

### 3. 構造設計概要

#### 3.1. 設計方針概要

##### (1) 構造種別、架構形式

構造種別： 鉄筋コンクリート構造 + 一部、CLT 袖壁による耐力壁、CLT 屋根併用

架構形式： X 方向：RC 純ラーメン構造 + 一部、CLT 袖壁による耐力壁併用

Y 方向：RC 純ラーメン構造 + 一部、CLT 袖壁による耐力壁併用

##### (2) 目標とする性能

###### ① 常時

日常的な荷重・外力に対しては、建物の使用性および耐久性に支障を及ぼさないことを目標とし、建築物の構造耐力上主要な部分に損傷を生じないこと、及び、構造耐力上主要な部分の変形または振動によって建築物の使用上の支障が起こらないこととする。

###### ② 地震時

建物が倒壊・崩壊しないことを目標とする。本建物の耐震安全性の分類は「官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課監修）」における構造体Ⅲ類とし、建築基準法と同レベルの設計用地震力（1 次設計  $C_0=0.2$ 、2 次設計  $C_0=1.0$ ）に対して安全性を確認する

###### ③ 暴風時

稀に発生する暴風による力に対して損傷を生じない程度とする。

###### ④ 積雪時

建物の機能保持を目標とし、構造耐力上主要な部分が損傷しないこととする。

##### (3) 計算ルート、適判の要否

###### ① 計算ルート

X 方向：  ルート 3  ルート 2  ルート 1

Y 方向：  ルート 3  ルート 2  ルート 1

###### ② 建築基準法第 20 条の区分

第 1 号  第 2 号  第 3 号  第 4 号

###### ③ 建築基準法施行令第 81 条の区分

第 1 項各号に掲げる規準に従った構造計算（大臣認定ルート）

第 2 項第 1 号イに掲げる構造計算（保有水平耐力計算）

第 2 項第 1 号ロに掲げる構造計算（限界耐力計算）

第 2 項第 2 号イに掲げる構造計算（ルート 2）

第 3 項に掲げる構造計算（ルート 1）

###### ④ 特定構造計算規準の該当

特定構造計算規準に該当 する しない

⑤ 構造計算適合性判定の要否

構造計算適合性判定が 必要 不要

(4) コンクリートの計画供用期間の級

短期共用級（計画供用期間としておよそ 30 年）

標準共用級（計画供用期間としておよそ 65 年）とする

長期共用級（計画供用期間としておよそ 100 年）

超長期共用級（計画供用期間としておよそ 200 年）

(5) その他の構造仕様（住宅性能評価、長期優良住宅など）

特になし

## 3.2. 構造設計方針

構造計画において留意した点を以下に示す。

### 3.2.1. 上部構造

主体構造は鉄筋コンクリート造による純ラーメン構造であり、一部に CLT 袖壁及び CLT スラブを併用した混合構造である。以下、上部構造の構造設計方針を示す。

#### <CLT 袖壁利用に関する構造設計方針>

- ・ 構造計算は保有水平耐力計算（ルート 3）とし、最低限必要な性能（ $D_s=0.3$  相当の保有水平耐力）は RC ラーメンのみで確保した架構を対象に、耐力壁として CLT 袖壁の付加による RC 梁のヒンジリロケーションによる最大耐力の増大効果に期待した設計とする。
- ・ CLT 袖壁は、大地震時に対しても材料強度を超えることがないように十分な耐力を有するように計画し、S90-7-7（210mm）とする。
- ・ 全体の地震力に対する CLT 袖壁の水平力分担率は、各方向約 10～25%とする架構となる。
- ・ CLT 袖壁を組み込んだ RC ラーメンの耐力向上効果は、国土技術政策総合研究所にて実施された既往の実験及び解析検証<sup>1-4)</sup>により確認されている。本設計では既往の実験<sup>2-4)</sup>を題材にしてモデル化の妥当性、耐力向上効果を解析的にも確認した上でモデルプランの設計を行う。
- ・ CLT 袖壁は既往の実験で確認された簡易な接合方法として、RC ラーメンの上下梁に無収縮モルタルを介して面タッチさせる、いわゆる圧縮ストラット効果に期待した収まりとして、せん断抵抗として接合金物を設ける。RC 柱と CLT 袖壁は構造上縁を切った応力伝達となる。施工手順としては後付けを想定し、長期荷重は負担しないものとし、純粋な耐震要素として、CLT 袖壁を一部室内空間に現わしとして計画する。
