

第25森ビル P C カーテンウォール性能実験

松本 信二

§ 1. はじめに

第25森ビルの外壁にはP C（プレキャストコンクリート）カーテンウォールが使用されている。P Cカーテンウォールは変化に富むデザインが可能であり、耐久性・耐火性などもすぐれている。しかも金属カーテンウォールに比較して安価である。そのようなことから高層ビルの外壁としてますます多く使用されるようになるであろう。しかし、P Cカーテンウォールは重量が大きく、躯体構造物の変形に対する追従性、コンクリートのクラック、施工性、品質管理などに多くの問題がある。

本報告は第25森ビルに使用されたP Cカーテンウォールの水密性能・耐風圧性能・面内変形性能に関する諸実験の結果をまとめたものである。

§ 2. 工事概要

同ビルは地下2階、地上25階建であり、基準階高3.25 m、最高部高さ89.8mの高層ビルである。概要を図一～4に示す。

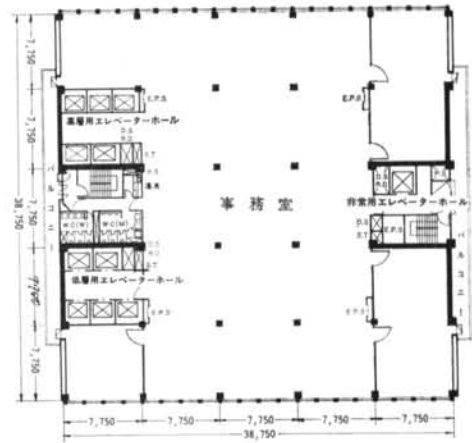
同ビルのP Cカーテンウォールはパネル方式であり、P Cパネルの取付けは下部固定、上部ローラー支持にして躯体鉄骨の変形に追従できるように設計されている。使用されたP Cパネルは合計672枚であり、そのうち440枚が2つずつ窓のある標準型パネルである。

§ 3. 要求性能

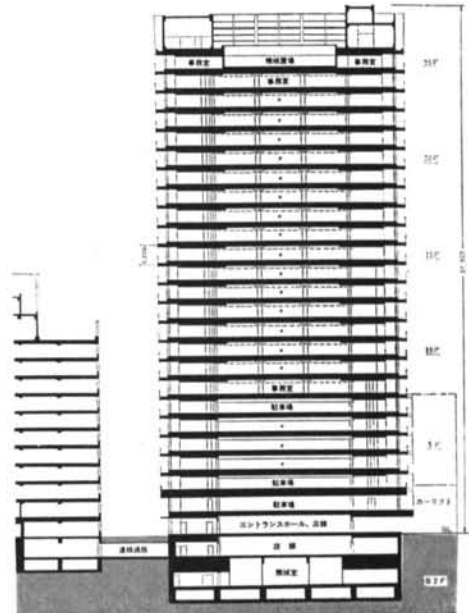
同ビル外壁の水密性能、耐風圧性能、面内変形性能は以下のように要求されている。

3.1 水密性能

風圧+360kg/m²、-540kg/m²の加力、および層間変位

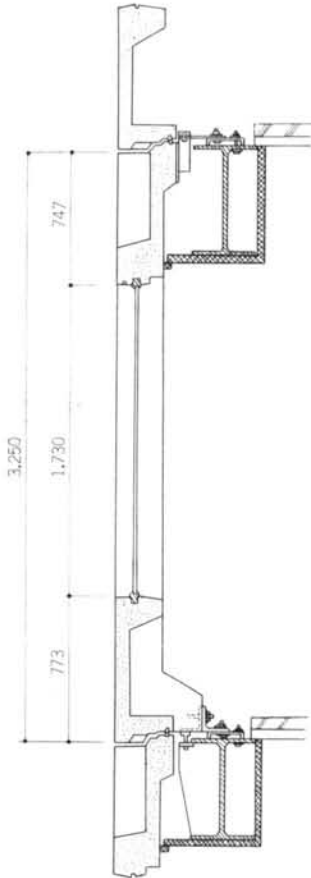


図一 基準階平面図

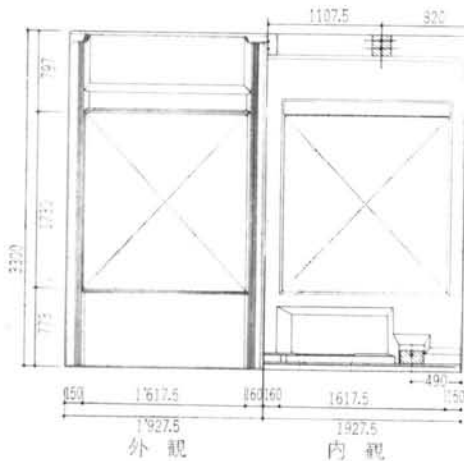


図二 断面図

±10mmの面内変形を受けたあとも、風圧+250kg/m²、注水量4ℓ/m²・min（加力時間10分間）で漏水しないこと。



図一3 カーテンウォール断面図



図一4 プレキャストコンクリートパネル立面図



写真一1 施工中の第25森ビル

3.2 耐風圧性能

風圧+360kg/m²、-540kg/m²において異状な変形を起さず、脱落しないこと（耐風圧性能は外壁の部分によって異なり、上記の性能はもっとも条件の厳しい部分の性能である）。

3.3 面内変形性能

- (1) 躯体構造物の層間変位が±10mm以内のときにはまったく異状がないこと。
- (2) 層間変位が±20mm以内のときにはシーリング材のみを補修すれば再使用できること。
- (3) 層間変位が±40mm以内のときには主要部材が破壊および脱落することがなく、補修によって再使用できること。

§ 4. 予備実験(1)——ジッパーガasket

4.1 実験の目的

同ビルの窓ガラスはすべてクロブレンゴム（ネオブレンゴム）製のY型ジッパーガasketでPCパネルにはめ込まれる設計になっている。耐風圧性能は+360kg/m²、-540kg/m²が要求されており、ガラス板厚も最高15mm必要である。わが国の工事では12mmガラス用のY型ジッパーガasketの使用経験はあったが、15mmガラス用のものははじめてであり、-540kg/m²の耐風圧性能を必

要とするガスケットもはじめてであった。そこで新しい断面のガスケットを試作した。試作した2種のガスケットについて、実大の供試体を作り、施工性、水密性能、耐風圧性能を検討した。

4.2 供試体

4.2.1 実験用PCパネル

厚さ150mmで、開口部寸法は実物パネルとほぼ同一(1.608×1.740)にした。ガスケット用の溝寸法は上幅(A)18mm, 下幅(B)16mm, 深さ(C)20mmとした。各部寸法の実測値を図-5に示す。

4.2.2 ジッパーガスケット

この実験に使用したY型ジッパーガスケットはD社

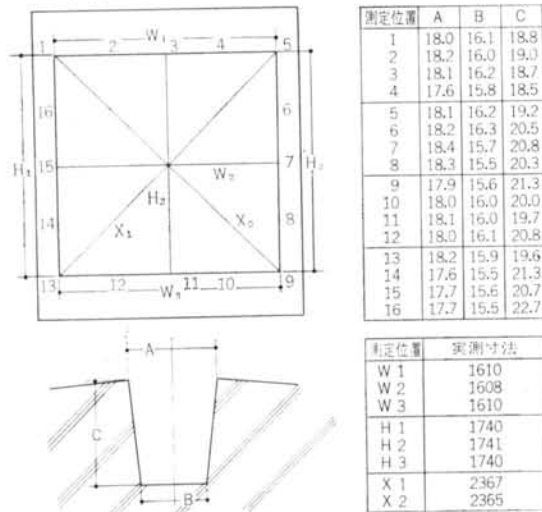


図-5 実験用PCパネル各部寸法実測値(mm)

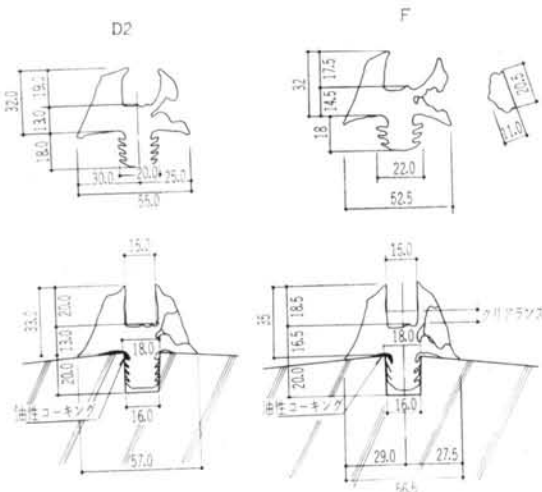


図-6 実験用Y型ジッパーガスケットの断面図寸法

およびF社で各々試作されたものであり、いずれも15mmガラス用のものである。使用したガスケット断面寸法を図-9に示す。なお、ガスケットのアンカー部には図-6に示すように油性コーキング材を併用した。

4.2.3 ガラス

各実験とも15mmのフロートガラスを用いた。

4.3 実験方法

合計4回の実験を行なったが、PCパネルはすべて同一のものを用いた。各実験のガラス寸法およびガスケットとのクリアランスは表-1のとおりである。実験2および3に用いられたガスケットは同一のもの(F社製)であり、実験4のガスケット(D社製)は実験1のガスケットのアンカー部を改良したものである。

実験番号	ガスケット	ガラス寸法		クリアランス				実験種類		
		W	H	上	左	右	下	水密	風圧	破壊
1	D1	1574	1707	3.2	3.4	3.4	2.6	○	○	○
2	F	1566	1702	7.8	8.4	4.8	0.7	○	○	○
3	F	1572	1706	5.1	4.1	2.8	0	○	○	—
4	D2	1568	1703	10.6	8.4	9.4	3.3	○	○	—

表-1 ガラス寸法およびガスケットとのクリアランス(mm)

