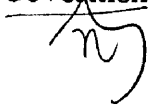


中央合同庁舎第5号館地下工事の施工報告

No.5 Central Government office—Basement Construction



八重樫 俊夫*
Toshio Yaegashi

小松 秀行**
Hideyuki Komatsu

坂下 滋範***
Shigenori Sakashita

近藤 晴貞***
Harusada Kondo

要 約

中央合同庁舎第5号館(地下3階、地上26階)において、地下部分が敷地のほぼ全域に亘るため、地下軀体を作業床として利用したい、高層部分の工事をできるだけ先行したいという2つの理由から、地下工事を二工区に分け、高層棟は根切りをオープンカットとし、従来通りの工法で、低層棟は1階床から逆打ち工法を採用し、高層棟の根切りと並行して作業した。

低層部の逆打ちは、1階床及び地下2階床を実施したが、逆打ち工法を施工する上で問題となったのは、逆打ち終了した軀体荷重の支持方法、逆打ち部のグラウト工事などである。結果は、山止め工法としての安全性、作業床としての利用による経済性など多くのメリットが生じた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 建物概要
- § 3. 地下工法の概要
- § 4. 逆打ち工事
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

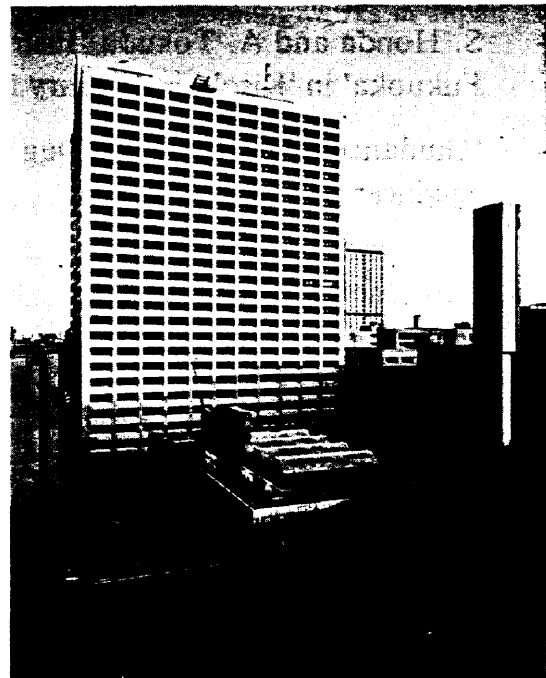
中央合同庁舎第5号館は、霞ヶ関中央官庁街整備計画の一環として、厚生省旧館跡地に建設される地下3階、地上26階、塔屋3階建ての超高層建築物である。

当建物の地質は、GL-19m付近まで軟弱な沖積層が続き、それ以深は密に締った洪積層がある。地下部分は、敷地のほぼ全面積(約7,000m²)を占め、掘削深さが20.5mもある大型地下工事である。

本稿では、山止め工事の施工概要と、支保工及び作業床(一部約3,000m²)として採用した軀体の逆打ち工事について述べる。

§ 2. 建物概要

建物の概要を Fig.1~4 に示す。



中央合同庁舎第5号館建築工事 昭和57年12月1日

Photo1 建物全景
Overall view

*東建(支)中央合同庁舎JV(出) 工事主任
**東建(支)中央合同庁舎JV(出) 工事係長
***東建(支)中央合同庁舎JV(出)

工事名称：中央合同庁舎第5号館建築工事
所在地：東京都千代田区霞ヶ関1-2-2
発注者：建設大臣官房官庁営繕部
設計監理：建設大臣官房官庁営繕部
施工：大成・戸田・西松建設工事共同企業体
工期：昭和54年4月～昭和58年9月
構造：(基礎)直接基礎,(地下)RC造一部SRC造,(地上)S造,ただし,低層棟はSRC造
規模：地下3階,地上26階,塔屋3階軒高100m,最高高さ111.2m
面積：建築面積 6,178m²
 延床面積 101,493m²
 基準階面積 2,927m²

