

1. はじめに

環境対策は、現代社会の持続的発展に必要なテーマである。堀井らは、環境負荷の高いセメントや天然骨材を使わない産業廃棄資源のみからなるコンクリート（以下、廃棄資源コンクリートと略す）や使い捨て合板型枠に代わる繊維補強モルタル製永久型枠の開発を行った。また、里山保全などの観点から竹材を廃棄資源コンクリートに利用してその補強効果を確認するとともに、竹材には湿潤下での品質やコンクリートとの付着性に問題のあること、竹ひごや金属線による突起で竹材の付着性が改善することなどを報告している^{1),2)}。

本研究では、竹材に加熱や被覆などによる新たな処理を施し、アルカリ水への浸漬や廃棄資源コンクリートはりへの利用で、様々な処理を施した竹材の耐久性や補強効果に関する検討を行った。

2. 実験概要

竹材は、高知県南国市産の孟宗竹（皮付角材、厚さ6×幅8mm）を自然乾燥させ、表-1に示す処理を施した。海水や燻煙は自然を意識した処理法で、樹脂やポリマーはコンクリート補修を意識した処理法である。

廃棄資源コンクリートは、結合材としてフライアッシュⅡ種（F、密度2.33g/cm³、比表面積3980cm²/g）、高炉スラグ微粉末（B、密度2.91g/cm³、比表面積3870cm²/g）および脱硫酸こう（G、密度2.29g/cm³）、骨材として高炉スラグ細骨材（SB、表乾密度2.69g/cm³、吸水率4.26%、粗粒率3.01）および高炉スラグ粗骨材（GB、表乾密度2.50g/cm³、吸水率5.00%、最大寸法15mm）を用いた。また、回収水の利用や初期強度発現性を考慮し、水酸化カルシウムを結合材に対して1%使用した。実験で用いたコンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの練混ぜは、パン型強制練りミキサーを用いて行った（水以外の材料を空練りした後に水を投入）。

表-3に品質管理試験結果を示す。コンクリートの強度試験は、プラスチック製軽量円柱型枠を使用した。竹材の引張試験は、供試体中央部（50mm長）を薄くして（2mm厚）その両端部に25mm長のテーパ部を設け、ひずみゲージを接着して行った。

竹材のアルカリ水への浸漬試験では、曲げ強度と表面色を測定した。強度試験は、80mm長に切断してA～Hの処理を施した竹材を水酸化カルシウム飽和水溶液に浸漬し、湿潤状態で支間50mmの中央集中荷重法で行った（試料数各5本）。また、表面色試験は、色彩計を用いてLab値を求めた。コンクリートはり

の曲げ試験は、395mm長に切断してA～Hの処理を施した竹材を2本配した廃棄資源コンクリート（高さ47×幅100×長さ400mm）を材齢28日まで標準養生し、両端単純支持の対象2点荷重法（有効高さ31mm、せん断スパン比4）で、荷重たわみ関係、ひび割れ発生荷重、最大耐力などを求めた（試料数各3本、図-2参照）。

3. 結果と考察

竹材表面（身の部分）の明度（Lab表色系のL値）を示した図-2より、すべての竹材がアルカリ水への浸漬で値が低下するものの、樹脂やポリマーで被覆したF、GおよびH、燻煙を施したCおよびDなどの変化が小さいことがわかる。これらは、アルカリ水で竹材が劣化するものの、被覆材による保護効果の現れや、燻煙時の煤による黒ずみなどが原因といえる。なお、赤・緑色の彩度を示すa値や黄・青色の彩度を示すb値でも同様に、樹脂

