

# 住空間における意匠性に配慮した 複層ポーラスコンクリート歩道の施工実験

中川武志\*1・畑中重光\*2・三島直生\*3・松村 豪\*4

**概要** ポーラスコンクリートは、透水性、保水性、吸音性、熱緩和特性などの多くの機能を持つことから、建築外構や都市街区に適用することにより、住空間における環境負荷の低減や快適性の向上に役立てることが期待されている。本報告では、ポーラスコンクリートの現場施工を容易にし、かつ機能と付加価値を向上させることのできる複層（基層＋表層）ポーラスコンクリートの一形態を提案し、これを適用して建物周囲の歩道を現場打設により施工した事例を紹介する。実施工とともに実験室実験を行い、基層に用いる比較的低強度のポーラスコンクリートは、透水性歩道に十分な性能を有し、製造から打設まで比較的管理しやすいこと、また、歩道の表層を細粒度の樹脂製ポーラス硬化体とすることにより、ポーラスコンクリート単体で施工した歩道の意匠性や質感を改善できることなどを確認した。

**キーワード**：複層ポーラスコンクリート、施工、品質管理、樹脂ポーラス硬化体、舗装

## 1. はじめに

ポーラスコンクリートは、透水性、保水性、通気性、吸音性、吸着性、熱緩和特性等の機能を有するため、土木分野だけでなく、建物まわりの住空間の快適性の向上に役立てることも期待されている<sup>1),2)</sup>。建築分野への実用例として、インターロッキングブロック舗装などが広がりを見せている一方、フレッシュ状態でのポーラスコンクリートを用いた現場施工は、一部の適用例<sup>3),4)</sup>を除き全国的にはあまり多く行われているとは言えない。

この一因として、現状では、ポーラスコンクリートの製造・運搬・打設面での取扱いが必ずしも容易でないこと、品質管理のしやすい施工方法が普及していないことなどの問題が考えられる。例えば、道路舗装を想定した場合、ポーラスコンクリートの調合は、水セメント比30～35%、単位結合材量350～450 kg/程度とされることが多い<sup>5),6)</sup>。このような富調(配)合の結合材を用いたポーラスコンクリートの供給体制を整えることは、レディミクストコンクリートプラントに、製造、運搬、そして洗車の各作業において、新たな負担を強いることになる。また、施工者に対しても、とくに夏場の施工や品質管理には工夫と経験が要求される。市場性から見れば、ポーラスコンクリート単体では、その仕上がりが高品位な印象につながらないことも欠点の一つとして挙げられ、意匠性に優れた工法の充実が求められている<sup>7)</sup>。

本報告では、以上の点を踏まえた上で、建築分野にお

ける住空間の快適性を向上させるための一つのツールとしてポーラスコンクリートを有効活用した複層（基層＋表層）ポーラスコンクリートの一形態を提案し、これを適用して建物周囲の歩道を現場打設により施工した事例を紹介する。

## 2. 歩道へのポーラスコンクリートの適用

ポーラスコンクリートを道路に適用する場合には、車道用普通コンクリート舗装または転圧コンクリート舗装の設計基準に基づき、3～4 N/mm<sup>2</sup>以上の曲げ強度を達成することが前提とされることが多い。しかし、アスファルトコンクリート舗装が一般的に使用されていることから考えると、条件によっては必ずしも高い強度を必要としないことも推測できる。

重交通を対象としない歩道や駐車場等で、地盤または路床が適度に剛であれば、水セメント比が50%近くで単位結合材量が少なく、圧縮強度10 N/mm<sup>2</sup>、曲げ強度2 N/mm<sup>2</sup>程度のポーラスコンクリートを使用しても、強度的には実用上何ら問題はないと考えられる。ただし、摩耗や剥脱といった表層の問題には別途対処する必要がある。

また、このレベルの強度のポーラスコンクリートであれば、プラントでの製造、アジテータ車での運搬および現場での施工性が優れ、品質管理もさほど困難ではないという利点がある。

そこで本開発研究では、重交通を対象としない歩道の施工において、複層ポーラスコンクリートの採用を提案することとした。すなわち、基層には比較的低強度のポーラスコンクリートを使用することによって現場での施工性と経済性を改善し、表層は高耐久なエポキシ樹脂で結合したポーラス硬化体とすることにより意匠性と質

\*1 なかがわ・たけし／三重大学大学院 博士後期課程 工学研究科 建築学専攻（正会員）

\*2 はたなか・しげみつ／三重大学大学院 工学研究科 建築学専攻 教授（正会員）

\*3 みしま・なおき／三重大学大学院 工学研究科 建築学専攻 助教（正会員）

\*4 まつむら・つよし／徳川島工業 技術部

感を向上させる方法を採用することとした。実験は現在も進行中であるが、本報告では、施工概要とともに、すでに実施した実験結果について、その一部を紹介する。

### 3. 複層ポーラスコンクリート歩道の概要

今回、考案・実施した複層ポーラスコンクリート歩道に期待される主な特長と機能をまとめると表-1のようになる。また、歩道の断面は図-1に示したとおりであり、基層に粗粒（6号砕石使用）の単粒度ポーラスコンクリートを、表層に細粒（5～9.5mmで、任意の色の玉石使用）の樹脂ポーラスコンクリート（以下、樹脂ポーラスと称する）を施してある。

