

太径ケヤキ丸柱の金輪継手性能

正会員 ○軽部正彦*1
正会員 岡部 実*2
正会員 立石 一*3

継手接合部 太径材 ケヤキ
金輪継手 曲げ試験 せん断試験

1.はじめに

建築物にとって構造体を構成する部材の劣化は、安全性維持に直接関係する大きな関心事である。木質構造では、如何に劣化を忌避するか腐心するだけではなく、劣化した部位を切り取り、継ぎ接ぎ交換して良好な状態に維持することが古くから行われている。中でも柱脚部は劣化しやすい部分として、柱の下部を新材に置換し、金輪継手などによって根継が行われた事例も数多くある。

日光山輪王寺の総本堂 三仏堂は、正保 2 年(1645)に三代将軍 徳川家光公によって建てられた建物であるが、現在、約 50 年ぶりの大修理が平成 19 から 30 年度の予定で行われている。直径 666 mm、丹塗りの太径ケヤキ丸柱を多数使った建物は、一部の柱が虫害などにより傷んでいるため、金輪継手を使って根継による部分補修を行い、更に必要に応じて補強を施すべく検討を進めている。

本研究では、この根継部分に相当する継手試験体を調製し、その補強試験体、継手無し試験体を合せて破壊試験することにより、その強度と破壊状況を確認した。

2.実験概要

試験体は、実際の柱と同様に円柱形状のケヤキ材を用い、準備と試験機容量の都合から縮尺 1/2 (直径 $D = 333$ mm) と 1/3 (直径 $D = 240$ mm : 正確には 1/2.78) の縮小試験体で、1 条件 1 体の繰返しとした。また継手部の長さは、改修予定部位の納まり寸法を考慮し、直径の 1.3 倍に設定した。なお継手中央の埋栓にはカシを用い、その寸法は D333 では 30.3 mm、D240 では 21.8 mm とした。金輪継手の形状と各部の寸法を図 1 に示す。

試験方法は、曲げ試験およびせん断試験とし、片振りの部分繰返し加力ののち、単調加力で破壊に至らしめた。曲げ試験は、D333 ではスパン 6000 mm (全長 6600 mm)、D240 では 4500 mm (全長 5000 mm) の三等分点二線荷重とした。せん断試験は D240 でのみ行い、三等分点の逆対称型加力とし、中央せん断区間を 800 mm (全長 3000 mm) に設定した。

補強試験体には、継手接合部分の全てを覆う全周巻を基本に、包帯補強¹⁾ (SRF 工法 : SRF T-F + SRF 20) を施した。D333 では、実際の柱での納まりを考えて、周方向 2 分割と 4 分割、継手部両端のみ全周巻で覆う鉢巻き状の 3 タイプについて追加検討した。

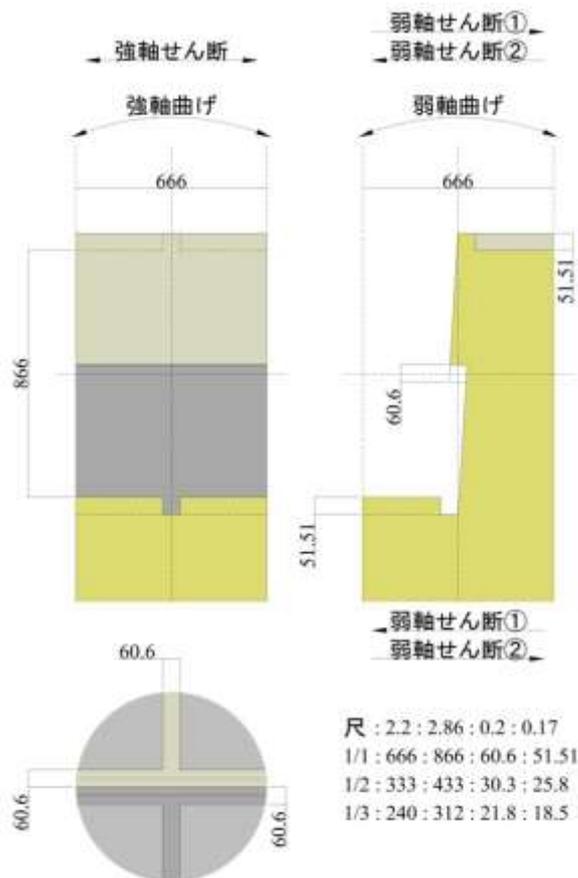


図 1 金輪継手形状と各部の寸法(mm)

