

ケーススタディ

フィージビリティスタディで絞り込んだタイプA、B、Cの3案のうち、タイプA及びタイプBについてケーススタディを行う。

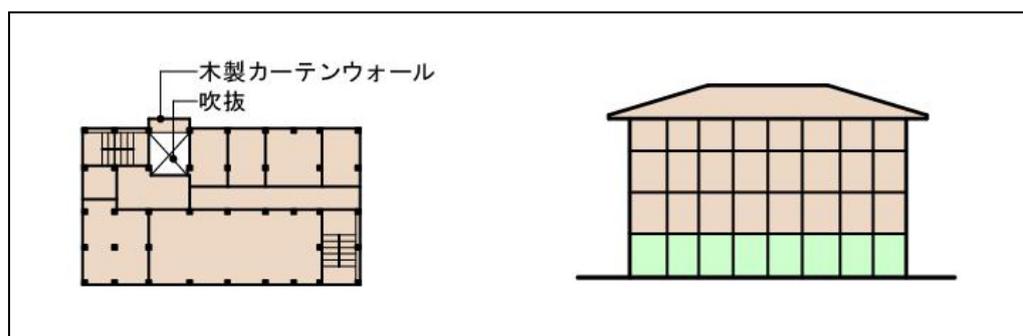
1. 施設概要

(1) コンセプト

ケーススタディのコンセプトは、次のとおりである。

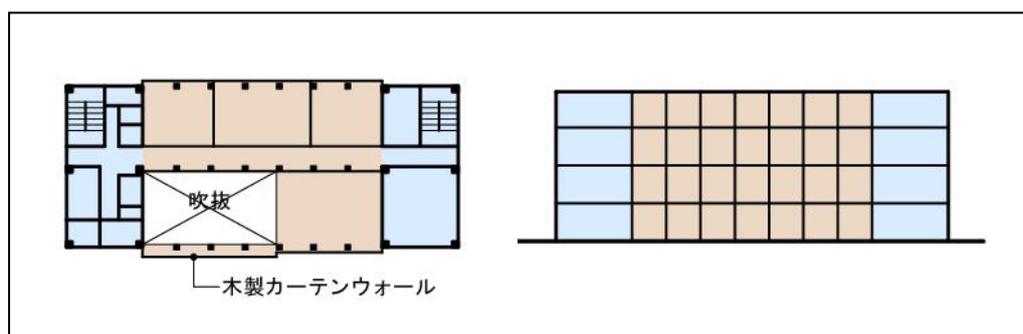
【タイプA】

- ① 1階が鉄骨造、2階以上が木造の立面混構造とし、木造部分はメンブレン型の耐火建築物とする。
- ② 木造耐火建築物について様々な技術的検討を行うため、吹き抜け、カーテンウォールを設けるとともに屋根は勾配屋根とする。
- ③ タイプBに準じて地上4階建てとする。



【タイプB】

- ① 鉄筋コンクリート造のサイドコアで中央の木造部分を挟んだ平面混構造とし、木造部分は燃え止まり型の部材等による耐火建築物とする。
- ② 耐火建築物（1時間）として建築可能な最大の階数（最上階及び最上階から数えて4階まで）を踏まえ、地上4階建てとする。
- ③ 地震力はすべて鉄筋コンクリート造部分に負担させる。
- ④ 木造耐火建築物について様々な技術的検討を行うため、吹き抜け、カーテンウォールを設けるとともに屋根は陸屋根とする。



(2) 施設概要

上記コンセプトを踏まえて行ったケーススタディの施設概要は、次表とおりである。

| | | タイプA | タイプB |
|------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 規 模 | 建 築 面 積 | 399.24 m ² | 755.32 m ² |
| | 延 べ 床 面 積 | 1,558.08 m ² | 2,928.06 m ² |
| | 階 数 | 4階建て | 4階建て |
| | 構 造 | 1階鉄骨造、2～4階木造 (立面混構造) | 木造、一部RC造 (平面混構造) |
| | 階 高 | 4.0 m | 4.0 m |
| | 天 井 高 | 2.6 m | 2.6 m |
| | 最 大 ス パ ン | 7.2 m | 9.0 m |
| 各 部 仕 様 | 外 壁 | ALCパネル+アルミスパンドレル (一部 カーテンウォール) | ALCパネル+アルミスパンドレル (一部 カーテンウォール) |
| | 床 ・ 天 井 | 床：木組床+OAフロア 天井：岩綿吸音板(2重天井) | 床：RCスラブ+OAフロア 天井：岩綿吸音板(梁型現し) |
| | 間 仕 切 り 壁 | 木下地+せっこうボード二重張り | 軽量鉄骨下地+せっこうボード二重張り |
| | 軸 組 | 製材、集成材 | 集成材(燃え止まり型) |
| | 水 平 抵 抗 要 素 | 構造用合板張り | RCスラブを介してRCコア部 が水平力を負担 |
| | 空 調 方 式 | 天井カセット | 床吹き出し |
| 工 期 | 約10カ月 | 約12カ月 | |

※ALCパネルとは、軽量気泡コンクリートパネルである。

なお、燃え止まり型の部材について、以下、燃え止まり層の仕様から、(株)竹中工務店が開発したものを「モルタル型」、東京農工大学・森林総合研究所及び鹿島建設(株)が開発したものを「薬剤注入型」という。

2. 部材の検討

外壁、床、間仕切壁及び水平抵抗要素について、耐火性能等の特性やコストの観点から複数の仕様の案を比較・検討し、ケーススタディで採用する仕様を決定する。

(1) 外壁

ア. 求められる耐火性能

耐火構造の外壁に求められる耐火性能は、次表のとおりである。(建築基準法施行令 107 条)

| 耐力壁 | 耐力壁・非耐力壁 | |
|--------------|-------------|-------------|
| | 延焼のおそれのある部分 | 左以外の部分 |
| 非損傷性 (第 1 号) | 遮熱性 (第 2 号) | 遮熱性 (第 2 号) |
| | 遮炎性 (第 3 号) | 遮炎性 (第 3 号) |
| 1 時間 | 1 時間 | 30 分 |

※最上階から数えた階数が 4 以内の階

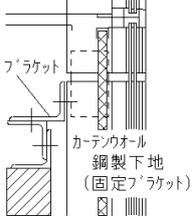
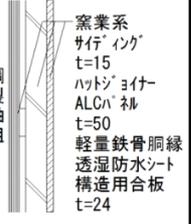
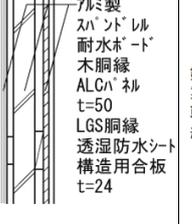
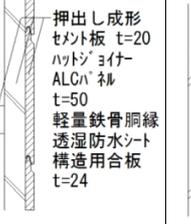
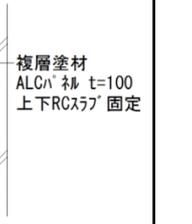
イ. 検討条件、留意事項