#### 3.1 施工の概要と諸元

図-2に、複層ポーラス透水歩道の施工計画図を示す。工事箇所は、大学構内における建物に隣接し、歩行者が日常的に往来する経路であるが、未舗装で水がたまりやすいため飛び石が並べられていた。夏場には雑草の繁茂も問題であった（写真-1、写真-2参照）。

本実験計画では、全長約40mの歩道および階段を複層ポーラスコンクリートで施工することとした。歩道は計7区画に分け、外観は一樣であるが、施工条件を変えて区画ごとの特性を比較することとした。

表-1 複層ポーラスコンクリート歩道の特徴・機能

| 項目      | 特徴・機能                                                                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 意匠性・質感  | ○表層樹脂ポーラスの施工により、意匠性、質感が向上する。<br>○表層用の石材（色）を選択でき、デザインの調和が図れる。                                                |
| 歩行性・使用性 | ○高い透水性のため、雨でも水たまり、水はねがない。<br>○高い透水性と摩擦のため、歩きやすい。<br>○屋内への泥・ほこりの持ち込みが少なく、建物が汚れない。                            |
| 造形性・施工性 | ○現場打設のため、周辺部・狭小部・樹まわりの処理、勾配変化部への対応が容易。<br>○基層ポーラスコンクリートの天端がラフでもよく、施工が容易。<br>○インターロッキングブロック施工に比べて作業時間が短い。    |
| 耐久性※    | ○基礎ポーラスコンクリートと表層樹脂ポーラスとの密着性が高く、樹脂の可とう性のため高い剥脱性が期待できる。<br>○基層と表層の平均空隙径の違いにより、目詰まりしにくく、長期にわたって高い透水・排水性が期待できる。 |

〔注〕 ※今後の実験により確認予定

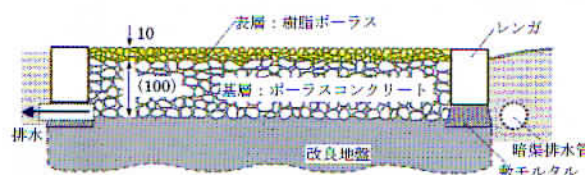


図-1 複層ポーラスコンクリート歩道（断面）

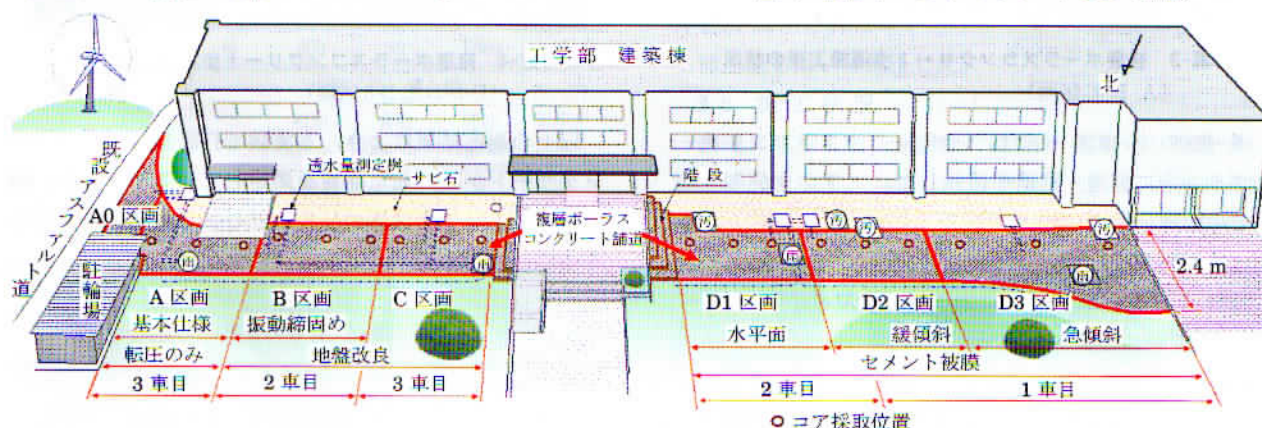


図-2 コンクリート歩道の施工計画図

## Site Experiment of Double-Layer Porous Concrete Pavement Considering Aesthetic Aspect in and around Houses

By T. Nakagawa, S. Hatanaka, N. Mishima and T. Matsumura

Concrete Journal, Vol.46, No.12, pp.20~27, Dec. 2008

**Synopsis** Porous concrete is a concrete with large amount of continuous pores that have been intentionally inserted; it belongs to a completely different category from conventional concrete. Therefore the physical characteristics of porous concrete differ greatly from normal concrete in its properties, such as permeability, water retention, water purification, being a vegetation base, functioning as a habitat for organisms, etc. It is a material that has great potential to be used widely in both civil engineering and architecture in the future. In the present study, a new type of double-layer porous concrete pavement is proposed to provide comfortable circumstances around houses. The pavement consists of the base layer of conventional porous concrete and the surface layer of color small pebbles bound by epoxy resin. A site experiment was carried out in front of the school building of the architectural department in Mie University. It has been confirmed that the proposed pavement method is quite effective to realize a safe and beautiful walking way.

