

第II編 断面欠損を伴う腐食

1. はじめに

構造物は時間の経過とともに、徐々に劣化し、その性能が低下する。構造物が時間の経過に伴って劣化したからといって、直ちに使用に制限を加えたり、撤去、架け替えの必要があるわけではなく、構造物の劣化の程度と、その構造物に要求されている性能との兼ね合いで判断されるべきものである。

ところで、時間に依存する鋼構造物の損傷には、疲労、腐食、クリープ、遅れ破壊などがあるが、ここでは、腐食を考えることにする。

鋼材は、一般に、無塗装の状態で放置されると酸化し、より安定な酸化鉄になる。これが腐食であり、腐食は鉄が使用されるようになった時からの損傷の一つである。技術の進歩により、さまざまな防錆・防食技術も開発され、適用されてきたが、今もって十分に克服されていない問題である。

本章では、最初に、延命化および耐力に影響する断面欠損を伴う腐食と点検方法について述べ、つぎに断面欠損を伴う腐食の評価方法、および診断方法について、道路橋と鉄道橋に分けて考察する。

2. 断面欠損を伴う腐食事例

断面欠損を伴う腐食の事例では部材の腐食貫通に見られる様に直ぐに取り替え、補強が必要となる例が多い。実際に主桁の当て板補強や2次部材のガセット交換等の対策が実施されてきた。

現在進められている補修・補強対策とそれに先行して実施される検査と評価・診断の方法に「延命化を阻害する劣化の原因」を調査・分析することは重要であると思われる。

今回、W/Gが収集した各部材の腐食事例写真から代表的なものを選び、以下に示す項目別で整理した。

- ① 損傷度の判定区分に従って整理する。(表 2-5 参照)
- ② 調べた腐食事例において「損傷の対策」が直ぐ必要なもの。(表 2-5 注・判定区分 I)
- ③ 詳細調査又は追跡調査が必要なもの。(表 2-5 判定区分 II、III)

2.1 腐食事例の内容

維持管理部会 W/G で収集した損傷事例集の中から腐食に関連するものを取り上げた。

2.2 分類方法

(1) 部材別

以下の部材を対象とし、沓は除いた。

- ①主部材 : 主桁フランジ ウェブ 橋脚
- ②2次部材 : 対傾構 スチフナー ガセット

(2) 原因別

直接的に腐食に作用したと思われる原因を分類した。

- ① 浸水 雨水等が降り注ぐ箇所もしくは構造的に水みちに箇所が生じる。
- ② 漏水 通水装置等の水を通す部位の不具合によって生じる現象。
- ③ 湿潤 直接の水みちは認められず、蒸気又は水分の滞留・湿潤状態にあったと思われる部位に生じる。又、水を吸い込む例も考えられる
- ④ 塩害 海水、海塩粒子によるもの。
- ⑤ 糞害 鳩等の動物により持ち込まれた。(汚泥も含む)

(3) 誘起因子別

(2)の直接的原因とは違って点検・調査後の評価・診断・対策に繋がる着目点等を誘起因子と表現した。

(例) ①構造・部材・部位

②施工不良

自然現象(立地環境)等

2.3 腐食事例の分類

2.3.1 橋梁点検基準(案)に基づく分類結果

腐食事例の分類結果を表 2-1 に「腐食事例の分類結果」として示す。損傷度の判定に用いた基準として「建設省土木研究所 昭和63年7月 土木研究資料 橋梁点検基準(案)」に依った。その基準及び標準を「4.1 道路橋の評価方法」に示す。

表 2 - 1 腐食事例の分類（部材別の分類と原因及び損傷度判定）

表 2 - 1 の凡例

| | |
|------|--------------|
| 原因系 | |
| 誘起因子 | |
| 写真番号 | 腐食内容 判定区分 |

(1) 主桁フランジ

| 浸 水 | 漏 水 | | 湿 潤 | 塩 害 | 糞 害 |
|-------------|--------------|--|---------------|---------------|---------------|
| 材片間侵入・湿潤 | 伸縮装置より | | 結露水滞水 | 海塩粒子 | 鳩ふん堆積 |
| 5 腐食貫通 I | 1 板厚減少 II | | 12 板厚減少 I | 3 9mm 腐食 I | 15 塗膜劣化 II |
| | 伸縮装置より | | 結露水滞水 | 海塩粒子 | |
| | 2 板厚減少 II | | 14 板厚減少 II | 14 全面腐食 II | |
| | 伸縮装置 | | | | |
| | 4 全面腐食 II | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(2) 対傾構

| 浸 水 | 漏 水 | | 湿 潤 | 塩 害 | 糞 害 |
|-----|--------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| | R C床版より | 伸縮装置より | 空調器の排出蒸気 | 海塩粒子 | |
| | 6 板厚減少 II | 9 全面腐食 I | 6 断面欠損 I | 3 断面欠損 I | |
| | 伸縮装置より | | | | |
| | 8 全面腐食 I | | | | |

(3) 横桁

| 浸 水 | 漏 水 | 湿 潤 | 塩 害 | 糞 害 |
|-----|---------------|-----|-----|-----|
| | RC床版より | | | |
| | 7 断面減少 II | | | |
| | RC床版より | | | |
| | 10 板厚減少 II | | | |

(4) 橋脚

| 浸 水 | 漏 水 | 湿 潤 | 塩 害 | その他 |
|-----|-----|------------------------|-----|--------------|
| | | 結露 | | 塗り替間隔不備 |
| | | 17 板厚減少 II | | 24 全面腐食 I |
| | | 結露 | | |
| | | 18 HTBの腐食 と弛み II | | |
| | | 結露に対する滞水 | | |
| | | 9 全面腐食 II | | |

(5) 支承、伸縮装置

| 浸 水 | 漏 水 | 湿 潤 | 塩 害 | 糞 害 |
|-------------------|-----|-------------------|--------------|-----|
| 伸縮装置より | | ゴミの堆積 | 飛沫海水 | |
| 26 全面腐食 線支承 II | | 25 全面腐食 ローラー I | 27 全面腐食 I | |

(6) 縦桁、横構、ガセット、ケーブル

| 浸 水 | 漏 水 | 湿 潤 | 塩 害 | 糞 害 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| 雨水 | 排水装置より | 滞水 | 海塩粒子 | |
| 23 全面腐食 I | 11 板厚減少 I | 22 断面欠損 I | 21 全面腐食 I | |
| 排水孔跡から | | | | |
| 32 全面腐食 I | | | | |

表 2-1 腐食事例の分類結果

(注) 「2.3 腐食事例の分類」において、判定区分Ⅰについては今回の例で
“孔食貫通している、全面的な腐食しているもの”を区分Ⅰとした。

表 2-4 損傷度判定標準 「4.1 道路橋の評価方法」の章を参照

表 2-5 損傷の状況を示す要素 「4.1 道路橋の評価方法」の章を参照

上記の基準に従って、W/G が収集した各部材の事例写真で損傷度の判定区分を試みた。
今回の結果は実橋梁を点検して判定したものではなく、腐食状況を写真で判定したものであるが、
損傷状況把握の一参考になるものと考えている。

2.3.2 分類整理結果

(1) 今回の調査事例における損傷度の判定はⅠとⅡである。すなわち、“損傷の詳細調査又は対策が直ぐ必要と思われる損傷度判定区分のもの”がほとんどであった。

(2) 誘起因子

今回整理した分類結果の中から原因と誘起因子を比較して以下に示す。点検・調査時の
着目点になるものと思われる。

| 原因 | 誘起因子 |
|------|----------------------|
| ① 浸水 | フランジ・カバープレートへの浸入。 |
| ② 漏水 | RC床版、伸縮装置、排水装置からの漏水。 |
| ③ 塩害 | 海水飛沫、海塩粒子によるもの。 |
| ④ 湿潤 | 雨水の滞水、結露による腐食。 |
| ⑤ 糞害 | 鳩糞により、塗膜劣化し腐食。 |

(3) 腐食の状況

損傷度Ⅰと判定した腐食はほとんど貫通腐食であるが、減厚を伴うものもある。又、損傷
度Ⅱと判定した腐食は板厚減少と全面的な腐食であった。

板厚減少と全面的な腐食をいわゆる“断面欠損”と関連付ける為にはその腐食部位が構造
部材又は橋梁の機能として、どの程度の影響（悪さ）を与えるかを判断する必要である。

そこで、前述の観点で調査と評価・診断のポイント（方向性）を列記・整理しておくこと
が重要と考えられる。この点については、「3. 点検上の留意点」で述べる。

3. 点検上の留意点

3.1 調査事例の分析結果

腐食そのものは雨水等の水仕舞いの悪さから、当該箇所が湿潤状態になるために生じる腐食が圧倒的に多いといえる。また事例として少数であるが大気中の亜硫酸ガス等が鋼材と化学反応を起こした結果、雨水等で発錆部分が溶融し断面欠損を生じた事例も報告されている。ここでは分析結果に従い、補修点検計画を立案する際に腐食が生じる事例の着目点について記す。

3.2 原因に着目した点検箇所

3.2.1 浸水

浸水現象は雨水等が降り注ぐ箇所もしくは構造的に水みちになる箇所に生じるものである。

1) 添接部

ボルト連結では部材が交差する箇所の添接板は不連続となる。このため母材間の空隙が水みちとなり、桁内への雨水の浸入や空隙間の滞水が生じる結果となる。箱桁の添接部などでは最近、合成樹脂のコーキング材等で浸水防止を図る処置が一般的になっているが、コーキング材の付着性能が落ちてくると再び浸水現象が生じることにもなる。

古い橋の場合ではコーキング等の処理が為されていないこともあり、添接部の空隙に表面張力で滞留した水が腐食を進行させているケースが多い。

2) 格点部

雨水が降り注ぐ部材でかつ滞留水を生じ易い個所では浸水による腐食環境が想定される。トラスやアーチ系橋梁のような形式では、弦材・斜材・鉛直材が集まる格点部がガセットプレートで囲まれる構造となるため、部材を伝わってくる雨水の排水孔などが設けられる。しかし排水勾配差などの機構が不十分となっていると浸水状態になり易い。

3) マンホール・ハンドホール部

構造部材には維持点検、製作および架設の施工性を高めるためマンホールやハンドホールを明けることも一般的である。この孔は架設終了後に鋼製の蓋を取り付けるが、普通ボルトで締め付けるか、ヒンジ構造として開閉できる構造になっている。この開閉部の戸当たり部には硬質ゴム等で密着性を高める構造にしていることも多いが、ゴムの劣化等で密着性が低下し、ボルトの緩みや鋼板間の肌隙部から浸水するケースが多々見受けられる。

3.2.2 漏水

水を通す部位の不具合によって生じる現象である。

1) 排水柵・排水管の設置個所

排水管の継目にはフランジジョイントや可撓継手さらにはスリーブ管といった構造が用いられる。このジョイントのボルトの緩みなどで止水が不十分になってくると漏水現象が生じる。また排水系統の分岐となる管の交差部は流水の圧力等による応力も作用することから、亀裂などの構造不良により漏水が生じる個所となり易い。この漏水が部材を伝わることで腐

食を促進するとともに、生じた錆びを安定する前に流し去ることで板厚減少などの断面欠損を生じることが多い。

2)伸縮装置個所

アスファルト舗装やコンクリート床版からの浸透水は、通常、縦断勾配に低い側の端部に集まってくる。そのため現在では、端部排水用に舗装と床版の間に通常ドレインパイプを埋め込むのが一般的であるが、設置していないケースや設置していても目詰まりが有ったりして、桁端部から構造部材を伝わって流れる漏水を生じるケースも生じている。

3)コンクリート床版のクラック発生個所

路面もいわば水みちである。従って舗装面や床版のクラックの存在は漏水現象をもたらすものとなる。橋面からはクラックの有無は分かり難いが、床版裏面に遊離石灰等が見られる個所はコンクリートクラックが進展している個所であり、路面からの浸透水が流出する個所となる。現在は、舗装と床版との中間層に防水工としてシートもしくは塗付材を施工することが一般的になっているが、防止工の境目などから浸透した水が、クラック等を伝わって漏水するケースが見受けられる。

3.2.3 湿潤

1)桁端部の支承周り・端横桁背面・横構ガセット部

部材が集まる個所は空気の流れが滞留するため飛来してくる汚泥や樹木も溜まり易く、これに雨水が掛かることで湿潤個所を作ることになる。特に桁端部はアバットと桁とで滞溜区画を構成するため汚泥、樹木の付着し易い個所となっている。このため支承や端横桁背面などは大きく影響を受ける箇所となっている。

2)結露の生じる部材で溜まり易い箇所

結露は滞留していて暖められた空気が外気温が下がるにつれ露点に達すると生じるものである。箱桁内面を伝わり落ち、ダイアフラムコーナーに溜まり易い。

3.2.4 塩害等

1)河口近辺もしくは工場地帯の橋梁

塩分や大気中の亜硫酸ガス等は鋼とのイオン化傾向の差によって腐食が進行するため、海塩粒子の飛来するような環境下の橋梁では、付着した塩分等が鋼材を腐食させる事例が見受けられる。雨水で洗い流れ易い外面ウェブより内面ウェブやフランジにその影響が生じやすいようである。

3.2.5 糞害

1)製粉・飼料工場等近辺の橋梁

雨水は降り注がないものの、鳥類などが巣を作り易い箇所も腐食環境となる。都市周辺で

も製粉・飼料工場があるような箇所は鳥類の生息しやすい環境となっている。最近の橋梁では該当する箇所に鳥害防止ネット等を設置することが多くなっているが、古い橋ではその様な対策はしておらず、トラス格点の上部や桁内に鳥類が入り込み巣を作る事例が見受けられる。糞そのものが腐食を進行させるものではないが、雨水等が降り注いだ後には湿潤箇所となるため腐食を進行させるようである。

