

鋼とコンクリートによるハイブリッド構造梁(AHBS構法)の施工報告

材端部RC造中央部S造梁による架構を物流倉庫に採用

近藤 信行* 篠崎 昌樹** 笹田 義幸*** 鈴木英之****

Execution Report on ANDO Hybrid Beam System Consisting of H-shaped Steel and Concrete

Adoption of the beam consisting of RC in the beam ends and steels in the middle of the span
for the distribution warehouse

by Nobuyuki KONDO, Masaki SHINOZAKI, Yoshiyuki SASADA and Hideyuki SUZUKI

Abstract

The Ando Hybrid Beam System is the structural system of beam which consists of reinforced concrete with high stiffness in the beam ends and H-shaped steel that is lightweight in the middle of the span. It is possible to build a considerable space, despite using a reinforced concrete column. Compared with a steel structure, both deflection and vibration are reduced because of high stiffness of the beam ends. Moreover, the frame cost was slashed because of the decreased steel involved. In this paper, an execution instance for AHBS, which was applied to two-way precast concrete beams in a distribution warehouse, was introduced.

要 旨

AHBS 構法 (Ando Hybrid Beam System) は、材端部を剛性が高いRC造、スパン中央部を自重の軽い鉄骨造とした梁構法である。本構法により、柱をRC造としながら鉄骨造並の大空間が実現でき、また鉄筋コンクリート造の梁端部は鉄骨造よりも剛性が高いため、たわみや振動を軽減することができる。さらに鋼材量の低減によりコストの削減も計れる。本報では、このAHBS構法のメリットを生かし、プレキャスト工法と組み合わせてXY両方向のスパンに本格的に採用した物流倉庫の施工事例を紹介する。

キーワード：複合構造 / 鉄筋コンクリート造 / 鉄骨造 / サイトPCa化 / 大スパン

1. はじめに

本建物は、埼玉県東松山市に建設された地上5階建ての物流倉庫である。1階から4階までは柱をRC造とし、梁に複合構造梁構法であるAHBS構法を採用した。最上階の5階は柱梁ともS造となっている。本建物のように比較的大きなスパンが必要とされ、かつ工期が短い場合、従来であればS造で計画されることが一般的であるが、AHBS構法を採用したことで、経済性を満足しつつ、大スパン空間を実現できた。また、柱のコンクリート打設方法としてVH分離方式を取り、AHBS梁をサイトPCa化することで工期の短縮と、より高品質な躯体を提供すること

ができた。

本報ではAHBS構法を用いた施工事例として、その特徴と施工上の留意点を報告する。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。なお、図1に本建物の完成予想パースを示す。

工事名称	(仮称) 埼玉物流センター新築工事
工事場所	埼玉県東松山市新郷 481-1
設計監理	安藤建設株式会社一級建築士事務所
施 工	安藤・森特定建設共同企業体
敷地面積	18,079.11m ²

* 建築本部生産技術開発部門 *** 建築本部第二設計部門

** 第一建築事業部 **** 技術研究所構造研究室



図1 建物完成予想パース

建築面積 10,853.56㎡
 延床面積 35,524.53㎡
 階数 地上5階
 建物高さ 26.20m
 構造 RC+S造 (AHBS構法)
 工期 2005年12月20日～2006年9月30日

3. AHBS 構法概要

図2に、AHBS構法である材端部RC造中央部S造梁の姿図を示す。この複合構造梁は、材端部を剛性が高い鉄筋コンクリートとし、スパン中央部を自重の軽い鉄骨造とすることで、大きいスパンを可能とする。図3に他構造と比較したAHBS構法のメリットを示す。SRC造やプレストレス造と比較して躯体が軽量となり、また鉄骨造と比較して剛性が高いため、たわみや振動を軽減できる。図4に、AHBS構法の適用例を示す。柱と柱梁接合部は従来のRC造と同じであるため、大きいスパンが必要なところにだけAHBS構法を用いることができる。本工事ではXY両方向の梁にAHBS構法を採用した。

4. 全体施工計画

図5に、全体の総合仮設計画図を示す。AHBS構法は、コンクリートを場所打ちとする在来工法によっても施工することができるが、今回は、工期が短いこと、建物周囲にスペースが確保できることから、AHBS梁を敷地内で製作するサイトPCa工法を採用した。

