

竹筋廃棄資源コンクリートの製作に関する実験的検討

阿南工業高等専門学校 正会員 ○堀井 克章

1. はじめに

環境への配慮から、再資源化技術が重視されている。本研究室では、廃棄資源のみからなるコンクリート（廃棄資源コンクリートと略記）を開発したが、初期強度発現性や補強用鋼材腐食の問題も確認された¹⁾。

そこで本研究では、廃棄資源コンクリートの欠点である初期強度発現性の改善策を探るため、練混ぜ水や養生温度を変化させて製造した廃棄資源コンクリートの圧縮強度試験を行った。また、鋼材の代替や環境対策として、竹材の利用を検討するため、竹筋廃棄資源コンクリートはりを作製して曲げ載荷試験を行った。

2. 実験概要

廃棄資源コンクリートの初期強度に関する実験では、結合材としてフライアッシュⅡ種(密度 2.3g/cm³, 比表面積 3700cm²/g), 高炉スラグ微粉末 4000(密度 2.91g/cm³, 比表面積 4000cm²/g)および脱硫酸せっこう(密度 2.29g/cm³), 骨材として高炉スラグ細骨材(表乾密度 2.69g/cm³, 吸水率 2.46%)および高炉スラグ粗骨材(表乾密度 2.49g/cm³, 吸水率 3.43%の 1505 と表乾密度 2.49g/cm³, 吸水率 3.43%の 2005 を質量比 2:1 で混合使用)を用いたコンクリートに、練混ぜ水として上水道水、電解水(酸性水、還元水)、人工海水および回収水(廃棄資源コンクリート、普通セメントコンクリートで製造)を使い、普通コンクリートと同様に強制練りミキサで製造した廃棄資源コンクリートのスランブ試験を行った。また、円柱供試体(防水処理したプラスチック製軽量型枠使用)を作製し、材齢 3 および 28 日の圧縮強度を求めた。この廃棄資源コンクリートは、水結合材比 45%, フライアッシュ:スラグ微粉末:石こうが 1:1:0.3(質量比)で、材齢 3 日までの養生温度を 20, 30 および 40℃とした。また、電解水はNaClを質量で 0.1%添加した蒸留水を電気分解し(pH2.3 および 11.8), 回収水は後述の実験で製造した廃棄資源コンクリート(刺激剤なし)と普通コンクリートを 9 倍の質量の上水道水に混ぜて翌日上澄み水を採取し、人工海水は市販品を通常の海水濃度で製造した。

竹筋廃棄資源コンクリートはりに関する実験では、前述したコンクリートと同じ材料(粗骨材 2005 を除く)に刺激剤の水酸化カルシウムを添加し、補強材として竹筋(7mm 厚×9mm 幅)を用い、80mm 高×100mm 幅×400mm 長の小型はりを、竹筋の本数(2・3・4 本)や表皮の位置(下・横・上)、せん断スパン比(2.5・1.5)、試験体の状態(乾燥・湿潤)を要因として作製し、材齢 28 日の曲げ載荷試験を行った(図-1 参照)。なお、比較用に、普通セメント、川砂および砕石 1505 を用いた普通コンクリートや鉄筋(2×D6, SD390)も使用し、コンクリートの圧縮試験や竹筋の引張試験も行った。

これらのコンクリートの示方配合およびはりの曲げ載荷状況をそれぞれ表-1 および図-1 に示す。

3. 結果と考察

使用した廃棄資源を浸漬した水(材料:水=1:2)の pH は、フライアッシュ 12.5, スラグ微粉末 13.6, 石こう 9.7, スラグ細骨材 13.4 およびスラグ粗骨材 13.2 で、いずれもアルカリ性を示す。これより、廃棄資源コンクリートでは、フライアッシュのポゾラン反応や高炉スラグの潜在水硬性を促すものと思われる。

本実験で製造した廃棄資源コンクリートの圧縮強度とスランブを図-2 に示す(スランブ:□内の数値)。

キーワード 廃棄資源, 竹筋, 電解水, 海水, 回収水

連絡先 〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木 265 阿南工業高等専門学校 TEL0884-23-7192 (教員室)

表-1 コンクリートの配合

配合名	単位量(kg/m ³)									
	W	C	B	F	G	SN	SB	GN	GB	CH
強度用廃棄	190	0	206	206	62	0	805	0	760	0
竹筋用廃棄	195	0	188	188	57	0	853	0	729	4
竹筋用普通	195	355	0	0	0	909	0	820	0	0

注) W: 水, C: セメント, B: スラグ微粉末, F: フライアッシュ, G: 石こう
SN: 川砂, SB: スラグ砂, GN: 砕石, GB: スラグ粗骨材, CH: Ca(OH)₂

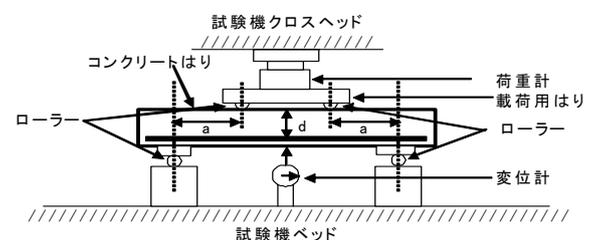


図-1 はりの曲げ載荷状況

フライアッシュを多量使用したモルタルでは、活性水の使用で流動性が高まると報告したが²⁾、本実験では、練混ぜ水によるスランブの差異はみられず、18cm前後の値を得た。