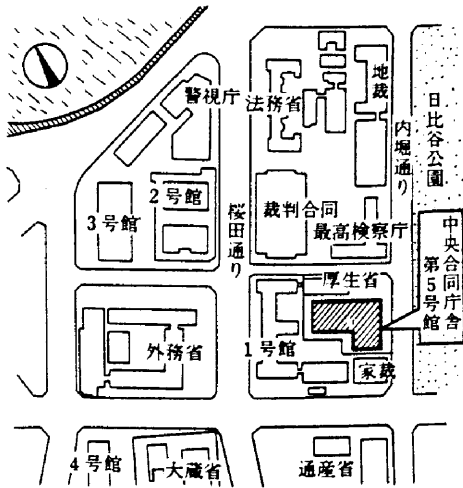


Fig.1 配置図
Site plan

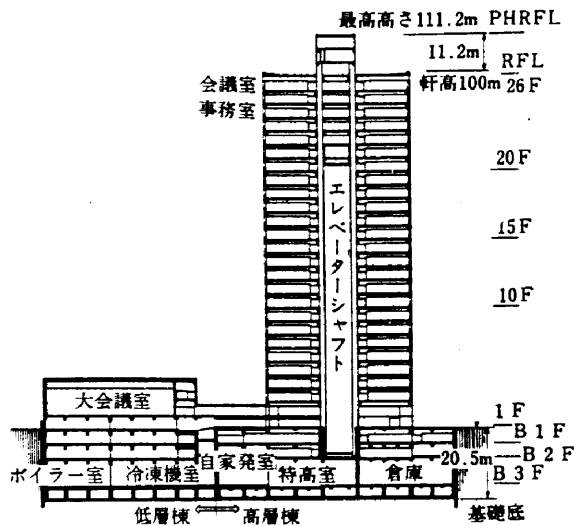
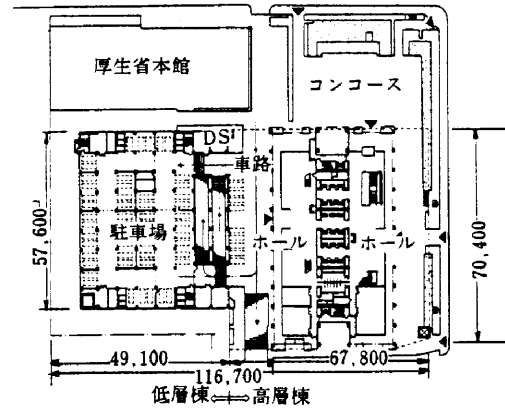
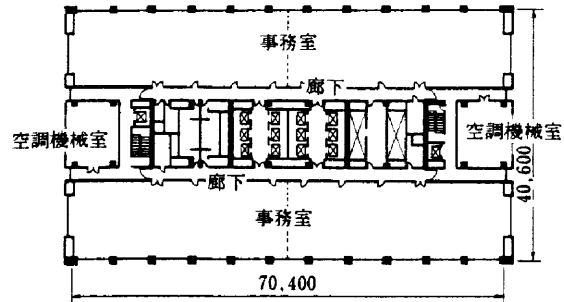


Fig.3 断面図
Section



1階平面
1st floor



基準階平面
typical floor
Fig.2 平面図
Plan

§ 3. 地下工法の概要

3-1 敷地状況

当建物の敷地は、三方を厚生省、農林水産省、家庭裁判所に囲まれ、一方のみが都道に面している。

建物は、都道側に高層棟（S造、26階建）が位置し、その奥に低層棟（SRC造3階建）がある。

地下は高層、低層棟とも地下3階まで同一レベル（GL-20.5m）で繋がっており、敷地のほぼ全面積を占める。

3-2 地下工事の二分割

地下工事を施工するに当って、敷地の制約から次の理由により、高層部分と低層部分の二工区に分けることにした。

- ① 工事量の多い高層棟は、できるだけ先行して工事を進めたいので、地下躯体を早く完成させたい。
- ② 全部を同時掘削することは、切梁が長くなり、温度応力の影響やプレロード時の蛇行など山止め支保工の架設に無理が生ずる懸念がある。
- ③ 地下部分だけでも掘削土量が約 170,000m³、型枠面積が約 100,000m²、鉄筋が約 5,000t という膨大な工

