構造システムと施工の注意点

引きボルト柱脚接合部は、高度な加工や施工技術を必要とせず、木材にボルト穴と座金を設置する切り欠きを設けてボルトで留めつけるだけでモーメント抵抗する接合部とすることが出来る。また、柱断面やボルトの径や長さを変えることで性能をある程度自由に操作することが可能であるが、木材を破壊させることなくボルトを伸ばすことで靱性の高い接合部にする必要があるため、ボルトの強度や留めつける座金の大きさを設定する際には注意が必要である。施工の際は、ナットを適切に締め付けることが重要である。

実験データと解析モデルの取り扱い

本設計データでは、実験結果をバイリニア化した特性値を掲載したが、このデータは試験体 1 体の実験 結果から導き出したデータであり、実験結果のバラツキや耐久性を考慮した低減、施工のバラツキなどを考 慮した低減などを見込んでいない。よって、設計の際にはそれらを設計者の方で適切に判断して安全側の数 値を用いることが重要である。

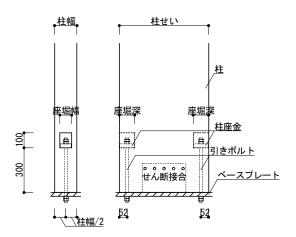
解析モデルとしては、回転バネを有する半剛節点としてモデル化する。場合によって軸バネ、せん断バネ も設けてモデル化する必要もあるが、これらの応力に対する変形が建物全体に影響を及ぼさない場合は省略 することが可能である。

バリエーション

集成材の樹種・等級、ボルトの径・材質・長さによって接合部の特性が異なる。特に、柱座金の圧縮による木材の圧壊および柱座金から柱木口へのせん断破壊により脆性的な接合部になることがあるため、仕様に合わせてボルトの径・材質・長さを設定して引張降伏する変形性能が高い接合部とすることが望ましい。

以下の図および表は、文献 2) を参考にして標準的な仕様を定め、柱にスギ対称異等級構成集成材 E65-F225 およびカラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300 を用いた場合の理論式 ¹⁾ による特性値をま とめたものである。ボルトが引張降伏することで脆性破壊を避けて靭性確保するように、ボルトを JIS B 1220 の ABR490 として径を設定している。

せん断耐力は、鋼板挿入ドリフトピン接合などのせん断接合部を引きボルトの耐力に影響しない範囲に配置し、仕様ごとに定める必要がある。



バリエーション

材 料=スギ対称異等級構成集成材 E65-F225

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300

柱せい= 450mm, 600mm, 750mm, 900mm

柱 幅= 105mm, 120mm, 150mm, 180mm

座金幅=柱幅/2 座堀幅=座金幅+5mm以下

座金深= 100mm 座堀深=座金深+ 5mm 以下

スギ対称異等級構成集成材 E65-F225 柱幅 105mm

ボルト		材質		SNR	490B		
ハハレト		径	M16				
柱座金 厚さ (n		厚さ (mm)	22				
柱		幅 (mm)		10	05		
社		せい(mm)	450	600	750	900	
p	圧縮	短期 (kN)	390	565	741	916	
	J土: 利伯	終局 (kN)	585	847	1111	1374	
	7170	短期 (kN)	102			37.9 37.9 37.9 14300 0.0027 37.9 0.0667	
ert de	引張	終局 (kN)		10	02		
耐力	at a tiler	短期 (kN)	11 1 North A 20 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				
	せん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
	- 15.1	短期 (kN·m)	16.7	24.4	31.2	37.9	
	モーメント	終局 (kN·m)	17.7	24.4	31.2	37.9	
回転剛性		K _θ (kN·m/rad)	3100	5900	9600	14300	
		変形角 (rad)	0.0057	0.0041	0.0033	0.0027	
回転バネモデル (バイリニア)	1点目	モーメント (kN·m)	17.7	24.4	31.2	37.9	
		変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	17.7	24.4	31.2	37.9 37.9 37.9 14300 0.0027 37.9	
接合部の短期許多	· 容モーメント/フ	柱の短期曲げ耐力	33%	28%	24%	21%	

