

打込釘に関する23の實驗報告

北海道土木試験所

故地方技官 大谷正二

地方技官 鈴木重松

目次

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1. 緒言 | 4. 打込釘の間隔に関する試験 |
| 2. 使用木材の強度試験 | 5. 打込釘の支持力試験 |
| 3. 打込釘の太さと板厚に関する試験 | 6. 結論 |

1. 緒言

戦後の復興資材として擴範な用途を有する木材は、戦時中よりその部材結合の構造に関する改良研究が重要視せられ、デュベル其の他の工法が喧傳せられるに至つたが、簡易綴結材たる釘の使命も依然としてその重要性を失わなかつたのみか復興の進捗するにつれて益々その度合いを深めつゝある状態である。然るに従來釘に関する文献は甚だ少なかつた憾みがあるので、茲に昭和18年9月～11月に北海道土木試験所で行つた實驗の結果を報告して些かその参考に資せんとするものである。

本實驗は北海道産エゾ松を試料として行つたもので、次の四項に分れる。

1. 使用木材の強度試験
2. 打込釘の太さと板の厚さに関する試験
3. 打込釘の間隔に関する試験
4. 打込釘の支持力試験

尙ほ、本實驗は北海道地方技官横道英雄氏の指導を受け、故大谷技官が擔當されたもので、當時筆者は補助員として故人と共に實驗に従事したのであるが、氏の眞摯な實驗の姿を偲び、その戦歿を悼むのあまり敢へて筆を執つた次第である。

2. 使用木材の強度試験

使用木材は北海道産エゾ松で風乾材ある、含水率は12.2～17.0%、平均15.6%であつた。試験は壓縮、引張、剪斷に就て行つたが、その試験片は圖—1の如きものを使用した。

- 1) 壓縮試験片(1)及び(2)は上下兩端面に夫々全面積及び中央帶狀部分(巾1cm)に等分布荷重を與へて壓縮したもので、その結果は表—1の如くある。

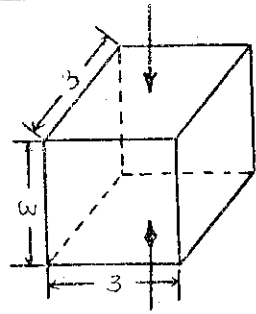
表—1 使用松材の壓縮強度

番 號	全 面 等 分 布 荷 重			中 央 部 分 荷 重		備 考
	纖維=平行 σ_x (kg/cm ²)	纖維=直角 板目(kg/cm ²)	纖維=直角 柁目(kg/cm ²)	σ'_x (kg/cm ²)	σ'_y (kg/cm ²)	
a	232.0	27.1	28.2	310.0	96.0	昭和18年9月～ 11月
b	223.3	25.3	27.9	—	100.0	
c	238.0	26.7	25.5	—	—	
平均	231.1	26.4	27.2	310.0	98.0	

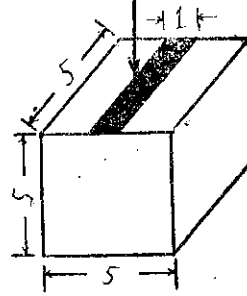
- 2) 剪斷試験は圖—1に示す如く鋼製の金物ABの間に試験片を挿入して剪斷を行つたが試験後の狀況は寫眞—1の如くでその破壊強度は表—2の如くであつた。

圖-1

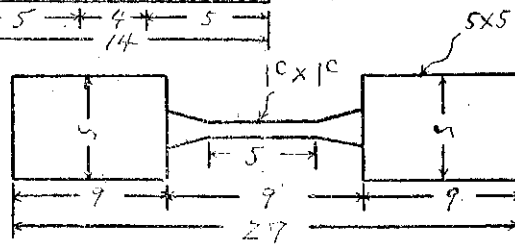
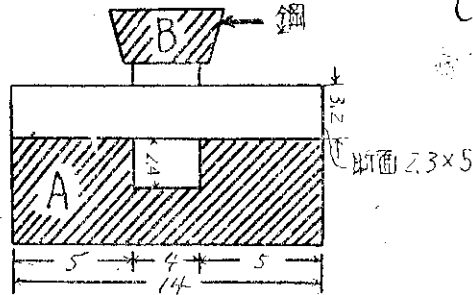
a 壓縮試験片-1



b 壓縮試験片-2



c 剪断試験片



d 引張試験片

表-2 使用木材の剪断試験

番 號	纖維方向 τ_x (kg/cm ²)	纖維=直角 τ_y (kg/cm ²)
a	85.7	193.9
b	78.3	193.9
c	84.7	218.2
平均	82.9	200.0

表-3 使用木材の引張試験

番 號	破壊強度 σ (kg/cm ²)	標點距離 m m	伸		摘 要
			伸 長 m m	伸 率 %	
a	561.7	61.25	0.10	0.16	標點外切斷
b	814.0	60.60	0.55	0.91	
c	697.8	60.60	0.40	0.66	
d	968.0	60.80	0.35	0.58	
平均	691.2				平均は d を除く

3) 引張試験は引張金具を用ひて行つたが、試験結果は表-3 及び寫眞-2 の如くである。但し試験片 d は標點間以外より切斷せられたるを以て平均値計算には除外した。

3) 打込釘の太さと板厚に関する試験

一般に板厚に比し長大なる釘を打込むと板材に有害なる亀裂を生ずる事は経験により熟知せられるところであるが、之を實驗的に確めるため厚さ 1.5cm のエゾ松の板に種々の寸法の釘を打込んで亀裂を生ぜしむる釘の限界直徑を見出さんとした。この時打込釘には充分の間隔を與へて隣接する釘の影響を除去する様にした。