- ①耐火構造の外壁に係る告示仕様には (平成 12 年 5 月 30 日建設省告示第 1399 号)、木片セメント板によるものを除き木質系下地の規定がなく、RC造やALCパネル等とするか、大臣認定を受けた仕様の外壁とする必要がある。
- ②窯業系サイディングの施工適用範囲は、貼付高さが、13mを超える場合、メーカーの仕様から外れる場合が多いため、使用条件の確認が必要

ウ. 仕様の比較検討

想定される外壁の仕様と性能は、次表のとおりである。

タイプA、タイプBとも、重量、景観性、断熱性において比較優位であるALCパネル (t=50) に金属製パネル仕上げ (一部、ガラスカーテンウォール) とする。

| | ガラス カーテンウォール | 窯業系 サイディング | 金属製パネル | 押出成型セメント板 | A L C |
|----------------|---|---|--|---|---|
| 仕様 |  |  |  |  |  |
| 使用条件 | — | ・窯業系サイディングの施工適用範囲は、貼付高さが、13mを超える場合、メーカーの仕様から外れる場合が多いため、使用条件の確認が必要 | — | ・押出成型セメント板は厚さ15mmは高さ16mまで、20mmは32mまで対応。 | — |
| 景観性 | ○ | ○ | ○ | ○ | △ |
| 重量 | 30kg/m ² ○ | 33kg/m ² ○ | 33kg/m ² ○ | 70kg/m ² △ | 70kg/m ² △ |
| 断熱性 (熱貫流率) | 1.77W/m ² ・K △ | 3.1W/m ² ・K ○ | 3.2W/m ² ・K ○ | 3.4W/m ² ・K ○ | 1.7W/m ² ・K △ |
| 遮音性 (透過損失) | 35dB ○ | 32dB ○ | 31dB ○ | 35dB ○ | 29dB ○ |
| 耐久性 (保証年数) | 漏水10年保証 | 塗膜10年保証 | 加工品のため保証は無いが、20年以上の実績あり | 10年保証 | 10年保証 |
| 保水性 (メンテ間隔) | ガラスの定期的な清掃が必要(6ヶ月) | 塗装の塗替えが必要 塗装よりもシール部分の痛みが早い | 汚れ部の真水による洗浄が必要(3~5年) | 塗装の塗り替えが必要(5~10年等) | 塗装の塗り替えが必要(5~10年等) |
| コスト | △ 105,000 円/m ² | ○ 28,000 円/m ² | ○ 29,000 円/m ² | ○ 23,600 円/m ² | ○ 9,330 円/m ² |

タイプA・B共
木製マリオンによる
スタディを行うため、
部分的に使用

タイプA・B共
重量、景観性、断熱性で
比較優位のため、
金属製パネルを採用

(2) 床及び天井

ア. 求められる耐火性能

耐火構造の床に求められる耐火性能は、次表のとおりである。(建築基準法施行令 107 条)

| | |
|-----------------------|-----|
| 非損傷性(第1号) 遮熱性(第2号) | 1時間 |
|-----------------------|-----|

※最上階から数えた階数が4以内の階

イ. 検討条件、留意事項

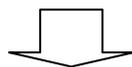
- ①耐火構造の床に係る告示仕様(平成12年5月30日建設省告示第1399号)には、木片セメント板によるものを除き木質系下地の規定がなく、規定のあるRC造やALCパネル等とするか、大臣認定を受けた仕様の床とする必要がある。
- ②メンブレン型の梁の場合、木組床と組み合わせた仕様のみ大臣認定を受けている。
- ③燃え止まり型の柱、梁は、床との接合部における耐火性能の確認が必要である。(薬剤注入型と木組床、モルタル型とRCスラブの組み合わせはそれぞれ実験済み。)
- ④外壁を柱、梁で支持することが困難で、床で支持する場合は、RCスラブとする必要がある。
- ⑤木組床(メンブレン型)の場合、ボードの開口面積制限(200cm²/箇所)を遵守する必要があるほか、重量衝撃音への対策を講ずる必要がある。
- ⑥RCスラブの場合、床の自重が大きいことに留意する必要がある。

ウ. 仕様の比較検討

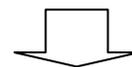
想定される床の仕様と性能は、次表のとおりである。

タイプAは、軸組構法の木造建物をメンブレン型で耐火性能を確保するとのケーススタディのコンセプトから木組床（メンブレン型）とし、タイプBは、外壁及び間仕切壁の取付け及び木造部分の地震力のRCコアへの伝達の観点からRCスラブとする。

| | | 木組床+せっこうボード | ALCパネル | RCスラブ |
|---------------|--------|---|--|---|
| 仕様(例) | | タイルカーペット ○Aフロア H=100 強化せっこうボード t=21 強化せっこうボード t=21 構造用合板 t=24 強化せっこうボード t=21 強化せっこうボード t=15 | タイルカーペット ○Aフロア H=100 珪藻土 t=20 ALCパネル t=100 構造用合板 t=24 せっこうボード t=12.5 岩綿吸音板 t=9 | タイルカーペット ○Aフロア H=100 RCスラブ t=150 せっこうボード t=12.5 岩綿吸音板 t=9 |
| はりとの 接合 | メンブレン型 | ○ | 認定外 × | 認定外 × |
| | 燃え止まり型 | ○ (薬剤注入型) | △ | ○ (モルタル型) |
| 外壁等の固定 | | × | × | ○ |
| 重量 | | 100kg/m ² ○ | 150kg/m ² ○ | 440kg/m ² △ |
| 遮音性 (透過損失) | | 43dB ○ | 46dB ○ | 51dB ○ |
| 施工性 | | ○ | ○ | コンクリートのノロ対策 △ |
| コスト | | 28,000 円/m ² | 19,800 円/m ² | 18,000 円/m ² |



タイプA
認定による仕様の制限より木組床を採用



タイプB
外壁や間仕切壁の支持を考慮しRCスラブを採用

(3) 間仕切壁

ア. 求められる耐火性能

耐火構造の間仕切壁に求められる耐火性能は、次表のとおりである。(建築基準法施行令 107 条)

| 耐力壁 | 非耐力壁 |
|-----------------------------|-------------|
| 非損傷性 (第 1 号) 遮熱性 (第 2 号) | 遮熱性 (第 2 号) |
| 1 時間 | 1 時間 |

