

天然ゼオライト混和ポーラスコンクリートの配合と力学的性質

秋田大学 学生員 ○永田康司、 秋田大学 学生員 亀島博之
 秋田大学 正会員 徳重英信、 福田ヒューム管工業(株) 鈴木弘実
 秋田大学 フェロー 川上 洵

1 はじめに

天然ゼオライトは、イオン交換機能、保水・吸水機能、吸着機能および分子ふるい機能などを持つ天然資源である。これらの機能を用いて、環境調和型のコンクリート、特に植栽用ポーラスコンクリートへの適用を目的として、天然ゼオライトを骨材として用いたポーラスコンクリートの研究・開発を行っている¹⁾。実用化のためには、ポーラスコンクリート平板の所要曲げ強度を 3.0N/mm^2 (JIS A 5371) と設定しているが、これまでの研究では曲げ強度が $1.3\sim 1.8\text{N/mm}^2$ 程度と、所要強度を満たしていない。そこで本研究では水結合材比、ペーストと骨材の絶対容積比などの配合の見直し、および天然ゼオライト粉末の混和などにより強度の増進を行うことを目的とした。さらに下層部に普通骨材、上層部にゼオライトを骨材として用いたポーラスコンクリートによる二層平板を作製し、ポーラスコンクリート平板としての強度特性に関しても実験的検討を行った。

2 実験概要

2.1 使用骨材および配合

セメントは早強ポルトランドセメント(C:密度 3.13g/cm^3)、骨材には表-1に示す天然ゼオライト(Z)の粗骨材(ZG)および細骨材(ZA)、碎石(CS)を用いた。また混和材としてゼオライト粉末(ZP)を用いた。なお ZP はスラリー状(ZPL:濃度 50%)としている。混和剤にはスルホン酸系高性能減水剤(SP)とアニオン系 AE 剤(AE)を用いている。

配合見直し前のポーラスコンクリートの配合パラメータを表-2に、配合見直し後のポーラスコンクリートの配合パラメータを表-3に示す。配合の見直し点は、水結合材比(W/B)を 24.0%から 28.0%に増加させ、ペーストと骨材の絶対容積比(p/a)を 26.0%、31.0%、36.0%から 44.0%に増加させた。また ZP 混和率は 30%から 15%に減少させた。さらに細骨材率(s/a)は 0%、50%、および 100%としている。

2.2 供試体および測定項目

空隙率、透水係数などの物性および圧縮強度の測定は円柱供試体 $\phi 100\times 200\text{mm}$ を用いた。曲げ強度の測定は平板供試体 $60\times 90\times 300\text{mm}$ を用いた。また二層平板は下層部(碎石ポーラスコンクリート:CPC)を打込んだ後に、上層部(ゼオライトポーラスコンクリート:ZPC)を打込み、フレッシュ状態で結合させて二層平板 $60\times 90\times 300\text{mm}$ とした。

3 実験結果および考察

3.1 空隙率と透水係数

透水係数と空隙率の関係を図-1に示す。空隙率が増加するにつれて透水係数が増加する傾向を示した。一方、細骨材率を上げると透水係数は減少した。これは細骨材を用いることで空隙径が小さくなったことが影響していると考えられる。また p/a が増加すると透水係数と空隙率は減少する傾向を示した。

3.2 圧縮強度

圧縮強度と細骨材率の関係を図-2に示し、圧縮強度と p/a の関係を図-3に示す。細骨材率 50%の状態では圧縮強度が最大となる傾向を示した。これは細骨材率 50%の供試体は粗骨材の間に細骨材が入り込み、他の供試体と比

表-1 骨材・混和材の物理的性質

骨材・混和材	粒径 (mm)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	産地
Z (粗骨材)	ZG (粗骨材)	5.0~15.0	1.90	秋田県二ツ井産
	ZA (細骨材)	3.0~5.0	1.92	
	ZP (混和材)	~0.080	2.22	
CS (粗骨材)	5.0~10.0	2.83	0.44	岩手県米里産

表-2 配合見直し前のポーラスコンクリートの配合パラメータ

供試体名	骨材	W/B (%)	p/a (%)	s/a (%)	ZP 混和率 (%)			
ZPC26-0-0	Z	24.0	26.0	0.0	0.0			
ZPC26-50-0				50.0				
ZPC26-100-0				100.0				
ZPC26-0-30				0.0		30.0		
ZPC26-50-30				50.0				
ZPC26-100-30				100.0				
ZPC31-0-0		24.0	31.0	0.0	0.0			
ZPC31-50-0				50.0				
ZPC31-100-0				100.0				
ZPC36-0-0				36.0		36.0	0.0	0.0
ZPC36-50-0							50.0	
ZPC36-100-0							100.0	
ZPC36-0-30	0.0	30.0						
ZPC36-50-30	50.0							
ZPC36-100-30	100.0							

表-3 配合見直し後のポーラスコンクリートの配合パラメータ

供試体名	骨材	W/B (%)	p/a (%)	s/a (%)	ZP 混和率 (%)			
CPC44-0-0	CS	28.0	44.0	0.0	0.0			
ZPC44-0-0	Z			0.0				
ZPC44-50-0				50.0				
ZPC44-100-0				100.0				
CPC44-0-15	CS			28.0		44.0	0.0	15.0
ZPC44-0-15	Z						0.0	
ZPC44-50-15							50.0	
ZPC44-100-15							100.0	

較して、より密な状態になったと考えられる。一方、 p/a が 36.0%から 44.0%に上昇することで圧縮強度は 1.1~2.8 倍程度増加した。さらに p/a が 44%において、ZP を混和した供試体は ZP 無混和の供試体の 1.0~1.6 倍程度の圧縮強度となった。

