

合理化工法を導入した大規模倉庫の施工

The Execution of the Large-scale Warehouse by the Rationalization Method of Construction

飯野 康一*
Koichi Iino

武藤 靖男*
Yasuo Mutou

太田 要一*
Youichi Ohta

中田 善久*
Yoshihisa Nakata

村田 親盛*
Chikamori Murata

増田 明*
Akira Masuda

要 約

RC・PC混合構造は、PC構造からのコストダウンを図るために、考案されたものであり、大規模な建築物を施工した報告は極めて少ない。東京貨物ターミナル駅複合施設J棟新設工事における大規模倉庫もこれに相当し、柱が在来RC造であり、梁がPC造の構造である。ここでの課題は、できるだけPC工法の工期に近づけることである。本報告は、当工事において、地中梁筋の先組工法、地中梁用システム足場、コンクリート打設、独立柱筋の先組工法、独立柱用システム型枠および独立柱用システム足場などの合理化工法を導入した大規模倉庫の施工結果について述べたものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 杭工事
- § 4. 基礎工事
- § 5. 上部RC・PC混合構造の施工
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

RC・PC混合構造は、PC構造からのコストダウンを図るために、考案されたものであり、日本でも施工した実績は極めて例を見ない。この施工は、基礎の施工後、独立柱を在来RC工事により行い、PC梁およびDT版を架設し、梁と柱のパネルゾーンにシーブ管を取付け、コンクリート打設した後、PCワイヤを挿入し、PC梁同士を油圧ジャッキにより緊張を行う。その間に、DT版上にスラブ筋を配筋し、コンクリートを打設する。東京貨物ターミナル駅複合施設J棟新設工事における大規模倉庫の

上部躯体は、柱が在来RC造であり、梁がPC造の混合構造であり、限られた工期内に施工するために、在来RC工事に合理化工法を導入し、工期短縮を行う必要があった。本報告は、当工事において、地中梁筋の先組工法、地中梁用システム足場、コンクリート打設、独立柱筋の先組工法、独立柱用システム型枠および独立柱用システム足場などの合理化工法を導入した大規模倉庫の施工結果について述べたものである。

§ 2. 工事概要

工事件名：東京貨物ターミナル駅複合施設J棟新設工事
 企業先：日本貨物鉄道株式会社
 設計者：株式会社梓設計
 工事監理：株式会社梓設計・株式会社東京建築研究所
 工事場所：東京都品川区八潮3丁目2番
 工期：平成9年8月～平成9年11月
 建築規模：階数 地上8階、塔屋2階
 構造 RC・PC混合構造（事務所棟S造）
 敷地面積 19,800.00m²
 建築面積 9,006.42m²

*東京建築（支）JR貨物品川（出）

延べ面積 39,599.71m²
 最大スパン 8.3 m
 最高高さ 36.0 m

建築用途：倉庫，事務室

敷地は，大井埠頭内の東京貨物ターミナル駅構内に位置しており，建物の周囲には，近隣住宅がないものの，駅構内であるため，通勤・搬入車輛の注意，貨物線路への風散防止・重機の転倒防止などの配慮が必要とされた．この外観パースを図-1に，基本平面図を図-2に示す．使用した重機は，当工事がPC工事を代表するように，重機による作業が主な工事のため，最大のときに，350t 1機，250t 1機，150t 2機および80t 2機の合計6

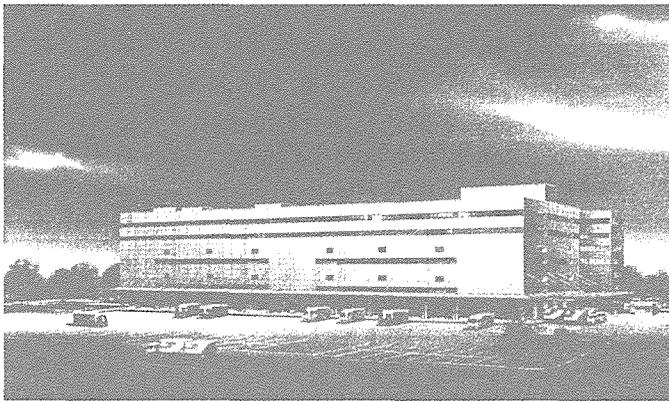


図-1 外観パース

機のクローラークレーンにより行われ，建物の長辺方向に各3機ずつ配置した．

§ 3. 杭工事

杭工事は， $\phi 1,000\text{mm}$ および $\phi 700\text{mm}$ のPC鋼棒および異形鉄筋を配置したプレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリート杭（PRC杭），プレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリート杭（PHC杭）および鋼管コンクリート杭（SC杭）を用いて中堀拡大先端根固め工法により行い，支持層に伴い杭先端レベルがGL-37,000mmであったため，下杭，中杭および上杭の3本の既製杭を溶接する工法となった．中堀拡大先端根固め工法のフローを図-3に示す．この中堀拡大先端根固め工法は，先端部に噴射孔を持つSTJビットを取付けた連続スパイラルオーガーをあらかじめ杭中空部に挿入した杭を建込み，オーガー駆動装置にスパイラルオーガーを接続し，掘削を開始する．杭の沈設は，スパイラルオーガーを回転させて杭先端部から1m以内での先堀を行いながら，杭中空部を通して土砂を排出して行く．杭の先端が支持層に達した後，支持層に1.0・D（D：杭径）以上に根入れし，拡大球根部を高圧水により掘削を行う．STJビットが所定の深さに達した後，杭先端根固め液（セメントミルク）に切替えスパイラルオーガーを通して，STJビットから高圧噴射しながら，引

