

プロロジスパークセントレアの設計・施工

梅村 建次 *1・福本 晃治 *2・今宮 実三郎 *3・高津 比呂人 *4

1. はじめに

本建物は、愛知県の常滑沖約1 kmの人工島セントレアに計画されたマルチテナント型（複数企業向け）大型物流施設（倉庫）である。

本計画は、1階から3階には航空貨物の搬出入作業に適した低床バースを設置し、4、5階を、航空貨物を扱う3 PL企業などの物流企業のニーズに合わせ、ピッキング作業や仕分けなど物流加工に適した高床バースを設置している。そのため、1階から3階の中央車路の幅は大型車両が安全かつ迅速に出入庫を行える十分なスペースを確保できるよう、20 mに設定し、車路の両側に面する倉庫スペースの車両バースに大型車両が横付けで接車でき、コンテナなどの搬出入作業効率をより高める設計としている。屋上にはトラック待機場53台分と普通車駐車場318台分の駐車スペースを設置している。

また、本計画は、地震発生時にも荷崩れや保管物の破損を防ぎ、施設内で働く従業員の安全を確保することを目的に免震構造を採用している。

2. 建築計画概要

平面形状は東西方向160.0 m（10.0 m × 16 スパン）、南北方向は108.0 m（11.0 m × 8、20.0 m × 1 スパン）の平面形状に南北2つのランプウェイ（直径42.5 m）が取り付けられている（図-3）。階高は1・2・4・5階が6.8 m、3階はバース部分の段差を含めた有効スペースを確保するために7.6 mとなっている。

建物名称：プロロジスパークセントレア

建築地：愛知県常滑市セントレア四丁目11-3

建築主：プロロジス常滑特定目的会社

監理監修：株式会社 久米設計

アドバイザー：株式会社 東京建築研究所

設計者：株式会社 竹中工務店

施工者：株式会社 竹中工務店

PC施工：オリエンタル建設株式会社



写真-1 建物周辺状況

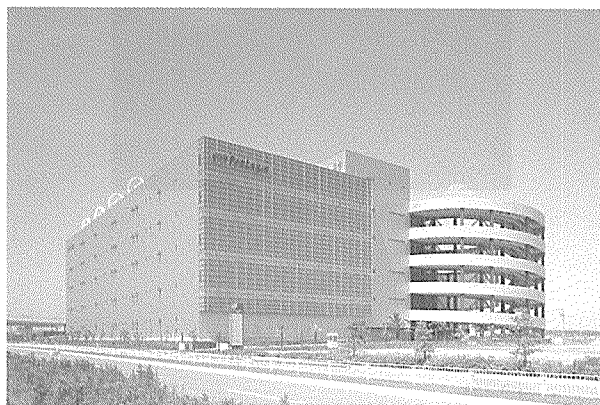


写真-2 建物外観



*1 Kenji UMEMURA

(株) 竹中工務店 設計部
構造部門



*2 Kouji FUKUMOTO

(株) 竹中工務店 設計部
構造部門



*3 Jitsusaburo IMAMIYA

(株) 竹中工務店 設計部
構造部門



*4 Hiroto TAKATSU

(株) 竹中工務店 技術研究所
建設技術研究部 構造部門

工 期：2006 年 4 月～2007 年 5 月（13.3 ヶ月）
敷地面積：24 865.82 m²
建築面積：16 923.27 m²
延床面積：83 301.38 m²
構造種別：鉄筋コンクリート造・基礎免震構造
架構形式：X・Y 方向ラーメン構造
規 模：地上 5 階、塔屋 2 階