3.3 断面欠損と構造に及ぼす挙動

3.3.1 主桁フランジ

断面欠損を生じ易いのは下フランジ。雨水が滞留し易く、またフランジ下面でも表面張力で付着しやすい。漏水が直接降り注ぐ場合には腐食環境が高く、板厚が大幅に減少しているケースも見られる。

一般的に鉄桁では、主桁の曲げ剛性のうちフランジが80%程度を占めるので、下フランジの板厚が平均的に1/2程度減少すると、全体剛性として20%~25%程度の低下が推定される。試算例を表2-2に示す。

表2-2 フランジの断面欠損に伴う全体剛性低下の計算例

| SECTION | t1 | A | G | I | 比 |
|--------------------------|----------|-----|---------|-----------|-----|
| | | 断面積 | 1次モーメント | 2次モーメント | |
| U-FLG | 500 X 28 | 140 | 14196 | 1,602,860 | 42% |
| WEB | 2000 X 9 | 180 | | 600,000 | 16% |
| L-FLG | 500 X 28 | 140 | -14196 | 1,602,860 | 42% |
| | Σ = | 460 | | 3,805,720 | |
| $Z 1 = I / (Hw/2 + t 1)$ | | | | | |
| = 37021 | | | | | |

| SECTION | t1 | A | G | I | 比 |
|------------------------------|----------|-------|---------|-----------|-----|
| | | 断面積 | 1次モーメント | 2次モーメント | |
| U-FLG | 500 X 28 | 140 | 14196 | 1,602,860 | |
| WEB | 2000 X 9 | 180 | | 600,000 | |
| L-FLG | 500 X 14 | 70 | -7049 | 749,858 | |
| | Σ = | 390 | 7147 | 2,952,718 | 78% |
| | 偏芯 | e = | 18 | | |
| | | Δ I = | | 130,973 | |
| | | I = | | 2,821,744 | 74% |
| $Z 1 = I / (Hw/2 + t 1 + e)$ | | | | | |
| = 23568 64% | | | | | |

ただしこの剛性の減少箇所は局所的であり、鉛直撓みなどの全体の挙動には影響しないが、応力レベルは中立軸の移動も伴うため上記試算では下フランジ側で35%程度の断面係数減、すなわち応力増加となることを示している。

従って常時荷重の範囲では耐荷力上での問題にならないが、異状荷重時（地震時）には耐荷力一杯までの許容応力超過の事態が推定される。

3.3.2 主桁ウェブ

ウェブは鉛直となっているため雨水は滞留しないためフランジに比べ腐食し難いものである。しかし、フランジに比べ板厚が薄いため、腐食による断面欠損の影響はフランジより大きい。また漏水がウェブに直接掛かる場合は腐食と錆びの流出が促進され、フランジよりも板厚減少が著しいケースも見られる。

ウェブの耐荷力評価はせん断剛性に寄与する断面積であるので、板厚の減少率がそのまません断剛性の減少になる。

$$\Delta A = (\Delta t / t) \times A$$

せん断力の最大作用位置は支点であり、一般的に許容応力の 50%程度で設計されている。従ってウェブ板厚が 1/2 に減少している場合には許容応力一杯の状態になると考えられるが、安全率を考慮すると耐荷力ではまだ余裕のある状態と考えられる。しかし座屈耐荷力の減少で腹板の横タワミ変形が増幅されると、全体の耐荷力低下を招くことは十分考えられる。

3.3.3 ボルト・リベット

高力ボルト接合部の板厚減少はボルト軸力の低下につながる事が考えられる。この場合、ボルトの導入軸力に依存する摩擦力に影響し有効添接力の低下となる。ただし摩擦力は添接面の摩擦係数にも依存するため、腐食が逆に摩擦係数を高めていることも考えられ、軸力の低下が即、添接力の減少につながることはなっていないことも想定される。

一方、リベットの場合はリベットと孔との密着によってせん断を伝達する機構のため、腐食による孔とのガタが生じるとリベット自体のせん断伝達力の低下を招く。部分的に腐食したリベットは添接を分担している本数から除外されるべきものであり、除外される本数の比率そのものが有効添接力： P_e と所要添接力の減少率になる。

$$\begin{aligned} P_e &= (N - \Delta N) \times \rho a \\ &= (N_a + N_r - \Delta N) \times \rho a \\ &= P_a + P_r - \Delta P \\ &= P_a + P_{r1} + P_{r2} - \Delta P \end{aligned}$$

ここに、 N ; 添接部に使用している実ボルト (リベット) 本数

ΔN ; 有効本数の減少分

N_a ; 母材断面積と作用応力の積で決定する所要添接力; P_a に要する本数
(添接に必要な最少本数)

N_r ; ボルト配置および少なくとも母材断面の 75%以上の添接力
を確保するために増したボルト数

P_a : 母材断面積と作用応力の積で決定する所要添接力

P_r : 増加させたボルトによる余裕分の添接力

P_{r1} : $0.75\sigma_a$ と作用応力 σ との差より算出する増加添接力

P_{r2} : ボルト配置から増加させたボルト数による増加添接力

ρa : ボルト 1 本の許容力 (リベット値)

作用応力が許容応力の 50%となっている箇所のフランジ添接部の場合、添接力は少なくとも母材断面の 75%以上であることから、ボルト／リベットの有効本数の低下が 50%に達すると、以下のような添接力の釣り合いとなる。

$$\begin{aligned}
 P_e &= (1 - 0.5) \times (N_a + N_r) \times \rho_a \\
 &= 0.5 \times P_a + 0.5 \times Pr_1 + 0.5 \times Pr_2 \\
 &= 0.5 P_a + 0.5 (0.75 \sigma_a - 0.5 \sigma_a) \times A / \rho_a + 0.5 Pr_2 \\
 &= 0.75 P_a + 0.5 Pr_2
 \end{aligned}$$

有効添接力は少なくとも所要断面力 P_a 以上であることが必要であるので、ボルト配置での余裕数の 1/2 を加味して全体の耐荷力を検討することになる。

3.3.4 溶接部（主桁の溶接について）

フランジ／ウェブの連結には隅肉溶接が一般的であるが、この溶接の所要脚長に腐食が見受けられることも多い。一般的に母材よりも溶接の方に腐食が進行しているおり、調査事例でも疲労亀裂は別として、下端のフランジ／ウェブの隅肉溶接部に腐食進行が多く見られるようである。この隅肉溶接の「のど厚」が 50%に低減すると曲げせん断応力は 2 倍になって作用する。またウェブの断面欠損に伴い作用せん断応力も増加することから、2 重の影響を受けることになる。せん断耐荷力への影響を試算すると下記のようになる。

$$\begin{aligned}
 S_r &= S_a \times \{ a(e) / a(0) \} \\
 &= \{ q(a) \times I / G_f \} \times \{ a(e) / a(0) \} \\
 &= \{ \tau_a \times a(0) \times I / G_f \} \times \{ a(e) / a(0) \} \\
 &= \{ \tau_a \times a(e) \times I / G_f \}
 \end{aligned}$$

ここに、

S_r : 実際の溶接脚長で決まる許容せん断耐力

S_a : 許容せん断応力と設計上のすみ肉溶接断面積で決まる許容せん断力

$q(a)$: すみ肉溶接線ののど厚で決まる許容せん断力の大きさ

τ_a : 許容せん断応力度

$a(e)$: 腐食したすみ肉溶接の有効のど厚

$a(0)$: すみ肉溶接の設計のど厚

I : 断面二次モーメント

G_f : 溶接されるフランジだけの断面一次モーメント

のど厚に加え、母材ウェブの断面のみが欠損すると「 I 」は減少するが G_f は変化しないため S_r は多少、減少するだけである。一方、フランジ断面も減少すると G_f も減少するが中立軸の移動を伴うため、 G_f の減少率は上下フランジで異なる上、板厚減少しない方のフランジの G_f 減少率は I の減少率より小さいため I / G_f は逆に小さくなり、許容せん断応力は減少することが考えら

れる。ちなみに表 3.3.1 の計算例を用いると I の減少率が 26% であるが、板厚減少しない上フランジの G_{fu} の減少率は 18%、板厚減少した下フランジ側の G_{fl} のそれは 42% である。従って上フランジ側では許容せん断力が $1.25/1.18=1.06$ すなわち 6% 低下することになる。また下フランジでは $1.25/1.42=0.88$ となり、逆に 12% の余裕が生じると計算される。

しかし、のど厚の変化が耐荷力に対して支配的であることには変わらない。

3.4 調査点検検査の方法

部材に着目した点検手法を表 2-3 に示す。

表 2-3 部材に着目した点検手法

| 部材 | 部位 | 点検項目 | 点検箇所 | 点検手法 |
|-----|------|--------------------------------------|------------------------------|---|
| 主桁 | フランジ | 板厚減少 | 床版裏面のクラック発生部 下フランジ上面 | *ダイヤルデプスゲージ |
| | ウェブ | 板厚減少 横タワミ | 排水管取付け箇所 フランジからの水みち箇所 | *ダイヤルデプスゲージ *ストレッチゲージ |
| | 添接部 | リベット/ボルト腐食 添接板の滑り スプライス PL の腐食 | 雨水の滞留部 | *打撃 (打音点検)、 *UT *隙間変化の測定 |
| | 溶接部 | 溶接脚長の減少 | 縦断勾配によって谷になる箇所の 下フランジ/ウェブ | *脚長ゲージ *非破壊検査 (MT・UT・渦流・ カラ・チェック) |
| 横桁 | フランジ | 板厚減少 | 下フランジ上面 | *ダイヤルデプスゲージ |
| | ウェブ | 板厚減少 | 排水管取付け箇所 (貫通部) | *ダイヤルデプスゲージ *ストレッチゲージ |
| | 添接部 | リベット/ボルト腐食度 スプライス PL の腐食 | 雨水の滞留部 | *脚長ゲージ *非破壊検査 (MT・UT・渦流・ カラ・チェック) |
| 横構 | 母材 | 板厚減少 | 雨水の滞留部 | *ダイヤルデプスゲージ |
| | 添接部 | リベット/ボルト腐食度 | ガセット | *脚長ゲージ *非破壊検査 (MT・UT・渦流・ カラ・チェック) |
| 対傾構 | 母材 | 板厚減少 | 床版裏面のクラック発生部 排水管取付け箇所 | *ダイヤルデプスゲージ *主桁 の傾き |
| | 添接部 | リベット/ボルト腐食度 | 雨水の滞留部 | *脚長ゲージ *非破壊検査 (MT・UT・渦流・ カラ・チェック) |

3.5 点検機器とその利用方法

1) 板厚減少の測定

- *ダイヤルゲージ : 鋼板を挟み込むことができる場合、使用する。
- *ダイヤルデプスゲージ: ダイヤルゲージと同様な機能であるが、平坦部に置いて局所的な凹みを測定することを目的とした計測器。
- *超音波板厚測定器 : 塗膜を除去して計測する。

2) 有効断面の減少

イ) ウェブのフクラミ変形 (横たわみ)

- *ストレッチゲージ : 定尺長の平坦なゲージを鋼板面に当て、ゲージと鋼板間の隙間から横たわみを計測する。横たわみ状態が凸面の場合は両端に差越用の金具を用いて計測する。

ロ) スプライスプレートの部分腐食

- *応力測定 : 変動荷重に対する応力変化を測定し、有効断面積を判定

ハ) リベット/ボルトの緩み、損傷

- *打撃調査 : ボルトヘッドをハンマーで打撃し、反発音の響きで判定するが、経験を要する上、ボルトの緩み/亀裂の程度を定量的には判断することはできない
- *UT 検査 : ボルト内部の亀裂有無をエコーの立ち上がり状況で判断する。

3) 部材の剛性低下

- *動態観測 : 剛性低下=振動の長周期化を前提に、加速度計を用いて振動周期を計測。設計上、剛性に加えていない部材等の影響もあり、絶対的な剛性評価が難しい。
- *撓み計測 : 剛性の低下は応力の増加、桁のたわみ増加となって現れる。この場合も、完成時の死荷重状態でのたわみ計測結果 (出来形) が得られているならば相対評価も可能となるが、一般的には供用開始直前のたわみ計測はされていないため、絶対評価は難しい。

4. 鋼橋の評価方法

構造物は経年とともに、徐々に劣化してその性能が低下するのが一般的であるが、この劣化の度合いは種々の条件により差が出てくる。

例えば、変状、いわゆる損傷は、当初から想定している経年劣化以上に性能が低下する現象と考えることができるが、設計時に想定していない過酷な条件で使用された時に多く発生し、その程度によって劣化の進み方を上回る早さで低下させることになる。そして、その程度に応じて、とるべき措置が判断される。

この構造物の性能の時系列的变化を示すのが図1の劣化曲線である。縦軸に「性能」、横軸に「経年」を示している。この線図には「設計時の初期性能レベル」と、構造物に要求される性能を合理的に保持するために最適な投資のタイミングである「管理上の保守限界レベル」および構造物が破壊等により物理的にその機能を失う「物理的限界レベル」を示す。

その他、損傷に対する経費の投入の面から考えると、膨大な数の構造物を全て「管理上の保守限界」に達してから行っていくことは現実的には不可能で、一般的には、投資の平準化が図られる。そして、その時期は、一般的に「管理上の保守限界」より早期であり、これを「経費投入の標準レベル」として図に示した。

