

浅地中処分におけるセメント系材料の変質に関する解析的検討

鹿島建設株式会社 正会員 ○取違 剛 横関康祐
 日本原燃株式会社 正会員 庭瀬一仁
 東電設計株式会社 正会員 河原忠弘 金子岳夫

1. 本検討の背景と目的

低レベル放射性廃棄物処分施設のうち浅地中処分では、鉄筋コンクリート製のピットの区画に廃棄体を定置し、区画内をモルタルで充てん、上部を鉄筋コンクリートで覆い、周辺にはベントナイト混合土による難透水性覆土を施工する。コンクリートピットの長期的な要求機能は核種収着性となるが、現在検討の進められる余裕深度処分の状態設定の考え方に従えば、浅地中処分におけるコンクリートピットについても長期的な状態設定が求められる。そこで、本検討では余裕深度処分における検討で得られた知見を適用することにより、セメント系材料の化学的変質に着目して、浅地中処分のコンクリートピットの状態を解析的に検討した。

2. 検討内容

2. 1 解析モデルと解析要素

本検討では、セメント系材料からの成分溶脱に関する数値解析モデル¹⁾を用いた。この数値解析モデルにおける基礎方程式は、固相元素濃度と細孔溶液中のイオン濃度に関する質量保存則である。解析要素は図-1に示すように、浅地中処分施設を想定した構成部材から幅 150mm の帯状部分を対象とした。

2. 2 検討ケースおよび各部材の物性

本検討における検討ケースとコンクリートの物性値を表-1に示す。ここでは、コンクリートの配合およびひび割れの有無に着目した3ケースで解析を行った。Case1は、余裕深度処分施設への適用が検討されているコンクリート²⁾およびモルタル²⁾で、コンクリートピットにのみひび割れが発生する設定とした。Case2は、浅地中処分に実際に用いられているコンクリートおよびモルタルで、コンクリートピットにのみひび割れが発生する設定とした。Case3は、Case2に加えて充てんモルタルにもひび割れが発生する設定とした。ひび割れ幅は、コンクリートピットに配置される鉄筋（主筋：150mm ピッチ）の酸化腐食膨張圧によって発生するひび割れを想定し、図-2に示す形で変化することとした。

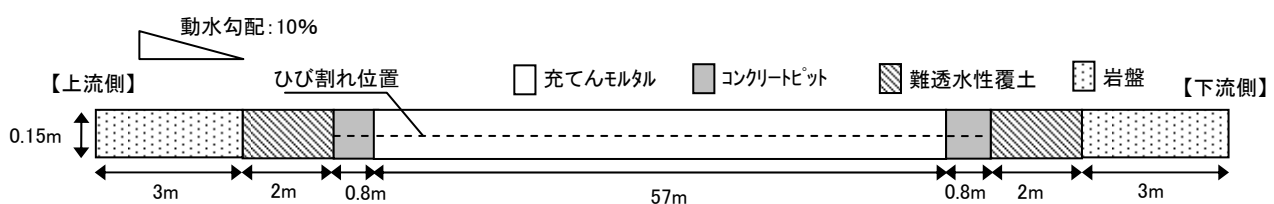


図-1 解析要素

表-1 検討ケースとコンクリートの物性値

Case	コンクリートピット					充てんモルタル				
	セメント種類	W/B (%)	D (m ² /s)	K (m/s)	ひび割れ	セメント種類	W/B (%)	D (m ² /s)	K (m/s)	ひび割れ
1	LPCFA ^{※1}	45.0	6.6E-13	5.0E-14	有	LPCFA ^{※1}	45.0	3.3E-13	1.0E-13	無
2	BB ^{※2}	53.3	2.0E-12	1.5E-13	有	C1:B9 ^{※3}	67.1	5.0E-11	1.0E-10	無
3	BB ^{※2}	53.3	2.0E-12	1.5E-13	有	C1:B9 ^{※3}	67.1	5.0E-11	1.0E-10	有

D: 拡散係数, K: 透水係数

※1: LPCFA は低熱ポルトランドセメントにフライアッシュを 30%置換したセメント

※2: BB は普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を 55%置換したセメント

※3: C1:B9 は中熱ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を 90%置換したセメント

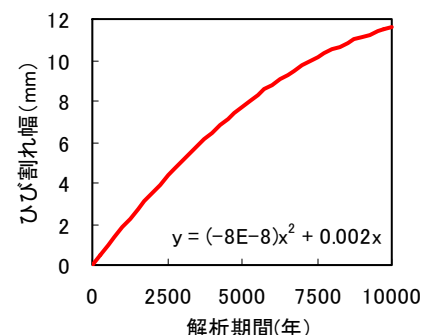


図-2 ひび割れ幅の進展図

キーワード：浅地中処分，溶脱，セメント，pH，ひび割れ

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 042-489-7011 FAX 042-489-7078

難透水性覆土はベントナイトを 15%程度含むベントナイト混合土を想定し、拡散係数 $2E-9m^2/s$ 、透水係数 $1E-9m/s$ とした。岩盤については、拡散係数 $2E-9m^2/s$ 、透水係数 $3E-8m/s$ とした。

