

逆打工法による超高層建物の施工

Construction of Inversed Construction method for High-rise Building

青木 正和*
Masakazu Aoki

要 約

本報告は竹芝ふ頭再開発工事のうち、逆打工法における地下の作業床、コンクリートの圧入、地下と地上の鉄骨建方およびモノレールによるアルミカーテンウォールパネルの取付け工法について述べたものである。

逆打工法における作業床の設定レベルについては、当現場で採用した3方法と隣接工区で採用した1方法についてその施工性の特徴を比較した。

地階の壁および柱のコンクリート打設には圧入工法を採用し、良好な結果が得られた。鉄骨建方については、地上鉄骨建方にノックピン工法を採用し、安全性と高品質を確保することができた。

外壁アルミカーテンウォールパネルの取付けをタワークレーンを使わずにモノレールで行い、タワークレーンの円滑な稼動調整を図ることができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 逆打工法の作業床と地下躯体の施工
- § 4. 鉄骨建方
- § 5. アルミカーテンウォールの取付け
- § 6. おわりに



写真-1 オフィス棟

*東京建築(支)竹芝再開発(出)

§ 1. はじめに

本報は前報“岸壁および建築物に近接した高層建築物地下の設計と施工¹⁾”の続報である。

地下工事の逆打工法は、構真柱を建込み、埋戻した後に第1次掘削を行う。本報では、掘削底となる床のレベル設定方法および逆打工法に際しての鉄筋の継手、コンクリートの左入方法および止水方法について報告する。

地上工事においては、鉄骨の建方に仮ボルトを使わないノックピン工法を採用し、その結果、工期の厳守と建入精度の確保が達成できた。また、5階から屋上までの外壁アルミカーテンウォールの施工では、建物外周にホイストとゴンドラを吊下げるモノレールを用い、アルミカーテンウォールパネルの取付けとコーキング作業を行った。その結果、作業の円滑化と高品質の確保に効果を上げた。完成写真を写真-1に示す。

§ 2. 工事概要

工事件名：竹芝ふ頭再開発第3期建築工事(オフィスI区)

工事場所：東京都港区海岸1-11, 12

発注者：竹芝地域開発(株)

設計監理：(株)日本設計

施工：西松・奥村・鴻池・長谷工・大豊・アイサワ・徳倉建設工事共同企業体

工期：1992年8月4日～1995年7月31日

構造：地下3階～3階床までSRC造
3階～22階・PHまでS造

用途：事務所・店舗・駐車場・港湾ターミナル

建築面積：約3,520m²

延床面積：約61,260m²

最高高さ：99.8m

§ 3. 逆打工法の作業床と地下躯体の施工

3-1 各階床梁下の作業床の役割

作業床の役割は梁と床版のコンクリート打設の荷重受け・墨出し・作業性の向上等がある。特に1次掘削の作業床には構真柱の建入れ修正という重要な役割がある。今回杭の埋戻しには粘性土ではなく、再生砕石を使用したため、構真柱のまわりはコンクリートの厚みを増し、メッシュ筋を入れて50トン油圧ジャッキ反力に耐えるようにした。修正後はアングル等で移動しないようにした。

なお、作業床コンクリート面は金ゴテで1回押えてお

き、墨出し・清掃がしやすいようにした。1次掘削時の作業床の状況を写真-2に示す。

3-2 作業床レベルの設定

作業床のレベルは梁下からの下り長さにより設定方法が異なるが、設定方法には3～5方法がある。ここでは当現場で採用した3方法と隣接工区の施工会社が施工した1方法を報告し、それぞれの長所および短所を述べる。いずれの方法も山止め壁の変形に関連するので、どの方法で行うかは山止め計画時に決定した。

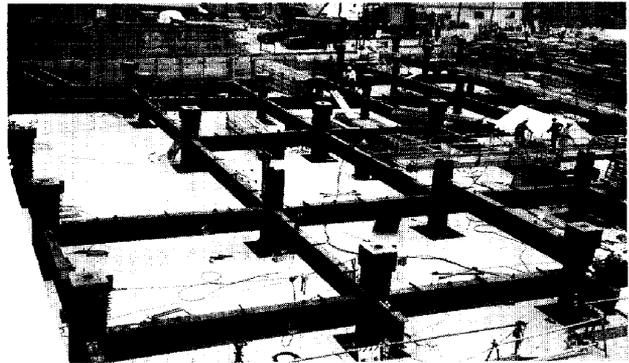


写真-2 1階作業床(梁下-0.5m)