- ・ CLT 袖壁パネルのモデル化は、既往の文献<sup>5)</sup>を参考に、水平方向加力に対して CLT の隅角部をつなぐ斜め圧縮力によるストラット効果を期待した等価な X 形状の圧縮ブレースに加え、本設計では鉛直方向の圧縮性能にも等価となるように、CLT 袖壁パネルの中心位置に鉛直要素の圧縮専用トラスを追加した“圧縮ブレース柱モデル（X形状）”とした。このモデル化の妥当性は既往の実験<sup>2-4)</sup>と照らし合わせることで妥当性を確認する。
- ・ CLT 袖壁と RC 梁との水平せん断力の伝達機構は、上下の接触面に生じた摩擦力（主に中地震時）と、接合金物による抵抗（主に大地震時）に期待する。
- ・ CLT 袖壁は、S90-7-7（ $t=210$ ）として、X 方向に幅 1.0m、Y 方向に幅 1.2m の袖壁を、剛性率、偏心率になるべく悪影響を与えないよう意匠計画に合わせてバランス良く配置する。
- ・ 1 次設計では RC フレームと CLT 袖壁の剛性差を評価するため、1 次設計においても RC フレームのひび割れ剛性低下を考慮した非線形解析とする。
- ・ 1 次設計時の層間変形角の制限値は 1/200rad とする。
- ・ 保有水平耐力はいずれかの層が 1/100rad に達した時点の耐力とする。Ds 算定時はいずれかの層が 1/50rad 時点に達する時点とし、いずれの時点も脆性破壊する部材がないことを荷重増分解析により確認する。

#### <構造特性係数 $D_s$ の設定について>

- ・ 大地震時のメカニズムは、CLT 袖壁の付加による RC 梁のヒンジリロケーションに期待した

RC 梁の曲げ降伏を主とした全体崩壊形を形成させる。

- ・ 構造特性係数  $D_s$  の設定の考え方を示す。CLT 袖壁と RC 柱は独立した収まりとなるため、CLT 袖壁を RC 耐震壁とみなした場合で考える。RC フレームを FA ランクで構成し、かつ、CLT 袖壁の部材種別判定として  $D_s$  算定時の軸力及びせん断力に対して、応力割増 1.25 倍を考慮した応力に対して基準強度以内であることを確認することで CLT 袖壁の脆性破壊を防止した保証設計とみなし WA と評価する。CLT 袖壁の水平力分担率は各方向約 10~25%となる架構であることから、告示昭 55 建告第 1792 号第 1・第 4 で示される鉄筋コンクリート構造の  $D_s$  値から設定すると、各方向  $D_s$  値は 0.30 となる。これは前述のように、崩壊形を RC 純ラーメンの場合と同様に RC 梁の曲げ降伏を主とした全体崩壊形を前提としつつ、CLT 袖壁の水平力負担率からみて、概ね問題ない  $D_s$  値であると考えられる。また、既往の実験<sup>2-4)</sup>において CLT 袖壁を設置した架構の載荷実験の結果、層間変形角は 1/25rad に達しても脆性的な破壊を生じていないことが確認されており、純 RC ラーメン架構と変形性能は概ね同程度であることが確認されている。一方で、架構によっては、CLT 袖壁付加によるヒンジリロケーションにより、そのフレームの RC 梁の部材回転角は大きくなり、建物自体の終局変形性能は純 RC ラーメンより若干低下することも考えられる。そこで、塑性化を許容する RC 部材の曲げ終局変形角を、既往の文献<sup>6)</sup>を参考に 0.025rad と設定し、RC 純ラーメン架構の場合と、CLT 袖壁付加した架構それぞれに対していずれかの RC 部材の塑性曲げ変形角が 0.025rad に達するまでの荷重増分解析を実施する。そして、限界耐力計算による手法として等価一自由度系に縮約した  $Q\delta$  関係より面積等価な完全弾塑性置換から建物の塑性率  $\mu$  を算出し、 $D_s=1/\sqrt{2\mu-1}$ より計算上の  $D_s$  をそれぞれ算出する。RC 純ラーメン架構の計算  $D_s$  に対する、CLT 袖壁を付加した架構の計算  $D_s$  の比率を、元の  $D_s=0.3$  に乗じることで本架構の  $D_s$  を評価する。結果、その比率は X 方向 1.07、Y 方向 1.06 となり、 $D_s=0.3\times 1.07=0.321$  と算出される。安全側に丸めた値として、各方向ともに  $D_s=0.35$  を採用する。

