

東北地方におけるボックスカルバートの温度ひび割れ特性に関する解析的検討

日本大学	正会員	○子田	康弘
日本大学	正会員	岩城	一郎
東北学院大学	学生会員	熊谷	貴士
東北学院大学	正会員	石川	雅美

1. はじめに

東北地方においては幹線道路や鉄道などの多くが盛土構造として整備されていることから、ボックスカルバートの施工例が他の地域に比べて多くなっている。このような壁状構造物の温度ひび割れ対策としては、ひび割れ誘発目地が最も有効な対策であり、現在、広く用いられている。しかしながら、温度応力解析による目地間隔の検討もなされているが、地域ごとの気象条件が温度ひび割れに及ぼす影響については十分解明されていない現状である。そこで本稿では、温度ひび割れの影響を受けやすいボックスカルバート構造物について東北6県の県庁所在地を対象とした温度ひび割れ特性に関する解析的検討を行った。

2. 解析の概要

解析は、ASTEAMACS Ver.4(RCCM 社)を用いた3次元FEMによる温度応力解析である。解析モデルは、壁厚800mmと、壁厚1200mmのボックスカルバートであり、対称性を考慮し、ボックスカルバートの4分の1部分(長さ15m)とした。図-1には、壁厚1200mmとする解析モデルを示した。また、この解析モデルでは、ひび割れ誘発目地を考慮するため、図-2に示すように、鉄筋およびひび割れ誘発目地のモデル化を行った。具体的には、鉄筋をトラス要素とし、コンクリート要素の節点位置に挿入した。したがって、鉄筋間隔はメッシュ幅(350mm~500mm)となっている。鉄筋比は両モデルともに0.13%とした。この鉄筋比となるように、鉄筋1本あたりの断面積を壁厚800mmのモデルでは 2.42cm^2 、壁厚1200mmのモデルでは 3.79cm^2 とした。そして、ひび割れ誘発目地部にはジョイント要素を挿入し、コンクリートの引張強度を超えたとき、ジョイント要素を切り離すことで、ひび割れの挙動を表した。さらに誘発目地部のひび割れ幅を抑制するため、付着喪失長さを片側150mmとし、目地中心位置から片側150mmの位置までは、鉄筋とコンクリート要素の節点を結合しないこととした。

解析パラメータは、解析地点を東北6県の県庁所在地であり、打設時期を2月、5月、8月、11月とし、解析期間を5、8月が8ヶ月間、2月、11月が1年間とした。打設工程は、底版の打込みを解析対象月の1日とし、次に側壁および頂版の打込みをその月の15日とした。また、ひび割れ誘発目地間隔は、30m(目地なし)、15m、7.5m、5mの4条件とした。以上より、解析ケースは全部で192ケースである。

3. 東北地方における温度ひび割れの特性

図-3は、解析地点の外気温である。図より、これらの都市では、冬は盛岡が最も寒く、夏は福島が最も暑

キーワード 温度ひび割れ, ボックスカルバート, ひび割れ誘発目地, マスコンクリート

連絡先 〒963-8013 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8721

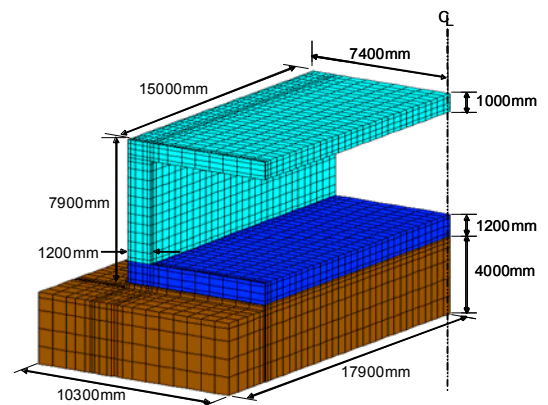


図-1 解析モデル(壁厚1200mm)

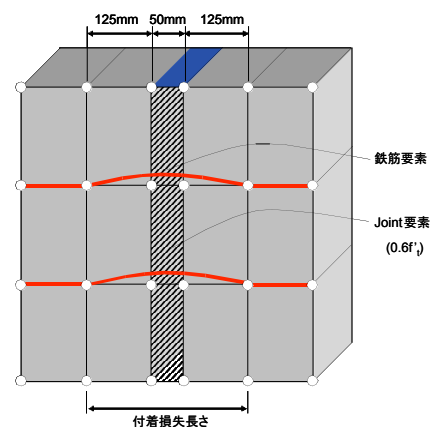


図-2 ひび割れ誘発目地のモデル化

い。そして、1年の寒暖の差は、盛岡が最も大きく 25.3°C であり、逆に最も小さいのは仙台で 22.6°C である。また、解析地点の年平均相対湿度は、降雪量の多い地域ほど高い傾向にある。この年平均値を用いて土木学会コンクリート標準示方書¹⁾により乾燥収縮ひずみ算定したところ、年平均相対湿度の低い福島(69%RH)では乾燥収縮ひずみが約 90μ と大きく、一方で、年平均相対湿度の高い青森と山形(75%RH)では材齢1年後でもひずみ量はごくわずかであり、この都市の乾燥収縮の影響は他に比べてかなり小さいものと考えられる。

