

# PC カーテンウォールの施工

## ——青山富士ビル——

千葉 剛 敏\*      石川 克 彦\*\*  
石川 正 治\*\*\*

### 要 約

青山富士ビルにおいて、外壁にタイルやサッシを打込んだPC板によるカーテンウォールを採用した。PCカーテンウォールは、最近では超高層ビルにも多く採用され始めているものの、歴史的にはまだ日が浅く、こうした最近の傾向を背景に、当社で計画から施工まで行った青山富士ビルの施工記録である。

### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 計画と製造
- § 4. 施 工
- § 5. シーリング工事
- § 6. 終りに

## § 1. はじめに

都市建築物の外装として、従来から鉄板やアルミなどの金属板とガラスを組合せた金属カーテンウォールが採用されてきたが、近年、意匠的に建物外観には重厚さを表現できるものが求められるようになり、こうした要求から、デザインに対する適応性、施工性、耐久性、経済性を備えたPC板（プレキャスト鉄筋コンクリート板）が、金属に代ってカーテンウォールとして使われるようになってきた。

PC板によるカーテンウォールは、1960年頃から使われ始めたが、我国における歴史は日が浅く、最近の構造解析理論の発展と材料、施工技術の進歩によって、建物の挙動に対する追従性の検討や高品質のPC部材の製造が可能になり、今では超高層ビルにも適用されるようになってきている。

\* 東京建築(支)新宿(出)主任  
\*\* 建築設計部設計課係長  
\*\*\* 東京建築(支)平和嶋(出)

当社においては、過去にいくつかのPCカーテンウォールを経験しているが、その施工実績についてはあまり報告されていない。

このたび、青山富士ビルの計画に際し、銀杏並木が続く神宮表参道の入口という環境の良い場所であり、周囲の景色にマッチしたデザインということから、タイル貼りPCカーテンウォールを採用することになった。以下にその施工記録を報告する。

## § 2. 工事概要

建物名称	青山富士ビル
建設場所	東京都港区北青山3-6-12
構造規模	鉄骨鉄筋コンクリート造
	地下1階地上9階塔屋1階
	延床面積 8,314m <sup>2</sup>
工 期	昭和52年3月～昭和53年10月
用 途	地下1階～地上3階 銀行
	地上4階～8階 事務所
	地上9階 機械室
設計・施工	西松建設(株)

