

## 水セメント比、空気量および排出側境界条件の異なるコンクリートの水浸透挙動

群馬大学大学院 学生会員 ○齋藤 裕樹  
群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎

## 1. はじめに

近年、放射性廃棄物の余裕深度処分施設の人工バリアにおいて、セメント系材料の使用が検討されている。これまでのところ、セメント系材料自体には低透水性は期待されていないが、適切な材料設計と施工によって、セメント系材料も十分な低透水性を期待できることが示されている<sup>1)</sup>。溶脱などの化学劣化は水の浸潤とともに生じるため、超長期のセメント系材料の性能評価のためにも水浸透挙動の予測は重要となる。ここで、周囲からの地下水の浸潤に対して内部空気の排出が困難であることや廃棄体の腐食等による内部からのガスの発生などから、不飽和状態のコンクリートにおける気相の影響を考慮した水浸透評価が必要である。また、対象が超長期となるために数値解析手法の活用が期待されるが、一般には考慮されていない空気量の影響についても考察を深める必要があると考えられる。

そこで本研究では、水セメント比、空気量および水の浸潤に対し内部の空気の排出が可能な開放系と内部の空気の排出が不可能な閉鎖系の二つの異なる排出側境界条件が水浸透挙動に及ぼす影響を検討した。実験はインプット法による透水試験<sup>3)</sup>および吸水試験を行い、試験から得られる水浸透量や浸透距離を測定することで水浸透挙動を検討する。

## 2. 実験概要

供試体は W/C=55%で空気量約 6%と約 4%、W/C=30%で空気量約 6%の 3 シリーズを作製した。コンクリートの配合を表 1 に示す。φ10×20cm の円柱供試体を材齢 1 日で脱型後、28 日間の水中養生を行った。養生後、上下端各 3cm を除くφ10×4cm を試験用として切り出した。その後、温度 20±5℃、相対湿度 60±10%の環境条件下で質量変化率が 0.05%/日以

下となるまで乾燥させた。開放系供試体は側面のみ、閉鎖系供試体は側面と底面にメタクリル樹脂を塗布することでシールした。

試験は透水試験器を用いた作用圧力 1.0MPa の透水試験と、水を浸した布の上に供試体を設置することで吸水させる吸水試験の 2 通りの試験を温度 20±5℃、相対湿度 60±10%の環境条件下で行った。水浸透量は試験開始からの質量変化量を測定することで確認した。透水試験は試験前と 2～3 日目、7 日目で質量測定を行なった。吸水試験は 1～2 日間隔で 7 日目まで質量測定を行なった。また、吸水試験についてはより長期の試験も行い 15 日目までの質量変化量を測定した。水浸透距離は試験開始から 7 日目で供試体を割裂し、破断面を観察することで供試体内への水浸透距離を測定した。

なお、実験には 2～3 体の供試体を用い、実験結果にはそれらの平均値を示すこととした。

## 3. 実験結果

## (1) 水セメント比が水浸透挙動に及ぼす影響

図 1 に W/C=55%、図 2 に W/C=30%の透水試験結果を示す。表 2 に割裂面において測定した水浸透距離を示す。W/C=55%供試体では供試体全域に水が浸潤し、3 日目以降には下端からの水がにじむ程度の流出が確認された。図 3 に W/C=55%、図 4 に W/C=30%の吸水試験結果を示す。データは 2～3 体の試験結果の平均を用いた。割裂した破断面を観察したところ、W/C=55%では浸潤部の境界が不明瞭であったのに対し、W/C=30%供試体では浸潤部の境界は明瞭に確認することができた。W/C=55%は W/C=30%と比較して、水の液状水としての移動より水蒸気としての移動が大きくなったと考えられる。

表1 コンクリートの配合

| G <sub>max</sub><br>(mm) | W/C<br>(%) | s/a(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |      |     |      |                             |              | スランブ<br>(cm) | 空気量<br>(%) |
|--------------------------|------------|--------|-------------------------|------|-----|------|-----------------------------|--------------|--------------|------------|
|                          |            |        | 水                       | セメント | 細骨材 | 粗骨材  | AE剤<br>(cc/m <sup>3</sup> ) | 高性能AE<br>減水剤 |              |            |
| 20                       | 55         | 43     | 195                     | 355  | 745 | 1035 | 43                          | —            | 8            | 5.8        |
| 20                       | 55         | 45     | 195                     | 354  | 803 | 1029 | 27                          | —            | 3.5          | 3.9        |
| 20                       | 30         | 39     | 164                     | 548  | 645 | 1058 | —                           | 8.2          | 5.5          | 5.6        |

キーワード 水浸透 空気量 閉鎖系 開放系 インプット法

連絡先：〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

表2 水浸透距離

| W/C<br>(%) | 空氣<br>量(%) | 試驗<br>期間<br>(日) | 試驗種<br>類 | 水浸透距離(mm) |         |
|------------|------------|-----------------|----------|-----------|---------|
|            |            |                 |          | 開放系       | 閉鎖系     |
| 55         | 5.8        | 7               | 透水試驗     | 全域        | 全域      |
|            |            |                 | 吸水試驗     | 5.6~8.1   | 4.5~4.9 |
|            | 3.9        |                 | 透水試驗     | 全域        | 全域      |
|            |            |                 | 吸水試驗     | 不明瞭~3.7   | 2.1~4.0 |
| 30         | 5.6        |                 | 透水試驗     | 8.4~8.7   | 8.1~9.6 |
|            |            |                 | 吸水試驗     | 不明瞭~3.5   | 不明瞭~2.6 |

## (2) 空気量が水浸透挙動に及ぼす影響

図1, 図3より, W/C=55%供試体の両試験において, 空気量6%が空気量4%より質量の増加が大きくなった. 透水試験7日目の閉鎖系の質量は空気量6%が空気量4%と比較すると約6g大きく, これは供試体体積に対して, 空気量差である約2%分の空気泡に水が余計に溜まったことに等しい結果となった. 開放系に関しても, 空気量が多いほど質量増加は大きくなったが, 差は約4gと, 閉鎖系よりも小さくなった. これは, 排出側での水圧が閉鎖系のように上昇しないため, 空気泡に完全には水が溜まらなかったためと考えられた.

