

滑川市民交流プラザの設計・施工

中澤 昭伸*1・川上 俊二*2

1. はじめに

本計画建物は、富山県のJR滑川駅から南西へ約0.5kmの県道滑川停車場線に面した位置にあり、子供から大人までの幅広い世代が生涯を通して健やかに暮らし、共に集い、ふれあい、自己表現を図る場を提供することにより、「“生きがい”“ふれあい”“つながり”をテーマにした地域に開かれた新しい福祉のまちづくり」と「人が楽しみ、ふれあう、豊かな中心市街地の再生」のための、市における都市再生の拠点施設となることを目的としている。

建物用途が福祉施設の拠点施設であり、また、不特定多数の子供やお年寄りが集まる場所であることから、免震建物として耐震性の向上を図ることとした。

2. 建築概要

建物名称：滑川市民交流プラザ

所在地：富山県滑川市吾妻町426番地

用途：地元公共団体の支所、集会場、食堂公衆浴場

建築主：滑川市

意匠設計：(株)三四五建築研究所

構造設計：(株)織本構造設計

施工者：前田建設工業・八倉巻建設共同企業体

PC施工：オリエンタル建設(株)

敷地面積：2,175.92 m²

建築面積：1,449.90 m²

延床面積：5,450.05 m²

階数：地上5階、塔屋1階

軒高：26.45 m

最高高さ：32.95 m

構造種別：鉄筋コンクリート造

架構形式：X、Y方向とも純ラーメン構造

基礎構造：直接基礎（マットスラブ形式）

免震材料：鉛プラグ挿入型積層ゴム支承（4基）

弾性すべり支承（8基）



図-1 外観パース



図-2 建設地



*1 Akinobu NAKAZAWA

(株)織本構造設計



*2 Shunji KAWAKAMI

(株)織本構造設計

3. 構造概要

3.1 構造計画概要

本建物は、福祉施設の拠点であり、また不特定多数の子供やお年寄りが集まる場所であることから、免震構造として計画した。

建物の構造種別は、免震構造に相応しい剛性を確保するため鉄筋コンクリート構造とした。また構造形式は、機能や時代の要請の変化に伴い柔軟に対応できるよう恒久的な耐震壁を設けなため、純ラーメン構造とした。

柱スパンは、機能性や経済性を考え8.1m×8.1mグリッドを基本とした。1階は、エントランスや交流広場といった広い空間を確保するため、2階中央の柱を陸立ち柱とするとともに、4隅の柱4本を斜め柱として柱脚で1箇所を集約した。これにより免震層躯体の面積を小さくすることができ経済的なものとなった。また、4箇所に集約した柱直下に変形性能のよい大型の鉛プラグ挿入型積層ゴム支承を4基、荷重の少ない階段下および長スパン梁中央に弾性滑り支承を8基配置し、少ない支承で建物を支えることにより長周期化が図れ、免震建物としての耐震性能をアップすることができた(図-3, 4)。

2階の陸立ち柱を受け、4隅の斜め柱を連結する2階の梁は、16.2mの長スパン梁となるため、断面を1000mm×2000mmとした現場ポストテンションのプレストレストコンクリート梁を採用した(図-5, 6)。

建物躯体は、きわめてまれに発生する地震動に対しておおむね弾性範囲にとどまることを目標に、層せん断力を弾性限耐力以内、層間変形角を1/200以内となるよう剛性と耐力を確保した。また、地震時の揺れに対する恐怖感を

