

7. 中間階免震構造を有する複合施設の施工報告

Construction Report of a Composite Facility Having Mid-Story Isolation System

河合 智寛^{*1} 山内 豊英^{*2} 山下 勝司^{*2} 國枝 謙次^{*3} 古東 秀文^{*4} 中西 俊二^{*3}

要 旨

当社では初めての施工となる中間階（3 階床の下部）に免震層を有する複合施設の構造および施工計画の概要について報告する。中間階免震の施工では、施工作業性を考慮した免震層の内法高さを確保すること、免震層を貫通する堅穴区画の EV シャフトの施工方法と納まりに配慮することが重要であると分かった。

キーワード：中間階免震／免震装置／アンカー／免震層／PRC

1. はじめに

免震の建築物は免震部材や設計・解析技術の高度化に伴い、戸建て住宅から高層建築物に代表される大規模建築物にまで適用範囲が拡大している。従来の基礎免震構造では免震地下ピットが計画され、敷地面積に余裕のあることが大前提となる。しかし、近年では敷地に余裕のない都市部において、中間階免震構造の建築物が見られるようになった。中間階免震構造は基礎免震構造とは異なり、免震層を貫通する縦シャフトが存在し、設計および施工上の配慮が必要となる。

本報告は、当社では初めての施工となる中間階免震構造を採用した「(仮称) F 複合施設」の構造および施工計画の概要について述べる。

2. 計画概要

本計画の一般事項を表一1、建物概要を表一2 に、建物全景を写真一1 に示す。

建物は1・2 階に公報スペース、管理事務所および集会室などの公益施設を設置し、3～13 階を共同住宅（55 戸）としている。免震装置は2 階と3 階の間の免震層に設置し、中間階免震建物としている。

また、北側に共用廊下、東・西・南面にバルコニーが計画されており、敷地北側にはタワーパーキングが設けられている（図一1 参照）。

今回の建物は、既存建物の地下外壁・底版を残した状態で施工したが、残存の基礎躯体は構造体として利用はしていない。残存の地下外壁は、仮設の土留め壁としてのみ利用した。

表一1 一般事項

建設場所	静岡県
用途地域	商業施設
防火地域	準防火地域
用 途	公益施設・共同住宅(55戸)

表一2 建物概要

敷地面積	1,671.93m ²	建ぺい率	70.0%
建築面積	1,170.30m ²	容積率	390.5%
延床面積	7,824.56m ²	階数	地上13F, 地下1F
基準階面積	463.16m ²	最高高さ	45.00m



