

○学 夏目 実 (新潟大院) 正 尾田 雅文 (新潟職短)
 正 原 利昭 (新潟大工)

Minoru NATSUME, Graduate School of Niigata University, 8050, Ikarashi 2 no-cho, Niigata-city, Niigata
 Masafumi ODA, Niigata Polytechnic College, 7-21, Shintomicho 1-chome, Shibata-city, Niigata
 Toshiaki HARA, Department of Mechanical Engineering Niigata University

Key Words: Experimental Stress Analysis, Ultrasonic Inspection, Super Sonic Wave, Acoustoelasticity, Spectral Analysis, High Polymer Materials

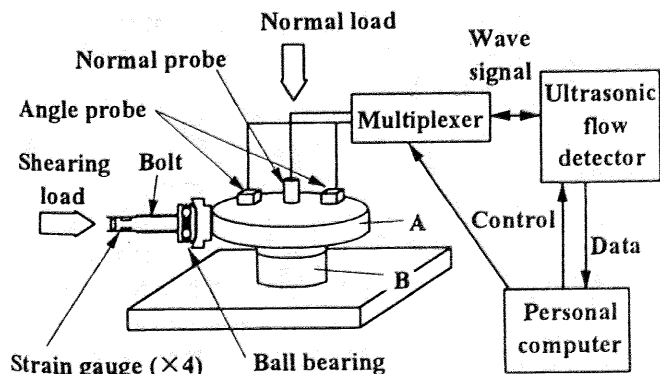
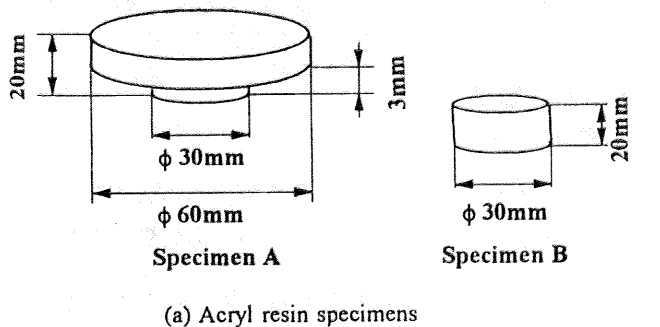
1. 緒言

機械や構造物などの結合部に作用する応力を正確に知ることは、より安全な設計を行う上で重要であり、種々の接触圧力測定法に関する研究⁽¹⁾⁻⁽³⁾が行われている。この中で超音波法は接触面間にセンサを挿入する必要がない等の特徴を有し、済木ら⁽⁴⁾は摺動に伴う接触表面の粗さの変化を測定することにより、摺動時に伴うせん断応力の評価例を示している。

本研究では、静的接触時においても評価が可能である音弾性を利用したせん断応力の評価法を提示し、検討・考察を行った。

2. 実験方法

図1に実験装置の概略を示す。図1(a)に示すアクリル製試験片A及びBを用いた。なお、超音波の反射特性は接触表面粗さの影響を受けることから両試験片の接触面をラップ加工し、中心線平均粗さRaで1.4 μmの均一な表面粗さとした。図1(b)に示すように試験片Aを試験片Bに490, 980, 1470, 1960Nの垂直荷重で押し付け、さらに垂



(b) Measurement system
 Fig. 1 Experimental setup

直荷重の30%の範囲内で横荷重を負荷した。なお、垂直荷重はロードセルを用いて、横荷重はボルトに貼付した歪みゲージを用いて検出した。ボルトと試験片Aの間には自動調心軸受を挿入した。

公称周波数10MHzの垂直および斜角探触子をグリセリンを介して試験片Aの上面に設置し、これをマルチプレクサを用いて高速に切り替えることにより、両探触子で得られたエコーを同時測定した。なお、横荷重を負荷する方向およびそれに対し垂直方向の2方向についてエコーを測定した。以後、前者を「せん断方向」、後者を「垂直方向」と表示する。反射波は超音波探傷器で検出し、パーソナル・コンピュータにより記録および解析を行った。すなわち、フーリエ解析することにより、スペクトル $X_T(f)$ 及び次式が成立する重心周波数 f_c を算出し、これと接触面に作用する応力との相関を求めた。

$$\int_0^{f_c} |X_T(f)| \cdot df = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} |X_T(f)| \cdot df \quad \dots\dots(1)$$

