天然ゼオライトを用いたポーラスコンクリートのメチレンブルー吸着特性

秋田大学大学院　学生員　○松田　充　　秋田大学　　西山　翼
秋田大学大学院　正　員　　徳重英信　　秋田大学大学院　フェロー　川上　洵
福田ヒューム管工業株式会社　鈴木弘実

1. はじめに

著者らは天然ゼオライトの吸着機能と酸化チタンの分解機能を併せ持つ水質浄化等の機能を付与した環境負荷低減型ポーラスコンクリート(ZPCTi)の研究開発[1)]をこれまで行ってきており，その性能を JIS R 1703-2[2)]に準じたメチレンブルー(MB)水溶液を用いた湿式分解性能試験により評価してきている。本研究では，分光光度計を用いた吸光度（Abs 値）による MB 濃度評価と溶液の写真撮影結果（RGB 値）による濃度評価法の比較による RGB 値を用いた簡易評価方法の確立を目的としている。また，MB 溶液浸漬前の供試体の前処理方法（前吸着）の影響，さらに供試体に対する被吸着物質である MB 溶液の量について検討することにより，適切な吸着試験方法の確立を目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

供試体の配合を表 1 に示す。普通ポルトランドセメント（C:密度 3.15g/cm^3），粗骨材に岩手県米里産砕石（CG:密度 2.83g/cm^3，吸水率 0.44%，粒径 5～15mm）または秋田県二ツ井産天然ゼオライト（ZG:密度 1.90g/cm^3，吸水率 20.8%，粒径:5～15mm）を用いている。混和材にはアナターゼ型酸化チタン粉末（TiO_2:密度 3.90g/cm^3，粒径 21nm）または天然ゼオライト粉末（ZP:密度 2.22g/cm^3，吸水率 19.7%，粒径:～0.08mm），混和剤にはナフタレンスルホン酸系高性能減水剤（SP）を用いている。なお本研究では，供試体練混ぜ直後にペーストを被覆した骨材単位に分けた粒状体としたものを用いている。

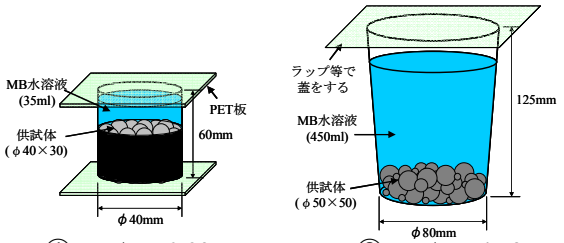
2.2 試験方法

MB 吸着試験は，材齢 28 日まで水中養生した粒状体供試体を用い，JIS R 1703-2 の湿式分解性能試験に準じて，紫外線を照射しない暗条件下で行った。吸光度（Abs 値）と RGB 値の比較用吸着試験では，図 1 の①に示すセルを用い，後述する前吸着は行わず吸着試験を行った。次に，前吸着が吸着性能評価に及ぼす影響を検討する際には，前吸着（供試体をアセトンで軽く拭いた後に 20μmol/L の MB 溶液内に 24 時間浸漬）した場合を追加している。さらに，供試体に対する被吸着物質の量を変更する試験では前吸着は行わず，図 1 の①に示すセルで吸着試験を実施したもの（MB 溶液は供試体体積とほぼ同程度の場合）と，図 1 の②に示すように溶液容積を約 4.6 倍としたものとで比較検討を行った。いずれの試験においても試験時間を 10 時間とし，1 時間毎に MB 溶液の Abs 値と RGB 値を測定している。なお Abs 値では MB の吸光度を 664nm として測定した。

