

既設 RC 床版における疲労損傷度別 S-N 関係図を用いた床版余寿命予測に関する検討

(株) 福山コンサルタント 正会員 ○鍋田 仁人 (株) 福山コンサルタント 正会員 宮村 正樹
 (株) 福山コンサルタント 正会員 中野 聡 法政大学 正会員 藤山 知加子
 金沢工業大学 正会員 田中 泰司

1. はじめに

道路橋の代表的な損傷である RC 床版の疲労損傷は、劣化進行すると床版の抜け落ち等の重大な損傷となるため、適切な維持管理を行うためには床版の余寿命予測が重要である。

既往研究¹⁾での余寿命予測の検討として、床版疲労解析に特化した 3 次元非線形解析ソフト FABriS²⁾を用いた RC 床版の損傷度別 S-N 関係図の把握を行ったが、床版の構造条件が異なれば各条件での S-N 関係図も異なるため、維持管理への汎用性が低いことが課題となった。

そこで本検討では、床版余寿命予測の汎用性を向上させて維持管理に活用することを目的に、図-1 に示す損傷度別 S-N 関係図を用いた床版維持管理検討フロー（案）を提案し、各段階において検討を行った。

2. 床版余寿命予測の条件整理

(1) 損傷度の把握

床版余寿命は、各損傷度に応じた S-N 関係図に基づき予測する。そのため、直近の橋梁点検結果及び現地調査結果を基に損傷状況（ひび割れ幅、ひび割れ間隔、湿潤状況等）を適切に評価する必要がある。

本予測では「橋梁定期点検要領，平成 16 年 3 月，国土交通省 国道・防災課」に基づき、床版ひびわれの損傷度区分（a～e の 5 段階）を設定する。また、湿潤状況は漏水・遊離石灰の損傷度から設定することとする。

(2) S-N 関係図の設定

床版余寿命は、床版のひびわれ発生状況及び湿潤状況、構造諸元に応じて大きく異なることから S-N 関係図を適切に複数パターン設定することが重要である。

そこで、S-N 関係図は損傷度（b～e）や間隙水圧の考慮（有・無）、床版の構造諸元に応じて設定する。S-N 関係図の設定時の区分を表-1 に示す。この条件に応じて、図-2 に示す床版疲労解析による载荷回数とたわみ関係を整理することで、S-N 関係図を設定した。S-N 関係図設定例を図-3 に示す。なお、構造諸元で一致する区分がない場合には、余寿命が短く評価されるような区分を採用することを基本とする。

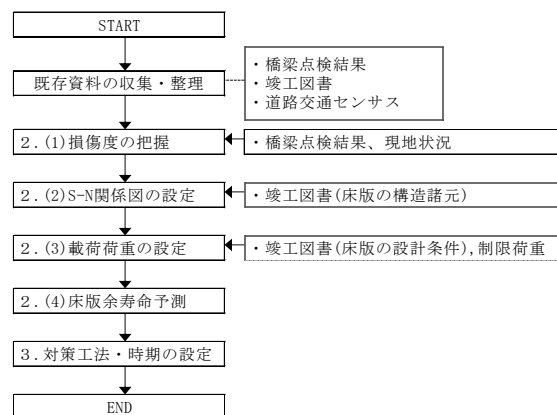


図-1 床版維持管理検討フロー（案）

表-1 S-N 関係図の設定時の区分

床版余寿命に影響を与える要因		S-N曲線図設定時の区分
ひびわれ発生状況	床版ひびわれの幅・間隔・方向性	床版ひびわれの損傷度(b, c, d, e)
湿潤状況	漏水・遊離石灰の有無	間隙水圧(有, 無) (有):漏水・遊離石灰の損傷度c, d, e (無):漏水・遊離石灰の損傷度a
構造諸元	床版支間, 床版厚, コンクリート強度, 鉄筋種別, 配筋状況	床版支間(2.0~3.5m) 床版厚(160~240mm) コンクリート強度(24~35N/mm ²) 鉄筋種別(SD295, SD345) 配筋状況(D13~D25, 間隔100~250mm)

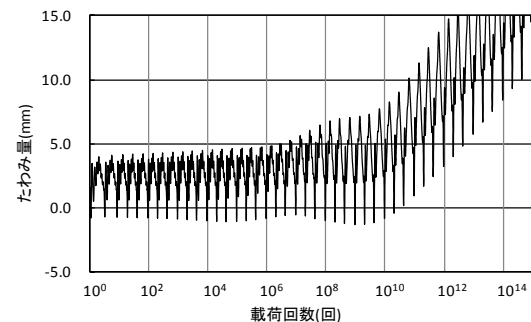


図-2 载荷回数-たわみ関係

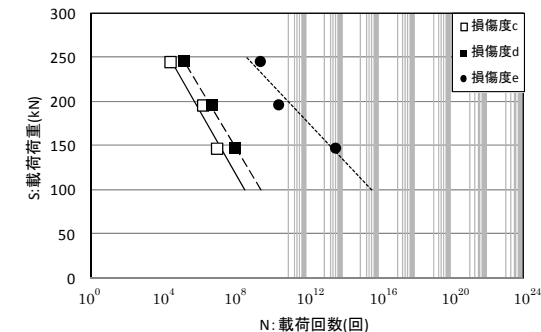


図-3 S-N 関係図例

キーワード 余寿命予測, S-N 関係図, RC 床版, 疲労, 維持管理計画

連絡先 〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 13-17 Tel 022-262-5250

