

軟弱地盤での逆打工法によるビルの施工

Work of Inverted Construction Method on Soft Ground

松本 靖司*
Yasusi Matsumoto

要 約

地盤が軟弱な草加で、地下3階・地上9階の大型店舗ビルを24ヶ月という短い工期で完成させるため、地上工事を同時に進める地下躯体の逆打工法を採用した。逆打工法を採用するにあたっては設計時で逆打ちを考慮した設計仕様でなければならない。施工においては事前の綿密な検討が重要であり、当工事では特に場所打杭築造時に建込む構真柱の製作納入時期および建込み精度の確保が重要なポイントであった。逆打工事に関連して、施工側から、地下部分では原設計がSRC造の梁であったものをRC造に、地上部分では安全性と品質向上を図るため、梁をSRC造からS造へ設計変更してもらい、また省力化のため床にはファブデッキを、外壁にはPCF版を採用した。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 全体施工計画
- §4. 逆打工法
- §5. まとめ

§2. 工事概要

工事件名：草加駅東口第1種市街地再開発事業

第2街区施設建築物新築工事

工事場所：埼玉県草加市高砂二丁目地内

発注者：埼玉県草加市

設計監理：㈱アール・アイ・ユー

建物規模：2-1棟 地下1階、地上7階 SRC造
延床面積 3,262.3㎡

2-2棟 地下3階、地上9階 延床面積
28,667.6㎡ 計31,929.9㎡

主要構造：杭 アースドリル拡底杭 φ2,000mm
(2-2棟) 構真柱埋め込み

山留壁 RC連壁 厚さ1,000mm 深さ
32m 施工面積8,480㎡

地下構造 柱 SRC造 構真柱 φ600mm
厚さ27mm 長さ23.0m

梁、スラブ RC造

地上構造 柱 SRC造

梁 コアおよび外周部 SRC造

§1. はじめに

草加駅東口第1種市街地再開発事業は、東京都心から約17kmの東武伊勢崎線草加駅前広場を中心として計画されたもので、第1街区（清水・奥村・谷古宇特別共同企業体）、第2街区（西松・大林・佐藤特別共同企業）および両街区を結ぶ駅前広場下部の地下駐車場（清水・奥村・谷古宇特別共同企業体）の3工区が競合し、各企業体が各々の技術を発揮しながら逆打工法で工事を進めた。ここでは当社が担当した第2街区の逆打工法を中心に報告する。

*東京建築(支)草加市街地再開発(出)所長

その他の梁 S 造
 床 コア部 RC 造(在来工法)
 その他 型枠付立体溶接鉄
 筋コンクリート
 (ファブデッキ工法)
 外壁 タイル打込み PCF 版

§ 3. 全体施工計画

3-1 地盤状況

草加市周辺は、江戸川・中川の氾濫により形成された地域のため非常に軟弱な地盤である。地盤の土質柱状図を Fig. 1 に示す。

3-2 地下工事施工計画

(1) 地下工法

この工事を通常の方法で施工した場合、掘削開始から地下躯体完了まで9～12ヶ月を要する。逆打ちを採用した場合、地上躯体と地下躯体が同時に進められるため、全体で6～9ヶ月程度の短縮が見込まれた。

逆打ちでの施工は工期短縮のほか、躯体が山留め壁の支保工になるため支保工の剛性が高く、変形も小さいという特徴がある。地下階施工計画図を Fig. 2 に、工程表を Table 1 に示す。(Fig.3参照)

(2) 地盤改良

既存建物の解体により地盤を傷めたため、作業機械の安定性を確保する目的で、表層より深さ1mまでセメント系の地盤改良を行った。

また、含水比が高いため、トラフカビリティーの確保と残土処分を考慮し、深さ12mまで生石灰パイルでの改良を行った。

(3) 山留め壁

山留め壁は設計仕様で RC 造連続地中壁(以下、RC 連壁とする)が指定されていた。RC 連壁の仕様を Table 2 に示す。

(4) 杭・構真柱

逆打ちの施工条件として、躯体の荷重を支える構真柱を場所打ち杭中に挿入しておく必要がある。構真柱の施工は、一般の鉄骨のアンカーセットと同様にミリ単位の精度と非常に重量のある長尺物の鉄骨を杭コンクリート打設時にセットするという極めて難しい工事である。構真柱の仕様を Table 3 に示す。

