

第15回 兵庫県建築構造技術研究会

2009年4月21日

「横補剛について考える」 「小梁の横補剛材としての有効性について」

兵庫県建築構造技術研究会会員 濱田 民夫

横補剛に関する規定

「2007年版建築物の構造関係技術基準解説書」(以下「技術基準」と略す)

ルート1-2
ルート2
ルート3でFD部材としない場合 } → 梁は保有耐力横補剛を行うこと

保有耐力横補剛を満足しない場合

FD部材としてDsを決定し、横座屈発生時の応力をメカニズムとして保有水平耐力を求めなければならない。
(財・建築行政情報センター構造関係基準に関する質疑 No26より)

横座屈を脆性破壊と同じ扱いとし、柱脚同様既存建物の増築時に既存不適格となる可能性が高い

保有耐力横補剛とは

技術基準 P.581

はり材の両端が全塑性状態に至った後十分な回転能力を発揮するまで材の両端はもちろん、それ以外の弾塑性領域の部分においても横座屈を生じないような横補剛方法である。

崩壊メカニズム時の応力状態がより正確に把握できる場合には次の方法によることができる

- ① はり材に作用する崩壊メカニズム時の曲げモーメントを、その材に隣接する材の材端の塑性化に伴い伝達される曲げモーメントとその材自体の全塑性曲げモーメントとのうち小さい方の曲げモーメントとして評価し、この応力状態に対して、横座屈を生じないような横補剛方法
- ② 節点を介して接続するすべての柱及びはり材が崩壊メカニズム時に塑性化しないことが明らかな場合に、崩壊メカニズム時における当該部材の応力状態に対して横座屈しないような横補剛方法

保有耐力横補剛の方法

技術基準 P.593

有効な横補剛材を所要間隔で配置する

横補剛間隔 (逆対称モーメントを受けるはりに対して)

- ① はり全長にわたって均等間隔で配置する方法

$$\lambda_y \leq 170 + 20n \text{ (SN400級)}$$

$$\lambda_y \leq 130 + 20n \text{ (SN490級)}$$

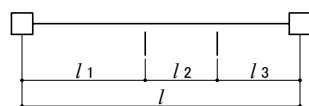
- ② 主としてはり端部に近い部分に配置する方法

$$\text{(SN400級)} \quad lb \cdot h / Af \leq 250 \text{ かつ } lb / iy \leq 65 \quad \alpha = 1.2$$

$$\text{(SN490級)} \quad lb \cdot h / Af \leq 200 \text{ かつ } lb / iy \leq 50 \quad \alpha = 1.1$$

こんな場合どう考える (私見)

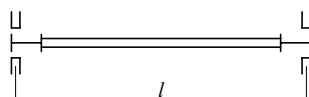
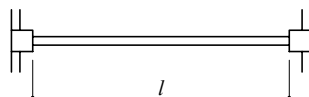
均等間隔でない場合の適用



$$n = \frac{l}{l_1} - 1$$

但し $l_1 \geq l_2, l_3$ (最大値)

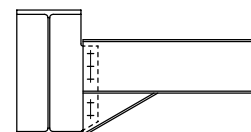
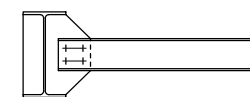
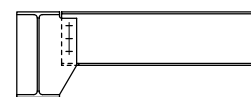
はりの長さ l のとり方



大梁でSN400級とSN490級が混在した場合は、SN490級として検討

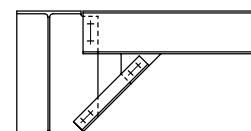
横補剛については一貫ソフトでは対応しきれていないため、別途検討が必要

横補剛の方法

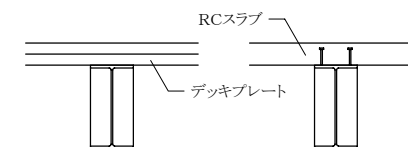


スラブ等で拘束

スラブ等で拘束

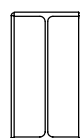


建築士事務所協会 Q&A集

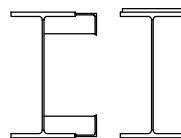


根拠説明が必要

吹抜け部分での補強方法



カバープレート



フランジの補強

(製作ひずみに注意要)

