

旧花田家番屋における柱梁の仕口部曲げ耐力試験

- 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：旧花田家番屋（北海道留萌町小平町）

文化財種別（指定年月日）：重要文化財（昭和46年12月28日）

所在地：北海道留萌郡小平町字鬼鹿35番地2

所有者（管理団体）：小平町

構造形式：桁行29.4メートル、梁間22.7メートル、二階建、西面玄関附属、
北面東突出部 桁行10.9メートル、梁間6.7メートル、北面便所附属、
北面西突出部 桁行10.0メートル、梁間6.2メートル、寄棟造、中央腰屋根
付、玄関入母屋造、こけら葺

建築年：明治38年（1905）頃

事業名称：重要文化財旧花田家番屋建造物保存修理（耐震診断）

事業期間：令和3年7月7日～令和4年3月15日

工事種別：耐震診断

事業者：小平町

設計監理：北電総合設計株式会社

実験計画者：北電総合設計株式会社

実験機関：北海道大学大学院農学研究院

実験年月日：令和4年2月21日、22日、28日

引用・参考文献：

- (1) 文化庁文化財部参事官『重要文化財（建造物）耐震診断・耐震補強の手引き（改訂版）』
平成29年3月
- (2) 伝統的構法木造建築物設計マニュアル編集委員会『伝統的構法のための木造耐震設計
法 石場建てを含む木造建築物の耐震設計・耐震補強マニュアル』2019年6月

●実験に至る経緯と目的

本建物の漁夫居間部分の大空間の耐力要素は、外壁と内部の独立柱となっているため、柱梁仕口部の曲げ耐力が耐震性能に影響する。柱梁仕口部の曲げ耐力を実情に合わせて評価することを目的とし、実大実験を行うこととした。

●姿図・寸法

【使用材料】

柱・梁：唐松集成材、込み栓：タモ製材

【試験体寸法等】

試験体 1

柱 345×150×L2,000

梁（男木）：490×120×L1,077.5(1,027.5+50)、

雇ざね 215×60×L825(245+345+235)

梁（女木）：575×120×(1,027.5+345+245)

込栓（女木側）：25×40×150

込栓（女木側）：25×75×150

込栓（男木側）：30×40×150

込栓（男木側）：25×40×180

込栓（女木側）：55×55×180

数量：同寸法で3体作成。（試験体 1-1～1-3）

試験体 2

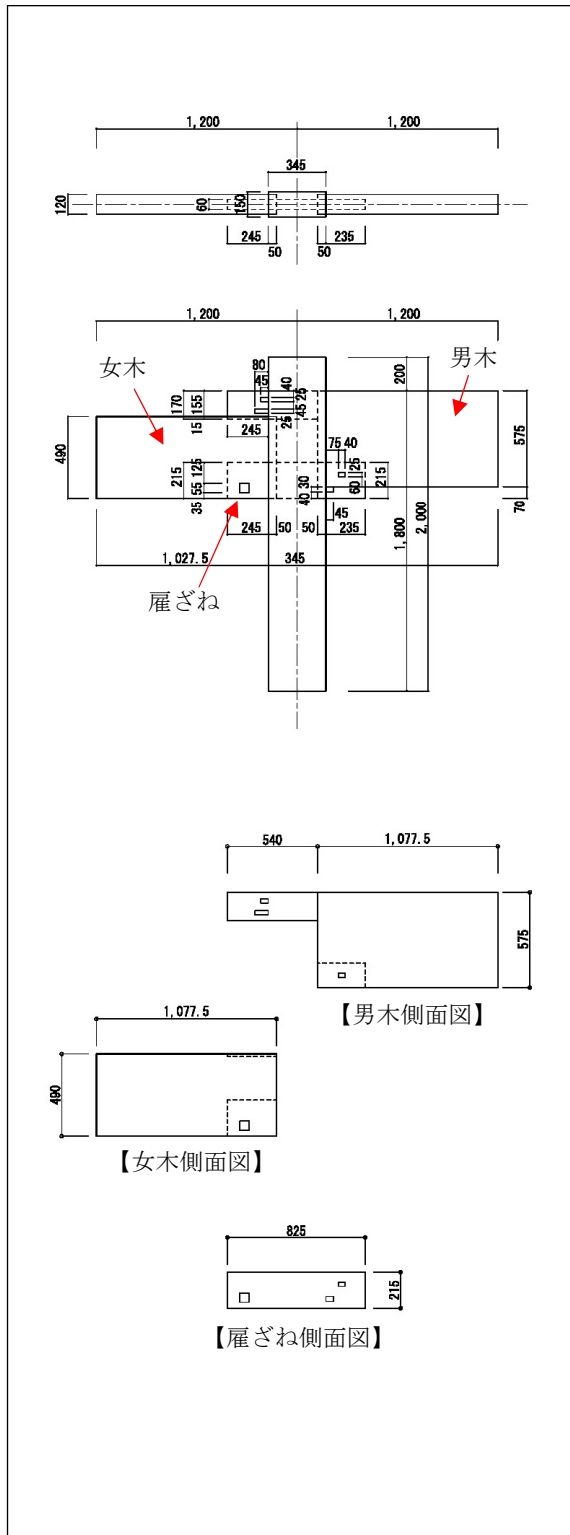
柱：345×150×L2,000

梁（男木）：490×120×L1,647.5(1,027.5+345+275)

