

シリカ系天然鉱物微粉末を添加したモルタルの基本性状および止水性能に関する実験的研究

宇都宮大学 学生会員 ○富田 大地
 宇都宮大学大学院 正会員 藤原 浩巳
 宇都宮大学大学院 正会員 丸岡 正知

1.はじめに

コンクリートは耐久性に優れており一度打設すれば半永久的に使えることや、自由な造形が可能なこと、それに加えて安価であることなどから、非常に有益な建設材料であるとされているため、あらゆる用途・場所で使用されている。特に土木分野においては大規模コンクリート構造物に使用されている。しかし、コンクリートは長期間使用することによる老朽化や、環境の変化などの様々な要因によって劣化する。現状、コンクリートのひび割れ発生を完全に抑止することは、様々な条件から現実的なものにするには不可能に近い。また、劣化した場合の補修は勿論、その必要性を判断するための検査および補修だけでも、経済的かつ時間的コストが莫大なものになることが考えられる。更に、検査および補修に伴う構造物の使用の制限や停止する期間は、構造物の公共性を考慮すると望ましいこととは言えない。

そこで本研究では、コンクリートに自己治癒性を付加し、ひび割れの発生に伴う漏水を未然に防ぐ手段として、天然ボロン物質とされるシリカ系天然鉱物微粉末「ベストン」を混和する方法において、各種セメントを用いた場合の止水性能についての実験的研究を行った。

2.各種セメントを用いたベストン混和配合の基本性状

2.1.実験概要

各種セメントを用いてベストンを混和したモルタルのフレッシュ性状、硬化性状及び止水性能について検討を行った。

2.2.使用材料

本試験で用いる使用材料を表1に示す。

2.3.配合条件

本試験の配合条件を表2に示す。

本試験において、ベストンの添加率はセメントに対する質量比で6%とし、細骨材に対して置換した。

表1:使用材料

| 種別 | 名称 | 記号 | 密度(g/cm ³) |
|-----|---------------------|-----|------------------------|
| 結合材 | 普通ポルトランドセメント | OPC | 3.16 |
| | 中熱ポルトランドセメント | MC | 3.21 |
| | 低熱ポルトランドセメント | LC | 3.22 |
| 細骨材 | 鬼怒川産川砂 | S | 2.63 |
| 混和材 | シリカ系天然鉱物微粉末(ベストン) | BE | 2.64 |
| 混和剤 | AE減水剤:ポリカルボン酸コポリマー | AE | 1.03~1.11 |
| | 消泡剤:ポリアルキレングリコール誘導体 | DF | 1.00 |

表2:配合条件

| 配合名 | W/C(%) | 単位量(kg/m ³) | | | | | | | |
|-----------|--------|-------------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
| | | W | OPC | MC | LC | BE | S | SP | DF |
| OPC(BE0%) | 50 | 285 | 570 | - | - | 0 | 1355 | 1.1 | 3.4 |
| 34 | | | | | | 1320 | 1.2 | 3.6 | |
| MC(BE0%) | 50 | 285 | - | 571 | - | 0 | 1361 | 1.1 | 3.4 |
| 34 | | | | | | 1326 | 1.2 | 3.6 | |
| LC(BE0%) | 50 | 285 | - | - | 571 | 0 | 1362 | 1.1 | 3.4 |
| 34 | | | | | | 1327 | 1.2 | 3.6 | |

2.4.試験方法

(1)15打フロー試験

JIS R 5201:1997 に準拠した。

(2)空気量試験

JIS A 1116:2005 に準拠した。

(3)圧縮強度試験

JIS A 1132:2006 に準拠した。

養生は20℃水中養生を行い、7および28日目に圧縮強度試験を行った。

(4)乾燥収縮試験

JIS A 1129:2010 に準拠した。

供試体は20℃、60RHの恒温恒湿室に静置し、乾燥開始から0、1、3、7、14、21、28日、42日および56日目でそれぞれ測定を行った。

キーワード 躯体防水材、自己治癒コンクリート、連続通水、加圧透水試験、止水

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部土木材料研究室 TEL.028-689-6209 E-mail:t142826@cc.utsunomiya-u.ac.jp

