

論文 ポーラスモルタルの特性とその打継ぎ材としての適用

越 健*1・島崎磐*2・国枝稔*3・六郷恵哲*4

要旨:連続空隙を有し、透水性に優れているポーラスコンクリートは、一般に粗骨材を用いて作製される。本研究では、細骨材のみを用いたポーラスモルタルを作製した。ポーラスモルタルの諸性能（空隙率、透水係数、各種強度）を測定し、透水係数を除けば、粗骨材を用いたポーラスコンクリートと同程度の性能を有していることを明らかにした。ポーラスモルタルをポーラスコンクリートの打継ぎ材として利用し、ポーラスモルタルが部材全体の諸性能に及ぼす影響について検討し、部材として十分な空隙ならびに透水性を保持するとともに、打継ぎ部における強度が改善されることを明らかにした。

キーワード:ポーラスモルタル, 空隙率, 透水係数, 打継ぎ部

1. はじめに

ポーラスコンクリートの力学性能は、普通コンクリートと同様に十分な締固めにより発揮される。実施工においては、棒状バイブレータではなく、面による押さえつけ（ランマーやバックホウによる）により締固めが行われる場合が多い¹⁾。このような締固めを行うと、せき板効果による空隙の多い領域が生じ²⁾、次層との一体化が難しくなる。一方、細骨材の粒径を調整したポーラスモルタルにおいては、上記のようなせき板効果の影響は小さいことが考えられる。本研究においては、実験1として、骨材に細骨材のみを使用したポーラスモルタルを作製し、

諸性能（空隙率、透水係数、強度等）の評価を行った。また、実験2において、ポーラスモルタルの適用例の一つとして、ポーラスコンクリートの打継ぎ材にポーラスモルタルを用い、付着特性について検討した。

2. 実験1

2.1 実験1の概要

(1) 供試体

実験1で用いたポーラスモルタルの示方配合を表-1に示す。供試体A～Fシリーズのポーラスモルタルは、1.0～2.5mmの範囲で更に粒度調整した細骨材を用いて作製した。空隙率、透水

表-1 ポーラスモルタルの示方配合

供試体 シリーズ	粒度範囲 (mm)	空隙率 (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	C	S	高性能 AE 減水剤
A	2.5~1.7	18.8	30	138	460	1379	—
B	2.5~1.7	16.5	22	72.3	402	1607	16.1
C	1.7~1.2	15.8	30	142	475	1424	—
D	1.7~1.2	14.9	22	73.7	409	1638	16.4
E	1.2~1.0	11.3	30	105	349	1744	—
F	1.2~1.0	11.4	22	76.7	426	1704	17.0

*1 岐阜大学 工学部土木工学科 (正会員)
 *2 岐阜工業高等専門学校教授 環境都市工学科 (正会員)
 *3 岐阜大学助手 工学部土木工学科 工博 (正会員)
 *4 岐阜大学教授 工学部土木工学科 工博 (正会員)

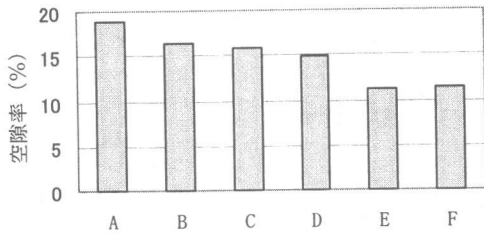


図-1 空隙率

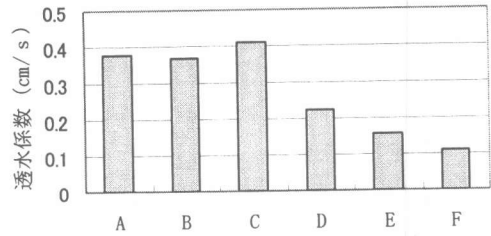


図-2 透水係数(動水勾配 0.167)

