

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401  
 研究種目：挑戦的萌芽研究  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23656276  
 研究課題名（和文） 各種骨材の潜在特性を生かした高機能ポーラスコンクリートの開発  
 研究課題名（英文） Development of highly-functional pervious concrete utilizing potential of aggregates  
 研究代表者  
 半井 健一郎（NAKARAI KENICHIRO）  
 広島大学・大学院工学研究院・准教授  
 研究者番号：10359656

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、一般にはコンクリートでは使用されない規格外の骨材（反応性骨材、再生骨材、ウッドチップ等）を使用したポーラスコンクリートを作製し、これらの骨材が有する吸着性や反応性をプラスの潜在能力として活用し、高性能のポーラスコンクリートを開発することを目的とした。基礎的実験の結果、再生骨材やウッドチップの活用によって、ポーラスコンクリートの吸水性や重金属吸着性を向上させられることが示された。

## 研究成果の概要（英文）：

In this study, we proposed a new utilization method of special aggregates such as reactive aggregate, recycled aggregate and wood chip for developing highly-functional pervious concrete. The experimental results showed that the use of recycled aggregate and wood chip can increase the absorption of water and heavy material in the pervious concrete.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：骨材，ポーラスコンクリート，吸着，高性能化，重金属

## 1. 研究開始当初の背景

コンクリート用骨材は、環境負荷低減の観点からも地産地消が望ましいが、アルカリ骨材反応などの問題から利用が制限され、最近では良質の骨材の枯渇が危惧されている。使用拡大が望まれている再生骨材も、特に低品質のものについては普及が進んでいない。しかしながら、視点を変えることで、通常は問題となる反応物の生成や高い吸水率をプラスの機能として活用することを検討する価値が十分にあると考えられた。

また、廃材であるウッドチップの重金属吸着特性が明らかにされつつある。セメント系材料と組み合わせる使用することによって、性能は飛躍的に向上する可能性がある。これまではパーク（樹皮）の研究事例が海外に数

例あるのみであり、研究展開の可能性は大きいと考えた。

## 2. 研究の目的

ポーラスコンクリートの構成材料に注目すると、固体に占める骨材の割合が多いことに加え、連続粗大空隙を有することから、骨材の性質に性能が左右されるとともに、外部環境の影響を大きく受ける材料であると考えられる。本研究では、一般にはコンクリートでは使用されない規格外の骨材（反応性骨材、再生骨材、ウッドチップ等）を使用したポーラスコンクリートを作製し、これらの骨材が有する特殊な性能をプラスの潜在能力として活用するとともに、気中の二酸化炭素との炭酸化などの外部からの作用物質との

反応を積極的に再評価することで、高性能のポーラスコンクリートを開発することとする。また、本開発により、資源の有効活用による省資源化社会の実現に貢献するとともに、セメントペーストと骨材の反応現象の解明に資する。

### 3. 研究の方法

各種骨材（JIS 適合骨材、反応性骨材、再生骨材、ウッドチップ等）を用いたポーラスコンクリートに関する室内実験を実施した。性能評価項目としては、基本となる力学的性能に加え、化学的浸食・溶脱に対する抵抗性などの耐久性についても検討を行った。また、新たな機能の発掘として、各種物質（水および重金属、ガス）の吸着・保持機能について、土木材料分野の基本的な分析手法に加え、化学分野の詳細な分析手法によって検討を行った。

#### (1) 反応性骨材を用いた検討

反応性骨材の反応は、普通コンクリートでは組織を破壊して劣化要因となるが、粗大な空隙を有するポーラスコンクリートでは強度への寄与の可能性があると考え、促進試験を行った。

実験では、目標空隙率を  $25\pm 3\%$ 、W/C は  $25\%$  とした。セメントには普通ポルトランドセメント（アルカリ量  $0.54\%$ ）を使用した。反応性骨材の有無による ASR の違いを検討するため、粗骨材に一般骨材を使用する N、反応性骨材を使用する A の 2 種類を作製した。両シリーズとも、NaOH の添加量の違いによる、ASR 促進の違いを検討するため、NaOH をセメントに対して  $0$ 、 $1.2$ 、 $2.5\text{mass}\%$  添加した。供試体の寸法は直径  $100\times 200\text{mm}$  とした。打込み後 24 時間で脱型を行い、前養生として材齢 28 日まで  $20^\circ\text{C}$  の水中養生を行い、その後は  $40^\circ\text{C}$  の促進水中養生を行った。供試体は各シリーズの材齢 28、84、180 日ごとに 3 体ずつ作製した。また、N-0、A-0、A-1.2、A-2.5 はさらに 1 体ずつ作製し、測定に用いた。膨張率および透水係数の経時変化の計測、所定材齢に圧縮強度の測定を行った。

