

耐力要素の 強度性能評価書

柱・貫接合（回転）

（平成 22 年 3 月版）

- ・記載された条件に該当しない場合は適用できません。
- ・適用範囲を確認の上、設計者の判断で使用して下さい。

（実験及び評価書原案作成：東京都市大学）

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

1. 継手名称

柱・貫接合 (回転)

2. 短期許容耐力

短期許容耐力は以下のとおりとする。

寸法型式 (H・L) (材せい・継手長さ)	短期許容耐力 (kNm)	M(1/150rad) (kNm)	※参考値 min(My, 2/3M _{max}) (短期基準耐力) (kNm)
アゴ①-B-28×120	0.5	0.25	0.58
カマ①-B-28×120	0.4	0.30	0.40
カマ②-B-28×120	0.2	0.15	0.22
平-B-21×105	0.2	0.15	0.26
アゴ②-B-30×120	0.8	0.40	0.90
アゴ③-B-30×120	0.8	0.35	1.00

3. 特性値

特性値は以下のとおりとする。ただし、この値は、低減係数 α を乗じる前のものである。利用に当たっては、適切に α を考慮する必要がある。

●第1象限

寸法型式 (H・L) (材せい・ 継手長さ)	M _y (kNm)	γ_y ($\times 10^3$ rad)	M (1/150rad) (kNm)	2/3M _{max} (kNm)	min(M _y , 2/3M _{max}) (基準耐力) (kNm)	M _u (kNm)	γ_u ($\times 10^3$ rad)	R (kNm/ rad)	γ_v ($\times 10^3$ rad)	μ (γ_u/γ_v)	破壊形式 (当破壊形式の数 試験体数)
アゴ①-B-28×120	0.84	14.32	0.35	0.58	0.58	1.02	101.53	0.04	24.3	4.18	貫-楔り込み(6/6)
カマ①-B-28×120	0.59	17.92	0.25	0.40	0.40	0.67	85.80	0.03	28.40	3.02	貫-楔り込み(6/6)
カマ②-B-28×120	0.24	35.38	0.07	0.22	0.22	0.34	108.20	0.01	51.09	2.12	貫-楔り込み(6/6)
平-B-21×105	0.32	20.74	0.09	0.26	0.26	0.38	103.23	0.01	33.24	3.11	貫-楔り込み(6/6)
アゴ②-B-30×120	1.14	18.81	0.45	0.90	0.90	1.40	100.00	0.05	28.74	3.50	貫-楔り込み(6/6)
アゴ③-B-30×120	1.02	23.62	0.39	1.00	1.00	1.24	102.18	0.04	36.91	2.77	貫-楔り込み(6/6)

M_y、2/3M_{max}、M_u は信頼水準 75% の 95% 下限値で、 γ_y 、R、 γ_v は信頼水準 75% の 50% 下限値、 γ_u は最小値。 μ は表中の δ_v と δ_u から求めた。

●第3象限

寸法型式 (H・L) (材せい・ 継手長さ)	M _y (kNm)	γ_y ($\times 10^3$ rad)	M (1/150rad) (kNm)	2/3M _{max} (kNm)	min(M _y , 2/3M _{max}) (基準耐力) (kNm)	M _u (kNm)	γ_u ($\times 10^3$ rad)	R (kNm/ rad)	γ_v ($\times 10^3$ rad)	μ (γ_u/γ_v)	破壊形式 (当破壊形式の数 試験体数)
アゴ①-B-28×120	0.53	18.23	0.18	0.79	0.53	0.95	93.40	0.04	29.56	3.16	貫-楔り込み(6/6)
カマ①-B-28×120	0.49	9.23	0.34	0.62	0.49	0.76	70.45	0.07	14.53	4.85	貫-楔り込み(6/6)
カマ②-B-28×120	0.34	12.35	0.23	0.46	0.34	0.60	72.45	0.03	20.93	3.46	貫-楔り込み(6/6)
平-B-21×105	0.24	12.18	0.20	0.30	0.24	0.40	82.70	0.03	19.67	4.20	貫-楔り込み(6/6)
アゴ②-B-30×120	0.95	18.19	0.41	0.99	0.95	1.37	83.30	0.06	27.33	3.04	貫-楔り込み(6/6)
アゴ③-B-30×120	0.86	27.26	0.31	1.00	0.86	1.42	88.73	0.03	38.93	2.28	貫-楔り込み(6/6)

M_y、2/3M_{max}、M_u は信頼水準 75% の 95% 下限値で、 γ_y 、R、 γ_v は信頼水準 75% の 50% 下限値、 γ_u は最小値。 μ は表中の δ_v と δ_u から求めた。

