

HyBRIDGE Ver. 4.04

『道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編(平成 29 年)』への対応について

JIP テクノサイエンス株式会社

1. 概要

道路橋示方書・同解説が平成 29 年 11 月に改定され、従来の許容応力度設計法から、限界状態設計法・部分係数設計法に移行されました。

HyBRIDGE では、この道路橋示方書の改定に合せ、限界状態設計法と部分係数設計法による設計を可能にしました。

2. 改定内容

H29 道示Ⅰ 1.8.1 (P16～)

(1) 用語の定義

部分係数設計法（平成 29 年道路橋示方書）	許容応力度法(平成 24 年道路橋示方書)
性能（耐荷性能、耐久性能、その他の性能）	
設計状況（作用の組合せ①～⑫）	荷重の組合せ
限界状態 1～3 ・耐荷性能の照査で部材の状態を区分するための代表点	
作用 ・断面力や変形等の状態変化を部材に生じさせる働き	
荷重 ・作用を力に変換したもの	
永続作用、変動作用、偶発作用	主荷重、従荷重等の荷重区分
応答値 ・部材の状態を表す指標の値（ <u>係数考慮後</u> の断面力、応力度など）	断面力、応力度（常時換算）
特性値 ・作用や部材の応答の性質を表した指標の値 （ <u>係数を乗じる前</u> の荷重、断面力、降伏強度等）	
制限値 ・考慮すべき状態に対する応力度の限界値など	許容応力度（割増考慮）

(2) 橋に求められる3つの性能

平成29年道路橋示方書では、橋の状態が想定される区分にあることを所要の信頼性で実現する耐荷性能として「限界状態」が規定されるようになりました。

求められる性能		性能の確認方法
耐荷性能	荷重支持能力と構造安定性の観点から、 <u>橋の状態が想定される区分にある</u> ことを所要の信頼性で実現する性能	☐ <u>作用</u> の組合せに対し部材の耐荷性能が各 <u>限界状態</u> を超えていないことを照査 [照査式] $\sum S_i(\gamma_{pi} \gamma_{qi} P_i) \leq \xi_1 \xi_2 \Phi_{RR}(f_c \Delta c)$ 作用に対する橋の状態 限界状態(制限値)
耐久性能	設計共用期間において <u>材料の劣化が橋の耐荷性能に影響を及ぼさない</u> ことを所要の信頼性で実現する性能	☐ 橋の耐荷性能が設計供用期間末まで確保されるよう照査および性能確保方法 a) 鋼および <u>コンクリートの疲労</u> 照査 b) 塩害に対する鋼材応力度の照査 c) 防せい防食に対する処置 など
その他の性能	耐荷性能や耐久性能とは直接関係付けられないものの <u>橋の使用目的と適合性の観点から必要なその他の性能</u>	☐ 橋の使用性と呼ばれる通行の安全性や快適性に関する照査 a) たわみの照査 b) 防護柵への衝突を考える場合の照査 c) 落橋防止構造の強度照査 など

H29 道示 I 4.1 (P61～)

(3) 橋の限界状態

大地震や様々な荷重に対して以下の橋の限界状態（1～3）を定義し、複数の限界状態に対して安全性や機能を確保させる設計方法を「限界状態設計法」といいます。

橋の限界状態		[例] 上部構造の限界状態
限界状態 1 [弾性範囲]	橋としての <u>荷重を支持する能力が損なわれていない</u> 限界の状態	- 挙動が可逆性を有する限界の状態 - 支持能力を低下させる変位や振動程度に至らない限界の状態
限界状態 2 [非弾性範囲 ・塑性範囲]	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としての荷重を支持する能力に及ぼす影響は限定的であり、 <u>荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲にある</u> 限界の状態	一部の部材に損傷が生じているものの、耐荷力が想定する範囲で確保できる限界の状態
限界状態 3 [ひずみ限界 ・圧壊しない限界]	これを超えると <u>構造安全性が失われる</u> 限界の状態	落橋しないとみなせる限界の状態

(4) 耐荷性能の照査の基本式

これまで経験的に用いてきた安全率に代わり、統計データと信頼性理論に則って定められた部分係数を用いて要求性能に応じてより合理的な設計が可能となる設計方法を「部分係数設計法」といいます。

部分係数設計法も許容応力度設計法も照査手順は大きく変わりません。

・許容応力度設計法（平成 24 年道路橋示方書）

$$\underbrace{\sigma}_{\text{作用側（応力度等）}} < \underbrace{\alpha \cdot \sigma_a}_{\text{抵抗側（許容応力度等）}}$$

許容応力度の割増係数
※ 実際には作用側を α で除していた（常時換算）

・部分係数設計法（平成 29 年道路橋示方書）

$$\underbrace{\sum S_i (\gamma_{pi} \gamma_{qi} P_i)}_{\text{作用側（断面力・応力度等）}} \leq \underbrace{\xi_1 \xi_2 \Phi_R R (f_c, \Delta_c)}_{\text{抵抗側（制限値）}}$$

作用側、抵抗側に係数を分けた

【記号説明】

作用側		抵抗側	
記号	記号説明	記号	記号説明
S_i	作用効果	ξ_1	調査・解析係数
γ_{pi}	荷重組合せ係数	ξ_2	部材・構造係数
γ_{qi}	荷重係数	Φ_R	抵抗係数
P_i	作用の特性値	R	部材等の抵抗に係る特性値
		f_c	材料の特性値
		Δ_c	寸法の特性値

(5) 作用の組合せ

設計で考慮する状況を設定するための作用として、表 2-1 に示す荷重又は影響を考慮します。
また、作用の組合せによって部分係数 γ_p , γ_q は表 2-2 の値をとります。

