課 題 情 報 シ ー ト

テ ー マ 名 ：	木造耐力壁実験用治具の製作		
担当指導員名：	黒瀬敏浩	実施年度：	25 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：	総合制作実習課題	学生数： 5	時間： 24 単位（432h）

課 題 制 作 ・ 開 発 の ポ イ ン ト

【開発（制作）のポイント】

本実習は、万能試験機を用いて木造耐力壁の性能実験を行うための治具の製作を目的としています。試験体の設置から加力、変形の際に干渉しないようにするための形状の検討、治具自体の変形を抑えるための検討を繰り返し、木造耐力壁の性能実験に耐えうる治具の設計を行うことが開発のポイントとなっています。

【訓練（指導）のポイント】

面内せん断試験機と同様の実験を可能にするための治具の設計について、CAD や CG ソフトを活用しながら 3D 図面や模型による問題点の洗い出し・修正を繰り返すことによる問題解決能力を習得させることがポイントとなっています。また、作業開始時に使用する電動器工具類の操作手順を確認することや、危険予知活動などの安全衛生管理についても配慮しています。

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　千葉県千葉市中央区問屋町 2-25
電話番号 ： 043-242-4193（代表）
施設 Web アドレス ： http://www3.jeed.or.jp/chiba/college/

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。

木造耐力壁実験用治具の製作

千葉職業能力開発短期大学校

住居環境科
指導教員　黒瀬　敏浩

要 約　「治具」とは「加工や組み立ての際、部品や工具の作業位置を指示・誘導するために用いる器具」のことをいう。今回、本校にある「万能試験機」を活用して木造耐力壁の強さを測る「面内せん断試験機」と同様の実験を可能にするための治具について、3D 図面や模型の製作を繰り返し、問題点の洗い出し・修正を行ったうえでプロトタイプ（原型機）を試作し、プロトタイプによる耐力壁試験体を使った実用性の検証結果について述べる。

1　はじめに

地震の多い日本における住宅建築においては、建物の倒壊による危険から命や財産を守ることが重要視されており、倒壊を防ぐ一般的な手段として壁に筋かいが取り付けられている。この地震などの揺れ(水平方向の力)に抵抗させる目的で筋かいなどが取り付けられた壁を「耐力壁」といい、構造上重要なものとなっている。(図 1)

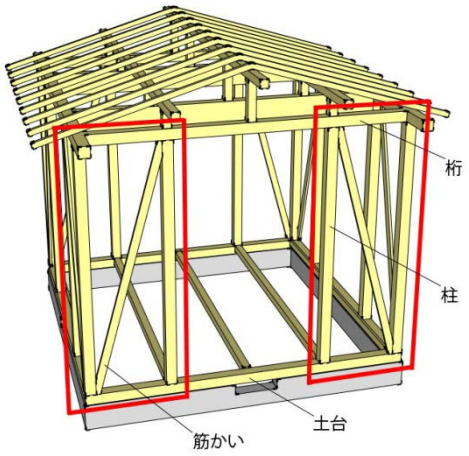

図 1　建物の軸組

今回、木造耐力壁実験用治具の製作をテーマとしたのは、当初「耐力壁のデザインを工夫することによって、どれだけ強い耐力壁を創ることができるのか。」を自分たちで実践できないかと考えたことがきっかけである。

これを実践するためには耐力壁の強さを測る「面内せん断試験機」という実験装置が必要となるが、本校にあるのは「万能試験機」であるため、そのままの状態では目的とする実験を行うことができない。そこで、「万能試験機」を活用して「面内せん断試験機」と同様の実験を行うことを可能にするため、今回の治具製作について取り組むこととなった。

2　万能試験機と面内せん断試験機の違い

「万能試験機」を活用して、「面内せん断試験機」と同様の実験を行うためにはどのような治具が必要になるのかを検討するために、「木造耐力壁ジャパンカップ」の視察を行った。この競技大会は全国から大学、ハウスメーカーおよび設計事務所が参加し、それぞれが製作した耐力壁の強さを競い合う大会である。(写真 1)

