

称念寺本堂における柱足下の長押補強の性能試験

- 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：称念寺本堂

文化財種別 (指定年月日)：重要文化財 (平成 14 年 5 月 23 日)

所在地：奈良県橿原市今井町

所有者 (管理団体)：宗教法人称念寺

構造形式：桁行 19.9m、梁間 21.4m、一重、入母屋造、正面向拝一間、本瓦葺

建築年：江戸初期

事業名称：重要文化財称念寺本堂保存修理事業

事業期間：平成 22 年 4 月 1 日～平成 34 年 3 月 31 日

工事種別：解体修理

事業者：宗教法人称念寺

設計監理：奈良県教育委員会

実験計画者：奈良女子大学 瀧野敦夫、竹中工務店 増田寛之

実験機関：—

実験年月日：—

引用・参考文献：瀧野敦夫、増田寛之、金子隆之、大川碧、池内砂織、青木和雄、山本俊司、矢谷早、豆越祐也「二方向に有効な高耐力長押補強の実験的検証と耐震補強設計」『日本建築学会構造系論文集 第 81 巻 第 724 号』(2016 年 6 月)

●実験に至る経緯と目的

称念寺本堂は、寺内町今井町の中核をなす浄土真宗本願寺派の寺院本堂である。本建物は正面側を開放とし、内部も内法上に小壁がある以外、下方に壁がほとんどなく耐震要素が少ない。平成 22 年より解体修理を方針として保存修理工事を開始し、耐震専門診断を実施した結果、水平耐力の不足等が指摘され、耐震補強が必要となり、補強案として屋根の軽量化、床下での軸部補強による水平耐力の増強、向拝の屋根剛床化が提案された。このうち、床下での軸部補強として、伝統的な長押工法に着目した補強が提案されたが、今回の場合床下の高さの余裕がなく、それに対応するため直交する 2 つの長押を鉄骨金物で結合し、接合部

で長押を一体化させることにより 2 方向に耐力を発揮できる工法が提案された。この工法を採用するにあたり、補強性能を確認するために実験を実施した。

● 姿図・寸法

【使用材料】 柱・土台・梁 150×150 mm ヒノキ
貫 105×30 mm ヒノキ

【試験体寸法】

試験体の概要については次の通り (図 1)。なお、接合部の詳細については以下の図 2 を参照。また、長押のずれ防止のための支持台の詳細を図 3 に示す。

試験体 1 (Specimen1) : 柱・土台・梁・貫の軸組

試験体 2 (Specimen2) : 柱・土台・梁・貫の軸組+長押(150×150 mm)

試験体 3 (Specimen3) : 柱・土台・梁・貫の軸組+長押(75×150 mm)

試験体 4 (Specimen4) : 柱・土台・梁・貫の軸組+長押(75×150 mm)