このように構造物の性能は、供用中に時間とともに低下していくことを劣化曲線として示すことができる。図中の縦軸には性能の区分として現行の健全度の評価区分を示した。

構造物は、劣化したからといって供用出来なくなる訳ではなく、要求される性能や機能を十分満足していれば、供用に耐えられることになる。即ち、本来の構造物の健全度は、単に変状劣化の程度からのみ決めるべきものではなく、その構造物に要求される性能や機能に対する適用性（耐用性）も考慮にいれるべきものである。そして、その程度を表すのが本来の「健全度」ということができる。

すなわち、鋼橋の健全度の評価は以下に示すように、単に「損傷」からだけではなく、「耐力・耐久性」及び「使用性」の面からも判断すべきと考えられる。

- ① 損 傷 度：構造物の劣化の程度
- ② 耐力、耐久性：どれだけの重荷に耐えられるか、どれだけ耐久性を有するか
- ③ 使 用 性：使用上の利便性や合理性および利用者側の要求性能に対する適応性

この面から延命化を阻害する断面欠損を伴う腐食について評価を行う場合は、主に損傷度、耐力があげられる。

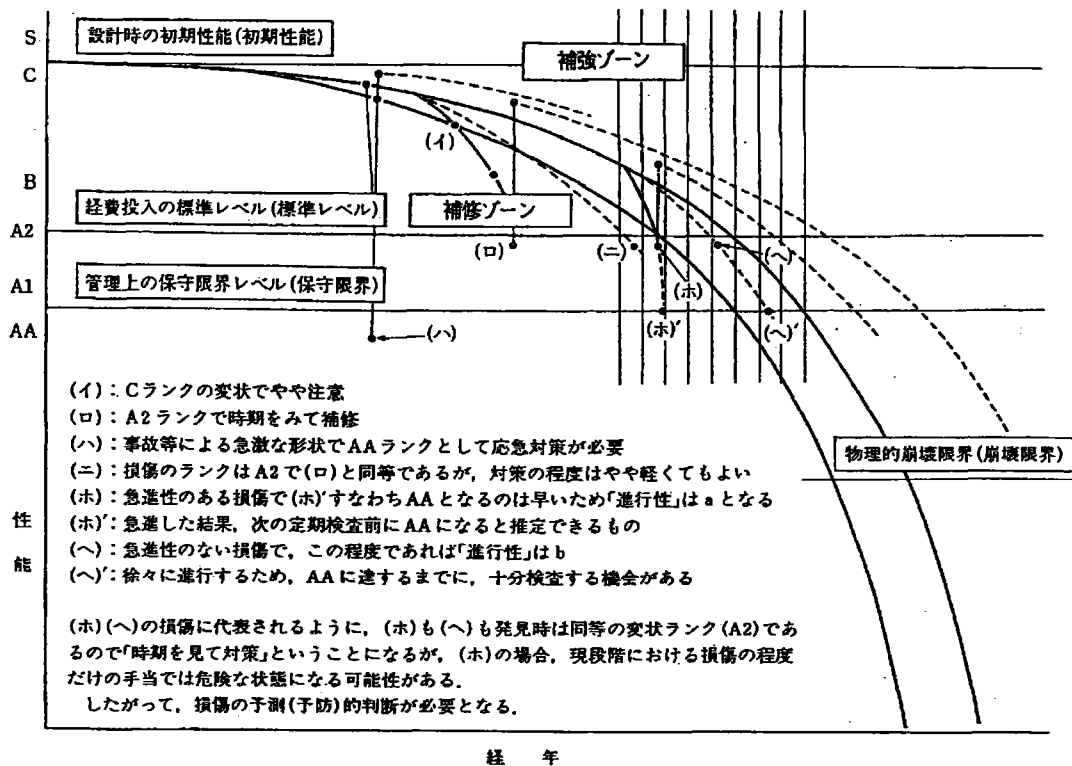


図 2 - 1 構造物の性能と経時変化

4.1 道路橋の評価方法

4.1.1 断面欠損を伴う腐食の評価方法

「橋梁点検要領(案)」に示される「損傷度判定基準(案)」(建設省・土木研究所資料 第2651号 昭和63年7月)によると、「腐食」とは「自然環境の中でそれ自体酸化しやすい鉄を原料とする剛材では代表的な損傷である」と定義されている。また、「進行性損傷であるが発見しやすいという特徴を有しており、維持管理を行うことによりその進行を防ぐべき重要な損傷の一つである。」とも記載されている。更に、日本橋梁建設協会「鋼橋点検マニュアル」(平成7年5月)によると、腐食の原因は定量的に見た場合、全体腐食の30~40%が直接の降雨によるもの、35~40%が結露等大気の水分の凝縮作用によるもの、残りが霧雨によるものと言われている。腐食性物質としては大気中の亜硫酸ガスと海塩粒子等が挙げられ、これらは地域や気候に関係が深く、工業地域や海岸近くに位置する鋼橋に腐食の進行が早いのは、このためである旨の記載がある。

建設省で昭和60~62年度の3カ年にわたり実施された橋梁点検での収集データでは、鋼主桁における損傷の大部分が腐食に起因すると報告されている。(橋梁点検技術研修テキスト「橋梁点検の意義と維持管理の現況」:建設省道路局国道課 鈴木克宗 道路保全技術センター 平成11年6月)

また、「橋梁点検要領(案)」によれば「腐食による断面欠損」の定義は、腐食により剛材表面が膨張しているか、あるいは腐食部が消失しており部材表面が減少しているかにより判定され、腐食部分の拡がり局部的か部材全体で拡大しているかで、耐荷力や耐久性に与える影響の大小が決定されると示されている。また、部材の重要性(主部材か2次部材)も損傷ランク決定に際し、考慮すべき事項として明記されている。

すなわち「腐食」とは、剛材断面が減少することにより強度低下をきたし、われや部材変形の発生原因につながるものである。

「橋梁点検要領(案)」に示される「損傷度判定標準」を表2-4に示す。

表2-4 損傷度判定標準

| 判定区分 | 一般的状況 |
|------|-------------------------------------|
| I | 損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れがある。 |
| II | 損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある。 |
| III | 損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。 |
| IV | 損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。 |
| O.K | 点検の結果から、損傷は認められない。 |

なお、判定区分Iについては点検の結果から機械的に判定することなく、道路管理者ならびに点検者が周囲の状況を総合的に判断して判定するよう記載されている。

損傷度の判定は点検の対象とした部材毎に、損傷の種類、損傷の状態、部材の重要度、損傷の進行状況を総合的に判断して行うものとされ、点検に基づいた点検票が作成される。橋梁毎の点検結果に基づき、橋の余寿命を検証するに当たり、物理的（老朽化、劣化）、経済的（維持修繕費の急増）、機能的（幅員狭小、線形改良、河川改修）、社会的（ダムの付け替え道路、バイパスの開通）な条件を包含する必要がある。道路橋の耐久性、耐荷力、使用目的に見合った機能性などを総合的に判断して橋の健全度を適正に評価しなければならない。補修・補強方法の選定、時期、工費なども関連して検討を行う必要がある。

評価方法は、断面欠損が一様でない事実から部材断面の総合評価を行うに際し、環境条件、架橋条件、維持補修履歴などから部材、部位、状況（症状）を勘案して設定される。

「橋梁点検要領（案）」に示される「損傷の状況を示す要素」を、表2-5に示す。

表2-5 損傷の状況を示す要素

| | | 損傷が耐荷力，耐久性に与える影響 | |
|--------------|-------|--|-------------------------------|
| | | 大 | 小 |
| 深 さ (Y) | 区 分 | 断面欠損がある | 表面錆がある |
| | 具体的事例 | 腐食により鋼材表面が膨張しているか、腐食部が消失して部材断面が減少している。 | 表面錆が点在している。 |
| 拡 が り (Z) | 区 分 | 全 体 的 | 局 部 的 |
| | 具体的事例 | 腐食あるいは錆が部材全体に広がっている。 | 腐食あるいは錆が漏水部などの局部的なものにとどまっている。 |

判 定 区 分

| Y | Z | 2次部材 | 主 部 材 |
|---|---|------|-------|
| 大 | 大 | II | II |
| | 小 | III | II |
| 小 | 大 | III | II |
| | 小 | IV | IV |

主部材：主桁、横桁、縦桁、床版、橋脚、
 支承、落橋防止装置

2次部材：横構、対傾構、高欄、防護柵、
 地覆、中央分離帯、伸縮装置、
 排水施設、点検施設、添架物

主要部材の断面欠損が部材板厚の10%以上（鋼構造物損傷判定の標準：構造物品質保証技術協会「鋼橋点検マニュアル」1991年4月改訂）に及ぶ状況を広範囲に呈している場合、耐荷力を検討する必要がある。また、第三者被害の発生が予想されたり、重交通頻度が極めて高いなどの交通条件を勘案して、早急に応急対策を施す必要性を検討する。

主要部材の部分的な交換が可能な場合あるいは補強板による断面確保が可能な場合などにあっては現場施工上の効率と安全性から必要断面の確保を検討することになる。

また、構造的に交換が不可能な部材では架替あるいは増設部材に作用荷重を移転させるなどの方策も必要となる。判定区分Iに相当する損傷と考えられる。

判定区分IIの損傷は、広範囲に錆や腐食が進行している場合であり、詳細調査を実施し、部材の腐食進行度を定量的に測定する必要がある。調査は、腐食した酸化鉄を除去し、鋼材の板厚測定する必要がある。ダイアルゲージ等で腐食部位を直接計測するほか、超音波探傷器を用いて行う方法がある。計測の結果、断面欠損が部分的に部材板厚の10%以上となる箇所がある場合、主要部材においては補強板による断面確保を検討し、補強効果の度合いを検討する。

部位によっては部材断面の取替えを考慮し、構造系全体の耐久性、耐荷力の確保の有効性を確かめなければならない。また、損傷を生じさせている原因が明らかな場合には、補強後に悪影響を与えない有効な防止策を施さなければならない。

判定区分IIIの損傷では、深さや広がりをも点検履歴により検証し、進行度合いの継続的な検討を行う。特に深さは、損傷の存在そのものが耐荷力、耐久性に問題となる要素であり、十分な履歴検証が必要となる。また、面的な広がりも、その大きさにより耐久性、耐荷力に与える影響度合いが異なるため、進行度に応じた発生要因の封止策を検討し、劣悪な腐食環境からの脱却を計画する。

評価方法には、損傷の度合いに応じた構造物本体に対する対処法と損傷を発生させる要因に対する防止策の二つの観点から望むことが必要である。

判定区分IVの損傷では、その点検の記録を保持し、追跡調査が可能な状態とすると共に、損傷を生じさせている原因に対して、除去可能なものか否かを検討して、進行を停止させる方策を執ることも必要である。

4.1.2 耐荷力評価方法

現在、道路橋における耐力の評価方法が確立されていないことから、今後早急にとりまとめられることが望まれる。

4.2 鉄道橋の評価方法

4.2.1 損傷度の評価

腐食による断面欠損に対する「損傷度」の診断は、以下に示す項目について行われ、「いつ」、「どんな方法で」対策するかが診断の目的となる。

具体的には、「いつ」については措置の緊急性について評価される。また、「どんな対策」については原因の究明と構造物の重要度が主な判断要因として検討されることになる。

このための健全度の評価、いわゆる「損傷度」の評価は、以下に示す項目に対し、表 2-7、表 2-8 および表 2-9 に示す評価法を用いて表 2-6 に示す判定区分が判断される。

- ① 進行性
- ② 冗長性
- ③ 変状が与える影響（変状の重要度）

なお、ここでいう「進行性」と「冗長性」および「変状が与える影響」は次に示すものをいう。

① 損傷の進行性

これは、発見された損傷が何時、その部材の機能が失われる状態になるか。これは主要部材に限らず、ラテラル等の 2 次部材であっても同じで、例えば損傷が発見された時、何時その部材が破断等によって機能を失う状態になるか、そして、それが通常の検査で発見し、適切な処置をとっていく余裕のある早さで進行するか否かの評価がこれにあたる。

この項目は、従来から判定の要因としてきた「変状の種類」、「発生した位置」、「量」、「交通量」などを加味したものである。

② 冗長性（じょうちょうせい）

これはあまり聞きなれない言葉かもしれないが、英語では Redundancy と言い、“構造物が損傷によって崩壊もしくは、機能を失うに至らないための能力の有無や大きさ”を表す尺度と言うこともできる。すなわち構造物の冗長性は、今発見された損傷が発展して破断状態に達したとき、構造物全体としての崩壊など、構造物としての機能を失う状態になるかどうかを評価するものである。我々が絶対に防がなければならない損傷はこれである。

従来の「部材の重要度」、「部材の強度に与える影響」や「列車の走行安全性」等を反映したものである。

「進行性」および「冗長性」に対する具体的なランク付けは、表 2-8 および表 2-9 に示し、これらを組み合わせた判定区分を表 2-7 に示す。

③ 変状が与える影響

①、② の評価以外に、いったん変状が発生すると、そのことによっていろいろの方面に種々の影響をもたらすことがある。

その影響の度合いが大きく、そのために、出来るだけ早期に対応すべきものを①、②で評価した結果に重みをつけられるようにするために設けたのがこの項目である。

なお、ここで挙げた項目は、今まで行われてきた予算投入の順位付けの実績を重視して決めたものである。

- その変状が2次的に他の変状を誘発する原因となるもの。
- 対象とする構造物中で、発見された変状箇所と同条件のものが非常に多くあり、変状が一箇所のみにとどまらないもの、かつ、発生箇所が特定できないもの。
ex. 縦ビート、ガセット部の損傷等
- 疲労き裂のように、早期対策が特に有利なもの、もしくは必要なもの。
- 足場のない箇所に現れる損傷や、バックルプレートなど、通常の検査でよく見られない箇所や、影に隠れているような箇所で見られる変状。(これらの変状は、多少評価のランクを上げて対応をとる方が安全の確保を容易にすることができる。)
- 特に、安定輸送の確保や資産的に重要と考えられるもので、早めに措置がとれるようにしておく必要のあるもの。

