熱流センサーを用いたコンクリートの簡易断熱試験

三井住友建設㈱　正会員　○墓　　哲義
三井住友建設㈱　正会員　　樋口　正典
三井住友建設㈱　正会員　　梶　　貢一
ものつくり大学　正会員　　澤本　武博

1．はじめに

マスコンクリート構造物の施工においては，セメントの水和発熱に起因する温度ひび割れに対して温度応力解析による事前照査が行われるが，その際に重要になるのがコンクリートの発熱特性である。コンクリートの発熱特性は使用する材料や配合によっても異なることから，実際に使用する材料や配合を用いた試験により求めることによって解析精度の向上が図れるものと考える。そこで，現場などでも比較的容易に実施できると考えられる熱流センサーを用いた簡易断熱試験の可能性について検討を行った。

2．試験概要

簡易断熱試験に使用した発泡スチロール製の保温型枠は**図-1** に示す通り，外径 565mm，高さ 725mm の円柱状で，中心部に配置されたφ150×300mm のブリキ製型枠が 200mm の断熱材で覆われる形状とした。

測定項目は外気温，コンクリート温度，ブリキ製型枠面での熱流束とし，外気温およびコンクリート温度の測定にはＴ型熱電対を使用し，コンクリート温度の測定位置は高さ方向中央の中心部と型枠内側面部とした。中心部は熱伝導率の比較的小さなアラミドロッドを用いて固定し，型枠内側面部はブリキ製型枠にテープで固定した。熱流束の測定には熱流センサーを使用した。使用した熱流センサーは貼付けタイプで，受感部幅 10mm，長さ 54mm の薄型センサーで型枠外側面に熱伝導性両面テープを用いて貼付けた。熱電対の設置状況を**写真-1** に熱流センサーを**写真-2** に示す。測定期間は，コンクリート温度が外気温と同程度となる 1 週間とし，20℃の恒温室に保管した。保管状況を**写真-3** に示す。

コンクリートはＰＣ上部工などで多く使用されている早強ポルトランドセメントを用いた設計基準強度 40N/mm^2 のコンクリートを使用した。配合条件を**表-1** に示す。コンクリートは試験室で練混ぜ，ハンドスコップを用いて打ち込んだ。締固めには小型の内

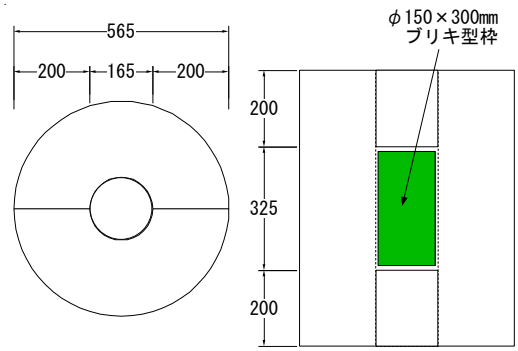

図-1　断熱型枠

写真-1　熱電対設置状況

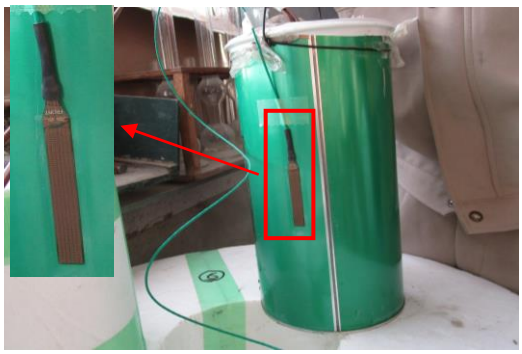

写真-2　熱流センサー設置状況

表-1　配合条件

W/C (%)	s/a (%)	Gmax (mm)	ｽﾗﾝﾌﾟ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m^3)	
					セメント (早強)	水
40	43.0	20	12	4.5	400	160

Gmax：粗骨材の最大寸法　W/C：水セメント比　s/a：細骨材率

キーワード：マスコンクリート，簡易断熱，熱流センサー，熱流束，断熱温度特性，ブリキ型枠
連絡先：〒270-0132　千葉県流山市駒木 518-1　三井住友建設株式会社　技術研究所　TEL04-7140-5201

部振動機を用いた。打込み時のコンクリート温度は 17℃，室温は 19℃であった。

３．温度上昇特性の推定方法

保温型枠内に打ち込んだコンクリートの測定温度に，保温型枠からの熱損失量を加算することによって断熱温度上昇量を推定した。保温型枠からの熱損失量の算出方法については，保温型枠の熱伝達率から求める方法と，熱流センサーによって測定された熱流束から求める方法の 2 種類とした。なお，コンクリートの中心と表面の温度差は非常に小さいことから，供試体内での熱伝導は無視した。