試験体 5 (Specimen5) : 柱・土台・梁・貫の軸組+長押(75×150 mm)2 段重ね

試験体 6 (Specimen6) : 柱・土台・梁・貫の軸組+長押(75×150 mm)+直交長押(75×150 mm)
2 段重ね

試験体 7 (Specimen7) : 柱・土台・梁・貫の軸組+長押(75×150 mm)+直交長押(75×150 mm)
2 段重ね

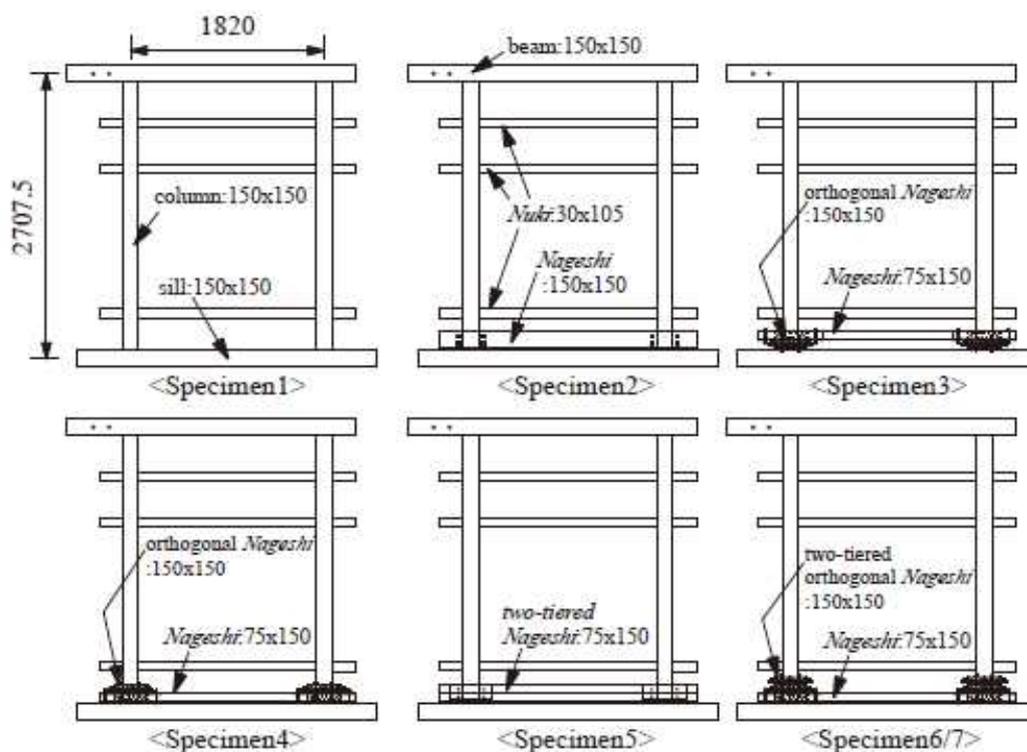


図 1

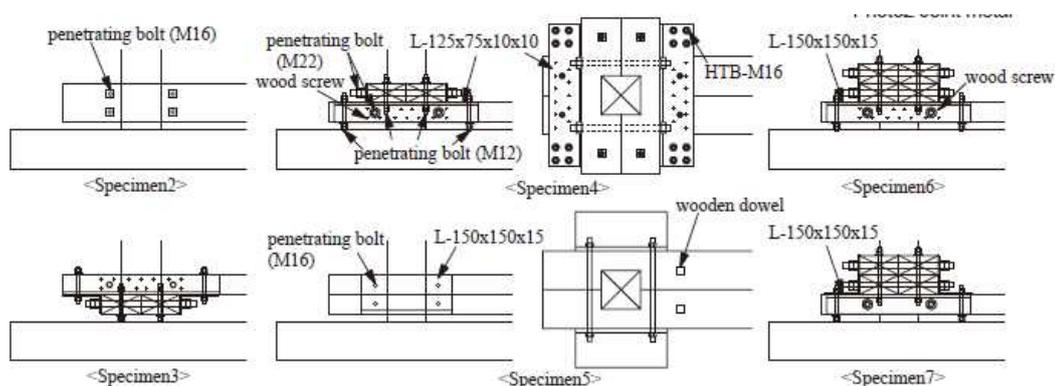


図 2

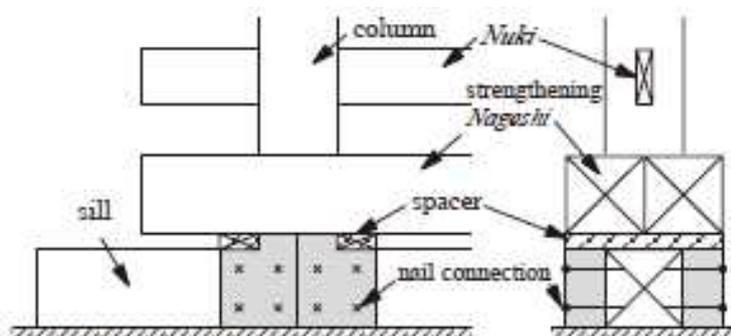


図 3

●概要

無補強の軸組試験体を 1 体(試験体 1)、軸組に一般的な長押補強を施した試験体を 1 体(試験体 2)、軸組に 2 方向に有効な長押補強を施した試験体を 5 体(試験体 3~7)用意した。これら計 7 体の試験体に対して、水平加力試験を行った。

●実験方法

鉄骨フレームに試験体を設置し、タイロッド式試験法によって試験体上部の梁に連結した油圧ジャッキにより水平力を加えた(図 4)。加力は変位制御により、変形角 1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30rad となるような正負交番繰り返し加力を行った。同一変形角での繰り返しを 2 回ずつ行い、最後に 1/10rad まで片側加力を行った。

油圧ジャッキ先端のロードセルから荷重を計測し、梁端部および土台端部の水平変位と柱-土台間の鉛直変位をそれぞれ計測した(図 5)。また、長押補強試験体においては変位計を設置し、柱-長押間と土台-長押間の鉛直変位をそれぞれ計測した。さらに、柱にはひずみゲージを貼付し、柱の曲げひずみを計測した(図 5)。

