

AEによる円筒形PC構造物の健全度モニタリング手法に関する一考察

岐阜大学 学生員 ○鬼塚哲雄, 浅野雅則
正会員 国枝 稔, 鎌田敏郎, 六郷恵哲

1. はじめに

PC 構造物において、PC 鋼材の健全度をモニタリングすることは、耐久性の面から重要なことである。写真-1 に示す円筒形 PC 構造物の地中部に埋設された外巻きアンボンド PC 鋼材において、PC 鋼材に万が一損傷が発生したとしても、その状況を把握するためには掘削を必要とする。これらのことから、円筒形 PC 構造物における PC 鋼材の健全度をモニタリングする手法が必要と考えられる。

PC 鋼材の破断をモニタリングする手法として、AE 法を適用した研究事例が既にいくつか報告されている¹⁾。しかしながら、何れも PC 桁を対象としたものであり円筒形 PC 構造物に適用した事例はない。

そこで本研究では、AE 法を用いた円筒形 PC 構造物の PC 鋼材健全度モニタリングに関する基礎的な検討を行うこととする。検討に際しては、人為的に PC 鋼材を切断することにより生じる AE（「実験 1」において計測）と、供用中に想定されるノイズとしての AE（「実験 2」において計測）のそれぞれについて計測を行い、両者の特徴を評価した。

2. 実験概要

2.1 「実験 1」で用いた構造物の概要

「実験 1」で用いた円筒形 PC 構造物の平面図を図-1 に示す。本構造物は、外径 15.8m×高さ 4.1m、壁厚が 0.15m であり、PC 鋼材（JIS G 3536、7 本より線 SWPR7BL φ15.2）を用いて外周を緊張した構造である。

2.2 「実験 2」で用いた構造物の概要

「実験 2」で用いた円筒形 PC 構造物の平面図を図-2 に示す。「実験 1」の構造物同様、外周を PC 鋼材で緊張した構造であるが、外径は 20.7m で、外径の寸法と曝気機を有している点異なる。曝気機は、定着柱 1 と定着柱 3 の近傍に設置されている。

2.3 AE 計測

AE センサ(150kHz 共振型)は、図-1 および図-2 に示す各定着柱に 1 つずつ貼付し、合計 4ch とした。センサは接触媒質を用いてコンクリート表面に設置し、ガムテープで固定した。計測におけるサンプリングタイムは 0.5 μs とし、しきい値は 55dB とした。

また、「実験 1」における AE 計測では、酸素ガスにより PC 鋼材を人為的に切断した。PC 鋼材は、7 本のより線を 1 本ずつ切断させた。切断箇所は、図-1 に示す定着柱 3 の近傍とした。

一方、「実験 2」における AE 計測では、曝気機の運転に伴う AE を 24 時間連続で計測した。

3. 実験結果および考察

3.1 最大振幅値による検討

図-3 に、計測された AE の最大振幅値の頻度分布を示す。なお、図中に示す数値は、スケールの制約上、図中に表示されていない AE ヒット数を示している。

PC 鋼材切断点近傍（定着柱 3）のセンサで計測された AE の最大振幅値（図-3(a)）は、すべて 100dB 以上を示した。このように、切断点近傍では極めて大きな事象が生じていることがわかる。また、切断点から 24m 離れた位置（定着柱 1）で計測された AE の最大振幅値（図-3(b)）は、ほぼ 85dB から 95dB の範囲に分布している。これは、切断点近傍に比べて AE の伝播距離が長いこと、弾性波が減衰したことが理由として考えられる。

