

車輛用ばねの先端部の破壊

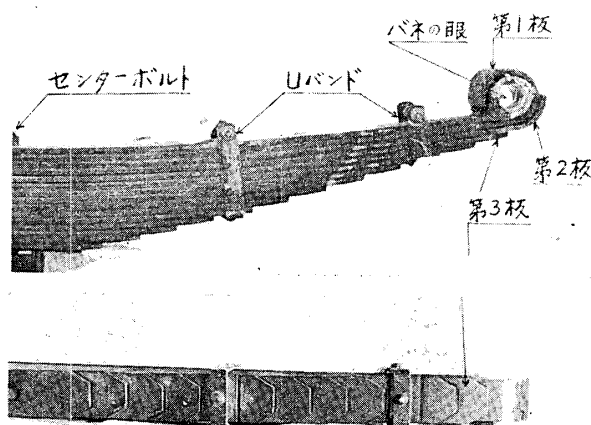
大野元明, 清水達次

1. 緒言

車輛用板ばねの中、特に自動車用ばねでは路面の粗悪に従って繰返衝撃が大きくなるため、先端支点及びその附近に破壊が起り易い、これは板間摩擦が先端部で最も強く従って磨耗が局部的におこり、板内応力が逐次上昇して安全率が低下し又一方では材料が繰返応力によって疲労することに原因する。親ばねの折損部分に歴然たる疲労破面が見られる例は極めて多い。

大型自動車の破壊ばねの一例について破面、磨耗状況を調べ疲労亀裂の発生状況を顕微鏡的に検査した結果亀裂は単に破壊を生ずる部分だけにとどまらずその附近の或範囲内に多数存在していること、またこの種のばねにおいては破面に必ずしも明瞭な貝殻状の模様を呈しない場合もあるけれども破面附近の変形度から疲労破壊かまたは大きな衝撃による急進破壊であるかを見分けることが出来ることを知り得た。

この様な先端部に局部的磨耗を生じたばねは第1板の眼の附根に破壊を生じ易く、これが破壊したとき他の全長板はどの様な影響をうけて破壊するかなどに関しては実例によってはじめて知り得る事柄である。

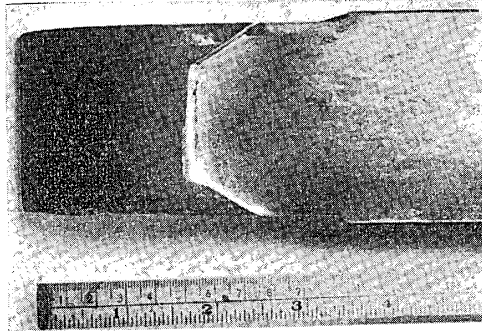


第 1 図

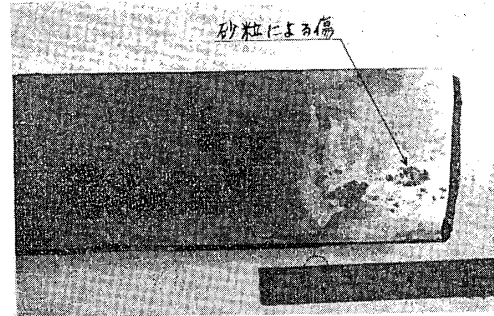
2. 重ね板ばねの構成概略

第1図の様な重ね板ばねはその組立当初にすでに先端部の板間には初期相互圧力が存在しており車体に装備される時更に重量が先端に附加される、板間摩擦はばねの振動減衰には役立つが他方衝撃を伝えて車体振動を大にし、また磨耗を促進して有害であるから自動車用ばねにおいては、グリース塗布などによってこれを軽減しているが潤滑効果は余り期待出来ない。ばねの支持は一端ピン固定（ピン部の減摩はグリース充填による）、他端はシャックルなどを介して水平方向

の変位を自由とする。車輛用重ね板ばね材料は Si—Mn鋼, Cr—Mn 鋼などを使用し, これらは Jis,G,4801 に規定されている。Si—Mn鋼では引張強さ σ_B を $110\sim 120\text{kg/mm}^2$ のものを用い最大応力が 35kg/mm^2 を越さない (安全率 $3.15\sim 3.4$) 様にしている様である。



