

実構造物に基づく温度ひび割れの発生率に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○芦澤良一 坂井吾郎 渡邊賢三
法政大学デザイン工学部 正会員 溝渕利明

1. はじめに

温度ひび割れは、コンクリート構造物の耐久性や水密性、美観に影響を及ぼすことから、構造物の要求性能に応じて適切に対策することが重要である。そのためには、事前に温度ひび割れを精度良く評価することが必要となる。温度ひび割れの評価手法については信頼性が向上しつつあるものの、施工条件や環境条件の違いに伴う構造物の均質性や強度特性のばらつきなどの影響を反映するには至っていない。

本研究では、コンクリートの配合条件や施工条件が同じである実構造物の側壁を事例として、温度ひび割れの発生状況から実構造物におけるひび割れの発生率を求めた。この結果を日本コンクリート工学会「マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016」¹⁾ (以下、マスコン指針と称する) に示されるひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係と比較するとともに、ひび割れ発生率に及ぼす要因について検討した。

2. 構造物の概要

本研究では、ボックスカルバート工事における側壁を評価対象とした。同ボックスカルバートは、延長が約 5～20mのブロックが全 38 ブロックあり、形状が異なる一部の側壁を除き左右両側の側壁を合すると 74 部材となる。側壁は、図-1 に示すように高さが約 5.0m、厚さが 1.1mまたは 1.6mであり、延長方向に 5.0m間隔でひび割れ誘発目地が設置されている。コンクリートの打込みは年間を通じて行われ、コンクリートの配合条件や基本的な施工方法は各ブロックで同一の条件である。表-1 および表-2 に、それぞれ使用材料およびコンクリート配合を示す。コンクリートは、高炉セメント B 種を用いた水セメント比 50%の配合であり、夏期 (6～10 月) には AE 減水剤遅延形を使用している。コンクリートの打込みや締固めは、土木学会「コンクリート標準示方書[施工編]」に準じて実施した。いずれのブロックも、鋼製型枠が使用されており、打込み後 5 日程度で型枠を取り外し、材齢 14 日まで気泡緩衝シートによる養生を実施している。また、各ブロックの底版が打ち込まれてから、約 3～6 カ月後に左右の側壁を別々に施工している。

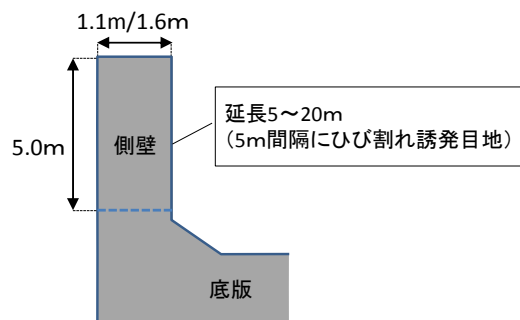


図-1 構造物の概要

3. ひび割れ指数とひび割れ発生率の算出方法

3.1 ひび割れ指数の算出

ひび割れ指数は、マスコン指針に示される断熱温度上昇特性や強度特性、境界条件などの入力条件を用い、3次元有限要素法による温度応力解析に基づき算出した。ただし、すべての側壁について解析を実施することは困難であるため、壁厚 1.1mおよび 1.6mのモデルに対して、側壁の打込み時期を標準期 (外気温 17℃)、夏期 (外気温 26℃)、冬期 (外気温 5℃) に変化させた解析を実施した。図-2 に、外気温とひび割れ指数の関係を示す。同図の関係から、側壁の打込み時の外気温を用いて各側壁のひび割れ指数を算出した。

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	上水道水, 密度 1.00g/cm^3
セメント	C	高炉セメントB種, 密度 3.04g/cm^3
細骨材	S1	山砂, 密度 2.62g/cm^3 , F.M.1.53
	S2	石灰砕砂, 密度 2.66g/cm^3 , F.M.3.91
粗骨材	G	石灰砕石, 密度 2.69g/cm^3 , 実積率63.5%
混和剤	Ad	AE減水剤 (標準形・遅延形)

表-2 コンクリート配合

Gmax (mm)	W/C (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
					W	C	S1	S2	G	Ad
20	50	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	42	150	300	431	352	1100	3.0

キーワード：温度ひび割れ, ひび割れ指数, ひび割れ発生確率, 圧縮強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6740

3.2 ひび割れ発生率の算出

ひび割れ発生率は、5.0m間隔のひび割れ誘発目地間を1区画とし、ひび割れ指数を0.05刻みに区分して各ひび割れ指数における区画数とその内の温度ひび割れが生じた区画数から求めた。なお、全区画数は157個である。

4. 評価結果

図-3に、ひび割れ指数ごとのひび割れ有無の区画数を示す。ひび割れ指数は、1.00～1.25の範囲にあった。ひび割れ指数1.25のデータ数がやや少ないものの評価に含めるものとした。

