

ISSN 0388-7847

岐阜県森林科学研究所

研 究 報 告

第 28 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Forest Science Research Institute

岐阜県森林科学研究所

岐阜県美濃市

1999年3月

目 次

論 文

多雪地域に植栽された広葉樹 8 種が植栽後

7 年間に受けた諸被害 1

横 井 秀 一

水 谷 嘉 宏

横 谷 祐 治

山 口 清

在来軸組構法による住宅の木質接合性能 9

富 田 守 泰

資 料

シイタケ菌床栽培における培地の反転が

子実体発生に与える影響 23

水 谷 和 人

多雪地域に植栽された広葉樹 8 種が植栽後 7 年間に受けた諸被害

横井秀一・水谷嘉宏*・横谷祐治**・山口清***

Damages of eight species hardwoods during seven years after plantation in the snowy region

Shuichi YOKOI, Yoshihiro MIZUTANI, Yuji YOKOTANI and Kiyoshi YAMAGUCHI

岐阜県飛騨地方の多雪な環境下に植栽された広葉樹 8 種（ミズナラ、クリ、ケヤキ、ホオノキ、トチノキ、シナノキ、キハダ、ミズメ）が植栽後 7 年間に受けた各種の被害状況とそれらの被害が植栽木の成長に及ぼす影響とを調査した。調査開始から終了までの 6 年間の生存率には樹種による差が認められ、生存率が高い樹種はホオノキ、シナノキ、ケヤキ、低い樹種はミズメ、ミズナラ、トチノキであった。また、全ての樹種において、植栽後の 7 年間（ミズメは 6 年間）に半数以上の個体が何らかの被害を受けていた。植栽木が受けた被害の種類は、雪害、獣害、誤伐が多く、虫害はわずかであった。樹種別の雪害被害率は 33.3～63.0% の範囲にあり、被害率と被害形態には樹種による差が認められた。雪害被害率の高い樹種はクリ、ケヤキ、シナノキで、被害率の高い被害形態は幹折れであった。また、平坦地という地形は雪害の発生を助長する要因であることが考えられた。獣害被害率は 2.8～30.0% の範囲にあり、ミズナラとケヤキで被害率が高く、キハダとホオノキで低かった。獣害の被害形態には、樹種による差がみられた。ノネズミによる剥皮はケヤキに、根元の切断はミズナラに多く発生した。ノウサギやカモシカによる枝の切断の被害率は低かった。誤伐はミズメを除く全樹種にみられ、その被害率は 3.8～19.4% で、樹種による差はみられなかった。次に、被害を受けた個体の回復状況を検討した。形成層に被害を受けた植栽木は、枯死するか被害部より下部からの萌芽で再生するかしていた。そうでない被害木は、特に変化を示さないまま生存する場合が多かった。樹幹長を被害木と無被害木とで比較した結果、クリ、ケヤキ、ホオノキ、キハダに差がみられ、これらの樹種では被害によって成長が阻害されたと考えられた。

キーワード：広葉樹、人工林、成林阻害要因、雪害、獣害、誤伐

I はじめに

近年、広葉樹を造林しようとする気運が高まっている。しかし、広葉樹造林に関する情報は、主要造林樹種であるスギやヒノキなどの針葉樹と比較すると極めて少ない（片岡・柳沢, 1981）。広葉樹造林を成功させるためには、成功例、失敗例を問わず多くの事例を集め、成功したときの条件や失敗の原因を解析し、その情報を施業体系に組み入れていくことが重要である。なかでも失敗の原因—広葉樹人工林の成林阻害要因—を明らかにし、その対応策を検討することは、広葉樹造林を推進する上で不可欠である。

ミズナラの人工林の成林事例を調査した清水（1998a）と寺澤（1998）は、これらの造林地では幼齢時の雪害や獣害が軽微で、ミズナラの生存率が高かったことを報告している。このことは、幼齢時に諸被害を受けて枯死する植栽木の少ないことが広葉樹人工林が成林す

るための条件、すなわち幼齢時に受ける諸被害が成林を阻害する要因であることを示唆している。植栽木が幼齢時に受ける被害には様々な種類があり、雪害（和田, 1995；笹ら, 1996；小谷, 1996）、獣害（鳥居, 1987；長谷川, 1991；牧野ら, 1994；中田, 1998）、虫害（野平・大橋, 1996；大橋・野平, 1997）などがこれまでに報告されている。しかし、広葉樹造林の施業例が少ないことに加え、樹種や地域により受ける被害の種類が異なることも予測され、これらの被害実態や被害が成長に及ぼす影響は十分に解明されているとはいえない。各種の被害に対する防除技術を開発するためにも、より多くの情報を蓄積し、その被害の普遍性や甚大性などについて整理しておくことが必要である。そこで、この報文では、多雪地域に植栽された広葉樹 8 種が植栽後 7 年間に受けた被害の状況と被害が植栽木の成長に及ぼす影響とを調査した結果を報告する。

* 現勤務先：岐阜県林政課 ** 現勤務先：岐阜県飛騨県事務所 *** 現勤務先：岐阜県武儀県事務所

II 調査地と方法

調査地は、岐阜県大野郡荘川村六厩にある荘川広葉樹総合試験林の広葉樹植栽試験地(0.31ha)である。試験地の海拔高は920m、地形は山脚部に位置する平坦地である。試験地に近い六厩地域気象観測所(標高1,015m)における1979～1987年の準平年値は、平均気温6.8℃、年降水量2,409mmである(日本気象協会岐阜支部, 1992)。同観測所における1991～1998年(調査期間)の最深積雪深と根雪期間は表-1のとおりで、現地において高橋式最深積雪指示計(高橋, 1968)によって得られた最深積雪深は170cmであった。

広葉樹の植栽は、1991年5月に行った。この時の植栽樹種はミズナラ、クリ、ケヤキ、ホオノキ、トチノキ、シナノキ、キハダで、植栽方法は2.1m間隔の方形植え、単木混交である。1992年10月には、枯死した植栽木の代わりにミズメを補植した。植栽後の管理は、手鎌と下刈機の併用による下刈りを植栽当年から毎年1～2回実施している。なお植栽木の目印として、当初は赤いペンキを塗った園芸用の支柱を根元付近に立て、途中からはビニール製のテープ(ピンク色)を植栽木に結んだ。

調査は、1992年10月に試験地の中央部で238本の標準木(ミズナラ30本、クリ26本、ケヤキ34本、ホオノキ34本、トチノキ33本、シナノキ27本、キハダ36本、ミズメ18本)を選定し、これを対象に行った。1992年10月、1996年11月、1997年10月には成長と被害実態の調査を、1993年5月、1997年5月、1998年5月には被害実態の調査を実施した。成長調査では樹幹長(根元から梢端までの直線長)を測定し、被害実態調査では雪害・獣害・虫害などの植栽木が受けた被害の種類や程度を記録した。なお、ここでいう被害とは何らかの要因で植栽木が受けた葉を除く器官の損傷で、肉眼による観察で識別できる範囲のものとした。雪害は被害部位と被害形態とから、以下のように被害を類型化した。幹が折損する被害は、その被害部位により「根元

折れ」、「幹折れ」、「梢端折れ」に区分した。梢端折れは、梢端からおおよそ30cm以内での折損とした。幹が二又になった部分で繊維方向に裂けたものは「二又部の裂け」、幹が根元部分でカギ状に屈曲したものは「根元での屈曲」、幹が湾曲したものは「幹曲がり」とした。幹全体が傾いたものは、地表(水平面)と幹との角度が0～30度のものを「倒伏」、30～60度のものを「斜立」とした。幹の損傷を伴わない枝の折損は「枝折れ」、幹の損傷を伴う枝の折損は「枝抜け」とした。獣害・虫害は、加害動物の種類と被害の内容を記載した。また、下刈り時に損傷を受けたものは誤伐とした。

III 結果と考察

1. 植栽木の生存率と健全木率

1998年5月における植栽木の概況を表-2に、植栽木の生存率と健全木率の推移を図-1に示す。ここでの健全木とは、それぞれの調査時点までに一度も被害を受けていない植栽木のことをいう。

調査期間(6年間)における植栽木の生存率は、全体で72%であった。また、ミズメは枯死した植栽木の位置に補植されているので、植栽から1992年10月の間に少なくとも238本中の18本(7.6%)の枯死が発生したことが推察できる。ただし、このときの枯死木の樹種は不明である。1998年5月での生存率は、ホオノキの100%を最高に、シナノキ、ケヤキ、キハダ、クリ、ミズナラの順に高く、最低がミズメの28%であった。

表-1 試験地付近の最深積雪深と根雪期間

観測冬期(年)	最深積雪深(cm)	根雪期間(日)	根雪初日(月/日)	根雪終日(月/日)
1991/1992	110	93	12/28	3/30
1992/1993	115	125	12/11	4/15
1993/1994	150	117	12/15	4/11
1994/1995	104	114	12/14	4/7
1995/1996	143	146	11/25	4/21
1996/1997	132	123	11/30	4/2
1997/1998	95	88	12/30	3/26

岐阜県気象月報(岐阜地方気象台, 1992～1998)から作成

表-2 1998年5月における植栽木の概況

	ミズナラ	クリ	ケヤキ	ホオノキ	トチノキ	シナノキ	キハダ	ミズメ	合計
標準木数	30	26	34	34	33	27	36	18	238
生存木数	16(53) ¹⁾	18(69)	29(85)	34(100)	18(55)	25(93)	26(72)	5(28)	171(72)
枯死木数	14(47)	8(31)	5(15)	0(0)	15(45)	2(7)	10(28)	13(72)	67(28)
健全木数	7(23)	6(23)	9(26)	12(35)	3(9)	6(22)	9(25)	1(6)	53(22)
被害木数	23(77)	20(77)	25(74)	22(65)	30(91)	21(78)	27(75)	17(94)	185(78)
重複被害木数 ²⁾	12(40)	7(27)	15(44)	6(18)	3(9)	7(26)	8(22)	0(0)	58(24)

1) カッコ内の数字は、標準木数に対する割合(%)を示す。

2) 複数の被害(同じ種類の被害を含む)を受けた植栽木で、被害木数の内数である。

この時点での生存率には、樹種による有意な差が認められた（分割表による χ^2 検定, $p < 0.01$ ）。樹種間の差を多重比較（Tukey-Kramer型, 以下同様：田中・垂水, 1997）により検定したところ, 10とおりの組み合わせに有意な差（ $p < 0.05$ ）が認められた。生存率が最高のホオノキと最低のミズメとに対する有意差の有無を基準に区分した結果, 生存率が高い樹種はホオノキ, シナノキ, ケヤキ, 低い樹種はミズメ, ミズナラ, トチノキ, 中庸な樹種はキハダとクリであった。生存率の推移をみると, 枯死木がなかったホオノキと1996年11月以降に枯死した個体がなかったクリ以外の樹種は, 生存率が漸減していた。

植栽木に対する被害は, 植栽と調査の開始とが同時であるミズメを除いて, 調査開始時点で既に発生していた。そして, 植栽後7年間（ミズメは6年間）に, 全ての樹種で半数以上の個体が何らかの被害を受けていた。1998年5月時点での健全木率は, ホオノキ, ケヤキ, キハダ, ミズナラ, クリ, シナノキ, トチノキ, ミズメの順に高かった。しかし, 健全木率の樹種による差は有意ではなかった（分割表による χ^2 検定）。健全木率の推移をみると, トチノキとミズメを除く樹種では, 植栽から1993年5月までの健全木率の低下が著しく, その後の健全木率は全ての樹種で漸減していた。

2. 植栽木の被害形態

(1) 雪害の被害形態と被害率

植栽木には, 様々な形態の雪害が発生した。表-3は, 雪害の被害形態別の被害率（全個体に対する被害

個体の比率）を示したものである。調査期間である7冬期（ミズメは6冬期）における樹種別の雪害被害率は, 33.3~63.0%の範囲にあった。各樹種の雪害被害率は均一ではなく（分割表による χ^2 検定, $p < 0.05$ ）, 多重比較の結果, トチノキに対するクリ, ケヤキ, シナノキに有意な差（ $p < 0.05$ ）が認められた。このことから, クリ, ケヤキとシナノキに雪害が特に多く発生したと考えることができる。

本試験地は平坦地であるため, これらの雪害は全て積雪の沈降圧のみによって生じた雪圧害であるとみることができる。本試験地と同じ荘川広葉樹総合試験林内の斜面に植栽されたクリとケヤキの雪害被害率は, それぞれ14.7%と3.6%であった（横井ら, 未発表）。これらの被害率は, どちらの樹種においても本試験地での被害率より有意に低かった（分割表による χ^2 検定, $p < 0.01$ ）。このことから, 本試験地は平坦地であるために雪害が大きかったものと考えられる。橋詰（1987）もキハダ造林地の雪害が傾斜角5度以下の緩斜地で多発することを報告しており, 傾斜地に比べて平坦地で雪害が大きいというスギに対する指摘（松井, 1970）は広葉樹にも当てはまるといえる。

雪害を受けたものの中での被害形態別被害率にも, 樹種による差が認められた（分割表による χ^2 検定, $p < 0.05$ ）。根元折れは5樹種にみられ, その被害率は低かった。幹折れ（図-2）は, 全ての樹種で最も高い被害率を示した。雪害の被害形態の中で幹折れが多いことは, ミズナラ（清水, 1998b）やケヤキ（和田, 1995; 小谷, 1996）, ヤチダモ（笹ら, 1996）で