写真一1 建物全景

^{*1} 技術研究所 ^{*2} 技術研究所構造研究グループ ^{*3} 名古屋支店建築部 ^{*4} 名古屋支店設計部

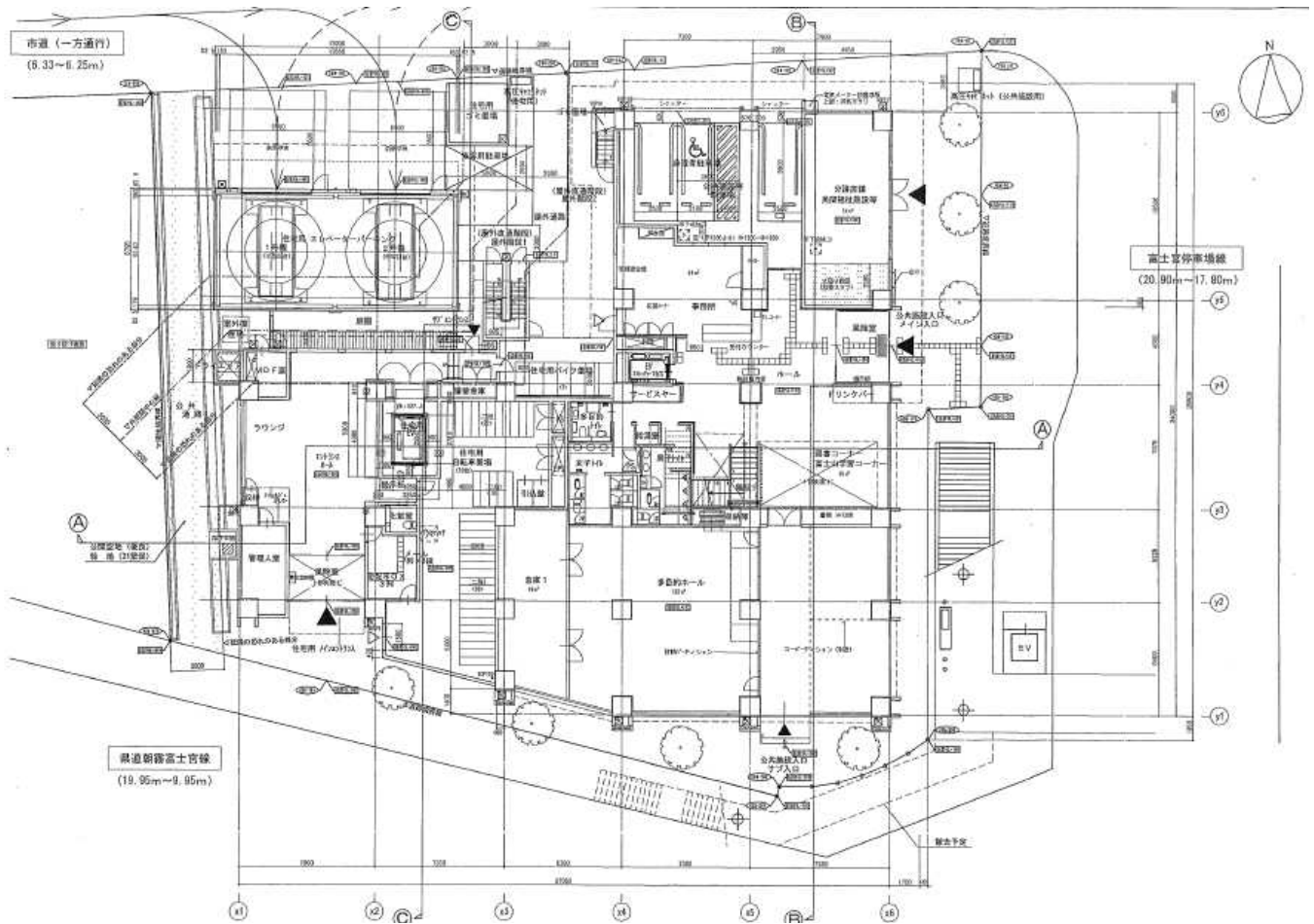


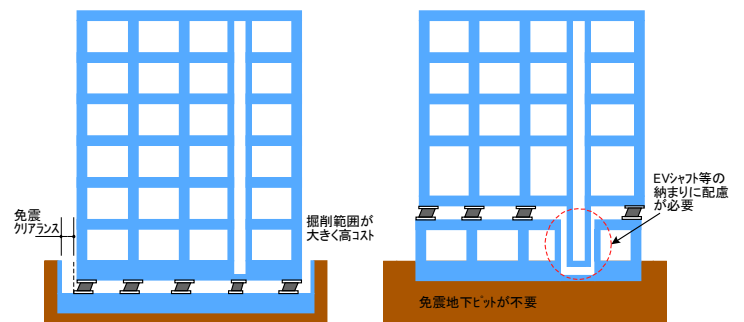
図-1 配置図

3. 中間階免震構造について

従来の基礎免震構造では地下部分に免震層が設けられるため、免震構造特有の大変形が生じた場合に建物と地盤が衝突しないように免震地下ピットを設ける必要がある。免震地下ピットは免震クリアランスと擁壁厚の分だけ地上部建物よりも広がるため、敷地面積に余裕が必要となる。また、免震装置の上下に剛強な梁を必要とし、掘削深さも大きく、地下工事に伴うコストの増加が問題となる（図-2 参照）。