建物が、敷地南側に寄っているため、北側が搬出入ヤードとして大きく空いている。そこで、建て方重機の移動作業スペースを確保し、その残った部分

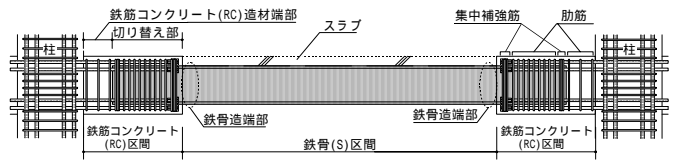


図2 材端部RC造中央部S造梁

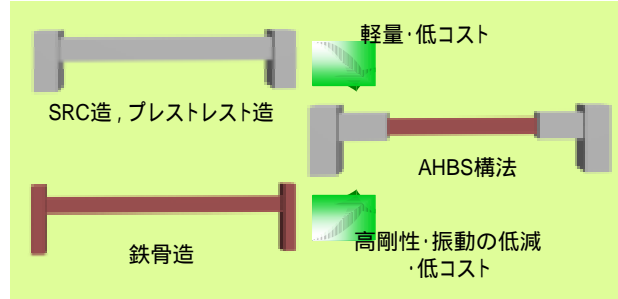


図3 AHBS 構法のメリット

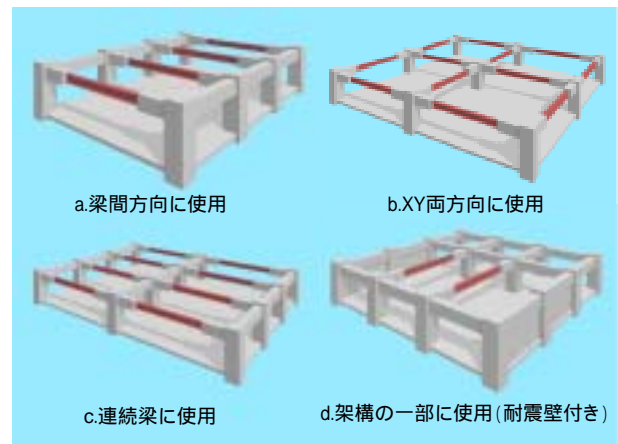


図4 AHBS 構法の適用例

をサイトPCaの製作ヤードとした。PCa部材の製作工程及び製作台数を割り出し、1フロアーを6工区に分けたことで、ストックヤードを確保せずとも製作ヤードから直接の建て方が可能になり、狭い空間を有効に使うことができた。建て方重機は、建て方・荷捌き用に450tトラッククレーン(作業半径68m定格荷重12.2t)を2台計画した。また荷捌き・PCa部材の移動・取り込み用に100tクローラクレーン(作業半径47m定格荷重2.9t)を使用した。

