

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

清水建設(株)

正会員○西岡真帆 名倉健二 杉橋直行

日本原燃(株)

正会員 庭瀬一仁

(株)ニュージェック

正会員 枝松良展

1. はじめに

放射性廃棄物の余裕深度処分では、核種の閉じ込めや構造物の力学安定性を目的にセメント系材料を用いる計画である。核種の拡散や移行を抑制する部位（以下、低拡散層）には材料自体の低拡散性やひび割れの抑制が要求性能となっており、これらを考慮して低熱ポルトランドセメントや膨張材を使用した配合が検討され、さらにそれらの効果について実規模試験体により確認している^[1]。ここでは、実規模試験体の温度や応力の計測結果を事後解析することにより、特に膨張材のひび割れ抑制効果の解析的評価手法についてまとめたものである。

2. 実規模試験概要

計測対象は、モルタル配合^[2]を用いる無筋の側部低拡散層とした。図-1に実規模試験体の断面図を示す。奥行き長さは10mである。底面と側面に既設の鉄筋コンクリート部材がある部分に厚さ50cmの側部低拡散層を打ち込み、温度、応力、ひずみ（実ひずみ、自由ひずみ）などを計測した。計測位置は下から2m、部材中心、奥行き中央位置の水平方向である。

3. 計測結果とその評価、事後解析

3.1 計測結果の概要

温度の計測結果を図-2に示す。打ち込み温度は16.5℃、最高温度は29.6℃、温度上昇量は13.1℃であった。有効応力計を用いた応力の計測結果を図-3に示す。図には割裂引張強度試験結果も図示した。発生した最大引張応力は0.7N/mm²程度であり、引張強度よりも十分に小さい結果となった。低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、膨張材を使用したことが引張応力の低減に効果的であることを確認した。

3.2 計測値の評価

(1) クリープひずみによる応力緩和の評価

計測された実ひずみと自由ひずみとの差を拘束ひずみとした。この拘束ひずみと応力との関係を図-4に示す。図-3に示すように、圧縮応力増加領域（A区間）、圧縮応力減少領域（B区間）、引張応力増加領域（C区間）に区分し、各領域について応力を拘束ひずみで除してヤング係数を算定した。このヤング係数はクリープによる応力緩和を考慮した有効ヤング係数であり、有効ヤング係数を静ヤング係数で除すことでクリープの影響による補正係数 ϕ を求めることができる。材齢と補正係数 ϕ との関係を図-5に示す。図には各領域の平均値も示したが、クリープの影響は圧縮応力増加領域で最も大きく、圧縮応力減少領域では補正係数は約1.0とクリープの影響が小さく、既往の研究^[3]と同様な結果となった。

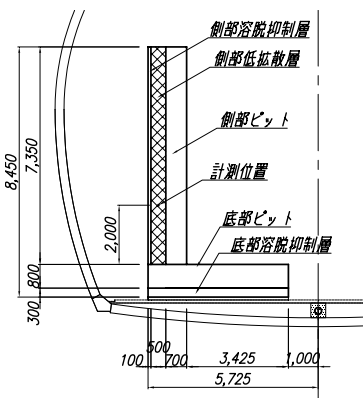


図-1 実規模試験体断面図

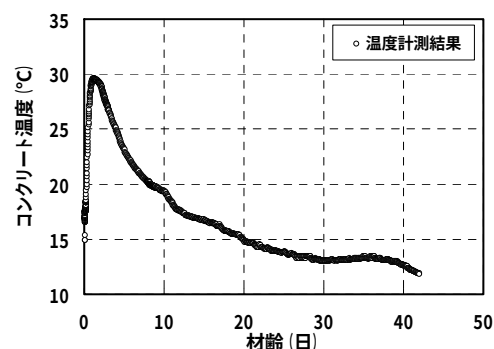


図-2 温度計測結果

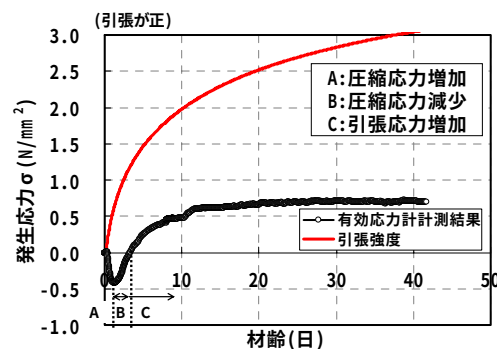


図-3 有効応力計の計測結果と引張強度

キーワード 余裕深度処分施設, 人工バリア, セメント系材料, 低拡散, モルタル, ひび割れ制御, 膨張材
連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 清水建設(株)土木技術本部 TEL 03-5441-0559

(2)膨張材効果の評価

図-6には、自由ひずみ、温度履歴に線膨張係数を乗じて求めた温度ひずみ、自己収縮試験から求めた自己収縮ひずみ、自由ひずみと温度ひずみとの差を図示した。自由ひずみと温度ひずみとの差には、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ている。膨張材の効果により100 μ 程度の膨張ひずみが導入され、引張応力が低減されたと考えられる。乾燥収縮が微少と考えられる本試験体で算定された膨張ひずみと自己収縮試験結果とが相違する理由として、実規模試験体の温度履歴の影響を受けた強度発現性状^[2]が、自己収縮試験の強度性状と異なることなどが考えられる。

