

V-35 産業廃棄資源のみからなるコンクリート用の補強材に関する検討

阿南工業高等専門学校 正会員 ○ 堀井 克章
高知工科大学工学部生 栗飯原典央
日亜化学工業(株) 真田 武士
日亜化学工業(株) 佐野 祐樹

1. はじめに

環境対策は、現代社会の継続的発展に必要なテーマとなっている。堀井ら¹⁾は、環境負荷の高いセメントや天然骨材を全く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ている。

本報告は、廃棄資源コンクリートに補強材を利用するため、石炭灰、高炉スラグ、脱硫石こう、再生骨材などで製造した廃棄資源コンクリートに使用した鋼材の自然電位や腐食面積率、および里山荒廃対策として使用した竹材の表面色や曲げ強度を調査した阿南工業高等専門学校の卒業研究(平成16・17年度)をまとめたものである。

2. 実験概要

廃棄資源コンクリートは、結合材にJISⅡ種のフライアッシュ:F(密度2.36g/cm³, 比表面積4080cm²/g), 高炉スラグ微粉末:B(密度2.91g/cm³, 比表面積3940cm²/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, 細骨材に高炉スラグ細骨材:SB(表乾密度2.78g/cm³, 吸水率0.6%, 粗粒率3.12)を用い、粗骨材には高炉スラグ粗骨材:GB(表乾密度2.63g/cm³, 吸水率3.51%, 最大寸法20mm)と再生粗骨材:GR(表乾密度2.52g/cm³, 吸水率4.72%, 最大寸法20mm, 路盤用)の2種を使った。普通ポルトランドセメント:C(密度3.16g/cm³, 比表面積3280cm²/g), 川砂:SN(表乾密度2.62g/cm³, 吸水率2.29%, 粗粒率2.83)および碎石:GN(表乾密度2.62g/cm³, 吸水率1.40%, 最大寸法20mm)を用いた普通コンクリートも製造した。なお、廃棄資源コンクリートでは、初期養生温度や使用材料の品質によって初期強度発現性が悪化し易いこと、回収水を練混ぜ水として利用することなどを考慮して刺激剤を使用した。既往の研究¹⁾を参考に定めた配合を表-1に示す。これらの練混ぜは、パン型強制練りミキサで行った。練混ぜ直後のスランプ値は、普通コンクリート7.8cm, スラグ粗骨材コンクリート17.2cmおよび再生粗骨材コンクリート17.0cmであった。

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	GR	CH
普通	190	345	0	0	0	918	0	918	0	0	0
スラグ	190	0	192	192	38	0	898	0	848	0	4
再生	190	0	192	192	38	0	898	0	0	813	4

鋼材の実験では、φ10×20cm 円柱型枠の中央にφ20mm みがき棒鋼を固定して打設したコンクリートを材齢3日で脱型して試料とし、材齢7日まで15~20℃の水中養生後、水中湿潤(養生水は1ヶ月ごとに交換)と乾湿繰返し(1日間水に浸けて6日間自然乾燥を繰返す)で養生した。この試料では、鋼材の自然電位(飽和カロメル照合電極使用)や割裂して取り出した鋼材の腐食面積率を測定した。竹材の実験では、中国産孟宗竹の竹製品(皮有/9mm幅×3mm厚, 皮無15mm幅×3mm厚)を炉乾燥して油を拭き取り、100mm長に切断して試料とし、コンクリート50当たり30とした養生水に浸漬した(養生水は2週間ごとに交換)。この試料では、曲げ強度や表面色を測定した(皮有では、皮面と裏面を分けて曲げ載荷面や表面色測定面とした)。なお、各材料を浸漬した水(材料に対する水の質量は2倍)やコンクリート養生水のpH測定も行った。

