

スギ心去り平角材の接合性能に関する研究

福留重人*, 中原 亨*, 日高富男*

Study on Joint Performance of Sugi Flat Square Lumber without Pith

Shigeto FUKUDOME, Toru NAKAHARA and Tomio HIDAKA

スギ大径材から製材された心去り平角材の接合性能を把握するために、部位ごとの材質測定試験を行った。また、木造軸組工法建築物の接合に使用されている大入れ蟻掛け仕口による梁桁接合部の強度試験及び変形測定試験を実施した。その結果、部位ごとの材質特性、接合部加工面と強度性能の関係、平角材の変形が強度性能に及ぼす影響等、スギ心去り平角材を木造建築物の構造部材に使用するための諸データが得られ、心去り平角材の構造部材としての可能性が示唆された。

Keyword : スギ, 心去り材, 梁桁接合部, 強度性能

1. 緒言

鹿児島県内に植林されたスギは大径材の割合が増加しており、歩留まり向上を図るために、丸太の髓（以下、樹心）をはずして製材を行う平角材（以下、心去り平角材）の利用が関連業界において検討されている。これまで諸機関において心去り平角材の加工、乾燥及び強度に関する研究が進められている^{1) 2)}が、心去り平角材は断面における年輪配置が非対称であることから、構造部材として一般的に使用されている心持ち平角材に比べて建築竣工後の変形が懸念されている。また、樹心側の未成熟部に接合部加工を行うため、強度性能への影響が考えられる。そこで、心去り平角材の部位ごとの材質試験や梁桁接合部の強度試験及び変形測定試験を行い、心去り平角材を木造建築物に使用するための検証を行った。

2. 試験方法

2. 1 部位ごとの材質測定試験

供試材としては末口直径30cm以上の鹿児島県産スギ丸太から樹心をはずして製材した心去り平角材（短辺135mm、長辺200mm、長さ3m）を蒸煮処理及び高温低湿処理してから中温で乾燥させた後、モルダーにより短辺120mm、長辺180mmの断面寸法に加工した。乾燥後における平角材の材質は27本の平均値で、曲げヤング係数 5.85kN/mm^2 、曲げ強さ 33.3N/mm^2 、含水率16.4%であった。

心去り平角材の部位ごとの材質を把握するために、図1に示す方法で平角材を分割して試験体を作製し、収縮試験及び強度試験を行った。材質測定試験用として平角材を8本用いて、1本の平角材から各試験体を1体ずつ加工した。

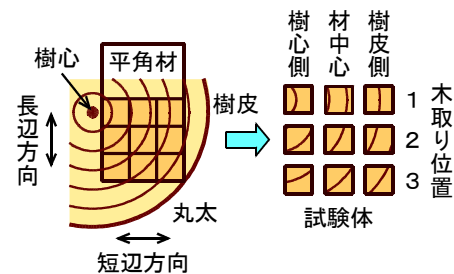


図1 材質測定試験体の木取り位置（断面）

2. 2 梁桁接合部の強度試験

試験体における梁と桁の接合は、木造軸組工法建築物における横架材の接合で一般的に使用される大入れ蟻掛け仕口とした。接合部の加工には専用の仕口加工機を用いた。梁桁接合部の加工条件を図2に示す。平角材の片方の長辺側に接合部の加工を行い、加工する面を樹心側と樹皮側の2条件とした。樹心が断面の中心になるように製材された心持ち平角材では接合部加工面が樹皮側になるため、加工