【作用側の係数】

γ_p : 荷重組合せ係数（荷重の同時載荷状態を考慮する係数）

γ_q : 荷重係数（荷重自体のバラツキ（不確実性）に対する係数）

例) $D + L$: $1.00 \times 1.05 \times D + 1.00 \times 1.25 \times L$

表 2-1 作用特性の分類

	永続作用	変動作用	偶発作用
1) 死荷重 (D)	○		
2) 活荷重 (L)		○	
3) 衝撃の影響 (I)		○	
4) プレストレス力 (PS)	○		
5) コンクリートのクリープの影響 (CR)	○		
6) コンクリートの乾燥収縮の影響 (SH)	○		
7) 土圧 (E)	○	○	
8) 水圧 (HP)	(○)	○	
9) 浮力又は揚圧力 (U)	(○)	○	
10) 温度変化の影響 (TH)		○	
11) 温度差の影響 (TF)		○	
12) 雪荷重 (SW)		○	
13) 地盤変動の影響 (GD)	○		
14) 支点移動の影響 (SD)	○		
15) 遠心荷重 (CF)		○	
16) 制動荷重 (BK)		○	
17) 風荷重 (WS, WL)		○	
18) 波圧 (WP)		○	
19) 地震の影響 (EQ)		○	○
20) 衝突荷重 (CO)			○

表 2-2 作用の組合せに対する荷重組合せ係数および荷重係数

作用の組合せ		設計状況 の区分						
			D		L		PS, CR, SH	
			γ_p	γ_q	γ_p	γ_q	γ_p	γ_q
①	D	永続作用 支配状況	1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
②	D+L	変動作用 支配状況	1.00	1.05	1.00	1.25	1.00	1.05
③	D+TH		1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
④	D+TH +WS		1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
⑤	D+L+TH		1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05
⑥	D+L+WS +WL		1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05
⑦	D+L+TH +WS+WL		1.00	1.05	0.95	1.25	1.00	1.05
⑧	D+L+WS		1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
⑨	D+TH +EQ		1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
⑩	D+EQ		1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
⑪	D+EQ	偶発作用	1.00	1.05	—	—	1.00	1.05
⑫	D+CO	支配状況	1.00	1.05	—	—	1.00	1.05

耐荷性能の照査で考慮する衝突荷重は「車両・船舶・流木等の橋・橋脚への衝突」を指し、RC 床版の設計で防護柵への衝突を考慮する場合は“その他の性能の照査”となります。(H29 道示 II 11.12 (P335) 参照)

温度差 (TF) を考慮する必要がある橋においては、TF が全ての組合せに含まれます。

(6) 耐久性能の照査

最低限考慮する耐久性能	耐久性能の照査及び性能確保の方法	
鋼部材及びコンクリート部材の疲労	鋼部材	H24 道示の疲労照査と同じと考えて良い 注 1) 疲労照査に係数等の部分係数は用いない 注 2) 照査に用いる疲労設計用荷重は「F 荷重」と呼ぶ 注 3) 溶接継手の一部形式分類の見直しをしている
	コンクリート部材	床版 ☐ 最小版厚の確保 ☐ 疲労に対する床版の曲げモーメントに対する応力度が制限値以下であることを確認 注 1) 作用には荷重係数等を考慮しない → $D+L+PS$ 注 2) 合成桁の床版はこの照査を満足すれば良い
	床版以外	☐ 荷重係数を考慮した作用に対する応力度等が制限値以下であることを確認 注) 作用には荷重係数等を考慮する → $1.0(D+L+PS+CR+SH+E+HP+U)$
鋼材の防食	鋼部材	☐ 耐候性鋼材の選択や塗装等による防食
	コンクリート部材	☐ 規定かぶりの確保による内部鋼材の防食 ☐ 内部鋼材の腐食に対する床版の曲げモーメントに対し、制限値以下であることを確認 注) 床版の作用には荷重係数等を考慮しない → D コンクリート部材の作用には荷重係数等を考慮する → $1.0 \times 1.05 \times D$
ゴム材料の疲労及び熱、紫外線等の環境作用による劣化	—	

(7) その他の性能の照査

その他の性能	性能の確認方法
上部構造のたわみの照査 〔鋼上部工〕	☐ 道示Ⅱ 3.8.2 たわみの照査 により照査する ・ <u>衝撃の影響は含まない</u> 活荷重によるたわみ ・ <u>荷重係数等を乗じない</u> 活荷重の特性値を用いて算出したたわみ
橋梁防護柵に作用する衝突荷重に対する照査	☐ 道示Ⅱ 11.12、道示Ⅲ 9.6 により照査する ・ 作用の組合せ → 1.0 (D+L+PS+CR+SH+E+HP+U+GD+SD+CO) 注) 耐荷性能の照査ではないが荷重係数 1.0 を考慮 ・ 照査 R C床版：降伏曲げ耐力に対する照査 鋼床版：耐荷性能の照査に用いる制限値
上下部接続部に支承を用いるときに設置するフェールセーフの設計	☐ 落橋防止構造の照査など
風の動的な影響に対する照査	☐ 必要に応じて照査する

(8) 使用鋼材

引張強度に対して降伏強度が高い「橋梁用高降伏鋼板」が新たに規定されました。従来の溶接構造用高張力鋼(SM 等)に比べ溶接・加工性が高いことが特長です。東京ゲートブリッジに採用された実績があります。

表 2-3 作用特性の分類

	鋼種 鋼材の 板厚(mm)	SS400 SM400 SMA400W	SM490	SM490Y SM520 SMA490W	SBHS400 SBHS400W	SM570 SMA570W	SBHS500 SBHS500W
引張降伏 圧縮降伏	40 以下	235	315	355	400	450	500
	40 を超え 75 以下	215	295	335		430	
	75 を超え 100 以下			325		420	
せん断降伏	40 以下	135	180	205	230	260	285
	40 を超え 75 以下	125	170	195		250	
	75 を超え 100 以下			185		240	

「S14T」規格の高力ボルトが新たに規定されました。材質やねじ形状の改良による遅れ破断への対策とさまざまな研究・実験等により、[条件付き](#)で使用可能となりました。

