

軽合金製ヨット

安藤 良夫

1. ま え が き

わが国において船用軽合金材料が実際に使われるようになったのは 1950 年以來であるが、丁度そのころ当所においても現在工学部の山根教授、元良助教授とともに舷外機兼ヨットの設計試作に着手し、各方面の協力をえて 1952 年 7 月日本鋼管鶴見造船所において一応舷外機としての工事を完了し、良好な成績をおさめた。しかしいろいろな事情でその後の工事は中断されていたが、ようやく 1954 年夏墨田川造船所においてヨットとしての工事が完成したのでここに報告する。

最近では各種モーターボートが全軽合金で造られているが、本艇は全軽合金艇の草分けともいふべきもので、材料に Al-5% Mg 合金 (56 S) を使用したことおよびヨットとしての機装をしたことに関しては本邦最初の艇である。

2. 船用軽合金材料

船舶構造用材料は強度延性と同時に耐食性が大きいことを要する。この条件をみたすアルミニウム合金材料には Al-Mg 系、Al-Mg-Mn 系の非熱処理合金 52 S, 54 S, 56 S, NP 5/6 などがあり、熱処理合金としては Al-Mg-Si 系の 61 S, ロイド規格材などがある。

わが国の J I S でははじめ船用としてそれぞれ 52 S, 56 S に相当する船用アルミニウム合金第 1 種、第 2 種が制定され、現在では建築、化学容器などの耐食性を要するものにも使用されるものとして耐食アルミニウム合金と名称を変えているが、内容には変りはない。この第 1 種は Al-2.5% Mg 合金、第 2 種は Al-5% Mg 合金であって、その機械的性質は J I S では第 1 表の通りに規定されている。

船体構造用材料として強度と耐食性のほかに重要視しなければならないのは延性である。船体構造の主要材料たる軟鋼の破断強度は 40kg/mm² 以上あって、しかも伸びは 200mm の標点距離に対して 20% 以上ある。船を設計する場合、梁としての応力はおそらく 10kg/mm² 以下で、弾性範囲だけを考えれば良いわけであるが、実際には各種切欠のために局部的には応力集中が必らず起り、その際降伏によって応力が緩和されなければ、すぐに損傷を起すはずで、また破断までのエネルギーの大きいためにも伸びは必要である。その上船では複雑な曲面を

第 1 表 J I S 規格材の機械的性質

| 種 別 | 質 別 | 引 張 り 試 験 | | 備 考 |
|------------------|-----|-----------------------------|--------------------------------|------------------|
| | | 引張り強さ kg/mm ² | 50mm に対する伸び% (厚さ 0.8 mm 以上) | |
| 耐食アルミニウム合金板第 1 種 | 軟 質 | 18~23 | 20 以上 | ALCOA 52 S 相当 |
| | 半硬質 | 23 以上 | 6 以上 | |
| | 硬 質 | 27 以上 | 4 以上 | |
| 耐食アルミニウム合金板第 2 種 | 軟 質 | 20~30 | 20 以上 | ALCOA 56 S 相当 |
| | 半硬質 | 30 以上 | 6 以上 | |
| | 硬 質 | 35 以上 | 4 以上 | |

造ったり、フランジしたりすることが多いので、加工の点でも延性の大きいことが望ましい。

アルミニウム合金は軟質では耐力が低いので、冷間加工によって強度、特に耐力を高めて使用することがしばしばあり、そのために伸びは減少する。一方アルミニウム合金の場合は、結晶構造が面心立方格子であるため低温脆性の危険はなく、一般に材料が薄いので多軸応力の問題は有利であるとも言えるが、他方規格の伸びは 50 mm の標点距離に対するものであり、これを軟鋼と同じ 200mm に換算すると約 2/3 となる。したがって J I S 規格の半硬質、硬質に対する伸びは著しく低く、軟質では耐力が低く、いずれも構造用材料としてはあまり望ましくないわけである。

昨年海上保安庁 15m 巡視艇あらかぜが建造され、防衛庁でも 60 吨位の警備艇を発注するなど、全溶接軽合金艇が出現し、その材料として NP 5/6 が生産されるようになった。これは 4% 前後の Mg と 1% 以下の Mn を含む Al-Mg-Mn 合金である。その機械的性質の防衛庁基準は第 2 表に示した通りで、J I S 規格材にくらべ

第 2 表 防衛庁艦船用アルミニウム合金板の機械的性質

| 等 級 | 質 別 | 引張り強さ kg/mm ² | 伸 び % 板厚 2.8~125mm | 耐 力 kg/mm ² |
|-----|--------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| — | -O | 27 以上 | 18 以上 | 13 以上 |
| S | -O | 28.5 以上 | 20 以上 | 14 以上 |
| S S | -O | 30 以上 | 22 以上 | 15 以上 |
| — | -1/4 H | 31 以上 | 12 以上 | 20 以上 |

