

第4章 簡易モデルによる構造計算ルート2の構造設計例（4階建て事務所）

4.1 建築物の概要

4.1.1 一般事項

本設計例では、CLT パネル工法による4階建て事務所建築物を対象に、「平28国交告第611号第九（許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算）」（ルート2）に準拠し、簡易モデルを用いた構造設計を実施する。2022年11月に一部告示が改正されたが、本検討では改正後の内容に準拠する。本プランは「CLT 設計施工マニュアル」の構造設計例Ⅲ（ルート3）と同様であるが、X方向は偏心率が0.15を超えるプランであるため、A通りの壁及び垂れ壁を2重壁配置として、偏心を抑制した架構を対象とした。なお、対象は上部構造のみとして基礎の設計は省略する。

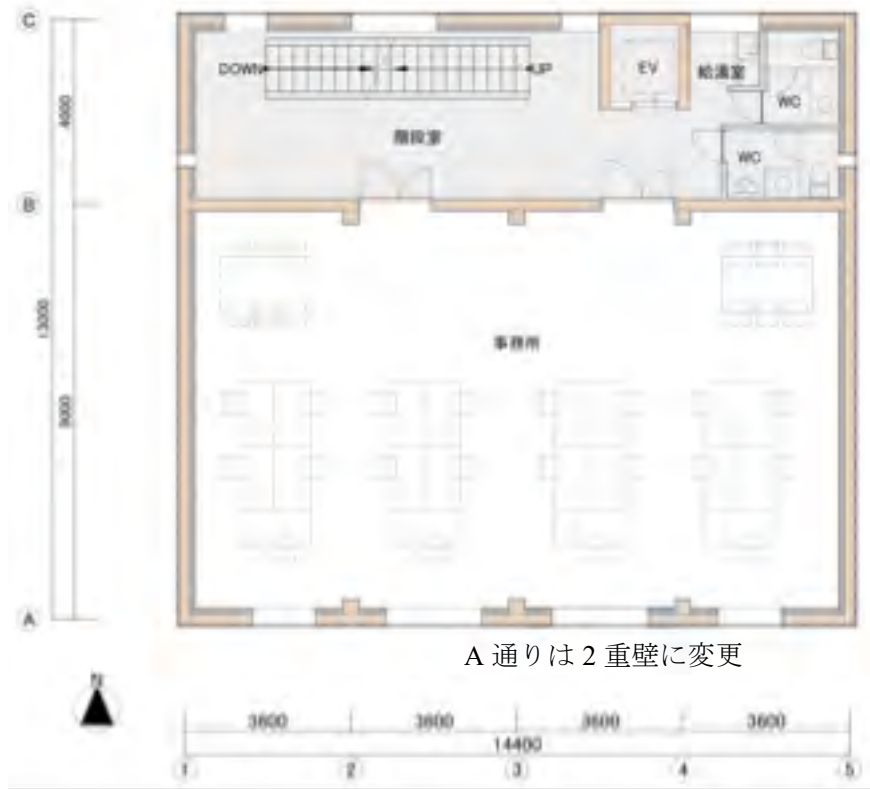
4.1.2 建築物概要

本設計例で対象とした建築物は、東京都区部に建つ耐火構造のCLT パネル工法による地上4階、最高高さ14.7m、平面寸法は長辺方向14.4m×短辺方向13.0m、各階床面積約187.2m²、延べ面積748.8m²の事務所である。事務所部分は間仕切壁を自由に設けることができるように14.4m×9.0mの無柱空間としている。

構造形式は長辺方向（以下、X方向）及び、短辺方向（以下、Y方向）ともに外壁や間仕切部分にCLT 壁パネルを配置したCLT パネル工法である。X方向には開口部に垂れ壁パネルを取付けている。

表 4.1.2-1 建築物概要

| | |
|---------|---|
| 建築物の名称 | 構造設計例Ⅲ |
| 建設場所 | 東京都区部を想定 |
| 用途 | 事務所 |
| 建築面積 | 187.2m ² |
| 延べ面積 | 748.8m ² |
| 基準階面積 | 187.2m ² |
| 階数 | 地上4階 地下無し 塔屋なし |
| 高さ関係 | 建築物の高さ14.7m |
| 基準階階高 | 3.50m |
| 構造種別 | 上部構造：CLT パネル工法 基礎構造：鉄筋コンクリート直接基礎構造（べた基礎） |
| 耐火構造の区分 | 耐火構造（耐火仕様相当の荷重を考慮） |



(a) 2~4階平面図

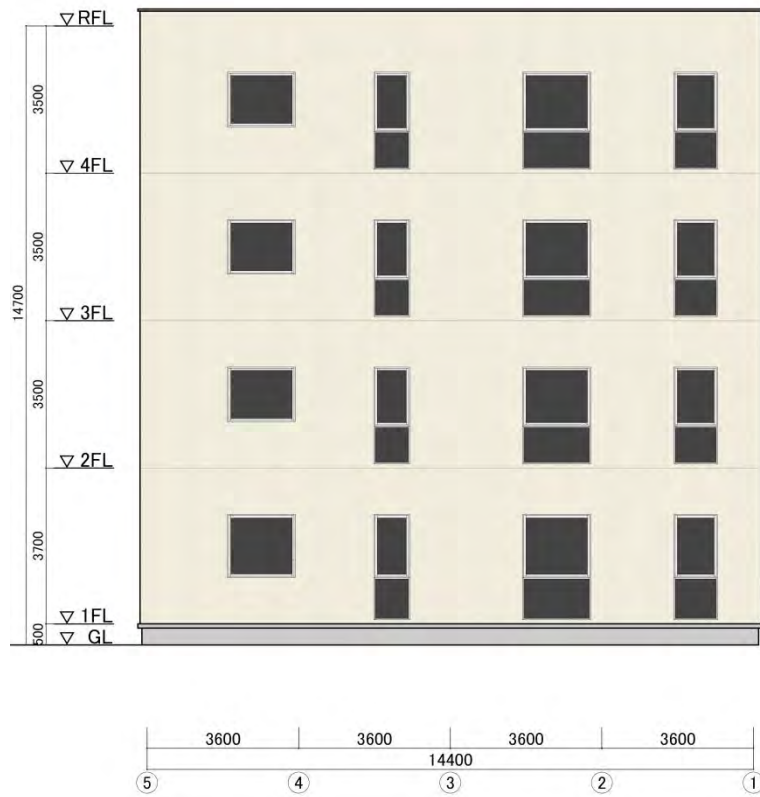


(b) 1階平面図

図 4.1.2-1 意匠設計図



(c) 南立面图



(d) 北立面图

图 4.1.2-1 意匠设计图

4.2 構造設計概要

4.2.1 構造設計方針

上部構造は平 28 国交告第 611 号第九に準拠した CLT パネル工法である。上部構造の構造設計方針を以下に示す。本設計例においては、基礎の設計は省略する。

- X 方向 Y 方向ともに「小幅パネル架構」を採用する。X 方向は壁パネルと垂れ壁パネルにより構成される半剛接架構を A 通り、B 通り、C 通りの 3 構面に配置する。偏心を抑えるため、A 通りを二重架構とする。Y 方向は主に 1 通りと 5 通りの外壁面に連層壁パネルを集約することで、事務所スペースである大空間を確保する計画とした。
- CLT パネルは、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、壁パネルに S60-7-7 (210mm)、床パネルに Mx60-5-7 (210mm) を採用した。
- 接合金物は、壁パネルの上下四隅に引張接合として金物+引きボルトを、壁パネルの上下にせん断接合として L 型金物を採用した。
- 平 28 国交告第 611 号第九に照らし合わせ、X 方向 Y 方向ともに応力割増し係数 R_f を乗じて設計した。また壁-基礎引張ボルトが先行降伏することの確認を、壁-基礎引張ボルトの最大検定比がその他の部材の検定比以上であることをもってした。
- 壁パネルの上下に設けたせん断接合部に関して、圧縮力が作用する箇所では、せん断抵抗力としてすべり係数 0.3 を乗じた値をせん断耐力に考慮する。なお、圧縮側の引きボルトのせん断抵抗にも期待することも考えられるが、施工によってはボルトとボルト孔でのクリアランスが存在することを考え、本設計例では安全側に配慮し考慮しない。
- 垂れ壁パネルと壁パネルの接合は、施工性に配慮しせん断金物のみとし、引張接合は施さないが、垂れ壁パネルに生ずる圧縮ストラット効果により、壁パネルの曲げ戻しに期待する。なお、圧縮ストラット効果により発生する離間力に対して床パネルにより十分に抵抗できる性能を確保する。また、垂れ壁パネルの脱落防止措置として、垂れ壁パネル端部に受け材を設けた。
- CLT 壁パネルの断面算定時における座屈(圧縮座屈・横座屈)の取り扱いについて、「CLT マニュアル 3.2.2 鉛直構面 CLT パネルの検定方法」において、振動台実験にて性能が確認された範囲内であれば、圧縮座屈の考慮は複合応力の検定時は必須ではなく、圧縮応力度に対してのみ検定すればよく、横座屈による面内曲げ耐力の低下は考慮しなくて良いことになっている。本設計例では最大細長比 61(< 104)、垂れ壁・腰壁パネルの厚さに対するスパン(開口部幅)の比率 17 (< 45) となり、いずれも座屈低減の考慮は必須ではない範囲となり、複合応力の検定時は座屈の低減を考慮しない。
- Y 方向の外壁面の壁パネルにおける壁-壁間は構造上耐力に期待する接合はせず、それぞれの小幅壁パネルの曲げ抵抗機構を用いた構造計画とする。

- ・ Y 方向 B-C 間の外壁面の壁パネルには小規模開口を設けるが、「CLT マニュアル 3.3.2 小開口を有する CLT パネルの剛性・強度 (2)方法 2：開口係数法に準じた方法」に準じ、壁パネルの剛性・耐力を適宜低減した。
- ・ 事務所の大スパン部 (9m) は長期荷重のみを受ける集成材の柱と梁を設け、1.8m×3.6m の小割にした床パネルにより構成した。また、床パネルは地震時に生じる床面の慣性力を各方向の壁パネルに伝達できるよう床パネル間の接合部の設計を行う。
- ・ 階段室とトイレ周辺部は壁パネル間に集成材小梁を配置する。なお、小梁端部の接合部は、「日本建築学会：木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－」に倣い許容耐力を算出し、実験により性能が検証された「小梁受け金物」により接合する計画とした。
- ・ CLT パネルは平 28 国交告第 611 号第七に準拠した防腐措置を行うものを想定し、本設計例では具体的な記載は省略する。

4.2.2 構造計算ルート

採用した構造計算ルートを図 4.2.2-1 に示す。構造計算ルートは、平 28 国交告第 611 号第九に準拠した CLT パネル工法による許容応力度等計算とする。また、平 28 国交告第 611 号第九に準拠した CLT パネル工法に対する法適合チェックシートを表 4.2.2-1 に示す。

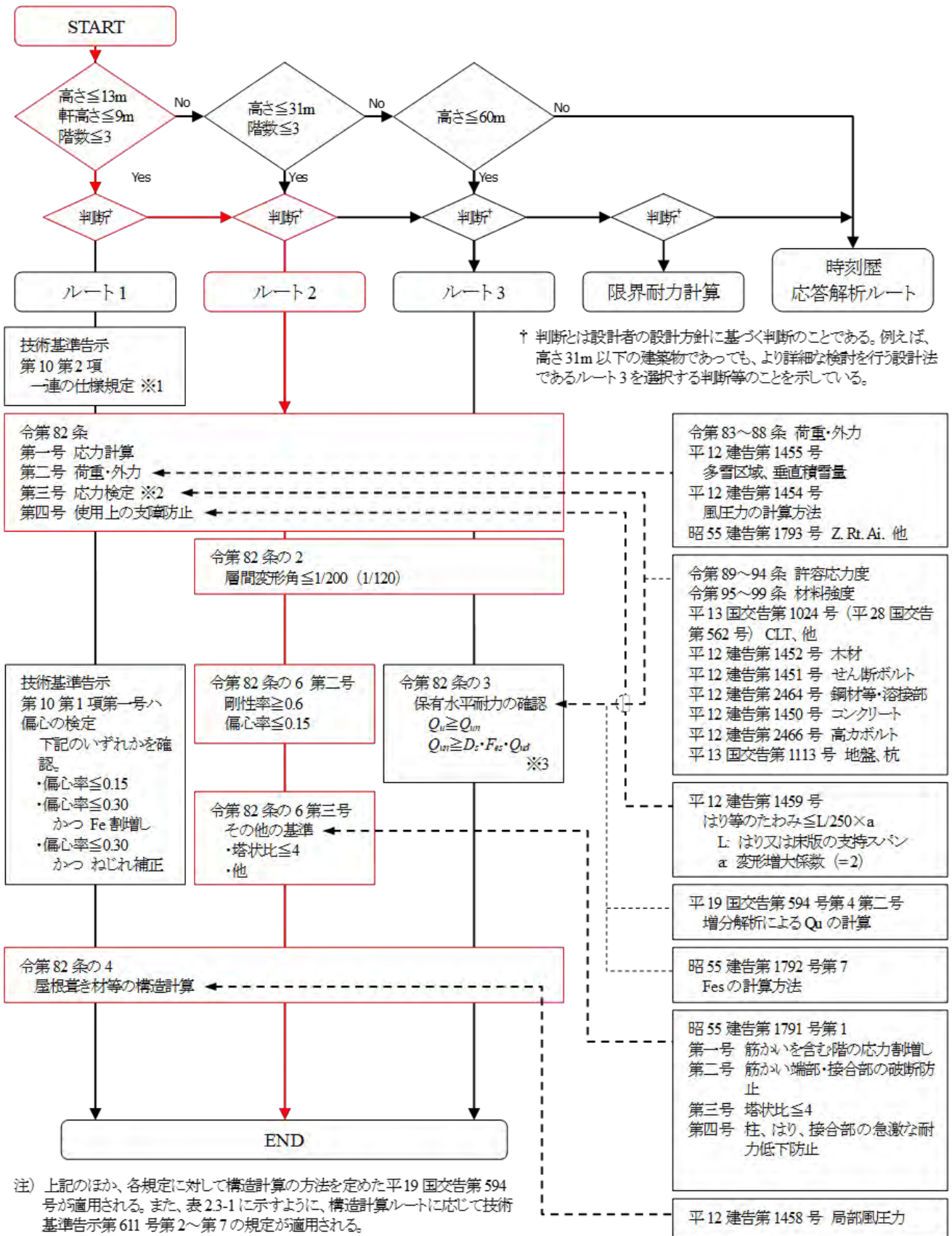


図 4.2.2-1 CLT パネル工法建築物を含む木造建築物の構造計算ルート

表 4.2.2-1 法適合チェックシート (ルート2)

| 番号等 | 規定の概要 | 適合確認 | 備考 | 該当箇所 |
|--|--|------|----------------------|------|
| 品質基準告示(平12建告第1446号(最終改正:平28国交告第561号)) | | | | |
| 第一第二十三号 | CLTを構造材として用いる場合には、JASまたは認定に適合すること | ☑ | | |
| 許容応力度・材料強度告示(平13国交告第1024号(最終改正:平28国交告第562号)) | | | | |
| 第一第十九号イ | (3) (認定でない場合)ラミナ厚 12~36mm | ☑ | | |
| | (4) CLTの幅・長さ 36cm以上 | ☑ | | |
| 第三第九号ハ ^{※3} | 長期許容応力度(面外曲げ)は、強軸3-3、3-4、5-5、5-7、弱軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7に限る | ☑ | | |
| 第三第九号ニ ^{※3} | 長期許容応力度(面外せん断)は、強軸3-3、3-4、5-5、5-7、弱軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7に限る | ☑ | | |
| CLTパネル工法告示(平28国交告第611号) | | | | |
| 第二 材料 | 一 JAS品又は認定品のCLT | ☑ | | |
| | 二 ラミナ厚 24mm~36mm | ☑ | | |
| | 三 柱梁に用いる集成材その他の木材は昭62建告第1898号に適合 | ☑ | | |
| | 四 接合部に使用する材料は品質が確保されたものであること | ☑ | | |
| 第三 土台 | 一 土台基礎緊結 | ☐ | 構造耐力上主要な部分に土台は用いない。 | |
| | 二 壁厚さ以上の土台 | ☐ | 構造耐力上主要な部分に土台は用いない。 | |
| 第四 床版 | 一 床版は有効に壁・柱・はりに力を伝えること。 | ☑ | | |
| | 二 床パネルの外層ラミナ方向は当該床パネルの長辺・短辺方向と平行で次のいずれかに該当 | ☑ | | |
| | イ 形状が矩形で開口部等なし | ☑ | | |
| | ロ 形状が矩形で開口部等周囲を補強したもの | ☐ | | |
| | ハ 形状が矩形で開口部等を特別な調査研究により低減 | ☐ | | |
| | 三 床パネルを平行する2つの耐力壁・はりで有効に支持 | ☑ | | |
| | 四 床パネルは相互に有効に緊結 | ☑ | | |
| | 五 耐風はりで有効に補強 | ☑ | | |
| 第五 壁等 | 一 壁パネルを釣り合いよく配置。柱及び耐力壁以外の壁を設ける。 | ☑ | | |
| | 二 壁パネルは床版の上部に配置(床勝ち) | ☑ | | |
| | イ 無開口壁パネルの定義 | ☑ | | |
| | ロ 有開口壁パネルの定義 | ☐ | 該当しない。 | |
| | 二 壁パネルの外層ラミナ方向は当該壁パネルの長辺・短辺方向と平行 | ☑ | | |
| | 三 耐力壁は小幅・大版①、大版②のいずれか | ☑ | | |
| | イ 小幅の定義 | | | |
| | (1) 有開口壁パネルを使わない | ☑ | | |
| | (2) 垂壁・腰壁の両側に袖壁を設け、有効に緊結 | ☑ | | |
| | (3) 無開口壁パネル上下部は床版等と有効に緊結 | ☑ | | |
| | (3) 袖壁部分四隅を十分な金物で接合 | ☑ | | |
| | ロ 大版①の定義 | | | |
| | (1) 有開口壁パネルを使う | ☐ | 該当しない。 | |
| | (2) 袖壁部分を設けない場合、袖壁に有効に緊結 | ☐ | | |
| | (3) 壁パネル上下部は床版等と有効に緊結 | ☐ | | |
| | (3) 袖壁部分四隅を十分な金物で接合 | ☐ | | |
| | ハ 大版②の定義 | | | |
| | (1) 有開口壁パネルを使う | ☐ | 該当しない。 | |
| | (1) 袖壁部分を設けない場合、袖壁に有効に緊結 | ☐ | | |
| | (2) 壁パネル上下部は床版等と有効に緊結 | ☐ | | |
| | (2) 有開口壁パネル四隅を十分な金物で接合 | ☐ | | |
| | 四 土に接する部分や地面から地面から30cm以内の外周の壁はRC造 | ☑ | 設計GL+50cmを基礎上端レベルとする | |
| 第六 小屋組等 | 一 第四第一号~第五号に適合 | ☑ | | |
| 第七 防蟻措置等 | 一 防水紙 | ☐ | | |
| | 二 有効な防蟻・防蟻措置 | ☐ | 規定に従った措置を実施する | |
| | 三 土に接する部分や地面から地面から30cm以内の外周の壁は原則RC造 | ☐ | | |
| | 四 金物に有効なさび止め | ☐ | | |
| 第九 ルート2 | 一 令第82条の6に準拠 | ☑ | | |
| | 二 応力割増し係数 | ☑ | | |
| | イ 引張接合部(1階壁脚部以外)及びせん断接合部 2.5以上 | ☑ | | |
| | ロ イ以外の部分 表の数値 | ☐ | | |
| | (1) ルート3のルートに適合 | ☐ | | |
| | (2) 小幅・大版①、大版②のいずれかに適合 | ☐ | | |

