

建築における資源の有効利用に関する研究*

—その4・石膏ヨットの試作—

平居孝之**

Study on Effective Use of Resources in Architecture

— Part 4. Trial Manufacture of Gypsum Yacht —

By Takayuki HIRAI

Department of Architecture, Faculty of Engineering, Oita Institute of Technology.

Abstract

From the social point of view, effective use of Gypsum is desired and several experimental studies on utilization of Gypsum in building materials have been carried out. For a cementing material Gypsum has some defects like brittleness, little bond strength and lack of water-resistant qualities, but it is theoretically possible to use Gypsum as a matrix phase of composite materials expecting high structural reliance.

So to prove the possibility of Gypsum composite materials, the author tried to manufacture a yacht using Gypsum for the prime material. The matrix made from II-calcium sulfate anhydrite, a small quantity of Normal Portland Cement, artificial light weight aggregate is reinforced by laminating the glass cloth.

To increase the bond strength between the matrix and the glass cloth and to preserve the waterproofing of the composite, polyester are applied.

The body of the yacht having this composition is less than 10 mm thick and its bending performance matches that of 4 mm thick plywood. The yacht is 3.6m long and 1.5m wide and has about 200kg weight. Sailing tests have been done several times in the last one year. Certainly this Gypsum yacht could not get the same sailing speed as F. R. P. yacht but had good stability on the water and no structural problem caused by the durability of Gypsum have not been observed.

1. 序

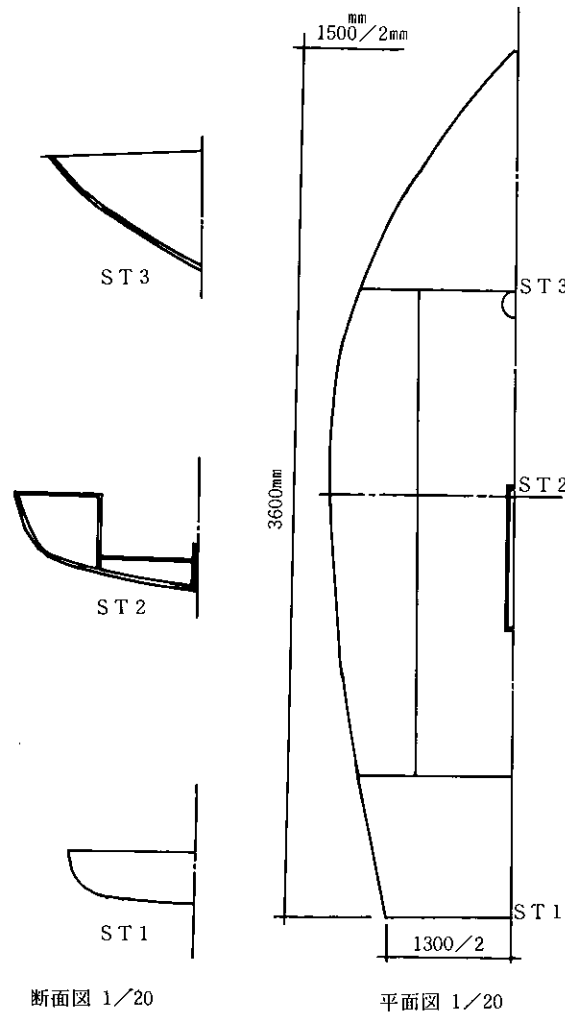
資源の有効利用という観点から、石膏を建築材料に用いる方法の開発が望まれている。前報¹⁾で述べたように

石膏は水に弱く、付着強度など力学的性能は普通ポルトランドセメントに劣るが、粒子強化して複合材料の形で使えば、セメントコンクリートに近い利用も可能と考えられる。²⁾

そこで、石膏を他の材料と複合せ適切に補強すれば構造的に高性能の要求される部位にも利用出来ることを確かめる目的で、石膏を主要材料とするヨットの試作を行なった。

2. 研究の方法

セメントによる船は古くから試みられており、1848年にフランスで作られた記録がある。³⁾最近ではここ20年程の間に世界各国で商品化されており、数年前にはニュージーランドのウェリントンでコンクリート船のシンポジウムが開かれた。日本では1968年にカナダのメーカーの指導の元に、数人のグループが全長11mのヨット、“秋津洲”を制作し、太平洋横断を試みている。⁴⁾以上の例は、カルシウムシリケート系のポルトランドセメントを主な結合材としているが、これらは水硬性の



