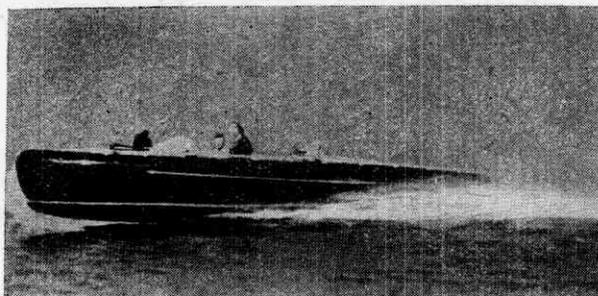


## 可動ステップによる船体抵抗の減少

元良 誠三



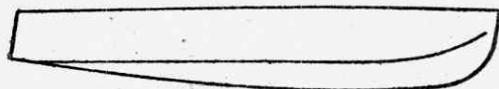
筑井 甚吉

爆音をたてて水面を滑走する高速艇は見るからに痛快なものがある。しかしその爆音の蔭には莫大な馬力と、燃料の消費という悩みが秘められている。本文は高速艇をできるだけ経済的に走らそうとする技術者の努力の一端を紹介するものである。

速度が滑走状態に達するような高速艇の船型は従来種々の実験によつて、比較的低速のものでは第1圖に示すようなV型ステップなしのものが抵抗少く、或る限度を超えると第2圖のように船體底部にステップを有するものの方が抵抗少く、したがつて所要馬力が少く有利であることがわかつている。第3圖はその一例を示し、舊海軍技術研究所で行つた実験結果である。3圖(1)はV型無ステップであり(2)および(3)はステップを有するもの

(ステッパー)である。

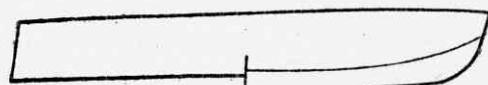
高速でステッパーの方が有利となることは、主として無ステップ型では高速になつても浸水面積(水に接觸している部分)がたいして變化しないのに反し、ステッパーでは第4圖に示すように、ステップの後端から剝離した水流が相當の間自由表面を形成し、船體と水とが直接接觸せぬ部分ができて、摩擦抵抗が減少するためであると考へられている。



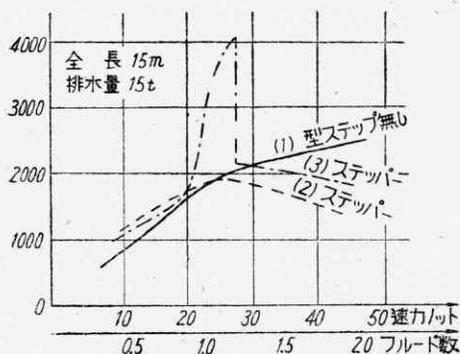
第1圖 V型ステップなし



第4圖



第2圖 ステッパー(一段)



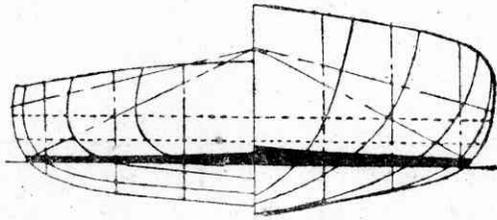
第3圖 各船型の比較

また或る種のステッパーでは第3圖(3)に示すように或る速度で抵抗が非常に増加していわゆる hump を生ずるが、それを超えると、突然抵抗が激減してステップのないものより格段に有利となる。そして適當に設計すれば減少後の抵抗は(2)型のステップより低くなり得るのである。このような船型では、この抵抗の hump をのり越えられれば非常に有利であるが、多くは過負荷馬力の限度があるために用いられない。

そこで普通の高速度艇では適當に船型を選んで、抵抗曲線に hump が現れないようにする。第3圖(2)はよく設計されたステッパーの一例である。

常に滑走状態の限界速度以上で走る船では當然(2)のような船型を選ぶべきであるが、低速でも高速でも走るといふような船では、低速における抵抗の増加は等閑に附することができない。このよい例がヨットであつて、ヨットは一定の馬力を有するわけではなくて、風の吹き具合によつて馬力も變化し速度も變化するので、高速に有利な船型にしておくと低速で不利であり逆の場合もあり得る。しかもあらゆる風速で他船より速いことが望ましいのである。

