

秋葉原プロジェクトの設計・施工

— PRC 造を採用した超高層免震建物 —

徐 光*1・千葉 陽一*2

半円形と長方形を組み合わせた平面計画の超高層の塔状建物である。大変厳しい設計条件から採用された構造計画は、免震構造・アーチフレーム・プレストレスト鉄筋コンクリート（PRC）造である。一般的に塔状建物には免震構造は不向きであるといわれているが、本計画建物では、力学的な処理のみで引抜きを発生させない計画を行った。重心位置が下がるように建物重量をコントロールし、1階の柱脚を集約、さらには、建物外周位置に配置してスタンスを広げる、これらの処理をアーチフレームを採用することで実現をしている。また、ホテルとしては比較的小さい面積の客室を計画しなければならなかったが、PRC造とすることで、客室内には躯体による柱・梁型が突出しない空間構成が実現でき、デッドスペースのない客室となっている。半円形とアーチフレームの構成による外観は独特な表情のある建物となった。

キーワード：PRC、免震構造、アーチフレーム

建築概要

所在地：東京都千代田区神田須田町 2-19-4
 用途：ホテル
 規模：地上 25 階
 建築主：三井住友ファイナンス&リース
 ホテル運営：ジェイアール西日本デイリーサービスネット
 敷地面積：583.51m²
 建築面積：330.54 m²
 延床面積：4 824.69 m²
 最高高さ：76.35 m

意匠設計：F & N 総合設計

福井 隆・能登谷重男・稲井清一・小杉幹夫
 東レ建設

渡邊有文・篠原 誠・鶴澤文俊

構造設計：ジェーエスディー 徐 光・千葉陽一

設備設計：システム設備設計 星野貢輝

東陽設備計画 岩出忠宏

東レ建設 田畑 裕

施工：東レ建設

辻 和宜・後藤浩康・林 勇樹・廣木直矢

高橋清隆

構造種別：免震構造、鉄筋コンクリート造（PRC 造）

基礎形式：PHC 杭

架構方式：アーチ構造、耐震壁付きラーメン構造

1. はじめに

1.1 複雑な敷地条件

本計画地は、JR 秋葉原駅から神田川を渡って徒歩で 5 分程度という好立地の場所で、容積率が 800 % と好条件を有している敷地ではあったが、敷地面積が 583.51 m² と決して広いとはいえない敷地でもあった（写真 - 2）。さらには、敷地形状においては、二つの大きさの違う長方形を合わせたような雁行した敷地形状をしていて、敷地中央部には「自由通路」と呼ばれている生活公共通路を計画しなければならない条件もあった。また、プロジェクトの事業計画からは、ホテルとして 280 室以上確保しなければいけなく、当然のように容積率を最大限に使用することが大前提にあった。

敷地が狭く・雁行していて、さらには、一階レベルでの敷地中央部が使えないという非常に複雑な設計条件に対して、今回のプロジェクトでは、今まで以上に意匠計画に踏み込んだ構造計画が必要であると捉えていた。

1.2 基本プランの決定

どのような平面形状であれば 280 室以上もの客室が確保できるのか、法規等の意匠計画と構造計画を同時に照らし合わせたスタディを繰り返していった。敷地が狭く容積率が高い場合、塔状比の大きい高層の建物になることは初めから想定しており、部材サイズの大きさを懸念していた。一方で、280 室以上の確保のためには、11 ~ 12 m² 程度の客室を一層あたりにできるだけ多く計画したいため、部材断面を小さくし、柱・梁型によるデッドスペースがないように、大変細かな検討となっていた。



