

技術科における構造学習の教具について

On the Teaching Instrument for the Learning of Structure in Industrial Arts.

今山 延洋・紅林 秀治*

Nobuhiro IMAYAMA, Syuji KUREBAYASI

(昭和62年10月12日受理)

1. はじめに

構造に関する内容は、木材加工と金属加工で取り扱われている。構造を強くするには、三角形構造がよいとする授業案を多々散見するし、そう思い込まれている中学校の先生方も多いように思われる。しかし世の中の構造物の全てが三角形構造であるわけでもないし、説明できるわけでもない。

1-1. 木材加工Ⅱの教科書の説明について

木材加工Ⅱの教科書(昭和62年度使用)の説明について、図1に開隆堂¹⁾の例、図2に東京書籍²⁾の例を示す。

いずれの教科書も、同様の図を示している。つまり、「四角形の構造は不安定な構造だから、ななめ材(すじかい)を入れて三角形の構造にしたり、まく板をつけると安定した構造になる。ぬきをいれると、さらに丈夫になる。」としている。

これらから構造について、次のようなことが考えられる。

① いろいろな補強を考えて、構造に関心を持たせる。三角形構造とか四角形構造とかの違い

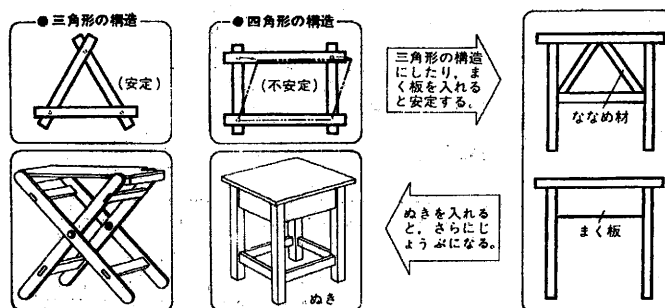


図1 木材加工Ⅱの教科書の例(K社)¹⁾

*大学院教育学研究科研究生

についてはとやかに言わない。

- ② 四角形構造は不安定で、三角形構造は安定な構造である。その考えは、各々の教科書の図の中の、主要な部分にみられる。つまり、三角形の図、あるいはななめ材（すじかい）の図は「安定」であり、四角形の構造の図は「不安定な構造」である、に示されている。
- ③ いずれにしろ、これらの教科書を教えられる先生方は、「三角構造が一番強いんだ。しかし、それはそうとして、ほぞ接合を使って椅子などは作らせよう。だけど、なんとなくすっきりしない。」といった考えを持っていると思う。

1-2. 材木加工 I の教科書の説明について

東京書籍の例³⁾では、「側板には背板をつけ、側板を補強する。」として、本立の背板について述べている。また、「接合部には角材を補強材として入れ、脚として用いる。」として、フラワーボックスの脚を接合材として用いるとしているのみである。構造全体に関しては何も記述されていない。あるいは、中学1年生では記述すべきでないと考えているのかも知れない。

図3に開隆堂の例⁴⁾を示す。側面が無い段ボールなどの空箱に、側面の補強をすることで横方向の力にたいして段々に強くなることを示している。また、この教科書の前の頁⁵⁾には本立、本箱、本棚などの具体例が示されている。

この両方の図や説明を合わせて考えたとき、本棚や本箱の原型として本立を考え、構造を考えると、箱を構造の原点におき、横方向の力や荷重にたいして側面の一部あるいは全部を張ると強くなることを示している。これは、裏板や背板の効果を示している。このことは、箱構造の側板の役割が本棚などの裏板や背板と等しいことを暗に示していると考えられる。尚、いずれの教科書も昭和62年度使用のものである。

ところが、この同じK社の教師用教科書を図4に示す。⁶⁾図には、「背板は三角構造にするとじょうぶになる。……」という記述がある。これは背板の強さが、三角形構造によるものであるとする考えとみられる。

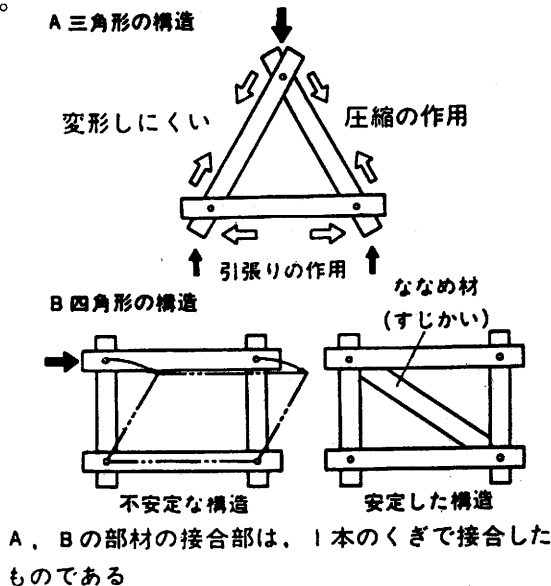


図2 木材加工IIの教科書の例 (T社)²⁾

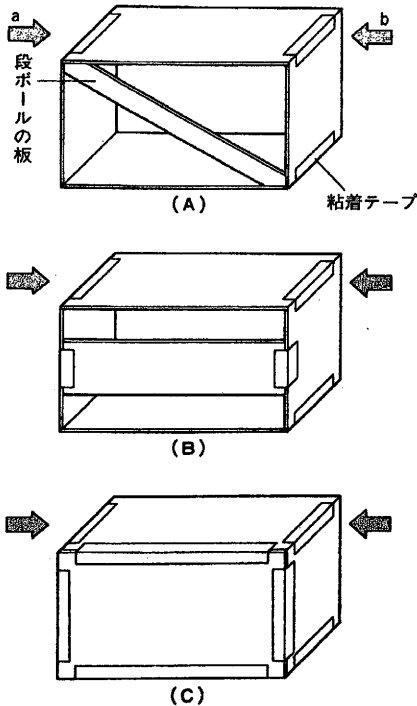


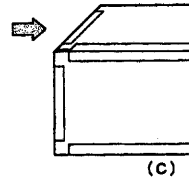
図3 木材加工 I の教科書の例 (K社)⁴⁾

●背板の幅と強さ

背板は、三角構造にするとしようぶになる。そのために、くぎは2本以上打つ必要がある。また、幅の広い背板ほど、構造がいつそうじょうぶになることを、説明する。

●繊維方向のくふうの指導

1. 17図の繊維方向とちがう本立て、本箱を用意する。



16図 構造のくふう



図4 木材加工 I の教師用教科書の例 (K社)⁵⁾

この報告では、教科書で取り扱われている構造に関する不完全さを指摘し、より系統的な考えを述べ、特に四角形構造については、実用的な教具と授業案の例も示した。

最後に、ここで示した構造学習と同じ内容を、去る昭和61,62,年8月に二回に分けて静岡県中部教育事業所主催の静岡県中部技術・家庭科実技研修会(技術領域)で紹介させていただいた。これは、昨年報告した「反りと細胞観察」⁷⁾とセットになって、この実技研修会で紹介されたものである。その際のアンケート(感想文)の内容を分析して、この教具の有効性を全体として検証した。

