

平成4年度 卒業論文

椅子フレームにおける貫の効果的位置について

北海道大学農学部林産学科

木材工学講座

藤野 知明

目次

1. 緒言

2. 材料及び試験方法

2 - 1 使用材料

2 - 2 薄板の曲げ剛性試験

2 - 3 試験体の作製

2 - 4 破壊試験

3. 結果及び考察

4. 結言

参考文献

1. 緒言

交差重ね合わせ接着法によって作製された椅子型フレーム（図 1. 1）は従来のホゾ接合によって作製されたものにくらべ、強度および剛性が向上することが報告されている¹⁾。また、この交差重ね合わせ接着法を用いた椅子フレームの補強材としての貫の効果の重要性も報告されている。今回はこの交差重ね合わせ接着接合法によって作製された椅子フレームの貫の効果的位置について試験をおこない、その性能を評価した。

ホゾ接合は図 1. 2 にあるように、家具・建具などのコーナージョイントとしては最も一般的なものの一つであるが、従来のホゾは作製するのにノミなどを使用するなど、熟練した技術、あるいは専用の機械が必要だであった。それに対し交差重ね合わせ接着接合法によるホゾ接合は、薄板を集成接着することによりホゾ及びホゾ穴を作製することができるので、従来と比較して作製が容易である。また小口面は液体の吸収がはげしく、塗布した接着剤の吸収され、十分な接着層が得られにくい、ホゾ接合ではホゾの五つの面のうち三面までが小口面と木端面の接着であり、二つの面だけが十分な接着層を期待できるのである。しかし既存のホゾ接合等では、はめこみの際に嵌合度が高いほど、つまり仕口の形状が ッタリなほど

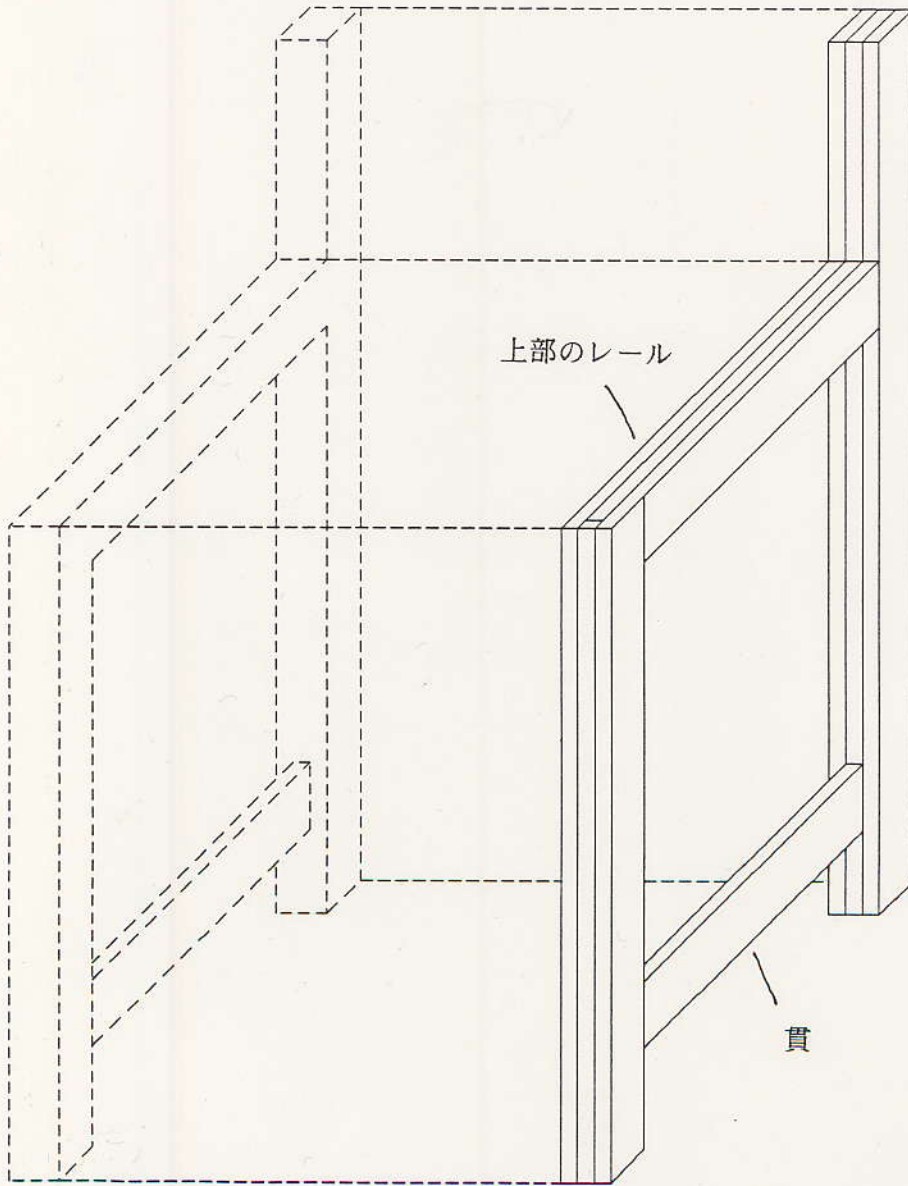


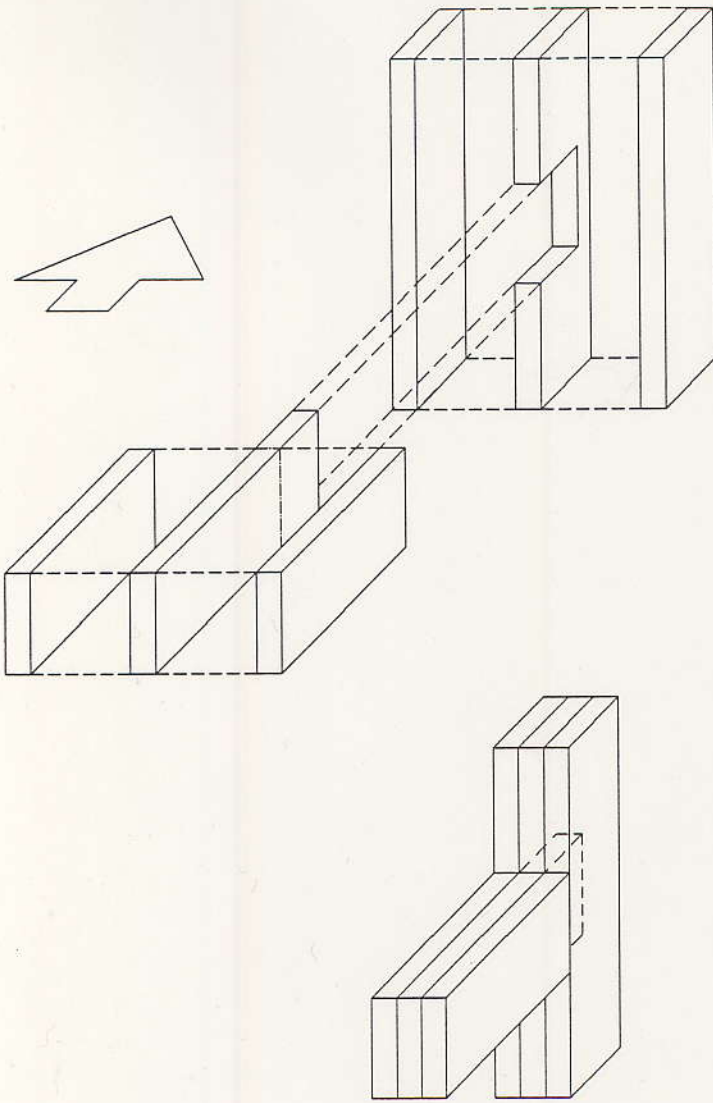
図 1. 1 試験体 椅子型フレーム (交差重ね合わせ接着法による)

ホゾとホゾ穴がこすれ合って接着剤がそげ落ちて十分な接着層を得られなかった。しかし交差重ね合わせ接着接合法で組み立てたホゾ接合では、ホゾ側面同士がこすれ合ってホゾ側面の接着剤がそげ落ちることがなく、確実な接着層を得ることができる。

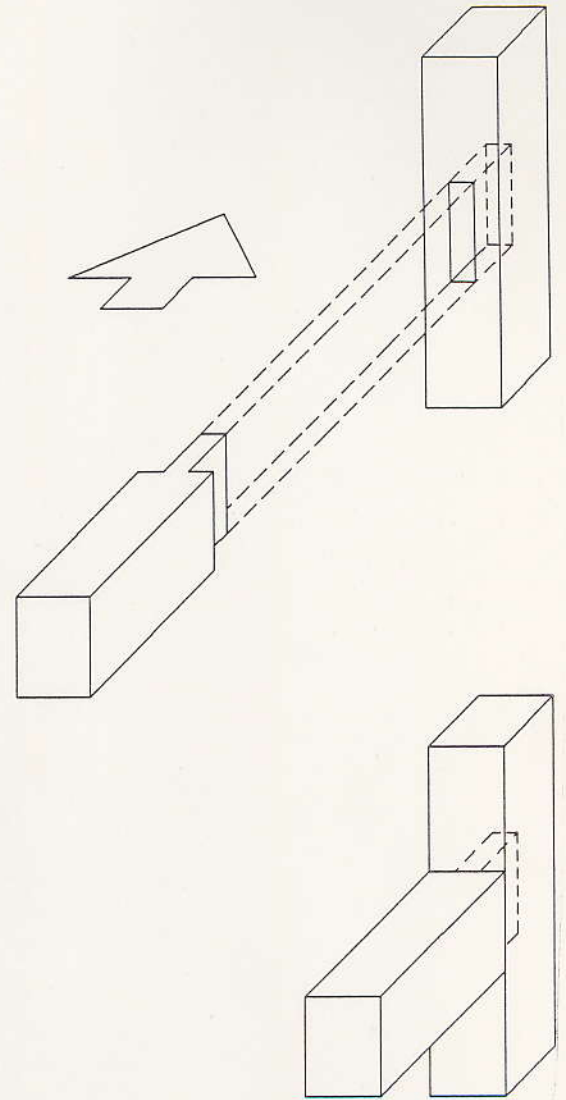
また、Echelmanは椅子の門形ラーメンの計算結果から、貫の位置を脚の下端近くに取り付けるよりも上部のレールに取り付けた方が効果的と述べているが²⁾、これまで実験は実施されていなかった。

本研究では、貫の効果をさらに詳細に調べるため、これまでの研究と同型で、貫の位置だけをかえた試験体を作製し、破壊試験をおこなって、その挙動をラーメン解析を用いて解析した。

