

## 中空床版橋のマスコンクリート部における解析的検討

川田建設(株) 大阪支店 事業推進部 正会員 工修 ○札立 重好  
 川田建設(株) 大阪支店 事業推進部 正会員 大久保 孝

### 1. はじめに

P C連続中空床版橋の支点横桁・分割施工目地部は、断面寸法を考慮するとマスコンクリートとなり、水和熱による温度ひび割れが発生する可能性がある。したがって、施工に際しては、温度応力解析を実施したうえで、この解析結果に基づいた補強鋼材を配置し、ひび割れの抑制を図る場合が多い。

しかし、温度応力解析を実施することが多いが、各橋梁で構造寸法・セメント量などが異なり、温度差による引張力の発生レベルが不明確である。

本稿は、中間支点横桁について、温度差による引張力の発生レベルをつかむことを目的に、マスコンクリート寸法(主に桁高)・打設時期をパラメータとした温度応力解析の報告である。

### 2. 解析対象とする中空床版の概要

解析対象とする中空床版について、概要図を図-1、変数となる寸法を表-1に示す。底版幅10.26m、底版幅7.66m、張出床版幅1.3mが一定であり、変数としては、桁高H、ボイド(径、間隔、本数)である。また、横桁幅は、桁高Hの2倍とした。

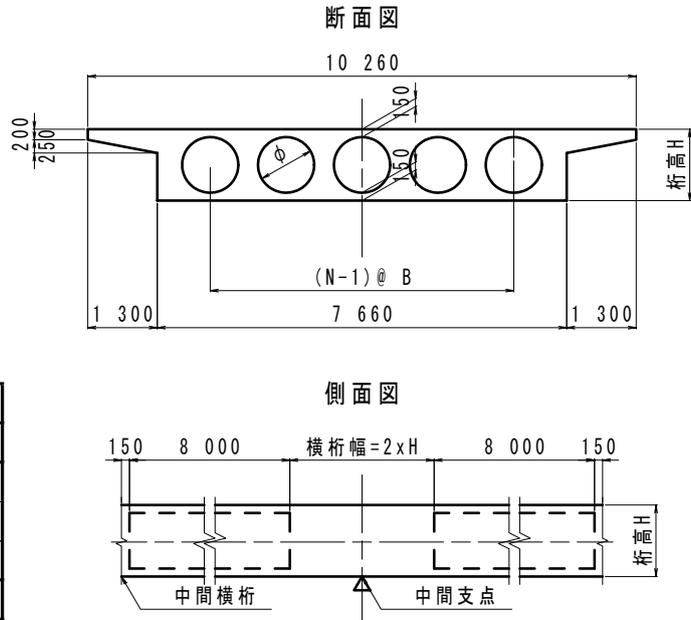


表-1 変数となる寸法

		単位	h1600	h1350	h1100
桁高H		m	1.600	1.350	1.100
ボイド	径 φ	mm	1300	1050	800
	間隔B	mm	1740	1420	1180
	数 N	本	4	5	6
横桁幅 (=2xH)		m	3.200	2.700	2.200

図-1 構造の概要図

### 3. 解析条件

#### 3.1 入力物性値

温度応力解析において用いた物性値等は、土木学会のコンクリート標準示方書〔設計編〕<sup>1)</sup>を適用した

(表-2)。セメント種類は、中空床版橋において一般的に採用されている早強セメントである。コンクリートの設計基準強度は36N/mm<sup>2</sup>とした。単位セメント量は、当社の関西地域における平均的な施工実績値である400kg/m<sup>3</sup>として、圧縮強度とセ

