

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
安田 浩二	宇都宮大学材料研究室	Shooting Star

○設計のコンセプトおよび構造上の工夫

本艇は、これまでの経験により、『直進時における水の抵抗の低減』に重点を置き、喫水および安定性について検討し、カヌーの形状を決定した。

i) 喫水の検討

これまでに製作してきたカヌーの問題点として喫水が深かったことが挙げられる。喫水が深いということはカヌーと水との接触面積が多いということなので水の抵抗が大きくなる。そのため、今年度は喫水を浅くし水の抵抗を大幅に低減しようと試みた。

喫水とは、カヌーが受ける浮力とカヌーおよび乗り手の総重量との関係により決まる。喫水を浅くするためには、カヌーが受ける浮力を大きくすること、またはカヌーを軽量化することで実現する。浮力とは『アルキメデスの原理』より $B = \rho g V$ で表される（ここで、 B ：浮力、 ρ ：水の密度、 V ：排水体積）。つまり排水体積を大きくすることで浮力は増大する。

これまでのカヌーの断面は、底部が尖っており排水体積は小さくなっている（図1）。そこで、今年はフラットボトムとシャローアーチ（図2）の中間的形状を取り入れ、船幅も大きくすることにより大きな浮力を得ることができる形状とした。キールをつける前の段階では、カヌーのみで浮かべると喫水は3cm程度であった（写真1参照）。

ii) 安定性の検討

これまで作製したカヌーは底部が尖っており下方向に対して水が切り易くなっている。そのため、直進時に前後の揺れが発生した。前後の揺れはカヌー周囲に波を発生させ、直進時の抵抗となる。この揺れを低減させるのにフラットボトムとシャローアーチの中間的形状を採用した。この形状は底部が面（フラットボトム）で圧力を受けるため水を切ることがなく、揺れが少ないというメリットがある。

しかし、喫水を浅くすることにより左右の揺れが発生しやすくなる。そこで、大きなキールをつけることで、左右の揺れに対する抵抗を与えた。

iii) 直進性の検討

競技で最も重要であると考えられる『直進性』を確保するため、形状は前方が鋭い前後非対称なものとした。また、キールをつけることにより左右の揺れを低減させ安定性を持たす他に直進性も向上させた。これらは過去の実績を元にしたものである。



写真1 喫水の様子

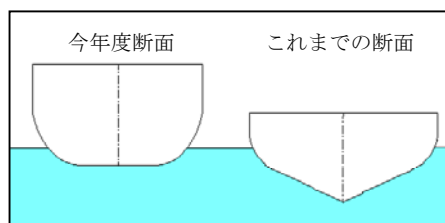


図1 断面形状の比較

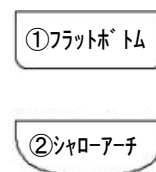


図2 一般的断面形状

○使用材料の工夫

i) 船体の主材料の選定

用いる主材料は、当研究室で開発したセメントにベントナイトやシリカフュームを混合したプレミックス高チクソトロピーグラウト(以下高チクソ材;参考文献-コンクリート工学 vol.42No.6,2004/6,P33)をベースとしてコンクリートカヌー用に改良を加えたものである。

高チクソ材とは、マヨネーズのようなフレッシュ性状を有し、高い充填性と低圧送圧力を同時に満足するものである。この材料のレオロジー曲線を図3に示す。せん断速度の上昇に伴い、塑性粘度が急速に低下しており高いチクソトロピー性を有している事がわかる。この材料は非常に高いコテ仕上げ性を有しており、また垂直な面に塗布してもダレる事が無いため、カヌー製作においても非常に優れた材料と言える。

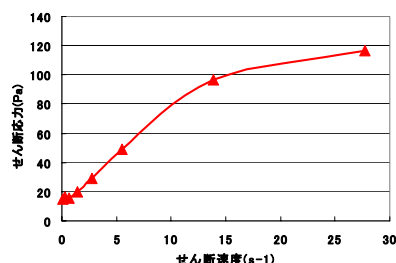


図3 レオロジー曲線

ii) 短繊維と繊維シートの複合化

高い曲げ強度を得るため、短繊維および繊維シートを複合して用いることとした。用いる素材はこれまでの実績より、ビニロン短繊維を2%とポリエチレン繊維シートを複合して補強材として用いることとした。

iii) 軽量化および諸性能の検討

喫水を確保するためには、カヌー本体の自重を軽くすることも重要となってくる。そこで軽量骨材として中空ガラスビーズを使用することとした。中空ガラスビーズは比重が0.2, 0.4, 0.8 (g/cm³)のものがああり、それらの選定を行った。選定の結果、曲げ強度に大きな差は見られなかったため密度が一番小さくなる比重0.2 (g/cm³)のものを使用することとした。また、結合材水比(B/W)や中空ガラスビーズの混和率について検討を行った。

選定基準は曲げ強度12N/mm²を有し、コテ仕上げ性に優れ、密度の小さいものとした。コテ仕上げ性においては、0打フロー試験および実際にコテ塗りを行いダレないか等の作業性を検討した。