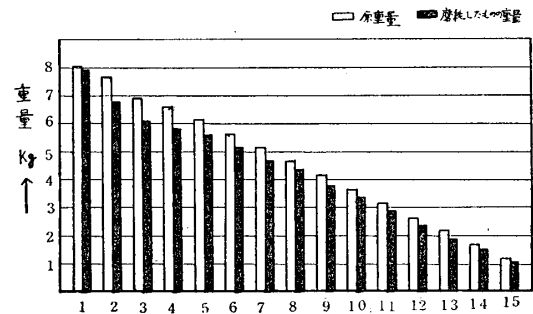
第2図 第3板の裏面の磨耗
原厚9耗, 最小厚7耗



第3図 第1板の裏面の磨耗

3. 磨耗の状況

板間摩擦は全長板の数その他先端の形状によって多少異なるが第2, 第3板などで最も大きい, 板間減摩はこの種のばねにおいては, 単に先端にグリースを挟む程度であるから走行中砂塵などの介入は完全には防止出来ず摩擦面には砂塵などの引掻傷が見られる。第3図はその例で, 第1板(ばね)と第2板との摩擦面の傷痕を示し, 第2図は第4板の先端が第3板の裏面を著しく磨滅して食込みを生じたものである。この様に各板の磨耗は先端部に偏在するので磨耗表示は局部的に寸法差をもって表す方が適切であるが簡単な方法として各板の重量減で第4図の様に表示することが出来る。これでは第2, 第3の全長板の磨耗が最も顕著で第1板の比較的少いのは片面摩擦のためである。この例では第2板にて板厚が最大22%の寸法減を示している。



第4図 各板の磨耗量

4. ばねの曲げ応力と安全度

ばねの計算は全長板の数, 板の断面形, 胴締の様式の相異などによって種々の実用計算式が用いられている, ここでは次式によって前例のばねに対する計算を行ない磨滅による安全率の低下について検討してみる。

$$\sigma = K \cdot \frac{P}{4} \cdot \frac{L}{nbt^2} \quad \delta = K \cdot \frac{P}{16} \cdot \frac{L^3}{Ent^3}$$

但し σ = 曲げ応力 P = ばね荷重
 δ = たわみ
 n = 板の枚数 n' = 全長板の数
 b = 板の幅 t = 板の厚さ
 L = ばねの支点距離
 $K = n/n'$ によって定まる常数

$$= \frac{12}{2+n'/n} \text{ とする。}$$

E = 縦弾性係数

例示のばねでは車体総重量の25%が前車輪にかかるとして $P = 1437.5\text{kg}$, $n = 15$, $n' = 3$, $b = 69\text{mm}$, $t = 9\text{mm}$ として

$$\sigma = 32.2\text{kg/mm}^2 \quad \delta = 75.3\text{mm} \quad (\text{a})$$

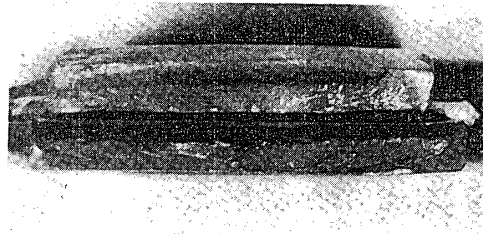
これが厚板2耗減少したときは

$$\sigma = 53.45\text{kg/mm}^2 \quad \delta = 160.8\text{mm} \quad (\text{b})$$

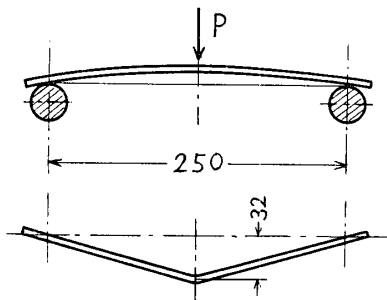
となるが、磨滅は局部的であるため上記のようなたわみを生ずることはない。然し応力の方は上記のように増大して安全率は著しく低下する。自動車用ばねは路面の凹凸に基く繰返衝撃に耐えなければならないが、今材料をSi-Mn鋼として引張強さ σ_B を 120kg/mm^2 とすると、この材料の両振曲げ耐久限度を σ_B の45%位とみて 60kg/mm^2 とし(a)の 32.2kg/mm^2 を平均応力とした場合の片振曲げ耐久限(振幅)は鋼の耐久限度線図から推して約 45kg/mm^2 であるのに対し、(b)の 53.45kg/mm^2 を平均応力した場合の片振耐久限は約 40kg/mm^2 で材料の降伏点を 90kg/mm^2 とすれば上限応力によって降伏することになるので、許容振幅は安全性を考慮して少くとも 35kg/mm^2 以下にとる必要が生じ、ばねの衝撃繰返しに対する安全は期し難くなる。