表-2 物性値等

	記号	単位	夏期打設	冬期打設
セメント種類	—	—	早強セメント	
単位セメント量	—	kg/m <sup>3</sup>	400	
比熱 <sup>1)</sup>	C <sub>c</sub>	kJ/kg°C	1.16	
熱伝導率 <sup>1)</sup>	λ <sub>c</sub>	W/m°C	2.7	
設計基準強度	f <sub>c</sub> ' (28)	N/mm <sup>2</sup>	36	
圧縮強度 <sup>1)</sup>	f <sub>c</sub> ' (t)	N/mm <sup>2</sup>	a=2.9, b=0.97, d=1.07	
引張強度 <sup>1)</sup>	f <sub>t</sub> (t)	N/mm <sup>2</sup>	0.44 × √{f <sub>c</sub> ' (t)}	
有効ヤング係数 <sup>1)</sup>	E (t)	N/mm <sup>2</sup>	φ (t) × 4700 × √{f <sub>c</sub> ' (t)}	
終局断熱温度上昇量 <sup>1)</sup>	Q <sub>∞</sub>	°C	62.0	67.0
温度上昇速度定数 <sup>1)</sup>	γ	—	2.280	1.118
外気温	—	°C	30	5
打込み温度=外気温+5	—	°C	35	10
ポアソン比	—	—	0.2	
線膨張係数	—	μ/°C	10	

メント量の関係は考慮していない。また、コンクリートの打設時期による影響を検討するため、夏期・冬期の打ち込み温度を設定した。養生期間は解析パラメータとはせず、5日間とした。

### 3. 2 解析モデルと検討ケース

検討ケースのパラメータは、桁高が3種類、打設時期が2種類である(表-3)。解析モデル概要を図-2に示す。モデル化の数値は、図-1、表-1に基づいている。

表-3 検討ケース

ケース	桁高	打設時期
h1600_s	1.600	夏期
h1350_s	1.350	
h1100_s	1.100	
h1600_w	1.600	冬期
h1350_w	1.350	
h1100_w	1.100	

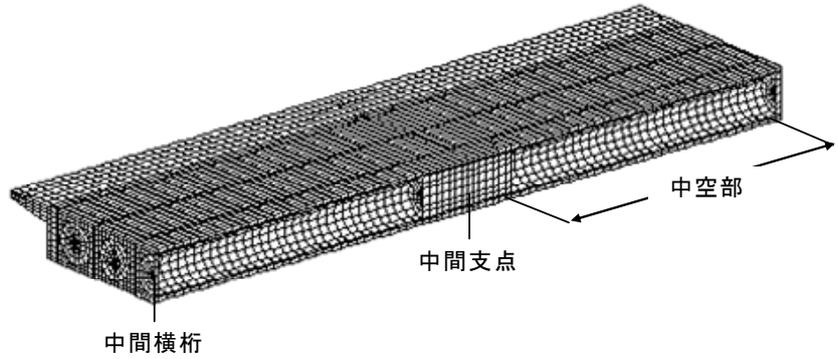


図-2 解析モデル概要

## 4. 解析結果

### 4. 1 温度履歴

最高温度発生箇所である内部の温度履歴を図-3に示す。温度上昇量(最高温度-打ち込み温度)は、夏期が51.7~57.2℃, 冬期が47.7~55.6℃である。

### 4. 2 ひび割れ指数と温度応力度

最小ひび割れ指数が発生した時刻における、主応力ベクトル図の例を図-4に示す。全ての桁高において、横桁内部の主応力は橋軸直角方向(y軸方向)に卓越していることを確認した。なお、本稿で

