

平成16年度農林水産省補助事業
「顔の見える木材での家づくり」推進事業

地域型長期耐用住宅における 地域材利用技術の調査・研究報告書 (富山地域編)

平成17年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

まえがき

国産材の需要拡大は、地域の林業、林産業活性化への寄与はもちろん、資源の循環利用や国土保全上からも極めて重要である。わが国の木材需要は、その6割が住宅等の建築分野であり、各地域の木造住宅用建築資材として国産材の利用拡大を図っていくためには、地域によって異なる性能を有する木材や異なる生活様式に対応した技術開発の推進が必要である。

地域の木造住宅は、元来、地域の気候・風土や生活様式等を考慮した間取り、構法及びそこでの使用木材の選択やその使い方等にそれぞれ特徴があるものである。しかし、現代の木造住宅は、全国的に平準化し、地域性が希薄化しているのが実態である。住宅の品質・性能は、構造的な安定性や耐久性、健康安全性、省エネ効果等が求められてきたが、近年は、循環型社会の構築に対応した住宅生産体制の整備も求められている。また、わが国における二酸化炭素削減計画や森林整備の充実のためには、国産材供給の主力になってきた中目材の積極的な活用も必要となっている。

こうした背景のもと、本事業では、平成13～14年度に実施した林野庁補助事業「長期耐用住宅木材利用技術高度化事業」及びこれを引き継いだ平成15年度からの「顔の見える木材での家づくり」推進事業の一環として、地域性を踏まえた長期耐用住宅のシステム化を進めてきた。進め方については、日本は地域によってその気候風土は大きく異なるため、地域特性を気候因子で代表させ、①寒冷・乾燥地域として長野県、②多雪・湿潤地域として富山県、③高温・多雨の台風常襲地域として高知県、④高温・多湿の蟻害多発地域として宮崎県、の4県を選定した。この4つの地域で、長期間の供用に耐えると認識されている住宅についての構法的特徴、使用材料の特徴等を調査し、長期耐用可能な住宅に求められる条件を整理し、地域に適した長期耐用住宅のモデル設計を行うために、地域材を活用した軸組構造等の基本設計を、実験検証を踏まえながら行ってきた。

最終年度である本年度は、前年度の基本設計をもとに実施モデル設計を行い、地域型長期耐用住宅への地域材利用方法についての提案をすべく、総合的なまとめとして総合解説書を完成させた。

本報告書は、上記4地域のうち、富山県（多雪・湿潤地域）に関するものである。

本事業を推進するに当たり、多忙な中、精力的にご討議いただいた各委員及びご協力いただいた各県の木材関係研究機関の연구원ならびに住宅・木材関係会社・団体の関係者に対し、厚くお礼申し上げます。

平成17年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター
理事長 岡 勝 男

目 次

第1章 多雪多湿地域型長期耐用住宅モデル	1
1. 多雪多湿地域型住宅のプラン概要	1
1.1 プランの基本的な考え方	1
1.2 地域特性への対応	3
2. 長期耐用住宅モデルプラン	6
2.1 平面・構造計画上の特徴	6
2.2 性能レベル	13
3. モデル住宅の構造	13
3.1 枠の内の構成	13
3.2 モデル住宅の耐力壁量	15
3.3 枠の内の壁耐力性能	16
3.4 モデル住宅の接合部仕様	18
3.5 モデル住宅軸組図と接合部仕様	29
3.6 モデル住宅基礎図、伏図	33
3.7 積雪荷重に対する部材寸法の確認	35
4. 地域材の利用	37
5. まとめ	39
第2章 地域材利用技術資料	41
1. 地域材の強度性能	41
1.1 曲げ強度性能	41
1.2 座屈性能	41
2. 込み栓接合法の耐力	45
2.1 柱-土台仕口の込み栓接合	45
2.2 出隅大入れ長ほぞ差し仕口接合	70
2.3 中柱大入れ二方差し仕口接合	83
2.4 柱-桁込み栓接合	86
2.5 柱接合部まとめ	103
別添資料：地域材による長期耐用住宅開発委員会	
富山地域委員会委員名簿	104

第1章 多雪多湿地域型長期耐用住宅モデル

1. 多雪多湿地域型住宅のプラン概要

1.1 プランの基本的な考え方

地域型の長期耐用住宅を考える際に、構造耐久性、居住性、環境適応性、可変性、リサイクル・リユース性、資源の循環利用、地域材の利用、地域の建築技術・技能の継承など多くの因子に配慮する必要がある。最近では特に循環型社会の構築という社会的な命題にいかに関与できるかが重要な課題となってきている。

住宅の長寿命化をはかる上で構造躯体の耐久性を向上させることが重要であるが、加えて従来の住宅の耐用年数が低い原因として指摘されている住い手の生活状況変化や設備の老朽化・陳腐化による建て替えへの対応が必要である。生活の変化に容易に対応できる構造形態をとることや、躯体あるいは設備の老朽化が容易に見つけられ交換が容易であることなども具体的な課題として重要となってくる。

また、使用期間が終了した時にリサイクルやリユースがしやすいこと、使用時に省エネルギー的な住宅であること、地域材を地域で活用し資源の循環サイクルの中に取り組みことも考える必要がある。

現在、住宅工法の工業化が進み全国画一的な住宅が普及している状況にある。そのような住宅では、たとえばプレファブ住宅やツーバイフォー住宅、在来工法でも集成材や金物工法を用いて全国展開された住宅は、コストと性能・品質の面で優れた住宅といえる。このような住宅工法においても、長寿命化の取り組みはなされているところである。しかし、これらの住宅は量と品質が安定し低コストな外材を中心に展開しており、国産材の利用という林業生産を活かした地域の循環型社会の枠組みを作ることには対応していない。

当地域では、地域林業による地域材を用いて、地域で建築され、長期に使用されリサイクル・リユースに供される、地域性の高い長期耐用住宅の開発を目指している。地域の住宅状況をみると、当然のことながら全国的住宅ビルダーによる住宅が増えているが、一部には地域に根ざした地域色の強い住宅工法が継続されている。これらは、山間部あるいは農村部に多いが、都市部でも見受けられる。このような住宅は、地域伝統的な嗜好により、地域の大工・工務店によって建築されており、現実に100年間の使用に耐えている長期耐用住宅といえるものである。

このような住宅工法として、多雪多湿地域である富山県には、「枠の内工法」と呼ばれる伝統的な住宅構法が伝えられており、吾妻建ちと呼ばれる代表的な民家の構造として残されている。おもに県西部の農村部や山間部に多い工法であるが、一般的に使用されている住宅でも100年程度の使用は当然と考えられている。このような住宅は、地域材が基本となっており、かつ現実に100年という長期使用に耐えている住宅である。

本事業では築100年を超える枠の内工法住宅の解体調査を行い、地域の大工技術が集積し、かつ地域のスギを最大限利用して建てられていること、高い可変性や増改築・部材交換性にも優れた特性を持つという、長期耐用住宅に期待される要因を備えたものであることを明らかにした。

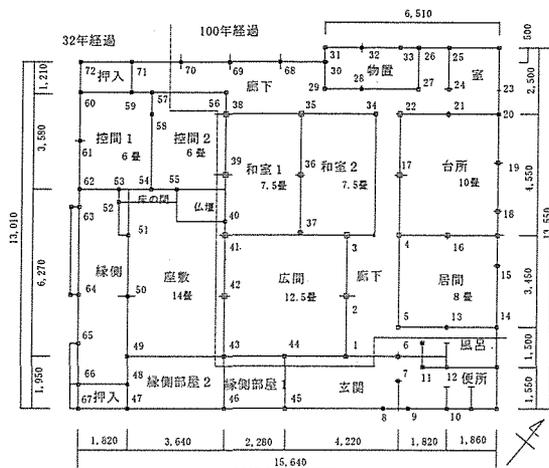
しかし、このような優れた長期耐用的特性を持っているものの、18cmという太い柱やケヤキの差し鴨居など材料、価格における供給上の問題、建具による間仕切構成のため、プライバシーに対する配慮の欠如や断熱、気密性の不足など、現代的なニーズを満足できなくなったことなどから、建築されなくなってきたのが現状である。

したがって、このような既存の長期耐用住宅が持っている特性を活かしながら、現代的なニーズに適応させていくことが、多雪多湿地域型長期耐用住宅の基本的な方向と考えている。

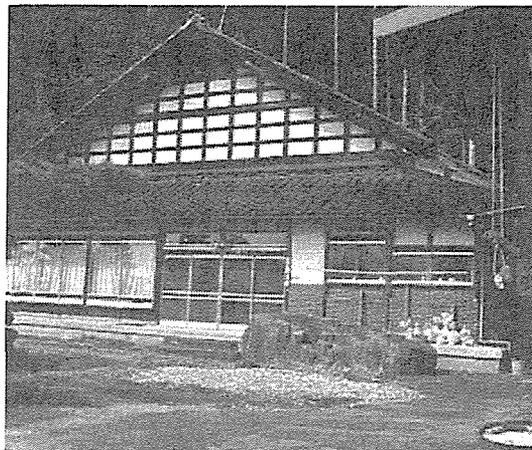
枠の内工法のような伝統的工法に限らず、地域の大工・工務店によって建てられる地域型の在来工法は、全国的な住宅ビルダーの進出により、その大工技術を活かす場が減少してきている。このような地域型在来工法では、地域材を用いて地域の大工による地域伝統型の住宅を造るという地域材流通の仕組みができており、地域材を用いた長期耐用住宅の展開には、伝統的な工法の活用により大工技術を継承し、かつそれを特徴として活かすことが重要と考えられる。

しかし、最近の建築基準法の改正では耐震性能などの構造性能の信頼性確保を重視したことにより、性能の明確な金物接合工法が中心となっており、伝統型の接合法など地域の大工技術の継承性が損なわれる可能性がある。例えば、伝統的な接合技術の一つに込み栓型接合があるが、様々な形態で地域型の住宅に用いられているにもかかわらず、現在の法体系の中では、長ほぞ込み栓差しという一つの接合法として定義されており、仕様も明確にはされていない。また、仕様を特定しにくいこともあり、金物に比べて低い性能の評価となっており、込み栓接合を主体にした住宅を考える際には、いくつかの不利な条件に配慮しなければならない。したがって、実際には様々な形態で用いられている込み栓接合の性能を正しく評価した上で、込み栓接合等の地域大工技術を現在の法体系の中で活かした工法を地域型の長期耐用住宅として提案することが必要である。

解体調査した枠の内工法住宅を参考に、枠の内工法の概要を図1-1に示す。枠の内とは、解体時に最後に残された写真(c)に見られる部分であり、住宅構造の骨格となる場所である。18cm角の太い柱に差し鴨居、束と通し貫で構面を固め、下から牛梁、小屋梁、小梁の順に井桁状に組まれている。脚部は柱勝ちとなり足固めが差し込まれて固定されている。この基本骨格に梁を持たせかける形で周囲の部屋を作り住宅構造とする。内部は、写真(d)に見られるように、主に建具で仕切られている続き間となっており、冠婚葬祭時には広い平面空間として利用できる可変空間としての特性を持っている。また、夏には通風性に優れているという特徴もある。反面、プライバシーが維持できないことや、断熱、気密性に劣る欠点がある。主要な骨格には込み栓等の伝統的な接合法を利用しており、金物類を使用せず、梁や小屋組には押角を用いて伝統的な仕口、継手により接合している。また、使用する部材は耐久性の要求される部分を除いて柱、梁を含めほとんど地域のスギ材を用いて建てられていた。さらには、床は根太の上にスギ板敷きが基本となっているため、腐朽が起きやすい床下環境のチェックがしやすいことも長期耐用住宅の視点では重要なことである。実際、この住宅では柱の根継ぎや床下の改修が適宜行われることで、100年間の使用に耐えたものと考えられる。



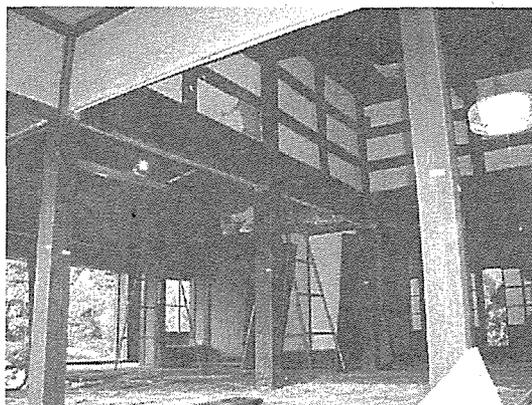
(a)



(b)



(c)



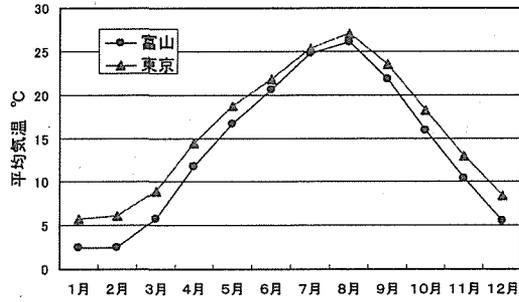
(d)

図1-1 梓の内工法住宅

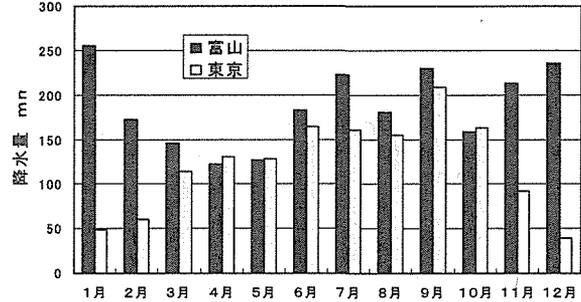
1.2 地域特性への対応

1.2.1 気候

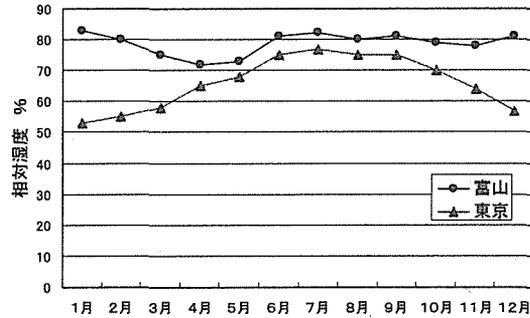
主な気候指標を用いて富山地域の気候の特徴を図1-2,1-3に示す。東京に比べると、気温については全体に低めではあるが、12月から2月にかけて3℃近く低いものの、7月、8月には1℃程度の差にすぎず、東京に比べると冬に寒くて夏が暑い地域といえる。また、湿度は、夏季は東京と変わらず暑くて湿気が高い傾向にあるが、冬季は降水が多く全体に湿度が高い。また、地域を特徴づけるのは、降水量と日照時間であり、夏季にピークがくる山型の降水量分布を示す東京に比べて、春にやや少ないのみで、年間を通して大きな降水量を示している。特に、冬季の降水量が大きく、気温の低下で降雪となり、湿雪で比重の大きい積雪となる。これは日照時間にも表れており、冬季の積雪あるいは降水は、日照時間が少ない北陸の冬を示している。また、日照時間が年間を通して大きく変わらない東京に比べて、夏季には東京より長い日照時間があるが、冬季に極端に短くなる。



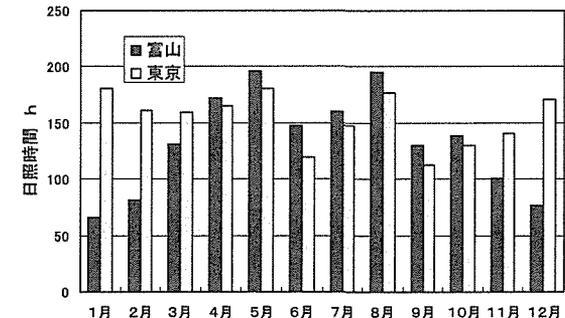
平均気温



降水量



平均湿度



日照時間

図1-2 気温と湿度

図1-3 降水量と日照時間

したがって、冬季の積雪と日照時間の少なさ、対する夏の暑さや年間を通して多湿であることが地域的な特徴といえる。

1.2.2 風土

地域における気候風土や伝統的な生活様式は、住宅の指向や住まい方に関わるものであり、梓の内工法は続き間を持ち、冠婚葬祭に自宅に対応できるようにという伝統的な住まい方が

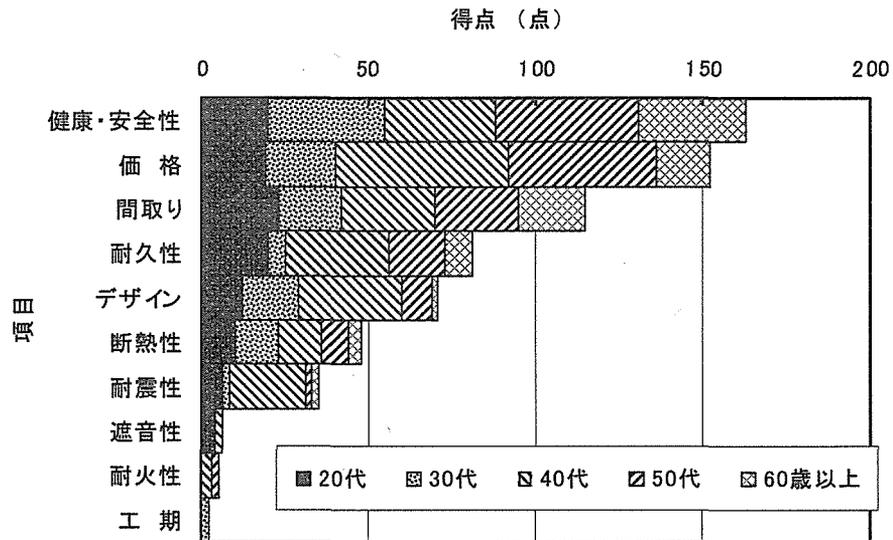
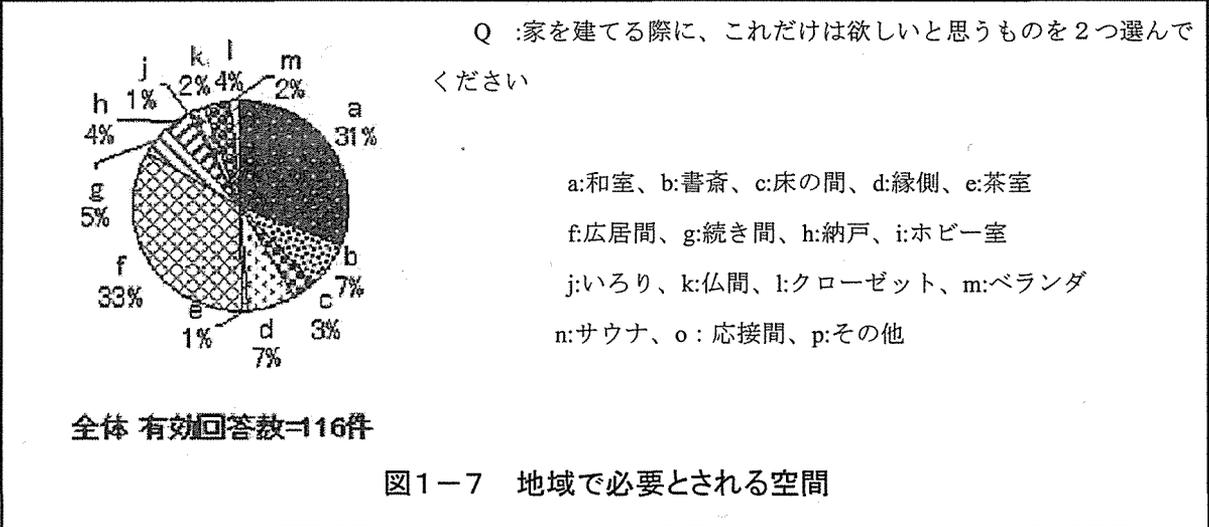
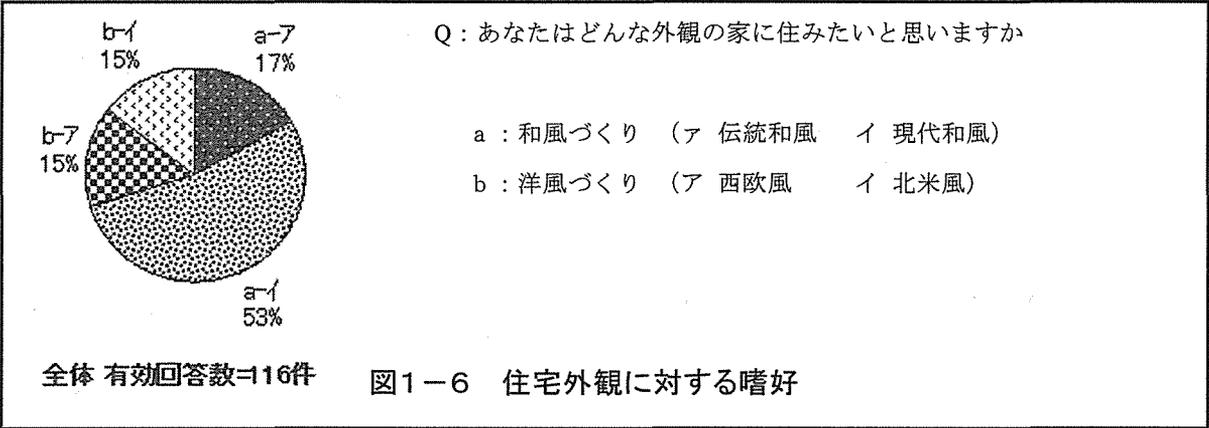
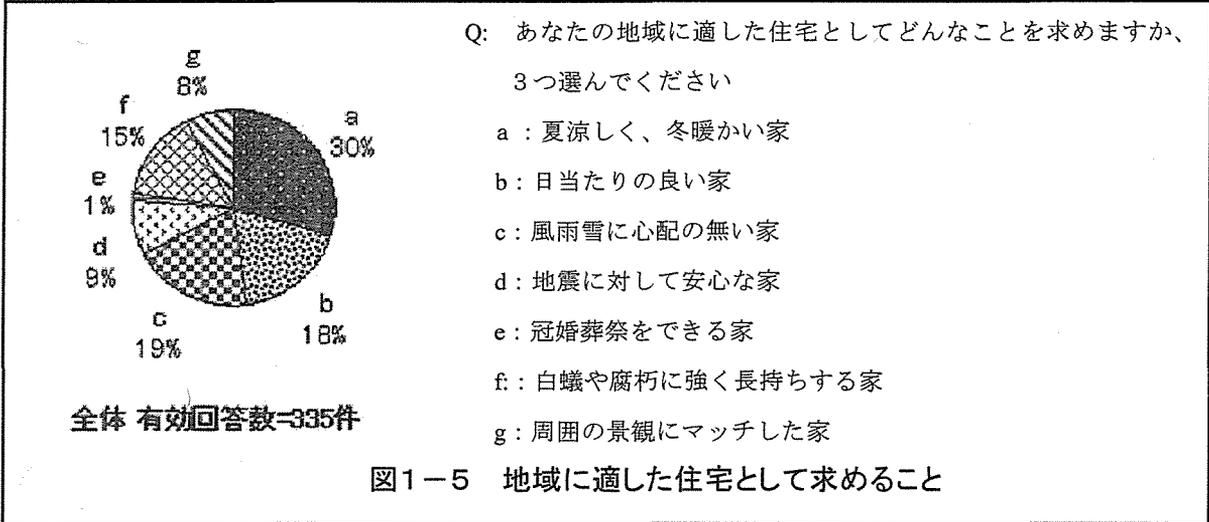


図1-4 家を建てる際に重視する項目



反映されたものである。しかし、住まい方は時代に応じて変化していくものであり、当地においても全国的な規格の住宅が増加する傾向にある。しかし、地域の大工・工務店、地域ビルダーの在来工法型住宅には、これまでの伝統的な嗜好がなんらかの形で活かされたものが多いことも考えられる。したがって、現在の住宅に対する住民の要望や、北陸地域の住宅の傾向を把握することで、現代の要望に対応した住宅が見えてくるものと思われる。平成13年度に行ったアンケート調

査で明らかになった地域における住宅のニーズは、住宅の建築に際して重視する項目として図1-4のように、現代的な要素である健康・安全性が第1であり、価格、間取り、耐久性がその後が続いている。

長期耐用住宅という要素の中には、当然のことながら耐久性の向上が含まれており、健康・安全性について地域産材の無垢材を用いるという材料的な配慮でかなりの部分が対応できるものと考えられ、この点のニーズを満足させることは可能である。また、図1-5に当地に適した住宅として求められるものとして、先の気候条件が反映した夏涼しくて冬暖かい家、日当たりの良い家、風雨雪に心配の無い家、腐朽に耐え長持ちする家があげられている。風雨雪の構造耐力的な要素は当然満たすものとしても、夏の暑さと冬の寒さ、湿度の高さ、曇天の続く冬の空模様など北陸地域の気象の影響が色濃く住宅への要求としてでているものと考えられる。

図1-6は住宅の外観に対する好みを質問した結果だが、和風づくりが7割を占め、特に伝統和風に対する嗜好も17%存在することは特徴的である。また、図1-7の家を建てる際に必要と考える空間についての質問では、和室と広い居間に加えて、縁側や続き間が含まれてくるのも、当地の住まい方の特徴を表しているものと考えられる。このような地域の風土、生活を盛り込むことが必要である。

2. 長期耐用住宅モデルプラン

2.1 平面・構造計画上の特徴

多雪多湿地域型長期耐用住宅のモデルプランを図1-8～1-11に一括して示す。

この住宅では、地域の伝統工法である枠の内工法を中心として、地域の伝統技術と地域材を用いて、地域の生活に適応した住宅として考案したものである。1階中央部の2.5間(4.5m)と3間(5.4m)で枠の内を作り、縁側を含む外周を掛ける構成となっている。プランAは、木造2階建てで160.71㎡(48.7坪)(1階114.85㎡(34.8坪)、2階45.86㎡(13.9坪))で、広いといわれる富山県の住宅面積より、さらに大きな造りとなっている。同様な面積で(吹き抜け面積の違いで若干異なる)、プランB、プランCの3種類を示した。家族構成は、夫婦と子供2人を基準にしており、将来は、2世帯、3世帯同居の可能性も視野に入れている。

【 平面計画での特徴 】

枠の中で構成される2.5間×3間の広い居間(居間と食堂)を構造コアにして、アンケート調査でも要望の高かった広い居間16.5畳を確保している。南面には縁側を設け、広い開口を設けて冬季の日照への地域の強い要求に配慮している。縁側となっているが、和室、居間、主寝室との境界は建具構成になっているため、和室と一体化すれば10畳相当の広い和室として、主寝室や居間との結合により、新しい広い部屋として、一時的あるいはリフォームも容易に可能であり、居間と和室、居間と主寝室の間も含めて、将来のリフォームに備えた高い可変性を付与している。枠の内上部2階は床を張り部屋とすることも可能だが、現在は吹き抜けとした。当初は子供部屋となる西の間、東の間と居間との間で、吹き抜けを通しての上下のコミュニケーションを可能にした。

将来、2世帯同居の時期には、床を張り、部屋として利用するなど、将来用のスペースとした。

水回りゾーンは、平屋北面に集中させており、メンテナンス、交換が効率的に行えることを考えている。2階部分の西の間、東の間と廊下の間には短い階段を設けているが、これは枠の内部分である居間の天井高が周囲より90cm高くなり、段差を生じるためのものである。

プランBでは階段を2箇所にして、1階と2階のゾーニングを可能にしている。例えば、2世帯住宅としても利用しやすいように、平面バリエーションの多様性を保証している。2階吹き抜け部はAプラン同様に、将来の増設スペースとしている。

プランBでは、南入りとして2階にも便所を配置することにより多様な居住スタイルに対応できるように配慮した。

これらの3つのプランは、ともに枠の内を中心として、わずかな構造躯体の変更で、3つの平面プランのバリエーションとなっている。生活の変化に対応した変更例を示したものではないが、2世帯同居などへの対応例など、長期耐用住宅に必要な可変性が付与されていると考える。

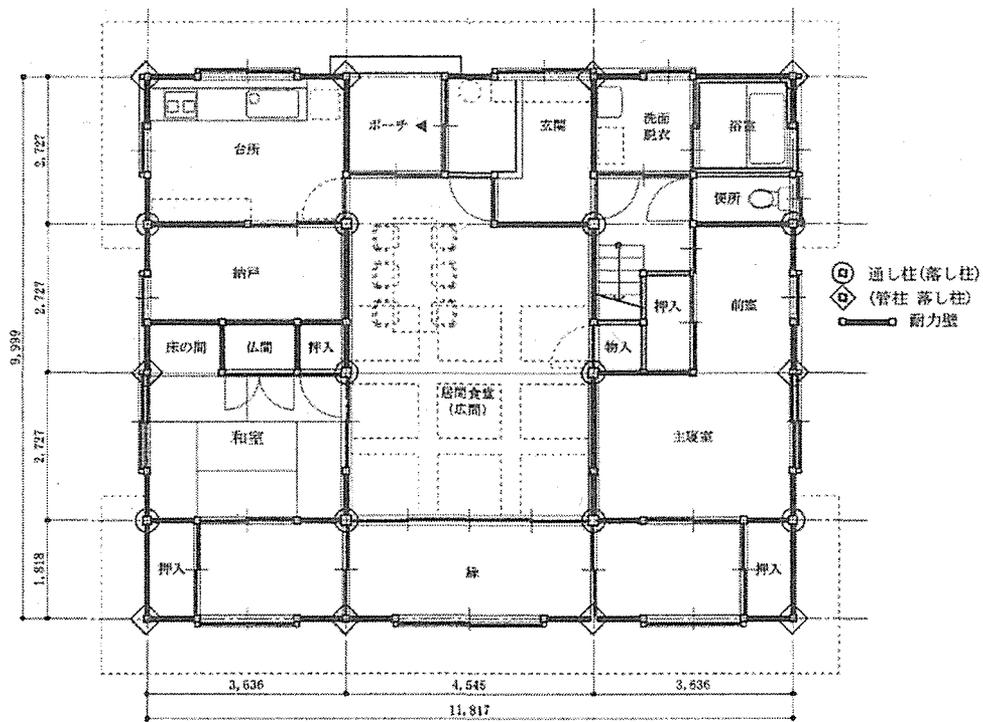
【立面計画での特徴】

プランAは平入り型の屋根としたが、南北面を妻壁にする妻入り型の屋根形状も可能であり、いわゆる吾妻建ちとよばれる富山県の民家の雰囲気を出すことも可能である。枠の内でも構成される居間は、ヒラモンと呼ばれる幅広の差し鴨居と高い天井により大きな空間を構成している。また、天井にはウシ梁と呼ばれる太い梁と交差する梁を、押角の原木の雰囲気を残して用いることで、壁面と併せて伝統的意匠感で構成したものである。軒の出は積雪地域では大きな900mmに対応させることで、耐久性の向上を図っている。

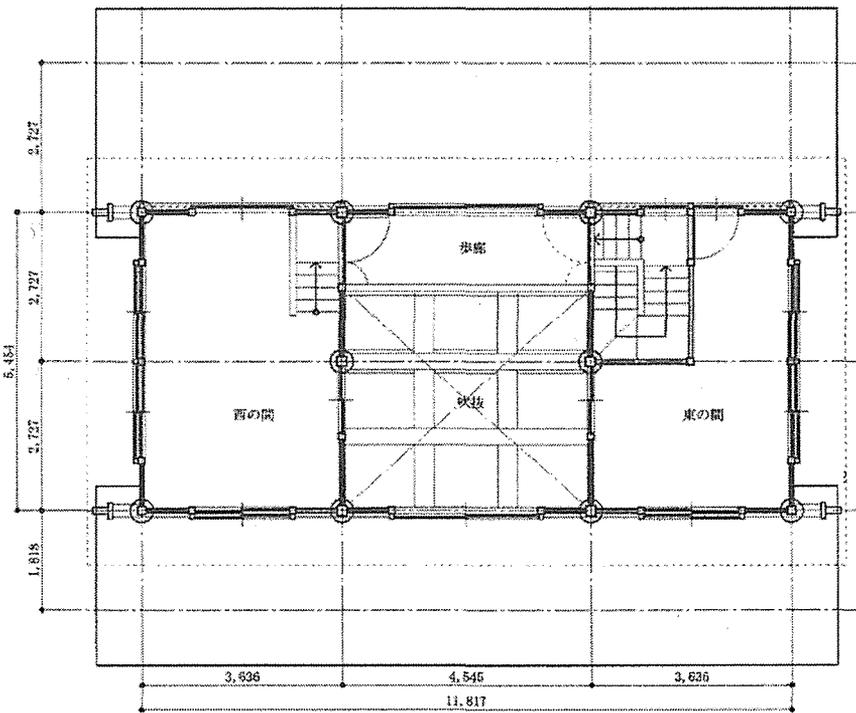
【構造面での特徴】

構造面では、太い柱と差し鴨居、ウシ梁等の大断面材を用いて、豪雪時の鉛直荷重に対する余耐力を確保している。小屋梁には、曲り材を用いることでのスギ材利用の促進と大断面材による余耐力の確保や地域材を活かす特徴を見せている。積雪地域では、スギ植栽木が雪圧により倒伏し、根曲がりを生じることが多く、一般材としての価値を損ねることが多い。そのため、ここでは、根曲がり材や幹曲がり材を小屋梁や天井の牛梁や梁に曲がりを活かした形で用い、意匠的にも活かすことで、地域材の活用を図っている。

軒の出は900mmとしているため、一般住宅に比べて、屋根タルキを太く、密に配置している。また、真壁仕様で構成しているが、これは柱や壁、土台などの劣化状態の観察を可能にし、交換し易いことをねらっている。土台等の横架材は、真壁造による壁からの雨水の滞留により、腐朽を促進する危険性を持っている。これを防ぐため、土台上部に水切りを設けることとした。また、可能な限り、金物類の使用を減らし、地域伝統大工技術を活かすことを基本方針としており、横架材間の接合では、台掛け大栓継ぎ、渡りあご、折置等を、柱と横架材の仕口では、長ほぞ差し込み栓打ちなどの込み栓型接合を多用している。柱と土台は柱勝ちの接合とし、基礎と土台間に2～3cm厚さの飼物を用いて猫土台により空気の流れを確保して腐朽を防止している。

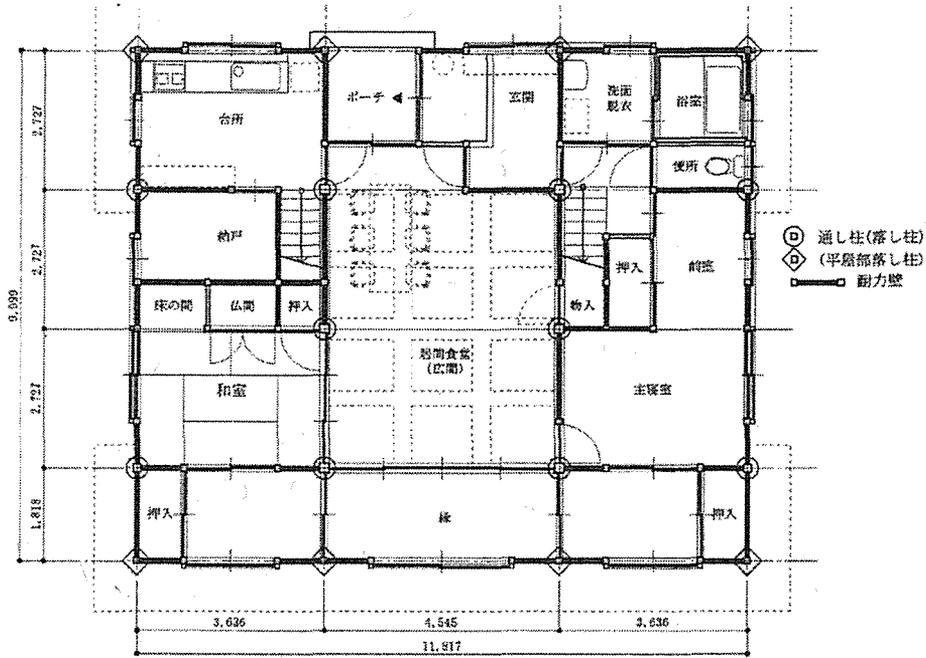


1階平面図

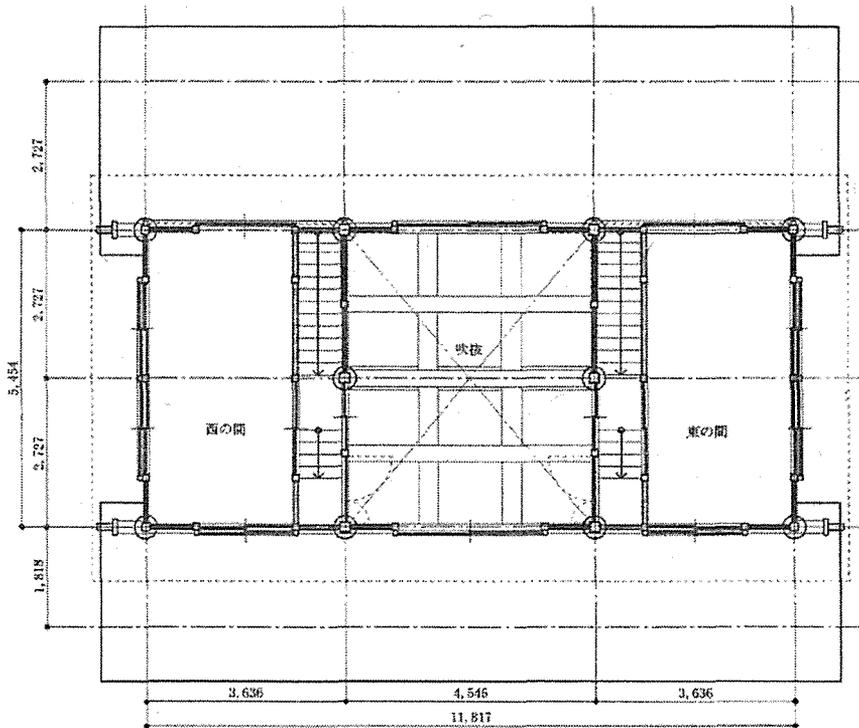


2階平面図

図1-8A 長期耐用住宅プランA 平面図

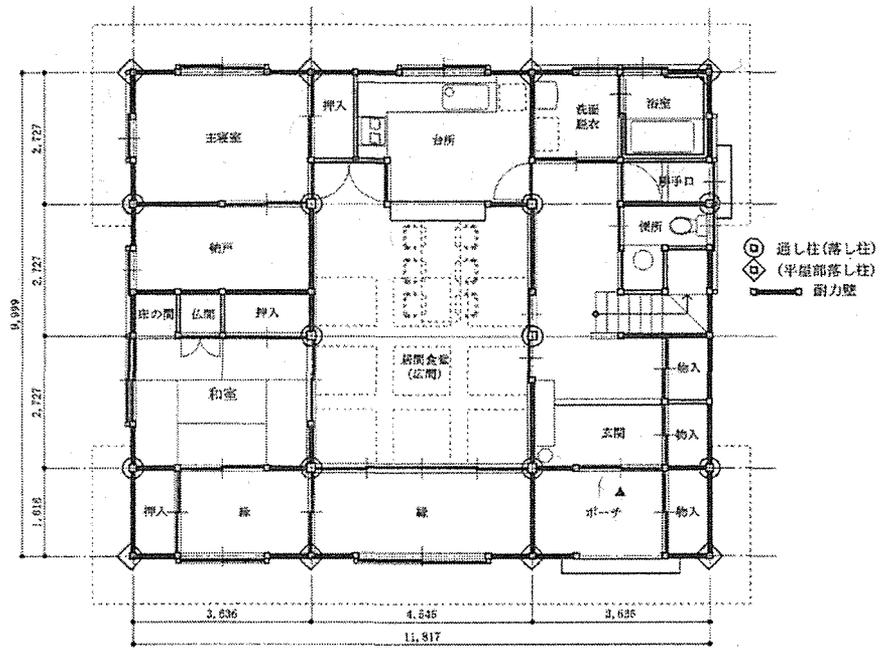


1階平面図

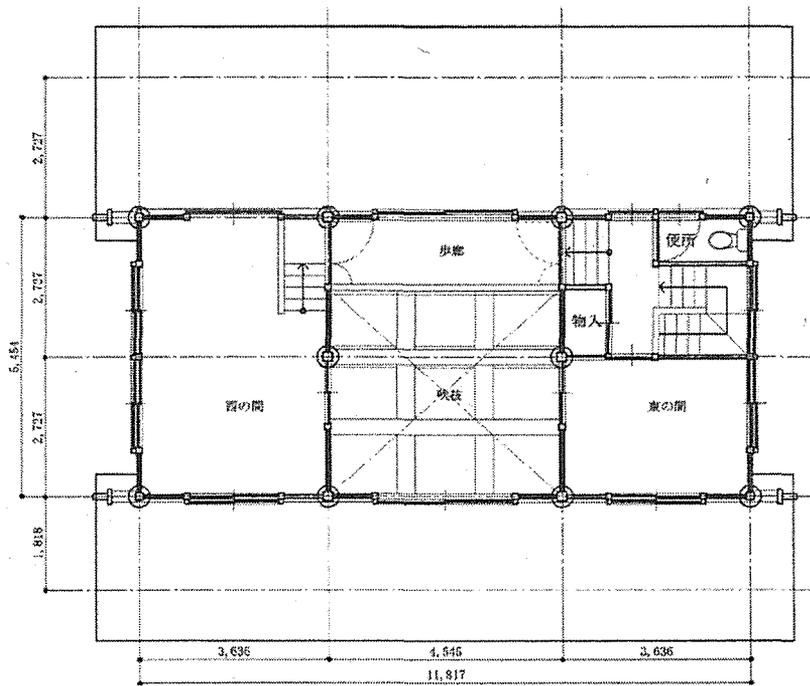


2階平面図

図1-8B 長期耐用住宅プランB 平面図



1階平面図



2階平面図

図1-8C 長期耐用住宅プランC 平面図

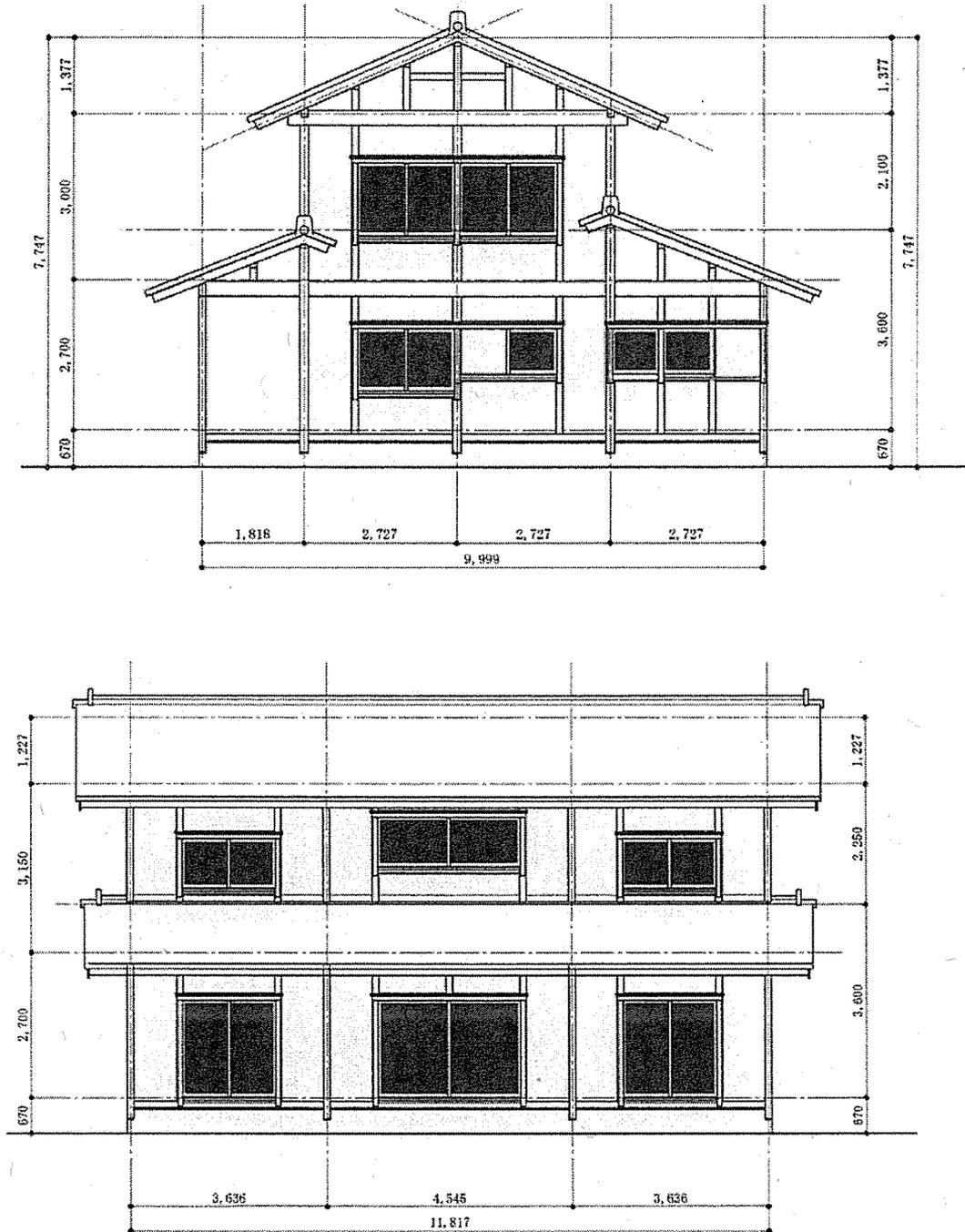


図1-9 立面図 平入り型(プランA)