**Keywords** : porous concrete, site experiment, quality control, resin porous concrete, pavement, houses



写真-1 施工前の状況 (A, B, C区画該当箇所)



写真-3 複層ポーラスコンクリート歩道施工後の状況 (A, B, C区画)

ポーラスコンクリートは、レディーミクストコンクリートプラントに製造・供給を依頼した。プラントから現場までの距離は約 20 km、アジテータ車による運搬所要時間は約 30～50 分であった。

写真-3 および写真-4 に、施工後の状況を示す。

### 3.2 実験の概要

表-2 に、実験の概要を示す。実験要因として、基層ポーラスコンクリートの締固め方法および路床の処理方法を取り上げた。測定項目は、空隙率、圧縮強度および透水係数である。

歩道は表-3 のように、実験対象の 6 区画 (A～D) および付帯部 (A<sub>0</sub>) に分け、施工条件を変化させた。品質管理に関しては、ポーラスコンクリートの性状を目視で確認するとともに、円柱供試体を作製し、空隙率、圧縮強度、透水係数のばらつきを調査することとした。ここで、円柱型枠を使用して作製した供試体と打設箇所からコア抜きにより採取した供試体を区別して、前者を円柱供試体、後者をコア供試体と呼ぶ。

作製した円柱供試体は、脱型後、現場水中養生し、空隙率および透水係数の測定を行った後に材齢 28 日で圧縮強度試験を行った。また歩道の完成後、50 日経過した時点で、打設した歩道の各区画から 3 個ずつコア供試体 (φ93×100～140 mm 程度) を採取し (図-2 参照)、直ちに空隙率、透水係数および圧縮強度の測定を行った。



写真-2 施工前の状況 (D1, D2, D3区画該当箇所)



写真-4 複層ポーラスコンクリート歩道施工後の状況 (D1, D2, D3区画)

以上の測定結果により、本実験で打設したポーラスコンクリートが設計した品質を満足しているかどうか、円柱供試体とコア供試体の品質がどのような関係にあるかを中心に検討する。

表-2 実験の概要

| 要 因    | 水 準              | 供試体   | 測定項目         |
|--------|------------------|-------|--------------|
| 締 固 め  | コテ仕上げ、振動締固め      | 円柱供試体 | 全空隙率         |
| 路床の処理※ | 転圧のみ、地盤改良、セメント被膜 | コア供試体 | 圧縮強度<br>透水係数 |

[注] ※：セメント被膜とは、雨水の排水と浸透を調節するために路床表面に施すセメントペーストの膜

表-3 歩道の区画と施工概要

| 歩道<br>区画       | 要 因 |        | 面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 代表厚さ       |            | 傾斜    | 透水量<br>測定値 |
|----------------|-----|--------|-------------------------|------------|------------|-------|------------|
|                | 締固め | 下部構造   |                         | 基層<br>(cm) | 表層<br>(cm) |       |            |
| A <sub>0</sub> | コテ  | 転圧のみ   | 5.8                     | 11.0       | 1.0        | 水平    |            |
| A              | コテ  | 転圧のみ   | 9.1                     | 11.0       | 1.0        | 水平    | ○          |
| B              | 振動  | 地盤改良   | 6.2                     | 14.0       | 1.0        | 水平    | ○          |
| C              | コテ  | 地盤改良   | 5.8                     | 12.0       | 1.0        | 水平    | ○          |
| D1             | コテ  | セメント被膜 | 7.0                     | 10.5       | 1.0        | 水平    | ○          |
| D2             | コテ  | セメント被膜 | 4.9                     | 9.5        | 1.0        | 2/100 | ○          |
| D3             | コテ  | セメント被膜 | 20.9                    | 12.0       | 1.0        | 5/100 | ○          |

[注] 基層：6号砕石を使用したポーラスコンクリート  
表層：樹脂ポーラス (粒径 5～9.5 mm の石材、エポキシ系樹脂使用)

### 3.3 材料および調査

表-4 に、本実験で基層に用いたポーラスコンクリートの材料諸元および調査を示す。ポーラスコンクリートには、6号砕石を使用し、水セメント比を46%、単位セメント量を200 kgとした。これは試し練りの結果から、練混ぜおよび打設時に取扱いが比較的容易で、かつ経済的と判断された仕様である。

表層用のエポキシ樹脂の品質は、常温硬化型で、密度1.0 g/cm<sup>3</sup>、初期硬化時間は12時間程度、7日硬化時(20℃)で引張強度8.4 N/mm<sup>2</sup>、破断時の伸び率152%

