

DIA-WIN II による逆打工法の記録

Record of Inverted Construction Method by DIA-WIN II

竹内 宏*
Hiroshi Takeuchi

鬼木 光一**
Koichi Oniki

要 約

横浜駅西口駅前の繁華街で、地下2階の既存地下室がある狭い敷地内において、地下4階、掘削深さ22.5mの地下室を含む地上15階の事務所棟の施工をおこなった。

建物構造の特殊性、地盤沈下監視区域および地下鉄駅への近接といった条件のもとで33ヵ月内完成のために、構造体として利用するRC連続壁DIA-WIN IIを用いた逆打工法で施工した。

逆打施工では、吊り型枠・オムニヤ版スラブ・シース管によるコンクリート打設などにより、従来逆打工程を1.5ヵ月短縮することができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 設計の特殊性
- § 4. 建物の周辺状況と地質
- § 5. 工事工程と地下工法の選択
- § 6. DIA-WIN IIの施工
- § 7. 構真柱の施工
- § 8. 地下逆打躯体の設計と施工
- § 9. おわりに

る。地下室全体が片土圧を受ける条件のもと、工期短縮のために、梁の吊り型枠・オムニヤ版スラブ・デッキスラブ・デッキ側型枠の使用、シース管によるコンクリート打設、掘削方法の検討などをおこない、施工した結果、当初の目的が達成できた。

逆打躯体の、先行躯体と後行躯体の打ち継ぎ処理として、特殊ホースによるグラウト施工をおこなった。その際、事前に一体打・順打・逆打（グラウト）のコンクリート打ち継ぎ部せん断性能実験をおこなっており、その結果も併せて報告する。

§ 1. はじめに

本報は、構造体として利用するRC地中連続壁DIA-WIN IIの施工¹⁾ 内容を含む地下逆打工事の施工報告であ

§ 2. 工事概要

工事名称：（仮称）横浜駅西口駅前再開発事業
B棟新築工事

企 業 先：東京建物（株）、安田信託銀行（株）

工事場所：神奈川県横浜市西区北幸1-7-1 他

* 横浜（支）横浜西口再開発（出）

** 建築設計部 企画開発課

規 模：階 数 地上15階，地下3階

建築面積 1,100m²

延床面積 14,900m²

軒 高 59.3m

最高高さ 65m

根切り深さ 22.5m

構 造：地下1～4階，SRC造

(耐震壁付きラーメン構造)

地上1～15階，S造

§ 3. 建物の特殊性

隣接するA棟側とは、地震時に揺れる周期が異なり、当建物と接触していると衝突現象が起こる恐れがあるため、両棟の間は地下階を含め、空間を設けた設計となっている。

したがって、地下外壁面に作用する土圧（水圧を含む）は片土圧となる。地下躯体には、静止土圧の他に、地震時には建物の慣性力（地震力）と地震時土圧がA棟方向に作用する。

本建物の地下室の深さは29.0mと深いため、基礎杭には、片土圧のため地震時に大きな水平力が働き、杭は大きく変形する。この変形を小さくするためには杭の剛性を大きくする必要があるが、通常の場合打ち杭では限界がある。そのため、RC連続壁を杭として採用することにした。

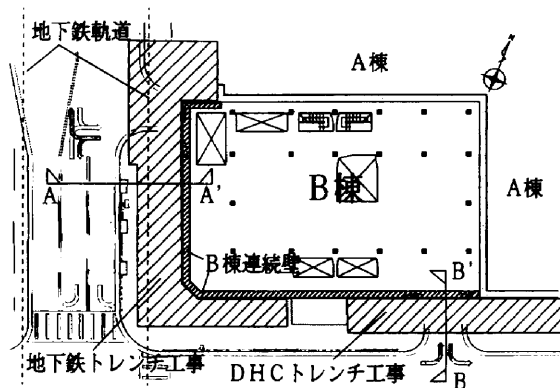
本建物の建設区域は、横浜市環境保全局の指定する地盤沈下監視区域である。区域内の大深度地下工事に際しては、事前に関連部署と学識経験者からなる“地盤沈下検討委員会”との協議が必要であり、地下水の排出は全面禁止の指示があった。さらに、山留壁から約7.0m離れた位置に地下鉄軌道が敷設されており、山留壁の変形に関しては軌道の変位量が5.0mm以内とすることが要求されていた。

これらの条件を満足するためには、剛性が高く止水性に優れた山留壁が不可欠であり、その結果、当社の建築センター認定工法である“DIA-WIN II”を採用することにした。