S14T が使用できる条件は以下です。

- ・摩擦接合継手のみを対象
- ・接合材は SM570 または SBHS500 を対象
- ・その他「道示Ⅱ 9.5.2」に示す環境条件を満たす

H29 道示Ⅱ 4.1.3 (P56)

表 2-4 作用特性の分類

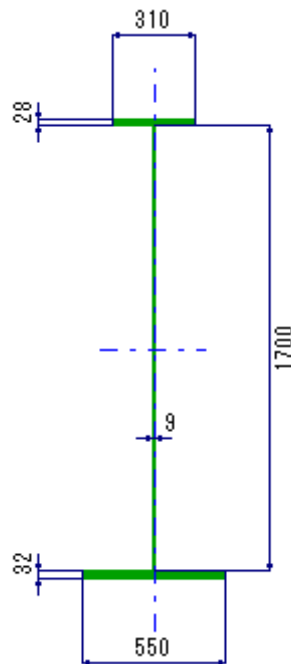
ボルトの等級 応力の種類	F8T	F10T	S10T	S14T ¹⁾
引張降伏	640	900	900	1,260
せん断破断	460	580	580	810
引張強度	800	1,000	1,000	1,400

注：1) 防せい処理されたボルトとする。

(9) 制限値

平成 29 年道路橋示方書では、耐荷性能の照査における抵抗側の値に、許容応力度に代わり制限値を用います。以下は、I 断面の圧縮応力を受ける自由突出板の許容応力度と制限値を比較したものです。

[形状図]



[材質] SM490Y (40mm 以下)

[降伏強度の特性値]

$$\sigma_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

[自由突出幅]

$$b = 150.5 \text{ mm}$$

[板厚] $t = 28 \text{ mm}$

自由突出板の局部座屈に対する 許容応力度（平成 24 年道路橋示方書）	自由突出板の圧縮応力度の 制限値（平成 29 年道路橋示方書）
H24 道示Ⅱ表-4.2.3 より、以下の式で求める。 $\begin{cases} 210 : \frac{b}{10.5} \leq t \\ 23,000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 : \frac{b}{16} \leq t < \frac{b}{10.5} \end{cases}$ $\frac{b}{10.5} = \frac{150.5}{10.5} = 14.3 \leq t = 28$ したがって、 $\underline{\sigma_a = 210 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$	H29 道示Ⅱ式(5.4.5)より、以下の式で求める。 $\sigma_{crld} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi_U \cdot \rho_{cr1} \cdot \sigma_{yk}$ H29 道示Ⅱ表-5.4.3 より、各部分係数は以下となる。 調査・解析係数 $\xi_1 = 0.90$ 部材・構造係数 $\xi_2 = 1.00$ 抵抗係数 $\Phi_U = 0.85$ 局部座屈に対する圧縮応力度の特性値に関する補正係数 ρ_{cr1} は、H29 道示Ⅱ式(5.4.6)より、以下の式で求める。 $\begin{cases} 1.00 (R \leq 0.7) \\ \left(\frac{0.7}{R}\right)^{1.19} (1.7 < R) \end{cases}$ 幅厚比パラメータ R は、 H29 道示Ⅱ式(5.4.7)より、以下の式で求める。 $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_{yk}}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}}$ $R = 0.363 \leq 0.7$ したがって、 $\rho_{cr1} = 1.000$ これらを H29 道示Ⅱ式(5.4.5)に代入すると、 $\begin{aligned} \sigma_{crld} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi_U \cdot \rho_{cr1} \cdot \sigma_{yk} \\ &= 0.90 \times 1.00 \times 0.85 \times 1.00 \times 355 \\ &= \underline{271 \text{ [N/mm}^2\text{]}} \end{aligned}$

(10) 相反応力部材

平成 29 年道路橋示方書では、旧示方書同様「活荷重を 1.3 倍」した設計値に対して照査を行い、制限値に補正係数 0.75 を乗じる必要があります。

相反応力部材としての照査は母材断面に対してのみ行い、その応力度を用いて接続部の照査は行いません。

H24 道示Ⅱ 4.1.2 (P159)

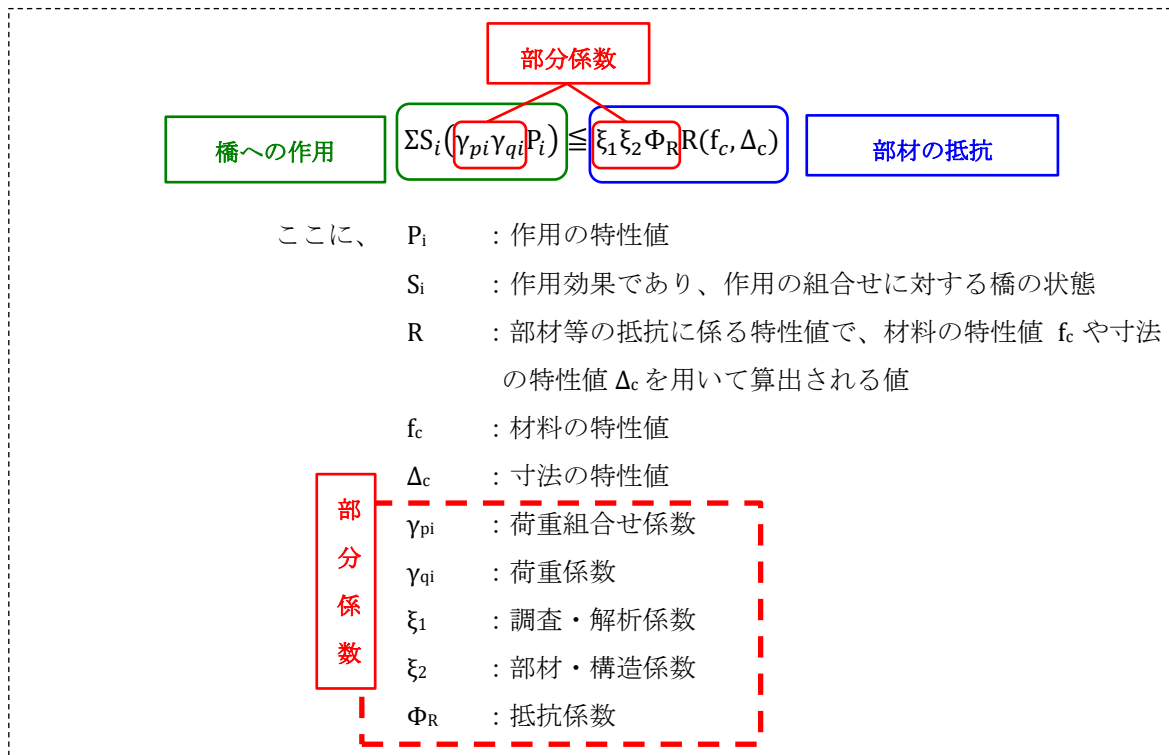
H29 道示Ⅱ 5.1.3 (P67～)

