

大断面 4 連アーチカルバートの施工 (その 3 : マスコン対策)

西日本高速道路(株) 枚方工事事務所 田口 敬介

鹿島建設(株) 正会員 坂梨 利男

鹿島建設(株) 正会員 ○山本 誠

鹿島建設(株) 正会員 内村 祥史

鹿島建設(株) 正会員 保本 順

1. はじめに

国守工事では、大断面の R C 4 連アーチカルバートを(幅 60m, ブロック長 15m)を構築する。部材厚は、頂版、底版および外壁で 1.4m, アーチ間の連結部(アーチ付根)では約 3.5m と非常にマッシュで、全ての部材で温度ひび割れの発生が懸念された。特にアーチ付根では、アーチ部材からの負曲げモーメントが卓越し応力的にも厳しい部位であり、温度ひび割れの発生を制御すべき部材と判断した。そこで、構築に先立ち温度ひび割れ解析を実施し、対策工の選定を実施した。ここでは、事前解析と対策工の選定について報告する。

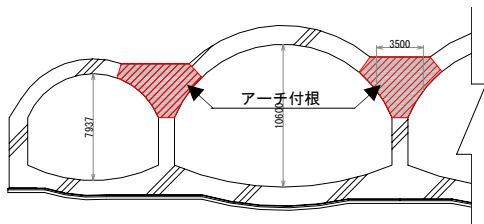


図-1 構造図

2. 無対策での現況解析

2. 1 解析条件

①解析モデル：解析モデルを図-2 に示す。

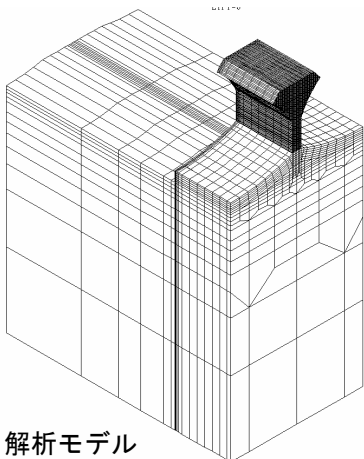


図-2 解析モデル

②ケース：合理的な設計を行うため、打設時期が春夏秋冬となる 4 ケースを設定した。

③コンクリート打設温度

：外気温+3℃※1 (枚方市の月別平均気温)

④コンクリート強度：積算温度式 $\sigma = a \times \log(M) + b$

⑤ヤング係数の補正係数

：材齢 3 日まで 0.5, 5 日以降 0.65※2

⑥許容ひび割れ指数

：貫通ひび割れに着目し、許容ひび割れ指数 1.24 (ひび割れ幅に換算し、0.2mm を許容値とした。ひび割れ幅算出は R C 示方書参考)

2. 2 検討結果 I : 無対策検討結果

アーチ付根部が、最も厳しくなった夏打設ケース(外気温 27.3℃)では、最高温度は 70℃を上回り、外気温と 40℃以上の差が現れた。指数は、中心部および表面での低下が著しい。表面は内外温度差による内部拘束、中心部は温度降下時における外部拘束に起因するものと考えられる。この結果から、無対策の場合には、許容ひび割れ指数 1.24 を満足せず(赤線の範囲内)、何らかの温度ひび割れ対策が必要であることが分かった。

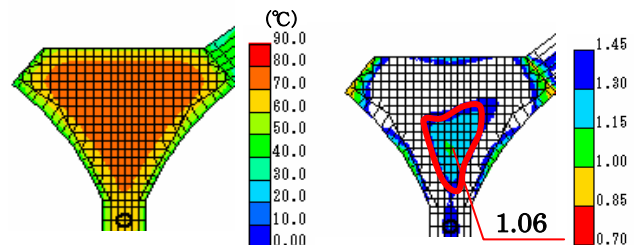


図-3 最高温度、ひび割れ指数コンター

3. 対策工の選定

種々の対策から、施工条件等を勘案し、本工事に適用可能な対策工として、パイプクーリングと膨張材を選定し、詳細な FEM モデルで効果の比較検討を行った。

3. 1 解析条件

3. 1. 1 パイプクーリング

①～⑥は 2. 1 参照

⑦クーリングパイプ径： $\phi = 2.72\text{cm}$

⑧通水温度：外気-5℃(奥行き方向一定) ※パイプ毎に通水方向を反対にすることで、奥行き方向にもほぼ一定な温度の冷却水を送った。(図-4)