軒 高：36.45 m
最高高さ：44.66 m
基礎構造：杭基礎（鋼管杭）

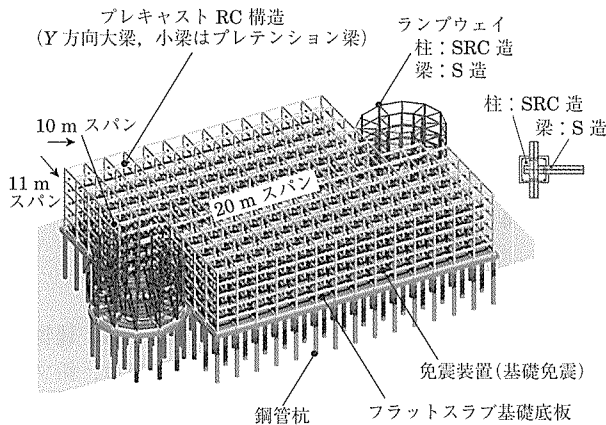


図 - 1 構造計画概要

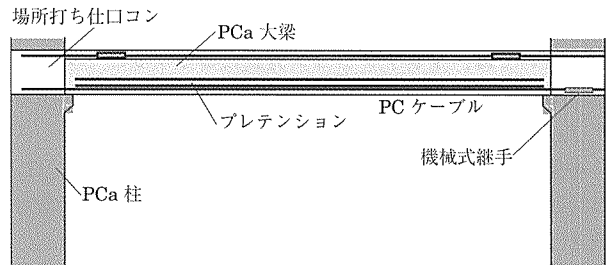


図 - 2 Y 方向のプレキャスト構造概要

3. 構造計画概要

3.1 構造設計方針

予想される東海地震・東南海地震による被害を最小限にするために、1 階柱下に免震装置を配置した基礎免震構造として計画した。

マルチテナント型の物流倉庫であり、主体構造は、内部空間の使用性に配慮し、ブレース・壁などの耐震要素を設

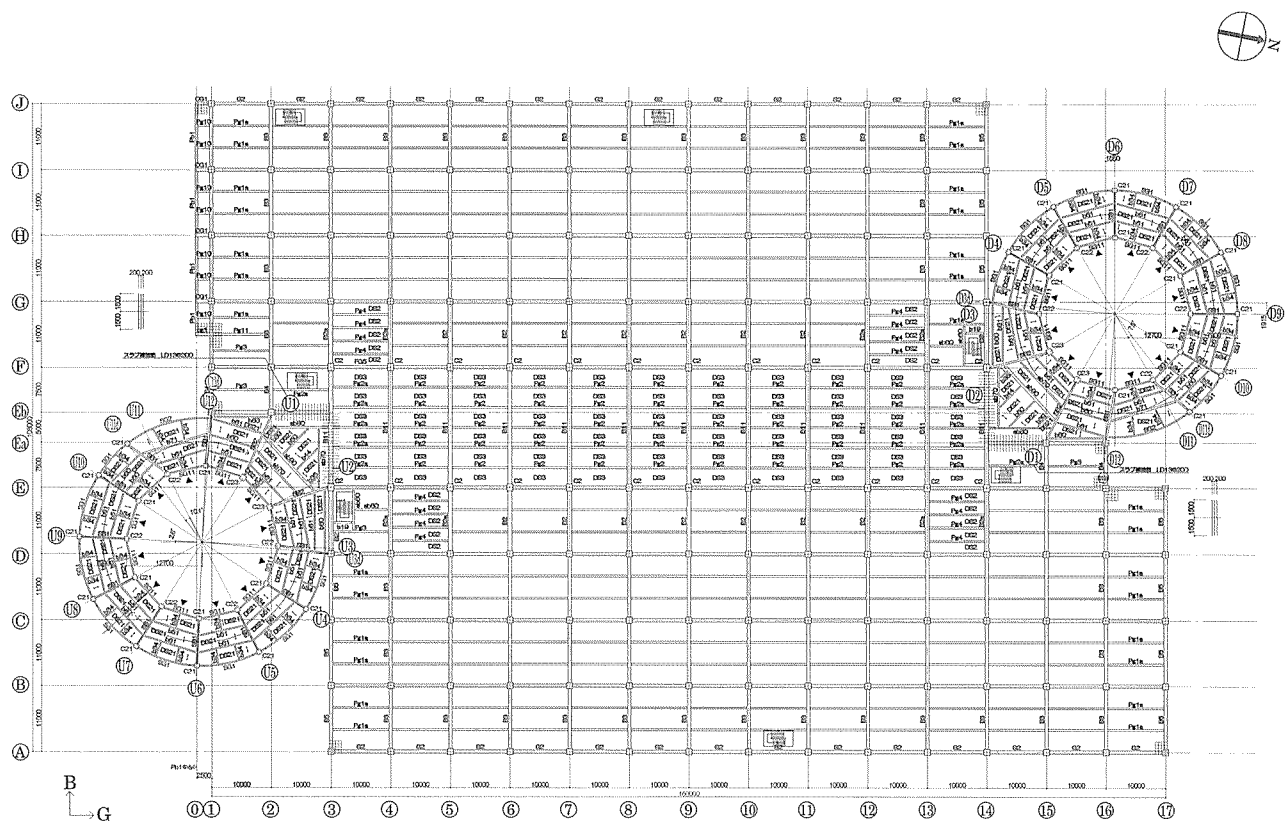


図 - 3 基準階図

置しないラーメン構造の鉄筋コンクリート造を主体として構造計画を行った。

3.2 主要部の構造計画

構造種別は、本体は全層を鉄筋コンクリート造（柱・大梁、小梁：プレキャスト鉄筋コンクリート、仕口：現場打ちコンクリート）としている。このうち、Y方向大梁と小梁については、プレテンション方式によるプレキャスト梁（図-2）とし、Y方向20mスパンの大梁については、圧着工法によるポストテンションプレキャスト梁とした。

各階への自走スロープとなるランプウェイに関しては、柱は鉄骨鉄筋コンクリート造とし、大梁・ブレースは鉄骨造としている。

基準階の床版は、倉庫の使用性・荷重条件（主要部：1.5 t/m²）、フォークリフトの走行による疲労条件を勘案し、 $t = 210$ mmとしている。また、乾燥収縮に対する対策として膨張コンクリートをスラブに適用している。

免震材料は、鉛プラグ入り積層ゴムおよび天然ゴム系積層ゴムを使用した。基礎構造は、GL-40mの洪積層を支持層とする高耐力の鋼管杭を用い、（中央部の一部を除き）1柱あたり杭1本として計画した。この杭上に設置した免震基礎部を $t = 400$ mmのフラットスラブで緊結・一体化している。

