

Ⅲ-A424 岩盤を模したコンクリートの雨滴による AE 伝播特性

飛鳥建設 技術研究所 正会員 塩谷 智基
建設省 土木研究所 門間 敬一
飛鳥建設 技術研究所 正会員 境野 典夫
建設省 土木研究所 海老原和重

はじめに アコースティック・エミッション（AE）による斜面動態計測システムの開発を目的に平成7年度より土木研究所、（財）砂防・地すべり技術センターおよび民間10社で共同研究を実施している。これまで AE 計測を実施した対象斜面は土砂斜面と岩盤斜面で、土砂斜面は人工的に崩壊させたが、岩盤斜面は自然崩壊を期待し1年以上の長期にわたり変状が認められないまま継続計測中である。岩盤斜面では、崩壊の前兆を与える有用な AE は観察されていないが、長期計測で重要となる計測サイトの周辺環境に起因すると考えられる多くの AE を検出している。ここでは、周辺環境による AE の一つである雨滴による AE 特性を検討するために、岩盤をコンクリートによりモデル化し、水滴落下による AE 伝播特性をコンクリートの強度発現とともに検討し報告する。

実験の前提条件 均質である固体材料中を伝播する弾性波 AE の伝播特性は、ほとんどが音響インピーダンスの大小により支配されるといえる。音響インピーダンス； Z は密度； ρ と弾性波速度； V_p との積で与えられ、コンクリートの強度発現による AE 伝播特性は、音響インピーダンスの違いによる AE 伝播特性を反映すると考えられる。雨粒は半径 $100\mu\text{m}$ 以上の水滴と定義され、半径 3.5mm 以上の水滴は存在しない。雨滴の代表とされる雨粒の半径は 1mm で、終端落下速度は約 6m/s 、大粒の雨滴では半径 3mm 、速度は 9m/s とされる²⁾。

実験概要 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 50\text{cm}$ のコンクリート直方体供試体（高強度吹付用コンクリート， s/a : 60%， G_{max} : 15mm）を作成，1日水中養生後，10，20，30，40，50cm となるよう岩石片用切断機により加工する。図-1 のようにパネの一定圧力で AE センサ（15，60kHz 共振型，PAC 社製）を供試体底面に取付け，もう一方の面にスボイドにより水滴を落下させる。落下高さは，水滴の終端落下速度が 6m/s となるように設定，2m とした。ここで，水滴 10 滴当たりの重量より球換算時半径を算出した結果， 2.75mm であった。この半径は大粒の雨滴に相当する。このような実験を材料 1 日目に続き 3 日目，15 日目に行うことで，音響インピーダンスの違いによる AE 伝播特性が検討可能となる。AE は MISTRAS AE DSP ボード（PAC 社製）により，サンプリング周波数 2MHz，1 波形長さ 9k words，休止時間を $65,534\mu\text{s}$ として記録した。水滴は，各供試体で超音波速度試験を実施し，その後，所用の高さより一定時間間隔で 10 滴，続いて 3～4 分間ランダムに落下させた。

AE 解析方法 検出 AE 波形は実務上の基準となるように AE 最大振幅値を用いて，また AE 波動理論に基づくように P 波振幅値を用いて“AE 波動の伝播減衰特性”について解析する。AE 最大振幅値による伝播減衰は，超音波探傷試験³⁾で用いられている (1) 式により算出する。ここで， A_0 ：音源の振幅値， x ：伝播距離， A_x ：距離 x だけ伝播後の振幅値である。弾性理論に沿う P 波振幅値による伝播減衰⁴⁾は，幾何減衰と粘性減衰項からなる (2) 式により算出する。ここで， λ ：減衰定数， n ：媒体の境界条件により 1/2（表面波），1（無限体），2（半無限体の

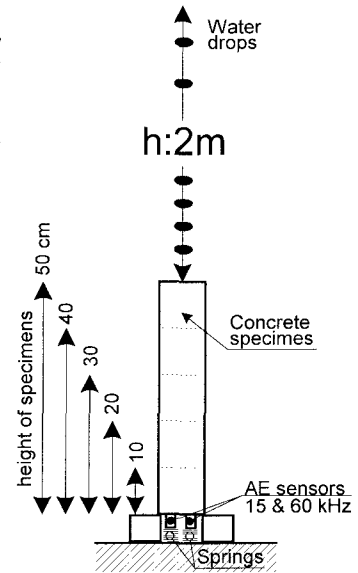


図-1 雨滴実験概要図

$$A_x = A_0 e^{-\alpha x} \quad (1),$$

$$A_x = A_0 e^{-\lambda x} x^{-n} \quad (2)$$

キーワード：アコースティック・エミッション，岩盤，雨滴，長期計測

連絡先：千葉県東葛飾郡閑谷町木間ヶ瀬木間ヶ瀬 5472，電話 0471(98)7551，FAX0471(98)7586

自由表面）である。水滴により得られる AE 波形パラメータの特徴を検討する。検討に用いる AE パラメータは、リングダウンウント（Rc）、最大振幅値（Pa）、エネルギー（En）、継続時間（Dt）、立上り時間（Rt）とし、2 種パラメータの組み合わせ（組み合わせ数：10 通り）全数の相関を調べる。

