

## コンクリート・モルタルのひび割れ予測評価に関する考察—地下空洞型処分施設性能確証試験—

東電設計(株) 正会員 ○伊藤 喜広 石橋 勝彦 鈴木 康正 小田川 昌史 矢込 吉則  
(公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 佐藤 敏文 秋山 吉弘

## 1. はじめに

放射性廃棄物の余裕深度処分を対象とした地下空洞型処分施設に関する様々な事前検討を行うために、実規模大での施工による地下空洞型処分施設性能確証試験が実施されている。このうち本検討では、施工時の挙動計測結果と解析結果とを比較・照査し、セメント系部材のひび割れ予測・評価の精度向上を目的とした検討を行っている。ここでは、平成21年度に施工された側部低拡散材を対象としたひび割れ解析結果と、打設時の挙動計測結果を比較検討した結果について報告する。

## 2. ひび割れ解析方法・条件

ひび割れ解析は3次元有限要素法による非定常熱伝導解析と応力解析を組合せた方法により実施した。図-1に解析モデルを示す。解析は過年度までの構築部材に、手前部コンクリートピット(以下、CP)、側部低拡散材を実工程に合わせ順次追加する形式で行った。解析条件は平成20年度の底部CP、底部低拡散材と同じで、既構築部材と併せて文献<sup>1), 2)</sup>を参照されたい。但し、線膨張係数、ヤング係数の補正係数、膨張ひずみについては、平成20年度解析結果等の照査に基づいて見直しを行った。

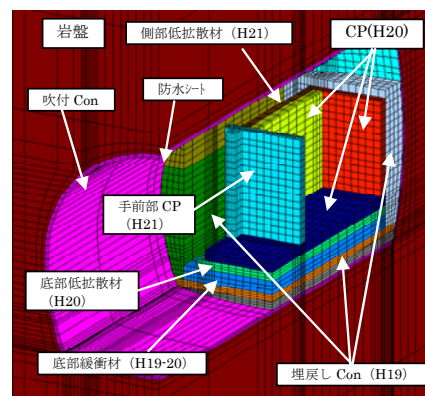


図-1 解析モデル

## (1) 線膨張係数の設定方法と入力値

若材齢時の線膨張係数は温度上昇時と下降時で値が異なる。これまで解析要素一律に材齢で切替えていたが、部位によって温度履歴は異なるため合理的でない。そこで、各要素の温度変化を参照して温度上昇時・下降時で線膨張係数を要素ごとに切替える方法を解析に適用した。また、低拡散材は膨張材を使用した配合で、平成20年度に設定した線膨張係数には膨張材の効果が含まれていた。そこで、膨張材を含まない埋戻し材等のデータに基づいて再設定し、温度上昇時  $10\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ 、温度下降時  $5\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$  とした。

## (2) ヤング係数の補正係数

室内試験で得られたヤング係数にクリープの影響を考慮した補正係数  $\phi$  をかけた有効ヤング係数を解析に適用する。図-1に試験施設で計測された応力とひずみの関係を、図-1から得られた有効ヤング係数と室内試験での静ヤング係数を表-1に示す。温度上昇時(U I)のヤング係数比は0.2程度と小さくクリープの影響が大きい傾向にあり、既往の研究<sup>3)</sup>と同様な結果となった。そこで、若材齢時の補正係数は表-1のヤング係数比を参照して温度上昇時0.2、温度下降時1.0とした。

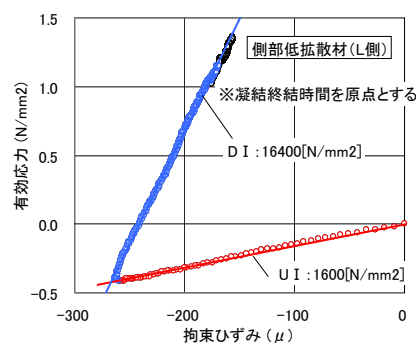


図-1 側部低拡散材のひずみと応力の関係

## (3) 膨張ひずみ

図-2には、無応力計で測定された自由ひずみ、温度計データに(1)の線膨張係数を乗じて算定した温度ひずみ、自由ひずみと温度ひずみの差ならびに自己収縮試験結果を示す。自由ひずみと温度ひずみの差には、膨張材による膨張ひずみ、自己収縮ひずみ、乾燥収縮ひずみが含まれる。

乾燥収縮が微小と推定される試験施設での膨張ひずみは、自己収縮試験結果より発現速度が大きい。両者で発現速度が異なるのは、膨張材による膨張特性に温度依存性があるためと考えられる。解析に用いる膨張ひずみには、試験施設が受けた温度履歴下の値を適用することが妥当と考え、無応力計から得られた自由膨張ひずみを採用した。

表-1 側部低拡散材のヤング率

| 期間  | 有効ヤング率A<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | 材齢<br>(day) | 初期性能試験結果の<br>ヤング率B ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | ヤング係数比<br>:A/B |
|-----|---------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|----------------|
| U I | 1,600                                 | 0.4         | 6,800                                         | 0.23           |
|     |                                       | 0.9         | 9,000                                         | 0.17           |
|     |                                       | 0.9         | 9,000                                         | 1.82           |
| D I | 16,400                                | 8.5         | 19,300                                        | 0.84           |

キーワード 放射性廃棄物, 地下空洞型処分施設, セメント系部材, ひび割れ評価

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL 03-6372-5224 FAX 03-6372-5190

(Case-1). しかし、試験施設の膨張ひずみは型枠や隣接部材の拘束を受け、自由に膨張できるのは部材の一部に限られる. このような性質を鑑みると、解析に自由膨張ひずみを適用すると膨張量を過大に評価する可能性がある. そこで、拘束膨張試験結果を参照して、先の自由膨張ひずみを拘束鉄筋比 1% 程度の拘束ひずみに換算したひずみ

(Case-1 の約 77%) を用いた解析 (Case-2)

も実施して比較を試みた.