その競技大会において「面内せん断試験機」の使用方法を見ることによって、次に掲げる治具製作のポイントを確認することができた。

写真１　木造耐力壁ジャパンカップの様子

(1) 面内せん断試験機の加力方向が水平方向であるのに対して、万能試験機の加力方向は垂直方向である。

(2) 原寸大の耐力壁を利用した実験は、本校の万能試験機には収まらないため、実施することができない。

3　治具の設計

3.1　治具に求められる条件

前項の治具製作のポイントから、治具に求められる条件として次の 3 点が考えられる。

(1) 実験は耐力壁の試験体を横置きにすることで面内せん断試験機による水平方向からの加力と同じような実験環境を整える。
(2) 実験中の加力時に起こる可能性のあるねじれ変形を防ぐ環境を整える。
(3) 耐力壁の試験体を横置きにした場合でも原寸大での実験は不可能であるため、原寸の 1/2 にスケールアウトすることで実験を行える環境を整える。

以上の条件を踏まえて、試験体を固定するための「固定治具」と加力時のねじれ変形を防ぐための「振れ止め治具」の設計を行う。

3.2　治具案１

(1) 固定治具の構造
試験体を設置・緊結するための「固定用柱」。固定用柱を固定するための「柱」。耐力実験時に固定用柱および柱の変位を抑えるための「筋かい」。テーブルへの治具固定および柱立ち上げのための「土台」から構成されている。
（図 2）

(2) 振れ止め治具の構造
試験体のねじれ変形を抑えるための「振れ止め材」。振れ止め材を固定するための「桁材」。振れ止め材の位置を調整するためのルーズホール加工を施した「プレート」。プレートを固定するための「柱」。テーブルへの治具固定および柱立ち上げのための「土台」から構成されている。（図 2）

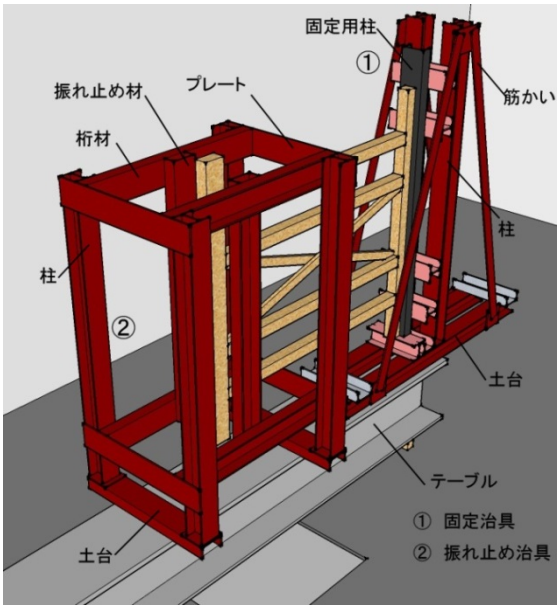

図２　治具案１

(3) 問題点の確認
この案の振れ止め治具は試験体の桁全体を四方から囲み、ホールドする構造となっているが、スケッチアップおよび模型による検証の結果、寸法が大きく部材数も多いため、かなりの重量となってしまうことが考えられた。

この理由により、治具の移動、試験体設置・取り外しが、たいへん煩雑になることが推測されたため、振れ止め治具のプランを再検討することとなった。

3.3　治具案２

(1) 振れ止め治具の構造
試験体のねじれ変形を防ぐための「振れ止め柱」。振れ止め柱を支持する「筋かい」。振れ止め柱の位置を調整するためのルーズホール加工を施した「プレート」。テーブルへの治具固定および柱立ち上げのための「土台」から構成

されている。（図 3）

(2) 治具案１からの修正点

治具案１で問題となった振れ止め治具の移動、試験体の設置・取り外しが容易にできるよう、次の修正を行った。

①柱と振れ止め材の一体化。
②振れ止め材の固定方法を、柱と桁材による固定から筋かいとプレートによる固定に変更。
③位置調整用のプレートを４枚から２枚に変更。
④振れ止め柱の長さを短くした。