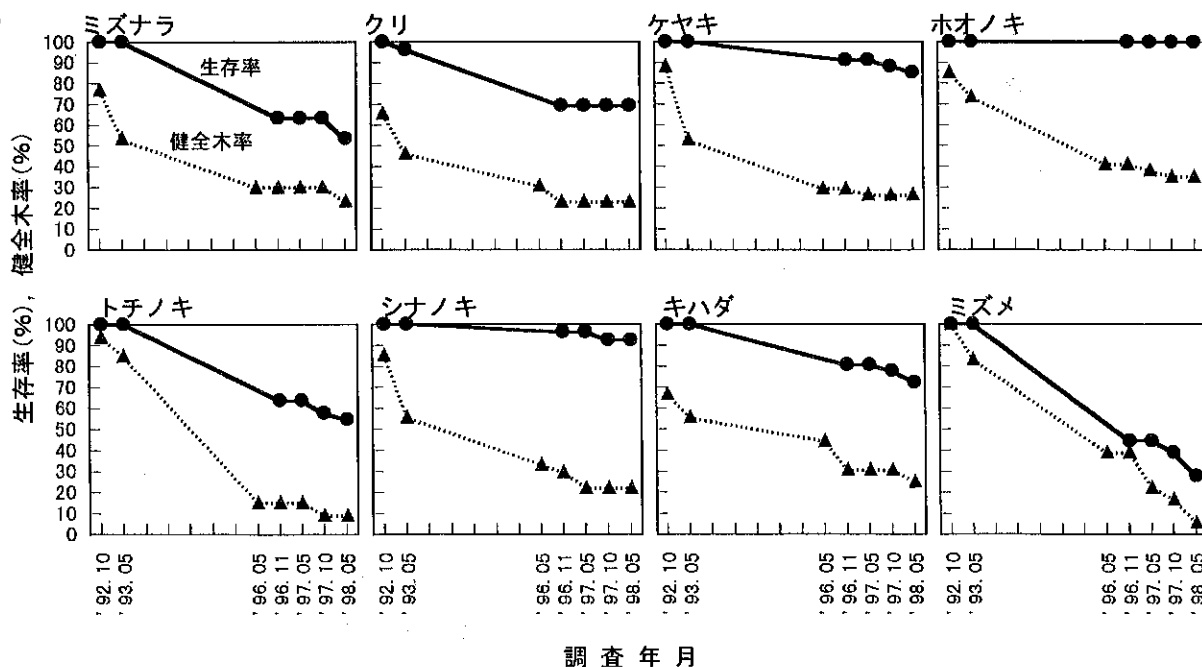


図-1 植栽木の生存率と健全木率の推移

表-3 雪害の被害形態別被害率

	ミズナラ	クリ	ケヤキ	ホオノキ	トチノキ	シナノキ	キハダ	ミズメ
雪害被害率 ¹⁾ (%)	43.3	61.5	58.8	41.2	36.4	63.0	36.1	33.3
被害形態別被害率 ²⁾ (%)								
根元折れ	6.7	0	5.9	2.9	0	0	2.8	5.6
幹折れ	20.0	50.0	17.6	17.6	21.2	40.7	19.4	16.7
梢端折れ	16.7	0	2.9	5.9	0	3.7	0	5.6
二又部の裂け	0	0	2.9	0	3.0	14.8	0	5.6
根元での屈曲	3.3	0	5.9	2.9	0	0	0	0
幹曲がり	6.7	11.5	14.7	0	3.0	3.7	2.8	0
倒伏	3.3	7.7	17.6	5.9	0	0	0	0
斜立	0	3.8	11.8	5.9	0	3.7	2.8	0
枝折れ	0	0	2.9	0	0	3.7	2.8	0
枝抜け	3.3	3.8	2.9	8.8	9.1	7.4	8.3	0

1) (雪害を受けた標準木数)/(全標準木数)×100;被害形態間に重複があるため、各被害形態の合計とは一致しない。

2) (その被害形態が記録された標準木数)/(全標準木数)×100



図-2 シナノキの幹折れ被害

報告されている。また、平坦地ではスギの幹折れが多くなることが指摘されており(石川, 1969; 大谷ら, 1980), 本試験地で幹折れの被害率が高かったのにも平坦地という地形が影響していると考えられる。幹折れの被害率が特に高い樹種は、クリとシナノキであった。シナノキ(オオバボダイジュを含む)で幹折れが多いことは、甲田ら(1995)も報告している。梢端折れは5樹種にみられ、ケヤキで被害率が高かった。二又部の裂け(図-3)は4樹種で発生し、シナノキで被害率が高かった。広葉樹は幹が二又になりやすいという特性を持つため、この被害は広葉樹に特有のものであると考えられる。根元での屈曲が発生したのは3樹種で、いずれの被害率も低かった。幹曲がりは6樹



図-3 トチノキの二又部の裂け被害



図-4 ホオノキの枝抜け被害

表-4 獣害の被害形態別被害率

	ミズナラ	クリ	ケヤキ	ホオノキ	トチノキ	シナノキ	キハダ	ミズメ
獣害被害率 ¹⁾ (%)	30.0	7.7	29.4	2.9	9.1	3.7	2.8	11.1
被害形態別被害率 ²⁾ (%)								
ノネズミによる剥皮	6.7	3.8	26.5	2.9	0	0	2.8	0
ノネズミによる根元の切断	23.3	3.8	0	0	6.1	0	0	0
ノウサギによる枝の切断	3.3	0	2.9	0	3.0	0	0	5.6
カモシカによる枝の切断	0	0	2.9	0	0	3.7	0	5.6

1) (害を受けた標準木数) / (全標準木数) × 100; 被害形態間に重複があるため、各被害形態の合計とは一致しない。

2) (その被害形態が記録された標準木数) / (全標準木数) × 100



図-5 ケヤキのノネズミによる剥皮被害

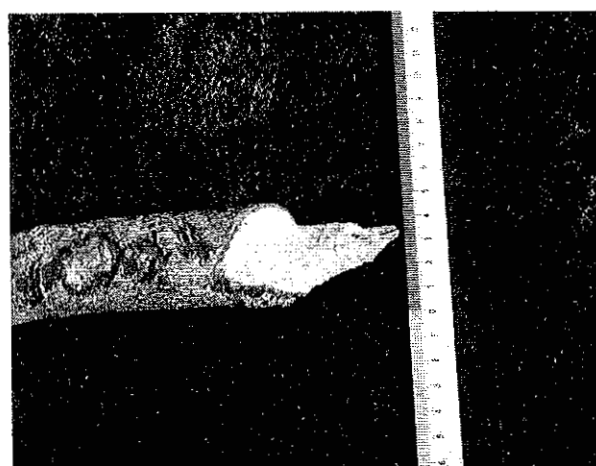


図-6 トチノキのノネズミによる根元の切断被害

種にみられ、ケヤキとクリで被害率が高かった。倒伏は4樹種、斜立は5樹種にみられ、いずれもケヤキで被害率が高かった。枝折れは3樹種、枝抜け(図-4)はミズメを除く全ての樹種にみられた。キハダ(橋詰, 1987; 黄ら, 1993)やシナノキ(甲田ら, 1995)では枝折れと枝抜けの多いことが報告されており、本試験地でも両樹種にこれらの被害が発生した。したがって、キハダとシナノキは枝折れと枝抜けが発生しやすい樹種であるとみることができる。以上に示したように被害率、被害形態別被害率に樹種による差がみられたのは、樹種により樹形や加重に対する強度が異なるためであると考えられる。

(2) 獣害の被害形態と被害率

表-4は、獣害の被害形態別被害率を示したものである。樹種別の獣害被害率は2.8~30.0%の範囲にあり、各樹種の被害率は均一ではなかった(分割表による χ^2 検定, $p < 0.01$)。獣害の被害率が高かったのはミズナラとケヤキ、被害率が低かったのはキハダとホオノキで、これらの樹種間の全ての組み合わせに有意な差が認められた(多重比較, $p < 0.05$)。

獣害を受けた個体の中での被害形態別被害率にも、樹種による差が認められた(分割表による χ^2 検定,

$p < 0.05$)。ノネズミによる剥皮(図-5)は、5樹種で確認された。中でもケヤキで被害率が高く、ケヤキにみられた獣害のほとんどはこれであった。剥皮部の高さは高いもので地上高120cmまでみられ、剥皮範囲も広がったことから、これらは植栽木が雪圧により倒伏している状態で食害を受けたものと考えられる。これに対して、ノネズミによる根元の切断(図-6)は3樹種でみられ、その被害率はミズナラで高かった。根元の切断被害は北海道のミズナラでも確認されており、それは植栽当年に発生し、加害種はエゾヤチネズミであるとされている(中田, 1998)。本試験地では植栽4年目にこの被害が発生しており、北海道の事例とは発生時期が異なっていた。同様の被害はコナラでも報告されており、その加害種はハタネズミであろうと推定されている(鳥居, 1987)。本試験地のノネズミ被害は、被害形態と種の分布(上田, 1978)からみて加害種はハタネズミであると考えられる。また、ノネズミによる被害は1995/1996年冬期に集中的に発生した。その原因としては、その冬の根雪期間が他の年に比較して特に長かった(表-1)ことが考えられる。

ノウサギによる枝の切断は4樹種に、カモシカによる枝の切断は3樹種にみられ、どちらも被害率は低かった。ノウサギによる広葉樹植栽木の食害は、他の地方

表-5 誤伐の被害率

	ミズナラ	クリ	ケヤキ	ホオノキ	トチノキ	シナノキ	キハダ	ミズメ
誤伐被害率(%)	6.7	3.8	5.9	8.8	9.1	11.1	19.4	0

表-6 被害後の植栽木の反応

被害形態	観察数	被害後の反応		
		枯死 ¹⁾	萌芽	無変化
雪による根元折れ	6	1(17) ²⁾	3(50)	2(33)
雪による幹折れ	48	9(19)	21(44)	18(38)
ノネズミによる剥皮	14	5(36)	1(7)	8(57)
ノネズミによる根元の切断	10	10(100)	0(0)	- ³⁾
誤伐	21	5(24)	16(76)	-

1) 数年経過後の枯死を含む。

2) カッコ内の数字は、観察数に対する割合(%)を示す。

3) 理論上考えられない反応。



図-7 被害部の下から萌芽が伸長したケヤキ

でも報告されており(長谷川, 1991; 牧野ら, 1994), 多くの広葉樹造林地に共通する被害であることが推察できる。

ノネズミ, ノウサギともその食性は広い(上田, 1978; 牧野ら, 1994)。しかし, 獣害の被害率や被害形態別被害率に樹種による差がみられたことから, これらに嗜好性があることが予測できる。

(3) その他の被害

植栽木が受けた雪害と獣害以外の被害には, 虫害(コウモリガ)と誤伐がみられた。コウモリガによる被害は, ミズナラとケヤキで1本ずつ発生した。誤伐はミズメを除く全樹種にみられ, その被害率は3.8~19.4%であった(表-5)。誤伐の被害率には, 樹種による差は認められなかった(分割表による χ^2 検定)。本試験地では手鎌と下刈機を併用したていねいな下刈

りが行われたにも関わらず, 少なからぬ誤伐が発生した。その理由として, ①下刈りの対象が広葉樹や草本であったため葉の形態や色による植栽木の識別が瞬時に行えなかったこと, ②目印が葉層の下になり発見しにくかったこと, ③平坦地であったために作業者の目と植栽木(あるいは目印)との距離が遠くなり植栽木を発見しにくかったことが考えられる。広葉樹植栽木に対する誤伐は他にも報告されており(勝又・尾花, 1985; 長谷川, 1991; 小谷, 1996), 広葉樹の造林地に共通の被害であるといえる。

3. 被害木の回復と被害が成長に及ぼす影響

表-6は, 被害を受けた植栽木の被害後の反応を主な被害について示したものである。雪による根元折れ被害木は, 17%が枯死した。50%は, 折損部位から上部が枯れたものの, 根元からの萌芽によって再生した。残りの33%は, 折損部位から上部が枯れることなく, 新たな萌芽も出さなかった(このように, 被害に対して特に反応がなかったものを無変化とする)。これに対して, 雪による幹折れ被害木は19%が枯死した。根元からの萌芽によって再生, あるいは被害部位より下の幹や枝からの萌芽によって主軸が交代したもの(図-7)は44%であった。橋詰(1987)は, クヌギとキハダの植栽木の雪害を調査し, これらに雪害による枯死はみられず, 幹折れしたものは被害部の下部から発生した萌芽枝あるいは残存枝が新たな主幹となって成長することを報告している。一方で, 小谷(1996)は幹折れ被害を受けたケヤキの5年間の生存率が0~50%であったことを示している。本試験の結果も, 被害木の反応が一様でないことを示している。一方, ノネズミによる剥皮被害を受けた個体は36%が枯死し, 根元の切断被害を受けた個体は全てが枯死した。誤伐を受けた個体は24%が枯死し, 76%が萌芽によって再生した。表-6に示した以外の被害では, 雪害, 獣害の被害木とも多くが無変化であった。また, コウモリガに加害された個体は2本とも枯死した。

これらのことから, 形成層に被害を受けた植栽木は, 枯死するか萌芽による再生で生存し, そうでない被害木は無変化である場合が多いと考えられる。形成層に被害を受けた個体の生死を分ける要因には, 被害部より下の潜伏芽や残存枝の有無(長谷川, 1998)や, 根系の発達程度(植栽木の活力)があると考えられる。

図-8は, 1997年10月における植栽木の樹幹長階分

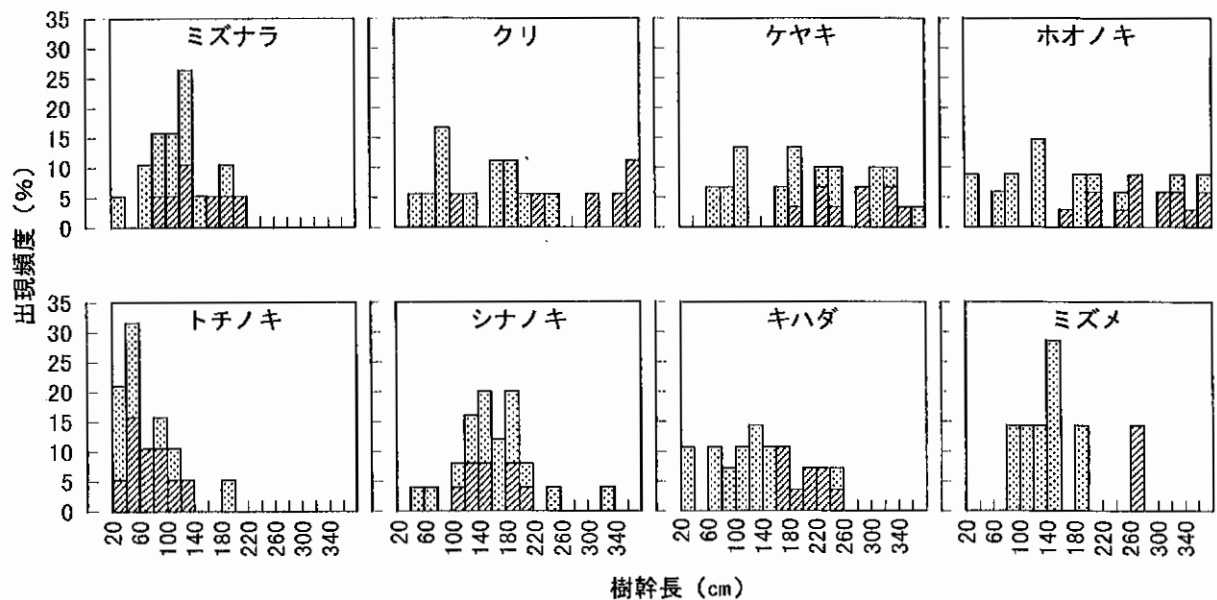


図-8 1997年10月における植栽木の樹幹長階分布
斜線は健全木、ドットは被害木を示す。

布を健全木と被害木とに分けて示したものである。どの樹種の樹幹長も広い範囲に分布しており、被害木の樹幹長は健全木に比較して短い場合が多かった。標本数が少ないミズメを除く7樹種について、健全木と被害木との間で樹幹長の分布に差があるかを検定(Mann-WhitneyのU-検定: 石居, 1975)したところ、有意差($p < 0.05$)が認められたのはクリ、ケヤキ、ホオノキ、キハダであった。これらの樹種は、被害によって成長が阻害されたと考えることができる。ただし、本試験では被害木の被害形態が多様であったため被害形態ごとに集計するとそれぞれの標本数が少なくなること、複数の形態の被害を受けた個体が存在すること(表-2)から、それぞれの被害の成長への影響は詳しく検討できなかった。

