

# 再生粗骨材Mを用いたコンクリートの上部躯体適用に向けた検討

# STUDY ON AN APPLICATION FOR CONCRETE USING RECYCLED COARSE AGGREGATE CLASS M TO BUILDING FLAME

高橋祐一 \*1 松田信広 \*2  
竹内博幸 \*3

Yuichi TAKAHASHI \*1 Nobuhiro MATSUDA \*2  
Hiroyuki TAKEUCHI \*3

キーワード：  
再生骨材M, 上部躯体, 品質管理, 乾燥収縮, 中性化

Keywords:  
Recycled aggregate class M, Building flame, Quality control, Drying shrinkage, Carbonation

The purpose of this study is to apply concrete using recycled coarse aggregate class M to building flame affected by drying shrinkage. Therefore concrete using recycled coarse aggregate class H and M are compared durability. In addition, quality control of recycled coarse aggregate for practical use is examined. As the result, it is confirmed that the durability of recycled coarse aggregate concrete is no relationship with the quality of recycled coarse aggregate. In addition, it is confirmed that early stage judgment method of drying shrinkage is applicable to the quality control.

## 1. はじめに

近年、建設廃棄物に占めるコンクリート塊の割合が増大しており、平成24年度においてはその43%程度を占めている。しかし、再資源化率は99%程度とそのほとんどが再利用または再生利用されている<sup>1)</sup>ものの、そのほとんどは路盤材として利用されており、コンクリート用骨材として利用されたのは、再資源化されたコンクリート塊の0.2%程度に留まっている<sup>1)</sup>。また、地域によっては、需要が頭打ちとなる等、安定した需要が見込めないことから、今後もこの高い再資源化率を維持していくためには、コンクリート用骨材としての利用を増大していく必要がある。

再生骨材に関するJIS規格は2005年～2007年にかけて、JIS A 5021 (コンクリート用再生骨材H)、JIS A 5022 (再生骨材Mを用いたコンクリート)、JIS A 5023 (再生骨材Lを用いたコンクリート)の規格化がそれぞれなされており、再生骨材コンクリートを使用できる環境は既に整いつつある。再生骨材Hは、JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート) 附属書Aに適合する骨材であり、その適用部位は制限されていない。これに対し、再生骨材Mを用いたコンクリートは、構造体に使用することができるものの、場所打ち杭や基礎等、乾燥収縮の影響を受けにくい地下躯体に限定されているのが現状である。しかし、再生骨材コンクリートの普及を促進していくためには、コストや骨材回収率の面で、再生骨材Hと比べて有利な再生骨材Mの適用を推進していくことが望ましいと考えられる。

このような中、2014年10月には、再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案)(以下、再生コン指針とする)が日本建築学会から発刊され、再生骨材コンクリートMを乾燥収縮の影響を受ける構造部材に用いる場合の方針が示され、耐久設計基準強

度や乾燥収縮率の目標値となる値が記述されている。

そこで、本検討では、再生粗骨材Mを用いたコンクリートを乾燥収縮の影響を受ける上部躯体に適用することを目的とし、再生粗骨材HおよびMを用いたコンクリートの耐久性の比較、ならびに実用化を想定した再生粗骨材Mの品質管理方法について検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

本実験で使用した材料を表1に示す。このうち粗骨材については、検討対象としている再生粗骨材Mに該当するAMの他、比較用として再生粗骨材Hに該当する3種類、普通粗骨材1種類の計5種類を使用した。使用した再生粗骨材の外観を写真1～写真4に示す。各再生粗骨材の微粒分量は1.0%以下である。また、原骨材はBHが砂利、他は碎石と推定される。なお、検討対象の再生粗骨材AMの絶乾密度

表1 使用材料

名称	記号	銘柄/産地	物性
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度: 3.15g/cm <sup>3</sup>
	S1	砕砂/東京都八王子産	絶乾密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.09%
細骨材	S2	山砂/千葉県富津産	絶乾密度: 2.53g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.78%
	JC	碎石/東京都八王子産	絶乾密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 0.56%
再生粗骨材	AM <sup>1)</sup>	再生粗骨材M/A工場	絶乾密度: 2.46g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 3.26%
	AH <sup>1)</sup>	再生粗骨材H/A工場	絶乾密度: 2.54g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 2.21%
	BH <sup>1)</sup>	再生粗骨材H/B工場	絶乾密度: 2.50g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 2.55%
	CH <sup>1)</sup>	再生粗骨材H/C工場	絶乾密度: 2.54g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 2.24%
化学混和剤	Ad	AE減水剤	—
	SP	高性能AE減水剤	—
	—	空気量調整剤	—

\*1 A・B・C: 再生骨材製造工場 M・H: 再生粗骨材の品質区分

<sup>1)</sup> 五洋建設(株)技術研究所建築技術開発部 課長・博士(工学)  
(〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

<sup>2)</sup> ㈱東京テクノ 工場長

<sup>3)</sup> 五洋建設(株)技術研究所 建築技術開発部長

<sup>1)</sup> Manager, Building Construction Engineering R&D Division, Institute of Technology, Penta-Ocean Construction Co., Ltd., Dr. Eng.

