

# 外壁大型陶板の施工

白石博之\* 高橋 良\*\*  
森山秀雄\*\*\*

## 要 約

本論文は美々卯新橋店新築工事において外壁仕上材として採用された大型陶板の施工報告である。  
この陶板は畳1枚もある大きなもので、過去にこうした陶板の施工例をみないため、陶板の物性試験、施工に伴う問題点などを調査し、剥落防止を最重点に検討した結果、エポキシ樹脂による陶板の補強、ステンレス金物による躯体への取付けなどを実施した。

## 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 陶板の概要
- § 4. 陶板の施工
- § 5. 終りに

## § 1. はじめに

外壁に用いられる陶磁器製品といえば、タイル・テラコッタがその代表的なものであるが、その大きさは、小口タイル(50mm×108mm)、2丁掛タイル(50×227mm)等が代表的なものであり、これより大きな3丁掛、4丁掛タイル等を取付ける場合は、接着力を増すために、銅線その他による補強を行うのが通例である。

これに対して、今回設計図で表示されている陶板は、いろいろな形状があるものの、平板では約1,800(h)×800(w)×100(t)という、これまでの焼物の常識をはるかに越える寸法の製品である。

外壁にこのような大型陶板が用いられている例は、まだほとんどない。

これは陶板の色調、紋様が独特のものであり、採用しやすい建物に制約を受けることに加え、製品製造及び取付け方法のむずかしさもその一半を負っていると考えられる。

今回の工事では、陶板は支給品であったが、我々が工

事入手後、窯元で製品調査を行なったとき、すでに窯元は、1年以上も前から陶土の組合わせ、色調決定のための試験焼などを経て若干の製品ができ上りつつあったが、特殊な形状の製品の製作方法など未だ試作段階であった。

## § 2. 工事概要

工事名称 美々卯新橋店新築工事  
工事場所 東京都港区新橋2-5  
企業先 美和産業株式会社  
設 計 榎朝日建築設計事務所  
工 期 昭和52年6月～昭和53年9月  
構造規模 SRC造 地下1階地上8階  
延床面積 1,899m<sup>2</sup>  
外壁正面陶板張り(支給品)  
その他吹付タイル仕上げ

建物平面を図-1に、外観を写真-1に掲げる。

## § 3. 陶板の概要

陶磁器は、粘土質原料のほかに陶石、ろう石、珪石、長石など硫酸塩鉱物の粉末を混ぜて水を加えながら良く練った後成型し、これを高温で焼くと焼結する性質を利用して製造される。化学的には強アルカリとフッ化物には侵されるが、その他のものには強く、耐酸性・耐アルカリ性など耐薬品性に富んでいる。硬さや吸水率などの物理的性質は、焼成温度によってかなり異なり、焼成温度の高いものから順に磁器・陶器・土器の3種に区分される。実際の製品では、磁器と陶器の間に炻器がある。また、陶器の中にも半磁器・硬質陶器などの細かい分類もあるが、磁器から陶器への移り変りは連続的なものであって、無理に分類することはあまり意味がない。

表-1に建築用陶磁器の概略を示す。

\* 東京建築(支)多摩建築(出)所長  
\*\* 東京建築(支)渋谷(出)  
\*\*\* 東京建築(支)多摩建築(出)