これらをまとめると表 2-10 となる。この項目に該当する場合は、総合評価の際、組合せから決まる判定結果をさらに 1 ランクアップさせることによって対策時期を早められるようにしている。

以上示してきたランク付けは、鋼橋の健全度判定で用いられる判定区分を、出来るだけ共通の評価基準となるように見直したものである。すなわち、これらは、従来から行われてきた鋼橋の健全度に対する判定手法の実績をベースにして、さらに共通の土俵で客観的に評価できるように損傷の判定指標も蓄積されている。この事例を表 2-11 に示す。

表 2-6 損傷に対する健全度判定区分

| 判定区分 | 運転保安等に対する影響 | 変状の程度 | 措置 |
|------|---|--------------------|------------------|
| AA | ・安全を脅かす | 重 大 | 直ちに措置 |
| A | A ₁ ・ 早晚脅かす ・ 異常外力の作用時危険 | 変状が進行し、 機能低下も進行 | 早急に措置 |
| | A ₂ ・ 将来脅かす | 変状が進行し、 機能低下の恐れ | 必要な時期に 措置 |
| B | ・ 進行すれば Aランクになる | 進行すれば Aランクになる | 監視（必要に応 じて措置） |
| C | ・ 現状では影響なし | 軽 微 | 重点的に検査 |
| S | ・ 影響なし | 健 全 | |

表 2-7 組合せから決まる判定区分

| 冗長性 進行性 | a | b | c | s |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| a | A ₁ | A ₁ | A ₂ | A ₂ |
| b | A ₂ | A ₂ | B | C |
| c | B | B | C | C |
| s | C | C | C | S |

表 2-8 進行性および冗長性の評価表 ①「進行性」

| 評価のランク | 状 況 |
|--------|---|
| a | 変状を発見してから4～5年以内（全般検査で1回見落としを考慮）に機能の限界もしくはその部材（品）の破断等に達する可能性のあるもの。 |
| b | 変状を発見してから10年（塗装期間）以内に機能の限界もしくはその部材（継手）の破断等に達する可能性のあるもの。 |
| c | 変状が認められるものの進行は遅く、計算上設計想定寿命程度は満足できると思われるもの。 |
| s | 変状が発生しても通常はほとんど進展しないか、進展しても破断に至らないもの。 |

表 2-9 進行性および冗長性の評価表 ②「冗長性」

| 評価のランク | 状 況 |
|--------|--|
| a | 直接部材や構造物の安全を脅かす著しい機能低下や崩壊につながるもの。 |
| b | 連鎖的もしくはある特定の使用条件になった時に構造物の著しい機能低下や崩壊に結びつくもの。 |
| c | 耐久性の低下として長期的には機能低下や崩壊に結びつくもの。 |
| s | その継手や部材が崩壊しても構造物全体の強度や機能にあまり影響を与えないもの。 |

表 2-10 損傷の影響を大とする項目

- ① 放置すると他に多大な影響を及ぼすもの。
- ② 多発する可能性のあるもの。
- ③ 早期対策が維持管理上著しく有利なもの。
- ④ 他にも同類の箇所があり、その箇所の検査が比較的難しいもの。
- ⑤ 構造物としての重要度が特に高いもの。

表2-11

損傷判定区分表（鉄道橋）

| | | | | |
|------------|-------|------|---------|------|
| 部材名 | 部位1 | 部位2 | 部品名 | 変状名 |
| 主桁 | 下フランジ | | | 断面欠損 |
| 橋梁形式 | | 継手形式 | 判定基準 | |
| 上路プレートガーダー | | ハット | BMC技術基準 | |

【 損傷度評価の規準 】

| 判定 | 進行性 | 冗長性 |
|----|--|---|
| a | 海岸辺りや大気汚染地区もしくはじん埃等の堆積しやすい箇所では孔食を伴うか塗り替えが不十分 | 大応力の作用する箇所では著しい断面欠損が生じているか、き裂が生じているか、支承の機能を著しく低下させている |
| b | 海岸辺りや大気汚染地区もしくはじん埃等の堆積しやすい箇所では孔食までには至っていない | 応力は小さくても、既に著しい断面欠損が生じているか、支承の機能を低下しつつある |
| c | 腐食環境はそれ程悪くはない | 断面欠損は比較的軽微 |
| s | - | - |

【 定量的評価について 】

断面欠損に対する診断では耐荷力計算することが必要である。また、実応力比の考え方を導入すれば、実測応力をベースにした耐荷力評価も可能である。その場合は、BMCシステムの現有耐力機能を用いるのがよい。また、供用中桁の耐力の評価方法が明確に示されていない場合は、実働荷重に対し現行の部材断面が現行設計計算の手法で照査をすることを原則とする。また、支承の回転や移動の機能についての変位測定、フランジ負担力についての応力すくても考えられる。

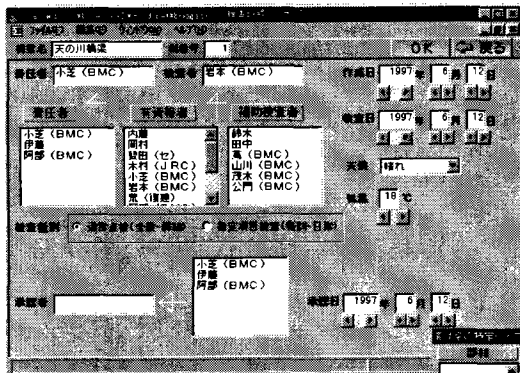
【 解説 】

主桁を構成する部材として上下フランジと腹板があり、ここではこれらの断面欠損が対象となる。また、断面欠損の要因には腐食、き裂および摩耗がある。このうち、き裂を別途扱うものとするれば、一般に腐食の進行性は腐食環境やその時点の腐食の程度に左右されるものの通常の場合は疲労き裂等と比べそれ程早くはない。余剰耐力（冗長性）の面から見ると、この種の変状は梁応力が大きく作用する箇所（単純梁ではスパン中央、連続梁では支点付近、また腹板では桁端部）が重大となる。

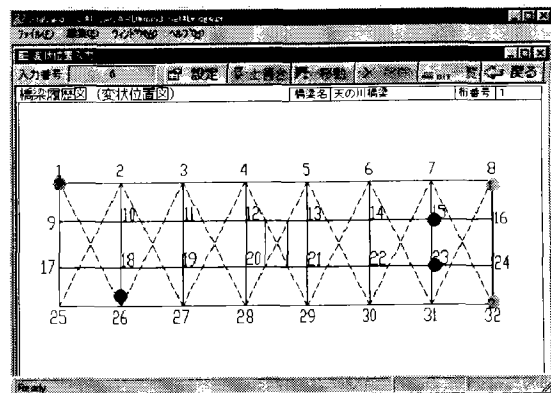
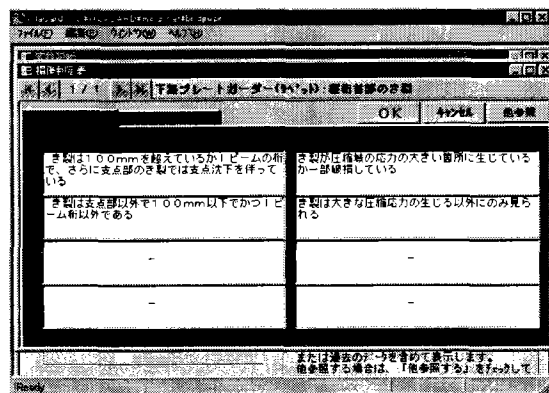
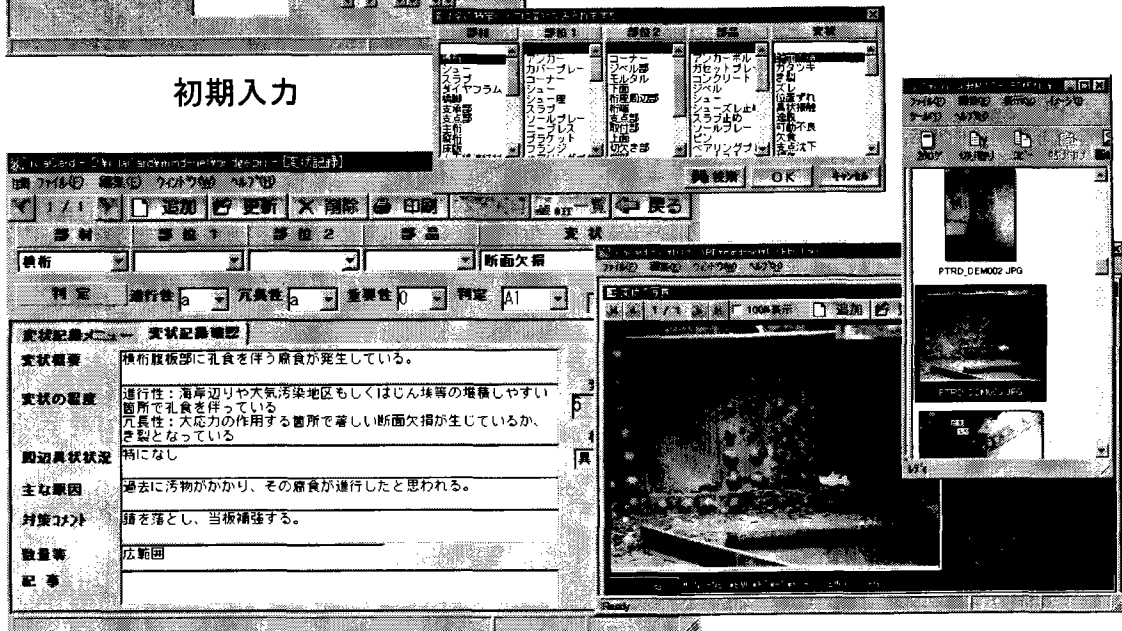
| | | | |
|-----|------------|-----|--|
| 記入者 | データ管理者 | 承認者 | |
| 記入日 | 1997/12/01 | 承認日 | |

変状記録作成

- ①日付等初期入力を行う
- ②変状の5項目を入力する
- ③変状記録を作成する
 - ・概要
 - ・損傷判定
 - ・写真
 - ・位置
- ④繰返し全変状を入力する



初期入力



変状記録を作成

4.2.2 耐力の評価

耐力の診断方法は後述する 5.2 に示すが、その結果は、現時点におけるその荷重に対する構造物の耐荷力を表すものであるが、ある程度予防・保全的な対応をとるためには、措置すべき時期に対するおおよその目安がほしくなる。このことについては現行の保守標準⁶⁾では明確な基準は示していないが、ここでは、従来の予算措置の実績を一つの目安にしておおよその値を示してみた。表 2-12 には、それらの値と、必ずしも単純に比較するのは適当ではないが、参考値として旧実耐率 (β) との比較を行ってみた。

表 2-12 現有耐力比率に対する健全度判定区分の目安

| 健全度判定区分 | 現有応力比率 (SR %) | 旧実耐率の参考値 (β) |
|-----------|---------------------|----------------------|
| AA | $SR \leq 100$ | おおよそ 80%以下 |
| A1 または A2 | $100 < SR \leq 120$ | おおよそ 80%~100% |
| B | $120 < SR \leq 150$ | おおよそ 100%~120% |
| C または S | $SR > 150$ | おおよそ 120%をこえるもの |

5. 鋼橋の耐荷力診断方法

5.1 鋼道路橋の耐荷力診断方法

断面欠損を伴う腐食橋の診断は、腐食を考慮した橋梁の耐荷力を評価し、補強の要否を判定する必要がある。その評価方法として、図 2-2 に示すように新活荷重に対する既設橋梁の耐荷力評価方法が提案されているので、ここではこれを準用できることとした。また当然、腐食の影響も考慮する必要があるが、検討の余地もあるが、1つの方法として考えてみた。

5.1.1 耐荷力評価方法

断面欠損を伴う腐食橋梁の耐荷力評価法については、腐食している部材により評価方法を分ける。

(1) 主要部材の耐荷力評価

①耐荷力評価方法

主要断面（主桁のフランジ・ウェブ）が腐食した場合は、腐食箇所を欠損断面として応力照査を行う必要があるが、その断面力算定方法は、「既設橋梁の耐荷力照査実施要領（案）；25tf車両による照査」を用いるのも1つの方法である。

この考え方は、実橋の載荷状況（活荷重は、車線全幅に載荷されることはなく、車両幅での載荷）にあった活荷重載荷による発生断面力（車両幅／車線幅）を低減し、既設橋梁の補強を少なくするための耐荷力評価法である。図 2-2 に既設橋梁の耐荷力照査の流れを示す。

1)橋梁点検

既設橋梁の耐荷力照査に先だって、主要部材に耐荷力上問題となる損傷があるか否かを確認しなければならず、橋梁の現況を新たに実施する橋梁点検あるいは既往の点検記録によって、部材の健全度を把握する。

2)照査 I

耐荷力照査の第1段階であり、橋梁台帳に記載されている支間長等基本的な諸元のみを用いて計算できる、断面力係数 α (β)、死活荷重比 S 、及び幅員係数 K を用いて、新旧活荷重による断面力を比較して耐荷力調査を行う。

