

# 再生細骨材配合によるポーラスコンクリートの 性能評価に関する研究 \*

遠藤典男\*\* 小林勇人\*\*\* 中島星矢\*\*\* 松岡保正\*\*\*\*

## Mechanical Evaluation for porous Concrete Mixing to recycle Fine Aggregate

ENDO H Norio, KOBAYASHI Hayato, NAKASHIMA Seiya, MASTUOKA Yasumasa

Recently, increasing amount of waste, recycling society has been desired. Recycling fine aggregate are crashed in waste concrete, so involving a lot of various (small or micro) cracks. When mixing recycling fine aggregate in standard concrete, they make compressive strength deterioration.

The other hand, porous concrete (POC) are applied to low strength fields. For example, concrete coastal revetment in which plants and small animals are able to alive, permeable pavement, sound-proof wall on road, and so on. In this research, mixing recycling fine aggregate to POC, and evaluating mechanical properties for that POC.

**キーワード** : ポーラスコンクリート, 再生細骨材, L型フロー試験

### 1. はじめに

循環型社会システムの構築に対する社会的ニーズから廃棄物再利用の機運が高まっており、コンクリート廃棄物に対しても再利用への試みがなされている。コンクリート廃棄物を粗骨材として再利用する場合には、粉碎後要求される粒度に調整し(再生粗骨材)、コンクリートへ混合されることになるが、粉碎に際して粗骨材としては適用不可能な小粒系の破片も発生することになる。一般に再生骨材は粉碎時に大小の亀裂が生じ、吸水率が大きく、密度も小さくなる傾向にある。このような傾向は粒系が大きなものに比し小さなもののほうが顕著に現れるため、一般に再生細骨材をコンクリートに混入することは少ない。また再生細骨材は、廃棄コンクリートを粉碎するため、一般に適用される砕砂、碎石に比し品質バラツキが大きい。すなわち、コンクリート片を粉碎して得られる小粒系の粒子には、1)セメン

トペーストのみで構成される再生細骨材、2)セメントペースト中に原細骨材が混入している再生細骨材、3)原粗骨材が粉碎された細骨材(いわゆる砕砂)、4)砕砂とセメントペーストやモルタルが付着した再生細骨、等の混合物が得られることになる。

これらのうち再生細骨材としてセメントペーストが混入した1)、2)および4)に関しては、原コンクリートの配合や劣化の度合い、粉碎時に生じる大小の亀裂などの要因から、一般の構造用コンクリートに再生細骨材とし配合するには要求性能を十分満足できない。

一方ポーラスコンクリート(以下 POC と記す)は、一般的なコンクリートの配合に較べ極めて多量の粗骨材を配合し、僅かな高強度のセメントペーストで粗骨材同士を接着したものであり、多くの空隙を有するコンクリートである。この空隙の多さを利用し環境負荷低減や断熱・遮音等を目的とした、また透水性舗装など種々の分野への適用が期待される。反面コンクリートの強度に大きく寄与するセメントペーストの配合が少量なため、ポーラスコンクリートの適用は要求強度が小さいことが多い。このため、本研究ではこのような小粒系の骨材を再生細骨材として、要求される強度が比較的小さなポーラスコンクリートへの適用を試み、再生細骨材を配合するに

\* 本研究は平成15年度長野高専教育特別経費の助成を受けて行われた。

\*\* 環境都市工学科助教授

\*\*\* 平成15年度卒業生

\*\*\*\* 環境都市工学科教授

原稿受付 2004年5月20日

あたり，ポーラスコンクリートのレオロジー（フロー値，空隙率など）およびその圧縮強度について考察するものである。

## 2. 再生細骨材の物理性情

表1に再生細骨材を作成した原コンクリートの，表2に再生細骨材の物理諸量を示す。原コンクリートは学生実験で打設したものであり，材齢約200日，配合強度を260 kgf/cm<sup>2</sup>として配合設計し，7日強度が200 kgf/cm<sup>2</sup>であった。表1に示す現コンクリートを30mm程度の小片に粉砕（ハンマーによる）した後，クラッシャーで再粉砕し再生細骨材とした。今回使用した再生細骨材において，単位体積重量に関しては絶乾密度2.16[kgf/cm<sup>3</sup>]，表乾密度が2.35[kgf/cm<sup>3</sup>]であり，一般的な細骨材の表乾密度（約2.40[kgf/cm<sup>3</sup>])に比し小さめの値となった。また，吸水率に関しては一般的なもの（1~3%程度）に比し，8.62%と非常に大きな値を得た。これは，先に述べたように再生細骨材製造時の粉砕過程で生じた亀裂の影響であり，この亀裂に水分が入り込み，表乾密度が小さくなると同時に，吸水率は大きくなる。また，絶乾密度も亀裂の空隙により本来のコンクリートの単位体積重量（約2.3[kgf/cm<sup>3</sup>])に比し，小さな値となっている。一方，JISの規定では，コンクリート配合用砕砂の絶乾密度は2.5[kgf/cm<sup>3</sup>]以上，吸水率は3.5%以下と規定されているため，今回試作した再生細骨材をコンクリートへ配合することはできない。このため，再生骨材として適用できず，一般には埋め立て等の処分がなされる。

