

A E 波動の波形解析と発生機構について

京都大学工学部 正員 丹羽 義次
 熊本大学工学部 正員 大津 政康
 川崎製鉄 正員 ○植野 良二

1. はじめに

アコースティック・エミッション (A E) とは、材料の破壊に伴って発生伝播する弾性波の総称である。本報告では、A E の発生機構の解明を目的として、A E 波動を弾性体内部における転位より発生する弾性波動と考えた。そして、コンクリート材料の引張破壊試験を行なって検出した A E 波形に逆合積を施し、時間領域と周波数領域とでの解析より A E 発生源での転位関数の決定を試みた。

2. 実験概要

供試体の配合を Table 1 に示す。A E 計測装置のブロックダイアグラムを Fig. 1 に示す。この装置で周波数帯を 10 kHz ~ 300 kHz、増幅度を 60 dB に設定した。実験は、

Table 1 配合

	Maximum gravel size (mm)	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	W/C	s/a (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
Mortar	—	595	357	0.6	—	1190	—
Concrete	10	313	197	0.63	34	626	1252

Fig. 2 に示すように半無限弾性体のモデルとして 30 cm × 30 cm × 6 cm の供試体を用いて、その中央部に長さ 13 cm の線荷重を作用させ、荷重が作用する面内で引張破壊を生じ

モルタルの圧縮強度 327 kg/cm²
 コンクリートの圧縮強度 318 kg/cm²

させた。そして、点 T に設置した変換子 905S で発生する A E を検出し、同時に供試体側面の 4 点 A, B, C, D に設置した変換子 900BA で破壊源探索を行った。

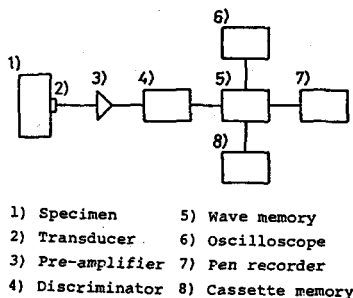


Fig. 1 AE計測ブロックダイアグラム

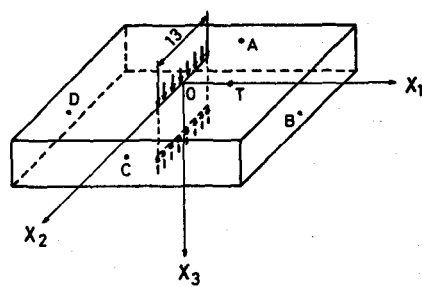


Fig. 2 実験の概略

3. 解析手法

解析においては、Knopoff-de Hoop の表示定理¹⁾により転位を表わし、実験では Fig. 3 に示すような引張りクラックが発生すると考えた。数値計算は Johnson の式²⁾によった。また、変換子 905S は x_3 方向の加速度を検出すると考えられることより、引張りクラックによって発生する弾性波動は次式で表わされる。

$$\ddot{u}_3(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} T_{31}^H(x, t-t'; x_0) \frac{\partial}{\partial t'} [\dot{u}_1(x_0, t')] dt' \dots \dots (1)$$

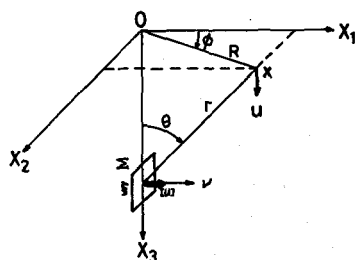


Fig. 3 転位現象

ここに、 $T_{31}^H = (\lambda + 2\mu) G_{31,1}^H + \lambda G_{32,2}^H + \lambda G_{33,3}^H$ で、 T_{31}^H はグリーン関数、転位関数 $[u(t)]$ は Fig. 4 に示すように滑らかな関数であると仮定した。そして、(1) 式より解析波形を求めた。P波速度は、コンクリート；4400 m/sec，モルタル；3900 m/secであった。次に、検出波形より $[\ddot{u}(t)]$ を求めた。周波数領域での逆合積は、次のようになる。

$$F\ddot{u}(f) = D\ddot{u}(f)/F T(f) \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $D\ddot{u}(f)$ 、 $F T(f)$ 、 $F\ddot{u}(f)$ は、それぞれ、 $\ddot{u}_0(t)$ 、 $T_{31}^H(t)$ 、 $\frac{3}{2}[u(t)]$ のフーリエ変換である。(2) 式より $[\ddot{u}(t)]$ とそのフーリエ・スペクトルを求め、仮定関数の $[u(t)]$ とそのフーリエ・スペクトルと比較した。なお、 $[u(t)]$ の立ち上り時間 T_r は、 $[\ddot{u}(t)]$ が一致するように決定した。