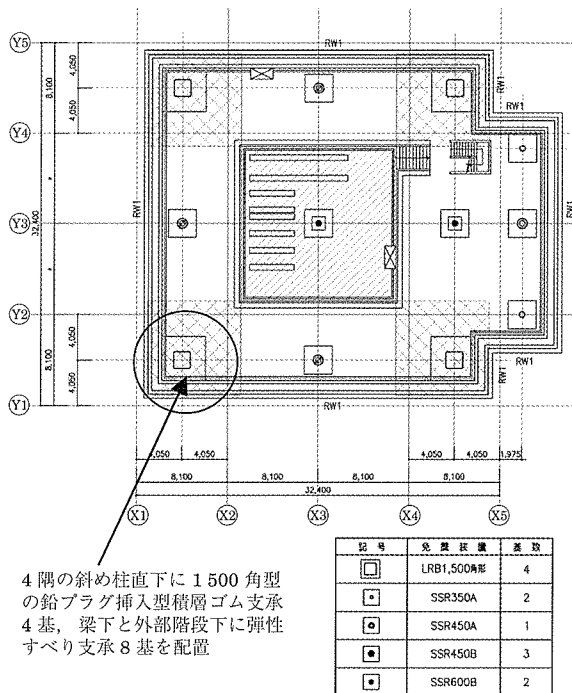


図-3 免震装置配置図

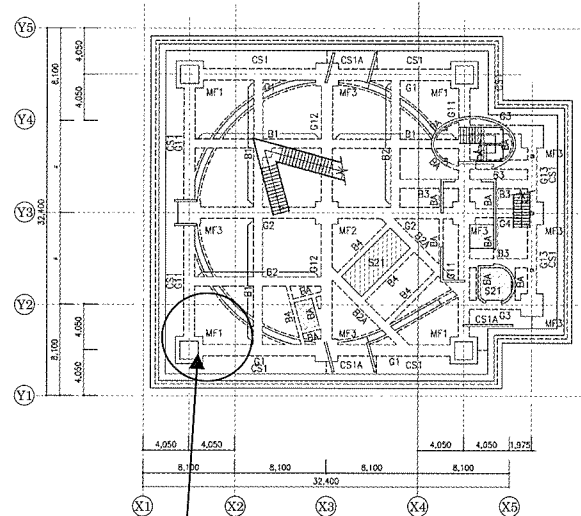


図-4 1階床伏図

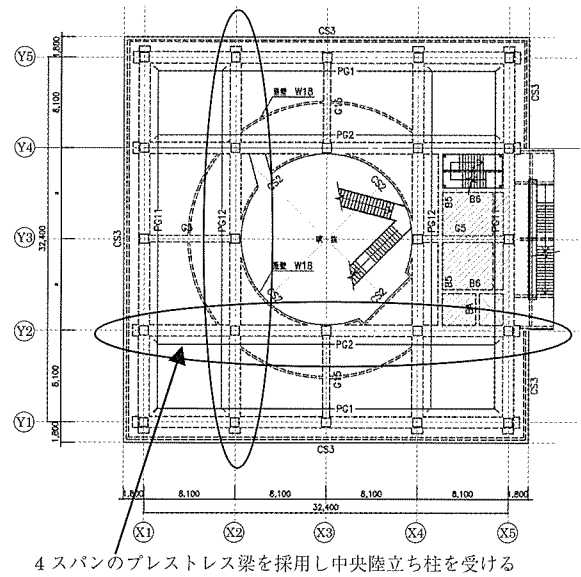


図-5 2階床伏図

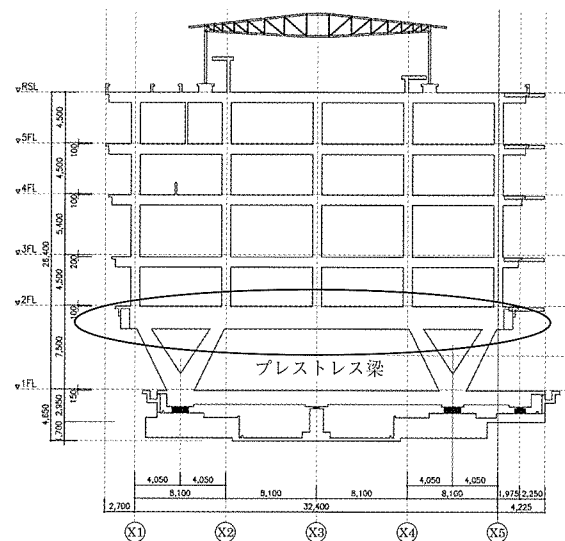


図-6 軸組図

軽減するとともに、備品・什器などの損壊を少なくするため、床応答加速度を 250 cm/s² 程度に抑えるように計画した。

上部構造の設計用地震時ベースシェア係数は $C_B = 0.08$ とし許容応力度設計を行った。その他、免震部材および取付け部分に対しては P- δ による付加曲げ等を考慮して十分余裕のある断面とした。

本敷地の地盤は、GL - 2 m から GL - 37 m までが砂・礫・泥互層の沖積層、GL - 37 m 以深が洪積砂層となっている (図 - 7)。工学的基盤は、洪積地盤で地盤の弾性波速度 V_s が 520 m/s とする GL - 37 m とした。

基礎は、GL - 3 m 以深にある砂礫層を支持層とする直接基礎のマットスラブ工法を採用した。マットスラブの厚さは、4 隅の集約柱直下で 1 800 mm とし、それ以外は 400 mm とし床付けレベルを浅くした。長期許容支持力は 1 000 kN/m² とし、平板載荷試験により支持力を確認した。

