

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

阿南工業高等専門学校 正会員 ○ 堀井 克章
 長岡技術科学大学(学部生) 橋本 詩穂
 阿南工業高等専門学校 多田 孝

1. はじめに

環境対策は、現代社会の持続的発展に必要な不可欠なテーマである。堀井ら¹⁾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を開発しているが、廃棄資源コンクリートの補強材として里山保全の観点から竹筋を利用する場合、異形鉄筋と比べてコンクリートとの付着性に問題のあることを確認している。

本報では、石炭灰、高炉スラグ、脱硫石こう、再生骨材などで製造する廃棄資源コンクリートの補強用竹材に様々な加工を施し、竹材を引き抜く付着試験や竹材を配したはりの曲げ試験で検討した付着性について紹介する。

2. 実験概要

竹材は、付着試験用の中国福建省産孟宗竹（皮付平串加工品、断面□5×8mm）と曲げ試験用の徳島県美馬市産孟宗竹（皮付、断面□6×9mm）を、常温で7日間水に漬けてから炉乾燥（100℃、6時間）での油抜きをして使用した。比較用鋼材はD6-SD295である。

廃棄資源コンクリートは、結合材にフライアッシュ

Ⅱ種：F（密度2.33g/cm³，比表面積4040cm²/g），高炉スラグ微粉末：B（密度2.91g/cm³，比表面積3930cm²/g）および脱硫二水石こう：G（密度2.29g/cm³），刺激剤に水酸化カルシウム：CH，骨材に高炉スラグ細骨材：SB（表乾密度2.69g/cm³，吸水率2.46%，粗粒率3.01）および高炉スラグ粗骨材：GB

（表乾密度2.49g/cm³，吸水率3.43%，最大寸法15mm）を使用した。実験で用いたモルタルとコンクリートの配合を表-1に示す。刺激剤は、廃棄資源コンクリートの初期強度発現性が悪いことや練混ぜ水に回収水の利用を検討していることなどを考慮して使用した。練混ぜは、モルタル用ホバート型ミキサとコンクリート用パン型強制練りミキサで行った。

表-2に品質管理用の試験結果を示す。モルタルや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。竹材の引張試験では、供試体中央部

（50mm長）を薄くして（3mm厚）その両端部に25mm長のテープ一部を設け、ひずみゲージを接着して変位制御で応力ひずみ関係を求めた。付着試験は、竹材を廃棄資源モルタル円柱（φ50×100mm）の中央部に埋め込み、木材くぎ引抜き抵抗試験装置を使用して付着強度を求めた（図-1参照）。曲げ試験は、竹材や鋼材を配した廃棄資源コンクリートのはり（高さ80×幅100×長さ400mm，有効高さ80mm，せん断スパン比）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（図-2参照）。竹材の加工は、ひご刺し（中心軸上2.8mm径，10mm間隔，15mm長），溝切り（両側面上2.8mm径半円，10mm間隔），孔開き（中心軸上2.8mm径，10mm間隔），糸巻き（1mm径なまし鉄線，10mm間隔）および加工無しの5種類とした。各供試体は、材齢28日で試験を行ったが、材齢21日から7日間自然乾燥したもの（乾）と湿潤を継続したもの（湿）を用意した。なお、各条件での供試体数は、竹の引張試験と付着試験が5個，その他は3個とした。

表-1 モルタルとコンクリートの配合

種類	単位量 (kg/m ³)						
	W	F	B	G	SB	GB	CH
付着用モルタル	261	284	284	85	1306	—	6.53
曲げ用コンクリート	195	188	188	57	888	759	4.33

表-2 品質管理試験結果

供試体の種類	フロー	スランプ	圧縮強度	引張強度	弾性係数
付着用乾燥養生モルタル	185mm	—	34.5MPa	2.51MPa	—
付着用湿潤養生モルタル	185mm	—	32.8MPa	2.72MPa	—
曲げ用乾燥養生コンクリート	—	10.5cm	40.7MPa	2.49MPa	22.4GPa
曲げ用湿潤養生コンクリート	—	14.0cm	32.1MPa	2.56MPa	23.9GPa
付着用竹材	—	—	—	267MPa	18.3GPa
曲げ用竹材	—	—	—	254MPa	19.6GPa

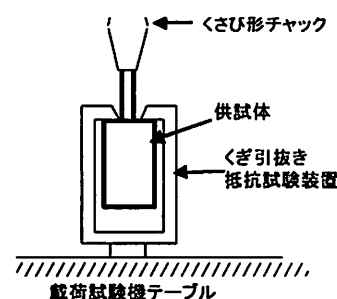


図-1 付着試験

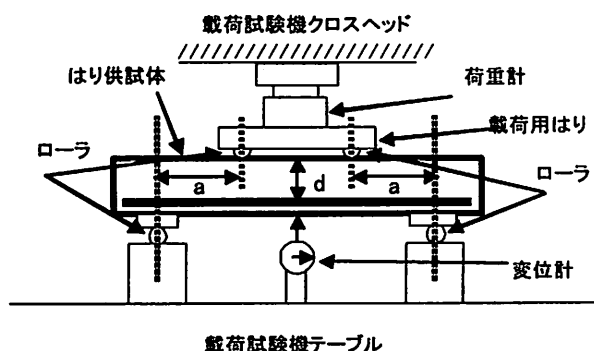


図-2 曲げ試験

3. 結果と考察

廃棄資源モルタルに埋め込んだ竹材の付着強度を示した図-1（無：加工無し、ひご：ひご刺し、溝：溝切り、孔：孔開き、巻：糸巻き）より、竹材に加工を施すことで付着強度が高くなることがわかる。これは、竹材とモルタルとの間に生じる粘着作用や摩擦作用に、竹材の凹凸による機械的作用が加わることの効果といえる。加工の種類では、竹材に孔を開けてひごを刺したものが最も高い強度を示し、次いで金属線を巻いたもの、溝切りの順となり、孔だけのものは低くなっている。孔だけの強度が低いのは、孔の寸法が小さく、モルタルがその空間に十分詰まらないことによると思われる。なお、モルタルの品質管理試験結果では、養生方法による強度の差異は余りないが、いずれも湿潤養生に比べて鑑賞養生の方が低い強度となるのは、乾湿による竹の体積変化の影響と思われる。

