

# 床版取替工事における 既設鋼桁照査に関する参考資料

---

令和 5 年 6 月

東日本高速道路株式会社

## 目次

1. はじめに .....	2
1.1 本参考資料の目的 .....	2
1.2 適用の範囲 .....	2
1.3 用語の定義 .....	3
2. 既設鋼桁補強判断の基本方針.....	3
3. Load rating による主桁の耐荷性能評価.....	5
3.1 RF 値評価式 .....	5
3.2 材料の特性値 .....	5
3.3 作用の特性値 .....	5
3.3.1 死荷重と荷重係数 .....	5
3.3.2 活荷重と荷重係数 .....	5
3.4 抵抗値 .....	6
3.4.1 主桁の曲げ .....	6
3.4.2 支点上補剛材 .....	6
3.5 死荷重及び活荷重による主桁の応力度 .....	6
3.5.1 構造解析 .....	6
3.5.2 活荷重による主桁の発生応力度の算出 .....	6
(参考文献) .....	7

## 1. はじめに

### 1.1 本参考資料の目的

本参考資料は、特定更新等工事における床版取替に際して、Load rating（以下「LR」という）を用いて完成時における主桁補強要否を判断する手法をとりまとめたものである。

本参考資料に記載されていない事項に関しては適宜、**道路橋示方書**（以下「**道示**」という）、**設計要領第二集橋梁保全編**の関連規定によるものとする。

#### 【解説】

特定更新等工事において照査対象とする鋼主桁は、建設当時と比較して活荷重の増加（TL-20 から B 活荷重）や床版構造の変更（床版厚の増や壁高欄形状）に伴う死荷重の増加により、**H24 道示**に基づく照査において許容応力度が超過する部材が発生する事例が生じている。これに対して、各現場において照査方法を検討してその補強の要否について判断してきたところであるが、今回は LR を用いて統一的に判断することとした。なお、LR はこの後の章に示すように、橋梁の健全性をもとにその耐荷力が基準となる活荷重の何倍であるかを評価する手法である。また、この背景には、**H24 道示**までは、鋼部材に発生する応力度が、鋼材の基準降伏点に対して安全率を約 1.7 を見込んで設定された許容応力度以下であることを照査することにより、荷重に対する強度としての安全性の照査を行ってきたのに対して、**H29 道示**では部分係数法を用いた限界状態設計法による照査が導入されたこともある。

### 1.2 適用の範囲

本参考資料は、NEXCO 東日本の特定更新等工事における以下の構造形式を対象とする。

- ・コンクリート床版を有する合成もしくは非合成の鋼 I 桁橋

#### 【解説】

適用の範囲は、現時点における知見をもとに定めたものである。なお、特定更新等工事以外に使用する際には、別途主桁の変状グレード判定に基づき耐荷力を低減するものとする。

また、本参考資料は、完成時における鋼主桁の補強有無の判断に用いるものとし、架設時における照査（例えば、クレーン荷重載荷時）や合成桁の床版撤去時における前死荷重時の照査などに適用してはならない。また、上部工の拡幅や桁連続化を行う場合や幅員方向分割取替え工法において幅員方向に分割した床版を架設した状態で暫定供用する際の照査に適用してはならない。

### 1.3 用語の定義

#### Load rating

レイティングファクター(Rating Factor 以下「RF」という)値の評価を行う手法である。ここでは、道示に準拠し、通常の設計計算の範囲で RF 値を算定する。

#### RF 値

Rating Factor を表し、LR によって求められる橋梁の耐荷力が基準となる活荷重の何倍あるかを表す係数である。

#### システム係数: $\phi_s$

RF 値の算定において、システム・リダンダンシー(System Redundancy: 以下「SR」という)の効果を考慮する係数である。

#### システム・リダンダンシー

通常の設計では部材の終局時を橋梁全体の終局と見なしているが、実際には橋梁全体系の耐荷力は部材単体の耐荷力より大きい場合が多い。橋梁全体系では耐荷力が上昇する効果をシステム・リダンダンシーと呼ぶ。

#### 状態係数: $\phi_c$

点検結果より判明した橋梁の損傷、劣化などによる耐荷力の低減効果を考慮するための係数である。

#### 死荷重係数: $\gamma_D$ , 活荷重係数: $\gamma_L$

死荷重または活荷重のばらつきや設計供用期間中の変動の特性を考慮して補正する係数である。

#### 衝撃係数: $i$

橋面の凹凸、車両の加減速、前後車両との協働作用等の要因により活荷重が静荷重より大きな影響を橋梁に与えることを衝撃と呼び、衝撃係数とはこの衝撃の度合を表したものである。