本研究を行うにあたり、ご指導を頂いた北海道大学農学部林産学科木材工学講座の深沢先生、上田恒司先生、平井卓郎先生、橋場マサ子事務官、ならびに公私にわたって親身にご指導して頂いた生田晴家先生、そして大学院の松本和茂さんに深く感謝致します。



交差重ね合わせ接着接合



ホゾ接合

図 1. 2

2. 材料及び試験方法

2-1 使用材料

供試木には材料は北大雨竜地方演習林産のトドマツを使用した。

本試験の椅子フレーム試験体は断面寸法 $1\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ の薄板（図 2. 1）を単位として交差重ね合わせ接着法で作製したが、まずそれに必要な薄板を作製した。供試木から薄板、三枚分の厚さに当たる角材を作製し、通風によって乾燥させたのち、角材をそれぞれ $1/3$ 厚に切断して各寸法に仕上げた。薄板は節・割れ等の欠点のあるものをのぞき、試験体製作に必要な 120 枚よりも多めの 164 枚用意した。

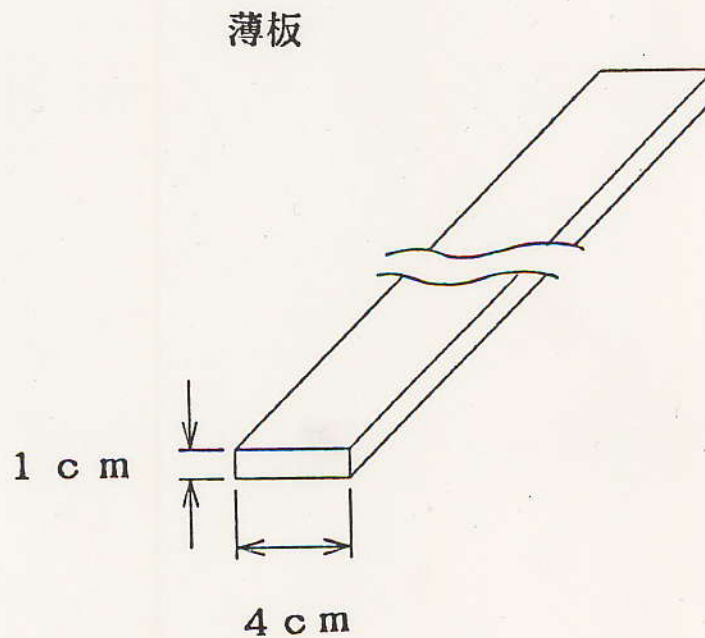


図 2. 1

2 - 2 薄板の曲げ剛性試験

各薄板は、あらかじめスパン35cm、中央集中荷重で曲げ試験をおこなってスパン中央の変位を1/1000cm精度のダイヤルゲージセンサーで測定した。荷重方法は、まず2kg荷重したのち、さらに2kg荷重し、2回目の荷重による変位を荷重2kgに対する変位とした。測定値からヤング率をもとめ、ヤング率の低い薄板を除いて、試験体作製の薄板120枚を選定した。曲げヤング係数Eは次式により与えられる。

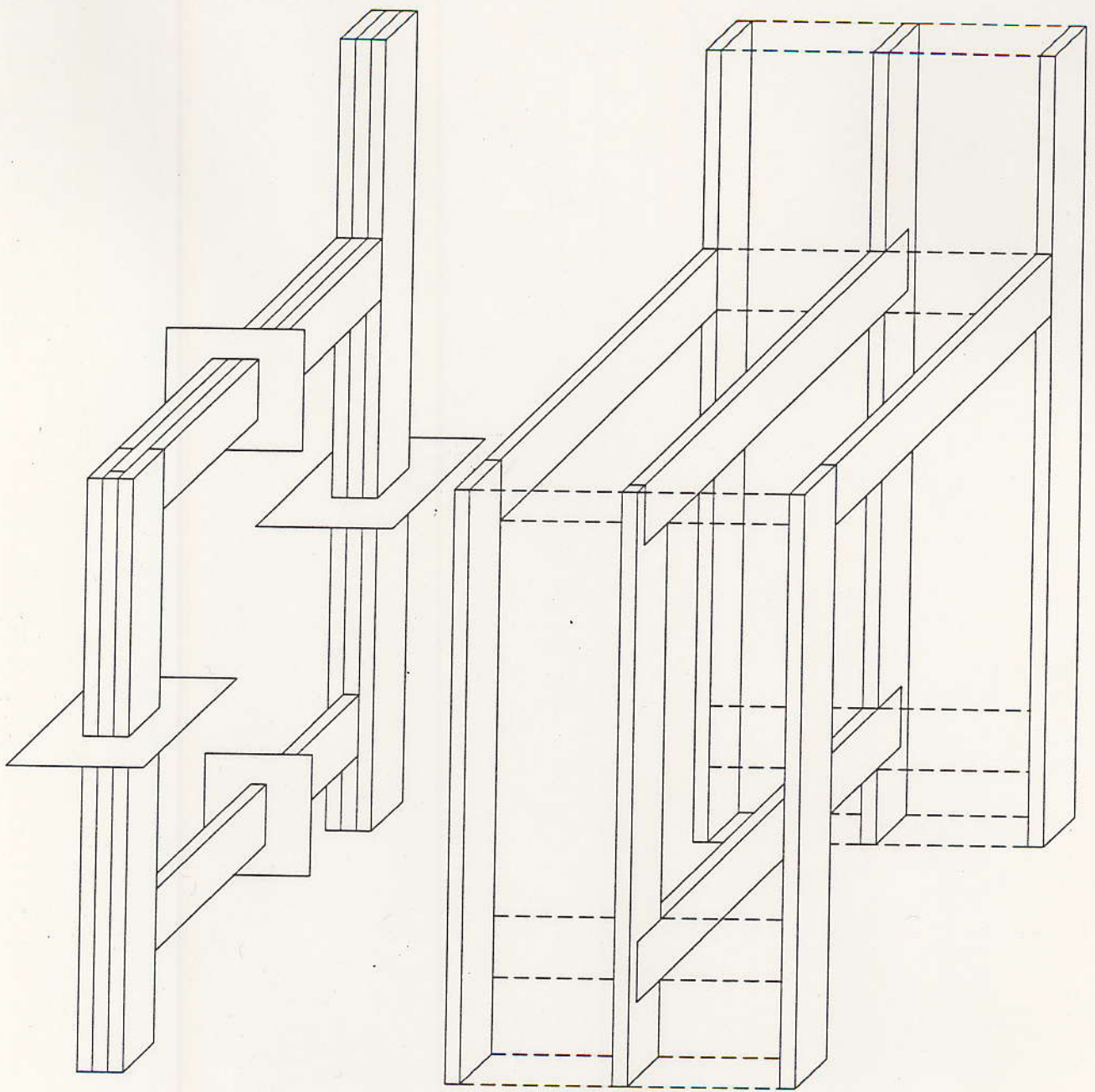
$$E = \frac{P L^3}{48 I \delta}$$

P : 荷重 L : スパン I : 断面二次モーメント δ : 変位

結果は以下の通りである。

試験体 (12体) に使用した薄板 (120枚) の各値の平均値

年輪幅 (mm)	2.4 (0.9 - 5.3)
比重	0.43 (0.38 - 0.49)
ヤング率(t/cm*cm)	110.7 (89.3 - 137.6)



試験体の各断面

貫の断面

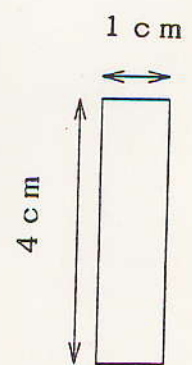
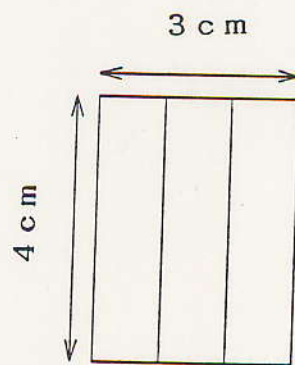


図 2. 2

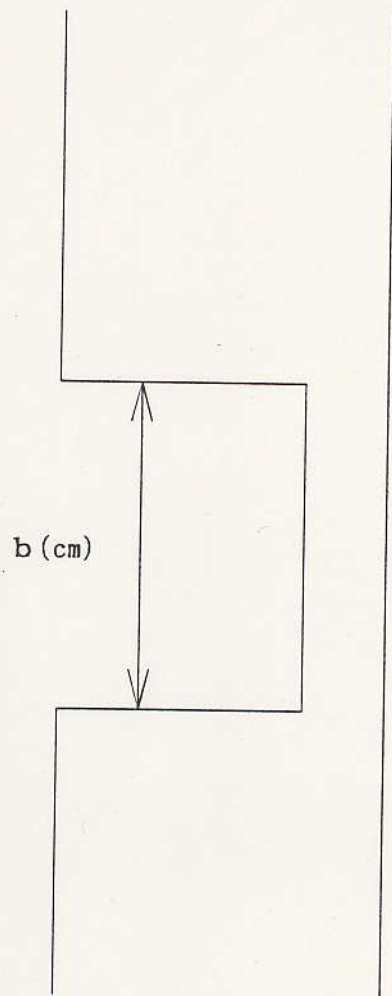
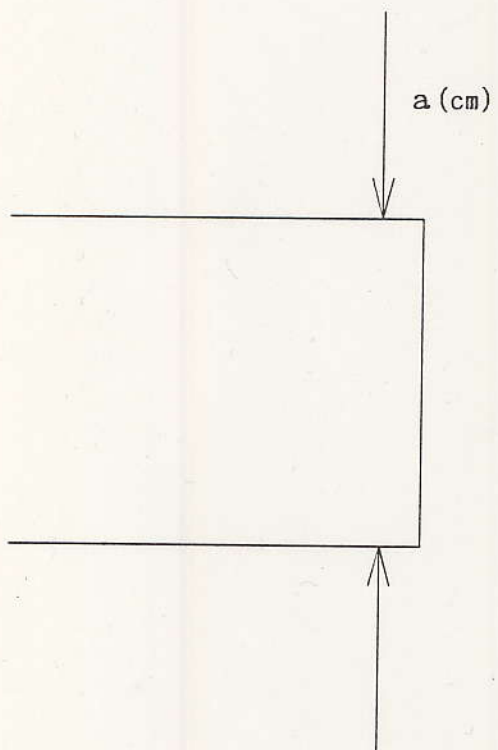
2 - 3 試験体の作製

