

敷均しおよび仕上げ方法が実測空隙率に与える影響に関する基礎的研究

Fundamental Study on Influence of Placing and Finishing Method on Void Ratio

1. 材料施工 - 4. 特殊仕様のコンクリート  
POC 打設 仕上げ  
実測空隙率 実施工 コア供試体

正会員 ○中川 武志\* NAKAGAWA Takeshi  
正会員 森鼻 泰大\*\* MORIHANA Hiroto  
正会員 三島 直生\*\*\* MISHIMA Naoki  
正会員 畑中 重光\*\*\*\* HATANAKA Shigemitsu

1. はじめに

ポーラスコンクリート(以下 POC)は、セメントペーストまたはモルタルと単粒度の粗骨材から作られる、連続した空隙を多く含んでいるオコシ状のコンクリートである。POCは普通コンクリートと異なり、連続した空隙があることにより、透水性・透気性を有している。これにより、植物・土壌生物などの生息も可能となる。緑化基盤、屋上緑化、生物の棲家、水質浄化などの機能が期待され、環境共生型コンクリートとして、現在、河川工事や道路舗装、住空間<sup>2)</sup>にも盛んに使用されつつある。

2. 本研究の目的

数百 m<sup>2</sup>程度の面積の POC を敷均す場合、現状ではバックホーおよびダンプによる小運搬、コンクリートバケットによるクレーン作業、一輪車等による小運搬、人力・レーキ等による敷均し作業が行われることが多い。このため、複数の作業員が必要であり、敷均しに時間を要する。また、人力であるため品質にばらつきが発生する可能性がある。このような問題を解決するため、筆者らは、写真1に示す様な、POCの敷均しを連続的かつ効率的に行う機械を考案した。

また、通常、敷均し後の仕上げには、人力によるコテ仕上げ以外には、写真2に示す様なプレートランマ、または振動ローラーによる締固めが行われる。既存のこれらの振動締固め機では、強力で締固められる一方で、表層に起伏が発生するために、施工は困難なものとなる。また、施工性やコストを考慮すると、水セメント比が40%程度以上と相対的に大きい POC を使用し、高い空隙率を確保するために締固めも控えめとすることが現実的な場合もある<sup>3)</sup>。これに対して筆者らは、写真3に示す POC 仕上げ機を開発した。当機械はプレートランマの底板を拡幅することにより、表面の仕上げのみを行い、コテ仕上げと同様の概念で、品質の安定した表層を作ることができる。

以上の POC 敷均し機と POC 仕上げ機を使用することにより、品質の安定した POC を容易に、効率よく施工することが可能となると考えられるが、その性能は現段階



(a) POC の打設の様子 (b) バケット部の詳細  
写真1 試作した敷均し機

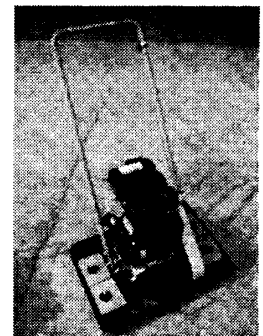
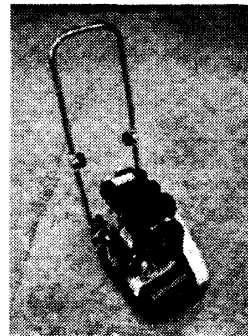


写真2 プレートランマ 写真3 試作した仕上げ機  
表1 要因と水準

要因	水準
敷均し方法	POC敷均し機、レーキ
仕上げ方法	POC仕上げ機(46.2kg、55.2kg、65.3kg)、プレートランマ、コテ、仕上げ無し
空隙率	30%、25%、20%
締固め回数	0回、1回、4回

注)下線は基本水準

表2 使用材料の種類と特性値

種類	特性値
セメント	普通ポルトランドセメント、密度: 3.15g/cm <sup>3</sup> 、比表面積: 3150cm <sup>2</sup> /g
水	水道水
骨材	単粒度砕石6号(5~13mm: 三重県伊賀市真泥寺東山産) 表乾密度: 2.685g/cm <sup>3</sup> 、実積率: 58.6%

では十分に把握されていない。そこで、本研究では、これらの機械を使用した場合に施工された POC の空隙率および透水係数を測定し、機械の性能を評価し、POC の性能を設計するための基礎データを得ることを目指す。

\* 川島工業・専務取締役・博士(工学)  
\*\* 三重大学大学院工学研究科建築学専攻・大学院  
\*\*\* 三重大学大学院工学研究科建築学専攻・助教・博士(工学)  
\*\*\*\* 三重大学大学院工学研究科建築学専攻・教授・工博

KAWASHIMA Industry. Senior Managing Director. Dr.Eng.  
Graduate Student, Div. of Arch. Graduate School of Eng. Mie Univ.  
Assist. Prof., Div. of Arch., Graduate School of Eng. Mie Univ., Dr.Eng  
Prof., Div. of Arch., Graduate School of Eng. Mie Univ., Dr.Eng.

