

在来構法の研究 (2)

内田 祥哉

一木造継手の強度剛性試験一

はじめに

本報告は継手仕口に関する継続研究の2年目にあたる研究の報告である。昨年度は、継手仕口全般にわたって、情報の整理と継手仕口の体系化を試みたが、本年は当初計画に従って、より具体的につっこんだ内容で、継手の強度剛性に関する試験を行った。

昨年度研究に於いて種々の作業を進めるうちに、我国古来の木造継手仕口各形状の持つ意味について、当初問題点のいくつかは解決されたと思う。事実、基本形を軸に、歴史的発達、使用部材等の情報を加味する事で、材の抜ける方向（逆に考えれば力に抗する方向）を限定する形、抜ける方向には変化を与えないが、強度ないし剛性を高める形、及び、これら力学的な意味よりもむしろ見えがかりの配慮から加えられる形というように、各継手仕口形状の部分の意味を整理していく事ができた。

しかしながら、それら仮説とも言えるすべてに十分な裏付けが得られた訳ではなく、とりわけ強度・剛性の問題に関わる量的な把握は、思考によるのみではなされ得ず、過去の実験等研究例も、こうした伝統的な継手仕口を考える上での助けとなるものはわずかである事が明らかとなった。

そこで今回、継手（I型の接合）仕口（L、T、X型その他の接合）の内でも実験や解析・応用が比較的容易と思われる継手に限って、種々の形状のもつ力学的意味をさぐる実験を行った次第である。

実験の計画段階では、形状と強度剛性の関係のみならず、未だ実験例のない重要な問題として材の乾燥の影響をからめた実験も立案されたが、純粹に形-強度剛性の関係を考えただけでも未解決の問題が多い事を考慮し、この問題に集中して実験を行い、その分より詳細かつ豊富な判断の材料を提供するようなデータを得る事に労力を傾けた。

尚、継手試験体材料の調達並びに継手の加工に際しては、田中文男氏（真木建設社長）にお骨折りを載いた。実験の供試体として、材料、加工とも極めて良好の継手サンプルを得られたのは、田中文男氏並びに、実際の加工に当たられた大工さん方のお陰である。

手加工の継手以外に、昨今、国内各地で使用の進んでいる機械加工による継手も、今後の木造継手の方向を探る意味も込めて、その2種類を実験供試体に加えたが、これらの加工には、積水ハウス（滋賀工場）、木下工務店（埼玉工場）の御協力を得た。

又、加力試験に際しては、農林水産省林業試験場の試験機を使用した。

1 実験の目的と方法

1-1 実験の目的

我国の木造建築のうち、社寺建築を中心とする伝統的木造建築では、もっぱら材の切組によって木材を接合する継手仕口が使われている。今日の一般木造住宅に使われる継手仕口も金物補強が部分的に併用されている点を除けば、その形状は伝統的木造建築の継手仕口に類似している。これら伝統的継手仕口は、複雑な形状のもつ強度上の意味に不明な点が多く、又、今日使われる比較的単純な形状のものに限っても、強度性状に関する実験研究は少ない。

一方、生産合理化の要求から、今日の木造継手仕口は簡略化の傾向にあると言われる。通常、木造建物内での継手仕口はこれをピン接合と見做して安全側の仮定をするし、又継手に関して言えば、強度的要求の小さいと目される箇所でも継ぐ事で安全が図られている訳だが、それではいったい土台継手に金輪継を用いるのが全く意味のない事なのか、又、すべて継手は簡単な蟻継程度でよいのかとなると、無論、これらを十分に裏付ける資料は無い。建築工事標準仕様書・同解説 JASS11 木工事（建築学会）にも、土台継手B種に腰掛蟻を採った理由として、「腰掛かま継…（中略）……は工作手間のわりに耐力が十分確実でないので、腰掛あり継に変えた」とあって、建物内継手に生じる応力と、その応力状態での継手挙動双方の判断の下に、継手の選択がなされている訳ではないことが示される。

こうした点をふまえて、蟻、鎌、略鎌、といった大まかな形状ごとにその強度、剛性ないし加力時の挙動を押えておく事、及び、これらにヴァリエーションあるいは複雑さをもたらす微妙な形状の差異が、強度、剛性にど

の程度のこういった影響を与えるのかを明らかにする事が、当面可能にして必要な事と考える。この2つの点が本実験の主な目的である。

もちろんここから直ちに建物内での継手の可否判定に至る訳ではなく、その前には特定荷重下での建物内各部の応力状態を解明する必要があり、仕口（L, T, X, その他の接合）の挙動に関するデータがむしろ重要と思われる。しかし、継手部分が無継手部分と同一の強度剛性を持たない以上、建物モデルとして正確を期すには継手を無視する訳には行かないであろう。本実験の結果も、そうした建物全体の解析に対して有効なデータになり得ると考える。

1-2 供試体継手

前年度研究をふまえ、遺構、大工書、今日の使用実態に現れる継手形状から、造作材等で見えがかり配慮の意味が大きいものを除き、構造材を中心に強度上の意味が大きいと考えられる継手を集め、基本形とその合成という観点で整理した。いわば供試体選定の母体となる継手形状であるが、個々の図は省き、選定の基本となった考え方を、実験目的との関わりで述べる。（選定した継手は図-2を参照）

まず、目的で述べた大まかな形の違いとは、継手形状の大略を規定している基本形によって示される（図-1）。これらの差異を押えた上で、ここに付加される基本形やその付加の仕方、あるいは鎌なら鎌でも首の部分に角度がつく（中世鎌）といったバリエーション等、細かな形の違いのもつ意味を明らかにしたい。この細かな形状差異の要因は、次のように整理される。

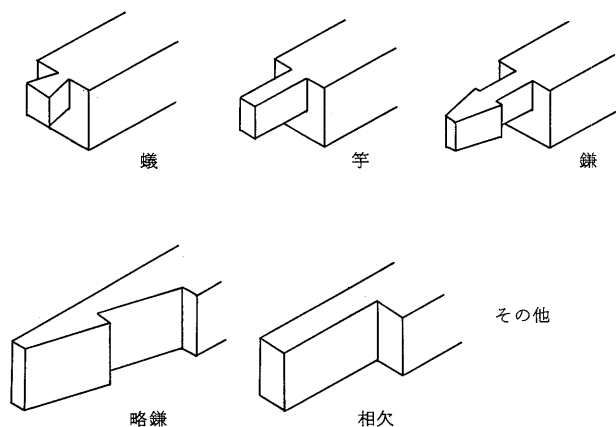
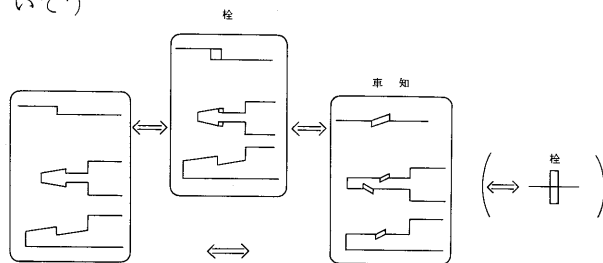
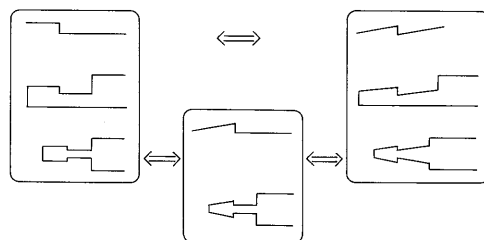