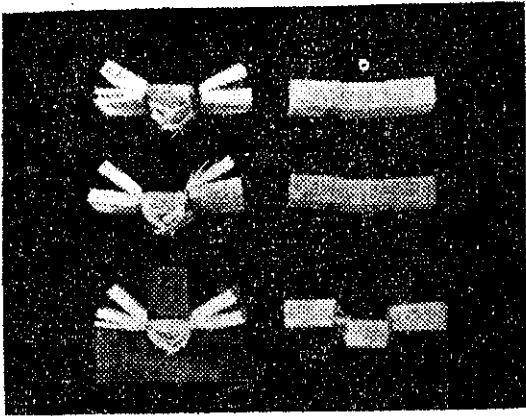
打込釘は稱呼 1.5寸~5寸のもの 9種類で、試験は 5 回行つてその平均値を探つた。その結果は表-4 及び寫眞-3 及び 4 に示す如くである。

釘を充分な間隔で打込む場合に生ずる亀裂の有無及び大小は板厚 t と釘の直徑 d との比即ち t/a に關係があるものと思はれる。これに關しては表-4 を見ると大體次の如く考へてよい様に思はれる。即ち釘の直徑が 4mm 以内、従つて $t/a \approx 3.8$ の範圍内では、板の裏面には多少の亀

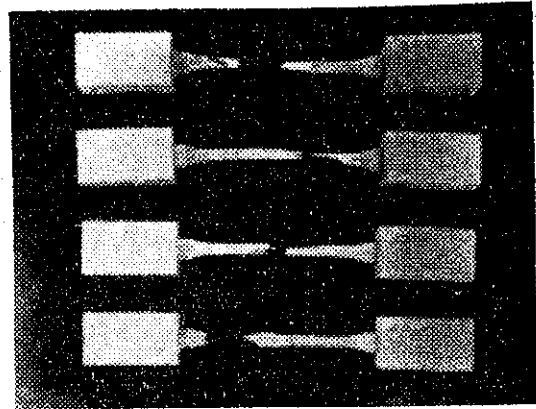
表-4

釘			板厚 t	l/a	1.5cm厚板に間隔を充分にして釘を打込みたる時板に生じたる龜裂状況 (5回平均)
稱呼	長 l	徑 d			
1.5寸	4.5cm	2.4mm	1.5cm	6.3	裏面に1.6cm長の龜裂 } 表面には何等 龜裂なし
1.6	4.8	2.5	//	6.0	
1.8	5.5	2.7	//	5.6	
2.5	7.6	3.4	//	4.4	
3.0	9.1	4.0	//	3.8	
3.5	10.6	4.2	//	3.6	表裏共に4.7cmの龜裂
3.8	11.5	4.4	//	3.4	// 8.6 //
4.0	12.1	4.6	//	3.3	釘長の約1/2を打込みし時に破壊的龜裂
5.0	15.2	5.2	//	2.9	// 1/2 // 完全破壊

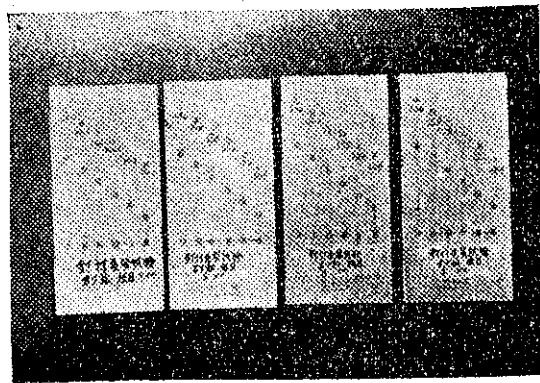
寫眞-1



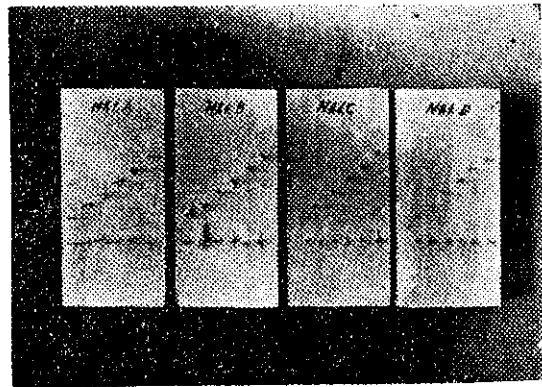
寫眞-2



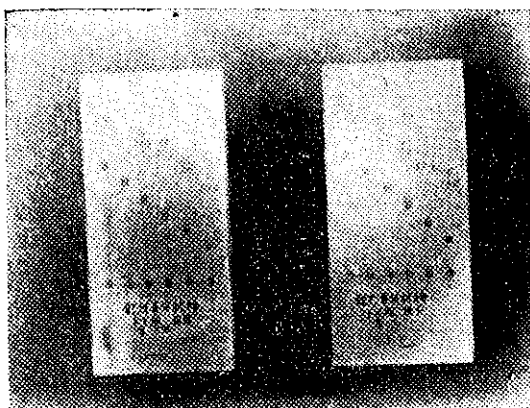
寫眞-3 a



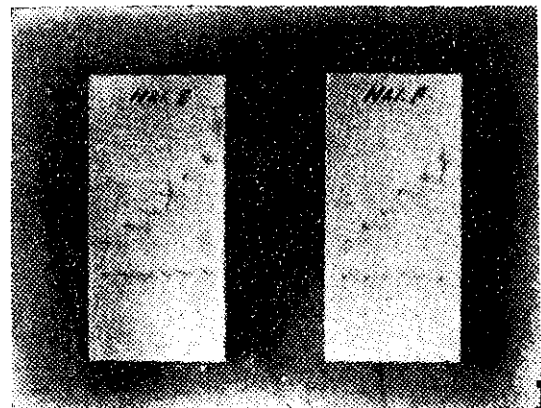
寫眞-3 b



寫眞-4 a



寫眞-4 b



裂を生じて表面には何等亀裂が発生しない。この裏面の亀裂は釘の打込みにより木材の繊維が押出され且つ左右に押し除けられるために生ずるもので、之を皆無にすることは困難であり、その深さが僅少な限りあへて心配する必要はないと考へる。

然しこの裏面に生ずる亀裂は始めは $1/a$ の値に略々正比例してその長さが増大するが、 $1/a$ が3.8邊りになると少し増加率が大となり3.6~3.4になると急に表面にも裏面と同じ長さの亀裂が生じ、3.3より小さくなると釘を長さの $1/2 \sim 2/3$ だけ打込んでも既に破壊的な亀裂になつて了ふ。