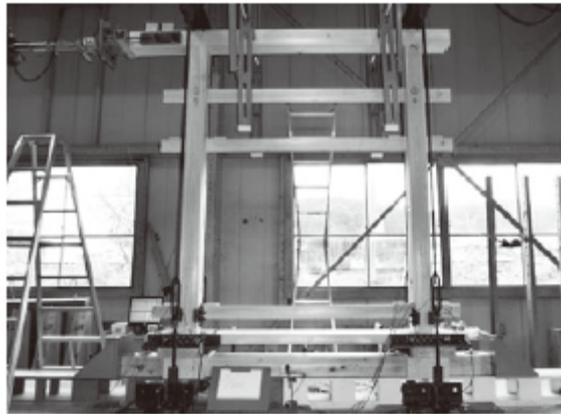


図 4

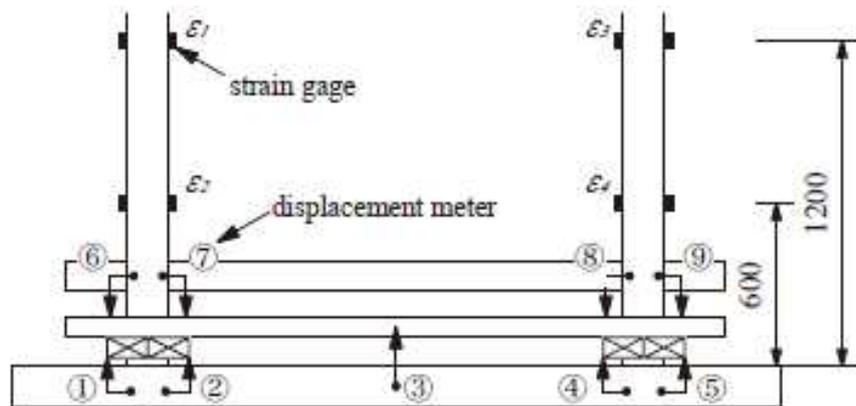
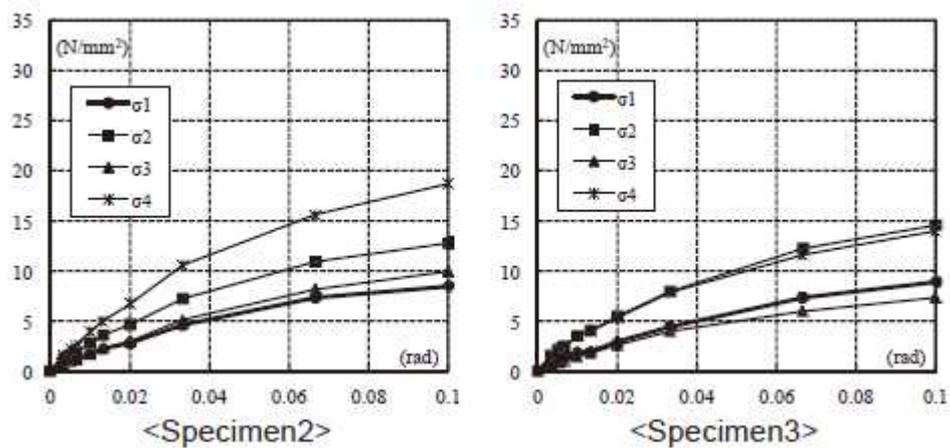