3.3 曲げ強度

曲げ強度と細骨材率の関係を図-4 に示す。圧縮強度と同様に細骨材率 50%の供試体は曲げ強度が最大となる傾向を示した。また p/a が 36.0%から 44.0%に増加することで曲げ強度は 1.0~1.5 倍程度となった。

また p/a が 44%において、ZP を混和した供試体は ZP 無混和の供試体の 1.3~1.8 倍程度に曲げ強度が増加した。一方、CPC44-0-15 は曲げ強度が 3.2N/mm^2 と所要曲げ強度である 3.0N/mm^2 を満たしたが、ZPC の中で曲げ強度が最大の ZPC44-50-15 は 2.7N/mm^2 と所要強度を満たせなかった。これは天然ゼオライトが多孔質な物質であり、結合材強度を増加させてもコンクリート強度の増加には限界があることが要因として考えられる。

3.4 二層平板供試体の曲げ強度

二層平板の曲げ強度を図-5 に示す。下層部に CPC44-0-0 を用いた二層平板は、上層部の ZPC の種類によって ZPC 単体より曲げ強度が 1.1~1.3 倍程度増加した供試体と、0.6~0.7 倍程度減少した供試体があった。また下層部に CPC44-0-15 を用いた二層平板は、ZPC 単体より曲げ強度が 1.0~2.0 倍程度と増加する傾向を示した。これは下層部に用いた CPC 単体の曲げ強度が上層部に用いた ZPC 単体より高い場合に曲げ強度は増加し、低い場合に減少したことが原因と考えられる。以上より下層部に用いた CPC 単体の曲げ強度が二層平板の曲げ強度に大きく影響していることが明らかとなった。一方下層部に CPC44-0-15、上層部に ZPC44-100-0 を用いた供試体と、下層部に CPC44-0-15、上層部に ZPC44-50-0 を用いた供試体は、曲げ強度がそれぞれ 3.1N/mm^2 、 3.0N/mm^2 と ZPC 単体では満たせなかった所要曲げ強度 3.0N/mm^2 を満たした。

4 まとめ

- (1)骨材の粒径が小さくなり、ペーストと骨材の絶対容積比(p/a)が増加すると空隙率と透水係数は低下することが明らかとなった。
- (2)天然ゼオライト混和ポーラスコンクリートの圧縮強度と曲げ強度は、ペーストと骨材の絶対容積の比(p/a)の上昇に伴い増加する傾向が明らかとなった。
- (3)ゼオライト粉末を混和したポーラスコンクリートは無混和ポーラスコンクリートの圧縮強度の 1.0~1.6 倍程度、曲げ強度は 1.3~1.8 倍程度を示した。
- (4) 碎石を用いたポーラスコンクリートと天然ゼオライト混和ポーラスコンクリートから構成される二層平板は下層部が上層部より曲げ強度が大きい場合に、天然ゼオライト混和ポーラスコンクリート単体よりその曲げ強度の 1.1~2.0 倍程度増加することが明らかとなった。

5 参考文献

- 1)徳重英信ほか：天然ゼオライトを骨材に用いたポーラスコンクリートの物理的性質と植栽機能、セメント・コンクリート論文集、No.60、pp589-595(2007)

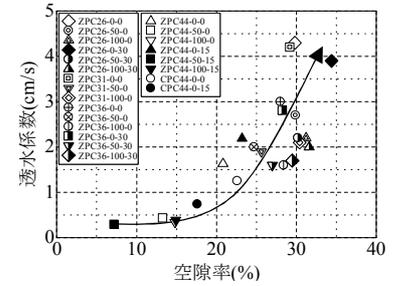


図-1 透水係数と空隙率の関係

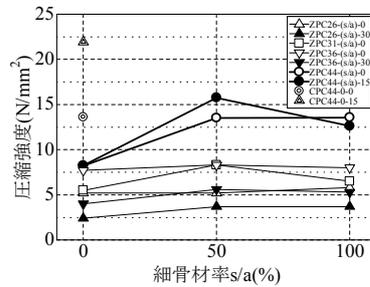


図-2 圧縮強度と s/a の関係

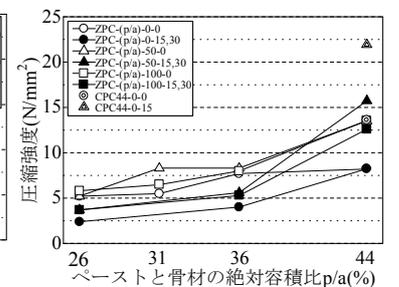


図-3 圧縮強度と p/a の関係

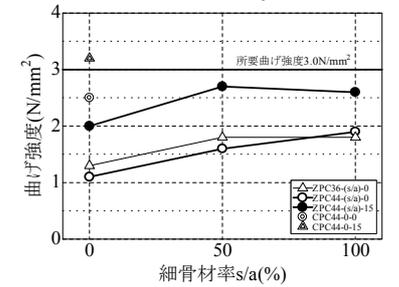


図-4 曲げ強度と s/a の関係

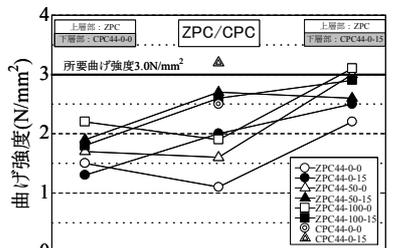


図-5 二層平板の曲げ強度