この實驗だけで論定することは勿論早計ではあるが、以上の結果から推して $1/a$ の値が約4.0以上であれば、即ち板の厚さが打込釘の直径の少くとも4倍以上であれば破壊的な亀裂は勿論、有害な亀裂も生じないものと思はれる。

4) 打込釘の間隔に関する試験

木材に釘を打込む場合、その最小間隔を如何にすべきかに就ては

(1) 釘の直下になる部分の木材の支壓力が相隣る2本の釘の中間部分の木材の複剪斷抵抗力よりも大ならざること。

(2) 釘を打込む事によつて木材に有害な亀裂を生じない程度に間隔を保つこと。

この二條件の内で大なる間隔を要求するものに左右される。

圖-2 に於て釘の直径を d 、中心間隔を λ とすれば、上記第一の條件は

$$\sigma d \leq 2c(\lambda - d)$$

にて表はされる。上式中 σ 及び c は木材の支壓及び剪斷許容應力である。更にこの式を書き換へると

$$\lambda \leq \frac{m+2}{2}d$$

となる。茲に $m=0/c$ で、エゾ松に就ては繊維方向の應力の場合には約5、繊維に直角方向では約0.5とすることが出来る故に

$$\lambda \leq 3.5d \text{ (繊維に平行)}$$

$$\lambda \leq 1.25d \text{ (繊維に直角)}$$

となる。然しこの値は條件(2)に比すれば過少の値を與へる。次に條件(2)は之を實驗値による外はない。今厚さ3cmの板を試料として、これに直径 $d=3.4$ cm長さ3cmの釘を繊維方向の間隔が $4 \sim 35d$ の範圍で9種類に變化させて順次に間隔を狭くして打込みこの時發生する亀裂の状況を觀察したところ、數回の試験の平均として表-5の如き結果を得た。又寫眞3、4、5、6、の(a)及び(b)は夫々供試體の試験後の状況を表裏兩面より見たところを示すものである。

表-5

打込釘 間 隔	龜 裂 状 態	エゾ松(柾目)	エゾ松(板目)	トド松(板目)
35 d		裏面に少しく龜裂發生せるも有害ならづ	裏面に少しく龜裂發生せるも有害ならづ	裏面に少しく龜裂發生せるも有害ならづ
30 d		〃	〃	〃
25 d		〃	〃	〃
20 d		〃	〃	〃
15 d		〃	〃	龜裂連續せるも破壊に至らづ
10 d		〃	完 全 破 壊	完 全 破 壊
8 d		裏面龜裂連續せるも破壊に至らづ	〃	〃
6 d		完 全 破 壊	〃	〃
4 d		〃	〃	〃

表—5 によれば木材の繊維方向に於ては、 $10d$ より間隔が大であれば安全の様である。以上より見て、打込釘の間隔の最小値は木材の繊維方向に於ては条件(2)を採用して $10d$ 、繊維に直角方向では条件(1)を採用して $1.25d$ を極限值として採用し得るものと考へられるが、尙ほ安全率を2にとつて

繊維方向..... $20d$
 繊維に直角方向 $2.5d$

とすれば安全であると考へる。

5) 打込釘の支持力試験

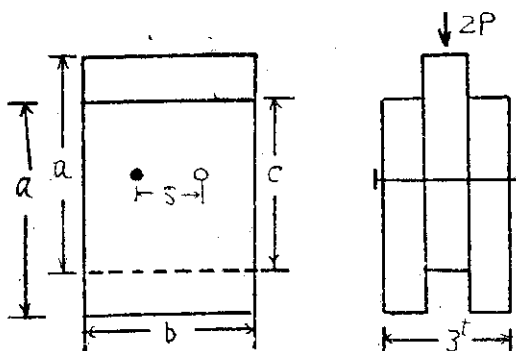
木材に打込んだ釘の支持力を如何に採るかに關しては多少の文献もあるが、未だ實驗的若しくは理論的に余り明確にされていない。

普通は釘の直径を d 、板の厚さを t 、木材の許容壓縮強度を σ とする時、 odt を以て釘の安全支持力としているが、之は必づしも妥當ではない。何んとなれば釘の支持力は木材の支壓力と釘自身の抗曲力とに關關があるからである。一般に板厚に比して甚だしく太い直径を有する場合の打込釘の支持力は主として木材の支壓力 odt に依存するものと見てよいが、之に反して甚だしく細い場合は主として釘の抗曲力に依存するものと考へられる。又釘の直径が適當であつてもその長さが板厚の2倍以下の場合には荷重を受けると釘は比較的容易に彎曲して了ふが、長さが増加するに連れて釘は兩端固定支持の状態に近づくために彎曲も減少し、支持力も増加する。之等の關係を理論的に究明することは然し容易なことではない。こゝに述べる實驗は以上の點に關して多少の參考資料を提供するものと考へられるのである。

普通市販の釘の寸法は表—6に示す如くで、之によれば釘の長さは普通直径が大となるに従つてその20~30倍となつてゐる事が判る。又木材の繼手に釘を使用する場合は釘の長さは板の厚さの2.5倍のものとするのが普通の様である。これは大いに意義のある所で、後述の如くそれより短い場合には釘の効用が著しく減少して不經濟となるを免れないのである。

實驗に使用した供試體は圖—3に示す如くに3枚の板を組合して、その兩面に1本宛の釘を打つて作つたもので中央の板に荷重をかけるものである。3枚の板を組合はしたの荷重が偏心的に作用して供試體を顛倒させる如き力の生じない様にするためである。

