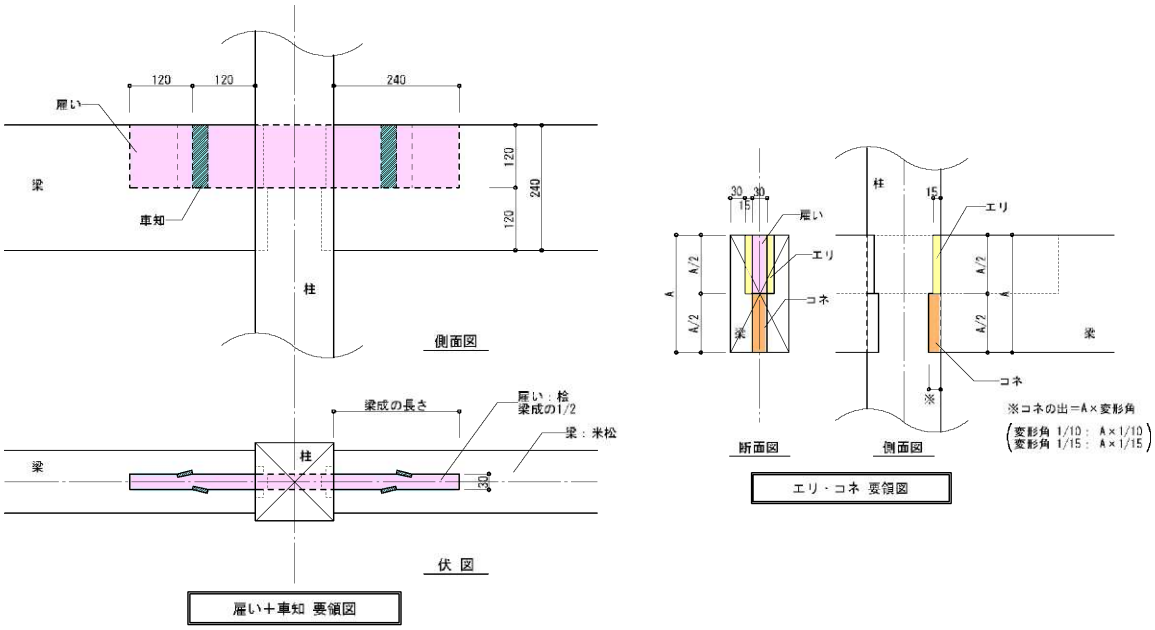
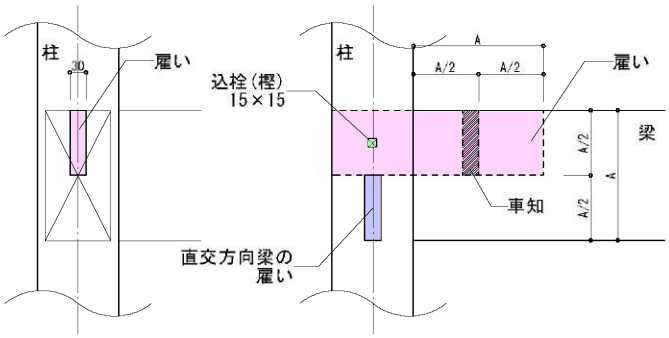
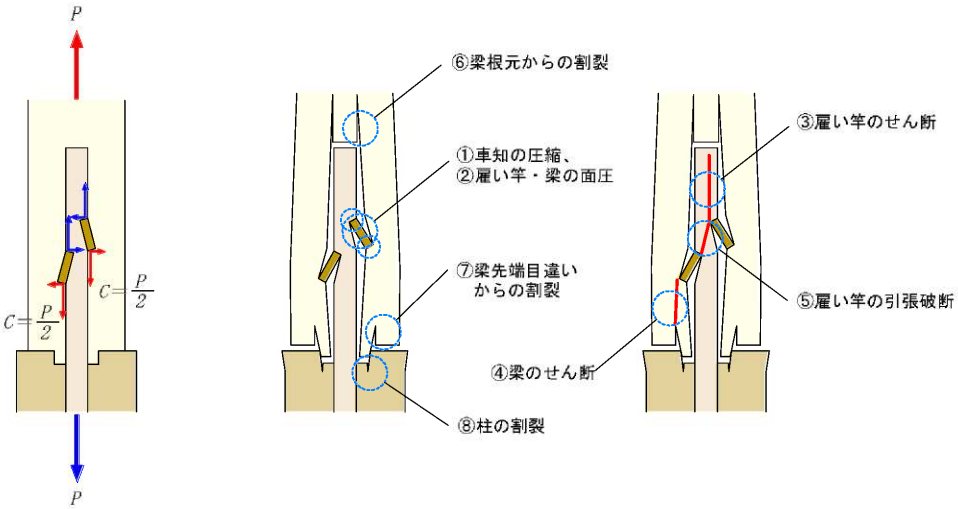
b）通し柱-梁：雇い竿車知

・両側に梁があるとき

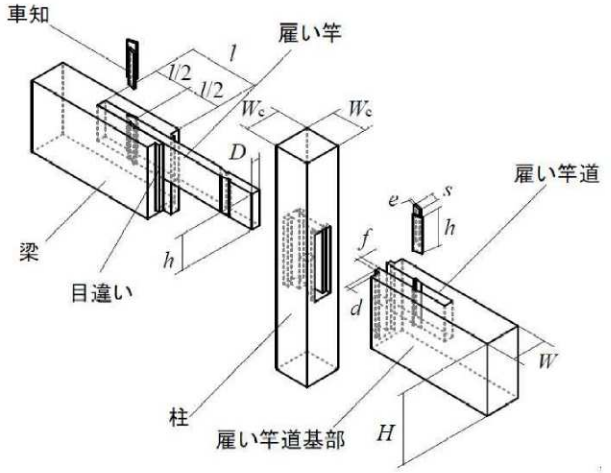


・片側のみに梁があるとき





雇い竿車知の破壊形式



W: 梁幅
W_c: 柱幅
H: 梁せい
D: 雇い竿幅
h: 雇い竿せい
l: 梁における片側雇い竿長
e: 車知厚
s: 車知幅
d: 目違い深さ
f: 目違い幅

