

面材張耐力壁の構成と剪断耐力

神 谷 文 夫⁽¹⁾

Fumio KAMIYA : Configuration of Wood Sheathed
Wall and Its Racking Resistance

要 旨 : 合板などの面材を釘打ちした耐力壁は、建設告示に大略的な構成仕様が規定され、倍率（許容剪断耐力）が与えられているが、規定内の構成であっても面材の寸法（縦横の長さ）、張り方（縦張りと同張り）、柱の間隔などによって剪断耐力が変わることが予想される。

本研究は、現在行われている、また将来行われる可能性のある構成方法による耐力壁の最大耐力や剛性などを解析的方法によって求め、比較検討したものである。対象としたのは在来工法および枠組壁工法による耐力壁であるが、因子の影響を鮮明にするために単純化したモデルも用いた。

工法に関係なくつぎの定性的な傾向が得られた。

面材寸法の影響：面材寸法が大きいほど、許容耐力の算定基礎である1/300 rad変形時の耐力、最大耐力（ともに壁長さ1m当たり）は大きくなる。しかしながら、最大耐力の上昇の程度は1/300 rad変形時の耐力ほどではないので安全率は減少する。また、最大耐力時の剪断歪も減少する。したがって、大きな面材を用いることが必ずしも構造安全性を高めることにはならない。

張り方の影響：横張りの方が縦張りより、1/300 rad変形時の耐力、最大耐力時の剪断歪は大きい。差はわずかである。

柱の間隔の影響：柱の間隔が狭くなるほど、すなわち面材の中通りの柱の本数が多いほど、1/300 rad変形時の耐力、最大耐力、最大耐力時の剪断歪は大きくなる。その割合は柱1本につき1~3%である。

1. 目 的

面材を釘打ちした耐力壁の仕様と倍率（許容剪断耐力）は、昭和56年建設省告示第1100号（在来工法）、昭和60年同第1886号（枠組壁工法）に規定されている。しかしながら、これらの仕様は大略的なものであり、規定内の構成であっても、面材の寸法や張り方（縦張りと同張りなど）、柱の間隔が耐力壁の剪断性能を左右するのは明らかである。

こうした因子の影響については、すでに鈴木秀三らの実験⁽¹⁾があるが、もう少し詳しく調べるために解析的手法を用いた検討を行った。検討の内容は、①単純化したモデルによる面材の寸法効果、②在来工法および枠組壁工法の可能性のある仕様に対しての具体的な剪断性能の計算の2つである。

2. 耐力壁剪断性能の計算式の概略

用いた式は既に発表した⁽²⁾もので、構成の異なるいくつかの耐力壁について実験し、適合性の良好なことを確認している。

式の誘導はつぎの仮定に基づいている。

1. 枠材相互の接合はピンで、枠材自身の曲げ、引張、圧縮などの変形はない。
2. 面材をとめている釘接合部の剪断特性は、力の方向と構成材料の繊維方向との関係によらず一定である。

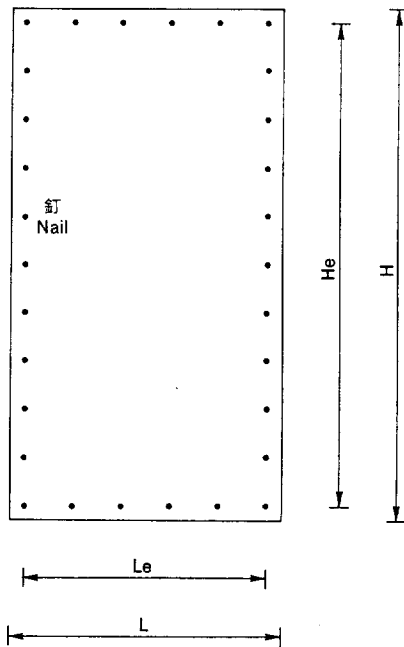


Fig. 1. 面材の有効寸法 L_e と H_e
Effective dimensions of sheathing,
 L_e and H_e .

3. 複数の面材を上下、左右に継ぎ張りすると、変形の進行に伴い面材の隅がぶつかりあうが、その影響は無視できるほど小さい。

式の概略は以下のとおりである。

Fig. 1 に示す寸法 $H \times L$ の面材を張った耐力壁を考える。耐力壁の剪断歪 γ は、面材自身の剪断歪 γ_S と、面材の釘接合部のりりによる剪断歪 γ_N の合計とする。すなわち、

$$\gamma = \gamma_S + \gamma_N \quad \dots\dots\dots(1)$$

γ_S は初等力学によるところの式、

$$\gamma_S = \frac{P}{L_e \cdot t \cdot G} \quad \dots\dots\dots(2)$$

で求める。ただし、 P は耐力壁頂部に作用する水平力、 L_e は面材の有効長さ (Fig. 1 参照)、 t および G は面材の厚さと剪断弾性係数である。

γ_N は以下の方法で求める。

仮定より各釘のりりの大きさと方向は、Fig. 2 に示すように面材の中心 O に対して上下、左右に対称である。すなわち、コーナーの釘のりりの方向と大きさを決めれば、すべての釘のりりの方向と大きさが幾何学的に定まる。

したがって、実験等により釘 1 本の接合部の剪断力ーりりの関係を求めておけば、仮定したコーナー釘のりり量と方向に対して、すべての釘の剪断力 q 、およびその x 、 y 方向成分 q_x 、 q_y が得られる。

力と変形の釣り合いから次式が成立する。

$$\sum q_x \cdot x + \sum q_y \cdot y = 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$P = \frac{\sum q_x \cdot x}{H_e} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\gamma_N = \frac{2 S_x}{H_e} + \frac{2 S_y}{L_e} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ただし、 x 、 y は釘と面材の中心との距離の x 、 y 方向成分、 S_x 、 S_y はコーナー釘のりりの x 、 y 方向成分である。

いま、コーナー釘のりり ($= \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$) を固定し、式 (3) を満足するりり方向を逐次近似法で求めれば、そのときの P 、 γ_N を式 (4)、(5) より得ることができる。