(5) 通水試験

本研究において、止水性能を確認及び評価するために、写真1に示す通水試験を行った。

本研究では、写真2に示す高さ150mm、幅150mm、長さ400mmの自作の通水試験用の供試体作製用型枠を用いて直方体供試体を作製した。供試体はひび割れを設ける際に破断しないよう、直径5mmのステンレス鉄筋を側面中央に2本設置した。また供試体側面部に通水用装置を固定するためのボルトをあらかじめ埋め込み、練り混ぜたモルタルを型枠に詰め、24時間後に脱型した。

供試体の養生方法は60℃温水養生を7日間行った後、20℃標準養生を28日間行った。これは未水和セメントの反応を促進させ、バースト混和の有無による通水量の違いをみるためである。模擬ひび割れを設けるため、供試体上部と下部にコンクリートカッターを用いてひび割れ導入位置に切り欠きを設け、コンクリートの曲げ試験機を用い供試体の中心に幅0.5mm程度のひびを入れた。また、供試体の側面となる面のひび割れ部には合成樹脂接着剤を塗布して漏水しない処置をした。

通水試験に使用した供試体を写真3に示す。

試験は図1に示すようにコンプレッサーから空気を20Lの水で満たしたタンク内部へ送り、加圧した水を供試体上部の通水装置へ導いた。その後供試体下部のひび割れから通水することを確認し、測定を開始した。

通水開始後、30、60、90、120分、3、6、12、24時間に実施し、2日目以降は24時間毎に実施した。測定期間は原則7日間とし、バースト混和配合の通水量割合が7日目の時点で5%を下回らなかった場合は、5%を下回るまで測定期間を延長した。測定した値は全て1分間あたりの通水量に変換し、最大通水量に対する通水日における通水量を「通水量割合」と定義し、式(1)により求めた。

$$\text{通水量割合}(\%) = \frac{\text{通水後}x\text{日の通水量}(\text{g})}{\text{最大通水量}(\text{g})} \times 100 \dots (1)$$



写真1: 通水試験風景

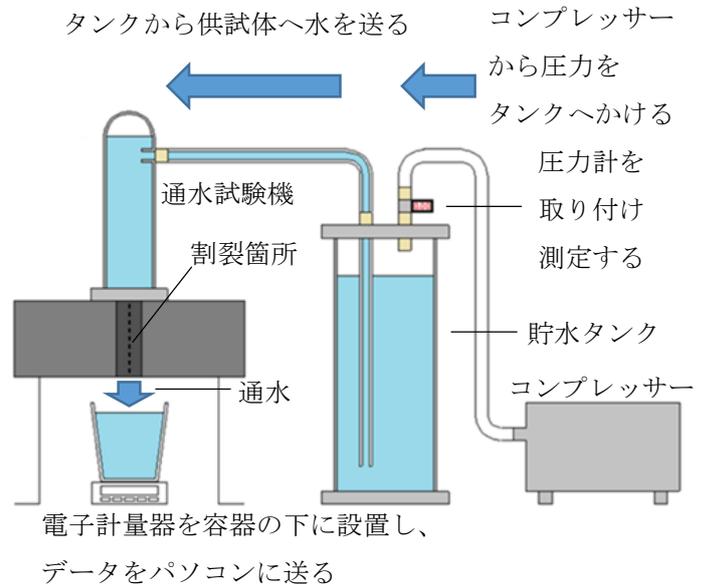


図1: 通水試験の概要



写真2: 通水試験に使用する供試体の自作の型枠



写真3: 通水試験用供試体

3. 試験結果

3.1. 15打フロー試験および空気量試験結果

15打フロー試験および空気量試験結果を表3に示す。

表3に示す通り、AE減水剤および消泡剤添加量を調節することにより、目標値である15打フロー値150±30mm、空気量1.5%以下を満たした。

表3: 15打フロー試験および空気量試験結果

| 配合名 | 空気量(%) | 15打フロー(mm) | 温度(℃) | AE(%) | DF(%) |
|-----------|--------|------------|-------|-------|-------|
| OPC(BE0%) | 0.27 | 170*160 | 28 | 0.2 | 0.6 |
| OPC(BE6%) | 1.08 | 170*170 | 28 | 0.2 | 0.6 |
| MC(BE0%) | 1.36 | 160*150 | 24 | 0.2 | 0.6 |
| MC(BE6%) | 1.15 | 160*150 | 24 | 0.2 | 0.6 |
| LC(BE0%) | 1.33 | 150*140 | 24 | 0.2 | 0.6 |
| LC(BE6%) | 1.26 | 150*140 | 24 | 0.2 | 0.6 |