試験体の各断面は4 cm×3 cmとなるが、貫のみ薄板1枚で断面を1 cm×4 cmとした(図2. 2)。試験体を構成する薄板のふり分けは、各試験体の断面の中央に当たる薄板にヤング率の高い薄板を配置し、一つの試験体を構成する薄板のヤング率の平均が各グループごとに等しくなるように組み合わせた。

次に、ホゾ穴に相当する部分を丸鋸で切り欠き加工し、ホゾ穴の嵌合度を測定した(図2. 3及び次式)。ホゾとホゾ穴の差は過去の道立工業試験場の試験データ³⁾では0.4mm以下を基準としていたの
で、接合部のゆるみは少な目におさえられたと思われる。

$$\text{嵌合度} = \frac{\text{ホゾ穴幅 } b - \text{ホゾ幅 } a}{\text{ホゾ幅 } a} \times 100 (\%)$$

嵌合度 (b-a)/a*100	0.47(%)
ホゾとホゾ穴の差 (b-a)	0.18(mm)



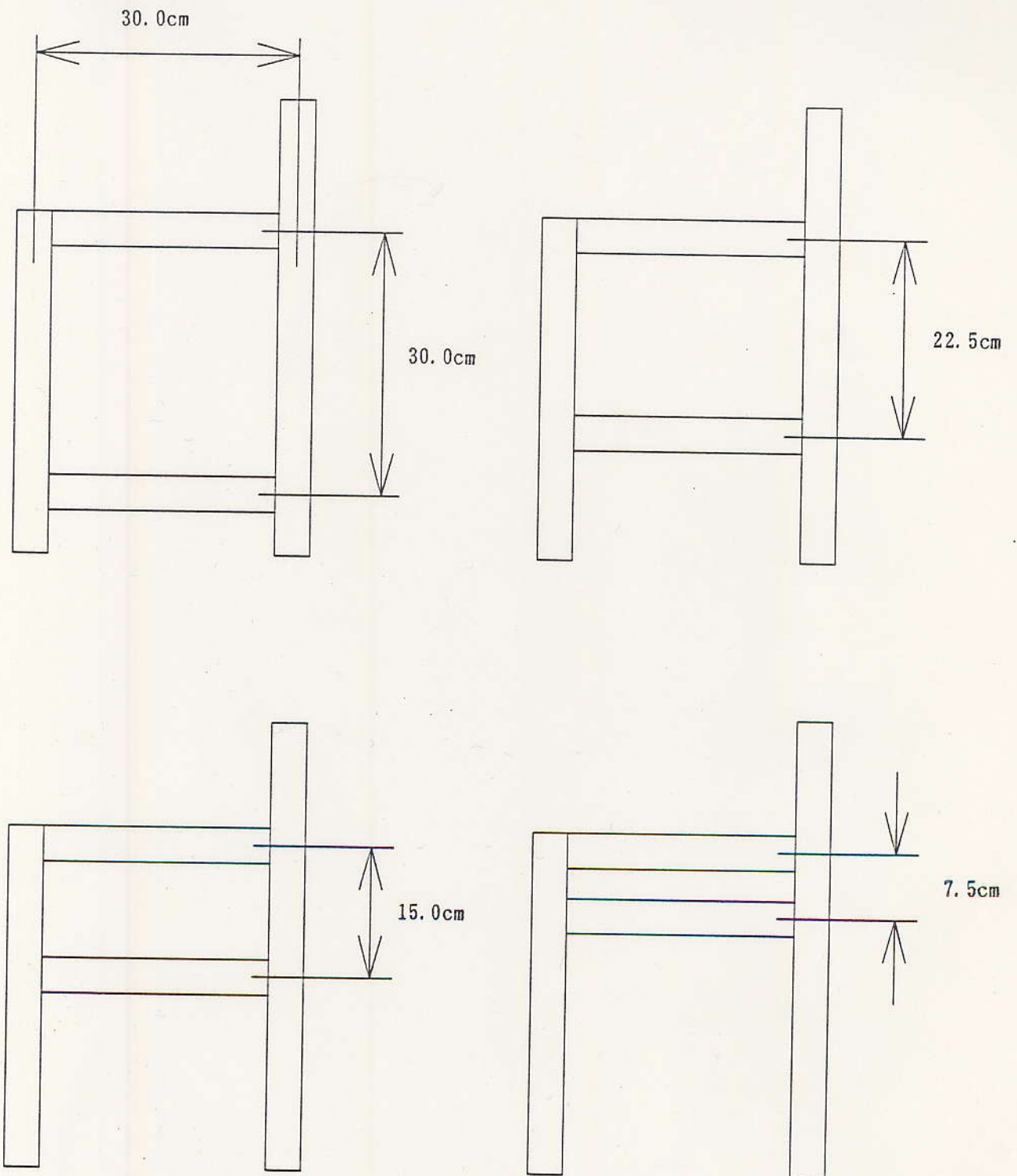
☒ 2. 3

試験体の種類は貫の位置を変えた4グループとし上部のレールからの距離Hがそれぞれ7.5, 15.0, 22.5, 30.0cm、各グループ3体ずつ合計12体作製した(図2.4)。

接着には酢酸ビニル樹脂系接着剤(コニシボンドCH18)を用い、圧縮圧7kg/cm²で24時間コールドプレスをして、一週間の養生期間をおいた。

図 2. 4

試験体の種類



2 - 4 破壊試験

試験方法は、JISの椅子静荷重試験法（JIS S1026）に沿って後脚部をクランプで固定し前脚部に鉛直荷重を加え、 $1/1000\text{cm}$ 精度のデジタルゲージセンサーで荷重点の変位を測定した（図2.5）。荷重点変位は10kg毎に測定した。試験体の含水率の平均は実験後の測定で11.7%であった。

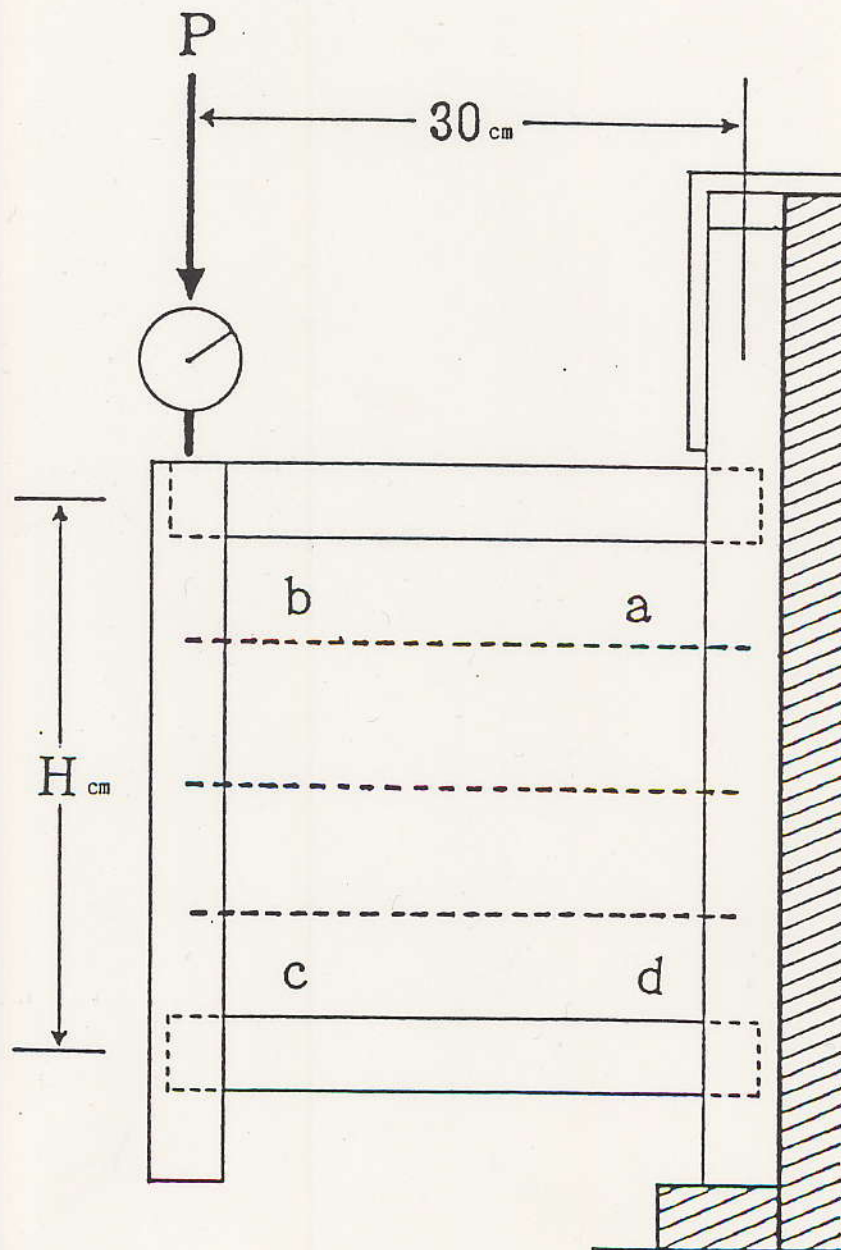
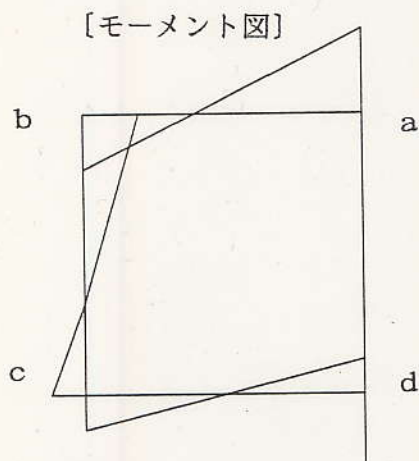
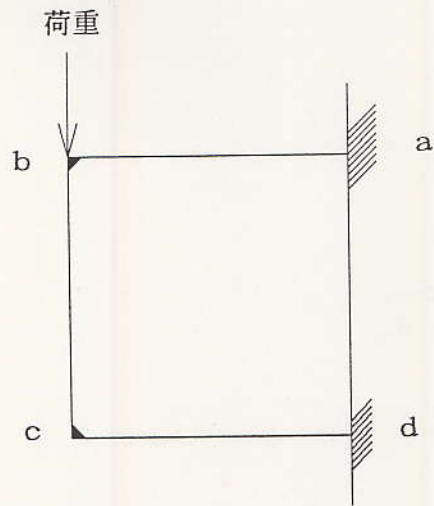