2. 構造の種類と特長

構造物を大きく分類すると、次のようになる。⁸⁾

- ① 面構造——平面や曲面で立体を構成するもの
- ② 棒構造——断面が丸や角などの棒状のもので立体を形作るもの

更に、棒と棒の結合方式で次の二種類がある。

- (a) 結合部分が自由に回転……………トラス構造
- (b) 結合部分がしっかりと固定されている……ラーメン構造

次に各々の特徴を上げてみる。

- (1) 三角形構造——鉄棒や鉄塔（東京タワー）
 部材——棒状部材，筋かい，ほお杖
 構造名——トラス構造
 通称——三角形構造とした
 接合部の回転——接合部は回転自由（別名，滑接合あるいはピン接合）
 部材に作用する力——主に，引張りと圧縮
 部材の変形——主に，伸びと縮み
- (2) 四角形構造——鉄筋コンクリート造りのビルディング，椅子，机など
 部材——貫（ぬき），まく板（上からの荷重にたいして，曲げ変形として作用）
 構造名——ラーメン構造
 通称——四角形構造とした
 接合部の回転——接合部は回転できない，接合角度は常に一定，接合部はゆるまないことが前提条件である。（別名，剛接合）
 部材に作用する力——主に曲げモーメント
 部材の変形——主に，たわみ
- (3) 面構造——箱（段ボールやケーキの箱），ツーバイフォーの家の壁面，床面，天井
 本立（本立は，箱の前板と上板を取り去ったもの），本棚
 曲面——たまご，自動車，飛行機，エアードーム
 （これらは，一般にシェル構造と呼ばれる。）
 部材——面材，背板（本立の），裏板，まく板（横からの荷重にたいして，せん断変形として作用）
 構造名——面構造，版構造，曲面の場合はシェル構造
 通称——面構造，箱構造とした。
 部材に作用する力——主に，せん断（応）力
 部材の変形——せん断変形

3. 面構造とせん断

せん断変形とは，一般に図5の(a)に示すようなせん断力Pにより平行四辺形に変形することを示し，角度 θ でせん断変形の度合を表す。せん断とは互いにずれ合うことを言い，図5の(b)などで図示することが出来る。

ケーキの箱や段ボールの箱などを，左右に横方向に人間の手で力を加えたとき，簡単には変形しない。ところが，その力に平行な面，図6では手前と向こう側の面を取り去ると，図6の(c)(d)のように簡単につぶれてしまう。この様に，平面で囲まれた構造，面構造は，力がかかる方向と平行な面が，その力に抵抗していることがわかる。例えば，地震との関係で考えると，直下型でない遠くからの地震にたいして抵抗するのは，地震波が進行方向に平行な壁である。これは，耐震壁と呼ばれている。

木材加工Iで取り扱われている板材の加工の代表例である本立は，箱の前板と上板を取り除いた形と考えることができる（図7）。横からの荷重に対しては裏板あるいは背板が抵抗してることになる。この様子を示したのが図8である。

