

結合材をモルタルとしたポーラスコンクリート角柱供試体の  
曲げ・圧縮強度に関する基礎研究

準会員 ○波多野 結依 1\*  
正会員 山本 貴正 2\*  
同 今岡 克也 3\*

全空隙率 平均値 変動係数  
円柱供試体 試験方法

## 1. はじめに

結合材を細骨材使用量が 50vol.% のモルタルとしたポーラスコンクリート(以下, POC)角柱供試体の曲げ・圧縮強度と全空隙率の関係について実験的に検討を行う。

## 2. 曲げ・圧縮強度と全空隙率の関係

POC の曲げ強度( $F_b$ )または圧縮強度( $F_c$ )と全空隙率( $P[\%]$ )は相関性があり, 結合材がセメントペーストの供試体を対象として次式が得られている<sup>1,2)</sup>。

$$F_b = f_b \exp(-0.058 P) \quad (1)$$

$$F_c = f_c \exp(-0.084 P) \quad (2)$$

ここに,  $f_b \cdot f_c$ : 結合材の曲げ強度および圧縮強度  
曲げ強度の変動係数は, 現状では実験データが少ないが, 圧縮強度の変動係数は, 実務設計において 10%以上とすることが望ましいとされている<sup>3), 注1)</sup>。なお, 舗装コンクリートでは, 曲げ強度の実態調査の結果, 約 80%の工事がその変動係数は 10%以下であると推定されている<sup>4)</sup>。

## 3. 実験概要

### 3.1 検討項目

検討項目は, 細骨材使用量が 50vol.% のモルタルを結合材とした POC の曲げ強度-全空隙率関係および圧縮強度-全空隙率関係に及ぼす試験方法の影響である。

### 3.2 供試体の使用材料

結合材の水は水道水, セメントは普通ポルトランドセメント(密度:3.15g/cm<sup>3</sup>), 細骨材は多治見市大畑町産の山砂(表乾密度:2.55g/cm<sup>3</sup>, 吸水率:1.78%, 実積率:65.3%), 混和剤は高性能減水剤(主成分:ポリカルボン酸コポリマー)を用いた。粗骨材は瀬戸市下半田川産の 6 号砕石(表乾密度:2.70g/cm<sup>3</sup>, 吸水率:0.52%, 実積率:57.8%)である。

### 3.3 供試体作製

供試体の調査空隙率は 10%, 20%および 30%の 3 種, 結合材の水セメント比は 25%である。単位容積当りの粗骨材粒子体積は, JIS A 1044 に準拠して測定した実積率, 結合材の細骨材使用量は 50vol.%, 混和剤使用量はセメント質量比の 0.5%とした。

混練は, まず表乾状態とした細骨材とセメントを約 60 秒, 次に水を投入し約 270 秒練り混ぜた。調査空隙率 10%は容量 60l の二軸強制練りミキサ, 20%および 30%は容量 20l の大型モルタルミキサを使用している。次に, 調査空隙率 10%は粗骨材を投入, 20%および 30%は, 粗骨材が練り

混ぜてある容量 60l の二軸強制練りミキサへ練上りの結合材を投入し 90 秒間練り混ぜた。

練上り試料を,  $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$  の円柱鋼製型枠に 3 層での各層突き棒による 25 回突き, 100mm $\times$ 100mm $\times$ 400mm の角柱鋼製型枠に, 2 層での各層突き棒による 50 回突きで詰め込み, その後, 試料を各型枠の上面に揃うようにならした。試料詰め込み後は, 4.5 kgランマーを用いた突固めを施した。落下高さは 100mm, 突き回数は 15 回である。各標本数は 5 である。なお, 調査空隙率 20%の供試体作製中に, 結合材の圧縮および曲げ強度管理用供試体を,  $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$  の円柱鋼製型枠および 40mm $\times$ 40mm $\times$ 100mm の三連型枠で成形した。各標本数は 3 である。