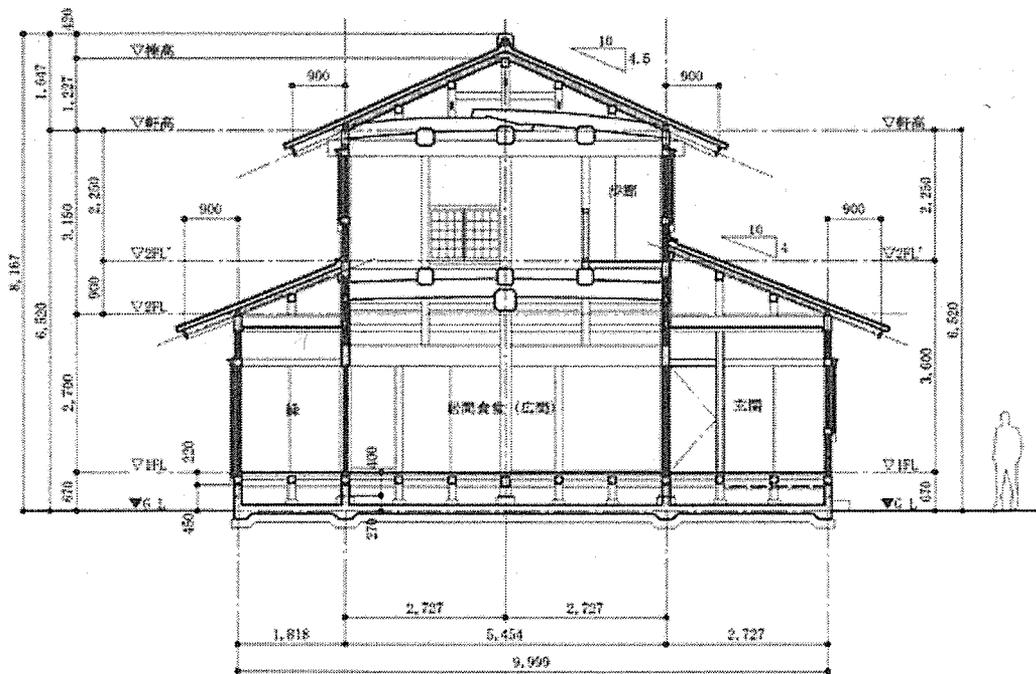


図1-10 平入りタイプ 断面図

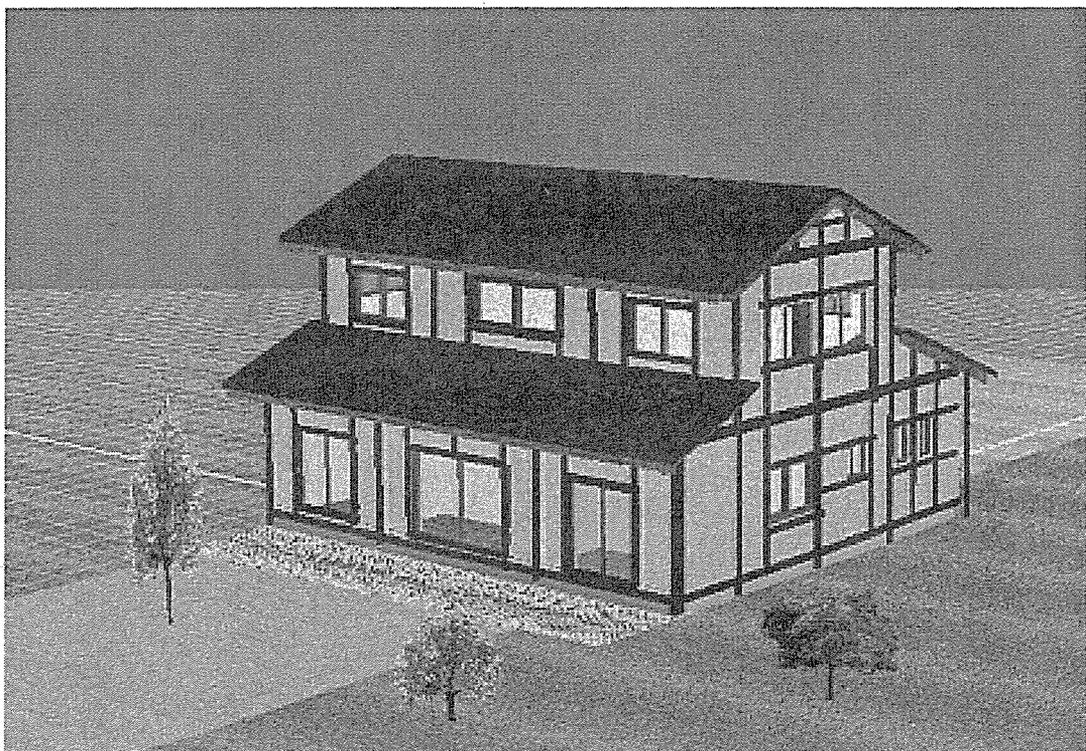


図1-11 長期耐用住宅外観

2.2 性能レベル

当住宅の性能は、建築基準法レベルを基本的な対応とする。品質確保法に関わる性能については、一部の項目で上位等級への対応が可能である。

2.2.1 構造の安定

構造の安定は、建築基準法レベルを基本とする。耐力壁量については、金物接合を極力使用しないという基本的な方針から、壁倍率1の木摺り両面貼りあるいは木舞入り土壁（壁倍率1.5）で壁を構成することになっている。モデル住宅では木舞入り土壁で壁量を確保している。間取りの関係で、必要壁量を満たせない場合には、合板耐力壁を一部に用いれば、上位等級も壁量としては対応可能と考えられる。枠の内構造は、水平力に対しては余耐力として扱っている。耐積雪等級については、柱、梁ともに断面の大きな部材を使用するのを基本としていることもあり、上位等級に対応可能である。

2.2.2 劣化の軽減

長期耐用とも関わる劣化の軽減についての項目では、外壁の軸組等の防腐防蟻処理への対応として、外壁を通気構造等、又は高さ1mの防腐処理等が要求されてくる。この点については、軒の出が90cm以上を確保していることや、柱がスギで120mm角以上の骨太部材を用いていることから、合板等のその他の部分で配慮すれば上位等級レベルに対応することが可能である。土台への防腐防蟻処理の項目には、ヒノキやアテ（ヒバ）などの耐久性の高い樹種やカラマツの防腐土台で上位等級に対応可能である。また、基礎は基本的に400mm高さを超えており、ベタ基礎や地盤の防蟻、床下の防湿・換気、小屋裏換気の項目に等級に応じて対応すれば、等級3まで対応が可能である。

2.2.3 維持管理への配慮

排水、給水、ガス管の点検、補修に関する項目であり、構造とは直接関わらないが、長期耐用の観点では必要な項目であり、高い等級に対応しておくのが望ましい。また、モデル住宅では、水回りを平屋部に集中させており、改築、改修のし易さに配慮していること、さらには床がスギ板を用いているため、床下点検に際しての利点となることが考えられる。

表1-1 枠の内材

部 位	樹 種	材 寸 mm
柱	スギ	180 × 180
床束	スギ	120 × 120
小屋束	スギ	120 × 120
足固	スギ、アテ、 ヒノキ	120 × 150
差し鴨居	スギ	120 × 300
土居	スギ	120 × 240
小屋貫	スギ	30 × 120
込栓、鼻栓	ケヤキ	
楔	ケヤキ	

3. モデル住宅の構造

3.1 枠の内の構成

骨格の中心となる枠の内構造の一般的な形状を図1-12に示す。太い柱に差し鴨居、足固、

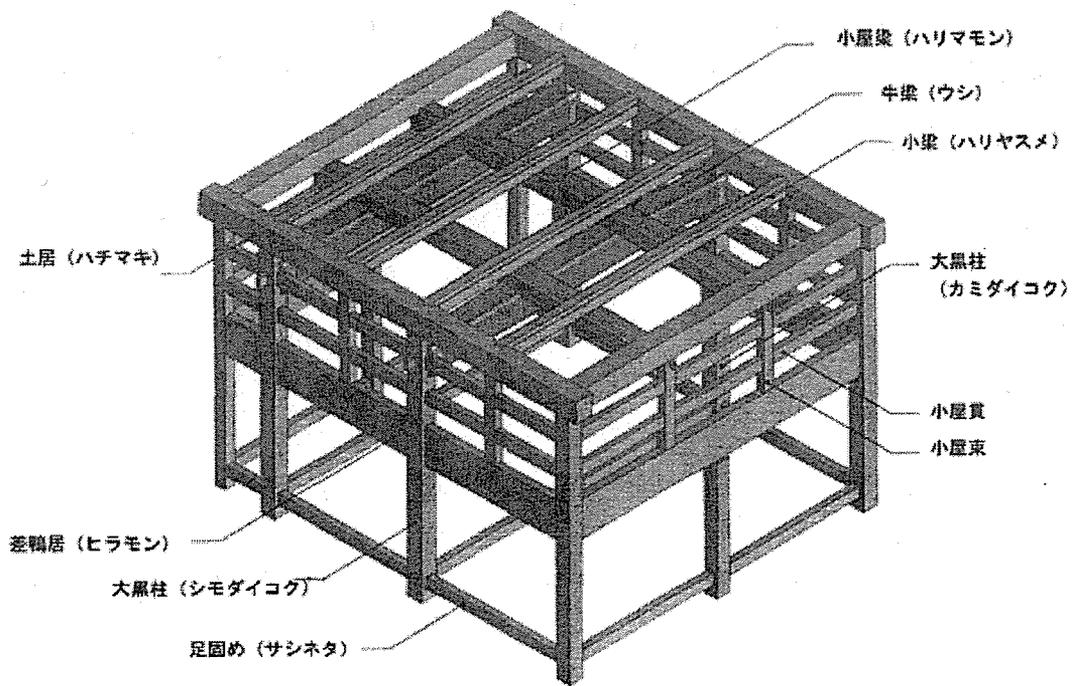


図1-12 枠の内の一般的な構造

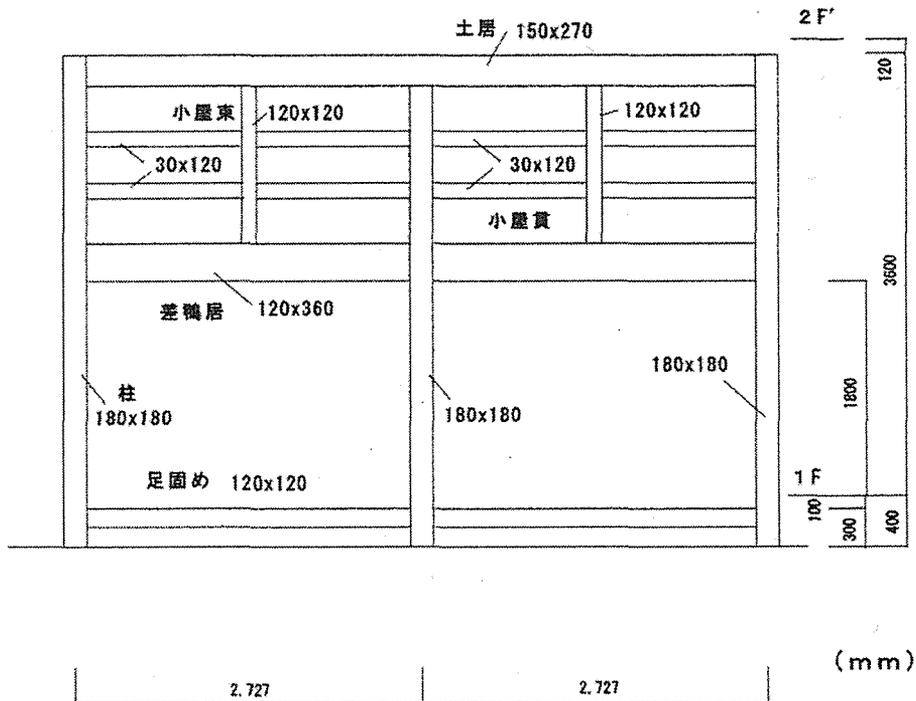


図1-13 モデル住宅の枠の内

桁(土居)と小屋貫(通し貫)で構成されている。束と2段の通し貫は楔で固定され、通常は竹木舞に土壁・しっくい仕上げで垂れ壁が構成されている。太い柱と足固め、差し鴨居と垂れ壁により水平力に対する抵抗力を持っていると考えられる。鉛直荷重に対しても、太い押角である牛梁やそれに交差する小屋梁を通して差し鴨居や大黒柱に荷重が伝えられる構造となっている。壁要素を持たないことから、大きな開口部を持つ可変性に対応できる構造といえる。高さは3640mm、間口は4550mmが標準的寸法となる。モデル住宅の枠の内構造は4555mm×5454mmであり図1-13に示す。本来の枠の内はケヤキ造りとなるが、本モデルではスギ材で構成している。部材、接合部の仕様を表1-1、1-2に示す。基本部材は全てスギで構成しており、込み栓や楔にはケヤキを用いている。枠の内の柱はスギ180mm角で、これを材せい30mmの差し鴨居を小根ほぞで鼻栓で

表1-2 枠の内接合部仕様

位置	仕様 (mm)
柱-土居	平ほぞ 込み栓 (込み栓 18 × 18)
柱-差鴨居	小根ほぞ鼻栓+下ろし楔 (鼻栓 18 × 30 楔 36 × 15)
柱-小屋貫	通し貫 楔締め (楔 30 × 30)
柱-足固め	小根ほぞ鼻栓 (鼻栓 15 × 30)
小屋束-土居	平ほぞ 込み栓 (込み栓 15 × 15)
小屋束-小屋貫	通し貫 楔締め (楔 30 × 30)
小屋束-差鴨居	平ほぞ 込み栓 (込み栓 15 × 15)
床束-足固	平ほぞ 込み栓 (込み栓 15 × 15)

固定、中央に小屋束を設けて通し貫、土居に柱を平ほぞ込み栓で固定して枠の内を構成している。差し鴨居、貫等は楔を用いて剛性の向上を図っている。また、足固めとして梁せい150mm材を差し鴨居同様に小根ほぞ鼻栓で固定している。このような基本形で立体を構成して、構造躯体となっている。本来は、部材にケヤキ等を用いるのが一般的だが、材の供給や価格に配慮して全てスギ仕様でまとめた。接合部は、ほぞに込み栓で引張力に、さらに楔を用いて仕口に回転剛性とねばりを付与している。

3.2 モデル住宅の耐力壁量

建築基準法施行令第46条(壁量規定)では、張り間、桁行き方向に、それぞれ壁、筋かいを入れた軸組を釣り合いよく配置しなければならないことが定められている。モデル住宅プランAにおける壁量は、表1-3に示すように、重い壁として耐震性に対する床面積から2階で21cm/m²、1階で33cm/m²が必要になる。また風荷重用として見付け面積から50cm/m²が必要となる。必要壁量

表1-3 モデル住宅Aにおける必要壁量と存在壁量

	面積	乗数	張り間	桁行き
2階床面積	45.86 m ²	× 21cm/m ²	963cm	
見付け面積	(32.2, 12.6 m ²)	× 50cm/m ²	1610cm	630cm
	2階必要壁量		1610cm	963cm
	存在壁量 (×倍率 1.5)		1706cm	1092cm
1階床面積	114.86 m ²	× 33cm/m ²	3790cm	
見付け面積	(76.0, 35.8 m ²)	× 50cm/m ²	3800cm	1790cm
	1階必要壁量		3800cm	3790cm
	存在壁量 (×倍率 1.5)		3822cm	3822cm

は、壁倍率1として2階で張り間方向1610cm、桁行き方向963cm、1階で張り間方向3800cm、桁行き3790cmとなる。耐力壁の量は、2階張り間1138cm、桁行き728cm、1階張り間、桁行き2548cmから木舞入り土壁の壁倍率1.5から計算すると表1-3のとおり必要壁量を満たしている。

耐力壁の釣り合いよい配置に関する告示1352号では、桁行き、張間両方向で1/4区間の壁量比を比較しなければならない。住宅モデルAでの耐力壁は表1-4に示すように、壁率比がいずれも0.5以上であり、耐力壁はバランスよく配置されている。

表1-4 耐力壁の釣り合い(告示1352号)

	張り間方向			桁行き		
	南	北	壁率比	東	西	壁率比
1階	10P	6P	0.6	6P	9P	0.67
2階	6P	6P	1.0	4P	2.5P	0.63

1P = 壁長 91cm を示す

3.3 枠の内の壁耐力性能

モデル住宅の壁量は、表1-3、1-4で示したように、建築法規の条件を満たしている。モデル住宅で用いている枠の内構造は、耐力壁構造とはなっておらず、建築法規上でのせん断抵抗は認められていないが、太い柱と垂れ壁によるラーメン型の構造による水平抵抗力の存在が期待できる。枠の内構造の水平抵抗力を確認するために行った壁せん断試験の結果を以下に示す。

試験に供した枠の内構造は、図1-14に示すように垂れ壁部分の壁実体を除いた骨組みのみの試験体で、込み栓、鼻栓と楔で固定された差し鴨居、通し貫、足固めと太い柱によるモーメント

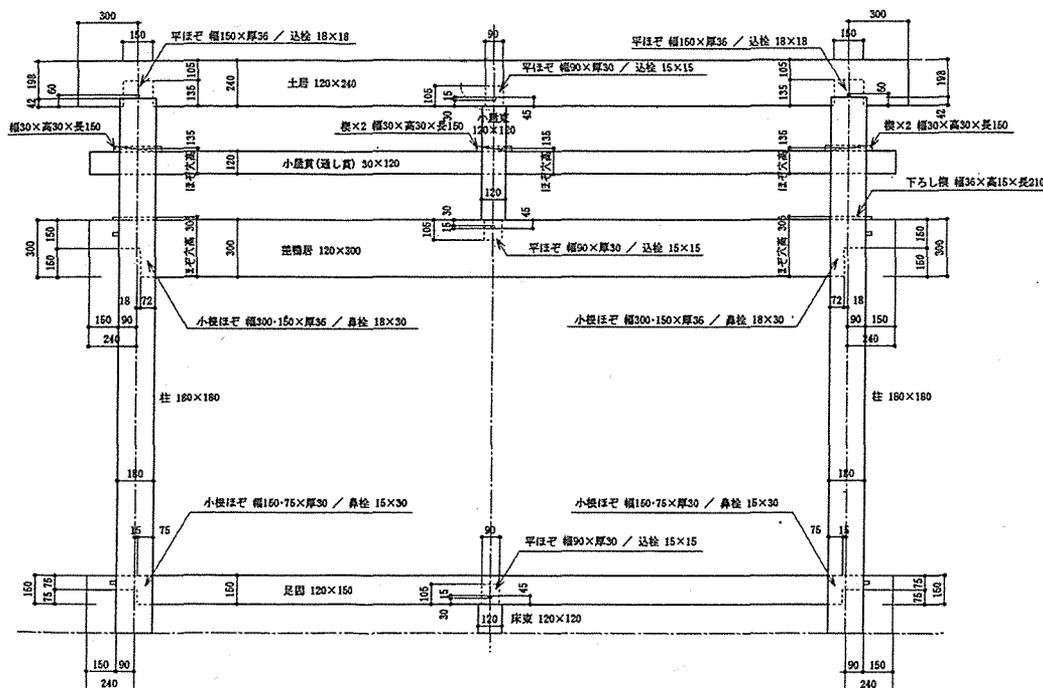


図1-14 枠の内試験体

抵抗力に期待していることになる。試験体は、間口3.6m、高さ3mとし、足固め120×150mm、差し鴨居120×300mm、桁(土居)120×240mmに180mm角の柱で構成した。これに、30×120mmの通し貫を楔固定したものである。その他の仕口部は、込み栓型接合で行われている。加力は柱をホールダウン金物で基盤に固定した上で、桁に水平力を加えた。加力条件は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に従った。

試験体の寸法は、壁せん断試験機のサイズが影響し、高さを3mに設定している。実際の枠の内は、高さ3.6mで垂れ壁部は通し貫が2段で入るのが通常であり、差し鴨居の位置も試験より高い位置に配置されている。加えて、壁耐力性能に大きな影響を与えるであろう垂れ壁部の壁、例えば竹木舞に土壁等の壁実質が無い状態での試験である。したがって、かなり性能が低めとなる試験条件であり、枠の内は最低限でも、この程度の耐力があると考えた方が妥当である。

荷重-変形曲線を図1-15に、試験状況を写真1-1、試験結果を表1-5に示した。

試験は、1/10ラジアンを越える変形まで負荷したが、破壊的な荷重低下は無く、負荷の限界で試験を中止した。差し鴨居の鼻栓部でのせん断破壊や通し貫の曲げ破壊等の破壊が観察されたが、グラフに見られるように大きな荷重低下には至らず、楔等で粘り強く抵抗し、極めて大きな変形性能を示した。最大荷重は平均15.9kNであり、1/120ラジアン時の平均荷重5.48kNから短期基準せん断耐力は決まり、4.84kNとなった。この値は壁倍率0.7の耐力壁3.6mに相当する性能である。この試験では高さを短縮していることや、通し貫が1段になっているなど、本来の枠の内と異なる仕様となっている。しかし、この試験結果から本来の仕様の性能を推定すると、初期剛性についてはあまり差異はなかった。初期剛性について土壁の実質が加わることが大きく影響すると考

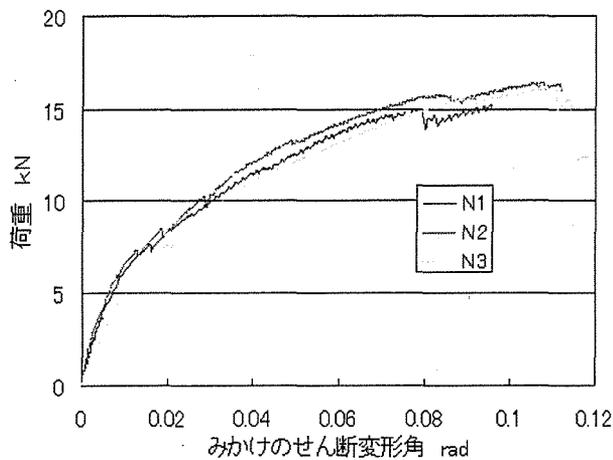


図1-15 枠の内の水平荷重性能

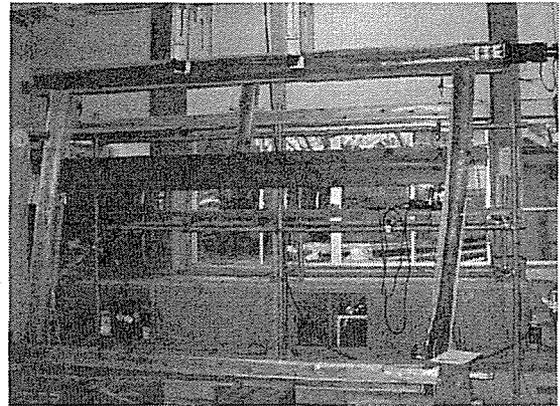


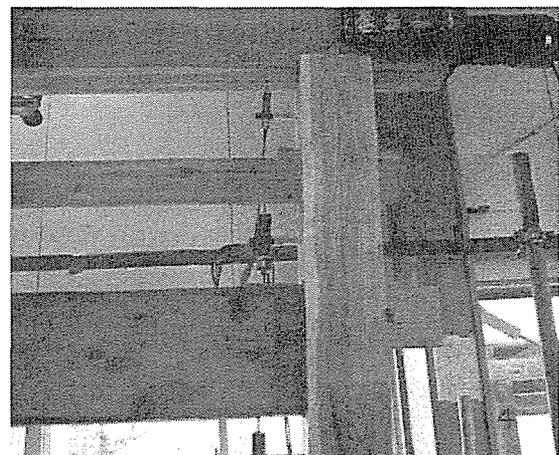
写真1-1 変形状況

えられ、本来の枠の内ではより高い壁倍率の評価ができるものと考えられる。

今回の実験は、枠の内の性能の一部を参考的に示したにすぎないが、それでも全体で壁倍率1として2.52m相当の壁耐力性能を持っている。モデル住宅では桁行き方向で4.5m、張り間方向は5.4mあるいは2.7m×2倍の枠の内構造となっている。高さも寸法も異なるため、今回の結果をそのまま適用することはできないが、骨組みだけの構造でも一定量のせん断性能を持つことは確認され、これらはモデル住宅の耐震性能における余耐力となっている。



足固め鼻栓のせん断破壊



差し鴨居鼻栓のせん断破壊

写真1-2 枠の内の破壊状況

3.4 モデル住宅の接合部仕様

建築基準法施行令第47条では、構造耐力上主要な部分である継手、仕口について告示1460号で仕様を規定している。これは、耐力壁の性能に応じて加わる柱と土台、あるいは柱と桁の接合部への引張力に耐えうる接合部を規定したものである。この住宅モデルで用いている木舞入り土

表1-5 枠の中の壁せん断性能

	Pm	Pmx2/3	Py	$Pu \times 0.2 \sqrt{2\mu-1}$	P 1/120
N1	15.17	10.11	7.27	6.60	5.48
N2	16.44	10.96	8.33	7.14	5.90
N3	16.17	10.78	8.47	5.99	4.31
平均	15.92	10.62	8.02	6.58	5.23
sd	0.67	0.45	0.65	0.58	0.83
cv	0.042	0.042	0.081	0.088	0.158

短期基準せん断耐力 $P_0 = 4.84 \text{ kN}$

参考 相当壁倍率 $= 4.84 / 1.92 / 3.6 = 0.7$

Pm : 最大荷重、Py : 降伏荷重、Pu : 終局耐力、 μ : 塑性率、P1/120 : 1/120rad 時の荷重、

sd : 標準偏差 : cv : 変動係数

壁の壁倍率1.5までの耐力壁とそれに関わる柱頭、柱脚の仕口を表1-6に示した。当地域の長期耐用住宅では、可能な限り金物接合部を使用しないことを目標として、伝統的な接合法で金物と同等の安全性を保つことを目指している。告示1460号で示される接合法で、金物を用いないのは表3(ろ)の長ほぞ込み栓差しのみであり、他の接合法は、耐力の明確な金物仕様となっている。しかし、長ほぞ込み栓差しで対応可能な耐力壁は壁倍率1までの耐力壁にしか対応することはできず、これらは間取りの制限として影響してくることになる。

モデル住宅では、壁倍率1.5の木舞入り土壁であることから、表3(に)、(ろ)、(い)が必要となる。したがって、柱頭、柱脚には、表3(に)である羽子板ボルトないし短冊金物の使用が必要となる。

本事業では、この金物と同等の耐力性能が期待できる込み栓型の接合法を検討した。告示における長ほぞ込み栓差しは、仕様が明記されていないことから、大工による一般的な込み栓仕様を包括したものであり、最も低い強度性能を担保したものと考えられる。

以下では、様々な形状の込み栓接合あるいは伝統的な接合法の接合部性能を試験し、ホールダウン金物に匹敵するような高い耐力性能を示す接合法も明らかにしている。しかし、これらの数値は限られた条件下における結果であり、建築法規に規定された接合仕様、性能のように一般的な材料、使用条件のもとで使用が認められている接合法ではない。したがって、設計者がその使用条件下での適性を評価した上で利用することが必要であり、また、使用にあたっては建築主事から説明を求められる場合がある。なお、各接合法の試験に関する資料は別途整理した。

試験はいずれも(財)日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計法」に示されている接合部の引張試験方法に従って行っている。

3.4.1 柱－土台仕口の込み栓接合

表3(に)に示される接合法であるスクリュー釘なし羽子板金物あるいは短冊金物の耐力は、短期基準耐力として7.5kNとされている。この耐力と同等以上の性能を示す込み栓型の接合法を検討した。中柱型の仕口引張試験を行ったのは、一般的な単栓型、2本を平行に用いる複栓型、込み栓サイズの大きな大栓の3種類。これに柱、土台寸法、樹種条件により数種類の試験を行った。

表1-6 告示1460号に示される仕口の仕様

		平屋（最上階）建ての柱頭、柱脚の仕口		
		出隅柱	その他の柱	
木ずり	片面、両面	(壁倍率 0.5、1)	表3 (い)	表3 (い)
厚さ 1.5 × 9cm	筋かい	(壁倍率 1)	表3 (ろ)	表3 (い)
厚さ 3 × 9	筋かい 筋かい下部	(壁倍率 1.5)	表3 (ろ)	表3 (い)
その他の柱			表3 (に)	表3 (ろ)

		2階建ての1階部の柱の柱頭、柱脚仕口		
		2階出隅	2階出隅	2階その他
		1階出隅	1階その他	1階その他
木ずり	片面、両面	(壁倍率 0.5、1)	表3 (い)	表3 (い)
厚さ 1.5 × 9cm	筋かい	(壁倍率 1)	表3 (ろ)	表3 (い)
厚さ 3 × 9	筋かい	(壁倍率 1.5)	表3 (に)	表3 (ろ)
			表3 (ろ)	表3 (い)

表3 (い)	短ほぞ差し、かすがいと同等以上
表3 (ろ)	長ほぞ差し込み栓打ち、L型金物 同等以上
表3 (は)	T型、V型金物 同等以上
表3 (に)	羽子板金物、長短冊金物 同等以上

図1-16に柱－土台120mm角での仕様を、試験状況を写真1-3に、試験結果を一括して表1-7に示す。また、破壊形態の主なものを写真1-4に示す。破壊の形態は主に3種類が観察された。必ずしも写真のように込み栓の形態で破壊形態が一致するわけではないが、主に単栓では、込み栓の曲げ破壊となり、変形能力は極めて大きい。複栓型、大栓型では最大荷重が増大し、複栓型では全て土台の割裂により破壊し、大栓型では柱ほぞのせん断破壊と土台の割裂が認められた。このように、込み栓接合法といっても、破壊形態は様々であり、仕様によってその耐力、変形

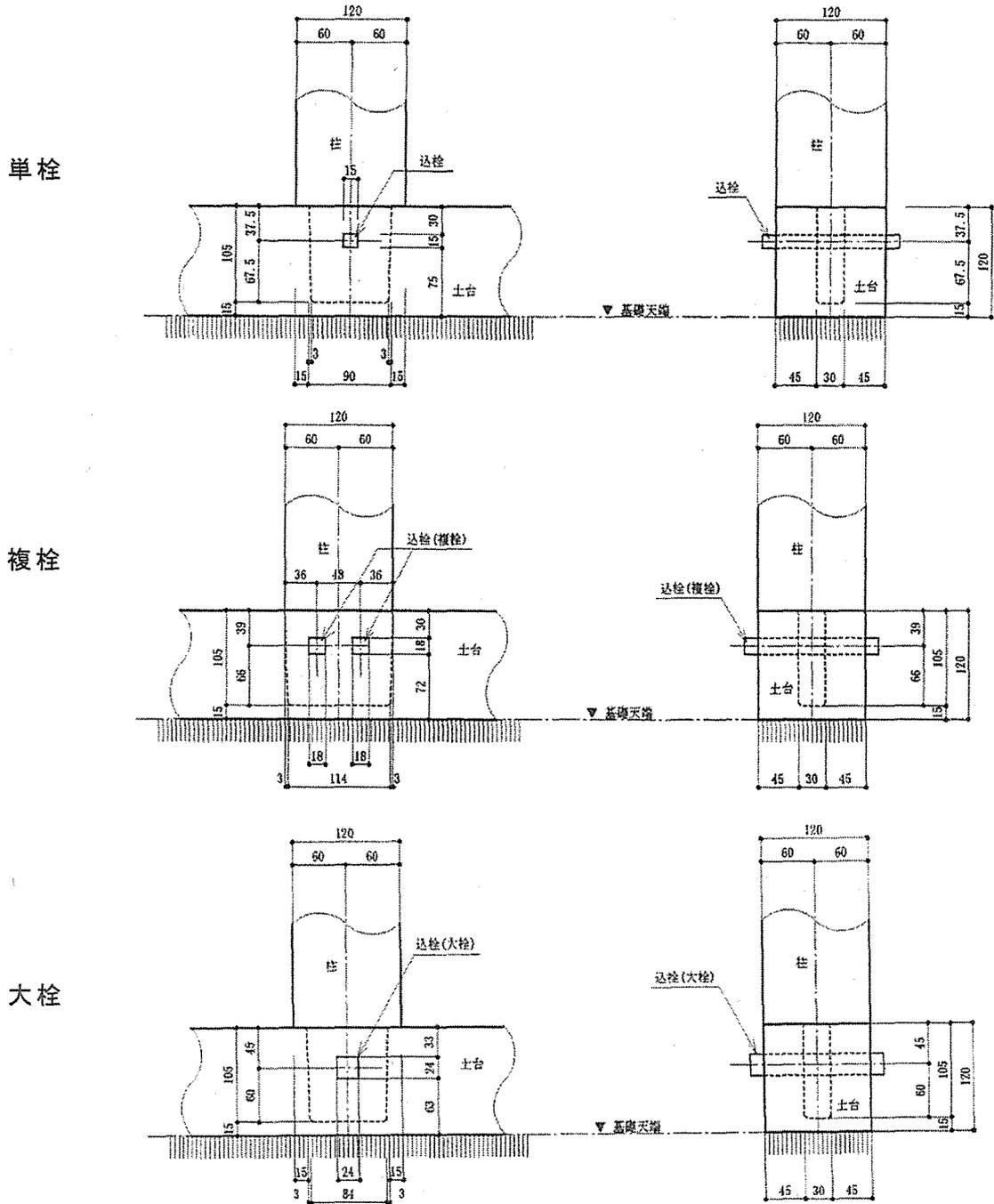


図1-16 柱-土台の込み栓接合試験体

性能が異なることは明らかである。

スギ105mm角の柱-土台をケヤキの15mm込み栓単栓の短期基準接合耐力は3.3kNであり、この値は長ほぞ込み栓差しに期待される耐力にほぼ等しい。一方、複栓では5.4kN、大栓では6kNの短期基準耐力が計算された。告示の表3(に)の短期基準耐力7.5kNに匹敵する込み栓接合としては、120mm角スギ柱-ヒノキ土台での18mm複栓、24mm大栓、土台にアテを用いた18mm複

栓などが、今回の実験から同等以上の性能を持つ接合法として期待できることが示された。

表1-7 込み栓引張試験結果

込み栓	最大荷重 kN (cv %)	降伏荷重 kN (cv %)	短期基準耐力 kN
スギ柱-スギ土台 105mm角			
ケヤキ15mm単栓	9.96(21.7)	7.2(32.4)	3.28
15mm複栓	17.0(17.4)	10.3(20.4)	5.37
24mm大栓	16.5(15.6)	10.4(15.8)	5.98
スギ柱-ヒノキ土台 120mm角			
ケヤキ15mm単栓	17.4 (18.9)	12.2 (24.0)	5.35
18mm複栓	25.7 (14.8)	15.4 (15.4)	9.86
24mm大栓	26.1 (14.0)	15.0 (20.0)	8.03
スギ柱-アテ(ヒバ)土台 120mm角			
ケヤキ18mm複栓	25.64(5.7)	15.4(13.8)	10.43



