

コンクリートカヌーの設計・建造に関する研究

芝浦工業大学 学生会員 ○渡辺 諭
芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

ここで示すコンクリートカヌーとはセメント系材料を主な構成材料とする小型船を指すものである。このような、コンクリート製の船の歴史は古く、19世紀よりヨーロッパを中心に各国で建造された記録があり、鋼船に変わる構造として積極的に建造された時期も確認されている。また、2つの大戦時では、各国の鋼材不足により多くのコンクリート船が建造された。それらは小型船ばかりでなく、大型の貨物船やタンカーも対象であった。⁽¹⁾



写真 設計・建造したカヌー

本研究はコンクリートカヌーの設計・建造を通して、複合材料の可能性と課題を明らかにすることとした。

2. 安定計算⁽²⁾

船の設計にあたっては、安定計算が基本的な作業である。安定計算とは船の体積、質量、断面二次モーメントなど要素から、重心、浮心、排水容積、喫水を求め、最終的に傾心高さを求める作業である。

船における安定とは、重心と傾心の位置関係により判断できる。重心が傾心より低い場合、船は傾いても傾きとは逆向きモーメントが発生するため安定する。このとき傾心高さは正である。逆に不安定なときは、重心が傾心より上に存在し、船の傾きを助長するモーメントが発生するため船は転覆する。このとき傾心高さは負である。構造的に安全でも安定性に欠けていては船として機能しない。

3. コンクリートカヌーの要求性能

コンクリートカヌーに求められる性能は、表 - 1 に示すように、安定して水に浮かぶ安定性と、人が

乗っても破壊しない安全性、漏水しない高い防水性を有する薄い船艇をコンクリートで構築可能な施工性が求められる。

表 - 1 要求性能の整理

船の要求性能	材料に要求される性能
安定性	バラつきの少ない均一な材料
安全性	高い引張強度
防水性	ひび割れしにくい、漏水防止
施工性	充填工法：高い充填性 吹付け工法：高い付着性、一体性 左官工法：高い付着性、一体性

安定性を確保するためには、均質な材料が求められる。これは、前述した安定計算の結果を忠実に再現するために重要な要因であると考えられる。

次に、人が乗っても破壊しない安全性については、かかる引張応力に対して十分な引張強度を有する材料を選定する必要がある。なお、セメント系材料の引張強度を確保するためには補強材が不可欠である。また防水性向上を目的としてひび割れを発生させないためにも、補強材にガラス繊維、アラミド繊維、炭素繊維等の比較的軽量の繊維補強材料が有効と考えられる。

施工性については、施工方法によってその要求性能は異なるものと考えられる。充填工法では、狭い空間を締めることなく確実に充填可能な高い流動性が求められる。また、吹付け工法や左官工法など、セメント系材料を塗りつける工法では、高い付着性と空隙の生じない確実な均一性が求められる。

4. 選定材料

今回、コンクリートカヌー建造にあたり、前述の条件を満たすために選定した材料は表 - 2 の通りである。プレミックスタイプのポリマーセメントを主材料とし補強材としてガラス繊維シートを採用した。また型枠、補強材とモルタルとの付着性を考慮し、

キーワード コンクリートカヌー 複合材料 引張試験 ひび割れ強度

連絡先〒135-8548 東京都豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 : 03-3358-6620 E-mail : h05104@shibaura-it.ac.jp

吹付け工法を用いた。

補強材の配置は、船体断面の二次元 FEM 解析の結果、140kg (70kg × 2 人) の上載荷重がかかった場合、引張応力は 78N/mm^2 となり、ガラス繊維シートの引張強度 (1241N/mm^2) を考慮して 1 層配置すれば十分な引張強度が得られることが確認された。

表 - 2 検討材料と適用

項目	適用
施工方法	吹付け工法、鑊仕上げ
セメント種別	プレミックス型
骨材	ポリマーセメントモルタル
混和剤	(アクリル樹脂系)
補強材	ガラス繊維シート(5×5mm網目)
防水材	シラン系コンクリート保護剤