4.2.3 設計クライテリア

設計クライテリア一覧を表4.2.3-1 および表4.2.3-2に示す。

本設計例では地震時変形によって非構造材に著しい損傷が生ずるおそれはないものとし、層間変形角は準耐火構造に要求される 1/150rad 以下とする。

表 4.2.3-1 設計クライテリア一覧 (建物)

| 項目 | クライテリア |
|-------|----------|
| 層間変形角 | 1/150rad |
| 偏心率 | 0.15 以下 |
| 剛性率 | 0.60 以上 |

表 4.2.3-2 設計クライテリア一覧（部位）

| | | 常時 | 稀地震時 風圧時 | 極稀 地震時 ^{※2} |
|----------------------------------|------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | 長期 | 短期 | 終局 |
| 集成材 ^{※5} CLT (応力) | 軸力(圧縮) | $F_c \times 1.1/3$ | $F_c \times 2/3$ | F_c |
| | 軸力(引張) | $F_t \times 1.1/3$ | $F_t \times 2/3$ | F_t |
| | 曲げ | $F_b \times 1.1/3$ | $F_b \times 2/3$ | F_b |
| | せん断 | $F_s \times 1.1/3$ | $F_s \times 2/3$ | F_s |
| 集成材 CLT (剛性) | たわみ(床) | $1/300^{*1}$ かつ 20mm^{*1} | - | - |
| | たわみ(屋根) | $1/200^{*1}$ | - | - |
| | 振動数(床) | 8.0Hz^{*8} | - | - |
| 接合部 (集成材) | せん断 | $jQ_a \times 1.1/2$ | jQ_a | jQ_u |
| | 引張 ^{※3} | $F/1.5$ | F | $\text{lim } \delta$ |
| 接合部 (CLT) | 圧縮(めり込み) | $jP_{cvy} \times 1.5/3$ | $jP_{cvy} \times 2/3$ | — ^{※6} |
| | 圧縮(支圧) | $jP_{cy} \times 1.1/3$ | $jP_{cy} \times 2/3$ | — ^{※6} |
| | せん断 | $jQ_a \times 1.1/2$ | jQ_a | $\text{lim } \delta^{*7}$ |

※1：「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）」に準拠、クリープによる変形増大係数 2.0 を考慮する

※2：母材は基準強度以内とし、接合部は限界変形以内であることを確認する

※3：保証設計により木部での破壊を防止したアンカーボルト（ABR490B）接合を想定する

※4：灰色部は本計算例では使用しないが、参考として掲載する

※5：「木質構造設計規準・同解説- 許容応力度・許容耐力設計法-：日本建築学会」に準ずる。

※6：めり込みや支圧に対する終局変形量は現時点では明確に決められていないので本設計では検討を省略する。既往のめり込み実験の結果等を参考の上、過大な変形が生じていないことを確認することが望ましい。

※7：ただし、摩擦抵抗を考慮できる壁パネル上下端のせん断接合部(CLT マニュアル 3.1.2 (3) 参照)は終局耐力 jQ_u 以内になるよう設計する。

※8：「木造計画・設計規準（平成 23 年版）」に準拠

ここで、 F_c ：圧縮の材料基準強度
 F_t ：引張の材料基準強度
 F_b ：曲げの材料基準強度
 F_s ：せん断の材料基準強度
 jT_a ：接合部の短期許容引張耐力
 jC_a ：接合部の短期許容圧縮耐力
 jP_{cy} ：接合部の支圧降伏耐力
 jP_{cvy} ：接合部のめり込み降伏耐力
 jM_a ：接合部の短期許容曲げ耐力
 jQ_a ：接合部の短期許容せん断耐力
 F ：鋼材の F 値
 $\text{lim } \delta$ ：要素に応じた限界変形（実験、材料特性等により設定）

4.2.4 応力解析概要

構造計算は汎用解析プログラムを用いて応力解析を実施する。

4.3 使用構造材料一覧表

4.3.1 使用構造材料一覧

表 4.3.1-1 コンクリート、鉄筋、鋼材

| 材料 | 種別 | 使用部位 |
|----------|-------------------------|----------------|
| 普通コンクリート | Fc24 | 基礎梁、基礎スラブ、1階床等 |
| 異形鉄筋 | SD295A SD345 (D19以上) | 同上 |
| 鋼材 | SS400 | 接合金物等 |

表 4.3.1-2 集成材

| 材料 | 規格 | 樹種 | 等級 | 使用部位と断面 | 備考 |
|--------|-----|------|-----------|--|---------|
| 構造用集成材 | JAS | スギ | E65-F255 | 柱 (300×300) | 同一等級構成 |
| 構造用集成材 | JAS | カラマツ | E105-F300 | 大梁 (300×810、300×540) 小梁 (150×450、150×330) | 対称異等級構成 |

表 4.3.1-3 CLT パネル

| 壁パネル 垂壁パネル (210mm) | 樹種 | | スギ |
|--------------------------|--|--|---|
| | ラミナ | 等級 | 外層 : M60A 以上 内層 : M60A 以上 (JAS 強度等級 S60-7-7) |
| ラミナ厚さ | | 30mm | |
| ラミナ幅 | | 120mm ± 10mm | |
| 構成 | 1,7 層目: 外層用ラミナを使用し、主として長辺方向に繊維平行に配置 2,4,6 層目: 内層用ラミナを使用し、1,7 層目と直交になる向きに配置 3,5 層目: 内層用ラミナを使用し、1,7 層目と同一方向に配置 | | |
| | 接着材 | 縦継ぎ (フィンガージョイント)、積層部分 | JIS K 6806 に規定する水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤 1 種 1 号 |
| | | 横はぎ部分 | 接着無 |
| 床パネル 屋根パネル (210mm) | 樹種 | | スギ |
| | ラミナ | 等級 | 外層 : M60A 以上 内層 : M30A 以上 (JAS 強度等級 Mx60-5-7) |
| | | ラミナ厚さ | 30mm |
| | | ラミナ幅 | 120mm ± 10mm |
| | 構成 | 1,2,6,7 層目: 外層用ラミナを使用し、主として長辺方向に繊維平行に配置 3,5 層目: 内層用ラミナを使用し、1,7 層目と直交になる向きに配置 4 層目: 内層用ラミナを使用し、1,7 層目と同一方向に配置 | |
| | | 接着材 | 縦継ぎ (フィンガージョイント)、積層部分 |
| | | 横はぎ部分 | 接着無 |

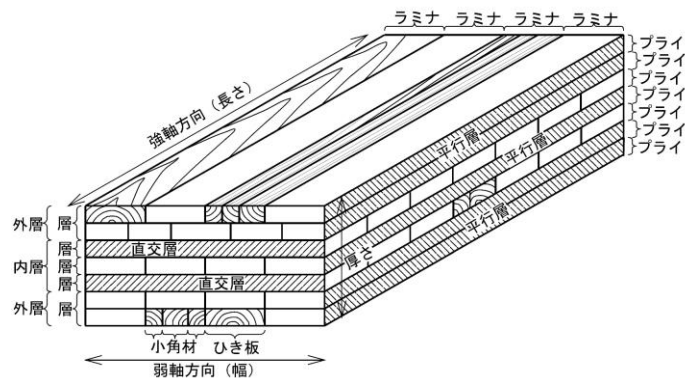


図 4.3.1-1 CLT パネルの構成

表 4.3.1-4 接合金物

| 部位 | 部品 | 仕様 |
|--------------------|-------------------------|---|
| 基礎－壁 せん断接合部 | U形せん断金物(STS・C65) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3507-2 冷間圧造炭素鋼線 |
| | M20 座金 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | アンカーボルト M20(強度区分 6.8) | JIS B 1051 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質に定める強度区分 6.8 |
| | M20 ナット(1種) | JIS B 1052 鋼製ナットの機械的性質に定める強度区分 6 |
| 壁－床・壁－屋根 せん断接合部 | L形せん断金物(STS・C65) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3507-2 冷間圧造炭素鋼線 |
| 基礎－壁 引張接合部 | U形引張金物(STS・C65) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3507-2 冷間圧造炭素鋼線 |
| | アンカーボルト M27(SNR490B) | JIS G 3138 建築構造用圧延棒鋼 SNR490B |
| | M27 座金 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | M27 ナット(1種、3種) | JIS B 1052 鋼製ナットの機械的性質に定める強度区分 5 |
| | M27 定着板 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| 壁－壁 引張接合部 | 壁頭用 U形引張金物(STS・C65 24本) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 壁脚用 U形引張金物(STS・C65 24本) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3507-2 冷間圧造炭素鋼線 |
| | M27 座金 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 両ねじボルト M20(強度区分 6.8) | JIS B 1051 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質に定める強度区分 6.8 |
| | M27 ナット(1種、3種) | JIS B 1052 鋼製ナットの機械的性質に定める強度区分 6 |
| 壁－屋根 引張接合部 | 壁頭用 U形引張金物(STS・C65) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | M27 座金 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 両ねじボルト M27(強度区分 6.8) | JIS B 1051 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質に定める強度区分 6.8 |
| | M27 ナット(1種、3種) | JIS B 1052 鋼製ナットの機械的性質に定める強度区分 10 |
| 壁－垂れ壁 せん断接合部 | せん断プレート(STS・C65) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3507-2 冷間圧造炭素鋼線 |
| 床－床・屋根－屋根 せん断接合 | 構造用合板(厚さ 28mm、幅 149mm) | 合板の日本農林規格に規定する構造用合板 特類 2 級 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C56.5 | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| 床－床・屋根－屋根 引張接合部 | 引張プレート(STS・C65) | JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 SS400 |
| | 四角穴付きタッピンねじ STS・C65 | JIS G 3507-2 冷間圧造炭素鋼線 |

4.3.2 材料定数及び材料強度

表 4.3.2-1 コンクリート、鉄筋、鋼材の材料定数

| 材料 | ヤング係数(E) (N/mm ²) | せん断弾性係数 (G) (N/mm ²) | ポアソン 比 (ν) |
|--------|---|--|------------------|
| コンクリート | $3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{Y}{24}\right)^2 \times \left(\frac{Fc}{60}\right)^{\frac{1}{3}}$ | $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ | 0.2 |
| 鉄筋 | 2.05×10^5 | — | — |
| 鋼材 | 2.05×10^5 | $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ | 0.3 |

表 4.3.2-2 コンクリート、鉄筋、鋼材の材料強度

| 材料 | F 値 | 材料強度 | | | |
|--------|---------------------------|------|----------------|----|------|
| | | 引張 | 圧縮 | 曲げ | せん断 |
| コンクリート | 設計基準強度 | — | F _c | — | — |
| 異形鉄筋 | 建築基準法施行令 第 96 条の表 2 の値 | F | F | — | F |
| 鋼材 | 建築基準法施行令 第 96 条の表 2 の値 | F | F | F | F/√3 |

表 4.3.2-3 集成材の材料定数及び材料強度

| 規格・樹種 | | 基準強度 (F) (N/mm ²)※1 | | | | | | ヤング係数※2 (N/mm ²) | | | |
|--------------------------------------|------|---------------------------------|------|----------|---------|----------|---------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 圧縮 | 引張 | 曲げ | | せん断 | | めり込み F _{cv} | 強軸 E _{ox} | 弱軸 E _{oy} | せん断 G _o |
| | | | | 積層 方向 | 幅 方向 | 積層 方向 | 幅 方向 | | | | |
| 集成材 同一等級 (4 枚以上積層) E65-F255 | スギ | 20.6 | 18.0 | 25.5 | 25.5 | 2.7 | 2.1 | (中間)6.0 (材端)4.8 (全面)2.1 | 6500 | 6500 | E _o × 1/15 |
| 集成材 対称異等級 E105-F300 | カラマツ | 23.2 | 20.2 | 30.0 | 21.6 | 3.6 | 3.0 | (中間)8.1 (材端)6.6 (全面)3.0 | 10500 | 9500 | E _o × 1/15 |

※1：基準強度 (F) は、国土交通省告示第 1027 号 (平成 24 年 9 月 18 日) による。

※2：ヤング係数は、木質構造設計規準・同解説(第 3 版 2002.10)による。

表 4.3.2-4 CLT パネルの材料定数

| 部位 | 強度等級 ラミナ構成 | 面内方向 [単位:N/mm ²] | | | 面外方向 [単位:N/mm ²] | | | |
|------------|---------------|---------------------------------|------|-----|------------------------------|------|------|------|
| | | E | | G | E | | G | |
| | | 強軸 | 弱軸 | 共通 | 強軸 | 弱軸 | 強軸 | 弱軸 |
| 水平構面(床,屋根) | Mx60-5-7 | 3857 | 857 | 500 | 5536 | 227 | 29.7 | 9.7 |
| 鉛直構面(壁,垂壁) | S60-7-7 | 3428 | 2571 | 500 | 4268 | 1731 | 58.4 | 38.9 |

表 4.3.2-5(a) CLT パネルの材料強度 (面内方向)

| 部位 | 強度等級 ラミナ構成 | 面内方向 [単位:N/mm ²] | | | | | | |
|------------|---------------|------------------------------|------|------|------|-------|------|-------------------------------|
| | | Fc | | Ft | | Fb | | Fs |
| | | 強軸 | 弱軸 | 強軸 | 弱軸 | 強軸 | 弱軸 | t _{min} =30mm m=3 |
| 水平構面(床,屋根) | Mx60-5-7 | 10.41 | 3.34 | 7.71 | 2.46 | 10.41 | 3.34 | 1.65 |
| 鉛直構面(壁,垂壁) | S60-7-7 | 9.25 | 6.94 | 6.85 | 5.14 | 9.25 | 6.94 | 2.47 |

※ラミナ幅方向の数は一部パネルでは m=7(幅 840mm 以上)以上となるが、最小幅は 750mm となるため安全側で全パネル m=3 として計算する。

表 4.3.2-5(b) CLT パネルの材料強度 (面外方向、めり込み)

| 部位 | 強度等級 ラミナ構成 | 面外方向 [単位:N/mm ²] | | | | | めり込み |
|------------|---------------|------------------------------|------|------|------|------|-----------------|
| | | Fb | | Fs | β | | F _{cv} |
| | | 強軸 | 弱軸 | 共通 | 強軸 | 弱軸 | |
| 水平構面(床,屋根) | Mx60-5-7 | 12.14 | 0.72 | 0.90 | 1.34 | 3.23 | 6 |
| 鉛直構面(壁,垂壁) | S60-7-7 | 9.36 | 3.79 | 0.90 | 1.38 | 1.80 | 6 |

※「3.3 CLT パネルの剛性・強度 3.3.1 CLT パネルの弾性係数・基準強度(等級区分機による等級)」参照

4.3.3 許容応力度等

表 4.3.3-1 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

| 種類 | 長期 | | | | 短期 | | |
|------|-----|--------|------|------|-------|---------|----|
| | 圧縮 | 引張・せん断 | 付着 | | 圧縮 | 引張・せん断 | 付着 |
| | | | 上端筋 | その他 | | | |
| Fc24 | 8.0 | 0.73 | 0.76 | 0.95 | 長期の2倍 | 長期の1.5倍 | |

表 4.3.3-2 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

| 種類 | 長期 | | 短期 | |
|--------|-------|-----|-------|-----|
| | 圧縮・引張 | せん断 | 圧縮・引張 | せん断 |
| SD295A | 195 | 195 | 295 | 295 |
| SD345 | 215 | 195 | 345 | 345 |

表 4.3.3-3 鋼材の許容応力度 (N/mm²)

| 種類 | 長期 | | | | 短期 | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-------|---------|----|----|-----|
| | 引張 | 圧縮 | 曲げ | せん断 | 引張 | 圧縮 | 曲げ | せん断 |
| 400N/mm ² 鋼材 | 157 | 157 | 157 | 90.5 | 長期の1.5倍 | | | |
| 490N/mm ² 鋼材 | 216 | 216 | 216 | 125.0 | 長期の1.5倍 | | | |