一方、中間階免震構造の場合は、大変形が生じてでも外部に衝突する対象物が無いため、免震地下ピットは必要としない。従って、敷地面積に余裕が無い場合などに適しており、コストも基礎免震構造より有利となる場合がある。ただし、免震層を貫通する階段やエレベーターシャフトについて、設計および施工上の配慮が必要となる。

本建物では計画建物が敷地境界に近接していることから中間階免震構造が採用された。



(a) 基礎免震構造

(b) 中間階免震構造

図-2 基礎免震と中間階免震の相違

表-3 構造概要

構造種別	鉄筋コンクリート造 中間階免震構造 (免震階：2-3階間) (一部、プレストレストコンクリート造梁(免震層直上3階梁))
架構形式	上部：ラーメン構造 (X方向) 耐震壁付きラーメン構造 (Y方向) 下部：耐震壁付きラーメン構造 (X,Y方向)
階数	地上13階建て
免震材料	高減衰ゴム系積層：12基 天然ゴム系積層：2基 オイルダンパー：6基

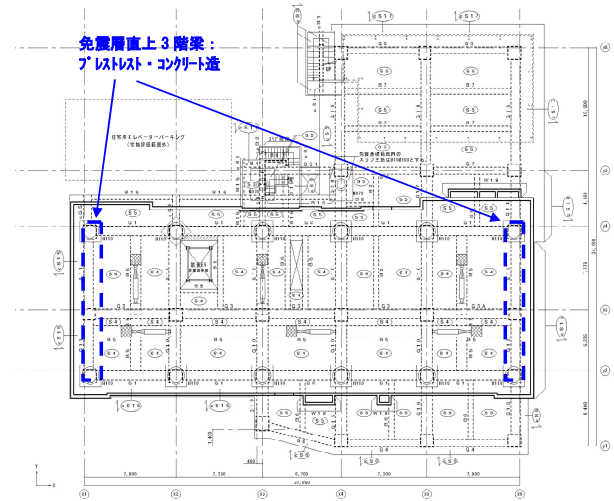


図-3 免震ピット図

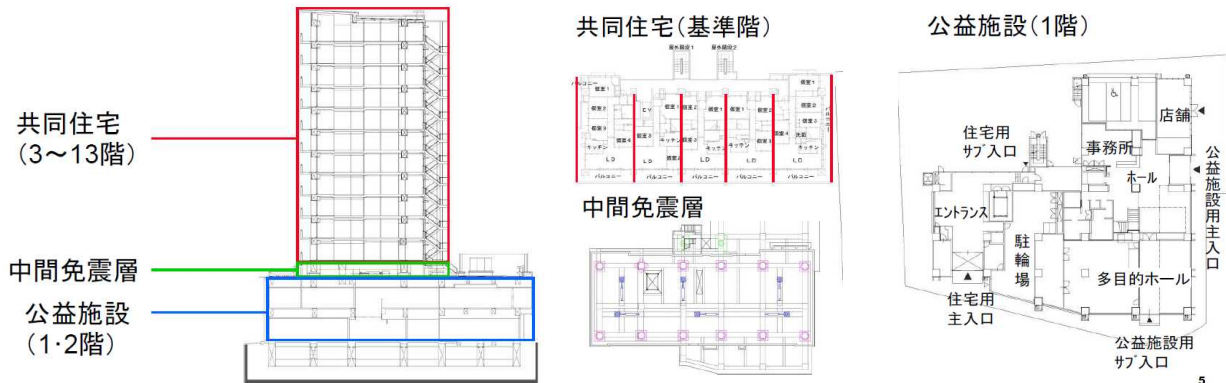


図-4 建物の軸組と用途

4. 構造概要

本計画の構造概要を表-3に、免震ピット図を図-3に、建物の代表的な軸組と用途を図-4に示す。

2階と3階の間に免震層を有する水平方向のクリアランスが550mmの中間階免震構造である。3階梁にはプレストレストコンクリート造（以下、PRC造梁と呼ぶ）を採用した。