3. 結果と考察

材齢28日における水中湿潤養生試料の養生水のpHは、普通コンクリートで約13だが、スラグ粗骨材や再生粗骨材を用いた廃棄資源コンクリートがともに約12の高いアルカリ性を示した。これは、各材料を浸漬した水がいずれもアルカリ性を示すこと(フライアッシュ11.1, 高炉スラグ微粉末12.6, 脱硫石こう8.2, 高炉スラグ細骨材11.4, 高炉スラグ粗骨材10.9, 再生粗骨材10.2),

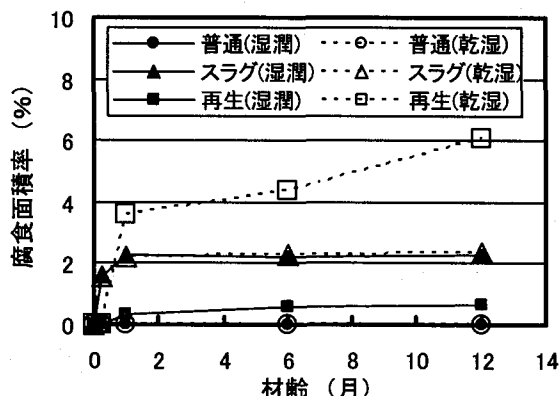


図-1 鋼材の腐食面積率

刺激剤を使ったことなどによるものといえる。しかし、材齢1年では、普通で約12、スラグや再生で約10.5となり、廃棄資源コンクリートのアルカリ性が弱まる傾向がみられた。これは、アルカリが養生水に溶出すること、高炉スラグの潜在水硬性やフライアッシュのポゾラン反応に関与することなどによるものと考えられる。

図-1は、鋼材の腐食面積率を示したものである。この図より、廃棄資源コンクリート中の鋼材は、早期材齢から腐食が生じるものの、材齢に伴う進行は遅いことがわかる。これは、スラグや石こうに含まれる硫黄分が鋼材を腐食させたり、養生水に溶出したり、高炉スラグの潜在水硬性などに関わったりすることなどによるものと考えられる。なお、再生粗骨材使用の廃棄資源コンクリートを乾湿養生すると腐食が進行するのは、再生粗骨材には細孔の多いセメント硬化体があるため、乾湿繰返しで、アルカリ分や硫黄分の溶出、酸素や水などの供給などが起こり易いことなどによるものと思われる。また、鋼材の自然電位を示した図-2より、廃棄資源コンクリート中の鋼材は、腐食が生じるにも関わらずかなり高い自然電位を示しており、-200mV程度より大きい自然電位の鋼材では腐食がほとんどないとされる普通コンクリートの一般的な評価基準が、廃棄資源コンクリートに適用できないことがわかる。この原因については、材齢1年以降の腐食状況や自然電位の継続調査とともに、今後の検討が必要といえる。

表-2は、コンクリートの養生水に浸漬した竹材を1日乾燥させ、色彩計で測定した表面色である(L*a*b*表色系)。この表より、竹材は全般にL*やb*が大きく黄白色系だが、3種のコンクリートの養生水や上水道水に浸漬すると、身の部分はL*やb*が低下するので黄色が薄れて黒くなり、皮の部分はa*が負から正となるので緑色がなくなることがわかる。これらの竹を浸漬した養生水のpHは、材齢1週目の5~6程度の弱酸性から、材齢数ヶ月で8~9程度の弱アルカリ性となり、材齢1年で7程度のほぼ中性を示し、浸漬後数週間は養生水が褐色化した。これらは、竹材の成分が水に溶出したことによるものと考えられる。

また、スラグ粗骨材使用の廃棄資源コンクリートの養生水に浸漬した竹材の曲げ強度を示した図-3より、竹材の強度は皮無より皮有が高いことがわかる。これは、竹繊維の密度が皮近くで高いことによるものと思われる。なお、強度は材齢半年程度まで徐々に低下し、早期材齢では強度試験前に乾燥すると湿潤状態のものよりも高い値を示すが、浸漬期間が長くなると両者の差がほとんどなくなることがわかる。これらの傾向は、他のコンクリートの養生水や水道水の場合も同様で、いずれも竹材を水に漬けると半年程度は強度の低下傾向があるため、養生水のpHや竹材の色が変わることと併せ、湿潤下で竹材を補強材として利用する場合は注意が必要といえる。

