

参考. 隅角部の耐荷力設計

鋼製橋脚隅角部は薄肉セル構造であり、部材断面内の応力分布はせん断遅れ現象や板曲げの発生などによって一様にはならず、とくにはり・柱の交点となる接合部近傍の応力状態は、初等はり理論によるものとは著しく異なった性状を示す。しかし、道路橋示方書ではこのような隅角部の応力算出方法などの具体的な記述はなく、道路管理者によっては独自に設計基準（参表-1）を定めて設計を行っている。これらは一般に奥村・石沢の方法と呼ばれる方法を基本としており、骨組解析によって得られる断面力から算出したフランジやウェブの応力にせん断遅れによる応力集中分を補正して見込むものである。

参表-1 各道路管理者の隅角部設計基準

a) 矩形断面

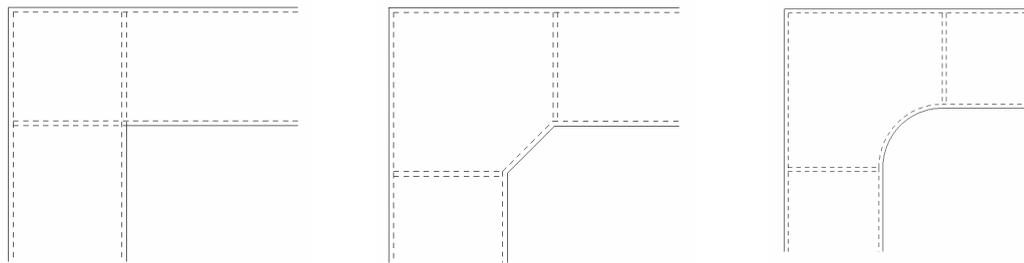
公団公社	阪神高速道路公団	首都高速道路公団	名古屋高速道路公社	福岡北九州道路公社
フランジの板厚決定	ShearLagの影響を考慮した垂直応力度で決定	左記と同一	左記と同一	左記と同一
せん断遅れによる応力度の算出式	公団基準にて規定	奥村・石沢の方法	左記と同一	左記と同一
ウェブの板厚決定	Beedleのせん断応力度で決定	左記と同一	左記と同一	左記と同一
隅角部の許容せん断応力度	$0.52 \sigma_a$	$0.45 \sigma_a$	左記と同一	左記と同一
合成応力度照査	(照査式) ≤ 1.0 フランジはせん断流理論,ウェブはBeedleのせん断応力度を使用。 照査式中の τ_a は道示II 3.2.1	特に規定なし	(照査式) ≤ 1.0 隅角部の垂直応力度,隅角部のせん断応力度を用いて照査。 照査式中の τ_a は道示II 3.2.1	(照査式) ≤ 1.0 フランジはせん断流理論,ウェブはBeedleのせん断応力度を使用。 照査式中の τ_a は道示II 3.2.1

b) 円形断面

公団公社	阪神高速道路公団	首都高速道路公団	名古屋高速道路公社	福岡北九州道路公社
割込みウェブの設置	割込ませない構造が原則	割込ませる場合と割込ませない場合の両方法の規定あり	割込ませない構造が原則。 円柱最小板厚は半径の1/40	割込ませる場合と割込ませない場合の両方法の規定あり
換算柱幅の考え方	換算柱幅= d_2 (割込みウェブ長)	換算柱幅= d' が基本(重心間距離) $45 < \alpha < 55^\circ$ の場合は、換算柱幅= d_1 (割込みウェブ長)としてよい	換算柱幅= d_2 (割込みウェブ長)	模式図のみ
換算板厚($=t_c$)	母材厚= t , $t_c=t$ (フランジ,ウェブ共)	母材厚= t_r , ウェブ厚= t_i (割込みなし) $t_c=t_r$ (割込みあり) $t_c=t_r+t_i$ ただし、フランジ板厚= t_r	母材厚= t , $t_c=t$ (フランジ,ウェブ共)	母材厚= t , ウェブ厚= t_i (割込みなし) $t_c=t_r$ (割込みあり) $t_c=t_r+t_{i/2}$, フランジ板厚= t_r
ダイアフラムの照査	(照査不要条件) $R \leq 1500\text{mm}$, $t_f \leq 25\text{mm}$, $r=R/2$ $t_d \geq t_r$ かつ $t_d \geq b/17$, $t_r x b_r \geq 250 x t_r$	d' ダイアフラムの板厚は $b/17$ 以上。 (照査不要条件) $t_r \leq 25\text{mm}$, $d \leq D/2$ $t_d \geq t_r$ かつ $t_d \geq b/17$ d' ダイアフラムとはり下フランジの材質が等しい	d' ダイアフラムの計算式を規定。	(照査不要条件) $R \leq 1500\text{mm}$, $t_r \leq 25\text{mm}$, $r=R/2$ $t_d \geq t_r$ かつ $t_d \geq b/17$, $t_r x b_r \geq 250 x t_r$
特記事項	合成応力度照査 規定あり	合成応力度照査 規定特になし	合成応力度照査 規定あり	合成応力度照査 規定あり