3)照査 I'

耐荷力照査の第2段階である。照査 I と同様に断面力レベルで行う照査であるが、活荷重のほか死荷重をも考慮した新旧荷重による断面力を比較して耐荷力照査を行う。

4)照査 II

耐荷力照査の第3段階である。照査 I および照査 I' で OK とならなかった橋梁を対象に、部材に生じる応力度レベルで耐荷力を判定する。

照査 II には、設計図書から得られる計算応力度から当該橋梁の死荷重比 S を再計算して判定する場合（II-1）と、供用荷重（車線載荷状態の荷重を想定）を用いて応力度の再計算を行う場合（II-2）とがある。後者については再計算のための時間とコストがかかるため、実際に行うかどうかは十分に検討する必要がある。

5)実橋の応力頻度測定

図 2-6 の手順に従って実施した照査結果および応力頻度測定の結果得られる実応力度の大小により、当該橋梁の補強の要否を判定する。

実応力度を確認するための応力頻度測定は、供用中の構造物が実際にどのような応力を受けているのかを調べる方法で、通常の使用状態において発生する応力の繰り返しをそのピーク値やふれ幅の分布として捉えようとするものである。この方法の特徴は、供用中の道路橋であっても、通過交通に全く影響を与えることなく計測できることであり、通常の載荷試験のように、交通を遮断するための手続きや要員を一切必要としないことである。

6)補強対策

特定部位を有する橋梁，橋梁点検の結果大きな損傷のある部材を有する橋梁，および実応力度の結果をもってしても耐荷力上問題のあるものについては、速やかに補修・補強を行う必要がある。

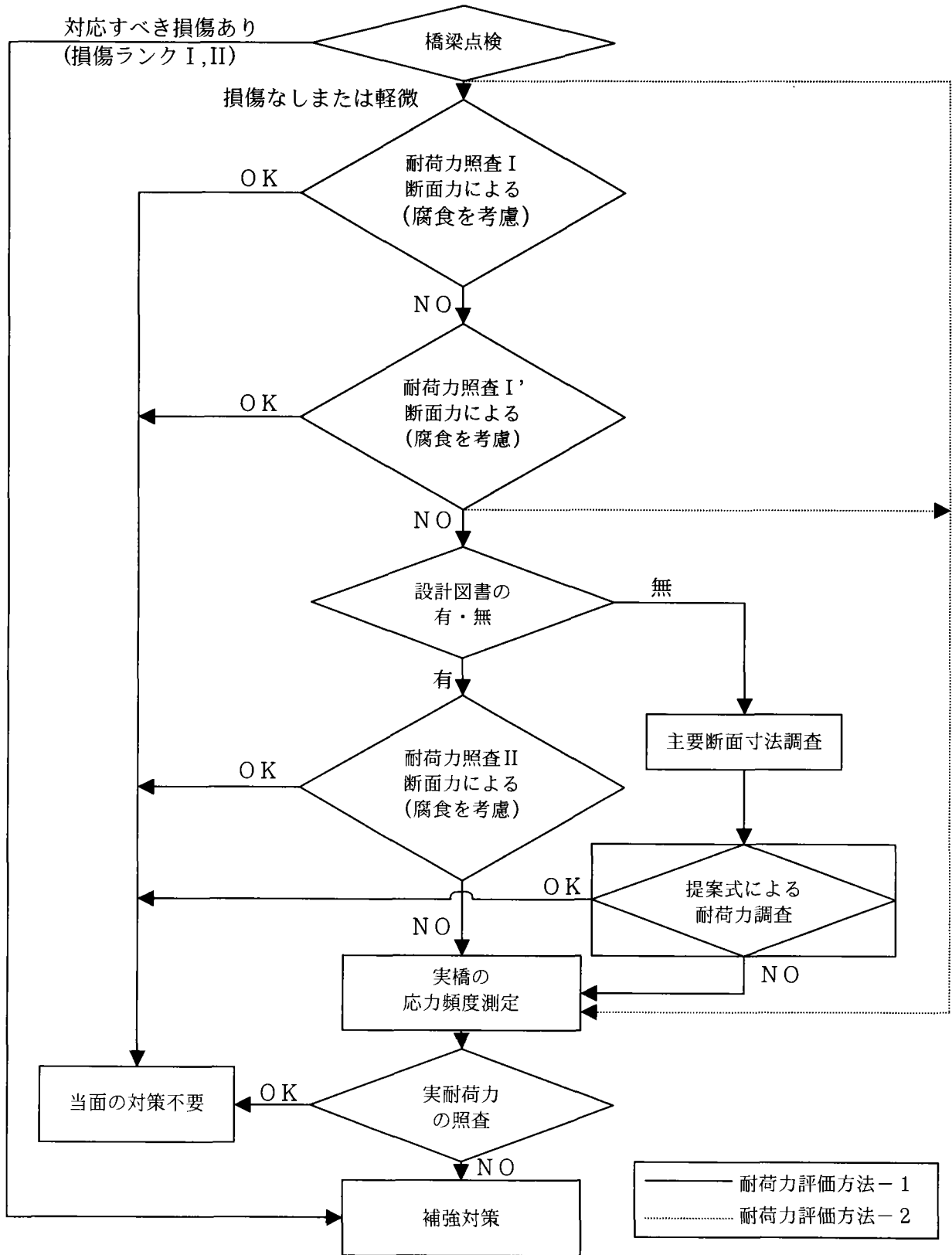


図 2-2 既設橋梁の耐荷力調査の流れ

○照査例－１：実橋梁の活荷重の変更に伴う主桁応力度の照査結果
 (「既設橋梁の耐荷力照査実施要領(案)」による)

(1) 計算条件

| | | | |
|-----------------|----------------------------|------------|----------------------|
| 橋梁形式 | 2 径間連続 RC 床版非合成鋼箱桁橋 | | |
| 設計活荷重 | TL-20 | 主桁間隔 | a=5.45m |
| 有効幅員 | B=14.60m | 一車線当りの有効幅員 | b=B/N=3.65m |
| 車線数 | N=4 車線 | | |
| 支間長 | L=35.0m | 床版張出長 | C=1.85m (地覆は含まない) |
| 照査活荷重 | B 活荷重 | | |
| 設計図書から得られる設計断面力 | | 支間中央 | 中間支点上 |
| | 活荷重による曲げモーメント M_L (tf·m) | 341.5 | -366.4 |
| | 活荷重によるせん断力 Q_L (tf) | 26.0 | 36.7 |
| | 死荷重による曲げモーメント M_D (tf·m) | 400.2 | -765.2 |
| | 死荷重によるせん断力 Q_D (tf) | 36.7 | 108.2 |

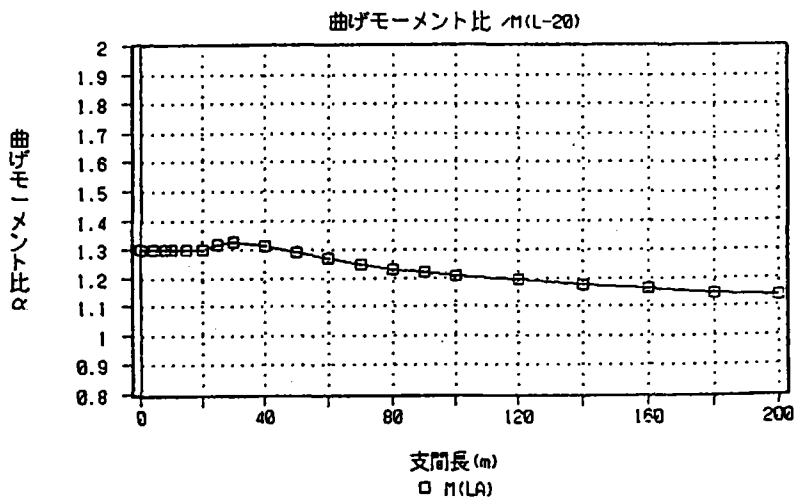
(2) 照査 I

| | 係 数 | 照査結果 | 備 考 |
|--------|--|--------------------|-----------|
| 照査係数 | α | 1.32 | 図 2-3 |
| | β | 1.48 | 図 2-4 |
| 幅員係数 | K | 1.15 | 表 2-12 |
| 死活荷重係数 | S_α | 1.04 | 表 2-13(a) |
| | S_β | 1.12 | 表 2-13(b) |
| 照査判定 | 曲げモーメント ($=\alpha/(S_\alpha \cdot K)$) | 1.10(≥ 1.0) | NG→照査 I'へ |
| | せん断力 ($=\beta/(S_\beta \cdot K)$) | 1.15(≥ 1.0) | NG→照査 I'へ |

①照査用係数の計算

a) 曲げモーメント比 α

$\alpha = \frac{\text{新設計活荷重 LA により生じる支間中央曲げモーメント}}{\text{対象橋梁の設計活荷重 TT-43, TL-20, TL-14 等により生じる支間中央曲げモーメント}} \times \gamma$



ここに、
 γ : 腐食による割増係数

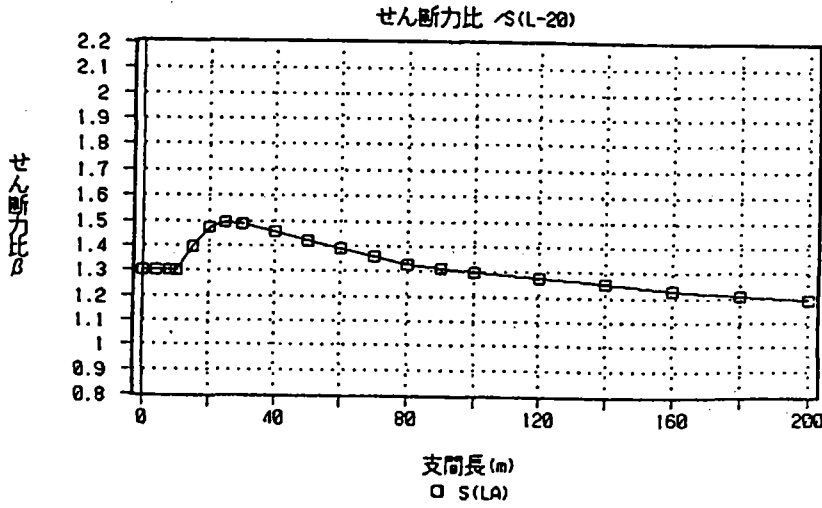
$$\gamma = \frac{A}{A - A'}$$

A : 腐食前部材断面積
 A' : 腐食後部材断面積

図 2-3 曲げモーメント比 α

b) せん断力比 β

$$\beta = \frac{\text{新設計活荷重 } L \text{ により生じる支点部せん断力}}{\text{対象橋梁の設計活荷重 } TT\cdot 43, TL\cdot 20, TL\cdot 14 \text{ 等により生じる支点部せん断力}} \times \gamma$$



ここに、
 γ : 腐食による割増係数

$$\gamma = \frac{A}{A - A'}$$

A : 腐食前部材断面積
A' : 腐食後部材断面積

図 2-4 せん断力比 β

c) 幅員係数 K

$$K = \frac{R}{R'}$$

表 2-12 幅員係数 K を算出するための R および R' (主桁が有効幅員内に存在する場合)

| | | | | |
|-------|-------|----------------|----|-------------------------------------|
| L | 2車線以上 | | R | $5.5(a+c-2.75)+0.25(a+c-5.5)^2$ |
| | | | R' | $5.5(a+c-0.5b-1.375)+Y$ |
| | 1車線 | $a+c \geq 5.5$ | R | $5.5(a+c-2.75)+0.25(a+c-5.5)^2$ |
| | | | R' | Z |
| | | $a+c < 5.5$ | R | $0.5(a+c)^2$ |
| | | | R' | Z |
| TT-43 | 2車線以上 | | R | $5.5J(a+c-2.75)+0.25(a+c-5.5)^2$ |
| | | | R' | $5.5J(a+c-0.5b-1.375)+Y$ |
| | 1車線 | | R | $2.75J(a+c-1.375)+0.25(a+c-2.75)^2$ |
| | | | R' | ZJ |

ここに、
 $Y = 1.375(N-2)(a+c-2b-1.375N+2.75)$ ($a+c-2b \geq 2.75(N-2)$)
 $= 0.25(a+c-2b)2$ ($a+c-2b < 2.75(N-2)$)
 $Z = 2.75(a+c-1.375)$ ($a+c \geq 2.75$)
 $= 0.5(a+c)2$ ($a+c < 2.75$)

d) 死活荷重係数 S

死活荷重比の影響を考慮するための係数 S を、橋梁形式および支間長に応じて表 2-13(a), (b)により計算する。

表 2-13(a) 死活荷重比による余裕を考慮するための係数 S_α
(曲げモーメント照査用)

| 支間長 (m) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鋼桁(コンクリート床版), 連続桁 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.10 | 1.15 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |

※：計算対象の支間長が表の値の間ときは、その前後の S 値を直線補完する。

表 2-13(b) 死活荷重比による余裕を考慮するための係数 S_β
(せん断力照査用)

| 支間長 (m) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鋼桁(コンクリート床版) | 1.00 | 1.05 | 1.10 | 1.13 | 1.15 | 1.18 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |

※：計算対象の支間長が表の値の間ときは、その前後の S 値を直線補完する。

(3) 照査 II-1

| 照 査 位 置 | | 照 査 結 果 | | 備 考 |
|------------|---|---------|-------|-----------------------------|
| | | 支間中央 | 中間支点上 | |
| 死活荷重 係数 | S'_α | 1.12 | 1.19 | |
| | S'_β | 1.15 | 1.23 | |
| 照査判定 | 曲げモーメント ($=\alpha/(S'_\alpha \cdot K)$) | 1.02 | 0.96 | (≥ 1.0) NG →実橋測定へ |
| | せん断力 ($=\beta/(S'_\beta \cdot K)$) | 1.12 | 1.05 | (≥ 1.0) NG →実橋測定へ |

a) 死活荷重係数 S'