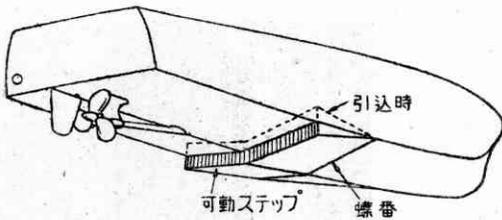
著者等は最初 Ufa fox 設計のセーリングカヌー Wake 號 (第 5 圖) が 16 ノットの高速をだしたということを知り、この記録を破るようなヨットの建造を計畫したの



第 5 圖

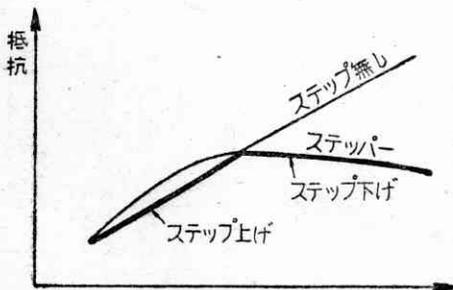
であるが、このような大きさの (16 呎) 艇で 16 ノット以上というすでに滑走状態に属し、船型としてステッパーが有利であるが、このような高速はまれにしかださず多くは低速で走ることを考えれば、低速で他艇に對して常に不利であるということは許しがたい缺點なので、種々考案の結果可動ステップということを考えついたのである。

可動ステップとは、適當な装置によりステッパーのステップの部分に第 6 圖のように、前部の蝶番の圍りに動



第 6 圖

き得るようにして、低速時には引込んでステップのない船型とし、高速でステップをだしてステッパーとして走ろうという考えで、第 7 圖に示すように低速では無ステ

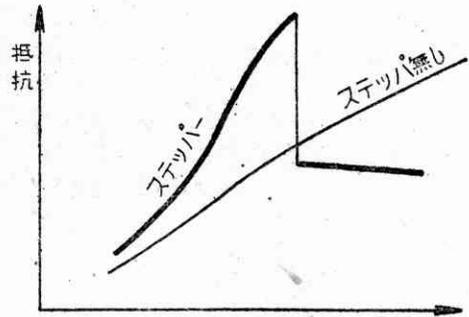


第 7 圖

ップの利點をとり、高速ではステッパーの利點をとるようになりつつあるというわけである。

また第 8 圖のように限界速度で抵抗曲線に hump を生ずるが、高速では非常に有利であるような船型の hump

をステップを引込めることによつて限界速度以上迄乗りこえることもできるわけである。



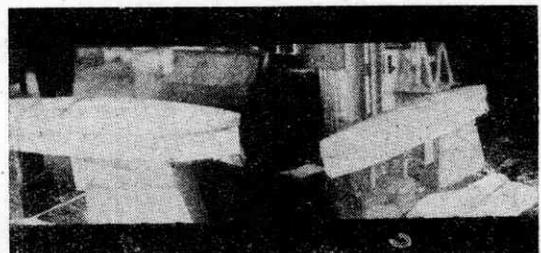
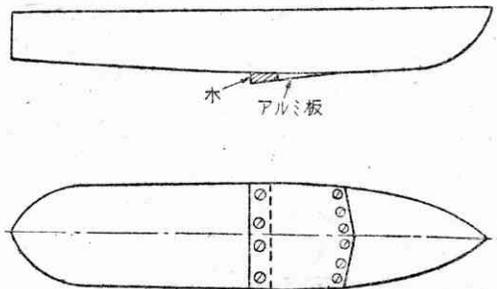
第 8 圖

もちろん可動ステップの大きさは構造上限度があるから、ステップ引込み時と突出時と両方ともに正確に最良の無ステップ船型と、ステッパー船型とを現出することは不可能であるから、どちらかを犠牲として例えば低速を主とし高速を従とするものでは完全な無ステップ船型に不連続的なステップを突出させて、高速を主とするものでは完全なステッパーのステップを低速時にやゝ不連続に引込めるというようになるのは止むを得ないことであろう。

實驗 1.

