

アンボンド PC を採用したフラットスラブ工法

— 帝蚕倉庫(株) 横浜物流センターの構造設計と施工 —

勝 治信*1・徳永 嘉三*2・稲 泰穂*3・森田 明*4

1. はじめに

本建物は延べ面積 21 197.9 m² の本社機能を有する物流センターである(写真-1)。本計画建物は構造計画上、倉庫棟、事務所棟に分けられ、Exp.Jにより構造的に分離している。

倉庫棟は長辺方向 66.3 m、短辺方向 49.0 m で柱を均等に配置して単純明快なものとしてわかりやすい施設とすることを重視した計画としている(図-1)。

2階部分の鉄骨庇は、片持ち長 15 m で搬送用トラックを覆うように計画している。このような長い庇は温度応力に対する対処が重要となるため、端部のディテールを工夫し対処した。

2. 建築計画概要

名称：帝蚕倉庫株式会社横浜物流センター新築工事

発注者：帝蚕倉庫株式会社

所在地：神奈川県横浜市鶴見区大黒埠頭 6 番 1

敷地面積：19 729.3 m²

建築面積：6 506.8 m²

延床面積：21 197.9 m²

階数：地下なし・地上 5 階(最高高さ 30.8 m)

設計・監理：松田平田設計

施工：大成建設株式会社 横浜支店

PC 工事：株式会社 建研

杭工事：東洋テクノ(株)、新日本製鐵(株)

用途：倉庫・事務所

工期：2003 年 10 月～2005 年 1 月

3. 構造設計概要

3.1 基礎計画

3.1.1 基礎構造

基礎形式は設計 GL - 50.0 ～ 71.0 m の N 値 50 以上の土丹層を支持地盤とする杭基礎を採用した。杭種は鋼管杭で工法は回転圧入鋼管杭工法とした。

杭径は軸径 ϕ 1 000 ～ 1 200 mm、先端羽根径 ϕ 2 000 ～ 2 400 mm 鋼管厚さは 15 ～ 22 mm としている。杭頭部内部に中詰めコンクリートを 4 500 mm まで充填し、鋼管のみならずコンクリートの耐力も考慮することで部材耐力を確保

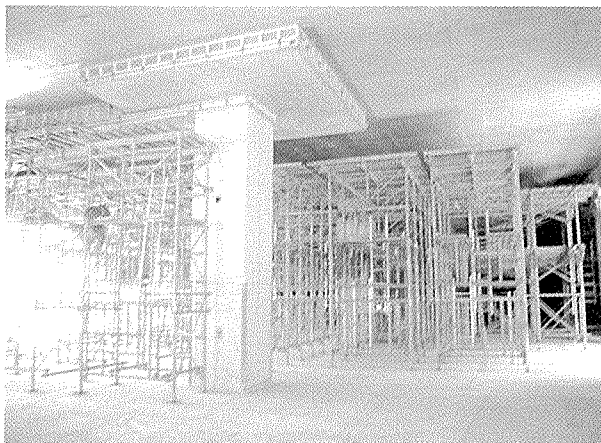
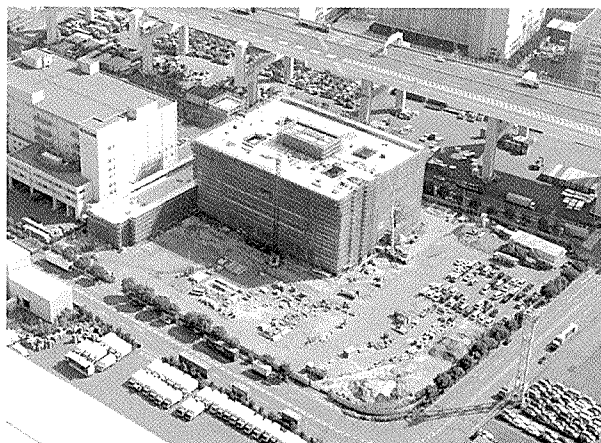


