

JSP-1DW (Ver. 4. 01), 4DW (Ver. 3. 01), 9DW (Ver. 4. 01)

『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。

JSP-1DW, 4DW, 9DW 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	<input type="checkbox"/> <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] $\frac{\sum Si(\gamma pi \gamma qi Pi)}{\xi 1 \xi 2 \Phi RR(fc \Delta c)} \leq \xi 1 \xi 2 \Phi RR(fc \Delta c)$ 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	<input type="checkbox"/> 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>	<input type="checkbox"/> 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。

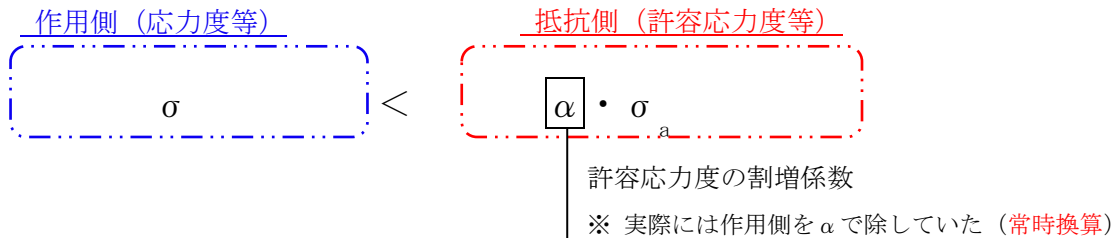
橋の限界状態		[例] 上部構造の限界状態
限界状態1 [弾性範囲]	橋としての <u>荷重を支持する能力が損なわれていない</u> 限界の状態	<ul style="list-style-type: none"> 挙動が可逆性を有する限界の状態 支持能力を低下させる変位や振動程度に至らない限界の状態
限界状態2 [非弾性範囲 ・塑性範囲]	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としての荷重を支持する能力に及ぼす影響は限定的であり、 <u>荷重を支持する能力があらかじめ想定する範囲にある</u> 限界の状態	<ul style="list-style-type: none"> 一部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	<ul style="list-style-type: none"> 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

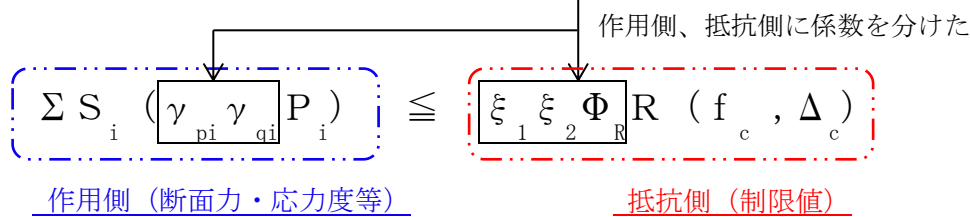
これまで経験的に用いてきた安全率に代わり、統計データと信頼性理論に則って定められた部分係数を用いて要求性能に応じてより合理的な設計が可能となる設計方法を「部分係数設計法」といいます。

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）



・部分係数設計法（平成 29 年道路橋示方書）



【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	-
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
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	<p>H24 道示の疲労照査と同じと考えて良い</p> <p>注1) 疲労照査に係数等の部分係数は用いない</p> <p>注2) 照査に用いる疲労設計用荷重は「F 荷重」と呼ぶ</p> <p>注3) 溶接継手の一部形式分類の見直しをしている</p>
	コンクリート部材	<p>床版</p> <p><input type="checkbox"/> 最小版厚の確保</p> <p><input type="checkbox"/> 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</p> <p>注1) 作用には荷重係数等を考慮しない → D+L+PS</p> <p>注2) 合成桁の床版はこの照査を満足すれば良い</p>
		<p>床版以外</p> <p><input type="checkbox"/> 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</p> <p>注) 作用には荷重係数等を考慮する</p> <p>→ 1.0(D+L+PS+CR+SH+E+HP+U)</p>
鋼材の防食	鋼部材	<p><input type="checkbox"/> 耐候性鋼材の選択や塗装等による防食</p>
	コンクリート部材	<p><input type="checkbox"/> 規定かぶりの確保による内部鋼材の防食</p> <p><input type="checkbox"/> 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</p> <p>注) 床版の作用には荷重係数等を考慮しない</p> <p>→ D</p> <p>コンクリート部材の作用には荷重係数等を考慮する</p> <p>→ 1.0×1.05×D</p>
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〕	<input type="checkbox"/> 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	<input type="checkbox"/> 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	<input type="checkbox"/> 落橋防止構造の照査など
風の動的な影響に対する照査	<input type="checkbox"/> 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	SM490	SM490Y	SBHS400	SM570	SBHS500
		SM400 SMA400W		SM520 SMA490W	SBHS400W	SMA570W	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Ⅱ9.5.2」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

