

養生条件が異なるコンクリート供試体内部の温度変化に関する考察 Consideration on Temperature Variations inside Concrete Specimens with Different Curing Conditions

中園 健文 小野 貴史 中澤 隆雄 菊村 忠由
Takefumi Nakazono , Takashi Ono , Takao Nakazawa and Tadayoshi Kikumura

はじめに コンクリート構造物の温度ひびわれを制御するためには、実際の養生状態に近い境界条件や使用するコンクリートの熱特性値、発熱特性等を採用した温度解析により構造物内部の温度変化を正確に予測する必要がある。これまで、空調設備のある実験室内や気温変動の大きな屋外において、数種類の寸法で作成した円柱供試体内部の温度計測実験を行い、コンクリートの温度変化を環境条件や供試体寸法の観点から考察した¹⁾。さらに、この計測温度をもとにした温度解析を行い、放熱のあるコンクリートに適した温度上昇実験式の検討を行った²⁾。これらの研究成果から、供試体の寸法に拘らず型枠の脱型時には極端な温度低下が見られ、温度解析においては、この温度低下後の温度変化を再現できないことが明らかになった。

そこで本報では、実験室または屋外において、型枠の脱型がある場合と脱型がない場合の円柱供試体を寸法別に作成し、各供試体内部の温度を計測する実験を行うことで、型枠の脱型による温度低下量や温度低下の影響を受けたコンクリートの温度変化を考察したので報告する。

円柱供試体の概要 実験に用いる円柱供試体は 150×300mm、200×400mm、250×500mm および 300×600mm の 4 種類とし、150mm のみ圧縮強度試験用の鑄鉄製の型枠と塩化ビニールパイプ(塩ビ)を、他の寸法の供試体には全て塩ビを用いて、

それぞれを実験室または屋外において作成した。打設については、表-1 に示した配合のレディミクストコンクリートを 2 または 3 層に分けて締固めた。熱電対センサーは 150mm には中心部に 1 本、200mm と 250mm には中心部と表面近傍の計 3 本、300mm には中心部、表面近傍および表面部位の計 7 本埋設し、打設から材令 28 日までの温度変化を計測した。なお、熱電対センサーの埋設位置については前報¹⁾を参照されたい。また、型枠の脱型作業は打設から約 48 時間後に脱型作業を行い、その後は外部に露出した状態で気中養生を行った。

表-1 コンクリートの配合

セメントの種類	高炉セメント B 種	
呼び強度	21 (MPa)	
粗骨材の最大寸法	20 (mm)	
スランブ	8 (cm)	
空気量 ¹⁾	4.5 (%)	
細骨材率	44.2 (%)	
水セメント比	58 (%)	
単位量 (kg/m ³)	セメント	269
	水	156
	細骨材	823
	粗骨材	1,076
	AE 減水剤	2.69

温度計測結果および考察 型枠の脱型の有無による円柱供試体中心部の温度計測結果の一例を図-1 および図-2 にそれぞれ示す。なお、供試体の寸法は 300mm である。実験室内で気中養生を行った円柱供試体中心部の温度を比較した図-1 を参照すると、ピーク温度の値は脱型ありの場合は 35.4℃、脱型なしの場合は 34.5℃ で、両供試体とも打設から 11 時間後にピーク温度に達していた。一方、屋外で気中養生を行った供試体中心部の温度を比較した図-2 を参照すると、ピーク温度は脱型ありで打設から 8 時間後に 31.9℃、脱型なしでは 10 時間後に 31.1℃ であった。ピーク温度に達した時点では全ての供試体が型

宮崎大学農学部 Faculty of Agriculture, Miyazaki University

大分県庁 Oita Prefectural Office

宮崎大学工学部 Faculty of Engineering, Miyazaki University

宮崎県生コンクリート工業組合 Ready-Mixed Concrete Association of Miyazaki

枠の脱型を行っていないため、同じ環境条件下では供試体間の大きな温度差がみられなかった。ところが、実験室でのピーク温度と屋外でのピーク温度を比較すると、約 3.5 と環境条件間での差があった。これは、打設からピーク温度までの実験室温の低下量が約 4 であるのに対し、屋外では約 11 と外気温の低下量が大きいため、コンクリートの発熱量が抑制されたことが考えられる。また、型枠の脱型作業を行った 48 時間後から、実験室および屋外に拘らず脱型ありの供試体の温度が急激に低下しており、打設後 57~59 時間後には脱型なしの供試体との温度差が約 3 と最も大きくなった。本実験では型枠の脱型作業を打設後 48 時間(2 日後)と比較的早い時期に行っており、硬化過程のコンクリート中の水分が表面から蒸発することによる気化熱の影響で供試体内部の温度が急激に低下したことが推察される。さらに、脱型後は型枠の有無に拘らず実験室および屋外の気温に応答した温度変化になり、脱型ありの温度が徐々に上昇しながら脱型なしの温度に近づき、316 時間(約 13 日)後に一致した。一般に、コンクリートのセメント水和熱による温度上昇は材齢 14 日前後で停止するといわれており³⁾、