写真1-3 込み栓試験状況

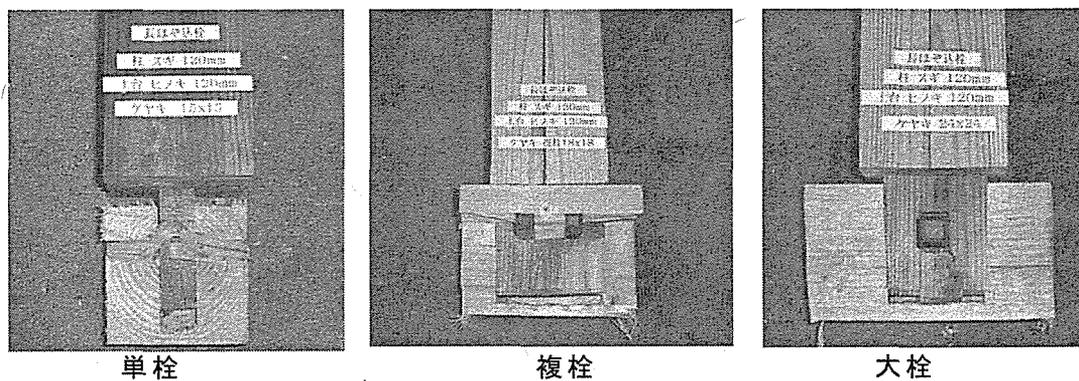


写真1-4 込み栓接合の破壊形態(スギ柱120mm、ヒノキ土台120mm)

3.4.2 柱－桁仕口の込み栓接合

柱と土台間の接合と同様に、柱と桁間の仕口でも表3(に)に相当する込み栓接合法が必要となる。柱－桁間の込み栓接合法の仕様を図1-17に示す。土台とは異なり、楔を使用することも可能になる。また、この接合仕様による引張試験の結果を表1-7に示す。柱はスギ、桁は一般的なベイマツとスギとした。ベイマツ桁あるいはスギ桁でケヤキ30mm大栓で最大耐力は35kN、37kN、短期基準耐力としてそれぞれ9.3kN、19.4kNが得られた。スギの短期基準値が高いのはばらつきが小さいことが関与したものである。また、楔を利用する接合法も短期基準耐力は12.3kNが得られ、これらの込み栓接合法は、告示表3(に)の接合法に匹敵する耐力を持つことが期待できる。

3.4.3 出隅仕口の込み栓接合

3.4.1、3.4.2における込み栓仕様は、中通しの柱を想定したものであり、隅柱の条件下では、材端部が近いために、土台の割裂により同一の耐力は期待できない。また、枠の内では柱勝ちにして足固めで固定する方法を採用しており、先の仕口を用いることはできない。柱勝ちの接合では、基礎上面が柱部分で下がり、足固めをアンカーボルトで固定する構造になってくる。地震時の柱の引き抜き力は、足固めを通してアンカーボルトで基礎に伝えられる。すなわち、足固めは基礎上の土台の役割を担うことになる。このような、枠の内柱部分と同様に外周基礎部でも柱勝ちの仕様とすることで隅柱部分を込み栓型接合で納めることが可能となる。提案する接合法の仕様を図1-17に示す。

表 1-8 柱－桁込み栓接合耐力

接合法	梁樹種	込み栓	n	最大荷重 k N(cv%)	降伏荷重 k N(cv%)	基準耐力 k N
込み栓楔	ベイマツ	21mm	6	33.45 (11.7)	20.05 (16.6)	12.28
大栓	ベイマツ	30mm	6	34.68 (17.7)	21.58 (24.4)	9.28
	スギ	30mm	6	36.52 (7.3)	24.44 (8.8)	19.41

柱はいずれもスギ n : 試験体数

柱勝ちにした上で、柱に土台を大入れ長ほぞ差しするもので、直交する2方向からのほぞ差しとなる。柱の引き抜きにはアンカーボルトで固定された土台が片持ち梁としての曲げで抵抗し、柱は長ほぞのせん断で抵抗することになる。したがって、アンカーボルトの固定位置、長ほぞの断面形状、柱のせん断余長などが耐力に影響を与えることになる。また、柱のせん断余長を確保するためには、土台下部より柱が伸びている必要があり、基礎が局部的に下げられている。図1-18の120mm柱の条件では、長ほぞ寸法は30×60mmで2方向から高さを変えて柱に差し込み、15mmのケヤキ込み栓で抜けを防止している。柱のせん断余長は150mmであり、基礎を部分的に下げている。

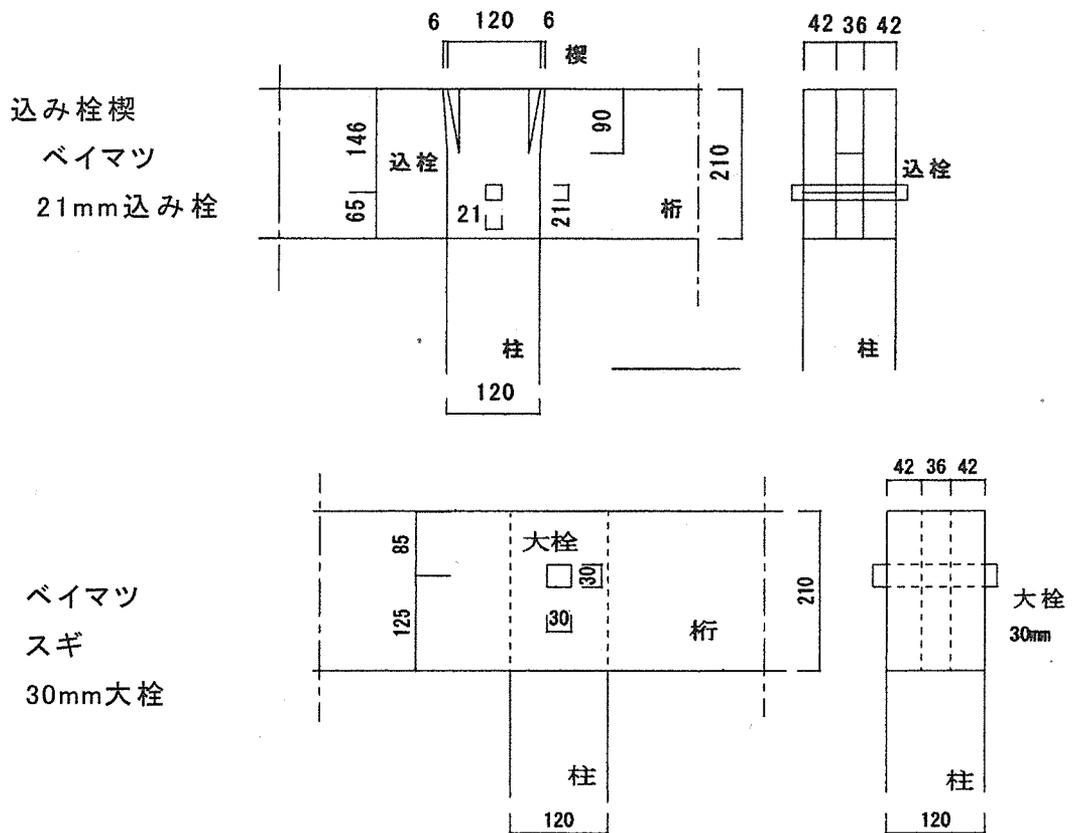


図1-17 柱と桁接合

隅柱の接合部試験方法も、(財)日本住宅・木材技術センター「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に示されている。スギ柱-スギ土台(105mm角)及び、スギ柱120mm角でヒノキ土台(120mm)、アテ土台(120mm)について、柱の引張試験を行った。隅柱の標準試験法ではアンカーボルト1本で土台を固定する必要があるが、本接合法は、直交する2本の土台からの長ほぞで固定されており、直交する土台それぞれがアンカーボルトで固定されている。したがって、現実的な柱の引抜き耐力を確認するためには、直交する土台それぞれを固定するのが適当と考えられたため、写真1-5のように2本のアンカーボルトで固定した確認試験も併せて行った。



写真1-5 大入れ長ほぞ差し試験状況
(直交する2カ所で土台を固定)

表1-9の結果にみられるように、寸法は異なるものの標準試験法(1点固定)では最大荷重30kN

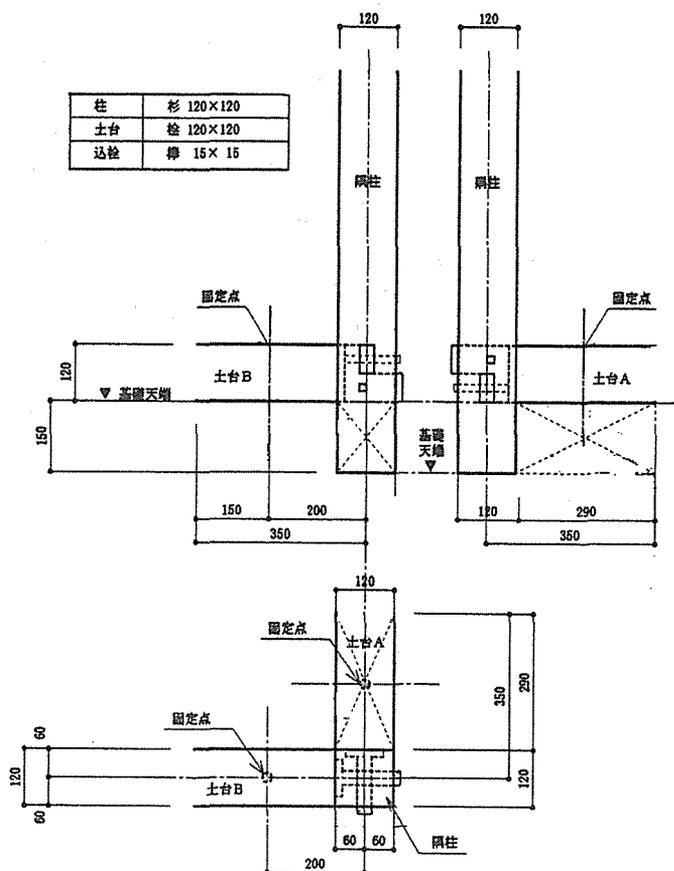


図1-18 大入れ長ほぞ差し出隅接合

であるものが、2点固定では、2倍近い耐力性能を示している。破壊状況は、標準型の1点固定法では、スギ土台長ほぞの折れが一般的だったが、2点で固定したヒノキ仕様では長ほぞの強度的な向上と120mm断面への増加もあり、土台側の破壊より、写真1-6にみるようにスギ柱のせん断破壊が多かった。

大入れ長ほぞ差しの引張耐力は、スギを用いた標準試験法においても短期基準接合耐力11.62kNが得られている。この値は、ホールダウン金物HD-B10に匹敵する試験結果である。また、ヒノキ120mm角を用いて、現実的な2点で固定した場合には、基準耐力28.8kN、土台にアテ(ヒバ)を用いた条件では基準耐力17.42kNという、極めて高い接合耐力を持つこと

が確認された。したがって、モデル住宅における隅柱条件で要求される告示表3(に)の羽子板金物の短期基準接合耐力は7.5kNであることから、大入れ長ほぞ差し接合を用いても、十分な耐力を確保できることが期待できる。

表1-9 大入れ長ほぞ差し接合の耐力

柱	土台	最大荷重 k N (cv %)	降伏荷重 k N (cv %)	短期基準耐力 k N
標準試験法				
スギ 105	スギ 105	30.5 (11.3)	17.2 (13.8)	11.62
土台2点固定				
スギ 120	ヒノキ 120	59.8 (7.6)	35.7 (8.2)	28.81
スギ 120	アテ 120	51.85 (12.8)	26.1 (14.2)	17.42

3.4.4 中柱仕口の大入れ長ほぞ差し接合

モデル住宅では、中柱条件における柱と土台の接合には3.4.1で示したような込み栓接合で耐力的な対応は可能と考えられる。しかし、平面計画上、中央に位置する枠の内構造は、同タイプの小根ほぞ差して足固めから柱に固定されている。また、耐力壁仕様によっては、中柱であっても大入れ長ほぞ差し仕様が必要となる可能性があることから、中柱条件に適した大入れ長ほぞ差し接合として大入れ二方差し仕口を検討した。

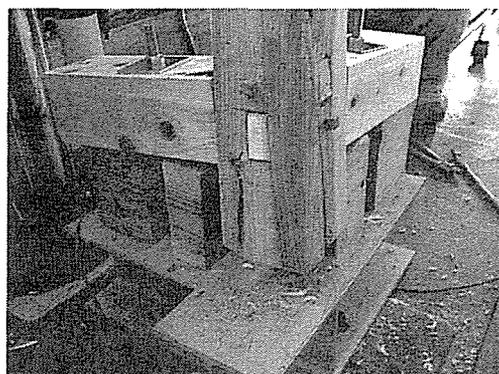


写真1-6 破壊状況

大入れ長ほぞ差し仕口を中柱として用いた場合の仕口構成を図1-19に示す。引張試験は土台ヒノキ、柱スギの120mm角、胴栓は15×30mmのケヤキで行った。250mm長ほぞを上下に振り分けて柱を貫通して固定したものである。実験では、柱芯から400mmの標準試験位置で固定せず、300mm位置と450mm位置の2カ所で固定した。このタイプの仕口法の場合、一体の土台ではないために400mm位置で固定する標準の試験方法では、土台の押さえが効かない上に、1点固定では片持ち梁としての効果が出にくいことから、2カ所で固定したものである。結果を表1-10に、試験状況を写真1-7に示す。最大荷重は平均66.2kNと非常に高い耐力が得られたが、20kNあたりの初期の段階で、長ほぞの抜けを固定している込み栓部にせん断破損による荷重低下が認められた。この荷重低下が降伏荷重の計算に影響を与え、一部の試験体では降伏荷重が得られなかった。この点については、今後の改良が必要とも考えられるが、得られた短期基準耐力は34.5kNと極めて高い値となった。本来の試験方法では無いものの、このような中柱型大入れ二方差し仕口は、高い引張耐力性能を期待できるものと考えられる。

表1-10 中柱型大入れ二方差し仕口

引張試験結果(4点土台固定)

	Pmax	Pmx2/3	Py
N1	69.0	46.0	40.9
N2	66.9	44.6	—
N3	67.8	45.2	36.7
N4	62.2	41.5	39.1
N5	69.5	46.3	—
N6	61.9	41.2	39.7
平均	66.2	44.1	39.1
標準偏差	3.35	2.24	1.69
変動係数	0.051	0.051	0.043

Pmax:最大荷重、Py:降伏荷重

短期基準接合耐力 34.5kN

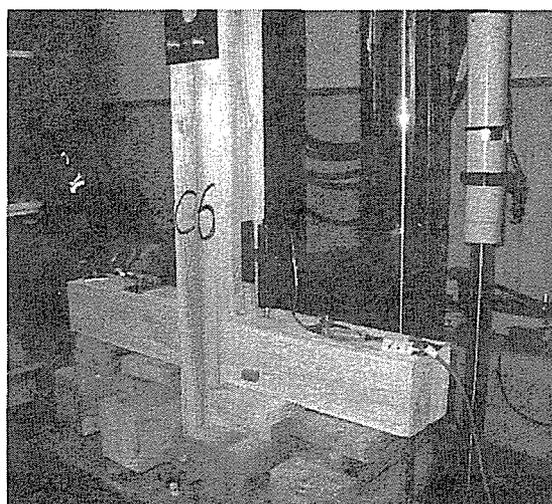


写真1-7 中柱二方差し試験状況

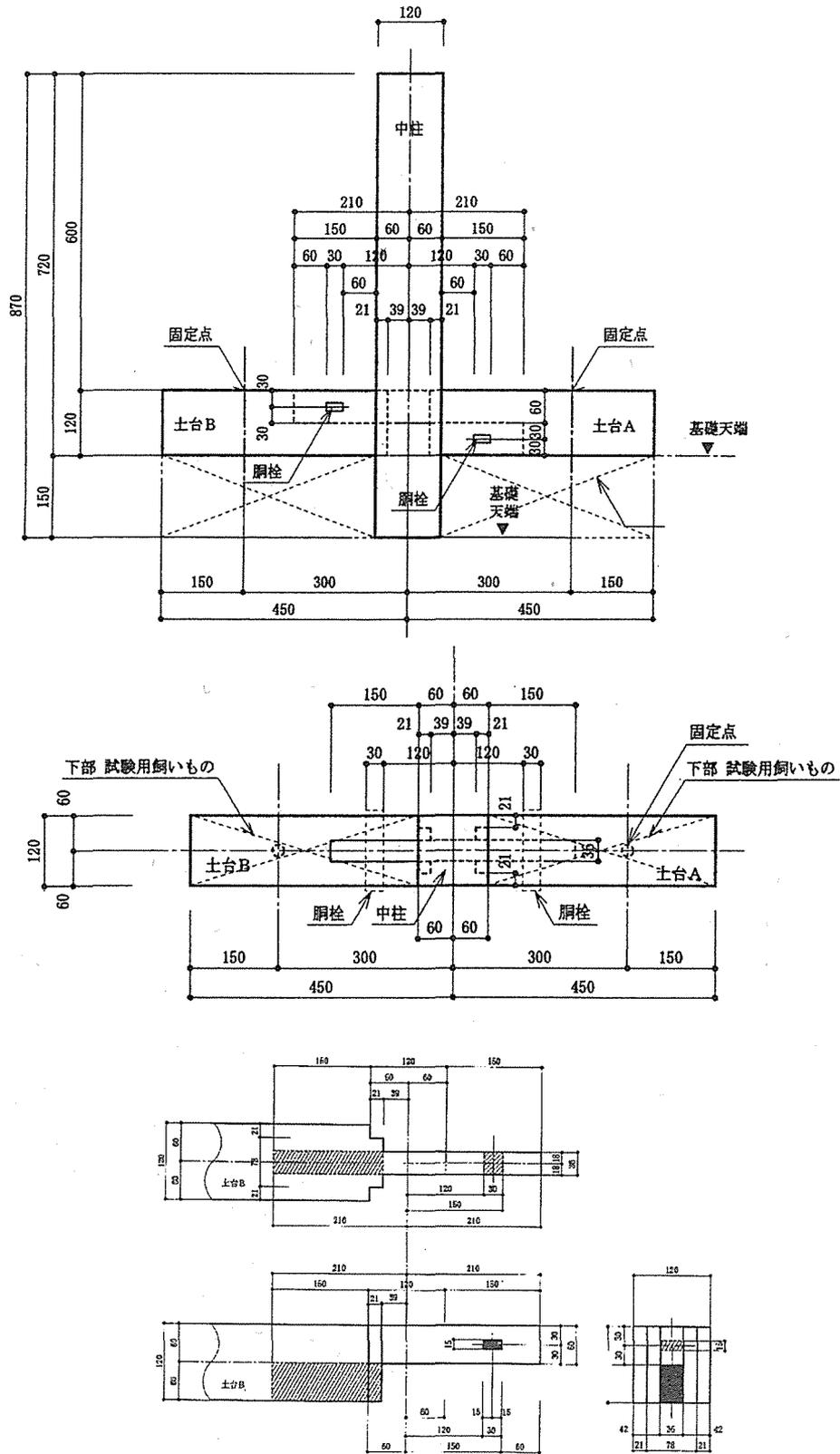


図1-19 中柱型大入れ二方差し仕口

3.4.5 柱一桁仕口におけるその他の込み栓型接合

3.4.2では柱と桁仕口における標準的な込み栓接合の性能を示した。柱一桁接合においても3.4.3と同様に、高い耐力が必要とされる仕口が必要となる場合もあることから、新しい込み栓接合タイプを検討した結果を参考として示す。

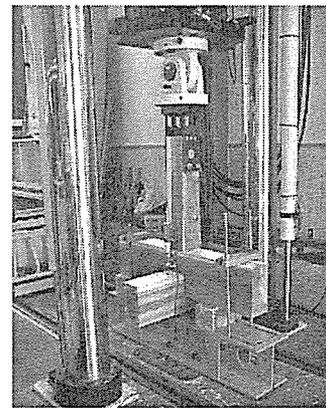
桁材では一般に梁せいが高いため、込み栓でも複数栓を配置も含めて検討することができる。図1-20には大栓と複栓との複合型、大栓に割楔を入れる仕口、さらには柱のほぞが敷桁と妻梁を通して接合し、直交する2方向の込栓で固定された重ねほぞ大栓割楔仕口(折置き)について検討した。試験状況を写真1-8に示した。

結果を表1-11に示したが、表1-8における大栓仕口では最大荷重が35kNであったが、大栓と複栓を複合することで、最大荷重はベイマツで43.6kN、スギで47.4kNに向上している。短期基準耐力もそれぞれ17.9、22.9kNの結果が得られており、大きな接合耐力が期待できると考えられる。また、標準試験体数に達しておらず、参考までに検討した他の2仕口も、特に重ねほぞ大栓割楔では60kNの最大荷重となっており、伝統型接合法でも非常に高い性能を持つ接合も可能なことが示唆される。

ベイマツ桁とスギ桁を用いた場合、大栓仕口で極端にスギ桁の短期基準耐力が高い結果が現れている。この大栓複栓仕様でも同様の傾向がみられ、込み栓のように割裂やせん断破壊が中心となる接合ではスギ材に利点がある可能性が考えられる。また、楔の利用は、最大荷重に対してはあまり期待できないが、脆性的な破壊が多い込み栓接合では、接合部に変形能力を与える点で効果が顕著である。



大栓+複栓



重ねほぞ大栓割楔仕口

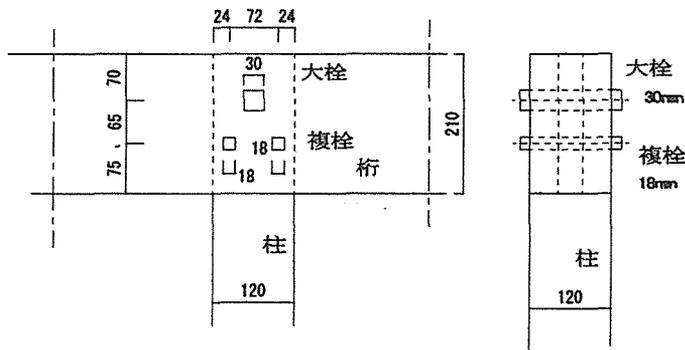
写真1-8 その他の柱一桁仕口試験状況

表 1-11 高耐力を目指した柱一桁込み栓接合耐力

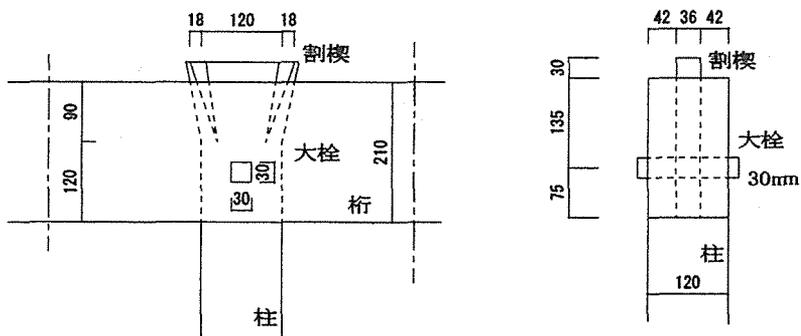
接合法	梁樹種	込み栓	n	最大荷重 k N(cv%)	降伏荷重 k N(cv%)	基準耐力 k N
大栓+複栓	ベイマツ	30,18mm	6	43.64 (9.7)	25.4(12.7)	17.89
	スギ	30,18mm	6	47.38 (7.2)	29.9(10.0)	22.94
大栓割楔	ベイマツ	30mm	1	48.7	30.8	
重ねほぞ大栓割楔	スギ	21mm	1	63.5	37.4	

柱はいずれもスギ n : 試験体数

大栓+複栓



大栓割楔
(大栓30mm+割楔)



重ねほぞ大栓割楔
(折置き)

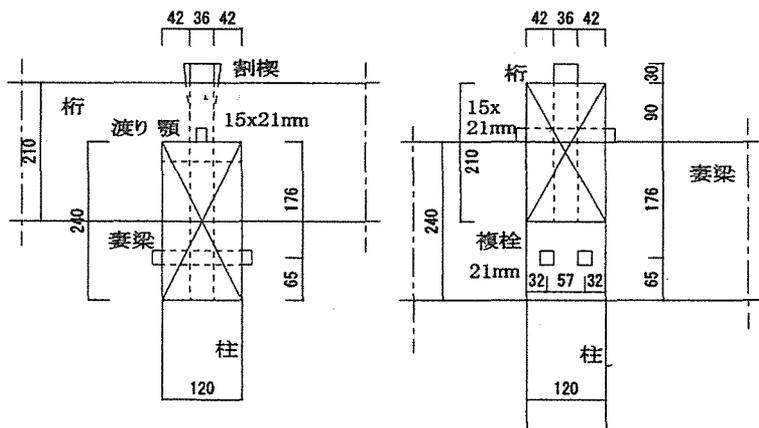
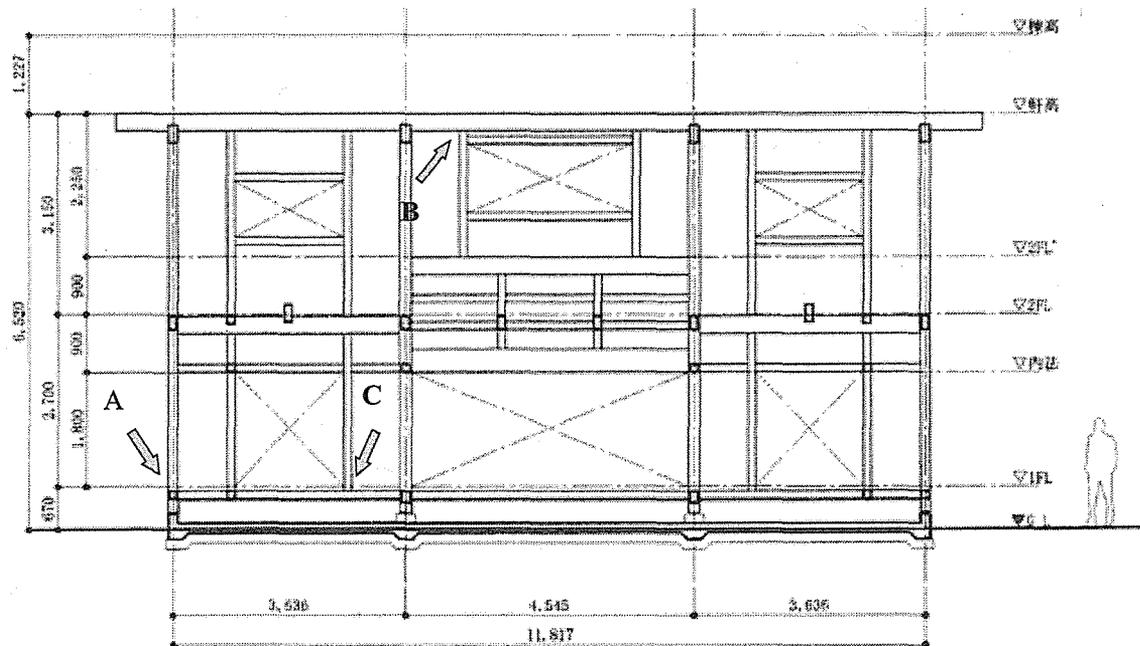


図1-20 その他の桁-柱仕口

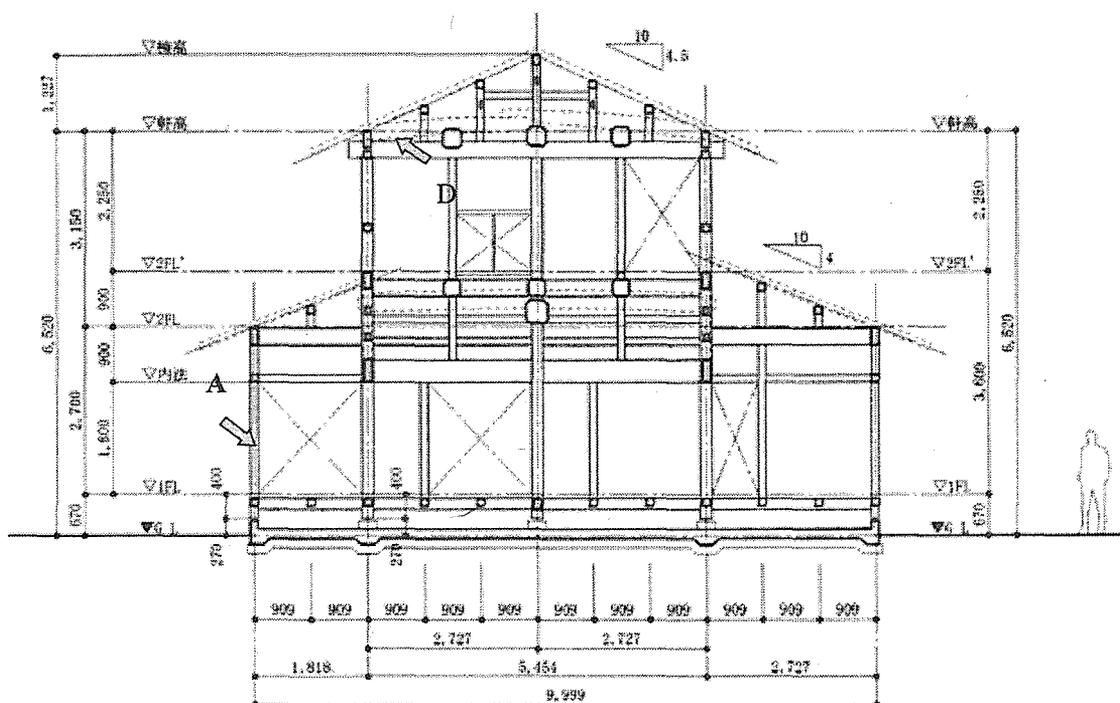
3.5 モデル住宅軸組図と接合部仕様

モデル住宅Aの軸組図を図1-21に示す。図1-8Aに示される平面図の桁行き通りは、縁側と広間間の枠の内を含む東西の通り、妻通りは和室と広間間の枠の内を含む南北の通りとなる。これらの軸組に関して、主な柱の接合部の例を図1-22①~③に示す。

接合部Aは外周基礎周りの耐力壁の柱で柱勝ちとした中通型大入れ二方差し仕口、接合部Bは、耐力壁柱で桁との仕口、接合部Cは、耐力壁柱で土台仕様での仕口、接合部Dは枠の内廻りの牛梁と柱、小梁の接合を示したものである。

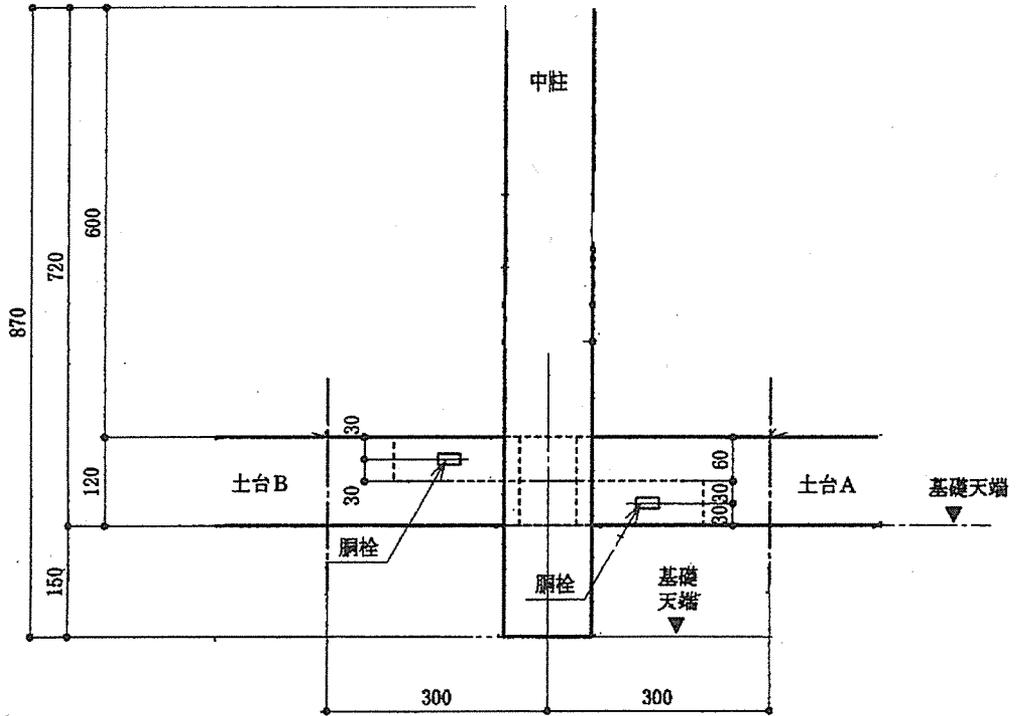


桁通り(平面図 縁側と広間の通り)

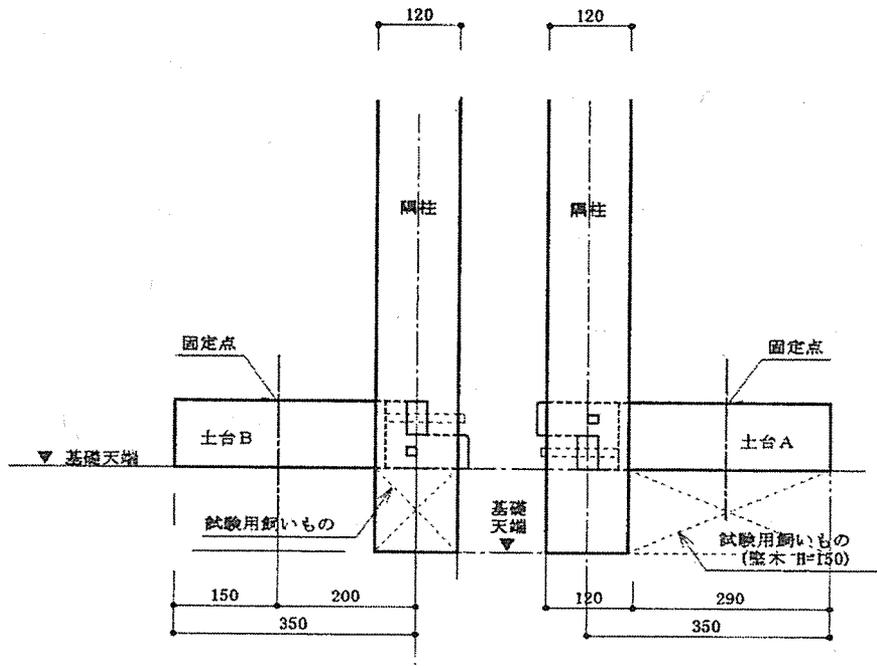


妻通り(平面図 和室-居間の通り)

図1-21 モデル住宅A 軸組図

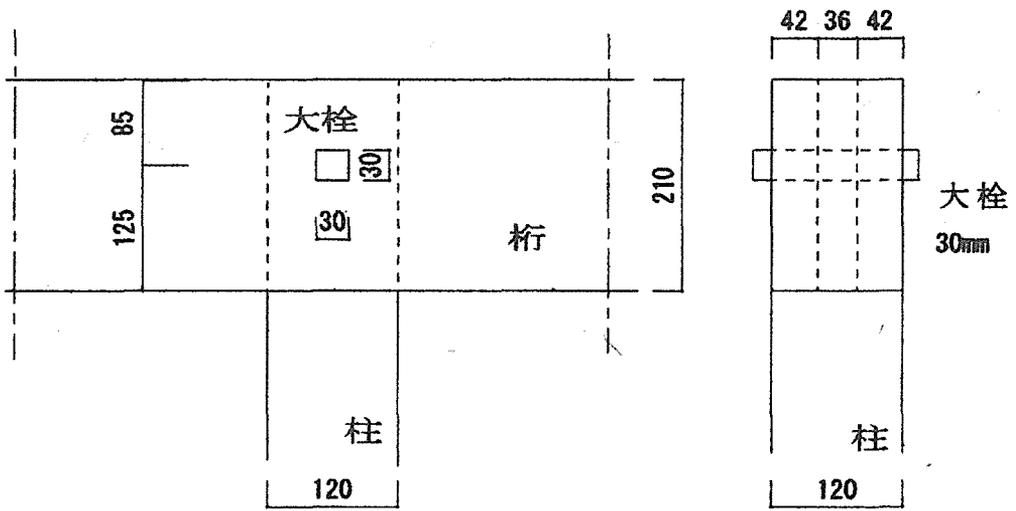


柱脚A 中柱型 長ほぞ二方差し

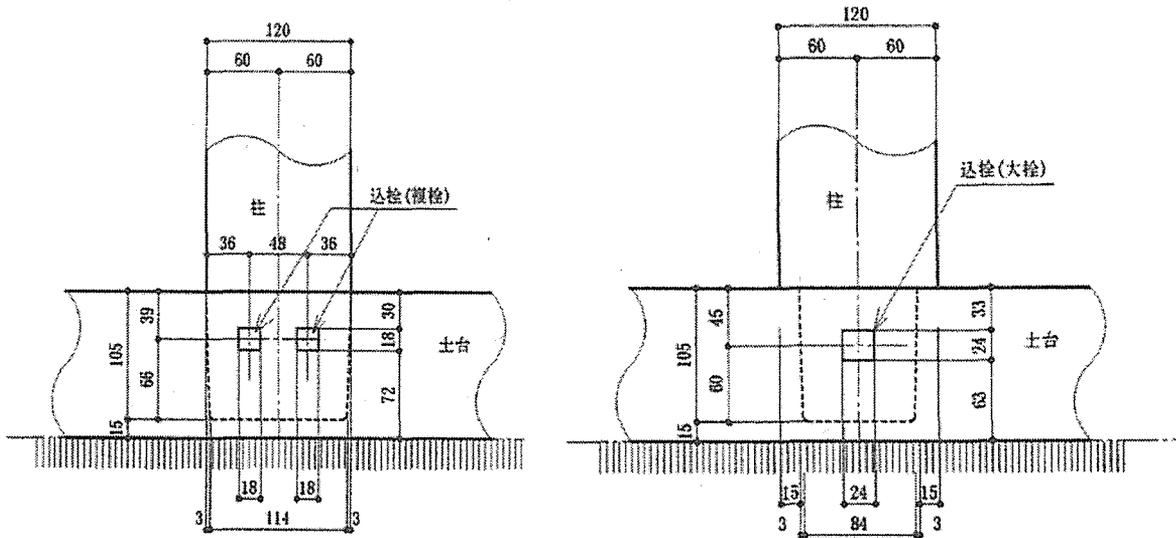


柱脚A 隅柱の場合

図1-22① 各部の接合仕様



柱頭B 柱一桁 大栓30mm



柱脚C 柱一土台 複栓もしくは大栓

図1-22② 各部の接合仕様

3.7 積雪荷重に対する部材寸法の確認

住宅では、特に構造計算による安全性のチェックが求められているわけではない。しかし、大きな積雪荷重の加わる多雪地域における住宅であることから、モデル住宅の主な部材に関して、鉛直荷重に対する部材寸法の簡単な確認を行うこととする。

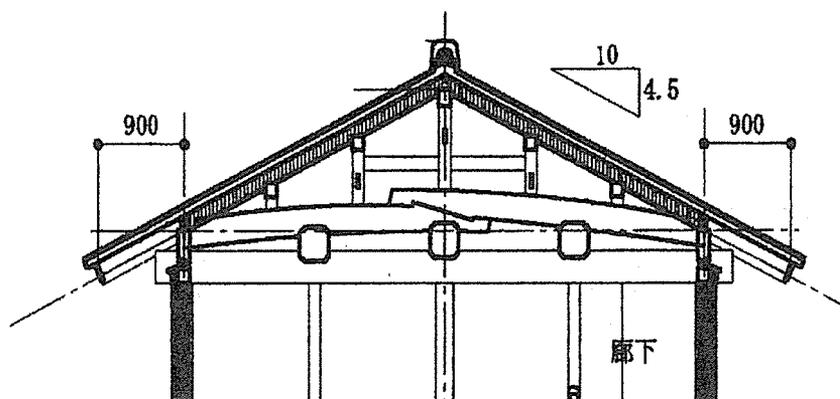


図1-25 小屋組

3.7.1 小屋組

小屋組は、図1-25に示すように桁行き方向の牛梁に押角の小屋梁を掛けて小屋組を構成する。小屋梁から束建てで母屋をささえ、タルキを掛けて屋根面としている。軒の出は900mmとしている。

設計条件は、

固定荷重	690 N/m ² (瓦葺き)		
積雪荷重	1.5 m積雪深	短期	4500 N/m ² 、長期 3150 N/m ²
材料はスギ	基準強度 22.2N/mm ² 、ヤング率 E は 6kN/mm ²		
	積雪時短期許容 11.8N/mm ² 、積雪時長期許容 10.6N/mm ²		

【タルキ】

寸法 60×105mm、間隔 303mm , スパンL:909mm

積雪長期 3840N/m²(短期5189) : 固定荷重+積雪荷重

総荷重W=1507N(短期2037)

曲げ応力 $\sigma = 1507 \times 909 / 8 / Z = 1.6 \text{ N/mm}^2$ (短期2.16N/mm²)

中央撓み $\delta = 5WL^3 / 384EI = 0.3 \text{ mm}$

タルキの曲げ応力は、積雪時長期許容曲げ応力10.6N/mm²以下であり、かつ撓み制限L/200 = 4.5mm以下となる。また積雪時短期許容応力11.8N/mm²以下も満たされている。