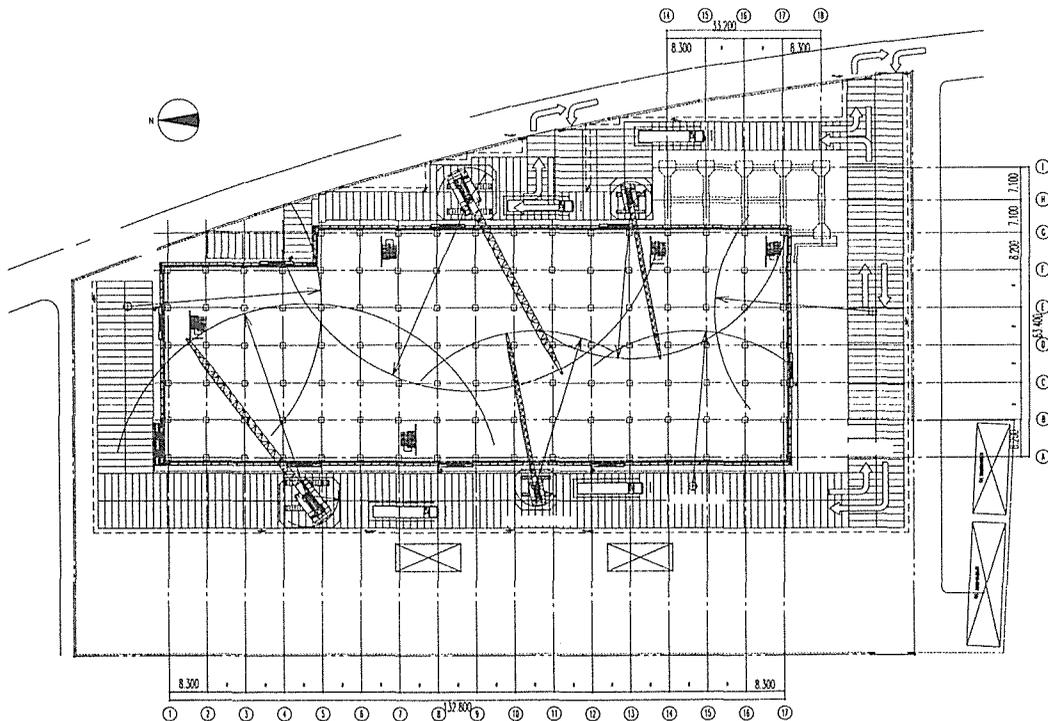


図-2 基本平面図

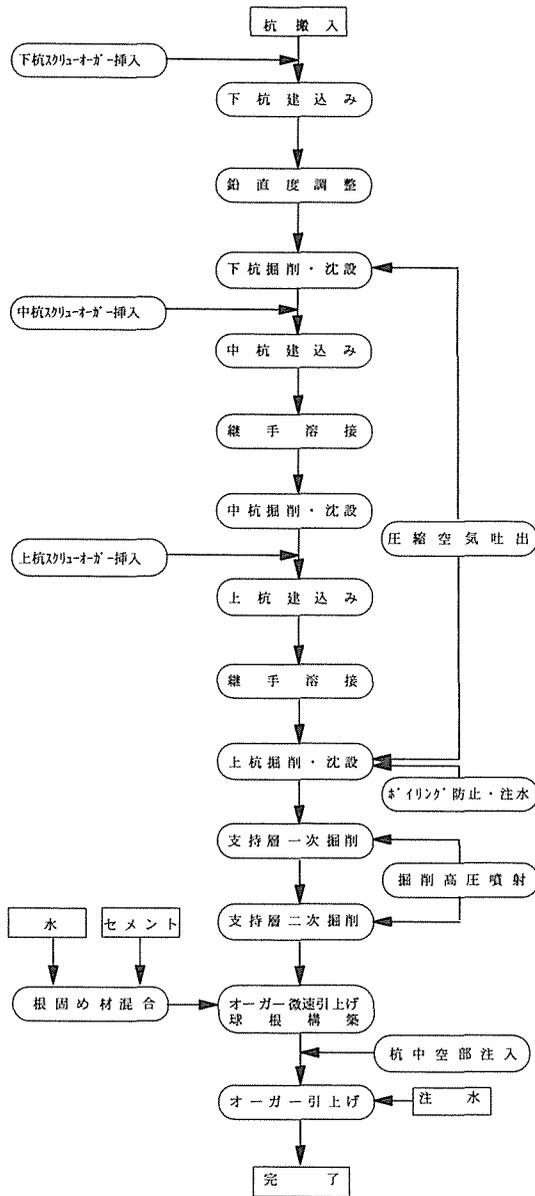


図-3 中堀拡大先端根固め工法のフロー

上げ拡大球根を構築する。さらに、連続して杭中空部に杭外径450mmから600mmについては1.5m以上、杭外径700mmから1,000mmについては2.5m以上の根固め液を噴射し、所定量の注入が完了した後、杭を加圧し、被圧水を押さえるために杭中空部に注水を行いながら、オーガーを引抜く。注入された根固め液の硬化によって杭本体と拡大球根を一体化させ、鉛直支持力を発現させるものである。本工事における杭の径と本数は、 $\phi 1,000\text{mm}$ 331本、 $\phi 700\text{mm}$ 10本および $\phi 450\text{mm}$ 31本であり、工期短縮のために、杭打機3台を導入し、約70日間で施工した。

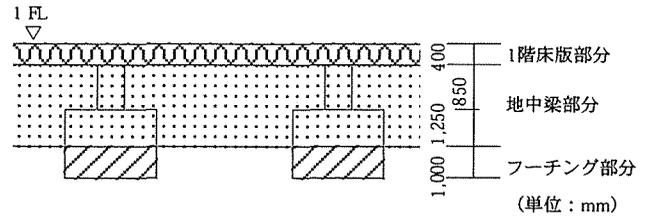


図-4 基礎の施工区分

§ 4. 基礎工事

基礎工事は、基本的にコンクリートの打継部分を考慮し、フーチング部分、地中梁部分および1階床版部分に分けて施工した。基礎の施工区分を図-4に示す。

(1)根切り工事

根切り工事は、地中梁底部まで全面的に1次根切りを行い、フーチング部分についてフーチング底部まで2次根切りを行った。

(2)フーチング筋および地中梁筋の先組工法

