

## 再生骨材Mコンクリートのモルタル量が影響する長期材齢特性の経過報告

セメントペースト，力学的性質，モルタル量，長期材齢

須藤剛\*1，田村雅紀\*2，守屋健一\*3

### 1. はじめに

平成20年度の品目別建設廃棄物排出量の中でコンクリート塊は全体の5割をしめているが、その大部分は再生砕石としてリサイクルされ、路盤材や裏込め材などの道路用骨材に利用されている。図2に平成20年度品目別建設廃棄物の排出量を示す。現在ではコンクリート再生路盤材の需要にも道路整備の伸びが鈍化し始めたことで、一部地域においてはコンクリート塊が余剰となる問題も発生するに至り、現在懸念されている最終処分場の不足に拍車をかける可能性がある。写真1は路盤材用骨材の存置状況と再生骨材の原骨材である。このような背景から今後、コンクリート廃材量が減少しない中、路盤材の需要が今まで以上に伸びるとは考えにくいいため、コンクリート塊はコンクリートへ再利用することで資源の有効利用及び、廃棄物の削減により環境保全を図る必然性が生じてきたことから、再生コンクリートの利用促進を図るべくJIS規格化が行われた。再生骨材は廃コンクリートを破碎・分級して製造しますが、製造過程で骨材に付着しているモルタルをどの程度取り除くかによって再生骨材の品質（密度、吸水率）が異なり、H、M、Lにクラス分けられている。再生骨材の品質は表3に示す。

本研究では、再生骨材Mの実験を行う。研究概要図は図1に示し、研究内容は表1に示す。既に再生骨材Hと砕石を使用したコンクリートについて、材齢1年まで圧縮強度試験における供試体の乾湿の影響について実験を行った。その際に、材齢91日に比べ材齢1年で圧縮強度が若干低くなる傾向が認められたため、圧縮強度が低くなった要因を明らかにすることを目的とし、今回は材齢3年でモルタル付着率の多い再生骨材Mを追加しモルタル付着量による長期材齢特性の研究を行っていく。

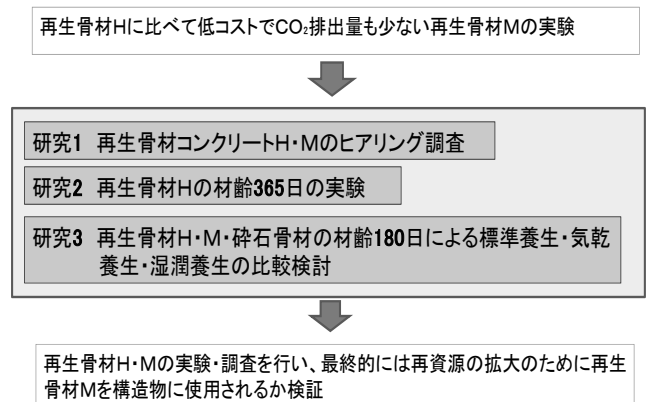


図1 研究概要図

表1 研究内容

研究名	研究の種類	内容
研究1	ヒアリング調査	M株式会社にて再生骨材H・Mの現状を調査
研究2	材齢365日の実験	再生骨材H・砕石骨材の材齢365日による圧縮強度試験・引張強度試験
研究3	材齢180日の実験	再生骨材H・M・砕石骨材の材齢180日による圧縮強度試験・引張強度試験・透水性試験

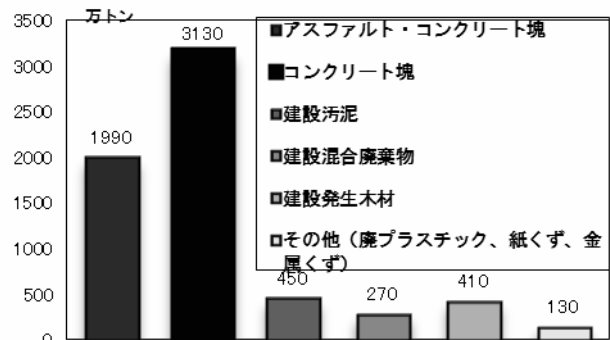


図2 平成20年度品目別建設廃棄物の排出量

表2 ヒアリング調査結果 研究1(1)

