

## 第2編 耐久性評価

## 第2編 耐久性評価

1. はじめに .....	2-1
2. 疲労評価基準に基づく照査事例 .....	2-2
3. 既設橋の耐久性評価 .....	2-70
3. 1 耐久性の定義 .....	2-70
3. 2 耐久性評価の流れ .....	2-70
3. 3 評価のための実働応力測定方法 .....	2-71
3. 4 評価のためのゲージ貼付位置 .....	2-71
3. 5 評価方法 .....	2-76
3. 6 評価事例 .....	2-79
4. 付属物の耐久性評価 .....	2-83
5. おわりに .....	2-84

### WGメンバー

山田 節也 ((株) 神戸製鉄所)  
小芝 明弘 ((株) B.M.C.)  
明石 直光 ((株) 総合技術コンサルタント)  
吉田 秀晃 (オイレス工業 (株))  
田中 健治 (石川島播磨重工業 (株))  
前田 和裕 ((株) オリエンタルコンサルタンツ)  
竹渕 敏郎 (川田工業 (株))  
森田 泰玄 (川口金属工業 (株))  
清水 賢二 ((株) 片平エンジニアリング)  
松下 政弘 ((株) 栗本鉄工所)

## 1. はじめに

近年、鋼道路橋において、疲労や腐食劣化といった耐久性に関わる損傷への対応が重要な課題となっており、現状の厳しい重交通の実態を考慮したとき、従来の疲労被害の拡大が懸念されることから、「道路橋示方書」が平成 14 年 3 月付で改定された。このなかの「設計の基本理念」で、新設橋梁では構造物の耐久性と維持管理の容易さなどを考慮しなければならないとされており、繰返し荷重による疲労の影響、点検、調査及び補修・補強作業の容易さなどを考慮することになった。

ここでは特に疲労に対する耐久性に着目しており、設計上での疲労照査の流れ、および照査事例として、1)単純非合成钣桁 2)単純合成少数钣桁 3)2 径間連続鋼床版箱桁 の 3 ケースをまとめた。また、既設橋梁の耐久性評価に関して、測定方法、評価方法について言及している。

## 2. 疲労照査基準に基づく照査事例

### 2.1 疲労照査基準と照査方法

本章で扱う照査事例は道路橋を対象としたものであり、疲労照査基準として『鋼道路橋の疲労設計指針（平成14年3月 日本道路協会）』を適用する。

『鋼道路橋の疲労設計指針（平成14年3月 日本道路協会）』の疲労設計方法  
本指針による疲労設計の流れを図-2.1に示す。

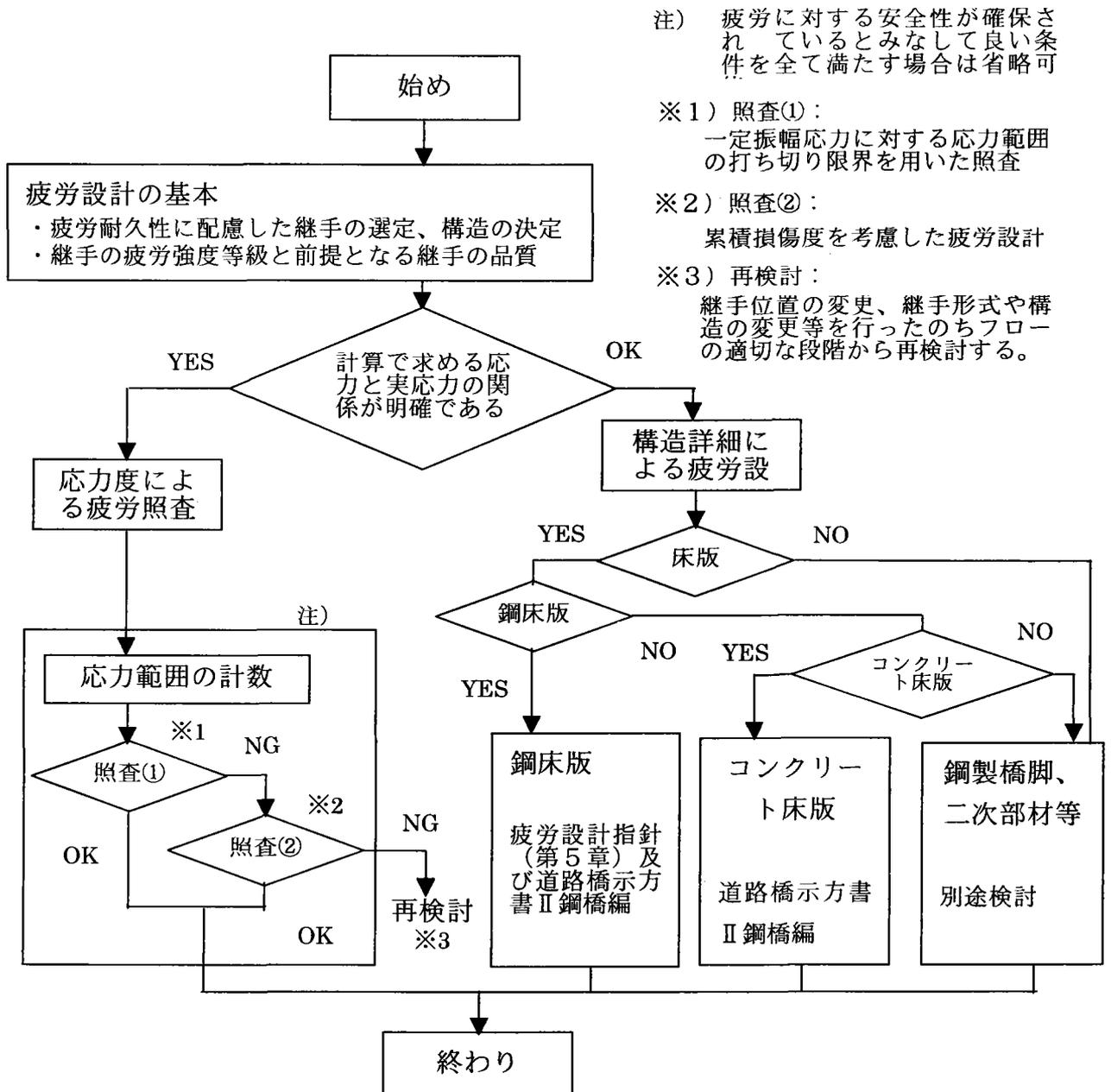


図-2.1 疲労設計の流れ(鋼道路橋の疲労設計指針)

照査①、照査②の詳細フローチャートを図-2.2に示す。本照査では、一定振幅応力の打切り限界を用いた各部材の疲労照査（簡便な疲労照査）及び累積損傷度を考慮した疲労照査（詳細な照査）を行うものである。

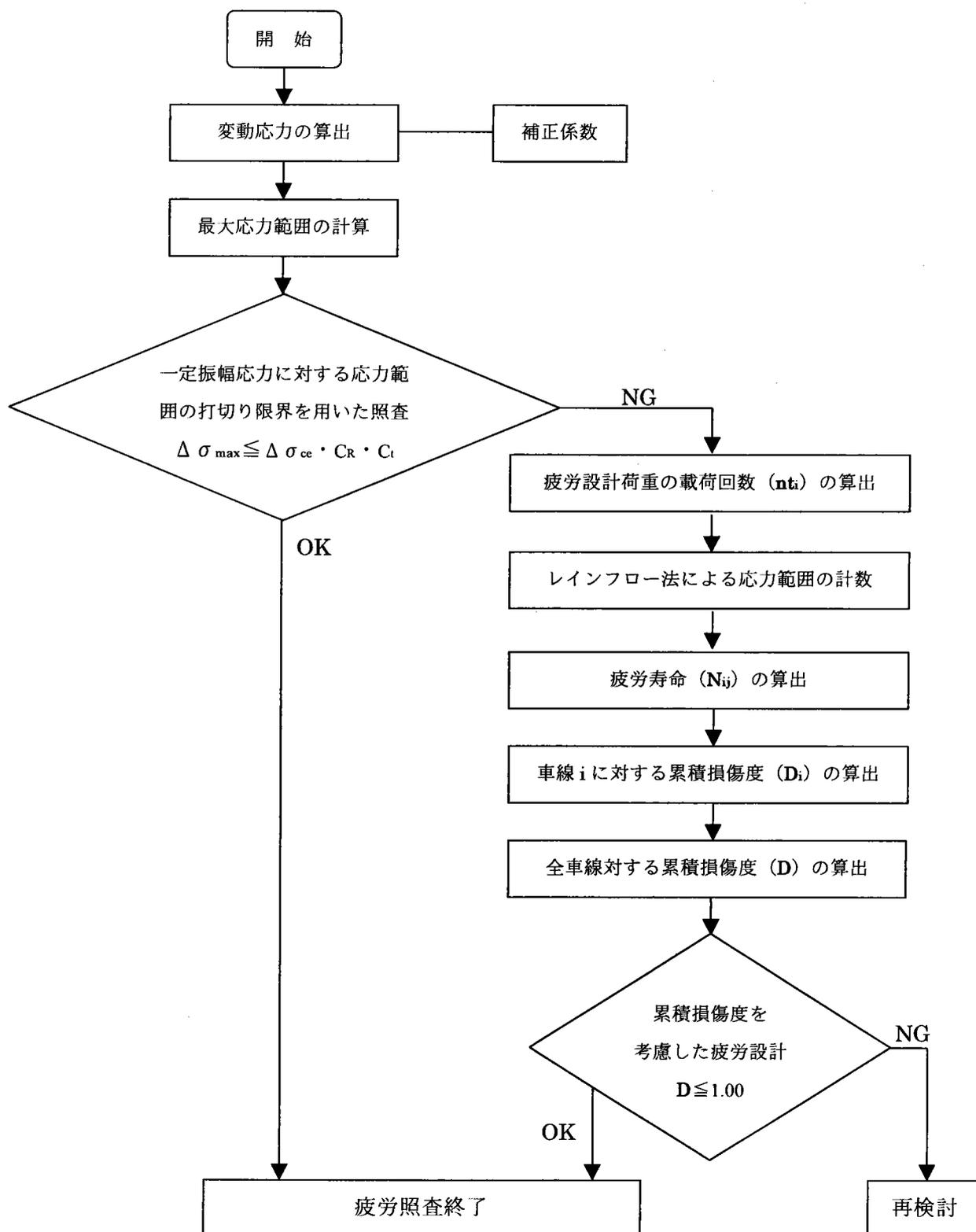


図-2.2 疲労設計の詳細フローチャート（照査①、②部）

以下に疲労照査の要領を示す。

## 1. 疲労設計荷重

疲労設計に用いる自動車荷重は、道路橋示方書に規定する自動車荷重 (T=200kN) に補正を行ったものを用いる。

## 2. 変動応力の算出

### (1) 変動応力の算出

着目部位の変動応力は、疲労設計荷重を車線中央に載荷し、橋軸方向に移動載荷させて算出するものとする。

解析モデルは詳細設計時のものを使用する。断面力算出は既存の格点(位置)とする。

### (2) 変動応力の補正

#### 1) 活荷重補正係数

変動応力の算出に当り、部材毎・断面力成分毎に活荷重補正係数  $\gamma_T$  を考慮する。

$$\gamma_T = \gamma_{T1} \times \gamma_{T2}$$

$\gamma_T$  : T 荷重補正係数

$$\gamma_{T1} = \log LB1 + 1.50 \quad (\text{ただし, } 2.00 \leq \gamma_{T1} \leq 3.00)$$

LB1 : 縦距最大の基線長 (m)

$\gamma_{T2}$  : 同時載荷係数

対象とする断面力の影響線が正負交番する場合は  $\gamma_{T2} = 1.00$

対象とする断面力の影響線が同一符号となる場合は以下の値

表-2.1 正負交番しない影響線形状を有する部材の同時載荷係数  $\gamma_{T2}$

$ADTT_{SLi}$ \ $LB2$	$LB2 \leq 50m$	$50m < LB2$
$ADTT_{SLi} \leq 2000$	1.00	1.00
$2000 < ADTT_{SLi}$	1.00	1.10

LB2 : 同符号の基線長の和 (m)

ADTT<sub>SLi</sub> : 一方向一車線当りの日大型車交通量 (台 / (日・車線))

#### 2) 衝撃の影響

変形応力の算出に当っては、衝撃の影響を考慮するものとし、衝撃係数  $if$  は道路橋示方書に定める値の  $1/2$  を考慮する。

$$if = 10 / (50 + L)$$

L : 衝撃係数を求める際の支間長 (m)

### 3) 構造解析係数

変動応力の算出にあたっては、以下の構造解析係数  $\alpha$  を考慮する。

表-2.2 各種解析手法と主構造に対する構造解析係数  $\gamma_a$

構造形式	解析手法	構造解析係数 $\gamma_a$
コンクリート床版を有する鋼けたのうち、I形または箱形断面のもの (ただし、少数主けた橋を除く)	三次元 FEM 解析	1.0
	骨組解析または格子解析	0.8
鋼床版を有する鋼けたのうち I 形または箱形断面のもの	三次元 FEM 解析	1.0
	その他	1.0

### 3. 疲労照査

#### (1) 一定振幅応力の打ち切り限界を用いた疲労照査

変動応力により算出される応力範囲の最大値と一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界が下記の計算式を満足する場合、その継手は疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい。

$$\Delta \sigma_{\max} \leq \Delta \sigma_{ce} \cdot CR \cdot Ct \quad \text{道路橋の疲労設計指針} \cdots \cdots \text{式 (2.1)}$$

$$\Delta \sigma_{\max} = \sigma_{\max} - \Delta \sigma_{\min}$$

$\sigma_{\max}$  : 着目照査位置における最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{\min}$  : 着目照査位置における最小応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\Delta \sigma_{ce}$  : 一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

CR : 平均応力 (応力比) に関する補正係数

$$= 1.0 \quad (-1.0 < R < 1.0)$$

$$= 1.3 (1.0 - R) / (1.6 - R) \quad (R \leq -1.0)$$

$$= 1.3 \quad (R > 1.0)$$

(応力比  $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ )

Ct : 板厚に関する補正係数

$$= 4\sqrt{25/t}$$

板厚が 25mm を超える非仕上げの十字溶接継手 (荷重非伝達型, 荷重伝達型) とカバープレートをすみ肉溶接で取付けた溶接継手にもみ板厚による補正

(ただし、荷重非伝達型十字溶接継手及び完全溶込みの荷重伝達型十字溶接継手において、付加板の厚さが 12mm 以下の場合には適用しない。)

## (2) 累積損傷度を考慮した疲労設計

(1) を満足しない場合においても、以下の式を満足する場合には、その継手は疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい。このとき、変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界  $\Delta \sigma_{ve}$  以下の応力範囲については、その影響を無視してもよい。

$$D \leq 1.00$$

D：累積損傷度

$$D = \sum_i D_i$$

$D_i$ ：車線  $i$  に対する疲労設計荷重の移動載荷による累積損傷度

$$D_i = \sum_j (n_{ti} / N_{ij})$$

ここに、 $n_{ti}$ ：疲労設計荷重の載荷係数

$N_{ij}$ ：疲労寿命

### 1) 疲労設計荷重の載荷回数 ( $n_{ti}$ ) の算出

$$n_{ti} = ADTTS_{Li} \cdot \gamma_n \cdot 365 \cdot Y$$

$n_{ti}$ ：設計で考慮する期間に考慮する疲労設計荷重の載荷回数

$ADTTS_{Li}$ ：一方向一車線（車線  $i$ ）あたりの日大型車交通量

$$ADTTS_{Li} = ADTT / nL \times \gamma_L$$

$\gamma_n$ ：頻度補正係数 (=0.03)

$Y$ ：設計で考慮する期間（年）

$ADTT$ ：一方向当りの日大型車交通量（台/日・1方向）

$nL$ ：車線数（=1車線）

$\gamma_L$ ：車線交通量の偏りを考慮する為の係数（偏りが無い場合には1.0）

### 2) 疲労寿命 ( $N_{ij}$ ) の算出

$$N_{ij} = C_0 \cdot (CR \cdot C_t)^m / \Delta \sigma_{ij}^m$$

$C_0$ ：疲労設計曲線を表すための定数

$$2 \times 10^6 \cdot \Delta \sigma_f^m$$

$\Delta \sigma_f$ ： $2 \times 10^6$ 回基本許容応力範囲

$\Delta \sigma_{ij}$ ：レインフロー法により求められた車線  $i$  に対する  $j$  番目の応力範囲

$m$ ：疲労設計曲線の傾きを表すための係数

(3) 基本許容応力範囲

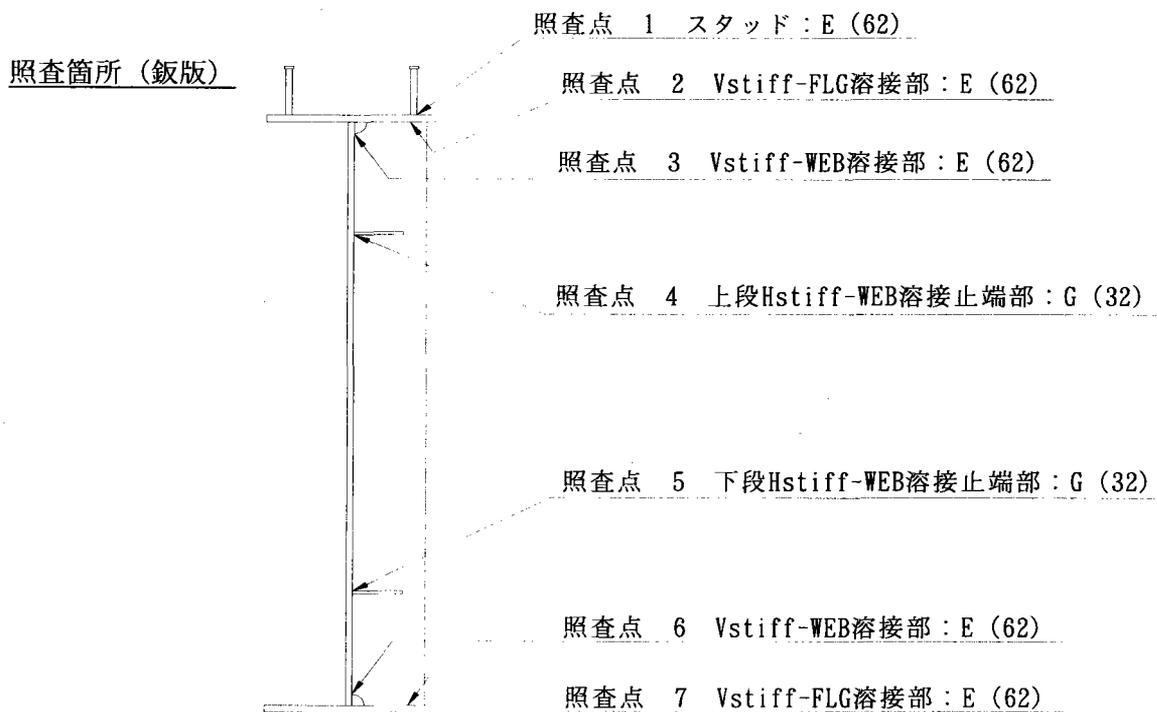
直応力を受ける継手の基本応力範囲は、下記の通りとする。

表-2.3 各種解析手法と主構造に対する構造解析係数  $\gamma_a$

強度等級	2×10 <sup>6</sup> 回 基本許容応力範囲 $\Delta \sigma_f$ (N/mm <sup>2</sup> )	一定振幅応力 $\Delta \sigma_{ce}$ (N/mm <sup>2</sup> )	変動振幅応力 $\Delta \sigma_{ve}$ (N/mm <sup>2</sup> )
D	100	84	39
E	80	62	29
F	65	46	21
G	50	32	15

4. 疲労照査箇所

鉸桁の場合の疲労照査を行う対象部位を図-2.3、また、継手の強度等級、及び応力打ち切り限界を表-4に示す。



( )内数値は応力打ち切り限界一定振幅応力  $\Delta \sigma_{ce}$

図-2.3 疲労照査部位 (鉸桁の場合)

表-2.4 照査位置の強度等級、応力打ち切り限界（钣桁の場合）

（単位：N/mm<sup>2</sup>）

照査位置	強度等級 $\Delta \sigma f$	応力打ち切り限界 一定振幅応力 $\Delta \sigma ce$	継手の種類
スタッド	E (80)	62	スタッドを溶接した継手 主板断面
Hstiff 溶接止端部	G (50)	32	ガセット溶接継手 面外ガセット すみ肉溶接継手 ( $l > 100\text{mm}$ )
Vstiff-WEB 溶接部	E (80)	62	十字溶接継手 荷重非伝達型 非仕上げすみ肉溶接継手
Vstiff-FLG 溶接部	E (80)	62	十字溶接継手 荷重非伝達型 非仕上げすみ肉溶接継手

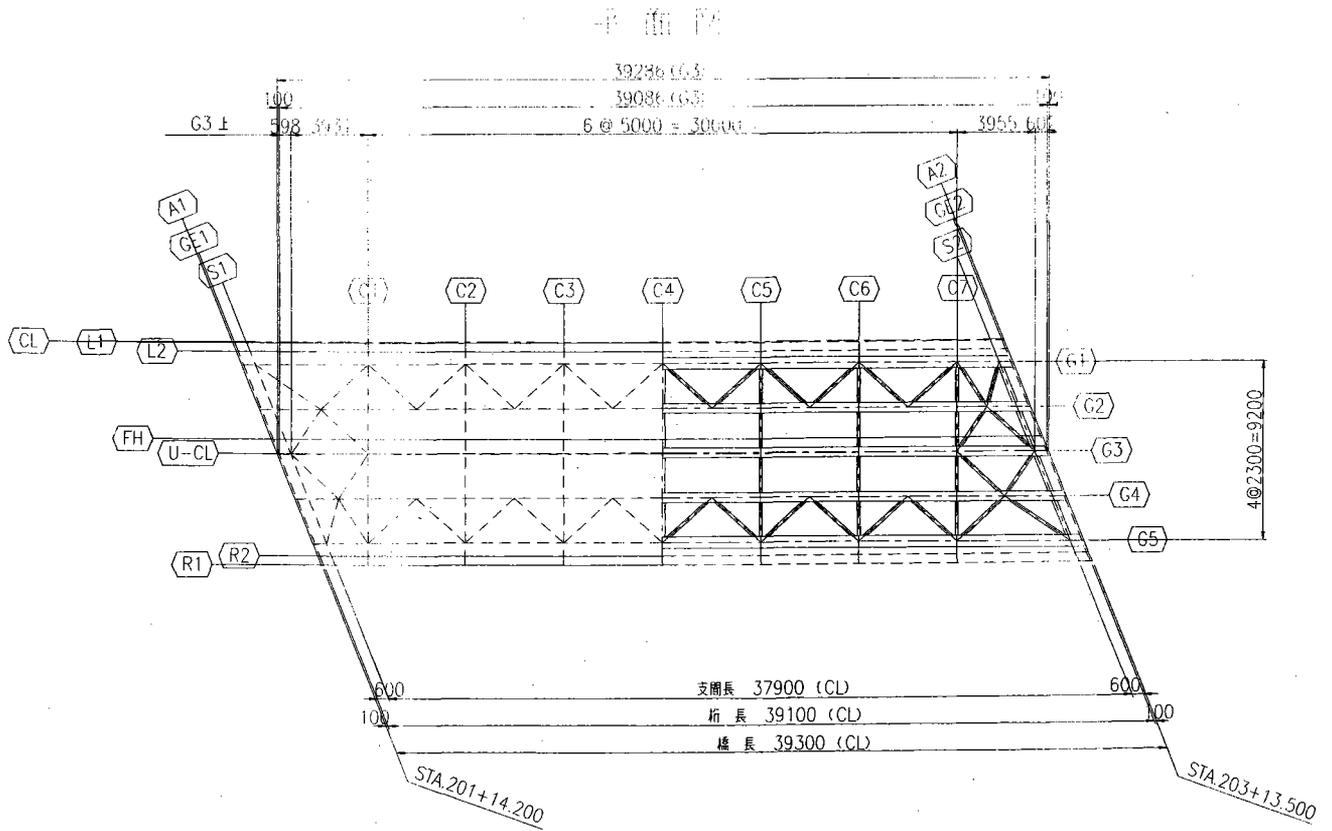
## 2.2 照査事例

本報告書では下記に示す橋梁形式について疲労照査事例を示す。

- イ) 単純非合成鈹桁（5主桁）
- ロ) 単純合成少数鈹桁（2主桁）
- ハ) 2径間連続鋼床版箱桁（2主桁）

## 2.2.1 単純非合成鉄桁（5主桁）の疲労照査事例

### 1. 橋梁一般図





### 3.疲労照査（主桁）

#### 3-1. 主要部材の疲労設計照査の必要性の判定

- ・橋梁形式            単純非合成鉄桁橋
- ・支間長             37.886 m
- ・ADTT<sub>SLi</sub>           1154 台

