

コンクリートカヌー製作の概要

代表者氏名	所属	カヌーの愛称
阿部 忠、(学生：田村章后)	日本大学生産工学部 土木工学科	NU-1

○設計のコンセプトおよび構造上の工夫

1. 設計・デザインのコンセプト

NU-1 号は、水の抵抗を最小限にして水面を華麗に走行できるように曲線を十分にいかした線形とする。平面は楕円形とする。側面は、走行中に船首が前下がりとならず常に船首が船尾より高い位置を保つように、船首と船尾に 5cm の高低差をつける。断面も U 形となるような線形とし、どこから見ても華麗で美しいカヌーとする。

琵琶湖の水辺の「環境」をテーマに、水辺に優しい色彩を検討した。その結果、色彩は琵琶湖の水辺にさえる色彩とし、カヌーの喫水面から上は「水色」と上縁は「青色」を用いた。また、喫水面から下、船底は転覆の際に発見がしや易いように「赤」を用いた。また、内側は「水色」とする。本デザインおよび寸法を図-1 に示す。

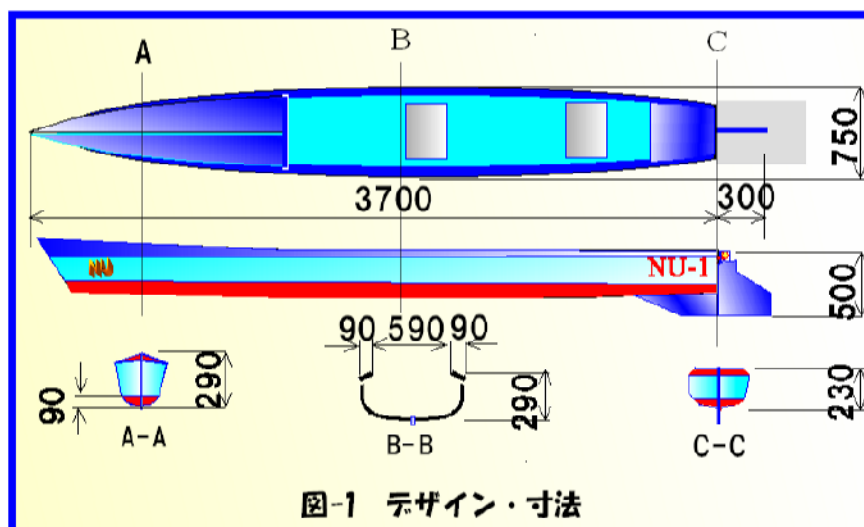


図-1 デザイン・寸法

2. 構造上の工夫

(1)カヌーの構造

軽量化を図るための構造は側面・底面の水圧に抵抗し、衝突（衝撃）に対して構造の安全性を高める目的で、船首から船尾まで細い鋼線に引張力を与えて定着させた。これはプレストレストコンクリート (PC) 構造におけるプレテンション形式を応用したものである。さらに、コンクリートの軽量化と最近のコンクリート構造物の補修・補強法として注目されている炭素繊維シート (CFS) 接着工法がコンクリート構造物の維持管理に役立たせるためにも CFS を用いた。表面仕上げはプライマー、エポキシ樹脂により防水効果を高めた。カヌーの側壁・底面のコンクリートの厚さは 5～6mm を目標とし、総重量は 70kg 以下を目標とした。本カヌーの構造を図-2 に示す。

(2)浮力体の配置

浮力体は、カヌー先端部と後方の 2 カ所に発泡スチロールを使用した。浮力体の配置は図-1 に示す青色の部分の底面にしっかりと固定した。

(3)浮力の計算

カヌーの重量は 68kg であり、クルー 2 名の重量は 150kg である。喫水は底面から 13cm である。なお、本カヌーの喫水は、浮力試験によるものである。

