

コンクリートの3次元AE解析について

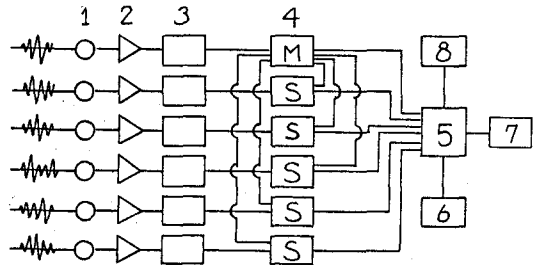
東北大学工学部 学生員 ○近藤克巳
同 正員 新聞 茂
同 学生員 瀧浦猛朗

1. まえがき

AE波は、材料内の微小破壊などによって発生する過渡的な弾性波であり、構造物の非破壊検査や材料内の欠陥の検出などに用いることができる。このような場合、AE位置検定は破壊箇所の識別や破壊のメカニズムを知る重要な手がかりとなる。本文は、コンクリート供試体における3次元AE位置検定を目的としたものである。

2. AE計測装置について

図-1は、3次元AE位置検定装置を示したものである。破壊源探査においては、AE波の立ち上がりも正確に判断する必要があるため、サンプリング時間間隔が短いものが要求される。また破壊に近い荷重段階では頻繁にAE波が発生するため、波形の取り込み時間となるべく短くしなくてはならない。このような理由から、最高サンプリング時間間隔50ns.のトランジェントメモリーを使用した。トランジェントメモリーからのデータの転送はコンピューターでコントロールし、1イベント分のAE波(6KW)約1秒でハードディスクメモリーに取り込むことができる。なおAE計測装置類はNF社製、トランジェントメモリーは川崎エレクトロニクス社製、コンピューターはNEC製PC-9800F2をそれぞれ使用した。



1. トランスデューサー、2. アンプ、3. ディスクリミネーター
4. トランジェントメモリー、5. CPU、6. ハードディスクメモリー
7. プリンター、8. カラーディスプレイ (M: マスター、S: スレーブ)

図-1 AE計測システム

表-1 配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
			W	C	S (11石砂)		
					mm ~0.075	mm 0.075~4.75	mm 4.75~19.0
15	55	50	205	373	411	411	466

3. 実験方法

実験には、 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を用い、セメントは早強ポルトランドセメントを使用する。表-1のと通りの配合で、成形7日の供試体について、荷重速度20kgf/secで一軸圧縮試験を行なった。載荷方法は供試体の端面にグリースを塗布し、載荷板と供試体の間にテフロンシートとゴムシートを挿入して間接載荷とした。発生したAE波は6つのトランスデューサーによりとらえられ、図-1に示すようにトランジェントメモリーに記憶される。このデータはGAP-IBによりハードディスクメモリーに取り込まれる。このようにして、いったん全てのデータを取り終えた後、各チャンネルの時間差を求め、破壊源及び弾性波速度を決定する。破壊源検定の精度を確かめるため、予備実験として既知の座標から擬似AE波を入力し、その波形によって位置検定を行なった。供試体は15×15×30cmの角柱で、図-2のように、Z軸に平行に直径1.5cmの孔を設けたものを用いた。配合は表-1のとおりである。この孔の壁面をはりがねでつつき、擬似AE波を発生させた。

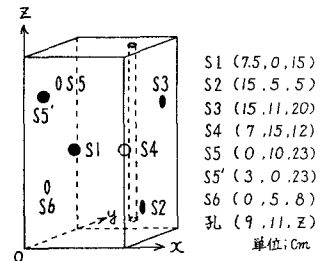


図-2 トランスデューサー配置図

4. 解析方法

図-3に示すように、基準とするトランスデューサー T_0 を原点として3次元座標系をとり、 i 番目のトランスデューサー T_i の座標を (a_i, b_i, c_i) とする。このとき破壊源を $S(x, y, z)$ 、縦波の伝播速度を v_p 、 S から原点までの縦波の到達時間を t_0 、 T_0 と T_i での縦波初動の到達時間差を t_i とすれば、破壊源 S からトランスデューサー T への距離 R は次のように表わされる。

$$R_0 = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = v_p t_0$$

$$R_i = \sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 + (z-c_i)^2} = v_p (t_0 + t_i)$$