断面図 1/20

平面図 1/20

図 1

セメントであるから水密性に配慮を必要とするが、水的作用による強度の低下という点に関しては安全なものである。これに対して、石膏を結合材とする場合は、硬化した二水石膏の結合組織が水分的作用により徐々に劣化され強度が低下するので、何らかの方法で石膏の耐水性を保たねばならない。⁵⁾またセメントに比べ石膏は付着性が弱いので、補強方法の工夫が必要である。⁶⁾

このような観点から、耐水性を中心とした石膏の物性改善のため、普通ポルトランドセメントと人工軽量骨材を石膏と併用し、補強材にガラスクロスを選び、石膏とガラスクロスの付着の強化のため付着面に、また石膏の耐水性確保のため構造体表面にポリエステル樹脂を塗布した。石膏ヨットのモデルには、図1の全長3.6mの2人乗りの型を選んだ。このサイズのヨットのボデーには、厚さ4mm程度のJAS1類普通合板に匹敵する強度と強靱性があれば可能であることから、⁷⁾予備試験としてガラスクロス積層強化石膏プレキャスト板の試作曲げ試験を行なって、要求される性能に必要なガラスクロス積層強化石膏の構成を明らかにした後、石膏ヨットの製作を行なった。

3. ガラスクロス積層強化石膏プレキャスト板の予備試験

3.1 試験方法

15cm×60cmの寸法で1cm弱の厚さをもつガラスクロス積層強化石膏プレキャスト板を作成し、図2に示すスパン50cmの3点単純曲げ試験を行ない、荷重に対する中央たわみを測定して、同時に試験した4mmJAS1類合板の結果と比較検討した。

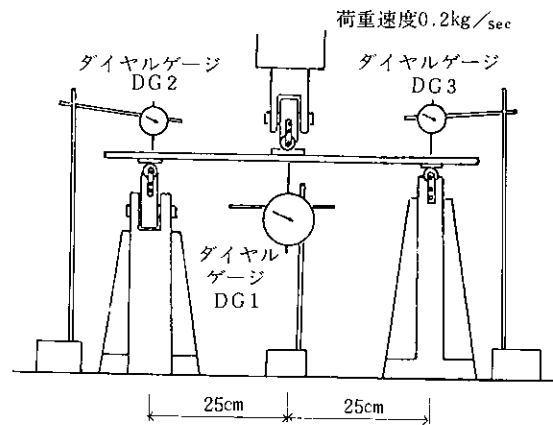


図2 曲げ試験装置

表-1 試料

II型無水石膏	0社試製品 $\rho = 2.93$
凝結調節剤	カリミョウバン
減水剤	S社市販品 石膏用
普通ポルトランドセメント	O社市販品 $\rho = 3.15$
ガラスクロス	A社市販品 156 g/m ²
ポリエステル樹脂	A社市販品
人工軽量骨材	M社市販品 細骨材 5mmfm = 2.76 表乾比重1.87 吸水量17.5%

表-2 プレキャストの構成

構成	供試体	厚さ mm	重量 kg/m ²
ガラスクロス2層	No.1	9.6	13.5
	No.2	9.7	13.7
ガラスクロス3層	No.1	9.8	14.2
	No.2	9.6	14.0
ガラスクロス5層	No.1	10.1	14.4
	No.2	10.4	14.8

3.2 試料と供試体の詳細

用いた試料の詳細を表1に示す。ガラスクロス積層強化石膏プレキャスト板の供試体は、表2に示すもので、II型無水石膏・普通ポルトランドセメント・構造用人工軽量骨材・水・凝結調節剤・減水剤の混練物と、ポリエステル樹脂を塗布したガラスクロスを交互に積層して成形した。II型無水石膏他の混練物の調合を表3に示す。曲げ試験は供試体の材令1週間で行なった。

