

課題情報シート

テーマ名：	側材を柱、背板を壁とした家具の家		
担当指導員名：	山田伸典	実施年度：	24 年度
施設名：	関東職業能力開発大学校 附属千葉職業能力開発短期大学校		
課程名：	専門課程	訓練科名：	住居環境科
課題の区分：	専攻実技	学生数：	3
		時間：	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

地震時に家具が転倒し、負傷者が出ているが、家具自体には大きな損傷が見られないことに着目した建築家「坂 茂氏」は、家具そのものを構造体とする家、「家具の家」を提案してきた。そこで、本テーマとして実寸家具の 1/2 スケールのものを想定して、設計した供試体の水平剛性・耐力・破壊状況の把握を試みました。

【訓練（指導）のポイント】

想定した数値を求めるための設計にあたり、安全性とともに強度設計時の試行錯誤が大切であり、一般の授業のレポートとは異なり、積み重ねの努力が必要であることを認識させることができました。

課題に関する問い合わせ先

施設名： 関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校
住所： 〒260-0025 千葉県千葉市千葉市中央区 2-25
電話番号： 043-242-4166(代表)
施設 Web アドレス： <http://www.ehdo.go.jp/chiba/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

側板を柱、背板を壁とした家具の家

千葉職業能力開発短期大学校

住居環境科

指導教員

学生 3 名

山田 伸典

～はじめに～

地震時に家具が転倒し、負傷者が出ているが、家具自体には大きな損傷が見られていないことに着目した建築家「坂 茂氏」は、家具そのものを構造体とする家、「家具の家」を提案してきた。住宅には、デザインの方向性が異なる様々な家具・家電製品が用いられているが、構造体とする家具の内部にそれらを収めることにより、意匠の統一性を図っている。従来は、正方形断面の柱を用いて柱の座屈の検討をしてきたが、現在検討している構造体としての家具の家は、側板に厚さ 50mm、背板に厚さ 25mm の LVL を使用し、側板(柱)の座屈止めとして棚板を用い、家具の一体化を図っている。

ここで報告する実験は、実寸家具の 1/2 スケールのものを想定し、側板・背板に構造用合板 1 級を、枠組み材には集成材を、面材の接合にアングルを用いて下記の項目に着目し、設計した供試体の水平剛性・耐力・破壊状況の把握を試みたものである。

- (1) 側材の座屈と棚板の設置
- (2) 側板と背板の接合方法
- (3) 棚板と側板・背板の接合方法
- (4) 上下天板・底板と枠組み材の設計および枠組み材のはり・基礎との接合方法
- (5) 家具のねじれ
- (6) 水平方向に連なった家具のお互いの接合方法

