

高炉スラグ微粉末を別添加した地中連続壁コンクリートの温度応力に対する検討

住友建設(株)

(正)○三村光太郎

君島喜一郎

(正) 左子 斉

(正) 下山 和彦

鉄建建設(株)

石 雅好

東京都下水道局中部建設事務所

実方 敏彦

菅野 建城

1. はじめに

近年、構造物の大型化に伴い地中連続壁に高強度・高流動コンクリートを用いることが多くなっている。これらのコンクリートは単位セメント量が多くなることから、打設後の温度応力によるひび割れに対して十分な配慮を行う必要がある。三河島処理場第二浅草系ポンプ室工事では、温度応力対策として“高炉スラグを別添加した混合セメント”を採用した。このセメントは、プラントにて普通セメントに高炉スラグ微粉末を別添加したものであり、その添加率は高炉セメントB種の40%に対して60%としたものである。なお、これは温度応力対策によく用いられている低熱セメントに比べて経済性に優れる特徴をもつ。

本稿は、地中連続壁における温度応力の発生機構を確認するとともに、今回採用した混合セメントについて、温度応力の低減効果を解析により検証した結果を報告するものである。

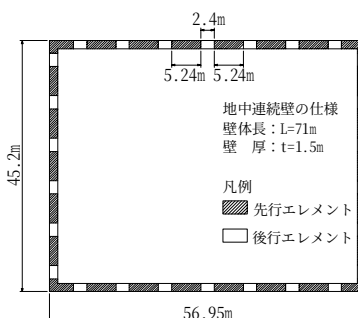


図-1 エレメント割付図

2. 検討手法

解析は、3次元方向への温度拡散を考慮できるFEM解析とし、解析対象エレメントは、既設先行エレメントにより外部拘束を受ける後行エレメントとした。表-1に比較検討ケースを示す。表中のCase1は高炉セメントB種を用いた高流動コンクリート、Case2は今回採用した高炉スラグを別添加した混合セメントを用いた高流動コンクリートである。図-2に解析フローを示す。

今回行った解析モデルを図-3に、解析に用いた物理定数を表-2に示す。ここで鉛直(深度)方向の解析領域は、鉛直方向に温度変化がないことを確認して、実際の壁体長の半分でモデル化した。また、Case1の温度上昇特性値は「コンクリート標準示方書・施工編」(土木学会)¹⁾に準拠し、Case2は試験値を用いることとした。コンクリートの圧縮強度は、すべて強度試験結果を用いた。

表-1 比較検討ケース

	Case 1	Case 2
スランプフロー	60cm	
単位結合材量	450kg/m ³	
高炉スラグ置換率	40%程度(BB)	60%

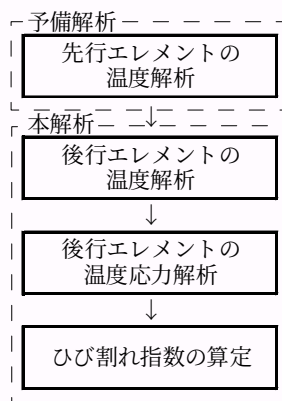


図-2 解析フロー

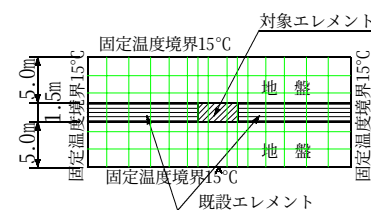


図-3 解析モデル

表-2 物理定数

	密度 (kg/m ³)	比熱 (kJ/kg°C)	熱伝導率 (W/m°C)	熱伝達率 (W/m ² °C)	熱膨張係数 (/°C)	外気温 (°C)	ポアソン比
コンクリート	2400	1.26	2.7	13	10×10 ⁻⁶	16	0.17
地盤	1720	2.06	1.4				0.45

キーワード：地中連続壁／高流動コンクリート／高炉スラグ微粉末／温度応力解析

連絡先：〒160-8577 東京都新宿区荒木町13-4 住友建設(株) TEL03-3225-5133 FAX03-3225-5317

3. 温度解析結果

(1) 予備解析

予備解析は、本解析の既設エレメント(拘束体)の初期温度を設定するためにを行った。ここで、既設エレメントの初期温度は施工サイクルを考慮して20日後の結果を用いることとした。解析結果を図-4に示す。

(2) 本解析

予備解析結果を反映した本解析における温度解析結果を図-5に示す。ここで、図示した温度は後行エレメント中央部の値である。この図より、高炉スラグ微粉末の置換率が大きいCase 2は、Case 1と比べて最高温度で9°Cの低下が確認できる。また、Case 2は発熱速度が遅く、初期の温度上昇勾配が緩やかになっていることから温度応力の低減に対して有効であると判断される。