3.3 計測結果の事後解析

前節で得られたクリープによる補正係数と膨張材の膨張ひずみを入力パラメータとして3次元有限要素法による応力解析を行った結果を図-7に示す。膨張材の効果の解析的な評価手法として、便宜的に温度降下時の線膨張係数を0.7倍して入力パラメータとする考え方もある^[4]。図-7には、温度降下時の線膨張係数を0.7倍とし、膨張材を除いた配合の自己収縮ひずみ^[2]を入力した解析結果も示したが、膨張材の効果は線膨張係数を0.7倍して評価するよりも膨張ひずみとして評価の方が実測値によく適合する結果が得られた。今後、図-6で算定された膨張ひずみと自己収縮試験結果との関係を詳細に検討し、自己収縮試験結果などを基に解析入力用の膨張ひずみを適切に設定することで、応力履歴をより精度よく算定できると考えられる。

4. まとめ

- (1) 側部低拡散層の引張応力は引張強度を大きく下回った。
 - (2) 算定された応力経路依存型のクリープ補正係数は既往の研究と傾向が同様となった。
 - (3) 応力経路依存型のクリープ補正係数を用いることで応力の算定精度を高めることが可能である。
 - (4) 実規模試験体の計測結果から解析入力用の膨張ひずみを適切に設定することで、応力履歴を精度よく算定できた。
- なお、本研究は電力共通研究として実施したものである。

参考文献

- [1] 堀江正人ほか:余裕深度処分における人工バリアの現場施工性確認試験の全体計画, 土木学会第62回年次学術講演会講概要集, 2007, 投稿中
- [2] 杉橋直行ほか: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回年次学術講演会講演概要集, 2007, 投稿中
- [3] 江渡正満:マスコンクリートの温度応力低減技術の開発に関する研究(学位論文), 長岡技術科学大学, 1999
- [4] (社)日本コンクリート工学協会:膨張コンクリートによる構造物の高機能化/高耐久化に関するシンポジウム委員会報告書・論文集, 2003.9, pp.125-128

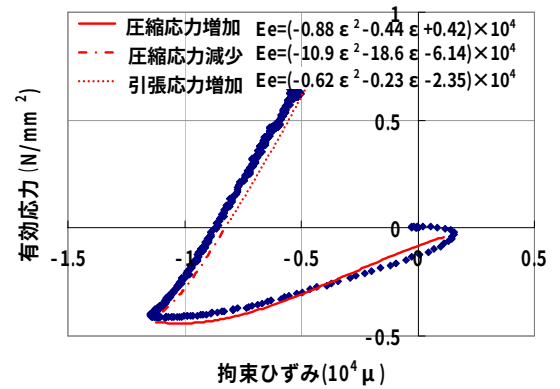


図-4 拘束ひずみ ϵ と有効応力 σ との関係

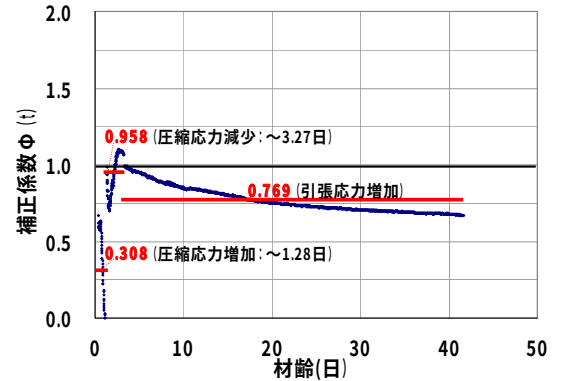


図-5 材齢と補正係数 ϕ との関係

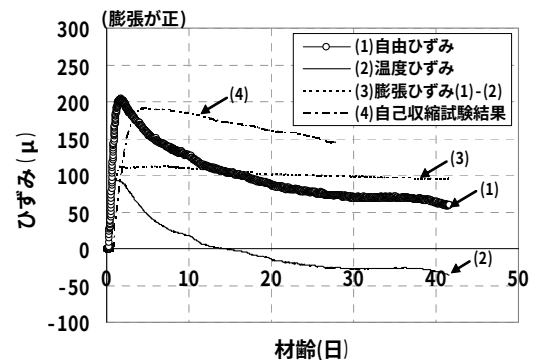


図-6 膨張ひずみと自己収縮ひずみ

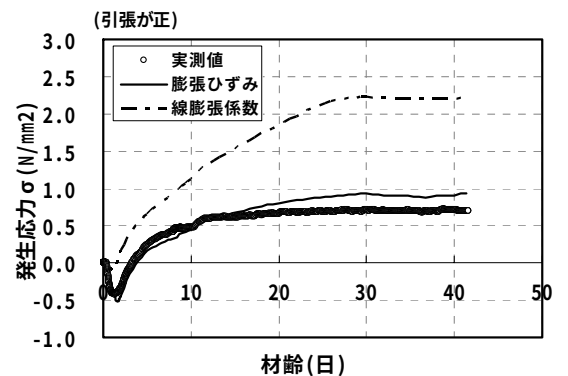


図-7 膨張材効果の解析的評価手法の比較