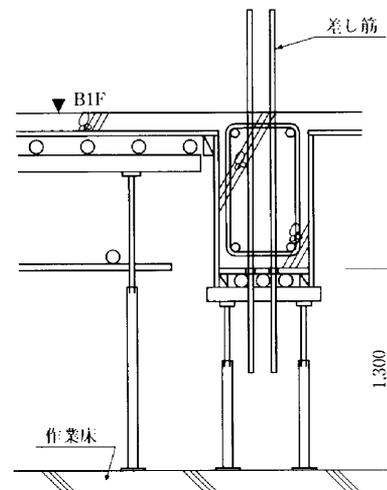


図-1 作業床断面(梁下1300mm)

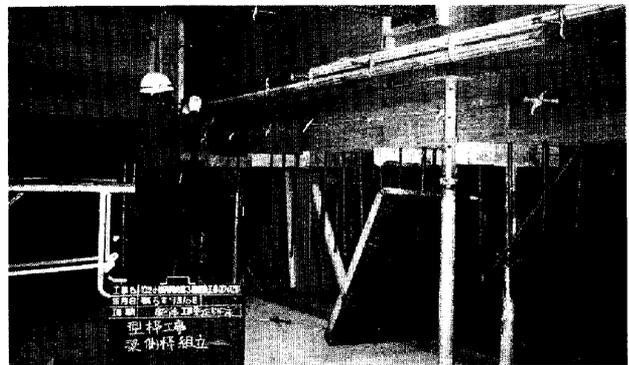


写真-3 B1階の作業床(梁下-1.3m)

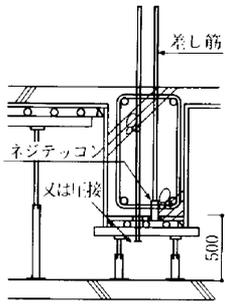


図-2 作業床断面 (梁下500mm)

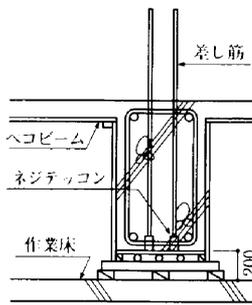


図-3 作業床断面 (梁下200mm)

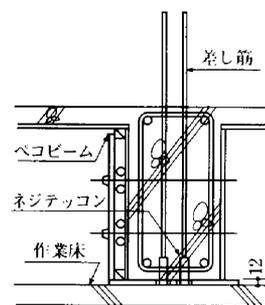


図-4 作業床断面 (梁下12mm)

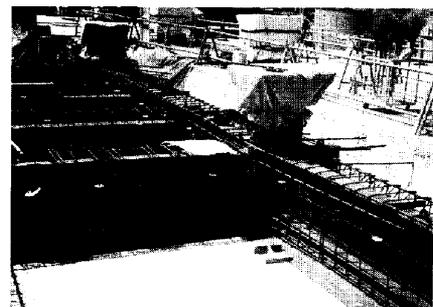
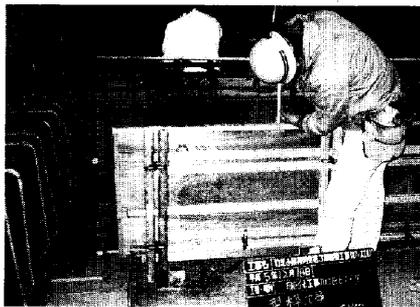


写真-4 1階作業床(梁下500mm)

写真-5 B2階作業床(梁下200mm)

写真-6 隣接工区の作業床(梁下12mm)

(1) 梁下1.3m以上に作用床を作る場合

図-1および写真-3に示すように大梁下で1,300mm程度の距離があると仮設時に短所が増える傾向があった。当現場では山止め壁の変形量の増大が比較的小さいB1階梁下の作業床に採用した。

長所

- ①掘削前に型枠を解体できる。
- ②鉄筋のジョイントを重ね継手にできる。
- ③型枠内に水がたまりにくく清掃が容易である。
- ④作業員の横移動がしやすい。

短所

- ①全ての作業に足場が必要であり、足場等の組みばらしに時間がかかり、費用も割高となる。
- ②型枠のサポート等の材料が多くなり、組立解体搬出に時間がかかる。
- ③1次・2次掘削時では足場材の搬出がしやすいが3次掘削以後では、搬出しにくくなり山止めの変位が大きくなる。