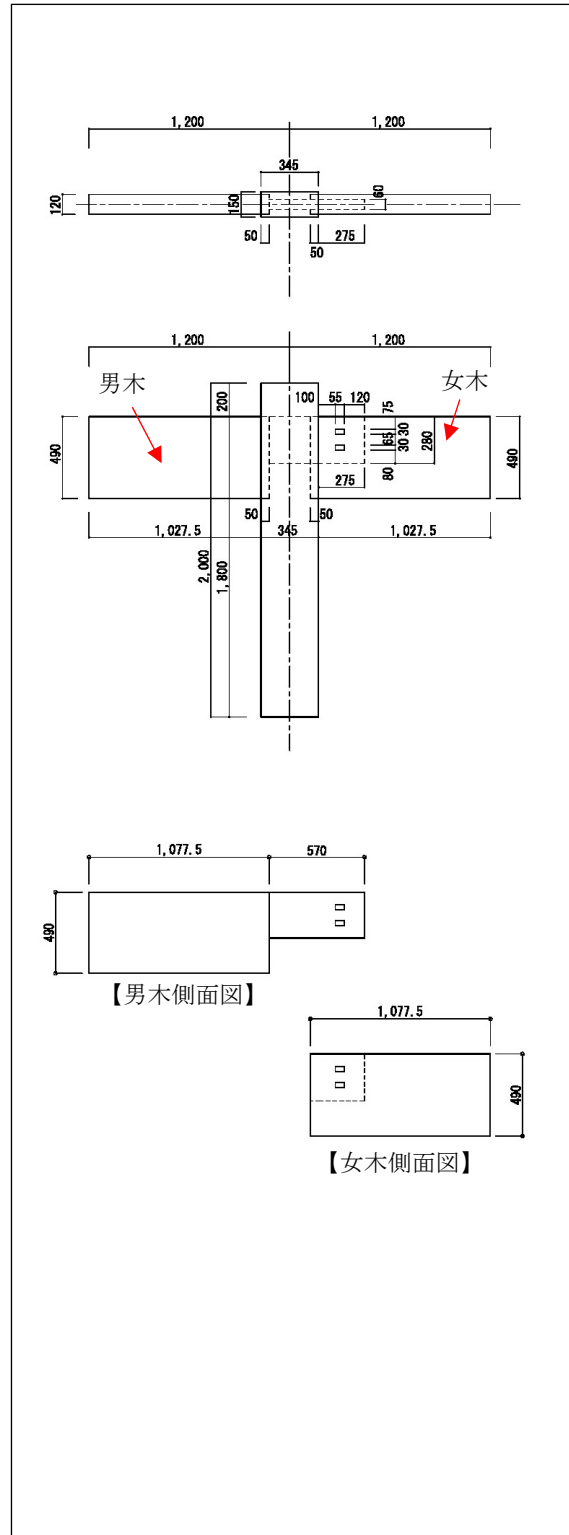
梁（女木）：490×120×L1,077.5(1,027.5+50)

