

人工ゼオライトを混入したポーラスコンクリートの物性および水質浄化性能

九州大学大学院 学生会員 金納 聡志 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 陶 佳宏 九州大学大学院 学生会員 江頭 正之

1. 研究目的

ポーラスコンクリート[Porous Concrete:POC]は普通のコンクリートと異なり、構造体内に連続した空隙を有し、植栽機能・水質浄化機能など多様な機能を付与させることが期待される。一方、人工ゼオライトは、石炭灰を化学処理して得られるゼオライトの一つで、ゼオライトの吸着機能・イオン交換機能などを応用して、自然水系中のリンおよび窒素を吸着除去することが報告されている。本研究では、人工ゼオライトを混入した POC の物性を調べると共に、人工ゼオライト混入による POC の水質浄化性能向上について実験的に検討することを目的とした。

2. 実験概要

実験は、物性試験として人工ゼオライトを混入したセメントペーストのフロー試験、POC 連続空隙率試験および POC 圧縮強度試験を行い、水質浄化性能試験として自然水系への曝露を行い生物を付着させた POC と曝露を行わなかった POC について、室内にてリン酸除去性能試験を行った。

使用材料を表 2-1 に、POC の配合を表 2-2 に示す。配合は粗骨材の実積率を測定によって求め、水セメント比を 25%、結合材充填率 40%とし、連続空隙率が一定となるようにした。また、セメントペーストについて、目標フロー値を 210 ± 5 に設定し、目標フロー値が達成されるように、JIS R 5201-1997 に準拠してフロー試験を行い、人工ゼオライトの含水量(補正水)、混和剤の使用量を決定した。人工ゼオライトの混入量はセメント質量に対する割合で表すものとし、表 2-2 に示す 6 水準とした。

POC の作製は、予めセメントペーストをハンドミキサーで 90 秒間練り混ぜた後、オムニミキサーで骨材と 3 分間練り混ぜる方式を採用した。人工ゼオライトは、予め所定量の補正水と混合して含水状態を調整し、セメントペーストを練り混ぜるときに混入した。供試体は、物性試験用として $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 円柱のものを、水質浄化性能試験用として $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 角柱のものを作製した。供試体作製時には棒突き試験用の棒によって突き固め、テーブルバイブレーターおよび加

圧板を用いて締め固めた。POC 連続空隙率試験は JCI エココンクリート委員会が提案する「POC の連続空隙率測定方法」に、圧縮強度試験は JIS A 1108-1998 に準拠して行った。自然水系に曝露する供試体は福岡県多々良川の淡水域に 28 日間曝露した。水質浄化性能試験は 20℃、湿度 60%の室内恒温恒湿室に図 2-1 に示す人工水路を設置し、自然水系への曝露を行わなかった POC または曝露を行った POC を沈積し、リン酸態リン濃度を約 0.4mg/l に調整した試験水を循環させ、2 日間のリン濃度の変化をモリブデン青法により測定し、除去率を求めた。なお、除去率は試験水の 24 時間前のリン濃度に対する除去率で表した。

キーワード：ポーラスコンクリート[POC]、人工ゼオライト、水質浄化

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 Tel 092-641-3131 (内線 8654) Fax 092-642-3271

表 2-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント、密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$
人工ゼオライト	Fe型、密度 $2.68\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $80\text{m}^2/\text{g}$ 、平均粒子径 $14\mu\text{m}$
粗骨材	天然碎石、密度 $2.78\text{g}/\text{cm}^3$ 、粒径 $13 \sim 20\text{mm}$ 、実積率 58.5%
混和剤	高縮合芳香族スルホン酸塩系高性能減水剤

表 2-2 POC の配合

ゼオライト添加率 [%]	水セメント比 W/C [%]	単位量 [kg/m^3]					
		水	セメント	ゼオライト	補正水	粗骨材 13~20	混和剤
		W	C	Z	W'	G	[g/m^3]
0	25	73	293	—	—	1626	2637
10	25	58	234	23	25	1626	3508
20	25	48	194	39	42	1626	4067
40	25	36	146	58	62	1626	3933
60	25	29	116	70	74	1626	3477
100	25	22	86	86	85	1626	2581

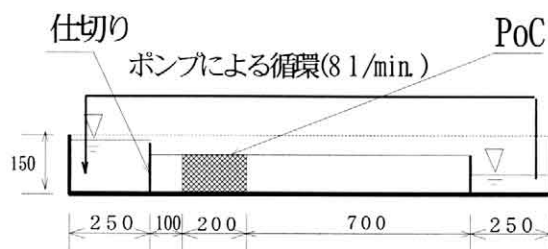


図 2-1 人工水路概略図(数字の単位は mm)