図 3.4.3-65　接合部の模式図

i) 引張に対する剛性および耐力

委員会報告書より、雇い竿車知の引張に対する剛性および耐力の算出式を以下に示す。

② 初期剛性 K_t

$$K_t = \cos^2\left(\frac{e}{s}\right) \Big/ \left(\frac{1}{K_{cb}} + \frac{1}{K_{cs}} + \frac{1}{K_{cw}}\right) \qquad (3.4.3\text{-}202)$$

a)　K_{cb}　：車知栓接触部における梁の繊維方向面圧剛性
b)　K_{cs}　：車知栓接触部における雇い竿の繊維方向面圧剛性
c)　K_{cw}　：車知栓の横圧縮変形剛性

a) $K_{cb} = 2eh \cdot {}_E k_{0b}$ (3.4.3-203)

b) $K_{cs} = 2eh \cdot {}_E k_{0s}$ (3.4.3-204)

$${}_E k_{0b} = 5E_{0b}\frac{(0.02+\frac{1}{e})}{140-0.6e}, \quad {}_E k_{0s} = 5E_{0s}\frac{(0.02+\frac{1}{e})}{140-0.6e}$$

E_{0b}, E_{0s}　：梁および雇い竿の繊維方向ヤング率

※車知の打ち込み角度が大きい場合には、ハンキンソン式により梁および雇い竿の面圧剛性の角度補正を行う。

c) $K_{cw} = \dfrac{2eh}{25s}E_{0wf}$ (3.4.3-205)

E_{0wf}　：車知栓の繊維方向ヤング率（$E_{0wf} = 2100+13700\rho$）

ρ　：車知栓比重

③ 終局耐力 P_{tu}

$$P_{tu} = \min[P_{us}, P_{uc}, P_{ue}, P_{uk}, P_{ut}] \quad (3.4.3\text{-}206)$$

a) P_{us} ：車知栓接触部における梁または雇い竿のせん断破壊耐力
b) P_{uc} ：車知栓の全面横圧縮または座屈終局耐力
c) P_{ue} ：車知栓接触部における梁または雇い竿の部分縦圧縮降伏耐力
d) P_{ut} ：雇い竿の引張破壊耐力
e) P_{uk} ：梁材または柱材の割裂耐力

a) $$P_{us} = \min[(l-2s)(h+e)F_{sb}, (l-2s)hF_{ss}] \quad (3.4.3\text{-}207)$$

F_{sb}, F_{ss} ：梁または雇い竿の基準せん断強度

b) $$P_{ucy} = 2ehF_{Efw}\left(1-\frac{15s^2}{2e^2}\frac{F_{Efw}}{E_{0wf}}\right)\cos\left(\frac{e}{s}\right) \quad (3.4.3\text{-}208)$$

（車知栓の全面横圧縮または座屈降伏耐力）

F_{cvwf} ：車知栓の全面横圧縮強度（$F_{cvwf} = -8.2 + 35.4\rho$）
F_{Ewf} ：車知栓の全面横圧縮降伏応力度（$F_{Ewf} = 0.8F_{cvwf}$）

$$P_{uc} = 1.5P_{ucy} \quad (3.4.3\text{-}209)$$

（車知栓の全面横圧縮または座屈終局耐力）

c) $$P_{ue} = \min[2ehF_{E0b}, 2ehF_{E0s}] \quad (3.4.3\text{-}210)$$

F_{E0b}， F_{E0s} ：梁または雇い竿の基準支圧強度
※車知の打ち込み角度が大きい場合には、ハンキンソン式により角度補正を行う。

d) $$P_{ut} = \frac{(D-e)}{2}h \cdot F_{ts} \quad (3.4.3\text{-}211)$$

F_{ts} ：雇い竿の基準引張強度×2
※雇い竿には欠点の無いものを用いることを前提に、基準強度を 2 倍して良いものとする。

e) $$P_{uk} = \min[P_{ukt}, P_{ukc}, P_{ukb}, P_{ubb}] \quad (3.4.3\text{-}212)$$

（目違いが働く場合）

ア）梁先端目違いからのせん断耐力	イ）柱における目違いからのせん断耐力
$P_{ukt} = \frac{2A_{et}F_{sb}}{3R_{yt}\alpha_b}$ $P_{ukt} = \frac{2A_{et}F_{sb}}{R_{yt}\alpha_b}$ (3.4.3-213)	$P_{ukc} = \frac{4A_{ec}F_{sc}}{3R_{yt}\alpha_b\alpha_c}$ $P_{ukc} = \frac{4A_{ec}F_{sc}}{R_{yt}\alpha_b\alpha_c}$ (3.4.3-214)
$A_{et} = fh$ $A_{et} = \frac{2f^2}{(W-D)}h$ (3.4.3-215)	$A_{ec} = \frac{(W_c-D-2f)}{2}d$ $A_{ec} = \frac{(W_c-D-2f)^2}{4W_c}d$ (3.4.3-216)
$R_{yt} = \frac{1}{64}\left\{\frac{10e}{s}+\frac{9(W-D-2e)}{l}\right\}$ (3.4.3-217)	

ウ）竿道基部の開きによるせん断耐力	エ）竿道基部の開きによる曲げ耐力
$P_{ukb} = \dfrac{2A_{eb}F_{sb}}{R_{yb}\alpha_b}$ (3.4.3-218)	$P_{ukb} = \dfrac{Z_{eb}F_{bb}}{R_{mb}\alpha_b}$ (3.4.3-219)
$A_{eb} = \dfrac{(W-D)^2}{4W}h$ (3.4.3-220)	$Z_{eb} = 0.45\dfrac{h(W-D)^2}{24}$ (3.4.3-221)
$R_{yb} = \dfrac{1}{64}\left\{\dfrac{22e}{s} - \dfrac{9(W-D-2e)}{l}\right\}$ (3.4.3-222)	$R_{mb} = \dfrac{1}{64}\left\{\dfrac{3el}{s} - W + D + 2e\right\}$ (3.4.3-223)
$\alpha_b = 1\Big/\left\{1+\dfrac{\kappa(W-D)^2}{hl}\right\}$, $\alpha_c = 1\Big/\left\{1+\dfrac{\kappa(W'-D-2f)^2}{100d}\right\}$ （$\kappa = 1.2$） (3.4.3-224)	

