

廃コンクリート電柱からの骨材再生に関する研究

REUSE OF AGGREGATE FROM WASTE CONCRETE POLE

杉本正昭* ・山田 優** ・寺西慶治***

By Masaaki SUGIMOTO, Masaru YAMADA,

Keiji TERANISI

1. はじめに

建設副産物として発生する廃コンクリートは膨大な発生量となっており、今後ますます増大する傾向がある。

この廃コンクリートは化学的には土壌に近い性質で有害物質を含まないため再生クラッシャーランとして利用されるようになってきた。

しかし、再資源化の方向としてより高度なものへの利用が望まれており、これら廃コンクリートから骨材を再生し、これでコンクリートを製造すれば環境保全や省資源に役立ち、現在志向されている循環代謝型社会の構築に寄与することができる。

関西電力では廃コンクリート電柱が年間に25,000 t 発生しており、再資源化できていない廃棄物の中では最も発生量が多い。コンクリート電柱の製造に際しては、遠心力で締め固めるため、鉄筋の隙間から容易に骨材が分散するように6号砕石を用い、テンションをかけて750 kgf/cm²の圧縮強度を確保している。現在、この廃コンクリート電柱は破碎して鉄筋を除去したのち、埋立て処分されている。

鉄筋を分離したコンクリート片はセメントの水和物を多く含有しているので骨材として使用するには①比重が小さい、②吸水率が高い、③すりへり減量も大きいなどの問題があり、骨材からセメント分を機械的に分離する必要がある。筆者らは平成3年度から粗骨材の回収を主目的に研究を実施してきた。以下、再生骨材の製造方法と物理的性質、これを使用したコンクリート供試体による強度試験の結果について述べる。

2. 再生骨材製造試験

(1) 破碎機の選定

廃電柱から発生したコンクリート片からセメント分を分離するための前処理用として、骨材自身の破碎が少なく、骨材粒径付近の13~5mm まで破碎が可能なインペラーブレーカーを選定した。この破碎機は回転するローターの周囲に打撃板がついており、上部から投入された原料を打撃し、更に衝撃板への衝突や原料同士との衝突により破碎する機械である。

* 関西電力㈱ 総合技術研究所 環境技術研究センター

** 大阪市立大学 工学部土木工学科 教授

*** 近畿コンクリート工業 開発部 課長

セメント分の除去には破碎形態の異なる次の3種類の破碎機を用いた。

① ポラウダー

固定した磨砕板とあごのように動く磨砕板の間に原料を常に充満させ原料同士をもみ合わせ、すりつぶし運動により軟石や土たんを除去するための破碎機である。

② スーパーラウンダー

ローターの中心部に供給した原料を遠心力により円周にある傾斜側板に衝突させ、さらに原料相互を衝突させるコンクリート用骨材の粒径調整用の破碎機である。

③ ウルトラスンドコーン

回転シュートにより原石貯留室で均一に攪拌しながら破碎室に一定量ずつ送り込んで破碎するもので、原料が破碎室で真密度に近い状態まで圧縮される。砕砂生産用に開発された破碎機である。

試験結果は表-1に示すように、粗骨材はポラウダーの産物が表乾比重、絶乾比重で最も大きく、吸水率、すりへり減量では最も小さい値を示した。また、細骨材においてもすりへり減量が最も少なく、洗い試験の結果から細粒分が最も多く、セメント分が剥離したと考えられ、3機種内ではポラウダーが最適機種と判断した。

表-1 破碎機種選定試験結果

	ポラウダー	スーパーラウンダー	ウルトラサンドコーン	JIS A5005
表乾比重	2.554	2.553	2.511	
絶乾比重	2.483	2.482	2.415	2.5以下
吸水率 (%)	2.828	2.874	3.983	3.0以下
すりへり減量 (%)	15.5	16.8	18.9	40以下

(2) 運転条件の決定

最適機種であるポラウダーの運転条件を変えてセメント分が最もよく除去できる条件を検討した。

ポラウダーの下部にあるコンベア速度を変化させることによる機内滞留時間の調節、前処理時の一次破碎粒度および、破碎機通過回数の増加による骨材性状への効果(表-2)などを検討した。

