

# AEを活用した道路付属物劣化診断について

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○平地 一典  
中島 淳一

照明柱等の道路付属物の点検は国土交通省道路局が策定した「付属物(標識・照明施設等)点検要領」に5年に一度の定期点検の実施が記載されているが、点検方法は近接目視が基本である。そのため、内部劣化の確認ができないことや、点検には高所作業車が必要であり一般交通への影響も大きいなどの課題がある。そこで、目視点検に代わり、対象物から発生する弾性波であるAE(アコースティック・エミッション)を計測・解析することで対象物の劣化状況を確認できる診断技術の適用性について検討したので報告する。

キーワード: AE、道路付属物、劣化診断、道路照明

## 1. はじめに

道路には、様々な道路付属物が設置されている。このうち、道路照明施設、道路標識、道路情報提供装置及び道路情報収集装置の多くは、道路上または路側に基礎が埋め込まれた支柱、またはベースプレートなどで固定された支柱を有する構造となっている。道路照明と道路標識の設置状況例を写真-1に示す。

全国の道路に設置されている膨大な数の支柱構造物は、設置後かなりの年数を経過したものもあり、近年になって支柱の腐食による断面欠損や溶接継手部からの疲労亀裂の発生、照明灯具等の接合ボルトの緩みや脱落などの不具合が報告されている<sup>1)</sup>。



写真-1 道路照明(左)及び道路標識(右)

## 2. 道路付属物と点検

道路付属物は、道路法第2条第2項及び道路法施工令に示されている道路管理者が設置する構造物であり、道路の保全、安全かつ円滑な交通の確保、その他道路を管理する上で、必要な施設または工作物である。

### (1)道路付属物の種類

道路付属物の種類を設置区分ごとにまとめたものを表-1に示す。路側又は車道上空に設置される標識、照明施設、道路情報管理施設等の構造物は、それぞれの目的に合うよう灯具、標識板、機器、反射鏡等が所定の位置に固定されている。

表-1 道路付属物一覧<sup>1)</sup>

主に路側又は車道上空に設置されるもの	設置高さが高い構造物	・標識 ・照明施設 ・道路情報管理施設 (道路情報提供装置、車両監視装置、気象観測装置、緊急連絡装置等) ・道路反射鏡
	設置高さの低い構造物	・視線誘導施設 ・防護柵 ・車止め ・距離標
	構造物以外	・街路樹
地下に設置されているもの		・共同溝 ・電線共同溝
その他		・自動車駐車場、自転車駐車場 ・道路管理用車両基地、除雪基地 ・防雪施設 ・砂防施設

### (2)道路付属物の構造

路側又は車道上空に設置される道路付属物は、一般的に支柱を土中や構造物に固定し設置する支柱構造物が使用されている。その他に、トンネルなどでは壁面に取付金具で設置される場合もある。土中に設置する場合の支柱の固定方法は、軟弱な地盤の場合を除き、コンクリート基礎を埋め込んで支柱を固定する方法が一般的である。

### (3)初期点検

道路付属物の点検方法は、国土交通省より発出されている「付属物（標識、照明施設等）点検要領」に詳細が決められている。基本的には、設置初年度に行う初期点検後、特段の変状が認められない場合は、5年おきに行う定期点検に移行される。

点検要領によると、初期点検はボルト部の緩み・脱落等の異常を外観目視にて確認することが基本とされており、必ずしも近接ではないが、高所においても伸縮支柱付カメラなどを用いた確認が必要であるとされている。以上の初期点検で特段の変状が認められない場合は、定期点検に移行する。

### (4)定期点検

定期点検には5年に一度行う詳細点検と、詳細点検を補完するため中間的な時期に外観の目視点検を行う中間点検がある。詳細点検は近接目視を基本とし、付属物の上部の部位は、高所作業車等を用いて近接する必要がある。点検項目はボルトの緩みや鋼材の腐食、亀裂、溶接箇所の破断、亀裂など多岐にわたる点検が必要とされている（写真-2,3）。膨大な数を定期的に点検するため、コストの増大、危険を伴う高所作業や一般交通への影響が懸念されている。

そこで、現在の点検の主流である近接目視に変わる手法として、対象物から発生するAE（アコースティック・エミッション）を計測することで異常の有無を診断する劣化診断技術の適用性について検討を行った。



写真-2 道路照明の定期点検



写真-3 道路標識の定期点検

## 3. AEによる劣化診断技術

Kazunori Hirachi, Jyunichi Nakajima

AEとは、個体の変形あるいは破壊する際に、それまで蓄えられていたひずみエネルギーが解放されて弾性波が生じる現象とされている。工業分野では、欠陥検知のための非破壊検査に活用され、近年、AEを用いた石油備蓄タンク底板の腐食モニタリングが世界各国で実施されている。腐食箇所のAEが底板中を伝播して、10m程度離れたAEセンサで検出可能であることがわかっており、AEによる道路付属物高所部の診断を基部から行える可能性が示唆される<sup>2)</sup>。

