

京都大学工学部 正員 丹羽 義次
 京都大学工学部 正員 大津 政康
 京都大学大学院 学生員 〇仲村 治朗

1. まえがき

AE現象は、変形・破壊過程の時々刻々に対応した多種多様な情報を含んでおり、その諸特性を解明することにより、材料試験や構造物の非破壊検査・健全度の推定などへの応用が期待される。このようなAE現象の有用性を考慮して、本研究は、AEを弾性体内部における転位により発生する弾性波とみなすことにより、AEの発生機構が転位モデルより求められる放射形式と対応づけられることを述べ、逆に、破壊源探査の際に、放射形式から破壊源での破壊機構の分類および転位の方向の決定などの可能性について検討したものである。

2. 実験概要

実験の供試体には、次のような配合のコンクリートとモルタルを使用した。

コンクリート (水:セメント:砂:粗骨材=0.64:1:2:4, 粗骨材最大寸法10mm, 圧縮強度 407.4 kg/cm²)

モルタル (水:セメント:砂=0.6:1:2, 圧縮強度 435.4 kg/cm²)

供試体の種類は、割裂試験用(φ15cm×15cm)およびその半円柱(φ15cm×半円×15cm)、一軸圧縮試験用(φ10cm×20cm)、曲げ試験用(10cm×10cm×40cm)を使用した。実験装置は、変換子としては905Sあるいは900BAを使用し、従来の5チャンネルのAE計測装置を用いた。集中力を作用させる際には、変換子にパルス電圧を入力させる方法を取った。放射形式の検証実験では、ペンレコーダーに記録させた波形から縦波初動の振幅値を読み取り、また、破壊源探査の実験では、カセット式磁気テープに収録して計算機処理を行った。

3. AE波動の伝達経路と解析方法

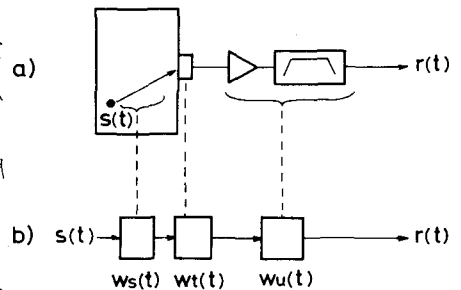
供試体内で生じたAEは、系内を伝播し、供試体境界でAE変換子により電気信号に変換され、増幅器とフィルターを経て検出される。この伝達経路を線形システムとして模式的に表わせば、Fig. 1 のようになる。図より線形システムの理論に従えば、時間領域において次のような関係が得られる。

$$r(t) = w_u(t) * w_t(t) * w_a(t) * A(t) \quad (1)$$

ここで、* は合成積を意味しており、 $w_a(t)$, $A(t)$ には時間以外の変数も含まれているとする。以下、式(1)に基づいて $A(t)$ を

考察することにより、検出されたAE波動から発生機構を検討することにする。

検出するAE波動の波長に比べて伝播する系が大きく、材料の不均質性あるいは空隙などによる回折、撓乱などの影響が小さければ、AE波動は、材料内部の微小破壊によって発生する弾性波動と考えることができる。この微小破壊は、弾性体内部の動的な転位(応力および変位の不連続)として記述され、式(1)における $A(t)$ により表わされる。このとき、式(1)の $w_a(t) * A(t)$ は、動弾性学における解の積分表示式に対応するものとなる。その転位としては、代表的に3種類のモデル(集中力、引張りクラック、せん断クラック)が考えられており、発生源から検出点までの距離が波長に比べて十分大きければ、それぞれの転位モデルに対応して、発生源を中心とした方向と縦波、横波の初動の振幅値に関する空間的な分布が得られる。これが放射形式と呼ばれるものであり、上述の3種類の転位モデルに対する縦波の放射形式の例をFig. 2に示す。図においては、上段に示した転位モデルに対して、それぞれ下段のような放射形式が求められる。ただし、放射形式において、実線は正の変位、破線は負の変位を表わしている。ここで、転位モデルから放射形式が求まることから、逆に、理論的には、放射



形式から転位モデルが決定できるはずである。実際的には、たとえば、破壊源探査の際に、初動の振幅値も求め、放射形式に対応づけることができれば、破壊機構の分類(破壊源ではどのような力が作用しているのか)、転位方向(集中力の場合では力の方向、引張りクラック・せん断クラックの場合では転位の進行方向、つまり、クラックの走る方向)も決定できると考えられる。

