

超音波の波形特性に着目したコンクリートのひび割れ深さ評価手法

岐阜大学 学生会員 ○内田慎哉 若槻晃右 浅野雅則
岐阜大学 正会員 国枝稔 鎌田敏郎 六郷恵哲

1. はじめに

コンクリートのひび割れ深さを非破壊的に評価する方法として、超音波の伝播時間を用いた $T_C - T_0$ 法¹⁾があるが、この方法では破壊進行領域やひび割れ面の局所的な接触などの影響により、ひび割れ深さを過小評価する可能性があることが既に知られている。そこで、本研究では、超音波の伝播時間以外の評価パラメータとして、受振波形から得られる最大振幅値および周波数分布を用いることにより、これらの影響を考慮したひび割れ深さ評価手法について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要とひび割れ導入方法

破壊進行領域の規模および形態を変化させるために、最大寸法を 5mm, 25mm (以後、それぞれモルタル供試体、コンクリート供試体と呼ぶ) とした骨材を用いて、幅 100mm × 高さ 200mm × 長さ 800mm のはり供試体を作製した。供試体の中央部には、はり高さの 1/10 (20mm) のノッチを設けた。また、ひび割れ進展の制御を目的に、引張側に鉄筋 (2D6) を配置し、図-1 に示す載荷治具のナットを締付けることにより、ひび割れを導入した。

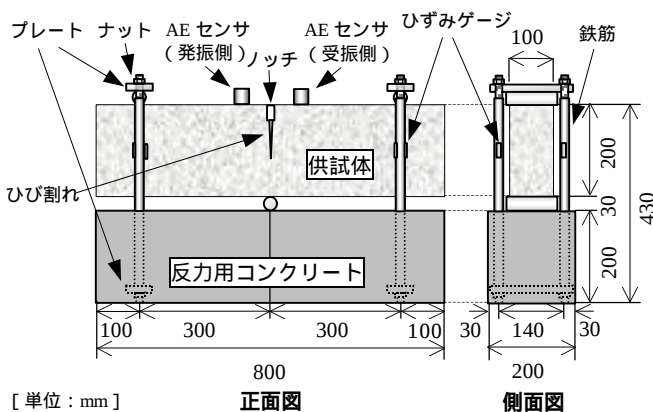


図-1 載荷治具および供試体

2.2 超音波計測概要

超音波伝播時間計測装置により伝播時間を計測し、 $T_C - T_0$ 法によりひび割れ深さ (以後、「 $T_C - T_0$ 法に

よるひび割れ深さ」と呼ぶ) を求めた。また、波形計測に用いた超音波は、パルスジェネレータにより最大電圧 40V のパルス波を発生させ、150kHz 共振型 AE センサにより発振した。受振には、同じく 150kHz 共振型 AE センサを使用した。以上の方法で得られた波形から最大振幅値の測定を行うとともに、高速フーリエ変換 (FFT) により、周波数分布を求めた。

3. 結果と考察

3.1 $T_C - T_0$ 法

$T_C - T_0$ 法によるひび割れ深さを図-2 に示す。超音波の伝播時間を用いた $T_C - T_0$ 法では、供試体断面内のひび割れ深さの部分的なばらつきや、破壊進行領域およびひび割れ面の局所的な接触などの影響により、推定されたひび割れ深さが頭打ちとなる傾向 (以後、「頭打ち領域」と呼ぶ) があることをあらためて確認した。

また、頭打ち領域よりも前の段階で、 $T_C - T_0$ 法によるひび割れ深さにばらつきが生じたが、これは探触子直下の近傍において、超音波が透過可能な部分が断面内で不均一に存在することを示唆している。この領域を、本研究では、便宜的に「遷移領域」と呼ぶことにする。

3.2 最大振幅値

各 CMOD において計測された最大振幅値を、ひび割れが存在しない場合の最大振幅値に対する比 (最大振幅値比) として図-2 に示す。いずれの供試体についても、CMOD の増加 (頭打ち領域を含む) に伴って、最大振幅値比が減少した。これは、ひび割れの進展に伴い供試体断面内において透過する波のエネルギーが減少したためと考えられる。

最大振幅値比の減少傾向は、コンクリート供試体よりもモルタル供試体において明確に現れた。これは、粗骨材の有無によってひび割れの進展形態が異なるためと推測できる。すなわちモルタルの場合、

キーワード：ひび割れ、非破壊評価、超音波法、最大振幅値、周波数分布

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部土木工学科 TEL/FAX 058-293-2470

粗骨材を混入したコンクリートに比べて、骨材のかみ合わせによる拘束力が弱いと、数本のひび割れが絡み合い、1本の束状のひび割れ群となってほぼ直線的に進展している²⁾と考えられる。一方、コンクリートでは、粗骨材がひび割れの進展に抵抗するため、モルタルに比べて破壊進行領域が、より広がりをもって存在している²⁾と考えられる。以上のことから、最大振幅値比は、ひび割れが連続している範囲の長さ（ひび割れ面の局所的な接触を含む）に影響を受けるものと推測される。