④ 終局変位δ_{tu}

a)	$\delta_{ty} = P_{tu}/K_t$	：完全弾塑性モデルの折れ点の変位
b)	$\delta_{tu} = \delta_{ty}$	：耐力が P_{us} または P_{ut} で決定される場合。または雇い道基部、目違いのいずれかが無い条件の場合。
c)	$\delta_{tu} = \delta_{ty} + 0.1s$	：耐力が P_{uc}，P_{ue} または P_{uk} で決定される場合。
	※$P_{ucy} < P_{tu}$ の場合には a)、b) にさらに $0.1s$ を加えて良い。	

ii）曲げに対する剛性および耐力

委員会報告書より、雇い竿車知の曲げに対する剛性および耐力の算出式を以下に示す。なお、ここでは、水平力が作用しを想定し、梁材端のモーメントが逆対称になる場合の剛性を算出する。

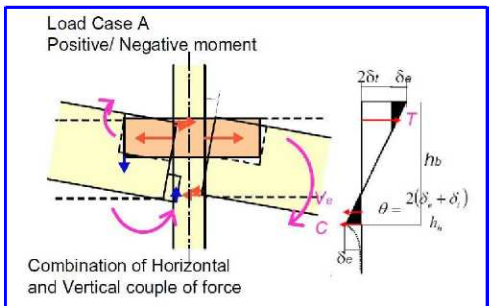


図 3.4.3-74　接合部の模式図（逆対称モーメント）

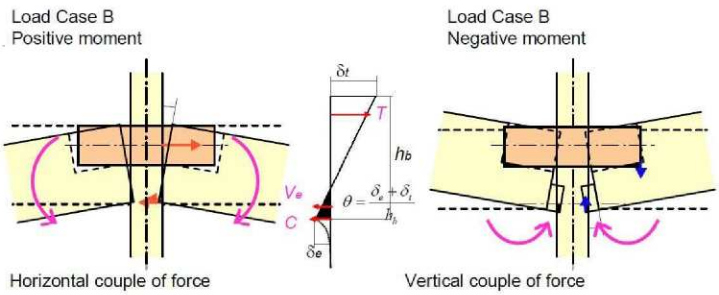


図 3.4.3-73　接合部の模式図（対称モーメント）

↑

回転剛性算出において想定するモーメント分布

◆ 回転剛性

逆対称モーメントの場合における剛性を算出するために、正の対称モーメントおよび負の対称モーメントに対する剛性が必要である。

まず、正の対称モーメントおよび負の対称モーメントに対する回転剛性を算出する。

a) 正の対称モーメントに対する引きボルト効果による剛性

$$K_{\theta H} = K_t \left\{ H - \frac{h}{2} - \frac{x_{pH}}{3C_{xm}} \right\} \left(H - \frac{h}{2} - x_{pH} \right) \tag{3.4.3-239}$$

$$x_{pH} = \left(\sqrt{\left(\frac{2}{3} + \alpha \right)^2 + \frac{(2H-h)\alpha}{W_c}} - \left(\frac{2}{3} + \alpha \right) \right) W_c \tag{3.4.3-240}$$

$$\alpha = \frac{50K_t}{WE_{0c}}$$

$$C_{xm} = 1 + \frac{4W_c}{3x_{pH}}$$

E_{0c}：柱の繊維方向基準弾性係数

K_t：3.4.3 (24) で求めた車知の引張剛性

b) 負の対称モーメントに対する肘木効果による剛性

$$K_{\theta V} = \frac{K_{eV} K_{bV}}{K_{eV} + K_{bV}} \tag{3.4.3-241}$$

$$K_{eV} = \left\{ l(l - x_{pV})\phi - x_{pV}^2 \left(\frac{x_{pV}}{6} + \frac{\mu(H-h)}{2} \right) \right\} Dk_b \qquad K_{bV} = \frac{E_{0s} D h^3}{2(l - x_{pV}/3)}$$

$$x_{pV} = \sqrt{\left(\frac{2(H-h)}{3C_{yb}} + \phi \right)^2 + 2l\phi} - \left(\frac{2(H-h)}{3C_{yb}} + \phi \right) \tag{3.4.3-242}$$

$$\beta = \frac{E_{0b}}{50k_b h_b} \qquad k_b = \frac{E_{0s} E_{0b} C_{yb}}{50(H-h)E_{0s} + 50hE_{0b}C_{yb}} \qquad \phi = \frac{(Dl_b + 2df)C_{xc}\beta}{D}$$

$$C_{xc} = 1 + \frac{2h_b}{3\left(\frac{Dl_b + 2df}{D + 2f} \right)}、\quad C_{yb} = C_{ymb} = 1 + \frac{4(H-h)}{3nD}$$

（ただし、n：繊維直交方向置換係数(=5)）

E_{0b}, E_{0s}：梁・雇い実の繊維方向基準弾性係数

μ：梁と柱の繊維直交接触による摩擦係数(=0.3)

c) 逆対称モーメントに対する剛性

$$K_{\theta R} = \frac{K_{\theta Hr} + \dfrac{K_{\theta Vr1} K_{\theta Vr2}}{K_{\theta Vr1} + K_{\theta Vr2}}}{2} \qquad (3.4.3\text{-}243)$$