3. 面材の寸法と剪断性能との関係

まず、面材寸法と壁耐力との基本的な関係を調べるために、面材の周辺だけを枠材にとめた“単純化したモデル”を対象に、以下の 2 つの条件で計算を行った。

3-1 一枚の正方形の面材を張った耐力壁で、辺長を変えた場合

正方形 ($H = L$) の面材を張った耐力壁を考え、辺長を 200 mm から 2400 mm まで変えた。面材は厚

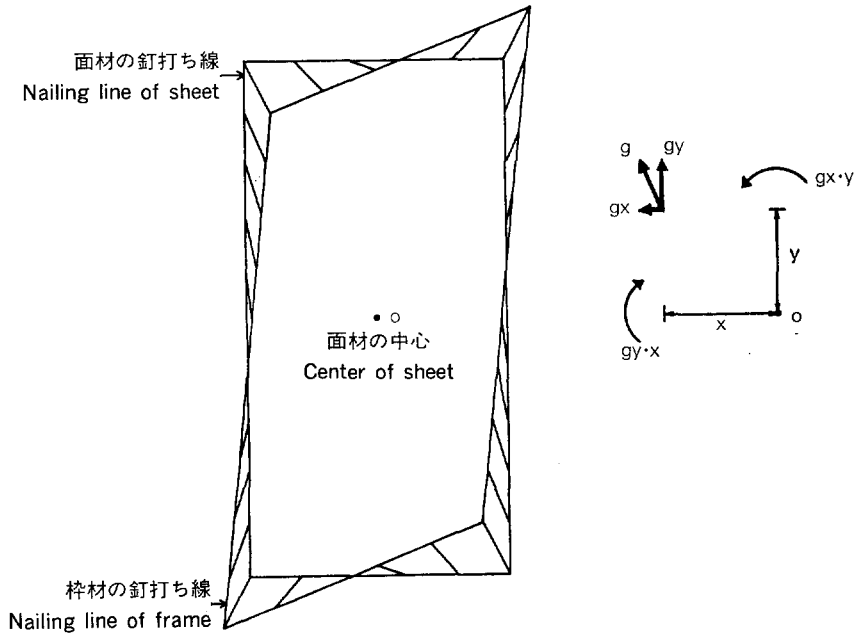


Fig. 2. 釘の沓りの大きさと方向および釘剪断力による回転モーメント
Magnitude and direction of nail slip and rotation moment caused by nail force.

さ 9 mm の構造用合板, G は 4000 kgf/cm^2 とし, 有効寸法には実寸法を用いた。釘接合部の剪断力一沓りの関係は実験より得たが, 必ずしも同種の釘接合部 (釘 CN 50, 枠材ベイツガ) を代表するものではない。計算に際してはこれを 18 本の折線に近似させた (Fig. 3)。釘間隔は 100 mm 一定とした。したがって, 釘本数は辺長に正比例することになる。

計算結果によると, 許容耐力算定ベースの 1 つである $1/300 \text{ rad}$ 変形時の耐力は, 辺長が長くなるとその比例以上に増大している。すなわち $1/300 \text{ rad}$ 変形時の壁長さ 1 m 当たりの耐力 (以下 $P_{1/300}$ と記す) は, Fig. 4 に示すごとく辺長とともに増大する。

この原因は理論的に説明できる。すなわち辺長が長くなることは釘本数の増加でもあり, 式(4)から, 基本的に $1/300 \text{ rad}$ 時の耐力は辺長に正比例すること。つぎに式(5)から, 一定の変形時 (ただし γ_N) における釘の沓りは辺長に正比例し, 各釘の剪断力そのものが増大するので, 結果的に $1/300 \text{ rad}$ 時の耐力は辺長の増加割合以上に増大する。

厳密には, 辺長が変われば γ_N と γ_S の比率が変わるので, 後半の説明は正しくない。しかしながら, この比率の変化は実際上大きくなく, $1/300 \text{ rad}$ 時のコーナー釘の沓り ($S_{1/300}$ と記す) は, 説明どおり辺長とともに増大している (Fig. 4 参照)。

一定変形時の釘の沓りが辺長に比例するので, 耐力壁の靱性も辺長の影響を受ける。すなわち, Fig. 4 に示すごとく, 最大耐力時の歪 (γ_{\max} と記す) は辺長の増大とともに漸次減少している。

最大耐力は, 式(4)からわかるように, 基本的には辺長 (釘本数) に正比例する。壁長さ 1 m 当たりの

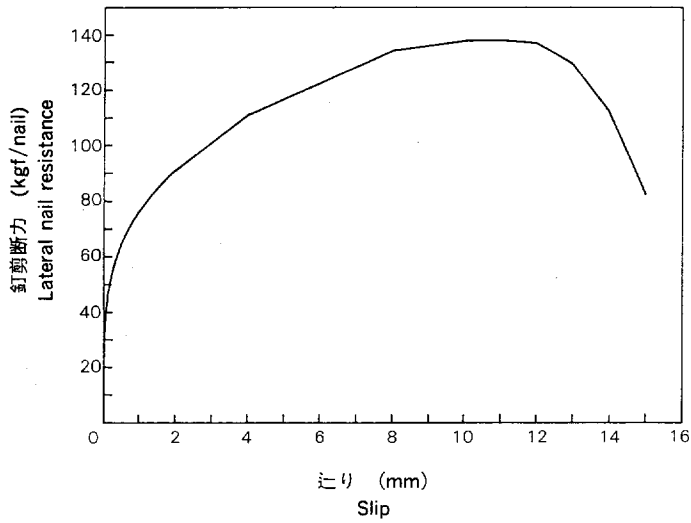


Fig. 3. 計算に用いた釘接合部の剪断力-びり関係
Load-slip curve used for the numerical experiments.

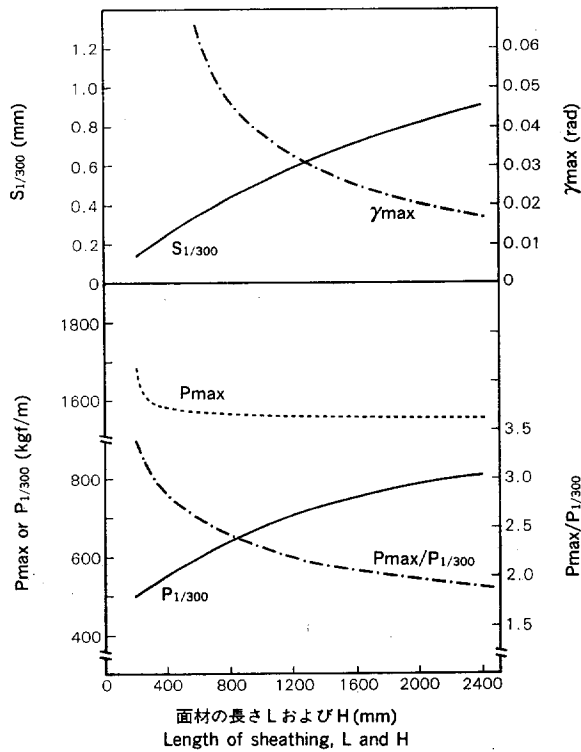


Fig. 4. 面材の辺長と壁耐力との関係 (面材が正方形の場合)
Relationship between length of sheathing and wall resistance (Square sheet).

P_{max} : 最大耐力, Racking strength.
 $P_{1/300}$: 1/300 rad 時の耐力, Racking resistance at $\gamma=1/300$ rad.
 $S_{1/300}$: 1/300 rad 時のコーナー釘のびり, Slip of corner nail at $\gamma=1/300$ rad.
 γ_{max} : 最大耐力時の剪断歪, Shear strain of wall at maximum load.

