

大林組土木技術本部 正会員 中畑 昭彦

大林組土木技術本部 正会員 小西 一寛

1. まえがき

通常の温度・温度応力解析において構造物内の鉄筋は、コンクリートと比較して容積が少ないことや解析モデル作成の複雑さから無視するのが一般的である。しかし、コンクリートと鉄筋の熱伝導率に大きな差があることから、図-1に示すように鉄筋を放熱体として移動する熱量は多いと想定され、鉄筋の断面積が大きいマスコンクリート構造物では局部的な温度低下を招き、その影響を無視できないと考えられる。

本報告では単純な円筒構造物を対象として、鉄筋を無視した解析モデルと鉄筋を考慮した解析モデルによる温度・温度応力の比較解析を行い、鉄筋の有無が温度及び温度ひび割れ指数に及ぼす影響を検討する。

2. 解析条件

(1) 解析モデル：解析の対象とする構造物は、図-2に示すように内径10m・壁厚2m・高さ5mの旧コンクリートの上に、高さ10mの新コンクリートを打設することとした。鉄筋はかぶり15cmの位置にD51を15.7cmピッチで配筋すると、鉄筋ピッチ／鉄筋径が3倍程度であることから、鉄筋も軸対称要素に単純化した。

(2) 材料物性：解析に用いた材料の熱及び力学特性を図-3、4及び表-1に示す。コンクリートの発熱関数及びヤング係数は実験値を用いた。また、引張強度は圧縮強度の実験値より算出した。

(3) その他：温度・温度応力の解析期間は28日間とし、外気温度は20℃一定とした。温度応力解析に用いたヤング係数の低減係数は材齢によらず0.68一定とした。¹⁾

3. 解析結果

(1) 温度解析結果：鉄筋の有無の温度に対する影響を把握するために、鉄筋を考慮した温度解析による最高温度から鉄筋を無視した場合の最高温度を引いた変化量のうち内側断面について図-5に示す。

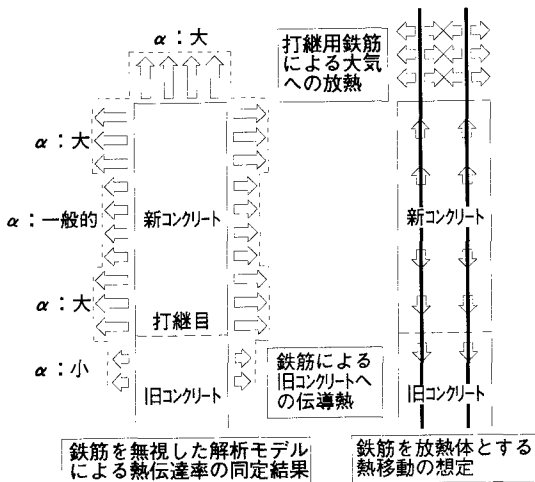


図-1 鉄筋による放熱促進の概念

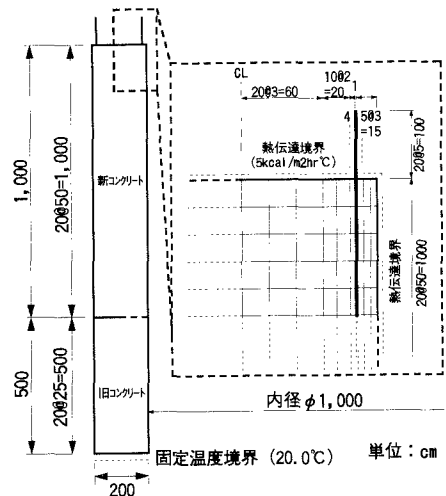


図-2 解析モデル

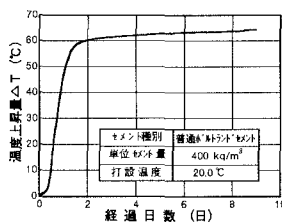


図-3 発熱関数

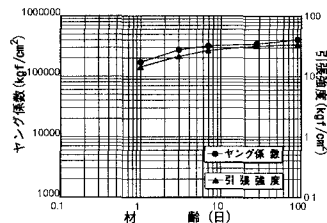


図-4 強度特性

表-1 材料特性

使用材料	コンクリート	鉄筋
単位体積質量 (kg/m³)	2,450	7,850
比熱 (kcal/kg°C)	0.25	0.14
熱伝導率 (kcal/mhr°C)	2.2	55.0
線膨張係数 (1/°C)	10×10⁻⁶	11×10⁻⁶
ヤング係数 (kgf/cm²)	図-4 参照	2.1×10⁵
ポアソン比	0.167	0.3