スギ対称異等級構成集成材 E65-F225 柱幅 120mm

ボルト		材質	SNR490B					
AVER		径	M16					
柱座金		厚さ (mm)	22					
柱	47.			13	20			
性		せい(mm)	450	600	750	900		
	圧縮	短期 (kN)	449	649	850	1050		
)	終局 (kN)	673	973	1275	1575		
	引張	短期 (kN)		10	02			
#1-t-	7130	終局 (kN)		10	02			
耐力	せん断	短期 (kN)						
	せん例	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める					
	モーメント	短期 (kN·m)	17.3	24.7	31.5	38.3		
	モーメント	終局 (kN·m)	17.9	24.7	31.5	38.3		
回転剛性		K _θ (kN·m/rad)	3300	6300	10300	15200		
	1点目	変形角 (rad)	0.0054	0.0039	0.0031	0.0025		
回転バネモデル (バイリニア)	1点日	モーメント (kN·m)	17.9	24.7	31.5	38.3		
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667		
	2点日	モーメント (kN·m)	17.9	24.7	102 102 12 131.5 38. 31.5 38. 10300 152 0.0031 0.000 31.5 38. 0.0667 0.066	38.3		
接合部の短期許額	容モーメント/村	Eの短期曲げ耐力	30%	25%	21%	18%		

スギ対称異等級構成集成材 E65-F225 柱幅 150mm

ボルト		材質		SNR	490B		
ルルト		径	M20				
柱座金厚さ		厚さ (mm)		2	12		
柱		幅 (mm)		1:	50		
		せい(mm)	450	600	750	900	
	圧縮	短期 (kN)	784	1132	1480	1828	
)土 利伯	終局 (kN)	1176	1698	2220	2742	
耐力	JUE	短期 (kN)		1:	59	1828 2742	
	引張	終局 (kN)		1:	59		
	11. 1 fder	短期 (kN)	2) 16 let A = 11 lab = 2) 1 = da 2 v				
	せん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
	15 . I	短期 (kN·m)	28.5	39.3	50.1	60.9	
	モーメント	終局 (kN·m)	28.5	39.3	50.1 60.9	60.9	
可転剛性		K _θ (kN·m/rad)	5800	11100	18000	26700	
		変形角 (rad)	0.0049	0.0035	0.0028	0.0023	
回転バネモデル (バイリニア)	1点目	モーメント (kN·m)	28.5	39.3	50.1	60.9	
	2 = -	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	28.5	39.3	50.1	\$\ \tag{60.9} \\ 60.9 \\ 26700 \\ 0.0023 \\ 60.9\$	
要合部の短期許3	・ 容モーメント/;	住の短期曲げ耐力	30%	24%	20%	17%	

スギ対称異等級構成集成材 E65-F225 柱幅 180mm

ボルト		材質		SNR	490B		
W/NL		径		M	118		
柱座金		厚さ (mm)		2	22		
柱		幅 (mm)	180				
		せい(mm)	450	600	750	900	
	圧縮	短期 (kN)	679	980	1280	1581	
	土相	終局 (kN)	1018	1470	1920	2371	
met. I	2126	短期 (kN)		1:	24		
	引張	終局 (kN)		12	24		
耐力	and the state of t	短期 (kN)	1 1 Mer Life A = 11 136 = 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				
	せん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
		短期 (kN·m)	21.4	31.0	39.5	48.1	
	モーメント	終局 (kN·m)	22.5	31.0	39.5	48.1	
回転剛性	•	K _θ (kN·m/rad)	4000	7700	12600	18600	
		変形角 (rad)	0.0056	0.0040	0.0031	0.0026	
回転バネモデル (バイリニア)	1点目	モーメント (kN·m)	22.5	31.0	39.5	48.1	
	a = 0	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	22.5	31.0	39.5	は 1581 2371 2371 2371 2371 2371 2371 2371 237	
接合部の短期許額	· 容モーメント/木	主の短期曲げ耐力	25%	21%	18%	15%	

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300 柱幅 105mm

		1					
ボルト		材質		SNR	490B		
7021		径	M18				
柱座金		厚さ (mm)		2	2		
44-		幅 (mm)		10	05		
柱		せい(mm)	450	600	750	900	
	圧縮	短期 (kN)	542	786	1029	1273	
	上和	終局 (kN)	813	1179	1543	1909	
	3138	短期 (kN)		10	24		
#1.4.	引張	終局 (kN)	124				
耐力	x1 2 Mer	短期 (kN)	11 1 Mr. Let A on 11 Let 2011 and 12 and 13				
	せん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
	- 15.7	短期 (kN·m)	21.9	30.2	38.5	46.8	
	モーメント	終局 (kN·m)	21.9	30.2	38.5	46.8	
回転剛性	•	K_{θ} (kN·m/rad)	4700	9000	14700	21700	
	1点目	変形角 (rad)	0.0047	0.0034	0.0026	0.0022	
回転バネモデル (バイリニア)	1点日	モーメント (kN·m)	21.9	30.2	38.5	46.8	
		変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	21.9	30.2	38.5	46.8	
接合部の短期許	容モーメント/	柱の短期曲げ耐力	33%	26%	22%	19%	