IV おわりに

本試験地の広葉樹植栽木に発生した主な被害は、雪害と獣害、誤伐であった。雪害は多雪地域では普遍的な被害であると考えられるため、その発生条件や樹種ごとの抵抗性を詳しく調査し、積雪に対する樹種ごとの造林限界を明らかにすることが必要であろう。獣害は樹種や造林地による差はあるものの、広葉樹の造林地に普遍的な被害であると考えられる。今後は、加害する動物の種と被害を受ける樹種との関係や被害の発生条件を明らかにするとともに、被害の防除方法について検討することが必要である。また、下刈りが不可欠な保育作業である限り、誤伐が発生する可能性は常

に存在する。したがって、誤伐も普遍的な被害であると考えた方がよい。これを作業員の注意のみで回避することには限界があると考えられるので、目印の工夫や下刈りに代わる雑草木の除去技術、例えば不織布シート(谷口, 1994)やネットの敷設などの検討が求められる。

この報告では、広葉樹植栽木の成長に及ぼす各被害の影響を被害形態ごとに明らかにすることはできなかった。長谷川(1991)はケヤキに対する幹折れとノウサギの食害が被害後の樹高成長に及ぼす影響を検討し、被害の種類によっては2~3生育期後まで被害木の樹高が健全木より低いものの、4生育期を経過すると両者の差がなくなることを示している。このことは、各被害の成長に対する影響をみるとときには、被害後の経過年数も加味して検討する必要があることを示唆している。また、被害を受けた植栽木では、形質が劣化することも懸念される。この点に関しても、今後の調査によって明らかにしていく必要がある。

V 謝 辞

本研究の試験地は、岐阜県荘川村に提供していただいた。岐阜県森林科学研究所の井川原弘一主任研究員と大洞智宏研究員には、現地調査に協力いただいた。また、この研究の一部は国補・地域重要新技術開発課題「冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立」の中で行われたものである。ここに記して、感謝の意を表する。

引用文献

- 岐阜地方気象台(1992-1998)岐阜県気象月報, 日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 長谷川幹夫(1991)ケヤキ人工林の植栽6生育期間における成長と被害. 富山県林技研報5: 9-12.
- 長谷川幹夫(1998)多雪地のスギ造林地に侵入したウダイカンバの消長に及ぼす下刈り, 除伐の影響. 日林誌80: 223-228.
- 橋詰隼人(1987)広葉樹幼齢林の雪害について. 広葉樹研究4: 61-74.
- 勝又敏彦・尾花健喜智(1985)広葉樹密度別山地植栽試験(中間報告). 宮城県林試成報2: 49-57.
- 黄榮鳳・橋詰隼人・西原秀昭(1993)キハダの人工造林に関する研究(I)11年間の生育状況について. 日林関西支論2: 167-170.
- 石川政幸(1969)多雪地帯の造林と雪. 北方林業21: 31-34.
- 石居進(1975)生物統計学入門. 290pp, 培風館, 東京.
- 片岡寛純・柳沢聡雄(1981)人工林.(広葉樹林とその施業. 林野庁研究普及課監, 262pp, 大日本山林会, 東京). 174-197.
- 甲田芳昭・林田光祐・大谷博彌(1995)シナノキ, オオバボダイジュの植栽10年後の生育状況. 日林東北支誌47: 31-32.
- 小谷二郎(1996)多雪地帯におけるケヤキ人工造林の植栽後5年間の成育状況. 石川県林試研報28: 15-20.
- 牧野俊一・佐藤重穂・岡部貴美子・吉田成章(1994)ノウサギによる広葉樹の食害と円筒金網によるその防除. 日林九支研論集47: 151-152.
- 松井光瑤(1970)造林地の雪の害. 54pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 中田圭亮(1998)ミズナラの獣害と防除方法.(広葉樹育成ガイドーミズナラ林の造成技術. 北海道林業改良普及協会編, 191pp, 北海道林業改良普及協会, 札幌). 150-156.
- 日本気象協会岐阜支部(1992)岐阜県気象年報平成3年版. 75pp, 日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 野平照雄・大橋章博(1996)岐阜県における落葉広葉樹林の病害虫被害の実態と穿孔性害虫の防除に関する研究. 岐阜県林セ研報, 25: 23-38.
- 大橋章博・野平照雄(1997)ケヤキ造林地に発生したクワカミキリ被害の実態. 中森研45: 175-176.
- 大谷博彌・須藤昭二・塚原初男(1980)平坦地におけるスギ幼齢木の雪害の経過. 日林論91: 255-256.
- 笹賀一郎・高畠守・夏目俊二・藤原滉一郎(1996)ヤチダモ植栽木の雪害と整枝剪定対策の効果. 日林北支論44: 202-205.
- 清水一(1998a)防災林の造成事例.(広葉樹育成ガイドーミズナラ林の造成技術. 北海道林業改良普及協会編, 191pp, 北海道林業改良普及協会, 札幌). 123-129.
- 清水一(1998b)ミズナラの気象害とその対策.(広葉樹育成ガイドーミズナラ林の造成技術. 北海道林業改良普及協会編, 191pp, 北海道林業改良普及協会, 札幌). 156-162.
- 高橋喜平(1968)最深積雪指示計について. 雪氷30: 111-114.
- 田中豊・垂水共之(1997)Windows版統計解析ハンドブック. 基礎統計. 201pp, 共立出版, 東京.
- 谷口真吾(1994)広葉樹人工造林地の下刈りに関する研究(I)ケヤキ造林木の根元周囲を不織布シートで被覆した場合の雑草木の制御効果. 兵庫県林試研報41: 22-31.
- 寺澤和彦(1998)木材生産を目的とした人工林の造成事例.(広葉樹育成ガイドーミズナラ林の造成技術. 北海道林業改良普及協会編, 191pp, 北海道林業改良普及協会, 札幌). 112-123.
- 鳥居春己(1987)コナラの獣害について. 森林防疫36: 225-227.
- 上田明一(1978)野ネズミ発生予察法と防除法. 84pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 和田覚(1995)豪雪地帯に植栽されたケヤキの生育. 日林東北支誌47: 61-62.

在来軸組構法による住宅の木質接合性能

富田 守泰

Properties of wooden joint for conventional wooden construction house

Moriyasu TOMITA

東海地域に多く存在する湿式・真壁工法による在来軸組構法住宅は、乾式・大壁工法が普及する中であって、最近の消費者の健康志向を背景として、居住性の良さが再認識されている。これらの在来軸組構法住宅の耐震性能の向上とともに、特色ある接合方法の確立を目的に、木質系部材を用いた接合試験を実施した。筋かいの圧縮に伴う柱と土台（梁、桁、胴差）間の引っ張り応力に抗する接合は長ほぞと丸込栓接合で行い、筋かいに生じる引っ張り応力に抗する接合は柱と土台の幅中央に差し込みした特殊な形状の合板プレートで行った。それぞれの接合は、各種接合法と比較検討するため各接合種類毎に7～8個体の試験体を作成し、引き抜き試験を実施した。その結果、柱と土台の接合では長ほぞと径18.5mmの丸込み栓一本でかど金物と同程度の性能があることがわかった。典型的な二階建て住宅の管柱と土台の接合の引き抜き応力に対しては幅広のほぞとして丸込み栓二本により対応できることが判明した。また雇いほぞなどでほぞのせん断による脆性的な破壊を防ぎ、込み栓のせん断破壊によりねばり強い接合が可能となることがわかった。込み栓と一体として作用する合板プレートの引き抜き耐力は筋かい金物同等以上の性能を有し、壁長910mm～1820mmまで対応できることが判明した。

キーワード：在来軸組構法、耐震性能、筋かい、筋かいプレート、込栓、長ほぞ、耐力壁、木質接合

I 目 的

阪神・淡路大震災以後、在来軸組構法による住宅の耐震性能向上の動きが急になってきた。その方法は二つに大別することができる。その一つは壁をパネル化して剛性を高める方法であり、もう一つは柱と土台間の接合部までも金属で固定化する方法である。これらの動きは、地域の工務店がクローズドなフランチャイズ化により一層促進されており、産直住宅等の地域に密着した住宅産業への影響が大きい。ほぞとほぞ穴加工の組み合わせによる地域特有の様々な軸組構法は、伝統的構法を踏まえて継承・維持されてきたが、これらの様々な軸組構法が、金物とパネルの構造的合理性のみで画一化されることが危惧される。

一方、環境汚染問題が身近なものとなってくるとともに、住環境に対する消費者側からの要求が、従来の木や土壁などの自然建材への再認識へと変わりつつある。この変化は、地域の工務店にとって、在来軸組構法住宅を県産材を使用して地域の気候や風土に合った地域型の健康的な住宅づくりとして消費者に再認識してもらおうチャンスとなる。

木造住宅を取り巻くこれら二つの状況を東海地域に

おける在来軸組構法住宅づくりにあてはめてみると、土壁づくりの湿式工法住宅とともに、県産材を使った耐震性能のある地域特有の軸組構法（例えば松井郁夫他、1998）こそが求められているといえよう。本研究は、地域の工務店がそれぞれの有する加工技術と市販の建材でできる耐震方法について検討した。特に世界的にも各地で使われ評価されている（DickSchmldt, 1995, 1996）木栓や地域性を組み入れることが可能な木質系部材による接合方法を提案し、新たに考案した木製筋かいプレートにより強度性能を確保することを目的とする。

筋かいは、パネル等の壁面全体に応力が分散する耐力方法と比較して、応力が筋かいに集中するため、使用方法により脆性的な破壊をする木造住宅では不利と見られる。そこで、乾式真壁構法に適応した構法として、貫に合板を打ちつけるねばり強い構法が推奨されている（住宅金融公庫、1998）。しかしながら、当地域における在来軸組構法は土壁を使用した湿式であることから、これを採用することは難しい。したがって、筋かいは湿式工法の耐震策として今後とも有効な手法として使用されていくと思われる。

筋かいは性能は端部接合の性能による。ところが、

柱と梁を仕口加工で組み合わせる在来構法では斜めからの筋かいの固定はことのほか困難で、上棟後金物で固定する補助的方法しか採用されていない。本研究で開発した筋かいプレートは従来からの上棟方法を変えずに施工できるもので、貫加工のできる地域工務店の技術とともに普及できる可能性を秘めている。

従来の筋かいは、必ずしも地震力に抗するための構造体に応じた最適な端部の接合により留められているとは言い難く、今後建築基準の性能規定化により端部接合の性能評価が求められる。本研究により性能規定化にも対応し得る資料とする。

本研究を実施するにあたり、名古屋大学農学部の中嶋義彦教授、(有)スクラム建築工房の嶋田義博氏には貴重な助言をいただいた。ここに併せて感謝する。

II 試験方法

1 込み栓接合の性能試験

(1) 供試材

供試材は土台にヒノキ、柱にスギを使用した。生材で上棟した場合と乾燥材で上棟した場合との比較をするため、製材後1ヶ月以内にはぞ加工、接合するグループと、製材後6ヶ月間の天然乾燥後、はぞ加工、接合するグループに設定した。グループ分けした供試材の性能は表-1のとおりで、ほぼ同程度の性能である。

製品寸法は両者とも無背割りの12cm正角で、長さ3m材を鋸断し、1mとして使用した。

表-1 供試材の測定時別各種性能

樹種及び測定時	生材時動的 ヤング係数 (tf/cm ²)	生材時含水率 (%)	乾燥後含水率 (%)
ヒノキ			
生材	102.8	22.4	
乾燥材	108.8	22.6	15.7
スギ			
生材	76.9	56.1	
乾燥材	78.1	54.4	24.4

各個体材長3m
各個体数15

(2) 込み栓の性能測定

使用した込み栓は、ナラ材をスパイラル加工した市販の丸込み栓で、径18.5mm長さ150mmの通称6分用である。供試材は100本とし、すべて重量測定により順位付けして(4)に示す接合種類ごとに偏らないようバランスよく配置した。

また同様に丸込み栓のサンプルを採取し、込み栓単体の強度試験を実施した。試験方法は、込み栓と同種のナラ材に打ち込み接合した図-1による形状部材のせん断試験である。

(3) 接着剤の性能測定

込み栓接合の一部に接着剤を使用した。接着剤は現

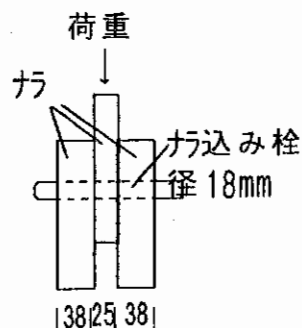


図-1 込み栓せん断試験材形状

場作業を考慮して、下記湿気硬化型接着剤を使用した。接着剤の塗布はコーキングガンにて線状に垂らす方法で、均質に行った。その結果、660g/m²塗布量となった。

使用した接着剤の性能を調べるため、別途スギ板材接着材の性能を実施した。実施は、圧縮圧力7kg/cm²及び手圧別に行い、JISZ2114によるせん断試験を実施した。

