

「コンクリートのクラック防止対策としての温度解析」

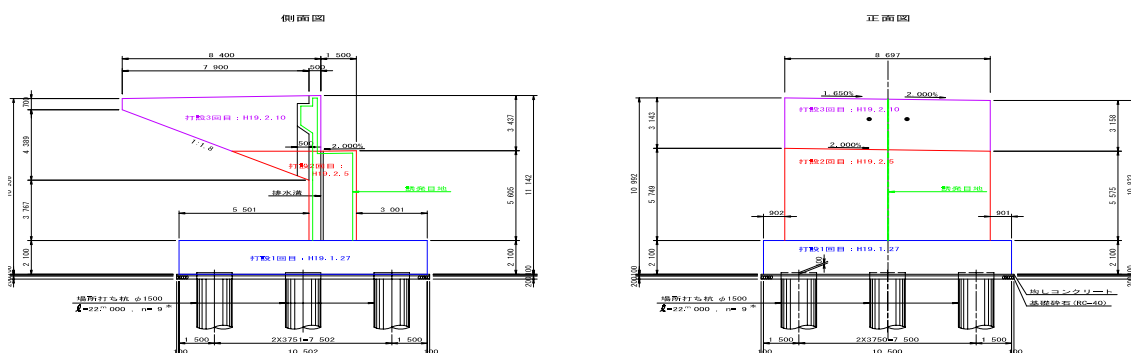
(社)鳥取県土木施工管理技士会
株式会社栗山組 蓮佛弘司

1、研究の概要

コンクリートの品質管理は従来圧縮強度を軸に行われてきたが、永久構造物としての耐久性確保の観点から、近年ひび割れ制御技術が求められている。本研究はコンクリート主任技士佃建一氏(アサヒコンサルタント)を共同研究者として、工事受注前から検討を開始し、技術提案を行い、予め方針を立て、堅実に施工した結果報告である。なお、解析はJCI・CPひび割れ幅法で行い、平成19年2月5日縦壁、2月10日パラペット打設、自動記録式温度計を設置し、2月19日に実測値を基にした逆解析を行い、2月20日に型枠脱型した。

課題として、フーチング上面によって縦壁が完全拘束(外部拘束)されることによって生じるひび割れの可能性を検討し、貫通ひび割れの抑止対策として、誘発目地材を使用し結果としてひび割れのない構造物の築造に成功した。

1.2 構造物の概要(図-1)



2.1 橋台コンクリートのひび割れ発生のメカニズム

2.1.1. コンクリートは打設後、セメントの水和熱によって急激に膨張し、その後徐々に温度低下に伴って収縮する。一定の厚みを持つ構造物においては、内部のコンクリートと、外気にさらされて冷却される外側のコンクリートとの間に温度差が生じ、収縮した外部のコンクリートは、内部のまだ収縮していないコンクリートによって、引張られ、その時のコンクリートの引張強度を超えたときに、ひび割れが生じる。

また、縦壁の施工では、フーチングとの打ち継ぎ面において、縦壁のコンクリートが収縮しようとするとき、すでに収縮し終わったフーチング上面のコンクリートに拘束されて、縦壁のコンクリートに引張応力が働き、まだ引張強度の弱い若材齢コンクリートに貫通ひび割れが生じる。

2.1.2. したがって、その対策として温度解析・応力解析を行い、検討の結果誘発目地を設置し、また一定の時間、保温養生を行い、コンクリートの外部温度を出来るだけ緩やかに低下させるようにし、外気の平均気温との差が10程度になるまで養生及び型枠拘束を続けた。

また、熱膨張係数の小さい（普通骨材に比して80%程度）石灰石骨材を用いたコンクリートを使用し、水和熱によるコンクリートの膨張を少しでも小さくすることとした。

3. 検討事項

3.1 解析条件

3.1.1. 基本条件はセメントの種類、配合強度、配合条件（セメント量及び水セメント比、スランプ）コンクリート温度、外気温を入力し、温度解析では2次元FEM解析法を使い、熱伝導率、比熱等、熱特性を入力後、合板型枠及びシート養生14日を条件とした。応力解析においてはCPひび割れ幅法を使用し、石灰石骨材を使用するので、熱膨張係数を 7×10^{-6} とした。ひび割れ制御目標値は、ひび割れ幅0.2mm（中間環境における「補修を必要としない」ひび割れ幅）、ひび割れ指数（安全係数）を1.45以上、発生確率を85%以下になるように検討した。

3.1.2. 誘発目地の必要性（表-1）

	躯体の長さ	区分	予測最大ひび割れ幅	許容ひび割れ幅	発生確率	評価
CASE1	8.7m	縦壁	0.45mm	0.2mm	85%以上	×
(無対策)		パラペット	0.13mm		85%以上	×
CASE2	4.35m	縦壁	0.13mm		45%	
(誘発目地)		パラペット	0.10mm		80%	

検討結果、（表-1）無対策の場合ひび割れの発生が予想されたので、縦壁およびパラペットの中心に誘発目地（断面欠損率31.50%）を設けたケースの再検討を行い、制御できることを確認した。なお、ひび割れ発生予想時の材齢は27日であった。

4. 施工上の留意点

4.1. 誘発目地の設置（早川ゴム製スパンシール誘発目地NETISHR9905）

設置はセンターに垂直に設置し、コンクリートの打設時に移動しないよう、十分に固定した。打設は、左右対象に圧力がかかるように丁寧に施工した。誘発目地の箇所が鉄筋腐食の原因にならないように、プライマー塗布後コキング処理を行った。