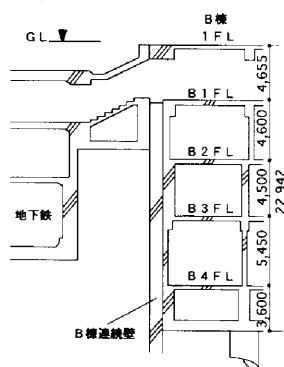
本建物では、山留壁を、地下外壁・耐震壁・基礎杭として利用している。

§ 4. 建物の周辺状況と地質

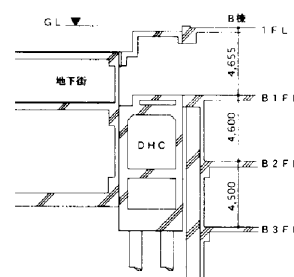
敷地周辺の地下工事と関連する構造物は図－1～3の通りであり、地下鉄およびDブロック地下街とはB1階で、A棟とはB1・B2階で接続しているため、各接続時期の制約を受けた。



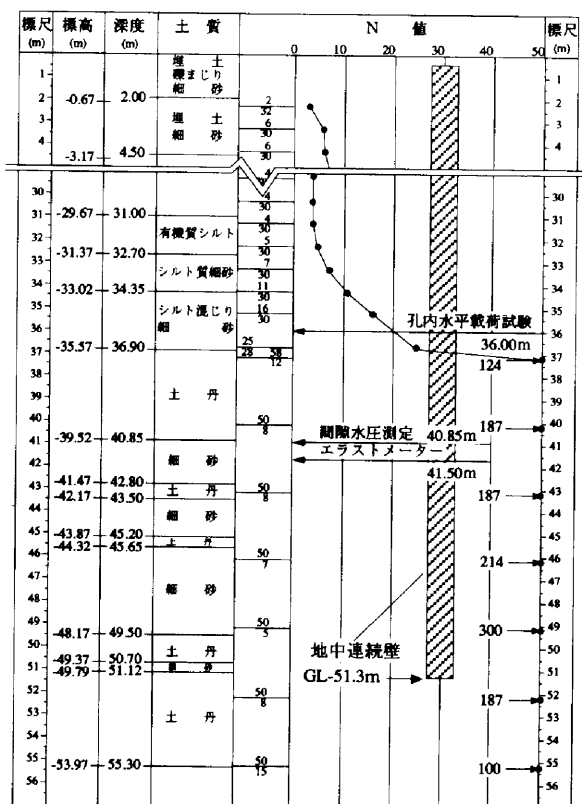
図－1 敷地平面図



図－2 AA' 断面図



図－3 BB' 断面図



図－4 柱状図

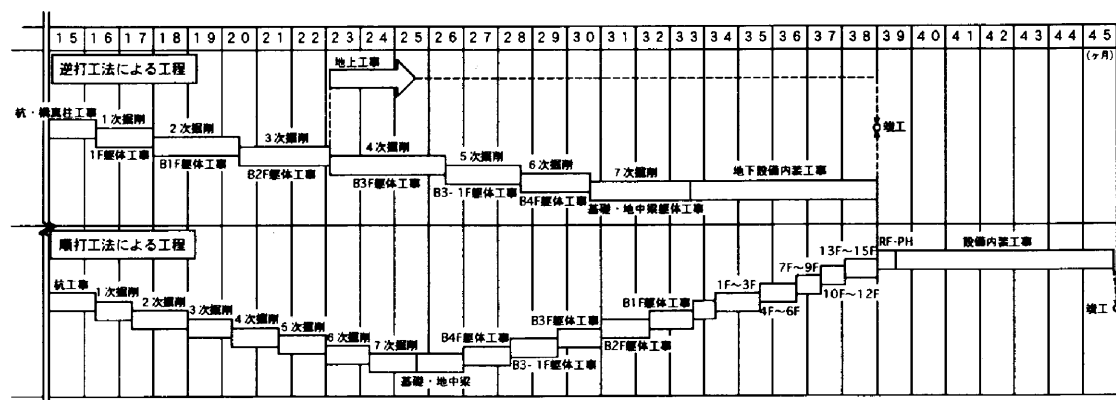


図-5 当初の逆打工程と順打工程の比較

敷地地盤は、GL-37.0mまで軟弱なシルト層が続く(図-4)。支持層である土丹層に建物荷重と水平力を伝達させるために、杭長が長くなることと、被圧地下水が土丹層内に存在していることによる盤ぶくれ防止対策のため、連続壁の長さを51.3mとしなくてはならなかった。そのため、地下工事には慎重な計画と施工が要求された。

§ 5. 工事工程と地下工法の選択

本市街地再開発事業は、A棟およびB棟を併せて1街区1敷地として計画申請されている物件である。

また、A棟建物内部には、地域冷暖房(DHC)による熱供給をおこなうための施設が設けられおり、街区として機能させるためには、工事の竣工を同時期とすることが条件となっていた。A棟の概要を以下に示す。