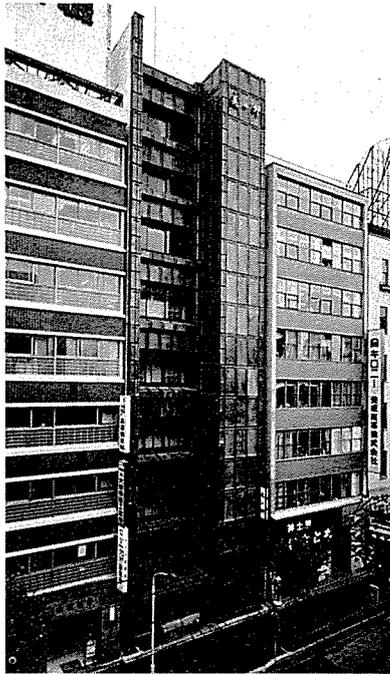


写真-1 外観

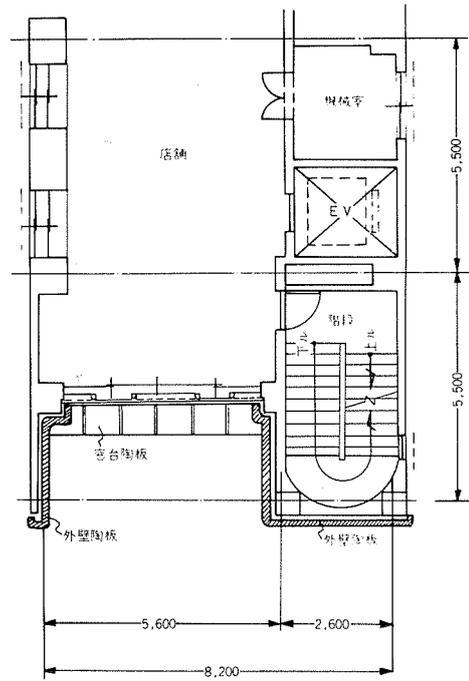


図-1 平面図

表-1 陶磁器の性質と用途

区分	特性	性質	焼成温度		原料	吸水率 (%)	製品
			1回 (素地を焼く)	2回 (釉薬をかけて焼く)			
陶磁器	磁器	素地は白色、透明性、吸水性なし、表面は球状または貝がら状、硬い。施釉、無釉ともある。軽く打つと金属性の澄んだ音を発する。	素焼 900~1,000℃ 1回焼きの場合は1,300~1,400℃	本焼 1,300~1,400℃ 1回焼きの場合は1,300~1,400℃	良質の原石 および 少量の粘土	0  1未満	外装タイル 内装タイル 床タイル モザイクタイル
	炻器	一般に素地は有色、不透明、吸水性は少ない。施釉、無釉ともある。軽く打つと澄んだ音を発する。	素焼 900~1,000℃ 1回焼きの場合は1,300~1,400℃	本焼 1,300~1,400℃ 1回焼きの場合は1,300~1,400℃	原石 および 多量の粘土	1以上  10未満	外装タイル 内装タイル 床タイル
陶器	陶器	素地は白色または有色、不透明、吸水性やや大。施釉のものが多く無釉のものもある。軽く打つと濁った音を発する。	素焼 1,200~1,300℃	本焼 1,000~1,300℃	粘土 および 原石	10以上	外装タイル 内装タイル
	土器	素地は有色、不透明、吸水性大。無釉のものが多く施釉のものもある。軽く打つと濁った音を発する。	素焼 500~800℃	釉焼 500~800℃	粘土		赤レンガ 瓦

3-1 陶板の種類

当工事に使用した陶板の形状、数量等を図-2に示す。  
 陶板メーカー：滋賀県甲賀郡信楽町、近江陶芸（株）

部位	姿 図	数量及び重量
壁		133枚 260kg/枚  140セット(上+下)
窓台 下り壁		48枚 250kg/枚  48枚 250kg/枚
窓脇 及び入隅		42セット

図-2 陶板の形状と寸法

3-2 陶板の性能

本工事で支給された陶板は、原料及び焼成温度から推定して炆器質に該当すると考えられる。しかしこの陶板は、通常のタイルよりもはるかに大型で厚みもあり、また、窓台などのように特殊な形をしたものもあって、焼き上がった製品にはかなりのひびわれが観察された。これは窯の中でおよそ1,400℃の高温を受けて乾燥収縮が起るためで、実際には目に見えないひびわれも多数存在する筈である。ちなみに外壁板の収縮状況を調査したところ、陶土で型を作った段階の寸法は、2,000×900mmであったが、焼き上がった製品は、1,770×810mmと約10%の収縮があった。陶板に発生している主なひびわれ状況を図-3に示す。

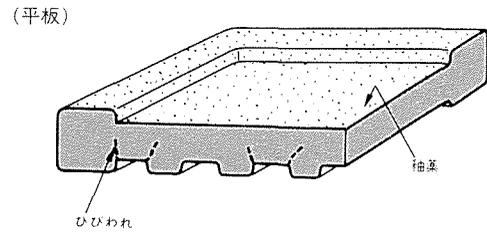
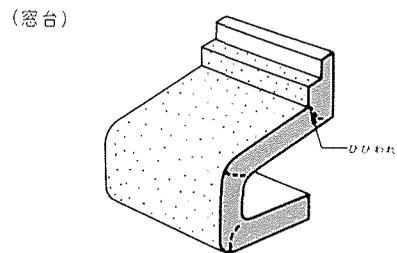


図-3 陶板のひびとわれ

補強リブなど厚みの異なる部分は、乾燥収縮のむらによりひびわれが発生している。



曲り部や肉厚の変わる部分にひびわれが発生している。このような形状のものは、窯の中で熱の受け方が、部分部分で一様でなく、乾燥収縮速度のバラツキが出るためどうしてもひびわれが出やすい。

このような陶板を実際に施工するに当たって、次のような問題点があった。

- 目視できないひびわれ、板内部の気泡、焼成むらなどを含めた陶板の強度はどの程度あるのか。
- 外部に使用するため、凍結融解による損傷はないか。また、どの程度の吸水性があるか。(特に裏面の無釉

部分)

○陶板は滋賀県の窯元からトラック輸送されるため、焼成時に発生した収縮ひびわれのほか、運搬積み降ろしによる欠け、ひびわれがある。製品の取替え、焼直しは簡単に行えないので、こうした陶板の補修をどうするか。また、補修部分は、どの程度の強度があるか。

○1枚 250kg もある陶板の取付方法をどうするか。ボルト埋込みとした場合、その施工法、位置、強度、防錆処理など。

以上の問題点を解決するため、各種の試験を行った。その試験概要を以下に記す。

(1) 圧縮強度試験

陶磁器の圧縮強度試験方法は、JISに規定されていないため、陶板を60mm×60mm角に切断したものを、試験片とし、その耐圧強度を求めた。表-2に圧縮試験結果を示す。この陶板の圧縮強度としては、約400kgf/cm<sup>2</sup> (39.2MPa) と考えられた。

表-2 陶板圧縮試験結果

試験体	平均圧縮強度	備考
No.1	421kgf/cm <sup>2</sup> (358~521kgf/cm <sup>2</sup> )	試験片6ピース
No.2	478 " (431~521 " )	"
No.3	591 " (439~667 " )	"

(註) 1kgf/cm<sup>2</sup>=0.098MPa

(2) 曲げ強度試験

曲げ強度試験方法は、JIS-A-5209(陶磁器質タイル曲げ試験)に準じて行った。

ここでは陶板の健全部及びひびわれ補修部について、それぞれ次のような試験体を作り、載荷した。

- i) ひびわれのない無疵なもの。
- ii) ひびわれ破断面にエポキシ樹脂塗布し、貼合わせたもの。
- iii) 上記と同じ処置をし、かつ破断面にはステンレスのダボ(4φ, l=60mm)を使用したもの。
- iv) 破断までに至らないひびわれ部に、エポキシ樹脂を機械注入したもの。