- (1) ベースプレート下のコンクリートの充填性
 - (2) PRC造梁の緊張作業
 - (3) 免震ピット内における設備配管
 - (4) 鉄骨EVシャフトの構造と施工
 - (5) 屋外階段の構造と施工
- の以上、5つが挙げられる。

5. 施工計画

5.1 施工概要

本計画の全体工程表を表-4、仮設計画図を図-5に示す。工期は平成23年12月15日から平成25年11月25日までの約23.5ヶ月であった。敷地が狭隘なため、タワーパーキング部分は後施工として作業ヤードを確保し、タワークレーン1基が主要揚重機である。地下工事では構台を設置し、移動式クレーンをスポット的に使用した。施工上の課題は、

5.2 施工上の課題

(1) ベースプレート下のコンクリートの充填性

免震基礎のコンクリート打設では下部ベースプレートも合わせて設置したが、免震基礎とベースプレートとの間にエア（空気の気泡）溜まりやコンクリートの沈降による未充填が懸念された。事前に室内試験練りおよび模擬試験体（モックアップ）を作製して検証した。写真-2および図-6に試験の結果を示す。打込み方法の工夫と工場出荷時の消泡剤の添加により、良好な検証結果が得られた。

表-4 全体工程表

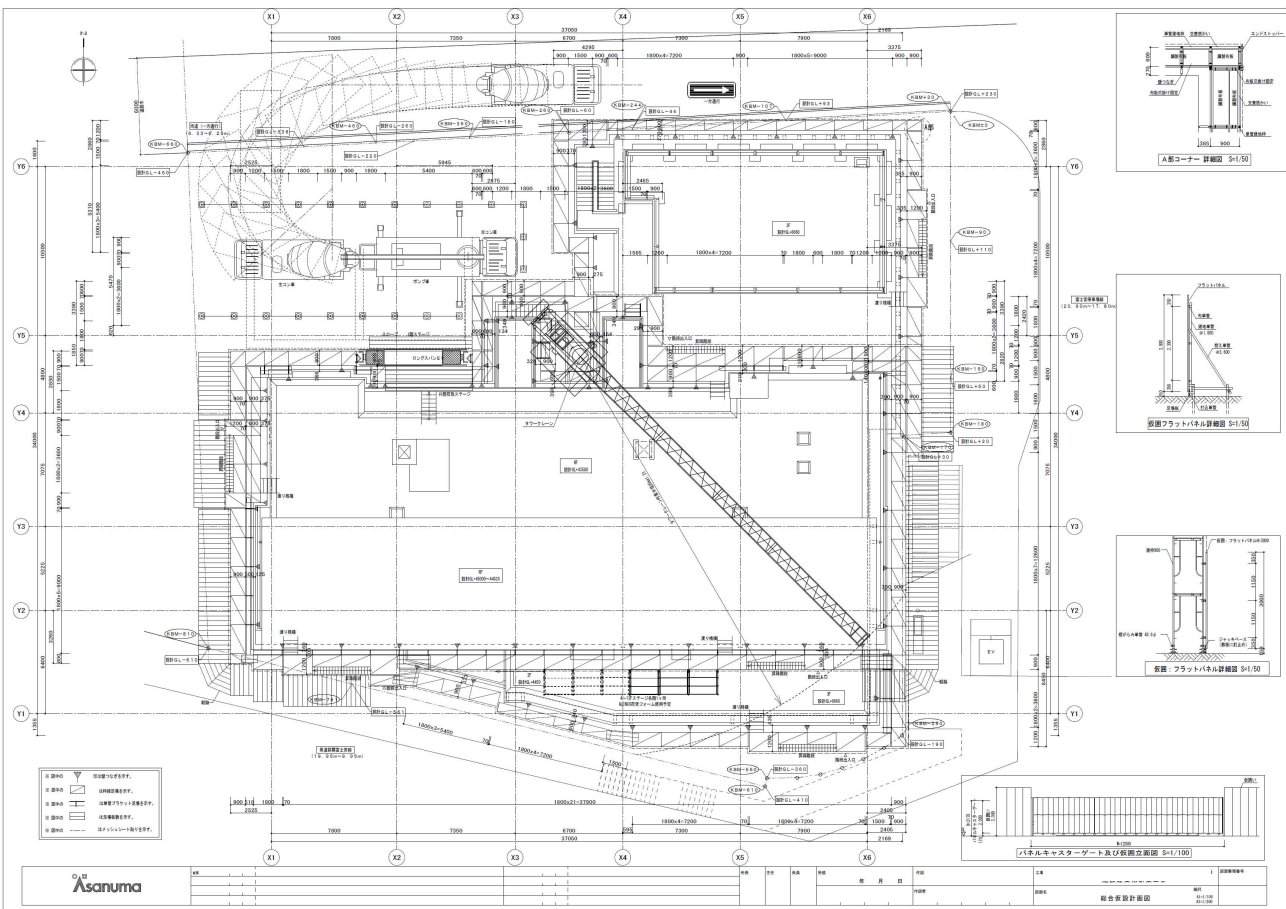
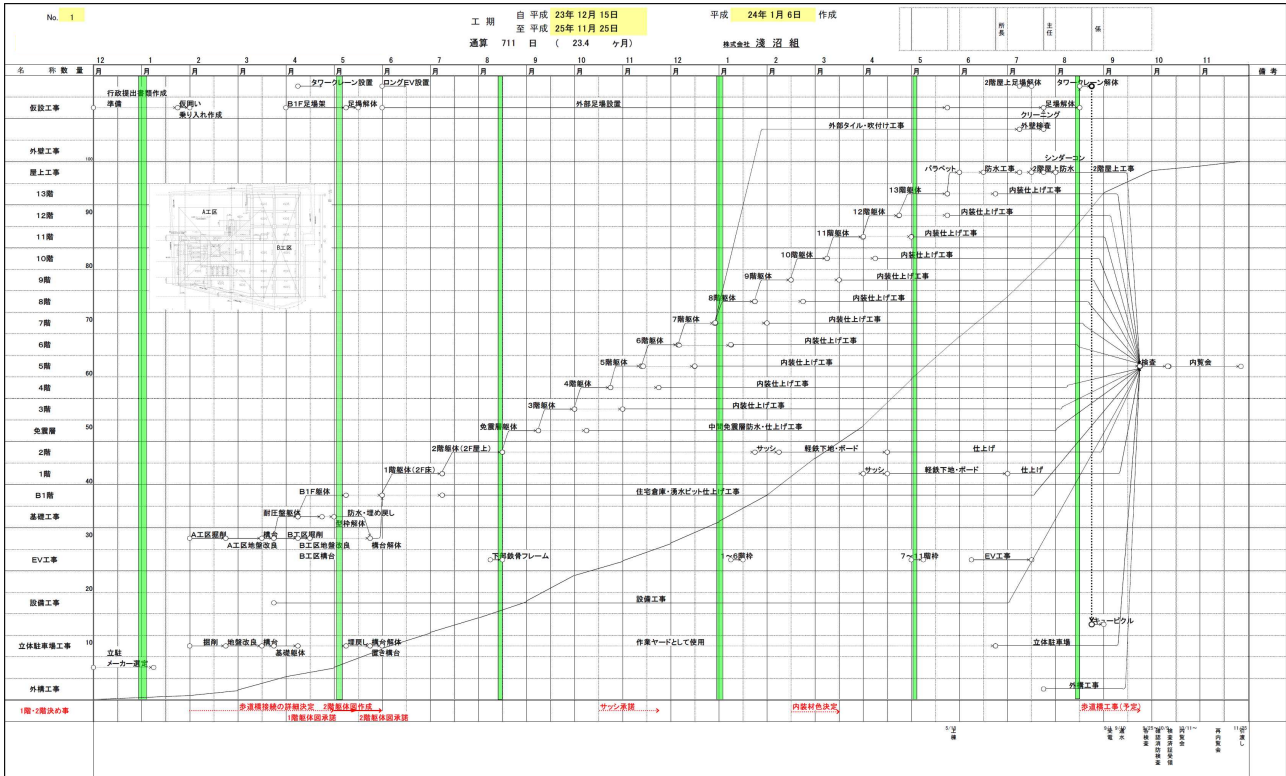