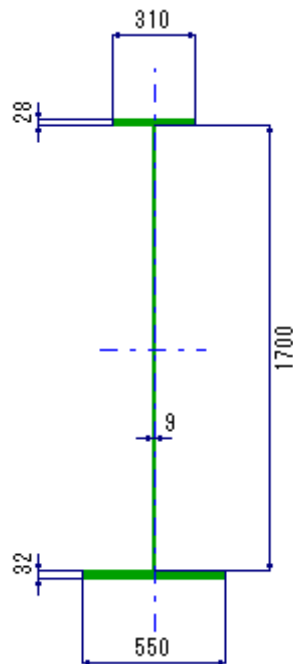
ボルトの等級 応力の種類	F8T	F10T	S10T	S14T ¹⁾
引張降伏	640	900	900	1,260
せん断破断	460	580	580	810
引張強度	800	1,000	1,000	1,400

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）
<p>H24 道示Ⅱ表-4.2.3 より、以下の式で求める。</p> $\begin{cases} 210 : \frac{b}{10.5} \leq t \\ 23,000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 : \frac{b}{16} \leq t < \frac{b}{10.5} \end{cases}$ $\frac{b}{10.5} = \frac{150.5}{10.5} = 14.3 \leq t = 28$ <p>したがって、</p> $\sigma_a = 210 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	<p>H29 道示Ⅱ式(5.4.5)より、以下の式で求める。</p> $\sigma_{crld} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi_U \cdot \rho_{cr1} \cdot \sigma_{yk}$ <p>H29 道示Ⅱ表-5.4.3 より、各部分係数は以下となる。</p> <p>調査・解析係数 $\xi_1 = 0.90$ 部材・構造係数 $\xi_2 = 1.00$ 抵抗係数 $\Phi_U = 0.85$</p> <p>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。</p> $\begin{cases} 1.00 (R \leq 0.7) \\ \left(\frac{0.7}{R}\right)^{1.19} (1.7 < R) \end{cases}$ <p>幅厚比パラメータ R は、</p> <p>H29 道示Ⅱ式(5.4.7)より、以下の式で求める。</p> $R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_{yk}}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}}$ $R = 0.363 \leq 0.7$ <p>したがって、</p> $\rho_{cr1} = 1.000$ <p>これらを H29 道示Ⅱ式(5.4.5)に代入すると、</p> $\begin{aligned} \sigma_{crld} &= \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \Phi_U \cdot \rho_{cr1} \cdot \sigma_{yk} \\ &= 0.90 \times 1.00 \times 0.85 \times 1.00 \times 355 \\ &= 271 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$

(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な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. JSP-1DW, 4DW, 9DW 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。

作用側；応答値（断面力・応力度等）

抵抗側；制限値

$$\sum S_i \left(\gamma_{pi} \gamma_{qi} P_i \right) \leq \xi_1 \Phi_{RS} R_S \quad (\text{式 3.5.1}) \rightarrow \text{限界状態 1}$$

$$\sum S_i \left(\gamma_{pi} \gamma_{qi} P_i \right) \leq \xi_1 \xi_2 \Phi_{RU} R_U \quad (\text{式 3.5.2}) \rightarrow \text{限界状態 3}$$

部分係数

	記号	記号説明
作用側	S_i	作用効果
	γ_{pi}	荷重組合せ係数
	γ_{qi}	荷重係数
	P_i	作用の特性値（荷重・断面力・応力度）
抵抗側	ξ_1	調査・解析係数
	ξ_2	部材・構造係数
	Φ_{RS}	抵抗係数
	Φ_{RU}	抵抗係数
	R_S	部材等の抵抗に係る特性値
	R_U	部材等の抵抗に係る特性値