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
(1)相反応力を生じる部材については、活荷重の増大に対して安全のように設計しなければならない。	(1)相反応力を生じる部材については、活荷重の増大に対して安全となるよう配慮しなければならない。
(2) (3) 及び(4)の規定による場合には、(1)を満たすものとみなす。	(2) (3) による場合には、(1)を満足するとみなしてよい。
(3) <u>活荷重は30%増し</u> として設計する。	(3) 死荷重の荷重係数を1.0とし、 <u>活荷重（衝撃を含む）の荷重係数を1.3</u> として、 <u>制限値に補正係数0.75を乗じて設計</u> する。
(4) 死荷重による応力が活荷重による応力の 30%より小さい場合には、死荷重を無視し、活荷重のみを考慮する。この場合の <u>活荷重は割り増しを行わない</u> 。	(4) 死荷重による応力が活荷重による応力の 30%より小さい場合には、死荷重を無視し、活荷重のみを考慮する。この場合の <u>活荷重（衝撃を含む）は荷重係数を 1.0 とする</u> 。

3. HyBRIDGE による照査方法

(1) 照査の基本

部分係数設計法による部材の耐荷性能は「道路橋示方書・同解説 I 共通編 5.2 照査の方法」に示されている下式により確かめることを標準としています。



係数を乗じる方法として、断面力に乘じる場合と応力度に乘じる場合との2通りの方法があるが、HyBRIDGE では合成桁でクリープ計算の際に後死荷重には係数を乗じないなどの制約があるため、荷重組合せ係数及び荷重係数を応力度に乘じることを基本とするように対応しました。

(2) 部分係数の入力について

HyBRIDGE では作用側および抵抗側の部分係数の入力は、内部処理としているため不要となります。

(3) 断面力の連動について

構造解析時に荷重組合せ係数及び荷重係数を乗じてしまうと、疲労やたわみ照査用のケースを別途作成するため荷重組合せ係数及び荷重係数を考慮せず、死荷重合計、活荷重や風荷重などの基本作用の抽出や加算のみを行うようにします。

1) SPACER で組合せおよび連動ファイルを作成する際の注意点

平成 24 年道路橋示方書では構造解析時に相反応力に対する処理 (LIVE) を行っておりましたが、平成 29 年道路橋示方書では HyBRIDGE 側で処理を行うため活荷重単独ケースを連動します (※LIVE は使用しません)。

組合せ (PRINT)

シンドウ(W) ヘルプ(H)

印刷 戻る 編集 実行 終了 ヘルプ

○ 組合せ・抽出

CONTROL

STATICS

INFLUENCE

R-SPECTRUM

PRINT

DRAFT

組合せ・抽出

PRINT1

組合せケース数

0

ヘルプ

ケース番号	条件	係数	バックアップ	組合せ・抽出データ (フリーフォーマット)
1	▼		▼	
2	▼		▼	
3	▼		▼	
4	▼		▼	
5	▼		▼	
6	▼		▼	
7	▼		▼	
8	▼		▼	
9	▼		▼	
10	▼		▼	
11	▼		▼	
12	▼		▼	
13	▼		▼	
14	▼		▼	
15	▼		▼	
16	▼		▼	
17	▼		▼	
18	▼		▼	
19	▼		▼	
20	▼		▼	
21	▼		▼	
22	▼		▼	
23	▼		▼	
24	▼		▼	
25	▼		▼	
26	▼		▼	
27	▼		▼	
28	▼		▼	

◎ 組合せ・抽出

- タイトル・オプション
- × 節点・部材の係数
- **組合せ・抽出**
- 組合せケース名指定
- マスターファイルへの保存
- 出力指定(変位・断面力・反力)
- 出力指定(モード・加速度・変位)
- 節点変位指定
- 局部座標系
- 相反応力を考慮しない節点対
- 部材座標系

基本荷重ケースの確認...

組合せケース番号

「基本ケース番号<組合せケース番号」とする。組合せケースをさらに組み合わせる場合も、ケース番号は「組合せ前<組合せ後」とする。

※フリーフォーマットは、' 'で区切り、データの終わりに';'を入力する。

※[条件]の記号の意味は下記の通り。

"/" ... [係数]を割り増し/係数とする。

"F" ... [係数]を節点・部材の係数の組番号とする。

相反応力の考慮

相反応力を考慮した組合せを行う場合は、組合せデータを以下のように入力する。

101 + LIVE(102) + 103 ;

101 ... 死荷重ケース

102 ... 活荷重ケース

103 ... 支点沈下ケース

LIVE()のケース(102)を活荷重、それより前の全ケース(101)を死荷重ケースとして相反応力を考慮した足し合せを行う。

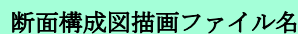
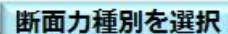
[H24指示]ではSPACER側で相反応力に対する処理 (LIVE) を行っていました

