

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
舌間 孝一郎	前橋工科大学 建設工学科	Crescent MOON

○設計のコンセプトおよび構造上の工夫

1. はじめに・・・

本艇を作成するにあたって、チーム全員のテーマは、「**技術の伝承(できれば優勝)**」です。具体的には、設計・製作方法に関して、昨年のメンバーからの受け渡しを入念に行うとともに、成功・反省例を洗い出しました。また、卒業生が就職した材料メーカーの製品などの情報を入手する、といったことも積極的に行いました。そして、設計のコンセプトは、「**操作性と直進性の両立**」です。これについては次に示すとおりです。

2. カヌーの構造上の特徴

2.1 カヌーの形状 ～自在に操れるオールラウンドカヌー～

このカヌーの最大の特徴は、カヌー底面が中心から先端にいくに従ってそり上がっていることです。今年はこの工夫により回転性能、操作性を飛躍的に高め、オールラウンドなカヌーを作り上げることを目標にしました。断面寸法に関しては、昨年度より最大幅を50mm増やした600mmとし、安定性を増すこととしました。また、クルーに不安を抱かせないように、喫水線は上部から180mmを確保しました。この値は、昨年度艇のレース中の艇上部からの浸水による沈没を考慮に入れた結果です。

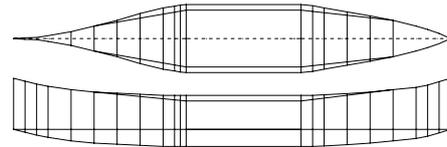


図-1 カヌー概念図

2.2 エントリーラインのスリム化 ～水を切り裂くスピードカヌー～

レーシングカヌーは競争力がなければ本末転倒です。上記のオールラウンド型の性能を満足した上で、スピードを無視することは出来ません。そこで、全長を規定一杯の4000mmとし、カヌーの前部(エントリーライン)の進行方向に対する角度をできるだけ鋭角にし、船首部が船尾部に比べスリムなラインとなる非対称形としました。また、複雑な形状では、限られた施工期間で精度よく施工することが困難であることから、シンプルで機能的な形状を心がけました。

2.3 持ち運びを容易に ～羽のような軽量コンクリートカヌー～

レースは艇の性能と選手の技量のバランスで決まります。決勝艇で思う存分練習することは、カヌー素人集団である我々が好成績を残すための最重要課題です。しかし、一般的に重いコンクリートカヌーでは気軽に練習しようという気になりません。人力で水面に下ろしたり引き上げたりする場合には、足場が悪いと危険でさえあります。そこで、材料面で工夫し、かつ、艇のモルタル厚をギリギリまで薄くすることで軽量化を推し進めました。具体的には、単位容積質量が2.0kg/m³程度の市販のポリマー混入モルタルを入手しました。さらに、短繊維補強材を混入することで曲げ強度の増進を図りました。結果、塗り厚15mmで総重量は約88kgまで下げることができ、2人で持ち運びが可能です。

2.4 設計方法、総重量推定および浮力計算結果

設計には、コンクリート研究室で使用している「AutoCAD LT 2000i」を使用しました。また、手計算により総重量および、浮力計算を行いました。手法は以下のとおりです。1)艇を直進方向に対し直角に数十断面に分割する。2)各断面の周長に厚さをかけることにより面積を出し、各断面間の距離を近似的に計算する。3)各々に断面間距離を乗ずることにより近似的に容積あるいは表面積を算出する。

これらの結果を用いて、艇の総重量および排水量を計算し、喫水高さを算出しました。カヌー総重量は88kg、全高450mm。前述のとおり、喫水線は、クルーの体重を70kgと仮定すると、カヌー上部から180mmとなります。

○使用材料の工夫

1. ポリマーセメントモルタル左官手塗り工法の採用

後述するように、本艇ではポリマーセメントモルタルの湿式モルタル左官手塗り工法を採用し、内側型枠工法により打設施工を行いました。使用材料には、高精度な施工を行えるよう、特殊曲面成形を必要とする表面仕上げ工事などに用いられるポリマーセメント系材料を使用しました。