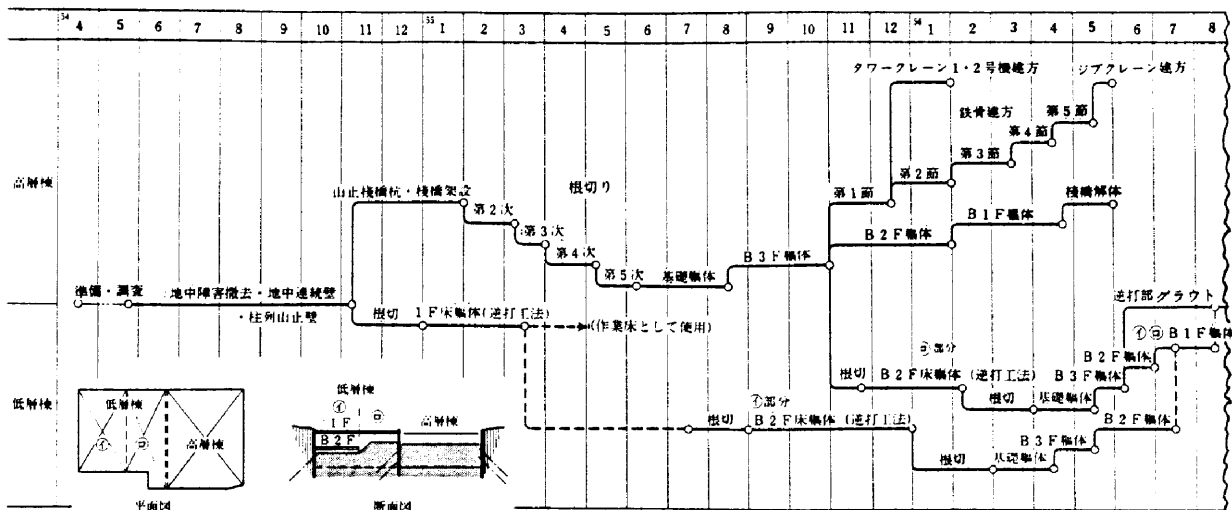


Fig.4 地下躯体工事工程表
Work schedule of basement

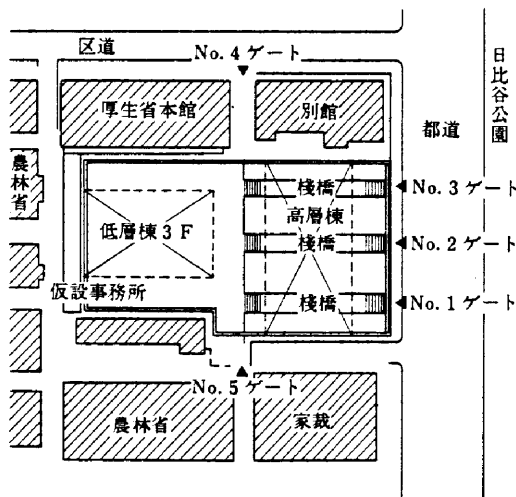


Fig.5 敷地状況図
Site location

事量となるため、施工管理、労務管理の面でも分割する方が好ましい。

3-3 山止め壁

山止め壁は、建物地下部分の土水圧を長期的に負担する目的で、建物全周(約400m)に亘って施工された地中連続壁を利用することにした。

この地中連続壁は、深さGL-24m、厚さ80cmで、先にガイドウォールを構築し、クレーン掘削機により施工した。

また、先行掘削する高層部と低層部との境には、厚さ80cmの地中連続壁と剛性的に釣合いのとれる仕切壁が必要となるが、将来撤去することも考慮して、H鋼芯材のソイルモルタル柱列壁(径550mm、H-400×200×8×13、長さ24m)を採用した。

3-4 支保工

(1)高層部：根切りは、工期等を考慮してオープンカット工法とし、支保工を地中連続壁の剛性及び地下階の階高から4段とした。切梁は、作業性を考えるとアースアンカーを採用したかったが、隣接建物、土質状態等の制約から上部2段切梁は井桁切梁とし、下部2段をアースアンカーとした。なお、都道下のアースアンカーは除去アンカーを使用した。