込栓（女木側）：30×55×180（2か所）

数量：同寸法で3体作成。（試験体 2-1～2-3）



【試験体1 姿図】



【試験体2 姿図】

●概要

柱・梁仕口部をX方向、Y方向に分割し再現した試験体を各3体製作し、水平加力試験を行った。

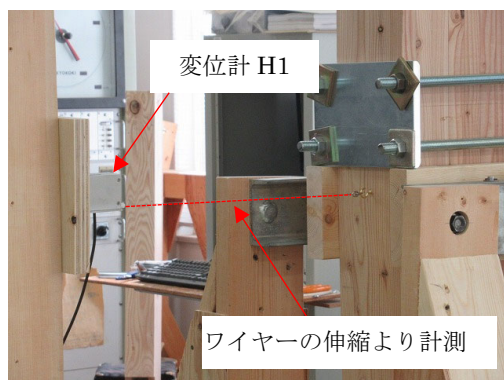
●実験方法

試験体の上下を逆にして、下になった柱頭部を治具で固定し、上になった柱脚部に水平力を加え、柱脚、柱頭、仕口部の両端、梁の端部の計7か所で変位を測定した。

変形角の算出については、柱の上部、下部に設置した変位計により算出した。



【試験体設置状況】

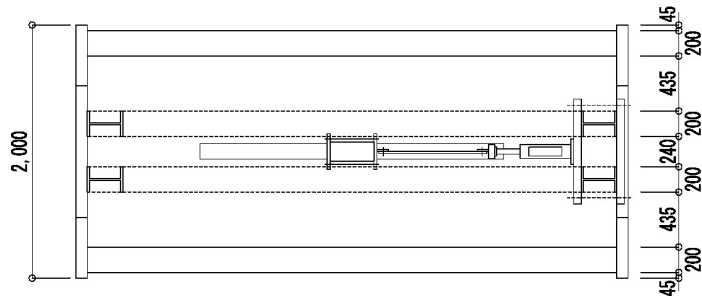


【柱上部の変位計】

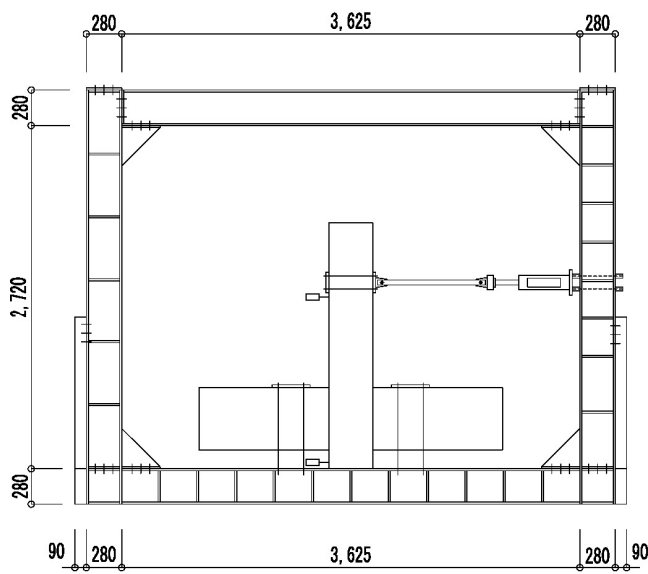


【柱下部の変位計】

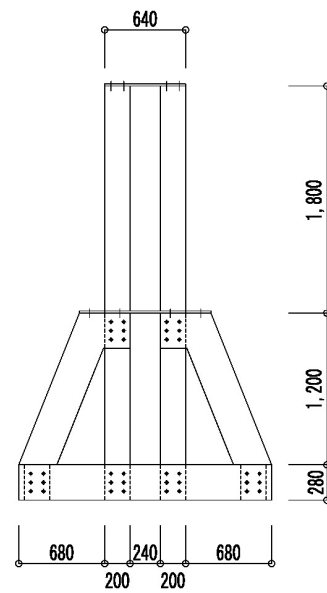
水平加力試験鋼製フレーム姿図



【鋼製フレーム 平面図】



【鋼製フレーム 正面図】



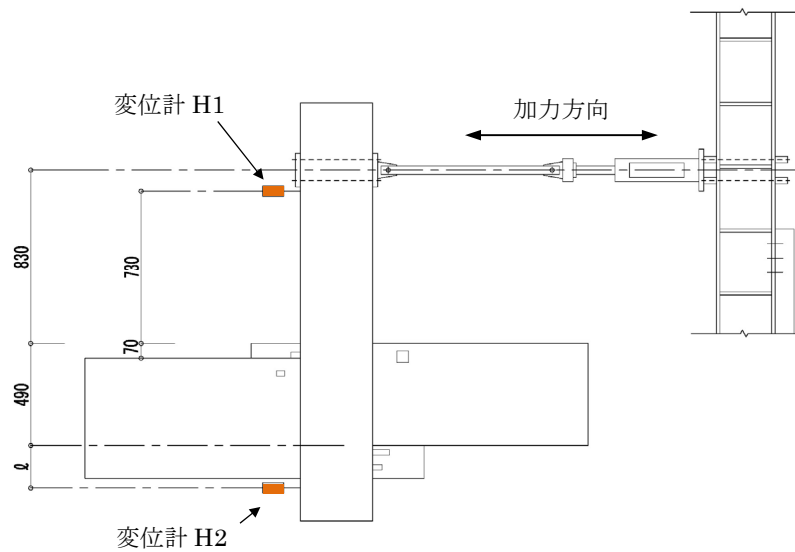
【鋼製フレーム 側面図】

変位計計測方法

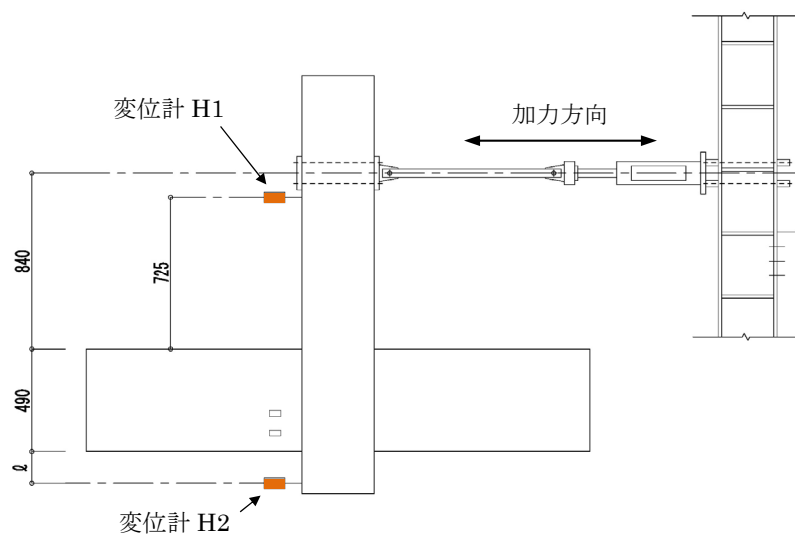
