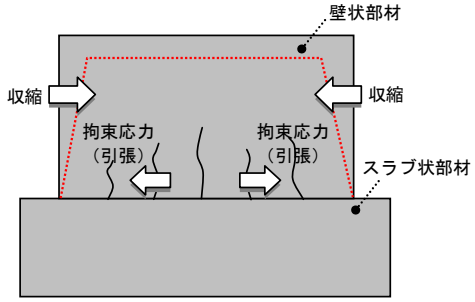
凝結遅延モルタルを用いた壁状構造物のひび割れ抑制手法の解析的検討

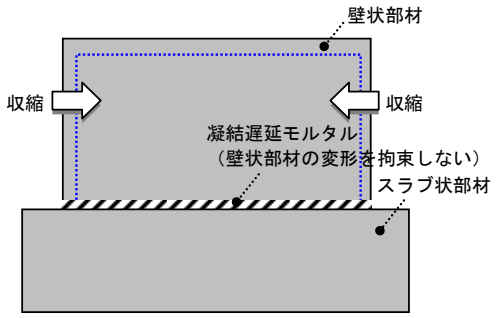
九州大学大学院　正会員　○玉井　宏樹　正会員　園田　佳巨　正会員　佐川　康貴
鹿島建設(株)　正会員　佐野　忍　正会員　小林　聖　正会員　横関　康祐
鹿島建設(株)　フェロー　坂田　昇

1．はじめに

スラブ状の部材の上に，壁状の部材を打ち継ぐ場合，**図－1** に示すように，壁状部材には外部拘束によるひび割れが発生する可能性が高い。このひび割れによって，貯水槽や地下構造物では漏水が生じたり，劣化因子が侵入して鉄筋腐食が助長され，早期に構造物の耐久性が低下する可能性が高くなるため，その抑制が求められている。そこで，ひび割れの主要因となっている底版からの拘束を低減するために，**図－2** に示すように，打継ぎ部に凝結遅延剤を添加して凝結時間を数日から数週間に大幅に遅延させたモルタル（以後，凝結遅延モルタルと称する）を敷設し，拘束応力を低減する方法について検討を行った。本論文では，この概念の成立性を評価するため，スラブ状部材に壁状部材を打ち継ぐことを想定した構造物のモデルを用いて温度応力解析を行い，拘束応力の抑制効果について検証を行った。



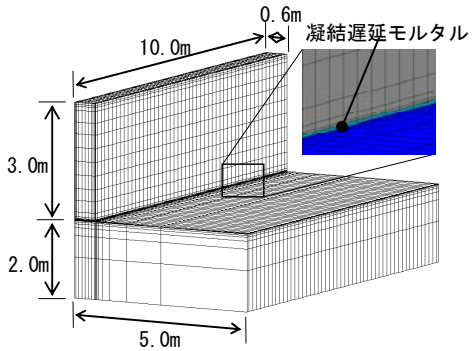
図－1　打継ぎ部における拘束応力発生状況



図－2　凝結遅延モルタルによるひび割れ抑制手法

2．解析条件

温度応力解析のモデルを**図－3** に示す。図に示すように，スラブの上に壁状部材を構築するマスコンクリート部材を想定した。スラブ厚は 2.0m，壁厚は 0.6m，壁の高さは 3.0m とし，スパンは 10m とした。解析ケースは**表－1** に示すように，凝結遅延モルタルを敷設しないケース 1 と，凝結時間を 28 日まで遅延させた凝結遅延モルタルを厚さ 2cm で敷設するケース 2 の 2 種類とした。解析条件を**表－2** に示す。スラブおよび壁部材の配合は水セメント比 55%，セメント種類は普通ポルトランドセメント，単位セメント量は 300kg/m^3 とした。コンクリートの断熱温度上昇はマスコンクリートのひび割れ制御指針 2008[1)]に示されている式(1)を適用した。



図－3　解析モデル

表－1　解析ケース

ケース	凝結遅延モルタル	凝結遅延期間
1	なし	—
2	あり（敷設厚さ 2cm）	28 日

$$Q(t)=Q_{\infty}[1-\exp\{-r(t-t_{0,Q})\}] \quad (1)$$

ここで，Q(t)：材齢 t 日までの断熱温度上昇量(℃)，Q∞：終局断熱温度上昇量(℃)，r：断熱温度上昇速度に関する係数，t：材齢(日)，$t_{0,Q}$：発熱開始材齢(日)を表す。

打継ぎ部に敷設するモルタルは，躯体に使用するコンクリートの水セメント比以下とする必要があることと，一般的なコンクリートの水セメント比が 50%程度であることを考慮して，水セメント比を 45%と設定した。圧縮強度については，材齢 28 日まで強度発現せず，その後は同一水セメント比のコンクリートと同様の強度発現をす

キーワード　温度応力，ひび割れ，打継ぎ，外部拘束，凝結遅延
連絡先　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　鹿島建設㈱技術研究所　ＴＥＬ042-489-6756

るものとした。施工時期は，コンクリートの温度が最も高くなり，温度ひび割れの発生確率の高い夏期とした。外気温は気象庁のデータより，2008 年から 2011 年の東京都の月平均気温を使用した。リフトスケジュールは，最も平均気温が高い 8 月に壁の打込み日となるように，スラブを 7/1 に打ち込み，1 ヵ月後の 8/1 に壁を打ち込むスケジュールとした。境界条件は，材齢 5 日まで型枠存置とし，その後は外気とした。