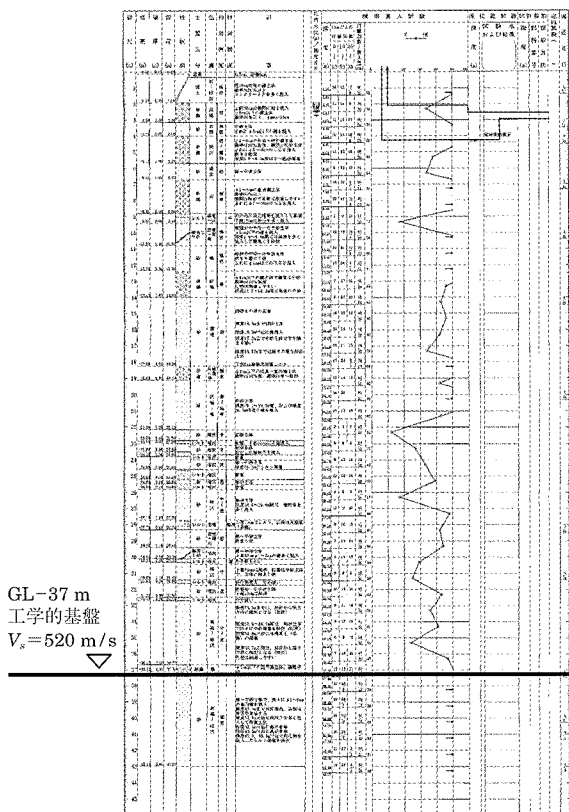


図 - 7 地盤ボーリング図

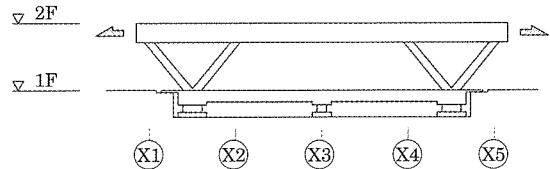
3.2 プレストレス梁の概要

プレストレス梁は、PC 鋼より線 SWPR7BL の 16 - ϕ 15.2 を、2 列 3 段計 6 本を、図 - 8 に示すケーブル配線図のように配置する。パーシャルプレストレッシングとして設計を行い縁応力がコンクリートの許容引張応力度以内であることを確認している。

緊張は 2 回に分けて行い、1 次緊張は 2 階床梁のコンクリート打設後に 6 本のうちの 4 本を緊張し、2 次緊張は 4 階床梁のコンクリート打設後に残り 2 本を緊張する計画とした (図 - 9)。

1) 1 次緊張 (4C-16-15.2 ϕ SWPR7BL)

- ・ 1F 柱, 2F 梁, 床コンクリート打設。
- ・ コンクリート強度確認後, 1 次緊張。



2) 2 次緊張 (2C-16-15.2 ϕ SWPR7BL)

- ・ 2, 3F 柱, 3, 4F 梁, 床コンクリート打設。
- ・ コンクリート強度確認後, 2 次緊張。

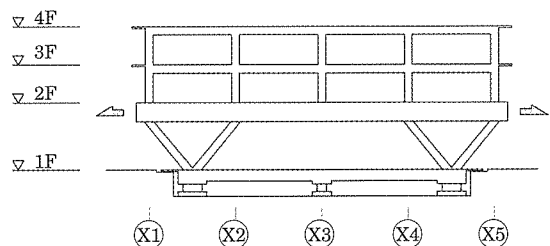


図 - 9 プレストレス梁の緊張順序

4. 設計方針

4.1 耐震目標性能

本建物は大地震時における機能維持のため、建物全体を免震化する基礎免震構造を採用し、表 - 1 に示す耐震目標性能を設定した。

4.2 免震部材の設計

免震装置の鉛直応力時の軸力による積層ゴムの面圧を 15 N/mm² 程度で設計した。レベル 2 地震時の支点反力に鉛直震度として 0.3 を考慮した軸力に対して、圧縮面圧 30 N/mm² 以内、引張面圧は発生しないように設計した。免震装置の配置については、大変形時の上部構造の重心と免震