(2)低層部：低層部は次の理由から、根切りに先だって1階躯体を先行し、逆打ち工法を採用することにした。

①長期間に亘る鋼製切梁及び栈橋の架設は安全性、経済性を考えると適当でない。

②作業床及び資材置場としての使用するためかなりの面積を必要とするが、鋼製栈橋の場合、積載荷重に対する補強などで費用がかかり過ぎる。

③仮設ゲート(No.4、No.5)の関係上、中央通路として使用している部分を遮断して掘削工事を行うことは困難である。

④その用途が主に駐車場となる低層棟は、RC造のため、逆打ち工法を行うには補強が比較的少なく済み、また、施工も容易である。

低層部の支保工計画は、当初、第1段は1階スラブ躯体の逆打ちとし、第2段を井桁切梁、第3段以降をアースアンカーと考えていた。しかし、先行した高層部での根切り工事の実績と2ヶ所に設置した側圧計より得られた地中連続壁の応力測定結果から、1階逆打ち床より11m下まで根切りしても地中連続壁に支障がないこと、また、逆打ち工法を採用するに当って、真柱となる低層部の柱に応力的な余裕があったことなどの理由により、地下2階の躯体も逆打ち工法とし、第3段のアースアンカーを取り止めた。

支保工の施工概要を下記に掲げる。

支保工	高層部	低層部
第1段	集中切梁 2H-350×350×12×19	1階躯体逆打ち
第2段	集中切梁 3H-350×350×12×19	地下2階躯体逆打ち
第3段	アースアンカー 12-φ12.7 1,600@	—
第4段	アースアンカー 12-φ12.7 1,200@	アースアンカー 12-φ12.7 1,200@

Table 1 逆打ち工事に伴う主な検討項目
Main check list of top-down construction

工程	検討項目
真柱打設	○真柱の選定・施工精度
第一次根切り	○掘削深さ
先行床躯体	○仮設開口 ○真柱と躯体との取合部の補強 ○外周部と躯体との取合部の補強 ○躯体補強 ○型枠の組立て及び配筋
グラウト工事	○工法の選定 ○材料の選定 ○施工

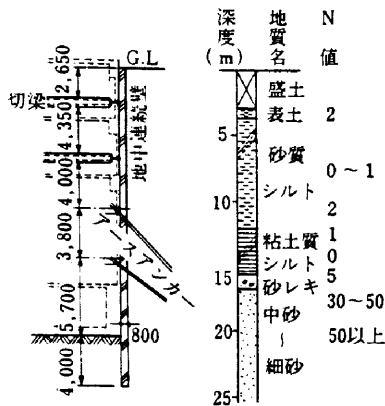


Fig.6 柱状図
Boring log

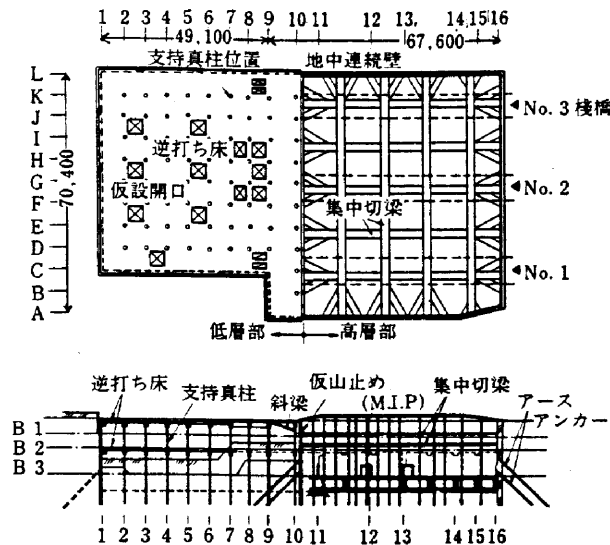


Fig.7 1階仮設平面図・断面図
1st floor plan and section of temporary work planning

§ 4. 逆打ち工事

4-1 工事概要

逆打ち工事を施工するに当って、工程ごとの主な検討事項を掲げると Table 1 のようになる。

4-2 支持真柱

(1)支持真柱の選定

低層棟地下部分のスパンは 6.4m×6.4m で、柱は RC 造 (断面 80cm×80cm) である。

逆打ち工法を採用する低層部の躯体工事は、先に地下部分を完成させた後、地上部分を施工するので、真柱にかかる荷重としては、2層の床及び積載荷重のみを考慮すれば良い。

計算上では、真柱1本当りの軸力は 212tf となるため、根入れ部は根巻きモルタル充填により場所打ち杭とみなして支持力等を検討した結果、H-400×400×13×21、長さ 25m、根入れ長さ 4m とした。

(2)施工

真柱の施工は、無振動・無騒音工法を採用したいため、セメントミルク注入オーガ工法を選定した。

施工手順は、まず、真柱の施工精度を向上させるため、Fig.8 に示すような杭芯ガイドをコンクリートで製作し、削孔用セメントミルクを注入しながらオーガスクリーを掘進させた。