ば遙かに望ましいものであり、しかも耐食性は劣らず、溶接性も良い。

J I S 規格は生産に当って相当スクラップが混入しても十分合格しうるように定めてあるという話であるが、

それにしてももう少し改善の余地があるのではなからうか。これらを同種材料の米規格(第3表)にくらべて
第3表 米規格材の機械的性質(ASTM)

| 種別 (俗称) | 質別 | 引張り強さ kg/mm ² | 伸び % | | 耐力 kg/mm ² |
|------------|------|-----------------------------|-------------|--------------|--------------------------|
| | | | 薄板 1.6mm | 丸棒 径 12mm | |
| 52S | -O | 20.3以上 | 25以上 | 30以上 | 9.8以上 |
| | -H34 | 25.9以上 | 10以上 | 14以上 | 20.3以上 |
| | -H38 | 28.7以上 | 7以上 | 8以上 | 25.2以上 |
| 56S | -O | 29.4以上 | — | 35以上 | 14.0以上 |
| | -H38 | 40.6以上 | — | 7以上 | 33.6以上 |

も一段と劣っているようである。第2表のような材料が防衛庁艦艇用としてどんどん生産されようとしているのに、依然として現在のJIS規格が改善されなければ、商船その他の民需材料としてもJIS規格材を使用する者はいなくなってしまうだろう。

以上船用軽合金材料の説明かたがた希望を述べたが、生研試作アルミ艇を計画した1950年に話をもどそう。当時船用軽合金材料としては第1表に示しただけであり、第1種については救命艇、大型船の上部構造等に実用されつつあったが、第2種は強度等はすぐれているにもかかわらず、工作が困難と考えられていたためあまり応用例がなかった。生研試作艇ではそれらの点も考慮して56S-1/2Hを採用することとした。使用材料の製造については日本軽金属KK、神鋼金属KKの協力を得た。

3. 舷外機艇として

舷外機艇としては約3年前の1952年7月に完成し、詳細はすでに発表した^{1,2}ので、ここではそのあらましを述べる。

艇の主要寸法は次の通りである。

| | |
|------|--------|
| Loa | 5.000m |
| Bmld | 1.486 |
| Dmld | 0.678 |

艇型は舷外機を艇尾に取付けた場合はトリムよって艇尾の水線幅の広い、モーターボートに適した艇型となるようにし、舷外機を外してeven keelになった場合は流線形に近い水線形をもったヨットに適した艇型となるようにしてある。

強度は軽合金艇の特徴を生かすために、できるだけ軽く造ることに重点をおいて強度計算を行い、構造はLongitudinal Systemを採用した。材料は外板、甲板等は板厚0.8mm、肋骨、竜骨その他は板厚1.5mmの56S-1/2Hを用い、縦通材としては2種の56S押出型材を使用した。艇殻の結合はすべて56Sの鋸材を用いたが、その直径は大部分3mmで、一部に4mmを用いた。形

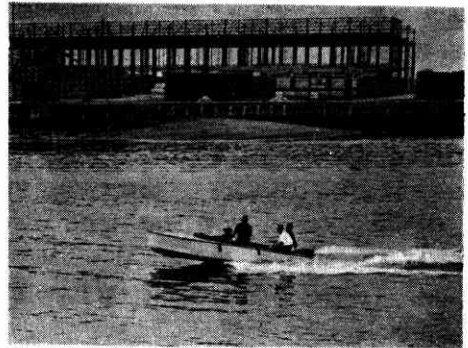
状は大多数が沈頭鋸で、鋸総数は約10,000本である。

加工は使用材料が56S-1/2Hであるために非常に困難であった。重量軽減を計るために、たとえば肋材を一枚の板から接目なしで造るなど、一般の常識に外れた設計を行っているので、これらのために工作が困難となった点もある。また艇首材はFashion Plate Stemとしたので、相当大きなDouble Curvatureがあり、製作が非常に困難で、松材の内型を造り、300°C程度に加熱して加工を行った。

木製艇では万一顛覆しても木材の浮力によって浮いているが、軽合金艇の場合はいくら軽くても水より比重が大きいため沈没する恐れがあり、空気函を入れて浮力を持たせている。艇体、機関、艦装品の重量は合計300kg以下と考えられるので、コックピットの周囲に6個の浮力タンクを配置し、400kg以上の浮力を持たせるようにした。これらのタンクは板厚1mmの3S-0材を全溶接して造った。この当時イナートガスシールドの溶接機はまだ日本に入っていなかったため、Eutector Eluxを用い、共金またはアルミニウム低温溶接棒を使用した。

塗装は素地表面をベンゾールで拭き、下地処理としてエッチプライマーを塗ったが、このエッチプライマーは当所第4部と関西ペイントKKが協力して研究したものである。下塗にはジツククロメート、上塗にはフタル酸樹脂エナメルを2回塗った。

艇殻の計算重量は93.3kgで、同寸法同強度の木製艇、鋼製艇に比してきわめて軽い。22HPの舷外機を使用したときの速力は、平水で2人乗艇して最大27ノットであった。機走中の写真を第1図に示す。



