

岐阜大学 学生会員 若槻 晃右
 岐阜大学 学生会員 後藤 友和
 岐阜大学 正会員 鎌田 敏郎
 岐阜大学 正会員 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調べる手法として、超音波法の適用が検討されており、その評価方法に関する研究は数多くなされている。実際のコンクリートひび割れでは、先端部分に微細なひび割れが累積した破壊進行領域 (Fracture Process Zone) が存在する。破壊進行領域の存在が、マクロな観点でのひび割れ深さ評価に与える影響についてはほとんど検討されていないのが現状である。本研究では、超音波法により測定したひび割れ深さと、FEM 解析および AE 法によるひび割れ発生位置標定の結果とを比較することによって、破壊進行領域が超音波法によるひび割れ深さ評価に与える影響について検討した。

2. 実験概要

破壊進行領域の大きさを変化させるために、骨材最大寸法を 5 mm および 25 mm とした幅 100 mm × 高さ 200 mm × 長さ 800 mm (スパン長 600 mm) の梁供試体 (中央部に切欠きを有する) を作製した。ひび割れ導入方法は、3 等分点曲げ载荷とし、打設面と直角な方向に载荷した。ロードセルを用いて荷重を計測するとともに、切欠き口にクリップゲージ (感度: 1/400 mm) を挟んで、CMOD を計測した。急激な破壊を防ぐために、必要に応じて除荷・再载荷を繰り返した。

超音波探触子の取り付け位置を図-1 に示す。CMOD が 0.20 mm までの間 0.01 mm 間隔で超音波伝播時間の計測を行い、算定式 ($T_c - T_0$ 法)¹⁾ によりひび割れ深さを求めた。以上のようにして求められたひび割れ深さを、「超音波法によるひび割れ深さ」とする。また、実験により得られた荷重-CMOD 曲線から推定された引張軟化特性を用いて、仮想ひび割れモデルによる数値解析を行った。これを「解析によるひび割れ深さ」とする。さらに、载荷中に発生する AE を、AE 計測システムを用いて計測した。検出された AE はプリアンプにおいて 40dB、メインアンプにおいて 40dB の計 80dB で増幅を行った。AE 計測装置では、しきい値 45dB を超えたものを記録し解析を行った。本実験では、2 次元位置標定を 2 つの面について行った (図-2)。

3. 実験結果

超音波法と FEM 解析による結果の比較を図-3 に示す。超音波法によるひび割れ深さは、骨材最大寸法によらず FEM 解析によるひび割れ深さより小さくなった。FEM 解析によるひび割れ深さは破壊進行領域を含むと考えられる。破壊進行領域では微細なひび割れが累積しているが、それらは不連続であり、ひび割れていない部分も存在する。超音波はこれらの部分を透過したものと考えられ、超音波法によるひび割れ深さでは破壊進行領域の大きさを含まず、開口したひび割れ部分の深さのみを推定したと考えられる。しかし、ひび割れ先端において破断面および骨材が接触していることも考えられ、超音波法によるひび割れ深さがその影響

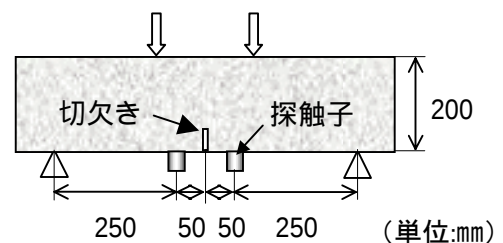


図-1 超音波探触子の取り付け位置

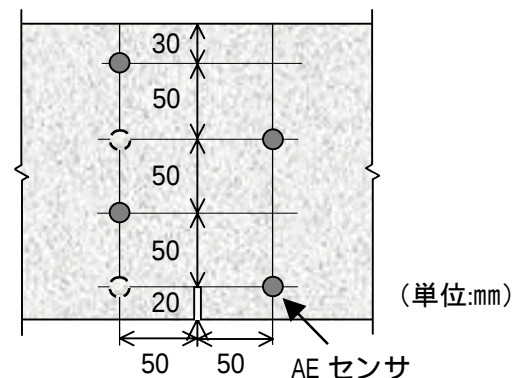


図-2 AE センサ取り付け位置 (側面図)

キーワード：非破壊試験、超音波法、AE 法、ひび割れ深さ、破壊進行領域

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 058-293-2469

を受けている可能性は残っている。

また、超音波法と FEM 解析によるひび割れ深さは、ともに CMOD:0.07mm 程度までは CMOD の増加とともに大きくなるが、それ以降は増加の傾向が緩やかになっている。これは供試体寸法にも依存すると思われるが、本研究の範囲内においては、超音波法では 70mm 程度までのひび割れ深さは推定が可能であることが分かった。

