

スギ異樹種集成材を用いた門型ラーメン架構の水平加力試験

中田欣作・奥田一博*1

国産スギ材とカラマツおよびベイマツ材を組合せた異樹種集成材を作製し、一般住宅でのラーメン構造としての利用の可能性を検討するために、これらの集成材を用いた門型ラーメン架構の水平加力試験および柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験を行った。

幅120mm、厚さ300mmのカラマツ・スギ異樹種集成材を用いた高さ2730mm、スパン3460mmの門型ラーメン架構の水平加力試験では、短期許容せん断耐力は見かけの変形角が1/120rad時の値で決定される15.4kNであった。門型ラーメン架構の短期許容せん断耐力より求めた壁倍率相当値は2.3倍となり、門型ラーメン架構は壁倍率2.0倍の二つ割り筋かい耐力壁および壁倍率2.5倍の合板張り耐力壁と同等の耐震性を有していた。

柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験の強度特性を用いて門型ラーメン架構の解析を行った結果、モーメント加力試験より得られた強度特性と良く一致した。これより、門型ラーメン架構の耐力および変形状態は、柱梁接合部と柱脚接合部のそれぞれの強度特性より予測可能であった。

1. はじめに

従来から木造のドームや体育館の部材としてベイマツなどの外材による構造用集成材が用いられており、これらの集成材は一般住宅の柱や梁の部材としても多用されるようになってきている。これに対して、スギ材等の国産材を用いた構造用集成材は外材のものに比べてヤング係数が低いため、高性能な品質が要求される用途には使用できないのが現状である。そこで、新しい構造用集成材の日本農林規格では、異なる樹種を用いた集成材が認められ、国産材を用いた高性能な集成材の製造が可能となった。

一方、木造住宅では、筋かい壁や合板張り壁などの耐力壁によって地震力などの住宅に作用する外力に抵抗するのが一般的であるが、最近では住宅の中に広い開口部を求める場合が増えてきている。これまでの耐力壁では広い開口部を設けることが困難であるが、門型ラーメン架構を用いることにより広い開口部が可能となる。

本研究では、国産スギ材とカラマツおよびベイマツ材を組合せた異樹種集成材を作製し、一般住宅でのラーメン構造としての利用の可能性を検討するために、これらの集成材を用いた門型ラーメン架構の水平加力試験を行った。

なお、本試験はトリスミ集成材株式会社からの受託研究として行ったものである。

2. 材料と方法

2.1 供試材料

幅120mm、厚さ300mm、積層数10プライのカラマツ・スギおよびベイマツ・スギ特定対称異等級構成構造用集成材（以下、異樹種集成材と記す。）を用いた。カラマツ・スギおよびベイマツ・スギ異樹種集成材の強度等級は、それぞれME105-F300およびME120-F330であり、表1にラミナ構成を示す。最外層、外層および中間層にはカラマツあるいはベイマツラミナを用い、内層にはスギラミナを用いた。接着剤はレゾルシノール樹

表1 異樹種集成材のラミナ構成

樹種	カラマツ・スギ		ベイマツ・スギ			
強度等級	ME105-F300		ME120-F330			
最外層	カラマツ	L140以上	ベイマツ	L160以上		
外層		L100以上		L110以上		
中間層						
内層	スギ	L30以上	スギ	L30以上		
〃						
〃						
中間層	カラマツ	L100以上	ベイマツ	L110以上		
外層		L140以上		L160以上		
最外層						

*1 トリスミ集成材株式会社

脂、ラミナはフィンガージョイントラミナを用いた。カラマツ・スギおよびベイマツ・スギ異樹種集成材の密度はそれぞれ0.50および0.52g/cm³、含水率は10.0および9.5%であった。後述の水平加力試験に用いた集成材と同ロットの集成材について、長さ6000mm、スパン5400mm、荷重点間距離1200mmの曲げ試験を各3体行った。カラマツ・スギおよびベイマツ・スギ異樹種集成材の曲げヤング係数はそれぞれ13.8および14.1kN/mm²、曲げ強さはそれぞれ48.0および56.4N/mm²であった。

2.2 モーメント加力試験および水平加力試験

図1に柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験と門型ラーメン架構の水平加力試験の方法を示す。門型ラーメン架構は、高さ2730mm、幅3460mmとした。柱梁接合部はモーメントアームを門型ラーメン架構の高さの約半分の1398mmとし、柱脚接合部はモーメントアームを1560mmとした。

加力は、標準的な試験方法¹⁾に準拠して行った。試験体の設置方法は無載荷柱脚固定式とした。柱梁接合部では、梁の左右の位置で各2本、合計4本のボルトと座金で試験装置に固定した。接合部の鋼板と試験装置の接触を避けるために、梁と試験装置との間に厚さ12mmのラワン合板を挟みこんだ。柱脚接合部および門型ラーメン架構では、柱脚金物を4本のボルトと座金で試験装置に固定した。加力方法は正負交番繰り返し加力とし、見かけの変形角が1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75および 1/50radの正負変形時において、それぞれ

