

日本国土開発（株）正会員 大西 利満 埼玉大学 工学部 正会員 町田 篤彦
群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和 （財）原子力環境整備センター 平田 征弥

1. はじめに

本研究は、我が国の原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物埋設施設の安全性を実証する目的で行ったものである。施設がある青森県六ヶ所村の自然環境調査や地中コンクリート等の文献調査及び検討から、鉄筋コンクリート造の埋設設備の主要な変質要因を周辺環境中の低濃度の硫酸塩と炭酸塩、及び軟水へのカルシウムの溶出として、変質促進の可能性のあるひび割れ供試体に対する浸漬試験を行った。ここでは、低濃度硫酸塩溶液へ 24 ヶ月間浸漬した微細な表面ひび割れを有する供試体の観察結果を報告する。なお、ひび割れの無い供試体の同様な条件下の浸漬試験結果は報告済みである。¹⁾

2. 試験概要

鉄筋コンクリート造の埋設設備を構築する場合、ひび割れ幅等を制御することは可能であるが、ひび割れを完全に防止することは困難である。よって、微細な表面ひび割れは生じるものとして、埋設設備の変質への影響を把握するため、ひび割れ幅をパラメータとしたモルタル供試体を作製し、最長 24 ヶ月まで低濃度の硫酸塩溶液への浸漬試験を行った。硫酸塩の溶液濃度は SO_4^{2-} 濃度で示し、埋設設備の置かれる環境での最大値と思われる 1,000mg/l と変質を促進させる目的で実施した 10,000mg/l の 2 水準の浸漬試験を行った。

3. 試験条件

(1) 供試体

試験に用いたモルタル供試体の配合を表－1 に示す。養生は 84 日間の封かん養生後、曲げ試験を行って所定の幅の表面ひび割れを発生させ、浸漬面以外をタールエポキシにより被覆した。その後、91 日まで水中標準養生を行った後、浸漬試験に供した。ひび割れ供試体の表面ひび割れ幅は、0.04、0.1、0.2、0.4mm の 4 種類とし、図－1 に示す形状・寸法とした。

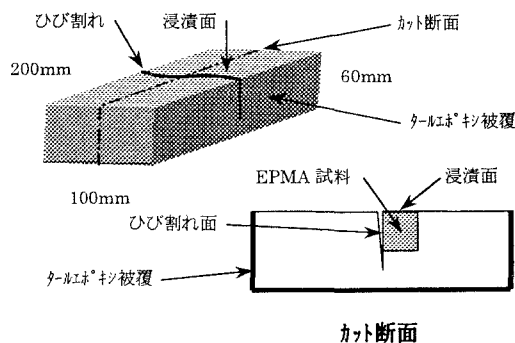
表－1 モルタル供試体の配合 (kg/m³)

水	セメント	豊浦標準砂	相馬標準砂	混和剤
247	459	587	881	5.41

・セメント：B種高炉セメント（高炉スラグ置換率55%）

・混和剤：AE減水剤5倍希釈溶液

・水・セメント比：55%



図－1 ひび割れ供試体

(2) 浸漬溶液

浸漬溶液は、粉末の Na_2SO_4 を水道水に溶解し、 SO_4^{2-} 濃度で 1,000、10,000mg/l の 2 水準に調整した。また、浸漬後 1, 2, 3, 4 週、3, 6, 9, 12, 18 ヶ月に全量交換し、温度は $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ に保った。溶液量は、供試体浸漬面の面積 1cm^2 当たり 10cm^3 以上とした。

(3) 試験分析項目

ひび割れ供試体の硫酸塩溶液浸漬試験では、浸漬前と浸漬後 6、12、24 ヶ月経過時のひび割れ部分の外観観察、及び S（イオウ）、Ca、Na の 3 元素の EPMA（電子線マイクロアナライザ）観察を行った。

