

マスコンクリート地下構造物における誘発目地と低発熱セメントの適用事例

戸田建設株式会社

正会員 利根 誠 正会員 沖田佳隆

日本鉄道建設公団東京支社

正会員 木村光夫 秋葉恒一

戸田建設株式会社

正会員 榎波敏昭 井上博義 内藤欣雄

1. はじめに

本工事は、横浜と元町を結ぶ「みなとみらい21線」工事のうち（仮称）北仲駅（施工延長 255m）の地下駅舎部を構築するものである。本構造は、地下 5～25mに設けられることから躯体壁がマッシュな構造となるため、施工時の温度応力によるひび割れ発生が懸念された。

躯体壁の温度ひび割れ防止対策として、設計段階より誘発目地の設置が計画されていた。しかし、誘発目地間隔が既往の実績より経験的に定められていたことや、壁背面の防水材（無機質セメント結晶増殖材）はひび割れ幅 0.3mm 程度までしか結晶増殖による止水性が確保されないことから、事前に温度応力解析やひび割れ幅予測を行い、その結果を基に、当初計画の高炉セメントB種から低発熱セメント（マスコン型高炉セメントB種にフライアッシュを20%混入）に変更した。本報告では、誘発目地設置のみを採用した対策と低発熱セメントを併用した複合対策のひび割れ制御効果を確認した結果について報告する。

2. 躯体構造概要

躯体構造寸法を図-1に示す。躯体壁の外防水方法として、土留め壁と躯体の間（200mm）へのコンクリート充填と無機質セメント結晶増殖材の吹付けが計画されていた。

3. 事前解析

3.1 事前解析の目的

現計画の誘発目地間隔(@5.0m)が妥当であることと、予測されるひび割れ幅が防水材の止水性を確保できるひび割れ幅以下であることを確認するために事前解析を行った。

3.2 解析方法

解析方法は、厚さ方向の断面を対象として温度解析を行い、温度解析で得た各高さの最高温度を温度解析対象断面に直交する奥行き方向に補間して応力解析を行う疑似3次元有限要素法とした。解析モデルを図-2に示す。

3.3 解析結果

温度応力解析の結果を用いて、「万木」の式¹⁾および「小野」の式²⁾から温度ひび割れ幅の推定値を算出した。その結果、当初計画の誘発目地を設置する対策は、無対策に比較してひび割れ制御効果は大きいが、予測されたひび割れ幅は防水材の止水性が確保できる限界値に近い0.28mmとなった。

キーワード：マスコンクリート、誘発目地、低発熱セメント、ひび割れ制御、温度応力解析

連絡先：東京都中央区京橋1-7-1 戸田建設株式会社 TEL 03-3535-1675（ダイヤルイン）FAX 03-3564-0475

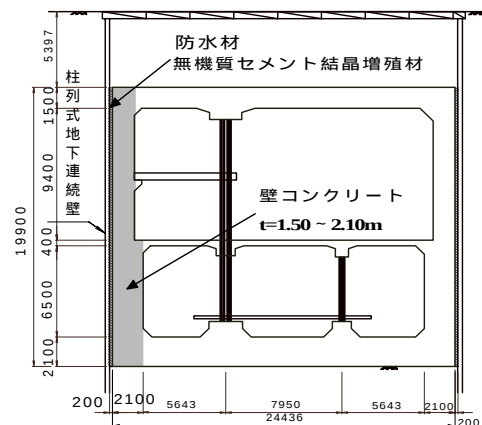


図-1 概要図

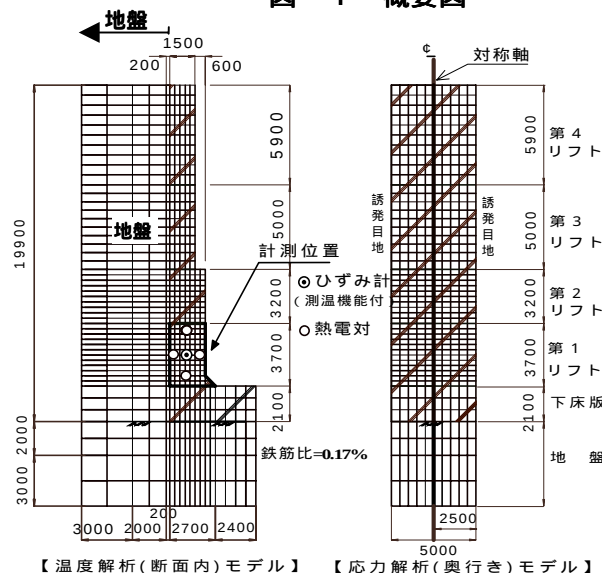


図-2 解析モデル図

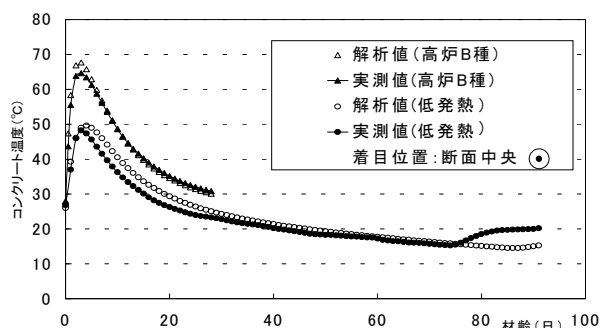


図-3 温度履歴図

そこで、より制御効果を高めるため低発熱セメントを用いることとした。また、施工段階初期のリフトで低発熱セメントを使用した効果を確認するために高炉セメント B 種区間と低発熱セメント使用区間を設け、計測を行い、その後の施工に反映させることとした。