## § 3. 計画と製造

### 3-1 基本方針

PCカーテンウォールの計画に当って、次のような基本方針を掲げた。

- i) 建物の軽量化を図り、外壁の断熱性能を上げるため、軽量コンクリートを採用する。

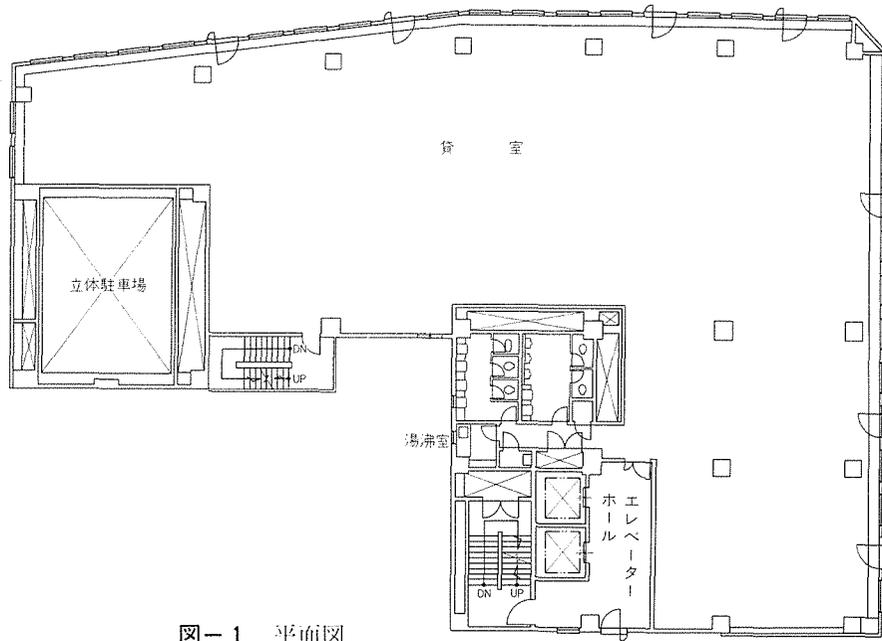


図-1 平面図

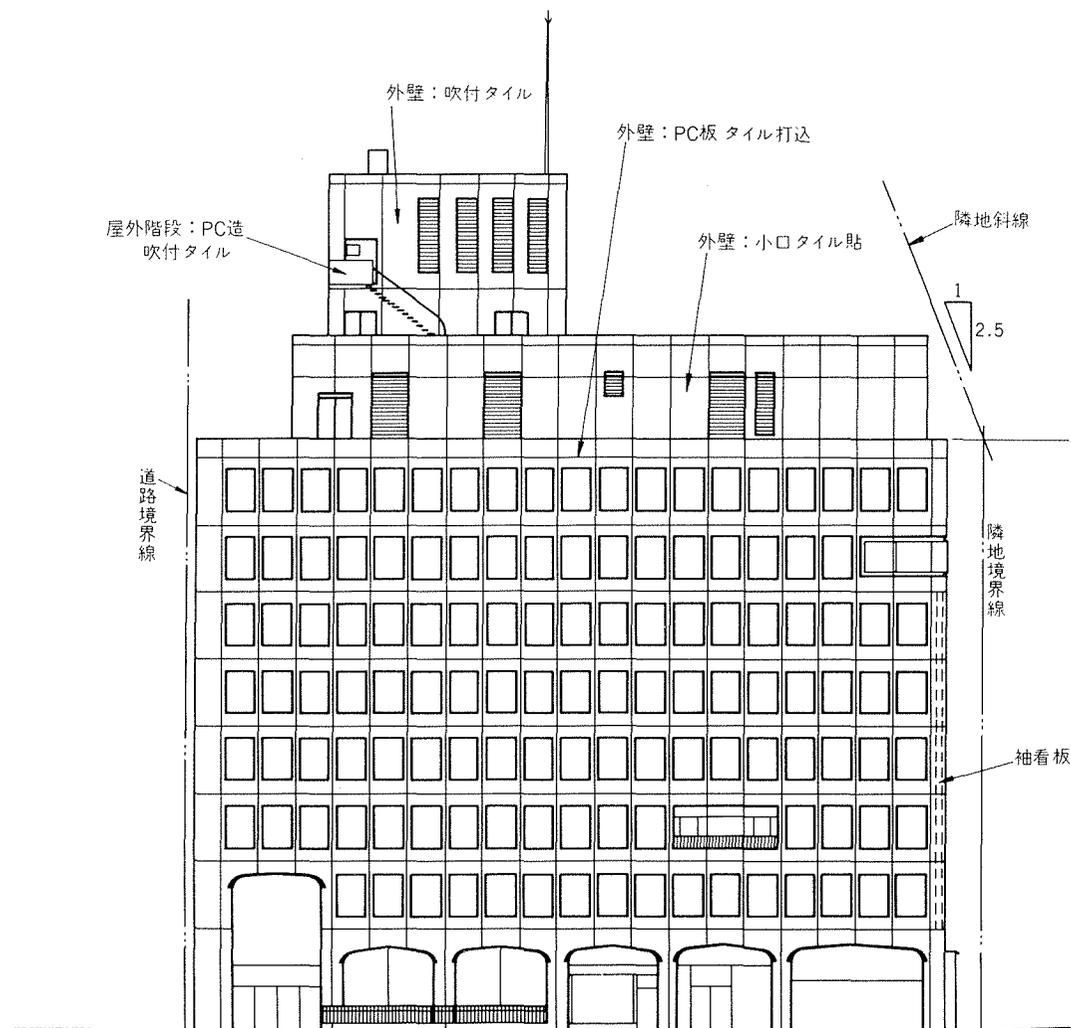


図-2 立面図



写真-1 青山富士ビル

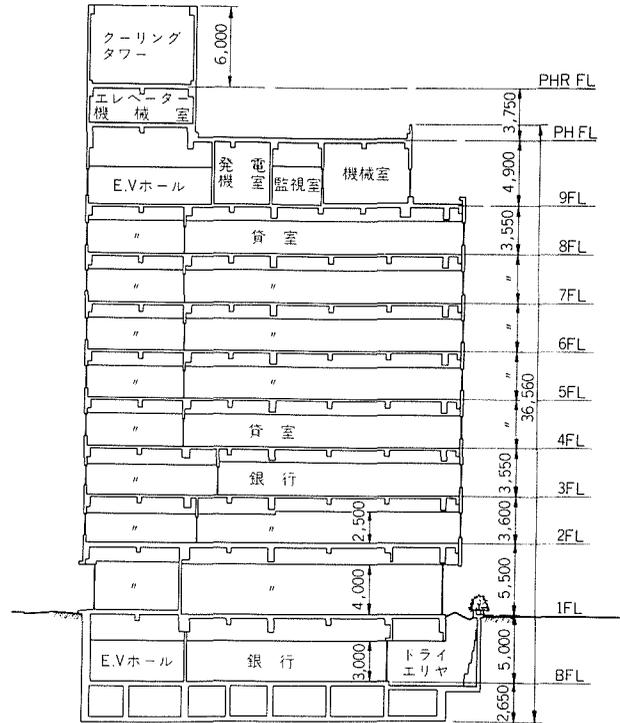


図-3 断面図

- ii) PC板にはタイル、サッシを打込み、タイルの剥離落下防止を図る。また、防音・防水等に対して、気密性、水密性の高いものとする。
- iii) PC板の取付けは、自重はもちろんのこと風圧力、地震力にも十分耐えられる構造とする。また、地震時における建物の挙動（層間変位）にも追従できるものとする。
- iv) 外部足場を必要としない取付方法とする。
- v) 人通りの多い場所でもあり、第3者に対する災害防止を最重点目標に、安全確実な施工法を採用する。

3-2 製作までのフローチャート

PCカーテンウォールの設計から製作までの作業の流れを図-4に示す。

3-3 PC板の概要

カーテンウォールに使用するPC板の概要は次の通り。

(1) 施工範囲

地上2階～8階までの外壁。ただし、青山通り、表参道に面する側。

(2) 形状及び寸法

標準パネル：高さ 3,530mm  
幅 1,947mm  
厚さ 200mm (最大300, 最小100)

