

V-34

橋りょう改築における低発熱セメント使用に関する研究

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 ○中根 健
 JR 東日本 東北工事事務所 手塚 敏
 JR 東日本 東北工事事務所 正会員 池野誠司

1. はじめに

ボックスコンクリート構造物は、側壁部にひび割れが発生することが多い。これは、外部拘束による温度応力が原因で発生するもので、断面を貫通するひび割れとなる。

温度ひび割れを制御する方法として、ひび割れ誘発目地の設置が一般的に用いられているが、壁厚が大きい構造物の場合、ひび割れ誘発目地のみではひび割れ制御が困難となる。

本研究は、ボックスコンクリート構造物の温度ひび割れ制御を目的として、セメント材料および誘発目地間隔をパラメータとした解析的検討を行った。

2. 構造概要

断面図を図-1に示す。3径間ボックスラーメン構造である。構造上、函体の壁厚は1.2m～1.8mと非常に大きく、温度ひび割れの制御が重要となった。

3. 解析条件

本研究では、セメント材料の中から、ひび割れ対策として有効なものを選定して、温度解析および温度応力解析を行った。

表-1に解析条件を示す。誘発目地間隔は、5mと10mをパラメータとし、ひび割れ誘発目地部の剛性を1/100に低減することによって誘発目地部を評価した。コンクリートの打

込み温度は10.0℃とし、冬期の打設を考慮して外気温度は2.0℃とした。外気温度の変化は、プラントが温度補正用に使っている気温データを用いた。普通ポルトランドセメントの断熱温度上昇特性は、土木学会コンクリート標準示方書（以下、RC標準）の値を用い、その他のセメントはメーカー資料の値を用いた。

解析は、ボックスカルバートをモデル化した3次元FEM解析（有限要素法）による非定常熱伝導解析および応力解析により行った。図-2にFEM解析モデルを示す。ここで、図中の1～4の節点について温度解析および温度応力解析結果を出力した。

4. 解析結果

表-2に温度解析および温度応力解析の結果を示す。ここで、低熱ポルトランドセメントについては、温度・

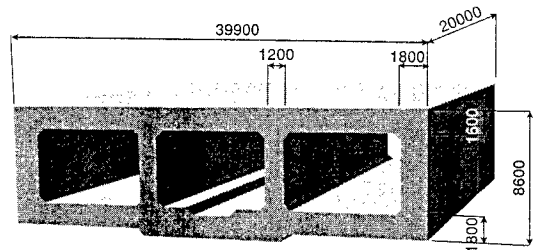


図-1 函体断面図

表-1 解析条件

セメントの種類	水セメント比 (%)	単位セメント量 (kg/m³)	打込み温度 (°C)	外気温度 (°C)	Q_{∞} (°C)	γ	目地間隔 (m)
普通ポルトランドセメント	53.4	300	10.0	2.0	47.0	0.585	5, 10
中庸熱ポルトランドセメント	55.0	291			38.0	0.390	5, 10
中庸熱+フライアッシュ	55.0	291			42.4	0.290	5, 10
低熱ポルトランドセメント	55.0	291			43.0	0.108	5, 10

※ここで、コンクリート断熱温度上昇量 $Q_t = Q_{\infty} (1 - e^{-\gamma t})$

Q_{∞} : 終局断熱温度上昇量 (°C)

γ : 温度上昇速度定数

t : 材齢 (日)

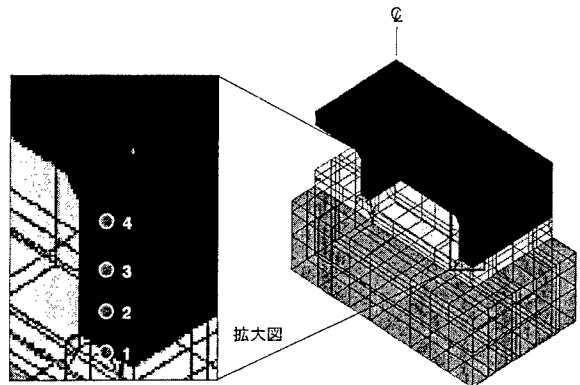


図-2 FEM解析モデル

応力ともに節点4で最高・最大値を示し、その他のセメントは、節点2で最高・最大値を示した。

温度解析結果によると、普通ポルトランドセメントの最高温度が最も大きく、45.1℃であった。一方、低熱ポルトランドセメントは23.1℃と最も低く、普通ポルトランドセメントのおよそ半分の温度上昇量であった。