図 2. 5

3. 結果及び考察

破壊試験結果を表に示す。本試験では試験体を門形ラーメンとして取り扱い、4ヶ所の接合部 a、b、c、d の接合を剛と仮定することにより、荷重点である接合部 b の単位荷重あたりの変位と各部材の単位荷重あたりの曲げモーメントをたわみ角法を用いて算出した（図 3. 1）。

計算から、どの貫のタイプでも接合部 a に単位荷重当り最大の曲げモーメントが生じることがわかり、各タイプの接合部 a に生じる曲げモーメントに注目すると、貫の位置が上部のレールと最も近い 7.5cm のとき、単位荷重あたりの最大曲げモーメントが $11.37\text{Kg}\cdot\text{cm}$ と、他の 3 タイプの試験体にくらべ、最小の値をとるので、貫の位置が 7.5cm の時、最も効果的だと予想された。接合部の得た変位の計算値と実測値の関係を表 3. 1 に示した。



貫の位置 単位荷重あたりのモーメント (Kg·cm)

H (cm)	Ma	Mb	Mc	Md
30.0	-11.93	8.13	-4.88	5.06
22.5	-11.73	8.62	-4.79	4.87
15.0	-11.54	9.23	-4.62	4.62
7.5	-11.37	10.05	-4.31	4.27

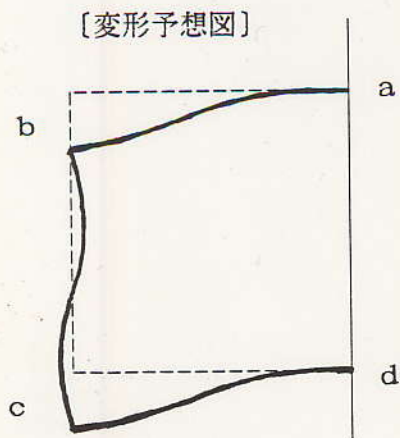


図 3. 1 接合部 a, b, c, d を剛と仮定したとき

表 3. 1

接合部を剛と仮定した時

貫の位置 H (cm)	変位(10^{-3} ・cm/Kg)		荷重 (Kg)			単位荷重あたりのモーメント (Kg・cm)				最大曲げ モーメント M _{max} (Kg・cm)	平均ヤング率 E (t/cm)	
	実測値 δ_{exp}	計算値 δ_{cal}	剛性効率 $\delta_{cal}/\delta_{exp}$	最大 P _m	比例限度 P _p	安全率(JIS) P _p /75	Ma	Mb	Mc			Md
30.0	4.03	1.35	0.333	203.2	135.3	1.80	-11.93	8.13	-4.88	5.06	2423	110.8
22.5	3.94	1.27	0.322	197.0	122.7	1.64	-11.73	8.62	-4.79	4.87	2311	110.9
15.0	4.16	1.19	0.287	185.7	106.7	1.42	-11.54	9.23	-4.62	4.62	2142	110.2
7.5	5.22	1.09	0.208	164.0	90.0	1.20	-11.37	10.05	-4.31	4.27	1865	110.3

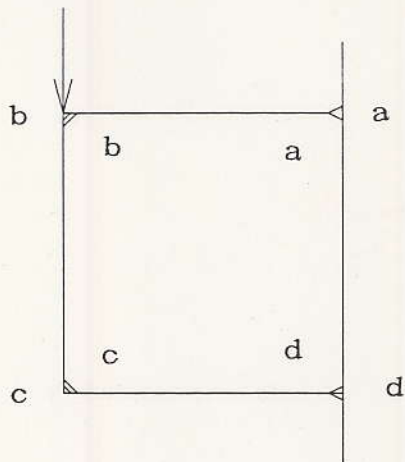
実験の結果、変位は22.5cmの時に単位荷重当り最小の値を示し、次に30.0cm、15.0cm、と続き、7.5cmのとき最大の変位を示した。これは計算とは異なる結果であった。最大曲げモーメントも、変位と同様に、予測とは全く逆の結果になった。これは次式が示す通り、最大曲げモーメントは

$$\text{最大荷重} \times \text{単位荷重当りのモーメント}$$

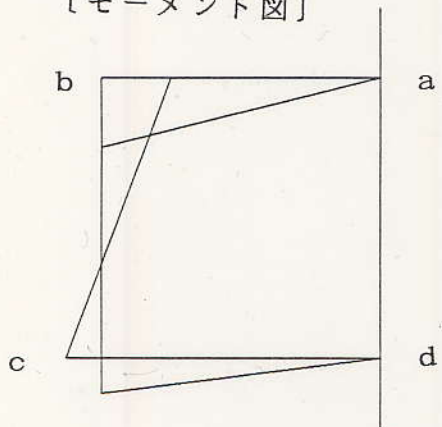
で得られるが、測定値である最大荷重が距離Hが短くなるにしたがって計算ほどの強度を発揮しなかったからと考えられ、それは接合部を剛と仮定した計算値の方に問題があったからということの意味する。つまり接合部を剛と仮定すれば変形はすべて部材の変形によるはずであるが、実際には変形の大きな部分が接合部で起きたのだと考えたのである。実際に試験体はすべて接合部が回転するように変形していた。

そこで接合部b,cのみを剛として、a,dをピンと仮定し、計算しました(図3.2)。すると今度は接合点bで最大曲げモーメントが生じ、タイプ別では貫の位置が30cmの時、最小の単位荷重当りの曲げモーメントを生じることがわかった。

荷重



[モーメント図]



貫の位置 単位荷重あたりのモーメント (Kg·cm)

H (cm)	Ma	Mb	Mc	Md
30.0	0	19.29	-10.71	0
22.5	0	19.80	-10.20	0
15.0	0	20.45	-9.55	0
7.5	0	21.32	-8.68	0

[変形予想図]

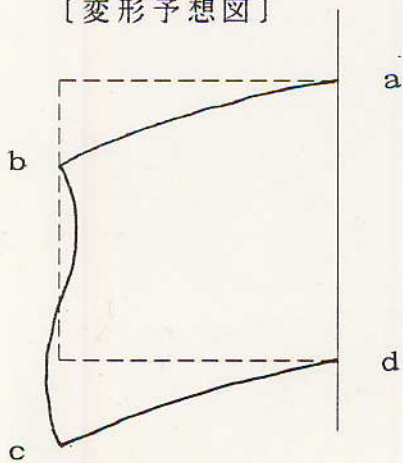


図 3. 2 接合部 a, d をピン接合と仮定し、b, c を剛と仮定したとき

表 3. 2

接合部を剛と仮定した時														
貫の位置		変位(10 ⁻³ ・cm/Kg)		荷重 (Kg)			単位荷重あたりのモーメント (Kg・cm)				最大曲げモーメント		平均ヤング率	
H (cm)	実測値 δ exp	計算値 δ cal	剛性効率 δ cal / δ exp	最大 Pm	比例限度 Pp	安全率 Pp/75	JIS	Ma	Mb	Mc	Md	Mmax (Kg・cm)	E (t/cm)	
30.0	4.03	1.35	0.333	203.2	135.3	1.80		-11.93	8.13	-4.88	5.06	2423	110.8	
22.5	3.94	1.27	0.322	197.0	122.7	1.64		-11.73	8.62	-4.79	4.87	2311	110.9	
15.0	4.16	1.19	0.287	185.7	106.7	1.42		-11.54	9.23	-4.62	4.62	2142	110.2	
7.5	5.22	1.09	0.208	164.0	90.0	1.20		-11.37	10.05	-4.31	4.27	1865	110.3	

接合部a, dをピンと仮定した時														
貫の位置		変位(10 ⁻³ ・cm/Kg)		荷重 (Kg)			単位荷重あたりのモーメント (Kg・cm)				最大曲げモーメント		平均ヤング率	
H (cm)	実測値 δ exp	計算値 δ cal	剛性効率 δ cal / δ exp	最大 Pm	比例限度 Pp	安全率 Pp/75	JIS	Ma	Mb	Mc	Md	Mmax (Kg・cm)	E (t/cm)	
30.0	4.03	5.68	1.409	203.2	135.3	1.80		0	19.29	-10.71	0	3918	110.8	
22.5	3.94	5.26	1.336	197.0	122.7	1.64		0	19.80	-10.20	0	3901	110.9	
15.0	4.16	4.86	1.172	185.7	106.7	1.42		0	20.45	-9.55	0	3798	110.2	
7.5	5.22	4.39	0.839	164.0	90.0	1.20		0	21.32	-8.68	0	3496	110.3	

表 3. 2 から、貫位置が 30cm のタイプは剛性効率、最大荷重、比例限度荷重でも最も高い値を示しており、貫は 30cm のときに最も効果的であるという実験結果が得られた。

この結果を検証するため各グループの最大荷重について t 検定をおこなった。はじめに 4 水準として検定した結果、有意差が認められたので、次にそれぞれ 2 水準について検定してみると 7.5cm に対して 15.0cm, 22.5cm では有意差はなかったが、30cm で 5% の有意差が認められた (表 3. 3)。よって本試験では貫の位置が 30cm のとき最も効果的であったという結論に達した。

最大曲げモーメントでの t 検定の結果

	7.5	15.0	22.5	30.0
7.5		×	×	○
15.0			×	×
22.5				×
30.0				

○ …… 有意差あり
 × …… 有意差なし

表 3. 3

4. 結言

椅子フレームを門形ラーメンと見なした解析法は、接合部のうち2ヶ所をピンと仮定し、2ヶ所を剛接合と仮定すると、実験結果とよい一致を見た。このこと自体、交差重ね合わせ接着接合法によるホゾ接合が完全な剛接合ではないことを意味するが、椅子フレームの計算方法としては、煩雑なマトリックス解析を用いるよりも簡便であり、効果もあったといえると思う。

本試験で作製した試験体すべてJ I S安全率をクリアしていた。J I Sでは前脚に150Kgの荷重を加えて耐えることを基準としているが、150Kgを一つのフレームに換算して75Kgとし、その何倍の強度があったかを示しているが、J I Sでは比例限度荷重とは規定していない。今回は安全側にたって最大荷重ではなく比例限度荷重を用いたが、4タイプすべてがJ I Sの基準をクリアしており、その性能が証明された。

貫位置が30cmの場合の試験体が最も効果的だったという結果は、Echelmannの予想に反して計算通りにはいかず、興味深かった。しかし今回の試験では貫の位置を4タイプに限定しており、さらに貫位置を30cm以上にした場合はどうなるか等、今後への課題が残された。

