

校倉構造に関する研究（第1報）

—校倉組みによる壁のせん断耐力試験—

長谷川 雅 浩[†] 丸 山 武
金 森 勝 義 千 野 昭

目 次

1. はじめに	1
2. 試験方法	1
2.1 試験装置	1
2.2 試験体	2
2.3 試験方法	4
3. 結果と考察	4
3.1 せん断耐力試験	4
3.2 壁の構造上の各種条件とせん断耐力	6
4. ま と め	12
文 献	12
Résumé	13

[†] 道立寒地建築研究所設備研究課（前 林産試験場 強度科）

1. はじめに

木材を横に積み重ねて建物を造るという歴史は古く、日本では正倉院の宝庫など現存するものでも7世紀頃に建てられている。さらに、記録では5世紀にはすでに同様のものが建てられていたとある。しかし、中国ではさらに古く、紀元前1世紀に校倉の一種とみられる建物があったらしい。また、世界的にみてもフィンランド・スウェーデンなどの北欧・ソ連（シベリヤ）・北米などにも丸太を積み重ねた建物が分布している。校倉は、石やレンガなどの組積造と構法は類似で木材の豊かな地方では木の組積造は自然な発想であったと思われる。時代をずっと下って、北海道開拓使の後期、明治11年から14年にかけてロシア建築技術の導入で丸太組の建物が建てられている。そしてまた近年、ロッジ・山小屋・セカンドハウスなどに丸太小屋が注目されるようになってきており丸太小屋ブームと言えるようになってきている。

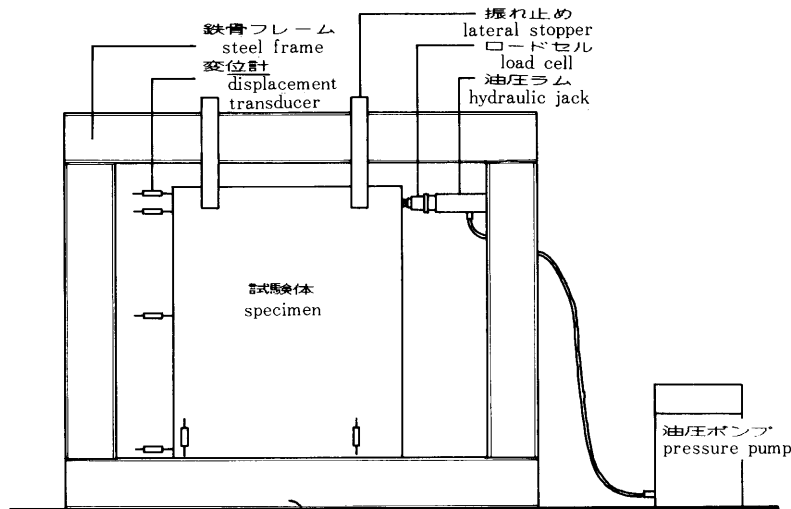
さて、ここで我々はこれら校倉造の建物の構造的な安全性、特に水平耐力について検討すべく実験を計画した。校倉造と一口に言っても、使われる丸太は様々な断面をしており横木交差部の組手にそれぞれに工夫されている。また、壁のせん断補強の方法の一つとしてダボや軸ボルトを用いる場合などいろいろ考えられ、建物個々の水平耐力は実験により求めるしかない。そこで、水平荷重を受け持つ壁体の耐力から、建物の保有水平耐力を推定できるように壁体のせん断耐力について調べた。このことにより、基本単位とする小型の壁体の組み合わせにより、自由度の高い校倉造の建物の計画が可能になる。

ところで、校倉 というのは、本来は横木が三角断面の場合に用いられており、丸太の場合は、丸太倉 と区別されるが、ここでは丸太（円形だけでなくいろいろな断面のものを含む）を水平に組んだものを 校倉造 とした。

2. 試験方法

2.1 試験装置

試験装置は第1図のように鉄骨で組んだフレームに油圧ジャッキを取り付けたもので、フレームの下側には土台をアンカーボルトで固定できるように穴を空けてあり、そこに独立基礎



第1図 試験装置
Fig. 1. Experimental equipment

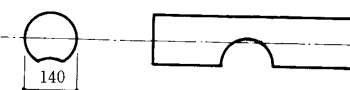
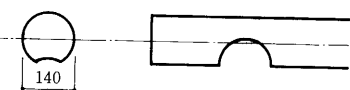
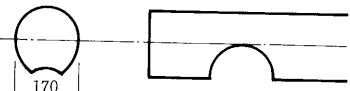
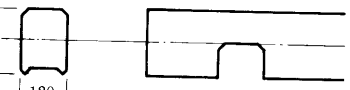
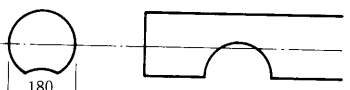
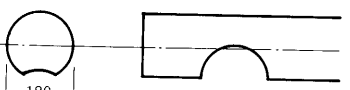
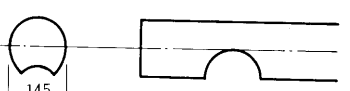
の代わりに鉄製の台を固定した。上部には、壁体が面外へ倒れたり変形したりするのを防ぐための振れ止めがあり、壁体の頂部を両側からおさえるようになっている。

2.2 試験体

壁単体の水平耐力を調べるため第1表に示すような7つのグループについて試験を行った。それぞれ、樹種、断面などの違いがあるが、基本構造は同じである。それぞれのグループについて、壁長さが3～5種類設定されており、実験では7グループ、27種類についてそれぞれ2～6体の試験を行った。

第1表 試験体の種類

Table 1. Kinds of the wall given on examination.

	Shape of section and shape of saddle notch (mm)	樹種 Species	試験体の壁長さ Length of wall for test (cm)
A		カラマツ Karamatsu	90, 120, 225
B		スギ Sugi	90, 120, 225
C		カラマツ Karamatsu	90, 120, 180, 270, 90×2
D		トドマツ Todomatsu	90, 120, 180, 270, 90×2
E		カラマツ Karamatsu	90, 120, 225
F		トドマツ Todomatsu	90, 120, 150, 225
G		トドマツ Todomatsu	90, 180, 270, 45×2

各グループの特徴については以下のとおりである。

Aグループ (巻末写真 5, 6, 7)

樹種 カラマツ: 径140mm
 壁長さ 90cm, 120cm, 225cm
 座金 45×45×3.5mm
 パッキン材 幅5cm, 厚さ5mm
 交差壁の軸ボルト 有

Bグループ	(巻末写真 8, 9, 10)
樹種	スギ：径140mm
壁長さ	90cm, 120cm, 225cm
座金	45 × 45 × 3.5mm
パッキン材	無
交差壁の軸ボルト	無
Cグループ	(巻末写真 11, 12, 13, 14, 15)
樹種	カラマツ：楕円170mm
壁長さ	90cm, 120cm, 180cm, 270cm, 90cm × 2
座金	75 × 75 × 6mm
パッキン材	幅5cm, 厚さ10mm
交差壁の軸ボルト	無
Dグループ	(巻末写真 16, 17, 18, 19, 20)
樹種	トドマツ：長方形断面170mm × 120mm
壁長さ	90cm, 120cm, 180cm, 270cm, 90cm × 2
座金	75 × 75 × 6mm
パッキン材	幅5cm, 厚さ10mm
交差壁の軸ボルト	無
Eグループ	(巻末写真 21, 22, 23)
樹種	カラマツ：径180mm
壁長さ	90cm, 120cm, 225cm
座金	60 × 60 × 4mm
パッキン材	幅5cm, 厚さ3mm
交差壁の軸ボルト	無
Fグループ	(巻末写真 24, 25, 26, 27)
樹種	トドマツ：径180mm
壁長さ	90cm, 120cm, 150cm, 225cm
座金	75 × 75 × 6mm
パッキン材	無
交差壁の軸ボルト	無
Gグループ	(巻末写真 28, 29, 30, 31)
樹種	トドマツ：径145mm 楕円
壁長さ	90cm, 180cm, 270cm, 45cm × 2
座金	75 × 75 × 6mm
パッキン材	無
交差壁の軸ボルト	無

壁体の構造各種条件と水平耐力との関係を知る試験では、

- ・基礎が独立基礎と布基礎
- ・交差壁の軸ボルトの影響
- ・軸ボルトの締め付け力
- ・パッキン材の影響
- ・軸ボルトの座金の大きさ

について、それぞれ条件を変えて試験を行った。これらの試験にはBグループの壁を用いた。

2.3 試験方法

鉄骨フレームの試験装置に試験体をセットした。独立基礎（間隔180cm）の代わりに鉄製の台に土台を想定した角材（10.5×10.5cm）+丸太2段または、丸太2段の上に部材を積み重ね、壁体を貫通させた軸ボルトを締め部材を一体化させて壁体を作った。壁体の頂部は、振れ止めで面外にのみ変形を拘束した。

加力は壁頂の変位によって制御し「変形が1/240radまで加力し除荷、次に1/120radまで加力して除荷、次に1/60radまで加力して除荷、最後に1/30radまで加力して除荷する」で、1回の試験とした。

3. 結果と考察

3.1 せん断耐力試験

短期許容せん断耐力 P_a は実験に基づき次の式により求めた。

$$P_a = P_o \times 3/4$$

ただし P_o は実験における変形が1/120radのときの荷重

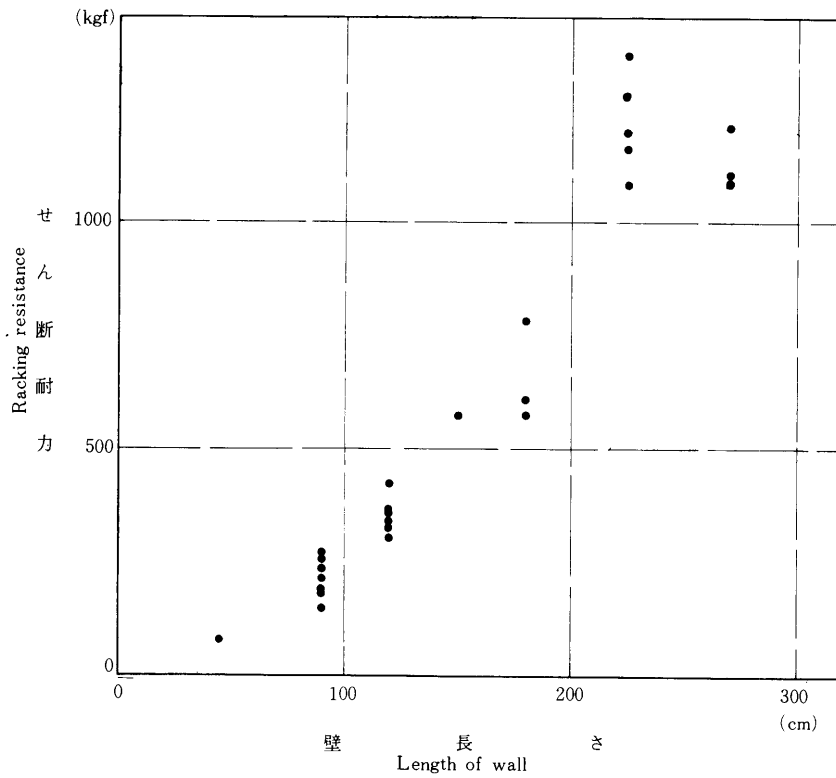
第2表 せん断耐力試験結果
ble2. The results of the racking test of the bearig walls .