(3) 種類及び数量

窓付標準パネル 160枚

窓付役物パネル	32枚
無窓パネル	58枚

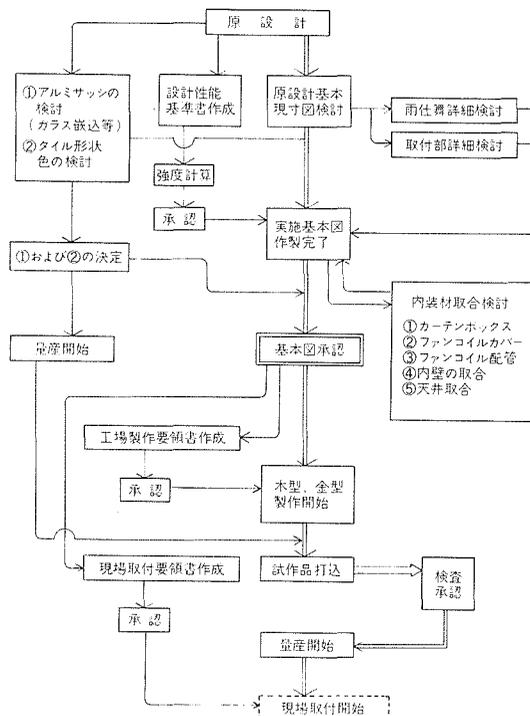


図-4 PCカーテンウォール製作までのフローチャート

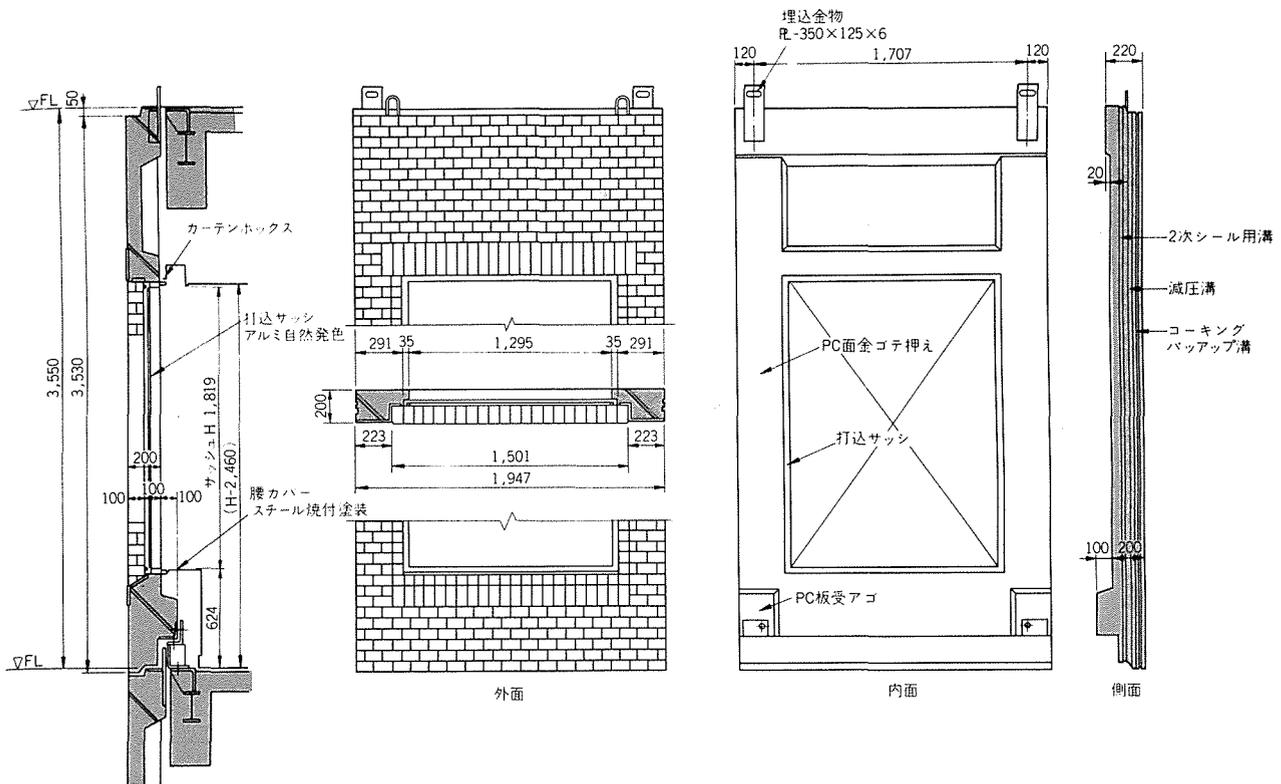


図-5 PC板姿図

- 笠木付パネル 28枚
- コーナー役物パネル 19枚
- 開口部脇方立パネル 6枚
- 合計 303枚 (延 2,210m<sup>2</sup>)

- (4) 重さ
- 平均重量 2.2t (最大 3.1t, 最小 1.4t)

3-4 PC板の製造

- (1) メーカー：湊建材工業（株）
- (2) 材料
  - セメント：普通ポルトランドセメント
  - 骨材：粗骨材＝人工軽量骨材  
細骨材＝川砂
  - 鉄筋：丸鋼SR-24 異形鋼SD-30  
ウェルドメッシュ（6φ）
  - 取付金物：SS-41 亜鉛メッキ処理，防錆ペイント塗装
  - タイル：珧器質施釉小口タイル（近江タイルKK）
  - サッシ：アルミ（自然発色）嵌殺し一部縦軸回

転窓（昭和アルミKK）

- (3) コンクリート強度
  - 設計強度：Fc (28) = 300kgf/cm<sup>2</sup> 以上 (29.4MPa)
  - 脱型時強度：Fc (18hr) = 120kgf/cm<sup>2</sup> 以上 (11.8MPa)
  - 比重：2.0

- (4) 製品精度
  - 製造に当って、型枠作成時及び製品完成時の製品精度基準を、表-1に掲げる数値とした。

表-1 PC板の製品精度基準

型枠作製時		製品完成時	
長辺長さ	±1%以下	長辺長さ	±3%以下かつ1/200以下
短辺長さ	±1%以下	短辺長さ	±2%以下かつ1/200以下
対角線の高さ交差	±2%以下	対角線の高さ交差	±3%以下
4辺の高さ	±1%以下	厚さ	±2%以下かつ1/200以下
埋込金物の寸法	±2%以下	埋込金物の寸法	±2%以下

(5) 製造方法

PC板の製造は、次の方法で行った。

鋼製型枠の上に、タイル目地幅と同じ寸法の溝を設け、ここにネオプレンゴムの目地棒を落とし込む。この溝は、タイル4～5枚毎に設け、タイルの曲り、変型等をこの間で処理し、タイルの列を整える。

次にこの目地棒を定規としてタイルを敷並べ、その他の目地にもゴム目地を入れる。全体に並べ終わったら、サッシを所定の位置にセットし、目地押えのモルタル(厚さ15mm)を流し込んだ後、配筋、埋込み金物セット、コンクリート打設を行い、金ゴテ仕上をする。

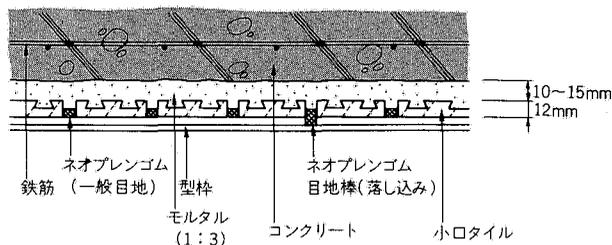
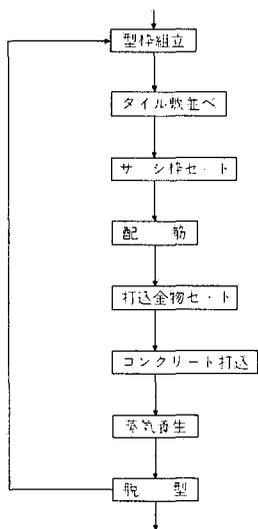


図-6 PC板の製造

表-2 PC板の製造工程フローチャート



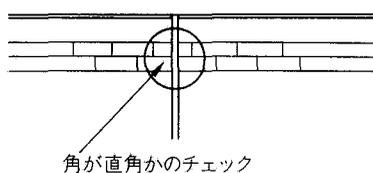
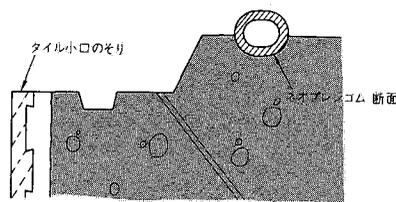
金ゴテ仕上を終わった後、硬化状態を見て蒸気養生を行う。養生温度は40～60℃とし、5～8時間、TOTAL=350℃Hrとする。脱型に必要なコンクリート強度の発現を待って脱型する。通常打設後15～18時間を要する。脱型時には、製品に無理な応力が生じないように治具を用いる。