継手部分に配慮が必要



水平梁

その他

BHにてフランジ増厚

横補剛の方法による横座屈耐力

若林 實 編著「鉄骨構造学詳論」より

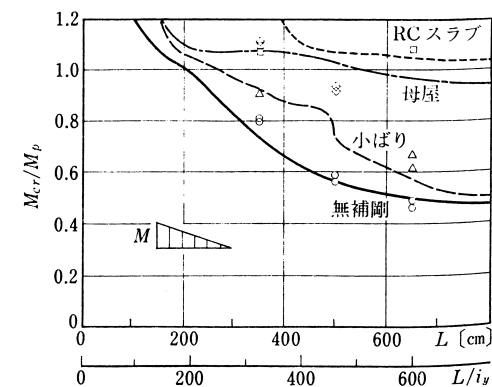


図 10.27 中間補剛材の横座屈耐力に対する効果

横補剛材の有効性

技術基準 P.595
日本建築学会「鋼構造塑性設計指針」

9

一定の強度と剛性が必要

強度

はりに生じる曲げ応力による圧縮側合力の2%の集中横力を圧縮側フランジ位置に作用させた場合に対して十分な強度

$$F = 0.02C$$

(日本建築学会「終局限界状態設計」では $F = 0.03M_p/h$)

剛性

圧縮側合力の5倍の力を横補剛区間長さで除して求めた剛性以上の剛性

$$k \geq \frac{5.0C}{l_b}$$

圧縮側合力

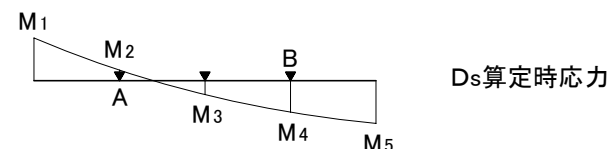
$$C = \frac{\sigma_y A}{2} \quad (\text{塑性ヒンジ部})$$

圧縮側合力の考え方

10

塑性ヒンジ部の値を採用すれば安全側

メカニズム時に塑性化しない部材は横補剛間の最大応力に対して圧縮側合力を求める



A点において

$$C = \frac{\sigma_y A}{2} \times \frac{M_1}{M_p} \quad \text{但し } M_1 \geq M_2, M_3 \text{ (最大値)}$$

B点において

$$C = \frac{\sigma_y A}{2} \times \frac{M_5}{M_p} \quad \text{但し } M_5 \geq M_3, M_4 \text{ (最大値)}$$

剛性

11

$$k \geq \frac{5.0C}{l_b}$$

横力 F に対して

$$k = \frac{F}{\delta} \geq \frac{5.0F/0.02}{l_b} = \frac{250F}{l_b} \quad \text{より}$$

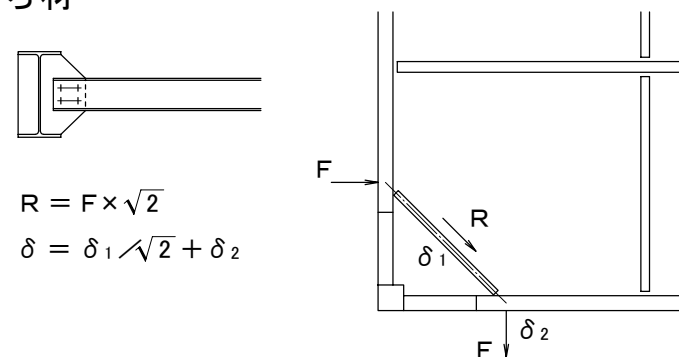
$$\delta \leq \frac{l_b}{250}$$

F による圧縮フランジの水平変位 $\delta \leq l_b/250$ の確認

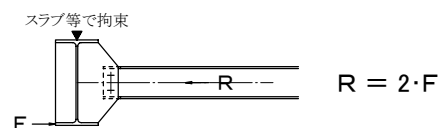
(l_b : 横補剛間隔)

