

ブリネルかたさ試験における 圧こん周辺の塑性変形

(第 1 報)

圧こん周辺のかたさの変化

小笠原 淳
宮野 泰 治

1. 緒 言

ブリネルかたさは鋼球押し込みにより試料表面に局部的塑性変形を生じさせ、その変形量でかたさを表わす方式で、現在までに、かたさに影響をおよぼす諸問題について多くの研究が発表されてきている。しかし、かたさそのものが現在では概念的に「ある物体のかたさとは、それが他の物体によって変形を与えられんとするときに呈する抵抗の大小を示す尺度」として定義されているにすぎず⁽¹⁾、物理的、物性的に解明すべき点は多い。

ブリネル圧こん周辺の塑性変形については、圧こん形状⁽²⁾⁽³⁾、の弾性回復⁽⁴⁾⁽⁵⁾、塑性変形域⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾についての研究があり、とくに塑性変形域については J I S の試料寸法に対するリュウダースしま⁽⁹⁾、フライの腐蝕像⁽⁶⁾⁽⁸⁾、かたさ分布による加工硬化域⁽⁷⁾の実験があるが、圧こん中心から試料の端にいたる変形の詳しい状態については明らかでない。

筆者らには、圧こん周辺における塑性変形の状態が必ずしも均等ではないものと考えられたので、微小かたさ計により 90-200 μ の間隔で試料のかたさを測定し、その分布から変形の状態を追求することを試みた。供試試料は純鉄、純銅、純アルミニウムで、今回の報告は試料表面におけるかたさの分布状態である。

試料断面(圧こん底部)のかたさの測定結果については後報にゆずる。

2. 試 料

実験に使用した試料は純鉄、純銅、純アルミニウムの 3 種であるが、Fe は C : 0.014%, Si : 0.001%, Mn : 0%, P : 0.006%, S : 0.002%, 純度 : 99.97% の電解鉄で、高周波電気炉で溶解して得た造塊を 950-1150

°C で鍛伸した素材から、Cu は比較的純度が高いので市販の丸棒を素材とし、Al は純度 99.99% で溶解後 500°C で鍛伸したものを素材としている。それぞれの試料寸法は J I S ならびに作井⁽⁹⁾らの実験結果から、Fe Cu は直径 25mm、厚さ 15mm、Al は直径 30mm、厚さ 15mm の円筒状とした。

3. 測 定

各試料について、Fe は 1000°C で 10 分、Cu は 600°C で 30 分、Al は 500°C で 30 分それぞれ真空焼なましをし、エメリーとバフで研摩仕上げを行ない、ブリネルかたさ計 (10mm ϕ 鋼球圧子) により、Fe は 1000kg、1500kg、2000kg、2500kg、3000kg の 5 種、Cu は 500kg、2000kg の 2 種、Al は 1000kg、1500kg の 2 種の荷重により圧こんをつけた。負荷時間は 30 秒である。図 1 に各荷重によるかたさ値を示す。

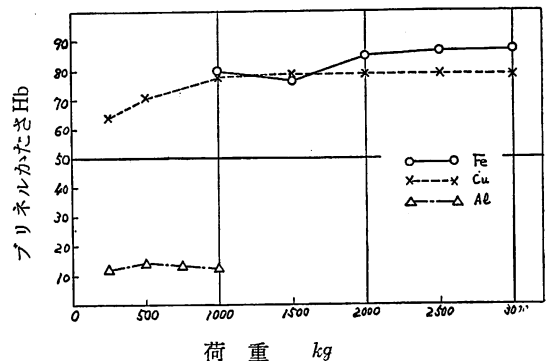


図 1 荷重とブリネルかたさ

つぎに微小かたさ計により、圧こん周縁から試料の端にいたるかたさ値を測定したが、測定方向は図 2 に示すように、Fe は測定間隔を 200 μ として 2500kg までは (a) (b)

