

(株) 大林組 正会員 小西 一寛
(株) 大林組 正会員 十河 茂幸

1. まえがき

マスコンクリートの施工に際し、セメントの水和熱によって断面内外に温度差が生じる。このコンクリートの温度差によってコンクリート表面部に引張応力が作用し、ひびわれが発生する場合も少なくない。コンクリート内部温度を下げる方法としてはパイプクーリング等が有効であるが、表面部分を断熱し温度差によって生じる応力を低減する方法もある。本報告は、養生方法を変えた場合の温度測定結果と、温度差応力に対する養生効果について一考察を行なったものである。

2. 実験概要

厚さ 1 m のフラットスラブに表-1 に示す配合のコンクリートを打設し、1 日経過後、表-2 に示す 4 種類の表面養生を行なった。養生は全て自然条件下であり、発泡スチロール厚は 10 cm、湛水厚は 5 cm、養生マットは厚さ 1.0 cm のものを使用した。養生範囲は 4 m × 4 m とし、測定位置はこの中心断面で、断面方向の位置を表-2 に示す。なお、温度測定は Cu-Co 熱電対を用いて行なった。

表-1 コンクリートの配合

骨格材の最大寸法 (mm)	スラブ厚 (mm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C	細骨材率 S/a	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	骨格材	混和剤
					W	C	S	G	サンフロー-R
25	12	4	59	45.8	143	242	879	1063	0.968

※ セメントはマスコン型高炉 B 種使用

3. 温度測定結果および考察

4 種類の養生における温度測定結果の概要を表-2 に示す。また、各養生条件下の内外面温度差の経時変化を図-1 に示す。発泡スチロール養生はコンクリート内外面の温度差が最も小さい。この養生は、断熱効果が大きく、最大温度上昇量も他の養生に比較して 4 ~ 5 °C 大きかった。養生効果を比較するため、温度測定結果を用いて、熱貫流率を算出し表-3 に示す。

熱貫流率の小さい養生、すなわち内外面温度差の小さくなる養生は、発泡スチロール養生、マット養生、湛水養生、自然養生の順で湛水養生と自然養生はほとんど同程度であった。湛水養生はマスコンクリートの養生に適していると言われているが、湛水厚が薄い場合は気化熱などの影響を受け表面温度をむしろ下げる場合も考えられる。しかし、湛水養生は外気温の影響をやわらげ、表面温度の変動が比較的小さく、表面応力の低減には効果があると思われる。

表-2 測定位置と測定結果概要

	A 自然	B 発泡スチロール	C 湛水	D 養生マット
養生方法	自然	発泡スチロール	湛水	養生マット
SW No.	0	8	6	24
測定位置	7	15	23	31
ピーク養生時間(hr)	110	130	105	105
最大温度(°C)	17.5	23.4	17.9	19.0
ピーク時表面温度(°C)	12.5	21.5	12.8	14.3
最大温度時の内外差(°C)	5.0	1.9	5.1	4.7
材令10日 T _{center} (°C)	10.1	19.9	10.6	11.5
材令10日表面温度(°C)	3.0	18.0	3.5	5.5
材令10日の内外差(°C)	6.9	1.9	7.1	6.0

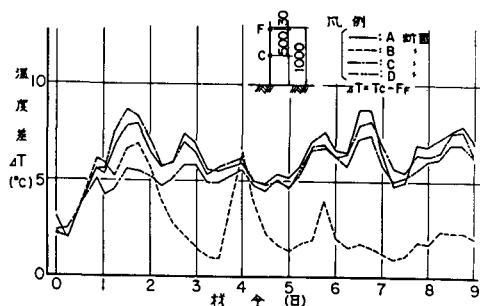


図-1 内外面温度差の経時変化

表-3 熱貫流率測定結果

	養生方法	α (Kcal/m ² h°C)
A	自然	1.0 ~ 2.0
B	発泡ウレタン (10cm)	2.5 ~ 3.5
C	湛水 (5cm)	1.1 ~ 1.4
D	養生マット (1cm)	8 ~ 11