[H29指示]ではHyBRIDGE側で処理を行うため活荷重単独ケースを連動します

※LIVEは使わない

HyBRIDGE での断面力連動指定について

断面力連動



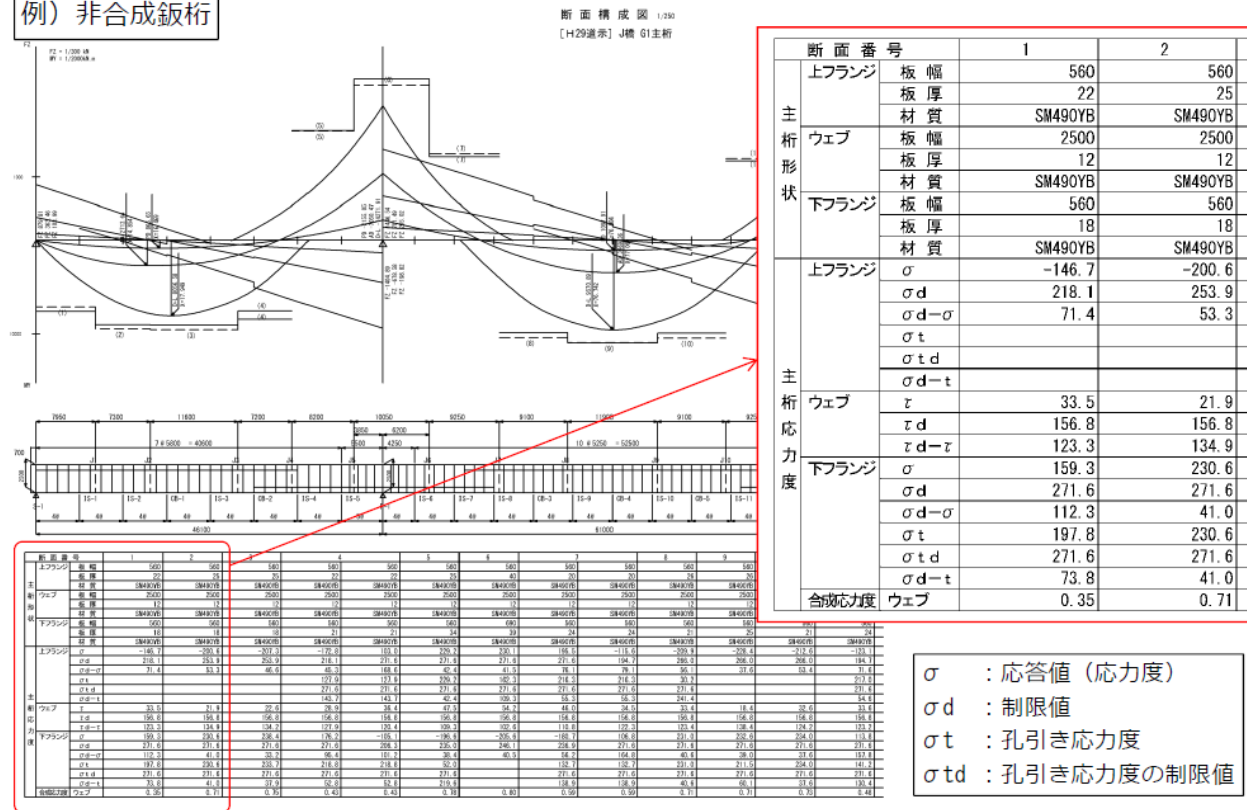
4. 設計計算例

(1) HyBRIDGE の断面構成図出力例

※断面図は、荷重組合せ・荷重係数を考慮していません。

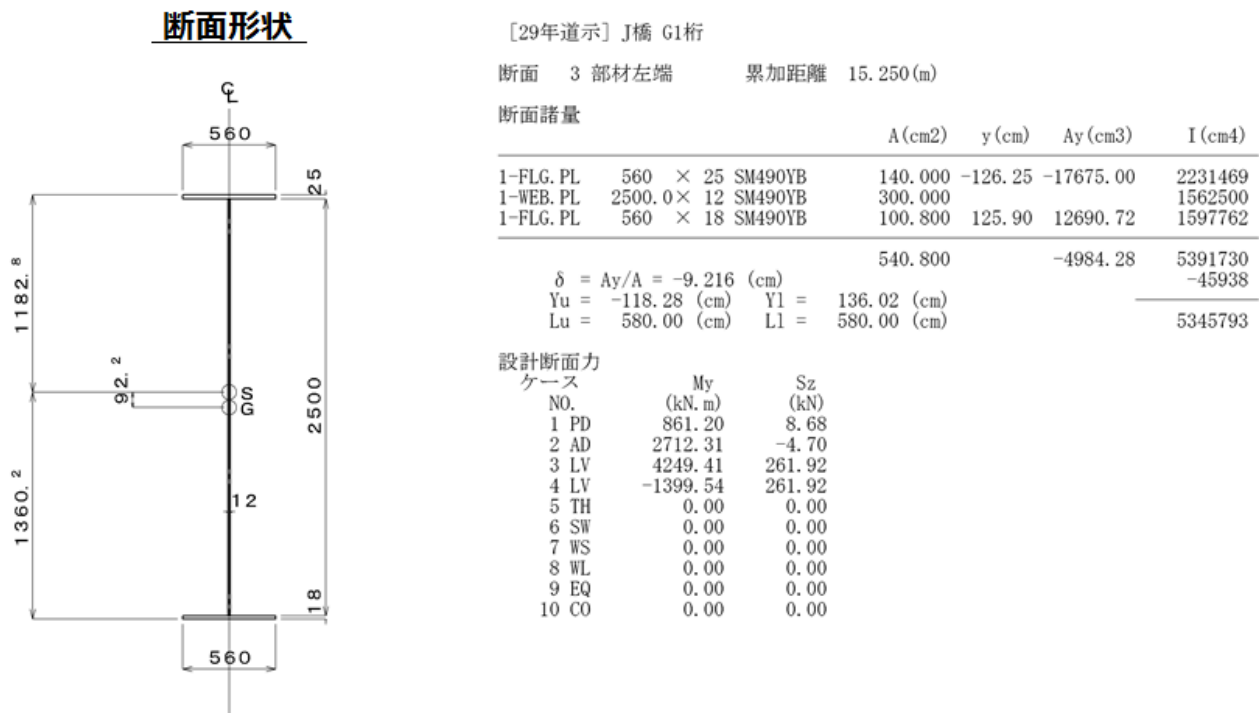
断面構成図はH24道示の出力イメージと変わりません

例) 非合成鋼桁



(2) HyBRIDGE の計算結果出力例

<非合成 I 断面の耐荷性能の照査例>



[29年道示] J橋 G1桁

断面 3 部材左端 累加距離 15.250(m)