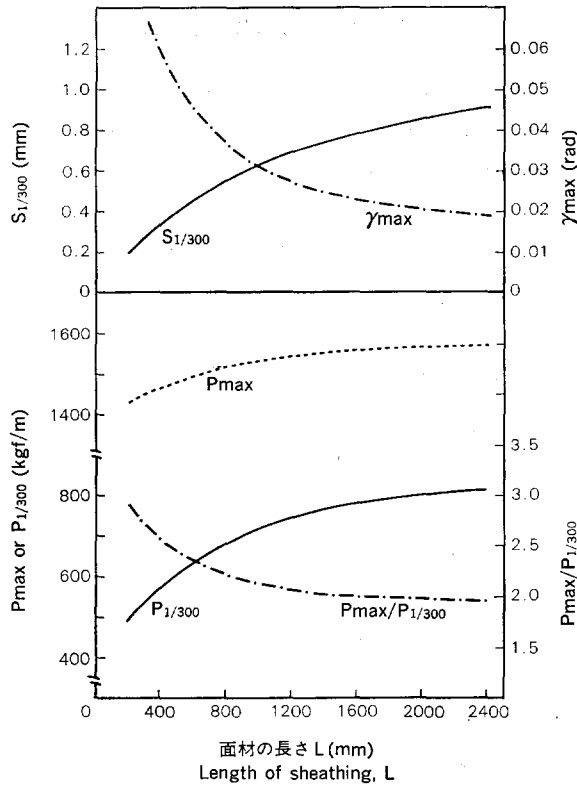


Fig. 5. 面材の辺長と壁耐力との関係 (面材が長方形の場合, $H=2400$ mm)

Relationship between length of sheathing and wall resistance (Rectangular sheet; $H=2400$ mm).

P_{max} : 最大耐力, Racking strength.

$P_{1/300}$: $1/300$ rad 時の耐力, Racking resistance at $\gamma=1/300$ rad.

$S_{1/300}$: $1/300$ rad 時のコーナー釘の送り, Slip of corner nail at $\gamma=1/300$ rad.

γ_{max} : 最大耐力時の剪断歪, Shear strain of wall at maximum load.

最大耐力 (P_{max}) は, 計算でも辺長が 400 mm 以上で一定値を示している。この結果, $P_{max}/P_{1/300}$ の値は Fig. 4 に示すごとく辺長とともに減少することになる。

3-2 一枚の長方形の面材を張った耐力壁で, 一辺の長さだけを変えた場合

面材の高さ (H) を 2400 mm 一定とし, 面材の長さ (L) を 200 mm から 2400 mm まで変えた。他の条件は 3-1 と同じである。なお, L を 2400 mm 一定とし, H を変えても結果は同じである。

計算結果を Fig. 5 に示した。面材が大きくなると, $S_{1/300}$, $P_{1/300}$ (注: 壁長 1 m 当たり) が増大すること, γ_{max} が減少することなどは 3-1 の正方形の面材の場合と同じである。

正方形の場合と異なる点は, P_{max} が面材寸法とともに増大すること (正方形の場合はほぼ一定) にある。このことは, “面材が正方形に近づくにつれ P_{max} は増大” といえるように思われるが, 3-1 の計算結果を参照して, 600×600 と 600×2400 , 1200×1200 と 1200×2400 (単位 mm) などの比較を行うと, 一辺が約 800 mm 以上では正方形の方が P_{max} は低く, 原因は形状ではなく寸法にあるといえる。

4. 実際的な壁構成と剪断性能

在来工法と枠組壁工法の実際的な壁構成をとりあげ、その剪断特性を計算した。

面材は構造用合板を想定し、前項と同様に、厚さ (t) 9 mm, 剪断弾性係数 (G) 4000 kgf/cm² とした。釘接合部の剪断力一歪りの関係も前項と同様である。釘間隔や縁あきは住宅金融公庫融資住宅の仕様準じた。

計算の入力には面材の有効寸法 L_e , H_e を用い、結果は通常の方法にならって実際の壁長さ L で割った耐力で表示した (Fig. 1 参照)。したがって、縦長の面材を並べて張る場合、有効寸法と実寸法の割合が大きくなるので、有効寸法当たりの耐力が同じでも表示する耐力は低くなることに留意されたい。

なお、2枚以上の面材を継ぎ張りするときは、Fig. 6 の計算方法によった。すなわち、1枚の面材を張った部分ごとに計算を行い、縦張りの場合は同じ剪断歪に対する個々の荷重を加算した。上下に継ぎ張りする場合は、柱の曲げ剛性が高い在来工法では同じ剪断歪に対する荷重を図中の式に従って計算し、柱の曲げ剛性の低い枠組壁工法では柱は面材の継ぎ目でピンとなっていると仮定して、同じ剪断力に対する剪断歪を合成した。このとき、すでに述べたように4枚の面材の隅がぶつかり合う不整合は無視した。

4-1 在来工法の耐力壁

計算した耐力壁の構成を Fig. 7 に示した。計算結果の剪断力一歪の関係を Fig. 8 に、 $P_{1/300}$, P_{max} などの値を Table 1 に示した。

すべての耐力壁で、 P_{max} は $P_{1/300}$ の約2倍、 γ_{max} は $1/300$ rad の9倍以上となり、建築センターの内部規定に従えば、これら耐力壁の許容耐力は $P_{1/300}$ をベースに評価することができる。

まず面材寸法の影響であるが、面材がA→B→C→Dのように小さくなると、 $P_{1/300}$, P_{max} とともに順次低下し、DはAのそれぞれ65%, 87%となっている。 γ_{max} は逆に大きくなり、DはAの2.6倍となっている。

縦張りのAと横張りのGとの比較では、横張りの方が $P_{1/300}$, P_{max} とともに大きく、それぞれ6%高、10%高である。

以上に述べた傾向は、鈴木秀三らの実験データ¹⁾と良く一致している。また、アメリカの設計規準 UBC (Uniform Building Code)²⁾の許容耐力表でも、横張りの場合に許容耐力を20%割り増しするとの記述(ただし、合板厚と釘の種類条件つき)があり、ここで得られた傾向は普遍性の高いものと考えられる。

式(4)をみると、面材の中心から離れた場所に多く釘が打たれているほど耐力が上昇することが看取される。横張りが縦張りより耐力が大きい理由は、中通りの釘の配置がより効果的であるためである。

3'×6'(1'=303mm)の合板の張り方では、横張りのG以外にFのように目地がTの字になる張り方、切り使いしたEやHのような張り方があるが、これらの張り方は、3'×9'合板の縦張りAとほぼ同じかやや高い耐力を示している。これらの張り方では、合板の隅がぶつかり合う幾何学的な不整合を生じ、用いた解析手法では厳密には計算できるところではない。しかしながら、鈴木秀三らの実験¹⁾をみると、3'×3'の合板を4枚継ぎ張りした耐力壁は、3'×6'の合板を2枚張った耐力壁とほぼ同じ耐力を示しているの、これらの張り方の場合、耐力はAとほぼ同等といえよう。

