

AE計測による鉄筋コンクリート橋の劣化度診断方法に関する基礎的研究

Application of Acoustic Emission Technique to Evaluate Deterioration Degree of R.C. Bridges

魚 本 健 人*・川 上 泰 司*
Taketo UOMOTO and Taiji KAWAKAMI

1. は し が き

今日、わが国には多くのコンクリート構造物が存在しているが、疲労荷重、塩害、アルカリ骨材反応などによる経年劣化が問題となっている。土木構造物の場合、通常は、管理者が定期的な検査を実施し、その結果必要とされたものには補修・補強が施されている。しかし、一般に行われているのは、目視観察によるひび割れ調査程度であり、本格的な劣化診断はまだあまり行われていない。

劣化診断手法の一つにアコースティック・エミッション(AE)を利用する方法がある¹⁾²⁾。これは構造物より発生するひび割れなどの音を計測し、構造物の劣化度を判定するもので、まだコンクリート構造物に対して適用された例は報告されていない。

本研究は、アコースティック・エミッションの手法を利用して、どの程度までコンクリート構造物の劣化度を判定することができるかを明らかにするために、現存する鉄筋コンクリート橋梁で計測を実施し、その適用可能性について実験的に検討したものである。

2. 計測対象構造物

測定対象とした橋は神奈川県南足柄市に所在するK橋およびH橋で、図1、2に示すように、いずれも昭和27年に建造された同型式の鉄筋コンクリート単純桁橋である。ただし、K橋については損傷が激しいことを理由として、昭和53年にモルタル吹き付けによる補修が行われている。

測定に先立ち、各橋梁のひび割れ調査を実施した結果、3本の桁下面で認められたひび割れはいずれも曲げひび

表1 ひびわれ本数調査結果(中央付近3m)

	上流側	中央部	下流側
K 橋	4	2	5
H 橋	11	12	8

*東京大学生産技術研究所 第5部

割れであった。桁中央付近3mの範囲で目視により認められたひび割れ本数は、表1に示すとおりである。なお、K橋の場合には吹き付けモルタル面に認められたひび割れであり、桁本体のひび割れではない。

3. 計 測 方 法

今回の計測では、NF社製の9640データチャンパー、9630デジタルデータレコーダーおよび9620ウエーブメモリーを用いた。AEセンサーはP21型センサーでその共振周波数は50kHzである。また、計測のリアルタイムモニターおよび解析にはPC9801を用いた。AEセンサーは図2に示す4カ所とし、雑音レベルの測定、シュミットハンマーによるAE減衰特性測定、ならびに車両走行時のAE特性測定を行った。

AE計測の雑音レベルの設定に際しては車が通らない時のAEを雑音レベルと考えることとし、その値が43dB~45dB(1V=100dB, 40dB増幅)であったことから、しきい値をノイズレベルより2dB大きな値とした。

4. 測定結果と考察

4.1 各橋梁の減衰特性

コンクリートのひび割れ等による劣化程度を把握する目的で、シュミットハンマー(N型)による減衰特性の評価を行った。測定方法としては、橋梁上面の舗装面をシュミットハンマーで打撃し、伝播した弾性波の振幅を図2に示したセンサーNo.1~No.3を用いて計測する方法を採用した。シュミットハンマーによる打撃エネルギーは一定であるが、反発力は場所によって異なるため、伝播した弾性波の振幅をシュミットハンマーの反発係数で除した値を用いることにした。

図3に示した測定結果は、センサー真上で打撃した場合の値を100として距離による減衰傾向を現したものである。この図から明らかなように、H橋に比べK橋のほうが距離による減衰は大きく、ひび割れ等による劣化の

