

熊本大学大学院 学生員 白石 啓介
 熊本大学工学部 正員 大津 政康
 同 上 正員 重石 光弘
 熊本大学大学院 学生員 飯田 剛史

1. はじめに

A E 発生源となった微小ひび割れの幾何学的諸量を同定しようとする場合、必要とされる A E 波形の振幅値は、各 A E センサによる相対的な出力比で良いことが明らかにされている¹⁾。ただし、微小ひび割れの規模を同定する場合には、A E 波形の振幅値は相対値ではなく物理量としての絶対値が必要とされる²⁾。そこで、岩質材料中を伝播する弾性波動に対する A E センサの感度特性を定量的に評価することを試みた。さらに、感度が既知である A E センサが 1 つあれば、未知の A E センサの感度をも決定できることを確認するため、A E センサの周波数領域における応答の比が A E センサの感度特性の比と等しくなることを明らかにした。

2. 実験概要³⁾

弾性波の伝播媒体として直径 30mm、長さ 1400mm の丸棒（御影石）を使用した。丸棒はベアリング用鋼球 6 個で水平に支持され、軸方向に自由に運動できる。飛翔体の形状は図 1 の左上に示すとおりで、材質はアルミニウムである。飛翔体は圧縮空気により加速され、発射管を出た直後に丸棒と衝突することにより丸棒中に弾性波を発生させた。加力端から 1000mm の位置の表裏に長さ 2mm の半導体ひずみゲージを、丸棒の端面には A E センサを接着し、弾性波を検出した。A E センサは Physical Acoustic 社製 UT-1000 と S9208 の 2 種類を使用した。ひずみゲージの出力波形は $500 \mu \epsilon / V$ となるよう増幅され、A E センサによる出力については増幅せず、サンプリング間隔 $0.5 \mu \text{sec}$ でデジタル変換して記録した。実験装置図を図 1 に、ひずみゲージ、A E センサ UT-1000 による信号波形の例を図 2、図 3 に、また、それぞれの FFT スペクトルの結果を図 4、図 5 に示す。

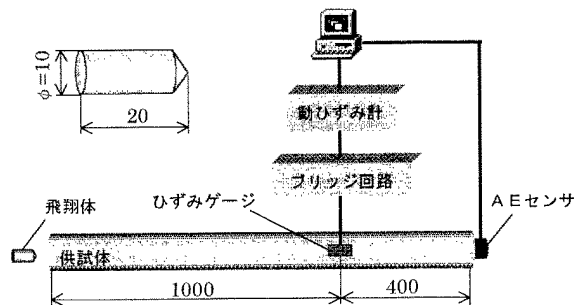


図-1 実験装置図

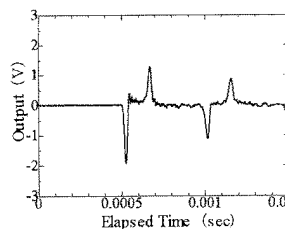


図-2 ひずみゲージ出力

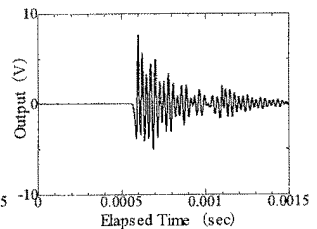


図-3 A E センサ出力

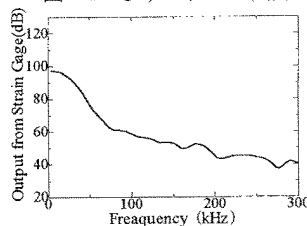


図-4 スペクトル
(ひずみゲージ)

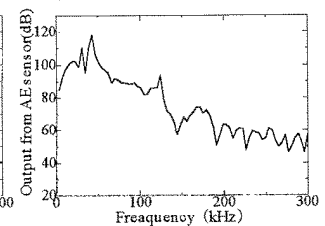


図-5 スペクトル
(A E センサ)

3. 解析結果及び考察

A E センサの感度を評価するということは、すなわち A E センサへの入力波形とそれに

キーワード：アコースティック・エミッション，弾性波動，センサ，感度較正，衝撃

〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 TEL 096-342-3542 FAX 096-342-3507