火打ち材

12



上フランジ拘束で軸力のみを考慮した場合



横補剛材の有効性の検討

13

部材、ガセットプレート、ボルト について検討が必要

ボルト(HTB)の耐力

許容耐力とするか破断耐力とするか

ボルト部分での剛性も考慮するため、許容耐力とすべきと考える
破断耐力とした場合、安全率やプレートの耐力も検討が必要

軽量形鋼の場合の耐力

通常の摩擦接合の1/2となる

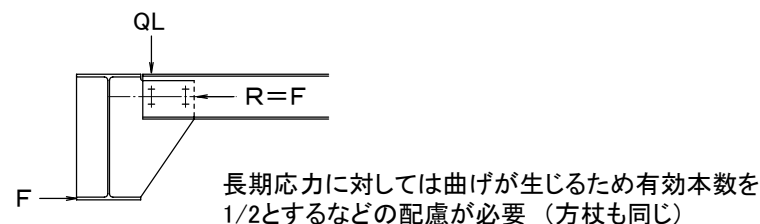
(日本建築学会「軽量形鋼構造設計施工指針」)

小梁が連続している場合

14

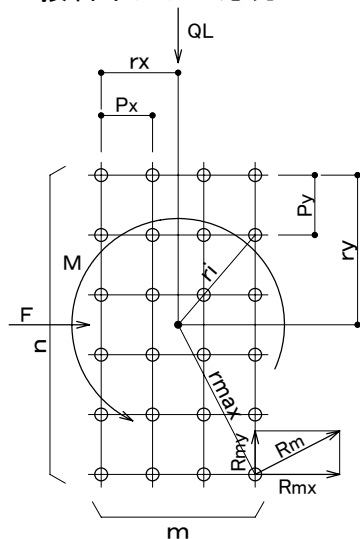


接合ボルトの列間隔を大きくして抵抗させる場合



接合ボルトの応力

15



$$R_f = F/n$$

$$R_q = QL/n$$

$$I_p = \sum r_i^2 \quad Z_p = \frac{I_p}{r_{\max}}$$

$$R_m = \frac{M}{Z_p} = \frac{M \cdot r_{\max}}{I_p}$$

$$R_{mx} = R_m \cdot \frac{r_y}{r_{\max}} = \frac{M \cdot r_{\max}}{I_p} \cdot \frac{r_y}{r_{\max}}$$

$$= \frac{M \cdot r_y}{I_p}$$

$$R_{my} = \frac{M \cdot r_x}{I_p}$$

$$R = \sqrt{(R_f + R_{mx})^2 + (R_q + R_{my})^2}$$

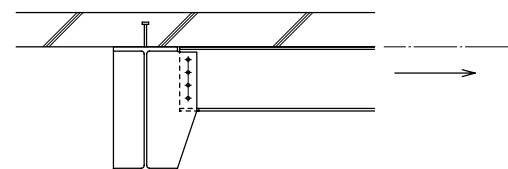
上フランジが拘束されている場合

16

RCスラブ、合成スラブによる拘束

スラブとの接合方法によるせん断耐力

スタッドボルト	終局	59.0~93.5 kN/本
	短期	39.3~62.3 (終局×2/3として)
焼き抜き栓溶接	短期	7.35~11.0 kN/ヶ所
(焼き抜き栓溶接は拘束部の耐力として考慮できない)		