削孔が予定深度に達した時、根固め用セメントミルクに切替えて注入を行い、オーガスクリーを引上げた後、H鋼を建込んだ。

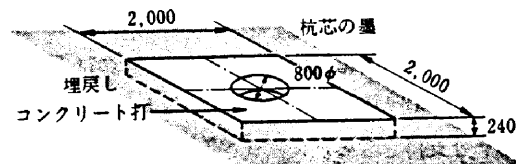


Fig.8 真柱杭の杭芯ガイド
Guide to permanent pile

Table 2 に、削孔用セメントミルク及び根固め用セメントミルクの配合を掲げる。

Table2 セメントミルクの配合表
Mixproportion of cement/sand
(練上り 1㎡当り)

種類	水	セメント	ベントナイト
削孔用真柱杭	935ℓ	150kg	47kg
根固め用真柱杭	760ℓ	760kg	—

4-3 仮設開口

1階先行床は、支保工と併せて作業床の役割を果す必要がある。しかし、地下部分の掘削やコンクリート打設などの施工で、どうしても床には仮設開口を設けなければならない。

そこで、仮設開口位置は、①作業床及び資材置場としてのスペースをできるだけ確保すること、②地下掘削の場合、土質状況によってはブルドーザが押土できないこともあるので、ユンボが2段ばね程度に集土できる範囲とすること、の前提でFig.7のように仮設開口を設けた。

4-4 逆打ち躯体

(1)支持真柱と躯体との取合部補強

1階床の荷重を真柱に伝達する方法として①真柱にトッププレートと溶接する、②真柱にスタットボルトを打ち込み、その剪断力で支持する、の2つの方法が考えられる。

しかし、前者①は、躯体コンクリート打設時に、コンクリートのまわりが悪くなったり、梁筋のアンカーに支障が生ずるなどの弊害が出るため、当現場では、スタットボルトによる方法を採用した。

なお、スタットボルトの必要本数を合成梁基準のスタット耐力式(短期)で算定したところ、16φのスタットボルトは、1階床部分にあっては真柱1本当たり60本、地下2階床部分では30本であった。

(2)外周部と躯体との取合部補強

外周部には支持真柱が存在しないため、逆打ち床を支持する何等かの手段を講じる必要があった。

そこで、それぞれ部分について検討した結果、次のような結論となった。

① 1階床部分

原設計においては、地中連続壁の頂部にはRC造の梁(1200×850)が乗る仕様となっており、外周部の逆打ち床は十分支持できる。

② 地下2階床部分

地下2階床は、地中連続壁表面に突当る納まりとなっている。そのため、ケミカルアンカー(アンカーボルトの破断まで引抜きは起らない信頼性の高い埋込みボルト)を地中連続壁に打ち込み、ボルトの剪断力で躯体を

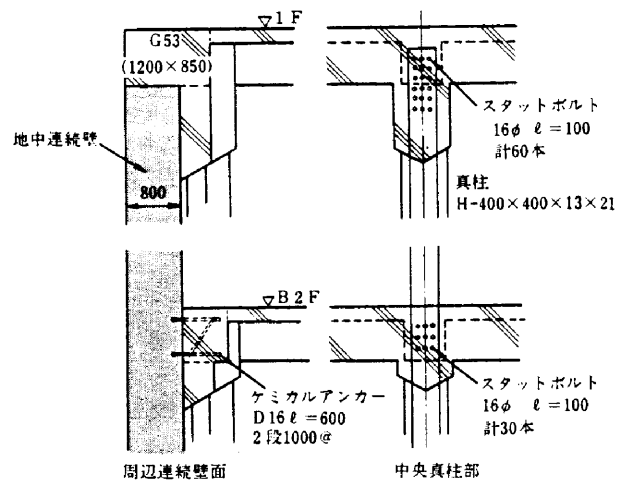


Fig.9 真柱及び地中連続壁と躯体との取合い
Integration between permanent pile, diaphragm wall and structure

支持する方法とした。

取合部の補強方法を Fig.9 に示す。

(3)躯体補強

1階床及び地下2階床部分は、支保工及び作業床として使用するため、躯体の補強を行う必要があった。

仮設補強を行うに当たって、検討した項目を掲げる。

- ①床・梁を腹起し、切梁とした場合の検討。
- ②地中連続壁と腹起しとの取合部の検討。
- ③柱列壁を介して作用する高層部第1段切梁の軸力に対する検討 (Fig.10参照)。

