

温度降下速度の違いによる外部拘束ひび割れへの影響に関する検討

飛島建設 正会員 ○小林 剛
飛島建設 正会員 槇島 修

1. はじめに

コンクリートの温度ひび割れの抑制手法として、ひび割れ制御指針では、「最高温度到達後に保温養生を行い、温度降下速度を緩やかにすると、外気温と平衡に達するまでの時間が長くなり、それに伴うクリープによる応力緩和の進行と引張強度の発現により、温度ひび割れ抑制効果が大きくなる」と示されている¹⁾。また、保温養生は外部拘束を受ける壁部材のひび割れ抑制に有効であるとする報告もある²⁾。しかし、これらの効果は、定量的に評価できていない。

本研究では、保温養生の適用による引張応力の低減効果を定量的に把握することを目指し、最高温度到達後の温度降下速度の変化が、発生するひずみに与える影響を実験的に評価した。温度降下速度の変化は、最高温度到達後の保温条件を変えることと環境温度を変更することで行った。

2. 実験概要

実験に使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた、水セメント比 50.8%、単位セメント量 339kg/m³の配合とした。表-1 に使用したコンクリートの配合を示す。試験体は、底版と壁部材で構成し、外部拘束の影響を受ける壁部材の下部から 150mm の高さで温度および壁の長さ方向のひずみを計測した。図-1 に試験体の寸法および計測位置を示す。熱電対による温度計測と、埋込型ひずみ計によるひずみ計測を行い、10 分間隔で計測した。本実験では、型枠脱型後の温度降下量を大きくするため、型枠は、合板と断熱材(厚さ 200mm のスタイロフォーム)を組合せた断熱型枠とした。また、温度降下速度の違いは、脱型の有無と脱型後の保温効果の異なる条件を設定した。表-2 に設定した保温条件を示す。また、試験体の実験環境は、外気温の影響を受ける屋内環境とし、打込み温度や外気温が異なれば同一の保温条件でも温度降下速度に違いが生じると考えられることから、秋期(10月~11月)と冬期(2月~3月)

で実験を実施した。

3. 実験結果と考察

3-1 保温条件の違いによる影響

秋期に実施した、温度計測結果を図-2 に示す。最高温度はいずれの試験体も、同様の値を示し、打込みから 22.4℃温度上昇した。また、外気温と同等の温度に低下するまでの期間は、「断熱」で約 14 日、「保温」で約 6 日、「露出」で約 5 日であり、温度降下速

表-1 使用したコンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
50.8	44.8	172	339	558	1007	3.39

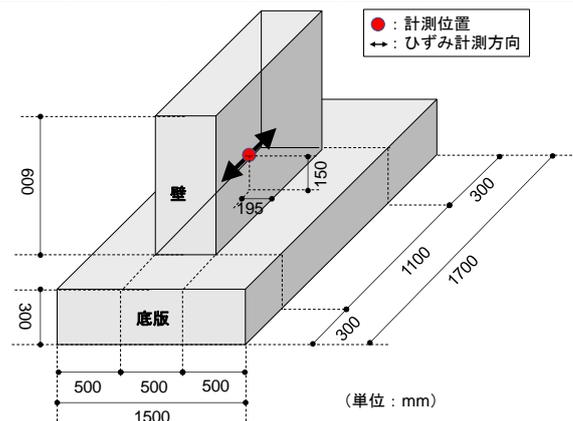


図-1 試験体の寸法および計測位置

表-2 保温条件

名称	保温方法	
	最高温度到達前	最高温度到達後
露出		露出
保温	断熱型枠	気泡シート3枚
断熱		断熱型枠

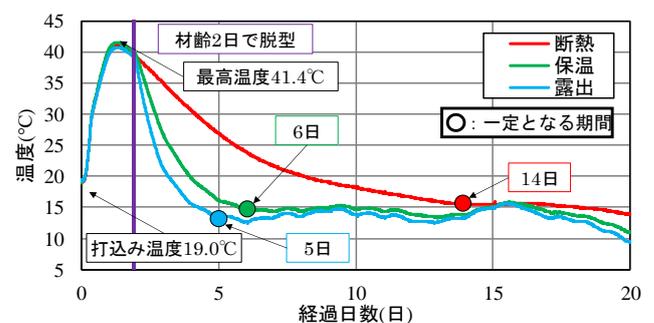


図-2 温度計測結果(秋期)

キーワード 外部拘束, 温度ひび割れ, 温度降下速度, クリープ

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設(株)技術研究所 第三研究室 TEL04-7198-7577

度に違いが生じていることを確認した。

ひずみの計測結果を図-3に示す。打込みから最高温度到達時点まで、いずれの試験体も同様にひずみが増加している。型枠脱型以降のひずみは、時間とともに低下し、部材の温度低下が収束する時期とほぼ同時期にひずみが安定することを確認した。ただし、安定した時点のひずみは、保温条件によって差異があり、温度降下速度が大きい条件ほどひずみは小さく、収縮側に変形していることを確認した。

