

# 保温保水マットを用いたマスコンクリートのひび割れ制御

Crack control of mass concrete using keeping warm and water retention mat

(株)砂子組 正会員 佐藤 清正 (Kiyomasa Satou)  
(株)砂子組 非会員 小塚 東八 (Touyatu Kozuka)  
(株)砂子組 非会員 川村 正之 (Masayuki Kawamura)  
(株)砂子組 正会員 近藤 里史 (Satoshi Kondo)  
(株)砂子組 正会員 佐藤 昌志 (Masashi Satou)

## 1 はじめに

マスコンクリートにひび割れが入る条件として、打設コンクリートの内部・外部温度差、鉄筋または打設後の収縮拘束、水和熱が上がることによる養生不足、打設時の外気温度等があげられる。大規模なコンクリート構造物や強度を大きくする必要がある構造物では事前にひび割れ指数を求めるほか、3次元温度応力解析を行い収縮防止鉄筋やコンクリート打ち込み温度を下げる、さらには冬期の打設では温度を上げないようコンクリートに氷を入れる場合もある。基本的にコンクリート一般においてひび割れが入ると言うことは力学的には何処かに自由な収縮をばむ拘束条件があるということが大きな要素であるなかで今回の現場実験では打設割における打ち継ぎ面拘束と養生に着目して計測を行った。

## 2 マスコンクリートのひび割れ制御

一般的に下端が拘束された壁上構造物では厚さ 50cm 程度以上、広がりのあるスラブ構造物では厚さ 80～100cm 程度になるとマスコンクリートのひび割れ対策が必要と言われている。コンクリートは硬化する過程でセメントと水が反応して水和熱を発生し、これによりコンクリートの内部の温度が上昇し、部材寸法の大きい構造物では、温度勾配や温度収縮よってひび割れが発生する（簡単に述べると収縮の差が生じること）。ひび割れ対策の原理としては、外部拘束による温度ひび割れは、急激なコンクリート温度の上昇・下降に伴う部材断面内部の温度勾配の緩和、あるいは部材基盤も含めて部材を支持する隣接構造部材の変形拘束により生じる引張り応力が部材強度を超えた場合に対する補強筋等があるが、これら温度ひび割れの抑制として一般的には以下のような方策が用いられている。

### 1) 水和発熱量や温度差の低減

セメント使用量の低減、低発熱型セメントの使用、練り混ぜ水にアイスフレークや冷水の使用、液体窒素による骨材やコンクリートの冷却、パイプクーリングによる温度上昇の抑制など

### 2) 拘束度の低減

リフト高を低くする、打設間隔を短くする、旧コンクリートを暖める、保温養生を行うなど

### 3) 発生応力の補償

プレストレスの導入、膨張混和材の使用、用心鉄筋の挿入、繊維や樹脂による補強などこれらの既往の手法に対

し、超遅延剤を混和したコンクリートの利用により拘束度の低減を図ったものなど

## 3 今回のひび割れ制御・対策と計測

著者らは過年度に、マスコンクリートひび割れ対策としてコンクリート打設後のコンクリート温度がどの部分でも一定になるよう型枠材としてコンパネ+スタイロフォーム+コンパネの3層構造で断熱型枠を用いて内部温度と表面温度による差から生じるひび割れ対策を考案してきた。コンクリート打設面全面に当該型枠を用いれば適切な打設割りを行えば拘束によるひび割れも防ぐことができる。

しかしながら、この方法は北海道の厳寒期に利用することに留意したもので、一般的に用いるにはコストがかかる。このことから、保温と保水に着目し今回は現場での養生で制御が出来るようにした。この際、各主要な点の温度計測を行っている。用いた養生マットは NETIS KT-980368-V 「Qマット」である。

施工橋台の寸法、および打設割りを図-1 に示した。施工は、中堀鋼管杭にフーチングを打設した後、平均高さ 6m の橋台をフーチング上から 3m で第1リフトとし 3m 以上は第2リフトとしている。