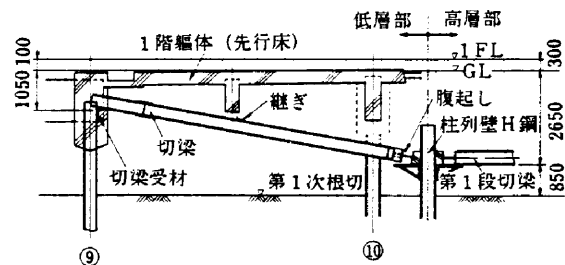


Fig.10 高層部第一段切梁の軸力受け斜梁
Diagonal strutting to bear axial stress at the first tier of upper part

- ④ 作業床として上載荷重を生コン車、根切り用のクローラクレーン(U-106AL程度)、一部高層部建方用のクローラクレーン(KH-300程度)を想定した場合の検討。

4-5 掘削

逆打ち部分の掘削は、コンクリート打設までの期間、山止め壁の変形、地盤の変形が起らないように、施工に対して必要最小限の深さまでを根切りレベルとするよう

に考えた。

1階床施工時の根切り深さは、梁筋のアンカーが可能でしかも柱主筋(D25)の重ね継手長さ(S=50D)がとれる深さとした。(GL-3.5m)

地下2階床施工時の根切り深さは、根切り底が上部支保工より約12mの深さに達するので、山止め壁の周辺はできるだけ浅くするように、外周部の柱筋・壁筋は重ね継手とせず、全て圧接で処理することにした。その結果、外周部の根切りレベルは、中央部よりも約1m浅くなった。

地下2階床部分の根切りレベル概要を Fig.11 に示す。

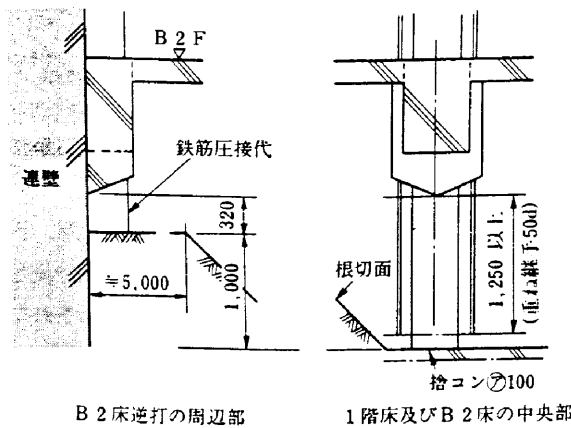


Fig.11 逆打ち用根切りレベル
Formation level of top-down construction.