試験体、載荷方法、試験結果を図-4及び表-3に示す。

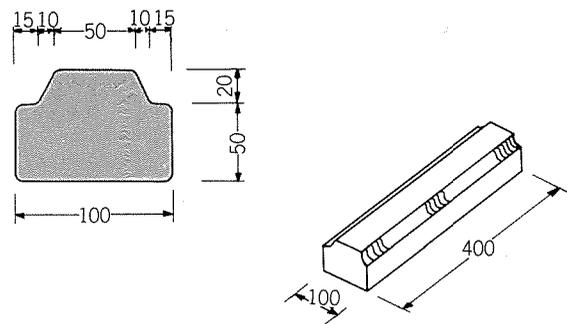
その結果、曲げ破壊応力度としては約100kgf/cm<sup>2</sup> (9.8MPa) と考えられた。

(3) 吸水率及び凍結融解試験

i) 吸水率

吸水率の測定は、JIS-A-5209に基づいて行った。

〔試験体〕



〔加力方法〕

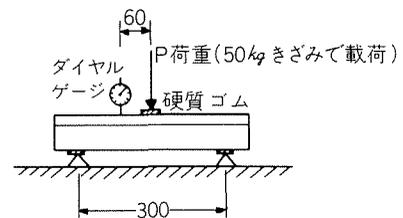


図-4 試験体の断面と加力方法

表-3 曲げ試験結果

試験体状況	試験片	曲げ強度(平均)	破壊状況
i)	6ピース	122kgf/cm <sup>2</sup>	載荷点で破壊
ii)	6 "	111 "	載荷点で破壊 接着面での破壊なし
iii)	3 "	89 "	載荷点で破壊 ダボ穴部の樹脂注入不良
iv)	3 "	102 "	載荷点で破壊 接着面での破壊なし

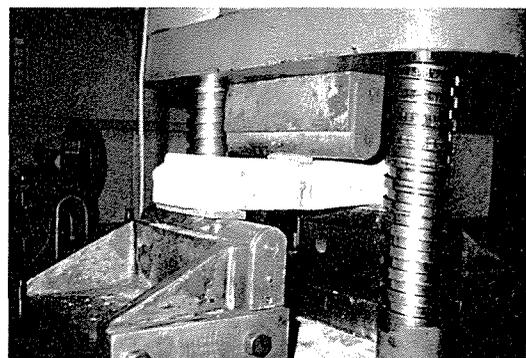


写真-2 陶板曲げ試験

試験体は、陶板の平坦部、周辺フレーム部からそれぞれ2片ずつ採取した。

その結果、4.0~4.5%の範囲を示し、陶板の吸水率としてはおよそ4.5%と考えられた。

ii) 凍結融解試験

凍結融解試験は、滋賀県立信楽窯業試験場に依

頼した。JIS-A-5209に基づいて行われた結果、10繰り返しして凍害テストを行っても何等異常が認められなかった。

(4) 埋込みボルト引張耐力試験

陶板を取付けるためには、どうしても陶板にボルトを埋込む必要がある。そこで実際にボルトが埋込まれる状態をいくつか想定し、そのときの引張耐力を試験した。なお、ボルトの太さは、陶板の自重などを考慮して検討した結果、9φボルトを採用することにした。また、陶板とボルトの接着には、エポキシ樹脂を採用した。以下に試験概要を記す。

i) ボルト埋込み方法

Aタイプ……全ネジボルトをそのまま埋込む。

Bタイプ……ナットを埋込み、そこにボルトを差し込む。

ii) 取付位置

(イ) 陶板の裏面

(ロ) 陶板の側面、へりから30mmのところ。

(ハ) " " , へりから50mmのところ。

iii) 試験方法及び試験結果

図-5に試験方法、図-6に試験結果を示す。

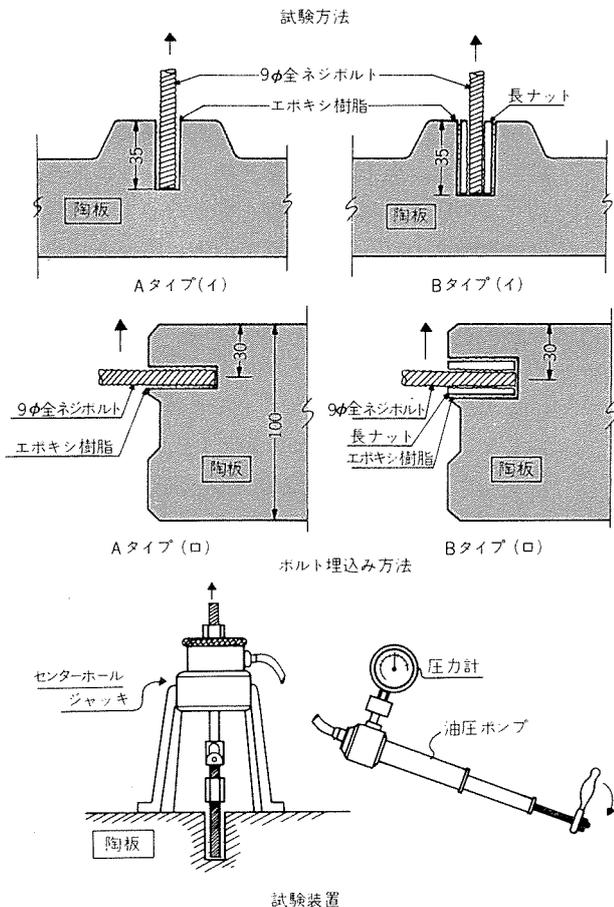


図-5 試験方法

埋込み方法	試験片	平均引張力	破壊状況
Aタイプ (イ)	6ピース	880kg	
Bタイプ (イ)	7 "	1,640 "	
Aタイプ (ロ、ハ)	6 "	560 "	
Bタイプ (ロ、ハ)	5 "	700 "	