5. 疲労破面、亀裂とばねの折損

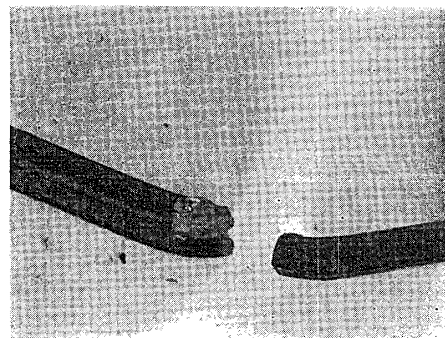
板ばねの疲労は先端の磨滅部に著しく特に第1板(親ばね)の眼の附根に破壊が生じ易く破面は表面に生じた亀裂が逐次内部に侵入するために年輪状の縞模様を現出しているのが普通であるが、これが判然と見られない場合に疲労破壊か急進破壊かという点に対して一応疑問が生ずるのであるが、疲労破断の場合は破断部附近の変形が僅少であるのに対し、急進破壊の場合にはその変形がかなり著しく現れるということによって見分けることが出来るであろう。前例のばねの破面は第5図に見るようにはっきりした模様は見られないのであるが、分離した破面を合したとき変形した角度は 10° 以内であって、これに対して新材での静曲げ試験の結果は曲り角が 35° 以上になっている。第6図参照。試験した材料は破壊したばね材料と全く同じものではないが曲げに対する性質はあまり異らないとして差支えない。

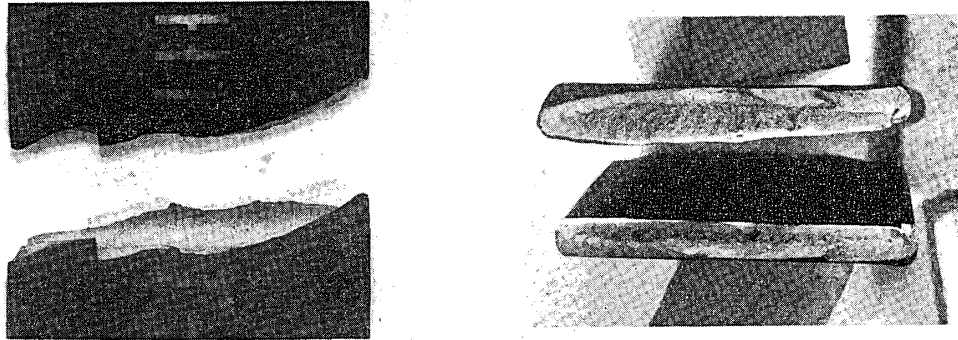


第5図 第1板(親ばね)の破面



第6図 (a)

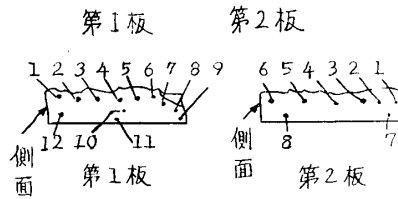
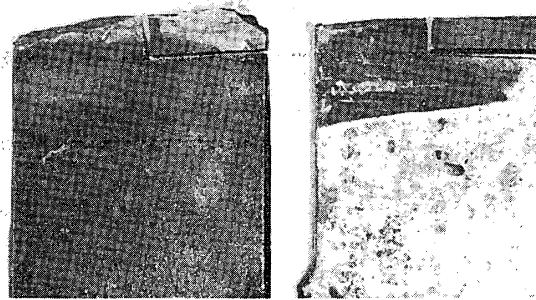




