

擬似クラック法を用いた既設 RC 床版のモデル化条件の検討

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
 金沢工業大学 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. はじめに

本研究の目的は、擬似クラック法¹⁾を用いて既設 RC 床版の余寿命推定を行うため、適切なモデル化条件を検討することである。擬似クラック法とは、既設 RC 構造物に生じているひび割れをひずみに換算して数値解析に導入する手法である。ただし、現状では、擬似クラックを導入しても、部材の剛性は実物より高い傾向がある¹⁾。よって、本研究では、再現精度向上のためのモデル化条件の検討を行った。

2. 解析モデル

対象橋梁は、実在の都市内高速道路(鋼 I 桁単純合成桁 供用 50 年)の橋梁である(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)及び格間モデル(図 3)を構築した。全橋モデルでは、横構はライン要素、横構以外はソリッド要素によりモデル化した。格間モデルでは、上部工計測を行った格間 1(図 4 赤枠内)の床版のみを再現し、すべてソリッド要素でモデル化した。いずれもコンクリート圧縮強度は実測値を使用した。

3. 全橋モデルと格間モデルの比較

はじめに、擬似クラックを導入しない状態で、全橋モデルと格間モデルにおける床版の連続条件および支持条件の差異が、解析結果に及ぼす影響を検証した。具体的には、対象橋梁に実際に変位計が設置されている D11, D12, D21, D22 の 4 か所(図 5)の直上にあたる床版上面に 25 トンの荷重を加え、床版のたわみ量から桁のたわみ量を差し引いた相対変位を求め、両者を比較した。

相対変位を表 1 に示す。载荷点直下の計測位置では、格間モデルの解析値は全橋モデルの半分程度になった。これは、格間モデルは床版を支持する桁位置にある節点を全拘束しているのに対し、全橋モデルでは桁の回転拘束が比較的緩い上、桁全体のたわみ変形が影響することが原因と考えられる。

また、D22 に载荷した際の床版下面の主ひずみコンター図(0~50 μ)

表 1 相対変位

相対変位[mm]		計測位置			
载荷位置	モデル名	D11	D12	D21	D22
D11	格間	-0.128	0.001	0.006	0.000
	全橋	-0.255	-0.048	0.009	-0.026
D12	格間	0.000	-0.128	0.000	0.006
	全橋	-0.043	-0.289	-0.021	-0.016
D21	格間	0.004	0.000	-0.152	0.001
	全橋	0.056	0.011	-0.335	-0.054
D22	格間	0.000	0.004	0.001	-0.152
	全橋	0.006	0.065	-0.042	-0.387

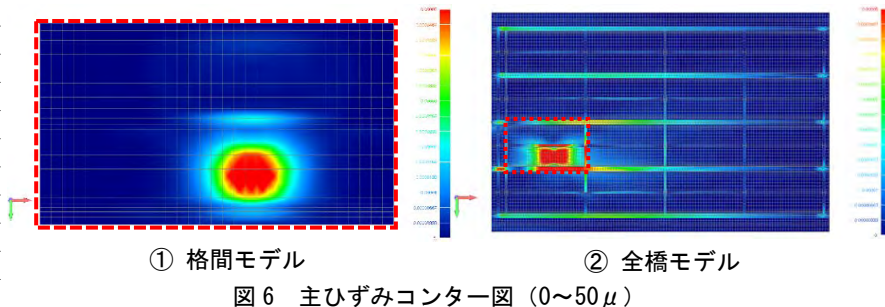
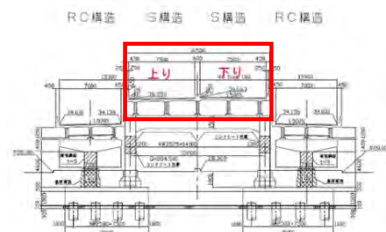
図 6 主ひずみコンター図 (0~50 μ)

図 1 構造一般図

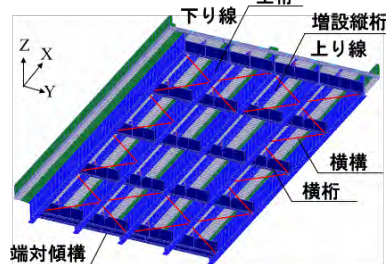


図 2 全橋モデル全体図

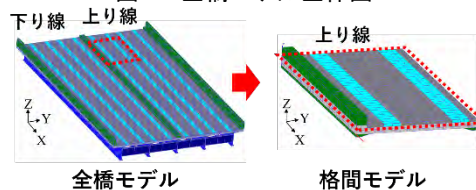


図 3 格間モデル全体図

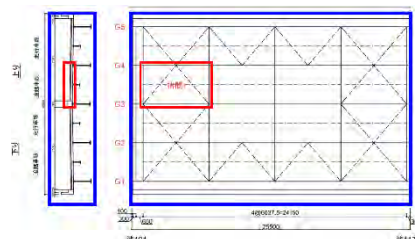


図 4 計測位置図



図 5 载荷・計測位置図

を図 6 に示す。格間モデル全域、および全橋モデル上の赤枠で囲まれた部分が格間 1 である。主ひずみコンター図からも、载荷による主ひずみ分布の範囲が格間モデルの方が小さい傾向が見て取れる。よって、格間モデルでは载荷点から離れた位置では床版下面のひずみが小さいことから、繰り返し荷重を与えた場合でも全橋モデルと比べ損傷範囲が小さく留まると推察される。