4-2 枠組壁工法の耐力壁

耐力壁の構成を Fig. 9 に、計算した剪断力一歪の関係の一部を Fig. 10 に示した。また、各構成の

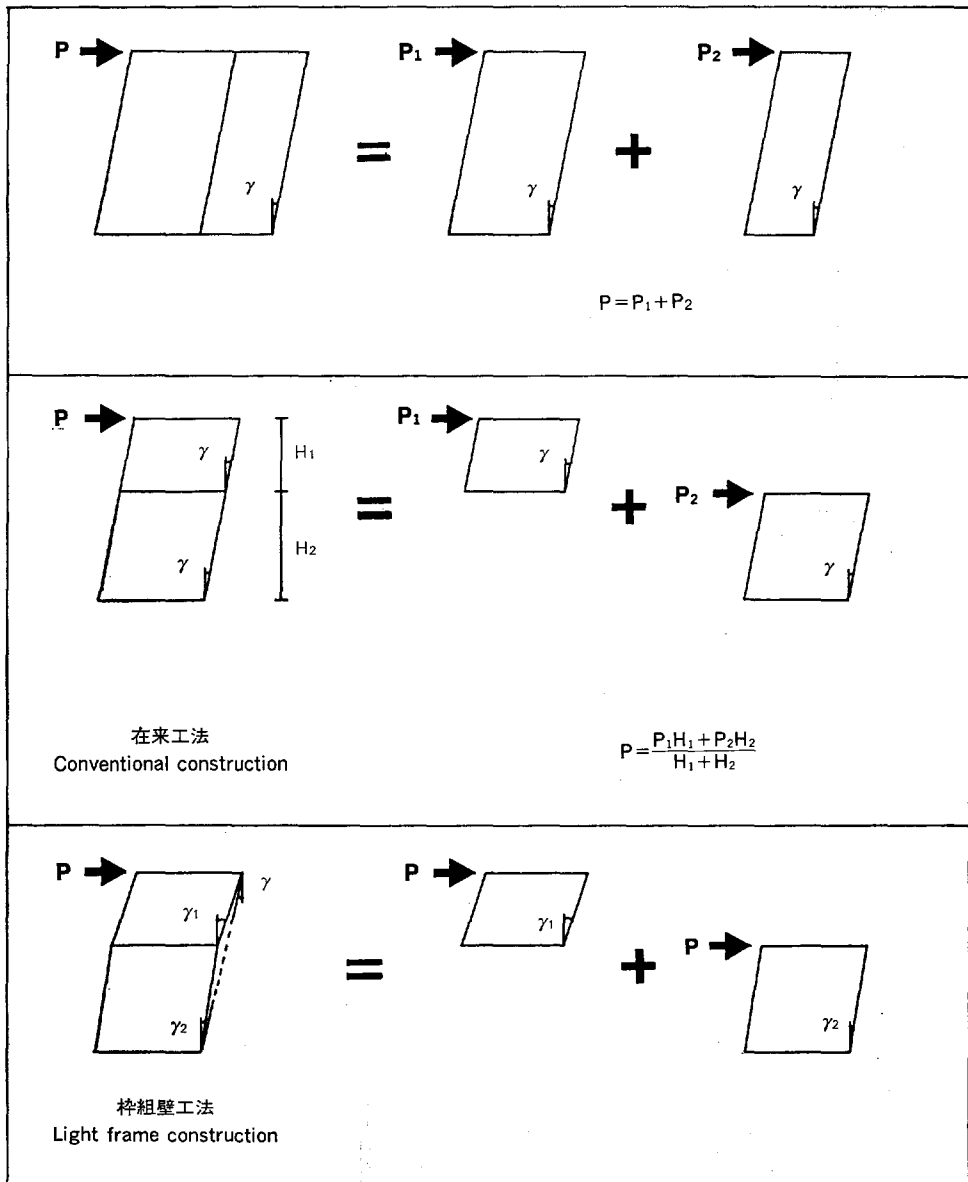


Fig. 6. 寸法が異なる面材を張った耐力壁の計算方法
Calculating method for the wall with different sizes of sheathing.

面材の寸法と縦枠間隔
Dimensions of sheathing and stud's spacing (1' = 303mm)

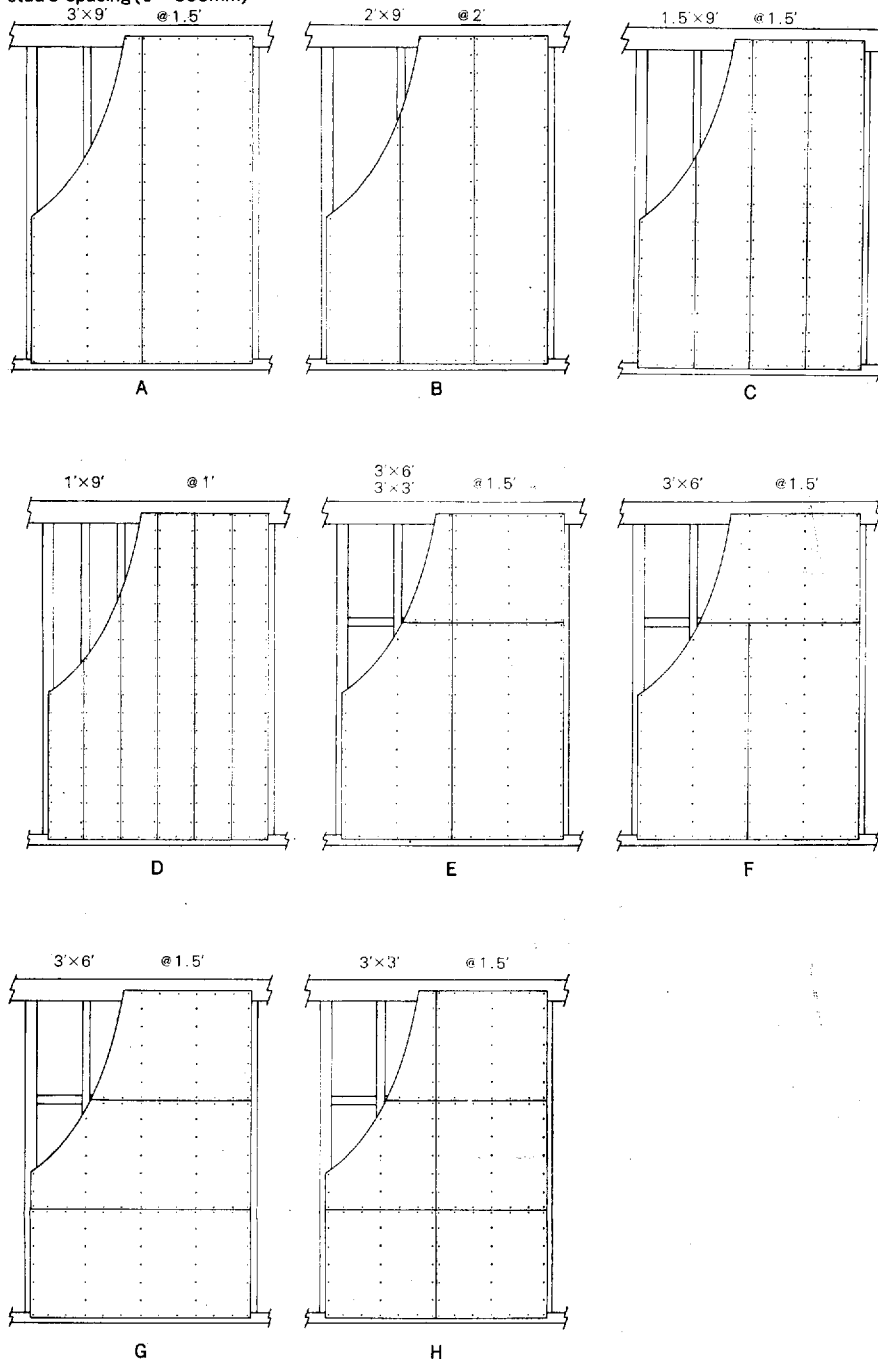


Fig. 7. 計算した在来工法耐力壁の構成

Configurations of walls whose racking resistances were calculated (Japanese conventional construction).