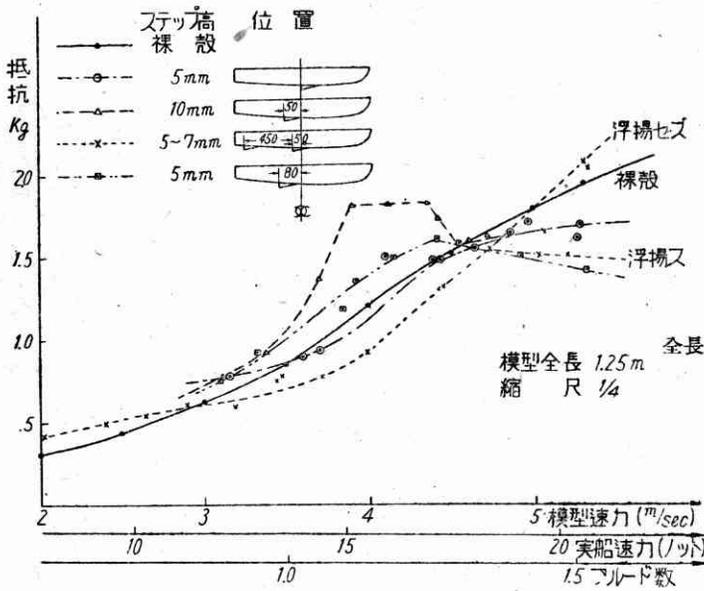
最初に實驗を行つたのは、ヨットの高速記録をねらう意味でセーリングカヌーについてであつた。Model Ship を前記 Wake 號に取り、これに可動ステップを取りつけた。

實驗では可動ステップに相當するものとして裸殼の模



第 9 圖

型の、ステップに相当する部分を薄いアルミ板で型を取っておき、まず裸殻で実験して抵抗を測定した後(第9圖のように)このアルミ板を前部蝶番に相当するところを船體に固着し、後部に薄い木を當てて厚さを變化して、ステップの隆起状態を變化させた。ステップの可變部分の長さは全長の 1/10 とした。実験結果は第 10 圖に示すように大體豫想通りでいたいフルード数 ( $V\sqrt{Lg}$   $V$ .....速度 m/sec  $L$ .....船長 m) 1.3, すなわち實船で 18 ノットをこえるあたりからステップを下す方が有利となつてゐる。

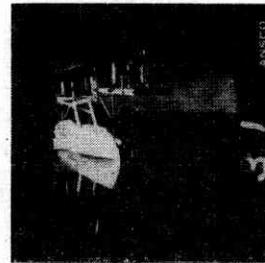
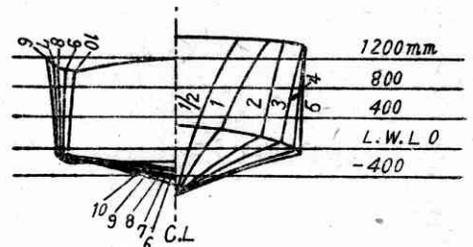


をあきらめたのである。

ヨットに應用することは一應断念したけれども、これ等の実験の結果一般の高速モーターボートにも應用可能であることが判明したので、さらに実験を進めることにした。

実験 3.

高速モーターボートに対する應用として実験を行つたもので次の実験 4 とともに著者等が設計を依頼された厚生省の検査艇に實施すべく計畫したものである。



第 10 圖の三角の符號を附したものは完全に hump 型を示し、點線で示した前後二個のステップを有するものは極めて低速より効果を現わしている。しかし全體として Wake 號の船型は丸型であり高速には適しないことを發見したので次の実験を行つた。

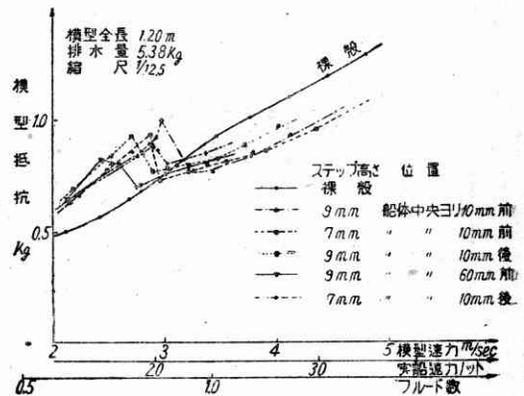
実験 2.

船型を V 型として同様の実験を行つた。

結果は前回とほぼ同様であり、全體として抵抗を引下げることができたので風速 10 m/sec 位の時には、20 ノット近くでござらうと考えられた。

ところが實船を作る段になつて種々の困難に遭遇した。その一つはステップの構造でカヌーの極めて輕構造の艇體にこのような可變部分を軽く作ることは相當困難で、その操作も軽く動かすのはむずかしかつた。他の一つは艇の復原力であつて、10 m/sec の風を受けて顛覆しないためには、少くとも 5 貫匁の錘りを背負つて艇外に乗りだして釣合を取らなければならないという計算結果がでるにおよんで、ついに誰も乗り手がなからうと建造

同艇の要目および船型は第 11 圖に示すようなもので艇長 15 m で速力 20 ノットでは滑走状態の下限であり多少本装置をつけるには低速過ぎたが、實現の可能性が魅力であつたので同艇を Model Ship とした。