4. 温度応力への影響

前にも述べた通り内外面温度差による引張応力は、温度上昇時に表面部にて最大となるため、今回の温度測定結果を用いて表面部コンクリートの応力を試算し比較する。

コンクリート打設に伴う温度応力は、一般に、外部拘束による応力と内部拘束による応力（内外面温度差による応力）の総和となるが、ここでは、打設直後から数日のコンクリート表面応力に着目するため、後者のみにて計算を行った。

計算モデルは、厚さ5mのフラットスラブを表-1に示す配合のコンクリートで打設し、養生を表-4に示すような3種類の養生を行ったケースとした。図-2に表面温度および中心温度曲線の経時変化、図-3に表面部コンクリート応力の経時変化を示す。図-2の表面温度は、表-3に示す熱貫流率を用いて計算したが、スラブ厚5mの中心温度は、断熱状態と仮定し、表面養生の違いによって変えないものとした。

図-3の結果より、コンクリート打設直後表面温度の低い養生①は、中心温度が、最大値を示す時期までコンクリートの引張強度に表面部応力が接近して、表面部温度ひびわれに對しきびしい状況である。

打設後の表面温度の高くなる養生③は、打設直後より表面部の引張応力は小さいが、養生撤去によって表面温度が急激に低下する。このため、内外面温度差によるコンクリート表面部の引張応力が、急増し表面部温度ひびわれに對し、きびしい状況となる。しかし、養生期間を長くすることによって、養生撤去による温度ショックは、若干緩和されると考えられる。

前記、養生①、③の表面部コンクリートの温度ひびわれに對しきびしい状況を回避するためには、養生②のような打設後初期から養生①、③の中間を保つ表面養生が適していると考えられる。この養生では、打設直後の（引張強度／引張応力）と養生撤去時の（引張強度／引張応力）が、各々1.5以上となる。

5. あとがき

以上の結果明らかになった点と今後の検討課題を示す。

- (1) マスコンクリートの表面養生として、断熱（保温）養生は、打設直後有効であるが、養生撤去時期が早い場合、表面温度降下量が著しいため、温度ひびわれに對して危険な状態となる場合がある。
- (2) マスコンクリートの表面養生として必要な機能は、打設直後の表面部保温と養生撤去時の表面部温度降下量の低減であり、両方の（引張強度／引張応力）を同程度に保つことである。
- (3) 養生撤去時期が、材令2～3週の場合、養生②に示す養生の段階撤去も温度部温度ひびわれ低減に對し、有効である。

なお、部材厚が薄い場合は、断熱養生を行なうと内部温度の上昇を伴うため、外部拘束による温度応力増加も、考慮しなければならない。さらに、養生の効果については、風や日射の影響、乾燥収縮応力の影響なども無視できない因子であり、さらに検討を進めたい。

表-4 養生方法（計算モデル）

	打設後1日～14日	～18日	～21日
養生①	養生マット(1cm)	—	—
養生②	シート+養生マット(2cm)	養生マット(2cm)	養生マット(1cm)
養生③	発泡スチロール(2cm)	—	—

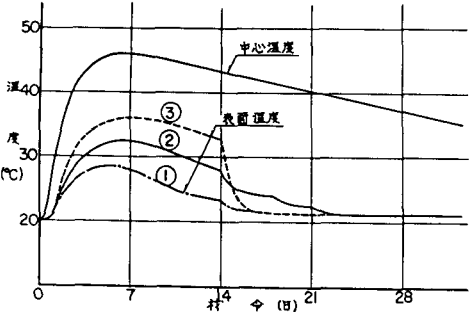


図-2 温度履歴（計算モデル）

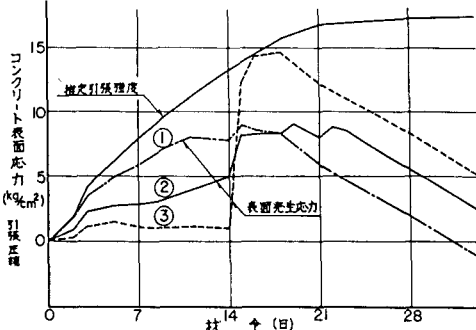


図-3 表面部コンクリート応力（計算モデル）