<sup>2)</sup> Plant Manager, Tokyo Techno Corporation

<sup>3)</sup> General Manager, Head of Building Construction Engineering R&D Division, Institute of Technology, Penta-Ocean Construction Co., Ltd.

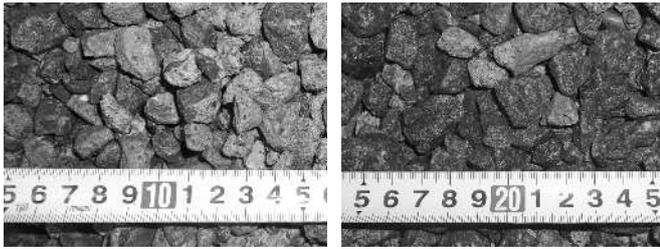


写真1 再生粗骨材 AM

写真2 再生粗骨材 AH

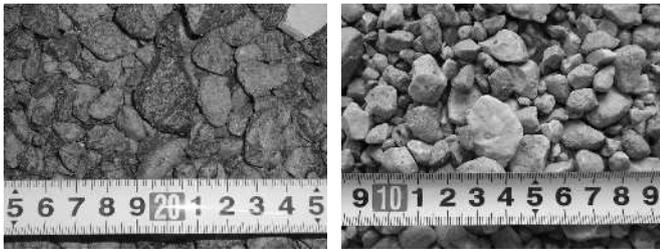


写真3 再生粗骨材 BH

写真4 再生粗骨材 CH

表2 調合

調合名 <sup>*1</sup>	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				Ad・SP <sup>*2</sup> (C×%)		
			W	C	S1/S2	G			
57JC	57.0	49.6	178	312	620/261	910	1.1		
57AH							926	1.1	
57BH							603/253	890	1.1
57CH								926	1.1
57AM								876	1.1
45JC	45.0	41.1	181	402	562/235	910	1.1		
45AH							926	1.1	
45BH							546/229	890	1.1
45CH								926	0.9
45AM								876	1.1
38JC	38.0	46.3	170	447	552/230	918	1.0		
38AH							933	0.9	
38BH							535/224	898	0.8
38CH								933	0.8
38AM								883	0.8

\*1 調合名：水セメント比+粗骨材種類

\*2 水セメント比38%は高性能AE減水剤使用、他はAE減水剤使用

および吸水率は、想定している品質基準値（絶乾密度 2.45g/cm<sup>3</sup>以上、吸水率 3.5%以下）付近となるように処理度を調整したものである。

## 2.2 コンクリートの調合

本実験におけるコンクリートの調合を表2に示す。水セメント比は、呼び強度24~42の範囲をカバーできるように57%、45%および38%とした。再生粗骨材を用いた調合の単位水量は、当該生コン工場におけるこれまでの実績より設定し、普通粗骨材を用いた調合から3kg/m<sup>3</sup>を減じた値とした。スランブの管理値は、運搬ロスを考慮し、W/C=57%およびW/C=45%では19±2.5cm、W/C=38%では19±2cmとし、空気量の管理値は5.0±1.5%として、それぞれAE減水剤または高性能AE減水剤とAE剤を用いて調整した。

## 2.3 練混ぜ

練混ぜは、強制二軸練りミキサを使用し、材料の投入および練混ぜ時間は図1に示す通りに行った。

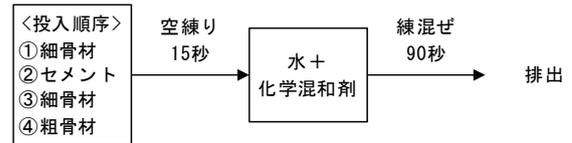


図1 練混ぜ手順

表3 試験項目および試験方法

対象	試験項目	試験方法	備考
普通粗骨材 再生粗骨材	凍結融解	JIS A 5022 附属書D	FM凍害指数 ≥0.08
再生粗骨材	塩化物イオン	JIS A 1154	—
	モルタル混入率	文献2)による	—
	モルタル塊残留率		—
フレッシュ コンクリート	2.5mm 破砕値	文献4)による	—
	スランブ	JIS A 1101	19±2.5cm
	空気量	JIS A 1128	5.0±1.5%
	温度	JIS A 1156	—
硬化 コンクリート	塩化物含有量	JASS5T-502	0.30kg/m <sup>3</sup> 以下
	アルカリシリカ 反応性	ZKT-206	相対動弾性係数 ≥80%
	圧縮強度	JIS A 1108	標準養生
	静弾性係数	JIS A 1149	標準養生
	長さ変化	JIS A 1129-2	8×10 <sup>-4</sup> 以下
	促進中性化	JIS A 1153	—