4. 免震設計概要

4.1 耐震設計方針

設計に用いた設計用入力地震動は、建設省告示1461号に示されているスペクトルに適合した模擬地震動（告示スペクトル適合波）3波に加え、標準3波（レベル1に対して25 cm/s およびレベル2に対して50 cm/sの観測波）とした。参考波として、東海・東南海地震（中央防災会議2003年）、濃尾平野西縁断層地震（愛知県設計用入力地震動研究協議会平成14年）によるサイト波についても同様の検討を行った。

各地震動レベルに対して設定した耐震設計の目標値を表-1に示す。1次設計用層せん断力係数（1階）は、0.11とした。免震材料の最大面圧は、0.30 Wの上下動による影響も考慮し検討を行った。

表-1 耐震性能の目標値

部位	項目	最大応答の目標値		
		まれに発生する地震動 (L1)	きわめてまれに発生する地震動 (L2)	きわめてまれに発生する地震動を超える地震動 (余裕度)
上部構造	層間変形角	1/300	1/200	1/150
	塑性率	短期許容応力度以下	弾性限以下	終局耐力以下
免震装置	水平変形	20 cm 以下	50 cm 以下	60 cm 以下
	せん断歪	125 % 以下	300 % 以下	360 % 以下
基礎構造	引張応力度	引張を生じない	-1.0 N/mm ² 以下	-1.0 N/mm ² 以下
	塑性率	短期許容応力度以下	弾性限以下	終局耐力以下

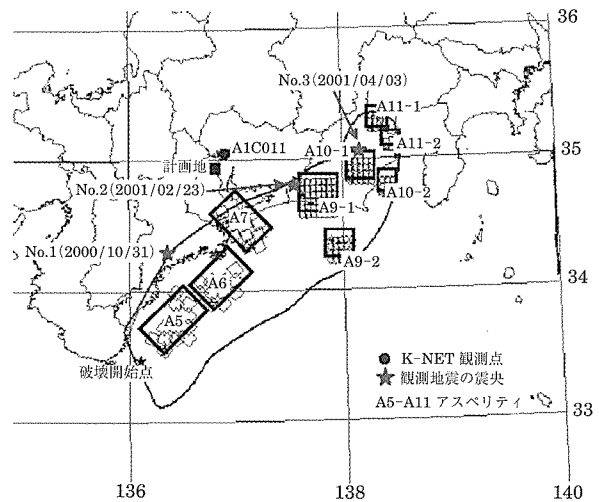


図-4 東海・東南海地震の断層モデル（参考波）

4.2 免震材料の配置計画

上部建物の総重量174 000 tを支える免震装置は、建物最下階1階基礎梁直下とした。使用する免震装置は、鉛プラグ入り積層ゴム（LRB）149基、天然ゴム系積層ゴム（RB）28基で構成した。図-5に免震装置の配置図を示す。主要免震装置の径は、850～1 100 φであり、主要中柱1 100 φ、