3-3 地上階

設計仕様では、地上の躯体は SRC 造の在来工法で計画されていたが、最近の技能工不足の労務状況では、工期および品質の点で問題があると判断し、基本設計の主

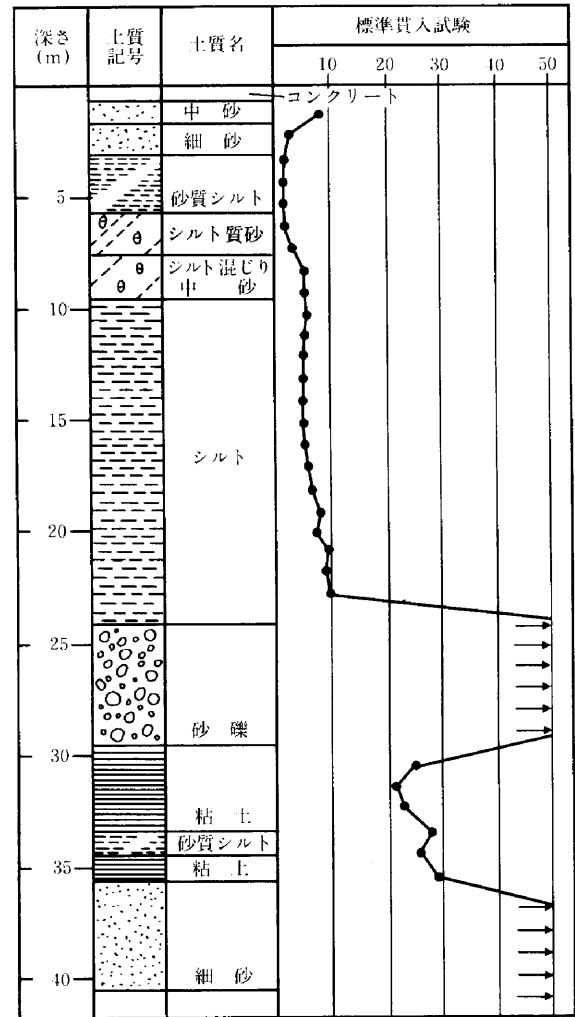


Fig.1 土質柱状図

Table 2 連続地中壁の仕様

厚さ	1000mm
深さ	32m
コンクリート	高炉B種 $F_c = 270\text{kgf/cm}^2$
鉄筋	S D35, 縦筋 D25@100, 横筋 D22@200

Table 3 杭・構真柱の仕様

杭	・アースドリル拡底杭 杭径: 2000mm, 拡底部: 3400mm 長さ: GL-40m コンクリート: 高炉B種, $F_c = 270\text{kgf/cm}^2$ (材令56日強度)
構真柱	・円形鋼管柱(リング付き) 外径: 600mm 厚さ: 27mm 長さ: 22.5m 重量: 約9.5t

