

(仮称) KDDI ネットワークセンターにおける 現場緊張梁の設計・施工

森田 明*1・若林 真一*2・武部 和宏*3

1. はじめに

本建物は地上2階建の建物である。機能的には通信機械室となっており有効なレイアウト空間の確保および将来対応を考えた計画とするため、無柱空間が要求された。2・R階部分は通信機械および空調設備などの重量物が多く載せられ、また階高を確保する必要性から梁にプレストレスを導入し梁成の縮小ならびに長期的なひび割れや変形を抑制する計画としている。

本報告は2つの建物の現場緊張計画についておのおの独立した報告を行う。

はじめに、2階梁にプレストレス導入する際の前後で部材の応力と変形を測定し、数値解析との比較を行った建物(KDDI-Tと称す)である。これは、早期に、PC梁の支保工を撤去する場合の参考としての報告である。

次に、平面形状が比較的大きな建物(KDDI-Oと称す)に対する緊張計画について考察を行った。

両建物の構造種別はRC造とし、Y方向の2・R階はPC梁とした。また、KDDI-Tの地中梁はべた基礎による過大な荷重を受け地中梁成も大きくなるためプレストレスを導入し梁成の縮小ならびに長期的なひび割れの抑制と同時に根切り底の低減を図っている。

2. 建築計画概要

名称：KDDI-T 第2 ネットワークセンター第三期局舎(仮称) 新築工事

発注者：KDDI 株式会社

敷地面積：3 683.68 m²

建築面積：1 906.55 m²

延床面積：4 050.58 m²

階数：地下なし・地上2階(最高高さ10.65 m)