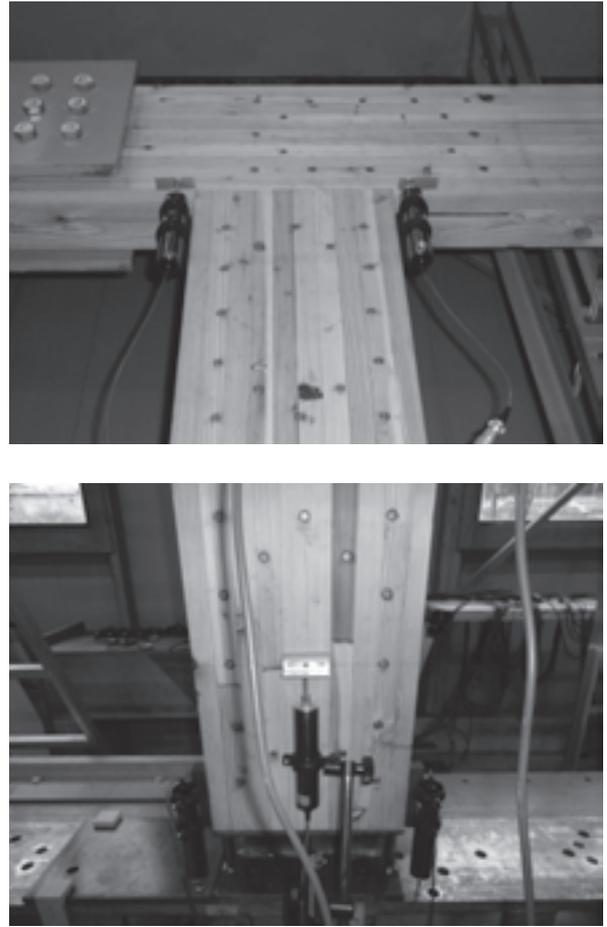


図2 柱および梁のドリフトピンの配置

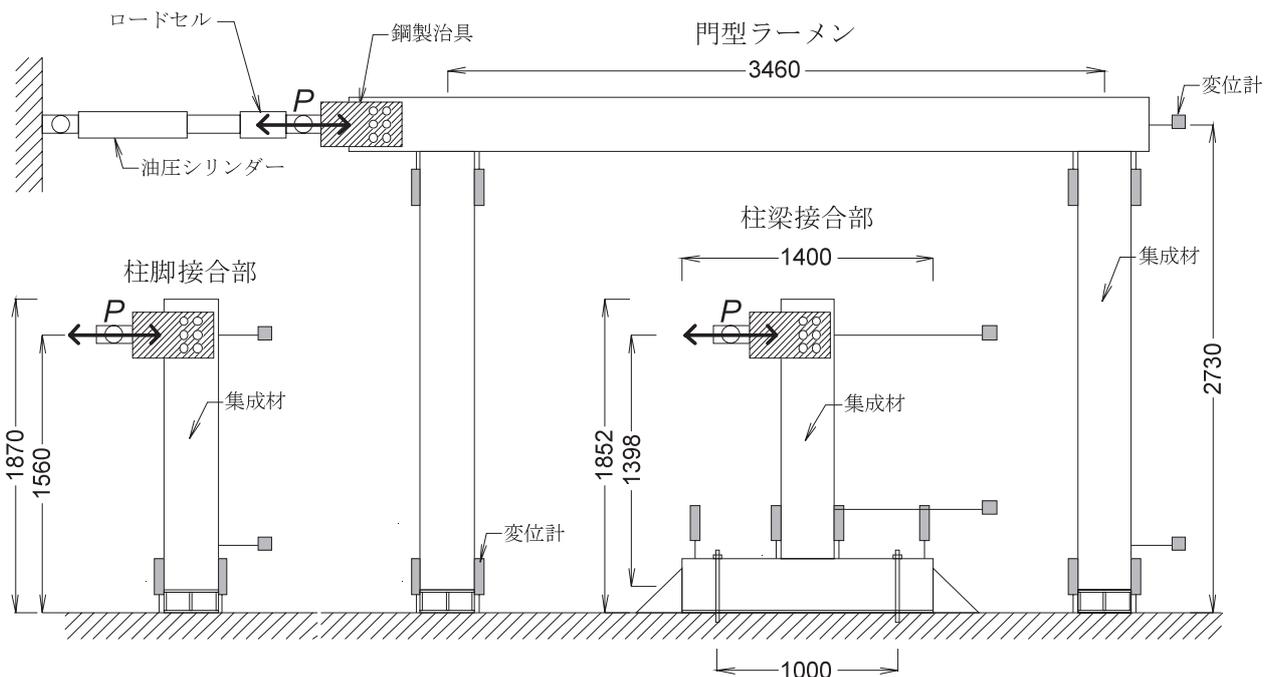


図1 柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験と門型ラーメン架構の水平加力試験の方法

3回の繰り返し加力を行った後、圧縮方向の加力で破壊するものとした。荷重速度は30mm/minとした。荷重は精度1/100kNの(株)東京測器研究所製ロードセルTCLP-200KNBで測定した。水平変位は精度1/20mmの(株)東京測器研究所製ひずみゲージ式ワイヤー変位計DP-500CS、鉛直変位は精度1/200mmおよび精度1/100mmの(株)東京測器研究所製変位計CPD-50およびCDP-100を用いて測定した。以上の測定は(株)東京測器研究所製データロガーTDS-303を用いて1秒間隔の設定で行った。

柱および梁には図2に示すように直径12mm、長さ120mmのドリフトピン16本および厚さ9mmの鋼板を用いた。ドリフトピンは矩形配置とし、端距離は90mm、縁距離は50mm、長さおよび幅方向の接合具間隔は90mmおよび50mmとした。ドリフトピンの先穴は、集成材では12mm、鋼板では13mmとした。試験体数は、柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験ではカラマツ・スギ異樹種集成材およびベイマツ・スギ異樹種集成材が各3体、門型ラーメン架構の水平加力試験ではカラマツ・スギ異樹種集成材が3体とした。

2.3 水平加力試験における特徴点の抽出と完全弾塑性モデル化

PickPoint²⁾を用いて、柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験におけるモーメント-変形角曲線と門型ラーメン架構の水平加力試験における荷重-変形角曲線の特徴点の抽出と完全弾塑性モデル化を行い、図3に示すように強度特性を決定した。変形角は、柱梁接合部のモーメント加力試験では柱梁接合部の回転角を、柱脚接合部のモーメント加力試験では柱脚接合部の回転角を、門型ラーメン架構の水平加力試験では見かけのせん断変形角を用いた。