旨を崩さない前提で、できるだけプレファブ化を図った。Table 4 に設計変更の内容を示す。

梁およびスラブのプレファブ化によるメリットを以下に示す (Photo 1, Photo 2 参照)。

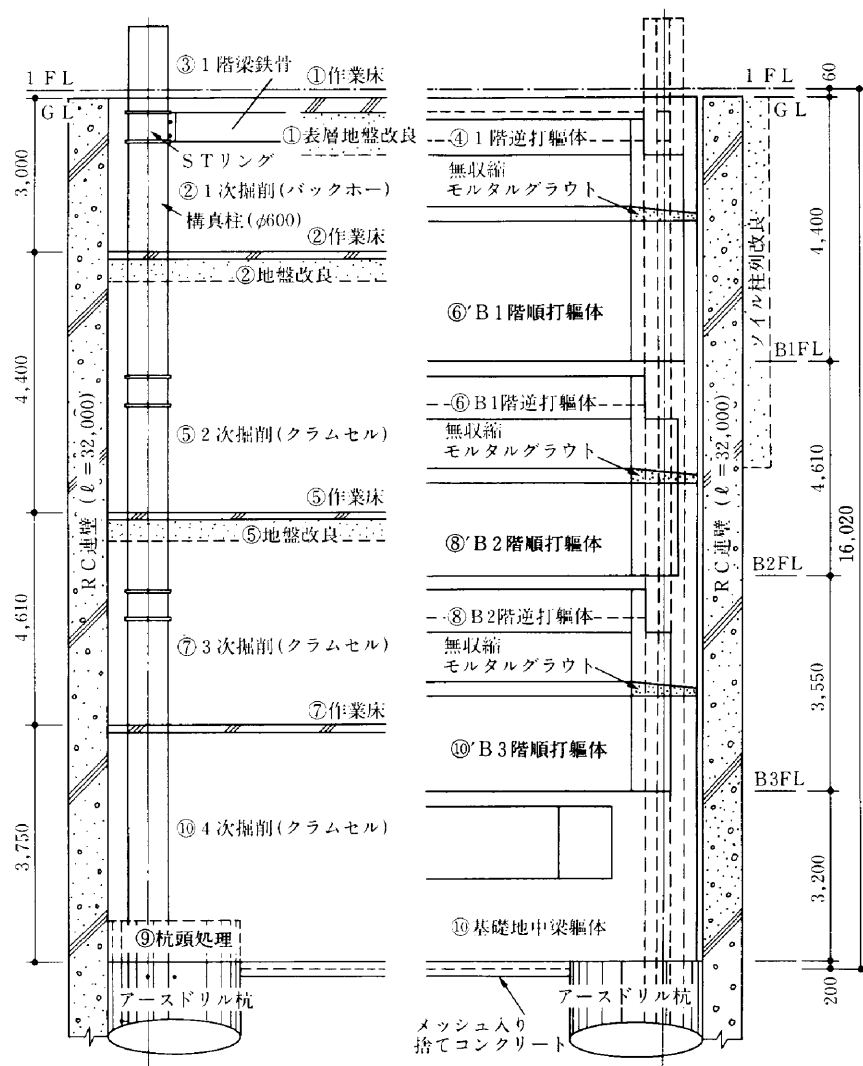


Fig.2 地下階施工計画図

Table 1 工程表

断面図	1989年				1990年												1991年							
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
— PHP																								
— RFL																								
9 FL																								
8 FL																								
7 FL																								
6 FL																								
5 FL																								
4 FL																								
3 FL																								
2 FL																								
1 FL																								
④ ③ ② ①																								
⑤ ⑥																								
B1 FL																								
B2 FL																								
B3 FL																								
② ③																								
BASE																								

(1) 梁の S 造化

- ① 仮設工事の吊り足場が不要となる。
- ② 床スラブ用のファブデッキを梁に載せられる。
- ③ 能率の上がらない鉄筋工事が省略できる。
- ④ タワークレーン設置のための鉄骨梁補強が不要。

(2) 床スラブのファブデッキ採用

- ① 型枠および鉄筋の工事量を大幅に低減できる。
- ② ファブデッキが仮設足場としての役割を果たす。
- ③ 鉄筋の乱れが全く無いため、床の歪みや割れ等が非常に少ない高品質の床スラブが確保できる。
- ④ 躯体施工時、電気設備の埋め込み配管の作業が常時可能なため、配管工程を削除することができる。



Photo 1 ファブデッキ敷込み状況

Table 4 地上階のプレファブ化

原設計仕様	変更後仕様
SRC造外壁の上 45工字掛タイル直張り	タイル打込みPCF工法
梁：SRC造	梁：S造に変更
床：RC造在来工法	型枠付立体溶接鉄筋コンクリート デッキプレート(ファブデッキ工法)

