

鋼・コンクリート合成床版のコンクリート水平ひび割れ発生回数の推定

Hitz 日立造船(株) 正会員 ○杉原 伸泰
 大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之

1. 目的

近年、鋼橋の合理化に伴い道路橋床版には 1)長支間化への対応, 2)現場工期短縮および3)耐久性が要求されており, その解決策のひとつとして鋼・コンクリート合成床版が採用されている. 上記の要求性能のうち, 床版の疲労耐久性能は輪荷重走行試験による確認試験が実施されている. その結果, 鋼・コンクリート合成床版の特徴的なひび割れとして **図-1** に示すリブ頂部と鉄筋との間で水平面に沿うひび割れが発生進展することが挙げられている¹⁾. このひび割れの発生進展によって床版コンクリートが上・下層に分離され床版有効厚が小さくなることで, 耐荷性能および耐久性能の低下が進む.

そこで, 本研究ではこの鋼・コンクリート合成床版特有の水平ひび割れに着目し, リブ頂部周囲のコンクリート応力状態を有限要素解析により評価し, その結果とコンクリートの一軸応力状態における S-N線²⁾より, 水平ひび割れが発生する走行回数の推定を行う.

2. 解析手法

図-2 に本検討で用いた解析モデルの 1 例を示す. 解析対象は(独)土木研究所において実施した輪荷重走行試験の試験体とし, 平面応力解析により鉛直荷重作用時のリブ近傍コンクリートの応力状態を算出する. 床版挙動によるモーメントとせん断力の分布状態を再現するため, **図-3** に示すように 3次元板解析の結果¹⁾に基づき載荷荷重強度および支点間隔を決定した. また, 支点位置に対しリブ位置を順次変化させ, 輪荷重載荷位置の違いによる着目点の応力変化を求めた. 解析モデルは 4 節点アイソパラメトリック要素を用いた. コンクリートの材料構成則は輪荷重走行試験体の材料試験結果より決定し, 破壊条件は Kupfer らの実験に基づくモデルを用いた. 鋼材は完全弾塑性の応力-ひずみ関係を用いた. 底鋼板およびリブとコンクリートとの界面に境界要素を設定し, 界面の剥離状態を表現した. **図-4** に境界要素の破壊基準を示す. なお, 本検討では版に作用するねじりモーメントは考慮していない. また, 本解析には非線形解析コード「ATENA」を用いている.

3. リブ頂部近傍のコンクリート応力状態

図-5 にリブ近傍に輪荷重を載荷した場合のコンクリート主応力状態を示す. リブ頂部近傍コンクリートに鉛直方向の局所的な引張応力が生じている. これは鉛直荷重によるコンクリートのせん断変形をリブが拘束す



図-1 コンクリート内部の水平ひび割れ

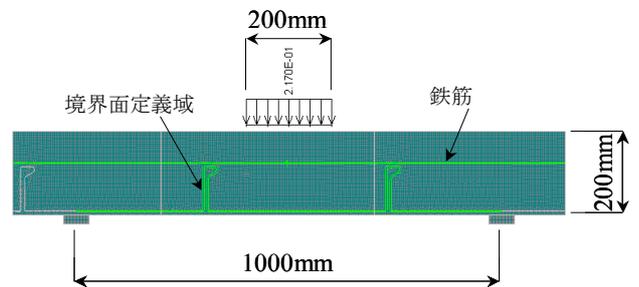


図-2 解析モデル

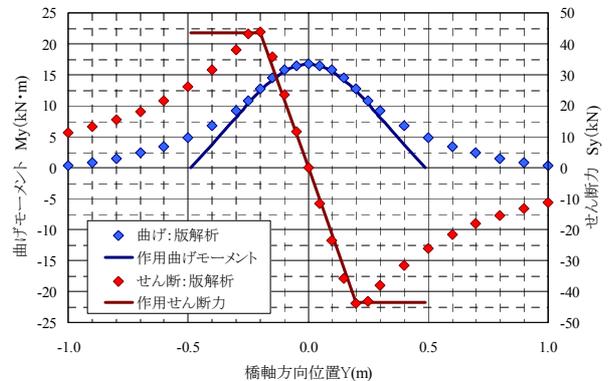


図-3 作用モーメントおよびせん断力分布

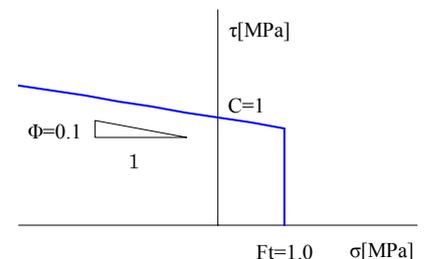
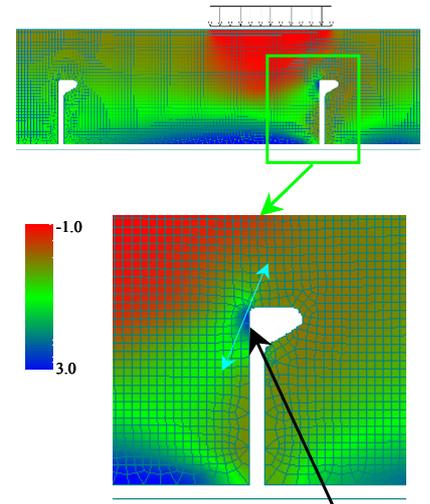


