

慈眼寺本堂における柱継手（金輪継）補強の性能試験

- 種別：材料試験 [木材・煉瓦・鉄・コンクリート・その他]、重量測定、
要素試験 [接合部・軸組・壁・水平構面（床・天井・小屋組・屋根）・非構造部材・その他]、
補強性能試験（接合部）・軸組・壁・水平構面（床・天井・小屋組・屋根）・非構造部材・その他]

●基本情報

文化財名称：慈眼寺本堂
文化財種別（指定年月日）：重要文化財（昭和61年1月22日）
所在地：山梨県笛吹市
所有者（管理団体）：宗教法人慈眼寺
構造形式：桁行16.3m、梁間11.9m、一重、入母屋造、鉄板葺
建築年：江戸前期（元和8年～慶安3年（1622～1650））
事業名称：重要文化財慈眼寺本堂ほか二棟保存修理
事業期間：平成21年11月2日～平成25年10月31日
工事種別：半解体修理
事業者：宗教法人慈眼寺
設計監理：公益財団法人文化財建造物保存技術協会
実験計画者：有限会社安芸構造計画事務所 古川 洋 石 大樹
実験機関：職業能力開発総合大学校
実験年月日：平成23年1月14日
引用・参考文献：『重要文化財慈眼寺本堂・鐘楼門保存修理工事報告書』（宗教法人慈眼寺
平成26年1月）

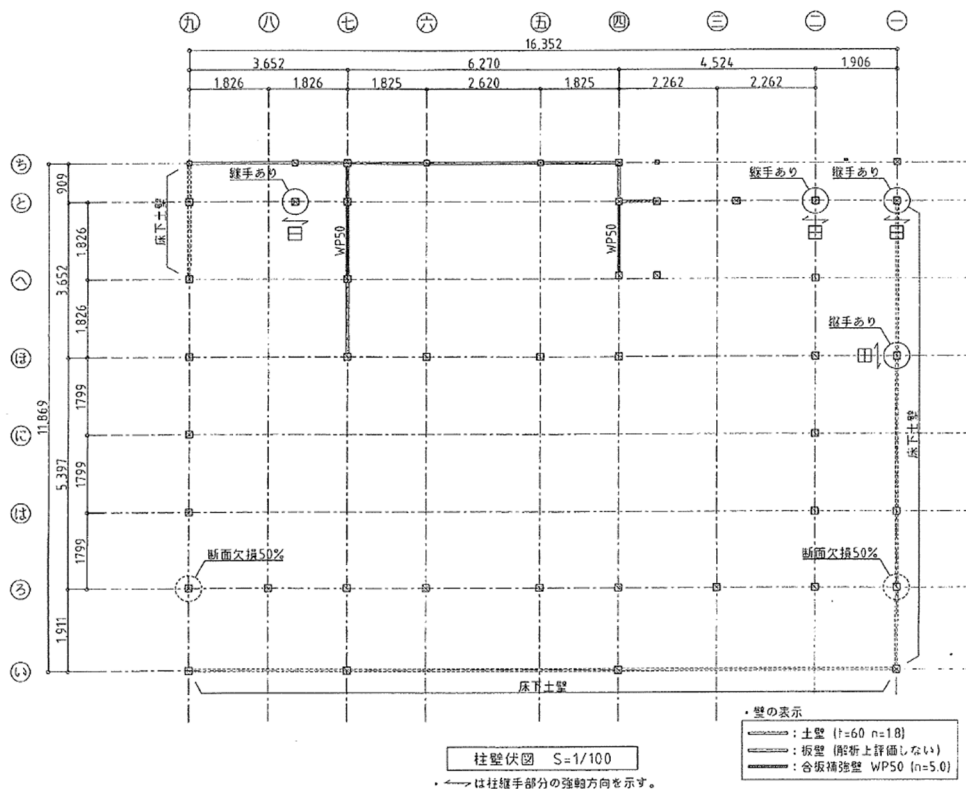
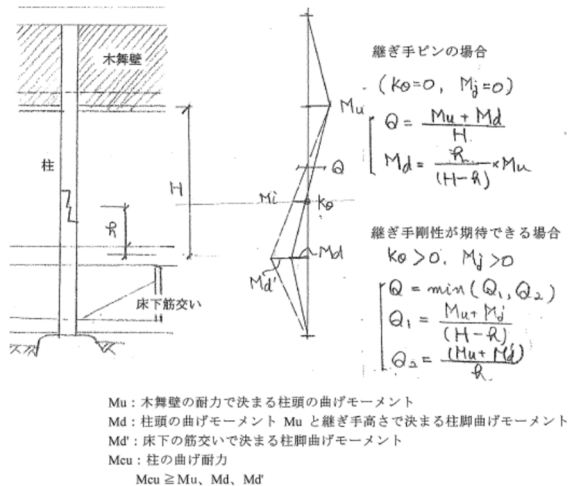
●実験に至る経緯と目的