よって疲労設計の照査を行なう。

#### 3-2 疲労照査用条件

##### （1）設計供用期間・載荷荷重

- ・設計供用期間：100 年
- ・大型交通量    : ADTT<sub>SLi</sub> = 1154台（一方向一車線当たりの日大型車設計交通量）
- ・疲労設計用載荷荷重 = (T荷重) \* (1 + i<sub>f</sub>)

T荷重：200 kN

i<sub>f</sub>    : 衝撃係数 i<sub>f</sub> = 10 / (50 + L)    L: 衝撃係数を求めるときの支間長(m)

- ・活荷重補正係数

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$                     (係数は、応力範囲算出時に乗じる)

$\gamma_{T1}$     : T荷重補正係数

$\gamma_{T1} = \text{Log } L_{B1} + 1.50$     (ただし  $2.00 \leq \gamma_{T1} \leq 3.00$ )

L<sub>B1</sub>    : T荷重補正係数算出時の基線長(m)

※  $\gamma_{T1}$ は、小数点第3位を四捨五入する。

$\gamma_{T2}$     : 同時載荷係数

正負交番しない影響線形状を有する部材の同時載荷係数  $\gamma_{T2}$

	L <sub>B2</sub> ≤ 50m	50m < L <sub>B2</sub>
ADTT <sub>SLi</sub> ≤ 2000	1.0	1.0
2000 < ADTT <sub>SLi</sub>	1.0	1.1

L<sub>B2</sub>    : 同時載荷係数算出時の基線長(m)

ADTT<sub>SLi</sub> : 一方向一車線当たりの日大型車設計交通量 (台 / (日・車線))

## (2) 応力度の計算方法（一般式）

$$\sigma = \frac{R_c}{R_i} * \left[ \frac{N}{A} + \frac{M_x * (y * I_y + x * I_{xy}) + M_y * (x * I_x + y * I_{xy})}{I_x * I_y - I_{xy}^2} \right] * \gamma_a$$

ここに

- $\sigma$  : 作用応力度
- $R_c$  : 中立軸までの曲率半径
- $R_i$  : 照査位置までの曲率半径
- $N$  : 軸力
- $M_x$  : 面内曲げモーメント
- $M_y$  : 面外曲げモーメント
- $A$  : 断面積
- $I_x$  : x 軸回りの断面 2 次モーメント
- $I_y$  : y 軸回りの断面 2 次モーメント
- $I_{xy}$  : 相乗モーメント
- $x$  : 中立軸より照査位置までの x 軸方向の距離
- $y$  : 中立軸より照査位置までの y 軸方向の距離
- $\gamma_a$  : 構造解析係数  $\gamma_a = 0.8$  RC 床版鉄げた・箱げた（小数主げた橋を除く）  
 $\gamma_a = 1.0$  その他の形式

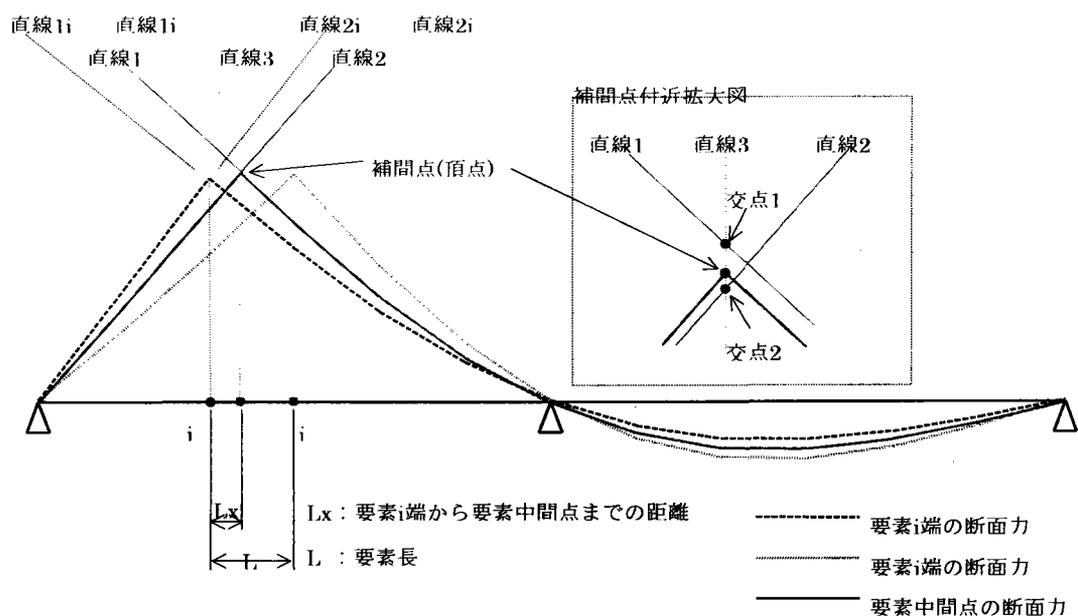
## (3) 要素中間点断面力の補間方法について

要素中間点の断面力は、所属する要素 ij 端の断面力より補間にて求める。

面内曲げ( $M_x$ )の頂点の補間方法は以下のとおり

1. 要素 ij 端の断面力（影響線）の頂点部を抽出する。
2. 「直線 1i」「直線 1j」の変化量と、距離比  $L_x/L$  から「直線 1」を求める。
3. 「直線 2i」「直線 2j」の変化量と、距離比  $L_x/L$  から「直線 2」を求める。
4. 「直線 1」と「直線 3」の交点を「交点 1」とする。
5. 「直線 2」と「直線 3」の交点を「交点 2」とする。
6. 「交点 1」「交点 2」と、距離比  $L_x/L$  から要素中間点の補間点(頂点)を求める。

$$\text{補間点(頂点)} = \text{交点 2} + (\text{交点 1} - \text{交点 2}) * L_x / L$$



図の頂点以外については、要素  $ij$  端の断面力と距離比  $L_x/L$  より 1 次補間で求める。

### 3-3. 疲労照査位置および継手の強度等級

照査点 番号	照査点名称	強度等級	板厚による 補正の有無	継手の種類
1	上フランジと垂直補剛材	E	有	十字継手
2	下フランジと垂直補剛材	E	有	十字継手
3	主桁腹板と上フランジ	D	無	
4	主桁腹板と下フランジ	D	無	
5	主桁腹板(上)と垂直補剛材	E	有	十字継手
6	主桁腹板(下)と垂直補剛材	E	有	十字継手
7	主桁水平補剛材(上側)	G	有	
8	横桁コネクション(上側)	G	有	
9	横桁コネクション(下側)	G	有	
10	横構がセット	G	有	

### 3-4. 詳細計算

代表部のみ詳細な計算結果を表示し、その他は、表出力とする。

代表部一覧

代表No	桁名	格点名	照査点名称	等級
1	G-2	2002	横構がット	G
2	G-2	2003	横構がット	G

1) 代表部 No.1 桁名=G-2、格点名=2002、横構がセツト、G等級

(1)断面諸量

単位(m, m<sup>2</sup>, m<sup>4</sup>)

Rc	Ri	A	Ix	Iy	Ixy	x	y
-----	-----	-----	0.039203	-----	-----	---	0.8935

(2)断面力と応力度

応力度算出時の構造解析係数  $\gamma_a = 0.8$

単位(kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

載荷	車線 1		車線 2	
横断	Mx	$\sigma$	Mx	$\sigma$
1	0.0	0	0.0	0
2	506.6	9	16.8	0
3	351.5	6	38.7	1
4	218.3	4	54.3	1
5	116.6	2	60.7	1
6	52.2	1	55.9	1
7	18.5	0	41.8	1
8	4.9	0	21.3	0
9	0.0	0	0.0	0

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$

車線i	L <sub>B1</sub> (m)	Log L <sub>B1</sub> +1.50	$\gamma_{T1}$	L <sub>B2</sub> (m)	$\gamma_{T2}$	$\gamma_T$
1	37.886	3.08	3.00	37.886	1.00	3.00
2	37.886	3.08	3.00	37.886	1.00	3.00

### (3) 応力範囲の計算

・ 応力範囲

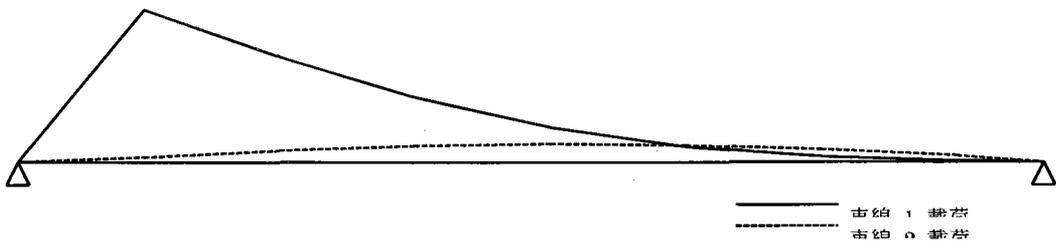
$$\text{基本式 } \Delta \sigma_{i,j} = |\sigma_{i,k1} - \sigma_{i,k2}| * \gamma_{T(i)}$$

ここに  $\Delta \sigma_{i,j}$ : 応力範囲  $i$ は車線番号、 $j$ は応力範囲の番号

$\sigma_{i,k1}$ : 最大応力度  $i$ は車線番号、 $k1$ は載荷横断番号

$\sigma_{i,k2}$ : 最小応力度  $i$ は車線番号、 $k2$ は載荷横断番号

$\gamma_{T(i)}$ : 活荷重補正係数  $i$ は車線番号



$$\Delta \sigma_{1,1} = |\sigma_{1,2} - \sigma_{1,1}| * \gamma_{T(1)} = |(9) - (0)| * 3.00 = 28 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{2,1} = |\sigma_{2,5} - \sigma_{2,1}| * \gamma_{T(2)} = |(1) - (0)| * 3.00 = 3 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{最大応力範囲 } \Delta \sigma_{\max} = \Delta \sigma_{1,1} = 28 \text{ N/mm}^2$$

### (4) 補正係数

・ 平均応力度に関する補正係数  $C_R$

単位 (kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

断面力ケース	Mx	$\sigma$	$\gamma_T$	$\sigma * \gamma_T$
死荷重	1719.4	39	---	---
T荷重最大	506.6	9	3.00	28
T荷重最小	0.0	0	3.00	0

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最大 } \sigma_{\max} = (39) + (28) = 67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最小 } \sigma_{\min} = (39) + (0) = 39 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{応力比 } R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 39 / 67 = 0.59 \quad (-1.00 < R < 1.00)$$

$$\therefore C_R = 1.00$$

・ 板厚に関する補正係数  $C_t$

母材板厚 11mm 付加板厚 9mm

$$\therefore C_t = 1.00 \quad (\text{母材板厚} = 11\text{mm} \leq 25\text{mm})$$

(5)一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査（簡便な疲労照査）

・仕上げ前（強度等級 G）

一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

$$\Delta \sigma_{ce} = 32 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲

$$\Delta \sigma_{max} = 28 \text{ N/mm}^2 \leq \Delta \sigma_{ce} * C_R * C_t = 32 * 1.00 * 1.00 = 32 \quad \text{OK}$$

2) 代表部 No.2 桁名=G-2、格点名=2003、横構がセツト、G等級

(1)断面諸量

単位(m, m<sup>2</sup>, m<sup>4</sup>)

Rc	Ri	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>xy</sub>	x	y
-----	-----	-----	0.039203	-----	-----	---	0.8935

(2)断面力と応力度

応力度算出時の構造解析係数  $\gamma_a = 0.8$

単位(kN・m, N/mm<sup>2</sup>)

載荷 横断	車線1		車線2	
	M <sub>x</sub>	$\sigma$	M <sub>x</sub>	$\sigma$
1	0.0	0	0.0	0
2	339.4	6	34.2	1
3	714.3	13	78.6	1
4	443.6	8	110.4	2
5	236.9	4	123.4	2
6	106.0	2	113.7	2
7	37.6	1	85.0	2
8	10.0	0	43.2	1
9	0.0	0	0.0	0

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$

車線i	L <sub>B1</sub> (m)	Log L <sub>B1</sub> +1.50	$\gamma_{T1}$	L <sub>B2</sub> (m)	$\gamma_{T2}$	$\gamma_T$
1	37.886	3.08	3.00	37.886	1.00	3.00
2	37.886	3.08	3.00	37.886	1.00	3.00

(3) 応力範囲の計算

・ 応力範囲

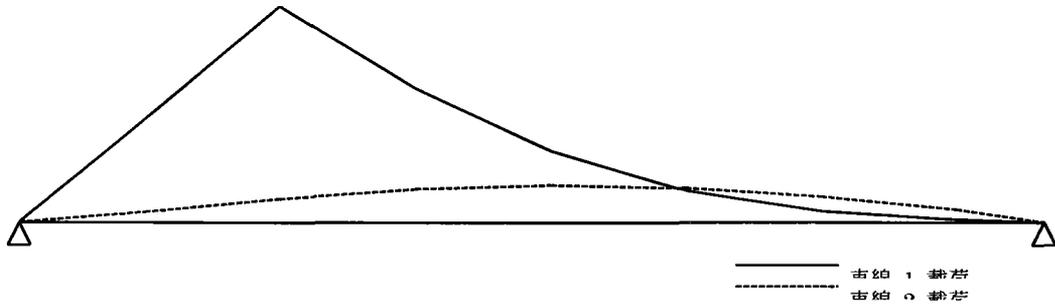
基本式  $\Delta\sigma_{i,j} = |\sigma_{i,k1} - \sigma_{i,k2}| * \gamma_{T(i)}$

ここに  $\Delta\sigma_{i,j}$ : 応力範囲  $i$ は車線番号、 $j$ は応力範囲の番号

$\sigma_{i,k1}$ : 最大応力度  $i$ は車線番号、 $k1$ は载荷横断番号

$\sigma_{i,k2}$ : 最小応力度  $i$ は車線番号、 $k2$ は载荷横断番号

$\gamma_{T(i)}$ : 活荷重補正係数  $i$ は車線番号



$\Delta\sigma_{1,1} = |\sigma_{1,3} - \sigma_{1,1}| * \gamma_{T(1)} = |(13) - (0)| * 3.00 = 39 \text{ N/mm}^2$

$\Delta\sigma_{2,1} = |\sigma_{2,5} - \sigma_{2,1}| * \gamma_{T(2)} = |(2) - (0)| * 3.00 = 7 \text{ N/mm}^2$

最大応力範囲  $\Delta\sigma_{\max} = \Delta\sigma_{1,1} = 39 \text{ N/mm}^2$

(4) 補正係数

・ 平均応力度に関する補正係数  $C_R$

単位 (kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

断面力ケース	Mx	$\sigma$	$\gamma_T$	$\sigma * \gamma_T$
死荷重	3054.4	70	---	---
T荷重最大	714.3	13	3.00	39
T荷重最小	0.0	0	3.00	0

死荷重 + T荷重最大  $\sigma_{\max} = (70) + (39) = 109 \text{ N/mm}^2$

死荷重 + T荷重最小  $\sigma_{\min} = (70) + (0) = 70 \text{ N/mm}^2$

応力比  $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 70 / 109 = 0.64 \text{ } (-1.00 < R < 1.00)$

$\therefore C_R = 1.00$

・ 板厚に関する補正係数  $C_t$

母材板厚 11mm 付加板厚 9mm

$\therefore C_t = 1.00 \text{ (母材板厚} = 11\text{mm} \leq 25\text{mm)}$

(5)一定振幅応力に対する応力範囲の打切り限界を用いた照査（簡便な疲労照査）

・仕上げ前（強度等級 G）

一定振幅応力に対する応力範囲の打切り限界

$$\Delta \sigma_{ce} = 32 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲

$$\Delta \sigma_{\max} = 39 \text{ N/mm}^2 > \Delta \sigma_{ce} * C_R * C_t = 32 * 1.00 * 1.00 = 32 \quad \text{NG}$$

(6) 累積損傷度の照査（詳細な疲労照査）

$$\text{累積損傷度 } D = \sum D_{i,j}$$

ここに

D : 累積損傷度

i : 車線番号

j : 応力範囲番号

$D_{i,j}$ : 車線iの応力範囲のj番目による損傷度

$$D_{i,j} = nt_i / N_{i,j}$$

ここに

$nt_i$ : 応力範囲レベル $\Delta \sigma_{i,j}$ の頻度

$$nt_i = NT_i * 365 * \text{設計供用期間(年)}$$

ここに

$NT_i$ : 疲労設計荷重の頻度

$$NT_i = \text{ADTT}_{SLi} * \gamma_n$$

ここに

$\text{ADTT}_{SLi}$ : 一方向一車線当たりの日大型設計交通量（台 / (日・車線)）

$\gamma_n$ : 頻度補正係数 (= 0.03)

$N_{i,j}$ : 応力範囲レベル $\Delta \sigma_{i,j}$ に対する疲労寿命（応力繰返し数）

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta \sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta \sigma_{i,j}^m$$

（ただし  $\Delta \sigma_{i,j} \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t$  の場合  $N_{i,j} = \infty$ ）

ここに

$\Delta \sigma_f$ : 直応力に対する  $2*10^6$ 回基本許容応力範囲

$\Delta \sigma_{i,j}$ : 応力範囲

m: 疲労設計曲線の傾きを表す指数 直応力を受ける継手の場合 m=3

$\Delta \sigma_{ve}$ : 変動振幅応力に対する応力範囲の打切り限界

・仕上げ前（強度等級 G）

$$NT_i = ADTT_{Sl,i} * \gamma_n = 1154 * 0.03 = 35$$

$$nt_i = NT_i * 365 * \text{設計供用期間(年)} = 35 * 365 * 100 = 1.26E+6$$

$$\Delta \sigma_f = 50 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_f * C_R * C_t = 50 * 1.00 * 1.00 = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{ve} = 15 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 15 * 1.00 * 1.00 = 15 \text{ N/mm}^2$$

$m = 3$  （直応力を受ける継手の場合）

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta \sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta \sigma_{i,j}^m$$

$$N_{1,1} = 2 * 10^6 * 50^3 / 39^3 = 4.19E+6$$

$$N_{2,1} = \infty \quad (\sigma_{2,1} = 7 \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 15)$$

累積損傷度  $D = 0.30 \leq 1.0$  OK

車線I	応力範囲j	$\Delta \sigma_{ij}$	$nt_i$	$N_{ij}$	$D_{ij}(=nt_i/N_{ij})$
1	1	39	1.26E+6	4.19E+6	0.30
2	1	7	1.26E+6	$\infty$	0.00
					合計 $D = 0.30$

3) G2桁の応力範囲の打切り限界を用いた照査応力

照査結果、G2、G4桁でOUTとなった。ここでは、G2桁の照査結果を一覧表で示す。

応力範囲と損傷度 (その1)

格点名	照査点	車線 番号 (i)	応力範囲 番号 (j)	最大応力 $\sigma_{ik1}$	最小応力 $\sigma_{ik2}$	補正係数 $r_t$	応力範囲 $\Delta\sigma$	仕上げ前		設計繰返し 回数 nti	繰返し 回数 Nij	損傷度 $D_{ij} = n_{ti}/N_{ij}$	
								打切り限界 $\Delta\sigma_{ce*Cr*Cr}$	打切り 判定				
2002	1	1	1	0	-11	3	33	81	OK				
		2	1	0	-1	3	4	81	OK				
	2	1	1	12	0	3	36	62	OK				
		2	1	1	0	3	4	62	OK				
	3	1	1	0	-11	3	33	109	OK				
		2	1	0	-1	3	4	109	OK				
	4	1	1	12	0	3	36	84	OK				
		2	1	1	0	3	4	84	OK				
	5	1	1	0	-11	3	33	81	OK				
		2	1	0	-1	3	4	81	OK				
	6	1	1	12	0	3	36	62	OK				
		2	1	1	0	3	4	62	OK				
	7	1	1	0	-6	3	19	42	OK				
		2	1	0	-1	3	2	42	OK				
	10	1	1	9	0	3	28	32	OK				
		2	1	1	0	3	3	32	OK				
	2003	1	1	1	0	-15	3	48	81	OK			
			2	1	0	-3	3	8	81	OK			
		2	1	1	17	0	3	50	62	OK			
			2	1	3	0	3	9	62	OK			
3		1	1	0	-15	3	46	109	OK				
		2	1	0	-3	3	8	109	OK				
4		1	1	17	0	3	50	84	OK				
		2	1	3	0	3	9	84	OK				
5		1	1	0	-15	3	48	81	OK				
		2	1	0	-3	3	8	81	OK				
6		1	1	17	0	3	50	62	OK				
		2	1	3	0	3	9	62	OK				
7		1	1	0	-9	3	27	42	OK				
		2	1	0	-2	3	5	42	OK				
10		1	1	13	0	3	39	32	NG	1.26E+08	4.19E+06	0.3	
		2	1	2	0	3	7	32	OK	1.26E+08	$\infty$	0	

応力範囲と損傷度 (その2)

格点名	照査点	車線 番号 (i)	応力範囲 番号 (j)	最大応力 $\sigma_{ik1}$	最小応力 $\sigma_{ik2}$	補正係数 $r_t$	応力範囲 $\Delta\sigma$	仕上げ前		設計繰返し 回数 nti	繰返し 回数 Nij	損傷度 $D_{ij} = n_{ti}/N_{ij}$	
								打切り限界 $\Delta\sigma_{ce*Cr*Cr}$	打切り 判定				
2004	1	1	1	0	-14	3	42	81	OK				
		2	1	0	-4	3	12	81	OK				
	2	1	1	14	0	3	43	62	OK				
		2	1	4	0	3	12	62	OK				
	3	1	1	0	-14	3	42	109	OK				
		2	1	0	-4	3	12	109	OK				
	4	1	1	14	0	3	43	84	OK				
		2	1	4	0	3	12	84	OK				
	5	1	1	0	-14	3	42	81	OK				
		2	1	0	-4	3	12	81	OK				
	6	1	1	14	0	3	43	62	OK				
		2	1	4	0	3	12	62	OK				
	7	1	1	0	-8	3	25	42	OK				
		2	1	0	-2	3	7	42	OK				
	10	1	1	11	0	3	33	32	NG	1.26E+06	6.76E+06	0.19	
		2	1	3	0	3	9	32	OK	1.26E+06	$\infty$	0	
	2005	1	1	1	0	-10	3	30	81	OK			
			2	1	0	-5	3	16	81	OK			
		2	1	1	10	0	3	31	62	OK			
			2	1	5	0	3	16	62	OK			
3		1	1	0	-10	3	30	109	OK				
		2	1	0	-5	3	16	109	OK				
4		1	1	10	0	3	31	84	OK				
		2	1	5	0	3	16	84	OK				
5		1	1	0	-10	3	30	81	OK				
		2	1	0	-5	3	16	81	OK				
6		1	1	10	0	3	31	62	OK				
		2	1	5	0	3	16	62	OK				
7		1	1	0	-6	3	18	42	OK				
		2	1	0	-3	3	9	42	OK				
10		1	1	8	0	3	24	32	OK				
		2	1	4	0	3	12	32	OK				

応力範囲と損傷度 (その3)

格点名	照査点	車線 番号	応力範囲 番号	最大応力 $\sigma_{ik1}$	最小応力 $\sigma_{ik2}$	補正係数 $\gamma_t$	応力範囲 $\Delta\sigma$	仕上げ前		設計繰返し 回数 $n_{ti}$	繰返し 回数 $N_{ij}$	損傷度 $D_{ij} = n_{ti}/N_{ij}$
								$\Delta\sigma_{ce+Cr+Ct}$	打切り 判定			
2006	1	1	1	0	-14	3	41	81	OK			
		2	1	0	-4	3	11	81	OK			
	2	1	1	14	0	3	42	82	OK			
		2	1	4	0	3	12	62	OK			
	3	1	1	0	-14	3	41	109	OK			
		2	1	0	-4	3	11	109	OK			
	4	1	1	14	0	3	42	84	OK			
		2	1	4	0	3	12	84	OK			
	5	1	1	0	-14	3	41	81	OK			
		2	1	0	-4	3	11	81	OK			
6	1	1	14	0	3	42	62	OK				
	2	1	4	0	3	12	62	OK				
7	1	1	0	-8	3	25	42	OK				
	2	1	0	-2	3	7	42	OK				
10	1	1	11	0	3	33	32	NG	1.26E+06	7.26E+06	0.17	
	2	1	3	0	3	9	32	OK	1.26E+06	$\infty$	0	
2007	1	1	1	0	-15	3	45	81	OK			
		2	1	0	-3	3	8	81	OK			
	2	1	1	16	0	3	49	82	OK			
		2	1	3	0	3	8	82	OK			
	3	1	1	0	-15	3	45	109	OK			
		2	1	0	-3	3	8	109	OK			
	4	1	1	16	0	3	49	84	OK			
		2	1	3	0	3	8	84	OK			
	5	1	1	0	-15	3	45	81	OK			
		2	1	0	-3	3	8	81	OK			
6	1	1	16	0	3	49	82	OK				
	2	1	3	0	3	8	82	OK				
7	1	1	0	-9	3	26	42	OK				
	2	1	0	-1	3	4	42	OK				
10	1	1	13	0	3	38	32	NG	1.26E+06	4.51E+06	0.28	
	2	1	2	0	3	7	32	OK	1.26E+06	$\infty$	0	