300mm の供試体のセメント水和熱による温度上昇も材齢 316 時間で終了したと考えられる。

次に、実験室における型枠の材質および脱型の有無の違いによる温度の比較を示した図-3 を参照すると、塩ビを用いた 150mm の供試体は鑄鉄の場合よりもピーク温度の時間は約 18 時間早くなっているが、ピーク温度の値は型枠の材質に拘らず約 30 であった。また、脱型作業後の脱型ありと脱型なしの温度低下量を比較すると、塩ビの場合は鑄鉄の場合に比べ約 1 大きな値になった。このことから、比較的初期の材齢では、塩ビを型枠とした場合が鑄鉄よりも外気への放熱量が小さくなると考えられる。

・**まとめ** 本報のまとめとしては、以下のことが挙げられる。

外気温の温度低下量が大きくなるほど、コンクリートの発熱量が抑制された傾向になる。

型枠の脱型を行うと、表面からの水分蒸発による気化熱でコンクリートの温度が低下する。

300mm の円柱供試体のセメント水和発熱は、脱型の有無に拘らず約 13 日で停止する。

初期の材齢では、鑄鉄より塩ビを型枠に用いた方が供試体表面からの放熱量が小さくなる。

<参考文献> 1) 中園健文 他:異なる寸法をもつコンクリート円柱供試体内部の測定温度の実験的考察,平成 12 年度農土学会大会講演要旨集, pp.576-577. 2) 中園健文 他:放熱のある供試体に適したコンクリート温度上昇実験式に関する研究,平成 13 年度農土学会大会講演要旨集, pp.574-575. 3) 村田二郎(1993):改訂新版・コンクリート技術 100 講,山海堂, pp.352-356.

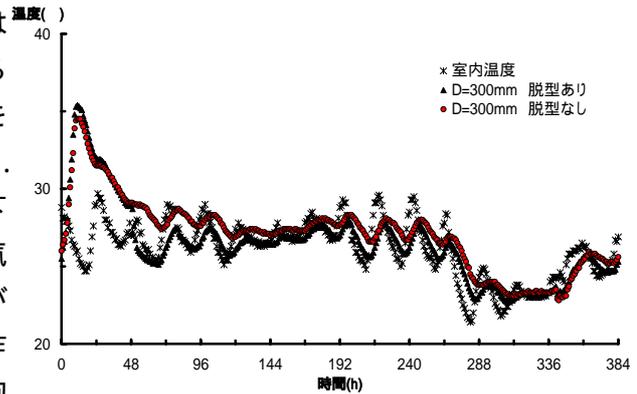


図-1 実験室における脱型の有無の違いによる供試体中心部の温度比較(300mm)

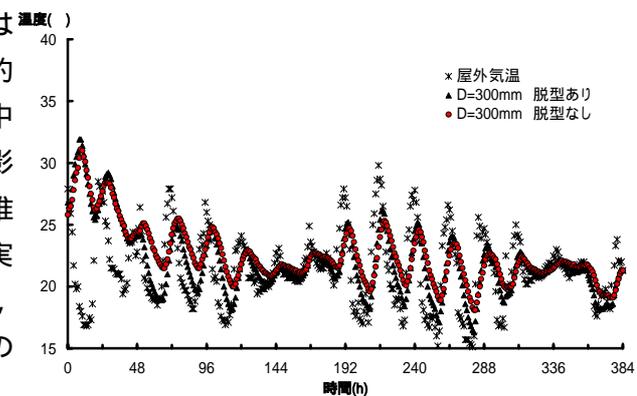


図-2 屋外における脱型の有無の違いによる供試体中心部の温度比較(300mm)

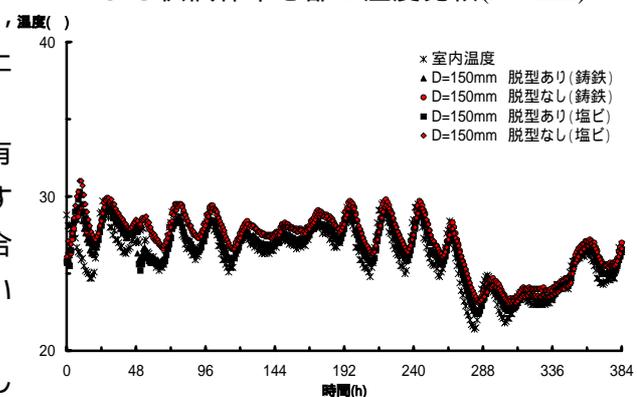


図-3 型枠の材質および脱型の有無の違いによる供試体中心部の温度比較(実験室)