軒の出は900mmに設定しており、強度的な確認をすると

総荷重 $P = 3840 \times 0.909 \times 0.303 = 1050 \text{ N}$

曲げ応力 $\sigma = 1050 \times 909 / 2 / Z = 4.28 \text{ N/mm}^2$

一般部と同様に、積雪時長期許容応力度以下が確認される(短期も同様)。

【母屋】

寸法 120×120mm、間隔 910mm、スパンL:1820mm

積雪長期 3892N/m²(タルキ、母屋含む)

総荷重W=6445N

曲げ応力 $\sigma = 5.1\text{N/mm}^2 < \text{許容} 10.6 \text{ N/mm}^2$ (短期も同様)

中央撓み $\delta = 4.9\text{mm} < \text{制限} 9.1\text{mm} (L/200)$

けらばの出900mmにおいては

曲げ応力 $\sigma = 5.0\text{N/mm}^2$

したがって、許容応力度、撓み制限とも許容値以下が確認される。

【小屋梁】

断面 240φ 押角(あるいは120×270mm製材)、間隔 1820mm、スパンL:2730mm

積雪長期 4142N/m²(母屋、梁、天井含む)

総荷重 $P = 4142 \times 2.73 \times 1.82 = 20580\text{N}$

母屋位置から3等分点荷重として

曲げ応力 $\sigma = 6.9\text{N/mm}^2$ (製材では6.4N/mm²) $< \text{許容} 10.58\text{N/mm}^2$

中央撓み $\delta = 7.6\text{mm}$ (製材6.3mm) $< \text{制限} 13.7\text{mm} (L/200)$

したがって、許容応力度、撓み制限とも許容値以下が確認される。

【牛梁】

断面 390φ (あるいは150×420mm製材)、スパン 4550mm(中央部)

積雪長期 4142N/m²、積雪短期 5492N/m²

総負担長期荷重 $P = 36.1\text{kN} (2.73 \times 3.03 \times 4142 + \text{丸太} 2\text{kN})$

3等分点荷重として

曲げ応力 $\sigma = 4.7\text{N/mm}^2$ (丸太) $< \text{許容} 10.58$

中央撓み $\delta = 8.86\text{mm}$ (丸太) $< \text{制限} 22.75$

したがって、許容応力度、撓み制限とも許容値以下が確認される。

小屋組を構成するこれらの部材でも、特に押角類は断面が大きく、十分な人工乾燥材としての供給は難しいと考えられる。天然乾燥等により一定量の乾燥は可能としても、未乾燥条件に伴う梁の撓みの増分は見込まねばならないが、押角類では設計荷重条件でも撓みは制限値の半分以下であることから、剛性の余力で対応可能と考える。もちろん、乾燥材や集成材での対応も可能だが、特に柱の内の上部は意匠性の観点からも押角材での利用が望ましいと考えられる。また、平角材や集成材等の規格材では県外材がコスト的に有利な側面をもっているため、非規格材である特注材仕様のほうが地域材の利用の観点からも重要な要件であると考えている。

3.7.2 床組

床組は、柱の内部には足固めが配されるが、これは基礎にアンカーボルトで緊結され、土台としての役割を担う。その他の柱の脚部は、柱勝ちにして土台を基礎に固定するための長ほぞ差し

込み栓、通常の土台に柱を長ほぞ込み栓止めの2種類で構成する。土台には、ヒノキ、アテ等の耐久性の高い樹種を用いる。大引きは120mm角を909mm間隔で配置し、束で支持する。

また、2階部の床については、梁の上に根太を配して構成することになる。したがって、根太はスパン909mm及び1818mm条件の2種類となる。

床荷重は、積載荷重として、根太に $1800\text{N}/\text{m}^2$

スパン 909mm条件では、寸法 $45\times 54\text{mm}$

スパン1818mm条件では、寸法 $60\times 105\text{mm}$

根太間隔:303mm

スパン1818mmでは、総荷重 $W=1800\times 1.818\times 0.303=992\text{N}$

長期応力 $\sigma =992\times 1818/8/Z=2.0\text{N}/\text{mm}< \text{長期}814\text{N}/\text{mm}^2$

撓み $\delta =5\times 992\times 1818^3/384/60/10^3/I=0.2\text{mm}< 3\text{mm}(\text{スパン}/600)$

で応力、撓みとも極めて小さく問題はない。

床板には、15mm厚のスギ板を用いる。スギ板は柔らかいので一般には床板への適正は高くないとされるが、逆に柔らかい歩行感が好まれるところでもある。応力、撓みとも小さく問題はない。

4. 地域材の利用

当地域では長期耐用住宅の展開の中で、富山県産のスギ材を積極的に使っていくことを目的としている。富山県における木材流通実態は、年間 100万m^3 の素材需要量を維持しているが、この需用の96%は外材であり、中でも北洋材が91%を占めている。すなわち、北洋材の供給県としての位置づけが富山県であり、県産スギ材の素材生産量はわずか 3万m^3 にすぎない。しかし、図1-26にみるように現在10齢級(50年生)に達した林分が多く、平成22年には 10万m^3 のスギ材供給が想定されており、早急に利用展開を進めていく必要がある。現在、県産スギ材の流通は、主に森林組合連合会の市場に出荷され、地域の都市型製材業に購入され、大工・工務店で利用されている。また、県内8カ所の森林組合から、直接的に地場の製材工場に出荷され流通される場合も多い。また、一部の森林組合では製材機の導入も進んでおり、直接製材して地域の工務店に出荷しているものも見受けられる。しかし、生産量が小さく分散していることもあり、大型の製材工場で、JAS製品のような低コストで品質の安定した製品を供給できる体制には至っていない。JAS製品や集成材では、その等級の強度性能が明示されているが、現段階の県産スギ材を建築構造材として使っていく場合には、建築基準法における無等級材として扱われることになり、その強度性能もスギ無等級材の値を用いることになる。地域材を構造材として展開を広げるためには、無等級材とはいえ、現在の県産材の強度性能がどのようなレベルにあり、建築基準法の値を安心して利用できることを明らかにしておく必要がある。

富山県産スギ材の実大曲げ強度性能を図1-27に示す。県産スギ材の実大曲げ強度は、平均 $35.1\text{N}/\text{mm}^2$ (標準偏差7.42)、ヤング率 $6.07\times 10^3\text{N}/\text{mm}^2$ (標準偏差:1.72)が得られている。建築

基準法における基準強度は 22.2N/mm^2 が与えられているが、この値は信頼水準75%の5%下限値をベースに算出されたものである。同様な手法で富山県産スギの5%下限値を求めると 24.1N/mm^2 であり、基準強度を十分満たしており、無等級材の強度性能を用いることに問題はないことが示される。

また、富山県では、スギの品種として造林面積の7割程度を占めるタテヤマスギと3割を占めるボカスギが主要な品種となっている。特に、ボカスギについては、元々建築用途でなかったこともあり、成長量の旺盛さもあって、強度的な面での不信感がある。本来品種別に製材品、丸太が流通しているわけではなく、実大材もボカスギを含む統計的な試験データで実用上の問題はない。品種別の実大強度データは限られており、ボカスギについて統計的な値を示すほどの量ではないが、実大強度データを見る限りでは、強度性能には問題はない。しかし、ヤング率の低い材が含まれることがあるので注意することが必要である。低ヤング率材は、梁材としての使用では撓みの増大につながるため、断面増加が望ましい。今回のモデル住宅では、十分な梁寸法が与えられているため、低ヤング率材が含まれても撓み等の問題は生じないものと思われる。

ボカスギを含む県産スギ材の強度性能については、例えばJAS製品におけるヤング率による機械等級区分材とすれば、製品ごとにヤング率、強度性能が明示されることにより、強度的な信頼

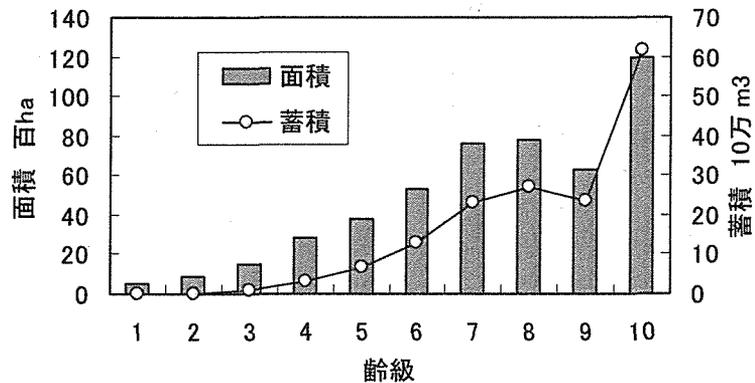


図1-26 県産スギ蓄積

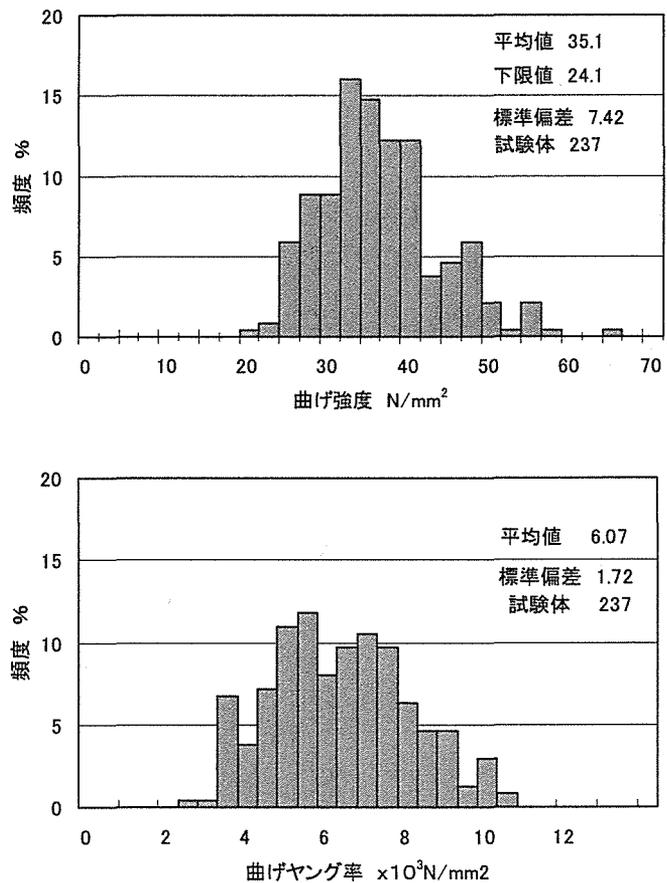


図1-27 富山県産スギの曲げ強度性能

が得られてくるものと考えられ、今後、JAS材としての供給体制を整えることが望まれる。

5. まとめ

当地域で開発した多雪湿潤地域型の長期耐用住宅は、地域の伝統的な木造建築技術を活かし、地域材を活用する目的で、枠の内という伝統的な工法を現代に適用するための技術を中心に検討したものである。富山県では、伝統的な優れた大工技術が県内それぞれの地域に残されているが、合理性とコスト性能に優れた全国一律の住宅工法の普及により、このような優れた大工技術の衰退が懸念されている。また、低コストで大量のスギ材を供給する体制が未整備であり、国産材に関しても県外からの移入材の占める割合が高い地域となっている。このような状況のもとで県産材を活用するためには、規格品では対応できないような特殊な寸法、形状の材料を大工技術により特徴のある住宅に展開していくことが有効な方法と考えられる。

スギ材を用いた枠の内工法住宅は、地域ニーズを活かしながら、生活の変化に伴って要求される間取りの変換性や腐朽・劣化した材料の交換し易さ、さらに積雪地域でありながらも耐久性を高めるために大きな軒の出を確保することで、積雪地域における長期耐用住宅として提案したものである。また、長期耐用性に加えて伝統的な意匠感や自然素材の活用も基本的な特徴としている。材料、工法としては、小屋梁に曲がり材や押角材、18cm角の柱材などの規格材ではない材料を多用していることや込み栓等の伝統的な接合法を活かすことで、規格品的なプレカット工場での生産加工よりも大工・工務店での生産加工が適応しやすい形態となっている。これにより、地域材の利用と大工技術の継承につながっていくとともに、地域風土に適した長期耐用住宅として普及したいと考えている。

今後、長期耐用住宅の普及に併行して、いくつかの建築法規上の制約の解決にも取り組んでいくことが必要である。

本編でも述べたように、仕口等の接合に関しては、建築法規では長ほぞ込み栓打ちが認められているのみであり、高耐力を要する部分には金物を用いることが必然となっている。しかし、今回の実験で示されたように、現実にはホールダウン金物と同等の耐力を持つと期待できる伝統的接合法も存在している。これらの接合法の耐力を正當に評価し、安心して使用できるように一般化していくことが必要である。

また、枠の内本体の水平せん断力についても、フレームのみの試験ではあったが、一定量の水平力に対する耐力性能を持つことが示されている。しかし、太い柱によるラーメン的構造とみなすべきものであり、耐力壁として扱うことは難しいのが現状である。一般の住宅では耐力壁による耐震性評価が普及しており、正しい評価とともに、相当壁量等の簡易な方法でこの仕組みの中に加えることが必要と考えられる。

枠の内工法型住宅では、伝統的な接合法を広く使用している。このような工法では、使用する部材も特注型であり、規格では対応できないものが多い。そのため、材料としてJAS等の公的な信頼性を付与する手段を欠くという不利さを持っている。一方、多様な伝統型の接合法を一律に認定する仕組みをとった場合、材料の選択や割れ等の欠点の影響などを深く理解しないで活用し

た場合には、予想外の性能低下を招く危険性も合わせ持つと考えられる。そのようないくつかの課題に対して、実証データの蓄積と一般化への取り組みや、工法の信頼性の確保の点からは、大工技術と材料性能が一体となった形での管理の仕組み作りが必要と考えられる。それにより、安全が確保された多様な伝統工法が維持され、あるいは逆に差別化された特徴として優れた大工技術が長く継承されるものと思われる。

第2章 地域材利用技術資料

1. 地域材の強度性能

1.1 曲げ強度性能

地域材の利用は、長期耐用住宅の展開の中で主要な地位を占めるものである。特に、富山県産のスギ材をこの中で積極的に使っていくことが、事業の趣旨と一致しているものである。富山県産スギ材は、生産量が小さいこともあり、JAS材あるいは集成材などの品質の確かな製品としての供給体制は取られていない。伐採された素材は森林組合から地域の製材所を通して大工・工務店に供給されたり、市場に出荷されたものが製材所に購入され、製品として供給されているのが現況である。

本事業の長期耐用住宅で県産スギ材の利用を前提としているが、ここでは、このような富山県産材の供給状況もあり、地域の製材所、大工・工務店における材料の流通を想定したものである。

しかし、現代の住宅については、材料としての性能が担保されていることも重要なことであるため、設計あるいは施主に対する信頼の確保のため、使用すべき富山県産スギ材の性能を示す。

富山県産スギの実大曲げ強度試験は、これまで237本の実大材(105、120mm正角材、梁せい210mm、240mm平角材)の曲げ試験を実施した結果が図2-1である。曲げ強度の平均値は35.1N/mm²(標準偏差7.42)、曲げヤング率6.07×10³N/mm²(標準偏差2.37)が得られている。これらの値は、建築基準法で示されているスギ無等級材の基準強度22.5N/mm²と比較すると、基準強度は信頼水準75%の5%下限値として計算されているが、富山県産スギにおける同下限値は24.1N/mm²となり、この値は建築基準法に示される強度値を満足するものであり安心して利用することが可能である。

1.2 座屈性能

多雪地域における長期耐用住宅を考える場合、積雪荷重が構造上の主要な課題となる。1.5mの積雪を考えると、密度が300kg/m³であるから1m²あたりで4.41kNの鉛直荷重となり、2m積雪で

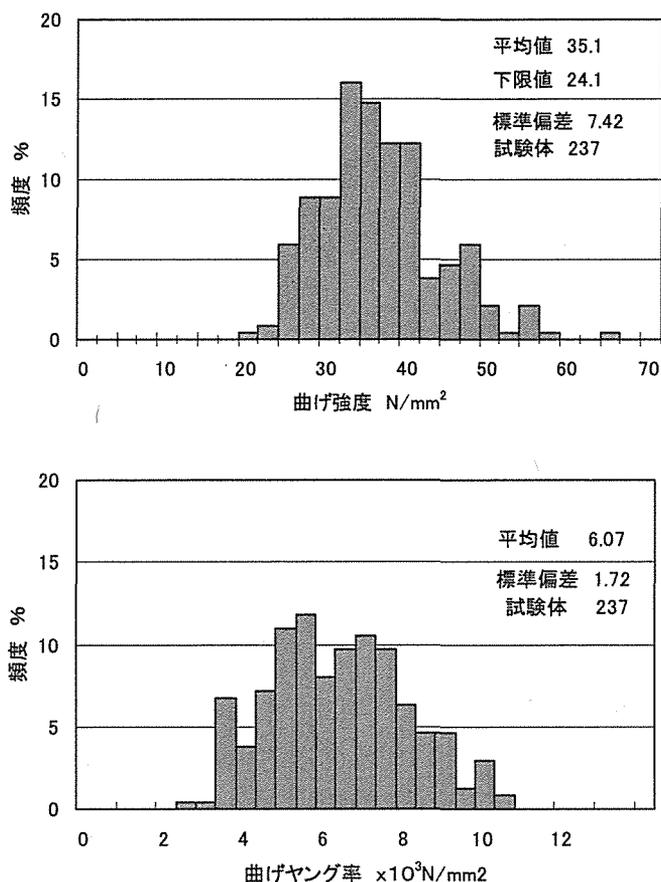


図2-1 富山県産スギの曲げ強度性能

は5.88kNに達する。仮に屋根面積が6m×9mであれば、1.5m積雪時には238kNにも及ぶ鉛直荷重が屋根面に加わっていることになる。したがって、構造面では、この鉛直荷重に対しての安全性はもちろん、不具合を生じないことが要求されてくる。さらに、屋根面に載雪した状態における耐震性能の確保は極めて大きな課題となる。

鉛直荷重に対する性能は梁の曲げと柱の座屈が重要となってくる。通常、積雪荷重は徐々に増加していく荷重であり、居住中に雪下ろし等で対応可能なこともあり、一般住宅での被害発生が稀なこと、座屈については設計的に実用上十分なレベルであることが予測できることもあり、実大のデータは整備されていない。

長期耐用住宅の構造を考える場合、比較的大きなスパンを確保して間仕切壁による可変性を確保することを想定すると、一部の柱に大きな鉛直荷重が集中する可能性が高く、適正な断面設計を行うことも必要になってくる。

また、昨今の建築基準法の改正に伴い曲げや圧縮等の強度性能が信頼水準75%の5%下限値として基準強度が位置づけられるようになってきた。しかし、座屈については強度的な問題であるにもかかわらず、ヤング率が支配的であることから、他の強度性能と同様の実大データとして統計的に下限値が求められている状況ではない。特に、無等級材ではヤング率については従来からは撓みに関する係数としての扱いから、平均値で評価するのが一般的であり、下限値のような扱いはしていない。したがって、同じ強度でありながら曲げ強度等と比べて信頼性が異なる状態となっている。

このような状況から、多雪地域での住宅の鉛直荷重に対する信頼性を確保するために行ったスギ柱材の座屈試験の結果を示す。

1.2.1 試験方法

試験材は、スギ正角乾燥材とし、スパン270cm(2m材以下の試料では180cm)、3等分点荷重法で曲げヤング率(座屈方向)を測定後、所定の長さに鋸断して座屈試験に供した。変位は、柱中央部の水平変位を測定した。試験材は、90mmから135mmまでのスギ正角柱材(長さ270cmないし280cm)および長さ65cmから180cmまでの4種類の120mm正角材である。座屈は両端ピン条件で、治具を含む座屈長を基にした細長比 λ は19から113となる。

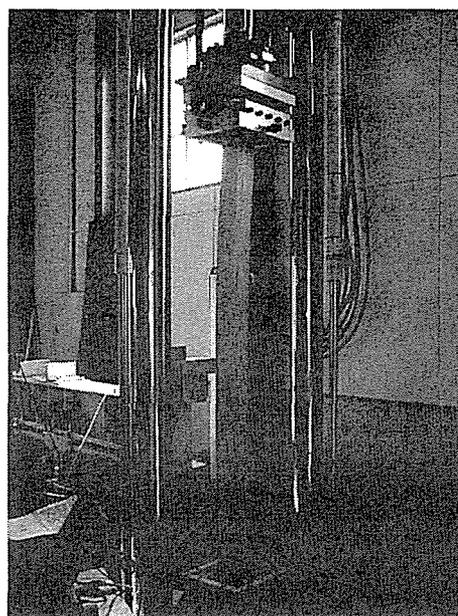


写真2-1 座屈試験状況

表2-1 座屈試験結果

寸法	n	細長比λ	ヤング率Eb (SD) kN/mm ²	最大応力 N/mm ²	座屈応力Fk (SD) N/mm ²
90mm 角	10	113	6.48 (1.72)	4.38	4.59 (1.42)
105mm 角	56	101	7.14 (1.71)	6.19	6.42 (1.85)
120mm 角	43	88	7.54 (1.68)	7.73	8.14 (2.08)
135mm 角	30	75	6.85 (1.44)	10.20	10.70 (2.71)
120mm 角	30	58	7.75 (1.23)	19.03	20.15 (3.31)
〃	29	48	9.06 (1.73)	23.63	25.72 (5.52)
〃	30	39	8.28 (1.92)	22.22	24.72 (6.57)
〃	23	19	7.85 (1.16)	25.08	25.08 (3.52)

1.2.2 スギ柱の座屈性能

部材のヤング率、細長比を含む試験結果を一括して表2-1に示す。また、105mm、120mm角柱の座屈応力の分布状況を図2-2、2-3に示す。105mm角柱では、平均6.4N/mm²であるがその値は3N/mm²から11N/mm²(実荷重で33~113kN)と大きく分散している。また120mm角では、平均8.14N/mm²で4.44から15.84N/mm²(実荷重で64~229kN)まで大きく分散する。本来、座屈も強度であり曲げ強度と同様な考え方にたてば、下限値が与えられ、105 mm 角柱で 3.55 N/mm²(39kN)、120mm角柱で4.23 N/mm²(61kN)となる。

1.2.3 オイラー式による座屈応力の推定

座屈荷重、座屈応力は、弾性座屈においてはオイラー式が良く適合することが知られている。本実験のように両端がピン条件では、座屈荷重 P_{cr} は、

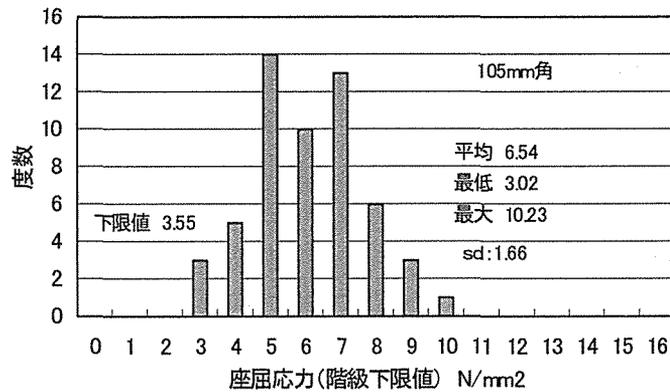


図2-2 座屈応力の分布(105mm角)

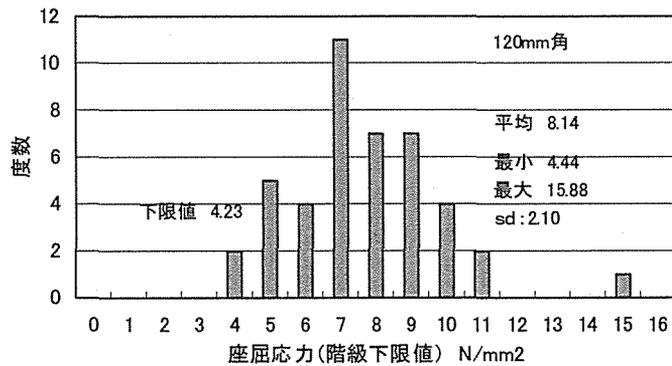


図2-3 座屈応力の分布(120mm角)

$$P_{cr} = \pi^2 E / \lambda^2$$

ここで、Eはヤング率、 λ は細長比で

$$\lambda = Lk / \sqrt{I/A} = 3.46Lk/h$$

Lk: 座屈長さ、I: 断面2次モーメント、A: 断面積、h: 座屈方向材せい

本実験で得られたオイラー式による座屈応力の計算値と実測値の関係を図2-4に示した。弾性座屈とされる細長比100以上である90mm角、105mm角ではほぼ一致しており、オイラー式の高い推定精度が確認された。

一方、細長比88、75である120mm角、135mm角では、相関は高いものの傾きが異なっている。決定係数も120mm角では0.82、135mm角では0.62に低下している。細長比100以下の中間柱として扱われるものであり、塑性座屈の要因が入ってくるためか、オイラー式の結果と若干異なってくる傾向が認められる。

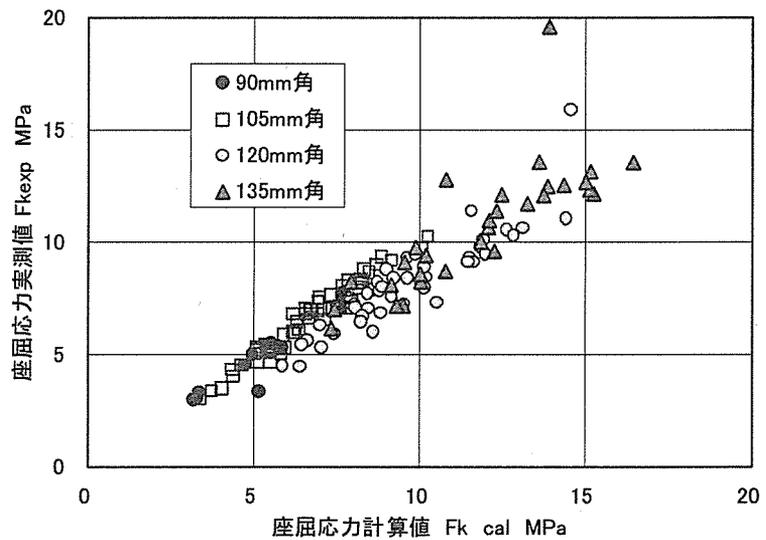


図2-4 オイラー式による座屈応力の推定

90mm 角柱	$F_{kexp} = F_{kcal} - 0.4$	$R^2 : 0.86$
105mm 角柱	$F_{kexp} = 1.056 F_{kcal} - 0.5$	$R^2 : 0.95$
120mm 角柱	$F_{kexp} = 0.893 F_{kcal} - 0.5$	$R^2 : 0.82$
135mm 角柱	$F_{kexp} = 0.874 F_{kcal} - 0.4$	$R^2 : 0.64$

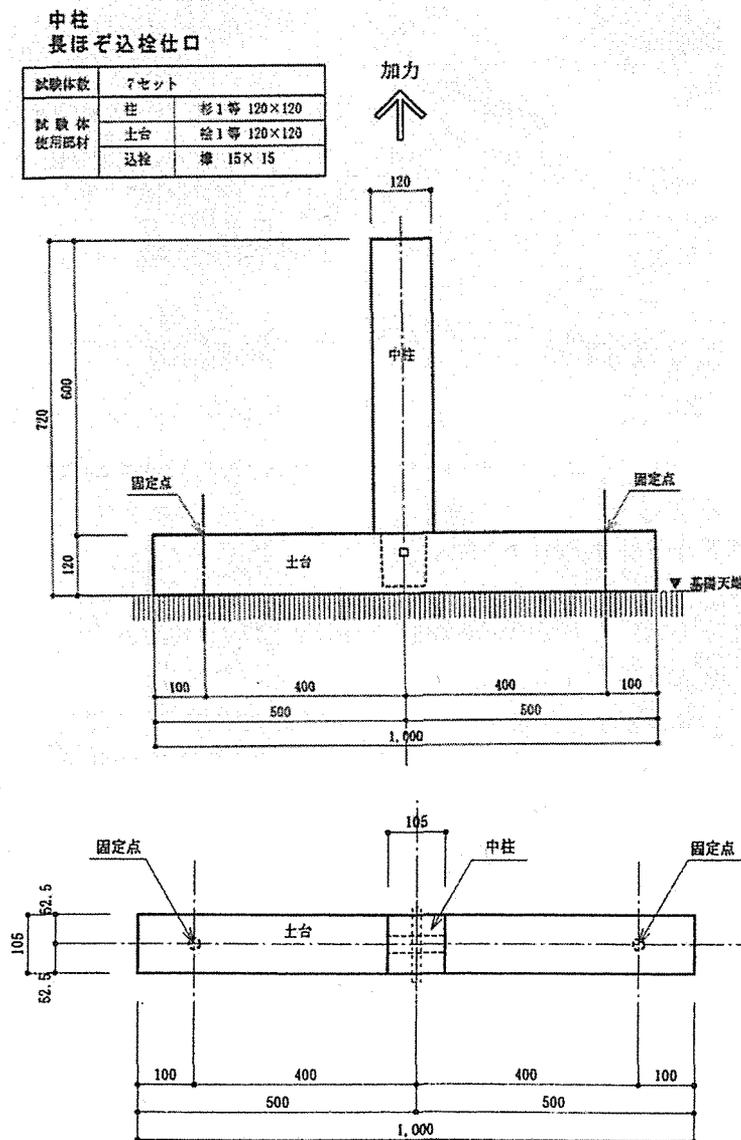
2. 込み栓接合法の耐力

2.1 柱－土台仕口の込み栓接合

柱と土台のような正角材における込み栓仕口の引張試験結果を一括して示す。

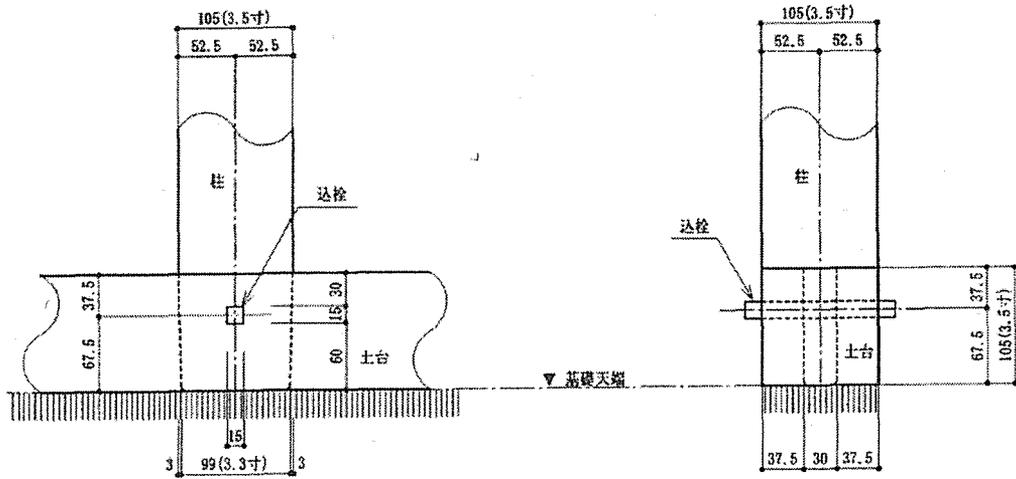
試験は、(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」における平成12年告示1460号に基づく仕口および継手の試験法、評価法における耐力壁が取りつく柱の仕口、中柱型の引張試験方法および仕口、継手の評価方法に従っている。

試験方法を図2-5に、試験体接合部詳細を図2-6、試験結果を表2-2に示す。試験体数は各6体である。なお、試験体別の試験の詳細を以降に示す。

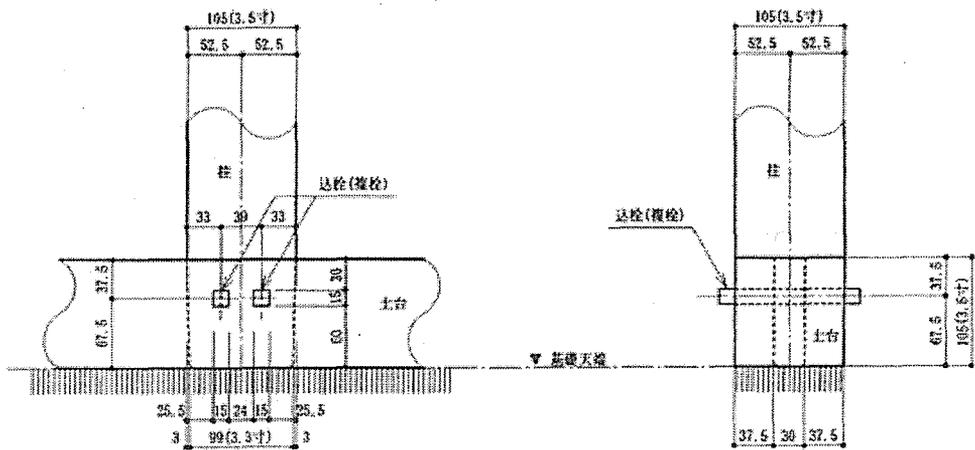


試験体 平面図

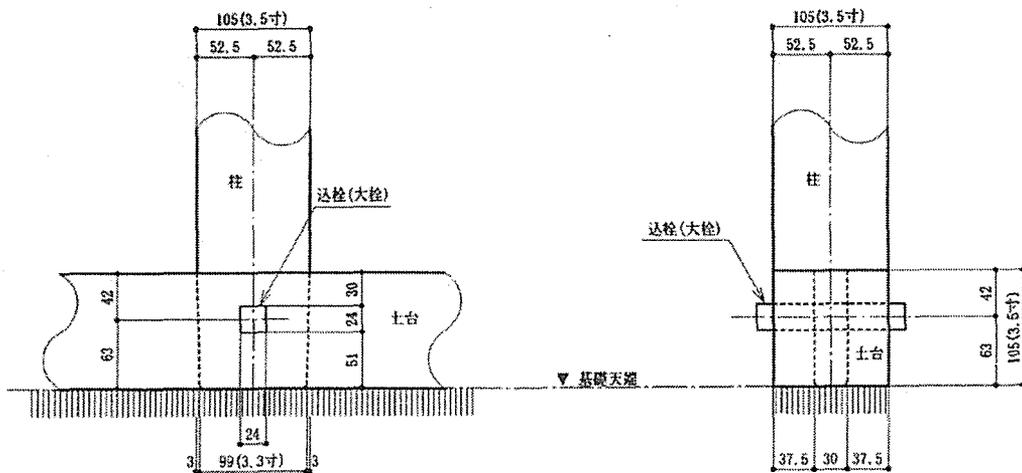
図2-5 仕口引張試験方法



105mm 単栓(15mm)

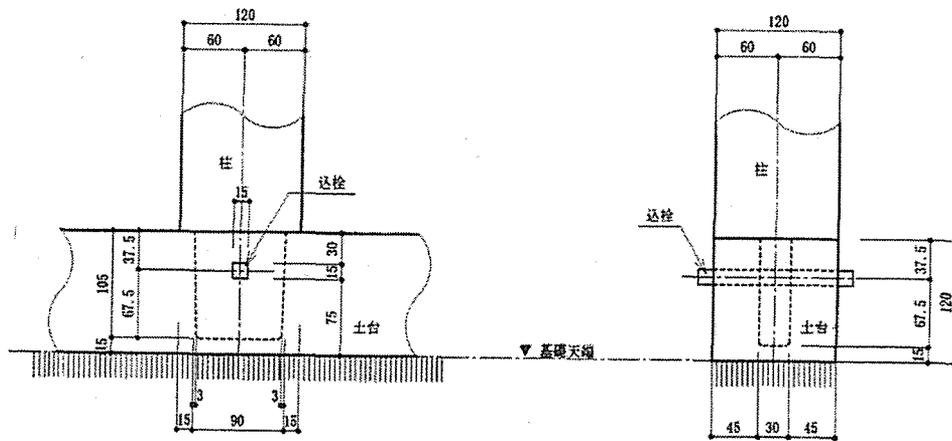


105mm 複栓(15mm)

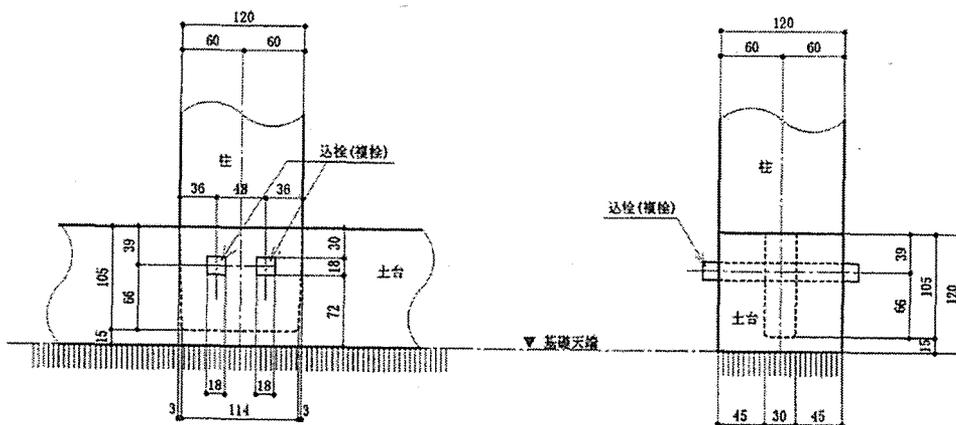


105mm 大栓(24mm)

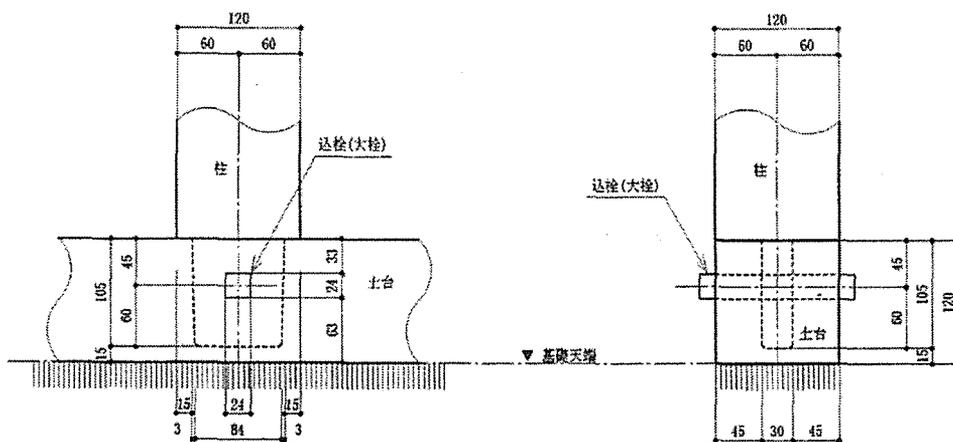
図2-6a 柱-土台の込み栓接合試験体 105mm



120mm 単栓(15mm)



120mm 複栓(18mm)



120mm 大栓(24mm)

図2-6b 柱-土台の込み栓接合試験体 120mm

表2-2 込み栓引張試験結果

込み栓	最大荷重 kN (cv %)	降伏荷重 kN (cv %)	短期基準耐力 kN
スギ柱-スギ土台 105 mm角			
ケヤキ 15mm 単栓	9.96 (21.7)	7.2 (32.4)	
15mm 複栓	17.0 (17.4)	10.3 (20.4)	3.28
24mm 大栓	16.5 (15.6)	10.4 (15.8)	5.37
			5.98
スギ柱-ヒノキ土台 120mm角			
ケヤキ 15mm 単栓	17.4 (18.9)	12.2 (24.0)	
18mm 複栓	25.7 (14.8)	15.4 (15.4)	5.35
24mm 大栓	26.1 (14.0)	15.0 (20.0)	9.86
			8.03
スギ柱-アテ (ヒバ) 土台 120mm角			
ケヤキ 18mm 複栓	25.64 (5.7)	15.4 (13.8)	10.43

2.1.1 柱-土台 込み栓接合の引張強度性能(1)15mm単栓接合
スギ柱-スギ土台 105mm角、ケヤキ15mm単栓

【試験体】

部材 スギ柱 105mm 角 試験体数 6体
スギ土台 105mm 角
込み栓 ケヤキ15mm角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δy を計算後、試験体6体につき δy の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