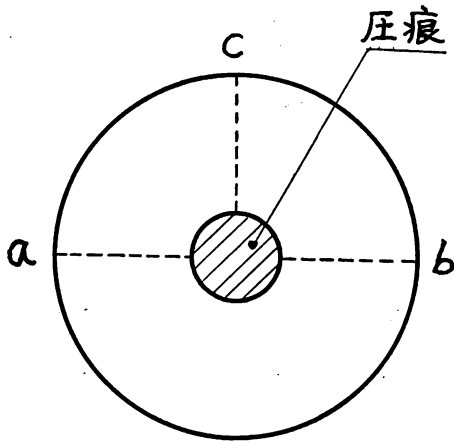


図2 測定位置

の2方向, 3000kgについては(a)(b)(c)の3方向について測定し, Cuは500kgは90 μ , 2000kgは200 μ の間隔で3方向について測定し, Alは500 μ の間隔で各荷重とも(a)方向のみについて測定した。

なお, 微小かたさ計での負荷時間は30秒, 負荷荷重はFe Cuは100g, Alは50gである。

また, 試料表面の研摩に際しては表面硬化に特に留意したほか, かたさ測定の際の誤差を少なくするようにつとめた。

4. 測定結果

図3から図7にFe, 図8, 図9にCu, 図10, 図11にAlについての表面のかたさ値の分布状態を示す。いずれも, 横軸には圧こん周縁からの距離(mm)を, 縦軸にはヴィッカースかたさ(Hv)をとってある。縦軸上に記入した黒丸は圧こん底部のヴィッカースかたさである。