(6) 製品検査

でき上がったPC板は、次の検査を行った。

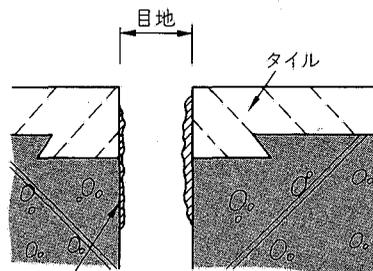
- i) 板寸法が許容誤差の範囲か。
- ii) 埋込み金物類があるか。(位置, 数量)
- iii) 板に割れやひびがないか。
- iv) タイルが正しく打込まれているか。
- v) サッシにキズや変色がないか。
- vi) セメントペーストがサッシ溝や目地部分に付着していないか。

図-7に、見落としやすいチェックポイントを示す。



立面

[タイル打込み後、目地が通らないためきたなく見える。]



[コーキングの接着不良を起し、漏水の原因になる。]

図-7 製品検査のチェックポイント

(7) 補修

- i) コンクリート欠損部の補修

ワイヤーブラシ等で表面をきれいに清掃し、水

で良くしめらせた後、アクリルエマルジョン入りモルタル（商品名プライマルM-30）のセメントペーストを、スポンジ又は布等ですり込み、モルタルで補修した。豆板やピンホールも同様に行った。

ii) タイル欠損部の補修

欠損部の周囲目地に電動カッターを入れ、ノミで所り取り、よく清掃した後、エポキシモルタルにてタイルを貼り替えた。モルタルが硬化した後、目地をつめ、水洗い清掃を行った。

3-5 ファスナー

PC板のファスナーは、躯体との接点となる重要な要素をなす部材であるため、事前に十分な検討、計画を行う必要がある。

当工事においては次のような方法を行った。

(1) 1次ファスナー

1次ファスナーは、溶接の正確さと現場での作業を省くため、PC板を取付ける小梁に鉄骨を入れ、鉄骨工場における製作段階で1次ファスナーの取付けを行った。その形状を図-8に示す。

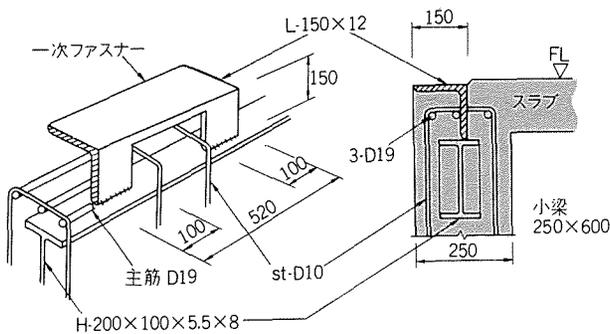


図-8 1次ファスナー

(2) 2次ファスナー

一般的に行われているのは1段式（下パネルの頭部と上パネルの底部をそれぞれ別のファスナーで取付ける方法）と2段式（一つのファスナーを兼用して上下パネルを取付ける方法）に分けられるが、今回の場合、PC板の幅が狭いため、2段式を採用した。この2段式は、レベル調整用ボルトのフクロナット類をコンクリート内に打込む必要がなく、後から処理できる利点はあるが、モーメントが大きくなるため、ファスナーの構造体が複雑かつ大きくなり、製作単価も割高になる欠点がある。

2次ファスナーの形状を、図-9に示す。なお、1次、2次ファスナーの構造耐力は、PC板1枚当り

最大風圧 1.5tf、地震力 0.4tf として検討した。

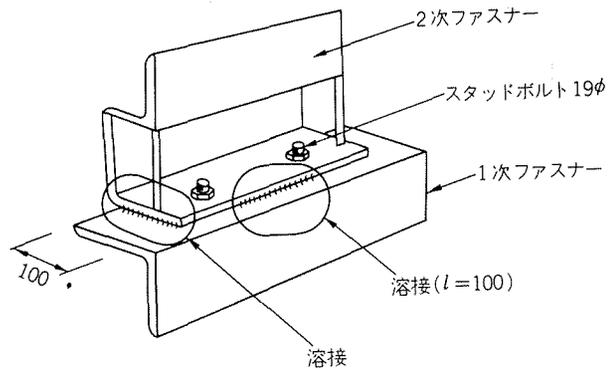


図-9 2次ファスナー

(3) ファスナーの固定

2次ファスナーの取付けは、一般には躯体コンクリートにボルトを打込み、そのボルトに取付ける場合が多いが、今回は当建物の躯体がSRCで、しかも建物形状がやや変形しているため、ボルト打込み位置の難かしさとコンクリート打設毎にボルトセットの煩雑さを考慮して、2次ファスナーの仮取付け用としてスタッドボルトを採用した。