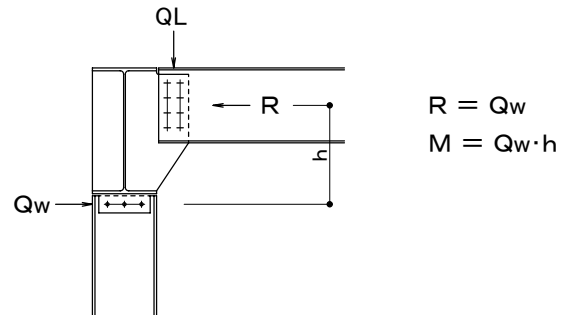
スタッドボルトは通常@300以下であるため、上フランジ位置にもボルトがあるものとして検討すれば安全側の検討といえる

その他

17

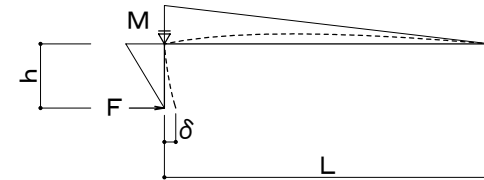
横補剛が不要な場合でも有効性の検討が必要か
許容曲げ応力度 f_b 算定時の補強材として必要

間柱反力を受ける場合も同様の検討が必要



剛性の検討

18



圧縮フランジの変位

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \leq lb/250$$

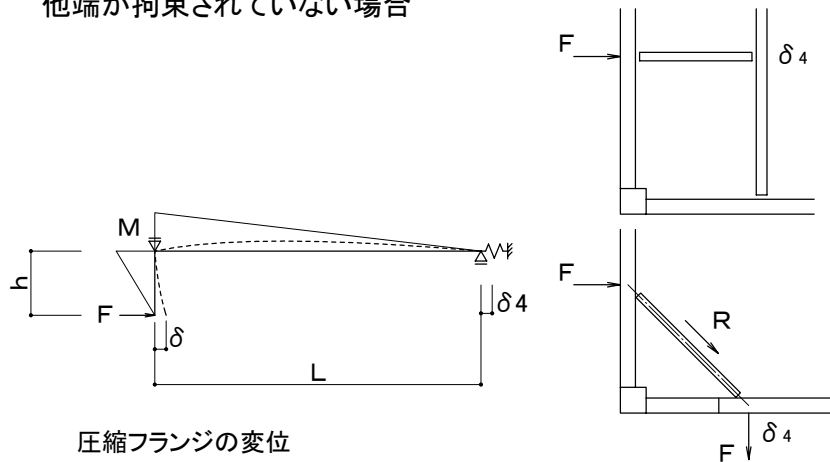
ガセットプレートを片持ち梁としたときの水平変位 $\delta_1 = F \cdot h^3 / (3 \cdot E \cdot I)$

接合部のモーメント(回転角)による水平変位 $\delta_2 = M \cdot L \cdot h / (3 \cdot E \cdot I)$

小梁の圧縮力による水平変位 $\delta_3 = F \cdot L / (E \cdot A)$

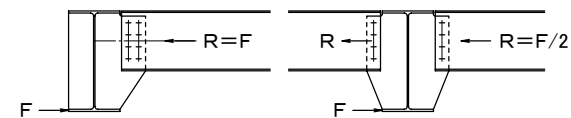
他端が拘束されていない場合

19



プログラムの仮定条件

20



- ① 大梁はSN400級またはSN490級とする
- ② 小梁はSN400級とする
- ③ ボルトはHTB F10T ($\mu = 0.45$)とする
- ④ 小梁の他端はブレース、小梁で拘束されているものとする(ピン)
- ⑤ ボルトの配置は小梁心とボルト図心を合わせ、均等ピッチとする
- ⑥ ボルトの配置制限は、1列あたり8本以内とし、3列以内とする
- ⑦ 連続端は列数以外は同じ条件とし、応力を1/2とする
- ⑧ 上図のような大梁・小梁接合図はCAD等で作成したものを挿入する