図-6 埋込みボルト引張耐力試験結果

試験では、接着部分からのボルト、ナットの抜けは無かったが、ボルト直埋めの場合、穿孔径が小さいこともあって、エポキシ樹脂が穴底まで十分に充填されず、表面より20mmぐらいしか接着されていなかった。そのため引張耐力は、穴底まで充填されていたナット埋込み方法では、平均1,640kgf/本もあったのに対し、ボルト直埋めでは平均880kgf/本しか無い。しかし、接着長さに対する引張耐力の割合は、ボルト直埋めが45kgf/mm、ナット埋込みが50kgf/mmとあまり差がなく、エポキシ樹脂の充填を十分に行えば、ボルト1本で自重の約6倍以上の耐力があることが判明した。また、陶板の側面に埋込んだ場合の直角方向に対する引張耐力は、へりあきの距離に関係なく、ボルト直埋めが平均560kgf/本、ナット埋込みが700kgf/本であった。

こうした差が生じたのは、ボルト直埋めの場合、ボルトの曲りによって表面付近の陶板が割れるため、それ以上の荷重がかけられないのに対し、ナットが埋込まれている場合は、陶板の割れは発生せず、ボルトの曲りによる降伏ばかりであった。

以上のことから、陶板に埋込む金物は、長さ35mmの長ナットを使用してボルトを差し込むこと。そのときの接着には、エポキシ樹脂を使用することなどの結論を得た。

## § 4. 陶板の施工

### 4-1 取付工法の検討

陶板の取付けを行うに先立って、取付工法の検討を行った。その際の基本方針として、

- 剥落防止を第一として、安全確実な方法を採用する。
- 取付けに使用する材料は、物性が既知でかつ品質的に安定しているものとする。

以上のことを前提に検討した結果、次の事項が決定した。

#### (1) 陶板の補強

陶板にはこれまで述べたように、ひびわれ等目視できる欠陥のほか、内部の気泡、目に見えないひびわれ等が存在する可能性がある。特に、窓台とか下り壁などの断面が変る部分や曲り角は、こうした危険性が強い。したがって、取付け前に陶板の補強を行う必要がある。

補強方法としては、目視できるひびわれ部にはエポキシ樹脂を機械注入し、注入不可能な細かいひびわれや目視できない欠陥に対しては、取付け後、裏込めモルタルを打設する。また、窓台などのモルタル裏込めができない役物は、陶板裏面に鋼材による補強フレームを組む。

#### (2) 取付方法

陶板取付けは、陶板とモルタル又はコンクリートとの接着性が非常に良いため、陶板先付けによるコンクリート打込みが最良である。しかし、陶板納期は竣工間近なため、打込みは現実的に無理があり、どうしても後付けで行わなければならない。後付けの場合、モルタルやコンクリートだけでは過去の経験上、施工段階で接着性能にバラツキが生じ、完全を期することができないため、物理的支持も併用することにした。

陶板は圧縮力に対しての強度は高いので、受金物を設けて陶板の自重をそれに負担させ、地震や風などの水平力は別に引金物を設けて処理する。また、窓台、下り壁の役物は、補強のための鋼材フレームを取付金物と兼用する。

#### (3) 鋼材

取付用及び補強用に使用する鋼材は、防錆面から、陶板に埋込むボルト、ナット、などの金物は全てステンレス製とし、その他のコンクリートやモルタルに埋込まない鋼材は、ステンレス材或いは亜鉛メッキか精製タール焼付けとしたものを用いる。また、ステンレスと一般の鉄材が接触する部分には、電防止のため全て硬質ゴムパッキングを用いる。

#### (4) 接着材

陶板の補修や埋込みボルトの固定には、全てエポキシ樹脂を使用する。エポキシ樹脂は、使用個所で粘性を変えたり機械注入を行うなど調整管理が難しいので、取扱いの慣れた専門業者の責任施工とする。

### 4-2 陶板の取付け

陶板の取付工法は、部材の大きさや形状、取付け位置によって異なるが、ここでは代表的な外壁平板と窓台の例を紹介する。

#### (1) 平板

陶板側には、陶板の荷重を負担する受金物の他に、裏込めモルタルとの付着を増すため、陶板裏側にあるダボ穴を利用したステンレス金物を設けた。

陶板側の金物取付けを図-6に示す。

躯体側には、上記金物の相手である受金物の他に、裏込めモルタル補強用として異形鉄筋を格子状に組んだ。

躯体側の金物取付けを図-7に示す。

陶板取付けは、陶板側及び躯体側の金物を所定の位置に取付けた後、陶板を実際に吊込んで周囲の陶板との出を合わせ、陶板側の金物がくる位置の墨出しをし、定規用金物を躯体側受金物に取付ける。改めて陶板吊込みを行い、正しい位置にセットした後、受金物どうしをボルト締めとした。

取付が1段終了した時点で、陶板補強と金物の防錆を兼ねて、生モルタルを充填した。このとき、モルタルの収縮が陶板に影響を与えないよう目地部分には発泡スチロールを入れて、陶板毎にモルタルを区切り、エキスパンション目地とした。