保温型枠の熱伝達率については，試験終了後の供試体を乾燥器で 80℃まで加熱し，20℃の恒温室内に設置された保温型枠内での温度降下を測定することによって求めた。

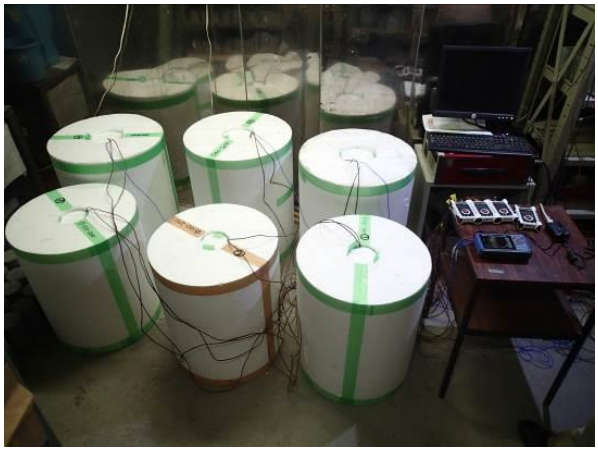

写真-3　測定状況

４．測定結果

図-2 にコンクリート温度の測定結果とブリキ製型枠面に貼り付けた熱流センサーによる熱流束の測定結果を示す。コンクリートの中心と表面の温度差は非常に小さく，供試体内での熱伝導が無視できることが確認できる。熱流束は，供試体からの熱流出量を表すが，コンクリートの温度上昇に伴って熱流出が大きくなっていることがわかる。これは外気との温度差に起因するものであり，コンクリート温度と熱流束の関係性が確認できる。

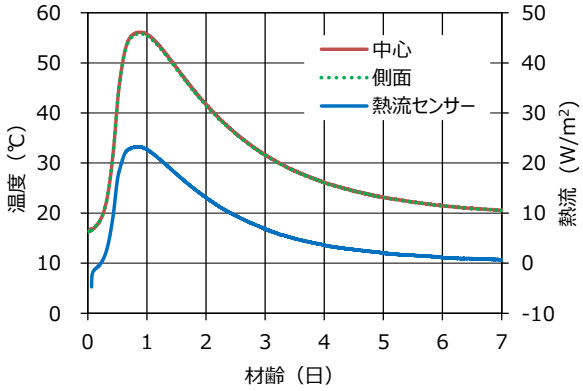

図-2　温度と熱流結果

図-3 に断熱温度上昇曲線の推定結果を示す。なお，図中には比較のため，コンクリート標準示方書に示されている標準的な断熱温度上昇曲線を併記した。保温型枠の熱伝達率を用いた結果と熱流束を用いた結果はほぼ等しく，熱流センサーを用いた簡易断熱試験の可能性が確認できた。ただし，示方書の値に比べると最大値で 10℃以上も低く，放熱の影響が考えられる。コンクリートの水和発熱については温度依存性があり [1)]，温度が高い方が発熱速度は大きくなる。そのため，放熱により温度が低下し，その分発熱量も低下したものと考える。

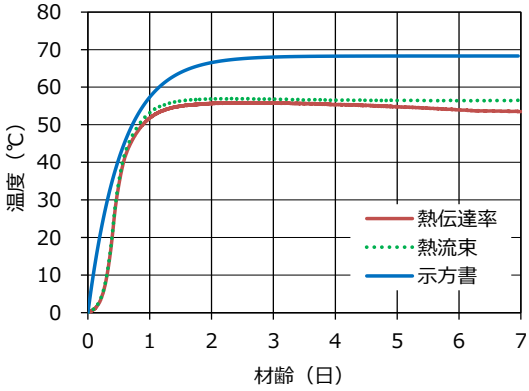

図-3　推定断熱温度上昇結果

５．おわりに

熱流センサーを用いた簡易断熱試験の可能性について検討を行った結果，従来の保温型枠の熱伝達率を用いた場合とほぼ同等の結果が得られ，その適用性が確認できた。この方法を用いれば，保温型枠の熱伝達率試験も不要となり，保温型枠の材質や形状も任意で行えることから，現場や現地の生コン工場でも容易に試験を行うことが可能になると考える。ただし，少しでも放熱がある状況では，完全な断熱状態における発熱量を求めるのは困難であり，水和発熱の温度依存性も考慮した試験が必要になるものと考える。

参考文献

1) 鈴木康範，辻幸和，前川宏一，岡村甫：コンクリート中に存在するセメントの水和発熱過程の定量化，土木学会論文集，第 414 号，V-12，pp. 155-164，1990. 2