H形鋼梁の横補剛

圧縮側合力、主に端部に設ける場合の間隔、均等割付けの場合の最大スパン

単位 : mm^2 , kN , kNm , mm

大 梁 (SS400 SN400)	A	$C = \sigma_y \cdot A/2$	$F=0.02C$	$F' = \sqrt{2} F$	$M=F \cdot H/2$	$L_b=250Af/h$	$L_b=65iy$	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5
H-200×100×5.5×8	2667	313	6.3	8.9	0.63	1,000	1,456	3,808	4,256	4,704	5,152	5,600	6,048
H-250×125×6×9	3697	434	8.7	12.3	1.09	1,125	1,833	4,794	5,358	5,922	6,486	7,050	7,614
H-300×150×6.5×9	4678	550	11	15.5	1.65	1,125	2,139	5,593	6,251	6,909	7,567	8,225	8,883
H-294×200×8×12	7105	835	16.7	23.6	2.45	2,041	3,088	8,075	9,025	9,975	10,925	11,875	12,825
H-350×175×7×11	6291	739	14.8	20.9	2.59	1,375	2,574	6,732	7,524	8,316	9,108	9,900	10,692
H-400×200×8×13	8337	980	19.6	27.7	3.92	1,625	2,964	7,752	8,664	9,576	10,488	11,400	12,312
H-450×200×9×14	9543	1121	22.4	31.7	5.05	1,556	2,880	7,531	8,417	9,303	10,189	11,075	11,961
H-500×200×10×16	11230	1320	26.4	37.3	6.6	1,600	2,834	7,412	8,284	9,156	10,028	10,900	11,772
H-600×200×11×17	13170	1547	30.9	43.8	9.28	1,417	2,704	7,072	7,904	8,736	9,568	10,400	11,232
H-194×150×6×9	3811	448	9	12.7	0.87	1,740	2,373	6,205	6,935	7,665	8,395	9,125	9,855
H-200×200×8×12	6353	746	14.9	21.1	1.49	3,000	3,263	8,534	9,538	10,542	11,546	12,550	13,554
H-244×175×7×11	5549	652	13	18.4	1.59	1,972	2,737	7,157	7,999	8,841	9,683	10,525	11,367
H-340×250×9×14	9953	1169	23.4	33.1	3.98	2,574	3,933	10,285	11,495	12,705	13,915	15,125	16,335
H-300×300×10×15	11850	1392	27.8	39.4	4.18	3,750	4,908	12,835	14,345	15,855	17,365	18,875	20,385
H-390×300×10×16	13330	1566	31.3	44.3	6.11	3,077	4,778	12,495	13,965	15,435	16,905	18,375	19,845
H-440×300×11×18	15390	1808	36.2	51.1	7.96	3,068	4,719	12,342	13,794	15,246	16,698	18,150	19,602
H-482×300×11×15	14120	1659	33.2	46.9	8	2,334	4,498	11,764	13,148	14,532	15,916	17,300	18,684
H-488×300×11×18	15920	1871	37.4	52.9	9.13	2,766	4,641	12,138	13,566	14,994	16,422	17,850	19,278
H-582×300×12×17	16920	1988	39.8	56.2	11.57	2,191	4,375	11,441	12,787	14,133	15,479	16,825	18,171
H-588×300×12×20	18720	2200	44	62.2	12.93	2,551	4,511	11,798	13,186	14,574	15,962	17,350	18,738
H-692×300×13×20	20750	2438	48.8	69	16.87	2,168	4,284	11,203	12,521	13,839	15,157	16,475	17,793
H-700×300×13×24	23150	2720	54.4	76.9	19.04	2,571	4,440	11,611	12,977	14,343	15,709	17,075	18,441
H-800×300×14×26	26350	3096	61.9	87.6	24.77	2,438	4,336	11,339	12,673	14,007	15,341	16,675	18,009
H-900×300×16×28	30580	3593	71.9	101.6	32.34	2,333	4,180	10,931	12,217	13,503	14,789	16,075	17,361