PC板取付完了後、1次ファスナーと2次ファスナーを溶接して本取付けとした。

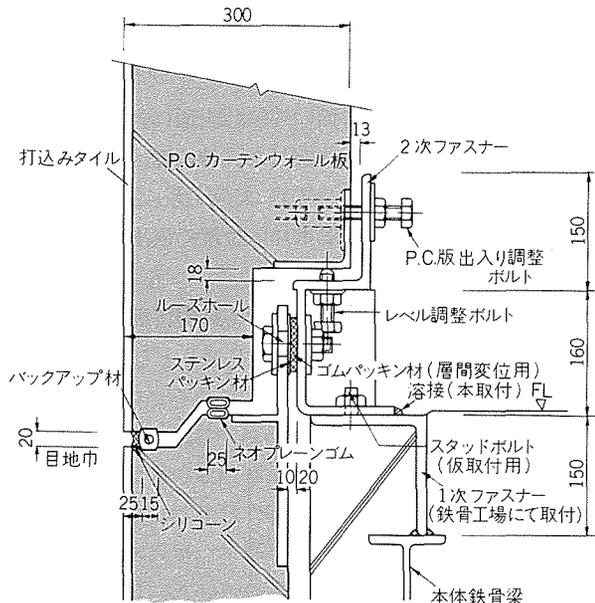


図-10 PCカーテンウォール取付詳細図

§4. 施工

PCカーテンウォールの施工における作業の流れは、図-11のようにになっている。

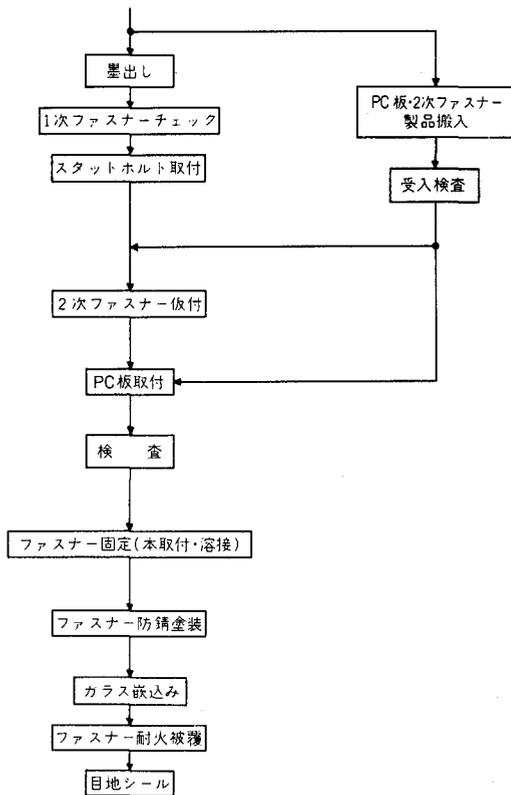


図-11 施工のフローチャート

4-1 各施工段階における作業内容

(1) 墨出し

- ・レベルに対する基準墨は、BM 柱を決めて各階毎に墨出しを行った。
- ・パネル割付墨は、床面に外壁仕上面の返り墨を打ち、それに割付芯出しをした。その際、墨はなるべく手前まで長く延しておくこととチェックしやすい。なお、同時にスタッドボルト位置の墨出しも、併せて行った。
- ・墨出しの基準は、建物がやや不整形であるため、ほぼ建物中央部の4通り及びE通りとした。(図-12, 図-13参照)

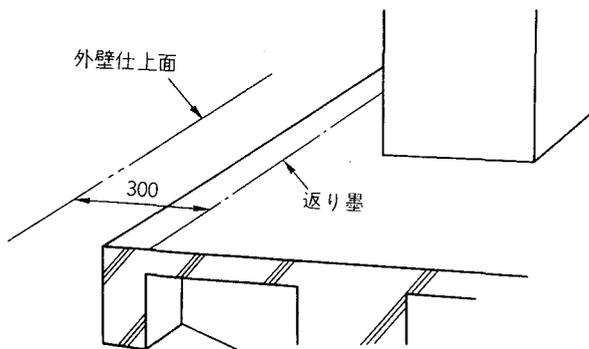


図-12 床面墨出し

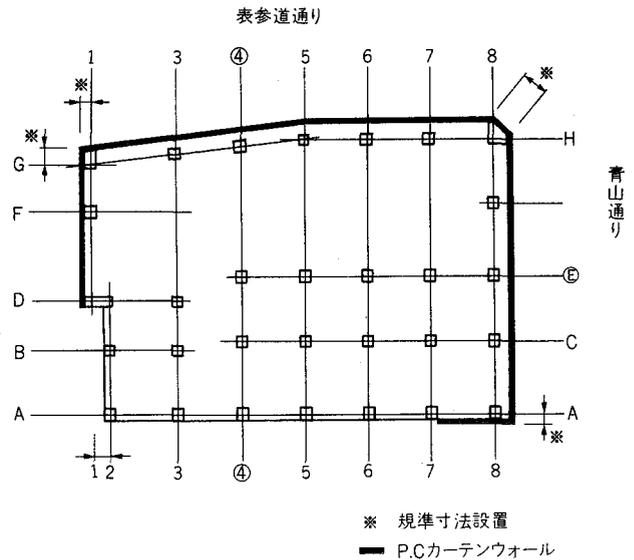


図-13 平面図

(2) 1次ファスナーのチェック

墨出し作業と並行して、1次ファスナーのレベル、芯寄り、ファスナー下のコンクリートが十分廻っているか等のチェックを行った。これらのチェックは、2次ファスナーとの納りに大きく影響を与えるため、事前に十分調査し、万一誤差がありすぎたりしたときは2次ファスナーの製作変更や取付時の資料となる。また、取付用調整金物の手配や業者との打合せ資料にも活用された。

(3) スタッドボルトの取付

スタッドボルトの打設作業員は、その資格免許を確認し専任者を定めた。また、施工に先立ち、作業日ごとに試験打ちを行わせた。

打設作業は、打設面を事前にサンダー掛けし、正しい位置に打設した。

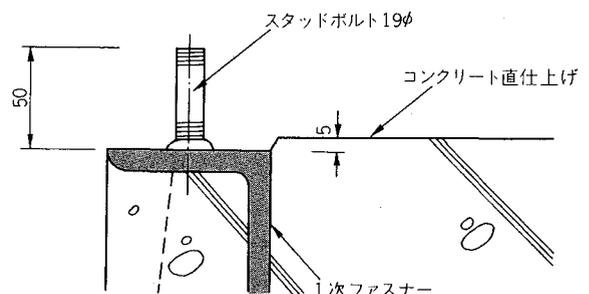


図-14 スタッドボルトの取付け

(4) PC板取付け

- ・取付け作業は、図-15のようにD通から時計廻りの方向で行った。

- ・ストックヤードは、高層階コンクリート打設前よりPC板の取付を開始したため、最初4階低層部屋上を利用し、屋上階打設後、当階に移設した。(図-15参照)

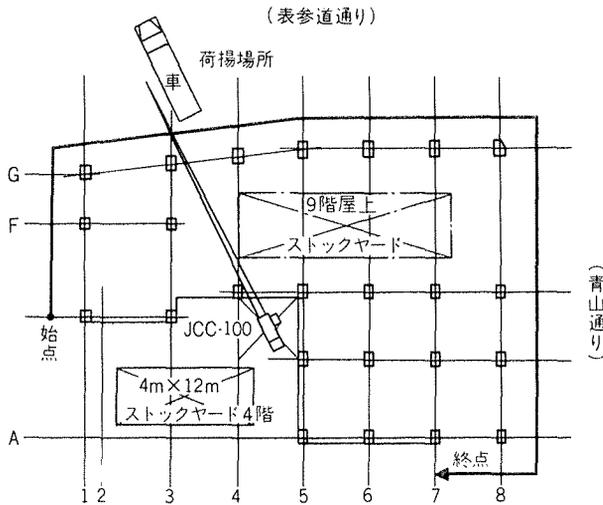


図-15 スtockヤードの位置

- ・置場は山留鋼材を利用して床に敷き、足場板を並べた。
- ・パネルの吊込みは、パネルに埋込まれた脱型用フック(13φ)4ヶ所に台付けワイヤーをかけ、JCC-100にて取込んだ。
- ・パネルの建起しを行う時は、パネル下に養生ゴムマットを敷き、角当てしながらチェーンブロック(1.5t)で行った。(図-16参照)