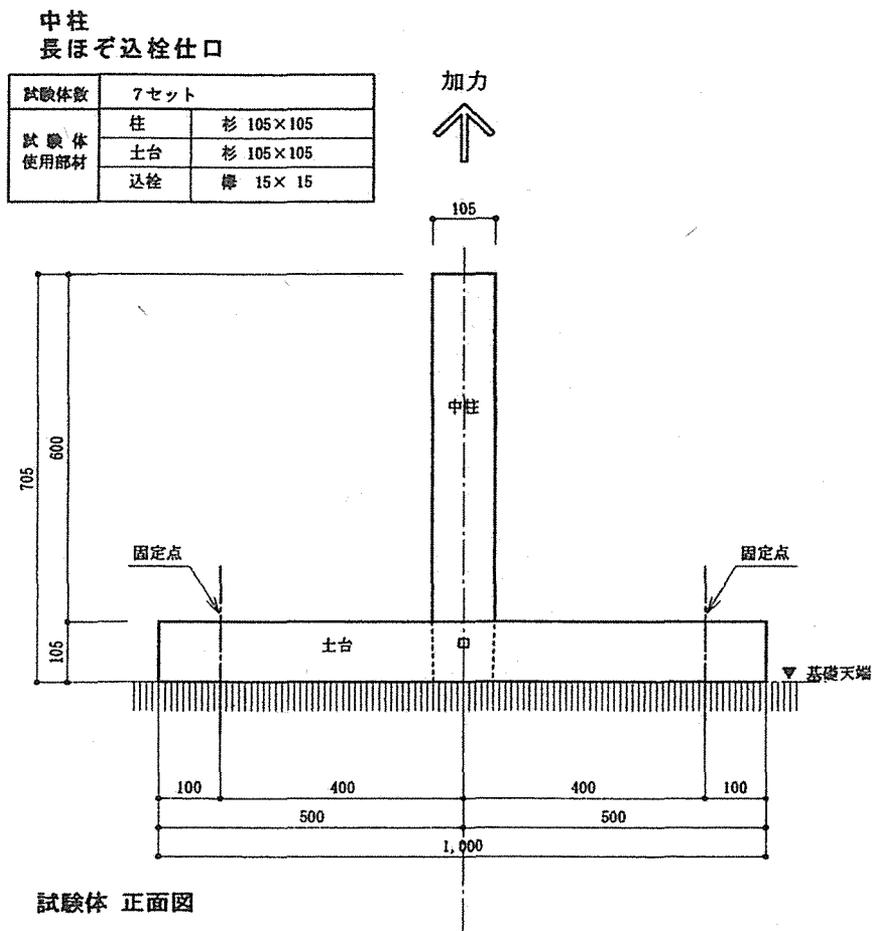


図2-7 試験方法

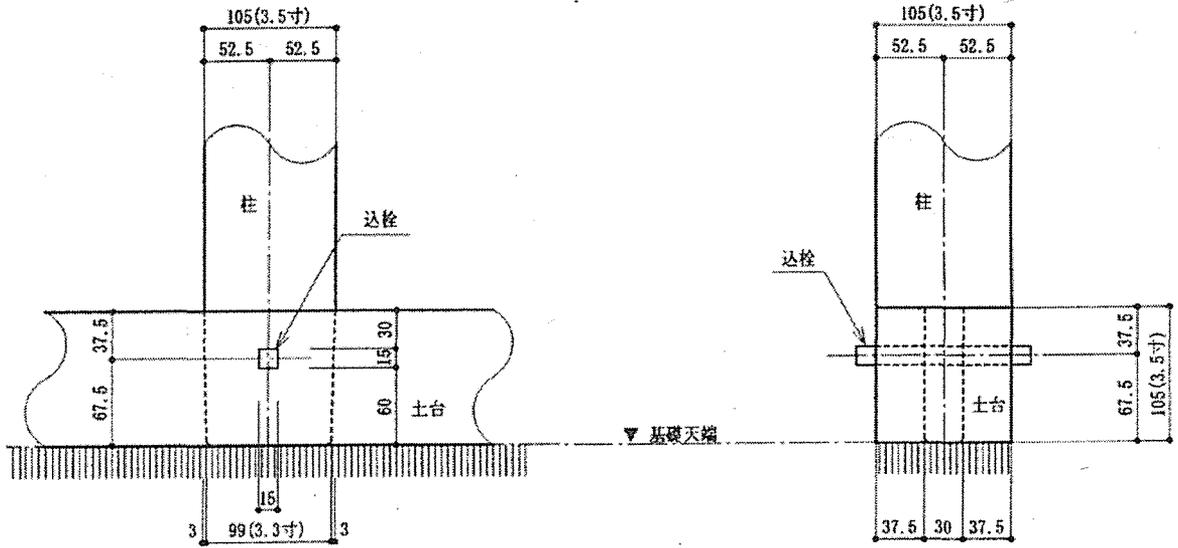


図2-8 単栓仕口部詳細

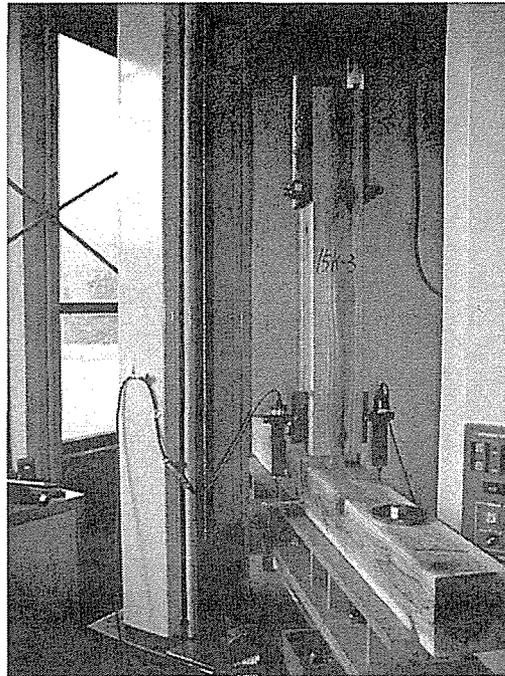


写真2-2 試験状況

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.42、含水率 19%

スギ土台 比重 0.43、含水率 22%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

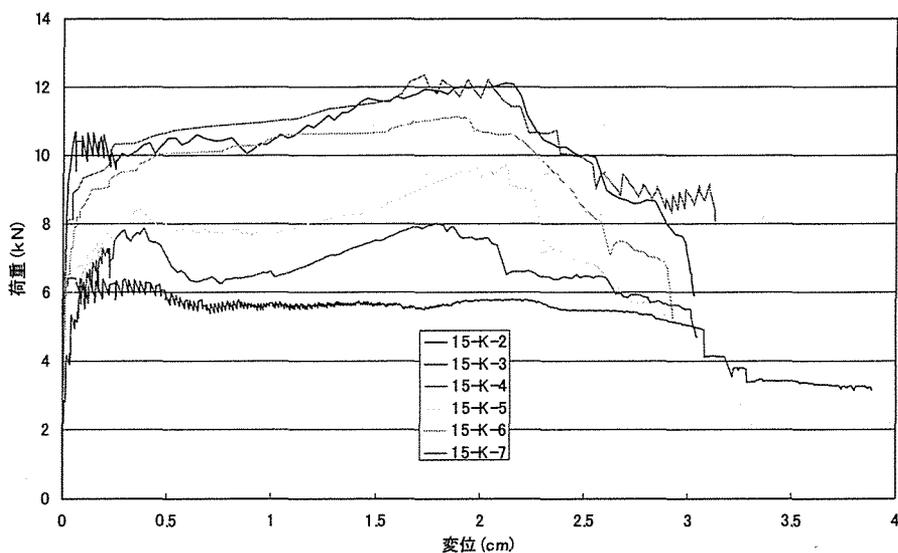


図2-9 荷重-変位曲線

表2-3 試験結果

スギ 105mm 角 ケヤキ 15mm 単栓接合

	最大荷重 kN	最大荷重 × 2/3 kN	降伏耐力 kN
	6.43	4.29	3.49
	12.10	8.07	10.50
	12.36	8.24	9.10
	9.73	6.48	7.39
	11.13	7.42	7.58
	8.02	5.34	5.14
平均	9.96	6.64	7.20
標準偏差	2.16	1.44	2.33

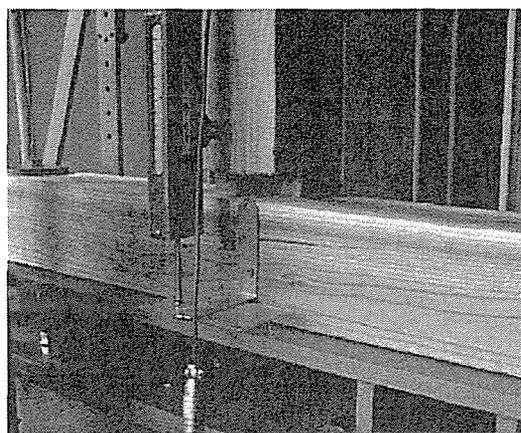


写真2-3 土台の割裂

短期基準接合耐力

$$P_t = 6.64 \times (1 - 1.44 / 6.64 \times 2.336) = 3.28 \text{ kN}$$

105mmスギ、ケヤキ15mm単栓仕口

短期基準接合耐力 P_t : 3.28kN

2.1.2 柱-土台 込み栓接合の引張強度性能(2)15mm複栓接合
スギ柱-スギ土台 105mm角 15mmケヤキ複栓接合

【試験体】

部材 スギ柱 105mm 角 試験体数 6体
スギ土台 105mm 角
込み栓 ケヤキ15mm角 複栓

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

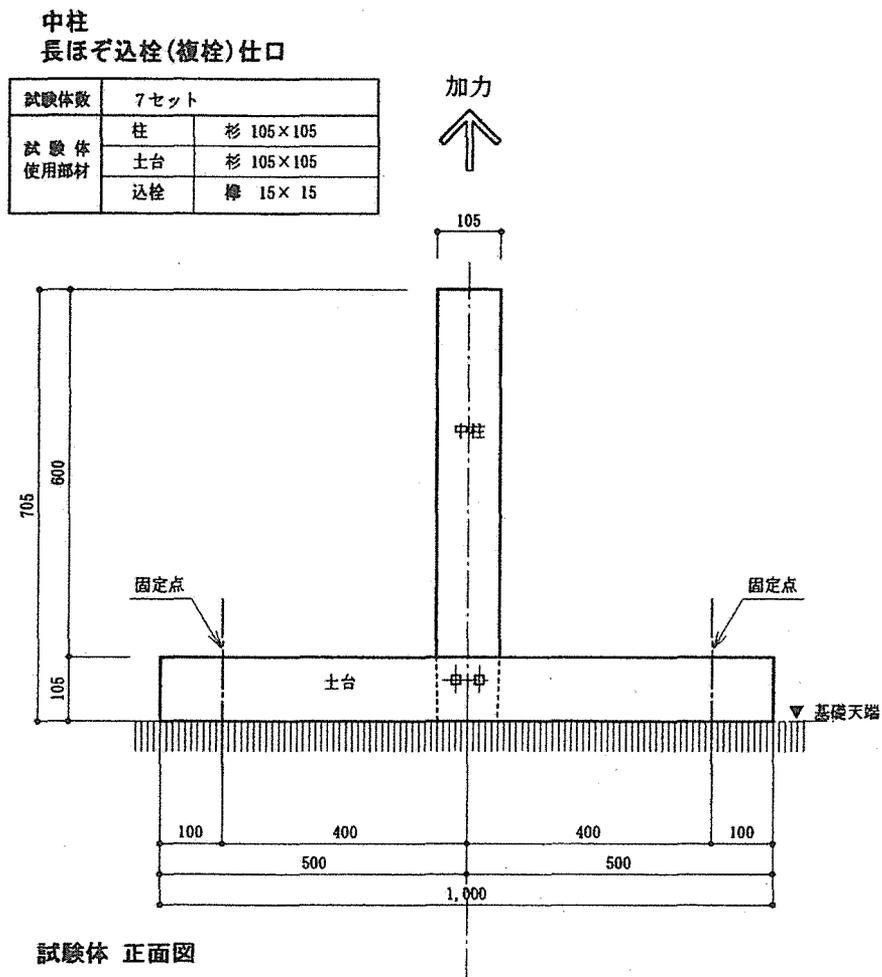


図2-10 試験方法 スギ105mm角 15mmケヤキ複栓

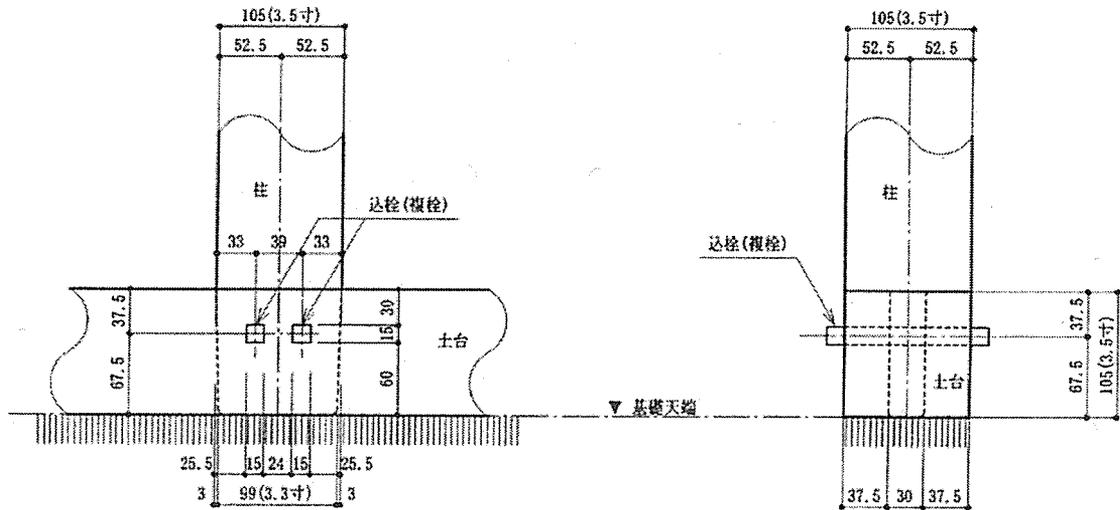


図2-11 仕口部詳細 105mm角 ケヤキ15mm複栓

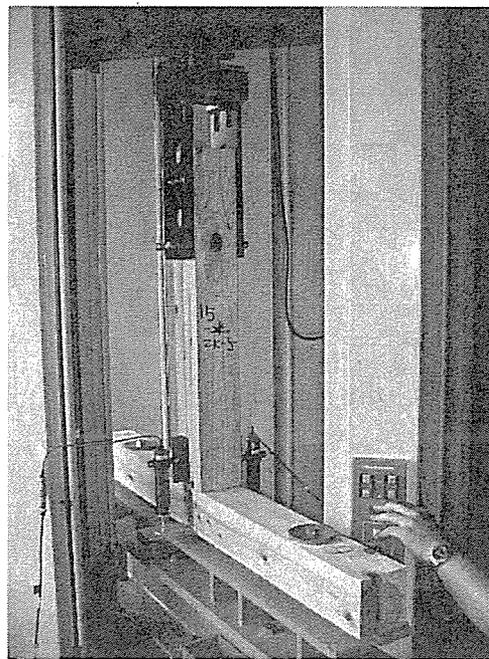


写真2-4 試験状況 15mm複栓

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.43、含水率 20%

スギ土台 比重 0.43、含水率 22%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

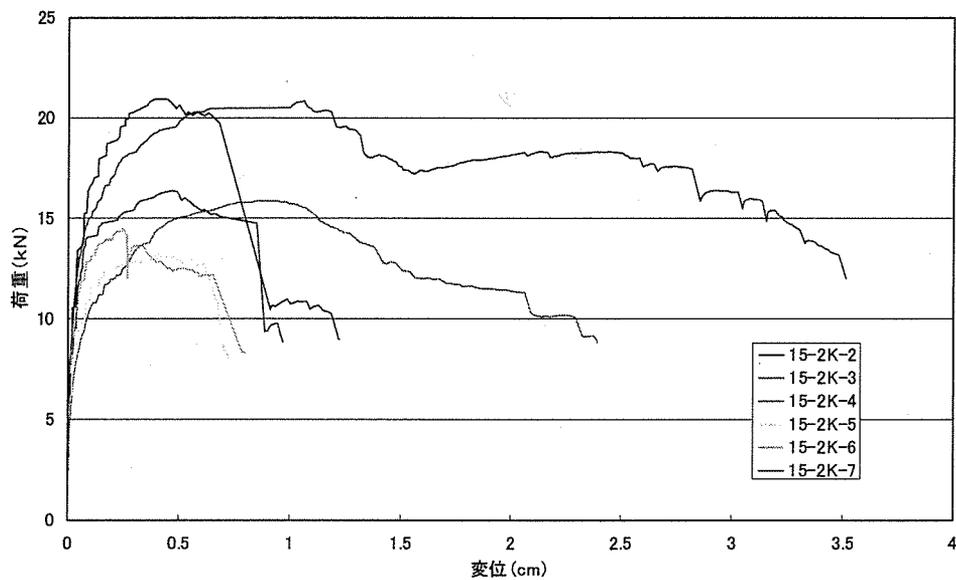


図2-12 荷重-変位曲線 スギ105mm角 ケヤキ15mm複栓

表2-4 試験結果

スギ105mm角 ケヤキ15mm 複栓

	最大荷重	最大荷重 × 2/3	降伏耐力
	kN	kN	kN
	16.38	10.92	10.56
	20.94	13.96	13.19
	15.89	10.59	9.05
	13.22	8.81	7.57
	14.49	9.66	8.48
	20.85	13.90	12.61
平均	16.96	11.31	10.25
標準偏差	2.96	1.97	2.09

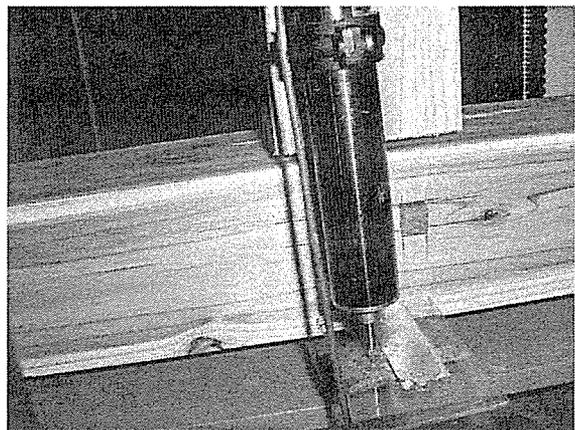


写真2-5 土台の割裂
土台上部に割れ

短期基準接合耐力

$$P_t = 10.25 \times (1 - 2.09/10.25 \times 2.336) = 5.37 \text{ kN}$$

105mmスギ、ケヤキ15mm複栓仕口

短期基準接合耐力 P_t : 5.37kN

2.1.3 柱-土台 込み栓接合の引張強度性能(3)24mm大栓接合
スギ柱-スギ土台 105mm角、24mmケヤキ大栓接合

【試験体】

部材 スギ柱 105mm 角 試験体数 4体
スギ土台 105mm 角
込み栓 ケヤキ24mm角 大栓

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

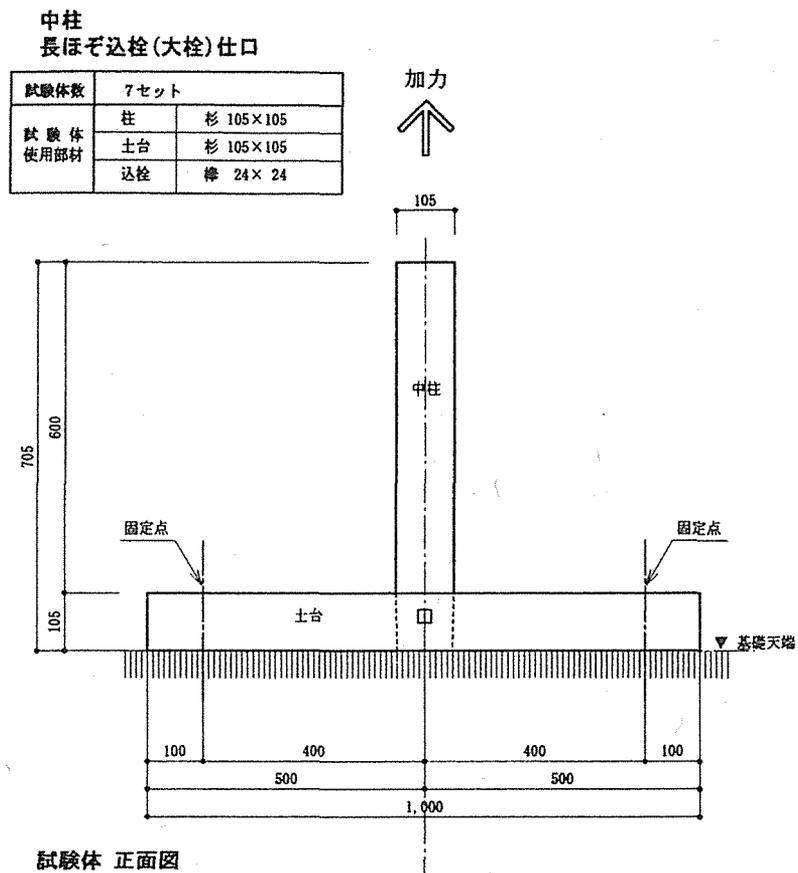


図2-13 試験方法

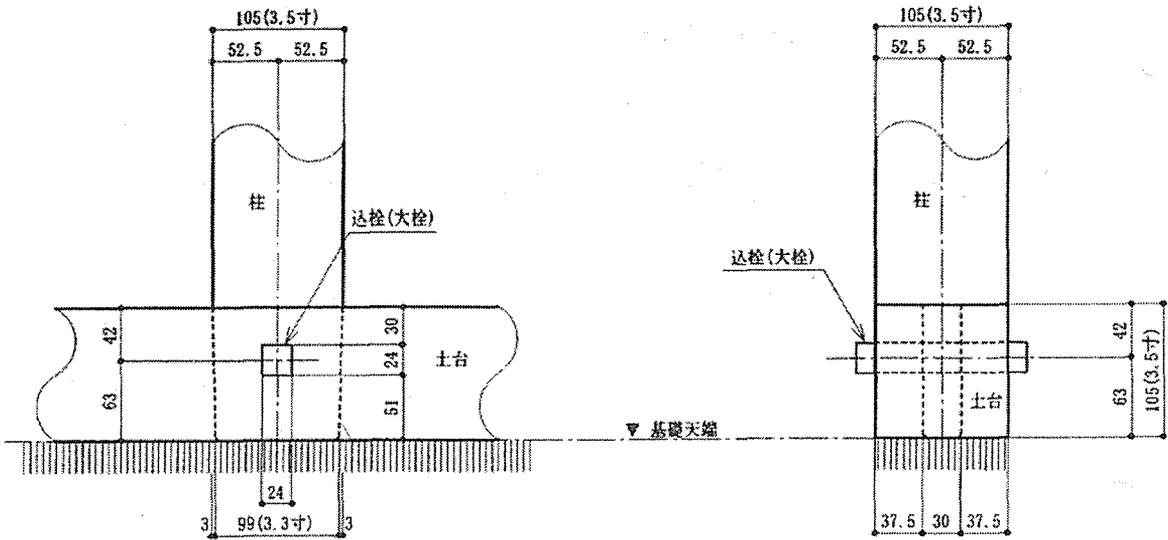


図2-14 仕口部詳細 スギ105mm角、ケヤキ24mm大栓

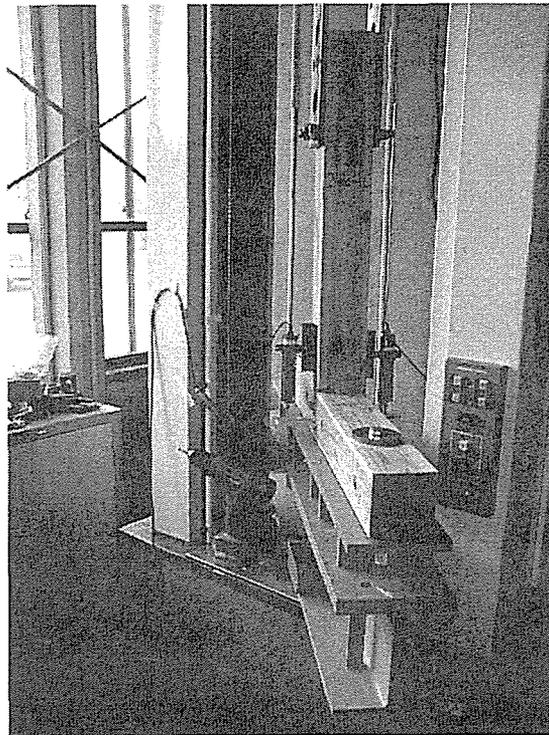


写真2-6 試験状況 24mm大栓

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.41、含水率 20%

スギ土台 比重 0.43、含水率 19%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

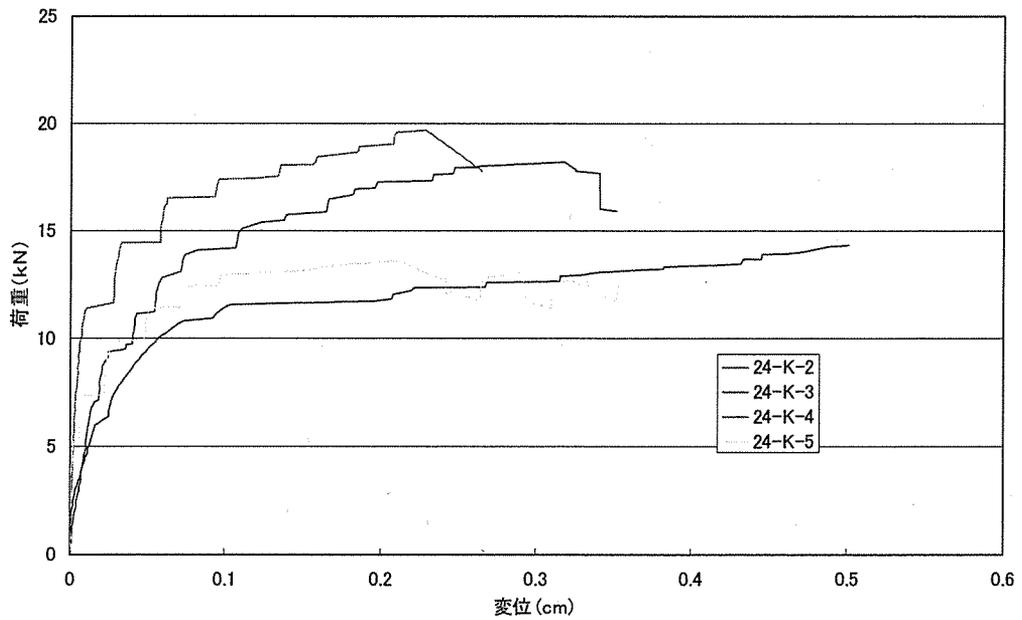


図2-15 荷重-変位曲線 スギ105mm角、ケヤキ24mm大栓

表2-5 試験結果
スギ105mm、ケヤキ24mm大栓

	最大荷重 kN	最大荷重 ×2/3 kN	降伏耐力 kN
	18.21	12.14	11.14
	14.33	9.55	9.80
	19.69	13.13	12.52
	13.58	9.06	8.09
平均	16.45	10.97	10.38
標準偏差	2.56	1.71	1.64



写真2-7 土台の割裂

短期基準接合耐力

$$P_t = 10.38 \times (1 - 1.64 / 10.38 \times 2.681) = 5.98 \text{ kN}$$

105mmスギ、ケヤキ24mm大栓仕口

短期基準接合耐力 P_t : 5.98kN

2.1.4 柱-土台 込み栓接合の引張強度性能(4)15mm単栓接合
 スギ柱-ヒノキ土台 120mm角、15mmケヤキ単栓接合

【試験体】

部材 スギ柱 120mm 角 試験体数 6体
 ヒノキ土台 120mm 角
 込み栓 ケヤキ15mm角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

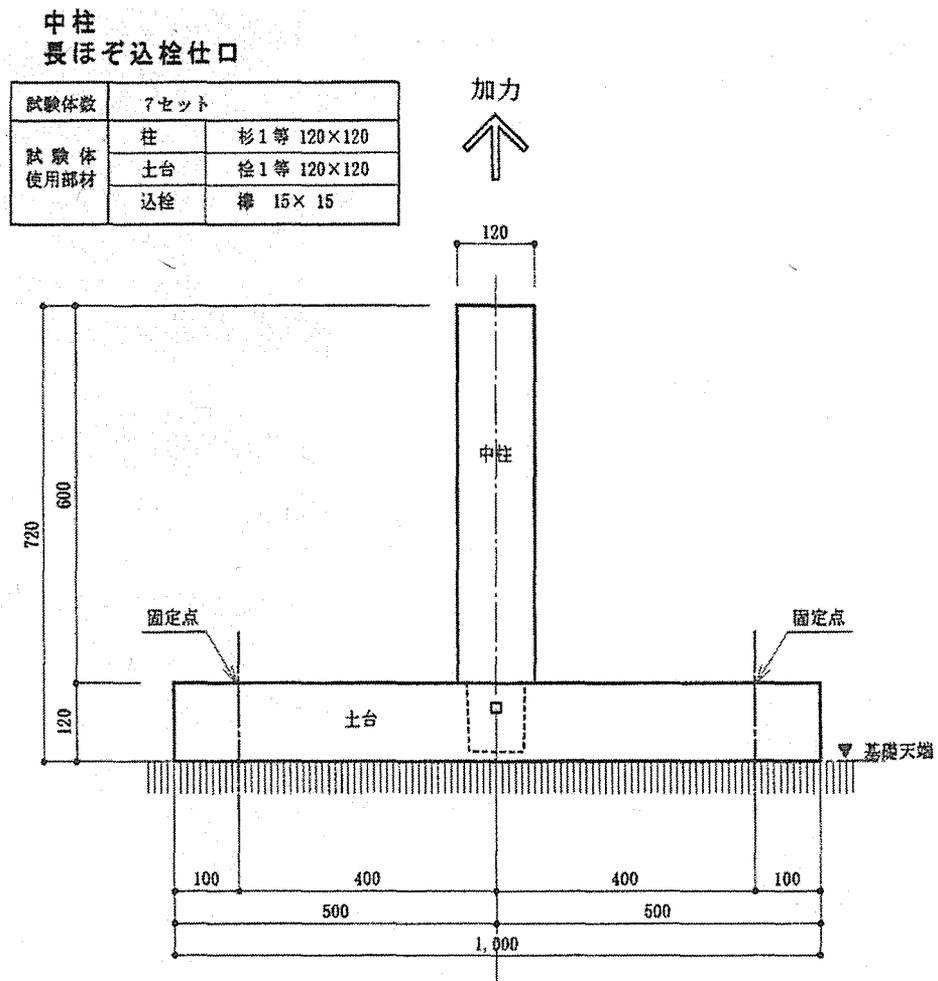


図2-16 試験方法

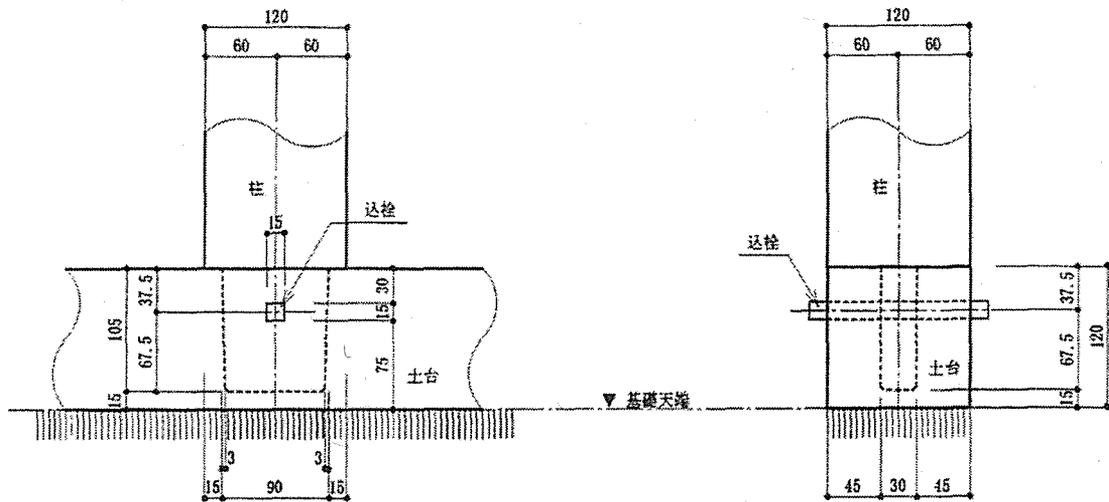


図2-17 仕口部詳細、120mm角、単柱

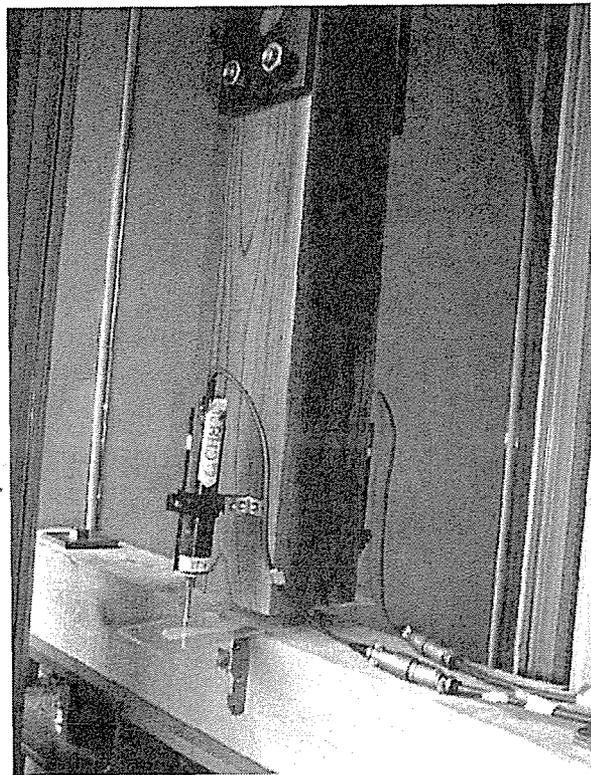


写真2-8 試験状況

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.45、含水率 21%

ヒノキ土台 比重 0.50、含水率 19%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

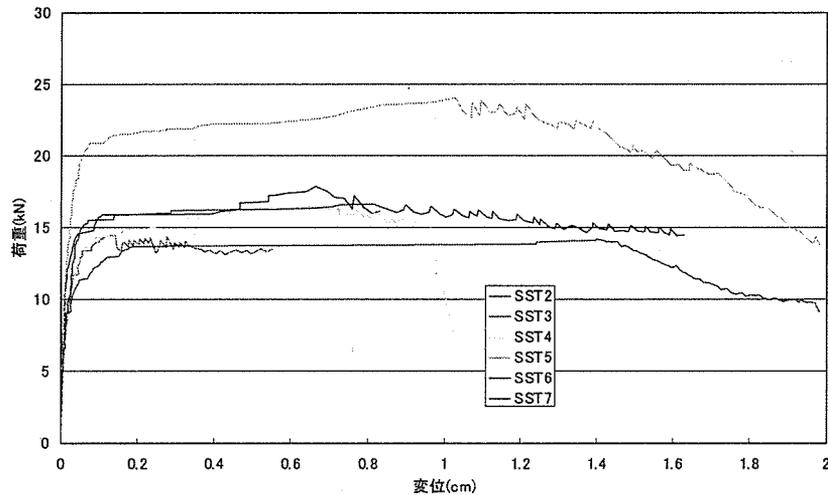


図2-18 荷重-変位曲線

表2-6 試験結果

柱:スギ120mm角、土台ヒノキ120mm角
ケヤキ15mm単栓

	最大荷重 Pm kN	Pmx2/3 kN	降伏荷重 Py kN
SST2	17.95	11.96	13.84
SST3	14.48	9.65	9.49
SST4	16.62	11.08	12.23
SST5	24.04	16.03	17.63
SST6	14.19	9.46	9.07
SST7	16.84	11.22	10.84
平均	17.35	11.57	12.18
標準偏差	3.27	2.18	2.92
変動係数	0.188	0.188	0.240



写真2-9 破壊状況
土台の割裂

短期基準接合耐力

$$P_t = 12.18 \times (1 - 0.240 \times 2.336) = 5.35 \text{ kN}$$

スギ120mm柱、ヒノキ120mm、ケヤキ15mm単栓仕口

短期基準接合耐力 P_t : 5.35kN

2.1.5 柱-土台 込み栓接合の引張強度性能(5)18mm複栓接合
スギ柱-ヒノキ土台 120mm角、18mmケヤキ複栓接合

【試験体】

部材 スギ柱 120mm 角 試験体数 6体
ヒノキ土台 120mm 角
込み栓 ケヤキ18mm角 複栓

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

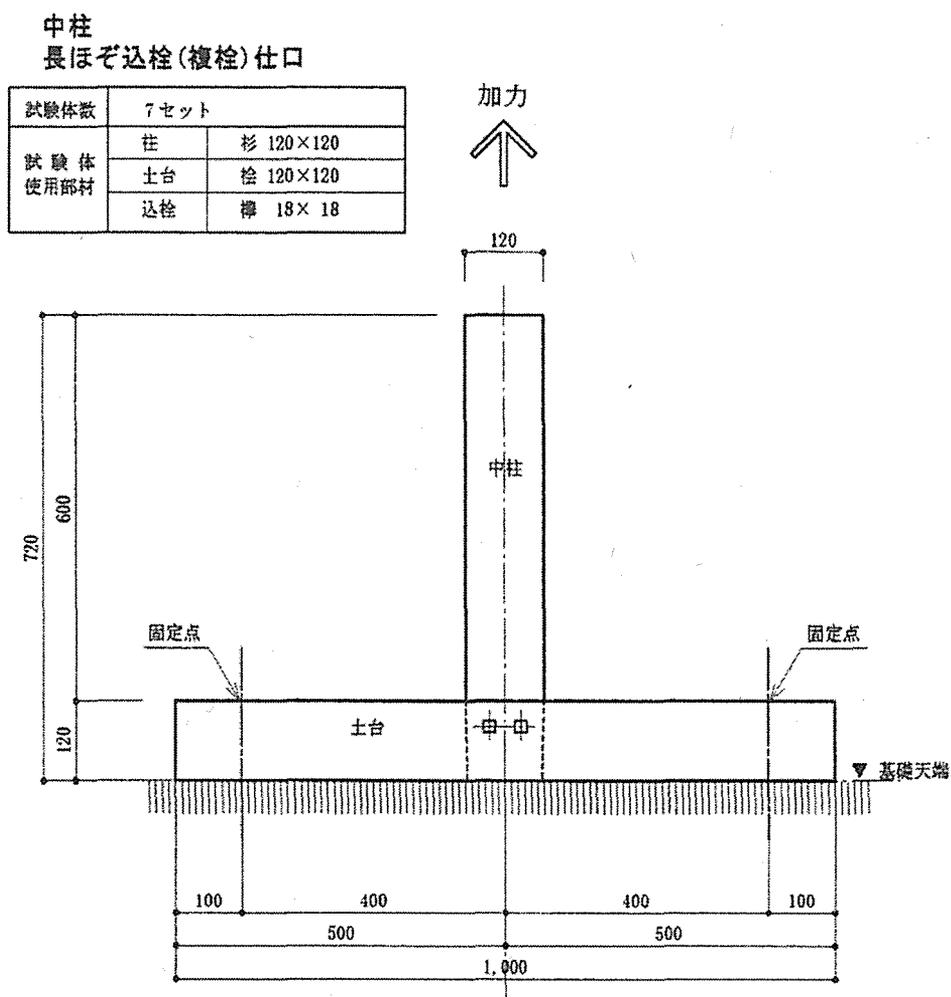


図2-19 試験方法 120mm角、18mmケヤキ複栓

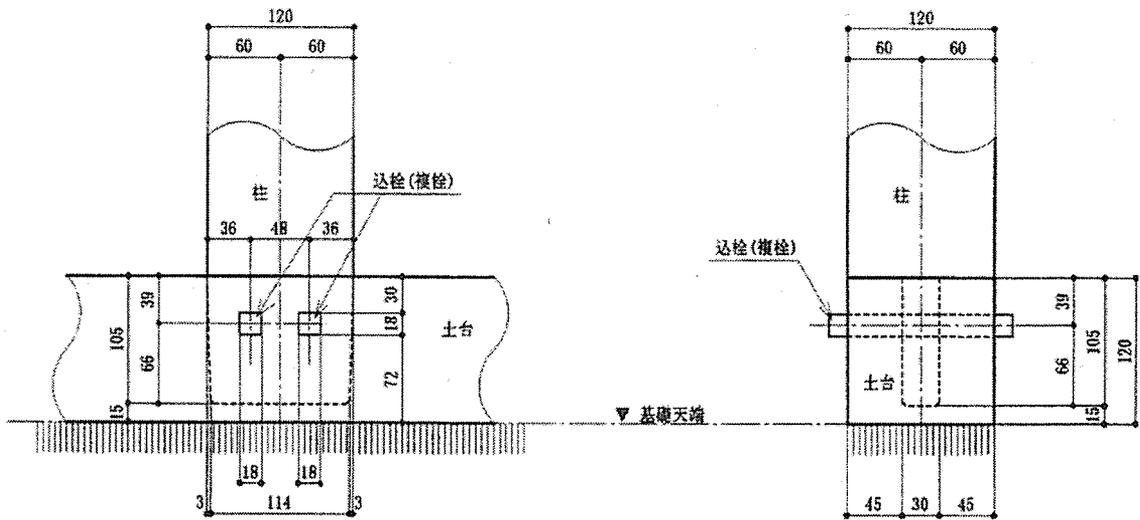


図2-20 仕口部詳細 120mm角、ケヤキ18mm複栓

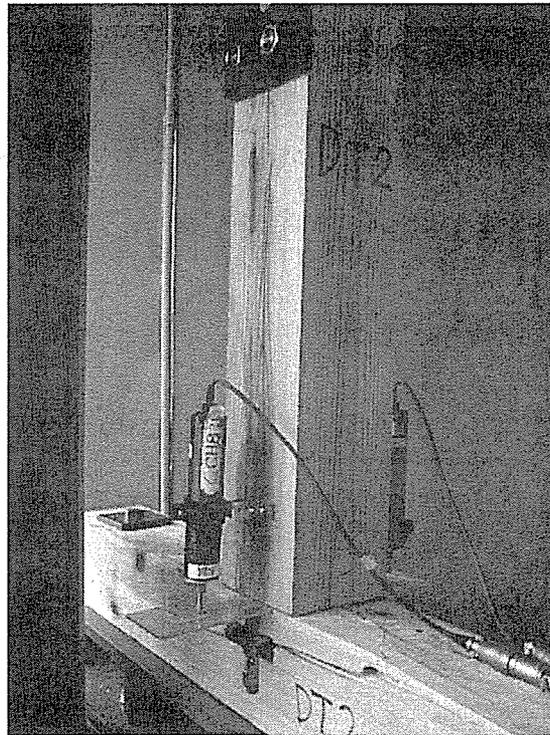


写真2-10 試験状況 複栓

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.48、含水率 21%

ヒノキ土台 比重 0.50、含水率 19%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

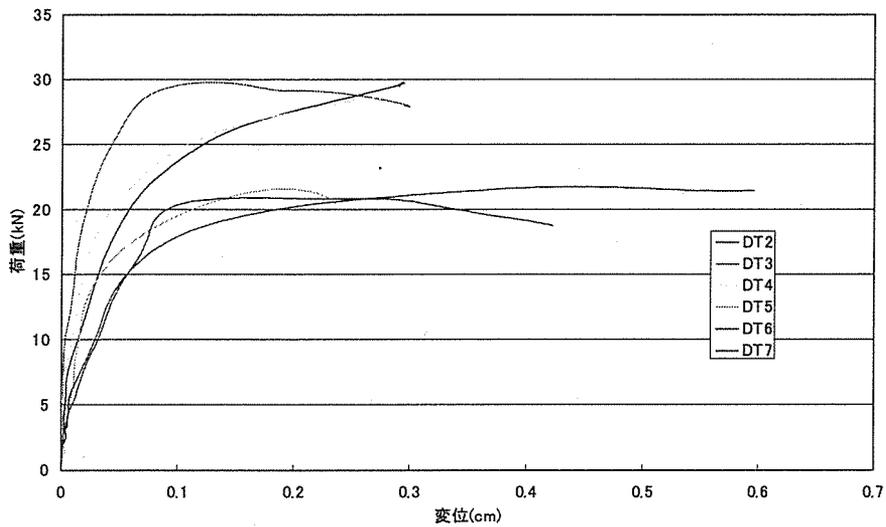


図2-21 荷重-変位曲線 スギ120mm柱、ヒノキ120mm土台、18mm複栓

表2-7 試験結果

スギ120mm角、ヒノキ120mm
ケヤキ18mm 複栓

	最大荷重	最大荷重 × 2/3	降伏耐力
	kN	kN	kN
DT-2	29.70	19.80	18.18
DT-3	30.07	20.05	16.79
DT-4	28.59	19.06	17.33
DT-5	22.18	14.79	13.77
DT-6	21.95	14.63	14.50
DT-7	21.69	14.46	12.00
平均	25.70	17.13	15.43
標準偏差	3.79	2.76	2.38