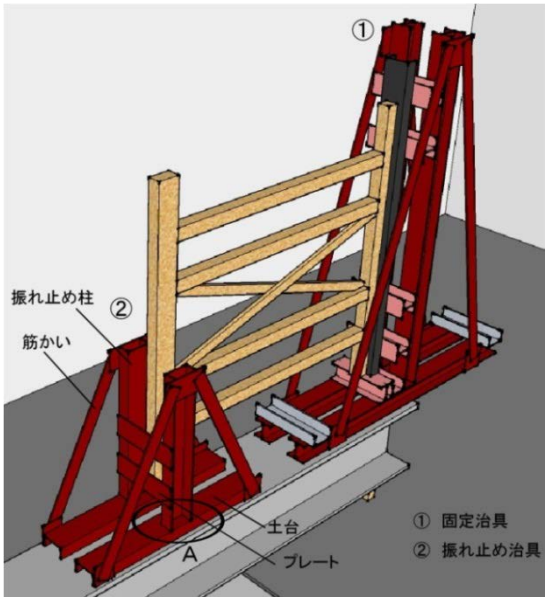

図３　治具案２

(3) 問題点の確認

治具案２においては、部材数を減らし、構造も簡素化することによって治具案１の振れ止め治具の問題点はおおよそ修正されたが、変位計取り付けの際、振れ止め治具の土台が邪魔をし、取り付けられないことが判明した。（図３　A 部分）

3.4　治具案３

(1) 固定治具の構造

試験体を設置・緊結するための「固定用柱」。固定用柱を固定するための「柱」。柱を「長柱」から「短柱」へ変更。耐力実験時に固定用柱および柱の変位を抑えるための「筋かい」。テーブルへの治具固定および柱の立ち上げのための「土台」から構成されている。（図 4）

(2) 振れ止め治具の構造

今回、振れ止め治具の材料を「木」に変更。試験体のねじれ変形を抑えるための「桁材」。桁材を取付けるための「柱」。テーブルへの治具固定のための「土台」から構成されている。（図 4）

(3) 治具案２からの修正点

①木造耐力壁の耐力試験程度の加力であれば固定治具の変位はほとんどないと考え、柱を長柱から短柱へ変更。（図 4）
②振れ止め治具のさらなる軽量化のため、材質を「木」に変更。（図 4）
③治具の移動、試験体の設置・取り外し作業のさらなる効率化および変位計設置の妨げを解消するため、試験体を挟み込む振れ止め治具を左右に分離可能な形状に変更。（図 4）

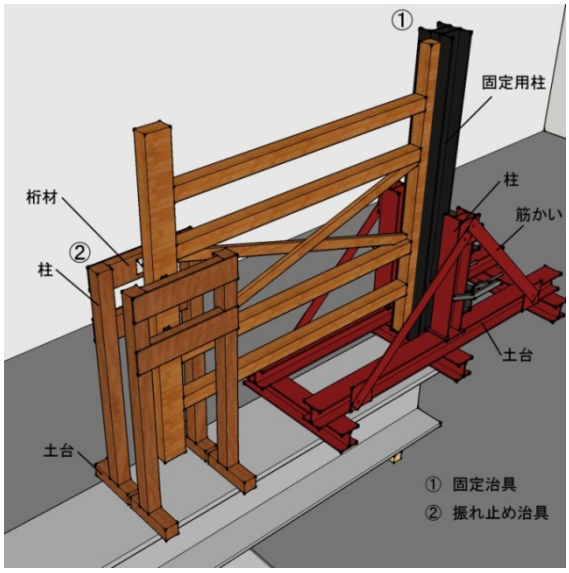

図４　治具案３

ここまで図面や模型を用いた検証を繰り返し、問題点の洗い出し・修正を行い、治具案３による加工・製作に取り掛かることにした。

4　実験による治具の検証

4.1　治具製作中の問題発生とその対応

固定治具製作の際、鋼材の接合のほとんどをボルト接合とする計画であったが、すでに穴あけ加工された鋼材を再利用したため、緊結のためのボルト穴の加工が困難となる箇所があり、その部分については万力による緊結で対応することとした。（写真 2）