慈眼寺本堂の半解体修理における耐震補強の方針は、柱頭の垂壁と床下に設けた筋交いで既存柱の水平力の負担性能を向上させることであるが、壁がほとんどなく、柱が全水平力を負担するため、柱の継手による水平力の負担性能の低下は極力避ける必要がある。しかし修理の中で、4本の柱に1階床上約1mの位置で継手（金輪継）が発生することとなった。

柱継手部分にある程度の回転剛性と曲げ耐力が認められれば、柱の負担せん断力の増加が見込めることになる。そこで、金輪継を持つ柱の曲げ性能を確認し、継手の補強方法を検討するための模型実験を実施した。



接合部分の劣化（二、と）：根継ぎ処理



本堂柱継手位置

● 姿図・寸法

【使用材料】

スギ（建物はヒノキ、ツガ）

【試験体寸法】

柱は 165×165×2730（うち継手部 700）、以下の 4 種類の試験体を作成した。

・ 金輪継：

補強なしの金輪継のみの試験体

強軸方向 2 体（KJ-X1, X2）、弱軸方向 2 体（KJ-Y1, Y2）

・ 金輪継＋木栓：

継手部に 2 本の木栓を追加

強軸方向 2 体（KJW-X1, X2）、弱軸方向 2 体（KJW-Y1, Y2）

・ 金輪継＋鋼製バンド：

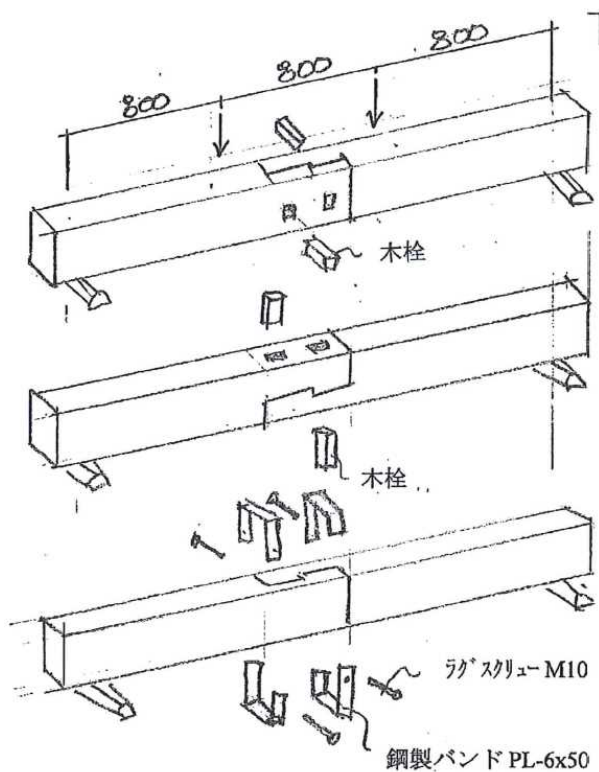
継手部左右二カ所に廻した鋼板（PL-6×80）をラグスクリュー（M10）で留め付け