5. 施工サイクル

5.1 躯体サイクル工程

図6に、各工区の躯体サイクル工程を示す。コンクリート打設の1サイクルを21日工程で実施した。各工区を5日ずらすことで、無駄なく工程を実施することができた。

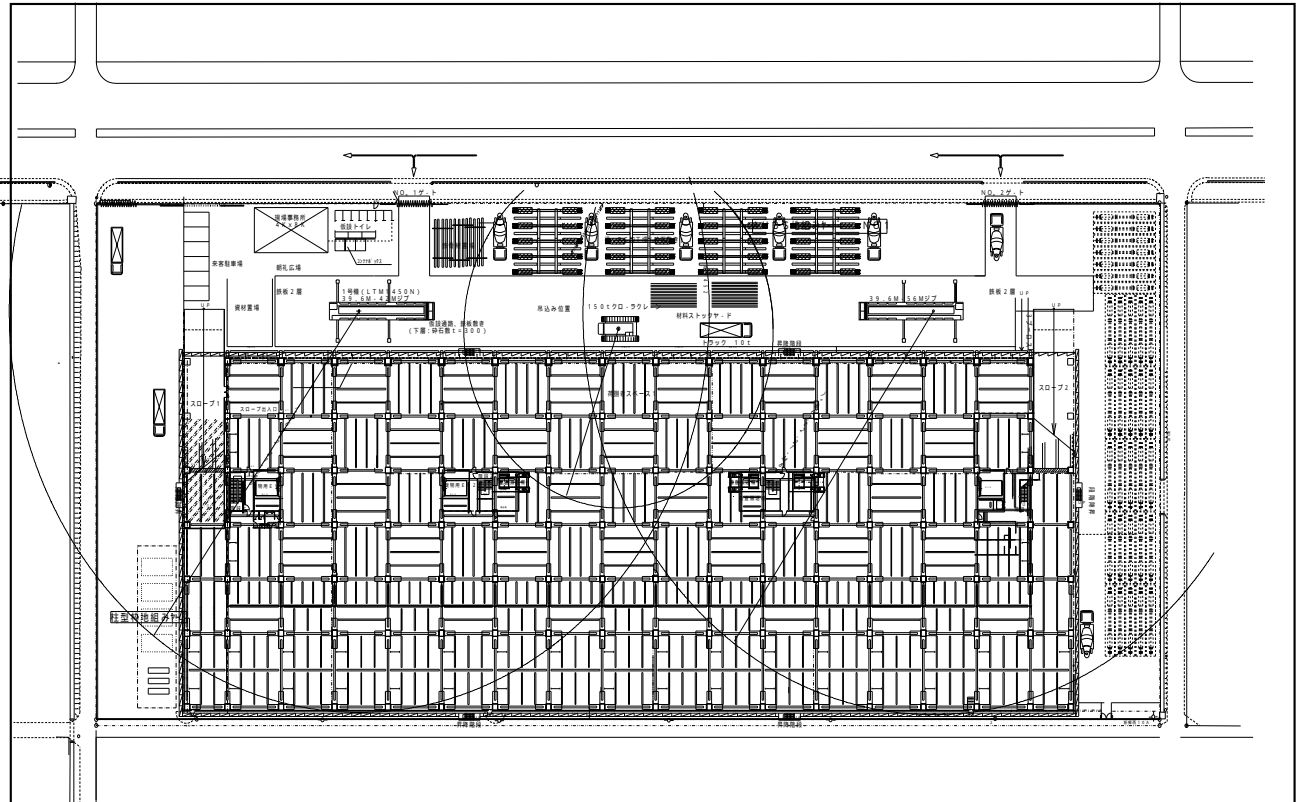


図5 総合仮設計画

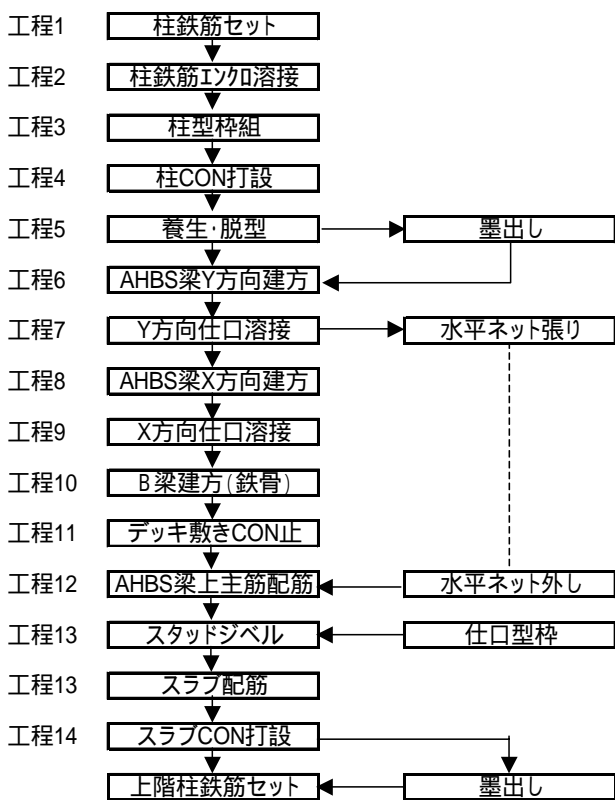


図6 躯体サイクル工程

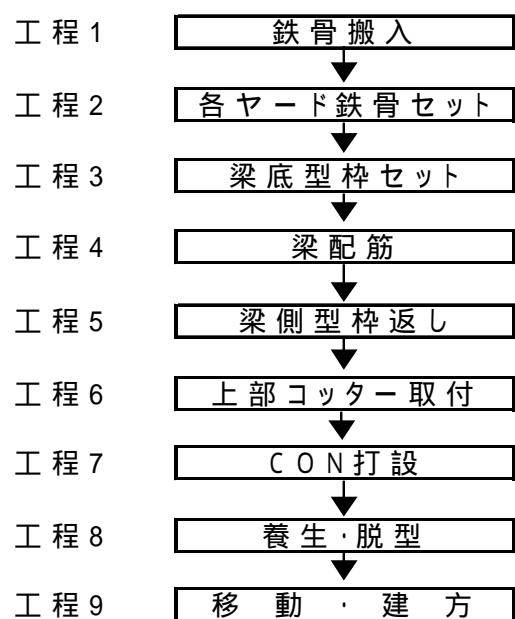


図7 AHBS梁(サイトPCa)製作サイクル工程

5.2 PCa梁の製作サイクル工程

図7に、サイトPCa化されたAHBS梁の製作サイクルを示す。資材の搬入からコンクリートの打設、型枠解体まで5日サイクルで製作した。PCa部材の製作ヤードは、大きく2工区に分かれている。

6. 施工の詳細

6.1 柱躯体

AHBS梁をPCa化したことと、階高が5.7mと高いことから、柱部分はコンクリートの打設をVH分離方式とした。

鉄筋組み

柱筋は、工期短縮のため地上での先行組みとした。写真1に示すように、専用の架台で水平にて組み立てることで、鉄筋工の手間を省力化した。なお垂直に起こす時にねじれが生じないように、仮設プレース筋としてD13を2本入れた。

柱型枠

柱型枠を転用するためにパネル化し、再組み立てしやすいように、締め付けにはコラムクランプ（写真2）を利用した。打設時の倒れ防止にはサポートとチェーンを2方向で使用した。

柱コンクリート打設

コンクリート打設には、ホッパーを使用した（写真3）。長く伸ばしたホースを柱の深くまで挿入して打設することで、骨材の分離が無い良好なコンクリートが打設された。コンクリート打設前に、柱主筋とPCa梁主筋の納まりを確認した。

養生・脱型・墨出し

