

AE/UT 法によるコンクリートのマイクロクラック評価

飛鳥建設 技術研究所 正会員 岩城圭介  
 飛鳥建設 技術研究所 正会員 塩谷智基  
 熊本大学 工学部 正会員 大津政康

1. はじめに

コンクリート構造物が力学的な劣化作用を受けるとき、ひび割れやスケーリングなどの巨視的な劣化現象が認められる以前にマイクロクラックが形成される場合がある。維持管理の立場から、非破壊試験を用いたマイクロクラックの評価により劣化の進展を把握できれば、合理的な対策を行うための有効な情報を得ることができる。本研究では、AE 法および超音波 (UT) 法のマイクロクラック評価への適用性を検討する目的で、マイクロクラック形成過程における AE 特性と UT 法における超音波伝播特性に関して実験的検討を行った。

2. 実験概要

**2.1 供試体, 荷重条件** 実験では、水セメント比 60%、粗骨材最大寸法 20 mm の標準的なコンクリート配合で作成した直径 100 mm、高さ 200 mm の円柱供試体を用いた。供試体に効果的にマイクロクラックを形成させるため、一軸圧縮による荷重・除荷の繰返しを行った。荷重履歴は、図-1 に示すように繰返し荷重 (降伏応力の 55-75% : 4 回, 65-85% : 9 回) の後、降伏応力を与えるものである。降伏後は、巨視的な損傷を避けるために直ちに除荷した。UT 計測は、図中に示すように、健全時と降伏後の無応力下および繰返し荷重過程 I-IV の応力下で行った。一方、AE 計測は、超音波計測を行っていない荷重・除荷時に行った。また、全過程で縦ひずみを測定し、応力-ひずみの関係を得た。

**2.2 AE/UT 計測** AE 計測では、図-2 左に示すように 8 個の AE センサ (共振周波数 60 kHz) を供試体に配置し、40 dB のプリアンプを介して MISTRAS AE 計測システム (PAC 社製) により AE パラメータおよび AE 波形を収録した。

一方、UT 計測では、AE センサを受発信子として用いるとともに、AE 計測システムを受信波の収録にも転用した。収録データは、AE 計測と同様である。ここでは、図-2 右に示すように、発信器に接続された 1 個の AE センサからパルスを射出し、供試体中を伝播した弾性波を 7 個の AE センサで受信した。弾性波の伝播パスは、*a*: 71, *b*: 100, *c*: 107, *d*: 136 (mm) の 4 種類の異なる距離の直線パスが想定される。本研究では、距離差の大きいパス *a* とパス *d* を伝播した弾性波に関し、パスの距離差と到達時間差から算出される伝播速度 *V* (m/sec) および受信波の最大振幅値の差  $\Delta amp$  (dB) (負が減衰) を用いた減衰特性について検討する。

3. 結果および考察

図-3 に応力と累積 AE 発生数の関係を示す。ここで、AE 発生数は、荷重面

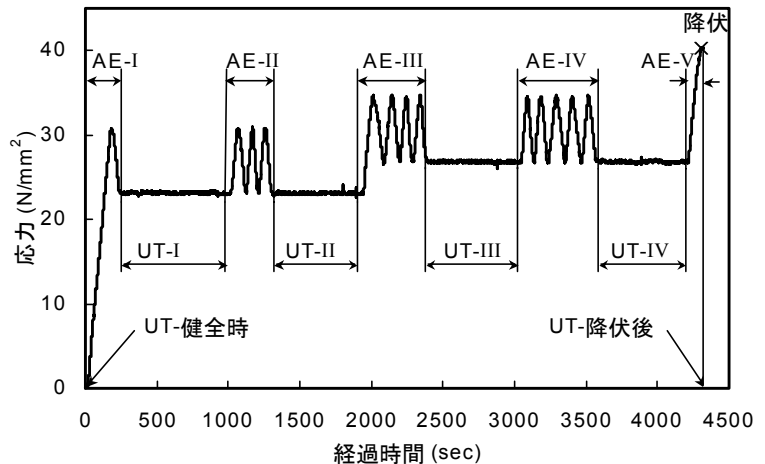


図-1 荷重履歴

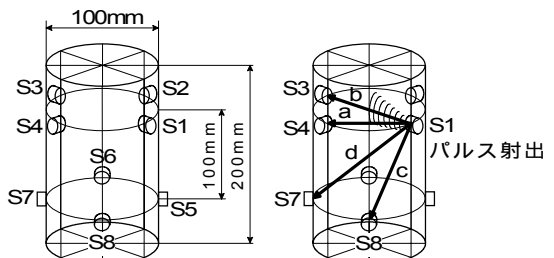


図-2 供試体 (左: AE センサ配置, 右: UT 計測パス)

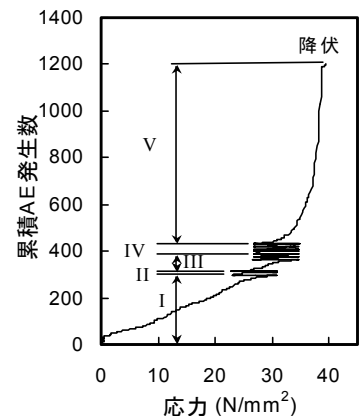


図-3 応力と累積 AE 発生数の関係

キーワード: コンクリート, マイクロクラック, 超音波法, 伝播減衰, AE 法

飛鳥建設技術研究所 〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472 TEL: 0471-98-7559 FAX: 0471-98-7586

からの AE 除去を目的に、AE イベント（センサ配置の内側に位置標定された AE 源の数）として表した。AE は、応力の増加にともない増加したが、繰返し载荷過程 II-IV で鈍化する傾向が認められた。この傾向は、繰返し载荷におけるカイザー効果によるものと考えられ、引張型クラックの卓越とともに、顕著なマイクロクラックの進展がなかったことを示唆している。