写真-1 帝蚕倉庫全景・内観

している。また、杭頭部に用いる鋼管はコンクリートと鋼管の付着を高めるために縞付き鋼管を採用した。

本計画の支持地盤は N 値が低く、支持層が深く、起伏に富むものであるため、このような地盤に対して安全性と経済性を考慮し、回転圧入鋼管杭工法を採用した。その特徴を下記に示す。

- ・鋼管杭であるため、変形性能が優れており、耐震性に優れている。
- ・杭先端に螺旋状の羽根を設けて回転圧入による貫入を行うため、無排土施工が可能。
- ・支持層をトルク値で管理できるため、支持層の確認が

*1 Harunobu KATSU：帝蚕倉庫(株) 取締役社長

*2 Yoshimitsu TOKUNAGA：帝蚕倉庫(株) 常務取締役

*3 Yasuho INA：(株) 松田平田設計 横浜事務所

*4 Akira MORITA：(株) 松田平田設計 構造設計部

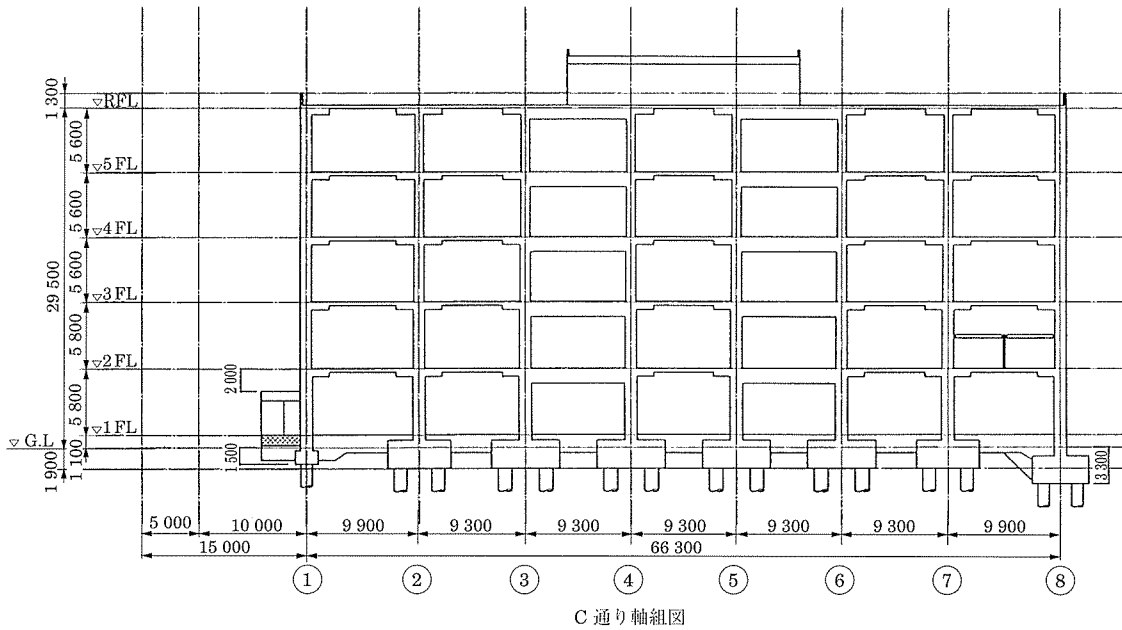
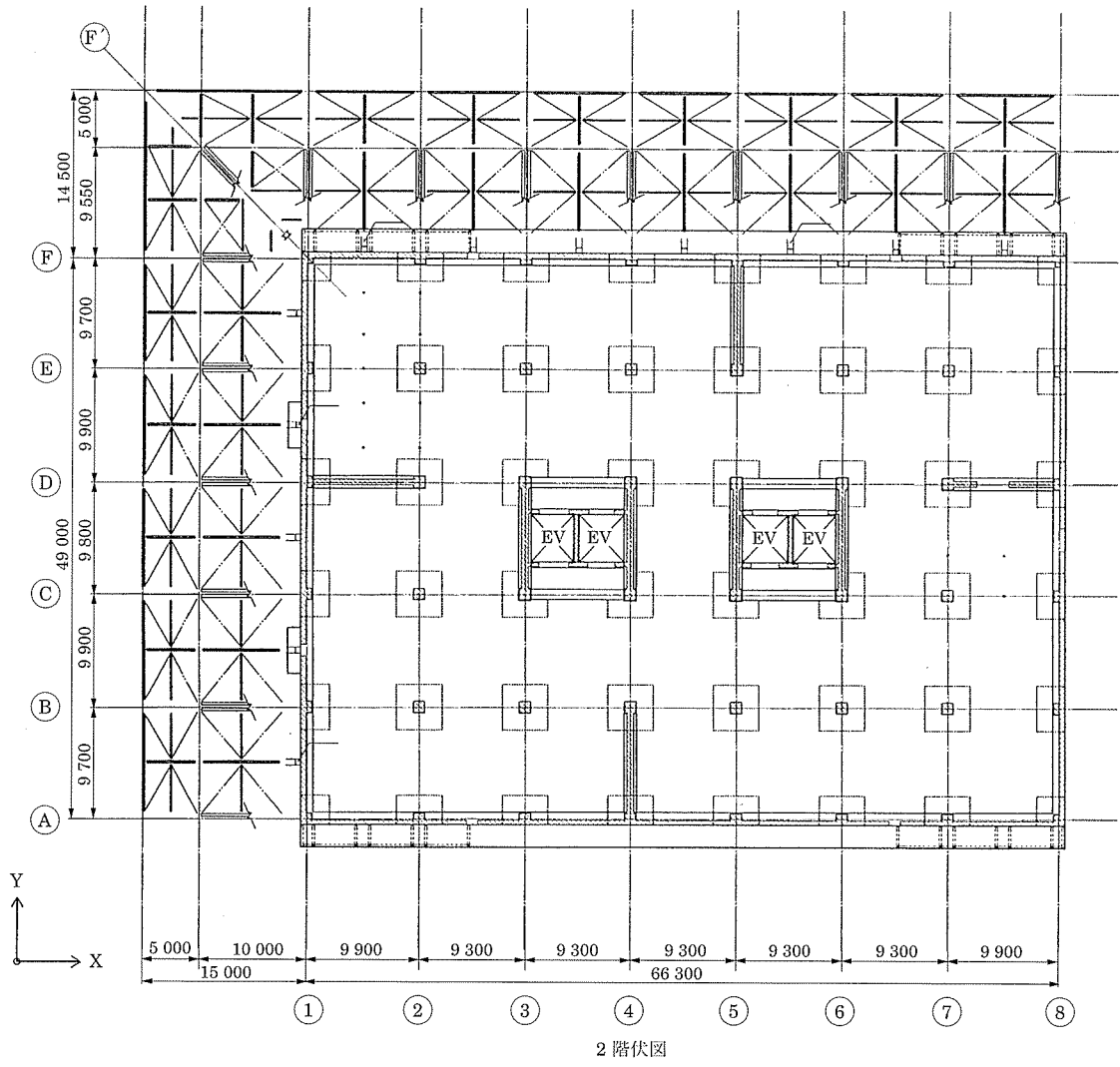


図 - 1 伏・軸組図

可能。

また、現場での品質管理として、現場溶接は基礎杭溶接技術検定（WES 8106）の有資格者とし、パス間温度はレーザー温度計にて管理を行った。

3.1.2 敷地地盤概要

本敷地は、横浜市の大黒埠頭に位置している。地盤は一般的に N 値が低く、埋土層は人口造成土であり、層厚は約 12 m となっている。埋土層以下には沖積層、七号地層同等層のシルト質細砂やシルト質粘土が堆積し、50 m 以深より N 値 50 以上の上総層群が連続している。土質柱状図を図 - 2 に示す。