構造種別：RC造

設計・監理：松田平田設計

施工：フジタ

用途：通信機械施設

工期：2005年11月～2006年6月

PC工事：オリエンタル建設

3. 構造計画概要

3.1 構造概要

図-1に伏・軸組図を、写真-1に全体図を示す。平面形状は7.2 m × 13.35 mのグリッドで長辺方向48.07 m、短辺方向13.35 mである。

本建物は、1.2期局舎が先行して整備され、その後に本施設が建設された。2期局舎と本建物は機能的に連続しているが、構造的にExp.Jにより分離している。

将来の平面変更や用途変更に対応できるように、Y方向の梁は1階にPRC梁を用いた鉄筋コンクリート構造一部プレストレスコンクリート造併用構造とした。



写真-1 KDDI-T 正面CG



*1 Akira MORITA

(株) 松田平田設計 構造設計部



*2 Sinichi WAKABAYASHI

(株) フジタ 四国支店 建築部



*3 Kazuhiro TAKEBE

(株) フジタ 四国支店 建築部

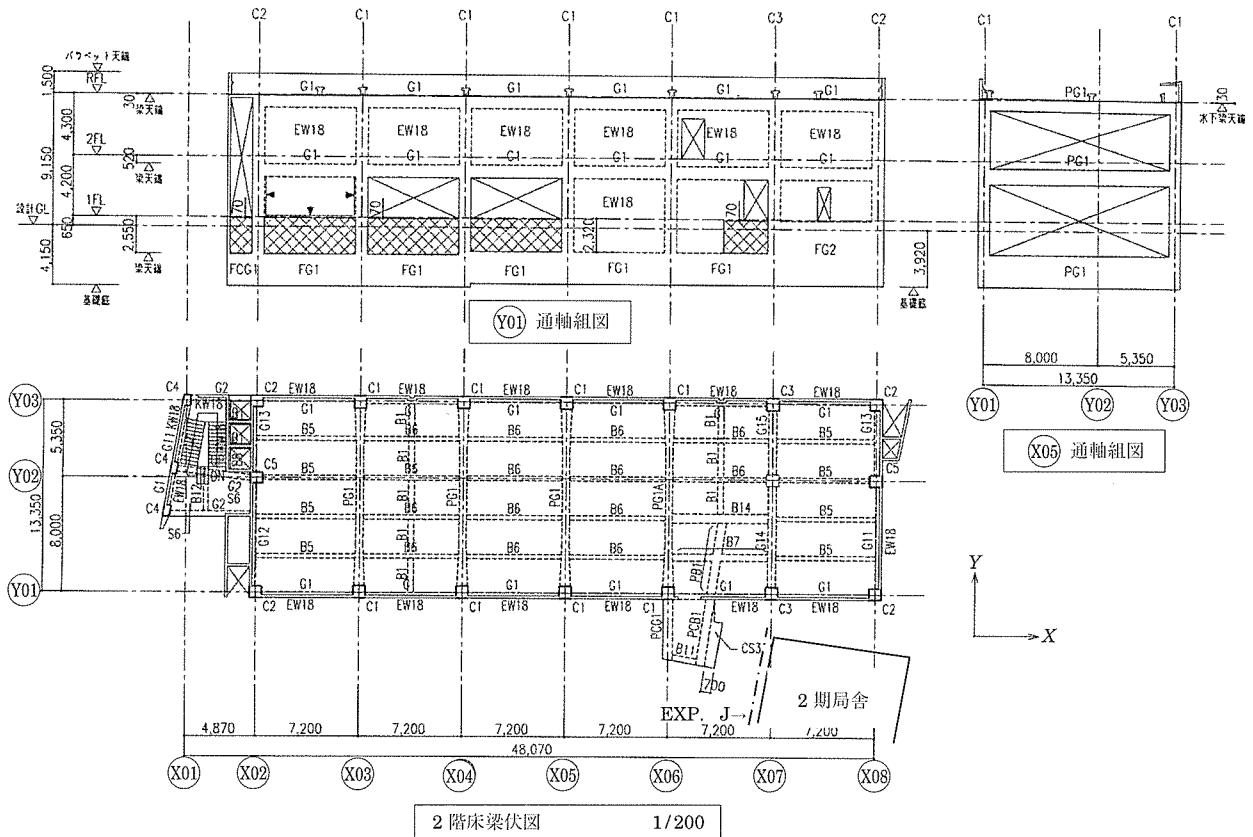


図 - 1 伏・軸組図

3.2 基礎構造

基礎形式は、設計GL-4.0 mのN値30程度の砂礫層を支持地盤とする直接基礎を採用した。また、基礎梁をPRC梁とすることで、梁成の縮小と根切り底の低減を図っている。

4. 設計方針

4.1 耐震設計方針

本設計は、設計ルート「ルート3」とし、プレストレス有効率 $\eta = 0.85$ で長期荷重および設計用地震力に対する部材の断面設計は、「プレストレスコンクリート設計施工基準・同解説」および「プレストレス鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計・施工指針・同解説」に準じている。

2・R階梁はコンクリートの引張力の発生を許容しないPC梁の設計を行った。また、1階梁は最大ひび割れ幅が0.1 mm以下になるよう普通鉄筋を配置し、PRC梁の設計を行った。各階ともに、長期荷重時の目標としている。

PC・PRC梁中央断面は、スラブの協力幅を考慮したT型断面で計算しその有効幅 B は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。ただし、PC・PRC梁端部断面の有効幅 B は柱成の2倍とした。

① 許容応力度設計

1次設計時の地震荷重係数 $C_0 = 0.20$ に対して、ひび割れを生じさせない設計を行った。

最大層間変形角は、X、Y方向共、 $1/3000$ 以下である。

② 保有水平耐力

2次設計では構造特性係数 $D_s = 0.3$ (X方向)、 0.35 (Y

方向)と用途係数1.5を考慮した必要保有水平耐力に対し、保有水平耐力は最小値で1.59(X方向)、1.01(Y方向)であることを確認している。

4.2 部材計画

基礎梁せいは2250 mmで、ケーブルは12.7φのPC鋼より線6本(6ケーブル)を使用した。2階およびR階梁せいは1100、850 mmで、ケーブルは12.7φのPC鋼より線4本(4ケーブル)である。

PC鋼より線定着工法はVSL工法を採用した。

5. 施工計画概要

5.1 工事概要

PC梁を多層階に用いた建物では、上階の梁のコンクリート打設の荷重を下階のプレストレス導入の完了した梁に分散して支持される必要が生じる。一般に、上部2階分の梁のプレストレスを導入した後、下層の支保工をはずすとされている(図-2)。

本建物の構造は架構としては単純なものであり、施工計

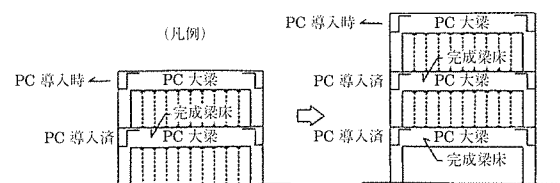


図 - 2 一般的な PC 緊張手順

画し、さほどの困難は予想されないが、工程上、2階コンクリート打設後、すぐに1階仕上げ工事を進める必要が生じた。そこで、本計画では2階のPC梁にプレストレスを導入し、設計強度発現確認後、すぐに1階支保工解体を行った。通常の計画と異なるため、2PG梁のクリープおよび応力などがどのような影響を受けるかを知るために以下の項目について調査を行った。