ヒアリング調査結果(1)	
項目	内容
調査日時	平成23年9月30日
調査場所	東京都町田市小野路町
調査目的	今後必要とされていく再生骨材の実態調査を行い、再生骨材の現状知り、今後どのような目的をもって推進していくかを知るため
結果分析	現状：再生骨材Mを扱う会社が少なく再生骨材Mが少ない 今後：再生骨材Mの使用範囲拡大（構造物へ使用）のため、実験・調査を行い、実績を増やすことが重要
再生骨材のJIS規格	2005年には再生骨材の製造において高度な処理を施し、普通骨材と同等な品質基準とした再生骨材HのJIS規格化が、2006年には主として簡易コンクリートとしての再生コンクリートLのJIS化が、さらに、2007年には高度処理までには至らないまでも、構造物コンクリートに用い得る再生コンクリートMのJIS規格化が行われた。

\*1 工学院大学建築系学科・学部生 \*2 工学院大学建築学部・准教授 \*3 株式会社フローリック

## 2. 研究概要

### 2.1 再生骨材の実態調査 (研究1)

今回研究で使用する再生骨材 H・再生骨材 M について 9月30日にヒアリング調査を行った。再生骨材の採取について不純物が混じっているのはならない。地下・基礎地盤・土木工事から採取する。構造物の上部空間 (生活空間) は不純物が混じっているため採取できない。再生骨材の現状は、再生骨材自体を製造している工場が少ないため、再生骨材そのものが少ないというのが現状である。また再生骨材の品質 (吸水率) の幅が広いため、実際に再生骨材 M を使用・販売されている会社は再生骨材 H に近い品質 (吸水率) で使用・販売されていた。表 2 にヒアリング調査結果を示す。

再生粗骨材は中品質の再生骨材 M とし、その製造は原コンクリートを加熱すり揉み法による処理をしている。再生骨材 H、再生骨材 M とともに品質は密度、吸水率ともに JIS A 5021 (高品質再生骨材 H)、JIS A 5022 (中品質再生骨材 M) に適合しているものを使用されている。

### 2.2 再生骨材 H コンクリートの材齢 365 日実験 (研究2)

#### 2.2.1 使用材料

使用した骨材は、粗骨材は前述の再生骨材 H と、比較用に青梅産硬質砂岩砕石を使用し、細骨材は君津産山砂と上里産陸砂を容積比 7:3 で混合したものを使用。

#### 2.2.2 コンクリート計画調査

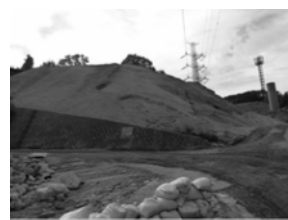
コンクリートの種類は砕石コンクリート (CS) と再生骨材コンクリート (RH) とし、水セメント比は材齢 28 日目の目標強度をレディーミクストコンクリート規格の呼び強度 39,30,21 として 50,65,75% の 3 水準を設け、目標スランプ  $18.0 \pm 1.0 \text{cm}$ 、目標空気量  $4.5 \pm 0.5\%$  とし作製した。

#### 2.2.3 材齢 365 日の力学特性

材齢 365 日の圧縮強度の試験結果を図 3 に示す。再生骨材を用いたコンクリートに関して、調合に関しては、一般的な砕石骨材を用いた場合よりも粗骨材量が増加し、単位水量を低減する事ができる。しかし材齢 365 日の長期材齢では、再生骨材 H の強度が低下した。これにより