## 2.4 試験項目および試験方法

再生骨材コンクリートを上部躯体に使用する場合に必要な耐久性に関する品質管理項目として、①コンクリートの塩化物量、②アルカリシリカ反応性、③凍結融解抵抗性、④乾燥収縮に対する抵抗性、⑤中性化に対する抵抗性、以上の5つが挙げられる。そこで、本実験ではこれらを踏まえ、表3に示す項目について試験を実施した。再生粗骨材の試験項目のうち、モルタル混入率は、再生粗骨材の質量に対する混入モルタルの質量の割合、モルタル塊残留率は、混入モルタルのうち、原粗骨材に付着せずに単独で残留しているモルタル塊の質量の再生粗骨材の質量に対する割合を示している。筆者らは、過去に行った実験<sup>2), 3)</sup>にて、モルタル混入率およびモルタル塊残留率が大きいほど、再生骨材コンクリートの圧縮強度や長さ変化率といった性能が低下し、特にモルタル塊残留率の影響が大きいことを確認している。また、破砕値については、再生粗骨材の絶乾密度、吸水率、モルタル混入率およびモルタル塊残留率それぞれとの関係性があることを確認している<sup>4)</sup>。なお、モルタル混入率およびモルタル塊残留率、破砕値の試験方法についての詳細は、それぞれ文献2)および文献4)を参照されたい。

## 3. 実験結果

### 3.1 再生骨材試験結果

#### (1) 凍結融解抵抗性

普通粗骨材および再生粗骨材の凍結融解試験結果を図2に示す。再生粗骨材BHのFM凍害指数が基準値の上限(0.08)と同値となったが、いずれの骨材も基準値以下であり、耐凍害品に使用可能と評価できる。また、再生粗骨材の品質区分との関係を見ると、再生粗骨材AMが最小、CHが最大となっていることから、本実験で使用した再生粗骨材ではその影響は特に認められなかった。これは、原コンクリートの種類がそれぞれ異なるためと考えられる。

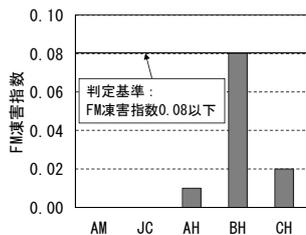


図2 凍結融解試験結果

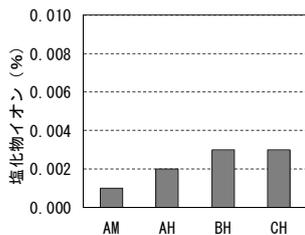


図3 塩化物イオン試験結果



写真5 45JCフレッシュ試験状況



写真6 45AMフレッシュ試験状況

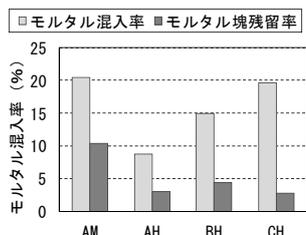


図4 モルタル混入率試験結果

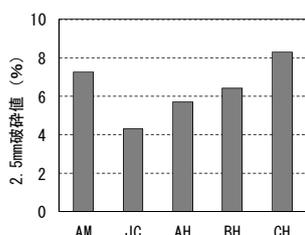


図5 破砕試験結果



写真7 38JCフレッシュ試験状況



写真8 38AMフレッシュ試験状況

表4 フレッシュコンクリート試験結果

調合名	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	塩化物含有量 (kg/m <sup>3</sup> )
57JC	16.5	5.9	21	0.03
57AH	19.0	4.3	21	0.02
57BH	19.0	5.0	21	0.04
57CH	19.5	5.9	21	0.04
57AM	18.5	5.0	22	0.03
45JC	19.0	4.7	22	0.05
45AH	19.5	3.9	21	0.04
45BH	19.0	4.0	21	0.03
45CH	18.5	5.1	23	0.04
45AM	19.0	5.4	22	0.05
38JC	21.0	4.7	23	0.04
38AH	20.5	5.4	22	0.04
38BH	19.0	6.1	22	0.03
38CH	19.0	5.0	23	0.03
38AM	19.0	5.5	22	0.05

