

B. M. S. 確立に向けた鋼橋の RC 床版疲労耐久性に関する一試算

(株)横河ブリッジホールディングス 正会員 ○佐野 泰如

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 室井 智文 東野 忠雄 平野 毅志

西日本高速道路(株) 三好 真史

(株)ワイ・シー・イー 正会員 岩崎 雅紀

1. はじめに

ブリッジマネジメントシステム(以下 B. M. S.) では、橋梁全体あるいは構成部材の耐久性(経年劣化)を評価し、適切な時期に補修を行うため、各部材あるいは各補修工法の期待寿命や補修コストを設定する必要がある。このうち部材寿命は点検結果、交通量、構造諸元等のデータに依存すると考えられる。特に、輪荷重が直接載荷される RC 床版の疲労寿命はこれらのデータの影響を大きく受けると考えられるが、B. M. S の基本となる橋梁のライフサイクルコスト(以下 L. C. C.) 算出では、一律に RC 床版の寿命を 50 年と設定して検討がなされているのが現状である。これは検討事例¹⁾はあるが RC 床版の疲労設計方法が十分には確立されていない、点検データが十分ではない等の原因が考えられ、より精度を高めるためには各データを考慮して疲労寿命を算出する必要がある。本文では既往の実験データ、既設橋梁の構造諸元および交通量データを用いて、RC 床版を対象に疲労設計曲線を設定するとともに、各補修工法の疲労寿命を解析的手法により試算した。そして、RC 床版の各種補修、補強工法が疲労寿命に与える影響と L. C. C. について検討した。

2. 実橋 RC 床版の解析

RC 床版の疲労寿命を検討するための解析は、詳細には立体 FEM 解析によることが多いが、L. C. C. 算出のために各種橋梁形式に対して全て FEM 解析によるのは実用的ではない。ここでは、より簡便な方法として RC 床版に一定せん断流パネル要素、鋼部材に梁要素を用いた骨組解析を実施した。解析対象は管理対象路線の代表的構造物である単純鋼合成桁を対象とした。解析モデルの概要を図-1に示す。解析は床版に作用する最大せん断力を算出することを目的とし、解析ケースは、①建設時モデル(model 1)、②床版補強時モデル(縦桁2本増設)(model 2)、③床版補強+主桁連結時モデル(model 3)の3ケースとした。荷重は道路橋示方書の T 荷重(衝撃は考慮せず)のレーン載荷とした。解析結果のうち床版のせん断力は model 1~3 共に 25.8~31.6kN 程度とあまり差がない結果となった。これは、本モデルの場合縦桁増設により床版の曲げモーメントは低減するが、せん断力は輪荷重位置により増加すること、また、主桁連結では伸縮継手に起因する輪荷重通過時の衝撃作用は低下するが、本解析ではこの影響を考慮していないためである。以降の検討では model 1 の解析結果(25.8kN)を用いて試算を行った。

3. RC 床版の疲労寿命試算方法

RC 床版の疲労寿命を算出するため疲労設計曲線の傾きは松井の提案式²⁾と同じとし、既往の実験結果³⁾から得られる疲労設計曲線を実験床版の損傷(漏水)発見年を 50 年と仮定して調整を行った疲労設計曲線を設定した(図-2)。参考とした既往の研究³⁾では、現橋から撤去した既設床版に各種補強工法を施工後に移動輪荷重載荷試験を行って検討を行っている。

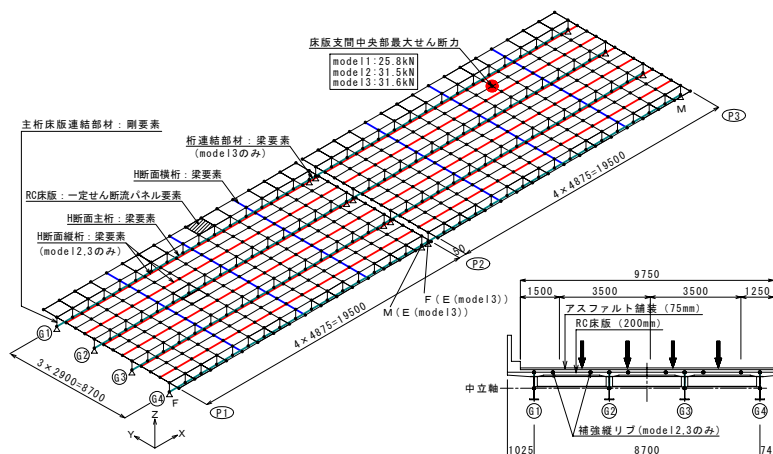


図-1 構造解析モデル

ブリッジマネジメントシステム, RC 床版, 疲労, 鋼橋, 維持管理

〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 横河テクノビル Tel.047-435-6161

そのうち、本検討では補修工法としてひび割れ注入工法、補強工法として上面増厚工法に着目して検討を行った。松井の提案式を式(1)に示す。ここで、 P : RC 床版に作用するせん断力, P_{sx} : 梁化した RC 床版の押し抜きせん断耐力, N : 作用力の繰り返し回数である。

$$\log_{10}(P/P_{sx}) = -0.07835 \log_{10} N + \log_{10} 1.51965 \quad \text{式(1)}$$