ア）逆対称モーメントに対する引きボルト効果による正側回転剛性

$$K_{\theta Hr}^{※} = K_t \left[\frac{1}{2}\left(H - \frac{h}{2}\right)\left\{H - h - \left(\sqrt{\frac{W}{(W-D)}} + 1\right) x_{pH}\right\} - \frac{x_{pH}^{\ 3}}{6\alpha W_c} \right] \qquad (3.4.3\text{-}244)$$

$$x_{pH} = \left[\sqrt{\left\{\frac{2}{3} + \frac{\alpha}{2}\left(\sqrt{\frac{W}{(W-D)}} + 1\right)\right\}^2 + \frac{(H-h)\alpha}{W_c}} - \left\{\frac{2}{3} + \frac{\alpha}{2}\left(\sqrt{\frac{W}{(W-D)}} + 1\right)\right\} \right] W_c \qquad (3.4.3\text{-}245)$$

※ 元の式では $K_{\theta H}$ と記載されていたが、式の成り立ちから判断し、$K_{\theta Hr}$ に読み替えた。

$$\alpha = \frac{50 K_t}{W E_{0c}}$$

E_{0c}：柱の繊維方向ヤング率

K_t：3.4.3 (24) で求めた車知の引張剛性

イ）逆対称モーメントに対する肘木効果による負側回転剛性

$$K_{\theta Vr1} = K_{\theta V} \qquad (3.4.3\text{-}246)$$

ウ）逆対称モーメントに対する貫効果による負側回転剛性

$$K_{\theta Vr2} = W_c^{\ 2} \left\{ \frac{W_c}{h}\left(C_{xms} - \frac{1}{3}\right) + \mu C_{xms} \right\} \frac{D E_{0s}}{200} \qquad (3.4.3\text{-}247)$$

$$C_{xms} = 1 + \frac{4h}{3W_c}$$

上式より、雇い竿車知の引張降伏耐力を算出する。

位置			120x180	120x210	120x240	120x270	120x330	120x360
梁幅	W	mm	120	120	120	120	120	120
柱幅	Wc	mm	120	120	120	120	120	120
梁せい	H	mm	180	210	240	270	330	360
雇い竿幅	D	mm	30	30	30	30	30	30
雇い竿せい	h	mm	90	105	120	135	165	180
梁における片側雇い竿長さ	l	mm	180	210	240	270	330	360
車知厚	e	mm	7	7	7	7	7	7
車知幅	s	mm	29	29	29	29	29	29
目違い深さ	d	mm	15	15	15	15	15	15
目違い幅	f	mm	15	15	15	15	15	15
小根ほぞせい	hb	mm	90	105	120	135	165	180
小根ほぞ長さ	lb	mm	12	14	16	18	22	24
柱の繊維方向基準弾性係数	E0c	N/mm2	9000	9000	9000	9000	9000	9000
梁の繊維方向ヤング率	E0b	N/mm2	10000	10000	10000	10000	10000	10000
雇い竿の繊維方向ヤング率	E0s	N/mm2	9000	9000	9000	9000	9000	9000
車知栓の比重			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
柱の基準せん断強度	Fsc	N/mm2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
柱のめり込み基準強度	Fcvc	N/mm2	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
梁の基準曲げ強度	Fbb	N/mm2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2
梁の基準せん断強度	Fsb	N/mm2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
雇い竿の基準せん断強度	Fss	N/mm2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
梁の基準支圧強度	FE0b	N/mm2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
雇い竿の基準支圧強度	FE0s	N/mm2	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
雇い竿の基準引張強度	Fts	N/mm2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
雇い竿の基準引張強度を2倍にするか？	割増し率		2	2	2	2	2	2
	Fts割増	N/mm2	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
引張＆曲げ①適用範囲								
D<W/3			OK	OK	OK	OK	OK	OK
D<Wc/4			OK	OK	OK	OK	OK	OK
D/3>e>5mm			OK	OK	OK	OK	OK	OK
s/e>3			OK	OK	OK	OK	OK	OK
引張②引張初期剛性	Kt	N/mm	11265	13143	15020	16898	20653	22530
車知栓接触部における梁の繊維方向面圧剛性	Kcb	N/mm	75552	88144	100736	113328	138513	151105
車知栓接触部における雇い竿の繊維方向面圧剛性	Kcs	N/mm	67997	79330	90663	101996	124661	135994
車知栓の横圧縮変形剛性	Kcw	N/mm	17935	20925	23914	26903	32882	35871
	Ek0b	N/mm3	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
	Ek0s	N/mm3	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
車知栓の繊維方向ヤング率	E0wf	N/mm2	10320	10320	10320	10320	10320	10320
引張③終局引張耐力	Ptu	N	16654	19429	22205	24981	30532	33307
車知栓接触部における梁または雇い竿のせん断破壊耐力	Pus	N	23058	33516	45864	60102	94248	114156
車知栓の全面横圧縮または座屈終局耐力	Puc	N	16654	19429	22205	24981	30532	33307
車知栓接触部における梁または雇い竿の部分縦圧縮降伏耐力	Pue	N	28224	32928	37632	42336	51744	56448
雇い竿の引張破壊耐力	Put	N	33534	39123	44712	50301	61479	67068
梁材または柱材の割裂耐力	Puk	N	35596	40976	46835	53093	61641	62558
車知栓の全面横圧縮強度	Fcvwf	N/mm2	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
車知栓の全面横圧縮降伏応力度	FEwf	N/mm2	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
車知栓の全面横圧縮または座屈降伏耐力	Pucy	N	11102	12953	14803	16654	20355	22205
ｉ）目違いが働く場合								
	αb		0.625	0.694	0.748	0.789	0.849	0.870
	αc		0.258	0.258	0.258	0.258	0.258	0.258
	Ryt		0.097	0.089	0.082	0.077	0.070	0.067
	Ryb		0.024	0.032	0.038	0.043	0.051	0.053
	Rmb		0.849	1.189	1.528	1.867	2.546	2.886
	κ		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ア）梁先端目違いからのせん断耐力								
最小せん断面積から決まるせん断耐力	Pukt1	N	35596	40976	46835	53093	66573	73706
切欠き考慮の正味せん断面積から決まるせん断耐力	Pukt2	N	35596	40976	46835	53093	66573	73706
イ）柱における目違いからのせん断耐力								
最小せん断面積から決まるせん断耐力	Pukc1	N	80565	79494	79502	80111	82188	83411
切欠き考慮の正味せん断面積から決まるせん断耐力	Pukc2	N	60424	59621	59626	60083	61641	62558
ウ）竿道基部の開きによるせん断耐力								
切欠き考慮の正味せん断面積から決まるせん断耐力	Pukb	N	494255	381972	338177	319215	311356	314657
エ）竿道基部の開きによる曲げ耐力								
竿道基部の元端の曲げ耐力で決まるせん断耐力	Pubb	N	726306	545137	449865	392176	327068	307216
引張④終局変位δtu	δtu	mm	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28
完全弾塑性モデルの折れ点の変位	δty	mm	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38
耐力がPusまたはPutで決定される場合。 または雇い竿道基部、目違いのいずれかが無い条件の場合	δtu1	mm	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28
耐力がPuc、PueまたはPukで決定される場合	δtu2	mm	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28	7.28

