

(仮称) 浜 3 F ブロック共同ビル建設工事での地下工事概要 —地下工事計画と施工—

古谷 陽侍 * 佐藤 明 *

伊藤 康一朗 * 田中 哲司 *

松永 博隆 *

要 旨

本工事は、地下 2 階、地上 20 階の高層棟と地上 4 階の低層棟をもつ複合建築物の建設工事であり、高層棟の地上階には当社開発の全天候型自動化施工システム「F A C E S」を採用した。地下工事においては、敷地条件、地盤条件および工期・コストを検討した結果、逆打ち工法を採用した。

地下工事の規模は掘削最大深さ GL-15.7 m、掘削土量約 40,000m³であり、山留壁、地盤改良、杭工事を完了した後、1 階と地下 1 階の床板を先行構築し、3 段の切梁を架設し、8 カ月の工期で掘削工事を完了させた。

逆打ち工事においては、安全性や山留め壁の変形防止および地上工事との平行作業といったことから「先行床の構築やそれにともなうハーフ P C a 板採用」および「コンクリート圧入工法の採用」を計画し、施工に当たっては現場状況に対する適用上の問題点や課題を解決した。また、既存要素技術と組み合わせて施工する事により、安全に品質良く地下工事の施工を完了することができ、さらに工期の短縮を図ることができた。

1. はじめに

本プロジェクトは、「潤いある豊かな複合都市空間の実現」をコンセプトとし、東京都中央区日本橋浜町 3 丁目地区の再開発として計画されたもので、A～Fまでの 6 ブロックのうち最初に実施されたものである。図-1 に本建物の外観を示す。建物は東側の地下 2 階、地上 20 階、塔屋 2 階の高層棟と西側の地上 4 階の低層棟からなり、規模は敷地面積 3,753.73m²、延床面積 34,876.24m²で、構造は高層棟上部が鉄骨造、低層棟が鉄筋コンクリート造、地下部が鉄骨鉄筋コンクリート造で設計されている。工期は、既存建物を解体後、地中障害物の撤去を含め平成 7 年 4 月から平成 9 年 10 月までの 31 カ月である。

都心部の工事であるため本工事の敷地は 4 方を道路に囲まれている。また掘削対象地盤は、N 値がほとんどない軟弱なシルト層でかつ地下水位が GL-2.3m と高いといった悪条件での施工であったため(図-2)、周辺地盤への影響や、地上および地下工事の平行作業などの問題が懸念された。そこで、地上および地下工事を安全にかつ工期内に進めるために 1 階および地下 1 階の床板を先行構築し、逆打ち工法にて地下工事を施工した。

本稿では地下工事を中心に、工事全般の流れ、各種採用工法の概要、地上工事との連携について施工計画とその結果を報告する。



図-1 浜 3 F ブロック共同ビル全景

* 東京支店

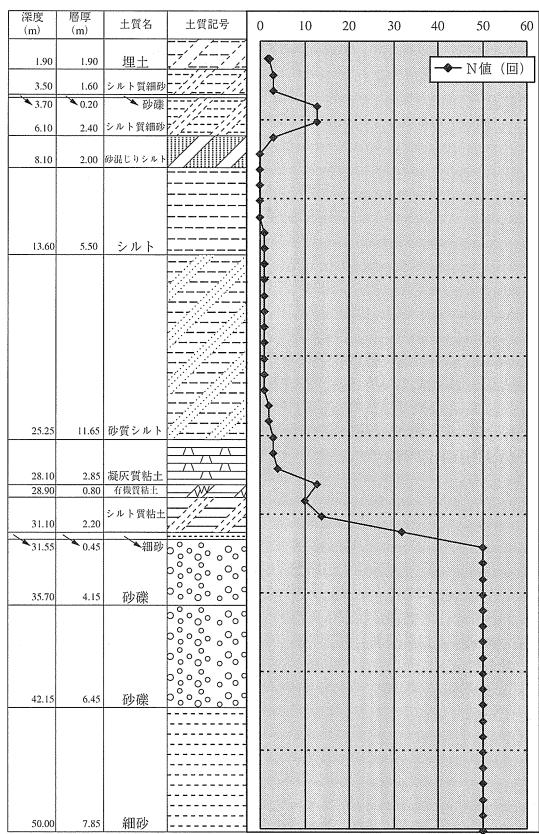


表-1 工事概要一覧

No.	項目	
01	工事名称	(仮称) 浜3Fブロック共同ビル建設工事
02	構 造	鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造
03	規 模	地下2階 地上20階 塔屋2階
04	敷地面積	3,753.73m ²
05	建築面積	2,666.76m ²
06	延べ面積	34,876.24m ²
07	建物用途	事務所、住宅、店舗、多目的ホール、自動車修理工場、駐車場
08	高 度	高層棟 最高高さ 85.00m 低層棟 最高高さ 17.90m 軒高さ 76.50m 軒高さ 16.40m

