

浅地中ピット処分施設における膨張材と鉄筋増量のひび割れ制御効果に関する解析的検討

清水建設(株) 正会員 ○矢ノ倉 ひろみ 杉橋 直行 名倉 健二
日本原燃(株) 正会員 宮田 修司 工藤 淳 伊藤 裕紀

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物浅地中ピット処分施設の 2 号埋設設備は、図-1 に示すとおり、外周仕切設備底版の平面寸法は 36.91m×36m、厚さ 0.8m、外周仕切設備側壁の高さは 5.44m、厚さ 0.6m であり、約 6m×6m の 36 区画に仕切られた鉄筋コンクリート構造物である。2 号埋設設備は既に 1~4 群 (1 群につき 2 埋設設備) の 8 埋設設備の構築を完了し、放射性廃棄物を定置、操業中である。現在さらに 5,6 群として 4 埋設設備を構築中である。外周仕切設備側壁の配合を表-1 に示す。1 群の建設から既に 10 年程度経過した 5,6 群では 1~4 群よりもさらにひび割れ制御の向上を目指した配合を採用した。ここでは今後、新たに構築する埋設設備におけるひび割れ予測解析精度の向上を図ることを目的として、5,6 群の埋設設備の構築時に取得した計測結果に適合するようにひび割れ予測解析の入力パラメータの検討を行うと共に、ひび割れ制御効果の評価を行った。本文は、これらのうち特に膨張材と鉄筋増量によるひび割れ制御効果について検討を行った結果を記したものである。

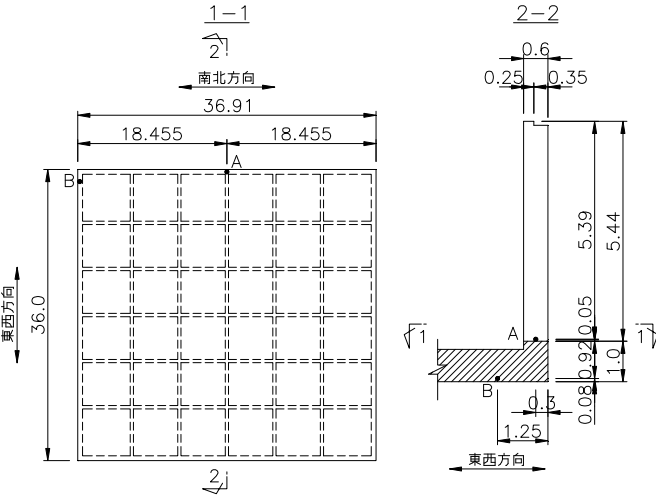


図-1 2号埋設設備

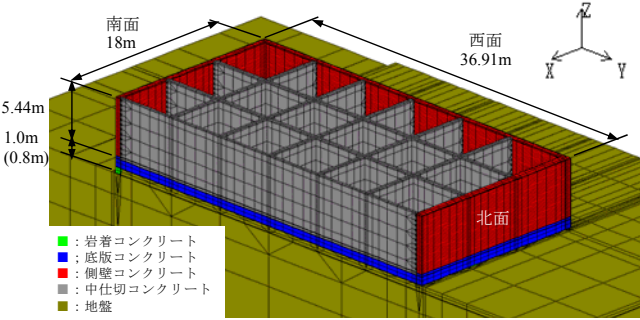


図-2 モデル図

2. 解析概要

3次元有限要素法により非定常温度応力解析を行って、計測結果に適合する解析条件を検討し、適合する解析条件でひび割れ制御効果の評価を行った。解析モデルは、図-2 に示す実構造物の 1/2 モデルとし、鉄筋は線部材として 1 本ずつモデル化した。最初の解析条件は、室内試験で取得した各種物性値から設定することを基本として、外気温は計測データを使用し、打込み温度、打設間隔、養生期間などは、施工実績とおりに設定した。温度と実ひずみ、無応力ひずみを図-1 に示す A、B の 2 箇所で計測した。

3. 温度解析

断熱温度上昇特性値や熱伝達係数について温度計測結果に適合する入力パラメータの見直しを実施した。見直し後の温度解析結果は図-3 のとおり計測結果によく合致している。主に断熱温度上昇特性を $Q_{\infty}=30^{\circ}\text{C}$ 、 $\gamma=2.65$ 、 $S=1$ に見直すものであり、室内試験値の $Q_{\infty}=38.9^{\circ}\text{C}$ 、 $\gamma=0.753$ 、 $S=0.948$ より Q_{∞} が 9°C 程度小さく、一

表-1 配合表

埋設 設備	セメント 種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)							
				水 (W)	結合材			混和材	細骨材		粗骨材 砕石
					BB	MF30	EX		LS	砕砂	
1～4 群	BB	53.7	45.8	145	240	—	30	—	530	354	1048
5,6 群	MF30	46.5	44.1	155	—	318	15	60	313	470	999

BB: 高炉セメント B 種, MF30: 中庸熟フライアッシュセメント (内割 30%), EX: 膨張材, LS: 石灰石微粉末

キーワード ピット処分施設, 温度応力解析, 膨張材, ひび割れ制御筋, 放射性廃棄物

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 TEL 03-5441-0594

方で、 γ が大きく温度上昇速度が速くなった。熱伝達係数を見直してもその結果は、JCI マスコン指針^[1]などで設定されている一般的な値の範囲に設定するのが妥当と考えられた。このため、ここでは室内試験値と相違するが、見直し後の断熱温度上昇特性値が妥当であると考えた。低熱系セメントにフライアッシュ（以降 FA）、石灰石微粉末（以降 LS）を併用した別の配合でも同様な傾向が認められており、その理由については今後さらに検討は必要である。