更に，このせん断変形，あるいは「ずれ」を分かりやすく示すために考えられた図を，図9

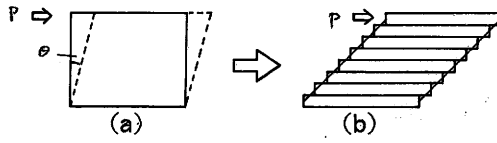


図5 せん断変形

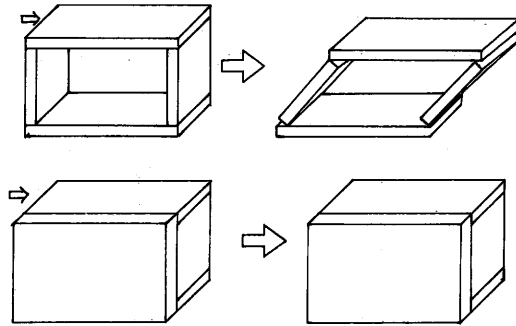


図6 側面の効果

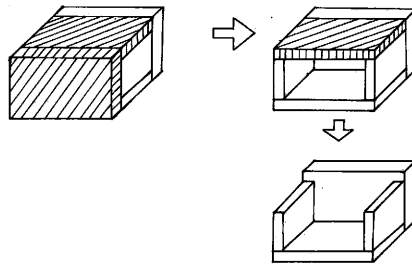


図7 箱から本立てへ

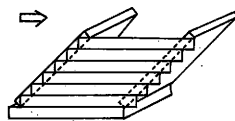


図8 本立ての背板のせん断変形

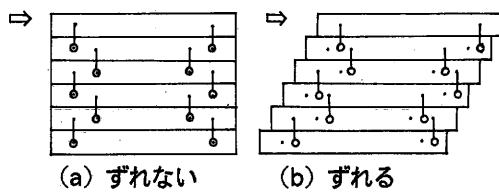


図9 せん断変形模型図

一段下の板のピンに固定されるとずれない。

に示す。

4. 剛接合とピン接合の比較

接合方法で考えると、ラーメン構造（四角形構造）は剛接合であり、三角形構造はピン（滑）接合である。ここでは、剛接合とピン接合の比較を行い、その違いを検討する。

4-1. 四角形構造の変形

剛接合で作られているラーメン構造の代表例として、四角形構造（ラーメン構造）の場合の、上からの荷重による変形と横からの荷重による変形たわみを図10に示す。

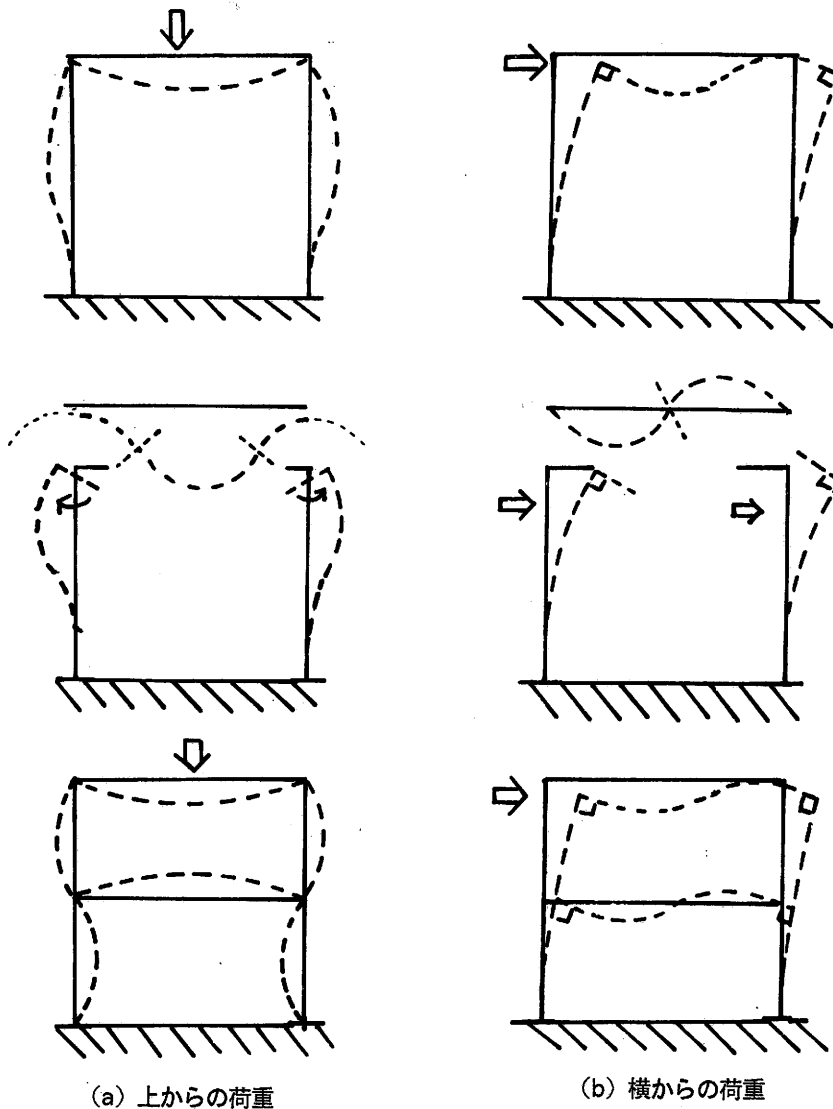


図10 四角形構造の変形

4-2. 接合方法（剛，ピン）からみた“ぬき”の役割

中学校技術・家庭科研究の手引（木材加工・金属加工編）⁹⁾の中で“ぬき”の役割の説明を説明している。この中で、構造の種類を門型構造、横ぬき補強構造、斜さん補強構造、三角形補強構造と分類している。どの構造物も、水平部材中央に垂直方向からの荷重（以後垂直荷重と呼ぶ）を負荷した場合の応力分布が示され、それをもとに、構造上の補強効果を説明している。接合方法は、剛接合である。また、本文中の“まとめ”の中で、以下のような記述がある。「…また、横ぬきや、斜めさん補強処置だけでは、依然として大きな応力の発生する箇所があるが、それぞれ、特徴的な応力分布を取っている。一般に発生応力が小さい構造ほど安定性が高いので、大きな外力が加えられるような場合には、三角形補強構造が好ましいことになるが、その他の構造物でも許容耐力内であれば、応力分布を巧みに利用した設計をすることができる。例えば、横ぬき補強構造では、横ぬき及び横ぬきより下の脚部には発生応力が小さいので、横ぬきを丈夫に組んで脚を細くした構造物（例えば、長い脚の花卓）もよい。」このように、横ぬきの役割は、垂直荷重に対する横足部材の補強程度にしか理解できない。今山、須見¹⁰⁾の報告によると、各点の曲げ応力、たわみ量を、門型構造と横ぬき補強構造と比較すると、ぬきの接合部に当たる点（b点）以外は、両値に大きな違いはない。したがって、横ぬき補強構造の効果は、b点におけるたわみ量と曲げ応力を少なくすることとなる。このことから考えると、“ぬき”の構造上の役割は、垂直荷重に対して、横足部材のたわみ及び曲げ応力の軽減という結論が出る。

ところが、上述の結論を導く補強構造は、“ぬき”だけに限らない。例えば、上述の例の門型構造の場合でも、横ぬき補強構造の場合でも、各部材同志の場合は、剛接合であったが、

① 横ぬき補強部材と横足の接合部分をピン（滑）接合した場合（図11(a)）を考えてみる。この場合も同様に垂直荷重を施すものとする。また別の例として、横足部材のたわみ及び曲げ応力を生じさせる原因は、垂直荷重を受けたときのたわみにある。つまり、水平部材と横足部材の接合点が剛接合であるため、水平部材がたわむことにより横足部材の端点に曲げが伝わることになる。

② したがって、水平部材に、剛性が大きく、垂直荷重に対してたわまない部材を用いた構造物を考えてみる（図11(b)）。

この二つの例をもとに、実験した場合、足のたわみおよび曲げ応力は、横ぬき補強構造の場合と同様に軽減されることになる。

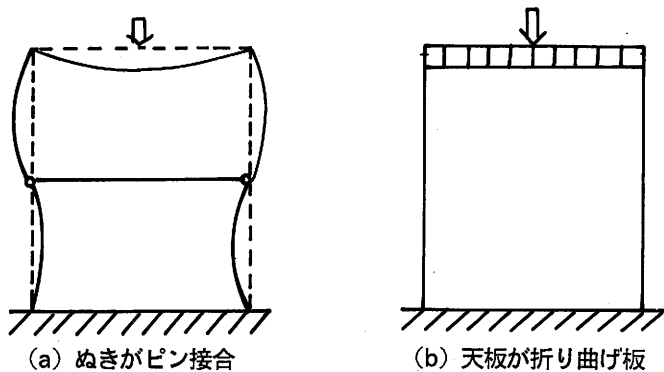


図11 横足（脚）がたわまない方法

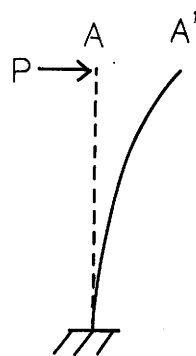


図12 片持ち梁

したがって、先述した横ぬき補強構造の役割は上述の2例から、横ぬき補強構造特有なものではないことがわかる。これらのことから、横ぬきの役割を垂直荷重の場合だけでは説明できない。

横ぬき補強構造の役割をもっと明確にさせるためには、垂直荷重に変えて水平荷重を負荷した場合のほうがよい。まず、図12に示す片持ち梁の部材の端点に荷重Pを水平に負荷した場合、図のようなたわみを生ずる。この水平荷重Pを門型構造（A、B、C、D剛接）の端点Aに負荷したときの状態は図13のようになる。各部材を分割してそれぞれにかかる力の分布を分析する。

図13からわかるように、水平荷重Pにより、端点A、Bは、たわみA'、B'となる。このとき、水平部材と横足部材は剛接合であるため、端点A、Bのたわみ角は、そのまま水平部材ABに伝わる。横足部材のたわみ角により生ずるモーメントを M_{PA} 、 M_{PB} とすると水平部材ABは、 M_{PA} 、 M_{PB} により、S字にたわむことになる（図14）。

ところが水平部材ABの剛性により、反モーメント $M_{PA'}$ 、 $M_{PB'}$ を生ずる。したがって、横足部材は図15に示すように、モーメント $M_{PA'}$ 、 $M_{PB'}$ を受けるため、水平荷重Pによるたわみだけでなく、 $M_{PA'}$ による逆方向へのたわみが生ずる。したがって、片持ち梁の状態のときと比べてたわみ量は軽減されることになる。

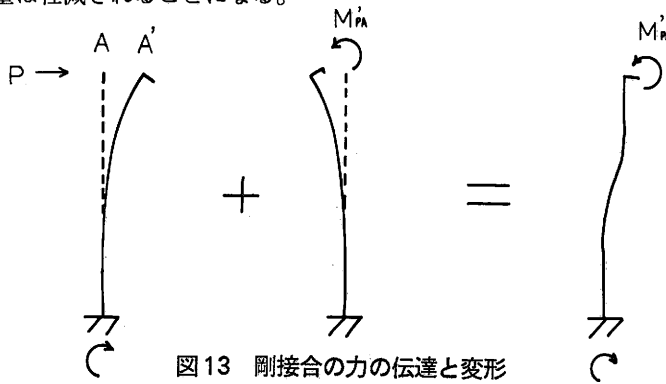


図13 剛接合の力の伝達と変形



図14 剛接点のモーメント（ねじり）の伝達

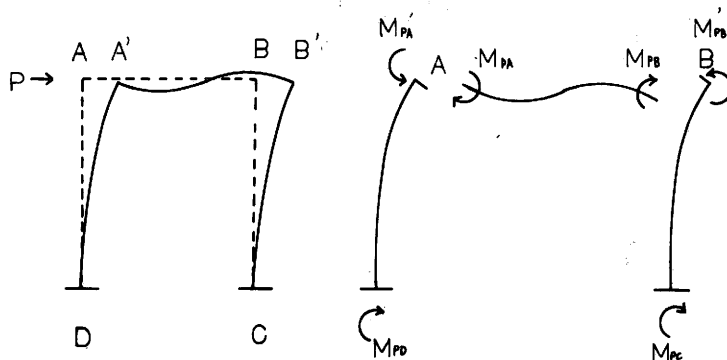


図15 横足のモーメントの合成

次に、図16に示すように、剛接合された横ぬき補強構造（A B C D E F）のA点に水平荷重Pをかける。

また、図17に示すように、門型構造の場合と同様、横足部材の端点A、Bのたわみ角が水平部材A Bに伝えられる。それに加えて、横ぬき補強部材E Fにも同様に点E点Fでのたわみ角が伝えられる。A、Eに生ずるモーメントを M_{PA} 、 M_{PE} とすると、横足部材は、 M_{PA}' 、 M_{PE}' という反力モーメントを水平部材A B、横ぬき補強部材E Fから受けるため、たわみ量は、門型構造の場合よりもさらに減ずることになる。