4-6 型枠及び配筋

(1)型枠・配筋要領

柱底・壁底の型枠は、将来、打継ぎ部のグラウト充填が完全に行えるよう1：3の勾配をつけた。この際、柱型の勾配の向きは、真柱のH鋼の向きを考慮して決めた。

柱型部分の型枠・配筋要領及び柱底・壁底の型枠をそれぞれ Fig.12, Fig.13 に示す。



Photo2 地下の施工状況
Basement construction

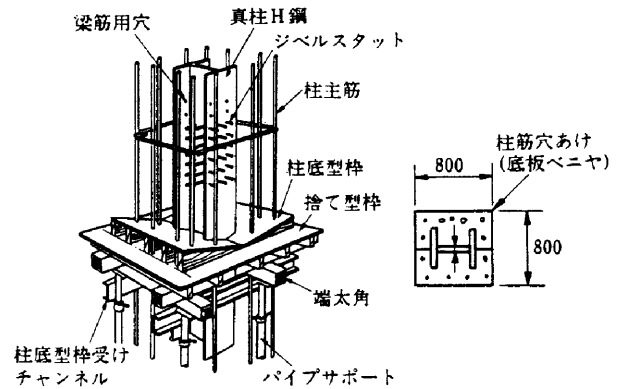


Fig.12 逆打ち柱底型枠及び勾配の向き
Column bottom formwork and inclination orientation

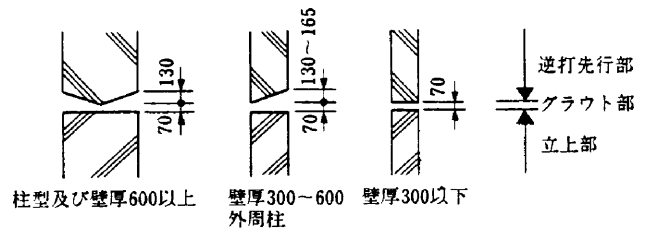


Fig.13 逆打ち部と立上り部の取り合い
Integration between top-down and bottom-up construction

(2)鉄筋の組立て

柱・壁の差筋以外は、通常の鉄筋組みと同様の施工方法で良いが、梁筋の場合は、鉄筋が真柱位置でH鋼を貫通するため、次のような処置をとった。

- ① 真柱にプレート補強を行い、貫通孔をあけた。(Fig.14)

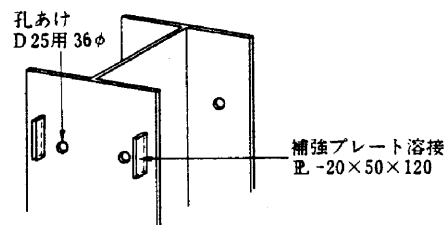


Fig.14 梁筋による真柱穴明け部の補強
Reinforcement to permanent pile hole provided for beam bar penetration

- ② 貫通する鉄筋を少なくするため、地下2階部分では梁幅を40cmから60cmに変更し、梁主筋をH鋼の両サイドへ通すようにした。

- ③ 地中梁は、H鋼の貫通孔を減らすため、配筋を変更した。(Fig.15)

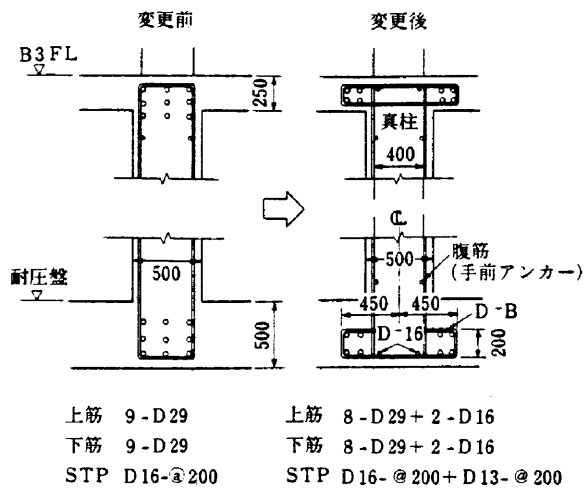


Fig.15 地中梁の断面形状変更
Modification of foundation beam section

4-7 グラウト工事

(1)工法の選定

逆打ち打継部のコンクリート充填は、次のような施工方法が考えられた。

- ① 漏斗状の型枠を設け、コンクリートを流し込む。
- ② プレパックドコンクリートを使用する。
- ③ 膨脹性モルタルを充填する。

これらの工法のうち ① は、上下のコンクリートは、ブリージングによって部分的にしか付着しないことが予想され、軸力の伝達不足、剪断付着強度の低下が考えられる。② は、上下コンクリートの密着性は十分期待できるが、施工に手間がかかる。③ は、適切な材料を選定すれば、完全な充填が期待でき、施工もそれほど困難でない。

以上のことから、本工事では充填用膨脹性モルタルを注入する方法を採用することにし、使用材料の検討を行った。

(2)使用材料の検討

逆打ち工法の打継ぎ部分に注入するモルタルの条件としては、次の事項があげられる。

- ① ブリージング現象や砂の分離が起らないこと。
- ② 多少膨脹性があり、硬化後の体積変化が生じないこと。(膨脹性があり過ぎても、充填部の上部に気泡がたまることもあるため)
- ③ コンクリートに対する付着性が良く、所定の強度が得られること。
- ④ 硬化後、充填モルタル及びコンクリートとの付着部分に透水性を生じないこと。
- ⑤ 適当な流動性を持ち、作業性が良いこと。
- ⑥ 有機物を含まないこと。

これらの条件を満足する充填モルタルとして、セックエース* (SECACE) を混入したモルタルを採用した。

(3)「SECACE」添加モルタルの性能

「SECACE」添加モルタルの配合及び性能を Table 3 に示す。

Table3 「SECACE」添加モルタルの配合及び性能
Mixproportion and characteristics of mortar additive "SECACE"