2. 地下工事計画概要

表-1に本工事の概要を、図-3に全体工程表を示す。地下工事は図-4に示す9ステップにて計画した。

図-2 柱状図

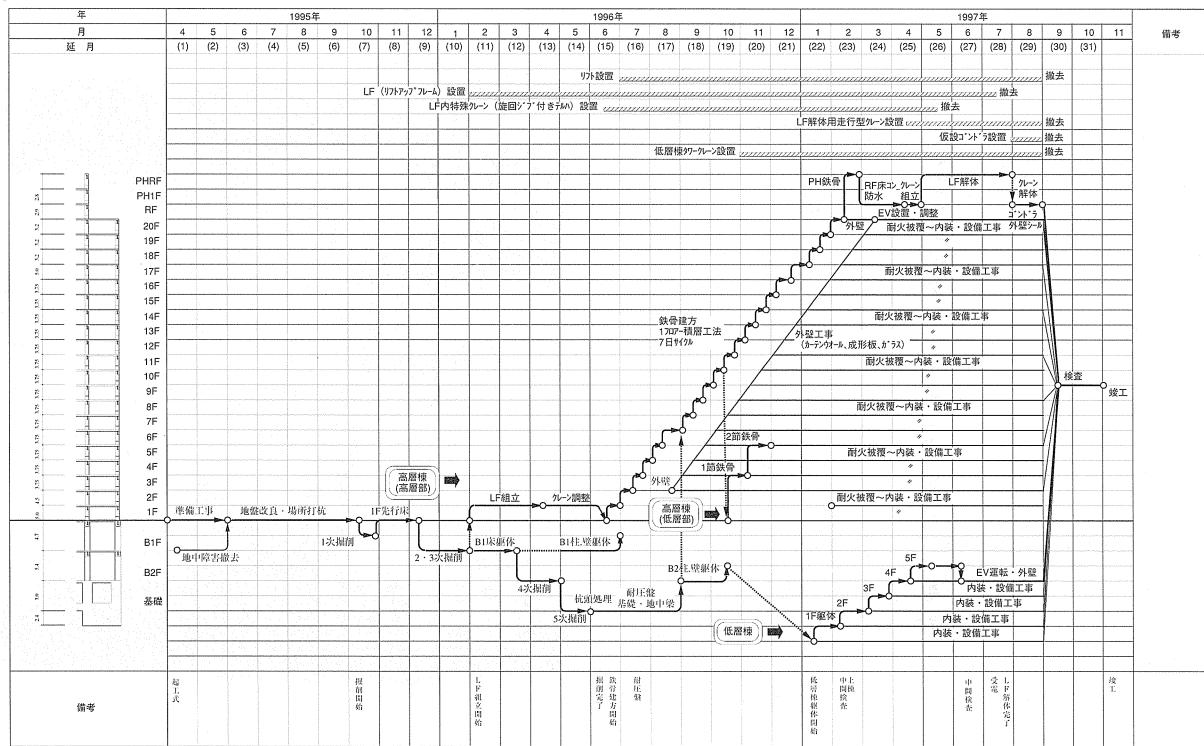
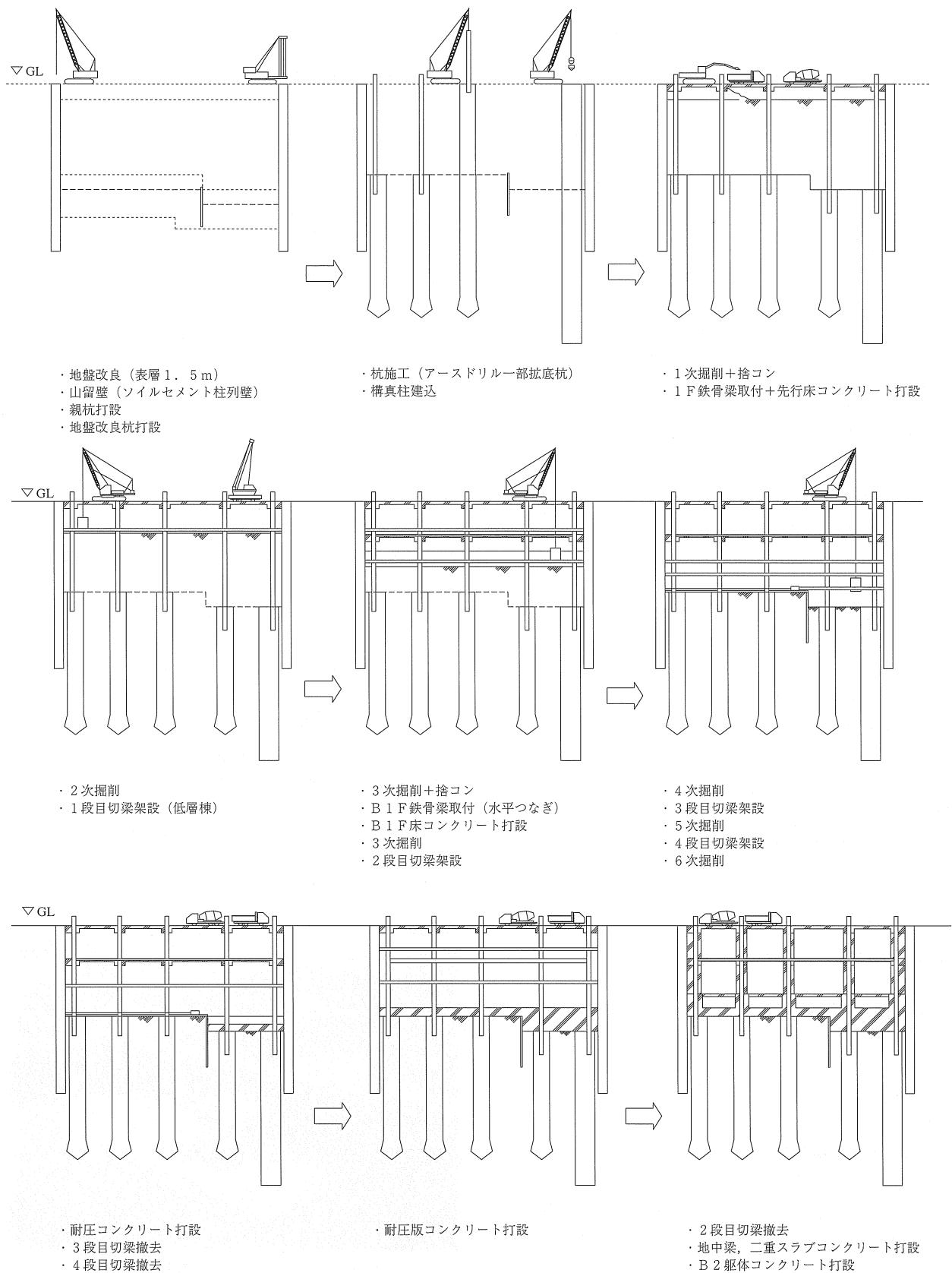