各供試体ともに養生は, 材齢 7 日まで実験室封緘, その後は水中とした。なお, 材齢 21 日に空隙率試験を実施している。

### 3.4 試験・計測方法

POC の角柱供試体の曲げ強度および圧縮強度試験はそれぞれ JIS A 1106:2006 および JIS A 1114:2011, POC および結合材の円柱供試体の圧縮強度試験は JIS A 1108:2006, 結合材の曲げ強度試験は JIS R 5201:2015 に準拠した。なお, 圧縮強度供試体については端面の平滑性を確保するために, POC は両端面に硫黄キャッピングを, 結合材は打設側の端面に研磨を施している。角柱供試体の曲げ強度および圧縮強度試験では, 調査空隙率 30%を除き, 荷重が供試体へ均等に伝わるように, 支点および載荷点と供試体の間に厚さ 5.0mm のゴムシートを挿入している。なお, 圧縮強度試験用の角柱供試体は, その曲げ強度試験実施後の破片の長さが大きい側を用いた<sup>注2)</sup>。各強度試験は豊田高専建築学科の 300kN 級万能試験機を用いて, 荷重制御で実施した。空隙率試験は, 文献 5) の容積法に準拠した。

## 4. 実験結果・考察

### 4.1 結合材強度

POC の結合材の曲げ強度および圧縮強度の平均値はそれぞれ 11.3 N/mm<sup>2</sup> および 83.4N/mm<sup>2</sup>, 標本変動係数は 6.07%および 8.66%である。各強度ともに変動係数が 10%以下であるため, これら試験結果は良好であると推察される。

### 4.2 曲げ強度と全空隙率の関係

POC の曲げ強度と全空隙率の関係に及ぼすゴムシート挿

入有無の影響を図-1に示す。図中の実線は式(1)を、破線、一点鎖線および鎖線は、それぞれ式(1)の $\pm s$ ,  $\pm 2s$  および $\pm 3s$ ( $s$ :標準偏差)の範囲を示している。なお、標準偏差は、変動係数を10%(前述2章参照)として算出している。

同図より、ゴムシート挿入なしの曲げ強度は、全供試体ともに、 $-3s$ よりも低いことがわかる。これは表面に空隙を有する供試体が直接、支点および載荷点に接しているため、応力が不均等であるためと考えられる。一方、ゴムシート挿入ありの曲げ強度は、 $\pm 2s$ の範囲内に存在していることが認められる。なお、式(2)の計算値に対する実測値の平均値は1.06、標本変動係数は7.9%である。このことから、結合材を細骨材使用量50vol.%としたPOCの曲げ強度-全空隙率関係は、結合材をセメントペーストとしたPOCと同等であると考えられる。

### 4.3 圧縮強度

図-2は、前掲図-1の曲げ強度を圧縮強度に置換している。図中の印の形状は、供試体形状を、実線は式(1)を、破線、一点鎖線および鎖線は、それぞれ式(2)の $\pm s$ ,  $\pm 2s$  および $\pm 3s$ の範囲を示している。なお、標準偏差は、変動係数を10%(前述2章参照)として算出している。

同図より、円柱供試体の一部の圧縮強度は、式(2) $\pm 3s$ の範囲外に存在していることが認められる。なお、式(1)の計算値に対する実測値の平均値は1.01であるため、円柱供試体の圧縮強度-全空隙率関係は、結合材をセメントペーストとしたPOCと同様に指数関数で表すことができると推察される。標本変動係数は30%であり、10%(前述2章参照)より大きい。これは、硫黄キャッピングによる端面の平滑性の精度が低いことが原因であると考えられる。ゴムシート挿入なしの角柱供試体の圧縮強度は、全供試体ともに、点線の式(2) $-2s$  および $-3s$ よりも低いことがわかる。これは、前述4.2の曲げ強度と同様に、供試体が直接、載荷面に接しているため、応力が不均等であることが原因であると考えられる。一方、ゴムシート挿入ありの角柱供試体の圧縮強度は、1体を除き $\pm 3s$ の範囲内に存在していることが認められ、式(1)による計算値に対する実測値の平均値は0.82、標本変動係数は22%である。