部分係数

限界状態 1 も限界状態 3 も作用効果（断面力、応力度等）は同じです。限界状態 1 と限界状態 3 の制限値のうち小さい値で照査します。

(2) 作用の入力

下記の画面で作用の特性値と作用の組合せを設定します。

		考慮	Max			Min		
			曲げモーメント My [kN・m]	せん断力 Sz [kN]	ねじり力 Mx [kN・m]	曲げモーメント My [kN・m]	せん断力 Sz [kN]	ねじり力 Mx [kN・m]
1	PD	前死荷重	<input checked="" type="checkbox"/>	3008	4			
2	AD	後死荷重	<input checked="" type="checkbox"/>	500	-29			
3	L	活荷重	<input checked="" type="checkbox"/>	3481	183		-386	-154
4	SW	雪荷重	<input type="checkbox"/>	0	0			
5	SD	支点移動の影響	<input type="checkbox"/>	0	0		0	0
6	WS1	橋桁に作用する風荷重1	<input type="checkbox"/>	0	0		0	0
7	WS2	橋桁に作用する風荷重2	<input type="checkbox"/>	0	0		0	0
8	WL1	活荷重に対する風荷重1	<input type="checkbox"/>	0	0		0	0
9	WL2	活荷重に対する風荷重2	<input type="checkbox"/>	0	0		0	0
10	EQ1	地震の影響1	<input type="checkbox"/>	0	0			
11	EQ2	地震の影響2	<input type="checkbox"/>	0	0			

「作用の特性値」を入力します。

作用の組合せ												
① D	② D+L	③ D+TH	④ D+TH+WS	⑤ D+L+TH	⑥ D+L+WS+WL	⑦ D+L+TH+WS+WL	⑧ D+WS	⑨ D+TH+EQ	⑩ D+EQ	⑪ D+EQ(偶発)	⑫ D+CO	⑬ D+L(相反)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

設計する「作用の組合せ」を選択します。
「作用の組合せ」と「作用の特性値」を用いて照査ケースを内部で自動計算します。

(3) 相反応力部材

相反応力部材の制限値の補正係数 0.75 は、応力度を 0.75 で除して考慮します。

例 1) 相反応力部材かつ $\sigma_D \geq 0.3 \sigma_L$ 場合

示方書の処理方法 : $(\sigma_D + 1.3 * \sigma_L) \leq 0.75 * \text{制限値}$

ソフト上の処理方法 : $(\sigma_D + 1.3 * \sigma_L) / 0.75 \leq \text{制限値}$

例 2) 相反応力部材かつ $\sigma_D < 0.3 \sigma_L$ 場合

示方書の処理方法 : $\sigma_L \leq 0.75 * \text{制限値}$

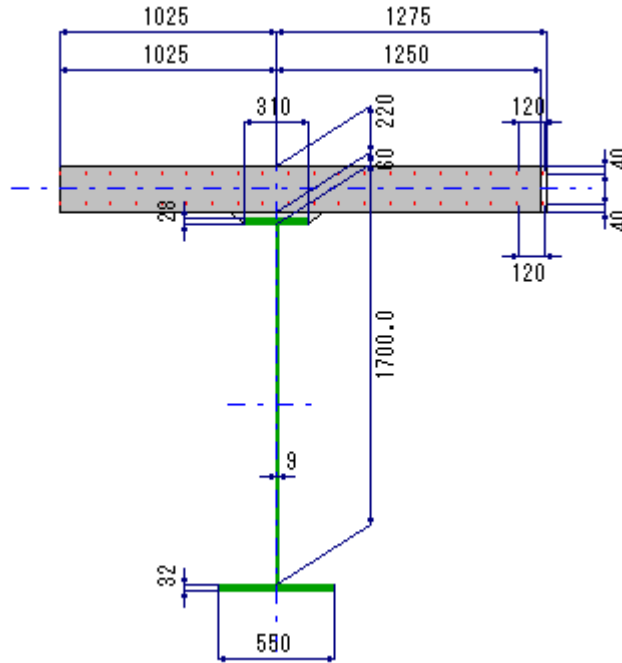
ソフト上の処理方法 : $\sigma_L / 0.75 \leq \text{制限値}$