4. 膨張材の効果

JCI マスコン指針^[1]では、ひび割れ予測解析に用いる膨張材の膨張ひずみの近似式を示している。同近似式において、①指針に示される中庸熟ポルトランドセメント（以降 M セメント）の膨張ひずみの終局値 220μ を用いた場合と、②5,6 群配合の自己収縮試験で得た膨張ひずみの終局値 400μ を用いた場合の 2 ケースについて解析を実施した。無応力ひずみの解析結果は図-4 のとおり、膨張ひずみの終局値として自己収縮試験結果である 400μ を用いた場合に、計測結果と概ねよく合致している。この場合の側壁のひび割れ指数の最小値は 2.24、最大発生応力は 1.06N/mm^2 であり、実際に側壁にひび割れは発生しなかった。通常の M セメントに膨張材を用いたコンクリートよりも 5,6 群配合の膨張材の効果は高く、膨張ひずみの終局値として自己収縮試験結果を適用できると考えられる。

5. ひび割れ制御筋の効果

1~4 群の一部の埋設設備の底版隅角部において、水平から斜め方向に伸びる表面ひび割れが認められた。このため 5,6 群では図-5 のとおり鉄筋を増量した。鉄筋増量によるひび割れ制御効果を確認するため、5,6 群配合で①鉄筋を増量しないモデルと②鉄筋を増量したモデルにより解析を行った。鉄筋を増量したモデルの鉛直方向の実ひずみは図-6 のとおり計測結果とよく合致し、モデルの妥当性を示している。底版隅角部表面の鉛直方向のひび割れ指数を図-7 に示す。鉄筋を増量しない場合、材齢 1.3 日で最小ひび割れ指数 1.36 となる一方で、増量した場合は材齢 0.3 日で最小ひび割れ指数 2.31 となった。この場合の鉛直方向応力は鉄筋を増量しない場合 0.29N/mm^2 、鉄筋を増量した場合は 0.11N/mm^2 で鉄筋増量により内部拘束応力が低減されたと考えられる。5,6 群の配合でも鉄筋増量をしない場合には、ひび割れの発生が懸念され、鉄筋増量によるひび割れ制御効果が認められた。

6. まとめ

(1)5,6 群配合の膨張材の効果は、M セメントに膨張材を併用した場合よりも高く、膨張ひずみの終局値として自己収縮試験結果を適用できた。
(2)鉄筋増量により内部拘束応力の低減効果が認められ、ひび割れ発生が防止できた。

低熱系セメントと FA、LS を併用した場合、断熱温度上昇特性値が試験値と相違する傾向があり、その理由など今後の検討課題である。

参考文献[1] 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008

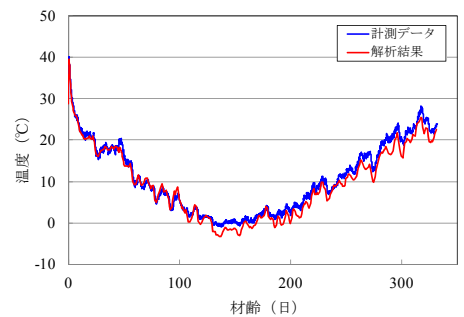


図-3 温度解析結果

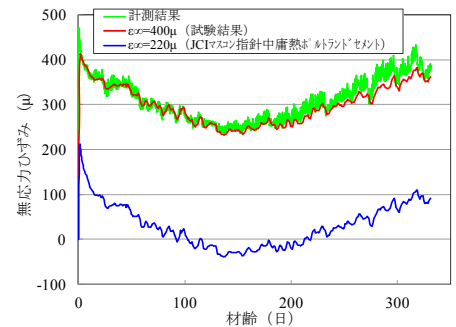


図-4 無応力ひずみの経時変化

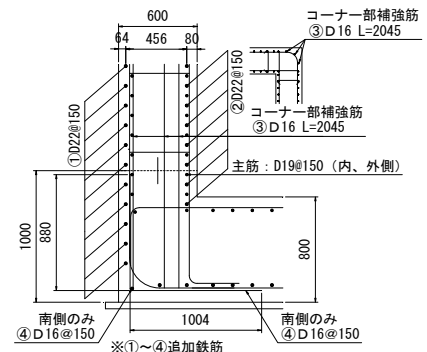


図-5 追加鉄筋（南側側壁断面）

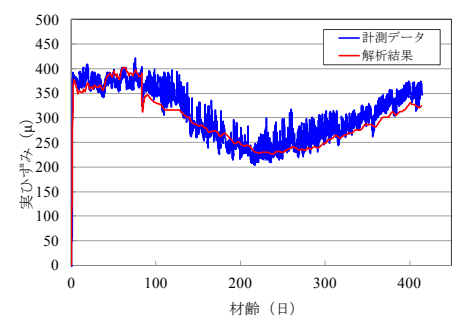


図-6 鉛直方向実ひずみの経時変化

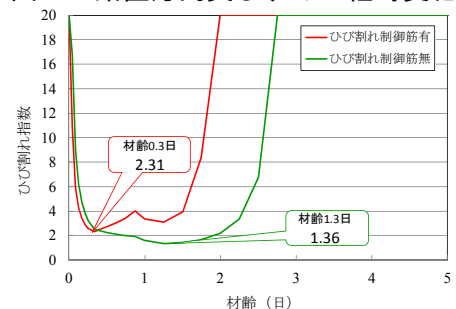


図-7 ひび割れ指数の経時変化