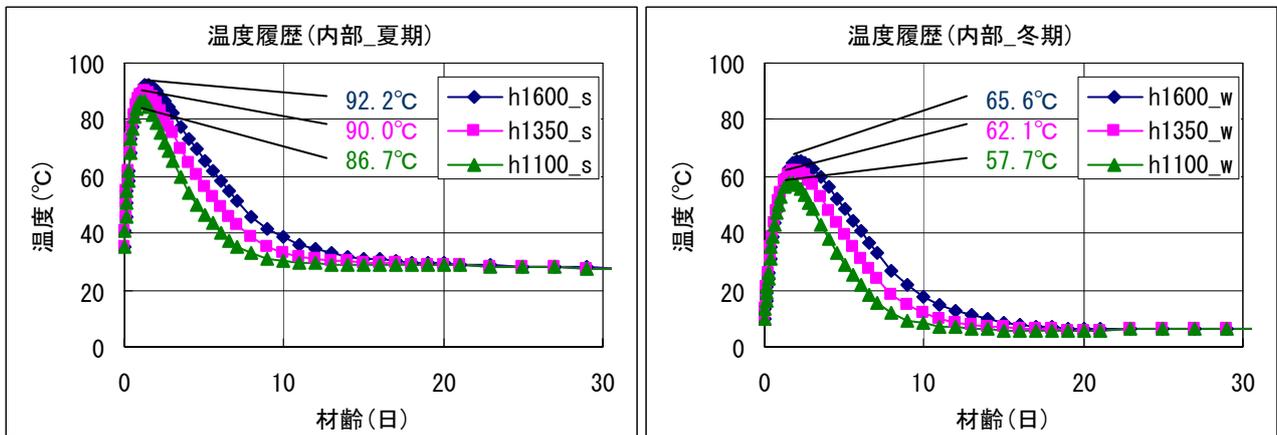


図-3 温度履歴 (最高温度発生箇所)

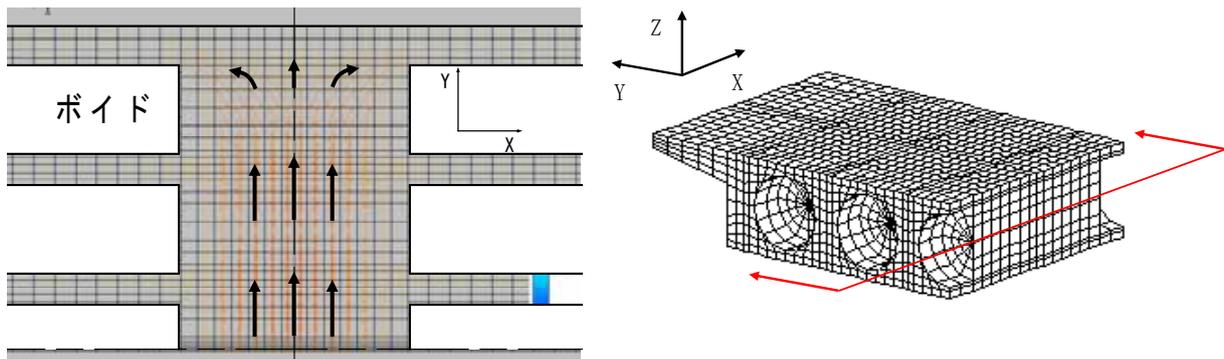


図-4 主応力ベクトル図 (平面図)