図-1 継手の基本形

○引張に抗する形の違い（鎌（竿），略鎌（相欠）に於いて*）

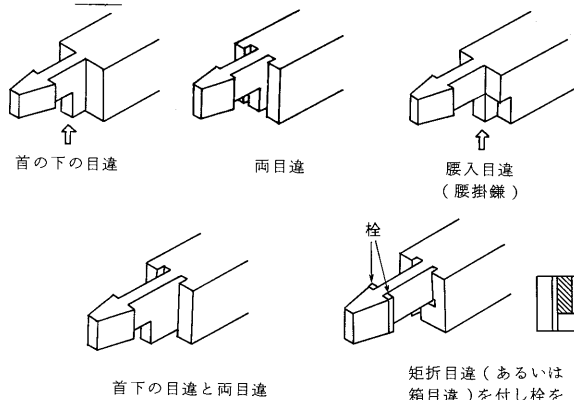


○斜めの角度（鎌，略鎌）

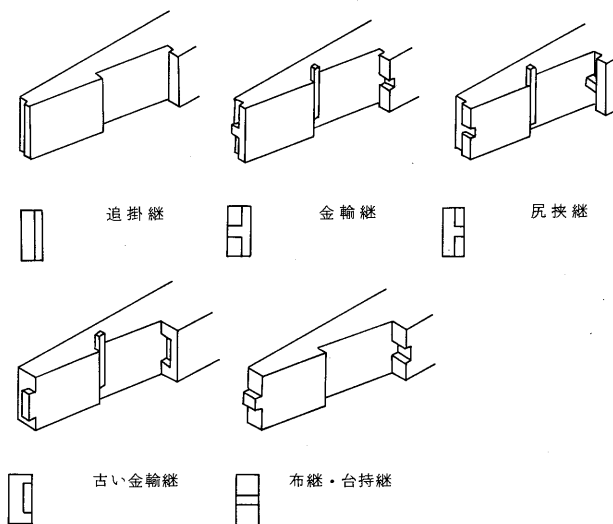


○目違の付加

（鎌継）

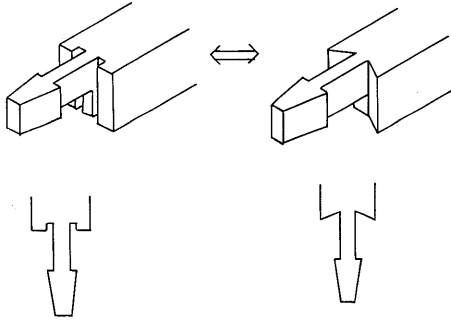


（略鎌）

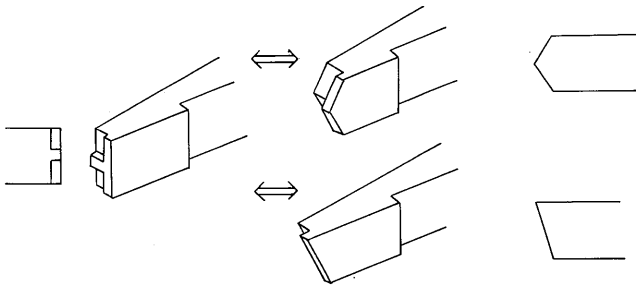


*注)ここに於いて、鎌と竿車知、略鎌と相欠+車知を、同じグループとして扱うことが可能である。

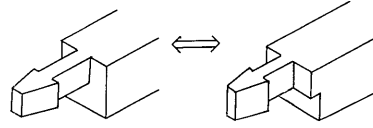
○目違の代用
両目違



金輪継の
横向きの目違



○腰掛 (鎌・蟻 他)



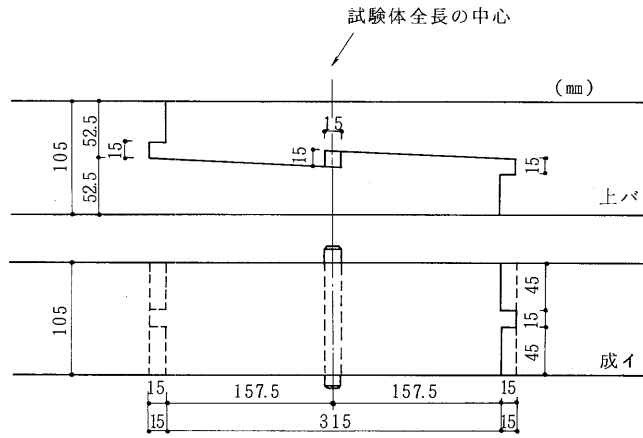
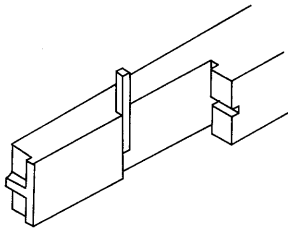
こうした整理を経て実例に即した形状から選定した供試体継手形状を図-2に示す。又、表-1には、各継手と荷重種類の対応、及び問題となっている形状相異点を示した。

寸法は今日のものを標準として、古い実例から拾ったヴァリエーションも寸法をこれに合わせ、形状の相異だけを比較できるようにした。過去の事例については、例が少ない割にプロポーシヨンはまちまちで平均的もしくは代表的なプロポーシヨンを求めるのが事実上困難だった事もあるが、過去に実在した継手の強度剛性等数値そのものに興味がある訳ではなく、形の影響がどうその挙動に現れるかという点に関心がある為で、実例のプロポーシヨンと極端な相異がなければよとする立場である。

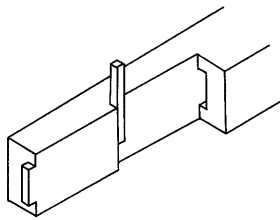
表-1 加力種類と形状相異

名称	加力試験 引張 曲げ	形状の大略を 定める基本形	引掛部分 の相異	目違形状
1. 金輪継	○ ○ ^鋼	略鎌		
2. 古・金輪継	○ ○	略鎌		
3. 古・金輪継(車知)	○ ○	相欠+車知		
4. 追掛継	○ ○	略鎌		
5. 斜・追掛継	○ ○	略鎌		
6. 金輪継(日吉大社)	○ ○	略鎌		
7. 中世鎌	○ ○	鎌		
8. 中世鎌(両目違)	○ ○	鎌		
9. 腰掛鎌継	○ ○ ○ ^鋼	鎌		
10. 目違大鎌継	○ ○	鎌		
11. 腰掛竿車知継	○ ○	竿+車知		
12. 腰掛蟻継	○ ○	蟻		
13. 貝の口継	○ ○			
14. 機械加工鎌継 S	○ ○	鎌		
15. 機械加工鎌継 K	○ ○	鎌		

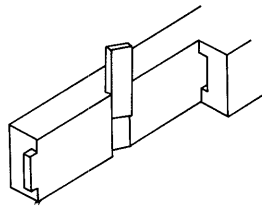
1. 金輪継



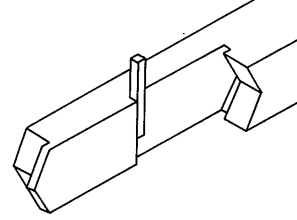
2. 古・金輪継



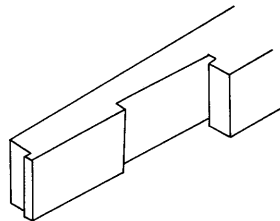
3. 古・金輪継 (車知)



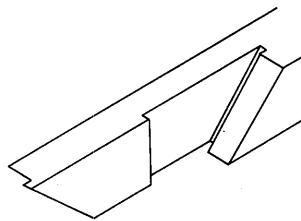
6. 金輪継 (日吉大社)



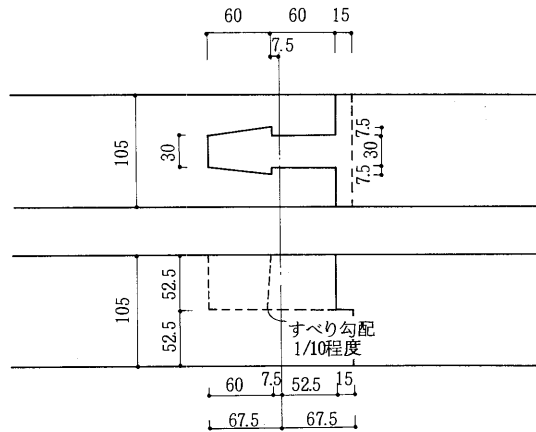
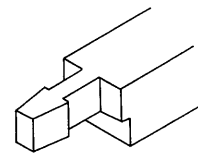
4. 追掛継



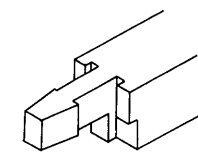
5. 斜追掛継



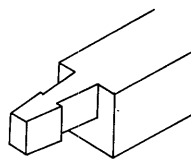
9. 腰掛鎌継



10. 目違大鎌継



7. 中世鎌継



8. 中世鎌継 (両目違)

