

# アルミニウム合金製車体



池田 建 (応力)

## まえがき

およそ、輸送機関は人や物を運ぶのであるから、航空機に限らず自動車等に於てもそれ自體の重量はできるだけ軽い方がよい。自重が重ければ航空機の場合と同じように程度の差こそあれ、その性能は當然低下する。アルミニウム合金は鋼に比し比重が1/3で、しかも強度が餘り變らないので輕構造用の材料として非常に有利であるため、従來は航空機用構造材料としてもつばら用いられていたが、自動車の輕量化のためにも非常に役立つはずである。しかし、自動車に於ては、價格の點や修理の難易等も大いに考えねばならないから、アルミニウム合金を大量に使用されるためにはこれらの困難な問題も同時に解決していかなければならないことは勿論である。

しかし、諸外國の事情をみると、アルミニウム合金は既に10數年前から自動車體特にバス車體に相當用いられていたこれは戦時に於ける航空機製造能力を平時に養つておくための各國の政策にもよつたかも知れないが、やはり大きな理由はアルミニウム合金利用による重量輕減がバス運輸の經濟に利益をもたらしたからである。バス以外でも競争

車は早くからアルミニウム合金製の車體が用いられ又乗用車でも部分的にはかなり以前から使用されていたのであるから、近い將來には諸外國にアルミニウム合金製乗用車が多數出現することであろう。

さて、我國としては今日では軍備の放棄により航空工業の復活は當分見込がなくなり幸にアルミニウム合金の加工設備の多くは遊休のまま残つている、賠償の解除と材料の供給さえあればこれらは直ちに自動車工業に利用できる。しかも燃料事情の將來も苦しい我國に於ては車體の輕量化によつて燃料を經濟的に使用できることは大いに考えねばならないことである又それ以外に加速性能と登坂能力の改善及び積載量の増加等の利點を無視できない。次にこれらの點並びに構造と強度上の諸問題について簡単に述べてみたい。

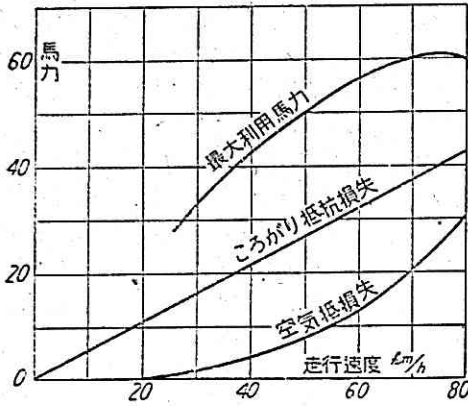
## 走行抵抗の減少

まず、アルミニウム合金を自動車體に使用する場合の主目的であるところの輕量化と性能の向上との關係を考へてみる。走行中の自動車の全抵抗  $T$  はころがり抵抗 ( $T_1$ )、空氣抵抗 ( $T_2$ )、加速のための慣性抵抗 ( $T_3$ )、及び勾配抵抗 ( $T_4$ )、等において考へられる。即ち、 $T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$  である。これらの抵抗の中で空氣抵抗

( $T_2$ ) のみは自動車の形狀による係數や速度の自乗等に比例するもので車の重量には無關係であるが、他の抵抗  $T_1$ 、 $T_3$ 、及び  $T_4$  等はいずれも重量に大體比例したもので走行の速度にはほとんど關係しないものとみられる。従つて自重を軽くすればそれだけ性能が向上することが判る。これらの抵抗力に速度を乗ずればペワとしての損失が得られる。ころがり抵抗と空氣抵抗による馬力の損失を乗用車の場合の一例として第1圖に示した。この圖で最大利用馬力とこの2つの抵抗損失の和との差が加速や登坂の馬力に利用されるものである。車の種類と又走行速度によつてころがり抵抗損失と空氣抵抗損失の割合は異なるが、ころがり抵抗による損失は速度の比較的小さいとき特に無視できないことがわかる。即ち、自重の輕減によるころがり抵抗の減少は、高速度では空氣抵抗が比較的大きくなるから、最高速度の増加には餘り役立たないかも知れないが、速度が小さいときの登坂能力や加速性能の向上には非常に役立つことが明らかである。