再生骨材 M を用いたコンクリートを構造用コンクリートに用いる際、付着モルタル量とモルタル塊によるモルタル総量分が影響したのではないかと考えられる。特にコンクリートの調合によっては、付着モルタルとモルタル塊自身とその周境界面の含水状態がセメント硬化体や結晶表面水の機械的結合力や応力伝達性に影響をもたらし、強度低下する現象やセメント硬化体の相対湿度に依存して表面張力が低下する事で強度が低下する現象などで今回このようなことが起こり得たと考えられる。

そのため、当刻モルタル量をパラメータとして変化させた上で、コンクリートの含水程度を変えた場合の基礎物性に与える影響を研究 3 で検討する。



a) 再生骨材存知状況      b) 再生骨材原骨材  
写真 1 再生骨材の存知状況と原骨材

表 3 研究1 ヒアリング調査 (再生骨材の種類)

ヒアリング調査結果 (2)					
再生骨材		品質		適用部位	特徴
		絶乾密度	吸水率		
H JIS A 5021	粗骨材	2.5 以上	3.0% 以下	制限なし	普通骨材と同等の取扱ができ適用範囲は広いが、製造エネルギー消費が大きく、コストが嵩む中、価格も多少安価。H より安い。適用部位は限定されるが、製造手間の関係で使用量の多い部位でも可能。
	細骨材	2.5 以上	3.5% 以下		
M JIS A 5022	粗骨材	2.3 以上	5.0% 以下	杭・基礎	製造時の副産物は少なく製造コストも最も安い。品質の面から構造体には使用できない
	細骨材	2.3 以上	7.5% 以下		
L JIS A 5023	粗骨材	—	7.0% 以下	無筋構造物・捨コン	
	細骨材	—	13.0% 以下		

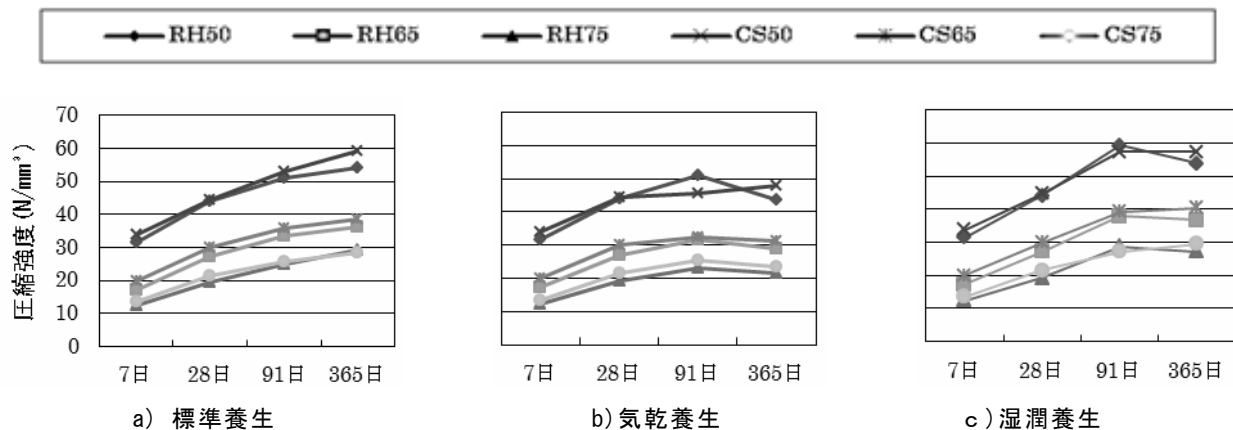


図 3 圧縮強度・材齢 (標準・気乾・湿潤養生)

表4 使用材料

種類	最大寸法 (mm)	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率
碎石骨材	20	2.67	2.68	59.9	6.60
再生骨材H	20	2.59	2.62	62.5	6.60
再生骨材M	20	2.58	2.64	61.6	6.53
細骨材	5	2.58	2.62	—	2.58

