

※ 矢尾 板一之 (新潟大)
 学 前田 浩一 (新潟大)
 正 原 利昭 (新潟大)

学 尾田 雅文 (新潟大)
 正 宮 島 雅 博 (新潟大)
 正 高 野 英 資 (新潟大)

1 緒言

超音波を用いた接触圧力の測定法⁽¹⁾は接触面の状態を損なうことなく接触圧力の定量的測定が可能な方法として注目を集めている。しかしながら、工學上重要と思われる接触物体端部近傍の圧力の測定は、接触子の大きさや超音波の側面散乱及び指向性等の解決すべき問題点があり、この方法による十分な結果は示されていないようである。これに対して接触物体端部における超音波の特性を調べるとともにこの特性を利用した測定法を考慮すれば物体端部においても接触圧力の測定は十分可能になると思われる。そこで本研究では、このような場合に関する基礎的研究として、パンチによる接触状態を扱い、パンチ端部の超音波特性を調べるとともにパンチ近傍の圧力測定について検討した。これにより、接触端部近傍を含む接触境界面における圧力測定法について考えた。

2 測定原理と測定法

2.1 測定原理 実際の接触表面には常に表面粗さやうねり等が存在しており、例えば表面粗さに注目して接触境界を考えた場合、図1の様には真実接触部と空隙部等から表すことが出来る。固有音響インピーダンスが共に等しい固体同士の接触境界部に音波が伝播した場合、音波は真実接触部では透過し、非接触部では反射する。文献〔2〕より、真実接触部における接触面積と圧縮荷重の関係は、接触部近傍が弾性的な場合には比例し、塑性的な場合にもほぼ比例することが知られている。従って、超音波探傷器を用いて真実接触面積の変化を反射波音圧の変化として検出すれば、接触圧力を求めることが出来る。接触圧力を定量的に測定するためには、接触部の超音波の反射波特性と接触圧力との関係を明らかにしておく必要がある。そこで、図2に示す様なパンチを用いて接触境界面における反射波特性を調べた。なお、反射波特性は特に表面粗さの影響を強く受けることおよび後述の圧力分布測定実験を考慮してパンチの材質、厚さ及び接触面の表面粗さ等が同じになるようにした。図3は実験装置の概略図であり、これによって得られた接触境界面におけるパンチ押し付け荷重による接触圧力と反射波特性との関係を図4に示す。横軸は平均接触圧力 P_m (=圧縮荷重/接触面積)を、縦軸は次式によって定義する反射波特性

値 ER^* をあらわしている。

$$ER^* = 1 - h_e / h_{e0} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 h_e と h_{e0} はそれぞれ圧縮を加えた場合および荷重が零の場合における第一反射波の波高値である。 ER^* は自向開始後急激に増加するが、荷重と共に単調に増加し、接触部は次第に密着状態に近づいていく。除荷過程における ER^* は負荷過程の値よりも常に大きくなり、両者は異なった履歴過程を示す。この現象は除荷とともに本来ならば空隙を生ずるべき境界面の部分に圧着状態が生じ、真実接触面積の減少が妨げられるためと思われる。しかしながら、このような反射波特性曲線の結果は、接触条件が一定であればほぼ再現性が存在することを予め確かめた。

Ultrasonic Wave

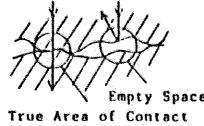


図1 接触部の状況

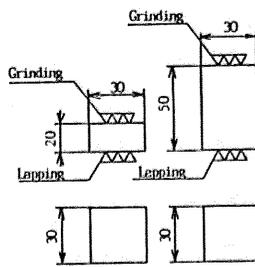


図2 反射波特性
に使用パンチ

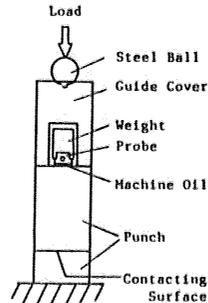


図3 装置概略

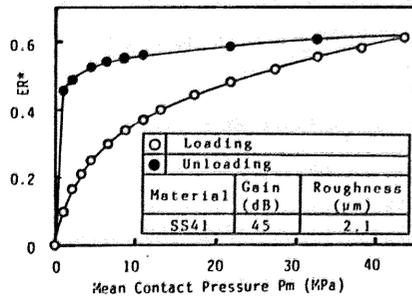


図4 反射波特性曲線

No.	Punch Plate	Roughness (μm)	Punch Angle θ (deg)
1	Punch(1)	2.1	5
	Plate	2.0	
2	Punch(2)	2.0	10
	Plate	2.0	
3	Punch(3)	2.0	30
	Plate	2.0	
4	Punch(4)	2.0	45
	Plate	2.0	
5	Punch(5)	2.1	60
	Plate	2.0	