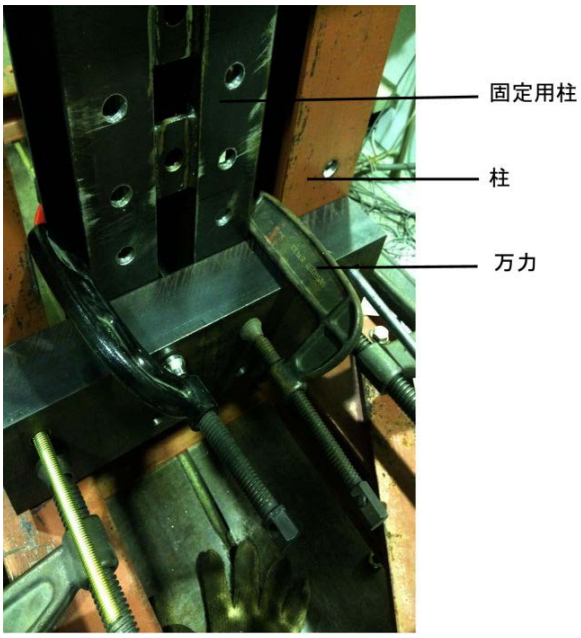

写真 2　万力による緊結

4.2　実験の目的および方法

今回の実験は、試験体への加力時における固定用柱（固定治具）の変位量確認および、振れ止め治具による試験体のねじれ変形防止効果の検証である。

試験体を横にして土台を固定用柱（固定治具）に緊結し、試験体の桁に荷重 P をかけ、試験体および固定用柱上部の変位量を測定した。また、振れ止め治具については目視によって試験体のねじれ変形の有無を測定した。（写真 3）

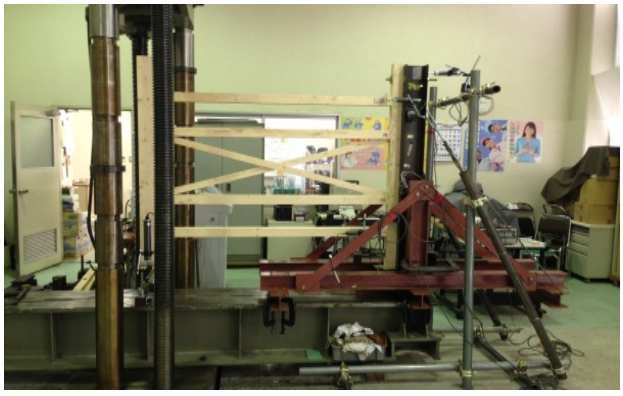

写真 3　実験装置全体

4.3　実験結果

試験体は接合部の金物による補強等を施していない簡易的な造りであったため、僅かな荷重で大きな変位が生じ、桁に取り付けた変位計が測定の限界を迎えてしまったため実験を終了した。

実験の結果、試験体には最大荷重 Pmax として約 2.5[kN]という僅かな荷重で実験を終了したため、固定治具が耐力壁の実験に耐えられるか検証するには不十分であったが、固定治具の柱上部が約 2.5[kN]の試験体への加力で 1.79[mm]変位したことが確認できた。（表 1）