以下にその概要を示す。

1. 包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ第I直線を引く。
2. 第I直線の傾きを割線剛性と定める。
3. 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ第II直線を引く。
4. 包絡線に接するまで第II直線を平行移動し、これを第III直線とする。
5. 第I直線と第III直線との交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点からX軸に平行に第IV直線を引く。
6. 第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
7. 原点と (P_y, δ_y) を結ぶ直線を第V直線とし、それを初期剛性 K と定める。
8. 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位を終局変位 δ_u と定める。

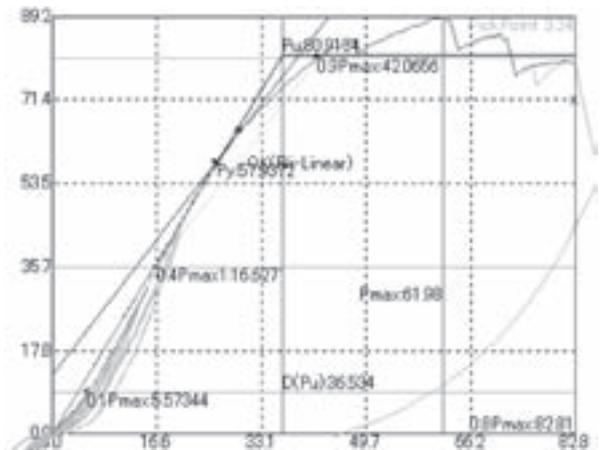


図3 PickPointで抽出した特徴点 (門型ラーメン架構No.2の例)

9. 包絡線とX軸および δ_u で囲まれる面積をSとする。
10. 第V直線と δ_u とX軸およびX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積がSと等しくなるようにX軸に平行な第VI直線を引く。
11. 第V直線および第VI直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
12. 塑性率 $\mu = \delta_u / \delta_v$ とする。
13. 構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1 / \sqrt{2\mu - 1}$ とする。

3. 結果と考察

3.1 モーメント加力試験および水平加力試験の結果

図4および図5にカラマツ・スギおよびベイマツ・スギ異樹種集成材の柱梁接合部のモーメント-回転角曲線を示す。図6に柱梁接合部の破壊形態を示す。柱梁接合部のモーメントは梁接合部のモーメントを示す。見かけのせん断変形角は柱の上下2か所の水平変位より求めた。柱梁接合部の回転角は柱の両側に取り付けた変位計で求めた柱と梁との相対回転角を用いた。

見かけのせん断変形角が1/450radから1/50radまでの3回の正負交番繰り返し加力では、試験体に破壊は認められなかった。カラマツ・スギ異樹種集成材では、見かけのせん断変形角が0.073~0.084rad（柱梁接合部の回転角0.061~0.065rad）において柱接合部に破壊が発生し、荷重が大きく低下した。No.1の試験体では変形角0.050rad（回転角0.037rad）における破壊も発生した。ベイマツ・スギ異樹種集成材では、見かけのせん

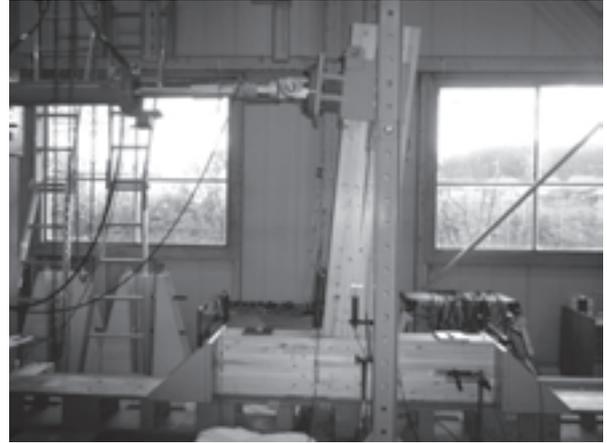


図6 柱梁接合部の破壊形態
(カラマツ・スギ異樹種集成材No.3の例)

断変形角が0.076~0.098rad（柱梁接合部の回転角0.059~0.075rad）において柱接合部に破壊が発生し、荷重が徐々に低下した。また、梁接合部における破壊も認められた。

