

小粒径から大粒径まで包含したポーラスコンクリートの 統一化理論の構築とその応用

(課題番号：18360263)

平成18年度～平成19年度 科学研究費補助金〔基盤研究(B)〕
研究成果報告書

平成20年6月

研究代表者 畑中 重光
(三重大学大学院工学研究科 教授)

平成 18 年度～平成 19 年度 科学研究費補助金〔基盤研究(B)〕研究成果報告書

1. 研究課題

小粒径から大粒径まで包含したポーラスコンクリートの統一化理論の構築とその応用

2. 課題番号

18360263

3. 研究組織

研究代表者：畑中重光（三重大学大学院工学研究科 教授）

研究分担者：月岡 存（三重大学大学院生物資源学研究科 教授）

研究分担者：石黒 覚（三重大学大学院生物資源学研究科 準教授）

研究分担者：三島直生（三重大学大学院工学研究科 助教）

研究協力者：湯浅幸久（三重県科学技術振興センター工業研究部 材料技術グループリーダー）

研究協力者：前川明弘（三重県科学技術振興センター工業研究部 材料技術グループ主任研究員）

研究協力者：山本 晃（株式会社三和工務店 代表取締役）

研究協力者：中川武志（株式会社川島工業 代表取締役）

研究協力者：犬飼利嗣（東海コンクリート工業株式会社 企画・技術部 技術グループ）

4. 交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 18 年度	12,900	3,870	16,770
平成 19 年度	1,900	570	2,470
総計	14,800	4,440	19,240

5. 研究概要

<平成 18 年度>

本研究では、小粒径から大粒径までの骨材を用いた広範囲のポーラスコンクリートについて、内部空隙構造に立脚した統一的な理論体系を構築することを目的とする。平成18年度においては、主に製造方法および品質評価に関する検討を行った。

(1) 製造方法に関する検討

データの不足している小粒径骨材を用いたポーラスコンクリートに着目し、数種類の施工方法（突き棒、表面振動機、型枠振動機、加圧成型、吹き付け、など）について、結合材の流動性を含めた最適調合について検討した。次に、実施工現場での実現可能性という観点からの再整理を行い、次年度に行う予定である現場施工実験のための基本的な知見を得た。

(2) 品質評価に関する検討

ポーラスコンクリートの品質は多岐に渡るが、骨材粒径にかかわらずその品質のほとんどが空隙の形成状態に依存している。このため本研究ではまず、各種ポーラスコンクリートの内部空隙構造の詳細な分析およびモデル化を行い、空隙特性が各種品質とどのように関係しているのかを把握することを試みた。

i) 内部構造の分析

3次元形状測定装置を用いた供試体断面の空隙構造の定量評価を試みた。その結果、非破壊の形状計測により、ポーラスコンクリートの空隙率の評価ができる可能性を示した。一方で、計測方法およびデ

一タの処理方法により、得られる結果にばらつきがあることも明らかとなり、測定精度の向上が今後の課題となる。

ii) 力学特性の評価

これまでの研究から骨材粒径の範囲をさらに拡大して、圧縮強度－空隙率の関係を調べた。また、実験結果に基づき、単純な球体の配列モデルを仮定することにより、圧縮強度および曲げ強度と空隙率の関係を推定する手法を提案した。

iii) 耐久性の評価

奥田式すりへり試験により、ポーラスコンクリートの表面の摩耗・剥脱に対する抵抗性に注目して検討を行った。

iv) その他の性能の評価

各種粒径のポーラスコンクリートに対して、透水性、揚水性、保水性、植生性能に関する評価を行った。

<平成 19 年度>

平成19年度においては、品質評価および性能に関する検討を行った。

(1) 空隙率の測定方法の改善に関する検討

ポーラスコンクリートの空隙率は、ポーラスコンクリートの全ての性能に影響する非常に重要な物性値であるにもかかわらず、近年の使用骨材の多様化などにより、従来の方法では正確に測定できない場合も出てきた。これに対して本研究では、フレッシュコンクリートの空気量測定方法を応用した容積圧力法による空隙率の測定方法を提案し、その妥当性に関する検討を行った。その結果、容積圧力法を用いることにより、小粒径ポーラスコンクリートについても正確に空隙率を測定することが可能となり、また、測定時間も大幅に短縮することができることが明らかとなった。

(2) 体積変化特性の把握およびモデル化

ポーラスコンクリートの乾燥および温度変化による体積変化特性に関しては、これまでにほとんど検討されてこなかった。このため本研究では、ポーラスコンクリートの乾燥収縮率および熱膨張係数を把握するための実験を行った。その結果、基礎的な体積変化特性が明らかとなり、さらに、ポーラスコンクリートの体積変化特性を予測するための内部構造を考慮したモデルを提案した。

(3) 温度変化特性に関する実験

都市部のヒートアイランド現象が問題視される中、ポーラスコンクリートの保水性を利用した舗装により、夏期の路面温度を低減するための研究が進められている。本研究では、夏期の屋外におけるポーラスコンクリートの熱特性に関して基礎的な実験を行った。その結果、ポーラスコンクリート舗装の熱特性が明らかとなり、ポーラスコンクリート舗装を利用した、より自然に近い都市部の熱緩和システムの構築の可能性を示した。