4.2. 良い構造物を作る現場組織

この工事においては、「構造物のひび割れを抑止する」という目的を鮮明にし、以上の検討を行いつつ施工する、という現場の意志を作業員全員が共有できた。しっかりした型枠・支保工を組み、バイブレーターをきちんと隅々まで垂直に挿し、十分な内部振動によって締め固めることが重要な

ことは、品質確保上の当然の前提である。

4.3. データーの集積方法

コンクリート温度は縦壁中心部及び、表面から 10 c m に自動温度記録計を設置し測定した。(表-2)

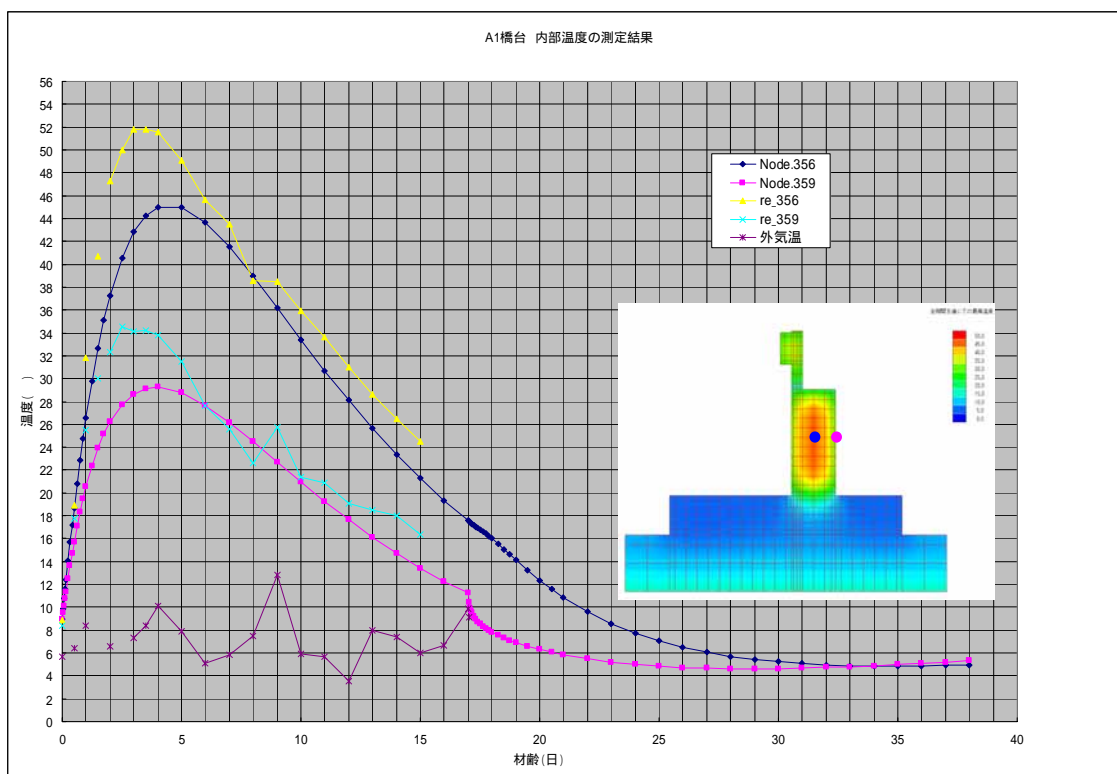
4.4. 養生方針

圧縮強度を脱型時期の判断基準にせず、構造物全体をシートで覆い密閉空間を作ることとした。コンクリートの水和熱を封じ込め、また直接風にさらされて、表面温度が急速な降下を起こさないようにした。給熱養生はコンクリート表面を乾燥させるため、また、練炭の二酸化炭素はコンクリートを中性化させるので、出来るだけ使用しないこととした。



5. 温度測定と逆解析

5.1. 結果の分析 (表-2)



5.2. コンクリートの打設後の表-2 のように当初の推定温度推移と実測に違いが生じていることが判明した。内部温度の最高値が当初の推定値よりも約7℃高い51.8℃であった。また、外部温度も同様の傾向を示した。ただし、それ以降の温度の低下は概ね推定傾向と同じであった。

その理由は、当初検討では外気温を平均4℃（鳥取市の1、2月平均気温）と想定したが、打設時期においては3～4℃高く、この分温度の上昇を招いたのではないかと考えられる。また、破壊試験による初期強度の発現から類推すると、高炉セメントの水和熱が計算に使用した数値より高いことも推測される。

上記の点を考慮して、計算条件を変更し、再度温度解析(逆解析)を実施した。
(コンクリート温度9～13℃、外気温4～8℃)

逆解析に基づく温度応力の解析結果、当初計画どおり、コンクリート打設後15日で脱型しても、ひび割れ発生の可能性は、ほぼ無視できる水準(18%)であることが確認出来、養生を終了し、脱型作業を行った。

5.3. 出来上がった構造物はクラックのない良い出来映えとなった。



6. 結語

ひび割れ対策は、共通仕様書にすでに規定されていることであるが、今回実施したように事前の検討だけでなく、実測に基づいた逆解析を行い、経済性・工程を含めて目標数値を決め、養生期間を設定し、判断することは有効である。コンクリート打設の条件(自然条件)は毎回違うのであり、解析技術は、経験蓄積を豊富にしていくことによって進歩する。今後もデータを蓄積し、解析の精度を上げたい。

また、誘発目地の有効性は明らかである。設計段階で温度・応力解析を行い検討することが望まれる。

さらに、石灰石骨材は、アルカリ骨材反応抑制のみならず、ひび割れ対策としても有効であると考えられる。

以上、施工をともにした、現場組織を代表して報告する。