釘間隔は 150 mm, Nail spacing is 150 mm O. C.

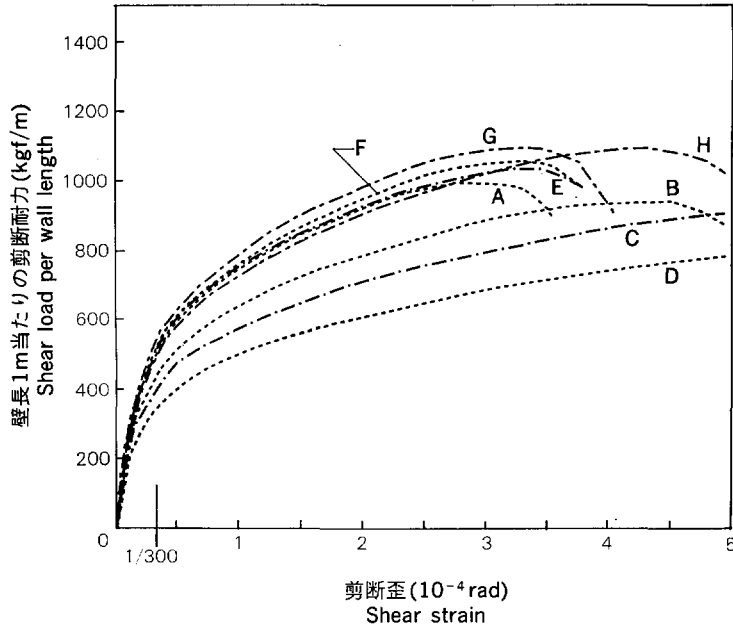


Fig. 8. 在来工法耐力壁の荷重—剪断歪曲線
Shear load-strain curves of walls
(Conventional construction).

$P_{1/800}$, P_{max} などを Table 2 に示した。

すべての構成で、 P_{max} は $P_{1/300}$ の 2 倍強、 γ_{max} は $1/300$ rad の 7 倍以上となり、建築センターの内部規定に従えば、 $P_{1/300}$ を許容耐力の算定ベースにすることができる。

まず面材寸法の影響であるが、 $a \rightarrow c \rightarrow e \rightarrow f$ のように小さくなると、在来工法の場合と同様に順次耐力が低下し、 $1' \times 8'$ 合板を張った f の $P_{1/800}$, P_{max} は、 $3' \times 8'$ 合板を張った a のそれぞれ 71%, 89% となっている。しかしながら、 $P_{max}/P_{1/800}$ の値は f の方が 25% 大きく、 γ_{max} も A の 2.5 倍を示している。

縦張りについて北米の寸法 $4' \times 8'$ と日本の寸法 $3' \times 8'$ とを比べると、北米の標準的仕様 (縦枠間隔 406 mm) は日本の標準的仕様 a (同 455 mm) より $P_{1/800}$ で 9%, P_{max} で 6% 高い。縦枠間隔を 607 mm とした g でも a より $P_{1/800}$ で 7%, P_{max} で 2% 高い値を示している。









$4' \times 8'$ の横張りでは $3' \times 8'$ の縦張りより耐力はさらに大きくなり、 $P_{1/800}$ で 10% (縦枠間隔 607 mm) ~ 12% (同 303 mm), P_{max} で 6 ~ 9% (同じ間隔に対して) の増加となっている。

つぎに、 $3' \times 6'$ 合板を切り使った n は、標準的仕様 a より耐力が低く、その差は $P_{1/800}$, P_{max} とともに 5% である。

最後に縦枠本数 (縦枠間隔) の影響であるが、同じ面材寸法でも $a \rightarrow b$, $c \rightarrow d$, $g \rightarrow h \rightarrow i$, $j \rightarrow k \rightarrow l$ のように中通りの本数が増えるにしたがって、 $P_{1/800}$, P_{max} , γ_{max} は上昇する。しかしながら、その割合は縦枠 1 本の増加に対して 1 ~ 3% とわずかである。

Table 1. 壁構成と剪断耐力 (在来工法)

Racking resistance of wall for different configurations (conventional construction).

(1) 壁構成 Wall configuration	(2) 面材寸法 Sheathing size	縦 枠 間 隔 Stnd spacing (mm)	構成Aに対する比 Ratio to configuration A			
			(3) $P_{1/300}$	(4) P_{max}	$\frac{P_{max}}{P_{1/300}}$	(5) γ_{max}
A 	3×9	455	(513kgf/m)	(1004kgf/m)	(1.96)	(1/31 rad)
B 	2×9	607	0.86	0.94	1.09	1.41
C 	1½×9	455	0.77	0.92	1.19	1.72
D 	1×9	303	0.65	0.87	1.34	2.59
E 	3×3, 3×6	455	0.99	1.04	1.05	1.03
F 	3×6	455	1.02	1.05	1.03	1.03
G 	3×6	455	1.06	1.10	1.04	1.06
H 	3×3	455	0.96	1.09	1.19	1.31

- (1): 図は面材の張り付け方を示す。Sheathing application is drawn.
- (2): 単位は尺, Unit is Japanese foot (=303 mm).
- (3): 1/300 rad 変形時の壁長当たりの耐力, Racking resistance per wall length at 1/300 rad strain.
- (4): 壁長当たりの最大耐力, Strength per wall length.
- (5): 最大荷重時の歪, Strain at maximum load.