また、付随する実験として、実大いす型せん断試験、部分圧縮試験も別途実施した。

3.結果

主な結果を、表 1 と表 2 に示す。

実験のほとんどは森林総合研究所内で行ったが、D333 の継手無し試験体については、曲げ試験機の荷重容量 (200kN) を超えたため、栃木県林業技術センターの試験機 (容量 500kN) を借用して破壊に至らしめた。金輪継手試験体の弱軸曲げでは、1/15rad を超えても耐力低下が見られないため、終局変位 D_u を 1/15(rad) とした。なお D333 では 1/15 は 66.7mm、D240 では 1/15 は 50.0mm となる。曲げ試験の弱軸(全周補強)の D240 試験体は、30mm まで弾性変形しているため、試験方法で規定した M_y 、 M_u の算

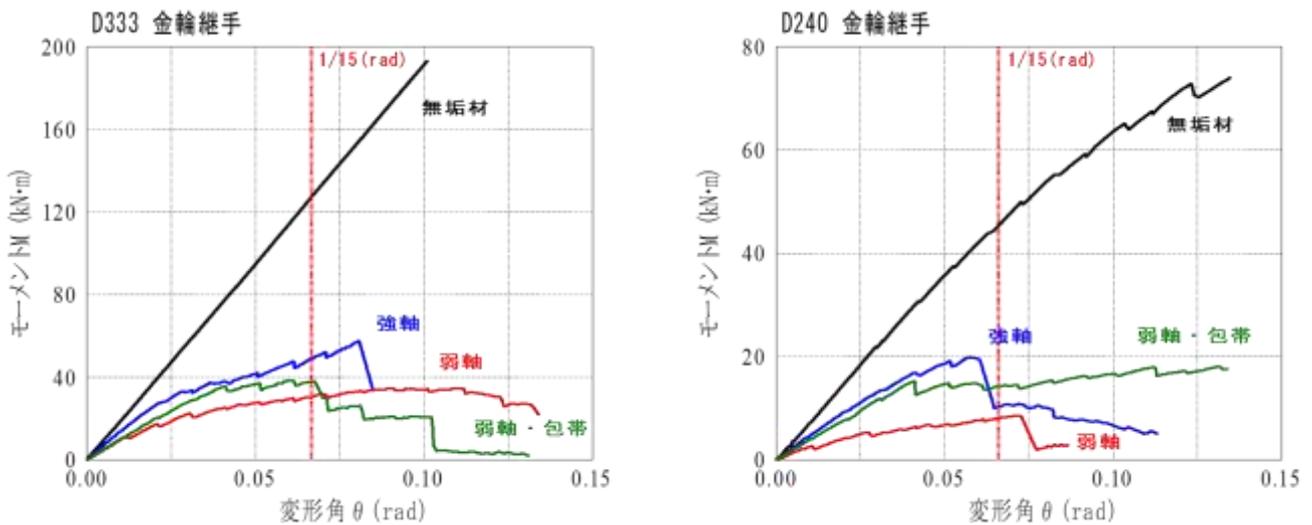
表 1 継手無し試験体の曲げ試験結果

記号	加力方法	曲げ スパン L(mm)	剛性 $\Delta P/\Delta \delta$ (kN/mm)	ヤング率 (kN/mm ²)	最大荷重 (kN)	曲げ強さ (N/mm ²)	破壊状況
D333	三等分点二線荷重	6000	1.72	11	194 以上	53.5 以上	破壊せず
	中央集中荷重	6000	1.41	10.5	198 以上	82.2 以上	破壊せず
	三等分点二線荷重 ^{注)}	6000	1.69	10.7	311	85.7	引張側繊維破断後 圧縮側繊維座屈
D240	三等分点二線荷重	4500	1.16	14	117	65	引張側繊維破断