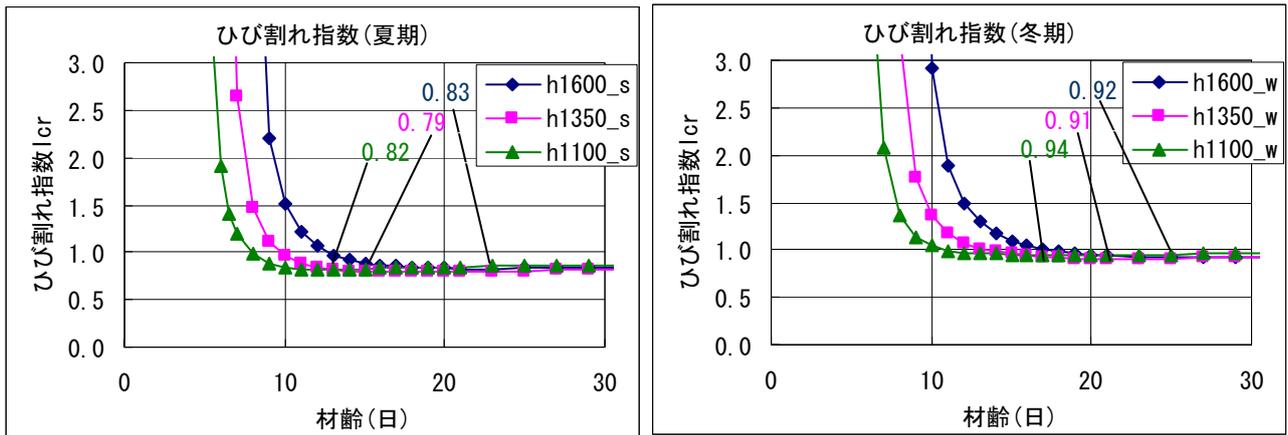


図-5 ひび割れ指数の履歴  $I_{cr}$  (最小  $I_{cr}$  箇所)

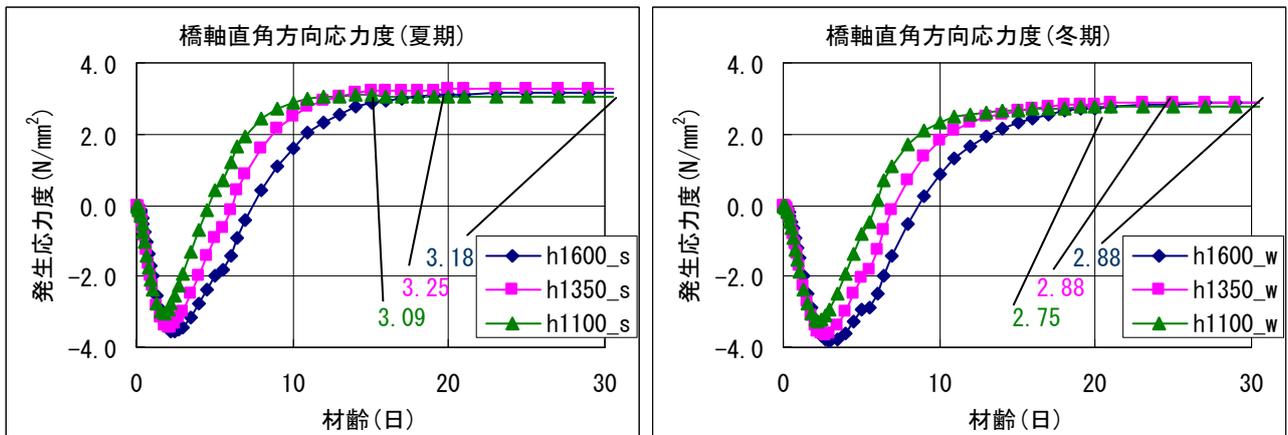


図-6 橋軸直角方向応力度  $\sigma_y$  の履歴 (最小  $I_{cr}$  箇所)

は残留応力に着目している。

次に、最小ひび割れ指数発生箇所における、ひび割れ指数  $I_{cr}$  と橋軸直角方向応力度  $\sigma_y$  の履歴をそれぞれ、図-5、図-6に示す。図中において引き出した数値は、最小ひび割れ指数と最大橋軸直角方向応力度であり、 $I_{cr}$  (夏期) は0.8程度、 $I_{cr}$  (冬期) は0.9程度、 $\sigma_y$  (夏期) は3.2N/mm<sup>2</sup>程度、 $\sigma_y$  (冬期) は2.8N/mm<sup>2</sup>程度と打設時期による影響が確認できた。一方、桁高による傾向として、(1)最小ひび割れ指数は、桁高が低いほど早期に発生する(最大橋軸直角方向応力度も桁高が低いほど早期に発生する)。(2)桁高1350mmのひび割れ指数が最も小さくなり、数値の相関関係がない結果となった。