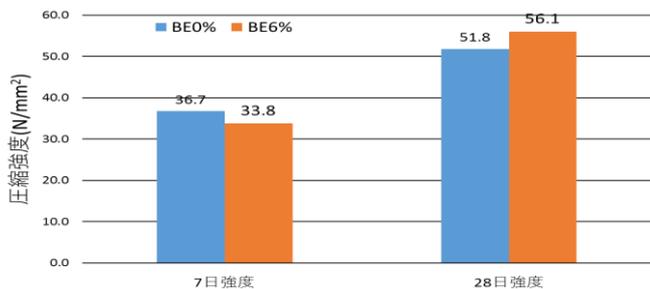


図 2: OPC を用いたベストン混和モルタルの圧縮強度

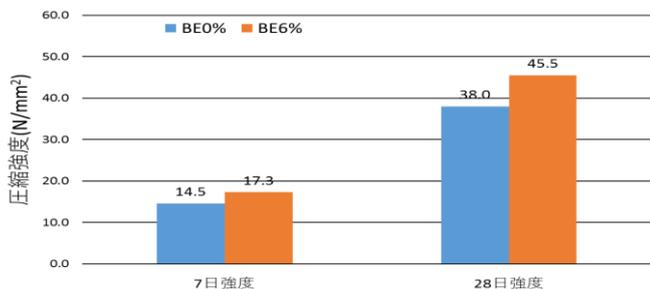


図 3: MC を用いたベストン混和モルタルの圧縮強度

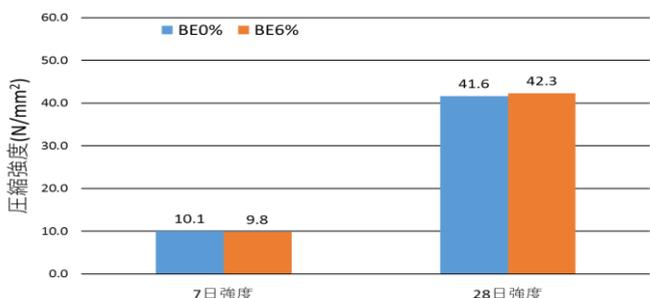


図 4: LC を用いたベストン混和モルタルの圧縮強度

3.2. 圧縮強度試験結果

図 2 から図 4 に圧縮強度試験結果を示す。 図 2 の示す通り各種セメントを用いた配合において、ベストン混和の有無による圧縮強度の差はほとんど見られなかった。

3.3. 乾燥収縮試験

乾燥収縮による長さ変化について、図 5 に OPC を用いた場合を、図 6 に MC を用いた場合を、図 7 に LC を用いた場合についてそれぞれ示す。

図の示す通り同一ポルトランドセメントを用いた配合において、ベストン混和の有無による乾燥収縮による長さ変化の差はほとんど見られなかった。

3.4. 通水試験結果および考察

図 8 に加圧 (0.02MPa) における OPC を用いた供試体の 1 分間あたりの通水量の推移、図 9 に加圧 (0.02MPa) における OPC を用いた供試体の通水量割合を示す。

図 10 に加圧 (0.02MPa) における MC を用いた供試体の 1 分間あたりの通水量の推移、図 11 に加圧 (0.02MPa) における MC を用いた供試体の通水量割合を示す。

