

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

愛知工業大学 正会員 ○山本 貴正 会員外 石川 達嗣 諸戸 陽斗
豊田工業高等専門学校 正会員 大畑 卓也

1. はじめに

前報¹⁾に引き続き、6号砕石を有するポーラスコンクリート(以下、POC)の管理用型枠で成形した円柱試験体の全空隙率に及ぼす粗骨材の容積率(以下、骨材容積率)の影響について明らかにするため、追加実験を実施したので、その結果を前報データ¹⁾と併せて報告する。以下、本論では、断りが無い限り、粗骨材を骨材、全空隙率を空隙率と表現する。なお、本報中で用いる造語を次のように定義する。管理用型枠：内径100mm×内高200mmの円柱型枠、結合材容積率：試験体に占める結合材の容積率、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、JIS容器実積率：JISに準拠して測定した実積率

2. 実験概要

追加実験の実験要因・水準は、配合空隙率0%、20%、25%および30%、結合材W/Cは40%とした。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/cm³)を使用した。混和剤は使用していない。骨材は瀬戸産の6号砕石(表乾密度2.71g/cm³、吸水率0.52%、JIS容器実積率57.7%)とした。骨材の容積率の配合値はJIS容器実積率、結合材の容積率の配合値は空気量ゼロとしている。POCの混練・型枠への打設方法は前報¹⁾と同様である。

フレッシュPOCの打設時の骨材容積率 $[V_{Ge}]$ と結合材容積率 $[V_{Be}]$ をJIS A 1112に準拠して次式で計測している。

$$V_{Ge} = \frac{M_G}{\rho_G \cdot V} \quad (1)$$

$$V_{Be} = \frac{M - M_G}{\rho_B} \quad (2)$$

ここに M_G ：JIS A 1110の試料の調整方法に準拠して表乾状態にした骨材(管理用型枠内のPOCを洗い流して採取)の質量 M ：管理用型枠への打設時のフ

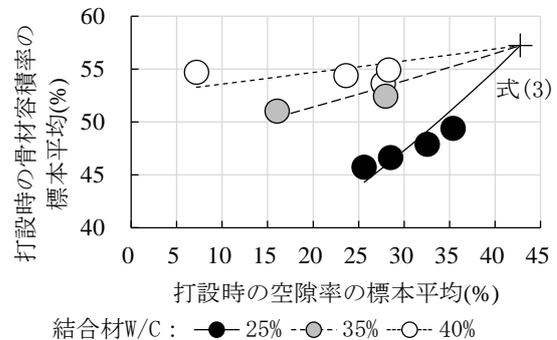


図-1 打設時の骨材容積率(標本平均)

レッシュ POC の質量 v ：管理用型枠の容積 ρ_G ：骨材の表乾密度 ρ_B ：結合材の配合値かつ空気量から算出した結合材の密度

3. 実験結果・考察

3.1 フレッシュ POC

図-1に、フレッシュPOCの打設時の骨材容積率と空隙率それぞれの標本平均の関係に及ぼす結合材W/Cの影響を示す。各曲線は式(3)である。

$$V_{Gem} = G_0 \cdot e^{-\beta(P_0 - P_{em})} \quad (3)$$

$$\text{結合材W/C25\%: } \beta = 1.49$$

$$\text{結合材W/C35\%: } \beta = 0.47$$

$$\text{結合材W/C40\%: } \beta = 0.02$$

ここに V_{Gem} ：打設時の骨材容積率の標本平均 G_0 、 P_0 ：結合材容積率ゼロ群の打設時の骨材容積率および空隙率の標本平均 P_{em} ：打設時の空隙率の標本平均 β ：実験変数(最小二乗法より算出)

式(3)は、+印で示す結合材容積率ゼロ(管理用型枠に骨材のみを詰込み¹⁾)の標本平均の座標[(42.8%, 57.2%)]を通ると仮定した条件付きの近似式である。全群を対象とした観測値と近似値の誤差は、標本平均-0.35%、標本標準偏差1.23%、最大値1.42%、最小値-1.88%である。同図より、誤差を許容すると、同一の打設時の空隙率では、結合材W/Cが高い群ほど、打設時の骨材容積率が高いことがわかる。

図-2は、図-1の標本平均を観測値に置換している。図中には各同一条件試験体群の最小二乗法による線形近似線が示してある。観測値を示す印の枠

線の実線と点線は、隣り合う配合空隙率群を識別するために記している。同図を概観すると、近似線の傾きは、負になることがわかる。そこで、観測値の打設時の骨材容積率と空隙率の関係を、標本平均の座標 $[(P_{em}, V_{Gem})]$ を通る式(4)で表現する。

$$V_{Ge} = \frac{(P_{em})^2}{P_0} - \frac{P_{em}}{P_0} \cdot P_e + V_{Gem} \quad [V_{Gem}: \text{式(3)}] \quad (4)$$