3.1.3 杭頭半剛接合工法の採用

基礎構造は杭頭半剛接合工法（図 - 3、写真 - 2）を採用した。この杭頭半剛接合構法は、地震時の杭頭部に生じる応力を従来の剛接合より大幅に低減でき、かつ杭頭の損傷を低減し杭体の変形性能の向上および基礎梁の合理化が可能となる工法である。

杭体には鋼管杭を用い、杭頭補強筋を基礎に定着させず、地震時の杭頭部や基礎の損傷低減を目的とした接合構法である。杭頭補強筋は基礎に定着させないが、杭が負担する変動反力が大きい場合や杭に引抜力の生じる場合には、芯鉄筋または芯鋼材を杭頭中央部に配置する。

杭の検討では上部建物の慣性力と地震時の地盤変形を考慮した静的非線形解析を用いた。図 - 4 に解析モデルを示す。基礎は剛と仮定し、杭体は曲げ変形およびせん断変形を考慮した線材に置換し、杭と基礎の接合部に杭頭回転ばねを設けている。

〈一般杭〉 〈芯鉄筋を使用する場合〉
(P5, P6)

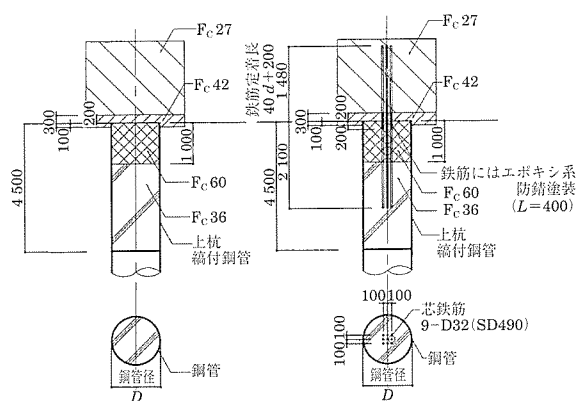


図 - 3 杭頭半剛接合工法

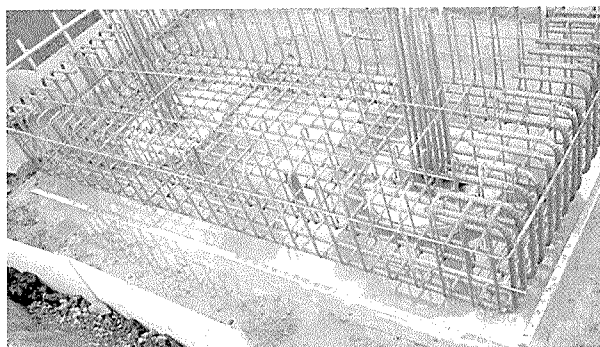