4. 設計計算例

以下に示すモデルで、平成 24 年道路橋示方書と平成 29 年道路橋示方書の結果を比較しました。

(1) 断面性能

[形状図]



[断面定数]

(a) 合成前

材質	断面	A[cm ²]	Z[cm]	A·Z[cm ³]	Iys' [cm ⁴]
[SM490YB]	1-UFLG PL 310 x 28	86.80	-86.40	-7500	648015
[SM490YA]	1-WEB PL 1700 x 9	153.00			368475
[SM490YB]	1-LFLG PL 580 x 32	176.00	86.60	15242	1320073
		ΣAs = 415.80		Σ(A _s ·Z) = 7742	2336563
					-144155
					I _s = 2192408
			δ _s = Σ(A _s ·Z) / ΣAs = 18.62[cm]		
		Z _{su} = -106.42[cm]	Z _{sl} = 69.58[cm]		

(b) 合成後 (n = 7、ハンチ高 = 6.0[cm])

断面	A[cm ²]	Z[cm]	A·Z[cm ³]	Iyv' [cm ⁴]	
1-床版	2275 x 220 x 1/n	715.00	-102.00	-72930	7467698
1-Steel		415.80		7742	2336563
		ΣAv = 1130.80		Σ(A _v ·Z) = -65188	9804261
					-3757928
					I _v = 6046333
			δ _v = Σ(A _v ·Z) / ΣAv = -57.65[cm]		

$$I_c = 28838[\text{cm}^4]$$

$$d_{vc} = H_w/2 + TH + TC/2 + \delta_v = 44.35[\text{cm}]$$

$$d_{vs} = |\delta_v - \delta_s| = 76.27[\text{cm}]$$

$$d_v = d_{vc} + d_{vs} = 120.62[\text{cm}]$$

$$Z_{vcu} = -(d_{vc} + TC/2) = -55.35[\text{cm}]$$

$$Z_{vcl} = -(d_{vc} - TC/2) = -33.35[\text{cm}]$$

$$Z_{vsu} = Z_{su} + d_{vs} = -30.15[\text{cm}]$$

$$Z_{vsl} = Z_{sl} + d_{vs} = 145.85[\text{cm}]$$

(c) クリープ (n = 14、ハンチ高 = 6.0[cm])

断面		A[cm ²]	Z[cm]	A·Z[cm ³]	I _{ycp} ' [cm ⁴]
1-床版	2275 x 220 x 1/n	357.50	-102.00	-36465	3733849
1-Steel		415.80		7742	2336563
		Σ A _{cp} = 773.30		Σ (A _{cp} ·Z) = -28723	6070412
					-1066864
					I _{cp} = 5003548

$$\delta_{cp} = \Sigma (A_{cp} \cdot Z) / \Sigma A_{cp} = -37.14[\text{cm}]$$

$$dcpc = Hw/2 + TH + TC/2 + \delta_{cp} = 64.86[\text{cm}]$$

$$dcps = |\delta_{cp} - \delta_s| = 55.76[\text{cm}]$$

$$dcp = dcpc + dcps = 120.62[\text{cm}]$$

$$Z_{cpcu} = -(dcpc + TC/2) = -75.86[\text{cm}]$$

$$Z_{cpcL} = -(dcpc - TC/2) = -53.86[\text{cm}]$$

$$Z_{cpsu} = Z_{su} + dcps = -50.66[\text{cm}]$$

$$Z_{cpsL} = Z_{sL} + dcps = 125.34[\text{cm}]$$

(d) 乾燥収縮 (n = 21、ハンチ高 = 6.0[cm])

断面		A[cm ²]	Z[cm]	A·Z[cm ³]	I _{yse} ' [cm ⁴]
1-床版	2275 x 220 x 1/n	238.33	-102.00	-24310	2489233
1-Steel		415.80		7742	2336563
		Σ A _{se} = 654.13		Σ (A _{se} ·Z) = -16568	4825796
					-419633
					I _{se} = 4406163

$$\delta_{se} = \Sigma (A_{se} \cdot Z) / \Sigma A_{se} = -25.33[\text{cm}]$$

$$dsec = Hw/2 + TH + TC/2 + \delta_{se} = 76.67[\text{cm}]$$

$$dses = |\delta_{se} - \delta_s| = 43.95[\text{cm}]$$

$$dse = dsec + dses = 120.62[\text{cm}]$$

$$Z_{secu} = -(dsec + TC/2) = -87.67[\text{cm}]$$

$$Z_{secL} = -(dsec - TC/2) = -65.67[\text{cm}]$$

$$Z_{sesu} = Z_{su} + dses = -62.47[\text{cm}]$$

$$Z_{sesL} = Z_{sL} + dses = 113.53[\text{cm}]$$

(e) 鋼断面 (鉄筋+鋼桁)

断面		A[cm ²]	Z[cm]	A·Z[cm ³]	I _{yf} ' [cm ⁴]
鉄筋 上側	D19- 19.0本 x 2.865	54.32	-109.00	-5920	645324
鉄筋 下側	D19- 19.0本 x 2.865	54.32	-95.00	-5160	490199
1-Steel		415.80		7742	2336563
		Σ A _f = 524.43		Σ (A _f ·Z) = -3338	3472085
					-21250
					I _f = 3450835

$$\delta_f = \Sigma (A_f \cdot Z) / \Sigma A_f = -6.37[\text{cm}]$$

$$dfc = Hw/2 + TH + TC/2 + \delta_f = 95.63[\text{cm}]$$

$$dfs = |\delta_f - \delta_s| = 24.99[\text{cm}]$$

$$df = dfc + dfs = 120.62[\text{cm}]$$

$$Z_{fcu} = -(dfc + TC/2 - df1) = -102.63[\text{cm}]$$

$$Z_{fcL} = -(dfc - TC/2 + df2) = -88.63[\text{cm}]$$

$$Z_{fsu} = Z_{su} + dfs = -81.43[\text{cm}]$$

$$Z_{fsL} = Z_{sL} + dfs = 94.57[\text{cm}]$$

□最小鉄筋量の検討

$$A_{fs} = 108.63\text{cm}^2 > A_{fsreq} = 100.10\text{cm}^2$$

$$\text{周長率 } dL_s = 0.04545 > dL_{sreq} = 0.045$$

[固定点間距離] 5500.0 mm

[降伏点一定鋼の仕様] 使用しない

[使用鋼材の強度の特性値]

単位：(N/mm²)

部 材	材 質	平成 24 年道路橋示方書		平成 29 年道路橋示方書	
		許容引張 応力度	許容せん断 応力度	引張圧縮 降伏	せん断降伏
		σ_a	τ_a	σ_{yk}	τ_{yk}
上フランジ	SM490Y	210	120	355	205
ウェブ	SM490Y	210	120	355	205
下フランジ	SM490Y	210	120	355	205

引張圧縮降伏・せん断降伏:H29 道示 II 4. 1. 2 (P46)

(2) 耐荷性能の照査

[制限値の算出]

・フランジの制限値(圧縮側)

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
<p>圧縮応力を受ける自由突出板</p> $\begin{cases} 210 : \frac{b}{10.5} \leq t \\ 23,000 \left(\frac{t}{b}\right)^2 : \frac{b}{16} \leq t < \frac{b}{10.5} \end{cases}$ $\frac{b}{10.5} = \frac{150.5}{10.5} = 14.3 \leq t = 28$ <p style="text-align: right;">【H24 道示 II 表-4. 2. 3】</p> <p>したがって、</p> $\sigma_a = 210 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ $\sigma_a = 210 * 1.3$ $= \underline{273.0 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$ <p style="text-align: right;">【H24 道示 II 表-12. 3. 3】</p>	<p>H29 道示 II 式(5. 4. 5)より、以下の式で求める。</p> $\begin{aligned} \sigma_{crld} &= \xi_1 * \xi_2 * \Phi_U * \rho_{cr1} * \sigma_{yk} \\ &= 0.90 * 1.00 * 0.85 * 1.00 * 355 \\ &= 271.6 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$ <p style="text-align: right;">【H29 道示 II 式(5. 3. 1)】</p> <p>調査・解析係数 $\xi_1 = 0.90$ 部材・構造係数 $\xi_2 = 1.00$ 抵抗係数 $\Phi_U = 0.85$</p> <p>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</p> $\rho_{cr1} = 1.000$ <p>幅厚比パラメータ</p> $\begin{aligned} R &= \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_{yk}}{E} \cdot \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}} \\ &= 0.363 \leq 0.7 \end{aligned}$ $\begin{aligned} \sigma_{crld} &= 271.6 * 1.15 \\ &= \underline{312.3 \text{ [N/mm}^2\text{]}} \end{aligned}$ <p style="text-align: right;">【H29 道示 II 表-14. 6. 3】</p>

・フランジの制限値(引張側)

平成 24 年道路橋示方書	平成 29 年道路橋示方書
許容曲げ引張応力度 $\sigma_a = 210 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ <div style="text-align: right;">【H24 道示 II 表-3.2.1】</div> $\sigma_a = 210 * 1.15$ $= \underline{241.5 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$ <div style="text-align: right;">【H24 道示 II 表-12.3.3】</div>	軸方向引張力を受ける部材(限界状態 1) $\sigma_{tyd} = \xi_1 * \Phi_{Yt} * \sigma_{yk}$ $= 0.90 * 0.85 * 355.00$ $= \underline{271.57 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$ <div style="text-align: right;">【H29 道示 II 式(5.3.1)】</div> 調査・解析係数 $\xi_1 = 0.90$ 抵抗係数 $\Phi_{Yt} = 0.85$ 軸方向引張力を受ける部材(限界状態 3) $\sigma_{tud} = \xi_1 * \xi_2 * \Phi_{Ut} * \sigma_{yk}$ $= 0.90 * 1.00 * 0.85 * 355.00$ $= \underline{271.57 \text{ [N/mm}^2\text{]}}$ <div style="text-align: right;">【H29 道示 II 式(5.4.21)】</div> 調査・解析係数 $\xi_1 = 0.90$ 部材・構造係数 $\xi_2 = 1.00$ 抵抗係数 $\Phi_{Ut} = 0.85$

[照査結果]

・曲げ応力度(合成断面) σ (N/mm²)

部材	PD	AD	L(max)	L(min)	CR	SH	TF(max)	TF(min)
上フランジ	-146.0	-2.5	-17.4	2.0	-5.1	-25.2	-19.2	19.2
下フランジ	95.5	12.1	84.0	-9.6	0.9	4.3	3.2	-3.2

・せん断応力度(合成断面) τ (N/mm²)

部材	PD	AD	L(max)	L(min)	CR	SH	TF(max)	TF(min)
ウェブ	0.3	-1.9	12.0	-10.1	0.0	0.0	0.0	0.0

・曲げ応力度(鋼断面) σ (N/mm²)

部材	PD	AD	L(max)	L(min)	CR	SH	TF(max)	TF(min)
上フランジ	-146.0	-11.8	-82.1	9.3	-9.1	-35.8	-51.2	51.2
下フランジ	95.5	13.7	95.4	-10.9	-0.3	1.9	-12.0	12.0

・せん断応力度(鋼断面) σ (N/mm²)

部材	PD	AD	L(max)	L(min)	CR	SH	TF(max)	TF(min)
ウェブ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[設計作用]

断面力	Mys	(前 死)	(kN・m)	3008
	Szs	(前 死)	(kN)	4
	Myvd	(後 死)	(kN・m)	500
	Szvd	(後 死)	(kN)	0
	MyvL	(活荷重)	(kN・m)	3481
	SxvL	(活荷重)	(kN)	154
クリーブ	Ncp		(kN)	-263
	Mcp		(kN・m)	173
	Δ Mcp		(kN・m)	0
乾燥収縮	Nse		(kN)	-964
	Mse		(kN・m)	739
	Δ mse		(kN・m)	0
温度差 (鋼桁高温)	Ntel		(kN)	-1735
	Mtel		(kN・m)	769
	Δ mtel		(kN・m)	0
(床板高温)	Mte2		(kN)	1735
	Mte2		(kN・m)	-769
	Δ Mte2		(kN・m)	0

・耐荷性能の照査

作用の組合せ②-2[PD+AD+L(max)+CR+SH+TF(min) 合成断面]結果を以下に示します。

			H24 道示	H29 道示	備考
床版上端	① σ	(N/mm ²)	-4.71	-5.84	応力度 24%増 (曲げ増分)
	② σ_d	(N/mm ²)	-9.86	-10.80	制限値 10%増
	①/②	--	0.48	0.54	
床版下端	③ σ	(N/mm ²)	-3.07	-3.74	応力度 22%増 (曲げ増分)
	④ σ_d	(N/mm ²)	-9.86	-10.8	制限値 10%増
	③/④	--	0.31	0.35	
上フランジ	⑤ σ	(N/mm ²)	-177.0	-190.3	応力度 8%増 (曲げ増分)
	⑥ σ_d	(N/mm ²)	-273.0	312.3	制限値 14%増
	⑤/⑥	--	0.65	-0.61	
下フランジ	⑦ σ	(N/mm ²)	193.5	220.1	応力度 14%増 (曲げ増分)
	⑧ σ_d	(N/mm ²)	241.5	271.6	制限値 12%増
	⑦/⑧	--	0.80	0.81	
ウェブ	⑨ τ	(N/mm ²)	10.3	13.2	応力度 28%増 (せん断増分)
	⑩ τ_d	(N/mm ²)	120.0	156.8	制限値 31%増
	⑨/⑩	--	0.09	0.08	
曲げとせん断の 合成	⑪ k	--	0.822	0.62	25%減(応答値の増率に対して 制限値の増率が大きい ため合成は小さくなる)
	⑫ k _d	--	1.2	1.2	
	⑪/⑫	--	0.69	0.52	

応力度の算出例(下フランジ)

死荷重 $\sigma_D=95.5+12.1=107.6$ 、活荷重 $\sigma_{Lmin}=84.0$ 、 σ_D と σ_{Lmax} の符号は同じなので相反応力部材ではありません。下記の式で計算します。

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \gamma_p \times \gamma_q \times \sigma_D + \gamma_p \times \gamma_q \times \sigma_L + \gamma_p \times \gamma_q \times \sigma_{CR} + \gamma_p \times \gamma_q \times \sigma_{SH} + \gamma_p \times \gamma_q \times \sigma_{TF(min)} \\
 &= 1.00 \times 1.05 \times (95.5 + 12.1) + 1.00 \times 1.25 \times 84.0 \\
 &\quad + 1.00 \times 1.05 \times 0.9 + 1.00 \times 1.05 \times 4.3 + 1.00 \times 1.00 \times (-3.2) \\
 &= 220.1 \text{ [N/mm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

5. JSP の対応状況について

JSP-1W, 4W, 9W, 1DW, 4DW, 9DW の対応状況は表のとおりです（2018年9月現在）。

その他製品のリリース予定は弊社ホームページにてご確認ください。

JSP の対応状況 概略設計ソフト：JSP-1W, 4W, 9W 単断面計算ソフト：JSP-1DW, 4DW, 9DW	対応予定						
	対応方法	概略設計			単断面計算		
		1W	4W	9W	1DW	4DW	9DW
<input type="checkbox"/> 作用の組合せ ・変動支配状況②「D+L」と相反のみ対応	今後検討・対応予定 ・永続支配状況①「D」の組合せも追加	○	○	○	—	—	—
<input type="checkbox"/> 接合部 ・限界状態3の照査は未対応	JSP-11Wの開発に合わせ対応 (非合成・合成桁の連結計算)	○	○	○	—	—	—
<input type="checkbox"/> 開断面形状の対応 ・未対応	今後検討・対応予定	—	○	—	○	○	—
<input type="checkbox"/> 作用（断面力）の入力 ・現状はMax・Minの2ケースのみの対応	今後検討・対応 ・各作用の6断面力の同時性を考慮 ・係数を考慮した断面力の入力	—	—	—	○	○	○
<input type="checkbox"/> 架設系の考慮（鋼床版桁） ・架設系を考慮した耐荷性能の照査は未対応	今後検討・対応予定	—	—	—	—	—	○

—：対象外ソフト， ○：対応予定