一方、供用中の構造物における曝気機の稼働に起因する AE の最大振幅値（図-3(c)）は、最大で 75dB であるが、

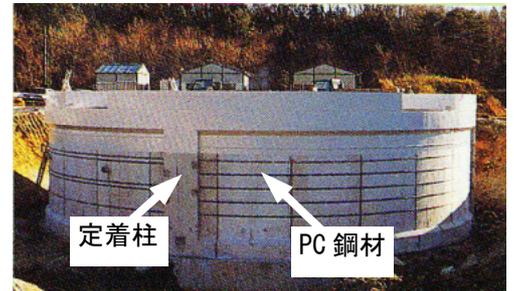


写真-1 円筒形 PC 構造物

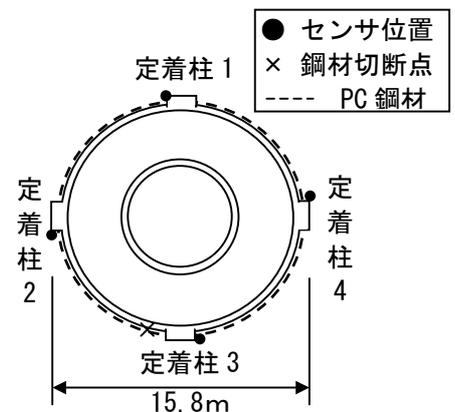


図-1 「実験 1」で用いた構造物の平面図

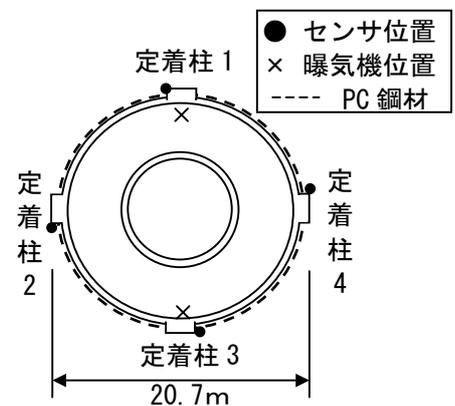


図-2 「実験 2」で用いた構造物の平面図

キーワード：AE 法、円筒形 PC 構造物、PC 鋼材、健全度モニタリング

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL/FAX 058-293-2470

55～65dB の範囲に発生した AE が殆どであり、70dB 以上の AE の発生割合は相対的にかなり小さいと考えることができる。

以上のように、曝気機の稼働に起因する AE の最大振幅値は、PC 鋼材切断点近傍のものに比べて十分小さく、さらに、切断点より 24m 離れた位置で計測されたものより十分小さいことも示された。したがって、AE の最大振幅値を評価することで、PC 鋼材の切断と曝気機の稼働に起因する AE を識別することが可能であるものと考えられる。

3.2 エネルギーレベルによる検討

3.1 で検討した最大振幅値は、AE 発生源の規模の情報を表すものであると考えられる²⁾が、波形の特性を評価する上で、最大振幅値に加えて継続時間も重要な要素であるとされている³⁾。そこで、両者に関係するパラメータであるエネルギーレベル（式 1）を用いた検討を行う。

$$EL = 10 \log_{10} \frac{E_d}{E_0} \quad (1)$$

ここで、EL:エネルギーレベル(dB),
E_d:「実験 1」および「実験 2」で得られた AE エネルギー, E₀:基準エネルギーをそれぞれ示している。

図-4 に、エネルギーレベルの頻度分布を示す。なお、図中に示す数値は、スケールの制約上、図中に表示されない AE ヒット数を示している。PC 鋼材切断点近傍における AE のエネルギーレベル（図-4(a)）は、15～20dB の範囲に存在している。切断点より 24m 離れた位置におけるエネルギーレベル（図-4(b)）は、切断点近傍の場合と比べて小さくなっており、最大で 10dB であり、0 および 5dB のものも計測されている。

一方、曝気機の稼働に起因する AE のエネルギーレベル（図-4(c)）は、おおよそ -30～-15dB の範囲に分布している。

以上のように、曝気機の稼働に起因する AE のエネルギーレベルは、PC 鋼材切断のものよりも十分小さく、両者の識別は可能である。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) 本研究で対象とした構造物において、PC 鋼材切断および曝気機の稼働に起因する AE は、定着柱のコンクリート表面に設置した AE センサで受振できることが確認できた。
- 2) パラメータとして最大振幅値を用いた場合、PC 鋼材切断に起因する AE の最大振幅値は、曝気機の稼働のものに比べて十分大きく、両者の識別は可能であった。この傾向は、エネルギーレベルを用いた場合にも同様であり、両パラメータの大きさの違いに注目した評価の可能性が示された。

