

(仮称) 豊島大橋豊島側下部工事 4 A アンカレイジのコンクリート打設

広島県道路公社呉事務所 田邊英章 寺谷明三 正〇山家通宏
 鹿島建設株式会社 藤井 博 明本守正 株式会社長大 青柳比呂夫

1. はじめに

広島県が行う安芸灘諸島連絡架橋事業は、瀬戸内海に浮かぶ人口計2万人を超す8島を8橋で結ぶものである。このうち、3号橋の豊島大橋と調査中の8号橋を除く6橋はすでに供用開始されている。豊島大橋は、橋長903m、中央支間540mの単径間吊橋で、豊島側に構築する4 A アンカレイジ（以下4 A と称す）は国内初のPC定着方式を採用した重力式アンカレイジである。一般に重力式アンカレイジは巨大なマスコンクリート構造であり、コンクリートの施工において最も注意しなければならない項目の1つとして「水和熱による温度ひび割れ」が挙げられる。ここでは、本橋4 Aにおける温度ひび割れ対策について報告する。

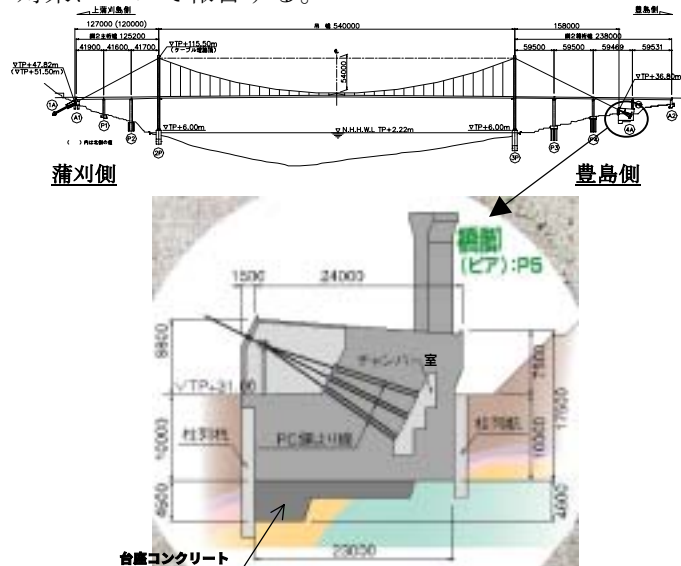


図1 豊島大橋一般図および4 A アンカレイジの構造

2. 4 Aにおける施工環境

4 Aが構築される豊島は離島であり、島内の生コン会社はいずれも中小規模である。加えて、橋梁規模が比較的小さく、経済性を追求したため躯体もコンパクトであり、打設量は8,270 m³（台座コンクリートを除く）である。

よって、温度ひび割れに対する対策を考える際には、こうした施工環境を十分考慮した上で最善の選択を行う必要がある。

3. 最適なコンクリートの選定

水和熱による温度ひび割れを制御する上で最も効果的で重要な要素の1つは、水和熱による発熱を抑制するセメント（配合）を用いることである。これまでのアンカレイジの実績では、2成分（セメント＋高炉スラグ）、3成分（セメント＋高炉スラグ＋フライアッシュ）の使用で効果を上げているものの、島内生コン工場のサイロ数が限られることから、1成分の使用に限定される。よって、低熱ポルトランドセメントおよび中庸熱高炉セメントB種について試験練りを行い、断熱温度上昇量を測定した。この結果、温度上昇量が約8℃低い低熱ポルトランドセメントを採用した。

4. 温度応力解析による施工方針の決定

コンクリート打設を行うにあたり、温度応力解析を実施し、対策の有無、施工における留意点の確認を行った。この際、解析で目標とするひび割れ指数は、従来のアンカレイジ同様、ひび割れ発生確率が25%である1.45以上とした。

解析を行う際の気象条件は、呉市の月別平均気温を用いた。また、コンクリートに対する物性値のうち、断熱温度上昇式、圧縮強度は試験練りの結果を用いたものの、他の物性値はコンクリート標準示方書等による算定式を用いて設定した。なお、打設リフト高さは島内の生コンプラント能力（450 m³/日）から平均75cm（全25リフト）とし、打設サイクルは標準10日とした。

図2に無対策の場合の、ひび割れ指数の分布を示

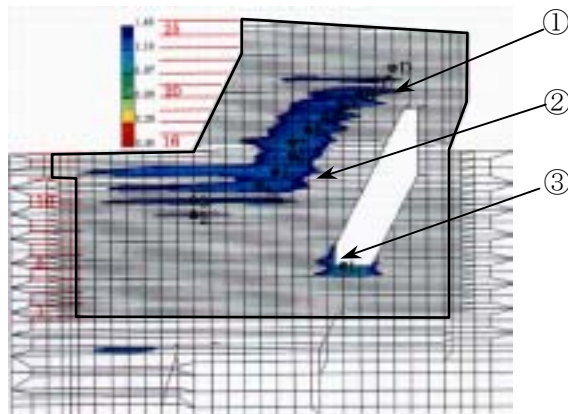


図2 計画時の温度応力解析（無対策）

キーワード：マスコンクリート、低熱コンクリート、パイプクーリング、温度応力解析、ひび割れ指数
 連絡先（〒737-0051 広島県呉市中央1丁目5-27、電話 0823-20-6010、Fax 0823-22-0845）