図 5

●特性値

柱の曲げ応力度の推移

図 6 に示す通り。



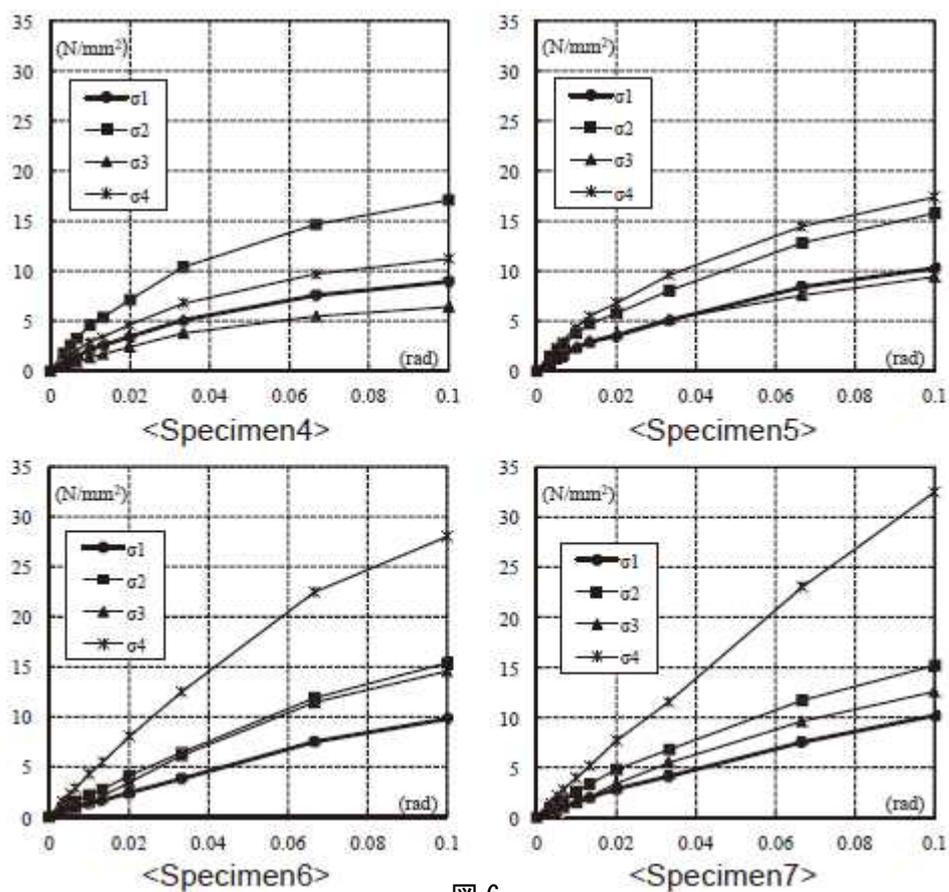


図 6

長押の曲げ変形

1/10rad 時における試験体 2, 3, 6 の曲げ変形の様子は、図 7 に示す通り。なお、①～⑤は、図 5 に示す変位計の位置を示す。

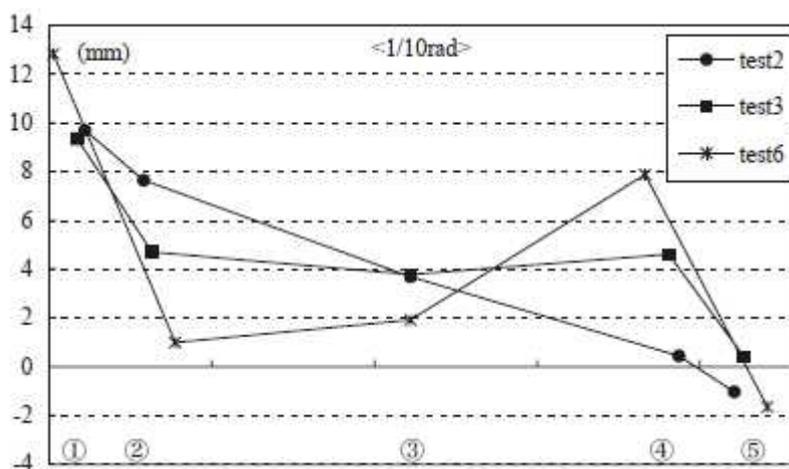


図 7

長押接合部の回転角

試験体 2, 3, 6 における回転角の推移は図 8 の通り。なお、回転角の定義は図 9 に示す。

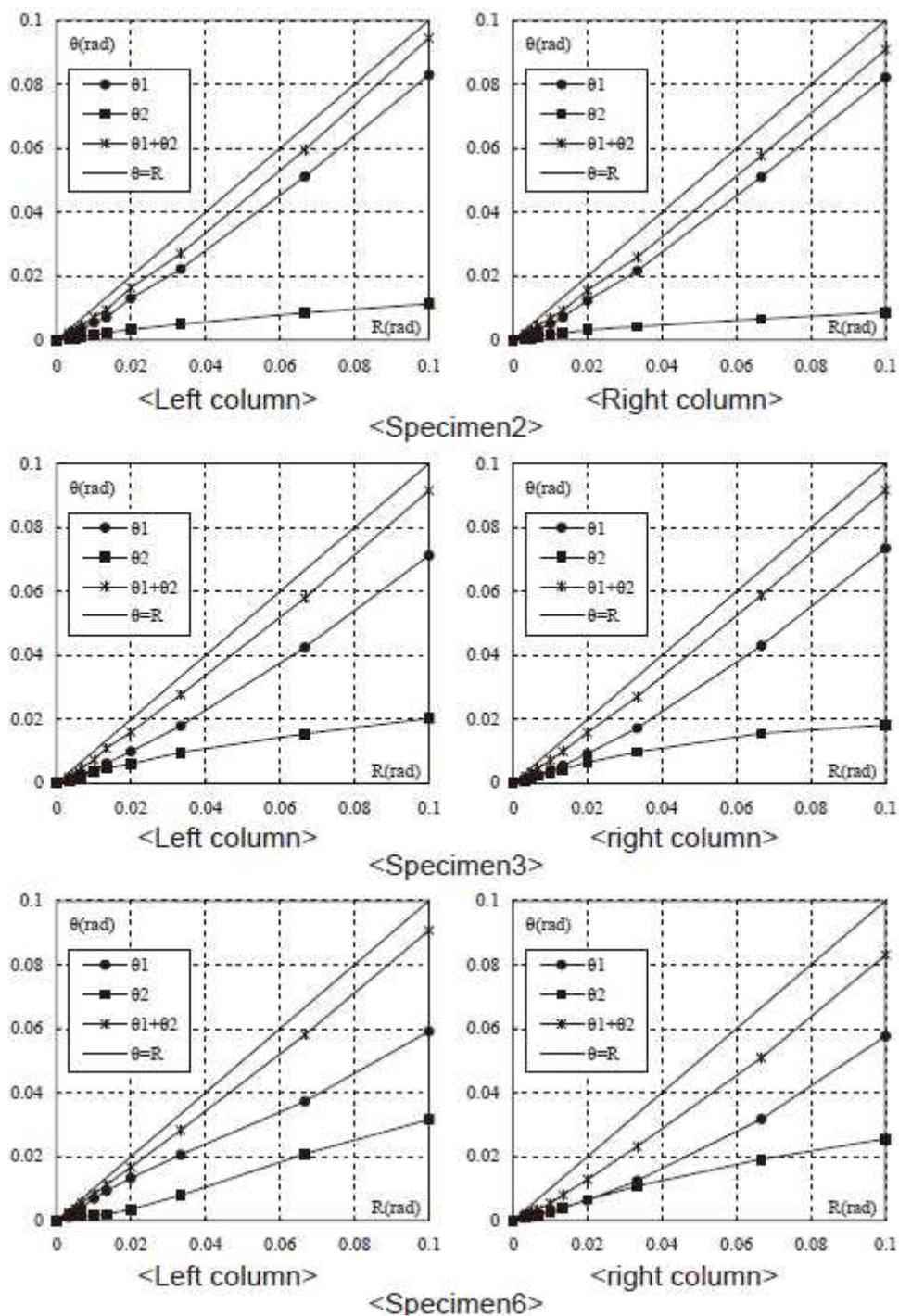


図 8

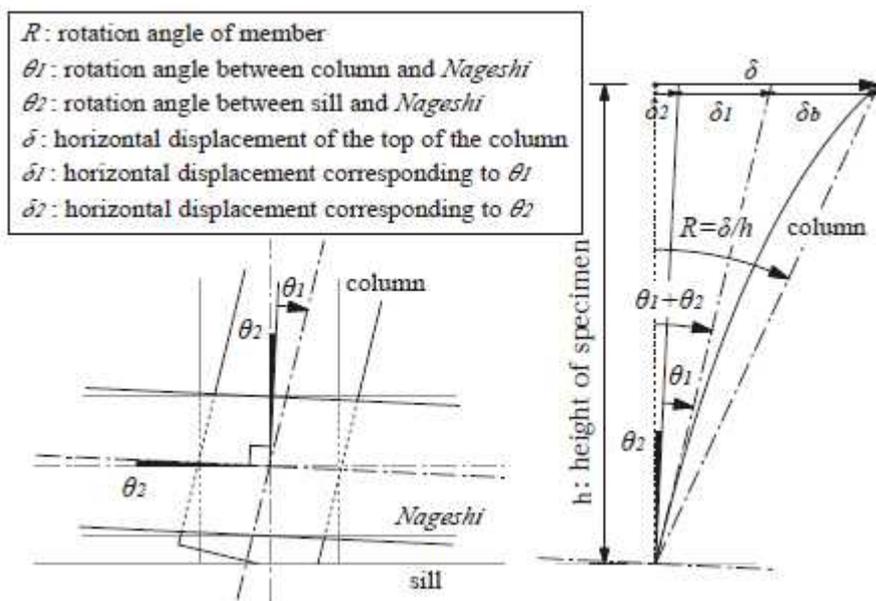


図 9

●荷重変形

荷重-せん断変形角関係およびその正側の包絡線は図 10、11 に示す通り。