試験体 Specimen	試験体数 N	P120	P60	P30	P_a
A90	6	290	455	680	217
A120	3	445	695	1071	334
A225	3	1551	1846	2280	1163
B90	4	333	532	802	250
B120	3	570	887	1355	428
B225	3	1607	1931	2464	1205
C90	2	231	362	560	173
C120	4	453	657	940	340
C180	4	759	992	1329	570
C270	3	1479	1902	2667	1109
C90W	3	533	897	1545	400
D90	3	200	318	500	150
D120	4	404	579	791	303
D180	4	1047	1298	1675	786
D270	3	1600	1913	2429	1200
D90W	3	588	840	1184	441
E90	4	309	485	700	232
E120	3	442	776	1095	332
E225	2	1808	1872	2154	1356
F90	4	364	564	825	273
F120	4	483	762	1215	362
F150	4	762	1135	1773	572
F225	3	1706	2192	2899	1280
G90	4	244	390	616	183
G180	4	805	1011	1283	604
G270	3	1446	1708	2281	1084
G45W	4	212	323	515	159

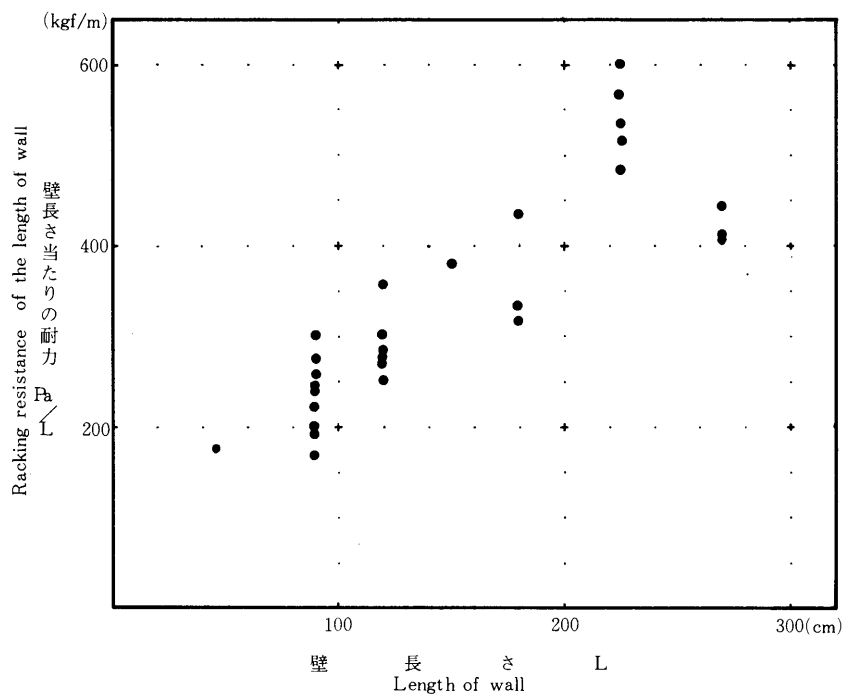
一般には「最大荷重の2/3以下であり、かつ最大荷重時のせん断ひずみ量の1/2のせん断ひずみ量に対応する荷重以下であること」という条件もつくが、今回の試験では、試験体は非常にねばり強い構造になっており、荷重は変形が1/30radを超えてもまだ増加する傾向にあった（実験は試験装置の都合等により1/30radを超えたところで加力を終了した）。ゆえに1/120rad時の荷重をもって、 P_o と統一した。

各試験体ごとのせん断耐力を変位一定時の荷重として第2表に示すが、これを壁長さとせん断耐力を軸にプロットすると第2図になる。各試験体ごとにその構造条件が多少違っていたり、壁長さと軸ボルトの関係が段階的に変化することなど一概には言えないが、この図からは、壁長さとせん断耐力に直線関係のあることがみてとれる（第3図）。また、壁長さ当たりの耐力としては、やはり壁長さが長いほうが大きい。つまり、ある程度長い耐力壁を作ったほうが、大きな耐力を得られることになる。

各グループごとの試験で特徴のあった点については、Aグループでは、交差壁にも軸ボルトを入れたがそれほど耐力は上がらなかった。また、使った座金が45



第2図 せん断耐力 - 壁長さ
Fig. 2. Racking resistance - length of the wall



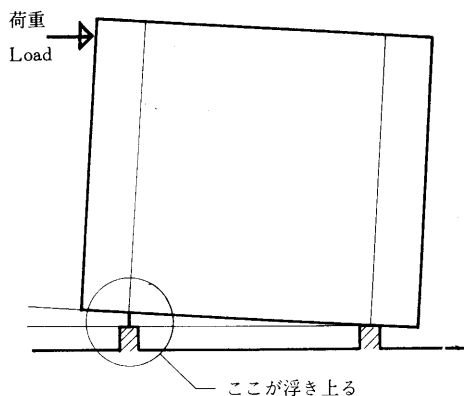
第3図 壁長さ当たりのせん断耐力 - 壁長さ
Fig. 3. Racking resistance per length of wall - length of the wall

×45×3.5mmと小さかったため、座金のめり込みが大きく座金自体の変形も大きかった。Cグループでは、部材が真円でなく重ねの部分で上下の曲率が違っているため、上下の部材は線で接することになる。現実には部材のねじれや加工精度の問題から一方しか密着していなかったりした。また、ノッチ部分はボルトを締めても高さ方向の働きはあまり変わらないが、重ねの部分は線で密着しているため小さな力で変形を起こし、高さ方向の働きが変わってしまうため軸ボルトを締めたときバランスが悪くなり密着度が低下するようである。Dグループでも同じような傾向があった。Dグループでは荷重が大きくなったとき割れることがあった。

全体を通して壁長さと変形形態の関係について次のことが観察された。

壁長さが短い場合、 $1/120$ rad時の荷重を300kgfとすると、引張り側軸ボルトの負担力は約1000kgfとなり、A、Bグループで使用した座金では変形したり、材にめりこんだりする。また、部材の上下間の密着が完全ではないため、部分的なつぶれ、がたの吸収やパッキン材の影響などによって、鉛直方向の剛性はかなり低下していると思われる。そのため曲げ変形が大きく、部材間の滑りはあまりない。土台の変形による壁体全体の回転も起きている。

壁長さが長い場合、変形が $1/120$ radになるまえから部材間の滑りが始まる。変形の大部分は部材間の滑りによるせん断変形であった。壁長さが225cmまたは270cmのように基礎から基礎へと壁全体がかかっているとアンカーボルトの座金が土台部分の部材にめりこむため第4図のような変形が $1/60$ radを超えたあたりで顕著になる。



第4図 壁体の転倒

Fig. 4. Tumbling of the wall

3.2 壁の構造上の各種条件とせん断耐力

今回の実験に用いた一連の試験体は、そのせん断耐力を部材間の摩擦力によるものとしている。一般にはダボを用いたり組手部のかみ合わせに耐力を負担させる方法をとっているが確実にきくようなきつめのダボは施工性がよくないし、組手部のかみ合わせは、その加工精度に大きな期待はできず、乾燥、経年変化による収縮や変形でのガタは避けようがなく、初期剛性に不安がある。

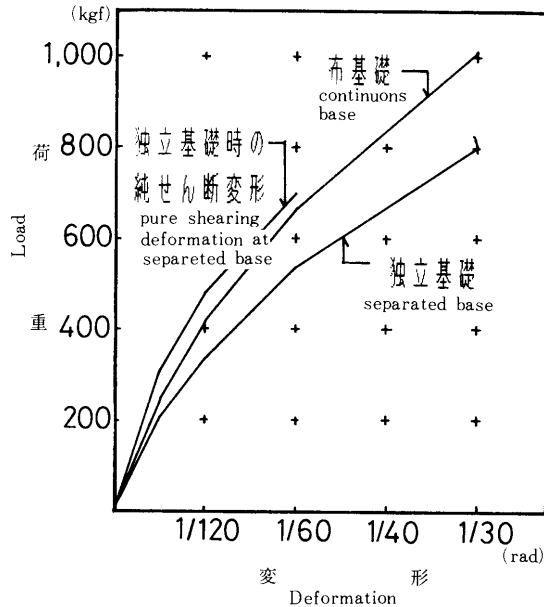
軸ボルトの締め付けによる横木部材間の摩擦力にせん断耐力を負担させるという形式にした場合、組手を簡単にできる、建築後も軸ボルトを締めるよう工夫しておけば、せん断耐力の低下も少ないし、部材の収縮変形を十分拘束でき、透き間やガタを無くせる、施工がしやすいなどの長所がある。

このような理由で壁体の構造を決めたのであるが、次にその構造上の条件がどのようにせ

せん断耐力に影響しているかを調べた。

・基礎の形式

基礎を独立基礎にすると、土台の変形により壁全体の変形が起こると予想され、布基礎にした場合より耐力が低下すると考えられる。その程度を確認するため、最も影響が大きいと思われる長さ90cmの壁で試験を行った。結果は第5図のとおりであるが、布基礎にして土台の変形をおさえると約2割耐力が上昇した。一方、独立基礎のときの変形のうち土台の変形による影響を差し引いた壁体のみの変形（純せん断変形）を同じ図にプロットしたが、布基礎のときの耐力をやや上回る傾向にあった。

