

爆誕！バンブーコンクリート！

2年3組 大塚 爽生

2年3組 橋本 天馬

2組4組 大宿 向陽

2年4組 小倉 都嵩

2年4組 高田 洸之郎

指導者 藤岡 哲

1 課題設定の理由

近年問題になっている放置竹林（図1）は、土砂災害のリスクを高めるため、南予だけでなく全国的な課題となっている。松尾らは、竹筋コンクリートはRC構造と比較して強度的に劣るものの、竹材は錆びることがないため適材適所で使用すればライフサイクルコストが小さい構造物として期待できると考え実験を行い、竹筋による曲げ補強効果および加工方法が付着に及ぼす効果を確認した。全国で約16万ha、竹が25%以上侵入した森林も加えると約42万haと推計（林野庁）されている竹林を適切に管理し、災害リスクを軽減するためにも、竹材の有効利用方法の開発が必要であると考えた。



図1 放置竹林

(<https://stock.adobe.com/>)

また、牡蠣殻は年間20万トン生成され、その8割が廃棄されているため、牡蠣殻も粗骨材に使ってコンクリートを作ること、貝殻に含まれている二酸化炭素を CaCO_3 の形で半永久的にコンクリート内に閉じ込め、地球温暖化を抑制できるのではないかと考えた。

以上のように、近い将来起こると予測されている南海トラフを震源とする巨大地震による被害に備えて、地域の資材を用いたコンクリートの開発が必要であると考え、この研究を行った。

2 仮説

竹や牡蠣殻を粗骨材としたコンクリートの強度は実用に耐えうる。

3 研究の方法

実験1 試作コンクリートの圧縮強度試験

セメント：砂：粗骨材の比率を1：2：4にしてコンクリートを試作した。粗骨材は、コントロールとして砂利、試験用に牡蠣殻と竹の計3種類のコンクリートを作成した。竹と牡蠣殻を砂利と同程度のサイズに加工し、砂・セメントと混ぜた後、水を加えて、コンクリートパネルで作成した型に流し込み、28日間乾燥させた。



図2 コンクリート作成の様子



図3 3種類のコンクリート

計測は、コンクリートハンマー（図 4）を用いて、作成したコンクリート塊の側面を 2 か所ずつ計 8 カ所行い、以下の式を用いて反発度（N/mm²）を算出した。

圧縮強度を求める式（日本材料学会標準式）

$$F = (-18.0 + 1.27 \times R) \times \alpha$$

F = 圧縮強度（N/mm²）



図 4 強度測定の様子

実験 2 試作コンクリート強度の経時的変化測定試験

試作したコンクリートの実用性を調べるため、作成してからの経時的な強度変化を調べた。通常の圧縮強度試験が打設後 28 日であるため、28 日を 1 単位とし、28 日ごとに圧縮強度を調べた。

実験 3 粗骨材のサイズ（竹ブロック）とコンクリート強度の関係試験

バンブーコンクリートの強度を上げることを目的に、粗骨材に用いる竹の大きさとコンクリート強度の関係を試験した。竹ブロックの径が約 1 cm、約 2 cm、約 3 cm となるように 3 種類用意し、それらを粗骨材としてコンクリートを作成し、強度を試験した。

4 結果と考察

実験 1 試作コンクリートの圧縮強度試験

表 1 コンクリートの種類別の圧縮強度（平均）

	反発度の平均	圧縮強度（N/mm ² ）
コントロール	25.1	13.88
牡蠣殻コンクリート	13.2	-1.24
バンブーコンクリート	20.1	7.53

一般的に建造物に用いられるコンクリートの圧縮強度は 18～24N/mm²である。表 1 から、コントロールの圧縮強度は 13.8（N/mm²）で実用コンクリート強度に近い値となった。一般的なコンクリートの圧縮強度より低い値が得られた原因として、実際に建造物に使われているコンクリートは、建造物そのものであるため測定時に揺れることがないが、実験に供したコンクリートはブロック状で床に置いてあるため、わずかに揺れてしまっていることであると考えられる。その他にセメントや砂の混合比率や攪拌時間、攪拌強度などのコンクリート作成者の技能的な理由も考えられる。

牡蠣殻コンクリートの強度はかなり低い値となった。その要因として考えられるのは、牡蠣殻は扁平な形状であるため、圧縮強度にあまり資することがなかったのではないかと推測される。バンブーコンクリートの圧縮強度は想定していたよりも高い値が得られた。さらなる工夫で強度を上げられる可能性がある。

実験 2 試作コンクリート強度の経時的変化

図 5 から、コントロールの経時的な強度変化は比較的小さいことが確認できた。この結果は、コントロールに使用した砂利の性質が安定しており、強度の変動が少ないことを示唆している。一方、バンブーコンクリートの強度は大きく変化した。この原因として考えられる

のは、竹が乾燥する過程で収縮し、その結果コンクリート内の竹が膨張や収縮を繰り返し、コンクリート全体の緻密さが失われたことにあると推測される。竹が乾燥により収縮することで、コンクリート内に空隙が生じ、強度を支えるための結束力が低下したと考えられる。また、竹が浮遊してしまい、コンクリート内で均等に分散しなかったことも強度低下の一因として挙げられる。これを改善するためには、竹の乾燥処理方法を工夫し、コンクリート内での均一な分布を確保する必要がある。さらに、竹の収縮を補うための配合比の調整や、コンクリート自体の密度を高める工夫が求められる。

