弾性波伝搬速度を用いたポーラスコンクリートの空隙率推定

徳島大学大学院	学生会員	○野内彩可	徳島大学	賛助会員	圓藤将司
徳島大学大学院	正会員	渡辺 健	徳島大学大学院	フェロー会員	橋本親典

1. はじめに

ポーラスコンクリートは普通コンクリートとは異なり, 施工時の締固めの程度や壁効果により空隙特性が変化す る¹⁾。そのため,実施工物の品質評価はコア採取によって 得られたコア試験体を用いて行うことが妥当であるとさ れている。しかしながら,コア採取は,実施工物の一部を 傷つける行為であるため,非破壊試験を用いたポーラスコ ンクリートの空隙率推定手法の確立は有用といえる。

そこで本研究では,非破壊試験によるポーラスコンクリ ートの空隙率推定手法の確立に向け,衝撃弾性波法の多重 反射法を用いて連続空隙率と弾性波伝搬速度の関係につ いて検討した。加えて,同一材料を用いて作製した空隙率 が不明である平板状のポーラスコンクリート試験体を対 象に,円柱試験体の試験結果より得られた回帰式を用いて 連続空隙率の推定を行った。

2. 実験概要

2.1. 試験体概要

表-1にポーラスコンクリート試験体(以下, POC 試験 体と称す。)の計画配合を示す。試験体はφ100 mm×150 mmの円柱試験体および200 mm×200 mm×100 mmの平 板状の試験体(以下, 平板試験体と称す。)である。試験 体のパラメータは表-2に示す通りであり,単粒度砕石6 号(5.0~13 mm)と7号(2.5~5.0 mm)を用いた2シリ ーズとした。POC 円柱試験体の設計空隙率は,各シリー ズ3 水準とし,各パラメータ5 体作製した。なお, POC 表-1 POC 試験体の計画配合

	 粗骨材	設計空隙率		水結合	単位量 (kg/m ³)						
	シリーズ名	種類	(%)		材比 (%)	水	セメント	混和 材	BFS 5	G	
	POC6	6号砕石	19,	23,	27	23.0	56	224	20	244	1532
	POC7	7号砕石	16,	20,	24	24.7	97	392	_	99	1464

表-2 試験体のパラメータおよび測定空隙率

=+ =+ /+ 1=	試験体 シリーズ	設計 空隙率(%)	連続空隙率(%)					
試験1个1里			No.1	No.2	No	o.3	No.4	No.5
円柱	POC6	19	19.6	16.8	16.7		17.0	17.2
		23	21.7	21.3	21	.4	22.0	21.8
		27	25.8	25.7	25	.8	26.0	26.1
	POC7	16	13.0	13.4	14.0		13.2	13.8
		20	20.2	20.2	20.2		19.9	20.0
		24	24.0	23.4	24.0		24.2	23.9
			No.1			No.2		
平板	POC6	-	24.4			22.4		
	POC7	_	17.1			21.0		



図-1 多重反射法による測定状況

試験体の空隙率は、ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)の容積法に準拠して(1)式から連続空隙率を 算出した(表-2)。

$$A_{c} = \left(1 - \frac{(W_{2} - W_{3}) / \rho_{w}}{V_{1}}\right)$$
(1)

ここで、 A_c : ポーラスコンクリートの連続空隙率(%)、 W_2 : 24 時間気中放置後の気中質量(g)、 W_3 : 24 時間気中放置後に速やかに測定された供試体の水中質量(g)、 ρ_w : 水の密度(g/cm³)、 V_1 : 供試体の容積(cm³)である。なお、平板試験体は円柱試験体と比較して試験体容積が大きく水が排出されにくいことを考慮し、 W_2 および W_3 は 48 時間後の測定結果を用いた。