◆ 曲げ耐力

雇い竿車知の仕口部における曲げ耐力は、梁の上端（雇い竿のある側）が引張になる場合と、圧縮になる場合で耐力が異なる。本設計では、引張側曲げ耐力として、委員会報告書「(26)L1 雇い竿車知の曲げに関する評価式 835 頁」に示される正の対称モーメントに対する降伏､終局モーメントを採用する。一方、圧縮側曲げ耐力は、引張側に比べて小さいため、耐力は 0 とする。なお、解析上は極微小な値 0.01 kNm とした。

・ 雇い竿側が引張の場合

：正の対称モーメントに対する降伏、終局モーメント

a)

正の対称モーメントに対するめり込みによる降伏モーメント

$$M_{eH} = \frac{2x_{pH}WF_{cvc}}{5\sqrt{C_{ym}}}\left(H - \frac{h}{2} - \frac{x_{pH}}{3C_{xm}}\right) \qquad (3.4.3\text{-}248)$$

めり込み降伏が先行する場合、最大モーメント時の変形角

$$\theta_{u1H} = \frac{(8+\varphi)M_u - 7M_e}{(1+\varphi)K_{\theta H}}$$

正の対称モーメントに対する車知の引張耐力による最大モーメント

$$M_{uH} = P_u\left(H - \frac{h}{2} - \frac{x_{pH}}{3C_{xm}}\right) \qquad (3.4.3\text{-}249)$$

最大モーメントに達した後の終局変形角

$$\theta_{u2H} = \theta_{u1H} + \frac{2\delta_{t+}}{2H-h}$$

$$x_{pH} = \left(\sqrt{\left(\frac{2}{3}+\alpha\right)^2 + \frac{(2H-h)\alpha}{W_c}} - \left(\frac{2}{3}+\alpha\right)\right)W_c \qquad (3.4.3\text{-}250)$$

$$\alpha = \frac{50K_t}{WE_{0c}}$$

$$C_{xm} = 1 + \frac{4W_c}{3x_{pH}},\quad C_{ym} = 1 + \frac{4W_c}{3nW}$$ （ただし、n：繊維直交方向置換係数(=5)）

$$\varphi = \frac{x_{pH}C_{xm}}{2\alpha W_c},\quad \delta_{t+} = \min\left[\frac{P_{tu}}{K_t}(\eta_t - 1), \frac{d}{3} - \frac{P_{tu}}{K_t}\right]$$

