

V-330

A E 波形解析によるコンクリートの破壊進行領域の観察

熊本大学工学部 正会員 大津 政康

熊本大学工学部 正会員 重石 光弘

熊本大学大学院 学生会員 大塚 政暢

1. はじめに

今日コンクリート構造物はその優れた堅牢性と経済性によって広く普及し、社会において重要な役割を果たしている。またそれとともに、長年の供用により損傷を受けたあるいは受けたと思われるコンクリート構造物の健全性を、その機能を損なうことなく正確に評価する手法が必要になってきた。その一つとして期待されるアコースティック・エミッション（Acoustic Emission；A E）法は、弾性体内部に蓄積された歪みエネルギーが微小ひびわれを形成することによって解放される際に、その微小ひびわれを発生源とする弾性波（A E波）の放射・伝播現象を利用したものである。このA E波の発生および伝播形態は発生源である弾性体の破壊現象と密接な関係があり、A E波を検出して理論解析することによって、破壊現象に関する情報が得られる可能性がある。一方、コンクリートのひびわれによる破壊過程では、既存ひびわれの先端周辺部に無数の微小ひびわれが発生して破壊進行領域を形成し、これらの微小ひびわれの拡大および連結によってひびわれが進展するものと考えられている¹⁾。この破壊進行領域は、力学的には非線形となるため、コンクリートにおける破壊力学に線形理論を適用することを困難にしている一因となっている。そこで本研究では、コンクリートのひびわれが進展する過程において、ひびわれの先端周辺部より発生するA E波を検出し、その信号波形に対し逆解析を行うことによって、破壊進行領域を可視化する試みを行った。

2. モルタルおよびコンクリート角柱供試体の曲げ破壊実験

図 2.1に示すように、モルタルおよびコンクリート角柱供試体（150×150×550 mm）の4点曲げ载荷によって、下縁中央に設けた長さ 30 mmおよび 60 mmのノッチの先端からひびわれを進展させた。この時、载荷板上部に置かれたロードセルとノッチ開口部に取り付けられたクリップゲージによって载荷荷重と開口変位を計測した。長さ 30 mmのノッチを設けたモルタル供試体の実験における開口変位と载荷荷重との関係を図 2.2に示す。また、ひびわれの進展に伴いノッチの先端周辺部より発生するA E波は、供試体表面に取り付けられた6個のA Eセンサ（共振周波数 150 kHz）によって検出し、その信号波形は、増幅（60 dB）した後にハイパスフィルタ（3 kHz）を通して波形記録装置に記録した。なお、今回用いたモルタルおよびコンクリートにおける弾性波の伝播速度の測定を行い、それぞれ 4 300 m/sec、4 000 m/secを得た。

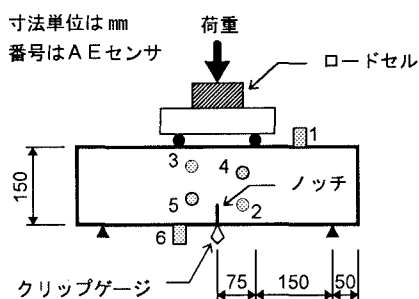


図2.1 角柱供試体曲げ破壊実験概念図

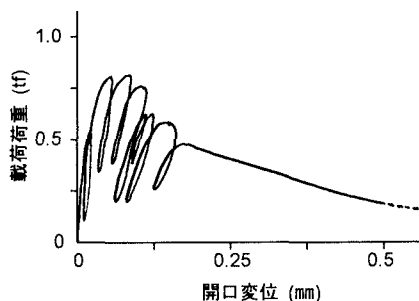


図2.2 モルタル供試体（ノッチ長さ 30 mm）の载荷荷重とノッチの開口変位の関係

3. A E 波形解析による破壊進行領域の可視化

検出・記録されたA E波形の解析手法には、既に筆者らにより開発されたSIGMA²⁾を用いた。これを用いることにより、ある一つの微小ひびわれから発生したA E波の波形が6点以上の観測点で検出されれば、そのA E波の発生源すなわち弾性体内部に生じた微小ひびわれの位置、発生モード、その面の方向を定量的に逆解析できる。また後処

理として、検出波形から逆解析された微小ひびわれの幾何学的諸量から弾性波動をシミュレーションし、この理論波形における SiGMA の逆解析結果と比較を行うことにより、解析結果の信頼性を判定した³⁾。