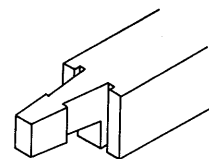
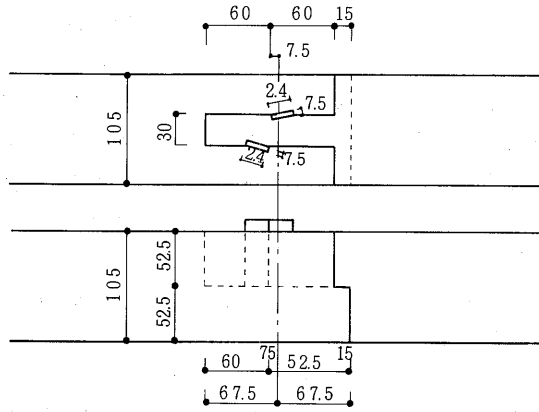
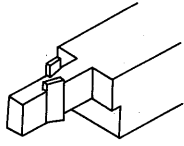
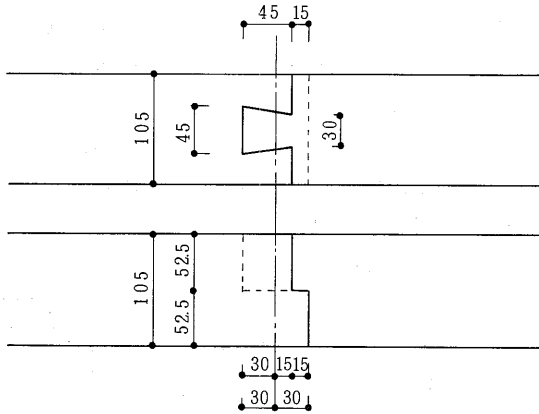
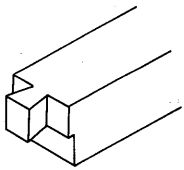


図-2 供試体継手形状, 寸法

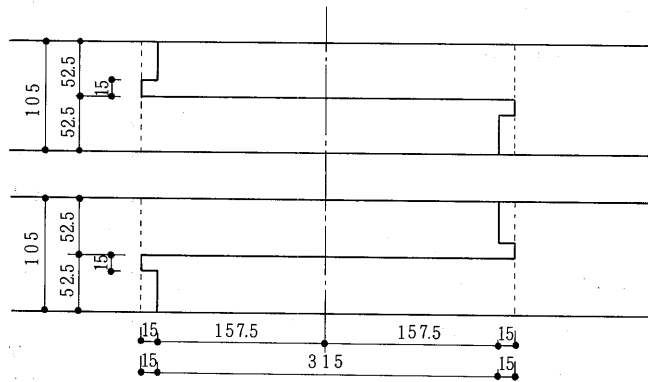
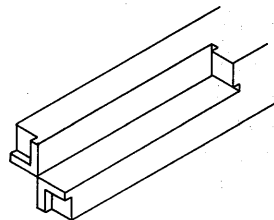
11. 腰掛竿車知継



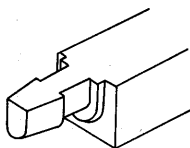
12. 腰掛蟻



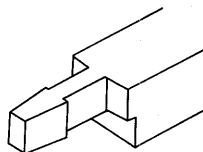
13. 貝の口継



14. 機械加工鎌継 S



15. 機械加工鎌継 K



(図-2 つづき)

1-3 実験方法

(1) 供試体

実験の主たる部分の供試体に用いた材は、心去り無節のスプルー（気乾材）で、比較の為、一部重複して心持節材ヒノキ（生材時加工、気乾時試験）を用いた。断面はいずれも10.5cm角、長さは引張試験体90cm、曲げ試験体150cmである。

各継手試験体は、できあがり長さに継手長さを加えた長い1本の材から継合せる2材を木取った。又、継手形状、荷重種類が同一の試験体を3体づつ用意したが、スプルーにおいては、これら3体毎の組が相互に材料的偏りを持たないよう配慮を加えた。即ち、引張試験体では、丸太材からの木取りで樹心からの距離に偏りがないようにし、曲げ試験体では継手加工前の曲げ剛性試験結果に基づき、3体毎のグルーピングを行った。

材の木取りは、比重、含水率、年輪巾、曲げヤング係数等の測定結果と合せて、結果の項に記す。

(2) 加力方法

荷重は曲げ、引張の2種を加えたが、使用した試験機は島津製作所オートグラフIS-5000（インストロン型、容量5t）で変位制御の片押し加力とし、速度はいずれも荷重点速度毎分0.5mmとした。

引張試験は引張区間60cm、曲げ試験はスパン120cm、4等分点2点荷重方式で、いずれも試験体の中央に継手を設けた。

各継手に対する曲げの方向は、鎌、蟻ではそれぞれ引張に抗する形が曲げの引張側となる向きに。又、略鎌では引掛を持つ形が曲げの引張側、圧縮側に現れるような向きに統一しているが、別に腰掛鎌の逆向き、金輪継の横向きの試験も行った。

(3) 測定方法

引張試験、曲げ試験双方の加力時測定項目は以下の通りである。

- 試験機自動記録……荷重-変位、全試験体
- 変位計 ……引張試験4面各1点
曲げ試験、荷重点直下2点及び継手部分数点
(ただし応力塗料を用いたものは、観察の都合上数を減じている。)
- ストレインゲージ……ペーパーゲージ 長10mm、継手形状に応じ26~40点 3体中1体
- 応力塗料 ……特殊塗料株式会社応力塗料 CRUX 3体中1体

ただし、機械加工鎌継K、無継手、ヒノキの各試験体については、歪ゲージ、応力塗料による歪測定を行っていない。

応力塗料は、あらかじめ特殊な塗料を塗布して加力試験を行ない、塗膜面に生じるき裂により各部の歪を把握するものである。基本的には引張応力に対応してき裂を生じるが、遅い変位速度で試験を行う場合には、圧縮部の塗膜内に応力緩和が生じ、この状態で急激に応力を解放すると相対的に引張応力を生じる事になり、圧縮応力に対応したき裂が発生する。厳密な測定では歪の定量的把握も可能であるが、本実験では歪ゲージにより各点での定量的把握を行ない、応力塗料では定性的結果を得るにとどめた。

2 結果と考察

2-1 供試体に関する測定結果

供試体について、比重、年輪巾、含水率、曲げヤング係数等の測定結果を表-2、表-3に、又、木取りを図-3に示す。供試体に関してはこの他、継手接触面の隙間（外観）、試験前クラックの位置、材各面の繊維方向の各測定を行っている。

表-2 引張試験供試体測定結果

継手種類	比重*	年輪巾(mm)	木取符号
古金輪 T-1	0.440	1.0	A-1
T-2	0.428	1.4	A-2
T-3	0.426	1.4	A-2
古金輪 T-1	0.435	1.0	A-c
(車知) T-2	0.419	1.5	A-h
T-3	0.412	1.3	A-u
追掛 T-1	0.434	0.7	A-f
T-2	0.419	1.5	A-9
T-3	0.400	2.1	A-h
中世鎌 T-1	0.441	1.2	A-l
T-2	0.413	1.7	A-11
T-3	0.397	2.3	A-23
中世鎌 T-1	0.420	1.0	A-ch
(両目) T-2	0.411	1.7	A-na
T-3	0.407	2.2	A-ra
腰掛鎌 T-1	0.433	0.9	A-23
T-2	0.432	1.0	A-h
T-3	0.402	2.3	A-19
目違大鎌 T-1	0.434	1.0	A-h
T-2	0.418	1.3	A-15
T-3	0.397	2.3	A-20
腰掛竿車知 T-1	0.404	2.0	B-t
T-2	0.400	1.7	B-ra
T-3	0.391	2.1	B-h
腰掛蟻 T-1	0.439	1.1	A-a
T-2	0.392	1.8	A-16
T-3	0.430	1.1	A-ta
T-4	0.387	1.3	B-ta
目違大鎌 T-1	0.570	3.8	-
(松) T-2	0.477	2.6	-
T-3	0.457	2.7	-