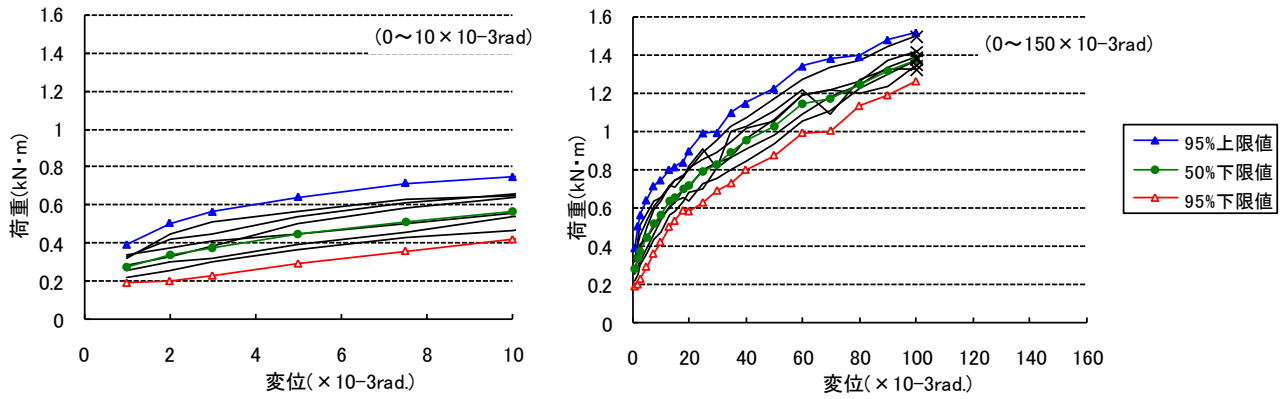
● 第 1 象限

	特定変形時のモーメント (kN・m) (信頼水準75%の50%下限値)									
寸法型式\変位 ($\times 10^{-3}$ rad)	1.0	2.0	3.0	5.0	7.5	10.0	13.0	15.0	18.0	20.0
アゴ①-B-28×120	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
カマ①-B-28×120	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
カマ②-B-28×120	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
平-B- 21×105	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
アゴ②-B-30×120	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1
アゴ③-B-30×120	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8

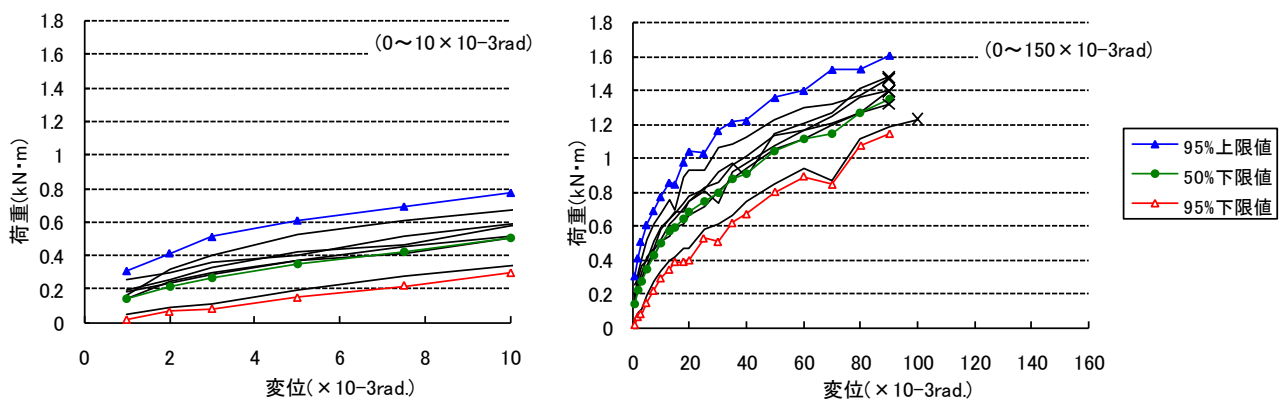
	特定変形時のモーメント (kN・m) (信頼水準75%の50%下限値)									
寸法型式\変位 ($\times 10^{-3}$ rad)	25.0	30.0	35.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
アゴ①-B-28×120	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
カマ①-B-28×120	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0	-
カマ②-B-28×120	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
平-B- 21×105	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
アゴ②-B-30×120	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	1.8	1.9
アゴ③-B-30×120	0.8	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6	1.7

- ・この値は、低減係数 α を乗じる前のものである。利用に当たっては、適切に α を考慮する必要がある。
- ・ $\min(M_y, 2/3M_{\max})$ (短期基準耐力) : 許容耐力を決める際の基準とした耐力。まず、各仕様 6 体の試験体の荷重-変形関係を完全弾塑性モデルに置換し、降伏耐力(M_y)および最大耐力の 2/3 の値($2/3M_{\max}$)を求める。そして、 M_y と $2/3M_{\max}$ それぞれについて、6 つの値の平均値と変動係数から、信頼水準 75% の 95% 下限値を求め、小さい方の値を基準耐力とした。 M_y 及び $2/3M_{\max}$ を及び算出できなかった場合は、 M_y 、 $2/3M_{\max}$ と M_u および R について、その試験体を除いた数で統計処理を行った。
- ・ M_u (終局耐力) : 完全弾塑性モデルにおける終局耐力の信頼水準 75% の 95% 下限値である。
- ・ R (初期剛性) : この値は、応力解析に使用されることを考慮して、完全弾塑性モデルにおける初期剛性の信頼水準 75% の 50% 下限値とした。
- ・破壊形式 : 各仕様で最も多かった破壊形式を記載した。破壊形式の後の(a/b)は、当該の仕様の試験体数 b のうち、標記の破壊形式は a 体であったという意味である。
- ・特定変形時の耐力 : 6 体の試験体の特定変形時における耐力の信頼水準 75% の 50% 下限値を示している。6 体のうち、1 体でも破壊して耐力を失った場合は、それ以降の数値は表示していない。

