

性能照査型維持管理法に向けた鋼2主I桁橋の劣化シナリオについて

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋○ 有馬直秀 石川裕一 橋吉宏
 中日本高速道路 金沢支社 森山 守
 長岡技術科学大学 宮下 剛 長井正嗣 岩崎英治

1. はじめに

NEXCO 中日本 金沢支社では、科学的かつ合理的に説明できる道路橋の保全を実施するため、有限要素法による構造解析（以下、FEA）を維持管理のプロセスに導入し、既設構造物の安全を照査する取組みを進めている¹⁾²⁾。本報告は、鋼2主I桁橋の性能照査型維持管理の検討事例として舞鶴若狭自動車道を対象に、北陸地域の特性を考慮した劣化シナリオを想定し、橋梁の固有振動数および部材レベルでの応力状態がどのように変化するかを把握することを目的とする。

2. 北陸地域の特性を考慮した劣化シナリオ

鋼2主I桁橋を対象にフォルトツリー解析の手順に従って整理した結果を図-1に示す。床版、主桁、横桁、支承の部材レベルに区分し、不具合の事象例や不具合により生じる機能低下、システムエラーを整理する。なお北陸地域では、アルカリ骨材反応（以下、ASR）によりコンクリート部材が劣化し、健全状態に比べ静弾性係数が最大 1/3 以下に低下している³⁾。また凍結防止剤が散布されるため塩害と疲労で床版内部に水平ひび割れが発生し、床版の剛性低下が懸念される。本検討では、表-1、写真-1 に示す床版と主桁に着目し北陸地域の特性を考慮した劣化シナリオを想定する。FEA モデルは、現地計測により構造同定したモデルを利用する⁴⁾。

表-1 想定される北陸地域の劣化シナリオと FEA モデル

劣化シナリオ	劣化の概要	解析モデル上の反映方法
コンクリートの劣化シナリオ	ASR や塩害により床版コンクリートが劣化する	コンクリートの静弾性係数を低下させる。 1) $E=3.1 \times 10^4$, 2) $E=1.5 \times 10^4$, 3) $E=1.0 \times 10^4 \text{N/mm}^2$
鋼材の腐食シナリオ	橋梁の桁端部や外桁の添接部に腐食が発生する	外桁添接板の下フランジとウェブ下端 100mm 程度の板厚を減肉させる。1) $t=0 \text{mm}$, 2) $t=2 \text{mm}$, 3) $t=5 \text{mm}$
鋼材の疲労亀裂シナリオ	ソールPL近傍の下フランジやウェブ下端に亀裂が発生する ⁵⁾	下フランジ前面全てとウェブの亀裂の長さを変化。 1) $L=0\text{mm}$, 2) $L=370\text{mm}$, 3) $L=950\text{mm}$