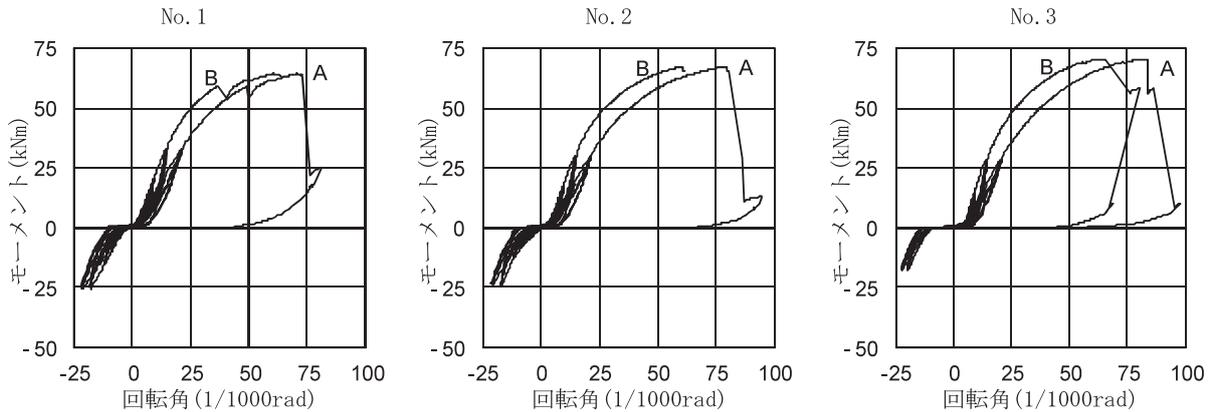


図4 カラマツ・スギ異樹種集成材の柱梁接合部のモーメント-回転角曲線
- A : 見かけのせん断変形角、- B : 柱梁接合部の回転角

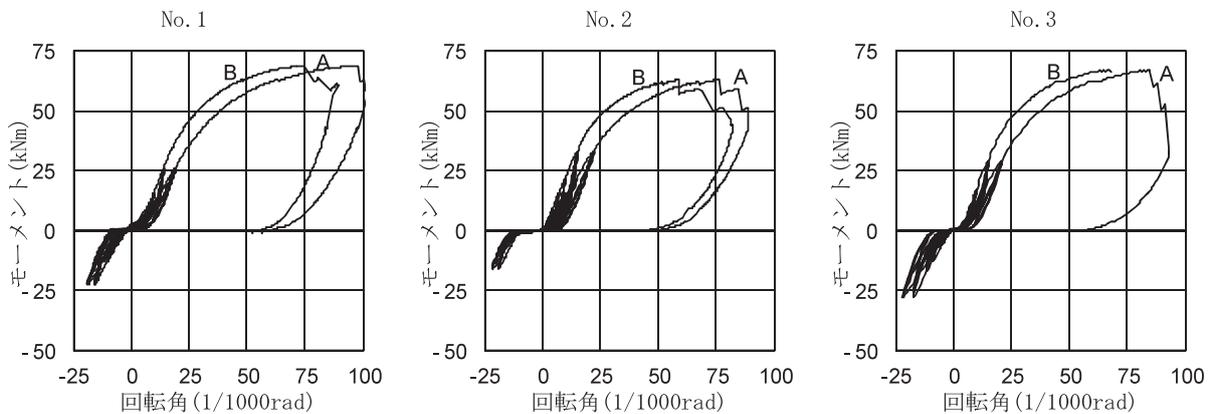


図5 ベイマツ・スギ異樹種集成材の柱梁接合部のモーメント-回転角曲線
- A : 見かけのせん断変形角、- B : 柱梁接合部の回転角

図7および図8にカラマツ・スギおよびベイマツ・スギ異樹種集成材の柱脚接合部のモーメント-回転角曲線を示す。図9に柱脚接合部の破壊形態を示す。見かけのせん断変形角は柱の上下2か所の水平変位より求めた。柱脚接合部の回転角は柱の両側に取付けた変位計で求めた柱と基礎との相対回転角を用いた。

見かけのせん断変形角が1/450radから1/50radまでの3回の正負交番繰り返し加力において、カラマツ・スギ異樹種集成材のNo.3およびベイマツ・スギ異樹種集成材のNo.2では1/50radでの加力の際に柱脚接合部の破壊が認められた。カラマツ・スギ異樹種集成材では、見かけのせん断変形角が0.021~0.046rad（柱脚接合部の回転角0.011~0.037rad）において柱脚接合部に破壊が発生し、荷重が徐々に低下した。ベイマツ・スギ異樹種集成材では、見かけのせん断変形角が0.021~0.042rad（柱脚接合部の回転角0.012~0.034rad）において柱脚接合部に破壊が発生し、荷重が徐々に低下した。No.2の試験体では見かけのせん断変形角が0.063radにお



図9 柱脚接合部の破壊形態
(カラマツ・スギ異樹種集成材No.3の例)