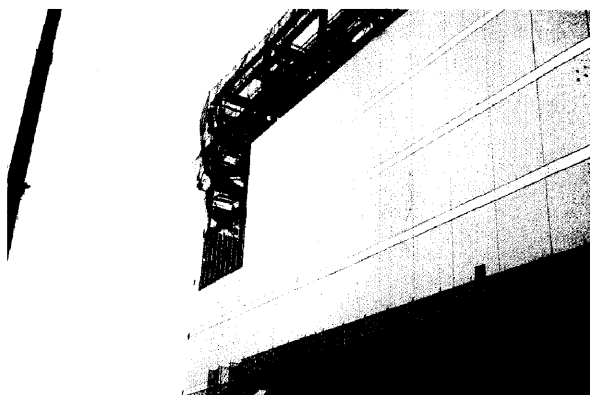


Photo 2 PCF版建込み状況

§ 4. 逆打工法

4-1 GL面における工事

(1) 準備工事

RC連壁築造にあたり、重要な要素の一つに上部孔壁の安定がある。孔壁の崩壊防止対策は、水圧とベントナイトの薄膜で孔壁面の安定を図ったが、上部は水圧が小さく、さらに、表土上では工事用重機の重量や振動、またロッキングパイプ引抜きによる反力も生ずるため、孔壁面の土質を改良する必要があった。当工事では表層7mまではセメント系の地盤改良を、それ以深の6mまではソイル柱列で改良したが、それでも出隅部分はすべて崩壊した。特に、6m以深での崩壊がひどく、打設したコンクリートに崩壊した土砂が混入し、掘削時にその箇所から少量ではあるが水と一緒に土砂が流入するなど、その止水に苦労した。

地盤改良を行った後、RC連壁を造るためのガイドウォールを深さ500mm程度の鉄筋コンクリートで両側に精度良く設け、さらに高品質のRC連壁を施工するために、作業エリアの床全面に厚さ200mm程度のコンクリートを打設した。この作業床は躯体の地墨を精度良く出すために重要な意味がある。

(2) RC連壁の施工

本工事のRC連壁は部分的に土圧および水圧を一部負担させているが、基本的には掘削時の仮設山留め壁として設計されている。エレメント間のジョイントはインターロッキングパイプ方式とし、掘削機はMHL100を使用した (Fig. 4 参照)。

(3) RC連壁の計測管理

RC連壁は地下駐車場工区と接するために、その部分は共用となるが、相互の工事進捗は設計段階での想定と実施時とで異なってくるのは避けられない。また、これ以外の部分でも設計時の応力と実際の応力との対比は管理上不可欠である。当街区では3箇所RC連壁の応力測定と変形測定を実施した。計測システムは第1、第2、地下駐車場の各工区共に同一のプログラムによるパソコン処理とした。

(4) 構真柱の建込み

構真柱の断面決定は最終掘削完了時点において、構真柱の建込み設置による偏芯が設計条件を満足していなければならない。構真柱の設置要領を Fig.5, Photo 3 に示す。

①構真柱の形状

大荷重を受ける構真柱の断面形状はクロス H 型、円形鋼管などがあるが、本工事では円形鋼管柱（リング付き）を採用した。鋼管の場合、経済性から管内にコンクリートを充填するが、杭コンクリートと同時に打設することが困難であり、あらかじめ管底を閉鎖しておき充填コンクリートを後打ちした。

②構真柱と杭の偏芯

建物外周部は地下外壁と RC 連壁が接し、柱芯と杭芯は必ずしも一致していない。杭の外周が連壁の内側に接している箇所では、構真柱のスタッドボルトが杭の鉄筋に当たり、建込みができない場合がある。そこで、スタッドボルトの長さを極力短くし、その頭部にスタッドボルトの引掛り防止の帯鉄板を付けて建て込んだ。

③構真柱の建込み

構真柱の建込み時期は、杭コンクリート打設の前と後の 2 通りがある。前の場合は打設するコンクリートによってトレミー管の反対側に構真柱が動き易く、後の場合は構真柱のセットに時間がかかるとコンクリートの硬化によっては入らなくなる恐れがある。種々検討の結果、コンクリート打設前に構真柱を建込んだ。