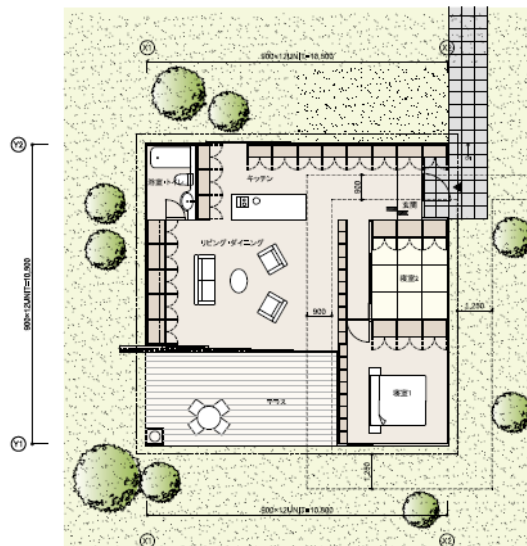


図 1 平面図

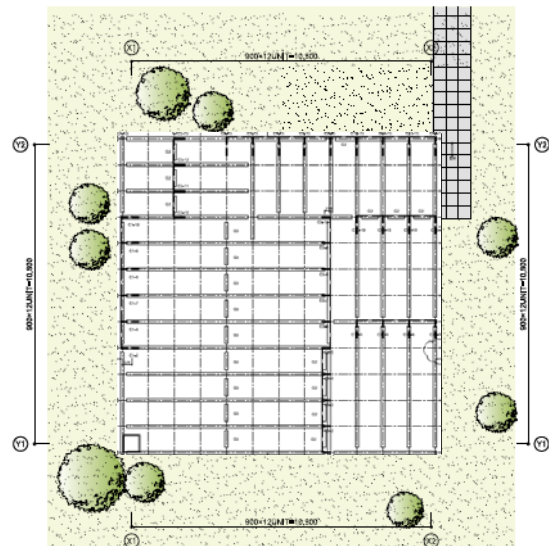


図 2 屋根伏図

1. 供試体

1-1 棚板の設置¹⁾

側板を柱とする場合には、法令で細長比を 150 以下にしなければならない。
側材は 24mm なので、下記の計算により 1000mm 間隔に棚板を設けることとした。

$$\text{座屈長さ } L_k = (24/3.46) \times 150 = 1040\text{mm}$$

1-2 側材と背板の接合方法

壁倍率を 2.5 相当と仮定し下記の計算により、短期にて背板から側板に軸力 10.9KN が伝達しうるように接合部を設計した。

$$\text{軸力 } N : 2.5 \times 1.96 \times 1.369 = 10.9\text{KN}$$

1-3 側板

合板の短期許容軸力は下式のように若干下回るが側板を 24mm×450mm とした。
棚板の側材・背板との接合は下式による引張力、せん断力とした。

構造用合板 1 級の短期許容軸力 : 10.2kN	$[=0.158 \times 2 \times 3 \times 24 \times 450 / 1000]$
細長比 λ : 137.8	$[=(1000 - 6 - 52.5 / 2 - 12) / (24 / 3.46)]$
座屈低減係数 η : 0.158	$[=3000 / 137.8^2]$

$$\text{棚板と側材の接合 } ^{2)} \text{ 引張力 : } 0.205\text{KN} \quad [=0.02 \times 10.2]$$

$$\text{棚板と背板の接合 } ^{2)} \text{ せん断力 : } 0.205\text{KN}$$

1-4 枠組材（底板・天板）

枠組材と背板との接合は壁倍率相当分のせん断力を対象とした。枠組材と側板との接合は、一体化した家具と仮定し、せん断中心に前述のせん断力が作用した場合³⁾とねじりにより生じるせん断力の合計を側材が負担するものとして接合部の設計をした。

1-5 基礎（H 型鋼）とのとりあい

背板に接続する下枠材は、壁倍率相当分のせん断力を、両側材には引張力を伝達しうるように、それぞれ 2-M8 の寸切ボルトを用いた。

1-6 供試体の作製

供試体を図 1-1 に、側板と基礎の納まりを図 1-2 に示す。家具の実際の寸法は 2700（高さ）×900（横）×300,450,600（縦）の 3 種類で、供試体の寸法は 1/2 スケールの 1350（高さ）×450（縦）×450（横）とした。側材は厚さ 24mm、背板・底板・天板・棚板は厚さ 12mm の合板とし、供試体は 2 体をペアとした。背板と側材はアングル L30×30×3 を木ねじで接合し、棚板は L25×25×3 を用いて背板・側板に接合した。脚部はアングル L130×130×9 の片方を長さ 33mm にカットして合板との隙間に充填剤を注入し、圧縮力が伝達するようにし、アングルの内側にセロテープを貼ることで引張り力は木ネジのみで対処するように意図している。脚部充填剤は 2 液性のエポキシ E227 を使用した。アンカーボルトは寸切ボルト 8mmΦ を背板、側板に各 2 本ずつとし、1 体につき計 6 本とした。

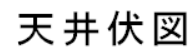
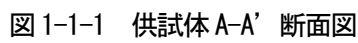
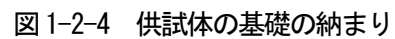
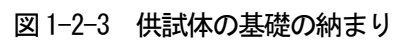
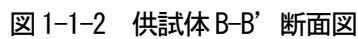


