

VI-22

温泉地帯に建設されたアーチ橋アバットの温度ひびわれ制御対策

日本道路公団

正会員 坂手道明

鹿島建設技術研究所

正会員 万木正弘

1. はじめに

別府橋は、九州横断自動車道の別府市内温泉地帯に架橋される全長411m、中央径間は我が国最大の235mを有するRC固定アーチ橋である。アーチアバットは約40×35×23mのマッシブなRC構造物であり、腐食環境の厳しい温泉地帯に建設されるため温度ひびわれを十分に制御する必要がある。本文は、当構造物の施工に先立ち、温度ひびわれ発生の可能性及びその制御対策について行った一連の検討の概略を及び実績について述べるものである。

2. 構造物及び施工法概要

当アーチアバットの寸法は長さ40～44m、幅30、35m、高さ11.5～23mの構造物である（図-2参照）。コンクリートの施工法としては、アバット全体を水平の層に分割し、数日から十数日の打込み間隔で打継ぐ方法を採用した。1リフトの厚さは生コンプラントの供給能力から1m以下となる。

3. ひびわれ制御の考え方

(1). ひびわれ制御対策：上記の条件で採用しうる対策としては材料配合上の対策、最適リフトスケジュールの採用、プレクーリングの実施などが考えられた。しかし当構造物の置かれた環境条件から、所要強度を確保するだけでなく耐久性を考慮して低水セメント比とする必要のあること、さらには目標供用開始時期から基礎コンクリートの施工期間は決まってくること等から、採用可能な対策は、セメントの種類を低発熱形高炉B種（スラグ混入率58%）とすること、プレクーリングの実施等があり、これらについて二次元FEM解析を行ってひびわれ制御の効果を検討することとした。

(2). ひびわれの評価：温度応力解析は、図-2に示す断面を対象にリフトスケジュールにしたがって施工した場合の温度分布、応力分布の時間的変化を求めたものである。形状や応力の流れが比較的単純な構造物については、コンクリートの引張強度とこのような解析で求められる引張応力との比（温度ひびわれ指数）を求めることにより温度ひびわれ発生の確率を求めることができ、値として1.5を確保すればひびわれの可能性の少ないことが土木学会のコンクリート標準示方書に示されている。当アバットのように多くのリフトを連続して打設する場合でも構造物の内部では比較的単純な応力分布となるため、示方書に示された標準的な値を用いることによりひびわれ発生を評価することができる。しかし周辺部では構造物の内外部で温度差が生じ、その温度差によって解析断面と直行する方向に応力が発生する。このため二次元的に解析した結果を基にひびわれ指数を算定し、ひびわれ発生を評価することは難かしいと考えられた。このように複雑に変化する温度応力を正當に評価するためには三次元的な解析が必要であるが、これを行うことは大型計算機でも容量的に難しい。そこで、本検討では当アバットと同様な施工法を採用した構造物の事例で二次元的に解析した結果、ひびわれ指数を3程度とれば初期の乾燥収縮の影響もあったと考えられるが、ひびわれがほと

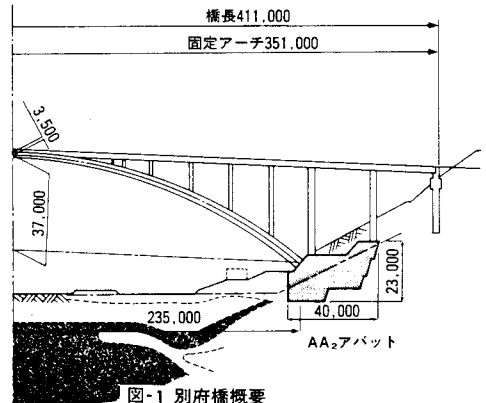
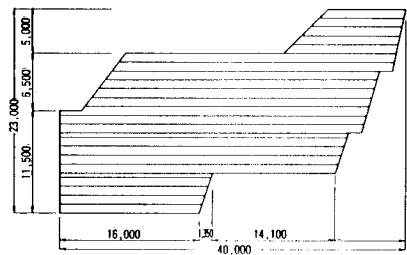