いて柱脚接合部に破壊が発生して荷重が大きく低下した。

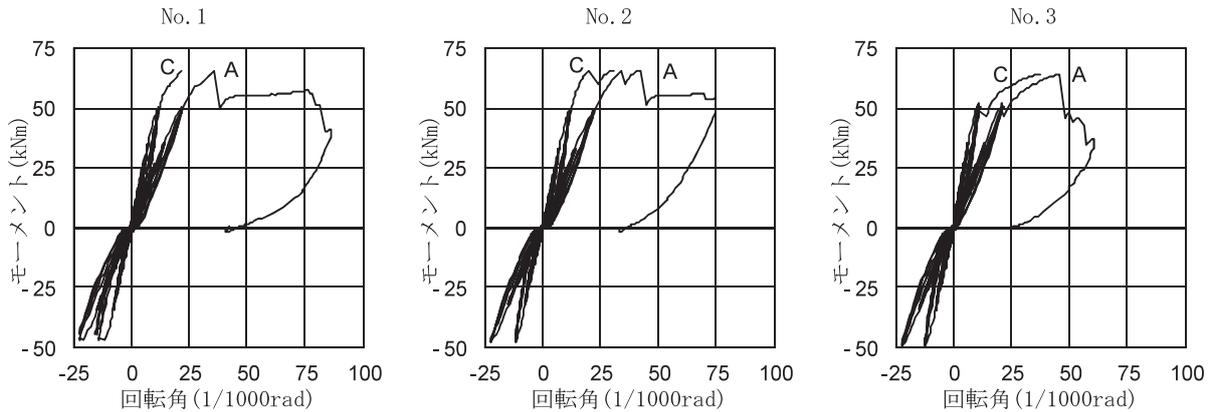


図7 カラマツ・スギ異樹種集成材の柱脚接合部のモーメント-回転角曲線
- A : 見かけのせん断変形角、- C : 柱脚接合部の回転角

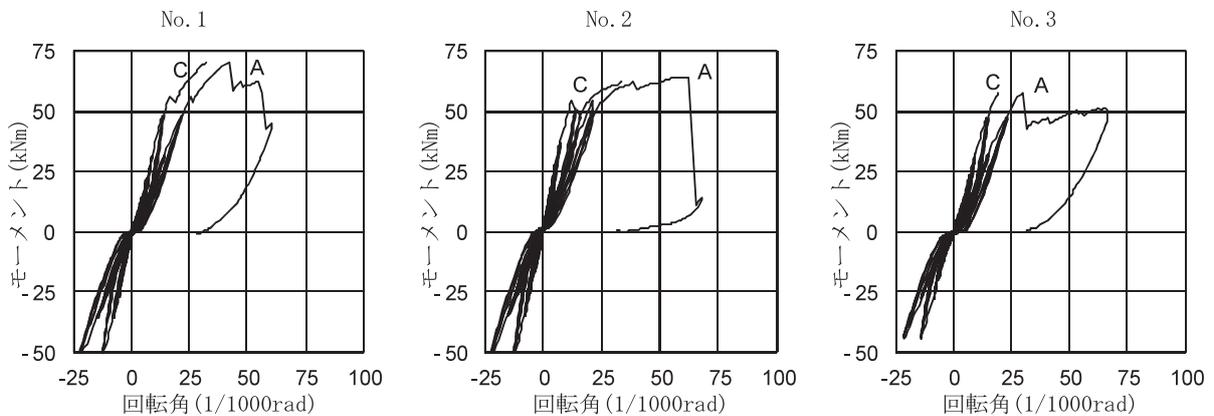


図8 ベイマツ・スギ異樹種集成材の柱脚接合部のモーメント-回転角曲線
- A : 見かけのせん断変形角、- C : 柱脚接合部の回転角

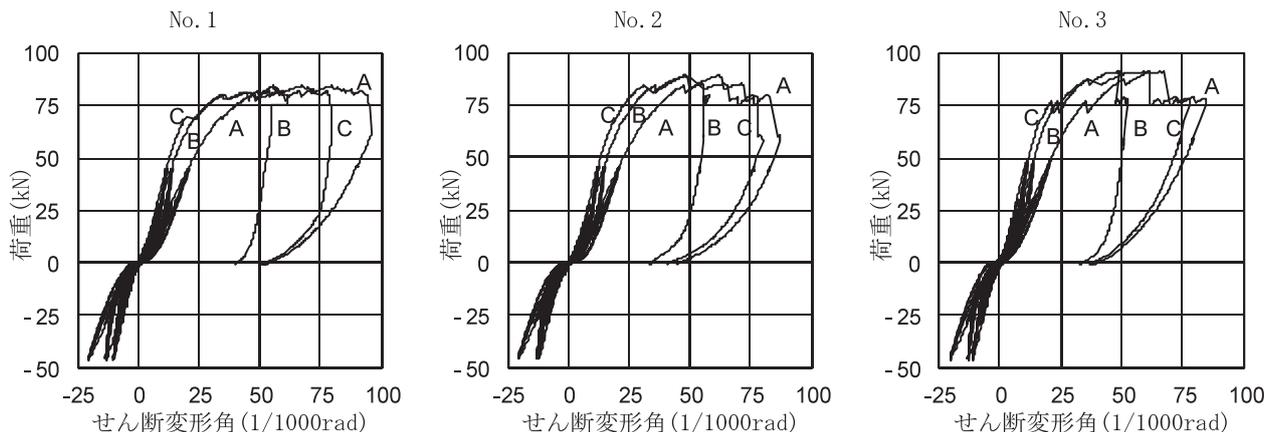


図10 カラマツ・スギ異樹種集成材の門型ラーメン架構の荷重—せん断変形角曲線

—A：見かけのせん断変形角、—B：柱梁接合部の回転角、—C：柱脚接合部の回転角

図10にカラマツ・スギ異樹種集成材の門型ラーメン架構の水平加力試験の結果を示す。図11に門型ラーメン架構の破壊形態を示す。見かけのせん断変形角は試験体の上下2か所の水平変位より求めた。柱梁接合部の回転角は柱頭の両側に取り付けた変位計で求めた柱と梁との相対回転角を用いた。柱脚接合部の回転角は柱脚の両側に取り付けた変位計で求めた柱と基礎との相対回転角を用いた。

見かけのせん断変形角が $1/450\text{rad}$ から $1/50\text{rad}$ までの3回の正負交番繰り返し加力では、試験体に破壊は認められなかった。No.1の試験体では、見かけのせん断変形角が 0.034rad （左柱脚接合部の回転角 0.021rad ）およびせん断変形角 0.048rad （回転角 0.047rad ）において左柱脚接合部に破壊が発生し、せん断変形角 0.060rad （右柱梁接合部の回転角 0.044rad ）において右梁接合部上部に破壊が発生したが、荷重はその後も増加し、せん断変形角 0.080rad において最大荷重を示した。No.2の試験体では、見かけのせん断変形角が 0.030rad （左柱脚接合部の回転角 0.020rad ）およびせん断変形角 0.048rad （回転角 0.036rad ）において左柱脚接合部に破壊が発生し、せん断変形角 0.062rad において最大荷重を示した。その後、せん断変形角 0.063rad （右柱脚接合部の回転角 0.034rad ）において右柱脚接合部、せん断変形角 0.072rad （右柱梁接合部の回転角 0.059rad ）において右梁接合部上部に破壊が発生し、荷重が徐々に低下した。No.3の試験体では、見かけのせん断変形角が 0.035rad （左柱脚接合部の回転角 0.024rad ）およびせん断変形角 0.051rad （回転角 0.043rad ）において左柱脚接合部に破壊が発生し、せん断変形角 0.061rad （右柱脚接合部の回転角 0.050rad ）において右柱脚接合部に破壊が発生し、せん断変形角 0.066rad において最大荷重を示した。その後、