上式は、 x, y, z, v_p, t_0 を未知数とした、トランスデューサーの数である N 個の球面の方程式である。この式より解を求める方法も提案されているが、 t_0 は計測ゲートから直接には知られない量であるため、一般にはこれを消去して各トランスデューサーへの到達時間差 t_i だけを用いた次式に変形する。

$$\sqrt{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 + (z-c_i)^2} - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = v_p t_i \quad (i=1, 2, \dots, N-1)$$

この式を直接計算が容易になるように線形化し、解を求める。

5. 解析結果及び考察

図-4は、予備実験によって観測された擬似AE波を各チャンネルごとに示したものである。この図から見られるように発生源から遠いところで観測された波形は、大きく減衰している。またP波、S波による振幅の変化が見うけられる。後半波形がぬれるものは反射波の影響であると思われる。表-2は、同じ実験における擬似AE発生源と標定された破壊源の座標及び弾性波速度の例を示したものである。位置標定では座標値で最大3.3 cmの誤差がある。この誤差の原因は、孔の直径が1.5 cmあることや、AE波の到達時刻を振幅がある値となつたところとし時間差を算定しているため波の立ち上がりが鈍い場合に、時間差が正確に判定されていないこと、などにあると考えられる。なお、本実験と同様の配合の供試体によって求めたE、 ν をもとに計算された縦波速度は3002 m/secである。

6. あとがき

今回の実験で、誤差は大きいものの破壊源の位置が決定できた。考察で示したように誤差が生じる要因としては、種々のものがあるが、これらは、かなり改善の余地が残されており、最終的には、かなりの精度で破壊源位置の決定を行うことが可能であるものと思われる。その他の解析結果は当日発表する予定である。

7. 謝辞

本研究を行なうにあたり御指導を受けた東北大学工学部土木工学科、佐武正雄教授に謝意を表します。なお本研究は、昭和59年度文部省科学研究補助金試験研究(1)の交付を受けて行なったものである。

参考文献

宇津徳治;地震学(共立出版)P137~143.

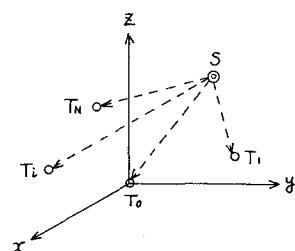


図-3

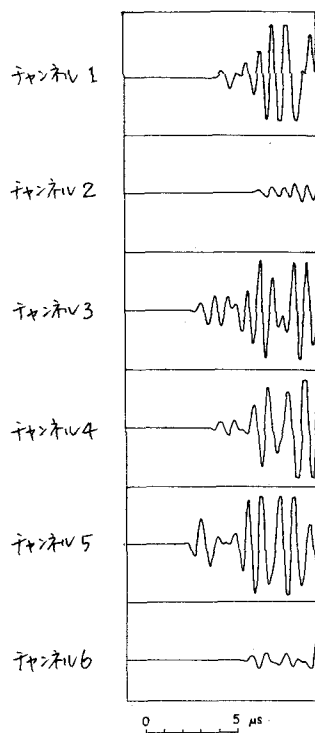


図-4 観測波形

表-2 位置標定例

No	トランスデューサー位置	擬似AE発生源 (cm)	算定結果 (cm)	弾性波速度 (m/s)
1	A	(9, 11, 10)	(11.2, 9.6, 8.1)	3870
2	B	(9, 11, 10)	(9.9, 7.7, 10.8)	3090

A; S5を使用. B; S5'を使用