裏込めモルタルは、調合がセメント：砂＝1：2.5の混和剤（ポゾリス）入りレディミクストモルタル（生モルタル）を使用し、モルタルポンプ車にて打設した。1回の打設量はおよそ1.5m<sup>3</sup>で、約1.5時間かかった。モルタル打設前には、陶板及び躯体コンクリートとも十分水湿しを行い、モルタルが陶板の半分の高さまで打設されたら次の陶板に移り、側圧の緩和を図った。側圧に対しては、一応安全を期して角材を陶板の両サイドに上下に流した。（図-8参照）

裏込めモルタルの吹き出しには、目地部分にウエスを十分詰めて処理した。陶板についてのモルタルの汚れは水洗いした。

#### (2) 窓台

図-9に陶板組立図を示す。

窓台、下り壁は、裏込めモルタルの充填は行わず、取付けは全て鋼材によって行った。

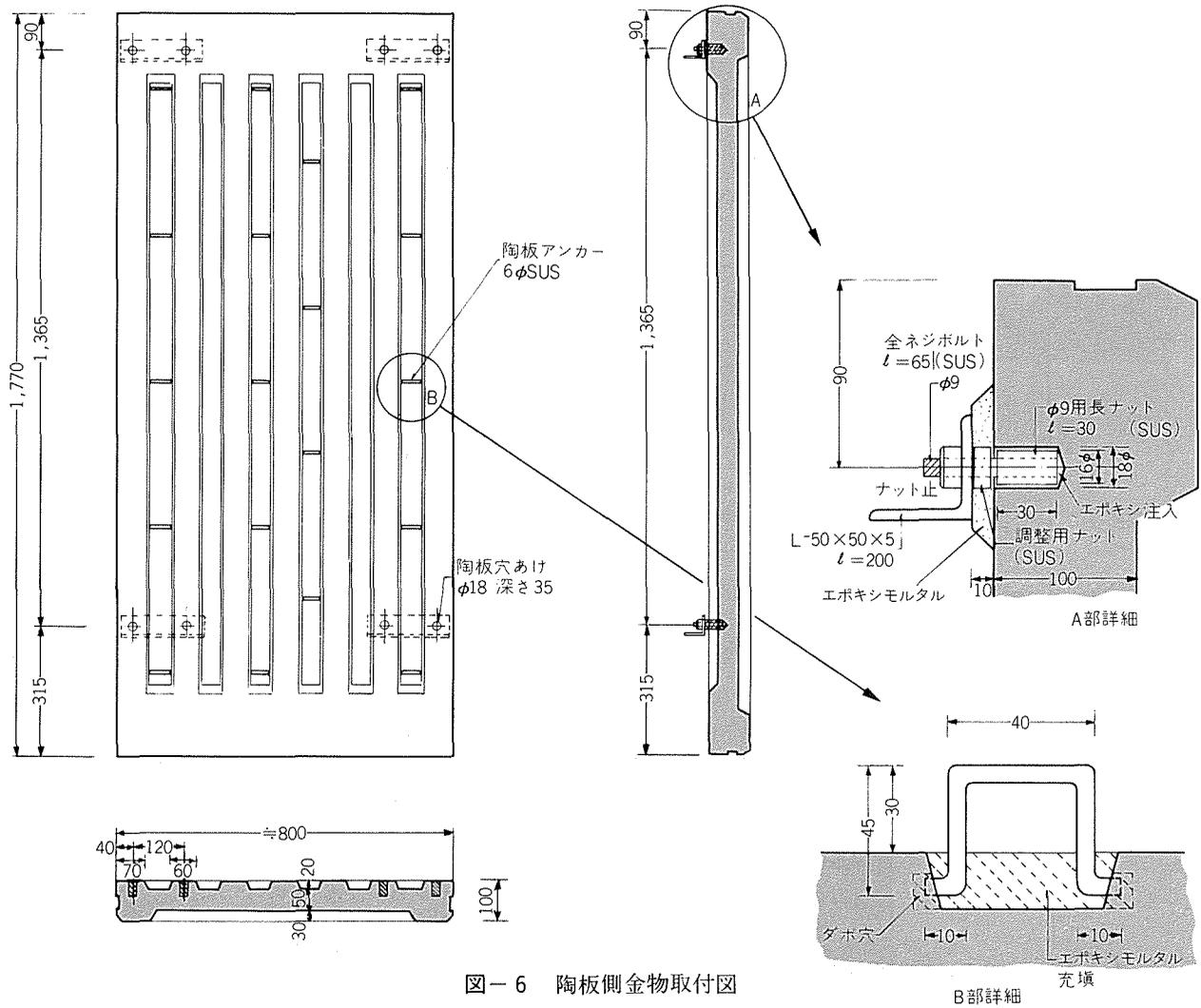


図-6 陶板側金物取付図

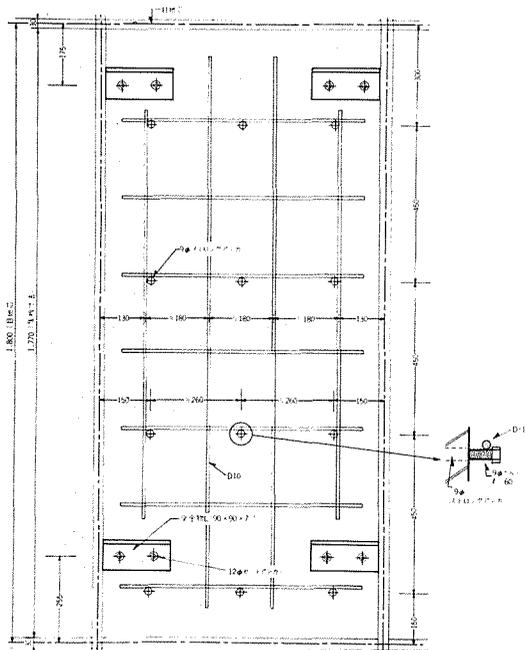


図-7 躯体側金物取付図