#### (2) 再生骨材を用いた検討

再生骨材（特に低品質に区分される骨材）に付着したモルタル分は骨材の吸水率を増加させ、コンクリートの強度低下の原因となる。本研究では、ポーラスコンクリートに用いることによって、吸水保水性を向上させ、蒸発冷却効果を高めることを目指した。

実験では、骨材は再生骨材と普通骨材

を使用し、それぞれ粗骨材（最大粒径  $20\text{mm}$ ）G と細骨材 S を用いた。再生骨材は簡易処理を施した区分 L を用いた。ポーラスコンクリートの目標空隙率は  $25\pm 3\%$ 、W/C は  $25\%$  とし、骨材粒径の違いによる影響を評価するためにペーストおよび骨材の体積を統一して  $300\times 300\times 60\text{mm}$  の平板を作製した。比較用に、ウッドチップ（W チップ）を混入した PoC と AE コンクリートを再生骨材、普通骨材を用いて作製した。W チップは粒および繊維状態で最大  $30\text{mm}$ 、起源は樹皮部を含む国産杉としている。なお、再生 S、普通 S、再生 W チップならびに普通 W チップの各 PoC は圧縮振動プレス機を用いて作製し、屋外気中養生を 28 日間行った。再生 G と普通 G の PoC、および AE コンクリートは突固めによって作製し、 $20\pm 3^\circ\text{C}$  の条件で屋内気中養生を 28 日間行った。

養生後、吸水試験、保水試験、圧縮強度試験、屋外暴露試験（写真 1）などを実施した。

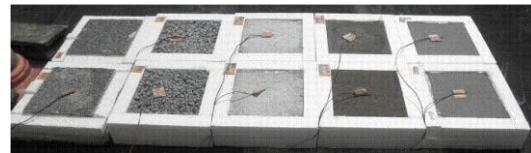


写真 1 ポーラスコンクリートの屋外暴露試験による表面温度の計測

#### (3) ウッドチップを用いた検討

ウッドチップ混入ポーラスモルタルについて、重金属吸着特性を分析するとともに、水との接触環境における対溶脱抵抗性を検討するための実験を行った。供試体には、川砂、ウッドチップ、セメント系固化材、水道水を使用した。練混ぜ後、振動プレスにより  $300\times 300\times 60\text{mm}$  の平板を成型し、気中養生を行った。水セメント比は約  $30\%$  とした。約 90 日の気中養生後、平板の両端  $50\text{mm}$  を切り落としてから 2 分割し、 $300\times 100\times 60\text{mm}$  の角柱供試体を作製した。

### 4. 研究成果

#### (1) 反応性骨材を用いた検討

反応性骨材を用いた検討においては、骨材の反応生成物の生成による強度増加を期待したが、反応促進に NaOH を用いたことによってセメント硬化体自体の強度が低下したことから、膨張量に対しての単純な強度比較が困難となることが判明した。セメントペーストと参照実験の結果も踏まえて継時的な変化から反応性骨材の生成物質の影響を検討した結果からは、強度増加への寄与は明確にはならなかった。

(2) 再生骨材を用いた検討

再生骨材を用いた検討においては、高い吸水特性を生かしたヒートアイランド対策効果を検討した。実験の結果、ポーラスコンクリートとしての吸水性や保水性が向上することが示された (図1)。