一つの微小ひびわれが発生すると、6個のA Eセンサがその時のA E波形をそれぞれに検出する。これを1事象とすると、実験での全検出事象数、SiGMA による解析結果が得られた事象数、および後処理解析により信頼性が確認された事象数は、それぞれ表3.1のようになった。

表3.1 各供試体におけるA E事象数

Material	Concrete		Mortar	
Length of Notch	30mm	60mm	30mm	60mm
Recorded	121	262	846	441
Analyzable	39	66	135	142
Verified	11	24	44	42

長さ 30 mm のノッチを設けたモルタル供試体において検出された全 846 A E 事象の内、信頼できる逆解析結果を実験の前半 26 事象と後半 18 事象に分けて図 3.1 および図 3.2 に示す。図中の $\leftrightarrow$ 印は、この位置の微小ひびわれが引張が卓越したモードで生じ、その示された方向に開口した事を示している。また $\times$ 印は、せん断モードが卓越あるいは引張およびせん断の混合モードで生じ、交差した 2 本の線分方向が、微小ひびわれ面の方向あるいは運動方向のいずれかである事を示している。これらの結果は、ノッチ先端周辺部の破壊進行領域の分布およびひびわれ進展に伴う破壊進行領域の移動を示すものと考えられる。

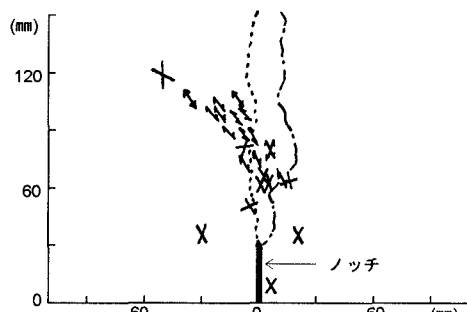


図3.1 モルタル供試体（ノッチ長さ 30 mm）の実験前半におけるA E波形の逆解析結果

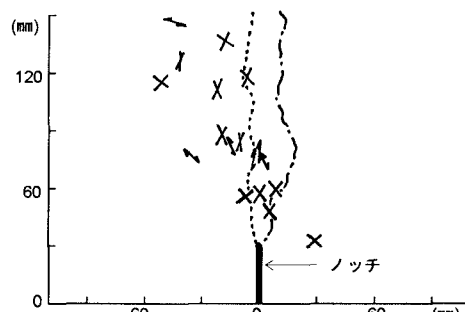


図3.2 モルタル供試体（ノッチ長さ 30 mm）の実験後半におけるA E波形の逆解析結果

また、コンクリート供試体における逆解析結果を同様に図 3.3 および図 3.4 に示した。これらの結果はノッチ長さの違いによる、破壊進行領域の規模への影響を示していると考えられる。

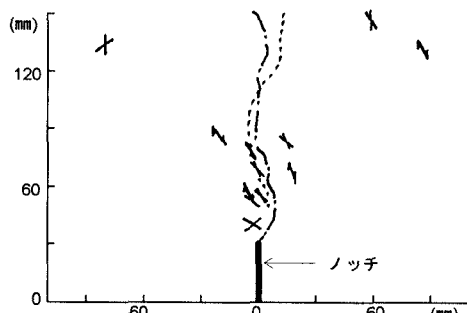


図3.3 コンクリート供試体（ノッチ長さ 30 mm）におけるA E波形の逆解析結果

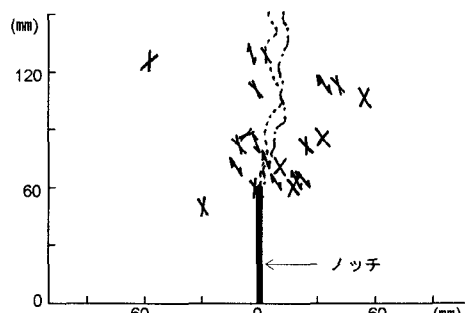


図3.4 コンクリート供試体（ノッチ長さ 60 mm）におけるA E波形の逆解析結果

【参考文献】

- 1) 破壊力学の応用研究委員会 報告書, 日本コンクリート工学協会, 1993.
- 2) 大津政康, 重石光弘, 湯山茂徳, 岡本享久, 「A E モーメントテンソル解析のための SiGMA コードの開発」, 非破壊検査, Vol. 42, No. 10, pp. 570-575, 1993.
- 3) 大津政康, 「A E モーメントテンソル解析における SiGMA コードの後処理解析に関する研究」, 非破壊検査, Vol. 43, No. 12, pp. 776-782, 1994.