

連続空隙を持つポーラスコンクリートの強度に及ぼす空隙特性の影響

鹿島建設（株） 正会員 ○川中徹人
徳島大学工学部 フェロー 水口裕之
徳島大学工学部 正会員 上田隆雄

1. はじめに

近年の様々な環境問題の一つに、湖沼や貯水池等の閉鎖性水域における富栄養化現象がある。湖沼や貯水池では、そこに生息する主に微生物の働きにより、水質浄化機能を持っている。ところが、湖沼や貯水池では、高度成長期以来の機能のみを重視した水際構造物の建設増加による自然湖岸の消滅によって、浄化機能の低下が指摘されている。しかし、人間の生命を守り、生活環境を維持発展させていくためには、建設事業は必要不可欠なものである。そこで、本研究では、表面積が大きく多孔質で連続空隙を持ち、この浄化機能を持つと考えられるポーラスコンクリートに着目し、それを適用するために必要と考えられる硬化コンクリートの特性に関する基礎的な検討として、強度および弾性に及ぼす空隙率および空隙径などの空隙特性の影響について検討する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料およびコンクリートの配合を、それぞれ表-1および表-2に示す。コンクリートの配合は、水粉体比を25%、シリカフューム混合比を20%の一定とし、空隙率を15%、20%、25%、30%の4種類、骨材粒径を5~13mm、5~20mm、13~20mmの3種類、計12種類とした。硬化コンクリートの特性としては、圧縮強度、曲げ強度および動弾性係数を測定した。

2.2 実験方法

圧縮強度試験用供試体は、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱型枠にコンクリートをほぼ等しい3層に分けて詰め、各層25回づつ突いて締固めた。曲げ強度試験用供試体は、 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ のはり型枠にコンクリートをほぼ等しい2層に分けて詰め、各層をJIS A 1210に規定されている土の締固め用ランマーの底部に $9.6 \times 10\text{cm}$ で厚さが1cmの鋼版を溶接したものを用いて締固めた。動弾性係数試験用供試体は、圧縮強度試験用供試体を試験を行う前に使用した。なお、コンクリートは理論空隙率から求めた所要量を供試体ごとに計量して締固めた。供試体は、打ち込み後1日で脱型し、所定の材齢まで標準養生した。

3. 実験結果と考察

3.1 ポーラスコンクリートの空隙率

目標とした公称空隙率と重量法によって求めた実測空隙率との差が、若干の例外を除いて1~2%以内となっているので、公称空隙率で整理してもよいと考えられ、以下では公称空隙率を用いている。

3.2 圧縮強度

図-1に、材齢28日における空隙率と圧縮強度との関係を、

表-1 使用材料

使用材料	物性および成分
普通ポルトランドセメント(C)	比重 3.15 表面積 $3220\text{cm}^2/\text{g}$
シリカフューム (SF)	比重 2.35 表面積 $19.0\text{cm}^2/\text{g}$
徳島県那賀川産玉砕石 (G)	比重 2.63 吸水率 1.20
高性能 AE 減水剤 (SP)	比重 1.04~1.06

表-2 コンクリートの配合

配合番号	空隙率 (%)	粗骨材 粒径 (mm)	SF/ (C+SF) (%)	W/ (C+SF) (%)	単位量 (kg/m ³)								
					W	C	SF	G	Ad				
①	15	5~13	20	25	106	338	84	1580	10.6				
②	20				84	270	68		8.45				
③	25				63	202	51		6.32				
④	30				42	134	34		4.20				
⑤	15	5~20			20	25	106	338	84	1580	10.6		
⑥	20						84	270	68		8.45		
⑦	25						63	202	51		6.32		
⑧	30						42	134	34		4.20		
⑨	15	13~20					20	25	107	343	86	1570	10.7
⑩	20								86	276	69		8.62
⑪	25								65	208	52		6.49
⑫	30								44	140	35		4.37

注：配合番号のA0513は骨材粒径が5~13mmを示し、V15は空隙率15%を示す。SFはシリカフュームを示す。

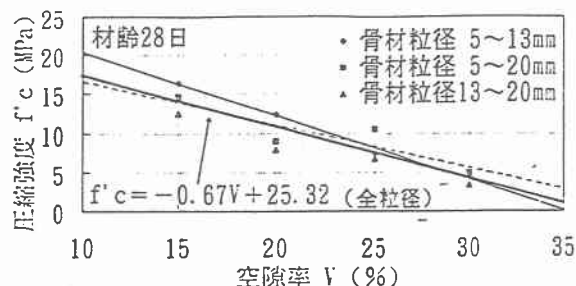


図-1 空隙率と圧縮強度との関係

骨材粒径別に示す。この図を見ると、空隙率が小さくなると圧縮強度は増加し、逆比例の関係がある。また、その関係は骨材粒径によって若干異なっている。そこで、骨材粒径別に線形関係とし、最小自乗法を用いてこれらの関係式を求めると、図に示すようになる。骨材粒径別の関係式は、空隙率の小さい範囲において若干の違いがあるが、空隙率が大きくなるにしたがって、これらの違いは小さくなっており、25%以上では、差はほとんどなくなっている。したがって、空隙率と圧縮強度との関係式を骨材粒径の違いに関係ないとして、関係式を求めると、図中に太線で示した式となり、材齢 28 日では次の式が得られている。