写真 - 2 杭頭半剛接合工法

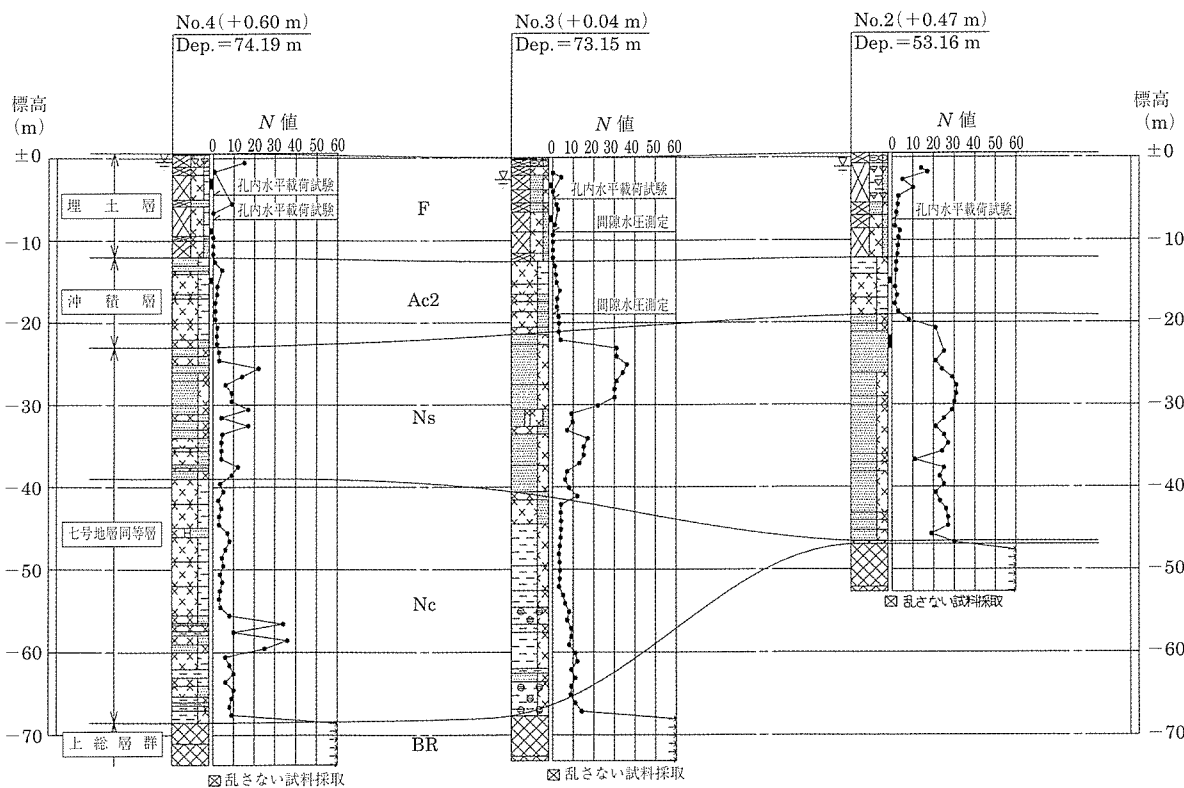


図 - 2 土質柱状図

地盤と杭は、建築基礎構造設計指針の方法により求まる地盤ばねで繋いでいる。杭頭接合部を固定とした場合に比べ、杭頭部に生じる曲げモーメントが35～65%程度に低減している。

杭頭は摩擦力、せん断力および支圧耐力を確実に伝達させるため、杭頭部には高強度コンクリートを打設し、フーチング下端にもFc36程度のコンクリートを打設する。

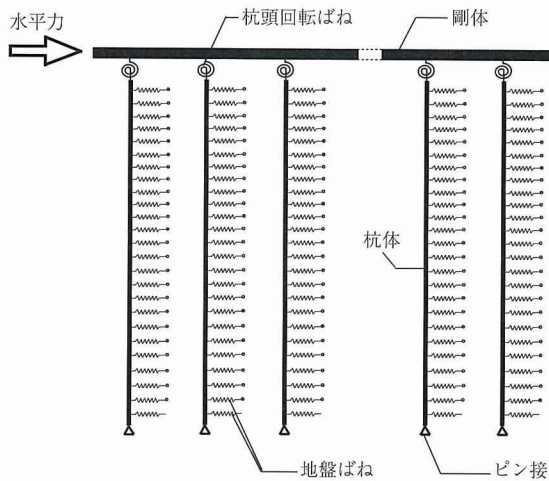


図-4 解析モデル

3.1.4 杭の検討

杭体の設計は安全性・経済性を考慮し、LLT試験結果と埋土層の液状化を適切に評価するとともにDf効果(19%の水平力の低減)を見込み地震時における杭頭変位について詳細な検討を行った。

ただし、地盤の変形係数の非線形性を考慮し、杭の変形が1cmを超える範囲については、

$$E'_0 = E_0 \times \sqrt{\delta}$$

δ : 杭の変形量 (cm)