壁部材の下部では、最高温度到達後の温度低下に伴う壁部材の温度収縮によって、拘束体側の底版のひずみに影響を与えるものと考えられる。つまり、実験で計測される壁部材のひずみは、壁部材の強度発現とともに増加する弾性係数が大きいほど、底版の変形を増加させ、壁部材のひずみは小さくなると考えられる。しかし、保温効果が高く、強度発現が早いと考えられる「断熱」の条件では、他の保温条件に比べてひずみが大きい結果となった。このことから、「断熱」の条件では、強度発現に伴う弾性係数の増加よりも、温度降下速度を緩やかにすることで生じるクリープが影響し、見かけの弾性係数が極端に小さくなっている可能性があると考えられた。

3-2 環境温度の違いによる影響

冬期に行った温度計測結果を図-4に示す。ここでは、冬期の結果を実線、秋期を破線で示した。冬期では、外気温と同等の温度に低下するまでの期間は、「断熱」で約16日、「保温」で約8日、「露出」で約7日であり、秋期に比べて長くなり、同じ保温条件であっても温度降下速度が小さいことを確認した。

ひずみ計測結果を図-5に示す。最大ひずみ発生以降のひずみの推移は、秋期と同様の傾向であるが、部材温度が外気温に近づき、安定した時点のひずみは、秋期よりも冬期のほうが大きい値を示した。このことは、温度降下速度が小さくなることによるクリープへの影響と、冬期は、強度発現が遅くなることから、クリープの影響がより大きく表れたものと推察する。

4. まとめ

温度降下速度が異なる試験体の温度およびひずみ計測により、以下の知見が得られた。

- ①保温効果が高く、温度降下速度の小さい条件ほど、温度低下時点のひずみが大きいことを確認した。
- ②打込み温度および外気温の低い時期では、温度降

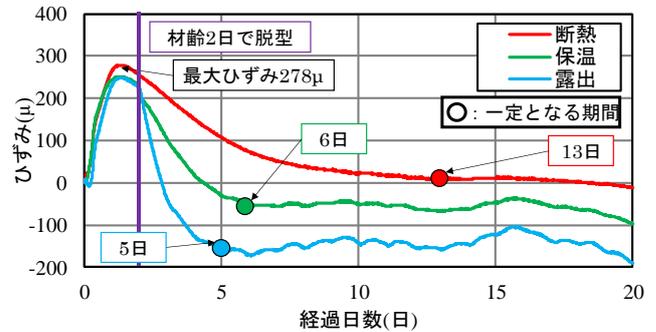


図-3 ひずみ計測結果(秋期)

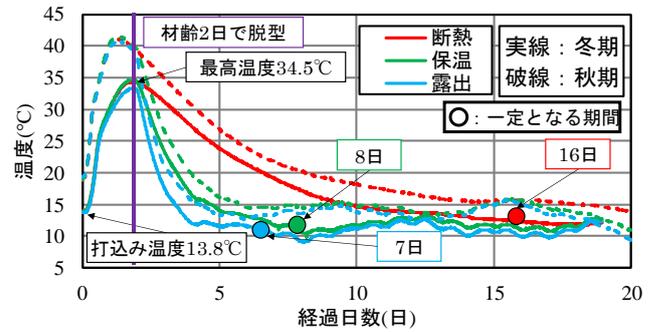


図-4 温度計測結果(冬期および秋期)

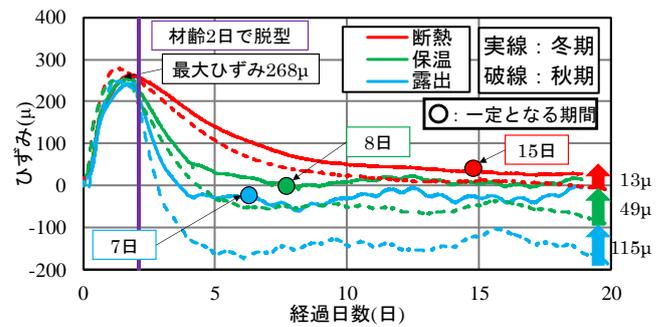


図-5 ひずみ計測結果(冬期および秋期)

下速度が小さくなり、温度低下時点のひずみが大きいことを確認した。

- ③温度降下速度を小さくすることで、クリープの影響による見かけの弾性係数が低下し、温度ひび割れの抑制に有利なることを把握した。

このように、保温条件の違いや環境温度の違いによって生じる温度降下速度の差異は、クリープに影響を与えることを確認し、外部拘束による温度ひび割れの発生に影響を与えるものと考えられた。今後は、温度降下速度の違いによるクリープの影響を定量的に評価し、温度応力解析に反映したい。

参考文献

- 1)コンクリート工学会:ひび割れ制御指針 2016, p.32
- 2)國武昌人他:ボックスカルバート壁体の温度ひび割れ防止養生方法, 農業農村工学会, 農業土木学会 論文集第 180 号, 第 63 巻, 第 6 号, pp.741-749, 1993.