

上床版厚が不足したRC中空床版橋の疲労解析

オリエンタル白石 (株) 正会員 ○竹田 京子

オリエンタル白石 (株) 正会員 俵 綾子

(株) 高速道路総合研究所 正会員 山下 恭敬

(株) 高速道路総合研究所 正会員 喜多 雄士

(株) コムスエンジニアリング 正会員 土屋 智史

1. 目的

RC 中空床版橋の円筒型枠上床版厚，すなわちボイドかぶり厚さの不足が，上床版の劣化や損傷を生じる要因の一つであることが既往の調査および研究で知られている．本稿では，輪荷重走行試験の実験供試体を対象に疲労解析を行い，ボイドかぶり厚さが疲労耐久性に与える影響について検討を行った結果を報告する．

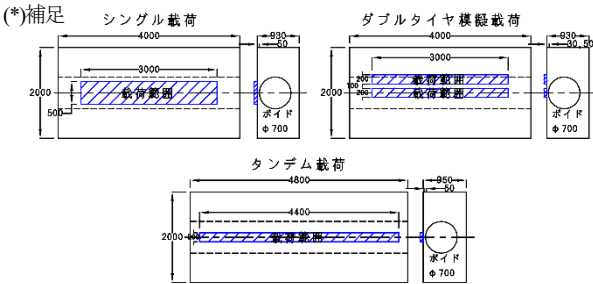
2. 解析概要

本検討では，鉄筋コンクリート三次元非線形有限要素解析プログラム COM3[®]を用いた，RC 中空床版橋の疲労解析については過去の事例がほとんど存在せず，ボイドかぶり不足部の要素分割等の解析条件は試行を繰返して決定した．

解析ケースを表-1 に示す．寸法，材料条件，载荷条件は輪荷重走行試験を模擬した．解析モデルを図-1 に示す．30W はダブルタイヤ模擬载荷板による偏载荷，50T はタンデム载荷による中央载荷とし，鋼製の载荷ブロックを含めてモデル化を行った．また，载荷方法の比較のため，ダブルタイヤ模擬载荷板による偏载荷のケース 50W と，従来のシングル载荷による中央载荷のケース 50S を設けた．荷重は文献 2)を参考に，157kN から 4 万回ごとに 19.6kN ずつ荷重を増

表-1 解析ケース

ケース	ボイドかぶり厚さ(mm)	圧縮強度(N/mm ²)	载荷方法(*)	比較実験
30W	30	28.9	ダブルタイヤ模擬	あり
50T	50	34.7	タンデム	あり
50S	50	28.5	シングル	あり
50W	50	28.5	ダブルタイヤ模擬	-



加させる階段状漸増载荷とし，いずれも乾燥条件で行った．

3. 解析結果-たわみ値

疲労解析における版中央のたわみ値の変化を図-2 に示す．輪荷重走行試験の実験結果も合わせて示す．30W では20~24 万回，50T では24~28 万回でたわみ値が急増した．実験値と比較すると，30W ではたわみ値の急増が生じるまで約 3 倍の繰返し回数を要したが，これは，実験における初期ひび割れを解析で考慮していないためと考えられる．ボイドかぶり厚さが薄いと疲労耐久性が低下するという傾向が，解析と実験の両方から確認できた．

また，50S，50W，50T より，タンデム，ダブルタイヤ模

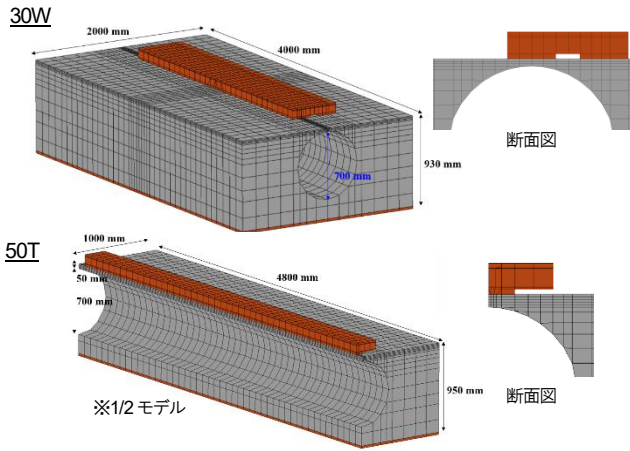


図-1 解析モデル

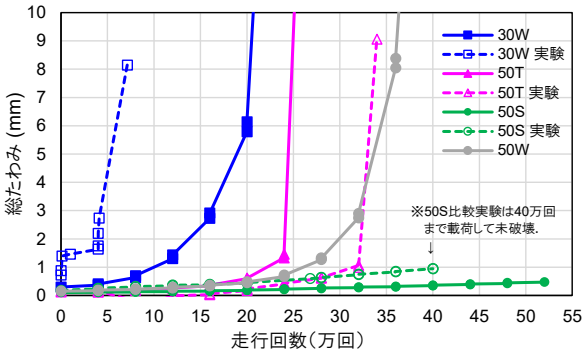


図-2 版中央の鉛直たわみ値の変化

キーワード RC 中空床版橋，疲労，輪荷重走行試験，FEM 解析
連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲 5-6-52 NBF 豊洲チャンネルフロント
オリエンタル白石株式会社 本社技術本部技術部 TEL03-6220-0637