図2に接触面から得られたエコーを示す。本研究ではフーリエ解析の他に無負荷時のエコー高さ heo および負荷時のエコー高さ he で定義される反射波特性値 ER^* を次式によって算出し、応力との相関を求めた。

$$ER^* = 1 - he/heo \quad \dots\dots(2)$$

3. 実験結果

図3にせん断方向に設置した斜角探触子から得たエコーのスペクトル比とせん断応力の関係を示す。縦軸にはスペクトル比を、横軸には周波数、そして奥行き方向の軸には横荷重を見かけの接触面積で除して求めた公称せん断応力をそれぞれ示した。なお、垂直荷重を見かけの接触面積で除した公称垂直応力は1.39MPaである。スペクトル比のピーク、およびピーク周波数はせん断応力によらずほぼ一定値を示す。一方、10~15MHzにおけるスペクトルは公

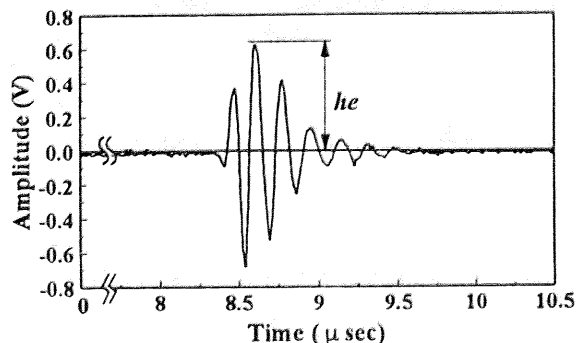


Fig. 2 A sample of ultrasonic wave

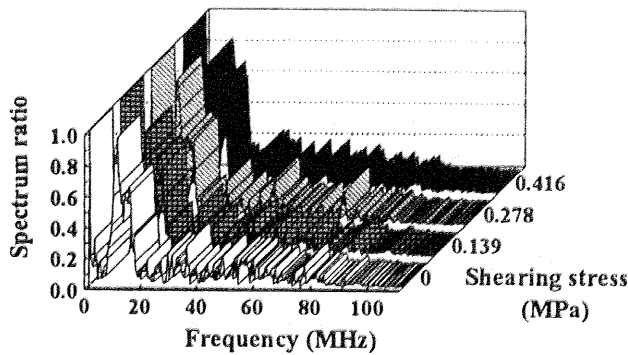
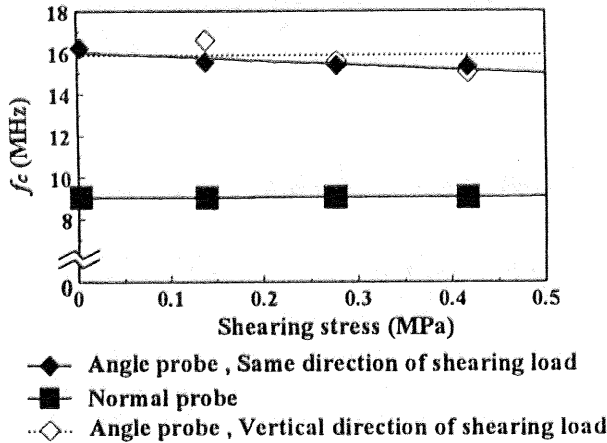
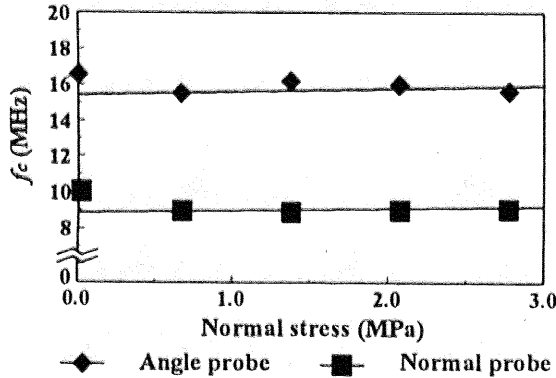


