

## 既設橋の性能評価 (LOAD RATING) に関する研究

長岡技術科学大学  
長岡技術科学大学  
埼玉大学

学生会員 ○ GONZALEZ RODRIGUEZ JONATHAN  
正会員 宮下 剛  
正会員 奥井 義昭

### 1. はじめに

日本では、橋梁の高齢化が深刻な問題であり、維持管理を進める上で、残存耐荷力の評価が求められる。しかし、各々の橋梁について、残存耐荷力を厳密に評価するには、多大な時間と費用が必要とされ、技術的な課題も多い。一方、海外では、Load Rating (LR) という簡易で合理的な橋梁の性能評価が実施されている。これは、橋梁の現時点での状態に基づいて活荷重に対する耐荷力の倍率を評価する。そこで、本研究では、今後の日本における橋梁維持管理に向けた資料に資することを目的とし、日本の現行基準に対応した形で LR を試みると共に、各国における設計基準をふまえて LR の比較を行う。さらに、更なる合理的な評価に向けて三次元立体 FEA モデルを活用した LR も実施する。

### 2. 対象橋梁

図-1 に、本研究で対象とした橋梁の断面図を示す。対象橋梁は、単純合成 I 桁橋であり、S55 年の道路橋示方書に従って L-20 荷重により設計されている。また、対象橋梁の支間長は 39.25m である。

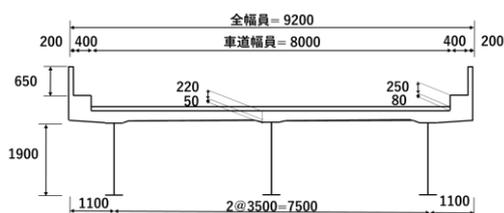


図-1 対象橋梁の断面

### 3. 格子桁解析による LOAD RATING

対象橋梁は、L-20 荷重により設計されており、B 活荷重の現行基準を満たしていない。このため、設計荷重の変更による影響度を把握するために、許容応力度設計法 (Allowable Stress Rating: ASR) を基にした LR を行う。LR は下式にもとづいて行われる。

$$RF = \frac{C - \gamma DL}{\gamma LL(1 + i)} \quad (1)$$

ここで、RF は Rating Factor という活荷重に対する耐荷力の倍率を表す。C は耐荷力であり、ASR において

は許容応力度となる。DL, LL は、それぞれ死荷重、活荷重による効果 (応力) である。また、i は衝撃係数、γ は荷重の部分係数である。ただし、ASR では部分係数は使用されない。なお、応力の算出にあたり、通常的设计と同様に対象橋梁の格子桁解析を行う。

式(1)を用いて、B 活荷重による対象橋梁への効果を把握するために、本研究で参考(文献3), 4), 5), 6))したアメリカ、オーストラリア及びカナダ (HL-93, S1600, CL1-W) の活荷重との比較を行った。比較結果 (対象橋梁の中桁) を以下に示す。

- 図-2 に示すように、支点上の垂直補剛材の評価では B 活荷重が最も不利な結果であり、RF 値= 約 0.75 となって現行基準を満足しない。
- せん断力の評価では、全ての活荷重に対して RF=1 を大幅に超えている。
- 曲げモーメントの評価では、L-20 荷重のみが評価を満足する。

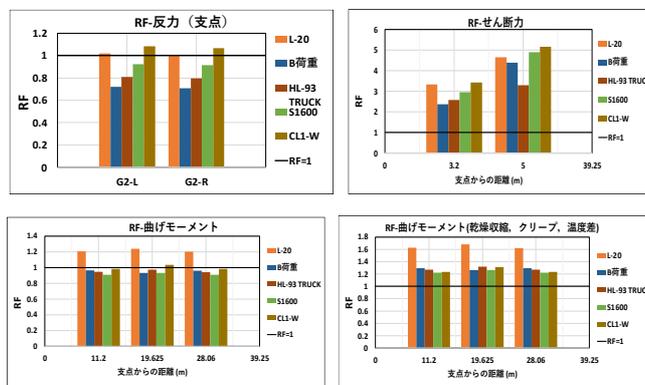


図-2 LR の結果 (各荷重の比較-ASR)

### 4. LOAD RATING 手法の比較

ASR, Load Factor Rating (LFR), Load and Resistance Factor Rating (LRFR) (AASHTO), Bridge Load Evaluation (BLE- Can.) Bridge Evaluation (BE-Aus.)の相違を把握するために、各基準で対象橋梁の性能評価を行い、比較を行った。ここでは、各基準で定められている耐荷力 C 及び部分係数 γ を用いることとし、活荷重 LL としては B 活荷重を用いる。なお、各基準で使用されている荷重係数は表-1 に示す。比較結果を図-3 に示す。

反力の評価では、L-20 以外の活荷重で RF は 1 を下回る。しかし、曲げモーメント及びせん断力の評価に関し、全ての基準(耐力 C)に基づき、RF が 1 を大幅に上回るため、対象橋梁は曲げモーメント及びせん断力に対し、余分な耐力があると言える。