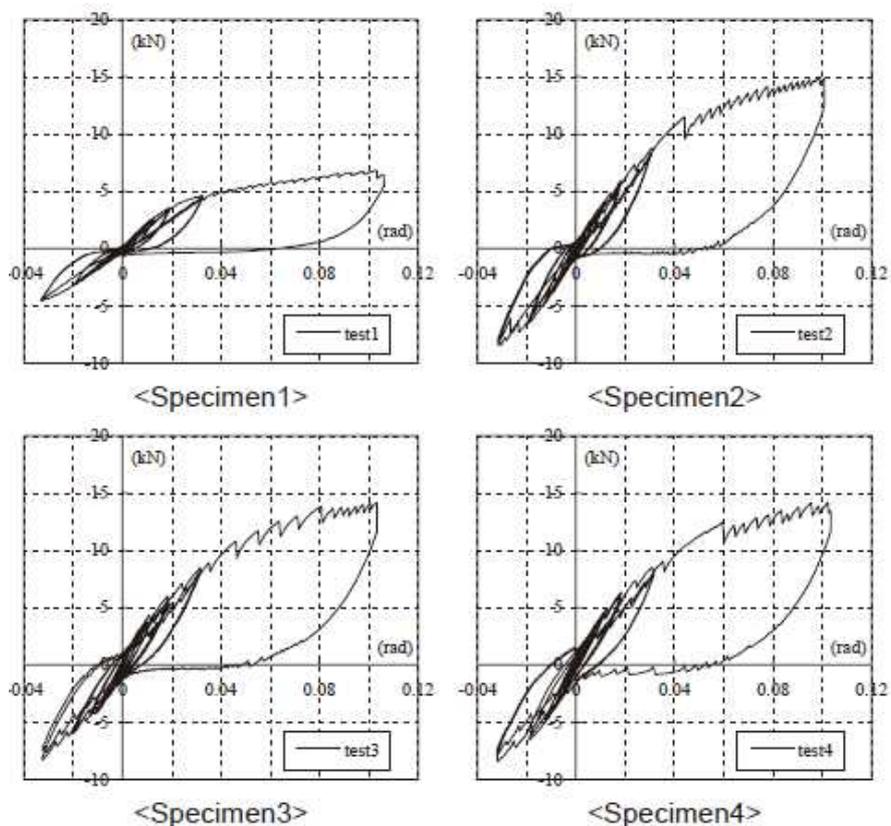


図 10

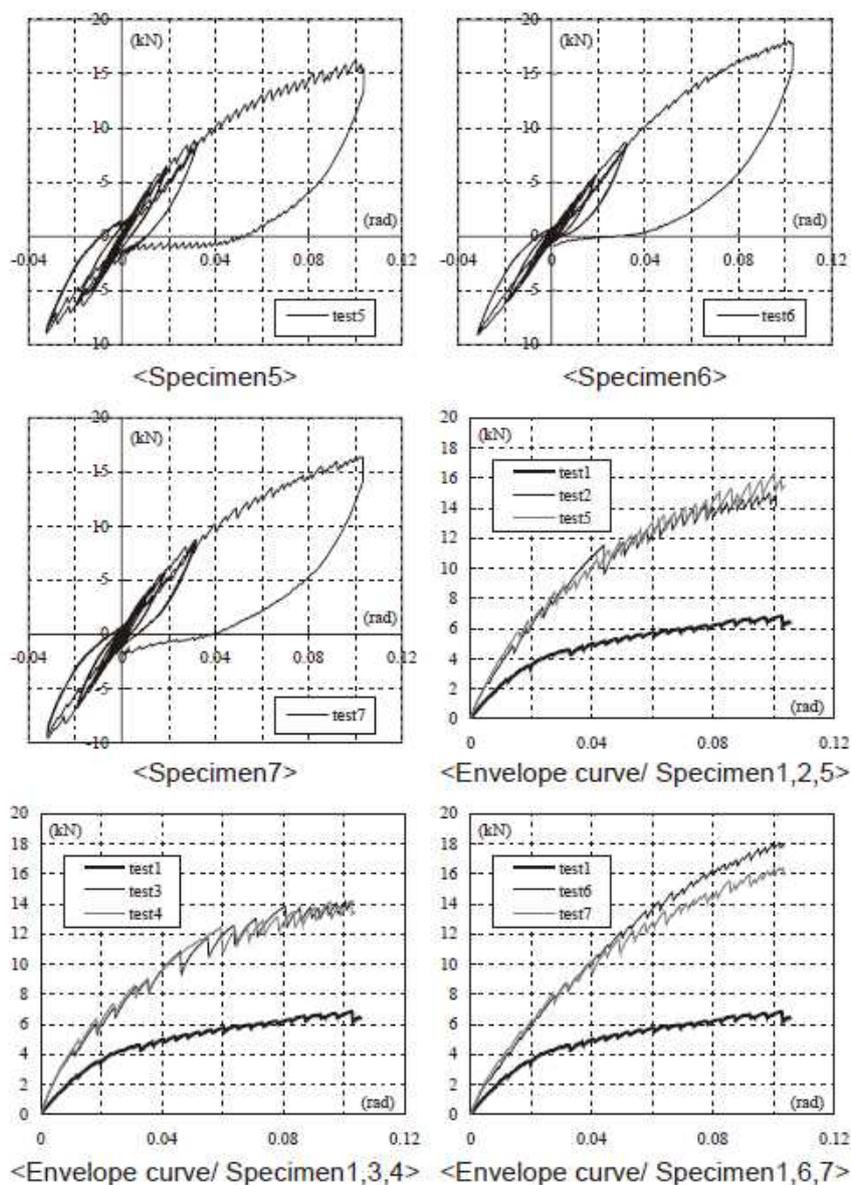


図 11

●破壊形状

いずれの試験体においても 1/10rad までの荷重や繰り返し加力による試験体の大きな損傷や耐力の低下は見られず、安定した履歴性状を示した。また直交長押を用いた試験体においても、接合金物に大きな損傷は見られず、終局時まで補強金物の効果が持続していたと思われる。

試験体 1：－

試験体 2：長押に損傷はほとんど見られず、試験体 1 に比べ 2 倍程度の耐力と剛性向上を得た。

試験体 3：長押は曲がったものの、試験体 2 と同程度の初期剛性、最大強度を得た。

試験体 4：試験体 2 と同程度の初期剛性、最大強度を得た。

試験体 5：－

