

### 壁状構造物の温度応力低減工法を適用したボックスカルバートの温度応力解析

日本コンクリート技術(株) 正会員 ○河野 一徳  
北海道大学 フェロー会員 大沼 博志  
リンナイ(株) 正会員 塩野 岳

#### 1. はじめに

壁状構造物の温度ひびわれ抑制対策としては、従来から低発熱セメントや膨張材などの材料的、あるいはひび割れ誘発目地などによる施工的な取組みが行われてきている。図-1 に示す先行壁体部に収縮低減目地を設けて温度応力の低減を図る工法もそのひとつで、開発からおよそ3年を経てボックスカルバートや橋脚など10件を超える施工実績を有する。

本工法は、図-2 に示すように壁体が温度降下時に収縮する際、先行壁体部に設けた収縮低減目地が閉口して壁体の収縮変形を吸収することで、上部壁体に作用する外部拘束力を低減させるものである。このような温度応力低減効果については、佃ら<sup>1)</sup>、篠田ら<sup>2)</sup>が実験による検証を行っている。本報告は、ボックスカルバート構造物を対象として、収縮低減目地を実構造に近い形でモデル化した温度応力解析を実施し、その温度応力低減効果について解析的な検討を行ったものである。

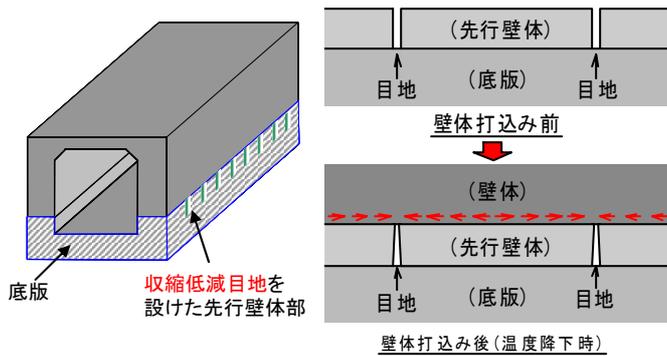


図-1 収縮低減目地による温度応力低減工法

1.8mとし、収縮低減目地はボックスカルバートの全長12mに対して2m間隔で設置した。施工は、①底版と先行壁体部、②側壁部の残りと頂版部の2リフトに分けて実施し、コンクリートの打込み間隔は31日とした。なお、コンクリートは設計基準強度30N/mm<sup>2</sup>(91日強度)、セメントの種類を高炉セメントB種とし、単位セメント量は300kg/m<sup>3</sup>とした。また、コンクリートの断熱温度上昇曲線は、コンクリート標準示方書<sup>3)</sup>に従って式(1)により与えた。

$$Q(t) = 50.9 (1 - e^{-0.688t}) \quad \text{式(1)}$$

ここに、Q(t)は材齢t日までの断熱温度上昇量

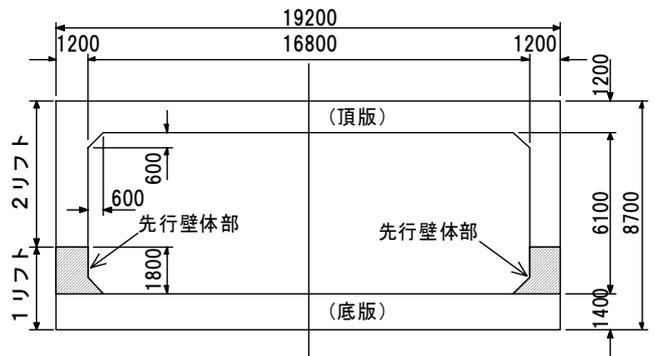


図-2 ボックスカルバートの断面の形状寸法

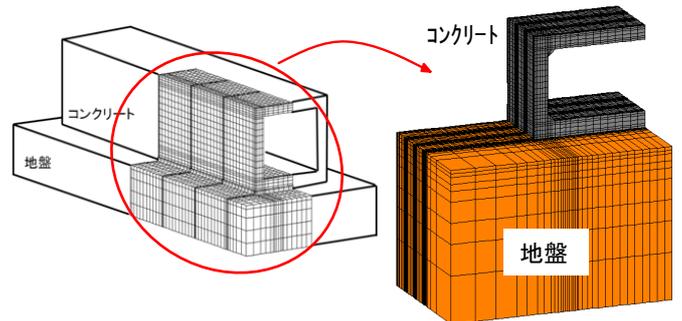


図-3 構造物のモデル化(要素分割図)

#### 2. 温度応力解析の概要

ボックスカルバートは、図-3 に示すようにスパン19.2mで、底版は厚さ1.4m、側壁部は壁厚が1.2mで高さが6.1m、頂版は厚さ1.2mである。また、隅角部にはハンチが設けられている。先行壁体部は高さ

図-3 に3次元有限要素法解析の要素分割図を示す。モデル化は構造物の対称性を考慮して全体の1/4部分を対象として行った。先行壁体部の収縮低減目地は、図-1のメカニズムを解析に反映させるために幅