ここで、横ぬき補強部材ピン（滑）接合した場合を考察する。横ぬき補強部材E Fをピン（滑）接合し、水平荷重Pを図18のように負荷する。門型構造の場合と同様、横足部材の端点A、Bでのたわみ角は、水平部材に伝えられ、横足部材に、その反モーメント M_{PA}' が生ずる。ところが、横ぬき補強部材E Fは、横足部材とピン（滑）接合されているため、横足部材E Fでのたわみ角は伝えられず、E Fの剛性による反モーメントを受けないことになる。したがって、横ぬき部材をピン（滑）接合にしても、水平荷重Pに対する効果はないことがわかる。

このように、横ぬき補強構造の役割は、水平荷重をかけた時に明らかになる。

また、水平荷重に対する考察から、接合法が剛接である場合、たわみ角が部材から部材へ伝えられるため、モーメントが各部材に生ずる。それが、構造を強くする原因になっている。ところが、ピン（滑）接合の場合は、たわみ角が伝わらないため、部材にモーメントが生じない。この様に、接合法による違いが明らかになった。

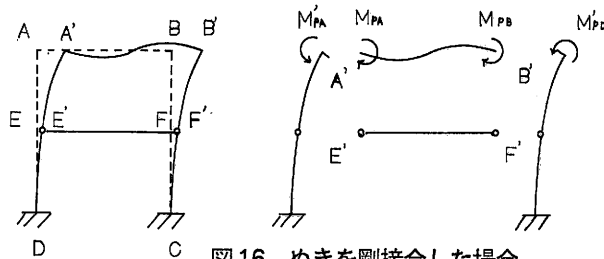


図16 ぬきを剛接合した場合

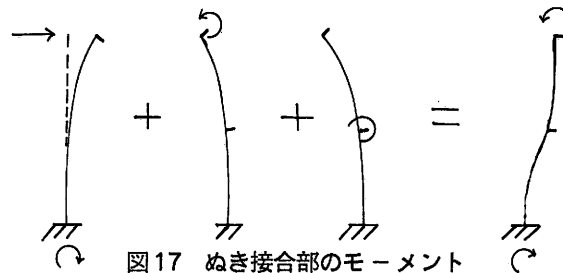


図17 ぬき接合部のモーメント

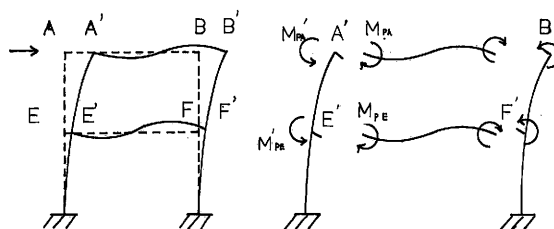


図18 ぬきをピン接合した場合のモーメント

5. 四角形構造の模型教具

中学校の構造学習における中心は、木材加工Ⅱで取り扱われている四角形構造（ラーメン構造）であると思われる。ここで、四角形構造の構造模型を提示する。

5-1. トタン板による構造模型の教具作り

四角形構造（ラーメン構造）の例としては、しっかり作られた椅子や机、あるいは現代建築物である鉄筋コンクリート作りのビルディングがある。この構造の大きな特長の一つとして、接合部の角度が変わらない（剛接合）ことがある。ここでは、部材にトタン、接合部にL型金具を用いた。この模型の製作にあたっては、文献12)を参考にして行った。部材がトタンであることから、接合部のL型金具は剛接合として働くと考えた。

- (1) 模型の種類
 1. 門型
 2. 貫（ぬき）補強型
 3. 附属品——（幅方向）折り曲げ板
- (2) 部 材
 1. 材料：トタン
 2. 厚さ：0.5mm
 3. 幅：30mm
 4. 長さ——水平部材：300mm
垂直部材：450mm
- (3) 接合金具
 1. L型金具
 2. （蝶）ナットとビス
- (4) 固定台
 - 合板——
 1. 厚さ：21mm
 2. 幅：150mm
 3. 長さ：600mm
- (5) 横荷重用支柱
 - 角棒——
 1. 断面：30×30あるいは40×40mm
 2. 長さ：約470mm
 3. 固定位置：構造模型の横約10cmの位置に固定
- (6) 重 り
 - 重さ：約400g

この構造模型の組立図を図19、またその実物の写真を図20に示す。

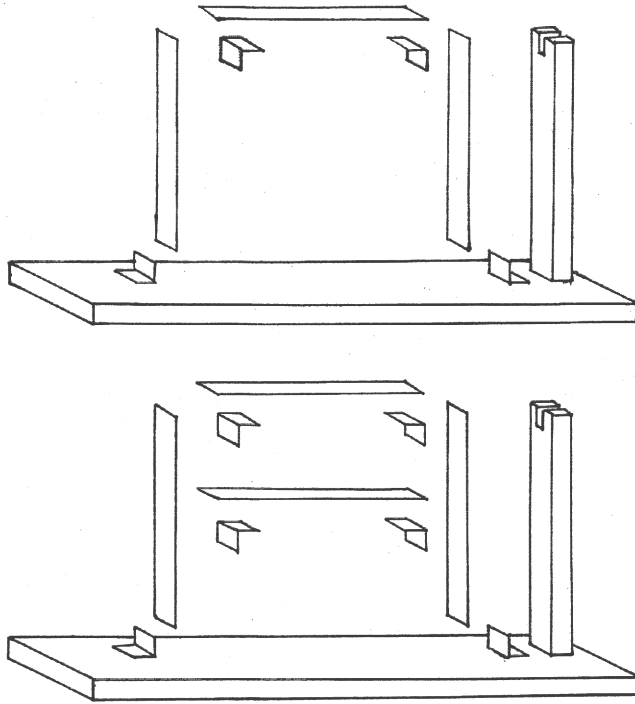


図19 トタン板による構造模型

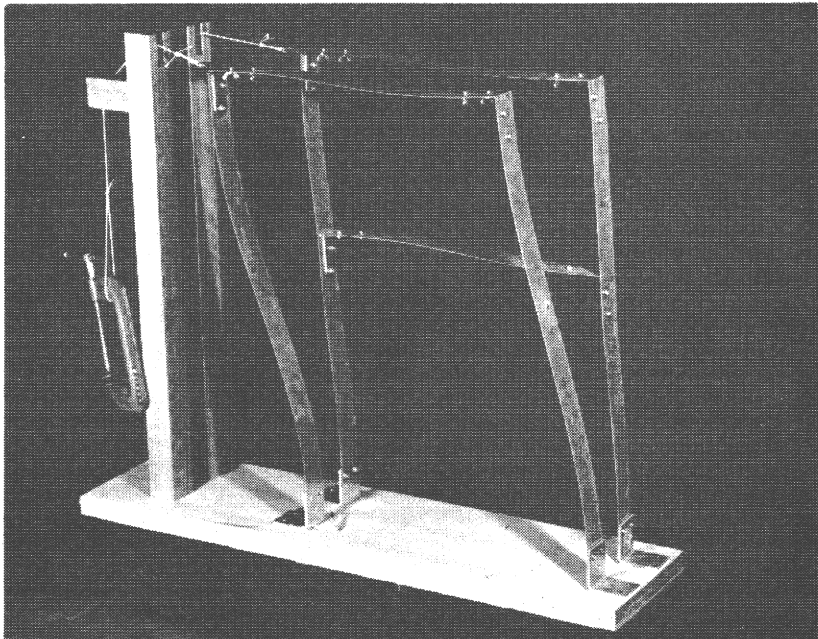


図20 トタン板による構造模型の写真

5-2. 木による構造模型の教具作り

(1) 部材

材料 (シナ) 合板

寸法 厚さ 3mm

幅 25mm

長さ 水平部材400mm

垂直部材550mm

(2) 接合部材

材料 三角形木材ブロック

寸法 タテ 30mm

ヨコ 30mm

厚さ 25mm

接合材料 ピンくぎ, ボンド

(3) 固定台21mm合板 幅 150mm

長さ 650mm

この木による構造模型については、アンケートの項で述べるように木材加工の授業で使う教具ならば、模型の材料も木材でないと生徒が信用しないのではといった意見もあった。ここで示された木による構造模型は、トタン板による模型とほぼ同じ変形を出すことが出来た。