- ① プレストレス導入時の現場ひずみ測定を行い、数値解析と比較を行うとともに、部材に過大な応力が生じないことの確認
- ② 隣接壁の拘束によるプレストレスの損失量の把握

5.2 PC梁プレストレス導入と型枠支保工解体手順

下記に施工手順を示す(図-3)。

1. 基礎・地中梁コンクリート打設。
2. 1階立上りコンクリート打設(2F梁・スラブ)。
3. 導入時強度 27 N/mm² 発現後、2階PG梁のプレストレス導入。
4. 1階PG梁のプレストレス導入。
5. 設計基準強度 33 N/mm² 発現後、1階型枠支保工解体。
6. 2階立上りコンクリート打設(RF梁・スラブ)。
7. 導入時強度 27 N/mm² 発現後、R階PG梁のプレスト

レス導入。

8. 設計基準強度 33 N/mm² 発現後、2階型枠支保工解体。

5.3 緊張工事

緊張は、プレストレスが均等に導入できるよう配慮し、200 kN ごとに区切り、目標作業時緊張力 1372.8 kN 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。

5.4 計測項目と使用計器

図-4、5に計測位置を示す。

図-6に示す位置に取付防水コーティングしたひずみゲージ、熱電対を配置した。

また、各梁の鉛直変位と水平変位についても計測を行った。梁中央部の鉛直変位はレベル計測によって、2階型枠支保工解体まで追跡調査を行った(写真-2~5)。

5.5 計測システム

計測は下記の手順により行った。

- ① 各ひずみゲージで計測したデータはケーブルで「データロガー」に接続することによって、保存する。
- ② データロガーに保存したデータは、処理ソフトによってパソコンに応力を OUTPUT する。
- ③ コンクリート打設時は、応力の計時変化をパソコンの