E_{0c} ：柱の繊維方向基準弾性係数

F_{cvc}：柱のめり込み基準強度

K_t ：3.4.3(24)で求めた車知の引張剛性

P_{tu} ：3.4.3(24)で求めた車知の引張強度 P_{tu}×4/5

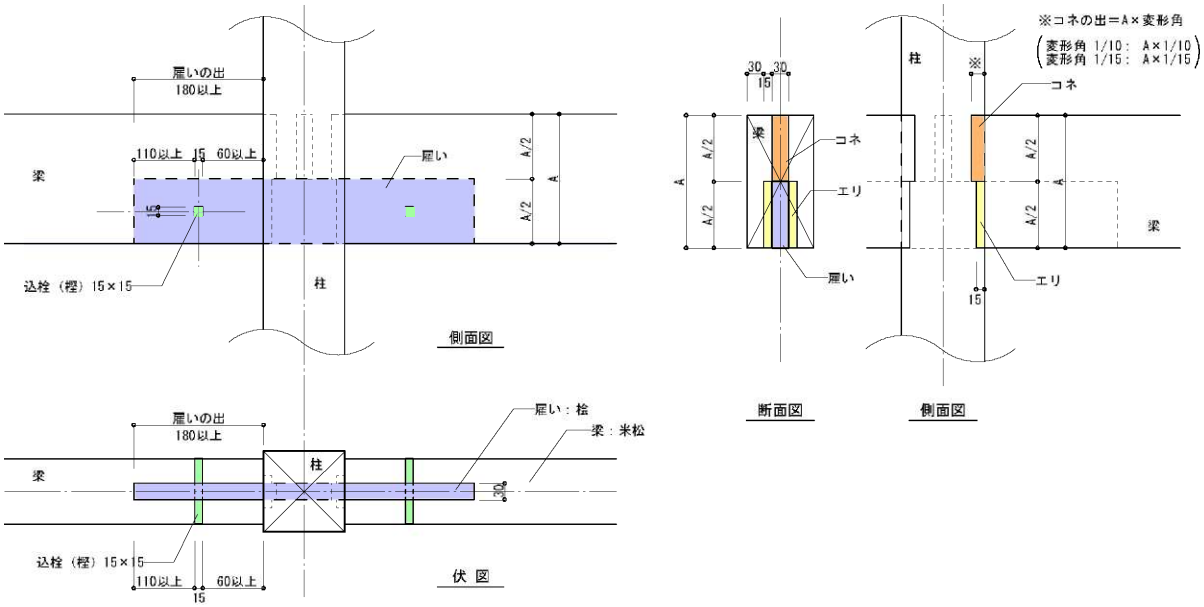
η_t ：3.4.3(24)で求めた車知の塑性率

上式より、雇い竿のある側が引張になる場合における、雇い竿車知の曲げ降伏耐力を算出する。

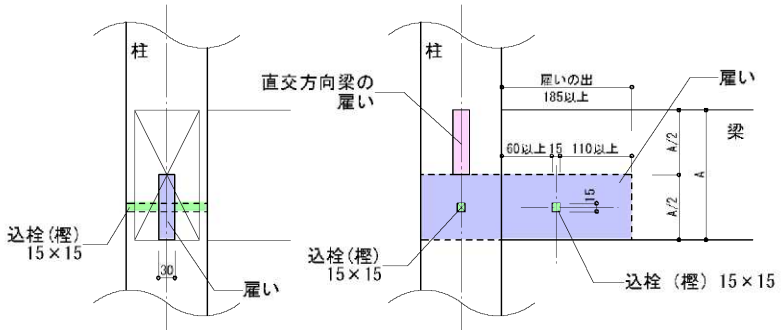
位置			120x180	120x210	120x240	120x270	120x330	120x360
梁幅	W	mm	120	120	120	120	120	120
柱幅	Wc	mm	120	120	120	120	120	120
梁せい	H	mm	180	210	240	270	330	360
雇い竿幅	D	mm	30	30	30	30	30	30
雇い竿せい	h	mm	90	105	120	135	165	180
梁における片側雇い竿長さ	l	mm	180	210	240	270	330	360
車知厚	e	mm	7	7	7	7	7	7
車知幅	s	mm	29	29	29	29	29	29
目違い深さ	d	mm	15	15	15	15	15	15
目違い幅	f	mm	15	15	15	15	15	15
小根ほぞせい	hb	mm	90	105	120	135	165	180
小根ほぞ長さ	lb	mm	12	14	16	18	22	24
柱の繊維方向基準弾性係数	E0c	N/mm2	9000	9000	9000	9000	9000	9000
梁の繊維方向ヤング率	E0b	N/mm2	10000	10000	10000	10000	10000	10000
雇い竿の繊維方向ヤング率	E0s	N/mm2	9000	9000	9000	9000	9000	9000
車知栓の比重			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
柱の基準せん断強度	Fsc	N/mm2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
柱のめり込み基準強度	Fcvc	N/mm2	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
梁の基準曲げ強度	Fbb	N/mm2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2	28.2
梁の基準せん断強度	Fsb	N/mm2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
雇い竿の基準せん断強度	Fss	N/mm2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
梁の基準支圧強度	FE0b	N/mm2	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
雇い竿の基準支圧強度	FE0s	N/mm2	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
雇い竿の基準引張強度	Fts	N/mm2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
雇い竿の基準引張強度を2倍にするか？	割増し率		2	2	2	2	2	2
	Fts割増	N/mm2	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
曲げ②回転剛性								
a）正の対称モーメントに対する剛性	KθH	Nmm/rad	124885280	189509525	271906414	373914514	644057096	815820047
		kNm/rad	124.9	189.5	271.9	373.9	644.1	815.8
	xpH		50.361	62.422	74.787	87.376	113.025	126.018
	α		0.522	0.608	0.695	0.782	0.956	1.043
	Cxm		4.177	3.563	3.139	2.831	2.416	2.270
	Cym		1.267	1.267	1.267	1.267	1.267	1.267
b）負の対称モーメントに対する剛性	KθV	Nmm/rad	85355579	115936294	151073730	190736357	283534734	336628643
		kNm/rad	85.4	115.9	151.1	190.7	283.5	336.6
	KeV	Nmm/rad	95617474.6	129820144	169095451	213404174	316994823	376225007
	KbV	Nmm/rad	795319417	1084055662	1417505056	1795670721	2686156732	3198478360
	xpV		168.8	197.5	226.3	255.1	312.7	341.5
	β		1.67	1.63	1.59	1.57	1.52	1.50
	kb		1.33	1.17	1.04	0.95	0.80	0.74
	φ		1769	2135	2506	2880	3634	4013
	Cxc		5.44	5.83	6.16	6.45	6.95	7.15
	Cyb＝Cymb		1.80	1.93	2.07	2.20	2.47	2.60
繊維直交方向置換係数	n		5	5	5	5	5	5
梁と柱の繊維直交接触による摩擦係数	μ		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
c）逆対称モーメントに対する剛性	KθR	Nmm/rad	36079843	47285459	60553073	76196136	115647831	139906828
		kNm/rad	36.1	47.3	60.6	76.2	115.6	139.9
ア）逆対称モーメントに対する引きボルト効果による正側回転剛性	KθHr	Nmm/rad	38762434	58025816	82152076	111519582	187447694	234729444
	xpH		18.00	22.56	27.28	32.13	42.13	47.24
	α		0.522	0.608	0.695	0.782	0.956	1.043
イ）逆対称モーメントに対する肘木効果による負側回転剛性	KθVr1	Nmm/rad	85355578.9	115936294	151073730	190736357	283534734	336628643
ウ）逆対称モーメントに対する貫効果による負側回転剛性	KθVr2	Nmm/rad	54864000	53367428.6	52488000	52020000	51869454.5	52056000
		Cxms	2.00	2.17	2.33	2.50	2.83	3.00
曲げ③降伏モーメント、終局モーメント								
a）正の対称モーメントに対する降伏モーメント	MeH	Nmm	2194361	3149309	4280632	5586984	8719366	10542966
めり込み降伏が先行する場合、最大モーメント時の変形角	θu1H	rad	0.00457852	8.4499E-04	-0.0018532	-0.0038284	-0.0063682	-0.0071709
最大モーメント	MuH	Nmm	1745059	2357331	3056458	3841267	5664354	6701253
		kNm	1.75	2.36	3.06	3.84	5.66	6.70
終局変形角	θu2H	rad	0.0118	0.0071	0.0036	0.0010	-0.0024	-0.0035
	φ		1.68	1.52	1.41	1.32	1.19	1.14
	δt+	mm	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979	0.979
3.4.3(24)で求めた車知の引張強度Ptu×4/5	Pu		13323	15543	17764	19984	24425	26646
3.4.3(24)で求めた車知の塑性率	ηt		1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66