応力範囲と損傷度 (その4)

格点名	照査点	車線 番号	応力範囲 番号	最大応力 $\sigma_{ik1}$	最小応力 $\sigma_{ik2}$	補正係数 $\gamma_t$	応力範囲 $\Delta\sigma$	仕上げ前		設計繰返し 回数 $n_{ti}$	繰返し 回数 $N_{ij}$	損傷度 $D_{ij} = n_{ti}/N_{ij}$
								$\Delta\sigma_{ce+Cr+Ct}$	打切り 判定			
2008	1	1	1	0	-8	3	24	81	OK			
		2	1	0	-1	3	3	81	OK			
	2	1	1	9	0	3	27	62	OK			
		2	1	1	0	3	3	62	OK			
	3	1	1	0	-8	3	24	109	OK			
		2	1	0	-1	3	3	109	OK			
	4	1	1	9	0	3	27	84	OK			
		2	1	1	0	3	3	84	OK			
	5	1	1	0	-8	3	24	81	OK			
		2	1	0	-1	3	3	81	OK			
6	1	1	9	0	3	27	62	OK				
	2	1	1	0	3	3	62	OK				
7	1	1	0	-5	3	14	42	OK				
	2	1	0	-1	3	2	42	OK				
10	1	1	7	0	3	21	32	OK				
	2	1	1	0	3	2	32	OK				
J-1	3	1	1	0	-15	3	45	109	OK			
		2	1	0	-3	3	10	109	OK			
J-2	4	1	1	16	0	3	49	84	OK			
		2	1	4	0	3	11	84	OK			
4	1	1	1	0	-15	3	46	109	OK			
		2	1	0	-4	3	11	109	OK			
4	1	1	1	17	0	3	51	84	OK			
		2	1	4	0	3	12	84	OK			

階名	格点名 格点名 格点名	照査点-1		照査点-2		照査点-3		照査点-4		照査点-5		照査点-6		照査点-7		照査点-8		照査点-9		照査点-10			
		上フランシと壁 E等級 判定	直積剛材 累積損傷度 D = Σ Di,j	下フランシと壁 E等級 判定	直積剛材 累積損傷度 D = Σ Di,j	主桁壁板と上フランシ E等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	主桁壁板と下フランシ E等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	主桁壁板(上)と壁直積剛材 E等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	主桁壁板(下)と壁直積剛材 E等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	主桁水平積剛材(上動) G等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	横桁コナクッション(上動) G等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	横桁コナクッション(下動) G等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	横桁コナクッション(下動) G等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	横桁コナクッション(下動) G等級 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j
G-1	1001																						
	1002	10<C1		9<C2		10<I09		9<C4		10<C1		9<C2		8<C42								7<C32	
	1003	19<C1		17<C2		19<I09		17<C4		19<C1		17<C2		12<C42								13<C32	
	1004	25<C1		25<C2		25<I09		25<C4		25<C1		25<C2		15<C42								19<C32	
	1005	33<C1		33<C2		33<I09		33<C4		33<C1		33<C2		20<C42								25<C32	
	1006	23<C1		23<C2		23<I09		23<C4		23<C1		23<C2		14<C42								18<C32	
	1007	18<C1		18<C2		18<I09		18<C4		18<C1		18<C2		11<C42								14<C32	
	1008	5<C1		5<C2		5<I09		5<C4		5<C1		5<C2		3<C42								4<C32	
	1009																						
	J-1	*****	*****	*****	*****	24<I09		22<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
J-2	*****	*****	*****	*****	26<I09		28<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
G-2	2001																						
	2002	33<C1		36<C2		33<I09		36<C4		33<C1		36<C2		19<C42								28<C32	
	2003	46<C1		50<C2		46<I09		50<C4		46<C1		50<C2		27<C42								39<C32	
	2004	42<C1		43<C2		42<I09		43<C4		42<C1		43<C2		25<C42								39<C32	
	2005	30<C1		31<C2		30<I09		31<C4		30<C1		31<C2		18<C42								33<C32	
	2006	41<C1		42<C2		41<I09		42<C4		41<C1		42<C2		25<C42								24<C32	
	2007	45<C1		49<C2		45<I09		49<C4		45<C1		49<C2		26<C42								38<C32	
	2008	24<C1		27<C2		24<I09		27<C4		24<C1		27<C2		14<C42								21<C32	
	2009																						
	J-1	*****	*****	*****	*****	45<I09		49<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
J-2	*****	*****	*****	*****	48<I09		51<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
G-3	3001																						
	3002	18<C1		18<C2		18<I09		18<C4		18<C1		18<C2		9<C42								14<C32	
	3003	26<C1		31<C2		26<I09		31<C4		26<C1		31<C2		19<C42								24<C32	
	3004	28<C1		32<C2		28<I09		32<C4		28<C1		32<C2		16<C42								25<C32	
	3005	23<C1		24<C2		23<I09		24<C4		23<C1		24<C2		13<C42								21<C32	
	3006	27<C1		31<C2		27<I09		31<C4		27<C1		31<C2		16<C42								26<C32	
	3007	26<C1		30<C2		26<I09		30<C4		26<C1		30<C2		15<C42								23<C32	
	3008	16<C1		18<C2		16<I09		18<C4		16<C1		18<C2		9<C42								14<C32	
	3009																						
	J-1	*****	*****	*****	*****	28<I09		32<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
J-2	*****	*****	*****	*****	27<I09		32<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
G-4	4001																						
	4002	23<C1		28<C2		23<I09		28<C4		23<C1		26<C2		14<C42								21<C32	
	4003	44<C1		49<C2		44<I09		49<C4		44<C1		49<C2		26<C42								38<C32	
	4004	41<C1		42<C2		41<I09		42<C4		41<C1		42<C2		24<C42								32<C32	
	4005	30<C1		31<C2		30<I09		31<C4		30<C1		31<C2		18<C42								24<C32	
	4006	42<C1		43<C2		42<I09		43<C4		42<C1		43<C2		26<C42								33<C32	
	4007	47<C1		49<C2		47<I09		49<C4		47<C1		49<C2		26<C42								38<C32	
	4008	33<C1		35<C2		33<I09		35<C4		33<C1		35<C2		20<C42								27<C32	
	4009																						
	J-1	*****	*****	*****	*****	46<I09		51<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
J-2	*****	*****	*****	*****	47<I09		49<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
G-5	5001																						
	5002	5<C1		5<C2		5<I09		5<C4		5<C1		5<C2		3<C42								4<C32	
	5003	18<C1		18<C2		18<I09		18<C4		18<C1		18<C2		11<C42								14<C32	
	5004	24<C1		23<C2		24<I09		23<C4		24<C1		23<C2		14<C42								18<C32	
	5005	33<C1		33<C2		33<I09		33<C4		33<C1		33<C2		20<C42								26<C32	
	5006	25<C1		25<C2		25<I09		25<C4		25<C1		25<C2		19<C42								19<C32	
	5007	19<C1		17<C2		19<I09		17<C4		19<C1		17<C2		12<C42								13<C32	
	5008	10<C1		9<C2		10<I09		9<C4		10<C1		9<C2		6<C42								7<C32	
	5009																						
	J-1	*****	*****	*****	*****	28<I09		26<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
J-2	*****	*****	*****	*****	24<I09		22<C4		*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	

#### 4.疲労照査（横桁）

##### 4-1. 疲労照査位置および継手の強度等級

照査点 番号	照査点名称	強度等級	板厚による 補正の有無	継手の種類
1	上フランジと主桁腹板	E	有	十字継手
2	下フランジと主桁腹板	E	有	十字継手
3	横桁腹板と上フランジ	D	無	
4	横桁水平補剛材(上側)	G	有	

##### 4-2. 詳細計算

代表部のみ詳細な計算結果を表示し、その他は、表出力とする。

代表部一覧

代表No	桁名	要素名	照査点名称	等級
1	横桁	CR1-005(j端)	横桁水平補剛材(上側)	G

1) 代表部 No.1 桁名=横桁、要素名=CR1-005(j端)、横桁水平補剛材(上側)、G等級

(1)断面諸量

単位(m, m<sup>2</sup>, m<sup>4</sup>)

Rc	Ri	A	Ix	Iy	Ixy	x	y
-----	-----	-----	0.008351	-----	-----	---	-0.5370

(2)断面力と応力度

応力度算出時の構造解析係数  $\gamma_a = 0.5$

単位(kN・m, N/mm<sup>2</sup>)

載荷 横断	車線1		車線2	
	Mx	$\sigma$	Mx	$\sigma$
1	0.0	0	0.0	0
2	62.1	-2	13.4	0
3	122.0	-4	28.0	-1
4	163.6	-5	37.9	-1
5	177.4	-6	41.7	-1
6	157.6	-5	37.9	-1
7	110.6	-4	27.9	-1
8	46.3	-1	13.5	0
9	0.0	0	0.0	0

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$

車線i	L <sub>B1</sub> (m)	Log L <sub>B1</sub> +1.50	$\gamma_{T1}$	L <sub>B2</sub> (m)	$\gamma_{T2}$	$\gamma_T$
1	37.886	3.08	3.00	37.886	1.00	3.00
2	37.886	3.08	3.00	37.886	1.00	3.00

### (3) 応力範囲の計算

・ 応力範囲

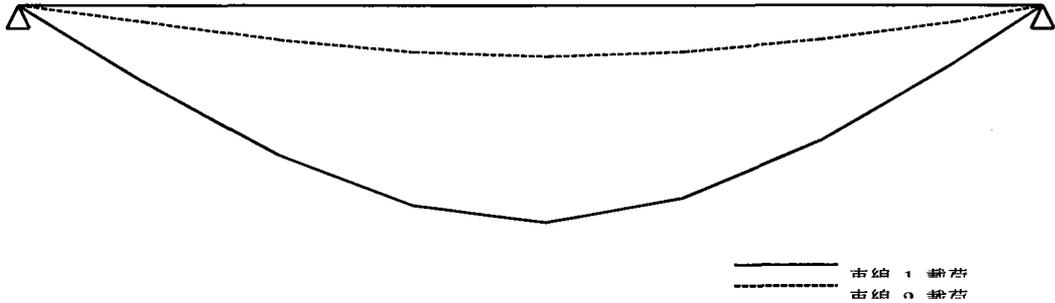
$$\text{基本式 } \Delta \sigma_{i,j} = | \sigma_{i,k1} - \sigma_{i,k2} | * \gamma_{T(i)}$$

ここに  $\Delta \sigma_{i,j}$ : 応力範囲  $i$ は車線番号、 $j$ は応力範囲の番号

$\sigma_{i,k1}$ : 最大応力度  $i$ は車線番号、 $k1$ は載荷横断番号

$\sigma_{i,k2}$ : 最小応力度  $i$ は車線番号、 $k2$ は載荷横断番号

$\gamma_{T(i)}$ : 活荷重補正係数  $i$ は車線番号



$$\Delta \sigma_{1,1} = | \sigma_{1,9} - \sigma_{1,5} | * \gamma_{T(1)} = | ( 0 ) - ( -6 ) | * 3.00 = 17 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{2,1} = | \sigma_{2,9} - \sigma_{2,5} | * \gamma_{T(2)} = | ( 0 ) - ( -1 ) | * 3.00 = 4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{最大応力範囲 } \Delta \sigma_{\max} = \Delta \sigma_{1,1} = 17 \text{ N/mm}^2$$

### (4) 補正係数

・ 平均応力度に関する補正係数  $C_R$

単位 (kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

断面力ケース	Mx	$\sigma$	$\gamma_T$	$\sigma * \gamma_T$
死荷重	-110.1	7	---	---
T荷重最大	0.0	0	3.00	0
T荷重最小	177.4	-6	3.00	-17

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最大 } \sigma_{\max} = ( 7 ) + ( 0 ) = 7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最小 } \sigma_{\min} = ( 7 ) + ( -17 ) = -10 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{応力比 } R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = -10 / 7 = -1.42 \quad (R \leq -1.00)$$

$$\therefore C_R = 1.3 * ( 1 - R ) / ( 1.6 - R )$$

$$= 1.3 * ( 1 - (-1.42) ) / ( 1.6 - (-1.42) ) = 1.04$$

・板厚に関する補正係数  $C_t$

母材板厚 9mm 付加板厚 0mm

$\therefore C_t = 1.00$  (母材板厚=9mm  $\leq$  25mm)

(5)一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査 (簡便な疲労照査)

・仕上げ前 (強度等級 G)

一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

$\Delta\sigma_{ce} = 32 \text{ N/mm}^2$

最大応力範囲

$\Delta\sigma_{max} = 17 \text{ N/mm}^2 \leq \Delta\sigma_{ce} * C_R * C_t = 32 * 1.04 * 1.00 = 33 \text{ OK}$

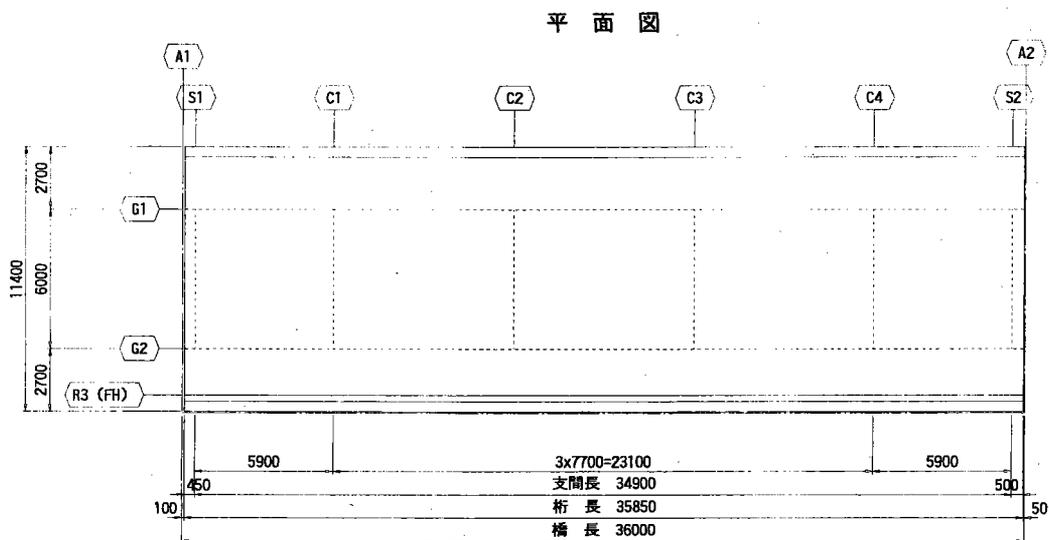
2) 応力範囲の打ち切り限界を用いた照査応力

照査結果一覧表を以下に示す。

要素名	格点名	照査点	車線	応力範囲		最大応力	最小応力	補正係数	応力範囲	仕上げ前		設計繰返し回数 nti	繰返し回数 Ni <sub>j</sub>	損傷度			
				番号	番号					$\sigma_{i,k1}$	$\sigma_{i,k2}$				$\Delta\sigma$	打ち切り判定	
CR1-005	J	2005	1	1	1	0	-10	3	29	85	OK						
				2	1	0	-2	3	7	85	OK						
			2	1	1	10	0	3	29	82	OK						
				2	1	2	0	3	7	82	OK						
			3	1	1	0	-10	3	29	87	OK						
				2	1	0	-2	3	7	87	OK						
			4	1	1	0	-8	3	17	33	OK						
				2	1	0	-1	3	4	33	OK						
CR2-005	I	3005	1	1	1	0	-10	3	29	85	OK						
				2	1	0	-2	3	7	85	OK						
			2	1	1	10	0	3	29	82	OK						
				2	1	2	0	3	7	82	OK						
			3	1	1	0	-10	3	29	87	OK						
				2	1	0	-2	3	7	87	OK						
			4	1	1	0	-8	3	17	33	OK						
				2	1	0	-1	3	4	33	OK						
			CR3-005	I	4005	1	1	1	0	-8	3	25	81	OK			
							2	1	0	-8	3	23	81	OK			
						2	1	1	8	0	3	25	82	OK			
							2	1	8	0	3	23	82	OK			
3	1	1				0	-8	3	25	109	OK						
	2	1				0	-8	3	23	109	OK						
4	1	1				0	-5	3	15	42	OK						
	2	1				0	-5	3	14	42	OK						
CR4-005	I	4005	1	1	1	0	-2	3	7	82	OK						
				2	1	0	-9	3	28	82	OK						
			2	1	1	2	0	3	7	84	OK						
				2	1	9	0	3	28	84	OK						
			3	1	1	0	-2	3	7	84	OK						
				2	1	0	-9	3	27	84	OK						
			4	1	1	0	-1	3	4	32	OK						
				2	1	0	-5	3	18	32	OK						
			CR4-005	I	4005	1	1	1	0	-2	3	7	82	OK			
							2	1	0	-9	3	28	82	OK			
						2	1	1	2	0	3	7	84	OK			
							2	1	9	0	3	28	84	OK			
3	1	1				0	-2	3	7	84	OK						
	2	1				0	-9	3	27	84	OK						
4	1	1				0	-1	3	4	32	OK						
	2	1				0	-5	3	16	32	OK						

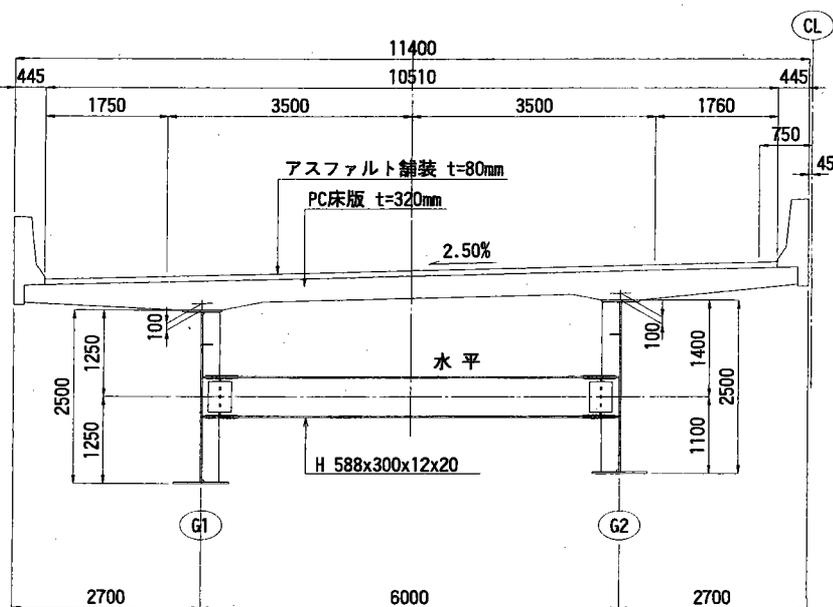
## 2.2.2 単純合成少数鉄桁（2主桁）の疲労照査事例

### 1. 橋梁一般図

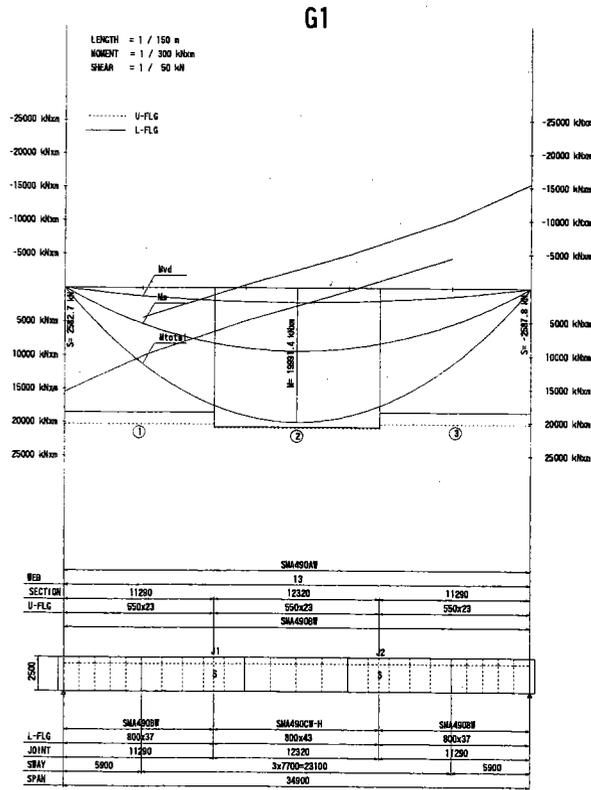


### 断面図

#### 中間横桁部

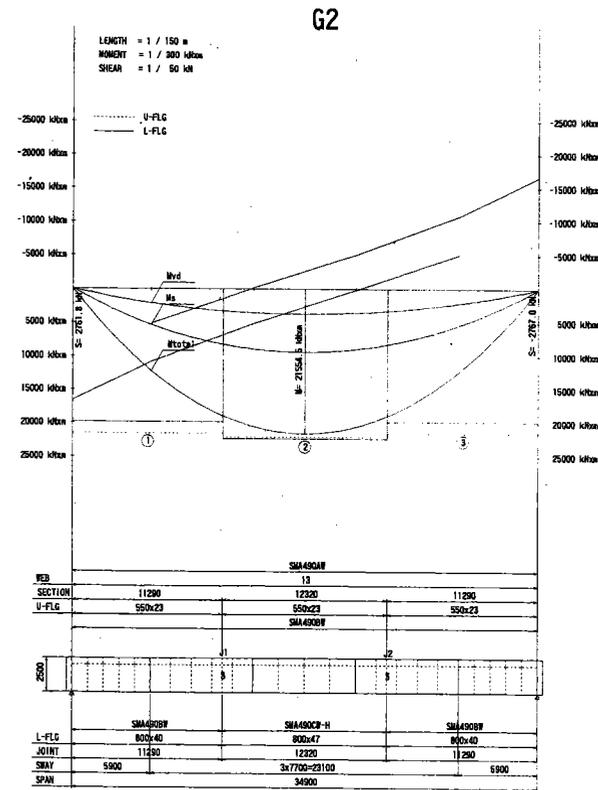


2.応力図



作用	①	②	③
曲げモーメント kNm	-0	1757	1991
せん断力 kN	2583	1075	-439
応力 $\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	0.0	-189.4	-189.2
力 $\sigma_u$	0.0	-208.9	-231.7
応力 $\sigma_l$	5.6	199.0	202.9
力 $\tau$	91.4	33.9	12.9
応力 $\sigma_{sa}$	211.0	199.6	199.6
力 $\sigma_{sa}$	210.0	241.5	241.5
応力 $\sigma_{ls}$	210.0	210.0	210.0
力 $\tau_s$	120.0	120.0	120.0
合成応力度の規程 $\leq 1.2$	0.49	0.92	0.92
継ぎ目剛性の規程 $\leq 1.0$	0.49	0.67	0.67
引張連結部の孔引応力度	208.8		208.8
断面決定要因	上フランジ 下フランジ	E A	E C

- 決定要因
- A: 引張応力度
  - B: 圧縮応力度
  - C: 孔引応力度
  - D: フランジ自由端出
  - E: フランジ板厚
  - F: 船殻
  - G: 船殻



作用	①	②	③
曲げモーメント kNm	-0	1895	2155
せん断力 kN	2782	1139	-439
応力 $\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	0.0	-189.1	-189.2
力 $\sigma_u$	0.0	-212.2	-235.5
応力 $\sigma_l$	5.4	200.7	202.7
力 $\tau$	87.2	35.3	13.9
応力 $\sigma_{sa}$	211.0	199.6	199.6
力 $\sigma_{sa}$	210.0	241.5	241.5
応力 $\sigma_{ls}$	210.0	210.0	210.0
力 $\tau_s$	120.0	120.0	120.0
合成応力度の規程 $\leq 1.2$	0.56	0.94	0.94
継ぎ目剛性の規程 $\leq 1.0$	0.56	0.70	0.66
引張連結部の孔引応力度	209.5		209.5
断面決定要因	上フランジ 下フランジ	E C	E C