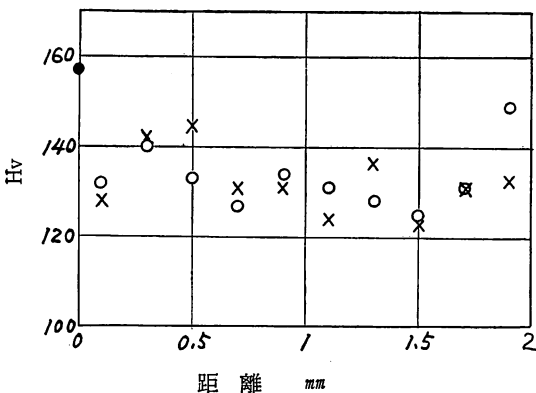


図3 Fe ; 荷重 1500kg

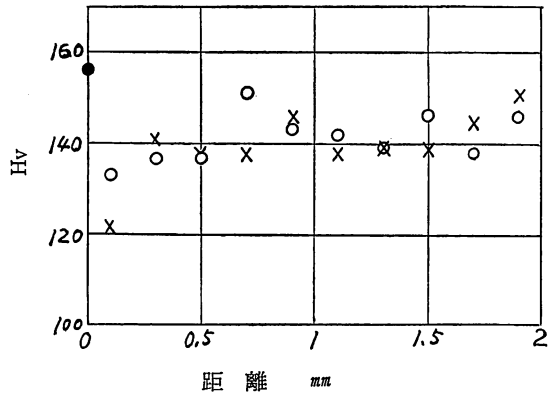


図4 Fe ; 荷重 1500kg

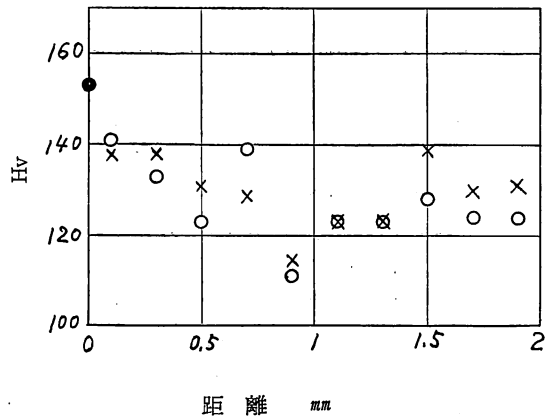


図5 Fe ; 荷重 2000kg

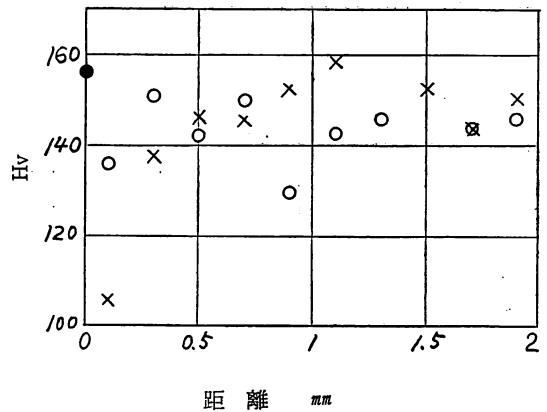


図6 Fe ; 荷重 2500kg

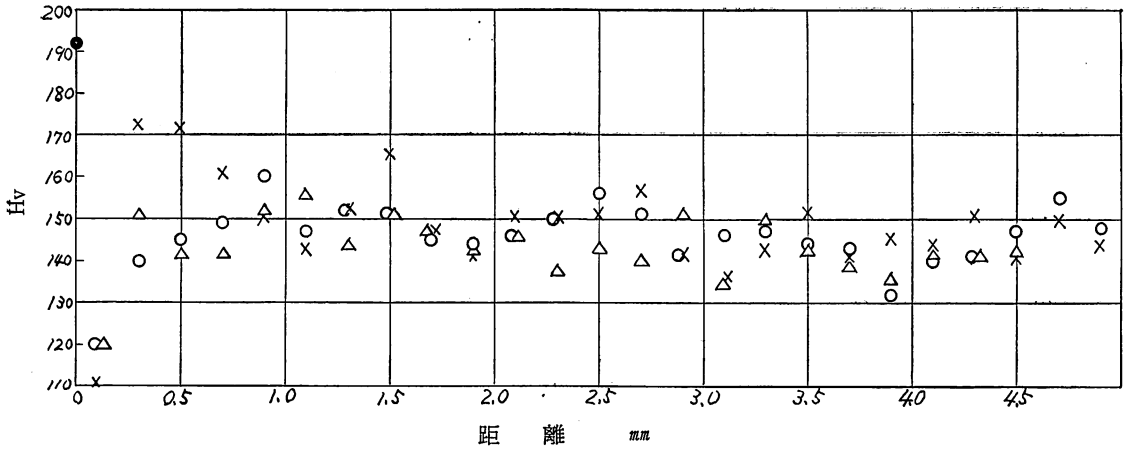


圖7 Fe ; 3000kg

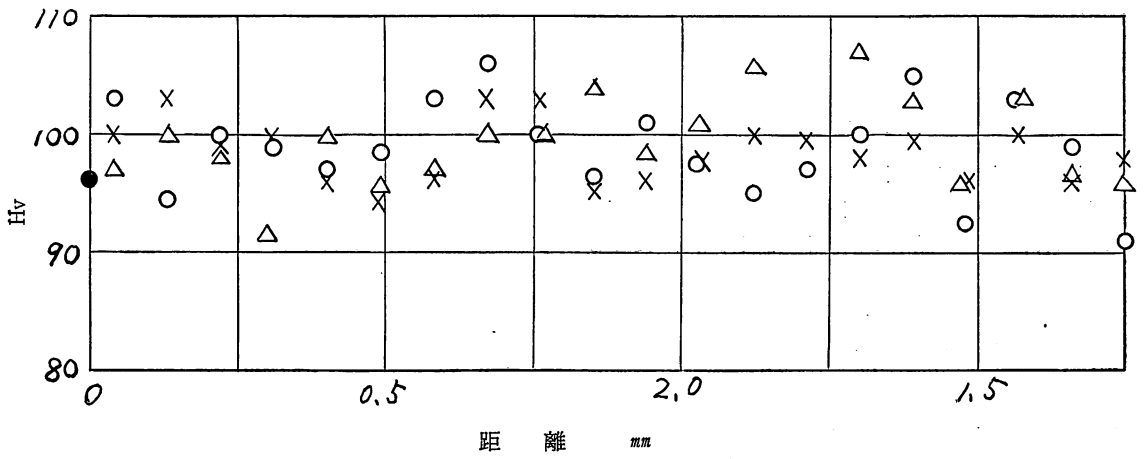


圖8 Cu ; 荷重 500kg

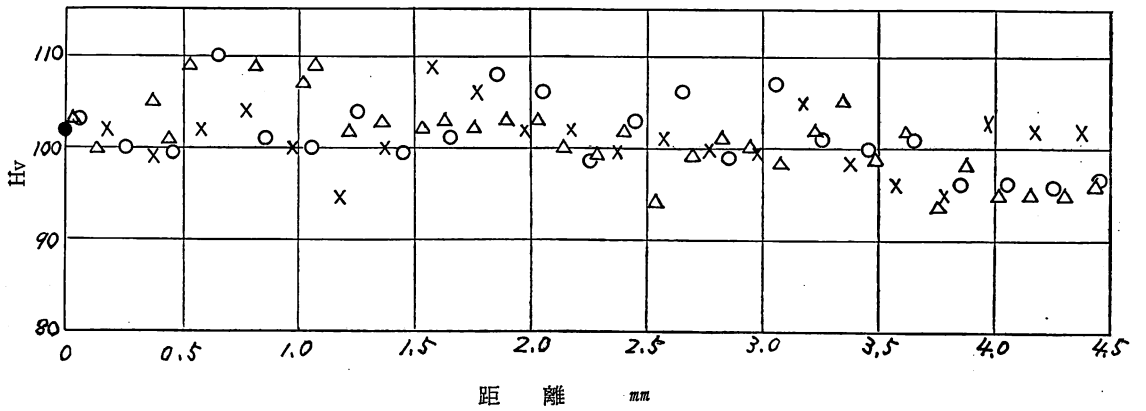


圖9 Cu ; 荷重 2000kg

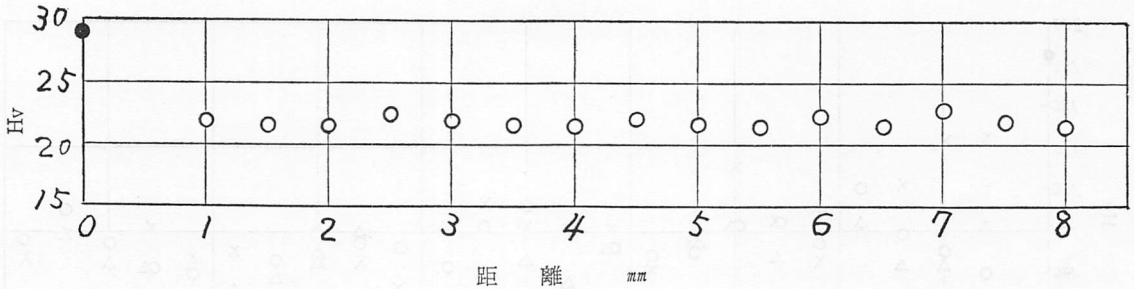


図10 Al ; 荷重 1000kg

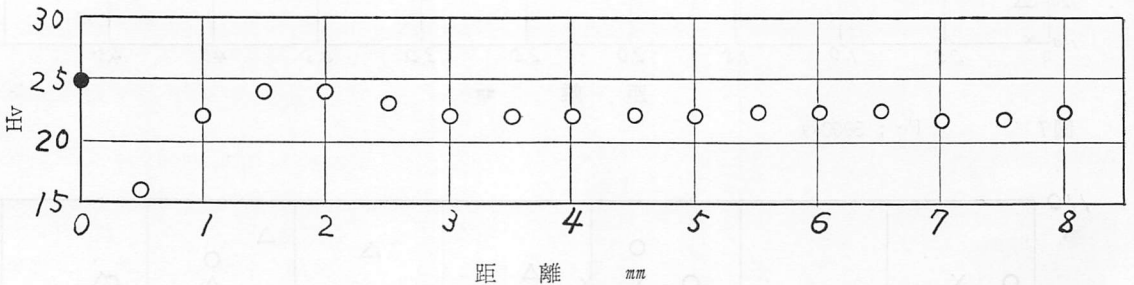


図11 Al ; 荷重 1500kg