この構造模型の組立図を図21、またはその実物の写真を図22に示す。

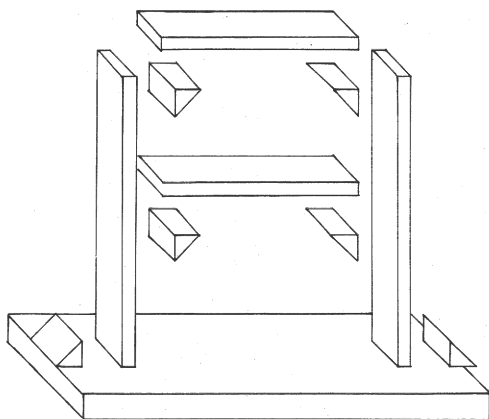


図21 木による構造模型

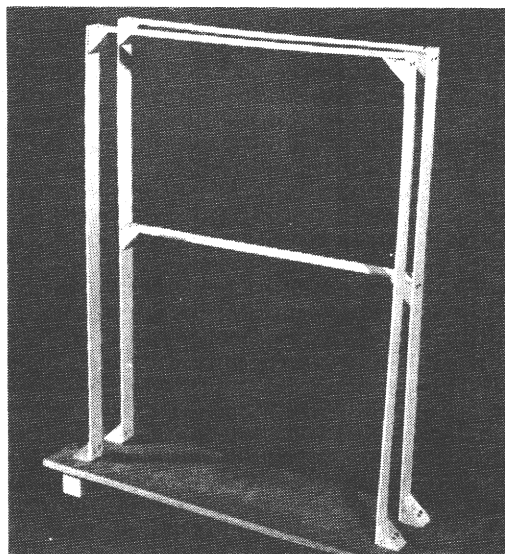


図22 木による構造模型の写真

5-3. 剛接合とピン接合の比較の具体例

前述の剛接合とピン接合の比較で述べたように、貫が脚と剛接合されていても、ピン接合されていても垂直荷重に対しては余り大きな変形の差はない。しかし、横荷重に対しては大きな差が出る。大きく抵抗するのは剛接合の場合である。ここで提示したトタン板による構造模型を用いて、貫が剛接合されている場合とピン接合されている場合の変形量を比較してみる。横荷重として270gを加えた場合、横方向の変形量は、剛接合が4cmに対して、ピン接合は8cmである。比較の為に、貫のない単なる門型構造は8.5cm、折り曲げ板が天板についたのは7cmである。

270gの横荷重に対して

1. 門型—————8.5cm
2. 折曲天板—————7cm
3. 貫, ピン接合——8cm
4. 貫, 剛接合——4cm

また、貫が、脚が広がらないためだけならば、針金でも良いか。これは、垂直荷重に対しては大差ないが、横荷重に対しては大きく違う。この様な方向から授業を始めても良いのではないだろうか。

更に、貫あるいは梁が間に2本入って、その接合方法が剛とピン接合の比較を図23に写真で示す。写真から分かる様に、ピン接合では自分自身を支えることが出来ない。

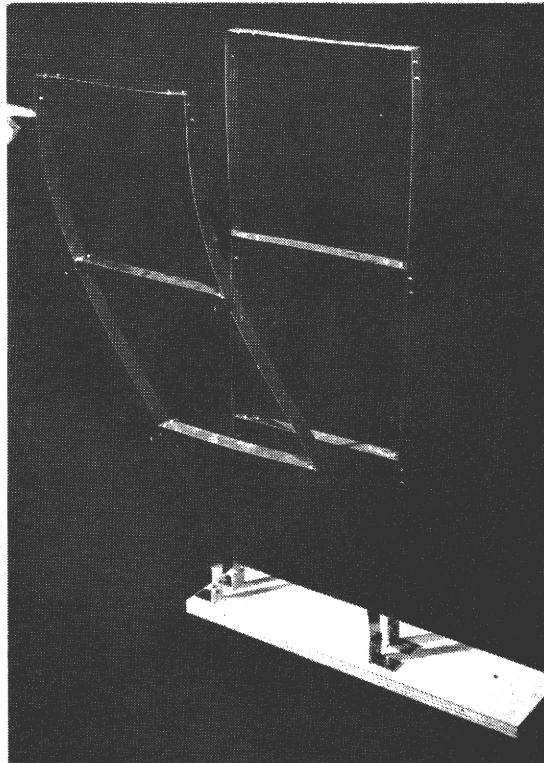


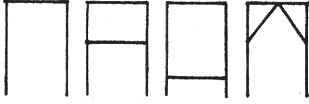

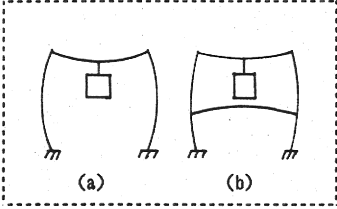
図23 むき(梁)が2本の場合のピン接合と剛接合の比較
ピン接合は手で支えないと倒れてしまう。

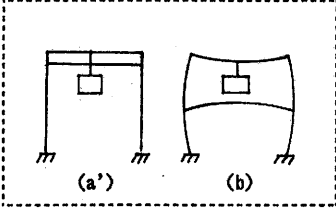
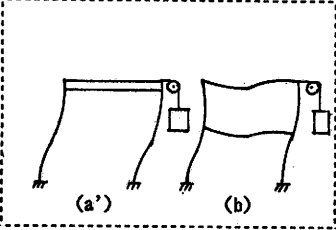
6. 授業案の例

前記の構造模型を用いた授業案の例を表1に示す。

この授業案を用いて、静岡大学教育学部付属島田中学校において、昭和60年11月8日に1年生に対して授業を行った。生徒達に授業の始めと終に構想図を書かせた。その結果の例を図24に示す。終りの構想図では色々な形で全員の生徒がぬきを意識的に導入していた。

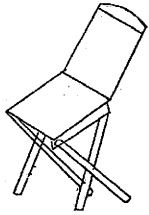
表1 門型の構造模型教具を用いた授業案

分節	教師の活動	予想される生徒の活動	指導上の留意点
導入	<p>発問1 「君達の座っている椅子にはどんな形の物があるかいいなさい。」</p> <p>板書</p>  <p>(a) (b) (c) (d)</p>	 <p>いろいろな形の例を出す。</p>	<p>例として、工作室の椅子の形は水平補強型、まく板補強型であることを示す。</p>
	<p>(a) (b) (c) (d) の形の名前を付ける</p> <p>発問2 「(b) のような補強の仕方をぬきをいれると言うが、このぬきをいれることによって (a) と比較してどこがどのように強くなっただろうか。」</p>	<p>上からの力に対して強くなる。(1) 横からの力に対して強くなる。(2)</p>	
展開	<p>実験1 「上からの力に対しては、どうなるか実験してみよう。」</p>	<p>(実験1)</p> 	<p>問題および生徒の考えを黒板に板書する。 生徒の意見が出なかったときは班で話し合わせる。 (1) の考えに焦点をしぼる。</p> <p>実験装置でおこなう。 水平部材の中央に荷重をかける (a) (b) 両方を比較して変形の様子をノートさせる。 また、時間があれば、実験の予想をさせてから実験する。</p>