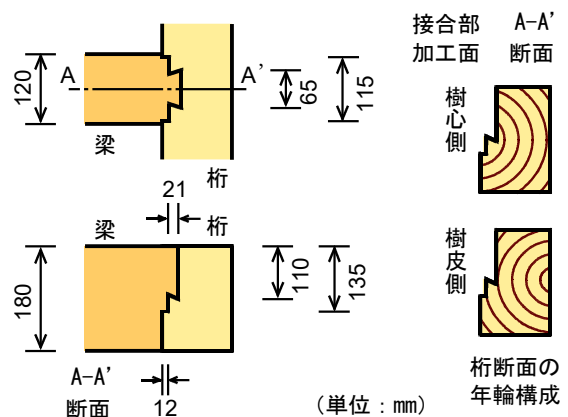


図2 梁桁接合部（大入れ蟻掛け仕口）の加工条件

*地域資源部

面の違いにより両平角材の性能比較を試みた。梁桁接合部の引張試験は図3に示すようなT型試験体を、せん断試験は図4に示すようなH型試験体をそれぞれ用いて、治具により所定の場所を支持し、矢印の方向に加力して荷重及び梁と桁の相対変位を測定した³⁾。強度試験は最大荷重に達した後、最大荷重の80%以下に荷重が低下するまで、または相対変位が30mm以上になるまで行った。試験体数は各条件ごとに6体とした。平角材の変形が強度性能に及ぼす影響を検討するために、試験体作製後に各条件3体を、作製してから1年以上経過後に、残りの試験体についてそれぞれ強度試験を行った。せん断試験体については、長期的な荷重条件下における梁桁接合部の挙動を確認するために、各条件の1体を室内に設置して、梁上部に約350kgの錘を2016年3月から2017年6月まで積載し、約10日ごとに梁と桁の相対変位を測定した。また、試験体設置場所における温度及び湿度を1時間間隔で測定した。

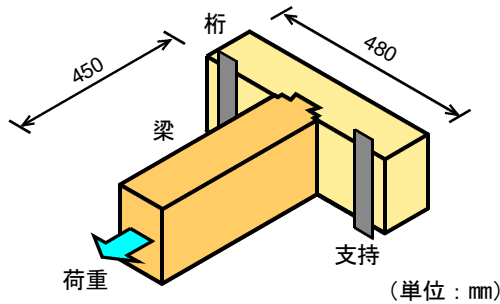


図3 梁桁接合試験体及び試験方法（引張）

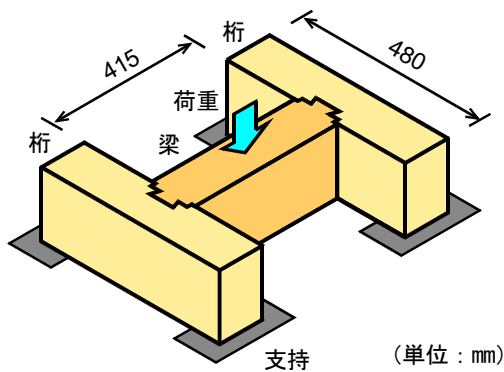


図4 梁桁接合試験体及び試験方法（せん断）

2. 3 梁桁接合部の変形測定試験

図5に示す方法で、強度試験前の梁桁接合試験体の反り（幅方向）及び曲がり（長さ方向）を変位計で測定した。測定箇所は接合加工を行っていない長辺側の中央部とし、測定間隔を150mmとした。

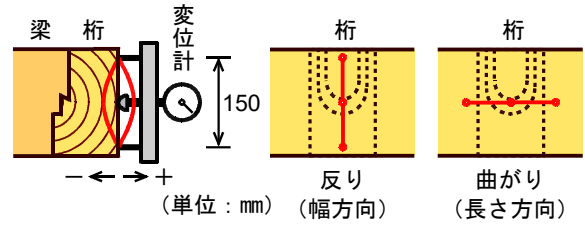


図5 梁桁接合部の変形測定方法

3. 試験結果

3. 1 部位ごとの材質分佈

表1に部位ごとの材質測定結果を示す。ここで、年輪傾斜角は平角材の長辺方向と年輪とのなす角である。また、表2に部位ごとの収縮試験結果、図6及び表3に強度試験結果をそれぞれ示す。密度は、樹心側、材中央、樹皮側の各グループの平均値に有意差が認められなかった。また、平均収縮率は部位や辺の方向によって平均値や傾向が異なる

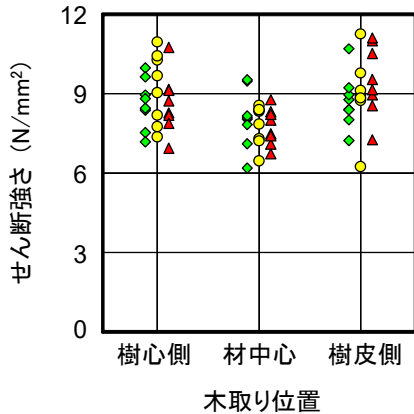
表1 部位ごとの材質測定結果（平均値）

試験体	木取り位置	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	年輪傾斜角 (rad)
1	樹心側	0.376	9.3	0.194
	材中心	0.363	10.9	0.132
	樹皮側	0.355	10.1	0.127
2	樹心側	0.377	9.7	0.636
	材中心	0.352	11.5	0.419
	樹皮側	0.359	9.8	0.354
3	樹心側	0.368	9.4	0.527
	材中心	0.354	10.7	0.630
	樹皮側	0.389	9.3	0.512