*) 加力試験時の測定

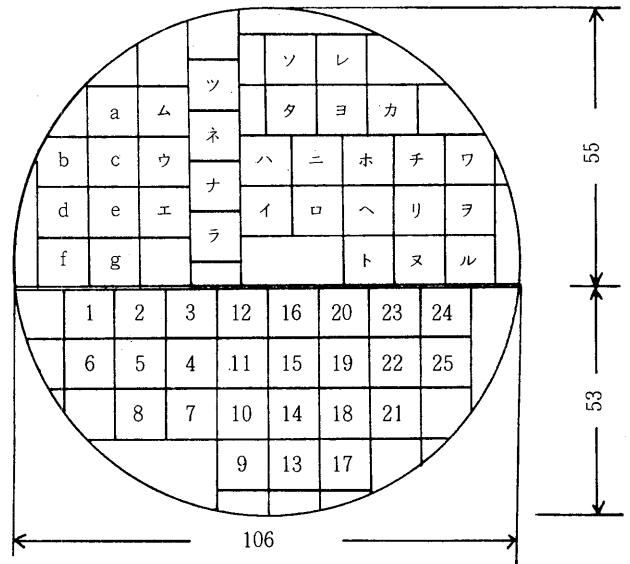
表-3 曲げ試験供試体測定結果

継手種類	比重*)	年輪巾	含水率**)	曲げヤング率**)	木取符号
			(%)	(10 ⁸ kg/cm ²)	
金輪継 B-1	0.453	0.7	14.1	111.7	A-レ
B-2	0.433	1.1	12.4	107.4	A-チ
B-3	0.391	1.2	10.6	87.3	B-タ
金輪継 B'-1	0.440	1.1	11.7	108.0	A-ル
(横曲げ) B'-2	0.436	0.8	13.1	102.8	A-ト
B'-3	0.382	1.4	10.0	97.5	B-ホ
古金輪 B-1	0.438	1.1	12.0	106.6	A-1
B-2	0.435	0.7	23.9	110.2	A-ル
B-3	0.381	1.4	12.5	89.7	B-ホ
古金輪 B-1	0.434	1.0	12.0	109.4	A-ヌ
(車) B-2	0.426	0.8	14.6	106.0	A-21
B-3	0.383	1.9	11.0	94.6	B-ロ
追掛継 B-1	0.435	0.9	17.0	109.2	A-23
B-2	0.409	1.3	12.0	104.4	A-ネ
B-3	0.373	1.3	14.8	95.2	B-イ
斜追継 B-1	0.451	0.9	12.7	111.3	A-カ
B-2	0.434	0.9	28.0	108.8	A-ト
B-3	0.369	1.4	11.2	94.4	B-ヨ
金輪継 B-1	0.442	0.7	12.1	109.2	A-ヲ
(日吉) B-2	0.395	1.6	12.1	107.9	B-ル
B-3	0.380	1.9	13.1	99.5	B-ヘ
中世鎌 B-1	0.434	0.9	16.9	109.1	A-25
B-2	0.388	1.2	13.0	101.5	B-ヌ
B-3	0.380	1.9	12.0	85.2	B-レ
腰掛鎌 B-1	0.434	0.9	12.6	106.7	A-c
B-2	0.409	1.0	11.2	101.1	B-ナ
B-3	0.400	1.0	11.0	87.5	B-ソ
腰掛鎌 B'-1	0.436	0.5	23.0	105.0	A-d
(逆曲げ) B'-2	0.380	1.5	12.4	100.8	B-ヌ
B'-3	0.379	1.4	12.4	87.9	B-ヨ
目違大鎌 B-1	0.408	1.0	14.0	104.4	B-ナ
B-2	0.382	1.3	30.0	97.1	B-イ
B-3	0.382	1.6	12.3	88.8	B-レ
竿車知 B-1	0.403	1.6	13.1	104.0	B-ヲ
B-2	0.404	1.9	13.1	96.9	B-ト
B-3	0.395	1.1	11.8	94.5	B-ソ
腰掛蟻 B-1	0.431	1.1	13.2	103.5	A-5
B-2	0.404	1.9	11.5	95.5	A-ウ
B-3	0.383	1.8	12.4	95.4	B-ツ
貝の口 B-1	0.436	-	16.6	108.1	A-ツ
B-2	0.427	1.0	14.7	103.1	A-ヨ
B-3	0.384	1.5	12.2	97.5	B-ツ
機械鎌 B-1	0.432	0.9	12.2	107.9	A-25
(S) B-2	0.401	2.0	13.0	102.8	B-ハ
B-3	0.425	1.0	13.4	99.9	A-19
機械鎌 B-1	0.412	1.4	12.0	107.5	A-イ
(K) B-2	0.422	0.9	12.3	101.7	A-ヘ
B-3	0.422	0.8	18.3	100.4	A-a
金輪継 B-1	0.518	2.1	-	99.0	-
(松) B-2	0.462	5.4	-	83.7	-
B-3	0.545	3.2	-	73.6	-
目違大鎌 B-1	0.569	2.5	-	96.8	-
(松) B-2	0.496	3.6	-	82.1	-
B-3	0.512	3.9	-	69.9	-
単体 B-1	0.411	1.5	12.9	106.2	A-リ
(スプルス) B-2	0.422	0.9	12.9	102.7	A-18
B-3	0.420	1.0	14.1	97.5	A-22
単体 B-1	0.545	3.2	-	85.4	-
(松) B-2	0.521	2.7	-	81.6	-
B-3	0.496	2.6	-	69.4	-

*) 加力試験時の測定 ***) 加工前の測定

A

(単位 cm)



B

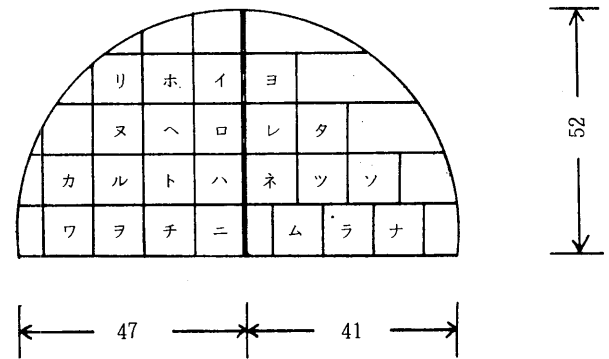


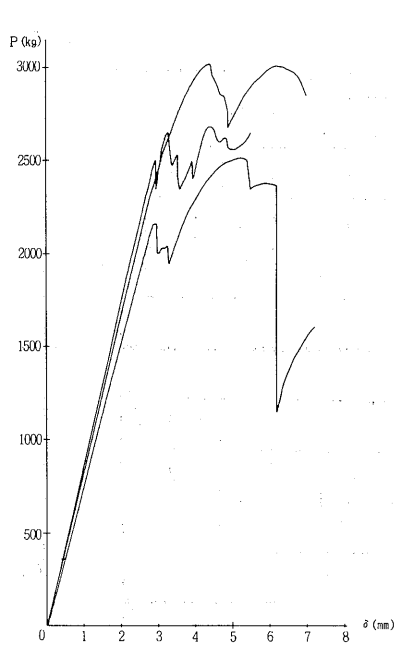
図-3 スプルス 木取り

2-2 引張試験

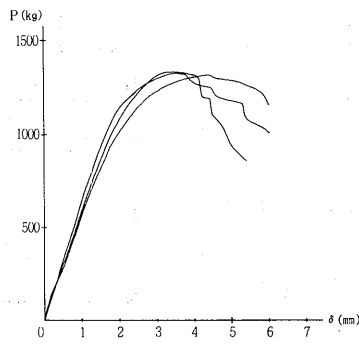
引張試験の荷重-変形曲線を図-4に、結果一覧を表-4に示す。尚、破壊パターンは曲げ試験と合わせて図-9に示した。

略鎌、鎌、蟻という継手形状の大略を決める基本形による分類は、強度・剛性の差異をよく表しており、最大荷重、引張剛性とも概ね略鎌、鎌、蟻の順に小さくなる。グループ内の比較では、略鎌、鎌のグループとも、車知を用いたもので最大荷重、剛性が低く、古金輪継(車知)は略鎌グループに属するものの、数値としては鎌グループと同等である。又、鎌における両目違の有無の比較から、両目違を附したものは最大荷重のばらつきが小さく、高い値で安定する傾向が見られる。