圖—3

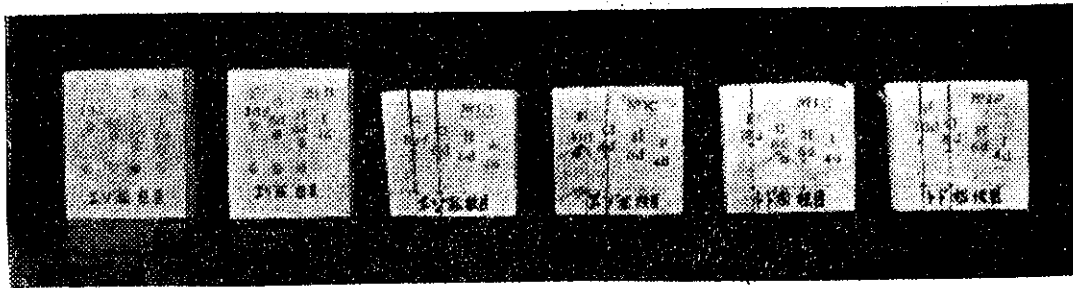


表—6

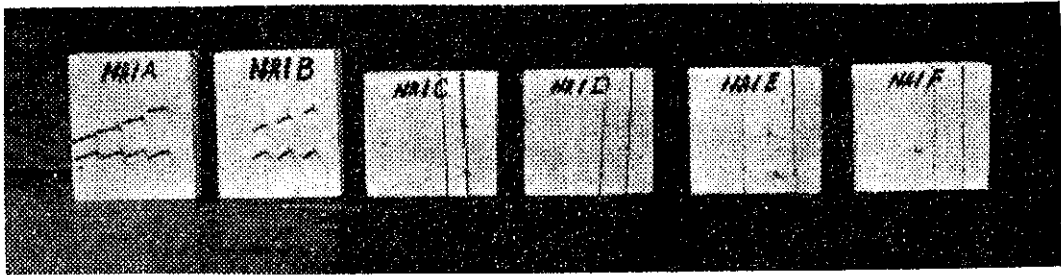
稱呼	長 l cm	徑 d mm	l/d
1½"	4.5	2.4	19
1.9"	4.8	2.5	19
2 "	5.5	2.7	20
3 "	7.6	3.4	21
3½"	9.1	4.0	23
4 "	10.6	4.2	25
4½"	11.5	4.4	26
5 "	12.1	4.6	26
6 "	15.2	5.2	29

實際に使用した供試體は表—7に示してある様にNo.1, 2, 3, 4及びNo.5(a)~(d)の8種類である。この中No.1~4の4種類は釘の直径 d を種々に變化させると共に板の厚さ t をも變化させて釘の長さ l との比 l/d の値を2~3の範圍に止まる様にしたもので、主に l/d の變化が支持力にあたへる影響を調べると共に併せて l/d の影響をも見んとしたものであり、No.5(a)~(d)はNo.3と共に

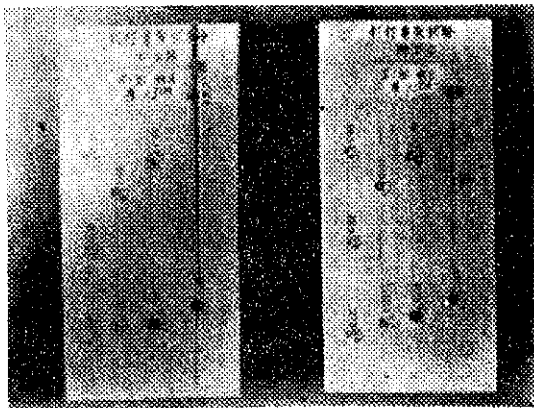
写真—5 (a)



写真—5 (b)



写真—6 (a)



写真—6 (b)



板厚を3cmに一定し、釘の直径d従つて長さ l を変化させて l/a の値を余り變へず l/d の値を2.5~5.1に變化させて主として l/d の變化の影響を調べんとしたものである。

表—7

試験片 番号	釘		板			C cm	S cm	$\frac{t}{d}$	$\frac{l}{t}$	支壓面積 dt cm ²
	長 l cm	徑 d mm	長 a cm	巾 b cm	厚 t cm					
1	15.2	5.2	20	10	8	15	4	15.4	1.9	4.16
2	10.6	4.2	20	10	4.5	15	4	10.7	2.4	1.89
3	7.6	3.4	14	9	3	10	3	8.8	2.5	1.02
4	4.5	2.4	7	8	1.5	5	3	6.3	3.0	0.36
5 a	9.1	4.0	20	10	3	15	4	7.5	3.0	1.20
5 b	10.6	4.2	20	10	3	15	4	7.2	3.5	1.26
5 c	12.1	4.6	20	10	3	15	4	6.5	4.0	1.38
5 d	15.2	5.2	20	10	3	15	4	5.8	5.1	1.56

写真—7 (a) (b) (c) は此等供試體の試験前の狀況を示すものである。尚ほ試験に際しては負荷に依つて3枚の板の間に相對的な位置の變化即ち歪みが生ずるので、之を觀測するため、100~500倍のダイヤルゲージを取付けた。(写真—7 (b) (c))

写真-7 (a)

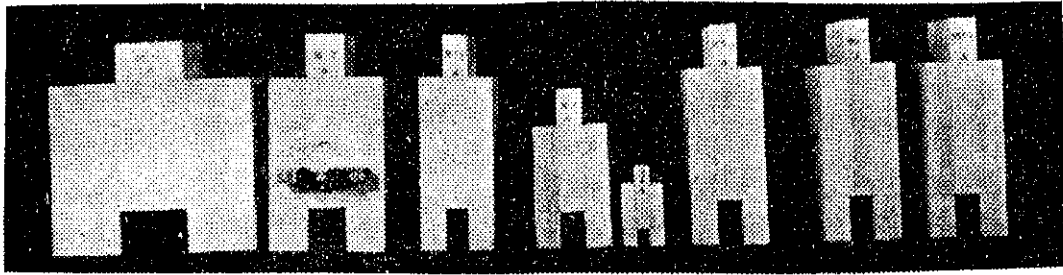


写真-7 (b)