フーチング筋および地中梁筋は、フーチングの形状が4パターンおよび地中梁の形状が5パターンあり、さらに建物のスパン(8.3×8.2m)が同一であることから先組工法を採用した。この工法の採用により、根切り作業中に鉄筋工事を進めた。地中梁の先組における継手方法は、建物の両端部の2方向から順にガス圧接を行い、鉄筋寸法の縮みに対して切断を行うことにより、配筋の精度を確保した。また、最終的な建物の両端部の2方向からの接合部分は、両端が固定されガス圧接ができないため、エンクロズド溶接を行った。

(3)キーストン型枠およびラス型枠

フーチング部分の型枠は、キーストン型枠工法(約3,000m²)を採用し、地中梁の型枠はラス型枠工法(約7,800m²)を採用した。いずれの工法も脱型が不要のため、工期短縮につながる工法である。また、地中梁部分の一部は、打放しコンクリートがあるため、在来型枠工法(約2,000m²)を採用した。

フーチング部分のキーストン型枠は、図-4に示すように、コンクリートの打設に伴い、上下2分割とした(写真-1参照)。このキーストン型枠は、アングル(L-50×50×6)の中にキーストンプレート(t=6mm)をとめているものである。下部におけるキーストン型枠は、5工程で行うことができ、工期短縮を図った。この在来工法とキーストン型枠工法の比較を図-5に示す。また、上部におけるキーストン型枠は、下部のキーストン型枠にコンクリートを打設後、下部と上部を溶接した。その後、地中梁の型枠施工を行った。