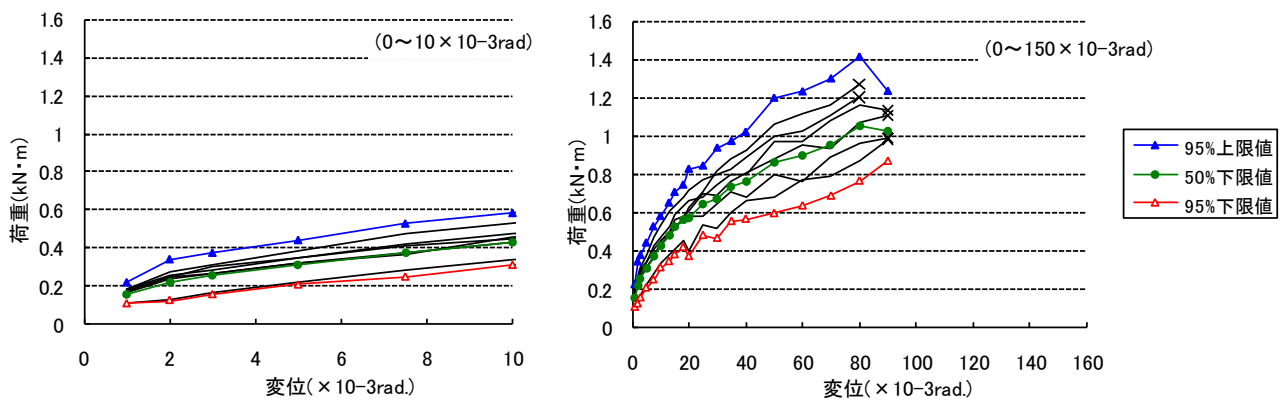
アゴ①-B-28×120 の荷重-変形関係 第1象限



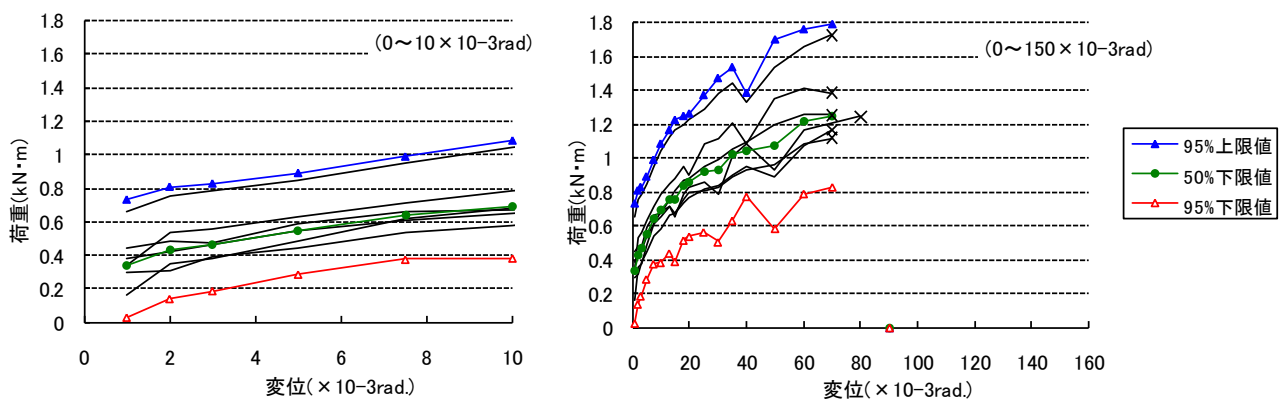
アゴ①-B-28×120 の荷重-変形関係 第3象限



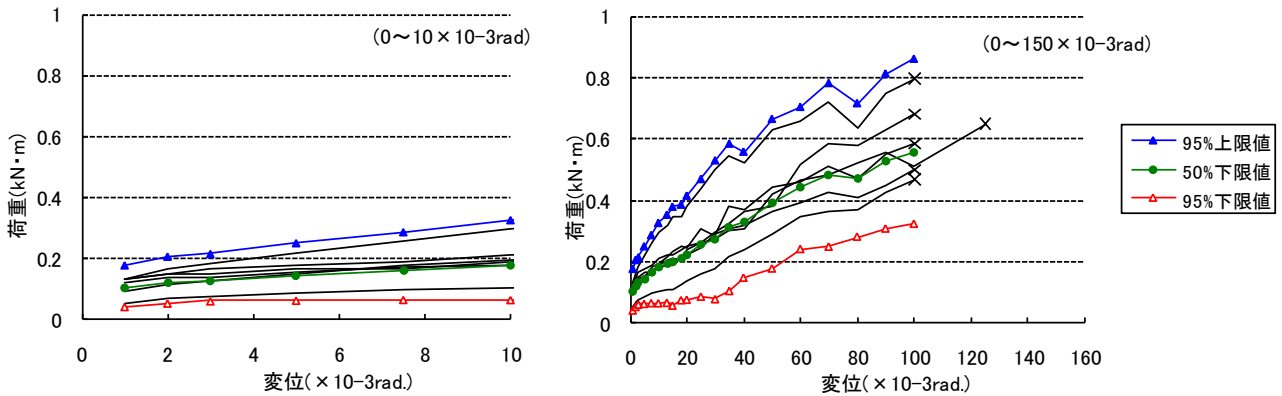
カマ①-B-28×120 の荷重-変形関係 第1象限



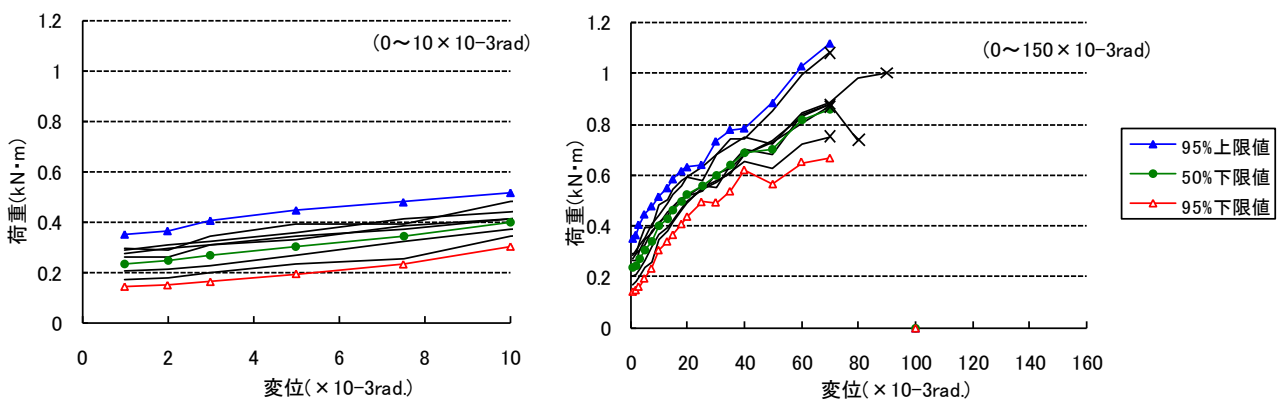
カマ①-B-28×120 の荷重-変形関係 第3象限



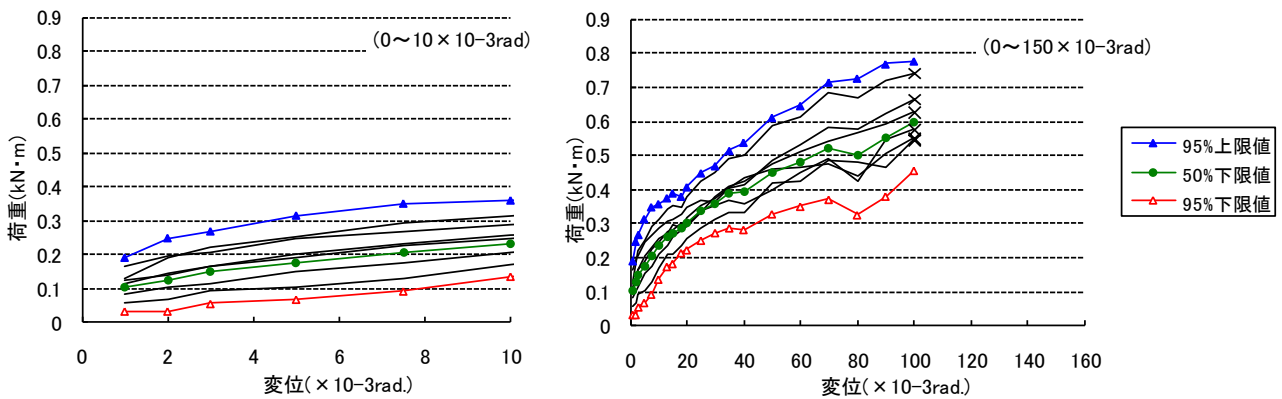