キーワード：低濃度硫酸塩、EPMA 観察、浸漬試験、ひび割れ幅、変質特性

連絡先：東京都港区赤坂 4-9-9、日本国土開発（株）、TEL. 03-5410-5840、FAX. 03-5410-5808

5. 試験結果

(1) 目詰まり現象

SO₄²⁻濃度 1,000mg/l の溶液では、浸漬 12 ヶ月以降ひび割れ部分に何らかの鉱物が生成し、表面部のひび割れ幅が小さくなっていた。SO₄²⁻濃度 10,000mg/l では、浸漬 6 ヶ月経過時点から目詰まりの現象が見られ、浸漬 24 ヶ月経過した供試体では、ひび割れ幅にかかわらず、ほぼ完全に目詰まりしていた。

ひび割れ部分に生成していた鉱物を削り取り、粉末X線回折で同定した結果、図-2に示すように生成鉱物は炭酸カルシウムとエトリンガイトであることが分かった。

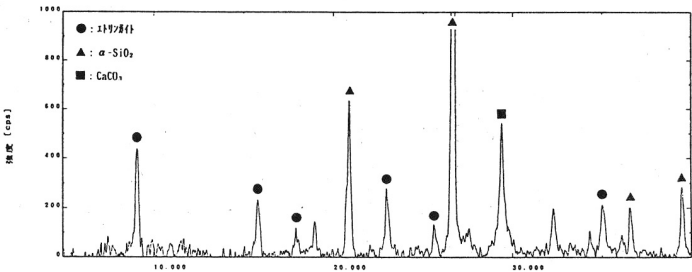


図-2 ひび割れ面の粉末X線回折測定結果

(2) ひび割れ幅の影響

SO₄²⁻濃度 1,000mg/l の溶液に 24 ヶ月浸漬した供試体の EPMA 観察を行った結果、Ca 及び Na 元素の分布に変化はみられなかった。図-3に示す S 元素は、ひび割れ幅の小さな 0.04、0.1mm の場合に、ひび割れ面からの侵入はほとんどみられなかったが、0.2mm ではわずかにひび割れ面からの侵入がみられ、最もひび割れ幅の大きな 0.4mm では浸漬面と比較してひび割れ面からの侵入の方がより顕著であった。これは、ひび割れ作成時の周辺の緩みが原因であると考えられる。濃度 10,000mg/l の場合もほぼ同様の結果を示していたが、ひび割れ幅 0.2mm では 6 ヶ月経過時点で多少ひび割れ面からの S 元素の侵入がみられたが、24 ヶ月経過時点にも同程度の侵入深さであり、時間の経過に伴う変質の進行はみられなかった。

対象元素	表面 ひび 割 れ 幅				凡例 (カウント数)
	0.04mm	0.1mm	0.2mm	0.4mm	
S 元素 (イオウ)	ひび割れ面	ひび割れ面	ひび割れ面	ひび割れ面	

図-3 EPMA 観察結果 (硫酸塩溶液、SO₄²⁻濃度 1,000mg/l、24 ヶ月浸漬)

以上の結果から、ひび割れ幅が 0.2mm 程度以下の場合には、目詰まり等の影響があり、硫酸塩による変質を促進しないことが分かった。

4. おわりに

ひび割れの無い供試体の浸漬試験から、低レベル放射性廃棄物埋設設備のコンクリートは、ベントナイトから溶出する硫酸塩の影響が最も大きいものの、変質の深さは保守的に評価しても 300 年で 25mm 程度であることが分かった。さらに、ひび割れを有する供試体の浸漬試験から、0.2mm 以下の表面ひび割れ幅であれば変質の促進はみられないことが分かった。したがって、埋設設備のコンクリートは、表面ひび割れ幅を 0.2mm 以下に制御することによって、約 300 年の管理期間を超えても十分耐久性を有することが確認できた。

なお、本研究は、(財)原子力環境整備センターが科学技術庁の委託を受けて行った「低レベル放射性廃棄物最終貯蔵システム安全性実証試験」のうちの埋設設備に関する調査・検討の一部である。

[参考文献]

1) 黒山, 大西ら: 地中におけるコンクリートの長期耐久性(その1)、(その2)、土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集第 5 部、1996 年
2) 今井, 大西ら: LLW 埋設設備(コンクリート)の長期健全性(1)、(2)、日本原子力学会 1997 年秋の大会予行集、第Ⅲ分冊、1997 年