※ 許容圧縮応力度と許容曲げ応力度は座屈の要因がある場合は『鋼構造設計規準』に準拠して低減する。

表 4.3.3-4 溶接の許容応力度 (N/mm²) 【t≤40】

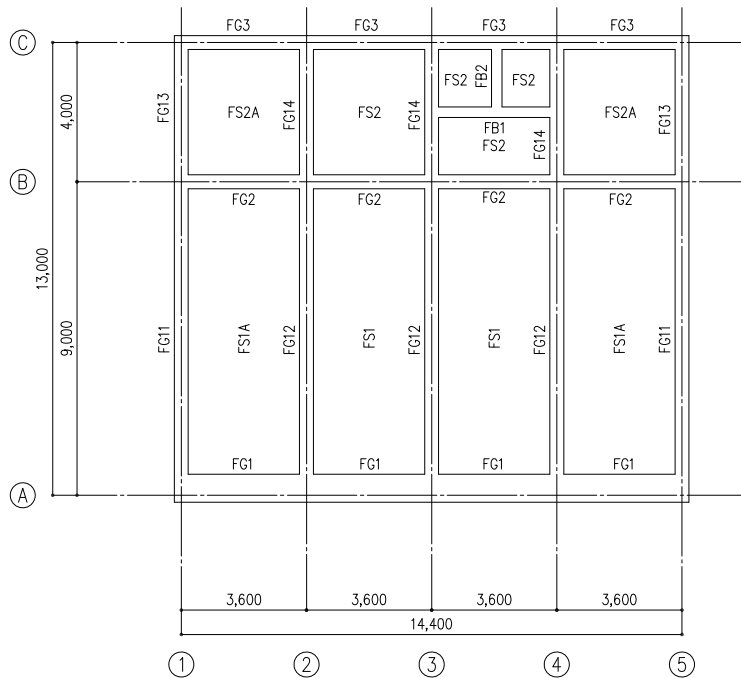
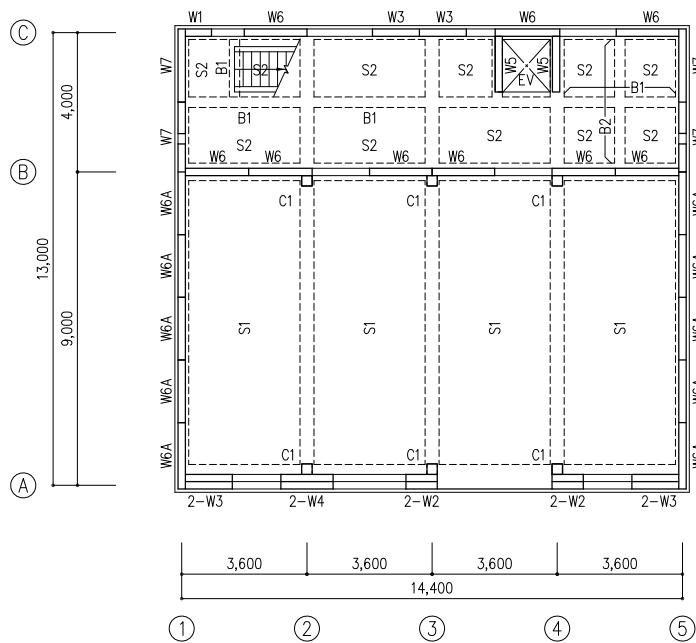
| 種別 | 長期 | | | | 短期 | |
|----------------|----------|-----|----------|------|------|---------|
| | 完全溶け込み溶接 | | 隅肉溶接 | | | |
| | 引張・圧縮・曲げ | せん断 | 引張・圧縮・曲げ | せん断 | | |
| SS400 SM400 | 157 | | 90.5 | 90.5 | 90.5 | 長期の1.5倍 |

表 4.3.3-5 木材、CLT パネルの許容応力度 (N/mm²)

| | | めり込み以外 (圧縮・引張・曲げ・せん断) | めり込み |
|----|----|---|-----------------------|
| 長期 | 常時 | $\frac{1.1}{3}F$ | $\frac{1.5}{3}F_{cv}$ |
| | 積雪 | $1.3 \times \frac{1.1}{3}F = \frac{1.43}{3}F$ | |
| 短期 | 水平 | $\frac{2}{3}F$ | $\frac{2}{3}F_{cv}$ |
| | 積雪 | $\frac{2}{3}F \times 0.8 = \frac{1.6}{3}F$ | |

4.4 略伏図と略軸組図

4.4.1 略伏図

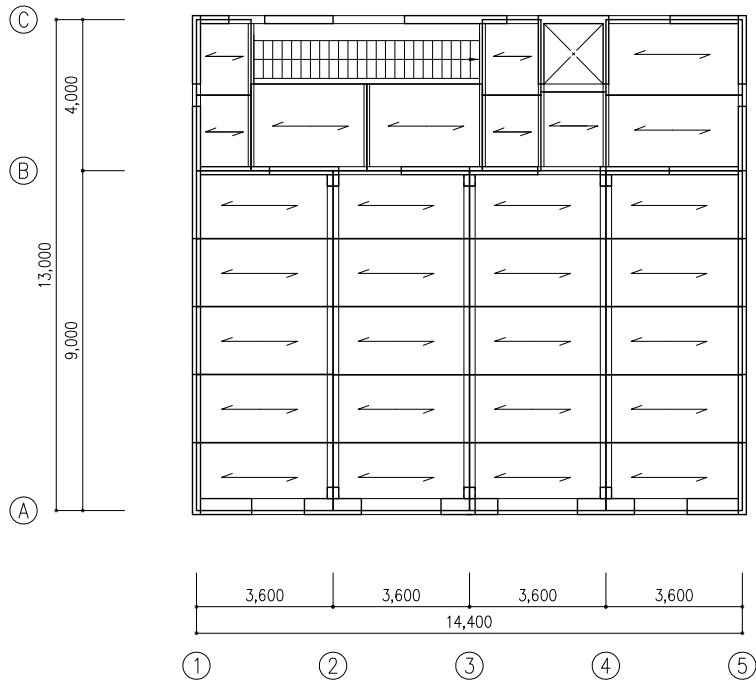


共通事項

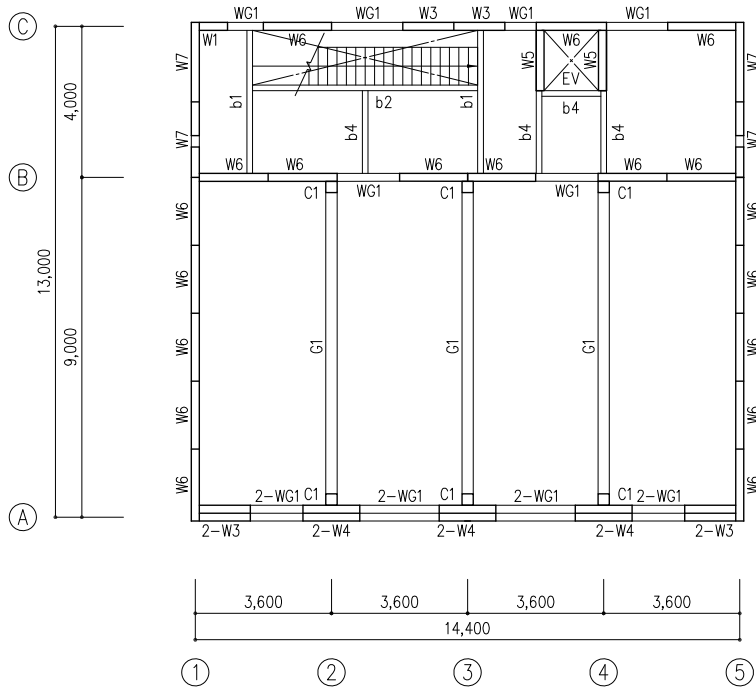
特記なき限り下記による。

1. GL=1FL-500
2. 基礎下端レベル GL- 900
3. 人通孔、連通管、通気管は建築図による。

図 4.4.1-1 略伏図(1)



2~4階 床パネル割付図 S=1:200

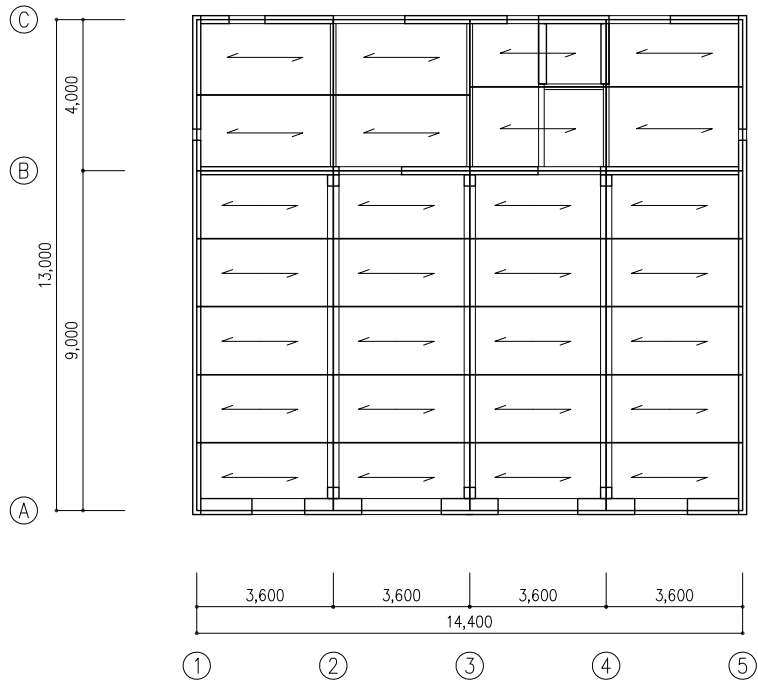


2~4階伏図 S=1:200

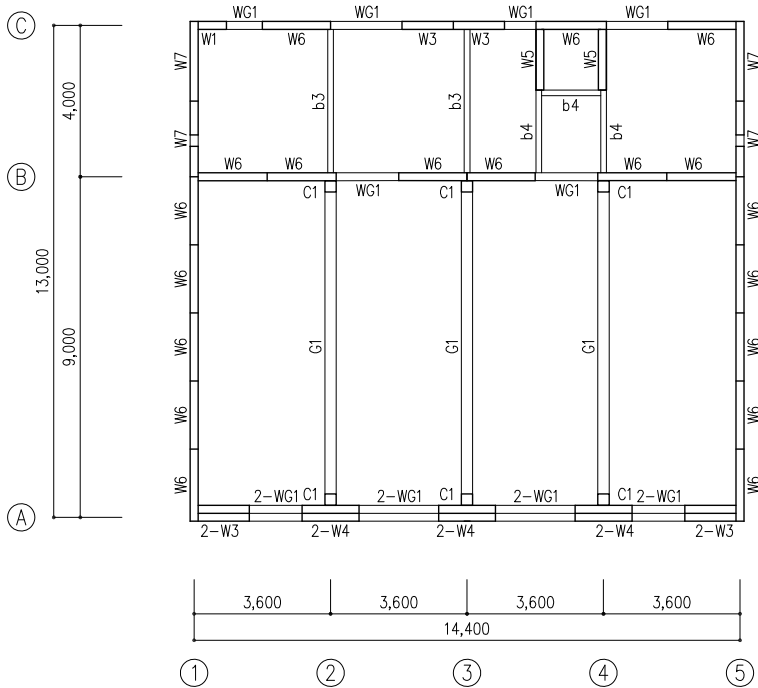
共通事項

- 特記なき限り下記による。
 1. スラブ符号は WS1 とする。

図 4.4.1-2 略伏図(2)



R階床パネル割付図 S=1:200



R階伏図 S=1:200

共通事項

- 特記なき限り下記による。
 1. スラブ符号は WS1 とする。

図 4.4.1-3 略伏図(3)

4.4.2 略軸組図

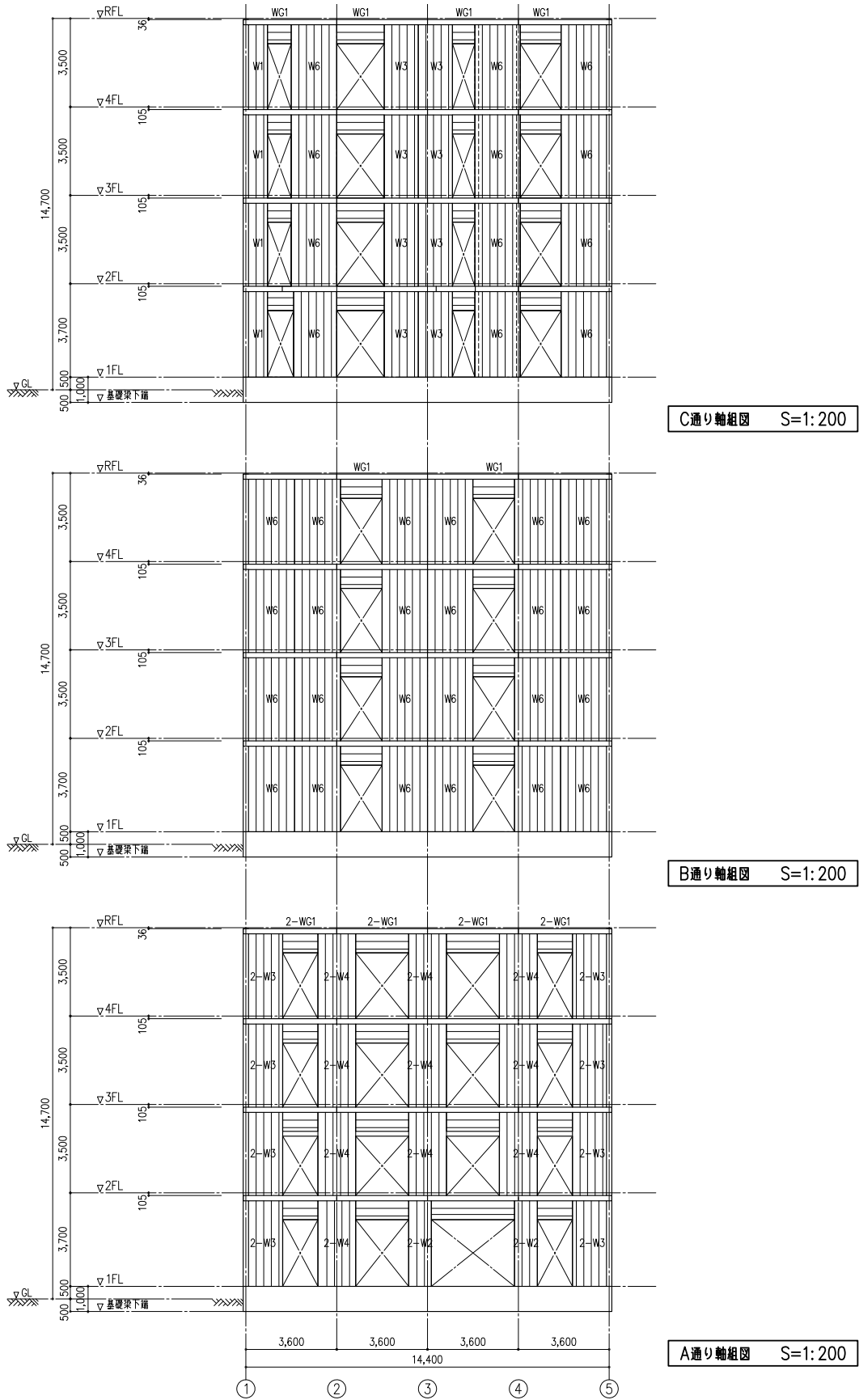


图 4.4.2-1 略軸組図(1)

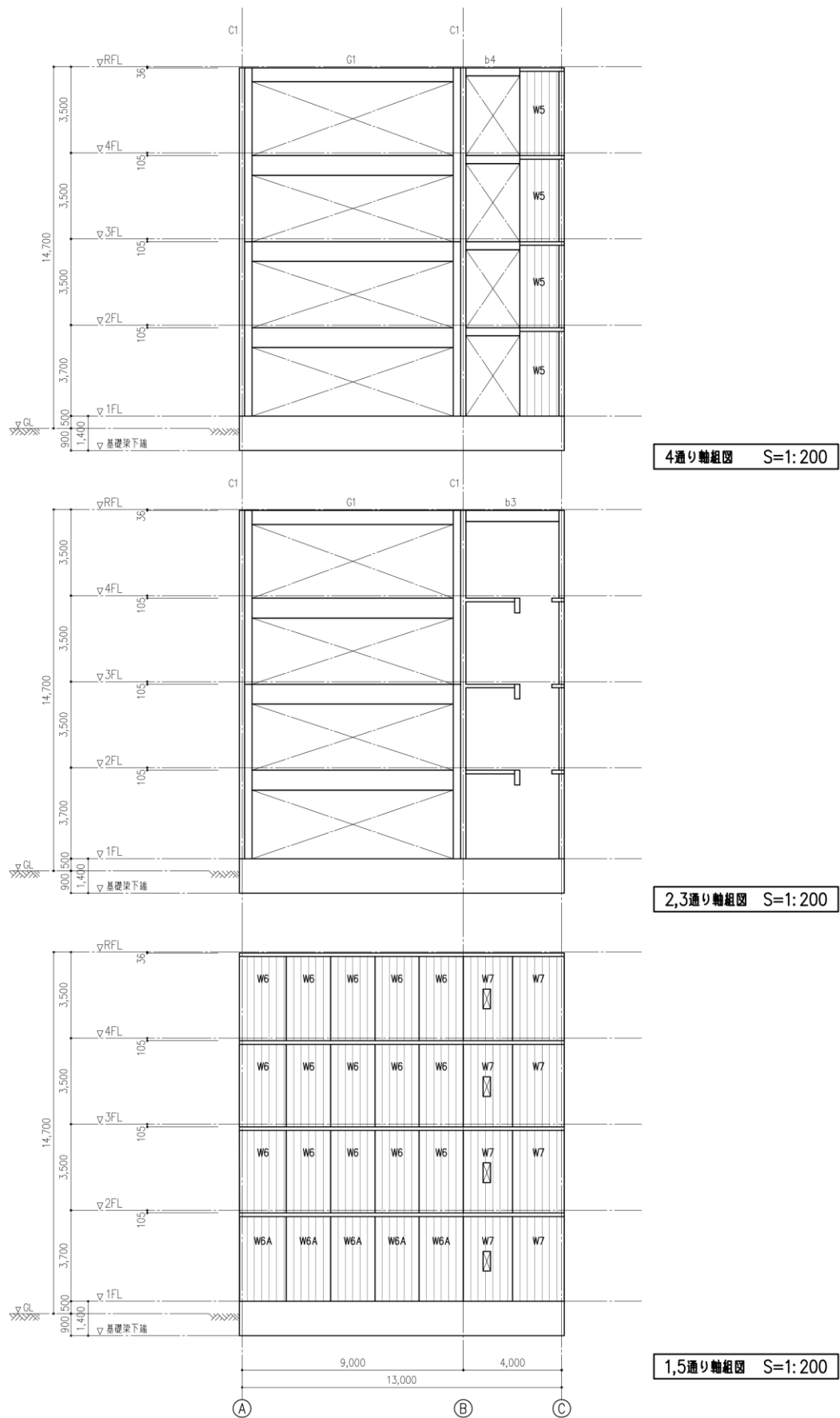


图 4.4.2-2 略軸組図(2)

4.5 部材断面表

4.5.1 柱・梁・CLTパネル断面表

S=1:100

| 壁パネル断面表 (CLT) | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 符 号 | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | W6 | W6A | W7 |
| 2F~4F | | | | | | | | |
| b × D | 210 × 900 | 210 × 950 | 210 × 1,350 | 210 × 1,500 | 210 × 1,600 | 210 × 1,800 | | 210 × 2,000 |
| 樹 種 | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ | | スギ |
| 強度等級 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | | S60-7-7 |
| 壁脚接合 | 引 張 | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | | M27 (ABR490) |
| | せん断 | L型金物 ① | L型金物 ① | L型金物 ②×2 | L型金物 ②×2 | L型金物 ① | L型金物 ②×2 | L型金物 ②×2 |
| 1F | | | | | | | | |
| b × D | 210 × 900 | 210 × 950 | 210 × 1,350 | 210 × 1,500 | 210 × 1,600 | 210 × 1,800 | 210 × 1,800 | 210 × 2,000 |
| 樹 種 | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ | スギ |
| 強度等級 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 | S60-7-7 |
| 壁脚接合 | 引 張 | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) | M27 (ABR490) |
| | せん断 | U型金物 | U型金物 x2 | U型金物 x2 | U型金物 x3 | U型金物 x2 | U型金物 x4 | U型金物 x3 |