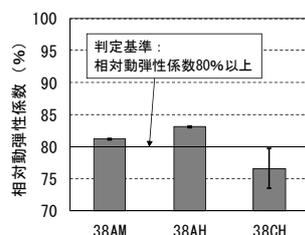


図6 アルカリシリカ反応性迅速試験 (ZKT206) 結果



図7 圧縮強度試験結果 (W/C57%)

## (2) 塩化物イオン

再生粗骨材の塩化物イオン試験結果を図3に示す。再生粗骨材の塩化物イオンは、実用化にあたっては非常に重要な品質管理項目の一つである。本実験で使用した再生骨材の塩化物イオンは、0.001%~0.003%と非常に小さい値であった。また、FM凍害指数と同様に再生粗骨材AMの値が最も小さい結果となった。これは、FM凍害指数と同様に、原コンクリートの種類がそれぞれ異なる影響によるものと考えられる。

## (3) モルタル混入率およびモルタル塊残留率

モルタル混入率およびモルタル塊残留率の試験結果を図4に示す。再生粗骨材AHとBHはモルタル混入率が小さいものの、CHはAMと同程度であった。しかし、モルタル塊残留率は再生粗骨材CHがAMの1/4程度と小さく、他の再生粗骨材Hと同程度であった。

## (4) 2.5mm 破砕値

普通および再生粗骨材の破砕試験結果を図5に示す。普通粗骨材であるJCの2.5mm破砕値が最も小さくなった。一方、再生粗骨材ではモルタル混入率が高い再生粗骨材ほど2.5mm破砕値が大きくな

っており、過去の実験<sup>4)</sup>と同様の傾向を示した。

## 3.2 フレッシュコンクリート試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表4に、試験時の状況を写真5~写真8に示す。各調合のスランプおよび空気量は、全ての調合において管理値内に収まった。また、塩化物含有量については、これまでの結果と同様に、再生骨材の品質区分による一律の傾向は認められず<sup>例えば文献5)</sup>、いずれの調合においても、管理値である0.30kg/m<sup>3</sup>を下回った。

## 3.3 硬化コンクリート試験結果

### (1) アルカリシリカ反応性

アルカリシリカ反応性迅速試験は、再生粗骨材AH、CHおよびAMの3種類を選定し、単位セメント量が多い水セメント比38%の調合を対象に行った。結果を図6に示す。相対動弾性係数80%以上を反応性なし(A)として合格と判定するが、調合38AHおよび38AMは80%以上を確保し合格となった。一方、38CHは再生骨材Hに該当する粗骨材を使用したものの、相対動弾性係数が80%以下となり、不合格の結果となった。再生骨材のアルカリシリカ反応性は、主に原骨材に由来すると考えられるが、CHの原骨材は石灰石と思われるため、それとは考えにくい<sup>6)</sup>。また、試験結果のばらつきが大きいこともあり、結果については再度検討が必要と考える。

### (2) 圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度試験結果を図7~図9に示す。普通粗骨材JCと再生粗骨

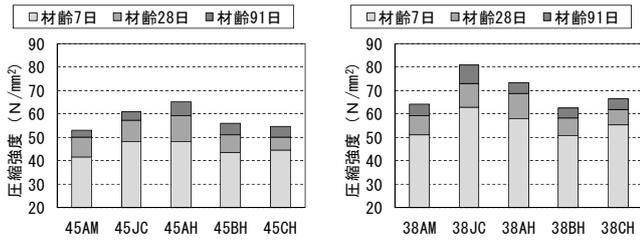


図8 圧縮強度試験結果  
(W/C45%)

図9 圧縮強度試験結果  
(W/C38%)

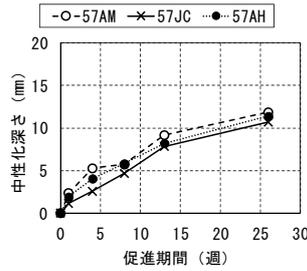


図13 促進中性化試験結果  
(W/C57%)

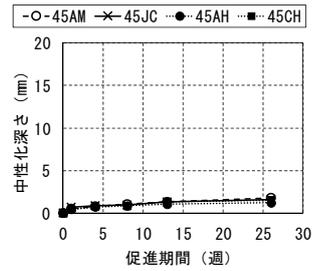


図14 促進中性化試験結果  
(W/C45%)