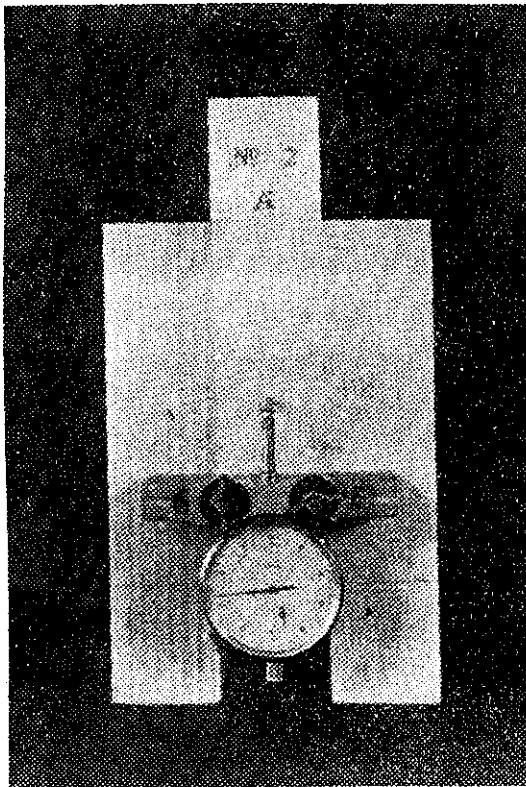
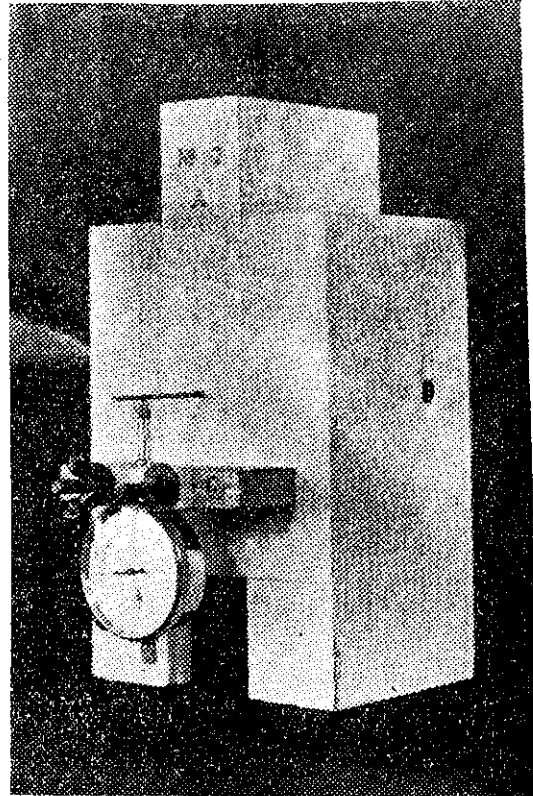


写真-7 (c)



試験の結果荷重 $2P$ (釘1本當りの荷重は P となる) と歪みの関係を圖示すれば圖-4 (a) ~ (h) の通りである。又供試體の試験後の状態は写真-8の (a) (b) に示す通りである。ダイヤルゲージで観測する歪の値には制限がある為破壊時迄の荷重-歪曲線を得る事は仲々困難である。破壊時には急激に歪が増加するためダイヤルゲージを毀損する心配が多分にあるからである。それ故歪の観測は途中で中止され易いが、最終の歪みの値は試験終了後の供試體から實際に板の間のズレを測る事によつて、歪の曲線を推定して畫き得る。圖-4の各曲線も終末部分ばかりは推定で補足したものが多し。圖-4の曲線を見ると荷重-歪曲線は最初から曲線状を

圖-4 (a)

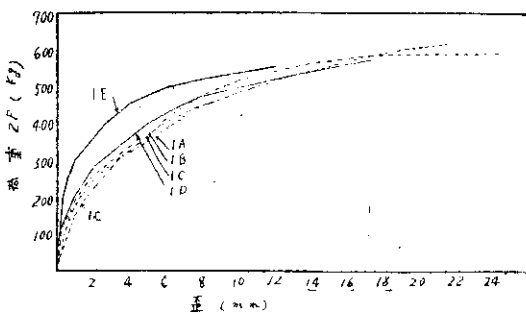


圖-4 (b)

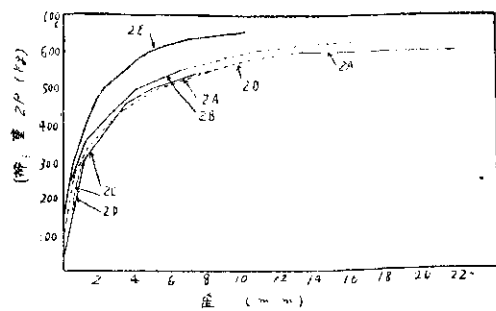


圖-4 (c)

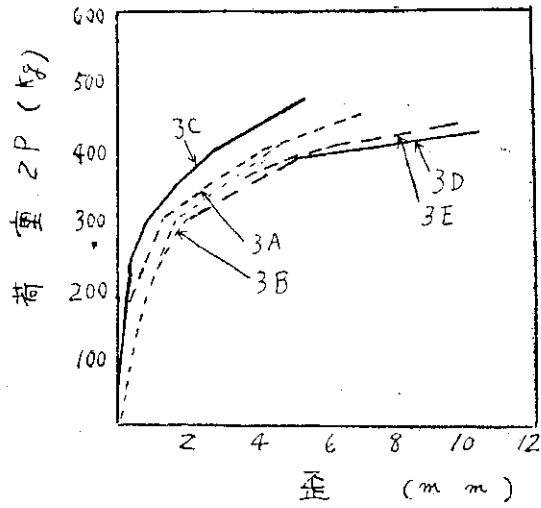


圖-4 (d)

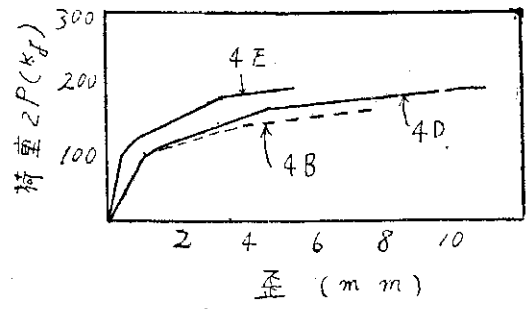


圖-4 (e)