#### <CLT スラブ利用に関する構造設計方針>

- ・ 木材活用の観点から、R 階の RC スラブの一部を CLT スラブに置き換えているが、CLT には水平構面としての性能は期待せず、長期荷重のみを受けるスラブとして設計する。よって、CLT 部分は水平構面が存在しないもの（吹き抜け）と考えても、周辺の RC スラブで水平構面に発生するせん断力を伝達できる架構を対象とする。
- ・ CLT スラブは、長期荷重に対して許容応力度を超えることがないよう十分な耐力を有するように計画し、Mx60-5-7 (210mm) とする。

---

#### 参考文献

- 1) 坂下雅信、荒木康弘、福山洋：CLT 袖壁を取り付けた RC 柱の構造性能に関する実験的研究，日本建築学会技術報告集 第 26 巻 第 63 号，573-578，2020.6
- 2) 坂下雅信、毎田悠承、瀧裕、荒木康弘、福山洋、中川貴文、五十田博：CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究 その 1 実験概要，日本建築学会大会学術講演梗概集 423-424，2020.9
- 3) 毎田悠承、坂下雅信、瀧裕、荒木康弘、福山洋、中川貴文、五十田博：CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究 その 2 荷重変形関係，損傷状況，日本建築学会大会学術講演梗概集 425-426，2020.9
- 4) 瀧裕、毎田悠承、坂下雅信、荒木康弘、福山洋、中川貴文、五十田博：CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究 その 3 各部のひずみ，日本建築学会大会学術講演梗概集 427-428，2020.9
- 5) 福本晃治、五十田博：CLT を鉄骨造の耐震要素として用いたハイブリッド構造の接合部における支圧力の伝達に関する検討，日本建築学会構造系論文集 第 86 巻 第 788 号，1440-1451，2021.10
- 6) 鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，日本建築学会 1999

### 3.2.2. 基礎構造

基礎構造の構造設計方針を示す。

- ・ 基礎構造は GL-2.0m 以深に砂礫層が存在するものとして、独立基礎形式とする。
- ・ Ds 算定時の応力に対してヒンジが発生しないよう基礎梁を設計する。
- ・ ピットが必要な部分のみ 2 重スラブとし、それ以外は土間ピット方式とする。
- ・ 支点はピン接合とし、1 次設計及び保有水平耐力の計算では浮き上がりを考慮し、Ds 算定時は浮き上がらないものとして計算する。
- ・ 1 次設計時には支点の浮き上がりを発生させないように浮き上がりに対する抵抗を高めている。
- ・ 本地盤は液状化しない地盤である。