今後の研究によって明らかにされることを希望致します。

参考文献

- 1) 松本和茂：交差重ね合わせ接着接合工法による椅子フレームの
作製と貫の効果，北海道大学卒業論文，1991

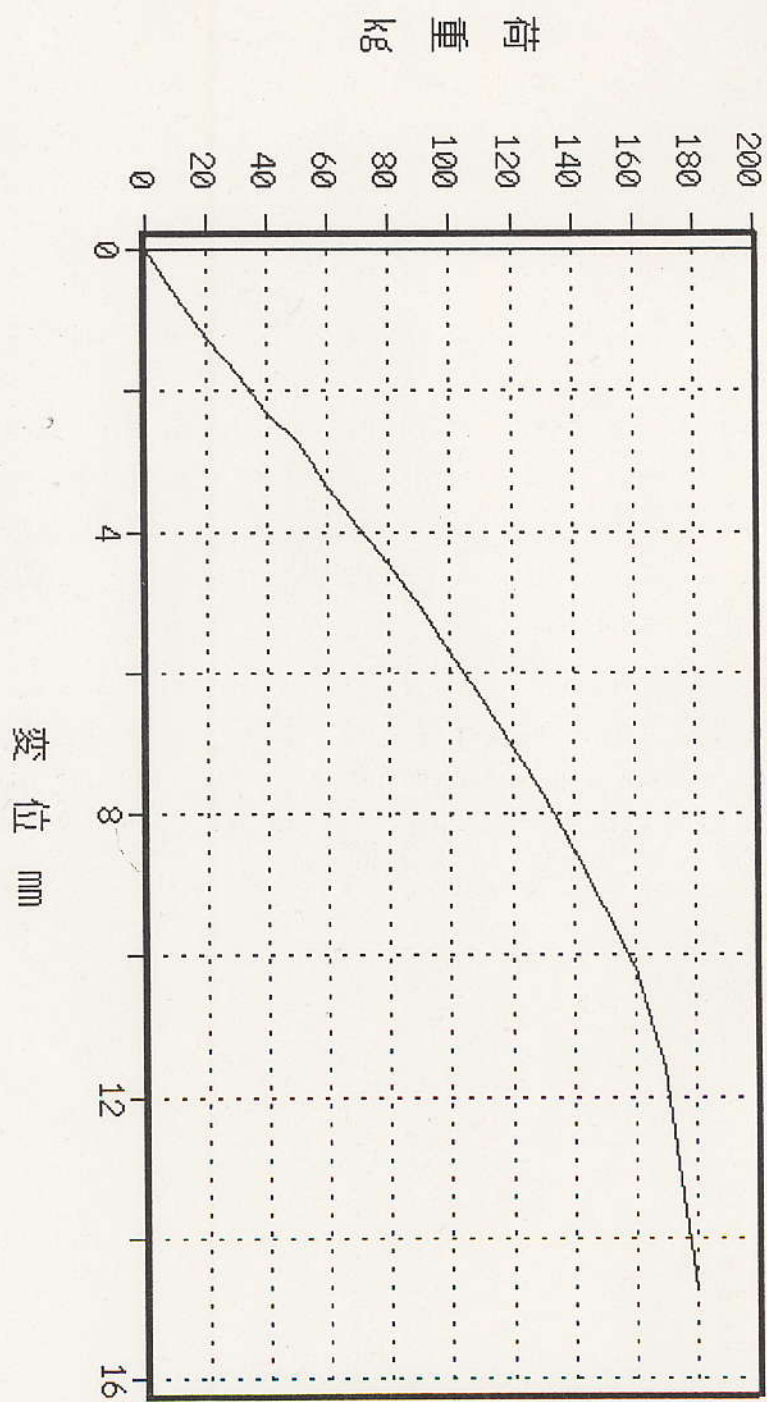
- 2) C. A. Echelman：A LOOK AT ... The Strength Design of Func-
-tion, F. P. J., 16, (3), 21(1966)

- 3) 綿貫幸宏・田栗匡・中村勝男：家具接合構造の力学的性能評価
に関する研究－椅子骨組の門形ラーメン解析－，日本木材学会
北海道支部講演集，12，13，1980