使用接着剤

1成分形湿気硬化型弾性接着剤 1031NS（垂れ止めタイプ） 日本シーカ株式会社製

(4) 試験材の製造

試験材は中間柱を想定し、接合種類別に各7～8個体製造した。柱と土台の組み合わせは、鋸断前の3m時における同一部材が、同一接合種類に偏らないよう配慮して設定した。

接合部材の種類を図-2に示し、込み栓接合部の詳細を図-3に示す。短はぞ加工は長さ45mm、厚さ30mm、幅85mmとし、長はぞ加工は長さ105mm、厚さ30mm、幅85mm(込み栓1本)及び105mm(込み栓2本)とした。なお接着剤塗布としたはぞ、はぞ穴加工についてはその加工寸法誤差を求めた。

かど金物：基準部材として短はぞ加工に、日本住宅木材技術センターで認定されているZマーク表示のかど金物(CP・T)を、所定の釘(太め釘10N65)で接合した。コナラLVL：コナラ材の活用を想定し、厚さ12mmのコナラLVL板を側面に当て、上記釘(15N65)を打った。

長はぞ込み栓1本：幅85mmの長はぞ加工材を土台に挿入後、ドリルにより穴開けして上記込み栓を貫通打ち込みした。

長はぞ込み栓2本：幅105mmの長はぞ加工材を土台に挿入後、ドリルにより穴開けして上記込み栓を貫通打ち込みした。

短はぞ接着：短はぞ加工材の密着部分表面に上記接着剤をコーキングガンにて塗布挿入した。

長ほぞ接着：長ほぞ加工材の密着部分表面に上記接着剤をコーキングガンにて塗布挿入した。

長ほぞ込み栓接着：長ほぞ接着挿入後込上記込み栓を貫通打ち込みした。穴開け位置は上記と同様である。

雇いほぞ込み栓上下各1：柱木口に角のみで穴開けし、ナラ板（長さ210mm、厚さ24mm、幅85mm）を接着挿入し、込み栓を打ち込んで加工済み柱を製造し、長ほぞ込み栓と同様に土台に接合した。

雇いほぞ込み栓上下各2：柱木口に溝加工を施し、ナラ板（長さ210mm、厚さ24mm、幅110mm）を接着挿入し、込み栓2本を打ち込んで加工済み柱を製造し、込み栓2本で土台に接合した。

(5) 試験方法

強度試験は図-4に示す引っ張り試験方法により実施した。土台の支点であるアンカーボルト位置は、柱

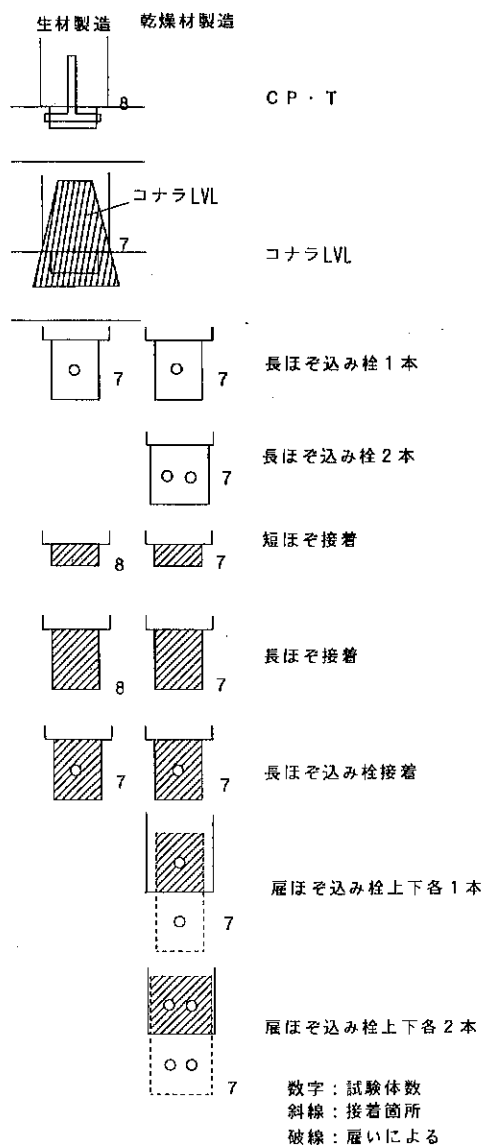


図-2 試験結合部材の種類

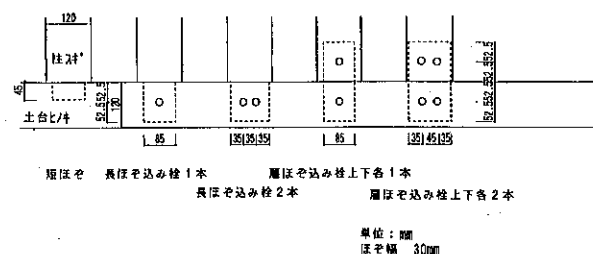


図-3 込み栓接合部の加工詳細

心からの距離を金融公庫仕様の20cmとした。歪み測定は柱に変位計を2個固定し、土台から引き出した金具との歪みの平均値で示した。

結果の算出については「木材接合部の耐力試験法と性能評価法」引用（平井卓郎,1997）および「木質構造設計基準・同解説」引用（日本木材学会編,1995）によった。なお、接合耐力5%下限値(TL)については最大耐力(Pmax)を求め、試験体数7及び8体に対するK値をそれぞれ2.25,2.19とし(1)式により算出した。

$$TL = x - K \cdot s \quad \dots \dots \dots (1)$$

TL: 信頼率75%の95%下側許容限界

x: 平均値 s: 標準偏差 K: 定数

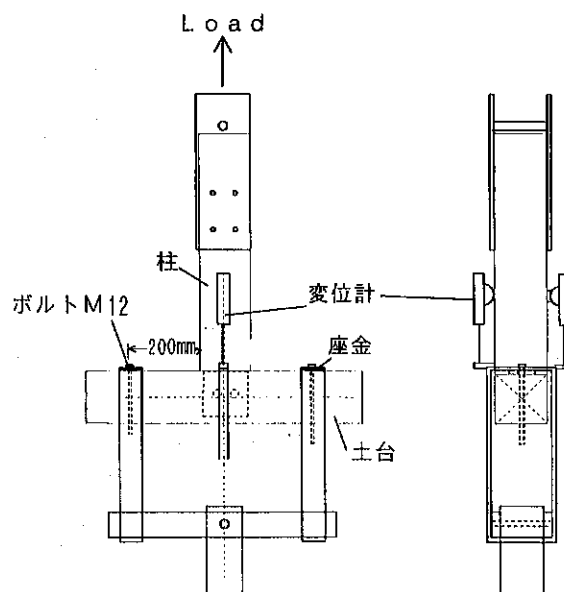


図-4 込み栓結合の引っ張り試験方法

2 筋かいプレート接合の性能試験

(1) 供試材

供試材は、土台にヒノキ、柱にスギ、筋かいにスギを使用した。製材後6ヶ月間の天然乾燥後試験体を製造した。

製品寸法は土台、柱とも芯持ち無背割りの12cm正角で、長さ80cm～1mとして使用した。割れの生じた部

材については、柱では筋かいと反対側に、土台では通常割れが発生し易い上部に配置した。筋かいの厚さは壁倍率2倍（基準材寸45mm×90mm）を適用して材厚45mmとし、幅は県内産直住宅業界でもっとも多く使用されている105mmとして、長さを1mに鋸断した。筋かいの材料は、スギ心持ち平角木取り材の側板として挽いた平角材で、結果的に樹心の無い、比較的節の少ない材料であった。

(2) 筋かいプレートの形状と接合方法

考案したプレートは、図-5に示す形状寸法で、規格寸法90×180cm合板から30枚製造できる。図-6に示すように柱と土台（胴差し、梁、桁を含む、以下土台という）中央にそれぞれ溝を加工し、プレートを挿入した。筋かいの固定は、筋かいプレート間をボルトや釘等を用いて行った。部材は、厚さ18mmの針葉樹製1類1級構造用合板（メラミン樹脂接着剤使用）を使用した。

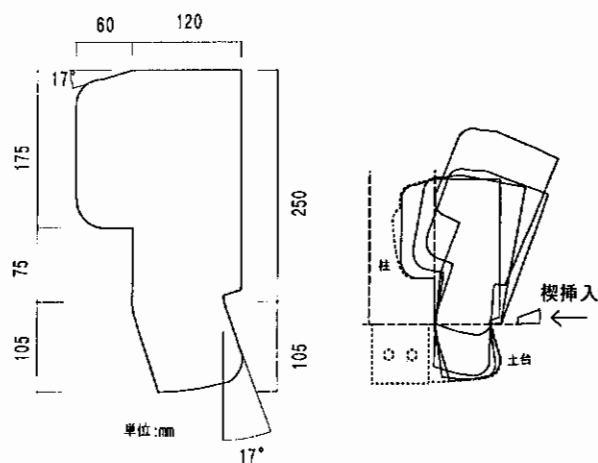


図-5 プレート形状

図-6
プレート及び楔挿入方法

この形状は、従来からの柱と梁、桁の建て方を踏襲し、柱と土台を固定した後に挿入することを可能としている。また挿入溝は傾斜型チェーンノミ（マキタ製モデル7104）にチェーン幅21mmを装着し、図-7に示すように移動して加工した。

ほぞは30mm×105mm×105mmの長ほぞ、幅広ほぞとし、ほぞ長さ中央にて3等分するように市販の径18.5mm、長さ150mmのナラ丸込み栓を貫通打ち込みした（図-3、長ほぞ込み栓2本）。

なお、プレート挿入後、筋かいの引っ張りに対しガタの無いよう土台と柱のプレート傾斜部分がそれぞれの溝端に接するよう、楔を挿入した（図-6）。筋かいとプレート間の固定は別途(4)により各種試験材を製造した。

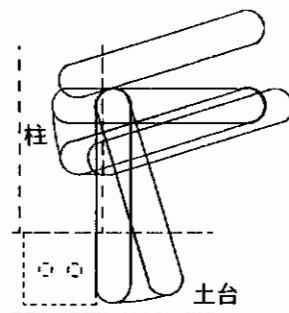


図-7 チェーンノミによる柱と土台の加工方法

(3) 使用合板の性能測定

プレートに使用した1類1級構造合板について、日本農林規格(JAS)（農林水産省食品流通局消費経済課, 1997）による曲げ試験、圧縮試験を実施した。またプレートを、応力に抗する耐力から設計することを目的とし、せん断試験と曲げ試験を行った。試験片はプレート状態と繊維傾斜を同じとするため、図-8により加力方向と最外層単板との傾斜を60°としたせん断試験片と曲げ試験片を作成した。せん断試験は右下図に示す溝加工をした部位の長さ20mmのせん断とし、接着層と直角方向の面の引っ張りで行った。曲げ試験はスパンをプレートと同じ600mmとして、接着層と水平方向の3点曲げ応力により行った。

また参考とするため、せん断試験は引き抜き加力方向と最外層単板の傾斜を0°、90°とした試験を追加し、曲げ試験は最外層単板繊維と加力の傾斜を90°とした試験を追加した。

(4) 試験材の製造

試験材は図-9に示す7接合種類別に各7個体製造した。

プレートの使用範囲を確定するため、筋かいの傾斜は通常施工されている壁長をそれぞれ910mm(1P)、1365mm(1.5P)、1820mm(2P)と想定して設定した。プレートと筋かいとの接合は丸座径30mmの平頭ボルト2本(2M12)（有効径六角ボルト、胴径ネジの谷径）とした。なおボルトの挿入は筋かい側とし、ナット側には径50mmの丸座金を挿入した。

次に壁長を910mmとして、筋かいとの接合種類を変えた。すなわちボルト(M12)2本に換えて、ボルト(M12)（同上の種類）1本+太め釘N65、7本及び、ボルト(M12)（同上の種類）1本+現場接着とした。現場接着に使用した接着剤は現場作業を考慮して、下記湿気硬化型接着剤を使用した。塗布は筋かいとプレートが接する全面にコーキングガンにて1.(3)と同様に行った。接着剤は1成分湿気硬化型ウレタン樹脂系

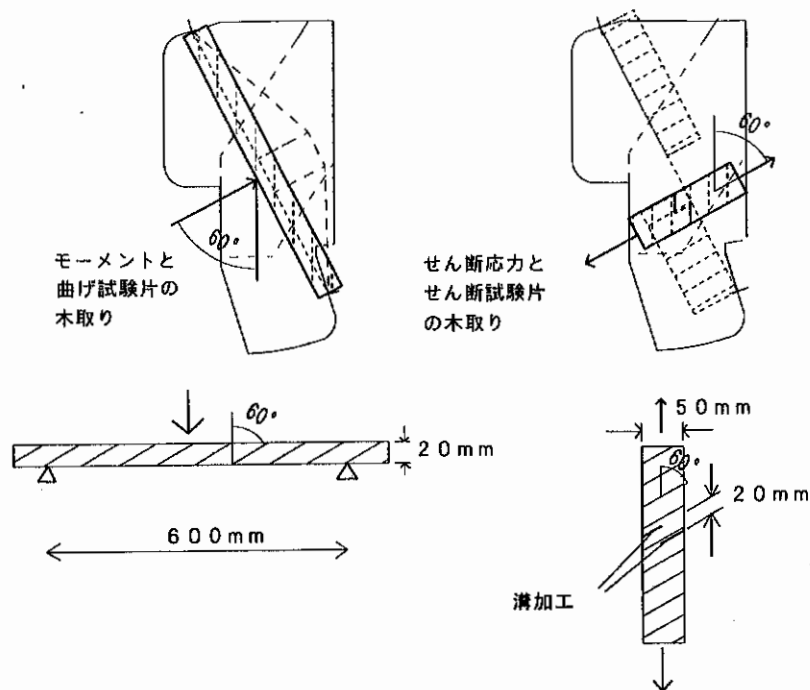


図-8 プレートの応力傾斜と合板試験片の木取り、試験方法

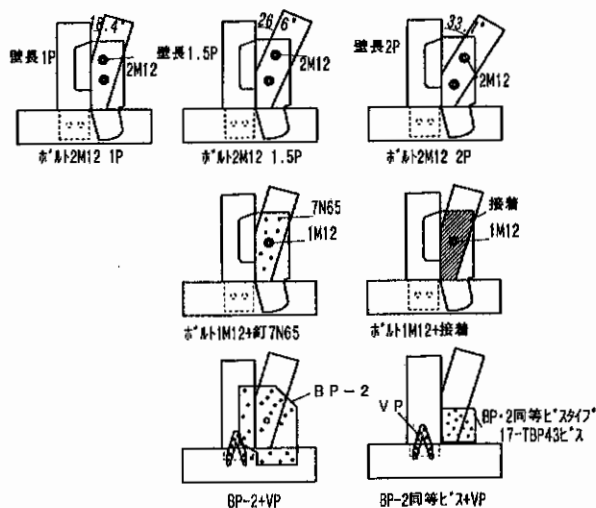


図-9 筋かい引っ張り試験材の種類

接着剤 ボンドKU800 コニシ株式会社製である。

合板プレートの他に、市販されているZマーク表示金物による試験体を作成した。試験体種類は2種類で、一つは短ほぞ仕口部位に山形プレート(VP)を釘打ちし、壁長910mmの筋かいを想定し、筋かいプレート(BP2)にて固定した試験体で、一つは短ほぞ仕口部位に山形プレート(VP)を釘打ちし、壁長910mmの筋かいを想定し筋かいプレート(BP2)同等品のビスタイプ(タナカスチール工業製)で固定した試験体である。