## 燃料消費の減少

アルミニウム合金を用いて自重が軽くなれば、それだけ積載



第1圖 自動車の抵抗損失  
(車が軽くなればころがり抵抗の損失がへる)

量を増すことができる場合もある。また積載量をそのままとすれば、重量がへつただけ走行抵抗がへるから一定の走行距離に対する燃料消費の割合が減少すること、及びタイヤの消耗率の減少などが得られる。これは軽合金を車體に用いた場合の大きな利点といわれている。

いま、経済速度で走る場合を考えると發動機<sup>1</sup>の1時間当り1馬力當りの燃料消費率は速度の変化により餘り變らないと考えられるから、走行に要する必要馬力が減少すればそれに比例して一定の走行距離當りの燃料消費がへることになる。軽合金を部分的に使用しただけで空車重量を約1割減ずることができ、その結果1立當りの走行距離を約7%増すことができた事例があるが、これらは以上の理由によつて充分説明できよう。

アルミ合金は將來その値段が大分安くなる見込みであるが、現在のところではアルミ合金で車體をつくれれば自動車の価格は多少高くなることは止むを得ない。しかしもしアルミ合金を用いて車體の軽量化ができれば製品の高いことはその後の全走行中の燃料費の減少によつて充分補うことができる。バス及びトラックなどに於てはその耐用走行距離を約10~15萬km程度とすれば、この全走行中の燃料費は製品の購入価格と同程度又はそれ以上に達するから、燃料費の節約は無視できない。

#### どの程度軽くなるか

普通自動車の構造はシャシと車體に大別される。この2つの部分の重量の割合は自動車の種類によつて非常に異なる。例えば車體重量と空車重量の比はトラックでは30%前後、乗用車では約45%くらい。また、バスは約55%くらいである。従つてバスや乗用車では車體の軽量化が全重量の軽減に非常に役立つことがわかる。

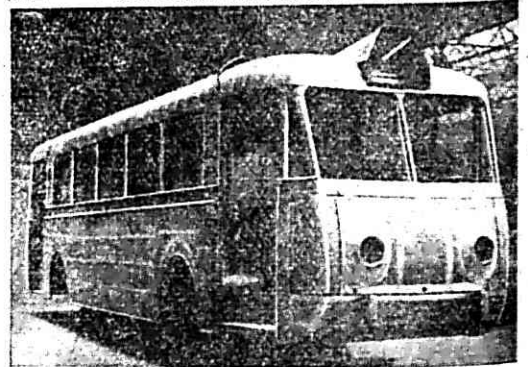
まず、シャシの部分について考えると、車輪やばね等の非跳躍部分(約40%)と車臺及びこれに取付けられる發動機関係、操縦及び傳動系統などの跳躍部分(約60%)

に分けられる。この非跳躍部分及び跳躍部分でも車臺を除く他の部分は構造材料は殆んどなく主として輕合金鐵物が利用し得る部分が多い。これらの部分は比較的力の加わらないケース類などが多いから、それらに輕合金を利用すれば輕合金使用量と同程度の重量軽減がなされることは多くの事例が示している。次に、シャシ中の車臺は重量割合は案外少ないものであるが、車體は勿論、發動機その他の跳躍部分の凡てを支えるものであるから適當な強度と剛性が要求されるものである。車臺には従來木製及び木鋼混用などがある。鋼製は殆んど薄型にプレスされたもので断面は一定ではない。これにはアルミ合金の大型の型材又はプレスされたものが使用し得る。

しかし、アルミ合金のヤング率の低いことによる車臺の曲げ剛性の低下を防ぐために断面を厚肉にすると餘り重量の軽減は得られないから、断面の高さを増して断面2次モーメントを大きくすることにより重量の軽減を計らなければならない。しかし、車臺のアルミ合金化により得られる重量の軽減量は比較的少ない。車全體の輕量化には特に乗用車やバスに於ては、車體にアルミ合金を使用することが最も有効であることが重量分布からみても明らかである。

事例によれば、車體にアルミ合金を全面的に使用したものには空車重量を10%以上軽減した例は少ない。勿論、これには構造様式の合理化及び非構造部材の輕合金化も含まれているが、従來の車體に輕量化の餘地が多いことを示すものである。たとえば、床板等にアルミを使用することは損傷の點で難かしいと思われていたが、木製床よりはるかに耐久性がある。