打設後、養生期間をおき、型枠を脱型し、次の工区への転用を行った。PCa梁を載せる前に墨出しを行い、セットする位置の確認をした。



写真1 柱筋水平組み



写真2 柱型枠状況



写真3 柱コンクリート打ち



写真4 梁建て方状況

6.2 AHBS梁躯体

梁の建て方

現場サイトで製作されたPCa梁を大型クレーンで

建て込む（写真4）。

梁の支保工

梁を受けるためには、仮設の支保工が必要になる。当初の計画では、梁端部のRC部分を強力サポート（写真5）で受けたが、組立て時間がかかり、工程が延びる傾向が現れ、またコスト増が予想された。そこで、それに代わるものとして、柱頭にコーベル（コンクリートのあご）を設けることにより、材端部の強力サポートによる支保工をなくした（写真6）。コーベルについては、支保工計画の項目で詳述する。AHBS大梁を建て込み後、引き続き鉄骨小梁の建て方をした。

柱梁接合部

PCa梁の鉄筋継手は、柱梁接合部内に設けた（写真7）。その継手工法は、柱が在来工法であるため、精度の程度を考慮し、溶接継手（エンクローズド溶接）とした。継手の検査は、UTによる非破壊検査とした。



写真5 強力サポート



写真6 コーベル



写真7 梁の継手



写真8 デッキ敷き

6.3 スラブ躯体

デッキスラブ敷き

デッキスラブは、型枠デッキ（Fデッキ）を使用し、鉄骨小梁の本締め後に敷き詰めた（写真8）。

鉄筋組み・コンクリート打設

デッキ敷き込み後、AHBS梁の上筋配筋を行い、引き続きスラブ配筋を行った。配筋検査後、コンクリートの打設を行った。

6.4 サイトPCa計画

ヤード計画

ヤードは砕石を敷いた上に山留用H鋼300^Hを大引きに、角パイプ50を根太にしてベット(写真9)を作成した。ヤード配置は、クレーンの吊上げ能力と資材搬入路を考慮して決めた。

