

## ドームコンクリートの温度ひび割れ制御対策

戸田建設株式会社 正会員 利根 誠 正会員 沖田佳隆  
 日本鉄道建設公団東京支社 正会員 丸山 修 秋葉恒一  
 戸田建設株式会社 正会員 榎波敏昭 井上博義 荒井一範

## 1. はじめに

本工事は、横浜と元町を結ぶ「みなとみらい21線」工事のうち、延長235mの地下駅舎部（仮称：北仲駅）を開削工法により建設する工事である。地下駅舎部は、3層のボックスラーメン構造で、このうちコンコース上の頂版は美観を考慮したドーム形状となっている。

ドームコンクリートは付根から頂部に向かって厚さ2.7～0.8mのマッシュな構造で、周囲を既設コンクリートで拘束されるため、温度ひび割れの発生が懸念された。

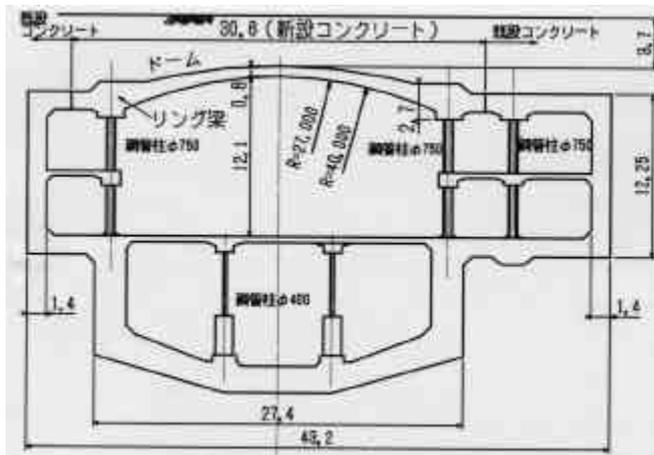


図 - 1 . 構造図

耐久性、美観性、およびドーム上面に計画している防水材料（無機質結晶増殖材）の性能からひび割れ幅の制御目標値を0.25mm以下と設定し、現計画（高炉セメントB種、散水養生）に対するひび割れ照査を行った。解析は三次元有限要素法により行った。検討の結果、現計画ではひび割れを十分に制御できないこととなった。そこで、対策として、低発熱形セメントへの配合変更、湿潤保温養生マットによる養生、ならびにドーム下側のカーテンシートによる保温養生を講じることとした。事前解析結果と対策、ならびに対策の効果を検証するために行った計測結果を以下に示す。

## 2. 当初計画に対するひび割れ照査

## 2.1.1 温度応力

## 2.1.1.1 内部拘束応力

引張主応力は、材齢2.5日に、リング梁下表面にお

いて半径（梁軸直角）方向に卓越する。これは、部材内温度差（ $T = 17.1$ ）に起因する内部拘束力によるものと考えられた。最小ひび割れ指数は0.8、最大ひび割れ幅は0.36mmと予測された。

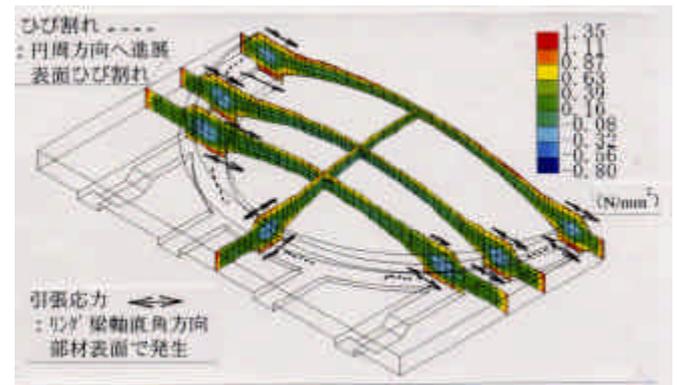


図 - 2 . 温度応力分布図（若材齢、当初計画）

## 2.1.1.2 外部拘束応力

引張主応力は、材齢120日に、リング梁の部材内部において、円周（梁軸）方向に卓越する。これは、コンクリートの収縮変形が外周の既設コンクリート（スラブや側壁）に拘束されることにより発生する外部拘束力によるものと考えられた。最小ひび割れ指数は1.2、最大ひび割れ幅は0.32mmと予測された。

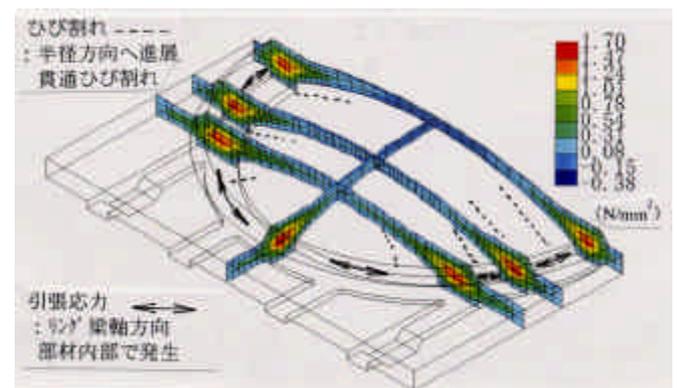


図 - 3 . 温度応力分布図（中長期材齢、当初計画）

制御目標は、ひび割れ指数は1.45以上、最大ひび割れ幅は0.25mm以下としたが、現計画ではいずれの目標値も満足しない結果となった。

キーワード：ドーム 低発熱形セメント 計測 3次元温度応力解析 自己収縮

連絡先：東京都中央区京橋1-7-1 戸田建設株式会社 TEL 03-3535-1675 FAX 03-3564-0475

3. 対策工

3.1 コンクリート温度上昇量の低減

現計画の高炉セメントB種を低発熱形の混合セメント(フライアッシュ混入マスコン型高炉セメント)に変更した。熱物性値は、終局断熱温度上昇量  $Q = 44.11$   $28.38$  に、温度上昇速度  $= 1.018$   $0.583$  にそれぞれ低減可能となった。