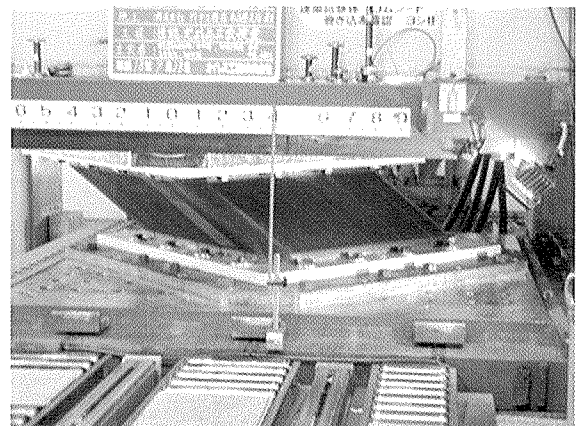


写真-3 200 %性能確認試験状況



写真-4 免震ギャラリー外観

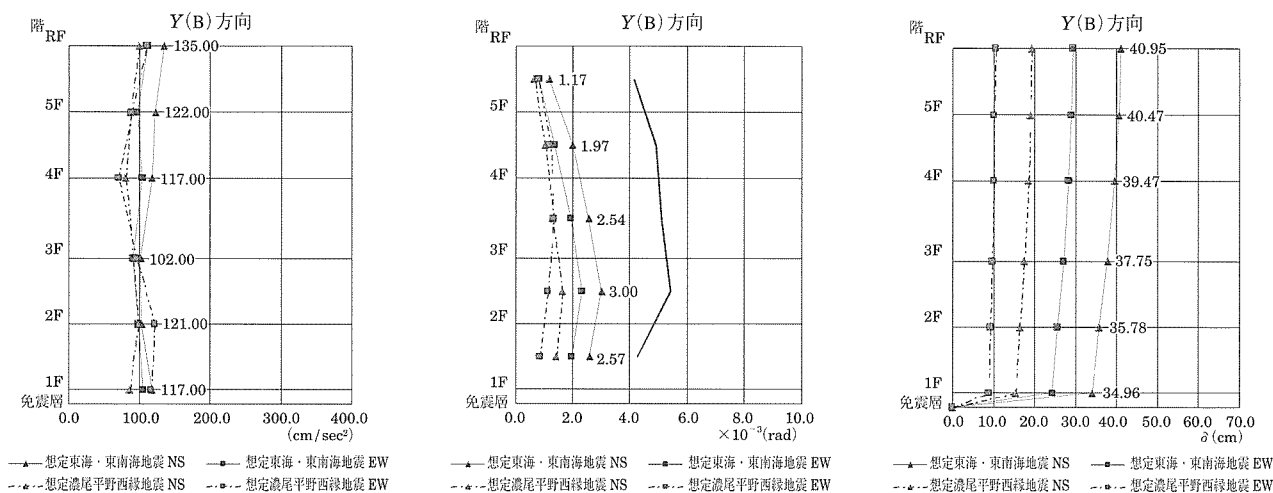


図-7 時刻歴応答解析結果（サイト波）

傷を防ぐ効果が十分発揮されている。免震装置には、引抜きは生じず、性能保証変形以内（限界変形の75%）であり、十分な余裕度を有する。また、上部構造は、レベル2においても許容応力度以内となっており、目標性能に対して余裕のある設計となっていることを確認している。

さらに、余裕度検討として、きわめてまれに発生する地震動を超える地震動（レベル2×1.25倍）を設定し、検討を行った。最大層間変形角は1/189と目標値1/150を十分満足し、免震層の最大変形で53.5cmとなり、免震クリアランスの62.5cmに対して十分な余裕を確保した。