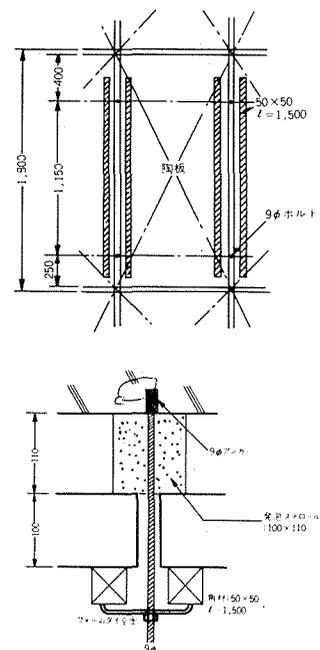


図-8 陶板の押え方

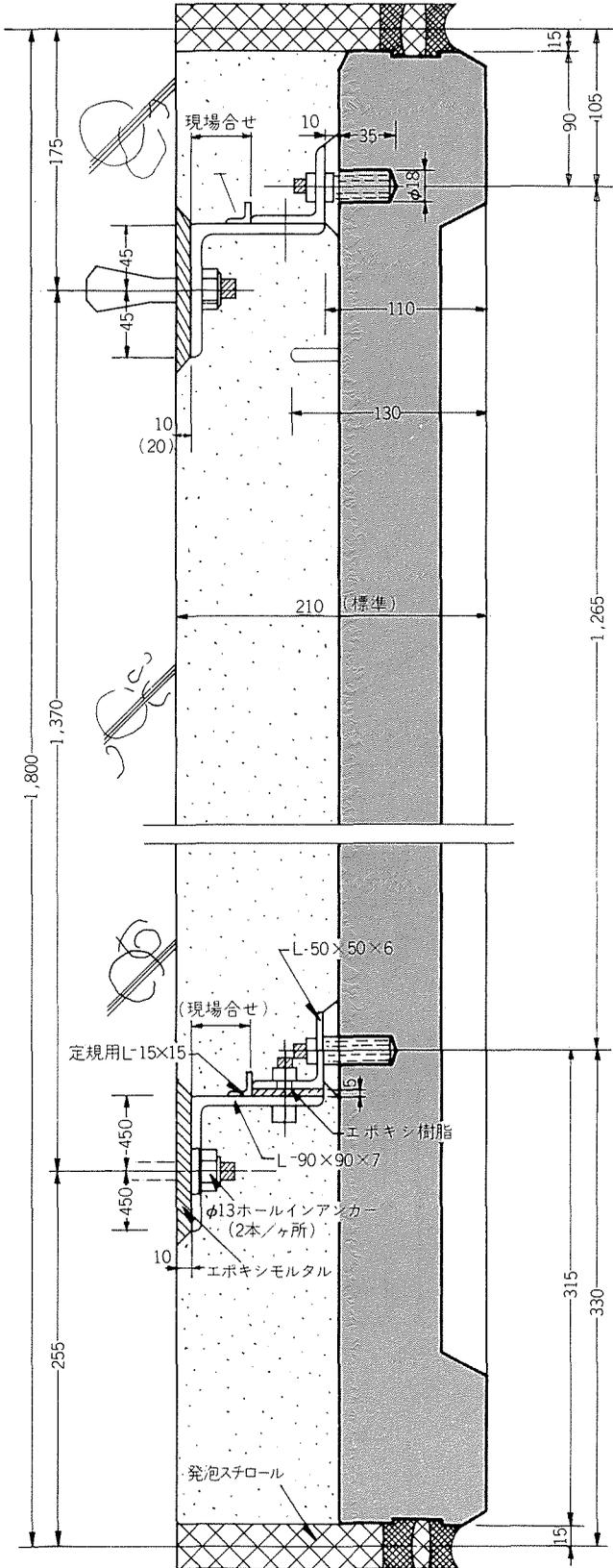


写真-9 躯体側取付金物

- 陶板側の金物取付けは、次の順序で行った。
- (イ) 陶板裏面に基準墨を出す。(写真-3)
  - (ロ) 基準墨に基づいて治具金物を取付ける。(写真-4)
  - (ハ) この上から、あらかじめ製作してある取付用金物(陶板補強も兼ねた)をセットし、ボルト位置のマーキングを行う。(写真-5)
  - (ニ) 一旦金物を取去り、ボルト位置の穴あけを行う。(写真-6)
  - (ホ) 穴の中を清掃後、エポキシ樹脂を注入し、ステンレス製の長ナット付全ネジボルト(9φ l=100)を埋込む。
  - (ヘ) エポキシ樹脂硬化後、再び治具金物を取付け、取付用金物を正しい位置にセットして埋込みボルトに締めつけ、固定する。(写真-7)
  - (ト) 治具金物を取外し、陶板と金物の隙間には無収縮モルタルを詰める。(写真-8)
- 以上で陶板側の金物取付けは完了する。