図3から図6および図8は庄こん周縁から2mm以内にとどまっているが、これは図7 (Fe ; 3000kg) , 図9 (Cu ; 2000kg) の結果の考察用の意図のもとに測定したものである。

かたさ測定値について多少バラツキが懸念されるが、これについては寺沢、本多の微小かたさに関する研究(10)(11)があり、それによれば各結晶面の方向によりかたさに差があること、結晶内の不均一性によるもの、双晶の発生および迂りによる影響などが原因としてあげられて、ある程度のかたさ値のバラツキはさけられないものと思われる。

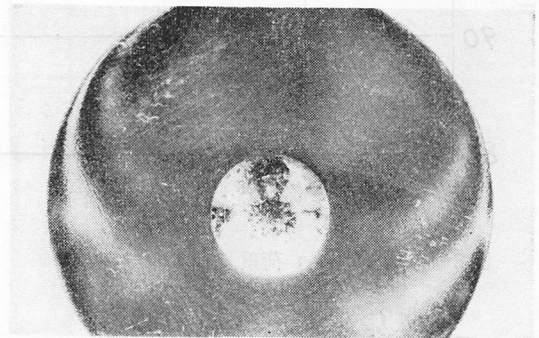


図12 試料表面 (Cu ; 3000kg)

5. 考 察

1) 試料表面のかたさの変化について

図8はCuの荷重500kgの場合で、今回の測定においてその間隔を90μとした唯一のものであるが、かたさ値の分布は波状に変化しているものとみられる。このことは図9の荷重2000kgの場合においても認められて、しかも波は周期性をもちながら減衰していく傾向のあることが考えられる。

ところで、図12はCuの荷重3000kgのときに得られた試料表面の写真であるが、庄こんの周辺に肉眼でもそれとわかる輪状のしま模様が表示されている。この現象の生じた原因を筆者らは試料表面のうねりと考えているが、

その場合は当然試料表面の残留応力が変化しかたさ値も変化する(12)ことが考えられる。このことに対し上述のCu表面の波状のかたさの変化が適合できるのではないかと予測される。しま模様とかたさ値の分布の関係については今後の課題であるが、写真のしまの輪の間隔はやはり周期性をもつものとみることができよう。

残留応力とかたさ値との関係については、まだ種々論議されているところ(1)であるが、この実験のCuについてみた結果では、残留応力とかたさ値には明らかに密接な関係が存在することが知られ、その本質解明についての一つの資料が得られはしまいかと考える。

Cuにおけるかたさ値の波状の減衰傾向はFeの場合の

図3から図7のかたさの変化についてもみうけられるが、Cuにおけるほど明確とはいいがたい。またAlについては殆んど変化を認め得なかった。

2) 圧こんの縁のかたさについて

図3から図7のFeの場合、圧こんの縁のかたさの低下がみられ、図6、図7の荷重が大きい場合に特にはげしい。図8、図9のCuの場合はその傾向がみられず、図10、図11のAlの場合はややFeに近いものとみられる。これはFeの場合、圧こん周縁の盛り(3)および残留応力によるものと考えられる。