図 1-2-2 供試体平面図



2 試験方法

治具の詳細を図 2-1 に、試験方法は図 2-2 に、計測位置を図 2-3 に示す。供試体 2 体が試験機を中心に関して点対象になるように脚部を治具 (③-1、③-2) に背板の位置が逆になるように接合して柱脚固定の片持ちとした。载荷は、供試体に鋼 H-100×100×6×8 (④) 長さ 3m の梁を架け渡して梁の中央に P を载荷して、反力としての $P/2$ を各供試体に作用させて実験した。したがって、実験は 1-4 で述べたねじりとせん断を受ける家具の剛性を求めていることになる。

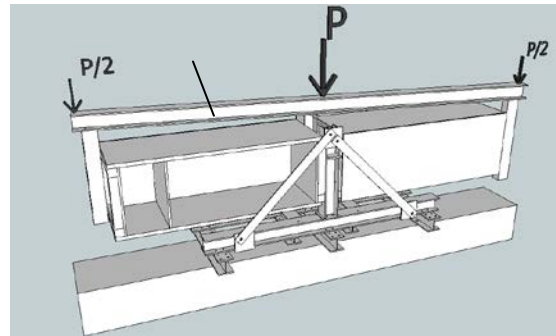


図 2-2-1 試験方法

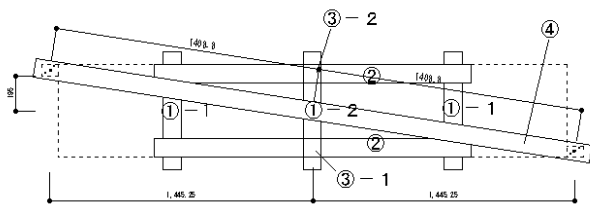


図 2-1-1 治具平面図



図 2-2-2 試験方法

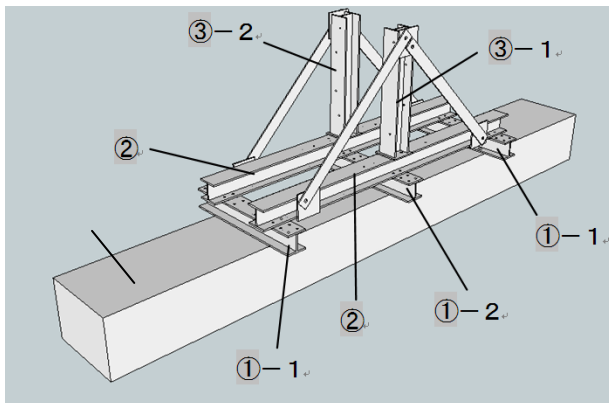


図 2-1-2 治具組み立て図

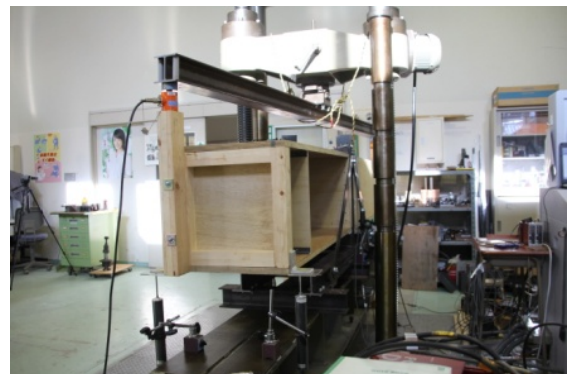


図 2-2-3 試験方法

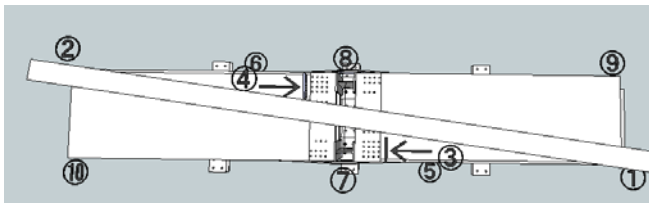


図 2-3-1 測定位置

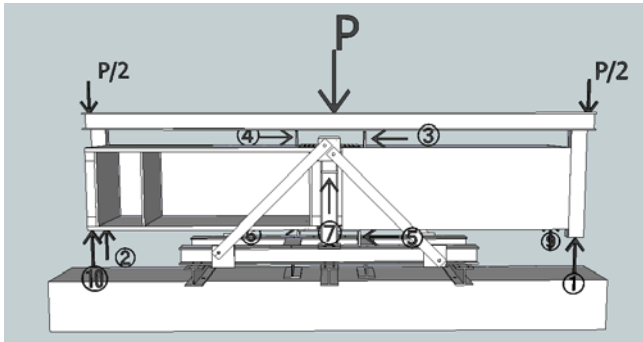


図 2-3-2 測定位置

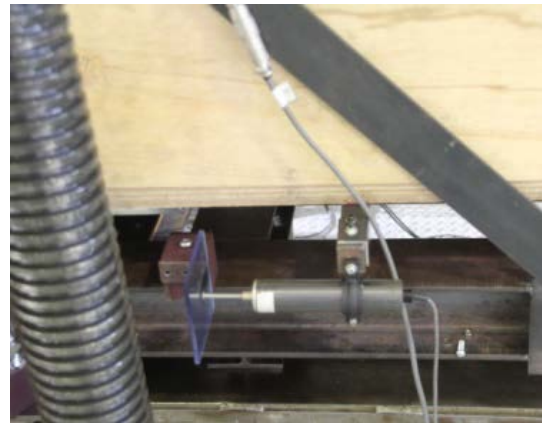