### 3 実験概要

本報では、実施工における品質管理を目的とし、敷均し方法(POC 敷均し機、レーキ)および締固め方法(POC 仕上機、プレートランマ、コテ仕上げ、仕上無し)が POC 諸特性に与える影響を、コア抜き供試体を用いた評価により検討する。

#### 3.1 要因と水準および測定項目

本実験の要因と水準を表 1 に示す。

測定項目は、空隙率および透水係数とした。空隙率は、「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」<sup>1)</sup>および「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」<sup>4)</sup>に従い、全空隙率、連続空隙率および準連続空隙率を測定した。透水係数は「ポーラスコンクリートの透水試験方法(案)」<sup>2)</sup>に、圧縮強度は JIS A 1108(コンクリートの圧縮試験方法)に従った。

ここで、準連続空隙とは、ある程度連続した空隙と考えられるが、排水するのに若干の時間を要する空隙を示す。

#### 3.2 調合表と練混ぜ方法

本実験で使用した調合表を表 3 に示す。

練混ぜは、バックホーを利用して行った。まず、セメントと骨材を十分に空練りし、その後、水を順次投入していき練混ぜを行った。その様子を写真 4 に示す。

その後、練り終わったフレッシュ POC をバックホーを使い、敷均し機に積載した。

#### 3.3 敷均し方法

本実験で使用した供試体配置とその水準を図 1 に示す。POC 敷均し機の形状から打設幅を 2m とし、型枠の長さは POC 仕上機の幅の 60cm 以上とし、安定して締固めが行えるようにした。コアを採取する際は、各条件の施工範囲の中央付近から採取した。

打設方法は、POC 敷均し機(写真 1)およびレーキの 2 水準とした。打設厚さは、160mm を目標とし、1 層で打設した。

#### 3.4 仕上げ方法

仕上げ方法は、締固めの程度の異なる 4 水準を採用した。静的な状態での加圧力の比較を図 2 に示す。実際の締固めでは、プレートランマおよび仕上機では

最も締固めの程度が大きいと考えられるプレートランマは、小型エンジン付きの重量 33.0kg、底面プレートの面積 0.11 m<sup>2</sup>のもので、静置時の POC に対する加圧力は 0.30N/mm<sup>2</sup>となる。プレートランマで仕上げた場合には、ほぼ必ず表面に凹凸が生じるため、通常は数回の締固めを繰り返して凹凸を消すことになる。本実験ではこの条件を再現して、4 回の締固め (POC 上を 4 回通過)

表 3 調合表

No.	設計空隙率 (%)	W/C	砕石 G (kg/m <sup>3</sup> )	セメント C (kg/m <sup>3</sup> )	水 W (kg/m <sup>3</sup> )
①	20	0.45	1559	279	125.6
②	25	0.45	1559	214	96.3
③	30	0.45	1559	149	67.1

No.	高さ	設計空隙率	打設方法	仕上げ方法					
				種類	機械質量	締固め回数			
①	2m	20%	敷均し機	仕上機	46.2kg	1 回			
②	1m	25%							
③	1m	30%					プレートランマ	33.0kg	4 回
④	1m								
⑤	1m			仕上機	55.2kg	1 回			
⑥	0.6m						65.3kg		
⑦	0.6m	仕上無し		-	-				
⑧	0.6m								
⑨	0.9m	レーキ		コテ	-	-			
⑩	0.9m								
⑪	0.9m						プレートランマ	33.0kg	4 回
⑫	1.1m	仕上機		46.2kg	1 回				

(a) 供試体配置 (b) 水準

図 1 供試体配置とその水準



(a) 練混ぜ用鋼製容器 (b) 練混ぜの様子

写真 4 POC の練混ぜ

を行った。

POC 仕上機は、上記のプレートランマの底面プレート面積を 2.3 m<sup>2</sup>に拡大したもので、重量は 46.2kg、静置時の POC に対する加圧力は 0.20N/mm<sup>2</sup>となる。POC 仕上げ機は、重りを追加できる仕様となっており、本実験ではこの仕上げ機に 9.0kg および 10.1kg の重りを追加するこ

とにより静置時の加圧力を 0.24N/mm<sup>2</sup>および 0.28N/mm<sup>2</sup>に増加させた条件でも測定を行った。締固め回数は 1 回を基本とし、締固め回数の影響を見るために、重り無し状態で 4 回の締固めも行った。

コテ仕上げは幅 10cm、長さ 27cm、面積 270 cm<sup>2</sup>の木ゴテを用いて、人力で POC 表面をしっかりと押さえて仕上げを行った。その際の加圧力は、はかりをコテで押さえて測定したところ、おおよそ 0.19N/mm<sup>2</sup>程度であった。