図-3 全体工程表



図一4 地下工事施工手順

要素技術に対し、コンクリート工事として上下を先行打設した床板に挟まれた地下1階・地下2階の柱・壁にコンクリートを打設するために圧入工法を採用し、打ち継ぎ面の隙間処理方法を検討した。型枠工事としては、地下部分の支保工を削減し、安全性・省力化・工期短縮を図るためにハーフPCA板、フラットデッキを検討・採用した。鉄筋工事としては仮設開口部の鉄筋継手および逆打ち躯体のための柱・壁の継手工法を選定した。

また、1階先行床構築後、地上部工事をFACESにて併行して進めるために、地上工事と連携をとり、地下工事の工程調整および施工順序について検討した。

3. 先行床

3.1 先行床の目的

本工事においての先行床の目的は以下にあげる3項目である。

a. 山留め壁の変位防止

躯体工事に先立って施工した山留め壁頭部（ソイル柱列壁）を1階床躯体で支持することにより周辺地盤への影響を抑える。

b. 地下工事および地上工事の作業床

作業床として1階床を先行構築することにより地下地上工事、躯体工事のための作業床として、また資材ストックヤードとして使用する。

c. 地上工事の平行作業

先行して1階床板を構築することにより、上部躯体工事も平行して安全施工することが可能となり、工期の短縮を図る。

3.2 先行床の品質確保

先行床は、切梁の一部および、地下・地上工事の作業床としての役目を担い、工事期間中の重機・資材等の仮設荷重などを長期に渡り支持することになる。このため、鉄筋の配筋・継手の精度確保、密実なコンクリートの打設およびコンクリート養生を重点的に管理した。

