

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
太田 兵庫	高知工科大学 社会システム工学科	タケチヨ

○設計のコンセプトおよび構造上の工夫

設計のコンセプトは、自然循環と高知です。

設計コンセプトに合わせて、高知県の地場産の竹や不織紙を、環境の面からは、コンクリート以外の材料は自然に返らないものや返りにくいものは極力使わないようにしました。

構造面では、カヌーの直進性や推進性を考えて、下の図のように、カヌーの前方を細長く緩やかなカーブにし、カヌーの後方は自重のことを考慮して急なカーブにし、カヌー全体の長さを短くしています。

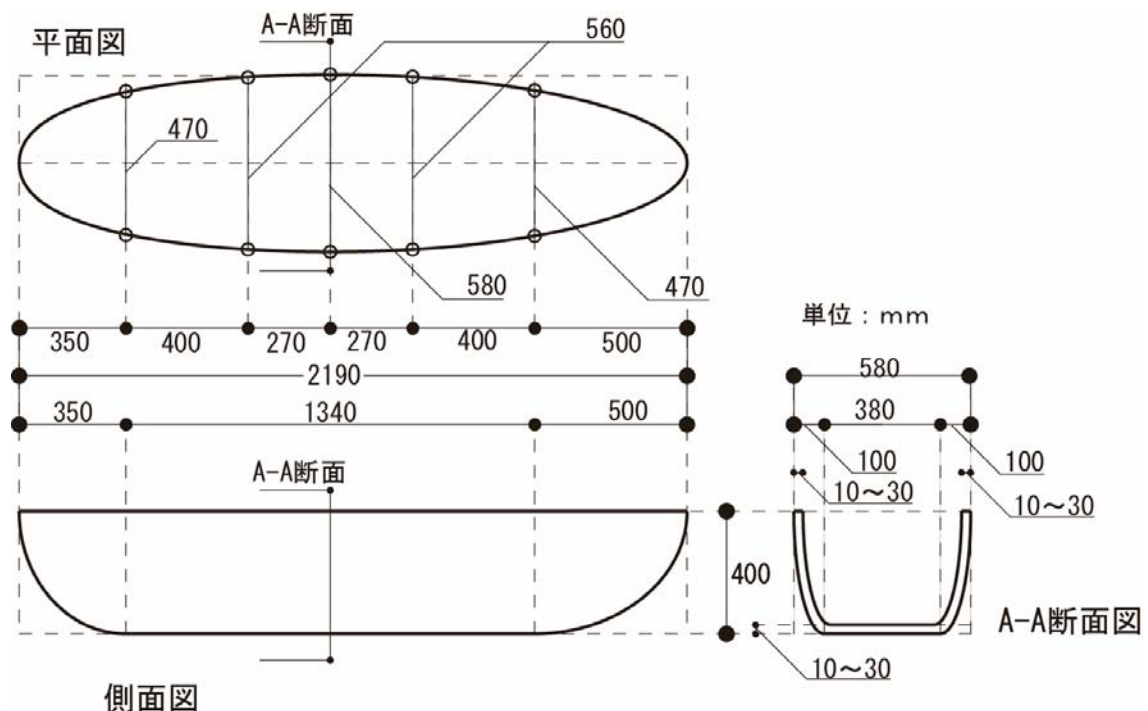
補剛部材の竹は、要所の所の竹を太く厚みがあり長い竹を使用し、それ以外の竹を細く薄い短い竹を使って竹箆の要領で組んでいきました。こうすることで、竹の1本1本が周りの多くの竹と拘束しあい歪み難く強固な骨組みを作る事が出来ます。

浮力体の配置は、カヌーの直進性やバランスなどを考慮した結果、カヌーの中央を中心に、船底全体に発泡質ロールを配置することに決まりました。

浮力の計算はこのようになっております。

$$\frac{(100+130)kg}{(2190 \times 580)mm \times \left(\frac{\pi}{4}\right)^2} \times 10^6 = \text{喫水高} 181.07mm < \text{設計高} 400mm$$