ラス型枠工法は、埋戻しを行う地中梁部分に適用し、

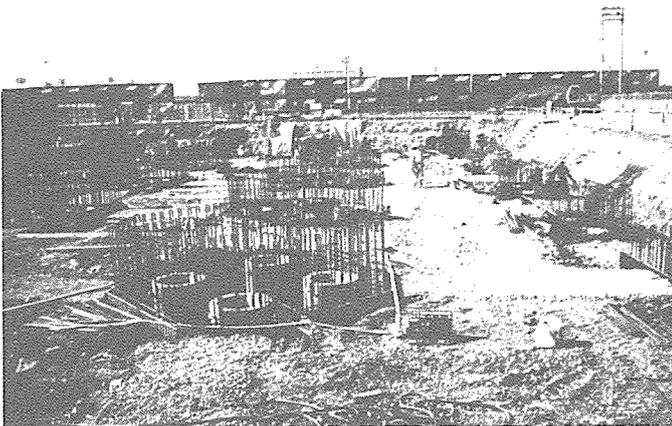


写真-1 フーチング筋の先組およびキーストン型枠

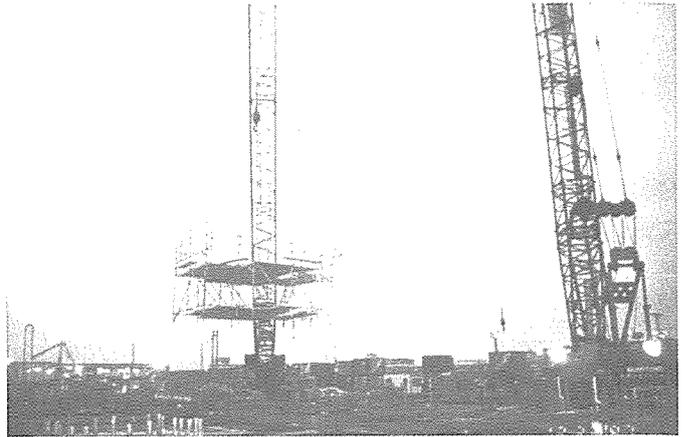


写真-3 地中梁用システム足場

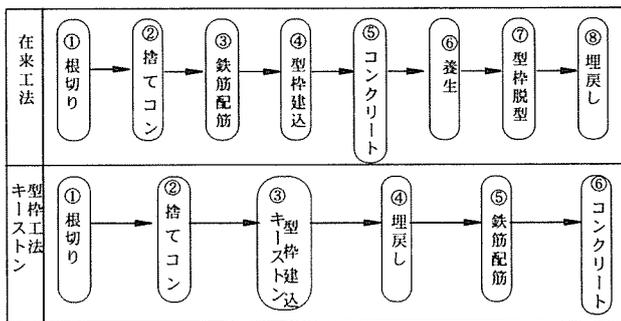


図-5 在来工法とキーストン型枠工法の比較

表-1 基礎部分に用いたコンクリートの使用材料

生コン工場	セメント (高炉セメントB種)	細骨材	粗骨材
A	密度3.05g/cm ³ 比表面積3,710cm ² /g 高炉スラグ混入量 40~45%	君津産 表乾比重2.61 粗粒率2.65	鳥形山産碎石 表乾比重2.71 実積率61.0%
B	密度3.04g/cm ³ 比表面積3,830cm ² /g 高炉スラグ混入量 40~45%	市原産細砂八戸産 砕砂8:2混合 表乾比重2.60 粗粒率2.55	八戸産碎石鳥形山 産碎石7:3混合 表乾比重2.69 実積率61.0%
C	密度3.04g/cm ³ 比表面積3,320cm ² /g 高炉スラグ混入量 40~45%	市原産 表乾比重2.60 粗粒率2.60	鳥形山産碎石 表乾比重2.70 実積率60.0%

表-2 基礎部分に用いたコンクリートの調査表

生コン工場	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					流動化剤 (ℓ/m ³)
			W	C	S	G	減水剤	
A	40.5	38.9	162	377	721	1,068	4.03	0.641
B	41.8	38.0	163	390	655	776 ^{※1} 332	6.20	0.663
C	40.5	38.9	164	405	666	1,085	1.620	0.689

※1；上段八戸産碎石，下段鳥形山碎石

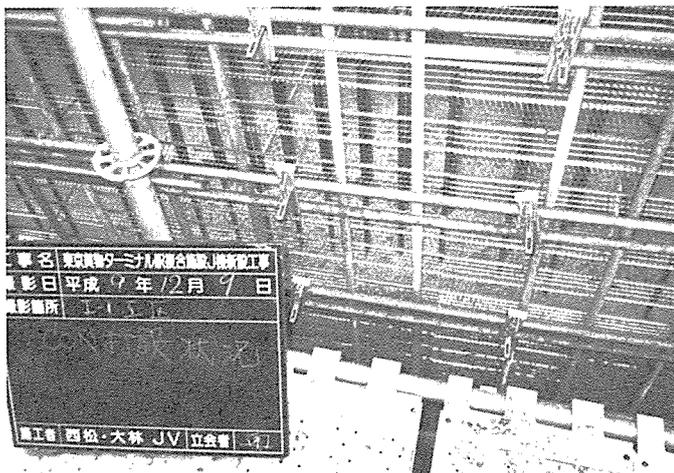


写真-2 ラス型枠およびコンクリート打設状況

ラスは基本的に長さ2m，メッシュの大きさは12×17mm，リップの高さ8mmおよび板厚0.5mmのものを用いた（写真-2参照）。

(4)地中梁用システム足場

地中梁の型枠工事およびコンクリート打設に対し，地中梁の高さが2m以上あり，コンクリート打設を6工区として計画していたため，仮設はシステム足場の転用に

より工期短縮を図った（写真-3参照）。

(5)コンクリート打設および品質管理

コンクリート打設は，最大の打設量を約1,000m³と計画したため，6工区に分けた。フーチング部分，地中梁部分および1F床版部分のコンクリート打設量は，延約10,000m³であった。コンクリートの調査計画は，設計基準強度が35N/mm²であり，フーチング部分および地中梁部分は部材寸法が大断面であったため，マスコンクリートの適用とし，いずれの場合も3つの生コン工場から呼び強度35N/mm²（高炉セメントB種使用），ベースコンク