#### 4. 3 温度引張力と補強鋼材の検討

最小ひび割れ指数発生時における橋軸直角方向応力度  $\sigma_y$  の分布例を夏期と冬期について、図-7に示す。図中の着色部は、 $I_{cr} \leq 1.0$ の箇所とほぼ一致していた。この図より、夏期の方が冬期よりも着色部の面積が大きい。着色面積を定量的に示したのが図-8であり、温度による引張力も合わせて示す。なお、温度引張応力度の集計は、ひび割れ指数が1.0以下の領域とし、値の設定は「ひび割れの発生を

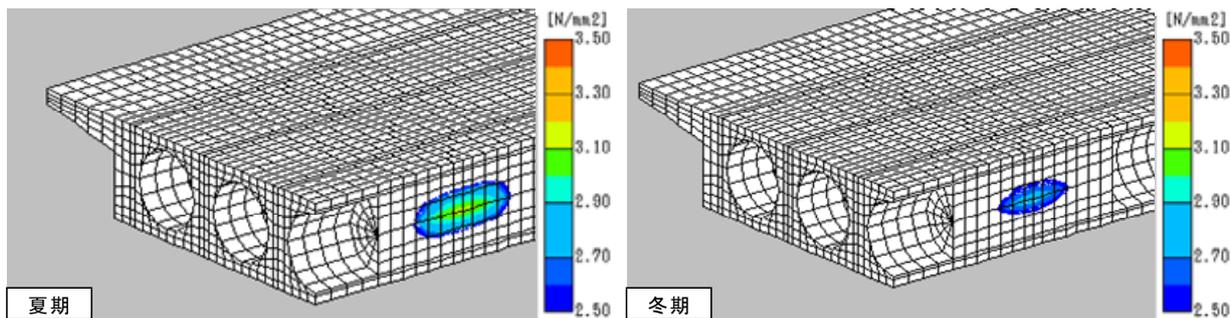


図-7 橋軸直角方向応力度  $\sigma_y$  の分布 (最小  $I_{cr}$  時)