4.3.1 実験装置

旭硝子研究所の小型耐風圧試験機を使用した。試験装置の概略を図-7に示す。

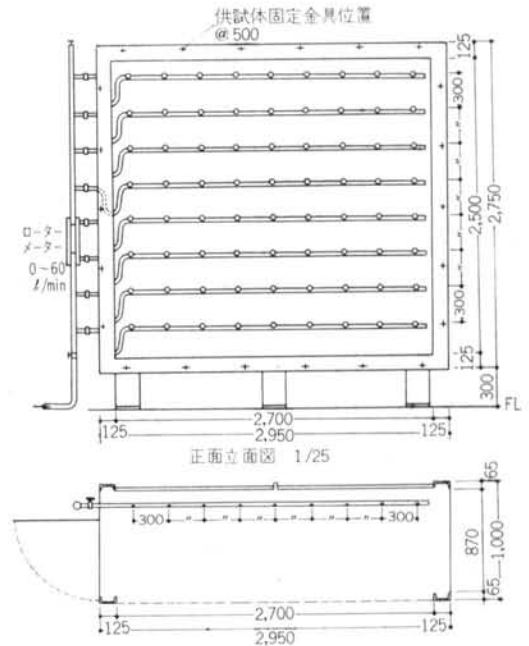
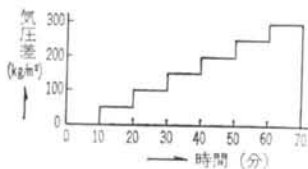
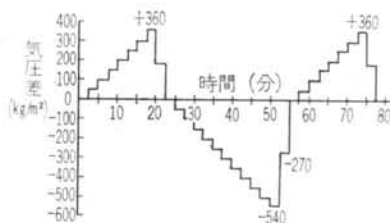


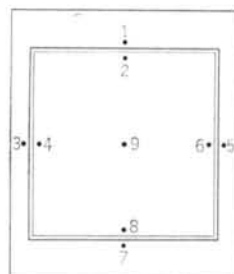
図-7 耐風圧試験装置



図—8 水密性能実験加圧プロセス



図—9 耐風圧性能実験加圧プロセス



図—10 耐風圧性能実験変位測定位置

4.3.2 施工実験

ガスケットの施工工程を、

- I. ガスケットをPC溝に打込む工程
- II. ガスケットにガラスをはめ込む工程
- III. ジッパー通しおよび仕上げの工程

の3つの工程に分け、各工程に要した時間を測定した。ただし、作業員はいずれも専門のガラス工であり、1チーム5人で作業を行なった。

現場でガラスをはめ込むときは室内側からだけ作業をしなければならないので、本実験でも全作業を室内側（ガスケットのジッパーがある側）からのみ行なった。

4.3.3 水密性能実験

供試体を図—8に示すプロセスで加圧し、同時に試験装置内に設置した散水ノズルで約 $6 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ の水を供試体全面に注水し、室内側への漏水の有無を観察した。

4.3.4 耐風圧性能実験

図—9に示すプロセスで加圧し、ガラス中央部および端部の面外方向の変位を測定した。変位測定位置は図—10のとおりである。要求性能値までの耐風圧強度を確認した後、実験1および2に関しては $-1,000 \text{ kg/m}^2$ まで加圧し、破壊実験を行なった。

4.4 結果および考察

4.4.1 施工実験

ジッパーガスケットの取付およびガラスはめ込みに要した作業時間は表—2のとおりであった。

工程Iはコンクリートのガスケット用溝形状とガスケットのアンカー部の形状の影響を受ける。コンクリート溝形状とガスケットのアンカー部形状の関係は耐風圧性能にも密接な関係があり施工性のみを考えるわけにはい

実験番号	工程I	工程II	工程III	合計
1	27	15	12	54
2	11	4	8	23
3	15	10	12	37
4	10	4	7	21

表—2 作業時間実測値(分)

かない。しかし、今回行なった4回の実験では後述するように耐風圧性能はいずれも充分であるから、施工時間が短いほど良い。実験1で使用したガスケットD1はあまりにも施工が困難であったためアンカー部を縮小してD2を製作した。ガスケットD1はアンカー部の幅が20~21mmであったが、D2はそれより約1mmずつ短かくして19~20mmとした。ガスケットD2を用いた実験4では工程Iの作業時間を相当短縮することができた。このことは、逆に考えると、同じガスケットを使用した場合、コンクリートの溝幅が1mm小さくなるだけでも施工が非常に困難になることを示している。

工程IIはガラスのみ込み寸法の影響が大きい。本実験でもクリアランスの小さい実験1および3では工程IIの作時間が長い。

表—2によれば上下あるいは左右のクリアランスを合計した量は実験1および3の場合いずれも7mm以下であり、実験2および4では8~17mmとなっている。特に実験2および4での左右のクリアランスの合計は13.2mmおよび16.8mmで、他の場合よりもかなり大きくなっており、施工を容易にしていることがわかる。

クリアランスが大きくなれば施工は容易になるが、耐風圧性能は低下する。クリアランスを決定するときには施工性と、耐風圧性能の両面から検討しなければならない。

工程IIIはジッパーを通す作業であり、クリアランスの小さい実験1および3の方が、クリアランスの大きい実験2および4よりも多くの作業時間を要している。しかし、工程IIのような極端な差はみられない。

4.4.2 水密性能実験

散水ノズルにより約 $6 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$ の水を供試体全面に注水し、同時に図—8に示すプロセスで加圧したが、実験1~4のいずれも気圧差 300 kg/m^2 までまったく漏水せず十分な水密性能を有していることがわかった。

4.4.3 耐風圧性能実験

実験1~4におけるガスケットの面外変形量と風圧の

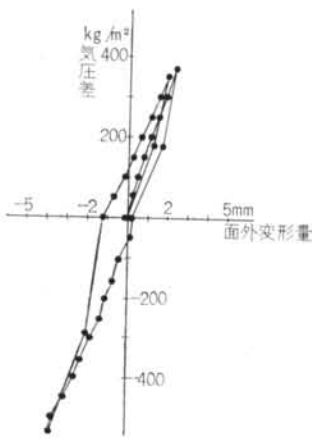


図-11 ガasketの面外変形
(実験1上辺)

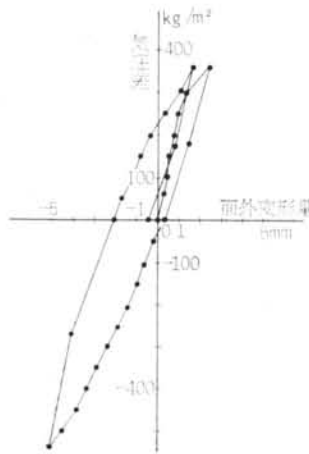


図-12 ガasketの面外変形
(実験2上辺)

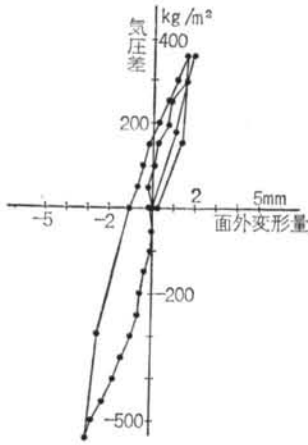


図-13 ガasketの面外変形
(実験3上辺)

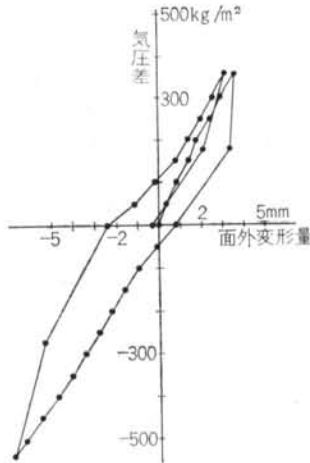


図-14 ガasketの面外変形
(実験4上辺)

実験 番号	位置	クリア ランス	ガasketの面外変形量	
			+360kg/m ²	-540kg/m ²
1	上	3.2	2.20	-3.79
	左	3.4	1.96	-3.92
	右	3.4	1.68	-3.09
	下	2.6	1.70	-3.61
2	上	7.8	2.38	-5.07
	左	8.4	2.50	-6.38
	右	4.8	1.72	-4.34
	下	0.7	1.12	-3.55
3	上	5.1	1.82	-3.03
	左	4.1	1.56	-3.44
	右	2.8	1.22	-3.49
	下	0	1.31	-3.25
4	上	10.6	3.59	-6.89
	左	8.4	2.68	-5.33
	右	8.4	2.36	-4.90
	下	3.3	2.01	-5.03

表-3 ガasketの最大面外変形量 (mm)

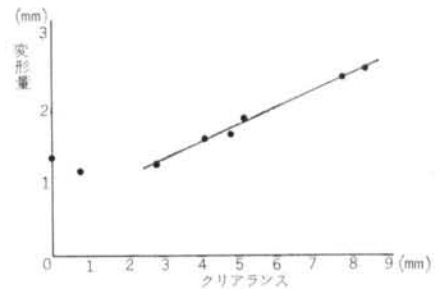


図-15 実験2, 3におけるクリアランスと変形
量の関係

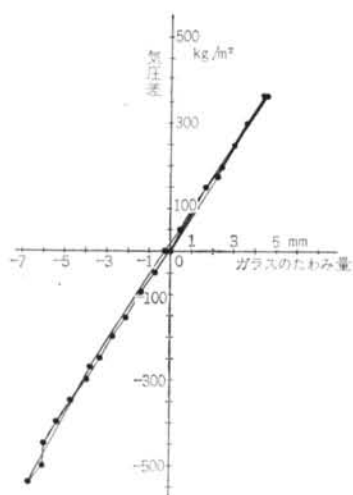
関係の例を図-11~14に示す。ガasketの面外変形量はガラス端部の変位と隣接するPCパネルの変位の差から求めた。すなわち、図-10に示された各点の測定値を各々 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_9$ とし、 $\delta_2 - \delta_1, \delta_4 - \delta_3, \delta_6 - \delta_5, \delta_8 - \delta_7$ を各々ガasketの上辺、左辺、右辺、下辺の面外変形量とした。

全実験を通じて、ガasketの面外の変形量をもっとも大きかったのは実験4 (ガasket D2) の上辺であり、+360kg/m²の加圧で、3.59mm、-540kg/m²の加圧で-6.89mmであった。最終的な残留変形量のもっとも大きかったのは実験2 (ガasket F) の右辺であり、-1.00mmであった。全実験を通じて異常な変形はみられず十分な耐風圧強度が期待できる。