表-2 破碎機通過回数変化試験結果

	処理1回	処理2回	処理3回	JIS A5005
表乾比重	2.554	2.553	2.511	
絶乾比重	2.483	2.482	2.415	2.5以下
吸水率 (%)	2.828	2.874	3.983	3.0以下
すりへり減量 (%)	15.5	16.8	18.9	40以下
洗い試験	0.59	0.43	0.31	7.0以下

また、破碎機通過後の粒度構成は図-1に示す通りであった。

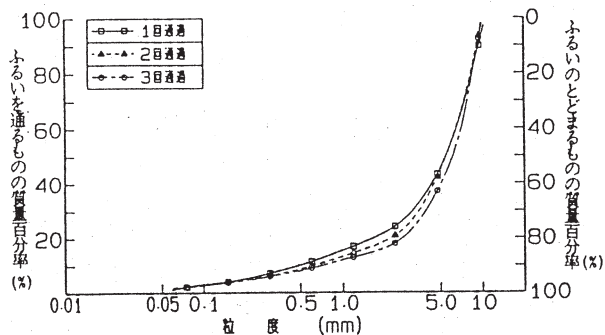


図-1 破碎機通過数変化試験後の粒度構成

再生骨材性状は破碎機に投入する原料の含水率によって変化することがわかったので、飽和付近まで含水率を上げて試験を実施した。

以上の結果から、J I Sの骨材基準付近まで処理でき、経済的にも優れたポラウダー1回通過による再生骨材製造工程を図-2に示す。

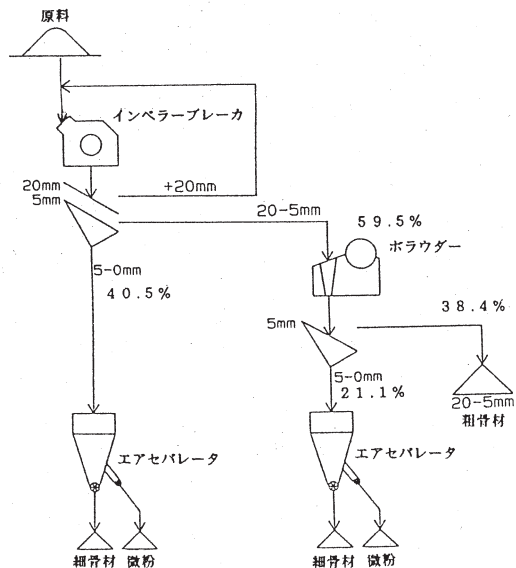


図-2 再生骨材製造工程

コンクリート電柱を製造する場合のセメント混合比は粗骨材37.0%、細骨材34.4%、セメント分28.6%であり、物質収支は図-2に示す通りで骨材をほぼ回収できている。

3. コンクリート製造試験

(1) 使用材料

実験に使用したセメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材はポラウダー1回通過(以下処理1回という)と、処理3回後の15~5mm 粒径のものおよび、茨木産砕石(硬質砂岩、道路用砕石6号、13~5mmのもの、以下新

粗骨材という)の3種類を使用した。

細骨材としては処理を行わず粗骨材の処理1回後および処理3回後に分級採取した5~0.15mmの細骨材と、茨木産砕砂(硬質砂岩、以下新細骨材という)の3種類。

高性能減水剤としてβ-ナフタリンスルホン酸塩ホルマリン縮合物を使用した。

a. 粗骨材の性状

使用した粗骨材の物理試験結果を、表4に示す。

表-4 粗骨材の物理性状

種別	項目	絶乾比重	吸水率 (%)	単位容積重量 (kg/m³)	粒形判定実積率 (%)	洗い試験 (%)	安定性 (%)	すりへり減量 (%)	アルカリ骨材反応	
									化学法	モルタルバー法
処理1回		2.43	3.35	1.47	59.3	0.34	8.6	19.0	A	A
処理3回		2.52	2.52	1.51	55.3	0.48	3.9	13.0	A	A
新骨材		2.67	0.86	1.52	56.3	0.75	8.3	12.3	A	A
J I S規格値		2.5以上	3.0以下	—	55.0以上	1.0以下	12.0以下	40.0以下	A:無害 B:有害	