また、さらに最近では構造力學上有利とされている車臺と車體を一體化した所謂ユニット・コンストラクションが用いられる傾向にある。(第2圖及び口繪参照)これらにアルミ合金の應力外皮構造を用いれば従來の車臺と



第2圖 ユニット・コンストラクションのバス  
(この構造様式は輕合金の利用價值を更に高める)

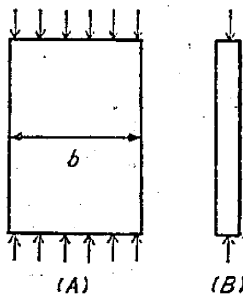
車體を含む跳躍部分全體について一帯に多量の重量軽減がなされる。終戦後我國に於ても進駐軍がアルミ合金製の應力外皮のユニット・コンストラクションを用いたバスを走らせている。このようなアルミ合金製の構造に於ては同種類の車に比し非常に軽く、例えば米國のツインゴ

アチ社製の耐蝕性アルミ合金を使用した 41 人乗バスは同程度の車に比し約 30% 空車重量が軽くなってきている。

強度と剛性の考察

自動車の構造に用いられるアルミ合金は強度上からはジュラルミン (抗張力  $\sigma_B=42 \text{ kg/mm}^2$ , 降伏点  $\sigma_Y=28 \text{ kg/mm}^2$ ) がよいが、湿気が多い我國では耐蝕性を考えると耐蝕性アルミ合金 ( $\sigma_B=30 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_Y=24 \text{ kg/mm}^2$ ) を用いることとならう。しかし、最近アルミ合金に対する良好な防蝕塗料が出来ているから、ジュラルミン系の材料でも充分ではないかと考えられる。いま、強度上やや不利ではあるが耐蝕性合金と  $\sigma_B=40 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_Y=28 \text{ kg/mm}^2$  の鋼との強さの比較をしてみる。なお、鋼とアルミ合金の比重の比 ( $\rho_s/\rho_a$ ) 及びヤング率の比 ( $E_s/E_a$ ) は夫々 2.8 及び 3 とする。

平板の捫屈については、圧縮及び剪断何れについても捫屈應力  $\sigma_{cr}$  は  $E(t/b)^2$  に比例する。(第 3 圖) ここで  $t$  は板厚を示す。従つて捫屈荷重  $P_{cr} (= \sigma_{cr} b l)$  は  $E t^3$  に比例する。鋼の代りにアルミ



第 3 圖 鋼の代りにアルミ合金を用いれば矩形板では約 49% 軽くなり長柱では約 38% 軽くなる。

合金を使用する場合捫屈荷重を同じにすれば、板厚の比は  $t_1/t_2 = \sqrt[3]{E_s/E_a} \approx 1.44$  となる即ち、鋼板に比し板厚を増せばよい。この場合の重量比は  $1.44/2.8=0.51$  となり重量は 49% 軽くなる。同様のことを長柱の捫屈について考えると  $P_{cr}$  は  $E I$  に比例する。断面

形が相似であれば  $I$  は断面積の  $A$  自乗に比例するから、結局  $P_{cr}$  は  $E A^2$  に比例する。同じ捫屈荷重に對して重量の比は  $\rho_a A_s / \rho_s A_a = (\rho_a / \rho_s) \sqrt{E_s / E_a} = 0.62$  となる。即ち柱にアルミ合金を用いれば約 38% 軽くなる。又、捫屈の起らないものの圧縮の場合は引張の場合と同様に考えてよい。設計の目安を降伏点におくとすれば、この場合の重量比は  $(28/24) \div 2.8 = 0.42$ , 即ち、アルミ合金を用いば約 58% 軽くなる。塑性捫屈をする短柱の圧縮に於ては 38% と 58% の中間の重量軽減が得られると考えられる。以上のように静的強度の點のみから考えると構造材料の重量は約半分位に減らすことが出来ることとなる。勿論、車全體については構造部材のみから成るものでないこと及び振動や疲労などについても考えねばならないから、空車重量を半分にへらすわけにはいかないまでも 30% 程度の重量軽減は不可能でないことがわかる。