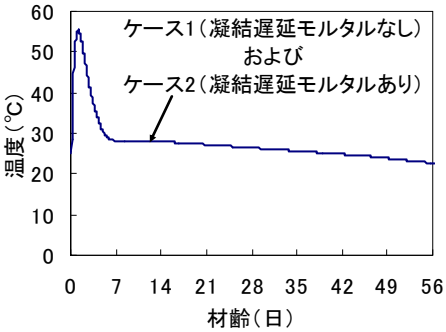
表－2 解析条件

項目	単位	設定値
打込み温度	(℃)	外気温＋5℃
比熱	(kJ/kg℃)	1.15
表面熱伝達率	(W/m℃)	8→14
密度	(kg/m^3)	2414
圧縮強度	(N/mm^2)	マスコン指針※
引張強度	(N/mm^2)	マスコン指針※
ヤング係数	(N/mm^2)	マスコン指針※
ポアソン比	—	0.2
線膨張係数	(1/℃)	10×10^{-6}
乾燥収縮	($\times10^{-6}$)	考慮せず
自己収縮	($\times10^{-6}$)	マスコン指針※

※マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 に準じた

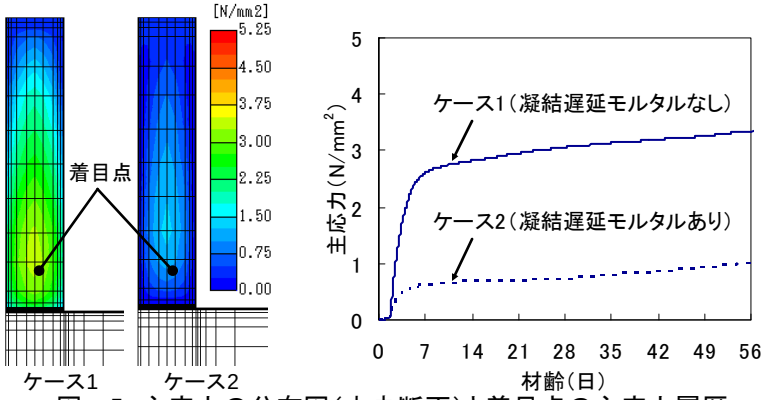
３．解析結果

ケース 1（凝結遅延モルタルなし）およびケース 2(凝結遅延モルタルあり)の温度履歴を**図－4** に示す。着目点は，壁部材の中心とした。図に示すように，コンクリートが打ち込まれてから材齢 20 時間で最高温度の約 55℃に達し，その後は徐々に外気温まで降下する。なお，凝結遅延モルタルの有無以外は両ケースとも条件が同じであるため，コンクリートの温度履歴については同じとなった。



図－4 温度履歴

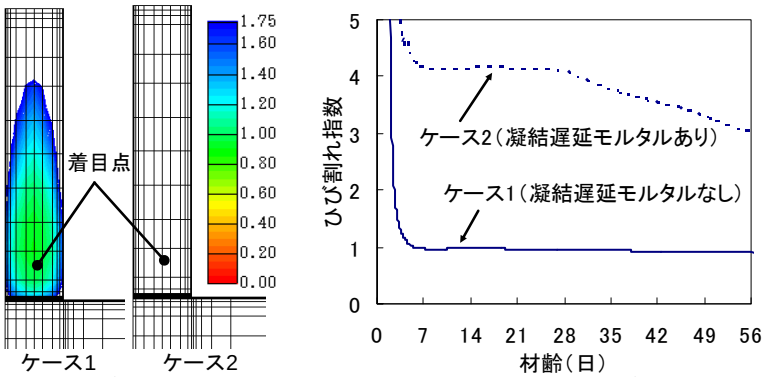
主応力（引張応力）の分布図と着目点の主応力履歴を**図－5** に示す。図に示すように，凝結遅延モルタルを敷設しない場合では，コンクリート打込み直後から引張応力が発生することが確認された。一方，凝結遅延モルタルを敷設する場合では，凝結遅延モルタルが未硬化である材齢 28 日までの間は壁状部材に発生する引張応力が大幅に低減される。28 日以後は凝結遅延モルタルが硬化するため，壁状部材に引張応力が作用するが，温度変化がほとんど収束しているため，若干の応力上昇のみであることが確認された。



図－5 主応力の分布図（中央断面）と着目点の主応力履歴

ひび割れ指数の分布図と着目点のひび割れ指数履歴を**図－6** に示す。図に示すように，凝結遅延モルタルを敷設しない場合では，材齢 7 日でひび割れ指数は 0.90 まで低下する結果となった。一方，凝結遅延モルタルを敷設する場合では，全断面で材齢 56 日まで 3.0 以上となることが確認された。

以上の結果より，凝結遅延モルタルの敷設により壁状構造物がスラブ構造物と一定期間縁切りされることができれば，部材に作用する応力が大幅に低減され，ひび割れ抑制効果が得られることが確認された。



図－6 ひび割れ指数の分布図(中央断面)と着目点のひび割れ指数履歴

今後は，凝結遅延モルタルを用いた実規模試験体で応力やひずみを経時的に測定することで実現象を把握し，その結果を解析にフィードバックすることで凝結遅延モルタルによる拘束応力の低減効果を定量的に評価していく予定である。

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