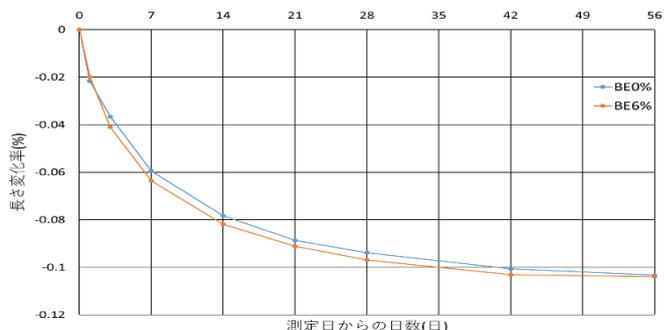


図 5: OPC を用いたベストン混和モルタルの乾燥収縮

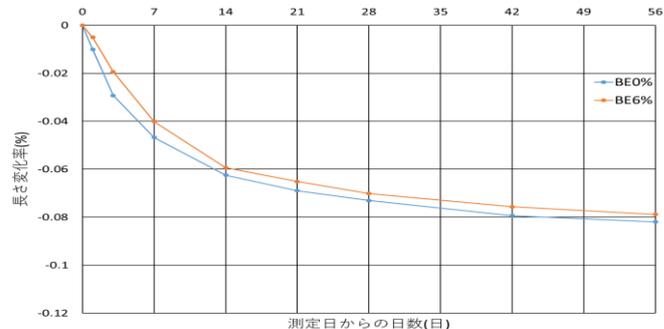


図 6: MC を用いたベストン混和モルタルの乾燥収縮

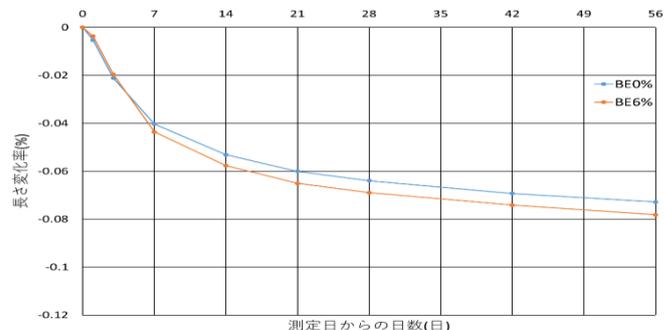


図 7: LC を用いたベストン混和モルタルの乾燥収縮

図 12 に加圧 (0.02MPa) における LC を用いた供試体の 1 分間あたりの通水量の推移、図 13 に加圧 (0.02MPa) における LC を用いた供試体の通水量割合を示す。

タンク内の水が空になると加圧を一時中断し水を足すことで、修復途中の断面において急激に水の流れが停止することにより、析出物の組織が破壊される可能性がある。そのため本試験では加圧の一時中断の回数を減らし、なおかつ試験開始時点での最大圧力である 0.02MPa にて加圧した。

本試験では同一の荷重を加えてひび割れを導入したが、供試体ごとにひび割れ幅に差が生じた。図 8、図 10 および図 12 のように導入されたひび割れの幅の差が影響し、供試体ごとの初期通水量は一定にならなかった。しかし図 9、図 11 および図 13 より、ベストン混和配合の方が無混和配合に比べ通水量割合が早期に減少することが明確となった。