(5) 試験方法

引っ張り試験は図-10に示す引っ張り試験治具によ

り実施した。筋かいが垂直になるよう土台を傾斜し、壁長に応じた支木を設置した。さらに、土台の固定を想定して、傾斜に応じて穿孔したアンカーボルトの穴に辺長50mmの座金を通してボルトを挿入した。アンカーボルトの位置は柱辺からの距離を金融公庫仕様の200mmとした。歪み測定は柱に変位計を両サイド2個固定し、土台から引き出した金具との歪みの平均値で示した。

結果の算出については込み栓と同様である。

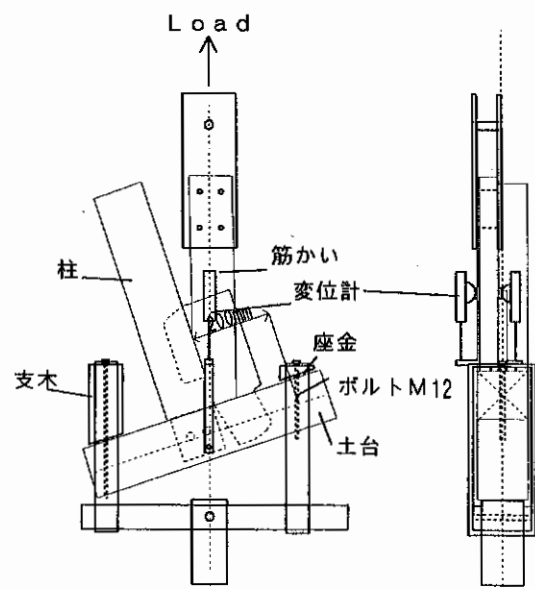


図-10 筋かいプレート接合の引っ張り試験方法

III 結果と考察

1 込み栓接合の性能試験

(1) 込み栓の性能

込み栓のせん断強度を表-2に示す。容積密度は一般的なミズナラの 0.68 g/cm^3 （農林水産省林業試験場, 1982）に比べ高く、 0.8 g/cm^3 であった。破壊は全て込み栓のせん断によるものであった。接合部が込み栓で破壊した場合の基準として最大荷重1本につき平均2200kg、下限値1500kgが確認できた。

表-2 込み栓の強度性能

	容積重量 気乾 g/cm^3	最大荷重 Kgf	せん断強さ Kg/cm^2
個体数	10	10	10
平均値	0.801	2223.3	864.5
標準偏差	0.049	327.3	127.3
下限値	0.698	1534.9	596.8

ミズナラ気乾

平均値 0.68 *参考値 木材工業

(2) 接着剤の性能

使用接着剤のせん断強さを表-3に示す。一般的に接着に適する条件における接着強度は素材であるスギの 63 kg/cm^2 に比べ約6割の 36 kg/cm^2 であった。この値はメーカーの接着剤試験値（プライマー使用）の 50 kg/cm^2 には及ばない。実際想定される接着は鋸加工表面材料であることから、今回鋸加工材面として手圧による接着強度を測定した。これによれば接着強度は 26 kg/cm^2 で長はごの縦方向面積 242 cm^2 で平均6300kg、短はごの面積 104 cm^2 で平均2700kgの耐力が期待できる。

表-3 使用接着と素材のせん断強さ

	スギ接着 7kg/cm ² 圧縮	スギ接着 手圧締	メカ接着 剤試験値 (JISK6850)	Kgf/cm ² 素材の せん断 (スギ)
個体数	10	10		16
平均値	35.80	26.45		50.08
標準偏差	9.85	2.09	(プライマー使用)	3.54
下限値	15.07	22.06		55.75

(3) 加工寸法精度

加工は手動のほぞ取り機、角のみ盤による加工で実施したことであり、ほぞ寸法に多少のバラツキが生じている。そこで、強度に影響すると思われる接着部材についてほぞとほぞ穴の寸法差について表-4に示した。

30mmあるいは24mmのほぞ厚さについては、平均で0.6mm余裕のあるほぞ穴になっているが、85mmあるいは110

mmのほぞ幅については平均で0.1mm程度きついほぞ穴であった。現場におけるはめ込みは問題の無い状況であった。

表-4 ほぞとほぞ穴の加工寸法差

種類	位置	ほぞ穴-ほぞ(mm)			
		生材製造 厚さ	各n=8 幅	乾燥材製造n=7 厚さ	幅
短ほぞ 接着	最小値	0.06	-0.76	-0.40	-2.26
	平均	0.75	0.09	0.59	-0.93
	最大値	1.72	0.69	2.34	0.14
長ほぞ 接着	最小値	-0.05	-1.36	0.04	-1.18
	平均	0.46	-0.53	0.36	0.40
	最大値	0.99	0.66	0.81	1.62
長ほぞ込 栓接着	最小値	-0.43	-1.04	-	-2.41
	平均	0.77	-0.77	-	-0.09
	最大値	1.45	-0.55	-	1.54
短ほぞ込 栓2本	最小値			0.14	-0.61
	平均			0.45	0.08
	最大値			0.99	0.71
短ほぞ込 栓4本	最小値			0.43	-1.27
	平均			0.70	0.52
	最大値			1.14	3.04

		厚さ	幅
全体	個体数	58	65
	最小値	-0.43	-2.26
	平均	0.56	-0.14
	最大値	2.34	3.04
	標準偏差	0.52	0.97

(4) 最大耐力、短期許容耐力

図-11に接合種別の荷重変位曲線図を示し、表-5に最大耐力の平均値と(1)式により算出した許容耐力値を示す。なお短期許容耐力は接合耐力の5%下限値(TL)を安全率2で除した。

かど金物(CP・T)の最大耐力は1213kgfで、短期許容耐力551kgfはZマーク表示金物に掲載されている計算値（日本住宅・木材技術センター, 1995）から求めた耐力（スギ・類）345kgfよりも1.6倍高い。以降この値を基準として最大耐力値を比較検討した。

コナラLVLは全て釘の引き抜きで破壊しており、LVLの性能は十分あった。釘の本数はかど金物では10本使用したのに対し、釘打ち面積が大きいコナラLVLでは15本使用したため、これが耐力向上に繋がっていると思われる。

込み栓1本では約1600kgfであった。試験14個体中12個体がほぞの欠損で破壊しており、その結果、(1)の込み栓性能による推定値2200kgfより低い値となっているものと思われる。生材加工と、乾燥材加工との比較では、耐力には差はないと思われる。

込み栓2本の2383kgfは込み栓1本の1653kgfに対し50%増加しており、込み栓本数増加による効果が認められた。同試験体の許容耐力では573kgfに対し927kgfと1本に比べ約2倍の値を示しており、込み栓2本打

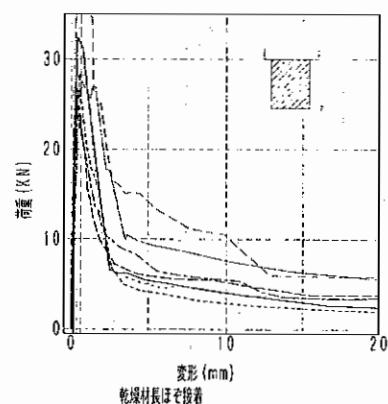
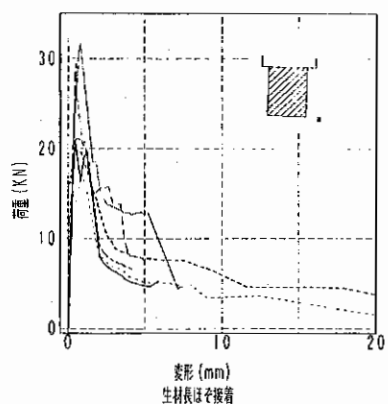
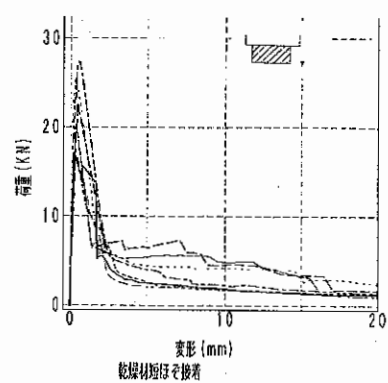
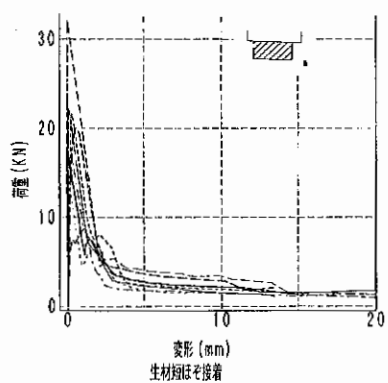
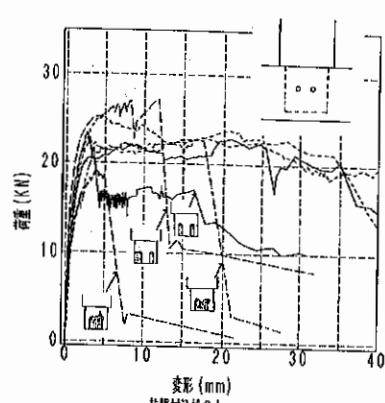
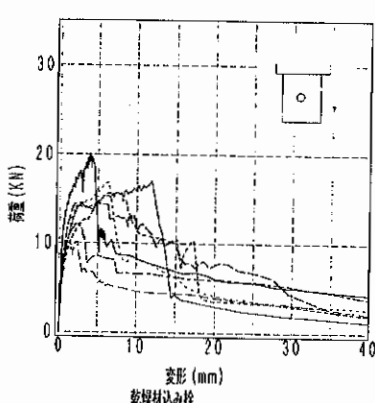
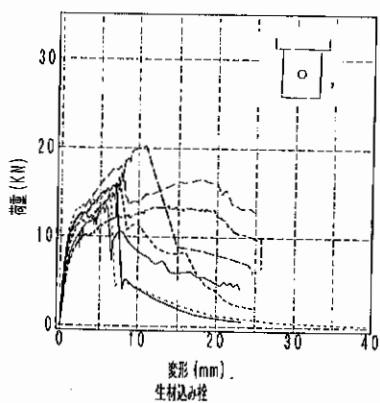
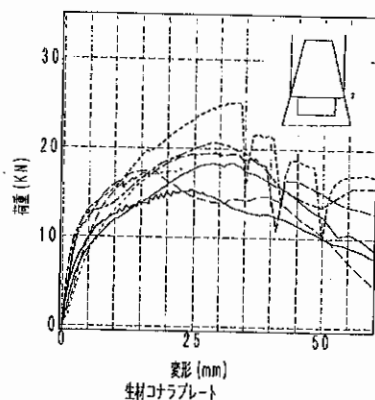
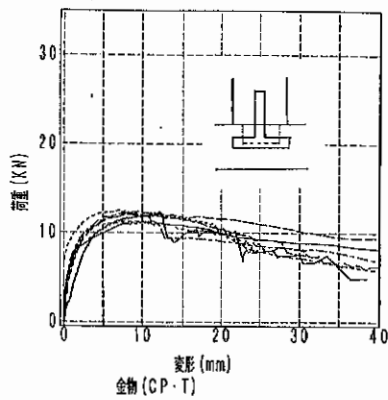


図-11-1 荷重変位曲線図

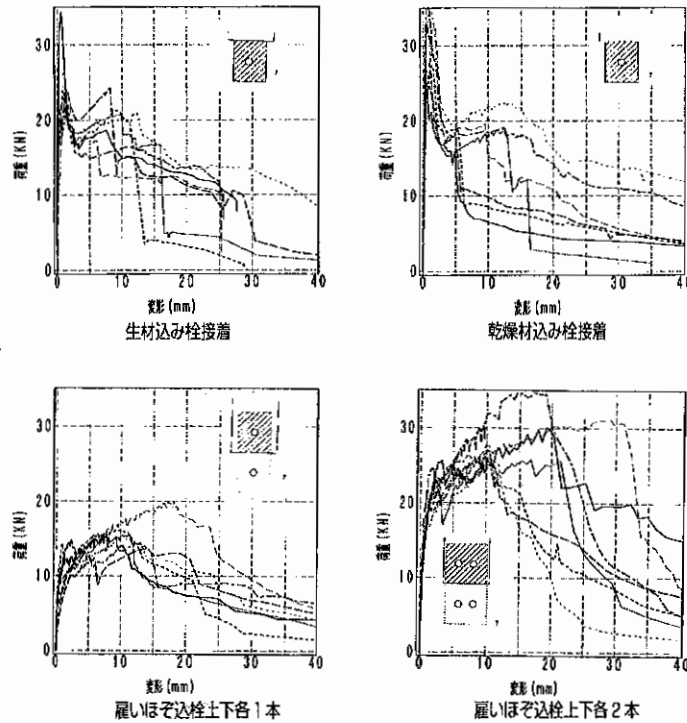


図-11-2 荷重変位曲線図

表-5 こみ栓結合の最大耐力、許容耐力、すべり係数、塑性率

接合種類			個体数	最大耐力 (平均値)	短期許容 耐力	接合耐力 5%下限値	短期許容耐力 時すべり係数 (平均値)	塑性率 * (平均値)	参考値
			n	Kgf PMax	Kgf Fas	Kgf TL	Kss Kgf/mm	$\delta u / \delta as$	Kgf
金具等	金物(CP・T) コナラVLV	乾燥材	6	1213	551	1102	787	32.66	1) 345
		生材	7	1957	646	1293	276	12.15	
嵌(かん)合 の み	込栓	生材	7	1653	573	1146	882	14.26	2,3) 324
		乾燥材	7	1557	443	885	1765	15.89	
		込栓2本	乾燥材	7	2383	927	1853	2053	32.67
接 着	短ほぞ	生材	8	1941	249	498			
		乾燥材	7	2128	605	1210	8547	10.28	
	長ほぞ	生材	8	2319	565	1130			
		乾燥材	7	3228	592	1185	9395	7.11	
	込栓	生材	7	2531	769	1538			
		乾燥材	7	3121	1053	2106	7086	17.27	
嵌(かん)合	雇ほぞ込栓上下各1本	乾燥材	7	1608	592	1184	1625	29.51	
	雇ほぞ込栓上下各2本	乾燥材	7	2925	1095	2190	1927	30.61	