※最上階から数えた階数が 4 以内の階

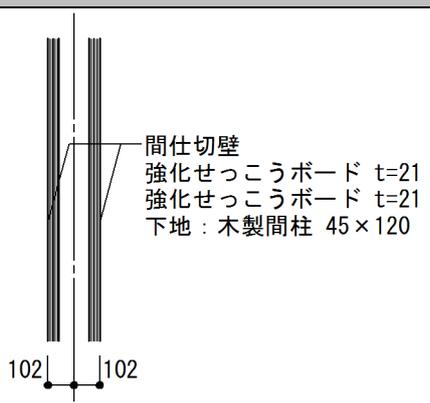
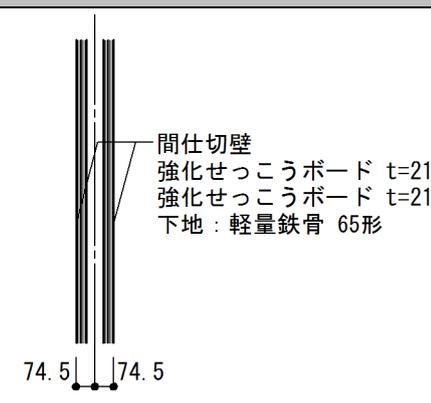
イ. 検討条件、留意事項

- ①木下地間仕切壁は、施工に際して職人の確保が課題となる。
- ②燃え止まり型の部材は、大臣認定の仕様上、原則として部材にアンカーやスタッドを取り付けることができない。(ただし、燃え止まり型 (薬剤注入型) については、実験により部材に間仕切壁を取り付けて必要な耐火性能があることを確認している。)
- ③メンブレン型の間仕切壁は、大臣認定の仕様上、耐火構造の部材に取り付けなければならないため、木下地間仕切を燃え止まり型の部材に取り付けることについて、実験等により検証が必要である。

ウ. 仕様の比較検討

想定される間仕切壁の仕様と性能は、次表のとおりである。

タイプ A、タイプ B とも、いずれの仕様の間仕切壁でも使用できるが、木材の使用量と施工性の両面で優れた仕様がないことからタイプ A は木下地間仕切壁とし、タイプ B は軽量鉄骨下地間仕切壁とする。

| | 木造下地 | 軽量鉄骨下地 |
|--------------|---|--|
| 仕様 (非耐力壁) |  |  |
| 木材使用量 | ○ | △ |
| 施工性 | 職人の確保 △ | ○ |
| コスト | 8,400 円/m ² | 7,600 円/m ² |

(4) 水平抵抗要素

ア. 検討条件

・木造耐火構造設計の実現性評価（耐火部材と水平抵抗要素との取り合い）

| 耐火部材 | 水平抵抗要素 | 木製ブレース | 鋼製ブレース | 合板 |
|-----------|--------|--|---|--|
| メンブレン型 | | <p>■木製ブレースを露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルト、接合金物がメンブレン部材を貫通することは可 ・メンブレンを挟んで接合する場合、メンブレン部材を介した力の伝達方法に工夫が必要 <p>■木製ブレースを露出しない場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁に直接接合可能 ・水平耐力要素もメンブレンで被覆 | <p>■鋼製ブレースを露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルト、接合金物がメンブレン部材を貫通することは可 ・メンブレンを挟んで接合する場合、メンブレン部材を介した力の伝達方法に工夫が必要 <p>■鋼製ブレースを露出しない場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁に直接接合可能 （水平耐力要素もメンブレンで被覆） | <p>■合板を露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルト、接合金物がメンブレン部材を貫通することは可。 ・メンブレンを挟んで接合する場合、メンブレン部材を介した力の伝達方法に工夫が必要 <p>■合板を露出しない場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁に直接接合可能 （水平耐力要素もメンブレンで被覆） |
| 燃え止まり型 | | <p>■木製ブレースを露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁の外側に、スラブ-スラブ間で枠付きの木製ブレースを設置することが考えられる。 ・柱梁フレーム外であることについて力の伝達方法に工夫が必要 <p>■木製ブレースを露出しない場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直接柱梁に接合した場合について、薬剤注入型の場合のみ、メンブレンで被覆すれば耐火上問題ないことを大臣認定の取得はないが実験で確認済み ・燃え止まり層を挟み込むことを考慮した力の伝達方法に工夫が必要 | <p>■鋼製ブレースを露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁の外側に、スラブ-スラブ間で枠付きの鋼製ブレースを設置することが考えられる。 ・柱梁フレーム外であることについて力の伝達方法に工夫が必要 ・鋼製ブレースを露出する合理性に欠ける <p>■鋼製ブレースを露出しない場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直接柱梁に接合した場合について、薬剤注入型の場合のみ、メンブレンで被覆すれば耐火上問題ないことを大臣認定の取得はないが実験で確認済み ・燃え止まり層を挟み込むことを考慮した力の伝達方法に工夫が必要 | <p>■合板を露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁の外側に、スラブ-スラブ間で枠付きの合板を設置することが考えられる。 ・柱梁フレーム外であることについて力の伝達方法に工夫が必要 <p>■合板を露出しない場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直接柱梁に接合した場合について、薬剤注入型の場合のみ、メンブレンで被覆すれば耐火上問題ないことを大臣認定の取得はないが実験で確認済み ・燃え止まり層を挟み込むことを考慮した力の伝達方法に工夫が必要 |
| 木質ハイブリッド型 | | <p>■木製ブレースを露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁の内側に別途枠付の木製ブレースを設置した実例有り ・直接柱梁に接合する場合は、木被覆部を考慮した力の伝達方法に工夫が必要 <p>■木製ブレースを露出しない場合</p> <p>上記が可能であるため、検討事例無し。</p> | <p>■鋼製ブレースを露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁の内側に別途枠付の鋼製ブレースを設置することで可能 ・直接柱梁に接合する場合は、木被覆部を考慮した力の伝達方法に工夫が必要 ・鋼製ブレースを露出する合理性に欠ける <p>■鋼製ブレースを露出しない場合</p> <p>上記が可能であるため、検討事例無し。</p> | <p>■合板を露出する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柱梁の内側に別途枠付の合板壁を設置することは可能 ・直接柱梁に接合する場合は、木被覆部を考慮した力の伝達方法に工夫が必要 <p>■合板を露出しない場合</p> <p>上記が可能であるため、検討事例無し。</p> |