- 決定要因
- A: 引張応力度
  - B: 圧縮応力度
  - C: 孔引応力度
  - E: フランジ板厚
  - F: 船殻
  - G: 船殻

### 3.疲労照査（主桁）

#### 3-1.疲労照査の必要性の判定

- ・ 橋梁形式            単純合成鉄桁橋
- ・ 使用継手            疲労強度等級 A～F 以外の等級に分類される継手も使用
- ・ 使用鋼種            SMA400W, SMA490W, SMA570W
- ・ 最小支間長        34.900 m
- ・  $ADDTT_{SLi}$         2863 台

よって疲労設計の照査を行なう。

#### 3-2. 疲労照査条件

##### (1) 設計供用期間・載荷荷重

- ・ 設計供用期間：100 年
- ・ 大型交通量： $ADDTT_{SLi} = 2863$ 台（一方向一車線当たりの日大型車設計交通量）
- ・ 疲労設計用載荷荷重 = (T 荷重) \* (1 +  $i_f$ )

T 荷重：200 kN

$i_f$ ：衝撃係数  $i_f = 10 / (50 + L)$     L: 衝撃係数を求めるときの支間長(m)

- ・ 活荷重補正係数

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$                     (係数は、応力範囲算出時に乗じる)

$\gamma_{T1}$ ：T 荷重補正係数

$\gamma_{T1} = \text{Log } L_{B1} + 1.50$     (ただし  $2.00 \leq \gamma_{T1} \leq 3.00$ )

$L_{B1}$ ：T 荷重補正係数算出時の基線長(m)

※  $\gamma_{T1}$ は、少数点第3位を四捨五入する。

$\gamma_{T2}$ ：同時載荷係数

正負交番しない影響線形状を有する部材の同時載荷係数  $\gamma_{T2}$

	$L_{B2} \leq 50\text{m}$	$50\text{m} < L_{B2}$
$ADDTT_{SLi} \leq 2000$	1.0	1.0
$2000 < ADDTT_{SLi}$	1.0	1.1

$L_{B2}$ ：同時載荷係数算出時の基線長(m)

$ADDTT_{SLi}$ ：一方向一車線当たりの日大型車設計交通量（台 / (日・車線)）

(3) 応力度の計算方法（一般式）

$$\sigma = \frac{Rc}{Ri} * \left[ \frac{N}{A} + \frac{Mx * (y * Iy + x * Ixy) + My * (x * Ix + y * Ixy)}{Ix * Iy - Ixy^2} \right] * \gamma a$$

ここに

- σ : 作用応力度
- Rc : 中立軸までの曲率半径
- Ri : 照査位置までの曲率半径
- N : 軸力
- Mx : 面内曲げモーメント
- My : 面外曲げモーメント
- A : 断面積
- Ix : x 軸回りの断面 2 次モーメント
- Iy : y 軸回りの断面 2 次モーメント
- Ixy : 相乗モーメント
- x : 中立軸より照査位置までの x 軸方向の距離
- y : 中立軸より照査位置までの y 軸方向の距離
- γa : 構造解析係数     γa = 0.8   RC 床版 鈹げた・箱げた（小数主げた橋を除く）  
                              γa = 1.0   その他の形式

3-3. 疲労照査位置および継手の強度等級

照査点 番号	照査点名称	強度等級	板厚による 補正の有無	継手の種類
1	上フランジと垂直補剛材	E	有	十字継手
2	下フランジと垂直補剛材	E	有	十字継手
3	主桁腹板と上フランジ	D	無	
4	主桁腹板と下フランジ	D	無	
5	主桁腹板(上)と垂直補剛材	E	有	十字継手
6	主桁腹板(下)と垂直補剛材	E	有	十字継手
7	主桁水平補剛材(上側)	G	有	
8	主桁水平補剛材(下側)	G	有	
9	主桁腹板と横桁上フランジ	G	有	
10	主桁腹板と横桁下フランジ	G	有	
11	横桁コネクション(上側)	G	有	
12	横桁コネクション(下側)	G	有	

### 3-4. 疲労の照査

3-3で示した照査12箇所について各横断毎の照査を行うものとする。

なお、結果の表示については1箇所のみ詳細な照査結果を示し、他については表出力とする。

\* BG1、格点=1004、下フランジと垂直補剛材、E等級（完成系）

#### (1) 断面諸量

単位 (m, m<sup>2</sup>, m<sup>4</sup>)

Rc	Ri	A	Ix	Iy	Ixy	X	Y
2996.670	2996.678	-----	0.128827	-----	-----	---	1.4538

#### (2) 断面力と応力度

応力度算出時の構造解析係数  $\gamma_a = 1.0$

単位 (kN, kN・m, N/mm<sup>2</sup>)

載荷	車線 1		車線 2	
横断	Mx	$\sigma$	Mx	$\sigma$
1	0.0	0	0.0	0
2	308.8	3	57.9	1
3	687.5	8	132.5	1
4	1203.7	14	239.9	3
5	374.3	4	73.7	1
6	0.0	0	0.0	0

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$

車線i	L <sub>B1</sub> (m)	Log L <sub>B1</sub> +1.50	$\gamma_{T1}$	L <sub>B2</sub> (m)	$\gamma_{T2}$	$\gamma_T$
1	44.473	3.15	3.00	---	1.00	3.00
2	44.527	3.15	3.00	---	1.00	3.00

### (3) 応力範囲の計算

・ 応力範囲

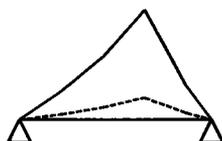
$$\text{基本式 } \Delta\sigma_{i,j} = |\sigma_{i,k1} - \sigma_{i,k2}| * \gamma_{T(i)}$$

ここに  $\Delta\sigma_{i,j}$ : 応力範囲  $i$ は車線番号、 $j$ は応力範囲の番号

$\sigma_{i,k1}$ : 最大応力度  $i$ は車線番号、 $k1$ は載荷横断番号

$\sigma_{i,k2}$ : 最小応力度  $i$ は車線番号、 $k2$ は載荷横断番号

$\gamma_{T(i)}$ : 活荷重補正係数  $i$ は車線番号



————— 活荷重  
 - - - - - 死荷重

$$\Delta\sigma_{1,1} = |\sigma_{1,4} - \sigma_{1,9}| * \gamma_{T(1)} = |(14) - (-6)| * 3.00 = 58 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{最大応力範囲 } \Delta\sigma_{\max} = \Delta\sigma_{1,1} = 58 \text{ N/mm}^2$$

### (4) 補正係数

・ 平均応力度に関する補正係数  $C_R$

単位 (kN、kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

断面力ケース	Mx	$\sigma$	$\gamma_T$	$\sigma * \gamma_T$
死荷重	4729.0	53	---	---
T荷重最大	1203.7	14	3.00	41
T荷重最小	-518.6	-6	3.00	-18

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最大 } \sigma_{\max} = (53) + (41) = 94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最小 } \sigma_{\min} = (53) + (-18) = 36 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{応力比 } R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 36 / 94 = 0.4 \text{ (} R > -1.0 \text{)}$$

$$\therefore C_R = 1.00$$

・ 板厚に関する補正係数  $C_t$

母材板厚 32mm 付加板厚 22mm

$$\therefore C_t = \sqrt[4]{(25 / t)} = \sqrt[4]{(25 / 32)} = 0.94$$

(5)一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査（簡便な疲労照査）

・仕上げ前（強度等級 E）

一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

$$\Delta \sigma_{ce} = 62 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲

$$\Delta \sigma_{\max} = 58 \text{ N/mm}^2 > \Delta \sigma_{ce} * C_R * C_t = 62 * 1.00 * 0.94 = 58 \quad \text{NG}$$

(6) 累積損傷度の照査（詳細な疲労照査）

$$\text{累積損傷度 } D = \sum D_{i,j}$$

ここに

D : 累積損傷度

i : 車線番号

j : 応力範囲番号

$D_{i,j}$ : 車線iの応力範囲のj番目による損傷度

$$D_{i,j} = nt_i / N_{i,j}$$

ここに

$nt_i$ : 応力範囲レベル $\Delta \sigma_{i,j}$ の頻度

$$nt_i = NT_i * 365 * \text{設計供用期間(年)}$$

ここに

$NT_i$ : 疲労設計荷重の頻度

$$NT_i = \text{ADTT}_{\text{SLi}} * \gamma_n$$

ここに

$\text{ADTT}_{\text{SLi}}$ : 一方向一車線当たりの日大型設計交通量（台 / (日・車線)）

$\gamma_n$ : 相当車両係数 (= 0.03)

$N_{i,j}$ : 応力範囲レベル $\Delta \sigma_{i,j}$ に対する疲労寿命（応力繰返し数）

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta \sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta \sigma_{i,j}^m$$

（ただし  $\Delta \sigma_{i,j} \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t$  の場合  $N_{i,j} = \infty$ ）

ここに

$\Delta \sigma_f$ : 直応力に対する  $2*10^6$ 回基本許容応力範囲

$\Delta \sigma_{i,j}$ : 応力範囲

m: 疲労設計曲線の傾きを表す指数 直応力を受ける継手の場合 m=3

$\Delta \sigma_{ve}$ : 変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

・仕上げ前（強度等級 E）

$$NT_i = ADTT_{SLi} * \gamma_n = 2863 * 0.03 = 45$$

$$nt_i = NT_i * 365 * \text{設計供用期間(年)} = 45 * 365 * 100 = 1.66E+6$$

$$\Delta \sigma_f = 80 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_f * C_R * C_t = 80 * 1.00 * 0.94 = 75 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{ve} = 29 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 29 * 1.00 * 0.94 = 27 \text{ N/mm}^2$$

m = 3 （直応力を受ける継手の場合）

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta \sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta \sigma_{i,j}^m$$

$$N_{1,1} = 2 * 10^6 * 75^3 / 58^3 = 4.29E+6$$

$$N_{1,2} = \infty \quad (\sigma_{1,2} = 6 \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 27)$$

$$N_{1,3} = \infty \quad (\sigma_{1,3} = 0 \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 27)$$

$$N_{2,1} = \infty \quad (\sigma_{2,1} = 12 \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 27)$$

$$N_{2,2} = \infty \quad (\sigma_{2,2} = 1 \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 27)$$

累積損傷度 D = 0.39 ≤ 1.0 OK

車線i	応力範囲j	$\Delta \sigma_{ij}$	$nt_i$	$N_{ij}$	$D_{ij}(=nt_i/N_{ij})$
1	1	58	1.66E+6	4.29E+6	0.39
1	2	6	1.66E+6	$\infty$	0.00
1	3	0	1.66E+6	$\infty$	0.00
2	1	12	1.66E+6	$\infty$	0.00
2	2	1	1.66E+6	$\infty$	0.00
					合計 D = 0.39

完成系 BG1 (その1)

格点名	照査点	車線 番号	応力範囲 番号	最大応力 $\sigma_{ik1}$	最小応力 $\sigma_{ik2}$	補正係数 $\gamma_t$	応力範囲 $\Delta\sigma$	仕上げ前		設計繰返し 回数 $n_{ti}$	繰返し 回数 $N_{ij}$	損傷度 $D_{ij} = n_{ti}/N_{ij}$
								打切り 判定	打切り 回数 $n_{tj}$			
1002	1	1	1	2	-13	3	44	75	OK	1.66E+06	2.13E+07	0.08
			2	0	-1	3	2	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	0	-3	3	9	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	0	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	13	-2	3	46	59	OK	1.66E+06	9.02E+06	0.18
	2	1	2	1	0	3	2	59	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	59	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	3	0	3	9	59	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	2	0	0	3	0	59	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	2	-13	3	44	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	-1	3	2	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	3	1	3	0	0	3	0	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	0	-3	3	9	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	0	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	13	-2	3	46	84	OK	1.66E+06	2.02E+07	0.08
			2	1	0	3	2	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	4	1	1	3	0	3	9	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	0	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	2	-13	3	44	81	OK	1.66E+06	2.62E+07	0.06
		2	2	0	-1	3	2	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	0	-3	3	9	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	0	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
5	1	1	13	-2	3	46	62	OK	1.66E+06	1.03E+07	0.16	
		2	1	0	3	2	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		3	0	0	3	0	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
	2	1	3	0	3	9	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		2	0	0	3	0	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	1	-8	3	26	42	OK	1.66E+06	3.11E+07	0.05	
6	1	2	0	0	3	1	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	0	-2	3	5	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		2	1	0	3	9	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
	2	1	1	-4	3	14	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		2	0	0	3	1	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	0	-1	3	2	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
7	1	2	0	0	3	0	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	5	-1	3	16	32	OK	1.66E+06	6.11E+07	0.03	
		2	0	0	3	1	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
	2	1	1	0	3	3	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		2	0	0	3	0	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	3	-15	3	55	73	OK	1.66E+06	9.92E+06	0.17	
1003	1	1	2	0	-1	3	4	73	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	1	-3	3	11	73	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	73	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	15	-3	3	55	56	OK	1.66E+06	4.51E+06	0.37
			2	1	0	3	4	56	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	3	-1	3	11	56	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	2	1	2	0	0	3	1	56	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	3	-15	3	55	109	OK	1.66E+06	2.65E+07	0.06
			2	0	-1	3	4	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	-3	3	11	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	15	-3	3	55	84	OK	1.66E+06	1.21E+07	0.14
	3	1	2	1	0	3	4	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	3	-1	3	11	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	3	-15	3	55	81	OK	1.66E+06	1.36E+07	0.12
			2	0	-1	3	4	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	1	-3	3	11	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	4	1	2	0	0	3	1	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	15	-3	3	55	62	OK	1.66E+06	6.18E+06	0.27
			2	1	0	3	4	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	3	-1	3	11	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			1	2	-9	3	33	42	OK	1.66E+06	1.53E+07	0.11
5	1	2	0	-1	3	2	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		3	0	0	3	0	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	0	-2	3	7	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
	2	2	0	0	3	0	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	1	-5	3	18	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		2	0	0	3	1	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
6	1	2	1	0	3	4	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0	
		1	5	-1	3	18	32	OK	1.66E+06	4.10E+07	0.04	

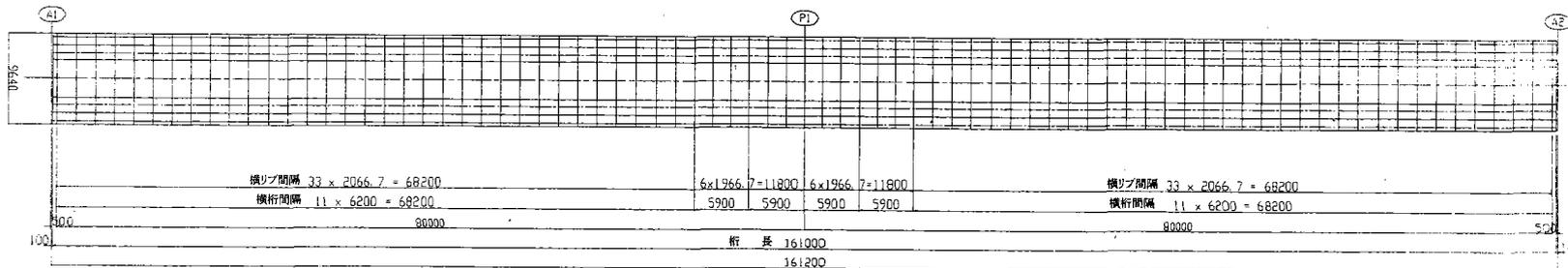
完成系 BG1 (その2)

格点名	照査点	車線 番号	応力範囲 番号	最大応力 $\sigma_{i,k1}$	最小応力 $\sigma_{i,k2}$	補正係数 $\gamma_t$	応力範囲 $\Delta\sigma$	仕上げ前		設計繰返し 回数 $n_{ti}$	繰返し 回数 $N_{ij}$	損傷度 $D_{ij} = n_{ti}/N_{ij}$
								打切り限界 $\Delta\sigma_{cc}+C_r+C_c$	打切り 判定			
			2	0	0	3	1	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	0	3	4	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
1004	1	1	1	6	-13	3	57	75	OK	1.66E+06	9.66E+06	0.17
			2	0	-2	3	6	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	-3	3	11	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	75	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	2	1	1	14	-6	3	58	58	NG	1.66E+06	4.29E+06	0.39
			2	2	0	3	6	58	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	58	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	3	-1	3	12	58	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	58	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	3	1	1	6	-13	3	57	109	OK	1.66E+06	2.32E+07	0.07
			2	0	-2	3	6	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	-3	3	11	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	109	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	4	1	1	14	-6	3	58	84	OK	1.66E+06	1.01E+07	0.16
			2	2	0	3	6	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	3	-1	3	12	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	84	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	5	1	1	6	-13	3	57	81	OK	1.66E+06	1.19E+07	0.14
			2	0	-2	3	6	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	-3	3	11	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	81	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	6	1	1	14	-6	3	58	62	OK	1.66E+06	5.17E+06	0.32
			2	2	0	3	6	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	3	-1	3	12	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	62	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	7	1	1	3	-8	3	34	42	OK	1.66E+06	1.37E+07	0.12
			2	0	-1	3	4	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	-2	3	7	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	1	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	11	1	1	2	-4	3	19	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	-1	3	2	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	0	-1	3	4	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	0	42	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
	12	1	1	5	-2	3	20	32	OK	1.66E+06	3.32E+07	0.05
			2	1	0	3	2	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			3	0	0	3	0	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
		2	1	1	0	3	4	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
			2	0	0	3	0	32	OK	1.66E+06	0.00E+00	0
1005	1	1	1	9	-6	3	46	61	OK	1.66E+06	1.01E+07	0.16

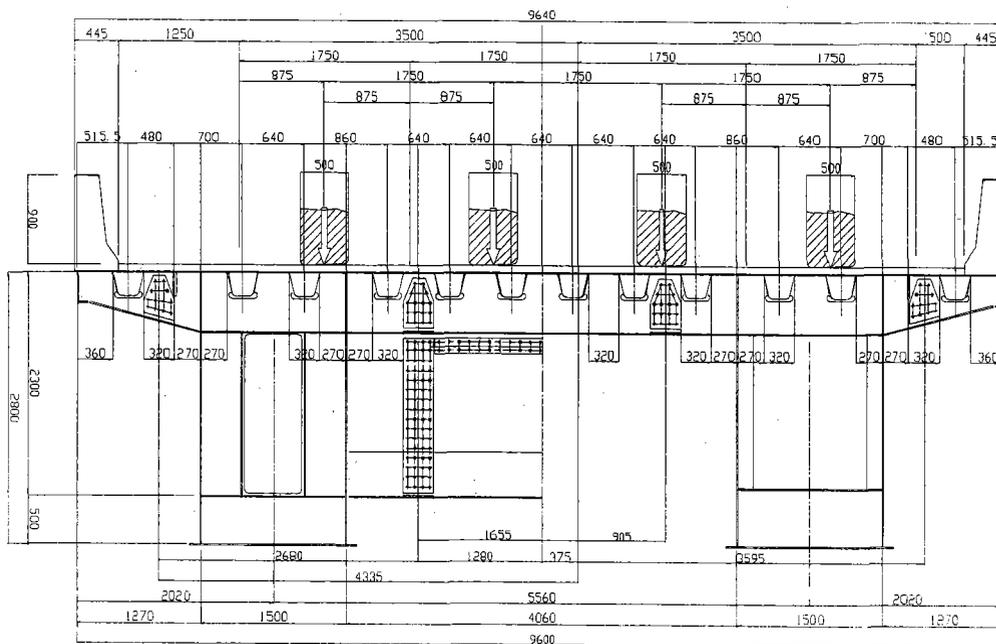
2.2.3 2径間連続鋼床版箱桁 (2主桁) の疲労照査事例  
 1. 橋梁一般図

桁高 2800 mm 横桁高 2300 mm

平面図

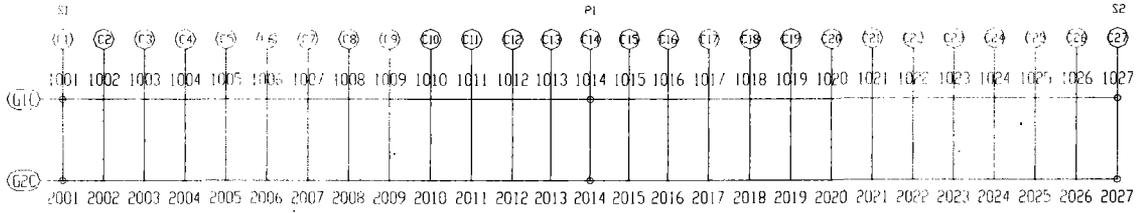


断面図

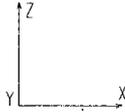




主桁方向応力の疲労照査 骨組モデル図



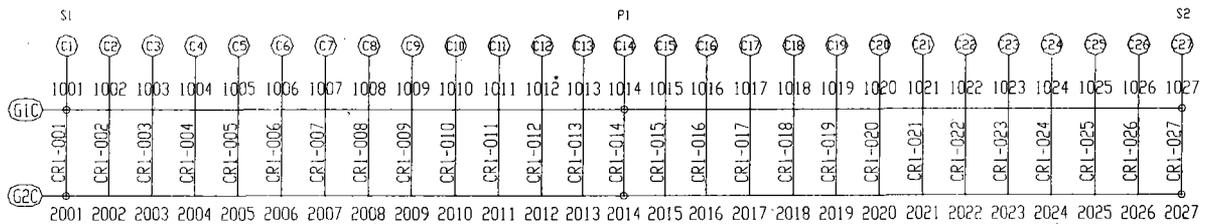
全体座標系



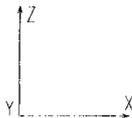
⊕印は支点位置を示す。

⊙番号; 疲労照査用載荷横断線名を示す

横桁方向応力の疲労照査 骨組モデル図



全体座標系



⊕印は支点位置を示す。

⊙番号; 疲労照査用載荷横断線名を示す

CR番号; 横桁部材番号を示す

### 3. 疲労照査（主桁）

#### 3-1. 主要部材の疲労設計照査の必要性の判定

コンクリート床版を有する標準的な鋼桁橋において、次の条件を総て満たす場合には簡便な疲労照査（一定振幅応力に対する応力範囲の打切り限界による照査）及び、詳細な応力照査（変動振幅応力に対する応力範囲の打切り限界[累積損傷度]による照査）の結果によらず、疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい。

- ・ 橋梁形式：コンクリート床版を有する鋼桁橋
- ・ 使用継手：鋼道路橋の疲労設計指針（日本道路協会）3.2の規定において疲労強度等級 A～F等級に分類される継ぎ手
- ・ 使用鋼種：SS400, SM400, SM490, SM490Y, SM520, SMA400, SMA490, SMA490Y, SMA520
- ・ 支間長：最小支間長が50m 以上
- ・  $ADDTT_{SLi}$ ：1000台/（日・車線）以下

本橋の条件を次に示す。

- |   |     |
|---|-----|
| ・ 橋梁形式：2径間連続鋼床版箱桁橋                          | OUT |
| ・ 使用継手：D～G等級に分類される継ぎ手                       | OK  |
| ・ 使用鋼種：SS400, SMA400, SMA490Y               | OK  |
| ・ 支間長：80.000m > 50.000m                     | OK  |
| ・ $ADDTT_{SLi}$ ：2500台/（日・車線）> 1000台/（日・車線） | OUT |

よって疲労設計の照査を行なう。

### 3-2. 疲労照査用条件

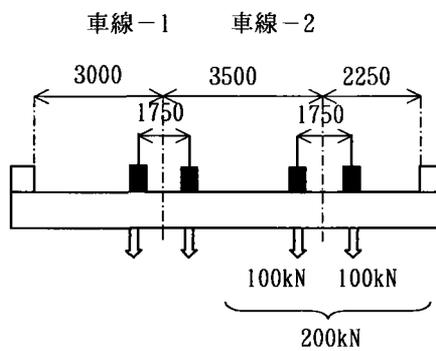
#### (1) 設計供用期間・載荷荷重

・ 設計供用期間：100 年

・ 大型交通量： $ADDTT_{SLi}$ （一方向一車線当たりの日大型車設計交通量）

車線 <i>i</i>	$ADDTT_{SLi}$ (台)
1	$2500 \times 1.2 = 3000$
2	$2500 \times 0.8 = 2000$

・ 車線数及び載荷位置：全車線に対し2車線とし、車線幅を下図に示す幅としたモデルで載荷荷重を進行方向に移動させて断面力を算出する。計算は車線毎に行う。



・ 疲労設計用載荷荷重 = (T荷重) \* (1 +  $i_f$ )

T荷重：200 kN

$i_f$ ：衝撃係数  $i_f = 10 / (50 + L)$  L: 衝撃係数を求めるときの支間長(m)