*1 Ko JO

(株)ジェーエスディー 代表



*2 Youichi CHIBA

(株)ジェーエスディー



写真 - 1 神田川からの風景

多くのスタディを繰り返すうちに、容積率が800%近くとれ、客室数も事業計画にのせることができる289室案として考え出されたものは、外部廊下の採用と前面道路側のセットバック、さらには前面側両端部のそぎ落としを行い平面を半円状と長方形の組合せにすることであった。これは、天空率規制を適用した結果であるが、半円状にすることで、25層にもなる建物が周囲に与える圧迫感をなくし、近隣への日照にも配慮できる形となっている。外部への吹抜け空間を建物内側に2箇所設け、吹抜け周りを外部廊下を配置して回廊型廊下を計画し、一つの階段で2方向避難を確保した(写真-2, 3, 4)。

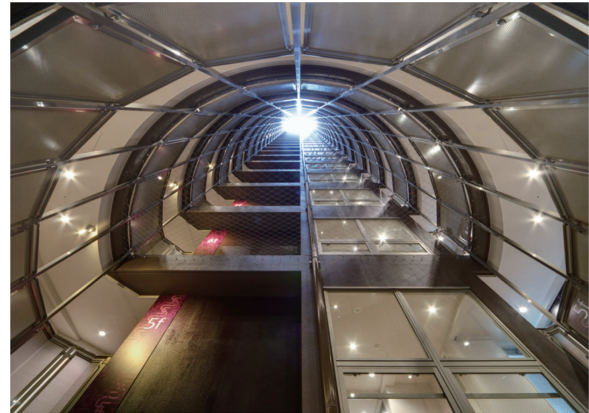


写真 - 3 外部吹抜け空間



写真 - 2 建物全景



写真 - 4 2階半円状の空間

2. 構造計画

2.1 構造形式の決定

地上25階建てとなったことによって、塔状比は4を超えた計画となり、さらには、半円状と長方形を組み合わせた整形ではない平面計画をいかにして合理的に構造計画を行って建物を成立させるかが絶対条件となっていた。

フレームの部材断面計画へのシビアな要求があることや、ホテルとして一つの特徴を与えたいという考えから、免震構造を採用した。地震力が低減でき、さらには、不整形な平面計画から偏心によるねじれの影響を低減させるためにも免震構造がもっとも有効であると考えたためであ

る。加えて、上部構造を弾性保持させるためにPC鋼材を配線させたPRC造を採用することで、PC特有の原点指向型の履歴特性が免震構造と相性が非常に良くなり、上部構造を弾性保持させるために有効であるとも考えた。

2.2 アーチ構造の採用

塔状比の大きい建物の場合には、地震時転倒モーメントによる引抜き力が大きいいため、免震構造は不向きであることが一般的にいわれ、引抜対応可能な免震装置も開発されているが、本計画では免震構造の採用は不可欠であり、地震時に安定した建物とは、下記に示すような力学的に単純なことに気をつければ、引抜き力を小さくできると考えていた。

- ① 建物の重心位置を下げる
- ② 柱スタンスを広げる
- ③ 柱を集約して軸力を集中させる

このようなフレーム計画が、本プロジェクトの平面計画にどのように適合できるかのスタディを行っている。ホテルという用途から、ロビーなどの共用部分が必ず必要になり、本計画では共用部分に加えて、立体駐車場も設置し、

それらが1階～3階に計画されている。一方で、4階から25階までは一般の客室が配置されていたため、4階を境に明らかなフレーム計画の違いが見て取れた。この違いを利用したフレームスタディを重ねるなかで得られた結果は、3階までをアーチ状にフレームを構成すれば、半円状の平面計画でも上部の軸力をスムーズに免震装置に集約でき、柱スタンスも広げられ、引抜きに対して安定したフレーム計画が可能である。そのため、1階から3階までをアーチ構造として、4階から25階までを耐震壁付きラーメン構造を採用した(写真-5)。4階以上の基準階では22本の柱があるが、1階アーチ柱脚は8箇所まで減らして軸力を集約させる結果となっている(図-1)。