表-4 使用材料および調査

|    |     |                       |                             |                                        |                         |                          |            |
|----|-----|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|
| 材料 | 基層  | セメント                  |                             | 普通ポルトランドセメント                           |                         |                          |            |
|    |     | 砕石                    |                             | 呼 称 6号 (粒径 5~13 mm)                    |                         |                          |            |
|    |     |                       |                             | 産 地 三重県佐奈山産                            |                         |                          |            |
|    |     |                       |                             | 実積率 57.7% (JIS A 1104)<br>(軽盛状態 49.8%) |                         |                          |            |
|    |     |                       | 表乾密度 2.72 g/cm <sup>3</sup> |                                        |                         |                          |            |
| 表層 | 樹 脂 | エポキシ系 2液混合・常温硬化型      |                             |                                        |                         |                          |            |
|    | 石 材 | 天然砂利市販品 (粒径 5~9.5 mm) |                             |                                        |                         |                          |            |
| 調査 | 基層  | 種類                    | 水セメント比 (%)                  | 単 位 質 量                                |                         |                          | 設 計空隙率 (%) |
|    |     |                       |                             | セメント (kg/m <sup>3</sup> )              | 水 (kg/m <sup>3</sup> )  | 粗骨材 (kg/m <sup>3</sup> ) |            |
|    |     | 普通                    | 46                          | 200                                    | 92                      | 1 570                    | 27         |
|    |     |                       | 軽盛                          | 46                                     | 200                     | 92                       | 1 355      |
|    | 表層  |                       |                             | 単 位 質 量                                |                         |                          | 設 計空隙率 (%) |
|    |     |                       |                             | 樹脂 (kg/m <sup>3</sup> )                | 骨材 (kg/m <sup>3</sup> ) | 珪砂 (kg/m <sup>3</sup> )  |            |
| 88 |     |                       |                             | 1 490                                  | 56                      | 32                       |            |

※ 軽盛状態の砕石の単位質量は、1,355 kg/m<sup>3</sup>



写真-5 路床のセメント被膜、縁石設置状況 (D3区画)



写真-6 アジテータ車からのポーラスコンクリートの排出状況



写真-7 ポーラスコンクリートの打設 (C区画)

表-5 工程表

| 工 種              | 2008年5月(延べ8日) |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 準備工              |               |      |      |      |      |      |      |      |
| 掘削工、排水工          |               |      |      |      |      |      |      |      |
| 地盤改良、路床工         |               |      |      |      |      |      |      |      |
| レンガ積工、セメント被膜     |               |      |      |      |      |      |      |      |
| 基 層 (ポーラスコンクリート) |               |      |      |      |      |      |      |      |
| 養 生              |               |      |      |      |      |      |      |      |
| 表 層 (樹脂ポーラス)     |               |      |      |      |      |      |      |      |
| 気 温 (℃, 10:00)   | 20.5          | 19.5 | 21.9 | 21.1 | 23.4 | 21.0 | 21.9 | 26.5 |
| 相対湿度 (% , 10:00) | 68            | 60   | 45   | 69   | 71   | 68   | 85   | 54   |



写真-8 振動締め機による基層の締め固め (B区画)

程度、耐候性はサンシャインウェザーメータによる100時間あたりの色差ΔEが6以下である。

表層の樹脂ポーラスは、カラー石材をほぼ透明な樹脂で結合しているため経年時でも天然石材の風合いが持続し、退色・摩耗等による陳腐化を防ぐことが期待できる。

### 3.4 実験方法

現場施工ではレーキによる敷き均しの後、コテ仕上げを、また、円柱供試体の作製にあたっては、突き棒による2層10回突きした後、コテ仕上げを行った。

空隙率の測定<sup>8),9)</sup>は、円柱供試体およびコア供試体ともに質量法(全空隙率)により行った。

透水係数の測定は、円柱供試体の場合、JCI 標準(案)<sup>9)</sup>に基づいて行った。コア供試体も、円柱供試体と同じ装置を使用した。供試体の直径が小さいため側面に緩衝材(1 mm厚の発泡ウレタンシート)を巻きつけて測定した。

圧縮強度試験は、端面に樹脂ポーラスがある場合には、それを取り除いた状態で行った。樹脂ポーラスの強度については、別途、樹脂ポーラスのみで作製した円柱供試体により測定した。すべての供試体の端面は、硫黄キャッピングを行った。コア供試体の圧縮強度については、供試体の長さが直径の2倍よりも短いため、便宜上、JIS A 1107に示されたコンクリートコアの供試体長さによる補正値を用いて補正した。

### 3.5 施工状況

表-5に工程および温湿度の概要を、写真-5~写真-8に施工状況を示す。歩道は、掘削整正(B、C区画のみ地盤改良)および転圧の後、排水計画およびレンガ等によ

る区画分けを行った。D区画は路床の処理として、セメント被膜処理を行った(写真-5)。セメント被膜処理は、多量の雨水は排水し、少量の雨水は地中浸透を図ることを目的とするもので、路床にセメントペースト(セメント1:水3程度)を薄く塗るか、または路床の土に低濃度のセメントペーストを浸み込ませる処理である。

排水、縁石、路床の処理等の作業は事前に行い、ポーラスコンクリートの打設は1日で行った。実験区画の施工は、D3、D2、D1、B、C、A区画の順である。

トラックアジテータにより搬送されたポーラスコンクリートは、排出開始時および排出終了時における目視確認を行った上で打設した(写真-6、写真-7)。ポーラスコンクリートのコンシステンシーは、プラント出発から1時間近く経過しても、大きく変化することはない、敷き均し、コテ仕上げ等における作業性は良好であった。B区画の振動締固めには、プレートランマを使用した(写真-8)。

歩道の表層となる樹脂ポーラスは、ポーラスコンクリート打設の2日後に施工した。本施工により、使用する玉石の選択次第で、歩道の意匠性や質感を様々に変化させることができると判断された。歩道の周囲は、美観の向上を考慮して碎石(サビ石)敷きとした。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 練上り後の経過時間の影響