カマ②-B-28×120の荷重-変形関係 第1象限



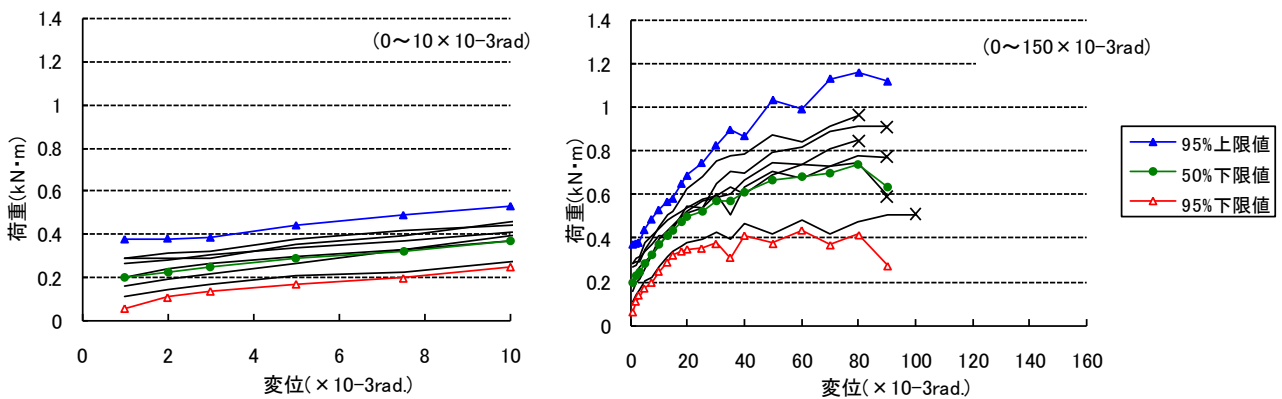
カマ②-B-28×120の荷重-変形関係 第3象限



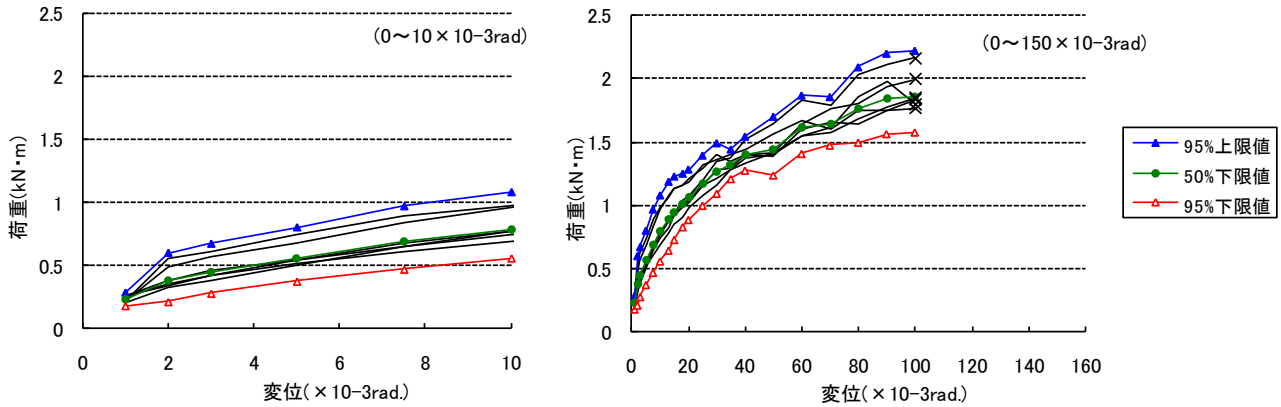
平-B-21×105の荷重-変形関係 第1象限



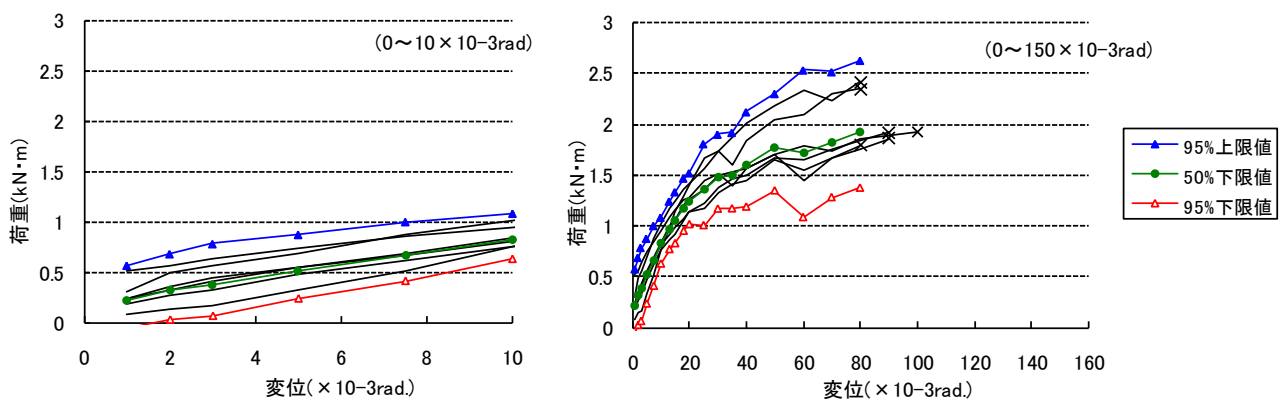
平-B-21×105の荷重-変形関係 第3象限



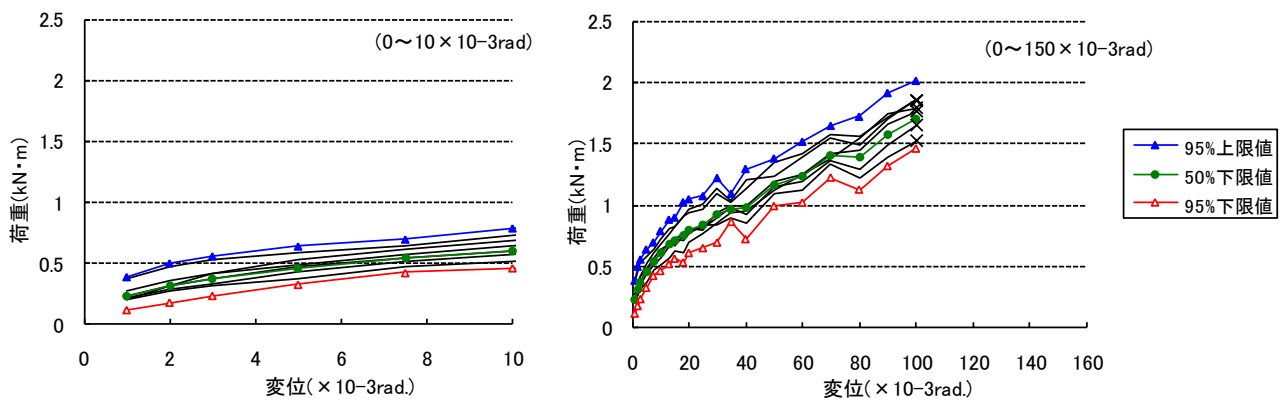
アゴ②- B-30×120 の荷重-変形関係 第1象限