4階から25階までを支持しているアーチフレームは本計画建物の要であり、地震時においても弾性範囲に留めることにするため、厚さ700mmの強固なフレームとなるように計画している。これは、非常に重量の大きいフレームとなることから、建物重心位置を下げる目的でもあり、意図的に重心位置が下げられるようにしている。これに加えて、各層のスラブ厚さも下層にいくほど厚くする計画にし

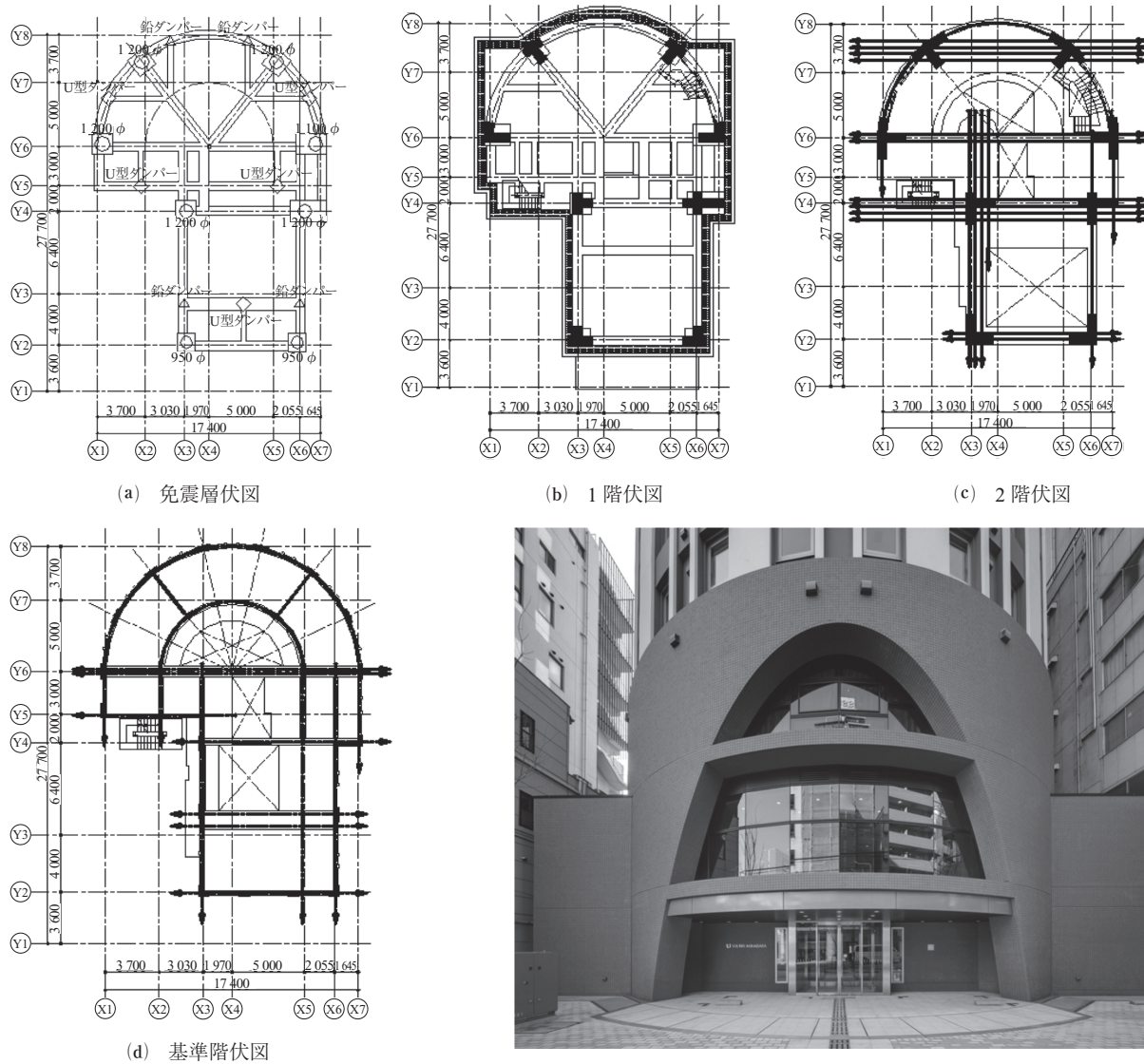


図-1 構造伏図

写真-5 アーチフレーム

て、1階から4階の床は350mm、5階から10階床は280mm、11階から屋根の床は180mmを採用した。