3. 実験結果および考察

3. 1 目標フロー値達成のための混和剤添加量

人工ゼオライトは吸水性が大きく、絶乾状態でセメントペーストに混入するとペースト状に練ることが出来なかった。そこで、人工ゼオライトの混入の際、予め絶乾状態のものに対して質量で1:1の水を吸水させ、含水状態を調整して混入し、フロー試験を行った。図2-2に人工ゼオライト添加率と目標フロー値を達成するために必要とした混和剤添加率の関係を示す。図から、人工ゼオライトの添加率が大きくなる程混和剤添加率が大きくなり、人工ゼオライトの混入はセメントペーストのコンシステンシーを低下させていることが分かる。

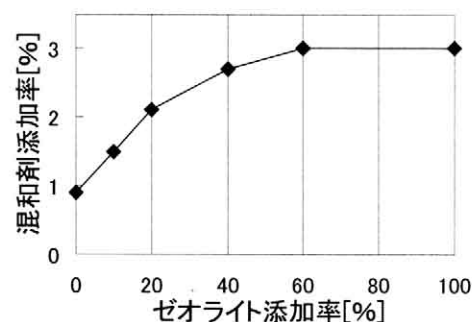


図2-2 ゼオライト添加率と混和剤添加率の関係

3. 2 連続空隙率試験および圧縮強度試験

連続空隙率は、25~34%であり、ゼオライト添加率が大きくなると連続空隙率も大きくなる傾向を示した。これは、人工ゼオライト粒子内部の空隙を連続空隙の一部とみなして理論上求めた連続空隙率と一致する。また、図2-3にゼオライト添加率とPOC圧縮強度との関係を示す。図から、POC圧縮強度は、各材齢についてゼオライト添加率が20%でゼオライト無混入のPOCと同等か、または大きくなっている。しかし、これ以上ゼオライトを添加するとゼオライト無混入のPOCより小さくなっていることが認められた。これから、材齢の進行に関係なく、ある混入量まではPOCの圧縮強度に悪影響を及ぼさず、また人工ゼオライトの過剰混入はPOCの圧縮強度に悪影響を及ぼすことが分かる。

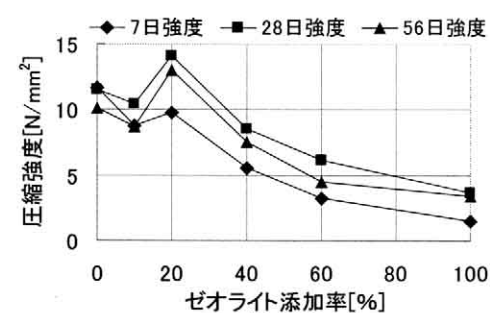


図2-3 ゼオライト添加率とPOC圧縮強度の関係

3. 3 水質浄化性能試験

図2-4に、POCのゼオライト添加率とリン除去率の関係を示す。自然水系に曝露しない場合、 PO_4^{3-} はアルカリ性水溶液中において Ca^{2+} と反応し固定化されるので、人工ゼオライトを混入しないPOCもリンを除去するが、図より人工ゼオライトを混入したPOCは無混入のものより除去率が向上するが、ゼオライト添加率が大きくなってもリン除去率はほとんど向上せず、添加率100%のものは除去率が低下していることが分かる。このことは、自然水系に曝露した場合についても同様である。以上のことから、リンの除去に関して、人工ゼオライトをPOCに混入することによって除去率が向上するが、過剰に混入すると除去率がかえって低下することが認められた。また、自然水系に曝露させたPOCは、曝露させなかったPOCよりリンの除去率が高いことが分かった。これは、POCを自然水系に曝露させたことによってPOCに生物が付着し、この生物層によってリン除去が行われたためと考えられる。しかし、人工ゼオライト混入によるリン除去率の向上の程度は、自然水系への曝露を行わなかったものを行ったものとは同じ程度であった。また、今回の実験ではPOCに水頭差を与えることができず、POCの連続空隙に試験水をうまく接触させることができなかった。このため、人工ゼオライトの混入と、POCに付着した生物量の関係は明確にされておらず、今後実験装置を改善し、追加実験による検討を行う予定である。

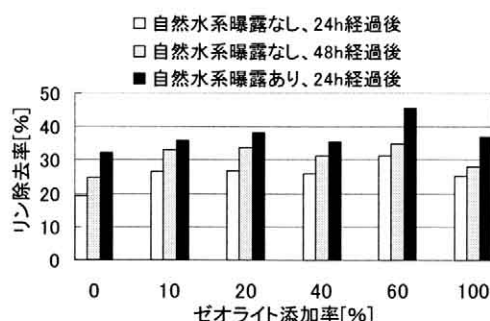


図2-4 ゼオライト添加率とリン除去率の関係

4. 結論

(1) 人工ゼオライト混入により、セメントペーストのコンシステンシーは低下する。しかし、POCの圧縮強度に関しては、ある程度の人工ゼオライト混入量までは問題はなく、それ以上の混入は悪影響を及ぼす。

(2) 人工ゼオライト混入により、自然水系への曝露の有無を問わずリン除去性能は向上するが、人工ゼオライトの過剰混入によってリン除去性能は低下する。