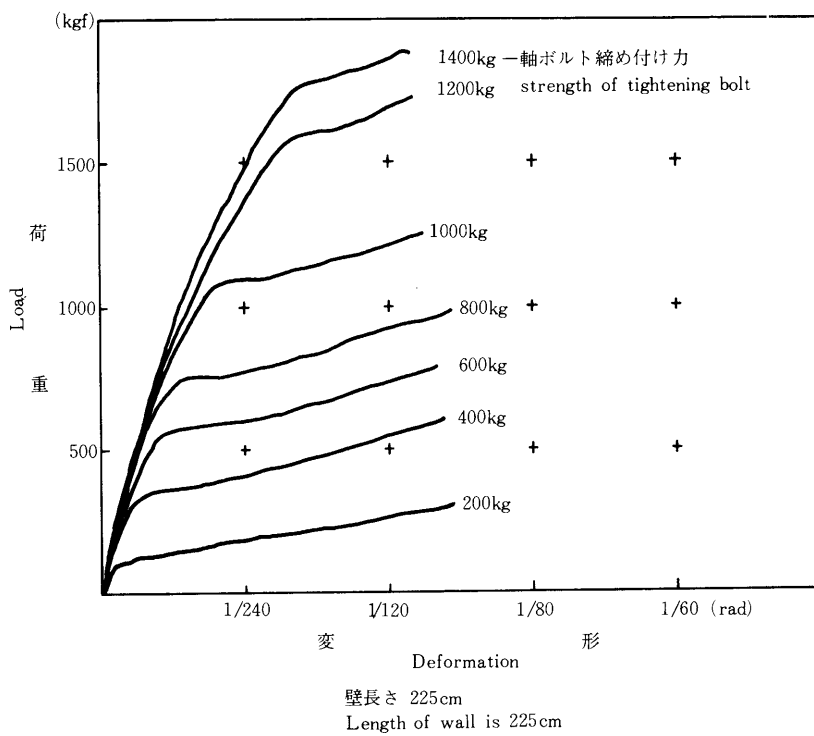
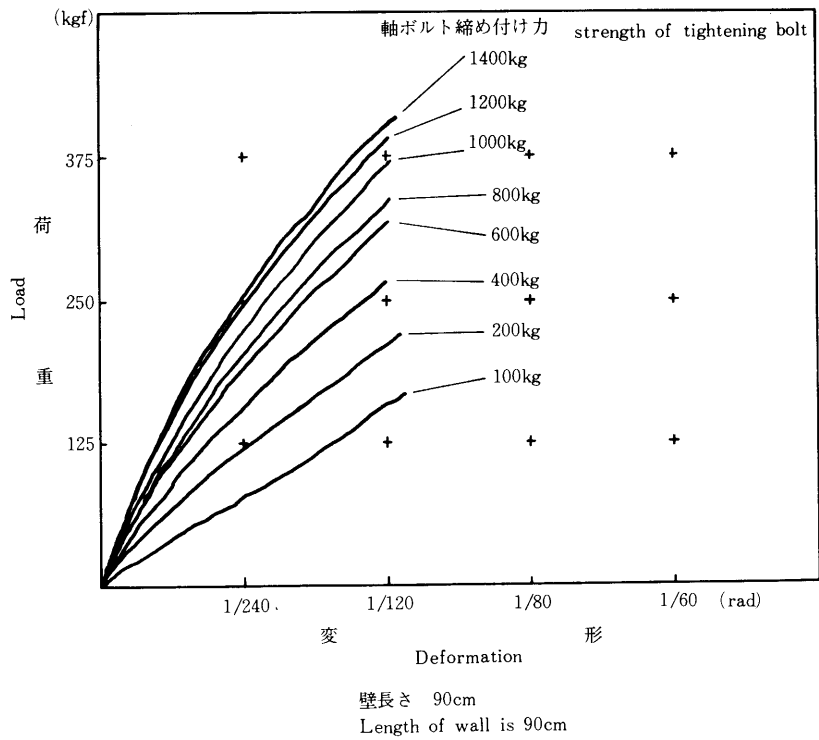


第5図 基礎形式の違いによる荷重 - 変位図

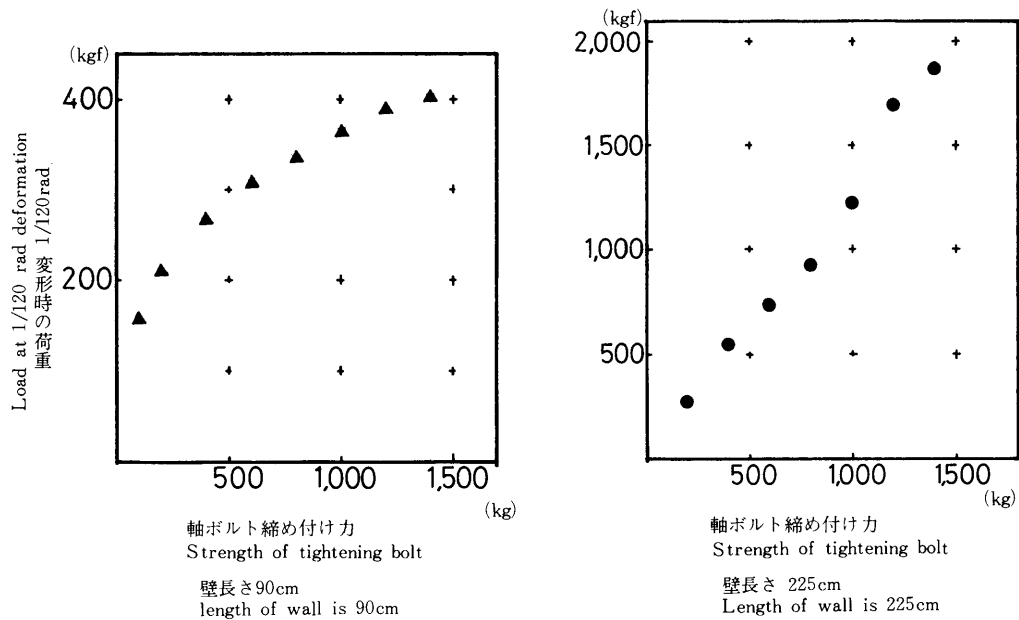
Fig. 5. Load - deformation curves at the base conditions .

・軸ボルトの締め付け力とせん断耐力

主に部材間の摩擦力に壁体のせん断耐力を期待するような本形式の場合、その摩擦力を生み出す軸ボルトの締め付け力は重要な要因と考えられる。そこで、軸ボルトの締め付け力をコントロールした試験を行った。締め付け力の検出は座金にロードセルをはさんで行った。試験は90cmと225cmの壁で行った。第6図はそれぞれの壁の各締め付け力での荷重～変形曲線である。図から分かるように90cmの壁と225cmの壁では締め付け力と変形曲線の関係が随分と違う。90cmの壁では、3.1のところでも述べたように部材間の滑りによるせん断変形は少なく、壁体の曲げ変形が中心となっている。そのため、軸ボルトの締め付け力が壁体の剛性を支配し、締め付け力が増すと変形が少なくなるという結果になっていると考えられる。一方、225cmの壁では、壁体の変形は部材間の滑りによるせん断変形で起こるため、締め付け力に応じた荷重に達すると、部材間の滑りが始まり、荷重の上昇が止まりこのような結果になったと考えられる。第7図はそれぞれの締め付け力に応じた 1 / 120rad時の荷重をプロットしたものがあがるが、軸ボルトの締め付け力はせん断耐力を大きく支配していることが分かる。



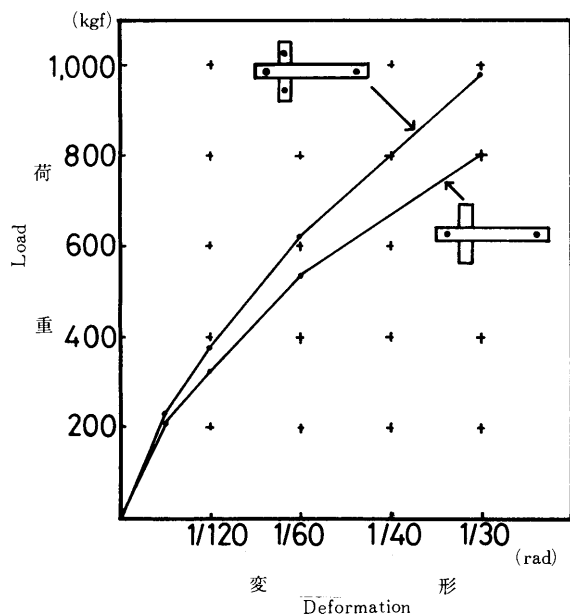
第6図 軸ボルト締め付け力と荷重 - 変位図
Fig. 6. Strength of the tightening bolts at load - deformation curve



第7図 軸ボルト締め付け力と耐力
Fig. 7. Strength of the tightening bolts - racking resistance

ところで、人手で締めると普通どの位の締め付け力が得られるかということについても検討しておく必要があるが、これについて、M-12のボルトとナットについて確かめてみた。実験では、ナットの締めトルク 300kgf・cmのとき約800 kgf の軸ボルトによる締め付け力が得られた。実際の建物の施工時にはもっと締めるようである。

・交差壁の軸ボルトとせん断耐力



第8図 交差壁の軸ボルトの影響
Fig. 8. Influence of bolts in cross wall

交差壁にも軸ボルトを配置した場合のせん断耐力への効果を調べた。試験は 90cm の壁で行った。結果は**第8図**のとおりである。交差壁に軸ボルトを配した場合の効果として荷重方向の壁に交差部を介して締め付け力が伝わりその結果せん断耐力が上がると考えられる。実験では90cmの壁しか行っていないが、約2割の耐力上昇が認められた。