4. 結果および考察

まず、縦波の放射形式の検証実験を行った。実験結果を Fig. 3 に示すが、図の (a) は、供試体の 1 点に集中力を作用させ、その際に検出された縦波初動の各方向における振幅値を Fig. 2 の第 1 象限に対応させて示したものである。また、図 (b) では、割裂試験により、引張りクラックの場合の縦波の放射形式を検証した結果を示している。どちらの結果につい

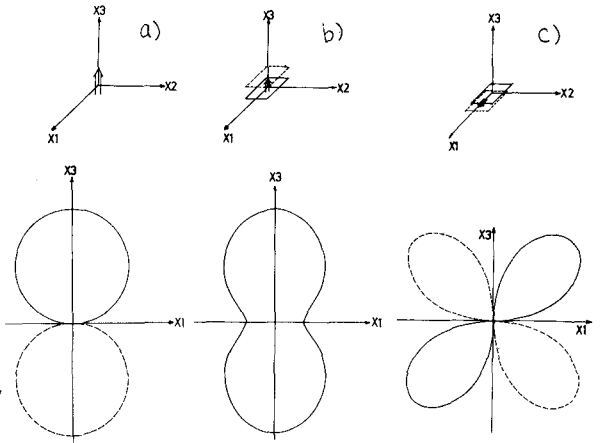


Fig. 2 縦波の放射形式 (a) 集中力, (b) 引張りクラック, (c) せん断クラック

ても、実験値 Δ が理論値としての放射形式上にあることが確かめられる。また、この結果は、コンクリート材料における A/E 波動を、転位より発生する弾性波動現象として扱う妥当性を示していると思われる。

次に、集中力が作用した場合の破壊源探査の実験を行った。曲げ試験用供試体の中央部 9 箇所集中力を作用させて、その入力点と入力方向とを求めた結果が、Fig. 4 に示されている。入力点の結果についてはほぼ 10 mm 前後の誤差の精度で求まっており、また、入力方向についても求まることがわかる。ただし、精度良く入力方向を求めるためには、従来の 5 チャンネルの破壊源探査法およびその計算機処理の精度を向上させることと、破壊源から変換子への入射角があまり浅くならないように探査実験の際に検出点の配置を工夫することの 2 条件が考えられるだろう。また、集中力の場合について、破壊源探査により力の方向が得られたことから、引張りクラックおよびせん断クラックの場合についても、破壊源探査によりクラックの走る方向が得られることが期待できるだろう。このように、破壊源探査を行うことにより、コンクリート材料のひびわれが見えるようになるには、A/E 現象の有用性がさらに高まっていくことと思われる。なお、その他の結果ならびに詳細については当日発表する。

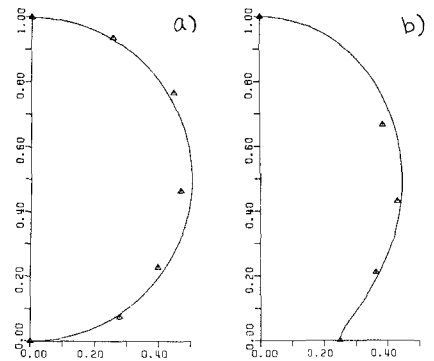


Fig. 3 放射形式の検証結果 (Δ 実験値)

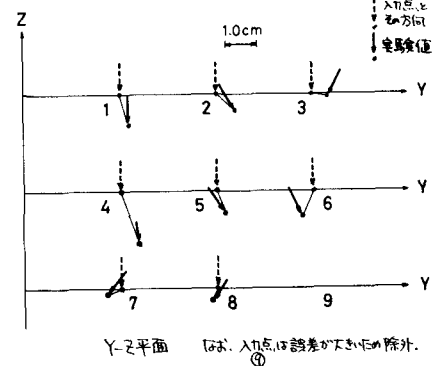
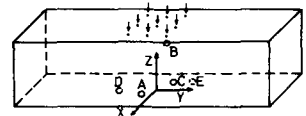


Fig. 4 集中力の場合の破壊源探査の実験結果

参考文献

- 1) 丹羽、小林、大津、土木学会論文報告集、No. 314 (1981)
- 2) 丹羽、小林、大津、土木学会論文報告集、No. 276 (1978)