(4) 水平抵抗要素

【タイプA】

| | 木製ブレース・鋼製ブレース | 合板 |
|------------|--|--|
| 壁量 | 構造計算ルート2の β 割増により必要壁量が最大1.5倍に増加する。 | 合板のみの耐力壁とすれば、 β 割増による必要壁量の増加はない。 |
| 高耐力壁に対する措置 | 高倍率耐力壁になると、ブレース端部のめり込みに対する措置が困難である。 | 高倍率耐力壁になると「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」の適用範囲を超えるが、適用範囲の根拠となる条件を満足することにより算定耐力を許容耐力として扱うことができる。(実施物件あり) |



タイプA
必要壁量の増加をなくし、
かつ必要壁量を確保するため
高倍率耐力壁が可能な合板にした。

【タイプB】

- ・RCスラブを介してRCコア部が全ての水平力を負担するため、木造部分に水平抵抗要素は不要

3. スパンの検討

タイプA及びタイプBのスパンを設定するに当たって検討した条件及び設定したスパンは、次表のとおりである。

| | タイプA | タイプB |
|------|---|--|
| 検討条件 | <ul style="list-style-type: none"> ・平成22年度に行ったケーススタディ（木造（軸組構造）2階建て、延べ約790㎡）を参考に作成した平面計画の壁量で必要壁量を確保する。 ・木材の調達しやすさ（量、コスト）の観点から可能な限り製材を用いるとともに、木材の有効利用の観点から1.8mモジュールで計画する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・最大スパンは、大臣認定を受けた燃え止まり型のはりの断面による条件と部材開発上適用を想定する建築物に求められる条件を踏まえて設定する。 ・桁行方向のスパンは、経済性の観点から、燃え止まり型のはりを設けず、RCスラブのみで可能なものを計画する。 |
| スパン | 最大スパン 7.2m 基本モジュール 1.8m | 最大スパン 9.0m |

3. 構造検討の概要

(1) タイプA

① 構造概要

a 立面混構造 4 階建

1 階：鉄骨ラーメン構造

2～4 階：木質軸組パネル構造

b 構造計算ルート 2

② 注意事項等

a 剛性率

ルート2であるので剛性率を0.6以上としなければならない。鉄骨部分の剛性を上げないためにラーメン構造とする。

冷間成形角型鋼管柱を用いる場合、昭和55年建設省告示第1791号の規定により、1階柱頭の全塑性モーメントが、接合する梁の全塑性モーメントの和の1.5倍以上必要であるため、鉄骨架構の剛性が木造部分の剛性に対して過大になる傾向がある。

柱脚又は柱頭の接合形式（ピン、剛又は半剛）を組合せることにより調整するか、あるいはH形鋼柱として強軸及び弱軸を組合せることにより調整する。

丸形鋼管、熱間成形材等は性能、価格等において冷間成形角型鋼管に劣る。

b 木造部分には、2階の必要壁量が多いため壁倍率7倍を超える高耐力（実績のある片面13倍）の合板耐力壁（「木造軸組工法の許容応力度設計 2008年版」 日本住宅・木材技術センター による詳細計算法により耐力を算定する）を用い「 β 割増」を1.0として設計する。

但し、高耐力の耐力壁を用いるに当たり、耐力壁周辺の各部分が、耐力壁が終局耐力に達しても破断、破壊等しないことを確認する。

柱の水平荷重時軸力が大きくなるため、柱及び接合金物にも注意する。

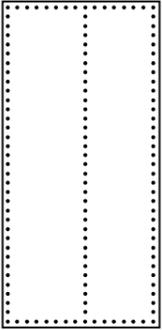
c 鉄骨梁は、木造部分の鉛直構面の耐力壁が終局応力に達するときに受ける偶力に対して全塑性モーメント以下であることを確認する。

③ 仮定断面等

a 断面決定要因の概要

- ・ 層が多いため地震力が大きくなり、必要壁量が多い。
(同一構成で3階建とした場合、2階耐力壁の充足率は1.2から1.4に上昇する。)
- ・ 耐力壁が高倍率であることにより、木造部分の柱断面が短期で決まる。
- ・ 2、3階柱は製材では困難。合わせ柱とする場合、等価な断面2次半径を大きくするためにある程度一体化を図る必要がある

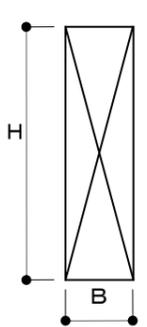
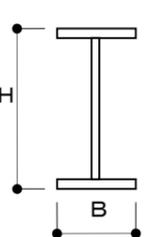
b 仮定断面等

| 部位 | 仮定断面等 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|---------|------|---------|------|---|----------|----------|---------|------|---------|------|---|-----|------|------|------|------|------|---|-----|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|---|------|---|---|---|---|---|
| <p>耐力壁</p>  <p>構造用合板 24mm 片面 (6.5倍) CN75-@75 2、3階は両面張りで13倍 4階は片面張りで6.5倍</p> | <p>耐力壁量の概略</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>階</th> <th>地震力 (kN)</th> <th>必要壁長 (m)</th> <th>X壁長 (m)</th> <th>X充足率</th> <th>Y壁長 (m)</th> <th>Y充足率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>444</td> <td>34.2</td> <td>48.9</td> <td>1.42</td> <td>54.4</td> <td>1.59</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>876</td> <td>33.7</td> <td>56.1</td> <td>1.66</td> <td>54.4</td> <td>1.61</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1197</td> <td>46.1</td> <td>56.1</td> <td>1.21</td> <td>65.8</td> <td>1.36</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1535</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>必要壁長＝地震力／壁耐力 充足率＝壁長／必要壁長</p> <p>両端を柱に支持されないことによる剛性低下及び偏心に伴うねじれの影響により、充足率は本表の値より減少するため、13倍耐力壁を用いても、耐力のほぼ上限まで使う結果となる。</p> | | | | | | 階 | 地震力 (kN) | 必要壁長 (m) | X壁長 (m) | X充足率 | Y壁長 (m) | Y充足率 | 4 | 444 | 34.2 | 48.9 | 1.42 | 54.4 | 1.59 | 3 | 876 | 33.7 | 56.1 | 1.66 | 54.4 | 1.61 | 2 | 1197 | 46.1 | 56.1 | 1.21 | 65.8 | 1.36 | 1 | 1535 | — | — | — | — | — |
| 階 | 地震力 (kN) | 必要壁長 (m) | X壁長 (m) | X充足率 | Y壁長 (m) | Y充足率 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 444 | 34.2 | 48.9 | 1.42 | 54.4 | 1.59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 876 | 33.7 | 56.1 | 1.66 | 54.4 | 1.61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1197 | 46.1 | 56.1 | 1.21 | 65.8 | 1.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1535 | — | — | — | — | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 柱 | | 柱断面と軸力の概略 | | | | | |
|---|--|-----------|---------|------|---------|-----------|----------|
|  木柱 杉乙種2級相当 $F_c=20.4\text{N/mm}^2$ |  鉄骨柱 BCR295 | 階、位置 | 断面 (mm) | 荷重分類 | 軸力 (kN) | 許容軸力 (kN) | 引抜力 (kN) |
| | | 4 F (壁端) | 150 角 | 長期 | 17 | 55 | |
| | 短期 | 70 | | 100 | 52 | | |
| | 4 F (壁内) | 120 角 | 長期 | 17 | 22 | | |
| | 短期 | | 17 | 40 | 0 | | |
| | 3 F (壁端) | 200 角 | 長期 | 60 | 160 | | |
| | 短期 | | 270 | 300 | 210 | | |
| | 3 F (壁内) | 180 角 | 長期 | 60 | 110 | | |
| | 短期 | | 60 | 200 | 0 | | |
| | 2 F (3連) | 220 角 | 長期 | 102 | 220 | | |
| | 短期 | | 362 | 400 | 260 | | |
| | 2 F (2連) | 210 角 | 長期 | 102 | 190 | | |
| | 短期 | | 310 | 340 | 210 | | |
| | 2 F (壁内) | 180 角 | 長期 | 102 | 110 | | |
| | 短期 | | 102 | 200 | 0 | | |
| | 1 F | □450 | — | — | — | — | |

