

コンクリート廃材のコンクリート用骨材への利用に関する一考察

九州東海大学 工学部 新川裕司

九州東海大学 工学部 坂田康徳

1. はじめに 近年、特に大都市周辺を中心に、各種の産業廃棄物が大量に排出され、その処理方法が大きな社会問題となっている。中でもコンクリート構造物の老朽化や機能低下あるいは都市の再開発等に伴って取り壊され、排出されるコンクリート廃材の量は膨大であり、その処置対策が急務となっている。本研究はコンクリート廃材の再利用について検討するものあり、ここでは、廃材処理の現況と対策を述べると共にそのコンクリート用骨材としての若干の実験的検討を試みてみたので報告する。

2. 廃材処理の現況と対策 コンクリートは、一般に骨材とセメント水和物から成り立っているため、成分的には弱アルカリ性であるが自然に返してもほとんど無害と考えられる。しかしながら、野放の投棄は自然破壊に繋り、また埋め立てに使用する場合でも大塊の状態や鉄筋を噛んだ状態では、その後の土地利用に色々と支障を来す結果となる。またコンクリート以外の不純物が多く含まれる状態では再利用するにも難しさがあるので、これを適当な大きさに破碎し、出来る限り不純物を取り除いて再利用しやすい状態にするのが望ましい。市場では既に鉄筋混じりのコンクリート廃材を破碎し、骨材状にして市販する企業も少数出現しているが、工場視察の結果では未だ少数、小規模で、またその産出物にはアスファルトや木片等の不純物が混入しているため、そのままではこれをコンクリート用骨材として再利用するのは不適等と考えられる。目下の利用としては、埋め戻し用土砂や敷砂利代わりあるいは路盤材料等として搬出されている程度である。故に廃材処理が円滑に進行するためには、より多くの廃材利用法の開発が望まれる。特にコンクリート用骨材としての再利用を可能にするためには、次の様な条件を整える必要があると考えられる。

- 1) 破碎物中には不純物や有害物は混入していない
 - 2) 破碎物はコンクリート用骨材として粒度が整っている
 - 3) 破碎物中には微粉含量が少ない
 - 4) 破碎物はその品質別におおよそ仕分けられている
 - 5) 破碎物にはアルカリ骨材反応を起こす骨材は含まれない
- これらの大部分は破碎工場設備の充実や人為的努力によって全て解決可能と考えられるか、特に5)は廃材を処理工場に受け入れる際に若干の予備調査が必要である。

3. 実験概要 今回の実験では、上述の5項目を全て満たすものとして、予め実験室内で練り上げて固めた強度の明らかなコンクリートを破碎機で碎き、これを骨材とするコンクリートおよびモルタル供試体を作成した。そして一般的な骨材使用のコンクリートおよびモルタルとその強度を比較検討した。骨材作成に使用したコンクリートは、市場における一般的なコンクリートの種類や配合を想定して、水セメント比 $W/C=45, 55, 65\%$ とし、また粗骨材は川砂利、碎石、人工軽量骨材等を使用して作成した。また配合未知の任意コンクリートも加えて合計7種類とした。各コンクリートは標準供試体($\phi 15 \times 30\text{cm}$)による標準養生材令28日後の強度を測定し、その後約2ヶ月間気中養生した後破碎した。破碎した骨材は5mmと20mmフルイでふるい分け、5mm以下はモルタルに、また5~20mmはコンクリートに使用した。なお任意コンクリートからは直径 ϕ

表-1 再生骨材用コンクリートの配合条件および特性値

種類	記号	W/C	f_c'	SL	使用骨材
普通干ルタル	A	55	394	(189)	川砂
普通コンクリート	B ₁	45	433	5	砂利
普通コンクリート	B ₂	55	384	5	川砂利
普通コンクリート	B ₃	65	305	5	川砂利
A/Eコンクリート	C	55	351	5	陸石
軽量コンクリート	D	55	401	6	ALG
任意コンクリート	E	—	457	—	—

W/C: 水セメント比(%), f_c' : 圧縮強度(kg/cm^2),
SL: スランプ(cm), ALG: 人工軽量骨材, () はフロー値

表-2 強度試験用コンクリートの配合条件

コンクリート			モルタル		
W/C	50	60	W/C	50	60
W	200	200	—	—	—
s/a	40.4	42.8	S/C	2.2*	2.2
SL	12+4	11+3	FL	173+16	226+12

W/C: 水セメント比(%), W: 単位水量(kg/m^3)

s/a: 細骨材率(%), S/C: 砂セメント比

SL: スランプ(cm), FL: フロー値(mm)

*: 軽量コンクリートでは1.8とした

=10cmのコアを3本抜き取り、 $\phi 10 \times 20$ cmに成形してその平均圧縮強度を求めた。破砕材使用モルタルおよびコンクリートの配合は原則的に全骨材共に配合条件および単位水量一定の普通モルタルおよびコンクリートとし、 $W/C=50\%$ と 60% の2ケースで練り上げた。供試体はコンクリートでは標準供試体を、またモルタルでは $4 \times 4 \times 16$ cm供試体を使用して各3本ずつ作成し、標準養生材令28日後の強度を測定した。なおモルタルはセメントの強度試験法に従って供試体を作成し、曲げおよび圧縮強度を求めた。表-1は破砕骨材製造用コンクリートの配合条件および特性値を、また表-2は強度測定に使用したコンクリートおよびモルタルの配合条件を示している。