写真-3 基準墨出し



写真-4 治具金物取付



写真-5 ボルト位置のマーキング

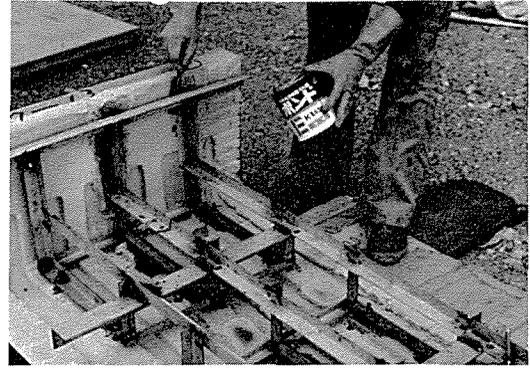


写真-8 エポキシ入り無収縮モルタル詰め

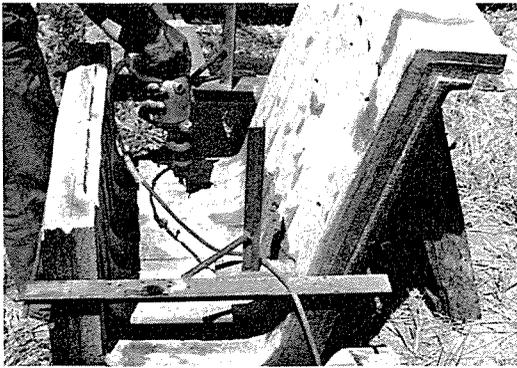


写真-6 穴あけ作業

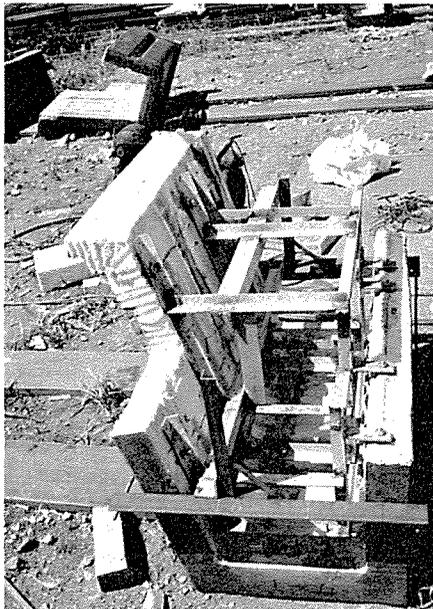


写真-7 取付金具セット

躯体側の取付金物は、プレートにH形鋼を溶接した受金物を躯体にボルト締めした。なお、これらの金物類は全て亜鉛メッキを施した。

躯体側の取付金物を図-10及び写真-9に示す。

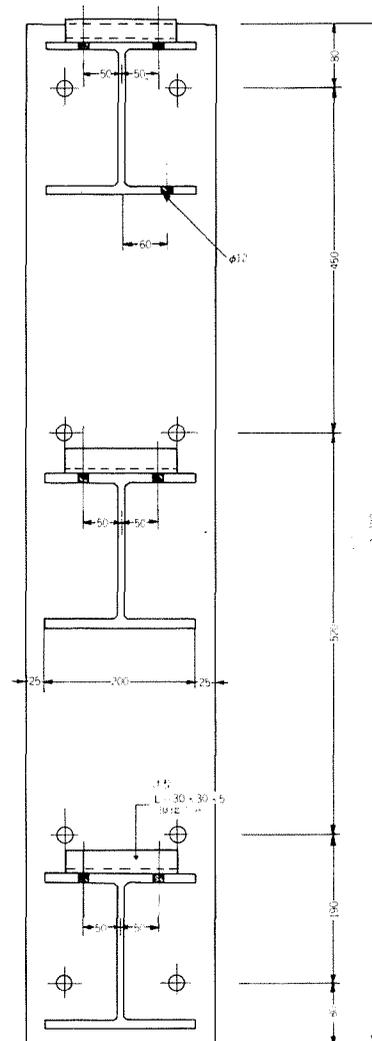


図-10 躯体側取付金物

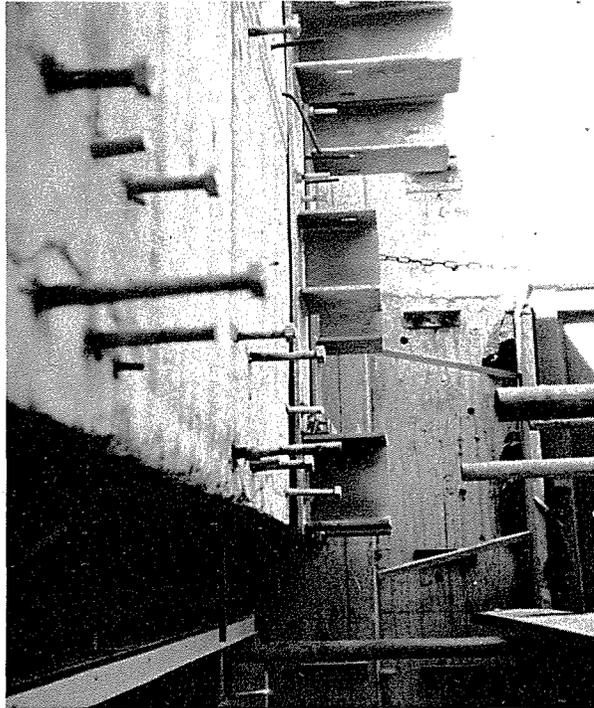


写真-9 解体側取付金物

陶板の取付けは、まず下り壁を吊込み所定の位置にセットし、ステンレスボルトで締めつけた。下り壁が全て終了した後、窓台のセット、ボルト締めを行った。なお、陶板出入りの調整は、前記の平板のときと同じである。