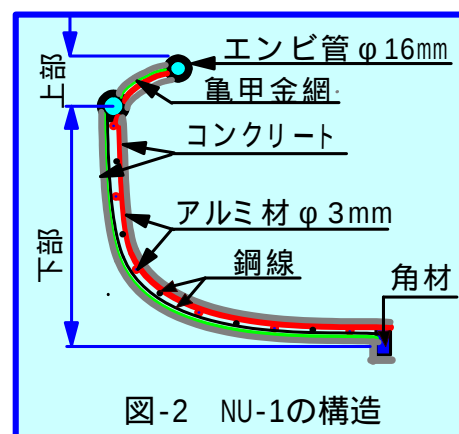


図-2 NU-1の構造

○ 使用材料の工夫

3. 使用材料

カヌーの軽量化を図るために、コンクリートカヌーに使用する材料はできるだけ単位体積重量が軽量の材料を使用する。主な材料を表-1 に示す。

(1) 躯体の主材料

軽量化を図る目的でコンクリートカヌーの材料をモルタルと FRP、或いはモルタルとグラスファイバーネットの使用も検討したが、基本的条件はコンクリートであることから、

材料にはセメント、骨材を配合したコンクリートを用い、構造はプレストレストコンクリート(PC)構造を応用した。

骨組み材は、コンクリートの付着性を高めるために亀甲金網を用いた。また、強度を確保するために PC 構造を採用したことから、軸方向（船首から船尾）に 0.55mm の鋼線、軸直角方向（断面）には 3mm もアルミ材を用いた。本カヌーに使用する材料の配置を図-3 に示す。

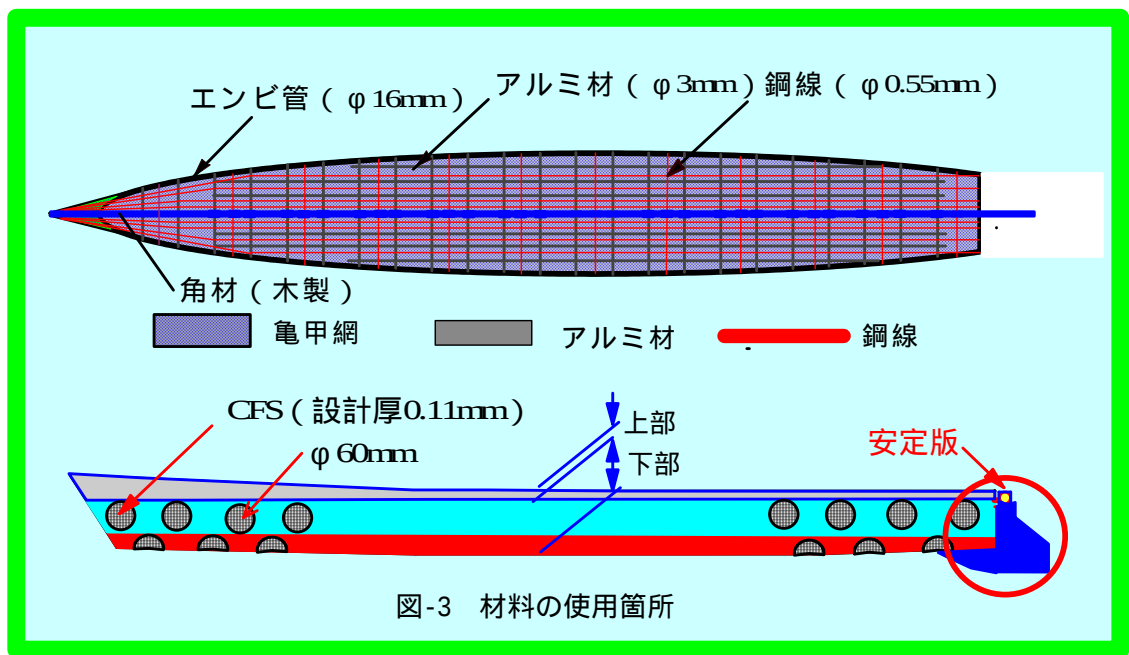
コンクリートは、型枠の脱着を考慮し、カヌーの下部（底面から 29cm）と上部に分けて打設した。下部は、普通ポルトランドセメントと 2.0mm の軽量砂を配合し、上部は下部の養生終了後に打設することから、無収縮セメントと軽量砂を配合したコンクリートを用いた。

(2) 補強材

軽量化を図る目的で、最近のコンクリート構造物の補強材として用いられている炭素繊維シート（CFS）を部分的に用いることを試みた。CFS は高強度、高弾性の連続繊維が一方方向に配置されているために高い補強効果が期待できる材料であり、本カヌーには目付量 202g/m²、厚さ 0.11mm、引張強度 4,420N/mm² の高強度連続カーボンシートを用いた。CFS の使用位置を図-3 に示す。