変位計 H1 で計測した変位 ($\delta 1$) と変位計 H2 で計測した変位 ($\delta 2$) から変位角 (θ) を算出した。

$$\theta = (\delta 1 - \delta 2) / L \text{ (rad)}$$

ここで、試験体 1 の場合 $L = 730 + 490 + \ell$ (試験体 1-1 : $\ell = 120\text{mm}$ 、試験体 1-2 : $\ell = 170\text{mm}$ 、試験体 1-3 : $\ell = 175\text{mm}$)、試験体 2 の場合 $L = 725 + 490 + \ell = 150\text{mm}$ として算定した。



【試験体 1 変位計配置図】



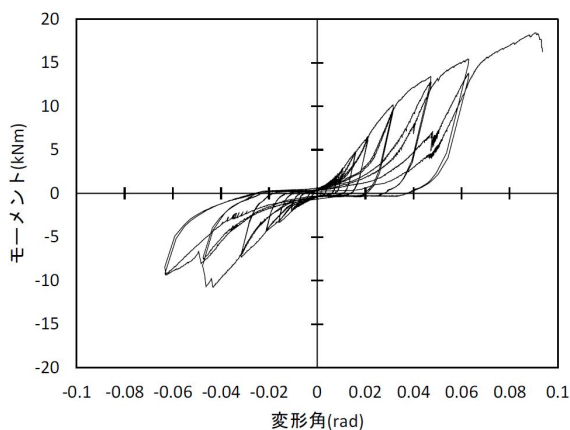
【試験体 2 変位計配置図】

●荷重変形

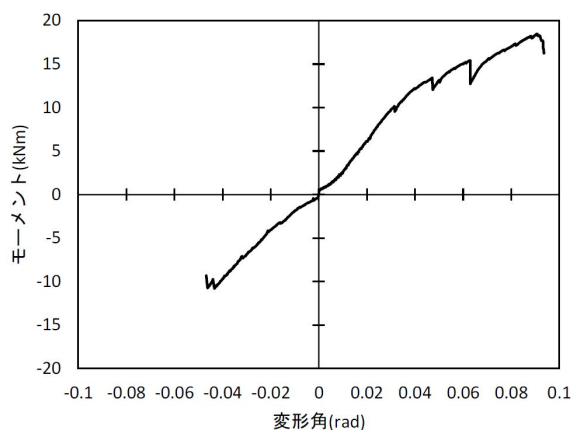
試験より得られた荷重と変位より履歴曲線を作成し、履歴曲線から包絡線を次の通り作成した。

- ① 包絡線は、最初の立ち上がりの計測点を繰り返し点まで結んだ。
- ② 各繰り返し加力のピークおよびその間の適切な点を順次結んで曲線を作成した。
- ③ 最大モーメントが繰り返し履歴以降で記録された場合は、最後の繰り返し点と最大モーメント点を結んだ。その間で適切に補助的な計測点を結びながら曲線を作成した。
- ④ 最大モーメント以降は計測された点を結んで曲線とした。