処理1回の粗骨材は絶乾比重2.43となった。処理3回行なうことにより絶乾比重2.52とほぼ満足するものとなっている。

吸水率は処理1回の粗骨材は3.35%であるが、処理3回では2.52%とJ I S規格を満足するものとなっている。

単位容積重量は、処理1回の場合1.47kg/lとなり、これに対して処理3回のは1.51kg/lであり、新骨材とほとんど差がない。

粒形判定実積率の試験は、コンクリート砕石2005(20~10mmを60%、10~5mmを40%混合)に準じて行なったため処理1回では粒度の大小が混合しているため59.3%となった。処理3回では55.3%、新骨材では56.3%であった。これは処理3回及び新骨材は13mm以上の粒径のものがなく、単一粒度によって試験を行なったような結果となった。表には示していないが実積率では処理1回の場合60.5%、処理3回の場合59.9%とほとんど変わらない。

洗い試験で失われる量は新骨材の0.75%に対して再生骨材では処理1回0.34%、処理3回では0.48%で約1/2となり、J I S規格値をいずれも満足するものである。

安定性は処理1回の場合8.6%で新骨材とはほぼ同程度の値であった。それに比べ処理3回のは3.9%と向上しており、J I S規格値をいずれも満足するものである。

すりへり減量は再生骨材処理1回の場合19.0%、処理3回のは13.0%でありいずれもJ I S規格を満足するものである。新骨材の12.3%と比較しても処理3回のは遜色がない結果であった。

アルカリ骨材反応化学法ではいずれの骨材も無害であった。また、モルタルバー法による試験は現在実施中で

3ヵ月時点では無害である。

b. 細骨材の性状

細骨材の物理的性質をまとめて表5に示す。

再生細骨材の絶乾比重及び吸水率は、J I S規格から大きく外れる結果となった。これは、再生骨材製造が粗骨材を目的としており、粗骨材に付着した比重の小さい、吸水率の大きいモルタル分が再生細骨材となったためと思われる。

表-5 細骨材の物理性状

項目	絶乾比重	吸水率 (%)	粒形判定実積率 (%)	洗い試験 (%)	安定性 (%)	塩化物 Nacl (%)	有機不純物 (%)	アルカリ骨材反応	
								化学法	モルタル*パー法
処理1回	2.27	5.99	56.0	4.2	7.6	0.001	濃い	A	A
処理3回	2.33	5.75	55.3	4.6	5.6	0.002	濃い	A	A
新骨材	2.59	1.80	54.8	6.8	6.4	0.000	濃い	A	A
J I S規格値	2.5	3.0	53.0	3.0	10	0.04	顕色以上	A:無害	B:有害

*アルカリ骨材反応モルタルパー法は現在試験中、これは3ヵ月の結果である。

洗い試験で失われる量はJ I S規格では石粉で7.0%以下、それ以外のものであれば3%以下であるのに対し再生細骨材は平均4.4%であった。

粒形判定実積率、安定性、塩化物、有機不純物、アルカリ骨材反応についてはJ I S規格値を充分満足するものである。

骨材のふるい分け試験の結果を表-6、粒度分布を図-3に示す。

表-6 骨材のふるい分け試験の結果

種別	粗骨材			細骨材			
	処理1回	処理3回	新骨材	処理1回	処理3回(1)	処理3回(2)	新骨材
ふるいの開き目(mm)	各ふるいにとどまる量の百分率の累計						
15	(0)	(0)	(0)	-	-	-	-
13	(18)	(1)	(1)	-	-	-	-
10	25	10	23	0	0	0	0
5	99	99	96	1	7	0	0
2.5	100	100	99	25	45	41	6
1.2	100	100	100	49	46	61	38
0.6	100	100	100	73	80	78	66
0.3	100	100	100	89	90	89	84
0.15	100	100	100	96	94	94	96
受け皿	(100)	(100)	(100)	(4)	(6)	(6)	(4)
粗粒率	6.24	6.09	6.18	3.33	3.80	3.63	2.90

*処理3回(1)は5mm以下を含んだもの、処理3回(2)は5mm以下を取り除いたものだもの。

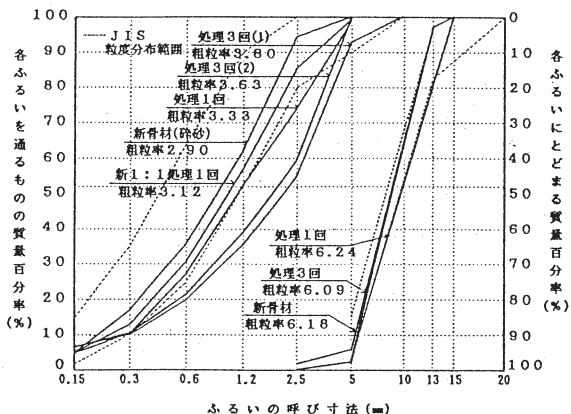


図-3 骨材粒度分布

再生粗骨材処理1回の粒度は、J I S規格道路碎石の6号(13~5mm)の粒度分布範囲より13mmが3%はずれ、粗粒率は6.24となった。処理3回のもは粒度範囲に入っており、粗粒率は6.09とやや小さいものの新骨材に近い分布をしており、再生粗骨材は粒度的には問題は無いものとする。