キーワード アーチカルバート、温度応力解析、パイプクーリング、膨張材

連絡先：〒803-0803 福岡県北九州市許斐町 1 鹿島建設(株)住友金属小倉新製鋼工場建設工事事務所 TEL 093-571-2310

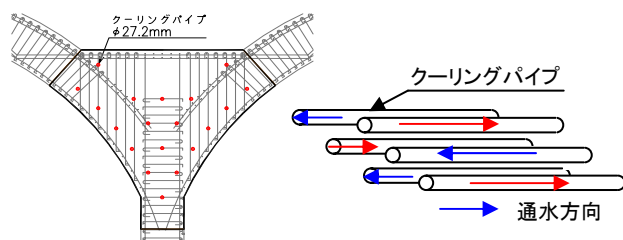


図-4 クーリングパイプ配置と通水イメージ

クーリングパイプの配置に関しては断面全体への均等配置を基本としたが、パラメータスタディの結果、内部拘束応力の原因となる中心部の温度上昇と、下部での外部拘束の影響を軽減するため、部材中央から下部に比較的多く配置した。クーリングパイプ配置を図-4に示す。

3. 1. 2 膨張材

①～⑥は2. 1参照

⑩線膨張係数： 8.3×10^{-6} ($1/^\circ\text{C}$)

一般的には膨張材使用時の見かけの線膨張係数は 7.0×10^{-6} ($1/^\circ\text{C}$)を用いる。しかしアーチ付根の形状から、ケミカルプレストレスを得るために必要な拘束力がアーチ付根全体に影響し難いと考えられる。

また既往の論文では、歪計測結果やフィッティング解析上、見かけの線膨張係数は、 $4.6 \mu \sim 9.8 \mu$ ($1/^\circ\text{C}$)とバラツキが大きい。そこで本検討では 7.0μ よりも安全側の評価である、 8.3μ ($1/^\circ\text{C}$) (既往の論文の平均値)を用いることとした。

3. 2 検討結果Ⅱ 対策工解析結果

[膨張材](表-2 左側)

最高温度は無対策と同様に 70°C 以上となる。若材齢時には表面にひび割れ指数1.24を下回る部分が見られた。長期材齢においては、一定の範囲でひび割れ指数1.24を下回り(赤線の範囲内)、内部全体の指数が低下し、更に部分が確認された。この結果から、膨張材を用いた場合、無対策に比べ改善効果はあるものの、無対策と同様に若材齢時に表面ひび割れが入り、その後長期材齢において発生する内部ひび割れと連結し貫通クラックを発生させる恐れがあることが判った。

[パイプクーリング](表-2 右側)

中心部の温度は 60°C 前後となり、温度低下効果が確認できた。若材齢時には同様に表面のみひび割れ指数の低下を示す。しかし長期材齢時には、ひび割れ指数はほぼ2.0以上となり、内部に致命的なひび割れは発生

表-2 パイプクーリング・膨張材解析結果

	膨張材	パイプクーリング
最高温度コンター		
ひび割れ指数(若材齢)		
ひび割れ指数(長期材齢)		

しないとされる。以上の結果から、対策工としてはパイプクーリングが有効であることが分かった。

4. まとめ

3次元FEM解析の結果、温度ひび割れ対策が必要であることが分かった。現場の状況も考慮し、有効な対策である①膨張材、②パイプクーリングの使用を比較検討した。解析の結果、膨張材を使用した場合も、改善効果は確認出来た。しかし、内部にひび割れ指数1.24以下の範囲が発生し、さらに1.24を下回らないまでも部材全体の指数が低下するため、貫通ひび割れを発生させ、止水性を低下させることが予想された。

反対に、パイプクーリングを使用した場合は表面のみにひび割れが入るだけに止まることが予想された。

そのため所定の品質を確保するためにはパイプクーリングを用いる必要があることが判った。

5. 参考文献

- ※1:コンクリート構造の時間依存性変形・ひび割れ評価
- ※2:ひび割れ制御指針(JCI)
- ※3:倉田 幸宏, 江頭 慶三, 師山 裕, 和内 博樹:膨張材の効果を考慮した場所打ちPC床版の有限要素解析, 土木学会第57回年次学術講演会, 2003
- ※3:師山 裕, 倉田 幸宏, 塩永 良介, 河野 豊:コンクリート床版における膨張材の効果と鉄筋量の関係に関する解析的検討ほか