ガasketの最大面外変形量とクリアランスの関係を表-3に示す。クリアランスが大きくなれば変形量が大きくなっているという傾向はわかるが、ガasketの種類や溝の寸法が異なるので明確な相関関係はみられない。実験2および3はまったく同じガasket Fを使用しているので、実験2および3におけるクリアランスと+360kg/m²加圧時の変形量との関係を図示すると図-15のようになる。これによれば、クリアランスがほとんどない下辺をのぞいて、ほぼ直線な関係がある。

ガラスのたわみ量の測定結果の例を図-16に示す。ただし、ガラスのたわみ量 δ_a は次式から求めた。

$$\delta_a = \delta_9 - \frac{1}{2}(\delta_4 + \delta_8)$$



図一16 ガラスのたわみ量 (実験1)

実験 番号	ガラスのたわみ	
	+360kg/m ²	-540kg/m ²
1	4.5	-6.3
2	3.9	-5.6
3	4.1	-5.6
4	4.6	-7.0

表一4 ガラスの最大たわみ量

図一16によれば、ガラスのたわみ量は加圧量（気圧差）に正比例しており、残留変形もほとんどみられない。+360kg/m²および-540kg/m²加圧したときのたわみ量は表一4のとおりである。ガラスの最大たわみ量に差異があるのはガスケットの種類やクリアランスのちがいによってガラスの拘束条件が異なるためであろう。

ガラス破壊実験は実験1および2でのみ行なった。加圧はすべて負圧とし、試験装置の関係から-1,000kg/m²まで加圧した。実験1では-1,000kg/m²でガラスが破壊したが、ガスケットの脱落によるものではなくガスケットには異状は認められなかった。実験2では-1,000kg/m²まで加圧しても破壊せず、ガスケットにも異状は認められなかった。

4.5 まとめ

ジッパーガスケットに関する今回の実験から次の点が明らかになった。

- (1) PCパネルのガスケット用溝幅の精度を±0.5mm程度（本実験供試体と同程度）にすれば施工性・耐風圧性能を同時に満足させることができる。
- (2) ガスケットの種類は、施工上D2型またはF型がよ

い。

- (3) 左右のクリアランスの合計は13mm以上、上下のクリアランスの合計は8mm以上あった方がガラスがはめこみやすい。
- (4) 各辺のクリアランスが10mm以下であれば十分な耐風圧性能を得ることができる。
- (5) 水密性能は今回実験したいずれの供試体も十分である。
- (6) -1,000kg/m²まで加圧してもガスケットは脱落しない。

§ 5. 予備実験(2)——

スライディングファスナー

5.1 実験の目的

同ビルのPCパネルは下部固定、上部ローラ支持にして躯体鉄骨の変形に追従させるように設計されている。パネルの上部に用いるローラ支持の取付金物をスライディングファスナーと称している。同ビルのスライディングファスナーには次のような性能が必要である。

- (1) 外壁面外方向の力に対する抵抗力が+1.5ton, -2.0ton以上でなければならない（外部から内部方向に加えられる力を+、その逆を-とする）。
- (2) 水平方向に±40mmスライドすることができ、垂直方向にも±5mmスライドできなければならない。スライド時の抵抗力は100kg以下でなければならない。
- (3) 躯体鉄骨の施工誤差が水平方向に±30mm、垂直方向に±10mm生じても正規の位置にPCパネルを取付けることができなければならない（PCパネルの製作誤差は鉄骨の施工誤差に比較して著しく小さいのでここでは無視する）。
- (4) 鋼材の表面に錆が発生しても、重大な性能低下を生じないこと。
- (5) 現場作業が容易でしかも確実であること。

従来使用されていた各種のスライディングファスナーを試作し、以上の要求性能を検討したが、十分満足できるものがなかった。特に同ビルのPCカーテンウォールに使用した場合に、現場作業が容易でしかも確実なスライディングファスナーは皆無であった。そこで、まったく新しいタイプのスライディングファスナーが考案された。本実験はこの新方式のファスナーの耐力およびスライド性能を確認するためにおこなった。従来もっとも一般的に使用されていたルーズホール式のスライディングファスナーも比較のために同時に試験した。

5.2 供試体

本実験に用いたスライディングファスナーはA型（ルーザーホール式）、B型（新方式）の2種類であり、図-17、18に示す。A型を使用する場合には、鉄骨梁の中腹部に取付けることになり、非常に作業性が悪い。特に溶接作業は困難である。しかも、安定したスライド性能を得るためには、ボルトの締付け力も一定にしなければならず、現場作業は容易でない。それに比較して、B型は梁の上のみで作業ができ、現場では単純に固定しさえすればよいだけであるから安定したスライド性能を得やすい。

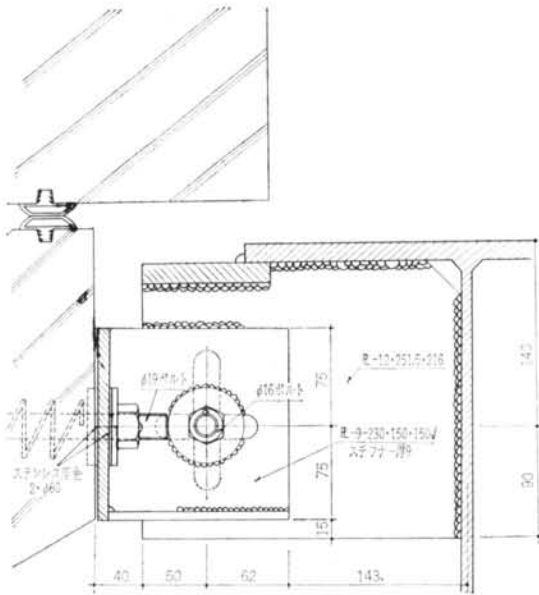


図-17(1) A型スライディングファスナー立面図

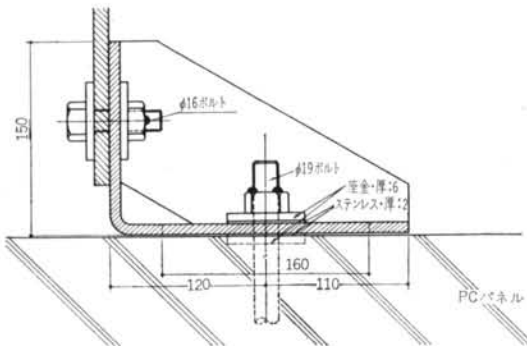


図-17(2) A型スライディングファスナー平面図

5.3 実験方法

5.3.1 耐力

負方向の耐力を調べるために図-19、20に示すように2つの供試体を背中合せに結合して、引張試験を行なった。正方向の耐力はB型のファスナーについてのみ行ななかつた。加力方法は図-21に示す。

5.3.2 スライド性能

試験方法は図-22、23のとおりである。スライド性能試験における要因の種類および水準は表-5のとおりである。加力速度は5 mm/secとした。

なお、供試体の数量は表-6のとおりである。

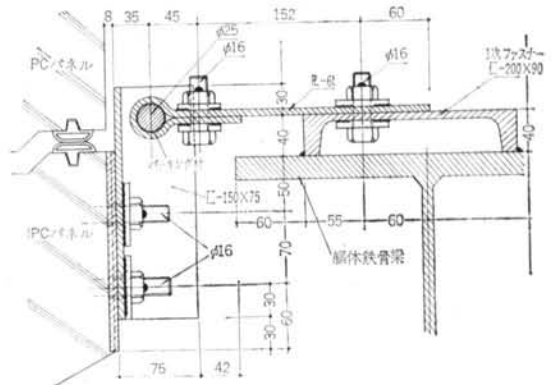


図-18(1) B型スライディングファスナー断面図

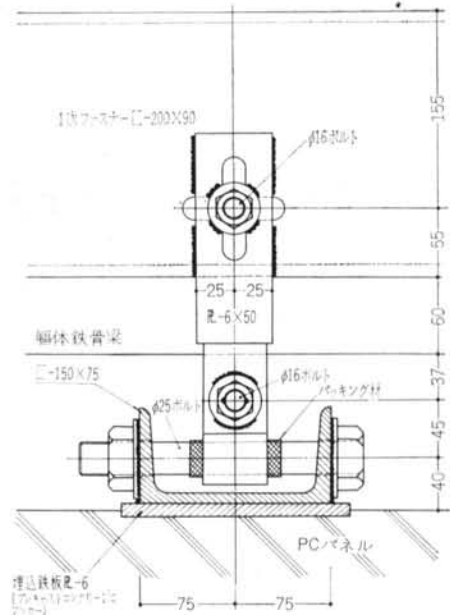


図-18(2) B型スライディングファスナー立面図

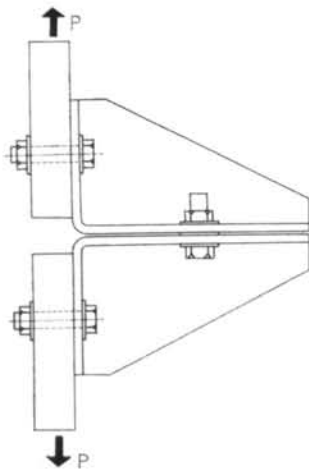


図-19 A型ファスナーの引張試験

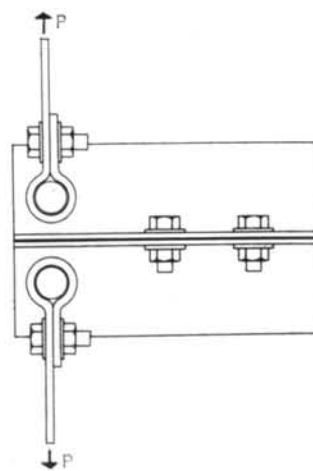


図-20 B型ファスナーの引張試験

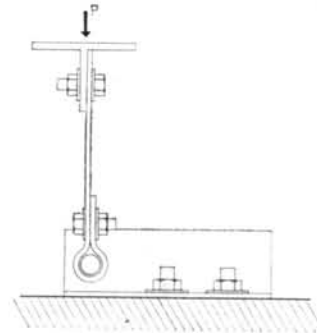


図-21 B型ファスナーの圧縮試験

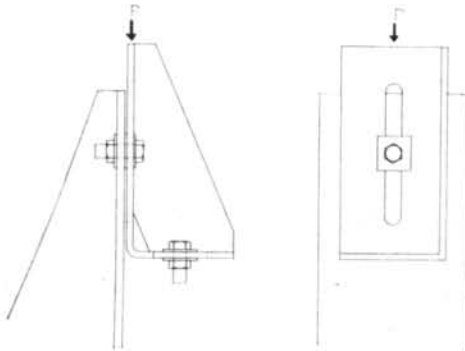


図-22 A型ファスナーのスライド性能試験

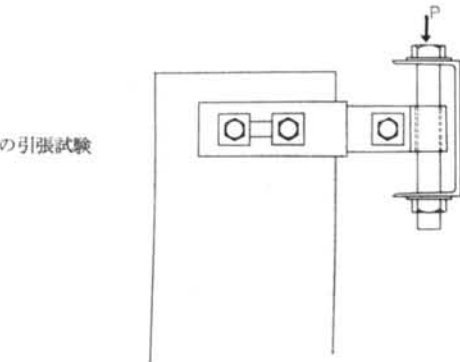


図-23(1) B型ファスナーのスライド性能試験(水平方向)