実橋の疲労寿命の試算に用いる荷重の繰り返し数は実橋の計測データ(実測日: H20.12)から、等価軸重を式(2)により算出した。ここで、 P_i : i 番目の軸重, N_i : 軸重 P_i の走行軸数である。

$$P_{eq} = (\sum P_i^{12.763} \cdot N_i / \sum N_i)^{1/12.763} \quad \text{式(2)}$$

その結果、等価軸重は 101~107kN, 走行車線の日走行軸数は 10,453 軸/日, 追越車線は 4,561 軸/日となった。この結果より、検討対象橋梁の交通量として等価軸重 100kN, 日走行軸数を 10,000 軸/日・車線として試算を行った。

4. 試算結果

設定した疲労設計曲線に基づいて疲労寿命を試算した結果を図-3に示す。図は健全度が 0.5 となった時点で損傷(漏水)が発見され、補修や補強の対策が行われるとして示している。ここで、上面増厚工法は増厚分が既設の RC 床版と完全に合成した場合と、合成が切れた場合(非合成)の結果もあわせて試算している。図から上面増厚の延命効果は大きい、合成が切れると効果が激減するため既設床版と合成していることが不可欠であることがわかる。次にこの床版の 100 年間の維持方法として、床版取替、ひび割れ注入、上面増厚(合成、非合成)をそれぞれ単独で複数回全面に渡って行くと仮定して L.C.C. を算出した結果を図-4に示す。工費は工事による交通規制等は考慮しておらず、図では標準的な直接工事費で算出した結果について床版取替を 1 とした比率で示している。この結果より、上面増厚(合成)の L.C.C. がもっと小さい結果となった。しかし、この方法は供用中に経年劣化により増厚分と既設床版が合成から非合成になる場合も考えられ、その場合は図-4中の上面増厚(非合成)に示すように、疲労寿命が短いために L.C.C. が経時的に増加するため、床版取替と差がない結果となる。よって、補修後も定期点検を行い、補修後の劣化状態を把握して将来の維持管理にフィードバックすることが重要である。

5. まとめと今後の課題

本試算方法により、実橋の交通量データや RC 床版の構造諸元を元にして簡易な計算により補修、補強工法ごとの疲労寿命および補修コストを算出できることを示した。ところで、提案されている RC 床版の疲労設計曲線から疲労寿命を算出する場合、曲線の傾きが小さいので、床版の押し抜きせん断耐力比(P/P_{sx})が少し変化すると疲労寿命が大きく変化する結果となる。一方で、押し抜きせん断耐力は床版コンクリートの圧縮強度に大きく依存する。したがって、点検時に実橋の RC 床版の圧縮強度のデータを収集、蓄積を行い、既設 RC 床版の押し抜きせん断耐力の評価精度をより高めることが必要であると考えられる。

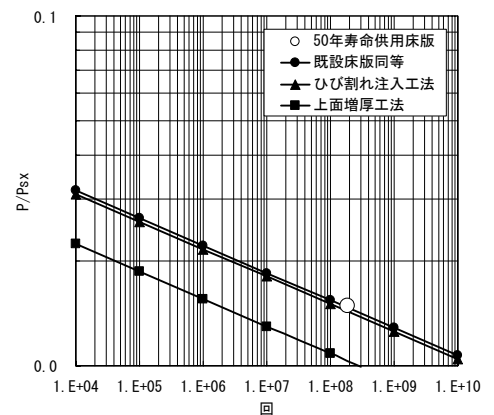


図-2 設定した疲労設計曲線

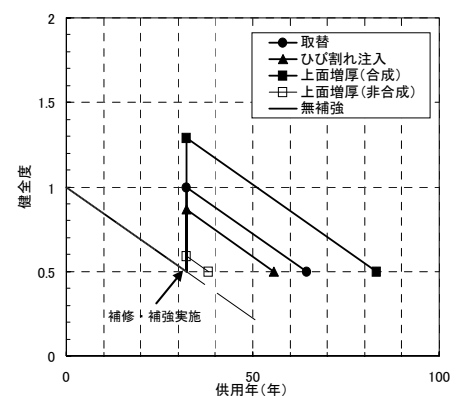


図-3 各補強工法の疲労寿命試算結果

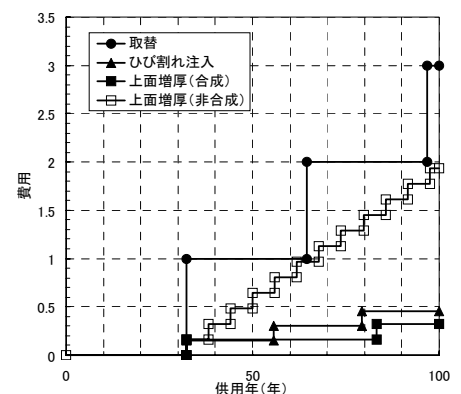


図-4 各補強工法の L.C.C. 試算結果

【参考文献】1)安松ら：交通荷重実態を考慮した鋼橋床版の疲労設計に関する検討，第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，pp.77-82, 1998.11, 2) (社)土木学会：道路橋床版の設計の合理化と耐久性の向上，p.29, 2004.11, 3) 横山ら：切除床版を用いた各種補修・補強工法の延命効果比較実験，ハイウェイ技術 No.20, pp.127-135, 2001.10