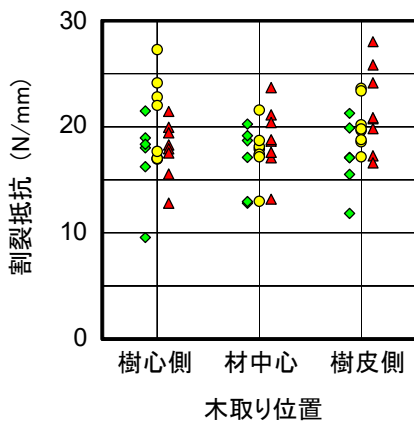
表2 部位ごとの収縮試験結果（平均値）

試験体	木取り位置	含水率1%に対する平均収縮率 (%)	
		長辺方向	短辺方向
1	樹心側	0.195	0.120
	材中心	0.231	0.110
	樹皮側	0.217	0.107
2	樹心側	0.151	0.222
	材中心	0.212	0.146
	樹皮側	0.198	0.127
3	樹心側	0.132	0.232
	材中心	0.178	0.171
	樹皮側	0.152	0.180

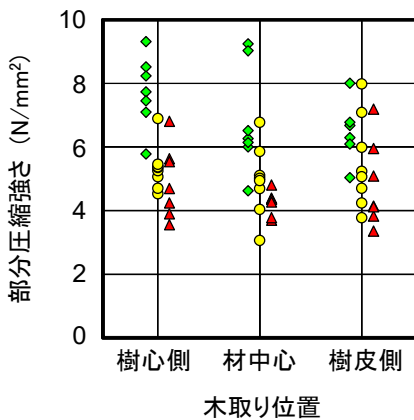
るため含水率変動に伴う変形には配慮が必要と思われる。年輪傾斜角が大きくなると平均収縮率が低くなる傾向が見られた。同様に、年輪傾斜角が大きくなると部分圧縮強さが低くなる傾向が見られた。樹心側、材中央、樹皮側の各グループ間で検定を行った結果、せん断強さ、割裂抵抗ならびに部分圧縮強さは、木取り位置ごとの平均値に有意差は認められなかった。



(1) せん断試験結果



(2) 割裂試験結果



(3) 部分圧縮試験結果

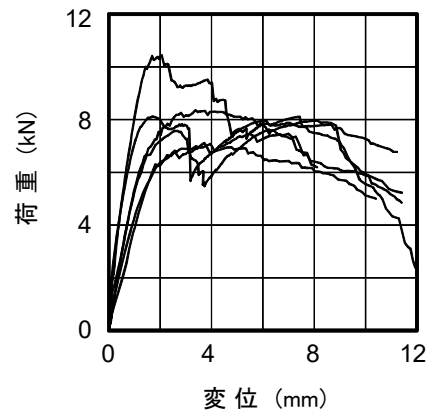
図6 部位ごとの強度試験結果
(木取り位置：◆ 1 ● 2 ▲ 3)

表3 部位ごとの強度試験結果 (平均値)

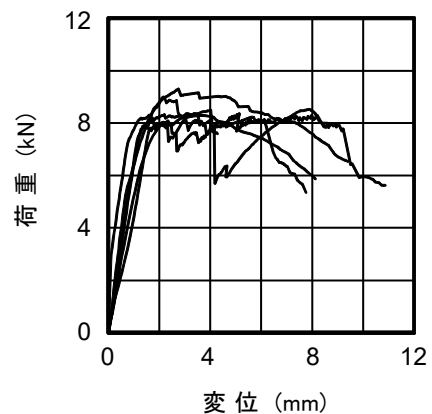
試験体	木取り位置	せん断強さ (N/mm ²)	割裂抵抗 (N/mm)	部分圧縮強さ (N/mm ²)
1	樹心側	8.61	17.16	7.57
	材中心	8.04	16.68	6.83
	樹皮側	8.70	17.51	7.45
2	樹心側	9.21	20.60	5.33
	材中心	7.81	17.64	4.93
	樹皮側	8.97	20.13	5.51
3	樹心側	8.63	17.85	5.00
	材中心	7.75	18.80	4.23
	樹皮側	9.50	21.65	4.97