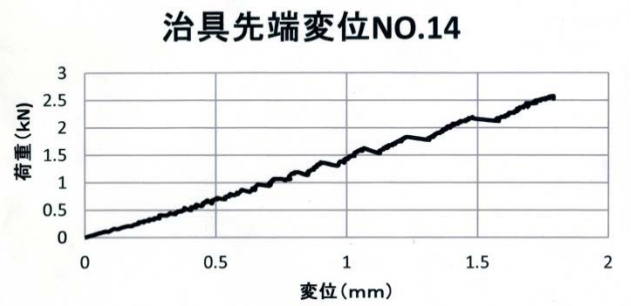

表 1　荷重と変位のグラフ

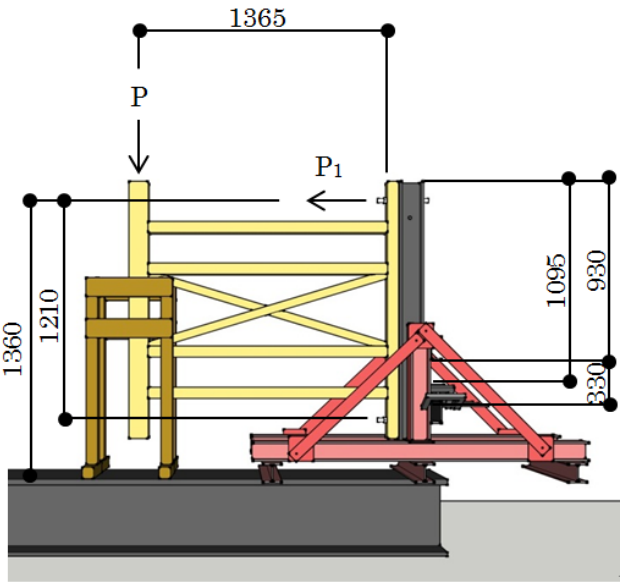

図 5　荷重 P と荷重 P_1 の関係

4.4　計算による検討

この結果を利用し、治具案 3 における固定治具の柱上端におけるたわみ（変位量）を計算によって求める。

まず、実験データから固定治具の柱上端にかかるモーメント M を求める。

$$M = 2.526[\mathrm{kN}] \times 1365[\mathrm{mm}]$$

$$= 3.448 \times 10^{3}[\mathrm{kN \cdot mm}]$$

次に柱上端にかかる水平力 P_1 を求める。

$$P_1 = \frac{3.448 \times 10^3[\mathrm{kN \cdot mm}]}{1210[\mathrm{mm}]} = 2.850[\mathrm{kN}]$$

さらに固定治具の柱を完全固定の片持ち梁と仮定し、「片持ち梁先端荷重時のたわみの公式」を用いて、完全固定時のたわみ（変位量）を求める。（図 6）

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$$ （片持ち梁先端荷重時のたわみの公式）

δ: たわみ(変位量)[mm]
P: 荷重[N]
L: 材の長さ[mm]
E: ヤング率[N/mm^2]
I: 断面二次モーメント[mm^4]

$$\delta = \frac{2.850 \times 10^3[\mathrm{N}] \times 1095^3[\mathrm{mm}]}{3 \times (2.1 \times 10^5)[\mathrm{N/mm^2}] \times (2 \times 424 \times 10^4)[\mathrm{mm^4}]}$$

$$= 0.70[\mathrm{mm}]$$

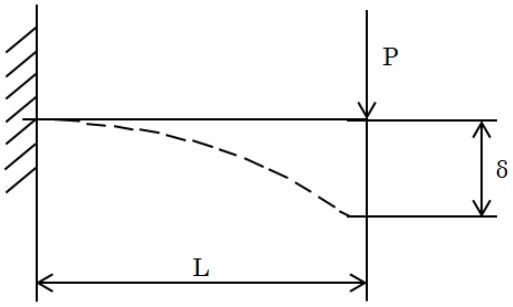

図 6　片持ち梁先端にかかる荷重とたわみの関係

ここで、今回の柱と土台の接合は、完全固定では無いため、完全固定の固定度を「1」としたときのボルトおよび万力による接合の固定度を算定する。

$$\text{（固定度）} = \frac{0.7[\mathrm{mm}]}{1.79[\mathrm{mm}]} = 0.391 \fallingdotseq 0.4$$