S=1:100

| 垂れ壁パネル断面表 (CLT) | | |
|-----------------|-----------|-----|
| 符 号 | WC1 | |
| 位 置 | 全断面 | |
| 断 面 | | |
| b × D | 210 × 750 | |
| 樹 種 | スギ | |
| 強度等級 | S60-7-7 | |
| 接 合 | 引 張 | — |
| | (面端) せん断 | 平金物 |

S=1:100

| 床パネル断面表 (CLT) | |
|---------------|----------|
| 符 号 | WS1 |
| 位 置 | 全断面 |
| 断 面 | |
| 板 厚 | 210 |
| 樹 種 | スギ |
| 強度等級 | MX60-5-7 |
| 床-床 接合 | スプライン接合 |

S=1:100

| 柱断面表 (集成材) | | |
|------------|------------|------|
| 符 号 | C1 | |
| 位 置 | 全断面 | |
| 断 面 | | |
| b × D | 300 × 300 | |
| 樹 種 | スギ | |
| 強度等級 | E65-F255 | |
| 規 格 | 集成材 (同一等級) | |
| 接 合 | 柱 頭 | — |
| | 柱 脚 | 柱脚金物 |
| 1F~2F (通し) | | |
| b × D | 300 × 300 | |
| 樹 種 | スギ | |
| 強度等級 | E65-F255 | |
| 規 格 | 集成材 (同一等級) | |
| 接 合 | 柱 頭 | — |
| | 柱 脚 | 柱脚金物 |

S=1:100

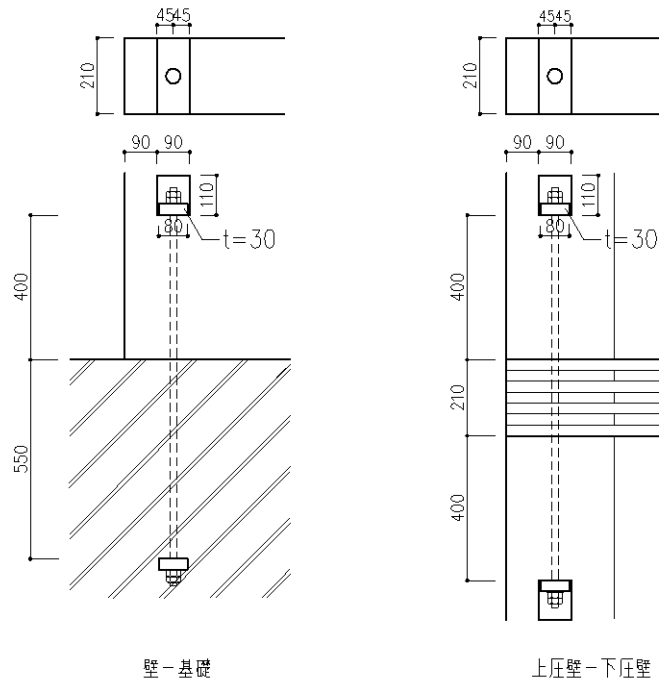
| 大梁断面表 (集成材) | | |
|-------------|-------------|---------|
| 符 号 | G1 | |
| 位 置 | 全断面 | |
| 断 面 | | |
| b × D | 300 × 570 | |
| 樹 種 | カワマツ | |
| 強度等級 | E105-F300 | |
| 備 考 | 集成材 (対称異等級) | |
| 接 合 | 両 端 | 梁受け金物 ② |
| | 両 端 | — |
| 2FL~4FL | | |
| b × D | 300 × 810 | |
| 樹 種 | カワマツ | |
| 強度等級 | E105-F300 | |
| 備 考 | 集成材 (対称異等級) | |
| 接 合 | 両 端 | 梁受け金物 ① |
| | 両 端 | — |

S=1:100

| 小梁断面表 (集成材) | | |
|-------------|-------------|-------------|
| 符 号 | b1,b2,b3 | b4 |
| 位 置 | 全断面 | 全断面 |
| 断 面 | | |
| b × D | 150 × 450 | 150 × 330 |
| 樹 種 | カワマツ | カワマツ |
| 強度等級 | E105-F300 | E105-F300 |
| 備 考 | 集成材 (対称異等級) | 集成材 (対称異等級) |
| 接 合 | 両 端 | TS45B |
| | 両 端 | TS33A |

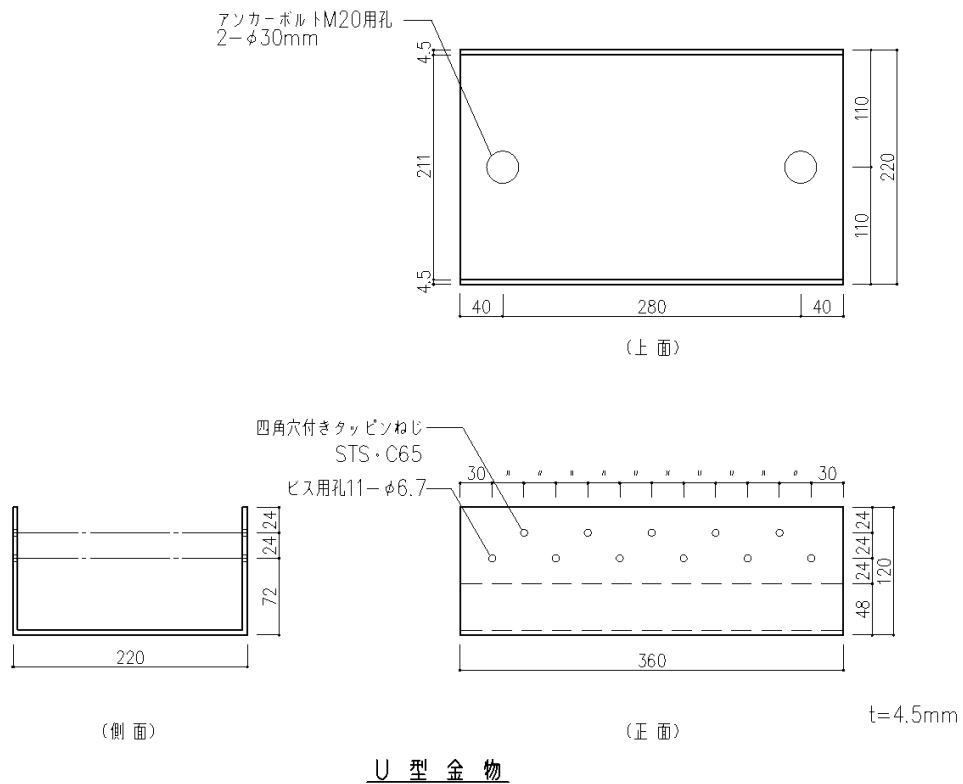
図 4.5.1-1 柱・梁・CLTパネル断面表

4.5.2 CLTパネル接合部詳細図



1-M27

図 4.5.2-1 引きボルト接合部詳細図



U型金物

図 4.5.2-2 せん断接合部(U型金物)詳細図

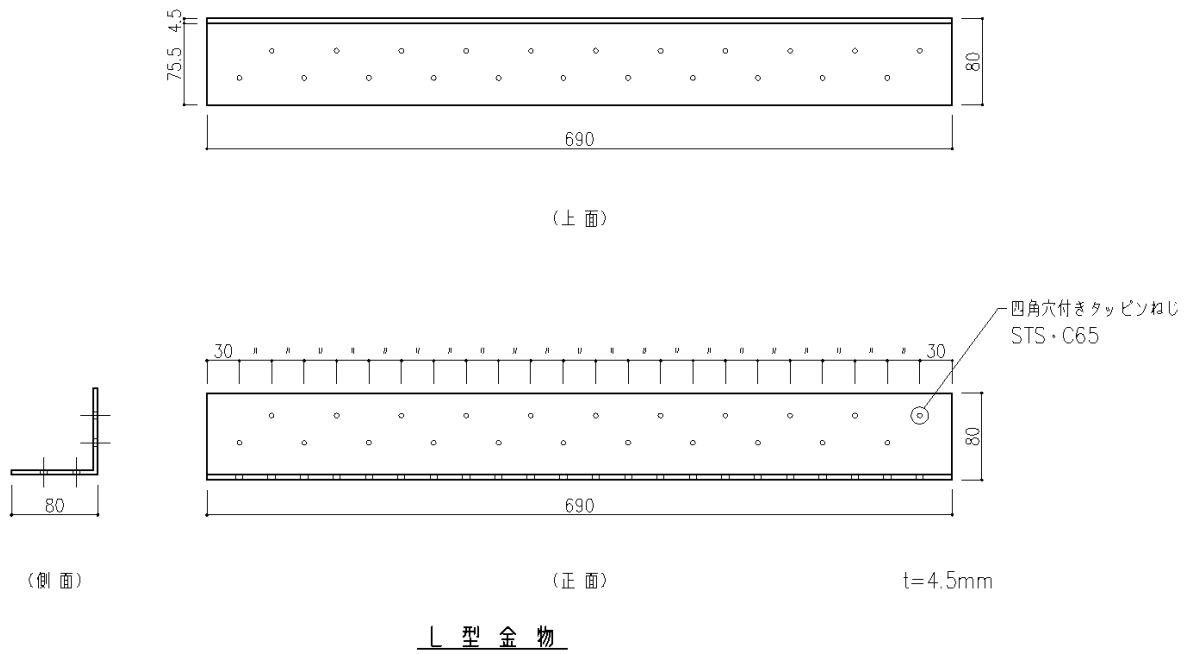


図 4.5.2-3 せん断接合部(L型金物①)詳細図

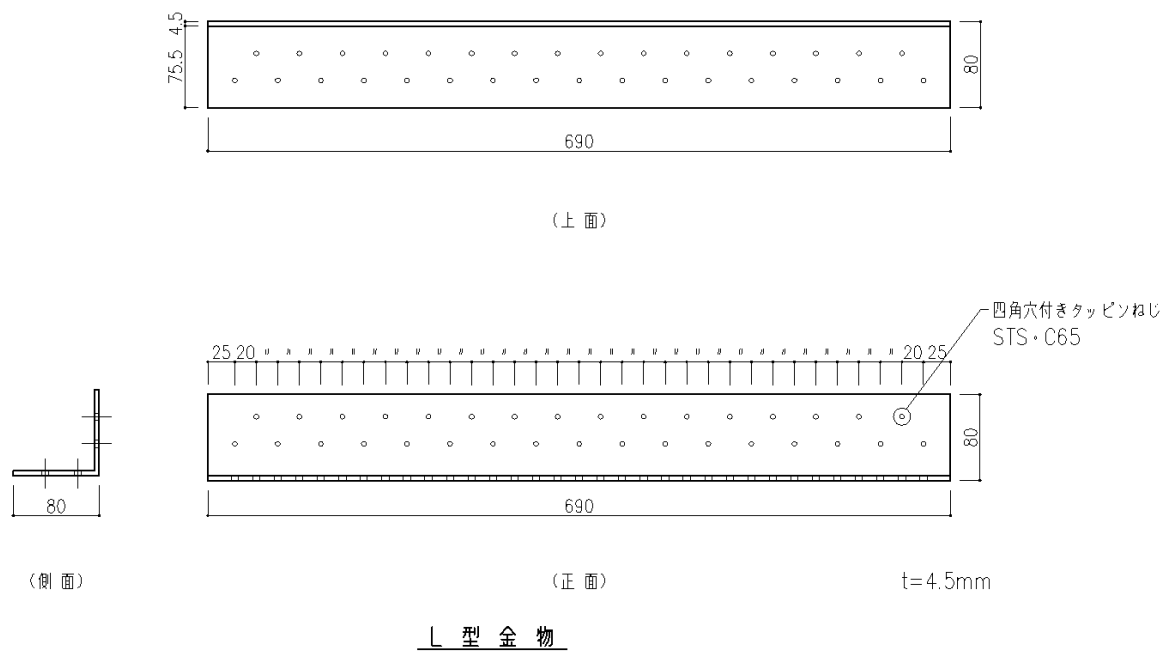


図 4.5.2-4 せん断接合部(L型金物②)詳細図

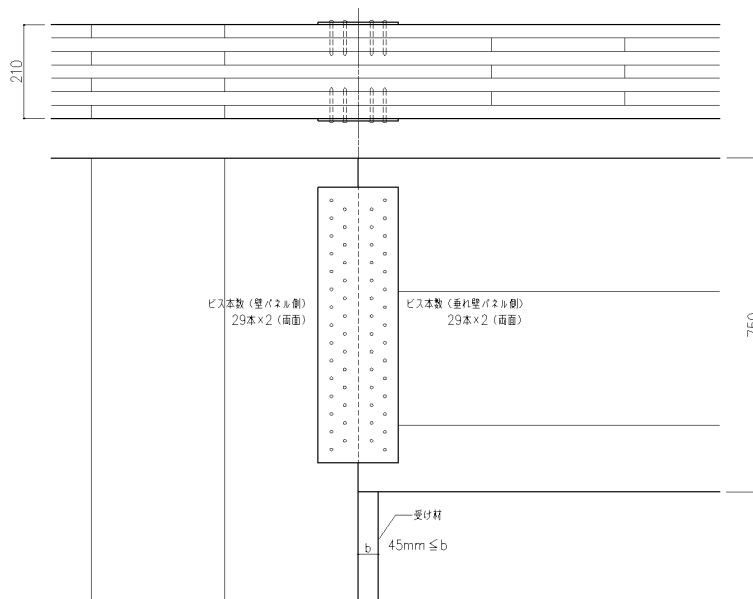
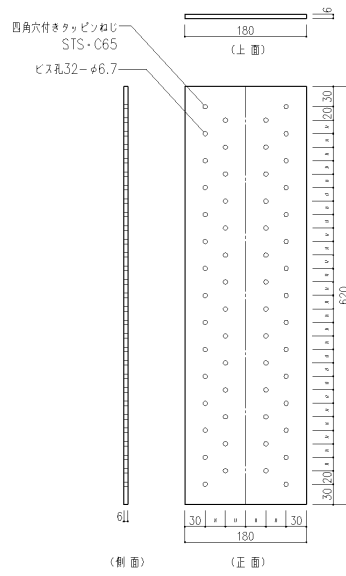


図 4.5.2-5 せん断接合部(平金物)詳細図

4.5.3 集成材接合部詳細図

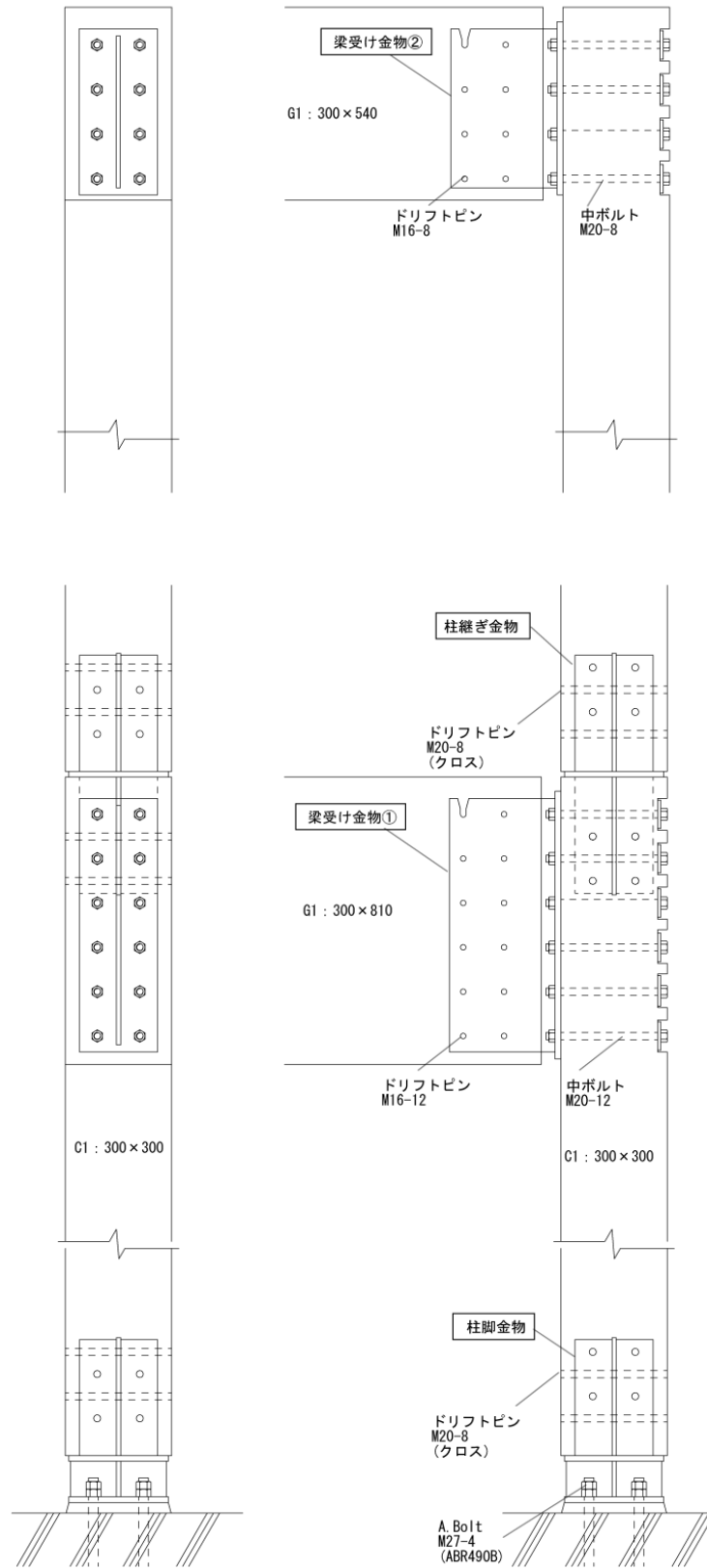


図 4.5.3-1 集成材接合部詳細図

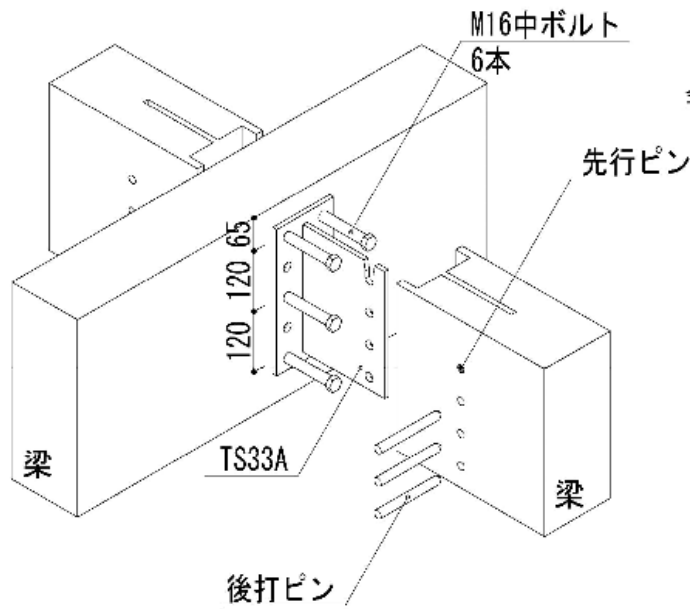
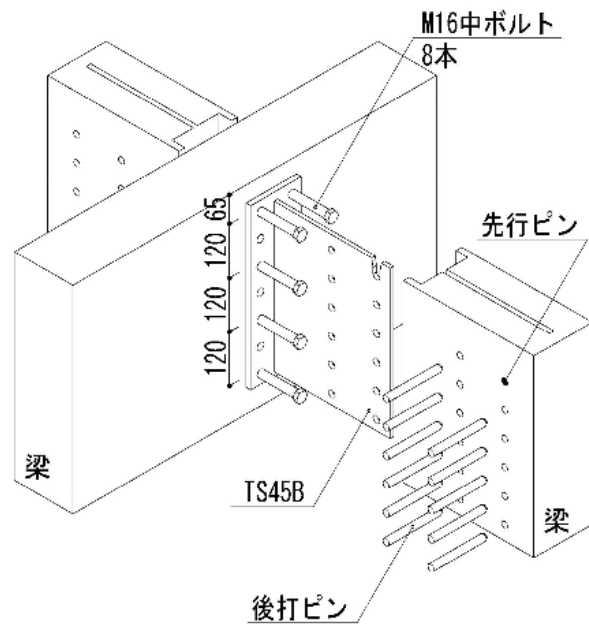


