

広帯域 AE センサを用いた P C 鋼材の腐食破断に関する実験的研究

一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所
一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所
株式会社高速道路総合技術研究所
株式会社高速道路総合技術研究所

正会員 ○榎園 正義
フェロー会員 谷倉 泉
正会員 萩原 直樹
正会員 豊田 雄介

1. はじめに

現場 PC 桁等の AE 法による計測実験ではシュミットハンマを用いて擬似 AE を入力し、AE 計測システムの受信感度等の調整を行っている。しかし、調査対象の PC 桁へのシュミットハンマによる擬似 AE¹⁾と PC 鋼材破断時の AE の大きさの違いについては解明されていない。そこで、本実験では現場実験対象 PC 桁と同一径の PC 鋼材 (PC 鋼線Φ2.9) が配置されている PC 枕木を用いて、シュミットハンマによる擬似 AE と PC 鋼材破断時に発生する弾性波 (AE) の比較および検討を行ったものである。

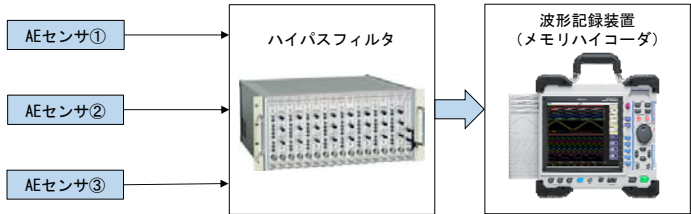


図 1 AE 計測装置システムの構成

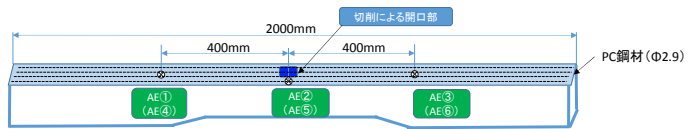


図 2 PC 枕木の測定位置 (AE センサの配置)

2. 実験概要

2. 1 PC 枕木試験体

実験対象とした PC 枕木は、プレテンション方式の PC 枕木 (3 号 PRE) で、PC 枕木の支持条件の違いによる弾性波の影響を把握するため、2 点自由支持 1 体 (試験体 A) と固定支持 1 体 (試験体 B) の 2 体とした。

2. 2 AE 計測システム

(1) AE センサ

AE センサは、対象物に設置した状態で数 Hz～数百 kHz に感度を有する広帯域型の AE センサ^{2),3)}を採用した。

(2) AE 計測システム

AE 計測システムは、図 1 に示すような組合せによりシステムを構築した。

(3) 受信波形の処理

受信した AE 波形の処理は、受信波形の最大電圧振幅 (P-P 値) の大きさと FFT 解析で評価した。

2. 3 腐食破断方法および測定位置

PC 枕木は図 2 に示す用に PC 鋼材のかぶり 30mm となる側に開口部を設けて、開口部の中央と左右約 400mm の位置の合計 3 箇所に AE センサを設置した。

また、PC 鋼材の破断方法は電気防食とは逆の配線とし、通電させることで腐食を促進させて切断した。

2. 4 実験条件

実験条件を表 1 に示す。

表 1 実験条件

試験体	実験ケース	AE 発生源の種類	①切前	②切後	備考
試験体A (自由支持)	ケース1	シュミットハンマによる	○	—	比較用
	ケース2	電気腐食破断による	—	○	
試験体B (固定支持)	ケース3	シュミットハンマによる	○	—	比較用
	ケース4	電気腐食破断による	—	○	

3. 実験結果と考察

3. 1 シュミットハンマによる擬似 AE 検出実験

PC 枕木の中央位置から打撃入力により擬似 AE を発生し、各 AE センサで受信した擬似 AE の受信波形の例を図 3(a) に示す。なお、本実験では入力によるばらつきを確認するため、5 回ずつ計測を行い、その平均値を求めた結果、再現性があることを確認した。

シュミットハンマの打撃入力によって発生した弾性波動 (擬似 AE) としては、試験体 A (自由支持) は、図 3(a) に示すような突発型の AE で時間とともに振幅が

徐々に小さくなる現象(減衰振動)となり、減衰時間は約30msec(減衰率10%)となった。

一方、試験体B(固定支持)の場合には、振幅が時間とともに急激に小さくなる現象(減衰振動)となり、減衰時間は約10msecと1/3程度で、両者の支持条件の違いが減衰時間に大きく影響している。また、弾性波のFFT解析結果から、擬似AE波形の卓越周波の極大値は試験体Aが1.8kHz、試験体Bが1.9kHzとほぼ同一の値となり、弾性波としてはほぼ同じ周波数成分であった。さらに、図4に示すように打撃点から±400mm離れたAEセンサ(AE①, AE③およびAE④, AE⑥)では、試験体Aの受信波形の最大振幅はAE①とAE③ともに平均6Vp-pで、試験体BのAE④とAE⑥は、平均4.2Vp-pとやや小さめの結果となったが、両AEセンサの受信波形振幅のばらつきは非常に小さく、受信振幅は再現性を有することが分った。