表 1 供試体の配合

Specimen	Type of aggregate	t/b (%)	zp/b (%)	W/B (%)	p/a (%)	Unit weight (kg/m^3) W	C	TiO_2	ZP	ZG	CG	SP (kg/m^3)
ZG-t0-z0	ZG 5-15	0	0	28.0	30.0	81	290	0	0	1096	0	0
ZG-t0-z15		0	15			79	251	0	31			7.54
ZG-t0-z30		0	30			77	212	0	64			6.35
ZG-t15-z0		15	0			83	242	53	0			24.22
ZG-t15-z15		15	15			81	204	54	31			26.47
CG-t0-z0	CG 5-15	0	0			81	290	0	0	0	1633	0
CG-t0-z15		0	15			79	251	0	31			7.54
CG-t0-z30		0	30			77	212	0	64			6.35
CG-t15-z0		15	0			83	242	53	0			24.22
CG-t15-z15		15	15			81	204	54	31			26.47

t/b : 酸化チタン混和率(容積でセメントの内割)　p/a : ペーストと骨材の絶対容積比
zp/b : 酸化チタン混和率(容積でセメントの内割)　W/B : 水結合材比



① V_{MB}/V_{SP}=0.93　② V_{MB}/V_{SP}=4.58

図 1 湿式分解性能実験方法

3. 実験結果および考察

3.1 吸光度（Abs 値）と RGB 値による MB 濃度の評価

混和材無混和の供試体（t0-z0 系）の MB 吸着試験結果を図 2 に，酸化チタンおよびゼオライト粉末を 15%混和した供試体（t15-z15 系）の吸着試験結果を図 3 に示す。いずれの吸着試験結果においても 5 時間以上の経過で 90%以上の MB が吸着され，粗骨材の種類による差異は認められなかった。しかし，特に混和材を混和した場合には 3 時間程度で 90%以上の吸着性能を示した。