再生細骨材処理1回のもは、J I Sの標準粒度分布範囲より一部ずれ、粗粒率は3.33とやや大きい。処理3回のもはふるい分け試験結果5mm以上の混入率が7%あり粗粒率も3.80と大きい。5mm以上を取り除いた粗粒率は3.63と若干小さくなったが、標準粒度分布範囲を大きく外れるものとなった。これは再生細骨材が副産物として発生したものであり、コンクリート用細骨材として使用するには処理を行なう必要があると思われる。

(2)コンクリートの配合条件

コンクリートの配合条件は水・セメント比を35%、50%、65%の3水準、スランプは8±2.5cm、空気量2.0±1%とした。

これら骨材と水・セメント比の組合せを、表-7に示す。

表-7 使用骨材と水・セメント比の組合せ

骨材の種類	細骨材			粗骨材	単位量(%)
	再生骨材(処理1回)	新細骨材	再生骨材(処理3回)		
再生骨材(処理1回)	100	50	0	100	3
新細骨材	0	50	100	100	3
再生骨材(処理3回)	0	0	100	100	1
新骨材	0	0	0	100	1
水・セメント比	35	50	65	65	3

全組合せ水準 骨材 5×水・セメント比 3=15水準

使用骨材は計量前に含水量を測定し、その結果から水量補正を行なった。また、コンクリートの練り混ぜには50ℓ強制練りミキサーを用いた。

表-7に示した使用骨材と水・セメント比の組み合わせ(15水準)について試し練りによって求めた示方配合を表-8に示す。

表-8 コンクリートの示方配合

配合No.	処理回数	再生骨材率(%)	新骨材率(%)	水(W)	セメント(C)	スランプ(mm)	空気量(%)	骨材率	単位量(kg/m³)				
									水	セメント	再生骨材	新骨材	
1	100	0	0	50	170	486	787	—	823	—	—	—	4.37(0.9)
2	1	50	100	45	180	514	334	379	879	—	—	—	5.65(1.1)
3	1	0	100	43	185	528	—	713	899	—	—	—	5.81(1.2)
4	1	100	0	55	195	390	873	—	747	—	—	—	3.12(0.8)
5	1	50	100	50	205	410	387	426	809	—	—	—	4.10(1.0)
6	1	0	100	48	210	420	—	806	831	—	—	—	4.20(1.0)
7	1	100	0	60	185	285	1015	—	708	—	—	—	1.71(0.6)
8	1	50	100	55	210	323	441	485	754	—	—	—	2.58(0.8)
9	1	0	100	53	220	338	—	914	771	—	—	—	2.70(0.6)
10	1	100	0	35	54	176	503	857	765	—	—	—	5.03(1.2)
11	3	100	100	50	59	197	394	955	696	—	—	—	4.73(1.2)
12	3	100	100	65	65	197	303	1099	620	—	—	—	3.64(1.2)
13	新	0	0	35	43	185	529	—	713	—	—	—	9.49(5.35)(1.2)
14	骨	0	0	50	48	210	420	—	805	—	—	—	8.77(4.20)(1.0)
15	材	100	100	65	53	225	346	—	903	—	—	—	8.06(2.77)(0.8)

細骨材率に用いた処理3回の再生粗骨材は5mm以上をカットして用いた。

細骨材率は新材を用い、それぞれの水・セメント比ごとに試し練りから適正細骨材率を決定し、これの混合粗粒率と混合粒度分布を求めた。再生材を用いたコンクリートの細骨材率は、新骨材の混合粗粒率及び混合粒度分布に近くなるよう決定した。

建設系コンクリート廃材より再生された骨材は吸水率が大きく、使用に先立ってプレウェッチングすることが原則となっている。しかし、このような操作をした場合でも骨材粒径が悪い場合一般にワーカビリティが悪くなりがちで、普通コンクリートに比べて同一スランプを得るのに単位水量が多くなる傾向が見られる。¹⁾