資材搬入

資材搬入通路が、建て方通路と一部交錯していたが、建て方範囲、ヤード取込範囲を時間軸で管理することで、スムーズな搬入ができた。

組立て

組立は、鉄骨をセットすることから始まるが、図8のように鉄骨を浮かせる架台はサイズの違うH鋼を組み合わせることで、適正な位置を確保した。その後、両端の鉄筋を組立て、型枠を組んだ。主筋の位置保持用の穴あき型枠と底板型枠は、鉄筋組みに先立ち組み立てた。転用可能な仮設のかんざし金物を作ったことで、肋筋は適正な位置を確保できた。(写真10)

コンクリート打設

コンクリートは、生コン車を、横付けして打設する計画とした。作業の関係で通路が確保できないときは、ホッパーまたはポンプ車による打設も行った。

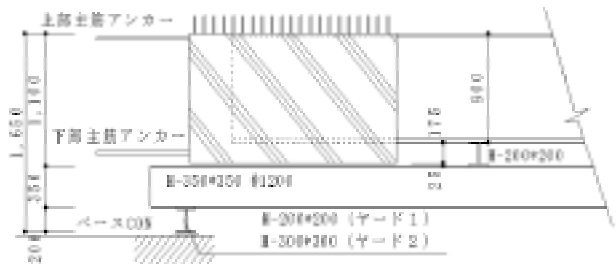


図8 PCa梁の組立



写真11 コーベル

写真12 強度確認

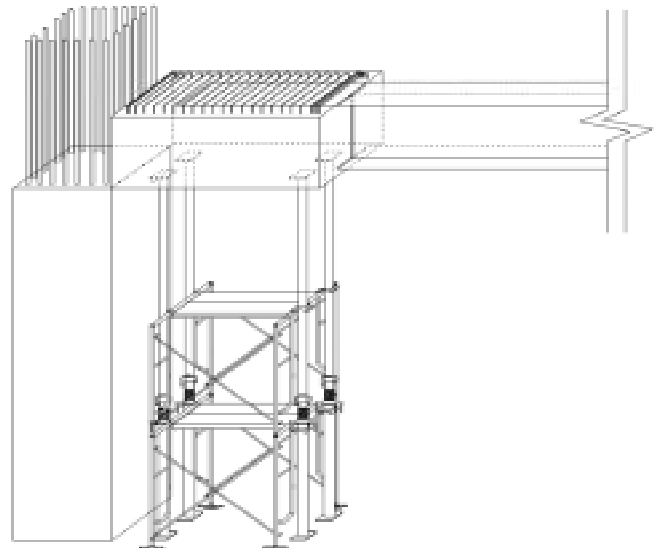


図9 強力サポート支保工



写真9 PCaヤード



写真10 梁鉄筋組み状況

6.5 支保工計画

計画の改善

AHBS梁は、在来工法で施工した場合、コンクリートを打設するまで梁と柱が繋がらないため、梁の中央の鉄骨部分と端部のRC部分を別々に受ける支保工が必要になる。今回、梁をPCa化して一体化したことで、支保工を縮小することが可能になり、仮設コストを下げる事ができた。

強力サポート支保工

PCa化した梁を受ける支保工は、梁の自重の他に鉄骨小梁とスラブの荷重、および施工時荷重まで受け持つことになる。当初の計画では図9に示すように、材端部を4本の強力サポートで受けた。

コーベル(柱頭部躯体あご)

1階躯体の工程を進めていく中で、強力サポート

を用いた場合の仮設材の搬入、および支保工の組立てに予想より手間がかかり、工程の圧迫やコスト増が予想された。そこで、コンクリートが先行打設されている柱を支保工として利用する案を検討した。最終的には、柱頭に梁を受けるあご(コーベル・写真11)を設け、そこにPCa化されたAHBS梁を直接載せ掛けることとし、仮設材による支保工の低減を計った。この方式は2階の躯体工事から実施し、結果として工程の遅延を取戻し、コストの低減も図れた。