表1 原コンクリートの物理諸量

W/C	圧縮強度	単位体積重量
60 [%]	200 [kgf/cm <sup>2</sup> ]	2.38 [g/cm <sup>3</sup> ]

表2 再生細骨材の物理諸量

絶乾密度	表乾密度	吸水率	粗粒率
2.16 [kg/cm <sup>3</sup> ]	2.35 [kg/cm <sup>3</sup> ]	8.16 [%]	3.90

## 3. レオロジーおよび圧縮強度

### 3-1 配合について

表3にPOCの結合材として使用した4種類のモルタルの配合を示す。各配合とも水-セメント比を40%とし，セメントペーストに対する再生細骨材の配合割合を変化させた。なお，アルカリ抑制効果ならびに長期強度増大を図るため高炉スラグ微粉末をセメントと同重量配合した。また，図-1に示すフロー値-再生細骨材混入率を示しているが，参考として再生細骨材の配合割合が0%，100%でのフロー値を測定した。

表4にPOCの配合を示す。POCの配合においても，モルタルにおける細骨材配合率のみ変化させ，その他は同一の配合としている。なお，POCにおけるモルタルの配合率，すなわち粗骨材に対するモルタルの配合割合（P/G）を55%，空隙率（Va/V）を20%と仮定した。

なお，再生粗骨材の絶乾密度を2.4[kg/cm<sup>3</sup>]，高炉スラグ微粉末の密度を2.9[kg/cm<sup>3</sup>]とし，セメントは

表3 モルタルの配合

series	W/(結合材)	s/P <sup>*1</sup>	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )			
			W	C	SL <sup>*2</sup>	s
①	40 %	20 %	466	583	583	326
②	40 %	33 %	424	530	530	490
③	40 %	49 %	382	478	478	655
④	40 %	68 %	342	428	428	814

表4 POCの配合

series	W/(結合材)	s/P <sup>*1</sup> [wt]	P/G <sup>*3</sup> [wt]	Va/V <sup>*4</sup> [Vol]	単位量[kg/m <sup>3</sup> ]				
					W	C	SL <sup>*2</sup>	s	G <sup>*5</sup>
①	40 %	20%	55%	20%	150	188	188	105	1150
②	40 %	33%	55%	20%	135	170	170	156	1150
③	40 %	49%	55%	20%	121	151	151	207	1150
④	40 %	68%	55%	20%	109	136	136	259	1150