3.2 梁桁接合部の強度性能

梁桁接合部の強度試験における荷重と相対変位の関係について、引張試験を図7に、せん断試験を図8にそれぞれ示す。荷重と相対変位の関係は試験体ごとにバラツキがあるものの、全体的な傾向としては接合部加工面の樹心側と樹皮側で類似した挙動を示した。

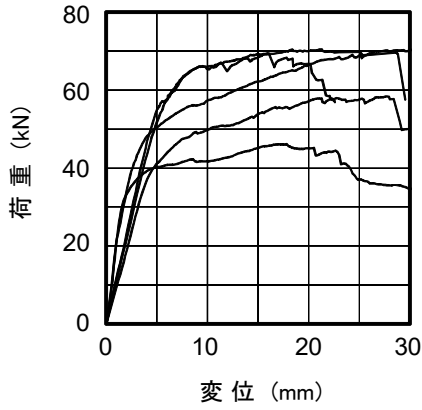


(1) 接合部加工面：樹心側

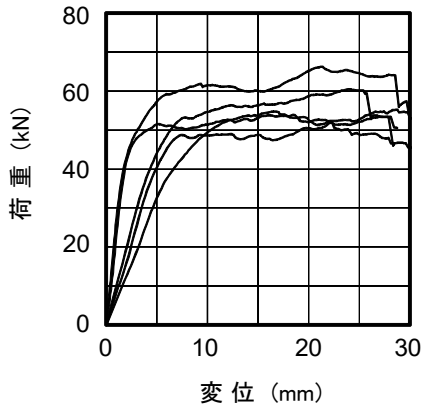


(2) 接合部加工面：樹皮側

図7 接合部の引張試験における荷重－変位関係



(1) 接合部加工面：樹心側



(2) 接合部加工面：樹皮側

図8 接合部のせん断試験における荷重-変位関係

破壊性状としては、引張試験では接合部で割裂が生じ、せん断試験では接合部でめり込み及び割裂が生じたが、加工面の違いによる顕著な差は見られなかった。梁桁接合部の強度試験結果について、引張試験を表4に、せん断試験を表5にそれぞれ示す。接合部加工面の樹心側と樹皮側で最大荷重の平均値に有意差は認められなかった。

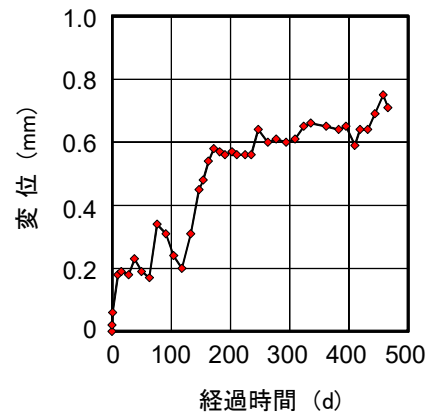
表4 梁桁接合部強度試験結果（引張）

接合部加工面		降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)
樹心側	平均値	4.92	8.24
	標準偏差	0.72	1.17
	最大値	5.71	10.44
	最小値	4.00	7.08
樹皮側	平均値	5.05	8.63
	標準偏差	0.92	0.45
	最大値	6.52	9.30
	最小値	4.01	8.20

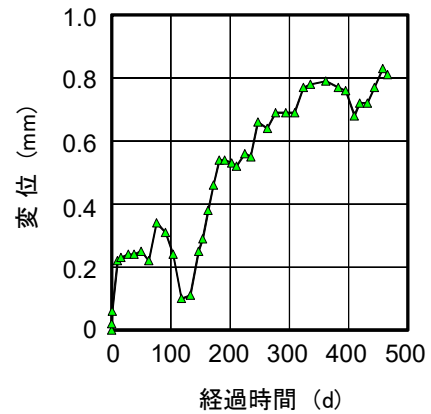
表5 梁桁接合部強度試験結果（せん断）

接合部加工面		降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)
樹心側	平均値	42.7	63.0
	標準偏差	7.4	10.7
	最大値	50.6	70.7
	最小値	31.7	46.3
樹皮側	平均値	39.0	57.8
	標準偏差	2.1	5.6
	最大値	41.4	66.4
	最小値	36.7	53.4