キーワード 温度応力, 温度ひび割れ, 温度応力解析, 先行壁体, 収縮低減目地

連絡先 〒130-0026 東京都墨田区両国4-38-1 日本コンクリート技術(株) TEL03-5669-6651

2mmのスリット(空間)としてモデル化した。また、スリットには、図-4に示すようなトラス要素でモデル化した鉄筋を配置して要素接点間を連結した。すなわち、収縮低減目地は収縮変形と鉄筋による応力伝達が可能な解析モデルとした。なお、温度応力解析は3次元有限要素法プログラムのASTEAMACSを用いて行った。コンクリートおよび地盤の熱特性や力学的特性は、コンクリート標準示方書<sup>3)</sup>や既往の研究を参考にして代表的な値を選択した。解析ケースは収縮低減目地を設けた場合と設けない場合の2ケースとし、両者の解析結果の比較により本工法の温度応力低減効果を確認した。

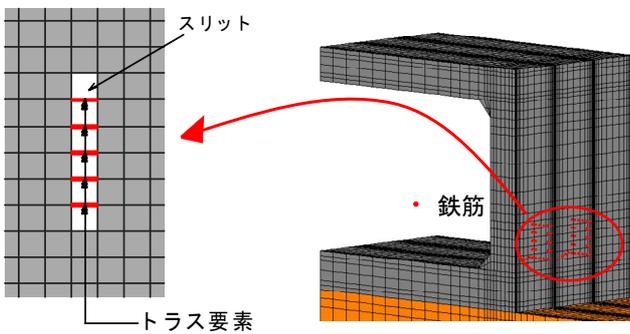


図-4 収縮低減目地のモデル化

3. 解析結果

表-1に解析より得られた最高温度、最大応力、最小ひび割れ指数、ひび割れ発生確率を示す。また、図-5に温度履歴図、図-6に上部側壁部における温度応力履歴図をそれぞれ示す。さらに、図-7に最大応力発生時の応力分布図を示す。最大応力は目地なしの場合の1.86N/mm<sup>2</sup>に対し、目地設置の場合は1.41N/mm<sup>2</sup>となり24%程度の低減が見られた。この数値は室内実験<sup>1)</sup>により得られた低減率(=23.5%)とほぼ一致しており、本工法の温度応力低減効果が解析面からも確認された。また、コンクリート標準示方書<sup>3)</sup>にもとづいて算定したひび割れ発生確率は、目地なしの場合の62%に対し、目地を設けた場合は13%まで小さくなる。

表-1 温度応力解析結果

検討ケース	最高温度 ℃	最大応力 N/mm <sup>2</sup>	最小ひび割れ指数 [ひび割れ発生確率]
目地なし	62.0 (2.3)	1.86 (55)	1.19 (55) [62%]
収縮低減目地	62.0 (2.3)	1.41 (55)	1.58 (55) [13%]

( )内は底版打設後の経過日数

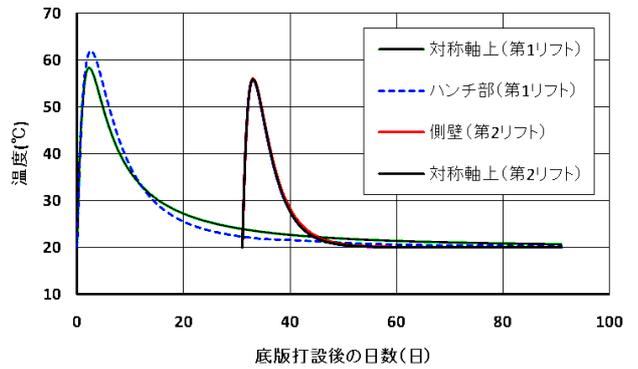


図-5 最高温度部位の温度履歴図

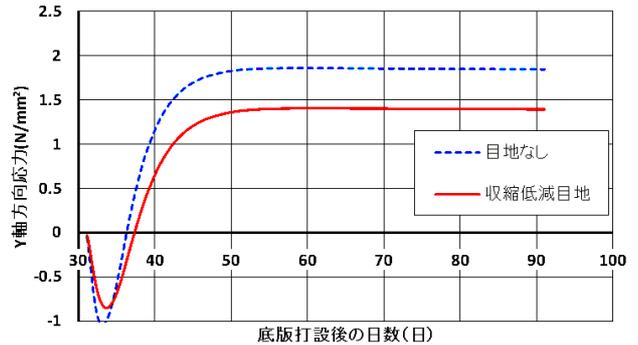
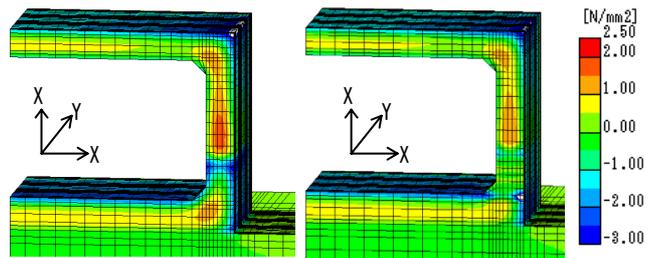


図-6 温度応力履歴の比較(目地の効果)



目地なし 収縮低減目地設置

図-7 温度応力分布の比較(Y軸方向最大応力時)

4. まとめ

先行壁体部に設けた収縮低減目地をスリットとトラス要素でモデル化することにより、その温度ひび割れ抑制効果を解析的に評価することが可能なことが確認された。今後の課題としては、種々の構造物に対する適用事例との比較検証にもとづき、解析精度を向上させていくことが挙げられる。

参考文献

- 1) 佃ら：壁状構造物の温度応力低減工法に関する室内実験，土木学会第64回年講 V-413, pp.823-824.
- 2) 篠田ら：壁状構造物の温度応力低減工法に関する実証実験，土木学会第64回年講 V-414, pp.825-826.
- 3) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書(設計編), pp.177-185, pp.331-343.