表-3 調合

kg/m ³					
II型無水石膏	普通ポルトランドセメント	人工軽量骨材	凝結調節剤	減水剤	水
G	C	A	ac	ad	W
470	118	741	13	1.9	212
$\frac{C}{G+C} = 20\% / \text{wt}$		$\frac{W}{G+C} = 36\% / \text{wt}$		$\frac{A}{G+C} = 200\% / \text{vol}$	
$\frac{ac}{G} = 2.76\% / \text{wt}$		$\frac{ad}{G} = 0.4\% / \text{wt}$			

3.3 予備試験の結果

曲げ試験の結果は図3のようで、図中の点線で表わされた4mmJAS1類合板に比べ、プレキャスト板の曲げ性能はガラスクロス2層のものでは劣るが3層と5層のものでは劣っていない。

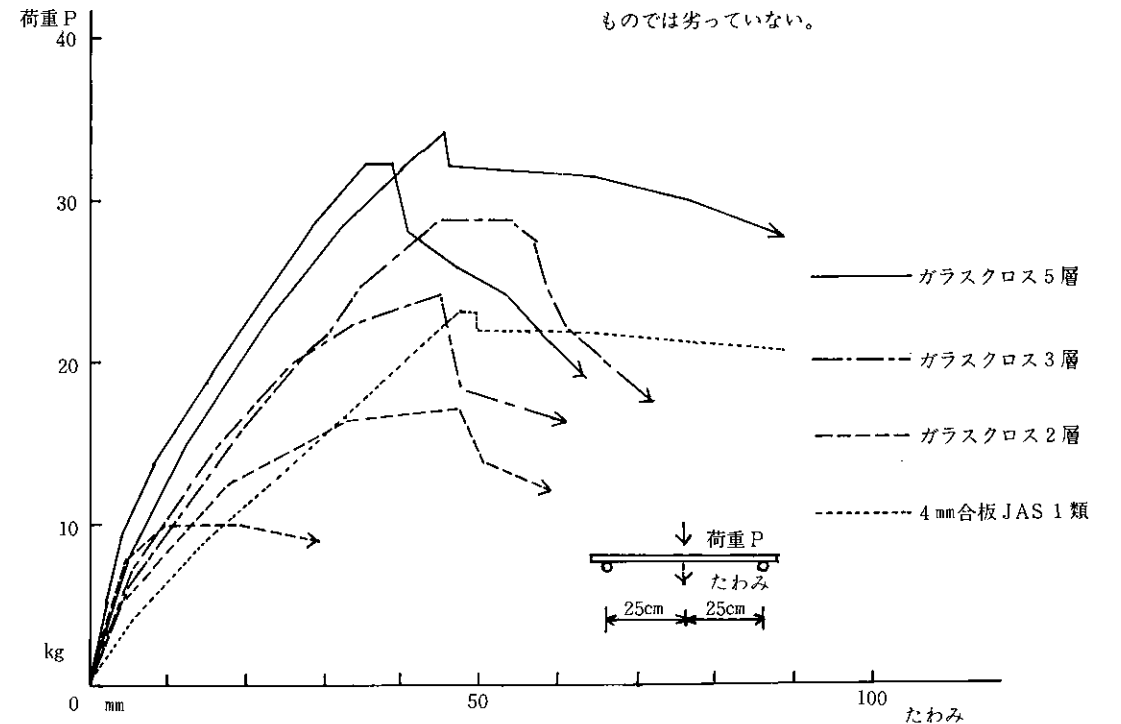


図3 プレキャスト板曲げ試験結果

3.4 予備試験の結論

予備試験の結果から、ヨットのボデーとなるガラスクロス積層強化石膏の構成として、石膏部分に表3に示した調合を用い、ガラスクロス3層にして強化する方法を選んだ。

4. ヨットの製作

合板による雄型モールド上でガラスクロス積層強化石膏によるヨットのボデーを成形し、雄型モールドを抜いた後骨組とデッキを取り付ける工程でヨットを制作した。

4.1 雄型モールド

ヨットの船体を制作する為の最も自作向きといわれている Stitch and Glue 工法によって雄型モールドを作った。この工法は左右の外側パネルと数個の断面パネルを針金で縫い合わせるもので、^{7,8)} 外側パネルには曲率半径の小さい曲面が得られる様に厚さの小さい合板(0.27×90×180cm)を4枚用いた。この合板を各2枚ごとに90×360cmの寸法になるように接着し、船体の寸法を左右対称にとって鋸引きして切断した後(図4)船体中央の接合部を5cm間隔に針金で結束して左右に展開し、センターボード穴の木レンガと断面パネルと船尾パネルを取