本実験結果から、支持条件の異なるPC枕木の中央にシュミットハンマを用いて打撃入力で発生した擬似AEの最大振幅は、その打撃点から±400mm離れた受信地点の擬似AE最大振幅では約4~6Vp-pの範囲となることが確認された。

3. 2 電気化学的な腐食による破断時のAE検出実験

腐食によりPC鋼材破断時に発生したAEは、試験体Aの場合、図3(b)に示すような減衰振動となり、振幅が徐々に小さくなる現象(減衰時間約10msec)となった。

一方、試験体Bの場合は振幅が急激に小さくなる現象(減衰時間約5msec)となり、PC鋼材の腐食破断によって生じるAE(弾性)波の減衰時間は5~10msec以上と考えられる。

また、PC鋼材破断時に発生するAE波の卓越周波数は試験体Aが1.8kHz、試験体Bが1.8~1.9kHzと前述のシュミットハンマによる打撃入力による擬似AEの周波数帯域と大概一致する結果となった。さらに、図4に示すように打撃点から±400mm離れた各AEセンサでは、PC鋼材破断時にほぼ同一のAE波形振幅が検出され、その振幅は4.3~6.1Vp-pの範囲となり、擬似AE(約4~6Vp-p)とほぼ同等であることが分かった。

4. まとめ

本実験の結果から、シュミットハンマを用いた打撃入力によって発生する擬似AEとPC鋼材(φ2.9)破断時に検出されるAE波の最大振幅と周波数成分は大概同

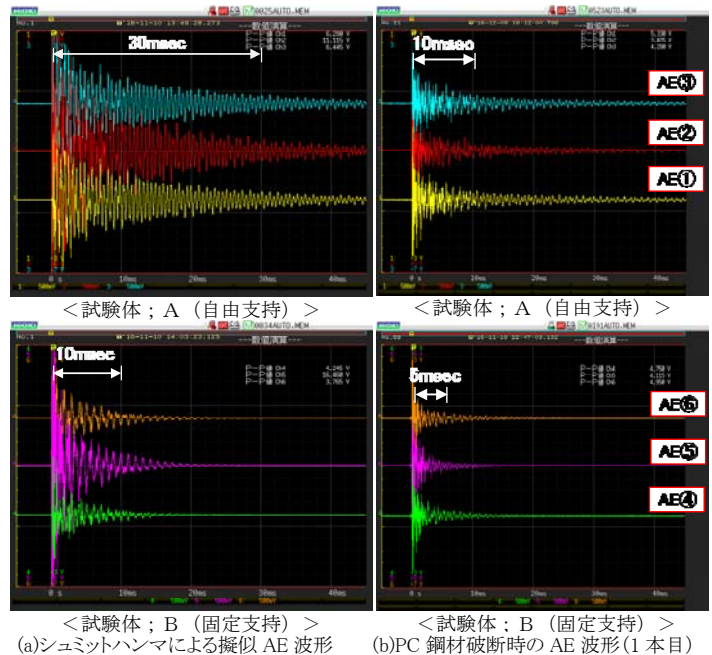


図3 AE波形測定結果

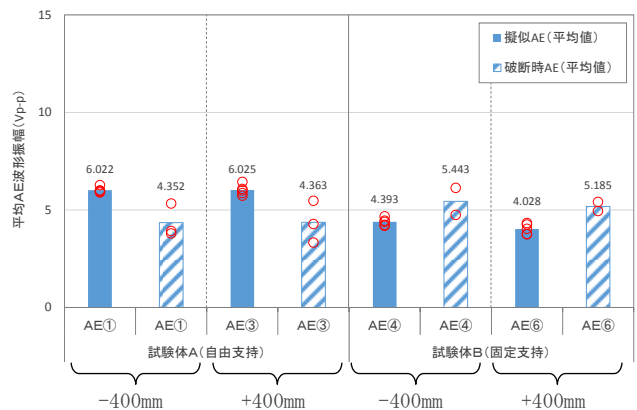


図4 擬似AEと破断時AEの最大振幅の比較

一といえる。また、シュミットハンマを用いた打撃入力による擬似AEは、PC鋼材(φ2.9)破断時に発生するAE波動相当と考えられることから、再現性のあるキャリブレーション用の入力信号として有効である。

参考文献

- 1) 榎園正義, 谷倉泉, 萩原直樹, 豊田雄介: 広帯域AEセンサを用いた実橋PC箱桁におけるAE法の適用性検討, 日本非破壊検査協会 平成28年秋期講演大会, pp. 75-78, 2016. 10
- 2) 榎園正義, 谷倉泉: 広帯域AEセンサを用いたPC部材破断検知に関する実験的研究, 土木学会 第70回年次学術講演会. VI-125, 2015. 9
- 3) 榎園正義, 谷倉泉, 萩原直樹: 広帯域AEセンサを用いたPC鋼材の破断検知に関する実験的研究, 土木学会第71回年次学術講演会, VI-715, 2016. 9