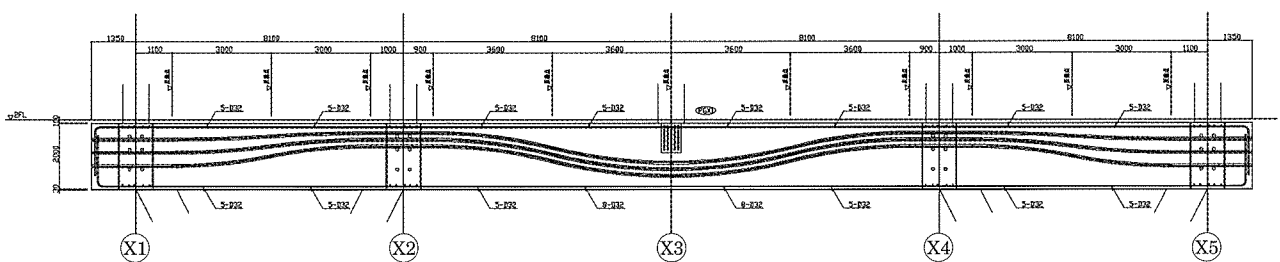


図 - 8 プレストレス梁のケーブル配線

表 - 1 耐震性能目標

| | | きわめてまれに発生する地震動 (レベル 2) | まれに発生する地震動 (レベル 1) |
|------|------------|------------------------|--------------------|
| 上部構造 | 耐力 | 弾性限耐力内 | 短期許容応力度以内 |
| | 層間変形角 | 1/200 以内 | 1/400 以内 |
| 免震層 | せん断ひずみ | 性能保証変形 (250%) 以内 | 安定変形 (125%) 以内 |
| | 層間変形 | 50.0 cm 以内 | 25.0 cm 以内 |
| | 引張応力 (ひずみ) | 発生させない | 発生させない |
| 基礎 | 耐力 | 短期許容応力度以内 | 短期許容応力度以内 |

部材の剛心による偏心率が 2% 以内となるように配置した。
また、建物と土圧壁のクリアランスは 60 cm 以上とした。

4.3 耐風設計

きわめてまれに発生する暴風時の水平荷重に対して機能的な支障がおこらないよう免震層において、弾性滑り支承の滑り出しは許容するが、鉛プラグは降伏しないよう計画した (図 - 10)。

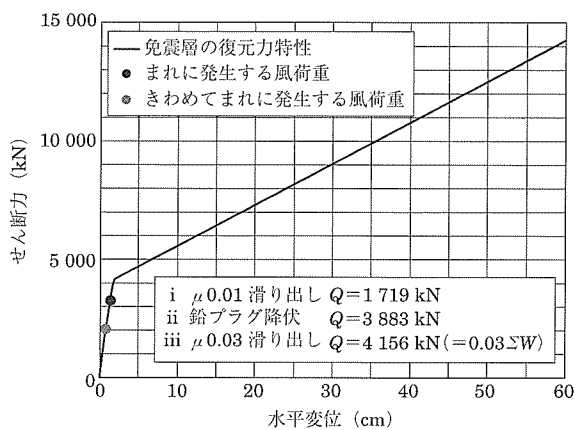


図 - 10 免震層の復元力と風荷重

5. 地震応答解析

5.1 設計用入力地震動波形

入力地震動波形は、告示のスペクトルをもち、建設地の表層地盤による増幅を適切に考慮して作成した地震波 3 波と、過去における代表的な観測波 3 波の計 6 波を採用する。

5.2 解析モデル

免震層下部を固定 (入力位置) とした 1 層 1 質点の 6 質点等価せん断型モデルとする。上部構造の各層の復元力特性は Degrading Tri-Linear 型にモデル化し、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承はひずみ依存性をもった Bi-Linear 型に、弾性すべり支承は Bi-Linear 型にモデル化した。上部構造の減衰は内部粘性減衰とし、上部構造の 1 次固有周期に対して 3% の瞬間剛性比例型とした。

表 - 2 に入力地震動波形一覧、図 - 11 にレベル 2 の疑似速度応答スペクトル ($h = 5\%$)、表 - 3 に各ひずみレベルにおける等価固有周期を示す。

5.3 応答解析結果

図 - 12 に免震装置の標準状態におけるレベル 2 の応答結果 (Y 方向)、表 - 4 に耐震性能目標と応答結果のまとめを示す。

表 - 2 入力地震動波形一覧

| 地震動レベル | 地震波 | 加速度 m/s^2 | 速度 m/s | 継続時間 s | |
|----------------|-----|--------------|----------|----------|-----|
| まれに発生する地震動 | 告示波 | 告示 - 1 | 0.846 | 0.110 | 60 |
| | | 告示 - 2 | 0.877 | 0.121 | 60 |
| | | 告示 - 3 | 0.771 | 0.116 | 60 |
| | 観測波 | EL CENTRO NS | 2.56 | 0.25 | 53 |
| | | TAFT EW | 2.49 | 0.25 | 54 |
| | | HACHINOHE NS | 1.67 | 0.25 | 35 |
| きわめてまれに発生する地震動 | 告示波 | 告示 - 1 | 4.011 | 0.849 | 120 |
| | | 告示 - 2 | 3.716 | 0.679 | 120 |
| | | 告示 - 3 | 3.507 | 0.566 | 120 |
| | 観測波 | EL CENTRO NS | 5.11 | 0.50 | 53 |
| | | TAFT EW | 4.97 | 0.50 | 54 |
| | | HACHINOHE NS | 3.33 | 0.50 | 35 |