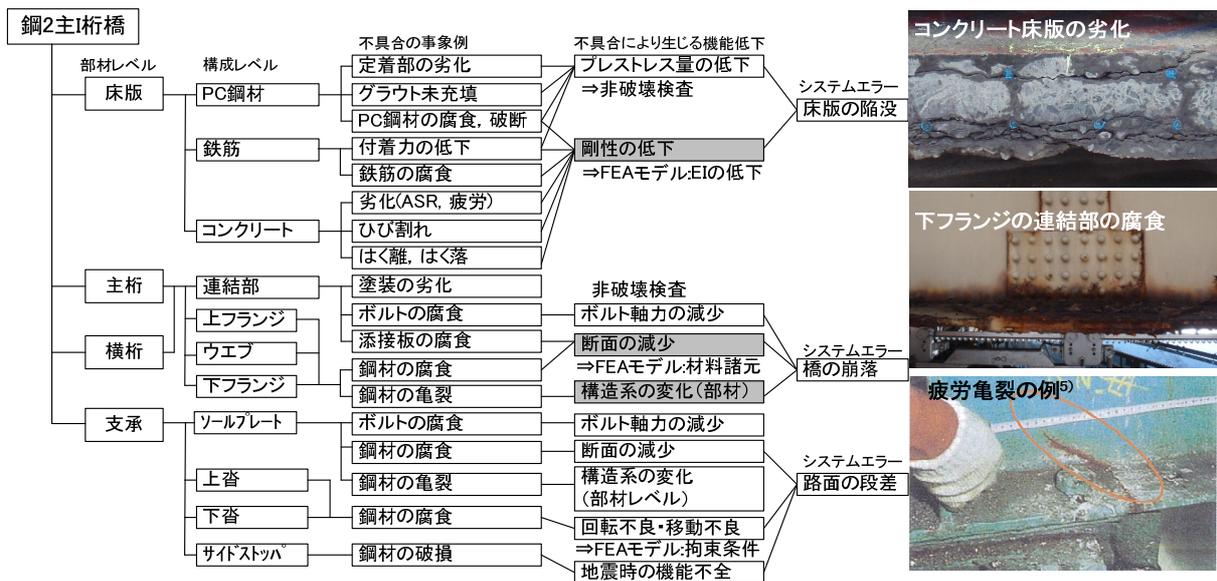


図-1 想定される鋼2主桁I桁橋の劣化シナリオ

写真-1 劣化シナリオの写真例

キーワード FEA, 性能照査型維持管理, 固有振動数, 劣化シナリオ

連絡先 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 E-mail n.arima.a@c-nexco-hen.jp

3. 劣化シナリオと固有振動数の変化

コンクリートの劣化シナリオ、鋼材の腐食シナリオおよび鋼材の疲労亀裂シナリオ毎に健全状態から2段階で劣化させた場合の固有振動数の結果を表-2に、固有振動数の変化率を図-2に示す。構造物の劣化要因により固有振動数の変化に違いが見られる。腐食による劣化では、固有振動数に変化が見られないが、コンクリートが劣化すると鉛直1次、鉛直2次ともに影響が確認でき、鉛直2次では健全状態に比べ0.84に低下している。一方、疲労亀裂では、鉛直1次ではほとんど影響が確認できないが鉛直2次では健全状態に比べ0.78に低下していることが確認できる。このことより、固有振動数の計測は、スパン中央(L/2)だけでなくL/4点も計測することが望ましいと言える。

4. 劣化シナリオと部材レベルでの応力変化

劣化が進行すると部材レベルでは、応力がどの程度変化するかを調べる。荷重条件は死荷重に加え、図-3に示すように渋滞を想定した大型車および普通車を配置させた荷重とする。大型車の総重量および大型車の配置は、文献2を参考にする。

FEAの結果は、最も応力が変化している部位に着目する。コンクリートが劣化した場合や鋼材が腐食した場合には、スパン中央付近の主桁下フランジに着目し、主桁G1、G2の部材応力を平均する。また疲労亀裂が生じた場合には、亀裂近傍の主桁G1、G2ウェブでの部材応力を平均する。結果を図-4に示す。コンクリートが劣化した場合や鋼材に腐食が生じた場合には、部材レベルでは大きな変化は見られず、約1割弱の応力の増加が確認できる。一方、ソールPL近傍の下フランジおよびウェブ下端に疲労亀裂が生じた場合には、大きな応力変化が見られ約2倍の応力の増加が確認できる。今回の疲労亀裂のFEAモデルは、簡易的に亀裂部分のシェル要素を欠落させて解析しており、亀裂が生じた場合を正確に再現出来ていないが、健全時に比べ約2倍の応力が発生すると仮定すると許容応力度を満足できない状態にあると示唆される。

4. まとめ

北陸地域の劣化シナリオを3つ想定した。劣化シナリオにより固有振動数の変化に違いが見られた。部材レベルでの応力変化は、疲労亀裂以外では変化が小さいことが確認出来た。