配合条件および実験結果の一部を表1に示す。

表1 配合条件および実験結果

軽量材比重 (g/cm ³)	W/B (%)	軽量材率 (%)	繊維混和率 (%)	単位量 (g/l)				曲げ強度 (N/mm ²)	密度 (g/cm ³)
				プレミックス粉体	水	軽量骨材	繊維		
無混和	28	0	-	1599	448	0	-	18.88	2.08
0.2		20	-	1280	358	22	-	14.32	1.90
0.4		20	-	1280	358	44	-	13.32	1.92
0.8		20	-	1280	358	77	-	13.59	1.94
0.2	30	35	2	1147	344	51	26	12.66	1.63
0.2	28	30	2	1210	351	45	26	10.66	1.71
0.2	28	35	2	1166	338	51	26	9.86	1.70

iv) 主材料の配合

カヌーに用いたコンクリートの配合を表2に示す。プレミックス粉体とは高チクソグラウト用にプレミックスされた粉体である。

表2 コンクリート配合

W/B (%)	軽量骨材混和率 (%)	繊維混和率 (%)	単位量 (g/l)			
			プレミックス粉体	水	有機繊維	軽量骨材
30	35	2	1147	344	26	51

○製作過程の工夫

i) 発泡スチロールによる内型枠の作成

今回のカヌーは複雑な形状を有するものとなったため、まず、発泡スチロールを用いて設計図通りの実寸法カヌー型を作成した。

ii) 高チクソ材を用いた軽量外型枠の作成

カヌー表面の仕上がり性、塗装の作業性を考慮し、カヌー表面を平滑にするため、外型枠を採用した。外型枠の材料はカヌーの本体の主材料と同様のものを使用した。先にも述べたように高チクソ材はコテ仕上げ性に優れ、塗った後のダレが無く、軽量でかつ高い強度が期待できるため、鋳型の材料として採用した。この高チクソ材を発泡スチロール製カヌー型に厚さ 3cm 程度塗りつけ、硬化後に型を外すことで外型枠を得た。この外型枠の内部にガムテープをはり、その上に離型剤を塗布し脱型をより円滑に進めるようにした。

iii) カヌー本体の作成

本体の厚塗りは重量増加につながるので、厚さの管理の徹底をした。厚さ 3mm のゴム板を 2 つ用意し、それらの間にペーストを塗り厚さを均一にした（写真 4 赤線囲み参照）。その後、繊維シートをかぶせ、ペーストになじませ、更にその上にゴム板を使って厚さ 3mm のペーストを塗り本体を作成した。

iv) 木製ダブルブレードパドルの作成

これまでの経験により、シングルブレードよりダブルブレードの方が、スピードと直進性において優れていることがわかった。よって本年度もダブルブレードを採用した。また、材料は木材の平板を使い、削りだすことにより弱点であるブレード部の接続部をなくした。



写真 2 発泡スチロール型枠

写真 3 高チクソ材外型枠

写真 4 ゴム板使用法

v) 製作工程

カヌー製作にかかった期間、人工を表 3 に示す。

表 3 製作期間および製作人工

工程名	製作期間（日）	人工
発泡スチロール製カヌー型製作	4	13
補修材を用いた軽量外型枠の製作	2	15
本体打設、養生、脱型	10	16
キールの製作	4	9
木製ダブルブレードパドルの製作	3	6
塗装	3	14
合計	26	73

○その他

先にも述べた通り、本艇は『直進時における水の抵抗の低減』をコンセプトに製作を行ってきました。喫水を浅くし、カヌーと水との接触面積を小さくし、水の抵抗を大幅に低減させました。喫水を浅くするために、構造面での検討と材料面での検討を行った結果を以下にまとめる。

・ 構造面の検討

構造面では、フラットボトムとシャローアーチの中間的形状を取り入れ、船幅も大きくすることにより大きな浮力を得ることができる形状とした。また、この底部形状により安定性を持たせた。ここで、設計図を図4に示す。

・ 材料面の検討

材料面では、カヌー本体の軽量化を図った。カヌーの自重を小さくすることにより、喫水を浅くすることができる。コンクリートの混和材に中空ガラスビーズを使用することにより軽量化を図った。

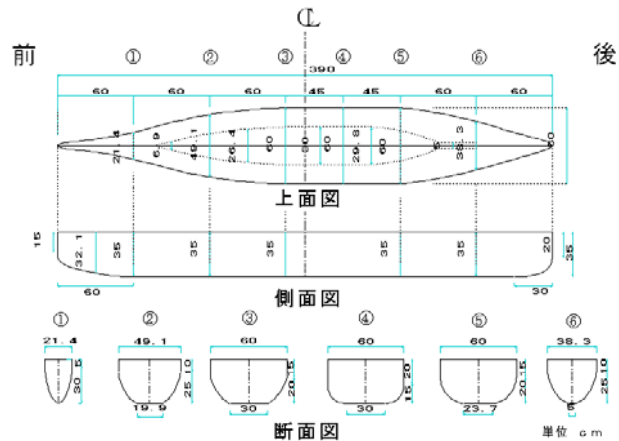


図4 カヌー設計図

○完成写真



写真5 本体完成（色下地のみ）



写真6 本体完成（着色完了）



写真6 練習風景



写真7 本体完成