吸水試験においても, 開放系では空気量の多い供試体の質量増加が大きくなり, 試験7日目において3g程度の差が確認された. 閉鎖系でも長期的には差が確認されたが, 初期にはその差は小さかった. 浸透距離から空気量6%の質量が大きくなる結果が推測されたが同程度の質量増加量だったので, 今後の検討が必要と思われる. また, 割裂面から目視確認した水浸透距離は, 排出側条件によらず空気量の大きな供試体で大きく, ペースト量がほぼ同じのものであっても, 空気量の増加によって浸透距離が大きくなることが確認された.

## (3) 排出側境界条件が水浸透挙動に及ぼす影響

W/C=55%の透水試験においては, 閉鎖系の方が開放系よりも質量増加量が大きかった(図1). 開放系では下端からの排水が可能であるが, 閉鎖系では排水できず, 空隙に水が溜まったと考えられる. W/C=55%の吸水試験(図3)において, 開放系供試体の質量増加は7日目付近で止まる傾向を示したのに対し, 閉鎖系供試体では質量が増加し続けた. 開放系では水と接している面の反対側が空気と接しているため, 水蒸気としての水の拡散が平衡状態になったと考えられる. 一方で, 閉鎖系では空気と接している開放面が無いため, 内部の相対湿度が上がり続け質量が増加していると考えられた.

## 4. まとめ

本研究の範囲内では次のことが示された. 1)W/Cの違

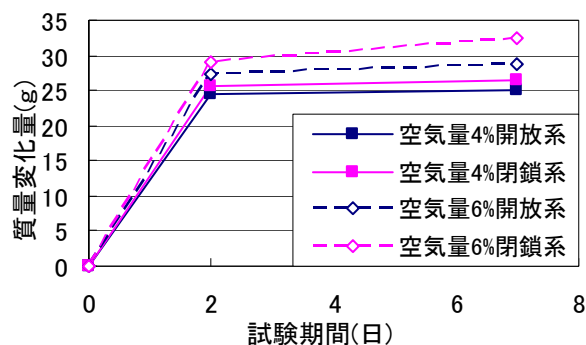


図1 透水試験結果(W/C=55%)

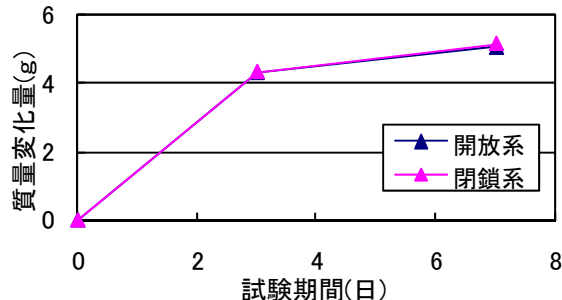


図2 透水試験結果(W/C=30%)

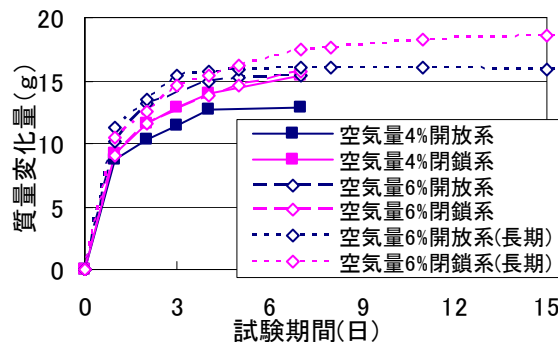


図3 吸水試験結果(W/C=55%)

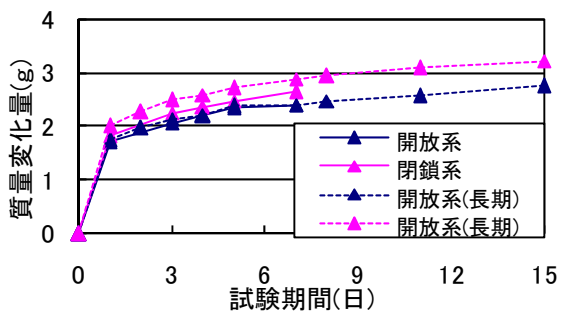


図4 吸水試験結果(W/C=30%)

いにより水浸透挙動は異なる. 2)空気量6%の供試体は空気量4%の供試体に比べ質量変化量が大きかった. 3)W/C=55%供試体で排出側境界条件の影響が確認できた.

## 【参考文献】

- 1)辻幸和ほか:コンクリート構造物の難透水性評価, 技報堂出版, 2004
- 2)佐藤邦明:間隙空気の圧縮を伴う鉛直浸透に関する一考察, 土木学会論文報告集, 第216号, pp21-28, 1973
- 3)村田二郎:コンクリートの水密性の研究, 土木学会論文集, 第77号, 1961.11