の式により地盤の変形係数の低減を行うこととする。

検討条件をもとに杭頭変位を算出した結果、3.79 (cm)となるが、杭体は許容応力度以内に納まっている。

3.2 上部架構計画

3.2.1 構造概要

本建物の構造計画は、スパンが9.9mと長く、積載荷重が18 kN/m²と重いため、経済性の考慮し、アンボンドPC鋼線を使用したフラットスラブ構造(構造形式:鉄筋コンクリート造PRCフラットスラブ構造)を採用した。

倉庫のフラットスラブは、RCで設計すると弾性たわみ量を1/4000以内とした場合、スラブ厚が厚くなり、固定荷重が大きくなり不経済となる。そこでプレストレスを導入することにより自重の低減とたわみ制御を行った。下記に特徴を示す。

- ・梁のない構造で、スラブはキャピタル付の柱で支持
- ・梁がないため階高を抑え、空間の有効利用に最適
- ・スラブはアンボンドPC鋼より線を使用したポストテンション工法
- ・コンクリートの効果的なひび割れの制御

- ・グラウト不用によるコスト低減
- ・PC鋼材の腐食の防止
- ・プレストレス緊張時の摩擦損失の低減

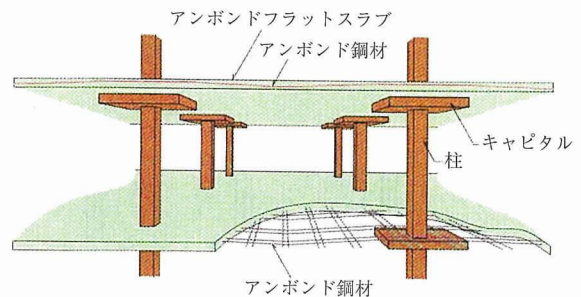


図-5 アイボンドPC概要

図-7, 8にPC鋼線の配置図および詳細図を示す。使用材料および設計概要を下記に示す。

コンクリート: Fc 27 ~ 36

鉄筋: SD 295 A, SD 345

PC鋼材: アンボンドPC鋼より線 (SWPR 19 17.8 mm)

定着工法: VSL工法

応力解析: ラーメン式計算法

PC部材種別: RC造 ($P/A \leq 1.0 \text{ N/mm}^2$)
ひび割れ幅 0.2 mm 以下

有効プレストレス量: 0.97 kN/mm²

3.2.2 長期設計方針

地震荷重はすべて耐震壁で負担するものとし、フラットスラブには長期荷重のみ考慮した。フラットスラブの断面算定はx, y方向を別べつに行い、スラブを梁置換したフレームモデルにて、応力を算出し、「プレストレスコンクリート造設計施工指針」に基づいて断面算定を行なった。その際、プレストレス力による軸力は無視し、懸垂状配線による吊り上げ力のみ考慮している。

また、鉛直荷重時は固定荷重と積載荷重とに分け、積載荷重に対しては1/2載荷, 1/4載荷の部分載荷も考慮し、ラーメン応力の最大値で部材断面を決定している。

フラットスラブの厚さは、プレストレスの効果を考慮し、弾性たわみ量を1/2500以内に設定した。フラットスラブ

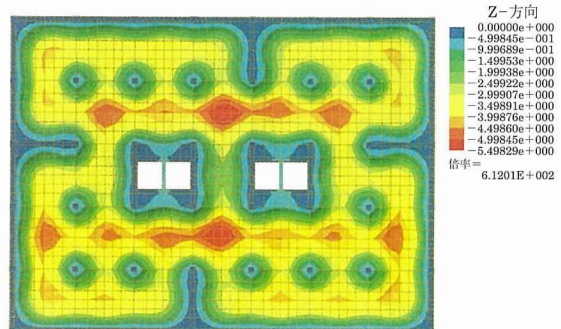


図-6 3F変形図(固定荷重+積載荷重+PC 単位: mm)

