

永久型枠を用いた廃棄資源コンクリートの耐薬品性と耐凍害性に関する検討

阿南工業高等専門学校 正会員 堀井克章

1. はじめに

環境対策は、現代社会において必要不可欠のテーマである。堀井らは、環境負荷の高いセメントや重要な環境資源である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）、合板として使い捨てられる熱帯材を守るためのセメント系永久型枠、里山荒廃の一因となっている竹を用いたコンクリートの補強材などに関する研究を行っている¹⁾。

本報は、フライアッシュ、高炉スラグ、再生骨材などで製造した廃棄資源コンクリートの耐酸性、耐硫酸塩性および耐凍害性について、ビニロン繊維補強ポリマーセメントモルタル（VFRPCM）製の永久型枠やAE剤の使用効果も含めて検討した実験結果である。

2. 実験概要

実験は、廃棄資源コンクリートの耐硫酸塩性に関する1年間の追跡実験Aと、永久型枠を使用した廃棄資源コンクリートの耐酸性、耐硫酸塩性および耐凍害性に関する実験Bからなる。

廃棄資源コンクリートは、結合材としてフライアッシュ、高炉スラグ微粉末および脱硫石こう、骨材として高炉スラグ細・粗骨材や再生細・粗骨材を使用し、回収水の利用や初期強度の発現性を考慮し、水酸化カルシウムを添加した。比較用の普通コンクリートは、普通セメント、川砂、碎石などを用い、AE剤には、フライアッシュ用を使った。これらの使用材料を表-1に示す。表-2は、過去の実験や試し練りから定めた示方配合である。なお、VFRPCMは、繊維混入率1%およびポリマー結合材比0.1とした。

コンクリートの練混ぜは、パン型強制練りミキサーで行い（水以外の材料を空練りした後に水を投入）、スランプ試験（実験B／目標値16cm）と空気量試験（実験B：Aの目標値7%）を行った後、φ75×150mm円柱供試体（実験A；φ50×100mm円柱供試体）を作製して標準養生を行った（添字：W）。供試体は、材齢28日で圧縮強度試験（実験B；NNW46N/mm²，BR37N/mm²）、耐薬品試験および凍結融解試験を行った。耐薬品試験は、供試体を塩酸2%水溶液および硫酸マグネシウム10%水溶液に浸漬させて質量の変化を測定した。凍結融解試験は、供試体をポリエチレン袋に水とともに入れ、±30℃に設定した恒温槽で凍結融解を繰り返した（3時間/サイクル）。また、供試体を液体窒素ガスと40℃の水で凍結融解を繰り返す（約12分/サイクル）簡易急速凍結融解試験も行い、超音波伝達速度から動弾性係数を算出した²⁾。1条件の試料数は、2～3個とした。なお、VFRPCM製永久型枠は、オムニミキサーで練り混ぜ、φ75×150mm円柱型枠とφ50mm発泡スチロール円柱を使って有底円筒形に成形し、翌日脱型して材齢1週間標準養生後、円筒内部にコンクリートを打ち込んで上面をPCMで覆い、これを4週間水中養生（添字：W）と乾燥養生（添字：D）し、耐薬品試験や凍結融解試験に供した。