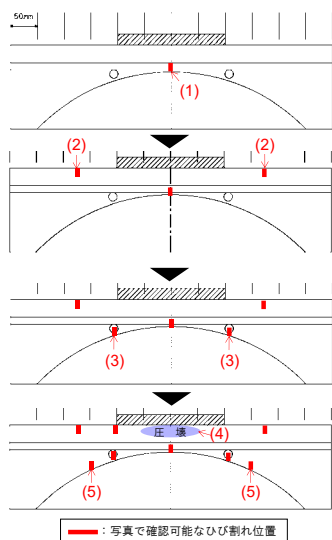


図-3 実験における橋軸方向ひび割れ発生順序

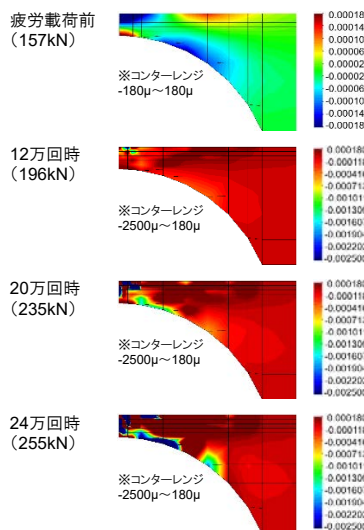


図-4 解析ケース 50T の橋軸直角方向直ひずみコンター図

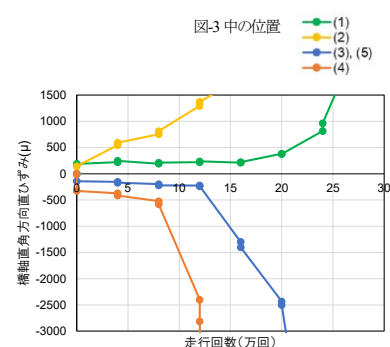


図-5 解析ケース 50T の橋軸直角方向直ひずみ値

擬と比べてシングルではたわみ値が小さい。これは、シングルでは載荷板の橋軸直角方向の幅が 500mm であり、載荷範囲の面圧の不均等により、載荷板端部付近、すなわち、上床版厚の比較的大きい箇所抵抗するためと考えられる。さらに、ダブルタイヤ模擬の場合も、左右の載荷板に荷重の不均等が生じ、上床版厚の大きい側の載荷板に荷重が偏ることが実験および解析により確認されており、疲労耐久性に影響を及ぼす可能性が考えられる。

4. 解析結果-ひずみコンター

解析ケース 50T と同条件で実施された輪荷重走行試験において、ボイド頂部の下面および供試体上面の写真から確認された橋軸方向ひび割れの発生位置と順序を図-3 に示す。橋軸方向ひび割れは、(1)ボイド頂部の下面、(2)載荷板端部から 50~100mm 外側の上面、(3)載荷板端部直下の下面、の順序で確認できる。最終的には、(4)橋軸直角方向幅 100mm・橋軸方向 500mm 程度の範囲で圧壊、となり、破壊後には(5)載荷板端部直下から 50mm 外側の下面、にもひび割れが確認できた。

COM3 による疲労解析ケース 50T の橋軸直角方向直ひずみコンターを図-4 に示す。初期の段階で(1)および(2)の位置にひび割れが確認できるが、一方、(3)の位置には引張ひずみは確認できない。また、図-5 に(1)~(5)位置の橋軸直角方向直ひずみの変化を示す。(1)(2)の位置では引張ひずみが徐々に増加することを確認できるが、(3)の位置では圧縮ひずみが生じている。実験において、(3)のひび割れは橋軸方向鉄筋に沿って生じており、また、かぶりが非常に薄い箇所である。したがって、鉄筋がかぶりコンクリートを下方向に押すことでひび割れが発生している可能性があるが、本解析に

おいては分散鉄筋によるモデル化の影響で、このひび割れ発生を再現できないと考えられる。

5. 疲労による破壊メカニズム

本検討の範囲内では、次の i ~ iv のように疲労メカニズムを推定した。

- i : 最も部材厚が小さいボイド頂部の下面に橋軸方向曲げひび割れが発生する。
- ii : 繰返し載荷と荷重増加により変形が増加することで、載荷板の外側の上面に曲げひび割れが生じる。
- iii : さらに変形が増加することで、橋軸方向鉄筋に沿ったひび割れが生じる。
- iv : i ~ iii の間、ボイド頂部上面は繰返し圧縮応力下であり、最終的には上面圧壊によって破壊に至る。

さらに、上面圧壊後に載荷を継続すると、抵抗断面が減少したことでひび割れが貫通し、抜け落ちに至る可能性も考えられる。なお、本検討ではボイドかぶり厚さが比較的小さい場合を想定しており、50mm よりもボイドかぶりが厚い場合には異なる挙動を示す可能性があり、今後の課題である。

6. まとめ

疲労解析により、RC 中空床版の実験供試体のひび割れ発生箇所を概ね再現可能であることを確認するとともに、ボイドかぶり厚さが小さいほど疲労耐久性が低下すること、載荷方法が疲労耐久性に及ぼす影響、を定性的に示した。

参考文献

- 1) Maekawa. K. et al.: Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, SPON PRESS, 2003
- 2) 中谷昌一 他：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験、国総研資料第 28 号, 2002