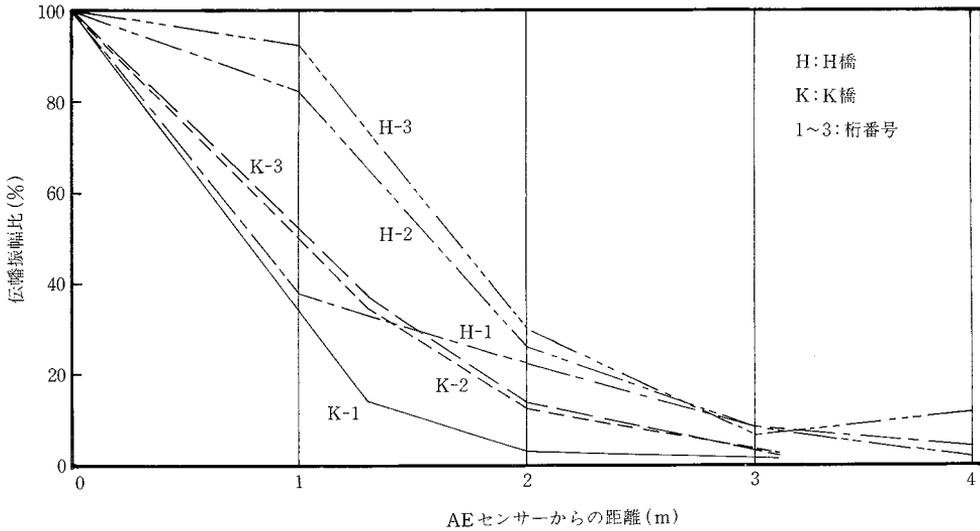


図 3 K橋およびH橋各桁の伝播特性

4.2 車両走行時のAE特性

(1) 軽車両走行時のAE

2トントラック(総重量2,450kg)の車両が通過した場合には、表2に示すように4つのセンサーすべてにおいて2, 3個のAEが計測されたのみであり、2トン程度までの普通車等が走行してもほとんどAEは計測されなかった。

AEがコンクリートのひび割れ等の発生によるものであると考えるならば、この計測結果のように走行車両の重量が小さい場合には、荷重による橋梁の劣化等はほとんど生じていないことになる。通常の橋梁の設計ではT20程度の荷重で設計されており、この測定のように設計値の1/10程度の荷重ではほとんど損傷を受けないといえよう。

(2) 重量車両走行時のAE

土砂を積載した20トントラック(総重量24,400kg)が走行した場合に検出されたAE波形の一例を図4に示す。表3に示すように、K橋およびH橋のいずれの橋梁の場合にもこのトラックが通過した場合に多数のAEが検出された。

両橋梁の測定結果を比較すると、全体的に見てH橋のほうがK橋よりも多くのAEの発生が認められる。計測されたAEがコンクリートのひび割れ等により発生したものであるとするとH橋のほうが車両通行による損傷が大きいことになる。しかし、上記の各橋梁の減衰特性を考えあわせると、K橋では伝播中のAEの減衰が大きいためAEが検出されなかったものと考えられ、一回の車両通行による損傷が少ないためであると断定できない。

表 2 AE波計測数 (2トントラック走行時, K橋)

	1 回目	2 回目	平 均
センサー No.1	1	0	0.5
センサー No.2	4	3	3.5
センサー No.3	1	2	1.5
センサー No.4	1	4	2.5
計	7	9	8.0

いずれの橋梁の場合にも桁によるAEの発生の違いが認められる。K橋の場合にはNo.2の桁が他の桁に比べAEの発生が少なく、H橋の場合はNo.3の桁のAEの発生が多い。自動車の走行状態を見ると、いずれの橋梁も幅が小さく、トラックやバスが走行する場合には相互交通とならず橋中央を通過している。K橋の場合、20トントラックはちょうどNo.1とNo.3の桁の上を車輪がのるような形で通過していることから、測定結果がこのようなになったのはNo.2の桁には全く車輪がかからない状態となっていたことが原因であると考えられる。一方、H橋の場合、橋梁に対し取り付け道路が斜めになっており、車両は斜めに橋を横断する形で通過している。このため、K橋とは異なりいずれの桁にも車輪がかかるようになっているが、主にNo.1とNo.3の桁に車輪がかかっている。上記の減衰特性結果とあわせて考えると、No.1の桁が先に劣化し、現在は主にNo.3の桁のひび割れ等が進行しているものと推測される。