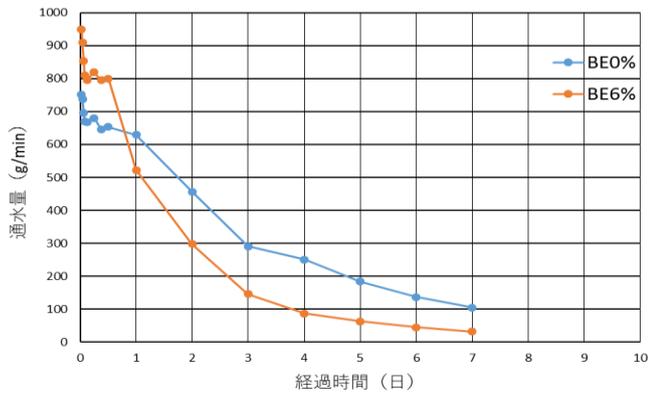


図 8:加圧(0.02MPa)における OPC を用いた供試体の 1 分間あたりの通水量の推移

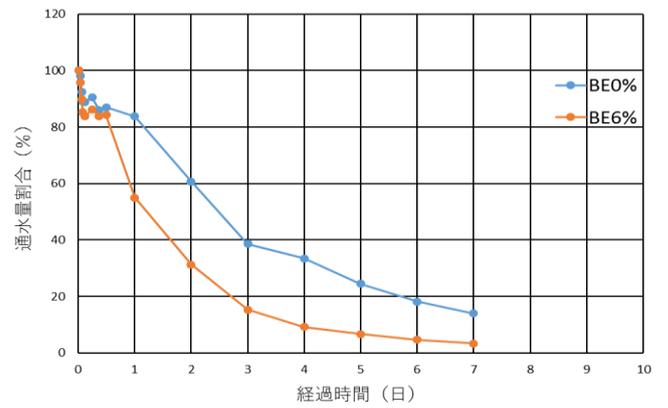


図 9:加圧(0.02MPa)における OPC を用いた供試体の通水量割合

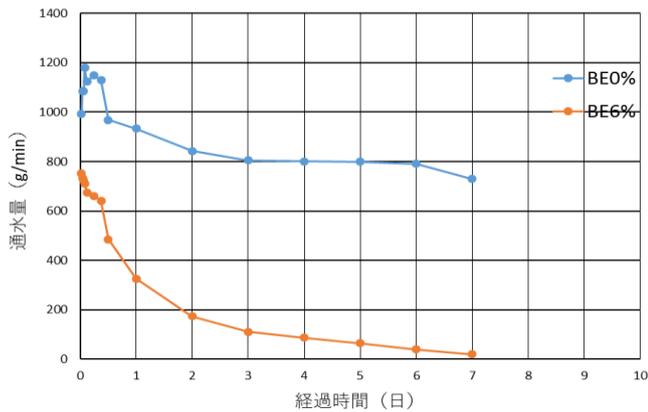


図 10:加圧(0.02MPa)における MC を用いた供試体の 1 分間あたりの通水量の推移

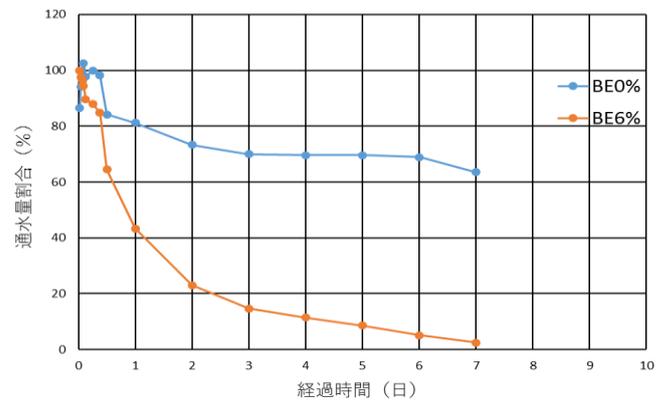


図 11:加圧(0.02MPa)における MC を用いた供試体の通水量割合

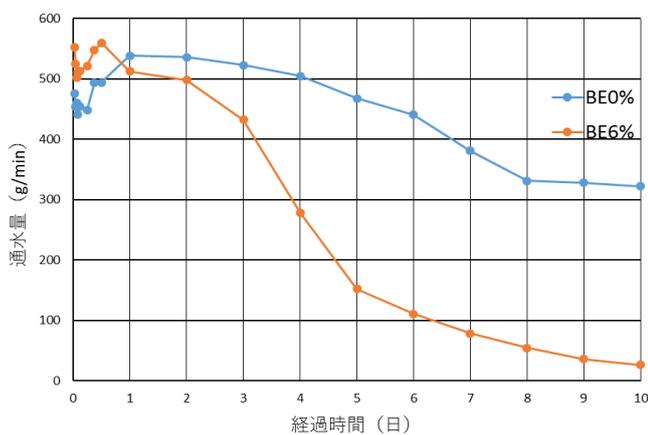


図 12:加圧(0.02MPa)における LC を用いた供試体の 1 分間あたりの通水量の推移

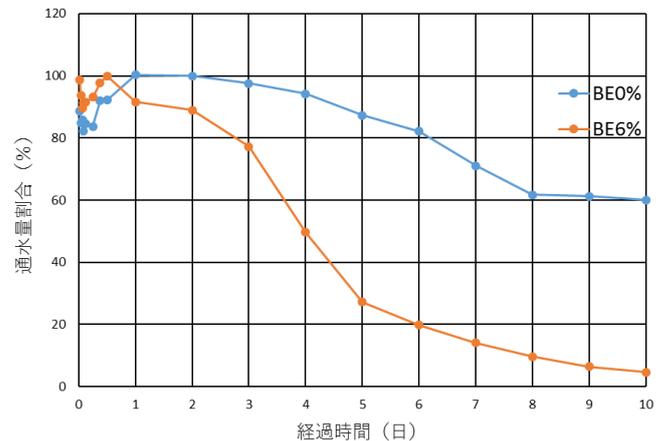


図 13:加圧(0.02MPa)における LC を用いた供試体の通水量割合

4. まとめ

- 各種セメントにおいて、ベストン混和の有無によるフレッシュ性状及び硬化性状の差はほとんどない。
- 加圧時 (0.02MPa)、ベストンを混和することにより止水性能の付与が期待できると考える。

〈参考文献〉

- 1) ベストン株式会社 HP <http://www.bestone-co.jp/>
- 2) 生駒 勇人, 岸 利治, 酒井 雄也: コンクリート中のひび割れ通水量の初期急速抑制機構の解明、セメント・コンクリート論文集 Vol. 68、2014、No.1 pp. 434-441