

腐食劣化を受ける耐候性鋼橋の簡易的な耐震性能予測手法の提案

愛媛大学大学院 学生会員 ○蔵本 直弥 非会員 大久保 昂一
愛媛大学大学院 正会員 大賀 水田生 愛媛大学大学院 正会員 全 邦釘

1. 緒言

我が国で高度経済成長に伴い架設された数多くの橋梁は、供用開始後 50 年を経過し老朽化が進んでおり、そのため各地で橋梁の損傷事故が報告されている。また、耐震点検法の整備が遅れており、残存耐震性能評価や点検手法を整備する必要がある。その一環として耐候性鋼について将来の腐食量を予測する取り組みが行われている。しかし、腐食を受ける耐候性鋼橋の耐震性能の変化について明らかになっておらず、また有限要素法を用いて腐食による鋼材表面の凹凸をモデル化することが困難と言う問題がある。そこで本研究では有限要素解析を用いて、腐食劣化を受ける耐候性鋼橋の耐震性能を簡易的に求める手法を確立した。

2. 腐食量分布の導出

耐候性鋼の腐食速度は 9 年目以降の外観評価から判断できるとされており¹⁾、将来の腐食量は腐食量予測式(1)により算出することが可能である。

$$Y = AX^B (B \leq 1)$$
 (1)

Y : 片面平均腐食減耗量(mm) X : 時間(年) A, B : 係数

式(1)から得られた過去の暴露試験結果を用いて、将来における外観評価に対応した腐食量分布をブートストラップ法により導出した。また、耐候性鋼の腐食量の変化は対数正規性を有すると仮定し、腐食量分布を求める際の確率分布には対数正規分布(2)を用いた。また外観評価基準について表 1 に示す。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad 0 < x < \infty$$
 (2)

表 1 目視外観観察法とさび厚測定法による評点付け基準とその解釈法

状態	評点	目視外観	さび厚
正常	5	腐食が進まず、さびが薄い	0.2mm程度未満
	4	平均外観粒径1mm程度以下で均一なさび	0.4mm程度未満
	3	平均外観粒径1～5mm程度のさび	
要観察	2	外観粒径5～25mm程度のうろこ状剥離があるさび	0.4mm程度以上 0.8mm程度未満
異常	1	層状剥離が起きているさび	0.8mm程度以上

3. 実存橋梁での耐震性能予測

本解析では商用有限要素パッケージ Abaqus/Standard を用いて解析を行い、高速道路橋(以下、A 橋)をモデル化および解析対象とした。A 橋は橋長 179.750m の 4 径間連続非合成鈹桁橋で、径間は第 1 スパン 33.3m、第 2 スパン 48m、第 3 スパン 55.5m、第 4 スパン 42.95m である。4 スパンのうちの第 2 スパンの主桁 4 本、床版、支承、対傾構をモデル化した。A 橋の有限要素モデルを図 1 に、A 橋の断面図を図 2 に、材料定数と要素タイプについて表 2 に示す。

荷重条件として、死荷重と地震荷重を考慮するものとし、地震荷重は支承底面に東北地方太平洋沖地震と、新潟県中越沖地震の地震波形をそれぞれ与えた。境界条件は、第 2 スパンの両端部をローラー支点とした。本研究では腐食が進行している下フランジが評点 1 と仮定して、有限要素モデル上の鋼材に表面形状データを与えた。この、腐食形状を復元している不均一な有限要素モデル(以下再現モデル)から簡易モデルを作成する。簡易モデルは再現モデルの下フランジの不均一な板厚を平均化し、均一な板厚とする。また、下フランジの 5mm 以下の板厚と最小板厚はそのままの板厚を再現する。再現モデルを 20 橋作成し、その 20 橋からそれぞれ板厚の平均値をとり、均一な板厚の簡易モデルを 20 橋作成した。

