

擬似クラック法による実橋 RC 床版の劣化再現手法の検討

法政大学大学院 学生会員 ○高橋 正也 法政大学 正会員 藤山 知加子
 東京大学 正会員 田中 泰司 (株)福山コンサルタント 正会員 土田 智, 中野 聡

1. 研究の目的

本研究は、擬似クラック法を用いた実橋 RC 床版の劣化再現手法の検討を行うことを目的とする。本研究は、床版に関する維持管理の合理化に向けた研究開発の中で、余寿命予測と劣化再現の精度向上を実現させるプロジェクトの一環として位置付けられている。

2. 解析モデル

実際の都市内高速道路（鋼 I 桁単純合成桁 供用 49 年）を対象橋梁とする（図 1 赤枠内）。橋長は 25.5m，上下線一体で全幅員 16.5m である。3 次元非線形有限要素解析ソフト COM3D を用いて全橋モデル（図 2）を構築した。モデル構築の際、数値計算の簡略化のために端対傾構と横桁をライン要素でモデル化することも検討したが、検討の結果、増設縦桁と横桁の接続を詳細に再現可能（図 3）なソリッド要素によりモデル化を行った。コンクリート圧縮強度は現在の実計測強度を使用した。

3. ひび割れ非導入モデルによる再現精度の検証

対象橋梁で計測された床版のひずみ・加速度・変位の実測値と擬似クラック法を導入しない非擬似モデルの解析値を用いて、再現精度の検証を行った。検証結果として床版支間部の D22 のたわみを表 1、図 4 に示す。実測値は 10 秒間の計測のうちピーク前後の 2 秒間のみを示す。解析では、ピークを含む 1 秒間のみ再現を行ったため、1 秒間の結果を示す。両者は概ね同じ波形を示したが、床版に関する非擬似モデルの値は実測値よりも大幅に小さいことから、実圧縮強度の入力だけでは劣化状況の再現はできないことがわかった。よって、劣化再現には擬似クラック法の導入が必要と判断した。

また、ひび割れ非導入モデルで再現している増設縦桁をモデルから取り除くことで、対象橋梁で昭和 52 年 3 月に行われた縦桁増設による床版の補強効果を検証した。縦桁設置前後の状況を解析により比較した結果、縦桁を取り除いたことにより床版たわみ量は約 8 割増加し、床版下面に発生する 40μ 以上の主ひずみの領域も増加した（図 5）。よって、増設縦桁の設置により床版の補強効果は得られていると考えられた。

4. 現地調査

擬似クラック法の導入にあたり、対象橋梁の床版下面のひび割れ状況について現地調査を行った。撮影範囲は、上部工計測を行った場所と同じ、上り線の追越車線下の格間 1（図 6 赤枠内）を対象とした。今回撮影した写真 1 と昭和 58 年撮影の写真の比較の結果、昭和 52 年 3 月の縦桁増設以降もひび割れが進展していたことがわかった。

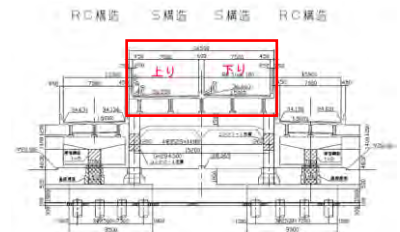


図 1 構造一般図

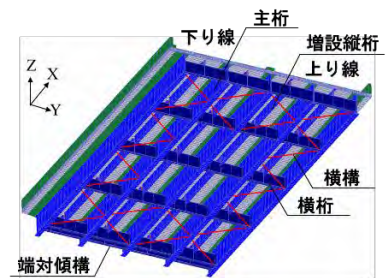


図 2 全橋モデル全体図

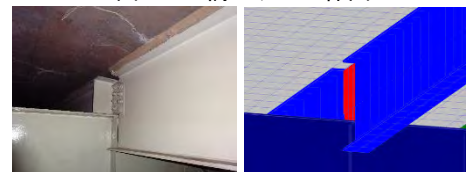


図 3 増設縦桁・横桁接続部

表 1 たわみ量比較

[mm]	実測値	解析値	(解析値)/(実測値)
D22	-0.128	-0.064	0.501

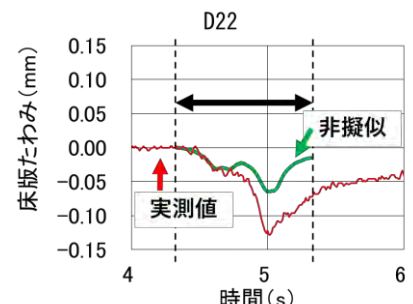


図 4 床版たわみ相対変位

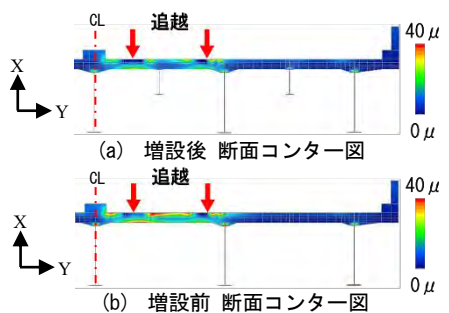


図 5 載荷位置直下 断面図

キーワード 既設 RC 床版，疲労，擬似クラック法，劣化再現，ひび割れ導入
 連絡先 東京都新宿区市谷田町 2-33 050-3136-4675

5. 擬似クラック法による実橋 RC 床版の劣化再現手法の検討

5.1 劣化再現手法・劣化モデル概要

擬似クラック法を橋梁に導入するために与える初期ひずみの値は、写真1をもとに床版下面全体を平均してひずみの値を決定した。はじめに、2方向ひび割れの領域と、コンクリート厚が増していることにより1方向のみのひび割れとなっている領域に分けた。それぞれひび割れ幅をひずみに換算すると、2方向領域では、橋軸(X軸)方向に 400μ 、橋軸直角(Y軸)方向に 286μ (図7)、1方向領域では、橋軸(X軸)方向のみに 400μ となった。これらの値を初期ひずみとして導入した。