4.3 まとめ

今回の測定結果だけでは十分な診断を実施することはできないが、定性的には次のことが明らかとなった。

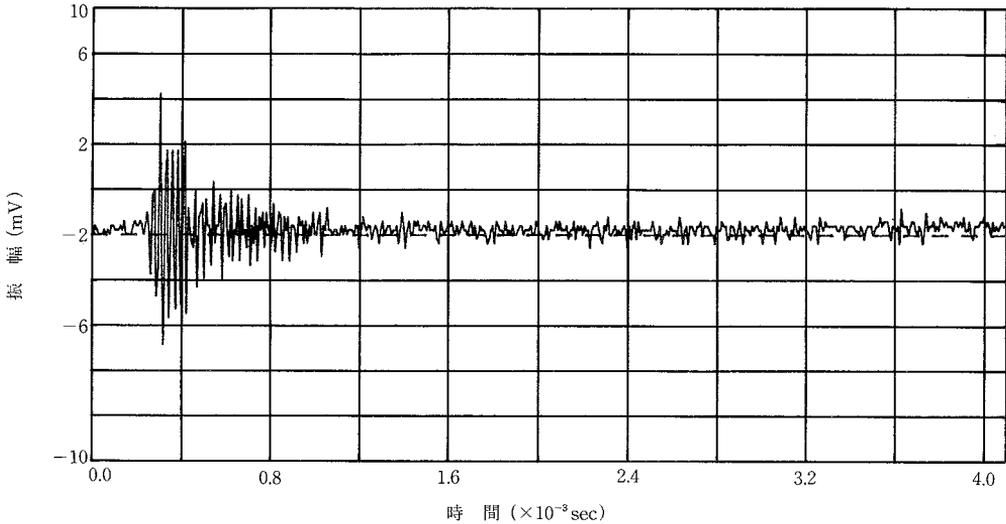


図4 20トントラック走行時AE波形 (K橋)

表3 AE波計測数 (20トントラック走行時, K橋およびH橋)

K 橋	1回目	2回目	3回目	平均
センサー No.1	43	30	47	40
センサー No.2	25	8	8	13.7
センサー No.3	34	38	28	28.3
センサー No.4	44	25	28	32.3
計	146	101	111	119.3

H 橋	1回目	2回目	3回目	平均
センサー No.1	72	16	31	39.7
センサー No.2	146	64	65	91.7
センサー No.3	212	149	154	171.7
センサー No.4	111	33	29	57.7
計	541	262	279	360.7

- 1) 弾性波の減衰特性を調べることで、どの程度すでにひび割れ等が入っているかを求めることができ、AE計測の参考にすることができる。
 - 2) 2トン以下の自動車が走行してもほとんど劣化は進行せず、主に重量車両により損傷を受けている。
 - 3) 車両走行時のAE計測を行うことにより、現在どの部位が損傷(劣化)しつつあるかを求めることができる。
- なお、劣化診断とは直接関係はないが、今回の測定で明らかになったことを考慮すると、橋梁の設計に際しては、重量車両は軽量車両に比べはるかに大きな劣化を生じさせていることや、一部の桁だけに集中的に荷重が作用する可能性があること等を考慮することが望まれる。

5. あ と が き

本報告で示したように、AE計測によってコンクリート構造物の劣化診断を行うことは可能である。この手法を

確立させるためには、今後さらに研究を進めると同時に、より多くの実構造物による測定を実施し、データを積み重ねていくことが大切である。今回は行えなかったが、前報¹⁾で示したフローのように定期的な計測を実施し、構造物の定量的な劣化診断を行うことも重要である。

最後に、本測定を実施するに当たりご協力いただいた千葉工業大学足立助教授、ならびに神奈川県土木部、NF回路設計ブロック株式会社、佐藤工業株式会社技術研究所の関係各位に感謝の意を表す。(1988年1月8日受理)

参 考 文 献

- 1) 魚本, 小林, 柿沢, 山本: 疲労荷重を受ける鉄筋コンクリート梁のAE特性に関する研究, 生産研究, Vol. 38, No. 11, 1986. 11
- 2) 魚本, 佐藤: AE計測によるコンクリート履歴最大圧縮応力推定方法に関する研究, 生産研究, Vol. 39, No. 2, 1987. 2