3.3 先行床の構成

先行床は1階梁・スラブ（地下1階についても同様）を一体として以下の工法により構築した。

1) 型枠および支保工

型枠工事において、梁・スラブ下に支保工を採用することは、次回の掘削時に支保工・型枠の落下の危険性があり、安全面と工期短縮の面において大きなデメリットとなる。そこで梁底においては掘削地盤を支保地盤とし、床型枠には1階ではハーフPCA板（図-5）地下1階ではフラットデッキを採用することで、無支保工化を行った。

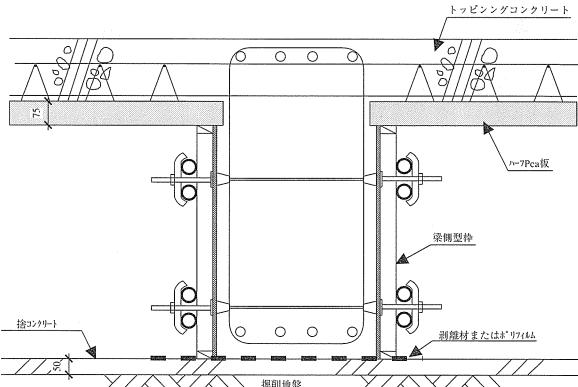


図-5 先行床断面（ハーフPCA板）

ハーフPCA板はスパン中央部のサポート支持なしで対応できるようにトラス筋にむくりを付けたものを使用した。フラットデッキは地下部は高湿であるため発錆防止対策として亜鉛メッキに塗装したものを使用した。

梁底面はコンクリート打ち放しであり、躯体精度と平滑な躯体表面を要求される。そこで梁底となる捨コンクリートの撤去を容易にするためポリフィルムを敷込む方法と、捨コンクリートに剥離材を塗布する方法との2通りを検討した。結果は地下1階先行床板構築時に採用した剥離材を塗布した方法が、梁底躯体表面は非常に滑らかで補修の必要もなく良好であった。また剥離材自体も掘削時に大部分が捨コンクリートと共に剥落し、残った部分も掘削工事期間中にその殆どが自然剥落した。（写真-1、写真-2、写真-3）。梁底の支保地盤となる掘削地盤が平たんとなるように梁せいをできるだけ揃えるように構造検討も行った。

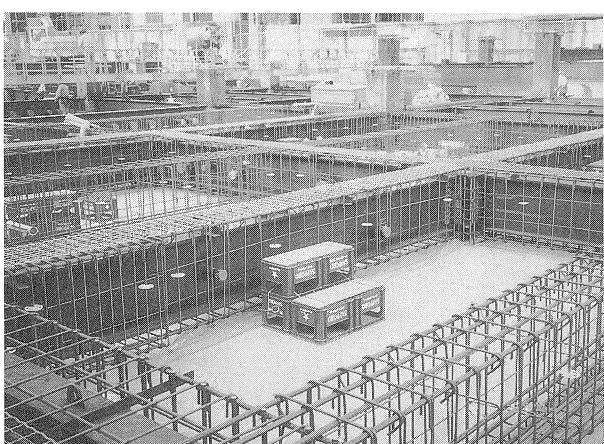
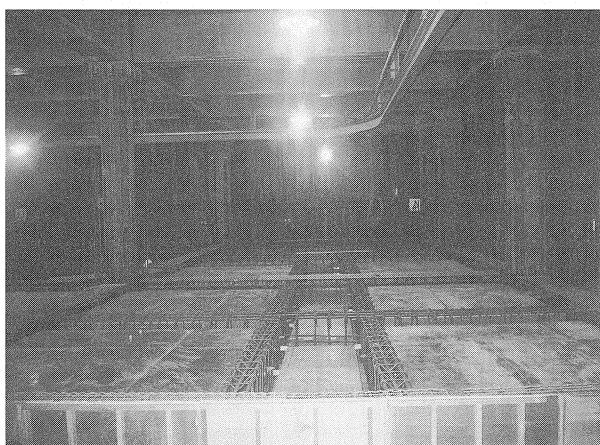
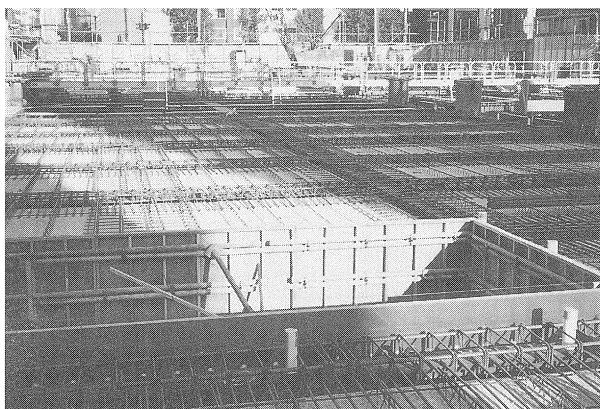
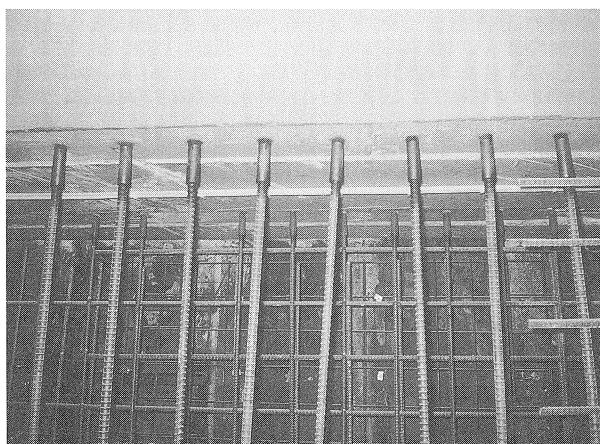


