

V - 9

再生細骨材を混合した即時脱型コンクリート製品の特性

北里大学畜産土木工学科 正会員 ○細川吉晴
前田製管株式会社 正会員 前田直己
同上 早坂武昌

【目的】今日、コンクリート業界における問題として、良質のコンクリート用骨材の不足や工場製品の製造の際に発生する廃棄コンクリート塊の処理などがあげられる。この問題の解決策の一つとして、廃棄コンクリート塊からの再生骨材を二次製品に再利用することが考えられる。そこで本実験では、再生細骨材を混合した即時脱型コンクリートの諸特性を把握し、その許容される混合率について検討した。

【方法】(1). 使用材料：セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.16）、細骨材は山砂と川砂を1：9の質量割合で混合したもの（以下NSと略）と再生細骨材（以下RSと略）、粗骨材は15～5mmの碎石、混和剤は高性能AE減水剤を使用した。細骨材は、NS単味、RS混合率25%、50%、75%および100%（RS単味）の5種類とした。これらの物理的性質を表1に示した。

(2). 配合と試験項目：コンクリートの配合は表2に示すとおりで、蒸気養生の設計強度、 $f'_{c,14}$ は30.0MPaとし、マチュリティに影響されない標準養生も行なった。実験は2回行ない、その1回目はプレス機へのフレッシュコンクリートの投入量を見た目に頼った実験であり、2回目は投入量を一定とした実験である。圧縮・曲げ強度試験はJISに準拠し、凍結融解試験は供試体の切り口にエポキシ樹脂を塗り、そこからの水の浸入を防止した。また、1回目がASTM-C666-B法（気中凍結・水中融解方式）、2回目が土木学会基準のJSCE-1986法（水中凍結・水中融解方式）により、試験は材令14日から開始し、30サイクルごとに質量とEdを測定し300サイクルまで実施した。なお、蒸気養生工程は、前置き工程を経て20℃/hの温度勾配で65℃まで高め、この温度を約2時間保持したのち蒸気を止めた。また、硬化コンクリートの全空気量と気泡間隔係数を測定した。

【結果】(1). 圧縮・曲げ強度：図1のように1回目、2回目ともに蒸気養生の強度はすべての配合において材令14日で30.0MPaを上回った。しかし、2回目と比較し、1回目の結果にバラツキが出たが、これはプレス機にフレッシュコンクリートを詰める量を人間の感覚に頼ったためである。標準養生の強度は蒸気養生を上回り発現順位も蒸気養生と同様であった。また、養生方法にかかわらず、2回目の実験で再生細骨材の混合率が100%のコンクリートで、細骨材率が大きいほど強度も大きくなったのは、単位セメント量の影響である。曲げ強度に関しても同様のことが言え、2回目の結果は、圧縮強度と同じ順位で強度が発現した。この結果と図2から即時脱型コンクリートでは、その単位体積質量が強度に大きな影響を及ぼすと言える。また、2回目の安全率を15%とすれば、目標強度は34.5MPaとなり、これを上回る再生細骨材の混合率は50～25%であった。今後、細かな混合率の検討を要するとしても、本実験からは25%程度が妥当と思われる。

(2). 凍結融解に対する耐久性：表3に1回目の凍結融解試験結果を示した（2回目は試験中）。300サイクル終了後の相対動弾性係数は99%以上であり、十分な耐久性を示した。これは、硬化コンクリート中の全空気量が9.5～13.9%、気泡間隔係数が44～57μmであったためと考えられる。いずれの供試体も成形面にスケールリング（剝離）は認められなかった。

(3). まとめ：即時脱型コンクリートの強度には、単位体積質量が大きく影響を及ぼしており、単位セメント量の効果は小さかった。このため、再生細骨材の混合率を25%程度にとどめておくのが適当である。また、いずれの供試体も耐凍性は高く、その外観上の問題もなかった。このように、過去のリサイクルに関する諸実験の成果も含めて、廃棄コンクリート製品からの再生骨材は、一般コンクリートよりもW/Cが小さく、単位セメント量の多いという特徴をもつコンクリート製品へのリサイクルに高い可能性を示唆した。

【謝辞】本実験の遂行に際し、前田製管本社工場 佐藤・阿曾・進藤氏をはじめ工場の皆様、ならびに北里大学の専攻生 江橋 宗君らのご協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