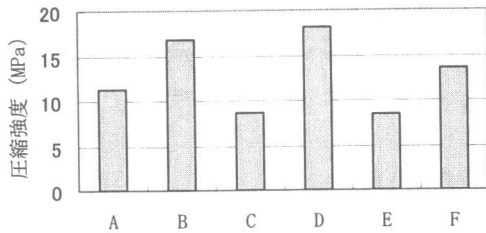


図-3 圧縮強度

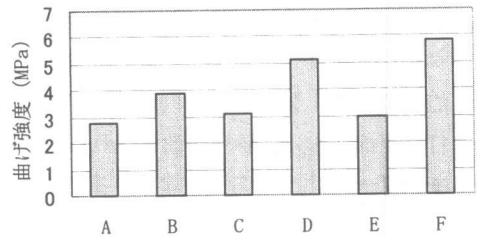


図-4 曲げ強度

係数の測定ならびに圧縮強度試験には、 $\phi 5 \times 10$ cmの円柱供試体を使用し、曲げ強度試験には、 $4 \times 4 \times 16$ cmの角柱供試体を使用した。A～Dシリーズはそれぞれ3個、E、Fシリーズはそれぞれ2個ずつ供試体を作製した。各供試体について4層に分けて形枠につめ、突き棒(JIS A 5201に準拠した、突き部分が縦横35 mmの突き棒)による締固めを行った。

(2) 空隙率の測定

空隙率の測定は、「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」の容積法³⁾に準じて行った。

(3) 透水係数の測定

透水係数の測定は、「ポーラスコンクリートの透水試験方法(案)」³⁾に準じて行った。透水係数を算定する際の水頭差については、供試体直径の1/3とし、このときの流量を測定し、透水係数を算定した。

(4) 強度試験

空隙率、透水係数を測定した後、円柱供試体の両端面をセメントペースト(水セメント比30%)でキャッピングし、材齢28日に圧縮強度試験を行った。曲げ強度試験は、3等分点曲げ載荷で、材齢28日に行った。

表-2 一般的なポーラスコンクリートの諸性能³⁾

空隙率 (%)	8.0～35
透水係数 (cm/s) 動水勾配 (0.167)	0.65～1.7
圧縮強度 (MPa)	5.0～30
曲げ強度 (MPa)	1.0～5.0

2.2 実験結果

(1) 空隙率および透水係数

A～Fシリーズにおける空隙率の測定結果を図-1に示す。また、測定値の比較のために表-2に一般的なポーラスコンクリートの諸性能³⁾を示す。本研究で作製したポーラスモルタルの空隙率は、すべてのシリーズにおいて10～20%の範囲にあり、ポーラスコンクリートとほぼ同等の空隙率を有していることが分かる。骨材径が小さくなるにしたがい、空隙率は減少する傾向が見られた。骨材径が比較的大きいAシリーズとBシリーズにおいては水セメント比の影響が若干見られたが、残りのシリーズにおいては水セメント比の違いによる影響は確認できなかった。

透水係数の測定結果を図-2に示す。図より、骨材径が小さくなるとともに透水係数は小さく

表-3 ポーラスコンクリートの示方配合

骨材の種類	空隙率 (%)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
			W	C	G
6号 (13~5mm)	15.9	30	94.0	312	1682

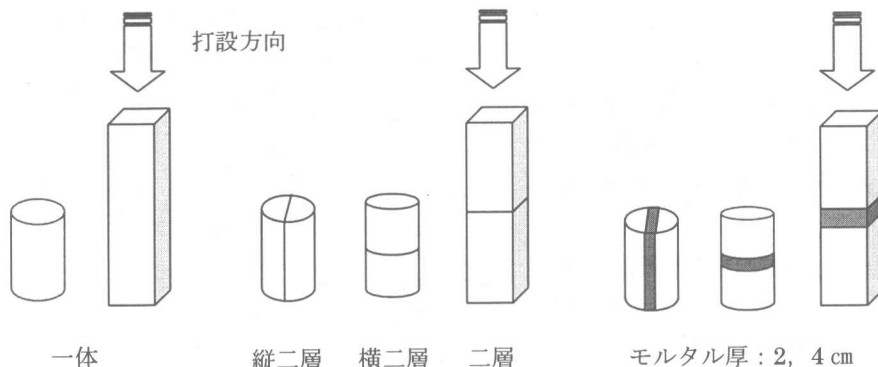


図-5 作製供試体形

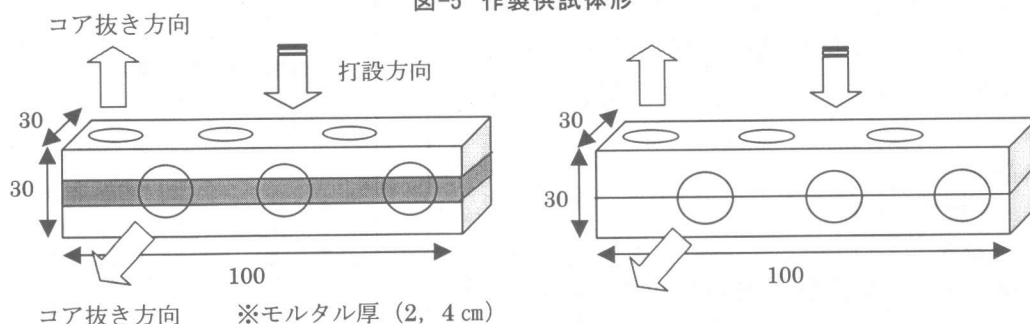


図-6 コア抜き用供試体概要図(単位:cm)