#### 応力制限値: $R$

応力度の制限値であり、限界状態での応力度の特性値である。

## 2. 既設鋼桁補強判断の基本方針

- (1) H24 道示により既設橋の照査を実施し、許容値を超過する際は LR による評価をもとに鋼主桁の補強判断を行うことを基本方針とする。既設鋼桁の補強判断の流れを図1に示す。
- (2) H29 道示に従い、LR を行う。
- (3) LR による耐荷性能評価は、主桁下フランジ及び支点上補剛材を対象とする。
- (4) LR による評価をもとに、補強が必要と判断された際の設計は H24 道示に基づくものとする。

(5) 荷重として、死荷重、活荷重、衝撃の影響を考慮する。活荷重は道示に規定の B 活荷重を用いる。

(6) 構造解析は線形弾性状態を仮定し、梁要素を用いた格子解析を基本とする。

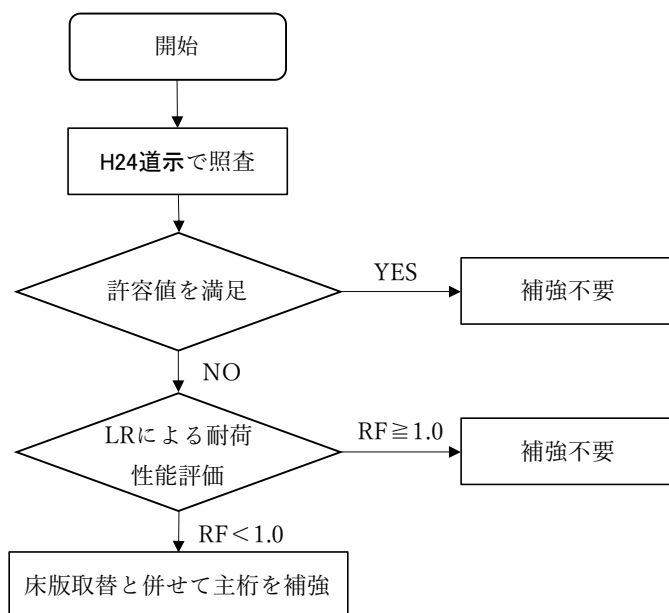


図1 既設鋼桁補強判断のフロー

#### 【解説】

照査用活荷重において、主載荷荷重のレーン載荷が用いられている事例があったが、新設橋と同様に道示によるものとした。また、補強が必要と判断された際は、H24 道示に基づきその補強量を決定するものとする。

なお、現在までの床版取替工事における照査事例において、許容値を超過する箇所が

- ・曲げ作用による主桁下フランジ（引張，圧縮）
- ・支点上の補剛材（圧縮）

であることがわかっていることから、LR による耐荷性能照評価はこの箇所を対象とする。

格子解析結果に基づく  $RF < 1.0$  の際に、別途高度な構造解析（以下に示す）や実橋計測結果をもとに主桁の補強の有無を判断する手法もあるが、必要なコストと信頼性なども鑑みここでは主桁の補強を実施することを標準とした。

高度な構造解析例)

- 1) シェル要素およびソリッド要素を用いた 3 次元線形弾性 FEM 解析
- 2) はり要素を用いた非線形解析（材料非線形，幾何学的非線形）
- 3) シェル要素およびソリッド要素を用いた 3 次元非線形解析

### 3. Load rating による主桁の耐荷性能評価

#### 3.1 RF 値評価式

次式を用いて RF 値 (Rating Factor) を計算する.

$$RF = \frac{\phi_s \phi_c R - \gamma_D D}{\gamma_L L (1.0 + i)} \quad (3.1)$$

ここで,

$\gamma_D$ :	死荷重係数	$D$ :	死荷重による発生応力度
$\gamma_L$ :	活荷重係数	$L$ :	活荷重による発生応力度
$\phi_s$ :	システム係数	$i$ :	衝撃係数
$\phi_c$ :	状態係数		
$R$ :	応力制限値		

#### 【解説】

システム係数 ( $\phi_s$ ) は, 鋼主桁部材を弾性範囲内で照査とすることから 1.0 とする. また, 状態係数 ( $\phi_c$ ) は, 特定更新等工事の実施に際して鋼主桁の損傷, 劣化 (特に支点上の桁端部付近) がある際には補修することとし 1.0 とする.

#### 3.2 材料の特性値

鋼材の強度の特性値は H29 道示 II 4.1.2 によるものとする.

#### 3.3 作用の特性値

##### 3.3.1 死荷重と荷重係数

死荷重算定に際し, 壁高欄, 床版や舗装厚の変更による荷重増加を考慮するものとする. また, 死荷重係数は 1.05 を用いる.