c）通し柱-梁：雇いほぞ胴栓止め

・両側に梁があるとき



・片側のみに梁があるとき



i）引張に対する剛性および耐力

委員会報告書より、雇いほぞ胴栓止めの引張に対する剛性および耐力の算出式を以下に示す。

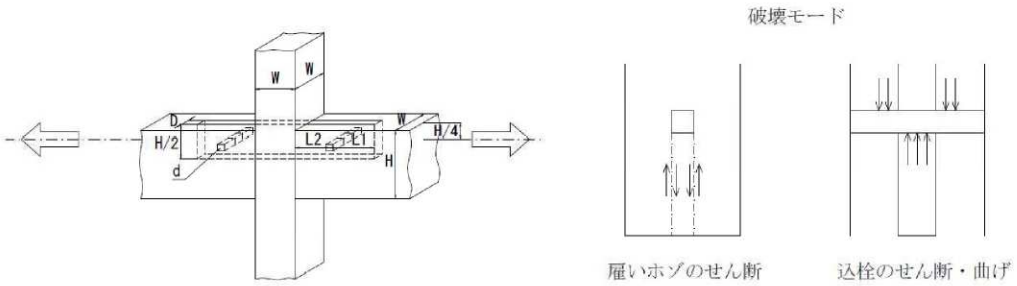


図 3.4.3-71　模式図及び破壊モード

①剛性 K_t

木ダボ接合(せん断抵抗型)、対称な 2 面せん断の剛性計算より、以下で求められる。

$$K_1 = \min. \begin{cases} dk_{cp1}\dfrac{D}{2} \\ \dfrac{1}{3}\left(E_{0f}d^7k_{cp1}{}^3\right)^{\frac{1}{4}} \times \left(1+0.188\times\eta\sqrt{\dfrac{k_{cp1}d}{E_{0f}}}\right)^{-\frac{1}{2}} \end{cases} \tag{3.4.3-232}$$

$$K_2 = \min. \begin{cases} dk_{cp2}\dfrac{W-D}{2} \\ \dfrac{1}{3}\left(E_{of}d^7k_{cp2}{}^3\right)^{\frac{1}{4}} \times \left(1+0.188\times\eta\sqrt{\dfrac{k_{cp2}d}{E_{of}}}\right)^{-\frac{1}{2}} \end{cases} \tag{3.4.3-233}$$

$$\therefore K_t = 2\frac{K_1K_2}{K_1+K_2} \tag{3.4.3-234}$$

ここで、k_{cp1}：雇いホゾと込栓の複合面圧定数(N/mm^3)

k_{cp2}：梁材と込栓の複合面圧定数(N/mm^3)

E_{0f} ：込栓の曲げヤング係数(N/mm^2)

η ：せん断弾性係数と曲げヤング係数の比 E/G：15

②降伏耐力 P_{yt}

a. 込栓 2 面せん断接合部の降伏 P_{yd}

$$P_{yd} = \min. \begin{cases} 1)\, dDF_{Ecp1} \\ 2)\, dDF_{Ecp1}\times 2\alpha\beta \\ 3)\, dDF_{Ecp1}\times\left[\sqrt{\dfrac{16\beta M_y}{dD^2F_{Ecp1}(2\beta+1)}+\dfrac{8\alpha^2\beta^2(\beta+1)}{(2\beta+1)^2}}-\dfrac{2\alpha\beta}{2\beta+1}\right] \\ 4)\, \sqrt{\dfrac{16dF_{Ecp1}M_y\beta}{1+\beta}} \\ 5)\, \dfrac{2\times A\times F_{sf}}{\kappa} \end{cases} \tag{3.4.3-235}$$

ここで、F_{Ecp1} ：雇いホゾの複合面圧降伏応力(N/mm^2)＝min. $\{F_{E1}, \alpha_F F_{cvf}\}$

F_{Ecp2} ：梁材の複合面圧降伏応力(N/mm^2)＝min. $\{F_{E2}, \alpha_F F_{cvf}\}$

F_{E1} ：雇いホゾの面圧降伏応力(N/mm^2)

F_{E2} ：梁材の面圧降伏応力(N/mm^2)

α_F ：めり込み降伏応力増大係数＝ 1.5

F_{cvf} ：込栓のめり込み降伏応力(N/mm^2) = -8.2+35.4ρ

ρ ：込栓の密度(kg/m^3) = 実測値

α ：$(W-D)/2D$

β ：F_{Ecp2}/F_{Ecp1}

M_y ：$Z \times F_{bf}$

Z ：込栓の弾性断面係数(mm^3)＝$bh^2/6$

F_{bf} ：込栓の曲げ強さ(N/mm^2) = 8.1+136ρ

A ：込栓の断面積(mm^2)

F_{sf} ：込栓のせん断強さ(N/mm^2) =(-7.7+100ρ)$d^{0.4}$

κ ：せん断補正係数 ＝3/2

b. ホゾ先端のせん断破壊 P_{us}

$$P_{us} = F_s \times \left(L1 - \frac{d}{2} \right) \times D \times 2 \qquad (3.4.3\text{-}236)$$

$$\therefore P_{yt} = \min(P_{yd}、P_{us}) \qquad (3.4.3\text{-}237)$$

このときの終局変位 D_u

$$D_u = \begin{cases} d \quad (P_{yt}=P_{yd}\text{の場合、込栓の降伏}) \\ P_{yt}/K_t \quad (P_{yt}=P_{us}\text{の場合、ホゾのせん断}) \end{cases} \qquad (3.4.3\text{-}238)$$