図 4. 5. 3-2 CLT - 集成材接合部 (TS 金物)

4.6 荷重・外力計算書

4.6.1 積載荷重

表 4.6.1-1 積載荷重 (N/m²)

| | 床、小梁用 | 大梁、柱、基礎用 | 地震用 |
|-------|-------|----------|-----|
| 非歩行屋根 | 900 | 650 | 300 |
| 事務所 | 2900 | 1800 | 800 |
| ピット | 1800 | 1300 | 600 |

4.6.2 固定荷重

表 4.6.2-1 床 固定荷重+積載荷重 (単位: N/m²)

| 階 | 室名 | 固定荷重 | | | 床・小梁用 | 架構用 | 地震用 | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------|-------|------------|------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | 内 訳 | W | ΣW | | | | | | | |
| R | 屋根 (CLTパネル) | 仕上げ t = 80 | 100 | 2470 | ↓ 2500 | D.L. | 2500 | | | | |
| | | シート防水 | 150 | | | | | | | | |
| | | 強化石膏ボード(t=21+21 t = 42 γ = 9.3) | 391 | | | | | | | | |
| | | CLTパネル t = 210 γ = 4.9 | 1029 | | | | | | | | |
| グラスウール | 50 | | | | | | | | | | |
| 天井下地 | 60 | | | | | | | | | | |
| 強化石膏ボード(t=21+21 t = 42 γ = 9.3) | 391 | | | | | | | | | | |
| 集成材梁 | 300 | | | | | | | | | | |
| | 仕上げ計 | 1441 | T.L. | 3400 | 2500 | 2500 | | | | | |
| | | | | LL | 900 | 650 | 300 | | | | |
| | | | | T.L. | 3400 | 3150 | 2800 | | | | |
| 2~4 | 事務所床 (CLTパネル) | タイルカーペット | 50 | 2355 | ↓ 2400 | D.L. | 2400 | | | | |
| | | フリーアクセスフロア | 200 | | | | | | | | |
| | | ALC板 t = 50 γ = 6.5 | 325 | | | | | | | | |
| | | CLTパネル t = 210 γ = 4.9 | 1029 | | | | | | | | |
| 天井下地 | 60 | | | | | | | | | | |
| 強化石膏ボード(t=21+21 t = 42 γ = 9.3) | 391 | | | | | | | | | | |
| 集成材梁 | 300 | | | | | | | | | | |
| | 仕上げ計 | 1371 | T.L. | | | | | 5300 | 4200 | 3200 | |
| | | | | LL | 2900 | 1800 | 800 | | | | |
| | | | | T.L. | 5300 | 4200 | 3200 | | | | |
| 1 | 事務所床 (RCスラブ) | タイルカーペット | 50 | 3850 | ↓ 3900 | D.L. | 3900 | | | | |
| | | フリーアクセスフロア | 200 | | | | | | | | |
| | | コンクリートスラブ t = 150 γ = 24.0 | 3600 | | | | | | | | |
| | | 基礎梁 (電算考慮) | | | | | | | | | |
| | 仕上げ計 | 250 | T.L. | | | | | 6800 | 5700 | 4700 | |
| | | | | | | | | LL | 2900 | 1800 | 800 |
| | | | | | | | | T.L. | 6800 | 5700 | 4700 |
| 1 | ピット (耐圧版) | 仕上げ | 1000 | | | | | 8200 | ↓ 8200 | D.L. | 8200 |
| | | コンクリートスラブ t = 300 γ = 24.0 | 7200 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | 仕上げ計 | 1000 | T.L. | 10000 | 9500 | 8800 | | | | | |
| | | | | LL | 1800 | 1300 | 600 | | | | |
| | | | | T.L. | 10000 | 9500 | 8800 | | | | |
| 1 | ピット (耐圧版) 1-2間、4-5間 | 仕上げ | 1000 | 13000 | ↓ 13000 | D.L. | 13000 | | | | |
| | | コンクリートスラブ t = 500 γ = 24.0 | 12000 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | 仕上げ計 | 1000 | T.L. | | | | | 14800 | 14300 | 13600 | |
| | | | | | | | | LL | 1800 | 1300 | 600 |
| | | | | | | | | T.L. | 14800 | 14300 | 13600 |

※ CLT パネルの比重は気乾比重の実測値を参考に設定した。

※ 本設計例では内部建具(間仕切り壁、扉)を積載荷重に含めて計算しているが、各設計では実状を考慮して設定する必要がある。

表 4.6.2-2 壁 固定荷重

| 外壁(CLT耐震壁) | [mm] | | [N/m ²] | | |
|--------------------|---------|----------------|---------------------|---|------|
| 外装仕上げ | | | 10 | | |
| サイディング | t = 15 | | 160 | | |
| ALC版 | t = 35 | $\gamma = 6.5$ | 228 | | |
| CLTパネル | t = 210 | $\gamma = 4.9$ | 1029 | | |
| 断熱材 | t = 100 | | 20 | | |
| 強化石膏ボード(21mm+21mm) | t = 42 | $\gamma = 9.3$ | 391 | | |
| 内装仕上げ | | | 10 | | |
| | | | 1847 | → | 1850 |
| | | | | | |
| 内壁(CLT耐震壁) | [mm] | | [N/m ²] | | |
| 内装仕上げ | | | 10 | | |
| 強化石膏ボード(21mm+21mm) | t = 42 | $\gamma = 9.3$ | 391 | | |
| CLTパネル | t = 210 | $\gamma = 4.9$ | 1029 | | |
| 強化石膏ボード(21mm+21mm) | t = 42 | $\gamma = 9.3$ | 391 | | |
| 内装仕上げ | | | 10 | | |
| | | | 1830 | → | 1850 |
| | | | | | |
| 内壁(非耐震壁) | [mm] | | [N/m ²] | | |
| 内装仕上げ | | | 10 | | |
| 強化石膏ボード(21mm+21mm) | t = 42 | $\gamma = 9.3$ | 391 | | |
| 軸組 | | | 180 | | |
| 強化石膏ボード(21mm+21mm) | t = 42 | $\gamma = 9.3$ | 391 | | |
| 内装仕上げ | | | 10 | | |
| | | | 981 | → | 1000 |

表 4.6.2-3 その他 固定荷重

| 外壁(ガラス) | [mm] | [N/m ²] | | |
|---------|--------|---------------------|-----|-------|
| FL10 | t = 10 | 250 | | |
| FL10 | t = 10 | 250 | | |
| サッシ枠 | | 100 | | |
| | | | 600 | → 600 |

4.6.3 積雪荷重

積雪荷重は建築基準法施行令第86条に基づき以下により算出する。

$$S = d \cdot \rho \cdot A \quad (\text{式 4.6.3-1})$$

- S : 積雪荷重(N)
- d : 垂直積雪量(cm) = 30cm (東京都区部 想定)
- ρ : 積雪の単位荷重 (=20N/cm²)
- A : 屋根の水平投影面積(m²)

よって、屋根面積当たりの積雪荷重は $d \times \rho = 30 \times 20 = 600 \text{ N/m}^2$ である。

上記のように、稀に発生する積雪荷重を考慮した屋上の架構用設計荷重は $3150 + 600 = 3750 \text{ N/m}^2$ と算出できる。これは長期の架構用設計荷重 3150 N/m^2 の約 1.2 倍となる。CLT パネルの長期許容応力度と短期(積雪時)許容応力度の比は $1.6 / 1.1 \div 1.45$ であり、荷重の比よりも大きいため、積雪時検討は省略する。

4.6.4 風荷重

建物に作用する骨組設計用風圧力は建築基準法施行令第87条に基づき以下により算出する。また、壁パネル面外風圧力検討用の風圧力は風力係数が最大となる $C_f = 1.00$ として算出し、検討条件が最も厳しい4階の風圧力 ($1245 \rightarrow 1250 \text{ N/m}^2$) に対して検討を行うが、本計算では明らかに問題ないことを確認した。紙面の都合上、計算経過と結果の記載は省略する。

- ・ $V_0 = 34 \text{ (m/sec)}$ [東京都区部 想定]
- ・ 地表面粗度区分 III

表 4.6.4-1 風圧力 (架構用)

| | | | |
|------------------|-----------|--------------|--------------------------------|
| H= | 14.70 (m) | 平均風速の高さ係数 | $E_r = 0.86$ |
| 地表面粗度区分 | III | ガスト影響係数 | $G_f = 2.44$ |
| Z _b = | 5.0 (m) | 各地の風速 | $V_0 = 34$ (m/s) |
| Z _G = | 450 (m) | 地表粗度区分に応じた係数 | $E = 1.79$ |
| $\alpha =$ | 0.20 | 速度圧 | $q = 1245$ (N/m ²) |

| 建物の見附幅 [m] | |
|------------|-----------------------|
| X方向 | L _x = 13.2 |
| Y方向 | L _y = 14.6 |

| 層 | 階高 | 高さ | 外圧係数 | | | 内圧係数 | 風力係数 | 風圧力 | 風荷重時水平力 | | 風荷重時層せん断力 | |
|---|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | 風上 | 風下 | | | | | X方向 | Y方向 | X方向 | Y方向 |
| | h(m) | Z(m) | k _z | C _{pe} | C _{pe} | C _{pi} | C _f | C _f ·q | Q _{wX} (kN) | Q _{wY} (kN) | Q _{wX} (kN) | Q _{wY} (kN) |
| 4 | 3.500 | 14.700 | 1.00 | 0.80 | -0.4 | 0 | 1.20 | 1493.55 | 34.5 | 38.2 | 34.5 | 38.2 |
| 3 | 3.500 | 11.2 | 0.90 | 0.72 | -0.4 | 0 | 1.12 | 1390.93 | 64.3 | 71.1 | 98.8 | 109.3 |
| 2 | 3.500 | 7.7 | 0.77 | 0.62 | -0.4 | 0 | 1.02 | 1266.62 | 58.6 | 64.8 | 157.4 | 174.1 |
| 1 | 4.200 | 4.2 | 0.65 | 0.52 | -0.4 | 0 | 0.92 | 1144.68 | 58.2 | 64.4 | 215.6 | 238.5 |

4.6.5 地震力算定用重量及び地震荷重

地震荷重は建築基準法施行令第88条に基づき以下により算出する。なお、地震力算定重量は解析モデルにより算定した。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \quad (\text{式 4.6.5-1})$$

Z : 地震地域係数 (=1.0)

地盤種別 : 第2種

一次固有周期 T : T=0.03H (Hは建物高さ)

R_t : 振動特性係数

A_i : 層せん断力係数の分布係数

C₀ : 標準せん断力係数 (=0.2, 1.0)

表 4.6.5-1 地震力算定用重量及び地震力

| | |
|--------------------|-------|
| H[m] | 14.70 |
| a | 1.00 |
| T[s] | 0.44 |
| T _c [s] | 0.60 |
| R _t | 1.00 |
| Z | 1.00 |

第2種地盤

| 階 | W _i [kN] | A[m ²] | W _i /A[kN/m ²] | Σ w _i [kN] | α _i | A _i | C ₀ | C _i | Q _i [kN] |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| 4階(RF重量) | 739.8 | 187.2 | 4.0 | 739.8 | 0.19 | 1.79 | 0.20 | 0.358 | 265.1 |
| 3階(4F重量) | 1030.2 | 187.2 | 5.5 | 1770.0 | 0.46 | 1.38 | 0.20 | 0.277 | 490.0 |
| 2階(3F重量) | 1022.6 | 187.2 | 5.5 | 2792.6 | 0.73 | 1.17 | 0.20 | 0.234 | 653.0 |
| 1階(2F重量) | 1047.2 | 187.2 | 5.6 | 3839.8 | 1.00 | 1.00 | 0.20 | 0.200 | 768.0 |

(W_i:各階重量 A:床面積)

表 4.6.5-2 地震力と壁長さ

| 階 | X | | | | Y | | | |
|----|---------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------------------|--------------------|
| | 壁長さΣ L _w | A | L _w /A | Q/Σ L _w | 壁長さΣ L _w | A | L _w /A | Q/Σ L _w |
| | m | m ² | m/m ² | kN/m | cm | m ² | m/m ² | kN/m |
| 4階 | 26.84 | 187.2 | 0.143 | 9.88 | 29.65 | 187.2 | 0.158 | 8.94 |
| 3階 | 26.84 | 187.2 | 0.143 | 18.26 | 29.65 | 187.2 | 0.158 | 16.53 |
| 2階 | 26.84 | 187.2 | 0.143 | 24.33 | 29.65 | 187.2 | 0.158 | 22.02 |
| 1階 | 25.54 | 187.2 | 0.136 | 30.07 | 29.65 | 187.2 | 0.158 | 25.90 |

表 4.6.5-3 地震力と風圧力の比較

| 層 | 風荷重時層せん断力 | | 地震層せん断力 | | 比率(風/地震) | |
|---|----------------------|----------------------|---------|--------|----------|-------|
| | ①稀に発生する暴風 | | | | 稀に発生する暴風 | |
| | ×1.0 | | X方向 | Y方向 | X方向 | Y方向 |
| | X方向 | Y方向 | Q(kN) | Q(kN) | (%) | (%) |
| | Q _{wx} (kN) | Q _{wy} (kN) | Q(kN) | Q(kN) | (%) | (%) |
| 4 | 35 | 38 | 265.11 | 265.11 | 13.02 | 14.40 |
| 3 | 99 | 109 | 490.01 | 490.01 | 20.17 | 22.31 |
| 2 | 157 | 174 | 652.95 | 652.95 | 24.11 | 26.66 |
| 1 | 216 | 238 | 767.96 | 767.96 | 28.08 | 31.05 |

図 4.6.5-1 は、建物に発生する水平力として、4.6.4 で算出した風圧力（稀に発生する暴風時）と、地震力（稀に発生する地震時）を比較した図である。地震力に対する風圧力の比は最大でも 1 階 Y 方向でも約 32% であり、地震力に比較し十分小さいため、水平荷重計算は地震力によって行う。

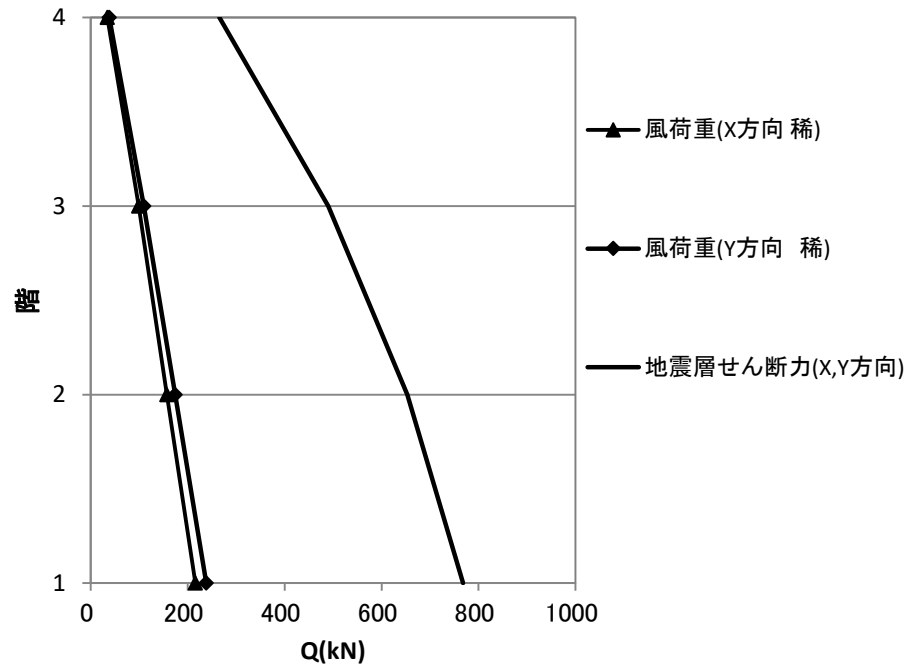


図 4.6.5-1 地震層せん断力と風荷重（稀に発生する暴風時）の比較

4.6.6 荷重の組み合わせ

前述したように短期積雪時、短期暴風時の設計外力は、長期荷重時、短期地震時に比べて小さいため検討は不要となる。したがって、設計例では長期荷重及び地震荷重のみに対する設計を対象とする。

表 4.6.6-1 荷重組み合わせ (■ : 設計対象)

| 荷重状態 | | 一般の場合 | 多雪区域の場合 | 備考 |
|---------|-----|-----------|-----------------|---------------------------------|
| 長期(L) | 常時 | $G+P$ | $G+P$ | |
| 中長期(ML) | 積雪時 | — | $G+P+0.7S$ | |
| 中短期(MS) | 積雪時 | $G+P+S$ | $G+P+S$ | |
| 短期(S) | 暴風時 | $G+P+W$ | $G+P+W$ | 建築物の倒壊、柱の引抜けなどの検討には積載荷重を適宜減少させる |
| | | | $G+P+0.35S+W$ | |
| | 地震時 | $G+P+K_1$ | $G+P+0.35S+K_1$ | |
| | 火災時 | $G+P$ | $G+P+0.7S$ | 燃え代設計の場合必要 |
| 最大級(U) | 地震時 | $G+P+K_2$ | $G+P+0.35S+K_2$ | 建築物の倒壊、柱の引抜けなどの検討には積載荷重を適宜減少させる |