廃棄資源コンクリートの代表的な曲げ荷重－たわみ関係を示した図-4 および図-5、さらに曲げ試験結果を示した図-2 より、無筋のはりでは、初期ひび割れ発生後に破壊して荷重がゼロとなるが、竹材を用いたはりでは、初期ひび割れ発生後に大きな荷重低下はあるものの、曲げ耐力の改善効果がみられる。これらは、品質管理試験結果に示したように、竹材の引張強度がかなり高いことと、弾性係数がコンクリートに比べてやや小さいことなどに起因するといえる。竹材には、鋼材のような発錆の心配はないが、腐朽菌や竹喰い虫、火災などへの対策としてひび割れを有る程度抑制する必要があるので、竹材の使用量を増やすなどの工夫が必要といえる。また、竹材にひご、溝などの加工を施すことで、はりの曲げ耐力の向上がみられる。これは、竹材の付着性改善効果によるといえる。なお、竹材を用いたはりでは、全体的に乾燥よりも湿潤の方が、ひび割れ発生荷重は大きく、最大耐力が低くなる傾向にあるが、これはコンクリートの強度や竹材の付着性、含水率による竹の体積変化や竹の身部分の吸水による軟化などが複合した影響と思われる。

図-6 には、鉄筋コンクリートの断面力算定式を利用した解析結果を示している。竹材使用のはりでは、全体的に理論値よりも実測値の方が低くなっているが、付着性の良いひごや溝の最大耐力の理論値は、ひごを刺す孔や溝の部分を除いた純断面積で算定すると、実測値に近い値となることがわかる。なお、竹材を用いたはりでは、全て曲げ破壊を生じた。

4. まとめ

本研究より、竹材に加工を施すと、廃棄資源コンクリートとの付着性やはりの曲げ耐力が高まること、竹材の純断面積によってはりの曲げ耐力を通常の鉄筋コンクリートで使われる断面力の算定式で推定できることなどが確認できた。今後は竹材使用における設計法の確立、竹材における耐久性の検討などが必要といえる。

【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。

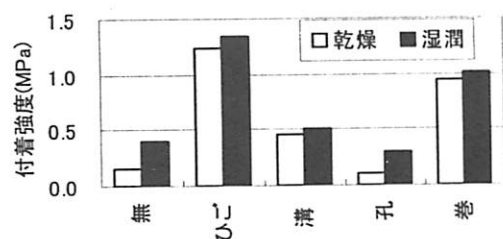


図-3 付着試験結果

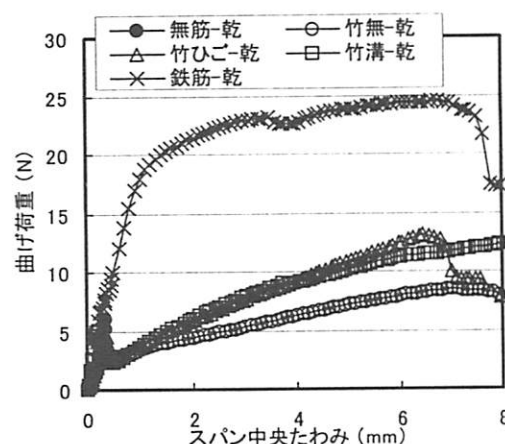


図-4 曲げ荷重たわみ関係の一例(乾)

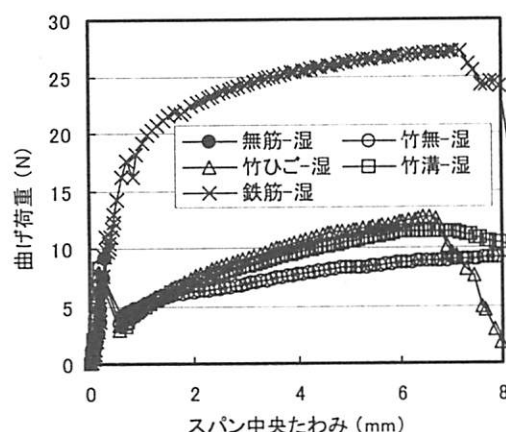


図-5 曲げ荷重たわみ関係の一例(湿)

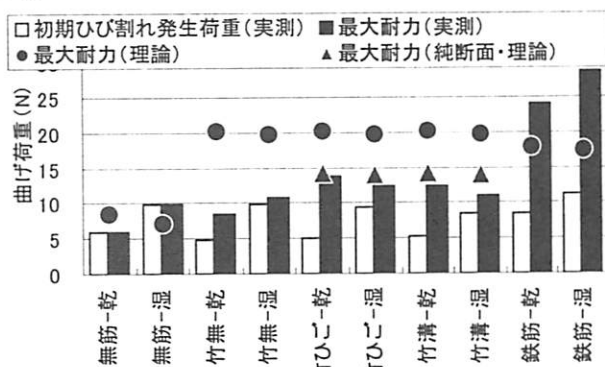


図-6 はりの曲げ試験結果