写真-1 1Fスラブ鉄筋組立状況



2) 鉄筋

先行床構築後の掘削開口および、資機材の投入開口に差し筋があると作業の障害となるため、異形鉄筋機械継ぎ手(FDグリップ(BCJ-構C53))を軸体に埋め込むことで差し筋をなくし、突出物のない仮設開口とした。また、梁底に設けるべき壁差し筋についてもFDグリップを打ち込むことで対応した(写真-4)。



柱主筋の継手は、圧接工法、エンクローズド溶接工法を併せて採用した。逆打ち工法では、柱筋の上下接続部が先行打設軸体コンクリートにより固定されている。そのため、鉄筋軸方向に圧縮力を加えて圧接するガス圧接で両端部を接合した場合、鉄筋内に引張りの残留応力が残ることになる。これを防ぐために下端を圧接工法、上端をエンクローズド溶接工法とした(図-6)。

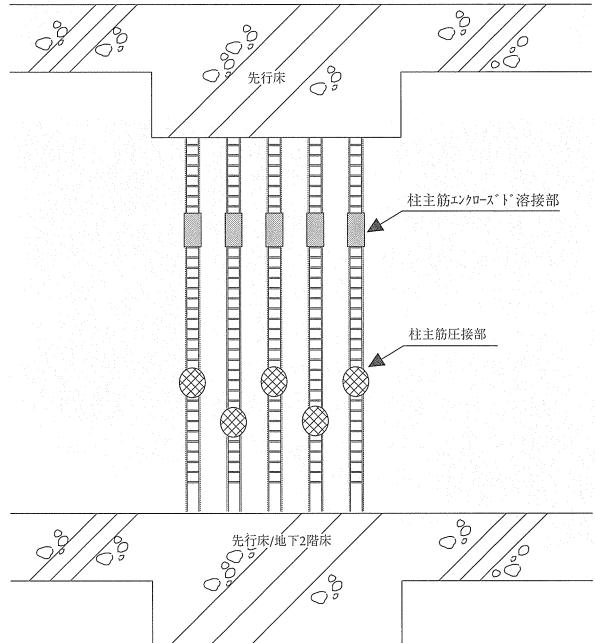


図-6 溶接工法

3) コンクリート

地下部コンクリートの設計基準強度は 240kgf/cm^2 ($\approx 24\text{N/mm}^2$)であるが、工程上コンクリート打設後1週間程度の養生後、重機を設置して次工区の施工を継続するため、材齢7日で設計基準強度以上の圧縮強度が必要だった。そこで、高性能AE減水剤を用いて単位水量を 185kg/m^3 以下とし、試し練りを行い調合を決定した。また、ハーフP C a板を用いることで板にコンクリートの水分が吸収され、初期の乾燥収縮ひび割れが発生するおそれがあるため、打設前に十分な散水を行いコンクリート打設を行った。