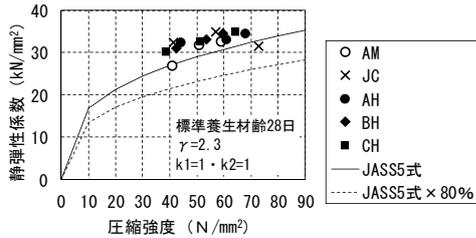


図10 圧縮強度と静弾性係数の関係

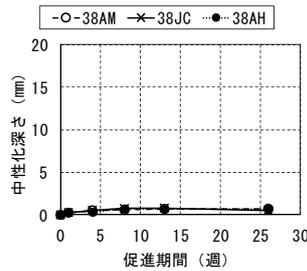


図15 促進中性化試験結果  
(W/C38%)

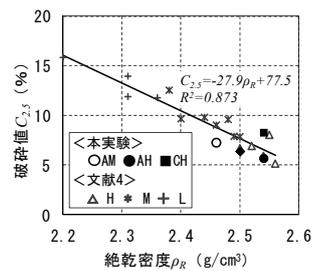


図16 絶乾密度と2.5mm 破砕値  
の関係

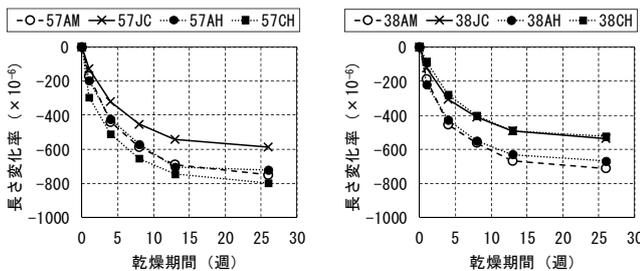


図11 長さ変化試験結果  
(W/C57%)

図12 長さ変化試験結果  
(W/C38%)

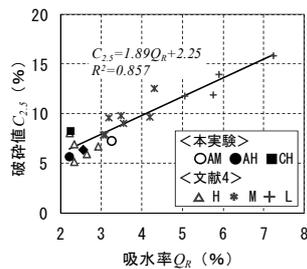


図17 吸水率と2.5mm 破砕値  
の関係

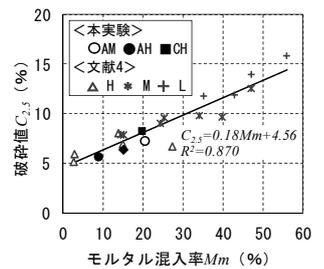


図18 モルタル混入率と  
2.5mm 破砕値の関係

材 AH は、いずれの水セメント比においても比較的圧縮強度が大きくなった。他は再生骨材の品質区分に関わらず、概ね同程度の値であった。圧縮強度と静弾性係数の関係を図 10 に示す。調査 42JC を除いて JASS5 に示される関係式<sup>7)</sup> (以下、JASS5 式) で求められる値を上回った。ただし、調査 42JC についても JASS5 式の 80% を上回った。

### (3) 長さ変化率

長さ変化試験結果を図 11 および図 12 に示す。再生粗骨材を用いた調査の長さ変化率は、同一水セメント比の場合、普通粗骨材を用いた調査よりも単位水量が小さいものの、普通粗骨材 JC の値が小さい。しかし、水セメント比および品質区分に関わらず、再生コン指針に記述されている目標値の目安である「 $8 \times 10^{-4}$ 」を全ての調査で下回った。また、再生骨材の品質区分による差をみると、再生粗骨材 AH と AM では、後者の方がやや大きいものの、概ね同等の結果であった。一方、再生粗骨材 CH は水セメント比によって傾向が大きく異なっている。再生粗骨材 CH の原粗骨材は石灰石と思われることから、調査 57CH では再生粗骨材中のモルタルの影響が卓越したものと考えられるが、この理由は明確ではない。

### (4) 中性化深さ

促進中性化試験結果を図 13～図 15 に示す。水セメント比が小さ

くなるにつれて圧縮強度が大きくなるため、それに伴って中性化深さも小さくなっている。水セメント比 57% では、普通粗骨材 JC を用いた調査の値が、再生粗骨材 AH および AM と比較してやや小さいものの、他の水セメント比では大きな差はみられなかった。また、再生骨材の品質区分による差をみると、いずれの水セメント比でも再生粗骨材 AH および CH と AM との差はほとんどみられなかった。

## 4. 考察

### 4.1 絶乾密度・吸水率・モルタル混入率・モルタル塊残留率と破砕値の関係

絶乾密度、吸水率、モルタル混入率およびモルタル塊残留率と 2.5mm 破砕値の関係を図 16～図 19 に示す。なお、図中には本実験の結果と過去の実験結果<sup>4)</sup>から求めた近似式を併せて示している。いずれも 2.5mm 破砕値と良好な相関を示しており、2.5mm 破砕値の増加に伴って、再生粗骨材の品質が低下する傾向がみられた。

