

コンクリート構造物における内部拘束ひび割れに関する解析的研究

徳山工業高等専門学校 学生会員 ○山門 健人
 徳山工業高等専門学校 正会員 田村 隆弘

1. はじめに

コンクリート実構造物の建設初期段階で発生するひび割れは、高品質化が求められる中で問題視されている。特に、橋脚や橋台基礎部においては、部材厚が大きいため、表面積が大きくなり、構造物中心と表面との温度差に起因して発生するといわれている内部拘束ひび割れの発生が確認されている。内部拘束ひび割れは、セメントの水和反応における温度上昇時に部材表面に発生する浅いひび割れであるが、構造条件によっては温度降下時の収縮作用において構造物内部から断面を貫通して発生する外部拘束ひび割れを誘発する因子になりかねない。また、表面の浅いひび割れでも、鉄筋のかぶり厚さまで到達した場合、耐久性への影響がある。内部拘束ひび割れは、コンクリートの打設初期に発生することから、養生期間を経て型枠を外した時点では、内部拘束ひび割れか、あるいは外部拘束ひび割れか判断することが難しい。また、構造物中心と表面の温度差が大きくなりやすいマッシブな構造物で発生することから、室内実験で再現することが困難である。

本研究では、コンクリート実構造物の建設初期段階に発生する内部拘束ひび割れの発生メカニズムを明らかにすることを目的として、有限要素法(FEM)を用いたコンクリート構造物の3次元温度応力解析ソフト(ASTEA-MACS)を用いて、橋脚を想定した解析モデルを作成し、構造物サイズ、構造物初期温度、外気温をパラメータとして解析を行い、内部拘束ひび割れの発生メカニズムについて検討した。

2. 本研究における拘束の定義

図-1に本研究における構造物の温度変化に伴う拘束の定義を示す。本研究では、図に示すように、構造物中心の温度上昇過程において温度差が最大となる最高温度までの過程を内部拘束が卓越する範囲とし、最高温度以降に温度

が降下する過程を外部拘束が卓越する範囲として扱う。

3. 多変量解析概要

解析対象モデルは、一般的に部材厚が大きいため、構造物内部と表面での温度差が大きくなり、内部拘束ひび割れが発生しやすいとされる橋脚形式とした。図-2に解析モデルの概要を示す。茶色①が地盤、青色②が先行リフト、赤色③が分析の対象としたリフトを示している。また、解析モデルはx, y方向における4分の1スケール対称モデルで作成した。

4. 解析条件

表-1に解析で適応した表面熱伝達率を示す。コンクリートの型枠は合板を使用し、型枠存置期間である12日までを $8(\text{W/m}^2\text{C})$ 、12日以降を $14(\text{W/m}^2\text{C})$ とした。表-2に解析パターンを示す。解析パターンは山口県施工管理記録

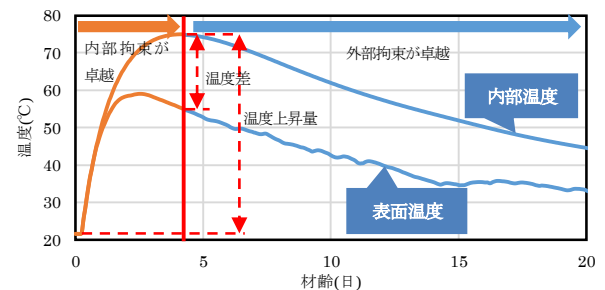


図-1 本研究における温度変化に伴う拘束

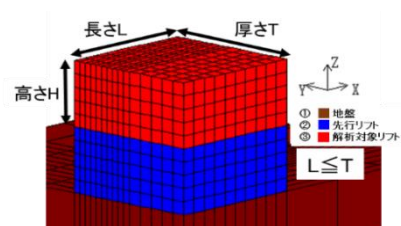


図-2 解析モデル例

表-1 表面熱伝達率の設定

物性値	地盤	コンクリート
表面熱伝達率 ($\text{W/m}^2\text{C}$)	14一定	型枠面; 12日まで8, 12日以降14 打継面; 14一定

キーワード 内部拘束 温度差 温度上昇量

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台 徳山工業高等専門学校 構造研究室

TEL 0834-29-6200

データにより、実際に施工されたことのある橋脚のサイズの範囲で設定した。また、構造物の長さ L と厚さ T の比は1:1及び1:2とした。外気温をパラメータとした場合は、構造物初期温度は 20°C 一定、構造物初期温度をパラメータとした場合は、外気温は 20°C 一定とした。解析総数は全180パターンである。解析結果で示す表面最大引張応力は、構造物の表面要素の中で最大の引張応力が発生した場所での値(材齢1.5日～4.7日の範囲)を示し、内部最小ひび割れ指数については、構造物の内部要素の中での最小の値(材齢9.3日～60日の範囲)を示している。また、温度差は、図-1に示すように、構造物中心が最高温度に達した時点でのその要素と表面最大引張応力が発生した要素の温度差である。そして、温度上昇量は、構造物中心における初期温度から最高温度までの温度の上昇量である。