4. 温度応力解析結果

図-6にCase 2の温度応力解析結果(後行エレメントの中央部)を示す。この図より、水平方向(σ_x)および鉛直方向(σ_z)の温度応力は、既設エレメントによる外部拘束の影響により、大きな引張応力が発生していることが分かる。また、通常、外部拘束応力は拘束体の近傍のみで発生するが、本検討では中央部においても大きな引張応力が確認された。これは、後行エレメントの長さ(L=2.4m)が非常に短いため、エレメント両側の拘束体(先行エレメント)による影響が顕著に表れたものと考えられる。

図-7にCase 1, Case 2について、温度応力と引張強度の履歴を示す。ここで、引張強度は、①「コンクリート標準示方書・施工編」(土木学会)¹⁾と②「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案)」(土木学会)²⁾の2式より算出した。なお、図中の斜線部は、引張強度と応力を比較する目安としてCase 2の強度を示したものである。この図より、最大応力となる材齢360日での各ケースの応力は、Case 1で4.7N/mm²、Case 2で4.1N/mm²となり、Case 2はCase 1と比べて約15%程度の低減が確認された。さらに、Case 2は応力が引張強度より下回っており、ひび割れに対しても安全であると判断できる。

5. まとめ

本検討から得られた成果を以下に示す。

- ①検討の結果、地中連続壁の後行エレメントには、鉛直方向(σ_z)および水平方向(σ_x)の大きな応力が発生することが確認された。しかしながら、今回解析の対象とした後行エレメント(最終構築時)とその他の後行エレメント(施工途中)では、その拘束度が異なるため、実際に発生する水平方向の応力は、本検討結果より相対的に小さな値となることが予測される。
- ②今回採用した“高炉スラグを別添加した混合セメント”は、高炉セメントB種に比べて温度応力を約15%程度低減でき、温度ひび割れに対して効果的であることが確認された。

参考文献 1)土木学会：コンクリート標準示方書・施工編，平成8年

2)土木学会：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案)，平成8年

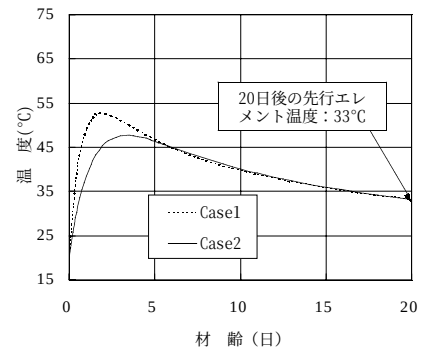


図-4 温度解析結果(予備解析)

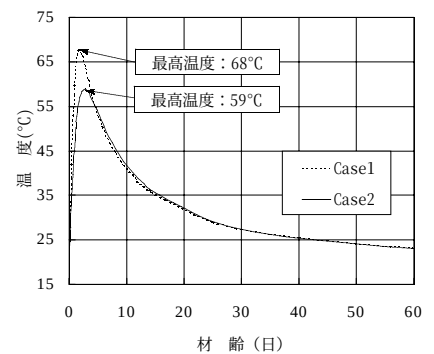


図-5 温度解析結果(本解析)

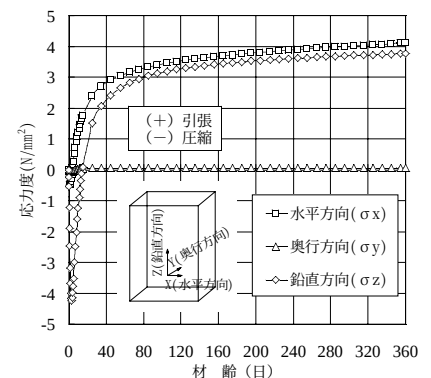


図-6 温度応力解析結果

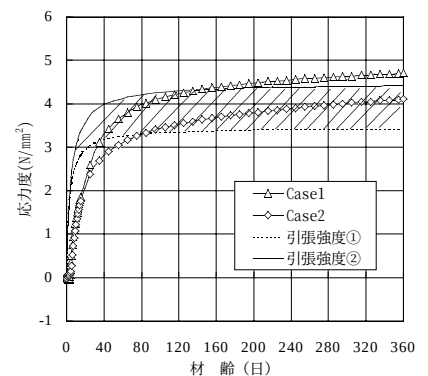


図-7 温度応力と引張強度の関係