細かく計算できなかったのですが、近似値で数値は安全側を見ています。



○使用材料の工夫

今回、モルタルには高強度と緻密性（水密性）、竹には引張強度をもとめました。そこで、私たちは、1年生の時から慣れ親しんでいる。自己充填コンクリートのモルタル版を使うことにしました。また、高知工科大学では、自己充填コンクリートに力を入れているので各種データが利用できるのも自己充填モルタルを選んだ理由です。竹は、自然の物でモルタルに足りない引張力を補ってくれる物を探していたところ、竹には鉄筋には劣りますが、約半分の引張強度があることがわかり、また竹の現状を考慮して使用することに決めました。

○主材料（モルタル）

主材料は目的の違う2種類のモルタルを使用し、両モルタル共に高強度で高い流動性、水密性を有する自己充填モルタルを使用しました。自己充填モルタルは普通モルタルと違ってセメント量が多く、水セメント比が低いので高強度にすることが出来ます。また、SP（高性能 AE 減水剤）を使用することで高い流動性を持っています。

初めに塗るモルタルは、特に高強度を意識して配合を考えました。W/C を低くするために、SP の添加量を2.2%と通常より多く添加しています。しかし、水セメント比が少ないことからひび割れが入りやすい状態になるのと、モルタルを塗る時には高い流動性が必要ないことから、練り上がり後すぐに塗るのではなく、しばらく静置させる方法を採用しました。静置させることによって、セメントが安定しひび割れが発生し難くなりますが長時間静置させてしまうと硬くなり過ぎて塗ることが出来ないため、L（SP の種類）を使用することで、長時間の静置することが出来るようしています。ちなみに、今回は12時間静置させ、その後切り返しを行い塗りました。その結果、高強度で目に見えるひび割れは発生していませんでした。

2度目に塗るモルタルは、初めに塗ったモルタルの微小なひび割れをコーティングする意味と最初に塗ったモルタルにある程度のボリュームを持たせるために、細骨材にパーライトを使用して軽量化させました。また、発熱を抑えるために、セメントと石灰石微粉末を7対3の割合で使用し、すぐに塗れるようにS（SP の種類）を使用しました。

○補剛部材（竹）

補剛部材には鉄筋の代わりに、竹を使用しました。竹は、鉄筋の約半分の引張強度があり、近くの山などで採る事ができます。竹には2種類の真竹と孟宗竹がありますが、今回は加工がしやすく、引張強度の強い真竹にしました。真竹は、近くの山から採取し、乾燥させるためにその日のうちに割ります。ある程度乾燥したら、竹を細く薄く加工して組み立てていきます。カヌーに質量制限がありモルタルを厚く塗



ることが出来ないで、竹自体の骨組みも厚くすることは出来ません。よって、太く厚みのある竹と交差する部分はお互いに少し削ります（左の写真）。曲がっている部分はガスバーナーであぶる事によって、曲げやすくして無理なく曲げています。

○製作過程の工夫

使う材料が、自己充填モルタルと竹と決まってすぐに竹を取りに行きました。竹にはある程度の乾燥期間が必要だったので、乾燥期間中に竹の骨組みの形を決める型枠を作りました。型枠は木で作り、それに太く厚い竹を縛り付けていきます。太く厚い竹の次は、細く薄い竹を太く厚い竹を交互にして編んで行く要領で徐々に竹のカゴを作るようにして行きます。人が乗る所の、船底の部分は加重が一段と掛かると思われるので、その分、竹も緻密に入れていきます。また、前方と後方の曲線の部分は、竹をガスバーナーであぶりながら、少しずつ無理なく曲げてゆきます。

竹が組み終わると、竹に不織紙を貼り付けて行きます。不織紙は、両面テープで竹と接着させたあとモルタルの打設をします。不織紙は、モルタルを塗るのを容易にしてくれるのと、モルタルを塗った後に出る、余分な水を排出してくれます。(横の写真は、上が木に縛りつけている竹の様子。下が竹を組み終わって不織紙を付けていくところの様子。)



