構造システムと施工の注意点

引きボルト柱梁接合部は、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、部材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。

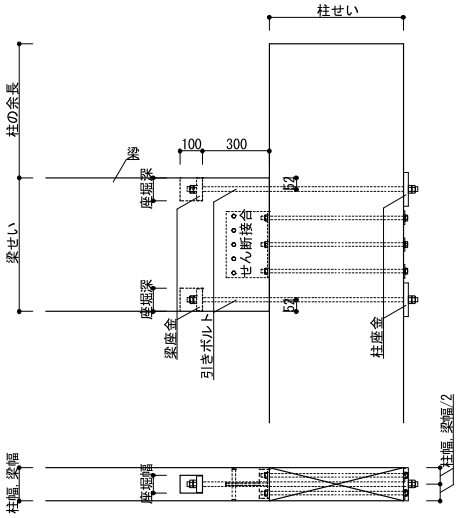
解析モデルとしては、回転バネを有する半剛節点としてモデル化する。場合によって軸バネ、せん断バネも設けてモデル化する必要もあるが、これらの応力に対する変形が建物全体に影響を及ぼさない場合は省略することが可能である。

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、梁座金の圧縮による木材の圧壊および梁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。また、柱梁が開く変形と閉じる変形で同等の性能とするため、柱の余長を柱せいの 1.5 倍以上としている。ただし、柱梁 L 型の実験では柱せいが 500mm に対して柱の余長が 150mm であるが、柱梁が開く変形と閉じる変形でほぼ同等の性能を示しており、現状では影響を受けない柱の余長寸法は明らかとなっていない。

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，梁せい＝ 450mm，600mm，750mm，900mm

（柱せい≦梁せい）

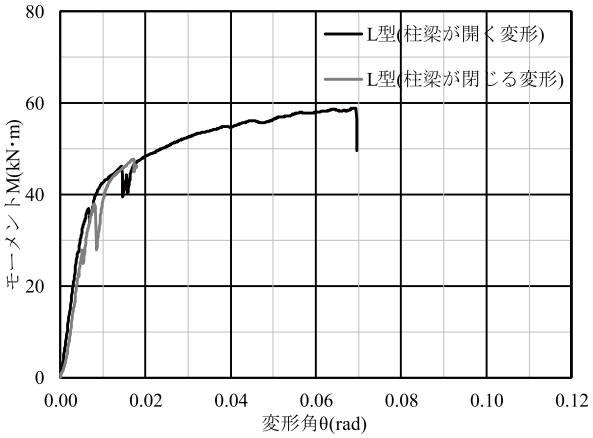
柱幅＝梁幅＝ 105mm，120mm，150mm，180mm

柱の余長＝柱せいの 1.5 倍以上

柱座金幅＝柱座金深＝柱幅

梁座金幅＝柱幅／２　　梁座堀幅＝梁座金幅＋ 5mm 以下

梁座金深＝ 100mm　　梁座堀深＝梁座金深＋ 5mm 以下



L 型接合部の柱梁が開く変形と閉じる変形の比較

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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	105									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	189	252	315	378	252	315	378	315	378	378
		終局 (kN)	283	378	472	567	378	472	567	472	567	567
	引張	短期 (kN)	72				66			62		58
		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)	10.5	19.0	24.2	29.4	17.5	22.4	27.2	21.0	25.5	24.0
		終局 (kN･m)	19.6	26.9	34.2	41.5	27.0	34.4	41.7	34.5	41.9	42.0
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	1300	2600	4400	6700	2400	4100	6200	3800	5700	5400
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0081	0.0073	0.0055	0.0044	0.0073	0.0055	0.0044	0.0055	0.0045	0.0044
		モーメント (kN･m)	10.5	19.0	24.2	29.4	17.5	22.4	27.2	21.0	25.5	24.0
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	19.6	26.9	34.2	41.5	27.0	34.4	41.7	34.5	41.9	42.0
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			21%	21%	17%	15%	20%	17%	14%	16%	14%	13%

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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	120									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	216	288	360	432	288	360	432	360	432	432
		終局 (kN)	324	432	540	648	432	540	648	540	648	648
	引張	短期 (kN)	97				90			84		79
		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)	11.9	21.7	29.4	39.8	20.0	29.4	37.1	28.7	34.8	32.9
		終局 (kN･m)	19.6	27.0	34.3	41.6	27.1	34.5	41.8	34.6	42.0	42.1
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	1400	2900	4800	7200	2600	4400	6700	4100	6200	5800
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0085	0.0075	0.0069	0.0055	0.0077	0.0070	0.0055	0.0070	0.0056	0.0057
		モーメント (kN･m)	11.9	21.7	32.9	39.8	20.0	30.6	37.1	28.7	34.8	32.9
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	19.6	27.0	34.3	41.6	27.1	34.5	41.8	34.6	42.0	42.1
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			21%	21%	18%	17%	20%	19%	17%	19%	16%	16%

（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	M18									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	150									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	270	360	450	540	360	450	540	450	540	540
		終局 (kN)	405	540	675	810	540	675	810	675	810	810
	引張	短期 (kN)	124				124			124		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)	15.2	26.3	35.0	47.5	25.7	34.3	45.6	34.2	43.8	43.0
		終局 (kN･m)	24.1	33.1	42.0	51.0	33.2	42.3	51.3	42.4	51.5	51.6
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	1700	3500	5800	8700	3200	5300	8000	4900	7400	7000
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0089	0.0079	0.0072	0.0059	0.0080	0.0076	0.0064	0.0077	0.0070	0.0073
		モーメント (kN･m)	15.2	27.7	42.0	51.0	25.7	40.4	51.3	37.7	51.5	50.8
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	24.1	33.1	42.0	51.0	33.2	42.3	51.3	42.4	51.5	51.6
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			21%	21%	18%	17%	21%	18%	16%	18%	16%	16%