したがって、2.5mm 破砕値を確認することで、再生粗骨材の物性等を概ね把握できると考えられる。また、破砕試験は簡易な試験で、

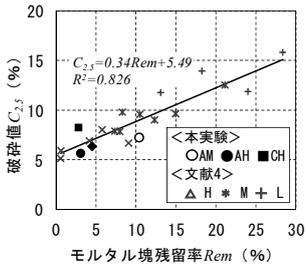


図 19 モルタル塊残留率と 2.5mm 破砕値の関係

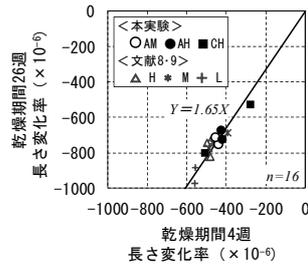


図 20 乾燥期間 4 週と 26 週の長さ変化率の関係

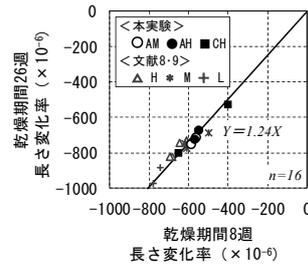


図 21 乾燥期間 8 週と 26 週の長さ変化率の関係

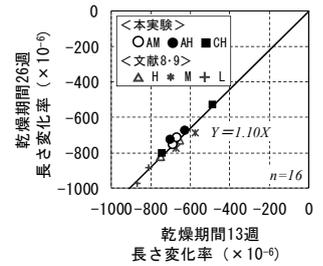


図 22 乾燥期間 13 週と 26 週の長さ変化率の関係

1 試料あたりの試験時間は 30 分程度であり、迅速に再生粗骨材の物性を確認できる有効な品質管理方法になり得ると考えられる。

#### 4.2 乾燥収縮に対する抵抗性

本実験の結果、再生骨材Mに該当するAMを用いた調合の乾燥期間26週における長さ変化率は、再生コン指針に記載されている目標値の目安である  $8 \times 10^{-4}$  を満足した。また、A工場で製造し、本実験で使用した再生粗骨材AMと同等の品質である再生粗骨材を用いた過去の実験<sup>8), 9)</sup>においても、本実験と同様に  $8 \times 10^{-4}$  を下回った。これらの結果をみると、再生骨材Mに区分される再生粗骨材であっても、Hの品質基準に近いものであれば、 $8 \times 10^{-4}$  を下回る可能性は十分にあると考えられる。しかし、データ数が少ないこと、長さ変化率は粗骨材の影響が大きいことを考慮すると、出所を特定しない再生粗骨材を使用する場合には、必ずしもこれらと同様の結果を得られるとは限らない。そのため、乾燥収縮に対する品質管理を実施することが望ましいと思われる。また、再生コン指針では、JASS 5 11.4<sup>7)</sup>に倣うとされていることから、早期判定による方法を検討することを目的として、本実験および過去の実験における乾燥期間4週、8週および13週の長さ変化率と乾燥期間26週の長さ変化率の関係を確認した(図20～図22)。その結果、再生骨材コンクリートであっても、良好な相関関係が認められた。

したがって、乾燥収縮に対する抵抗性については、普通骨材と同様に早期判定による品質管理が実施できると考えられる。

#### 4.3 中性化に対する抵抗性

本実験および過去の実験<sup>8)</sup>における普通骨材とA工場製の再生粗骨材を用いたコンクリートの標準養生28日圧縮強度の逆数と中性化速度係数の関係を図23に示す。なお図中には、4種類の異なる再生粗骨材Hを用いて両者の関係を確認した文献<sup>10)</sup>に記載されている近似式を併せて示した。文献<sup>10)</sup>に示された式と圧縮強度の範囲が異なるため、単純に比較することはできないが、本実験で使用した再生粗骨材は、同等以上の中性化抵抗性を確保していると考えられる。また、本実験および過去の実験<sup>8)</sup>における普通骨材とA工場製の再生粗骨材を用いた同一水セメント比のコンクリートの促進中性化試験結果から求めた中性化速度係数を比較した結果を図24に示す。再生コン指針において、「再生粗骨材Hと再生粗骨材Mを用いる場合と一般的な砕石を用いる場合とは、中性化抵抗性に明確な差は認められない」と記載されているが、本実験ならびに過去の実験においても、普通粗骨材を用いたコンクリートとの明確な差はみられなかった。以上のことから、本実験で使用した再生粗骨材AMは普通粗骨材ならびに再生粗骨材Hと同等の中性化抵抗性を確保で