なお、構真柱頭部から地上階の鉄骨工事が始まるため構真柱のセット誤差はできる限りゼロに近づけるという管理をしなければならない。

4-2 躯体工事

(1) 躯体の施工

地下躯体の逆打ち施工は工期短縮の意味で非常にメリットがあるが、計画上の僅かなミスで大幅に工程と予算

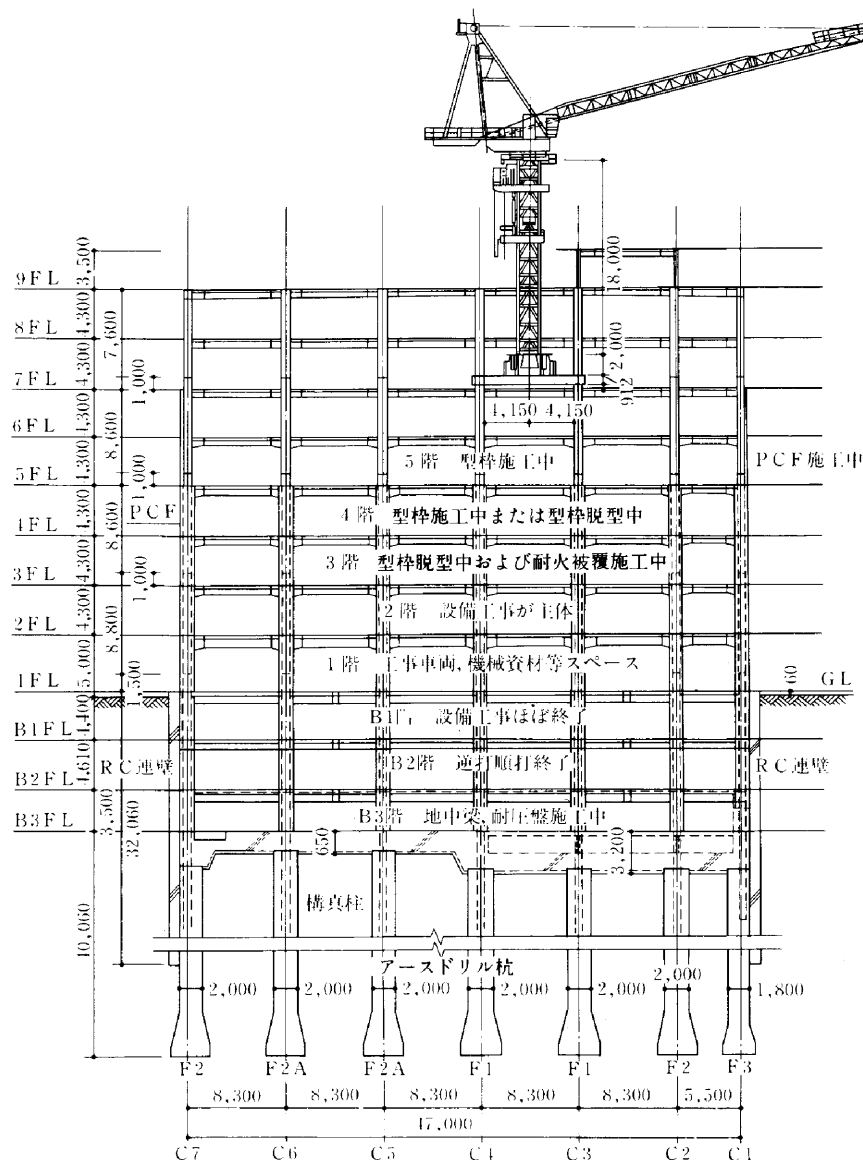


Fig.3 91年1月末時点の工事進捗状況図

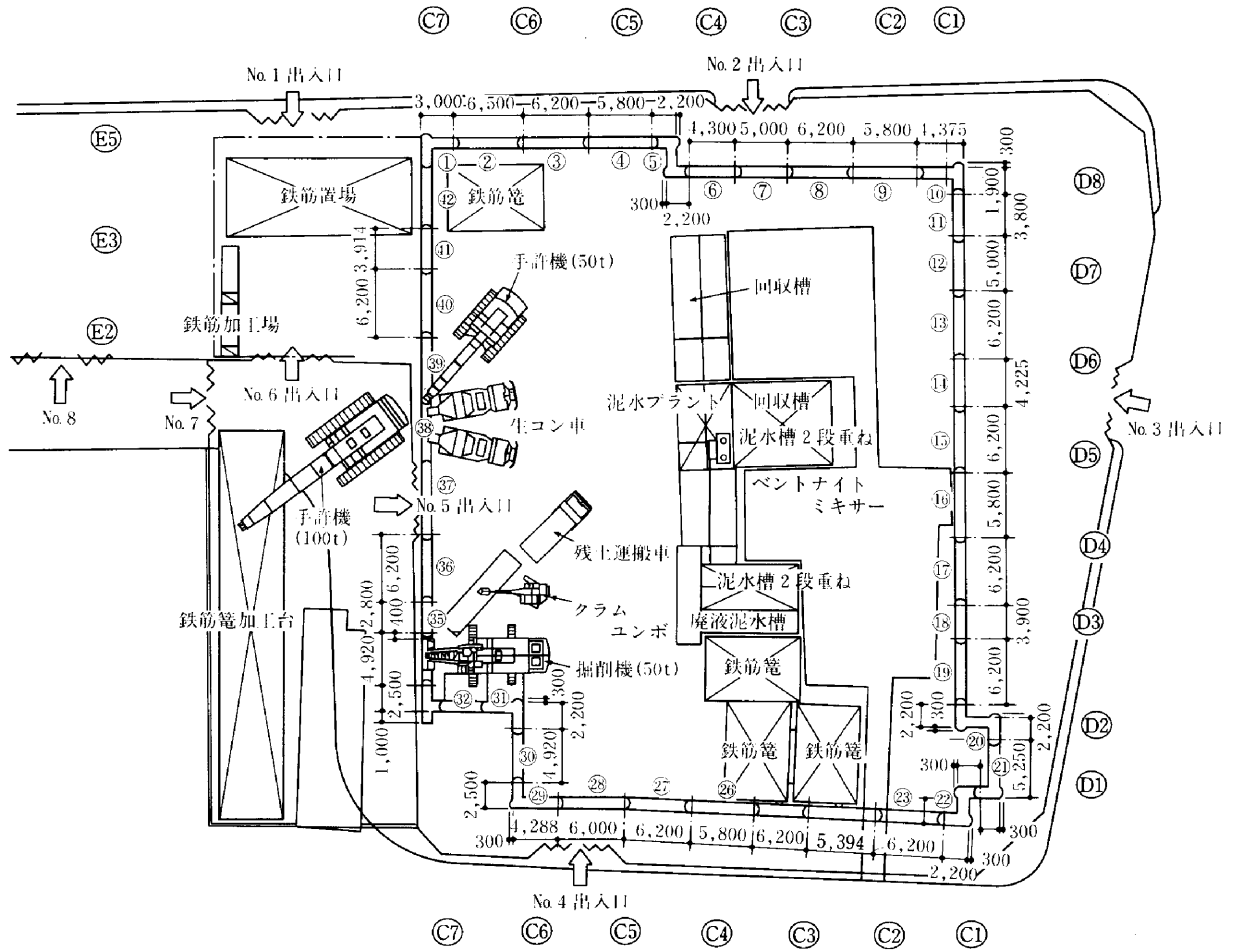


Fig.4 R C連壁施工計画図