- 1) Zマーク表示金物短期許容耐力(f_k) (Zマーク表示金物木造住宅接合金物の使い方H7.4発行)
- 2) 降伏理論による短期許容耐力(木質構造設計基準・同解説および地震に強い「木造住宅」の設計マニュアルP103)
- 3) 最大変形量を最大耐力の80%荷重時として短期許容耐力時の変形量に対する比

ちは実用レベルからみても期待できる方法である。

短ほぞ接着については約2100kgfで(2)による換算値2700kgfの75%程度となった。長ほぞ接着は乾燥材加工で同様に見ると、最大約3200kgで換算値6300kgfの50%となる。ほぞ幅方向接着面はほぞとほぞ穴間の圧縮圧がなく、接着比率が低下していると考えられる。込み栓接着の最大耐力は生材、乾燥材共に、長ほぞ接着とほぼ同等で、最大耐力に貢献する接着の効果が見てとれる。接着部材全般に見ると、最大耐力では乾燥材加工の方が生材加工より1～4割高い結果となっている。乾燥の収縮が接着力に影響しているためと思われる。より有効な接着剤利用のためには乾燥材を使用すべきであろう。

雇いほぞと柱、土台各1本の込み栓を加工した、計2本込み栓加工は、最大耐力値で1608kgとなり、込み栓1557kgとほぼ同じである。この場合の破壊形態は柱と雇いほぞの間の込み栓せん断である。柱のほぞ穴が中央にあることから、込み栓を引くことで柱の芯割れから材の割裂を生じさせて破壊した事例が多い。

雇いほぞと柱・土台各2本の込み栓を加工した、計4本込み栓加工は、最大耐力値で2925kgとなり、込み栓を倍に増すことで耐力も倍近くなった。破壊形態は前者同様込み栓のせん断ではあるが、柱中央に入れた溝から材の割裂を生じて木口部位が開き、せん断を助長した破壊が多い。

耐力が期待でき、建築現場で通常実施できる方法として、長ほぞ込み栓2本接合方法が最も実用化に近いと思われる。そこで柱の引き抜き力を既存の算出法(日本住宅・木材技術センター、1982)により代表的な2階建ての壁倍率2の側柱を例に、図-12と(2)式により求めた。

$$\begin{aligned} \text{柱引っ張り力} &= 130\text{kg/m} \times 0.91 \times 2 \times 2.73 / 0.91 = 710\text{kgf} \\ 1\text{F} \text{ 側差しと柱間引っ張り力} &= 710\text{kg} \times 2 - \text{固定荷重} 670\text{kgf} = \\ &= 750\text{kgf} < 927\text{kgf} \cdots (2) \end{aligned}$$

以上から土台または同差し柱間の引き抜き耐力が573kg以上927kg以下の範囲の接合に期待できよう。

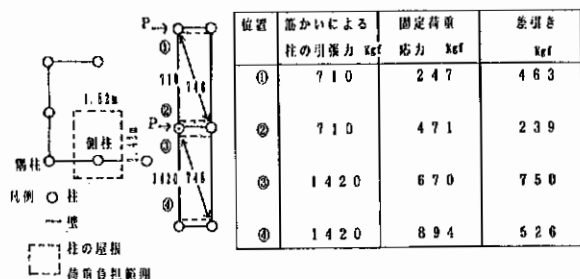


図-12 2階建て壁倍率2における側柱の引っ張り力

(5) 剛性、粘り

接合種類別に、剛性を短期許容耐力のすべり係数で示し、粘りを短期許容耐力時の変形量に対する最大耐力の80%時変形量の比とした塑性率で示し、それぞれの結果を表-5に平均値で示した。

剛性については、釘を使用した金具(CP・T)の787kgに比較して込み栓使用では1765kg～2053kgとなり、約2.2～2.6倍を示す。接着剤を使用することで7086kg/mmとなり、込み栓の4～6倍を示す。このように込み栓や接着剤により剛性の向上は十分期待できる。

粘りは金具の32.66に比較し、コナラLVLでは釘の本数に比例した値として現れ、12.15と約4割弱の値しかない。さらに金具の場合、釘に加えて金具の変形が粘りとして働いていると思われる。接着では7.11～17.27と金具に比較して約2割～5割の値となる。接着部材では図-11に示したとおり、破壊後急激に荷重が低くなるため、最大耐力80%時の変形値の測定が困難で、比例値で代用したため値の信頼性は薄い。込み栓1本では17.27と金具に比較し5割程度になるが、込み栓2本や雇いほぞを使用することで約30と金具と同程度になる。また図-11の込み栓2本のグラフに示す様に、ほぞのせん断で破壊した個体以外は、込み栓のせん断やめり込みで破壊する粘り強い破壊形態を示している。このように、曲げなど一般的な素材の比較においては、金物が木に比べ粘りがあるといわれているが、木材のみであっても、込み栓など繊維と直角方向のせん断やめり込みによって十分粘り強さが期待できることを示している。

2 筋かいプレート接合の性能試験

(1) 構造用合板の性能

使用した構造用合板のJASによる性能結果を表-6に示す。圧縮強さ、曲げ強さ、曲げヤング係数ともにその下限値がJAS規格以上であり、試験に使用した構造用合板は、強度面ではJAS規格の性能を有しているといえる。

その他の性能結果を表-7に示す。せん断は繊維方向により平均値が変化し、材軸方向の繊維が傾斜する60°では低い値を示す。この試験ではせん断面を支える隣接の接着層幅がせん断面長の20mm程度で少なく、試験による破壊はせん断面に隣接する単板間の接着層のせん断破壊を伴い、完全なせん断破壊ではない。しかし、プレートも面の大きさが限られていて、せん断面長と接着材幅も100mm程度と同程度であることから、接着層間のせん断を含めた結果として現状に即したもののと思われる。

接着層面と平行方向の曲げ強さは繊維傾斜90°で比

表-6 JASによる構造用合板の性能

(Kgf/cm ²)				
試験種類	区分	平均値	下限値	JAS基準
圧縮強さ	0°	237.3	183.0	110~120
	90°	255.4	162.7	120
	45°	124.9	89.4	80
曲げ強さ	0°	436.6	321.9	200~240
	90°	432.3	341.3	200

曲げヤング係数	0°	108089	91531	50000
	90°	70621	54428	40000

試験個体:各種7個体

表-7 プレート設計のための構造用合板の性能

(Kgf/cm ²)				
試験種類	最外層単板繊維方向と応力方向の傾斜角	平均値	下限値	左記より算出した短期許容応力度
せん断(1)	0°	84.4	57.9	28.9
	90°	98.4	54.1	27.0
	60°	66.3	56.7	28.3
曲げ強さ(2)	90°	401.7	262.9	131.5
	60°	202.2	177.1	88.5

試験個体:各種12個体

(1)接着層面と直角方向の面のせん断

(2)接着層面と平行方向応力の曲げ強さ

較して、表-6のJAS規格による接着面と直角方向の曲げ強さより、平均値、下限値とも低い。材軸方向の繊維が傾斜する60°試験では更に低い。

せん断強さと曲げ強さとも材軸方向と単板の繊維に傾斜がある部材では、接着層のせん断力が性能に影響すると思われる。今回はメラミン樹脂接着合板を使用した。実用化するには耐久性を考慮してフェノール樹脂接着合板を使用する必要がある。接着層にフェノール等を用いた特類合板では更なる強度向上が期待できる。

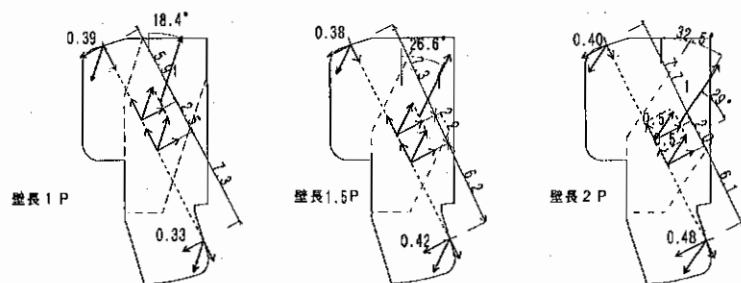


図-13 プレートに働く引き抜き力とその反力

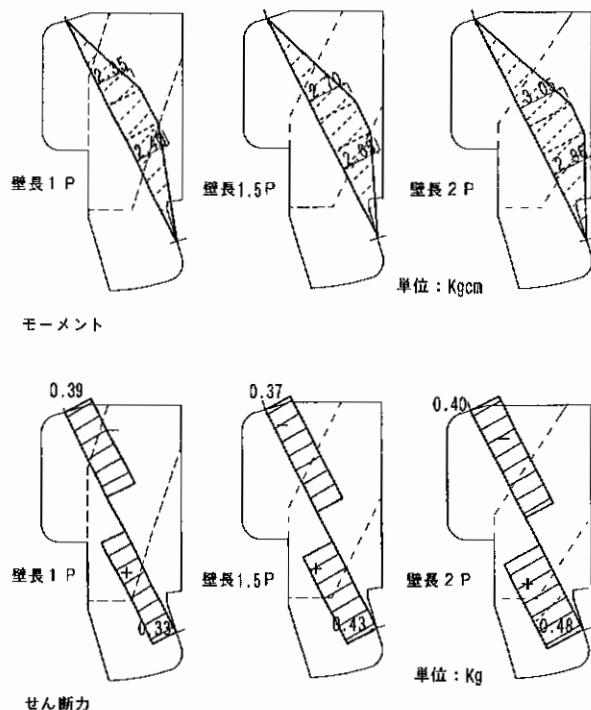


図-14 プレート応力

(2) プレートの応力解析

プレートに働く筋かい引き抜き力を図-13に示す。土台と柱のそれぞれの接点を結ぶ直線を軸とした単純梁として解き、応力を軸方向の水平分力と垂直分力に分解した。垂直分力について、荷重1(kg)に対する応力(kg)モーメント(kg・cm)と寸法(cm)を示した。

引っ張り外力に対し、プレートは土台と柱の溝により抗し、それぞれに反力が生じる。反力は軸の水平分力と垂直分力に分解され、水平分力はプレートを土台側に引く効果となってプレート離脱防止作用をする。水平分力は軸方向にせん断力を生じさせるが、十分長いプレートの長軸方向で抗する。垂直分力は単純梁として解き、図-14でせん断力とモーメントを示す。プレート筋かい間をボルト2本で固定するため2点集中荷重とした。プレートの形状寸法から土台側のせん断

応力がプレート破壊に影響すると考えられる。筋かいの傾斜により、せん断応力も変化する。柱側のせん断は壁長による差はなく、ほぼ一定値で推移するのに対し、土台側は壁長が1Pから2Pとなることで0.33から0.48へ約45%増大する。曲げモーメントも土台側の最大モーメントがプレート破壊に影響すると思われる。しかしせん断ほど壁長による変化は少なく、1Pから2Pと変化することで23%増大する。

表-8 筋かい引き抜き試験の最大耐力、短期許容耐力、剛性、粘り

接合種類		個体数:7					破壊形態(複数個体)												
		最大耐力 (平均値)	最大耐力 5%下限値	短期許容 耐力	短期耐力時す べり係数Kss (平均、kgf/mm)	塑性率* (平均値)	参考値(1)	プレート 柱 栓筋交土台釘											
		Pmax(Kgf)	TL(Kgf)	Fas(Kgf)		σ_u/σ_{as}	(Kgf)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ボルト2M12	1P	2413	1729	864	186	6.69		1	1	1	2	1		1	1				
	1.5P	2464	1958	980	182	4.84		1	3	2				1					
	2P	2219	1416	708	152	4.32			1	3		1	2	2					
ボルト1M12+釘7N65		2359	1903	951	255	11.37		1	1		3		1	3					
ボルト1M12+接着		2445	1672	836	649	7.38					1	1	1	4	3	1			
BP-2+VP		2142	1284	642	287	6.59	710							1	2	4			
BP-2同等ビス+VP		1782	1247	623	392	8.85											1	1	6

*最大変形量を最大耐力の80%荷重時として短期許容耐力時の変形量に対する比

(1)建築知識「ハーフ」 地震に強い「木造住宅」の設計マニュアル p28

(3) プレート内応力によるプレート耐力設計

使用する筋かいに適合した許容耐力を有するプレート形状と材寸とするため、合板の強度性能と材寸、形状からプレートの耐力を設計した。

条件

- ・プレートは壁長1P～2Pで使用する。
- ・筋かいとプレート間はボルト2本により緊結し、筋かい幅に等分に位置する。
- ・筋かい幅の中央が土台と柱の接点に位置する。
- ・筋かいは幅105mm、厚さ45mmとし、壁倍率2倍の引き抜き耐力を短期許容耐力とする。

プレート幅に対し、最大曲げモーメントの生じる位置は図-15のとおりで、その幅は138mmである。せん断応力は+側であり、対する最小材長は104mmである。

以上からプレートの断面係数は

$$Z = BH^2/6 = 1.8 \times 13.8^2 / 6 = 57.1 \text{ cm}^3$$

筋かいに生じる引っ張り力を

$$\begin{aligned} 1P & 0.91\text{m} \times \sqrt{10} \times 130\text{kg/m} \times 2\text{倍} = 748\text{kg} \\ 1.5P & 1.36\text{m} \times \sqrt{5} \times 130\text{kg/m} \times 2\text{倍} = 791\text{kg} \\ 2P & 1.82\text{m} \times \sqrt{3.25} \times 130\text{kg/m} \times 2\text{倍} = 853\text{kg} \end{aligned}$$

