

# RC 床板内部水平ひび割れの発生メカニズムにおける桁の影響に関する一検討

岩手大学工学部 正会員 大西 弘志  
 岩手大学工学部 学生会員 ○日下 佳明  
 岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二

岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明  
 岩手大学大学院 学生会員 小松代亮磨

## 1. はじめに

我が国において鋼道路橋の主な損傷の一つに床版の損傷がある。道路橋の床版の損傷は広義の疲労損傷であることが松井ら<sup>1)</sup>によって明らかにされていると同時に、その主な要因として輪荷重の走行作用が挙げられている。RC 床版の輪荷重による疲労に関する研究はこれまでに数多くなされており、床版の疲労損傷のメカニズムは明らかにされているといわれているが、全ての事象が解明されているわけではない。特に、既存 RC 床版の調査において確認できる床版内部の水平ひび割れ(図 1)についてはその発生と進展過程は明らかになっていない。この水平ひび割れの発生・進展機構については多くの議論があるものの、合理的な説明には至っていないのが現状である。著者らは RC 床版内部の水平ひび割れを発生させる要因として床版コンクリート打設時に発生することが考えられる収縮ひずみに着目した研究を進めてきた<sup>3)</sup>が、これまでの研究では床版単体を取り扱ったものにとどまっております、実際の状況で考えられる、橋梁鋼主桁による外部拘束の影響を考慮できていなかった。このことから、著者らは外部拘束を受ける環境下での床版内部の若材齢時のコンクリートの収縮ひずみに着目した解析を行い、これが床版内部の水平ひび割れ発生に関係する可能性があるのか検討を行った。

## 2. 解析概要

本研究では、コンクリート打設後に発生する収縮ひずみの中でも鉛直方向成分に着目し、解析による検討を行った。使用した解析ソフトは ASTEA MACS であり、鋼・コンクリート合成桁の一部をモデル化した有限要素モデルを構築し、温度応力解析を行った。図 2 に今回使用した解析モデルの概要を示す。解析モデルにおける RC 床版は長さが 5000mm、幅が 2200mm、厚さが 230mm、主鉄筋には D19 鉄筋を圧縮側には 300mm 間隔、引張側には 150mm 間隔で配置した。解析をするにあたって設定したコンクリートの配合を表 1 に、解析に用いた物性値を表 2 に示す。セメントには普通ポルトランドセメントを想定した解析を行っている。コンクリート及び鉄筋はソリッド要素でモデル化し計算を行った。境界条件として床版上面は 5 日間のシート養生(熱伝導率:  $6\text{W/m}^2\text{C}$ )を、床版側面及び下面は 5 日間の合板型枠(熱伝導率:  $8\text{W/m}^2\text{C}$ )による養生を想定した解析を行った。

増厚界面の水平ひび割れ

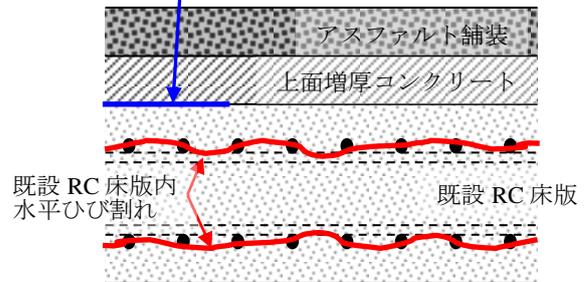


図 1 RC 床版内の水平ひび割れ<sup>2)</sup>

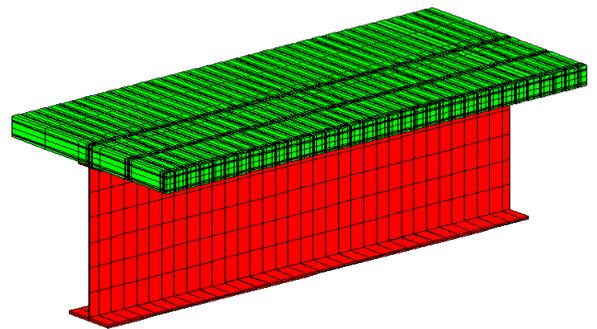


図 2 解析モデル

表 1 コンクリートの設定

Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	
20	44.7	44.5	
単位質量 (kg/m <sup>3</sup> )			
W	C	S	G
170	380	769	977
			膨張材
			0
			減水剤
			有
			AE剤
			有