図-4に、ひび割れ指数とひび割れ発生率の関係を示す。同図には、マスコン指針に示されるひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係も併記した。本結果では、マスコン指針におけるひび割れ指数とひび割れ発生確率の係数に概ね近い値を示すものの、ひび割れ指数が1.00～1.15程度の小さい範囲でマスコン指針のひび割れ発生確率と相違する傾向が認められた。特に、ひび割れ指数1.05～1.15においては、今回の結果の方がひび割れ発生率が大きくなる傾向にある。この原因として、本研究では簡易的にひび割れ指数を算出していることに加え、施工条件や環境条件など種々の要因がひび割れ指数の算定に影響しているものと考えられる。

当該構造物においては、コンクリート配合や基本的な施工条件が同じであることから、これらの変動がひび割れ発生率に及ぼす影響は小さいものと考えられる。ここでは、それ以外の要因の一つとして、強度特性の変動に着目した。図-5に、ひび割れ指数ごとの材齢28日における圧縮強度(標準養生)を示す。同図より、ひび割れ指数が小さくなるほど、圧縮強度が小さくなる傾向が確認される。これは、季節変動により夏期ほど圧縮強度が低下することによる。また、本結果の範囲ではひび割れ指数1.00付近において圧縮強度がばらつく傾向にある。圧縮強度の平均値は 43.0N/mm^2 、変動係数は5.6%と、一般的なレディーミクストコンクリートに比べてばらつきは小さい結果であるが、こうした圧縮強度の変動に伴い引張強度も変動することにより、ひび割れ指数と実際のひび割れ発生率との関係に相違が生じた可能性が考えられる。

5. まとめ

実構造物におけるひび割れ発生状況から、ひび割れ発生率とひび割れ指数の関係を整理した。その結果、コンクリート配合や基本的な施工条件が同一であっても、強度特性の季節変動によってひび割れ指数とひび割れ発生率との関係に相違が生じることが推察された。このことから、温度ひび割れをより精度良く評価するためには、こうした強度特性の変動なども考慮していくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会編: マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016, 2016.11

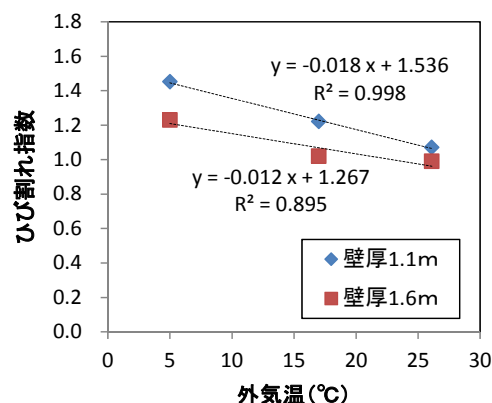


図-2 外気温とひび割れ指数の関係

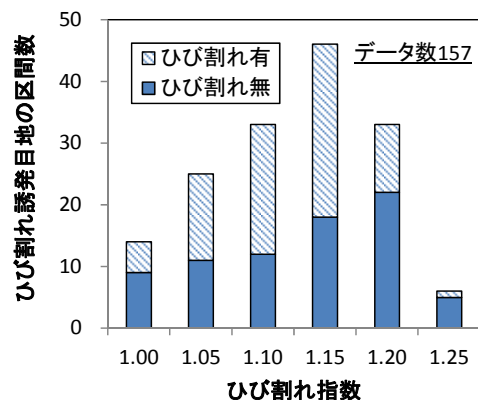


図-3 ひび割れ発生目地の区間数

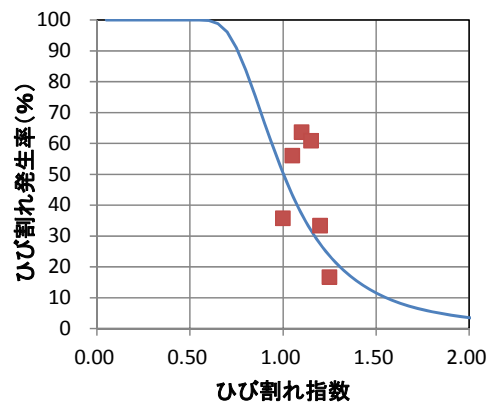


図-4 ひび割れ指数とひび割れ発生率

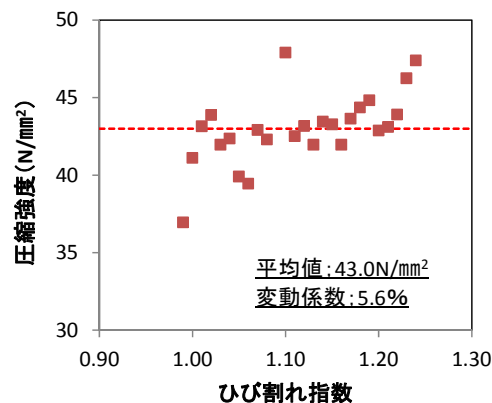


図-5 ひび割れ指数と圧縮強度