・座金の検討

軸ボルト、アンカーボルトなどに使用する座金の適正な大きさについて検討した。使用した座金は75×75×6mm、60×60×4.5mm、40×40×3.5mmの3種類で、壁長さ90cmの試験体で実施した。40×40×3.5mmの座金の場合、荷重が大きくなると木材へのめり込みや座金自体の変形が大きかった(**写真1**)。60×60×4.5mmの座金の場合でも木材へのめり込み、座金の変形が認められた(**写真2**)。75×75×6mmの座金では曲がりはほとんどなく、木材へのめり込みも小さかった。座金に加わる力をロードセル(**写真3**)により検出したところ最大荷重時の座金面の応力度は大中小の座金でそれぞれ約35kg/cm²、55kg/cm²、100kg/cm²となり、大きい座金でのみ短期許容めり込み応力度以下となった。座金の大きさ別の荷重～変形曲線は**第9図**のとおりで、せん断耐力に大きく影響していることが分かる。以上より、十分な軸ボルト締め付け力を得るための座金の適正な大きさとして、75×75以上厚さ6mm以上が必要とされる。

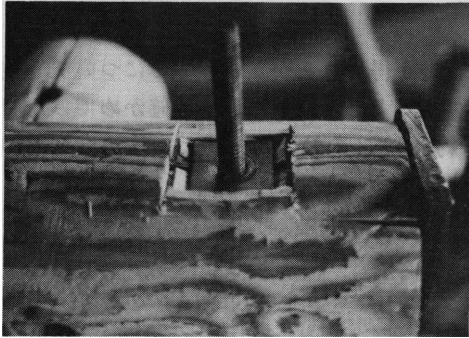


写真1 引張側座金(40×40×3.5)の曲がり
Photo . 1 . A warped washer of tension side
(40×40×3.5)

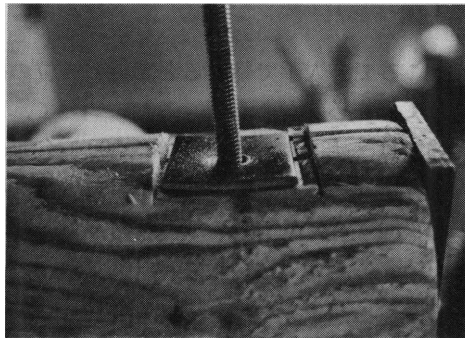


写真2 引張側座金(60×60×4.5)の曲がり
Photo . 2 . A warped washer of tension side
(60×60×4.5)

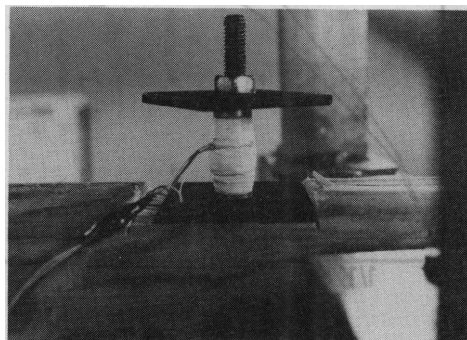
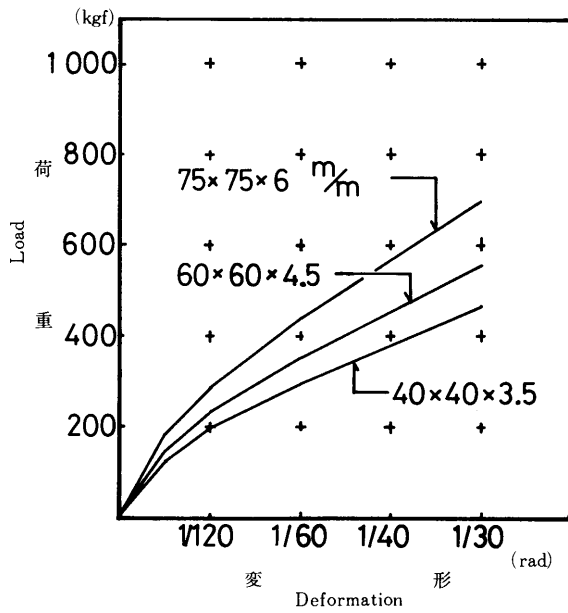


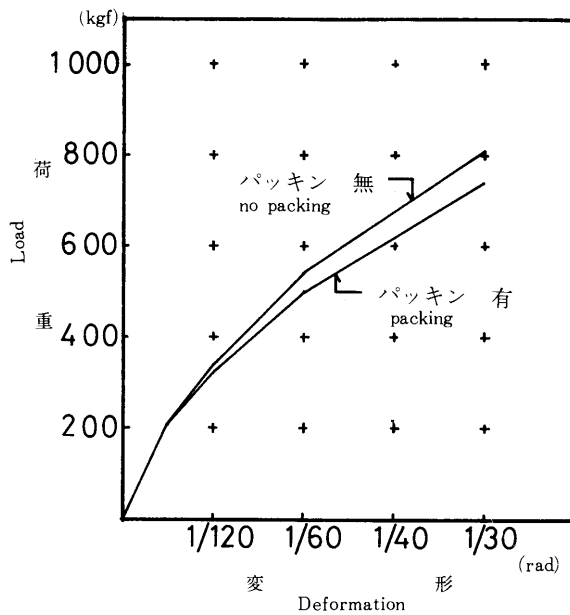
写真3 軸ボルトに取り付けたロードセル
Photo . 3 . A load - cell fitted on a tie - rod



第9図 座金の影響
Fig. 9 . Influence of metal washer

・パッキン材の影響

建物の居住性を向上させるために、部材間の気密性を高めるためにスポンジシート状のパッキン材をはさむが、それがせん断耐力にどの程度影響するのか調べた。使用したパッキン材は厚さ5mm、幅50mmで壁長さ90cmの試験体で実験した。第10図がその結果であるが、せ



第10図 パッキン材の影響
Fig. 10 . Influence of airtight gasket

せん断耐力への影響は小さかった。ただし、3.1のところでも述べたように90cmの壁と225cmの壁ではその変形形態が異なるためパッキン材が部材間の摩擦にどう影響しているか検討する必要がある。パッキン材はボルトを締め付けた状態では写真4のように完全につぶれており透き間を十分ふさいでいるようであった。

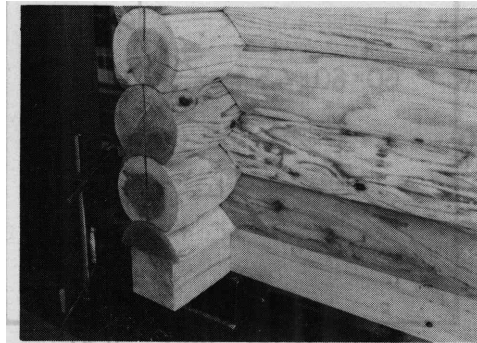


写真4 交点の状態
Photo . 4 . An appearance of intersections

4.まとめ

校倉造の水平耐力を検討するため、耐力壁を基本単位となる程度の大きさの壁体とし、そのせん断耐力試験を行った。その結果、耐力は壁長さとほぼ直線関係にあること、すなわち壁長さが長くなるほど耐力は大きくなることが分かった。また、軸ボルトのみという構造で十分な耐力を期待できる壁体を構成できることも分かった。ただし、構造上の条件として、軸ボルトの締め付け力が十分確保されるような配慮が必要となる。使用する座金は、75×75×6mm以上の大きさが適当であった。気密性を高めるためのパッキン材は、5mm程度のものはせん断耐力にほとんど影響しない。以上、校倉造の水平耐力を設計する根拠として、壁単体の耐力及び構造基準についての資料を得た。

文 献

- 1) 飯塚 五郎蔵：校倉住宅の構造と耐力，建築界，Vol. 23，No.1
- 2) 日本建築センター：低層建築物の構造耐力の性能評定に関する内部規程，ビルディングレター，1981年5月号

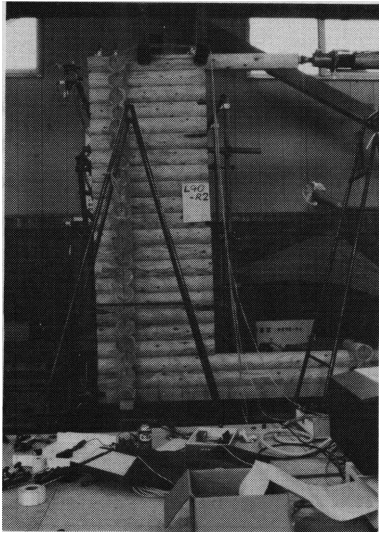
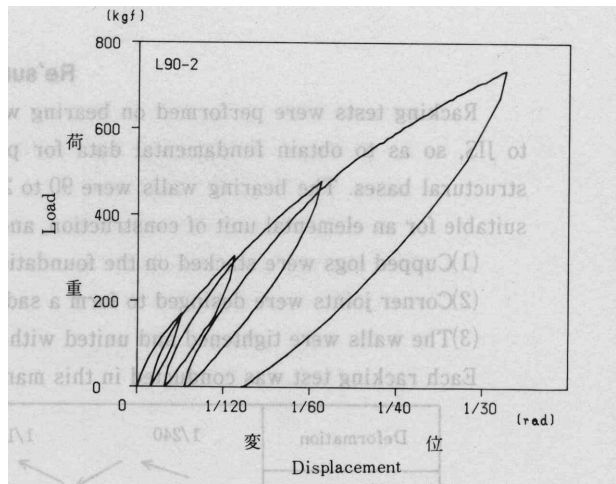


写真5 A 90試験体全景

Photo . 5 . A view of A90specimen



第11図 荷重~変位図 (A 90試験体)
Fig. 11 . Load - displacement diagram (A90specimen)