5. 解析結果

図-3に外気温ごとの構造物表面に発生した最大引張応力と温度差の関係を示す。外気温が低いほど構造物表面の温度上昇量が外気温の影響により低下するため、中心と表面の温度差が大きくなる。しかし、外気温が高くなるにつれ、中心と表面の温度差が小さくなる一方で構造物表面に発生する引張応力は増加することが確認された。

図-4に構造物表面に発生した最大引張応力と構造物中心の温度上昇量の関係を示す。構造物中心の温度上昇量が大きくなるほど、表面に発生する引張応力が増加することが確認された。温度上昇量が大きいほど構造物中心の温度上昇に伴う膨張作用が増加するため、表面に発生する引張応力が増加したと考えられる。

図-5に温度差ごとの最高温度 60°C 以下の範囲、図-6に最高温度 60°C 以上の範囲における構造物内部の最小ひび割れ指数と最高温度の関係を示す。最高温度 60°C 以下の範囲においては、構造物中心と表面の温度差が 20°C 以下に収まった。また、温度差が大きいほど、同じ最高温度でも構造物内部におけるひび割れ指数が小さくなっていることから、最高温度が同じ場合、構造物中心と表面の温度差が大きいほど温度上昇後の温度降下において、収縮量が大きくなるため、内部に発生する引張応力が増加すると考えられる。

6. 結論

構造物中心と表面における温度差が小さい場合でも、構

表-2 解析パターン

長さ $L(\text{m})$	1, 2, 4
厚さ $T(\text{m})$	1, 2, 4, 8
高さ $H(\text{m})$	1, 2, 3, 4, 5, 6
初期温度($^{\circ}\text{C}$)	15, 20, 25, 30, 35
外気温($^{\circ}\text{C}$)	15, 20, 25, 30, 35

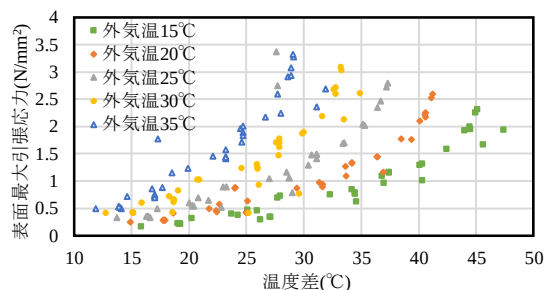


図-3 表面最大引張応力と温度差の関係

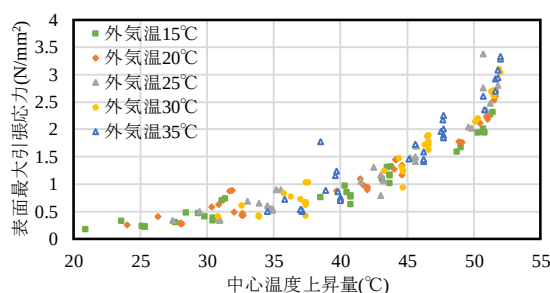


図-4 表面最大引張応力と中心温度上昇量の関係

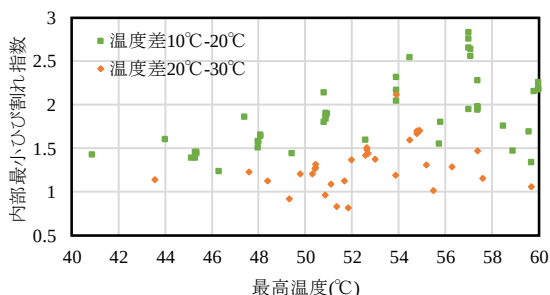


図-5 内部最小ひび割れ指数と最高温度の関係 (60°C 以下)

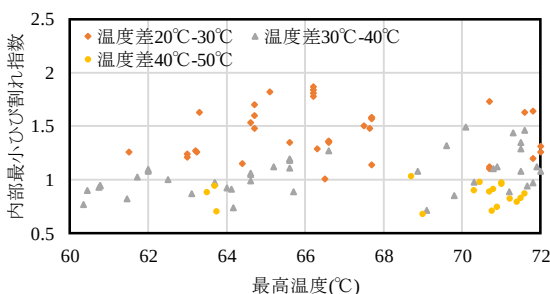


図-6 内部最小ひび割れ指数と最高温度の関係 (60°C 以上)

造物中心部の温度上昇量が大きくなるに従って、構造物の表面に発生する引張応力は増加することが分かった。また、最高温度が同じ場合、温度差が大きいほど構造物内部のひび割れ指数が低下することが確認された。

参考文献

- (1) 山口県建設技術センター： <http://www.yama-ctc.or.jp>