図 2-3-5 変位計設置例 変位計⑤(⑥)



図 2-3-6 変位計設置例 変位計⑦(⑧)



図 2-3-3 変位計設置例 変位計①,⑨(②,⑩)

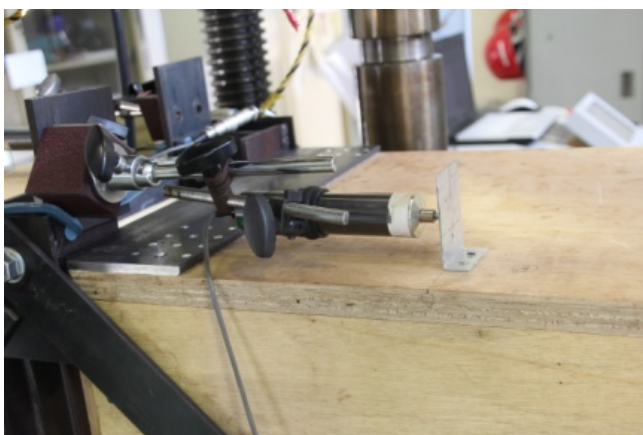


図 2-3-4 変位計設置例 変位計③(④)



図 2-3-7 ロードセルの設置例

3 解析方法⁴⁾

せん断変形角の算出

ペアとなる 2 体の供試体のうち引張側柱脚にてボルトが破断し破壊した供試体に関して以下の値を求めた。

見かけのせん断変形角 γ

$$\gamma = (\delta_1 - \delta_7) / H,$$

脚部のせん断変形角 θ

$$\theta = (\delta_3 - \delta_5) / V$$

真のせん断変形角 γ_0

$$\gamma_0 = \gamma - \theta$$

ただし $H=1369\text{mm}$ 、 $V=450\text{mm}$ である。

81～88 の変位測定位置は図 2-3 に示したものをさす。
また 89、810 はねじりを把握するために求めた変位である。

4 解析結果

上記の試験方法による解析結果のうち荷重とせん断変形角 γ_0 の関係を図 4-1 に、荷重と見かけのせん断変形角 γ との関係を図 4-2 に、図 4-2 のうち、短期基準せん断耐力の基本値の算出に必要な $\gamma = 1/120$ 部分の拡大を図 4-3 に、解析方法を示したグラフを図 4-4 に示す。