す。①気中部のリフト、②夏場に打設予定している11～15リフト、③チャンバー室内においてひび割れ指数が目標を下回る結果となった（図中着色部）。

図2においてひび割れ指数を改善するためには、コンクリートのピーク温度を抑制することがひび割れ制御に有効であるため、クーリングの計画を行った。本工事では、打設規模がこれまでアンカレイジに比べ小さいこと、島内の生コン工場の設備改造が不要であることからパイプクーリングを選定した。

パイプクーリングは打設直後の最高温度の抑制を目的とした1次クーリングのみとし、打設後3日間実施することとした。また、パイプクーリングの実施リフトは、無対策においてひび割れ指数が目標を下回るリフトおよび、中空部となるチャンバー周辺での局部的な引張り応力を抑制するためチャンバー部リフトの計23リフトとした。

図3にクーリング対策後のひび割れ指数の分布を示す。

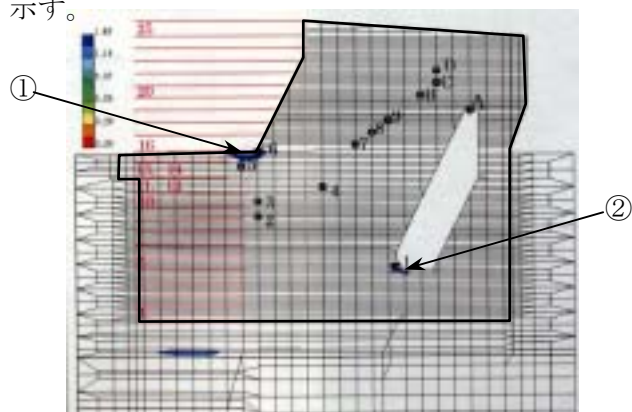


図3 計画時の温度応力解析（最終）

無対策の場合に比べ、ほとんどの箇所ではひび割れ指数1.45以上を満足することができた。なお、局部的に目標を下回る①15リフト天端部、②チャンバーの隅角部についてはひび割れ制御金網（径6mm、#100mm）を配置することとした。また、気中部においては表面の急激な温度低下を抑制するため工程に支障のない限り長期間養生を行うこととする他、夏季打設リフトは日中の気温が上がる時間帯の避け、早朝から打設を行うこととした。

5. 施工時の計測管理と傾向

温度応力解析の条件・結果と実施工で大きな差が生じないように、コンクリートの強度管理の他、コンクリートの内部の温度・ひずみ・応力・冷却水温度・外気温を計測し、日常的に計測管理した。図4にその一例として20リフトの温度履歴を示す。

今回の施工においては、計測結果と解析結果に問題となるような大きな異差はなく、一定の解析精度が確認できたが、細部においては以下の様な傾向が得られた。

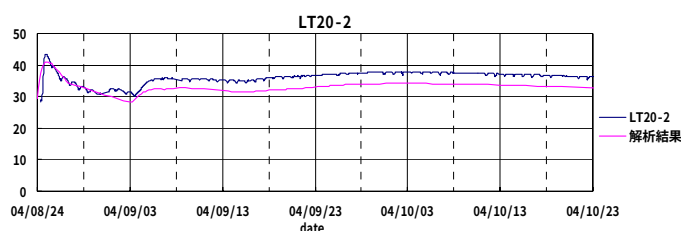


図4 20リフトの温度履歴

- ①外気温は、夏季は平年並みであったが2～7月にかけては約3℃高かった。
- ②圧縮強度は解析で想定した値を上回っていた。
- ③全リフト中最高到達温度を示したのは19リフト（8月9日打設）であり、その値は47℃であった。この値は、解析値に比べ4℃程高い値であるが、温度降下量も小さく躯体のひび割れ指数は許容できる範囲であると判断できた。
- ④クーリングパイプの近傍と中間でのコンクリート温度差は夏季打設リフトでおよそ10℃程度である。
- ⑤有効応力計の値では次リフト打設までの初期に引張応力が解析値を上回る傾向が見られた。しかし、推定式による引張強度以上の応力は生じなかった。
- ⑥コンクリートの有効弾性係数については、解析値よりも大きくなり、圧縮強度同様、初期からの強度発現が想定を上回っていることが示された。これらは、初期の発生応力を増加させるマイナス要因となる一方、引張強さとしてはプラス要因となり得る。

6. まとめ

離島という限られた施工環境の中、良質なマスコンクリート構造物を構築するため、数々の対策を行った。しかしながら、15リフト天端中央の橋軸方向、および躯体背面中央の鉛直方向にひび割れの発生が確認された。これらのひび割れはいずれも、表面の温度降下および外部拘束に起因するものと推定されるが、ひび割れ幅は0.08～0.15mm程度であり、4Aとしての構造的・耐久性に影響の無いものである。打設平面積が23m×25mと比較的大きいことや、ひび割れ発生の確率が0ではないことを考慮すれば、このようなひび割れが発生したとしても、今回の対策は十分効果があり、良質なコンクリートの打設が行われたものと考えられる。