記号 G : 固定荷重によって生ずる力

P : 積載荷重によって生ずる力

S : 積雪荷重によって生ずる力 (屋根勾配や雪下ろしにより適切に低減してよい)

W : 風圧力によって生ずる力

K_1 : 地震力によって生ずる力 ($C_0=0.2$)

K_2 : 地震力によって生ずる力 ($C_0=1.0 \times D_s$)

4.7 応力計算書

4.7.1 解析モデル概要

- ・ 解析ソフトは汎用応力解析プログラムを用いる。
- ・ 設計例における設計荷重及び設計外力は、長期荷重、地震力 (X 方向正加力)、地震力 (Y 方向正加力) とする。
- ・ 構造階高は基礎上端から算定し、意匠階高と同じく 1F は 3.7m、2F~4F は 3.5m とする。
- ・ CLT パネルは図 4.7.1-1~図 4.7.1-5 に示すように、直交異方性を考慮した等価線材置換によりモデル化する。
- ・ CLT パネルの接合部は、軸バネ、回転バネを適宜配置する。
- ・ 水平構面は剛床とし、CLT 床パネルの設計は別途設計を行う。
- ・ 床パネルの剛性については、耐力壁パネルが横方向に連続する場合は強軸・強軸方向共に 1m の協力幅を見込んだ線材要素としてモデル化する。垂れ壁のあるスパンでは、床パネルの剛性は無視する。
- ・ 長期応力、地震時応力ともに弾性解析により検討する。
- ・ 壁-垂れ壁仕口部は剛域を考慮する。壁上端の剛域長さは垂れ壁せいの 1/2、垂れ壁の剛域は壁のフェイスまでとする。
- ・ 基礎層は十分剛なものとして扱い上部構造の設計では考慮せず、1階 CLT 壁パネルの脚部を固定支持として設定する。
- ・ 集成材接合部はいずれもピン接合とする。

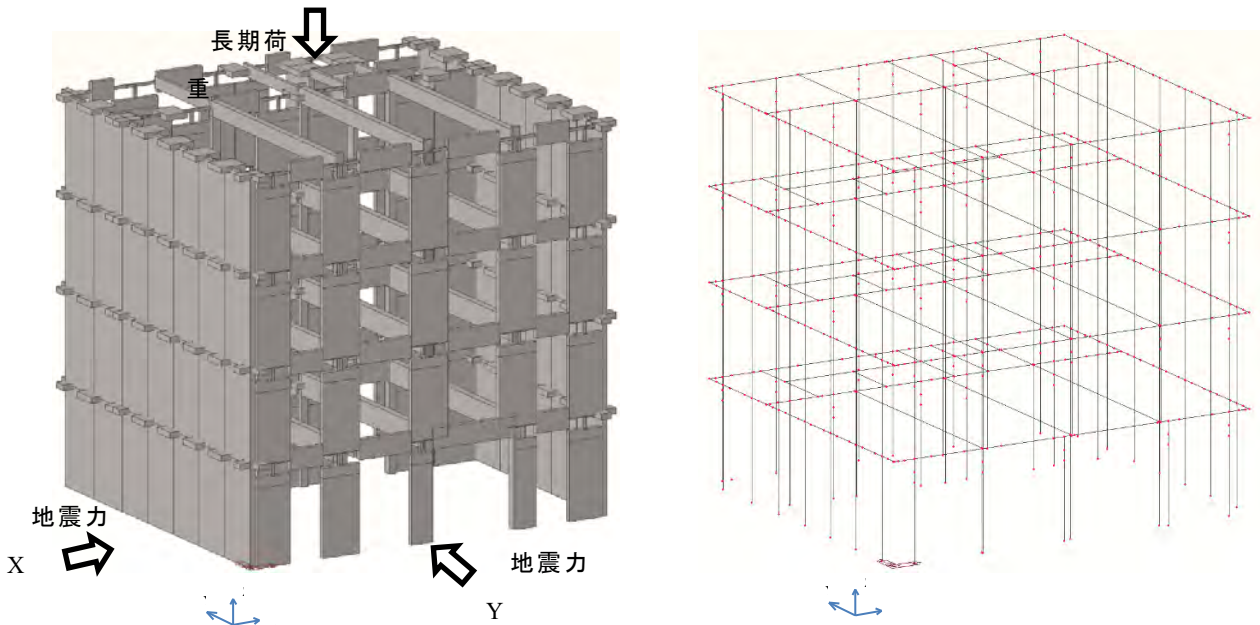


図 4.7.1-1 解析モデル図 (全体)

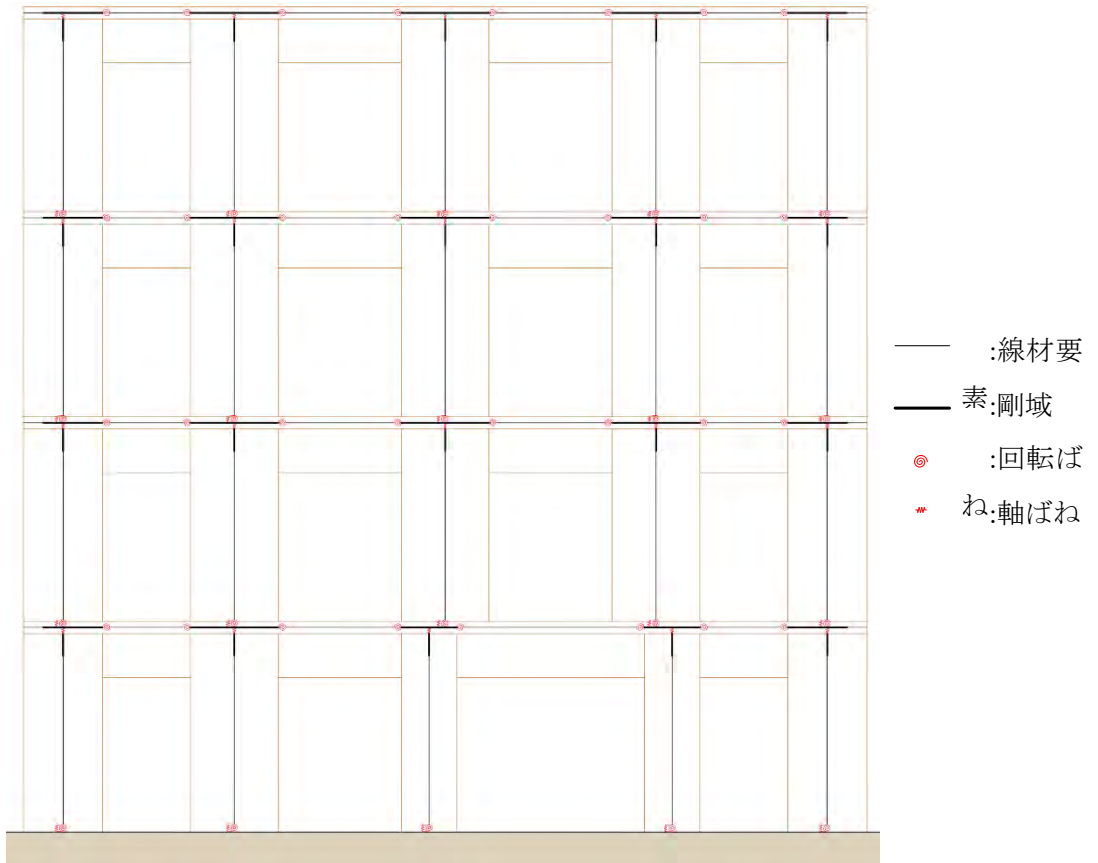


図 4.7.1-2 A 通り解析モデル図

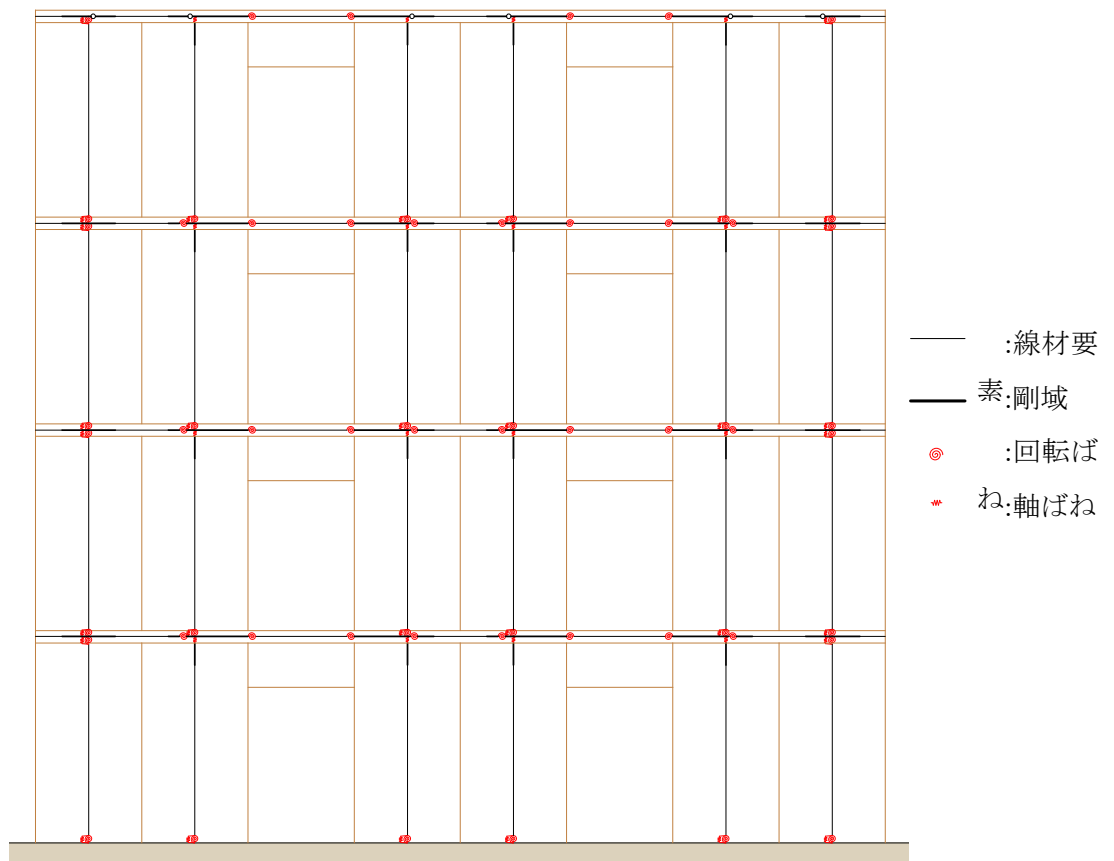


図 4.7.1-3 B 通り解析モデル図

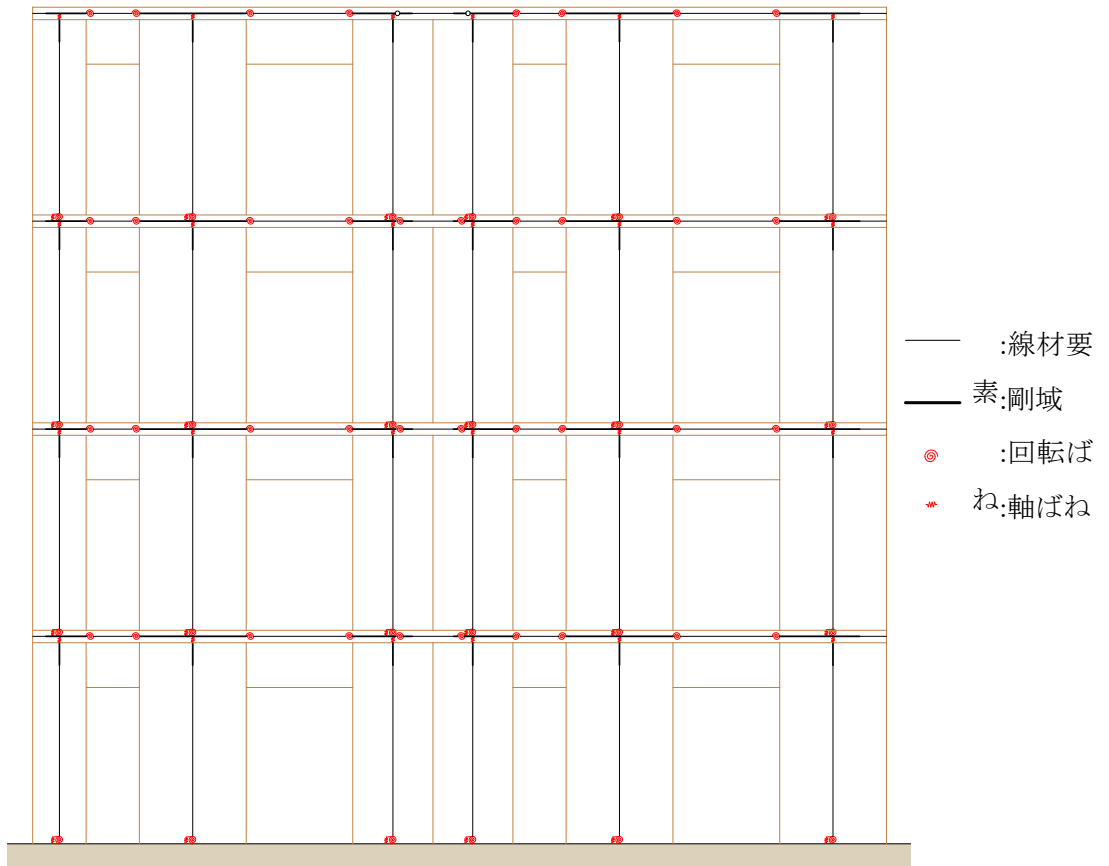


図 4.7.1-4 C 通り解析モデル図

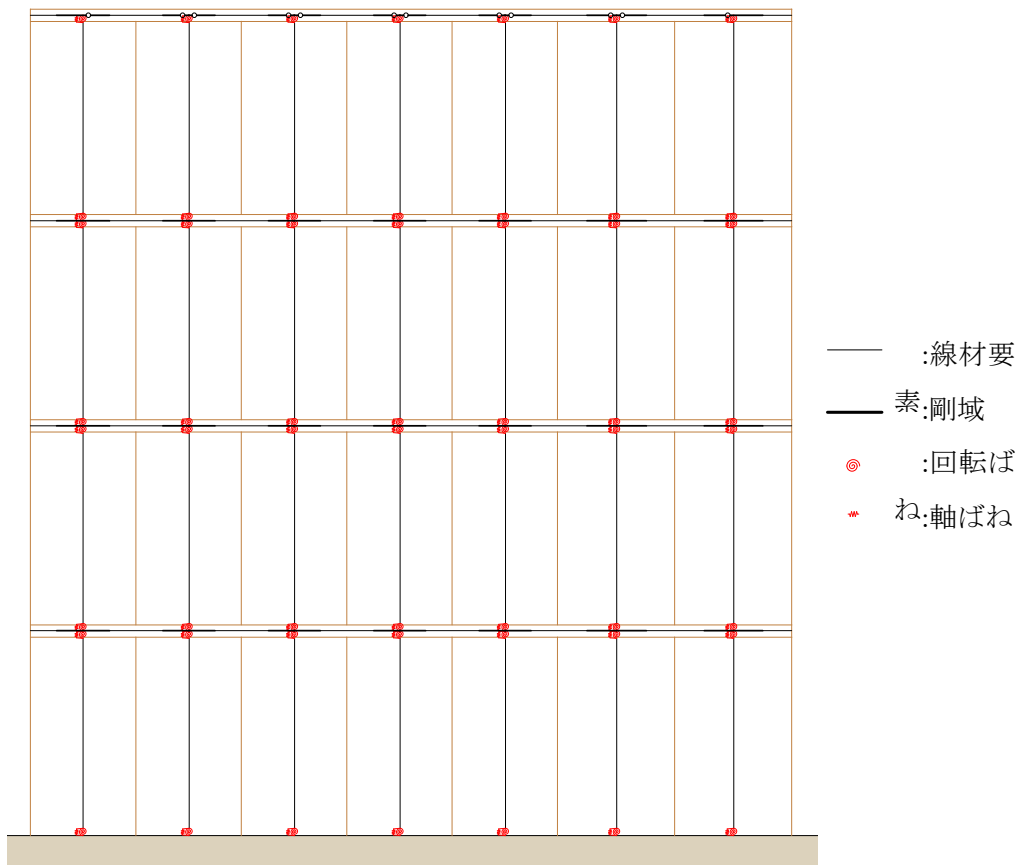
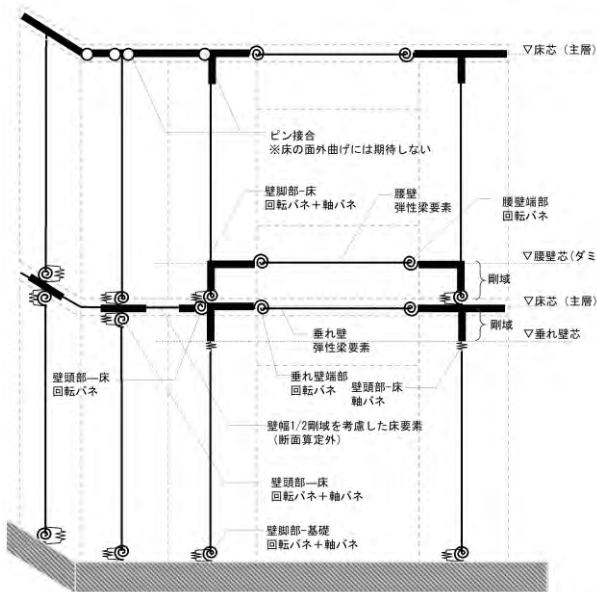


図 4.7.1-5 1 通り · 5 通り解析モデル図

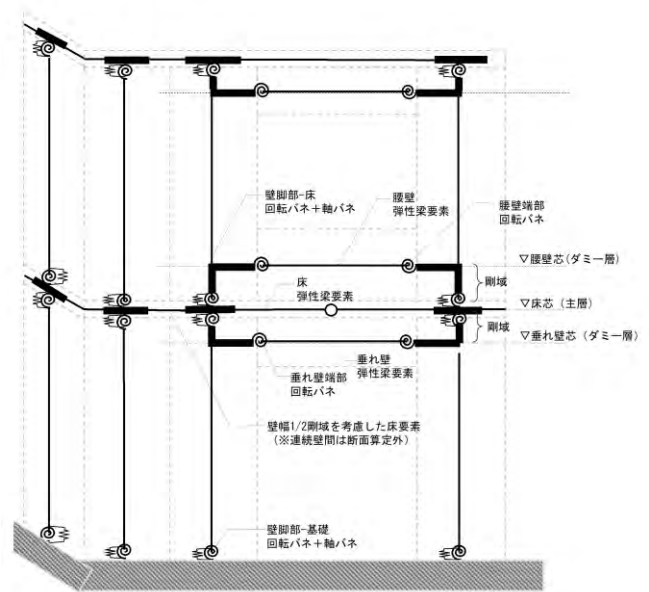
各部位のモデル化方法の概要を表 4.7.1-1 および図 4.7.1-6 に示す。床を考慮しないモデルで検討する。

