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靭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。

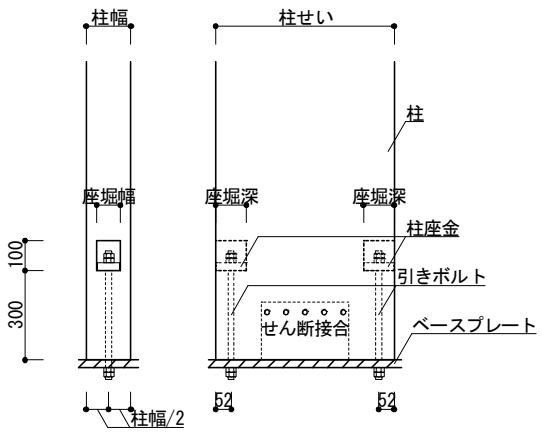
解析モデルとしては、回転バネを有する半剛節点としてモデル化する。場合によって軸バネ、せん断バネも設けてモデル化する必要もあるが、これらの応力に対する変形が建物全体に影響を及ぼさない場合は省略することが可能である。

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	SNR490B			
		径	M16			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	105			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	390	565	741	916
		終局 (kN)	585	847	1111	1374
	引張	短期 (kN)	102			
		終局 (kN)	102			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	16.7	24.4	31.2	37.9
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0057	0.0041	0.0033	0.0027
		モーメント (kN･m)	17.7	24.4	31.2	37.9
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	17.7	24.4	31.2	37.9
接合部の短期許容モーメント／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			
		径	M16			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	120			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	449	649	850	1050
		終局 (kN)	673	973	1275	1575
	引張	短期 (kN)	102			
		終局 (kN)	102			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	17.3	24.7	31.5	38.3
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0054	0.0039	0.0031	0.0025
		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
		モーメント (kN･m)	17.9	24.7	31.5	38.3
接合部の短期許容モーメント／柱の短期曲げ耐力			30%	25%	21%	18%

（2018.8）

スギ対称異等級構成集成材 E65-F225　柱幅 150mm

ボルト		材質	SNR490B			
		径	M20			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	150			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	784	1132	1480	1828
		終局 (kN)	1176	1698	2220	2742
	引張	短期 (kN)	159			
		終局 (kN)	159			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	28.5	39.3	50.1	60.9
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0049	0.0035	0.0028	0.0023
		モーメント (kN･m)	28.5	39.3	50.1	60.9
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	28.5	39.3	50.1	60.9
接合部の短期許容モーメント／柱の短期曲げ耐力			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	SNR490B			
		径	M18			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	180			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	679	980	1280	1581
		終局 (kN)	1018	1470	1920	2371
	引張	短期 (kN)	124			
		終局 (kN)	124			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	21.4	31.0	39.5	48.1
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0056	0.0040	0.0031	0.0026
		モーメント (kN･m)	22.5	31.0	39.5	48.1
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	22.5	31.0	39.5	48.1
接合部の短期許容モーメント／柱の短期曲げ耐力			25%	21%	18%	15%

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300　柱幅 105mm

ボルト		材質	SNR490B			
		径	M18			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	105			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	542	786	1029	1273
		終局 (kN)	813	1179	1543	1909
	引張	短期 (kN)	124			
		終局 (kN)	124			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	21.9	30.2	38.5	46.8
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0047	0.0034	0.0026	0.0022
		モーメント (kN･m)	21.9	30.2	38.5	46.8
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		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%

（2018.8）

カラマツ対称異等級構成集成材 E105-F300　柱幅 120mm

ボルト		材質	SNR490B			
		径	M18			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	120			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	624	902	1180	1459
		終局 (kN)	936	1353	1770	2188
	引張	短期 (kN)	124			
		終局 (kN)	124			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	22.1	30.5	38.9	47.3
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0044	0.0032	0.0025	0.0021
		モーメント (kN･m)	22.1	30.5	38.9	47.3
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	22.1	30.5	38.9	47.3
接合部の短期許容モーメント／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	SNR490B			
		径	M20			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	150			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	784	1132	1480	1828
		終局 (kN)	1176	1698	2220	2742
	引張	短期 (kN)	159			
		終局 (kN)	159			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	28.5	39.3	50.1	60.9
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0049	0.0035	0.0028	0.0023
		モーメント (kN･m)	28.5	39.3	50.1	60.9
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	28.5	39.3	50.1	60.9
接合部の短期許容モーメント／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

ボルト		材質	SNR490B			
		径	M22			
柱座金		厚さ (mm)	22			
柱		幅 (mm)	180			
		せい (mm)	450	600	750	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	944	1361	1779	2197
		終局 (kN)	1416	2041	2668	3295
	引張	短期 (kN)	196			
		終局 (kN)	196			
	せん断	短期 (kN)	せん断接合の仕様ごとに定める			
		終局 (kN)				
	モーメント	短期 (kN･m)	34.3	49.0	62.5	75.9
		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
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0055	0.0040	0.0031	0.0025
		モーメント (kN･m)	35.5	49.0	62.5	75.9
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	35.5	49.0	62.5	75.9
接合部の短期許容モーメント／柱の短期曲げ耐力			30%	25%	21%	18%

（2018.8）

※　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

（2018.8）