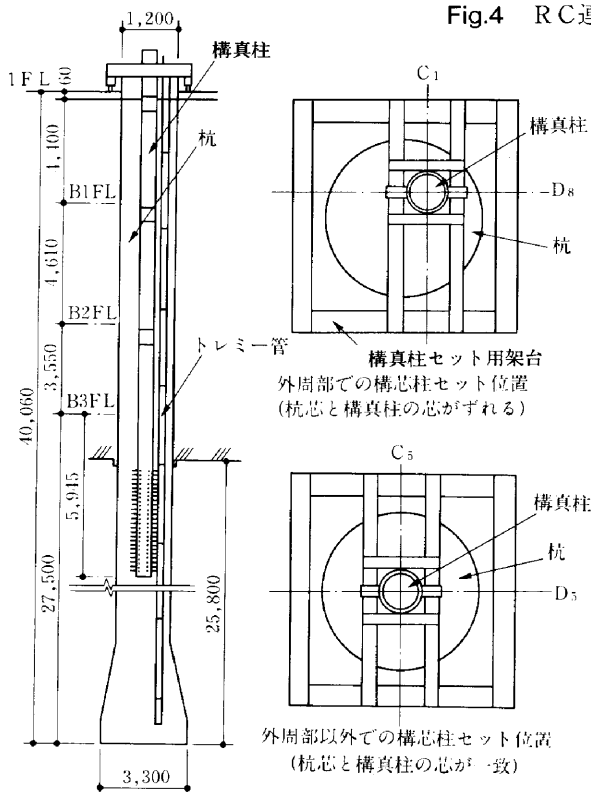


Fig.5 構真柱の設置要領



Photo 3 構真柱建込み状況

を狂わせることになるので、その工事の条件に合った綿密な計画が必要である。以下にその留意点を記す (Fig. 2 参照)。

①1階梁スラブの構造

構台の役目をする1階のスラブは、地上階用の重機と掘削用のクラムセルやダンプの走行を考慮し、それらの荷重に耐えられる構造でなくてはならない。さらに、掘削部の仮設開口部（ダメ穴）周囲には差し筋を施さず、後日容易に閉鎖できる構造を考えておく必要がある。