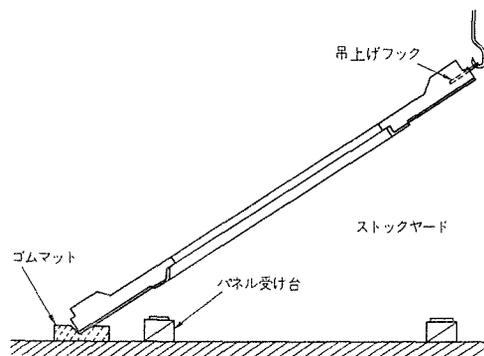


図-16 パネル建起し

- ・パネルに埋込まれたフックは、取付けが終了した後、ガスで切断した。このとき切断個所には火花落下防止カバーを付け、切断跡に錆止め塗装を行った。

- ・パネルの取付けは、取付階の上階にレベルを据え、吊込まれたパネルの天端に定規を当てながらレベル調整を行い、下階の水平、垂直目地幅を考慮しながら行った。(図-17参照)

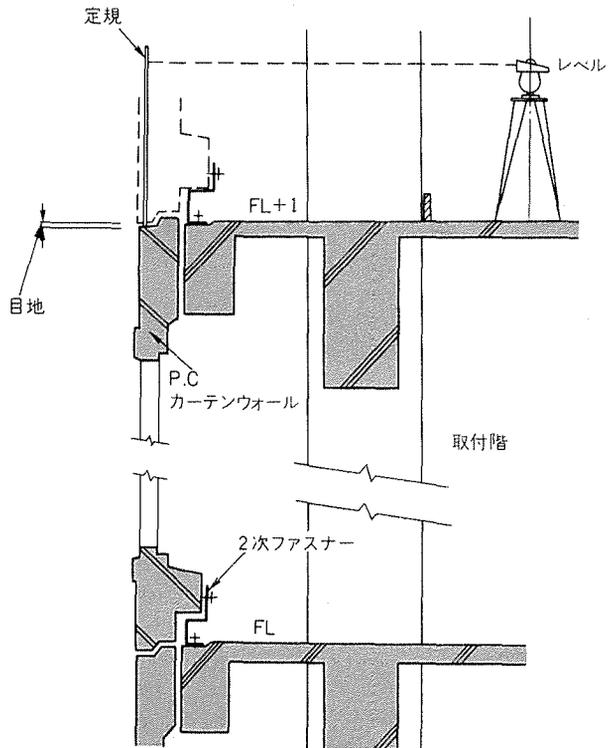


図-17 パネルのレベル調整

青山通りと表参道との交差点に面するコーナー部は、当ビルにおけるポイントでもあり、しかも1階から最上階までの建入れが目視できるところでもあるため、取付けは特に入念に行った。

(5) 検査

取付作業に伴う検査は、下記の項目について行った。

i) 吊込み仮付け時

- ・部材記号の確認
- ・製品の最終確認検査
- ・仮付け状態の安全確認

ii) 微調整、本締め時

- ・寸法誤差の確認
- ・目地幅の確認
- ・外観上の目視検査
- ・ボルト締付け確認
- ・パネルと躯体の隙間確認

(6) ファスナー固定

パネルを吊込んだら、1次と2次ファスナーをボ

ルトで仮固定し、前記の検査が終了した後、溶接で固定した。ファスナー取付面は、取付前にワイヤーブラシで必ず清掃させた。また、溶接工は、できるだけ同一者に行わせるようにした。