表5 試験内容

試験項目	準拠規格	供試体寸法 (cm)	7日	28日	91日		180日			
			水中	水中	水中	乾	湿	水中	乾	湿
圧縮強度試験	JIS A 1108	φ10×20	○	○	○	○	○	○	○	○
引張強度試験	JIS A 1113	φ10×15	—	—	○	○	○	○	○	○
透水性試験	—	EPMA	—	—	○	○	○	—	—	—

表6 実験の要因と水準

要因	水準
水セメント比	50%一定
供試体成型	縦打ち
単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	W170一定
コンクリート温度	21°C
粗骨材洗浄	有
混和剤量	G×0~1.0%



a) 附着ペースト骨材 b) モルタル塊  
写真2 再生骨材 M

## 2.3 再生骨材Mの材齢180日実験 (研究3)

### 2.3.1 使用材料

使用材料は表4に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを3社混合で使用した。細骨材は君津産の陸砂と児玉産の山砂を使用した。粗骨材は再生骨材Hと再生骨材Mと青梅産硬質砂岩碎石を使用した。

### 2.3.2 試験方法

表5に試験方法を、表6に実験水準を表す。気乾とは28日標準養生後91・180・365・546・1092日まで室温20°C湿度60%の気中養生後気乾状態で試験したものであり、湿潤は28日標準養生後91・180・365・546・1092日まで室温20°C湿度60%の気中養生後48時間水中浸漬を行い湿潤状態で試験したものである。

試験は圧縮強度、引張強度、静弾性係数ならびに非破壊試験として動弾性係数試験を行う。試験方法については、再生骨材Hコンクリートでの実験時に行った同じ方法で行う。

コンクリートは温度20°C、湿度60%R.H.に調整した恒温室で容量100Lの強制2軸ミキサを用いて練り混ぜを行う。練り上がり後、フレッシュコンクリート試験としてスランプ、空気量、練上がり温度を測定し、供試体作製を行う。

### 2.3.3 試験結果

コンクリート調査、フレッシュ試験は表8示す。スランプ試験はJIS A 1101を参照し、空気量の圧力による試験はJIS A 1128を参照した。現在までの試験は骨材試験、フレッシュ試験、モルタル塊量試験、圧縮試験の一部が行われた。

モルタル塊量試験はJASS 5N T-20Xを参照した。この試験結果は図4に示す。この試験方法は、構造物の解体などにより発生したコンクリート塊を対象に、破碎、磨砕、加熱、分級等の処理を行い製造した再生骨材中のモルタル塊量の試験に適用する。モルタル塊の概念はモルタルが0%の物が原骨材であり、モルタルが0%以上~50%未満が付着ペースト骨材である。モルタルが50%以上~100%未満、100%がモルタル塊となる。

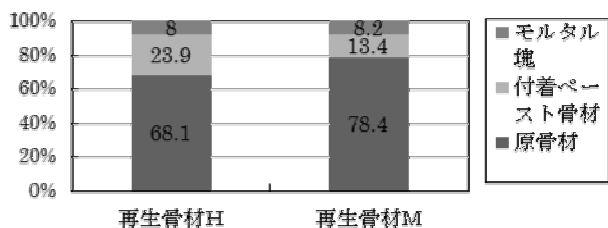
モルタル付着率試験もJASS 5N T-20Xを参照した。この試験は構造物の解体などにより発生したコンクリート塊を対象に、破碎、磨砕、加熱、分級等の処理を行い製造した再生骨材中の付着ペースト量を計測する。結果を表7に示す。再生骨材H、再生骨材Mともに一番モルタル分が付着している粒度は~5mmであり次に多いのは5mm~10mmである。粒度で分けた場合、細かい骨材になればなるほど付着モルタルが多くなる。

表8 コンクリート調合・フレッシュ試験

No.	骨材	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )
				W	C	FA	S1	S2	G			
1	再生骨材H	50.0	43.2	170	340	—	385	381	1006	18.0	4.9	2290
2	再生骨材H+FA	50.0	41.3	170	340	51	356	352	1006	18.0	4.6	2292
3	再生骨材M	50.0	42.4	170	340	—	377	373	1030	17.5	5.0	2295
4	青梅碎石	50.0	43.2	170	340	—	385	381	1029	16.5	4.5	2312