敷地概要：容積率/建ぺい率 800/800

敷地面積 5,251.22m²

建築概要：延床面積 68,954m²

容積対象外面積 11,257m²

施設構成：ホテル、業務、地域冷暖房施設

階数 地下6F、地上27F、塔屋1F

高さ 軒高115m、最高高さ115m

掘削深さ GL-35.7m

主要構造：地下階SRC造 地上階S造

当初よりA棟の工期は50カ月、B棟は既存建物の地上部解体を含めて工期37カ月として計画されており、完成時期は両棟とも平成10年8月と設定されていた。

A棟工事着手時に、B棟敷地では地上9階、地下2階のSRC事務所テナントが使用している状況であった。

B棟工事においては、既存ビルの地下躯体が障害となるため、工期が必要であり、順打工法では45カ月を要し、設定工期を8カ月超過することになった。

この設定工期を満足するために、逆打工法を採用する

こととした(図-5)。

§ 6. DIA-WIN II の施工

DIA-WIN II 工法は、山留め壁・杭としてだけでなく、剛接合成壁および2方向版合成壁としての地下躯体の機能も持っている。

掘削によって掘り出された連続壁を合成壁として有効に機能させるには、後行地下躯体のコンクリートとの付着を高める必要がある。

そのために、合成壁処理として「連続壁高圧洗浄」と「ケミカルアンカー工事」をおこなった。以下にその概要を述べる。

6-1 連続壁高圧洗浄

掘削後に現れる連続壁は、土やスライムが付着しており、後行躯体と一体となる合成壁を施工するためには、これらを洗い落とす必要がある。

そのため、連続壁面に高圧水を吹き付け、壁面の洗浄をし、さらに目荒らしをおこなった(写真-1)。

6-2 ケミカルアンカー工事

連続壁の洗浄後、地下躯体との接合部にケミカルアンカーの施工をおこなった(写真-2)。

施工箇所は連続壁と取り合う地下外周部の柱・梁・壁である。また、施工に伴い現場にて引張試験をおこなったので、その結果も表-1に示す。

§ 7. 構真柱の施工

連続壁の施工と同様に、杭・構真柱工事の施工箇所においても旧建物が障害になるため、先行してCD機による既存地下室と基礎杭の解体撤去をおこなった。また、撤去後の穴は、アースドリル杭削孔時の孔壁崩壊を事前に防止するため、発生土を改良し、埋め戻しをおこなった。

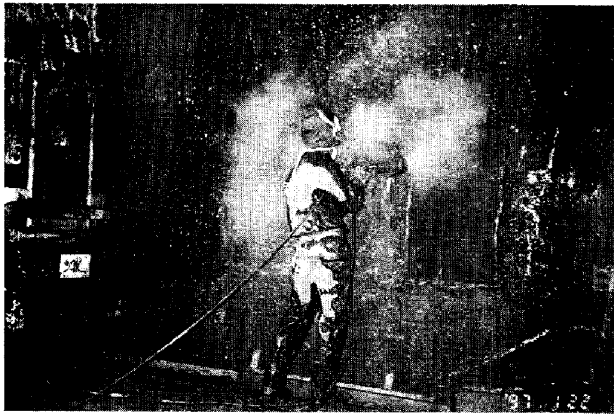


写真-1 連続壁高圧洗浄

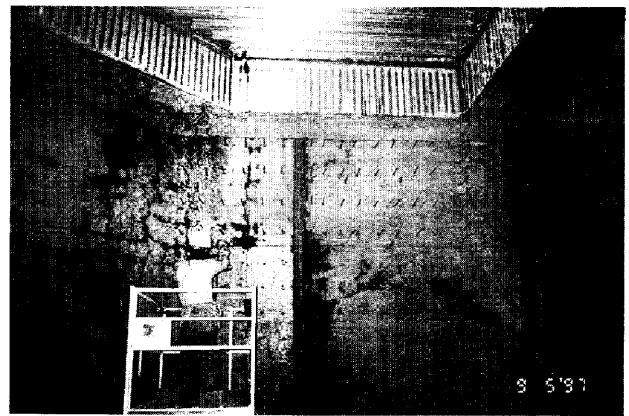


写真-2 ケミカルアンカーの施工

表-1 合成壁引張試験結果

検査 順位	アタッチメント 番号	検査箇所	指示値 (kgf)	*実測値 (kgf)	接着力 (kgf/cm ²) (N/cm ²)	
1	11	G1	160	162.1	10.1	99.3
2	12	G2	180	182.3	11.3	111.7
3	14	G3	340	342.1	21.3	209.6
4	17	G4	310	311.8	19.4	191.1
5	18	G5	400	402.8	25.1	246.7
6	20	G6	260	261.4	16.3	160.2
7	21	G7	350	352.2	22.0	215.8
8	22	G8	350	352.2	22.0	215.8
9	23	G9	250	251.4	15.7	154.0
10	24	G10	350	352.2	22.0	215.8
11	25	W1	510	512.9	32.0	314.3
12	26	W2	170	172.2	10.7	105.5
13	27	W3	370	372.3	23.2	228.1
14	28	C2	320	321.9	20.1	197.2
15	29	C1(下)	450	452.7	28.2	277.4
16	30	C1(上)	350	352.2	22.0	215.8
17	31	W4	320	321.9	20.1	197.2
18	32	W5	310	311.8	19.4	191.1
19	33	W6	310	311.8	19.4	191.1
20	34	C3	320	321.9	20.1	197.2
21	35	C4	340	342.1	21.3	209.6
22	36	W7	420	422.6	26.4	259.0
23	37	W8	150	152.1	9.5	93.2
24	38	C6	410	412.6	25.7	252.8
25	39	C5	160	162.1	10.1	99.3
				計	493.4	4848.8
				平均値	19.736	193.952
				*検査箇所25点の平均値 19.736(kgf/cm ²)		
				管理目標値 18.5(kgf/cm ²)		
				検査機補正による実測値 アタッチメント:40mm×40mm		
				剥離面積:16cm ²		