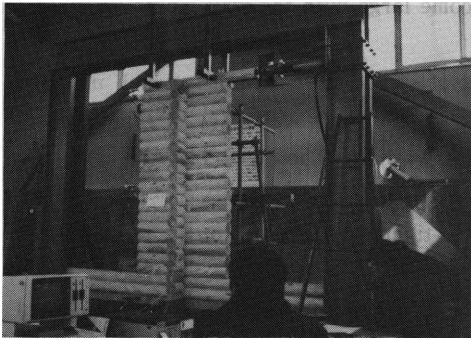
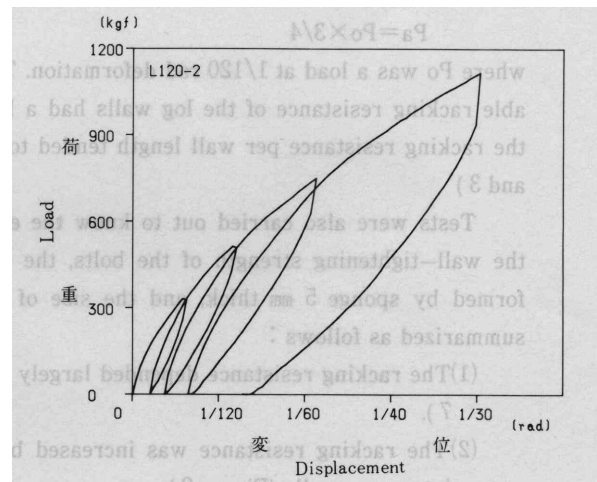


写真6 A120試験体全景

Photo . 6 . A view of A120specimen

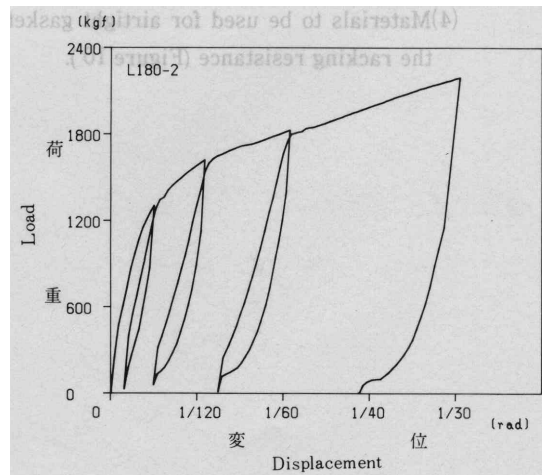


第12図 荷重~変位図 (A120試験体)
Fig. 12 . Load - displacement diagram (A120specimen)



写真7 A225試験体全景

Photo . 7 . A view of A225 specimen



第13図 荷重~変位図 (A225試験体)
Fig. 13 . Load - displacement diagram (A225specimen)

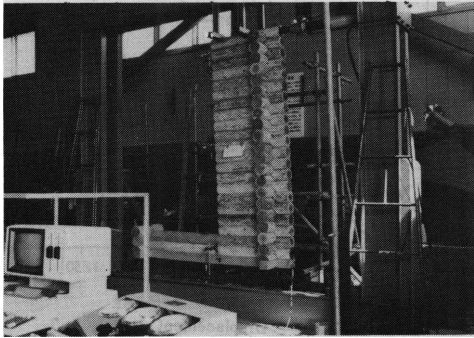
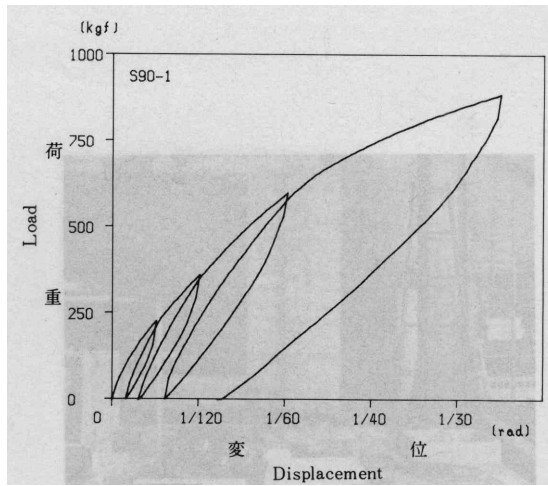


写真8 B 90試験体全景
Photo . 8 . A view of B90specimen



第14図 荷重～変位図 (B 90試験体)
Fig . 14 . Load - displacement diagram (B90specimen)

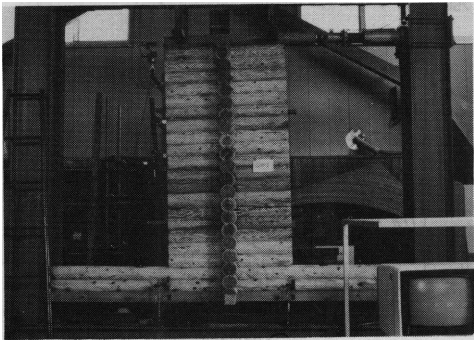
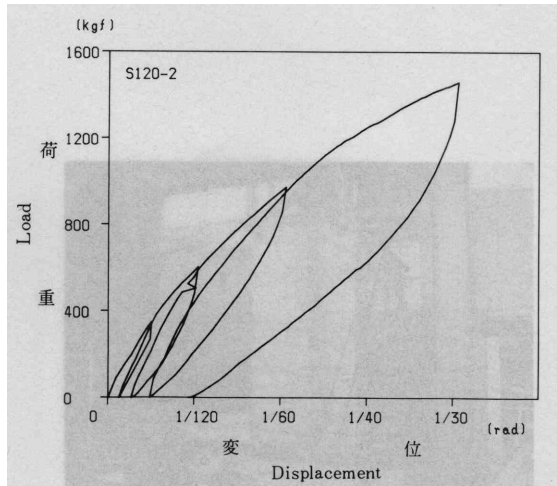


写真9 B120試験体全景
Photo . 9 . A view of B120specimen



第15図 荷重～変位図 (B120試験体)
Fig . 15 . Load - displacement diagram (B120specimen)

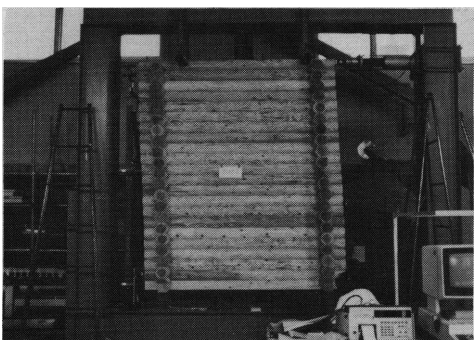
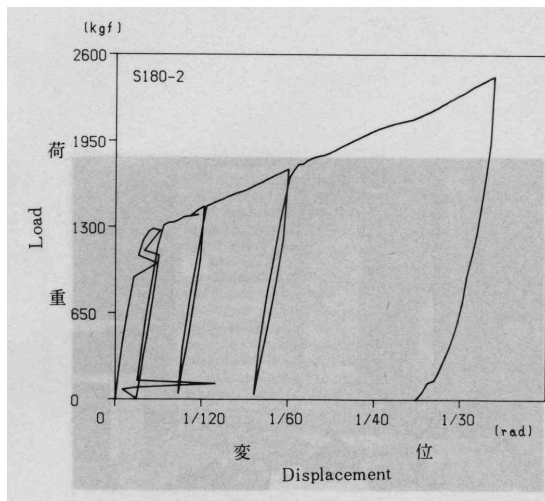


写真10 B225試験体全景
Photo . 10 . A view of B225specimen



第16図 荷重～変位図 (B225試験体)
Fig . 16 . Load - displacement diagram (B225specimen)

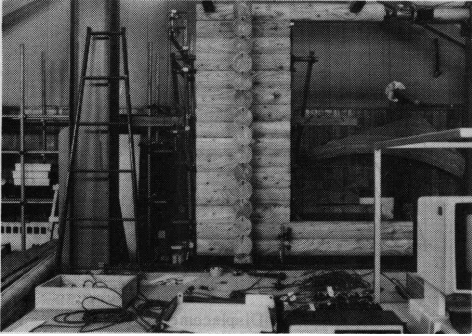
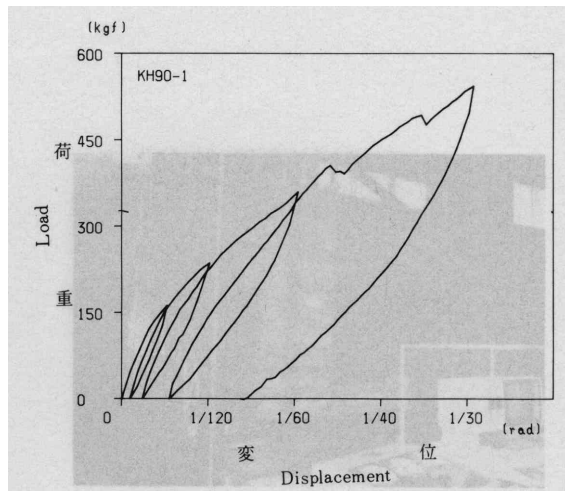


写真11 C 90試験体全景

Photo . 11 . A view of C90specimen



第17図 荷重-変位図 (C 90試験体)

Fig . 17 . Load - /Displacementdiagram (C90specimen)

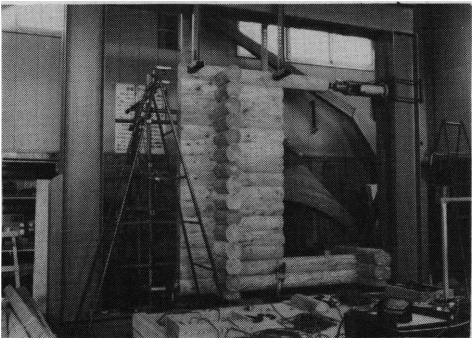
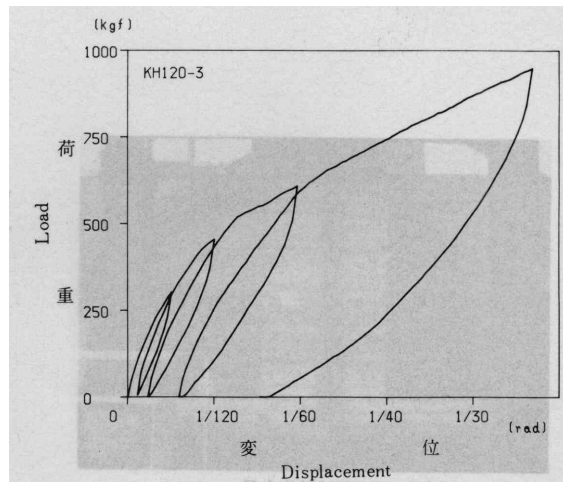