・活荷重補正係数

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$  (係数は、応力範囲算出時に乗じる)

$\gamma_{T1}$  : T荷重補正係数

$\gamma_{T1} = \text{Log } L_{B1} + 1.50$  (ただし  $2.00 \leq \gamma_{T1} \leq 3.00$ )

$L_{B1}$  : T荷重補正係数算出時の基線長(m)

※  $\gamma_{T1}$ は、少数点第3位を四捨五入する。

$\gamma_{T2}$  : 同時荷重係数

正負交番しない影響線形状を有する部材の同時荷重係数  $\gamma_{T2}$

$L_{B2}$  : 同時荷重係数算出時の基線長(m)

	$L_{B2} \leq 50\text{m}$	$50\text{m} < L_{B2}$
$\text{ADDTT}_{\text{SLi}} \leq 2000$	1.0	1.0
$2000 < \text{ADDTT}_{\text{SLi}}$	1.0	1.1

$\text{ADDTT}_{\text{SLi}}$  : 一方向一車線当たりの日大型車設計交通量 (台 / (日・車線))

(2) 応力度の計算方法 (一般式)

$$\sigma = \frac{R_c}{R_i} * \left[ \frac{N}{A} + \frac{M_x * (y * I_y + x * I_{xy}) + M_y * (x * I_x + y * I_{xy})}{I_x * I_y - I_{xy}^2} \right] * \gamma_a$$

ここに

$\sigma$  : 作用応力度

$R_c$  : 中立軸までの曲率半径

$R_i$  : 照査位置までの曲率半径

$N$  : 軸力

$M_x$  : 面内曲げモーメント

$M_y$  : 面外曲げモーメント

$A$  : 断面積

$I_x$  : x 軸回りの断面2次モーメント

$I_y$  : y 軸回りの断面2次モーメント

$I_{xy}$  : 相乗モーメント

$x$  : 中立軸より照査位置までの x 軸方向の距離

$y$  : 中立軸より照査位置までの y 軸方向の距離

$\gamma_a$  : 構造解析係数  $\gamma_a = 0.8$  RC 床版鉄げた・箱げた (小数主げた橋を除く)

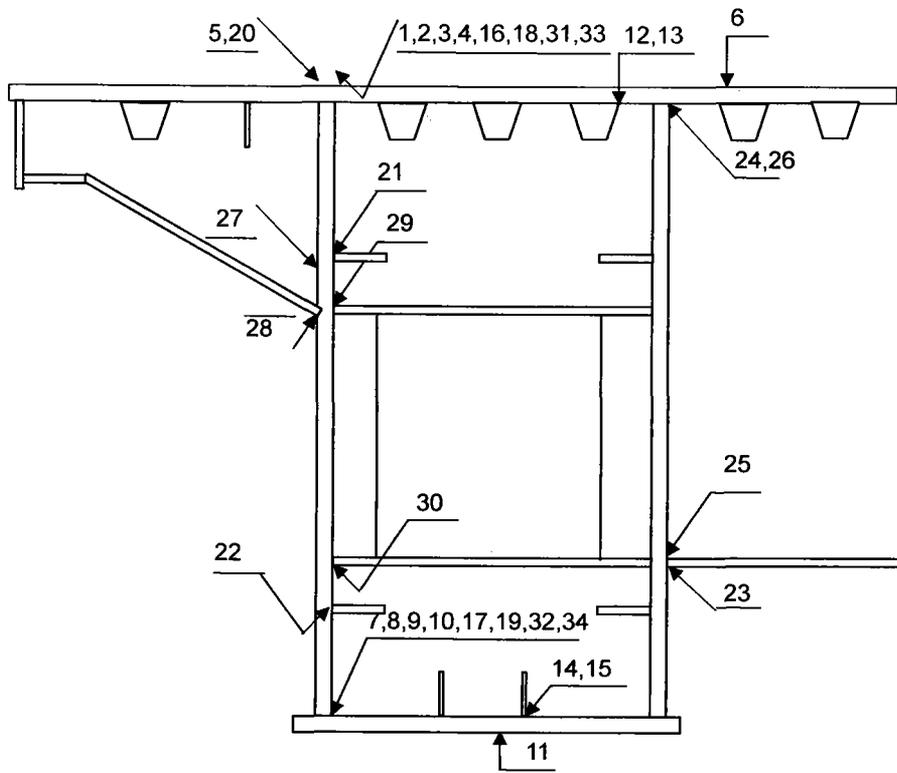
$\gamma_a = 1.0$  その他の形式

3-3. 主桁方向応力疲労照査位置および継手の強度等級

照査番号	照査点名称	照査条件		強度等級
			継手の種類	
1	デッキと垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
2	デッキと横リブ腹版	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
3	デッキとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
4	デッキと縦リブ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D
5	デッキとスタッド	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
6	デッキと吊金具	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
7	主桁下フランジと垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
8	主桁下フランジと横リブ腹版	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
9	主桁下フランジとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
10	主桁下フランジと縦リブ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D
11	ソールプレート(橋軸)	その他の溶接継手	カバープレートをすみ肉溶接で取付けた継手(L>300)	G
12	デッキの縦リブと横リブ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
13	デッキの縦リブとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
14	主桁下フランジの縦リブと横リブ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
15	主桁下フランジの縦リブとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
16	主桁腹板とデッキ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D
17	主桁腹板と主桁下フランジ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D
18	主桁腹板(上)と垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
19	主桁腹板(下)と垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
20	主桁腹板と吊金具	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
21	主桁水平補剛材(上側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G
22	主桁水平補剛材(下側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G
23	主桁腹板と横桁下フランジ	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G
24	主桁腹板と横桁腹板天端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
25	主桁腹板と横桁腹板下端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
26	主桁腹板とブラケット腹板天端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
27	主桁腹板とブラケット腹板下端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
28	主桁腹板とブラケット下フランジ	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G
29	主桁腹板と横リブフランジ(上側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G
30	主桁腹板と横リブフランジ(下側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G
31	主桁腹板と横リブ腹板(上側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
32	主桁腹板と横リブ腹板(下側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
33	主桁腹板とダイヤ(上側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E
34	主桁腹板とダイヤ(下側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E

D等級以上は無い

(1) 主桁方向応力の疲労照査点略図

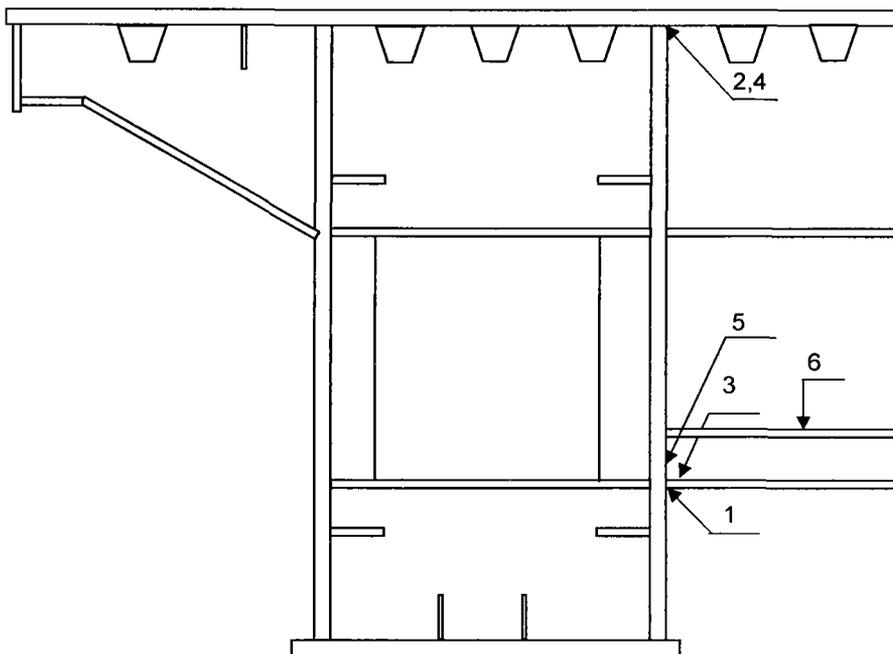


### 3-4. 横桁方向応力疲労照査位置および継手の強度等級

照査番号	照査点名称		照査条件		強度等級
			継手の種類		
1	横桁下フランジと主桁腹板	荷重伝達型十字継手	完全溶込み溶接	非仕上げの継手	E
2	横桁腹板とデッキ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手		D
3	横桁腹板と横桁下フランジ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手		D
4	横桁腹板(上)と主桁腹板	荷重伝達型十字継手	すみ肉溶接継手	ルート破壊	H
5	横桁腹板(下)と主桁腹板	荷重伝達型十字継手	すみ肉溶接継手	ルート破壊	H
6	横桁水平補剛材(上側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)		G
7	横桁水平補剛材(下側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)		G

D等級以上は無い

#### (1) 横桁方向応力の疲労照査点略図



### 3-5.主桁方向応力の疲労詳細計算

累積損傷度の照査で最も厳しい箇所のみ詳細な計算結果を表示し、その他は、表出力とする。

代表部一覧

代表No	桁名	格点名	照査点名称	等級
1	G-2	2009	主桁腹板と横桁下フランジ	G

1) 代表部 No.1 桁名=G-2、格点名=2009、主桁腹板と横桁下フランジ、G等級

(1)断面諸量

単位 (m, m<sup>2</sup>, m<sup>4</sup>)

Rc	Ri	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>xy</sub>	x	y
-----	-----	-----	0.261071	-----	-----	---	1.2440

(2)断面力と応力度

応力度算出時の構造解析係数  $\gamma a = 1.0$

単位(kN、kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

載荷 横断	車線 1		車線 2	
	Mx	$\sigma$	Mx	$\sigma$
1	0.0	0	0.0	0
2	145.6	1	147.6	1
3	295.8	1	300.2	1
4	453.8	2	461.7	2
5	621.9	3	636.8	3
6	800.9	4	832.6	4
7	987.9	5	1062.9	5
8	1170.0	6	1357.1	6
9	1314.2	6	1777.5	8
10	1046.7	5	1217.7	6
11	747.5	4	804.6	4
12	459.8	2	477.4	2
13	213.6	1	218.2	1
14	0.0	0	0.0	0
15	-177.9	-1	-179.6	-1
16	-320.3	-2	-322.5	-2
17	-431.0	-2	-433.4	-2
18	-501.0	-2	-503.3	-2
19	-532.8	-3	-534.8	-3
20	-531.9	-3	-533.6	-3
21	-504.4	-2	-505.9	-2
22	-454.8	-2	-456.0	-2
23	-386.7	-2	-387.8	-2
24	-303.9	-1	-304.7	-1
25	-209.7	-1	-210.3	-1
26	-107.2	-1	-107.5	-1
27	0.0	0	0.0	0

前表は1組の疲労設計荷重を車線中央に載荷し、進行方向に移動させ、各載荷横断位置に疲労設計荷重が載荷されたときの、照査格点G2, 2009での曲げモーメント (Mx) である。

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$

車線i	$L_{B1}$ (m)	$\text{Log } L_{B1} + 1.50$	$\gamma_{T1}$	$L_{B2}$ (m)	$\gamma_{T2}$	$\gamma_T$
1	80.000	3.40	3.00	---	1.00	3.00
2	80.000	3.40	3.00	---	1.00	3.00

$\gamma_{T1}$  : T荷重補正係数

$\gamma_{T1} = \log L_{B1} + 1.50$  (但し、 $2.00 \leq \gamma_{T1} \leq 3.00$ )

$L_{B1}$  : 影響線縦距が最大となる位置を含む範囲 (基線長) (m)

$\gamma_{T2}$  : 同時載荷係数

対象とする断面力の影響線が正負に交番する場合は  $\gamma_T = 1.00$

対象とする断面力の影響線が常に 0 以上または 0 以下というように同符号となる場合「鋼道路橋の疲労設計指針 表-4.2.1」に与える値

### (3) 応力範囲の計算

・ 応力範囲

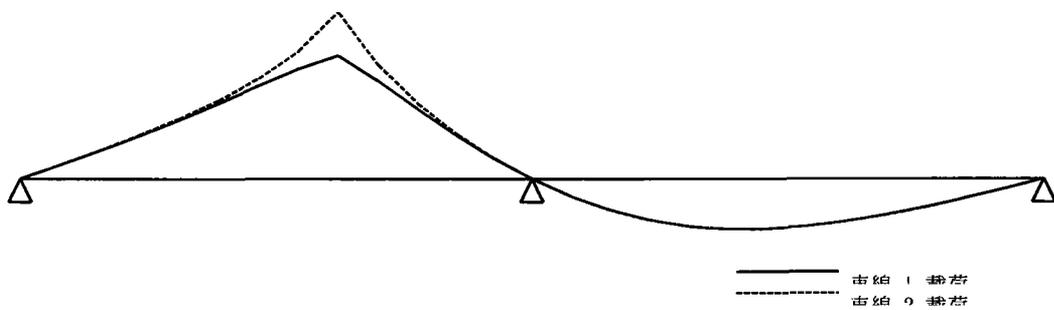
基本式  $\Delta \sigma_{i,j} = | \sigma_{i,k1} - \sigma_{i,k2} | * \gamma_{T(i)}$

ここに  $\Delta \sigma_{i,j}$  : 応力範囲  $i$ は車線番号、 $j$ は応力範囲の番号

$\sigma_{i,k1}$  : 最大応力度  $i$ は車線番号、 $k1$ は載荷横断番号

$\sigma_{i,k2}$  : 最小応力度  $i$ は車線番号、 $k2$ は載荷横断番号

$\gamma_{T(i)}$  : 活荷重補正係数  $i$ は車線番号



$$\Delta \sigma_{1,1} = | \sigma_{1,9} - \sigma_{1,19} | * \gamma_{T(1)} = | ( 6 ) - ( -3 ) | * 3.00 = 26 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{2,1} = | \sigma_{2,9} - \sigma_{2,19} | * \gamma_{T(2)} = | ( 8 ) - ( -3 ) | * 3.00 = 33 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲  $\Delta \sigma_{\max} = \Delta \sigma_{2,1} = 33 \text{ N/mm}^2$

#### (4)補正係数

・平均応力度に関する補正係数  $C_R$

$$C_R = 1.00 \quad (-1.00 < R < 1.00)$$

$$C_R = 1.3(1.00 - R) / (1.60 - R) \quad (R \leq -1.00)$$

$$C_R = 1.30 \quad (R > 1.00)$$

単位 (kN、kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

断面力ケース	Mx	$\sigma$	$\gamma_T$	$\sigma * \gamma_T$
死荷重	9710.8	46	---	---
T荷重最大	1777.5	8	3.00	25
T荷重最小	-534.8	-3	3.00	-8

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最大} \quad \sigma_{\max} = (46) + (25) = 72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{死荷重} + \text{T荷重最小} \quad \sigma_{\min} = (46) + (-8) = 39 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{応力比 } R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 39 / 72 = 0.54 \quad (-1.00 < R < 1.00)$$

$$\therefore C_R = 1.00$$

・板厚に関する補正係数  $C_t$

母材板厚 14mm 付加板厚 10mm

$$\therefore C_t = 1.00 \quad (\text{母材板厚} = 14\text{mm} \leq 25\text{mm})$$

#### (5)一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査 (簡便な疲労照査)

・仕上げ前 (強度等級 G)

一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

$$\Delta \sigma_{ce} = 32 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲

$$\Delta \sigma_{\max} = 33 \text{ N/mm}^2 > \Delta \sigma_{ce} * C_R * C_t = 32 * 1.00 * 1.00 = 32 \quad \text{NG}$$

一定振幅応力の打ち切り限界範囲を満足しないため、累積損傷度による疲労照査を行い安全性の照査を行う。(6) 累積損傷度の照査 (詳細な疲労照査) 参照。

(6) 累積損傷度の照査（詳細な疲労照査）

累積損傷度  $D = \sum D_{i,j}$

ここに

D : 累積損傷度

i : 車線番号

j : 応力範囲番号

$D_{i,j}$ : 車線iの応力範囲のj番目による損傷度

$$D_{i,j} = nt_i / N_{i,j}$$

ここに

$nt_i$ : 応力範囲レベル $\Delta\sigma_{i,j}$ の頻度

$$nt_i = NT_i * 365 * \text{設計供用期間(年)}$$

ここに

$NT_i$ : 疲労設計荷重の頻度

$$NT_i = ADTT_{SLi} * \gamma_n$$

ここに

$ADTT_{SLi}$ : 一方向一車線当たりの日大型設計交通量 (台 / (日・車線))

$\gamma_n$ : 頻度補正係数 (= 0.03)

$N_{i,j}$ : 応力範囲レベル $\Delta\sigma_{i,j}$ に対する疲労寿命 (応力繰返し数)

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta\sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta\sigma_{i,j}^m$$

(ただし  $\Delta\sigma_{i,j} \leq \Delta\sigma_{ve} * C_R * C_t$  の場合  $N_{i,j} = \infty$ )

ここに

$\Delta\sigma_f$ : 直応力に対する  $2*10^6$ 回基本許容応力範囲

$\Delta\sigma_{i,j}$ : 応力範囲

m: 疲労設計曲線の傾きを表す指数 直応力を受ける継手の場合 m=3

$\Delta\sigma_{ve}$ : 変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

車線i	$ADTT_{SLi}$	$\gamma_n$	$Nt_i$	$nt_i$
1	3000	0.03	90	3.29E+6
2	2000	0.03	60	2.19E+6

・仕上げ前（強度等級 G）

$$\Delta \sigma_f = 50 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_f * C_R * C_t = 50 * 1.00 * 1.00 = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{ve} = 15 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 15 * 1.00 * 1.00 = 15 \text{ N/mm}^2$$

m = 3 （直応力を受ける継手の場合）

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta \sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta \sigma_{i,j}^m$$

$$N_{1,1} = 2 * 10^6 * 50^3 / 26^3 = 1.36E+7$$

$$N_{2,1} = 2 * 10^6 * 50^3 / 33^3 = 6.92E+6$$

累積損傷度 D = 0.56 ≤ 1.0 OK

車線i	応力範囲j	$\Delta \sigma_{i,j}$	nt <sub>i</sub>	N <sub>i,j</sub>	D <sub>i,j</sub> (=nt <sub>i</sub> /N <sub>i,j</sub> )
1	1	26	3.29E+6	1.36E+7	0.24
2	1	33	2.19E+6	6.92E+6	0.32
					合計 D = 0.56

$\Delta \sigma_{i,j} \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t$  の場合 (N<sub>i,j</sub>) = ∞となり、疲労損傷度(D<sub>i,j</sub>[=nt<sub>i</sub>/N<sub>i,j</sub>])を無視する。「鋼道路橋の疲労設計指針 4.3.(3)」を参照

変動振幅応力による疲労の影響は、損傷が生じるまでの繰り返し数が(N<sub>i,j</sub>)である( $\Delta \sigma_{i,j}$ )が(nt<sub>i</sub>)回生じたときの疲労損傷度を(D<sub>i,j</sub>[=nt<sub>i</sub>/N<sub>i,j</sub>])と定義した場合に、対象部位に対応する総ての応力範囲に対する疲労損傷度の合計(D=累積損傷度)が1.0以下であれば、疲労に対する安全性が確保されるとみなしてよい。

この時、変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界( $\Delta \sigma_{ve}$ )以下の応力範囲について疲労損傷度(D<sub>i,j</sub>[=nt<sub>i</sub>/N<sub>i,j</sub>])を無視してよい。

上表より累積損傷度 D = 0.56 < 1.0 となり安全性は確保されていると判断出来る。

主桁方向応力の疲労照査結果一覧表

(1)主 桁

照査番号	照査点名称	照 査 結 果				
		継 手 の 種 類		強度等級	打切り限界	累積損傷度
1	デッキと垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
2	デッキと横リブ腹版	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
3	デッキとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
4	デッキと縦リブ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D	総てOK	-
5	デッキとスタッド	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
6	デッキと吊金具	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
7	主桁下フランジと垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
8	主桁下フランジと横リブ腹版	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
9	主桁下フランジとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
10	主桁下フランジと縦リブ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D	総てOK	-
11	ソールプレート(橋軸)	その他の溶接継手	カバープレートをすみ肉溶接で取付けた継手(L>300)	G	総てOK	-
12	デッキの縦リブと横リブ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
13	デッキの縦リブとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
14	主桁下フランジの縦リブと横リブ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
15	主桁下フランジの縦リブとダイヤ	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
16	主桁腹板とデッキ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D	総てOK	-
17	主桁腹板と主桁下フランジ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手	D	総てOK	-
18	主桁腹板(上)と垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
19	主桁腹板(下)と垂直補剛材	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
20	主桁腹板と吊金具	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
21	主桁水平補剛材(上側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G	総てOK	-
22	主桁水平補剛材(下側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G	総てOK	-
23	主桁腹板と横桁下フランジ	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G	NG箇所有り	総てOK
24	主桁腹板と横桁腹板天端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
25	主桁腹板と横桁腹板下端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
26	主桁腹板とブラケット腹板天端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
27	主桁腹板とブラケット腹板下端	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
28	主桁腹板とブラケット下フランジ	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G	総てOK	-
29	主桁腹板と横リブフランジ(上側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G	総てOK	-
30	主桁腹板と横リブフランジ(下側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)	G	総てOK	-
31	主桁腹板と横リブ腹板(上側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
32	主桁腹板と横リブ腹板(下側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
33	主桁腹板とダイヤ(上側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-
34	主桁腹板とダイヤ(下側)	荷重非伝達型十字継手	非仕上げのすみ肉溶接継手	E	総てOK	-

主桁方向応力の疲労照査結果一覧表 (その2)

桁名	格点名	照査点-10		照査点-11		照査点-12		照査点-13		照査点-14		照査点-15		照査点-16		照査点-17		照査点-18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		主桁下フランジと縦リブ		ソールプレート(横軸)		デッキの縦リブと横リブ		デッキの縦リブとダイヤ		主桁下フランジの縦リブと		主桁下フランジの縦リブと		主桁腹板とデッキ		主桁腹板と主桁下フランジ		主桁腹板(上)と垂直補剛																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		E等級 打切り 判定	D等級 累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
G-1	1001																				1002	22<84				11<81				11<81				22<82							1003	25<84				17<81				17<81				25<82							1004	32<84				22<81				22<81				32<82							1005	34<84				25<81				25<81				34<82							1006	37<84				27<81				27<81				37<82							1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																		
	1002	22<84				11<81				11<81				22<82							1003	25<84				17<81				17<81				25<82							1004	32<84				22<81				22<81				32<82							1005	34<84				25<81				25<81				34<82							1006	37<84				27<81				27<81				37<82							1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																						
	1003	25<84				17<81				17<81				25<82							1004	32<84				22<81				22<81				32<82							1005	34<84				25<81				25<81				34<82							1006	37<84				27<81				27<81				37<82							1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																										
	1004	32<84				22<81				22<81				32<82							1005	34<84				25<81				25<81				34<82							1006	37<84				27<81				27<81				37<82							1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																														
	1005	34<84				25<81				25<81				34<82							1006	37<84				27<81				27<81				37<82							1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																		
	1006	37<84				27<81				27<81				37<82							1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																						
	1007	38<84				28<81				28<81				38<82							1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																										
	1008	38<84				27<81				27<81				38<82							1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																														
	1009	44<84				27<81				27<81				44<82							1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																		
	1010	40<84				25<81				25<81				40<82							1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																						
	1011	36<108				22<82				22<82				36<80							1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																										
	1012	22<109				18<82				18<82				22<81							1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																														
	1013	18<109				15<82				15<82				22<81							1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																		
	1014	14<109		14<39		13<82				14<81				18<81							1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1015	18<109				15<82				15<82				18<81							1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	1016	22<108				18<82				18<82				22<81							1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	1017	36<108				22<82				22<82				36<80							1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	1018	40<84				25<81				25<81				40<82							1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1019	44<84				27<81				27<81				44<82							1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	1020	38<84				27<81				27<81				38<82							1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	1021	38<84				28<81				28<81				38<82							1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	1022	37<84				27<81				27<81				37<82							1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1023	34<84				25<81				25<81				34<82							1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	1024	32<84				22<81				22<81				32<82							1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	1025	25<84				17<81				17<81				25<82							1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	1026	22<84				11<81				11<81				22<82							1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1027																			G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
G-2	2001																				2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2002	24<84				12<81				12<81				24<82							2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2003	27<84				18<81				18<81				27<82							2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2004	34<84				23<81				23<81				34<82							2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	2005	36<84				26<81				26<81				36<82							2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2006	39<84				28<81				28<81				39<82							2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2007	40<84				29<81				29<81				40<82							2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2008	39<84				28<81				28<81				39<82							2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	2009	46<84				28<81				28<81				46<82							2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2010	42<84				26<81				26<81				42<82							2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2011	38<105				23<82				23<82				38<78							2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2012	29<109				19<82				19<82				23<81							2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	2013	18<109				16<82				16<82				19<81							2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2014	13<109		14<39		13<82				13<81				18<81							2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2015	18<109				16<82				16<82				19<81							2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2016	23<109				19<82				19<82				23<81							2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	2017	38<105				23<82				23<82				38<78							2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2018	42<84				26<81				26<81				42<82							2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2019	46<84				28<81				28<81				46<82							2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2020	39<84				28<81				28<81				39<82							2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	2021	40<84				29<81				29<81				40<82							2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2022	39<84				28<81				28<81				39<82							2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2023	36<84				26<81				26<81				36<82							2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	2024	34<84				23<81				23<81				34<82							2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	2025	27<84				18<81				18<81				27<82							2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2026	24<84				12<81				12<81				24<82							2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	2027																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