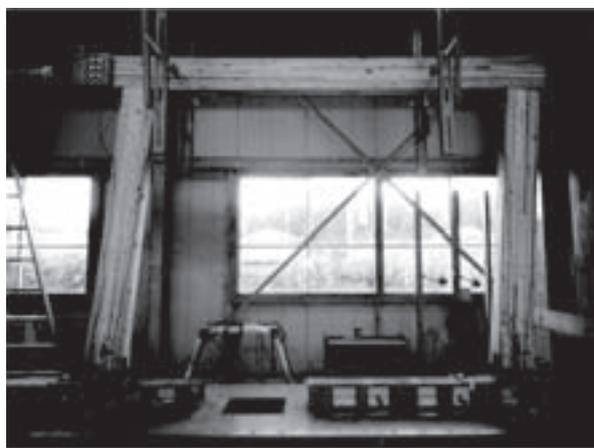


図11 門型ラーメン架構の破壊形態
(カラマツ・スギ異樹種集成材No.2の例)

せん断変形角 0.074rad （右柱梁接合部の回転角 0.050rad ）において右梁接合部上部に破壊が発生し、荷重が徐々に低下した。

3.2 門型ラーメン架構の強度特性

表2~5にPickPoint3.24を用いて求めた柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント加力試験における強度特性、表6に門型ラーメン架構の水平加力試験における強度特性を示す。

表7に門型フレームの水平加力試験における短期基準せん断耐力を示す。短期基準せん断耐力は見かけの変形角が1/120rad時の値が最も小さくなった。最大荷重

および降伏耐力から計算される短期基準せん断耐力はこの値の3.7倍の高い値を示したが、終局耐力から計算される値はこの値の2.0倍であった。信頼水準75%の下側許容限界値として求めた短期基準せん断耐力は15.4kNとなり、耐力に影響を及ぼす低減係数を1とすると、短期許容せん断耐力も15.4kNとなる。筋かい壁や合板張り壁等の耐力壁では短期許容せん断耐力を係数(=1.96)および壁の長さ(m)で除して壁倍率を求める。

表2 カラマツ・スギ異樹種集成材の柱梁接合部のモーメント加力試験における強度特性

項目	単位	No.1	No.2	No.3	平均値
最大耐力	kNm	64.4	67.3	70.5	67.4
降伏耐力	kNm	36.9	38.7	38.7	38.1
特定耐力	kNm	18.0	15.2	12.9	15.4
最大変形角	1/1000rad	60.6	60.8	64.6	62.0
降伏変形角	1/1000rad	16.6	18.7	19.0	18.1
初期剛性+	kNm/rad	2220	2070	2030	2110
初期剛性-	kNm/rad	1140	990	500	880
割線剛性+	kNm/rad	2660	2680	2930	2760
割線剛性-	kNm/rad	1650	1080	1720	1480
初期すべり+	1/1000rad	1.71	2.93	4.25	2.96
初期すべり-	1/1000rad	2.75	0.80	10.21	4.59

特定耐力：柱梁接合部の回転角が1/120rad時の耐力、最大変形角：最大耐力時の変形角、+：正加力時、-：負加力時。

表3 ベイマツ・スギ異樹種集成材の柱梁接合部のモーメント加力試験における強度特性

項目	単位	No.1	No.2	No.3	平均値
最大耐力	kNm	69.1	63.2	67.1	66.4
降伏耐力	kNm	41.2	38.5	39.3	39.6
特定耐力	kNm	12.2	18.3	13.4	14.6
最大変形角	1/1000rad	74.7	58.9	67.3	67.0
降伏変形角	1/1000rad	21.6	17.7	19.6	19.6
初期剛性+	kNm/rad	1900	2180	2000	2030
初期剛性-	kNm/rad	1140	470	1430	1010
割線剛性+	kNm/rad	2290	2400	2590	2430
割線剛性-	kNm/rad	1620	1670	1750	1680
初期すべり+	1/1000rad	2.56	0.76	3.20	2.17
初期すべり-	1/1000rad	2.35	9.74	1.46	4.52

特定耐力：柱梁接合部の回転角が1/120rad時の耐力、最大変形角：最大耐力時の変形角、+：正加力時、-：負加力時。

表4 カラマツ・スギ異樹種集成材の柱脚接合部のモーメント加力試験における強度特性

項目	単位	No.1	No.2	No.3	平均値
最大耐力	kNm	65.3	65.6	64.3	65.0
降伏耐力	kNm	36.6	37.1	47.4	40.4
特定耐力	kNm	39.8	38.1	44.4	40.8
最大変形角	1/1000rad	21.7	19.6	37.2	26.2
降伏変形角	1/1000rad	7.6	8.1	9.2	8.3
初期剛性+	kNm/rad	4790	4590	5180	4860
初期剛性-	kNm/rad	4390	4270	4300	4320
割線剛性+	kNm/rad	5150	4720	5660	5170
割線剛性-	kNm/rad	4370	3940	4280	4200
初期すべり+	1/1000rad	-0.07	0.00	-0.31	-0.12
初期すべり-	1/1000rad	-0.26	-0.38	-0.29	-0.31