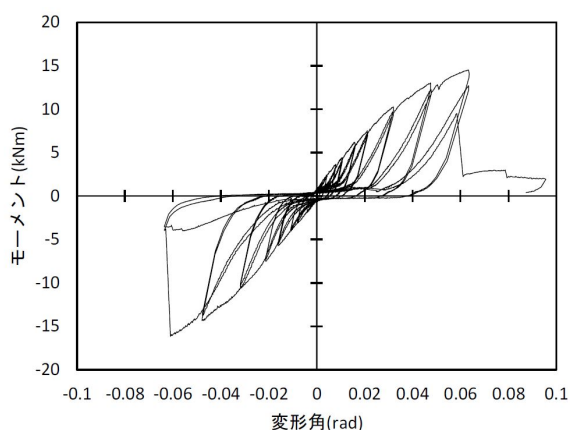
図 1～12 に試験体 1 と試験体 2 の履歴曲線および包絡線を示す。



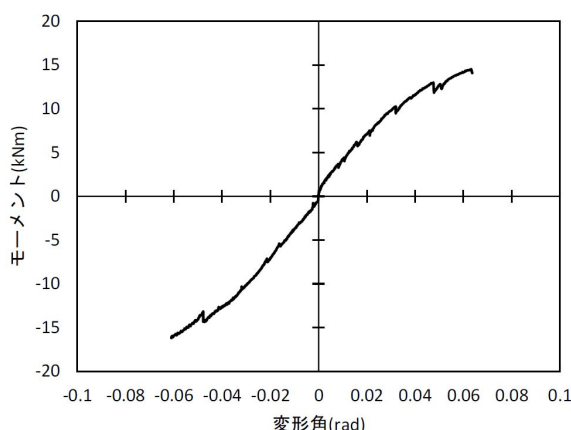
【図 1 試験体 1-1 の履歴曲線】



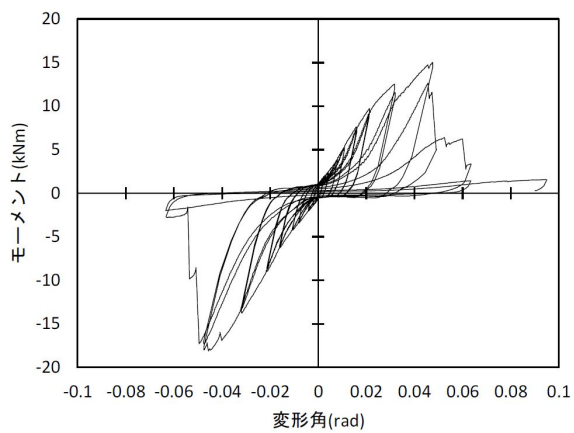
【図 2 試験体 1-1 の包絡線】



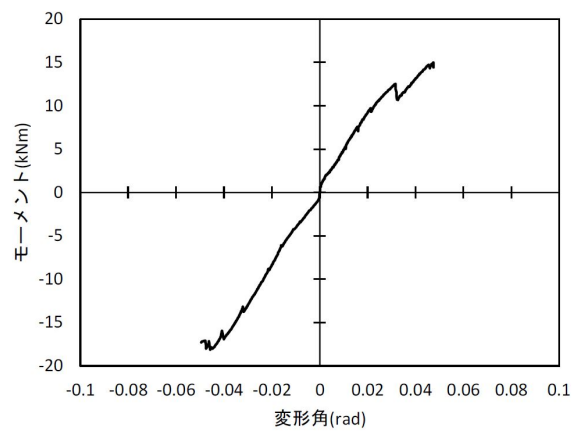
【図 3 試験体 1-2 の履歴曲線】



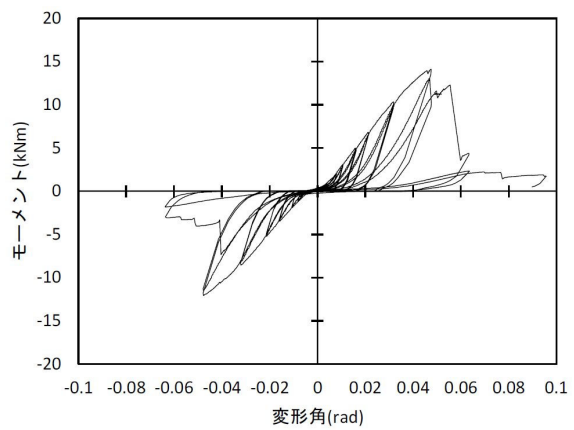
【図 4 試験体 1-2 の包絡線】



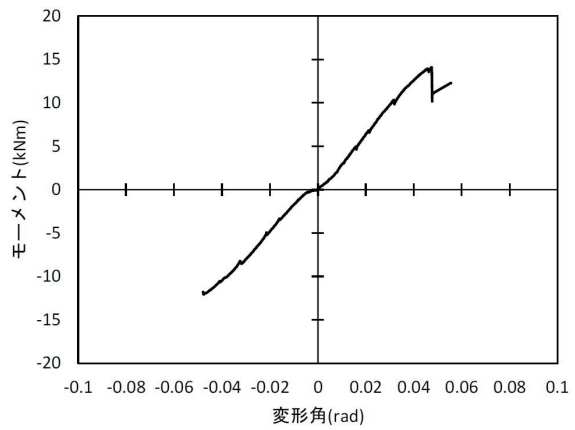
【図5 試験体 1-3 の履歴曲線】



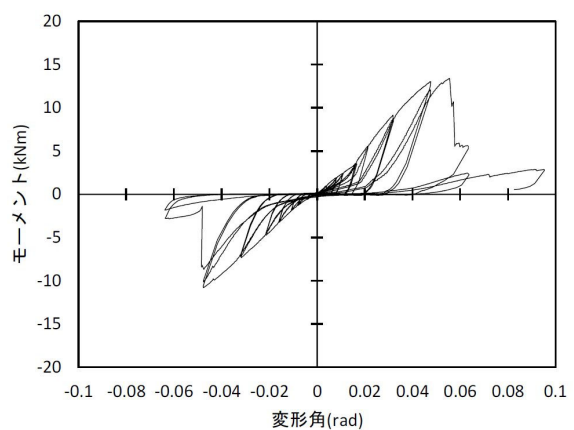
【図6 試験体 1-3 の包絡線】



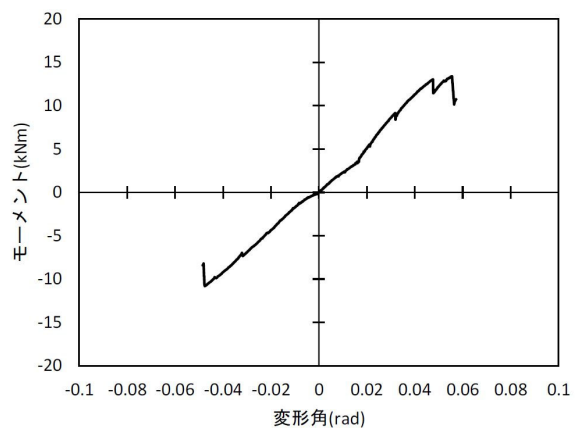
【図7 試験体 2-1 の履歴曲線】



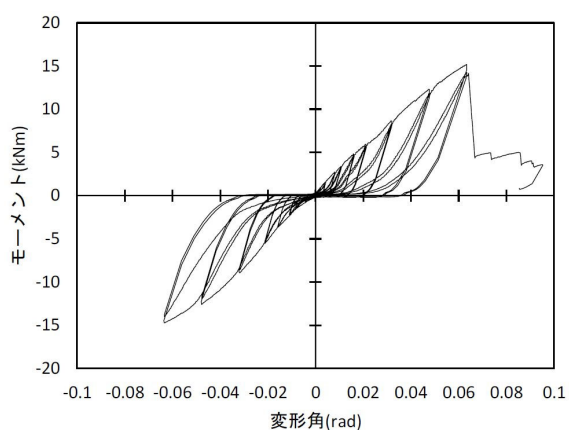
【図8 試験体 2-1 の包絡線】