写真12 C120試験体全景

Photo . 12 . A view of C120specimen



第18図 荷重-変位図 (C120試験体)

Fig . 18 . Load - displacement diagram (C120 specimen)

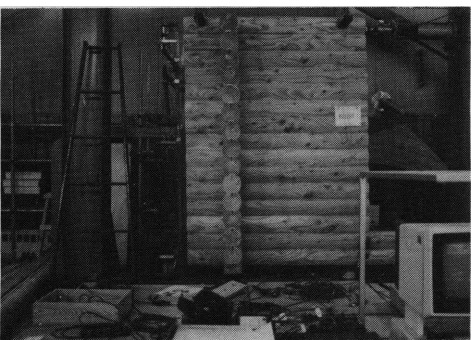
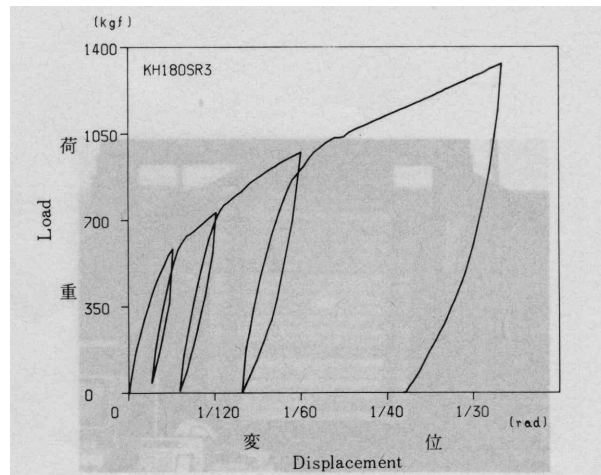


写真13 C180試験体全景

Photo . 13 . A view of C180specimen



第19図 荷重-変位図 (C180試験体)

Fig . 19 . Load - displacement diagram (C180specimen)

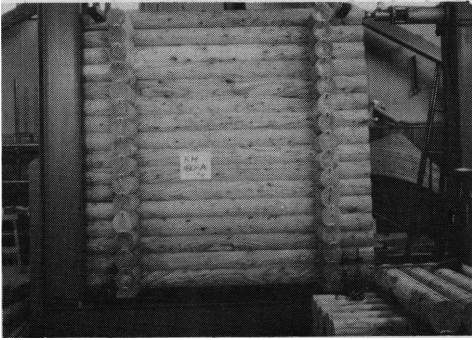
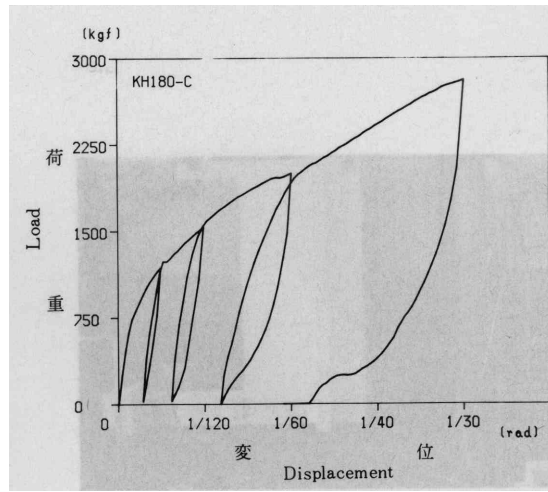


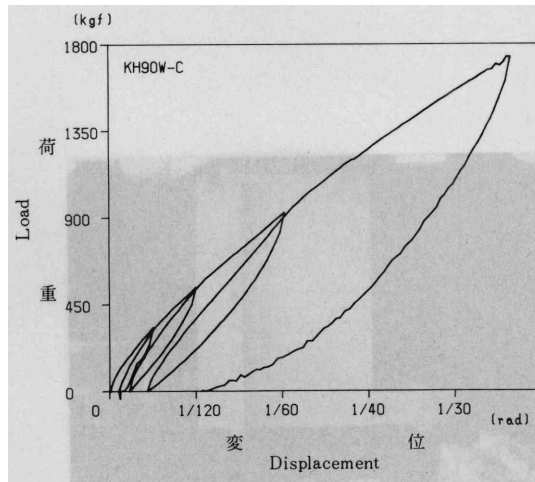
写真14 C270試験体全景
Photo . 14 . A view of C270specimen



第20図 荷重～変位図 (C270試験体)
Fig . 20 . Load - displacement diagram (C270specimen)



写真15 C90W試験体全景
Photo . 15 . A view of C90W specimen



第21図 荷重～変位図 (C90W試験体)
Fig . 21 . Load - displacement diagram (C90W specimen)

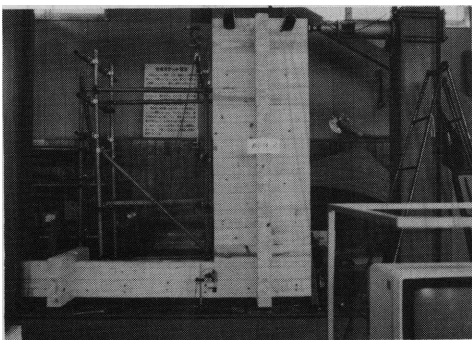
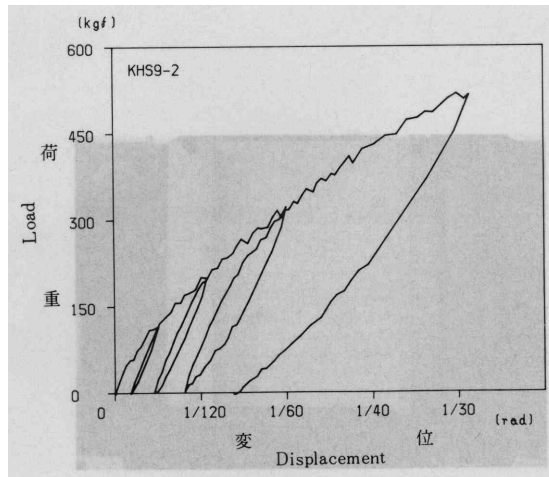


写真16 D 90試験体全景
Photo . 16 . A view of D90specimen



第22図 荷重～変位図 (D 90試験体)
Fig . 22 . Load - displacement diagram (D90specimen)

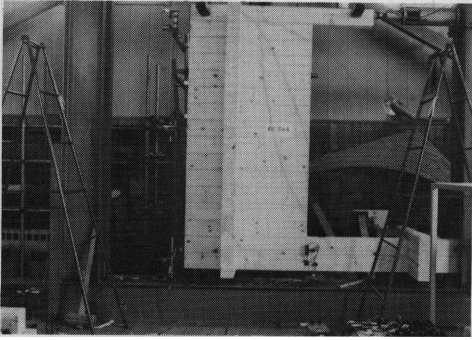
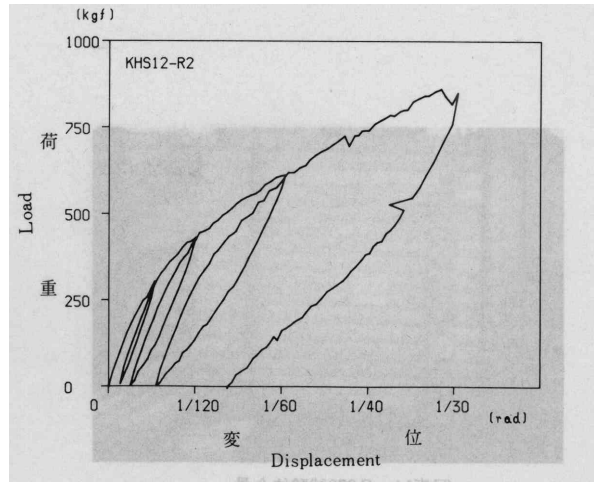


写真17 D120試験体全景
Photo . 17 . A view of D120specimen



第23図 荷重~変位図 (D120試験体)
Fig . 23 . Load - displacement diagram (D120specimen)

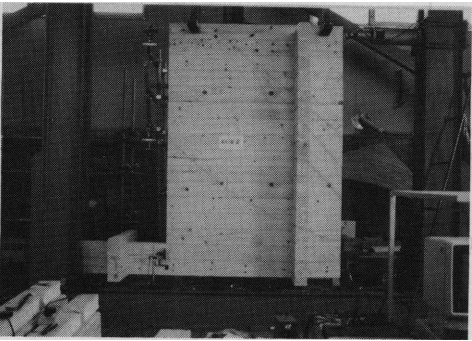
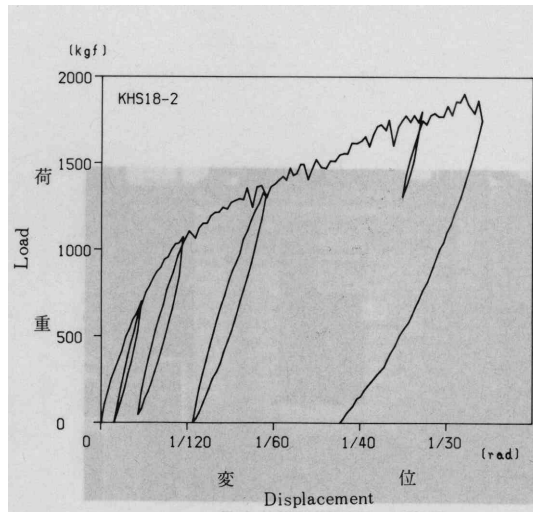


写真18 D180試験体全景
Photo . 18 . A view of D180specimen



第24図 荷重~変位図 (D180試験体)
Fig . 24 . Load - displacement diagram (D180specimen)