$T_C - T_0$ 法で確認された遷移領域においては、最大振幅値比にも同様のばらつきが確認された。しかも、遷移領域に対応するCMODの範囲はよく一致していた。

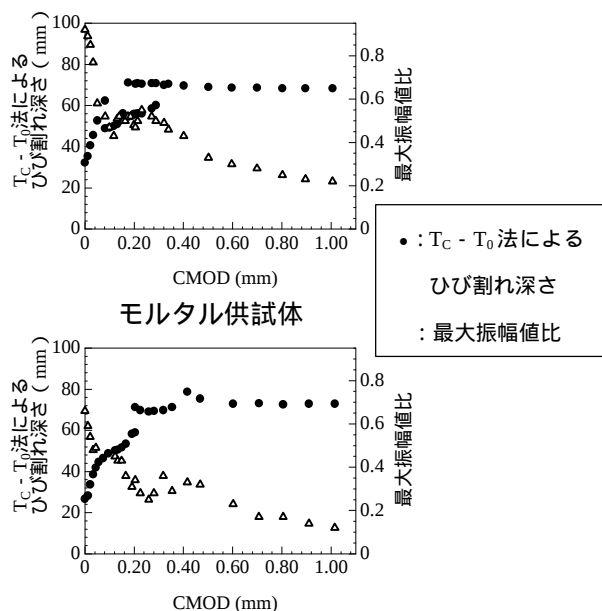


図-2 $T_C - T_0$ 法と最大振幅値比

3.3 周波数分布

図-3に、载荷前および頭打ち領域でのひび割れの進展に伴う周波数分布の変化を示す。モルタル供試体では、ひび割れが進展するにしたがってわずかではあるが高周波成分の減衰がみられたものの、ほとんど分布形状の変化がなかった。これに対して、コンクリート供試体においては、明らかに高周波成分が減衰し、低周波成分が相対的に増加する傾向がみられた。これは、破壊進行領域の影響と考えられる。すなわち、コンクリート供試体ではひび割れが進展するにしたがって、破壊進行領域に発生するマイクロクラックが広がりをもって存在し、この領域の影響で超音波が散乱し、高周波成分が減衰したと考えられる。

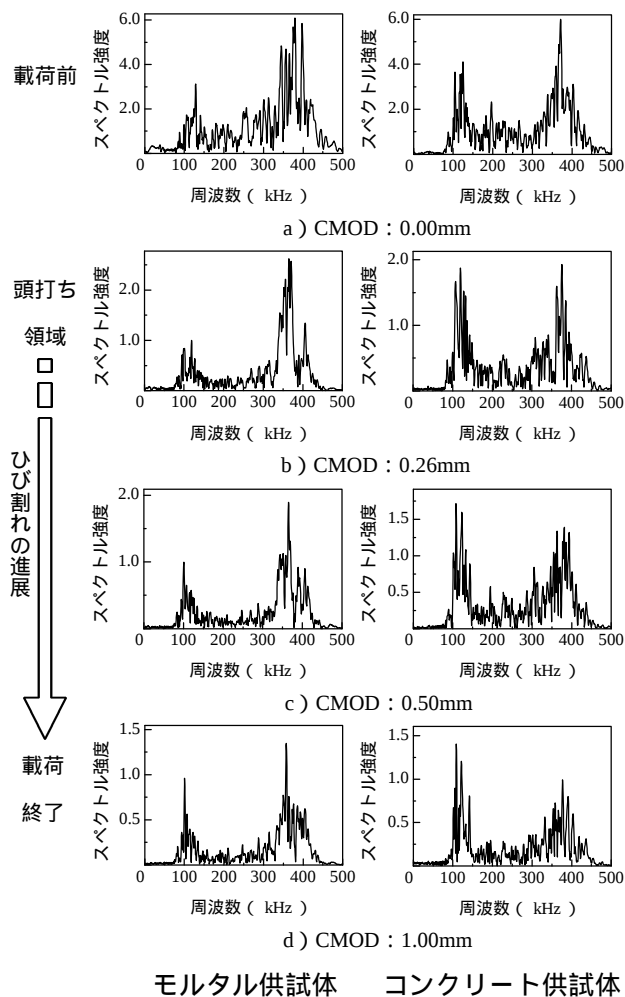


図-3 周波数分布

4. まとめ

超音波の伝播時間に加えて、受振波形から得られる最大振幅値および周波数分布を評価指標として用いることにより、破壊進行領域やひび割れが連続している範囲の長さ（ひび割れ面の局所的な接触を含む）を定性的にはあるが把握できた。今後は、これらの指標を組合せた定量化の手法を検討するとともに、超音波により評価可能な「ひび割れ深さ」の意味について明らかにしていくことが重要と考えられる。

謝辞

本研究の一部は、(財)前田記念工学振興財団の援助を受けて行った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Jones, R, :The Non-Destructive Testing of Concrete, Cambridge University Press, London, p.42, 1962
- 2) 大塚浩司ら：コンクリートの破壊進行領域の性状に及ぼす骨材寸法の影響，土木学会論文集，No.478/V-21, pp.109-116, 1993