\*1 s/P : s(再生細骨材)とP(セメントペースト : C+SL+W)の重量百分率。

\*2 SL : 高炉スラグ微粉末。

\*4 Va/V : 空隙率(全体体積に占める空隙の割合)。

\*3 P/G : PとG(粗骨材)の重量百分率。

\*5 G : 粗骨材として再生粗骨材を配合。

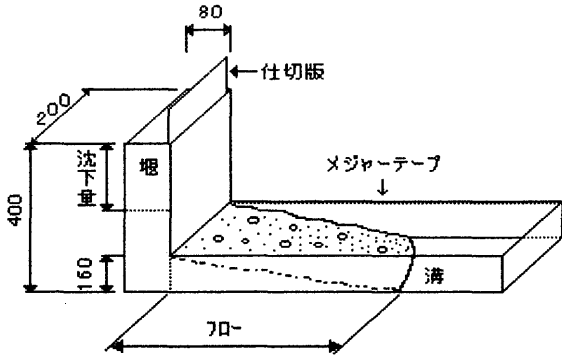


図1 L型フロー試験概要

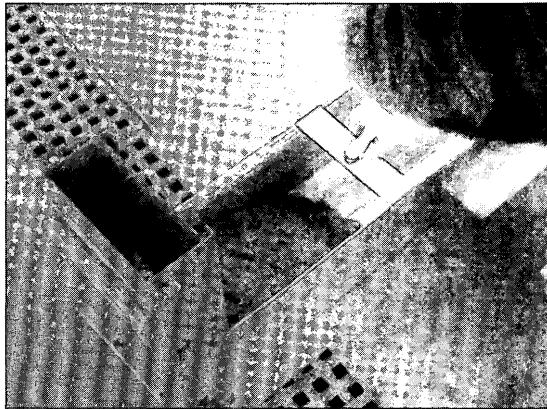


写真1 フロー値測定

密度が  $3.15[\text{kg}/\text{cm}^3]$  の普通ポルトランドセメントを使用した。

### 3-2 実験結果および考察

図-1にL型フロー試験の概要を、写真-1にフロー値の測定風景を示す。一般にコンクリートのワーカビリティを主としたフレッシュ性情評価にはスランブ試験より評価される。一方、流動性の高いコンクリートにおいてはスランブ値が大きくなり流動性に対する十分な評価ができない。また、一般的なPOCでは水-結合材比が小さく流動性も小さなセメントペースト若しくはモルタルを適用することになるが、本研究においては再生細骨材の配合割合による流動性評価を一極めて流動性が大きなものから小さなものまでを評価一する必要があるため、L型フロー試験を行った。図2に再生細骨材の配合率-空隙率の関係を、図3にフロー値-再生細骨材の配合率の関係を示す。POCのレオロジーを表す要因の一つとして空隙率が挙げられる。POCにおいて空隙率は連続空隙率と全空隙率の2つに大別される。図2において再生細骨材の配合率が低く、流動性が高いモルタルではPOCにおける粗骨材同士が接触する場所で、モルタルと粗骨材の接触がなされないため全空隙率、連続空隙率ともに40%程度と、表4において仮定した空隙率(20%)に比し大きな空隙

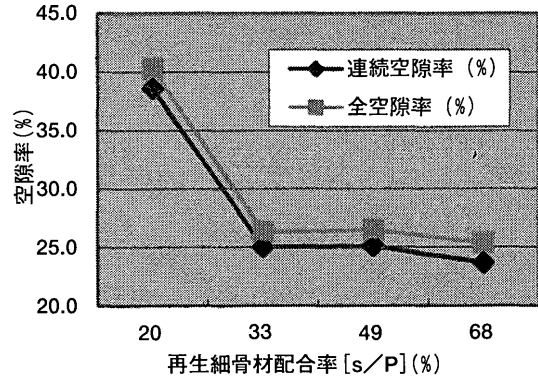


図2 再生細骨材配合率-空隙率の関係

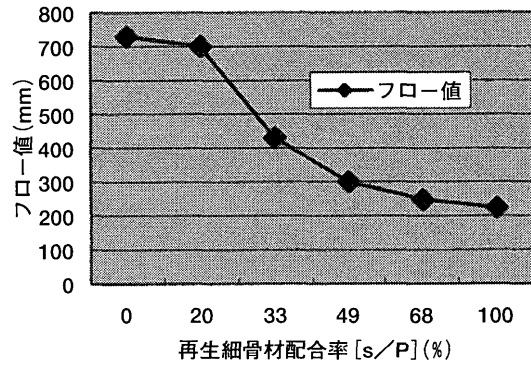


図3 フロー値-再生細骨材配合率の関係

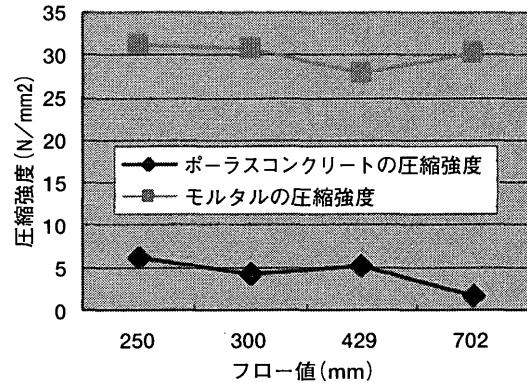


図4 フロー値-圧縮強度の関係

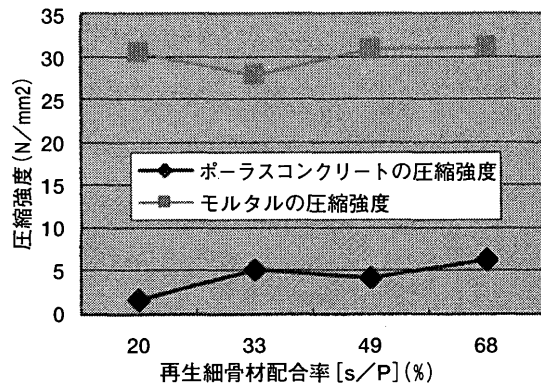


図5 細骨材混入率-圧縮強度の関係

となっている。また、再生細骨材配合率が 30% 越えて、流動性が低下すると両空隙率はフロー値、再生細骨材配合率の多少に関わらず、両空隙率は一定の値を示す。これはある程度流動性が拘束されることにより、粗骨材同士が接触する場所でモルタルが結合剤として機能し一定量の空隙量が確保されるためと考えられる。