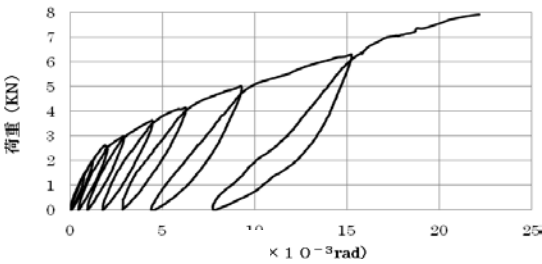


図 4-1 荷重— γ_0 関係

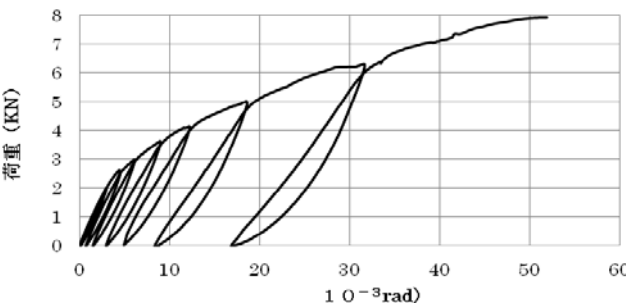


図 4-2 荷重— γ 関係

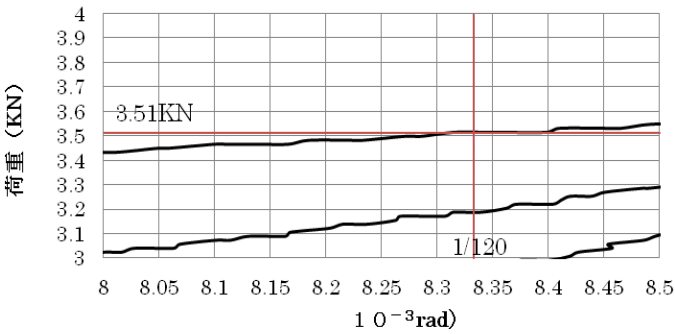


図 4-3 荷重— γ 関係(1/120 部分拡大)

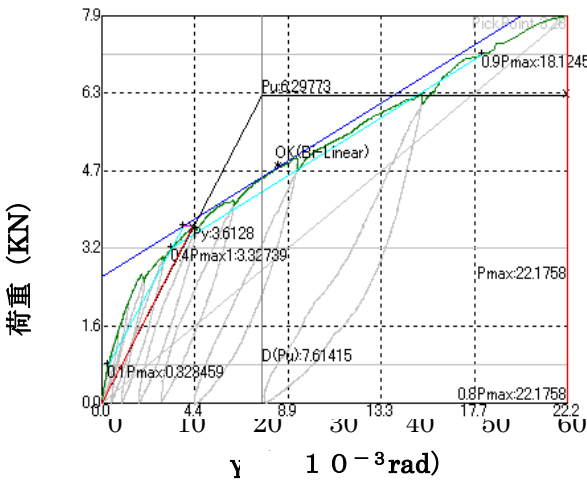


図 4-4 解析結果

表 4-1 図 4-4 に対応する解析値

項目	値
読み込みファイル名	解析データ改.csv
実験名など	7
縦軸	0.0981
横軸	0.022295268
Pmax	7.9134
D(Pmax)	22.1758
対象データ数	997
処理結果	OK(Bi-Linear)
初期滑り	考慮しない
D(0.1Pmax)	0.323459
D(0.4Pmax1)	3.32739
D(0.4Pmax2)	3.32739
D(0.9Pmax)	18.1245
曲線に接する点P	4.82325
曲線に接する点D	8.42035
二直線の交点Py	3.6128
二直線の交点D(Py)	3.89356
曲線上の点δy	4.36799
D(0.8Pmax):δu	22.1758
初期剛性K	0.827108
Energy	115.681
Pu	6.29773
D(Pu):δv	7.61415
μ=δu/δv	2.91244
Ds=1/sqrt(2μ-1)	0.455257
残差	18.2859
適合度=-残差/Energy	0.841929
縦軸値[2/3*Pmax]	10.704

