

コンクリート構造物におけるひび割れ誘発目地の有効性

東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正会員 ○藤原 康成

1. はじめに

RC ボックスカルバートでは、コンクリート打設時の温度応力によりひび割れが発生し、漏水やそれに起因する鉄筋の腐食など、使用性・耐久性が問題となる。本稿では、内空 12.4m×5.7m の RC ボックスカルバートを施工するにあたり、温度ひび割れの影響を解析し、ひび割れ誘発目地間隔の検討および施工後のひび割れ発生状況の検証から、ひび割れ誘発目地の有効性について研究したので報告する。

2. 検討対象

本研究の対象は、大船渡線千厩・小梨間清田こ道橋における内空 12.4m×5.7m、長さ 20.3m の開削工法による RC ボックスカルバートである。コンクリート打設は、下床版、側壁、上床板と 3 分割で打設した。構造図を図 1 に示す。

3. 解析方法および解析条件

温度解析および応力解析は、「ASTEA MACS Ver.5」を使用して、2007 年制定 土木学会 コンクリート標準示方書【設計編】に準拠し、3 次元 FEM 解析により行った。また解析モデルは、対象構造物の対称性を考慮し、1/4 モデルとし解析を行った。解析条件を表

1、コンクリートの配合条件を表 2 に示す。

密度等の変動値は施工に用いる値を用いており、比熱や熱伝達率等の一般的な共通値に関してはコンクリート標準示方書の値を用いた。圧縮強度は、基準材齢 28 日として設計基準強度 27N/mm²を用いた。

また、目地間隔は次に示す 3 ケースとした。

ケース 1：コンクリート部材高の 1~2 倍の間隔という一般的考え方より、設置最少本数である 1 断面設置（1 スパン 10.0m）とした。

ケース 2：既往の研究より、側壁厚 1100mm 以上の場合、目地間隔は $L/H \leq 0.9$ という条件から設置間隔は 7.11m となるため、ひび割れ誘発目地を 3 断面設置（1 スパン 5.0m）とした。（L：目地間隔、H：コンクリート部材高）

ケース 3：ケース 2 の設置断面数を増やし、4 断面（1 スパン 4.0m）とした。

4. 解析結果

ケース 1：ひび割れ誘発目地を 1 断面設置（1 スパン 10.0m）した場合の最小ひび割れ指数分布図を図 2 に示す。側壁付け根部の内側測点は、打設後にひび割れ指数が 1.0 まで低下して持続する。応力は、ひび割れ指数の低下時
キーワード：ひび割れ誘発目地

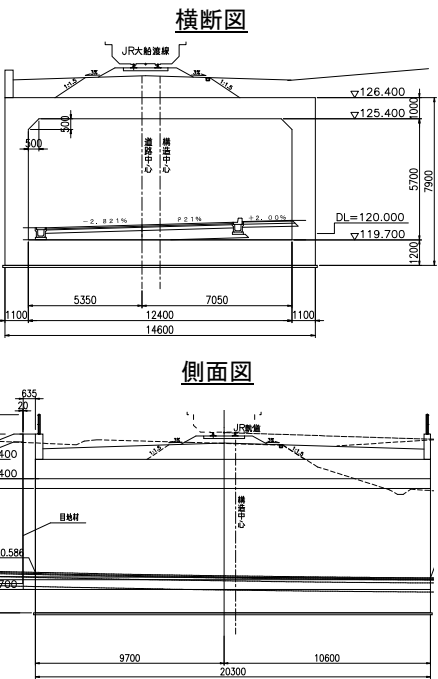


図 1 構造図

表 1 解析条件

項目	単位	解析条件値および解析計算式
比熱	kJ/kg℃	1.05
熱伝導率	kJ/mh℃	9.2
密度	kg/m ³	(下床版・側壁)2329.744 (上床版)2320.21
断熱温度上昇式	℃	$Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$
打設温度	℃	(下床版・側壁)11.0℃ (上床版)13.0℃
外気温	℃	(下床版)−0.2℃、(側壁)3.2℃ (上床版)6.9℃
表面熱伝達率	Wm ² /℃	(下床版・側壁・上床版)8 (養生マット+湛水)5
圧縮強度	N/mm ²	$f'_{ck}(t) = t \cdot f'_{ck}(28) \cdot 1.11 / (4.5 + 0.95t)$ $f'_{ck}(28) = 27$
引張強度	N/mm ²	$f_{tk}(t) = c \sqrt{f'_c(t)}$
ヤング係数	N/mm ²	$E_s(t) = 4700 \sqrt{f'_c(t)}$
熱膨張係数	1/℃	0.00001
解析期間	日	120

表 2 配合条件

部位	配合	設計 基準強度 (N/mm ²)	G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
						W	C	S	G	A
下床版・側壁	27	20	53.5	46.4	167	312	843	1004	3.744	
上床版				47.6	172	321	853	971	3.21	