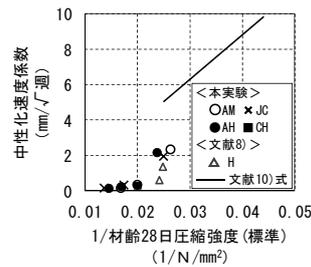


図 23 圧縮強度の逆数と中性化速度係数の関係

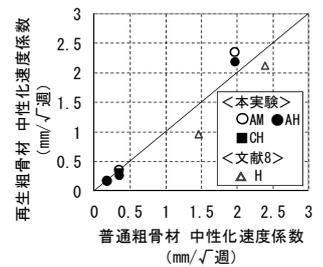


図 24 普通粗骨材と再生粗骨材の中性化速度係数の比較

きると推察される。

したがって、中性化抵抗性に対しては、圧縮強度(耐久設計基準強度)によることとし、特別な品質管理は実施しなくてよいと考えられる。

#### 5. 上部躯体に使用する場合の耐久性に対する品質管理の検討

再生骨材コンクリートを上部躯体に使用する場合の耐久性に関する品質管理項目としては、「2.4 試験項目および試験方法」に示す①から⑤の5項目が挙げられる。このうち、①および②については、場所打ち杭ならびに地下躯体に使用する場合と同様の品質管理<sup>11)</sup>を実施すれば良いと考えられる。また、③については再生コン指針による品質管理を、⑤については先に述べた通り、圧縮強度(耐久設計基準強度)によることから、特別な品質管理を実施しなくて良いと考えられる。

以上より、ここでは④乾燥収縮に対する品質管理方法について検討した。

乾燥収縮に対する品質管理としては、JASS 5 11.4に記載されている通り、「JIS A 1129:モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法」によって実施する必要がある。一般的には乾燥期間26週の測定値により管理されているが、試験ロット毎の原コンクリートおよび原骨材の種類が常に一定ではない出所不特定の再生骨材を対象とした場合には、試験期間が長く実用的ではない。そこで、早期判定による品質管理について検討を行った。JASS 5 11.4による早期判定式を式(1)に示す。

$$\varepsilon_{sh}^{est} = \alpha_1 \times \varepsilon_{sh}^i \quad (1)$$

ここに、 $\varepsilon_{sh}^{est}$ : JIS A 1129-1~3 および同附属書A(参考)に基づき測定されたコンクリートの乾燥期間26週(6ヶ月)における乾燥収縮率の推定値

表5 早期判定式の係数  $\alpha_i$  の算定および乾燥収縮率の品質基準

乾燥収縮率の倍率	平均値	標準偏差	$\alpha_i^{*1}$	乾燥収縮率の品質基準
乾燥期間 26 週に対する 4 週の倍率	1.65	0.100	1.82	$466 \times 10^{-6}$
乾燥期間 26 週に対する 8 週の倍率	1.24	0.055	1.34	$633 \times 10^{-6}$
乾燥期間 26 週に対する 13 週の倍率	1.10	0.039	1.17	$725 \times 10^{-6}$

\*1 4%不良率を許容した値

$\epsilon_{sh}^i$  : JIS A 1129-1~3 および同附属書 A (参考) に基づき測定されたコンクリートの乾燥期間  $i$  週 (6ヶ月) における乾燥収縮率、 $i$  は 4、8、13 のいずれかとする

$\alpha_i$  :  $\epsilon_{sh}^i$  から  $\epsilon_{sh}^{26}$  を推定するための係数

ここで、JASS 5 解説表 11.5 に記載されている係数  $\alpha_i$  は、特殊な仕様のコンクリートを除いたものから求められており、本検討のような特殊な仕様の場合は、使用材料に応じた係数を求めることとなっている。図 20~図 22 に示している関係式は、係数の平均値を示したものであるが、実際の品質管理には、JASS 5 解説表 11.5 にある通り、4%不良率を許容した係数  $\alpha_i$  を求める必要があることから、同様の手順にて求めた。さらに、乾燥期間 26 週における乾燥収縮率の目標値を  $8 \times 10^{-4}$  以下とするための、乾燥期間 4 週、8 週および 13 週における乾燥収縮率の品質基準を得られた係数  $\alpha_i$  から算出した。それぞれの結果を表 5 に、早期判定式における係数の妥当性の検証結果を図 25 に示す。これらの図をみると、JASS5 の解説図 11.2 と同様に各乾燥期間における乾燥収縮率に係数を乗じて求めた 26 週の推定値は、概ね安全側に評価できるものと考えられる。

## 6. まとめ

本検討では、再生骨材Mに区分されるものの、再生骨材Hに近い品質である再生粗骨材AMと3種類の再生骨材Hを用いたコンクリートの耐久性の比較、ならびに上部躯体に適用する場合の品質管理方法について検討を行った。その結果、本検討の範囲内で、以下の知見が得られた。