主桁方向応力の疲労照査結果一覧表 (その3)

桁名	格点名	照査点-19		照査点-20		照査点-21		照査点-22		照査点-23		照査点-24		照査点-25		照査点-26		照査点-27	
		主桁腹板(下)と垂直補剛		主桁腹板と吊金具		主桁水平補剛材(上側)		主桁水平補剛材(下側)		主桁腹板と横桁下フランジ		主桁腹板と横桁腹板天端		主桁腹板と横桁腹板下側		主桁腹板とアラカト腹板		主桁腹板とアラカト腹板	
		E等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	E等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	G等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	G等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	G等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	E等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j						
G-1	1001																		
	1002	22<62		11<81		4<42				16<32		11<81		16<62		11<81		4<81	
	1003	25<62		17<81		8<42				18<32		17<81		18<62		17<81		8<81	
	1004	32<62		22<81		11<42				23<32		22<81		23<62		22<81		10<81	
	1005	34<62		25<81		13<42				24<32		25<81		24<62		25<81		12<81	
	1006	37<62		27<81		14<42				26<32		27<81		26<62		27<81		13<81	
	1007	38<62		28<81		14<42				27<32		28<81		26<62		28<81		13<81	
	1008	38<62		27<81		14<42				26<32		27<81		26<62		27<81		13<81	
	1009	44<62		27<81		13<42				32<32		27<81		31<62		27<81		12<81	
	1010	40<62		25<81		12<42		27<32		28<32		25<81		29<62		25<81		11<81	
	1011	36<80		22<62				24<41		26<41		22<62		26<80		22<62		10<62	
	1012	22<81		18<62				14<42		15<42		18<62		15<81		18<62		9<62	
	1013	18<81		15<62				11<42		12<42		15<62		12<81		15<62		8<62	
	1014	14<81		13<62				8<42		9<42		13<62		9<81		13<62		7<62	
	1016	18<81		15<62				11<42		12<42		15<62		12<81		15<62		8<62	
	1016	22<81		18<62				14<42		15<42		18<62		15<81		18<62		9<62	
	1017	36<80		22<62				24<41		26<41		22<62		26<80		22<62		10<62	
	1018	40<62		26<81		12<42		27<32		28<32		25<81		29<62		26<81		11<81	
	1019	44<62		27<81		13<42				32<32		27<81		31<62		27<81		12<81	
	1020	38<62		27<81		14<42				28<32		27<81		26<62		27<81		13<81	
	1021	38<62		28<81		14<42				27<32		28<81		26<62		28<81		13<81	
	1022	37<62		27<81		14<42				26<32		27<81		26<62		27<81		13<81	
	1023	34<62		25<81		13<42				24<32		25<81		24<62		25<81		12<81	
	1024	32<62		22<81		11<42				23<32		22<81		23<62		22<81		10<81	
	1025	25<62		17<81		8<42				18<32		17<81		18<62		17<81		8<81	
	1026	22<62		11<81		4<42				16<32		11<81		16<62		11<81		4<81	
	1027																		
G-2	2001																		
	2002	24<62		12<81		5<42				18<32		12<81		18<62		12<81		4<81	
	2003	27<62		18<81		9<42				19<32		18<81		19<62		18<81		8<81	
	2004	34<62		23<81		11<42				24<32		23<81		24<62		23<81		11<81	
	2005	36<62		26<81		14<42				26<32		26<81		25<62		26<81		13<81	
	2006	39<62		28<81		15<42				27<32		28<81		27<62		28<81		14<81	
	2007	40<62		29<81		15<42				28<32		29<81		27<62		29<81		14<81	
	2008	39<62		28<81		15<42				27<32		28<81		27<62		28<81		14<81	
	2009	46<62		28<81		13<42				33>32	0.56	28<81		33<62		28<81		12<81	
	2010	42<62		26<81		12<42		29<32		30<32		26<81		30<62		26<81		11<81	
	2011	38<78		23<62				26<40		27<40		23<62		27<78		23<62		10<62	
	2012	23<81		19<62				15<42		16<42		19<62		16<81		19<62		10<62	
	2013	19<81		16<62				12<42		13<42		16<62		13<81		16<62		9<62	
	2014	13<81		13<62				8<42		9<42		13<62		9<81		13<62		7<62	
	2015	19<81		16<62				12<42		13<42		16<62		13<81		16<62		9<62	
	2016	23<81		19<62				15<42		16<42		19<62		16<81		19<62		10<62	
	2017	39<78		23<62				26<40		27<40		23<62		27<78		23<62		10<62	
	2018	42<62		26<81		12<42		29<32		30<32		26<81		30<62		26<81		11<81	
	2019	46<62		28<81		13<42				33>32	0.60	28<81		33<62		28<81		12<81	
	2020	39<62		28<81		15<42				27<32		28<81		27<62		28<81		14<81	
	2021	40<62		29<81		15<42				28<32		29<81		27<62		29<81		14<81	
	2022	39<62		28<81		15<42				27<32		28<81		27<62		28<81		14<81	
	2023	36<62		26<81		14<42				25<32		26<81		25<62		26<81		13<81	
	2024	34<62		23<81		11<42				24<32		23<81		24<62		23<81		11<81	
	2025	27<62		18<81		9<42				19<32		18<81		19<62		18<81		8<81	
	2026	24<62		12<81		5<42				18<32		12<81		18<62		12<81		4<81	
	2027																		

主桁方向応力の疲労照査結果一覧表 (その4)

桁名	格点名	照査点-28		照査点-29		照査点-30		照査点-31		照査点-32		照査点-33		照査点-34	
		主桁腹板とフラット下フランジ		主桁腹板と横リブフランジ(上)		主桁腹板と横リブフランジ(下)		主桁腹板と横リブ腹板(上)		主桁腹板と横リブ腹板(下)		主桁腹板とダイヤ(上側)		主桁腹板とダイヤ(下側)	
		E等級 打切り 判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>												
G-1	1001														
	1002	4<42		4<42		15<32		11<81		22<62		11<81		22<62	
	1003	8<42		8<42		16<32		17<81		25<62		17<81		25<62	
	1004	10<42		10<42		21<32		22<81		32<62		22<81		32<62	
	1005	12<42		12<42		21<32		25<81		34<62		25<81		34<62	
	1006	13<42		13<42		23<32		27<81		37<62		27<81		37<62	
	1007	13<42		13<42		24<32		28<81		38<62		28<81		38<62	
	1008	13<42		13<42		24<32		27<81		38<62		27<81		38<62	
	1009	12<42		12<42		29<32		27<81		44<62		27<81		44<62	
	1010	11<42		11<42		26<32		25<81		40<62		25<81		40<62	
	1011	9<32		10<32		24<41		22<62		36<80		22<62		36<80	
	1012	9<32		9<32		13<42		18<62		22<81		18<62		22<81	
	1013	8<32		8<32		11<42		15<62		18<81		15<62		18<81	
	1014	7<32		7<32		8<42		13<62		14<81		13<62		14<81	
	1015	8<32		8<32		11<42		15<62		18<81		15<62		18<81	
	1016	9<32		9<32		13<42		18<62		22<81		18<62		22<81	
	1017	9<32		10<32		24<41		22<62		36<80		22<62		36<80	
	1018	11<42		11<42		26<32		26<81		40<62		25<81		40<62	
	1019	12<42		12<42		29<32		27<81		44<62		27<81		44<62	
	1020	13<42		13<42		24<32		27<81		38<62		27<81		38<62	
	1021	13<42		13<42		24<32		26<81		38<62		28<81		38<62	
	1022	13<42		13<42		23<32		27<81		37<62		27<81		37<62	
	1023	12<42		12<42		21<32		25<81		34<62		25<81		34<62	
	1024	10<42		10<42		21<32		22<81		32<62		22<81		32<62	
	1025	8<42		8<42		16<32		17<81		25<62		17<81		25<62	
	1026	4<42		4<42		19<32		11<81		22<62		11<81		22<62	
	1027														
G-2	2001														
	2002	4<42		4<42		16<32		12<81		24<62		12<81		24<62	
	2003	8<42		8<42		17<32		18<81		27<62		18<81		27<62	
	2004	10<42		11<42		22<32		23<81		34<62		23<81		34<62	
	2005	12<42		13<42		22<32		26<81		36<62		26<81		36<62	
	2006	13<42		14<42		24<32		28<81		39<62		28<81		39<62	
	2007	14<42		14<42		25<32		29<81		40<62		29<81		40<62	
	2008	14<42		14<42		25<32		28<81		39<62		28<81		39<62	
	2009	12<42		12<42		30<32		28<81		48<62		28<81		46<62	
	2010	11<42		11<42		28<32		28<81		42<62		26<81		42<62	
	2011	10<32		10<32		25<40		23<62		38<78		23<62		38<78	
	2012	10<32		10<32		14<42		19<62		23<81		19<62		23<81	
	2013	8<32		9<32		12<42		16<62		19<81		16<62		19<81	
	2014	7<32		7<32		8<42		13<62		13<81		13<62		13<81	
	2015	8<32		9<32		12<42		16<62		19<81		16<62		19<81	
	2016	10<32		10<32		14<42		19<62		23<81		19<62		23<81	
	2017	10<32		10<32		25<40		23<62		38<78		23<62		38<78	
	2018	11<42		11<42		28<32		28<81		42<62		28<81		42<62	
	2019	12<42		12<42		30<32		28<81		46<62		28<81		48<62	
	2020	14<42		14<42		25<32		28<81		39<62		28<81		39<62	
	2021	14<42		14<42		25<32		29<81		40<62		29<81		40<62	
	2022	13<42		14<42		24<32		28<81		39<62		28<81		39<62	
	2023	12<42		13<42		22<32		26<81		36<62		26<81		36<62	
	2024	10<42		11<42		22<32		23<81		34<62		23<81		34<62	
	2025	8<42		8<42		17<32		18<81		27<62		18<81		27<62	
	2026	4<42		4<42		19<32		12<81		24<62		12<81		24<62	
	2027														

### 3-6. 横桁方向応力の疲労詳細計算

累積損傷度の照査で最も厳しい箇所のみ詳細な計算結果を表示し、その他は、表出力とする。

代表部一覧

代表No	桁名	要素名	照査点名称	等級
1	横桁	CR1-001(i端)	横桁腹板(下)と主桁腹板	H

1) 代表部 No.1 桁名=横桁、要素名=CR1-001(i端)、横桁腹板(下)と主桁腹板、H等級

(1)断面諸量

単位 (m, m<sup>2</sup>, m<sup>4</sup>)

Rc	Ri	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>xy</sub>	x	y
-----	-----	-----	0.02763	-----	-----	---	1.4184
		-	8	-	-		

## (2)断面力と応力度

応力度算出時の構造解析係数  $\gamma_a = 1.0$

単位 (kN、kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

載荷 横断	車線 1		車線 2	
	Mx	$\sigma$	Mx	$\sigma$
1	0.0	0	0.0	0
2	-60.9	-3	94.1	5
3	-87.0	-4	134.4	7
4	-90.6	-5	140.0	7
5	-85.4	-4	131.9	7
6	-76.9	-4	118.8	6
7	-67.2	-3	103.8	5
8	-56.9	-3	88.0	5
9	-46.3	-2	71.6	4
10	-35.5	-2	54.9	3
11	-24.9	-1	38.4	2
12	-14.8	-1	22.9	1
13	-6.3	0	9.8	1
14	0.0	0	0.0	0
15	3.0	0	-4.7	0
16	4.1	0	-6.4	0
17	4.3	0	-6.6	0
18	4.1	0	-6.3	0
19	3.7	0	-5.7	0
20	3.2	0	-5.0	0
21	2.8	0	-4.3	0
22	2.4	0	-3.7	0
23	1.9	0	-3.0	0
24	1.5	0	-2.3	0
25	1.0	0	-1.6	0
26	0.5	0	-0.8	0
27	0.0	0	0.0	0

前表は1組の疲労設計荷重を車線中央に載荷し、進行方向に移動させ、各載荷横断位置に疲労設計荷重が載荷されたときの、照査格点CR1-001(i端)での曲げモーメント(Mx)である。

活荷重補正係数  $\gamma_T = \gamma_{T1} * \gamma_{T2}$

車線i	$L_{B1}$ (m)	$\text{Log } L_{B1} + 1.50$	$\gamma_{T1}$	$L_{B2}$ (m)	$\gamma_{T2}$	$\gamma_T$
1	80.000	3.40	3.00	---	1.00	3.00
2	80.000	3.40	3.00	---	1.00	3.00

$\gamma_{T1}$  : T荷重補正係数

$\gamma_{T1} = \log L_{B1} + 1.50$  (但し、 $2.00 \leq \gamma_{T1} \leq 3.00$ )

$L_{B1}$  : 影響線縦距が最大となる位置を含む範囲 (基線長) (m)

$\gamma_{T2}$  : 同時載荷係数

対象とする断面力の影響線が正負に交番する場合は  $\gamma_T = 1.00$

対象とする断面力の影響線が常に 0 以上または 0 以下というように

同符号となる場合「鋼道路橋の疲労設計指針 表-4.2.1」に与える値

### (3) 応力範囲の計算

・ 応力範囲

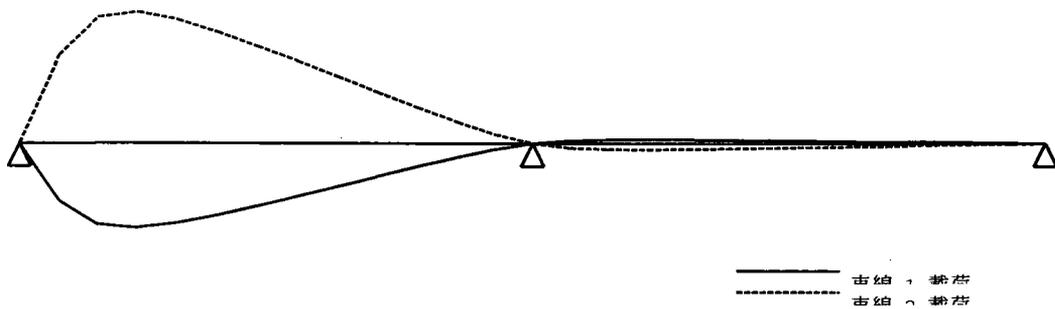
基本式  $\Delta\sigma_{i,j} = |\sigma_{i,k1} - \sigma_{i,k2}| * \gamma_{T(i)}$

ここに  $\Delta\sigma_{i,j}$ : 応力範囲  $i$ は車線番号、 $j$ は応力範囲の番号

$\sigma_{i,k1}$ : 最大応力度  $i$ は車線番号、 $k1$ は載荷横断番号

$\sigma_{i,k2}$ : 最小応力度  $i$ は車線番号、 $k2$ は載荷横断番号

$\gamma_{T(i)}$ : 活荷重補正係数  $i$ は車線番号



$$\Delta\sigma_{1,1} = |\sigma_{1,17} - \sigma_{1,4}| * \gamma_{T(1)} = |(0) - (-5)| * 3.00 = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{2,1} = |\sigma_{2,4} - \sigma_{2,17}| * \gamma_{T(2)} = |(7) - (0)| * 3.00 = 23 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲  $\Delta\sigma_{\max} = \Delta\sigma_{2,1} = 23 \text{ N/mm}^2$

### (4) 補正係数

・ 平均応力度に関する補正係数  $C_R$

$$C_R = 1.00 \quad (-1.00 < R < 1.00)$$

$$C_R = 1.3(1.00 - R) / (1.60 - R) \quad (R \leq -1.00)$$

$$C_R = 1.30 \quad (R > 1.00)$$

・ 平均応力度に関する補正係数  $C_R$

単位 (kN、kN・m、N/mm<sup>2</sup>)

断面力ケース	Mx	$\sigma$	$\gamma_T$	$\sigma * \gamma_T$
死荷重	0.0	0	---	---
T荷重最大	140.0	7	3.00	22
T荷重最小	-90.6	-5	3.00	-14

死荷重+T荷重最大  $\sigma_{\max} = (0) + (22) = 22 \text{ N/mm}^2$   
 死荷重+T荷重最小  $\sigma_{\min} = (0) + (-14) = -14 \text{ N/mm}^2$   
 応力比  $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = -14 / 22 = -0.65 \text{ } (-1.00 < R < 1.00)$   
 $\therefore C_R = 1.00$

・板厚に関する補正係数  $C_t$

母材板厚 12mm 付加板厚 14mm  
 $\therefore C_t = 1.00 \text{ (母材板厚}=12\text{mm} \leq 25\text{mm)}$

(5)一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査(簡便な疲労照査)

・仕上げ前(強度等級 H)

一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

$$\Delta \sigma_{ce} = 23 \text{ N/mm}^2$$

最大応力範囲

$$\Delta \sigma_{\max} = 23 \text{ N/mm}^2 \leq \Delta \sigma_{ce} * C_R * C_t = 23 * 1.00 * 1.00 = 23 \quad \text{OK}$$

一定振幅応力の打ち切り限界範囲を満足するため安全である。

(6) 累積損傷度の照査（詳細な疲労照査）

累積損傷度  $D = \sum D_{i,j}$

ここに

$D$  : 累積損傷度

$i$  : 車線番号

$j$  : 応力範囲番号

$D_{i,j}$ : 車線*i*の応力範囲の*j*番目による損傷度

$$D_{i,j} = nt_i / N_{i,j}$$

ここに

$nt_i$ : 応力範囲レベル $\Delta\sigma_{i,j}$ の頻度

$$nt_i = NT_i * 365 * \text{設計供用期間(年)}$$

ここに

$NT_i$ : 疲労設計荷重の頻度

$$NT_i = ADTT_{SLi} * \gamma_n$$

ここに

$ADTT_{SLi}$ : 一方向一車線当たりの日大型設計交通量 (台 / (日・車線))

$\gamma_n$ : 頻度補正係数 (= 0.03)

$N_{i,j}$ : 応力範囲レベル $\Delta\sigma_{i,j}$ に対する疲労寿命 (応力繰返し数)

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta\sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta\sigma_{i,j}^m$$

(ただし  $\Delta\sigma_{i,j} \leq \Delta\sigma_{ve} * C_R * C_t$  の場合  $N_{i,j} = \infty$ )

ここに

$\Delta\sigma_f$ : 直応力に対する  $2*10^6$ 回基本許容応力範囲

$\Delta\sigma_{i,j}$ : 応力範囲

$m$ : 疲労設計曲線の傾きを表す指数 直応力を受ける継手の場合  $m=3$

$\Delta\sigma_{ve}$ : 変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

車線 <i>i</i>	$ADTT_{SLi}$	$\gamma_n$	$Nt_i$	$nt_i$
1	3000	0.03	90	3.29E+6
2	2000	0.03	60	2.19E+6

・仕上げ前（強度等級 H）

$$\Delta \sigma_f = 40 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_f * C_R * C_t = 40 * 1.00 * 1.00 = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{ve} = 11 \text{ N/mm}^2 \quad \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t = 11 * 1.00 * 1.00 = 11 \text{ N/mm}^2$$

$m = 3$  （直応力を受ける継手の場合）

$$N_{i,j} = 2 * 10^6 * (\Delta \sigma_f * C_R * C_t)^m / \Delta \sigma_{i,j}^m$$

$$N_{1,1} = 2 * 10^6 * 40^3 / 16^3 = 2.93E+7$$

$$N_{2,1} = 2 * 10^6 * 40^3 / 25^3 = 7.92E+6$$

累積損傷度  $D = 0.39 \leq 1.0$  OK

車線 <i>i</i>	応力範囲 <i>j</i>	$\Delta \sigma_{i,j}$	$nt_i$	$N_{i,j}$	$D_{i,j} (=nt_i/N_{i,j})$
1	1	16	3.29E+6	2.93E+7	0.11
2	1	25	2.19E+6	7.92E+6	0.28
					合計 $D = 0.39$

$\Delta \sigma_{i,j} \leq \Delta \sigma_{ve} * C_R * C_t$  の場合 ( $N_{i,j}$ ) =  $\infty$  となり、疲労損傷度 ( $D_{i,j} [=nt_i/N_{i,j}]$ ) を無視する。「鋼道路橋の疲労設計指針 4.3.(3)」を参照

変動振幅応力による疲労の影響は、損傷が生じるまでの繰り返し数が ( $N_{i,j}$ ) である ( $\Delta \sigma_{i,j}$ ) が ( $nt_i$ ) 回生じたときの疲労損傷度を ( $D_{i,j} [=nt_i/N_{i,j}]$ ) と定義した場合に、対象部位に対応する総ての応力範囲に対する疲労損傷度の合計 ( $D$ =累積損傷度) が 1.0 以下であれば、疲労に対する安全性が確保されているとみなしてよい。

この時、変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界 ( $\Delta \sigma_{ve}$ ) 以下の応力範囲について疲労損傷度 ( $D_{i,j} [=nt_i/N_{i,j}]$ ) を無視してよい。

上表より累積損傷度  $D = 0.39 < 1.0$  となり安全性は確保されていると判断できる。

横桁方向応力の疲労照査結果一覧表

(2) 横 桁

照査番号	照査点名称	照 査 結 果(仕上げ前)						仕 上 げ 後			
		継 手 の 種 類			強度等級	打切り限界	累積損傷度	継手の種類	強度等級	打切り限界	累積損傷度
1	横桁下フランジと主桁腹板	荷重伝達型十字継手	完全溶込み溶接	非仕上げの継手	E	総てOK	-	-	-	-	-
2	横桁腹板とデッキ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手		D	総てOK	-	-	-	-	-
3	横桁腹板と横桁下フランジ	縦方向溶接継手	すみ肉溶接継手		D	総てOK	-	-	-	-	-
4	横桁腹板(上)と主桁腹板	荷重伝達型十字継手	すみ肉溶接継手	ルート破壊	H	総てOK	-	-	-	-	-
5	横桁腹板(下)と主桁腹板	荷重伝達型十字継手	すみ肉溶接継手	ルート破壊	H	総てOK	-	-	-	-	-
6	横桁水平補剛材(上側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)		G	総てOK	-	-	-	-	-
7	横桁水平補剛材(下側)	面外ガセット	ガセットをすみ肉溶接した継手(L>100)		G	総てOK	-	-	-	-	-

主桁方向応力の疲労照査結果一覧表 (その1)