試験体 6：試験体 3 に比べ長押の曲げ変形が顕著に表れた。1/10rad 時の耐力は試験体 3, 4 に比べわずかに上昇したが、他の初期剛性や大幅な耐力上昇は見られなかった。

試験体 7：変形が進むにつれて接合金物と木材との間に隙間が生じた。1/10rad 時の耐力は試験体 3, 4 に比べわずかに上昇したが、初期剛性や大幅な耐力上昇は見られなかった。

●理論式

－

●モデル化

長押接合部の曲げ剛性に対して長押と柱の曲げ剛性を適切に評価するため、フレーム解析を行った。モデルは図 12 に示す通り。なお、長押接合部となる曲げバネは稲山のめり込み式を用いて推定したほか、計算は木質構造接合部設計マニュアルを参照した。また、解析パラメータは図 13 に示す通り。なお、「Joint」における数値は長押せいを示す。

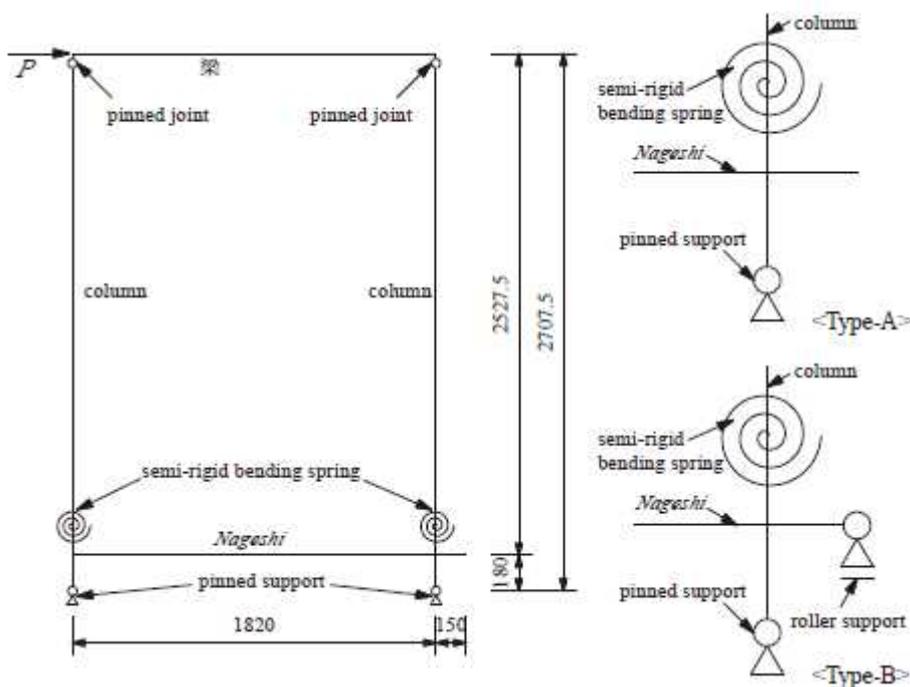


図 12

Case	Column	Joint	Nageshi	Support condition
case1	□-150x150	150	□-75x300	Type-A
case2				Type-B
case3			□-150x300	Type-A
case4				Type-B
case5		225	□-75x300	Type-A
case6				Type-B
case7			□-150x300	Type-A
case8				Type-B
case9	□-225x225	150	□-75x300	Type-A
case10				Type-B
case11			□-150x300	Type-A
case12				Type-B
case13		225	□-75x300	Type-A
case14				Type-B
case15			□-150x300	Type-A
case16				Type-B