なお、コンクリートの設計基準強度は  $24\text{N}/\text{mm}^2$  で 7～28 は以下のとおりである。

$\sigma_7$	$\sigma_{14}$	$\sigma_{21}$	$\sigma_{28}$
22.5	25.2	28.8	31.9

### コンクリート材令

図中、青 は埋め込みゲージ 12 点、赤 はコンクリート温度（熱電対）12 点、黄色い は外気温度（熱電対）1 点である。ゲージの埋め込みを L/2 と L/4 の場所に埋め込んだ理由は、L/2 は乾燥収縮の問題もあるが第1リフトの拘束効果が殆どでない場所であり L/4 は橋台側面がフリーであるため拘束効果が出やすい場所として選定した。このことから、ひずみ測定の方法は図中で左右の方向、すなわち橋梁軸直角方向に設置した。温度計としての熱電対は橋軸方向、図中の手前のかぶり部分と中央と奥側のかぶり部分に設置してある。写真-1 と写真-2 に設置の写真を示した（埋め込みゲージ）。左の写真は、第1リフトコンクリート打設前と右は第2リフトコンクリート打設前である。

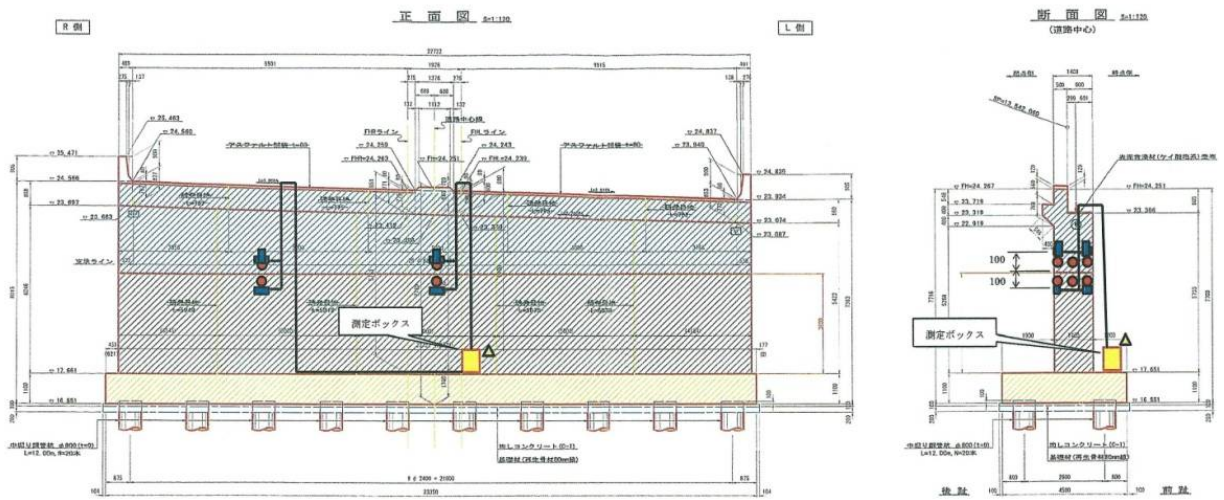


図-1 橋台形状と打設割り

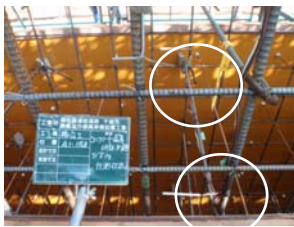


写真-1



写真-2

2R-0X はリフト 1/4 の箇所、O は橋台背面壁、X は橋軸直角を示す。

図-2-1 は第1リフトを打設してからの第1リフトに配置したひずみ計の時系列である。図-2-2 はコンクリート温度である。図-2-3 は第2リフトを打設した時の第2リフト下端に設置したひずみ計の時系列で、図-2-2R-0X は第2リフト 1/4 の箇所、O は橋台背面壁、X は橋軸直角を示す。

図-2-1 は第1リフトを打設してからの第1リフトに配置したひずみ計の時系列である。図-2-2 はコンクリート温度である。図-2-3 は第2リフトを打設した時の第2リフト下端に設置したひずみ計の時系列で、図-2-4