施工箇所および杭・構真柱工事のフローは、それぞれ図-6、図-7に示す。

7-1 構真柱の地組

構真柱は逆打工法において掘削時に上部躯体を支えるための鉄骨の柱である。構真柱の全長が27mにもおよぶため、当現場では、3分割で搬入し、地組を行う必要があった。

敷地が狭く、水平地組ヤードの確保が困難なため、架台と仮穴を用いた垂直地組工法を採用した。ジャッキで固定した鉄骨が垂直になるようにトランシットで通りを見ながらワイヤーとレバブロックで歪みを取り、地組をおこなった(図-8)。

7-2 構真柱の建込

構真柱のアースドリル杭への建込方法は、杭のコンクリート打設前に構真柱の建込を行う先差し工法と、打設

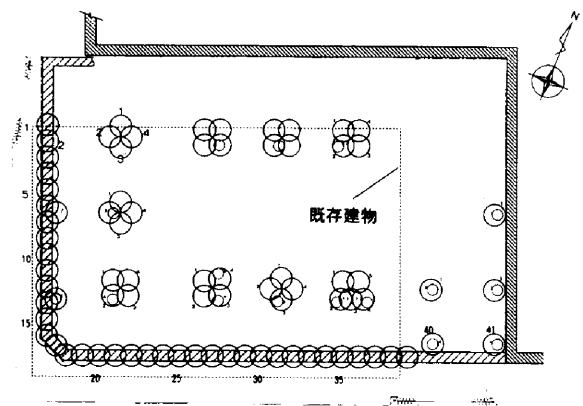


図-6 障害撤去施工箇所

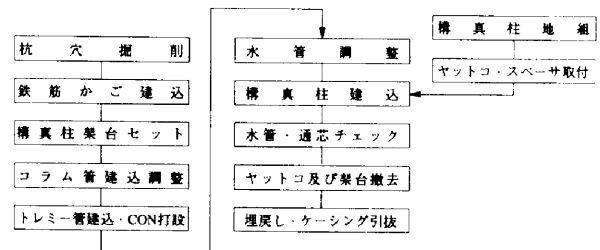


図-7 杭・構真柱工事フロー

後に建込を行う後差し工法がある。

前者は確実に杭のコンクリート内に建込むことが出来るが、打設時に芯ずれを生じる危険がある。当工事では、垂直性の確保と建込作業を迅速に行うために、コラム管方式を採用し、後者の後差し工法で施工した。

7-3 構真柱架台撤去および埋め戻し

架台の撤去に関して、工程上、構真柱定着部の支持耐力となるコンクリート強度3 N/mm²がコンクリート打設後10時間で得られる必要があったため、杭コンクリートのうち上部5.0mを普通ポルトランドセメント、以深を高炉セメントB種を使用することで目的が達成されることを