- ④梁下から出ている鉄筋を掘削時に重機で曲げることが多い。

(2) 梁下500mmに作業床を作る場合

当現場では1階床梁の作業床に採用した。型枠組立方法を図-2および写真-4に示す。

長所

- ①掘削時に型枠を解体できる。
- ②作業足場の設備が減る。
- ③型枠支保工の量が若干減る。

- ④配筋作業が幾分やりやすい。

短所

- ①型枠組立後は横移動が難しい。
- ②型枠解体時の作業がしづらい。
- ③搬出材料の横移動に労力を要する。

(3) 梁下200mmに作業床を作る場合

当現場では地下2階床梁の作業床に採用した。型枠組立方法を図-3および写真-5に示す。

長所

- ①足場と型枠支保工の使用量が大幅に減る。
- ②サポートが無くなり型枠組立が容易となる。
- ③配筋作業がやりやすい。
- ④山止め変位を小さくできる。

短所

- ①掘削前に型枠が解体できない。
- ②外周梁下端の外周に取付ける止水ゴムが取付けにくい。

(4) 梁下にベニヤ1枚分で作業床を作る場合

隣接する他工区で採用していたが、当現場では採用しなかった。型枠組立方法を図-4および写真-6に示す。

長所

- (3)と同様な事項の他、型枠材の節減ができる。

短所

- ①掘削前に型枠が解体できない。
- ②外周梁下の外側に取付ける打継ぎ用止水ゴムが取付けにくく、漏水の原因となりやすい。
- ③作業床の表面が梁底精度となるので作業床の精度が要求される。

④型枠内の水が抜けにくく汚れがそのまま残る。

(5) 施工結果の考察

(1)の工法のように作業床を梁下から下げすぎると作業用足場・通路・サポート等の量が莫大に増え、荷卸ろし・組立・搬出時の時間と費用がかかるので、状況に応じて(2)か(3)の工法をアレンジしながら施工するのが良いと考えられる。実施工では、掘削前に型枠がなくなって照明器具が下げられる梁下500mm下り位の作業床が外周の止水ゴムも入れやすく、鉄筋のジョイントを行う際も圧接や機械式継手の使用が容易で、細かい径の場合、重ね継手も可能なので推奨できる工法である。

3-3 順打ちコンクリート部分の鉄筋継手

逆打工法では上下階を継ぐ柱・壁の鉄筋のジョイント方法を山止め計画時より計画し、決定してから順打ちコンクリート(スラブ・梁)の打設を行い、差し筋を精度良く施工しておかねばならない。精度を確保する為に梁底にFDグリッパ等を取付ける場合はベニヤに穴明けしてピッチを保ち、スラブ天端にFDグリッパ等を使用する場合はアングルに穴明けしてFDグリッパを差し込みピッチを保つようにする。

鉄筋のジョイント方法は図-5のようにいくつかあるが、作業床のレベルによってジョイント方法が違ってくる。当現場では各種の方法を状況に応じて使い分けた。

3-4 各階順打ちコンクリートの圧入と打継ぎ部のグラウト

逆打工法では各階順打ち部の立上り壁・柱のコンクリート打設方法と打継ぎ部の止水方法が重要である。

図-6に示すようにアゴを作って流し込む方法は、打設硬化後のアゴの斫り工事が多く、梁底との密着度も悪

い、また、コンクリート打設がスラブのすぐ下で行われるため、作業性が非常に悪く、コンクリートの落下高さが2.5m以上となる場合が多いので、棒状バイブレーターや突棒の使用ができないため、ジャンカが生じやすい。

当現場では図-7、8および写真-7に示す圧入工法を採用して良好な結果を得た。この工法での1日の打設量は30~100m³であるが、これはアゴ打ちの場合も同じである。圧入工法の最大の長所は下からコンクリートが上がっていくために骨材の分離が無く、設備用スリーブ等が密集していても密実なコンクリートを打設できることである。また、斫り作業が圧入口のみのため、打設後の仕上がりきれいで梁底との密着性も良く、後で施工する打継ぎグラウトの管理も行いやすい。