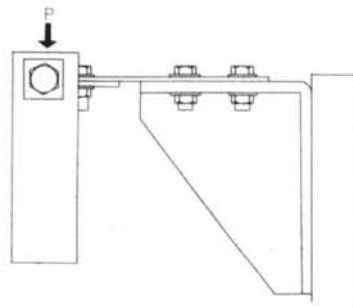


図-23(2) B型ファスナーのスライド性能試験(垂直方向)

要 因	水 準
ファスナーの種類	A型, B型
スライド部の状態	無処理, 錆止ペイント (A型のみ), 鋳
座金の種類 (A型のみ)	ステンレス, アセタール樹脂
ボルト締付トルク (A型のみ)	100, 200, 300, 400, 500kg・cm

表-5 スライド性能実験における要因と水準

試 験 種 類	A型ファスナー		B型ファスナー	
	供試体数	試験数	供試体数	試験数
引 張 試 験	6	3	2	1
圧 縮 試 験	—	—	2	2
スライド試験(水平)	6	180	4	8 *
” (垂直)	—	—	4	4 *

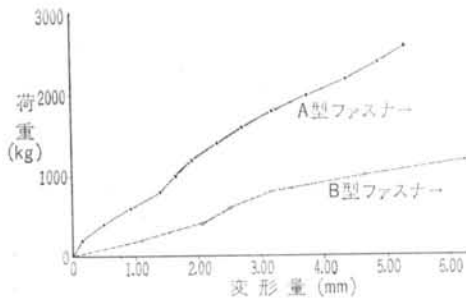
*) くりかえし回数 2

表-6 供試体の数量および試験回数

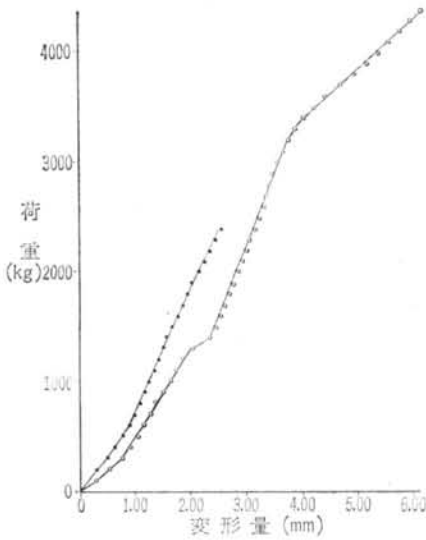
5.4 結果および考察

5.4.1 耐力

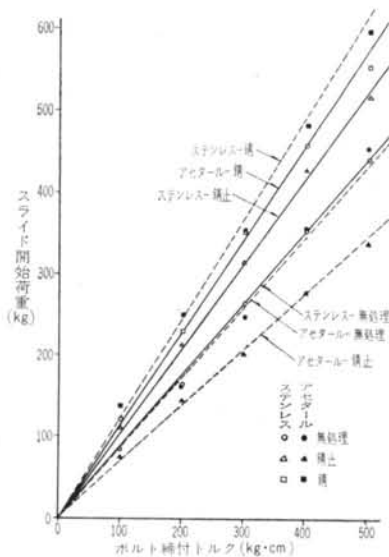
引張試験の結果は図-24のとおりである。A型のファスナーは変形量が大きくいずれも要求性能を満足していない。主に変形しているのはルーズホルのボルト固定部の近辺であり座金(60×60×6)の改良によって相当変形量を減じることができる。しかし、ファスナー本体の変形もみられるので、ファスナー本体の使用鉄板をさらに厚くする必要がある。B型ファスナーの場合には耐力も2ton以上あり、2ton荷重時の変形量も2mm以下で



図一24 引張試験結果



図一25 B型ファスナーの圧縮試験結果



図一26 A型ファスナーのスライド性能

試験体番号	スライド部の状態	スライド開始時の荷重 (kg)		
		1	2	平均
1	無処理	24	21	23
	錆	97	101	99
2	無処理	101	67	84
	錆	94	105	100
3	無処理	16	16	16
	錆	114	116	115
4	無処理	2	2	2
	錆	6	6	6

表一7 B型ファスナーのスライド性能 (水平方向)

あった。

圧縮試験 (正方向の外力に対する試験) はB型ファスナーについてのみ行なったが、その結果は図一25のとおりであり、要求性能を満足している。

5.4.2 スライド性能

A型ファスナーのボルト締付トルクとスライド抵抗力 (スライド開始時の荷重) の関係を図一26に示す。スライド部分の表面状態および使用する座金の種類によってスライド抵抗が異なるが、今回試験した中では防錆ペイントを塗ったファスナーにアセタール樹脂 (デルリン) の座金を使用した場合に、スライド抵抗がもっとも小さかった。いずれの座金を用いても、スライド部分に錆が発生した場合にもっとも抵抗力が大きい。

ボルトの締付トルクはスライド抵抗力と比例関係にあるので、ボルトの締付トルクを小さくすれば要求性能を満足することは可能である。要求されているスライド抵抗力は100 kg以下であるから、錆の発生も考慮してトルクを80 kg·cm以下にしなければならない。スライド抵抗力を200 kgまで許容するとしてもトルクを190 kg·cm以下にしなければならない。このような小さなトルクの管理は非常に難しいので、あまり現実的ではない。

B型ファスナーのスライド抵抗力はスライド部に錆が発生しても110 kg以下であり、ほぼ要求性能を満足している。性能のパラツキが大きいのが、これは供試体の製作精度が悪かったためである。したがってファスナーを量産することによってもっとも安定した性能が得られる (表一7参照)。

垂直方向のスライド試験はB型ファスナーについてのみ行なったが、5 mm変形したときの抵抗力は70 kg以下であり、要求性能を充分満足している (図一27参照)。

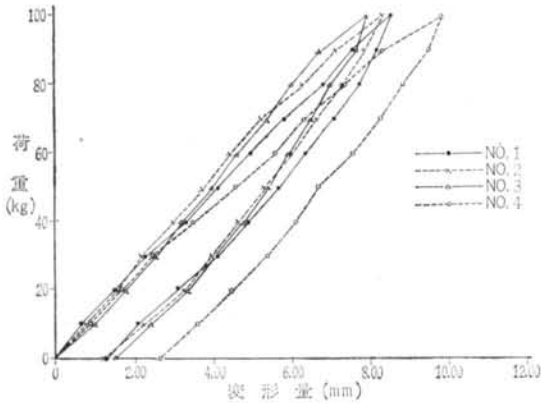


図-27 B型ファスナー垂直方向スライド性能

5.5 まとめ

A型ファスナーの耐力は要求性能を満足していないので補強しなければならない。A型ファスナーのスライド性能はボルトの締付けによって異なるので、要求性能を満足させるためにはトルクを80 kg・cm以下にしなければならない。

B型ファスナーは耐力・スライド性能ともに要求性能を満足している。量産すればさらに安定した性能を期待することができる。

§ 6. 実大パネルによる総合実験

6.1 実験の目的

本実験は、実物大のPCパネルを用いて § 3. で述べた要求性能が満足されるかどうかを判断すると同時に、デザインの確認および施工性の確認を行なう目的で実施された。

6.2 供試体

6.2.1 PCパネル

本実験の供試体としては窓のある標準パネル4枚を用

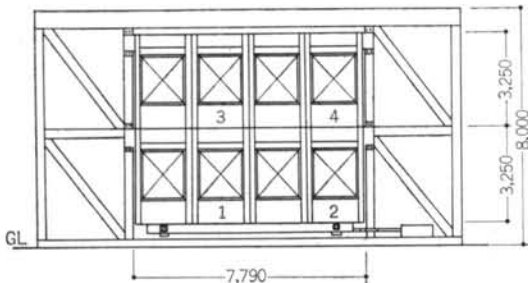
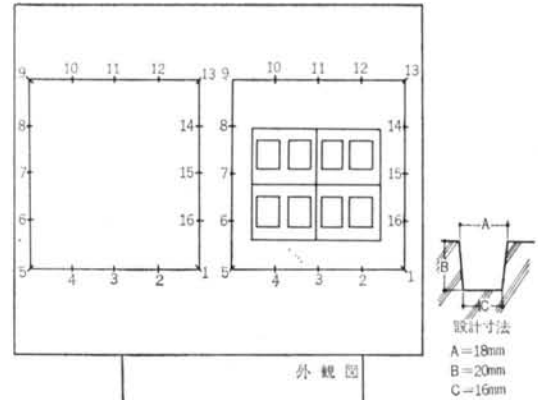