表 4.7.1-1 各部位のモデル化方法（小幅パネル架構）

| No. | 部位・部材 | モデル化方法 |
|-----|---------------------------------|---|
| ① | 袖壁（壁パネル） | エレメント置換（梁要素および上部剛梁要素） |
| ② | 壁-基礎接合部 | 材端バネ（回転バネ+軸バネ）※軸バネは圧縮・引張の平均値 |
| ③ | 壁-床接合部 | 材端バネ（回転バネ+軸バネ）※軸バネは圧縮・引張の平均値として壁頭壁脚に振り分ける。なお、連続壁間は回転バネを壁頭又は床要素端部に設ける。 |
| ④a | 垂壁 | 床考慮しない場合：梁要素（床芯レベルに入力） 床考慮する場合：梁要素（垂壁芯レベルに入力） |
| ④b | 腰壁 | 梁要素（腰壁芯レベルに入力） |
| ⑤ | 垂壁・腰壁接合部 | 材端バネ（回転バネ）、垂壁・腰壁せいの 1/2 までを剛域に設定 |
| ⑥ | 壁-直交壁間の接合 連続壁間の接合 （最上層以外） | 壁幅 1/2 を剛域設定した床要素（CLT マニュアルに準拠し有効幅 1.0m とする）による接合。ただし、CLT マニュアルに準拠し、床を介して壁壁間の圧縮ストラットが見込めるため断面算定対象外とする。 |
| ⑦ | 壁-直交壁間の接合 連続壁間の接合 （最上層） | 床考慮しない場合：両端ピン要素で接合 床考慮する場合：最上層以外の層と同様（ただし、断面算定対象） |
| その他 | | <ul style="list-style-type: none"> 各せん断金物接合部のせん断剛性は考慮しない（剛とする） 床を考慮する場合は、最上層以外の連続壁間を除き、床要素も断面算定対象となる。また、床継手は適宜ピン等に設定する。 |



床を考慮しない場合（簡易モデル_床無視）



床を考慮する場合（簡易モデル_床考慮）

図 4.7.1-6 簡易モデル概要

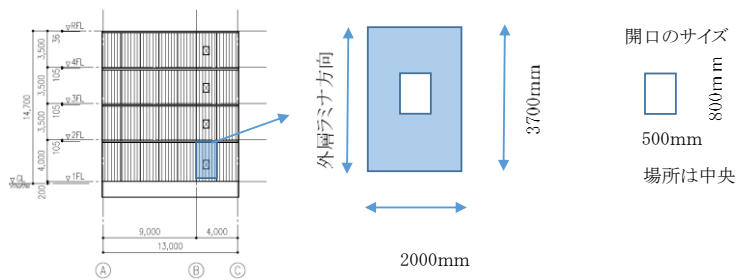
4.7.2 CLT パネルのモデル化

CLT パネルは等価線材置換によりモデル化する。物性は材料特性で示した値を直交異方性材料として入力し弾性体として解析を行う。

①、⑤通り B、C 間内側の W7 パネルには幅 300mm 高さ 800mm の開口があるため「CLT マニュアル 3.3.2 小開口を有する CLT パネルの剛性・強度 (2)方法 2: 開口係数法に準じた方法」を参考に表 4.7.2-1 の低減係数を各剛性にかけた値を用いる。耐力についても低減係数を用いて算出した値により断面算定を行う。1 階は階高が異なるがより厳しい低減となる 2,3,4 階の階高 3500mm を用いて一律に低減係数を設定する。

表 4.7.2-1 開口壁の低減係数

| | |
|--------------------------|------|
| パネル(ラミナ方向幅)X[mm] | 3500 |
| パネル(ラミナ直角方向幅)Y[mm] | 2000 |
| 外層ラミナ方向の開口幅 x_0 [mm] | 800 |
| 外層ラミナ直角方向の開口幅 Y_0 [mm] | 300 |
| 残存部分の幅(最小値) | 850 |
| α | 0.03 |
| β | 0.85 |
| r | 0.96 |
| 低減係数 | 0.76 |



4.7.3 集成材のモデル化

集成材は図 4.7.3-1 に示すように線材置換によりモデル化する。また柱、大梁、小梁の端部接合部はピン接合とし長期応力のみ負担するモデルとする。

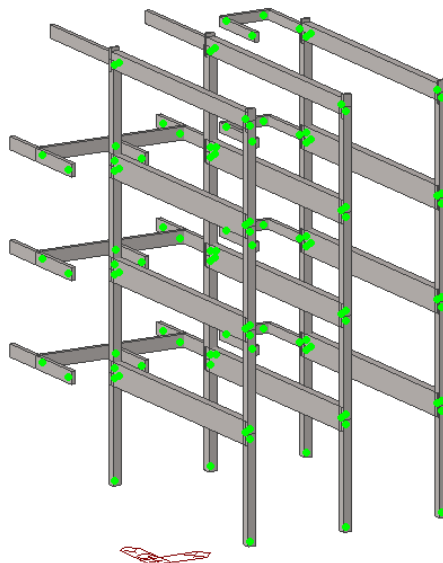


図 4.7.3-1 集成材のモデル化

4.7.4 床パネルのモデル化

連続壁の直上の床は境界梁としてモデル化し、有効幅は強軸・弱軸方向共に1mを仮定してモデル化する（CLT マニュアル 3.1.2 鉛直構面の構成方法 (2)床版のモデル化参照）。床要素の全長のうち、壁要素の節点から壁端までの1/2を剛域とする。

床要素には解析上、せん断応力が発生するが、実状この部分は上下壁により圧縮ストラットが形成され応力伝達がなされるため、床の面外せん断力の検討は省略する。

水平構面は剛床を仮定し、床パネルの検討については別途行う。床 - 床接合部は全てスプライン接合を想定して検討を行う。

床荷重は図 4.7.4-2 に示すように強軸方向にのみに分配するとしてモデル化する。

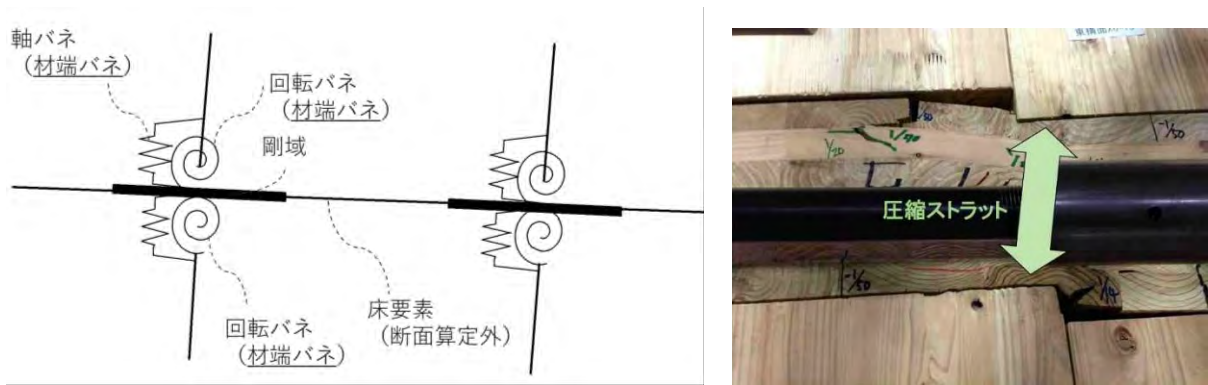


図 4.7.4-1 耐力壁パネルが横方向・上下方向に連続する場合のモデル化

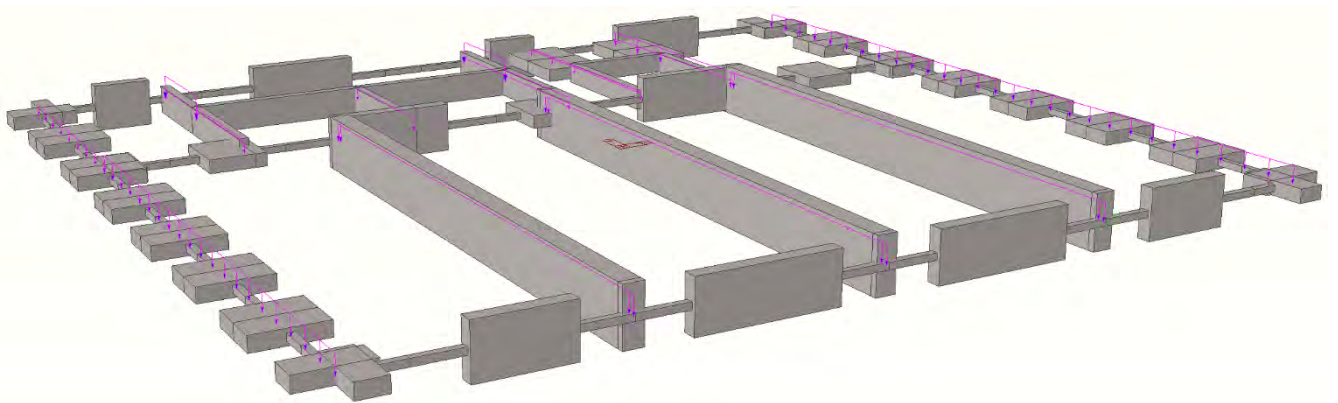


図 4.7.4-2 床荷重の入力例

4.7.5 接合部のモデル化

(ア) 壁 - 基礎接合部のモデル化方法

壁-基礎接合部の回転バネの算出方法を以下に示す。CLT 壁脚部は、曲げモーメント M に対し、引張接合部の引張力と CLT 基礎端部の支圧力が抵抗する。下図のように支圧力の合力を $P_c = \sum N$ 、CLT 壁の圧縮側最外縁の変形量を δ_c 、引張接合部の引張力を P_t 、変形量を δ_t とし、CLT 壁端部は平面保持の仮定が成り立つとすると、引張接合部の引張力 P_t と支圧力の合力 $P_c = \sum N$ は次式で表される。なお、壁脚部に軸力が生じる場合 $\sum N$ に軸力を含める必要があるが、本設計例では線形解析とするため軸力の影響は無視した。

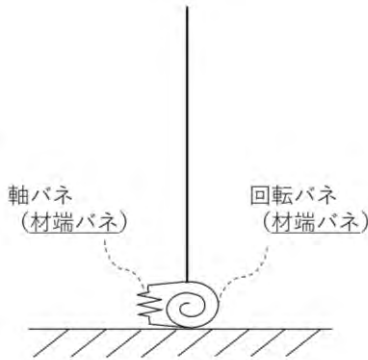


図 4.7.5-1 壁基礎接合部のモデル図

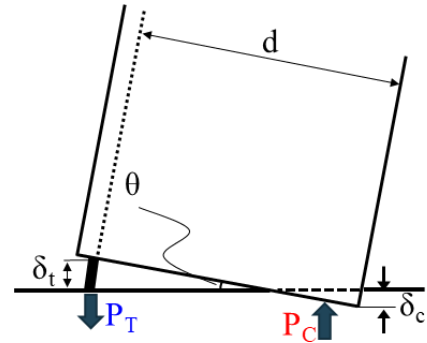


図 4.7.5-2 壁基礎接合部回転剛性算出の概要図

(式 4.7.5-1)

$$P_t = K_{wt} \cdot \delta_t$$

(式 4.7.5-2)

$$P_t = P_c = \sum N$$

ここで、 K_{wt} : 引張接合部の引張剛性

次に鉄筋コンクリートと同様に力と変形の釣合い条件により圧縮側縁から中立軸までの距離 x_n を求める。

$$\sum N = \frac{1}{2} x_n^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta \quad (式 4.7.5-3)$$

$$\delta_t = P_t \left(\frac{1}{K_{wt}} \right) \quad (式 4.7.5-4)$$

ここで、 k_e : 壁パネルの支圧剛性(= $15.6 N/mm^3$) ※CLT マニュアルに準拠

t : 壁厚

d : 引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離

力の釣合いより

$$\sum N = P_t \quad (式 4.7.5-5)$$

変形の釣合いより

$$(d - x_n)\theta = \delta_t \quad (式 4.7.5-6)$$

上記より得られた2次方程式を解く。

$$\frac{1}{2}x_n^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta = \frac{(d - x_n)\theta}{\left(\frac{1}{K_{wt}}\right)} \quad (\text{式 4.7.5-7})$$

$$\frac{1}{2} \cdot t \cdot k_e \cdot x_n^2 + K_{wt} \cdot x_n - K_{wt} \cdot d = 0 \quad (\text{式 4.7.5-8})$$

これより

$$a = \frac{1}{2} \cdot t \cdot k_e \quad (\text{式 4.7.5-9a})$$

$$b = K_{wt} \quad (\text{式 4.7.5-9b})$$

$$c = -K_{wt} \cdot d \quad (\text{式 4.7.5-9c})$$

とおくと、圧縮側縁から中立軸までの距離 x_n が算出できる

$$x_n = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (\text{式 4.7.5-10})$$

次に応力中心間距離 j は以下となる

$$j = d - \frac{1}{3}x_n \quad (\text{式 4.7.5-11})$$

壁脚モーメントと回転角 θ の関係は

$$M = \sum N \cdot j = P_t \cdot j = \frac{(d - x_n)\theta}{\left(\frac{1}{K_{wt}}\right)} \cdot j \quad (\text{式 4.7.5-12})$$

回転剛性 $K_{w\theta}$ は

$$K_{w\theta} = \frac{M}{\theta} = \frac{(d - x_n)}{\left(\frac{1}{K_{wt}}\right)} \cdot j = K_{wt}(d - x_n) \cdot \left(d - \frac{1}{3}x_n\right) \quad (\text{式 4.7.5-13})$$

次に壁-基礎接合部の軸バネ剛性の算出方法を以下に示す。軸剛性 K_{WA} は引張接合部の引張剛性と圧縮接合部の圧縮剛性の平均値を用いる。

$$K_{WA} = \frac{n \cdot K_{wt} + \text{全面}K_{wc}}{2} \quad (\text{式 4.7.5-14})$$

ここで、 $\text{全面}K_{wc}$: 圧縮接合部の圧縮剛性 ($K_{wc} = k_e \cdot A_c$)
 A_c : 支圧面積(壁パネルの厚さ $t \times B$ とする) ※ B : 壁幅
 n : 引張接合本数

以上の方法により各壁パネルの壁-基礎接合部性能を算出した結果を、表 4.7.5-1 に示す。

表 4.7.5-1 壁-基礎接合部のばね剛性算出結果

| 壁パネル符号(b×D) | 回転剛性 (kN・m/rad) | 軸剛性 (kN/m) |
|-------------------|-----------------|------------|
| W1 (210×750) | 12310.5 | 1271100 |
| W2 (210×870) | 17983.9 | 1467660 |
| W3 (210×1350) | 51871.9 | 2253900 |
| W4 (210×1500) | 66177.8 | 2499600 |
| W5 (210×1600) | 76706.3 | 2663400 |
| W6、W6A (210×1800) | 100151.2 | 2991000 |
| W7 (210×2000) | 126791.4 | 3318600 |

(イ) 壁 - 床接合部のモデル化方法

壁-床接合部も壁-基礎接合部と同様にモデル化する。壁-床接合部の回転剛性算出にあたっては、壁-基礎接合部での支圧剛性 k_e に代えて、めり込み剛性 k_e を用いる。

k_e : 床パネルのめり込み剛性(= $\frac{E_{90}}{Z_0} N/mm^3$ とする) ※CLT マニュアルに準拠

E_{90} : 床パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数
 (繊維並行方向のヤング係数の 1/30 とする) ※CLT マニュアルに準拠

Z_0 : 床パネルの厚さ ※CLT マニュアルに準拠

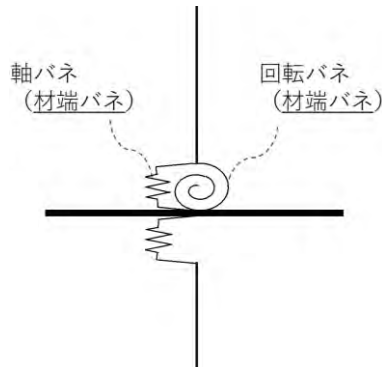


図 4.7.5-3 壁床接合部のモデル図

また、壁-床接合部の軸バネは壁頭壁脚にそれぞれ設けるため、剛性を2倍して配置する

全面 K_{wc} ：圧縮接合部の圧縮剛性 ($K_{wc} = k_e \cdot A_c$)

A_c ：めり込み面積 (壁パネルの厚さ $t \times B$ とする) ※ B ：壁幅

n ：引張接合本数

$$K_{WA} = 2 \times \frac{n \cdot K_{wt} + \text{全面}K_{wc}}{2} \quad (\text{式 4.7.5-15})$$

各壁パネルの壁-床接合部性能を算出した結果を、表 4.7.5-2 に示す。

表 4.7.5-2 壁-床接合部のばね剛性算出結果

| 壁パネル符号(b×D) | 回転剛性 (kN・m/rad) | 軸剛性 (kN/m) |
|-------------------|-----------------|------------|
| W1 (210×750) | 6060.4 | 241200 |
| W2 (210×870) | 9379.9 | 265200 |
| W3 (210×1350) | 31257.1 | 361200 |
| W4 (210×1500) | 41078.7 | 391200 |
| W5 (210×1600) | 48448.0 | 411200 |
| W6、W6A (210×1800) | 65194.7 | 451200 |
| W7 (210×2000) | 84665.2 | 491200 |

(ウ) 壁 - 垂れ壁接合部のモデル化方法

壁-垂れ壁接合部は垂壁端部の回転バネとしてモデル化する。せん断剛性は考慮せず剛とする。

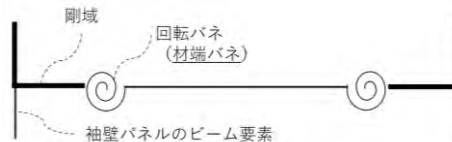


図 4.7.5-4 壁垂れ壁接合部のモデル図

壁-垂れ壁接合部の回転バネ剛性の算出方法を以下に示す。垂れ壁端部は曲げモーメント M に対して、垂壁間の支圧力 C_L と C_R で抵抗する。ここで、 $C_L = C_R$ とする。図 4.7.5-5 に示すように、垂れ壁圧縮端部から回転中心までの距離を x とし、 $x = \frac{Ht}{2}$ と仮定する。圧縮端部のめり込み変位を δ とすると、壁-垂壁間回転角 θ は次式で表される。