②ダメ穴

上下階同時施工であることを考慮して、掘削部分のダンプ動線と地上階の鉄骨建方や型枠鉄筋工事が交錯しないような工事計画と工程管理が必要である。仮に、掘削工程が遅れると、地上の工事進行とのバランスが崩れ、構真柱の耐力不足が生じ上階工事を一時中止しなければならないことも起り得る。

③掘削深度

Fig. 2 に示した地下階施工計画図のように1次から4次までの掘削深度をあらかじめ決めておき、これに基づいて山留め壁の設計を行ったため、後からの掘削深度の変更が難しく工事の作業性を考慮しながら掘削を進める必要があった。掘削にあたっての主な検討事項は次のものがある。

- イ、ダメ穴から搬入された資材の移動方法。
- ロ、人が容易に作業できる高さの確保。
- ハ、梁底部分の型枠支保工の高さ。
- ニ、階高が高い設備機械室の上部配管を掘削地盤を利用して事前に施工する場合の準備。
- ホ、鉄骨梁をセットするクレーンの機種選定。
- ヘ、各掘削底地盤の作業床としての強度。

(2) 逆打軀体の施工順序

1次掘削以降の施工順序と留意点について述べる。(施工順序については Fig. 2 の丸数字参照)

①②省略

③1次掘削

掘削はバックホーを使用した。作業床にはコンクリートを打設したが、地盤の状況によっては地盤改良を行う必要があった。

④1階梁の鉄骨建方

作業床に基準墨を出し、構真柱の建て入れをチェックした。位置ずれの修正は Fig. 6、Photo 4 の要領で行った。修正後、1階梁の鉄骨建方を行ったが、構真柱との接合は溶接のためボルト締めより時間を要した。

⑤1階軀体の施工

1階の軀体には上下に差し筋があるので、壁・柱型の底板をセットした後、差し筋の穴をあけて柱壁筋を

組立てた。以下に軀体逆打ち部分の作業手順を示す。

- イ、吊り足場を設け、鉄骨の溶接、超音波探傷検査を実施した後に梁の配筋を行う。
- ロ、柱底型枠をセットする。このとき差し筋の関係で大引の位置に注意する。その後、柱と柱筋の墨を出し、柱筋用の穴をあけて柱筋を作業床より建て、継手位置がイモ継ぎにならないように組立てる。柱型と梁型を建て片壁を起すが、壁も同様、壁底と差し筋穴が必要である。
- ハ、壁の配筋後返し壁を組み、スラブ型枠を組み1階の床はスラブ厚さが300mmあるので、支保工はビーム等を使わずサポートにした方がよい。
- ニ、スラブ筋組立て後コンクリートを打設し、十分な養生後脱型を行うが、足元をただちに掘削するので、型枠残材はすべて場外へ搬出する。

⑥2次掘削、地盤改良、作業床

2次掘削以降はクラムセルにて行った。この場合一般の掘削と違いダメ穴部分からしか掘削土の搬出ができないため、下部の集土はクラムセル1基当りバックホー2基、ブル1基程度が必要であった。

梁がSRC造の場合は、掘削の進行に伴い梁間寸法を厳密に実測し、工場で梁鉄骨を切断加工してから搬入する必要があったが、実測後の製作期間のロス为了避免のためRC梁に変更した。しかし、鉄筋量が非常に