本手法の適用にあたっては、現地のノイズ除去のためのしきい値の決定方法や、稼働中の曝気機特性の把握等が重要と考えられ、今後、計測方法の標準化等について検討する予定である。

謝辞：本研究を行うにあたり、(株) 安部工業所のご助力を得た。記してここに謝意を表す。

参考文献

- 1) Austin Adkins, Frank Carlyle, David Youdan : The Use of Acoustic Monitoring to Extend the Life of Post-Tensioned Overbridges at Huntingdon and Mossband, UK, The 9th International Conference on Structural Faults and Repair, 別刷, 2001.7
- 2) 大津政康：アコースティック・エミッションの特性と理論，森北出版社，1988
- 3) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析，鹿島出版会，1994

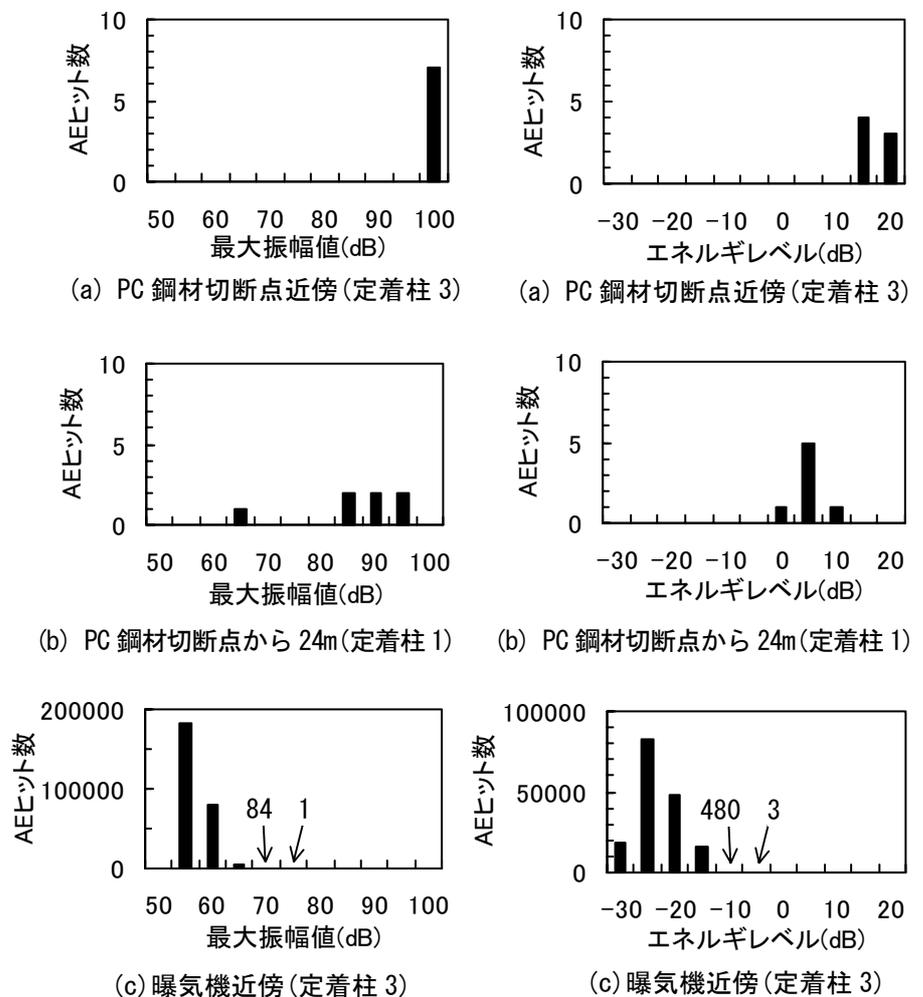


図-3 PC 鋼材切断と曝気機の稼働に伴う AE の最大振幅値

図-4 PC 鋼材切断と曝気機の稼働に伴う AE のエネルギーレベル