6. 研究発表

(1) 雑誌論文 (計 10 件)

著 者 名	論 文 標 題			
Shigemitsu HATANAKA	Fundamentals and a Few Recent Applications of Environmentally Friendly Porous Concrete			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
Proc. of International Conference on Pozzolan, Concrete and Geopolymer	査読あり		2 0 0 6	pp. 20-31

著 者 名	論 文 標 題			
中川武志	ポーラスコンクリートの耐摩耗・剥脱特性評価に関する実験的研究			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
セメント・コンクリート論文集	査読あり	No. 60	2 0 0 6	pp. 169-176

著 者 名	論 文 標 題			
前川明弘	小粒径ポーラスコンクリートの基礎的特性に関する実験的研究			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
セメント・コンクリート論文集	査読あり	No. 60	2 0 0 6	pp. 264-270

著 者 名	論 文 標 題			
畑中重光	小粒径ポーラスコンクリートの揚水高さに関する理論的アプローチ			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
セメント・コンクリート論文集	査読あり	No. 60	2 0 0 6	pp. 271-278

著 者 名	論 文 標 題			
前川明弘	小粒径ポーラスコンクリートの各種特性に関する実験的研究			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
コンクリート工学年次論文集	査読あり	Vol. 28, No. 1	2 0 0 6	pp. 1397-1402

著 者 名	論 文 標 題			
黒田萌	軽量ポーラスコンクリートを用いた水耕栽培による屋上緑化に関する研究			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
コンクリート工学年次論文集	査読あり	Vol. 28, No. 1	2 0 0 6	pp. 1409-1414

著 者 名	論 文 標 題			
黒田萌	再生骨材を用いたポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係に及ぼす締固め方法の影響			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
コンクリート工学年次論文集	査読あり	Vol. 29, No. 2	2 0 0 7	pp. 295-300

著 者 名	論 文 標 題			
前川明弘	ポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係に関する実験とそのモデル化			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
日本建築学会構造系論文集	査読あり	Vol. 73, No. 625	2 0 0 8	pp. 363-368

著 者 名	論 文 標 題			
畑中重光	小粒径ポーラスコンクリートの揚水モデルに関する研究			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
セメント・コンクリート論文集	査読あり	No. 61	2 0 0 8	pp. 601-608

著 者 名	論 文 標 題			
P. Chindaprasirt	Cement paste characteristics and porous concrete properties			
雑 誌 名	査読の有無	巻	発 行 年	最初と最後の頁
Construction and Building Materials	査読あり	Vol. 22	2 0 0 8	pp. 894-901

(2) 学会発表 (計 21 件)

発 表 者 名	発 表 標 題	
Shigemitsu HATANAKA	Fundamentals and a Few Recent Applications of Environmentally Friendly Porous Concrete	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
International Conference on Pozzolan, Concrete and Geopolymer	2006.5.24	Khon Kaen Univ., Thailand

発 表 者 名	発 表 標 題	
中川武志	改良奥田式すりへり試験によるポーラスコンクリートの摩耗・剥脱耐性の評価	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第60回セメント技術大会	2006年5月24日	全共連ビル・東京都

発 表 者 名	発 表 標 題	
山本晃	小粒径ポーラスコンクリートの透水・保水・揚水特性に関する研究	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第60回セメント技術大会	2006年5月24日	全共連ビル・東京都

発 表 者 名	発 表 標 題	
前川明弘	小粒径ポーラスコンクリートの空隙率測定方法に関する研究	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第60回セメント技術大会	2006年5月24日	全共連ビル・東京都

発 表 者 名	発 表 標 題	
前川明弘	小粒径ポーラスコンクリートの各種特性に関する実験的研究	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
コンクリート工学年次大会2006	2006年7月11日	朱鷺メッセ・新潟県

発 表 者 名	発 表 標 題	
黒田萌	軽量ポーラスコンクリートを用いた水耕栽培による屋上緑化に関する研究	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
コンクリート工学年次大会2006	2006年7月11日	朱鷺メッセ・新潟県

発 表 者 名	発 表 標 題		
月岡存	乾湿繰り返しを受けたポーラスコンクリートの性質		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
農業土木学会H18年度大会講演会		2006年8月9日	宇都宮大学・栃木県

発 表 者 名	発 表 標 題		
黒田萌	ポーラスコンクリートの圧縮強度特性に及ぼす再生骨材混入率の影響に関する実験的研究		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会大会		2006年9月7日	神奈川大学・神奈川県

発 表 者 名	発 表 標 題		
畑中重光	小粒径から大粒径までのポーラスコンクリートの製造とその応用		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
セメントコンクリート研究討論会		2006年10月20日	三重大学・三重県

発 表 者 名	発 表 標 題		
前川明弘	ポーラスコンクリートの圧縮強度-空隙率関係に関する実験とそのモデル化		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会2006年度東海支部学術研究発表会		2007年2月17日	愛知工業大学・愛知県