告示 - 1 : HACHINOHE 1968 NS 位相 (海洋型地震)
告示 - 2 : JMA KOBE 位相 (直下型地震)
告示 - 3 : 乱数位相

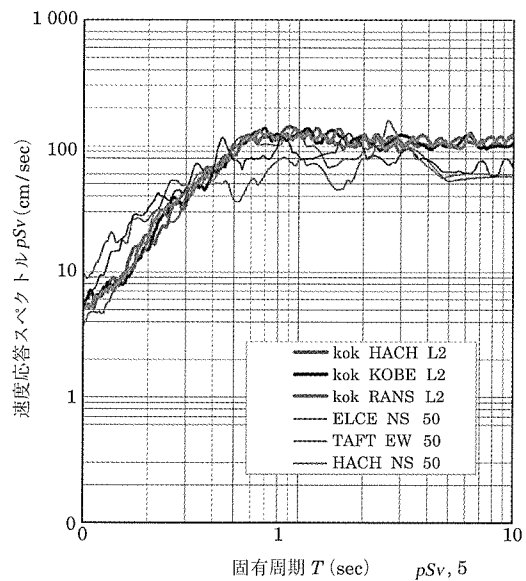


図 - 11 疑似速度応答スペクトル (レベル 2, $h = 5\%$)

表 - 3 等価固有周期

| 免震層の状態 | X, Y 方向 (s) | | | 45°, 135° 方向 (s) | | |
|----------|-------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | 1 次 | 2 次 | 3 次 | 1 次 | 2 次 | 3 次 |
| 免震層固定 | 0.968 | 0.323 | 0.227 | 0.983 | 0.33 | 0.231 |
| 50% ひずみ | 2.153 | 0.575 | 0.27 | 3.157 | 0.582 | 0.275 |
| 250% ひずみ | 4.914 | 0.584 | 0.271 | 4.916 | 0.591 | 0.276 |

レベル 2 における上部構造の最大層間変形角は、免震装置の特性変動を考慮しても 1/213 であった。免震層の最大変位は 0.463 m、せん断ひずみ 232% であり、目標値の 250% 以下であった。免震装置の面圧は、最大で 22.9 N/mm² となっており、短期許容面圧 30 N/mm² 以下であった。また浮き上がりによる引張力は発生していない。

以上より、応答解析結果はいずれも耐震性能目標を満足しており、十分な耐震安全性を有している。

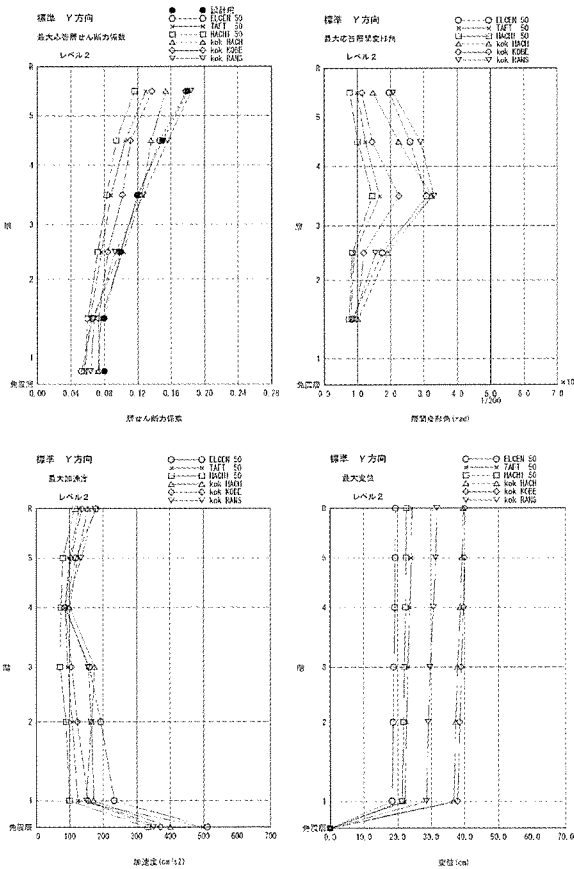


図 - 12 応答解析結果 (レベル 2, Y 方向, 標準)