2.3 衝撃弾性波試験

衝撃弾性波法による測定は多重反射法を用いて実施した。図-1 に多重反射法による測定状況を示す。打撃の入力には φ10 mmの鋼球ハンマを用い,打撃により生じた応答信号の取得には,小型の加速度センサ(測定

周波数範囲:4 Hz~20 kHz)を用いた。打撃点は試験体 の中心部とし,加速度センサは打撃点から25 mm 離れた 位置に,薄い両面テープ(厚さ0.23 mm)を用いてコン クリート表面に接着した。測定におけるサンプリング数 は4096,データ長は0.0819 s,サンプリング時間は20 μs とし,5回の打撃によるスペクトル加算平均値(実効値) を実験値として用いた。

3. 実験結果

3.1. 連続空隙率の評価

設計空隙率が明らかとなっている POC 円柱試験体を 対象に検討を行った。図-2 に試験体種別の空隙率と弾 性波伝搬速度(以下,弾性波速度)の関係を示す。弾性 波速度は式(2)より算出した。

$$V_{\rm p} = 2 \cdot f_0 \cdot L \tag{2}$$

ここで, *V*_pは弾性波速度 (m/s), *f*₀は卓越周波数 (Hz), *L* は試験体高さ (m) である。

図より, POC 円柱試験体はどちらのシリーズにおいて も,連続空隙率の増加に伴い弾性波速度が線形的に低下 する傾向が確認された。また,どちらのシリーズにおい



図-2 POC 円柱試験体の連続空隙率と

弾性波速度の関係

表-3 POC 平板試験体の測定結果

試験体 シリーズ	試験体 No.	弾性波速度 V _P (m/s)	推定連続 空隙率(%)	測定連続空 隙率Ac(%)	誤差率(%)
POC6	1	3375.7	25.2	24.4	3.1
	2	3522.9	23.3	22.5	3.7
POC7	1	3571.5	18.7	17.1	9.6
	2	3288.6	24.3	21.0	15.6

ても回帰式の決定係数は0.95以上であり、連続空隙率と弾性波速度の間には高い相関関係が認められた。

3.2. 連続空隙率の推定に関する検討

続いて, 3.1 節より得られた各シリーズの POC 円柱試験体の回帰式をもとに空隙率が不明である POC 平板試 験体を用いて衝撃弾性波法による連続空隙率の推定を行った。なお, POC 平板試験体は,長手方向の端面を衝 撃弾性波試験の測定面として測定を行った。

表-3に POC 平板試験体の衝撃弾性波試験結果および回帰式に弾性波速度を代入することで得られた推定連続空隙率を示す。加えて、同表に測定空隙率を基準として算出した誤差率を示す。推定連続空隙率は、測定連続空隙率と比較して値が大きくなったが、その誤差率は最大でも 15.6%であり、ポーラスコンクリートの連続 空隙率の推定が十分に可能であることが示された。

以上より,同一材料を用いて作成した POC 円柱試験体の弾性波速度と連続空隙率の回帰式に衝撃弾性波法の 多重反射法より得られた弾性波速度を代入することで,POC 平板試験体の連続空隙率の推定が可能であった。

4. まとめ

- (1) 衝撃弾性波法の多重反射法により得られた弾性波速度は、ポーラスコンクリートの連続空隙率と高い相関 性を有しており、空隙率の増加に伴い線形的に低下した。これより、弾性波速度からポーラスコンクリートの連続空隙率の推定が可能であることが示された。
- (2) 同一材料を用いて作成した POC 円柱試験体の弾性波速度と連続空隙率の回帰式に衝撃弾性波法の多重反 射法より得られた弾性波速度を代入することで, POC 平板試験体の連続空隙率の推定が可能であった。

謝辞 本研究で使用した POC 試験体は(株)総合開発葛西博文氏よりご提供いただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

畑中重光,三島直生,森鼻泰大,中川武志:ポーラスコンクリートの施工標準(案)の作成に向けて、コンクリートジャーナル, Vol.49, No.4, 2011.4