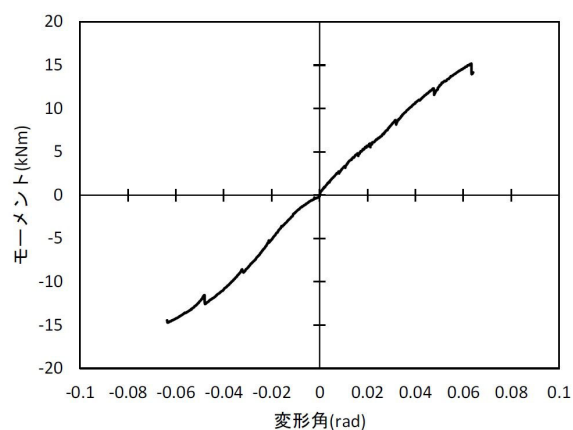
【図9 試験体 2-2 の履歴曲線】



【図10 試験体 2-2 の包絡線】



【図 11 試験体 2-3 の履歴曲線】



【図 12 試験体 2-3 の包絡線】

●破壊形状

(1) 試験体 1-1 の破壊性状

写真 1-1 に試験体 1-1 の加力終了時における試験体の様子を示す。

華繊維よる男木の割裂破壊（写真 1-1(a)）や、込栓による女木の栓抜けせん断破壊（写真 1-1(b)）が生じ、男木および女木と雇いざねの間に隙間が生じた（写真 1-1(c)）。柱に大きな損傷は生じなかった（写真 1-1(d)）。



【写真 1-1 (a)】



【写真 1-1 (b)】



【写真 1-1 (c)】



【写真 1-1 (d)】

(2) 試験体 1-2 の破壊性状

写真 1-2 に、試験体 1-2 の加力終了時における試験体の様子を示す。

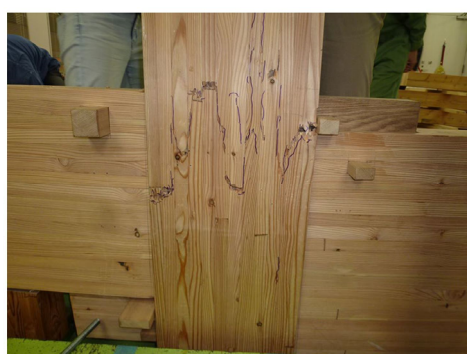
雇いざねにめりこみ跡がみられたが (写真 1-2 (a))、男木および女木に目立った損傷はみられなかった。柱の破壊により荷重は大きく低下した (写真 1-2 (b) および (c))。