すれば

曲げモーメントによる曲げ荷重は

$$\begin{aligned} 1P & \sigma = M/Z = 2.40 \times 748/57.1 \\ & = 31.4\text{kg/cm}^2 < 88.5\text{kg/cm}^2 \\ 1.5P & \sigma = M/Z = 2.65 \times 791/57.1 \\ & = 36.7\text{kg/cm}^2 < 88.5\text{kg/cm}^2 \\ 2P & \sigma = M/Z = 2.96 \times 853/57.1 \\ & = 44.2\text{kg/cm}^2 < 88.5\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力は

$$\begin{aligned} 1P & \tau = Q/A = 0.33 \times 748/(1.8 \times 10.4) \\ & = 13.2\text{kg/cm}^2 < 28.3\text{kg/cm}^2 \\ 1.5P & \tau = Q/A = 0.43 \times 791/(1.8 \times 10.4) \\ & = 18.2\text{kg/cm}^2 < 28.3\text{kg/cm}^2 \\ 2P & \tau = Q/A = 0.48 \times 853/(1.8 \times 10.4) \\ & = 21.9\text{kg/cm}^2 < 28.3\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

選定した形状、材寸は許容耐力内にあり、プレート

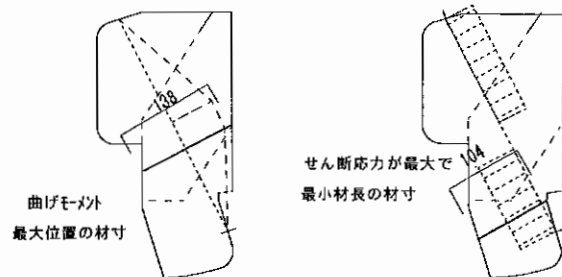


図-15 曲げモーメントとせん断位置とその材長

は破壊しない。

(4) 最大耐力、短期許容耐力、剛性、粘り

図-16に接合種類別の荷重変位曲線図を示した。最大耐力の平均値と下限値、短期許容耐力値、更に剛性を短期耐力時のすべり係数で、粘りを短期耐力時の変形量に対する最大変形量(最大耐力の80%荷重時)の比(塑性率)として表-8に示した。また、破壊形態を図-17に示し、接合種類ごとに破壊形態の発生個体数を表-8に付記した。(一個体に2以上の破壊形態あり)

筋かいプレート間をボルト2本で固定し、想定壁長別に1P、1.5P、2Pで比較した結果、最大耐力、短期許容耐力は共に中間の1.5Pが最大値を示したが、壁長が長くなり、筋かいの傾斜が大きくなるほど耐力が低下する傾向にある。その原因は、破壊形態の差に見られ、1Pでは破壊形態に方向性が見られないが1.5P、2Pではプレート破壊が顕著となる。1.5P、2Pではいずれも7個体の内、最大耐力の最も低い個体はプレート破壊によるものであり、プレート破壊により短期許容耐力値が低下しているものと推察される。また塑性率は壁長が長くなるにつれ低下している。図-16の応力-歪み線図の脆い破壊状況も含めて推察すると、脆性的なプレート破壊によるものと考えられる。この原因は図-13に示すように、壁長が大きくなる程土台から横への応力が増大するためであり、プレート幅が応力に抗し得なくなるためである。

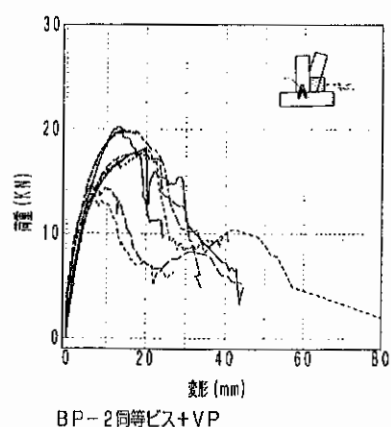
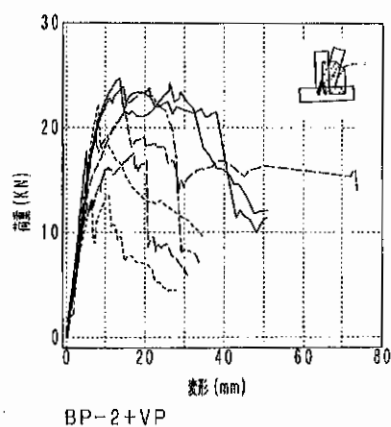
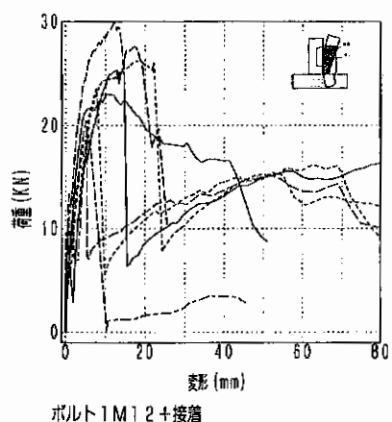
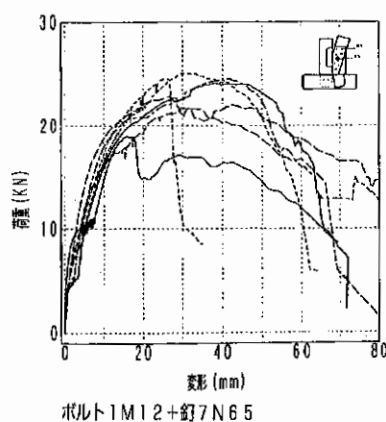
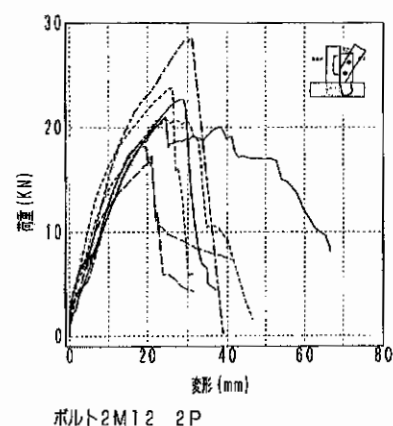
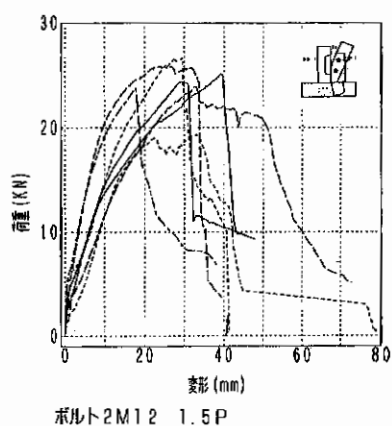
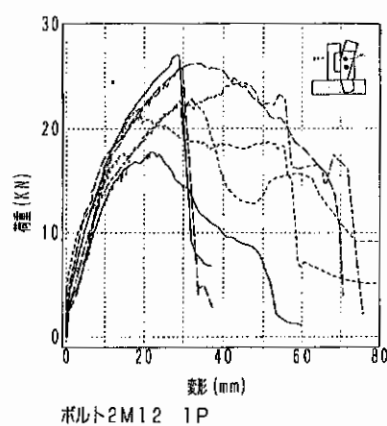
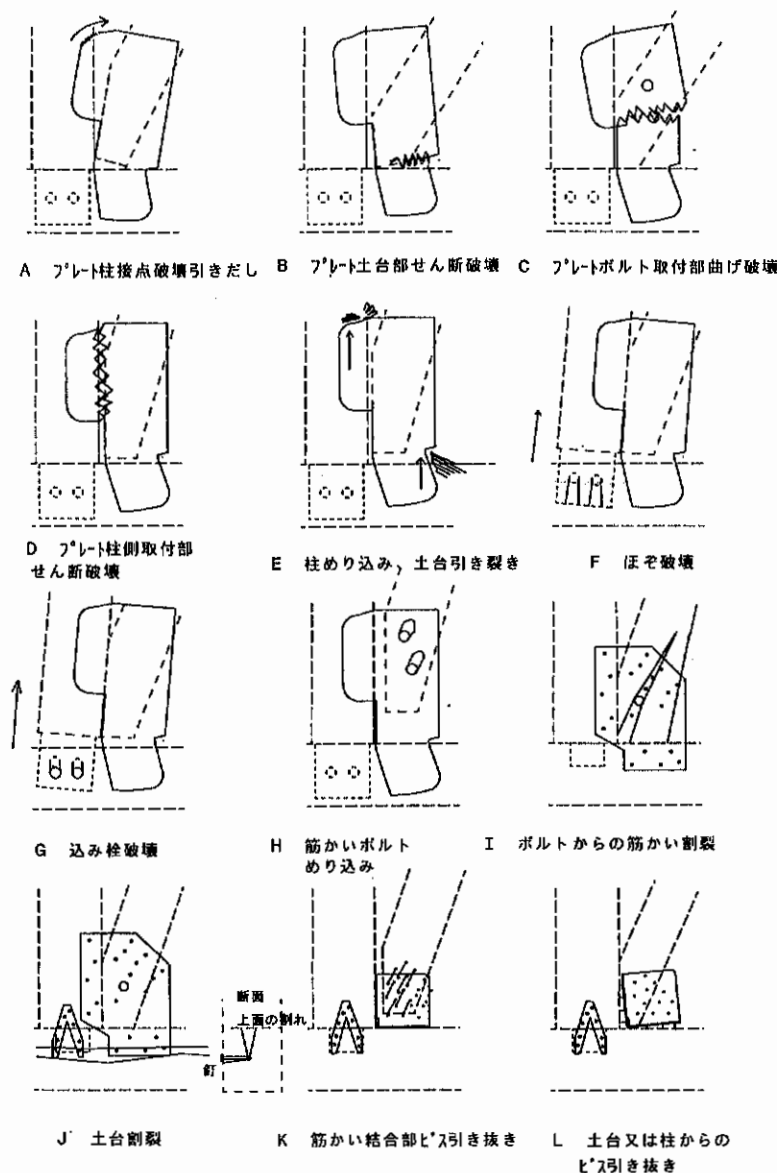
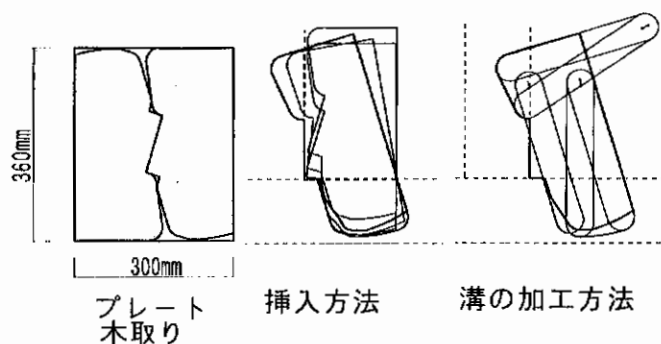


図-16 荷重変位曲線図



図一17 筋かい引っ張り試験体の破壊形態



図一18 傾斜型プレート形状

筋かいプレート間をボルト(M12)1本と釘(N65)7本で固定した場合、最大耐力の平均値2359kgfはボルト2本の試験体2413kgfより低いものの許容耐力ではそれぞれ1903kgfと1729kgfとなって、釘留めではわずかに高い。釘との併用により、個体のバラツキが少なくなっている。また、すべり係数は、ボルト2本の試験体186kgf/mmより明らかに大きく255kgf/mmであった。さらには、ほぼ同じボルトと釘で筋かいを留めている金具BP-2の287kgf/mmと同レベルであることから推察すると、釘がボルトによるガタを防止しているとともにプレートと柱、土台間のガタは生じていないと判断できる。塑性率については11.37とボルト2本6.69の倍近くとなり、釘による粘り強さが反映されている。このように釘を併用した方法は安全性が高く、ガタが少なくねばり強い方法と思われる。

筋かいプレート間をボルト(M12)1本と接着で固定した場合、最大耐力の平均値、塑性率ともボルト2本の試験体と同レベルであるが、接着によりすべり係数はきわめて高い。図一16に示すように接着の場合、接着面がせん断破壊するまできわめて剛性が高く推移するが、いったん接着層のせん断破壊が生じた後はボルト1本の耐力で推移するため、ボルト1本に力が集中する結果となる。その結果、最終的にはボルトによる筋かいの割れか、めり込みで破壊される。本接合は、接着剤の脆さをボルトにより粘り強くすることを目的とした。しかし、結果的にはボルト1本の最大耐力は接着による最大耐力の80%以下となったため、算出した塑性率にボルトの効果は含まれなかった。

コントロール用として試験したBP-2とBP-2同等製品の真壁対応のボックスプレート(ビス止めタイプ)を最大耐力の平均値と比較すると、前者が高いが短期許容耐力ではほぼ同等となった。BP-2の最大耐力の最も低い個体は、土台側面上部に打った釘の先端が上に割れの有する土台中央に達して、図一17のJの破壊形態に示すように、土台の上をプレート側のみ半分削くように破壊している。

また、ビスの引き抜き耐力に期待するボックスプレートは最大耐力の平均値が低いものの、比較的バラツキが少なく、短期許容耐力はBP-2よりわずかに低い程度にとどまっている。剛性、塑性率も高く推移している。

総じて合板プレートは許容耐力、塑性率共に市販の補助金物と同程度かそれ以上の値を示した。従って、特に芯持ち土台を側面から釘打ちする金属プレートの耐力低下の今回の事例やビスの引き抜き耐力のみに期待するボックスプレートに比較し、短期許容耐力における木製プレートの強度面での有効性が認められた。柱と土台の接合部位には、ほぞとほぞ穴加工に加えて大入れや蟻加工等の欠損や背割り等により耐力低下が想定されるので、木製プレートの短期許容耐力は、金属プレートのそれに対し、余裕のあるこの程度の値を適当とした。今後のデータの蓄積によるところが多い。

剛性については、プレート筋かい間をボルトのみで固定した場合、ボルトのガタやめり込みで剛性は低くなる。この問題は釘との併用で対応し得ると思われる。

(5) 最適プレート形状

効率的に低コストの筋かいプレートを生産するには、最適形状を求める必要がある。また図-16により、プレート破壊を伴う破壊はそれ以外の破壊形態の場合よりも、より脆性的な破壊となることから、プレート破壊の生じない形状とすることが重要である。プレートを破壊するプレート内応力は特に土台側のせん断力によるところが大きい。また図-17のB、Cの事例に見られるように、凹凸のある部位が破壊を誘引していることも想定される。そこでせん断力の生じる部位の欠損を少なくすることや、プレートの凹凸を平滑化することが重要となる。

この課題に対しては図-18のようにプレート形状を傾斜させることで、今回試験を実施したプレート形状をさらに改善し得る。すなわち、傾斜に伴いせん断に抗する材幅がさらに確保できることや、耐力に影響の少ない柱側下部の凸部を減少させることで、同じ原盤で(3×6判で30枚製造)製造することができる。

この形状は長方形のプレートを旨としており、結果的にはプレート作成上の切削に伴う損失部分のない効率的な形状となっている。今後は合板の繊維方向によるせん断耐力との比較で再検討する必要があるだろう。

引用文献

例えば Dick, Schmidt (1995) Load Behavior of Connections with Pegs TIMBER FRAMING

38, JOURNAL OF THE TIMBER FRAMERS GUILD : 6-9.