分節	教師の活動	予想される教師の活動	指導上の留意点
ま と め	<p>1、「(a),(b) の足の部分（垂直部材）の変形の違いはなにか。」</p> <p>2、「(a),(b) 荷重点のたわみ量は、どうだろうか。」</p> <p>発問3 「では、(a) の水平部材にふち折してほとんどたわまない部材を取り付けたらどうなるだろうか」 (実験2)</p> <p>発問4 「では、ぬきの役割りは、一体なんだろうか。」</p> <p>実験3 (a') と (b) を横から引っ張る実験をする。そして上部端の変位を測定する。</p>	<p>1、(a) は、(b) よりも大きいたわんでいる。</p> <p>2、(a) 7mm (b) 4mm 上からの力に対して強くなった。</p> <p>(実験2)</p>  <p>(a') (b)</p> <p>ぬきがあると安定しているのではないか。 横から引っ張ってみたらどうだろうか。 (この答えが出なかったら自ら出すことにする。)</p> <p>(実験3)</p>  <p>(a') (b)</p> <p>(a') 75mm (b) 30mm</p>	<p>1、(a),(b) を比較して答えさせる。 2、実際に定規をあてて目盛りを読ませる。</p> <p>先ほど自ら導いた生徒の答えにたいして疑問を抱かせる。</p> <p>ふち折りした板の強さをうまく示す。</p> <p>椅子に座るとき等の条件から生徒に考えさせる。</p> <p>荷重をかけるとき注意する。</p>
	<p>発問5 「ぬきの役割りは、何だろうか」</p> <p>まとめを板書する。</p>	<p>横からの荷重に対して強くさせるため。</p> <p>まとめ</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>上からの荷重に対しては水平部材のたわみを多少小さくし垂直部材のたわみを抑える働きがある。しかしこれらは、すべて水平部材を丈夫にすれば克服できる。ところが、横方向の荷重に対してはぬきのある場合とない場合では大きな違いがある。 ぬきは、横方向の荷重に対する構造の強さを増すためのものでもある。</p> </div>	<p>横方向に対して強くなったのだということをおさえる。</p> <p>また、ぬきは建築構造物では、梁にあたること等を教え構造物に発展させるとよい。</p>

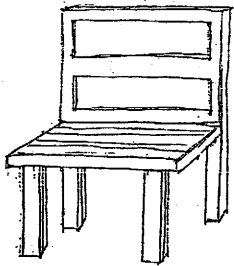
技術科授業 状況構築 椅子の構造について

構想図 1



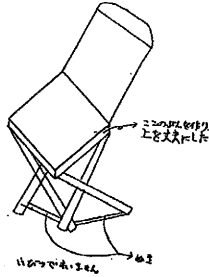
技術科授業 状況構築 椅子の構造について

構想図 1



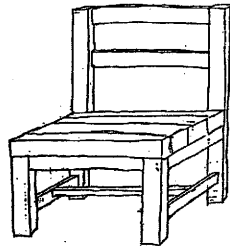
学年(1) 番号(17) 名前 鈴木 光典

構想図 2



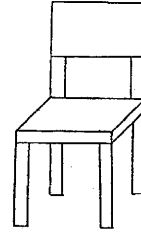
学年(1B) 番号(29) 名前 福山 村太郎

構想図 2



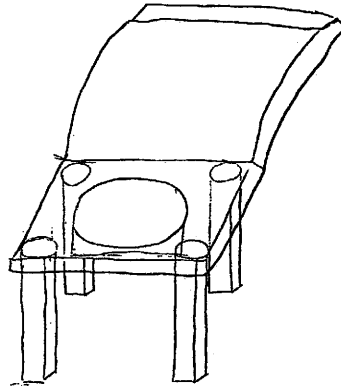
技術科授業 状況構築 椅子の構造について

構想図 1



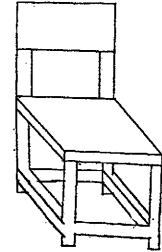
技術科授業 状況構築 椅子の構造について

構想図 1



学年(1) 番号(22) 名前 中野 敬時

構想図 2



学年(1B) 番号(16) 名前 鈴木 光典

構想図 2

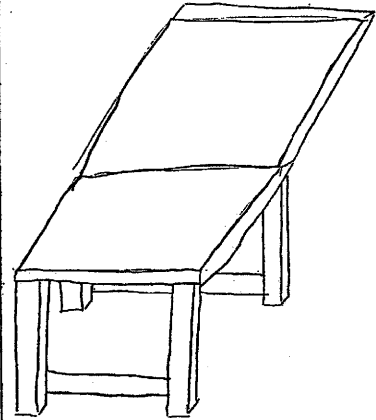


図 24 授業の前後における椅子の構造図の変化

7. 実技研修会アンケートから見た評価

「1. はじめに」の項で述べたように、ここで示した構造の内容について、去る昭和61、62年8月に二回に分けて静岡県中部教育事務所主催の静岡県中部技術・家庭科実技研修会（技術領域）で紹介させていただいた。この研修会の最後に感想を書いていただいた。参加者は静岡県中部の全中学校が、半数ずつ2ヶ年に分かれた、61年度は42名、62年度は44名であった。年齢別内訳は、2回を合わせて示すと、20才代が30名、30才代が21名、40才代が11名、50才代が24名であった。結果を表2に61年度を、表3に62年度のものを示す。内容は、A. 教師の知識に対して、B. 授業との関連での二つに分けた。カッコ()は年令(才代)を示す。無意味なものは省いた。

表2 61年度の場合

A. 教師の知識に対して

A-1. 構造の違いについて

- (1) どうして三角構造が良くて、四角形が不安定かという教科書の内容が良く理解できた。
：(20)
- (2) ラーメンとトラスの違いがわかり、今までの授業内容に問題を感じた。しかし、授業でここまで追及していく必要性はないと思う。：(20)
- (3) 自分自身、三角構造と四角構造の区別がはっきりしていなかったが、それが良くわかった。：(20)
- (4) トラス構造とラーメン構造についての自分の理解の仕方が不十分であることがわかった。ぬきの働きが模型でわかるのはとても良い。：(30)
- (5) 四角形の構造、ぬきの必要性など参考になった。：(50)
- (6) 納得がいった。椅子、本箱の構造が大きな構造物にもつながることをこれから更に学習させていきたい。そのための良い実験具をいただき感謝します。：(30)

A-2. 変形の様子から

- (7) 荷重に対しての変形の様子がはっきり分かり、発展していける教材でした。：(40)
- (8) 身近な材料で実験が出来ることは大変良いアイデアである。：(50)
- (9) たわみかたがよく分かり、ぬきの必要性が大変良く理解できた。：(20)
- (10) とても参考になる模型であったが理論的にはまだ理解できていない。：(20)
- (11) 実験の模型も良く、理論的にも分かりやすく、非常に研修になった。

B. 授業との関連で

B-1. 授業への利用価値について

- (12) 材料力学の学問的見地と、中学生に分かりやすい実験的なものを合体させたアプローチで、授業に即使えるのではないかと思いました。：(40)
- (13) 良く分かる模型で早速授業で使ってみたい。：(40)
- (14) 手づくりの自作教具は、生徒の興味をより一層高めるのでとても良い。参考にしていきたい。：(20)
- (15) 具体的に構造模型を作ったことで、分かりやすかった。即授業に使える教材です。：(30)