- 1) 再生粗骨材の FM 凍害指数、塩化物イオン量およびアルカリシリカ反応性は、原コンクリート種類の影響を受けるため、再生骨材の品質区分によらない。
- 2) 再生粗骨材の 2.5mm 破砕値と絶対乾密度および吸水率は、良好な相関関係を示す。また、破砕試験は簡易な試験方法であり、迅速に再生粗骨材の物性を確認できる有効な品質管理方法になり得る。
- 3) 再生骨材コンクリートの長さ変化率は、再生粗骨材の品質区分によらず、 $8 \times 10^{-4}$  以下を満足することができる。また、品質管理としては、普通骨材と同様に JASS5 11.4 に記載されている早期判定を用いることができる。
- 4) 再生骨材コンクリートは、再生粗骨材の品質区分に関わらず同等の中性化抵抗性を確保できる。

ただし、本検討で使用した再生粗骨材 AM よりも品質の低い再生粗骨材Mを用いる場合には、更なるデータの蓄積と検討が必要である。

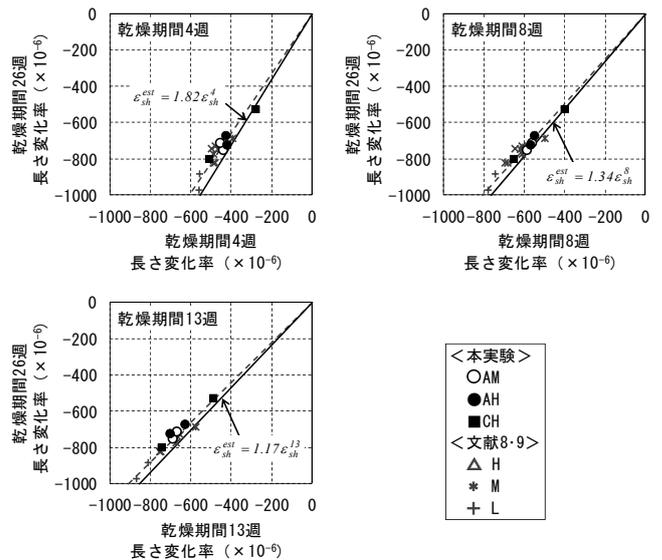


図 25 各乾燥期間における係数  $\alpha_i$  の妥当性の検証

## 謝辞

本実験の実施にあたり、三協 Mirai (株)、日本シーカ (株) の各位に多大なるご協力をいただきました。各位に厚く御礼申し上げます。また、再生骨材をご提供いただいた武蔵野土木工業 (株) にここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：平成 24 年度建設副産物実態調査結果参考資料，2014.3
- 2) 高橋祐一，樹田佳寛，竹内博幸，再生骨材コンクリートの性質に影響を及ぼす要因の検討，日本建築学会構造系論文集，第 76 巻，659 号，pp.9~14，2011.1
- 3) 高橋祐一，樹田佳寛，竹内博幸：混入モルタルが再生骨材コンクリートの性状に及ぼす影響に関する検討，日本建築学会構造系論文集，第 76 巻，668 号，pp.1755~1761，2011.10
- 4) 高橋祐一，黒田満，樹田佳寛，竹内博幸：再生骨材中の混入モルタル量の品質管理方法および評価基準の検討，コンクリート工学年次論文集，vol.35，No.1，pp.1453~1458，2013.7
- 5) 松田信広，竹内博幸，高橋祐一：中品質再生骨材を用いたコンクリートの実構造物への適用，コンクリート工学年次論文集，vol.34，No.1，pp.1516~1521，2012.7
- 6) 石灰石鉱業協会：石灰石骨材とコンクリート 増補・改定版，pp.14~24，2005.3
- 7) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，2009.2
- 8) 竹内博幸，高橋祐一，山田雅裕，河野政典：再生骨材コンクリートの適用範囲拡大に向けた耐久性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，vol.30，No.2，pp.373~378，2008.7
- 9) 高橋祐一，竹内博幸：破砕値による再生粗骨材の品質基準の設定に関する検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (近畿)，pp.161-162，2014.9
- 10) 池内俊之，藤原一成，立屋敷久志，赤塚久修，樹田佳寛，嵩英雄：高品質再生粗骨材の原子力用コンクリートへの適用性に関する基礎的検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北)，pp.197~198，2009.8
- 11) 竹内博幸，松田信広，高橋祐一：中品質の再生細・粗骨材を用いたコンクリートの実構造物への適用 その 1 実施概要および骨材の品質，日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (関東)，pp.245~246，2011.8

[2015年10月6日原稿受理 2015年12月1日採用決定]