以降も引張応力が残存している。内側測点は下床版による外部拘束の影響からひび割れ指数が低下していることがわかる。また、表 3 より、ひび割れ発生確率は 85% となり、高い確率でひび割れが発生するという予測結果となった。ボックスカルバート側壁部の配力鉄筋比は 0.14% であるため、最大ひび割れ幅は 0.3mm 以上となる可能性が高いという結果となった。

ケース 2：ひび割れ誘発目地を 3 断面設置（1 スパン 5.0m）した場合の最小ひび割れ指数分布図および、ひび割れ発生率を図 3、表 3 に示す。1 断面設置および 3 断面設置のひび割れ指数と比較すると、1 断面設置のひび割れ指数が 1.0 に対して、3 断面設置は 1.3 程度まで改善されている。また、ひび割れ幅も約 0.18mm に低減されている。しかし、本検討での目標であるひび割れ指数 1.45 は超えず、ひび割れ発生率は 45% 程度にとどまった。

ケース 3：ひび割れ誘発目地を 4 断面設置（1 スパン 4.0m）した場合の最小ひび割れ指数分布図および、ひび割れ発生率を図 4、表 3 に示す。ケース 3 時の最小ひび割れ指数は 1.5 程度まで改善され、目標値のひび割れ指数の 1.45 を上回る結果となった。ひび割れ幅は約 0.12mm と予測され、ひび割れ発生率も 18% 程度と 1 断面設置と比較してひび割れ発生率は大幅に低減された。

施工におけるひび割れ誘発目地材の設置間隔は、コンクリート標準示方書の「ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合のひび割れ指数」である 1.45 以上を参考として、4 断面設置することとした。また断面欠損率を 45.5% としたが、一般的に断面欠損率は 30～50% とするのがよいとされているため、適当であると考える。

5. 施工後の検証

施工時のコンクリートは午前から打設を開始した。下床版打設時は外気温 2℃、コンクリート打設温度 10℃、側壁打設時は外気温 3℃、コンクリート打設温度 10℃、上床版打設時は外気温 8℃、コンクリート打設温度 12℃であった。検討時の入力値と比較し、ほぼ同条件で施工されたことがわかる。なお、施工後の実施した対象構造物のひび割れ調査では、誘発目地以外でのひび割れは確認されなかった。

6. まとめ

ひび割れ指数 1.45 以上を目標値とし、ひび割れ誘発目地を 4 断面設置（1 スパン 4.0m）する対策を行った。結果としてケース 1 との比較より、1 断面設置のひび割れ発生確率 85% から対策施工後は 18% 程度まで低減された結果が得られた。施工後、現場調査では誘発目地以外のひび割れは確認されなかったことから、当該現場における解析結果の有効性を確認した。

<参考資料>

土木学会：2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編, 社団法人 土木学会, 2007.10

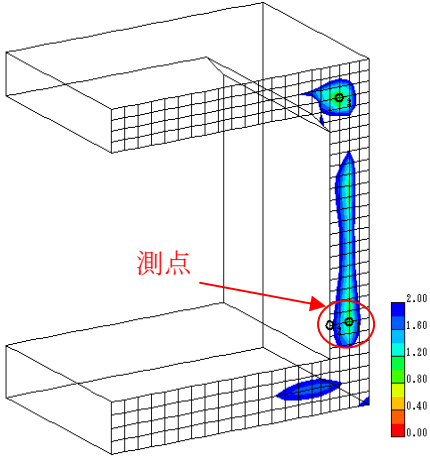


図 2 最小ひび割れ指数分布図（10. 0m）

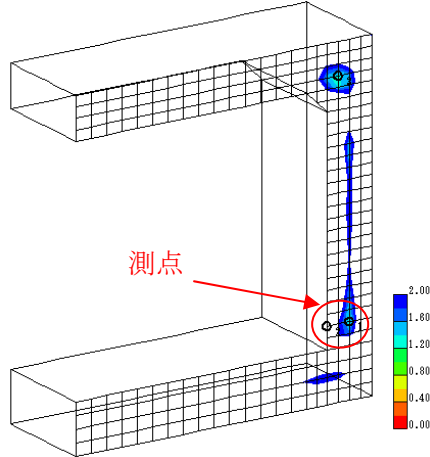


図 3 最小ひび割れ指数分布図（5. 0m）

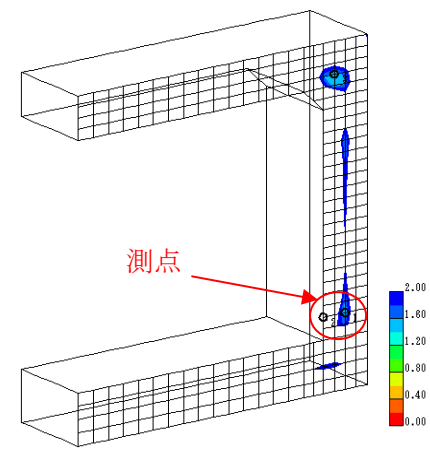


図 4 最小ひび割れ指数分布図（4. 0m）

表 3 検討結果

ケース	設置断面数	目標値	ひび割れ指数	発生率
ケース1	1	1.45以上	1.0	85%
ケース2	3		1.3	45%
ケース3	4		1.5	18%