当工事の圧入工法の施工手順を以下に述べる。図-8に示す圧入口1から敷きモルタルを流し圧入口から約1.5mの高さまでコンクリートを圧入する。圧入後、図-7に示す油圧ピストンを①から②に押してから圧入口2にホースを盛替える。向端のアゴにコンクリートが上がったのを確認して、シャットバルブを締めてピストンを①まで押し、固定して圧入が完了する。

当現場では後打ちコンクリートの1日の打設量は平均

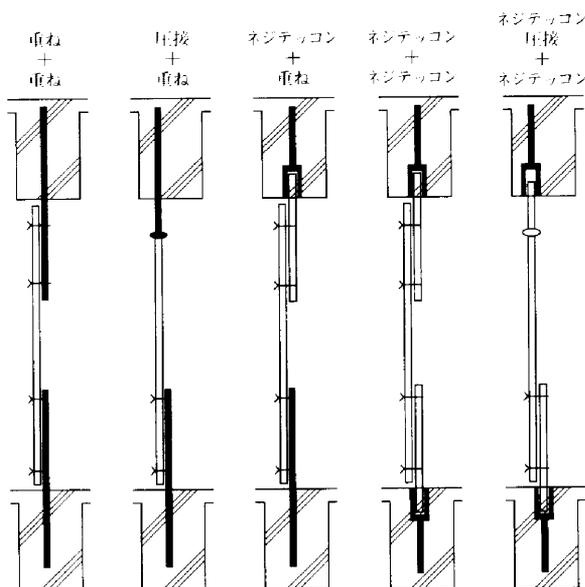


図-5 鉄筋のジョイント方法

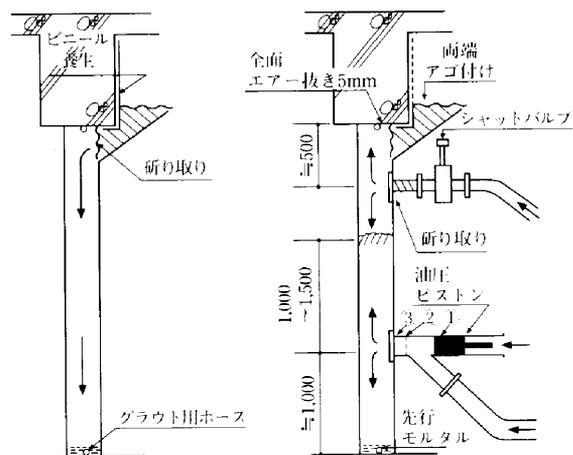


図-6 アゴ打ち断面図

図-7 圧入断面図

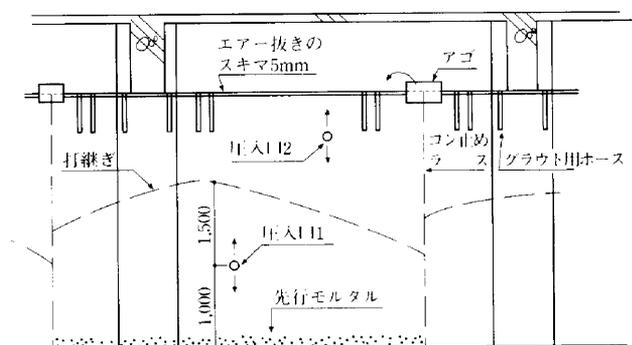


図-8 圧入立面図

50m³であった。壁厚が厚い場合は100m³も可能であるが、壁が薄い場合は30m³位が限度である。従って壁厚に対応した区画割りとコンクリート止め計画が重要であり、区画仕舞いはラスを使い、外周壁には止水版を取付けておくことも必要である。

型枠のセパレーターは山止壁からとるが、圧入を考慮した型枠支保工の計算を行ない、ピッチと径を決定しておく必要がある。

3-5 地下1階の外壁順打ちコンクリートの打設

地下1階の順打ちコンクリートのうち外壁部分のコンクリート打設は、作業が容易な1階床上より行った。打設は図-9および写真-8に示すように山止壁と外壁のフカシ部分に直径180mmのシース管を約2mピッチに入れておき、半割りにした塩ビ管を中に差し込んで骨材が分離しない様にしてコンクリートを打設した。その結果、打継ぎ状態も良く、ジャンカも全く無い密実なコンクリートを1日200m³程度打設することができた。