#### 4 計測結果

以下に、計測のひずみ図および温度を示すが、凡例は例えば 1C-IX は、第1リフトの1、センターのC、Iは桁がかかる方の壁面、Xは橋軸直角方向を示す。また、

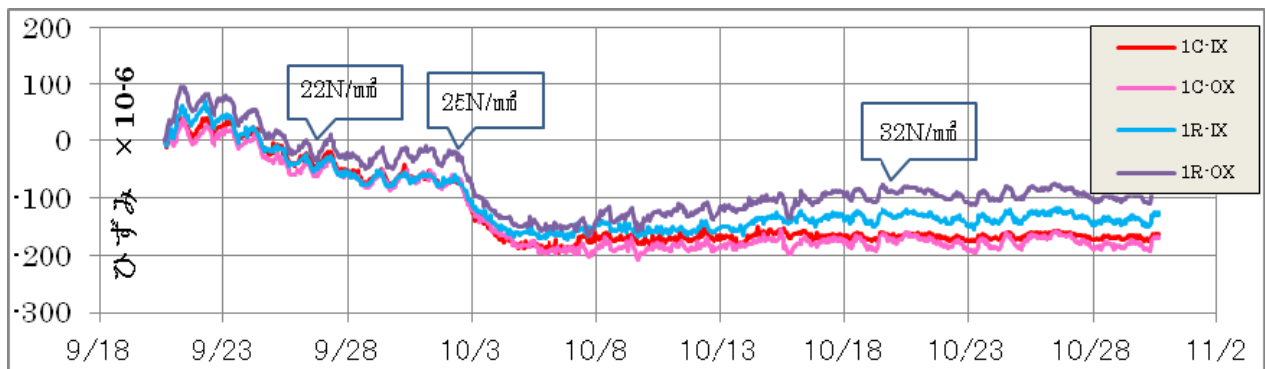


図-2-1 第1リフトを打設してからの第1リフトに配置したひずみ計の時系列

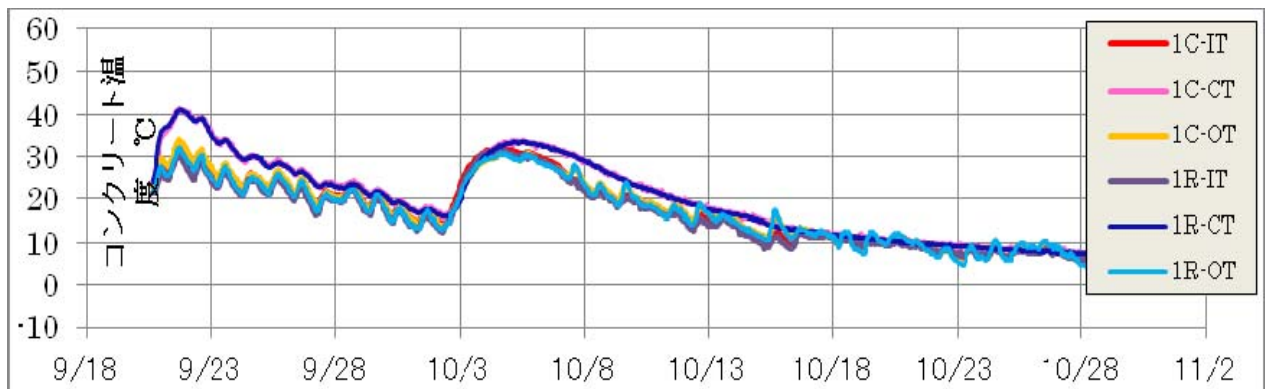


図-2-2 コンクリート温度

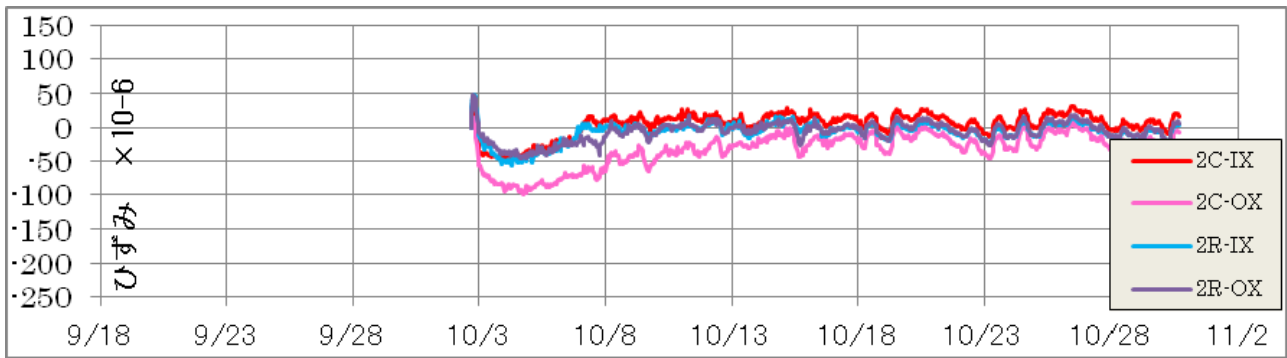