図-3に、生コンプラントでの練上りからの経過時間を横軸として、各特性値の測定結果を示す。ここで、円柱供試体の採取は、各車の荷卸し開始時と終了時付近とした。また、コア供試体の経過時間は、図-2に示す採取位置と当日の施工のタイムテーブルから推定した。全般的な傾向として、各特性値に及ぼす練上り後の経過時間の影響はあまり明確には現れていない。

##### (1) 全空隙率

図-3(a)(i)に示す円柱供試体の測定結果によれば、2車目の終了時(経過時間60min付近)で、他と比べて極端に大きな全空隙率の値が得られている。この時に採取された試料からは、粒度が粗粒に偏っている状態が目視で確認され、アジテータ車のドラムの回転により、粒度の偏りが発生したものと考えられる。全空隙率の増大はこの粒度の偏りによると推測され、アジテータ車によりポーラスコンクリートを運搬する際には均一性の確保のために、定期的にドラムを高速で逆回転させるなどの措置が必要と考えられる<sup>10)</sup>。

他の測定結果には、出荷ロットおよび経過時間の違いによる明確な傾向は見られず、全空隙率はおおむね25~30%程度の値であった。なお、コテ仕上げの設計空隙率の計算には軽盛り状態の骨材の実積率を使用した。実測値から判断して、円柱供試体は軽盛り状態よりも良く締まっていることが推測できる。

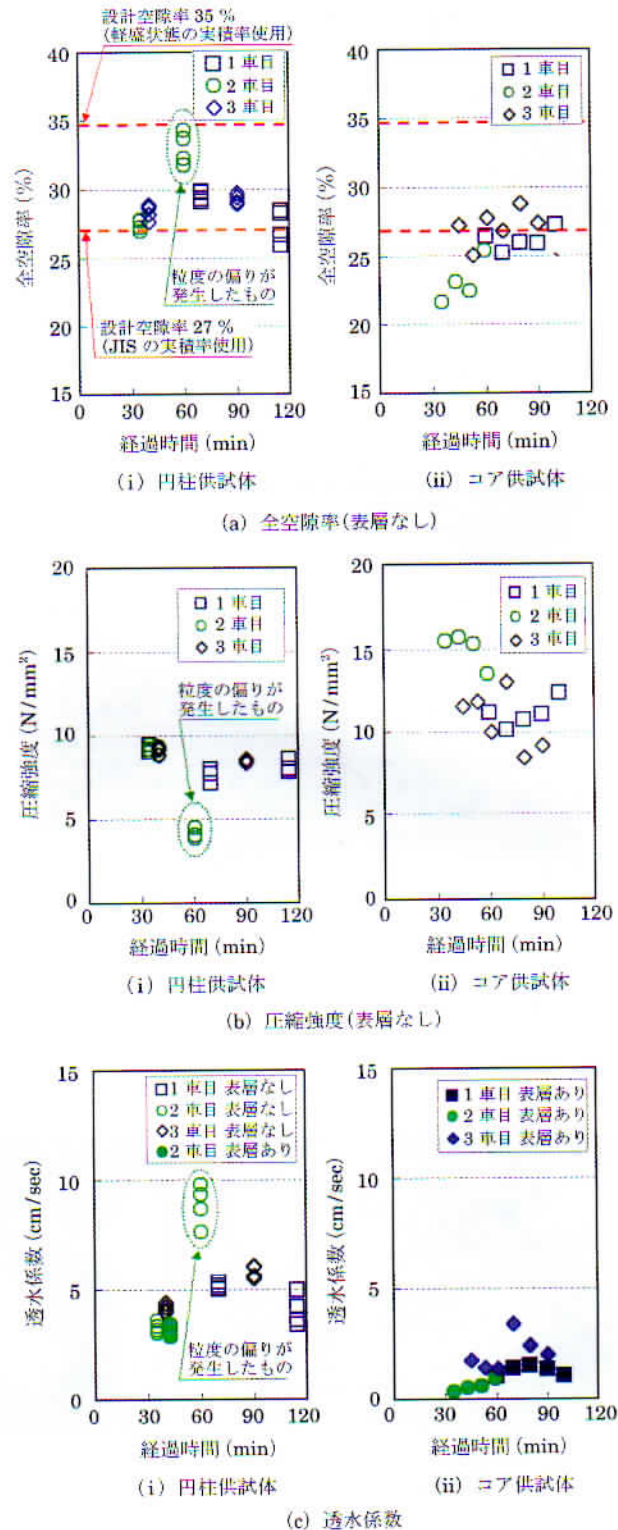


図-3 打設したポーラスコンクリートの各特性と練上り後の経過時間との関係(コテ仕上げ)

図-3(a)(ii)に示すコア供試体の全空隙率は、22~27%程度で、円柱供試体よりも2~3%程度小さい。一つの理由として、コア供試体では供試体表面の壁効果の影響がないことがあげられる。また、2車目の前半部分で全空隙率が極端に小さくなっている。この原因は不明であるが、結果として現場施工されたポーラスコンクリートの方が全空隙率のばらつきが大きくなった。