5 短期基準せん断耐力の基本値の算出

短期基準せん断耐力の基本値は、下記の (a)～(d) の最小値とした。

(a)降伏耐力 P_y	3.61kN
(b)終局耐力 $P_u \times (0.2/D_s)$	2.77kN
(c)最大荷重 P_{max} の 2/3	5.28kN
(d)特定変形時の耐力	3.51kN

最小値：2.77kN

壁倍率： $2.77/1.96/0.45 = 3.14$ 倍

(最小基本値/基準値/長さ)

設計時には、壁倍率を 2.5 相当と仮定して接合部の強度を決定していたので、今回の試験で得られた結果は設計強度を上回っていたことが分かる

6 破壊状況

破壊状況を写真 6-1～写真 6-7 に示す。破壊は写真 6-3 に示すように図 1-2-1 の背板側側板の引張側のアンカーボルトの破断による。圧縮側側板には座屈は生じず、背板が曲げを負担しているため回転がみられた。枠組材と背板、側材間には隙間が見られ L130×33×9×12×6 と合板の木ねじ接合部の引張側には孔の変形が見られた。写真 6-2 から、供試体がせん断中心からずれて載荷されていることからねじれが生じているのがわかる。したがって、実験はねじれとせん断を受ける家具の剛性を求めていることになる。



写真 6-1 破壊状況(全景)

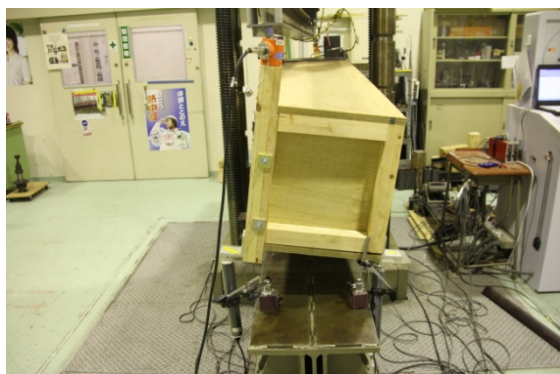


写真 6-2 破壊状況 (天板側より見る)