リートのスランプ12cmを15cmに流動化するコンクリートとした。基礎部分に用いたコンクリートの使用材料を表-1に、調合表を表-2に示す。コンクリートの打設は、基本的にポンプ車2台により行った。この品質管理として、1ロットを100m³として延べ99ロット（Aプラント58ロット、Bプラント19ロットおよびCプラント22ロット）であった。ベースコンクリートの圧縮強度と流動

化コンクリートの圧縮強度の関係を図-6に示す。流動化コンクリートの圧縮強度（材齢28日標準養生）は、構造体コンクリートの管理強度は満足しているもののベースコンクリートの圧縮強度に比べ、小さくなる傾向を示した。この原因は、調合強度が旧JASS 5の高強度コンクリートの適用範囲に入っていたため、水セメント比の低下、単位セメント量の増大により、流動化剤分散効果が損なわれた可能性がある。また、さらに詳しく調べると、流動化剤の添加量が0.4kg/m³を越えるとばらつきが大きくなり、流動化コンクリートとベースコンクリートの強度差が-10~+5N/mm²程度になっていた。

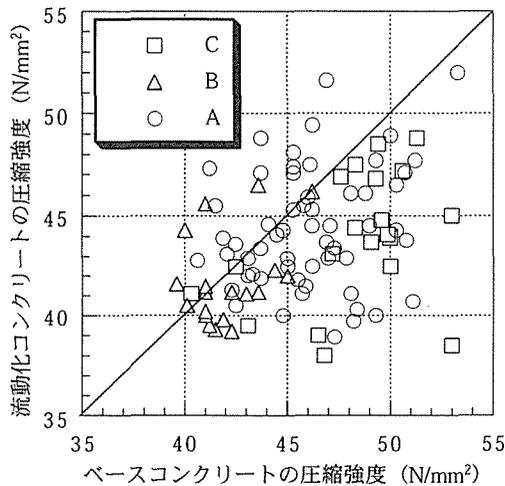


図-6 ベースコンクリートの圧縮強度と流動化コンクリートの圧縮強度の関係

(6)1F床版の施工

1F床版の施工は、地中梁のコンクリート打設が随時終了した箇所より埋戻しおよび転圧作業を行った。その間にスラブ上筋の先組を行っておき、配筋を行った箇所よりコンクリートの打設を行った（写真-4参照）。このことにより、さらに、工期短縮を図った。