【写真 1-2 (a)】



【写真 1-2 (b)】



【写真 1-2 (c)】



【写真 1-2 (d)】

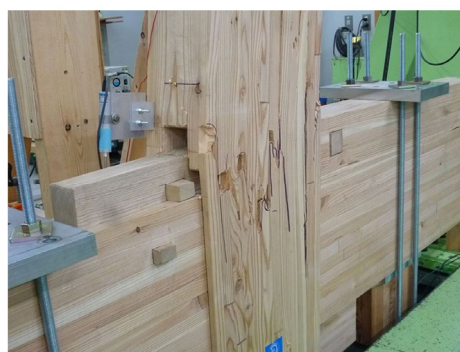
(3) 試験体 1-3 の破壊性状

写真 1-3 に、試験体 1-3 の加力終了時における試験体の様子を示す。

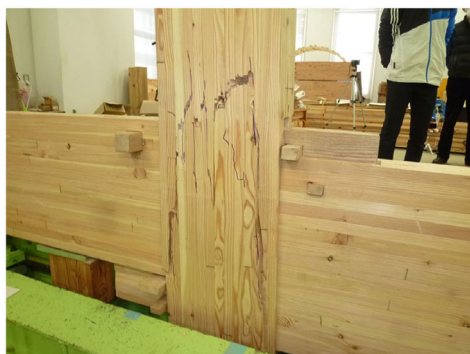
試験体 1-2 と同様に雇いざねにめりこみ跡がみられ、柱にもめりこみの跡がみられた (写真 1-3 (a))。男木および女木には目立った損傷はみられなかった。柱の破壊により荷重は大きく低下した (写真 1-3 (b) および (c))。



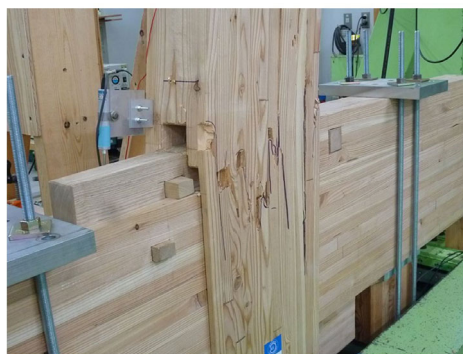
【写真 1-3 (a)】



【写真 1-3 (b)】



【写真 1-3 (c)】

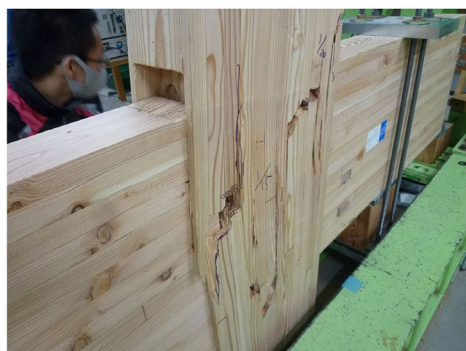


【写真 1-3 (d)】

(4) 試験体 2-1 の破壊性状

写真 2-1 に、試験体 2-1 の加力終了時における試験体の様子を示す。

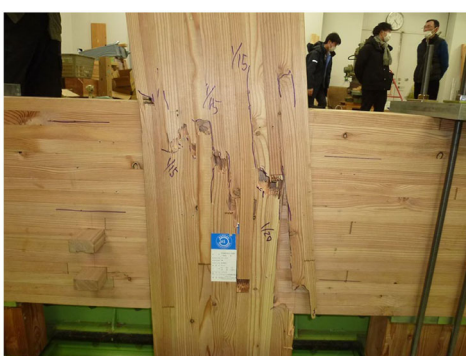
男木にめりこみ跡がみられた (写真 2-1 (a))。1/20rad 時に柱に破壊が生じ、1/15rad に柱が大きく破壊した (写真 2-1 (b) および (d))。