この結果より、セメントの種類による温度上昇量は、低熱ポルトランドセメントを用いた場合が最も小さく、温度応力の抑制が期待できる。

温度応力解析結果は、普通ポルトランドセメントが2.2N/mm²と最も大きく、低熱ポルトランドセメントが0.7N/mm²となった。

RC標準によると、温度ひび割れ指数が1.75以上で、ひび割れを防止できる Ψ とされており、低発熱ポルトランドセメントを使用した場合のみ、これを満足する結果となった。

また、どのセメントを用いた場合でも、誘発目地間隔を5mピッチにすることで、誘発目地間隔10mピッチよりもひび割れ指数が大きくなっており、ひび割れ抑制効果が改善されている。

5. ひび割れ調査結果

以上の解析結果から、実施工には低熱ポルトランドセメントを採用することとした。施工にあたって、温度応力が最も大きくなる側壁および側壁と同時打設となる頂版に低熱ポルトランドセメントを用いることとした。

コンクリート型枠を脱型後、目視によるひび割れ調査を行った。図-3に示すように、脱型時には既に、ひび割れ誘発目地部にひび割れが発生していた。その後も調査を継続したが、ひび割れ誘発目地部以外でのひび割れの発生は認められなかった。

このことから、低熱ポルトランドセメントを使用することにより、温度上昇を抑制し、ひび割れ誘発目地によりひび割れ制御を効果的に行うことができた。

6. まとめ

本研究では、ボックスコンクリート構造物の温度ひび割れ制御を目的として、セメント材料および誘発目地間隔をパラメータとした解析的検討を行った。

その結果、低熱ポルトランドセメントの使用が、ひび割れ抑制に最も効果的であった。

これらの結果を反映して実施工を行ったところ、ひび割れ誘発目地部以外に、ひび割れの発生は認められず、温度ひび割れ制御が効果的にできたことを実証した。

【参考文献】1)平成8年度制定 土木学会コンクリート標準示方書、施工編、P185

2)平成11年度版 土木学会コンクリート標準示方書 一耐久性照査型一、施工編、P24

表-2 温度解析および温度応力解析の結果

セメントの種類	誘発目地間隔 (m)	最高温度 (°C)	材 齢 (日)	最大応力 (N/mm ²)	材 齢 (日)	ひび割れ指数
普通ポルトランドセメント	10	45.1	43.0	2.2	65.0	0.9
	5	45.1	43.0	1.7	65.0	1.1
中 高 熱 ポ ル ト ラ ン ド セ メ ン ト	10	33.2	43.0	1.8	60.0	1.1
	5	33.2	43.0	1.6	65.0	1.2
中 高 熱 + フ ラ イ ア ッ シ ュ	10	32.3	43.5	1.5	65.0	1.2
	5	32.3	43.5	1.4	65.0	1.3
低 熱 ポ ル ト ラ ン ド セ メ ン ト	10	21.3	46.0	0.8	71.0	2.2
	5	21.3	46.0	0.7	71.0	2.5

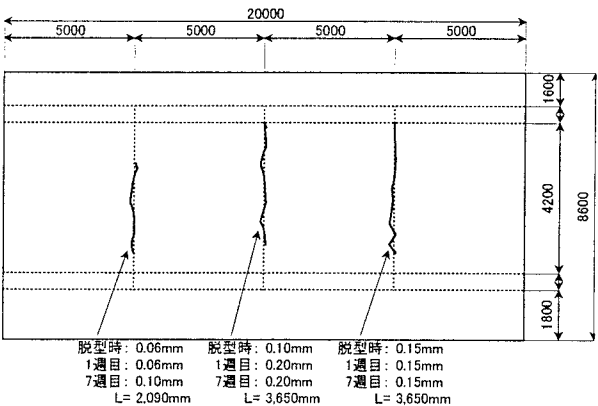


図-3 ひび割れ展開図(側壁部)