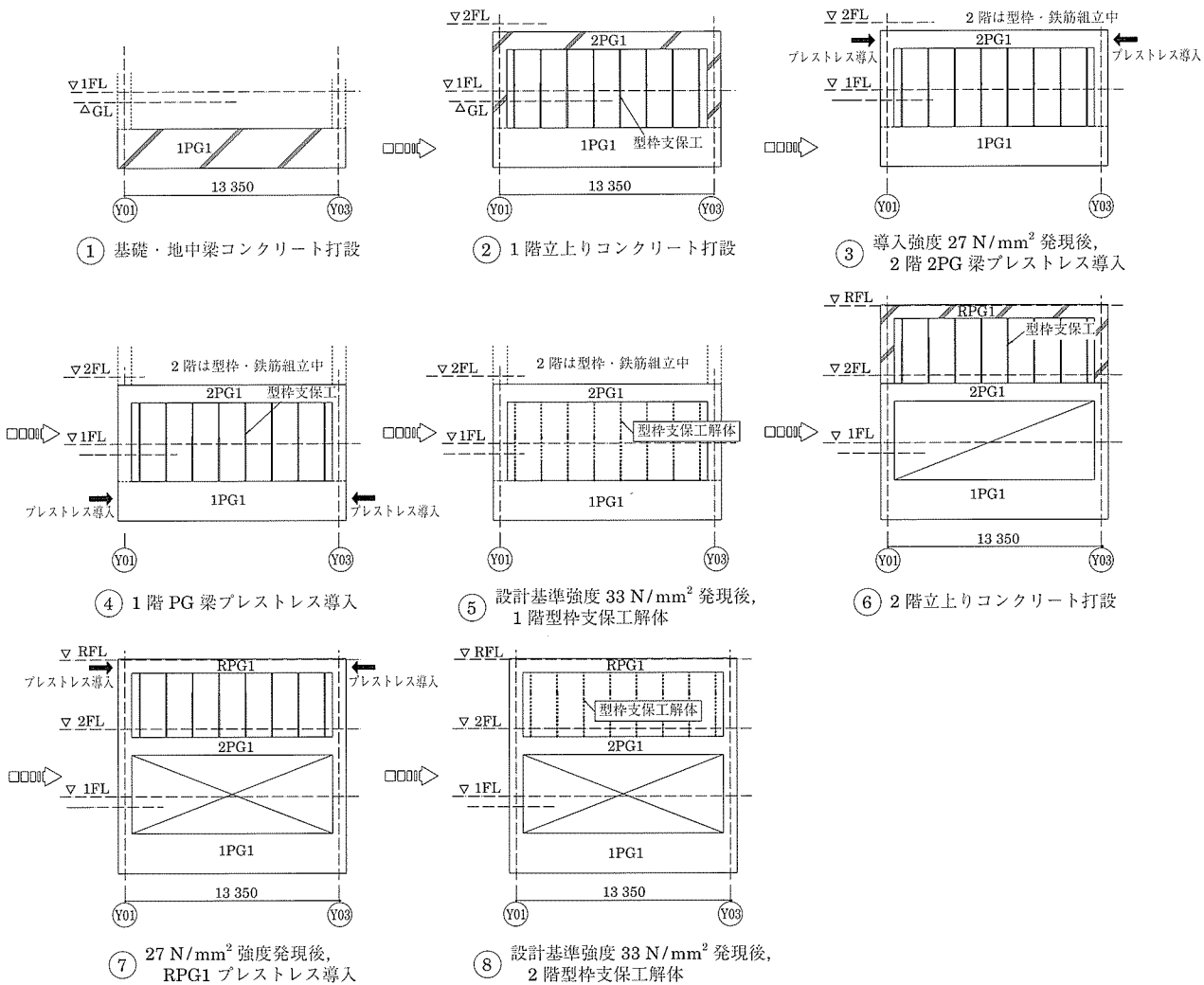


図-3 PC梁プレストレス導入と型枠支保工解体手順

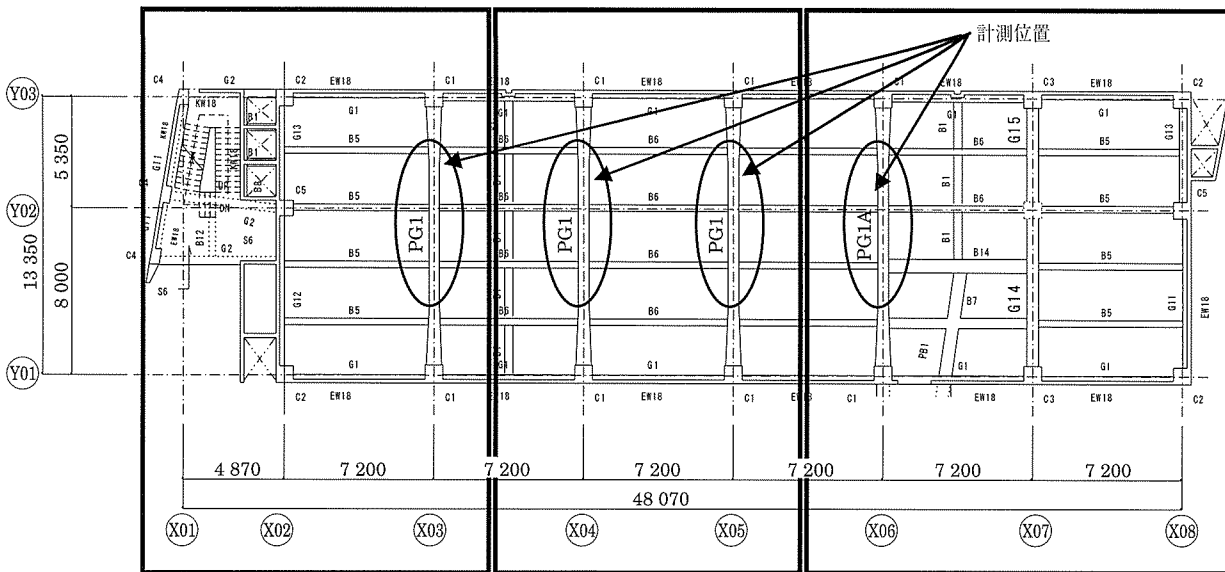


図 - 4 計測位置図 (2F 床伏を示す)