写真 6-3 アンカーボルト(8φ)の破断



写真 6-4 破壊状況 背板引張側のくぎの抜け出し



写真 6-5 破壊状況 背板の回転

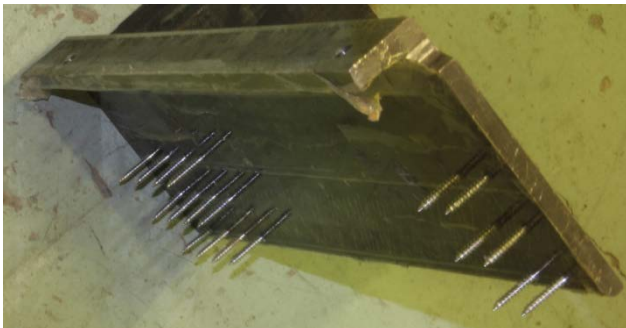


写真 6-6-1 引張側鋼材 L130×33×9×12×6



写真 6-7-1 圧縮側鋼材 L130×33×9×12×6

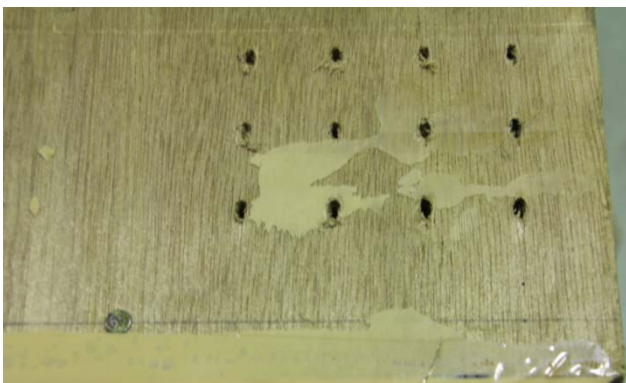


写真 6-6-2 引張側ベニヤ



写真 6-7-2 圧縮側ベニヤ

7 考察

7-1 棚板

壁倍率3.14の値から逆算すると家具による側板の座屈止めに必要とする剛性²⁾は十分($0.303 > 0.101$)と考えられる。

必要な剛性k：	0.101KN/mm	$[=4 \times 7.91 \times 1.369 / 0.45 / (1000 - 6 \cdot 52.5 / 2 - 12)]$
壁の剛性：	0.303KN/mm	$[=3.14 \times 1.96 \times 0.45 / (1369 / 150)]$

7-2 今後の実験計画

7-2-1 アンカーボルト

本報告におけるアンカーボルトは8mmの寸切ボルトを用いたが、背板側の引張側側板のアンカーボルトの破断によって破壊した。破壊時の側材と背板との接合耐力は下記の値と考えられ寸切ボルトの耐力を上回るが、その差は破壊状況から判断して、背板による曲げモーメントの負担と推測される。

接合耐力：	24.1KN	$[=7.91 \times 1.369 / 0.45]$
アンカーボルトの耐力：	17.6KN	$[=0.385 \times 100 \times 456 / 1000]$

今後、SS400の12φのアンカーボルトを用いることにより、家具の靱性を高めるとともに他の接合強度を上昇させることにより、壁倍率を高めたいと考えている。

7-2-2 水平方向に連なった家具のお互いの接合方法

側板に生じる短期軸力・せん断力は、隣り合う側板と接合することによりキャンセルさせ連なる家具の外側の側材のみでそれら进行处理したいと考えている。

謝辞：本実験は、(株)坂茂建築設計事務所の協力のもとに行われた。
また鋼材の加工に関しては当短期大学校・メカトロニクス科の楠博先生、
また解析に関しては手塚構造研究室代表 手塚升博士の協力を得た。
ここに深く謝意を表する。

参考文献：

- 1)木質構造設計規準・同解説 一許容応力度・許容耐力設計法(2006改定)
日本建築学会 pp.171・pp.179
- 2)鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一 日本建築学会 pp.94・pp.95
- 3)建築構造学体系 材料力学 松井源吾著 彰国社 pp.52・pp.56
- 4)木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版) 企画編集(財)日本住宅
・木材技術センターpp.565・pp.572

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：平成24 年 9月 21日

科名：住居環境科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習Ⅰ,Ⅱ		側材を柱、背板を壁とした家具の家	
担当教員		担当学生	
山田 伸典			
課題実習の技能・技術習得目標			
設定されたテーマに関して計画的に総合的に取り組む能力を習得します			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
地震時に家具が転倒し、負傷者が出ているが、家具自体には大きな損傷が見られないことに着目した建築家「坂 茂」は、家具そのものを構造体とする家、「家具の家」を提案してきた。そこで、本テーマとして実寸家具の1/2スケールのものを想定して、実験によって耐力等を確認しました。			
実習テーマの特徴・概要			
設計した供試体を作成して、実験により水平剛性・耐力・破壊状況の把握を試みました。			
No	取組目標		
①	テーマにそって当校でできる実験計画を作成します。		
②	図面を作成して、3次元CADにより納まりを確認します。		
③	数量積算をおこない材料を発注します。		
④	材料にケガキをして、安全を確認して加工をします。		
⑤	組み立てを行い最終的な納まり調整をします。		
⑥	実験後に分析、まとめを行います。		
⑦	発表レジメ、プレゼンテーション資料の作成、卒論の作成、発表会を行います。		
⑧	実習・実験は常に5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）を意識して安全衛生作業を遂行します。		
⑨			