なる傾向が見られ、前述の空隙率に支配されていることが確認できた。ただし、表-2に示されるポーラスコンクリートの透水係数に比べて1/4~1/10程度の大きさであった。このことは、ポーラスモルタルとポーラスコンクリートは同程度の空隙率ではあっても、空隙の径や形状が異なっていることによると考えられる。

(2) 強度試験結果

圧縮強度試験結果を図-3に示す。図より、骨材径が等しい場合、水セメント比の小さいシリーズの方が大きいシリーズに比べて、1.5~2倍程度大きい強度の値が得られた。また、水セメント比30%のシリーズ(A, C, E)においては、骨材径の減少とともに若干の強度低下が見

られたが、水セメント比22%のシリーズ(B, D, F)においては、骨材径が減少してもほぼ同程度の強度の値が得られ、表-2に示す一般のポーラスコンクリートと同程度の値であった。

曲げ強度試験結果を図-4に示す。図より、圧縮強度と同様に、水セメント比の小さいシリーズの方が大きな強度が得られる結果となった。圧縮強度と比べ、空隙率との相関関係が明確に現れており、空隙率の減少とともに曲げ強度は大きくなる傾向が見られた。空隙率、透水係数は骨材径の減少とともに減少する傾向が見られたが、圧縮、曲げ強度においては骨材径よりも水セメント比の影響が大きく関係している結果となった。

2.3 実験1のまとめ

ポーラスモルタルを作製し、各種性能を測定した結果、以下の結論が得られた。

- (1) 今回作製されたポーラスモルタルの空隙率は、10~20%の範囲にあり、十分な空隙を有していることが明らかとなった。ポーラスモルタルの透水係数は、ポーラスコンクリートのそれに比べて 1/4~1/10 程度の値となった。このことは、透水係数が空隙率のみならず、空隙の径や形状等に依存していることによると考えられる。
- (2) 圧縮強度、ならびに曲げ強度は、一般のポーラスコンクリートと比べ同等の値であった。また、同じ骨材径でも水セメント比が変わると強度も大きく変わり、圧縮強度、ならびに曲げ強度に対しては骨材径よりも水セメント比が大きく影響している結果となった。

3. 実験2

3.1 実験2の概要

(1) 供試体

実験2では、表-3 に示す配合により作製したポーラスコンクリートと、表-1 のAの配合を用いて作製したポーラスモルタルを使用した。ポーラスコンクリートに使用した粗骨材には、揖斐川産の玉砕石（表乾密度 2.61 g/cm^3 ）を、JIS6号砕石（13~5mm）の範囲に収まるよう粒度調整を行ったものを使用した。

作製した供試体の形状を図-5に示す。まず、コアボーリング用の立方供試体（図-6参照）を作製した。ポーラスコンクリートの1層を約10cmとし、試料を詰めた後、突き棒（ $\phi 13 \text{ mm}$ ）を用いて十分締め固めた。供試体中央部に不連続な面を設ける供試体では、2層目の締め固めが終了した時点（供試体高さの半分）で、突き棒（突き部分が縦横 35mm）を用いて締め固め面をできるだけ平滑に仕上げた。ポーラスコンクリートを打継ぎ材として用いない二層供試体に

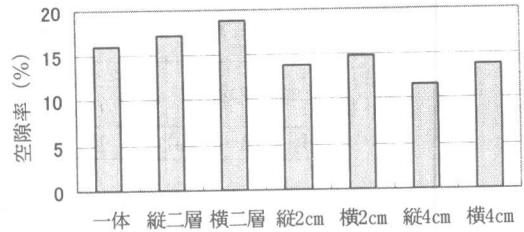


図-7 空隙率

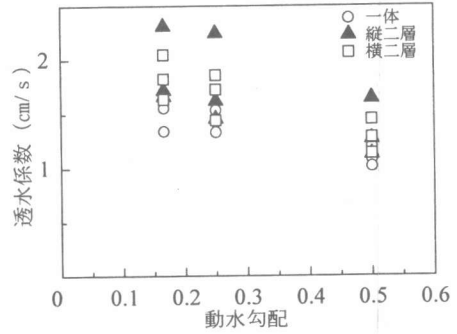


図-8 透水係数(モルタル無し)