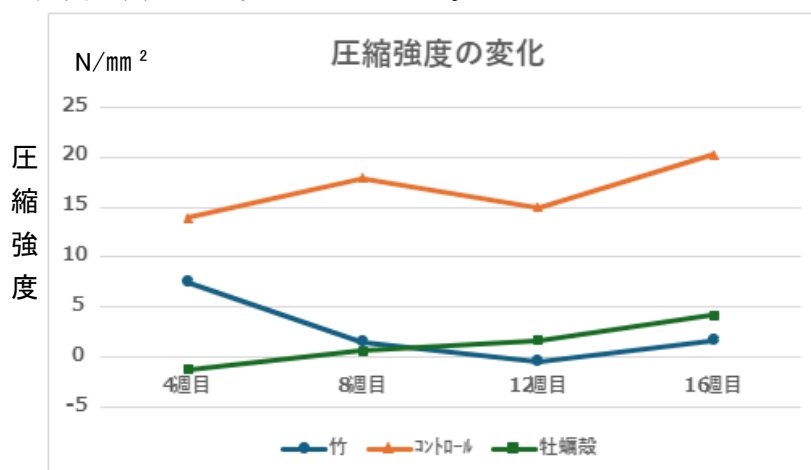


図5 コンクリート別の28日周期の圧縮強度

今後の研究では、バンブーコンクリートの強度向上を目指し、竹の乾燥処理やコンクリートの配合調整について更なる実験を行う予定である。また、牡蠣殻コンクリートに関しては、乾燥期間や反応過程における最適な条件を特定することで、さらに強度を高める方法を探求していきたい。

実験3 粗骨材のサイズ（竹ブロック）とコンクリート強度の関係

バンブーコンクリートは、28日乾燥後、粗骨材の竹がむき出しになり、非常にもろくなってしまった。特にセメントと砂が少なく粗骨材の間を埋めるのに不十分だった。前回の実験で竹ブロックの径をそろえていなかったのに対して、今回の実験は同じ径の竹ブロックを使用したため、大きなブロックの隙間に小さなブロックが入り込んで埋め合わせるという現象が発生しなかったためだと思われる。また、底の方に竹ブロックはなく砂とセメントだけで固まっていた。竹が軽く、乾燥して固まる前に浮いてしまったと考えられる。



図6 約3 cm径の竹



図7 約2 cm径の竹



図8 約1 cm径の竹

5 まとめと今後の課題

実験を通して、現状では実用化にはまだ強度を大きく向上させるという課題が残り、仮説に

設定した「実用化に耐えうる」結果は得られなかった。竹は軽量で比重が小さい素材であるため、固まる前のコンクリート内で浮遊してしまうことによって、粒度分布が不均一になり、強度に悪影響を及ぼす可能性がある。実験前は、砂利のように比重が大きい粗骨材が沈殿してしまうことによって、コンクリートの強度が不均一になる不具合を解消できるメリットと捉えていたが、逆の結果となった。竹筋のようにサイズの大きな竹材をコンクリートに埋め込むと、竹のコンクリート内での流動性は失われてこの問題を解決することができそうであるが、膨張・収縮の影響が大きくなることが懸念される。セメントと砂の配合割合を変化させたり、竹ブロックのサイズを混合させたりして、竹コンクリートの性能を向上させる試験を繰り返すことで、実用に耐えうる竹コンクリートを作りたい。

牡蠣殻コンクリートは材齢が長くなるほど強度が上がった。この結果の考察はできておらず、乾燥期間がコンクリートの強度に与える影響について、さらに詳細な調査が必要だと考えている。材齢を重ねることが、コンクリートの強度や耐久性にどのように影響するかを明確にすることで、より効果的な製造方法を確立できると考えている。

また、有機物を混ぜたコンクリートが海藻の成長を促進し、良質な魚礁を形成する可能性があることにも注目している。この水中での使用法が確立されれば、水分が蒸発して竹ブロックが収縮することで内部に間隙が生まれるという現象を抑制しつつ、強度を保つことができる可能性がある。環境への配慮を加えたコンクリートの開発は、持続可能な社会の実現に向けて重要な役割を果たすと考えている。

これからの研究では、コンクリート内の強度の均一性や、強度が長期間持続するための方法など、実用化するために必要なコンクリートの性質についても検証していきたい。コンクリートが時間とともにどのように劣化し、その強度がどのように変化するのかを理解することが、より耐久性のある材料を作るために必要であると考ええる。また、コンクリートは水辺や水中でも使われているため、そのような環境に置いた時、コンクリートの性質はどのように変化するのかも研究したい。

6 参考文献

- ・NHK 知っとく東北(2021)放置竹林って何が問題なの？
<https://www.nhk.or.jp/sendai-blog/update/457450.html>
- ・農家が教える竹やぶ減らし かしこく切って、じゃんじゃん活用 農文協
- ・シェアシマ info (2024) カキの殻は再利用ができる！
<https://shareshima.com/info/463379217r060926001.pdf>
- ・「令和6年9月20日からの大雨」「令和6年能登半島地震」に関する建設資材情報
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/jishin/nteq/index.html>
- ・山下ら「牡蠣殻コンクリートで人類を救おう！」『令和五年度愛媛県立宇和島高等学校 SSH 生徒課題研究論文集』p67-70
- ・松尾ら(2019)コンクリート工学年次論文集「論文 竹筋コンクリート梁における竹筋加工方法と付着特性」
- ・井上晋 他(2008)講談社 「コンクリートなんでも小辞典～固まるしくみから、強さの秘密まで～」