### 3. 解析結果

#### (1) 温度解析

側部低拡散材の温度について解析結果と測定値の比較を図-3 に示す. 解析では、断熱温度上昇試験による発熱曲線を時間の関数として使用している. 打設直後の最高温度の解析値は部材中央で測定値より 1.6℃

高い (図-3 中の  $Q_{\infty}$  補正前の解析値). 平成 20 年度と同様<sup>2)</sup>に温度解析結果が測定値の最高温度に整合するように終局断熱温度上昇量 ( $Q_{\infty}$ ) を同定し、その値 (41.5℃→38℃に変更) を用いた解析結果 (図-3 中の  $Q_{\infty}$  補正後の解析値) を応力解析の入力条件とした. 表-2 は同定した  $Q_{\infty}$  を用いた解析の最高温度を測定値と比較したものである.

#### (2) 応力解析

図-4,5 に拘束が比較的大きいと考えられる下段位置の拘束ひずみと有効応力について解析結果と測定値の比較を示す. 打設直後、温度上昇等に伴うひずみが拘束されて、拘束ひずみ、応力ともに圧縮 (収縮) 側に遷移し、その後の温度降下時では圧縮ひずみ・応力は減少、引張側へ遷移している. 打設直後の最大圧縮ひずみ・応力の解析値/測定値の比率は Case-1 の拘束ひずみ 1.1, 応力 1.1, Case-2 の拘束ひずみ 0.9, 応力 1.0 で、いずれの解析値も測定値と良く整合する結果が得られた.

### 4. まとめ

今回実施したひび割れ解析では、解析パラメータのうち線膨張係数、有効ヤング係数、膨張ひずみを挙動計測結果や室内試験結果に基づいて設定し、拘束ひずみ、応力ともに測定値と整合する結果が得られた. 膨張ひずみに関しては、今回の結果等を参考に、挙動計測から得られた膨張ひずみや室内試験結果から入力条件の膨張ひずみを適切に設定すれば、応力を精度良く算定できると考えられる.

なお、本報告は経済産業省からの委託による「管理型処分技術調査等委託費 (地下空洞型処分施設性能確認試験)」の成果の一部である.

### 参考文献

- 1) 鈴木ほか：地下空洞型処分施設性能確認試験における底部・側部埋戻し材施工確認試験に関する検討 (その 4) —コンクリートのひび割れ予測評価に関する考察—, 土木学会第 63 回年次学術講演会、2008
- 2) 鈴木ほか：地下空洞型処分施設性能確認試験におけるコンクリートピット等施工確認試験に関する検討—コンクリート・モルタルのひび割れ予測評価に関する考察—, 土木学会第 64 回年次学術講演会、2009
- 3) 西岡ほか：膨張材のひび割れ抑制効果に関する実規模試験体計測結果とその解析的評価手法に関する検討, 第 62 回年次学術講演会、2007

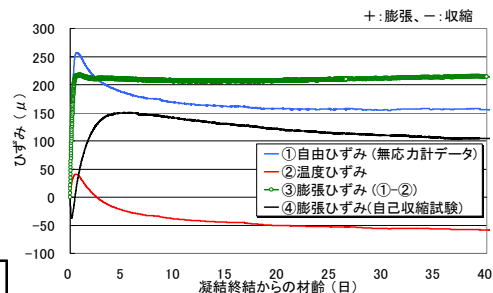


図-2 膨張ひずみ

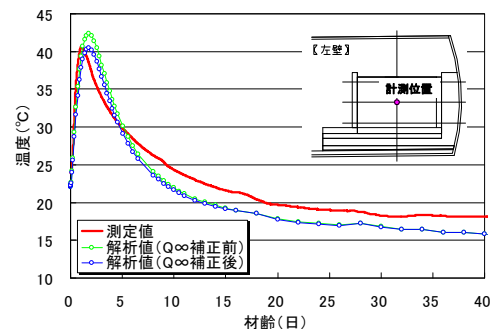


図-3 温度解析結果 (部材厚中央)

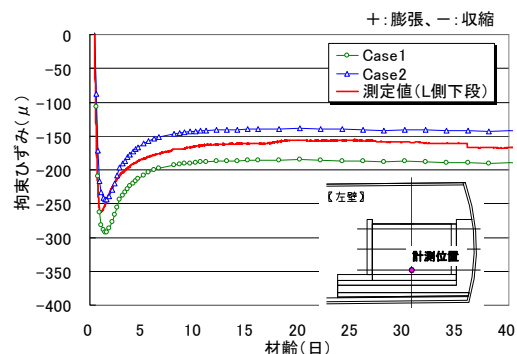


図-4 拘束ひずみ解析結果 (部材厚中央)

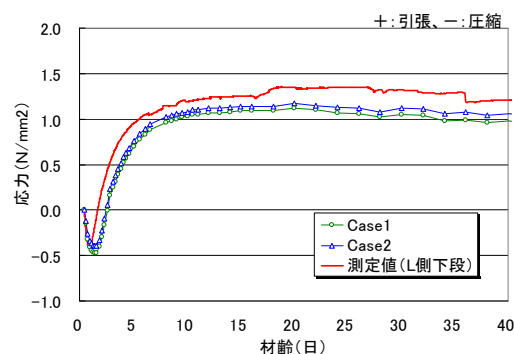


図-5 応力解析結果 (部材厚中央)