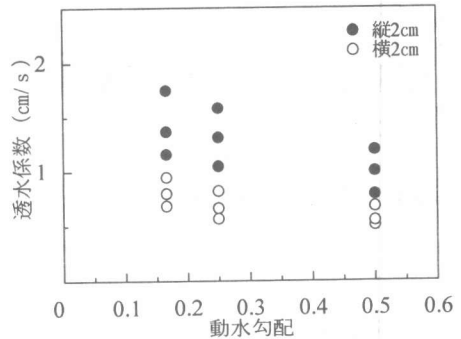


図-9 透水係数(モルタル厚 2cm)

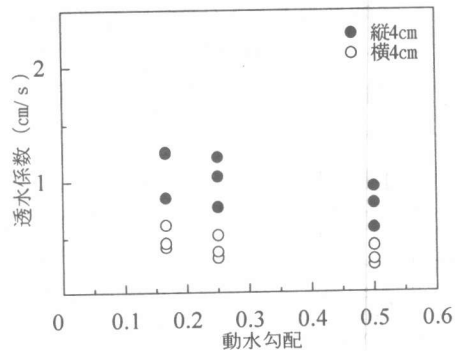


図-10 透水係数(モルタル厚 4cm)

表-4 ポーラスモルタルの諸性能

空隙率 (%)	透水係数 (cm/s) (動水勾配 0.167)	圧縮強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)
10.1	0.299	18.8	2.80

ついては、再び試料を2層に分けて詰め、突き棒による十分な締固めを行った。打継ぎ材としてポーラスモルタルを使用した二層供試体は、2層目を平滑に仕上げた後、所定の厚さ(2, 4 cm)にポーラスモルタルを敷き、再びポーラスコンクリートを2層に分けて詰めた。このように作製した立方供試体(打継ぎ面はすべて水平打継)を水平方向と鉛直方向にそれぞれコアボーリングを行い、打継ぎ面の方向が打継ぎ部の性能(空隙率、透水係数、圧縮強度、弾性係数)に及ぼす影響を確認するために、供試体内に2種類の方向(縦、横)の打継ぎ面を設けたφ10×20 cmの円柱供試体を作製した。

曲げ試験用角柱供試体(10×10×40 cm)についても、供試体の長さ方向(40 cm)に計4層に分けて試料を詰めた。ただし、前述の立方供試体と同様、2層目を詰めた時点で、締固め面が平滑になるよう仕上げた。その後、引き続き試料を詰めて二層供試体を作製するとともに、所定の厚さのポーラスモルタルを敷いた後、再びポーラスコンクリートを詰めた供試体も作製した。

一体供試体については、コアボーリング用の立方供試体、曲げ試験用の角柱供試体のいずれも4層に分けて試料を詰め、各層突き棒(φ13 mm)を用いて十分な締固めを行った。φ10×20 cmの円柱供試体、ならびに10×10×40 cmの角柱供試体を、それぞれ3個ずつ作製した。

(2)空隙率および透水係数の測定

空隙率および透水係数の測定は、コア抜きした円柱供試体を用いて、実験1と同様の手順で行った。ただし、透水係数を測定する際の水頭差は供試体直径の1/3, 1/2, 1とし、それぞ