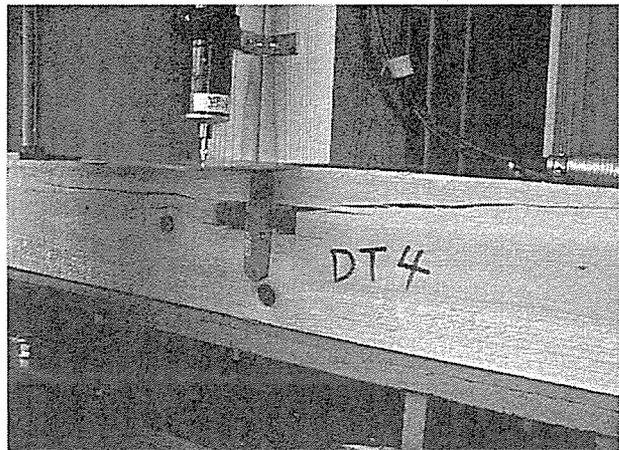


写真2-11 土台の割裂
土台上部に割れ

短期基準接合耐力

$$P_t = 15.43 \times (1 - 2.38 / 15.43 \times 2.336) = 9.86 \text{ kN}$$

105mmスギ及びヒノキ、ケヤキ18mm複栓仕口

短期基準接合耐力 P_t : 9.86kN

2.1.6 柱-土台 込み栓接合の引張強度性能(6)24mm大栓接合
スギ柱-ヒノキ土台 120mm角、24mmケヤキ大栓接合

【試験体】

部材 スギ柱 120mm 角 試験体数 6体
ヒノキ土台 120mm 角
込み栓 ケヤキ24mm角 大栓

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

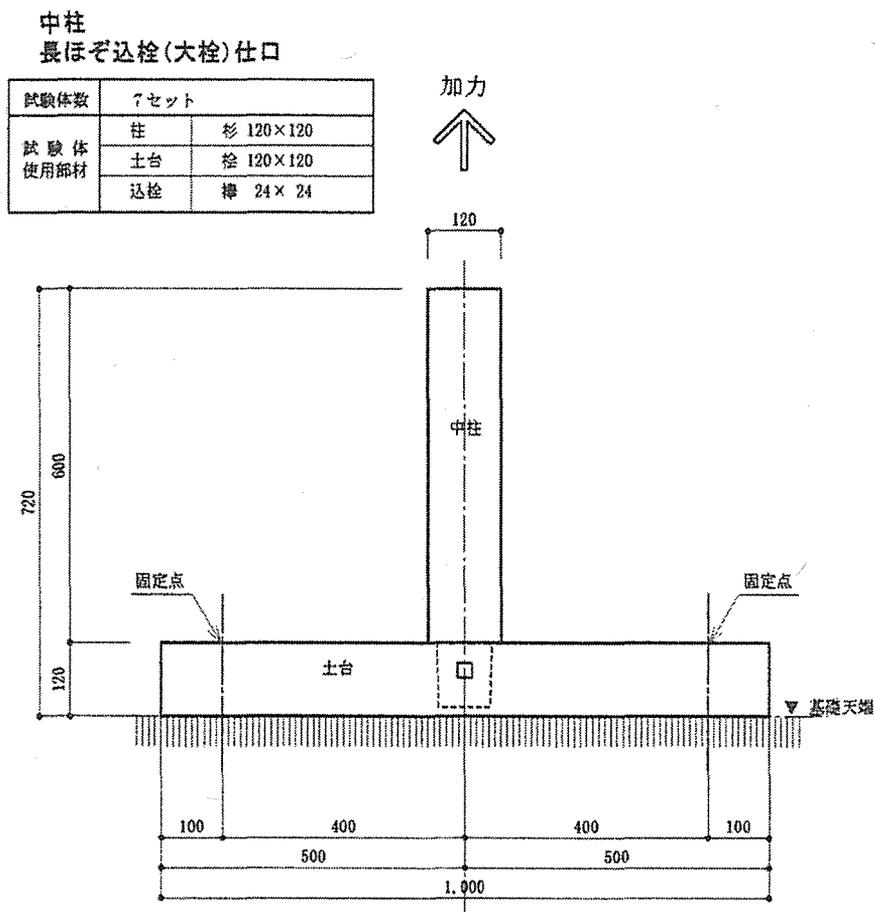


図2-22 試験方法

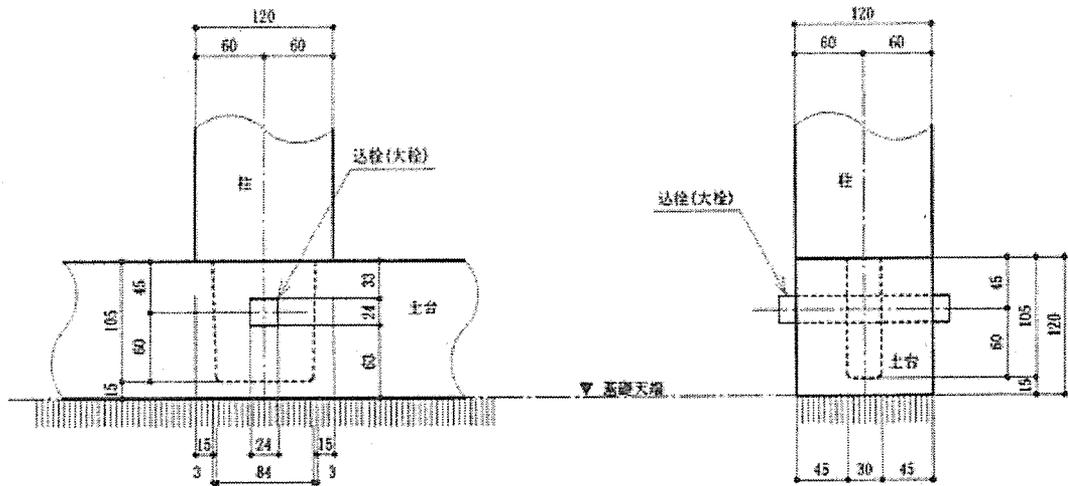


図2-23 大栓接合部詳細、120mm角柱、土台、24mm大栓



写真2-12 試験状況 24mm大栓

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.50、含水率 26%

ヒノキ土台 比重 0.52、含水率 20%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

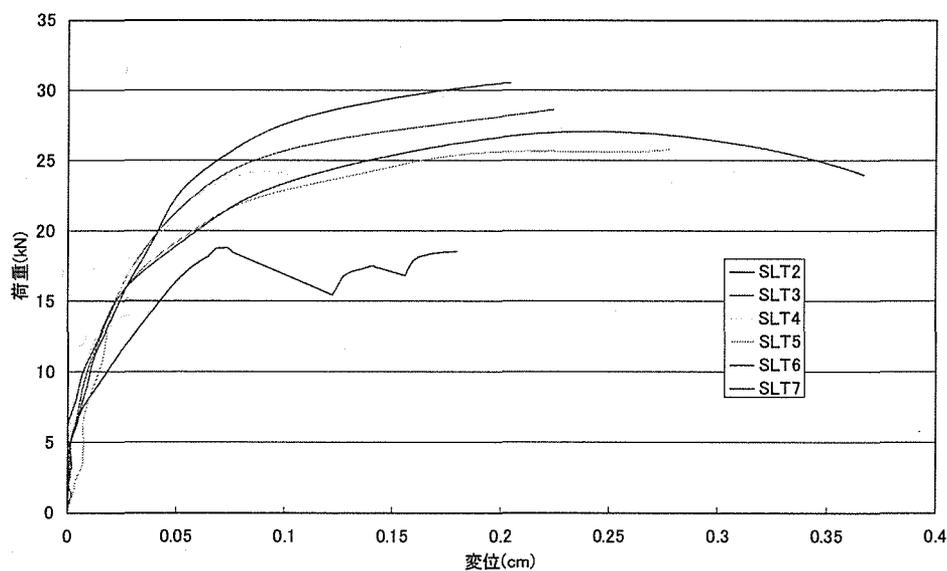


図2-24 荷重-変位曲線 120mmスギ柱、ヒノキ土台、24mm大栓

表2-8 試験結果

スギ120mm、ヒノキ120mm角
ケヤキ24mm大栓

	最大荷重 kN	最大荷重 × 2/3 kN	降伏耐力 kN
SLT2	18.80	12.53	9.09
SLT3	28.59	19.06	16.65
SLT4	24.81	16.54	14.07
SLT5	26.27	17.51	16.60
SLT6	27.64	18.43	15.19
SLT7	30.48	20.32	18.56
平均	26.10	17.40	15.02
標準偏差	3.71	2.48	3.00

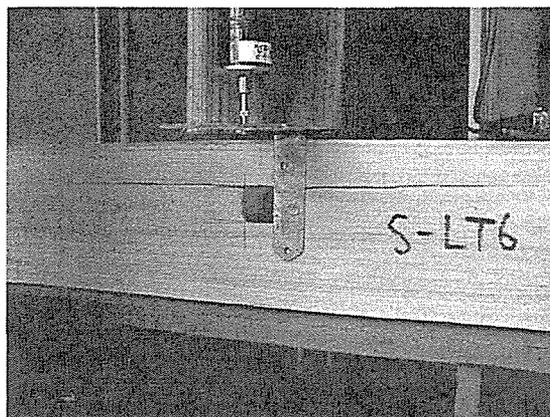


写真2-13 土台の割裂

短期基準接合耐力

$$P_t = 15.02 \times (1 - 3.00 / 15.02 \times 2.336) = 8.03 \text{ kN}$$

スギ柱120mm、ヒノキ土台120mm、ケヤキ24mm大栓

短期基準接合耐力 P_t : 8.03kN

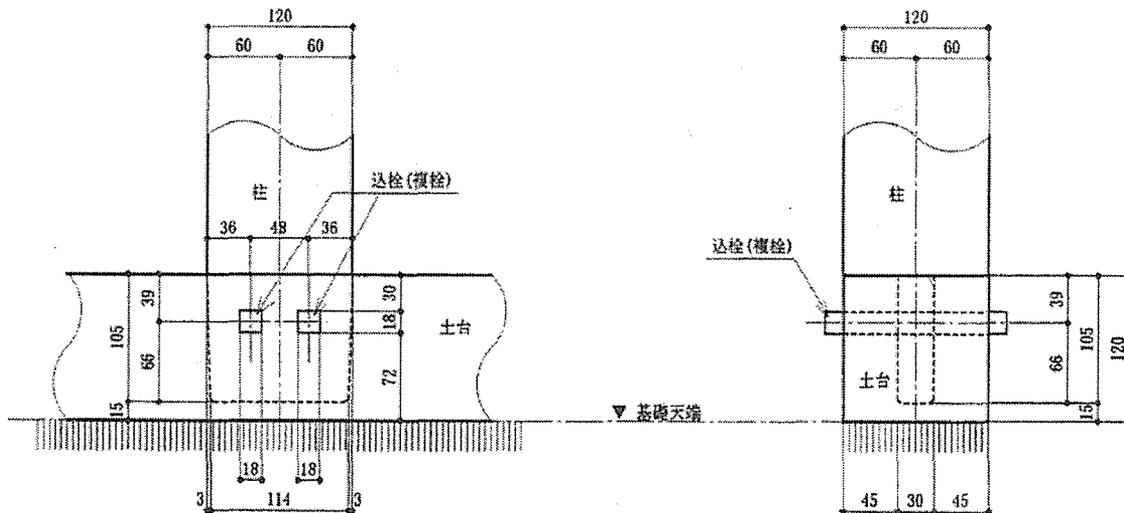


図2-26 仕口部詳細 ケヤキ18mm複栓

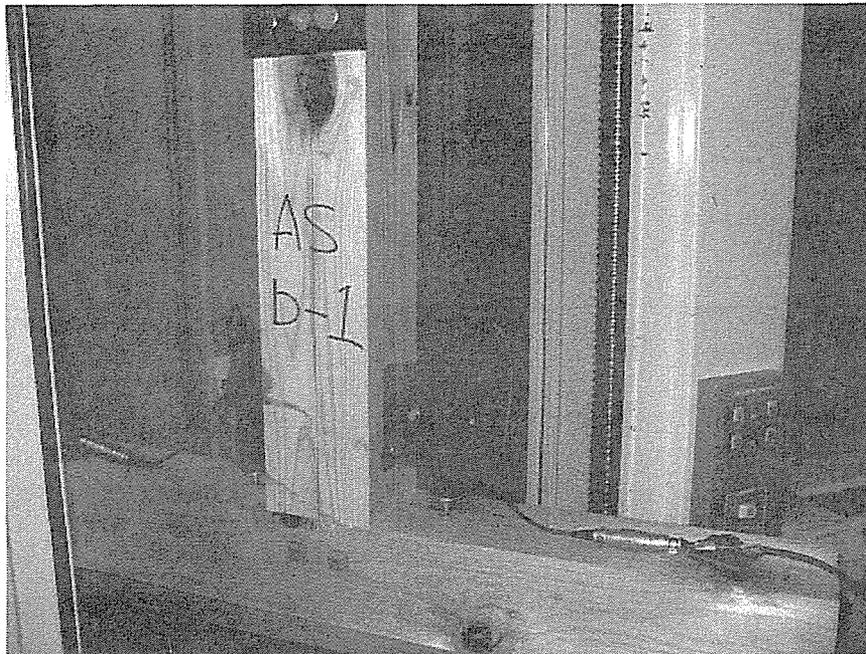


写真2-14 試験状況 アテ土台

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.48、含水率 21%

アテ土台 比重 0.52、含水率 19%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

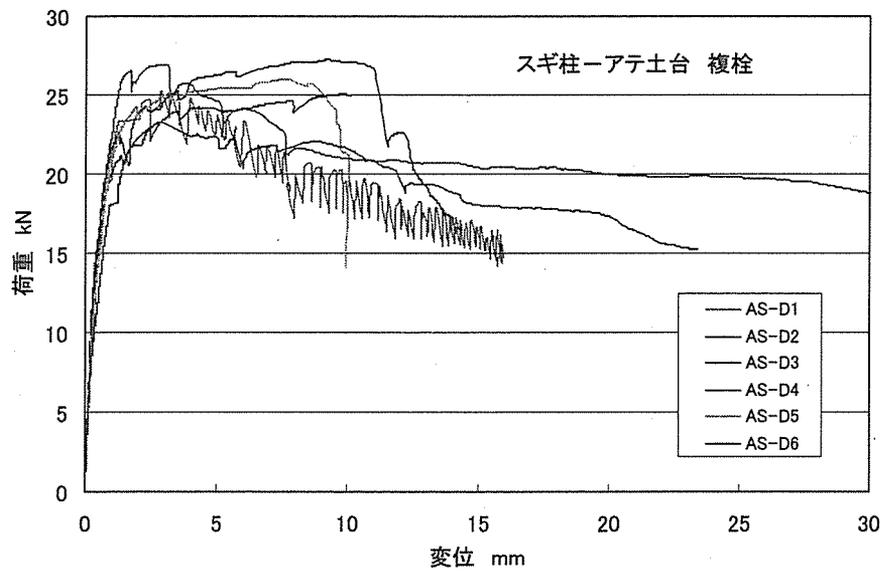


図2-27 荷重-変位曲線 スギ120mm角、ケヤキ24mm大栓

表2-9 試験結果

スギ柱120mm、アテ土台120mm
ケヤキ18mm複栓

縦軸	Pmax	Pm*2/3	Py
	k N	mm	k N
AS-D1	25.28	16.86	14.54
AS-D2	26.94	17.96	13.31
AS-D3	27.24	18.16	18.61
AS-D4	25.07	16.71	17.13
AS-D5	26.03	17.35	15.44
AS-D6	23.26	15.50	13.32
AVE	25.64	17.09	15.39
SD	1.453	0.969	2.131
CVV	0.057	0.057	0.138



写真2-15 土台の割裂

短期基準接合耐力

$$P_t = 15.39 \times (1 - 0.138 \times 2.336) = 10.43 \text{ kN}$$

スギ柱120mm、アテ土台120mm、ケヤキ18mm複栓 仕口

短期基準接合耐力 P_t : 10.43kN

2.2 出隅大入れ長ほぞ差し仕口接合

出隅部における柱と土台間の接合に関しては、一般の込み栓型接合では、土台の余長が無いために、土台の割裂が起きるため著しい耐力低下を招く。ここでは、出隅部に対応した非金物型接合法として検討した大入れ長ほぞ差し接合の引張試験結果を示す。大入れ長ほぞ差し接合は、図2-28に示すように柱勝ちとして土台の長ほぞを差し込んで込み栓留めしたもので、柱の引き抜き力に対しては土台の長ほぞが抵抗し、アンカーで固定された土台が片持ち梁として変形する。柱には、せん断力が加わるため、基礎を部分的に切り下げる形で柱の余長を確保している。直交する2方向からほぞ差しされており、2本の土台で柱が固定されている。

試験は、柱、土台ともスギ105mm角、スギ柱120mmでヒノキ土台120mmとアテ土台120mmの3条件、各6体を行った。試験は(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口隅柱型に従った。1体の単調加力試験を行い降伏変位 δy を計算後、試験体6体につき δy の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

なお、スギ105mmの柱-土台の試験は上記試験方法にしたがったが、120mm角の他の2条件では、

直交する土台を共に固定する2点固定式で行っている。これは、より現実的な条件での評価を試みたためである。結果の数値は大きく異なってくるため、評価にあたっては注意する必要がある。

試験方法を図2-28に、試験体仕様を図2-29、2-30に、試験結果を表2-10に一括して示す。

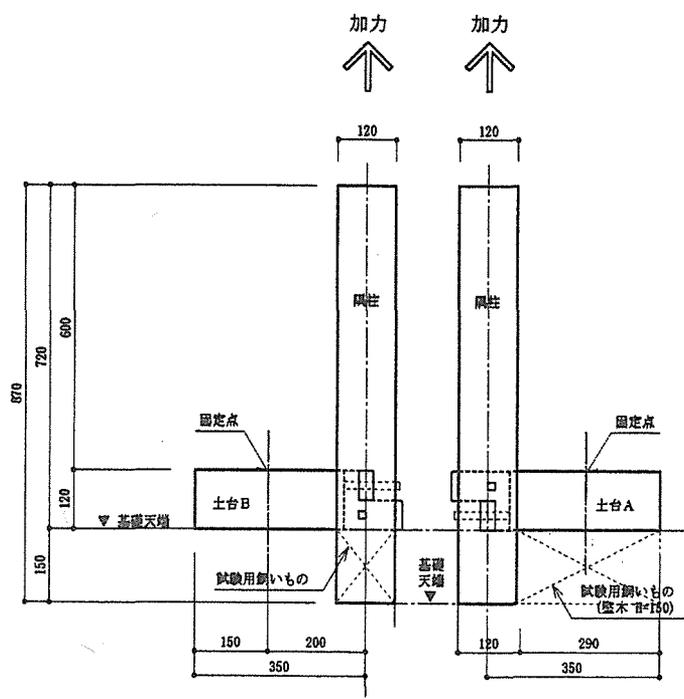


図2-28 大入れ長ほぞ差し出隅接合

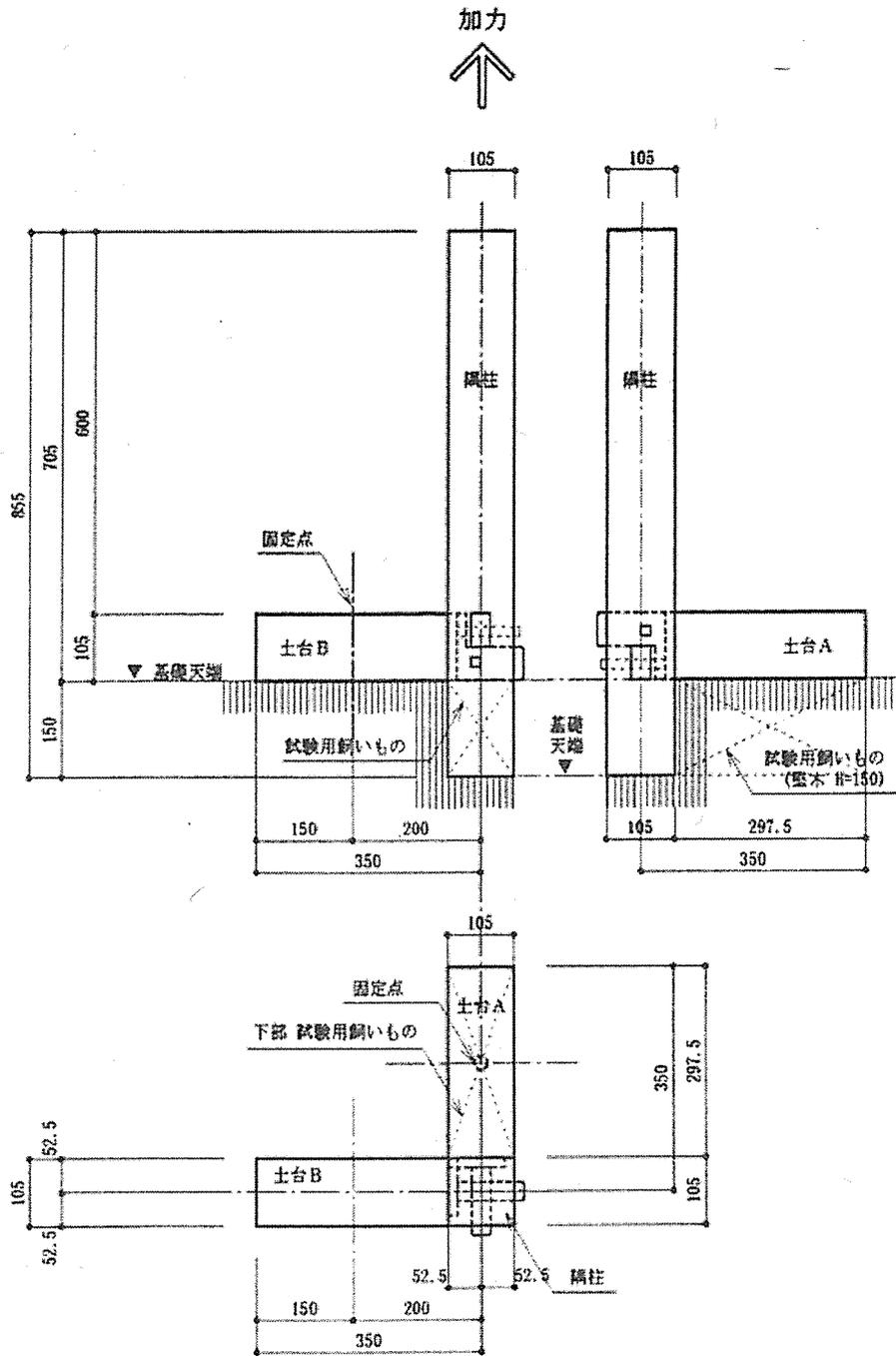


図2-29 長ほぞ差し込み栓接合 隅柱仕口105mm角

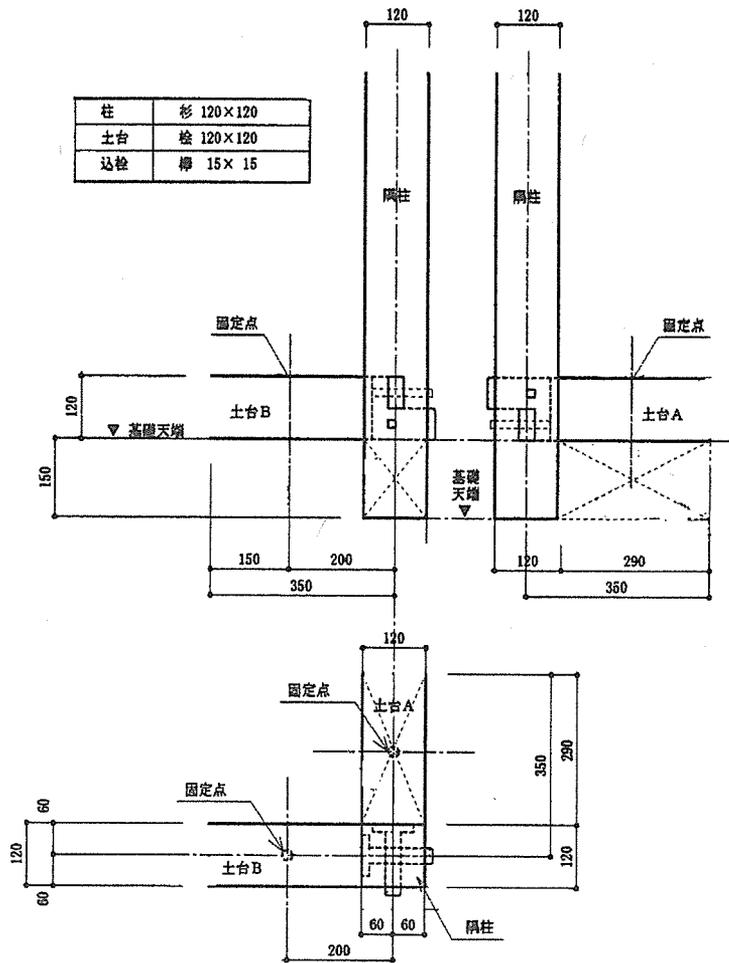


図2-30 長ほぞ差し込み栓接合 隔柱仕口120mm角

表2-10 隔柱大入れ長ほぞ接合の耐力

柱	土台	最大荷重 k N (cv %)	降伏荷重 k N (cv %)	短期基準耐力 k N
標準試験法				
	スギ、スギ 105mm	30.1 (11.3)	17.2 (13.8)	11.62
土台2点固定				
	スギ、ヒノキ 120mm	59.8 (7.6)	35.7 (8.2)	28.81
	スギ 120、アテ 120mm	51.9 (12.8)	26.1 (14.2)	17.42

2.2.1 柱-土台 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口の引張強度性能(1) スギ柱-スギ土台105mm角
標準固定(1点固定)法

【試験体】

部材 スギ柱 105mm 角 試験体数 6体
スギ土台 105mm 角
込み栓 ケヤキ15mm角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口隅柱型に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

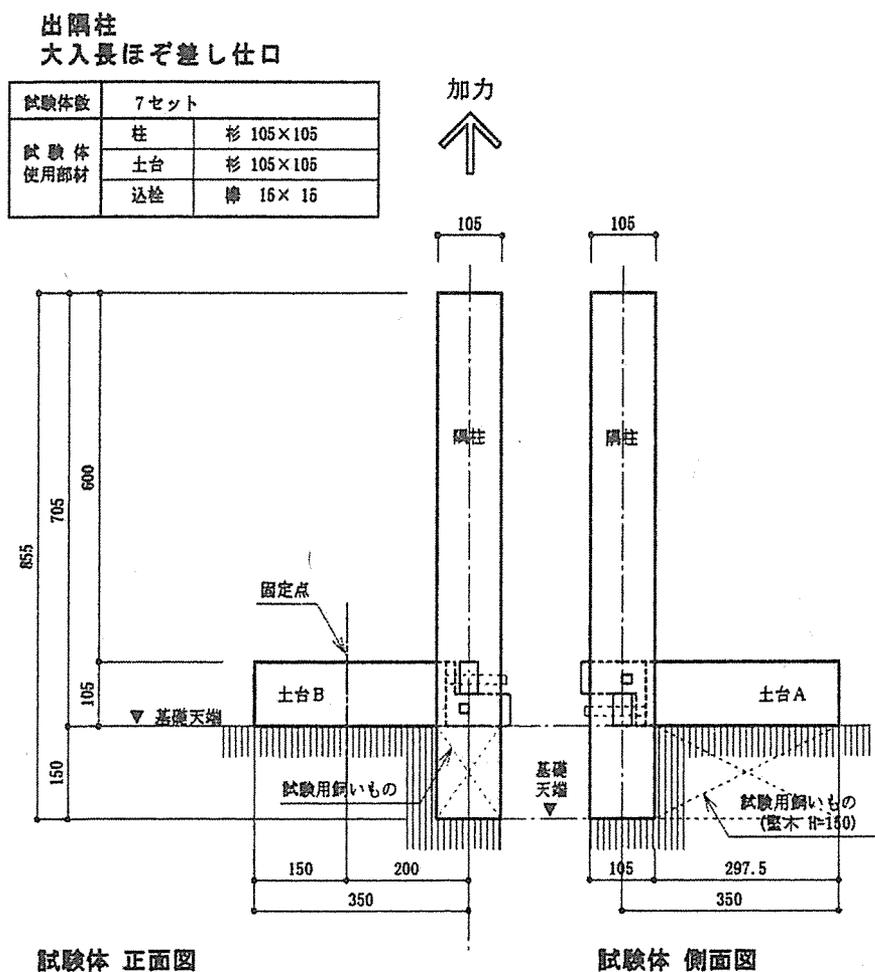


図2-31 大入れ長ほぞ差し出隅接合 (標準固定法)

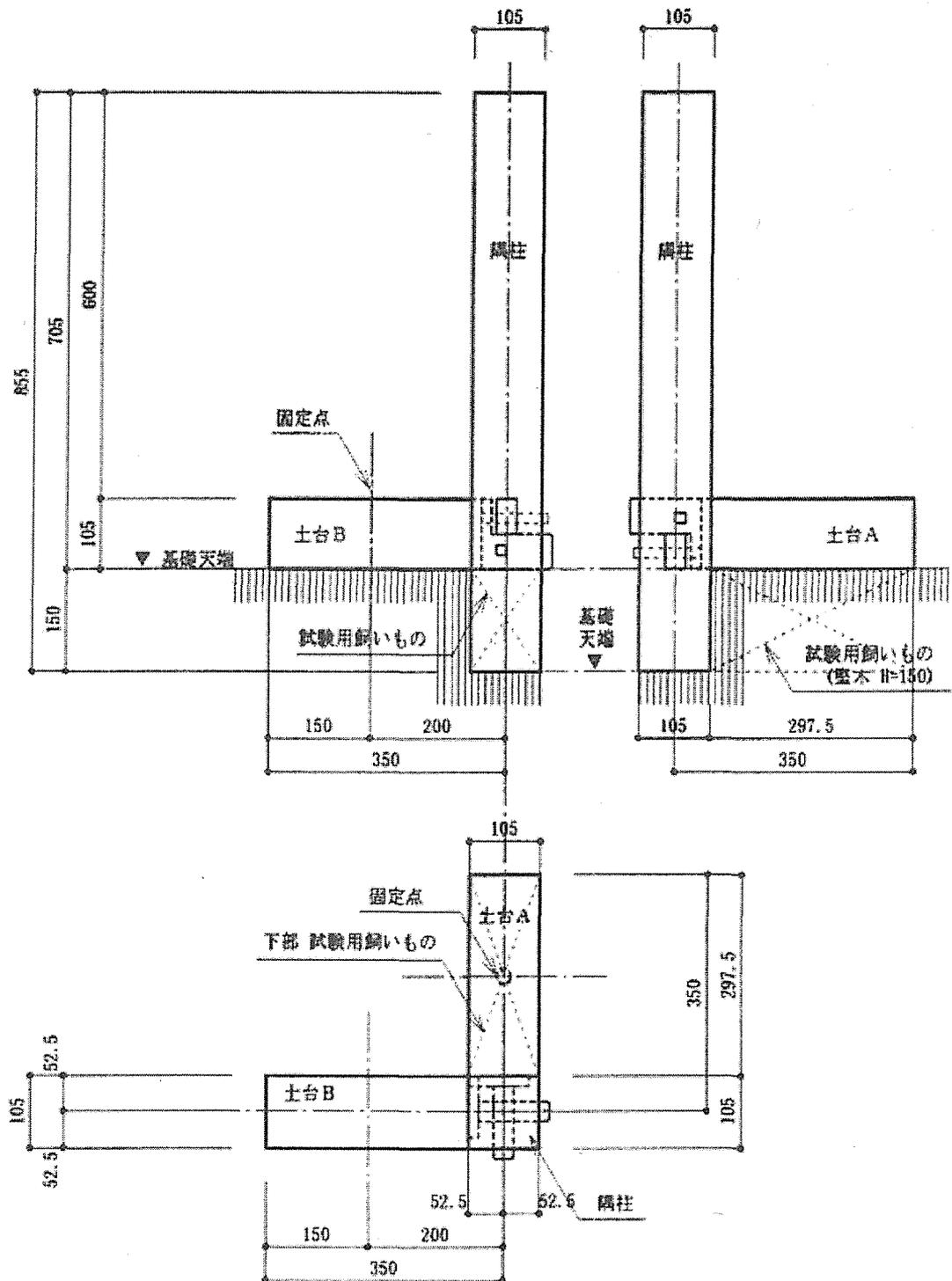
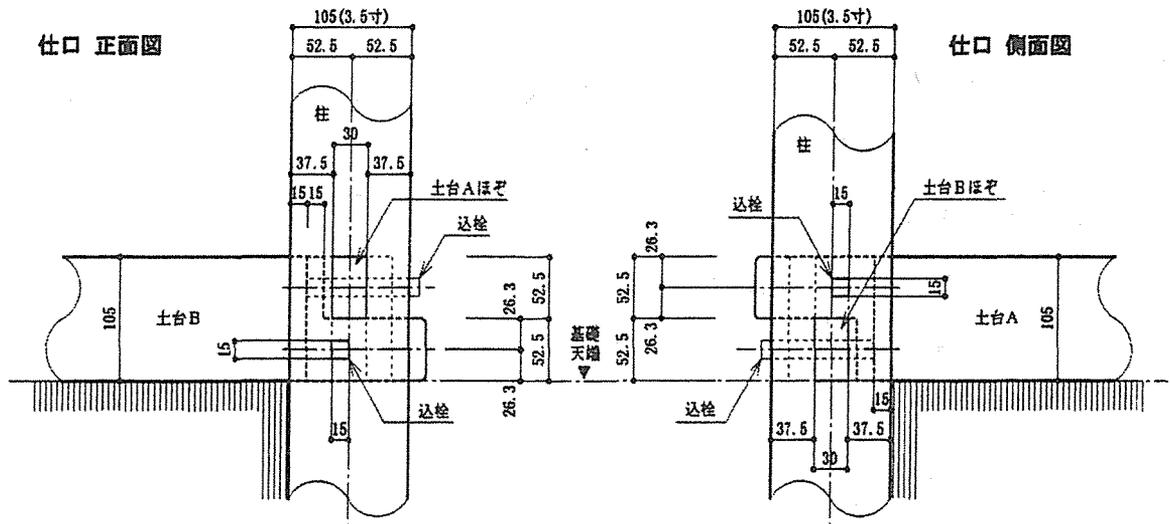
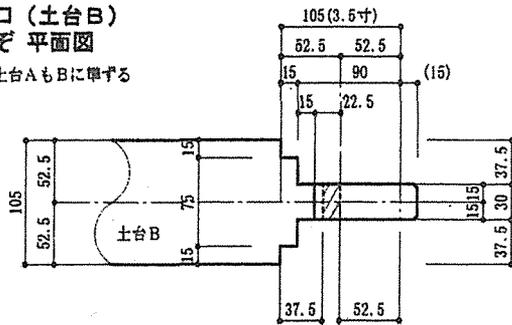