これらの結果、本計画建物の重心位置は33.7mと建物半分以下となり、地震時転倒モーメントによる引抜きは発生せずに、一般的な免震装置である天然ゴム系積層ゴムのみを支承材として計画できることとなった(図-2)。

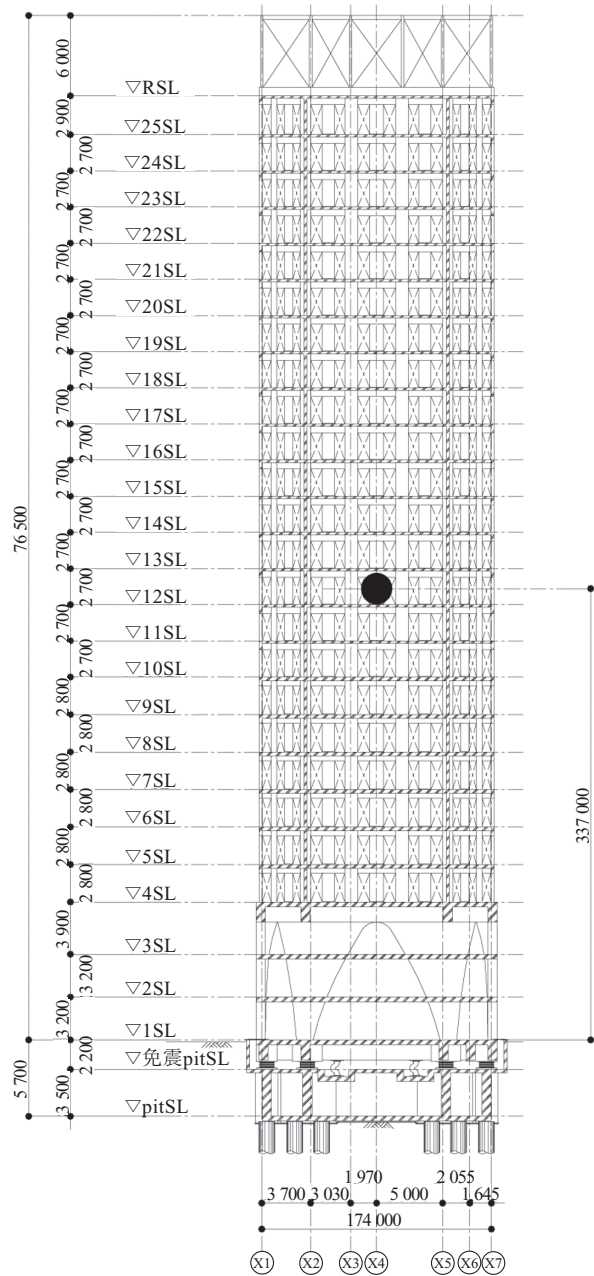


図-2 軸組図

意匠や構造の条件から決められたアーチフレームは、そのまま表現することで、外観が特徴的な建物となっていると感じている。

2.3 PRC 構造の採用

PC鋼材を用いた効果は、緊張力によってひび割れ制御ができて躯体の長寿命化につながるもののほかに、大スパンが可能になること、フレームに原点指向型の履歴特性を

与え、RC部材と比較して耐力が向上させられることが考えられる。本計画建物は、そのPC効果を適宜判断してPC鋼材を配線させ、結果的には全層にわたって使用することになっている。