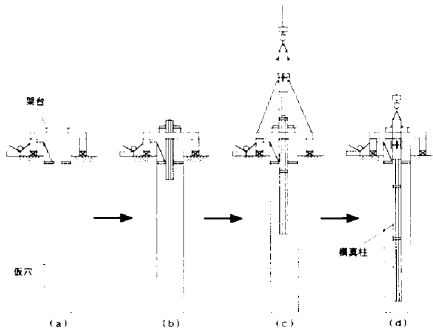


図-8 構真柱縦地組工法

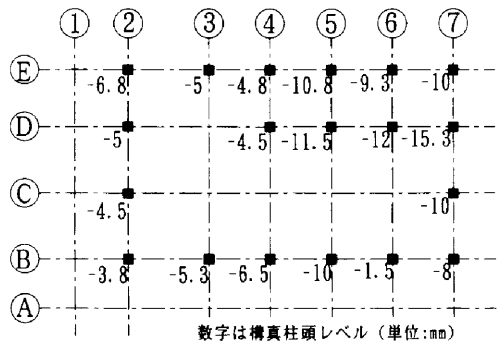


図-9 構真柱天端レベル実測データ

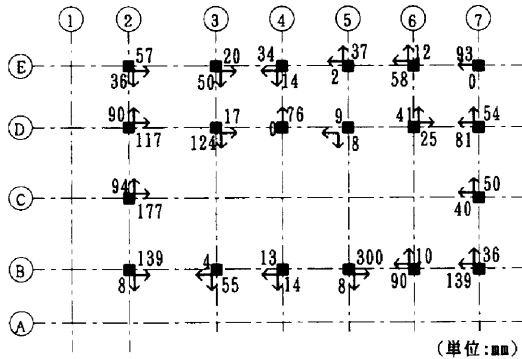


図-10 B4F捨てコン天端での構真柱の芯ずれ

表-2 逆打工法用の積載荷重

部位	ラーメン用(kg/m ²)	地震用(kg/m ²)
地上部分	10	10
1階床	400	200
地下部分	10	10

確認して、施工をおこなった。

7-4 施工結果

構真柱天端のレベルの実測値は図-9に示すとおりで、生じた誤差については地上の鉄骨の長さで調節した。また、構真柱と地上柱の水平方向のずれは、地上1節の柱のエレクションピースの取付位置で調節した。

最下部の捨てコン天端での構真柱の芯ずれについては図-10に示す。

§ 8. 地下逆打躯体の設計と施工

8-1 地下逆打躯体の設計

(1) 支保工の設計

地下逆打躯体の1FおよびB1F～B3Fの床版・大梁・小梁を山留め支保工として利用することとした。

床版厚は、1Fを300mm、その他はすべて250mmとした。また、山留め支保工としての地下躯体の応力算定は、SRC梁に関しては鉛直応力を鉄骨(S)で負担し、山留壁反力による応力を鉄筋コンクリート(RC)で負担するものとした。RC梁に関しては鉛直応力と山留壁反力による組み合わせ応力とした。

(2) 逆打躯体の構造設計

地上躯体を含めた架構の設計方針を以下に示す。

固定荷重 地上部分 スラブ重量+鉄骨重量+天井

地下部分 スラブ重量+梁重量+構真柱重量

仕上荷重 地上部分 柱・梁・小梁 20kg/m

特殊荷重 タワークレーン 200t(架台共)

積載荷重(表-2)は作業荷重および仕上げ材の搬入を考慮した。

地震力 Q_i の計算に用いる式は、下記によった。

$$Q_i = Z \times R_i \times A_i \times C_0 \times W_i$$

Z : 地震地域係数 (=1.0)

R_i : 振動特性係数 (=1.0)

A_i : 層せん断力係数分布 (=1.0)

C_0 : 標準せん断力係数 (=0.1)

W_i : 重量

逆打部への地震力は、RC連壁とA棟躯体の受働抵抗とせん断抵抗で受け持つものとし、1F床で伝達するものとした。構真柱の断面算定は、柱頭ピンとし、その座屈長は地下躯体最下部から杭頭までの1.2倍とした。

8-2 地下逆打躯体の施工

地下逆打躯体に関しては、現場の立地の特殊性や工期を考慮し、施工をおこなった(図-11)。

(1) 掘削

本建物の地下掘削においては、A棟の地下躯体が先行して出来上がっているため、A棟側からの土圧がない(図-12)。したがって、道路側を掘削しなければ支保工とした躯体に土圧がかからないので道路側1スパン以外は、吊り型枠を使用することで、コンクリート打設後速やかに掘削に移行できる。本現場では、コンクリート強度が発現する日数を逆算した結果、打設から3日後に掘削を開始し、掘削作業を中断することのないような施工をおこなった。