ステップの長さは艇長の 1/10 とし、高さおよび取付位置を變化しつつ實驗した結果が第 12 圖である。今迄の實驗で hump が消滅する限界速度はフルード數にして大體 1 以上であつたのにくらべ、本實驗では状態によつてはフルード數 0.7 位で hump が終るといふ結果がでた。そして低速で hump を越える船型は概してその後の抵抗が高く、高速で hump を終るものの方がその後の抵抗が低いといふ結果を得た。

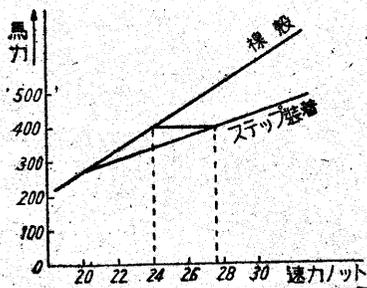
第 1 表  
ステップ装置による馬力の減少と速力の増加

速力 (ノット)	模型抵抗 (gr)	實船抵抗 (kg)	有効馬力 (馬力)	推定機關馬力 (馬力)	利得率 (%)	速力増加 (ノット)
20	730	1095	150	273	0	0
22	840	1211	183	333	11.4	2.5
	770	1074	163	295		
24	925	1339	221	400	17.7	3.5
	790	1096	181	329		
26	1012	1443	257	467	21.8	5
	850	1127	201	365		
28	1090	1514	291	529	21.9	—
	920	1183	227	413		
30	1170	1596	329	598	26.4	—
	960	1187	245	446		

第 12 圖において、もつとも早く裸殻抵抗曲線を下回るのは、模型で船體中央より 10 mm 前に高さ 7 mm のステップをつけた時である (12 圖に○で示したもの)。

この場合にどの位馬力の減少が得られるかを實船について計算したのが第 1 表である。上段は裸殻のもの、下段はステップを下した時であつて、高速になる程馬力の利得率が大きくなつてゐる。

また機關の馬力を一定にしておくと、右



第 13 圖

端に示すような速力の増加が得られる。この速力の増加は第 13 圖において、例えば 24 ノットに相當する馬力の時は、その馬力とステップ装置時の馬力曲線との交點すなわち約 27.5 ノットとして求められる。

このようにしてステップの効果はいちじるしいけれども、目的の 20 ノットで裸殻より有利であるようなステップの位置はついに發見することができなかった。

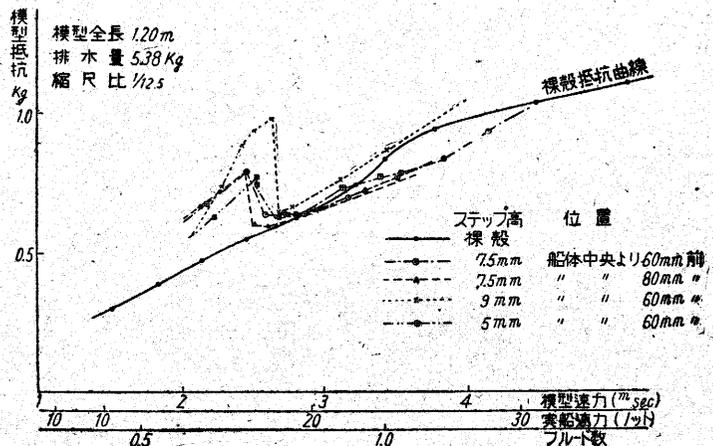
實驗 4.

前回においては、航走中船體前半部の動的浮力が過少で、ともすれば船首を水に突込みそうな傾向があつたので、今回の船型は船首船底断面を平らにして、動的浮力の増大を計るとともに船尾形状も多少變更した。

實驗結果を 14 圖に示す。本船型は裸殻としては今回のものよりまさつてゐるが、ステップの効果は前より悪く、やはり 20 ノットで裸殻を下回るようなステップの位置が發見できなかった。二回の實驗の結果本船の速力ではステップの効果なしと見て實施を斷念したが、もう少し高速の船——フルード數にして 1 以上——の船ならば實際に用いることができると考える。

今迄の實驗ではステップの位置、高さ等の變化にともなう得失は全く豫想できずやや暗中摸索のきらいがないでもなかつたので、今後系統的な實驗によりその効果を明かにしたいと思つてゐる。

なお本實驗は日本海洋會の委託により、昭和 24 年 12 月から 25 年 5 月におたつて第一工學部船舶工學科水槽で行つたものである。



第 14 圖