図-28 PCパネルの配置



	A寸法	B寸法	C寸法	備考		A寸法	B寸法	C寸法	備考
1	17.7	23.5	13.3		1	18.3	20.0	15.7	
2	19.3	20.5	16.2		2	18.9	20.0	15.6	
3	18.3	20.6	15.7		3	18.8	20.8	15.9	
4	18.9	20.6	16.1		4	19.4	20.2	15.6	
5	17.9	20.3	14.6		5	18.4	20.7	15.8	
6	19.5	19.5	15.1		6	18.7	19.1	15.4	
7	19.8	20.5	15.6		7	18.8	18.6	16.4	
8	18.7	19.4	15.4		8	18.6	20.2	16.1	
9	18.1	19.0	15.4		9	18.5	20.2	14.8	
10	19.0	19.5	15.9		10	18.4	19.2	15.9	
11	18.9	19.9	16.2		11	19.2	19.9	16.0	
12	19.2	19.5	16.0		12	19.8	19.3	16.4	
13	18.6	21.0	14.8		13	18.9	19.5	15.0	
14	17.4	20.0	15.5		14	19.7	19.8	15.4	
15	18.8	20.0	15.5		15	19.0	20.9	15.0	
16	18.2	19.7	13.3		16	18.9	19.1	16.0	

図-29 PCパネルガスケット用溝寸法実測値 (mm)
(パネル2の場合)

セメント (早強ボルト ランド)	水	細骨材 (川砂)	粗骨材 (セイライ ト)	混和剤 (ポゾリス5 L)
350kg	156kg	759kg	623kg	875kg

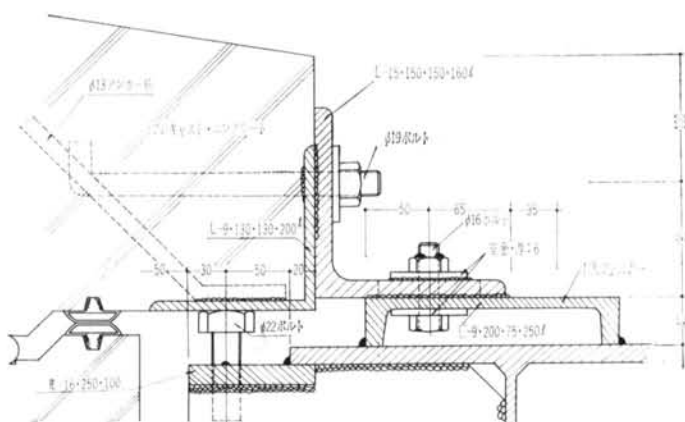
表-8 コンクリートの調合 (1㎡当り)

い、後述の試験装置に図-28に示すように取付けた。PCパネルの寸法および取付方法は本工事の場合とまったく同じである(図-3, 4参照)。ガスケット用溝寸法実測値例を図-29に示す。コンクリートは粗骨材として人工軽量骨材を用いた軽量コンクリートである。コンクリートの調合は表-8のとおりである。所要スランプは5 ± 1.5cmである。コンクリートの28日圧縮度の平均は449 kg/cm²であった。

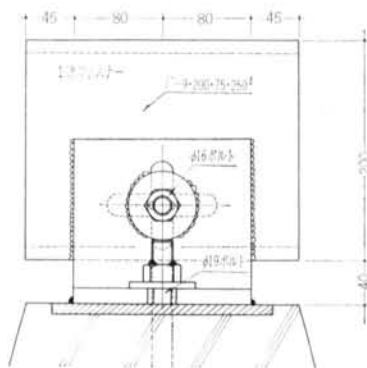
6.2.2 ファスナー

各パネルは下端部2か所を固定支持し、上端部3か所を水平方向にスライドできるファスナー(スライディングファスナー)でローラ支持している。ただし、パネル自体の熱や乾湿による変形を考慮して、2か所ある固定ファスナーのうち、一方は溶接によって固定してしまわず、若干水平移動できるようになっている。

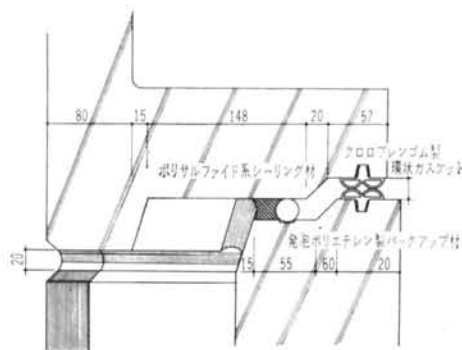
本実験では予備実験に用いた2種類のスライディングファスナーを使用している(図-17, 18参照)。下層パ



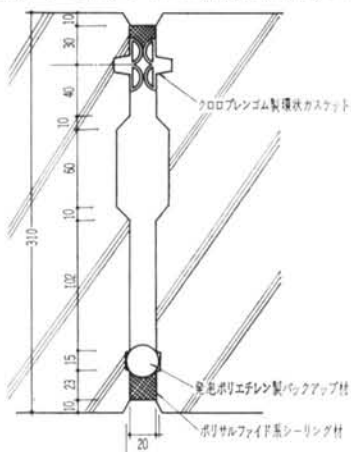
図一30(1) 下部固定ファスナー断面図



図一30(2) 下部固定ファスナー平面図



図一31(1) パネルジョイント断面図(水平ジョイント)



図一31(2) パネルジョイント断面図(垂直ジョイント)

パネルの上端部にはA型(ルーズホール式)、上層パネルの上端部にはB型(新式)のスライディングファスナーを用いた。下部の固定ファスナーを図一30に示す。

6.2.3 ガラスおよびジッパーガスケット

各パネルには2つずつの窓があり、本実験では合計8

か所の窓がある。そのうち下層パネルの4か所の窓には15mmのガラスを用い、上層パネルの4か所の窓には12mmのガラスを用いた。

15mmガラス用ジッパーガスケットは予備実験でその性能を確認しているガスケットD2およびFを用いた。12mmガラス用ジッパーガスケットはD社およびF社で従来から生産している製品を使用した。

本実験の供試体として用いたPCパネルのガスケット用溝は寸法精度が非常に悪く(図一29)、ガスケットの施工は非常に困難であった。ガスケット取付、ガラスはめ込み、ジッパー通しの全作業時間は約1時間/枚も必要であった。

本実験では安全性を考慮して、すべて強化ガラスを用いた。

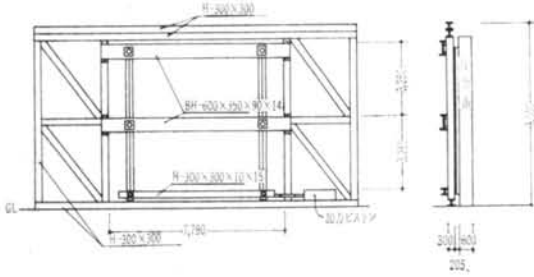
6.2.4 PCパネルのジョイント処理

パネルジョイントの詳細は図一31のとおりであるが、本実験は漏水の観察を容易にするために、第2次シールのクロロブレンゴム製環状ガスケットは取付けず、第1次シールのポリサルファイド系シーラントのみを施工した。なお、バックアップ材は、発泡ポリエチレン製である。

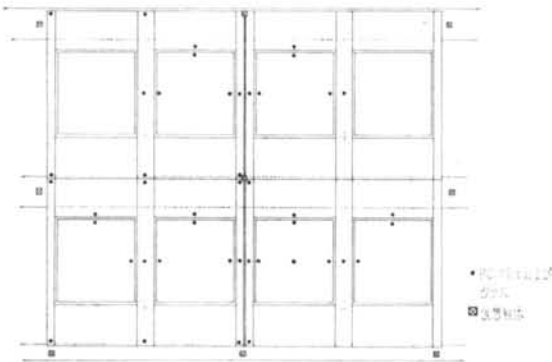
6.3 実験方法

6.3.1 実験装置

本実験は旭硝子研究所の大型耐風圧耐震試験機に図一32のような仮想躯体を取付けて行なった。仮想梁は同ビルに実際に使用する梁と同断面のH鋼H-600×350×9×14を用いた。仮想梁は3段あり、最上段の梁を反力フレームに固定する。2本の柱材(H-300×300×10×15)を最上段の梁から吊下げ、その柱材に中段および下段の梁を取付ける。柱と梁の接合部はすべてピン接合とする。したがって、柱材の最下部を水平に移動させること



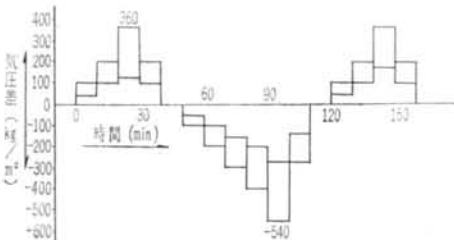
図—32 仮想躯体



図—33 耐風圧性能実験面外方向変位測定位置



図—34 ガラスおよびコンクリートの歪測定位置

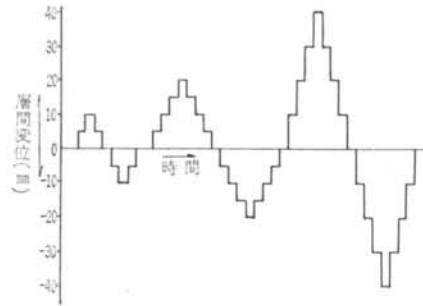


図—35 動的耐風圧性能実験加圧プロセス

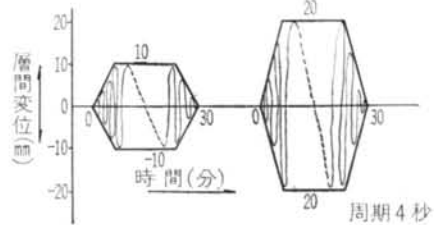
によって必要な層間変位を得ることができる。

6.3.2 水密性能実験

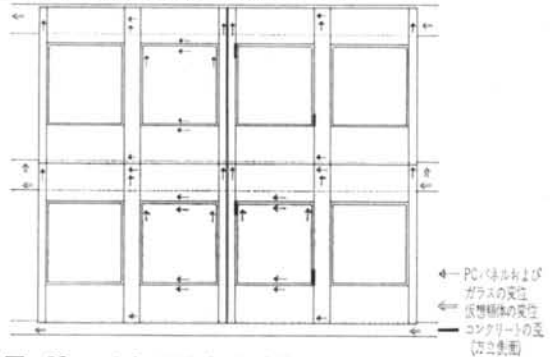
ジッパーガasketの予備実験の水密性能実験(4.3.3参照)と同様の方法で最大気圧差250kg/m²まで実験を