図-4 は、解析結果の一例として、解析地点を仙台、8月打設、壁厚 800mm とした場合のひび割れ指数の履歴を示した図である。図に示すように、ひび割れの発生によりひび割れ誘発目地近傍で応力が解放されるため、目地間隔が、目地なし、15m、7.5m、5m の順、つまり、誘発目地を多く設けたモデルほど応力が低減されるため、ひび割れ指数も、誘発目地を多く設けた順に大きくなる傾向を示した。なお、これ以外の解析地点、壁厚、打設時期についても同様の結果が得られた。

図-5 は、全 192 の解析ケースより最小ひび割れ指数を求め、コンクリート標準示方書を参照して、ひび割れ発生確率としてまとめたと壁厚 800mm の解析結果の一例である。まず、解析結果は、都市を問わずひび割れが発生しやすい時期は、2月、11月の寒い時期より、5月、8月の気温の高い時期であった。特に、福島市は、東北の中で気温が最も高く、また、年平均相対湿度が最も低いため、6都市の中では乾燥収縮応力の影響が卓越しやすい状態にあり、ひび割れ発生確率が最も高い都市となったと考えられる。なお、全体的に壁厚 800mm より壁厚 1200mm の方が、ひび割れ発生確率が高くなる傾向である。次に、壁厚 800mm で、外気温が低いケース(2月と11月)では、同じひび割れ誘発目地間隔でも、各都市によってひび割れ指数が大きく異なることが認められた。これは、気温が低く、壁厚が薄くなると、相対的に乾燥収縮の影響が卓越してくるためと考えられる。誘発目地間隔に着目すると、各都市とも目地間隔が狭くなるにつれひび割れ発生確率が低下しており、誘発目地の効果が確認された。ただし、目地間隔 15m は、目地の効果があまり見られないことから、この種の構造物では目地間隔を 15m 未満とする必要があると思われる。

4. まとめ

東北地方のボックスカルバートを対象とする3次元FEMによる温度応力解析を行い、ひび割れ誘発目地間隔とひび割れ発生確率の関係を整理した。その結果、誘発目地の効果と温度ひび割れ特性に及ぼす地域性を明らかにすることができた。そして、今回解析したひび割れ発生確率を参照することで、東北各地で施工されるボックスカルバートの所要の温度ひび割れ指数を満足するひび割れ誘発目地間隔が求められることを示した。

参考文献 1)土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕，pp.45-49

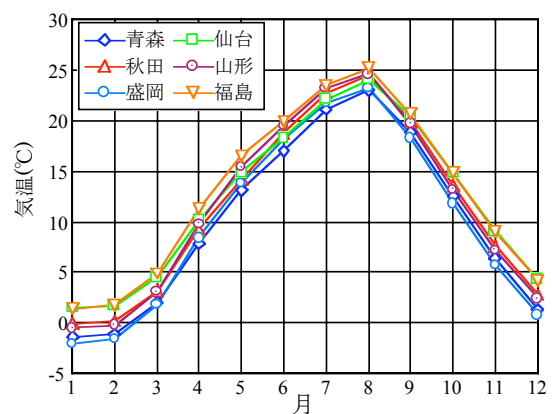


図-3 解析地点の年間気温

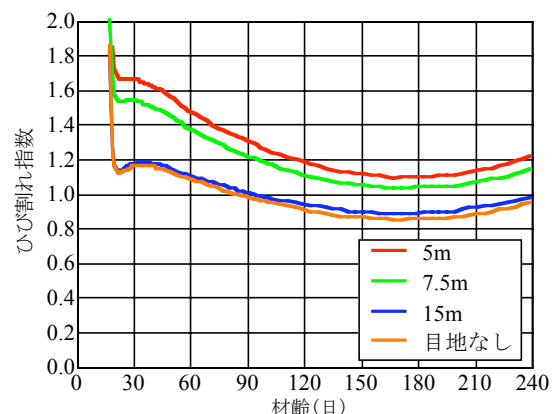


図-4 ひび割れ指数履歴(仙台,8月打設,壁厚 800mm)

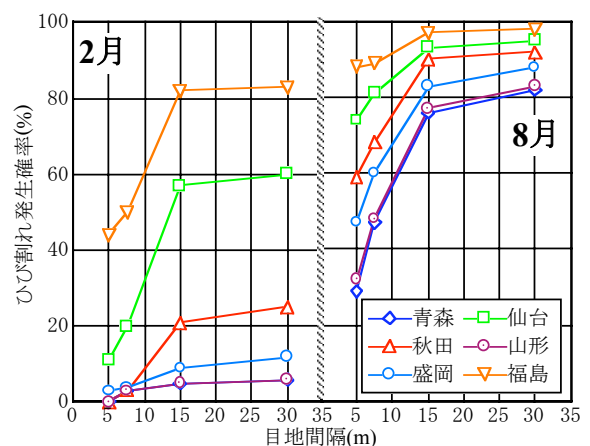


図-5 ひび割れ発生確率(壁厚 800mm)