4. 現地調査に基づく擬似クラックの導入

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実施した。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 4 赤枠内) を対象として、ひび割れ状況の撮影とひび割れ幅の測定を実施した。ひび割れ状況を図 7 に示す。これらのひび割れ情報をもとに、初期ひずみの入力値を算出し、モデルに導入した。初期ひずみ導入後の主応力分布図を図 8 に示す。擬似クラック法により局所的な損傷が生じたことを確認した。

5. 初期ひずみ入力倍率の検討

目視で得られたひび割れ情報を擬似クラックとして導入しても、部材の剛性は実物より高い傾向があると報告されている¹⁾。このため、本研究では入力ひずみを 2 倍、5 倍に増加させて導入し、25 トンの荷重車走行を模擬した载荷を行った際の解析結果を比較した。検討は、格間モデルでのみ実施した。

床版たわみ量一覧を表 2 に示す。D11, D12, D21, D22 のすべての位置において解析値が実測値よりも小さかった。これは、前述の通り床版の回転変形を拘束している格間モデルを使用していることが原因と考えられる。解析結果のみを比較すると、すべての位置において、初期ひずみの入力値が大きくなるにつれてたわみ量が大きくなっていった。測定位置 D22 におけるたわみと時間の関係を図 9 に示す。初期ひずみの入力値を 2 倍、5 倍としても、荷重車走行を模擬した载荷による波形の概形に変化は見られなかった。入力値を 2 倍、5 倍とした場合のたわみおよび床版下面の支間方向、支間直角方向ひずみの倍率について、たわみ測定位置 4 か所、ひずみ測定位置 12 か所の平均値を表 3 に示す。初期ひずみの入力値を 2 倍、5 倍にすると、たわみおよびひずみはそれぞれ約 1.2 倍、1.5 倍程度となった。引き続き全橋モデルにおいても感度分析を行う必要がある。

6. 結論

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- (1) 対象橋梁のうち床版を部分的にモデル化する際には、床版の回転拘束と桁全体のたわみ変形の影響を考慮した、適切な支持条件を設定する必要がある。
- (2) 擬似クラック法を用いる場合、入力値に一定の倍率を掛けることで、実構造より剛性が高くなる傾向を改善できる可能性がある。
- (3) ただし、入力倍率に対する結果の感度については、明確ではない。モデルや構造物ごとに十分な検討を行って決定する必要がある。

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。

参考文献

1) 前川宏一, 藤山知加子, TangXueJuan, 小林薫：擬似クラック法に基づく疲労応答解析と既設 RC 床版の余寿命推定, 平成 24 年度国土交通省国土技術研究会, 自由課題 (一般部門)

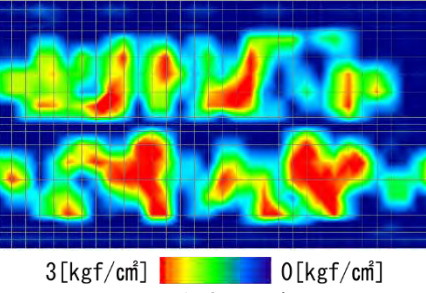
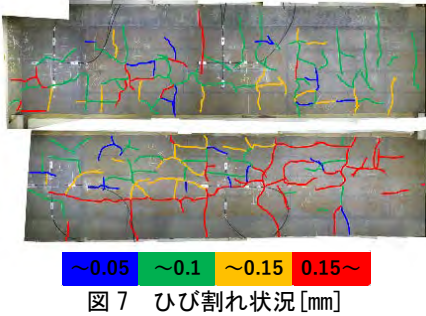


図 8 主応力分布図
表 2 床版たわみ量一覧

[mm]	実測値	1倍	2倍	5倍
D11		0.035	0.045	0.060
D21	0.164	0.014	0.017	0.020
D12	0.050	0.034	0.037	0.043
D22	0.128	0.017	0.021	0.027

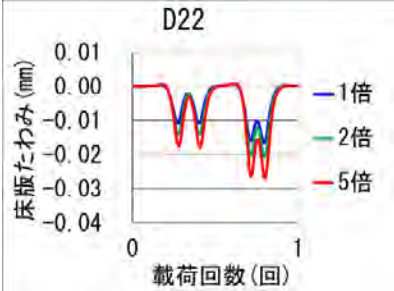


図 9 床版たわみ
表 3 平均値 (割合)

割合	2倍/1倍	5倍/1倍
たわみ	1.212	1.506
ひずみ	1.219	1.493