# 接触亀裂面を透過する弾性波についての実験的研究

○東北大学工学部　学生員　岩舘　礼
東北大学大学院　正　員　京谷　孝史
東北大学大学院　正　員　寺田　賢二郎
東北大学大学院　正　員　加藤　準治

## 1. はじめに

高度経済成長期に建設されたトンネルの多くは老朽化が進み，早急な補修対策を必要としている．

一方で，トンネルの検査方法に至っては熟練技術者による目視点検が行われ，必要に応じてハンマーによる打音検査が実施されている．この方法は比較的簡単な点検方法であり，その場で健全度の判定ができるという長所があるものの，技術者の経験や勘に依存し，定性的な評価になってしまう．また，厳しい制約下での作業となるため，変状の見落としが生じる可能性もある．現在これらの問題を改善するトンネルの定量的な健全度評価方法の研究が進められており，本研究では，その方法の一つとして衝撃弾性波法に着目する．ここでは脆性材料である石膏に亀裂が存在する場合を模擬し，亀裂接触面の密着度が弾性波の伝播特性 (波の減衰・弾性波速度・周波数) に及ぼす影響を調べる．

## 2. 石膏供試体での亀裂の密着度・弾性波測定試験

ここでは，石膏の供試体に亀裂が存在する場合の亀裂の密着度と弾性波の測定を行った．図–1 に示すように，100mm×100mm×400mm の石膏供試体を作成し，供試体を中心で 2 つに分割する．分割された供試体に加速度センサーを 10ヶ所貼り付け，左から順に ch-1,ch-2……ch-9,ch-10 とした．

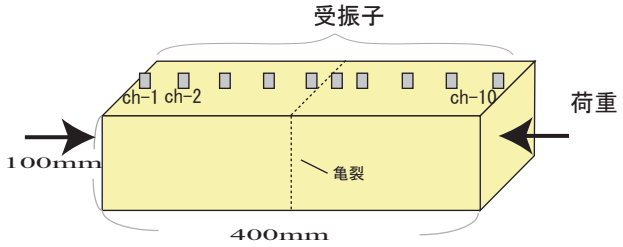
試験方法は，まず分割された供試体の亀裂面同士を感圧紙を挟んで合わせ，供試体両外側から荷重を加えて密着させる．その後，ch-1 近傍でハンマー打撃により弾性波を発生させ，加速度センサーで波の加速度を受振する．また，加えた荷重に対する密着度を測定する．密着度は感圧紙によって着色される接触表面部の総面積を，供試体の断面積で除した値の百分率 (%) と定義した．

## 3. 実験結果

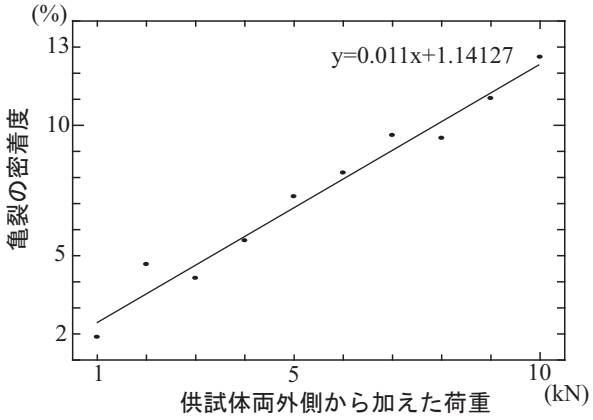
供試体実験における密着度・弾性波測定試験の結果を以下に示す．

図–2 は供試体両外側に加えた荷重と亀裂の密着度の関係図である．横軸に供試体両外側に加えた荷重 (kN) を，縦軸に亀裂の密着度 (%) を取っている．この図によると，加えた荷重に対し亀裂の密着度がほぼ線形の関係にあること分かる．