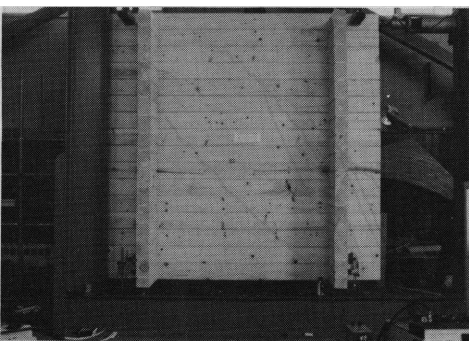
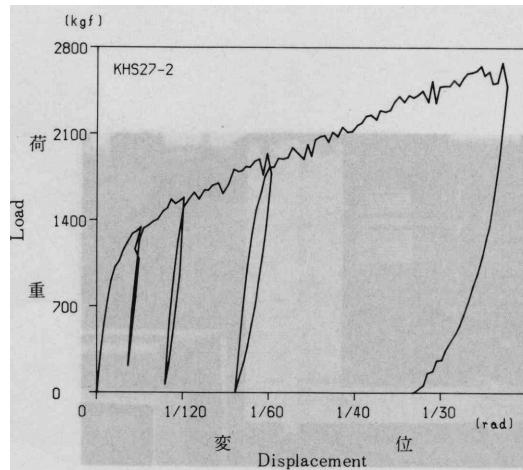


写真19 D270試験体全景
Photo . 19 . A view of D270specimen



第25図 荷重~変位図 (D270試験体)
Fig . 25 . Load - displacement diagram (D270 specimen)

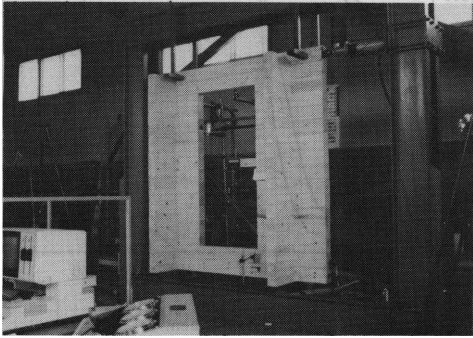
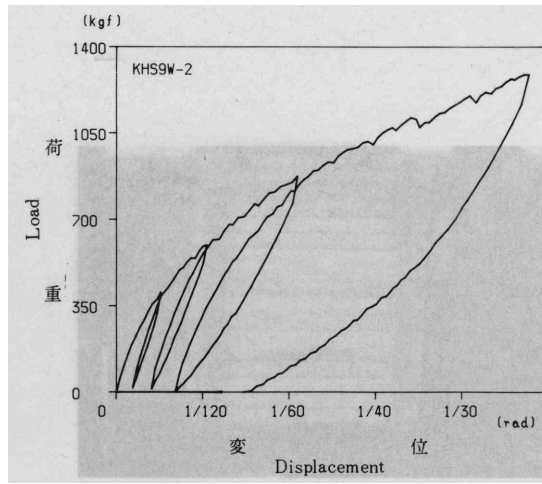


写真20 D90W試験体全景

Photo . 20 . A view of D90W specimen



第26図 荷重-変位図 (D90W試験体)

Fig . 26 . Load - displacement diagram (D90W specimen)

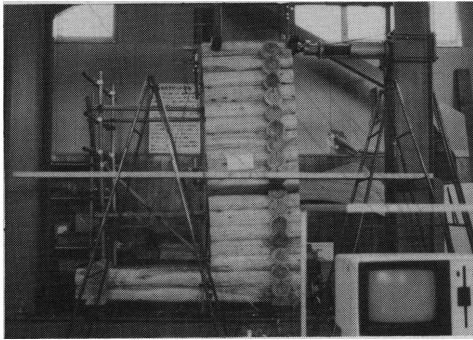
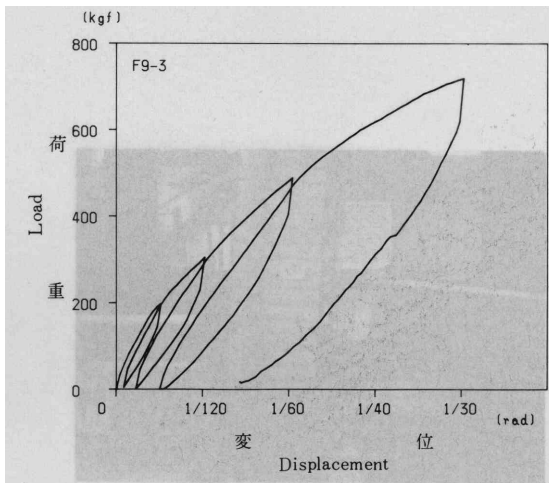


写真21 E 90試験体全景

Photo . 21 . A view of E90specimen



第27図 荷重-変位図 (E 90試験体)

Fig . 27 . Load - displacement diagram (E90specimen)

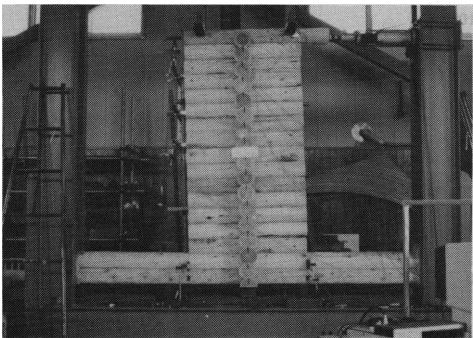
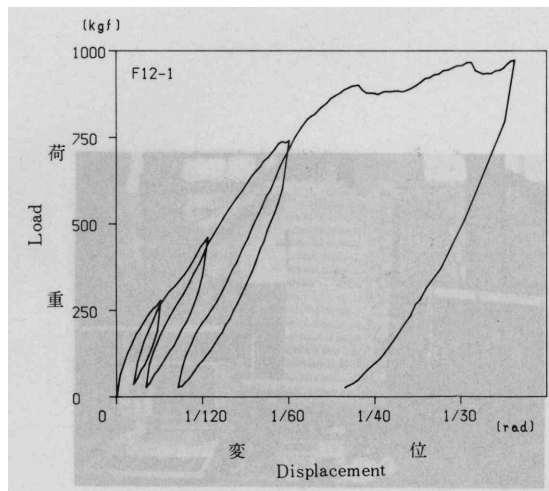


写真22 E120試験体全景

Photo . 22 . A view of E120 specimen



第28図 荷重-変位図 (E120試験体)

Fig . 28 . Load - displacement diagram (E120 specimen)

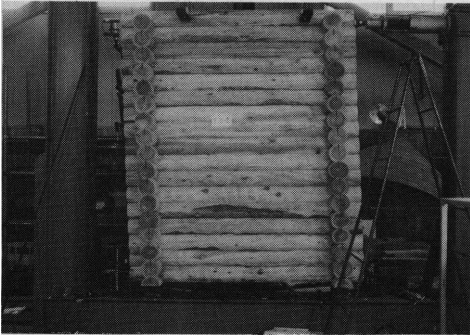
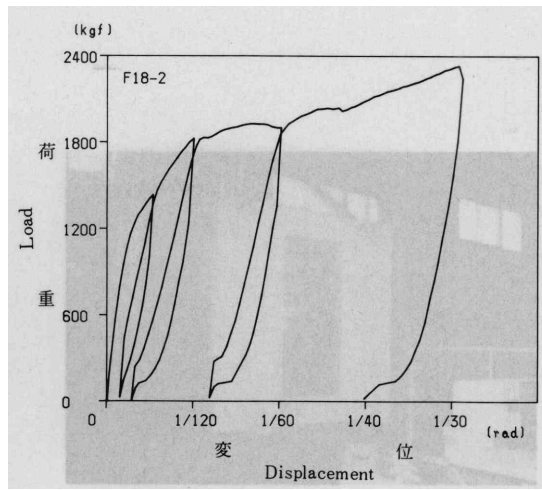


写真23 E225試験体全景
Photo . 23 . A view of E225specimen



第29図 荷重～変位図 (E225試験体)
Fig . 29 . Load - displacement diagram (E225specimen)

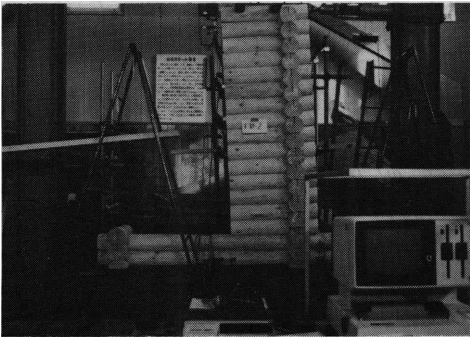
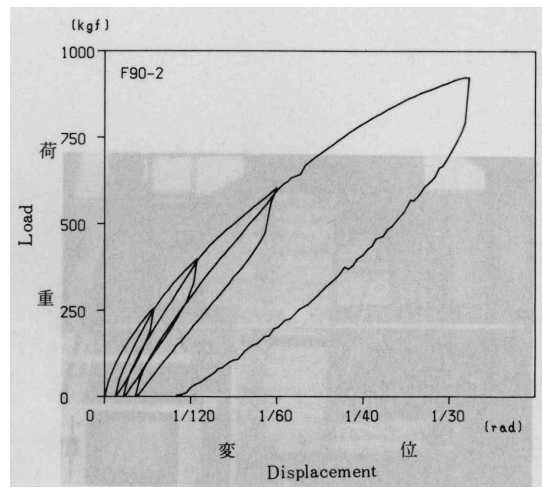


写真24 F 90試験体全景
Photo . 24 . A view of F90 specimen



第30図 荷重～変位図 (F 90試験体)
Fig . 30 . Load - displacement diagram (F90 specimen)

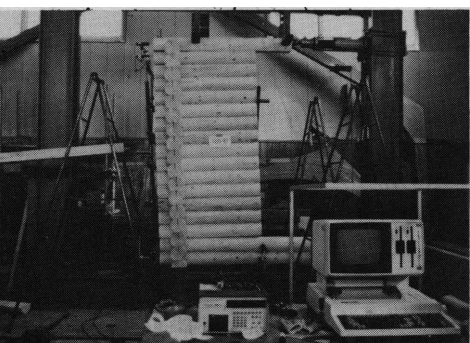
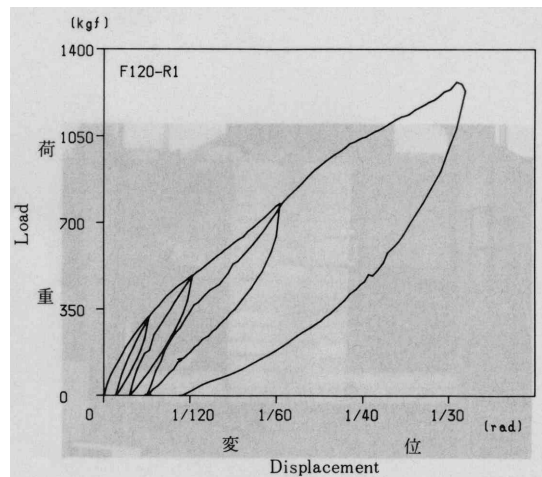