本方法を採用したのは、本艇の施工に必要なモルタルの条件を、下記の4点と判断したためです。

1) ワークビリティーが良好であること。

今回左官手塗り工法を採用するということが、モルタルのワークビリティーが良好であることが必要でした。実際に粘着性に優れ、やわらかさもちょうどいいモルタルを提供していただいたことにより、綺麗な面を再現することができました。



写真-1 セメント (商品名: NS ポリマーミックス#300 (再乳化形粉末樹脂混入タイプ))

2) 初期強度発現性に優れること。

8月に練習を予定していることを考慮すると、モルタル打設後、養生期間をあまり多く見込むことはできません。15mm 厚という薄さを要求する本艇であれば、脱型のことも考え合わせると、なおさら初期強度発現性は重要なポイントです。

3) 曲げ強度が大きいこと。

15mm という薄さゆえに、カヌー自体の強度も心配です。しかしポリマーセメントモルタルと補強材として、カット長 12mm、繊維径 0.1mm のポリビニルアルコール短繊維を用いることで、この薄さでも十分な曲げ強度を得ることができました。詳しくは下で説明します。

4) 単位容積質量が小さいこと。

「軽量化」というコンセプトの下、ポリマーセメントモルタルの 2.1 (kg/m³) という単位容積質量は魅力的でした。

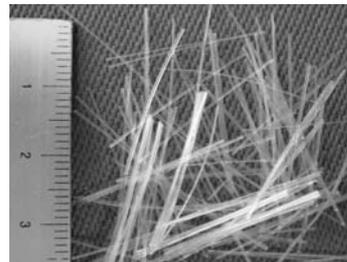


写真-2 ポリビニルアルコール短繊維 (商品名: パワロン)

2. 曲げ強度増進のために

今回使用した曲げ強度用補強材は下記の2種類です。

1) 短繊維混入

モルタルには、長さ 12mm、繊維径 0.1mm のポリビニルアルコール短繊維 (商品名パワロン) を練混ぜ時に混入し、引張強度・曲げ強度の増進および乾燥収縮ひび割れの防止を図りました。

2) 格子状繊維ネット配置

同じくポリビニルアルコール繊維製格子状ネット (10×10mm メッシュ) を船体全域に 1 層配しています。この補強ネットは、始めに 10mm の厚さ

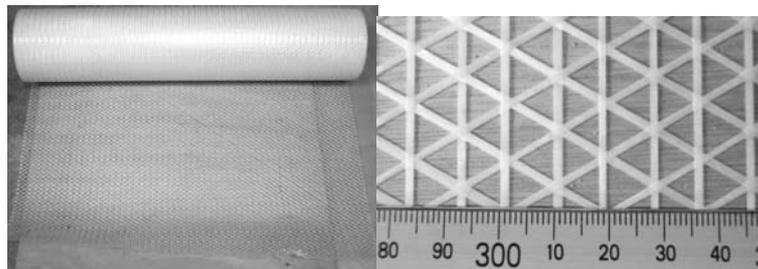


写真-3 ポリビニルアルコール繊維製格子状ネット (10×10mm メッシュ)

までモルタルを塗ったあと、その上にかぶせるように配置し、さらに 5mm のモルタルをその上に塗り重ねました。これにより、船体の曲げ強度の大幅な向上を期待しています。

表-1 ポリマーセメントモルタルの配合

日本化成(株) NS ポリマーミックス #300	上水道水	モルタル接着増剤 NS ハイフレックス HF-1000	ポリビニルアルコール 短繊維
100 (%)	23.2 (%)	10.0 (%)	0.2 (vol%)

○製作過程の工夫

本年度艇の製作には、大きく2つの課題がありました。それは、1)複雑な船体ラインを綺麗に出すための施工方法の工夫であり、2)総重量100kg以下を実現するための、塗り厚15mmのモルタル打設方法です。

複雑かつ流麗な船体形状を強調する施工方法 ～理想の船体曲線の実現～

製作過程において、常に考えていたことは、型枠作製やモルタル手塗り時において少しずつ発生する誤差から生じるカヌーの歪みをいかに小さくするかということでした。これは、カヌーの歪みゆがみが大きければ、必然的にカヌーの性能は低下する。言い換えると、設計コンセプトに見合う性能が発揮できないと考えたからです。