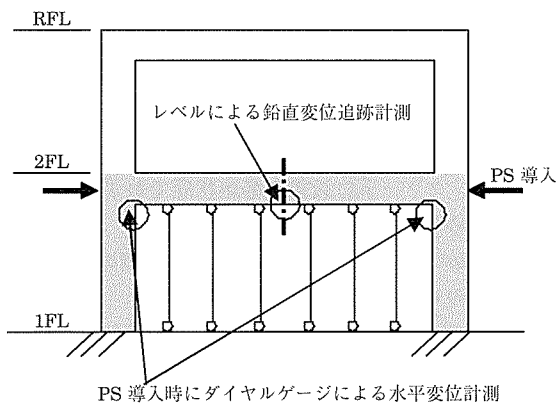


図 - 5 鉛直・水平変位計測位置図

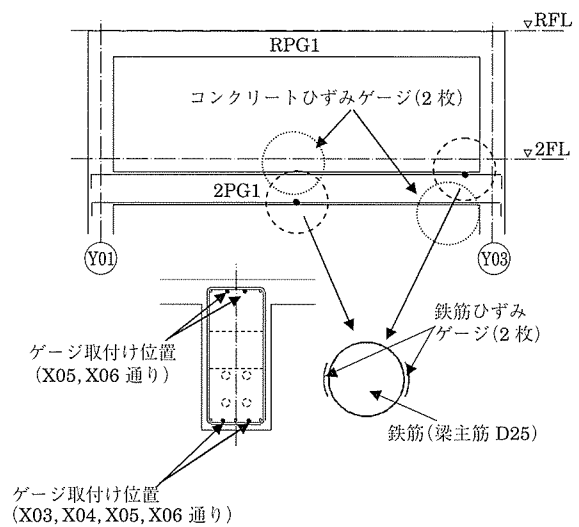


図 - 6 計器の取付図

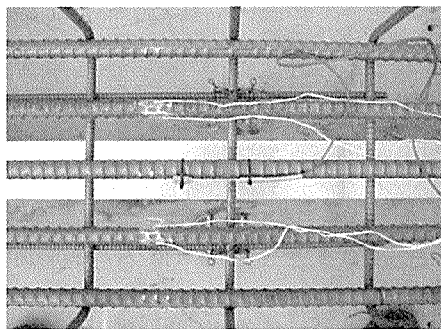


写真 - 2 鉄筋へのひずみゲージ取付け

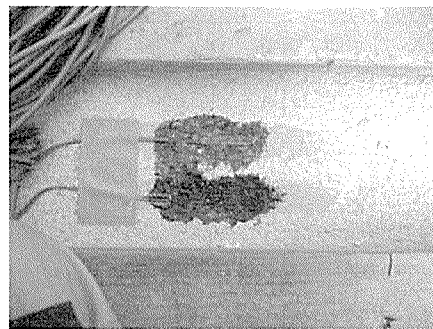


写真 - 3 コンクリートへのゲージ取付け

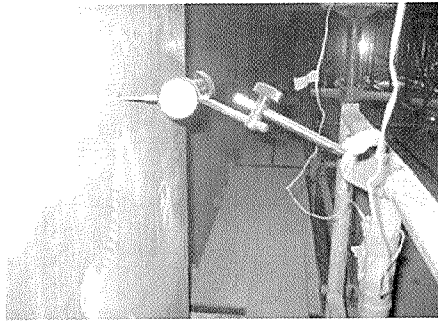


写真-4 水平変位計測 (ダイヤルゲージ)

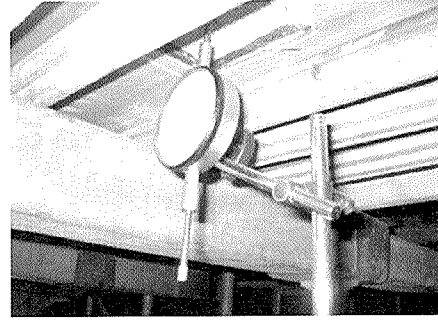


写真-5 鉛直変位計測 (ダイヤルゲージ)

モニターにリアルタイムに表示する。

6. 計測結果

設計値と実構造物で発生する応力を比較し、設計で行った解析モデル、荷重条件などの妥当性の確認を行った。

解析値は、設計時において各施工段階におけるコンクリート重量とスラブ上に積載される資材重量 (1 100 N/m²) を見込んでいたが、実施工では 400 N/m² 程度であったため、再度、計算し、解析値としている。

ひずみ計測による縁応力度の算定に使用した弾性係数は、計測時におけるコンクリート発現強度 ($F_c = 39 \text{ N/mm}^2$) から RC 規準算定式より $2.66 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ とした。

また、コンクリート温度と併行して外気温を測定したが、おむね同じであった。

図-7, 8 に X05 通り中央部下端・上端の解析値と計測結果の対比図、および図-9 に X05 通りと X03 通りの鉛直変位の対比図を示す。

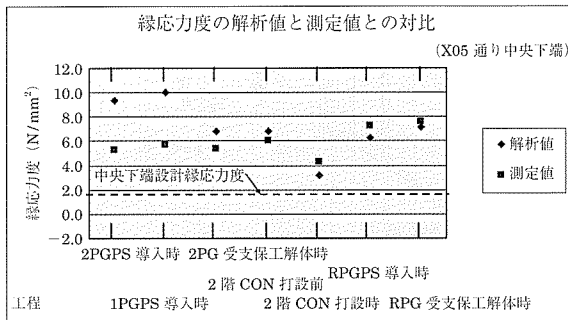


図-7 縁応力度の解析と実測値の対比 (X05 通り中央下端)