次に、剛性について考えると、一定荷重に對して變形を同一にするためにはアルミ合金は鋼に比しヤング率

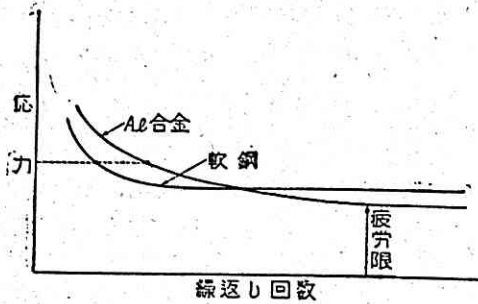
が 1/3 であるから、これを補うためにはアルミ合金の場合には断面の寸度を大きくしなければならない。そのために断面の肉厚を増すこととすれば重量は殆んど軽減されない。しかし、これは剛性のある一定荷重に對する撓みの逆数を以て判断した場合であるが、車體各部の軽量化により荷重自體が少くなるのであるから、この場合の剛性は構造物 (積載物を含む) の自重による撓みの逆数を以て判定の方が合理的である。この考え方は構造物の自己振動數の大小を以てその構造物の剛性を判定するのと同じである、例えば、簡単な振動系では自重による撓みを  $\delta$  とすれば自己振動數は  $(1/2\pi) \sqrt{g/\delta}$  で與えられる。即ち、輕合金の使用によつて自重が軽くなるのがヤング率の小さいことによる剛性低下を救つてくれるわけである。又、曲げ剛性については  $E I$  に比例するから断面積をまさず断面の高さをまして  $I$  を大きくすることにより剛性を高めることも出来る。

しかしながら、剛性は結局乗心地や材料の疲労に關連をもつ振動の問題に關係するため重要と考えられる。實驗によれば車體の振動は簡単な彈性棒の曲げ又は捫れの振動と異り車體全體としての外に、床面、側壁又は天井など各部が各自己振動數をもち、それが互に影響し合つて複雑な様相を示すものである。従つて、車體の剛性は静的強度とは異り、どの程度を要求すべきか簡単にその基準を示すことは目下のところ困難である。要するにアルミ合金のヤング率の低いことによる剛性低下は實際問題として餘り心配しないでもよいと思われる。

車體の耐久性

實際には、車體は静的強度を目安にして構造部材の寸度が決定されることが多い。しかし、このように設計されたものが疲労に對して如何なる強さをもつかが問題である。この點について鋼を用いた場合とアルミ合金を用いた場合の比較を行つてみる。材料には繰返し應力が何回加わつても破損しない應力、即ち、疲労限がある。しかしながら、自動車は走中にはしばしばこの疲労限以上の應力が加わる。これらの回数は比較的少ないものとしても何時かはこの應力によつて車體の壽命がくるものである。

さて、疲労限は材料によつても異なるが鋼に於てはだいたい抗張力の約 40% であるのに比してアルミ合金に於ては抗張力の約 25% である。従つて、疲労限からみるとアルミ合金は繰返し應力に對して不利のように見えるしかしながら、一方疲労限以上のある應力に對しては疲労破損に至るまでの回数は鋼より多い。(第 4 圖) 従つて自動車のように疲労限以上の應力が加わることにより車體の壽命が定まるものに於てはアルミ合金は必ずしも鋼に比して不利とはいへない。又、應力外皮構造を採用すればこの構造部分は捫屈應力によつて設計される部分が

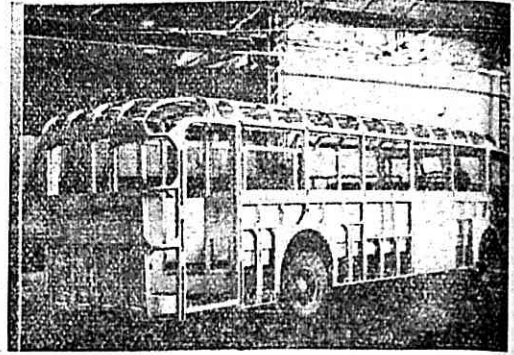


第4図 鋼とアルミ合金の疲労曲線の比較  
(応力の大きいときはアルミ合金の方が疲労につよい)