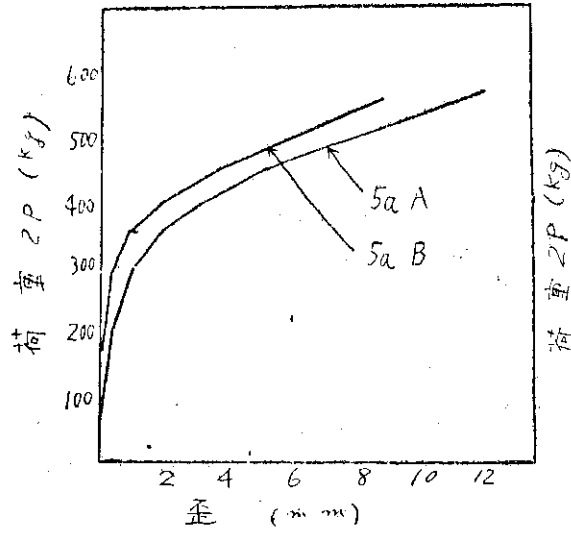


圖-4 (f)

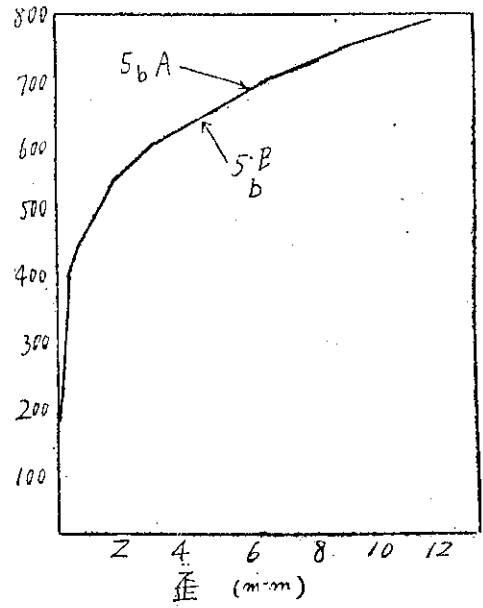


圖-4 (g)

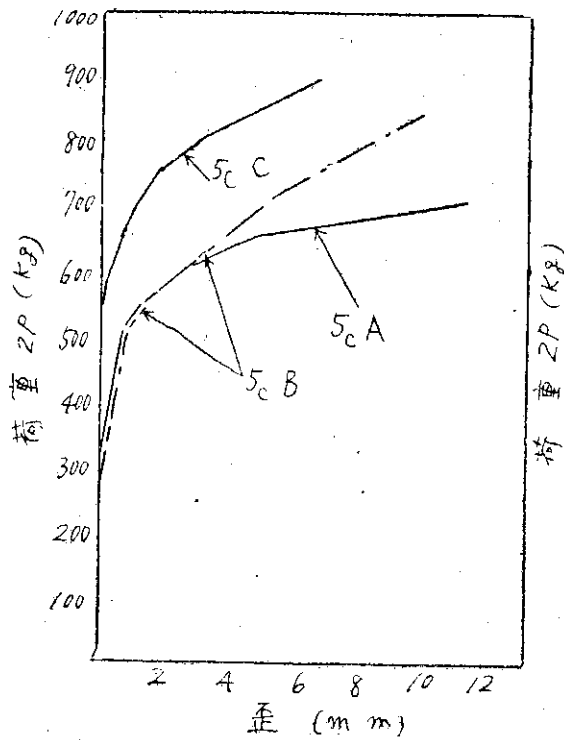
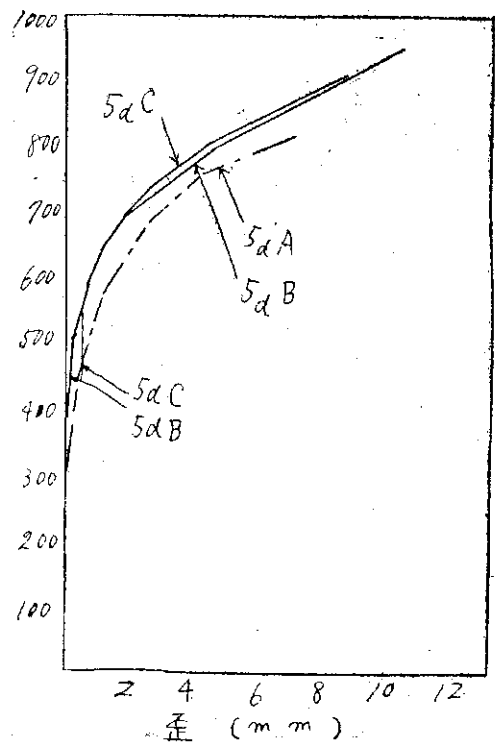


圖-4 (h)



呈し直線部分が少なく降伏点が明らかでないが、近似的に荷重の一定増加量に対する歪みの増加量が急に變化する附近を降伏点と推定すれば、表—8 (a) (b)如き結果となる。同表に依ると各試験種類の平均値の降伏荷重は破壊荷重の66~89%に達してゐる。

次に表—8の各供試體に就き釘の1本當りの破壊荷重 P_h の平均値を取り出して、これと釘の寸法、板厚との關係、又破壊荷重を釘の支壓面積で除した値即ち破壊應力 σ_h 及びこれと使用木材の纖維方向壓縮應力 σ_0 との比等を一括して表示すれば表—9の如くなる。同表によれば破壊應力と木材の壓縮強度との比は0.32~1.28の値となつており、1より小さい値を示すものがある。これは木材の支壓強度を十分に發揮しない前に釘が彎曲してつぶためと考へられる。釘の彎曲を少なくするためには、その徑を適當ならしむると共に長さも板厚の2.5倍以上として容易に釘先が抜け出さぬ様にする等の考慮を拂ふべきである。之は表—9を見ても板厚と釘の直徑の比 l/a の大となるに従ひ、又釘の長さも板厚の比 l/h の小さくなるに従ひ破壊應力 σ_h の値が小さくなつてゐる事より首肯される所である。特に釘の長さは板厚の少くとも2.5倍以上必要であつて、 $l/h=1.9$ なる供試體は他に比して著しく強度が減少して $\sigma_h/\sigma_0=0.32$ と言ふ値を示してゐる。又供試體 3、5a、5b、5c、5d は板厚を3cmに一定して釘を稱呼2.5寸、3寸、3.5寸、4寸、5寸に變化させたものであるが、 l/h の値が3.5以上になつても σ_h/σ_0 はあまり大きくなつてゐない。故に釘の長さは板厚の2.5~3.5倍の範圍が効果的であると考へる。寫眞—8bは供試體を二ツ割にして、釘の彎曲狀況の觀察に便ならしめたものである。