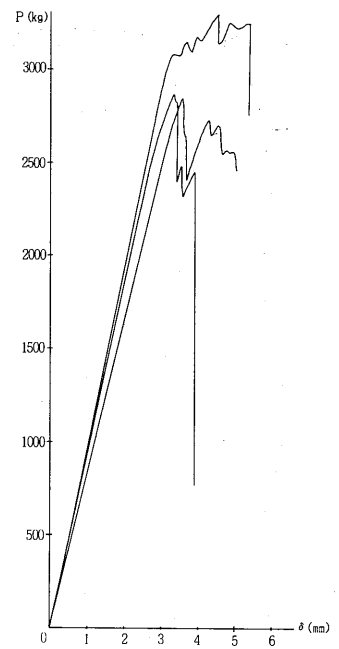
こうした差異の生じる理由は、十分明らかになし得た訳ではないが、細部の歪測定や、破壊過程の観察等をもとに行った考察を述べる。



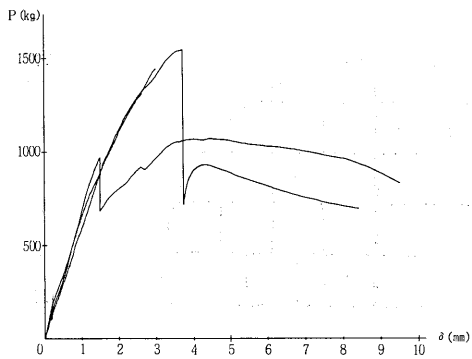
2. 古・金輪継



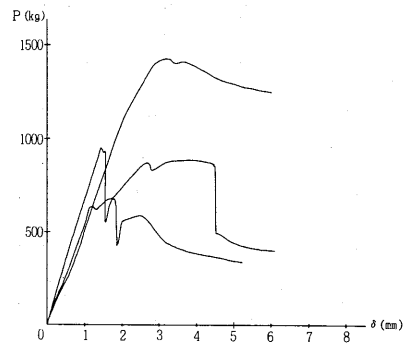
3. 古・金輪継 (車知)



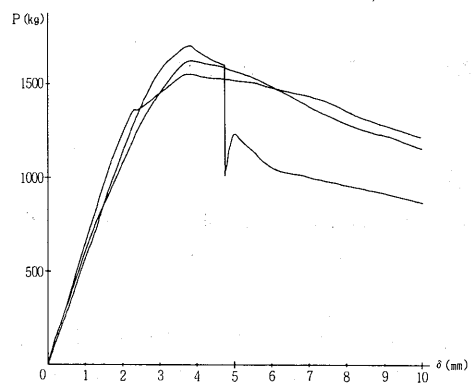
4. 追掛継



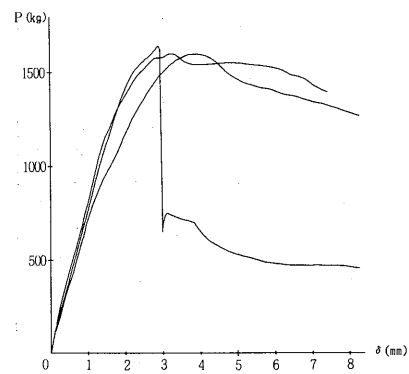
7. 中世鎌継



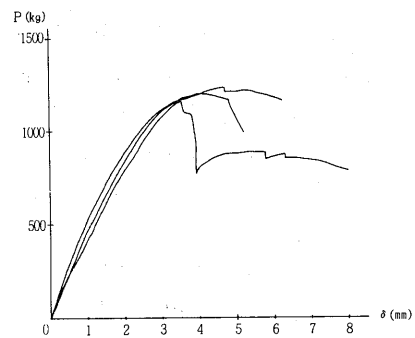
9. 腰掛鎌継



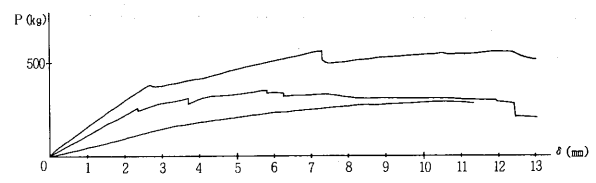
8. 中世鎌継 (両目達)



10. 目達大鎌継



11. 腰掛竿車知継



12. 腰掛蟻継

図-4 引張試験・荷重-変形曲線

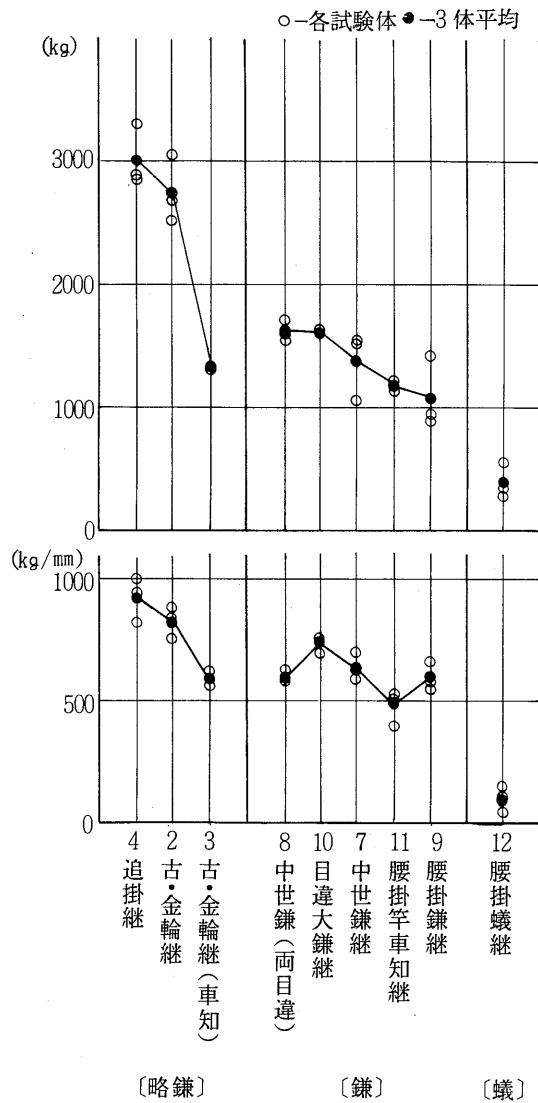


図-5 引張試験・最大荷重, 剛性

蟻はその形状から、引張に対して繊維直交方向 (= 荷重直交方向) の圧縮応力を生じ、さらにこれにより女木の割裂を起こすというように、略鎌、鎌のグループとは異った経過をたどる。又、鎌のグループでも腰掛竿車知継は、引張に対して車知が回転を起し、蟻と同様女木側の割裂を生じており、略鎌グループの古金輪継(車知)も、車知の回転から略鎌先端の目違での割れが生じて、荷重の低下を招いている。

上記以外の略鎌、鎌両グループに於ける主たる破壊は、引掛部分のせん断力によるものである。ここには、図-6のように、引掛部分の圧縮力と引張応力の偏心により偶力が生じると考えられるが、引掛部分接触面での両材のずれがないとすれば、偶力によるたわみを打消すだけの横向きの摩擦力が、引掛部分に働いている事になる。

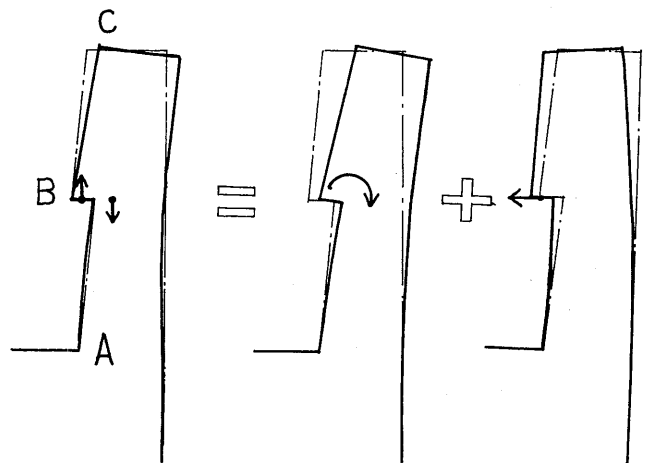


図-6 鎌・略鎌の偶力と摩擦力

表-4 引張試験結果一覧

樹種	継手種類	比例限度	引張剛性 (kg/mm)	最大荷重		破壊過程 (図-9参照)
		荷重 (kg)		荷重 (kg)	最大変位 (mm)	
ス プ ル ス	2. 古金輪	2083	827	2750	4.7	E→B→D
	3. 古金輪(車知)	787	587	1323	3.9	F
	4. 追掛	2525	923	3010	3.8	E→D, B
	7. 中世鎌	810	637	1383	3.9	B, D(女木)
	8. 中世鎌(両目違)	958	597	1630	3.7	B(+C), D
	9. 腰掛鎌	812	600	1087	2.8	B, D
	10. 目違大鎌	848	740	1613	3.3	B, D
	11. 腰掛竿車知	442	483	1197	4.1	A, D
12. 腰掛蟻	198	103	400	8.0	A	
ヒノキ	10. 目違大鎌	1067	723	1788	3.5	B