強軸方向 1 体（KJS-X1）、弱軸方向 1 体（KJS-Y1）

・ 金輪継＋木栓＋鋼製バンド：

継手部に 2 本の木栓を追加、左右二カ所に廻した鋼板（PL-6×80）をラグスクリュー（M10）で留め付け

強軸方向 1 体（KJWS-X1）、弱軸方向 1 体（KJWS-Y1）



●概要

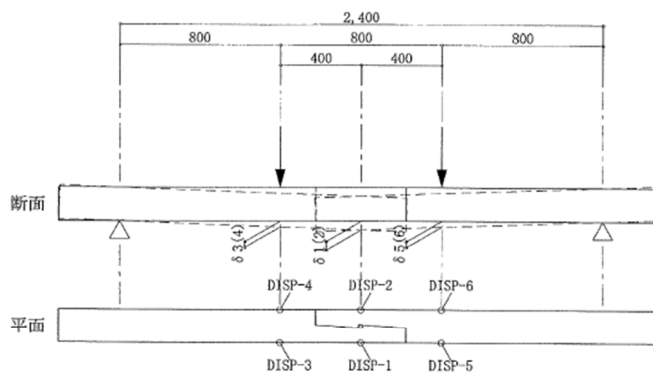
実物と同じ継手を施した試験体を作成し、曲げ荷重を作用させ、継手による剛性低下・耐力低下を確認した。

●実験方法

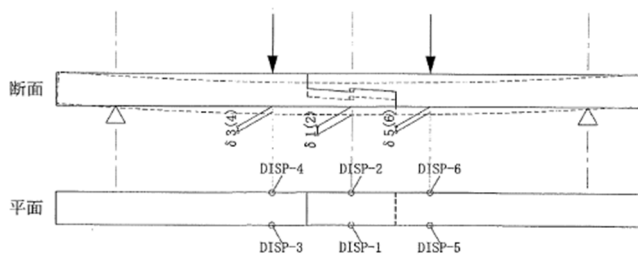
圧縮試験機を用いて、横に寝かせた柱の三等分集中荷重の曲げに対し、中央部および加力点の鉛直変位を測定した。その結果から荷重—変形曲線を作成した。加力方向は継手の強軸、弱軸の二方向で行い、加力方法は単調増加荷重とした。



(強軸方向加力)



(弱軸方向加力)



試験体の加力位置及び変位測定位置

●特性値 表に示す通り。

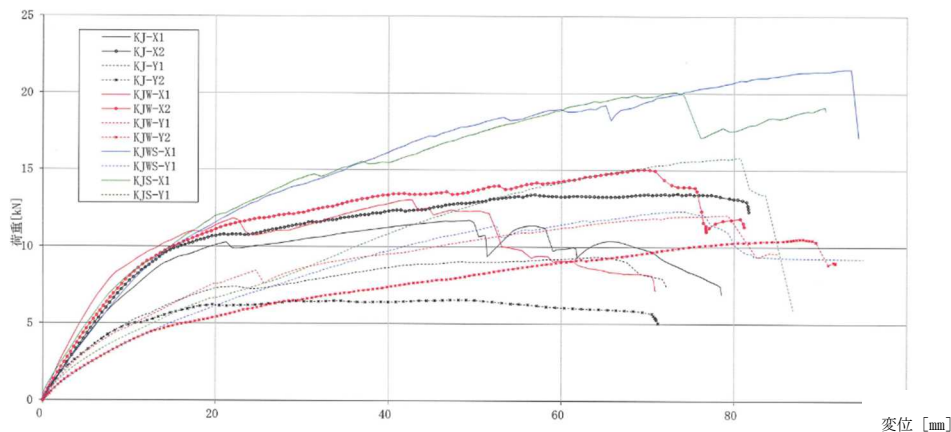
たわみ剛性の比較

試験体	初期剛性(P0.4-P0.1)			復元力特性の剛性				比較
	Kvo kN/cm	avKvo kN/cm	α_o	Pu kN	δv cm	Eu= Pu/ δv kN/cm		
KJ-X1	7.82			10.82	1.614	6.70		
KJ-X2	8.08	7.95	1.00	12.52	1.765	7.09	6.90	1.00
KJ-Y1	5.43			8.58	1.915	4.48		
KJ-Y2	6.53	5.98	0.75	6.17	1.043	5.92	5.20	0.75
KJW-X1	11.15			11.86	1.328	8.93		
KJW-X2	8.27	9.71	1.22	13.50	1.930	6.99	7.96	1.15
KJW-Y1	4.20			10.63	2.723	3.90		
KJW-Y2	3.29	3.75	0.47	8.87	3.089	2.87	3.39	0.49
KJS-X1	6.80	6.80	0.87	17.58	2.718	6.47	6.47	0.94
KJS-Y1	3.08	3.08	0.39	14.23	4.818	2.95	2.95	0.43
KJWS-X1	7.42	7.42	0.93	18.95	3.380	5.60	5.60	0.81
KJWS-Y1	3.04	3.04	0.38	11.28	3.878	2.91	2.91	0.42