仕上無しは、敷均し機またはレーキで敷均した状態のまま、仕上げを行わないものとした。

### 3.5 養生および測定方法

養生は実施工を想定し、屋外暴露養生とした。材齢 14 日目にコア抜きを行い(写真 5 参照)、両端部の研磨を行った後に、材齢 19 日目に空隙率および透水係数を測定した。

## 4. 結果と考察

### 4.1 空隙率

空隙率は、「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」<sup>1)</sup>と「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」<sup>2)</sup>を用いた。

#### 4.1.1 設計空隙率と実測空隙率

敷均し機および仕上機(46.2kg、締固め 1 回)を使用した場合の、設計空隙率と実測空隙率の関係を図 3 に示す。この図から、基準の水準(30%)で敷均し、仕上げを行った場合が最も設計空隙率に近い空隙が得られていることが分かる。20%、25%の実測空隙率が設計空隙率よりも大きくなっているのは打設後締固めを始めるまでに多少時間がかかったことが原因だと考えられる。

#### 4.1.2 各打設・仕上げ方法と実測空隙率

各打設・仕上げ方法と実測空隙率の関係を図 4 に示す。

敷均し機を使用した場合には、仕上無しは設計空隙率から+9%程度、POC 仕上機で 1 回締固めた場合は、重りに関係なく設計空隙率程度、POC 仕上機(重り無し)で、4 回締固めた場合は設計空隙率から-8%程度、プレートランマで 4 回締固めた場合は、-10%程度であることが分かる。

レーキで打設した場合には、仕上無しで設計空隙率から+5%程度となる、敷均し機よりは多少締固まった状態となるが、仕上機(重り無し)で 1 回締固めた場合およびプレートランマで 4 回締固めた場合には、それぞれ敷均し機を使用した場合のものと同程度の空隙率に締固められていることが分かる。また、コテ仕上げは、仕上機(重り無し)で 1 回締固めた場合と同程度の締固め程度となっている。

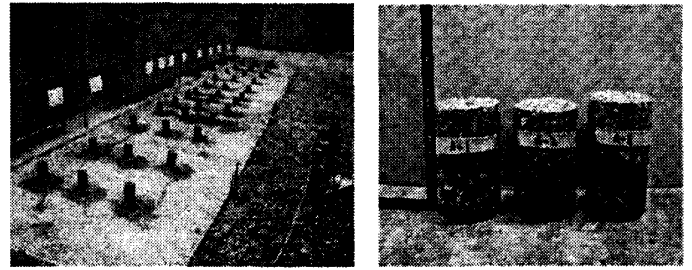


写真 5 コア抜き後

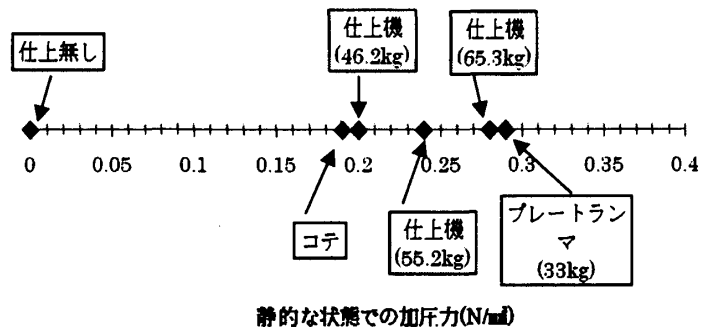


図 2 静的な状態での加圧力の関係

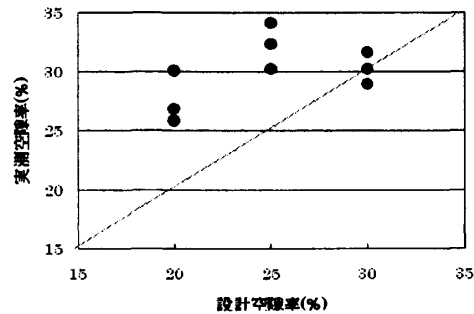


図 3 設計空隙率と実測空隙率の関係 [仕上機(46.2kg) 1 回締固め]