表-1 コンクリートおよびモルタルの使用材料

実験	略号	名称	諸元
A・B	C	普通セメント	密度3.16g/cm ³ 、比表面積3260cm ² /g
A・B	F	フライアッシュⅡ種	密度2.33g/cm ³ 、比表面積3980cm ² /g
A・B	B	高炉スラグ微粉末	密度2.91g/cm ³ 、比表面積3870cm ² /g
A・B	G	脱硫石こう	密度2.29g/cm ³
A・B	H	水酸化カルシウム	試薬1級
A・B	B	高炉スラグ砂	表乾密度2.69g/cm ³ 、吸水率4.26%、粗粒率3.01
A	R	再生砂	表乾密度2.50g/cm ³ 、吸水率5.48%、粗粒率3.68
A・B	N	川砂	表乾密度2.63g/cm ³ 、吸水率2.34%、粗粒率2.80
B	S	標準砂	表乾密度2.65g/cm ³ 、吸水率0.42%、セメント強さ試験用
A	B	高炉スラグ粗骨材	表乾密度2.69g/cm ³ 、吸水率4.26%、粗粒率3.01
A	R	再生粗骨材A	表乾密度2.37g/cm ³ 、吸水率6.95%、現場打ちコン
B	R	再生粗骨材B	表乾密度2.42g/cm ³ 、吸水率6.85%、PC製品
A・B	N	碎石	表乾密度2.57g/cm ³ 、吸水率2.15%
A・B	A	フライアッシュ用AE剤	高アルキルカルボン酸系陰イオンと非イオンの複合体
B	P	ポリマー混和材	ステレンアクリル酸エステル系陰イオン、不揮発分50%
B	V	ビニロン繊維	16μm×750本、10mm長、引張強度1.6GPa、弾性係数36GPa

表-2 コンクリートおよびモルタルの示方配合

実験	略号	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)										
				W	C	P	F	B	G	細骨材	粗骨材	A	H	V
A	NN(A)	55	50	327	—	—	—	—	863	844	—	—	—	—
	BB(A)	45	52	180	—	—	174	174	52	843	723	0	—	—
	RR(A)			—	—	—	—	—	—	784	686	(0.2)	4	—
B	NN	50	50	190	380	—	—	—	—	881	861	—	—	—
	BNA		48	180	360	—	—	—	—	816	863	0.2	—	—
	BR		52	190	—	—	184	184	55	873	725	—	—	—
	BRA	45	50	180	—	—	174	174	52	811	729	0.2	4	—
	VFRPCM		100	195	439	49	146	—	—	1318	—	—	—	27

注)略号は、細骨材・粗骨材・AE剤を示す(BRA:高炉スラグ砂・再生粗骨材・AE剤使用)。

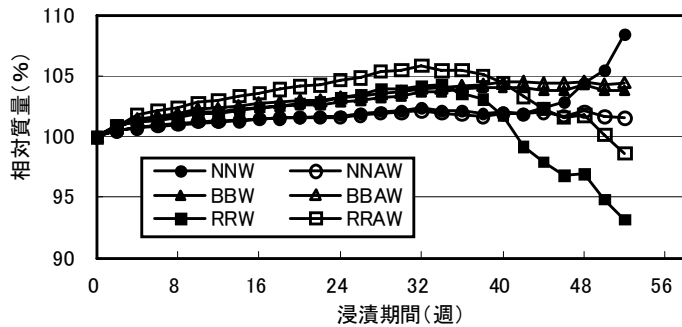


図-1 耐硫酸塩性(実験A)

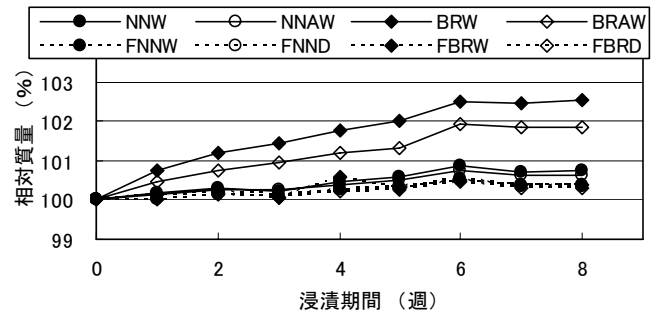


図-2 耐硫酸塩性(実験B)

3. 結果と考察

図-1 は、実験 A の耐硫酸塩性に関する試験結果である。いずれのコンクリートも硫酸塩によって質量が増加するが、スラグ細粗骨材使用の廃棄資源コンクリート (BB) は、普通コンクリート (NN) や再生細粗骨材使用の廃棄資源コンクリート (RR) に比べ、質量変化が小さく、耐硫酸塩性に優れることがわかる。また、AE 剤の使用で質量変化がやや抑制される傾向も確認できる。