曲げ降伏、曲げ強度の比較

試験体	曲げ降伏 : Py				曲げ強度 : Pu				比較
	Py kN	avPy kN	β_o	γ_o	Pu kN	avPu kN	β_u	γ_u	
KJ-X1	8.04				10.82				
KJ-X2	8.96	8.50	1.00		12.52	11.67	1.00	1.37	
KJ-Y1	5.79				8.58				
KJ-Y2	3.80	4.80	0.56	1.00	6.17	7.38	0.63	1.00	
KJW-X1	8.84				11.86				
KJW-X2	9.59	9.22	1.08		13.50	12.68	1.09	1.38	
KJW-Y1	7.29				10.63				
KJW-Y2	5.20	6.25	0.74	1.30	8.87	9.75	0.85	1.32	
KJS-X1	10.79	10.79	1.27		17.58	17.58	1.51	1.63	
KJS-Y1	7.68	7.68	0.90	1.60	14.23	14.23	1.22	1.93	
KJWS-X1	12.01	12.01	1.41		18.95	18.95	1.62	1.58	
KJWS-Y1	6.91	6.91	0.81	1.44	11.28	11.28	0.97	1.53	

●荷重変形 図に示す通り。



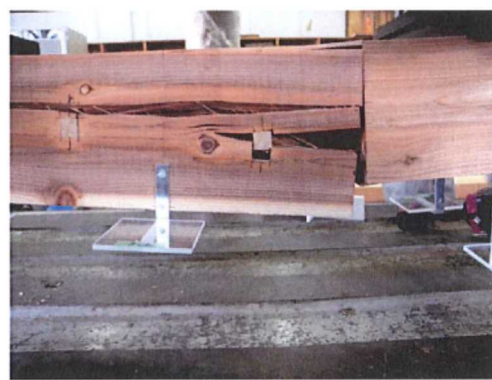
荷重変形関係の比較 (载荷荷重合計—中央変位)

●破壊形状

補強なしの金輪継のみの試験体は、下端が開き頂部の接触部分で割裂破断が発生した。木栓で補強した試験体は、弱軸方向で木栓が割裂を助長した。鋼製バンドで補強した試験体は、変形が抑制され、割裂の開きが小さくなった。木栓と鋼製バンドを併用した試験体は、継手の根元で曲げ破断した。



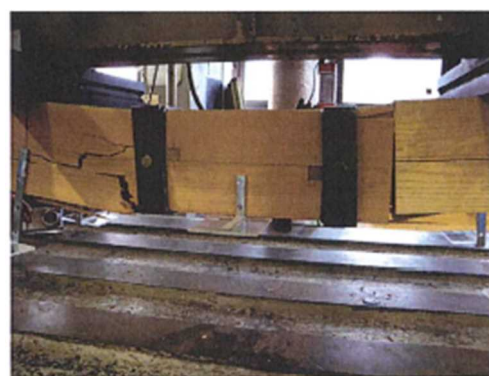
金輪継 (KJ-X2)



金輪継+木栓 (KJW-X1)



金輪継+鋼製バンド (KJS-X1)



金輪継+木栓+鋼製バンド (KJWS-X1)

●理論式

—

●モデル化

実験結果をふまえ、本堂の金輪継手を行う柱については、強軸方向の曲げ耐力は $1/4$ に、弱軸の曲げ耐力は $1/6$ に低減した耐力を採用し、剛性は一律 $1/5$ に低減した値を採用。

●考察

金輪継手の曲げ耐力は、継手がない柱材の断面性能と比べると、強軸で約 $1/4$ に低下、弱軸では $1/6 \sim 1/7$ に低下するが、鋼板バンド補強を行うことで、強軸で $1/2.5$ 程度まで、弱軸で $1/3$ 近くまで向上することがわかった。

柱としての曲げ補剛については、二点集中荷重を受ける単純梁の中央変形としてみると、強軸では $1/2.5 \sim 1/3$ 程度、弱軸では $1/3 \sim 1/6$ とばらつきが大きく、補強による補剛効果は認められなかった。