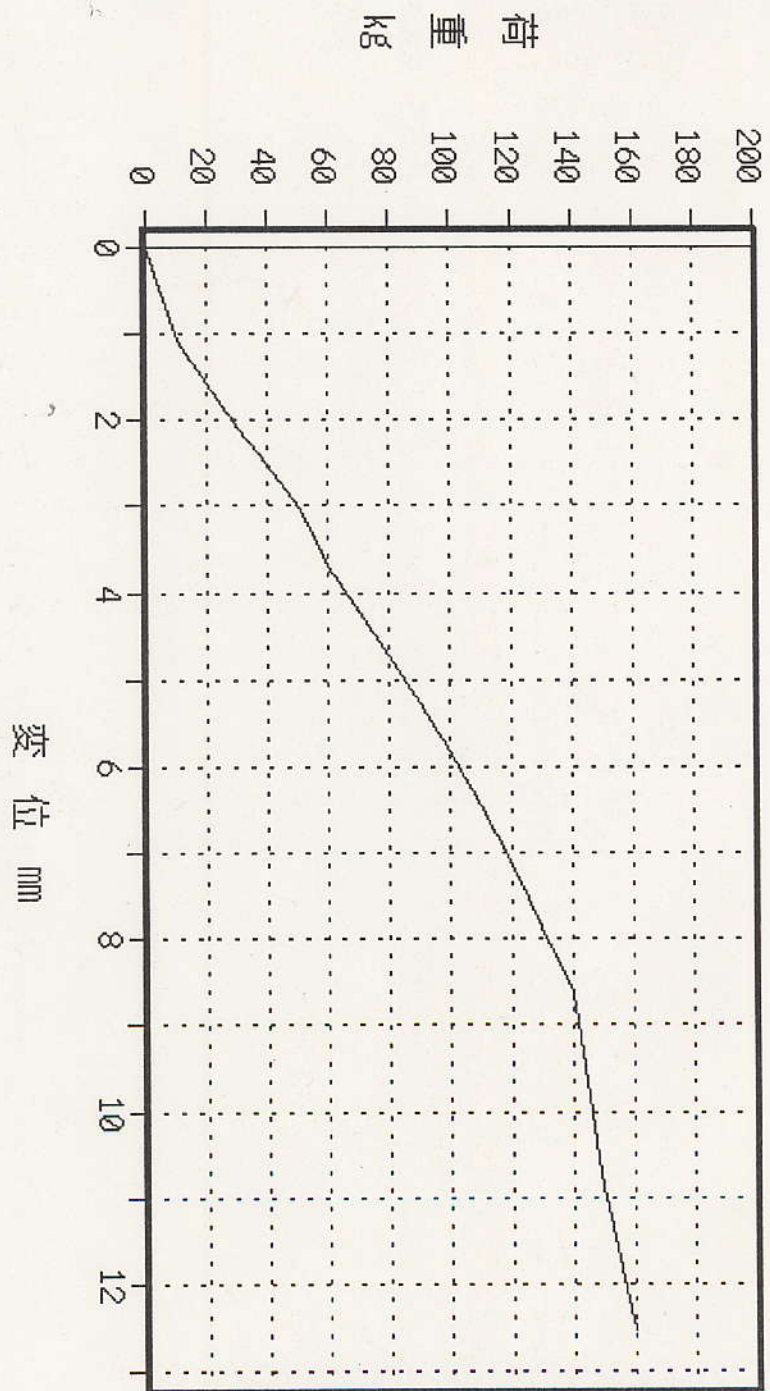
付録

破壊試験の荷重 - 変位曲線

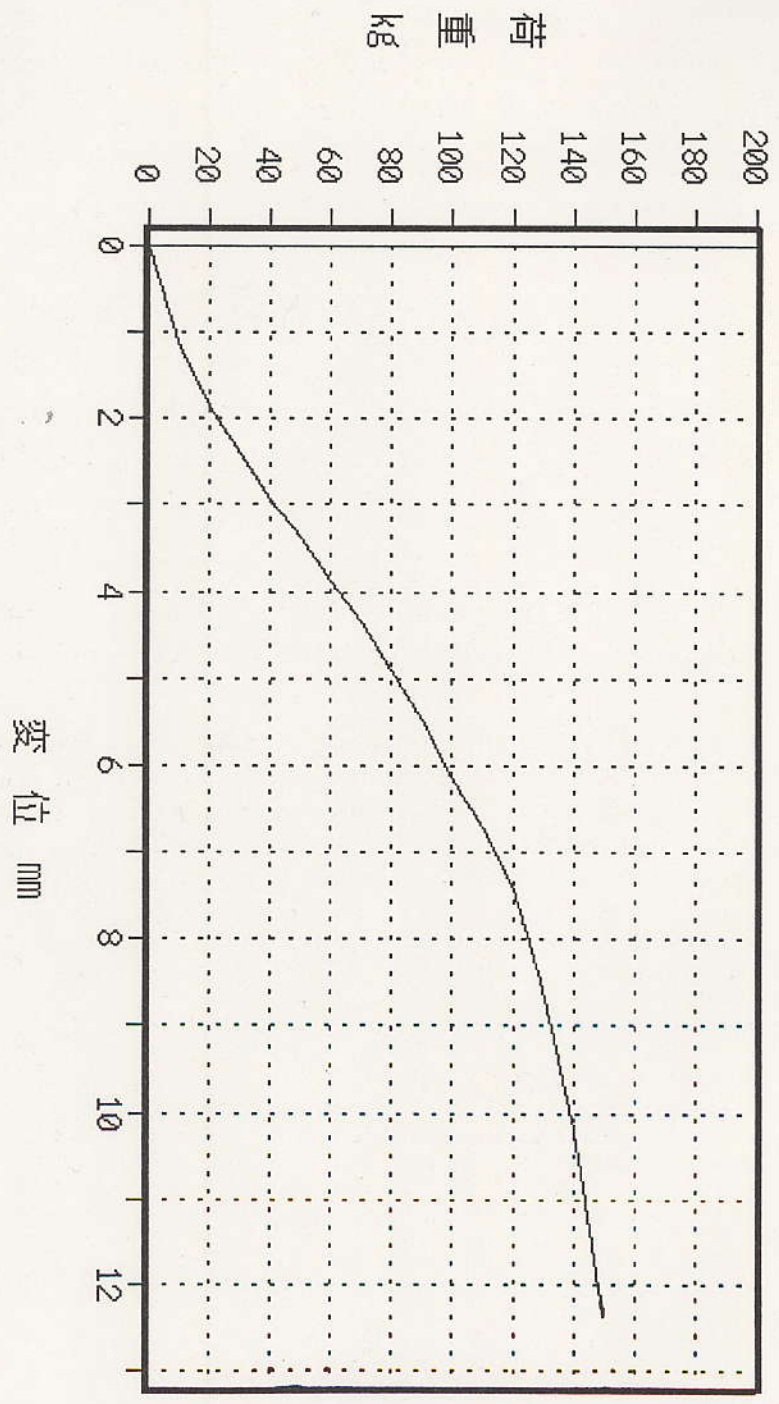
7.5-C



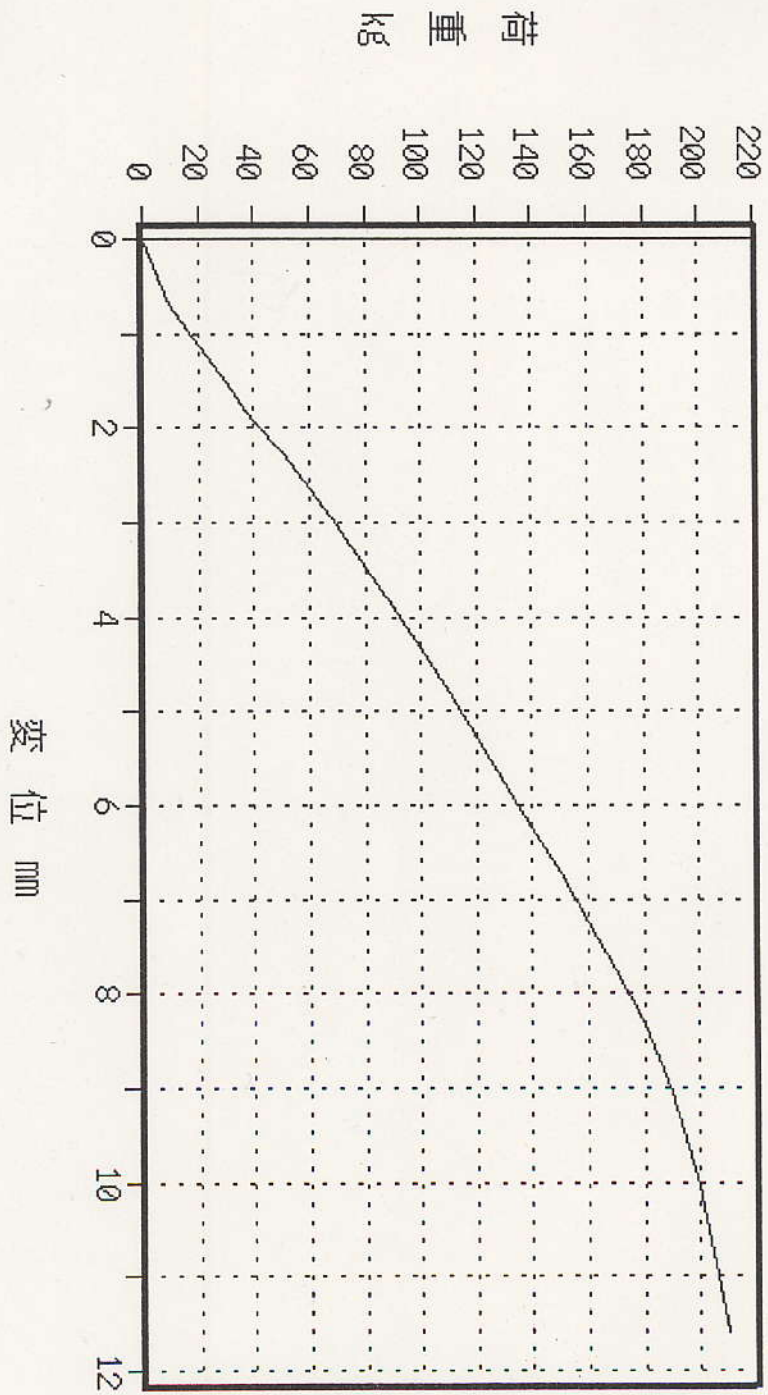
7.5-B



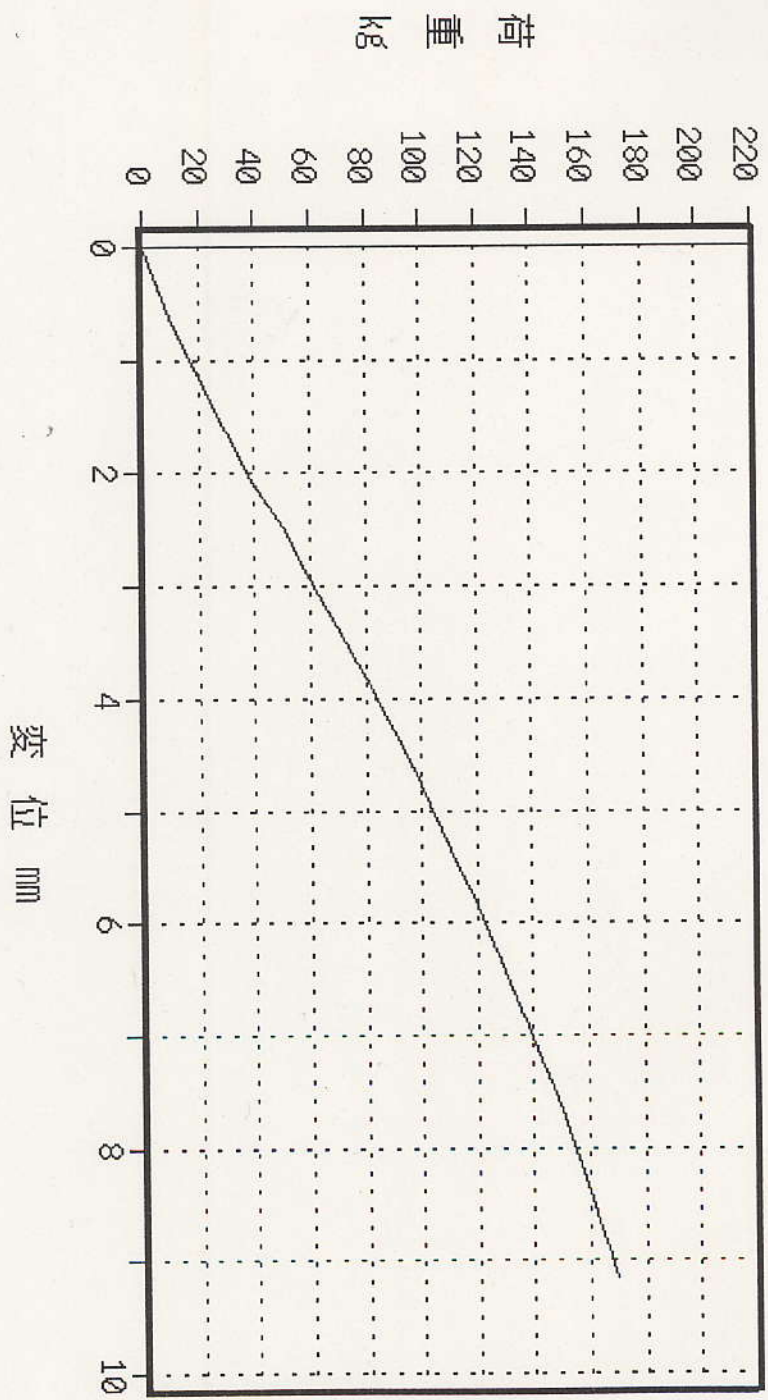