- (16) ただ単に丈夫だということではなく、なぜ丈夫であるかのポイントをやはり教える必要があると思った。：(20)
- (17) 生徒側に立っての指導だったので、大変参考になった。：(50)
- (18) ぬきの必要性を生徒に教える実験具として、いい土産ができました。この様な機会でないとも模型なども作れずじまいになりますが、一つの教具ができ、有難く思っています。：(50)
- (19) 材料にかかる荷重の方向が目で確かめられてよい。：(40)
- (20) 二学期よりすぐ使えるものをお願い、このような時でないとなかなか作れないので。：(50)
- (21) 理解度を高めるに大変良い具体物で良く分かる。：(50)
- (22) 粘土を用いて、椅子にかかる荷重について実験したが、本日の模型の方が分かりやすく、これから使っていきたい。：(20)
- (23) 構造でトラスとラーメンをどう扱うかが大きな課題といえる。ラーメンの良さをもっと表面に出すテキストとして欲しい。：(20)
- (24) ラーメン、トラス、面構造について比較できる様に資料作りがされると良い。：(40)
- (25) なるほど！と感心した。もっといろいろな使い方がありそうなので、もうすこし自分で考えてから使いたい。：(20)
- (26) 演示実験に使用させていただきます。：(20)
- (27) 教材研究に大変役立った。：(50)
- (28) 大変勉強になった。：(30)
- (29) 利用価値は高い。(20)
- (30) 分かりやすい。：(40)

B-2. もっと検討を！

- (31) もし、この椅子の模型を、片足だけ固定して行ったらどうか。両足とも固定してあるという構造の椅子は少ない。：(40)
- (32) 授業に今後どう使っていくか研究していきたい。：(50)
- (33) 今回の説明以外にも研究して使ってみたいと思います。：(40)
- (34) 教具の製作はすぐに授業に使えて良い。：説明の中で実際のもの説明に複合的な場合が多くて、疑問を感じたこともあった。：(50)
- (35) 授業で用いる場合、もうすこし考えねばならない点がある。：(20)

B-3. 金工との関連で

- (36) 木工、金工、両面の教材として使えそうで参考になった。：(20)
- (37) 板金等による模型製作・横に引っ張る力に対しての強度の実験用に最適。：(50)
- (38) 木工で教える場合、やはり木材の方が良いのでは。模型は良く考えて作られている。：(20)

B-4. 模型の材料について

- (39) この実験については色々な教具があるが、木材でのものが生徒にとっては分かりやすいようである。：(20)
- (40) 実験材料がトタンで木材の構造物の強さを学習するのでは、子供達には納得できないかも知れない。：(50)

- (41) やはり木材は使った方が良いのではないかと思う。実際には破壊するまでやって見せれば生徒は納得すると思う。:(20)

表3 62年度の場合

A. 教師の知識に対して

A-1. 構造の違いについて

- (1) 丈夫な構造については、自分も誤った概念で授業をしてきたことが分かった。また、教具も簡単な上に、生徒達に取っても分かりやすいものであるため、活用させてもらうつもりである。:(30)
- (2) 実際に授業で使用できる教材を通して、ラーメン構造とトラス構造の説明をしたのが良かった。:(20)
- (3) トラス構造とラーメン構造のことを今まで良く知らずに「三角構造」という言葉を使っていたのがはずかしい。:(20)
- (4) 三角構造と考えていた構造が実際はそうでないことが理論で理解できました。:(30)
- (5) 三角形構造、四角形構造の違いその他が理論的に理解できた様に思われる。:(30)
- (6) 三角構造と四角構造の違いが良く分かった。:(20)
- (7) ラーメン構造(四角構造)など仕組みが少し分かりました。:(30)
- (8) 構造上の考え方が分かった。用途によって材料の使い方が分かった。:(50)
- (9) 今まで2×4住居の話や、ラーメン構造のことなども生徒に話をしたりしてきたので、この教具をこれから活用していこうと考えている。:(30)
- (10) 箱型の構造物として考えなければならないということが初めて分かった。実践をしてみたい。:(30)
- (11) ぬきの働きが一目瞭然なので感動した。:(20)
- (12) 適切な教具での知識の確認はとても分かりやすく納得した。:(20)
- (13) 良く工夫されており参考になりました。:(40)

A-2. 疑問

- (14) 四角構造を三角構造で十分説明できると思う。私は自作の教具で納得していますが。しかし、学問体型からはそうはいかないのでしょうかね。:(40)
- (15) 腰かけ-ぬきに結びつけるには少し無理があると思う。脚部の先端の動き、条件を考えられる様にしたい。:(50)
- (16) あわただしかった。:(20)

B. 授業との関連で

B-1. 授業への利用価値について

- (17) 様々に応用のきく題材であると思う。こちらのもっていき方によっていろいろな授業ができそう。この模型を使っただけの授業を考えて見たい。:(20)
- (18) 目に見える分かりやすい教具で、今後の授業に役立てていきたい。:(20)
- (19) トタンを利用した構造説明は、力の働きが目にはっきりと分かり、生徒にも理解し易くなると思う。:(20)
- (20) 工夫された教具を作成し、早速学校で使って見ようと思う。:(20)

- (21) 比較によって実感できるのはとても良い。また理科的な教材も技術には新鮮で興味深いものであると思う。：(20)
- (22) 目で見、確かめられて、活用できる教具で、授業で使いたい。：(50)
- (23) 簡単で良く考えられたものであり、すぐ授業に役立てる。：(50)
- (24) 構造の仕組みを分かるのに良い教材である。：(50)
- (25) 今回使った教具により、強度を強くするためにはどうすれば良いか子供達に興味深く取り組ませられると同時に、良く分からせることができると思う。：(30)
- (26) 木模型を活用して授業展開をし、生徒の反応などを見、それなりに木材を活用した模型を考えていきたいと思います。：(50)
- (27) 自分で作った教材は、色々イメージがふくらんで楽しかった。：(30)
- (28) 自分でこのような模型を作るまで日常の中ではなかなか実践できないので、今後もこのような教具を教えて欲しい。：(30)
- (29) 特に横からの力に対する視点が重要だということが分かりました。背板の話と合わせて、授業に組み入れたい。：(20)
- (30) 構造のところは比較的簡単に扱っていたが、これからはもう少し深めた取り組み方をしたい。実験装置を活用していきたい。：(30)
- (31) 木材の強度とからませて授業に使える役立つと思う。サンプルの指導案のように、子供は目を使った授業には大いに乗ってきます。：(30)
- (32) 教具の製作もこのような目で見ても実験に納得する授業にこれからも大いに利用したい。：(50)
- (33) この教具も授業で使えそうである。ただし各班一台なければ実感のある授業はできかねるので、学校へ帰って作る必要あり。：(40)
- (34) 今まで教具の製作に苦労していたので助かった。：(20)

B-2. もっと検討を!