基本ケース応力度 (N/mm²)

	σ_u	σ_L	τ
1 PD	-19.1	21.9	0.3
2 AD	-60.0	69.0	0.2
3 LV	-94.0	108.1	8.7
4 LV	31.0	-35.6	8.7
5 TH	0.0	0.0	0.0
6 SW	0.0	0.0	0.0
7 WS	0.0	0.0	0.0
8 WL	0.0	0.0	0.0
9 EQ	0.0	0.0	0.0
10 CO	0.0	0.0	0.0

組合せケース応力度 (N/mm²)

	σ_u	σ_L	τ
1 ①D	-83.0 < 253.9	95.5 < 271.6	0.5 < 156.8
2 ②D+L	-200.6 < 253.9*	230.6 < 271.6*	11.4 < 156.8*
3 ②D-L	-44.3 < 253.9	51.0 < 271.6	11.4 < 156.8
4 [R]②D+L	-200.6 < 253.9	230.6 < 271.6	11.4 < 156.8
5 [R]②D-L	-51.7 < 253.9	59.5 < 271.6	11.4 < 156.8
6 ③D+TH	-83.0 < 253.9	95.5 < 271.6	0.5 < 156.8
7 ④D+TH+WS	-83.0 < 253.9	95.5 < 271.6	0.5 < 156.8
8 ⑤D+L+TH	-194.7 < 253.9	223.9 < 271.6	10.8 < 156.8
9 ⑤D-L+TH	-46.2 < 253.9	53.2 < 271.6	10.8 < 156.8
10 ⑥D+L+WS+WL	-194.7 < 253.9	223.9 < 271.6	10.8 < 156.8
11 ⑥D-L+WS+WL	-46.2 < 253.9	53.2 < 271.6	10.8 < 156.8
12 ⑦D+L+TH+WS+WL	-194.7 < 253.9	223.9 < 271.6	10.8 < 156.8
13 ⑦D-L+TH+WS+WL	-46.2 < 253.9	53.2 < 271.6	10.8 < 156.8
14 ⑧D+WS	-83.0 < 253.9	95.5 < 271.6	0.5 < 156.8
15 ⑨D+TH+EQ	-83.0 < 253.9	95.5 < 271.6	0.5 < 156.8
16 ⑩D+EQ	-83.0 < 298.7	95.5 < 271.6	0.5 < 184.5
17 ⑪D+EQ	-83.0 < 331.9	95.5 < 301.8	0.5 < 205.0
18 ⑫D+CO	-83.0 < 253.9	95.5 < 271.6	0.5 < 156.8

垂直応力度及び曲げに伴うせん断応力度がそれぞれ最大となる荷重状態に対する照査

	σ_w (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Cw
ウェブ上縁	-196.3 < 271.6	11.4 < 156.8	0.528 < 1.2
ウェブ下縁	227.6 < 271.6	11.4 < 156.8	0.707 < 1.2

抵抗曲げモーメント (kN・m)

Mry. u(+)=	3573.50	Mry. u(-)=	-7822.91
Mry. l(+)=	3573.50	Mry. l(-)=	-7822.91

[29年道示] J橋 G1桁

断面 3 部材左端 累加距離 15.250(m)

照査ケース 2 上フランジ ②D+L

局部座屈考慮

幅厚比パラメータRrを求める

Kr = 0.43 (自由突出板)

B = 274 t = 25 $\sigma_{yk} = 355.0$

$$Rr = \frac{B}{t} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{yk}}{E} * \frac{12.0 * (1.0 - \mu^{**2})}{Kr * \pi^{**2}} \right)}$$

$$= 0.741$$

自由突出板の制限値

$\rho_{crl} = (0.70 / Rr) * 1.19 = 0.9350$ ($Rr > 0.7$)

$\sigma_{crl} = \xi_1 * \xi_2 * \Phi_u * \rho_{crl} * \sigma_{yk}$ (自由突出板)
 $= 0.90 * 1.00 * 0.85 * 0.9350 * 355.0$ (⑩⑪以外)
 $= 253.9$ N/mm²

※ $\sigma_{cud} = 253.9$ N/mm²

照査ケース 2 下フランジ ②D+L

引張応力度の制限値(限界状態1)

$\sigma_{tyd} = \xi_1 * \Phi_{yt} * \sigma_{yk}$
 $= 0.90 * 0.85 * 355.0$ (⑩⑪以外)
 $= 271.6$ N/mm²

引張応力度の制限値(限界状態3)

$\sigma_{tud} = \xi_1 * \xi_2 * \Phi_{ut} * \sigma_{yk}$
 $= 0.90 * 1.00 * 0.85 * 355.0$ (⑩⑪以外)
 $= 271.6$ N/mm²

※ $\sigma_{tud} = 271.6$ N/mm²

せん断応力度の制限値

$\tau_{ud} = \xi_1 * \xi_2 * \Phi_{us} * \tau_{yk}$
 $= 0.90 * 1.00 * 0.85 * 205.0$ (⑩⑪以外)
 $= 156.8$ N/mm²