しかし、本実験で同一スランプを得るには新骨材より再生骨材を用いたコンクリートの方が、単位水量および高性能減水剤が少ない傾向を示した。これは廃コンクリート電柱が建設系廃材と異なり遠心力で締固められ、骨材の吸水率が建設系廃材の半分程度であったことや、骨材の粒径が新骨材（碎石）よりも丸みがあったことによるものと思われる。

ただし、処理3回の再生骨材を用いたものは単位水量は減少したが、混和剤量が若干増加した。この原因は処理3回のは冬季の試験となり、フレッシュコンクリート温度が13℃で他の試験時の28~30℃と比べて低く、高性能減水剤の減水効果が低下したためと考えられる²⁾。

示方配合を用いて練混ぜを行なった結果を表-9に示す。

表-9 練り混ぜ試験結果

配合No.	再生細骨材混入率(%)	粗骨材の種類	水・セメント比(%)	スランプ(cm)	空気量(%)	生コンクリートの温度(℃)	室温(℃)
1	100	処理1回	35	6.5	3.0	29.0	30
2	50	100(%)		9.0	2.0	29.0	30
3	0			7.0	2.0	29.0	30
4	100	処理1回	50	8.0	3.0	30.0	31
5	50	100(%)		9.5	2.0	28.0	29
6	0			10.0	2.0	30.0	31
7	100	処理1回	65	6.5	3.0	29.0	30
8	50	100(%)		7.5	2.0	29.0	30
9	0			6.5	2.0	29.0	30
10	処理3回	処理3回	35	7.5	2.5	13.0	18
11	100	100(%)	50	8.0	2.0	13.0	18
12			65	7.0	2.5	13.0	18
13	新骨材	新骨材	35	10.0	2.0	28.0	29
14	100	100(%)	50	9.0	2.0	28.0	29
15			65	7.5	2.0	28.0	29

フレッシュコンクリートのスランプは目標値8±2.5cmの範囲内にあり、空気量も目標値 2±1%の範囲内となった。

処理1回の粗骨材と細骨材を全量使用した場合および、処理3回の場合で水・セメント比65%のコンクリートは、良好なワーカビリティが得られず若干材料分離の傾向を示した。

(3) コンクリートの強度試験

コンクリートの圧縮強度試験と静弾性係数試験および曲げ強度試験に用いたコンクリートは試験材令28日とした。曲げ強度試験及び、長さ変化試験は水・セメント比

35%のコンクリートについて行なった。

骨材の組合せごとにセメント・水比と圧縮強度との関係及び、静弾性係数と圧縮強度との関係を求めた。

その結果を、表-10に示す。

表-10 圧縮強度及び、静弾性係数試験結果

(標準養生 材令28日)

配合No.	水・セメント比(%)	処理回数(回)	再生細骨材率(%)	粗骨材率(%)	圧縮強度(kgf/cm ²)	静弾性係数×10 ⁴ (kgf/cm ²)
1	35	1	100	100	546	32.7
2			50		652	33.5
3			0		709	34.7
10		3	100	100	*737(684)	36.5
13		新骨材	100	100	726	36.4
4		50	1	100	100	476
5	50			497		31.0
6	0			529		31.4
11	3		100	100	*552(499)	32.2
14	新骨材		100	100	523	32.5
7	65		1	100	100	283
8		50		406		26.9
9		0		374		26.0
12		3	100	100	*403(350)	27.2
13		新骨材	100	100	359	27.2

* () 内数値は冬季の試験結果から夏季強度を推定した値。

それぞれの水・セメント比において最も圧縮強度の高い値を示したものは、処理3回の骨材を使用したものとなった。ただし水・セメント比65%の処理1回再生細骨材混入率50%のものでは、ほぼ同強度となった。

処理3回のもの圧縮強度が高い値を示した原因は、材令初期養生温度（打込みから20±1℃の水中養生を行なうまで）が4~46℃の範囲では養生温度が低い程、材令28日の圧縮強度は高い強度を示すと言われている。²⁾

以上のことから処理3回の場合と同時期に、水・セメント比35%の他の配合について、曲げ試験用供試体作成時に作成した標準供試体（初期養生温度13℃）の圧縮強度と、夏季（初期養生温度28~30℃）に行なった試験結果の比較を表-11に示す。