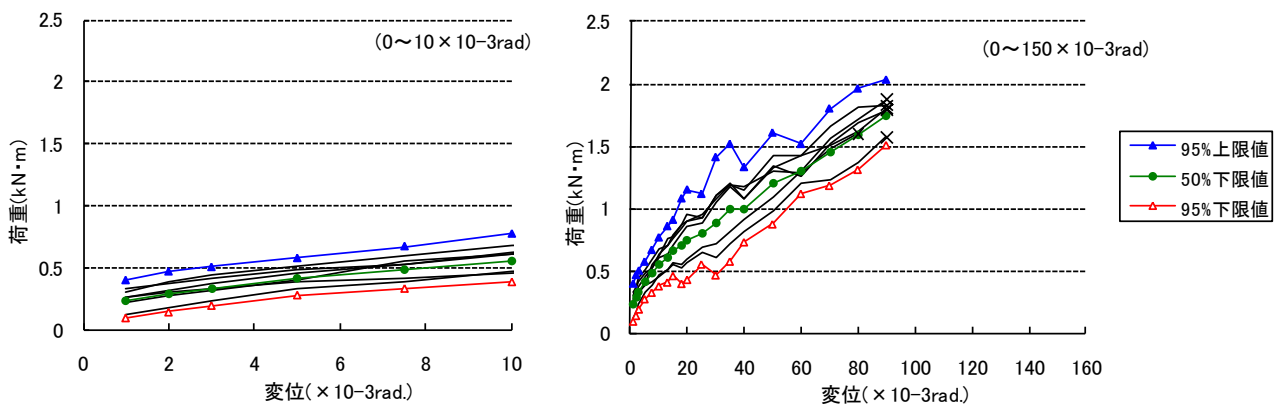
アゴ②- B-30×120 の荷重-変形関係 第3象限



アゴ③- B-30×120 の荷重-変形関係 第1象限



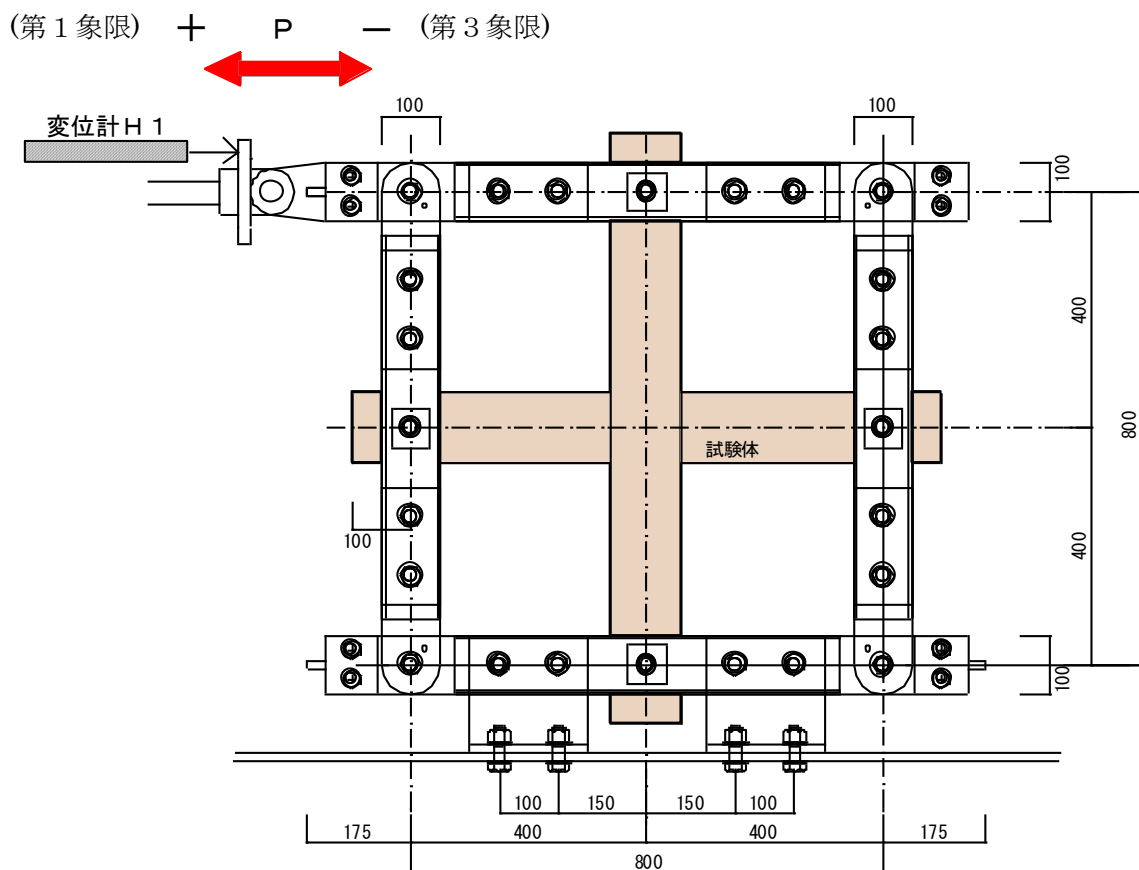
アゴ③- B-30×120 の荷重-変形関係 第3象限



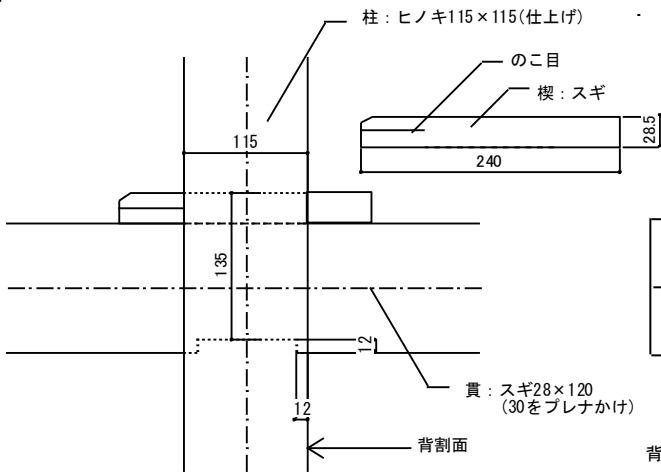
4. 仕様

各寸法型式の仕様は以下のとおりとする。

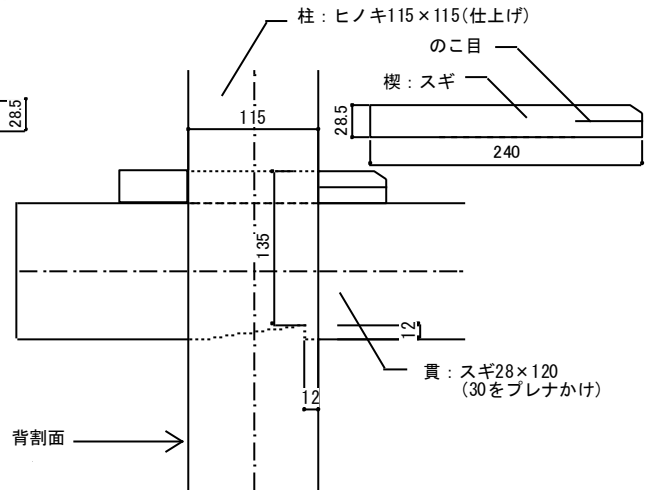
寸法型式 (H・L)	樹種		柱寸 (mm)	貫寸 (mm)	楔
	柱	貫			
アゴ①-B-28×120	ヒノキ	スギ	115	28×120	平：スギ-H=27 mm
カマ①-B-28×120	ヒノキ	スギ	115	28×120	平：スギ-H=27 mm
カマ②-B-28×120	ヒノキ	スギ	115	28×120	平：スギ-H=27 mm
平-B-21×105	ヒノキ	スギ	120	21×105	三角：スギ-H=5-15,L=150
アゴ②-B-30×120	ヒノキ	スギ	120	30×120	三角：スギ-H=9-24,L=120
アゴ③-B-30×120	ヒノキ	スギ	120	30×120	三角：スギ-H=6-18,L=180