表-1 カヌーの主材料

コンクリート材	下部：普通ポルトランドセメント	20N
	上部：無収縮セメント、	15N
	軽量砂（珪藻土）；0.7tf/m ³	20N
骨組み材	木製角材2cm×3cm×400cm	1本
	アルミ材φ0.3cm×250cm	20本
	鋼線φ0.55mm×450cm	20本
	エンピ管φ1.6cm×400cm	4本
	亀甲金網（100cm×500cm）	5m
補修・補強材	CFS（設計厚：0.11mm）	1m ²
	プライマー（下地処理）	2000cc
	エポキシ樹脂	2000cc



○製作過程の工夫

4. 製作過程の工夫

製作工程を分類すると 設計、 型枠の製作、 骨組みの製作、 コンクリート打設、 養生・浮力試験、 炭素繊維シート(CFS)接着、 塗装・仕上げである。

全行程は6ヶ月である。

(1)型枠の作成(作業 20 日)

カヌーはスピード化を図るために流線形とする必要がある。コンクリートは型枠しだい自由な形状が創れる特徴があり、型枠で形状が決定する。そこで、型枠はカヌーの内側全面を覆う方法とし、型枠の表面にコンクリートを打設する方法とした。型枠は合板で枠をつくり、空間部に発泡スチロールの廃材を埋め込み、最終仕上げには紙粘土等を用いて製作した。

(2)骨組みおよびPC 構造(作業 50 日)

NU-1 号は、PC 構造であることから、軸方向、すなわち船首から船尾までは細い鋼線に引張力与えた定着させた。次に、軸直角方向にアルミ材を 10cm 間隔に配置し、さらにコンクリートとの付着性を高めるために亀甲金網を全面に貼り付けした。PC の配置を図-4 に示す。コンクリート打設後は 28 日の養生を行った。ここで、養生後のコンクリートカヌーを写真-1 に示す。

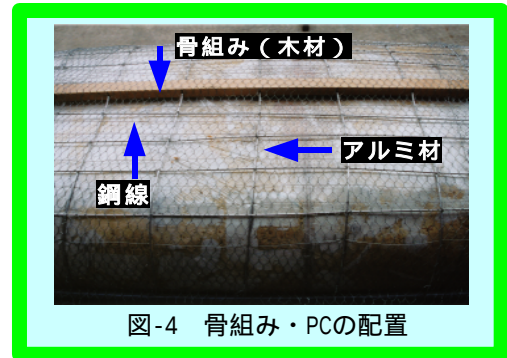


図-4 骨組み・PCの配置



写真-1 養生終了後

(3)炭素繊維シート(CFS)接着(作業 10 日)

近年、コンクリート構造の補修・補強を目的として、炭素繊維シート(CFS)接着工法が注目されている。この工法をコンクリートカヌーに応用し、全体の軽量化を図ることとする。CFS 接着工法における施工手順は以下のように行った。

1)コンクリートのコア抜き：カヌーの表面をドリルにφ60mmのカッターを取り付けて、側面、底面に合計30ヶ所のコアの抜き取り作業を行う(写真-2(1))。

2)コンクリートの表面処理：コア抜きした部分にCFSを貼付けすることから、この部分をサンダーで表面処理を行い、発泡スチロールを埋め込み、プライマーを含浸させて表面処理を行う。また、クラックの生じている位置はエポキシ樹脂を含浸させた。(写真-2(2))。

3)炭素繊維シート(CFS)の接着：CFS 接着工法は、道路橋RC床版のひび割れ補修や柱部材の耐震補強に用いられている工法であり、今後、CFSの接着工法による補修・補強は益々多くなるものと考えられる。CFSの特長は軽量で引張強度が高く、施工性に優れていることから、本カヌーでもCFS接着工法により側面・底面に接着させた。コアは側面、底面の水圧が作用する位置に抜いたことから、このコアの部分に設計厚0.11mmのCFSを1層貼り付けした(写真-2(3))。

(4)塗装・仕上げ(作業予定7日)