キーワード：ポーラスコンクリート，天然ゼオライト，湿式分解性能，RGB，吸光度，吸着

〒010-8502　秋田県秋田市手形学園町 1-1　秋田大学院工学資源学研究科土木環境工学専攻

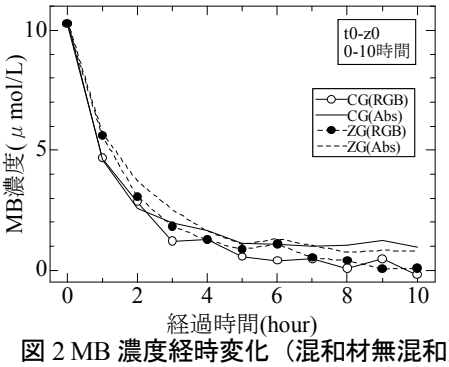


図 2 MB 濃度経時変化（混和材無混和）

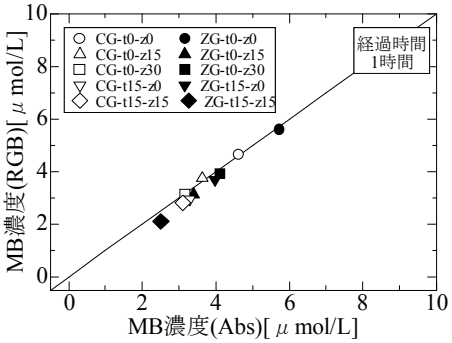


図 4 RGB と Abs の関係（1 時間）

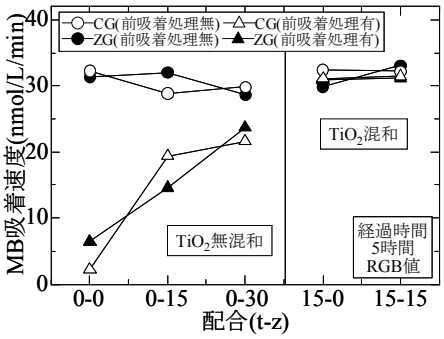


図 6 前吸着の有無と MB 濃度

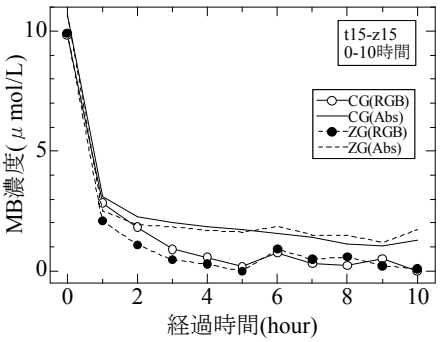


図 3 MB 濃度経時変化（混和材使用）

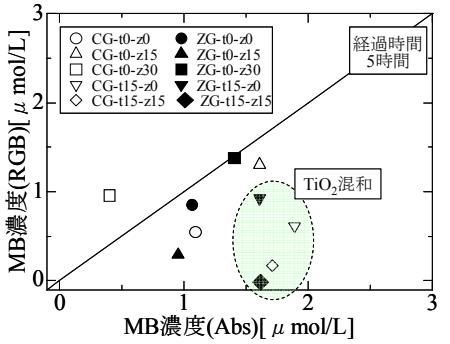


図 5 RGB と Abs の関係（5 時間）

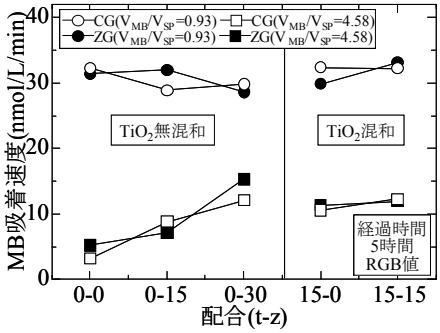


図 7 被吸着物質量の影響

試験時間 1 時間での Abs 値と RGB 値の関係を図 4 に，5 時間での関係を図 5 に示す。試験時間 1 時間では RGB 値により求めた MB 濃度と Abs 値により求めた MB 濃度はほぼ一致するが，時間の経過とともに特に酸化チタン粉末混和の場合に開きがあることが明らかとなった。これは Abs 値が 664nm を対象としているため，その近傍での色差を RGB 値の測定結果が含んだことが考えられる。

3.2 前吸着の影響

試験時間 5 時間までの MB 吸着速度（単位時間あたりの吸着量変化）に及ぼす前吸着有無の影響を図6に示す。酸化チタン粉末（TiO_2）無混和の場合，前吸着を行わない場合にはゼオライト粉末の混和率を増加させても吸着速度は変化しない。一方，前吸着を行った場合には，ゼオライト粉末の混和率を 0～15%と増加させると吸着速度は 25nmol/L/min 程度増加し，ゼオライト粉末の混和に伴うペースト細孔構造の変化が吸着性能の向上に寄与するものとして評価された。一方，酸化チタン粉末を混和した場合には前吸着の影響は殆ど認められない。この差異にはゼオライト粉末あるいは酸化チタン粉末を混和した場合のペースト細孔構造の差異が大きく影響を及ぼしているものと考えられ，細孔構造と吸着性能の関係について詳細に検討を行う必要がある。一方，前吸着処理は吸着性能の評価に影響を及ぼすことが明らかとなり，吸着性能の評価には前吸着が必要であるものと考えられ，適切な前吸着方法についても検討が必要と考えられる。

3.3 被吸着物質量の影響

試験時間 5 時間における V_{MB}/V_{SP}=0.93 と V_{MB}/V_{SP}=4.58 の場合の MB 吸着速度を図 7 に示す。JIS 準拠である V_{MB}/V_{SP}=0.93 と供試体体積と被吸着物質（MB 溶液）の容積がほぼ同一の場合には，本研究の範囲では，酸化チタン粉末の混和の有無，さらにゼオライト粉末混和の有無で，MB 吸着速度の差異は認められない。しかし，被吸着物質容積を供試体体積の 4.6 倍程度とすると，特にゼオライト粉末の混和量の増加に伴って吸着速度が増加する傾向を示した。この結果には V_{MB}/V_{SP}=0.93 では多孔質材料である粒状体供試体と周囲の溶液濃度が直ちに平衡となり，配合の差異が吸着性能に及ぼす影響が明確にならなかったことが要因と考えられる。

4. まとめ

天然ゼオライトおよび酸化チタン粉末を用いたポーラスコンクリートの吸着性能評価には，MB 濃度評価において RGB 値を簡易的に用いることが可能であり，前吸着を十分に行い，さらに被吸着物質量についても考慮する必要があることが明らかとなった。

【参考文献】

1) 松田充ほか：酸化チタンと天然ゼオライトを用いたポーラスコンクリートの吸着・分解性能，平成 22 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，V-32，CD-ROM (2011)

2) 日本工業規格 JIS R 1703-2：ファインセラミックス −光触媒材料のセルフクリーニング性能試験方法 −第2部(2007)