図-1 別府橋概要

図-2 AA₂アーチアバット概要図

んど発生していないことから、当構造物の周辺部についてはひびわれ指数3を目安にし、対策を講じてもこれを満足しない場合には鉄筋等によるひびわれ制御を検討することとした。

4. 鉄筋量の算定及び許容ひびわれ幅

温度ひびわれ制御用鉄筋の算定式はこれまでACI等から提案されているが、基礎となる式がRC部材の曲げひびわれを対象にしたものである等種々の欠点を有していた。最近では長瀧等¹⁾により、温度ひびわれの特徴を理論的に展開するとともにマッシュな壁状構造物について行った実験結果を取り入れる形で、温度ひびわれ幅の制御に必要な鉄筋量を算定する方法が提案されており、本検討でも、この方法を採用することとした。ただし、この方法も全ての構造物について検証されたものではないので、ひびわれ対策としてはプレクーリング等の温度低減対策を主に考えることとした。

当構造物の条件を長瀧等の式に当てはめ、有効温度差と必要鉄筋量の関係を計算した結果を図-3に示す。温度解析の結果各リフトについて得られた有効温度差をこの図に当てはめることにより、必要鉄筋量を算定した。また、鉄筋量算定にあたって問題となる許容ひびわれ幅については、本構造物の環境条件、国内外の指針類を参考に0.15mmとした。

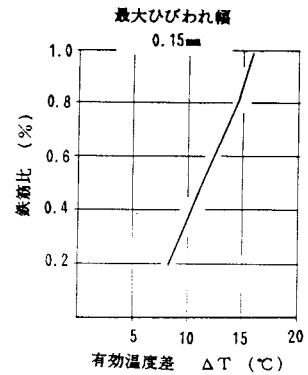


図-3 有効温度差と鉄筋比の関係

5. 温度応力解析結果

低発熱形高炉セメントを用い、プレクーリングの効果について検討した結果を表-1に示す。クーリングを実施しない場合、冷水を使用した場合には、夏期で温度ひびわれ指数が1.0前後となり、構造物内部においてひびわれ発生の可能性が増大するとともに、ひびわれ幅制御用鉄筋が

表-1 プレクーリング効果の比較

プレクーリングの程度	季節	部位	打込み温度 (°C)	最高温度 T _{max} (°C)	最大引張応力 σ _{max} (kgf/cm ²)	温度ひびわれ指数 Ft = σ _t /σ _{max}	温度ひびわれ発生判定		必要鉄筋比 P (%) 最大ひびわれ幅 0.15 mm制御
							中央部	周辺部	
クーリングなし	春	下部	20	49.8	10.5	1.70	○	×	0.27
	夏	上部	36	69.2	21.9	0.81	×	×	1.77
冷水の使用	春	下部	20	49.8	10.5	1.70	○	×	0.27
	夏	上部	33	66.5	20.3	0.88	×	×	1.33
アイスブラントの設置	春	下部	20	50.0	10.5	1.70	○	×	0.27
	夏	上部	25	59.5	10.5	1.70	○	×	0.42

極めて多くなること、またフレークアイスを用いたプレクーリングを行えば、内部のひびわれ発生を防ぐことができ、さらに周辺部においても周辺部面積の0.4%程度の鉄筋を配置することによりひびわれ幅を許容値以内に抑えることが可能と考えられること等の結果が得られた。

6. 施工実績

以上の検討を基に、当アバット35,000m³の施工を昭和61年6月～11月に行った。使用配合は表-2に示すとおりである。夏期においては氷の混入率を単位水量の55%まで使用することにより所定の打込温度を確保することができた。ひびわれは多いリフトで3～4本発生したが、いずれも許容値以下のものであり、施工前に検討した各種の対策が有効であったと判断できる結果が得られた。施工実績の詳細や温度応力の計測結果等については別の機会に発表する予定である。

表-2 コンクリート配合

粗骨材の 最大寸法 G _{max} (mm)	スランブ の範囲 s l (cm)	水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m ³)			
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
40	12±2.5	50	150	300	709	1152

参考文献 : (1). 長瀧重義等, 水和熱による温度ひびわれ幅の実用算定法, 第7回JCI年次講演会論文集, 1985