○ 設計報告 ○

の変形量は、床・壁をシェル要素、柱・梁をビーム要素によっておのおのモデル化し、弾性FEM解析(図-6)にて求めた。

3.2.3 耐震設計方針(許容応力度設計)

地震力はすべて耐震壁に負担させ、柱と開口周りの梁はせん断破壊しないように十分な靱性の確保を行うこととし

た。

また、耐震壁にせん断ひび割れが発生した場合を想定し、耐震壁のせん断応力度から剛性低下率を求め、ひび割れにより低下した分の地震力は柱に負担させる設計とした。

設計ルートはX、Y方向ともにルート2-3とした。

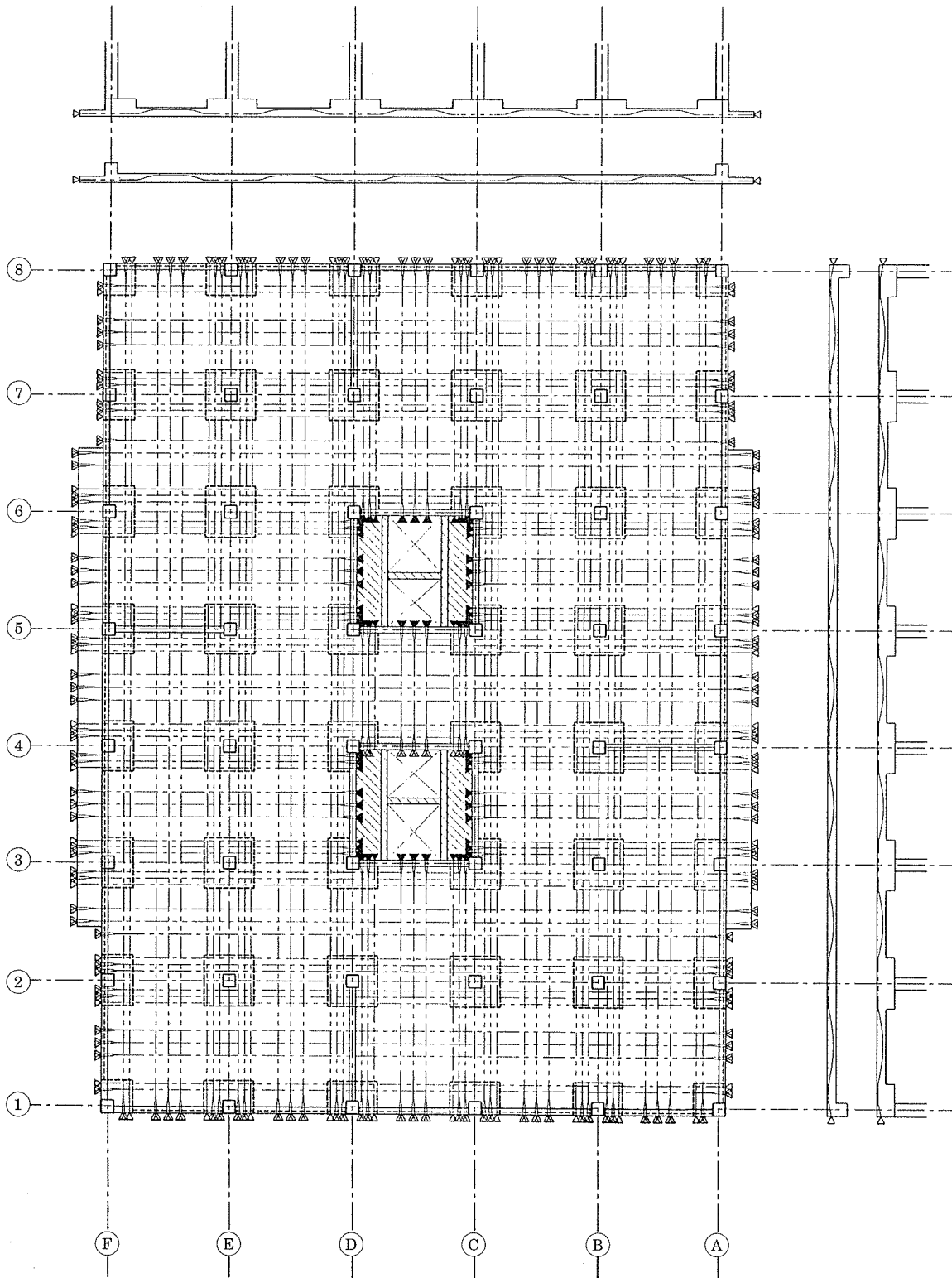


図-7 PC配線図

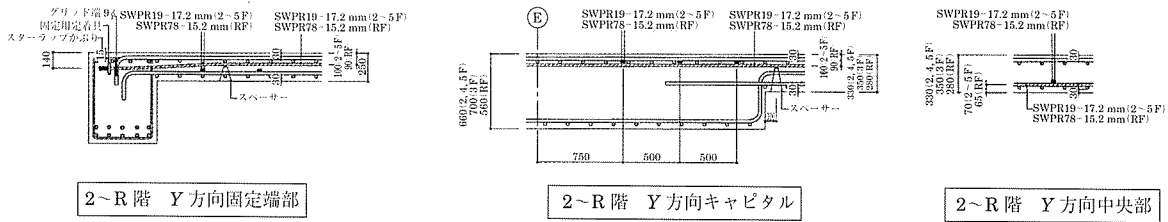


図 - 8 PC 端部詳細図

4. 施工計画 (アンボンド PC 工事実施過程)

施工手順は下記のとおり行なった。

- ①型枠をセット
- ②スラブ下端筋の配筋
- ③アンボンドケーブルの配線および型枠へ定着具をセット (PC 鋼材の位置決め・ライズ確保としてスパーサーを配置する)

- ④スラブ上端筋の配筋
- ⑤コンクリート打設
- ⑥所定の強度を確認後、プレストレス力の導入を行う