H形鋼梁の横補剛

圧縮側合力、主に端部に設ける場合の間隔、均等割付けの場合の最大スパン

単位 : mm^2 , kN , kNm , mm

大 梁 (SN490)	A	$C = \sigma_y \cdot A/2$	$F = 0.02C$	$F' = \sqrt{2}F$	$M = F \cdot H/2$	$L_b = 200Af/h$	$L_b = 50i_y$	n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5
H-200×100×5.5×8	2667	433	8.7	12.3	0.87	800	1,120	2,912	3,360	3,808	4,256	4,704	5,152
H-250×125×6×9	3697	601	12	17	1.5	900	1,410	3,666	4,230	4,794	5,358	5,922	6,486
H-300×150×6.5×9	4678	760	15.2	21.5	2.28	900	1,645	4,277	4,935	5,593	6,251	6,909	7,567
H-294×200×8×12	7105	1155	23.1	32.7	3.39	1,633	2,375	6,175	7,125	8,075	9,025	9,975	10,925
H-350×175×7×11	6291	1022	20.4	28.9	3.58	1,100	1,980	5,148	5,940	6,732	7,524	8,316	9,108
H-400×200×8×13	8337	1355	27.1	38.3	5.42	1,300	2,280	5,928	6,840	7,752	8,664	9,576	10,488
H-450×200×9×14	9543	1551	31	43.9	6.98	1,244	2,215	5,759	6,645	7,531	8,417	9,303	10,189
H-500×200×10×16	11230	1825	36.5	51.6	9.12	1,280	2,180	5,668	6,540	7,412	8,284	9,156	10,028
H-600×200×11×17	13170	2140	42.8	60.5	12.84	1,133	2,080	5,408	6,240	7,072	7,904	8,736	9,568
H-194×150×6×9	3811	619	12.4	17.5	1.2	1,392	1,825	4,745	5,475	6,205	6,935	7,665	8,395
H-200×200×8×12	6353	1032	20.6	29.2	2.06	2,400	2,510	6,526	7,530	8,534	9,538	10,542	11,546
H-244×175×7×11	5549	902	18	25.5	2.2	1,578	2,105	5,473	6,315	7,157	7,999	8,841	9,683
H-340×250×9×14	9953	1617	32.3	45.7	5.5	2,059	3,025	7,865	9,075	10,285	11,495	12,705	13,915
H-300×300×10×15	11850	1926	38.5	54.5	5.78	3,000	3,775	9,815	11,325	12,835	14,345	15,855	17,365
H-390×300×10×16	13330	2166	43.3	61.3	8.45	2,462	3,675	9,555	11,025	12,495	13,965	15,435	16,905
H-440×300×11×18	15390	2501	50	70.7	11	2,455	3,630	9,438	10,890	12,342	13,794	15,246	16,698
H-482×300×11×15	14120	2295	45.9	64.9	11.06	1,867	3,460	8,996	10,380	11,764	13,148	14,532	15,916
H-488×300×11×18	15920	2587	51.7	73.2	12.62	2,213	3,570	9,282	10,710	12,138	13,566	14,994	16,422
H-582×300×12×17	16920	2750	55	77.8	16	1,753	3,365	8,749	10,095	11,441	12,787	14,133	15,479
H-588×300×12×20	18720	3042	60.8	86	17.89	2,041	3,470	9,022	10,410	11,798	13,186	14,574	15,962
H-692×300×13×20	20750	3372	67.4	95.4	23.33	1,734	3,295	8,567	9,885	11,203	12,521	13,839	15,157
H-700×300×13×24	23150	3762	75.2	106.4	26.33	2,057	3,415	8,879	10,245	11,611	12,977	14,343	15,709
H-800×300×14×26	26350	4282	85.6	121.1	34.26	1,950	3,335	8,671	10,005	11,339	12,673	14,007	15,341
H-900×300×16×28	30580	4969	99.4	140.6	44.72	1,867	3,215	8,359	9,645	10,931	12,217	13,503	14,789