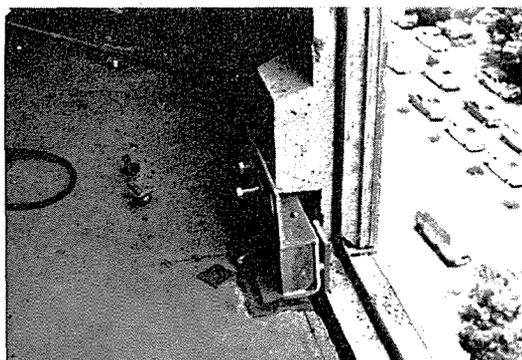


写真-2 PCカーテンウォール、仮取付中

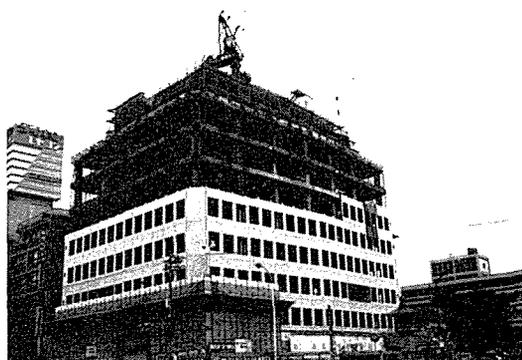


写真-3 PCカーテンウォール取付施工中

#### 4-2 揚重計画

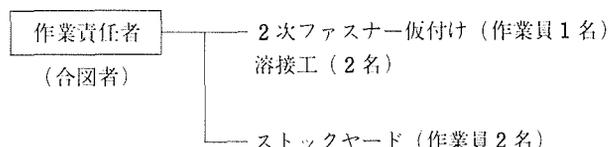
揚重作業の概要を図-18に掲げる。

#### 4-3 作業員の構成

パネル取付作業員は、作業責任者を含めた4名と溶接工2名を加えた計6名で構成した。組織図を表-3に掲げる。

なお、作業責任者とクレーンオペレーターの連絡には、有線（通称レシーバー）を使用した。

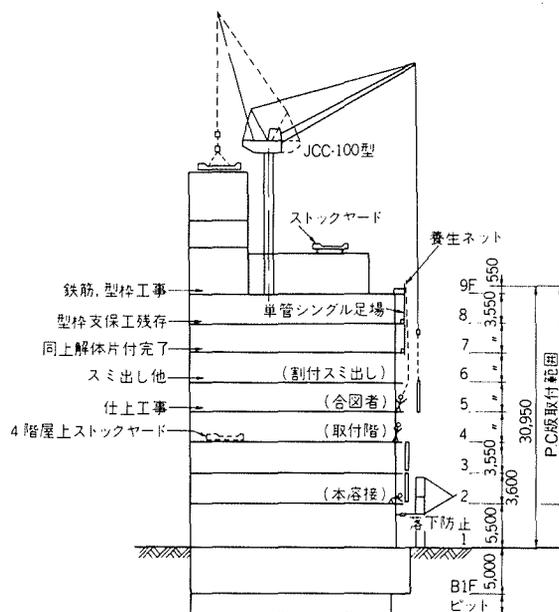
表-3 作業員の編成



#### 4-4 安全対策

施工に当っては、次のような安全対策を施した。

- ・外壁面には全面ネットを張り、パネル吊込時だけそ



- JCC-100にて都道側より取込む。
- 日曜日、祭日の取込みは行わない。

図-18 揚重作業の概要

の部分を外して取込む。

- ・合図用に有線を設け、予備1台を設置する。
- ・作業前には、治具、工具類の点検整備を必ず行う。
- ・パネル搬入時には、車の誘導とバリケードの設置を行う。
- ・クレーン運転者と作業責任者を混じえ、作業前に必ず打合せ、連絡を密にする。
- ・溶接作業時は、必ず防災シートを使用する。
- ・電源は専用回線を設け、取扱者は専任とする。
- ・作業は全て有資格者が行う。
- ・クレーンは、パネル重量の制限作業半径内で稼働させる。
- ・パネル取付時は、必ず補助ロープを取付ける。
- ・作業員は服装を正し、保安帽と安全帯を着用させる。
- ・運搬中の安全運転励行と事故発生時の電話連絡を徹底させる。
- ・作業終了時の跡片付け清掃厳守。

以上のほか毎日の安全工程会議には、確定した車の出入状況、クレーン運行表、安全指示書を渡すなどの管理を行った。

#### 4-5 実績

- ・実質工程 (53, 5/27~53, 7/22) 35日間 (日曜、祭日、作業中止日は含まず)
  - ・パネル枚数=303枚
  - ・2次ファスナー個数=706個
  - ・取付総人工=135人工
  - ・ファスナー溶接工=15人工
- } 総人工数=150人工

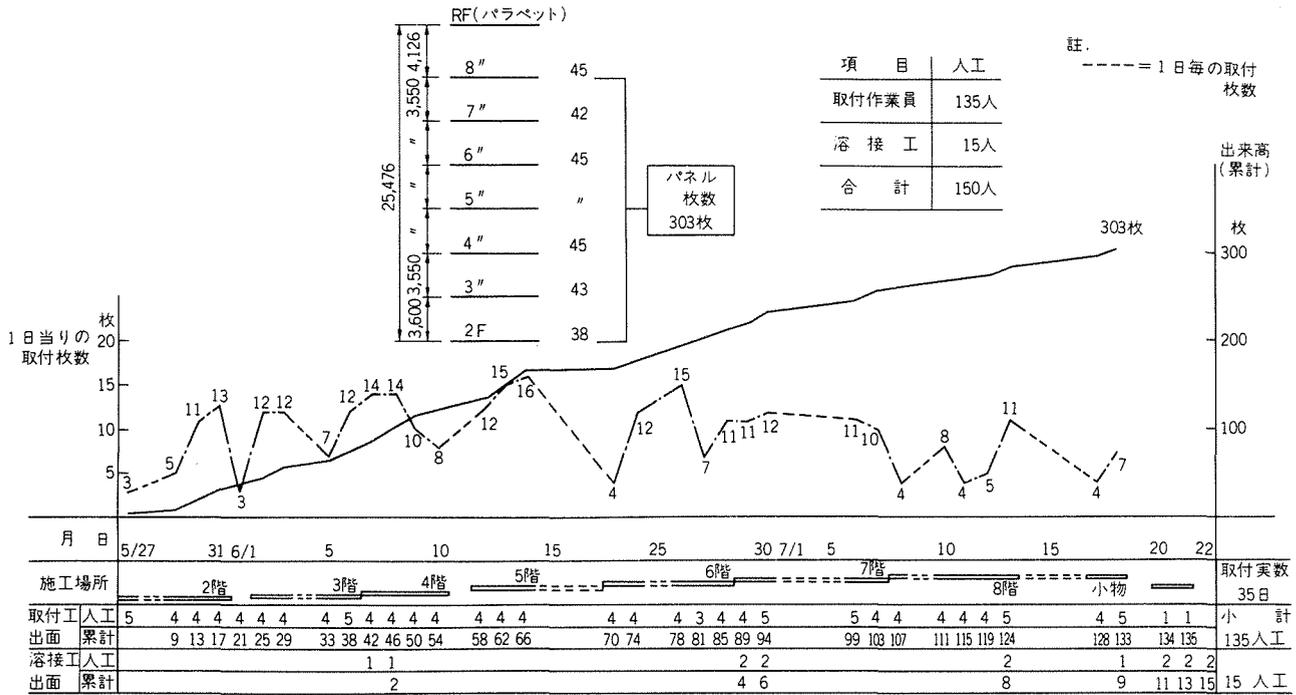


図-19 PCカーテンウォール工事実績グラフ

- i) 1日平均のPCパネル取付枚数  
 $303 \text{枚} \div 35 \text{日} \approx 8.7 \text{枚/日}$
- ii) PCパネル取付に対する平均人工  
 $303 \text{枚} \div 135 \text{人工} \approx 2.24 \text{枚/人工}$   
 (最終微調整補修まで含む)
- iii) ファスナー溶接ヶ所に対する溶接工  
 $706 \text{ヶ所} \div 15 \text{人工} \approx 47 \text{ヶ所/人工}$
- iv) 枚数と総作業員の比較  
 $303 \text{枚} \div 150 \text{人工} \approx 2.02 \text{枚/人工}$

§5. シーリング工事

PCカーテンウォールジョイントシールの設計仕様は、ポリサルファイド系シーラント(チオコール)になっていた。しかし、最近、このシーラントは各方面で問題がおきており、永い耐用年数を要求されるこうした建物のシーラントについては、十分な検討を行う必要があった。そこで当ビルにおいては、シーリング材の選択基準として、諸条件の中での試験を行い、その結果を見て選択することにした。