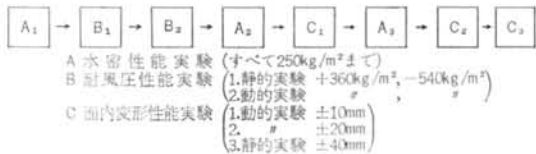
図—36 静的面内変形実験加圧プロセス



図—37 動的面内変形実験加圧プロセス



図—38 面内変形性能実験測定位置



図—39 実験順序

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
仮想躯体取付																				
供試体PCパネル取付																				
ガラス工事																				
シール工事																				
水密性能実験																				
耐風圧性能実験																				
面内変形性能実験																				

図—40 実験実施工程表

行なった。ただし、注水は圧力函の外側から行ない、注水量は4ℓ/m²・minである。したがって圧力函は減圧し

た。

水密性能実験は3回行なった。まず、耐風圧性能実験および面内変形性能実験によってカーテンウォールが変形する前の水密性能を試験した。第2回の水密性能実験は面外変形のみをうけた後の水密性能を検討するために耐風圧性能実験を行なった直後に行なった。第3回の水密性能実験はさらに±10mmの面内変形を受けた後で行なった。

6.3.3 耐風圧性能実験

静的に加圧する試験と脈動圧を負荷する試験を行なった。静的耐風圧性能実験はジッパーガasketの予備実験と同様の方法で行なった。ただし、正圧のときは圧力函を減圧し、負圧のときは圧力函を加圧した。最大圧力は+360kg/m²、-540kg/m²である。変位測定位置は図-33のとおりである。変位の測定はワイヤストレーンゲージを応用した変位計によって電氣的に測定した。また、ガラスおよびコンクリートの発生応力を求めるために図-34に示す位置の歪をワイヤストレーンゲージで測定した。

動的耐風圧性能実験は脈動比2:1、周期2secの近似正弦波で図-35に示すプロセスに従って行なった。この実験では変位の測定は行なわず、PCパネルの歪のみを測定した。

6.3.4 面内変形性能実験

この実験も静的に加力する場合と、動的に加力する場合を行なった。各実験の加力プロセスは図-36、37のとおりである。静的面内変形性能実験ではPCパネルの変位を測定し、動的面内変形性能実験ではPCパネルの歪のみを測定した。測定位置は図-38のとおりである。測定方法は耐風圧性能実験と同様である。

6.3.5 実験順序および工程

実大パネルによる総合実験には以上のように各種の実験が含まれており、§3.で述べた要求性能を確認し、しかも欠陥がある場合に検討し易いように、図-39に示す順序で実験を行なった。なお、この後に空調用エアバランスユニットを取付けて運転している場合の水密性能実験、および動的面内変形性能実験の追加実験(周期を変化させた)を行なった。

本実験の実施工程を図-40に示す。

6.4 水密性能実験の結果および考察

第1回、第2回および第3回水密実験の結果を図-41に示す。3回の試験を通じて室内側への漏水がみられたのは第2回水密実験で気圧差250kg/m²のときのみである。したがって要求性能を完全に満足しているとはい



図-41 水密性能実験結果

ないが、ほぼ満足していることが確認できた。

6.4.1 ガasketの水密性能

第1回水密実験では室内側への漏水はなかったが、ガasketとガラスとの空隙部に水が相当浸入しているのが認められた。この現象は第2回、第3回の水密実験でも同様であり、第2回水密実験でみられた室内側への漏水も同じ原因と考えてよい。この現象は予備実験ではまったく認められなかった現象であることから、その原因はPCパネルのガasket用溝寸法の精度にあると考えられる。本実験に用いたPCパネルのガasket用溝寸法の実測値は図-29のとおりであり、予備実験の供試体にくらべて非常に悪かった(図-5参照)。その上、溝の断面が全般に外部側へ傾斜しており、ガasketのガラス面に対する圧着力が外部側は非常に小さくなっていても確実である。この溝の傾斜は実測によれば1/30~1/20程度であった。このため溝の内面とガasketのアンカー部との圧着力も小さくなり、PCパネルのガasket用溝の中へ水が浸入しやすい状態になっていたはずである。第2回以後の水密実験でPCパネルのガasket用溝に水の浸入が確認されているが、この現象も同じ原因によるものと考えられる。

6.4.2 ジョイント部の水密性能

第2回および第3回水密実験の間で行なわれた面内変形実験(層間変位±10mm)で水平ジョイント部のシーリング材とPCパネルとの接着面が1か所はく離れたが第3回水密実験によって室内側への漏水は認められなかった。しかし、後続の実験時にこのはく離れた部分を含めて水平ジョイントの2か所でシーリング材内部にかなりの水が浸入したことが確認された。その位置は両方とも方立部の側面であり、シーリング作業の困難な場所である。本工事ではこの部分の施工にもっとも注意しなければならない。

6.4.3 水密性能実験のまとめ

本実験に用いた供試体の水密性能は $200\text{kg}/\text{cm}^2$ である。しかし、次の2点に注意すれば $250\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の水密性能を得ることができる。

- (1) PCパネルのガスケット用溝の寸法精度を予備実験のときの供試体と同程度にする。特に溝の中心軸がガラス面と平行になるようにする。
- (2) 水平ジョイントの方立近辺のシーリング施工に充分注意する。

6.5 耐風圧性能実験の結果および考察

6.5.1 ファスナー部の変形

ファスナー取付部の仮想軀体の変位およびPCパネルの変位の差からファスナー部の面外方向の変形量を求めた。気圧差が $+360\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときの各ファスナー部の面外方向の変形量を表-9に示す。気圧差 $+360\text{kg}/\text{m}^2$ のときのファスナー部面外方向変形量は 2mm 以下であり、気圧差 $-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときでも約 4mm 以下である。しかも残留変形量が非常に小さいので性能上の問題は無い。一般にスライディングファスナー部は、固定ファスナー部に較べて変形量が大きくなっているが、スライド性能を保持するためにはやむを得ないであろう。

6.5.2 ジョイント部の面外方向の変形

測定位置		ファスナー部の面外変形量	
		$+360\text{kg}/\text{m}^2$	$-540\text{kg}/\text{m}^2$
上層パネル (パネル3)	上辺	右	0.9
		左	1.9
	下辺	右	-0.4
		左	0.2
下層パネル (パネル1)	上辺	右	1.2
		左	1.8
	下辺	右	-0.1
		左	1.9

表-9 ファスナーの面外方向変形量 (mm)

測定位置		ジョイント部の面外変形量	
		$+360\text{kg}/\text{m}^2$	$-540\text{kg}/\text{m}^2$
水平ジョイント	1	0.6	0
	2	0.6	1.4
	3	0.1	0.4
垂直ジョイント	1	1.6	2.2
	2	1.1	2.1
	3	0.8	3.1

表-10 ジョイント部の面外変形量 (mm)

隣接するパネルのジョイント部における面外変形量の差からジョイント部の面外変形量を求めた。測定したのは水平ジョイント、垂直ジョイント各々3か所である。気圧差 $+360\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときの測定結果を表-10に示す。最大 3.1mm (ジョイント幅 20mm に対して 16%)であり、残留変形量も小さく性能上の問題は無い。垂直ジョイントより水平ジョイントの方が変形が大きいが、これはスライディングファスナーと固定ファスナーの変形量の差があらわれているものと考えられる。

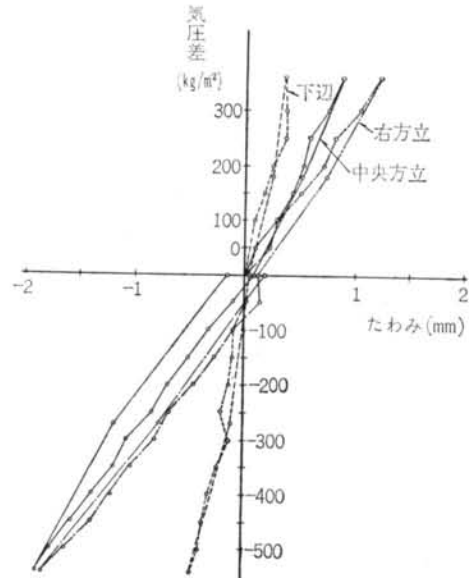


図-42 PCパネルのたわみ (パネル1)

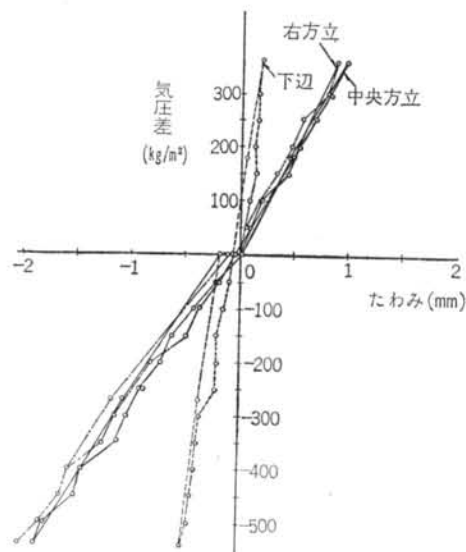


図-43 PCパネルのたわみ (パネル3)

6.5.3 PCパネルの変形

PCパネルの方立部のたわみを図-42, 43に示す。中央部の方立も端部の方立もほぼ同様な変形をしており気圧差 $-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときのたわみ量は約 2.0mm である。たわみ量と気圧差の関係はほぼ直線的であり、残留変形もほとんどないので変形に関しては問題ない。

ところが、気圧差が $-400\sim-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときに外部方立部に多数のひびわれが発生した。その観測結果の1