発 表 者 名	発 表 標 題		
坂本英輔	ポーラスコンクリートの揚水高さに関する基礎的研究-ガラスビーズを用いた可視化モデル実験-		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会2006年度東海支部学術研究発表会		2007年2月17日	愛知工業大学・愛知県

発 表 者 名	発 表 標 題		
黒田萌	再生骨材を用いたポーラスコンクリートの圧縮強度-空隙率関係に及ぼす締固め方法の影響に関する実験的研究		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会2006年度東海支部学術研究発表会		2007年2月17日	愛知工業大学・愛知県

発 表 者 名	発 表 標 題		
坂本英輔	ガラスビーズを用いたポーラスコンクリートの揚水高さに関する可視化モデル実験		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
第61回セメント技術大会		2007年5月30日	ホテルメトロポリタン・東京都

発 表 者 名	発 表 標 題		
黒田萌	再生骨材を用いたポーラスコンクリートの圧縮強度-空隙率関係に及ぼす締固め方法の影響		
学 会 等 名		発 表 年 月 日	発 表 場 所
コンクリート工学年次大会2007		2007年7月11日	江陽グランドホテル・宮城県

発 表 者 名	発 表 標 題	
張茂剛	ポーラスコンクリートの乾燥収縮特性に関する基礎的研究	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会大会	2007年8月29日	福岡大学・福岡県

発 表 者 名	発 表 標 題	
三島直生	3次元デジタイザを用いたポーラスコンクリートの空隙特性の評価に関する基礎的研究	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会大会	2007年8月29日	福岡大学・福岡県

発 表 者 名	発 表 標 題	
月岡存	小粒径ポーラスコンクリートの空隙率と透水係数について	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
農業農村工学会H19年度大会講演会	2007年8月29日	島根大学・島根県

発 表 者 名	発 表 標 題	
石黒覚	小粒径ポーラスコンクリートの破壊エネルギーについて	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
中部セメントコンクリート研究会	2007年10月	愛知県

発 表 者 名	発 表 標 題	
辻本佳	川砂を用いたポーラスコンクリートの性質	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
農業農村工学会第64回京都支部研究発表会	2007年11月8日	和歌山県民文化会館・和歌山県

発 表 者 名	発 表 標 題	
張茂剛	ポーラスコンクリートの乾燥収縮特性とそのモデル化に関する基礎的研究	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
日本建築学会東海支部研究発表会	2008年2月17日	大同工業大学・愛知県

発 表 者 名	発 表 標 題	
石黒覚	小粒径ポーラスコンクリートの破壊特性	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所
農業農村工学会	2008年8月	秋田県（印刷中）

7. 研究成果

以下に掲載する。なお、本文の内容は上記の研究論文および参考資料を取りまとめたものである。

目次

1. 雑誌論文

(1) 小粒径から大粒径までのポーラスコンクリートの製造とその応用	1
(2) 空気室圧力法を応用したポーラスコンクリートの空隙率測定方法	7
(3) ポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係に関する実験とそのモデル化	15
(4) 再生骨材を用いたポーラスコンクリートの圧縮強度－空隙率関係に及ぼす 締固め方法の影響	21
(5) ポーラスコンクリートの耐摩耗・剥脱特性評価に関する実験的研究	27
(6) 小粒径ポーラスコンクリートの基礎的特性に関する実験的研究	35
(7) 小粒径ポーラスコンクリートの各種特性に関する実験的研究	43
(8) 小粒径ポーラスコンクリートの揚水高さに関する理論的アプローチ	49
(9) 小粒径ポーラスコンクリートの揚水モデルに関する研究	57
(10) 軽量ポーラスコンクリートを用いた水耕栽培による屋上緑化に関する研究	65
(11) Fundamentals and a Few Recent Applications of Environmentally Friendly Porous Concrete	71
(12) Cement paste characteristics and porous concrete properties	83

2. 口頭発表論文

(1) 3次元デジタイザを用いたポーラスコンクリートの空隙特性の評価に関する基礎的研究	91
(2) 小粒径ポーラスコンクリートの破壊エネルギーについて	93
(3) 小粒径ポーラスコンクリートの破壊特性	97
(4) ポーラスコンクリートの圧縮強度特性に及ぼす再生骨材混入率の影響	99
(5) ポーラスコンクリートの摩耗・剥脱耐性評価に関する研究	101
(6) 乾湿繰返しを受けたポーラスコンクリートの性質	103
(7) ポーラスコンクリートの乾燥収縮特性に関する基礎的研究	105
(8) 小粒径ポーラスコンクリートの空隙率測定方法に関する研究	107
(9) 小粒径ポーラスコンクリートの透水・保水・揚水特性に関する研究	109
(10) ガラスビーズを用いたポーラスコンクリートの揚水高さに関する可視化モデル実験	111
(11) 川砂を用いたポーラスコンクリートの性質	113
(12) 小粒径ポーラスコンクリートの空隙率と透水係数について	115

3. 参考資料

(1) Abstracts of Research Project	117
-----------------------------------	-----