$$f'_c = -0.67V + 25.3 \quad f'_c: \text{圧縮強度 (MPa)} \quad V: \text{空隙率 (\%)}$$

3.3 曲げ強度

図-2 に材齢 28 日における空隙率と曲げ強度の関係を示す。圧縮強度と同様に曲げ強度も空隙率が小さくなるに従い増加し、ほぼ逆比例関係を示している。そこで、圧縮強度と同様に、骨材粒径の違いに関係ないとして、材齢 28 日での関係式を求めると、図中に示した太線となり、次式となる。

$$f_b = -0.18V + 7.93 \quad f_b: \text{曲げ強度 (MPa)} \quad V: \text{空隙率 (\%)}$$

3.4 圧縮強度と曲げ強度との比

図-3 に材齢 28 日における圧縮強度と曲げ強度/圧縮強度との関係を示す。曲げ強度/圧縮強度は 30%~60% と大きく、普通コンクリートの曲げ強度が圧縮強度の約 1/8~1/5 程度であるのに対し、約 1/2~1/3 と相対的に曲げが強くなっている。骨材粒径の違いに関係ないとして、空隙率と曲げ強度の関係は、材齢 28 日で次式が得られている。

$$28 \text{ 日 } f_b/f'_c = -0.01f'_c + 0.57 \quad f_b/f'_c: \text{曲げ強度/圧縮強度}$$

3.5 動弾性係数

図-4 に圧縮強度と動弾性係数との関係を骨材粒径 5~13mm について示す。図に見られるように空隙率の違いは、これらの関係について影響は明確でない。そこで、空隙率の違いには関係なく、骨材粒径別に一つの関係式で表すことができるとして、その関係式を求めると次式となる。

$$5 \sim 13 \text{ mm } ED = 7.07f'_c{}^{0.5} \quad ED: \text{動弾性係数 (Gpa)}$$

また、骨材粒径 5~20mm、13~20mm の場合も同様に関係式を求めると、図-5 となる。この図に示されているように、三つの関係式は大差ない。そこで、圧縮強度と動弾性係数との関係を骨材粒径および空隙率の違いに関係なく一つの式で表わすと、次式となる。

$$ED = 7.48f'_c{}^{0.5}$$

4. まとめ

- (1) 今回用いたポーラスコンクリートの空隙率と圧縮強度および空隙率と曲げ強度の関係は、骨材粒径の違いに関係なく、材齢 28 日において一つの関係式で表すことができた。
- (2) 曲げ強度が圧縮強度の 1/3~1/2 程度であり、普通コンクリートの曲げ強度より相対的に強い。
- (3) 圧縮強度と動弾性係数との関係は、空隙特性の違いに関係なく、一つの指数関数式で表わすことができた。

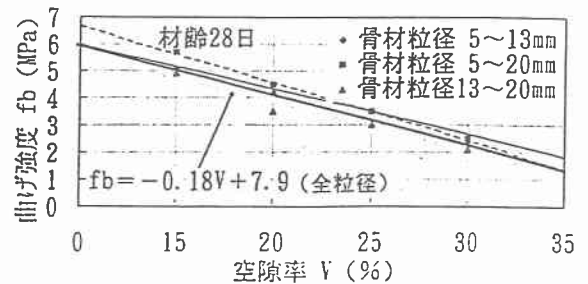


図-2 空隙率と曲げ強度との関係

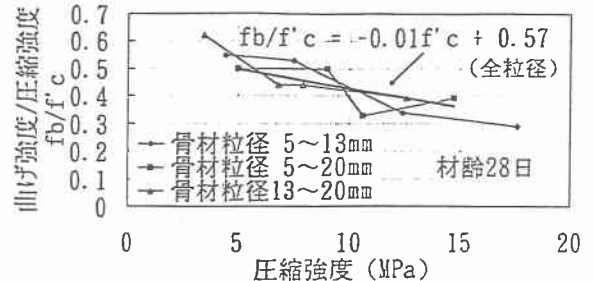


図-3 圧縮強度と曲げ強度/圧縮強度との関係

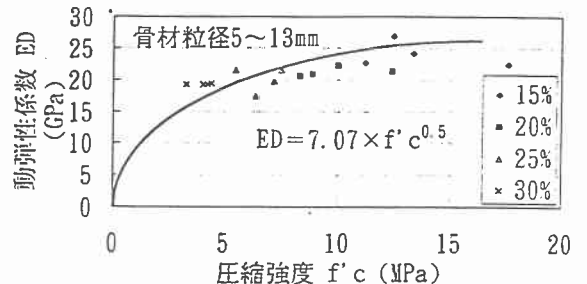


図-4 圧縮強度と動弾性係数との関係

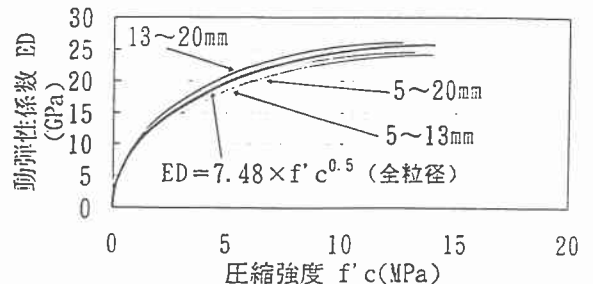


図-5 圧縮強度と動弾性係数との関係