上式から、雇いほぞ胴栓止めの引張降伏耐力を算出する。

			柱	梁
接合具			込み栓・かし	込み栓・かし
材料1			雇いほぞ：ひのき	雇いほぞ：ひのき
材料2			柱：ひのき	梁：べいまつ
接合具の材質　木ダボ＝2			2	2
接合具の形状 円形＝1、矩形＝2			2	2
接合具直径または辺長さ	d1	mm	15	15
接合具のヤング係数	E	N/mm2	14430	14430
接合具のせん断弾性係数	G	N/mm2	962	962
接合具の密度	ρ	×103kg/m3	0.9	0.9
接合具の断面2次モーメント	I	mm4	4219	4219
接合具の断面積	A	mm2	225	225
材料1のヤング係数	E1	N/mm2	9000	9000
材料2のヤング係数	E2	N/mm2	9000	10000
材料1の母材厚さ	t1	mm	30	30
材料2内の接合具長さ	t2	mm	45	45
接合部マニュアル3.4.2.4剛性計算				
材料1にかかる力の方向 繊維方向＝1、繊維直交＝3.4			1.0	1.0
材料1の面圧定数	kE1	N/mm3	46.13	46.13
材料2にかかる力の方向 繊維方向＝1、繊維直交＝3.4			3.4	1.0
材料2の面圧定数	kE2	N/mm3	13.57	51.26
材料1と木ダボの複合面圧定数	kcp1	N/mm3	34.1	34.1
材料2と木ダボの複合面圧定数	kcp2	N/mm3	12.3	36.9
木ダボのめり込み剛性	kcvf	N/mm3	87.5	87.5
めり込み補剛効果係数	αk		1.5	1.5
E/G	η		15.0	15.0
t1/2	L1	mm	15.0	15.0
t2	L2	mm	45.0	45.0
2面せん断すべり剛性	Ks2	N/mm/本	3182.1	4887.6
降伏耐力算定				
材料1の支圧強度	FE1	N/mm2	22.4	22.4
材料2の支圧強度	FE2	N/mm2	11.2	22.4
min（FE1, αf·Fcvf）	FE1	N/mm2	22.4	22.4
min（FE2, αf·Fcvf）	FE2	N/mm2	11.2	22.4
	α		1.50	1.50
	β		0.50	1.00
接合具の曲げ降伏強度	Fy	N/mm2	97.9	97.9
接合具のせん断降伏強度	Fs	N/mm2	20.9	20.9
接合具のめり込み降伏応力	Fcvf	N/mm2	17.7	17.7
めり込み降伏応力増大係数	αf		1.5	1.5
Fcvf×αf			26.6	26.6
接合具の曲げモーメント	My	Nmm	55069	55069
	PY1	N	10080	10080
	PY2	N	15120	30240
	PY3	N	8108	12395
	PY4	N	9934	12167
ダボのせん断降伏耐力	PY5	N	6266	6266
	PY	N	6266	6266
2面せん断降伏耐力	Py	(kN/本)	6.27	6.27

いずれもダボのせん断降伏で決まる。雇いほぞ胴栓止めの引張降伏耐力 Pu は、6.2 kN とする。

ⅱ）曲げに対する剛性および耐力

委員会報告書には､雇いほぞ胴栓止めの引張に対する剛性および耐力の算定式が掲載されているが、ここでは独自の考え方で算出する。

◆ 回転剛性

雇い竿車知と雇いほぞ胴栓止めの大きな違いは、車知で止めるか、込栓で止めるかである。両者の回転剛性は引張時軸剛性に比例すると考え、回転剛性を算出する。

			120x180	120x210	120x240	120x270	120x330	120x360
雇い竿車知の引張時軸剛性	Kt1	N/mm	11265	13143	15020	16898	20653	22530
込栓2面せん断すべり剛性								
柱の両側に梁がある場合	Kt2	N/mm	4887.6	4887.6	4887.6	4887.6	4887.6	4887.6
Kt2/Kt1			0.434	0.372	0.325	0.289	0.237	0.217
柱の片側に梁がある場合	Kt3	N/mm	3182.1	3182.1	3182.1	3182.1	3182.1	3182.1
Kt3/Kt1			0.282	0.242	0.212	0.188	0.154	0.141
雇い竿車知の回転剛性	KR1	kNm/rad	36.1	47.3	60.6	76.2	115.6	139.9
雇いほぞ胴栓止めの回転剛性								
柱の両側に梁がある場合	KR2	kNm/rad	15.7	17.6	19.7	22.0	27.4	30.4
柱の片側に梁がある場合	KR3	kNm/rad	10.2	11.4	12.8	14.3	17.8	19.8

↑ 回転剛性 採用値

◆ 曲げ耐力

曲げ耐力も、回転剛性と同様に、引張耐力に比例すると考え、引張降伏耐力を算出する。

			120x180	120x210	120x240	120x270	120x330	120x360
雇い竿車知の引張降伏耐力	Pu1	kN	16.7	19.4	22.2	25.0	30.5	33.3
込栓2面せん断降伏耐力								
柱の両側に梁がある場合	Pu2	kN	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
Pu2/Pu1			0.372	0.319	0.279	0.248	0.203	0.186
柱の片側に梁がある場合	Pu3	kN	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
Pu3/Pu1			0.372	0.319	0.279	0.248	0.203	0.186
雇い竿車知の曲げ降伏耐力	Mu1	kNm	1.75	2.36	3.06	3.84	5.66	6.7
雇いほぞ胴栓止めの曲げ降伏耐力								
柱の両側に梁がある場合	Mu2	kNm/rad	0.65	0.75	0.85	0.95	1.15	1.25
柱の片側に梁がある場合	Mu3	kNm/rad	0.65	0.75	0.85	0.95	1.15	1.25

↑ 曲げ降伏耐力 採用値