コーベルについては、計算によりその大きさと必要鉄筋量、および建て方時、スラブ打設時に必要とされるコンクリート強度を求めた。実際に梁の架設

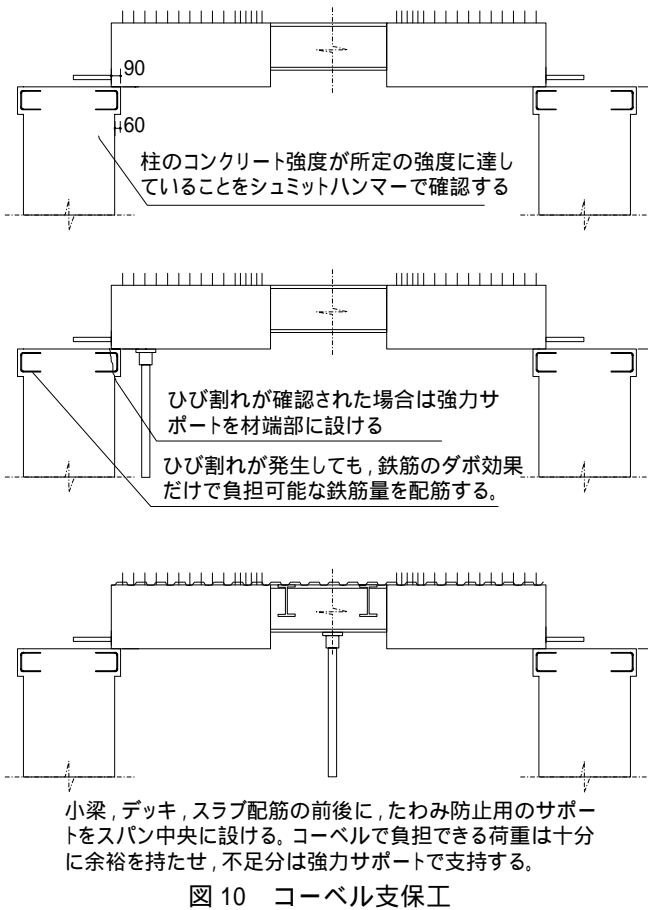


図 10 コーベル支保工

前・スラブ打設前にはシュミットハンマーにより柱のコンクリート強度の確認（写真12）を行った。またコーベルにひび割れが生じた場合の対応策，および梁中央部でのたわみの対策も配慮した。

7. 品質管理

表1に施工の各段階で行った品質管理項目を示す。検査項目ごとに管理表，チェックリストを作成し，各確認を行って次工程へと進んだ。

8. おわりに

AHBS構法は，高い梁剛性と大きいスパンを経済的に実現できる構法である。しかし施工方法として型枠工事やコンクリート打設を支保工上で行う在来型の工法では，従来のRC造での支保工より大掛かりなものになってしまう。一方でPCa梁をプレハブ工場で作製した場合，運搬によるコスト増は発生するが，鉄筋や部材の精度管理は向上し，柱もPCa化することで工期の短縮が計れる。