表 2 金輪継手の試験結果

曲げ	強軸		弱軸		弱軸 (全周補強)		せん断	強軸	弱軸②	弱軸② (全周補強)
	D333	D240	D333	D240	D333	D240*		D240		
My (kN・m)	29.61	11.64	19.66	5.28	22.11	7.59	Py (kN)	89	----	79.2
Dy (mm)	24.71	19.69	26.2	20.11	23.49	14.97	Dy (mm)	6.8	----	6.4
K (kN・m/cm)	11.99	5.91	7.51	2.63	9.41	5.07	K (kN/cm)	130	----	124
Mu (kN・m)	42.17	18.07	27.54	6.74	36.12	14.22	Pu (kN)	121.9	----	122.2
Du (mm)	66.7	46.54	66.66	50	66.7	50.9	Du (mm)	16.9	----	16.8
μ	1.9	1.52	1.8	1.95	1.76	1.81	μ	1.8	----	1.71
$1/\sqrt{2\mu-1}$	0.597	0.7	0.62	0.59	0.629	0.617	$1/\sqrt{2\mu-1}$	0.62	----	0.64
$0.2Mu/\sqrt{2\mu-1}$ (kN・m)	14.13	5.16	8.87	2.3	11.48	4.61	$0.2Pu/\sqrt{2\mu-1}$ (kN)	39.4	----	38
$2/3 M_{max}$ (kN・m)	34.68	13.24	20.24	5.67	25.61	10.11	$2/3 P_{max}$ (kN)	97	80.4	87.3
M_{max} (kN・m)	52.02	19.86	30.36	8.5	38.41	15.17	P_{max} (kN)	145.6	120.6	131
M1/300 (kN・m)	5	1.5	3.16	0.87	3.74	1.33	P1/300 (kN)	29.6	23.3	27.9
M1/200 (kN・m)	7.25	2.45	4.9	1.44	5.24	2.04	P1/200 (kN)	50.4	42.3	47.9
M1/150 (kN・m)	9.35	3.12	6.4	1.77	6.73	2.57	P1/150 (kN)	70.8	63.2	65.2
M1/120 (kN・m)	11.58	4.06	8.11	2.08	8.47	3.28	P1/120 (kN)	86.1	81.1	81
M1/60 (kN・m)	22.24	7.67	13.91	3.38	16.63	6.41	P1/60 (kN)	125.2	----	125.1

図 2 金輪継手曲げ試験結果のモーメント - 変形角関係



出ができず、 $My=1/2P_{max}$ と定義して算出した参考値としている。せん断試験の弱軸②は、10mm 付近まで弾性変形して破壊したため My 、 Mu の算出ができなかった。

3.まとめ

ケヤキ材を使った金輪継手は、スギ等に比べてせん断破壊し難く、継手長さが短くても十分な強度を発揮できた。また今回用いた補強方法では、適切な貼り付けを行

うことで継手性能を向上させる効果があった。

本研究は、(独)森林総合研究所、(財)ベターリビング、(株)立石構造設計の 3 者による共同研究「太径丸柱金輪継手の強度調査及び補強に関する研究」の一部として行われたものである。

【参考】1) 包帯補強(SRF 工法)による崩落防止 設計・施工指針と解説：構造物品質保証研究所(株), 2009/11

*1 (独)森林総合研究所 チーム長・博士(工学)

*2 (財)ベターリビング つくば建築試験研究センター・農修

*3 (株)立石構造設計 代表取締役・工修

*1 Team Leader, Dept. of Wood Engineering, FFPRI, Dr. Eng.

*2 Center of Better Living, Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, M. Agri.

*3 Tateishi Kozo-Sekkei Inc., M. Eng.