



Title	浮子の浮力減少について(1)
Author(s)	五十嵐, 脩蔵; IGARASHI, Shūzō
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 9(1), 53-58
Issue Date	1958-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23027
Type	departmental bulletin paper
File Information	9(1)_P53-58.pdf



浮子の浮力減少について (I)

五十嵐 脩 蔵

(北海道大学水産学部水産機械学教室)

On the Decrease of Buoyant Force of the Float (1)

Shūzō IGARASHI

Abstract

The writer, using the strain gauge as shown in Fig. 1, measured continuously the buoyant force of floats made of paulownia, synthetic rubber and other materials.

From this experiment, the results obtained are as follows.

1. The use of a strain gauge can be applied to measure the buoyant force. It is effective.
2. The decrease of buoyant force of the paulownia float is caused by absorption of water and the rate of decrement of the buoyant force can be expressed by (II. 1).
3. Stress-strain curves for synthetic rubber float and other floats were obtained as shown in Fig. 12.

まえがき

これ迄種々なる材料で作られた多くの浮子が使用され、その重量や浮力¹⁾、或いは浮子の吸水量と浸水日数に関する理論式²⁾、コルクの水圧による変形³⁾等の研究がなされた。又最近では合成浮子が使用され、それに対する力学的考察も一二されている^{4,5)}。

以上の報告によると常圧に於ける浮子の浮力変化の測定は比較的容易であるが、常圧以上の水圧のもとでは吸水による浮力の減少は一定時間加圧したのち圧力をさげ、水中より浮子を引き上げて重量を測定し、その増加量からこれを求めているから測定が面倒であり、不正確を免れない。又浮子の変形による浮力の増減は、5)の研究以外測定が殆んど不可能であつた。

筆者は金属抵抗線歪計を用いる事によつて水圧を加えた場合の浮子の浮力の変化を連続的に測定し得た。ここに測定装置及び測定結果を報告するものである。

本文に入るに先だち、此の報告の作成に當つて終始御指導を戴き且つ御校閲を賜つた当教室小林喜一郎教授、大川鉄男助教授、そして又実験に際して御協力願つた当教室新谷恵美嬢に深甚なる謝意を表わすものである。

I 測定装置

歪計を用い浮力を歪に変換して測定した。使用した歪計は新興通信工業株式会社PS7-L型であり、ゲージは同社製Si型、ゲージ率2.03、120Ωのもので、此のゲージを鋼板(厚さ0.35mm、巾12mm)に貼付した。Fig. 1はその概略を示し、Fig. 2はその外観である。

ゲージを貼付した鋼板部分は水中に入り且つ水圧を受けるからゲージの防水、防湿には特に留意し、予めテストした。ゲージとインディケータを結ぶ線に市販のビニール被覆の電燈線を用い、ゲージ及び裸線部分にシーリングワックスをぬり更にその上にエナメルをぬり、鋼板及びビニール線を薄いゴムチューブで覆つた。これはFig. 2に見る事が出来る。此の様に被覆されたゲージと外部との電氣的絶縁は水圧25^{mm}/cm²のもとでも完全に良好だつた。此の様にしてから各ゲージの端をインディケータの該当する端子に接続し、天秤にて鋼板に浮力がかかると同じ状態になるよう上向きに引張力をかけ、引張力と鋼板に生ずる歪を測定

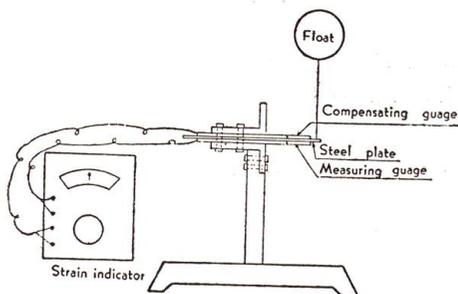


Fig. 1. Schematic figure of the apparatus

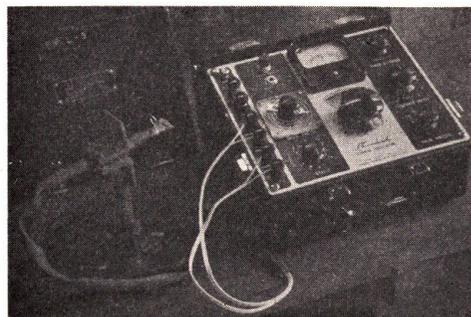


Fig. 2. An outside view of the apparatus

した。Fig. 3は引張力—歪の関係を示すものである。

なお水中に入れた際引張力をかけなくても鋼板にはある歪（ゴム被覆及びその内部に残っている空気の為と思われる）が生ずるが、此の零点を各水圧下において予め測定しておいた。此の様に測定装置を作り、下記の実験を行った。Fig. 4は実験の模様を示している。