桁名	格点名	照査点-1 デッキと垂直補剛材		照査点-2 デッキと横リブ腹板		照査点-3 デッキとダイヤ		照査点-4 デッキと縦リブ		照査点-5 デッキとスタッド		照査点-6 デッキと吊金具		照査点-7 主桁下フランジと垂直補剛		照査点-8 主桁下フランジと横リブ腹板		照査点-9 主桁下フランジとダイヤ	
		E等級		E等級		E等級		E等級		E等級		E等級		E等級		E等級		E等級	
		打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j	打切り 判定	累積損傷度 D = Σ Di,j
G-1	1001																		
	1002	11<81		11<81		11<81		11<109		11<81		11<81		22<62		22<62		22<62	
	1003	17<81		17<81		17<81		17<109		17<81		17<81		25<62		25<62		25<62	
	1004	22<81		22<81		22<81		22<109		22<81		22<81		32<62		32<62		32<62	
	1005	25<81		25<81		25<81		25<109		25<81		25<81		34<61		34<62		34<62	
	1006	27<81		27<81		27<81		27<109		27<81		27<81		37<61		37<62		37<62	
	1007	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		38<61		38<62		38<62	
	1008	27<81		27<81		27<81		27<109		27<81		27<81		38<61		38<62		38<62	
	1009	27<81		27<81		27<81		27<109		27<81		27<81		44<62		44<62		44<62	
	1010	25<81		25<81		25<81		25<109		25<81		25<81		40<62		40<62		40<62	
	1011	22<62		22<62		22<62		22<84		22<62		22<62		36<80		36<80		36<80	
	1012	18<62		18<62		18<62		18<84		18<62		18<62		22<78		22<81		22<81	
	1013	15<62		15<62		15<62		15<84		15<62		15<62		18<78		18<81		18<81	
	1014	13<62		13<62		13<62		13<84		13<62		13<62		14<75		14<81		14<81	
	1016	15<62		15<62		15<62		15<84		15<62		15<62		18<78		18<81		18<81	
	1018	18<62		18<62		18<62		18<84		18<62		18<62		22<78		22<81		22<81	
	1017	22<62		22<62		22<62		22<84		22<62		22<62		36<80		36<80		36<80	
	1018	25<81		25<81		25<81		25<109		25<81		25<81		40<62		40<62		40<62	
	1019	27<81		27<81		27<81		27<109		27<81		27<81		44<62		44<62		44<62	
	1020	27<81		27<81		27<81		27<109		27<81		27<81		38<61		38<62		38<62	
	1021	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		38<61		38<62		38<62	
	1022	27<81		27<81		27<81		27<109		27<81		27<81		37<61		37<62		37<62	
	1023	25<81		25<81		25<81		25<109		25<81		25<81		34<61		34<62		34<62	
	1024	22<81		22<81		22<81		22<109		22<81		22<81		32<62		32<62		32<62	
	1025	17<81		17<81		17<81		17<109		17<81		17<81		25<62		25<62		25<62	
	1026	11<81		11<81		11<81		11<109		11<81		11<81		22<62		22<62		22<62	
	1027																		
G-2	2001																		
	2002	12<81		12<81		12<81		12<109		12<81		12<81		24<62		24<62		24<62	
	2003	18<81		18<81		18<81		18<109		18<81		18<81		27<62		27<62		27<62	
	2004	23<81		23<81		23<81		23<109		23<81		23<81		34<82		34<62		34<62	
	2005	26<81		26<81		26<81		26<109		26<81		26<81		36<61		36<62		36<62	
	2006	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		39<61		39<62		39<62	
	2007	29<81		29<81		29<81		29<109		29<81		29<81		40<61		40<62		40<62	
	2008	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		39<61		39<62		39<62	
	2009	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		46<62		46<62		46<62	
	2010	26<81		26<81		26<81		26<109		26<81		26<81		42<62		42<62		42<62	
	2011	23<62		23<62		23<62		23<84		24<62		23<62		38<78		38<78		38<78	
	2012	19<62		19<62		19<62		19<84		19<62		19<62		23<78		23<81		23<81	
	2013	16<62		16<62		16<62		16<84		16<62		16<62		19<78		19<81		19<81	
	2014	13<62		13<62		13<62		13<84		13<62		13<62		13<75		13<81		13<81	
	2015	16<62		16<62		16<62		16<84		16<62		16<62		19<78		19<81		19<81	
	2016	19<62		19<62		19<62		19<84		19<62		19<62		23<78		23<81		23<81	
	2017	23<62		23<62		23<62		23<84		24<62		23<62		38<78		38<78		38<78	
	2018	26<81		26<81		26<81		26<109		26<81		26<81		42<62		42<62		42<62	
	2019	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		46<62		46<62		46<62	
	2020	28<81		28<81		28<81		28<109		29<81		28<81		39<61		39<62		39<62	
	2021	29<81		29<81		29<81		29<109		29<81		29<81		40<61		40<62		40<62	
	2022	28<81		28<81		28<81		28<109		28<81		28<81		39<61		39<62		39<62	
	2023	26<81		26<81		26<81		26<109		26<81		26<81		36<61		36<62		36<62	
	2024	23<81		23<81		23<81		23<109		23<81		23<81		34<62		34<62		34<62	
	2025	18<81		18<81		18<81		18<109		18<81		18<81		27<62		27<62		27<62	
	2026	12<81		12<81		12<81		12<109		12<81		12<81		24<62		24<62		24<62	
	2027																		

横桁方向応力の肥料照査結果一覧表 (その1)

桁名	要素名	格点名		照査点-1	照査点-2	照査点-3	照査点-4	照査点-5	照査点-6	照査点-7	照査点-8	照査点-9	
		格点名	格点名	横桁下フランジと主桁	横桁腹板とデッキフラ	横桁腹板と横桁下フ	横桁腹板(上)と主桁	横桁腹板(下)と主桁	横桁腹板(上)と横桁	横桁腹板(下)と横桁	横桁水平補剛材(上側)	横桁水平補剛材(下側)	
		格点名	仕上げ前	E等級	D等級	D等級	仕上げ前 H等級	仕上げ前 H等級	仕上げ前 E等級	仕上げ前 E等級	仕上げ前 G等級	仕上げ前 G等級	
		判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>	判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>	判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>	判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>	判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>	判定	累積損傷度 D = Σ D <sub>ij</sub>
横桁	CRI-001	I	201001	23<82	14<88	23<84	14<24	23<23	14<85	23<82	7<34	15<32	
		J	102001	23<65	14<84	23<88	14<23	23<24	14<82	23<85	7<32	15<34	
CRI-002	I	J	201002	7<85	5<84	7<88	5<23	7<24	5<82	7<85	3<32	5<34	
		J	102002	7<82	5<88	7<84	5<24	7<23	5<85	7<82	3<34	5<32	
CRI-003	I	J	201003	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102003	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-004	I	J	201004	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102004	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-005	I	J	201005	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102005	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-006	I	J	201006	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102006	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-007	I	J	201007	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102007	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-008	I	J	201008	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102008	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-009	I	J	201009	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102009	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-010	I	J	201010	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102010	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-011	I	J	201011	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	3<32	7<34	
		J	102011	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	3<34	7<32	
CRI-012	I	J	201012	10<85	6<84	10<88	6<23	10<24	6<82	10<85	2<32	7<34	
		J	102012	10<82	6<88	10<84	6<24	10<23	6<85	10<82	2<34	7<32	
CRI-013	I	J	201013	9<82	5<88	9<84	5<24	9<23	5<85	9<82	2<34	6<32	
		J	102013	9<85	5<84	9<88	5<23	9<24	5<82	9<85	2<32	6<34	
CRI-014	I	J	201014	7<82	4<87	7<84	4<24	7<23	4<84	7<82	2<33	6<32	
		J	102014	7<84	4<84	7<87	4<23	7<24	4<82	7<84	2<32	5<33	
CRI-015	I	J	201015	9<82	5<88	9<84	5<24	9<23	5<85	9<82	2<34	6<32	
		J	102015	9<85	5<84	9<88	5<23	9<24	5<82	9<85	2<32	6<34	
CRI-016	I	J	201016	10<85	6<84	10<88	6<23	10<24	6<82	10<85	2<32	7<34	
		J	102016	10<82	6<88	10<84	6<24	10<23	6<85	10<82	2<34	7<32	
CRI-017	I	J	201017	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102017	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-018	I	J	201018	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102018	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-019	I	J	201019	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102019	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-020	I	J	201020	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102020	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-021	I	J	201021	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102021	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-022	I	J	201022	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<33	
		J	102022	11<82	6<87	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<33	7<32	
CRI-023	I	J	201023	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102023	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-024	I	J	201024	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102024	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-025	I	J	201025	11<85	6<84	11<88	6<23	11<24	6<82	11<85	2<32	7<34	
		J	102025	11<82	6<88	11<84	6<24	11<23	6<85	11<82	2<34	7<32	
CRI-026	I	J	201026	7<85	5<84	7<88	5<23	7<24	5<82	7<85	3<32	5<34	
		J	102026	7<82	5<88	7<84	5<24	7<23	5<85	7<82	3<34	5<32	
CRI-027	I	J	201027	23<82	14<88	23<84	14<24	23<23	14<85	23<82	7<34	15<32	
		J	102027	23<65	14<84	23<88	14<23	23<24	14<82	23<65	7<32	15<34	

### 3. 既設橋の耐久性評価

#### 3.1 耐久性の定義

一般に鋼橋の耐久性に影響する供用後に生ずる劣化現象の代表的なものとして、「疲労」、「遅れ破壊」および「腐食」があげられる。

このうち、「遅れ破壊」については高力ボルトの遅れ破壊が一般的で、強度面から構造物として一挙に致命的になることはない。

また、「腐食」は寿命を決定する重要な要因ではあるが、一般には徐々に進行するため、その間にいろいろと対策等の対応をとることが可能であり、急激に致命的な状態になることは稀である。

したがって、あえて耐久性を評価して余寿命を推定する必要性は薄れる。

このようなことから、鋼橋において耐久性の評価は、き裂が発生する可能性のある継手に対する「疲労」の問題として考えることができる。

#### 3.2 耐久性評価の流れ

耐久性評価は、累積疲労として、その構造物の「き裂が発生する可能性のある箇所の実働応力」と「その箇所の継手強度(疲労強度)」および「過去および将来の応力履歴(交通量)」がわかれば算定できる。

その流れを図 3.1 に示す。

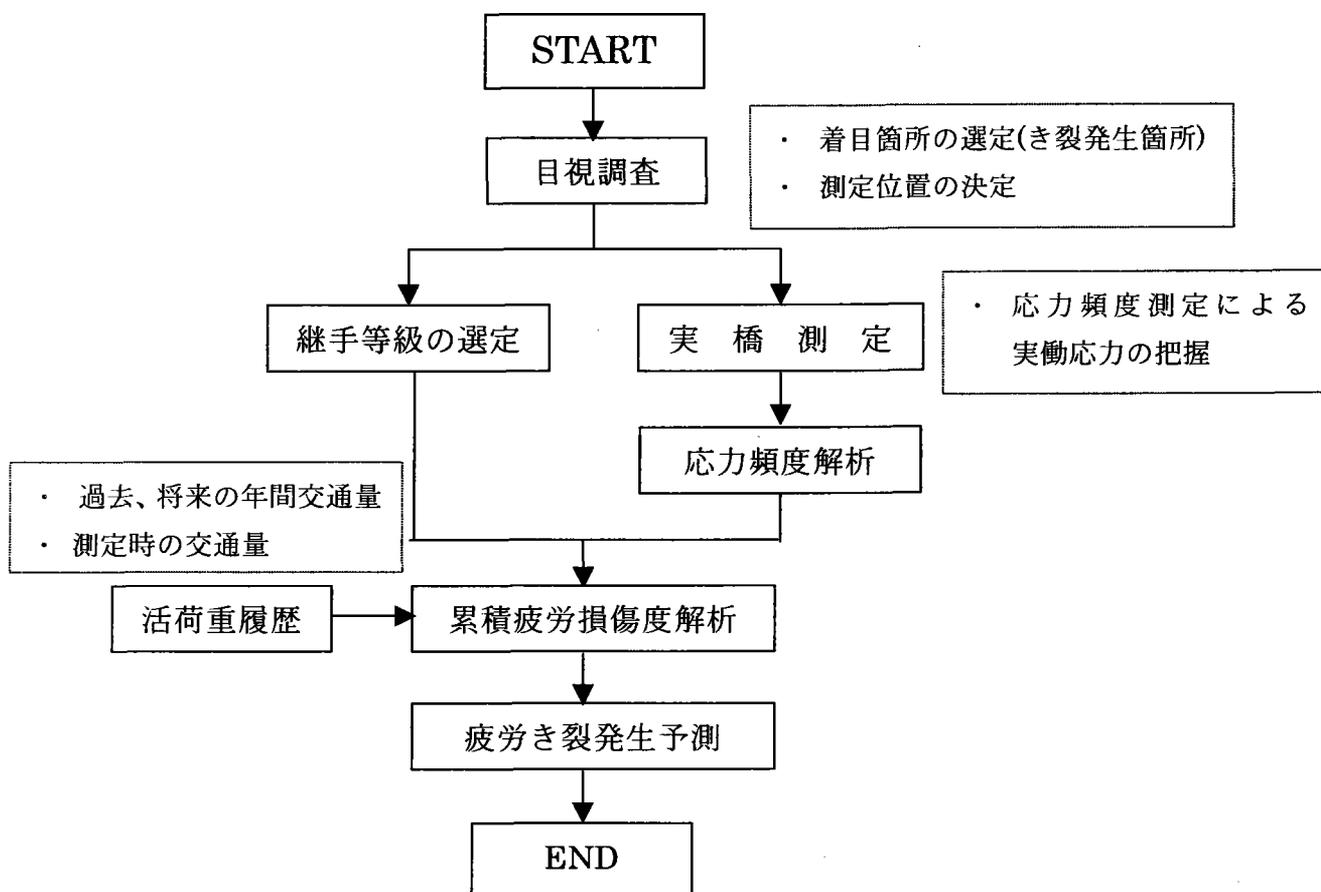


図 3.1 耐久性評価の流れ

### 3.3 評価のための実働応力測定方法

既設の鋼道路橋の耐久性を評価するためには、疲労き裂が発生する可能性のある箇所(着目箇所)の実働応力を把握する必要がある。

特に道路橋の場合には、重量が既知の荷重は皆無のため、実働応力の把握は「応力頻度測定」により行うこととなる。

応力頻度測定は各着目箇所の実働応力が、どの程度の大きさのものが、どれくらいの回数発生しているかを測定する方法で、通過車両によって連続的に発生する応力範囲と発生回数(頻度)の関係を把握するものである。

耐久性評価のための応力頻度測定は、レインフロー法(Rain Flow)により測定する。

この方法は雨垂れ法ともいい、応力-ひずみ曲線のヒステリシスループ(閉じたループ)に着目し、その応力の振幅頻度を数える方法である。

この応力頻度測定は一般的にはヒストグラムレコーダーによって設定条件に従い、自動で測定可能となっている。設定条件としては、測定時間、最大レンジ、実働応力範囲の刻み幅(スライス)などである。

また、一般的な設定条件等を以下に示す。

測定時間：平日の3日間を原則

最大レンジ：各着目箇所の局部応力を考慮した最大応力範囲で決める必要がある

スライス幅：最大レンジに対して、最小でも±36スライスとするのがよい

その他：ヒズミゲージのため、車両無線、雷、高圧電線等の影響を受けた場合、ノイズとして記録されるため、その可能性がある場合にはシールド、フィルター処理等の配慮が必要

### 3.4 評価のためのゲージ貼付位置

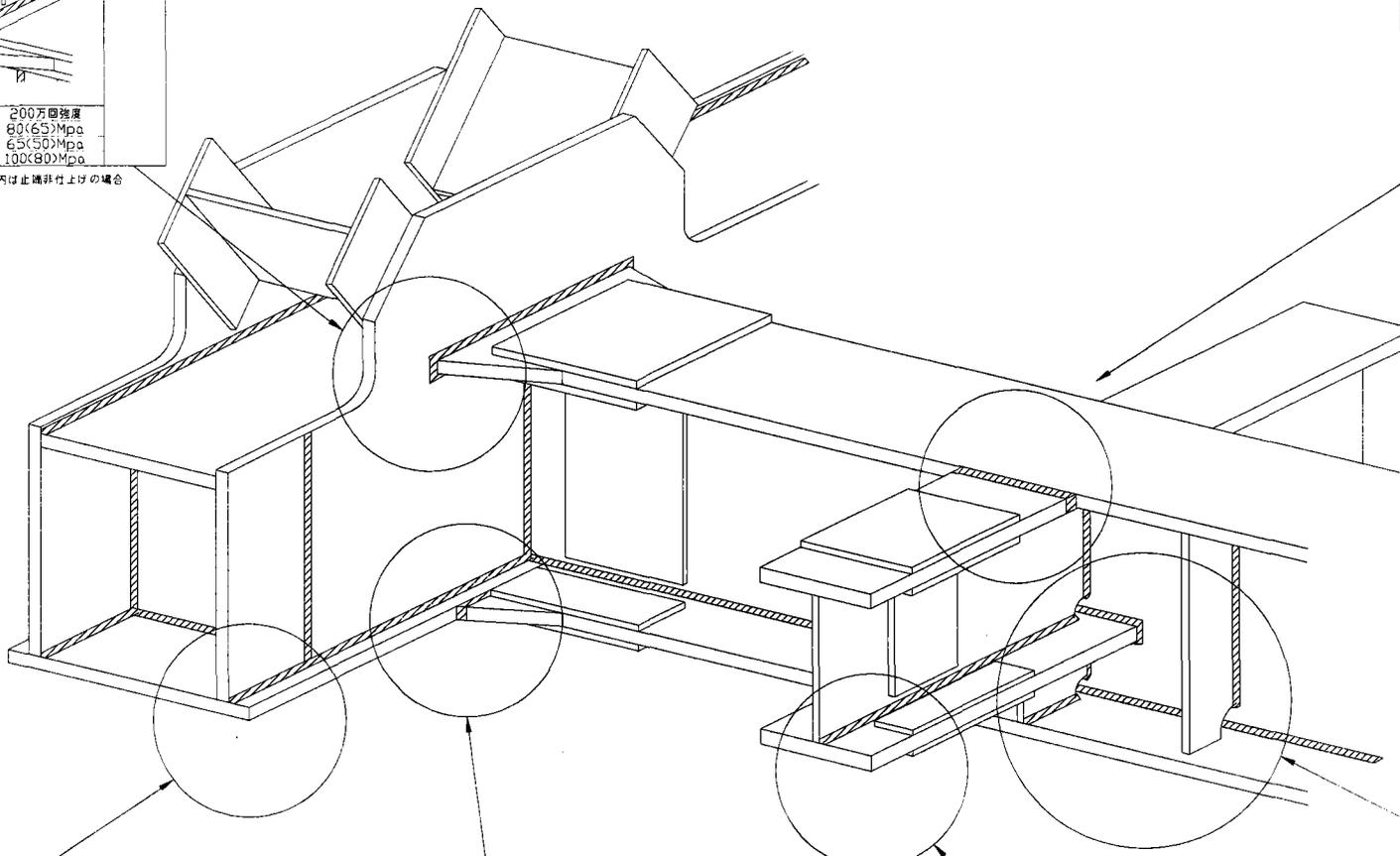
# 鋼トラス橋の着目箇所の一例

備考

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 面外方向 L ≤ 100mm	JSSC	E(F)	80(65)Mpa
② 面外方向 L > 100mm	JSSC	F(G)	65(50)Mpa
③ 重量伝達型十字溶接	JSSC	D(E)	100(80)Mpa

備考

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 橋突合せ溶接	JSSC	F(G)	65(50)Mpa
② 面内方向	JSSC	F(G)	65(50)Mpa



※ ( ) 内は止端非付上げの場合

※ ( ) 内は止端非付上げの場合

2-72

備考

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 縦方向溶接継手	JSSC	D	100Mpa

備考

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① D	JSSC	D	100Mpa
② E	JSSC	E	80Mpa
③ F	JSSC	F	65Mpa

備考

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 縦方向溶接継手 (すみ肉溶接)	JSSC	D	100Mpa

備考

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 重量非伝達十字溶接継手	JSSC	D(F)	100(80)Mpa
② 面外方向 L ≤ 100mm	JSSC	E(F)	80(65)Mpa
③ 面外方向 L > 100mm	JSSC	F(G)	65(50)Mpa
④ 重量非伝達十字溶接継手	JSSC	D(E)	100(80)Mpa

# 鋼床版の着目箇所の一例

構造図

ゲージ貼付位置

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
スカープを含む縦方向溶接継手	JSSC	G	50Mpa

備考

構造図

ゲージ貼付位置

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
荷重非伝達型 十字溶接継手	JSSC	D(E)	100(80)Mpa

備考

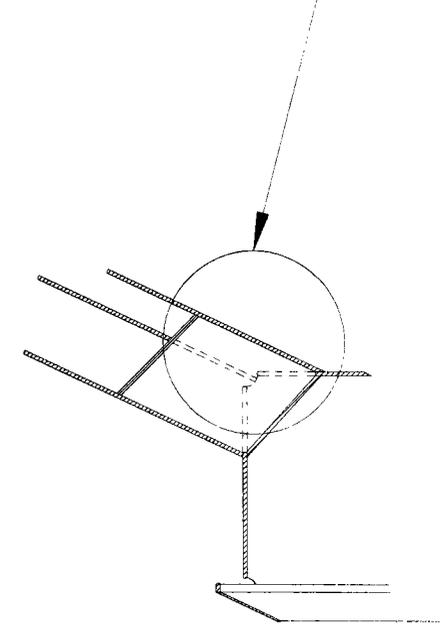
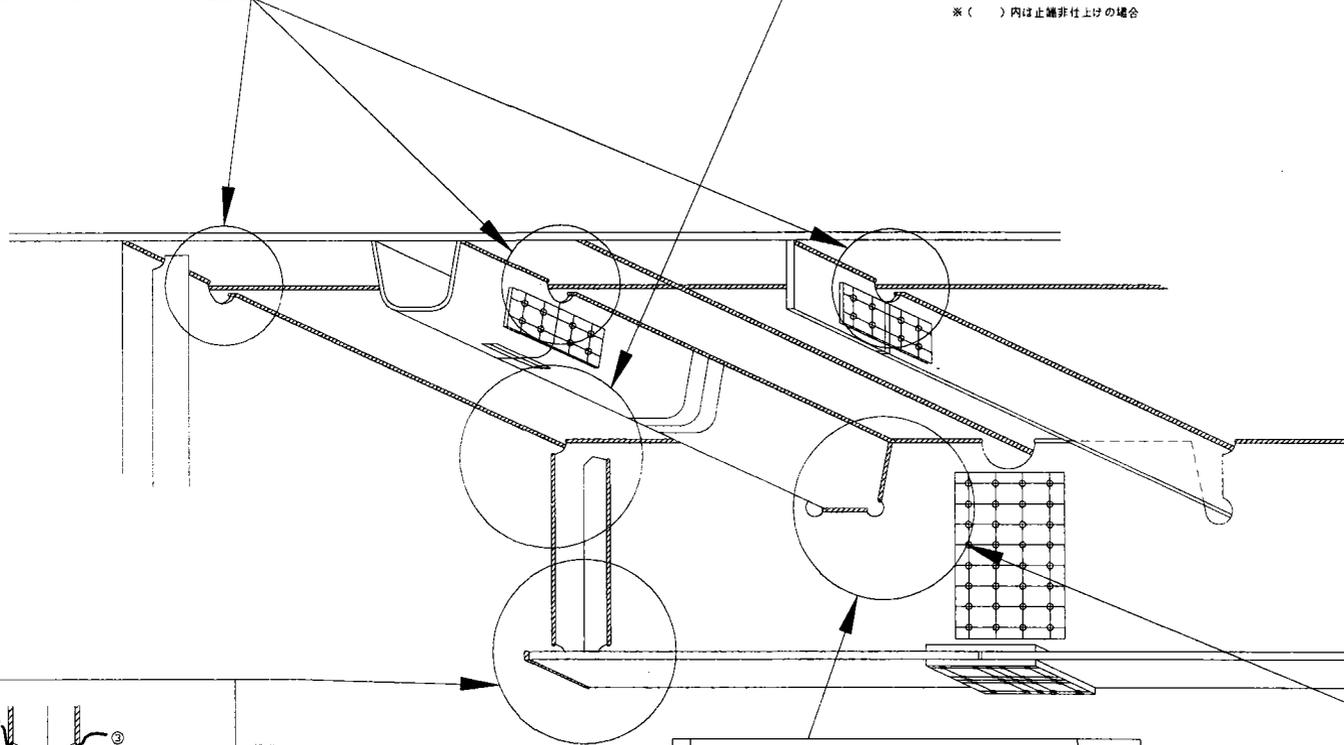
構造図

ゲージ貼付位置

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
縦方向溶接継手	JSSC	D	100Mpa

備考

2-73



構造図

ゲージ貼付位置

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 面外ガセットL≦100mm	JSSC	E(F)	80(65)Mpa
② 面外ガセットL>100mm	JSSC	F(G)	65(50)Mpa
③ 荷重非伝達 十字溶接継手	JSSC	D(E)	100(80)Mpa
④ 荷重伝達型 十字溶接継手	JSSC	D(E)	100(80)Mpa

備考

※ ( ) 内は止端非仕上げの場合

構造図

ゲージ貼付位置

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
荷重伝達型 十字溶接継手	JSSC	D(E)	100(80)Mpa

備考

※ ( ) 内は止端非仕上げの場合

構造図

ゲージ貼付位置

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
スカープを含む縦方向溶接継手	JSSC	C	125Mpa