7.5-A



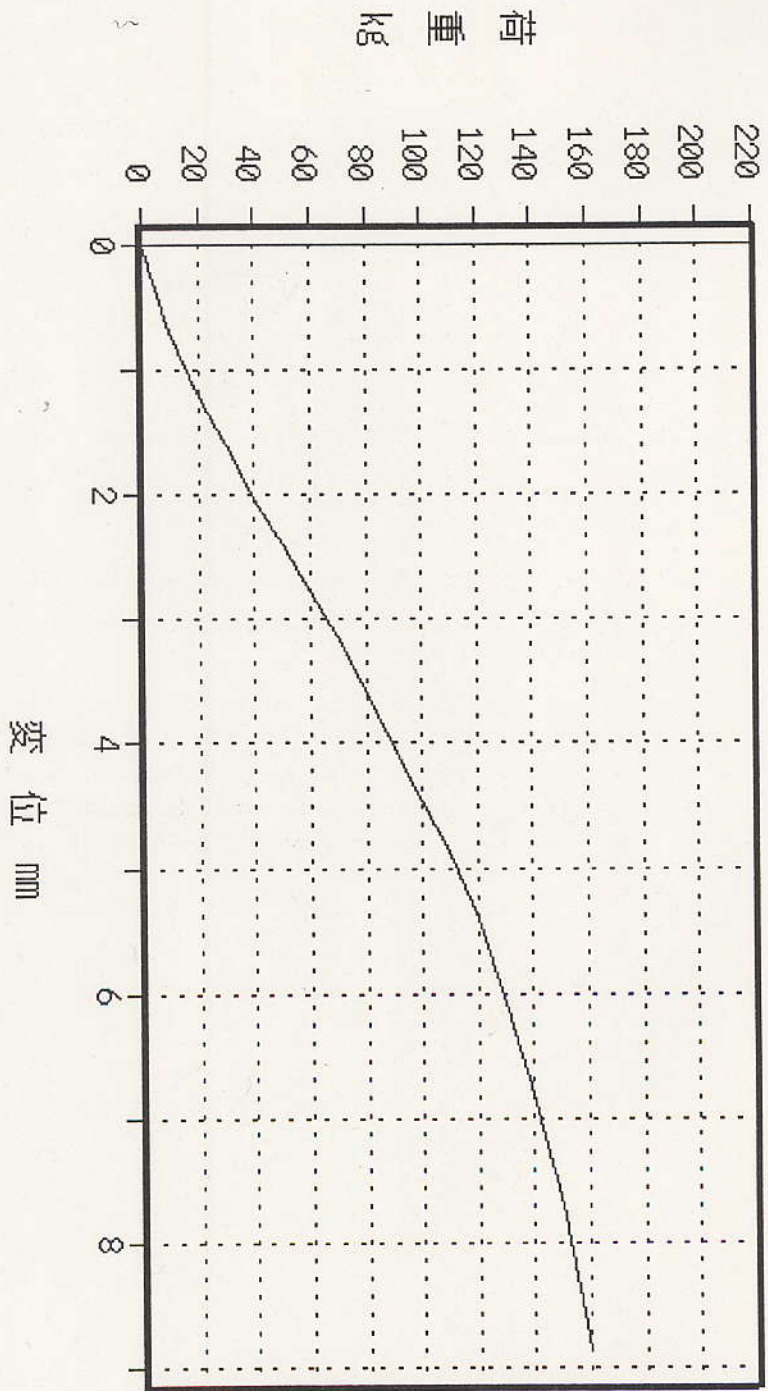
15-C



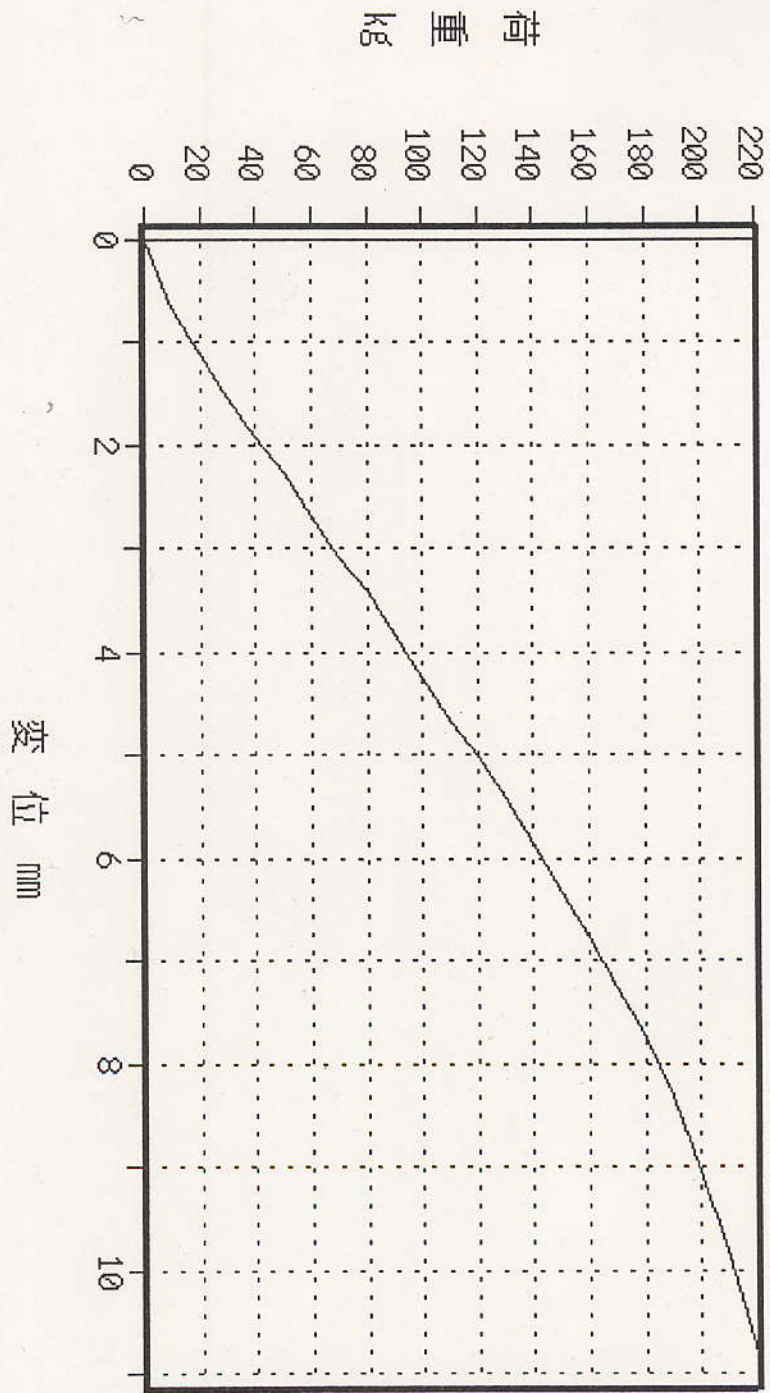
15-B



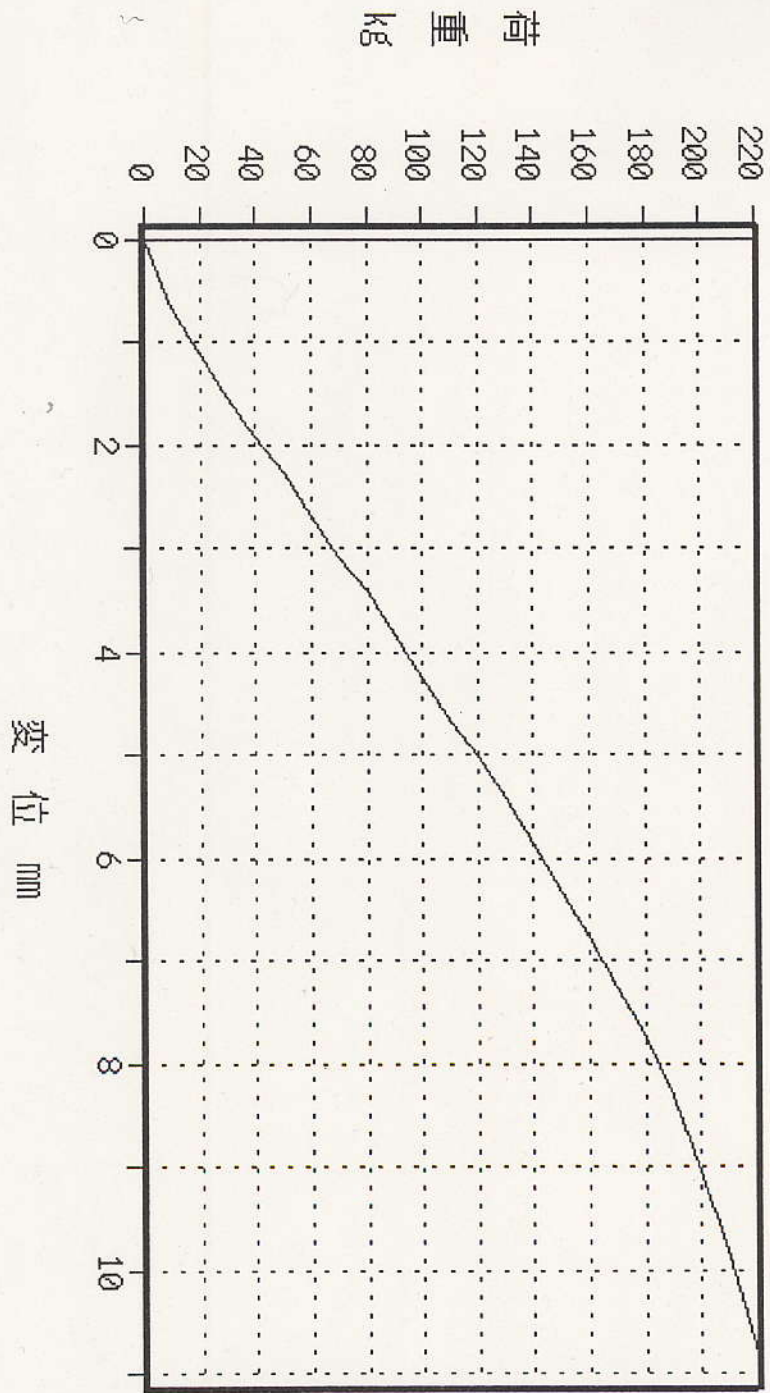
15-A



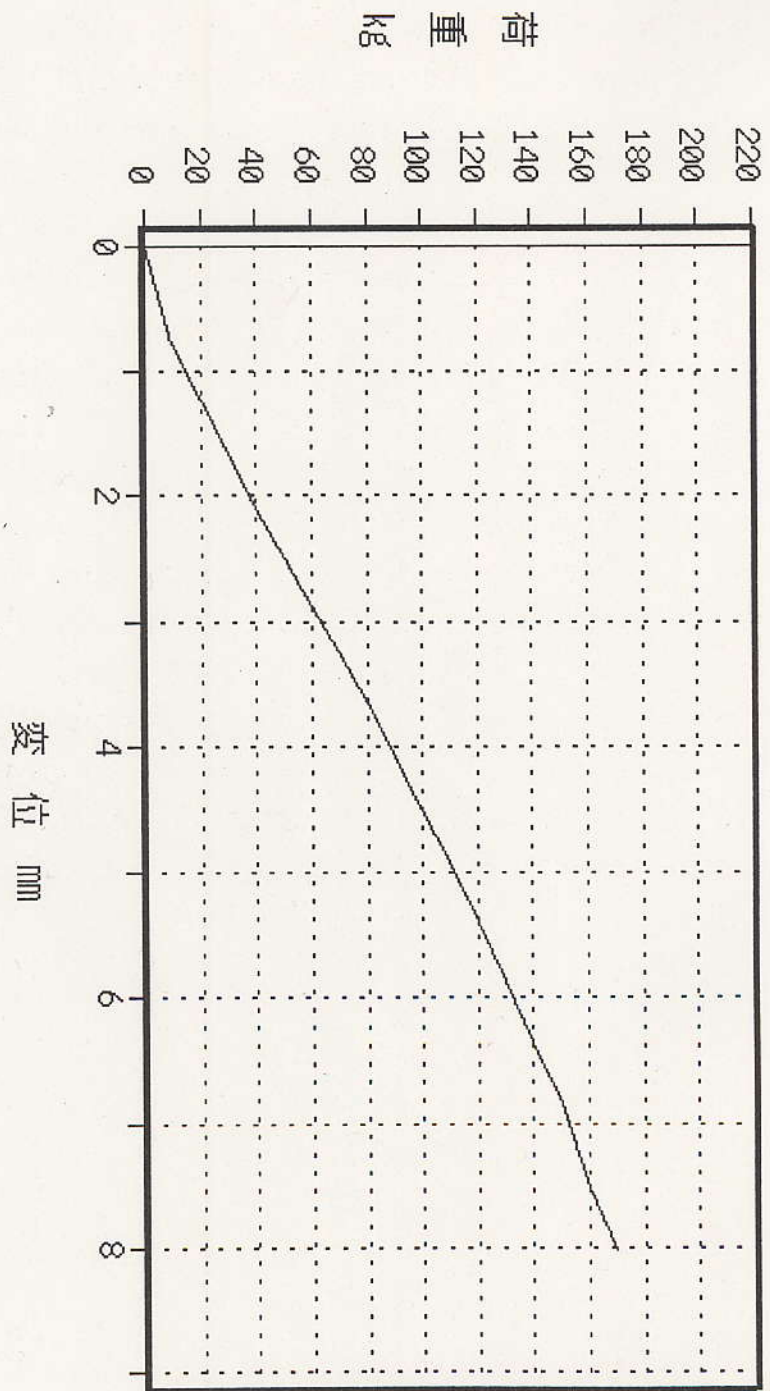