表-1 各 LR 手法の特徴

評価法	荷重係数			衝撃係数	耐力-C
	死荷重 (合成前)	死荷重 (合成後)	活荷重		
ASR (日本)	—	—	—	$i = \frac{20}{50 + L}$	許容応力度
LFR-INV	1.3	1.3	2.17	$I = \frac{50}{L + 125}$	降伏応力度
LFR-OP	1.3	1.3	1.3		降伏応力度
LRFR-INV	1.25	1.5	1.75	0.33	終局耐力
LRFR-OP	1.25	1.5	1.35	0.33	終局耐力
AUSTRALIA	1.1	1.1	1.8	0.33	終局耐力
CANADA	1.05	1.05	1.35	0.33	終局耐力

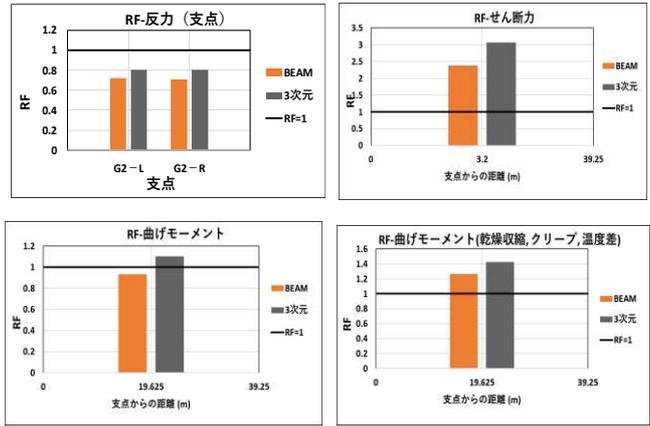


図-5 LR の結果 (BEAM vs. 3次元のモデル-B 活荷重)

6. まとめ

上述の結果から格子桁解析と詳細な FEA モデルでは、対象橋梁が曲げモーメント、せん断力の評価(L-20 荷重, B 活荷重)に対して十分に安全であると言える。ただし、桁端部の支点上補剛材の関しては、格子解析, FEM 解析共に B 活荷重での評価は満たされず、約 0.8 の RF が得られた。

今後の供用時における次の点検期間までの性能保証を目的とした安全性のレベルと荷重係数の検討が必要のように思われる。

さらに、各 LR 手法を比較した結果(LL は B 活荷重とし、耐力 C は各基準により検討した場合)、終局状態をもとにしている評価では、対象橋梁は余分な耐力があることが分かった。従って、今後の既設橋の設計、評価にあたり、限界状態設計法の導入を検討すべきである。

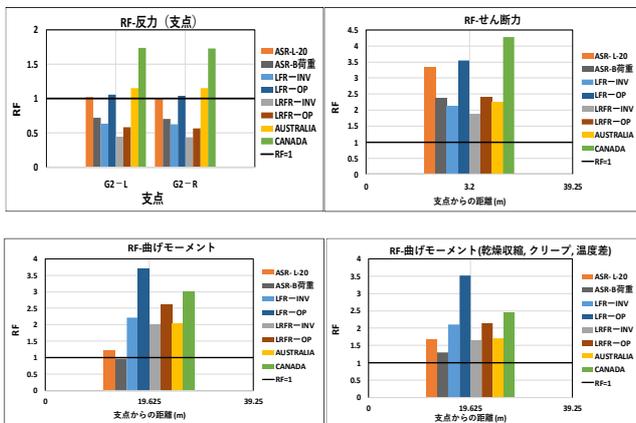


図-3 LR の結果(各 LR 手法の比較)

5. 三次元立体 FEA モデルを用いた Load Rating

格子桁解析を通じて明らかにできない橋梁システムとしての挙動を把握するために、三次元立体 FEA モデルにより、対象橋梁の解析を行う。合成前と合成後のモデルは図-4 に示す。

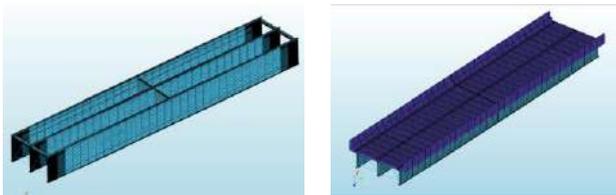


図-4 合成前と合成後の FEA モデル

図-5 に示す解析結果から格子桁解析で安全側の傾向が得られることが分かった。また、LR の結果として反力に対する評価には、B 活荷重に対する RF が 1 を下回る。しかし、曲げモーメント及びせん断力の評価では、対象橋梁が十分に安全だと言える。また、格子桁解析と FEA 解析の結果を比べると FEA モデルの方が余分な耐力を有することが分かる。

参考文献

- 1) Lubin Gao, Load Rating Highway Bridge, First edition, Outskirts Press, 2013
- 2) 橋梁委員会他 (編), 道路橋示方書・同解説 (I 共通編, II 鋼橋編), 社団法人日本道路協会, 1990.
- 3) AASHTO, LRFD 2012 Bridge Design Specifications, AASHTO, 2012.
- 4) AASHTO, 2002 Standard Specifications for Highway Bridges, AASHTO, 2002.
- 5) Standards Australia, Bridge design-Rating of existing bridges, SAI global, 2004
- 6) CSA Group, CANADIAN Highway Bridge Design Code, CSA Group, 2014
- 7) Gonkang Fu, Bridges design & Evaluation, Wiley, 2013.