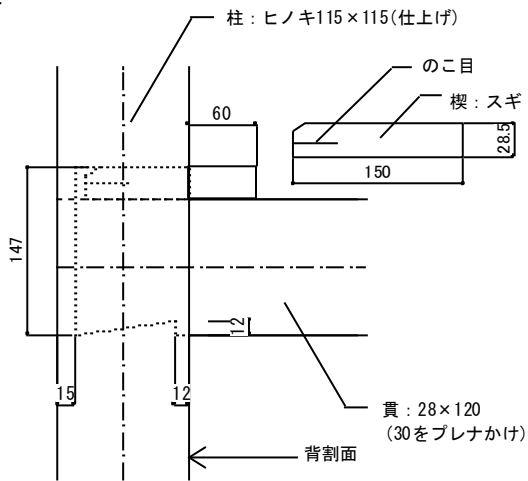
試験時の接合部試験体設置状況及び加力方向（参考）



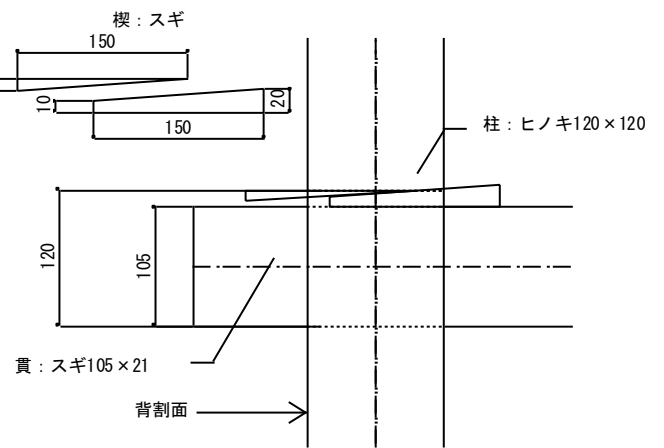
アゴ①-B-28×120 詳細図



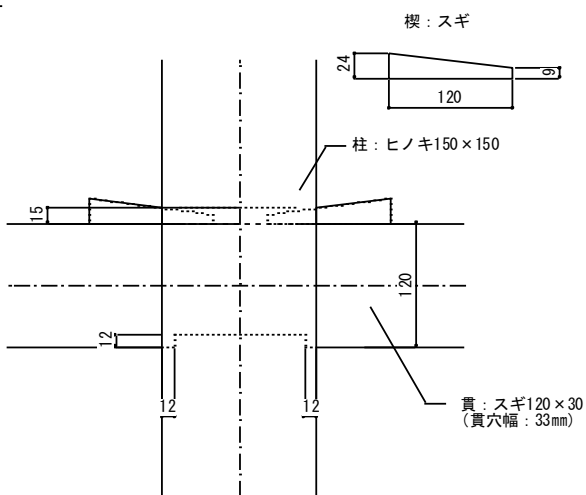
カマ①-B-28×120 詳細図



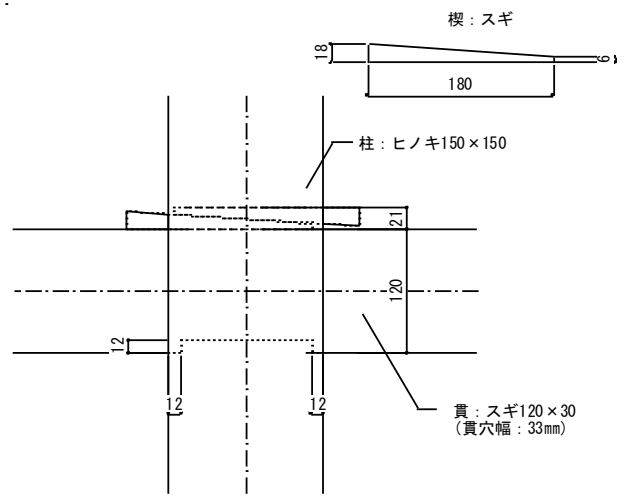
カマ②-B-28×120 詳細図



平-B-21×105 詳細図



アゴ②-B-30×120 詳細図



アゴ③-B-30×120 詳細図

5. 適用範囲

許容耐力および接合部倍率の適用範囲は以下のとおりとする。

		適用範囲		(参考) 本データベースの試験体		
樹種	柱	ヒノキ (E90 以上、JAS1 級相当)		ヒノキ(E90~E110)		
	貫	スギ (E70 以上、JAS1 級相当)		スギ(E70~E110)		
含水率	20%以下			柱平均 13.2%、貫平均 10.7%		
部材	構造上問題となる欠点がないこと			—		
乾燥方法	内部割れが生じないこと			—		
材寸	寸法型式	柱寸 (mm)	貫寸 (mm)	寸法型式	柱寸 (mm)	貫寸 (mm)
	アゴ①-B-28×120 カマ①-B-28×120 カマ②-B-28×120	115 角	28×120	アゴ①-B-28×120 カマ①-B-28×120 カマ②-B-28×120	115 角	28×120
	平-B-21×105	120 角	21×105	平-B-21×105	120 角	21×105
	アゴ②-B-30×120	150 角	30×120	アゴ②-B-30×120	150 角	30×120
	アゴ③-B-30×120	150 角	30×120	アゴ③-B-30×120	150 角	30×120
	楔	スギ (図面参照)		スギ (図面参照)		