(3) 載荷荷重の設定

RC 床版の設計に際して考慮する活荷重（車両荷重）は，適用示方書や対象橋梁の位置する道路の種類（高速自動車道，国道，都道府県道，市町村道等）で異なり³⁾，この設計活荷重を基に載荷荷重として設定することを基本とするが，現状の供用実態に合わせて適宜設定を行うこととする．また，車両荷重は車両の総重量であることから，大型車の後軸重量（車両重量の80%）の片側分を載荷荷重として設定する．参考に，車両重量25tfの場合では載荷荷重は10tf（=25tf×0.8÷2）となる．

過去の累積大型車交通量が把握可能な橋梁では，(2) で設定した S-N 関係図と現状の損傷度からみなしの載荷荷重を求め，以降の余寿命予測に設定する．みなしの載荷荷重の設定方法は，図-4 に示すように S-N 関係図に過去の累積大型車交通量を代入し，みなしの載荷荷重を読み取るが，対象橋梁の設計活荷重と比べて小さい場合は設計活荷重を下限値とする．

(4) 床版余寿命予測

(2) で設定した対象床版の S-N 関係図，(3) で設定した載荷荷重に基づき，現状の損傷度及び各損傷度到達時（又は疲労限界状態到達時）における載荷回数を算定する．床版余寿命予測の概念図を図-5 に示すが，対象橋梁の供用実態及び現状の損傷状況を踏まえて床版余寿命（各損傷度に到達するまでの経過年数）を把握し，損傷度に応じた対策検討に活用する．

3. 対策工法・時期の設定

床版の疲労に関する劣化過程に応じた標準的な工法例については，「2013 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]，公益社団法人土木学会」に示されており，これを参考に作成した損傷度に応じた対策工法選定フローを図-6 に例示する．

また，対策時期の設定は2. (4) に示した床版余寿命を基に設定する．ただし，劣化進行に伴って大規模な補修が必要となれば，経済性や社会的影響度の増大が懸念されることから，損傷の進展前に対策を行うことを基本とする．対策時期の設定方法を表-2 に示すが，供用実態や損傷状況は経年により変化するため，床版余寿命に劣化過程に応じた安全率を考慮して設定することとする．

4. まとめ

本検討では床版維持管理検討フロー(案)に沿った検討を行い，床版余寿命予測の設定方法について規定し，維持管理における活用方法を示した．今後は床版余寿命予測の維持管理における効果検証を実施するとともに，現在実施している床版疲労解析による輪荷重走行試験の再現解析や実橋梁を対象とした再現解析の検討結果に基づいて，S-N 関係図の精度検証及び調整を行うことで，床版余寿命予測の汎用化に向けた検討を進める予定である．

【参考文献】

1)鍋田仁人:3次元非線形解析を用いた既設道路橋 RC 床版の余寿命予測に関する基礎的検討,土木学会第72 回年次学術講演会概要集, I-139, 2017.9
2)国土交通省:建設技術研究開発費補助金総合研究報告書, 課題番号 第9号, 2012.
3)社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編), 524-528, 2012.3

【謝辞】

本研究は，総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理人：JST，研究責任者：前川宏一）の支援を受けて行った．

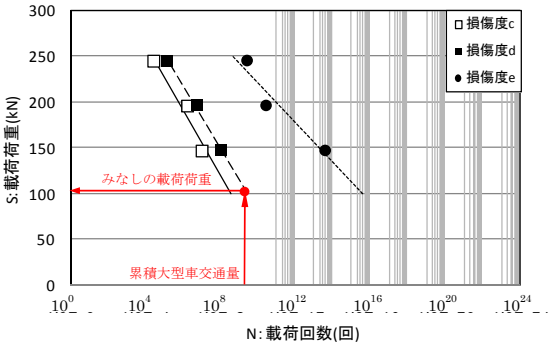


図-4 みなしの載荷荷重の設定方法

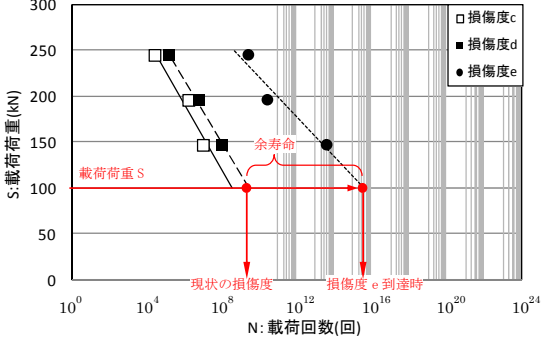


図-5 床版余寿命予測の概念図

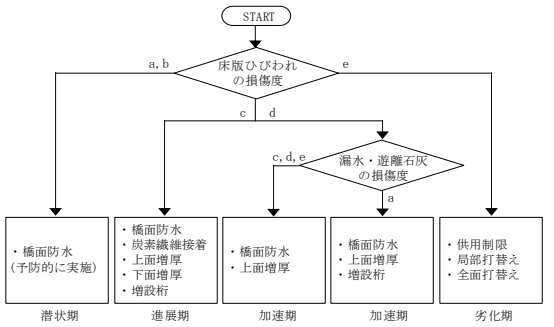


図-6 各損傷度に応じた対策工法検討フロー

表-2 各損傷度に応じた対策時期の設定方法

損傷程度	対策時期の設定方法
床版ひびわれ	損傷度c到達時までの床版余寿命×80% (潜伏期の工法)
漏水・遊離石灰	損傷度d到達時までの床版余寿命×80% (進展期の工法)
a, b	損傷度e到達時までの床版余寿命×50% (加速期の工法)
c	損傷度e到達時までの床版余寿命×50% (加速期の工法)
d	床版余寿命予測は行わず早急に対策実施 (劣化期の工法)
e	