5. 結 論

単純化した壁モデル, 実際的な在来工法および枠組壁工法の合板張り耐力壁について, 解析的手法により, 面材の寸法や張り方が剪断性能に及ぼす影響を調べた。その結果をまとめると次のようになる。

まず壁モデルを対象にした計算から, つぎのことがわかった。

- 1) 一般的な傾向として, 面材が大きいくほど, $P_{1/300}$ (1/300 rad 変形時の壁長さ 1 m 当たりの耐力), P_{max} (壁長さ 1 m 当たりの最大耐力) は大きくなるが, $P_{max}/P_{1/300}$ の値や, γ_{max} (最大耐力時の剪断歪) は逆に減少する。
- 2) この原因は, 一定の剪断歪の条件では, 面材が大きいくほど面材をとめている釘の迂りが大きくなる

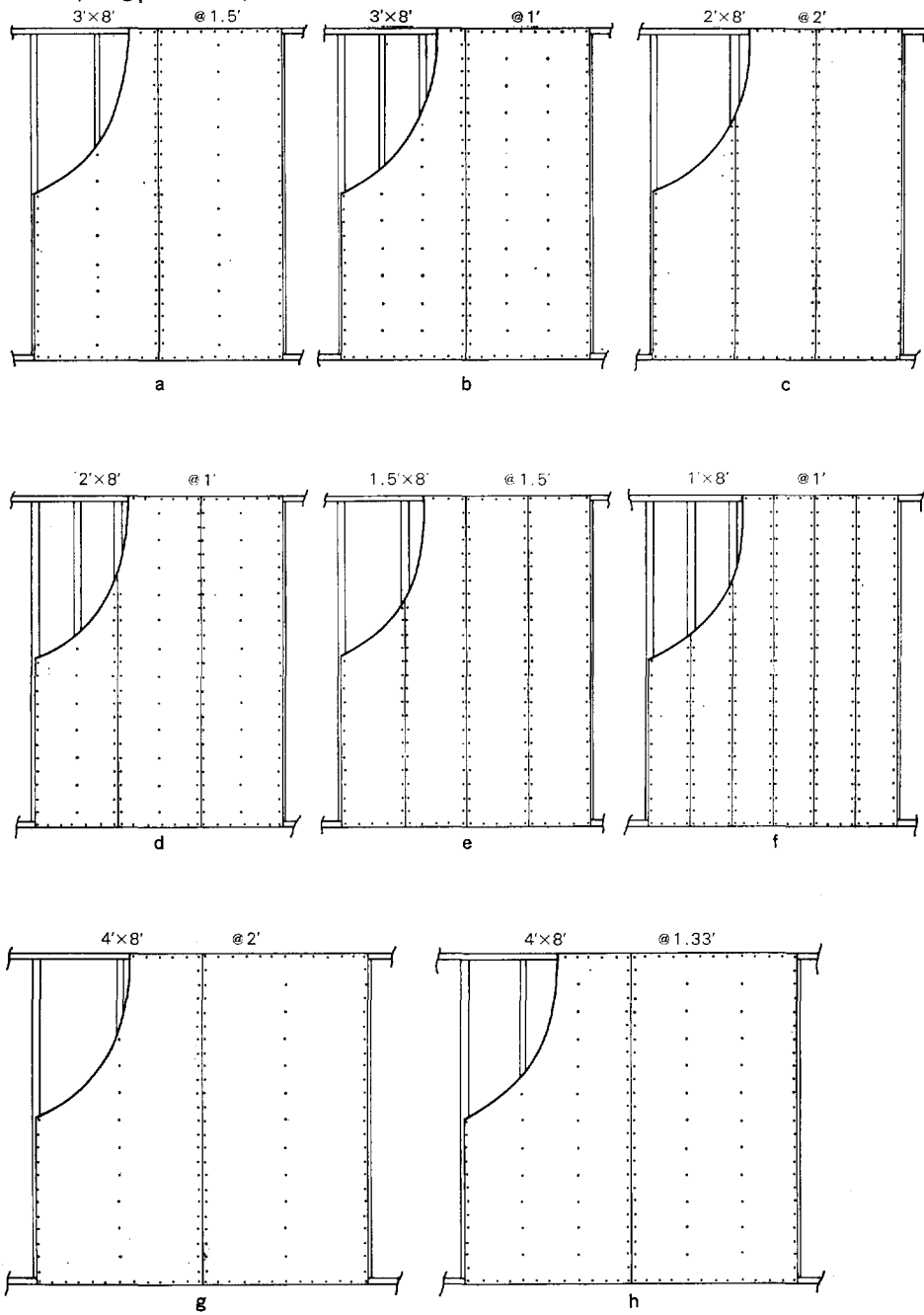
Table 2. 壁構成と剪断耐力 (枠組壁工法)
Racking resistance of wall for various configurations (light frame construction).

(1) 壁 構 成 Wall Configuration	(2) 面 材 寸 法 Sheathing size	縦 枠 間 隔 Stnd spacing (mm)	構成 a に対する比 Ratio to configuration, a			
			(3) $P_{1/300}$	(4) P_{max}	$\frac{P_{max}}{P_{1/300}}$	(5) γ_{max}
a 	3×8	455	(697kgf/m)	(1523kgf/m)	(2.19)	(1/30 rad)
b 	3×8	303	1.02	1.05	1.02	1.00
c 	2×8	607	0.88	0.95	1.08	1.27
d 	2×8	303	0.89	0.96	1.08	1.30
e 	1½×8	455	0.81	0.93	1.14	1.82
f 	1×8	303	0.71	0.89	1.25	1.82
g 	4×8	607	1.07	1.02	0.95	2.48
h 	4×8	404	1.09	1.06	0.98	0.76
i 	4×8	303	1.14	1.16	1.02	0.82
j 	4×8	607	1.10	1.06	0.96	0.82
k 	4×8	404	1.11	1.07	0.97	0.82
l 	4×8	303	1.12	1.09	0.97	0.82
m 	4×6	455	1.09	1.10	1.00	0.88
n 	2×3 3×6	303	0.95	0.95	0.99	0.85

(1): 図は面材の張り付け方を示す。Sheathing application is drawn.
 (2): 単位は尺。Unit is Japanese foot (=303 mm).
 (3): 1/300 rad 変形時の壁長当たりの耐力。Racking resistance per wall length at 1/300 rad strain.

(4): 壁長当たりの最大荷重。Strength per wall length.
 (5): 最大荷重時の歪。Strain at maximum load.

面材の寸法と縦枠間隔
Dimensions of sheathing and
stud's spacing (1' = 303mm)