ただし、これは略鎌の付根部分（A）で横方向の変位が拘束された場合で、本実験の略鎌に関してはこの拘束がなく、摩擦力は生じない。鎌では左右対称の為、変位の拘束がある場合と同様に考えられよう。

この摩擦力がせん断面に割裂の影響を加え、鎌での最大耐力低下の原因となる事が考えられる。しかし、両目違のある場合には、C位置での目違の働きで偶力によるたわみを減じ、引掛部分の摩擦力は生じず、割裂の影響は加わらない。鎌に両目違を付したもので最大耐力が高い値に安定しているのは、上記の現れととる事ができよう。

略鎌の場合にも偶力による回転は起こり、略鎌先端がそり返るような変形を示す。追掛継、古金輪継でのクラックはこの為に生じたと考えられるが、クラック発生後も荷重は増加し、最大耐力は先に述べたせん断力による破壊で決定される。

2-3 曲げ試験

曲げ試験の荷重-たわみ曲線を図-7に、結果一覧を表-5に。又、破壊のパターンを図-9に示す。尚、図-7の横軸は荷重点のたわみを用いている。

曲げ試験に於ける強度、剛性の値も、やはり引張試験と同様、略鎌、鎌、蟻という形状によって概ね分ける事ができ、最大荷量は、略鎌、鎌、蟻の順に小さくなるが、剛性は引張試験結果とやや異なり、略鎌と鎌がほぼ同等で、蟻のみ低い値であるという結果が得られた。

最大荷重の順については、曲げの場合でも引張側の破壊が決定的となる事が多いので、引張試験結果に準じて考える事ができよう。鎌の剛性が略鎌と同程度に高い点は、引掛部分が材断面の引張側にあつて引張力に抗し、圧縮側は胴付面が受持つという効率のよい役割分担がなされているという理由が考えられる。

グループ内の比較では、車知を用いたもので強度又は剛性が低く、又、鎌のグループで両目違を付した目違大鎌継は、腰掛鎌に比して最大荷重が安定している等、引張試験と同様の傾向が見られる。

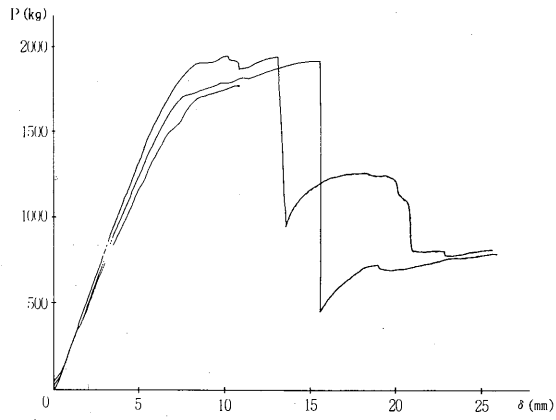
曲げ試験に特有の破壊パターンとしては、側面上部の割れ（図-9、G）略鎌に於ける側面目違周辺の割れ（同、H）等がある。このうち側面上部の割れは、鎌ではピーク後に起こるのに対し、略鎌では比例限度を超えた辺りで起こっており、注意を要する。又、略鎌に於ける側面目違周辺の割れは、古金輪継、古金輪継（車知）では必ずしも側面とは限らず、内部の目違によって引張側の面に割れが現れる事もあった。

これら略鎌の曲げ試験に特有の破壊は、継手部分の回転に起因すると考えられる。即ち、略鎌は曲げに対して図-10のような回転を起し、胴付面でのずれを生じるが、密着した胴付面上部の摩擦によって割裂Gが、又、目違によって割裂Hが生じるという説明ができる。

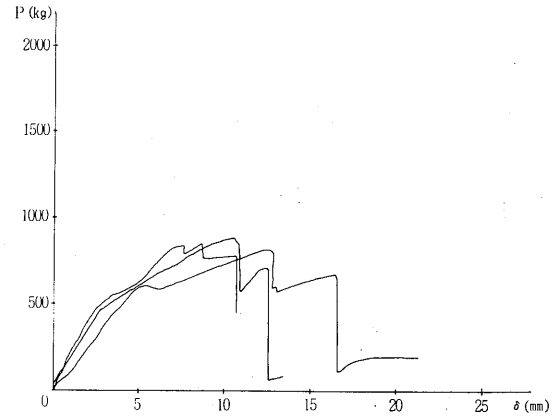
このように、略鎌では曲げに抗する箇所として、引掛部分、胴付面（圧縮、摩擦）、ずれを抑える目違、の3点が考えられる。金輪継（日吉大社）では、胴付面が斜め

表-5 曲げ試験結果一覧

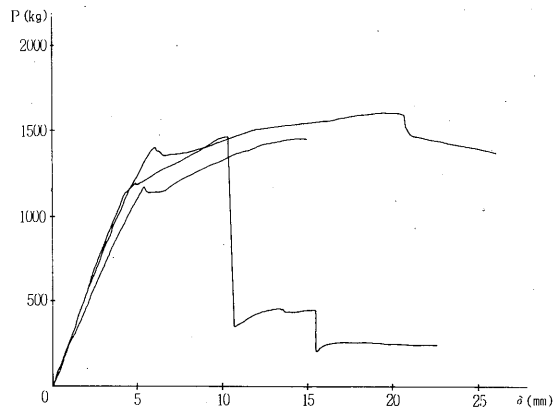
樹種	継手種類	比例限度			剛性		最大荷重				破壊過程 (図-9参照)
		荷重 (kg)	曲げモーメント (10 ³ kg・cm)	応力 (kg/cm ²)	曲げ剛性 (10 ⁸ kg・cm ²)	ヤング係数 (10 ³ kg/cm ²)	荷重 (kg)	曲げモーメント (10 ³ kg・cm)	応力 (kg/cm ²)	最大荷重時 たわみ(mm)	
ス ブ ル ス	0 無継手	5518	828	429	99.8	98.5	8283	1243	644	-	
	1. 金輪	1033	15.5	80	42.8	42.3	1878	28.2	146	13.1	H→G→E→D
	2. 古金輪	841	12.6	65	43.4	42.8	1518	22.8	118	15.0	G E→H; D
	3. 古金輪(車知)	566	8.5	44	40.9	40.3	1012	15.2	79	10.5	G→E→H
	4. 追掛	935	14.0	75	41.0	40.5	1443	21.7	116	7.8	E G→D
	5. 斜追掛	1058	15.9	82	44.5	43.9	1798	27.0	140	9.9	E→G→D
	6. 金輪(日吉大社)	1125	16.9	87	25.3	24.9	1510	22.6	117	13.3	G→E→D
	7. 中世鎌	547	8.2	50	44.1	43.6	844	12.6	66	3.8	B, C, D
	9. 腰掛鎌	583	8.8	45	44.8	44.2	831	12.5	65	6.0	B→G
	10. 目違大鎌	567	8.5	44	48.2	47.6	955	14.3	74	5.6	E B→G
	11. 腰掛竿車知	413	6.2	32	31.1	30.7	836	12.5	65	8.1	A→C, D
	12. 腰掛蟻	133	2.0	10	4.2	4.1	220	3.3	17	14.0	A
	13. 貝の口	478	7.2	37	23.8	23.5	682	10.2	53	11.4	F→E
	1. 金輪(横曲げ)	423	6.4	33	27.2	26.8	848	12.7	65	10.1	E→D→F(側面)
	9. 腰掛鎌(逆曲げ)	203	3.0	16	14.0	13.9	365	5.5	28	5.6	C, (B, D, 内部)
ヒ ノ キ	14. 機械加工鎌継S	467	7.0	36	24.5	24.1	765	11.5	59	6.9	B, B→D
	15. 機械加工鎌継K	283	4.2	22	14.7	14.5	605	9.1	47	25.2	C→B
	0 無継手	5055	75.8	393	87.4	86.3	6791	101.9	528	-	-
ヒ ノ キ	1. 金輪	1317	19.8	102	37.4	37.0	1834	27.5	143	12.5	G H→A→D
	10. 目違大鎌	815	12.2	63	43.4	42.8	1052	15.8	82	5.1	E→B→G