写真25 F120試験体全景
Photo . 25 . A view of F120 specimen



第31図 荷重～変位図 (F120試験体)
Fig . 31 . Load - displacement diagram (F120specimen)

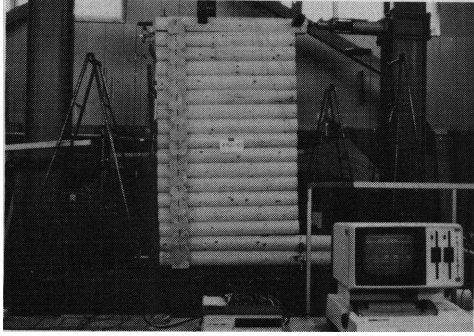
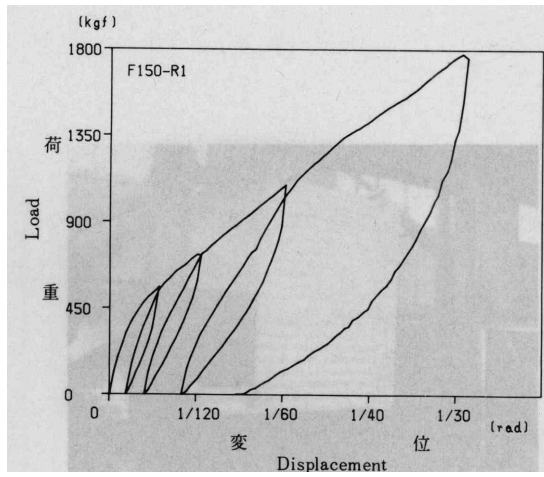


写真26 F150試験体全景
Photo . 26 . A view of F150specimen



第32図 荷重-変位図 (F150試験体)
Fig . 32 . Load - displacement diagram (F150 specimen)

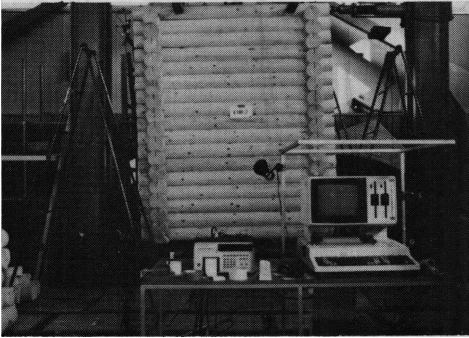
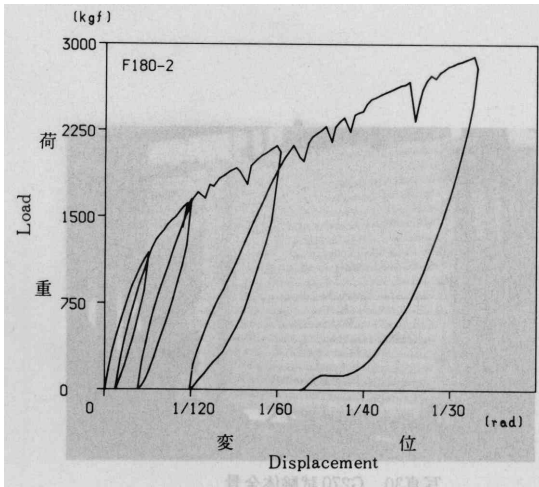


写真27 F225試験体全景
Photo . 27 . A view of F225 specimen



第33図 荷重-変位図 (F225試験体)
Fig . 33 . Load - displacement diagram (F225 specimen)

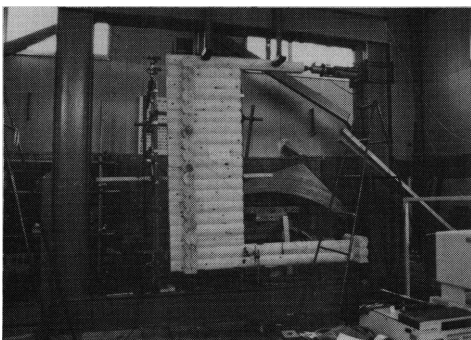
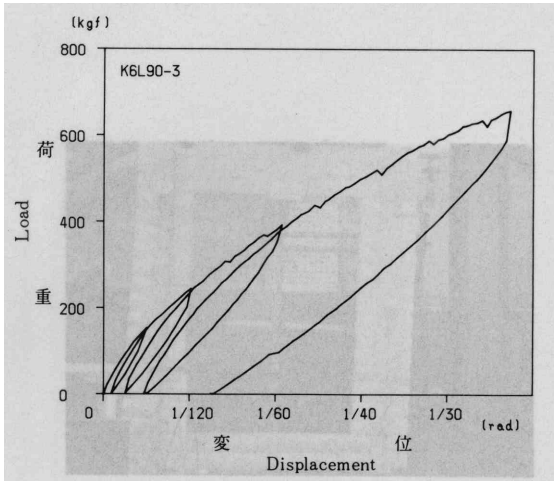


写真28 G 90試験体全景
Photo . 28 . A view of G90 specimen



第34図 荷重-変位図 (G 90試験体)
Fig . 34 . Load - displacement diagram (G90 specimen)

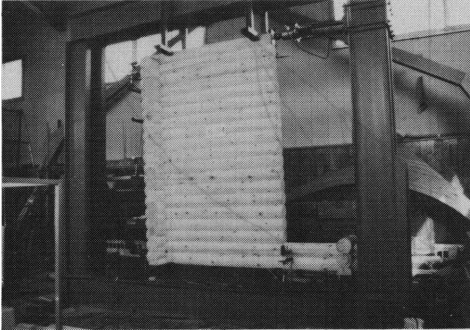
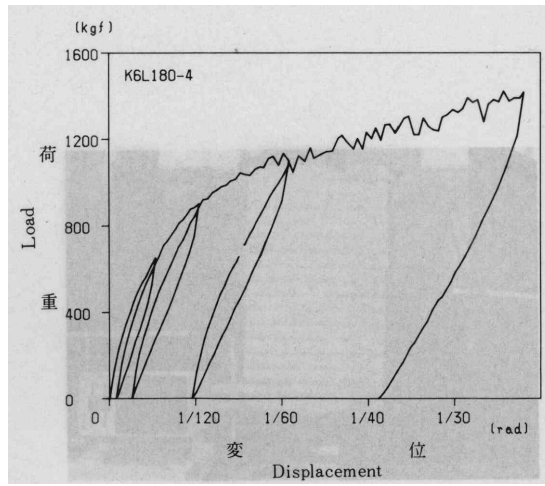


写真29 G180試験体全景
Photo . 29 . A view of G180 specimen



第35図 荷重~変位図 (G180試験体)
Fig . 35 . Load - displacement diagram (G180 specimen)

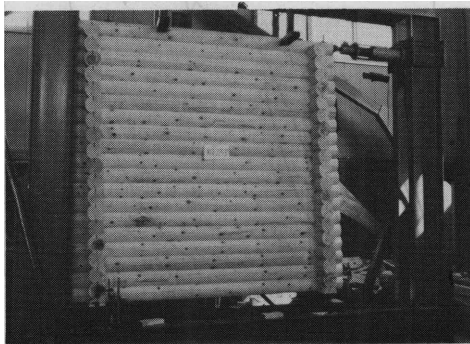
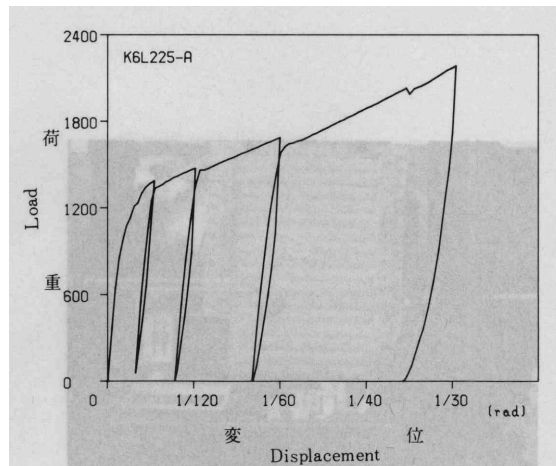


写真30 G270試験体全景
Photo . 30 . A view of G270 specimen



第36図 荷重~変位図 (G270試験体)
Fig . 36 . Load - displacement diagram (G270 specimen)

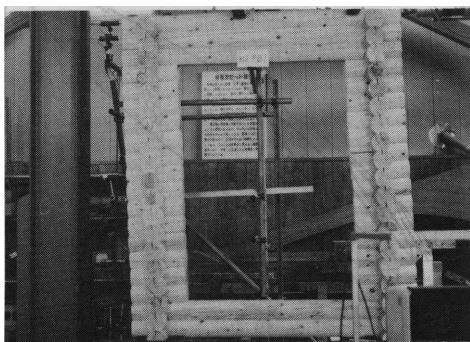
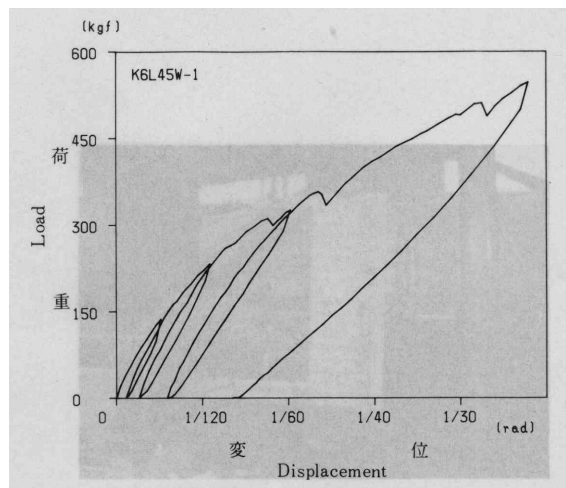


写真31 G45W試験体全景
Photo . 31 . A view of G45W specimen



第37図 荷重~変位図 (G45W試験体)
Fig . 37 . Load - displacement diagram (G45W specimen)