22.5-C



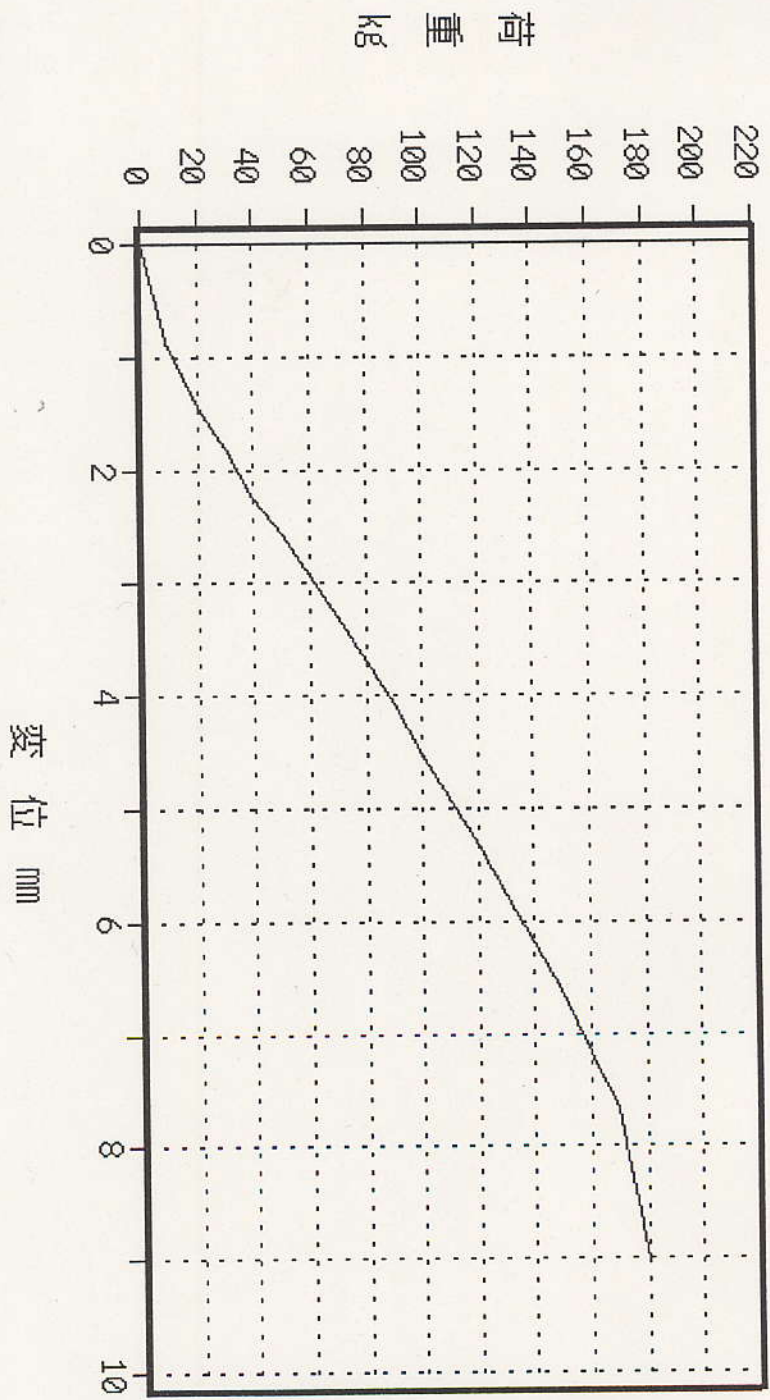
22.5-C



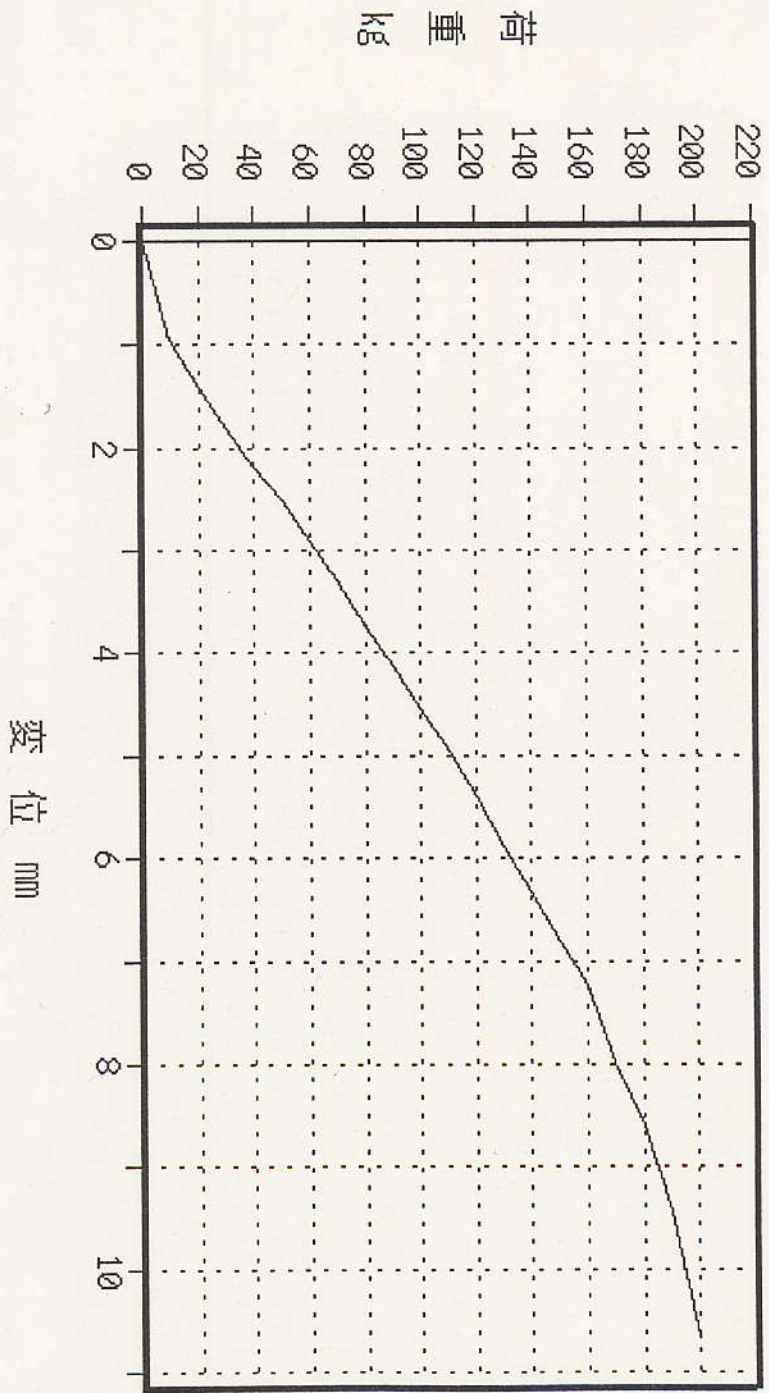
22.5-B



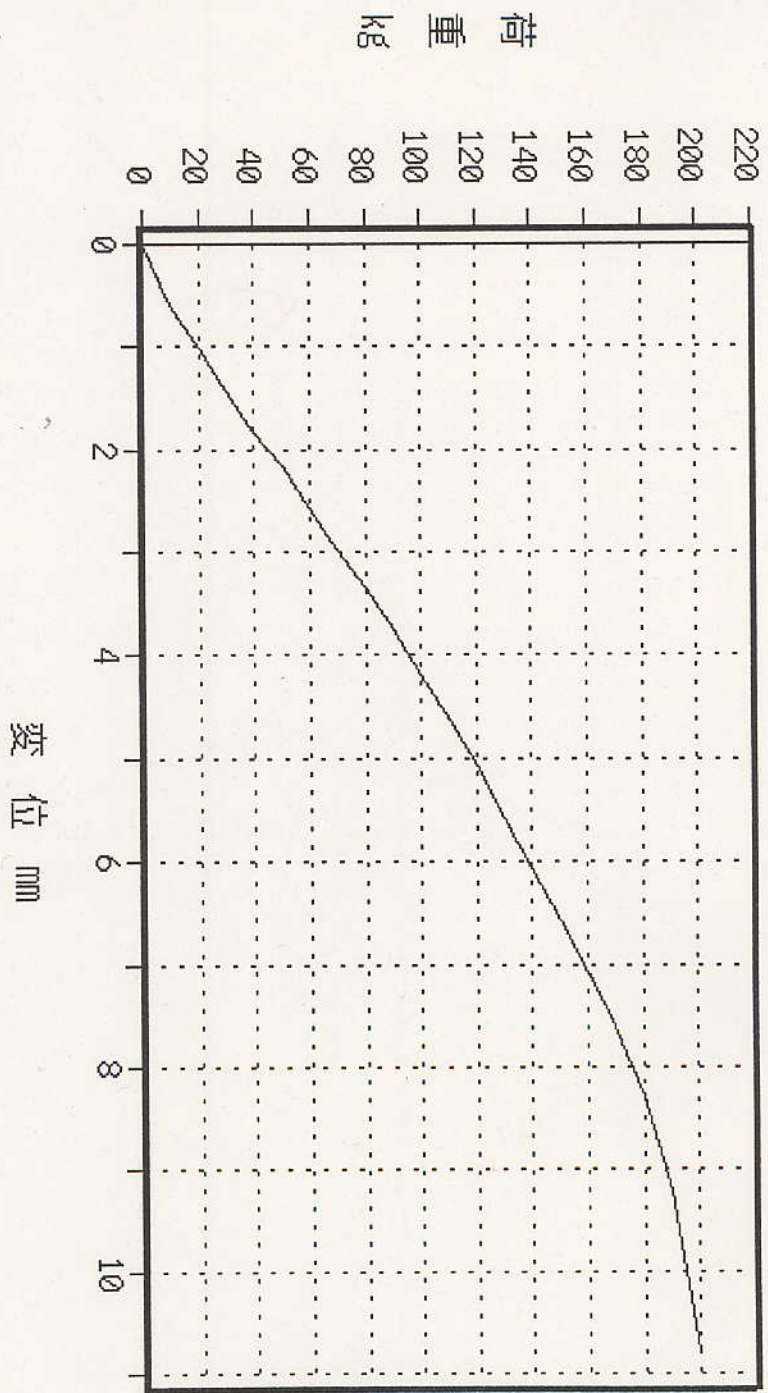
22.5-A



30-C



30-B



30-A