図13、図14にFeとCuの圧こん周縁の顕微鏡写真をあげたが、両者の圧こんの縁の変形の相異が認められる。

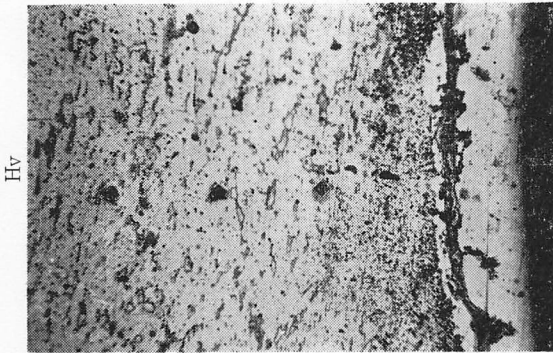


図13 圧こん周縁 (Fe ; 2500kg×110)

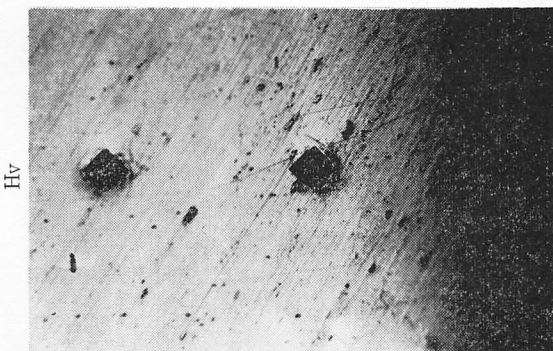


図14 圧こん周縁 (Cu ; 3000kg×200)

3) 圧こん底部のかたさと表面のかたさについて

図3から図11の縦軸にとった黒丸は圧こん底部のヴィッカーズかたさであるが、Feの場合はいずれも底部のかたさが表面のかたさより大きく、Cuは両者ほぼ等しく、AlはややFeに近い傾向にあることが知られる。

6. 結 言

ブリネルかたさ試験の圧こん周辺部の表面のかたさの分布について、純鉄、純銅、純アルミニウムについて微小かたさ計で測定した結果、明らかになったところを要約すれば次のようである。

1) 試料表面のかたさの分布は波状に変化し、しかも周期性をもちながら減衰していく傾向にあることが認められ、特に純銅の場合に顕著である。

2) 純鉄、純アルミニウムの場合、圧こんの縁のかたさの低下が認められ、特に荷重の大きい場合に著しい。

3) 純鉄の場合、圧こん底部のかたさが表面のかたさより大きくなっているのに対し、純銅の場合は変化が認められなかった。

4) 以上の2)3)を通じて純鉄、純銅、純アルミニウムのかたさの変化はそれぞれ異なった傾向を示しているが、純アルミニウムは純鉄に近いのに対し、純銅は全然異なっており、これは3種の金属の圧こん周辺の塑性変形状態の相違からと考えられる。

この実験は試料研摩、かたさ測定等に細心の注意を必要とし、そのわずかな変化も測定結果に大きな影響を与える。筆者らは続いて圧こん断面のかたさ分布を測定するとともに、表面のかたさの変化についても測定を継続していく所存である。

終わりにこの実験を御指導下さった岩手大学工学部中沢教授に厚く御礼申し上げます。

文 献

- (1) 吉沢他 硬さ試験法とその応用(昭42)裳華房
- (2) 市原 日本機械学会誌 33—159(昭5)
- (3) 財満 材料試験 5—37(昭31)
- (4) 矢沢, 海野 カタサ研究会資料 56
- (5) 黒木 日本機械学会論文集 26—170(昭35)
- (6) 山内 日本機械学会誌 36—200(昭8)
- (7) G. H. Williams, H-O Neill,
J. Iron and Steel Inst. 182 (1956)
- (8) L. E. Samuel, T. O. Mulhearn
J. Mech. and Phys. Solids 5 (1957)
- (9) 作井 金属計測法(昭29)アグネ出版社
- (10) 寺沢, 本多 日本金属学会講演会前刷(昭36)
- (11) 寺沢, 本多 カタサ研究会資料 219
- (12) 吉沢, 関谷 日本材料学会講演会前刷(昭40)