着色部分は耐力壁を示す

壁端：耐力壁端部にある柱
 壁内：耐力壁内部にある柱
 2連：取付く耐力壁が上下2連層である柱
 3連：取付く耐力壁が上下3連層である柱

| 部位 | | 仮定断面等 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---------------|----|---------------|-------------|----------------|-----------------|-----------|-----|--------------------------|-----------|-----|---------------|-----------|---------------|----------------|--------------|-----------|-----------|--|-----------|--|-----|--------|-----------|---|--|
| 梁 |  <p>木梁</p> | 梁断面 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| |  <p>鉄骨梁 SN400B</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>スパン 部位等</th> <th>材料</th> <th>断面 (H × B)</th> <th>振動数 (Hz)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7200mm 事務室上</td> <td rowspan="3">集成材 E85-F300</td> <td>700 × 240</td> <td>9.5</td> </tr> <tr> <td>5600mm 大会議室上 小会議室上</td> <td>510 × 240</td> <td>9.4</td> </tr> <tr> <td>4200mm 書庫上</td> <td>420 × 120</td> <td rowspan="2">小スパンに つき省略</td> </tr> <tr> <td>3600m サーバー室</td> <td>すぎ製材 甲種2級</td> <td>270 × 120</td> </tr> <tr> <td>3600mm 未満</td> <td></td> <td>210 × 120</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2階床</td> <td>SN400B</td> <td>450 × 200</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> | スパン 部位等 | 材料 | 断面 (H × B) | 振動数 (Hz) | 7200mm 事務室上 | 集成材 E85-F300 | 700 × 240 | 9.5 | 5600mm 大会議室上 小会議室上 | 510 × 240 | 9.4 | 4200mm 書庫上 | 420 × 120 | 小スパンに つき省略 | 3600m サーバー室 | すぎ製材 甲種2級 | 270 × 120 | 3600mm 未満 | | 210 × 120 | | 2階床 | SN400B | 450 × 200 | — | <p>5mを超えるスパンの材は振動数を検討した結果、断面を決定した。</p> |
| スパン 部位等 | 材料 | 断面 (H × B) | 振動数 (Hz) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7200mm 事務室上 | 集成材 E85-F300 | 700 × 240 | 9.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5600mm 大会議室上 小会議室上 | | 510 × 240 | 9.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4200mm 書庫上 | | 420 × 120 | 小スパンに つき省略 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3600m サーバー室 | すぎ製材 甲種2級 | 270 × 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3600mm 未満 | | 210 × 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2階床 | SN400B | 450 × 200 | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

④ 見通し

a 剛性率

木造部分耐力壁の許容耐力時変形が 1/245 であり、剛性低下することを考慮し 1/200 を目標とする。

鉄骨部分は、柱頭柱脚接合部の調整により 1/300 を目標とする。

| 階 | 目標とする層間変形角 | 剛性率 |
|---|------------|------|
| 4 | 1/200 | 0.88 |
| 3 | 1/200 | 0.88 |
| 2 | 1/200 | 0.88 |
| 1 | 1/300 | 1.33 |

b 高倍率耐力壁を適用するための検討項目

- ・ 釘がパンチングアウトしたり破断したりしないこと
- ・ 面材や軸材のはしあき不足によって割れや割裂を生じないこと
- ・ 釘群のせん断力による軸材の曲げ変形の影響が小さいこと
- ・ 面材が面外にせん断座屈しないこと
- ・ 面材の変形成分が壁の変形成分の 30% 以下であること