この方法では、半割りのパイプをできるだけ下まで降ろし、敷モルタルを 様に流し込んでからコンクリートを流し込むのがポイントである。

3-6 打継ぎ部の止水グラウト

外壁の圧入工法は梁下との密着性が良いとは言っても打設後沈降による隙間が生じるので、水の侵入に対しては完全ではない。そこで図-9および写真-9に示すグラウト用ホースを梁下と梁天端に取付け、コンクリート強度発現後に、写真-10に示す方法でグラウトを行なっ

た。また、内部の柱や壁でも構造体となるものは打継ぎ部に、同様の方法でグラウトを行なって構造体の品質確保に留意した。

3-7 地中梁と耐圧盤

地中梁と耐圧盤は、現状では順打ちの工法しかできないので山止壁の支保工間隔が大きくなる。当現場でもB2の床から耐圧盤下の作業床まで9mとなり、変形量を抑えなければならない部分は斜梁を入れた。当工事のように軟弱地盤では作業床として厚めの捨コンを早く打設

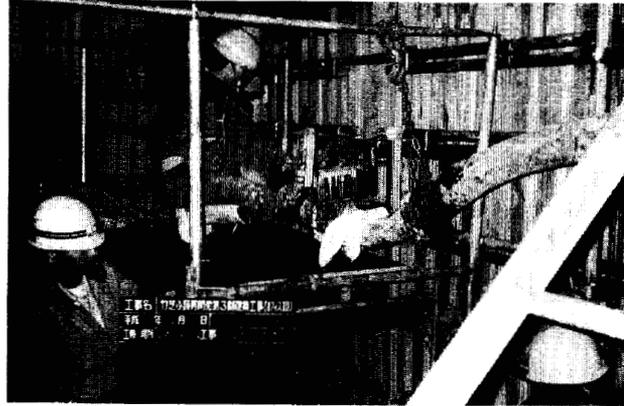


写真-7 コンクリート圧入状況



写真-8 地下1階外壁コンクリート打設状況

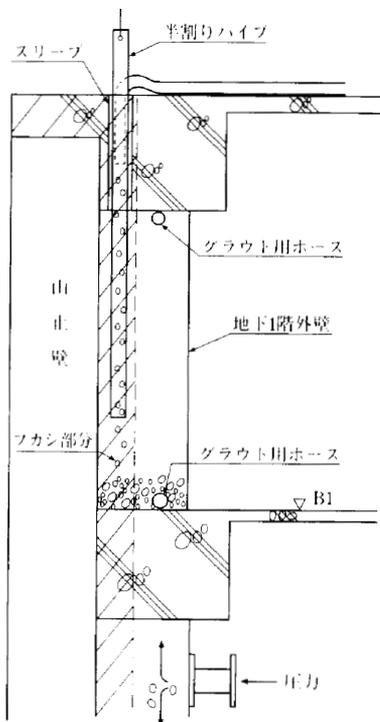


図-9 地下1階外壁コンクリート打設図

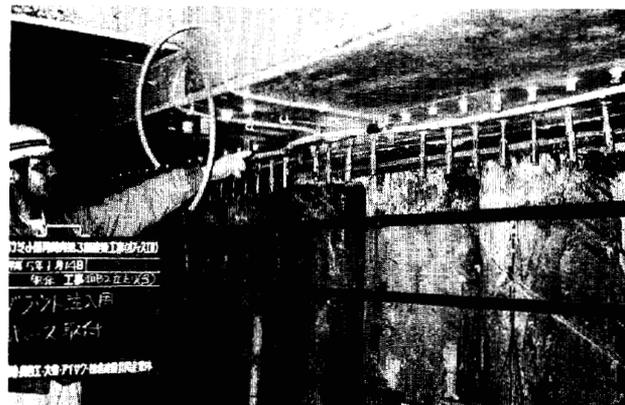


写真-9 グラウトホースの取付 (FUKOホース)

し、山止めの計測管理で状況把握を常時行っておくことが重要である。

§ 4. 鉄骨建方

4-1 地下鉄骨の建方

1階梁の鉄骨は実測して造るのではなく、図面通りに製作して正規の寸法で取付けることが重要であり、梁が取付けられる範囲の誤差に、構真柱の建入りを修正しておくことがポイントである。

地下部分の鉄骨梁は掘削後の実測により梁を製作するので、梁の片側だけの仕口加工をしておいて現場からの連絡によって残った片側の仕口加工を工場で行う。

地下の鉄骨建方は、荷降ろし用開口部から鉄骨を降ろし、台車に乗せて横移動してミニクレーンで行った。鉄骨梁は実測により造ってあり、取付作業の高さも低く、作業性が良く、1日30ピースの取付けができた。