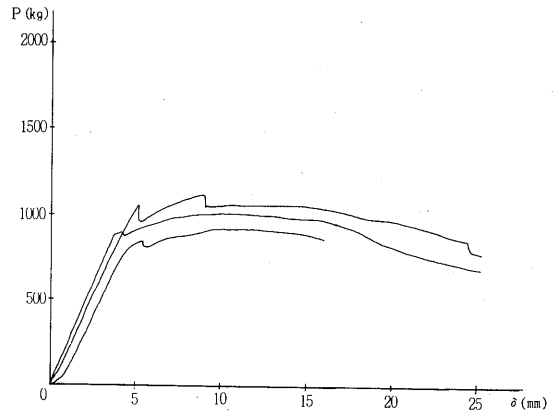
1. 金輪継



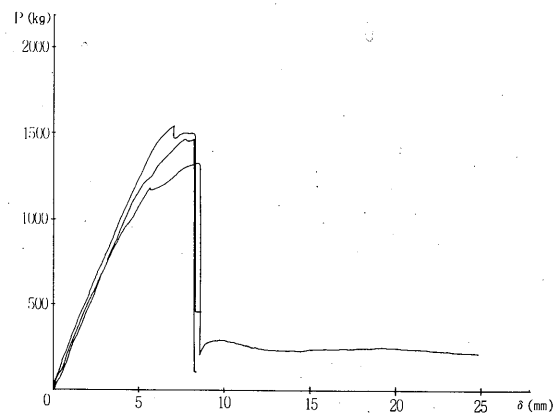
1' 金輪継(横曲げ)



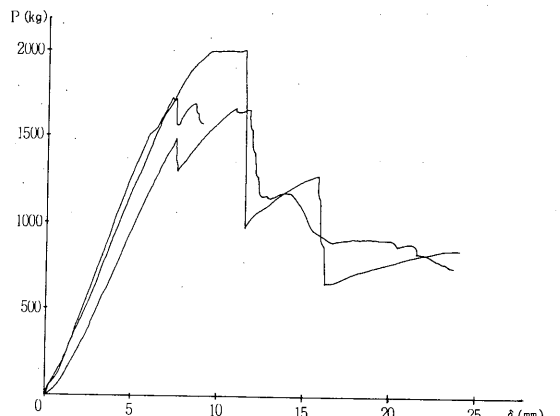
2. 古・金輪継



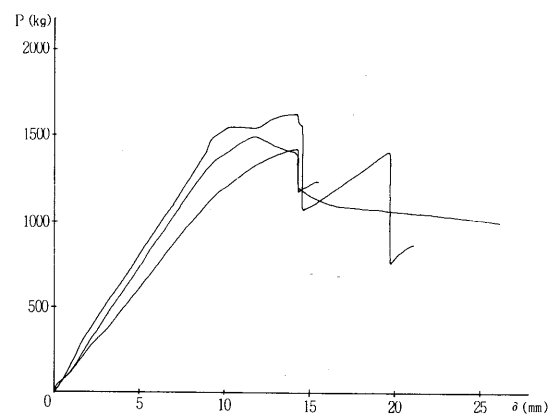
3. 古・金輪継(車知)



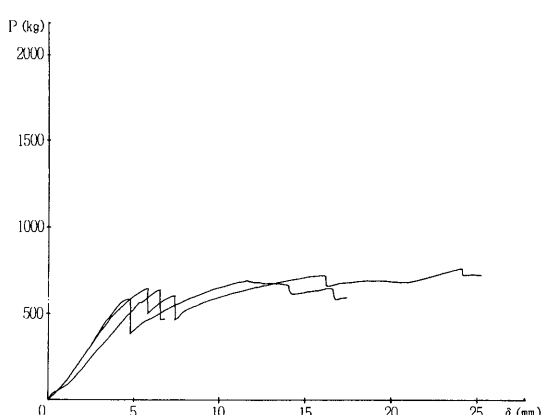
4. 追掛継



5. 斜追掛継

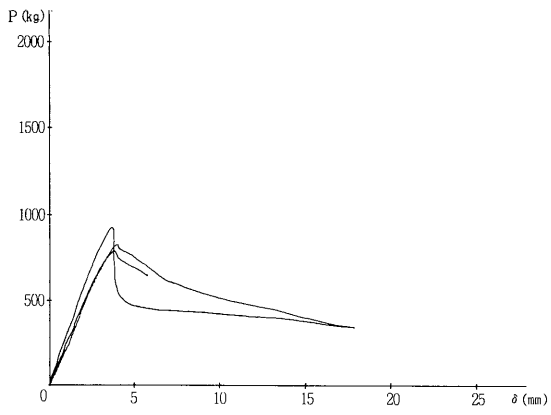


6. 金輪継(日吉大社)

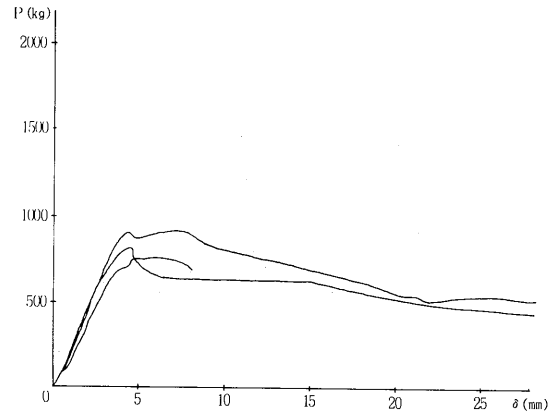


13. 貝の口継

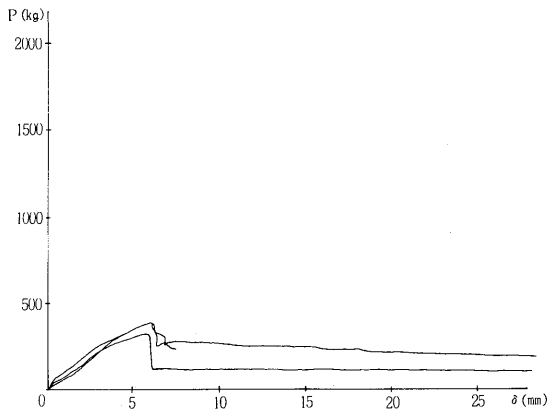
図-7 曲げ試験・荷重-たわみ曲線
(たわみは荷重点たわみを用いた)



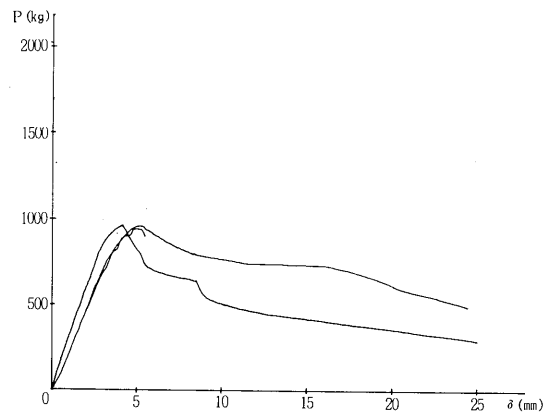
7. 中世鎌継



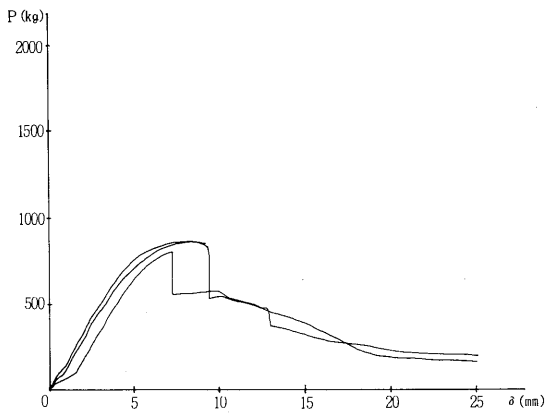
9. 腰掛鎌継



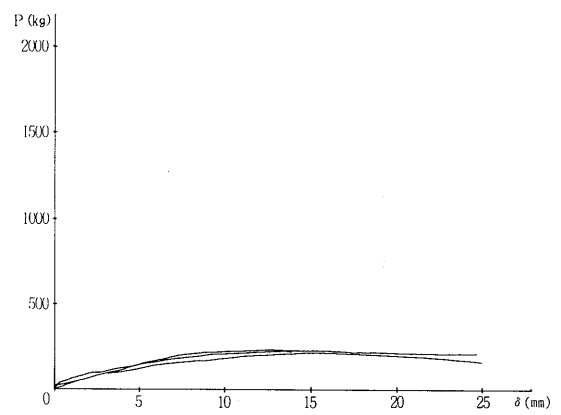
9' 腰掛鎌継 (逆曲げ)