外板展開パネル A, B,

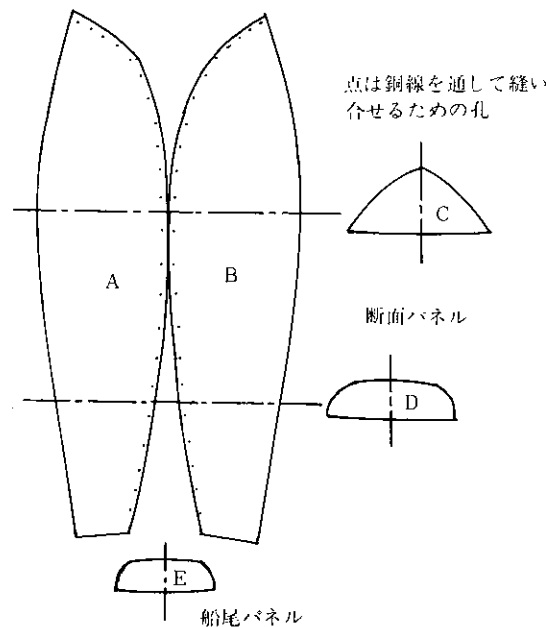
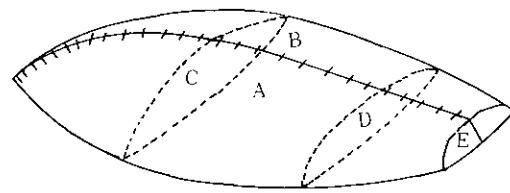


図 4

り付けた(図5)。



パネルを縫い合わせ伏せた状態
断面パネルは外板に縫合するか又はくぎで固定する

図 5

また目地及び継手はエポキシ系接着剤で密着させ、各部の寸法を整えた。

4.2 ボデーの打設

船底を上にした雄型モールド全体を、ビニールで覆い(写真1)ガラスクロス1層に張ってポリエステル樹脂を空気抜きの転圧ローラーを併用しながら塗布した。(写真2)。

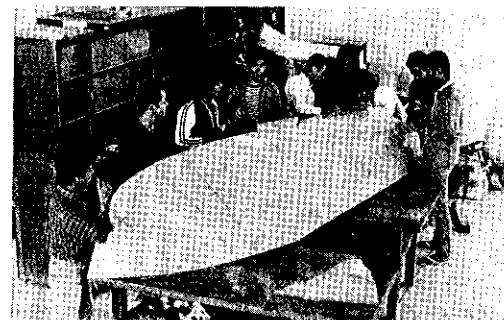


写真1

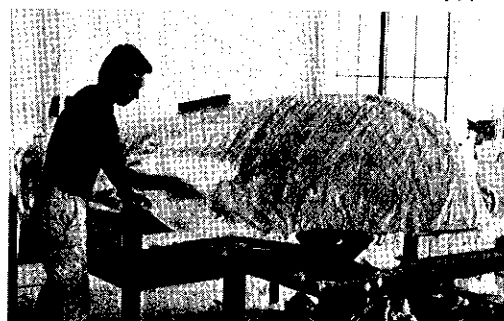


写真2

ポリエステル樹脂が硬化する前に表3に示した石膏他の混練物を5mm弱の厚さで全体に均一に塗り付けた後、3日間室内に放置して硬化した石膏部分を乾燥させた。

(写真3)。

写真3



乾燥した石膏部分の上にポリエステル樹脂を塗り一日置いてポリエステル樹脂の硬化をまった後、ガラスクロス1層に張りポリエステル樹脂を空気抜きの転圧ローラーを使いながら下地に届くまで十分に含浸させた。