6. 許容耐力の検討

6. 1 概要

(1) 接合部の破壊性状

柱・貫接合部の最終的な主な破壊性状は、貫・楔のめり込みによるものであった。

柱・貫の寸法、形状、楔の違いにより、耐力に違いがみられた。

(2) 柱寸法の違いによる影響

アゴ①-B-28×120、カマ①-B-28×120、カマ②-B-28×120、平-B-21×105 の柱が 120 角であるのに対し、アゴ②-B-30×120、アゴ③-B-30×120 の柱は 150 角であるため、めり込み面積が増え、柱寸 120 角のものと比較して、曲げモーメントが増していることがわかる。

(3) 貫の形状の違いによる影響

カマ形状のカマ①-B-28×120、カマ②-B-28×120 を比較すると、カマ①-B-28×120 が通し貫となっているのに対し、カマ②-B-28×120 は留め貫となっている。このため、通し貫のめり込み箇所・面積が大きい J-1-②の曲げモーメントが大きくなっていることが分かる。

また、隅角部の通し貫として、カマ②-B-28×120 と平-B-21×105 が上げられるが、平-B-21×105 は貫に加工が施されていないことや、カマ②-B-28×120 と比較して貫厚が薄いことから、曲げモーメントは小さくなったと考えられる。

(4) 楔の形状の違いによる影響

アゴ②-B-30×120、アゴ③-B-30×120 を比較すると、アゴ②-B-30×120 が三角楔であるのに対し、アゴ③-B-30×120 は平行楔となっている。平行楔と比較して三角楔の方がより柱にめり込むためか、曲げモーメントは三角楔の方が若干大きくなる結果となった。

6. 2 短期許容耐力等の算定

短期引張許容耐力 P_m は、次式により算定する。

$$P_m = \min(\text{降伏モーメント } M_y, 2/3 \times \text{最大モーメント } M_{\max}) \times \alpha$$

(1) アゴ①-B-28×120、アゴ②-B-30×120、アゴ③-B-30×120 (アゴ)

α を決定する際に考慮すべき事項としては、アゴ部分の施工精度である。

ただし、アゴ形状の施工難易度を考えても、精度の違いが大きく現れるとは考えにくい。

また、試験体は、適用範囲よりもヤング係数の高いものも混じっている。

また、長期的な乾燥によるゆるみも影響する可能性がある。

以上を考慮して、低減係数 α を 0.85 とし、短期許容モーメントおよび回転剛性を定める。

(2) 平-B-21×105 (平)

平-B-21×105 は、貫の加工がないため、施工精度に大差はないものと考えられる。

ただし、試験体は、適用範囲よりもヤング係数の高いものも混じっている。

また、長期的な乾燥によるゆるみも影響する可能性がある。

以上を考慮して、低減係数 α を 0.85 とし、短期許容モーメントおよび回転剛性を定める。

(3) カマ①-B-28×120、カマ②-B-28×120 (カマ)

α を決定する際に考慮すべき事項としては、サバ尾部分の施工精度である。

サバ尾の形状は、柱のホゾ加工で施工精度に差が現れると考えられる。

また、試験体は、適用範囲よりもヤング係数の高いものも混じっている。

また、長期的な乾燥によるゆるみも影響する可能性がある。

以上を考慮して、低減係数 α を 0.85 とし、短期許容モーメント及び回転剛性を定める。

寸法型式	M_y (kNm)	γ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	$M(1/150$ rad) (kNm)	$2/3M_{\max}$ (kNm)	$\min(M_y, 2/3M_{\max})$ (kNm)	低減係数 α	短期許容耐力 (kNm)	採用短期許容耐力 (kNm)
------	----------------	---------------------------------------	----------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------	-----------------	-------------------

第 1 象限

アゴ①-B-28×120	0.84	14.32	0.35	0.58	0.58	0.85	0.49	0.5
カマ①-B-28×120	0.59	17.92	0.25	0.40	0.40	0.85	0.34	0.4
カマ②-B-28×120	0.24	35.38	0.07	0.22	0.22	0.85	0.19	0.2
平-B-21×105	0.32	20.74	0.09	0.26	0.26	0.85	0.22	0.2
アゴ②-B-30×120	1.14	18.81	0.45	0.90	0.90	0.85	0.77	0.8
アゴ③-B-30×120	1.02	23.62	0.39	1.00	1.00	0.85	0.85	0.8

第 3 象限

アゴ①-B-28×120	0.53	18.23	0.18	0.79	0.53	0.85	0.45	0.5
カマ①-B-28×120	0.49	9.23	0.34	0.62	0.49	0.85	0.42	0.4
カマ②-B-28×120	0.34	12.35	0.23	0.46	0.34	0.85	0.29	0.2
平-B-21×105	0.24	12.18	0.20	0.30	0.24	0.85	0.20	0.2
アゴ②-B-30×120	0.95	18.19	0.41	0.99	0.95	0.85	0.81	0.8
アゴ③-B-30×120	0.86	27.26	0.31	1.00	0.86	0.85	0.73	0.8

試験結果写真



J-1-①-4 楔浮き上がり (1/8. 8rad)



J-1-①-4 めりこみ (1/8. 8rad)



J-1-③-1 楔浮き上がり (1/8. 8rad)



J-1-③-1 めりこみ (1/8. 8rad)



J-2-①-4 楔浮き上がり (1/8. 8rad)



J-2-①-4 楔浮き上がり (1/8. 8rad)



J-2-③-1 楔のめりこみ・浮き上がり (1/8. 8rad)



J-2-③-1 楔浮き上がり (1/8. 8rad)