この結果から治具案３の変位量を求める。

$$\frac{0.7[\mathrm{mm}]}{0.4} = 1.75[\mathrm{mm}]$$

この計算結果をもとに、治具案３に緊結した試験体に荷重 30[kN]（木造耐力壁ジャパンカップ上位入賞作品の平均耐力値）を加力した場合の固定治具の柱上端の変位量を求める。

$$\frac{30[\mathrm{kN}]}{2.5[\mathrm{kN}]} = 12$$

$$1.75[\mathrm{mm}] \times 12 = 21[\mathrm{mm}]$$

計算の結果、固定治具の柱上端が 21[mm]変位することが予測できる。

4.5　実験結果を踏まえた治具案４の検討

前項の計算結果から、予測値がたいへん大きくなったことを踏まえ、固定治具の柱上端の変位をさらに抑えるため、次のような補強を施すことに決定した。（図 7）

(1) 筋かいの位置を柱上部に変更。
(2) 筋かいは柱に直接接続する。
(3) 圧縮側筋かいを山型鋼に変更。
(4) 引張り側筋かいを丸鋼に変更。また、丸鋼の張力を調整するために、ターンバックルを使用する。

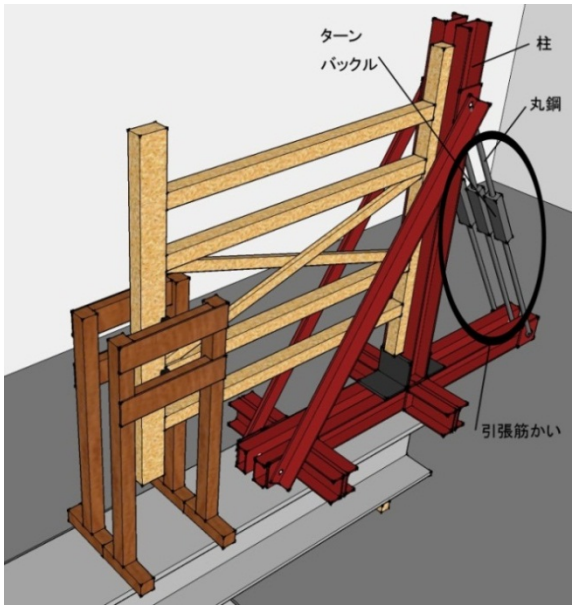

図 7　治具案 4

構造計算を行い、ターンバックルの変位から全体の変位を求める。

治具案３の計算と同様に荷重 P を 30[kN]（木造耐力壁ジャパンカップ上位入賞作品の平均耐力値）として計算する。また今回は、引っ張り筋かいが直接治具の柱に接合しているので、それについても考慮して計算する。

柱上端にかかるモーメントMを求める。

$$M=30[kN]\times 1365[mm]$$

$$=40.95\times 10^3\ [kN\cdot mm]$$

柱上端にかかる水平力P_1を求める

$$P_1=\frac{40.95\times 10^3[kN\cdot mm]}{1210[mm]}=33.8[kN]$$

引張り筋かい1本あたりにかかる水平力は、

$$\frac{33.8[kN]}{3[本]}=11.27[kN]$$

引張り筋かいに受ける軸力は、

$$N=\frac{1631[mm]}{900[mm]}\times 11.27[kN]=20.42[kN]$$

引張り筋かいに使用する丸鋼の断面積を求める。

$$A=\left(\frac{22[mm]}{2}\right)^2\times\pi=380[mm^2]$$

上記の値から筋かいの変位を求める。

$$\delta=\frac{LP}{AE}$$

δ: たわみ(変位量)[mm]
P: 荷重[N]
L: 材の長さ[mm]
E: ヤング率[N/mm^2]
A: 断面積[mm^2]

$$\delta=\frac{1631[mm]\times 20.42\times 10^3[N]}{380[mm^2]\times 2.1\times 10^5[N/mm^2]}=0.42[mm]$$