- a.新コンクリート上段：鉄筋を考慮すると中央部と比較して鉄筋位置の温度低下が大きくなることから、鉄筋を伝わって熱の移動が大きい。
- b.新コンクリート中段：中段では鉄筋から内側の温度低下が大きい。これは、表面部の温度が表面からの放熱に支配されており、鉄筋を考慮した影響が現れにくいと考えられる。
- c.新コンクリート下段：上段と同様に、中央部と比較して表面部の温度低下が大きいことより、鉄筋を伝わって旧コンクリート側に放熱が促進される。
- d.旧コンクリート上段：新コンクリートの上段および下段とは逆に、鉄筋を介して新コンクリートから受熱するため温度上昇し、新コンクリートから熱伝導することを確認した。その際、新旧コンクリートの打継面の温度変化はほとんどない。

(2)温度応力解析結果：温度応力解析より円周方向及び鉛直方向の温度ひび割れ指数を評価した結果を、中央部及び表面部に分けて図-6、7に示す。

- a.新コンクリート中央部の温度ひび割れ指数は、鉄筋の影響を受けない。
- b.新コンクリート表面部の上・中段の温度ひび割れ指数は鉄筋を考慮することで低下するが、新旧コンクリート打継目部の温度ひび割れ指数は大きくなる。この理由は、拘束体である旧コンクリートの温度上昇により外周拘束が緩和されたと考えられる。

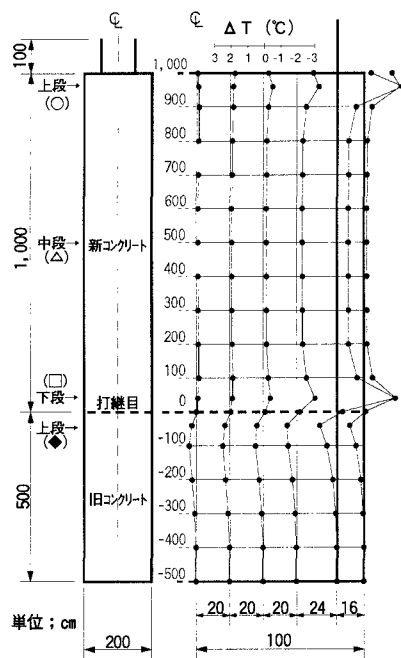


図-5 温度変化量

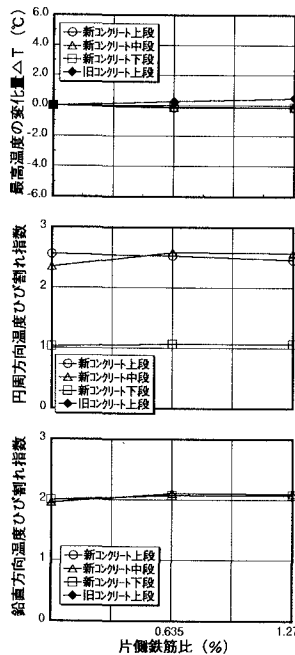


図-6 温度・温度ひび割れ指数 (中央部)

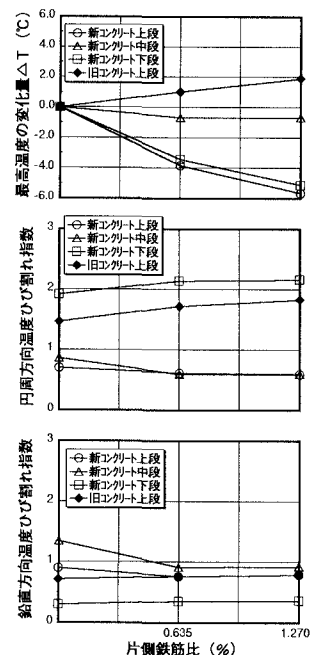


図-7 温度・温度ひび割れ指数 (表面部)

4. まとめ

- (1)壁厚 2 m の円筒壁においてD51の鉄筋を15.7cmピッチと仮定すると、鉄筋を無視した解析結果と比較して、打継面近傍の表面部で断熱温度上昇量の6%程度の温度低下を生じた。
- (2)温度ひび割れ指数に対する影響は、鉄筋を無視した解析結果と比較して、表面部の上段で13%~16%、中段で31%~32%程度低下した。
- (3)旧コンクリートの上段は鉄筋を考慮することにより温度上昇し、新コンクリートの下段とともに温度ひび割れ指数は大きくなった。

参考文献：1)小西、竹田、入矢、藤原、辻：中空円筒構造物の温度ひび割れの防止施工実験と温度応力解析の適用性について、土木学会論文集（投稿中）