鉄骨梁取付け時に構真柱がねじれてボルトの1次締め後にガセットプレートに隙間ができ、隙間に名刺が入った部位は3方をすみ肉溶接とした。これは、すべり荷重と肌すきの関係には肌すき量 e の絶対値よりも、肌すき

角度 θ 強度との相関関係が見られるという試験結果に基づくものである。(試験結果は日本建築学会に発表された。) 補強方法を図-10に示す。

4-2 地上階鉄骨の建方

当現場の地上階鉄骨建方では、仮ボルトを使わずにロックピンを使用してそのまま本締めを行った。仮ボルトの無い分効率がよく、精度問題が無かった。しかし、建方精度は工場製作の精度に影響されるので製作の精度管理が重要となる。

建方手順は、まず図-11に示した様に建物中央部分の重点管理柱を建てて、建入りを調整してワイヤーで固定する。X・Y方向に管理柱を建て、梁をつないで、梁と直角方向のみにワイヤーを張って建入りを調整する。残りの柱は、梁をつなぐだけで建方は終了となる。

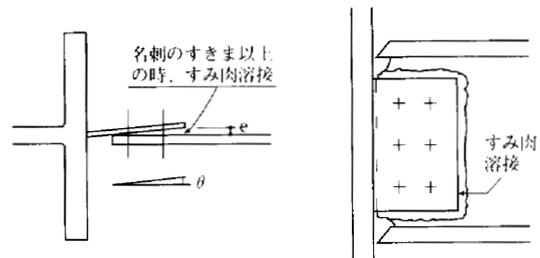


図-10 肌すき角度と補強方法

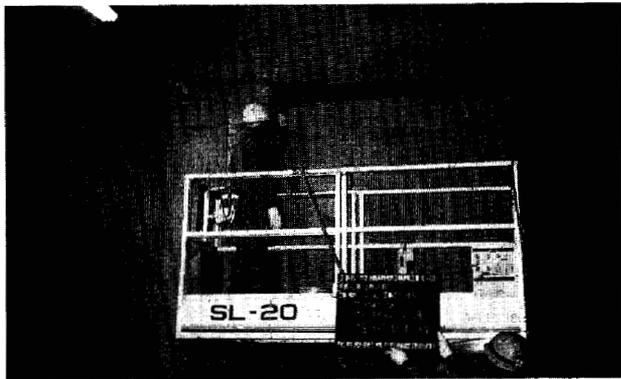


写真-10 グラウト



写真-12 地下1階床梁取付中

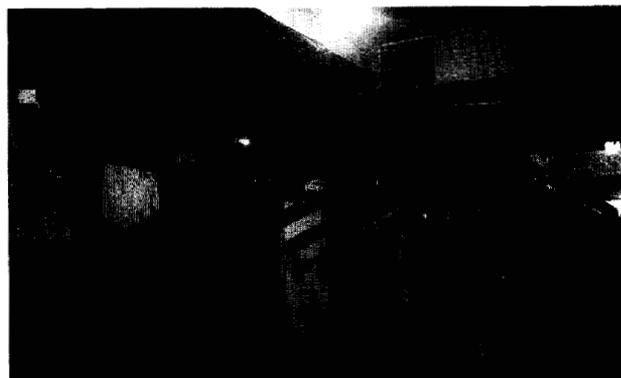


写真-11 4次掘削と斜梁

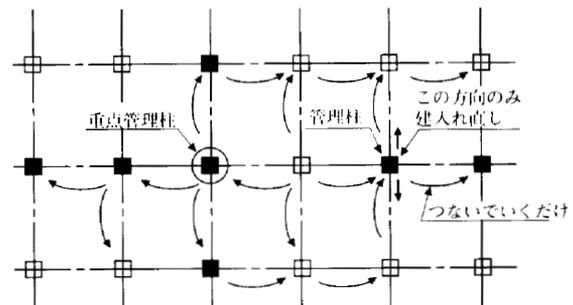


図-11 建方順序

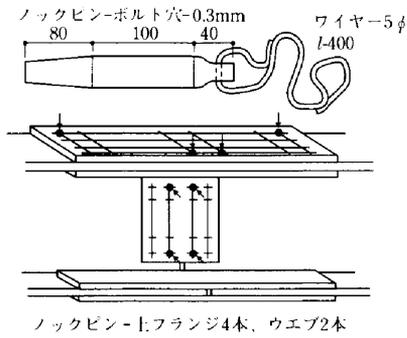


図-12 ノックピンと打込み位置



写真-13 ノックピン使用状況

各節の建方後の外周柱の建入れ精度は、柱の長さ12mに対して10mm以下で、最大でも限界許容値の15mm以内であった。外周柱は、8節で208本あったが、精度結果をまとめると、0～5mm-32本、6～10mm-139本、11～15mm-37本であった。

梁の建方は仮ボルトを使わずに図-12および写真-13に示す位置にノックピンを打込み穴のズレを無くし、本ボルトにキズがつかないようにして、そのまま1次締め近くまで日がねレンチで締付ける。本数は3分の1以上のボルトを入れる。後日残りの本ボルトをカジ工が入れていくが、仮ボルトを抜く手間が無く、すでに3分の1の本ボルトが入っているので非常に能率が上がり、1節の平均880ピースをタワークレーン2機で10日間、即ち40ピース/機・日であった。