【参考文献】

- 1)橋吉宏ら：性能照査型維持管理法と既設構造物への信頼性指標β算定の試み，土木学会第69回年次学術講演会，2014.9
- 2)石川裕一ら：性能照査型維持管理法の導入に伴う北陸自動車道の活荷重実態の把握，
- 3)鳥居和之：石川県の反応性骨材とASR劣化構造物のデータベース化，コンクリート工学，Vol.30，No1，2008
- 4)大谷拓矢ら：性能照査型維持管理法に向けた新設橋梁の構造同定，土木学会第69回年次学術講演会講演概要集，2014.9
- 5)社団法人日本鋼構造協会：土木構造物の点検・診断・対策技術-2009年度版-，pp108-pp116

表-2 FEAによる固有振動数の結果

コンクリートの劣化シナリオ	No	$E_c \times 10^4$ (Mpa)	鉛直1次(Hz)	鉛直2次(Hz)
	CASE1	3.1		2.86
CASE2	1.5		2.68	6.95
CASE3	1.0		2.58	6.34
鋼材の腐食シナリオ	No	減肉量(mm)	鉛直1次(Hz)	鉛直2次(Hz)
	CASE1	0	2.86	7.51
	CASE2	2	2.86	7.50
	CASE3	5	2.85	7.48
鋼材の疲労亀裂シナリオ	No	亀裂長さ(mm)	鉛直1次(Hz)	鉛直2次(Hz)
	CASE1	0	2.86	7.51
	CASE2	370	2.86	6.87
	CASE3	950	2.86	5.86

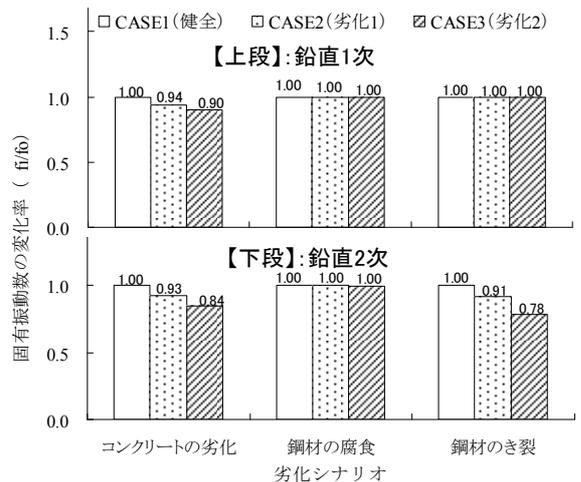


図-2 FEAによる固有振動数の変化率

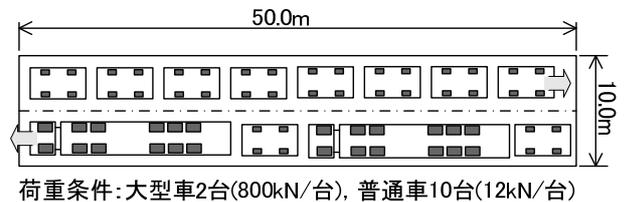


図-3 活荷重の載荷位置(渋滞を想定)の例

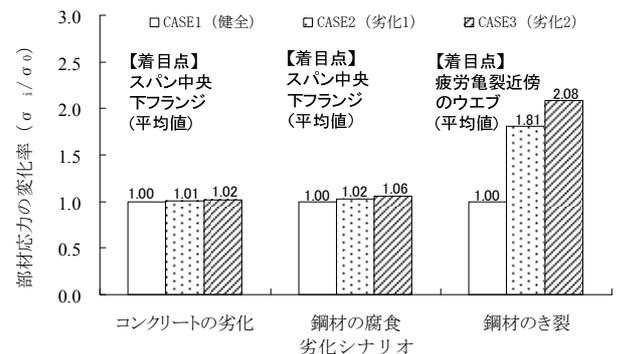


図-4 FEAによる部材レベルの応力変化の結果