ここに P_e : フレッシュ POC の打設時の空隙率
式(4)は、 P_{em} が結合材容積率ゼロ群の 42.8%において、 $-P_{em}/P_0$ が-1.0(図-2 中の+印の傾き)となる条件付きの推定式である。打設時の骨材容積率の観測値と推定値[式(4)]の誤差は、標本平均-0.19%, 標本標準偏差 1.33%, 最大値 2.24%, 最小値-2.95%である。

3.2 硬化 POC

硬化 POC の骨材容積率を式(5)、打設時の空隙率を、式(6)で算出する。

$$V_G = V_{Ge} \frac{h_0}{h} \quad [V_{Ge}: \text{式(4)}] \quad (5)$$

$$P_e = 1.0 - \frac{M_1 - M_2}{v} \quad (6)$$

ここに V_G : 硬化 POC の骨材容積率 h : 試験体の高さ h_0 : 管理用型枠の公称内高 P_e : 硬化 POC の打設時の空隙率 M_1 : 24 時間以上水中養生した試験体の水中質量 M_2 : 温度 20°Cかつ相対湿度 60%の恒温室内にて 24 時間自然放置した後の気中質量

図-3 に、硬化 POC の骨材控除空隙率と打設時の骨材控除空隙率の関係を示す。印は式(7)(8)で計測した観測値である。直線は、式(9)である。

$$p = \frac{P}{1.0 - V_G} \quad [V_G: \text{式(5)}] \quad (7)$$

$$p_e = \frac{P_e}{1.0 - V_{Ge}} \quad [V_{Ge}: \text{式(4)}, P_e: \text{式(6)}] \quad (8)$$

ここに p , P , p_e : 硬化 POC の骨材控除空隙率, 空隙率, 打設時の骨材控除空隙率

$$p = \eta \cdot p_e + (1.0 - \eta) \quad (9)$$

結合材 W/C 25%: $\eta = 1.18$

結合材 W/C 35%: $\eta = 1.11$

結合材 W/C 40%: $\eta = 1.03$

ここに、 η : 実験変数(最小二乗法より算出)
式(9)は、結合材容積率ゼロの座標 $[(100, 100)]$ を通ると仮定した条件付きの近似式である。全群を対

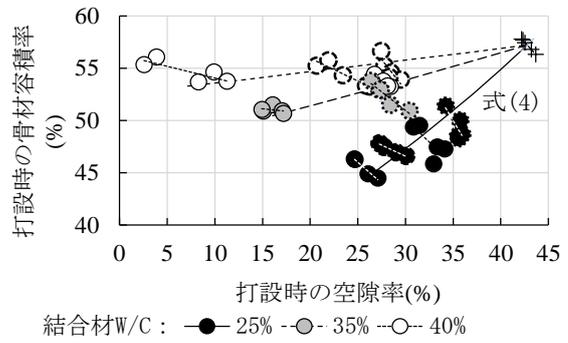


図-2 打設時の骨材容積率(観測値)

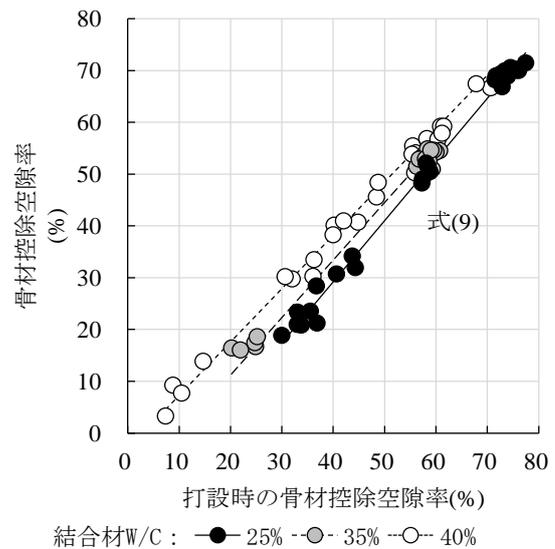


図-3 硬化POCの骨材控除空隙率

象とした観測値と近似値の誤差は、標本平均 0.083%, 標本標準偏差 1.62%, 最大値 5.02%, 最小値-4.25%である。誤差を許容し、同図を概観すると、同一の打設時の骨材控除空隙率において、結合材 W/C が高い群ほど、骨材控除空隙率が高いことがわかる。

4. おわりに

前報¹⁾に引き続き、6号砕石を有する POC の円柱試験体の全空隙率に及ぼす骨材容積率の影響について明らかにするために、追加実験を実施した。その結果を踏まえ、打設時の骨材容積率と空隙率の関係を式(4)、骨材控除空隙率と打設時の骨材控除空隙率の関係を式(9)で表した。

謝辞 本稿の研究成果は、平成 31 年度愛知工業大学研究特別助成の支援による。

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