その上に一層目と同じくポリエステル樹脂が硬化する前に表3の石膏他の混練物を5mm弱の厚さで塗り付け、数日置いて硬化した石膏部分の乾燥をまった。再びポリエステル樹脂を塗り、一日置いて硬化したポリエステル樹脂の上へガラスクロス1層に張り、ポリエステル樹脂を空気抜きの転圧ローラーを使いながら含浸させた。ポリエステル樹脂の硬化した翌日、表面にガラスクロスの露呈しているヶ所にポリエステル樹脂を塗布して仕上げを行なった。

ボデーの打設で重要なのは、ポリエステル樹脂の硬化時間の調節であり2つのポイントがある。第1のポイントは、ガラスクロスの上へ石膏他の混練物を塗り付ける場合で、ガラスクロスに塗布したポリエステル樹脂の量が十分にあり、かつ石膏他の混練物の硬化より遅く硬化させねばならないことである。第2のポイントは、石膏他の硬化体の上にガラスクロス張り付ける場合に、一度下塗りに石膏他の硬化体の上にポリエステル樹脂を塗布し硬化させておかねばならないことであり、こうしないとガラスクロスに含浸させたポリエステル樹脂が、下地の石膏他の硬化体に吸収されて接着が不良となる。

4.3 骨組とデッキと艤装

雄型モールド上で打ち上ったボデーを抜き取り、センターボード用ボックス・マスト用ソケット・ラダー用アンカーボード・船首および船尾のエアータンクに合せた角材の骨組・2ヶ所に設けた断面パネルをポリエステル樹脂を用いてボデーに取り付けた(写真4)。ついでエアータンクのデッキ面と船内側面に4mm合板を張り付け、

(写真5)防水と水密性のためガラスクロス張ってポリエステル樹脂を塗布した。

写真4

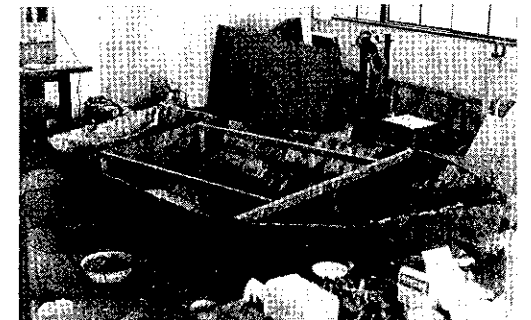
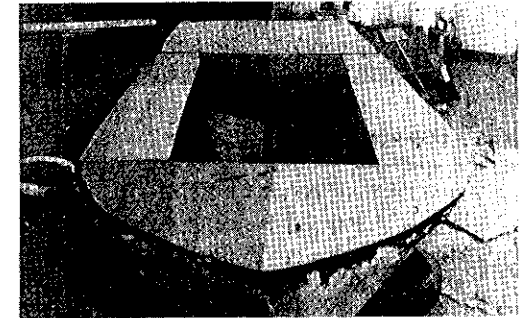


写真5



船体が出来上った後、船底の足場の板・ラダー・ティラー・センターボード・セールを作成し、船体と合せてオイルペイントで塗装してヨットの製作は完了した。

(図6・写真6)。

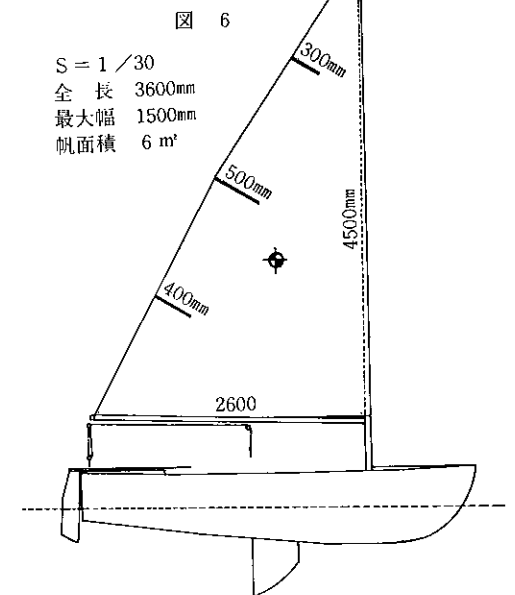
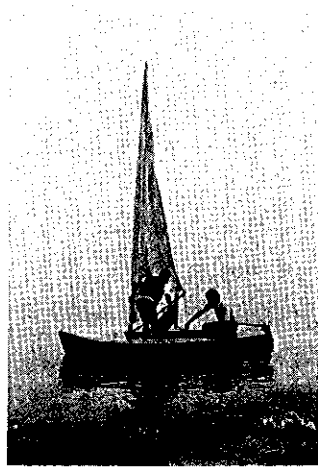