超音波法の結果と AE 法による位置標定の結果を図-4 に示す (AE 法による位置標定結果については CMOD:0.09→0.14 mm の間に発生したものである)。AE 法によるひび割れ発生位置は破壊進行領域を含むと考えられる。骨材最大寸法 5mm の場合に比べ 25mm の場合、AE の発生位置は広範囲にわたった。これは大塚²⁾らの研究結果とも一致する。

超音波法によるひび割れ深さと AE 法によるひび割れ発生位置とを比較すると、骨材最大寸法によらず超音波法によるもののほうが小さな値となった。しかし、骨材最大寸法 25mm の場合に比べ、骨材最大寸法 5mm の場合は超音波法によるひび割れ深さと AE 法によるひび割れ発生位置標定の結果の差は比較的小さくなった。これは、骨材最大寸法 25mm では破壊進行領域の大きさが、より大きなものであったためと考えられる。超音波が破壊進行領域を透過するために、超音波法によるひび割れ深さと AE 法による位置標定の結果に差が生じたと考えられる。破壊進行領域の小さい骨材最大寸法 5mm の場合では、その影響が小さく、差が小さくなったものと思われる。また、破壊進行領域が大きくなるほど、超音波法によるひび割れ深さとの差は大きくなると推察される。

4. まとめ

骨材最大寸法を 5mm、25mm とすることにより破壊進行領域の大きさを变化させた梁供試体の曲げひび割れを、超音波法、FEM 解析および AE 法により計測し、それぞれ比較した。その結果、超音波法による推定ひび割れ深さは破壊進行領域の影響を受けることが確認された。また、破壊進行領域が大きいほどその影響は大きくなること、骨材最大寸法が小さい場合その影響は比較的小さいことが明らかとなった。さらに、本研究の範囲内においては、超音波法では 70mm までのひび割れ深さが推定可能なことが分かった。

【参考文献】

- 1) Jones,R, "The Non-Destructive Testing of Concrete, " Cambridge University Press,London,1962,p.42
- 2) 大塚浩司、勝部宏明：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

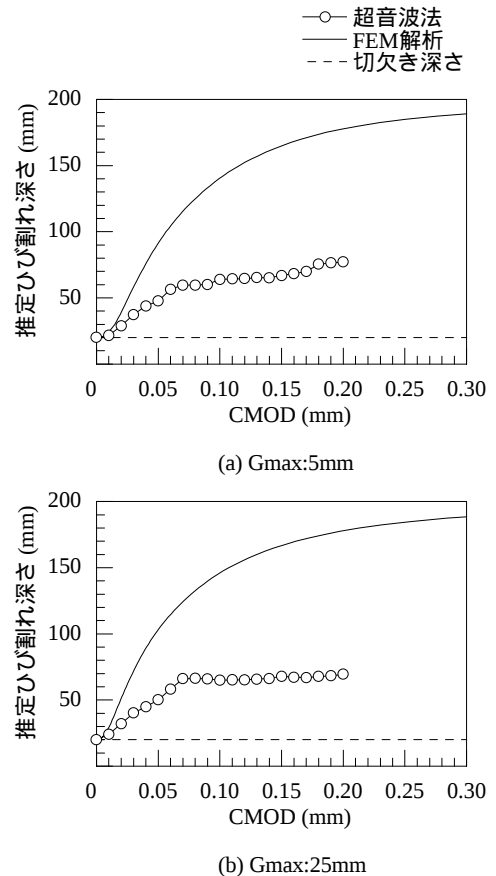


図-3 超音波法と解析による結果の比較

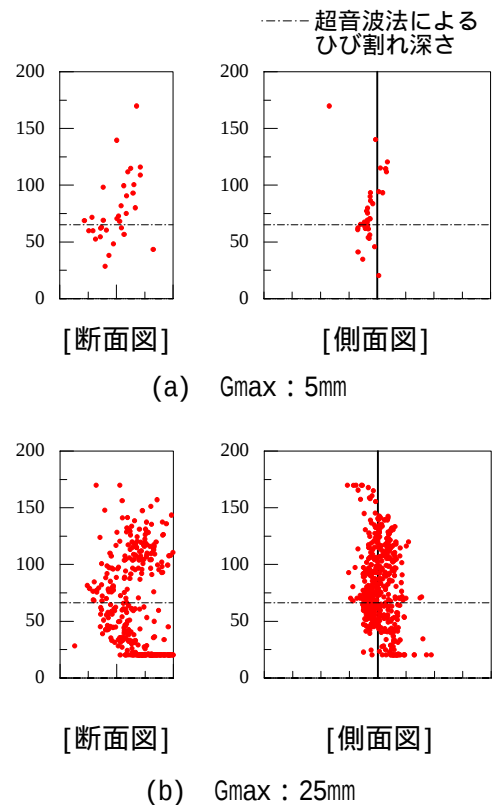


図-4 超音波法と AE 法による結果の比較 (CMOD : 0.14 mm)