＜非合成 I 断面継手部分（フランジ）の耐荷性能の照査例＞

[29年道示] J橋 G1桁

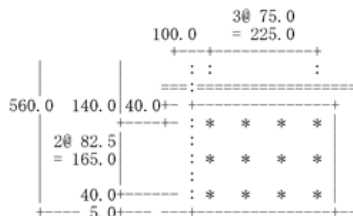
継手番号 2 上フランジ

設計応力度 ②D-L

母材断面 (L) : 1-FLG. PL 560×25 (SM490YB) = 140.00 (cm²)
 $\sigma_c = -200.6 < \sigma_{ca} = 253.9$ (N/mm²)
 全強の75% : $\sigma_{ca75} = 190.4$ (N/mm²)
 設計応力度 : $\sigma_{cd} = 200.6$ (N/mm²)
 設計軸力 : $N_c = 2807.74$ (kN)

母材断面 (R) : 1-FLG. PL 560×25 (SM490YB) = 140.00 (cm²)
 $\sigma_c = -200.6 < \sigma_{ca} = 253.9$ (N/mm²)

ボルト配列



継手番号 2 上フランジ

摩擦接合の限界状態 1

直応力が作用する板の連結

ボルトの制限値

$V_k = 184.00$ (kN) S10T M22 2面摩擦 4列/1ボルト線
 $V_{fk} = \xi_1 * \Phi M_f * V_k$
 $= 0.90 * 0.85 * 184.00$
 $= 140.76$ (kN) (⑩⑪以外)

必要ボルト本数

$N_{req} = 2807.74 / 140.76 = 19.9$ < $N_{use} = 24$ (本)

連結板の照査

1-SPL. PL 550×13 (SM490YB) = 71.50 > 70.00
 2-SPL. PL 245×15 (SM490YB) = 73.50 > 70.00

$A_{g, spl} = 145.00$ (cm²)
 $\sigma_{c, spl} = 2807.74e3 / 14500.0 = 193.6 < 271.6$ (N/mm²)

摩擦接合の限界状態 3

軸方向力またはせん断力が作用する板を連結する場合の制限値

$V_{fud} = \xi_1 * \xi_2 * \Phi * T_{uk} * A_s * m$
 $= 0.90 * 0.50 * 580 * 303.3 * 2$
 $= 158.3$ (kN) (⑩⑪以外)

ボルト 1 本あたりに生じる力

$V_{fd} = 2807.74 / 24 = 116.99 < 158.3$ (kN)

ボルトの中心間隔の最小、最大値

$t = 13$ (mm) $g = 82.5$ (mm)
 $cp, min = 75$ (mm) M22
 $cp, max = \min(170, 12t) = 164$ (mm) 圧縮
 $cp = 100$ (mm) ok

$cg, min = 75$ (mm) M22
 $cg, max = \min(24t, 300) = 300$ (mm)
 $cg = 140$ (mm) ok

母材のせん断破壊の照査

ボルトは 2 本以上使用しているため、縁端距離の照査は省略する

[29年道示] J橋 G1桁

継手番号 2 下フランジ

設計応力度 ②D-L

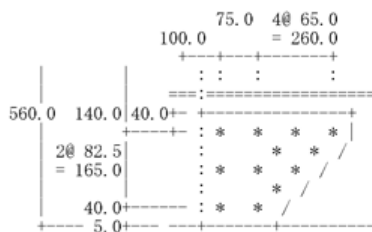
母材断面 (L) : 1-FLG. PL 560×18 (SM490YB) = 100.80 (cm²)
 $A_n = \{100.80 - (2 \times 2.500 + 8 \times 0.000) \times 1.8\} \times 1.1 = 100.98$ (cm²) > 100.80
 $\sigma_t = 230.6 \times (100.80 / 100.98) \times (24 / 24) = 230.6 < \sigma_{ta} = 271.6$ (N/mm²)

設計応力度

全強の75%/1.1 : $\sigma_{ta75/1.1} = 185.2$ (N/mm²)
 設計応力度 : $\sigma_{td} = 230.6$ (N/mm²)
 設計軸力 : $N_t = 2324.65$ (kN)

母材断面 (R) : 1-FLG. PL 560×18 (SM490YB) = 100.80 (cm²)
 $A_n = \{100.80 - (2 \times 2.500 + 8 \times 0.000) \times 1.8\} \times 1.1 = 100.98$ (cm²) > 100.80
 $\sigma_t = 230.6 \times (100.80 / 100.98) \times (24 / 24) = 230.6 < \sigma_{ta} = 271.6$ (N/mm²)

ボルト配列



ボルトは2本以上使用しているため、縁端距離の照査は省略する

ウェブ継手(詳細) 継手番号 2 右断面

摩擦接合の限界状態 3

曲げモーメントが作用する板の連結 (ボルト 1 本あたりに生じる力)

$y_n = 1342.2 + 18 = 1360.2 \text{ mm}$ (下側)

$y_i = 1232.2 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}\sum y_i^2 &= 1047.8^2 + 957.8^2 + 857.8^2 + 757.8^2 + 657.8^2 + 557.8^2 + \\ &\quad 457.8^2 + 357.8^2 + 257.8^2 + 157.8^2 + 57.8^2 + 42.2^2 + \\ &\quad 142.2^2 + 242.2^2 + 342.2^2 + 442.2^2 + 542.2^2 + 642.2^2 + \\ &\quad 742.2^2 + 842.2^2 + 942.2^2 + 1042.2^2 + 1142.2^2 + 1232.2^2 \\ &= 3497.42 \times 10^4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$M_{sd} = 2692.47 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$

軸方向力またはせん断力が作用する板を連結する場合の制限値

$$\begin{aligned}V_{fud} &= \xi_1 * \xi_2 * \Phi * T_{uk} * A_s * m \\ &= 0.90 * 0.50 * 580 * 303.3 * 2 \\ &= 158.3 \text{ (kN)} \quad (\text{⑩⑪以外})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{sd} &= \frac{M_{sd}}{\sum y_i^2} y_i \leq \frac{y_i}{y_n} V_{fud} \\ &= \frac{2692.47 \times 10^3}{3497.42 \times 10^4} * 1232.2 \\ &= 94.9 < 143.4 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