4. コンクリート圧入工法

4. 1 圧入工法採用の目的

コンクリート圧入工法は型枠に取り付けた圧入治具(写真-5)にコンクリートポンプからの圧送管を接続し、直接コンクリートを打設する工法(写真-6)である。

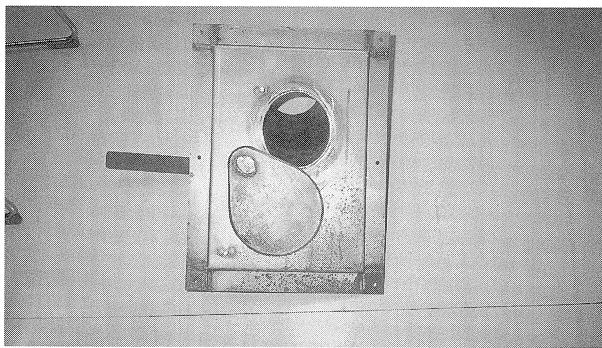


写真-5 圧入治具

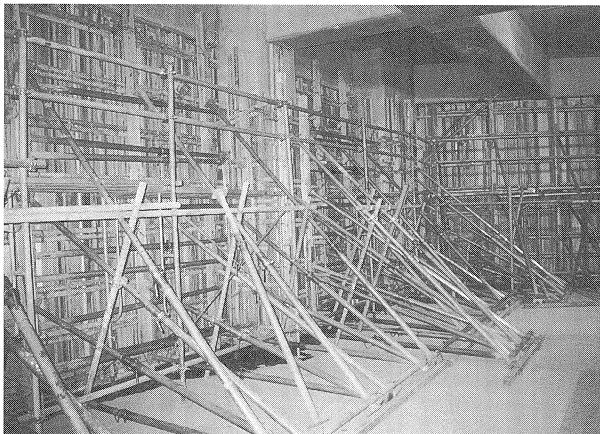


写真-6 コンクリート圧入工法

圧入工法の採用目的は主に以下にあげる事項である。

1) 先行打設スラブ上での作業が可能である。

配管の盛り替え、型枠バイブレーターの盛り替え、コンクリートの締め固め、打設状況の確認時以外はほとんどの作業員が足場上での作業の必要が無く、安定した足下での作業が可能である。

2) 密実なコンクリートの打設が容易である。

コンクリート圧送管を圧入治具を介し型枠に直接接続し、コンクリートポンプ車の圧送圧力でコンクリートを打設するため、壁式高周波振動機（A R V 壁式バイブルーター）による締め固めとの相乗効果により密実なコンクリートの打設が可能である。

3) 車体補修が最小限で済む。

在来の逆打ち工法の場合はジョウゴ部分の研り取り・左官補修が必要となるが、圧入治具は型枠と同一面となり型枠解体後は圧入口廻りの薄塗り補修程度で済む。

4) 上部打継ぎ部の隙間が最小限に抑えられる。

型枠最上部（先行打設車体との取り合い部）からセメントペーストが流れ出るのを確認後打設終了とするため、先行打設車体と圧入打設車体との打継ぎ部隙間が、コンクリートの乾燥収縮に伴う打継ぎ部の隙間程度に抑えられる。

4. 2 圧入工法の検討事項

当工事の地下外周部は壁厚が最小で1200mm、最大で2000mmである。また、敷地境界側はソイル柱列壁を型枠代わりに使用しているため、全ての作業は建物の内側からのみの作業となる。そこで圧入工法の採用に当たり、下記の事項について検討した。

4. 2. 1 透明型枠の採用

打設部の上下を先行打設車体に、また側面を型枠によって囲まれた条件では、コンクリート打設の状況を目視確認することが難しく、型枠の打撃音の変化でコンクリートの打設状況を把握するには経験（慣れ）が必要である。そこで型枠の一部に透明型枠を使用し、型枠内部の状況を確認できるようにした。透明型枠には、コストおよび施工手間を考慮して下記の2種類の材料を場所により使い分けた。