(2) タイプB

① 構造概要

a 平面混構造 4階建

サイドコア：鉄筋コンクリート耐震壁付きラーメン構造

中間部：木質軸組構造

b 構造計算ルート 2

② 注意事項等

a 水平力

水平力はすべてサイドコアで負担し、燃え止まり部材は鉛直力のみ負担する。

中間部水平力は 150mm 厚の RCスラブによりサイドコアに伝達する。

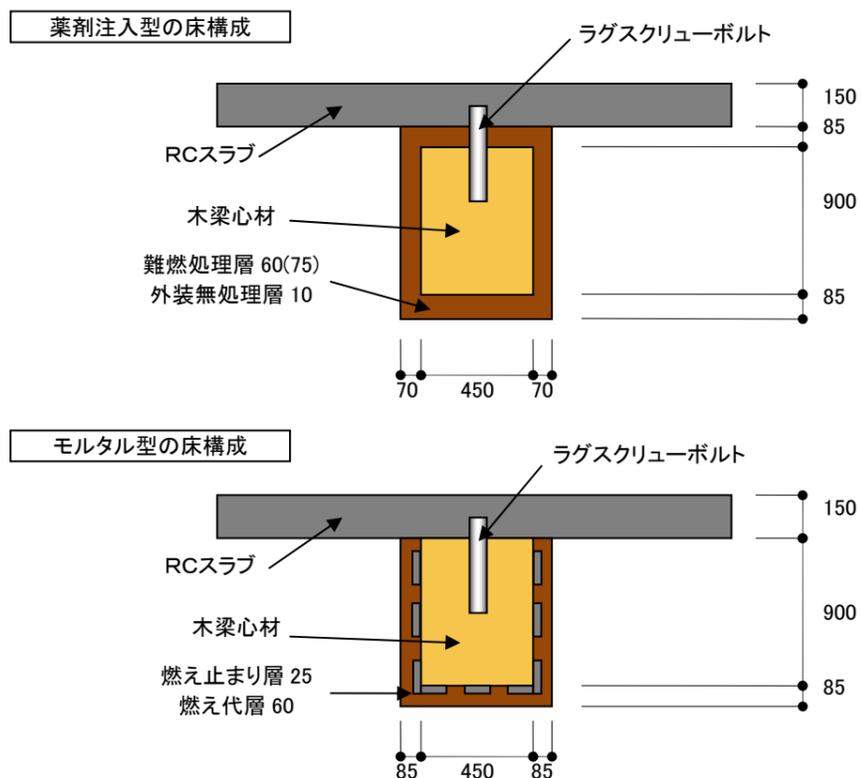
RCコアの壁厚は 300mm 程度必要

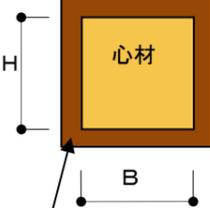
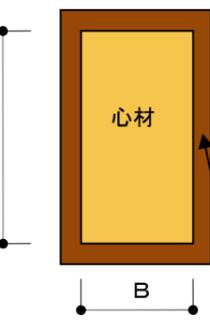
b 大スパン部分の床振動

燃え止まり層及びRCスラブを考慮して検討する。

心材のみの場合 6.6Hz (次回検討)

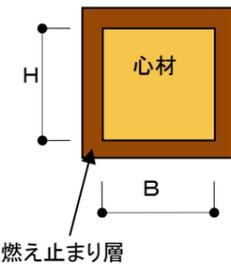
③ 仮定断面等



| 部位 | 仮定断面等 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|-----------------|---------------|--------------|-----------|-----------|--|-----|----------|-----|----------|-----------|------|------|----------|------|----------|-----------|-----|-----|----------|-----|----------|-----------|-----|------|----------|-----|--|--|--|
| <p>柱</p>  <p>燃え止まり層 (薬剤注入型の場合、難燃処理層及び外装無処理層をいい、モルタル型の場合、燃え止まり層及び燃え代層をいう。以下同様。)</p> <p>薬剤注入型の心材はスギ集成材、モルタル型の心材はカラマツ集成材。 算定値はカラマツ集成材による値。</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>階</th> <th>心材断面 (H × B)</th> <th>長期軸力 (kN)</th> <th>許容軸力 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4 中通り</td> <td rowspan="2">300 × 450</td> <td>300</td> <td rowspan="2">750</td> </tr> <tr> <td>3 中通り</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>2 中通り</td> <td rowspan="2">550 × 450</td> <td>1000</td> <td rowspan="2">1670</td> </tr> <tr> <td>1 中通り</td> <td>1350</td> </tr> <tr> <td>4 外通り</td> <td rowspan="2">300 × 450</td> <td>170</td> <td rowspan="2">750</td> </tr> <tr> <td>3 外通り</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td>2 外通り</td> <td rowspan="2">450 × 450</td> <td>590</td> <td rowspan="2">1350</td> </tr> <tr> <td>1 外通り</td> <td>800</td> </tr> </tbody> </table> | 階 | 心材断面 (H × B) | 長期軸力 (kN) | 許容軸力 (kN) | 4 中通り | 300 × 450 | 300 | 750 | 3 中通り | 650 | 2 中通り | 550 × 450 | 1000 | 1670 | 1 中通り | 1350 | 4 外通り | 300 × 450 | 170 | 750 | 3 外通り | 380 | 2 外通り | 450 × 450 | 590 | 1350 | 1 外通り | 800 | | | |
| 階 | 心材断面 (H × B) | 長期軸力 (kN) | 許容軸力 (kN) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 中通り | 300 × 450 | 300 | 750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 中通り | | 650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 中通り | 550 × 450 | 1000 | 1670 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 中通り | | 1350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 外通り | 300 × 450 | 170 | 750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 外通り | | 380 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 外通り | 450 × 450 | 590 | 1350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 外通り | | 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>梁</p>  <p>燃え止まり層</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>スパン (mm)</th> <th>心材断面 (H × B)</th> <th>振動数 (心材のみ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9000</td> <td>900 × 450</td> <td>6.6Hz</td> </tr> </tbody> </table> | スパン (mm) | 心材断面 (H × B) | 振動数 (心材のみ) | 9000 | 900 × 450 | 6.6Hz | <p>振動数については燃え止まり層の材料特性及びRCスラブとの接合特性に基づく詳細な検討が必要</p> <p>薬剤注入型は心材断面を 210 × 530 以上とする認定を、モルタル型は心材断面を 300 × 100 ~ 1050 × 450 とする認定をそれぞれ取得している。 今回の設定断面はいずれの認定範囲にも含まれている。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| スパン (mm) | 心材断面 (H × B) | 振動数 (心材のみ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9000 | 900 × 450 | 6.6Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