表 2 解析物性値<sup>2)</sup>

項目	コンクリート	鉄筋
熱伝導率 (W/m°C)	27	51.3
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2400	7850
比熱 (kJ/kg°C)	1.15	0.47
初期温度 (°C)	20	10
断熱温度上昇特性 (°C)	$Q(t) = K(1 - e^{-at})$	-
ヤング率 (N/mm <sup>2</sup> )	$\varphi \times 6300 \times f_c(t)^{0.45}$	2.00E+05
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	$[\frac{t}{a+bt}] \times d_{(3)} f_{ck}$	500
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	$0.44 \times f_{c(t)}^{1/2}$	500
ポアソン比	0.2	0.3
線膨張係数 (10 <sup>-6</sup> /°C)	10	10
乾燥収縮ひずみ (×10 <sup>-6</sup> )	JSC E実験式	-

キーワード: 水平ひび割れ, 収縮ひずみ, RC 床版, FEM 解析

連絡先: 岩手大学工学部 社会環境工学科 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 TEL/FAX.019-621-6437

また拘束条件は桁の下フランジの両端部にのみ各方向から拘束を与えている．また外気温は 20℃一定として解析を行った．

### 3. 解析結果

#### (1) 温度の分布状況

図 3 に打設 24 時間後の床版支間中央断面の一部の温度分布の算出結果を示す．図 4 には図 3 に示す着目部位 No.1～No.3 の温度時刻歴である．圧縮側主鉄筋に着目したのは既往の研究から水平ひび割れの発生が圧縮側主鉄筋近傍で確認されているためである．型枠から 250mm に位置する No.2 と型枠から 411mm に位置する No.3 はほぼ同じ推移をしており，型枠から 111mm に位置する No.1 は型枠の影響から水和発熱によって低くなっていることが認められる．

#### (2) ひずみ時刻歴の結果

図 5 は着目部位 No.1～No.3 のひずみ時刻歴であり，図 5(a)，図 5(b)は Y 軸方向及び Z 軸方向の結果である．図 5(a)の結果から材齢 60 日でそれぞれ No.1 : 15.84  $\mu$ ，No.2 : 7.45  $\mu$ ，No.3 : 7.38  $\mu$  であり，温度が同じように推移していた No.2 と No.3 は Y 軸方向のひずみも同じように推移することが確認できた．図 5(b)から Z 軸方向ひずみは，材齢 60 日でそれぞれ No.1 : 221.96  $\mu$ ，No.2 : -10.46  $\mu$ ，No.3 : 228.41  $\mu$  である．これはコンクリートの Z 軸方向のひずみは主鉄筋によりコンクリートの収縮が拘束されたために引張ひずみが発生している可能性が考えられる．

### 4. まとめ

本研究の解析から，既往の研究から水平ひび割れが確認されている主鉄筋近傍に鉛直方向の引張ひずみが発生することがわかった．Y 軸方向においては No.2，No.3 は桁の上フランジによる拘束の影響が大きく，温度変化後のひずみの変化が小さくなった．No.1 は No.2，No.3 に比べて上フランジによる拘束の影響が小さく，温度変化後もひずみが増え続けることが認められた．

### 謝辞

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(C) 課題番号:24560581, 研究代表者:大西弘志)により実施された．ここに記して関係者各位に感謝の意を示す．

### 参考文献

- 1) 松井繁之: 道路橋床版, 森北出版, 2007.10
- 2) 鎌田敏郎ほか: 各種道路橋床版における疲労損傷の非破壊検査システムに関する研究開発, 新道路技術会議研究報告書, 2010.3.
- 3) 小松代亮磨: RC 床板内部水平ひび割れの発生メカニズムに関する一検討, 道路橋床版シンポジウム論文, 2014
- 4) 土木学会: 2007 年度制定コンクリート標準示方所〔設計編〕, 丸善, 2008.3.