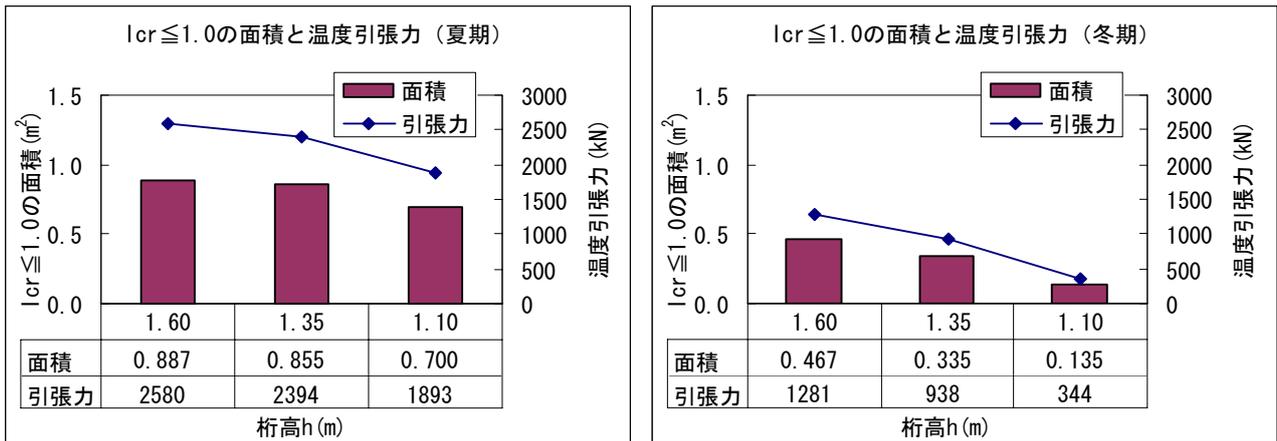


図-8 ひび割れ指数が1.0以下の面積と温度引張力

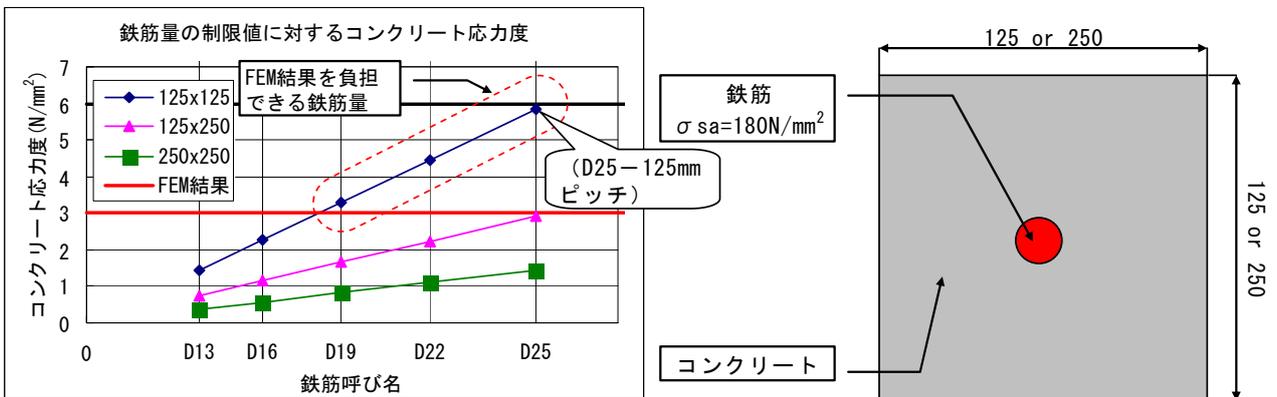


図-9 補強鉄筋量の目安

許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制御したい場合<sup>1)</sup>とした。打設時期について比較を行うと、引張力比（夏期／冬期）は、2.0～5.5である。

次に、補強鋼材の検討を行う。温度応力の平均は、(温度引張力) / (面積) で算出する。図-8を参照し、算出した温度応力の平均は2.55～2.91N/mm<sup>2</sup>で、応力度差は0.36 N/mm<sup>2</sup>である。平均値の最大が2.91N/mm<sup>2</sup>なので、ここでは、補強を検討するうえで、温度応力を3.0 N/mm<sup>2</sup>とする。また、一般的に鉄筋の配置間隔は125mmピッチや250mmピッチであり、鉄筋応力度の制限値  $\sigma_{sa}$  は180N/mm<sup>2</sup>とした。これらの条件に基づき、補強鉄筋量の目安を示したのが、図-9である。これは、鉄筋が負担できる力 (=鉄筋応力度の制限値×鉄筋の断面積) をコンクリートの断面積で除した結果を示した図である。例えば、温度応力度3.0N/mm<sup>2</sup>を負担できる鉄筋量は、(D19-125mmピッチ) 以上である。ところで、温度応力の平均が6.0 N/mm<sup>2</sup>以上の場合、D25以下の鉄筋径による補強が困難になることを示している。

### 5. まとめ

中空床版橋における中間支点横桁がマスコンクリート部材となることから、マスコン寸法・打設時期をパラメータとした温度解析を実施した。早強セメントの量を400kg/m<sup>3</sup>に特定した場合、ひび割れ指数1.0以下の領域における、温度応力の平均は3N/mm<sup>2</sup>程度である。また、この発生応力に対する補強の目安は、D19-125mmピッチであることが確認できた。ひび割れを抑制するための今後の課題は、(1)設計面では横締めPC鋼材の採用、(2)材料面では単位セメント量の減量・発熱の少ないセメント種類の採用、(3)施工面では湿潤養生期間および脱型時期の延長などを現場状況に応じて考えることである。

### 参考文献

1) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書【設計編】，2008，3