モルタルの打設ですが、今回、1回で全部を塗るのは技術的に難しいことや、2種類の用途の違うモルタルを使うことよってのメリットから2回に分けて塗ることにしました。また、質量制限の関係から、使ったモルタルの量が分かるように、質量を量りながらすることによって、常にモルタルの使用量を把握しながらの打設をしました。

1回目は、強度重視の自己充填モルタルを練った後、12時間静置しました。12時間と言うのは今回の配合ではギリギリ硬化して塗れなくなる時間ぐらいでした。これにより、目に見えるひび割れはまったく発生しませんでした。また、強度を出すためにできるだけ水セメント比を落とすためにSPを通常より多く添加しています。長時間のけいじ変化にも耐えられるようにSPは、Lを使用しています。

2回目は、1度目に塗って出来ているであろう微細なひび割れをコーティングするための自己充填モルタルです。1度目の配合より水セメント比を多くし、軽くするために細骨材の代わりにパーライトを使用し、モルタルの硬化時に、発生する熱を抑えるために石灰石微粉末を使用しています。これも、1度目ほどではないのですが、セメントが安定するまで静置させて塗ることによって、ひびの発生を防いでいます。2度目のモルタルは、さほど時間を置かなくて良いのでSPはSを使っています。



養生は、養生マットを使用し恒温室で養生に最適な温度と湿度で行いました。養生期間中は、毎日水を散布し、マットは常に湿っているようにしました。(下の写真は養生の様子。)



私たちのグループは、全員で4人と決して多い人数ではありませんでした、またインターシップや国際学会の発表などに行く人もおり、製作期間中は平均して2人くらいでしか製作できず。また、予想以上に実験や調査に時間を費やしてしまい、製作期間も約1ヶ月半しかありませんでした。しかし、製作期間や調査期間を通してインターネットのWeb上や、インスタントメッセージを活用しお互いの連絡を多く取り合うことによって、今どのような状況なのか、次はどのようにしたらよいのかを確認、話し合い、常に1人1人が状況を把握している状態にしていたので、製作期間中は大きな失敗もなく、無事に作る事ができました。また、研究室の先輩や後輩が、要所で手伝ってくれたことにより、少ない製作期間でしたが少し余裕のある時期に完成することができました。

○その他

竹が及ぼす環境破壊

近年、竹の増殖が問題になってきています。竹が増殖することによって山林の面積が少なくなる恐れがあるからです。また、竹が山林地帯に侵食し竹林の面積が拡大や過密化することによって、山林の保水性が失われ、地すべりや土砂流出などの自然災害に繋がっています。

竹林の面積が増加しているのは、竹は木に比べて生長が著しく早く、約3年で成熟し全長は木よりも高くなり、木の成長に大きな妨げとなります。そして、竹の需要が昔に比べ減少したことにより採算性にも問題があります。もともと、日本の山林は採算が採り難いために、山林の管理者の数は減少の一途をたどり、高齢化が進むことにより多くの山林が荒廃しています。そう言った、山林は竹の生長の速さに木が追い付くことが出来ずに竹に侵食され、竹林の面積の増加になってしまいます。

竹は、木のように地中深くまで根を張りません。竹の根の深さは地表から30cmの深さまでしかなく、それを広範囲に横に伸ばします。よって、竹の根の支持力は地中の表面にしかなく、その為に、雨が降ると地盤が緩み、地すべりや土砂流出が発生してしまうのです。

私たちは、このカヌーのコンテストであえて鉄を使わずに竹を使ったのも、このような現状を少しでもよくする機会がないかと思ったからです。竹を使った、実験も数回しました。まだまだ、竹の力は未知数ですが、これからも竹の利用方法を考え提案していきたいと思っています。

○完成写真

完成後の写真を数シーン載せて下さい。