4. 実験結果および考察 コンクリートを破砕機で破砕する場合、5 mm以下の細粒部分が相当量（約40%程度）出るため、その活用方法を検討する目的でモルタルによる強度試験を実施した。今回の破砕実験で得られた骨材では、2.5~5mmの部分が非常に多かったため、この部分を約半分にカットして使用したが、図-1はそのモルタル用細骨材の粒度分布を示している。

表-2は川砂使用の基準モルタルに対する、破砕細骨材使用モルタルの曲げおよび圧縮強度試験結果を示している。基準モルタルに比べて、破砕細骨材使用の場合の曲げ強度比は、 $W/C=60\%$ では $0.9 \sim 1.17$ 、また圧縮強度比も $0.92 \sim 1.25$ の範囲にあり、それらの大部分は1.0以上の値を示していることから、若干の実験値のばらつきも考えられるが、強度的には川砂に比べてあまり損色無いものと考えられる。また $W/C=50\%$ では曲げ強度比は $0.95 \sim 1.16$ 、また圧縮強度比は $0.82 \sim 1.03$ の範囲にあるが、この場合圧縮強度比が1.0以下の値が多く、強度的に若干の損色が見られる。

表-3は砕石と川砂を使用した基準コンクリートに対する破砕粗骨材と川砂使用の場合の圧縮強度を示している。この場合基準コンクリートが砕石使用の普通コンクリートのため、 $W/C=50\%$ 、 60% 共に圧縮強度がかなり大きくなっており、そのため、圧縮強度比が $W/C=60\%$ で $0.79 \sim 0.95$ 、 $W/C=50\%$ で $0.84 \sim 0.91$ と小さくなっている。しかしながらその強度は $W/C=50\%$ で $446 \sim 485 \text{ kg/cm}^2$ 、 $W/C=60\%$ で $351 \sim 425 \text{ kg/cm}^2$ の範囲にあり、極端に小さな値ではない。本来、一般的な骨材使用のコンクリート強度は、骨材強度かセメントペースト強度の数倍強いいため、骨材強度はコンクリート強度にあまり影響しないとされている。しかしながら破砕骨材にはセメントペーストやモルタル部分が相当含まれているため、それらの強度と新コンクリートのセメントペースト強度との関係から、新コンクリートが低強度の場合には、高強度の場合より強度損失量が少なくなるものと考えた。しかしながら今回の結果では、 $W/C=50\%$ と 60% の場合の間で顕著な差は見られなかった。その原因は、破砕時に受けた衝撃により、破砕骨材中のセメントペーストやモルタルの組織が一部破壊された状態で骨材に付着しているためと考えられる。

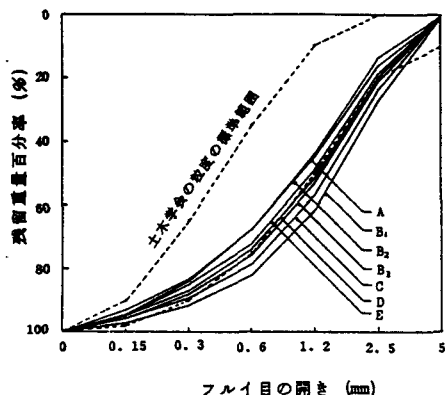


図-1 モルタル作成に使用した川砂および破砕細骨材の粒度曲線

表-3 川砂および破砕細骨材を使用したモルタルの曲げおよび圧縮強度

種類	$W/C=50\%$				$W/C=60\%$			
	f_c'	n_c	f_b	n_b	f_c'	n_c	f_b	n_b
基準モルタル	493	1.00	73.3	1.00	355	1.00	65.3	1.00
A骨材使用	477	0.97	69.7	0.95	409	1.15	65.5	1.00
B ₁ 骨材使用	506	1.03	71.7	0.98	444	1.25	70.0	1.07
B ₂ 骨材使用	504	1.02	80.0	1.09	413	1.16	75.0	1.15
B ₃ 骨材使用	429	0.87	76.0	1.04	350	0.99	73.7	1.13
C骨材使用	406	0.82	85.2	1.16	398	1.12	74.4	1.14
D骨材使用	444	0.90	70.4	0.96	327	0.92	58.5	0.90
E骨材使用	428	0.87	76.6	1.05	363	1.02	76.4	1.17

f_c' : 圧縮強度 (kg/cm^2), f_b : 曲げ強度 (kg/cm^2), n_c : 圧縮強度比, n_b : 圧縮強度比

表-4 砕石および破砕粗骨材を使用したコンクリートの圧縮強度

種類	$W/C=50\%$		$W/C=60\%$	
	f_c'	n_c	f_c'	n_c
基準コンクリート	533	1.00	447	1.00
A骨材使用	453	0.85	421	0.94
B ₁ 骨材使用	455	0.85	425	0.95
B ₂ 骨材使用	485	0.91	407	0.91
B ₃ 骨材使用	466	0.87	351	0.79
C骨材使用	476	0.98	397	0.89
D骨材使用	446	0.84	423	0.95
E骨材使用	475	0.89	397	0.89

f_c' : 圧縮強度 (kg/cm^2), n_c : 圧縮強度比