図-2-3 第2リフトを打設した時の第2リフト下端に設置したひずみ計の時系列

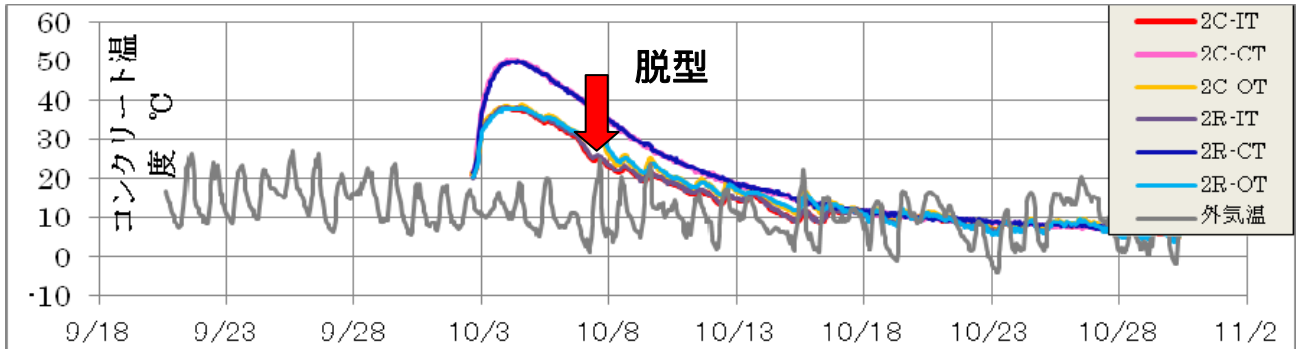


図-2-4 コンクリート温度と外気の温度

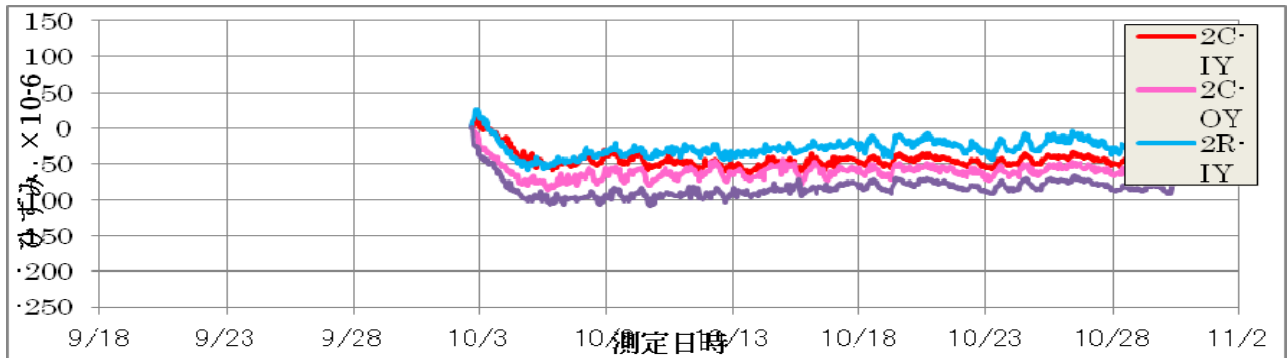


図-2-5 第2リフトY方向ひずみの時系列

はコンクリート温度と外気の温度である。また第1リフト打設時の外気温は 17 、 7 迄の平均気温も 17 である。第2リフトの打設気温は 18 、全期間を通して外気温は 12 である