緊張手順は緊張開始前にコンクリート強度の発現を確認し、くさびをセットする。また、緊張はプレストレスが均等に導入できるように配慮し、段階的に導入を行い、目標作業時緊張力 264.0 KNx 1.03 まで張力導入を行なった。
伸び量の許容範囲は± 5 %以内を管理値とした。

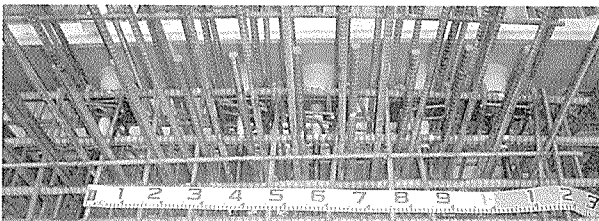
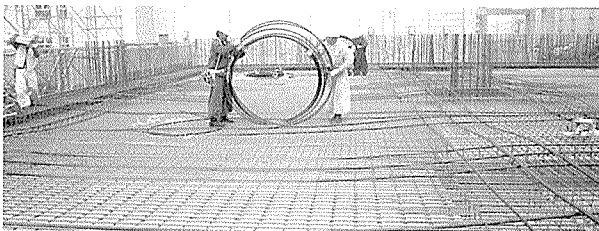


写真 - 3 PC 鋼材配線状況



写真 - 4. PC 緊張状況

5. おわりに

本プロジェクトを設計・施工するにあたり、帝蚕倉庫 (株) の皆様に感謝の意を表します。

また、全工期を通じて綿密な工程管理を確立し、工期内に高品質・高精度な建物を実現した大成建設株式会社 横浜支店の関係者の皆様には深く感謝致します。

参考文献

安田, 小室, 辰濃, 川端: 「杭主筋を基礎に定着しない杭頭接合部の構造性能」, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.2, pp.1585-1590

【2004 年 11 月 17 日受付】