セメント	砂	水	SECACE	流動性 Pロート(秒)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	膨脹率 (%)
1	1	0.4	0.03	30	250以上	2.2

(注) セメント、砂、水、SECACEは重量比を表わす。

(4)逆打ち注入試験

前記「SECACE」添加モルタルの逆打ち部注入試験を行った。

供試体は、Fig.16 に示す試験装置を作り、注入試験体からコア抜きにて採取した。

試験項目としては、圧縮強度試験、曲げ剪断試験、透水試験について実施したが、結果は、いずれも十分満足できる数値が得られ、実施工に適用できると判断された。

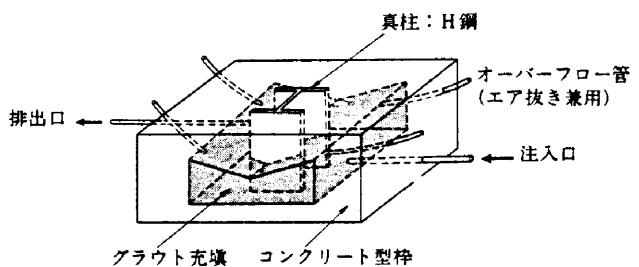


Fig.16 逆打ち部注入試験体
Specimen of grouting of top-down construction

(5)施工

実施工は、打継ぎ部のコンクリート、鉄筋のレイタンズ除去、ごみ清掃などの後、注入口及びオーバーフローとエア抜きを兼用する排出口を取付けた。更に、打継ぎ部の周囲をシールするため、エキスパンドメタルを主筋に固定し、その上からモルタルを塗り固め、充填用モルタルを注入した。(Fig.17, photo 3)

§ 5. おわりに

逆打ち工法は、一般に行われる躯体立上り施工方法と違って宙に浮いている部分を施工しなければならないた

*「SECACE」は無機粘着剤、膨脹剤及び高性能セメント分散剤から成っている無機物主体のセメント混和剤である。

め、コンクリートのはらみ、目違いなどが発生しやすく、型枠建込み時の建入検査は、事前に十分行う必要がある。また、逆打ち部のコンクリート天端は鏝で丁寧に均し、鉄筋は良く清掃してレイタンスが無いようにするなど、グラウト注入前の清掃は、上下コンクリートの付着に大きく左右するため、入念に行うことが大切である。

逆打ち部の立上りコンクリート打設では、足場上での作業となるため、生コン打設用配管の段取りにかなりの時間を要した。

当現場で実施した逆打ちによる先行床は、所期の目的をほぼ達したと判断しているが、今後、逆打ち工法を採用する場合には、事前に十分な検討を要することは論をまたない。

最後に、設計並びに監理を担当された建設省の方々の御理解と御指導に、改めて深く感謝する次第です。

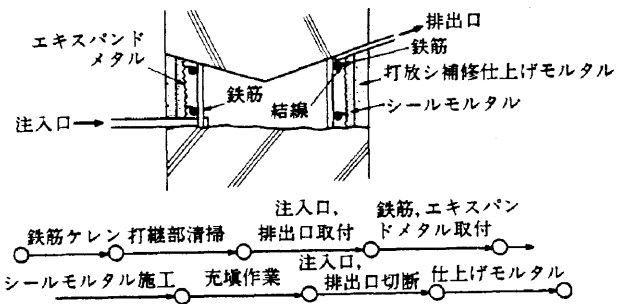


Fig.17 グラウト部断面図及び工程
Section of grouted portion and grouting schedule

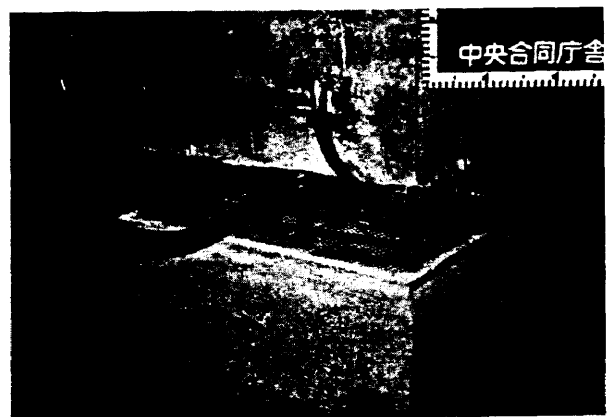


Photo3 グラウト部状況
Grouting condition