図-5 仮設計画図



写真-2 コンクリート表面

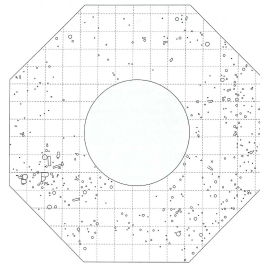


図-6 トレース図

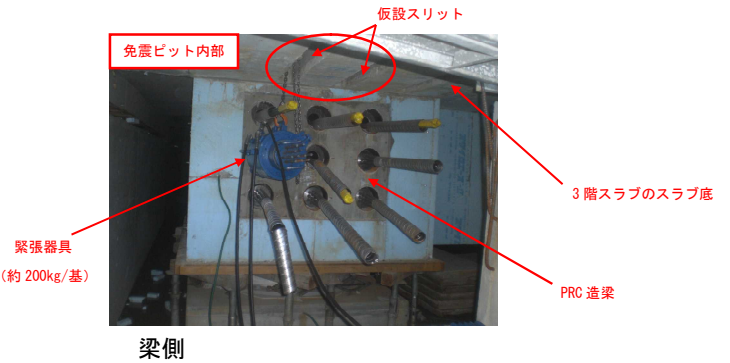


写真-3 緊張器具の設置状況

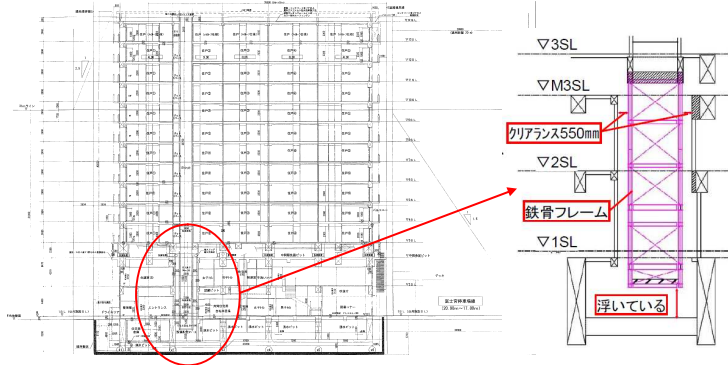


図-7 鉄骨 EV シャフトの断面図

(2) PRC 造梁の緊張作業

本建物では妻側の免震ピット内で PRC 造梁の緊張作業が発生した。サイクル工程と揚重機の制約から、緊張器具の吊り込みは揚重機を使用せずにプレストレス導入を行った。手順を以下に示す(写真-3 参照)。

- 〈手順〉①免震層内の雑壁の一部に仮設開口を設ける。
 ②緊張器具を仮設開口から搬入する。
 ③緊張器具を据える直上付近の床スラブに、吊り込みワイヤー用の仮設スリットを設ける。
 ④免震層内に搬入した緊張器具を吊り上げて、所定の位置にセットする。
 ⑤緊張後、各仮設開口を塞ぐ。

(3) 免震層内における設備配管

本建物の 3 階以上は一般住戸で給排水ともに一般的なヘッダー方式が採用されている。一方、免震層内には免震継ぎ手が採用されているが、以下のような課題と注意点が明らかになった。

- (a) 免震層内での配管には、主に 125A の継ぎ手が採用されているが、免震層内の階高内に納まらず、検討の結果、継ぎ手は斜めに施工された。

- (b) 免震ピット内の雨水・設備配管を固定する架台のアンカー等については、メーカーによる強度計算が不可欠である。

- (c) 免震層(通常のピットや PS・EPS も含む)の設計では、高さや幅に余裕を見込み、施工性も考慮された設計であることが望ましい。本作業所の免震層の内法高さは $H=1,900\text{mm}$ であったが、設備配管等の作業性や設備の納まりを考慮すると、 $H=2,100\text{mm}$ は必要である。