5. 性能評価方法

今回使用する複合材料が構造的に安全であるかと所要の防水性を確保可能であるかを判断するために、繊維補強モルタルの複合構造としての引張強度の把握が重要であると考え、実験的に確認・評価を行うこととした。

そこでガラス繊維シートの積層数の異なる 4 種類の複合材料を、板 (450×900mm) から切り出して図 - 1 のように成形し引張試験を行った。試験を行うにあたり、連続繊維シートの引張試験方法 (JSCE-E541) に準じて行った。

試験にあたり考慮した点は今回使用した繊維が一定の幅を持ったメッシュシートなので十分に供試体内に挿入できるよう 30mm 以上の幅を確保した。また破断箇所を特定するため、中央部に断面減少部を設けた。評価方法としては、複合材料の引張強度だけでなくひび割れ発生時点の引張強度についても評価の対象とした。なお、ひび割れ発生時の引張強度に注目したのは、カヌーの材料としての使用を考えたとき、ひび割れが発生した時点で防水性を確保できなくなるものと考えたためである。

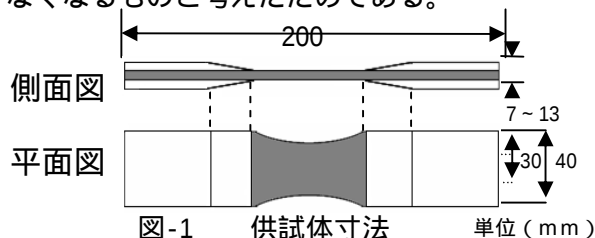


図-1 供試体寸法 単位 (mm)

6. 試験結果

図 - 2 に積層数とひび割れが初めて入った時点の荷重の関係を示す。この結果から各層数ごとのひび割れ発生時の荷重の平均値を引張強度として表 - 4 に示す。

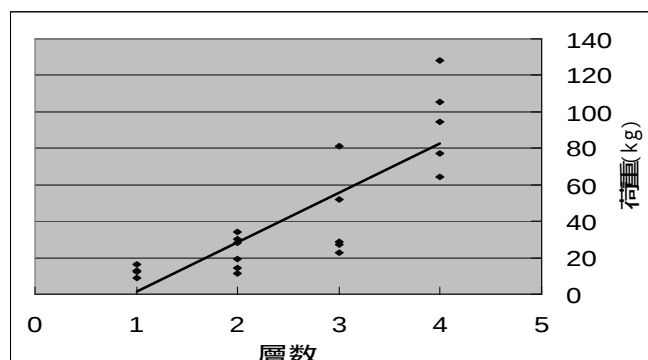


図 - 2 層別初期ひび割れ荷重

表 - 3 各層ひび割れ荷重平均値・引張強度

	1 層	2 層	3 層	4 層
平均値 (kg)	11.5	25.2	42.2	93.9
ひび割れ強度 (N/mm ²)	1.88	2.06	2.30	3.80

この結果より、バラつきはあるものの、積層数の増加に伴って引張強度が増加する傾向が見られ、想定される引張応力に対応した積層数を合理的に設計できることが確認された。その結果、本件の場合、積層数 4 層の供試体がカヌーの材料として十分な安全性及び防水性を有するものと判断した。

7. まとめ

本研究を通し複数の材料を組み合わせることによる相乗効果により、多様な性能を実現できることがわかった。

一方、複合材料はその用途によって求められる性能が異なるため、単体の素材性能だけでは合理的な評価ができない。しかし、多くの土木構造物が使用開始から 50 年を越え、維持管理が重要になってきている昨今、補修材としても繊維補強コンクリートをはじめとした、複合材料の用途はますます広がっていくと考えられる。

今後の課題としてコンクリートカヌーに適した材料の更なる検討を通し、複合材料の合理的な評価方法を模索していくこととする。

参考文献⁽¹⁾ 小野塚一郎：戦時造船史、今日の話題社、1962 年

⁽²⁾ 大串雅信：理論船舶工学(上巻)、海文堂、1978 年