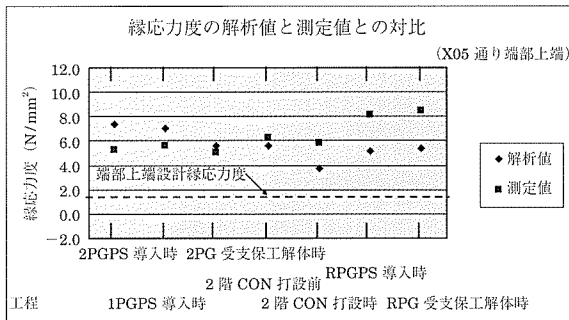


図-8 縁応力度の解析と実測値の対比 (X05 通り端部上端)

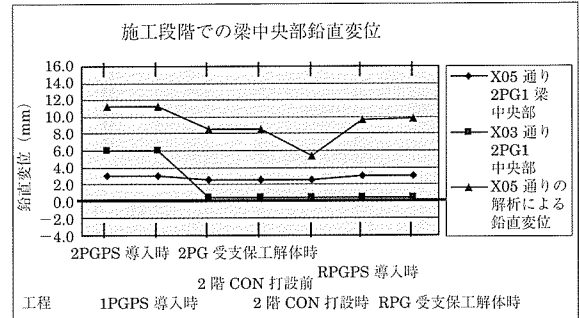


図-9 梁中央部鉛直変位の対比 (X03, X05 通り, 解析値)

計測結果は以下のようにまとめられる。

- ・ 2 F コンクリート打設に伴う縁応力度変化は、解析値の 70% 程度であった (図-7, 8)。
- ・ 2 階コンクリート打設後の静止状態でわずかな応力変化が認められた (図-7, 8)。
- ・ 2 PG 梁のプレストレス導入後の圧縮側の応力度は、解析値の 60 ~ 70% 程度であった。
- ・ 2 PG 梁のプレストレス導入に伴う鉛直変位は、X03 通りが +6.0 mm, X05 通りは +3.0 mm (図-9) で、水平変位は X05, X06 通りとも、約 0.1 mm (1 / 65 000) という結果であった。
- ・ 中央下端の計測結果から、中立軸の位置は、解析値より、若干、下方であった。

7. 計測結果の考察

7.1 縁応力度の解析値との対比について

2 階のコンクリート打設に伴う縁応力度変化が解析値の 70% 程度であった。要因として、柱・外周壁の固定度が高くなり、荷重が直接、柱・壁の鉛直部材に伝わったことも考えられる (図-10)。

7.2 中立軸の位置・スラブの有効巾と鉛直変位について

実測した中立軸からスラブの有効巾を計算すると $B = 220 \text{ cm}$ となり、解析値 (= 315 cm) よりも小さくなっている。にもかかわらず、鉛直変位が解析値よりも小さくなっているのは、実測時でのコンクリート強度の評価 (弾性係数の影響)、およびスラブ増しコンなどの影響によるものと考えられる (図-11)。また、2 PG 梁のプレストレス導入時変位について、解析と実測値に大きな差が見られるのは、柱・外周壁の固定度による影響であると考えられる。

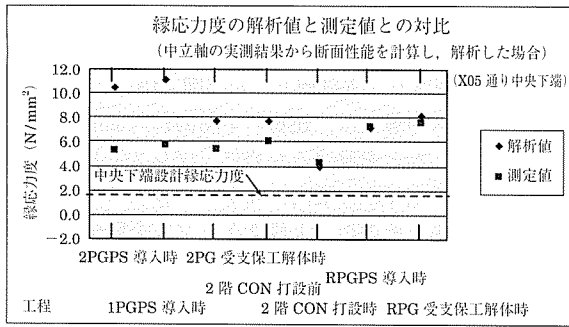


図 - 10 中立軸の変更による縁応力度の解析と実測値の対比 (X05 通り中央下端)

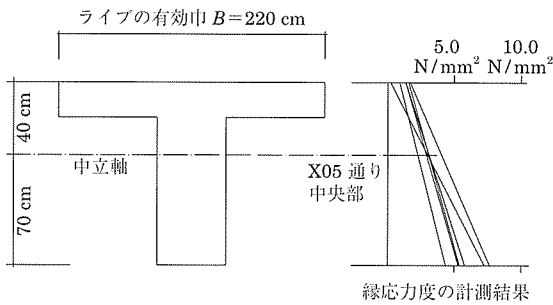


図 - 11 中立軸の位置とスラブの有効巾

7.3 構造スリットによる鉛直変位への影響

鉛直変位の計測結果から、X03 ~ X04 通りの外壁には、構造スリットを設けているため、2PG 梁のプレストレス導入に伴う鉛直変位が、X05 通りより、大きくなったものと推定される (図 - 12)。