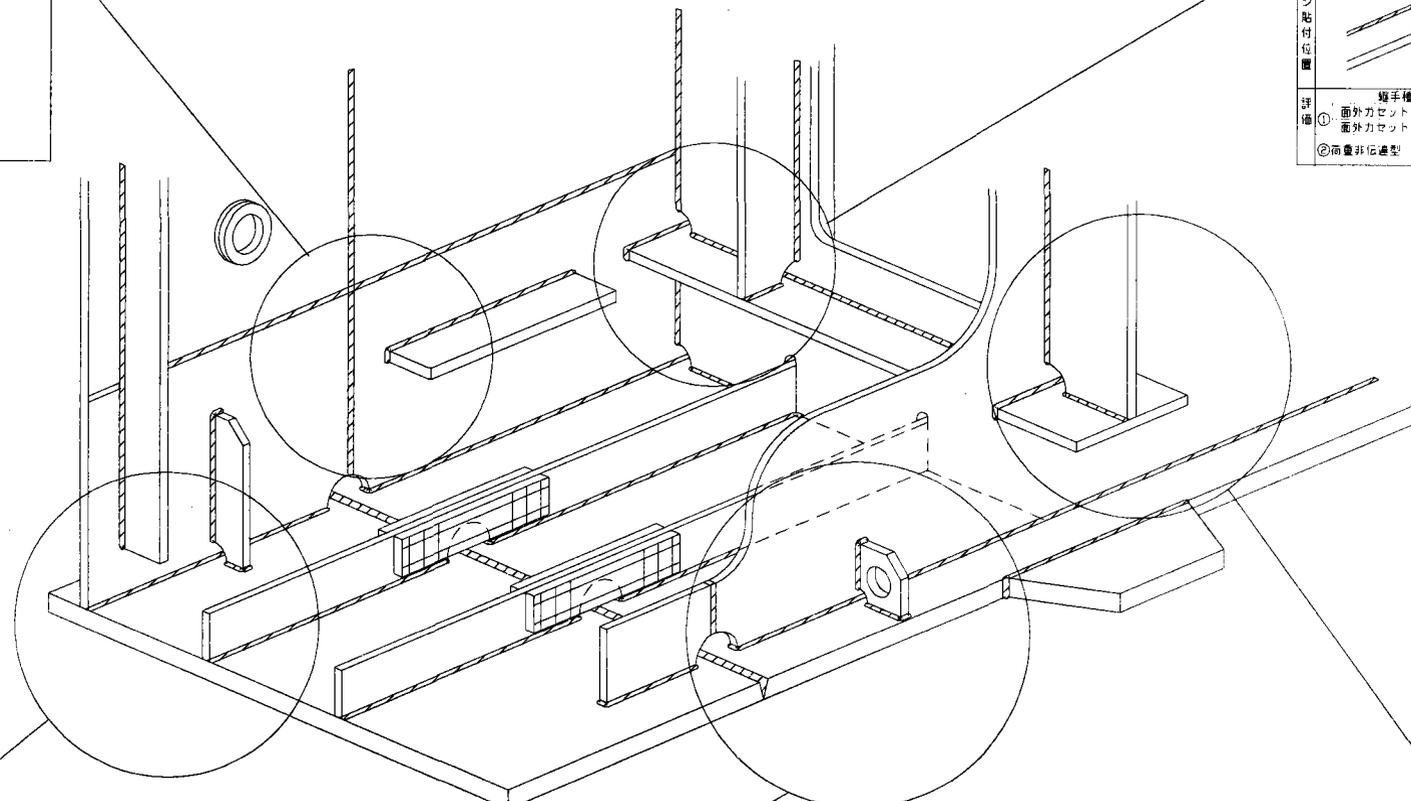
備考

# 岡箱桁橋の着目箇所の一例

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 面外カセット L ≤ 100mm	JSSC E(F)		80(65)Mpa
② 面外カセット L > 100mm	JSSC F(G)		65(50)Mpa

※ ( ) 内は止錆非仕上げの場合

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 面外カセット L ≤ 100mm	JSSC E(F)		80(65)Mpa
① 面外カセット L > 100mm	JSSC F(G)		65(50)Mpa
② 両重非伝達型 十字溶接継手	JSSC D		100Mpa



2-74

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 両重非伝達型 十字溶接継手	JSSC D(E)		100(80)Mpa
② 面外カセット L ≤ 100mm	JSSC E(F)		80(65)Mpa
③ 面外カセット L > 100mm	JSSC F(G)		65(50)Mpa

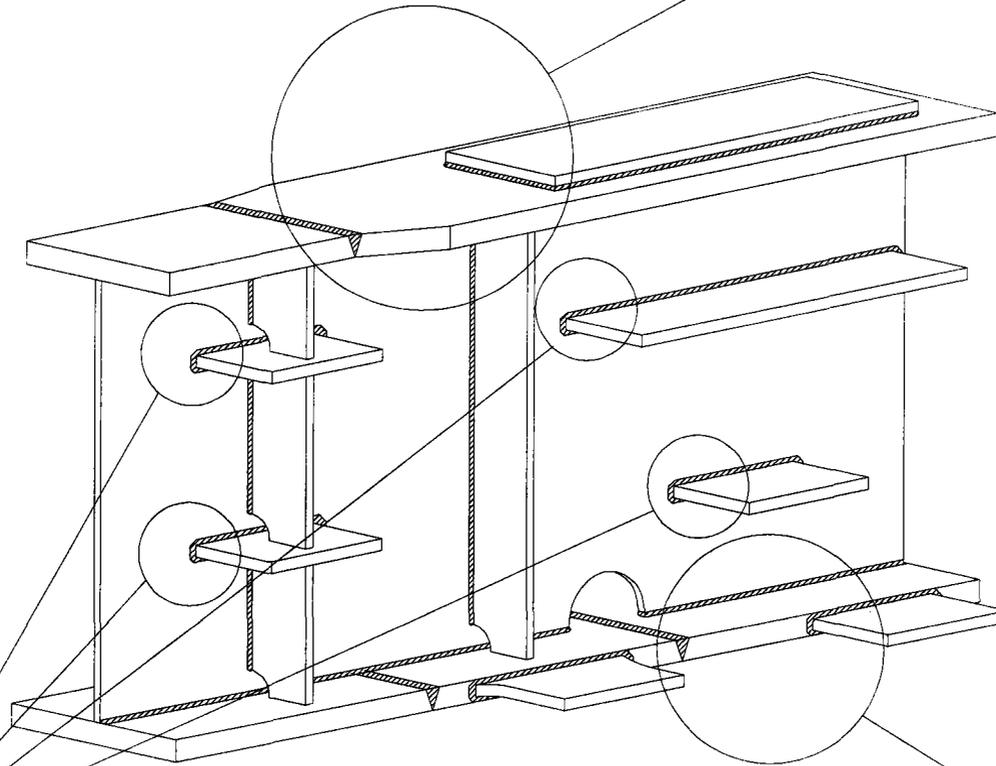
継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① フレット有り 面内カセット溶接	JSSC D		100Mpa
② 両重非伝達型 十字溶接継手	JSSC D(E)		100(80)Mpa
③ カカブ有 縦方向継手	JSSC G		50Mpa

1/3sr/d  
1/5sr/d < 1/3  
1/10sr/d < 1/5

継手種類	基準	継手等級	200万回強度
① 両重非伝達型 十字溶接継手	JSSC D(E)		100(80)Mpa
② 面外カセット L ≤ 100mm	JSSC E(F)		80(65)Mpa
③ 面外カセット L > 100mm	JSSC F(G)		65(50)Mpa
④ 両重非伝達型 十字溶接継手	JSSC D(E)		100(80)Mpa

# 鋼板桁橋の着目箇所の一例

2-75



挿入図

ケージ貼付位置

評価	継手種類	基準	継手等級	200万円強度	備考
①	カバープレート溶接	JSSC	E (F) D (G)	80(65)Mpa 100(50)Mpa	L ≤ 300mm L > 300mm
②	積合せ	JSSC	D	100Mpa	

※ 内は上欄表付の場合

挿入図

ケージ貼付位置

評価	継手種類	基準	継手等級	200万円強度
①	面外カセットL ≤ 100mm	JSSC	E (F)	80(65) Mpa
②	面外カセットL > 100mm	JSSC	F (G)	65 (50) Mpa

挿入図

ケージ貼付位置

評価	継手種類	基準	継手等級	200万円強度
①	面内カセット	JSSC	G (H)	50(40) Mpa
②	縦方向溶接継手	JSSC	D	100 Mpa
③	スカーフ溶接継手 縦方向溶接継手	JSSC	D	50 Mpa

### 3.5 評価方法

#### (1) 耐久性評価の基本

疲労損傷による耐久性評価の方法は、「累積疲労被害則」と「破壊力学的評価」の 2 種類が一般的であるが、ここでは「累積疲労被害則」による評価方法を示す。

線形累積疲労被害則を用いる方法は、一般的に、以下に示す Palmgren-Miner 則、あるいは単に Miner 則と呼ばれる手法により余寿命を推定する方法である。

この手法は以下の仮定に基づいている。

- ある応力レベルにおける疲労損傷の進行は、その応力のみにより一義的に決まり、しかも線形に累積する
- 各応力レベルにおける疲労損傷の総和が一定値に達すると疲労破壊する

言い換えれば、ある応力範囲  $\Delta \sigma_1$  を繰返し負担したとき、繰返し数  $N_1$  で破壊するような継手では、各荷重サイクルごとに継手は  $1/N_1$  の疲労被害を受けることになり、その応力範囲を  $n_1$  回繰返した場合には  $n_1/N_1$  の疲労被害を生じ、この被害の総和が 1 に達した時に疲労破壊、即ち疲労損傷したとする。即ち、疲労損傷は「疲労損傷度」を (D) とすると、

$$D = \Sigma (n_1/N_1) = 1 \quad \dots \dots \dots (1)$$

となる場合と考えることができる。

本法則を既存構造物の耐用年数の評価法として用いるには、これまでに累積した疲労損傷  $D_{pT}$  と、将来受けられると考えられる疲労損傷  $D_{aT}$  に分け、その合計が 1 になった時疲労破壊、すなわち、疲労損傷したと考えると、

$$D_{pT} + D_{aT} = 1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

として照査式を得ることができる。

なお、この場合、評価に用いる  $\Delta \sigma - N$  線図には一般的に、疲労限を考慮する Miner 則や、疲労限を考慮しない修正 Miner 則、および長寿命域の強度線図を折り曲げた Haibach による方法等があるが、ここでは三木らの提案する「打ち切り限界付き修正 Miner の方法」を用いることにしている。この方法は、変動振幅応力下においても疲労損傷に寄与しない応力範囲の限界値があり、これを修正 Miner 則に導入する方法である。(但し、腐食した母材は打ち切り限界を設けない)。

(2) 評価に用いる疲労強度と継手分類

疲労の評価に用いる疲労強度と継手分類は、「鋼構造物の疲労設計指針・同解説、(社)日本鋼構造協会、1993.4」によることを原則とする。

その疲労設計曲線および直応力を受ける継手の基本許容応力範囲をそれぞれ図 3.2 および表 3.1 に示す。

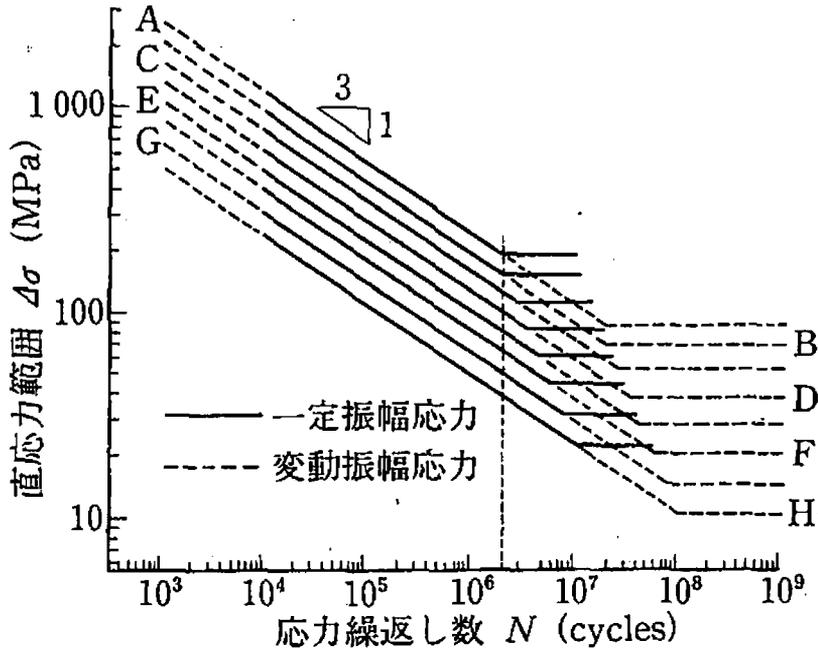


図 3.2 疲労設計曲線(直応力を受ける継手)

表 3.1 基本許容応力範囲(直応力を受ける継手)

名称	継手等級		応力範囲の打切り限界(MPa)	
	200 万回基本許容 応力範囲 $\Delta \sigma f$ (MPa)		一定振幅応力 $\Delta \sigma ce(N)$	変動応力範囲 $\Delta \sigma ve(N)$
A	190		190( $2.0 \times 10^6$ )	88( $2.0 \times 10^7$ )
B	155		155( $2.0 \times 10^6$ )	72( $2.0 \times 10^7$ )
C	125		115( $2.6 \times 10^6$ )	53( $2.6 \times 10^7$ )
D	100		84( $3.4 \times 10^6$ )	39( $3.4 \times 10^7$ )
E	80		62( $4.4 \times 10^6$ )	29( $4.4 \times 10^7$ )
F	65		46( $5.6 \times 10^6$ )	21( $5.6 \times 10^7$ )
G	50		32( $7.7 \times 10^6$ )	15( $7.7 \times 10^7$ )
H	40		23( $1.0 \times 10^7$ )	11( $1.0 \times 10^8$ )

### (3) 腐食部材の疲労強度

一般に、設計では構造物に腐食が起こらないように配慮しており、一部の部材を除いては、強度の照査にはあまり腐食の程度を考慮していない。

維持管理における疲労の評価も、断面欠損の影響は考慮しているものの、腐食による疲労強度の低下は考慮されていない場合が多い。

この理由として、通常、構造物は適切に塗装管理がなされていることを前提にしていること。また、実橋として使用してきた古桁を用いた疲労試験から、腐食部材に生じる疲労き裂は、局部的に浸食した腐食の深い位置で発生したとしても、途中で停止し、最終破断は最小断面部で起こることが確かめられている。

従って、腐食部材の疲労は実構造物で考える限り、局部的な凹凸のみにとらわれて評価する必要はないものと思われる。しかし、実際の構造物の腐食部材で最小断面部（断面欠損やリベット孔のある断面）に局部的に深い腐食があり、そこからき裂が発生すると破断には至らなくても水の進入による腐食の問題もある。

従って、腐食の影響については十分解らない面もあるが、少なくとも、評価が危険側にならないようにするため、腐食の程度をある程度配慮した $\Delta\sigma-N$ 線図を用いて評価することにし、打ち切り限界を設けない線図を用いるのが望ましい。

### 3.6 評価事例

#### (1) 調査の概要

N 跨線橋は、JR 線を跨ぐ道路橋で、支間 21.0m の活荷重合成桁である。

製作されて 41 年経過した現在、交通量の増加により対向 2 車線を 4 車線化する計画があるが、当面は当橋を補修・補強して使用する方針で計画されており、現時点での耐力および耐久性能を把握し、各着目箇所の耐用年数および必要とする対策方法を策定するために調査したものである。

ここでは、その耐久性能の把握事例を示す。



写真 3.1 調査橋梁の概要

#### 【橋梁諸元】

橋 梁 名 : N 跨線橋  
路 線 名 : 国道  
橋 梁 形 式 : 活荷重合成桁  
橋 長 : 22.25m(支間長 : 21.0m)  
幅 員 : 9.50m  
橋 格 : 一等橋(TL-20)  
斜 角 : 左 46°  
製 作 年 : 1963(昭和 38 年 : 経年 41 年)  
適用示方書 : 鋼道路橋設計示方書(昭和 31 年)

(2) 耐久性評価のための着目箇所

目視調査の結果、当橋の耐久性能上の着目箇所は以下のとおりとし、この箇所の実働応力を測定することとした。

- 主桁上・下フランジの縦びードおよび補剛材下端溶接部からのき裂
- シュー座破損および腐食に伴う主桁支点部腹板のき裂
- シューの可動不良に伴う主桁ソールプレート溶接部からのき裂
- 斜角桁のたわみ差による端・中間対傾構溶接部からのき裂
- 斜角桁のたわみ差による主桁腹板ラテラルガセット溶接部からのき裂

この着目箇所および測定位置を図 3.3 に示す。

(3) 各着目箇所の耐久性評価結果

今回着目した箇所について、耐久性能を評価するためにレインフロー法により3日間の頻度測定を行った。

このうち、主桁の支点部のワールプレート溶接部の測定結果の事例を図3.4に示す。

また、この頻度測定結果を用いて疲労評価を行った結果を表3.2に示す。

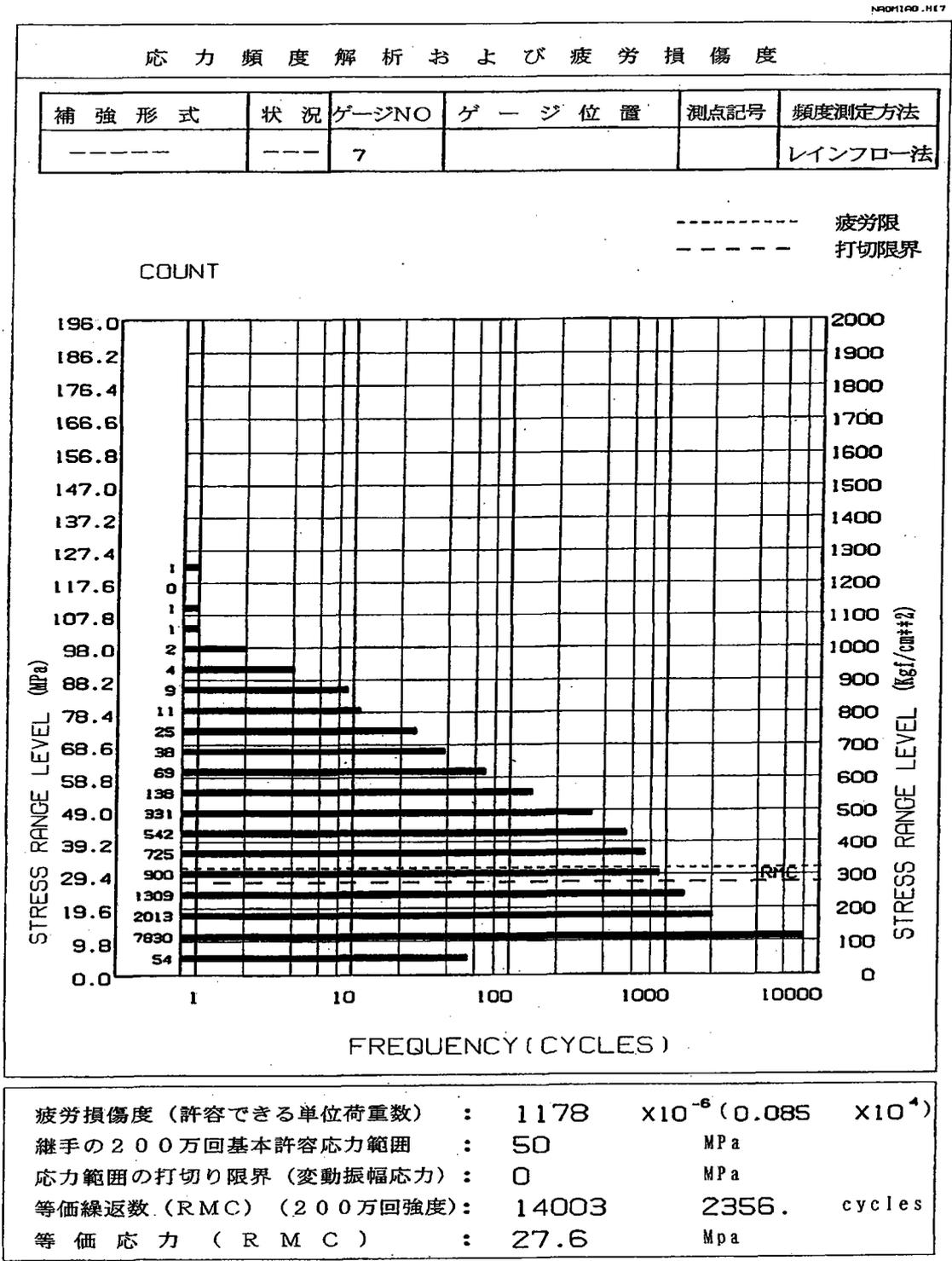


図 3.4 応力頻度測定結果

表 3.3 各着目箇所の耐久性評価結果

測点 番号	測定部位	継手 等級	打切 限界	疲労損傷度 ( $\times 10^{-6}$ )	き裂発 生寿命
①	G5 主桁上フランジ	E	有	0.0	>200
②	G5 主桁下フランジ	D	有	0.127	>200
②	G5 主桁下フランジ (溶接による添架物)	H	有	171.5	48
③	G4 主桁上フランジ	E	有	0.0	>200
④	G4 主桁下フランジ	D	有	0.0	>200
④	G4 主桁下フランジ (溶接による添架物)	H	有	134.5	61
⑤	G3 主桁上フランジ	E	有	0.0	>200
⑥	G3 主桁下フランジ	D	有	0.0	>200
⑥	G3 主桁下フランジ (溶接による添架物)	H	有	136.4	60
⑦	G5 主桁下フランジソールプレート溶接部	G	無	1178.0	7
⑧	G4 主桁下フランジソールプレート溶接部	G	有	59.24	139
⑩	G5 主桁腹板ガセット溶接部	G	有	214.3	38
⑪	G5 主桁腹板ガセット溶接部	G	有	59.29	139
⑫	G5 主桁支点部腹板	F	無	473.7	17
⑬	G3 主桁支点部腹板	F	無	5.413	>200
⑭	G3 垂直補剛材上端	E	無	66.37	124
⑮	G4 主桁支点部腹板	E	有	524.6	16
⑯	中間対傾構溶接部	F	無	300.3	27

注) 1. 表中の疲労損傷度は測定した3日間あたりの値

2. き裂発生寿命は年数を示す

## 4. 付属物の耐久性評価

### 4. 1 支承

現在新規に架設する橋梁においては、ゴム支承が鋼製支承より多く採用されている。支承便覧の記載をみると、疲労耐久性の確認として縮小供試体を用い、一定のせん断変形を与えた状態で活荷重相当の鉛直荷重を200万回繰返し载荷し、試験後に外観異状がなく圧縮変形性能に著しい変化がないことを確認するゴム支承の圧縮疲労試験がおこなわれている。しかしながら、現在架かっている橋梁には鋼製支承がかなり存在する。既設の鋼製支承の疲労耐久性を確認するには、目視による確認により損傷部分を発見し非破壊検査などをおこなう方法がある。以下に非破壊検査の種類及び検査目的を記載する。

- ・超音波探傷試験－材料や溶接部の内部欠陥、材料の厚さ
- ・磁粉探傷試験－部材、溶接部のきれつ
- ・渦流探傷試験－部材、溶接部のきれつ
- ・浸透探傷試験－部材、溶接部のきれつ

以上の検査などを行い支承の損傷などを考察し、破壊が進んでいる箇所及び健全度などをまとめ補修方法などを決定する。

支承の疲労耐久性は、既設支承を照査していると橋梁がどのような環境におかれているかが支承においては重要であると思われる。特に橋梁端部の支承においては橋面から伸縮装置を介して雨水などが墜ち、支承本体が錆る傾向にある。支承の耐久性を向上するには支承回りの水の排除及び風通しが良い構造にすることが重要である。

### 4. 2 伸縮装置

伸縮装置は、橋梁と橋梁あるいは橋梁と土工部の路面の接続点に設置されるため、直接輪荷重の繰返しを受ける。そのために橋梁構造の中で最も損傷を受けやすく破損しやすい部分となっている。また伸縮装置に段差、がたつき及び損傷が見られる場合には、異常振動や異常音の発生源となっていたり、伸縮装置周辺部の床版、主桁、端横桁等の部材接合部の損傷の誘発や、腐食を進行させることがある。また伸縮装置が車輛走行時に沈下する場合には支承が陥没している場合が多い。

伸縮装置の疲労耐久性を調査するには、橋面の段差確認の為に段差の測定及び支承の健全度を照査する。また非排水装置が設置されている場合には、伸縮装置の下面より水漏れなどの照査をする。

伸縮装置はかなり剛性の高い構造になっているが、車輛などの交通量が疲労耐久性においては重要である。交通量の多さなどにより設計荷重の割り増しなどを考慮し設計することが耐久性においては重要であるのでは無いかと思われる。

## 5. おわりに

当 WG の活動成果として、新設橋梁設計時における耐久性の評価事例、および既設橋梁の耐久性評価および照査事例について整理し報告した。本報告の事例が少しでも耐久性評価に際し参考になれば幸いである。