特定耐力：柱脚接合部の回転角が1/120rad時の耐力、最大変形角：最大耐力時の変形角、+：正加力時、-：負加力時。

表5 ベイマツ・スギ異樹種集成材の柱脚接合部のモーメント加力試験における強度特性

項目	単位	No.1	No.2	No.3	平均値
最大耐力	kNm	70.0	62.1	57.6	63.2
降伏耐力	kNm	50.9	48.9	47.2	49.0
特定耐力	kNm	29.7	41.4	28.7	33.3
最大変形角	1/1000rad	32.5	33.6	19.4	28.5
降伏変形角	1/1000rad	14.6	10.4	14.2	13.1
初期剛性+	kNm/rad	3500	4700	3320	3840
初期剛性-	kNm/rad	4900	4540	3090	4180
割線剛性+	kNm/rad	3730	5220	3340	4100
割線剛性-	kNm/rad	4860	4470	3040	4120
初期すべり+	1/1000rad	0.44	-0.26	-0.06	0.04
初期すべり-	1/1000rad	-0.20	-0.14	-0.10	-0.15

特定耐力：柱脚接合部の回転角が1/120rad時の耐力、最大変形角：最大耐力時の変形角、+：正加力時、-：負加力時。

門型ラーメン架構では、スパンが変化しても耐力は変化しないが、耐力壁との比較を行うために短期許容せん断耐力を係数 (=1.96) およびスパン (=3.46m) で除して壁倍率相当値を求めた。門型ラーメン架構の壁倍率相当値は2.3倍となり、門型ラーメン架構は壁倍率2.0倍の二つ割り筋かい耐力壁および壁倍率2.5倍の合板張り耐力壁と同等の耐震性を有していた。

表8に門型ラーメン架構の解析結果を示す。反曲点高さ比 x 、柱梁接合部のモーメント M_b 、柱脚接合部のモーメント M_c 、層間変位 δ_h を下式³⁾ を用いて求めた。

$$x = \left(\frac{1}{K_b} + \frac{h}{2EI_c} + \frac{l}{6EI_b} \right) / \left(\frac{1}{K_c} + \frac{1}{K_b} + \frac{h}{EI_c} + \frac{l}{6EI_b} \right) \quad (1)$$

$$M_b = \frac{Ph(1-x)}{2} \quad (2)$$

$$M_c = \frac{Phx}{2} \quad (3)$$

$$\delta_h = \frac{Ph^3 \{ x^3 + (1-x)^3 \}}{6EI_c} + \frac{Ph^2 l (1-x)^2}{12EI_b} + \frac{Ph^2 x^2}{2K_c} + \frac{Ph^2 (1-x)^2}{2K_b} \quad (4)$$

ただし、 h :高さ、 l :スパン、 K_b :柱梁接合部の回転剛性、 K_c :柱脚接合部の回転剛性、 E :集成材の曲げヤング係数 (=13.8kN/mm² (カラマツ・スギ異樹種集成材)、=14.1kN/mm² (ベイマツ・スギ異樹種集成材))、 I_b :梁の集成材の断面2次モーメント、 I_c :柱の集成材の断面2次モーメント。

ここで、柱梁接合部および柱脚接合部の回転剛性は表2~5に示す正加力時と負加力時の値の平均値を用いて、反曲点高さ比は一定であると仮定した。また、柱梁接合部、柱脚接合部、柱の曲げおよび梁の曲げの変形成分は、それぞれ式 (4) の第4項、第3項、第1項および第2項より求めた。

図12に試験体3体の平均値を用いて求めた柱梁接合部および柱脚接合部のモーメント-回転角曲線と剛性-回転角曲線を示す。剛性は原点とそれぞれの回転角におけるモーメントを結ぶ直線の傾きとした。また、これらの剛性値から式 (1) を用いて門型ラーメン架構における反曲点高さ比を求めた。図には柱梁接合部および柱脚接合部の回転角が同一である場合の例を示した。

図13に門型ラーメン架構における柱梁接合部および柱脚接合部のモーメントと回転角との関係を示す。ここでは、図12における剛性と回転角との関係を基にして式 (1) を用いて反曲点高さ比を求め、次に式 (2) および式 (3) を用いて柱梁接合部および柱脚接合部のモーメントを求めた。門型ラーメン架構では左柱脚接合部の回転角が0.020~0.047radにおいて左柱脚接合部に破壊が発生するが、柱脚接合部のモーメントは59.1~

表6 カラマツ・スギ異樹種集成材の門型ラーメン架構の水平加力試験における強度特性

項目	単位	No.1	No.2	No.3	平均値
最大耐力	kN	84.3	89.2	91.4	88.3
降伏耐力	kN	56.0	57.9	63.5	59.1
終局耐力	kN	79.2	80.9	81.8	80.6
特定耐力	kN	16.1	14.8	16.9	15.9
最大変形角	1/1000rad	79.8	62.0	66.0	69.3
降伏変形角	1/1000rad	25.5	26.2	27.1	26.3
終局変形角	1/1000rad	95.0	82.8	84.7	87.5
降伏点変形角	1/1000rad	36.1	36.5	34.8	35.8
初期剛性	kN/rad	2190	2210	2350	2250
割線剛性	kN/rad	2310	2420	2550	2430
初期すべり	1/1000rad	1.04	1.89	1.46	1.46
塑性率		2.63	2.27	2.43	2.44
構造特性係数 D_s		0.48	0.53	0.51	0.51

特定耐力：見かけの変形角が1/120rad時の耐力、最大変形角：最大耐力時の変形角。

表7 カラマツ・スギ異樹種集成材の門型ラーメン架構の水平加力試験における短期基準せん断耐力

項目	単位	No.1	No.2	No.3	平均値	下限値
最大耐力	kN	56.2	59.5	61.0	58.9	57.7
降伏耐力	kN	56.0	57.9	63.5	59.1	57.3
終局耐力	kN	32.7	30.4	32.1	31.7	31.2
特定耐力	kN	16.1	14.8	16.9	15.9	15.4