本工事は，AHBS梁をサイトPCaとし，本設柱を支保工に利用することで，PCa化による揚重機は大型化したが，総合的には，仮設工事を削減すること

ができた。また，厳しい工程にもかかわらず躯体工期を厳守し，躯体品質も向上した。

この構法は社内各部門のご支援，ご協力によって進めることができた。この場を借りて改めて御礼申し上げます。

表1 AHBS構法の施工管理

工法概要	柱	梁(サイトPCa)	柱・梁仕口	鉄骨小梁・スラブ	
鉄筋	先組 溶接継手	先組 定着プレート、曲げアンカー	現場組立 溶接継手	現場組立 重ね継手	
型枠	在来 ノンセバ	在来	在来	フラットデッキ 鉄骨小梁とユニット化して揚重・取り付け	
コンクリート	Vコン先行打設 ホッパー打ち	サイト打設 ホッパー打ち 直打ち	スラブと同時打設 ポンプ打ち	現場打設 ポンプ打ち 金ゴテ仕上げ	
部位	工事種別	要点	管理値・管理基準	確認方法	対策
柱 鉄筋先組 型枠組立 CON打設	鉄筋 主筋	材料・径の確認 梁鉄筋との納まり確認 長さ=階高 上下階の径、本数、断面変化の確認 被り厚さの確保	設計図面通り テンプレートの使用による位置管理 必要長さ±3mm	図面・チェックリストによる 梁鉄筋は動かない 組立時寸法確認	
	フープ筋 溶接継手	先組高さの確認 資格の確認 UT抜き取り検査30% 不具合への対応	資格者名 検査対象全数合格 検査対象全数合格に向け原因究明	新規入場時に書類で確認 試験の実施 作業環境(風雨) 鉄筋組立(芯ずれ、曲がり)	抜き取り率を高くする 時間管理 作業員の変更
	型枠	建て入れ精度の確保	頭部の倒れ±3.5mm (PCa梁の掛かり代30mm) コーナアングル	コンクリート打設前後の建て入れ確認	
	CON打設 養生・脱型	打ち込み物のチェック 自由落下高さを低くする パイプレーターの適正配置 コンクリート天端高さの管理 打設完了日、時間の管理	3m以内 2台/柱、4人/柱 必要高さ-5mm 中央を高め 脱型順番管理のため	組立時に確認 ホース先端の高さ確認 手配の確認 型枠天端にならず (ハワリジャーでの清掃を容易にするために) 全柱の打設完了日、時間の記録	
	養生期間 脱型	強度管理 打ち放しのため傷をつけない コンクリート不具合の補修方法	脱型時、コンクリート強度15N/mm ² 以上	シュミットハンマーによる確認	脱型順番を管理する ハールなどの使い方に注意する 共通仕様書に順ずる 保温養生などを行う
	墨出	梁の下端レベル管理 (レベル墨からの寸法チェック) 梁の寄り位置管理 (芯墨からの追い出し墨) 梁の出入り位置管理 (芯墨からの追い出し墨)	必要高さ-5mm 鉄筋芯ズレ±3mmの確認 鉄筋芯ズレ±3mmの確認 溶接間隔7~12mm(D19-D32) 8~14mm(D35-D51)	天端が低い場合 天端が高い場合 梁位置用の墨 柱天端に梁端部の墨を出す 溶接間隔の確認 掛かり代の確認	ライター・フレート等によるレベル調整 Hコン打設前の梁下部塞ぎ・埋め 5mm以上は、ハツリ取る 柱、梁鉄筋の位置確認 小梁がセットプレートまでの寸法を確認後振分け 同上と鉄筋間隔を考慮して振り分ける 柱・梁とも若材令コンクリートなら荷重は掛けない
梁 サイトヤード 鉄骨据付 鉄筋組立 型枠組立 CON打設 養生・脱型 移動	サイト製作 鉄骨				
	長さの確認 寸法、形状の確認	設計図面通り 設計図面通り	AHBS工法の要点 カセットプレート、吊ビス、ALC下地など		
	サイトヤード製作 鉄骨	梁底レベル管理 配置(平面) 配置(高さ)	梁底型枠に可能な限り平行に置く 高さ許容値±3mm	調整可能 目視 梁底型枠からの寸法チェック	サイトヤードの仮設鉄骨のレベル調整 位置決め定規による 組立時に修正
	鉄筋 主筋位置の管理(左右) (被り厚さ管理も併用)	鉄筋芯ズレ3mm以内(左右)	柱筋との納まりを確認 左右の芯ずれ防止 上下の芯ずれ防止 溶接継手間隔の確保 AHBS工法の要点 組立時に確認		