§ 5. 上部RC・PC混合構造の施工

上部RC・PC混合構造の施工は、大きく分けて上部独立柱在来RC工事と上部梁PC工事に分けられる。このRC・PC混合構造の施工フローを図-7に示す。本建物

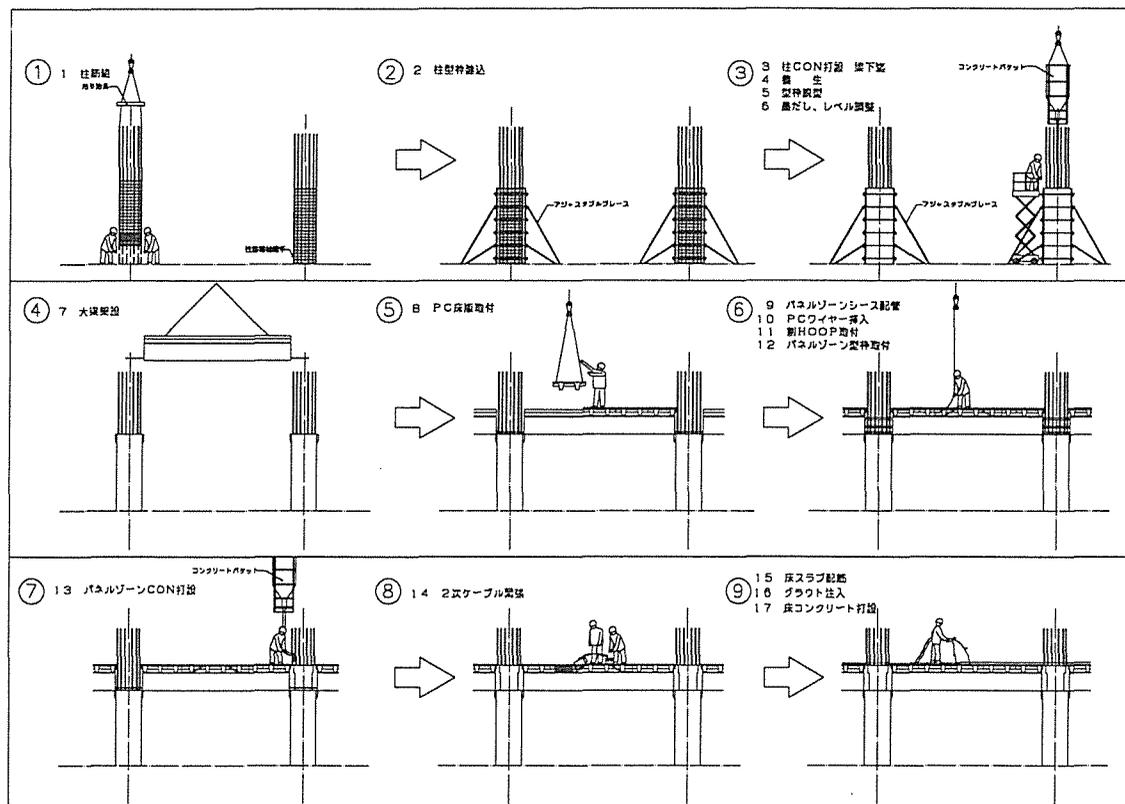


図-7 RC・PC混合構造の施工フロー

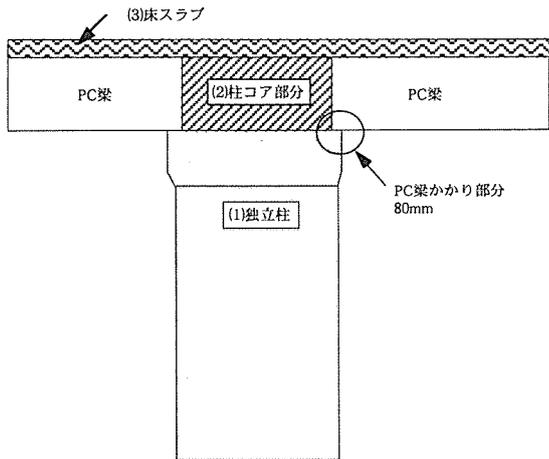


図-8 上部RC・PC混合構造の概略図



写真-5 先組みした柱筋の建込み状況

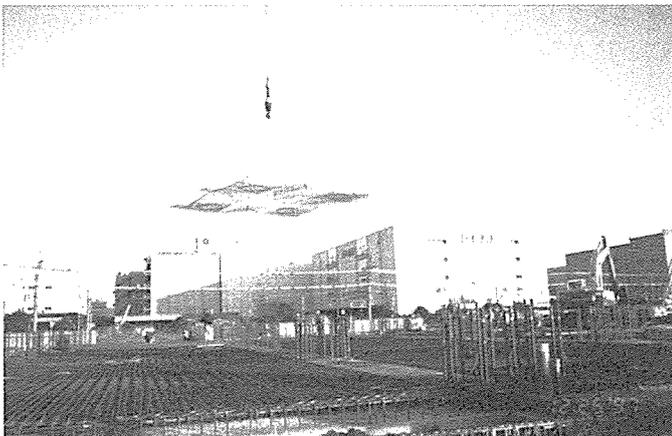


写真-4 先組みしたスラブ筋の建込み状況

の倉庫棟におけるRC・PC混合構造の特徴として、次のことがあげられる。

- (a)基本的同一形状(8.2×8.3m)である。
- (b)倉庫部分は、設計荷重に大幅な荷重が必要である。
- (c)倉庫棟は、5フロアー(1F, 3F, 5F, 7Fおよび8F)となっており、階高が各々5,300, 8,000, 8,000, 4,350および4,300mmとなっている。
- (d)打放しコンクリートの独立柱が1フロアー125本合計575本あり、ほぼ同一形状である。
- (e)柱上部にPC梁受け用のかかり部分がある(図-8参照)。
- (f)独立柱とPC梁の接合部であるパネルゾーンは、独立柱の位置によりPC梁の架設本数が4, 3および2方向となる。

これらの点を考慮し、次のように施工した。

(1)上部独立柱在来RC工事

上部独立柱在来RC工事は、工程管理が重要なポイントとなり、マスター工程で施工するために1工区の

RC・PC混合構造の施工フロー(図-7参照)をできる限り短縮させることが必要である。在来RC工事は、鉄筋、仮設、型枠およびコンクリート工事と4工種にわたることもあり、PC工事に比べ、天候による影響を受けやすかった。しかし、計画段階において、1つの工区におけるRC・PC混合構造の施工フローを実働22日間の計画であったが、各々の施工方法を検討した結果、最短で実働18日間で施工した。そのため、鉄筋工事において、先組工法の導入、型枠工事においてシステム型枠工法の導入およびコンクリート工事において早期強度を得るための調合検討などの在来RC工事の先端技術による合理化工法の導入を行った。各工種とも合理化工法を採用しているが、限られた重機(6台)の中で行うには、必然的に1フロアー(独立柱125本)を10分割で施工するようになった。

①独立柱筋の先組工法

鉄筋工事は、主筋(20-D38)に対してスパイラル筋を付ける先組のため、柱筋の建込み時におけるねじれおよび風による転倒が懸念された(写真-5参照)。実際スパイラル筋によるねじれが確認され、また風により建込んだ柱筋が曲がるため、チェーンブロックにより固定させることで問題なく建込みができた。柱筋の継手方法は、モルタル充填式の機械式継手により行った。ここで、先組みされた柱筋を機械式継手により仮止めし、カップラーを取付け、吊り金物をはずした後、モルタルを充填した。カップラーを取付け終わるまで重機が必要であり、この他にも材料搬入および先組にも重機が必要なため、鉄筋工事にかかわる重機の使用頻度が高かった。

