

## ポーラスコンクリートの圧縮強度・静弾性係数に及ぼす粗骨材の容積率の影響

愛知工業大学 正会員 ○山本 貴正

豊田工業高等専門学校 正会員 大畑 卓也 河野 伊知郎

## 1. はじめに

前報<sup>1,2)</sup>では、6号砕石を有するポーラスコンクリート(POC)の内径100mm×内高200mmの管理用型枠で成形した円柱試験体の空隙率に及ぼす骨材容積率の影響について検討した。本報では引き続き、これら圧縮強度・静弾性係数について検討している。以下、本論では断りがない限り、粗骨材を骨材、全空隙率を空隙率と表現する。実験方法・要因などについては、前報<sup>1,2)</sup>を参照されたい。なお、本報中で用いる造語を次のように定義する。結合材 W/C：結合材の水セメント比、硬化 POC：振動締固めが施されている POC、骨材控除空隙率：骨材容積を控除した空隙率、骨材容積率：試験体に占める骨材の容積率、打設時：型枠へ打設した直後の試験体高さを型枠内高の200mmと仮定した状態

## 1.2 関連する既往研究

POCの圧縮強度と空隙率の関係は、結合材の圧縮強度を変数とする次式で表すことができる<sup>3)</sup>。

$$\frac{F}{F_B} = e^{-\alpha \cdot P} \quad (1)$$

ここに  $F, F_B$ ：POC および結合材の圧縮強度、 $P$ ：締固めた POC の空隙率、 $\alpha$ ：実験変数

POCの静弾性係数は、Hashin-hansen に空隙率を変数とする補正係数を乗じた次式で表すことができる<sup>4)</sup>。

$$E_{poc} = \frac{(1.0 - V_G)E_B + (1.0 + V_G)E_G}{(1.0 + V_G)E_B + (1.0 - V_G)E_G} E_B \cdot C \quad (2)$$

ここに  $E_{poc}, E_B, E_G$ ：POC、結合材および骨材の静弾性係数、 $V_G$ ：骨材容積率、 $C$ ：補正係数

## 2. 実験結果・考察

表-1に、結合材の圧縮試験結果を示す。併せて、結合材のフロー値も示してある。

図-1に、POCの静弾性係数と空隙率の関係を示す。直線は各結合材 W/C 群の線形近似線、三角印は著しい結合材の垂れが生じている試験体である。凡例に各結合材 W/C 群の相関係数 $[r]$ が示してある。

なお、結合材 W/C40%群の相関係数は、著しい結合材の垂れが生じている試験体も対象としている。同図に示すように、各結合材 W/C 群ともに、硬化 POC の静弾性係数と空隙率の観測値は負の相関がある。

骨材の静弾性係数は未知である。そこで、式(2)の補正係数 $[C]$ 1.0、換言すると、空隙率をゼロとした硬化 POC の推定値と図-1に示す線形近似線の切片を比較して、骨材の静弾性係数を推定する。そこで、硬化 POC の空隙率がゼロの打設時の空隙率、打設時の骨材容積率および骨材容積率を、前報で提示した各関係式より算出した(表-2)。同表に示す空隙率ゼロの硬化 POC の骨材容積率、結合材の静弾性係数および補正係数 1.0 を式(2)に代入して得られる空

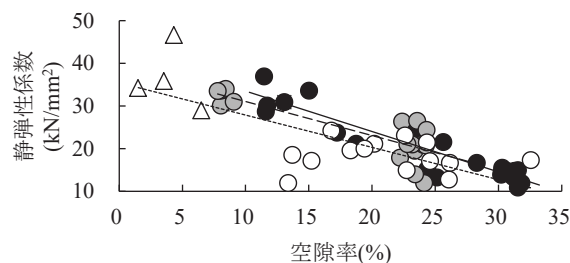
表-1 結合材の圧縮試験結果

結合材 W/C (%)	結合材フロー値 (mm)	圧縮強度		静弾性係数	
		$m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$s/m$ (%)	$m$ (kN/mm <sup>2</sup> )	$s/m$ (%)
40	229	64.9	13.68	20.7	6.19
35	179	65.0	8.02	20.4	1.44
25	156	71.8	6.99	24.6	8.32

$m$ ：標本平均  $s$ ：標本標準偏差

表-2 空隙率ゼロの硬化POCの各項目(近似値)

結合材 W/C	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	打設時の空隙率 (%)	打設時の骨材容積率 (%)	骨材容積率 (%)
40%	35.4	2.91	52.8	54.4
35%	39.0	9.91	49.0	54.4
25%	43.0	15.2	37.9	44.7



結合材 W/C ( $r$ ：相関係数)  
 40% ( $r=-0.74$ ) : ○, △ (結合材の著しい垂れ)  
 35% ( $r=-0.83$ ) : ●, ○  
 20% ( $r=-0.92$ ) : ●

図-1 静弾性係数と空隙率の関係

キーワード 6号砕石、空隙率、結合材、円柱試験体、近似式

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学工学部建築学科 TEL 0565-48-8121(代表)

隙率ゼロの硬化 POC の静弾性係数と図-1 に示す近似線の切片(表-1 中の静弾性係数)の相対誤差の二乗和が最小となる骨材の静弾性係数は 75.8kN/mm<sup>2</sup> である。以降、この値を骨材の静弾性係数とする。