### (1)AE計測機器

AEは、固体中あるいは固体表面を伝播する弾性波の一種であり、これを固体表面に設置したAEセンサで検出する。写真-4に帯域の違うAEセンサの外観を示す。写真のセンサは共に一般用で帯域は左側100-400kHz、右側50-200kHzである。計測には右側のセンサを使用した。



写真-4 AEセンサ外観

計測に使用した計測機器は、(株)フィジカルアコーテイクス社のPocket AEである（写真-5）。



写真-5 AE計測機器

発生するAEの周波数は材料によって違いはあるが、金属の場合は一般的に100kHz以上と非常に高い周波数を持つ微細な信号である。AEセンサは、圧電体に力（ひずみ）を加えた時に電荷が発生する効果を利用して

AEを検出している。特に圧電体の中で微弱なひずみ信号でも高感度で検出できる共振周波数が高い圧電セラミックスが適しており、圧電セラミックスを使用した圧電型のセンサが一般的に使用されている。

## (2) AEの分析

AEの分析は、AEをAEセンサで電圧信号に変換し、電圧信号として解析装置に取り込む方法が一般的である。個体から発生するAEにはいろいろな特色を持った情報が含まれており、その情報を分析することで材料に起こった局所的な現象を解明することができる。破壊試験等で検出される突発型と言われるAE信号の波形パラメータは図-1のとおりである。通常、材料内部に発生した亀裂の状態は、この波形形状から推定可能である。また、摩擦や摩耗減少では数多くの突発型波形が重畳した連続型の波形になることが知られている。

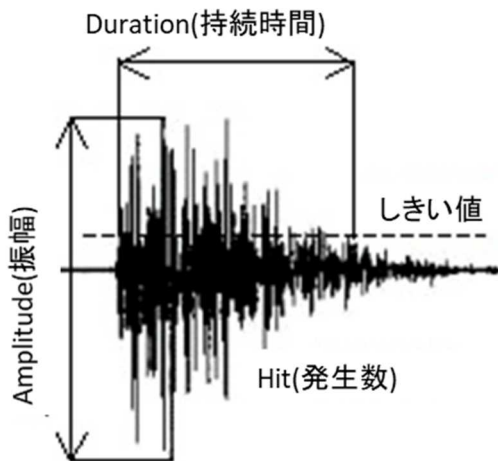


図-1 AE信号における波形パラメータ

AE振幅はAEセンサによって計測された信号の電圧値であり、AE信号の最大振幅をあらわす。発生したAEのエネルギーが大きいほどAE振幅が大きくなり、亀裂から発生したAEなどでは、AE振幅の変化から亀裂の進展を推定できる。

AEは非常に微細な材料の変化からでも発生し、短時間に膨大な数が発生している。また、AEセンサも高精度なため、ノイズも含めて計測されてしまう。そこで、AEを計測する際には、ある一定のしきい値を設定し、そのしきい値を超えた信号を評価の対象としている。AEヒットとは、計測前にあらかじめ設定したしきい値を超えて発生したAE信号の数を表す。AEヒットから、計測中に発生した亀裂の数を推定できる。

AE持続時間はAEの発生開始から終了にいたるまでの時間で、AE振幅が大きいほど、その減衰には時間がかかり、AE持続時間は長いと考えられている。AE持続時間からは、亀裂の大きさを推定できる<sup>3)</sup>。

図-2は、上記3つのパラメータを1つのグラフで表し

たものであり、簡易的に対象物の状態を診断するのに適している。計測中のAEヒットを縦軸にAE振幅を横軸にとることで、計測中のAE信号の発生頻度と発生しているAE振幅が視覚的にわかるグラフとなっている。

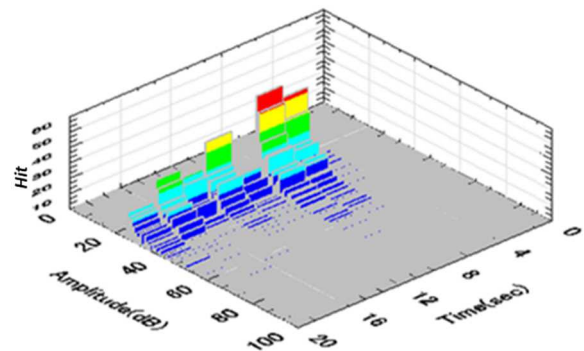


図-2 AE信号分析グラフ

その他、AEを精密分析をする際にはAE信号の独立変数である時間 $t$ を周波数に $f$ に置き換え、そのAE信号の中に、いかなる周波数の成分がどれくらいの大きさで含まれているかを調べるスペクトル解析の手法もある。しかし、今回の検討では一次スクリーニングとしての簡易分析を目指すこととし、複雑な解析が必要となるスペクトル解析については対象外とする。

## 4. AEによる道路付属物の劣化診断

### (1) 照明柱モデルの計測

実際の照明柱の計測を行う前に、照明柱に材質や表面仕上げを模した約1/15の照明柱のモデルを作成し、様々な条件で計測を行った。照明柱モデルの仕様は以下のとおりであり、写真-6に作成した照明柱モデルを示す。