Fig. 3 Relation between spectrum ratio and frequency



(a) Normal stress = 1.39 MPa



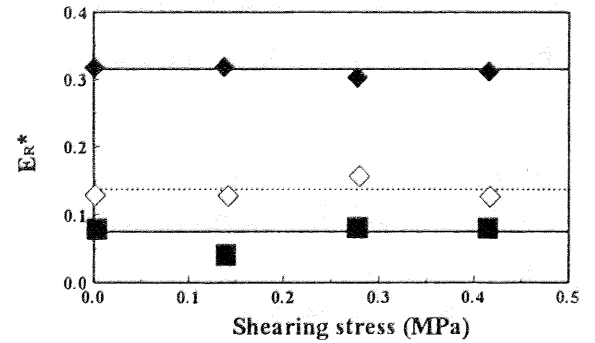
(b) Shearing stress = 0 MPa

Fig. 4 Relation between f_c and shearing stress

称せん断応力の増加に伴って減少する。この傾向は他の公称垂直応力、すなわち 0.693, 2.08, 2.77MPa においても見受けられることから、本研究ではスペクトルの重心周波数 f_c と応力の関係を求めた。

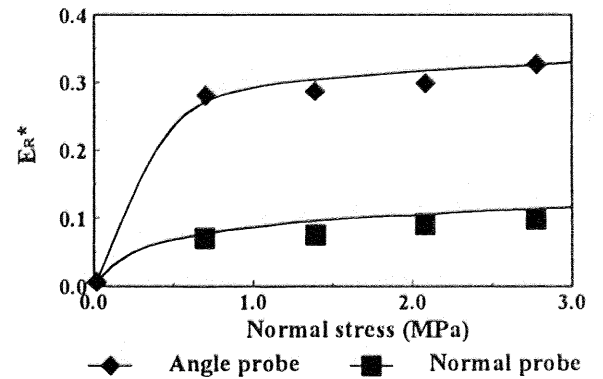
図 4(a) には公称垂直応力を 1.39 MPa として、公称せん断応力を変化させた時の重心周波数 f_c を、図 4(b) には垂直荷重のみを負荷して、公称垂直応力を変化させた場合の重心周波数 f_c をそれぞれ示す。図 4(a) より、せん断方向の斜角探触子で得られたエコーの重心周波数 f_c は公称せん断応力の増加とともに減少した。一方、図 4(b) より、斜角および垂直探触子で得られたエコーの重心周波数 f_c は、いずれの公称垂直応力においてもほぼ一定値を示した。これらの結果より、せん断応力を評価する上で重心周波数 f_c を評価する手法の有効性が予想される。

図 5 に反射波特性値 ER^* と接触圧力の関係を示す。図 5 (a) は公称垂直応力 1.39MPa において、公称せん断応力を



◆ Angle probe , Same direction of shearing load
■ Normal probe
◇ Angle probe , Vertical direction of shearing load

(a) Normal stress = 1.39 MPa



(b) Shearing stress = 0 MPa

Fig. 5 Relation between stress and ER^*

増加させた場合の ER^* を、図 5(b) は垂直荷重のみを負荷して公称垂直応力を変化させた場合の重心周波数 f_c をそれぞれ示す。図 5(a) より、 ER^* はせん断応力に関わらず、ほぼ一定値を示す。一方、図 5(b) より斜角及び垂直探触子で得られた ER^* はともに上に凸の曲線で表示され、さらに垂直探触子に比べて斜角探触子による ER^* は大きな値を示す。

4. 結 言

静的に垂直荷重および横荷重を負荷したアクリル試験片接触部からの反射超音波を評価し、以下の知見を得た。

- (1) 斜角探触子を横荷重が作用する方向に設置し、エコーの重心周波数 f_c を利用したせん断応力評価法を提案した。
- (2) 反射波特性値 ER^* および重心周波数 f_c を評価することにより、接触面に作用する垂直応力とせん断応力を分離して評価可能であることを示した。

文 献

- (1) 池, 感圧箔による接触面圧分布測定, 塑性と加工, 33-383,(1992),1394-1399.
- (2) 尾田, 他 3 名, 圧電セラミックスを用いた接触圧力分布の測定用センサシステムの開発 (測定の多点化と高速化への試み), 機論, 55-513,A(1989),1230-1235.
- (3) 例えば, 水口, 他 2 名, 超音波による接触圧力測定法の改良, 機論, 60-571,A(1994),888-894.
- (4) 濟木, 他 4 名, リング圧縮試験における潤滑条件下の摩擦せん断応力の評価 (超音波測定の適用), 機論, 60-577,A(1994),3171-3176.