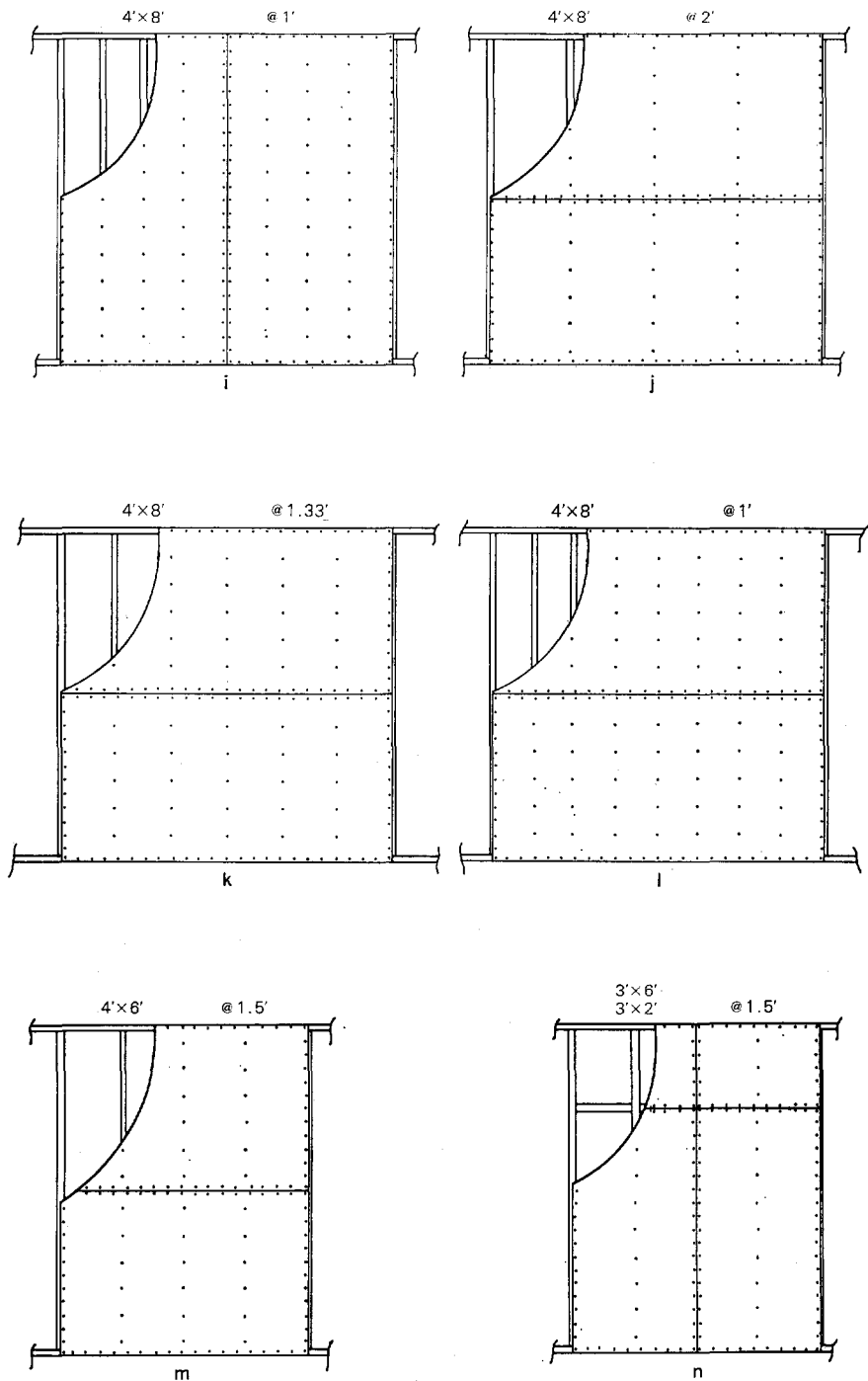


Fig. 9. 計算した枠組壁工法耐力壁の構成

Configurations of walls whose racking resistances were calculated (light frame construction).

釘間隔は面材の外周で 100 mm, 中通りで 200 mm.

Nail spacing is 100 mm O. C. at perimeter and 200 mm O. C. at intermediate.

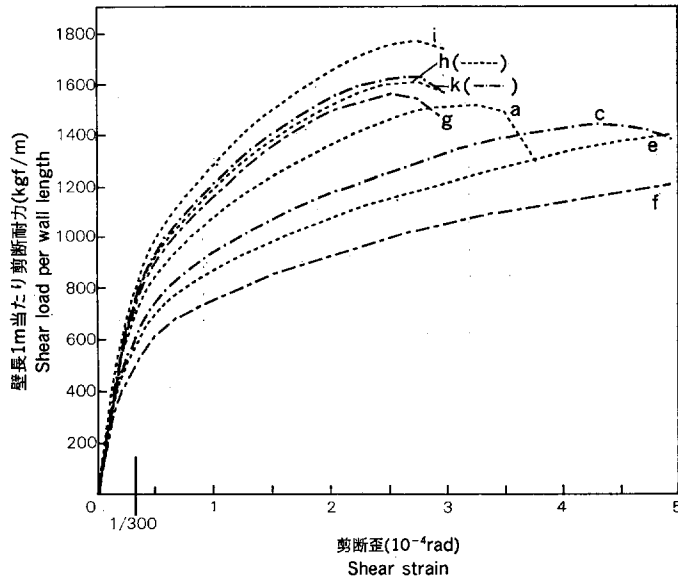


Fig. 10. 枠組壁工法耐力壁の荷重—剪断歪曲線
Shear load-strain curves of walls
(light frame construction).

(すなわち、釘の抵抗力が大きくなる) ことによっている。

実際の耐力壁を対象にした計算でも、モデルの場合と同様な傾向を示している。各構成の耐力壁についてまとめると、以下ようになる。

- 3) 小さな面材を張った場合、 $P_{1/300}$ は低下する。 $3' \times 8'$ ($1' = 303\text{mm}$)、 $3' \times 9'$ の代りにその $1/3$ の $1' \times 8'$ 、 $1' \times 9'$ を 3 枚張った耐力壁の P_{\max} は、在来工法で 71%，枠組壁工法で 65% となる。 P_{\max} も低下するが、その割合は $P_{1/300}$ ほどではないので、 $P_{\max}/P_{1/300}$ の値は上昇する。上の例の場合、この比の上昇は在来工法で 34%，枠組壁工法で 25% である。 γ_{\max} は面材が小さくなるほど大きくなる。上の例の場合、在来工法で 159%，枠組壁工法で 148% の上昇である。以上の結果から、 $P_{1/300}$ の低下に相当する低減係数を寸法調整係数として壁倍率に乗じてやれば、小さな面材を張った壁を耐力壁として用いることに構造安全上の問題はない、と考えられる。
- 4) $4' \times 8'$ などの大きな面材を張った場合、3) とは逆の現象が生じる。すなわち、 $P_{1/300}$ の上昇、 P_{\max} ほどではない P_{\max} の上昇、 γ_{\max} の減少などである。その程度は縦枠間隔によって異なるが、同じ程度の縦枠間隔の耐力壁で比べた場合、 $P_{1/300}$ 、 P_{\max} で数%と小さく、 γ_{\max} では約 18% とやや大きい。
- 5) 横張りは縦張りよりやや高い $P_{1/300}$ 、 P_{\max} を示す傾向にあるが、差はわずかである。 γ_{\max} も同様である。
- 6) 面材の中通りの柱の本数が増えるとき、その柱に打たれた釘の貢献により、 $P_{1/300}$ 、 P_{\max} 、 γ_{\max} などは上昇するが、その度合は柱 1 本につき 1～3% とわずかである。

参 考 文 献

- 1) 鈴木秀三・西森進：「枠組壁工法耐力壁のせん断性状に及ぼす面材の配置方法の影響について」，日本建築学会大会学術講演梗概集，1283～1284，（1985）
- 2) 神谷文夫：「面材を釘打ちした耐力壁のせん断剛性および強度に関する理論的研究」，日本建築学会論文報告集，309，86～94，（1981）
- 3) International Conference of Building Officials：Uniform Building Code, CA, USA, pp 780, (1982)

Configuration of Wood Sheathed Wall and Its Racking Resistance.