3次掘削までは既存建物の解体が主な作業となり、重

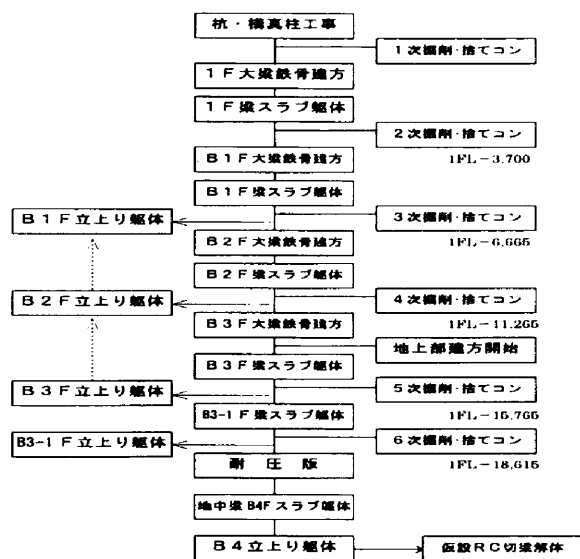


図-11 地下逆打基本フロー

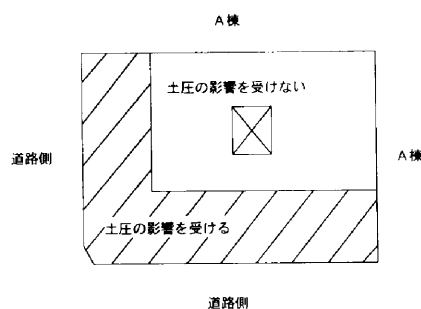


図-12 土圧の影響の有無

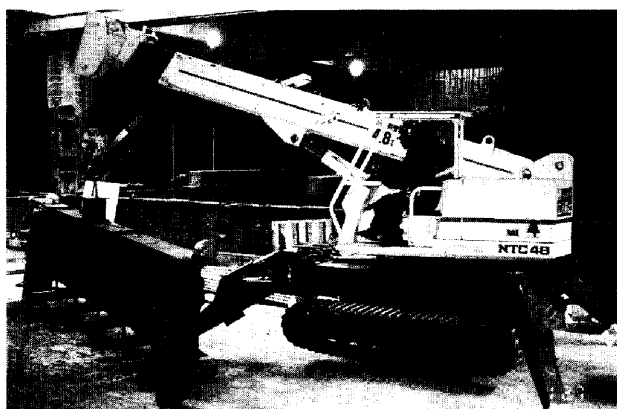


写真-3 ミニクレーンによる鉄骨建方

機は、残土積込用バックホー (0.7m³) を1台、解体・集土用にジャイアントブレイカー併用でバックホー (0.25~0.45m³) を最大7台使用した。

4次掘削以深は、既存ベント杭の解体を伴う掘削が主な作業で、積込用にクラムシェル (0.7m³) を使用した。

この施工計画に基づき、3~6次掘削を施工し、在来工法で設定された工期を1.5カ月短縮することができた。

グラントホーム工区下の既存躯体の解体の際、新設梁および差し筋を傷つけないように施工した結果、作業能率の低下を招いたので、今後は、床付けの際に梁下100cmくらいまで先行解体をして埋め戻しておくなどの考慮が必要である。

(2) 作業床の設置

シルト層の軟弱地盤であるため、作業床面から約50cm程度地盤改良をおこなった。その際、地下の閉鎖空間であることを考慮して、粉塵の飛散が少ない塊状の地盤改良材であるジオライトスーパーを使用した。床付け完了後に60mm厚の作業床コンクリートを打設した。

(3) 地下鉄骨建方

荷降ろし開口より地下に降ろした鉄骨梁は、台車で横移動し、ミニクレーンで建方をおこなった (写真-3)。梁は設計寸法より長くしておき、掘削完了後に実測し、切断加工して搬入した。また、建方時に、吊り型枠用のH鋼も梁上に設置した。

(4) 鉄筋組立

梁鉄筋の組立ては大梁鉄骨部、外周連壁部、グラントホーム部、RC小梁部の4種類の保持方法を採用した。(写真-4~6、図-13)

(5) 鉄筋の継手

グラントホーム部耐力壁筋、ダメ穴部鉄筋

…ネジテッコン無機グラウト継手 (機械式継手)

柱筋コーナー部…上部ネジテッコン

下部エンクローズ溶接

その他柱筋…上部ネジテッコン

下部重ね継手

耐力壁…差し筋、重ね継手

非耐力壁…片ネジ差し筋、重ね継手

(6) 型枠 (先行躯体)

敷地および施工エリアが狭いため、仮設材・型枠材の搬出を極力少なくすることを課題として地下部分の型枠工事の計画をおこなった。

梁型枠支保工については掘削の項で述べたように、工期短縮も考慮し、吊り型枠工法 (NS工法) を採用した。

側型枠は、デッドスペース、および地中梁についてはデッキ型枠を、その他の部分については在来ベニヤ合板を使用した。

スラブ型枠は、デッドスペース、B4Fスラブについてはデッキ型枠を、その他の部分についてはオムニヤ版を使用した (写真-7)。オムニヤ版の敷込は、短辺方向は天井ホイストクレーンで、長辺方向は各スパンに1箇所づつワイヤー固定ピースを取り付けて、索道により施工した。