以下に、奥村・石沢の方法による隅角部の設計法の概要を示す。

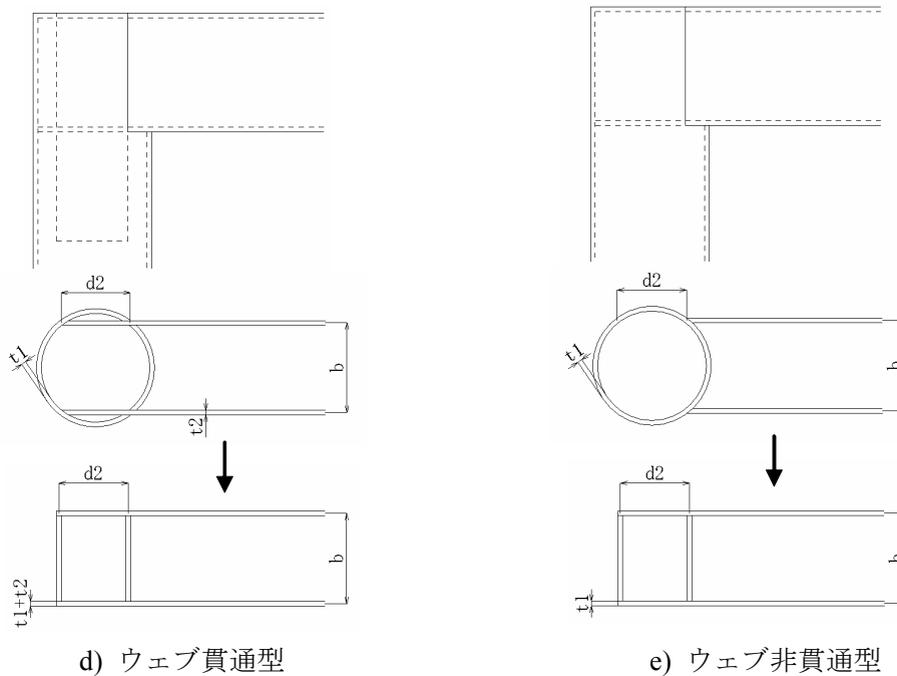
奥村・石沢の方法で設定している隅角部の形状は参図-1 に示す。はり断面は箱型断面に限られており、柱断面は(a)～(c)の箱型断面および(d)～(e)の円断面を対象としている。いずれの形状においても隅角部は単純な逆 L 型を想定している。円断面柱の場合は、はりウェブの柱への割込み長 d_2 を柱ウェブ高とする箱型断面柱（換算柱）として取扱う。また、円断面柱には、はりウェブが円柱を貫通する形式（貫通型）と貫通しない形式（非貫通型）がある。貫通型では換算柱のウェブ厚は、円柱の板厚とはりウェブの板厚との和とする。非貫通型の換算柱のウェブ厚は円柱の板厚と同様とする。