Fumio KAMIYA⁽¹⁾

Summary

Introduction

The allowable shear of sheathed wood walls is defined, in Japan, by the notification of the Ministry of Construction. The notification, however, does not refer to the size and the application method of sheathings in detail. The objective of this study is to investigate the effect of the wall configuration on the shear performance.

Analytical methods for predicting the shear behavior of sheathed walls from the material and the nailed joint data have been presented by several researchers. One of such methods developed by the writer (2) was used to calculate the load-deflection curves of walls. The outline of the theory was described in the text written in Japanese. However, the explanation was omitted in this summary.

Effect of the Size of Sheathing on the Wall Resistance

First of all, the basic relationship between the size of sheathing and the shear performance of wall was investigated. A simplified model of the wall covered with a single sheet of plywood was chosen as the subject. This model has no intermediate stud, thus only the perimeter of the plywood is nailed to the frame. The material information of the wall is as follows :

Plywood	thickness	9 mm(0.35 in.)
	modulus of rigidity	4000 kgf/cm ² (57000 psi)
Nail	size	CN 50(6 d in USA)
	spacing	100 mm(4 in.)
	load-slip curve	shown in Fig. 3

The load-slip curve used is actual test data of the joint between Lauan plywood and western hemlock stud.

Walls with square sheathing : Fig. 4 shows how the wall resistance changes when the four sides of the plywood sheathing are changed keeping its shape square. The shear resistance of wall when the shear deformation is 1/300 rad is one of the basis of the allowable shear in Japan. Fig. 4 shows that this resistance per wall length, $P_{1/300}$, increases as the sheathing becomes large while the maximum load per wall length, P_{max} , is almost constant regardless of the sheathing size, which results in the decreasing of the ratio of P_{max} to $P_{1/300}$ (safety factor) as the sheathing becomes large.

The reason of this phenomena can be easily explained by the theory. See Eq. (5) which presents the relationship between the shear strain caused by the nail slip and the slip

Received June 18, 1986

(1) Wood Utilization, Division

components at the corner of wall, $S_{c,x}$ and $S_{c,y}$. This equation indicates that the nail slip thus nail force, under the condition of a constant shear strain, increases as the sides of the sheathing, H_e and L_e , increase. The relationship between the slip of the corner nail and the size of sheathing is also shown in Fig. 4.

The shear deformation at the maximum load, γ_{max} , decreases as the sheathing becomes large. This is due to the same reason described above.

Walls with rectangular sheathing : Fig. 5 shows how the wall resistance changes when the lengths of the plywood sheathing are changed keeping the height constant. Except for P_{max} , a similar tendency to the case of square sheathing can be seen. The maximum load per wall length, P_{max} , increases as the length of sheathing increases, while $P_{1/300}$ is almost constant regardless of the size in the case of square sheathing. However, since the rate of increase of P_{max} is smaller than that of $P_{1/300}$, the ratio of P_{max} to $P_{1/300}$ decreases as the length of sheathing increases.

Comparison of Wall Resistance for Various Configurations

Secondly, wall resistances for various configurations of the light-frame construction and of the Japanese conventional construction were calculated, and the differences between them were investigated.

The material properties of wall were same as that described in the foregoing paragraph. In the analysis of wall resistance, the effective sizes of sheathing which are the distances between corner nails (see Fig. 1) were used. However, in the expression of the resistance per wall length the wall resistance was divided by the actual length of covering according to the current method. Therefore, notice that the resistance per wall length of the wall with a short covering is expressed smaller than that with a long covering even if their resistances per effective length are the same.

Fig. 6 shows the calculating method of a wall with different sizes of coverings. The overall stiffness and strength of the wall sheathed with more than two coverings was determined by adding the deformation or the resistance of each part with a single sheet. The calculation method for the wall with two coverings applied up and down depends on the bending stiffness of stud. In the case of Japanese conventional construction, the resistances of each part corresponding to the same strain were added because the bending stiffness of the column (stud) is large enough to ignore its bending deformation. In the case of light-frame construction, the strains of each part for same load were combined. The interaction of the corners of sheathing which happens when more than three corners gather at one place was ignored in the calculation.

Walls of the Japanese conventional construction : The calculated results for various configurations shown in Fig. 7 are shown in Fig. 8 and Table 1.

It can be seen in the figure and the table that P_{max} and $P_{1/300}$ decrease as the sheathing becomes short in the order of A, B, C and D. The ratio of $P_{1/300}$ of D to that of A is sixty-five percent. The similar ratio of P_{max} is eighty-seven percent.

The shear strain at the maximum load, γ_{max} , increases as the sheathing becomes short. The ratio of γ_{max} of D to that of A is 2.6.

The horizontal application of sheathing, G, produces slightly higher resistance than the vertical application, A. Eq. (4) indicates that the contribution of the nail located far from

the center of sheathing is high. The difference in the resistance between the vertical application and the horizontal application is due to the difference of the contribution of the nails which fasten the covering to the intermediate studs.

The tendency mentioned above agrees well with the test results of SUZUKI and NISHIMORI (1).

Besides G, the application methods of E and F are commonly seen in the field when 3' × 6' coverings are used. These application methods produce an equivalent or slightly higher resistance than the vertical application of 3' × 9' coverings, A. The wall sheathed with 3' × 3' coverings has lower resistance than A. However, the difference is small.

Wall of the light frame construction : Fig. 9 shows the wall configurations of which stiffness and strength are calculated. The calculated load-strain curves are shown in Fig. 10, the values of $P_{1/300}$, P_{max} and γ_{max} in Table 2.

In the wall of the light frame construction, a similar tendency to the case of the Japanese conventional construction can be seen, i. e., the increases of $P_{1/300}$ and P_{max} , and the decrease of γ_{max} as the edge of covering becomes short. For example, $P_{1/300}$ and P_{max} of a wall with 1' × 8' sheathing, f, are lower than those of wall, a, by twenty-nine and eleven percent respectively. The size of sheathing materials in Canada and USA is 4' × 8'. A wall with such a size of sheathing shows a higher resistance than a wall with 3' × 8' coverings. For instance, the typical wall configuration in North America, m, is higher in $P_{1/300}$ and P_{max} by, respectively, 9 percent and 6 percent than the typical configuration in Japan, a.

The resistance of the wall with horizontally placed 4' × 8' sheet is more than the walls described above. The horizontal application of 4' × 8' sheathing produces, according to the stud's spacing, a higher $P_{1/300}$ by nine to twelve percent and a higher P_{max} by six to nine percent than the vertical application of 3' × 8' sheet, a.

As the stud's spacing decreases, i. e., studs which go through intermediate of covering increase, the values of $P_{1/300}$, P_{max} and γ_{max} increase. This is due to the contribution of the nails driven into these intermediate studs. However, the contribution of the nail on the wall resistance depends on how far the nail exists from the sheathing's center (see Eq. (4)). And the nails driven into intermediate studs are not so far from the sheathing's center as the nails which fasten the perimeter of the sheathing. Therefore, the rates of increase of $P_{1/300}$, P_{max} and γ_{max} are small, i. e., one to three percent per one intermediate stud.