表-11 初期養生温度変化による圧縮強度の変化

配合No.	再生細骨材の混入率(%)	粗骨材	圧縮強度(kgf/cm ²)			
			初期養生温度28-30℃	初期養生温度13℃	強度差	強度差平均
1	100	処理	546	605	59	53
2	50	1回	652	710	58	
3	0	100	709	752	43	
13	新100	新100	726	776	50	

初期養生温度の影響を補正した圧縮強度で比較すると、水・セメント比65%の低強度領域と水・セメント比50%の中強度領域では新骨材、処理3回、処理1回の順に強度が低下した。また、処理1回の中では再生細骨材が多いほど強度が低下した。

水・セメント比35%の高強度領域では処理1回で細骨材が新材の方が処理3回（粗骨材・細骨材ともに再生材が100%）よりも強度が高く、再生細骨材の影響がうかがえる。

以上の結果、全量再生細骨材（処理1回）を用いたものが全領域において強度が最も低くなり、再生細骨材を

用いない場合は新骨材を使用したコンクリートの強度に近くなっていることから、再生粗骨材の使用は高強度領域（圧縮強度 700kgf/cm²）を除く一般工場製品用に使用できるものと思われる。

本研究では1939年 T. Lyse がセメント・水比(C/W) と圧縮強度が直線関係にあると提唱する次式に従い

$$F_c = A + B(C/W)$$

F_c : 標準養生、材令28日の圧縮強度 (kgf/cm²)

$A + B$: 実験によって定まる数

(C/W) : セメント・水比

試験結果をプロットしたところ、ほぼ直線関係が得られた。

圧縮強度とセメント・水比(C/W) の関係（処理3回は修正圧縮強度）を図-4に示す。また同関係式を表-12に示す。

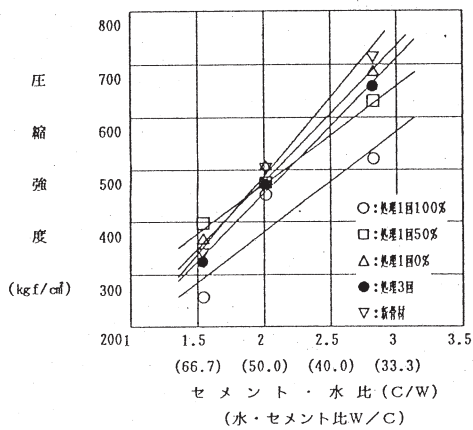


図-4 圧縮強度とセメント・水比の関係

表-12 圧縮強度とセメント・水比の関係式

再生細骨材混入率 (%)	式	相関係数
100	$F_c = 44 + 183 C/W$	0.901
50	$F_c = 122 + 185 C/W$	0.999
0	$F_c = 4 + 248 C/W$	0.994
処理3回100	$F_c = -18 + 248 C/W$	0.994
新骨材 100	$F_c = -46 + 272 C/W$	0.994

$F_c =$ 標準養生の材令28日の圧縮強度

静弾性係数と圧縮強度の関係はほぼ直線関係にあり、圧縮強度が高いと静弾性係数も高い値を示すことが明らかとなった。

水・セメント比35%のコンクリートについて曲げ試験を行なった。

曲げ強度は処理3回のものが82.4kgf/cm²と最も高い強度となり、次に強度の高かったのは粗骨材、細骨材共に新材 100%を使ったもので80.3kgf/cm²であった。

処理1回の粗骨材の組み合わせでは再生細骨材の混入率が増加するに従って小さくなり、新細骨材のみで75.7

kgf/cm²、再生材50%で75.7kgf/cm²、再生細骨材のみの場合には最も低く71.7kgf/cm²となった。

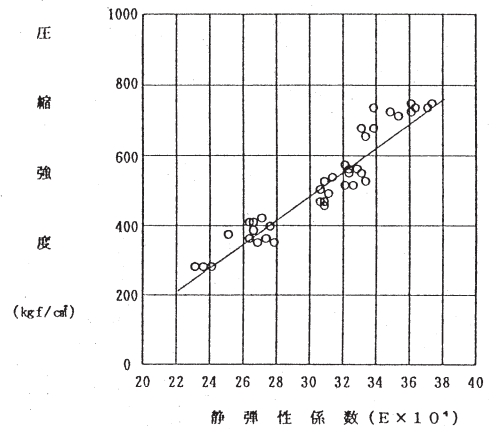


図-5 圧縮強度と静弾性係数の関係

曲げ強度と圧縮強度の関係は、圧縮強度が100 ~ 600 kgf/cm²の間では曲げ強度は1/5 ~ 1/8程度であるといわれており、圧縮強度が高くなっても曲げ強度はあまり上昇しないようである。³⁾