②システム型枠工法

システム型枠工法は、スラブ底面に敷き板を取付け、アジャスターブレース用ベースプレートをボルトにより固定した後、システム型枠を各々建込むものである。さ

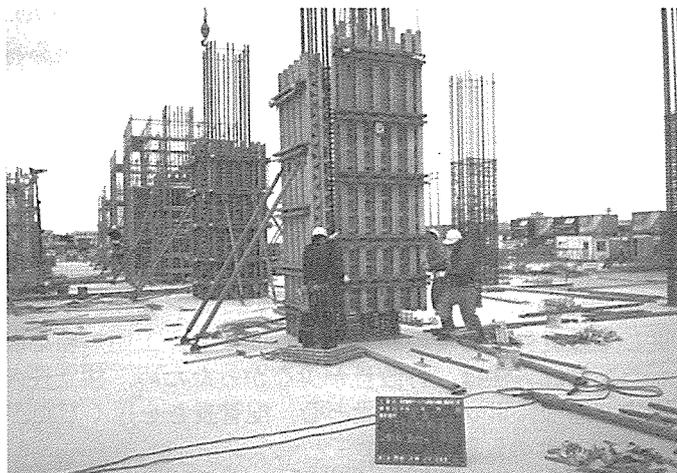


写真-6 システム型枠の建込み状況



写真-8 独立柱のコンクリート打設状況

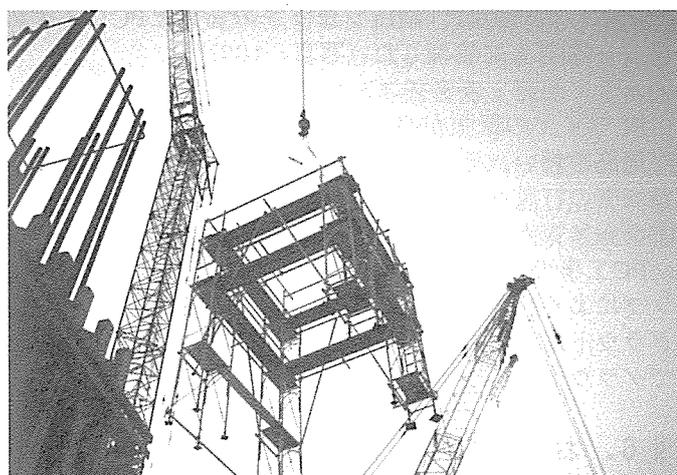


写真-7 独立柱用システム足場



写真-9 PC梁の架設状況

らに、アジャスターブレースとキッカーを垂直精度の確認しながら調節し、各々のシステム型枠をクランプにより締付け、再度、垂直精度を確認するものである（写真-6参照）。このシステム型枠は、通常のコンクリート用パネル面を持ち、型枠の高さを変えることができるものである。このシステム型枠の採用理由は、柱上部にPC梁受け用のかかり部分の位置を変えることができること、575本の独立柱の転用が可能であることおよび脱型後そのまま転用していただけることなどがあげられる。しかし、3Fおよび5Fのように階高が高い場合、仮設足場が必要であること、独立柱の施工が終わりPC工事に移るときに型枠をストックヤードに保管しなければならず、再度使用するときの移動作業が多いことおよび必ず重機が必要であることなどのデメリットもあげられる。このときに、型枠の清掃および階高変更のための型枠改修作業を行った。型枠の転用は、計画段階のときにPC工事の工程に追従できるように7パターン60セット用意

した。
 ③独立柱用システム足場
 1F~5Fの独立柱の階高が比較的高く、システム型枠のクランプ締付け、コンクリート打設およびPC梁受け用のかかり部分の配筋のために、転用が簡易である独立柱用システム足場を採用した（写真-7参照）。これもシステム型枠同様に、独立柱の施工が終わりPC工事に移るときにストックヤードが必要であった。
 ④独立柱のコンクリート打設
 独立柱のコンクリートの打設は、コンクリートを打設した後、翌日養生、3日目脱型という工程を重視した計画とした。コンクリートの調合は、部材寸法が1,300×1,300mmであったため、マスコンクリートの適用とし、打設時期および仮想養生平均温度を検討し、セメントの種類（早強セメント、普通セメント）を変えた呼び強度35N/mm²のものとした。1F~3Fはポンプ車を用いてコンクリートを打設していたが、階数が高くなり、ポンプの

