

Lambの問題とAE波動について

京都大学工学部
同

正員 丹羽 義次
正員 ○大津 政康

1. はじめに

アコースティック・エミッション(AE)とは、材料が破壊する際に系内より発生する弾性波およびそのような現象と定義される。AEは、その諸特性を分析することにより、構造物の非破壊試験や健全度の推定、破壊機構の解明などに適用できるものとして、注目されている。本報告は、AEの発生機構に関する基礎的研究の一環として、半無限弾性体における弾性波動問題として著名なLambの問題をとり上げ、擬似AE発生源より発生するAE波動について考察を加えたものである。

2. 実験概要

AE波動の検出に使用した計測装置のブロックダイヤグラムを、Fig. 1に示す。この装置で、周波数帯を10kHz~300kHz、増幅度を60dBに設定し、

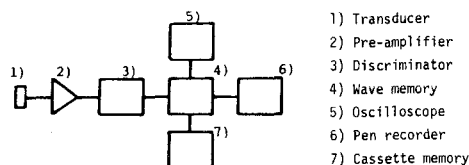


Fig. 1 AE計測ブロックダイヤグラム

検出されたAE波動は、サンプリング間隔50nsecでウェーブメモリに記憶させ、デジタルカセットに収録した。半無限弾性体のモデル供試体としては、モルタル(圧縮強度 $\sigma_c = 397 \text{ kg/cm}^2$, 縦波伝播速度 $v_p = 4000 \text{ m/sec}$)、

コンクリート($\sigma_c = 346 \text{ kg/cm}^2$, $v_p = 4590 \text{ m/sec}$)により、 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ の供試体を作製した。実験は、Fig. 2に示すように、この供試体の上面および下面の中心に、擬似

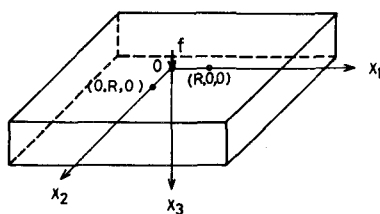


Fig. 2 モデル供試体

AE発生源としてAE変換子(905S)を設置し、これに方形波の電圧を入力することにより外力 $f(t)$ を発生させ、これより生じる弾性波動を、供試体上面の図のようにR離れた点に設置した同じAE変換子(905S)によりFig. 1のシステムを用いて検出した。

3. 解析手法

Lambの問題は、すでに多くの研究がなされているが、本研究では、上述のモデル実験が、変換子の共振や波動の境界での反射などの影響の現われる以前の過渡的な時間内では、それぞれ半無限弾性体中の表面上の点 $(0, 0, 0)$ および内部の点 $(0, 0, 6)$ で、 x_2 方向に作用する力 f による表面上の点での x_3 方向の運動の検出に针对しているものと考えた。このとき、時刻 $t=0$ において点 $(0, 0, z_3)$ にステップ関数として作用する力に對する $(x_1, x_2, 0)$ 点での時刻 t におけるLamb解を $G_{03}^H(x_1, x_2, t | z_3)$ とすれば、変位 u_3 は、次のように表わされる。

$$u_3(x_1, x_2, t) = \int_{-\infty}^t \frac{df}{dt}(z_3, \tau) G_{03}^H(x_1, x_2, t - \tau | z_3) d\tau \quad (1)$$

ここで、 $G_{33}^H(x_1, x_2, t | x_3)$ は、 $x_3' = 0$, $x_3 = 6$ それぞれに対応して、H.M. Mooney¹⁾ および L.R. Johnson²⁾ に従って解を求めた。また、実験では、AE変換子に方形波パルスを入力したが、このとき発生した外力 $f(t)$ および計測システムの応答特性が未知であるため、二つの変換子を貼り合せ一方から方形波を入力した場合に、他方から検出される波動を微分可能な滑らかな関数で近似し、式(1)に従って数値解析を行うことにした。継続時間 $16.7 \mu\text{sec}$ の方形波 ($F_r = 30 \text{ kHz}$) を入力した時の検出波形とその近似波形を Fig. 3 に示す。ここで近似関数は、方形波の立ち上りに相当する部分が、

$$f(t) = -\cos^2(\pi(fa - \frac{1}{2})) \sin(\pi(fa - \frac{1}{2})) \quad 0 \leq fa \leq 1 \quad (2)$$