表7 粒度別モルタル付着率試験結果

試料	~5mm	5mm~10mm	10mm~15mm	15mm~20mm
再生骨材M	2.7%	1.8%	1.0%	1.2%
再生骨材H	3.1%	2.5%	1.5%	1.2%



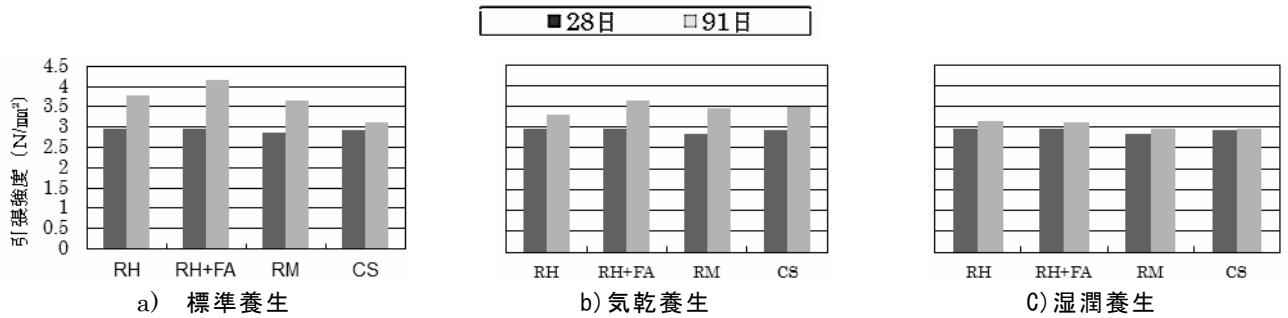


図5 再生骨材材齢91日 引張強度

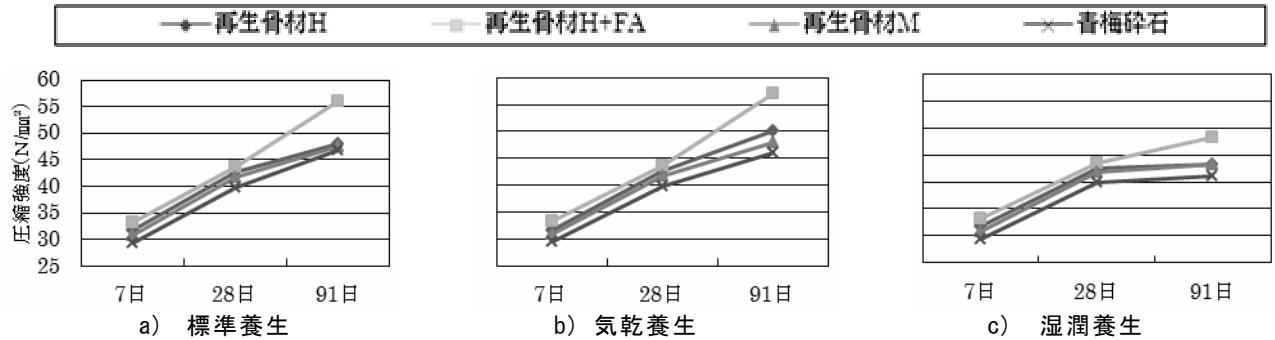


図6 再生骨材材齢91日 圧縮強度

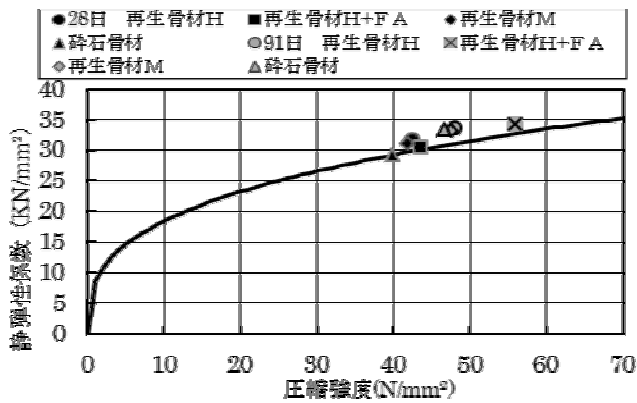


図7 圧縮強度と静弾性係数の関係

引張強度試験は JIS A 1113 を参照した。試験結果は図 6 に示す。ここでは再生骨材 H を (RH)、再生骨材 H+FA を (RH+FA)、再生骨材 M を (RM)、砕石骨材を (CS) と示す。試験は 28 日・91 日までの結果が出ている。標準養生、気乾養生は 28 日から 91 日になるに至って伸びているが、湿潤養生は伸びが鈍化し始めた。

圧縮強度試験 JIS A 1108 を参照した。試験は 7 日・28 日・91 日までの結果が出ている。28 日から 91 日にかけては、標準養生、気乾養生、湿潤養生ともに再生骨材 H、再生骨材 M、砕石骨材は強度が伸び悩んでいる一方で、再生骨材 H+FA は強度が伸びていることが分かる。この反応により、セメントにフライアッシュ混合させてことにより、ポズラン反応が長期間継続するため、セメントだけの場合よりも長期強度が増進し、耐久性に富んだ構造物ができることが分かった。また湿潤養生は標準養生、気乾養生に比べ 28 日から 91 日にかけて強度が下がっていることから、湿潤養生はこれ以上強度が上がらないことが分かった。

図 7 に標準水中養生における材齢 28 日及び 91 日の圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。再生骨材コンクリート H、再生骨材コンクリート M において砕石コンクリートと同様