II 桐材の浮力

桐の角材から体積約 40cm³~70cm³, 全表面積に対する木口面積の割合が 3.5 (●), 4.5 (○), 5 (×), 6 (△) [() 内の●○×△は Figs. 5—8に用いた印である。夫々の圧力のもとで実験したものは、同じ印のものでも同一グループには属するが別の試料である] の四種を切り出して試料とした。一般に桐材はその性質が均一でなく、用いた試料もその緻密さには相当差異があつた。これらの試料を用いてその浮力と時間及び水圧との関係を測定した結果を Fig. 5に示してある。

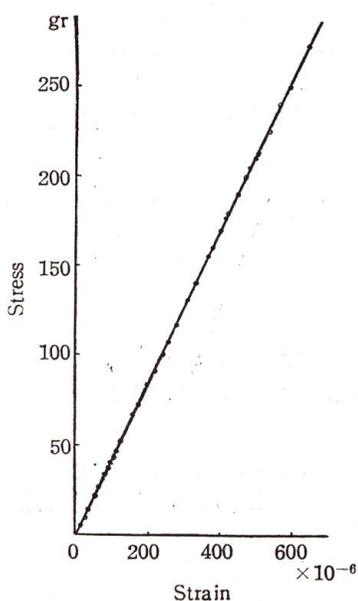


Fig. 3. Standard stress-strain curve

縦軸には $\frac{B'}{B}$ をとり横軸には時間 (分) がとつてある。
ここに

B : 水面下約5cmで測定した最初の浮力

B' : 同上で各条件のもとで測定した浮力

なお時間はポンプにて水を圧力タンク内におくり圧力をかけた時から測定しはじめたが、所定の圧力にするのには約30秒~40秒を要した。而して浮力が夫々の圧力のもとで略々半減する迄継続測定した。

Fig. 5より浮力の減少の経過が次式によつて表わされるものとして、各係数を実験結果より計算した。それは Figs. 6—8に示してある。

$$\frac{B'}{B} = B_1 e^{-a_1 t} + B_2 e^{-a_2 t} \quad (\text{II} \cdot 1)$$

ここに、 B_1, B_2, a_1, a_2 , は定数であり、 t は時間である。

IIIの実験に用いた方法で各水圧に於ける体積の変化は測定しなかつたが、実験終了後各試料の体積を測定した。体積の変化は浮力の変化に殆んど影響しない程小さく(約5%増)桐材の浮力の減少はその吸水によるものと思われる。

Fig. 5にみられる如く木口面積の大小による浮力の減少

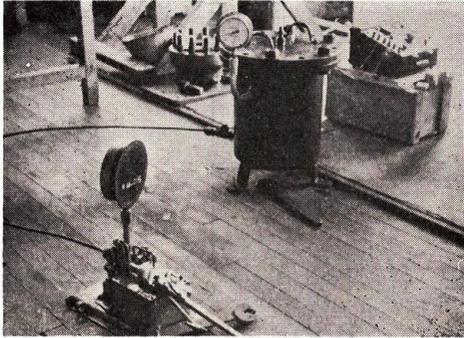


Fig. 4. A view of the laboratory work

(即ち吸水量の差異)に及ぼす影響は此の実験ではみられなかつた。これは前述した通り一様な試料を得る事が困難でその緻密さの違いによる影響の方が大きいからだと思われる。Fig. 6より $B_1+B_2=1$ でかつ B_1 及び B_2 は形状、大きさによる事なく略々一定で、水圧によつて変らない事がわかる。又Fig. 7, 8より a_1 及び a_2 はともに実験の範囲では水圧の約1乗に比例している。以上の事から桐材の浮力が水中にて減少するのは吸水の結果によるもので、体積の減少によるものとは考えられない。

田内²によれば吹水量は次式で表わされる。

$$q = Q'(1 - e^{-k't}) + Q''(1 - e^{-k''t}) \quad (\text{II} \cdot 2)$$

実験から $\frac{B'}{B} = \frac{B-q}{B}$ であるから

$$\frac{B'}{B} = 1 - \frac{Q'}{B}(1 - e^{-k't}) - \frac{Q''}{B}(1 - e^{-k''t}) \quad (\text{II} \cdot 3)$$