5. プレキャスト架構概要

5.1 PC圧着工法の採用

本計画の特徴は、建物中央に20m幅の車路を配置していることにある。梁下の有効高さの確保に加え、クリープ変形、車輛通行における振動性状、ひび割れにも配慮が必要であったため、この部分には圧着工法を採用した。

符号	B11	
位置	端部	中央
3階		
上端筋	4H-D25	
下端筋	4H-D25	
STP	□ -S13 @ 100	□ -S13 @ 150
腹筋	8-LD13	
PC鋼材	● : 2c-7-φ12.7 SWPR7BL ■ : 4c-10-φ12.7 SWPR7BL	

図-8 ポストテンションプレストレス大梁

プレストレス梁は、PC鋼より線SWPR7BLの10-φ12.7、12-φ12.7とした。ケーブルの緊張は、2回に分けて行い、大梁架設、端部グラウト後、3本の2次緊張を行い、小梁架設、スラブコンクリート打設後、3次緊張として残り3本の緊張を行った。

5.2 柱梁仕口部の設計性能確認

今回採用した工法では、柱・大梁をプレキャストとし、柱梁仕口を現場打設としている。この柱梁仕口内の梁下端筋について全数機械式継手を採用しており、設計性能の確認を目的とし、性能確認実験を行うことによって、採用工法の健全性、地震時における損傷状況を検証した。

試験体は、通し配筋の標準タイプと今回の仕口内継手タイプの2体とし、目標変形角における健全性、残留ひび割れ幅、崩壊形、最大耐力を比較した。実験結果として、以下の確認ができた。

- (1) 標準タイプと仕口内継手タイプにおいて、耐力・崩壊形の違いは非常に小さい。
- (2) レベル2地震時の層間変形角においては、残留ひび割れ幅は、耐久性を損なわない範囲に留まり、健全であった。

5.3 耐震性とPML

本建物は、プレキャスト構造における損傷状況を実験にて損傷が小さいことを確認し、免震構造の検証においては地震力の割り増し（レベル2告示波×1.25倍）での検証を考慮することによって、想定される地震動に対する余力を