ジョイント部の詳細を図-20に掲げる。

5-1 シール材試験

試験は、チオコール系(2社)及びシリコーン系(1社)のシール材3つを選んで行った。

試験概要は次の通り。

1) 供試体

シーリングがタイルとコンクリートにまたがるた

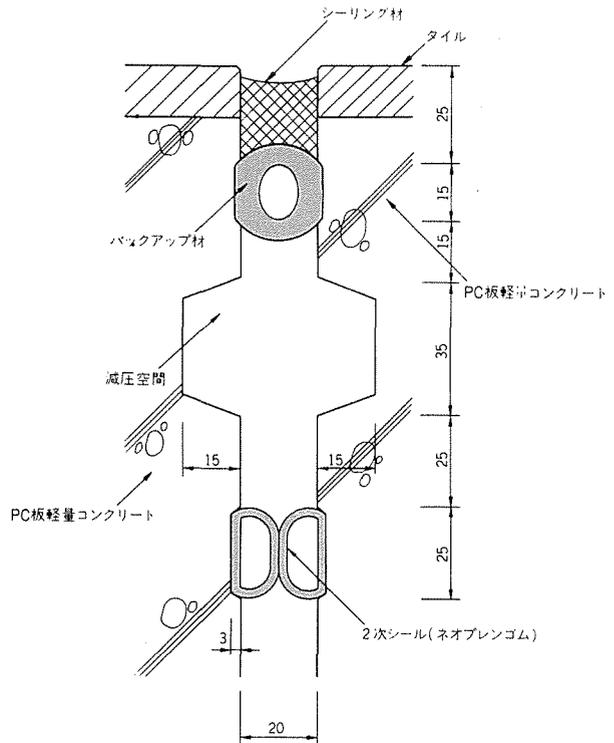


図-20 PC板ジョイント部

めタイル及びPC板を使用して、それぞれにシーリングした供試体を作成した。

2) シール材及びメーカー

- i) シリコーン系 信越化学 KE70RTV プライマ

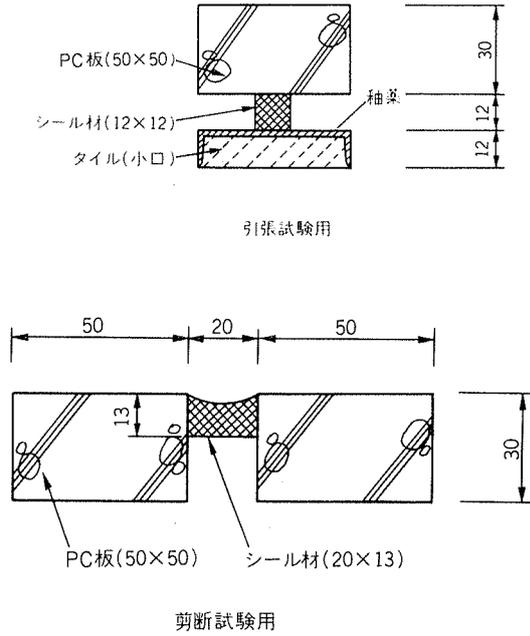


図-21 供試体

— R — 3

- ii) チオコール系 サンスター化学ベタシール#169  
プライマー BC-2
- iii) チオコール系 日興社  
ニッシール N-770  
プライマー P-1124

3) 試験方法

- i) 測定項目
  - ・ 50%モジュラス引張応力 (kgf/cm<sup>2</sup>)
  - ・ 150%モジュラス引張応力 (kgf/cm<sup>2</sup>)
  - ・ 最大引張応力 (kgf/cm<sup>2</sup>)
  - ・ 最大荷重時の伸び率 (%)
  - ・ 破壊状態 (CF, AF) 目視

ii) 引張速度 50mm/min

iii) 剪断変形率 70%

iv) 剪断変形回数 2,000回

4) 試験条件

供試体は全て現場内で作成し、7日間現場養生後、次の状態で養生された。

- 初期：50℃で7日間養生
  - 耐水：水中で7日間養生
  - 加熱：80℃で7日間養生
  - 高温多湿：50℃、湿度98%で7日間養生
  - 圧縮加熱：30%圧縮、80℃で7日間養生
  - 引張冷却：50%引張、-10℃で7日間養生
- 上記養生後、4時間標準養生を行いテストした。

なお、供試体はそれぞれの養生方法について3個づ

つとした。

試験結果は、シリコン系では800%以上の伸びがあり、破断時の状態も全てゴム切れ（凝集破断）であった。しかし、チオコール系はほぼ同程度の性能を示していたものの、圧縮加熱においては極端に弱い面があり、カーテンウォールのように挙動の大きな部位への使用は避けた方が良くと判断し、当現場においてはシリコン系シーラントを使用することにした。

シリコン系シーラントは、次のような特長を持っている。

- i) 耐候、耐久性に優れている。
- ii) 耐熱、耐寒性に優れ、温度による物性変化が少ない。
- iii) オゾンや紫外線による物性変化が少ない。
- iv) 低温での施工性が良い。
- v) 取扱いが容易で毒性がない。

5-2 施工

シーリング工事の施工手順と注意事項を図-22に掲げる。

5-3 施工管理

シーリング工事の施工に当っては、次の管理を行った。

- i) 施工時期が夏期であったので、夏期用の製品を使用しているか、製造番号と製品の確認。
- ii) 混合攪拌制限時間の厳守。
- iii) 2時間以内に使用可能な分量の混合攪拌。
- iv) 雨天時の作業中止。
- v) 接着面の清掃とプライマーの適正塗布。
- vi) 目地交差部に気泡が入らぬように指導。
- vii) 養生テープの励行。
- viii) シール後の降雨に対するビニールシートの養生。

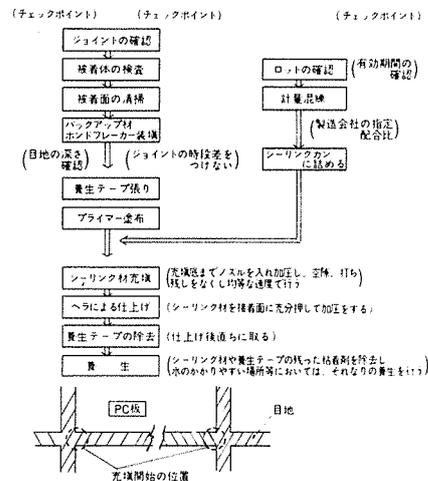


図-22 施工手順とチェックポイント

○の交差部に気泡が入らないように注意する

#### 5-4 安全対策

交通頻繁な場所で、前面道路の地下鉄工事と競合していたため、十分な防護柵が設置できなかった。そこで次のような事項に注意した。

- ・ 施工前には必ずゴンドラの点検。
- ・ 安全帯の着使用。
- ・ 養生テープ等のゴミは、必ず袋に入れて処理する。
- ・ ゴンドラ直下にはバリケードを設け、監視員をつける。
- ・ ゴンドラ移動時は、絶対作業員は乗らない。
- ・ 1日の作業が終了したら、ゴンドラは屋上に戻し、電源を切る。

なお、オーバブリッジ（落下防止柵）は、歩道面が仮設覆甲板（鋼製）のため設置できず、朝顔養生とした。

### §6. 終りに

弊社において、このような大がかりなPCカーテンウォールの施工はあまり例がなく、現場担当者の我々も初めての経験でありましたが、社内外を問わず皆様の御協力のお蔭で無事竣工することができました。関係各位の方々の御指導と御鞭撻を賜り、深く感謝する次第です。