活荷重および死荷重の応力度または断面力から、死活荷重係数 S' を次の式により求める。

$$S'_\alpha = \frac{1.7(1+G_\alpha)}{1.21+1.87G_\alpha}, \quad S'_\beta = \frac{1.7(1+G_\beta)}{1.21+1.87G_\beta}$$

ここで、

$$G_\alpha = \frac{\sigma_{ML}}{\sigma_{MD}} = \frac{M_L}{M_D}, \quad G_\beta = \frac{\sigma_{QL}}{\sigma_{QD}} = \frac{Q_L}{Q_D}$$

照査 II-1 の結果、中間支点上の曲げモーメント以外は照査判定は NG となり、設計図書の応力度レベルで照査 (照査 II-2) を行うこととなるが、これは供用荷重 (車線載荷状態の荷重を想定) を用いて応力度の再計算を行う必要があり、時間とコストがかかるため、本橋梁については照査 II-2 を行わず実橋測定により実応力度の確認を行うこととする。

②耐荷力評価方法－2

①の方法で断面欠損を行う腐食橋の耐荷力を評価する方法もあるが、実橋の応力頻度測定結果による評価方法もある。

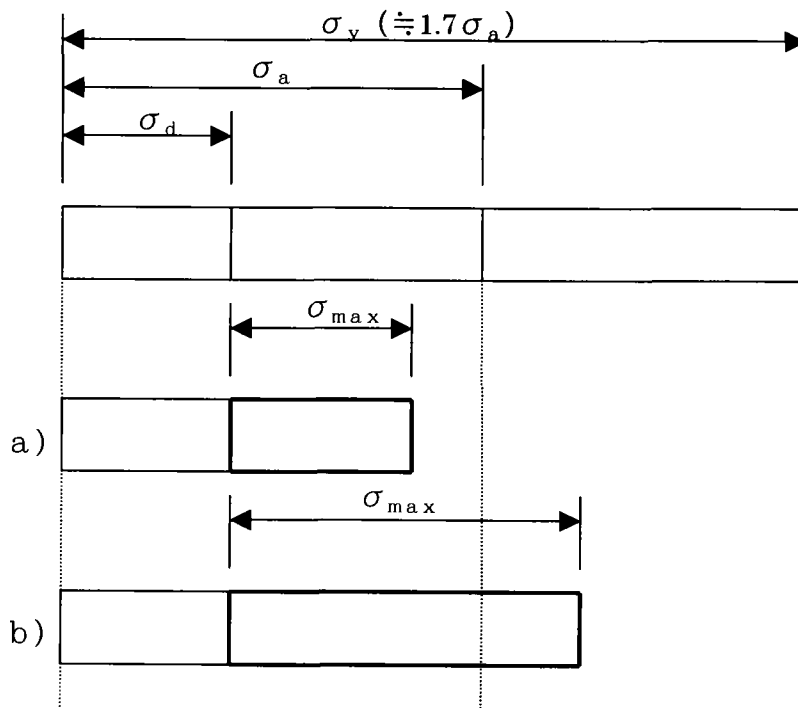
この方法は、①の手順でも行うようになっているが、実橋の応力頻度測定結果による判断である。

実橋の応力頻度測定結果は、建設省・日本道路公団等でも多くの測定結果が示されているが、設計上の応力度と、実測応力度に差があり、その差を「橋梁が持つ余裕度」としてしている。

1) 応力頻度測定による耐荷力評価

実応力度の大小は、活荷重に許容される計算上の余裕量すなわち余裕応力度 ($\sigma_a - \sigma_d$) と、最大の実応力度 (σ_{max}) とを比較することにより判定する。

ここで、
 σ_a : 許容応力度
 σ_y : 降伏応力度
 σ_d : 死荷重応力度 (計算値)
 σ_l : 活荷重応力度 (計算値)
 σ_{max} : 実応力度



a) ($\sigma_{max} < (\sigma_a - \sigma_d)$) の場合

当該橋梁の耐荷力は、計算値で得られるそれよりも余裕のあることが判明したので、「当面、補強の必要はない」と判断できる。

なお、この判断はB活荷重に対して安全を確認したのではなく、実際の交通現況に対する判断であり、交通量、大型車混入率、車線位置の変更等交通の状況が大幅に変わった場合、あるいは大規模な拡幅が行われて橋梁の構造に改良が加えられた場合には、あらためて応力頻度測定を行って補強の要否を検討しなければならない。

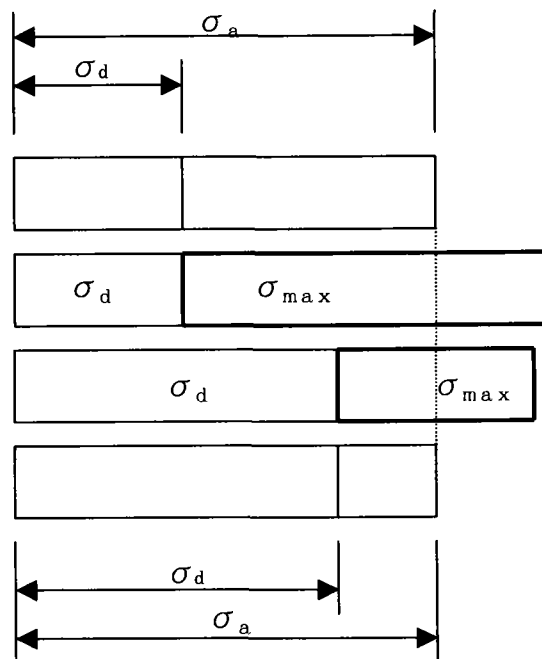
b) (σ_{max}) > ($\sigma_a - \sigma_d$) の場合

B活荷重を補強目標とする補強工法等を検討する。

ただし、道路管理者が当該橋梁の重要度、架替計画の有無、交通量の予測などを考慮して、別途の補強目標を設定することは、差し支えない。

なお、($\sigma_{max} + \sigma_d$) が等しくても、死活荷重比によってより大きな車両が通過した場合の危険度は異なり、活荷重の比率が大きくなるほど疲労に対する注意が必要となる。

また、「応力頻度測定要領（案）H8.3（財）道路保全技術センター」によると、『一般に主部材の応力集中を受けない部位での最大値（レインフロー法による）が600kgf/cm²を超えないことを評価の判定の目安としてよい。』とされている。



2) 荷重車載荷試験による耐荷力評価

前述の 1) による評価は、B活荷重に対して安全を確認したものではなく、実際の交通現況に対する判断であるのに対し、荷重車載荷試験による方法は構造解析モデルに B 活荷重を載荷することで、B 活荷重に対する安全を確認する。構造解析モデルの妥当性確認のために、荷重車（自重約 40tf の 45t 吊ラフタークレーン）載荷時の実橋測定結果と、同一の軸重、軸距で載荷した構造解析結果との比が 9 割以上になるのを目安とする。妥当性の確認がされた構造解析モデルによって B 活荷重による応力を求め、着目した部材の B 活荷重に対する耐荷力を照査する。

○照査例－２：応力頻度測定による耐荷力照査

<照査橋梁の概要>

昭和 39 年 8 月(1964)鋼道路橋設計示方書（二等橋）で設計された、H 鋼桁（支間長：側径間 17.0m・中央径間 23.0m）において応力頻度測定をおこなった。