表 2 要素タイプおよび材料定数

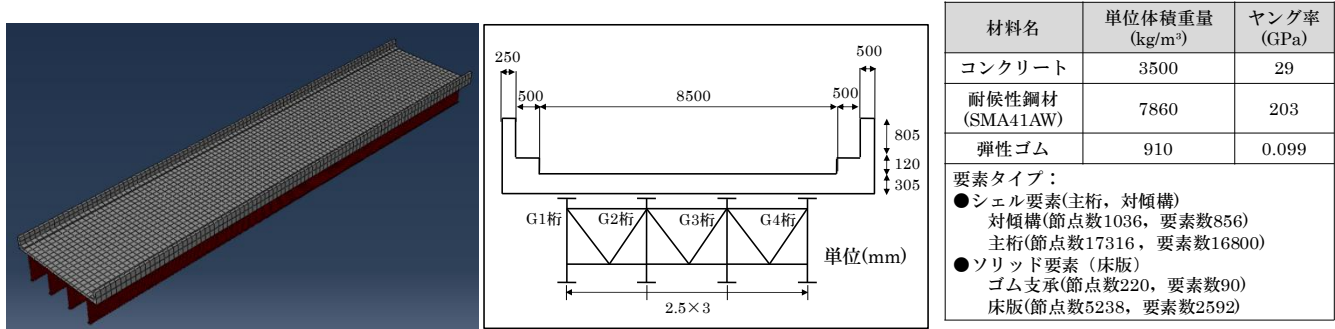


図 1 A 橋の有限要素モデル

図 2 A 橋断面図

4. 解析結果

再現モデルと簡易モデルの最大ミーゼス応力の比較結果を図 3 に示す．また，再現モデルと簡易モデルの誤差率をヒストグラムで図 4 に示す．再現モデルと簡易モデルの最大ミーゼス応力の値の誤差率はすべて 10%以内に収まっており，非常に精度のよい評価方法が得られたことが明らかとなった．

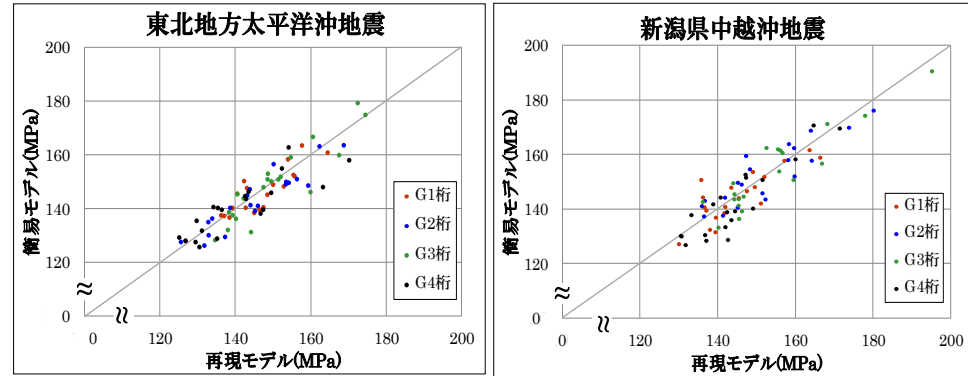


図 3 G1 桁～G4 桁に発生する最大ミーゼス応力の比較結果

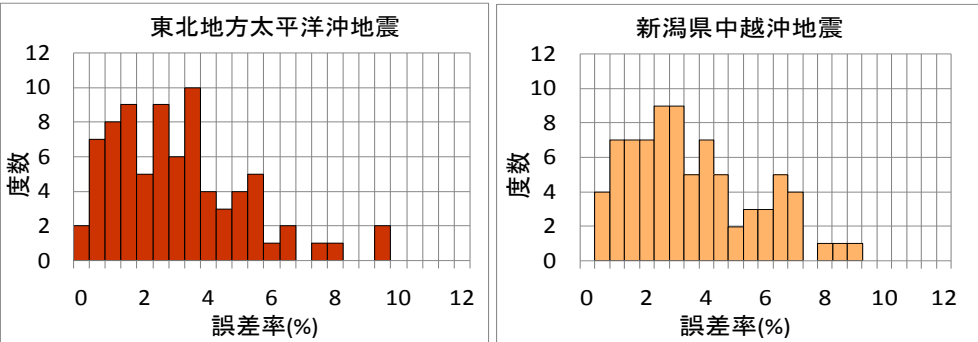


図 4 G1 桁～G4 桁に発生する最大ミーゼス応力の誤差率

5. 結言

腐食劣化を受ける耐候性鋼橋の表面形状データを与えた有限要素モデルから均一な板厚の有限要素モデルを作成し，東北地方太平洋沖地震と新潟県中越沖地震の地震動をそれぞれ与え，発生する最大ミーゼス応力の変化を確率的に予測することで耐震性能を評価する手法を確立した．

6. 参考文献

1) 三木千壽，市川篤司：現代の橋梁工学，数理工学社，2004．