図-2 に、POC の静弾性係数の観測値と推定値[式(2)]の相対誤差を示す。補正係数は空隙率ゼロでは 1.0, 空隙率 100%ではゼロと仮定した条件を満たす次式である。

$$C = -p + 1.0 \quad (3)$$

ここに  $p$  : 打設後の骨材控除空隙率

図には全試験体を対象とした相対誤差の基本統計量(max : 最大値, min : 最小値)が示してある。

同図に示す相対誤差を許容すると、硬化 POC の静弾性係数は、骨材控除空隙率と関連すると考えられる。なお、推定値は、空隙率がゼロの硬化 POC と粗骨材の静弾性係数の近似値を用いているため、今後は、これらを観測値に基づき検討する必要がある。

図-3 (a) (b) に、硬化 POC の圧縮強度と空隙率および骨材控除空隙率それぞれの関係を示す。印は観測値を表している。同図(a)の実線は、式(1)を表しており、実験変数[ $\alpha$ ]は、誤差(観測値と近似値の差)の二乗和が最小となる 7.78 とした。同図(b)の実線は、実験変数[ $\psi$ ]を関数とする次式を表している。

$$\frac{F}{F_0} = -p^\psi + 1.0 \quad (4)$$

式(4)は、骨材控除空隙率がゼロおよび 100%では、それぞれ圧縮強度比が 1.0 および 0.0 となる条件付きの近似式である。実験変数[ $\psi$ ]は、誤差(観測値と近似値[式(4)]の差)の二乗和が最小となる 0.318 とした。各図中には全試験体を対象とした相対誤差の基本統計量が示してある。破線、一点破線および点線は、それぞれ近似値 $\pm 1\sigma$ ,  $2\sigma$ および $3\sigma$  [ $\sigma$  : 標準偏差(=0.1)<sup>3)</sup>]を表している。なお、結合材の著しい垂れが生じている試験体は、 $-3\sigma$ 以下が存在するため対象外としている。同図に示す相対誤差を許容すると、硬化 POC の骨材控除空隙率は、空隙率と同様に圧縮強度と関連すると考えられる。

### 3. おわりに

本研究では、6号砕石を有する POC の円柱試験体の圧縮強度および静弾性係数は、それぞれ骨材控除空隙率と関連するなどの知見を得た。

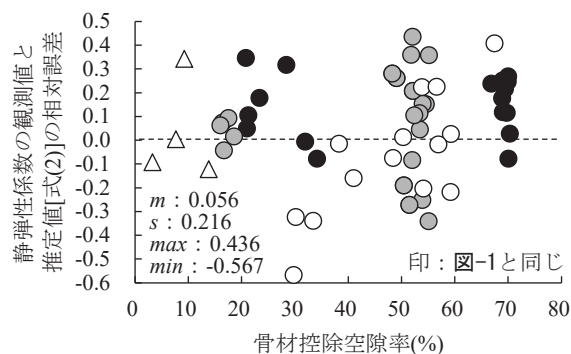
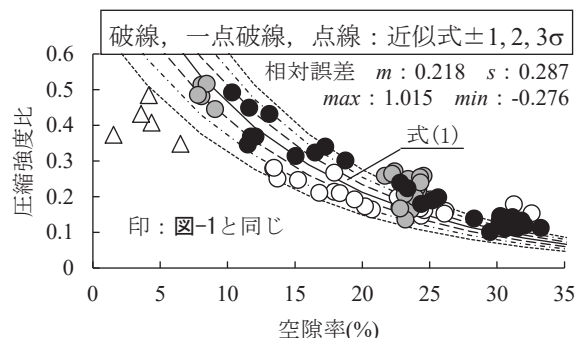
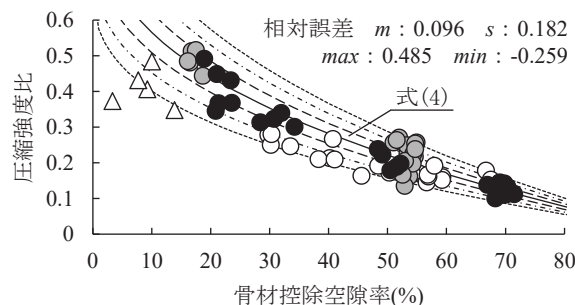


図-2 静弾性係数の観測値と推定値[式(2)]の相対誤差



(a) 横軸: 空隙率



(b) 横軸: 骨材控除空隙率

図-3 圧縮強度と空隙率の関係(印: 図-2と同じ)

**謝辞** 本実験を遂行するにあたり、愛知工業大学本科生の石川達嗣君、諸戸陽斗君のご助力を得た。

**参考文献** 1) 山本貴正, 大畑卓也, 河野伊知郎: 6号砕石を有するポーラスコンクリートの静弾性係数・圧縮強度と粗骨材の容積率の関係, コンクリート工学年次論文集, Vol. 42, No. 1, pp. 245-250, 2020  
2) 山本貴正, 石川達嗣, 諸戸陽斗, 大畑卓也: 6号砕石を有するポーラスコンクリートの空隙率に及ぼす粗骨材の容積率の影響, 土木学会中部支部研究発表会梗概集, 部門V, V-1, 2021.3  
3) 畑中重光(編著): 透水性コンクリート(POC)の基礎と実践, コンクリート新聞社, 初版, 2019.8  
4) 齋藤俊克, 出村克宣: 複合則を適用したポーラスコンクリートの静弾性係数推定式の提案, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 81, No. 723, pp. 825-832, 2016.5