図2-32 大入れ長ほぞ差し込仕口 隅柱仕様 105mm
標準固定(1点固定)法



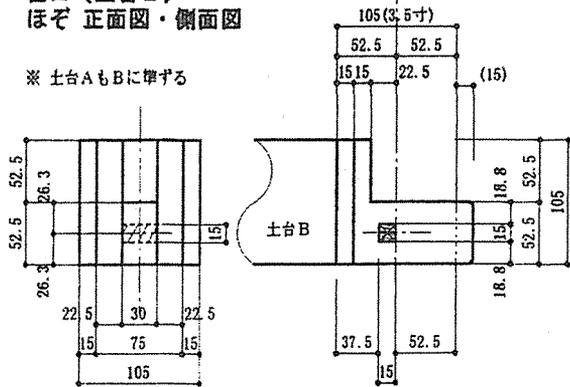
仕口(土台B)
ほぞ 平面図

※ 土台AもBに準ずる

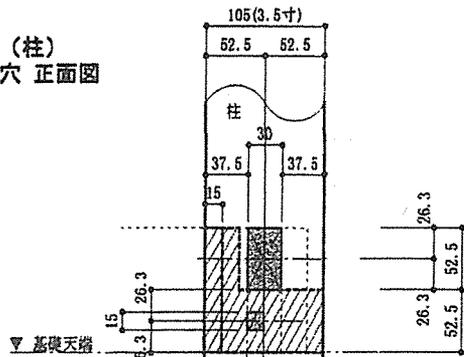


仕口(土台B)
ほぞ 正面図・側面図

※ 土台AもBに準ずる



仕口(柱)
ほぞ穴 正面図



仕口(柱)
ほぞ穴 側面図

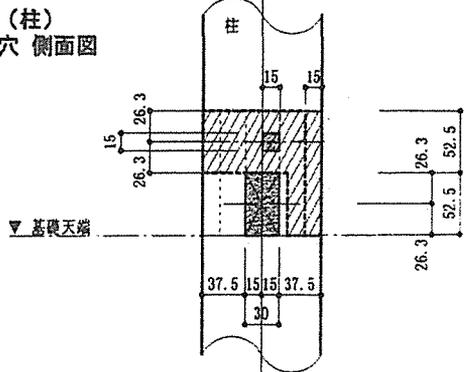


図2-33 仕口接合部詳細図 105mm

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.43、含水率 18%

スギ土台 比重 0.46、含水率 19%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

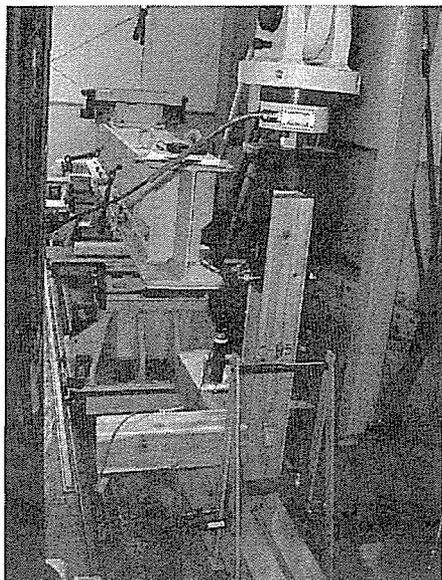


写真2-16 試験状況

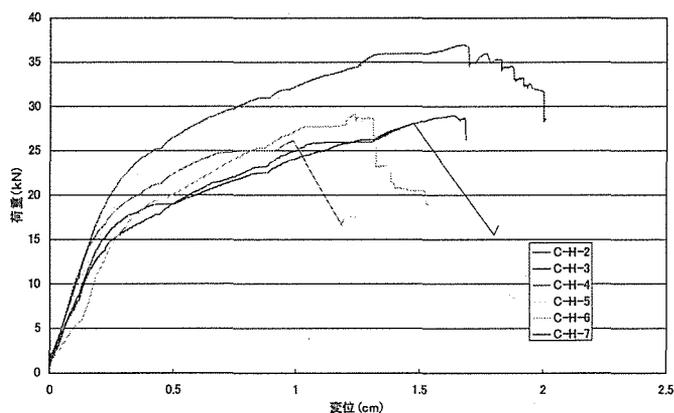


図2-34 荷重-変位曲線

隅柱 大入れ長ほぞ差し仕口 スギ105mm

表2-10 試験結果
隅柱大入れ長ほぞ差し仕口
スギ105mm、標準固定

	最大荷重	最大荷重 × 2/3	降伏耐力
	kN	kN	kN
C-H-2	28.99	19.33	16.47
C-H-3	28.07	18.71	14.25
C-H-4	26.15	17.43	15.39
C-H-5	30.98	20.65	18.39
C-H-6	29.11	19.41	16.81
C-H-7	36.97	24.65	21.65
平均	30.05	20.03	17.16
標準偏差	3.41	2.28	2.37



写真2-17 破壊状況
土台の曲げ破壊

短期基準接合耐力Pt

$$Pt = 17.16 \times (1 - 2.37/17.16 \times 2.336) = 11.62 \text{ kN}$$

スギ柱105mm、スギ土台105mm 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口、標準固定(一点固定)

短期基準接合耐力Pt : 11.62kN

2.2.2 柱-土台 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口引張強度性能(2) スギ柱-ヒノキ土台 120mm角
2点固定法

【試験体】

部材	スギ柱	120mm 角	試験体数	6体
	ヒノキ土台	120mm 角		
	込み栓	ケヤキ15mm角		

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口隅柱型の試験方法に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

上記の試験方法では、土台を1点のみで固定するが、本試験では図2-35のように、直交する土台2点で固定した。

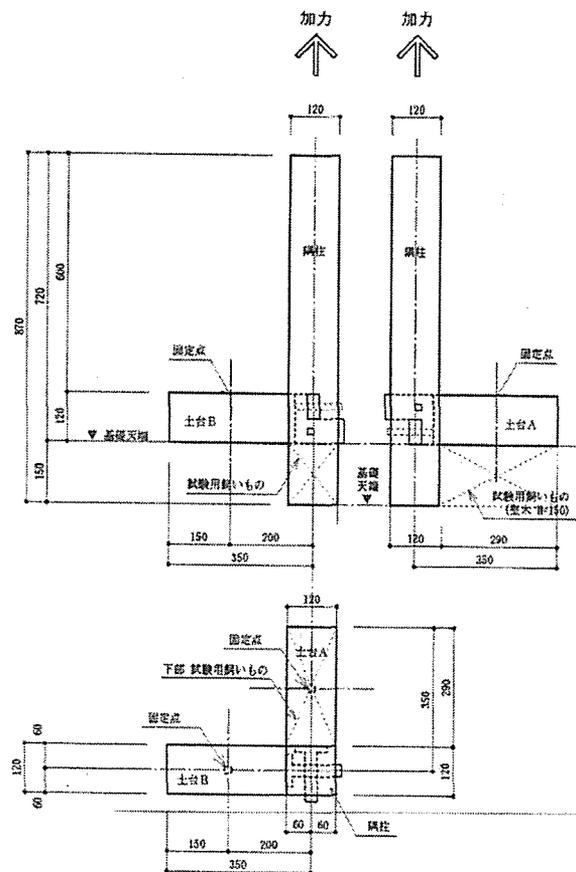


図2-35 大入れ長ほぞ差し隅柱仕口試験方法

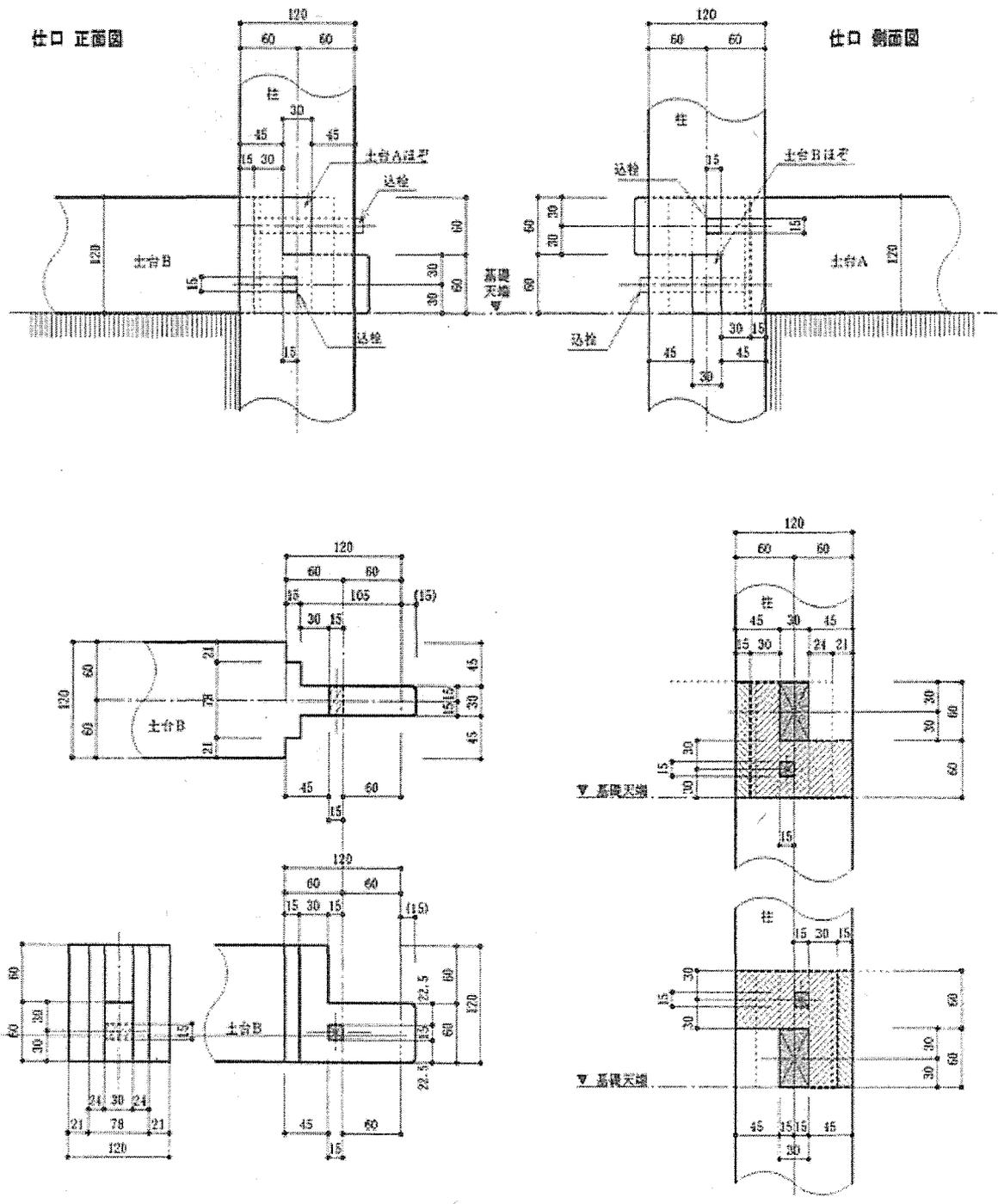


図2-36 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口詳細図 120mm角

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.45、含水率 23%

ヒノキ土台 比重 0.48、含水率 15%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】



写真2-18 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口
試験状況(2点固定)

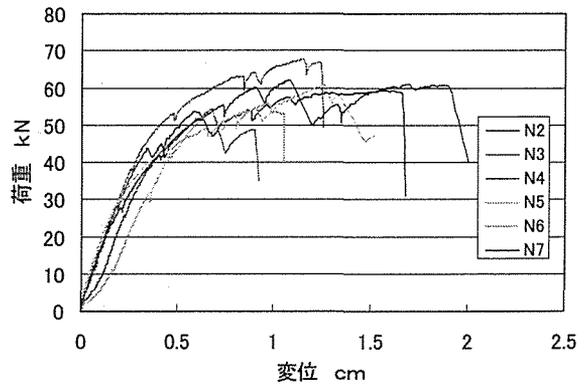


図2-37 荷重-変位曲線
隅柱大入れ長ほぞ差し仕口試験状況
(スギ、ヒノキ120mm 2点固定)

表2-11 試験結果

隅柱大入れ長ほぞ差し仕口試験
(スギ、ヒノキ120mm 2点固定)

	最大荷重 (P _m) k N	P _m ×2/3 k N	降伏耐力 (P _y) k N
N2	59.31	39.54	35.90
N3	67.69	45.13	41.73
N4	54.35	36.24	32.34
N5	60.69	40.46	34.50
N6	54.64	36.43	35.16
N7	62.20	41.47	34.26
平均	59.82	39.88	35.65
標準偏差	4.57	3.05	2.93
変動係数	0.076	0.076	0.082

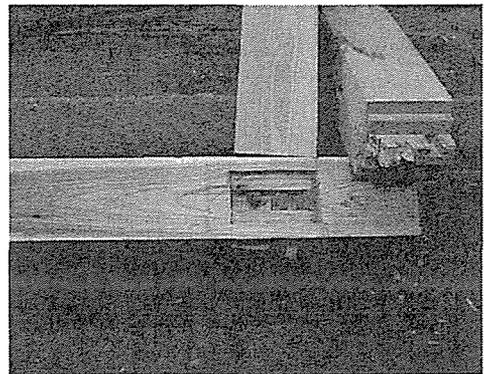


写真2-19 長ほぞの曲げ破壊

短期基準接合耐力

$$P_t = 35.65 \times (1 - 0.082 \times 2.336) = 28.81$$

隅柱 大入れ長ほぞ差し仕口 (2点固定)

スギ柱120mm、ヒノキ土台120mm、ケヤキ15mm込み栓 仕口

短期基準接合耐力P_t : 28.81kN

2.2.3 柱-土台 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口の引張強度性能(3) スギ柱-アテ土台 120mm角 2点固定法

【試験体】

部材	スギ柱	120mm角	試験体数	6体
	アテ(能登ヒバ)土台	120mm角		
	込み栓	ケヤキ15mm角		

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口隅柱型の試験方法に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

上記の試験方法では、土台を1点のみで固定するが、本試験では図2-38のように、直交する土台2点で固定した。

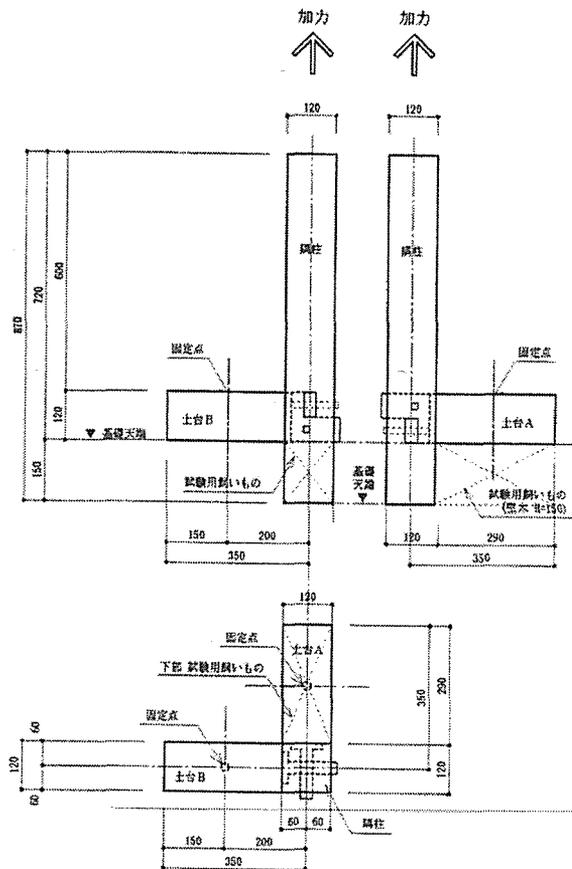


図2-38 隅柱大入れ長ほぞ差し仕口試験方法

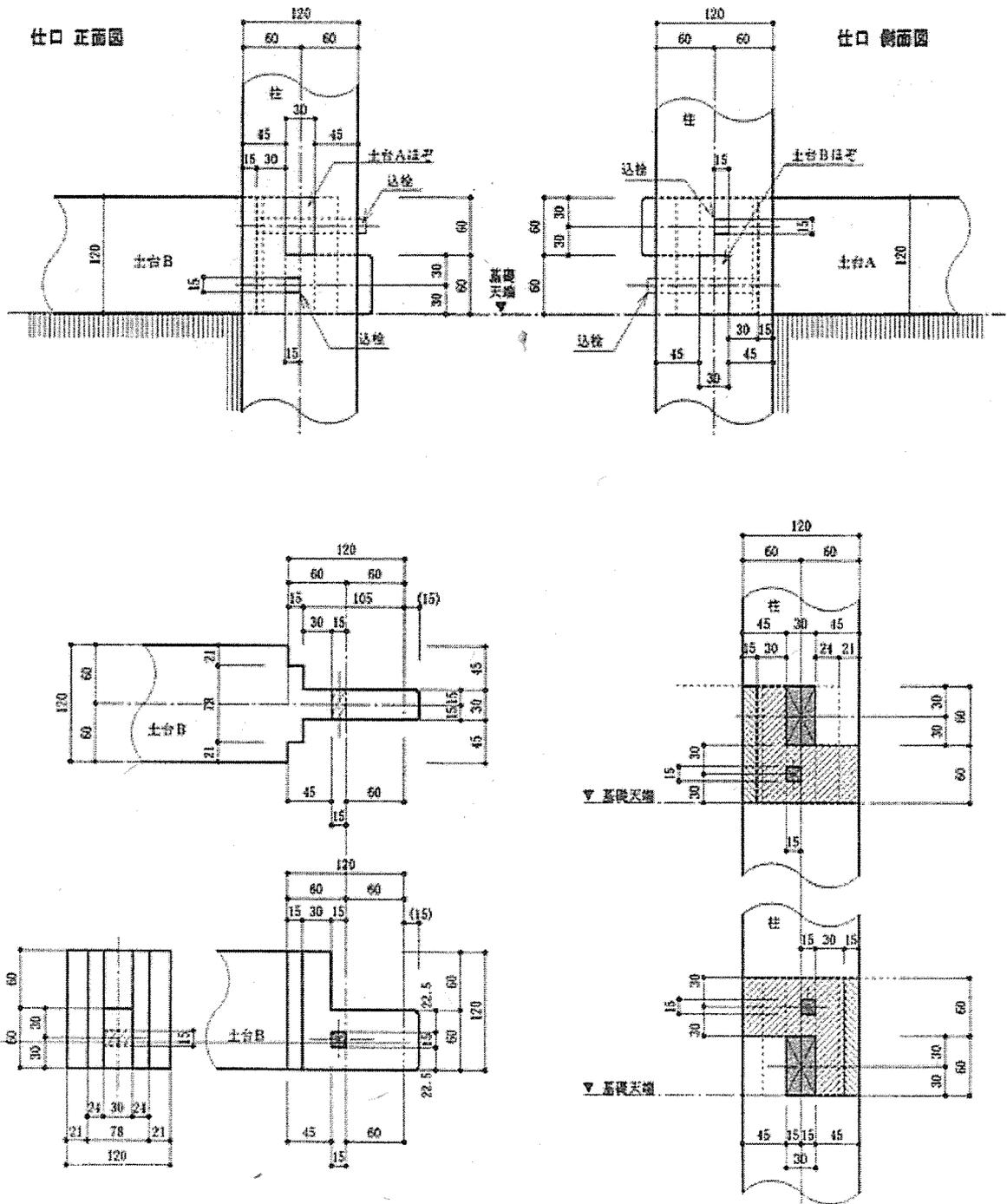


図2-39 大入れ長ほぞ差し出隅仕口(アテ)詳細図

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.45、含水率 21%

アテ土台 比重 0.51、含水率 19%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

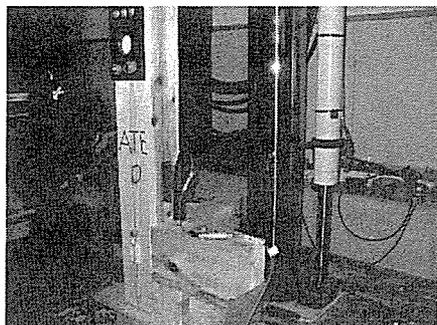


写真2-20 アテ隅柱大入れ長ほぞ差し仕口試験状況(2点固定)

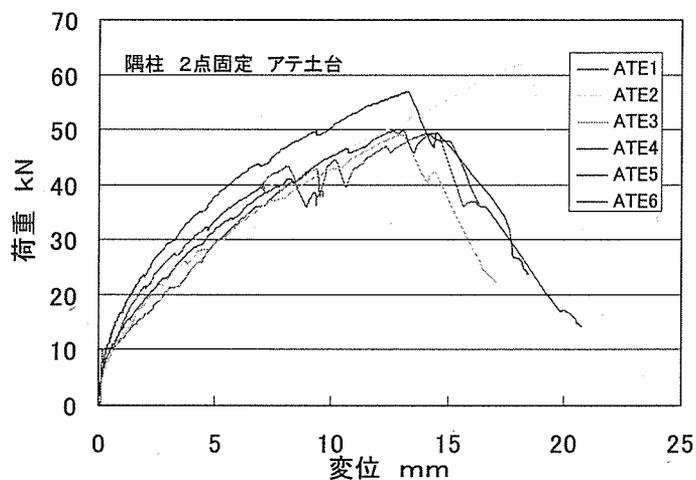


図2-40 荷重-変位曲線

隅柱大入れ長ほぞ差し仕口、スギ、アテ120mm 2点固定

表2-12 大入れ長ほぞ接合隅柱試験結果(スギ柱、アテ土台120mm、2点固定)

y	最大荷重P _m	P _m *2/3	降伏荷重P _y
	kN	kN	kN
ATE1	49.47	32.98	26.63
ATE2	62.21	41.48	31.09
ATE3	49.11	32.74	23.68
ATE4	49.80	33.20	24.50
ATE5	56.98	37.99	29.34
ATE6	43.55	29.03	21.13
平均	51.85	34.57	26.06
標準偏差	6.63	4.42	3.71
変動係数	0.13	0.13	0.14



写真2-21 破壊状況

短期基準接合耐力

$$P_t = 26.06 \times (1 - 0.142 \times 2.336) = 17.42 \text{ kN}$$

隅柱大入れ長ほぞ差し仕口

スギ柱120mm、アテ土台120mm、ケヤキ15mm込み栓、2点固定法

短期基準接合耐力P_t : 17.42kN

2.3 中柱大入れ二方差し仕口接合

柱と土台間における中柱条件での大入れ長ほぞ差し込み栓接合法として、大入れ2方差し仕口の引張試験を行った。固定は土台の4点を固定した。

【試験体】

スギ柱 120mm角 試験体数 6体
ヒノキ土台 120mm角
ケヤキ 15x30mm込み栓

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型の試験方法に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

上記の試験方法では、柱心より左右400mm位置で土台を固定するが、本試験では土台継手が存在するため、柱心より左右300mm、左右580mmの4点で土台を固定している(図2-41)。

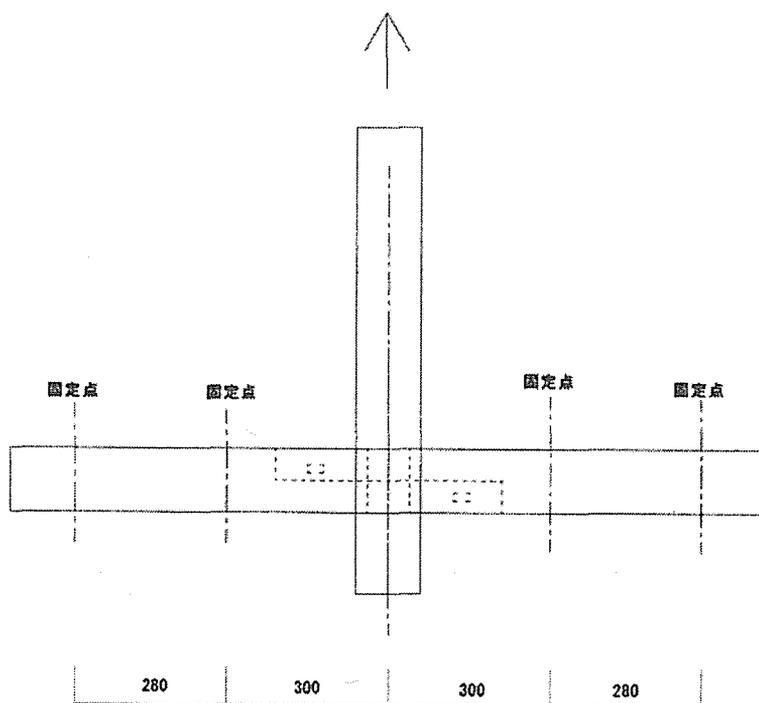


図2-41 中柱型 大入れ二方差し仕口試験方法

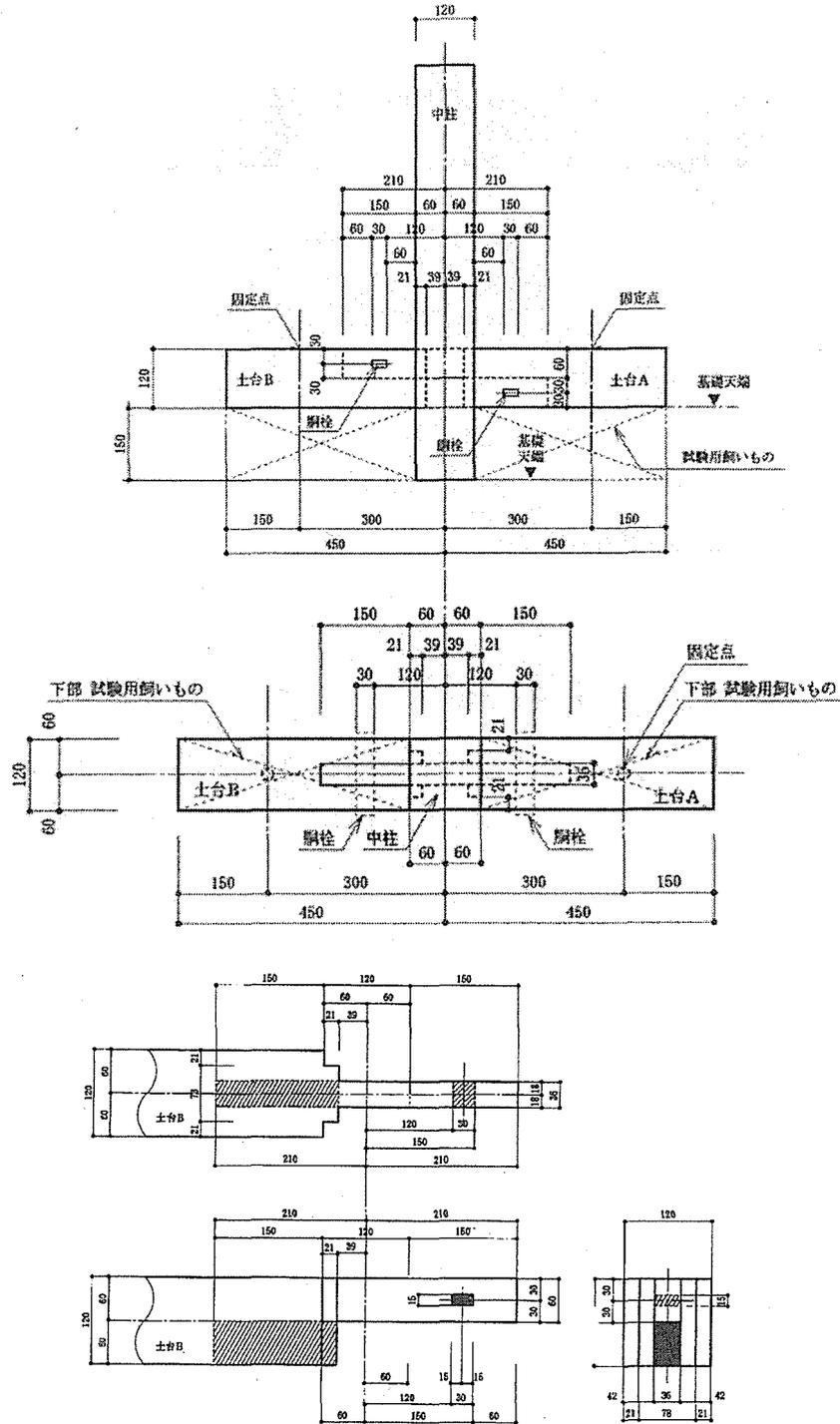


図2-42 中柱型大入れ二方差し仕口 詳細図

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.47、含水率 21%

ヒノキ土台 比重 0.51、含水率 18%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

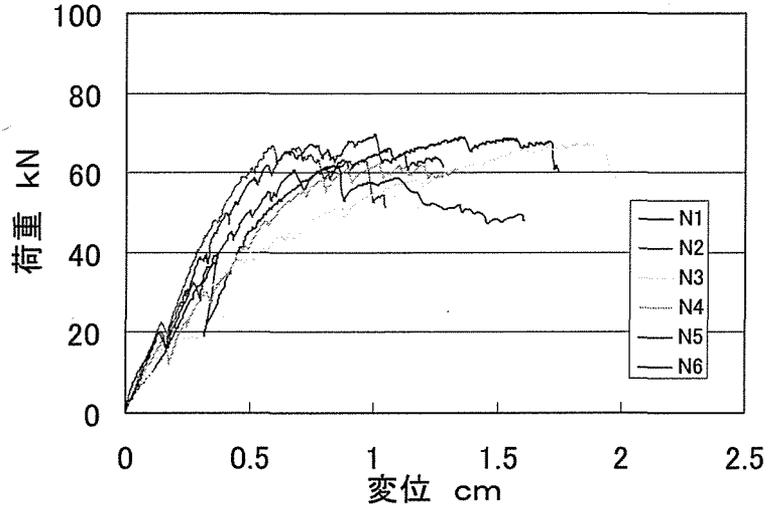


図2-43 荷重-変位曲線

中柱型大入れ二方差し仕口、スギ柱、ヒノキ土台120mm、4点固定



写真2-22 中柱二方差し試験状況

短期基準接合耐力

$$P_t = 39.1 \times (1 - 0.043 \times 2.681) = 34.5 \text{ kN}$$

中柱型大入れ二方差し仕口

スギ柱120mm、ヒノキ土台120mm、

ケヤキ15×30mm込み栓仕口(4点固定で試験)

短期基準接合耐力 P_t : 34.5kN

表2-13 試験結果

中柱型大入れ二方差し仕口

スギ柱、ヒノキ土台120mm、4点土台固定

	最大荷重 P_{max} kN	$P_{max2/3}$ kN	降伏荷重 P_y kN
N1	69.0	46.0	40.9
N2	66.9	44.6	—
N3	67.8	45.2	36.7
N4	62.2	41.5	39.1
N5	69.5	46.3	—
N6	61.9	41.2	39.7
平均	66.2	44.1	39.1
標準偏差	3.35	2.24	1.69
変動係数	0.051	0.051	0.043

P_{max} :最大荷重、 P_y :降伏荷重

N2,N5 は初期の破損により降伏荷重が特定されなかった

2.4 柱-桁込み栓接合

柱と桁仕口における込み栓接合法として検討した仕口の引張強度性能を一括して示す。試験は、(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」における平成12年告示1460号に基づく仕口および継手の試験法、評価法における耐力壁が取りつく柱の仕口中柱型の引張試験方法および仕口、継手の評価方法に従っている。

試験方法を図2-44に、試験体接合部詳細を図2-45①及び②に、試験結果を表2-14に示す。試験体数は各6体である。なお、試験体別の試験の詳細を以降に示す。

【試験方法】

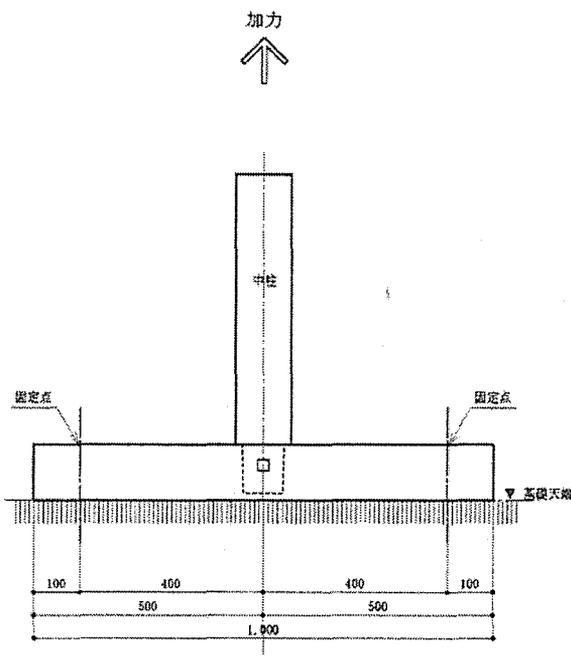


図2-44 試験方法

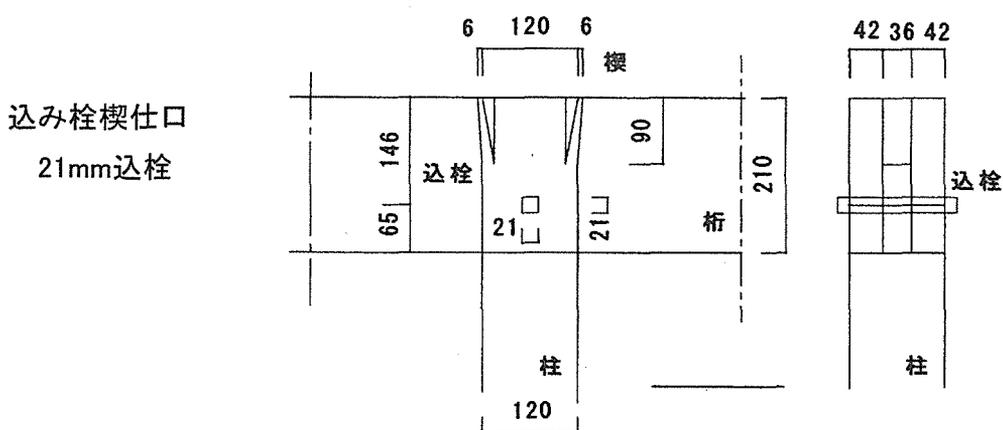


図2-45① 柱-桁込み栓接合詳細

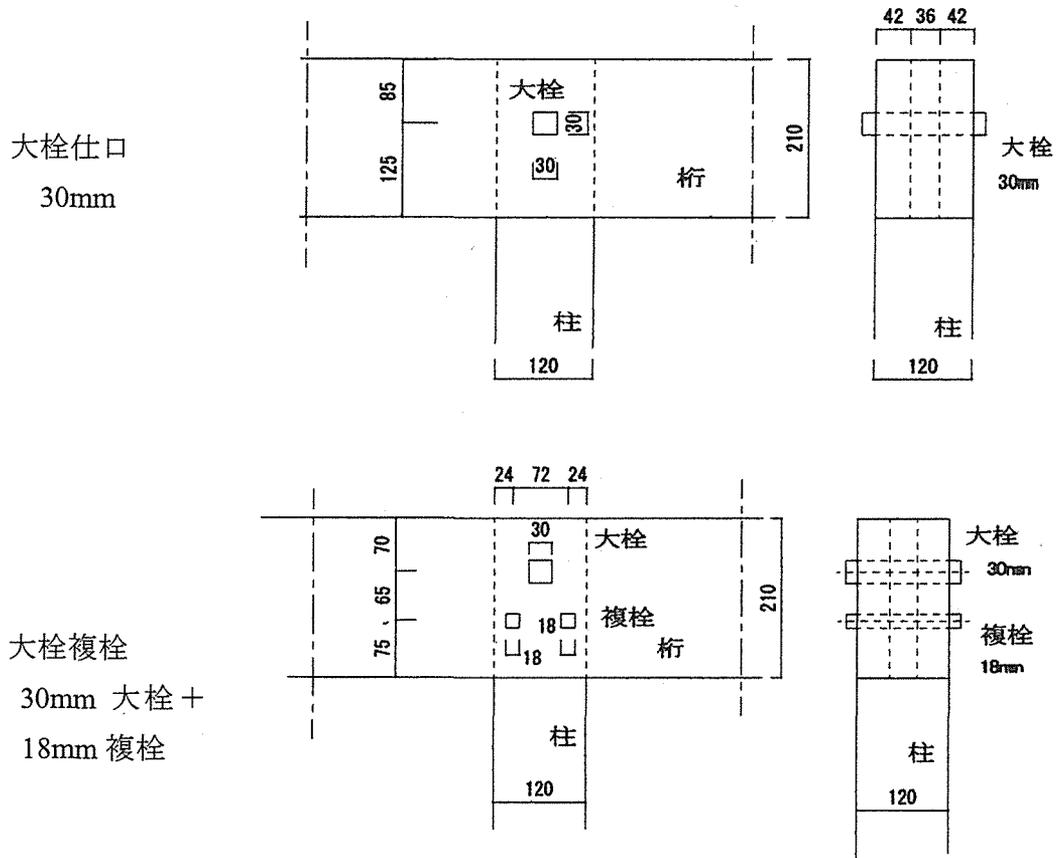


図2-45② 柱-桁込み栓接合詳細

表 2-14 柱-桁込み栓接合耐力

接合法	梁樹種	込み栓	n	最大荷重 k N(cv%)	降伏荷重 k N(cv%)	基準耐力 k N
込み栓楔	ベイマツ	21mm	6	33.45 (11.7)	20.05 (16.6)	12.28
大栓	ベイマツ	30mm	6	34.68 (17.7)	21.58 (24.4)	9.28
	スギ	30mm	6	36.52 (7.3)	24.50 (8.8)	19.41
大栓+複栓	ベイマツ	30,18mm	6	43.64 (9.7)	25.40 (12.7)	17.89
	スギ	30,18mm	6	47.97 (6.9)	30.57 (8.9)	24.20

柱はいずれもスギ n : 試験体数

2.4.1 柱一桁 込み栓接合(1) スギ柱一ベイマツ桁 30mm大栓仕口

【試験体】

スギ柱 120mm角 試験体数 6体
ベイマツ桁 120×210mm
込み栓ケヤキ 大栓30mm角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型の試験方法に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

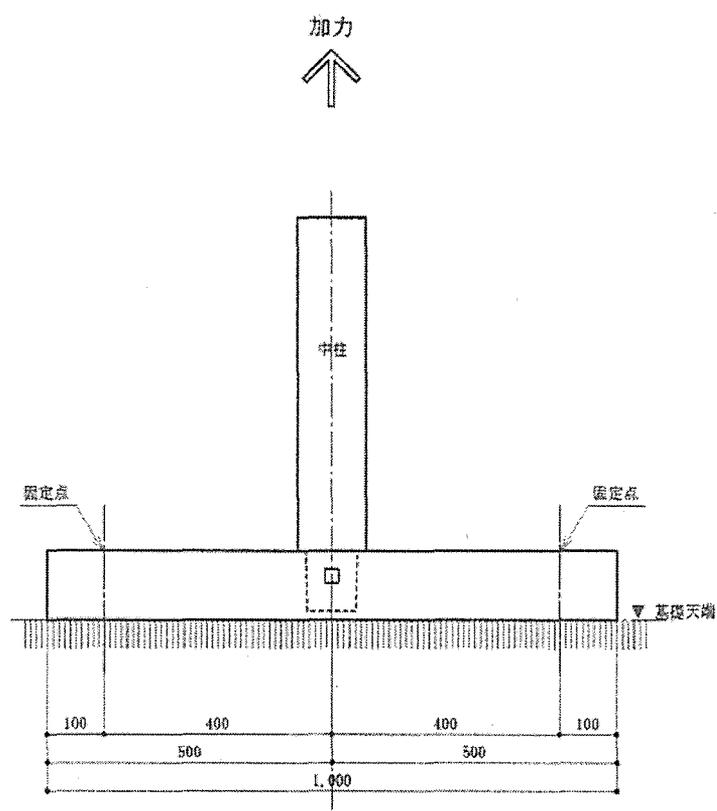


図2-46 試験方法

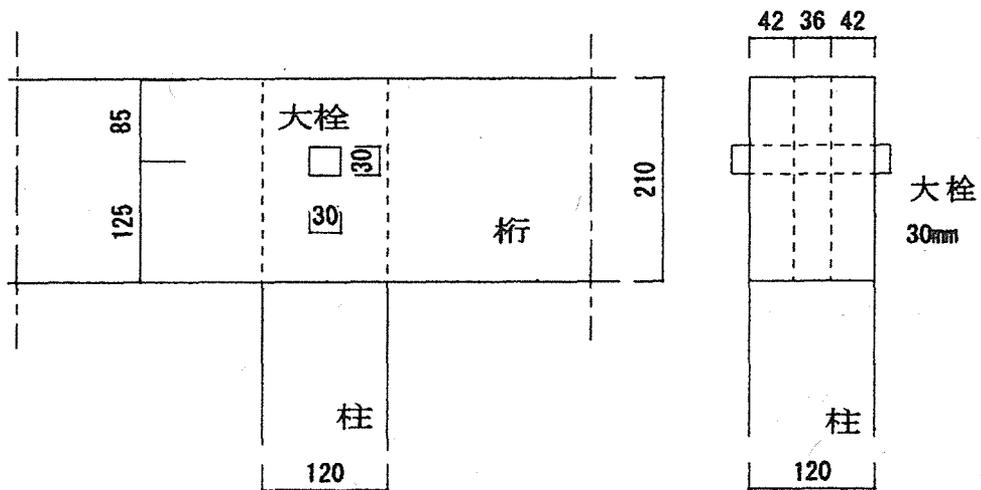


図2-47 柱-桁 大栓接合部詳細

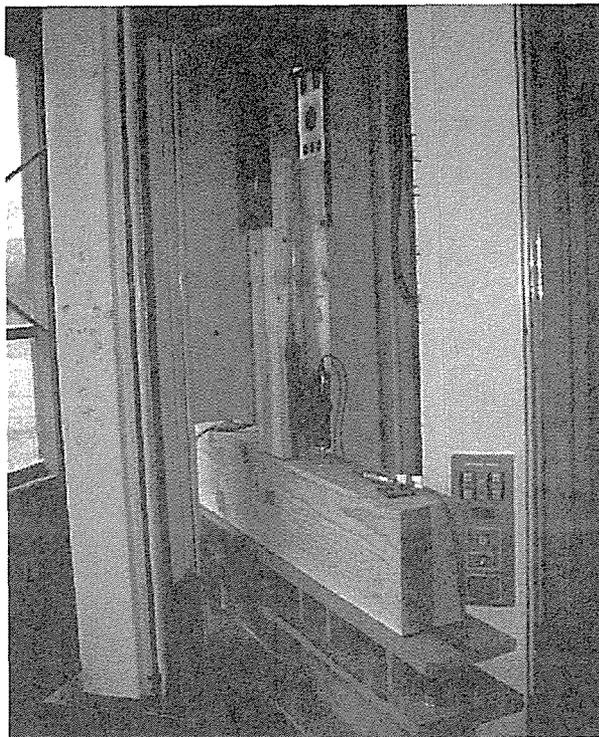


写真2-23 試験状況

試験体基礎材質(平均)