4．施工結果

4.1 コンクリート温度

コンクリート温度履歴を図 - 3 に示す。事前解析値と実測値を多変量解析³⁾による相関係数 r で判断すると、高炉 B 種の場合 $r=0.99$ 、低発熱セメントで $r=0.95$ となり、相関は高い結果となった。低発熱コンクリートを用いた場合は、高炉 B 種に比べ、打設時温度が若干異なるものの最高温度は 15 程度抑制されている。

4.2 温度応力

温度応力(実測値)の換算は、実測有効ひずみと現場封緘圧縮強度から土木学会式⁴⁾で推定した有効ヤング係数を用いた。ここで、有効ひずみは、無拘束状態ひずみから得た線膨張係数をもとに算出した温度ひずみを、全ひずみから差し引いた値とした。図 - 4 に示すとおり、高炉 B 種を用いた場合の応力は、材齢 11 日まで実測値と解析値は同様な傾向を示していたが、材齢 11 日以降にひび割れが発生し、急激に引張側に温度応力が増加している。ひび割れ調査の結果から、このとき発生したひび割れは 0.15mm であり、材齢 13 週で 0.30mm 程度となった。また、ひび割れは誘発目地間に 2 本 / スパンであった (図 - 6 参照)。

低発熱セメントを用いた場合の応力は、図 - 5 に示すように解析値の方が若干小さい結果となった。実測値は、誘発目地内のひび割れ発生により効果的に応力解放がなされ、引張応力の増加が抑制されているのが判る。誘発目地間のひび割れは、1 本 / スパンで、最大ひび割れ幅も 0.15mm と高炉セメントに比べ良好に制御されたといえる。

5．まとめ

無対策時の解析結果と各対策時の計測値を比較したものを表 - 1 に示す。各制御対策は無対策と比較して効果的であることが判る。また、実測値について、低発熱セメント使用の場合を高炉 B 種使用の場合と比較すると、最小ひび割れ指数は 1.17 倍に増加し良好となり、最大ひび割れ幅(材齢 13 週)は 50% 程度低減する効果があった。以上から本工事で適用したひび割れ制御対策は、その複合効果があったと考える。

今後は、このような解析、実施事例を整理収集することで、誘発目地と低発熱セメントの複合使用の効果を定量的に把握し、内部設備や柱などにより誘発目地間隔を狭くできないようなケースの対策選定に役立つようにしていきたい。本計測を行うに当たり多大なご協力を頂いた関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献:1)万木 他:壁状構造物に発生する温度ひびわれの実態とひびわれ幅予測、日本コンクリート工学協会、コンクリート構造物の体積変化によるひびわれ幅制御に関する資料 論文集 1990・8、2)小野 他:マスコンクリートの温度ひびわれに関する既往の研究、日本コンクリート工学協会、コンクリート構造物の体積変化によるひびわれ幅制御に関する資料 論文集 1990・8、3)奥野 他:多変量解析法、日科技連出版社、1981、4)コンクリート標準示方書 平成 8 年版 施工編 土木学会

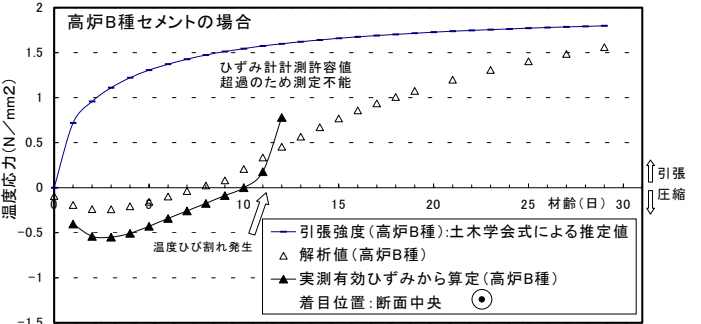


図 - 4 高炉 B 種区間温度応力履歴図

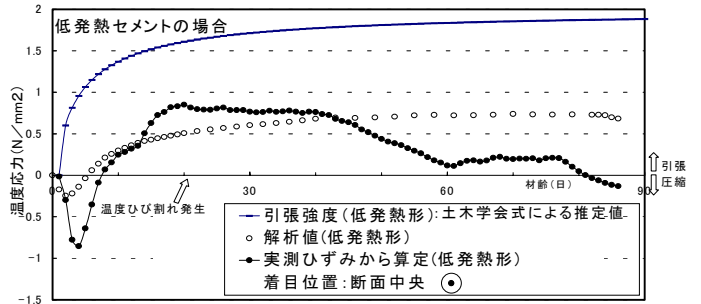


図 - 5 低発熱区間温度応力履歴図

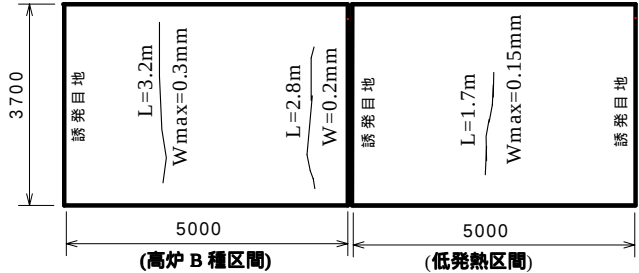


図 - 6 ひび割れ発生図(材齢 13 週)

表 - 1 最小ひび割れ指数、最大ひび割れ幅

材齢 13 週	ひび割れ指数: Icr		ひび割れ幅: Wmax(mm)	
	解析値	実測値	解析値	実測値
無対策(高炉 B 種)	0.98		0.55	
高炉 B 種 + 誘発目地	1.15	測定不可	0.28	0.30
低発熱以外 + 誘発目地	2.51	1.92	0.05	0.15