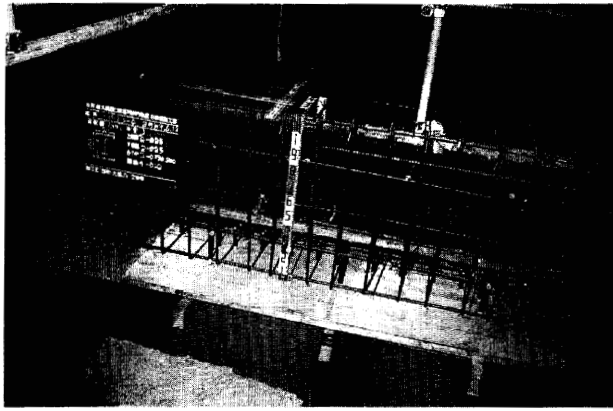


写真-4 大梁鉄骨部

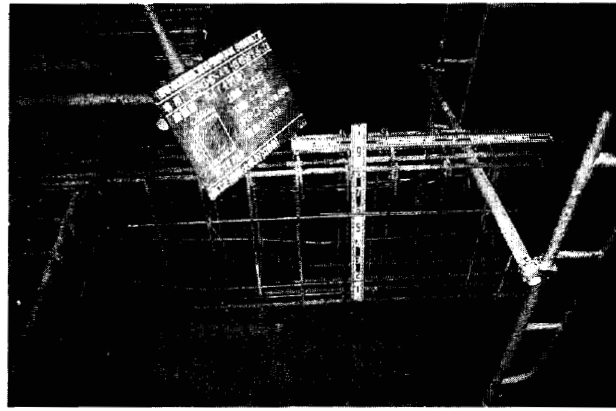


写真-6 グランドホーム部

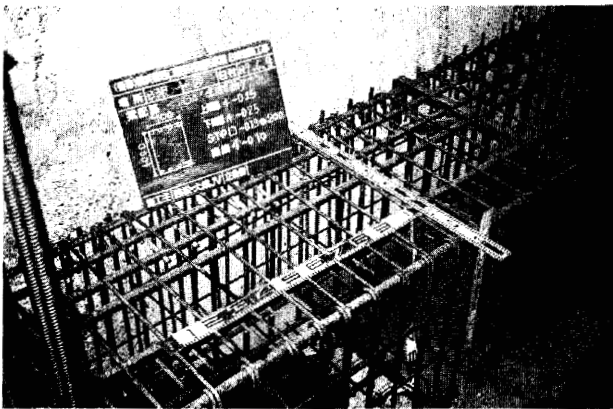


写真-5 外周連壁部

さらに、型枠工事に伴う仮設工事に関して、掘削深さを考慮して、仮設材の使用を極力減らした。

これらの型枠工事計画は、後行躯体施工時の型枠材の搬出入量および労力から推察して、有効であったことが実証された。

(7) コンクリート

各階の後行躯体のコンクリート打設に関しては、1回の打設量をできるだけ多くすることで、打継ぎ箇所数を減らし、打継ぎ止め枠材等の費用を少なくするための検討を以下のようにおこなった。

① シース管工法

- 長 所 ・ 1回の打設量を多くすることができる。
- 短 所 ・ 下層階打設後に、上部階の打設をおこなう必要がある。
- 検討項目 ・ 上部階の仕上げ工程の最終開始日の検討。
・ シース管挿入スペース確保のためのフカシおよび配筋の検討。

② 圧入工法

- 長 所 ・ 上部階が先でも打設が可能。
・ 好きな箇所から打設が可能。
- 短 所 ・ 1回の打設量が少ない。

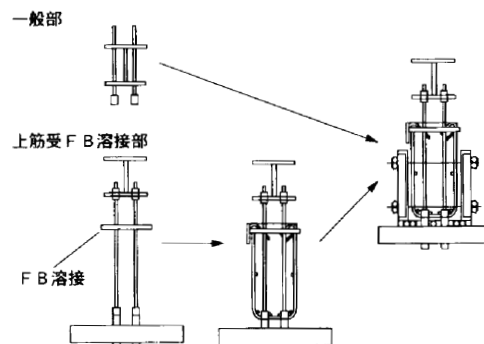
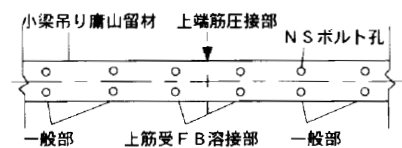