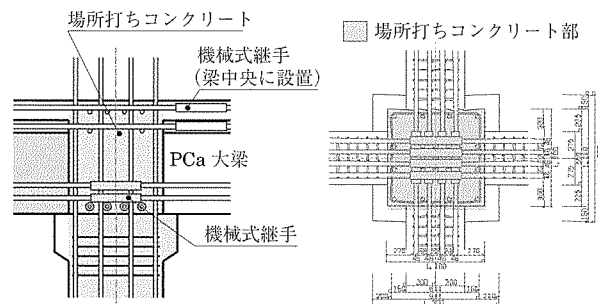


図-9 柱梁仕口内継手概要

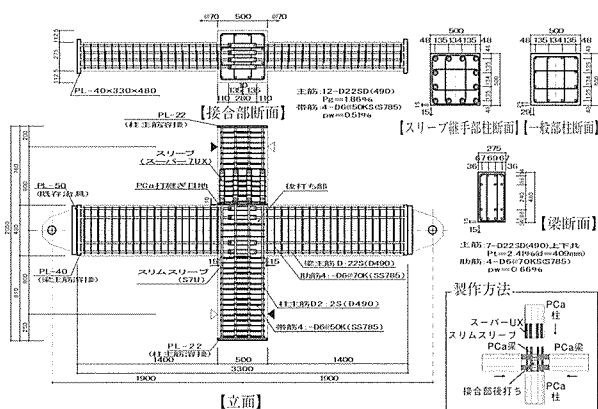


図 - 10 柱梁仕口部の性能確認実験試験体

仕口内継タイプ結果ひび割れ状況

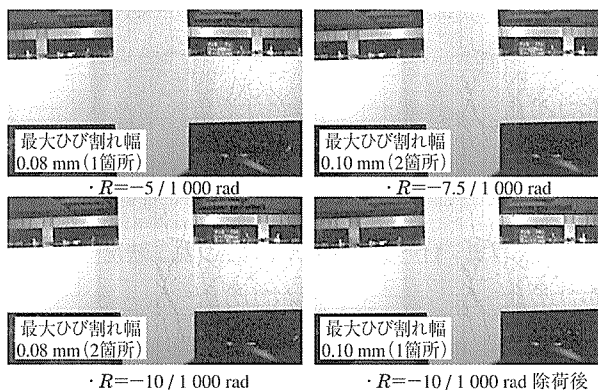


写真 - 5 柱梁仕口部の性能確認実験状況

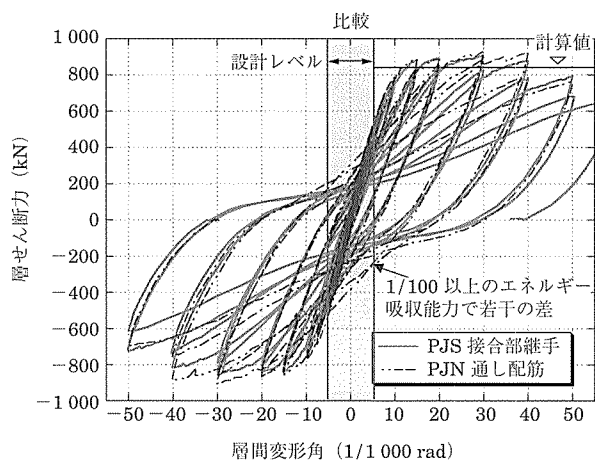


図 - 11 柱梁仕口部の性能確認実験結果

確認した。結果として、PML（予想最大損失率：復旧する補修工事費の総建替工事費に対する割合）5 %以下を実現している。

6. 施工概要

地上の躯体工事（プレキャスト鉄筋コンクリート工事）は、2台のクローラークレーン（550 t, 450 t）を中央 20 m スパン底盤下の路盤上に2台設置して行った。その間、北側車路鉄骨工事を同時に進行させ、効率的に作業を行い、

短工期施工に対応した。

東・西工区の躯体工事が終了した時点で、大型クローラークレーンを1台搬出し、残りの1台で中央 20 m スパンのプレキャスト部材を取り付け、最後に南側車路鉄骨工事を進める施工計画とした。

6.1 躯体工事のプレキャスト化

施工においては、工期短縮、環境配慮を考慮して積極的にプレキャスト化を図っている。プレキャスト部材は、工場プレキャストとサイトプレキャスト部材を併用した。運搬効率を勘案し、サイトプレキャスト部材は、重量の大きい 20 m スパン部分の梁部材 72 本（約 46 t）とした。高い精度管理が要求される柱（767 本、12 ~ 17 t）、大梁（1 343 本、11 ~ 17 t）、小梁（1 740 本、6 t）は工場製作のプレキャストとした。免震層の擁壁（写真 - 10）、1 階跳ね出しスラブ（写真 - 9, 10）、免震装置上部基礎の一部（写真 - 9）などをサイトプレキャストで行った。最下階の外壁腰壁には、スパンクリートを使用している。

6.2 20 m スパン中央車路部分の圧着梁緊張工事

中央 20 m スパン部は、躯体工事終盤のクリティカルな工事であり、短工期施工とすることが必須条件であったため、両側の架構構築後、20 m 大梁を架設し、プレストレスを導入する施工計画とした（写真 - 15, 16）。