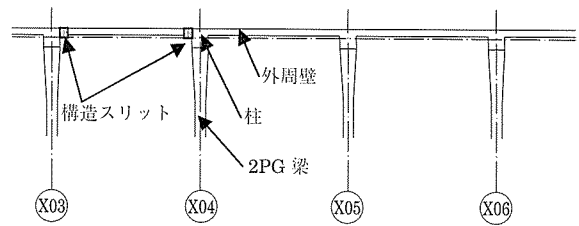


図 - 12 隣接する壁形状

8. 建築計画概要

名称：KDDI-O 第三ネットワークセンター局舎
(仮称) 新築工事
発注者：KDDI 株式会社
敷地面積：44 723.60 m²
建築面積：5 501.65 m²
延床面積：10 952.49 m²
階数：地下なし・地上 2 階 (最高高さ 10.65 m)
構造種別：RC 造
設計・監理：松田平田設計
施工：熊谷組
用途：通信機械施設
工期：2005 年 5 月 ~ 2006 年 3 月
PC 工事：オリエンタル建設

9. 構造計画概要

9.1 構造概要

図 - 13 に伏・軸組図を示す。平面形状は 7.2 m × 14.1 m のグリッドで長辺方向 95.5 m、短辺方向 56.4 m である (写

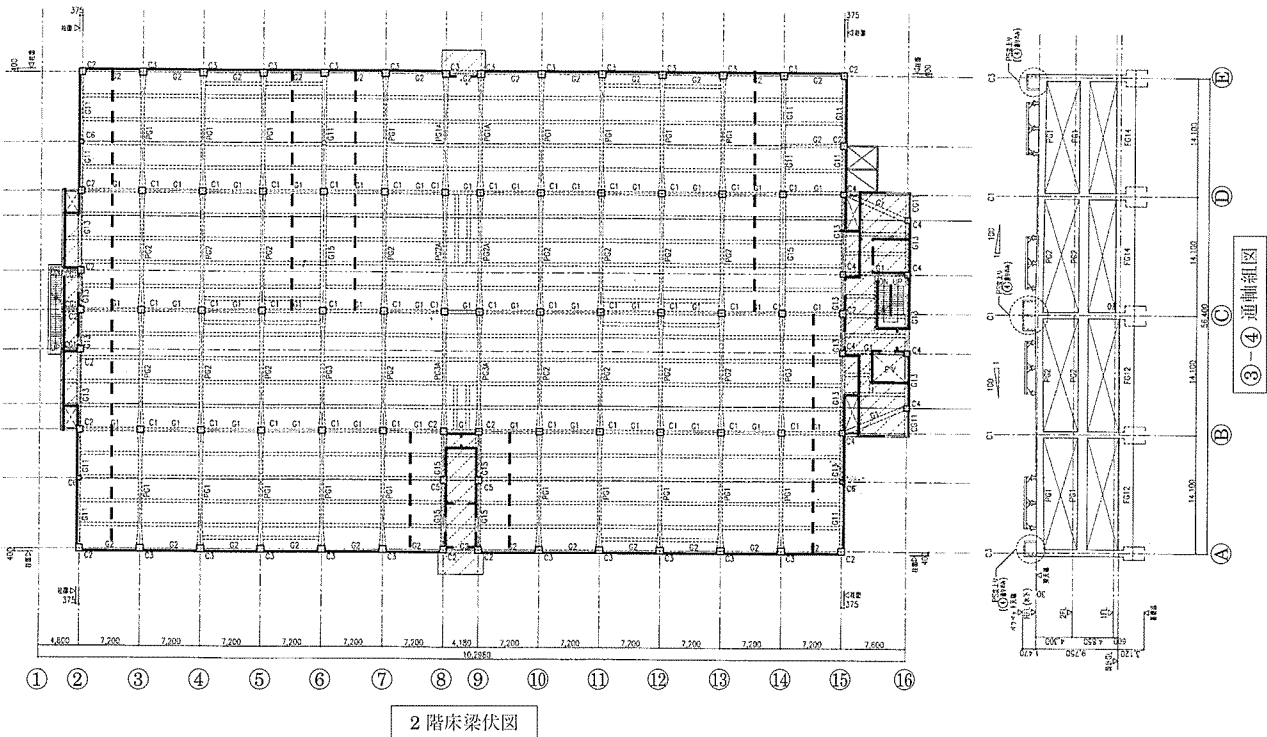


図 - 13 伏・軸組図 (点線はスラブスリット位置を示す)