図 3 において再生細骨材の配合割合が 20% 程度以下では、流動性が高いため粗骨材とモルタルの付着が不十分となり、型枠打ち込み時においてモルタルのダレが生じる。配合率が 20% から 80% へと増加するに伴いフロー値も漸減し、80% を超えたところでフロー値はほぼゼロとなった。

図 4 にフロー値－圧縮強度の関係を図 5 に再生細骨材配合率－圧縮強度の関係を示す。両図においてモルタルのみの圧縮強度と POC としての圧縮強度の双方を図示している。POC の圧縮強度は配合、すなわち P/G, Va/V に大きく依存するため、モルタルの圧縮強度と一概には比較できないが、図 4, 5 より、フロー値、再生細骨材配合率に依存すことなく、モルタルでは  $30[\text{N}/\text{mm}^2]$ ,  $5[\text{N}/\text{mm}^2]$  程度の値となった。ただし、再生細骨材配合率が 20% において POC の圧縮強度が著しく低い値 ( $1.7[\text{N}/\text{mm}^2]$ ) となっているが、これは流動性が大きく POC 打設時にモルタルが十分粗骨材に付着しなかったためと考えられる。再生細骨材配合割合が同じモルタルでは、他の配合割合と同程度の圧縮強度が得られた。また、配合率が 33% において、フロー値が 430mm であったが、スランブ試験を行うと大きなスランブとなるが、圧縮強度は、配合率が 49%, 69% のモルタル、POC の圧縮強度と同様な値を得た。

再生細骨材が多数の亀裂を有し、このことに起因し吸水率が大きいため細骨材としての品質が劣悪であることは先にも述べたが、これらを配合したモルタルの圧縮強度が  $30[\text{N}/\text{mm}^2]$  であり、再生細骨材を配合しないセメントペーストのみの圧縮強度が  $32.9[\text{N}/\text{mm}^2]$  であったことから、再生細骨材の配合に伴う強度低下が著しく生じることはなかった。これは、再生細骨材の亀裂にセメントペーストが入り込んだ後セメントが硬化し、亀裂による強度低下の影響が低減されたと考えられる。再生細骨材の配合割合の変化に伴う圧縮強度の変動がなかったことから、POC のような低強度コンクリートの打設に際して再生細骨材を配合することは、廃棄物減量、および資源の循環という観点から有用であると考えられる。

#### 4. おわりに

再生細骨材をポーラスコンクリートに配合し、そのレオロジー、圧縮強度に関して考察した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 流動性に関しては、一般的な河砂利、砕砂と同様に、再生細骨材の配合割合増加に伴い、フロー値が減少するが、再生細骨材の配合割合が増加してもモルタルの圧縮強度が大きく低下することはない。
- 2) 再生細骨材の製造過程で生じた亀裂は多いが、セメントペーストへ混合することにより、亀裂中にペーストが入り込むため、モルタルの強度が大きく低下することはない。

本研究では触れていないが、再生細骨材表面に化学的劣化（中性化等）が生じていたとしても、セメントペーストのアルカリ成分により、再生粗骨材に比し比表面積が大きくなる再生細骨材では特に、セメントペーストによる再石灰化効果が期待でき、著しい強度低下が避けられると思われる。

以上のことから再生細骨材は単位体積重量が小さく吸水率も大きいですが、要求される強度が比較的小さなポーラスコンクリートへ配合することにより、廃棄物の有効利用が期待できる。

#### 参 考 文 献

- 1) 月岡・牧：再生骨材の緑化コンクリートへの利用に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.24, No.1, pp.1125～1130, 2002.
- 2) リサイクル資材のコンクリートへの活用技術の標準化調査研究員会：リサイクル資材のコンクリートへの活用技術の標準化，コンクリート工学，Vol.39, No.10, pp.98～101, 日本コンクリート工学協会（2001.10）.
- 3) 財団法人先端建設技術センター 編：総合的建設副産物対策，建設副産物リサイクル広報推進会議（2000）.
- 4) 遠藤典男，松岡保正：コンクリート廃材を用いた有効コンクリートブロックの試作，長野工業高等専門学校紀要，第 37 号，pp.47～50, (2003.6).
- 5) 遠藤典男，松岡保正：コンクリート廃材を用いたポーラスコンクリートブロックの設置効果，平成 15 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.571～572, (2004.3).