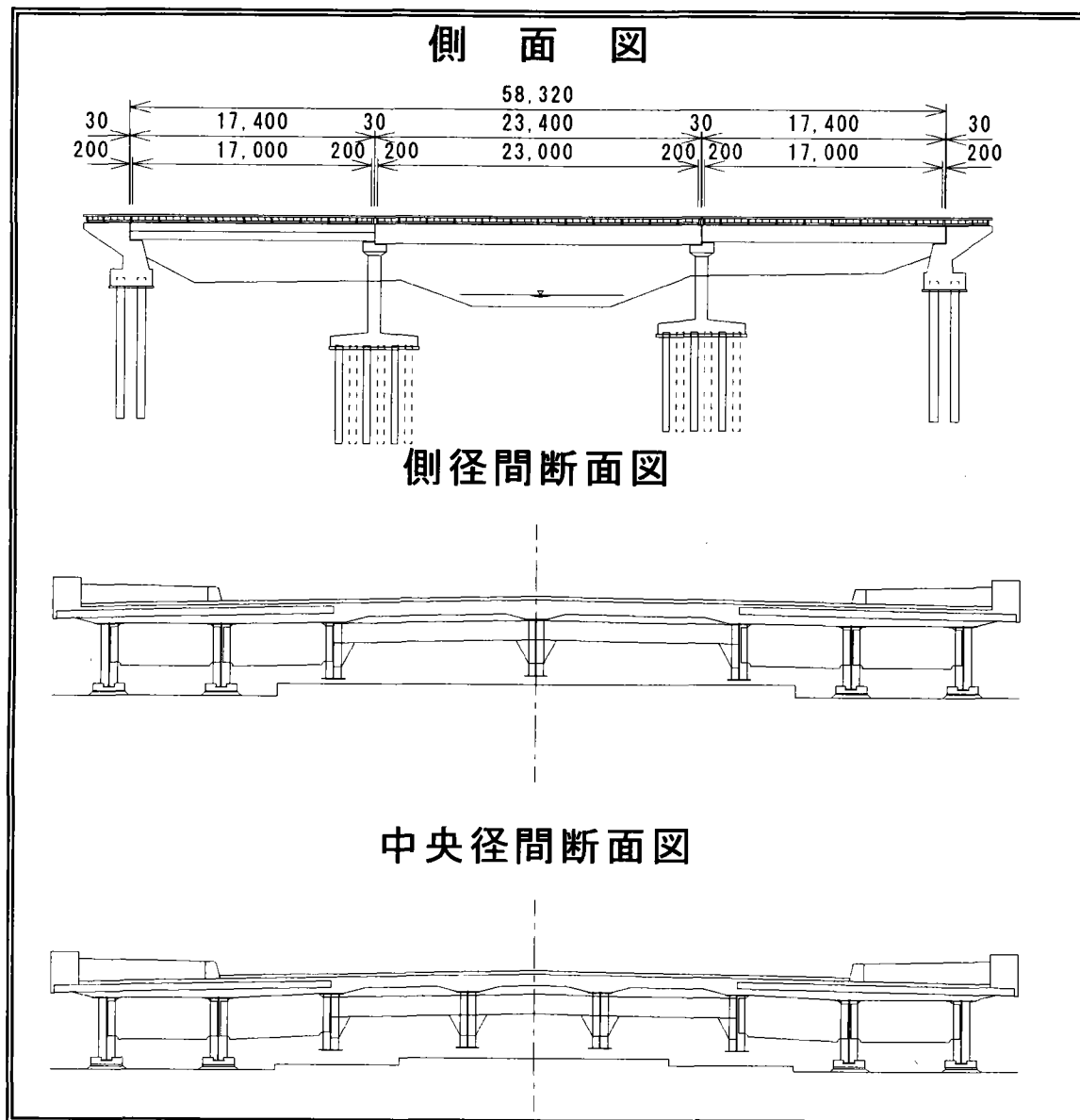


図 2 - 5 耐荷力照査橋梁の概要

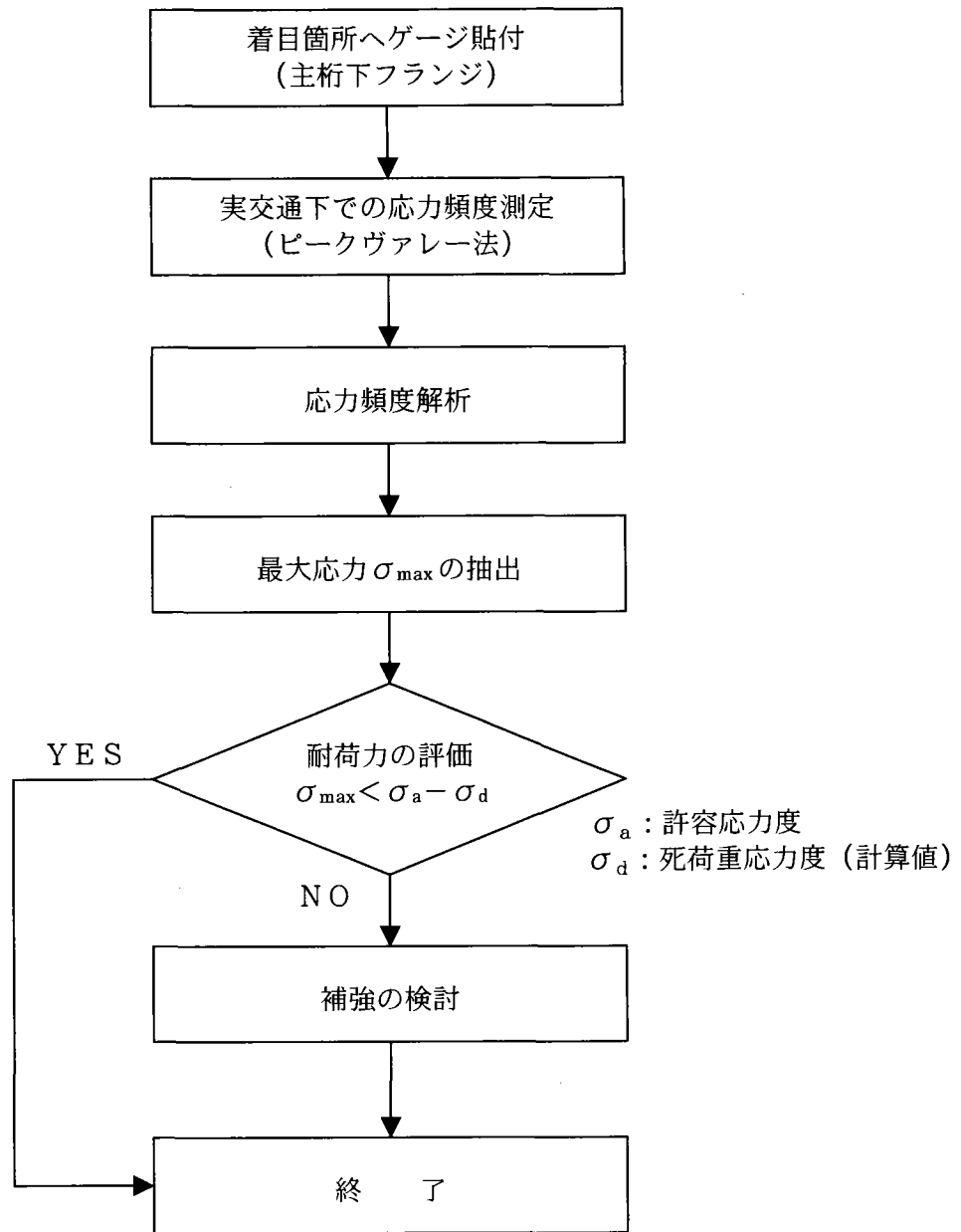


図 2-6 応力頻度測定による耐力照査の方法

表 2-14 応力頻度測定による耐力照査結果

| | 部 材 | 死荷重 応力度 (σ_d) | 測定最大 応力度 (σ) | 応力度 の合計 (σ) | 許容応力度 (σ_a) | 判定 |
|------|-----------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----|
| | | A 【kgf/cm ² 】 | B 【kgf/cm ² 】 | A+B 【kgf/cm ² 】 | | |
| 側径間 | 外主桁下フランジ | 556.2 | 370 | 926.2 | 2100 | OK! |
| | 中央主桁下フランジ | 577.9 | 370 | 947.9 | 2100 | OK! |
| 中央径間 | 外主桁下フランジ | 777.5 | 370 | 1147.5 | 2100 | OK! |
| | 中央主桁下フランジ | 775.2 | 370 | 1145.2 | 2100 | OK! |

○照査例－3：荷重車載荷試験による耐力照査

<照査橋梁の概要>

昭和 39 年 8 月(1964)鋼道路橋設計示方書（二等橋）で設計された、H 鋼桁（支間長：側径間 17.0m・中央径間 23.0m）において耐荷力照査をおこなった。

車両の大型化等により、今後、設計荷重を上回る荷重が作用することも考えられることから、B 活荷重を照査荷重とした。

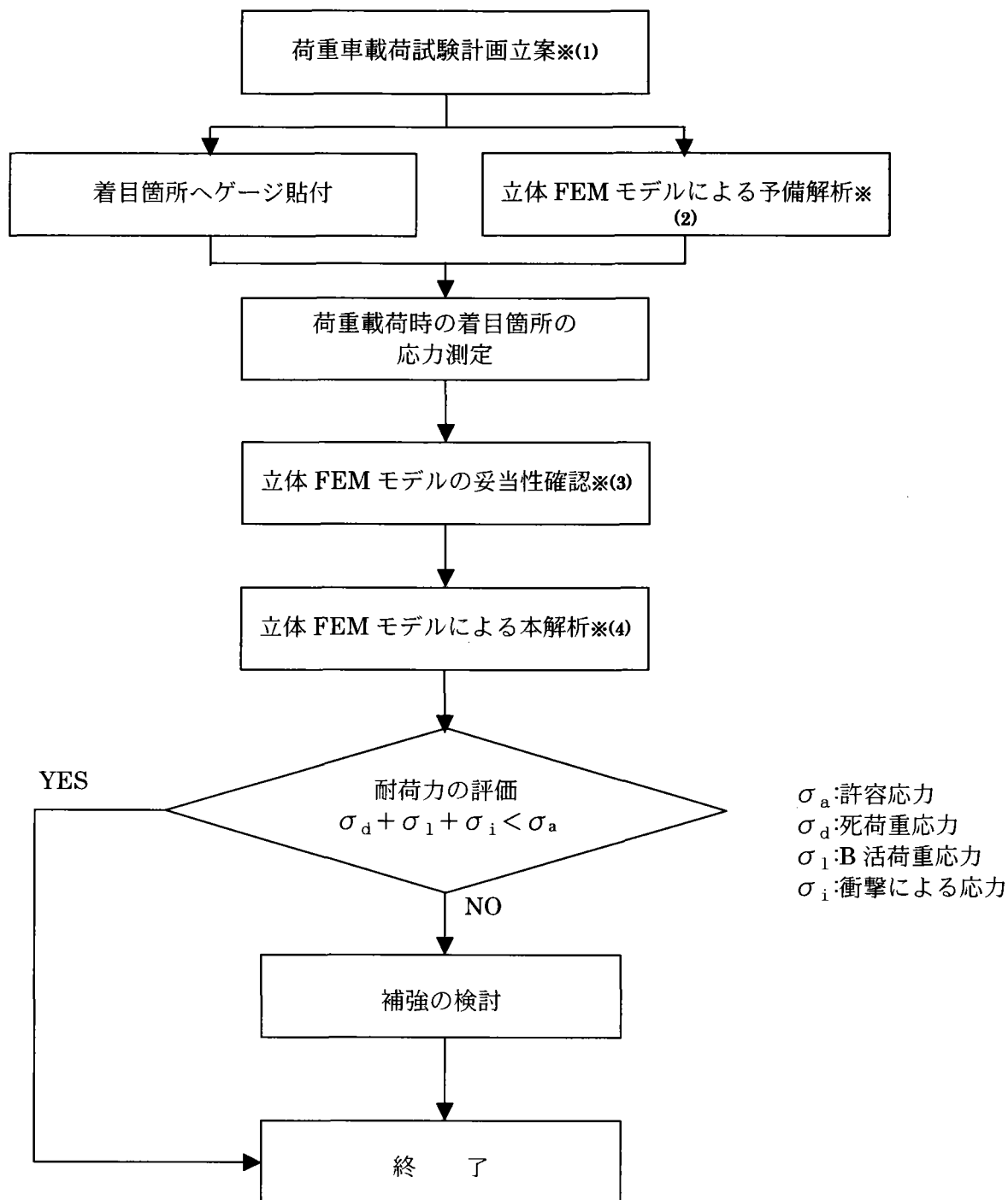


図 2-7 荷重車載荷試験による耐力照査の方法

(1) 荷重車載荷試験計画立案

着目部材に最大の応力を発生する荷重車の載荷位置を選定する。

(2) 立体 FEM モデルによる予備解析

立体 FEM モデルを用い、荷重車載荷試験の安全性確認を目的として予備解析をおこなう。

(3) 立体 FEM モデルの妥当性確認

立体 FEM モデルで荷重車載荷試験をシミュレーションし、実測値と比較することによって妥当性の確認をおこなう。実測値が解析結果の 9 割以内にあることを目安とする。

(4) 立体 FEM モデルによる本解析

ボディーフォースを載荷する死荷重解析をおこない、着目部の死荷重応力を求める。また、B 活荷重によって発生する応力を求めるために、照査荷重解析をおこなう。

<照査結果>

| 径 間 | 着目部位・部材 | 荷重車載荷試験 | | | 耐 荷 力 照 査 | | | | | |
|------|-----------|--|--|-------------------------|---|--|---|--|---|----|
| | | 実測値 | 解析結果 | 実応力比 | 解 析 結 果 | | | | 照 査 | |
| | | 応力 σ (kgf/cm ²) | 応力 σ_{FEM} (kgf/cm ²) | σ / σ_{FEM} | 死荷重応力 σ_d (kgf/cm ²) | B活荷重応力 σ_l (kgf/cm ²) | 衝撃による応力 σ_i (kgf/cm ²) | 合計 $\sigma_d + \sigma_l + \sigma_i$ (kgf/cm ²) | 許容応力度 σ_a (kgf/cm ²) | 判定 |
| 側径間 | 外主桁下フランジ | 275.5 | 275.7 | 1.00 | 556.2 | 719.6 | 214.8 | 1490.6 | 2100 | OK |
| | 中央主桁下フランジ | 295.9 | 308.1 | 0.96 | 577.9 | 809.5 | 241.6 | 1629.0 | 2100 | OK |
| 中央径間 | 外主桁下フランジ | 244.9 | 253.0 | 0.97 | 777.5 | 796.9 | 218.3 | 1792.7 | 2100 | OK |
| | 中央主桁下フランジ | 244.9 | 249 | 0.98 | 775.2 | 853.6 | 233.9 | 1862.7 | 2100 | OK |

(2) 対傾構・横桁等が腐食し形状がない場合

① 鈹桁の対傾構が腐食した場合

鈹桁の対傾構が腐食した場合は、計算上の対傾構の扱いによる。

・ 建設省・首都高速道路公団等の場合

建設省・首都高速道路公団等の場合は、分配横桁を配置し、対傾構については、横分配を配慮しないので、対傾構が腐食・落下しても、格子計算上は問題が生じないので、応力計算等の照査は必要ない。

・ 日本道路公団の場合

日本道路公団の場合は、対傾構を「分配対傾構」として、横分配を考慮するので、格子計算上問題が出るので、応力照査には注意を要する。

② 横桁が腐食した場合

横桁の場合は全て横分配の部材として計算上考慮しているので、応力照査には注意を要する。

5.2 鋼鉄道橋の耐力診断方法

鋼鉄道橋の場合、既存構造物の耐力は「現有応力比率（SR値）」(stress ratio for bearing capacity) および「現有耐力」として評価し、評価式は式 2-1 によるとした。また、評価の流れを図 2-8 に示す。

$$\frac{\text{保守限応力度}(\sigma_m)}{\text{実働荷重による最大応力度}(\sigma)} \times 100\% \quad \dots (2-1)$$

ここに、

σ : 当該線区の許容最高速度で車両が入線した際に部材に発生する最大応力度 (= $\sigma_d + \sigma_l + \sigma_i + \sigma_c$)

ここでいう「保守限応力度 (σ_m)」(allowable unit stress for maintenance) とは鋼鉄道橋で既設構造物を評価する時に用いられる許容応力度のことである。引張部材に対する保守限応力度は静的耐力と標準的な疲労の両面を考慮して決められたもので、表 2-15 にその値を示す。設計における許容応力の安全率を見直したものである。すなわち、既設橋梁ではある程度荷重が特定化できるため、その分、安全率を小さくすることが可能となる。この考えは米国の A R E A (American Railway Engineering Association CHAPTER 15, STEEL STRUCTURE, 1981) における既存桁の評価でも用いられている。

すなわち、ここでは新規設計における一次荷重に対する許容応力度の割増し (25%) ができることを基準とし、これにある程度の、疲労の影響を加味したものである。即ち、疲労の影響はその当時の設計の考え方である昭和 58 年の設計基準 (design standard of steel railway bridges) の疲労条項に基づき、非溶接桁ではリベット継手 (B 等級 : 1270kgf/cm²)、溶接桁では縦ビード継手 (A 等級 : 1530kgf/cm²) に対する強度を基本許容応力範囲 (σ_{f0}) とし、これにスパンや通トンの影響を γ_1 、 γ_2 として加味し、疲労の面は式 2-2 によって考慮している。

$$\sigma_m = \sigma_{f0} \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 / \alpha_m \quad \dots (2-2)$$

なお、既設桁に対する定量的な健全度評価は、基本的には新設の設計と異なり、設計で用いる設計荷重の変わりに実働荷重を用いるのが原則となる。従って、評価する応力も設計作用応力から実働応力になる。

式 2-2 で用いる α_m は設計計算応力を実働応力に修正するのに用いる実応力比 (同条件の実測応力/設計計算応力) で、計算作用応力度に対する実測応力の比であり、これまでの実橋測定結果を基に定めたもので、鋼鉄道橋の保守標準ではスパン 10m 以下の部材については 0.75 としている。

一方、圧縮に対しては、従来の設計の耐荷力曲線にある程度の老朽化に伴う形状不整を経験的に耐荷力に与える初期不整の影響として考慮したものである。また、残留応力や初期不正の生じ方の差から、リベット桁と溶接桁では分けて扱うものとした。それぞれの耐荷力曲線を図 2-9 に示す。

その他、せん断や支圧に関する保守限応力度は、引張りの場合と同じ方法で定めた。

なお、錬鉄およびベッセーマ鋼に対する引張りとせん断に関する保守限応力度は、当時の材料規格等が明確でないこともあり、従来から用いてきた許容応力度をそのまま保守限応力として用いることにした。すなわち、引張りに対し一律 1150 kg/c m^2 また、せん断応力に対しては 700 kg/c m^2 とした。

耐荷力評価の事例を図 2-10 に示す。

なお、破壊じん性値が問題となる評価については、試験等で別途確認する必要がある。

また、SR値が 100%を割ると補強や徐行等の措置が必要となるが、対策が困難であったり長期間徐行が出来ない場合は、寿命の想定を短くして保守限応力を設定し直すか、実橋測定等による詳細な個別診断を行って健全度を把握し対処する必要がある。