a) 直線形

b) 円弧ハンチ形

c) 直線ハンチ形

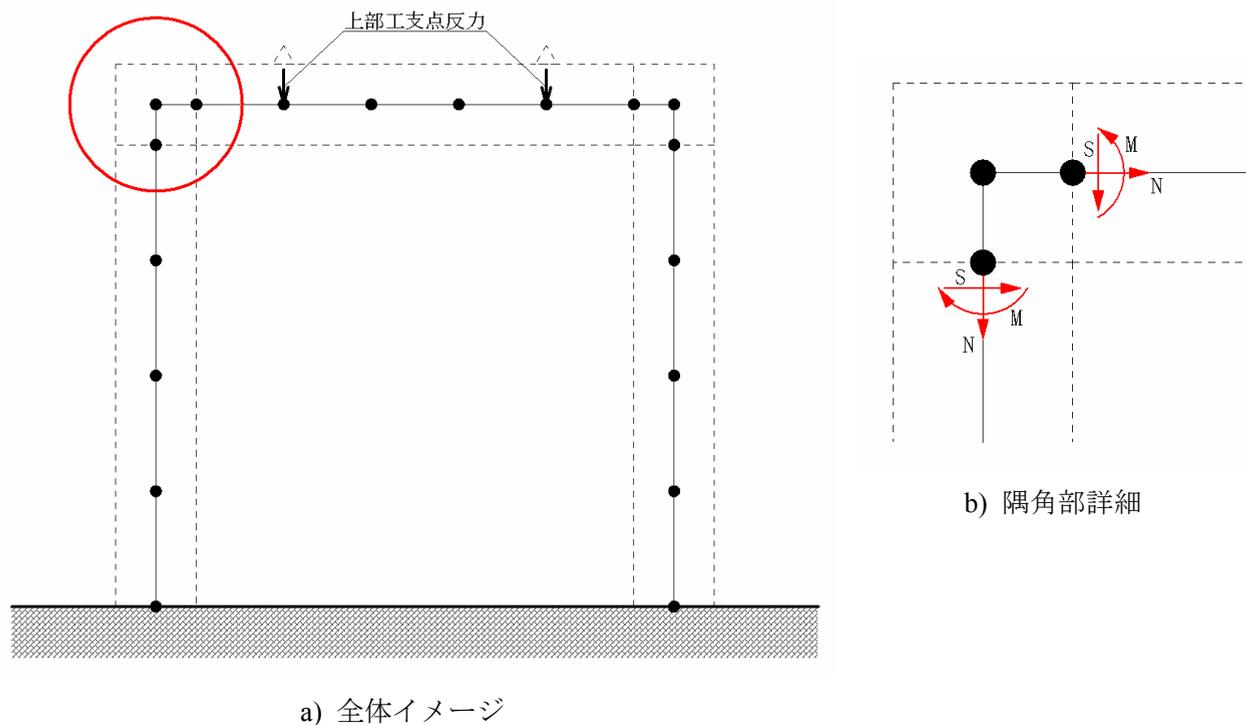


d) ウェブ貫通型

e) ウェブ非貫通型

参図-1 奥村・石沢の方法で設定している隅角部形状

断面力の算出は参図-2 に示すような平面骨組モデルを用いて行うが、隅角部でははり・柱の仕口部に節点を設けてそれぞれの断面力を算出する場合もある。



参図-2 断面力算出に用いる解析モデル

奥村・石沢の方法では、隅角部フランジのシアラグ応力が参式(1)、参式(2)で与えられる。断面 A、断面 B に対して、

$$\sigma_{s1} = \frac{b}{d_1} \frac{F_{i2}}{A_{w1}} S_1 \quad \text{参式(1)}$$

$$\sigma_{s2} = \frac{b}{d_2} \frac{F_{i1}}{A_{w2}} S_2 \quad \text{参式(2)}$$

ここで、

σ_{s1} : 断面 A のせん断遅れによるフランジ応力

σ_{s2} : 断面 B のせん断遅れによるフランジ応力

b : ウェブ中心間隔

d_1, d_2 : はり高および柱幅

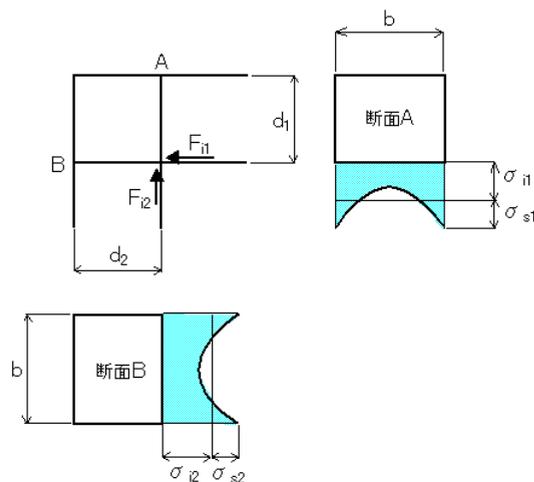
F_{i1} : 柱にかかるはりフランジからの集中力

F_{i2} : はりにかかる柱フランジからの集中力

A_{w1} : はりのウェブ断面積 (2 枚分)

A_{w2} : 柱のウェブ断面積 (2 枚分)

S_1, S_2, R_1, R_2 に関する値でせん断遅れの推定表 (参図-4) から求める。



参図-3 隅角部フランジの応力分布

フランジからの集中力は参式(3), 参式(4)より算出する。

$$F_{i1} = \frac{M_1}{d_1} + \frac{N_1}{2} \quad \text{参式(3)}$$

$$F_{i2} = \frac{M_2}{d_2} + \frac{N_2}{2} \quad \text{参式(4)}$$

ここで、

M_1, M_2 : 骨組解析より求まる着目節点の曲げモーメント

N_1, N_2 : 骨組解析より求まる着目節点の軸力

応力集中係数 S_1, S_2 は参式(5), 参式(6)および参図-4 により算出する。

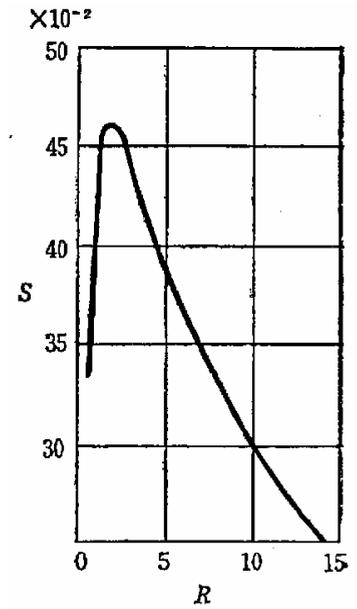
$$R_1 = \frac{6A_{f1}}{A_{w1}} \quad \text{参式(5)}$$

$$R_2 = \frac{6A_{f2}}{A_{w2}} \quad \text{参式(6)}$$

ここで、

A_{f1}, A_{f2} : はりおよび柱のフランジ断面積 (上下および左右同じとし、その一方をとる)

以上が奥村・石沢の方法による隅角部の設計の概略である。



参図-4 応力集中係数の推定