なお、表層に用いた樹脂ポーラス単体の全空隙率は

30～32%程度であった。エポキシ樹脂の膜厚が薄いため、基層よりも大きな空隙率が期待できる。

## (2) 圧縮強度

写真-9に、圧縮強度試験における円柱供試体の破壊状況の例を示す。供試体は、キャッピング部分では破壊せず、おおむね円錐状の破壊形態となった。図-3 (b) (i) に、円柱供試体の圧縮強度試験結果を示す。円柱供試体の圧縮強度は、前述した粒度の偏ったものを除けば7～10 N/mm<sup>2</sup>程度であった。この値は、過去の実績を基に目標としていた8 N/mm<sup>2</sup>に近いものである。

図-3 (b) (ii) に、コア供試体の圧縮強度試験結果を示す。コア供試体の圧縮強度は、8～16 N/mm<sup>2</sup>程度であった。円柱供試体と比べてコア供試体の方が大きくなる傾向が見られるが、この理由としては、コア供試体の表面が密で空隙率が小さいこと、コア供試体の材齢が円柱供試体よりも長い（円柱供試体は材齢28日で、コア供試体は材齢50日で圧縮強度試験を行った）こと、などの影響が考えられる。なお、表層に用いた樹脂ポーラス単体の圧縮強度は、2～2.5 N/mm<sup>2</sup>程度であった。

## (3) 透水係数

図-3 (c) (i) に、円柱供試体の透水係数を示す。透水係数は、全空隙率の結果と似た傾向を示しており、粒度の偏りが発生した供試体のデータを除けば、全体的には3～6 cm/sec程度である。円柱供試体の透水係数は、目標としていた2 cm/secを十分満足している。

表層の樹脂ポーラスの施工（厚さ約1 cm）を行った複層ポーラスコンクリートとしての円柱供試体の透水係数は、3 cm/sec程度であり、樹脂ポーラス単体の供試体（空隙率30～32%程度、骨材粒径5～9.5 mm、透水係数3～3.5 cm/sec）とほぼ同等な値となった。

図-3 (c) (ii) に、コア供試体の透水係数の測定結果を示す。コア供試体は、現場における透水性評価のため表層を含む状態で測定した。コア供試体の透水係数は1～3 cm/sec程度で、表層を含む円柱供試体の透水係数より小さい。これは、コア供試体では型枠面の壁効果がないことによると考えられ、ポーラスコンクリートの透水性の評価・管理に円柱供試体を用いる場合には留意を要する<sup>13)</sup>。



写真-9 圧縮試験を行った円柱供試体の破壊状況

## 4.2 締固め方法の影響<sup>12), 13)</sup>

図-4に、各特性と締固め方法の関係を示す。図-4 (a) (i) に示す円柱供試体において、軽盛りの場合の空隙率は設計空隙率より大きく、振動締固めの場合には設計空隙率より小さくなった。コテ仕上げは、軽盛りと振動締固めの中間の結果となり、軽盛り状態における実積率の値（表-4参照）を用いた設計空隙率は実測値との差異が大きいといえる。