(II・3)式を変形しかつ $\frac{Q'}{B} = B_1$, $\frac{Q''}{B} = B_2$, $B_1 + B_2 = 1$ とおくと (II・1)式と同じ形になり、これからも桐材の浮力の減少が吸水によるものである事がわかる。なお此の実験中、室温 $19^\circ\text{C} \sim 21^\circ\text{C}$, 水温 $17^\circ\text{C} \sim 19^\circ\text{C}$ であつた。

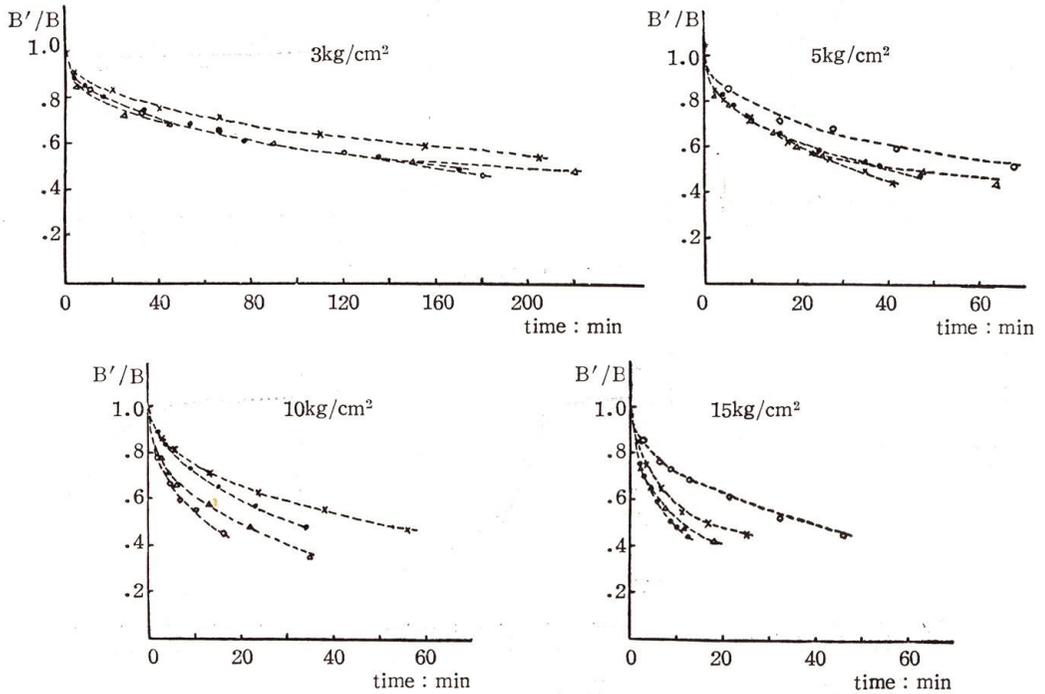


Fig. 5. B'/B -time curves at each hydrostatic pressure

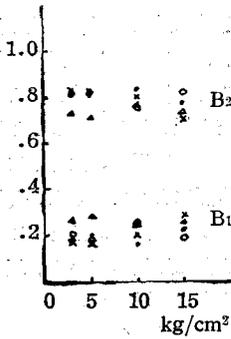


Fig. 6. B₁ & B₂-hydrostatic pressure curves

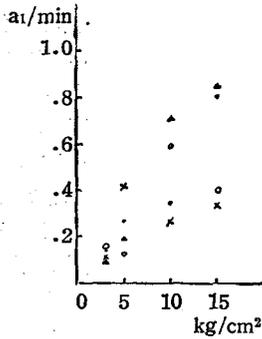


Fig. 7. a₁-hydrostatic pressure curve

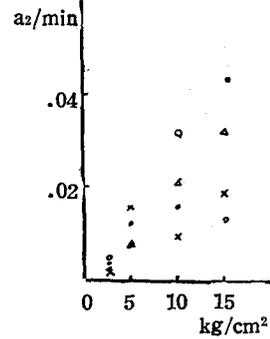


Fig. 8. a₂-hydrostatic pressure curve

III 合成浮子の変形

市販の合成浮子三種（合成ゴム製、塩化ビニール製及びエポナイト製）を用いて、その変形のみによる浮力の減少を求めた。

浮子の吸水をさける為に市販のゴム風船でそれを覆い、内部の空気を抜きとつてから実験に供した。ゴム風船内に空気を吹きこみふくらませてから圧力タンク内に入れ、圧力をかけたが水は内部に入らなかった。又Fig.10の如くしてゴム風船内の体積と圧力を測定した。その結果はFig.11の如くであった。これらの事よ