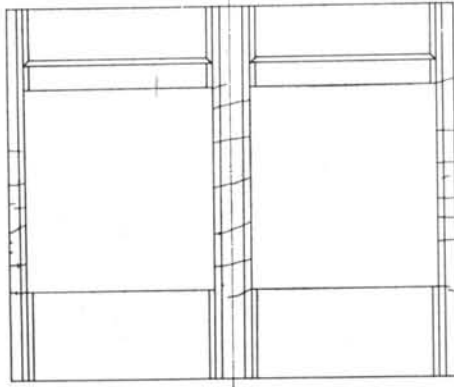


図-44 クラック発生状況

気圧差 (kg/m^2)	方立中央部の歪 ($\times 10^{-6}$)
40~100	15~40
100~200	45~90
100~300	55~140
110~360	45~170

表-11 方立中央部のコンクリートの歪

ガスケット	測定位置	クリアランス (mm)	ガスケットの面外変形量 (mm)					
			$+360\text{kg}/\text{m}^2$	$0\text{kg}/\text{m}^2$	$-540\text{kg}/\text{m}^2$	$0\text{kg}/\text{m}^2$	$+360\text{kg}/\text{m}^2$	$0\text{kg}/\text{m}^2$
F (12mm ガラス)	上	2	1.7	0.1	-3.4	-0.9	1.8	0.1
	右	10	3.4	0.3	-6.2	-1.6	3.6	0.3
	左	8	2.8	0.2	-4.4	-1.0	2.9	0.2
F (15mm ガラス)	上	8	2.4	0.2	-4.3	-0.9	2.3	0.2
	右	6	2.7	0.3	-4.1	-0.8	2.7	0.3
	左	11	2.6	0.2	-4.1	-0.8	2.7	0.3
D (12mm ガラス)	上	6	3.2	0.2	-5.9	-1.8	3.1	0.2
	右	7	3.5	0.4	-6.4	-1.8	3.6	0.4
	左	7	4.3	0.5	-6.4	-1.6	4.5	0.5
D (15mm ガラス)	上	6	2.9	0.3	-4.7	-1.1	2.9	0.3
	右	9	2.7	0.2	-5.0	-1.1	2.8	0.4
	左	7	2.7	0.4	-3.8	-0.9	2.9	0.4

表-12 ガスケットの面外変形量

つを図-44に示す。PCパネルの外表面に発生したひびわれは外観上問題であるばかりでなく、PCカーテンウォールの耐久性能に直接影響を与える。しかも、ひびわれ幅がある程度大きくなり、内面まで貫通するようになると、水密性能にも影響する。したがって、方立断面を大きくし、鉄筋量を増して極力ひびわれの発生を防止しなければならない。

動的耐風圧実験のときに測定した方立部中央部のコンクリートの歪は表-11のとおりであった。ただし、この測定はひびわれの発生していない内面で測定したものである。ここでコンクリートのヤング係数を $2.0 \times 10^5 \text{kg}/\text{cm}^2$ とすると、気圧差 $+360\text{kg}/\text{m}^2$ のときの方立部コンクリートの最大引張力は約 $34\text{kg}/\text{cm}^2$ となる。したがって方立の内面もひびわれ発生寸前状態であったといえる。

左右方立の断面係数は $Z_1 \approx 1,400\text{cm}^3$ (内側)、 $Z_2 \approx 1,300\text{cm}^3$ (外側)である。方立に発生する曲げモーメントが気圧差に正比例すると仮定して方立外面に生じる引張応力を計算することができる。それによれば気圧差が $-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときの方立中央外面の引張応力は、 $55\text{kg}/\text{cm}^2$ 、気圧差が $-360\text{kg}/\text{m}^2$ ときでも $37\text{kg}/\text{cm}^2$ となる。コンクリートの圧縮強度を $350\text{kg}/\text{cm}^2$ としたとき引強強度は $22\sim 45\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、気圧差が $-540\text{kg}/\text{m}^2$ のときには必ずひびわれが発生してしまうことになる。

なお、方立部以外のPCパネルのたわみおよびコンクリートの歪は非常にわずかであった。

6.5.4 ジッパーガスケットの耐風圧性能

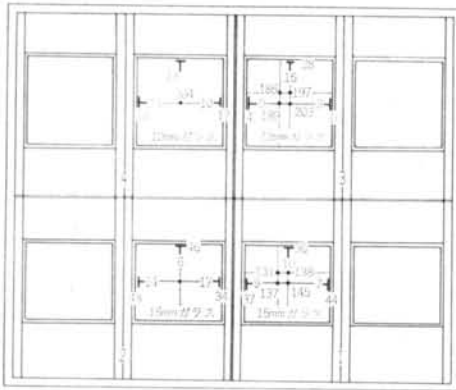
本実験では 12mm ガラスと 15mm ガラスを用いたが、その各々のガラスについて2種類のガスケットを使用してい

る。コンクリートに対するガスケットの面外方向の変形量を表一12に示す。予備実験に比較してガスケット用溝の寸法精度がきわめて悪く(図一29参照)耐風圧性能への影響が心配されたが、まったく問題ないことがわかった。最終的な残留変形も非常に小さく、動的耐風圧性能実験によるくり返し载荷に対してもまったく異状は認められなかった。またガスケットの種類による差も認められなかった。この結果から判断すると、12mmガラス用のガスケットでも $-540\text{kg}/\text{m}^2$ の耐風圧性能を期待することができる(12mmガラス用ガスケットに要求されている耐風圧性能は $\pm 360\text{kg}/\text{m}^2$ である)。

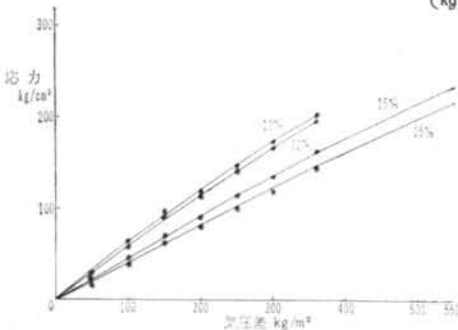
6.5.5 ガラスの安全性

ガラスの歪に関しては測定の都合上気圧差 $0 \sim +360\text{kg}/\text{m}^2$ で測定した。気圧差 $+360\text{kg}/\text{m}^2$ のときのガラスの各部の応力は図一45に示すとおりである。12mmガラスも15mmガラスもガラス中央部でもっとも大きな応力が発生している。ガラス中央部の応力と気圧差との関係を図一46に示す。

フロートガラスの面における許容応力は、破損確率 $1/1,000$ のとき $250\text{kg}/\text{cm}^2$ である。それに対して、気圧差 $360\text{kg}/\text{m}^2$ のときの12mmガラスの発生応力は $203\text{kg}/\text{cm}^2$ および



図一45 気圧差 $+360\text{kg}/\text{m}^2$ におけるガラスの発生応力 (kg/cm^2)



図一46 ガラス中央の応力

$204\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、気圧差 $540\text{kg}/\text{m}^2$ のときの15mmガラスの推定発生応力は約 $210\text{kg}/\text{cm}^2$ および $225\text{kg}/\text{cm}^2$ である。したがって、破損確率 $1/1,000$ 以下を期待することができる。また、フロートガラスの端部許容応力は $180\text{kg}/\text{cm}^2$ であるが、図一45からも推定できるように端部に発生する応力は非常に小さくまったく問題ない。

6.5.6 耐風圧性能実験のまとめ

本実験に用いた供試体の耐風圧性能は $+360\text{kg}/\text{m}^2$ 以上、 $-540\text{kg}/\text{m}^2$ 以上(12mmガラスに関しては $\pm 360\text{kg}/\text{m}^2$ 以上)であり、要求性能を満足している。

ただし、外表面方立部に発生するクラックを極力防止するために、方立断面を大きくし、方立部の鉄筋量を増加することが望ましい。なお、本工事においてはこの改善案に従って方立部の断面を設計変更した。

6.6 面内変形性能実験の結果および考察

6.6.1 層間変位について

本実験は2層で行なったので、実験を進める上での層間変位としては2層間変位の $1/2$ とした。ところが、上層と下層では異なった形式のスライディングファスナーを用いたために、スライド性能の違いから上層と下層の真の層間変位は相当異なってしまった。以下の検討にあたってはこの点を充分に認識しておかなければならない。±40mmまでの静的面内変形における層間変位(2層間変位の $1/2$)と各層の真の層間変位の関係を図一47に示す。

なお、外観で右方向を+、左方向を-とする。+の層間変位とは最下段の仮想躯体を右方向に移動した場合の層間変位である。

6.6.2 PCパネルの変位

層間変位±40mm(2層間変位±80mm)のときの各パネルの変位は図一48のとおりである。各パネルともスライディングファスナーが有効に働きほとんど回転していない。各層間変位におけるスライド率を表一13に示す。ただし、スライド率とは層間変位に対するスライディングファスナーのスライド量の割合をいう。A型ファスナーを使用した下層のパネルに比較してB型ファスナーを使用した上層パネルはスライド率が大きく安定していることがわかる。下層パネルは層間変位位置や変位方向によるバラツキが大きく、PCパネル自体の面内変形も大きくなっていることが推察できる。

動的面内変形実験で測定した方立部分のコンクリート歪からも、A型ファスナーとB型ファスナーの差は明確に示されている。測定結果を図一49に示す。A型ファスナーを用いた下層パネルの層間変位±10mmのときの歪は、90