実験結果

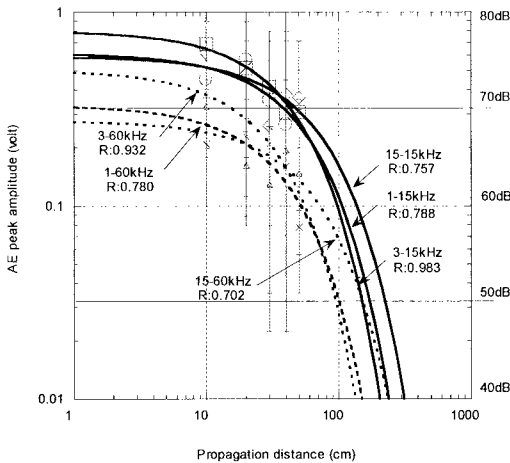


図-2 AE 最大振幅値による減衰特性結果

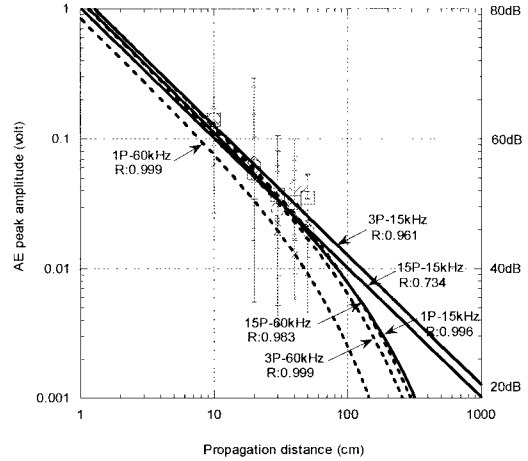


図-3 P 波振幅値による減衰特性結果

図-2, 3 に AE 減衰特性結果を示す。同図の横軸は AE 伝播距離を対数で、縦軸は AE 波形より読みとった振幅値を電圧で表す。なお、凡例はそれぞれ「供試体材令-AE センサ周波数」で、相関係数を付記している。各材令強度（超音波速度）は、1 日が 12.9 N/mm² (3484m/s)、3 日が 30.2 (3949m/s)、15 日が 46.5 (4241m/s) であった。図-2, 3 とともに周波数が 15kHz から 60kHz と大きくなると伝播減衰は大きくなる。図-2 より、しきい値 40dB での雨滴による最大 AE 検出範囲は 15kHz で 3m、60kHz で 2m となった。実験に用いた有限の供試体を伝播する AE の最大振幅値は、供試体自身の固有振動数、境界面からの多重反射などを含むことから AE 最大振幅値を過大に評価している可能性がある。半無限体と見なせる試験体により再考するつもりである。図-3 より、材令にともなう AE 減衰緩和が認められた。前述の 40dB による検出範囲は、15kHz で 1.3m、60kHz で 0.9m となった。15 日-15kHz を除き、全ての結果で式 (2) との良好な相関 ($R=0.961\sim0.999$) が得られたので、P 波振幅値に基づく減衰特性結果は弾性理論による実体波の減衰特性を実験的に裏付けたものといえる。図-4 に材令 15 日、50cm の供試体での Dt と Rc の相関を AE パラメトリック特性の一例として示す。同図より、AE センサ周波数の違いは Dt-Rc 面で異なるクラスターとして識別可能であり、雨滴による AE がこれらの関係を用いて判断できる可能性が確認できた。今後、得られた雨滴による AE 特性結果と現場 AE データを比較検討するつもりである。

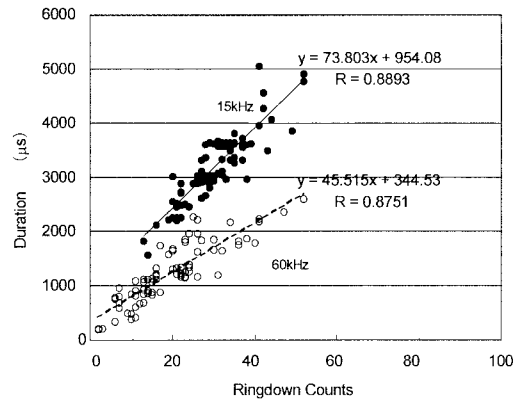


図-4 継続時間とリングダウンカウントの相関

参考文献 1) 塩谷智基・境野典夫・大津政康・重石光弘：地盤内部より発生する AE 波の検出方法，第 32 回地盤工学研究発表会講演概要集，pp.2633-2644，1997.7.2) 近藤純正：水環境の気象学（地表面の水収支・熱収支），朝倉書店，pp.38-47. 3) 日本非破壊検査協会：非破壊検査便覧，日刊工業新聞，pp.386.