図-2 および図-3 は、永久型枠を用いた廃棄資源コンクリートの耐硫酸塩性と耐酸性に関する試験結果である。いずれのコンクリートも硫酸塩によって質量が増加し、酸によって質量が減少するが、BFRPCM 製永久型枠 (添字 ; F) の使用によりその変化率が小さくなっており、永久型枠による内部コンクリートの耐薬品性改善効果が確認できる。

図-4 および図-5 は、2 種の方法による耐凍害性に関する試験結果である。これらより、AE 剤を使用した普通コンクリートの耐凍害性が高いこと、廃棄資源コンクリートの耐凍害性が低いこと、永久型枠の使用で廃棄資源コンクリートの耐凍害性が改善されるもののその効果は小さいことなどが確認できる。なお、簡易急速凍結融解試験法は、液体窒素を使用する点に注意を要するが、短時間で耐凍害性を評価できる優れた試験法といえる。

4. むすび

本実験より、廃棄資源コンクリートは、耐凍害性に問題があり、使用骨材によっては耐薬品性にも問題のあること、これらの対策としては VFRPCM 製永久型枠の利用が有効となるが、その効果は余り大きくないことなどが確認できた。なお、廃棄資源コンクリートの耐久性については、補強材として利用する竹材も含めて、今後も検討を続ける予定である。

なお、本報は科研費 (20510087) の助成を受けたものであり、実験では徳島大学、四国電力、新日鐵高炉セメント、太平工業、広鋳技建、セイア、宮崎基礎建設ならびに本校卒業生の松田知久君、坂本栄智君、田中康太朗君、牛尾円香さんに協力をいただいた。関係各位に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 堀井・栗飯原・橋本・多田, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.481~486, 2007.
- 2) 橋本・橋本・渡辺・上田, コンクリート工学年次論文報告集, vol.27, No.1, pp.757~762, 2005.

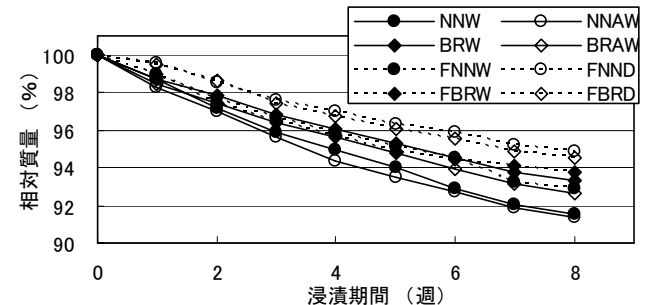


図-3 耐酸性(実験B)

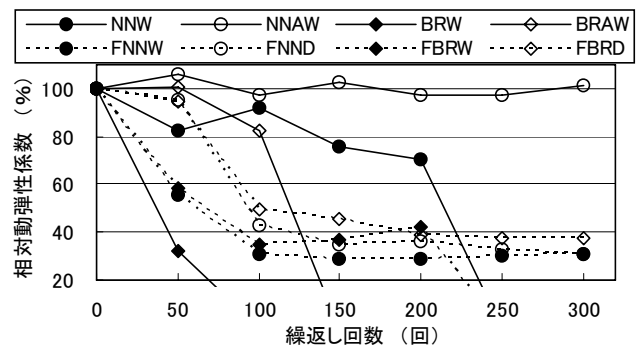


図-4 耐凍害性(実験B; 恒温槽)

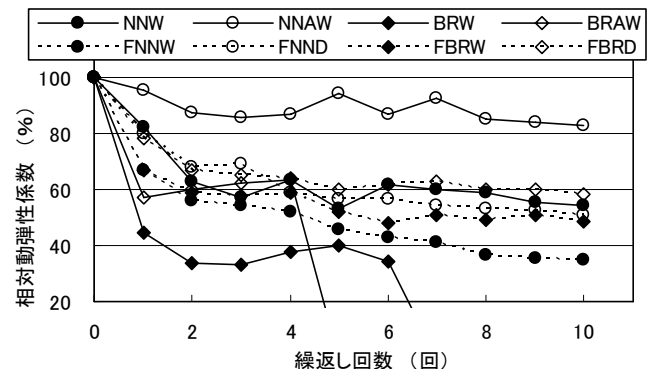


図-5 耐凍害性(実験B; 液体窒素)