スギ柱 比重 0.41、含水率 18%

ベイマツ 比重 0.50、含水率 18%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

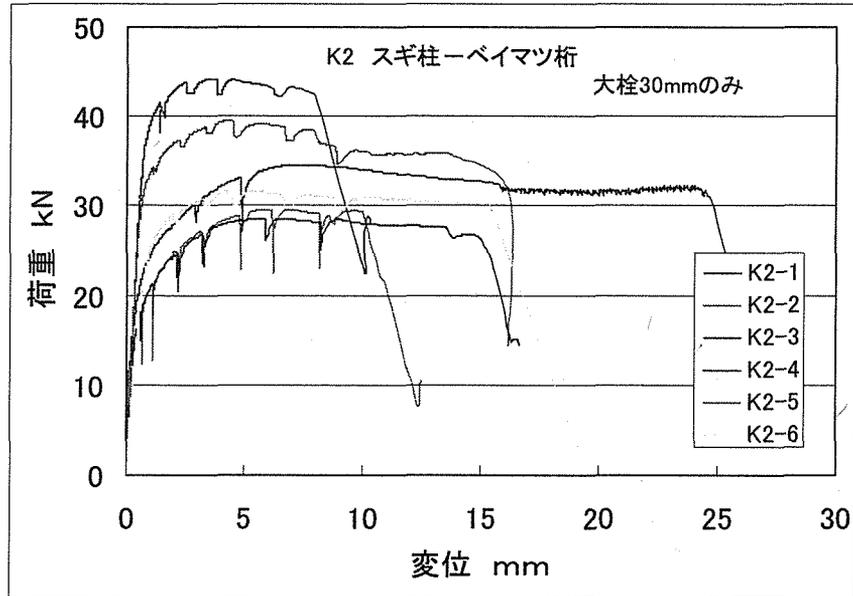


図2-48 荷重-変位曲線
スギ柱、ベイマツ桁120mm、30mm大栓

表2-15 試験結果
スギ柱-ベイマツ桁 30mm大栓

	最大荷重 P_m kN	$2P_{max}/3$ kN	降伏荷重 P_y kN
K2-1	34.6	23.1	20.8
K2-2	29.5	19.7	16.6
K2-3	28.6	19.0	15.9
K2-4	44.2	29.5	28.8
K2-5	39.6	26.4	26.9
K2-6	31.6	21.1	20.5
平均	34.7	23.1	21.6
標準偏差	6.125	4.083	5.272
変動係数	0.177	0.177	0.244

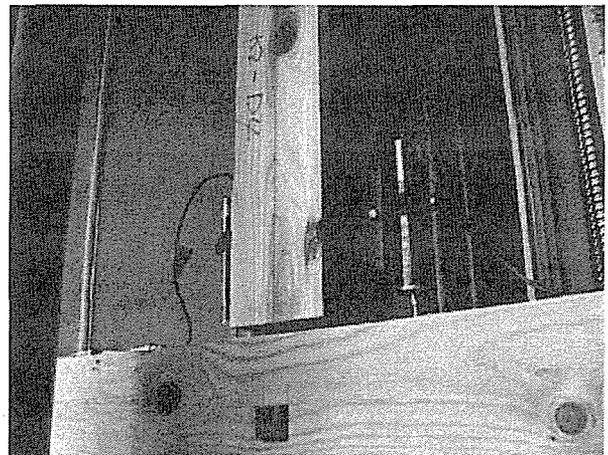


写真2-24 変形状況
ほぞのせん断

短期接合基準耐力

$$P_t = 21.6 \times (1 - 0.244 \times 2.336) = 9.28$$

スギ柱120mm角、ベイマツ桁120×210mm

込み栓 ケヤキ 大栓30mm角

短期接合基準耐力 P_t : 9.28kN

2.4.2 柱-桁 込み栓接合(2) スギ柱-スギ桁 30mm大栓仕口

【試験体】

スギ柱 120mm 角

試験体数 6 体

スギ 120 × 210mm

込み栓 ケヤキ大栓 30mm 角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成 12 年度告示 1460 号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型の試験方法に従い、1 体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体 6 体につき δ_y の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍で 1 回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

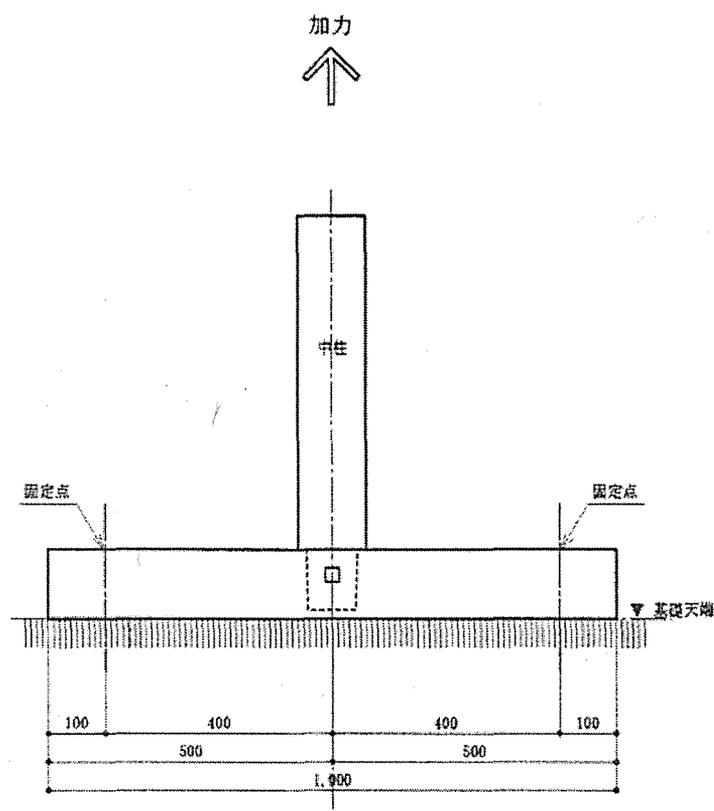


図2-49

試験方法

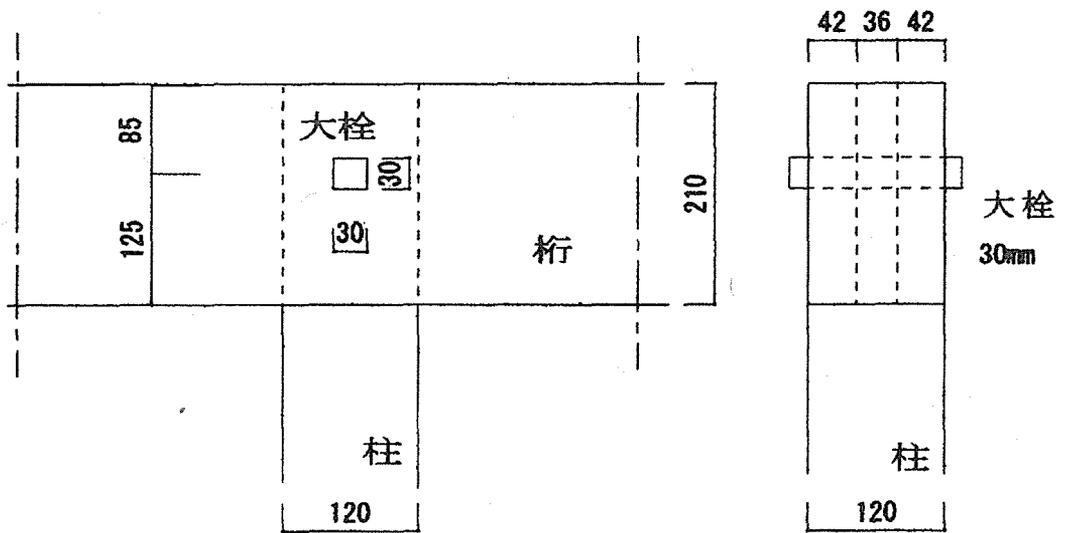


図2-50 柱-桁 大栓仕口詳細

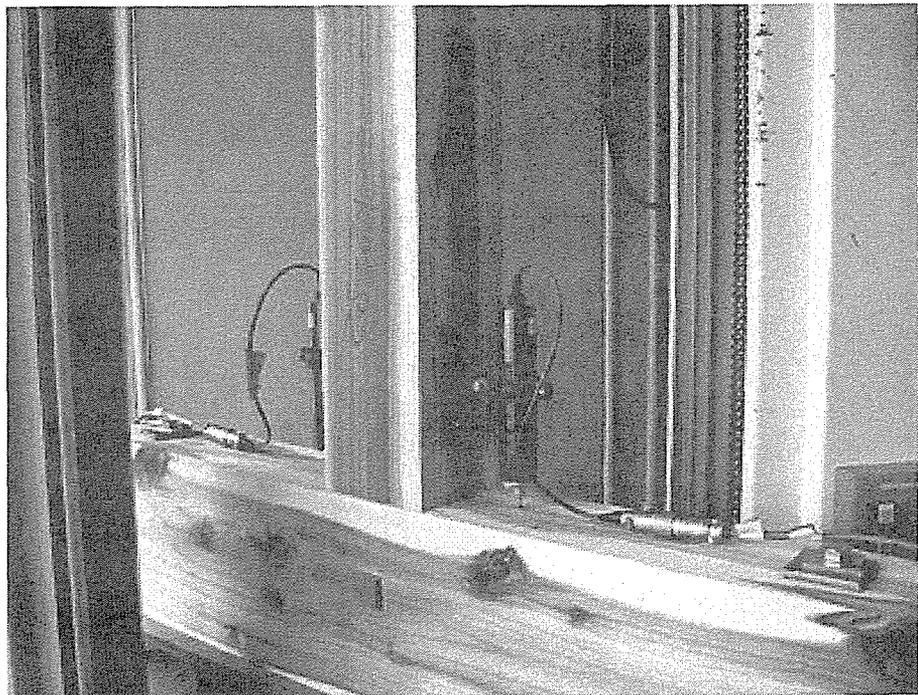


写真2-25 試験状況

試験体基礎材質（平均）

スギ柱 比重 0.45、含水率 20%

スギ桁 比重 0.48、含水率 21%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

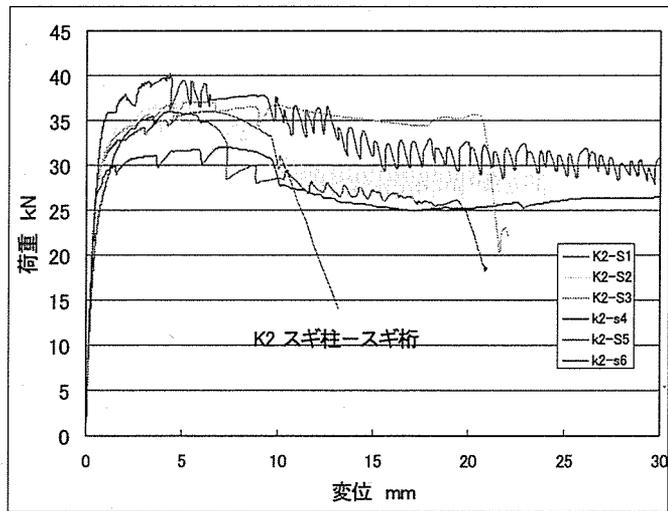


図2-51 荷重-変位曲線
スギ柱-スギ桁 30mm大柱

表2-16 試験結果
30mm大柱(スギ柱-スギ桁)

	最大荷重Pm kN	Pm*2/3 kN	降伏荷重Py kN
K2-S1	36.1	24.0	24.5
K2-S2	37.5	25.0	23.5
K2-S3	37.1	24.7	25.0
K2-S4	32.1	21.4	24.6
K2-S5	40.3	26.9	27.8
K2-S6	36.1	24.1	21.2
平均	36.5	24.3	24.5
標準偏差	2.683	1.789	2.150
変動係数	0.073	0.073	0.088



写真2-26 大柱の曲げ破壊

短期接合基準耐力

$$P_t = 24.5 \times (1 - 0.088 \times 2.336) = 19.4 \text{ kN}$$

柱-桁込み栓接合 大柱 30mm角

スギ柱 120mm角、スギ桁 120 × 210mm、ケヤキ 30mm角

短期接合基準耐力 P_t : 19.4kN

2.4.3 柱一桁 込み栓接合(3) スギ柱一ベイマツ桁 30mm大栓、18mm複栓併用仕口

【試験体】

スギ柱 120mm 角 試験体数 6 体
ベイマツ桁 120 × 210mm
込み栓 ケヤキ 大栓 30mm 角、複栓 18mm 角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成 12 年度告示 1460 号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型の試験方法に従い、1 体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体 6 体につき δ_y の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍で 1 回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

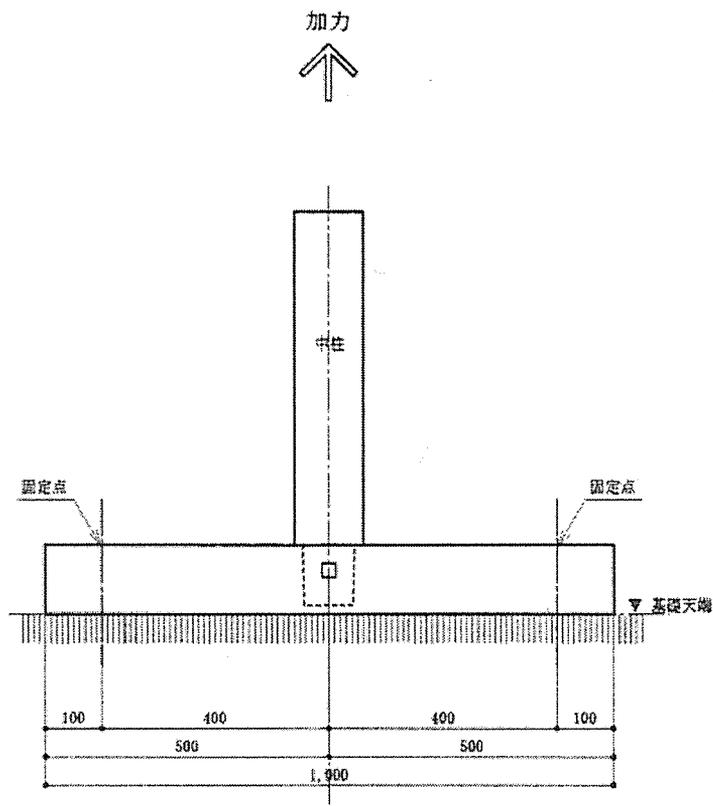


図2-52 試験方法

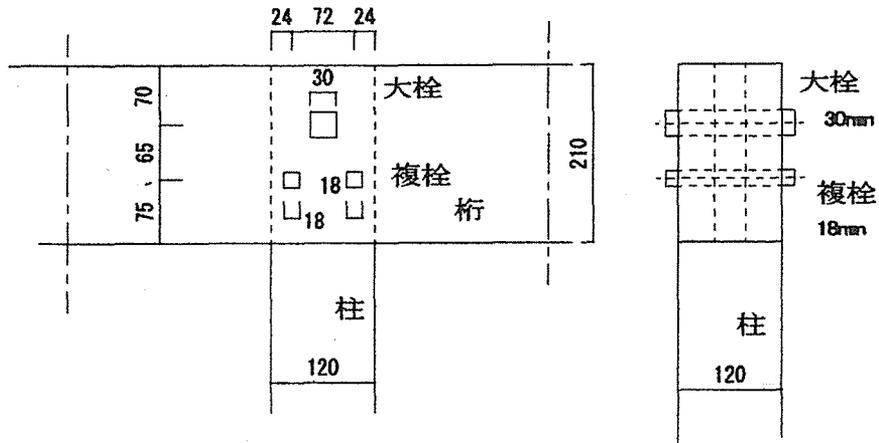


図2-53 柱一桁 大栓、複栓仕口詳細



写真2-27 試験状況

試験体基礎材質（平均）

スギ柱 比重 0.43、含水率 19%

ベイマツ 比重 0.51、含水率 18%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

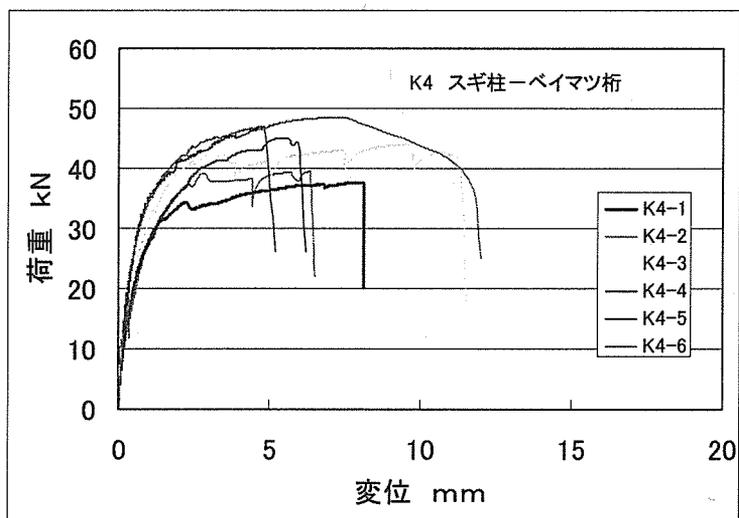


図2-54 荷重-変位曲線
スギ柱、ベイマツ桁 大栓、複栓併用

表2-17 試験結果

大栓+複栓接合(スギ柱-ベイマツ桁)

	最大荷重Pm kN	2Pmax/3 kN	降伏荷重Py kN
K4-1	37.7	25.1	22.1
K4-2	39.5	26.3	22.5
K4-3	44.1	29.4	25.4
K4-4	47.0	31.3	30.3
K4-5	45.1	30.1	24.3
K4-6	48.5	32.3	28.1
平均	43.6	29.1	25.44
標準偏差	4.23	2.82	3.22
変動係数	0.097	0.097	0.127

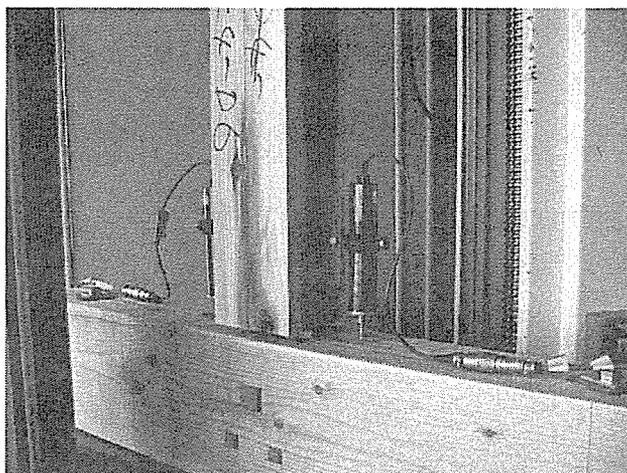


写真2-28 変形状況
ほぞのせん断

短期接合基準耐力

$$P_t = 25.4 \times (1 - 0.127 \times 2.336) = 17.89 \text{ kN}$$

柱-桁込み栓接合

スギ柱 120mm 角、ベイマツ桁 120 × 210mm

込み栓ケヤキ大栓 30mm 角、複栓 18mm 角併用

短期接合基準耐力 P_t : 17.89kN

2.4.4 柱-桁 込み栓接合(4) スギ柱-スギ桁 30mm大栓、18mm複栓併用仕口

【試験体】

スギ柱 120mm 角 試験体数 6 体
スギ桁 120 × 210mm
込み栓 ケヤキ大栓 30mm 角、複栓 18mm 角

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成 12 年度告示 1460 号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型の試験方法に従い、1 体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体 6 体につき δ_y の 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍で 1 回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

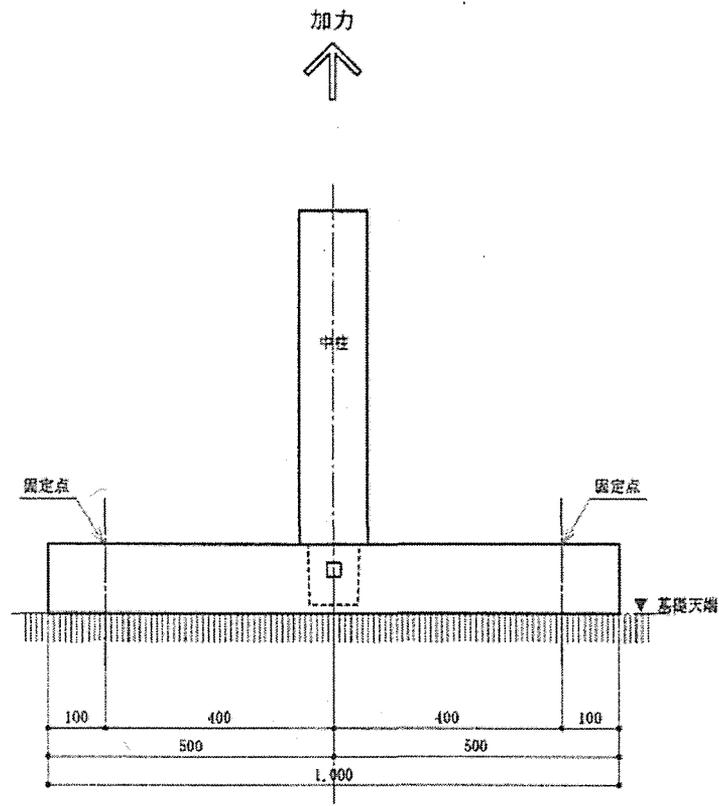


図2-55 試験方法

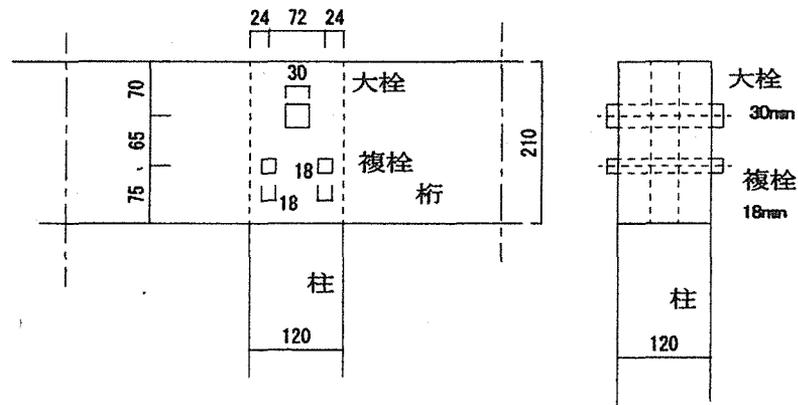


図2-56 柱-桁 大栓、複栓仕口詳細

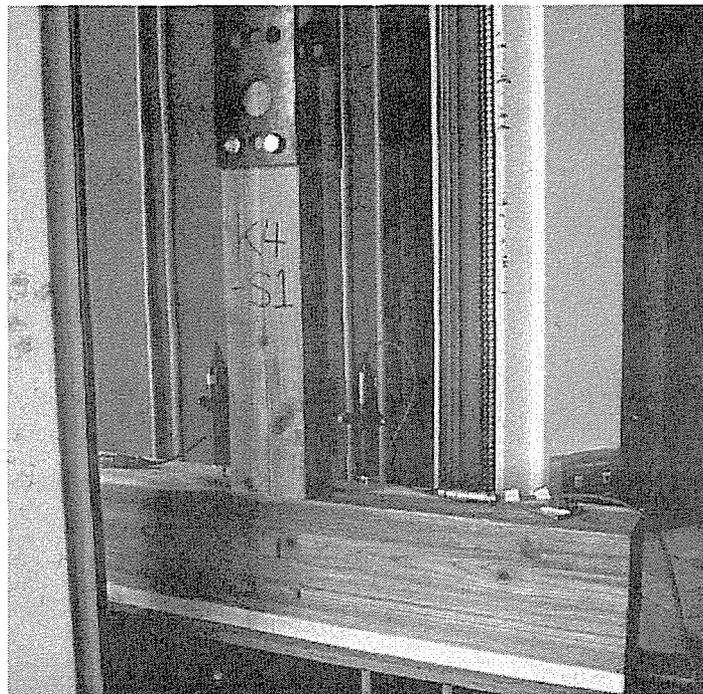


写真2-29 試験状況

試験体基礎材質（平均）

スギ柱 比重 0.48、含水率 22%

スギ桁 比重 0.49、含水率 22%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

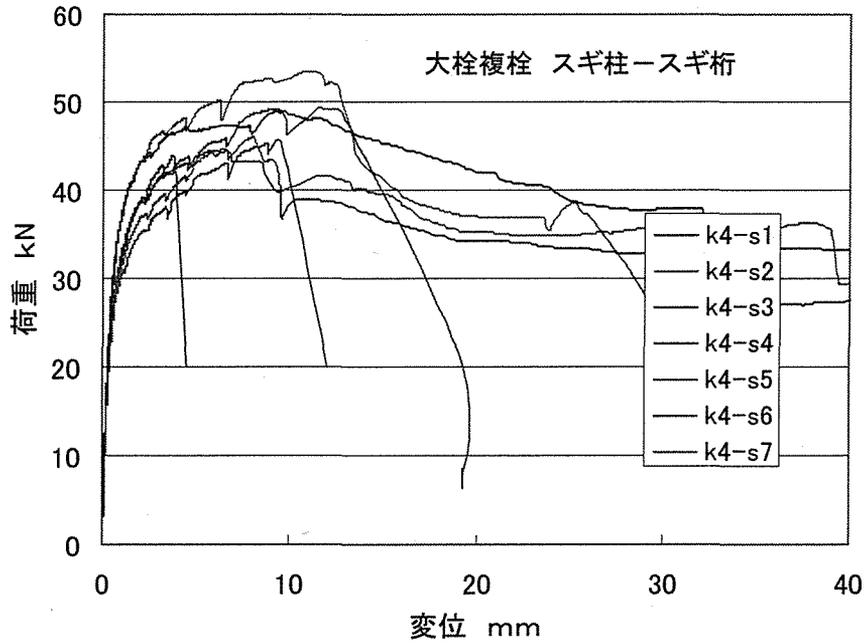


図2-57 荷重-変位曲線
スギ柱-スギ桁、大栓+複栓接合

表2-18 試験結果

スギ柱-スギ桁、大栓+複栓接合

	最大荷重Pm kN	Pm*2/3 kN	降伏荷重Py kN
k4-s2	53.5	35.7	35.0
k4-s3	49.0	32.6	31.7
k4-s4	49.3	32.9	31.4
k4-s5	44.6	29.7	27.7
k4-s6	45.5	30.3	28.2
k4-s7	46.0	30.7	29.4
平均	47.97	31.98	30.57
標準偏差	3.315	2.210	2.706
変動係数	0.069	0.069	0.089

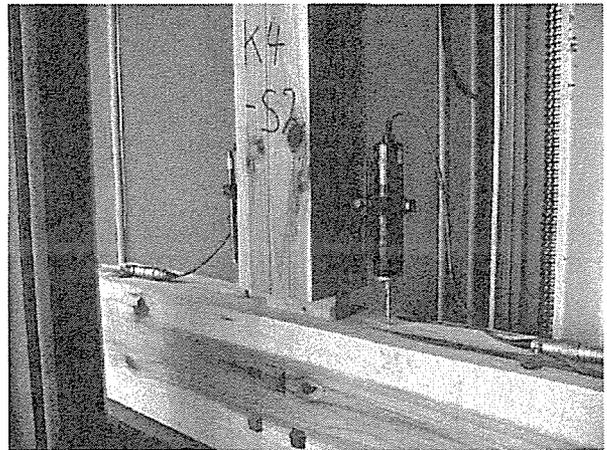


写真2-30 変形状況
込み栓の曲げとほぞのせん断

短期接合基準耐力

$$P_t = 30.57 \times (1 - 0.089 \times 2.336) = 24.2$$

柱-桁こみ栓接合

スギ柱 120mm 角、スギ桁 120 × 210mm

込み栓ケヤキ大栓 30mm 角、複栓 18mm 角併用

短期接合基準耐力 P_t : 24.2 k N

2.4.5 柱一桁 込み栓接合(5) スギ柱一ベイマツ桁 21mm大栓、クサビ併用

【試験体】

スギ柱 120mm 角 試験体数 6 体

ベイマツ桁 120 × 210mm

込み栓 ケヤキ大栓 21mm 角、クサビ

【試験方法】

(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」/平成12年度告示1460号に基づく仕口及び継手の試験法、評価法、耐力壁が取り付く柱の仕口中柱型の試験方法に従い、1体の単調加力試験を行い降伏変位 δ_y を計算後、試験体6体につき δ_y の1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で1回の繰り返しを行い破壊まで負荷した。

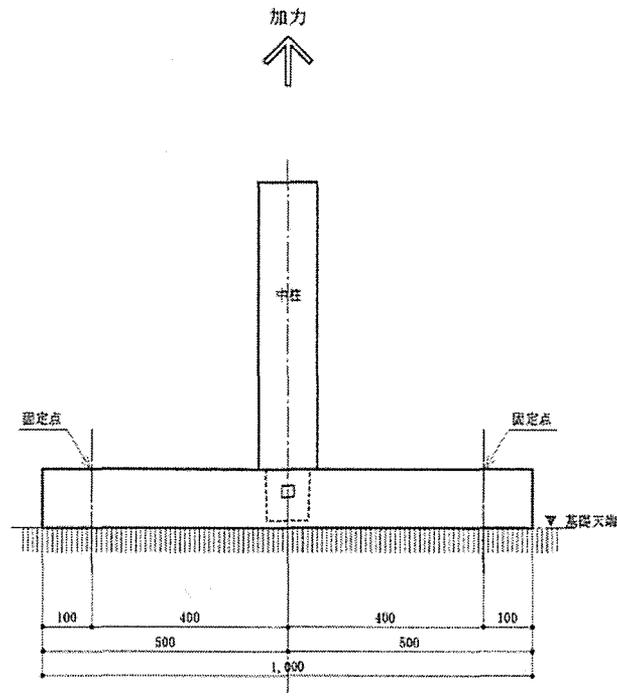


図2-58 試験方法

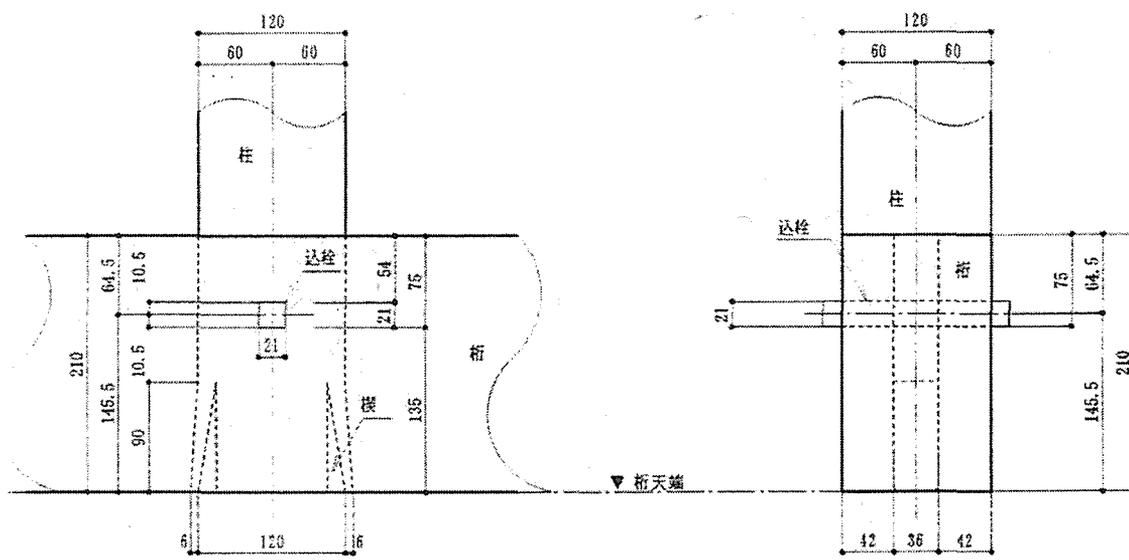


図2-59 柱-桁込み栓、楔仕口詳細

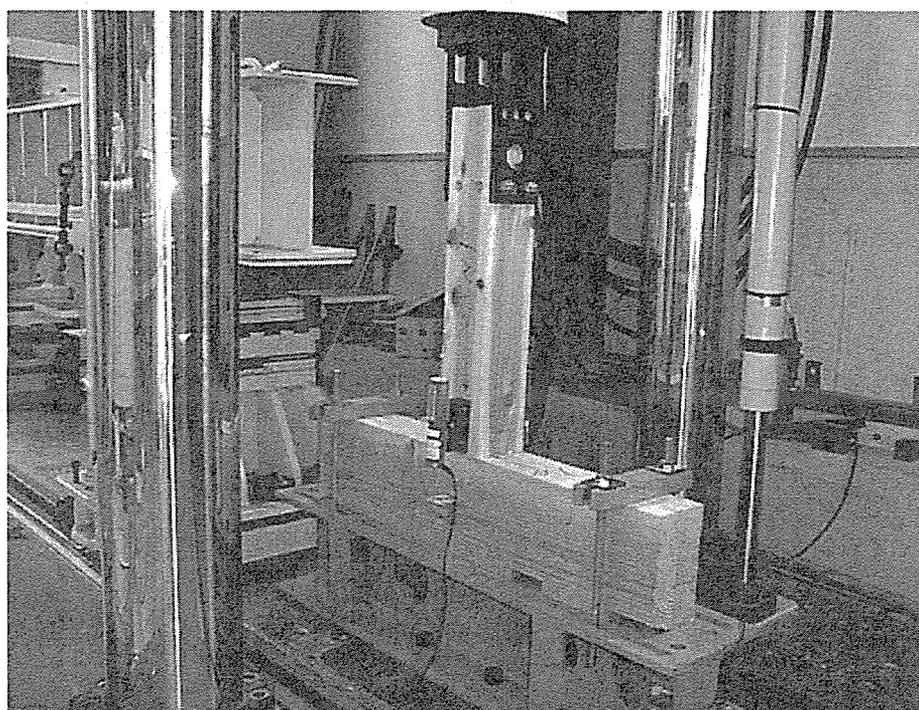


写真2-31 試験状況

試験体基礎材質（平均）

スギ柱 比重 0.41、含水率 19%

ベイマツ桁 比重 0.49、含水率 18%

比重は試験時生比重、含水率は含水率計による

【試験結果】

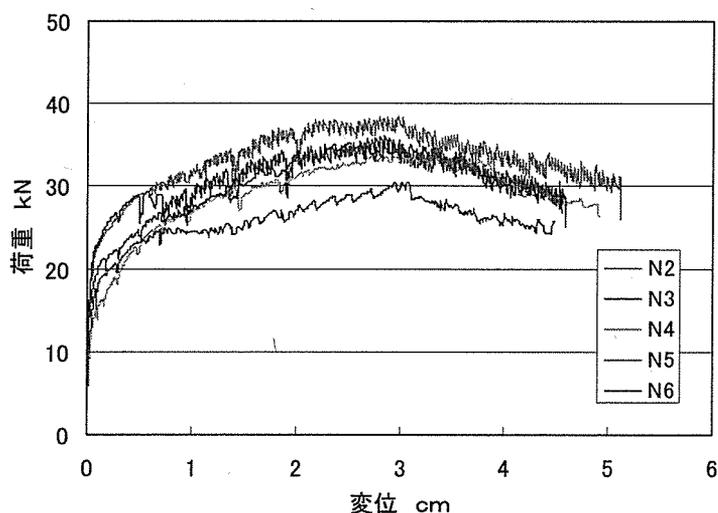


図2-60 荷重-変位曲線
スギ柱、ベイマツ桁 長ほぞ割楔、21mm込み栓

表2-19 試験結果
スギ柱、ベイマツ桁、大栓21mm、割楔

	最大荷重 P _m kN	P _m x2/3 kN	降伏荷重 P _y kN
N2	38.52	25.68	23.24
N3	36.08	24.05	23.90
N4	33.74	22.49	19.26
N5	30.48	20.32	20.02
N6	35.28	23.52	20.21
N7	26.58	17.72	13.67
平均	33.45	22.30	20.05
標準偏差	3.92	2.61	3.33
変動係数	0.117	0.117	0.166

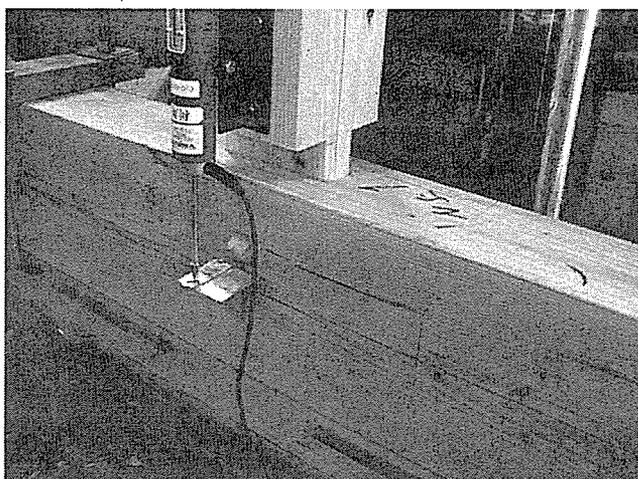


写真2-32 変形状況
ほぞの引き抜け、込み栓曲げ

短期接合基準耐力

$$P_t = 20.05 \times (1 - 0.166 \times 2.336) = 12.28 \text{ kN}$$

柱-桁込み栓接合

スギ柱 120mm 角、ベイマツ桁 120 × 210mm

込み栓ケヤキ大栓 21mm 角、割楔併用

短期接合基準耐力 P_t : 12.28 k N

2.5 柱接合部まとめ

込み栓接合に関する本事業での試験結果を告示 1460 号の表3に示される柱頭、柱脚仕口との性能比較として表2-20に示す。これらの結果は、建築法規上で認められたものではなく、限られた試験条件（試験体数6）の結果からの比較にすぎないが、金物接合の能力に替わる伝統的仕口法の参考として示した。

表2-20 告示1460号 表(3)標準接合部と本事業での込み栓仕様との対比

標準接合仕様	必要接合耐力 kN	込み栓仕様	
(い) 短ほぞ差し かすがい	0		
(ろ) 長ほぞ差込み栓 かど金物CP-L	3.4	柱頭・脚	15mm単栓-スギ105
(は) かど金物CP-T 山型プレートVP	5.1	柱頭・脚 " "	15mm複栓-スギ105 24mm大栓-スギ105 15mm単栓-ヒノキ120
(に) スクリュー釘なしで 羽子板金物 短冊金物	7.5	柱頭・脚	24mm大栓-ヒノキ120
(ほ) スクリュー釘あり 羽子板金物 短冊金物 (〃)	8.5	柱頭・脚 柱頭	18mm複栓-ヒノキ120 30mm大栓ベイマツ
(へ) ホールダウン金物 HD-B10	10	柱脚 柱頭 "	18mm複栓-アテ(ヒバ)120 21mm+楔ベイマツ 30mm大栓スギ
(と) " HD-B15	15	柱頭 "	30mm大栓スギ 30mm大栓+18mm複栓ベイマツ、スギ
(ち) " HD-B20	20	柱頭	30mm大栓+18mm複栓スギ
(り) " HD-B25	25	柱脚	大入れ長ほぞ差し-120ヒノキ
(ぬ) " HD-B15を2本	30		

地域材による長期耐用住宅開発委員会 富山地域委員会 委員名簿

委員長 秦 正徳 高岡短期大学 教授

委員 池寄 助成 富山国際職藝学院 教授

岡本 賢三 富山県優良住宅協会 会長

柴田 裕弘 (株)GA開発研究所 代表取締役

島崎 英雄 島崎工務店

西村 亮彦 チューモク(株) 代表取締役

林 富雄 富山県建築設計監理協同組合 相談役

原野 省三 アルスホーム(株) 代表取締役