4. まとめ

本研究より、廃棄資源コンクリートはアルカリ性が高く、これに埋め込んだ鋼材の自然電位も高い値を示すが、鋼材は早期から腐食し、自然電位も徐々に低下すること、廃棄資源コンクリートの養生水に浸漬した竹材は、強度の低下や色の変化がみられ、養生水の色やpHも変化することなどが確認できた。したがって、廃棄資源コンクリートに鋼材や竹材を利用するには、劣化抑制策を検討するとともに、さらに長期の耐久性試験が必要といえる。

本研究では、科学研究費補助金(基盤研究C一般14550875)やワークスタッフ冠助成金を使い、徳島大学、新日鐵高炉セメント、四国電力、太平工業、セイアおよび住金鉱化の協力がありました。関係者に謝意を表します。

【参考文献】1)堀井ほか、コンクリート工学年次論文集, Vol. 27, No. 1, pp. 1495-1500, 2005.

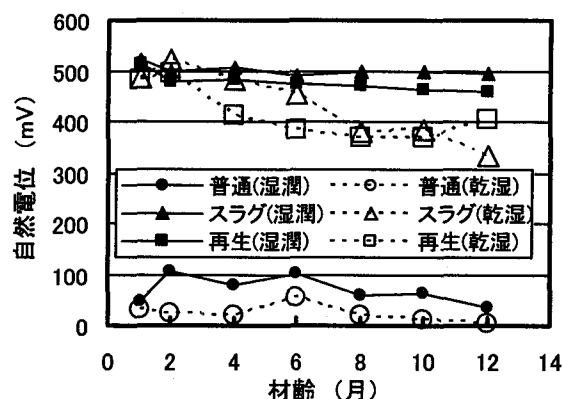


図-2 鋼材の自然電位

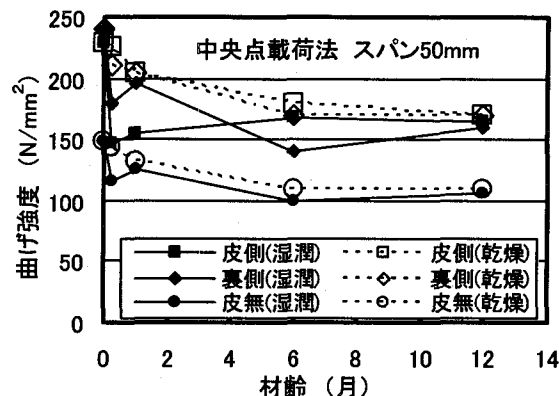


図-3 竹材の曲げ強度(スラグ)

表-2 竹材の表面色 (L*a*b*表色系)

種類	材齢	L*			a*			b*		
		0月	3ヶ月	12ヶ月	0月	3ヶ月	12ヶ月	0月	3ヶ月	12ヶ月
普通	皮付・皮側	56	52	56	-3	1	2	23	25	27
	皮付・裏側	73	68	56	6	7	5	25	22	18
	皮無	81	66	61	4	6	6	24	21	20
スラグ	皮付・皮側	56	51	53	-3	1	2	24	22	25
	皮付・裏側	73	65	57	6	6	4	25	22	16
	皮無	81	66	59	4	7	5	24	23	17
再生	皮付・皮側	56	50	55	-3	1	2	24	22	25
	皮付・裏側	73	66	54	5	7	4	25	22	14
	皮無	81	66	54	4	6	5	24	20	15
水	皮付・皮側	55	50	56	-3	1	2	23	22	24
	皮付・裏側	73	67	54	6	6	5	25	20	14
	皮無	81	70	61	4	5	4	24	21	18