- ・全長：850mm
- ・口径：20mm
- ・素材：一般構造用炭素鋼(SS400)  
溶融亜鉛メッキ仕上げ



写真-6 照明柱モデル

AEは材料のひずみによって発生するため、照明柱モデルを万力で固定し、モデルに荷重をかけ、計測を実施した。荷重をかける際、金属接触が起こることで摩擦な



どのノイズの原因となるAEが発生するため、あらかじめ万力とモデルの間には緩衝材を入れ、直接的な金属接触を避けるようにした。また、荷重の違いによってもAE信号に違いがあるため、バネばかりを用いてモデルへの荷重を一定にしながら計測を実施した。正常な照明柱モデルの計測の様子を写真-7に示す。



写真-7 照明柱モデルでの計測状況

計測したAE信号の比較を行うため、正常な照明柱モデルと、写真-8に示すように人為的に腐食や亀裂を発生させた状態の劣化モデルを数種類作成し、計測を実施した。照明柱モデルの状態と計測結果を図3～5に示す。



写真-8 照明柱劣化モデル 上：劣化モデル①  
下：劣化モデル②

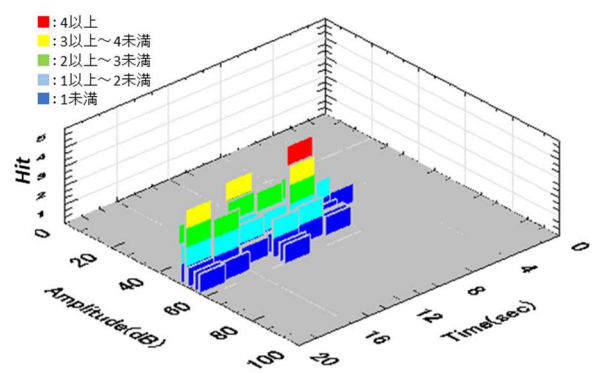


図-3 正常な照明柱モデルでの計測結果

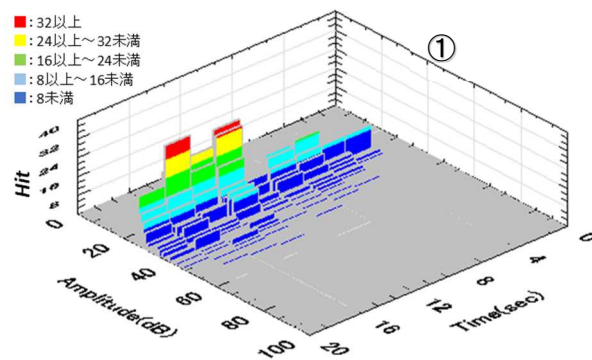


図-4 劣化モデル①での計測結果

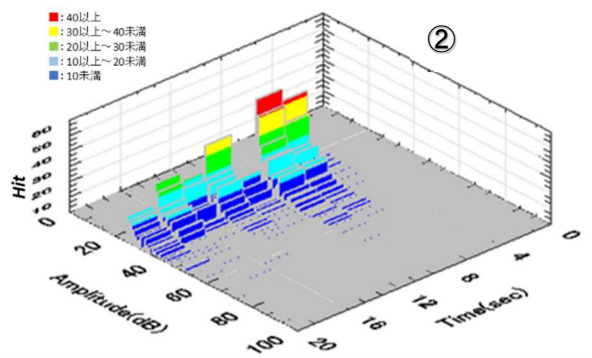


図-5 劣化モデル②での計測結果

本計測結果から、正常な照明柱モデルに比較して、劣化モデルはAE振幅及びAE持続時間の領域が広がる傾向が見られた。正常な照明柱モデルとAEの特性が異なり、劣化検知の可能性が認められた。しかし、実物の照明柱では、負荷方法による摩擦等の影響や複数の微細な傷や腐食など材料状態も複雑で、「3(2) AEの分析」で述べた突発型が重畳した連続型の波形になっていると考えられ、波形パラメータによる対象物の状態推定は単純ではないことがわかった。ただし、AE信号分析グラフの相違に着目し、劣化診断の一次スクリーニングに活用していくことは可能であると考えられる。

## 5. まとめ

AEを活用した劣化診断技術の道路付属物への適用性

を検討するため、照明柱の劣化モデルを作成し計測を実施した。その結果、モデルの状態により発生するAE信号に違いがあることがわかった。

今後、劣化診断技術として適用していくためには、計測サンプルを増やし、AE信号と劣化の度合いとの相関を調査するとともに、実際の照明柱での適用を検討していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 玉越 隆史, 星野 誠, 川 明弘 : 道路付属物支柱等の劣化損傷に関する調査、国土技術政策総合研究所資料、pp. 1-4、2012.
- 2) 日本非破壊検査協会 : アコースティックエミッション試験Ⅱ、pp4、2008.
- 3) 日本非破壊検査協会 : アコースティックエミッション試験Ⅱ、pp25-27、2008.