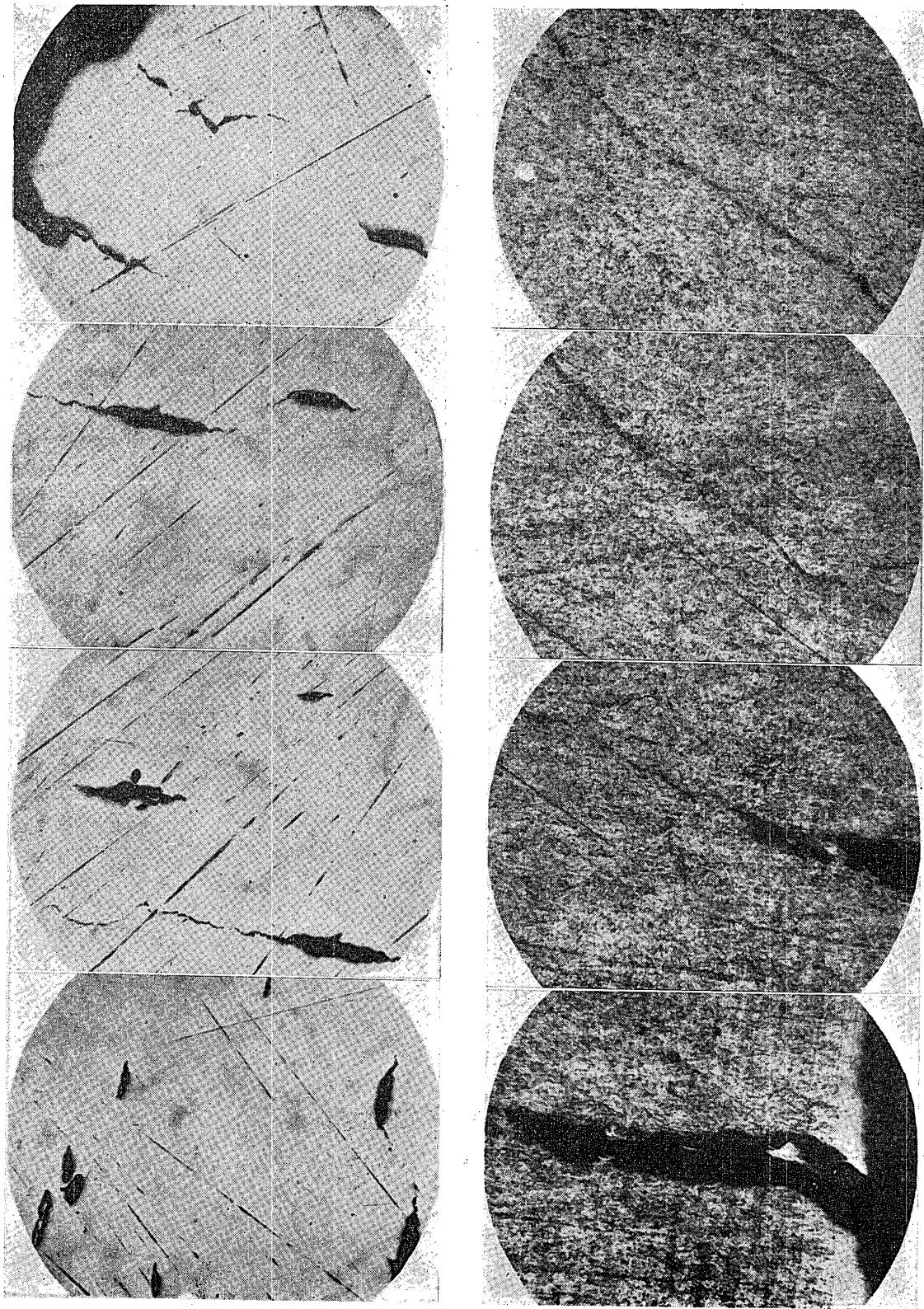
第6図 (b) ばね鋼新材の曲げ破面

疲労は破断部の極く近傍に限られずその附近にかなり拡った範囲に生ずることは一般の疲労試験においても見られる通りであって、第7図は1, 2板の破面附近に見られる小亀裂群を示すものである。図の第2板の亀裂は下の図から上図へ順次連続している線状の亀裂を示している、第1板の亀裂も同様に線状に連なっている。破面附近の硬度分布は第1表に見るように破面の近傍が特に硬度が高くなっている訳でもない。従って第1図のようなばね構成においては第1, 2板には同程度の疲労が起っていることを示すものである。然し第1板の眼の附根には衝撃が最も強く伝えられる関係から最初に破壊を起す可能性が最も大きいことは事実である。

位置	第1板	第2板
1	390	390
2	401	413
3	390	413
4	390	413
5	390	413
6	373	407
7	368	390
8	368	401
9	368	
10	407	
11	426	
12	400	

