

沿岸部における地層処分のための工学技術に関する検討

(6) セメント系材料の化学的変質を伴う塩水浸透および鋼材腐食の予測手法の検討

Study on engineering of EBS for geological disposal in coastal area

(6) Examination of prediction methods of salt water permeation and steel corrosion accompanied by chemical alteration for cement based materials.

* 芳賀 和子¹, 富田 さゆり¹, 井田 雅也^{2,3}, 細川 佳史⁴, 林 大介², 大和田 仁²¹太平洋コンサルタンツ, ²原環センター, ³現所属 太平洋コンサルタンツ, ⁴太平洋セメント

一次元の物質移行計算と PHREEQC による熱力学平衡計算を連成させた解析コードによって、種々のセメント系材料における塩水（海水の 1~1/100 倍濃度）の浸透挙動を計算し、鋼材腐食を予測した。

キーワード: 地層処分, 沿岸部, セメント系材料, 熱力学平衡計算, PHREEQC, 物質移行解析, 化学的変質, 鋼材腐食

1. 緒言

沿岸部で想定される地下環境において、地層処分の成立性を評価するうえで、支保工等に使用されるセメント系材料の変質挙動の評価が必要である。鉄筋コンクリートは塩水が浸透すると、内部の鉄筋の腐食膨張によりひび割れが発生する可能性がある。本研究では、建設作業期間中のセメント系材料の機械的特性の変化を評価することを目的に、コンクリートへの塩水の浸透挙動を解析モデルにより検討し、鋼材腐食を予測した。

2. 解析モデル

物質移行計算と熱力学的平衡計算を組み合わせることで、イオンの浸透とそれに伴う相組成変化を計算する解析モデル[1]を使用した。物質移行計算における各種液相化学種の液相中での移動は、Nernst-Planck 式に基づく質量保存則の式、ならびに、液相化学種の移動に伴い生じる静電ポテンシャルに関する Poisson 方程式に従うものとし、溶脱や 2 次鉱物の生成に伴う空隙変化を拡散係数に反映させた。熱力学平衡計算は、Nonat[2] の C-S-H 溶解平衡モデルを Phreeqc 上に実装したモデルを使用した。液相化学種や固相の反応式と平衡定数については Wateq4f と Lothenbach ら[3]のものを併用した。また、C-S-H による Na, K の吸着についても考慮した。本研究では、コンクリートが地下水で飽和している状態を仮定し、塩水の拡散に伴う鉱物相と空隙水組成の変化を計算した。解析条件を表 1 に示す。

3. 解析結果

コンクリート中の鋼材に対して、空隙水の塩化物イオンは不動態被膜を破壊する腐食に寄与するが、水酸化物イオンは不動態被膜を形成する防食に寄与するため、 $[Cl^-]/[OH^-]$ モル比が鋼材の腐食開始に影響を及ぼす。アルカリ溶液における純鉄の腐食試験の結果から、pH が 13.0 のとき、 $[Cl^-]/[OH^-]$ モル比が 0.10~0.20 で非腐食から腐食へ移行する遷移域が存在すると報告されていることから[4]、本研究では $[Cl^-]/[OH^-]$ モル比 が 0.1 となる深さを腐食発生限界濃度とした。10、30、100 年経過後の OPC コンクリート空隙水の $[Cl^-]/[OH^-]$ モル比が 0.1 になる深さを計算した結果を図 1 に示す。図中の相関式で評価することにより、所定の深さが腐食発生限界濃度に到達する時間を予測することができた。腐食発生限界濃度に到達する早さは、塩水濃度が高いほど早く(図 1)、また、OPC の方が FAC よりも早かった。

謝辞 本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成 30 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム高度化開発）の成果の一部である。

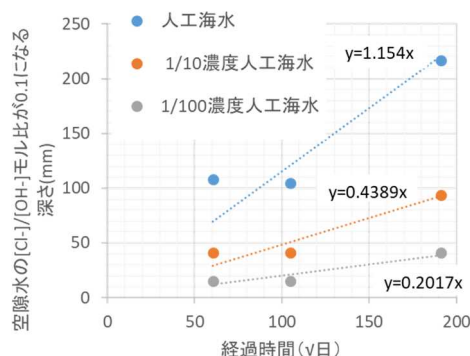
参考文献

- [1] Y. Hosokawa, et al., Materials and Structures, 44, 1577-1592(2004).
 [2] A. Nonat, Cement and concrete research, 34, 1521-1528(2004).
 [3] B. Lothenbach et al., Cement and concrete research. 38, 1-18 (2008).
 [4] 石田健太, 他, コンクリート工学年次論文集, 29, 1, 1065-1070(2007).

* Kazuko Haga¹, Sayuri Tomita¹, Masaya Ida^{2,3}, Yoshifumi Hosokawa⁴, Daisuke Hayashi² and Hitoshi Owada²¹Taiheiyo Consultant, ²RWMC, ³Present, Taiheiyo Consultant, ⁴Taiheiyo Cement,

表1 解析条件

解析対象	単位セメント量300kg ・普通ポルトランドセメントコンクリート(OPC) ・フライアッシュセメントコンクリート(FAC)
空隙率	OPC: 13% FAC: 15%
境界条件	・人工海水 ・1/10濃度の人工海水 ・1/100濃度の人工海水
評価期間	100年間

図1 OPCコンクリート空隙水の $[Cl^-]/[OH^-]$ モル比が0.1になる深さの計算結果