曲げモーメント、軸方向力及びせん断力が組み合わされて作用する板の連結

$$\begin{aligned}V_{ss} &= 331.6 / 72 = 4.6 \text{ (kN)} \\ \sqrt{(V_{sd}^2 + V_{ss}^2)} &\leq V_{fud} \\ &= 95.0 < 158.3 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

母材のせん断破壊の照査

ボルトは 2 本以上使用しているため、縁端距離の照査は省略する

(3) H24 道示照査結果と H29 道示照査結果の比較(参考)

[主桁断面（非合成 I 断面）]

□ 支間中央付近連結部

				H24道示	H29道示	備 考
設計作用	曲げ	M_D+M_L	(kN・m)	7822.9	9063.9	曲げ 16%増 (H29係数考慮)
	せん断	S_D+S_L	(kN)	304.5	331.6	せん断 9%増 (H29係数考慮)
上フランジ		① σ	(N/mm ²)	-173.1	-200.5	応力度16%増 (曲げ増分)
		② σ_d	(N/mm ²)	191.5	253.6	制限値33%増
		①／②	--	0.90	0.79	11%余裕増
下フランジ	母材	③ σ	(N/mm ²)	199.0	230.6	応力度16%増 (曲げ増分)
		④ σ_d	(N/mm ²)	210.0	271.6	制限値29%増
		③／④	--	0.95	0.85	10%余裕増
	孔引き	③' σ_t	(N/mm ²)	199.0	253.2	応力度27%増 (曲げ増分と限界3の孔引き面積1.1倍の関係)
		④' σ_{td}	(N/mm ²)	210.0	271.6	制限値29%増
		③'／④'	--	0.95	0.93	2%余裕増
ウェブ		⑤ τ	(N/mm ²)	10.2	11.1	応力度9%増 (連結部の断面力の補完の関係とせん断力が小さいため比較対象外)
		⑥ τ_d	(N/mm ²)	120.0	156.8	制限値31%増
		⑤／⑥	--	0.09	0.07	1%余裕増
曲げとせん断の合成		⑦ k	--	0.88	0.71	
		⑧ k_d	--	1.2	1.2	
		⑦／⑧	--	0.74	0.59	合成で決まらない個所のため比較しない

□ 中間支点部

				H24道示	H29道示	備 考
設計作用	曲げ	$M_D + M_L$	(kN・m)	-14271.9	-15998.8	曲げ 12%増 (H29係数考慮)
	せん断	$S_D + S_L$	(kN)	1404.9	1580.6	せん断13%増 (H29係数考慮)
上フランジ		① σ	(N/mm ²)	205.2	230.1	応力度12%増 (曲げ増分)
		② σ_d	(N/mm ²)	210.0	271.6	制限値29%増
		①/②	--	0.98	0.85	13%余裕増
下フランジ		③ σ	(N/mm ²)	-183.4	-205.6	応力度12%増 (曲げ増分)
		④ σ_d	(N/mm ²)	189.4	246.1	制限値30%増
		③/④	--	0.97	0.84	13%余裕増
ウェブ		⑤ τ	(N/mm ²)	46.8	52.7	応力度13%増 (せん断増分)
		⑥ τ_d	(N/mm ²)	120.0	156.8	制限値31%増
		⑤/⑥	--	0.39	0.34	5%余裕増
曲げとせん断の合成		⑦ k	--	1.05	0.79	25%減 (応答値の増率に対して制限値の増率が大きいいため合成は小さくなる)
		⑧ k_d	--	1.2	1.2	
		⑦/⑧	--	0.88	0.66	22%余裕増

5. 今後の機能追加対応予定について

今後の機能追加対応予定は、以下のとおりです。

HyBRIDGEの対応状況		対応予定
全般	☐ 新旧データの互換のため、LRFD版では必要としないデータも残しています 例) [応力度制限値の計算式] 1.旧示方書 2.JIS規格材 3.-H仕様材 ※「旧示方書」とは板厚による設計耐荷力曲線の使い分けのない頃の示方書のことであり、H24道示のことではない	状況により対応
主桁	☐ 偶発支配時のコンクリートの圧縮応力度の制限値、引張応力度の制限値 → 偶発支配時の定義がないため変動支配時の制限値としています	〃
	☐ 合成桁の制限値の補正係数 ・ 変動支配時のみ考慮（永続支配時、偶発支配時では考慮しない） ・ 接合部照査時の応力度を補正係数1.15で割戻す機能はなく、全強は補正係数を考慮した制限値	〃
	☐ 合成桁の曲げひび割れ照査のケースは「D±L+CR+SH±TF」で固定	〃
	☐ 変動支配時のEQ（Lv1）地震の最大ケース数は10ケースまで	〃
	☐ 偶発支配時のEQ（Lv2）地震時の作用の連動は未対応 ・ 作用（断面力）連動ファイルの作成方法など検討中	対応予定
接合部	☐ 腹板接合部の曲げに対する計算で、最縁ボルトから中立軸までの距離（ y_n ） ・ 安全側処理として、フランジがボルト接合（固定）として算定 → フランジ溶接の場合も対応予定 ・ 指定ボルト配置による照査のみ実施し、NGの場合の自動決定には対応していません → 自動決定機能は状況により追加検討します（現時点では追加予定なし）	対応予定 対応予定なし
床組	☐ 床組での温度差（温度拘束）は10℃固定で必ず考慮（考慮する・しないの選択は不可）	状況により対応
	☐ 偶発支配時のEQ（Lv2）地震時の水平震度は、Lv1地震時のその3倍で固定	対応予定
	☐ 反力は組合せ後の反力を連動または入力するかのいずれかでの対応となります ・ 断面力同様、基本作用を連動時してシステム内で組合せ・荷重係数の考慮ができるよう準備中	〃
床版	☐ PRC床版	未定