表 - 4 耐震性能目標と応答結果のまとめ

| 項目 | きわめてまれに発生する地震動 (レベル 2) | | まれに発生する地震動 (レベル 1) | |
|------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | 目標値 | 最大値 | 目標値 | 最大値 |
| 上部構造 | 耐力 弾性限耐力 $C_b = 0.122$ 以内 | $C_b = 0.091$ | 短期許容応力度 $C_b = 0.08$ 以内 | $C_b = 0.047$ |
| 免震層 | 層間変形角 | 1/200 以内 | 1/213 | 1/400 以内 |
| | せん断ひずみ | 250 % 以内 | 232 % | 125 % 以内 |
| | 層間変位 | 0.5 m 以内 | 0.463 m | 0.25 m 以内 |
| | 面圧 | 30 N/mm ² 以内 | 22.9 N/mm ² | 30 N/mm ² 以内 |
| 基礎 | 引張応力 | 発生させない 0 N/mm ² 以上 | 5.8 N/mm ² | 発生させない 0 N/mm ² 以上 |
| | 耐力 | 短期許容応力度以内 | | 短期許容応力度以内 |

6. 施工概要

6.1 斜め柱の施工

2階プレストレス梁の施工は、斜め柱のコンクリート充てん性を優先し、梁下で打継ぎを設けるVH分離の施工方法を採用することとした。また斜め柱の施工は、柱中央に仮設の鉄骨柱を設け、これをガイドに配筋と型枠施工を行った。写真-1～写真-3に斜め柱の配筋状況と型枠施工状況を示す。

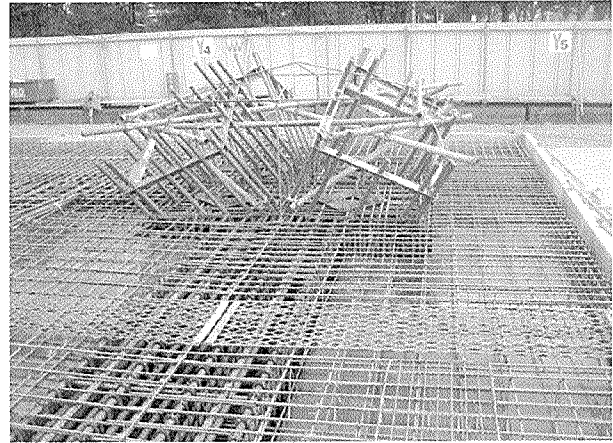


写真 - 1 斜め柱柱脚配筋施工



写真 - 2 斜め柱配筋施工

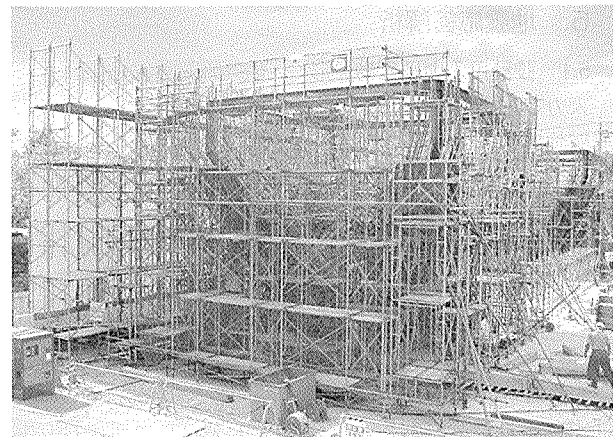


写真 - 3 斜め柱の施工状況

6.2 PCの緊張工事

(1) PC鋼線の挿入

使用するPC鋼線より線は、16-φ15.2 L=36 mの大型ケーブルのため、50 t クレーンでPCケーブルを吊り上げ、反対側に据えたウィンチにより引き入れ挿入作業を行った(写真-4～6)。