例えば Dick, Schmidt (1996) Load Behavior of Connections with Pegs II TIMBER FRAMING 39, JOURNAL OF THE TIMBER FRAMERS GUILD : 8-11.

河合直人(1996)地震に強い[木造住宅]の設計マニュアル : 95

住宅金融公庫(1998)木造住宅工事共通仕様書(平成10年度版). 242p, 住宅金融普及協会, 東京

日本住宅・木材技術センター(1995)Zマーク表示金物木造住宅接合金物の使い方. 49pp, 木造住宅用優良接合金物推進協議会

日本住宅・木材技術センター(1982)木造住宅 4 構造計画の手引き. 126pp, 丸善, 東京

日本木材学会編(1995)木質構造設計基準・同解説. 342pp, 日本建築学会

農林水産省林業試験場(1982)木材工業ハンドブック. 1095pp, 丸善, 東京

農林水産省食品流通局消費経済課(1997)構造用合板の日本農林規格とその解説. 60pp, 日本合板検査会
平井卓郎(1997)木材接合部の耐力試験法と性能評価法. 木材工業 : 50-54

例えば 松井郁夫他(1998)木造住宅[私家版]仕様書架構編. 179pp, 建築知識, 東京.

資 料

シイタケ菌床栽培における培地の反転が子実体発生に与える影響

水谷 和人

キーワード：シイタケ、菌床栽培、培地、子実体発生、発生位置

I はじめに

シイタケ菌床栽培は1970年頃から始まり、1980年以降急速に広がってきた（小出，1992）。現在、菌床による生産量がシイタケ生産量全体の約半分を占める（林野庁，1998）ことを考えると、非常に速いテンポで普及してきたと言える。現在行われているシイタケ菌床栽培は培地を袋内で培養し、培養終了後は培地を袋から取り出し、パイプなどの上に培地全面を外部に露出したまま置いて子実体を発生させる方法が主流である。この方法の培地下面から発生した子実体はパイプにつぶされて商品価値がなくなるだけでなく、採取の煩雑さや培地表面およびパイプへの付着残査が害菌汚染源となりやすくなる。このため、可能な限り培地下面からの子実体発生を少なくする必要がある。

ところで、県内の空調設備のないビニールハウス（以後、簡易施設とする）を使用したシイタケ菌床栽培では、培養終了時に培地を反転させる事例が見られる。反転しない培地では子実体の発生が培地下部に多くなる。このため、反転することにより子実体を培地上部から多く発生させ、前述の問題点を解決することを目的としている。しかし、これは経験的なもので、培養終了時に培地を反転しない、あるいは反転することが子実体発生におよぼす影響について、詳細に検討された報告はない。

そこで、本試験では県内で簡易施設を使用して行われている栽培方法の事例に概ね準じて培地を培養終了時点まで管理した後、培地の置き方を無反転、反転の2通りに設定し、子実体の発生状況を培養時の影響を強く受けると考えられる発生期間の初期に限定して調査を行った。これにより、県内のシイタケ菌床栽培地で見られる子実体が培地から片寄って発生する事例を検証するとともに、培地の反転が培地下面からの子実体発生量を少なくし、その他の要因となる子実体の発生量に悪影響を与えない有効な方法であるかどうかを検討した。

II 方 法

1. 培地材料、培養および子実体発生の条件

培地基材はコナラを主とした広葉樹のオガコで、粒度は2mm未満：2～4mm：4mm以上＝29：23：48（w/w）とした。このオガコにフスマを主とした栄養添加物を重量比で8%添加した。含水率を65%に調整した後、片面に通気用のウレタンフィルターを2個付けたP.P.袋に3.5kg詰めた（図-1）。以下常法に従って殺菌、放冷、北研603号の接種を行った。培養は空調施設を使用して温度20℃、湿度70%RHの条件下で188日間とし、すべての培地を接種面が上になるように置いて管理した。培養終了時点で袋を取り除き培地全面を露出させた後、置き方を2通りに設定した。引き続き接種面を上向きで発生させる培地（無反転培地）および接種面が下を向くように培養時とは上下逆に置き換えて発生させる培地（反転培地）である（図-2）。発生条件は温度15℃、湿度95%RHとした。供試数は各試験区とも18培地とし、子実体発生の状況を浸水処理なしで52日間について調査した。

2. 子実体発生の調査、培地含水率の測定

発生した子実体は傘の裏の膜が切れる頃を目安にステンレス製のハサミを使用して、柄を培地表面付近で



図-1 試験に使用した培地
(幅21×奥12×高さ16cm)

切断した。採取した子実体は、採取日ごとに個数、生重量を測定した。なお、各試験区4個の培地については、すべての子実体の発生位置にピンを刺して表示し、採取した子実体の生重量を測定した。

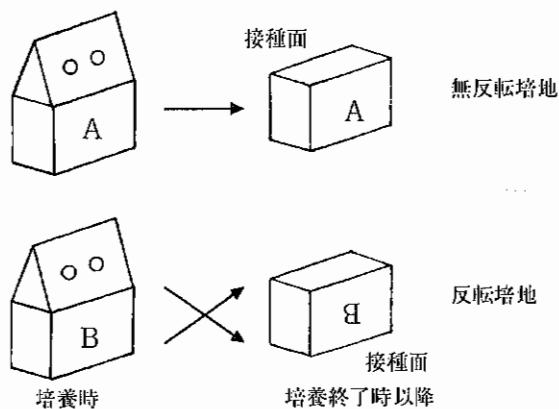


図-2 試験区別培地の置き方

Ⅲ 結 果

1. 培養開始から培養終了時における培地の状況

培養開始から終了時における培地の状況を表-1に示した。菌糸は培養を開始して概ね28日で蔓延した。袋内には培養中に培地から褐色の水が排出され、培養終了時点で袋内の培地が約半分の高さまで浸かるという状態であった。培養終了時の培地重量は培養開始時の89.4%となった。

表-1 培養開始から終了時における培地の状況

培養開始時の 培地重量(g)	蔓延日数(日)	培養終了時の 培地重量(g)	培地重量比(%)
3,509±28	27.6±1.4	3,138±31	89.4±0.4

培地重量比：培養終了時の培地重量／開始時の重量×100
36培地の平均値±標準偏差

2. 子実体の発生状況

子実体の発生パターンを図-3に示した。子実体は両試験区とも調査期間の初期に集中して発生し、その後の発生はほとんどなかった。無反転培地は発生処理後12~16日の間に調査期間の総発生量の99.8%が、また反転培地は98.4%が発生した。発生のパターンは培地の置き方による違いがほとんど見られなかった。調査期間中における子実体の発生量、発生個数および子実体1個当たりの生重量は表-2のとおりで、培地の置き方によって差が見られなかった（U検定、 $\alpha = 5\%$ ）。

培地の位置別の発生量を示したのが表-3である。

子実体の発生位置は無反転培地および反転培地とも子実体発生時の置き方を基準とし、上を向く面を上面、下に接する面を下面とした。上面および側面上部を合わせて上部、下面および側面下部を合わせて下部とした。無反転培地は、上部に比較して下部から多く発生した（t検定、 $\alpha = 5\%$ ）。上部は平均497g、下部は700gで上部：下部=1：1.4の割合であった。特に上面からの発生はほとんどなく、逆に下面からは培地全体の発生量の約5%に当たる60gが発生した。一方、反転培地は、下面からの発生がほとんどなく、上面を含め上部からの発生重量が多かった（t検定、5%）。発生量の割合は上部：下部=1.6：1であった。

両試験区とも下面から発生した子実体には商品価値が期待できないと仮定し、培地全体の発生量から下面の発生量を差し引いた値を比較すると、無反転培地が1,137g、反転培地が1,161gとなる。商品価値が期待できる子実体は、反転培地が無反転培地を下回らないという結果であった。

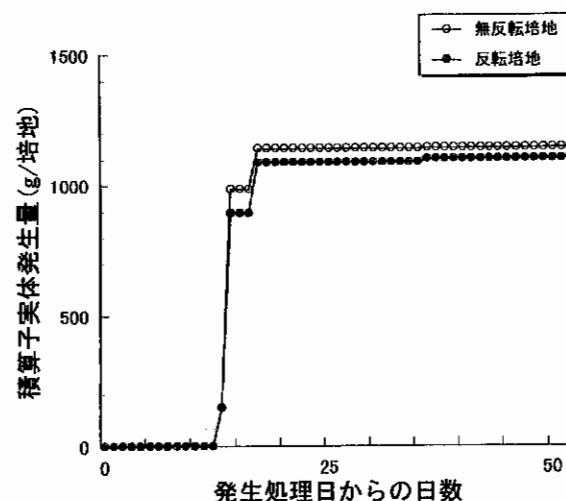


図-3 子実体発生パターン
各試験区18培地

表-2 子実体の発生状況

試験区	子実体発生量(g)	発生個数	子実体1個当たりの生重量(g/個)
無反転培地	1,142±189.6	49.3±5.3	23.3±3.2
反転培地	1,104±140.7	52.4±10.1	21.7±3.8

各試験区18培地の平均値±標準偏差

表-3 培地位置別の子実体発生量

試験区	子実体生重量(g)		
	培地上部(汚上面)	培地下部(汚下面)	培地全体
無反転培地	497±122 (5±9)	700±41 (60±24)	1,197±108
反転培地	709±87 (90±40)	457±109 (5±2)	1,166±134

各試験区4培地の平均値±標準偏差

IV 考 察

本試験は、県内で簡易施設を使用して行われている栽培方法に概ね準じて（温湿度条件は除く）培地を培養終了時点まで管理した。結果、無反転培地および反転培地とも1培地当たりの子実体発生量・発生個数、子実体1個当たりの生重量、および発生パターンに違いは認められなかった。これらのことから、培地の置き方は子実体の発生量や発生パターンに影響しないことがわかった。

子実体の発生は無反転培地が培地下部、反転培地が上部に多かったことは、培養時に培地の下部であった場所に多く発生したことを示している。子実体の発生が培養時の培地下部に多いという県内栽培事例は本試験においても同様な現象が確認された。簡易施設を使用した栽培では施設内の温湿度環境を制御するのが非常に困難で、気候による変動の影響を大きく受ける。このため、個々の栽培施設によって栽培環境は大きく異なるにもかかわらず、同じ結果が得られたことを考えると、本栽培方法では培養温湿度の影響にあまり関係なく子実体が培養時の培地下部に多く発生すると言える。

シイタケ菌床栽培において、培養中に形成された原基数がその後の子実体発生個数を強く支配することが示されている（河内ら，1991；小出，1994）。また、同じ培養条件で管理してもその後の培地乾燥により子実体の発生量が減少する（水谷，1997）が、本試験の場合は子実体発生時における培地の乾燥、特に局所的な乾燥による発生不良は、高湿度発生条件および子実体の初期集中発生のためにあまり起こっていないと推察される。つまり、子実体原基が培養終了時点で既に培養時の培地下部であった場所に多かったと考えられる。

ヒラタケのピン栽培では培地表層部の含水率が高いと子実体の発生量が増える傾向が示されている（渡辺，1997）。このことは、培地表層部の含水率を測定していないために本試験でも同様のことが言えるかどうかは明らかではない。しかし、培養終了時点では、培地の約半分の高さまで褐色の水に浸かっていたことから、培養時の培地下部の表層部は保湿される環境にある。一方、培養時の培地上部はP.P.袋の通気用フィルターによる乾燥の影響を受けやすい。これらのことから、培養時培地の下部であった場所から多く子実体が発生したのは、培養時の培地上部の乾燥、下部の保湿による培地表層部の水分条件の影響が原因の一つとして考えられる。

本試験では、無反転培地、反転培地とも子実体発生

に大きな違いは認められず、下面以外の子実体発生量が反転培地で少なくならなかった。これらのことから、発生期間の初期に限定すれば、培地下面からの発生を少なくし、パイプによる変形を少なくするためには、培養終了時点で培地をひっくり返して上下反対にした方が良いと考えられる。培地の置き方を培養終了時点に変えることは、袋栽培で行っているシイタケ菌床栽培者には負担にならない作業である。

引用文献

- 河内進作・目黒貞利・中野直樹（1991）木粉培地でのシイタケ子実体原基の形成。木材学会誌37：976-980
- 小出博志（1992）菌床シイタケの栽培技術。（菌床シイタケの栽培と経営，古川久彦編，179pp，全国林業改良普及協会，東京），33-94
- 小出博志・竹内嘉江（1994）シイタケ菌床栽培技術の開発。長野県林総セ研報8：35-61
- 水谷和人（1997）シイタケ菌床栽培における培地水分が子実体発生量および形質に与える影響。中森研45：59-60
- 林野庁特用林産対策室（1998）平成9年の特用林産物生産動向。林野時報531：2-10
- 渡辺和夫（1997）ヒラタケ栽培ピンのキャップの通気性と環境湿度条件が子実体の発生に及ぼす影響。奈良県林試研報27：1-7

1999年3月31日

岐阜県森林科学研究所研究報告No28

岐阜県美濃市曾代1128-1

発行所 岐阜県森林科学研究所

TEL (0575) 33-2585

印刷所 協 同 印 刷

TEL (0575) 28-2136