#### 4-1 第1リフトの経時変化

ひずみに着目した場合、最初の約2週間であるが特にL/4点でのひずみがプラスの引っ張りになっているが、拘束条件も何もない中で引っ張りが生じる原因は考えられないが打設時に一時的にひずみは鉄筋間につるしてあるので鉄筋間隔が若干開いたとも考えられる。

時系列でみると9月26日から第1リフト上面のコンクリートは圧縮ひずみになっており自己収縮および乾燥収縮によりひび割れが入ってもよい段階となる。図-2-2の温度変化ではコンクリート内の温度はピークで 42 、コンクリートの壁面側は 33 で温度勾配は 12.5 /m である。9月20日に打設し8日間で第2リフトを打設しても中心温度と壁面温度はほぼ同じであり温度応力によるひび割れはない。ただし、深さ 1m 程度のコンクリート温度は 55 程度と推察されることから第1リフトの

内部と壁面では 20 程度の差があるがひび割れ指数の簡易予測式から求めた指数は 2.0 で問題は無いと考えられる。

養生に関しては9月20日から第2リフトのコンクリート打設前の10月3日まで湿潤・保温マットを用いた。平均外気温が 17 で打設した第1リフト中央の温度が 20 40 17 というように2週間で変化している。外気温は 1 日で 20 の差があるがコンクリート表面温度は外気に追従していないことからマットの保温効果は確認されたが湿潤計を設置しなかったことからその効果はデータでは示せないがクラックが入らなかったので効果はあったと推察される。

#### 4-2 第2リフト打設時の経時変化

第2リフトは10月2日にコンクリート打設を行った。第1リフトに比較して壁厚中央の温度は急激に上がっている。図-2-2は第1リフトのコンクリート温度であるが緩やかに 30 まで上昇しており第2リフトの水と熱は第1リフトに移動している。ひずみの時系列では一度圧縮ひずみが発生した後、脱型時からゼロひずみ状態と

なっている。一般的には、第1リフトの拘束が働いてひび割れの原因となる圧縮ひずみが生じるが発現強度が早いことからこの様な状態になっていると考えられる。

すなわち、打設直後1週間のみしか拘束は働いていないということである。第1リフト、第2リフトの乾燥収縮ひずみは $-200\mu$ ストレイン程度で問題は無いと考えられる。図-2-5は第2リフトY方向すなわち上下の歪みであるがX方向とほぼ同じような挙動を示している。ただし、 $50\mu$ ストレインの圧縮側で推移しているがこれはY方向は拘束がないので自己収縮、乾燥収縮と推察される。

## 5 まとめ

コンクリート一般においてひび割れが入ると言うことは力学的には何処かに自由な収縮をばむ拘束条件があるということが大きな要素であるなかで今回の現場実験では打設割における打ち継ぎ面拘束と養生に着目して計測を行った。

その結果として、

1) 第1リフトに関し外気温度とコンクリート温度を比較した場合、保湿・保温マットを用いた場合、型枠側面とリフト上面の温度変化を比較するとマットは保温では機能が果たされている。湿潤状態は計測を行わなかったので評価できないが少なくともひび割れは出ていない。

2) 打ち継ぎ面での温度に関しては第2リフトの発熱温度は第1リフトに流れ、打設割としては妥当だったと考えられる。7～28までの発現強度は第1、2リフトとも同じ傾向を示した中で第1リフトの温度は20上昇している。

3) 第2リフトに関し、コンクリート打設後の第1リフトの拘束は第1週までで7日以降のデータからすれば拘束された状態でのひずみは $-100\mu$ ストレイン程度と推察される。

4) 養生マットに関しては、通常はダムの打ち継ぎ表面に関する成果が報告されていることからフーチング上部での保湿・保温を計測すればその効果のデータが得られたと推察される。

## 6 あとがき

現場を提供して頂いたとともに適切な指導を頂いた札幌開発建設部千歳道路事務所の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

コンクリート標準示方書に基づいた乾燥収縮ひずみの早期判定方法 土木研究所