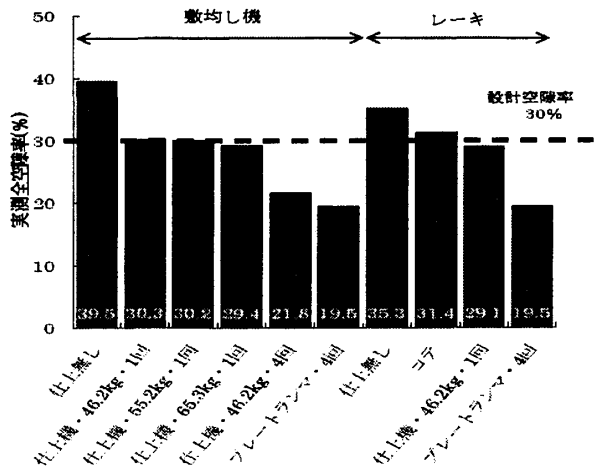


図 4 各打設・仕上げ方法と実測空隙率の関係

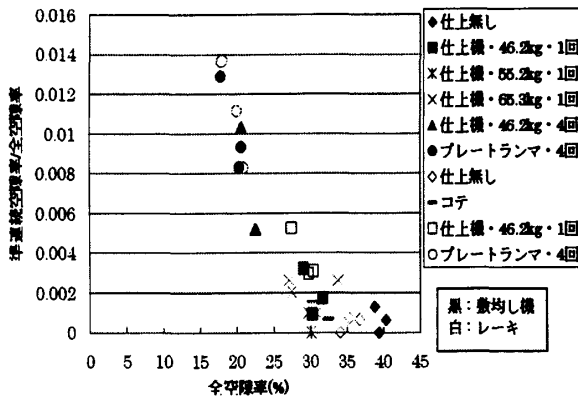


図5 全空隙率と準連続空隙率/全空隙率の関係

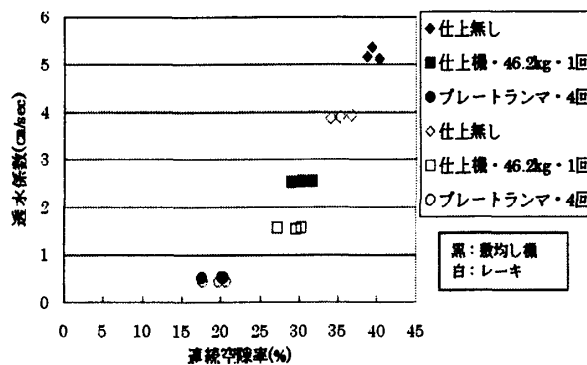


図6 連続空隙率と透水係数の関係

#### 4.1.3 全空隙率と準連続空隙率/全空隙率

透水性舗装を想定し、透水性に限定して考えると、必要な空隙は連続空隙のみであり、準連続空隙や独立空隙は、水の動きが制限されるので透水性が低下する要素となる。

全空隙率と準連続空隙率/全空隙率の関係を図5に示す。同図から、仕上げ方法が両者の関係に及ぼす影響は明確ではなく、全空隙率が小さいほど準連続空隙が増加する傾向が分かる。また、全空隙率が20%程度を下回ると、全空隙率に対する準連続空隙率の割合が急激に増加している。

#### 4.2 透水係数

連続空隙率と透水係数の関係を図6に示す。両者の間には良好な相関関係が見られ、敷均し、仕上げ方法の影響は明確ではない。

#### 5. まとめ

本研究では、ポーラスコンクリート舗装の施工性の改善を目的として、敷き均し機、および仕上げ機の開発を行い、打設方法および締固め方法がPOCの諸特性に及ぼす影響に関する実験を行った。本実験の結果からは、以

下の知見が得られた。

- 1) 敷均し機を用いることにより、人力でレーキを用いて行う場合と比べて短時間で広い面積にPOCを敷き均すことができる。また、仕上げを行わない状態では、敷均し機で打設した場合には、レーキで打設した場合と比べて大きな空隙率となる。
- 2) 仕上げ機を用いることにより、プレートランマと比べて舗装表面に凹凸ができにくく、施工時間を短縮でき、また、締固め回数によって空隙率を制御することが可能である。また、仕上げ機の重量の変更はPOCの空隙率の制御に対しては効果的ではない。
- 3) 仕上げ機で1回だけ締め固めた場合には、コテ仕上げと同程度の空隙率となり、本実験の基本調査では設計空隙率と最も近い値となった。
- 4) 締固めの程度を調整する方法として、仕上げ機の重量を変化させるよりも、締固め回数で調節することが効果的である。
- 5) 空隙率が小さくなるほど、準連続空隙率が増加する傾向があり、両者の関係に打設・仕上げ方法は影響しない。
- 6) 空隙率が大きくなるほど透水係数は増大し、両者の関係に打設・仕上げ方法は影響しない。

#### 【謝辞】

本実験を行うにあたり、佐野裕太(三重大学学生)君の助力を得た。また、本研究費の一部は、平成20年度日本学術振興会科学研究補助金・基礎研究(B)(代表者：畑中重光)によった。付記して謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書：社団法人日本コンクリート工学協会、2003
- 2) 中川武志、畑中重光、三島直生、松村豪：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、日本コンクリート工学協会、Vol.46、No.12、pp.20-27、2008
- 3) 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
- 4) 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法、日本建築学会構造系論文集、No.629、pp.1043-1050、2008