多い。このような部分の応力の大きさそのものは比較的小さいから疲労破損のおそれは比較的少ない。応力の大きい部分に對してのみ静的強度に多少のゆとりをもたせれば疲労破損のおそれは鋼使用の場合に比して必ずしも多くない。

接合方法

アルミ合金製のバス車體などでは接合の方法としては一般に銲接が利用され、多くは空気ハンマ又は自動銲接機によつてかしめる。我國で航空工業からの轉換した工場ではこの種の製作は容易であるが、従來からの自動車工場では設備上困難があり、又修理の問題で使用者側にもきらわれる傾向にある。従つて、出来るだけ工作と修理の容易な軟質銲を用い、又ある部分はボルトやビス締めを用いることが必要である。しかし、乗用車では特に



第5図 點熔接を用いたバス車體

外観の美を考慮しなければならないから、洗頭銲又は點熔接の必要も生じてくる。又、比較的強度を要さない部分には點熔接を出来るだけ使用して工作の能率化をはかるべきである。従つて、工作容易でしかもアルミ合金の性能を害さない點熔接の研究が要望される。

附言

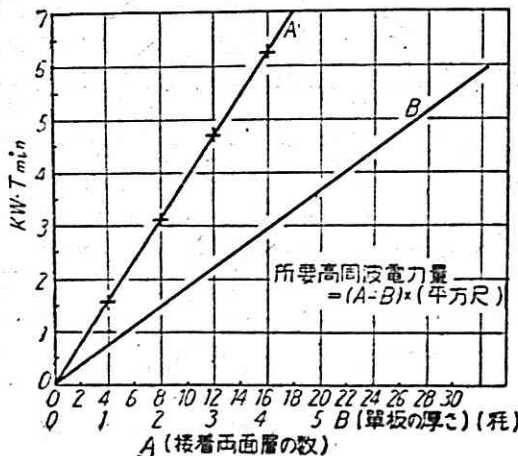
以上は問題の概要を述べたものであるが、特に最後に強調したいことは、單に鋼をアルミ合金にとりかえただけでは充分その目的を達することは出来ないことである。即ち、構造様式の合理化、工作法の改良又は防蝕法などの技術的改善が伴わなければその利用價值を充分高める。わけにゆかない。従つて、そのためには各分野の技術者の協力が必要である。國産の車體は外國製に比して劣っていることは既に定評である。この際、車體のアルミ合金化を我國技術者の一課題としてとり上げ、世界の大事におくれないよう努力しなければならない。(1950.1.31)

速報 21

高周波加熱による合板加工の所要電力圖表

齋藤 成文 (執筆)

筆者は高周波によるベニヤ合板の成型の實用研究を行つているが、この際所要電力の算出を行う場合がしばしばあり、便宜のため計算圖表を作成した。普通用



いられているカゼイン系、又はカゼイン増量の尿素系接着剤に就いて、接着層加熱のための電力量 (A) と單板加熱に要する電力量 (B) とを算出して圖表に示した。即ち横軸に單板の厚さ (耗) 及び接着両面層の数 (3 プライの時は 1.5 プライの時は 3 etc) を採り、縦軸に表面積 1 平方尺當りの電力量 (kW·Tmin) を表わしている。以上は所要高周波電力量であるので商用周波入力電力には高周波發振裝置、熱損失を加算する必要があり、數多くの實測結果によれば所要入力電力量は

$$kW \cdot T_{min} = (1.7 \sim 3) \times (A+B) \times (\text{平方尺})$$

にて與えられる。係數として高周波裝置の良否、熱絶縁の大小により相當變化するが小型で熱損失の大きいものに就いては 3、大型のもので熱損失の少ない場合は 2~1.7 と採るべきである。一例として 4.4 平方尺の 9 プライ、厚さ 27 厘椅子の背 6 枚板を成型する場合の所要高周波電力量は  $(2.25+5.0) \times 4.4 \times 6 = 300 kW \cdot T_{min}$  となり、係數として 1.7 を採れば入力電力量は 510 kW·Tmin、従つて入力 12 kW の發振裝置を用いれば 42.5 分にて成型を行うことが出来るはずである。現在實施しているのは約 40 分で算出値とよく一致している。(1950-2-6)