次に弾性波測定試験で得られたデータをフーリエ変換し，




**図– 1** 供試体実験モデル図




**図– 2** 亀裂の密着度

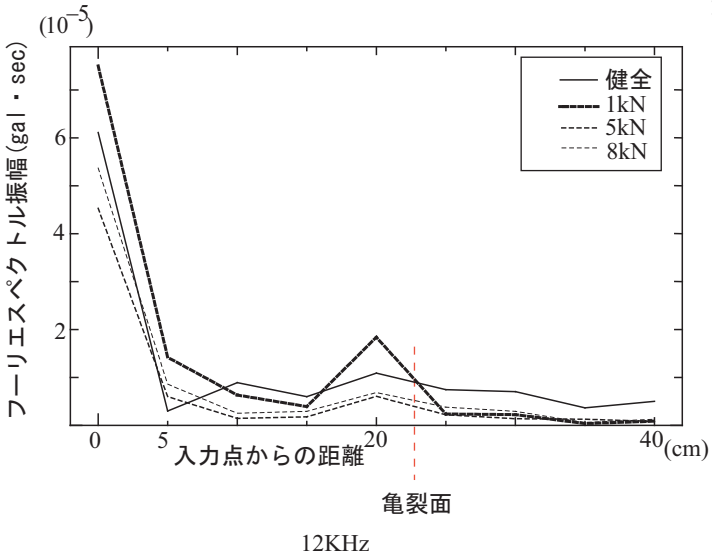
入力波において卓越した周波数 (12KHz，22KHz，31KHz) についてのフーリエスペクトル振幅の距離による変移を調べた (図–3)．縦軸にフーリエスペクトル振幅 (gal·sec) を取り，横軸に入力点からの距離 (cm) を取っている．

図–3 では，健全な供試体および分割した供試体を両外側から 1kN，5kN，8kN の荷重を加えた時の 12KHz の波のフーリエスペクトル振幅が，距離によってどれぐらい減衰していくかを表している．この図によると，波が亀裂面を透過する際にフーリエスペクトル振幅が大きく減衰しており，亀裂の存在により波が減衰されることが確認できた．

また図–4 は，亀裂面の密着度によってどの程度フーリエスペクトル振幅が減少するかを表している．横軸には亀裂の密着度 (%) を取り，縦軸には $\mu$(減衰率 (%)) を取っている．その減衰率 $\mu$(%) は以下の式で定義した．

$$\mu = \frac{\alpha_a}{\alpha_b}\frac{1}{\bar{\mu}} \times 100 \qquad (1)$$

キーワード　衝撃弾性波法　フーリエ変換 〒 980-8579　仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06, TEL 022-795-7425, FAX 022-795-7423



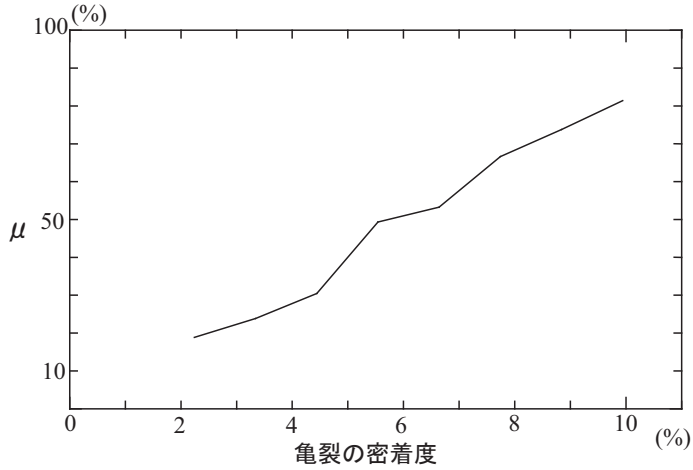

**図– 3** スペクトル強度の変移 (12KHz)

この式において，$\alpha_a$ は亀裂透過後のフーリエスペクトル振幅，$\alpha_b$ は亀裂透過前のフーリエスペクトル振幅，$\bar{\mu}$ は健全供試体の ch–5 と ch–6 のフーリエスペクトル振幅比とする．

$$\bar{\mu} = \frac{\mathrm{ch-6\ でのフーリエスペクトル振幅}}{\mathrm{ch-5\ でのフーリエスペクトル振幅}} \qquad (2)$$