真-6)。

将来の平面変更や用途変更に対応できるように、Y方向の梁はPC梁を採用し、空間の自由度を確保する計画とした。また、桁行方向はRC造とする。

9.2 基礎構造

基礎形式は、設計GL-43mのN値50以上の砂礫層を支持地盤とする杭基礎を採用した。

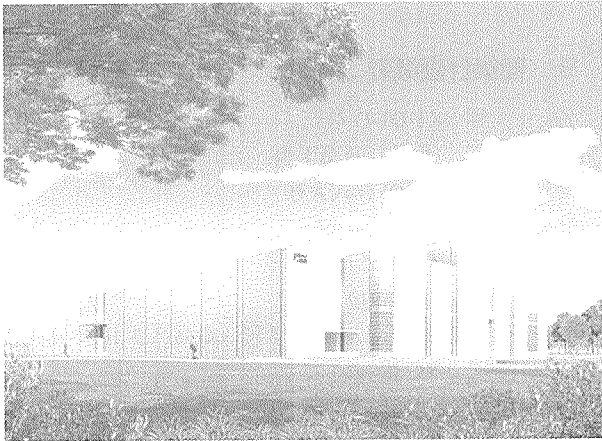


写真-6 KDDI-O 正面CG

10. 設計方針

10.1 耐震設計方針

① 許容応力度設計

1次設計時の地震荷重係数 $C_0 = 0.20$ に対して、ひび割れを生じさせない設計を行った。

2・R階梁は長期時にコンクリートの引張力の発生を許容しないPC梁とした。

最大層間変形角はX、Y方向共1/4000以下である。

② 保有水平耐力

2次設計では構造特性係数 $D_s = 0.3$ (X方向), 0.35 (Y方向)と用途係数1.25を考慮した必要保有水平耐力に対し、保有水平耐力は最小値で1.00 (X方向), 1.08 (Y方向)であることを確認している。

10.2 部材計画

2階およびR階梁せいは1150, 850mmで、ケーブルは12.7φのPC鋼より線4本である。

PC鋼より線定着工法はVSL工法を採用した。

10.3 緊張工事

緊張は、KDDI-Tと同じ設定で行っている。

11. 緊張工事計画

本建物はPC方向が60mと長く、プレストレスによる強制変形が大きい。また、導入したプレストレスが隣接する

RC部分に逃げってしまう可能性もあるため、スラブにスリット(幅500mm)を設けPC梁成にプレストレスが有効に作用するようなスリット計画とした(図-13)。

プレストレスの導入は、建物の平均的に局部的な応力集中(強制変形)などを避けるために、プレストレス導入順序についても、各PC大梁内の4ケーブルのうち、下段2ケーブルを緊張しその後、上段2ケーブルを緊張する計画とした。

全長約60mのPC鋼線を挿入するにあたり、ウインチを使用して施工を行った。

建物全体に均等にプレストレスを導入することを目的とし、コンクリート打設前工区とコンクリート打設完了工区のプレストレス(軸変形)の差を大きくしないような緊張手順とした。具体的に、図-14に示すように、打継部近傍のPC大梁のプレストレスを50%程度完了した段階で一度、緊張工事を終了している。また、安全を考慮し7通りのPC大梁のプレストレスは導入せず6通りPC大梁のコンクリート打設後7通りPC大梁との合成が完了した後、プレストレスを導入する計画としている。

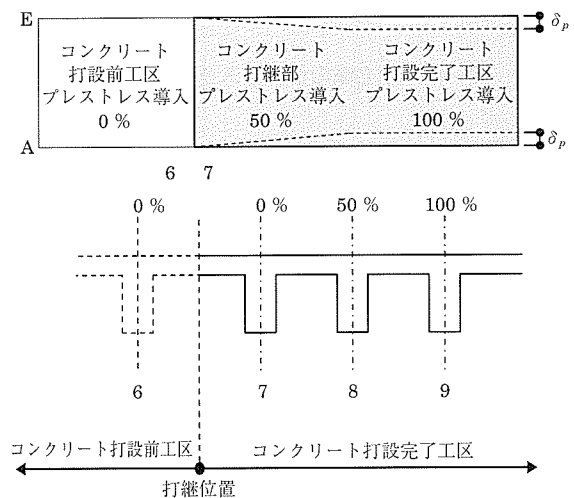


図-14 PC緊張概要図

12. おわりに

本プロジェクトを設計・施工するにあたり、KDDIの皆様へ感謝の意を表します。また、PC工事を担当された関係者に、また緊張計画に御尽力いただいたオリエンタル建設福嶋直実様に感謝します。

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施工者の関係者の皆様には深く感謝致します。

【2006年4月28日受付】