上記より、ゴムシート挿入ありの角柱供試体の圧縮強度は、平均値は硫黄キャッピングを施した円柱供試体のそれより低くなるが、変動係数は硫黄キャッピングの精度次第で、小さくなると考えられる。

### 5. おわりに

結合材の細骨材使用量を50vol.%としたポーラスコンクリートの型枠供試体の圧縮・曲げ強度について実験的に

検討をした。

参考文献 1) 湯浅：他3名, AIJ構造系論文集, No. 552, pp. 37-44 2) エルドン, 他2名: コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 1, pp. 1345-1350 3) <<http://www.jci-net.or.jp/~tc131a/2013-01WG.pdf>>2018.4.2 アクセス 4) 柳田: コンクリート工学, Vol. 14, No. 6, pp. 31-34, 1976.6 5) JCI: 性能設計対応型ポーラスコンクリートの施工標準と品質保証体制の確立研究委員会報告書, 2015.6

脚注 1) レディミクストコンクリートにおいて良好な管理がなされている目安は、圧縮強度の変動係数が上限値10%以下であるとされている。2) 破片の長さが小さい側は、後日の透水試験、保水試験などの供試体とするため、強度試験を実施していない。

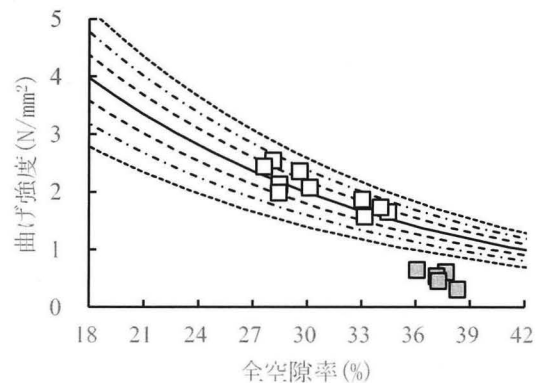


図-1 曲げ強度-全空隙率関係  
ゴムシート挿入(白塗印:有, 黒塗印:無)  
実線:式(1), 式(1) $\pm n \cdot s$   
(破線: $n=1$ , 一点鎖線: $n=2$ , 点線: $n=3$ )

図-1 曲げ強度-全空隙率関係

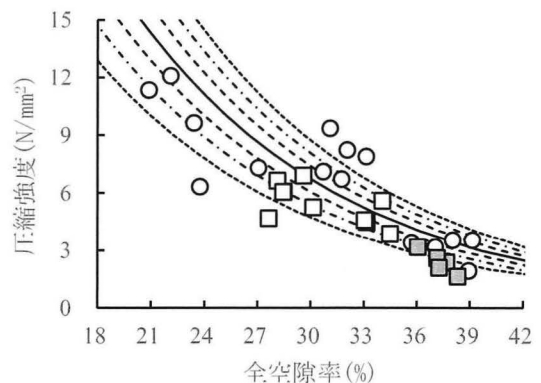


図-2 圧縮強度-全空隙率関係  
ゴムシート挿入(白塗印:有, 黒塗印:無)  
供試体形状(円印:円柱, 四角印:角柱)  
実線:式(2), 式(2) $\pm n \cdot s$   
(破線: $n=1$ , 一点鎖線: $n=2$ , 点線: $n=3$ )

図-2 圧縮強度-全空隙率関係

1\* 豊田工業高等専門学校建設工学専攻 専攻科生  
2\* 愛知工業大学工学部建築学科 准教授 博士(工学)  
3\* 豊田工業高等専門学校建築学科 教授 工博

1\* Student, Advanced Course of Arch., National Institute of Technology, Toyota College  
2\* Ass. Prof., Department of Architecture, Faculty of Eng., Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.  
3\* Prof., Department of Architecture, National Institute of Technology, Toyota College, Dr. Eng.