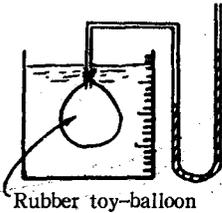


Fig. 9. Schematic figure of measuring volume and pressure of a rubber toy-balloon

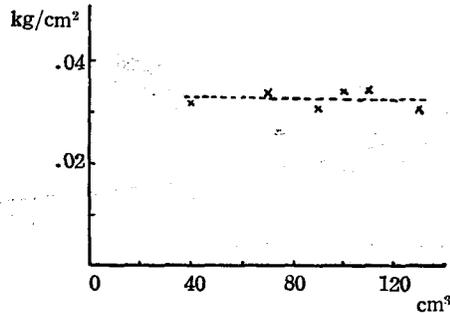


Fig. 10. Pressure-volume curve for a rubber toy-balloon

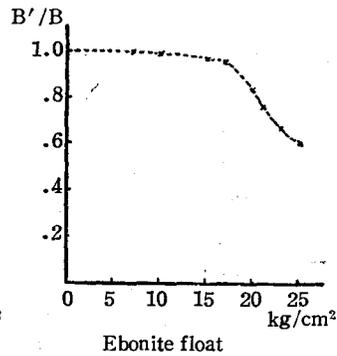
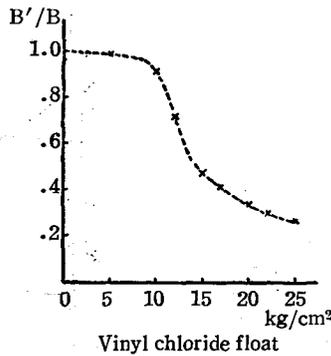
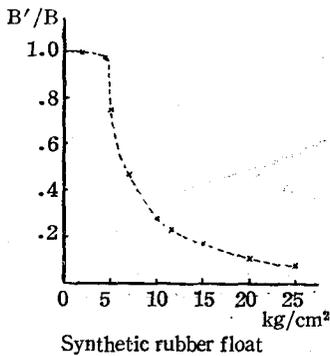


Fig. 11. B'/B-hydrostatic pressure curves

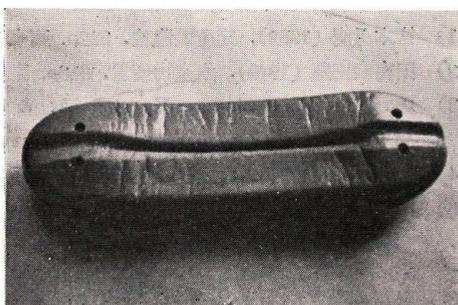
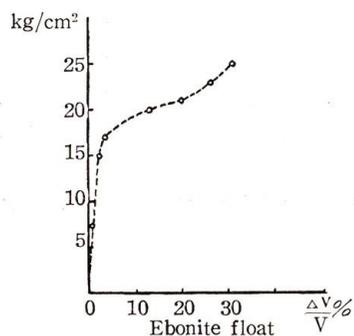
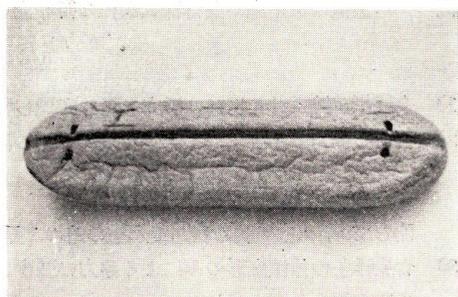
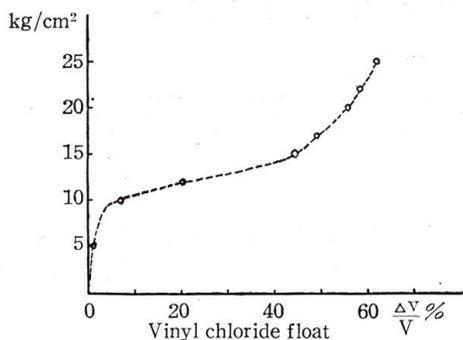
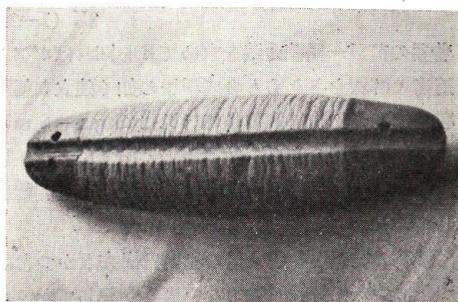
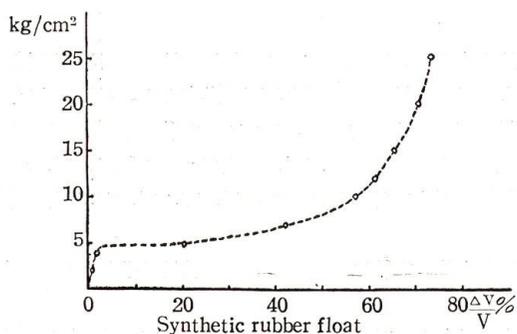