対するAEセンサの応答の比を求めることになるので、AEセンサ UT-1000 の感度 S は次式で表される。

$$S(f) = 2\pi f \frac{F_A}{F_E} \quad (1)$$

F_E , F_A はひずみゲージ、AEセンサの出力波形に対する F

T の結果である²⁾。AEセンサの感度評価解析の結果、感度一周波数曲線は図6のように得られた。今回の実験で丸棒に入力された弾性波の理論上の周波数帯域は 130kHz までであり、また実験において波形記録器で確認することのできた入力波の周波数帯域はほぼ 100kHz であったことから、100kHz 以上は信頼性が乏しいと思われる。よって感度一周波数曲線において 0~100kHz までの周波数領域における応答感度を、AEセンサの感度として評価した。その結果を表1に示す。

式(1)よりAEセンサ S_{9028} の感度を S' とすると

$$S'(f) = 2\pi f \frac{F_A'}{F_E'} \quad (2)$$

と表せる。よって式 (1), (2) より

$$\frac{F_A}{F_A'} = \frac{S(f) \times F_E}{S'(f) \times F_E'} \quad (3)$$

が成り立つ。図7に今回の実験によって測定されたAEセンサ S_{9028} の応答スペクトル、図8には感度一周波数曲線をそれぞれ示す。式(3)の左辺より求まるAEセンサの応答スペクトル比 (F_A/F_A') を図9に示す。一方、式(3)の右辺で感度特性比 ($S(f)/S'(f)$) とひずみゲージの応答スペクトル比 (F_E/F_E') の積を図10に示す。図9、図10より、2つのグラフはほぼ等しいグラフであることが分かる。このことで式(3)で示された関係式が実験的に確かめられた。ところで、ひずみゲージは丸棒に同一の衝撃を与えられたとき、同一のスペクトルを示す。よって、丸棒に同一の衝撃を与えた時ひずみゲージの応答は $F_E = F_E'$ とみなすことができ、式(3)は

$$\frac{F_A}{F_A'} = \frac{S(f)}{S'(f)} \quad (4)$$

となる。すなわち周波数領域におけるAEセンサの応答の比は感度特性の比と等しくなる。

このことは、図1の様な実験装置ならびに手

法を用いることによって、同様な衝撃パルスを安定して発生させることができれば、ひずみゲージは必要ではなく、絶対的な感度が既知であるセンサが1つあれば、他の感度が未知のセンサの感度も較正可能となることが確認された。

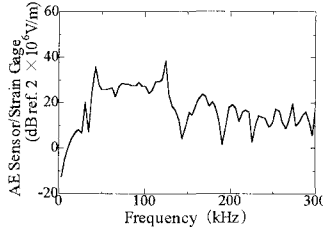


図-6 感度一周波数曲線 (UT-1000)

表-1 AEセンサの感度評価結果 (UT-1000)

Serial Number	感度 (V/m)
No198	1.23×10^8
No171	0.94×10^8
No126	0.93×10^8
No167	0.78×10^8
No164	0.57×10^8
No129	0.45×10^8

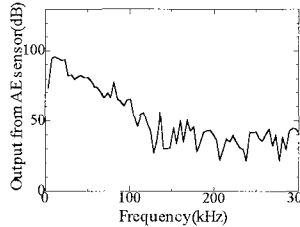


図-7 スペクトル (S9028)

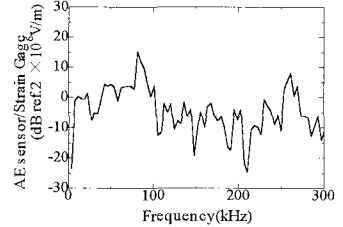


図-8 感度一周波数曲線 (S9028)

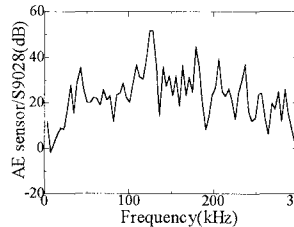


図-9 F_A/F_A'

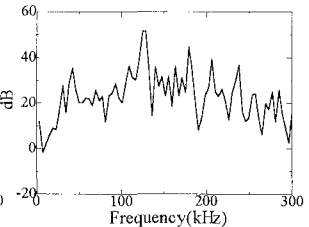


図-10 $(S \times F_E) / (S' \times F_E')$

【参考文献】

- 1) 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，1988
- 2) 重石光弘：「ひび割れ発生機構の同定に関する研究」，熊本大学 平成6年度 学位論文，1994. 11
- 3) 上田和永，梅田章：「デベイス棒による加速度計の特性評価に関する研究」，社団法人 日本機械学会論文集 (C編) 57巻，533号，pp143~147，1991.1