a. アクリル板

型枠最上部（H 150mm分）に厚さ13mmの透明アクリル板を使用した。

b. ガラス繊維強化ポリエスチル板（FRP板）

柱部分に巾300mmのFRP板を使用した。柱部は壁部に比べて配筋が密であり、クロスHの鉄骨が芯材となっており縦方向全長に渡り目視確認できるようにした。

透明型枠の採用により、打設時に型枠内部の状況を確認できたため安全性と施工性が向上し、施工を容易に行うことができた。

4. 2. 2 セパレーターピッチの検討

外周部壁については壁厚が1200mm～2000mmと厚くコンクリートの側圧上昇は比較的緩やかだと予想されるので450mm～500mm間隔としたが、内部壁については壁厚が180mm～300mmと薄く、圧入工法によるコンクリート打設時には側圧が急激に上昇することが予想されるためセパレーターピッチを通常の1/2の300mm間隔とし、セパレーター径を6.95mmとした。

4. 2. 3 打継ぎ部型枠

1フロアのコンクリートを工区分けして打設する場合、垂直打継ぎの止枠としてはメタルラスや在来型枠を用いた止枠が一般的であるが、止水ゴム等の止水材等を使用しても地下水位によっては打継ぎ部からの漏水が懸念される。そこで、当工事では止枠に、エアーフェンス工法を採用した。この工法の特性上、打継ぎ車体表面に歯車のような凹凸ができ、後打設コンクリートと先行打設コンクリートとが噛み合うことにより一体性を持たせ、別々に打設したコンクリートに、他の止水処理を講じることなく非常に高い止水性を確保できた。

4. 2. 4 打継ぎ部止水処理

スラブ表面打継ぎ部の止水処理としては、水膨張ゴム弾性定型シール材を使用した。これは芯材にステンレス網を入れた幅20mm、厚さ10mmの細長い帯状の止水材である。取付も比較的容易で、特別な技術を必要としない。また、吸水時の水膨張倍率（体積）が2と大きく、吸水している状態であればその膨張が継続するので、躯体工事中に吸水・膨張を始めれば、仕上げ工事以降の漏水は未然に防止できると判断した。問題点として、コンクリート打設前に長期間冠水すると、膨張が始まると、コンクリート打設後、コンクリートの乾燥収縮にシール材が追従できなくなる可能性がある。これは漏水の原因となるので、シール材取付後コンクリート打設直前までは、常に雨水・地下水等の除去に注意する必要があった。上部梁下の打継ぎ部止水処理としては、後述するノンジョイントシステムにより十分な止水性能が確保できるものと考えた。万一漏水があった場合は、ノンジョイントシステムで使用したフッコーアーチを用いて、2次注入を行う事が可能である（図-7、図-8）。

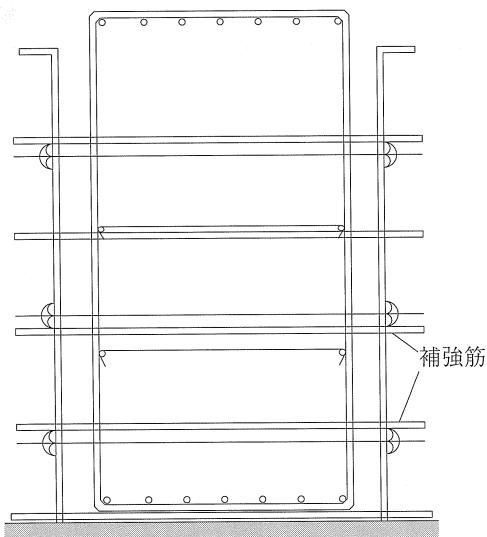


図-7 地中梁断面

5. 躯体打継ぎ部隙間の充填方法

圧入工法により打設したコンクリート躯体は、打設時には打継ぎ部が確実につながっているかに見えてもコンクリートの乾燥収縮に伴い必ず隙間が出来る。これは構造体の応力伝達のメカニズムの点で、また、先に述べたコンクリート打継ぎ部の止水性の点でも問題となる。そこで、外部からは確認できない微小な隙間も確実に充填できる、ノンジョイントシステム／FUKO2を採用した。