陶板の吊込みは、敷地に余裕のないこともあって、簡易リフト及び微調整用にはチェーンブロックにて行った。

図-11に陶板組立図を示す。

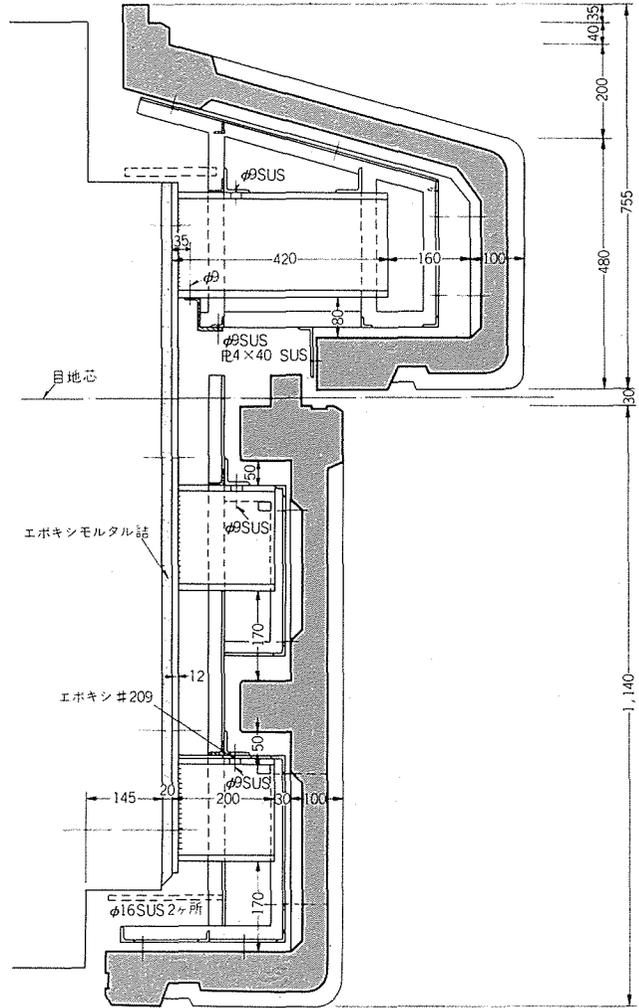


図-11 窓台、下り壁、陶板取付図

#### 4-3 工程

陶板取付けの順序と工程を図-12に示す。標準工程は、搬入、据付け、固定までが1日、仮押え、養生、裏込めモルタル打設が1日の計2日が陶板1段当りの施工日数であった。

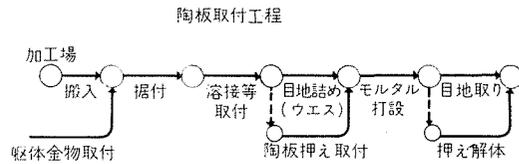
#### 4-4 目地処理

陶板の目地処理は、雨水等が釉薬のない裏面まで浸入しないように、2次シールまで施した。シーリングには、現在、最も品質が安定し、耐候性のあるシリコン系シーリング材を使用した。

目地部分の詳細を図-13に示す。

#### 4-5 クリーニング

陶板のクリーニングは、取付け、裏込めモルタルなど全ての取付作業が終了した後、一般にタイル等で行われているのと同じ方法による2%希塩酸を使用して行った。



陶板の取付けは裏込めモルタルの打設も含めて下図のように①、②、③の3つに分けて順次行った。

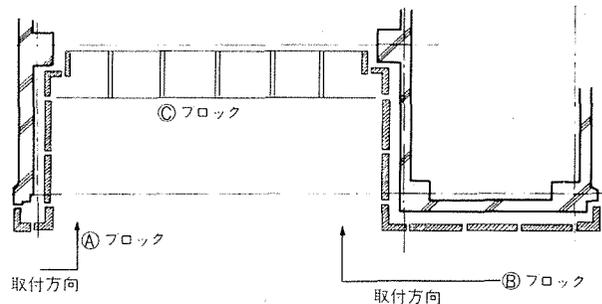


図-12 取付順序と工程

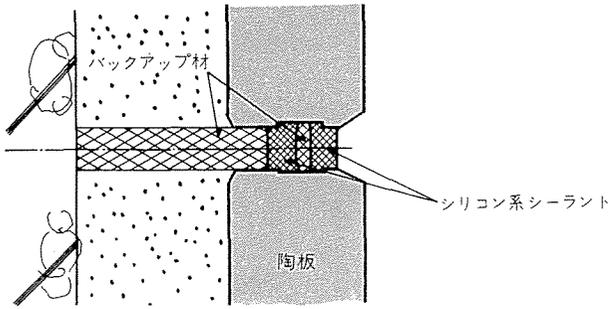


図-13 目地処理

### §5. 終りに

このような大型陶板を初めて目にしたとき、果してうまく施工できるかどうか、正直いって大きな不安がありました。

過去にこうした大型陶板の施工報告は、いろいろな参考文献を調べても皆無で、また、この陶板の製造メーカーや他のタイルメーカーに問合せても施工経験はなく、品質的にはタイルであるが、施工のハンドリングとしては、寸法、重量とも石やPC板に近いため、取付業者を選ぶのに頭を悩ました。

この報告書が、今後このような工事の際の参考になれば幸いです。

最後に、多大な御協力を頂いた技術研究部建築技術課、支店建築課の皆様に感謝の意を表する次第です。



写真-10 美々卯新橋店玄関