図 6

写真6



5. 帆走テスト

出来上がったヨットの帆走テストを行なった。その時の様子を、ヨットの製作を行なった学生たちが残した卒業論文⁹⁾の中からそのまま以下に引用する。(写真7)

写真7



「二月四日・晴天・北北西の風・風速6～8m
場所・鶴崎、大野川下流

今日が我々の製作した石膏ヨットの試乗式である。風が少し強いように思われるが、海とちがって河川だから波の立たないのが幸いである。

いよいよ進水である。船体が水につき船体が河岸を離れる瞬間、全員の目は船体にむけられ、不安と期待とが混ざり合って複雑な心境である。

その一瞬後、「ヤッター」と思わず叫べんた。ヨットが浮かんでいるではないか。最初に心配した事は重量が大きすぎて浮くかどうかへの不安と、ヨットが片向かないかという事であった。

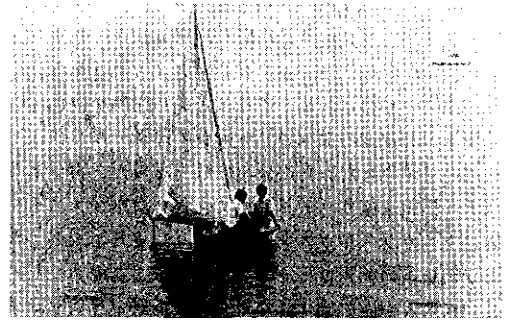
いよいよ、試走もメイイベント、セールを立てヨット経験のある仲間が乗りこんだ。シートを引きこみセールに風をはらせた。「走った!」「走った!」

ヨットは、みごとに我々の期待にこたえて、水面上を水しぶきをあげ走ったのであった。

我々の製作した石膏ヨットは見事に成功した。」

上記一回目のテスト後、月日を経て数回帆走テストを行ない、石膏ヨットの耐久性について試験を行なっているが、現在までの所塗装の色があせ、ラダーのジョイントに錆が出てきた以外は、石膏ヨットのボデーと帆走性に何ら変化は見られていない。(写真8)

写真8



6. 結 論

石膏を主要材料とするヨットは、石膏を人工軽量骨材と組み合わせ普通ポルトランドセメントを少量添加することで耐水性を強化し、これをガラスクロスで積層強化して両者の付着と防水は合成樹脂によって解決することで製作することが出来た。また今回のヨットはF, R, P.のヨットに比べ、重量が200kg前後と数倍であるため、帆走時のスピードで劣るが、安定性と構造強度において遜色のないものであった。

7. 結 び

石膏を他の材料で強化し複合材料とすれば、直接水に接し高い力学的性能の要求されるヨットのボデーに使うのが可能であることは、これまでの石膏に関する研究から理論的に判っていたことであるが、これを実際に確かめることが出来た。これによって、構造的な利用をされたことが少なく、また耐水性の乏しい石膏を、適切に複合材料として利用すれば、高性能の要求される所でも広範囲な利用が可能であることが明らかとなった。

なお、この石膏ヨットは、6月30日大分地区NHKテレビと7月13日全国向けNHKラジオで紹介された。

文 献

- 1) 平居 大分工業大学紀要 第5巻第1号
1976・7 P125 ~ P132
- 2) 岸谷 平居 日本建築学会論文報告集 第257号
1977・7
- 3) セメントコンクリート No360 1977・2
- 4) セメントコンクリート No282 1970・8
- 5) 岸谷 平居 日本建築学会論文報告集 第254号
1977・5
- 6) 岸谷 平居 日本建築学会論文報告集 第255号
1977・6
- 7) オーシャンライフ 1973・10 P175
- 8) 舵 1976・12 P176
- 9) 柴山・福永・木村・水越・竹本・合田・剣持
大分工業大学建築学科 卒業論文 1977・2月