3.2 断面内温度差の低減

3.2.1 湿潤保温養生マット(ドーム上面)

ドーム上面の養生方法を散水養生から湿潤保温養生マットによる養生(30日)に変更した。変更により、コンクリート表面の熱伝達率は  $= 14$   $5.2w/m^2$  (技審証第1002号)に改善され、保温性を向上させる計画とした。

3.2.2 シート遮断による養生(ドーム下面)

ドーム下面の前後をシートで30日間遮断することにより、コンクリート表面温度に影響する外気温の変動を抑制することとした。

以上の対策により、コンクリート温度上昇量の低減ならびに断面内温度差の緩和を図り、外部拘束応力と内部拘束応力を制御することとした。

4. ひび割れ制御対策工の検証

4.1 コンクリート温度とひずみの計測

事前解析により、温度応力は材齢とともに発生位置と発生方向が複雑に変化することが予測された。この結果を踏まえて、図-4のように計器を配置し、コンクリート温度とひずみの計測を行った。

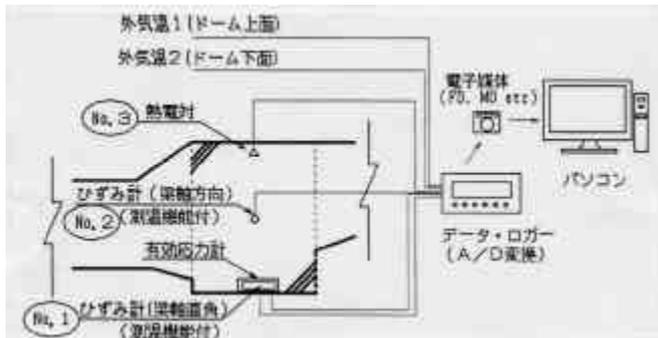


図-4. 計器配置図

4.2 計測結果(温度応力)

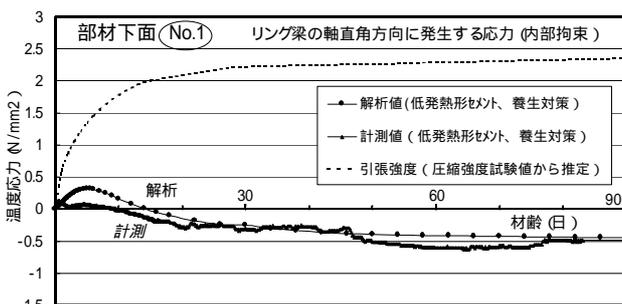


図-5. 温度応力履歴図(部材下面 No.1)

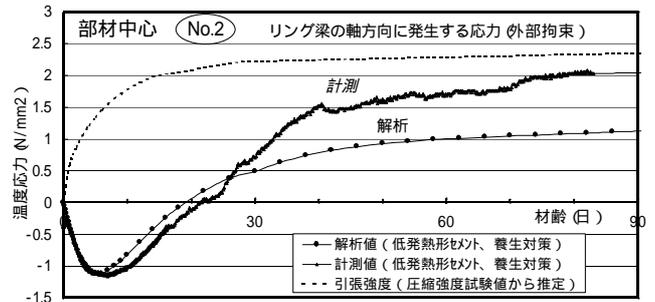


図-6. 温度応力履歴図(部材内部 No.2)

図-6に外部拘束応力の履歴を示す。解析値、計測値とも、材齢一週付近で圧縮から引張へ移行した。材齢25日で計測値が解析値を上回り、材齢90日では解析値の約1.7倍となった。この原因を自己収縮の影響ではないかと考え、自己収縮を考慮した事後解析を行った。解析の結果、材齢90日における計測値と解析値の比は約1.3倍となり、定量的に近づくことを確認した。対策に用いた低発熱形混合セメントは高炉スラグ(=45%)を含有するが、本配合のW/C(=54%)が大きいことから、自己収縮の影響は小さいものと解析時は判断していた。しかし、本ケースに関しては、高炉スラグを多く含有するセメントを用いた場合は、W/Cが大きい配合の場合でも、自己収縮の影響は無視できない結果となった。

4.3 ひび割れ発生状況

ひび割れ調査の結果、0.05 ~ 0.15mm程度のひび割れを確認した。ひび割れの発生方向から、主要因は円周方向に卓越する外部拘束応力と判断した。

5. まとめ

対策によって、内部拘束応力を抑制し、表面ひび割れの発生を制御できた。外部拘束応力によるひび割れについても、最大ひび割れ幅は制御目標値(0.25mm)以下とすることができた。また、計測により、事前解析およびその結果をもとに実施した対策工の効果を検証し、概ね妥当であることを確認した。

今回のドームは、既設の壁・スラブの拘束を受けるため、内部拘束力に加え外部拘束力についても検討を要した。解析において外部拘束力を評価するため、モデル化する既設コンクリートの範囲、力学的物性値(変形係数)および拘束条件などの設定について検討を行った。温度応力に関する計測値と解析値の比較から、今回の三次元モデルで外部拘束力を表現できたと考えるが、さらに現実に近づくためには、拘束条件の設定において既設コンクリートの変形を考慮したバネ支承にするなど、より詳細な検討が必要と考える。また検証において、本ケースでは自己収縮の影響があることを示したが、配合、施工条件などに係わる適用範囲については、今後の検討課題になるとと思われる。