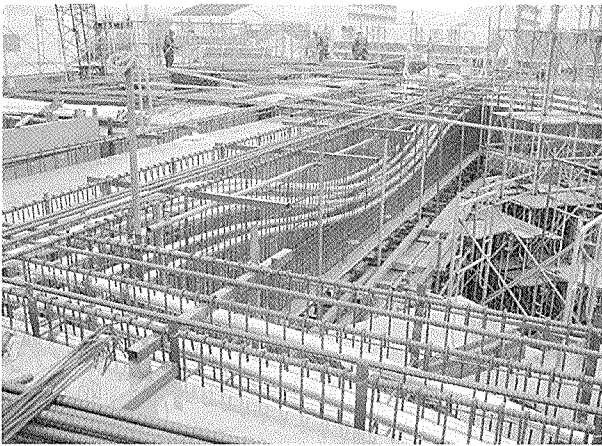


写真 - 4 シース管の設置状況

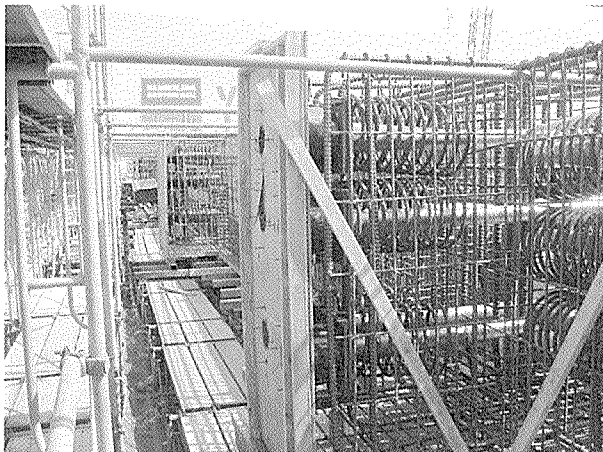


写真 - 5 端部の施工状況

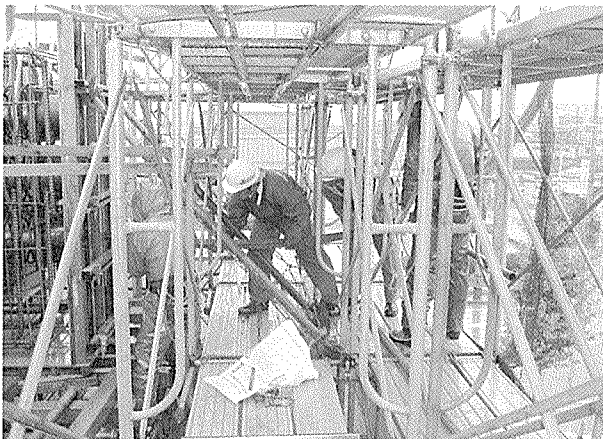


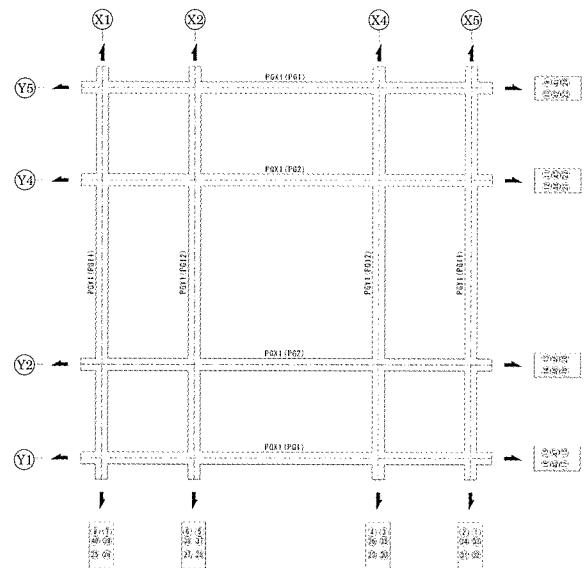
写真 - 6 PC ケーブルの挿入状況

(2) 緊張作業

PC ケーブルの緊張作業は、図 - 13 に示すように1梁6ケーブルの内、上・下段の4ケーブルを1次緊張し、上階2層のコンクリート打設が完了した後、中段の2ケーブルを2次緊張した。

縦・横にクロスされたプレストレス梁に均等なプレストレス力を与える事と作業性を考慮し、X通り方向 (PG 11, 12) および Y通り方向 (PG 1, 2) の上段2ケーブルを両引きしてから、下段の2ケーブルを順次緊張した。

緊張荷重 4 000 KN のジャッキ重量が1台 600 kgf あったため、外部足場に鉄骨をながしトロリを設置して緊張ジャッキのセットを行った (写真 - 7 ~ 9)。



緊張順序

- ・① ~ ④⑧ は緊張順序を示す。
- ・① ~ ②⑧ は一次緊張とする。(上段, 下段)
- ・③⑨ ~ ④⑧ は二次緊張とする。(中段)