§ 5. アルミカーテンウォールの取付

5-1 アルミカーテンウォールの実物取付実験

地上鉄骨建方と同時期に現場にモックアップを造り、妻側の縦連窓と一般アルミカーテンウォールパネルの取付および製品性能について実物取付実験を行って検討した。妻側の巾9m程の縦連窓部分については、図面検討でパネル化が困難であったため、縦枠、横枠、軒天アル

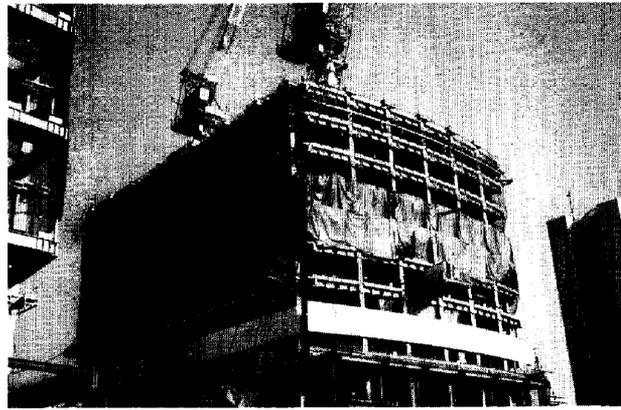


写真-14 12階のモノレールと7階の構台

ミガラス、防水パン等を1部材ずつ組立てていく施工法をとらねばならず、そのため、取付けピース数が多くなり常時取付け作業が行える設備が必要であるとの結論となった。

5-2 カーテンウォール取付機械の選択

アルミカーテンウォールの取付けは当初タワークレーンで検討していたが、鉄骨の建方等でタワークレーンの作業時間の割振りが非常に難しくなっていた。さらに仕上げ材料の揚重は高速リフトではとても間に合わないこともわかった。よって鉄骨建方・アルミカーテンウォールの取付・外部コーキング・設備機材および仕上げ材料の揚重についてタワークレーンの稼働時間を検討した結果、アルミカーテンウォールの取付作業を他の機械で行なえば工程に影響しないとの結論となった。

さらに、モックアップで検討した様に、妻側の組立機械設備の必要性もふまえ、建物外周にモノレールを設置することとした。

モノレールは、建物外周の12階、18階および21階にはね出しブラケットを取付けて設置し、それにホイストとゴンドラを下げたパネルの取付けとコーキングを行うこととした。この他に5m×5mの荷取り用構台2台を各階に転用しながら、パネル・設備配管材料・ダクト・LGS・ボード・ロンレックスを順次搬入した。

5-3 アルミカーテンウォールの取付け

2.5m×5mの跳出し構台を同1階に4台配置してパネル取付用としたカーテンウォールは各階に揚げたパネル台車を吊込み用跳出し構台まで押して、そこでホイストを使って吊上げ、横移動させて取付けた。取付け能率は1日平均12パネル/1台であった。ホイストは6台取付け、4台は無線、動きの少ない妻側の中央部分2台は有線とした。

