

高強度高緻密モルタルを用いた放射性廃棄物処分廃棄体の開発（3）

—硬化収縮によるひび割れ防止策の検討—

原子力環境整備促進・資金管理センター	正会員	坂本 浩幸
太平洋コンサルタント	正会員	武井 明彦
	正会員	○渋谷 和俊
日立製作所	正会員	川寄 透
太平洋セメント	正会員	片桐 誠
北海道大学	正会員	名和 豊春
東京大学	フェロー会員	魚本 健人

1. はじめに

著者らは、止水性に優れる高強度高緻密モルタルを用いて、放射性物質の環境への放出を長期間防止できる放射性廃棄物処分廃棄体パッケージ（以下廃棄体）の検討を進めており、これまで各種評価試験を実施している[1]。本廃棄体は水の浸透経路を発生させないため、連続打設による一体成型法で製作するが、内部に廃棄物を収納した鋼製容器（以下ボックス）を設置するため内部拘束となり、高強度高緻密モルタルの硬化収縮により引張応力が生じ、ひび割れが入る可能性がある。そこで引張応力低減策として、ボックスとモルタルの間に緩衝材を設置する手法について検討した。本稿では緩衝材による引張応力緩和効果に関する実験結果および有限要素法による応力解析結果について報告する。

2. 廃棄体の概要

廃棄体の概要を図1に示す。廃棄体の外寸は、180cmL×180cmW×160cmH、高強度高緻密モルタルの壁の厚さは20cmである。

高強度高緻密モルタルはセメント、シリカフェーム等で構成される。水/セメント比は22%以下で、蒸気養生（前置き48時間、昇降温速度：15℃/h、90℃48時間保持）により圧縮強度は約200MPa（引張強度は約10MPa）まで達する。高強度高緻密モルタルの硬化収縮量はJCI提案の自己収縮測定方法[2]では500μm/mである。

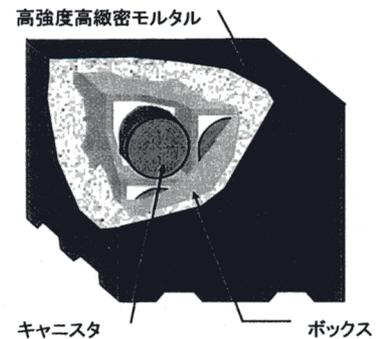


図1 廃棄体の概要

3. 応力緩和効果の予備解析

緩衝材による応力緩和効果について予備解析を実施した。ボックスの拘束を模擬したモデルの概要を図2に示す。

緩衝材のヤング率と応力低減比、高強度高緻密モルタルの収縮量が500μm/mに到達した時の引張応力の評価結果を表1に示す。

応力低減比は緩衝材なしで発生する応力を基準とした相対比として示した。最大引張応力は鋼材の角部に発生し、緩衝材のヤング率の低下に伴い発生する応力が低減する傾向が確認された。

4. 緩衝材による応力低減効果の確認試験

予備解析と同じ体系モデルの供試体を製作し、応力緩和効果を実験的に検証した。

(1) 試験方法及び評価方法

緩衝材には種々のヤング率（3、5、10MPa）を設定し、それに相当する
キーワード：TRU 廃棄物、廃棄体、硬化収縮、緩衝材

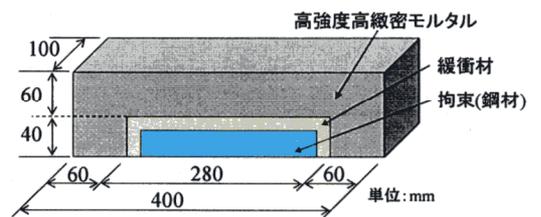


図2 予備解析モデルの概要

表1 予備解析結果

緩衝材ヤング率 (MPa)	引張応力 (MPa)	応力低減比
1	0.12	1/327
10	1.1	1/36
100	8.0	1/5
緩衝材なし	39.2	—

市販材料（ゴム、発泡スチロール等）を使用した。厚さは2mm及び5mmとし、比較として緩衝材を設置しない供試体（以下緩衝材なし）も製作した。

目視観察では型枠取外し後及び蒸気養生後にひび割れの有無、ひび割れ幅及びひび割れ長さを計測した。また、無拘束条件の自由ひずみ量と各条件のひずみ量の差を求め、これを引張応力によるひずみ（以下引張ひずみ）とした。緩衝材による応力低減効果は緩衝材なしの引張ひずみを基準とした相対比で評価した。なお、形状の相違による影響を排除するため、自由ひずみ量は図2の鋼材部分を拘束力が小さい発泡スチロールに置換した供試体を用いて測定した。