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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	180									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	324	432	540	648	432	540	648	540	648	648
		終局 (kN)	486	648	810	972	648	810	972	810	972	972
	引張	短期 (kN)	124				124			124		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)	17.6	25.4	37.0	50.1	25.3	35.2	48.0	33.9	46.3	44.6
		終局 (kN･m)	24.2	33.2	42.2	51.2	33.3	42.4	51.5	42.5	51.6	51.8
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	1900	3800	6400	9600	3500	5800	8800	5400	8200	7600
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0094	0.0085	0.0066	0.0053	0.0086	0.0073	0.0059	0.0079	0.0063	0.0068
		モーメント (kN･m)	17.8	32.4	42.2	51.2	30.2	42.4	51.5	42.5	51.6	51.8
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	24.2	33.2	42.2	51.2	33.3	42.4	51.5	42.5	51.6	51.8
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			20%	17%	15%	15%	17%	15%	14%	15%	14%	14%

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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	105									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	245	327	409	491	327	409	491	409	491	491
		終局 (kN)	367	490	613	736	490	613	736	613	736	736
	引張	短期 (kN)	102				95			89		84
		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)	14.0	25.4	34.4	41.7	23.5	32.2	39.1	30.4	36.9	35.0
		終局 (kN･m)	24.1	33.1	42.0	50.9	33.2	42.2	51.2	42.4	51.5	51.6
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	2000	4000	6700	10000	3600	6100	9200	5600	8500	7900
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0070	0.0064	0.0051	0.0042	0.0065	0.0053	0.0043	0.0054	0.0043	0.0044
		モーメント (kN･m)	14.0	25.4	34.4	41.7	23.5	32.2	39.1	30.4	36.9	35.0
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	24.1	33.1	42.0	50.9	33.2	42.2	51.2	42.4	51.5	51.6
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			21%	21%	18%	16%	20%	18%	15%	17%	15%	14%

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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	120									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	280	374	468	561	374	468	561	468	561	561
		終局 (kN)	420	561	702	841	561	702	841	702	841	841
	引張	短期 (kN)	124				124			121		115
		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)	15.7	28.6	39.3	51.1	26.5	37.6	51.0	37.7	49.6	47.8
		終局 (kN･m)	24.1	33.1	42.1	51.1	33.3	42.3	51.4	42.5	51.6	51.7
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	2200	4300	7200	10800	3900	6500	9900	6000	9100	8500
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0071	0.0067	0.0058	0.0047	0.0068	0.0064	0.0052	0.0065	0.0055	0.0056
		モーメント (kN･m)	15.7	28.6	42.1	51.1	26.5	41.6	51.4	38.7	50.2	47.8
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	24.1	33.1	42.1	51.1	33.3	42.3	51.4	42.5	51.6	51.7
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			20%	21%	18%	17%	20%	18%	17%	19%	17%	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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	150									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	351	468	585	702	468	585	702	585	702	702
		終局 (kN)	526	702	877	1053	702	877	1053	877	1053	1053
	引張	短期 (kN)	159				159			159		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)	20.2	36.1	49.0	65.3	34.2	46.9	63.4	46.8	61.0	59.0
		終局 (kN･m)	30.8	42.3	53.8	65.3	42.5	54.1	65.6	54.3	65.9	66.1
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	2700	5300	8800	13100	4800	8000	12000	7400	11100	10400
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0075	0.0069	0.0061	0.0050	0.0071	0.0067	0.0055	0.0068	0.0059	0.0064
		モーメント (kN･m)	20.2	36.6	53.8	65.3	34.2	53.7	65.6	50.3	65.9	66.1
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	30.8	42.3	53.8	65.3	42.5	54.1	65.6	54.3	65.9	66.1
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			21%	21%	18%	17%	21%	18%	17%	19%	17%	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									
梁座金		厚さ (mm)	22									
柱座金		厚さ (mm)	22									
柱,梁断面寸法		柱幅,梁幅 (mm)	180									
		柱せい (mm)	450				600			750		900
		梁せい (mm)	450	600	750	900	600	750	900	750	900	900
耐力	圧縮	短期 (kN)	421	561	702	842	561	702	842	702	842	842
		終局 (kN)	631	841	1053	1263	841	1053	1263	1053	1263	1263
	引張	短期 (kN)	196				196			196		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)	24.5	43.9	59.0	79.8	41.9	56.9	76.4	56.5	73.6	71.3
		終局 (kN･m)	38.2	52.4	66.7	80.8	52.6	67.0	81.3	67.2	81.5	81.7
回転剛性		K_θ (kN･m/rad)	3100	6200	10300	15400	5600	9400	14100	8700	13100	12300
回転バネモデル（バイリニア）	1点目	変形角 (rad)	0.0079	0.0072	0.0065	0.0052	0.0075	0.0070	0.0058	0.0071	0.0062	0.0066
		モーメント (kN･m)	24.5	44.5	66.7	80.8	41.9	65.8	81.3	62.1	81.5	81.7
	2点目	変形角 (rad)	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
		モーメント (kN･m)	38.2	52.4	66.7	80.8	52.6	67.0	81.3	67.2	81.5	81.7
接合部の短期許容モーメント／梁の短期曲げ耐力			21%	21%	18%	17%	21%	19%	17%	19%	17%	17%

※　圧縮耐力（短期）＝　（梁の断面積）×（短期めり込み許容応力度）
　　圧縮耐力（終局）＝　（梁の断面積）×（めり込み強度）
　　引張耐力（短期）＝　min（引きボルトの降伏耐力，柱座金の柱へのめり込み）×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。

（2018.8）

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）