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300 柱幅 120mm

ボルト		材質		SNR	490B		
W/VP		径		M	18		
柱座金	柱座金 厚さ (mm)			2	2		
43.		幅 (mm)	120				
柱		せい(mm)	450	600	750	900	
	圧縮	短期 (kN)	624	902	1180	1459	
)土 利伯	終局 (kN)	936	1353	1770	2188	
	3136	短期 (kN)		10	24		
75°L-L-	引張	終局 (kN)		12	24		
耐力	せん断	短期 (kN)	33) 180° 244 A 24 / 1 244° 40° 1 144° 40° 1				
	セん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
	- 15.1	短期 (kN·m)	22.1	30.5	38.9	47.3	
	モーメント	終局 (kN·m)	22.1	30.5	38.9	47.3	
回転剛性		K _θ (kN·m/rad)	5000	9500	15500	23000	
		変形角 (rad)	0.0044	0.0032	0.0025	0.0021	
回転バネモデル (バイリニア)	1点目	モーメント (kN·m)	22.1	30.5	38.9	47.3	
	2.50	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	22.1	30.5	38.9	47.3	
接合部の短期許多	容モーメント/	柱の短期曲げ耐力	29%	23%	20%	17%	

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300 柱幅 150mm

ボルト		材質		SNR	490B		
がルト		径	M20				
柱座金厚		厚さ (mm)		2	22		
柱		幅 (mm)		1.	50		
		せい(mm)	450	600	750	900	
	FT 69/1:	短期 (kN)	784	1132	1480	1828	
	圧縮	終局 (kN)	1176	1698	2220	2742	
耐力	JUE	短期 (kN)		1.	59		
	引張	終局 (kN)		1.	59		
	2)) We	短期 (kN)	0) Merket A = // 136 = 0) - = = = 0				
	せん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
		短期 (kN·m)	28.5	39.3	50.1	60.9	
	モーメント	終局 (kN·m)	28.5	39.3	50.1	60.9	
回転剛性		K _θ (kN·m/rad)	5800	11100	18000	26700	
		変形角 (rad)	0.0049	0.0035	0.0028	0.0023	
回転バネモデル (バイリニア)	1点目	モーメント (kN·m)	28.5	39.3	50.1	60.9	
	a = =	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	28.5	39.3	50.1	60.9	
接合部の短期許額	· 容モーメント/フ	柱の短期曲げ耐力	30%	24%	20%	17%	

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300 柱幅 180mm

-12 o 1		材質		SNR	490B		
ボルト		径	M22				
柱座金		厚さ (mm)		2	12		
IX.		幅 (mm)		1:	80		
柱		せい(mm)	450	600	750	900	
	mm deds	短期 (kN)	944	1361	1779	2197	
	圧縮	終局 (kN)	1416	2041	2668	3295	
	2136	短期 (kN)		19	96		
714	引張	終局 (kN)	196				
耐力	11.) file:	短期 (kN)	11.1 Min kit A カ / L L W マ 1 ファ ドゥ・ム フ				
	せん断	終局 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める				
		短期 (kN·m)	34.3	49.0	62.5	75.9	
	モーメント	終局 (kN·m)	35.5	49.0	62.5	75.9	
回転剛性		K _θ (kN·m/rad)	6500	12400	20200	29900	
		変形角 (rad)	0.0055	0.0040	0.0031	0.0025	
回転バネモデル (バイリニア)	1点目	モーメント (kN·m)	35.5	49.0	62.5	75.9	
		変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	
	2点目	モーメント (kN·m)	35.5	49.0	62.5	75.9	
接合部の短期許多	容モーメント/	柱の短期曲げ耐力	30%	25%	21%	18%	

※ 圧縮耐力(短期) = (座堀欠損部の断面積)×(短期圧縮許容応力度)

圧縮耐力(終局) = (座堀欠損部の断面積)×(圧縮強度)

引張耐力(短期) = (引きボルトの降伏耐力)×2

引張耐力(終局) = (引きボルトの降伏耐力) × 2 として算定している。

文献

1) 2016 年版 木造ラーメンの評価方法・構造設計の手引き、日本住宅・木材技術センター、2016.3

2) 早崎洋一、荒木康弘、河合直人、稲山正弘、中島史郎:引きボルト式集成材フレーム接合部のせん断長さと破壊特性に関する実験的考察,日本建築学会構造系論文集,Vol.82,No.737,pp1055-1062,2017.7