表—9により $l/a \cong 6 \sim 8$ 、 $l/h = 2.5 \sim 3.0$ なる時は破壊應力は略々木材の壓縮強度に等しく、この範圍より l/a が大となり、 l/h が小となれば破壊應力は木材の壓縮強度より小となり、その反對となれば大となることが判る。この關係を理論的に示すには資料が不充分であり且つ高級

圖—8 (a)

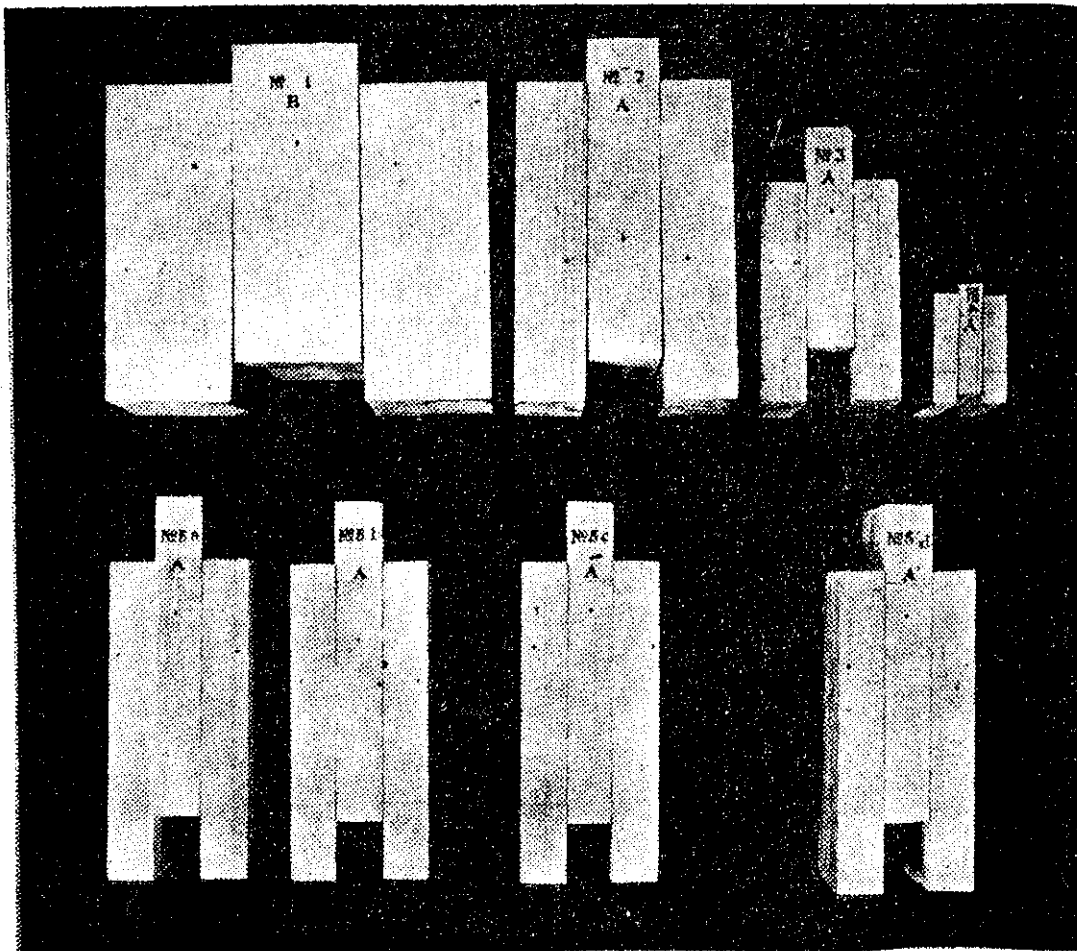


表-8 (a)

供 試 體 番 號	降 伏 點		破 壞 點		Pk/Pu	
	荷重 2Pk (kg)	歪 (mm)	荷重 2Ph (kg)	最終歪 (mm)		
1	A	400	6.46	640	28.6	0.74
	B	450	7.07	595	25.0	
	C	450	7.63	650	—	
	D	460	6.18	580	17.4	
	E	480	5.25	560	12.5	
	平 均	448	6.52	605	—	
2	A	500	5.20	615	22.2	0.86
	B	530	5.30	625	12.4	
	C	500	5.20	525	—	
	D	520	6.20	620	18.6	
	E	620	5.80	700	15.7	
	平 均	534	5.54	617	—	
3	A	350	2.60	455	6.24	0.81
	B	320	2.40	465	—	
	C	400	2.90	465	5.30	
	D	360	4.20	420	9.90	
	E	380	5.08	440	10.70	
	平 均	362	3.44	450	—	
4	A	—	—	173	12.40	0.89
	B	140	2.80	163	7.80	
	C	—	—	182	—	
	D	160	4.80	185	10.40	
	E	180	3.22	196	7.00	
	平 均	160	3.61	180	—	

圖-8 (b)