図-4 (a) (ii) に示すコア供試体では、コテ仕上げおよび振動締固めの両方のケースとも、円柱供試体より低

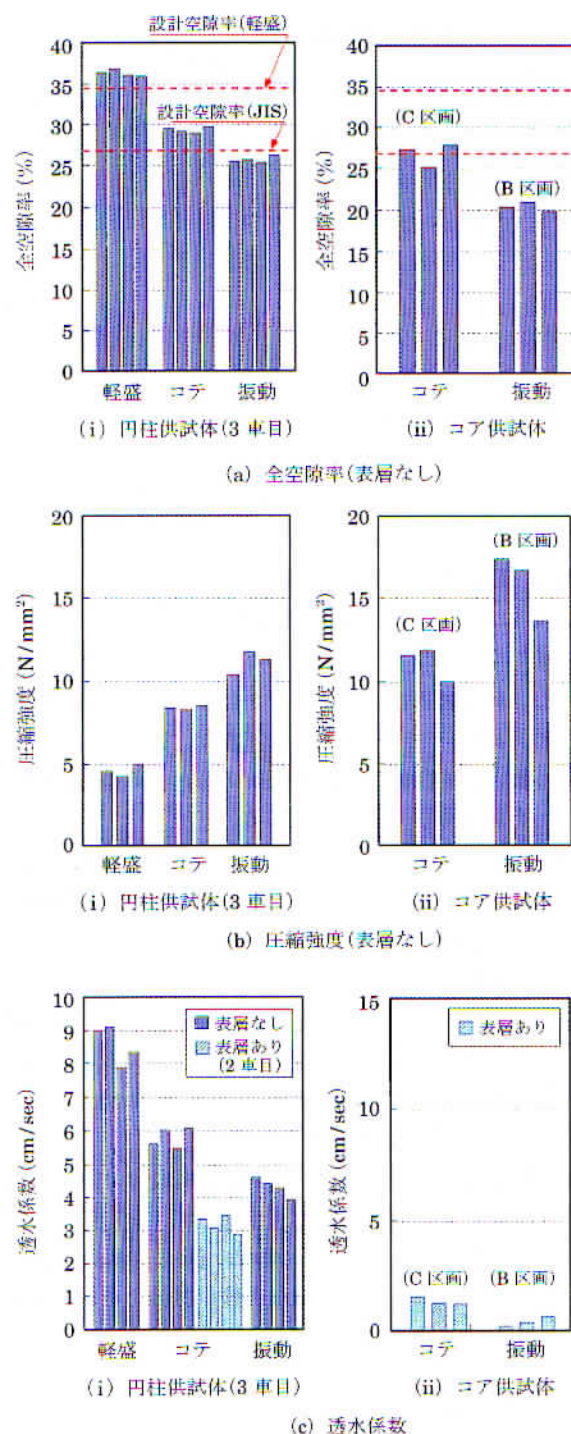


図-4 打設したポーラスコンクリートの各特性と締固め方法の関係

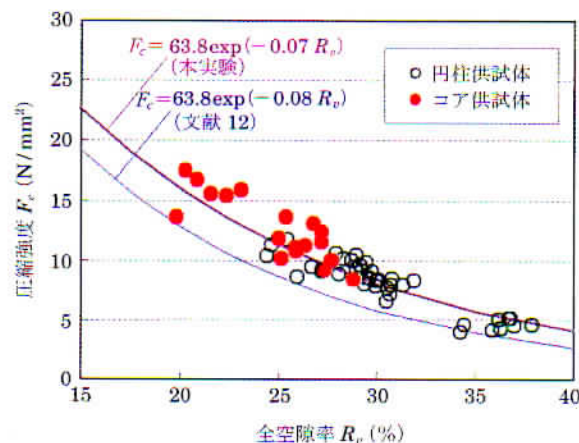


図-5 圧縮強度と全空隙率の関係

い空隙率が得られている。これも主に円柱供試体の型枠の壁効果によるものと考えられる。

コア供試体の空隙率が小さいことに伴って、図-4 (b) および (c) に見られるように、コア供試体では円柱供試体に比べ、圧縮強度が大きく、透水係数が小さくなっている。

一般に、ポーラスコンクリートの空隙率、強度等の品質を安定させるために振動締固めを行うことが望ましい<sup>10)</sup>と考えられるが、設計空隙率を実現するという観点からは、円柱供試体とコア供試体との関係に加え、締固め程度による空隙率の変化などについても、さらに詳細に検討する必要がある。

#### 4.3 圧縮強度と空隙率の関係<sup>12)~15)</sup>

図-5 に、各供試体の圧縮強度と空隙率の関係を示す。図中のプロットは、円柱供試体およびコア供試体に分けて示し、締固め方法の違い（コテ仕上げ、軽盛り、振動締固め）は同一マークで示した。また、同図中には文献 12) に倣い、結合材の圧縮強度を切片とする指数関数で近似した結果も併せて示してある。

全プロットに対し、指数関数による近似を行った結果によれば、既往の推定式では、砕石 6 号を使用した場合のべき係数を  $-0.08$  としていたが、本実験結果では、係数は  $-0.07$  程度の値となった。円柱供試体とコア供試体の比較からは、コア供試体の圧縮強度が若干高いと思われていたが、圧縮強度・空隙率関係で見ると、ほぼ同一曲線上にのるという結果となった。

#### 4.4 全空隙率と透水係数の関係<sup>13)</sup>

図-6 に、各供試体の全空隙率と透水係数の関係を示す。図によれば、実測された透水係数は、全空隙率に対してよい相関を示している。既に、図-3 で説明したように、コア供試体の透水係数は円柱供試体のそれより小さく、 $0.3 \sim 0.5$  倍程度である。

#### 5. その他の適用例

本研究で実施工した複層ポーラスコンクリートを適用した他の事例を簡単に紹介する。写真-10～写真-13 は、

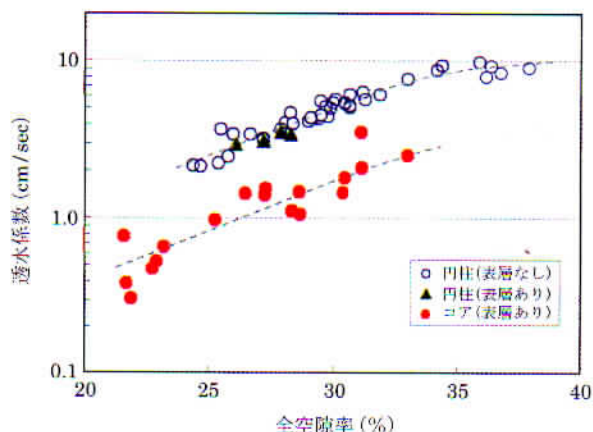


図-6 透水係数と全空隙率の関係

それぞれ、複層ポーラスコンクリートを駐車場、トイレ、屋外階段、住宅の屋上に適用した例である。いずれの施工例も既に 3 年余りの時間が経過しているが、退色や摩耗・剥脱はほとんど生じておらず、透水性能の低下も確認されていない。

#### 6. ま と め

本報ではポーラスコンクリートの建築分野への活用を目指し、基層と表層より成る複層ポーラスコンクリート歩道の現場施工実験と実験室実験について報告した。結果は、おおよそ以下のようにまとめられる。