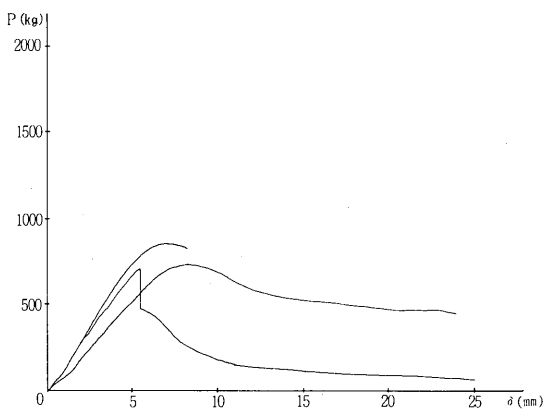
10. 目違大鎌継



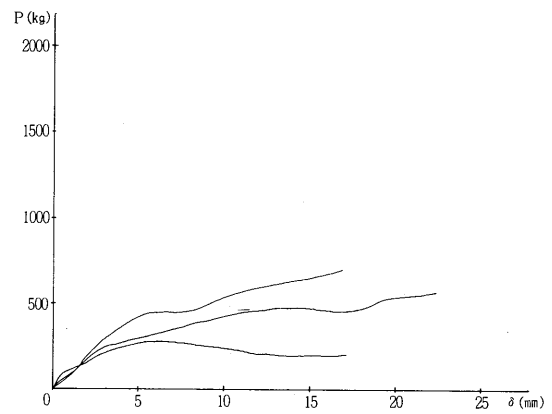
11. 腰掛竿車知継



12. 腰掛蟻継



14. 機械加工鎌継 S



15. 機械加工鎌継 K

図-7 つづき

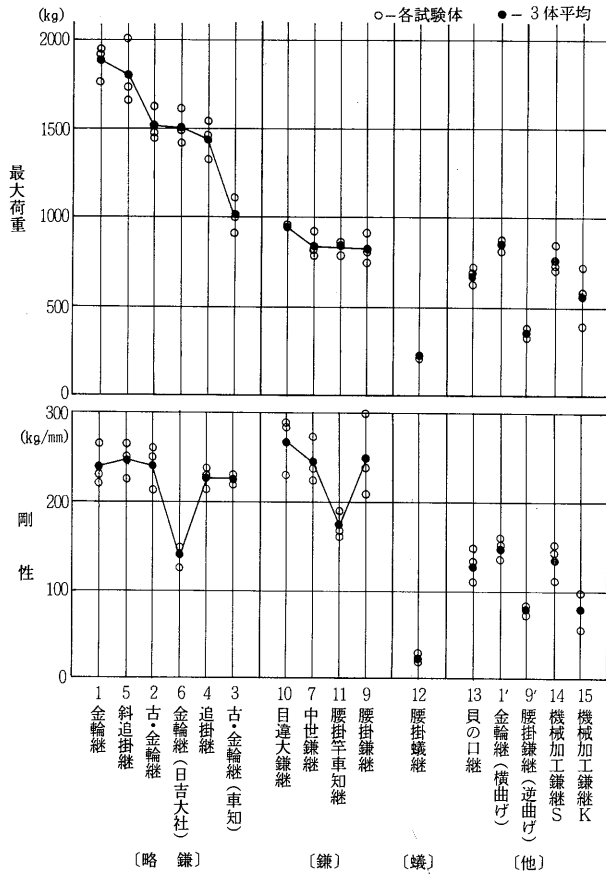


図-8 曲げ試験・最大荷重, 剛性

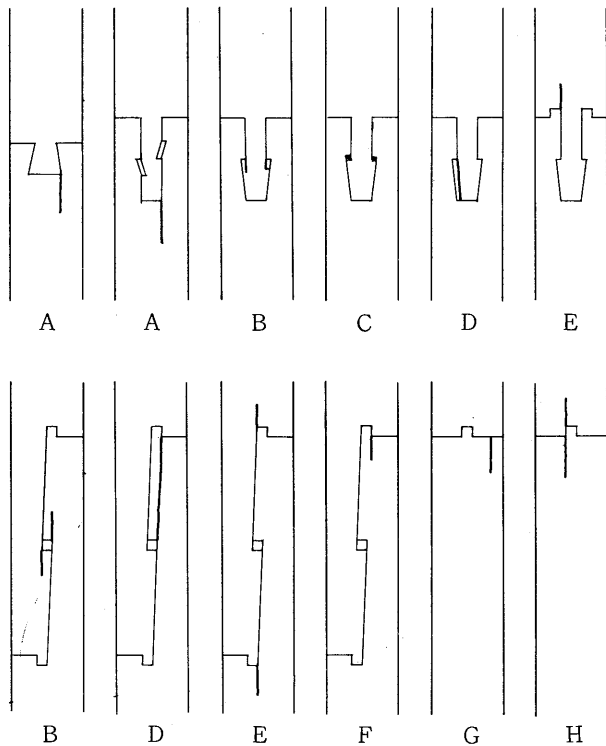


図-9 破壊のパターン

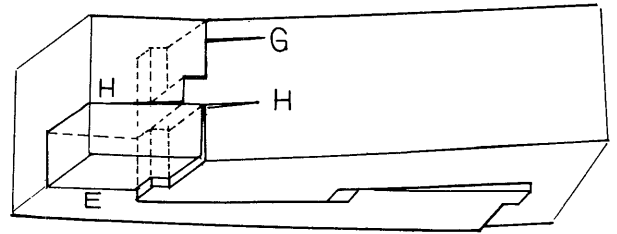


図-10 金輪継の破壊パターン

になって曲げに対して上部が密着せず, これが剛性低下の原因になっていると思われる。

3 まとめ

今回の実験により得られた成果を略述すると, まず, 略鎌, 鎌, 蟻という大まかな形の違いによる強度, 剛性の差異を把握し得た点が挙げられる。とりわけ, 従来殆んど実験例の無かった腰掛蟻継の引張, 曲げ, 及び鎌の引掛部分を引張側とする曲げについて, それぞれ, 他形状, あるいは逆方向曲げとの量的な比較ができた。

又, 略鎌, 鎌のグループ内で, 微妙な形状差異(目違, 角度, 栓の有無等)が, 強度, 剛性に及ぼす影響について, 量的把握ができ, これら形状の力学的役割について考察を進める事ができた。

ただし, 実験自体が上述のような形状効果に主眼をおいたものであって, ここから直ちに建物内継手一般を論じるのは, 材種, 材の欠点, 加工精度等の点で問題がある。一方, 形状と破壊, ないし強度剛性の値について, 定量的な裏付けを伴う考察は未だ十分ではなく, 又, 実際の建物内での使用について, 各部材に生じる応力との関係から, 構造上の一般的な可否の判定を下すまでには至らなかった。これらは今後の課題である。

〈研究組織〉

- | | | |
|------|-------|---------------|
| 研究主査 | 内田 祥哉 | 東京大学教授 |
| | 伊藤 延男 | 東京国立文化財研究所長 |
| | 太田 邦夫 | 東洋大学助教授 |
| | 藤井 毅 | 林業試験場集成加工研究室長 |
| | 坂本 功 | 東京大学助教授 |
| | 大野 隆司 | 東京工芸大学助教授 |
| | 深尾 精一 | 東京都立大学助教授 |
| | 安藤 邦廣 | 東京大学助手 |
| | 松留慎一郎 | 東京大学助手 |
| | 源 愛日児 | 東京大学大学院生 |
| | 河合 直人 | 東京大学大学院生 |