で表わされるものと仮定し、 $f_a = 100 \text{ kHz}$ とおいたものである。これは、擬似AE発生源で立ち上りが $10 \mu\text{sec}$ の滑らかな関数として変位が与えられたと考え、その二回微分により求めたものである。従って、内部パルスによる表面の運動の場合は、Johnson の解を用いたことにより、変位が与えられたと考えれば、その三回微分を求めることに相当する。

4. 結果および考察

実験においては、Fig. 2 に示す $R = 2.5 \text{ cm}$, 5 cm , 7.5 cm の点で $F_r = 30 \text{ kHz}$, 40 kHz の場合のAE波動を検出した。そして、この実験波形と数値解析による波形を比較した。モルタル供試体において $R = 5 \text{ cm}$ での $F_r = 30 \text{ kHz}$ の表面パルスにおける結果を Fig. 4 に示す。これより、近似関数によって近似し得なかった微動を除いて、二つの波形は非常によく対応していることがわかる。また、Fig. 5 には、同じモルタル供試体で、 $R = 2.5 \text{ cm}$ での $F_r = 30 \text{ kHz}$ の内部パルスにおける結果を示した。この場合は、表面パルスの場合以上に二つの波形はよく一致している。コングリート供試体の結果もほぼ同様であったが、少々一致しない部分もあり、これは骨材による影響があると考えられる。詳細は、当日発表する。

参考文献

1) H.M. Mooney, Bull. Seismo. Soc. Am., Vol. 64, No. 2, (1974)

2) L.R. Johnson, Geophys. J.

R. astr. Soc., 37, (1974)

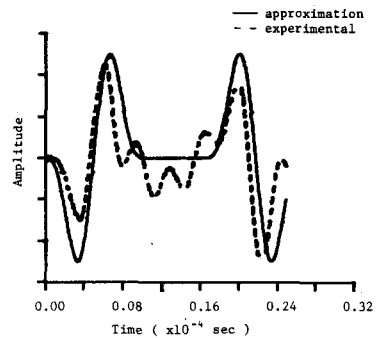
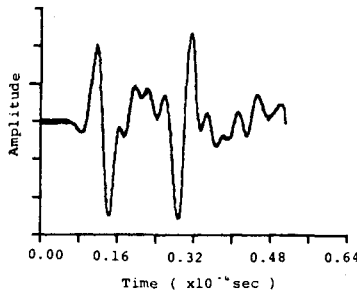
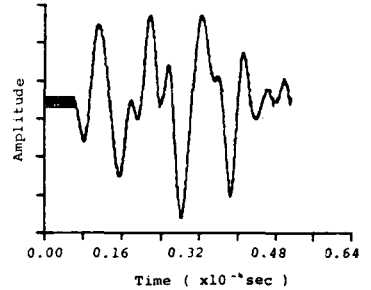


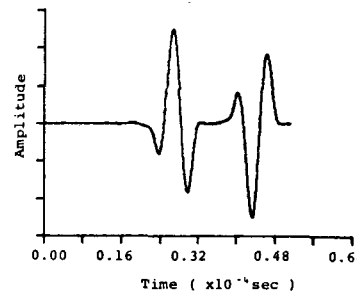
Fig. 3 入力波形



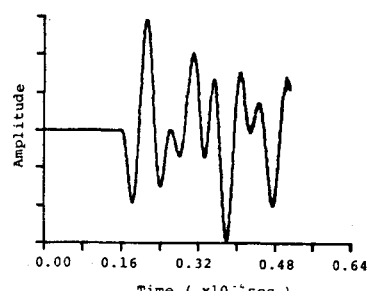
(a)



(b)



(b)



(b)

Fig. 4 (a) 実験波形と(b)解析波形

Fig. 5 (a) 実験波形と(b)解析波形