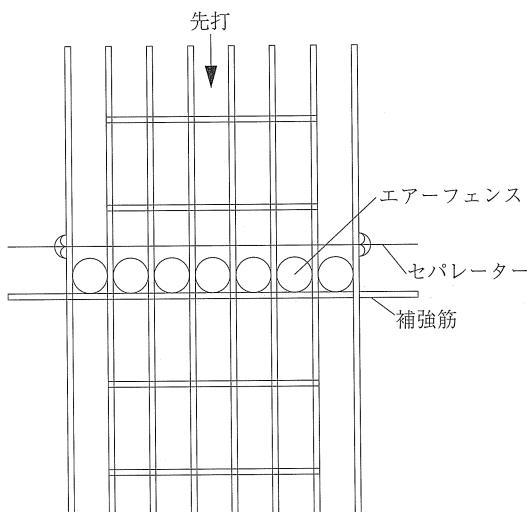


図-8 打継ぎ部（梁）

この工法は、フッコーアーチをコンクリート中に先行取付しておくことにより、中心から外側に向い1点からではなく線上に注入作業が行われるので、さほどどの高圧でなくとも注入が可能である。ホース内の洗浄が可能なので、2次注入、3次注入と同一のフッコーアーチを使用することが出来る（写真-7）。

本工事ではこれらの止水処理の結果、漏水もなく品質の向上が計られ施工することができた。

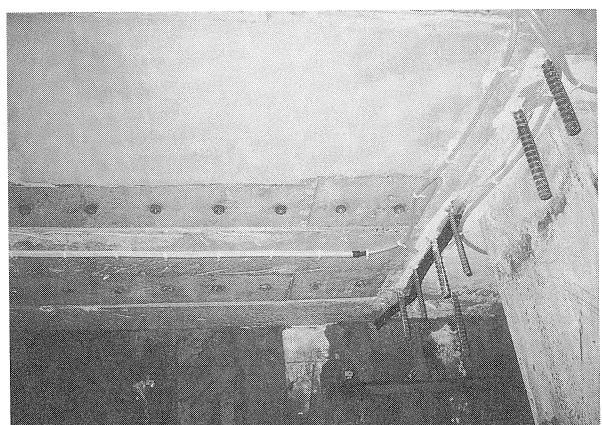


写真-7 フッコーアーチ工法

6. 工程調整

全天候型自動化施工システム（F A C E S）の採用により、積載荷重が増加したため地下工事において、以下の4点の工程調整を行った。

1) ハイパーコラムコンクリート打設

2) 地中梁コンクリート打設

3) 地下2階先行柱打設

4) 地下2階柱・壁コンクリート打設

6. 1 ハイパーコラムコンクリート打設

先行床を支えるために構真柱を採用した。これは原設計では地中梁天端にアンカーボルト定着させる鉄骨を、支持杭に先端を貫入させ、自立させた鉄骨柱である。地上6階梁鉄骨建方後、FACESをリフトアップするまでに、構真柱の杭天端から、鉄骨柱ベースプレート下端までの補強が必要である。この補強として、仮設鉄骨部クロスHの各フランジ端部に鉄板を溶接し、その内部にコンクリートを充填することで、柱の剛性を高めた。さらに、コンクリートの乾燥収縮により、鉄骨柱ベースプレートの下端に隙間ができ、上部の応力が下部に伝達されないため、前述のノンジョイントシステムを使用しての隙間充填対策も行った。

6. 2 地中梁コンクリート打設

10階梁鉄骨建方後FACESをリフトアップするまでに地中梁コンクリート打設を終了し鉄骨柱ベースプレート下端グラウト注入を終了させること、かつグラウト材の強度確認をすることが条件であった。このため高層棟地下地中梁躯体工事を優先し、耐圧板を高層棟地下・低層棟地下と順次打設した。

6. 3 地下2階先行柱打設

13階梁鉄骨建方後FACESをリフトアップするまでにFACESの四隅を支える4本の柱の躯体工事を終了させることが条件であった。このためこの4本の柱躯体を優先し打設した。

6. 4 地下2階柱・壁コンクリート打設

17階梁鉄骨建方後FACESをリフトアップするまでにFACESを支える全ての柱・壁の躯体工事を終了させなければならなかった。

7.まとめ

本工事では、地下工事を逆打ち工法としたことにより、地下ならびに地上工事を効率良く安全に進めることができた。工事計画段階においては様々な問題が発生したが、既存の要素技術を組み合わせて採用することにより、これらを解決することができた。

しかし、今回の地下工事計画は在来工法の延長であり、地上階の施工に採用したFACESのように建設生産の在り方の根本から見直したものではない。大規模建築においては地下工事の比重が大きく、地下での工期短縮がコストダウンにつながるものと考える。今後、連続地中壁の本体化、建設ロボット等の当社開発技術を取り入れた地下工事施工システムの開発が望まれる。これらの実現のためには設計段階から工事計画に着手しておくことが必要である。