な傾向が見られた。図中では供試体密度  $\gamma$  は実測の平均値から  $2.4t/m^3$  とした。標準養生では実測静弾性係数が推定値よりよりも大きくなったものの、実測値と推定値が 1:1 と平行関係にあり、再生骨材コンクリート H、再生骨材コンクリート M、砕石コンクリート同様な関係にあった。

### 3. まとめ

- (1)再生骨材の現状は、再生骨材を製造している工場が少ないため、再生骨材そのものが少ない。
- (2)再生骨材 H 材齢 365 日の長期材齢での実験では、再生骨材 H の湿潤養生、気乾養生が 91 日を過ぎ、強度が下がってきた。
- (3)モルタル塊量試験、モルタル付着率の結果は材齢 156 週（3 年）の試験結果において、コンクリートへの影響へと繋がるかどうかの判別の資料となった。
- (4)圧縮強度試験ではフライアッシュを混合した試料は強度が伸び、湿潤養生は 28 日を過ぎ強度が下がった。
- (5)圧縮強度試験での標準養生では再生骨材 H、再生骨材 H+FA、再生骨材 M が砕石骨材に比べ多少下がり始めてきた。

### 謝辞

本研究は継続中であり、(株)フローリック、建築研究振興協会の嵩英雄元工学院大学教授との共同研究である。(株)武蔵野土木各位の方々には多くの協力を得た。

### 参考文献

- 1) 国土交通省 平成 20 年度建設副産物実態調査 2008 年度
- 2) 泥土リサイクル協会 建築副産物の現状 2008 年度
- 3) 千葉 貴樹：再生骨材コンクリート M における引張強度試験方法の違いによる各種影響
- 4) 守屋 健一：再生骨材 M ～中間報告 2010 年度
- 5) 日本コンクリート工学協会：再生骨材コンクリートの現状と将来展望
- 6) コンクリート廃材から骨材の再生 一廃棄物処理と粉砕技術— 花崎芳朗\*, 坂田博志\*\* 2008
- 7) 竹内博幸 五洋建設建築エンジニアリング部 再生コンクリート復及拡大への課題と将来性 2008 年 10 月
- 8) 例えば、日本建築学会大会概論集 pp.1093-1095,2010