第 1 図

4. ヨットとして

帆装は比較的広く使用されているヨットと同じ帆がそのまま使えるようにするため、Snipe型を採用した。試作艇の長さは5mで約16.5呎、Snipeは15.5呎であるから、艇の割に少し小さ目である。

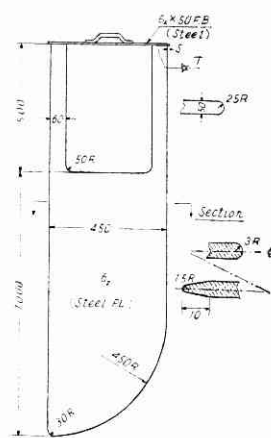
一般配置図は第2図に示した通りである。マスト、ブームも軽合金で造る計画をたてたのであるが、製造する



第 2 図 一 般 配 置 図

場所がなかったため木製とした。したがって帆装については一般のヨットと特に変わった点は少ない。

センターボードは艇体に取付けた軽合金製のセンターボードケースに入るようにし、その形状は第 3 図に示したもので、厚さ 6 mm の軟鋼板を用い、亜鉛メッキを施した。



第 3 図 センターボード

試作艇は舷外機を取付けたままヨットとして走ることが多いので、舵は舷外機をはさんで両側につけ、一本の舵柄で操舵する Twin Rudder を採用した。各舵板は単独で普通の Snipe の舵板と同一であり、舵のききは非常に良い。舷外機の位置から片舷へ寄せてエキ

セントリックに一枚舵をつけることも考えたが、反対舷に大きくヒールした際舵が水面上に出すぎて用をなさないことが考えられ、こんな時に舵がきかなければ顛覆する確率が大きいので採用しなかった。

通常ヨットにはオールをつけないのであるが、機走中エンジンが故障した場合、特に水深の浅い場合の着岸、離岸に便利であるため一組のオールを装備した。亜鉛メッキした鋼製の金具を艇の両舷に銲接してあり、クラッチはそれに取付けるようになっている。

索具を固定する Jibsheet Fair Leader, Eye Plate には厚さ 2 mm の亜鉛メッキ鋼板を軽合金押出型材と重ね合わせて孔をあけたものを使用した。その接触部はジメックロメートをガーゼに浸ませたものを挟んで絶縁し、電食を防いだ。

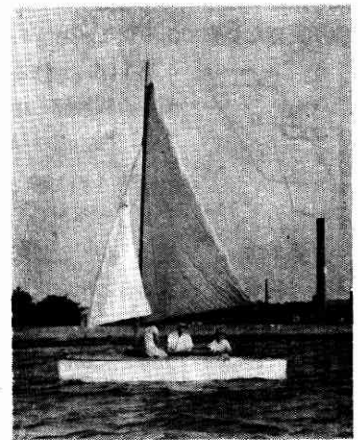
シートを固定する 6 個のクリートには Al-Mg 合金の鋳物を使用し、半数ずつ硫酸被膜と硫酸被膜のアルマイトをかけた。現在いずれも使用には差支えない程度の小さな点食がみられるが、これは被膜が薄かったためと思われる。

腐食を認めたのはクリートのみで、艇は過去 3 年近く海水、墨田川の濁水、風雨に曝されていたが、板材型材には腐食は全然みられない。特に心配した真鍮製ドレイン金具の取付部も異常なかった。

また昨年墨田川造船所の火災に際し、当所の他の実験艇 2 隻が焼失したほか、多数の木製艇が跡かたもなく焼失したが、この軽合金艇はフェンダーが一部こげただけで被害を免れた。耐火性が強い点も軽合金艇の特長といえよう。

実際に帆走を行った場合の性能は帆面積の割に艇が大きい点を艇の軽さが補っており、本来のヨットと比べて何等劣るところはない。クローズホールドでは相対風向に対し 30° の切上りが楽に可能であった。帆走中の写真を第 4 図に示す。

昨年 8 月某夜東京湾に出て翌朝まで帆走して東京湾を横断、木更津附近に達した。当夜波高 1 m、しかも逆風で、もし洞爺丸や相模湖事件が先に起っていたならば取止めたであろうが、強行してしまっただけで、艇体はひどいスラミングをうけたが構造に異常はなく、相当の航海に耐えうることを実証した。



第 4 図 帆 走 中

5. あとがき

生研試作艇は計画以来約 4 年を要したわけであるが、大体計画通り完成した。当時の実情から鋳構造としたけれども、現在では溶接構造が可能で、機会があれば全熔接艇を造ってみたいと考えている。

本試作艇は昭和 25 年度文部省科学試験研究費をもととしたもので、そのほか日本鋼管、墨田川造船、日本軽金属、神鋼金属、関西ペイントの各社の御協力を得たことに対し厚く御礼申上げる。(1954. 2. 24)

文献 1. 山根, 元良, 安藤: 軽金属 第 5 号
2. 安藤: 生研報告 第 3 卷 第 3 号