	長さの管理(上下) (柱内継手部) (SRC部分) 定着プレート	鉄筋芯ズレ3mm以内(上下) 柱芯±0~3mm以内 基準±0~+3mm ゆるみがないこと			増し締め
	型枠 墨出(梁幅) 墨出(梁背) 打ち放し型枠 断面寸法の確認 打ち込み物のチェック	鉄骨のフランジが基準 鉄骨下フランジ180mm バネコートを使用 設計図面通り コッター	目視 寸法チェック 目視 寸法チェック 目視	組立時に修正 サイトヤードの仮設鉄骨のレベル調整 不要な穴などを開けない	
	CONクリート	天端の精度管理 鉄骨梁下のコンクリート充填管理 鉄筋の清掃 打設所要時間管理	スラブ下±0~5mm以内 フラットデッキとのすきまをなくす エアたまりによる空隙をなくす 不純物の除去 (後打ちコンクリートの付着低減防止の為 目視時間(ホッパー打ち) 同上(ポンプ打ち) 発注強度 設計基準強度の80%以上	鉄骨フランジ天端と同レベル 片側から打設する エア抜き穴を梁底、梁側に開ける 余分な水を使わない 養生方法の検討 40~50分/梁(段取りから完了まで) 10~15分/梁(段取りから完了まで) 3m3/梁、納品書、スランプ試験他 打設完了時間の記録	(ノ口止め、梁側清掃の省略のため) (梁底清掃にも利用する) (コンクリートの充填確認にも利用) 余分な水を使わない 鉄筋養生方法の検討 梁断面・コンクリート数量による 基準を外れたコンクリートは使用しない 強度確認し、養生時間を確保する
	養生期間 脱型	強度管理 強度管理 打ち放しのため傷をつけない コンクリート不具合の補修方法 強度確認	脱型時、コンクリート強度12N/mm ² 以上	シュミットハンマーによる確認 テストピースによる確認	ハールなどの使い方に注意する 共通仕様書に順ずる 強度不足は、移動しない 保温養生などを行う強度、日時を記録する
	梁の移動(仮置き)	仮置き場所の設定	下部躯体への影響が無い場所	1F・地中梁上に荷重をかける 3F~大梁上に荷重をかける	支保工による補強 ライター・フレート等によるレベル調整 Hコン打設前の梁下部塞ぎ・埋め 5mm以上は、ハツリ取る 柱、梁鉄筋の位置確認 強力サポートで支持
	墨出	梁の下端レベル管理 (レベル墨からの寸法チェック) 梁の寄り位置管理 梁の出入り位置管理 (芯墨からの追い出し墨)	必要高さ-5mm 鉄筋芯ズレ±3mmの確認 鉄筋芯ズレ±3mmの確認 掛かり代30mmの確認 溶接間隔7~12mm(D19-D32) 8~14mm(D35-D51)	天端が低い場合 天端が高い場合 梁位置用の墨 掛かり代の確認 溶接間隔の確認	
建て方	支保工 強力サポート	PCa梁下レベルに合わせる サポート許容強度13、15トン 鉄骨梁下の変形を防止する	梁下レベル±0~-5mm 1箇所当り4本セット 変形量5mm、鉄骨長さの1/300	場所に据付後、レベルを調整する スラブコンクリート打設前に必ず設置する	サポートは鋼製枠組足場を組み、クランプ固定 必要本数を事前に配置する
	支保工・コーベル 梁建て方 (先行Y通り)	所定の位置、レベルにセットする	梁載せ時コンクリート強度15N/mm ² 以上 高さ±0~-5mm以内 鉄筋芯ズレ±3mm以内(上下、左右) 溶接間隔7~12mm(D19-D32) 8~14mm(D35-D51)	基準墨に合わせる	鉄筋溶接、小梁の許容を確認後、振分け
	梁下端主筋溶接	UT検査に合格	鉄筋芯ズレ±3mm以内(上下、左右) 折れ角度1/10以内 溶接間隔7~12mm(D19-D32) 8~14mm(D35-D51)	目視 目視 UT検査	梁建て方時の精度確保 梁建て方時の精度確保 安定した作業姿勢
	梁建て方 (後行Y通り)	先行Y通り梁と同様			
	梁下端主筋溶接 仕口フープ配筋	先行Y通り梁と同様 柱主筋との結束 ピッチの確保			
	スラブ	CONクリート	柱型枠精度向上のためコン天レベル クラック防止	±3mm	
養生 墨出	強度管理 鉄筋の被りと位置の確認	強度発現12N/mm ² を確認 計画通り	工程計画 墨から追い出し	打設後、24時間は資材を乗せない 許容値との開きにより対応	