写真 - 6 プレキャスト大梁架設状況

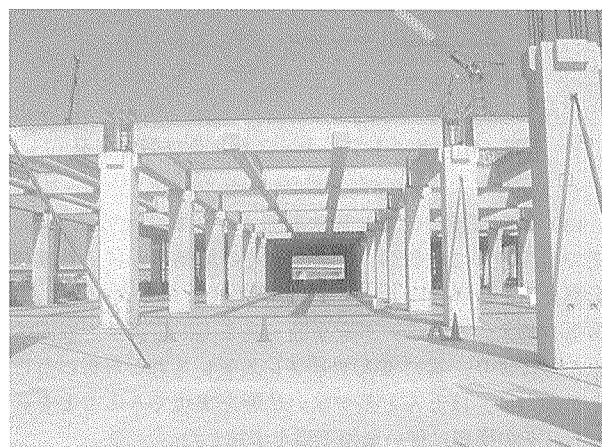


写真 - 7 プレキャスト小梁架設状況

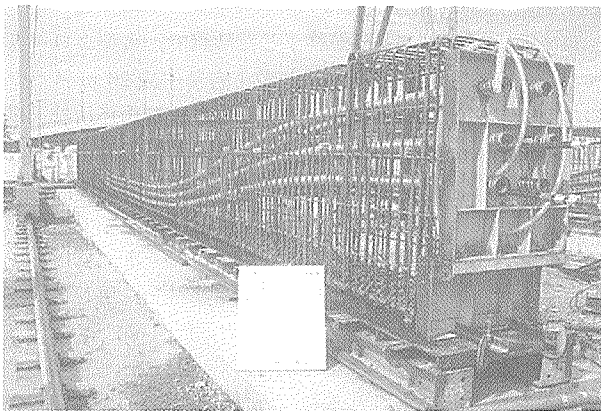


写真-8 20 m スパン部分のサイトプレキャスト製作状況



写真-9 免震装置上部基礎施工状況



写真-10 サイトプレキャストスラブ製作状況

130 m を建て逃げし、順次緊張させる施工となるため、梁の架設後の2次緊張、3次緊張時の梁軸変形による架構影響を施工時解析により事前に検討した。モルタル充填、緊張力導入のタイミングを平面・高さ方向で調整・設定することにより、梁に導入するプレストレス力と解析における梁軸力は、ほとんど差が無い状態を実現できることを確認し、その手順に従い緊張工事を実施した。

また、この部分は片引きの端部緊張（写真-13）で行う

ため、中央部の緊張導入力の確保のために、 μ 管理 ($\mu = 0.25$) を行い、所定の導入力を確保した。

6.3 スラブ品質の確保

本建物においては、スラブは商品として最重点項目としており、美観、ひび割れに対する最大限の配慮を行った。設計に対する配慮に加え、施工においては、平滑でひび割れないスラブを目標に、綿密な施工計画、準備を行い施

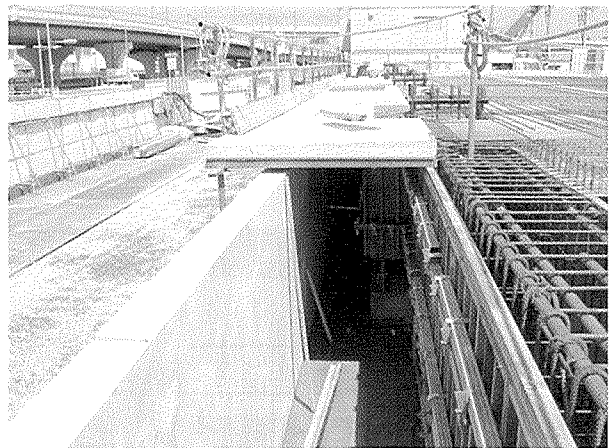


写真-11 プレキャストスラブ施工状況

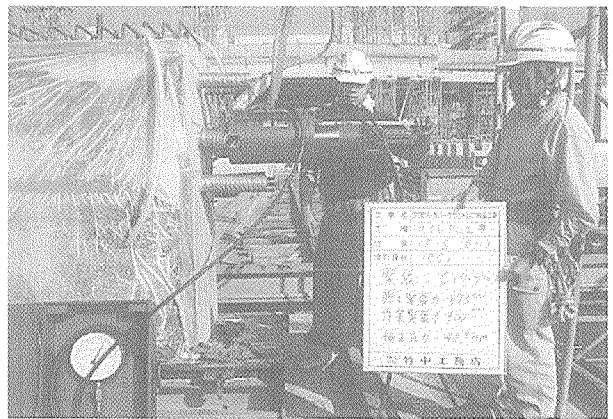


写真-12 1次緊張施工状況

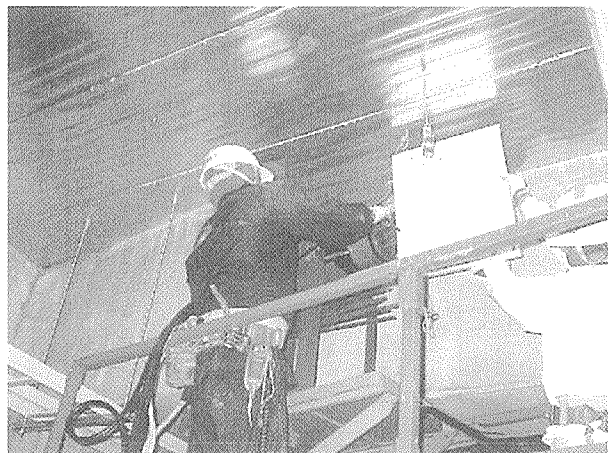


写真-13 3次緊張工事状況



写真 - 14 サイトプレキャスト製作ヤード

■地上躯体設備仕上り工事 [2007年1月中旬]