表-1 竹材の処理

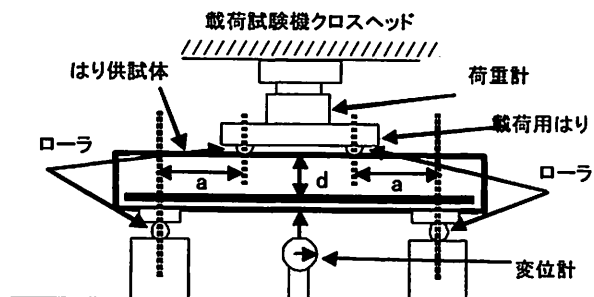
略号	処理名	処理法
A	無	自然乾燥のみ
B	油抜き	炉乾燥2時間(温度:100℃)後ウエス拭き
C	燻煙短	燻煙2時間(燻煙材:竹、最高温度:140℃)
D	燻煙長	燻煙1時間(燻煙材:竹、最高温度:141℃)
E	海水	人工海水(温度:5倍)7日間浸漬
F	樹脂	低粘度2液混合型エポキシ樹脂接着剤2回塗布
G	砂付樹脂	Fの処理直後0.6~1.2mmフェロニッケルスラグ砂散布
H	ポリマー	柔軟型ポリマーセメント系仕上げ材塗布

表-2 コンクリートの配合

水結合 材比	細骨材 率	単位量 (kg/m ³)							
		W	F	B	G	SB	GB	CH	
45%	55%	180	174	174	52	951	723	4	

表-3 品質管理試験結果

種類	スラブ	圧縮強度	引張強度	弾性係数
コンクリート	17.5 cm	29.8 MPa	—	—
竹(無処理)	—	—	259 MPa	18.4 GPa



载荷試験機テーブル

図-1 曲げ試験の状況

やポリマー、燻煙などで処理した竹材の変化は小さくなった。

竹材の曲げ強度を示した図-3より、アルカリ水に浸漬しない場合、油抜きや燻煙などの加熱処理や樹脂による被覆処理を施した竹材の方が、無処理や海水処理よりも高い値を示すことがわかる。また、いずれの竹材もアルカリ水への浸漬で強度が低下するが、樹脂やポリマーによる被覆処理には強度低下の抑制効果もみられる。しかし、竹材を長期間湿潤状態にあるコンクリートに使用するには長期に及ぶ調査が必要といえる。

竹材を用いた廃棄資源コンクリートはりの曲げ試験で得られた荷重たわみ関係を示した図-4、およびひび割れ発生荷重と終局耐力を示した図-5より、ひび割れ発生荷重はいずれのはりも同様な値となること、いずれのはりもひび割れ発生後に破断せず、荷重に対して抵抗力を発揮することなどがわかる。これは、表-3に示したように竹材が有する低い弾性係数や高い引張強度によるといえる。無処理や海水処理の竹材を用いたはりにはひび割れ発生荷重と終局耐力がほぼ同じ値となるが、加熱や被覆で処理した竹材を用いたはりには、ひび割れ発生荷重よりも高い終局耐力を示す。これは、加熱や被覆により、竹材の表面が粗くなって付着性が改善したことや、竹材の曲げ強度低下が抑制されたことなどによるとと思われる。樹脂と砂を使ったGは、ひび割れ発生後の荷重低下が小さく、終局耐力も高くなっており、他の試料では1本となるひび割れも3本程度に分散し、無処理の竹の弾性係数や引張強度を使って求めた理論値に近い終局耐力となるなど、優れた補強効果がみられる。

なお、ポリマー処理は、コンクリートひび割れ補修用の柔軟型ポリマーセメント仕上げ材を用いたため、剛性や竹材との付着性に問題があるといえる。燻煙処理は、耐久性のある煤竹に着目し、ドラム缶、一斗缶、金網などで燻煙器を試作したが、燻煙温度などに問題があるといえる。また、海水処理は、河村協著「竹筋コンクリート」(山海堂 1941 年)で紹介された処理液に海水の成分が近く、竹材の一般的なアルカリ水による処理にも着目して採用したが、強度面の改善効果は得られなかった。