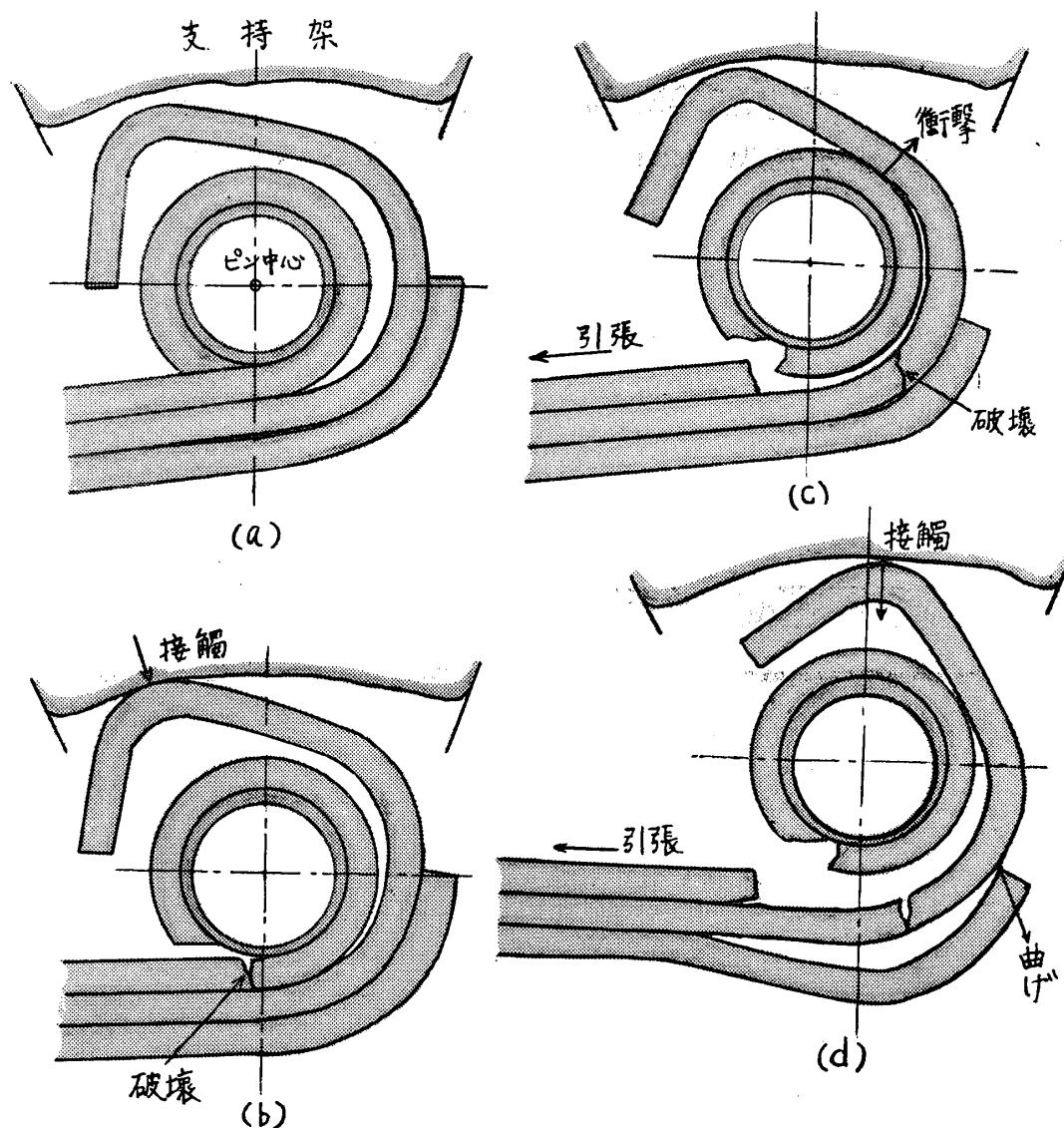


第1表 破面近傍の硬度分布 (V・H・N)



第7図 亀裂の状況 (倍率22)

そこでこれが破壊した場合には第8図(b)の状態になり第2板が支持架に接触して荷重を支えるがこの状態での永続性はなく(c)のように第1板の眼部の分離とばねを後方に引張る作用によって図示の衝撃によって第2板の破壊が起りそれに次いで(b)の状態が生じて‘第3板の曲げが生ずるものと推定される。この(b)の状態の各部の形状は破壊後の形と同一である。このような折損過程は先端の構成によって夫々異なることは言うまでもないが場合によっては、これが操舵装置にまで障害を及ぼして思わぬ事故の原因となることもある。



第 8 図 先端破壊の経過

6. 結 言

車輛用ばねの破壊は先端部の磨耗と疲労に原因することをその実例について記述した。全長板3枚を有する場合でも破壊の最も生じ易いところは親ばねの眼の附根であるが、疲労亀裂は破面の近傍に数多く発生して線状に進展している事実から破壊は単に破面上の一カ所において起っているものではなくて附近全体が耐久性を失っていることを立証している。

この例においては第2板の破壊は第1板が破断分離した際に後方への引張力によって第1枚の

眼の外側によって第2板の内側の約45°上方が打撃されたための急進破壊と推定されるのであるが、この破断部附近も相当疲労している事実は破壊過程(b)の状態が或期間継続していたことを示しているものと考えられる。

車輛用ばねの寿命を長くするためには板間磨耗を軽減しなければならず、磨耗が板厚で20%に達する以前に交換されなければならない。

参 考 文 献

岩田有共：車輛用ばね