ゴンドラは6台吊下げコーキング用と、妻側中央のパネル化できなかったバラ組みの箇所を使用した。

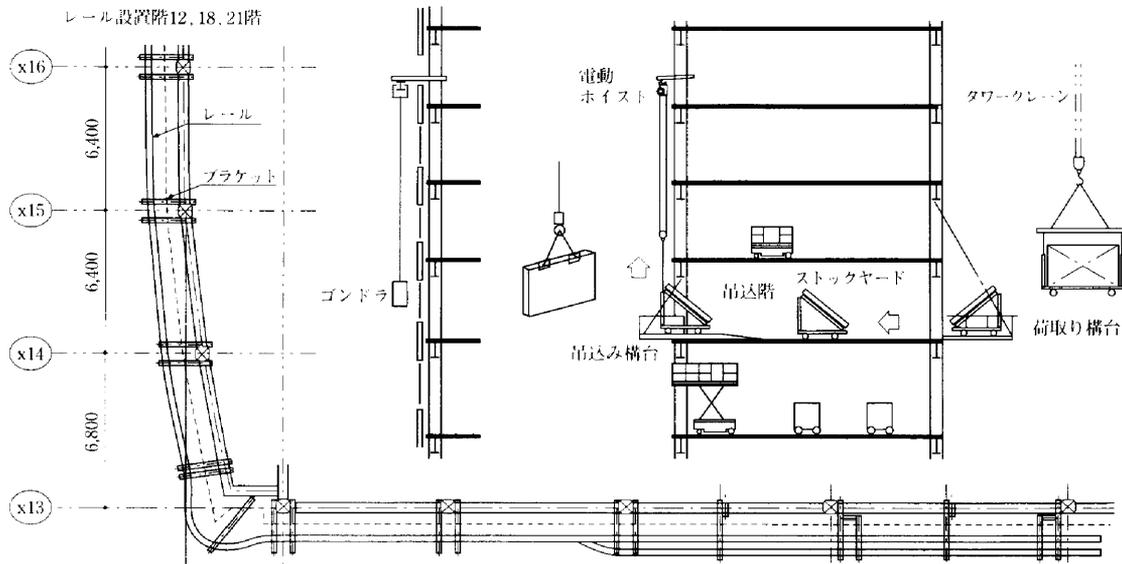


図-13 ゴンドラ・ホイスト用レール平面図および構台図

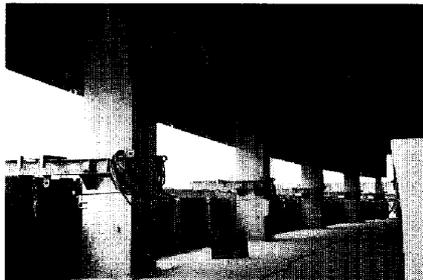


写真-15 レール取付用ブラケット



写真-16 レールを上から見る

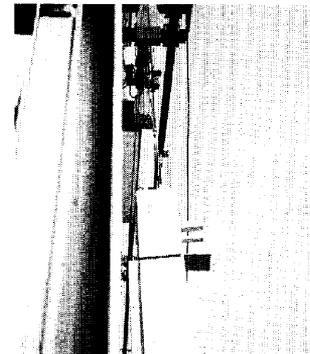


写真-19 ホイストによるパネル吊込み

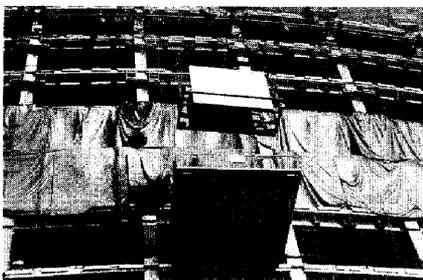


写真-17 パネル吊込み



写真-18 構台とパネル吊込み

カーテンウォールパネルの荷取り→ストック→吊込み作業の流れと、モノレールの平面位置を図-13に、設置状況を写真15, 16に示す。

§ 6. おわりに

本工事ではいろいろな工法を試みた、代表的なものがここで述べてきた、逆打工法、ノックピン工法およびホイストによるカーテンウォールの取付工法である。主に

工期の短縮と安全性を目的に採用したが、結果的に高品質の建物となり、自信をもって引き渡すことが出来た。

本工事の施工にあたり、株日本設計の中本主管をはじめ関係者の皆様方から数々のご指導を頂きましたことに対してここに心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 大西徳治 他：岸壁および建築物に近接した高層建築物地下の設計と施工、西松建設技報、1995、pp109～116