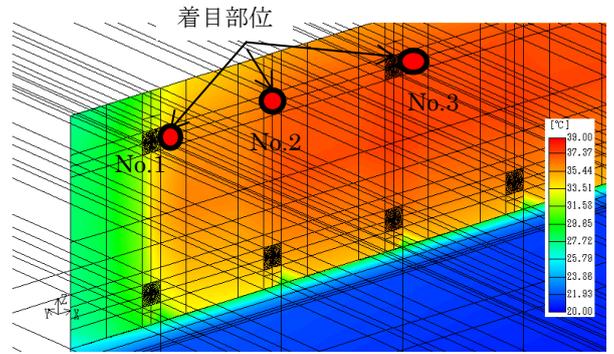


図 3 打設 24 時間後の温度分布

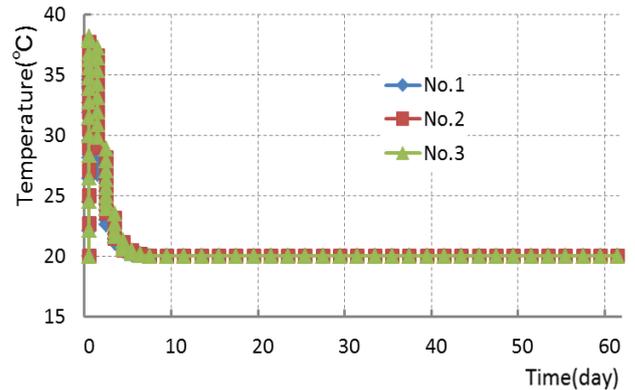
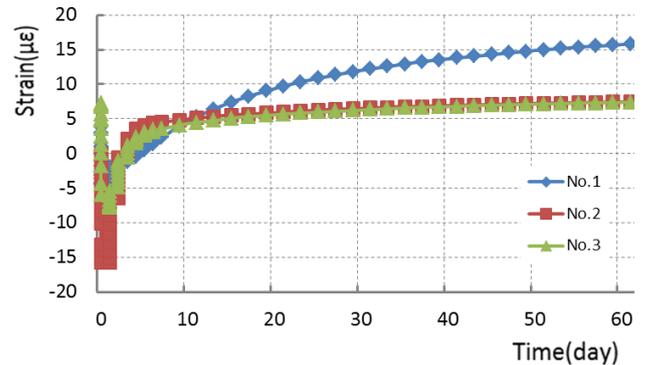
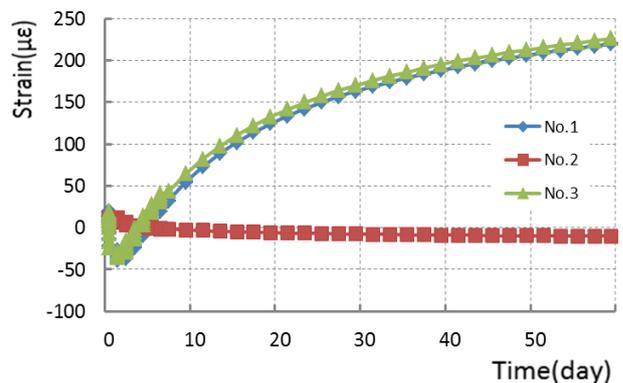


図 4 温度時刻歴



(a) Y 軸方向



(b) Z 軸方向

図 5 ひずみ時刻歴計算結果