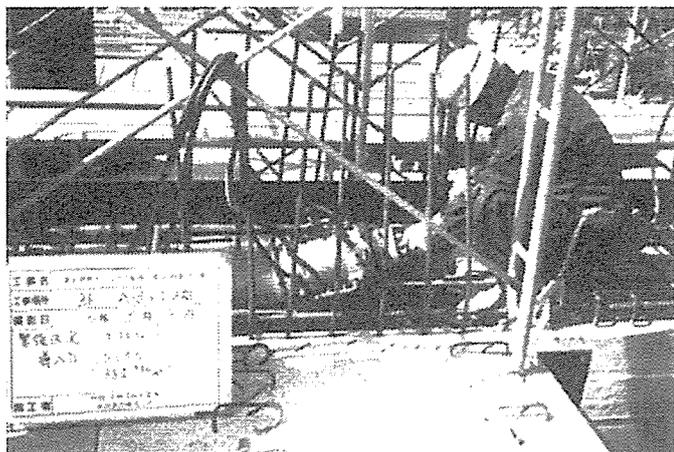


写真-10 PCワイヤーの緊張状況

配管の準備および仮設作業の時間をとることができないため、ホッパー打ちを採用した。このホッパー（2.5m³）を用いて、時間当たり20m³前後の打設を行った。また、打放しコンクリートのため、ホッパからテーパ管を用いて6インチから5インチに絞りポンプ用配管を柱底部まで落とし込み、コンクリート打設を行い、ジャンカ防止を行った（写真-8参照）。

(2)上部梁PC工事

①PC梁・DT版の架設

PC梁・DT版架設は、最大重量17tの部材を運搬してきたトレーラーから直接、荷取りならびに架設を同時に行った。ここでは、作業半径との関係により250tおよび350tクローラークレーンが使われた。また、独立柱のPC梁受け用のかかり部分8cmのところに、最大重量17tのPC梁が架設されるため、高所作業車が必要となった（写真-9参照）。

②パネルゾーンのシース管および打込型枠の取付

パネルゾーンの施工は、パネルゾーン内のフープ筋の施工、PCワイヤーを挿入するシース管の取付け、パネルゾーン定着体の取付けおよびパネルゾーンの型枠取付けとなる。これは、細かな作業であり、これらの作業を極力、同時に行うようにし、工期短縮に努めた。パネルゾーン型枠は、当社技術研究所が開発したものの改良型を採用し、複雑な形状をしている箇所には作業工程の面からも工期短縮につながったと考える。

③PCワイヤーの挿入

PCワイヤーは、パネルゾーン内のシース管を取付けが終了した後、PC梁を繋ぐために、PC梁内とパネルゾーン内のシース管に挿入しなくてはならない。挿入には、1工区3日間をみていたが、上部階に進むとPCワイヤーの本数も減少し、作業にも慣れたことも手伝って1工区2日で行うことができた。

④パネルゾーンコンクリート打設

パネルゾーンコンクリートは、PCワイヤーの緊張を行う前に、打設するコンクリートであり、PCワイヤーの緊張時に30N/mm²以上の圧縮強度が必要となる。このパネルゾーンも、基本的に1,300×1,300×1,000mmの形状をしていることから、マスコンクリートの適用とし、1F～3Fまでは呼び強度35N/mm²の早強セメントを用いたコンクリートで強度発現までに3日間必要であったが、5F～8Fは40N/mm²の早強セメントを用いたコンクリートに変更して強度発現までの期間を2日間とし、工期短縮を図った。打設方法は、打設量が少なかったため、独立柱の打設と同様にホッパー打設とし、配管長さを短くした。

⑤PCワイヤーの緊張

PCワイヤーの緊張は、挿入したPCワイヤーを油圧ジャッキを用いて93tの緊張力を加え、くさびでとめる作業である。ここでは、油圧ジャッキの荷重とPCワイヤーの伸びを20tごとに管理した（写真-10参照）。

⑥スラブ配筋・スラブコンクリート打設

PCワイヤーの緊張が終了した時点からDT版の上にスラブ配筋を行い、その後、ポンプ車を用いてスラブコンクリートの打設を行った。

⑦シース管内グラウト注入

PC工事の最後に、シース管内にグラウトの注入をポンプにより行った。ここでは、あらかじめ、スラブ内にグラウト用ホースを埋込み、1Fからポンプ圧送し、上部でグラウトの注入状況を確認した。

§ 6. おわりに

日本でも極めて例のないRC・PC混合構造である東京貨物ターミナル駅複合施設J棟新設工事を行い、未知への施工に対して、シミュレーションにおけるPC工法との差を約1ヶ月まで近づけることができた。本工事では、在来RC工事の合理化技術を導入し、竣工まで1年4ヶ月で施工を行い、各工種における検討事項が現場運営に的確に行えたためと考える。

また、各々の技術は、一般工事にも適用できるものであり、コストおよび条件を考慮して今後の大規模建築へ生かしていきたい。

最後に、工事を行うに当たり、適切なお指導を頂きました日本貨物鉄道開発本部青木幹夫チーフ、池田菜摘子氏、梓設計保智秀雄主幹、東京建築研究所瀬戸口武雄監理部長に感謝いたします。また、各合理化工法を導入するに当たり、西松建設東京建築支店笠原作磨建築部長、技術研究所西山直洋副課長、潮田和司研究員および小林利充研究員をはじめとする多数の方々のご協力に謝意を表します。