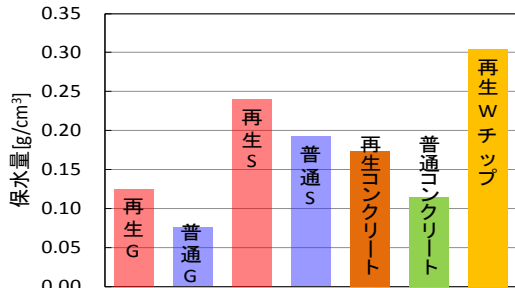


図1 保水量の測定結果の比較

また、供試体を屋外に暴露して表面温度を計測することで蒸発冷却効果を検討した結果、再生細骨材を使用することの効果が確認された (図2)。

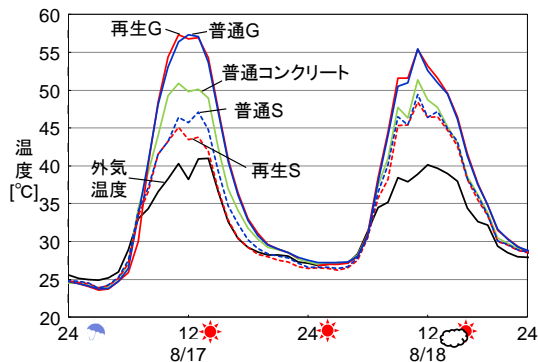


図2 屋外暴露試験における供試体表面温度の変化

さらに、再生骨材の炭酸化 (図3) やフライアッシュを外割で混合すること (図4) によって、強度の低下の問題も解消された。

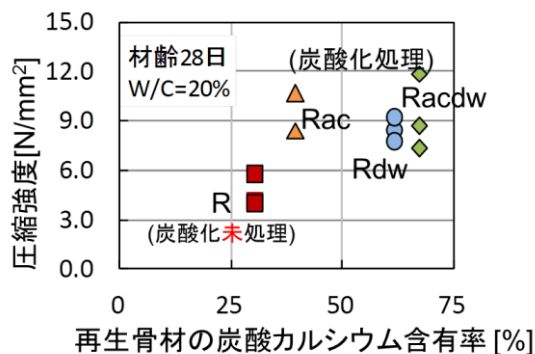


図3 再生骨材の炭酸化とポーラスコンクリートの強度

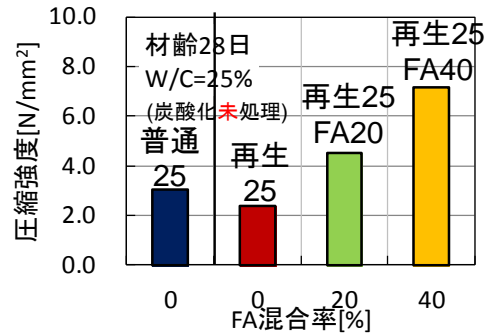


図4 フライアッシュポーラスコンクリートの強度

(3) ウッドチップを用いた検討

ウッドチップを用いた検討においては、水環境での溶脱挙動に着目した耐久性を検討するとともに、蒸発冷却効果や重金属吸着特性などを検討した。ポーラスな構造を有しているものの実用上は問題となる劣化を生じないことを確認するとともに (図5)、高い蒸発冷却効果を確認した。ただし、セメント水和時に隙間中のカルシウムイオンをウッドチップが吸着することで水和が阻害されていることを確認した。

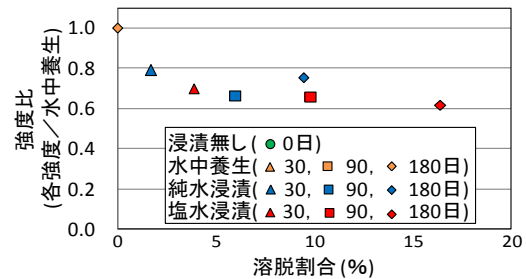


図5 ウッドチップ混入ポーラスモルタルの溶脱と強度低下

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

(1) Mori, M., Sekine, Y., Hara, N., Nakarai, K., Suzuki, Y., Kuge H., Kobayashi, Y., Arai, A., Itabashi, H., “Adsorptivity of heavy metals CuII, CdII, and PbII on woodchip-mixed mortar”, 査読有, Volumes 215-216, 15 January 2013, Pages 202-208, Chemical Engineering Journal, 10.1016/j.cej.2012.10.097

(2) 篠崎真澄, 半井健一郎: 再生骨材を用いたポーラスコンクリートの蒸発冷却効果, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 34, No. 1, pp. 1468-1473, 2012.

(3) 鈴木裕二, 半井健一郎, 森勝伸, 小林祐介: カルシウム溶脱によるウッドチップ混入ポーラスモルタルの曲げ強度変化, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 33, No. 1, pp. 1493-1498, 2011. 7

〔学会発表〕(計 6 件)

(1) Kenichiro Nakarai and Tomomi Yoshida : Effect of carbonation on strength of cement treated sand, Second International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment, pp. 672-675, 2012. 11, Kuala Lumpur, Malaysia

(2) 西村直哉: ポーラスモルタルおよびユーグレナの二酸化炭素固定の温度依存性, 土木学会全国大会, 2012. 9. 7, 名古屋

(3) 森勝伸: ウッドチップ混入ポーラスモルタルの銅, カドミウム, 鉛の吸着, 全国大会大会, 2012. 9. 6, 名古屋

(4) 阿部和宏: アルカリ反応性骨材を用いたポーラスコンクリートの性能評価, 土木学会年全国大会, 2011. 9. 9, 愛媛

(5) 篠崎真澄: 再生骨材を用いたポーラスコンクリートの蒸発冷却効果, 土木学会全国大会, 2011. 9. 9, 愛媛

(6) 関根良将: ウッドチップ混入ポーラスモルタルの重金属吸着能に関する研究, 土木学会全国大会, 2011. 9. 8, 愛媛

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

半井 健一郎 (NAKARAI KENICHIRO)  
広島大学・大学院工学研究院・准教授  
研究者番号: 1 0 3 5 9 6 5 6

### (2) 研究分担者

森 勝伸 (MORI MASANOBU)  
群馬大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 7 0 4 0 0 7 8 6

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: