

手計算で行う
やさしい橋の設計 - II
「鉄道単純上路鋼床版桁橋」

平成 20 年 8 月

株式会社 ブリッジエンジニア

やさしい橋の設計- II

「鉄道 単純上路 鋼床版桁橋」

道路橋と鉄道橋の設計上の相違は、大きくは前者が「許容応力度法」を用いているのに対し、後者は「限界状態設計法」を取り入れていることであるが、以下に両者の設計概念を比較してみる。

許容応力度法

死荷重・活荷重等によって生ずる応力度を許容値内に抑える方法で、次式で表される。

$$d + \varrho < a = y /$$

ここで、 d : 死荷重によって生ずる発生応力度 (N/mm²)

ϱ : 活荷重によって生ずる発生応力度 (N/mm²)

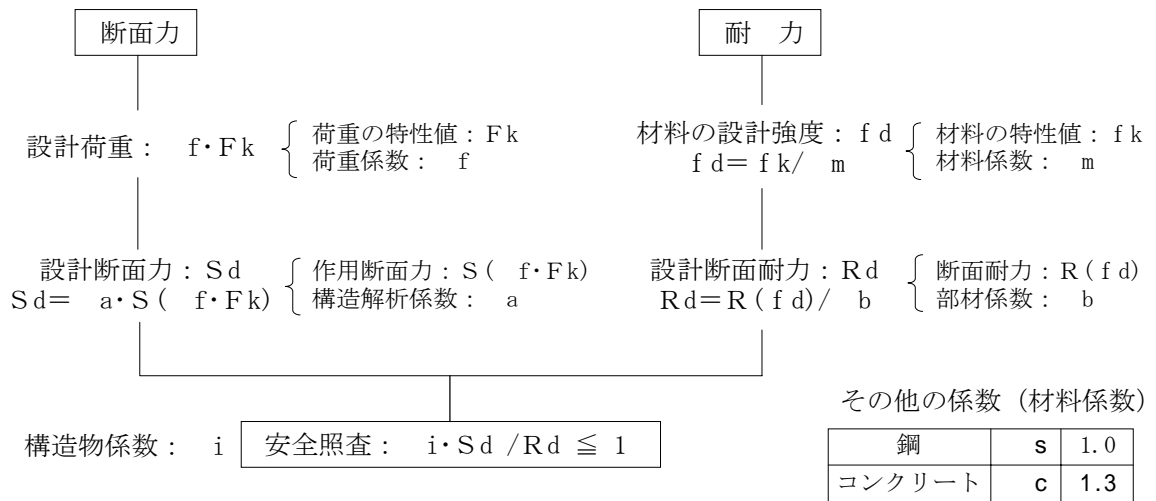
a : 許容応力度 (N/mm²)

y : 使用する材料の降伏点強度 (N/mm²)

: 使用する材料の安全率 (常時荷重に対する安全率=1.65~1.7)

限界状態設計法

荷重ならびに構造解析の結果に不確実性を安全率として乗じたものと、使用する材料・部材を不確定要素である安全率で除したものを大小比較するものである。



安全係数

	f	a	m	b	i	鋼構造 総合安全率
安全係数	1.0~1.1	1.0	1.05~1.1	1.0~1.05	1.2	1.26~1.52

以上二つの設計法の概念を述べたが、両手法のどちらが有利かなどとの議論は無意味なことであって、それぞれの手法を正しく理解したうえでルールに則った適切な設計を遂行することが肝要である。ここに示した「設計例」が、正しい設計法理解のための一助となることを期待している。

2008. 8. 29 技術顧問

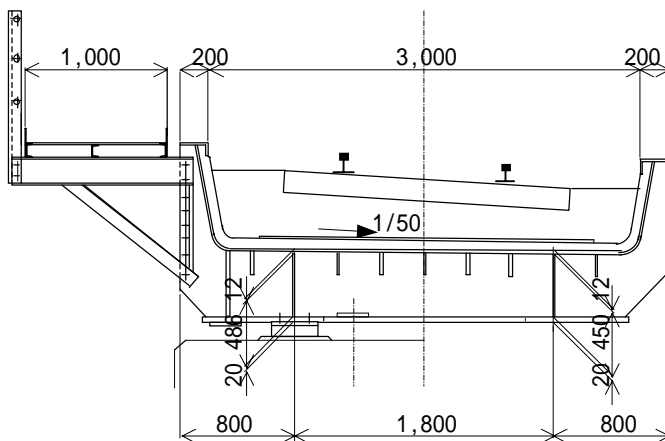
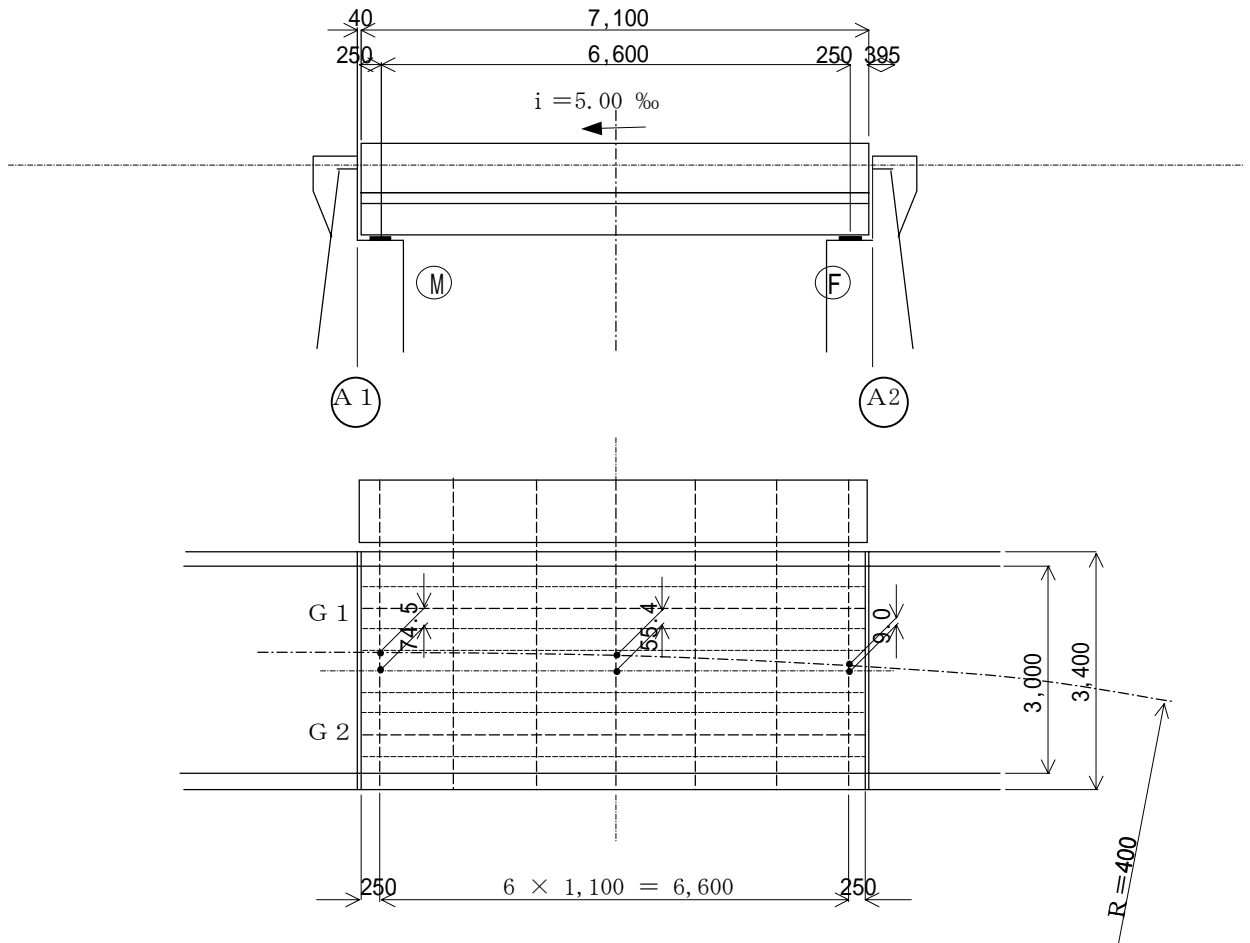
——— 目 次 ———

§ 1	設 計 条 件	—————	1 頁
1.1	一 般 条 件	—————	1 頁
1.2	適 用 基 準	—————	3 頁
1.3	基 本 荷 重	—————	3 頁
1.4	使 用 材 料	—————	3 頁
1.5	主 な 物 理 定 数	—————	3 頁
1.6	構 造 用 鋼 材 の 強 度	—————	4 頁
§ 2	設 計 総 括 表	—————	6 頁
§ 3	縦 リ ブ の 設 計	—————	7 頁
3.1	中 間 縦 リ ブ	—————	7 頁
3.2	端 縦 リ ブ	—————	12 頁
3.3	鋼 床 版 と リ ブ の 溶 接	—————	16 頁
§ 4	横 リ ブ の 設 計	—————	17 頁
4.1	中 間 横 リ ブ	—————	17 頁
4.2	端 横 リ ブ	—————	28 頁
§ 5	主 桁 の 設 計	—————	29 頁
5.1	荷 重	—————	29 頁
5.2	断 面 力	—————	34 頁
5.3	断 面 の 応 力 照 査	—————	38 頁
5.4	補 剛 材 の 設 計	—————	47 頁
5.5	製 作 反 り	—————	51 頁
§ 6	支 承 の 設 計	—————	52 頁
6.1	固 定 支 承	—————	52 頁
6.2	可 動 支 承	—————	56 頁
6.3	仮 支 承	—————	62 頁
§ 7	ジャッキ受の設計	—————	63 頁
§ 8	移動制限装置の設計	—————	64 頁
§ 9	吊金具の設計	—————	66 頁

§ 1 設計条件

1.1 一般条件

1)	桁種別	鋼床版道床式 上路プレートガーダー
2)	列車荷重	KS-15
3)	構造大要	単線 (主桁外に橋側歩道設置)
4)	線路等級	2級線
5)	線路	緩和曲線区間 換算曲率半径 R = 400 m
6)	橋長	L = 7.100 m
7)	支間長	S = 6.600 m
8)	主桁腹板高	H = 0.486 mm (G1)、0.450 mm (G2)
9)	主桁中心間隔	B = 1.800 m
10)	斜角	= 90°00'00"
11)	縦断勾配	i = +5.00 ‰ (始点から終点に向けて上り勾配)
12)	最大シフト量	= 14 mm
13)	橋梁区間のカント	C = 76 mm (橋梁区間において一定)
14)	橋梁区間のスラック	S = 10 mm (")
15)	設計速度	V = 110.0 km/h
16)	バラスト厚	h ≥ 0.250 m (内軌側レール直下において)
17)	R. L. ~ 桁座面	1,232 mm
18)	R. L. ~ 桁最下端	1,120 mm
19)	ロングレール縦荷重	考慮しない。
20)	設計水平震度	$K_h = 1 \cdot 2 \cdot K_o \quad \text{「鋼標準 3.12」}$ $1 : \text{地域別係数} = 1.0$ $2 : \text{地盤別係数} = 1.0$ $K_o : \text{標準設計水平震度} = 0.2$ $K_h = 1.0 \times 1.0 \times 0.2 = 0.2$
21)	架設	全長一括架設
22)	使用レール	50N
23)	支承構造	ゴム支承
24)	橋側歩道	歩道幅：B = 1,000 mm、設置高さ：レールレベル+150 mm
25)	使用鋼材	普通鋼材、塗装仕様
26)	塗装仕様	橋体工ならびに橋側歩道：塗装仕様 C-5 (鋼道路橋塗装・防食便覧：日本道路協会：H17.2)
27)	連結材	高力ボルト (トルシア形高力ボルト：S10T)



当案は小支間橋のため、主桁作用に伴う鋼床版の圧縮力が小さく、鋼床版とバラスト止め（側面立上げ）を一体化させているが、ある程度の支間長を有する場合は、鋼床版とバラスト止めを縁切り（ボルト連結等）して、鋼床版軸力がバラスト止め部に伝達されない構造とするのがよい。

R. L. から桁座面 ()内はA2 の寸法

レール (50N)	153
軌道パッド	6
まくらぎ	160
道床 (バラストマット含む)	250 (251)
防水層	60
鋼床版厚	12
腹板高さ	459 (458)
下フランジ	20
ソールプレート	24
シュー	55
無収縮性注入物	33
<hr/>	
	1,232 mm

R. L. から桁最下端 (支間中央)

レール (50N)	153
軌道パッド	6
まくらぎ	160
道床	251
防水層	60
鋼床版厚	12
腹板高さ	458
下フランジ	20
<hr/>	
	1,120 mm

1.2 適用基準

鉄道構造物等設計標準・同解説 「鋼・合成構造物」	(平成12年 7月)
鉄道構造物等設計標準 (鋼・合成構造物) のマニュアル	(平成16年12月)
鋼・合成構造物ディテールの参考資料	(平成16年12月)
鋼鉄道橋溶融亜鉛めっき等設計施工マニュアル	(平成16年12月)
鋼橋設計資料	－橋梁研究会－
デザインデータブック	－橋建協－ (平成18年 2月)

1.3 基本荷重

(1) 死荷重 【鋼標準 2.2】

材 料	重 量		備 考
	kgf/m ³	kN/m ³	
鉄筋コンクリート	2500	24.5	
鋼 材	7850	77.0	鋼板および形鋼

(2) 活荷重 【鋼標準 2.2】

構造計算の対象	構造種別	列車荷重	その他
主 桁	上路プレートガーダー	KS-15	特に考慮しない

$$\text{衝撃係数} : i = \frac{Ka \cdot V}{500 \cdot L^{0.2}} + \frac{10}{65 + L}$$

(3) 風荷重

列車有りの風荷重の特性値は $W = 1.50 \text{ kN/m}^2$ 「標準 3.10」

(4) 地震荷重

橋体工の設計に際しては特に考慮しないが、移動制限装置の設計にのみ考慮するものとする。

(5) 雪荷重

特に考慮しない

1.4 使用材料

鋼 板	: JIS G 3101	SS400
	: JIS G 3106	SM400
接合用鋼材	:	S10T

1.5 主な物理定数

ヤング係数

$$\text{構造用鋼材} : E_s = 200 \text{ kN/mm}^2$$

1.6 構造用鋼材の強度

【鋼標準 5.2】

(1) 構造用鋼材の基本強度 f (N/mm²)

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
基本強度	235	315	355	450

(2) 構造用鋼材の強度の特性値

- ・ 軸方向引張強度、曲げ引張強度の特性値 $t_u = f$
ここに、 t_u : 軸方向引張強度、曲げ引張強度の特性値 (N/mm²)
- ・ 局部座屈を考慮しない軸方向圧縮強度の特性値 c_u (N/mm²)

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
軸方向圧縮強度	$0 < \ell/r \leq 9$ f	$0 < \ell/r \leq 8$ f	$0 < \ell/r \leq 8$ f	$0 < \ell/r \leq 7$ f
	$9 < \ell/r \leq 130$ $f - 1.34 (\ell/r - 9)$	$8 < \ell/r \leq 115$ $f - 2.07 (\ell/r - 8)$	$8 < \ell/r \leq 105$ $f - 2.51 (\ell/r - 8)$	$7 < \ell/r \leq 95$ $f - 3.56 (\ell/r - 7)$
	$130 < \ell/r$ $1,234,000 (r/\ell)^2$	$115 < \ell/r$ $1,234,000 (r/\ell)^2$	$105 < \ell/r$ $1,234,000 (r/\ell)^2$	$95 < \ell/r$ $1,234,000 (r/\ell)^2$

注： ℓ は部材の座屈長さを、また、 r は考える軸についての総断面の断面二次半径を示す。

- ・ 曲げ圧縮強度の特性値 b_u (N/mm²)

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
曲げ圧縮強度	<p>(1) 強軸まわりの曲げに対し</p> <p>上表の ℓ/r の代わりに次の式で示す等価細長比 $(\ell/r)_e$ を用いる。</p> $(\ell/r)_e = F \frac{\ell}{b^*}$ <p>ここで、I断面の場合 $F = \sqrt{12+2}$ /</p> <p>箱断面の場合</p> <p style="margin-left: 40px;">< 0 : $F = 0$</p> <p style="margin-left: 40px;">$0 \leq < 1$: $F = \frac{1.05(- 0)}{1 - 0} \sqrt{3 + 1} \cdot \sqrt{b/\ell}$</p> <p style="margin-left: 40px;">$1 \leq < 2$: $F = 0.74 \sqrt{(3 +) (+ 1)} \cdot \sqrt{b/\ell}$</p> <p style="margin-left: 40px;">≥ 2 : $F = 1.28 \sqrt{(3 +)} \cdot \sqrt{b/\ell}$</p> $0 = \frac{14+12}{5+21}$ <p style="margin-left: 40px;">U断面の場合</p> <p style="margin-left: 40px;">$F = 1.1 \sqrt{12+2}$ /</p>			
	<p>(2) 弱軸まわりの曲げに対し</p> <p style="text-align: center;">f f f f</p>			

注： ℓ はフランジの固定点間距離を、また、 b はフランジの幅を示す。ただし、*印の b は全体座屈の照査の場合は主桁中心間隔または腹板中心間隔を示す。 t_f はフランジの厚さ (tf) と腹板の厚さ (tw) の比 (tf/tw) を、また、 h/b は腹板高さ (h) とフランジの幅 (b) との比 (h/b) を示す。

- せん断強度の特性値 u (N/mm²)

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
せん断強度	135	180	205	260

- 支圧強度の特性値 p (N/mm²)

ただし、平面と平面（平面に近い円筒面や曲面を含む）とが接触する場合で、かつ、すべりが生じない場合についての値である。

鋼種	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
支圧強度	350	470	520	570