【写真 2-1 (a)】



【写真 2-1 (b)】



【写真 2-1 (c)】



【写真 2-1 (d)】

(5) 試験体 2-2 の破壊性状

写真 2-2 に、試験体 2-2 の加力終了時における試験体の様子を示す。

試験体 2-1 と同様に男木にめりこみ跡がみられ、柱の破壊により荷重は大きく低下した（写真 2-2 (a) および (b)）。



【写真 2-2 (a)】



【写真 2-2 (b)】

(6) 試験体 2-3 の破壊性状

写真 2-3 に、試験体 2-3 の加力終了時における試験体の様子を示す。

試験体 2-1 と同様に男木にめりこみ跡がみられた（写真 2-3 (a)）。柱の破壊により荷重は大きく低下した（写真 2-3 (b) および (c)）。



【写真 2-3 (a)】



【写真 2-3 (b)】



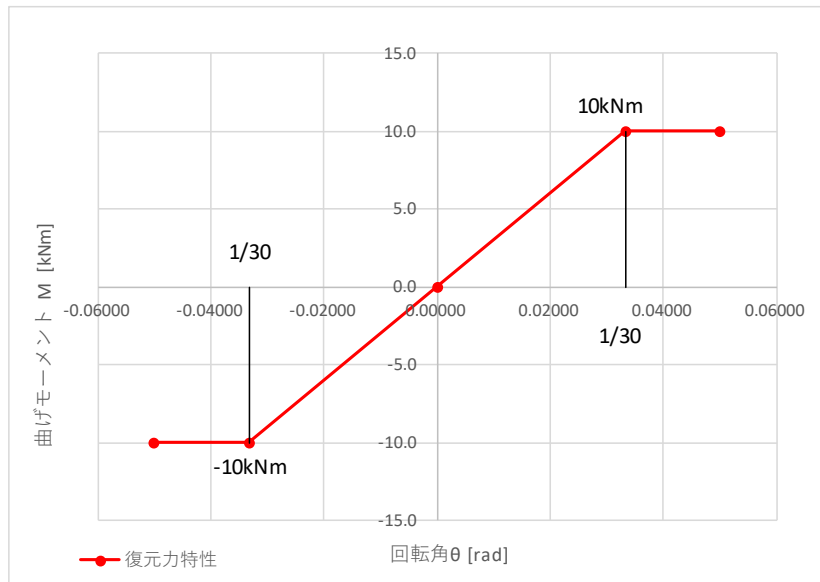
【写真 2-3 (c)】



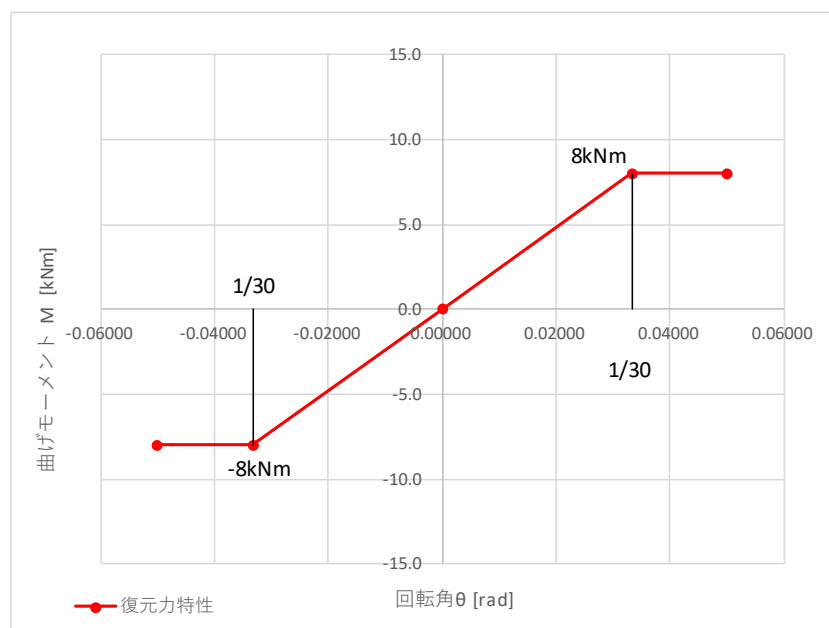
【写真 2-3 (d)】

●モデル化

水平加力試験の荷重変形関係よりバイリニア形の復元力特性を算定した。



試験体 1 バイリニア型復元力特性



試験体 2 バイリニア型復元力特性

●考察

- ・ 試験体 1、2 については仕口の構成、形状に違いはあるが、強度的にはそれほど大きな違いは無かった。数値的には若干、試験体 2 が大きくなっている。
- ・ 試験体 2 は、梁の接続に「雇ざね」が用いられ、込栓の数も試験体 1 に比べ多くなっていることから変形を生じた際、部材に加わる力が分散されることが影響していると推察される。
- ・ 試験の結果から、 $1/30\text{rad}$ までは変形能力を有していることが分かった。それ以上の変形を生じる加力を行った場合、柱部分での破壊が見られた。
- ・ 梁については、込栓部分のめりこみや端部の割れ等は生じたが、大きな破壊は見られなかったため、 $1/30\text{rad}$ 以上の変形が生じた場合でも、大きな破壊は生じないと推察される。