次に、梁桁接合部のH型試験体を用いた長期載荷試験における梁と桁の相対変位の推移を図9に、試験体設置室内の温度及び湿度の推移を図10にそれぞれ示す。長期載荷試験における梁と桁の相対変位は接合部加工位置による差が少なく、湿度の低い期間に変位が増加し、高い期間に変位が減少する一般的な傾向が見られた。

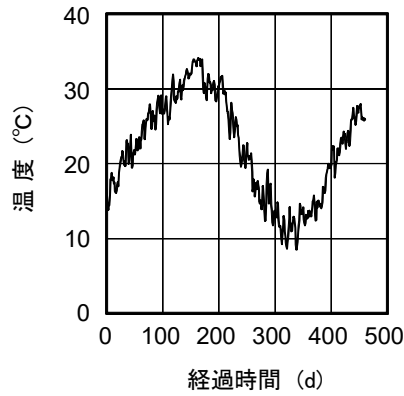


(1) 接合部加工面：樹心側

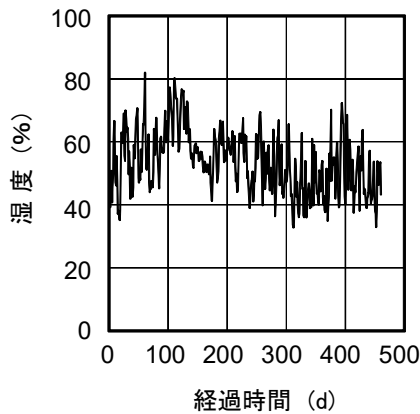


(2) 接合部加工面：樹皮側

図9 長期載荷試験における梁桁相対変位の推移



(1) 温度



(2) 湿度

図10 試験体設置室内における温度及び湿度の推移

3. 3 梁桁接合部の変形

梁桁接合部の変形測定結果について梁を表6に、桁を表7にそれぞれ示す。ここで、変形率は測定間隔150mmに対する変形量の割合とした。また、凸方向を正、凹方向を負とし、平均値及び標準偏差は各測定値の絶対値から算出した。曲がり変形率の絶対値は、すべての試験体が製材の日本農林規格（甲種構造材，甲種Ⅱ，1級）の0.2%以下であった。反り変形率については構造材としての基準はないが、梁ではすべての試験体が同規格2級基準値の0.5%以下であった。一方、桁では最大1.607%の試験体が見られた。桁の場合は片方の長辺側の中央部に接合部加工を行っている関係で反りが発生しやすいと考えられるが、今回の試験体は桁の材長が480mmと短く、両端部の拘束もないことから変形が大きくなったと思われる。強度試験における最大荷重と反り変形率の関係は、引張試験及びせん断試験の両者とも相関が認められなかった。

表6 梁桁接合部の変形測定結果（梁）

接合部加工面		反り変形率 (%)	曲がり変形率 (%)
樹心側	平均値	0.089	0.023
	標準偏差	0.079	0.012
	最大値	0.207	0.027
	最小値	-0.027	-0.033
樹皮側	平均値	0.027	0.031
	標準偏差	0.024	0.022
	最大値	0.067	0.060
	最小値	-0.007	-0.047

表7 梁桁接合部の変形測定結果（桁）

接合部加工面		反り変形率 (%)	曲がり変形率 (%)
樹心側	平均値	0.213	0.037
	標準偏差	0.266	0.035
	最大値	0.147	0.033
	最小値	-0.713	-0.107
樹皮側	平均値	0.418	0.050
	標準偏差	0.562	0.059
	最大値	1.607	0.167
	最小値	-0.027	-0.087

4. 結 言

心去り平角材の部位ごとの材質測定試験、大入れ蟻掛け仕口による梁桁接合部の強度試験及び変形測定試験を実施した結果、スギ心去り平角材を木造建築物の構造部材に使用するための諸データを得ることができた。また、接合部加工面は樹心側と樹皮側で強度性能が同等であることや変形の強度性能への影響が少ないことから、心去り平角材の構造部材としての可能性が示唆された。

参 考 文 献

- 1) 松村ゆかり，伊神裕司，村田光司，松村順司：木材学会誌，**59**(3)，138-145(2013)
- 2) 椎葉淳，荒武志朗，松元明弘，森田秀樹：日本森林学会誌，**97**(4)，203-207(2015)
- 3) (公財)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” (2008)p. 579-587