図 - 13 PC ケーブルの緊張順序

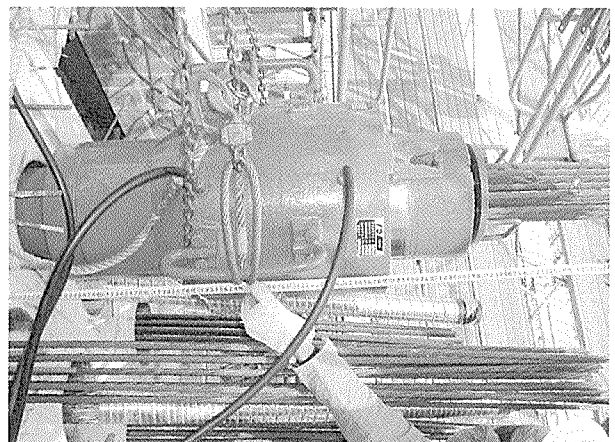


写真 - 7 油圧ジャッキ

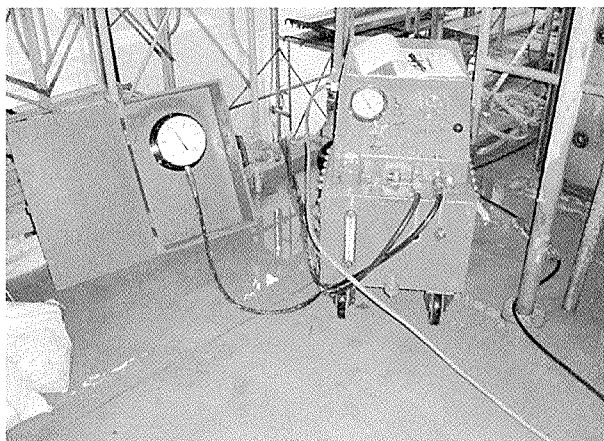


写真 - 8 電動ポンプ

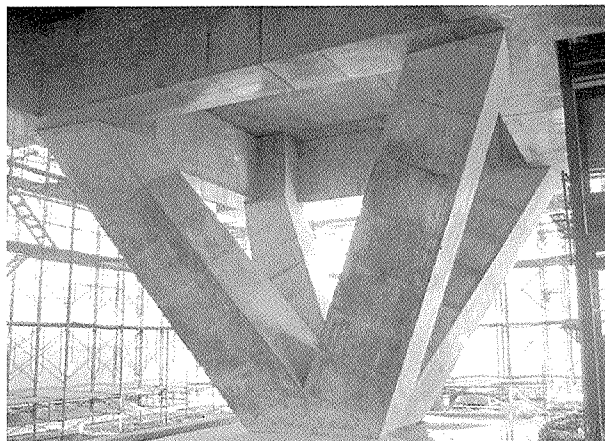


写真 - 10 斜め柱躯体

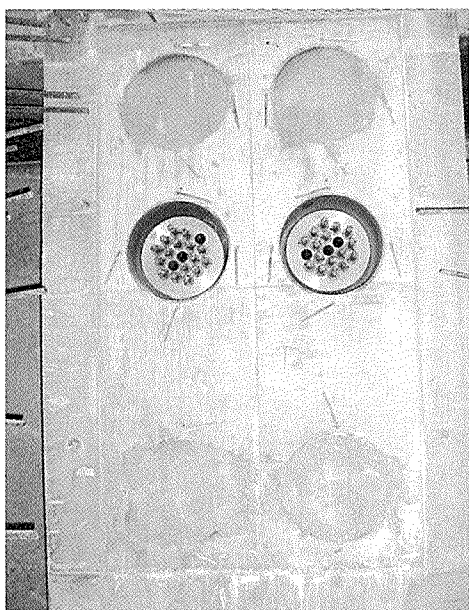


写真 - 9 PC ケーブルの緊張端状況

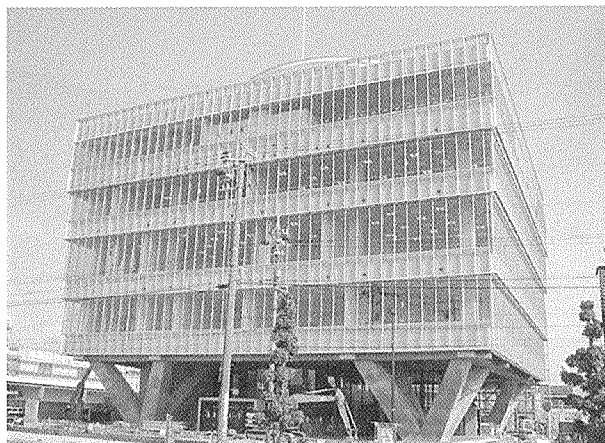


写真 - 11 竣工前の建物全景

7. おわりに

本建物の特徴である 32 m × 32 m の建物を 4 本の集約柱でささえる単純でダイナミックな架構は、免震構造とプレストレス梁を採用したことで実現することができたといえる。

現在現場は、竣工間近なあわただしい状態であるが、検査が目白押しでまだ気の抜けない状況である。

最後に、本建物の設計および施工において、ご指導とご協力をいただいた皆様に、この場を借りて厚く御礼を申し上げます。

【2007 年 5 月 21 日受付】