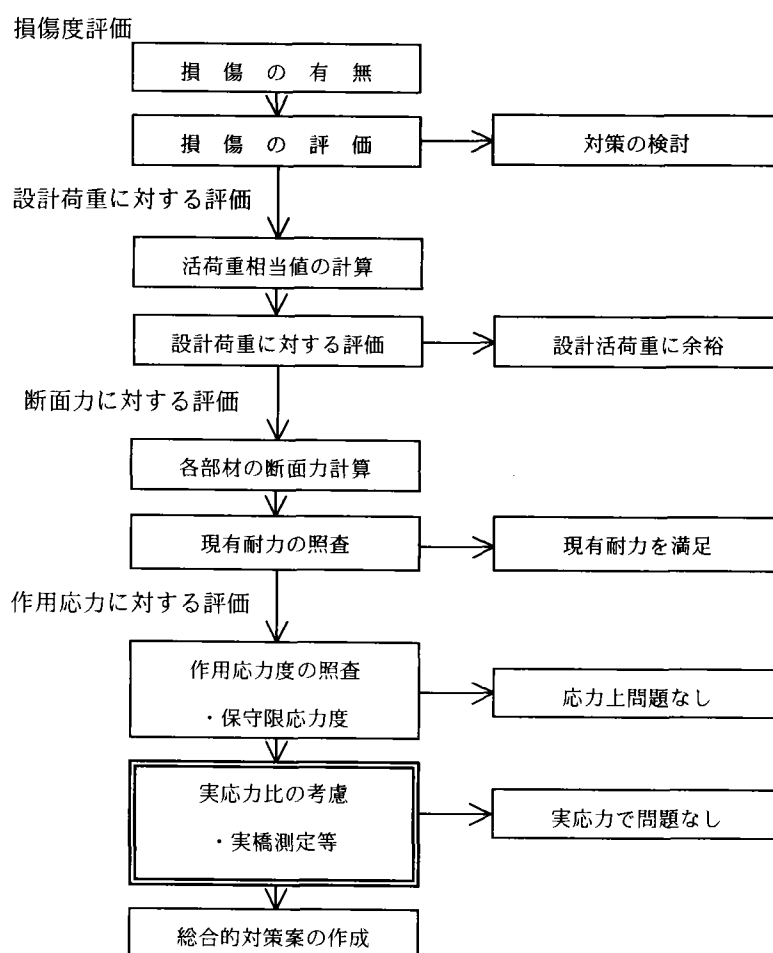


図 2-8 現有耐力の診断の流れ

表 2 - 1 5 保守限応力 (引張応力度)

単位: kgf/cm²

| 通トン | スパン 影響線長 L (m) | 鋼種 | SS 4 1 SM 4 1 SMA 4 1 | | | | | | | | | 高 張 力 鋼 | | | | | | |
|----------------|----------------------|------|-----------------------|------|-----------------|------|-----------------------------------|------|------|------|-----------------|---------|--------|------|-------------------------------|------|-------------------|------|
| | | | 昭和 3 年(1928 年) | | 昭和 4 年(1929 年) | | 昭和 26 年(1951 年) ~ 昭和 44 年(1969 年) | | | | 昭和 45 年(1970 年) | | SM 5 0 | | SM 5 0 Y SM 5 3 SMA 5 0 | | SM 5 8 SMA 5 8 | |
| | | | 以前 | | 昭和 25 年(1950 年) | | リベット桁 | | 溶接桁 | | 以降 | | | | | | | |
| | | | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 | 定常入線 | 一時入線 |
| 2000 万 t | < 1 0 | 1150 | 1400 | | 1500 | | 1500 | | | | | | 1800 | | 1800 | | 1800 | |
| | 10 ≤ L < 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ≥ 2 0 | | 1590 | | 1700 | | 1700 | | | | | | 2000 | | 2000 | | 2000 | |
| 1000 万 t 以上 | < 1 0 | 1150 | | 1650 | | 1760 | | 1800 | 1840 | 1610 | 1610 | 1680 | 1680 | 2200 | 2240 | 2520 | 3220 | |
| | 10 ≤ L < 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ≥ 2 0 | | 1650 | | 1760 | | | | | | | | | | | 2400 | 2400 | |
| 1000 万 t 未満 | < 1 0 | 1150 | | | | | 1840 | | | | | | 2240 | | | | 2500 | |
| | 10 ≤ L < 20 | | | | | | | | | | | | | | | | 2600 | |
| | ≥ 2 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2900 |

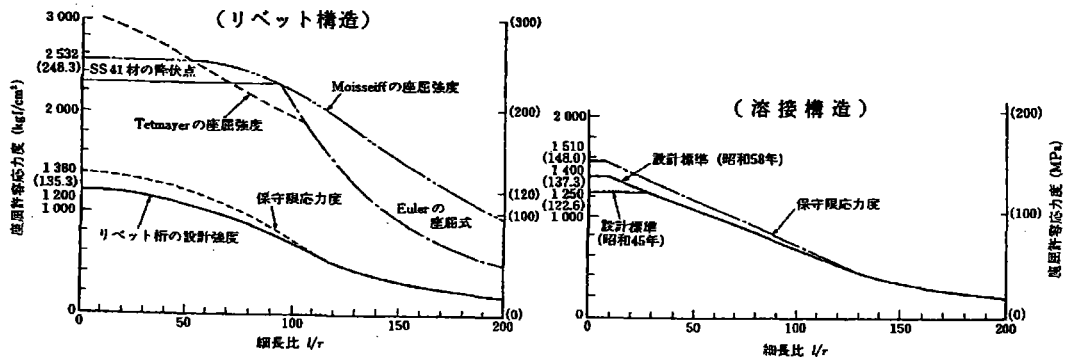


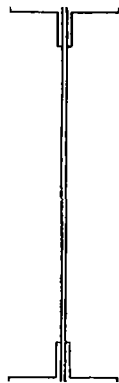
図 2 - 9 圧縮部材の耐荷力曲線

現 有 耐 力 ・ 現 有 応 力 比 率

評価に関する列車荷重：C57+D51+U1 系

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| NO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| P(t) | 3.60 | 3.60 | 6.91 | 7.06 | 6.91 | 6.09 | 5.43 | 5.43 | 6.53 | 6.53 |
| x(m) | 2.12 | 1.60 | 1.90 | 1.90 | 2.48 | 2.29 | 1.80 | 1.90 | 1.80 | 2.28 |
| NO | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| P(t) | 3.35 | 7.37 | 7.39 | 7.48 | 7.56 | 6.06 | 5.74 | 5.74 | 6.11 | 6.11 |
| x(m) | 2.45 | 1.55 | 1.55 | 1.55 | 2.35 | 2.71 | 1.60 | 2.00 | 1.60 | 2.40 |
| NO | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| P(t) | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 | 6.65 |
| x(m) | 1.65 | 5.00 | 1.65 | 2.40 | 1.65 | 5.00 | 1.65 | 2.40 | 1.65 | 5.00 |
| NO | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| P(t) | 6.65 | 6.65 | | | | | | | | |
| x(m) | 1.65 | 2.40 | | | | | | | | |
| NO | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| P(t) | | | | | | | | | | |
| x(m) | | | | | | | | | | |
| NO | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
| P(t) | | | | | | | | | | |
| x(m) | | | | | | | | | | |

抵抗断面および断面性能



| N | 断面構成 | | 腐食(mm) | |
|---|-------|------------------|--------|-----|
| | 記号 | 寸法 (幅×厚さmm) | 幅 | 厚さ |
| 1 | 1-PL | X | | |
| 2 | 1-PL | X | | |
| 3 | 1-PL | X | | |
| 4 | 2-L | 102. X 76.X 10.0 | 102.0 | 2.5 |
| 5 | 1-Web | 813.0 X 10.0 | | |
| 6 | 2-L | 102. X 76.X 10.0 | 102.0 | 1.5 |
| 7 | 1-PL | X | | |
| 8 | 1-PL | X | | |
| 9 | 1-PL | X | | |

断面 2 次モーメント $I = 145434.1 \text{ cm}^4$, $l/r (\lambda) = 27.4$

現 有 耐 力 ・ 現 有 応 力 比 率

保守限応力度 (引張) = 1650.0 kgf/cm²
 保守限応力度 (圧縮) = 853.9 kgf/cm²

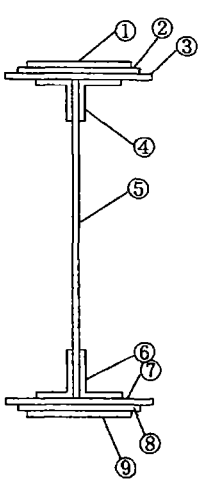
現有耐力 (引張) = KS - 27.3
 現有耐力 (圧縮) = KS - 17.4

現有応力比率 (引張) = 172.2 % 評価ランク : C or S
 現有応力比率 (圧縮) = 116.9 % 評価ランク : A1 OR A2

図 2 - 1 0 耐荷力診断事例

現有耐力整理表 (1)

BMC SYSTEM

| 橋りょう諸元 (図面からの記入項目) | | | | | | |
|---|---|----------------|--------------------|--------------|----------|------------|
| 橋りょう名 | 橋梁 端縦桁 | 図面番号 | | 桁番号 | 1 | |
| 線名 | 線 ~ 間 | | | | | |
| 支間 | 5.87 m | 角度 | 左, 右 90.00 度 | 曲線半径 | 0.00 m | |
| 主桁中心間隔 | 1.39 m | 構造大要 | 1. 道床式 2. 開床式 | | | |
| 重量 または 曲げモーメント | 桁: 0.80 t, 歩道: 0.00 t, 軌道単位重量: 0.230 t/m, 張板等その他: 0.000 t | | | | | |
| | または、死荷重曲げモーメント 1.58 t・m | | | | | |
| 上フランジ固定間距離 | 5867 mm | 引張側におけるリベットの本数 | 腹板 | 1 本 | | |
| | | | フランジ | 2 本 | | |
| 橋りょう調査後の記入項目 | | | | | | |
| 腐食状況 | 1. 支間全長に至る全面腐食 | | 2. 局部的な腐食 | | 偏軌量 | 注3) 0.0 mm |
| 腐食位置 | 支点から | 2.93 m | 実カント量 | 0.00 mm | 遠心荷重作用高さ | 0.0 mm |
| 最大入線車両 | M-17 | | 入線する車両の最高速度 | 65.00 km/h | | |
| 断 面 図 | 番 号 | 断 面 構 成 | | 腐 食 量 (mm) | | |
| | | 記 号 | 寸法 (幅×厚さmm) | 幅 | 厚 さ | |
|  | ① | 1-PL | × | | | |
| | ② | 1-PL | × | | | |
| | ③ | 1-PL | × | | | |
| | ④ | 2-L | 102.× 76× 10.0 | 102.0 | 2.5 | |
| | ⑤ | 1-web | 813.0 × 10.0 | | | |
| | ⑥ | 2-L | 102.× 76× 10.0 | 102.0 | 1.5 | |
| | ⑦ | 1-PL | × | | | |
| | ⑧ | 1-PL | × | | | |
| | ⑨ | 1-PL | × | | | |
| <p>注) 1. 図面からの記入項目で記入できないものは、橋りょう調査において確認し、記入して下さい。</p> <p>2. 腐食量調査で 1) 全面腐食の場合は残存断面を、また、 2) 局部腐食の場合は腐食を調査して下さい。従って、局部腐食の場合の断面寸法は設計時の寸法を記入し、かつ腐食量を記入して下さい。</p> <p>3. 偏軌量は照査する桁側に偏軌している場合は+、反対側の場合は-をつけて下さい。</p> | | | | | | |

6. あとがき

これまで述べてきたように、腐食は、桁端部の支承周り、伸縮装置近傍、排水ます、配水管周辺、添接部、格点部、マンホール・ハンドホール部等に生じることが多いが、直接風雨に曝される主桁下フランジやラテラルにも腐食が発生する場合がある。また、雨水が床版のひび割れを通して主桁上フランジを腐食することもある。

したがって、橋梁の防錆・防食のためには、点検員は、上述の部位、部材に特に注意するとともに、見落としのない点検を行わなければならない。また、塗装業者は、塗装作業を施工要領に従って完全に実施する必要がある、橋梁管理者は、塗装系の選定の重要性を認識し、さらに、塗装作業の完了検査を徹底する必要がある。

ところで、腐食は、発生部位、発生部材などに依存することは言うまでもないが、その程度が軽微であれば、橋梁の耐久性および耐力に必ずしも影響を及ぼすものではない。耐久性及び耐力に影響を及ぼすか否かの判定に、本章で述べた腐食の評価方法、および診断方法が一助となれば幸いである。もちろん、ここで述べた方法が必ずしも最善と言う訳ではなく、今後の研究に待たなければならない点も数多くあることも申し添えておきたい。

7. 参考文献

- ・ 橋梁点検要領（案）：建設省土木研究所，土木研究資料，S63.7
- ・ 鋼橋点検マニュアル：日本橋梁建設協会，H7.5
- ・ 鋼橋点検マニュアル：構造物品質保証技術協会，1991.4
- ・ 既設橋梁の耐荷力照査要領（案）：
- ・ 応力頻度測定要領（案）：（財）道路保全技術センター，H8.3
- ・ 建造物保守管理の標準（案）・同解説（鋼構造）：（財）鉄道総合技術研究所，S62.3
- ・ 阿部，杉館，小芝：鋼橋の点検・診断用システムと機器，橋梁と基礎，97-8
- ・ 阿部，杉館，小柴，伊藤：鋼鉄道橋の健全度評価手法，橋梁振動'97 論文集