水平変位に直すと、

$$0.42[mm]\times\frac{900[mm]}{1631[mm]}=0.23[mm]$$

治具の柱の固定度を 0.5 と仮定した場合の変位は、

$$\frac{0.23[mm]}{0.5}=0.46[mm]$$

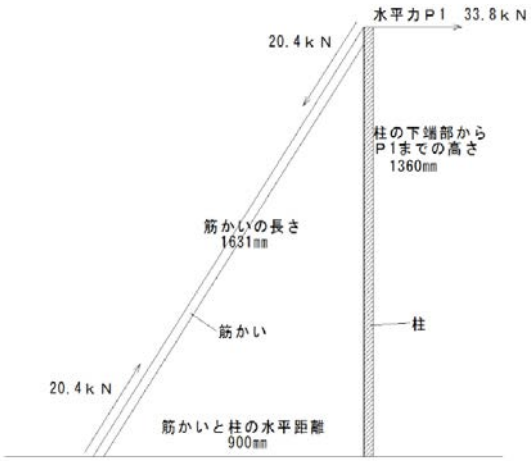

図8 治具案4

5 まとめ

前項の計算から、変位は0.46[mm]となり、修正前と比べ約20.5 [mm]減少する結果となった。ただし、あくまでも計算によって導かれた数値であり、実際の変位は前後する可能性もある。後日、新しい治具の資材が届き次第、組立て・検証を行い、卒業までに木造耐力壁の耐力実験を行える環境を整えたい。

今回、治具完成のめどが立ったことで、万能試験機を利用した木造耐力壁の耐力実験を行える環境が整えられた。住居環境科の学生として来年度以降、木造耐力壁の耐力実験に取り組み、木造耐力壁ジャパンカップ出場に向けた取り組みを行っていただくことを切に望む。

6 謝辞

今回の総合製作に構造担当の山田伸典先生に御助言と御協力を頂きましたことにお礼申し上げます。

参考文献

(1) 木質構造設計基準・同解説―許容応力度・許容耐力設計法― 日本建築学会
(2) 〈テキスト〉建築構造力学Ⅰ 学芸出版社
(3) 〈テキスト〉建築構造力学Ⅱ 学芸出版社

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：　7月　22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	木造耐力壁実験用治具の製作	
担当教員	担当学生	
住居環境科　黒瀬敏浩		

課題実習の技能･技術習得目標

「治具」とは「加工や組み立ての際、部品や工具の作業位置を指示・誘導するために用いる器具」のことをいう。今回、本校にある「万能試験機」を活用して木造耐力壁の強さを測る「面内せん断試験機」と同様の実験を可能にするための治具について、3D 図面や模型の製作を繰り返し、問題点の洗い出し・修正を行ったうえでプロトタイプ（原型機）を試作し、プロトタイプによる耐力壁試験体を使った実用性の検証をおこなう。また、設計・製作に過程において学生間の連携を密にし、情報共有を図ることでコミュニケーション能力、問題解決能力を養うことを目標とする。

実習テーマの設定背景･取組目標

実習テーマの設定背景

「木造耐力壁ジャパンカップ」は全国から大学、ハウスメーカーおよび設計事務所が参加し、それぞれが製作した耐力壁の強さを競い合う大会である。面内せん断試験機を使用して強度を測定するが、本校には万能試験機しかないため、面内せん断試験機と同様の実験を可能とする治具の開発を目指した。

実習テーマの特徴･概要

・万能試験機と面内せん断試験機の違いの検討と治具の調査
・治具の設計
・実験による治具の検証

No	取組目標
①	本テーマに取り組む目的を確認する。
②	本テーマに必要な資料・材料・工具等の準備・管理を行う。
③	全工程のスケジュール管理を行い、成果物の期限内完成・提出を行う。
④	治具の設計・製作を行う。
⑤	実験結果を踏まえた問題点の分析、解決に取り組む。
⑥	５Ｓの実現に努め、安全衛生活動を行う。
⑦	梗概集の作成、発表用パワーポイントの作成、成果物の展示および発表を行う。
⑧	実習の進捗状況、発生した問題等について、単独、グループの場合に関わらず担当教員へ報告を行う。
⑨	
⑩	