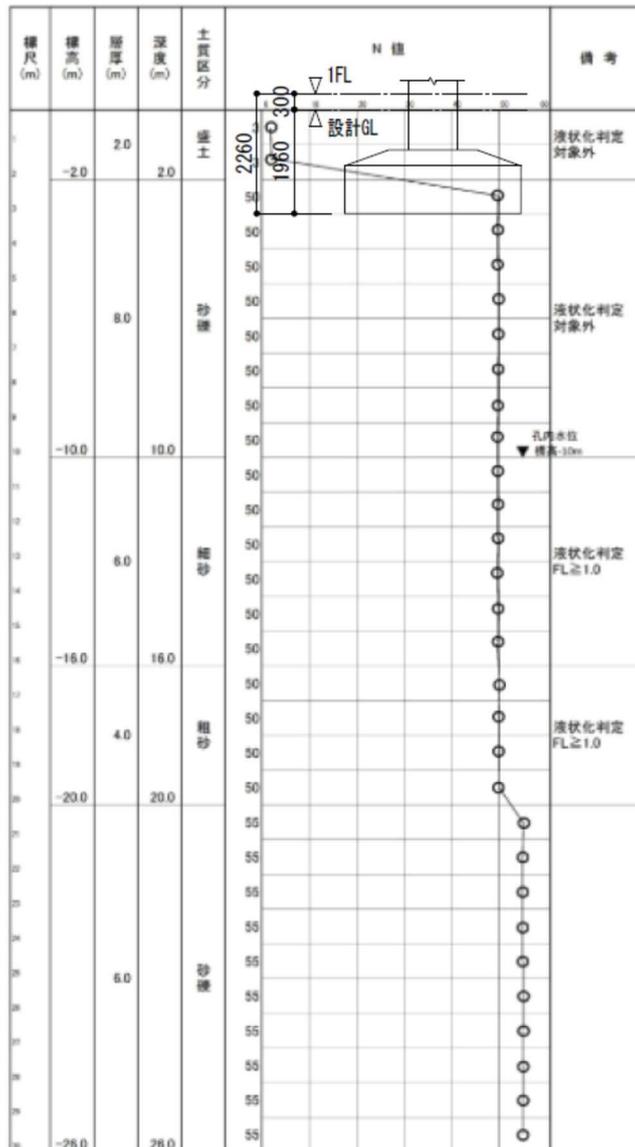
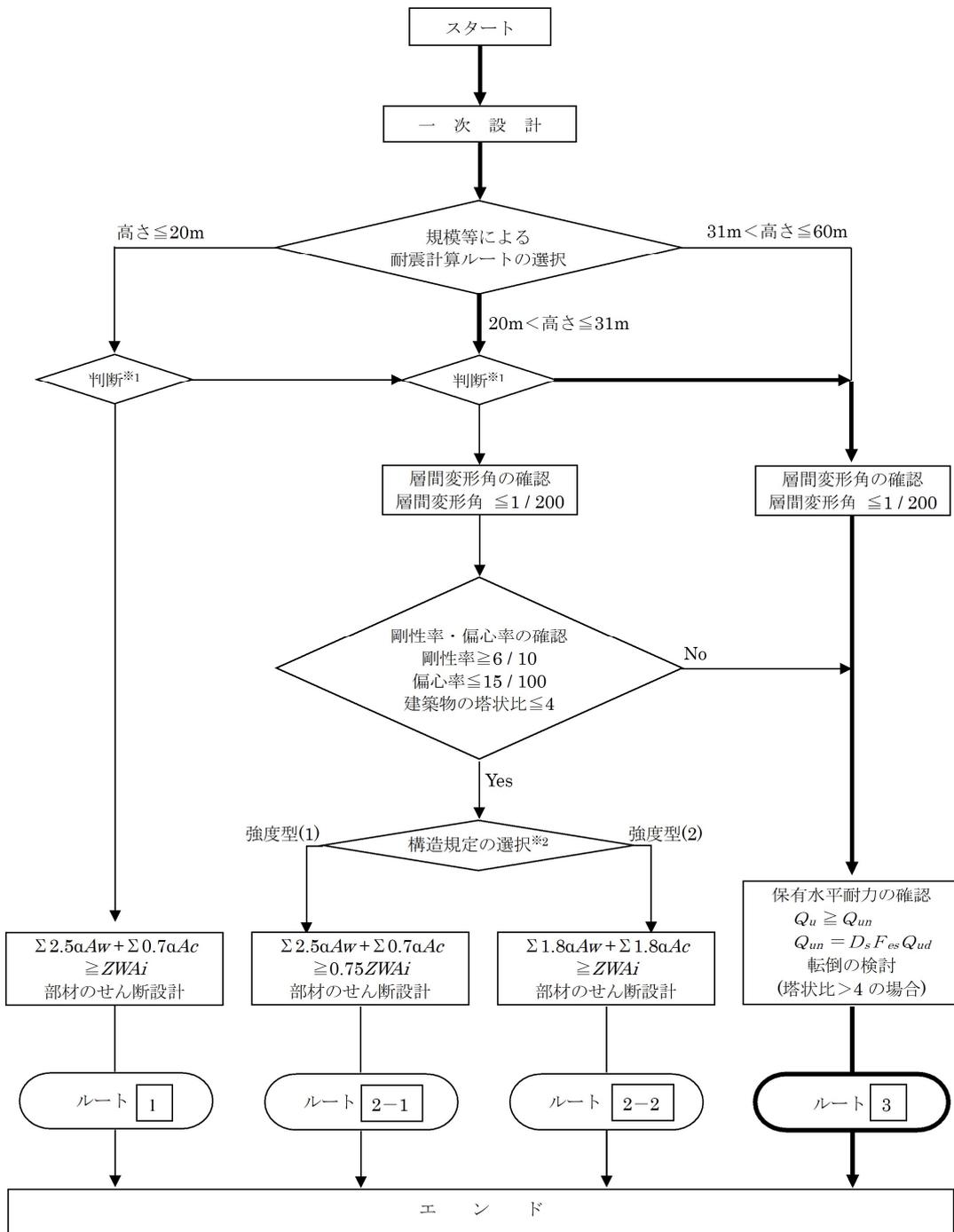