まず、平面形状が半円状となっていることから、建物を締め付けることができるよう、各層の外周部すべてにPC鋼線を配線させている。朝食スペース等共用部分として利用される2階、3階スラブには、大スパンを成立させるために床にPC鋼線を配線させている。アーチ頂部となる4階には各アーチを一体化させるために計画した700×1500の梁内にPC鋼線を配線させ、アーチフレームの一体化を一層高めている。

基準階のフレーム計画は、外部吹抜けがあることからチューブ形状となるフレーム計画を行っており、建物を締め付ける目的に加えて、部材耐力の向上のため、梁すべてにPC鋼線をと4階から8階までの柱へPC鋼棒を配置している。

2.4 構造設計

本計画建物の基礎は、GL-27.9mの砂礫層を支持層とした杭基礎で、PHC杭を採用している。

設計は、建物が高さ60m以上となっているため、時刻歴応答解析を行う大臣認定ルートである。稀およびきわめて稀に発生する地震動におけるクライテリアを設定して設計を行った(表-1)。免震のクリアランスは500mmで計画をしている。さらに、風荷重に対しては、設計用風荷重は、きわめて稀に発生する風圧力に対して、ダンパーの降伏耐力が上回るダンパー量を確保する設計としている。

表-1 設計クライテリア

対象部分	きわめて稀に発生する地震動
上部構造	<ul style="list-style-type: none"> 設計用層せん断力時の発生応力が、構造部材の短期許容応力度以下 応答層間変形角は1/200以下
免震層	<ul style="list-style-type: none"> 設計許容変形(0.4m)以下 積層ゴム支承に発生する短期引張応力度が1.0 N/mm²以下 積層ゴム支承に発生する短期圧縮応力度が30.0 N/mm²以下 免震部材取り付け部が短期許容応力度以下
基礎構造	<ul style="list-style-type: none"> 短期許容応力度以下

アーチフレームを採用しているため、静的解析モデルに関しては、建物全体のFEMモデルとフレームモデルの剛性が合うようにしてフレームモデルにて解析を行っている。上部の設計によって決定されたPC量は、鉄筋とPC鋼材の耐力比入は0.3～0.5程度となった。

振動解析では、上部構造は等価せん断型モデルを用いている。アーチフレームは地震力に対して十分な余裕をもって弾性範囲内に納まっているため、弾性モデルを採用している。PRC造である4階から上層のモデルは、PC量によって原点指向型の履歴特性を考慮できるPSモデル(岡本・加藤モデル)を用いて振動解析を行った。減衰は内部粘性減衰で1次固有周期に対して3%を設定している。免震層

は、天然ゴム系積層ゴム支承、鋼製U型ダンパー、鉛ダンパーを計画して、ダンパーの履歴減衰以外の減衰は考慮せずにモデル化を行った。免震周期は4.9秒で、上部構造の1階床固定時の固有周期1.67秒(X方向)、1.57秒(Y方向)に対して、十分免震効果が得られる計画となっている。

採用地震波は、0.5 m/sに基準化された観測波3波と、位相特性が神戸NS位相、八戸NS位相、乱數位相とする告示波3波の合計6波で、本計画地における解放工学的基盤はGL-29 mの細砂層である(図-3)。