ではどうしたら歪みの少ないカヌーを製作することができるのか。自分たちの施工能力を冷静に考慮すると、モルタルを打設する際に部分的に厚みの違いが生じてしまうことは避けられないと判断し、それならばせめて型枠の製作においては1ミリの誤差も許さないという厳しい目をもって管理していこうという考えに至りました。

それだけでなく、形状や製作の方法についても様々な工夫を施しています。まず、型枠の断面形状をすべて直線で構成しました。それにより、トレーシング、板切りに関しては、さしがねのみで機械的に作業することができ、誤差を限りなく小さくすることができました。それでも、誤差が生じてしまった場合には、妥協せず自分たちの納得のいくものができるまで何度もやり直したことで、結果的に作業工程で最長の期間を費やしていました。

こうして作製した型枠断面を正確に直線的に据え付けられるように、設置土台には歪みの少ない市販のC型鋼を使用し、さらに、土台に対して多数の型枠を直線上に固定するという、最も誤差が生じやすい課程に置いては、測量用のトランシットを用いることで、誤差をさらに小さく(しかも簡易に)しました。土台の水平保持やトランシットの据付け時の誤差を考慮し、短期集中で完了させました。作業が終わった頃には空が明るくなり始めていましたが、感動もあって皆しばらく型枠を眺めていた光景が印象に残っています。

徐々に形になりつつあるカヌーにより一層のやる気を感じつつ、型枠断面にベニヤ板を張る作業に移りました。ここでも、カヌーの歪みを最小限にする工夫を施しています。カヌーの形状上、ベニヤをねじる必要があったため、短冊状に裁断したベニヤ板の幅を昨年の50mmよりも狭くしました。今年は、30mm、20mm、20mm、の3種類ベニヤ板を田舎の場所に合わせて適切な幅のベニヤ板を使用することで、細部にわたり型枠の断面を忠実に

て、紙ヤスリをかけ、角をとるために鉋も使用しています。

こうして作製した型枠にモルタルを打設しました。大事であることから、数カ所に確認用の釘を出し、そがけました。このように、製作過程では常に歪みを小さくすることに配慮したことが、今年のカヌーの直進性の高さにつながったのではないかと考えています。



写真-4 型枠配置



写真-5 型枠にベニヤ板を貼り重ねる

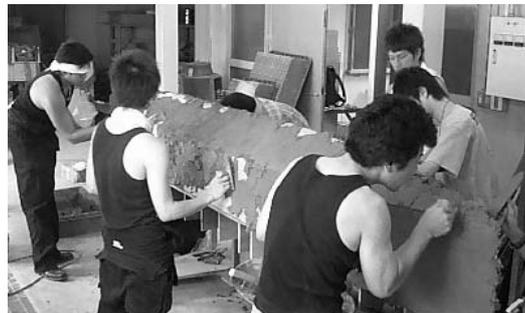


写真-6 モルタル打設

表-2 製作工程と作業に関った人数の概算

製作工程	日数	人数
①カヌーの構想・設計	30	5
②型枠用断面板の製作	3	5
③土台への固定	2	8
④ベニヤ板の貼付け	3	8
⑤モルタル打設(養生)	1(8)	8
⑥塗装・付属品取付け	2	5
計	41	39

○その他

製作者の想い ～こだわりのデザイン～

やるなら中途半端なことはしたくない。自分たちが納得できるものづくりをしよう。今年度のカヌーを製作するに当たり、私たち全員の意識はこの気持ち一つでまとまりました。外見はクールに、内面は熱く。このような気持ちを黒と黄色のクールな色合いに秘め、私たちの熱い気持ちを表すデザインを施すこととしました。結果、製作者全員の想いが詰まった、納得のいくカヌーができたと感じています。また、このカヌーなら優勝できると信じています。

また、「Crescent MOON」は、カヌーの形状からその名前を取り、漆黒の闇に一段と光を放つ月をイメージしたものです。



写真-7 カヌー初乗り



写真-8 カヌーの愛称

○完成写真



写真-9 カヌー側面



写真-10 カヌー前方



写真-11 カヌー上面