(4) 鉄骨 EV シャフトの構造と施工

鉄骨 EV シャフトの断面図を図-8 に示す。鉄骨フレームは免震層上部(3 階)の RC 小梁から吊り下げている。鉄骨フレームは躯体との間に水平方向に 550mm のクリアランスを確保し、基礎スラブ面からも浮いている。

鉄骨フレームの施工については仮設柱あるいは梁を用いて鉄骨フレームを支える方法が検討された。施工後のあと処理が容易なことから、仮設柱が採用された(写真-4 参照)。

本施工の手順は、以下の通りである。



写真-4 EV シャフト内の鉄骨フレーム建て方



写真-5 屋外鉄骨階段の施工状況

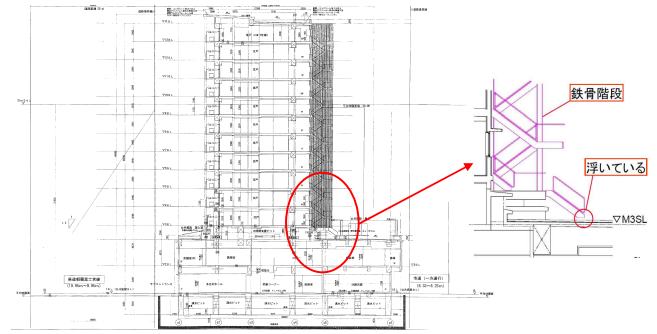


図-8 屋外階段の断面図

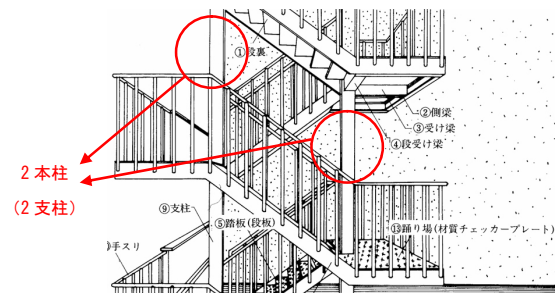


図-9 鉄骨屋外階段の詳細図

- 〈手順〉①内部足場は EV シャフト内の躯体中央部に、鉄骨フレームと干渉しないように組立てる。
- ②地上で短辺方向の鉄骨フレームを屏風型に地組みする。
- ③揚重機で地組みしたフレームを吊り込む。
- ④長辺方向の鉄骨梁を 1P（ピース）毎に吊り込み、内部足場を使用して繋ぐ。

(5)屋外階段の構造と施工

屋外階段の断面図を図-8に示す。免震層上部は屋外鉄階段、下部は RC 階段となっている。鉄骨階段は地震時に建物の変位に追従できるように、最下段は RC スラブと一体化せず浮いている。

図-9に屋外鉄骨階段の詳細図、写真-5に施工状況を示す。屋外鉄骨階段は構造が2本柱(2支柱)の形態となっている(図-9参照)。

屋外鉄骨階段は計画当初は躯体完了後の後付け施工を予定していたが、足場の盛替え手間と工程等を考慮して、先行取付けに変更した。施工は鉄骨 EV シャフトと同様に、仮設柱を用いて鉄骨階段を支持する方法で施工し、施工完了と同時に仮設柱を撤去し、鉄骨階段を自立させた(写真-5参照)。

6. おわりに

本施工において得られた知見を以下に示す。

- (1) 中間階免震構造の妻側に PRC 造梁を採用する場合、免震ピット内で梁の緊張作業が発生する。緊張のタイミングと施工方法を事前に検討しておく。
- (2) 中間階免震層の内法高さは、設備配管等の施工作業性や納まりを考慮すると、2,100mmは必要である。
- (3) EV シャフトおよび屋外鉄骨階段の鉄骨フレームを免震上部躯体から吊る場合は、施工時期と方法を事前に検討する必要がある。

[謝 辞]

本報告にあたり、作業所をはじめ各関係部署の方々には多大なご尽力を頂いた。本工事に従事された方々に深く謝意を表す。