3. 解析結果

上・下流側コンクリートピット周辺における pH 経時変化を図-3 に示す。いずれのケースにおいても、時間の経過とともに pH が低下している。これはコンクリートピットから水酸化カルシウム等が溶出したためである。配合の異なる Case1 と Case2 の充てんモルタル部に着目すると、上流側、下流側ともに、5,000 年～10,000 年においては、Case2 (BB 配合) の方が pH の低下がやや大きい。ここで、図-4、図-5 に、コンクリートピットから難透水性覆土へ流出する OH⁻ フラックス積算値の経時変化を示す。Case1 に比べて Case2 の方が流出する OH⁻ の量が多い結果となっている。拡散係数、透水係数ともに BB 配合の方が LPCFA 配合に比べて大きいいため、OH⁻ の流出が促進されたと考えられる。ただし、これらの違いはわずかであり、配合の違いが OH⁻ 量(pH の変化)に及ぼす影響は大きくない。

次に、同一配合 (BB) で充てんモルタルのひび割れの有無に着目した Case2 と Case3 を比較すると、充てんモルタルにひび割れを入れた Case3 の方が、上流側において明らかに pH の低下が速い結果となった。図-4、図-5 によると、Case3 については上流側ではコンクリートピットから難透水性覆土へ向けて流出する OH⁻ 量は少ない一方で、下流側に流れる OH⁻ 量は Case1 や Case2 の 10 倍以上であった。本解析では 10%の動水勾配を設定したことから、ひび割れを通じた移流によって OH⁻ が下流側に流されたと考えられる。既往の研究では、pH が 11.5 以上を確保できていれば鉄筋腐食速度は低い状態で抑えられるとされる³⁾。Case3 の 10,000 年後におけるコンクリートピットの pH は 11.4～11.8 であることから、ひび割れにより移流が卓越する状況でも大部分の鉄筋腐食速度が抑制される可能性が高いと考えられる。

4. まとめ

余裕深度処分の知見を適用することにより、浅地中処分コンクリートピットのセメント系材料の化学的変質状態を評価することができた。今後は、施設の長期状態設定に係るその他検討成果を考慮に入れつつ、解析パラメータ、地下水流等の条件を適切に設定することにより、セメント系材料の化学的な長期状態を検討することが課題となる。

【参考文献】

- 1)横関康祐:コンクリートからの成分溶出を対象とした千年レベルの長期耐久性設計に関する研究, 東京工業大学学位論文, 2004,
- 2)杉橋ほか:低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、膨張材を使用したコンクリートおよびモルタルの諸特性, 土木学会第62回年次学術講演概要集, pp.231-232, 2007, 3)枝松ほか:余裕深度処分施設におけるセメント系人工バリア内の鋼材腐食速度について, 土木学会第64回年次学術講演概要集, pp.195-196, 2009

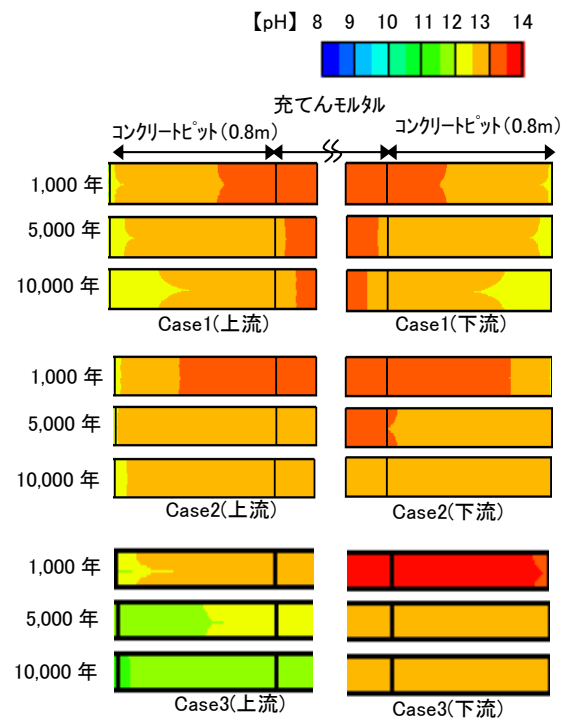


図-3 コンクリートピットにおける pH の経時変化

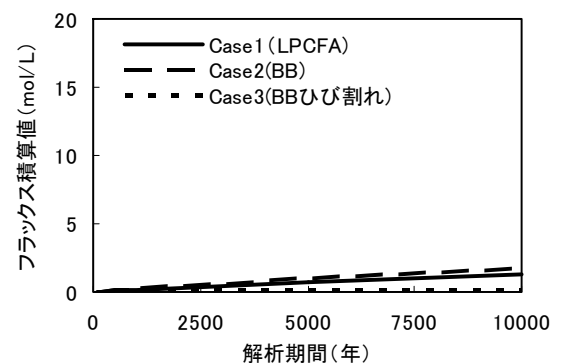


図-4 コンクリートピットから難透水性覆土へ流出する OH⁻ フラックスの経時変化 (上流)

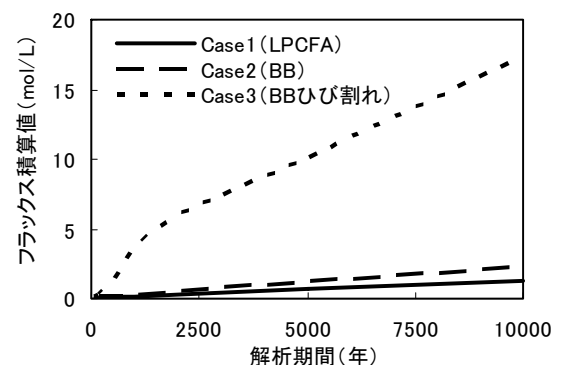


図-5 コンクリートピットから難透水性覆土へ流出する OH⁻ フラックスの経時変化 (下流)