Material : SS41 E = 206 (GPa)
 $\nu = 0.3$

表1 パンチと平板

3 圧力測定実験と結果

3.1 実験方法 パンチ接触線の形状によっては接触端部の圧力は極めて大きくなり、これを測定することは工学上からも有用であるが現在のところ十分な測定結果は示されていない。このような観点から、本実験では、図5に示すような接触線に角度 θ のテーバーを有する円形パンチによる接触圧力を測定した。図6はこの場合の実験概略を示した図であり、平板に押し付けられたパンチ上面を、パンチ中心部から半径方向に順次探傷子を移動して ER^* を測定した。表1に、パンチ及び平板の接触面の表面状態、材質、機械的性質及びパンチ接触端部のテーバー角 θ を示す。

3.2 実験結果 図5に示したパンチを49.5kNの荷重で平板に押し付けた場合の ER^* を図7に示した。横軸はパンチと探傷子の中心間距離 r とパンチ接触部半径 L の比、即ち半径方向距離を示す無次元量である。いずれの場合もパンチ中央部において ER^* は小さく、パンチ端部、即ち r/L が1に近づくとともに急激に ER^* は大きくなる。 $r/L < 0.85$ では、テーバー角が大きい程 ER^* は小さく、 $r/L > 0.85$ ではこの傾向は逆になり、 θ が大きくなるほど ER^* は大きな値になる。また $\theta = 5^\circ, 10^\circ$ の場合の測定結果は他の場合とは異なる傾向を示す。これは、テーバー部での反射波が、接触面からの反射波に合成するためと思われる。なお押し付け荷重を変えた場合にも、同様の傾向が見られた。

図8は、図7の結果および反射波特性曲線により得られた接触圧力の半径方向分布図である。パンチ端部では θ が大きいほど接触圧力は大きくなる。このように、本法は θ の大小に拘らず圧力測定は可能であり、この θ と ER^* の関係を正確に決定すればパンチ端部近傍の測定は十分な精度で行える。一方、本実験の測定精度を推計するために図8の結果を積分して得られるパンチ押し付け荷重と実際の押し付け荷重の比較を行ったところ $\theta > 60$ 度の場合に両者はほぼ一致した。

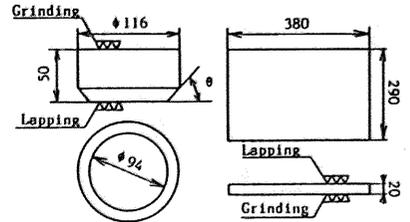


図5 パンチ及び平板

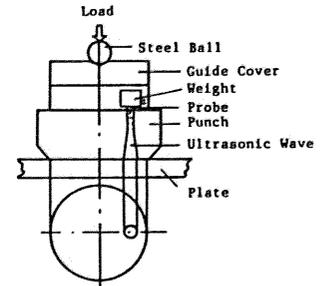


図6 圧力分布測定実験の概略

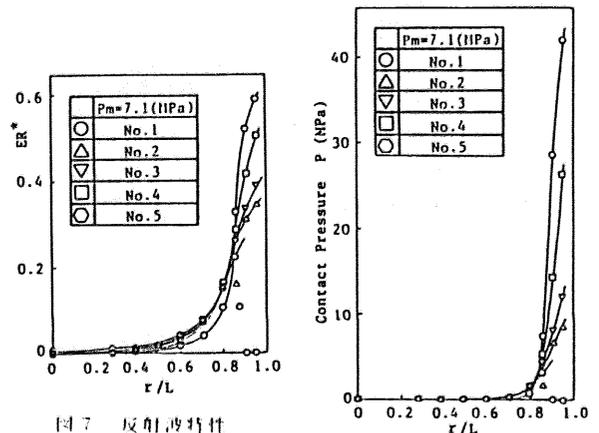


図7 反射波特性

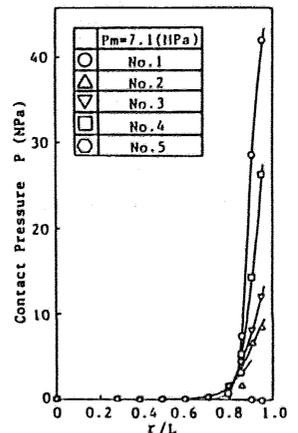


図8 接触圧力分布

4 結 言

接触線にテーバーを有する円形パンチを平板に押し付けた場合の接触端部における超音波特性を調べ、これにより接触端部を含む接触圧力の測定法について検討を行った。その結果、テーバー角が60度以上であれば精度的にも十分な圧力測定が可能であり、端部形状を考慮した方法により正確な境界面圧力の評価が行えることを示した。

文 献

- (1) 例え伊里・他2名、機論、48-425 C(昭57)、70。
- (2) 水口・他2名、機論、50-457, A(昭59)、1668。