図-4 境界要素の破壊基準

キーワード 鋼・コンクリート合成床版, 水平方向ひび割れ, ひび割れ発生走行回数

連絡先 〒550-0002 大阪市西区江戸堀 2 丁目 6 番 33 号 Hitz 日立造船(株) 技術開発部 TEL06-6447-6054

るためと考えられる。図-6 にリブ頂部周辺コンクリートに発生する引張の主応力について剥離領域範囲を変えたモデルの結果をそれぞれ示す。図中に剥離モデルの詳細を示す。また、荷重強度は 250kN の場合を示す。剛結モデル、剥離モデル 1 および剥離モデル 2 では差は小さいが、これに比して全境界面を剥離領域とした剥離モデル 3 では応力範囲が著しく大きくなり、その最大値はコンクリートの引張強度に達する結果となった。



リブ頂部近傍の局所応力度

図-5 コンクリートの主応力カラー

4. ひび割れ発生回数の算定

対象とする輪荷重走行試験では荷重を階段状に増加させるため、本検討では基準荷重を 157kN とした等価走行回数を RC 床版の S-N 曲線の傾きより算出した。また、既往の研究²⁾により提案されているコンクリートの S-N 関係式(1)に図-6 と同様に求めた応力範囲を適用してひび割れ発生回数の推定を行った。図-7 に各解析モデルのひび割れ発生走行回数を示す。図中の CL は式(1)に対し 90%信頼区間を考慮した場合の下限値を示す。

$$\log N = 9.46 - 7.71 \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{ct}} - 3.37 \frac{\sigma_{min}}{\sigma_c} \quad (1)$$

ここに、 σ_{max} ： 引張最大応力
 σ_{ct} ： 静的引張強度
 σ_{min} ： 圧縮最大応力
 σ_c ： 静的圧縮強度

図-6 では剥離モデル 3 のみが著しく大きい応力範囲を示したが、ひび割れ発生回数においてはいずれのモデルにおいても 28~32 万回、90%信頼確率を考慮した場合には 16 万回程度で発生する推定結果となった。

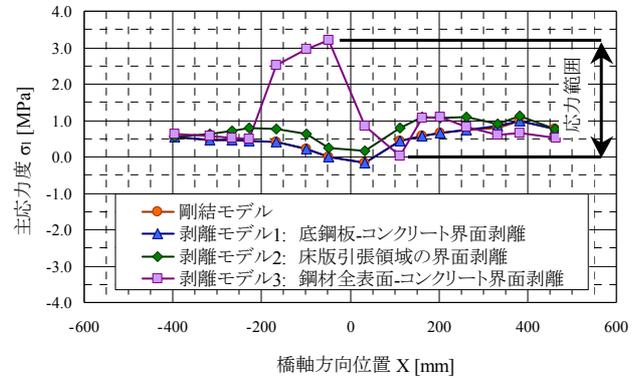


図-6 コンクリート鉛直応力度の変化

輪荷重走行試験結果の一例として合成床版鉄筋ひずみと走行回数との関係を図-8 に示す。前述のひび割れ発生回数推定範囲と鉄筋ひずみが急激に変化する走行回数の範囲はほぼ一致している。ひび割れの発生進展から鉄筋とコンクリートの付着切れにつながったものと考えられ、本検討のひび割れ発生推定回数が実験結果を推定できたものと考えられる。

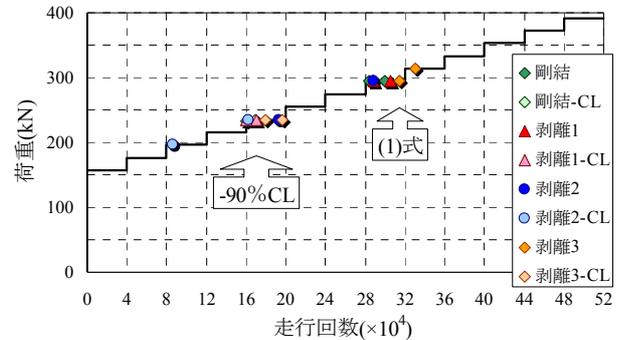


図-7 水平ひび割れ発生時の走行回数推定結果

5. まとめ

- (1) 鉛直荷重作用時にリブ頂部近傍のコンクリートには局所的な引張応力が発生する。
- (2) 載荷輪荷重の増加によりリブ頂部近傍コンクリートでは鉛直方向の局部引張応力が生じ、水平方向のひび割れが発生する。

参考文献：

1) 杉原他：バルブプレート合成床版の疲労耐久性に関する実験的研究，第4回道路橋床版シンポジウム講演論文集
 2) H. Cornelissen and H. Reinhardt: Fatigue of Plain Concrete in Uniaxial Tension and in Alternating Tension-Compression Loading, IABSE Colloquium Lausanne, 1982. pp. 273-282

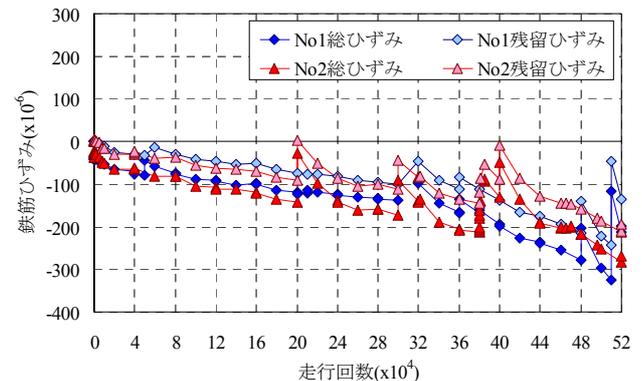


図-8 走行試験結果(鉄筋ひずみ)