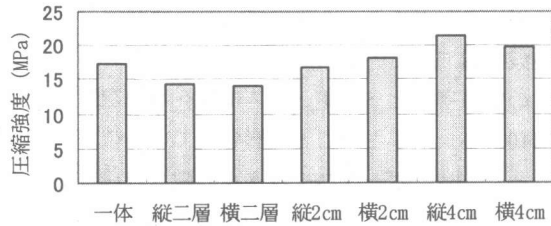


図-11 圧縮強度

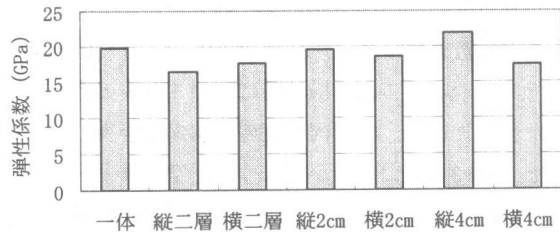


図-12 弾性係数

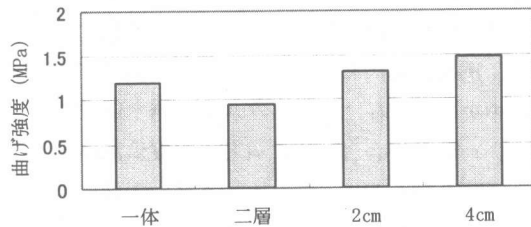


図-13 曲げ強度

れの水頭差における透水係数を測定した。

(3)強度試験

圧縮強度、ならびに曲げ強度の測定は、実験1と同様の方法で行い、弾性係数の測定にはコンプレッソメータを使用した。

3.2 実験結果

(1)空隙率および透水係数

図-5 に示す円柱供試体の空隙率を図-7 に示す。打継ぎ材に用いたポーラスモルタルの空隙率および透水係数(動水勾配 0.167)の測定結果を表-4 に示す。図-7 より一体、縦二層、横二層供試体において、空隙率は15~20%の範囲内にあり、一体供試体に比べ縦二層、横二層供

試体の方が若干大きい結果となった。このことは、供試体中央部の不連続面（平滑に仕上げた面）付近に存在する空隙の多い領域の影響によると考えられる。一方、ポーラスモルタルを打継ぎ材として用いた場合、空隙率は10~15%となりポーラスモルタルを用いていない供試体と比べ減少している。これは、ポーラスコンクリートの空隙率に比べ、ポーラスモルタルの空隙率（10.1%）が小さいことが影響している結果となった。また、ポーラスモルタルの敷き方（縦、横）とモルタル厚（2, 4 cm）の影響についてみると、空隙率は縦に敷いたもの、またモルタル厚が厚いものの方が小さい値となった。

透水係数の測定結果を図-8, 9, 10に示す。図-8より一体、縦二層、横二層において多少の違いは見られるが、ほぼ同程度の透水係数が得られた。図-9, 10より分かるように、空隙率と同様、打継ぎ材にポーラスモルタルを用いた供試体の透水係数は減少した。一方、空隙率は縦供試体の方が横供試体よりも小さかったのに対して、透水係数においてこの関係は逆転した。これは、透水試験における水の流れが、横供試体では中央部に存在するモルタル層（透水係数が小さい）に支配されるのに対して、縦供試体では、主に連続したポーラスコンクリート層に支配されているためと考えられる。

(2) 強度試験結果

圧縮強度、弾性係数、曲げ強度の測定結果をそれぞれ図-11, 12, 13に示す。二層供試体の圧縮強度、曲げ強度はいずれも一体供試体のそれに比べて小さくなっているのに対し、ポーラスモルタルを敷くことにより、一体供試体の強度以上に改善されていることが分かる。また、ポーラスモルタル厚を大きくするほど改善される可能性があることが明らかとなった。二層供試体の弾性係数についても、一体供試体のそれに比べて低下する傾向を示したが、モルタル厚を大きくすることにより改善される傾向を示した。

今回の曲げ載荷試験では、ポーラスモルタル部分での破壊は見られず、打継ぎ部もしくはポ

ーラスコンクリート部分での破壊が見られた。これにより、ポーラスコンクリートより高強度のポーラスモルタルを打継ぎ材に用いることにより、打継ぎ部での強度改善が可能であると考えられる。

3.3 実験2のまとめ

ポーラスコンクリートの打継ぎ材としてポーラスモルタルを使用し、ポーラスモルタルが部材全体の諸性能に及ぼす影響について検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 部材全体の空隙率および透水係数は、ポーラスモルタルの厚さや供試体形状の違いにより影響を受け、ポーラスモルタルを用いることにより減少した。
- (2) 圧縮強度、ならびに曲げ強度については、ポーラスモルタルを用いた場合、用いないものよりも大きな値を示す傾向にあり、特に曲げ強度においてその傾向が顕著に表れた。

4. あとがき

本研究では、ポーラスコンクリートとほぼ同程度の空隙率を有するポーラスモルタルの諸性能を確認した。作製したポーラスモルタルは、一般的なポーラスコンクリートに比べて供試体表面が滑らかであるなどの特徴も有している。

今後、作製方法の確立とともに、打継ぎ材としての利用以外にも、幅広い利用が期待される。

参考文献

- 1) 柳橋邦生ほか：ポーラスコンクリートの締固め方法に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp.589~594，1998
- 2) 越 健ほか：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
- 3) 日本コンクリート工学協会：エココンクリート研究委員会報告書，1995