エ. 桁行方向梁を配置せずに9m×3.6mスパンとした場合と桁行方向梁を配置して9m×6mスパンとした場合の断面比較

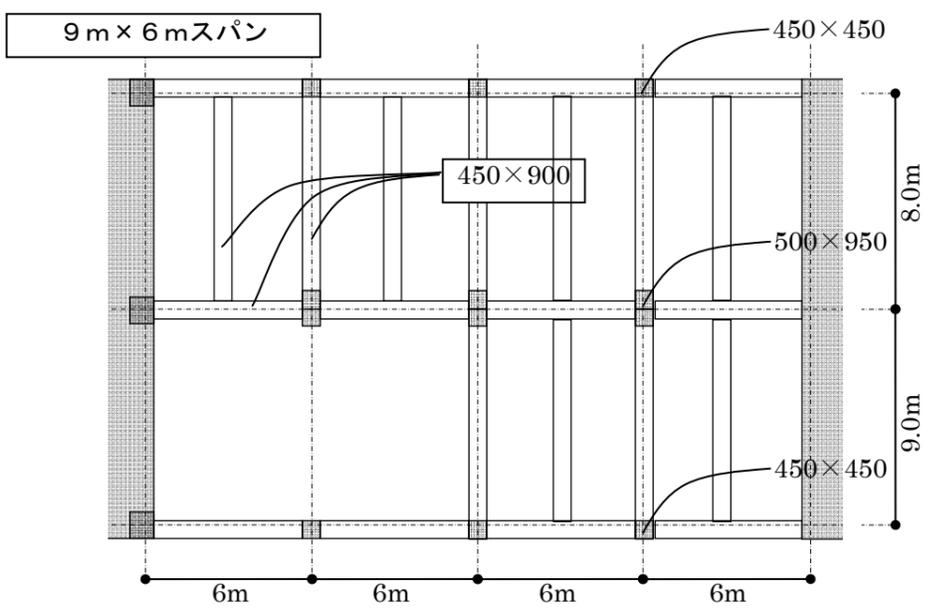
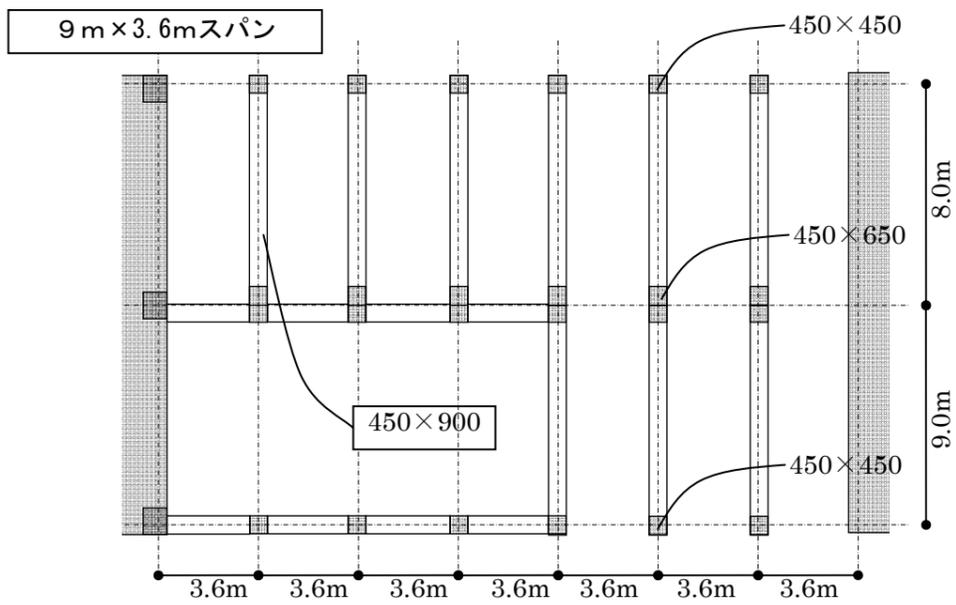
樹種

| 部位 | | 仮定断面等 | | | |
|---|--------------|----------------|------------|-----------|-----------|
| 柱 (9m×3.6mスパン)  | 階 | 心材断面 (H×B) | 長期軸力 (kN) | 許容軸力 (kN) | |
| | 4 中通り | 450×450 | 420 | 1350 | |
| | 3 中通り | | 900 | | |
| | 2 中通り | 650×450 | 1380 | 1950 | |
| | 1 中通り | | 1860 | | |
| | 4 外通り | 300×450 | 160 | 750 | |
| | 3 外通り | | 360 | | |
| | 2 外通り | 450×450 | 560 | 1350 | |
| | 1 外通り | | 760 | | |
| | 柱 (9m×6mスパン) | 階 | 心材断面 (H×B) | 長期軸力 (kN) | 許容軸力 (kN) |
| 4 中通り | | 550×450 | 700 | 1650 | |
| 3 中通り | | | 1500 | | |
| 2 中通り | | <u>950×500</u> | 2300 | 3200 | |
| 1 中通り | | | 3100 | | |
| 4 外通り | | 300×450 | 270 | 750 | |
| 3 外通り | | | 600 | | |
| 2 外通り | | 450×450 | 950 | 1350 | |
| 1 外通り | | | 1270 | | |

数量比較

| | 部材数 (本) | 材積 (m ²) 燃え止まり層含む |
|---------------------|---------|----------------------------------|
| 直交梁なし 9m×3.6mスパン | 89 | 340 |
| 直交梁あり 9m×6mスパン | 119 | 490 |

柱は2層通し柱として計上



オ. 3階建て及び2階建てとした場合の4階建てとの必要壁量の比較

4階建てでは壁量が多く必要になるため、3階建て又は2階建てとした場合にどの程度の壁量が必要になるかを求め比較する。鉄骨部分の剛性は部材端部の接合方法により調整するものとする。

また、3階建てにおいては1階を鉄骨造とした混構造の場合に加え、全層木造とした場合についても必要壁量（下表「木造3階建て」列）を求める。

算定条件は以下のようにする。

- ・「木造3階建て」以外は1階が鉄骨造の混構造とした状態で求める。
- ・13倍耐力壁を想定して必要壁長さを求める。
- ・「木造3階建て」の場合は、書庫は1階に配置（混構造の場合はデッキ床とした2階に配置）する。
- ・混構造である「木造3階建て」列「1階」には2階に書庫を配置した場合に、13倍耐力壁で水平力を支持するものとした場合の1階の必要壁長さを括弧書きにて示す。

算定結果は下表の通り。

- ・3階建て以下の場合、大きく減少する。
- ・高さ13m以下に押さえればサイディング利用が可能となり、外壁材選択の自由度が高くなる。
- ・3階建てにおいて、高さ13m以下とするためには、鉄骨部分で梁せいを押さえ易い混構造の方が、木造3階建てよりも有利。
- ・1階を鉄骨造とした混構造の方が書庫の配置の自由度に勝る。
- ・剛性率の調整がより容易な木造の方が、混構造よりも設計工数が少なく有利である。

| 対象階 | 必要壁長さ (m) | | | |
|-----|-----------|------|------|------------|
| | 4階建て | 3階建て | 2階建て | 木造3階建て |
| 4階 | 17.1 | — | — | — |
| 3階 | 33.7 | 15.5 | — | 14.3 |
| 2階 | 46.1 | 30.4 | 13.4 | 27.4 |
| 1階 | — | — | — | 33.8(45.2) |