4. まとめ

本研究より、竹材に加熱や被覆などの処理を施すと、水やアルカリの存在下で問題となる竹材の品質や補強性能の低下をある程度抑制する効果が確かめられた。しかし、長期間湿潤状態となる廃棄資源コンクリートの補強材となる竹材の処理としては、いずれの方法にも問題があるので、新たな処理法の検討が必要といえる。なお、本報は、科研費(20510087)の助成を受けたものである。また、四国電力、新日鐵高炉セメント、太平工業および広鉦技建の各社には材料準備で、阿南高専卒研生の加渡俊公君と財田悠君には実験で協力を得た。関係各位に謝意を表す。

[参考文献]

- 堀井・栗飯原・橋本・多田；廃棄資源のみからなるコンクリートの強度発現性と竹筋の利用に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 29，No. 2，pp. 481～486，2007.
- 堀井・橋本・多田；廃棄資源コンクリート補強用竹材の付着性に関する検討，土木学会四国支部第14回技術研究発表会講演概要集，Vol. 14，pp344～345，2008.

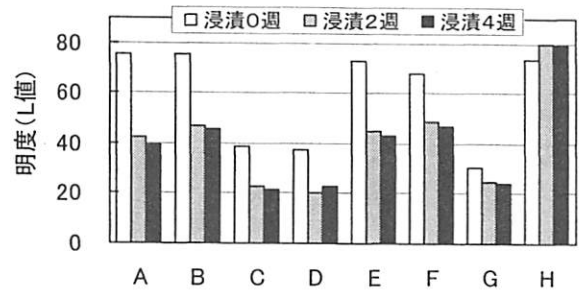


図-2 竹材の明度 (L 値)

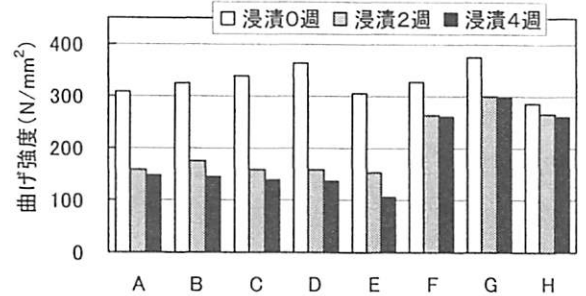


図-3 竹材の曲げ強度

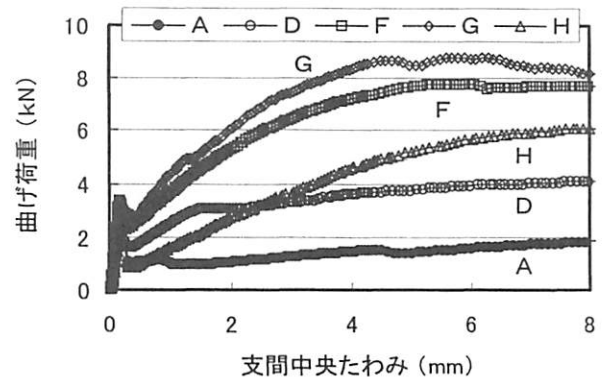


図-4 はりの荷重たわみ関係 (一例)

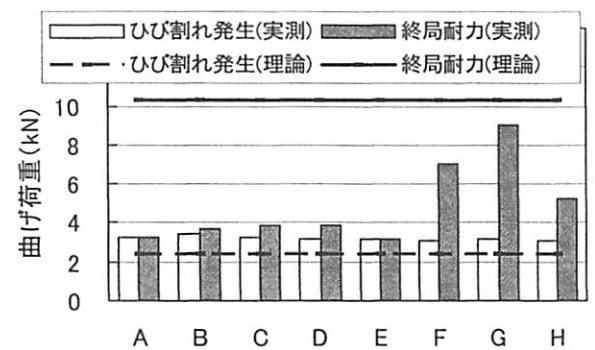


図-5 はりの曲げ性状