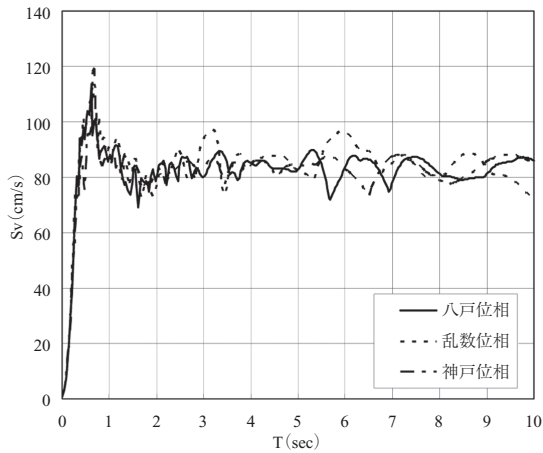
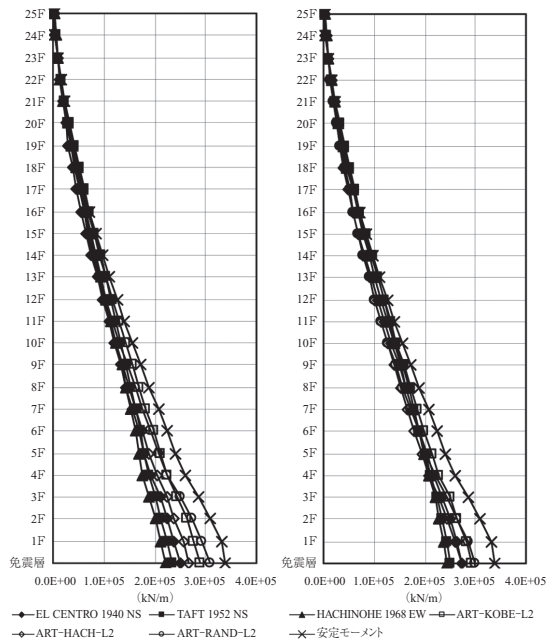


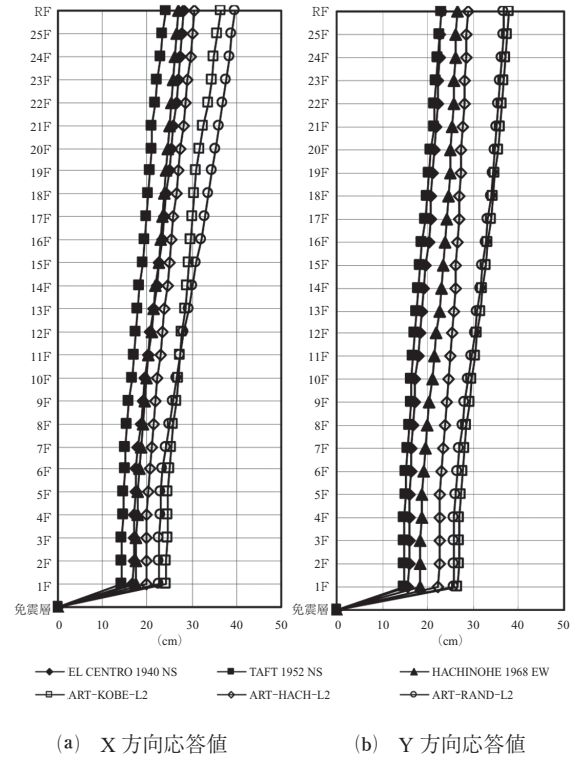
図-3 告示波のスペクトル図

重心位置の制御、柱の集約化によるフレーム計画によって、X方向、Y方向ともに発生転倒モーメントは引抜きが発生しない安定モーメント以下に納まった結果となっている(図-4)。免震層の最大応答変位は290 mmとなっており、クリアランス500 mm以内に納まっていることを確