Fig. 13. The condition of floats after use

Fig. 12. Stress-strain curves for synthetic rubber float and other floats

りゴム風船で覆つた浮子内には水は浸入せず、又ゴム風船の圧縮力は無視出来る事がわかつた。なお実験終了後秤量したがその重量には変化がなかつた。ゴム風船は比重が1より小さかつたがこれによる浮力を無視した。

浮力の測定はポンプで所定の圧力に上げてから3分経過後測定してそれをその時の浮力とした。Fig. 11は測定結果を示す。これより或る水压以上になると急激に浮力が減少することがわかる。測定された浮力と浮子の空中重量よりその体積を算定し（実験遂行中水温9°C、室温19°C～23°C、湿度40%）求めた Stress—Strain 曲線がFig. 12である。

材料の弾性係数 E は荷重—圧縮曲線の原点の勾配であり、同様に圧力—体積曲線の原点の勾配は嵩係数 K でありその関係は次式で表わされている。

$$E = 3K(1 - 2\mu) \quad \mu: \text{ポアソン比}$$

普通の荷重—圧縮曲線を求めてEを知ればポアソン比が求まり、更にFig.12にみられる特殊のS字型曲線に適当な解釈を与えると合成浮子の如く独立な気泡をもつ材料の性質を解明する事が出来よう。これは今後の研究にまつとして本報告では単に Stress—Strain 曲線を示すに止めておく。Fig.13は実験終了後直ちに写したもので浮子の変形の状態がよく出ている。実験直後では合成ゴム製55.7%、塩化ビニール製54.6%、エポナイト製48.5%に浮力が復元し、更に24時間後には最初の浮力に対して夫々81.6%、77.3%、76.4%に復元していた。

試料の関係から吸水量の測定は出来なかつた。これも今後の実験に俟ちたい。なお試料は手近なものを使つたにすぎず比較試験でない事を明記しておく。

最後に本実験の費用の一部は財団法人水産科学研究奨励会より受けた。感謝して附記しておく。又実験装置のゴム被覆は道南漁業資材株式会社の御好意によるものである。併せて感謝の意を表す。

IV 要 約

- 1) 金属抵抗線歪計を用い、浮力を歪に変換して水圧下にある浮子の浮力を外部より連続的に測定した。
- 2) 桐材の浮力の減少は吸水によるもので元の浮力に対する割合は次式で表わされる。

$$\frac{B'}{B} = B_1 e^{-\alpha_1 t} + B_2 e^{-\alpha_2 t}$$

而して α_1 , α_2 は実験の範囲で水圧の略々1乗に比例する常数であり、Fig. 7, Fig. 8に示してある。

- 3) 合成浮子の体積変形のみによる浮力の減少を求め、それより Stress—Strain 曲線を求めてそれが特殊なS字型である事を示した。

文 献

- 1) 宮本秀明 (1952). 定置網漁論. 322p. 東京; 河出書房.
- 2) 田内森三郎 (1949). 水産物理学. 213p. 東京; 朝倉書店.
- 3) Dart, S. L., Robinson, Howard, A. & Guth, Eugene (1947). Elastic properties of cork. III. Hydrostatic and ordinary load—compression curves for cork. *Jour. App. Phys.* 18 (5), 474—478.
- 4) 高木三男 (1956). 合成浮子の特長. 漁業技術. 2 (6), 8—11.
- 5) Roach, S. W. & Harrison, J. S. M. (1953). Buoyancy of submerged cellular plastic net float. *Prog. Rep. Pac. Coast Sta.* (97).