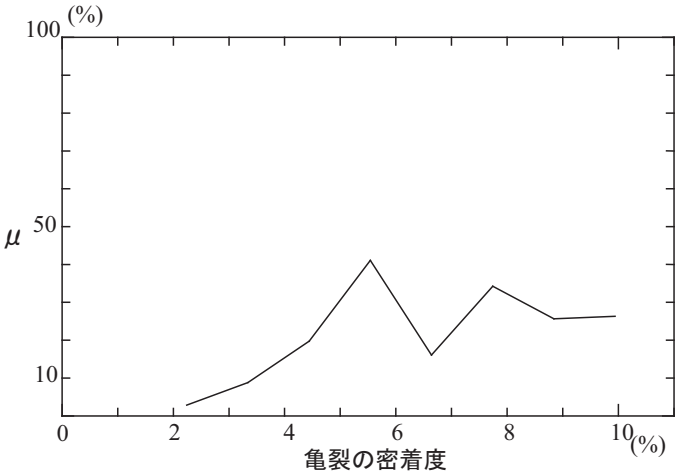
となる．

図–4 より，亀裂が密着するほど減衰率も増加し，つまり，亀裂面でフーリエスペクトル振幅が減衰しにくくなっていることが分かる．

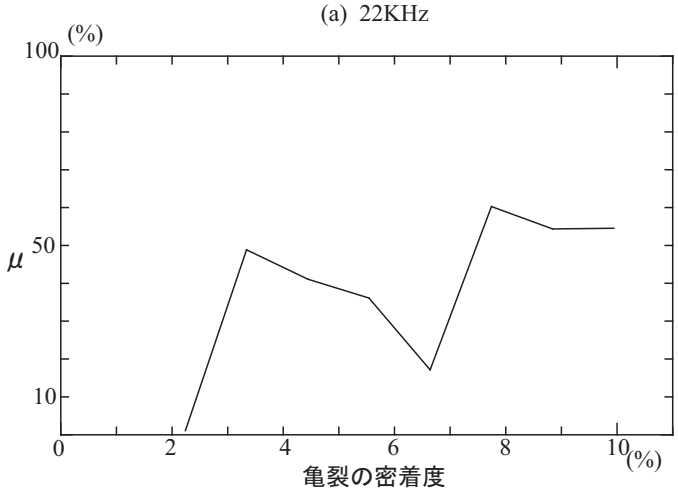



**図– 4** 亀裂を透過することでの減衰率 (12KHz)

また，図–5 は，図–4 と同様で，高周波の測定結果を示している．図–3 より，高周波になるほど減衰率にバラつきが生じ，亀裂が密着していてもフーリエスペクトル振幅が大きく減衰していたり，逆に密着していない場合でも大きな減衰は見られず，必ずしも亀裂の密着度とフーリエスペクトルの透過性に，線形的な関係があるとは言えない結果が得られた．これは高周波は波長が短く，波が散乱しやすくなる等の原因と考えられる．




(a) 22KHz




(b) 31KHz

**図– 5** 亀裂を透過することでの減衰率；(a)22KHz，(b)31KHz

## 4. 結論

今回の実験では，低周波においては亀裂の密着度と波の伝播特性の関係が明らかになったが，高周波の波においては亀裂の透過の際にバラつきが出てしまった．これは，高周波の波長の影響や，反射波や干渉波等による不確定な要因が加わり，波が散乱しやすくなっているものと考えられる．今後の課題としては，高周波において亀裂透過にバラつきを与える因子の理論的解明である．

### 参考文献

1) 大崎順彦：地震動のスペクトル解析, 鹿島出版社，1983.
2) 長岡洋介：振動と波，裳華房，1992
3) 徳岡辰雄: 波動論, サイエンス社,1984.