注：ケーススタディーでは、4階には6.5倍耐力壁を用い、柱の圧縮力及び引抜力の軽減を図る。

5. 設備方式

■設備概要

| 建物タイプ | | タイプA | タイプB |
|-----------------|----------------|------------------|--|
| 階数 | | 地上4階 | 地上4階 |
| 延べ面積 | | 約1600㎡ | 約2900㎡ |
| 照明設備 | 事務室照度(LX) | 750 | 750 |
| | 照明器具形式 | Hf型埋込ルーバ(L5)付蛍光灯 | Hf型埋込ルーバ(L5)付蛍光灯 |
| コンセント設備 | 配線方式 | 電線管 | 電線管 |
| | 事務室コンセント数(個/㎡) | 1個/8㎡ | 1個/8㎡ |
| 非常用照明設備 | | 電池内蔵 | 電池内蔵 |
| 受変電設備 | 受電電圧(V) | | 6000 |
| | 受電容量(kVA) | 一般負荷 | 192(0.12×1600) |
| | | 局部空調和 | — |
| | | その他 | 7(エレベーター) |
| | 配電盤形式 | | キュービクル |
| | 操作方法 | | 手動式 |
| 変圧器種類 | | 油入 | |
| 太陽光発電設備(kW) | | 10 | 10 |
| 通信設備・ 電話交換設備 | 警報設備 | 火災報知等設備 | ○ |
| | | 防犯設備 | 電線管 |
| | 電話設備 | 電話用管路 | 電線管 |
| | | 電話交換機回線数 | 40 |
| | | 電話交換機種別 | 電子ホンの電話機 |
| | テレビ共同受信設備 | | VHF UHF BS・110° CS |
| | 電気時計設備 | 親時計精度 | 水晶式 |
| | | 親時計形式 | 壁掛け |
| 拡声設備 | 全館放送出力(W) | 120 | |
| 空調和 設備 | 空調和 | 方式 | マルチパッケージ形空調機+外気処理用パッケージ形空調機 (室内機:天井カセット形) |
| | | 系統数(系統) | マルチ 4系統 (各階系統、外気処理PAC共) |
| | フィルター | 形式 | 折込み形(中性能) |
| | 換気 | 給排風機系統 | 各階トイレ、湯沸室、更衣室等 |
| 給排水 衛生設備 | 給水 | 上水 | 増圧直結給水方式 |
| | | 給水量 | 80ℓ/人・日 |
| | 衛生器具 | | トイレユニット対応 |
| | 給湯 | 飲用給湯設備 | 電気 |
| 排水 | 方式 | 合流式 | |
| 消火設備 | 屋内消火栓個数(個) | | — |
| エレベーター | 乗用 | 種別 | 交流可変電圧可変周波数制御 |
| | | 積載量(kg) | 900kg |
| | | 速度(m/分) | 45m/min |
| | | 台数(台) | 1台 |
| 省エネルギー対策 | | 始動時外気取入制御 | 始動時外気取入制御 |

6. ケーススタディの評価

ケーススタディを行ったタイプA及びタイプBについて、事務用途の官庁施設としての実現可能性を踏まえて評価を行う。

| | 課題 | | 解決手段 | |
|------|-------------|---|---|---|
| | | | 技術開発による解決手段・方法 | 建築計画による解決手段・方法 |
| タイプA | 部屋面積の確保 | ・層が多いため地震力が大きくなり、多くの壁量を確保する必要があるため小割になる部屋が多く、まとまった面積を確保することが困難である。 | ・高強度部材の開発 ・軽量な部材の開発 | ・低層化 ・平面混構造を採用 ・小部屋が多い官署で採用 ・窓口の必要のない官署で採用 |
| | 大空間の確保 | ・2階においては廊下側の柱を独立柱にできず、事務室の奥行きは最大スパンは、本計画では7.2mにとどまる。 | ・高強度部材の開発 ・軽量な部材の開発 | ・低層化 ・平面混構造を採用 ・小部屋が多い官署で採用 ・窓口の必要のない官署で採用 |
| | フレキシビリティの確保 | ・壁のほとんどが耐力壁となってしまうため組織改編、入居官署の入れ替わりの際に壁を撤去することができないなど、フレキシビリティの確保が困難である。 | ・高強度部材の開発 | ・低層化 ・平面混構造を採用 |
| | 平面計画の効率性 | ・2階の耐力壁の壁厚は約350mmとなり、また、4階においても壁厚は300mm弱となるため、非効率的な平面計画が生じる。 | ・高強度部材の開発 | ・低層化 ・平面混構造を採用 |
| | 意匠性 | ・外壁のメーカー仕様の施工適用範囲は高さ13m以内としているものが多く、外壁材の選択肢が少ない。 | ・高さに対応した部材の開発 | - |
| | 開口の確保 | ・必要壁量が多いため、開口部の位置・幅が制限される。 | ・高強度部材の開発 | ・低層化 ・平面混構造を採用 ・小部屋が多い官署で採用 ・窓口の必要のない官署 |
| タイプB | コスト算定 | ・燃え止まり型の部材の流通が一般的になっていないため、コストの算出が困難である。 | ・部材の普及による一般化 | ・メンブレン型の耐火構造等の採用 |
| | 柱間隔の確保 | ・コストの抑制を目的に桁行方向のほりを設けない架構としたため、短辺方向のスパンが3.6mしか確保できず、また、柱断面積がRC造並みとなるため、狭あい部が発生している。 | ・高強度部材の開発 ・メンブレン型の梁との複合部材の開発 ・部材コストの低減 | ・プラン及び運用の工夫 |
| | 断面計画の効率性 | ・梁せいが大きく梁貫通孔を設けることが困難なため、梁ふところが非効率となる。 | ・木造の梁貫通孔の補強部材の開発 | - |
| | 建物重量 | ・燃え止まり型部材と床・内外壁の接合部の耐火性の確認ができていない場合があり、RCスラブとした。このため、建物重量が大きく、使用部材は非効率となる。 | ・床・内外壁を支持可能な燃え止まり型の柱・梁の開発 ・燃え止まり型の柱・梁に接合可能な、床・内外壁の開発 | ・メンブレン型の軸組と木組床の採用 |
| | 意匠性 | ・外壁のメーカー仕様の施工適用範囲は高さ13m以内としているものが多く、外壁材の選択肢が少ない。 | ・高さに対応した部材の開発 | - |
| | 開口の確保 | ・建物全体の地震力をRC造のサイドコアで負担するため、RC造部分の必要壁量が多く、開口の位置・幅が制限される。 | ・軽量な部材の開発 | ・RCコアの拡大 ・木組床の採用等の建物重量の低減 |