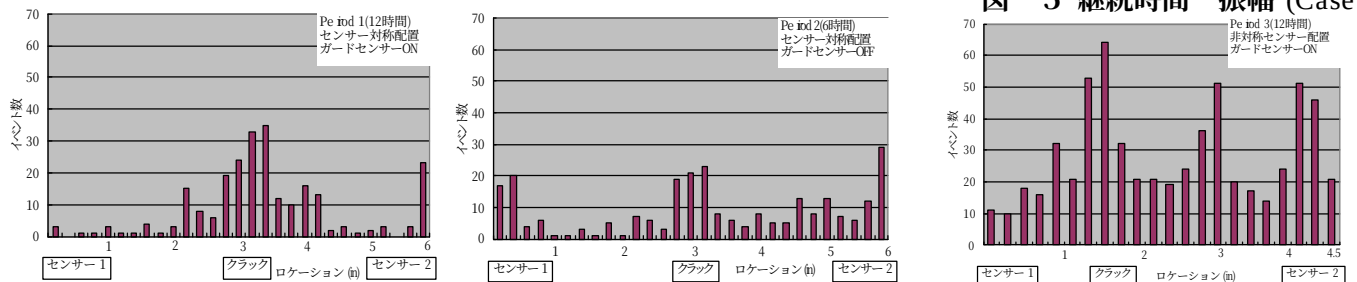


図-6 ロケーションディスプレイ (実橋試験)

AE ヒットの継続時間-振幅のプロットにおいて、大きく2つのバンドが認められた(図-7)。この関係は3期間とも同じ傾向を示した。下のバンドは室内試験結果(図-5)と、上のバンドは別途実施したバックグラウンドノイズモニタリング結果とほぼ一致した。そこで上のバンドのAEヒットに起因するAEイベントを除去すべく、図-5、7に示すフィルターを設定した。このフィルター処理によりロケーションディスプレイは大きく改善された(図-8)。

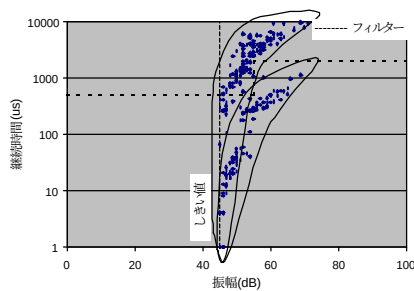
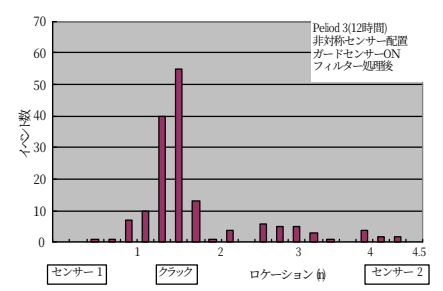


図-7 継続時間-振幅 (Period 1) 図-8 フィルター処理後



4. 結論

- (1) 室内及び実橋試験において、ロケーションテクニックを用いることにより供試体内の疲労亀裂の存在及び位置を確認することができた。
- (2) 実橋試験において、6時間のモニタリングにより供試体内の疲労亀裂の存在及び位置を確認することができた。
- (3) 実橋試験において、ガードセンサーは有効に作用し、バックグラウンドノイズを除去できた。
- (4) AEヒットの継続時間-振幅の関係に基づいて設定したフィルターを用いることにより、実橋試験におけるロケーションディスプレイが大きく改善された。
- (5) 以上より、「AE法は、供用下鋼橋の有効な点検ツールとなる可能性がある」ことが示唆された。

5. おわりに

本実験は、米国テキサス大学土木工学科のFrank先生、Fowler先生の指導のもと行われた。