- 1) 本実験で用いた比較的低強度のポーラスコンクリートは、透水性歩道の基層として十分な性能を有していると考えられる。また、歩道の表層を細粒度の樹脂製ポーラス硬化体とすることにより、ポーラスコンクリート単体で施工した歩道の意匠性や質感を改善できることが確認された。
- 2) 本実験で基層に採用した水セメント比 46%、単位結合材量 290 kg 程度のポーラスコンクリートは、レディーミクストコンクリートプラントにおける製造、アジテータ車による運搬から洗車までの取扱いが比較的容易である。
- 3) 出荷ロットおよび時間経過に伴う品質の変動は、円柱供試体において、空隙率で 26～31%、圧縮強度で 7～10 N/mm<sup>2</sup>、透水係数で 2～6 cm/sec 程度であった。またコア供試体では、空隙率で 22～27%、圧縮強度で 8～16 N/mm<sup>2</sup>、透水係数で 1～3 cm/sec 程度であった。いずれの値も透水性歩道の基層として許容範囲にあると考えられる。
- 4) コア供試体と比較して、円柱供試体では、空隙率が大きく、圧縮強度が小さく、透水係数が大きい。これは、既往の研究で指摘されているように、主に円柱供試体の型枠の壁効果によるものと考えられる。品質管理に円柱供試体を用いる際には、この点に留意する必要がある。
- 5) ポーラスコンクリートの空隙率と圧縮強度の関係は、



写真-10 駐車場における施工例

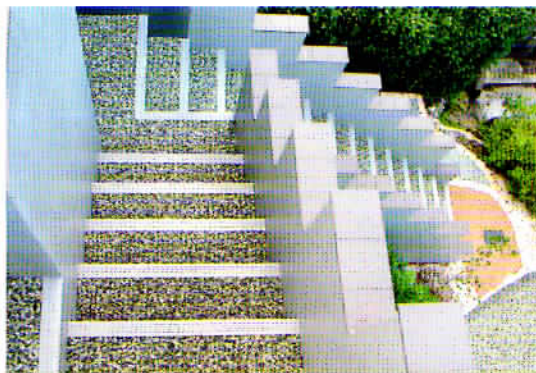


写真-11 屋外階段における施工例



写真-12 トイレにおける施工例



写真-13 住宅の屋上における施工例

既往の研究で指摘されているように、結合材量の影響および締固め程度の影響を含めて、結合材の圧縮強度を切片とする指数関数の近似式におおむね一致した。また、本実験の範囲では、円柱供試体とコア供試体の結果もおおむね同一曲線上にプロットされた。

なお今後も引き続き、ポーラスコンクリートの空隙率と強度に及ぼす締固め程度の影響、圧縮強度に及ぼすポーラスコンクリート供試体の長さ直径比の影響、樹脂の耐候性、表層の日詰まり・耐摩耗性・耐剥脱性等の経年変化を調べる予定である。

**謝 辞** 本研究費の一部は、平成 19 年度日本学術振興会科学研究補助金・基盤研究 (B) (研究代表者：畑中重光) による。付記して謝意を表します。また、実験を行うにあたり、ご協力頂いた三雲生コン(株)大藪邦典氏、東洋工業(株)沖年幸氏に感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) 堀口 剛：環境を再生・創造するポーラスコンクリート，アース & eco コンクリートマガジン，No.1，pp.50～56，2008.5
- 2) 三島直生・中川武志・畑中重光・北野博亮：屋外実験によるポーラスコンクリート舗装の熱特性に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.587～588，2008.6
- 3) 上原伸郎・田中伸幸・佐藤健司・増岡臣一：環境に配慮したポーラスコンクリートの試験施工，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.1269～1273，2002

- 4) 添田政司：透水性歩道用コンクリートへの規格外再生骨材の適用に関する研究，第 35 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集，pp.37～42，2008.10
- 5) セメント協会，舗装技術専門委員会報告：舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果報告 R-11，1999.11
- 6) 日本道路協会舗装委員会舗装設計施工小委員会：透水性舗装ガイドブック，pp.26～33，2007.8
- 7) 玉井元治・稲田純一・茅瀬英里：ポーラスコンクリートのランドスケープへの適応，アース & eco コンクリートマガジン，No.2，pp.56～63，2008
- 8) ポーラスコンクリートの設計・施工に関する研究委員会：同報告書，pp.179～180，日本コンクリート工学協会，2003
- 9) 中川武志・畑中重光・三島直生・湯浅幸久・前川明弘：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，日本建築学会構造系論文集，第 73 巻，第 629 号，pp.1043～1050，2008.7
- 10) 林 善弘・橋本親典・辻 幸和：アジテータ車のかくはん中のフレッシュコンクリートの流動に関する研究，土木学会論文集，No.502/V-25，pp.123～130，1994.11
- 11) 城 健・島崎 啓・国枝 稔・六郷恵哲：ポーラスコンクリートの空隙率と空隙分布の評価，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.1，pp.259～264，1999
- 12) 湯浅幸久・畑中重光・三島直生・前川明弘・宮本高秀：ポーラスコンクリートの振動締固めに関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，No.552，pp.37～44，2002.2
- 13) 石黒 哲・湯浅幸久・畑中重光：ポーラスコンクリートの物理的性質に及ぼす各種要因の影響，日本建築学会東海支部研究報告集，pp.73～76，2000
- 14) 畑中重光・三島直生・湯浅幸久：ポーラスコンクリートの圧縮強度-空隙率関係に及ぼす結合材強度および粗骨材の影響に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，No.594，pp.17～23，2005.8
- 15) 梶尾 聡：ポーラスコンクリートの配合設計法と空隙性能に関する研究，首都大学東京博士論文，pp.190～212，2008 年 2 月