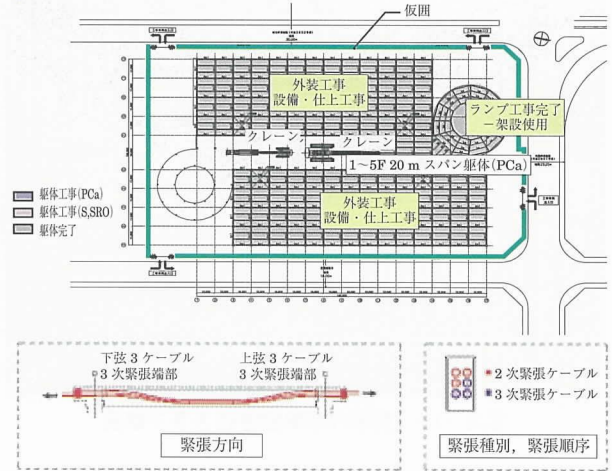


写真 - 15 架設・施工状況

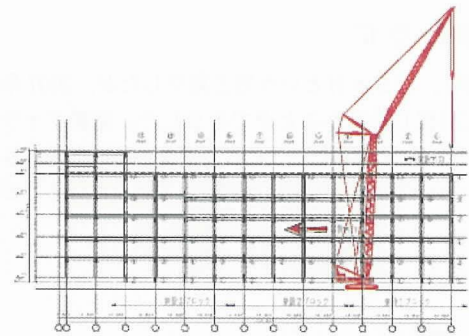


写真 - 17 スラブコンクリート打設状況



写真 - 16 施工状況全景 (20 m スパン施工前)

工を行った。収縮量の改善のため、スラブコンクリートには膨張コンクリート使用し、密実なコンクリートを打設するために、タンピング、パイプレタ配置、打設スピード、スランプ設定にとくに配慮した。打設後は、散水を行い、5日のビニールシート養生を実施した。

施工結果は、良好であり、精度が高く、ひび割れのないコンクリートスラブを構築することができた。



写真 - 18 コンクリート打設後の養生状況



写真 - 19 倉庫内車路部分のスラブ状況



写真 - 20 屋上風車

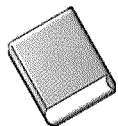
7. おわりに

本建物は、13.3 ヶ月という短工期でしたが、2007 年 5 月末に竣工引渡しを行うことができました。免震ギャラリー（写真 - 4）、屋上に設置した風車（写真 - 20）に代表されるように、サステナブル建築、耐震性、環境共生をアピール

できるフラッグシップ施設となったと思います。

本建物の設計および施工において、ご指導とご協力いただいた建築主をはじめ、監理監修者・アドバイザーおよび工事関係者等多数の方々に、心より感謝の意を表します。

【2008 年 5 月 9 日受付】

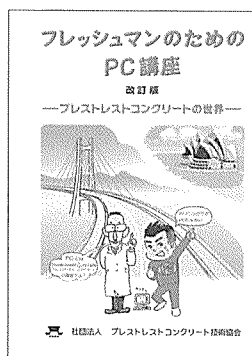


新刊図書案内

フレッシュマンのためのPC講座・改訂版 — プレストレスコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのためのPC講座」も平成 9 年に第一版が発刊されてから約 10 年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系から SI 単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



主な改訂項目

- ・従来単位系から SI 単位系に変更しました。
- ・PC を利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発 刊 日：2007 年 3 月

頒 布 価 格：会員 3,000 円（非会員 3,600 円）郵送代 400 円／冊

体 裁：A4 判、140 頁

申 込 先：(社)プレストレストコンクリート技術協会