最大耐力：最大荷重 × (2/3)、降伏耐力：表6と同じ、終局耐力：終局耐力 × (0.2/D_s)、特定耐力：見かけの変形角が1/120rad時の耐力。

表8 門型ラーメン架構の解析結果

項目	単位	カラマツ	ベイマツ	
反曲点高さ比		0.63	0.62	
最大モーメント	柱梁接合部	kNm	44.4	-
	柱脚接合部	kNm	76.1	-
剛性	初期剛性	kN/rad	2279	2614
	割線剛性	kN/rad	3003	2865
軸力	kN	25.7	-	
変形成分の比率	柱梁接合部	%	26.3	27.0
	柱脚接合部	%	34.9	37.0
	柱の曲げ	%	30.2	27.6
	梁の曲げ	%	8.6	8.4

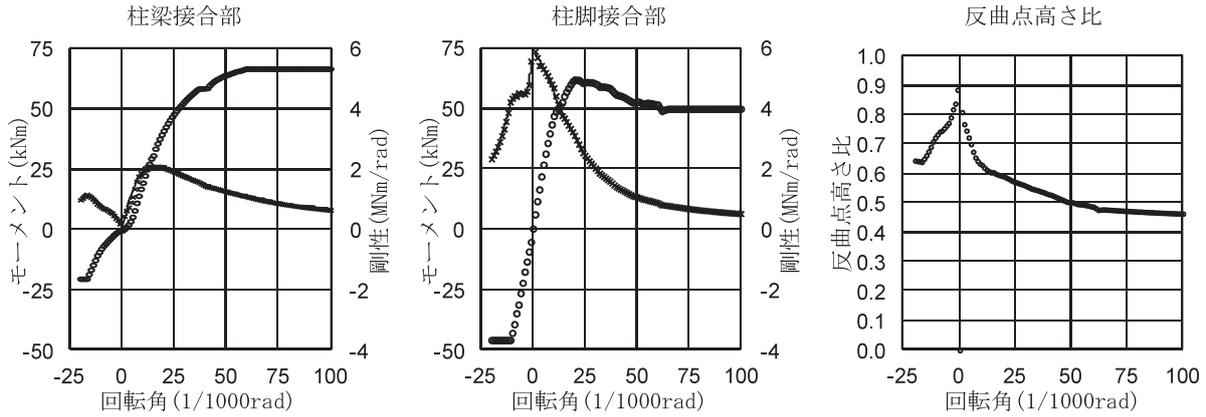


図12 柱梁接合部および柱脚接合部の強度特性と門型ラーメン架構における反曲点高さ比

○：モーメント、×：剛性

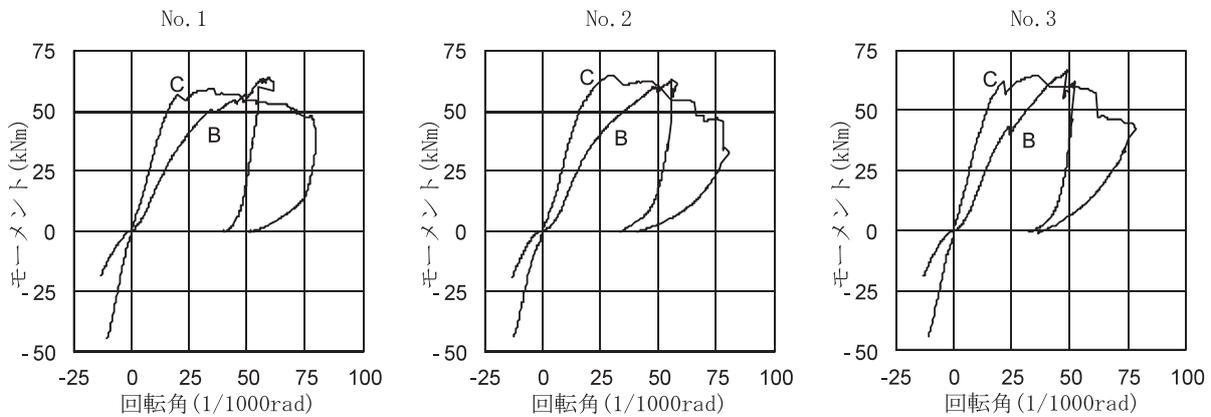


図13 門型ラーメン架構における柱梁接合部および柱脚接合部のモーメントー回転角曲線

— B：柱梁接合部の回転角、— C：柱脚接合部の回転角

65.1kNmであり、表4に示した最大耐力の65.0kNmにほぼ到達しているといえる。また、右梁接合部の回転角が0.044~0.059radにおいて右梁接合部上部に破壊が生じるが、柱梁接合部のモーメントは62.0~66.2kNmであり、表2に示した最大耐力の67.4kNmにほぼ到達しているといえる。

カラマツ・スギ異樹種集成材を用いたラーメン架構の初期剛性および割線剛性の計算値は実験値のそれぞれ1.01および1.24倍となり、両者はほぼ一致した。柱脚接合部の最大モーメントの計算値は実験値の0.91~1.00倍となりほぼ一致した。柱梁接合部の最大モーメントの計算値は実験値の0.92~0.98倍となりほぼ一致した。

以上より、門型ラーメン架構の耐力および変形状態は、柱梁接合部と柱脚接合部のそれぞれの接合性能を基にして予測可能であるといえる。

引用文献

- 1) 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”，東京，日本住宅・木材技術センター，2008，p.563-592.
- 2) 軽部正彦、原田真樹、林 知行：荷重変形曲線のモデル化とその問題点共有のための提案：特徴点抽出の自動化ツールについて，日本建築学会学術講演梗概集C-1構造Ⅲ，関東，2001，p.215-216.
- 3) 稲山正弘：“第72回生存圏シンポジウム報告書”，京大大学生存圏研究所，宇治，2007，pp.48-49.

(2012年2月29日受理)