図 3.2.2.1 想定地盤と床付け

### 3.3. 構造計算ルート

採用した構造計算ルートを以下に示す。主体構造である鉄筋コンクリート構造のルート 3 を採用する。



※1 判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。例えば、高さ 31m 以下の建築物であっても、より詳細な検討を行う設計法であるルート 3 を選択する判断等のことを示している。

※2 平成 27 年 (2015) 年の告示改正によって、全体崩壊メカニズムの確保を目標とする靱性型の耐震計算ルート 2-3 が廃止されている。

図 3.3.1 構造計算ルート

### 3.4. 設計クライテリア

設計クライテリア一覧を以下に示す。

表 3.4.1 設計クライテリア一覧（建物）

項目	クライテリア
1次設計用地震力に対する層間変形角	1/200rad
偏心率	0.15 以下 <sup>※1</sup>
剛性率	0.60 以上 <sup>※2</sup>
保有水平耐力 $Q_u$ 時	いずれかの層が層間変形角 1/100rad に達した時点 または RC 部材が脆性破壊した時点 または CLT 袖壁が基準強度に達した時点
$D_s$ 算定時	いずれかの層が層間変形角 1/50rad に達した時点 または RC 部材が脆性破壊した時点 または CLT 袖壁が基準強度に達した時点
保有水平耐力 $Q_u$ / 必要保有水平耐力 $Q_{un}$	1.00 以上 <sup>※3</sup>
大地震の層間変形角 <sup>※4</sup>	1/100 rad 以内

※1：偏心率が 0.15 を超える場合は、偏心による割増係数  $F_e$  を適宜考慮する

※2：剛性率が 0.60 を下回る場合は、剛性率による割増係数  $F_s$  を適宜考慮する

※3：耐震安全性の分類をⅢ類とする

※4：「建築構造設計基準の資料（令和 3 年改訂） 国土交通省」に準拠した検討とする

表 3.4.2 設計クライテリア一覧（部位）

		常時	積雪	稀地震 風圧時	極稀地震時
		長期	中短期 <sup>※1</sup>	短期	終局
RC (応力)	圧縮	$F_c \times 1/3$	$F_c \times 2/3$		$F_c$
	引張・せん断	$F_c \times 1/30$ かつ $(0.5 + 1/100 \times F_c)$	長期の 1.5 倍		長期の 2 倍
RC (変形)	たわみ(床)	1/250	—	—	—
CLT (応力)	軸力(圧縮)	$cltF_c \times 1.1/3$	$cltF_c \times 1.6/3$	$cltF_c \times 2/3$	$cltF_c$
	軸力(引張)	-	-	-	-
	曲げ	$cltF_b \times 1.1/3$	$cltF_b \times 1.6/3$	$cltF_b \times 2/3$	$cltF_b$
	せん断	$cltF_s \times 1.1/3$	$cltF_s \times 1.6/3$	$cltF_s \times 2/3$	$cltF_s$
CLT (変形)	たわみ(床)	$1/300$ <sup>※1</sup> かつ 20mm <sup>※1</sup>	1/225	—	—
CLT (接合部)	圧縮(支圧)	-(期待しない)	—	$CLT F_c \times 2/3$	—
	せん断	-(期待しない)	—	$jQ_a$ <sup>※2</sup>	$jQ_u$