ひずみ量測定は低弾性型の埋込型ひずみゲージを使用した。測定期間は始発時から蒸気養生終了時までとした。ゲージの埋設位置は予備解析結果に基づき最大応力が発生する鋼材の角部とし、熱電対を供試体中心部に設置した。型枠面はテフロンシートの設置等により摩擦の影響を排除した。高強度高緻密モルタルの製造、打設および前置き養生は20℃で行った。

(2) 試験結果

目視観察の結果、前置き養生までは何れの条件でもひび割れは発生しなかったが、蒸気養生後に緩衝材なしの供試体でひび割れが確認された。ひび割れ箇所は予備解析で最大応力が発生する箇所と一致し、最大ひび割れ幅は0.1mm、ひび割れ長さは50mmであった。

図3にひずみ計測結果の一例を示す。図より緩衝材なしでのひび割れ発生時期は、強度発現が初期段階の始発から27時間後（蒸気養生開始7時間後）と判定した。ひび割れ発生時の引張ひずみで応力低減比を評価したところ、緩衝材なしで約300μm/m、緩衝材ヤング率10MPaで約20μm/m（応力低減比で約1/15）であり、予備解析結果で予想された通りの応力低減効果があることが確認された。

5. スケール効果の確認

実規模廃棄体の各辺の長さを1/3にした一辺60cm規模のモデルにおいて、硬化収縮のスケール効果による緩衝材の応力緩和効果を解析により評価した。本解析で用いた要素分割を図4に示す。

解析条件と高強度高緻密モルタルに発生する最大主応力を表2に示す。表より一辺60cm規模の廃棄体形状においても緩衝材設置により大幅に応力低減されることが確認される。また、緩衝材の厚さが厚くなるに従いヤング率は小さい程、応力緩和効果が大きいことが明らかになった。

6. まとめ

高強度高緻密モルタルと鋼製ボックスの間に緩衝材を設置することにより、硬化収縮による引張応力を緩和できることが、実験と解析の両面より確認できた。今後は小規模モデルにおいて、緩衝材の効果を実験的に確認したい。なお本報告は、経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

参考文献

[1] 第57回年次学術講演会 CS10-053「高強度高緻密モルタルを用いた放射性廃棄物処分廃棄体の開発(1)ー静水圧加圧法を用いたモルタルへの水浸透挙動の評価ー」(2002)
 [2] 日本コンクリート工学協会、「コンクリートの自己収縮研究委員会」(2002)

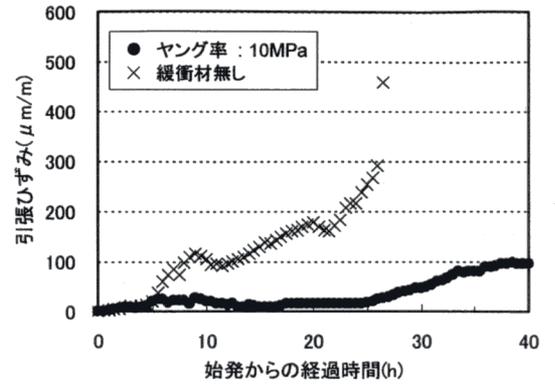


図3 ひずみ計測結果の一例

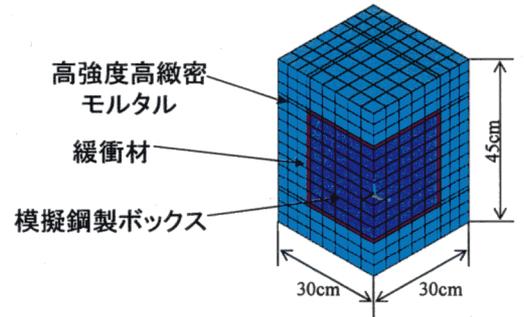


図4 小規模モデルの解析図（1/4モデル）

表2 解析条件と評価結果

緩衝材		最大主応力
ヤング率	厚さ	
3MPa	2mm	1.7MPa
	5mm	0.7MPa
	10mm	0.4MPa
10MPa	5mm	2.2MPa
緩衝材なし	—	38MPa