また、ひずみ再現手法として表2に示すように、擬似クラック法を用いた2種類のモデルを設定した。最劣化モデルでは擬似クラック法に加えて、写真では確認できない微細クラックと乾燥収縮の影響を考慮するためにコンクリートの引張強度を6割に低下させた。

5.2 結果・考察

検証結果として床版支間部のひずみを表3、図8に示す。三者は、床版たわみ・床版ひずみ・桁ひずみのいずれにおいても概ね実測値と同じ波形を示した。表4に示す通り、擬似モデルでは、橋軸方向の床版ひずみの解析の最大値は実測の最大値の38.8%に留まったが、床版たわみで84%、橋軸直角方向の床版ひずみで99%、桁ひずみで80%であった。最劣化モデルでは、橋軸方向の床版ひずみは45.9%に留まったが、床版たわみで83%、橋軸直角方向の床版ひずみで90%、桁ひずみで80%の比較結果となった。つまり、擬似クラック法の導入により、非擬似モデルと比べて再現精度は向上していることが確認できた。

擬似クラック法を導入した2つのモデルについて比較を行った。最劣化モデルで乾燥収縮と微細クラックの影響を考慮することにより、床版ひずみが橋軸(X軸)方向は大きく、橋軸直角(Y軸)方向は小さくなる傾向を示した。つまり、最劣化モデルでは、载荷により発生するひび割れは橋軸(X軸)方向が先行する実橋梁の傾向を再現することができた。

以上より、たわみやひずみは若干過小に評価されるが、対象橋梁を詳細にモデル化し、擬似クラック法を適用することにより、非擬似モデルと比べて劣化状況の再現精度は向上した。また、微細クラックと乾燥収縮の影響を考慮することで、実橋梁のひび割れ発生傾向を再現することができた。

6. 結論

本研究の検討結果より、現地調査で床版下面のひび割れ状況が確認できれば、構築した橋梁モデルに擬似クラック法に基づくひずみを導入することで、劣化した現況の実橋梁をある程度再現できることを示した。今後、ひび割れ状況の再現精度向上、劣化モデルを用いた疲労解析・余寿命推定に取り組み、更なる精度の向上と手法の確立に向けて取り組んでいく所存である。

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」(管理法人：JST、研究責任者：前川宏一)の支援を受けて実施した。

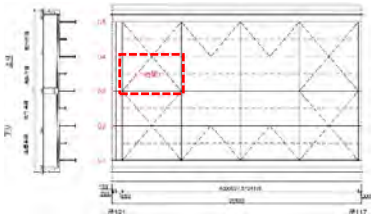


図6 計測位置図



写真1 床版写真

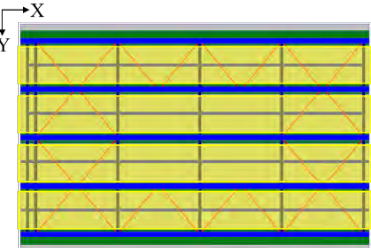


図7 初期ひずみ導入範囲

表2 ひずみ再現方法

	擬似モデル	最劣化モデル
擬似クラック法	○	○
引張強度低下	×	○

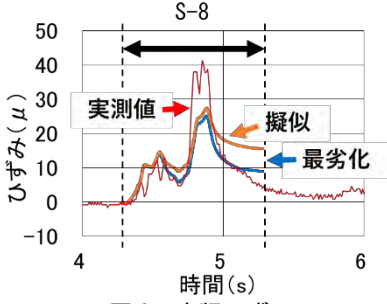
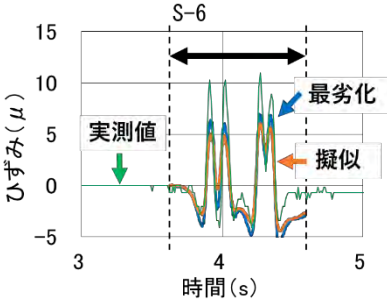


図8 床版ひずみ

表3 床版ひずみ・桁ひずみ比較

単位[μ]	方向	実測値		擬似		最劣化		(擬似)	(最劣化)
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	/ (実測値)	/ (実測値)
S-6	橋軸	11	-4	6.1	-4.4	6.9	-5.6	0.551	0.625
S-8	橋軸直角	41	-2	27.5	-0.3	25.2	-0.3	0.670	0.614

表4 実測値・解析値比較

	非擬似モデル	擬似モデル	最劣化モデル
床版たわみ	50.5%	83.7%	83.0%
床版ひずみ	橋軸方向 23.3%	橋軸方向 38.8%	橋軸方向 45.9%
	橋軸直角方向 30.8%	橋軸直角方向 99.3%	橋軸直角方向 89.9%
桁ひずみ	80.8%	80.0%	80.4%