今回の試験結果では圧縮強度が高いため、曲げ強度は圧縮強度の約1/8 ~ 1/10となった。

(4) コンクリートの耐久性試験

長さ変化は、単位セメント量及び単位水量が多いほど大きくなる傾向があり、単位水量の影響が著しい。^{4) 5)}

長さ変化及び凍結融解試験は現在実施中であり、表-14に長さ変化に用いたコンクリートの単位水量及び単位セメント量を示す。また長さ変化の推移図を図-6に供試体の重量変化を図-7に示す。

表-14 単位水量及び単位セメント量

配合 No.	水・セメント比 (%)	再生細骨材の混入率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位セメント量 (kg/m ³)
1	35	100	170	486
2		50	180	514
3		0	185	528
10		処理3回100	176	503
13		新100	185	529

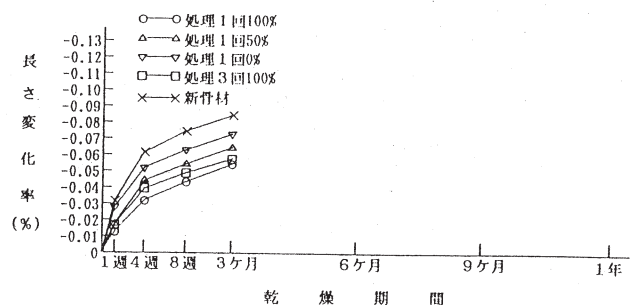


図-6 長さ変化

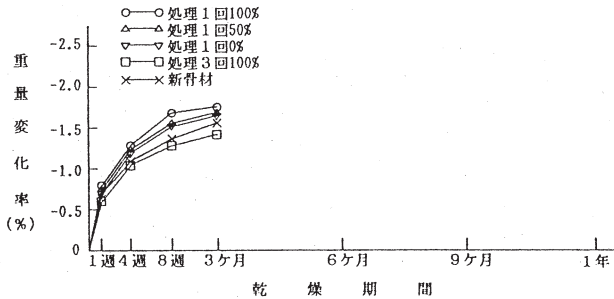


図-7 長さ変化供試体の重量変化

4. まとめ

(1)骨材性状

原コンクリートの性状に比べ、再生骨材性状はばらつきが大きい。この原因は破砕機に投入する原コンクリートの含水率に影響されることが試験を繰り返すうちに明確になってきた。含水率が高いと発生する微粉分が少なく、剥離して微粉化したモルタル分が骨材に付着するためと考えられる。

本研究では再生骨材の含水率を飽和程度まで上昇させて、性状が悪化する方向でばらつきを小さくした。これは本研究が実用化を目指すもので、乾燥工程を設けず野積みそのまま処理することを想定したためである。

再生粗骨材の性状は処理1回ではJISの基準に近づき、処理3回で基準を満足する。処理1回と3回の吸水率や粗粒率から見て、粗骨材に付着していたモルタルが相当取れたものと思われる。

(2)コンクリート性状

水・セメント比65%で粗骨材も細骨材も再生材（処理1回、処理3回）100%の場合は粗粒で単位セメント量が少ないため、細骨材率を大きくしてもワーカビリチーが悪く骨材の分離が若干見受けられた。

強度面から見れば特に問題はないが、再生細骨材は改善の余地がある。

再生粗骨材はコンクリートに用いた場合、耐久性の指標となる長さ変化、凍結融解等の試験結果を待つ必要があるものの、強度的には問題は無いと考えられる。

- 1) コンクリート工学誌(1978.7) (財) 建築業協会
建設廃棄物処理再利用委員会 p18~p30
- 2) コンクリート技術の要点(1992) (社) 日本コン
クリート工学協会 p48~p51
- 3) コンクリート技術の要点(1992) (社) 日本コン
クリート工学協会 p52
- 4) コンクリート技術の要点(1992) (社) 日本コン
クリート工学協会 p56~p57
- 5) コンクリート工学ハンドブック(1968) 岡田清
六車熙 p338、p365~p370