図-13 RC小梁部

- ・ 圧入口にデリバリーホースを脱着する際、残コンが生じ、処理に手間がかかる。

検討項目 ・ 残コン処理場所の検討

当現場では、B1～B3Fまで（一部を除く）をシース管工法で施工し、以深を圧入工法で施工した。

また、残コン処理はデッドスペース等にピットを設けて場内処理とした。

シース管工法と圧入工法では、上部階との打継部のすきまはほぼ同じであり、1回の打設量が多い分シース管工法の方が有利であるという結果を得た。

(8) 打ち継ぎ処理

耐力壁の先行躯体の下部にグラウト用特殊ホースを取り付け（写真-8）、後行躯体施工後、強度発現を確認してからグラウト処理をおこなった。

また、特殊ホースによるグラウト注入工法を採用するに先立って、逆打状態を再現した試験体を用いてせん断

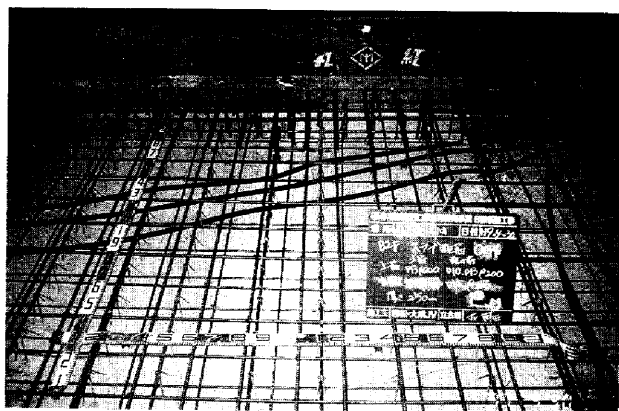


写真-7 オムニヤ版敷込

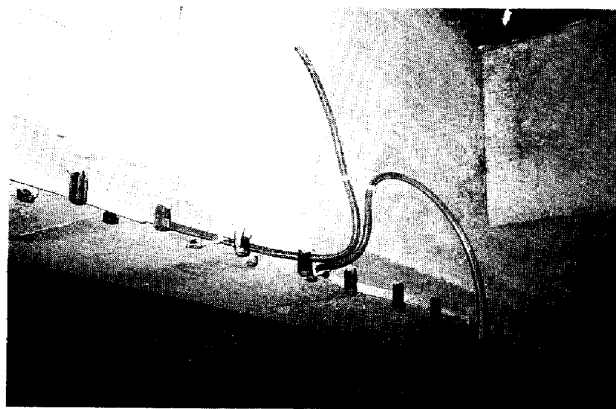


写真-8 特殊ホース取付状況

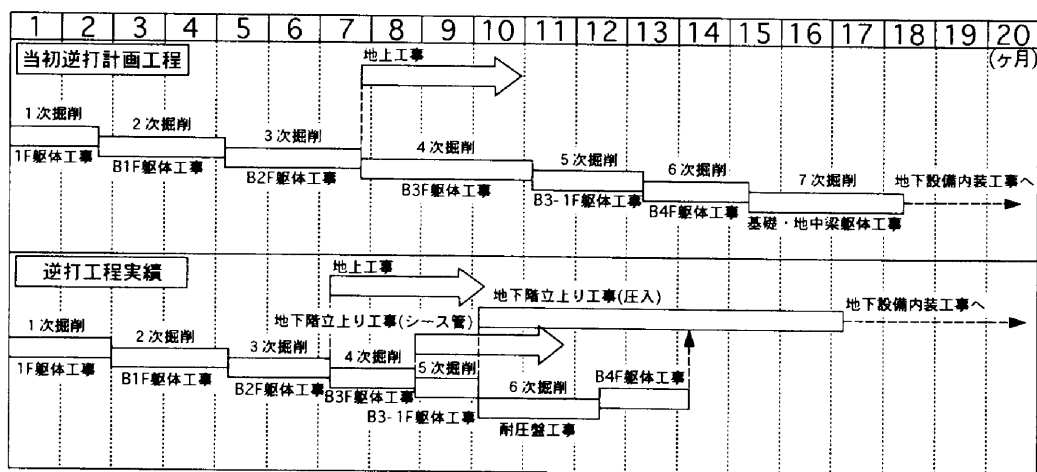


図-14 当初逆打工程と実施逆打工程の比較

表-3 打継試験体のせん断力強度結果

打版方法	処理方法	試験体 No.	質量 (kg)	有効断面積 (cm ²)	実位置 (mm)	せん断強度 N/mm ²	平均 せん断強度 (kgf/cm ²)	一体打ちの せん断強度 に対する割合 (%)
順打ち	無処理	No.1	122	1102	0.006	1.20	12.2	1.0
		No.2	78	1102	0.002	0.71	7.2	
		No.3	256	1102	0.006	2.27	23.1	
	水洗浄	No.1	198	1102	0.012	1.80	18.3	2.1
		No.2	256	1102	0.006	2.32	23.7	
		No.3	197	999	0.018	1.87	19.1	
逆打ち	30cm	No.1	93	999	0.019	0.93	9.5	1.4
		No.2	138	999	0.001	1.38	14.1	
		No.3	152	999	0.002	1.52	15.5	
	20cm	No.1	142	999	0.011	1.42	14.5	1.4
		No.2	118	999	0.002	1.18	12.0	
		No.3	386	1140	0.011	3.21	32.7	
一体打ち		No.2	358	1140	0.071	3.14	32.0	3.2
		No.3	388	1140	0.038	3.23	32.9	

c at (設計値) = 1.22 N/mm²

討を行い、結果として従来逆打工程を1.5カ月短縮することができた(図-14)。

§ 9. おわりに

今回の特殊条件における地下工事の施工をした結果、連続壁・杭構真柱工事をはじめ、逆打工事においても敷地の狭さ、施工エリアの狭さを痛感した。しかし、工夫をすれば十分施工は可能であり、工期の短縮を実現することができた。

最後に、本工事の計画・施工にあたり、竹芝再開発出張所の皆様をはじめとした関係各者からご指導をいただきましたことに対して、心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 竹内宏, 松本 淳二, 鬼木光一: DIA-WIN II 工法の施工, 西松建設技報VOL.20, pp.187~188, 1997

試験をおこなった。

表-3に示された結果より、打継面を水洗いし、特殊ホースを用いてグラウト圧入をおこなえば、十分な強度が得られるという結果を得ることができた。

(9) 計画工程と実施工程の比較

当現場では、当初38ヶ月で計画された逆打工程をさらに短縮するために、吊り型枠・オムニヤ版スラブの使用、およびシース管によるコンクリート打設などの検