図 13

解析の結果は図 14 に示す通り。

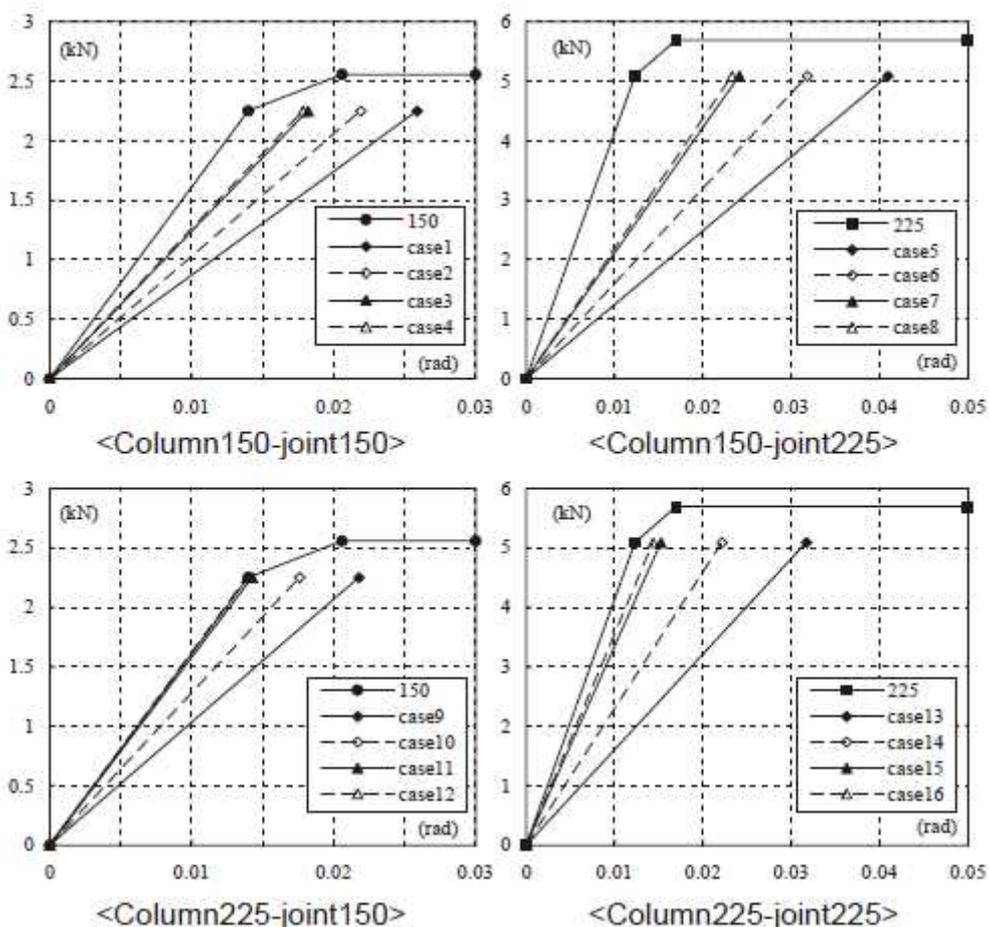


図 14

●考察

今回の実験においては、 75×150 mmの長押を加力方向と直交方向とで2段重ねにした試験体において、 150×150 mmの長押1段重ねの試験体と同様の補強効果を得ることができた。しかし、加力方向の長押を1段、直交長押を2段重ねとし、長押接合部の見かけのせいを225mmにした試験体の耐力および剛性は、2段重ねの試験結果とほぼ同程度であり、3段分の補強効果を得ることはできなかった。これは、加力方向の長押が曲げ変形していることや、柱の曲げ変形が大きくなっていることが原因として考えられる。

フレーム解析においても、柱断面や長押せいが小さい場合においては、接合部の見かけのせいを大きくする効果はほとんど得られないことがわかった。つまり、二方向に有効な長押補強を設計するためには、長押接合部の曲げ剛性に対して長押と柱の曲げ剛性を適切に設計する必要があるといえる。