累積 AE 発生数と UT 法による弾性波速度  $V$  および最大振幅値の差  $\Delta amp$  の関係を図-4 に示す。 $\Delta amp$  は、原波形の  $\Delta amp (r)$  に加え、162-175 kHz のバンドパスフィルタリングを行った波形の  $\Delta amp (f)$  も示した。162-175 kHz のバンドパスフィルタは、図-5 に示す健全なコンクリートと降伏後のコンクリートを伝播した弾性波の周波数分布で、著しい差が得られた周波数成分に基づく。

図-4 より、弾性波速度  $V$  は、初期から繰返し载荷の過程でほとんど変化せず、降伏後にのみ低下した。このことから、弾性波速度の変化は、コンクリートの降伏状態に鋭敏な指標と考えられる。

原波形の最大振幅値差  $\Delta amp (r)$  は、健全時から降伏に至る全過程でほとんど変化せず、この指標によるマイクロクラックの評価は困難といえる。

バンドパスフィルタリングを行った  $\Delta amp (f)$  は、繰返し载荷時の顕著な低下傾向を示した。この傾向は、マイクロクラックの影響した特定の周波数成分が減衰したことを示すと考えられ、マイクロクラックの大きさに対応する波長（周波数成分）が顕著な減衰を示すとする既往の研究<sup>1)</sup>と調和していた。なお、本実験で減衰が顕著であった周波数成分（約

170 kHz）と弾性波速度（約 3,700 m/sec）から推測されるマイクロクラックの大きさ（波長）は、約 22 mm であり、粗骨材最大寸法 20 mm とほぼ一致し、粗骨材界面でのマイクロクラックの発生が推察される。AE 計測結果から、繰返し载荷時におけるマイクロクラック進展の鈍化が示唆されており、この過程で顕著であった減衰傾向は、マイクロクラックの進展によるものではなく、既存引張型クラックの開閉のみに起因すると考えられる。図-6 に示す応力-ひずみ曲線によると、繰返し载荷時において明らかな残留ひずみの増加が生じており、この現象の要因となるマイクロクラックの開口などが、弾性波の減衰に影響したものと考えられる。すなわち、特定の周波数成分の減衰特性は、マイクロクラックの開口を評価する上で有効である可能性がある。

4. まとめ

AE/UT 法によるコンクリートのマイクロクラックの評価に関して実験的検討を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) AE 法は、マイクロクラック進展の評価に有効であることが示された。
- (2) UT 法では、特定の周波数成分の減衰特性がマイクロクラック開口の評価に有効である可能性が示された。

【参考文献】 1) 岩波, 大即, 二羽, 鎌田, 長瀧: コンクリート中における弾性波伝播挙動に関する基礎的研究, 土木学会論文集 No.627/V-44, pp.223-238, 1999.

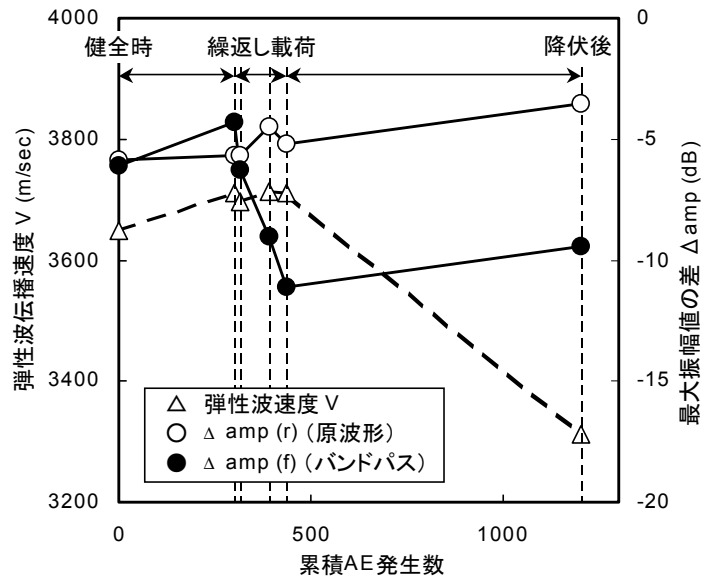


図-4 累積 AE 発生数と超音波電波特性の関係

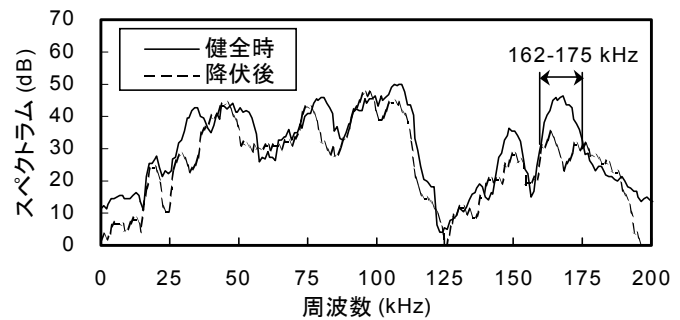


図-5 健全時と降伏後の周波数分布 (0 dB = 100 μV・sec)

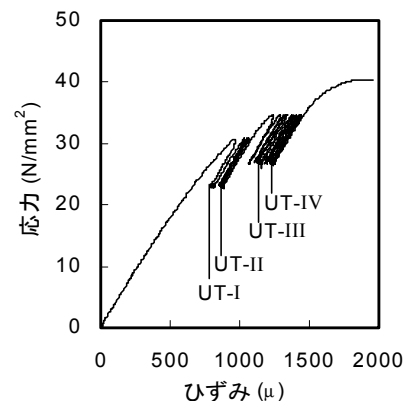


図-6 応力-ひずみ曲線