#### 【解説】

床版取替により, 鋼製高欄からコンクリート製壁高欄への変更や床版厚の増に伴う死荷重増加を考慮するものとする. また, 死荷重係数は H29 道示 I 3.3 の規定によるものとした.

##### 3.3.2 活荷重と荷重係数

- (1) 活荷重による発生応力度の算出に際しては H24 道示の B 活荷重を用いる.
- (2) 活荷重の載荷に際しては衝撃の影響を考慮しなければならない.
- (3) 活荷重係数は 1.25 を用いる.

#### 【解説】

活荷重係数は H29 道示 I 3.3 の規定によるものとした.

### 3.4 抵抗値

#### 3.4.1 主桁の曲げ

主桁の曲げにおける RF 値の算定では、式(3.1)の R として、H29 道示Ⅱ 5.4.6 に規定の次の制限値を用いるものとする。

$$\text{曲げ引張応力度の制限値} \quad R = \sigma_{\text{tud}} \quad (3.2)$$

$$\text{曲げ圧縮応力度の制限値} \quad R = \sigma_{\text{cud}} \quad (3.3)$$

#### 3.4.2 支点上補剛材

支点上補剛材における RF 値の算定では、式 (3.1) の R として、H29 道示Ⅱ 5.4.4 に規定の軸方向圧縮力を受ける柱として算出した圧縮応力度の制限値を用いるものとする。

$$R = \sigma_{\text{cud}} \quad (3.4)$$

その際、H29 道示Ⅱ 13.7.2 の規定のとおり、柱の有効座屈長は桁高の 1/2 とし、柱の有効断面としては支点上補剛材に加えて腹板の有効幅（腹板厚の 24 倍）を考慮してよい。ただし、全有効断面積は補剛材断面積の 1.7 倍を超えてはならない。

### 3.5 死荷重及び活荷重による主桁の応力度

#### 3.5.1 構造解析

床版取替に伴う構造部材の応力度の算出に用いる構造解析は、線形弾性梁理論に基づく格子解析を用いた構造解析を基本とする。

##### 【解説】

線形弾性梁理論に基づく格子解析は、通常の設計でも用いられている手法である。基本的には道示で定められている安全係数もこの手法で算出された断面力や応力を前提としている。したがって、LR を行う場合、最も整合性が高い手法であることから本手法を基本とした。

#### 3.5.2 活荷重による主桁の発生応力度の算出

曲げ作用による主桁下フランジ部の RF 値算出において、格子解析結果と実際の橋梁における発生応力度との差異を考慮し、以下の係数を格子解析から求めた活荷重応力度に乗じて活荷重による発生応力度を算出するものとする。

斜角： $\theta > 75^\circ$ ，直線橋または曲率半径 1,000m 以上の曲線橋において

- ・ 非合成桁に関しては低減係数 0.7
- ・ 合成桁に関しては低減係数 0.9

##### 【解説】

格子解析結果と橋梁実測における曲げ作用による主桁フランジ部の発生応力度を比較すると前者の方が大きくなるのが過去の知見からわかっている。

これは、以下の 2 つの要因によるものである<sup>2)</sup>。

- ① 実橋における荷重分配作用や床版の剛性等の影響を格子解析では十分に考慮することができない。
- ② 現行の設計では、設計活荷重を部材に最も不利な応力度が生じるような位置に載荷することを規定しているが、その載荷方法は実橋における載荷条件とは必ずしも一致しない。今回 RF 値算出における活荷重による発生応力度の算出に関しては、実橋梁における車両走行実態に関する知見が十分でないことから「②」による補正を見込まず「①」のみを考慮することとした。

また、現時点における低減係数は、参考文献<sup>3), 4)</sup>ならびに H29 道示Ⅱ(図-解 8.2.1)をもとに弾性範囲内での格子解析から求められた活荷重応力度に対して考慮することとした。

(参考文献)

- 1) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，H29 年 11 月
- 2) 建設省土木研究所：既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究Ⅲ，土木研究所資料第 2682 号 PP93-132 昭和 63 年 12 月
- 3) 三木千壽，山田真幸，長江進，西浩嗣：既設非合成連続桁橋の活荷重応答の実態とその評価，土木学会論文集 281-294, No.647/I-51, 2000.4
- 4) 村越潤，高橋実，吉岡勉，野中哲也，加藤修：FEM 解析を用いた鋼多主桁橋の設計合理化の検討，土木学会鋼構造論文集，PP131-145 第 11 巻第 43 号（2004 年 9 月）