4. 実験結果および考察

Fig. 5 a) に検出波形、b) に解析波形の例を示す。破壊源は Fig. 2 の座標系で $(-0.4, 0.2, 5.1)$ (cm) で、 $T_r = 9 \mu\text{sec}$ と仮定した。検出波形では波動の途中で振幅が飽和しているが、前半部は類似している。Fig. 6 に逆合積により求めた $[\ddot{u}(t)]$ を示す。実線が逆合積結果、破線が仮定関数を表わす。以下の図も同様である。図より、両者はよく一致していることがわかる。Fig. 7 に $[\ddot{u}(t)]$ のフーリエ・スペクトルを示す。a) の逆合積結果のスペクトルには、約 20 kHz にピークがある。20 kHz に対する波長は 50 μsec であり、これはデータの全継続時間に対応する。したがって、このピークはデータの有限長さの影響と考えられるので、このピークを除き、ハニングウィンドウもかけた。b) にそのスペクトルを示す。両者ともにピークは約 120 kHz にあり、波長 9 μsec に対応する。これは、 $[\ddot{u}(t)]$ を求めた際の $T_r = 9 \mu\text{sec}$ と一致する。そして、Fig. 6 の $[\ddot{u}(t)]$ を T_r 時間まで 2 回積分して求めた転位関数 $[u(t)]$ を Fig. 8 に示す。以上の結果より、時間領域と周波数領域とでの解析より、転位関数も決定する可能性が示されたと考えられる。その他の結果、詳細については、当日発表する。

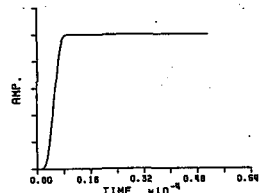


Fig. 4 仮定した転位関数

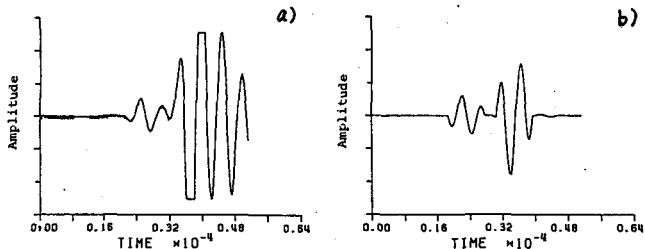


Fig. 5 a) 検出波形と b) 解析波形

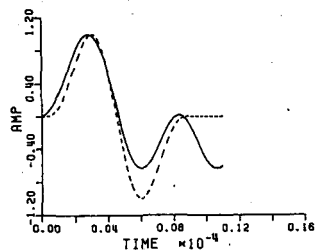


Fig. 6 逆合積により求めた $[u(t)]$

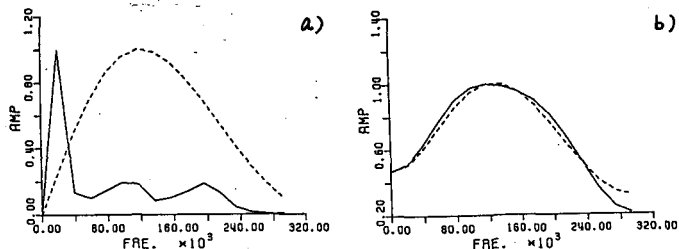


Fig. 7 フーリエ・スペクトル

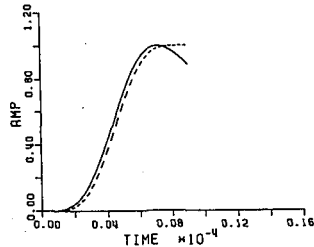


Fig. 8 転位関数

参考文献

- Burridge, R. and Knopoff; Body force equivalents for seismic dislocation, Bull. Seism. Soc. Am., 54, 1825, 1964
- Johnson, L.R.; Green's function for Lamb's Problem, Geophys. J. R. astr. Soc., 39, 99-131, 1974
- 3) 丹羽, 大津, 塩見; 昭和 56 年度関西支部講演概要 V-12