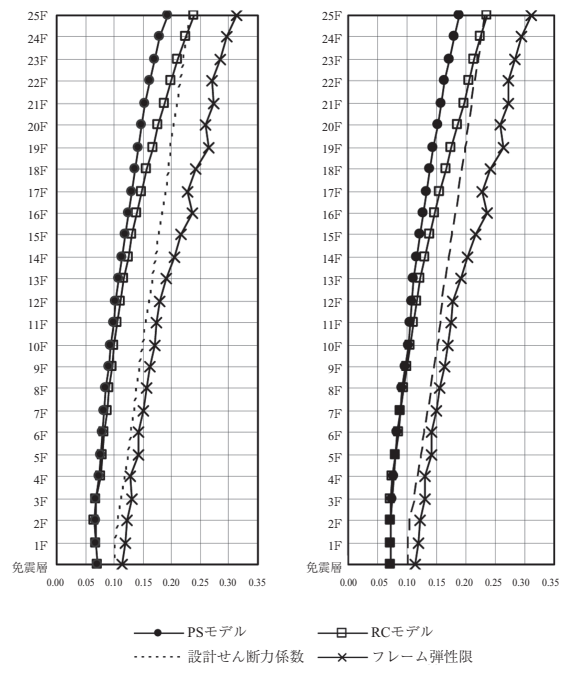
(a) X方向応答値 (b) Y方向応答値
図-4 転倒モーメントにおける振動解析結果

認した(図-5)。



(a) X方向応答値 (b) Y方向応答値
図-5 最大変形における振動解析結果

また、本計画では比較的PC量が少ない箇所があるため、4階より上層の履歴特性をRC造とした場合の検討も行った。RC造のモデルとPSモデルの応答値はほぼ同様な応答値を示し、すべて設計クライテリア以内である(図-6)。



(a) X方向応答値 (b) Y方向応答値
図-6 PSモデルとRC造モデルの比較



写真 - 6 既存杭引抜き工事風景

3. 現場施工

3.1 既存杭の引抜き工事

新設杭の位置に重複する既存杭が10本あったため、杭の引抜き工事を行っている。既存杭径は1500mm程度、既存杭長さは新設杭と同じでおよそ30m、一本あたり100t程ある杭の引抜き工事であった。

工事の手順は、既存杭と土の縁を切るため、杭長と同じ長さのケーシングを削孔しながら挿入していき、重機で引張り出ししながら、運搬可能な長さに切断していく流れで行われた。

既存杭の抜けた孔の補修には細心の注意を払った計画を行っている。周辺の地盤の状況に合わせるよう、孔に充てんする流動化土の強度を調整し、とくに、既存杭の支持層へののみ込み長さにあたる箇所は、N値50以上の地盤であることから流動化処理土の補強を行うような工法にて施工を実施した(写真-6)。

3.2 アーチフレーム施工

1階から4階床までのアーチフレームは、半円状の平面計画に伴って、3次元のR形状となっているため早い段階で施工方法の検討を行っていた。一般型枠工事は不可能であるため、現場にて、アーチの全体像を把握するための模型を作成し、ゼネコン、作業員全員がフレームを理解する。実際の型枠施工は、3D-CADを使用して型枠図を作成し、棚のようなブロックを積み上げていく施工方法を採用している(写真-7)。

配筋も型枠同様に3次元での施工となるため、アーチ全体模型を見ながらの施工計画を立てている。3次元であることから、700mm幅の間で外側と内側の鉄筋のRは異なってくるため、通り芯上でのR寸法で統一加工された鉄筋を先行して配筋して、型枠を基準に正規のR加工にな



写真 - 7 アーチフレーム施工風景

るように実際の施工は行われた。このように施工されたアーチフレームには、2ヵ月半程度の日数で施工が行われることとなった。

3.3 基準階の施工

耐震壁付きラーメン構造となる4階以上の基準階では、柱にはPC鋼棒、梁にはPC鋼線が配置されており、配筋との納まりも3D-CADによる検討を行い、一般的な1フロアをあげていく施工期間と同じペースで施工が行われていった(写真-8、9)。



写真 - 8 基準階上棟風景



写真 - 9 PC鋼棒セット風景



写真 - 10 秋葉原駅近くからの夜景



写真 - 11 後面風景



写真 - 12 空撮写真



写真 - 13 浴室に窓を設けたビューバス

4. おわりに

デザインのための形ではなく、設計条件を解いていく過程で出てきた形がそのままの建物となり、結果的には大変特徴のあるものとなった。

【2011年4月28日受付】