塗装・仕上げは9月1日から開始の予定である。

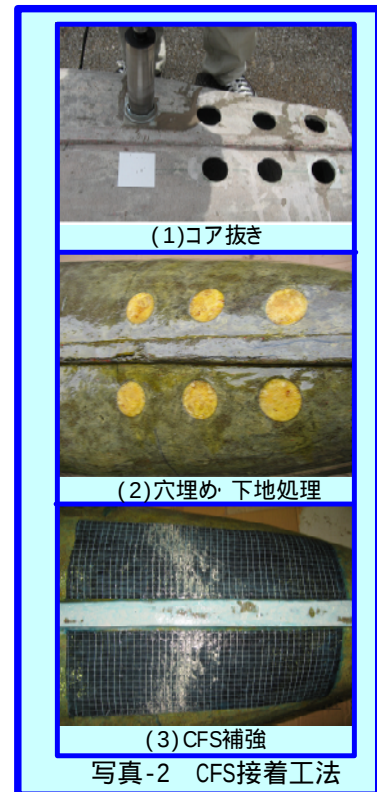


写真-2 CFS接着工法

○その他

5. 機能性

安定性・直進性の維持およびカヌーの回転の防止を目的として、構造部材として用いた角材を底面から 3cm 突起させ、さらに船尾には安定板を取り付けた(図-2)。また、クルーがパドルの操作の際に、カヌーの側面と接触しにくいように、側面上縁から 4cm 程度の高さを内側に約 25°の角度で傾斜させた。これは、全体的なデザインのためでもある。パドルの位置とカヌーの側面を図-5 に示す。パドルはアルミの棒にアクリル板を取り付け CFS を両面に接着した。

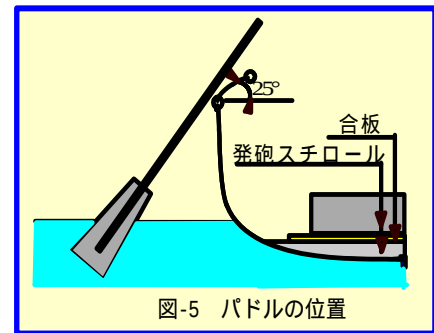


図-5 パドルの位置

6. 安全対策

軽量化を図ることで、クルーが2名乗船した際の荷重が作用したときに底面は強固な構造が要求される。NU-1 号の側面、底面は 5mm 程度の厚さであることから、クルーが2人乗船した際に、底面が「抜け落ち」ないように厚さ 50mm の発砲スチロールをカヌーの底面に用いた(図-5)。万が一、レース中に他のカヌーとの接触による沈没が生じた場合に、引き上げができるように、底面と側面に3本の係留ロープを取り付けた(図-6)。

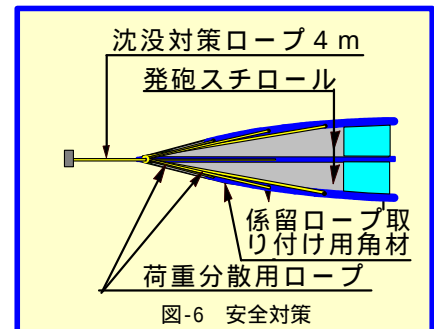


図-6 安全対策

○完成写真

7. コンクリート打設・養生および浮力試験

NU-1 号の浮力、喫水面、漏水位置を確認するために、プールで実験を行い、デザイン、安定性、走行性に問題なく満足できるカヌーで出来上がった。実験中のカヌーを写真-3、4、5 に示す。



写真-3 カヌーの浮力状態



写真-4 走行実験

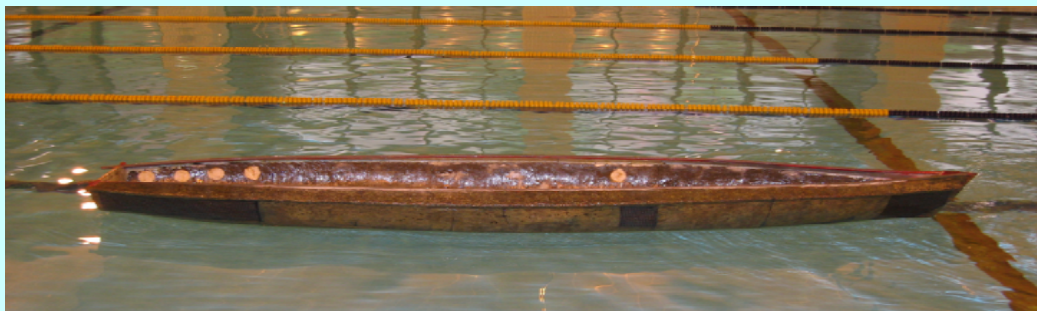


写真-5 安定性・直進性の実験