※1：「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）」に準拠

また、長期荷重時はクリープによる変形増大係数 2.0 を考慮する

※2：ただし、摩擦抵抗力に期待する。

ここで、  $F_c$  : コンクリートの材料強度  
 ${}_{clt}F_c$  : CLT 圧縮の材料基準強度  
 ${}_{clt}F_t$  : CLT 引張の材料基準強度  
 ${}_{clt}F_b$  : CLT 曲げの材料基準強度  
 ${}_{clt}F_s$  : CLT せん断の材料基準強度  
 ${}_jQ_a$  : 接合部の短期許容せん断耐力

表 3.4.3 基礎の設計クライテリア一覧

検討項目	長期荷重時	短期荷重時	極稀地震時
接地圧	長期許容応力度以内	短期許容応力度以内	極限応力度以内
基礎梁	長期許容応力度以内	短期許容応力度以内	終局耐力以内
独立基礎	長期許容応力度以内	短期許容応力度以内	—

### 3.5. 応力解析概要

応力解析は一貫計算ソフト SuperBuild/SS7（ユニオンシステム）を使用するものとし、1次設計の弾性応力解析および保有水平耐力検討時の荷重増分解析は同じ解析モデルとする。解析モデルを下図に示す。解析モデルの詳細設定は6章に示す。

<上部構造+基礎構造>

プログラム名 Super Build/SS7

バージョン Ver.1.1.1.17

メーカー名 ユニオンシステム株式会社

大臣認定 大臣認定プログラム その他のプログラム

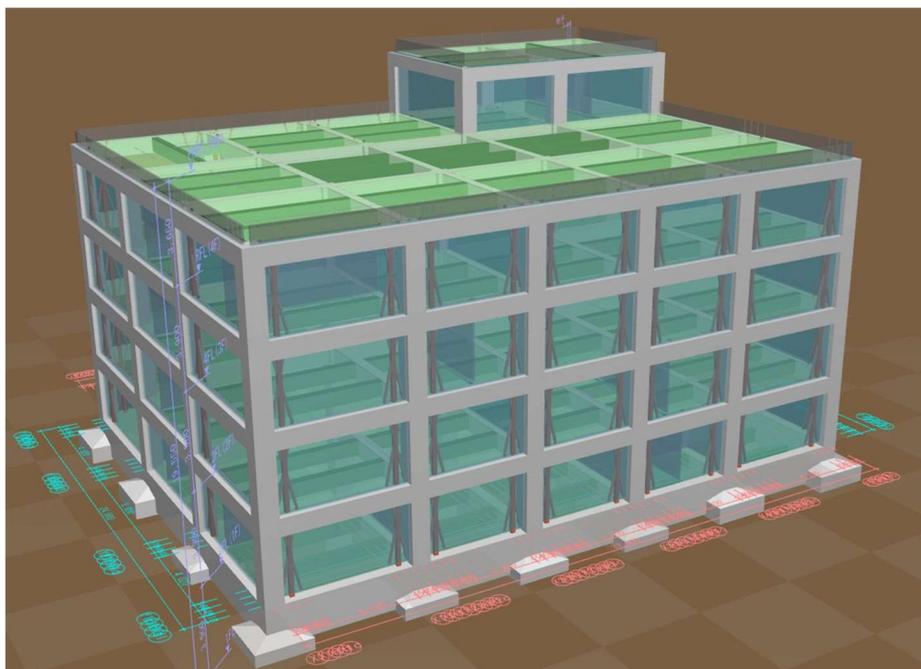


図 3.5.1 解析モデル