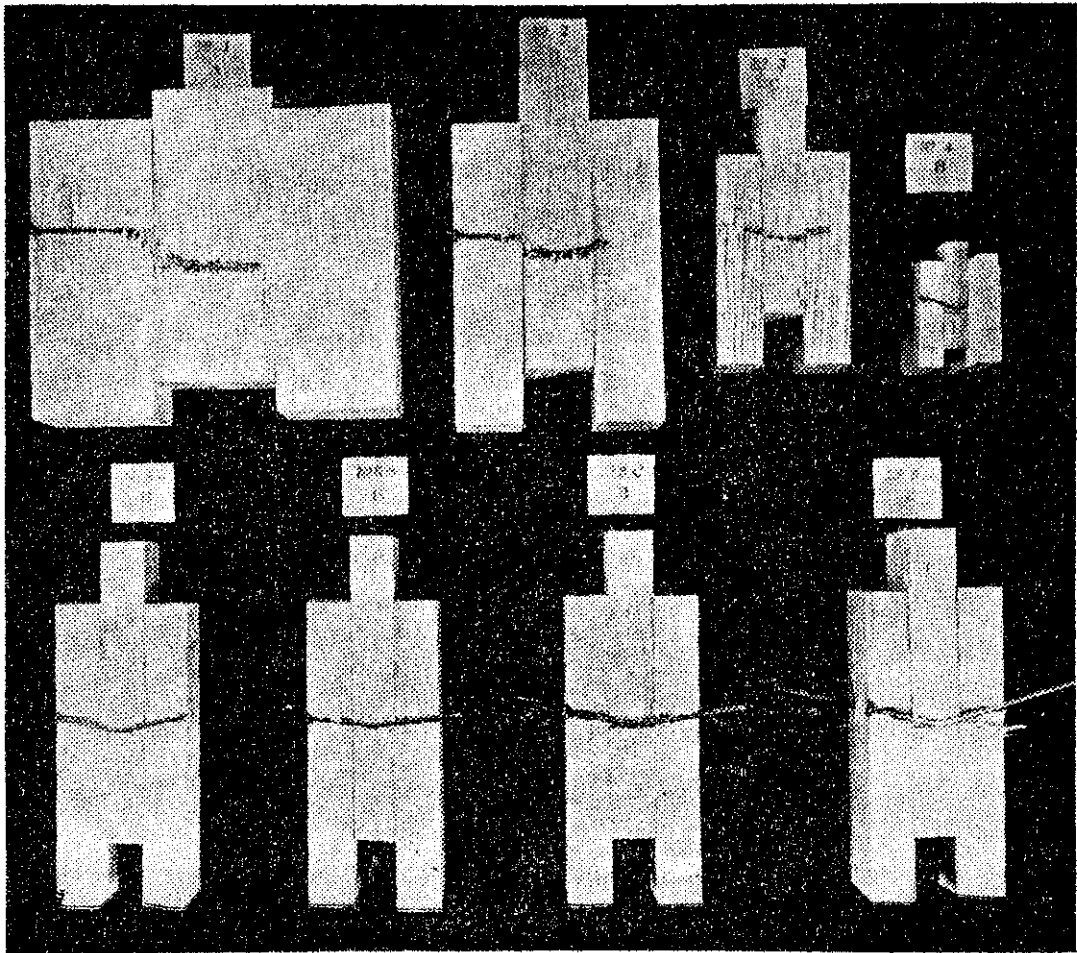


表-8 (b)

供試 番	體 號	降 伏 點		破 壞 點		Pk/Ph
		荷重 2Pk (kg)	歪 (mm)	荷重 2Ph (kg)	最終歪 (mm)	
5a	A	350	1.90	585	12.0	0.66
	B	380	1.35	545	8.0	
	C	350	1.80	505	—	
	平均	360	1.68	545	—	
5b	A	600	3.00	785	10.9	0.80
	B	600	3.10	685	7.0	
	C	550	2.80	710	—	
	平均	583	2.97	727	—	
5c	A	600	2.50	710	11.00	0.76
	B	550	1.40	825	9.15	
	C	700	1.00	908	6.70	
	平均	617	1.63	814	—	
5d	A	600	1.50	820	6.70	0.73
	B	650	1.20	950	10.10	
	C	660	1.40	925	10.00	
	平均	653	1.37	898	—	

表-9

供試 番 號	釘			板厚 t	$\frac{t}{d}$	$\frac{d}{t}$	$\frac{d}{d}$	破壞 Ph (kg)	釘の 面積 dt (cm ²)	$\sigma_h =$ Ph/at	σ_h/σ_0 *
	稱呼	長 l (cm)	徑 d (mm)								
1	5寸	15.2	5.2	8.0	15.4	1.9	29	303	4.16	73	0.32
2	3.5	10.6	4.2	4.5	10.7	2.4	25	309	1.89	164	0.71
3	2.5	7.6	3.4	3.0	8.8	2.5	21	225	1.02	221	0.96
4	1.5	4.5	2.4	1.5	6.3	3.0	19	90	0.36	250	1.08
5a	3.0	9.1	4.0	3.0	7.5	3.0	23	273	1.20	228	0.99
5b	3.5	10.6	4.2	3.0	7.2	3.5	25	364	1.26	289	1.25
5c	4.0	12.1	4.6	3.0	6.5	4.0	26	407	1.38	295	1.28
5d	5.0	15.2	5.2	3.0	5.8	5.1	29	449	1.56	288	1.25

* σ_0 = 使用木材の壓縮強度 = $\sigma_{//} = 231 \text{ kg/cm}^2$ (表-1参照)

弾性學上の問題となるので茲には觸れない事とする。

6) 結 論

本實驗はまだ回数も少なく資材としては不充分であるが、これにより次の如き結論を近似的に言ひ得る。

- (1) 隣接する釘の影響を受けない程度に充分な間隔で釘を板に打込む場合、有害な亀裂の生じないためには釘の直徑を板厚の $\frac{1}{4}$ 以下にすれば安全である。
- (2) 前項の如き適當な直徑を有する釘を打込む場合、板に有害な亀裂を生ぜしめないための打込間隔は纖維に平行な方向では直徑の20倍以上、直角方向では2.5倍以上とすれば安全である。
- (3) 打込釘の支持力を有効ならしむる經濟的な條件は釘の長さを板厚の2.5~3.5倍とすることである。若し2倍以下とすれば釘の支持力は木材自身の強度の3割以下に低下するし、又3.5倍以上にしても支持力はあまり増加しない。