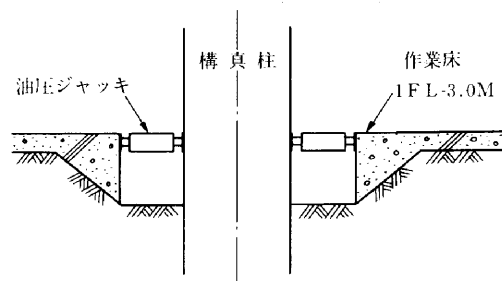


Fig.6 構真柱の建入修正要領

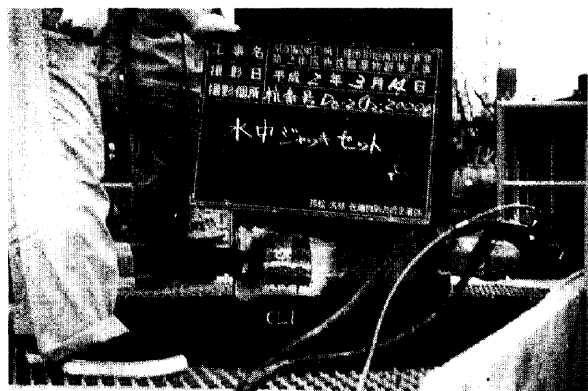


Photo 4 構真柱の位置修正

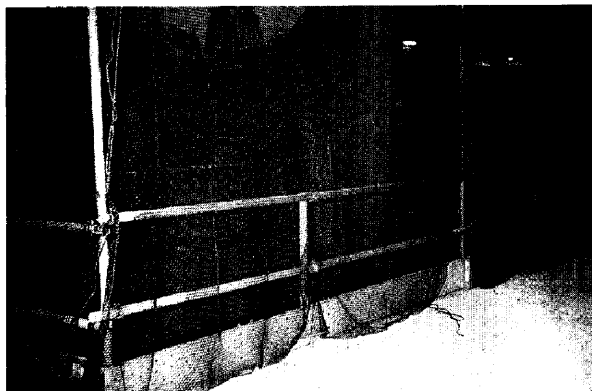


Photo 5 地下階開口部の状況

多くなり、労務状況が非常に悪い状況下では、余り有利ではなかった。

⑦B1階躯体の施工

柱底の型枠に鉄筋用の穴あけを終了した後、柱筋の圧接を行うが、通常と逆に、上から下への圧接作業となる。その他は前記と同様の方法で行った。2次掘削以降は1階床部と違い、ダメ穴を利用して資材の上げ下げを行うため、資材の水平運搬が生ずる。この運搬がスムーズに行われるための運搬機械の選定を事前に十分検討する必要があった。

⑧⑨省略

⑩4次掘削と基礎地中梁、杭頭処理

4次掘削も前記と同様に進めたが、ここで注意しなければならなかったことは、山留め壁の支点がB2階床から下には無く、この位置で山留め壁にかかる応力が最大となり、支点間距離も大きいことから常時土圧の計測値をチェックし、万一に備えて事前に対策がとれる体制を整える必要があった。

(3) 地下内部の仮設設備

①ダメ穴の利用法と安全設備

掘削時用のダメ穴は資材の搬出入に大いに利用されるが、ここに昇降設備を設けることはできない。そこで、中間階には荷取りステージが必要になるが、レールを付けた移動式や吊り上げ式の方法が考えられる。また、ダメ穴の周囲には安全養生ネットを張るが、上下にレールを付けたカーテンのような方法を講ずると便利である (Photo 5 参照)。

②内部の換気

地下部の仮設用換気は労働安全衛生上重要である。建築工事計画届においても換気回数の指定がある。換気の程度はディーゼルエンジンの重機が多数稼働することや杭頭処理時の粉塵が内部に充満することなどを考慮して決める必要がある。当工事では、本設の金属



Photo 6 クラムセルのモニター装置

ダクトを利用して、直径1,100mmのシロッコファン4基による仮設吹出口を設けた。

③場内照明

作業場での照度は150ルクス程度とし、停電時の対策として、非常照明器具と誘導灯を要所に配置した。

④シャフト等の足場、仮設階段の計画

逆打ちによる施工は上から下へ順次作業が進むため、仮にある作業床から足場を組むと、次の作業では足場を解体してから掘削にかからねばならず、足場等の仮設は常に上から吊るという配慮が必要であった。

⑤クラムセルオペレータ用モニター装置

クラムセルのオペレータは掘削面が見えず、しかも下部では重機が集土のためはっきりなしに作業している。操作は合図係の誘導に従うものの、モニターと併せて下を確認してバケットを下ろすことができた (Photo 6 参照)。

⑥クラムセルバケットの降下警報装置

地下内部では人の話し声が聞こえないほどの騒音となり下部重機のオペレータ達にはブザーの音も聴取できない。さらに、クラムセルは同時に2台が稼働するため、どちらのクラムセルの降下かどうか判別しにくい。そこで音と光を組合せ種類を変えて中間階の人にもクラムセルの昇降が判別できるような装置を付けた。

§5. まとめ

躯体の逆打ち施工を中心に当現場の実施例を述べたが、工事全体を十分把握し、綿密な工事計画とそれぞれにおける問題点を拾い出し解決していかないと、スムーズな工事の進捗は望めないと痛感した。既に技報に掲載されている内容や一般的な内容についても述べたが、これは逆打ちに関連している内容とご理解頂きたい。