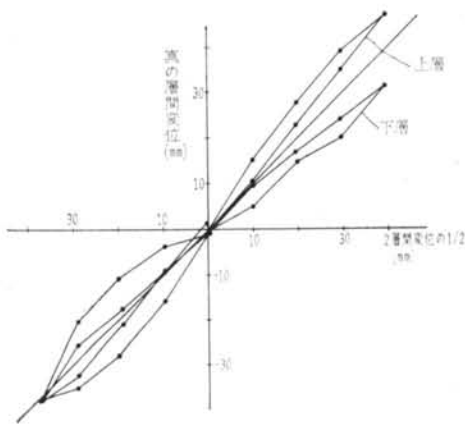


図-47 真の層間変位

2層間変位 +80mm

2層間変位 -80mm

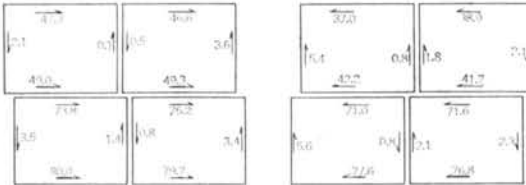


図-48 PCパネルの変位

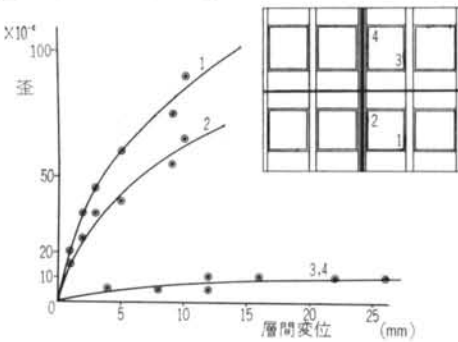


図-49 コンクリートの歪 (方立側面)

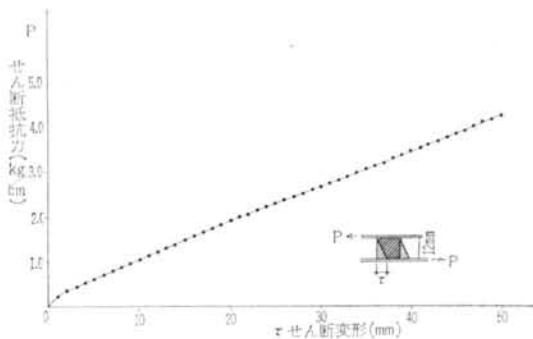


図-50 シーリング材のせん断抵抗力 (20°C)

2層間変位の1/2		パネル	パネル	パネル	パネル
		1	2	3	4
+10	真の層間変位(mm)	5.6	5.6	14.2	14.2
	スライド率(%)	70.0	65.0	91.4	93.3
-10	真の層間変位(mm)	-4.9	-4.9	-14.7	-14.7
	スライド率(%)	78.6	79.6	96.8	97.4
+20	真の層間変位(mm)	13.4	13.4	25.5	25.5
	スライド率(%)	79.6	79.5	92.7	95.9
-20	真の層間変位(mm)	14.4	14.4	25.0	25.0
	スライド率(%)	90.0	89.4	96.7	97.4
+40	真の層間変位(mm)	31.5	31.5	47.1	47.1
	スライド率(%)	81.8	86.1	96.5	94.5
-80	真の層間変位(mm)	37.8	37.8	37.6	37.6
	スライド率(%)	83.4	86.7	87.6	93.3

表-13 PCパネルのスライド率

X_1+X_2 (cm)	X_1 (cm)	X_2 (cm)	δ (cm)	P (kg)	S (kg)	R_A-R_B (kg)
0.5	0.1	0.4	0.14	720	150	570
1.0	0.2	0.8	0.29	1,480	240	1,240
1.5	0.3	1.2	0.43	2,200	310	1,890
2.1	0.5	1.6	0.53	2,710	430	2,280
3.1	0.9	2.2	0.61	3,120	660	2,460
3.6	1.0	2.6	0.76	3,890	730	3,160

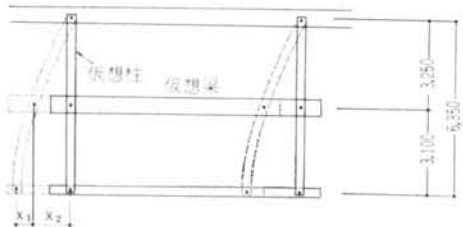
表-14 R_A-R_B の試算結果

$\times 10^{-6}$ であり、ヤング係数を $2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ とすれば応力は 18 kg/cm^2 である。それに対して、B型ファスナーを用いた上層パネルの場合、層間変位 $\pm 26 \text{ mm}$ でも歪は 10×10^{-6} 程度であり、大きな差異がある。

下層パネルと上層パネルのスライド率の差およびコンクリートの歪の差は、スライディングファスナーの性能の差異の他に水平ジョイントのシーリング材の影響がある。本実験に用いたシーリング材のせん断試験の結果を図-50に示す。これから計算すると、下層の層間変位がたとえば $\pm 10 \text{ mm}$ となったときにはシーリング材による抵抗力は 730 kg となる。

上層と下層の層間変位が図-47に示したようにアンバランスになった直接の原因は仮想軀体の柱材がたわんだためである。この柱のたわみ量から上層と下層のスライディングファスナーの抵抗力の差を計算した。動的面内変形試験(2層間変位 $\pm 36 \text{ mm}$)の場合の計算結果を表-14に示す。ただし、中央の仮想梁から柱に伝達される水平力 P を、

$$P = R_A - R_B + S$$



図—51 仮想樞体柱の変形

測定位置		ジョイントのせん断変形量	
		層間変位 +10mm	層間変位 -10mm
垂直 ジョイント	1	0.2	0
	2	1.5	0.4
水平 ジョイント	1	6.3	6.8
	2	7.7	7.0

表—15 ジョイントのせん断変形

ここで、 R_A 、 R_B ：A型およびB型スライディングファスナーの抵抗力の合計

S ：水平ジョイントのシーリング材によって伝達されるせん断力の合計

と仮定し、柱を単純梁として計算したものである。柱の軸力の影響やスライディングファスナーおよびシーリング材以外のあらゆる影響は無視している（図—51参照）。この試算結果からもスライディングファスナーの影響が非常に大きいことがわかる。

以上検討したように、下層パネルは上層パネルに比較して大きな歪が発生しているが、全実験を通じてひびわれの発生にまでは至らなかった。しかし、施工精度、将来の錆発生などを考慮すると、A型ファスナーの使用は好ましくない。

6.6.3 ジョイントの変形

今回実験したPCカーテンウォールはパネルの下端を樞体に固定し、パネル上端をスライドできるように設計されている。したがって、スライディングファスナーが有効に働けば、水平ジョイントのせん断変形は層間変位の量とほぼ一致し、垂直ジョイントはほとんど変形しない。層間変位が±10mmのときの各ジョイントのせん断変形量を表—15に示す。

上層パネルはスライド率が大きくほとんど回転していないので垂直ジョイントの変形も非常に小さく層間変位±10mmでは0.2mm以下である。それに対して下層パネルは多少回転しているために垂直ジョイントの変形も若干大きくなっている。いずれにしても、水平ジョイントの変形量に比較すれば微々たる変形であり、性能上問題にならない。水平ジョイントの変形量は（下層の層間変

位）×（スライド率）で近似できるはずである。この方法で計算した結果は層間変位が+10mmのとき7.3～7.5mm、層間変位が-10mmのとき8.4～8.5mmとなる。実測値はこの計算値より若干小さいがほぼ一致している。したがってスライド率が大きくなれば水平ジョイントの変形量は層間変位量に近くなる。いずれにしても、ジョイント幅を20mmとすれば層間変位が±10mmのときのシーリング材の変形率は50%以下にすることができる。

面内変形要求性能を満足させるためには層間変位±10mmの面内変形を受けた後でも補修せずに再使用できなければならない。したがって、層間変位が±10mm以下ではシーリング材にも損傷があってはならない。ところが、本実験では層間変位±10mmの動的面内変形試験のとき（下層の層間変位は±5mm）に水平ジョイントのシーリング材が1か所界面はく離してしまった（図—58参照）。他の部分は層間変位±20mmでもまったく異常ないことから、この界面はく離の原因は材料によるものではなく施工上の問題と考えることができる。

6.6.4 面内変形実験のまとめ

層間変位±10mmの動的面内変形実験で、水平シーリング材が1か所界面はく離したことを除けば、本実験の供試体は要求されている面内変形性能を充分満足している。ただし、スライディングファスナーとしては、施工精度や将来の錆発生も考慮して、B型のものを使用すべきである。

なお、ガラスおよびガスケットはすべての面内変形実験を通じてまったく異状なかった。

§ 7. 結論

実大総合実験に用いた供試体はいくつかの予備実験を含めて十分に各性能を検討した結果設計されたものである。各実験を通じて要求性能をほぼ満足していることがわかった。しかし、さらに完全なものとするために、次の点に充分注意すべきである。

- (1) PCパネルのジッパーガスケット用溝の寸法精度は±0.5mm程度とする。特に溝の断面が傾斜しないようにする。
- (2) PCパネルの方立部の断面を大きくし、ひびわれの発生を極力防止する。
- (3) スライディングファスナーはB型を用いる。
- (4) シーリング材の施工に当っては水平ジョイントの方立側面部を特に注意する。
- (5) 15mm ガラス用ジッパーガスケットはD2型またはF

型を用いる。

- (6)ガラスとジッパーガasketとのクリアランスは10mm以内とする。また、ガラスの左右のクリアランスの合計は13mm以上、上下のクリアランスの合計は8mm以上になるようにする。

§ 8. おわりに

第25森ビルPCカーテンウォール工事は今回の実験結果を十分にフィードバックさせて無事完了した。

今回行った一連の性能実験はカーテンウォールの性能実験としてもっとも一般的な方法で行なわれた。実験方法にも種々の問題はありますが、このような性能実験を行なう場合、要求性能をいかに決定するかということがもっとも大きな問題である。要求性能はある程度法規で制

限されているものもあるが、大部分は設計者の工学的判断によらなければならない。ところが、PCカーテンウォールはまだ歴史も浅く、大きな外力を受けた経験がほとんどないこともあり、要求性能が明確に把握されているとはいえない。特に施工精度による性能のバラツキの問題および長期間使用後の性能低下の問題は今後の大きな研究課題である。

今回一連の実験を実施するに当っては第25森ビル新築工事作業所の全面的なバックアップがあった。ジッパーガasketに関する予備実験および実大総合実験の実施（試験装置の運転および測定）は旭硝子研究所に依頼したものである。スライディングファスナーに関する予備実験は三根直人氏の協力によるものである。また、材料の問題に関しては当研究所材料研究部の方々から多大な協力を得た。深く感謝の意を表する次第である。