表1 骨材の物理的性質

実験	骨材の種類	比重	吸水率	粗粒率	単位容 積質量	実績率	すりへ り試験	洗い 試験	安定性 試験	
		(%)			(kg/l)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1 回 目	細骨材	山砂	2.56	2.17	1.73	1.58	63.1	—	1.32	1.4
		川砂	2.56	2.08	3.00	1.57	62.6	—	1.26	3.5
	再生細骨材	2.12	13.97	4.18	1.44	77.4	—	3.53	10.4	
	粗骨材	碎石 (15~5mm)	2.62	1.99	6.36	1.50	58.4	5.9	0.30	3.8
		山砂	2.55	2.14	1.75	1.57	61.6	—	1.29	1.4
2 回 目	細骨材	川砂	2.57	2.19	2.99	1.57	62.4	—	1.35	3.3
		再生細骨材	2.12	14.00	4.18	1.44	77.4	—	3.53	10.2
	粗骨材	碎石 (15~5mm)	2.62	2.12	6.36	1.51	58.7	6.5	0.27	3.6
		山砂	2.55	2.14	1.75	1.57	61.6	—	1.29	1.4

表2 コンクリートの配合*

実験	配合	再生細骨材 混合率 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							高性能AE材料 (cc/m ³)
				Ⅱ	C	S			G		
						山砂	川砂	再生細骨材			
1 回 目	I	0	53.0	100	385	300	692	0	904	770	
	II	25	55.0	100	385	230	538	212	858	770	
	III	50	57.0	100	385	170	398	471	820	770	
	IV	75	59.0	100	385	83	193	638	782	770	
	V	100	61.0	100	385	0	0	914	744	770	
	VI	100	57.0	100	385	0	0	880	820	770	
2 回 目	0	0	53.0	100	385	395	695	0	897	0	
	I	0	53.0	100	385	395	695	0	897	770	
	II	25	54.0	102	390	225	528	207	873	780	
	III	50	55.0	103	396	152	357	421	851	792	
	IV	75	56.0	105	402	77	181	639	828	804	
	V	100	57.0	106	408	0	0	864	806	815	
	VI	100	55.0	103	396	0	0	841	851	792	
	VII	100	59.0	109	419	0	0	886	761	838	
	0	0	53.0	100	385	395	695	0	897	770	
	I	0	53.0	100	385	395	695	0	897	770	

* 水セメント比は各配合とも26.0%。** 高性能AE減水剤はセメント量の0.2%。

*** プレス機には、投入する容積が一定 (19.4ℓ) となるように計算した質量を投入した。

表3 凍結融解
試験結果

凍結融解 試験結果	凍結融解 試験結果	凍結融解 試験結果	凍結融解 試験結果
99.7	-1.13	9.52	57
100.3	-1.26	13.91	44
100.2	-0.86	13.23	48
101.2	-0.97	12.06	49
100.2	-1.15	11.91	51
100.6	-1.07	13.06	48

* (-) は増加を示す。

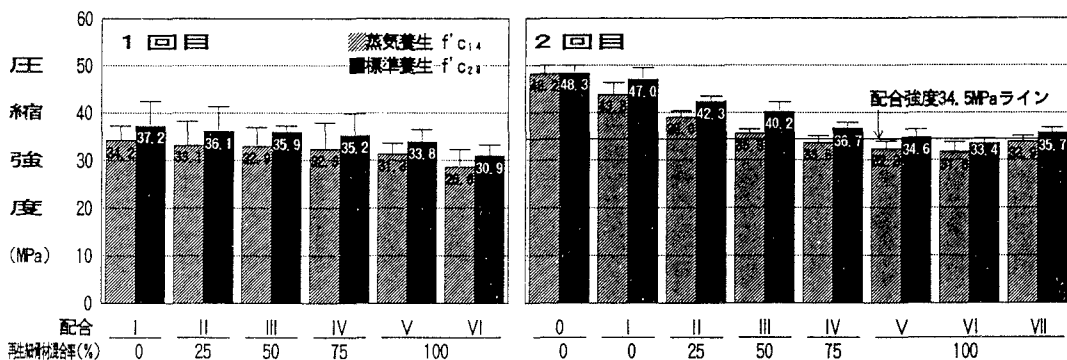


図1 配合・養生別圧縮強度

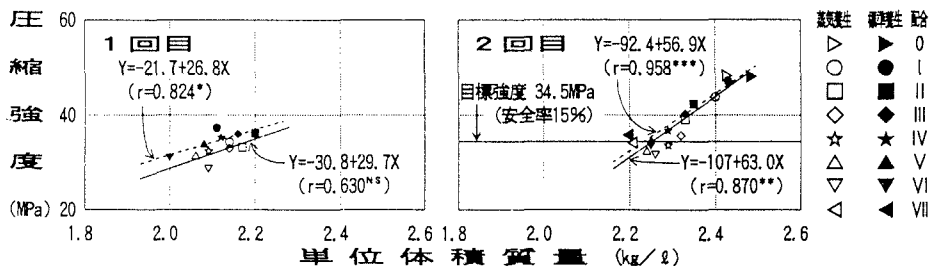


図2 単位体積質量と圧縮強度の関係