- (35) 木工Ⅱの荷重の授業に使えるようでとても参考になった。ただ、もう少し内容の説明(トラスと、ラーメン構造など)があればと思いました。：(30)
- (36) 本立の背板の強さについて、もう少し良い教具はないか。：(50)

B-3. 模型の材料について

- (37) 出来れば木材料使用の教材にしてみたかったが……。金属の方が取り替えが簡単でよい面も多い。：(40)
- (38) トタンで作業したが、実際には木材加工として取り上げる時は木材で、一般的にいう場合には、また更に選択して教材にしたいと思う。：(20)
- (39) 木材を使って作った物のほうがよいのではないだろうか。生徒がみると、金属だからと思いやすい点がある。：(50)

61年度では、教師の知識に対しては、ラーメン構造とトラス構造の違いが明らかになったとするものの(1)~(5)、変形が分かりやすく模型として良いとするもの(7)~(11)、が大半であった。授業との関連では、すぐにも授業で使えそう、生徒にも分かりやすいなどが多数を占めている(12)~(30)。一方、授業で使う場合にはもう少し工夫をしたい、あるいはラーメン、トラス、面構造が比較できるようなものをなど、より深く考えた意見(34, 35)、更に、木材加

工だけでなく金属加工にも利用したいといった意見がみられた(36, 37)。他方、木材加工で取り扱う場合、模型の材料には木材の方がよいのではといった意見もみられた(38)～(41)。62年度では、教師の知識に対しては、丈夫な構造に対して認識が深まった、三角形構造と四角形構造の違いが分かったなどが多数見られた(1)～(13)。反対に、疑問も出されている(14)～(16)。一方授業との関連では、簡単で目に分かりやすくすぐ授業にも使えそう、理科的な教材で新鮮である、横からの力に対する視点が重要であることが分かった、などが多数を占めている(17)～(34)。トラスとラーメンの内容の説明が欲しい(35)、背板の強さについてよい教具が欲しい(36)といった積極的な意見、模型の材料には木材が良いのではといった意見も見られた(37)～(39)。

8. 事後アンケートより

実技研修会事後アンケートの結果より

第2回目の実技研修会に反映させるために、昨年の第1回実技研修会(昭和62年6)参加者に、本年6月に次の内容のアンケート調査を行なった。

アンケート内容

II. 「門型構造模型」を授業に取り入れましたか。

1. 取り入れない。 2. 取り入れたかった。 3. 取り入れるつもり。 4. 取り入れた。
 - a. 領域 1. 木材加工Ⅰ 2. 木材加工Ⅱ 3. 選択()
 - b. 授業内容や前後の流れを教えてください。(取り入れられなかった理由があればお願いします。)
 - c. 生徒の反応はどうでしたか。どんな風に見方や考え方が深まったり変わったりしましたか。以前との違いはありますか。

回答者は42名中20名でした。

その内容は、次のとおりだった。

1. 取り入れない。——— 6名
2. 取り入れたかった。—— 4名
3. 取り入れるつもり。—— 4名
4. 取り入れた。——— 6名

取り入れた方の感想は次のようであった。

1. 掛川市H中学校, K先生

今までの授業は概念でとられていたが、目で確かめられ生徒の理解は深まった。考案設計の段階でそのことが考えられ設計になっていた。

2. 清水市D中学校, O先生

ひずみの違いが一目で分かり、たいへん生徒にも分かりやすかったと思う。私自身も大変勉強になり、以前より教具を研究するようになりました。

3. 浜岡町H中学校, M先生

木材加工Ⅰの丈夫な構造の段階で水平方向や垂直方向に対しての強弱と繊維方向によっての強弱等の関連について指導を行なった。

生徒は理論的にも少しは理解したようだが、門型構造模型を使って実験を行った結果、理解が深まった生徒が5割ほど増えた。また、授業も意欲的であった。

4. 静岡市H中学校、F先生

いすの構造、丈夫さを考えさせるところで三角構造やまく板、ぬきの役割を分からせる。教師実験もやった。詳しいことは記録を取っていないので思い出せないが、折りたたみいすの構造を考えて比較する上でよかったと思う。一般構造物を見る見方が深まったと思う。

5. 藤枝市T中学校、A先生

ぬきを入れない場合を考えさせ、更に強度を増すにはどうしたら良いかを考えさせた。実験、検証の場合に取り入れた。

実験をするということで動機づけができた。色々な発想が普段より出されてよかった。

研修会でのアンケートでもそうであったが、このように実際に授業に取り入れた場合にはその効果が一層確かめられているように思われる。

9. 各構造の特徴

このように、構造には大別して3つの種類があるわけだから、構造を教えるのに当たっては製作物と各構造との対応を考え、各構造を製作物の延長線におきながら授業を進める必要がある。「三角形構造は強い」ばかりでは危険である。

領域との対応を考えると、「筋かい」は三角形構造の内容であり、「貫(ぬき)」や「梁」、あるいは「まく板」は四角形構造の内容である。現在の領域や教科書との対応では次のようになる。

(1) 「木材加工Ⅰ」——板材——本立など——面構造

(2) 「木材加工Ⅱ」——角材——椅子など——四角形構造(ラーメン構造)

以上、色々な側面から三つの構造について検討してきたが、これらをまとめて表4に示した。

10. ま と め

技術科における構造学習について、教科書等にみられる不完全さを指摘し、より系統的な考えを述べ、面構造、三角形構造、四角形構造を明確に区別する必要性について言及した。特に、実技研修会のアンケートや事後アンケートからもその有用性を示した。

謝 辞

本報告をまとめるに当たり、多大のご協力をいただいた静岡大学教育学部技術科須見尚文教授、畑俊明教授、望月雄蔵助教授、中村勇技官に感謝いたします。

表4 各構造の特徴

項目	面構造	三角(形)構造	四角(形)構造
正式名称	版構造・面構造	トラス構造	ラーメン構造
通称名称	面構造・箱構造	三角(形)構造	四角(形)構造
構造例	平面：本立、本箱、本棚、ケーキの箱、 段ボールの箱、ツーバイフォー（枠組み壁 工法）の家、耐震 ¹²⁾ 曲面（シェル構造）：飛行機、自動車、エアードー ム、卵	鉄塔 鉄橋	鉄筋コンクリート 椅子、机
部材の名称例	面材（平面、板状） 曲面材、裏板	棒状部材 筋かい	柱 梁
接合の状態	面材と面材が離れない様な固定（①しっかりした 固定 ②蝶番などによる一方向回転自由な接合）	回転自由 （ピン接合、滑接合）	剛接合 （部材固定、接合部は回転できな い。接合角度は、一定）
部材に生じる力	せん断力	主に引張応力と圧縮応力	主に曲げ応力
部材の変形	せん断変形	主に伸びと縮み	主にたわみ
木材加工などの 領域との対応	木材加工Ⅰ、板材による製作（本立は、箱の前板 と上板を取り除いた状態と考えることができる。）	小学校5、6年の理科などで取り扱わ れる。	木材加工Ⅱ、角材による製作、 椅子など

参考文献

- 1) 鈴木寿男編集代表：文部省検定済教科書「技術・家庭，上」，開隆堂，P. 44，（昭和61年12月）
- 2) 馬場信雄他：文部省検定済教科書「新編，新しい技術・家庭（上）」，東京書籍，P. 34，（昭和62年2月）
- 3) 馬場信雄他：文部省検定済教科書「新編，新しい技術・家庭（上）」，東京書籍，P. 11，（昭和62年2月）
- 4) 鈴木寿男編集代表：文部省検定済教科書「技術・家庭，上」，開隆堂，P. 24，（昭和61年12月）
- 5) 鈴木寿男編集代表：文部省検定済教科書「技術・家庭，上」，開隆堂，P. 23，（昭和61年12月）
- 6) 技術・家庭科研究会：「技術・家庭学習指導書（上）実線編」，開隆堂，P. 24，（昭和62年使用）
- 7) 今山延洋：静岡大学教育学部研究報告（教科教育篇），第18号，P. 129-147（1986）
- 8) 中村伸，田治米辰夫，東洋一：誰でもわかる建築の構造計算（I），P. 120，技報堂（昭和49年）
- 9) 文部省：「中学校技術・家庭科研究の手引」木材加工・金属加工編」，開隆堂，P. 24，25（昭和57年）
- 10) 今山延洋，須見尚文：静岡大学教育学部研究報告（教科教育篇），第12号，P. 131～139（1980）
- 11) 松井源吾：「建築構造力学入門」，彰国社，（昭和48）
- 12) 松井源吾：「建築構造力学入門」，彰国社，P. 21（昭和48年）