いずれのコンクリートでも、20℃養生の材齢3日圧縮強度は1N/mm²程度で、初期強度発現が非常に悪く、練混ぜ水の違いによる影響もあまりみられない。しかし、30℃養生では15N/mm²程度、40℃養生では25N/mm²程度の強度が得られる。これは、養生温度が高くなり、高炉スラグの潜在水硬性やフライアッシュのポズラン反応などが促進されることによるものと思われる。一方、20℃養生の材齢28日強度は、いずれの練混ぜ水でも40N/mm²程度と高い値となる。また、材齢に伴う強度の伸びは、養生温度が高くなるとやや頭打ちとなり、28日と30℃と40℃とが逆転するが、いずれも40N/mm²を超える高い値を有している。なお、養生温度が高くなるほど、材齢に伴う強度の増進が低くなるのは、コンクリートを構成する各材料が膨張した状態で硬化が進むことなどによるものと思われる。

竹筋を配する廃棄資源コンクリートは、スランブ12cmを有し、材齢28日で圧縮強度29N/mm²（弾性係数23kN/mm²）で、普通コンクリートは、圧縮強度39N/mm²（弾性係数25kN/mm²）となった。阿南市産孟宗竹の竹筋は、乾燥・湿潤を問わず260N/mm²の引張強度と20kN/mm²の弾性係数を有するが（図-3参照）、両端に節を有する試料の中央部断面を薄く加工し、リグニンなどからなる木質部はカビが生じやすく、その対策が必要といえる。

竹筋廃棄資源コンクリートはりの荷重たわみ曲線および曲げ試験結果を示した図-4および図-5より、竹筋は、コンクリートのひび割れ発生後の耐力を高めるが、その効果は鉄筋よりも低いといえる。これは、竹筋とコンクリートの付着性が悪いことによるものと思われる。また、耐力は、竹筋の本数を増すと高まるが、繊維の密度が高い表皮位置（上・下・横）の影響がないこと、ひび割れ発生荷重や耐力は、せん断スパン比が小さい方が高く、試験前に乾燥させるよりも湿潤養生を続けた方が高いこと、耐力は、竹筋の場合に普通より廃棄コンクリートの方が高いことなども、図から確認できる。

4. むすび

本研究より、養生温度が廃棄資源コンクリートの初期強度発現性に大きく影響すること、海水や回収水が廃棄資源コンクリートの品質に悪影響のないこと、竹筋が廃棄資源コンクリートはりの耐力向上に有効であることなどが確かめられた。しかし、竹筋には、付着性やカビなどの解決すべき問題も認められた。

本研究にご協力いただいた阿南高専H17年度卒業研究生の清水尚美さん・山口登志男君、ハローワーク（冠教育研究助成金）、四国電力・新日本高炉セメント・日本興業（材料提供）などに対し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 粟飯原・堀井・高西，土木学会四国支部日本建築学会四国支部研究報告集，No.5，pp21-22，2005.
- 2) 堀井・栗田，「廃棄資源のコンクリート材料への有効利用に関するシンポジウム」論文集，pp.90-96，2001.

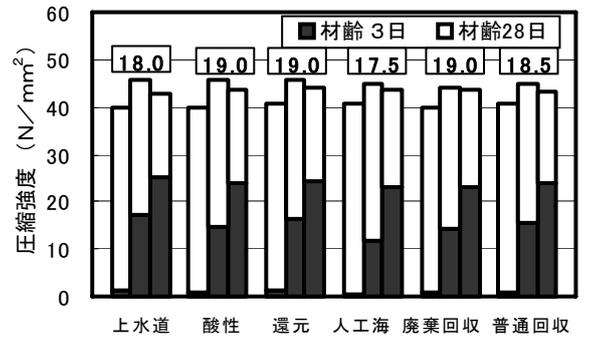


図-2 圧縮強度試験結果

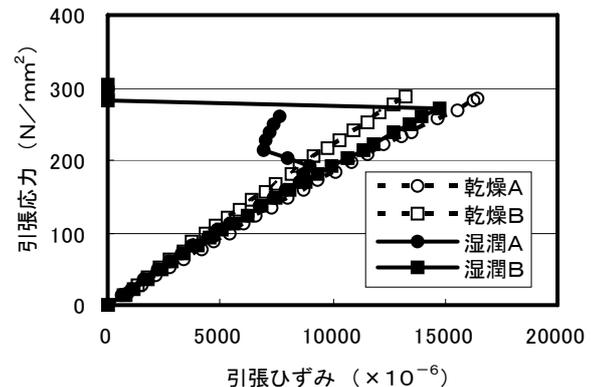


図-3 竹筋の引張試験結果(例)

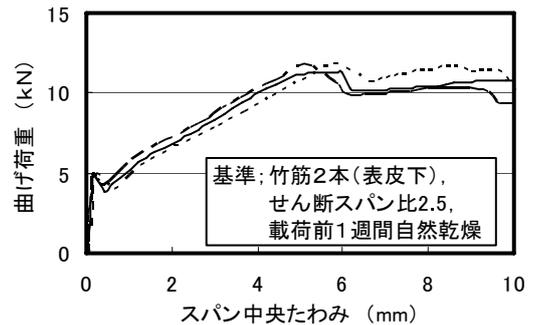


図-4 はりの荷重たわみ曲線(例)

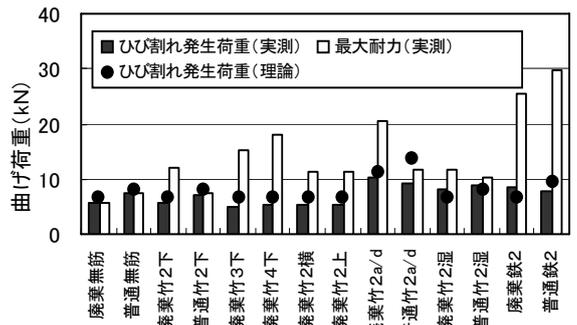


図-5 はりの曲げ試験結果