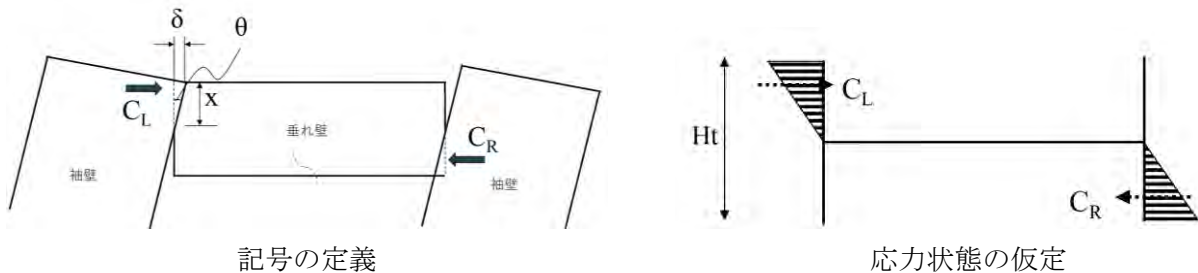


図 4.7.5-5 壁-垂れ壁接合部回転剛性算出の概要図

$$C_L = \sum N = \frac{1}{2} \left(\frac{Ht}{2} \right)^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta \quad (\text{式 4.7.5-16})$$

次に応力中心間距離 j は以下とする

$$j = \frac{2}{3} \left(\frac{Ht}{2} \right) \quad (\text{式 4.7.5-17})$$

壁脚モーメントと回転角 θ の関係は

$$M = \sum N \cdot j = \frac{1}{2} \left(\frac{Ht}{2} \right)^2 \cdot t \cdot k_e \cdot \theta \cdot j \quad (\text{式 4.7.5-18})$$

回転剛性 $K_{w\theta}$ は

$$K_{w\theta} = \frac{M}{\theta} = \frac{1}{2} \left(\frac{Ht}{2} \right)^2 \cdot t \cdot k_e \cdot j = \left(\frac{Ht^3}{24} \right) \cdot t \cdot \frac{1.5E_{90}}{Z_0} \quad (\text{式 4.7.5-19})$$

ここで、 t : 壁厚

k_e : 壁-垂れ壁のめり込み剛性(= $\frac{1.5E_{90}}{Z_0} N/mm^3$ とする) ※CLT マニュアルに準拠

E_{90} : 床パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数
(繊維並行方向のヤング係数の 1/30 とする) ※CLT マニュアルに準拠

Z_0 : ラミナ幅 ※CLT マニュアルに準拠

壁-垂れ壁接合部の回転ばね剛性算出結果を表 4.7.5-3 に示す。

表 4.7.5-3 壁-垂れ壁接合部の回転ばね剛性算出結果

| 壁パネル符号(b×D) | 回転剛性 (kN・m/rad) |
|---------------|-----------------|
| WG1 (210×750) | 9228.5 |

4.7.6 応力解析結果

応力解析結果を以下に示す。

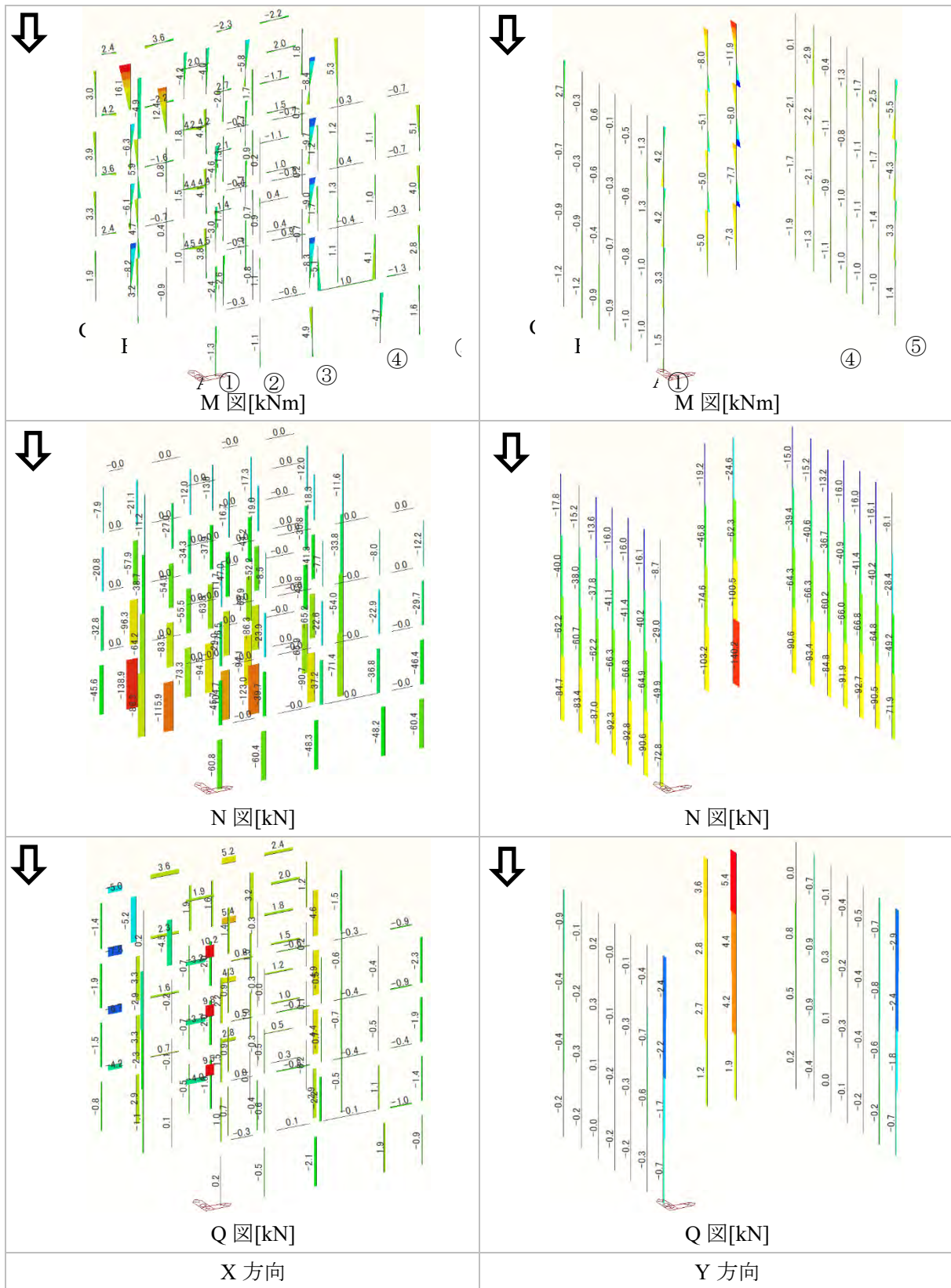


図 4.7.6-1 CLT パネルの長期荷重時応力図

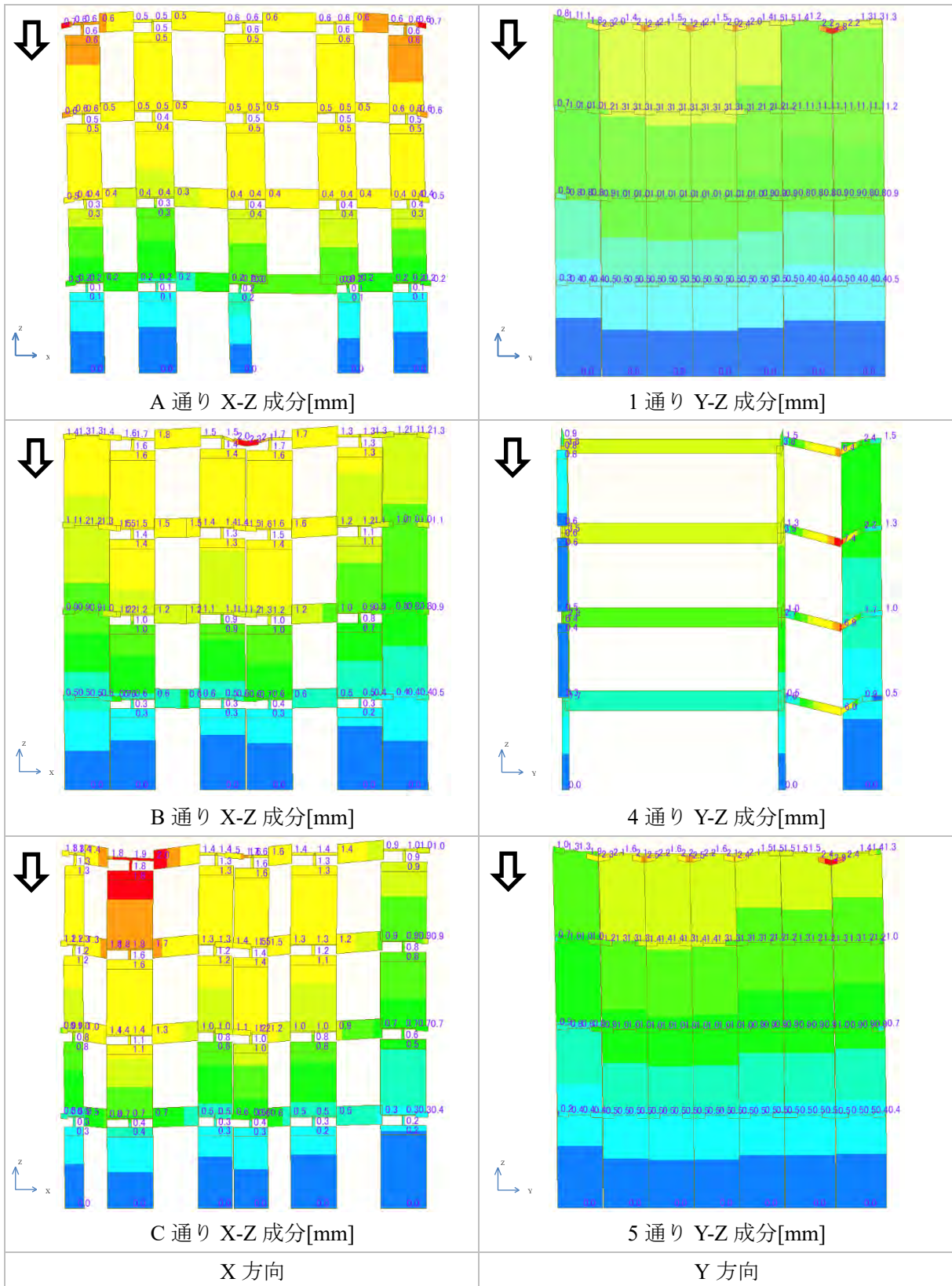


図 4.7.6-2 長期荷重時変形図

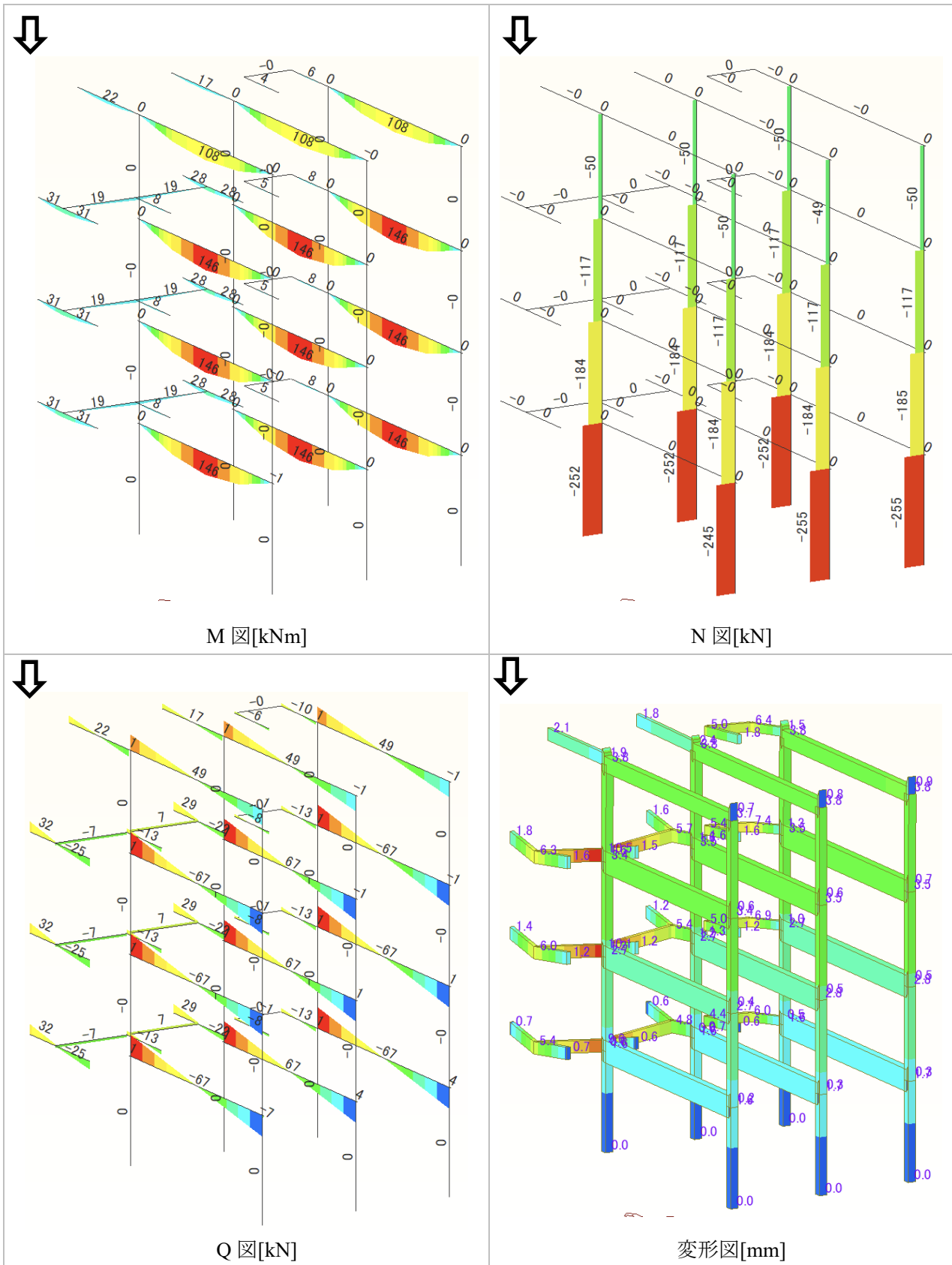


図 4.7.6-3 長期荷重時の柱・大梁応力・変形図

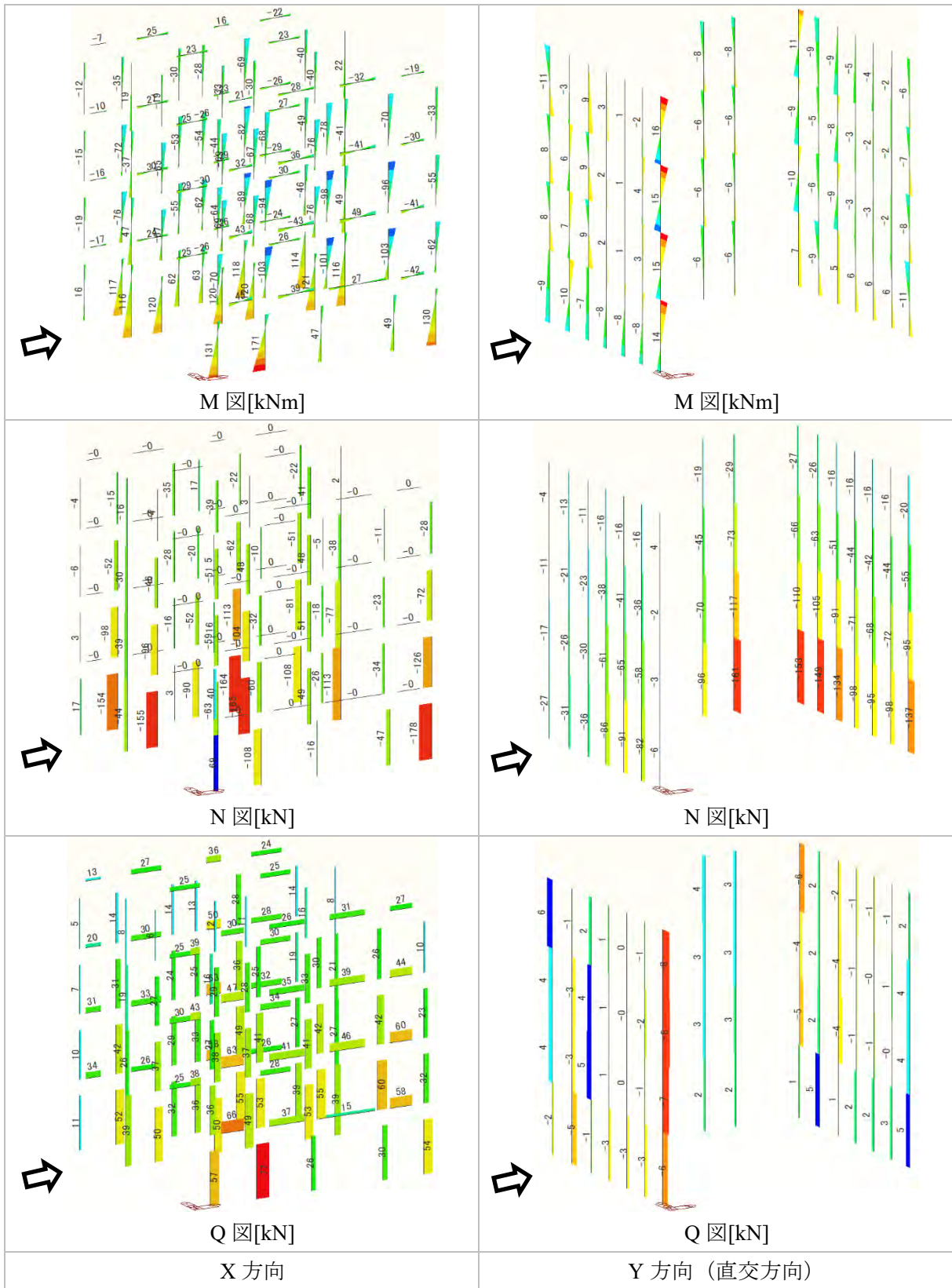


図 4.7.6-4 CLT パネルの短期荷重時応力図(地震 X 方向)

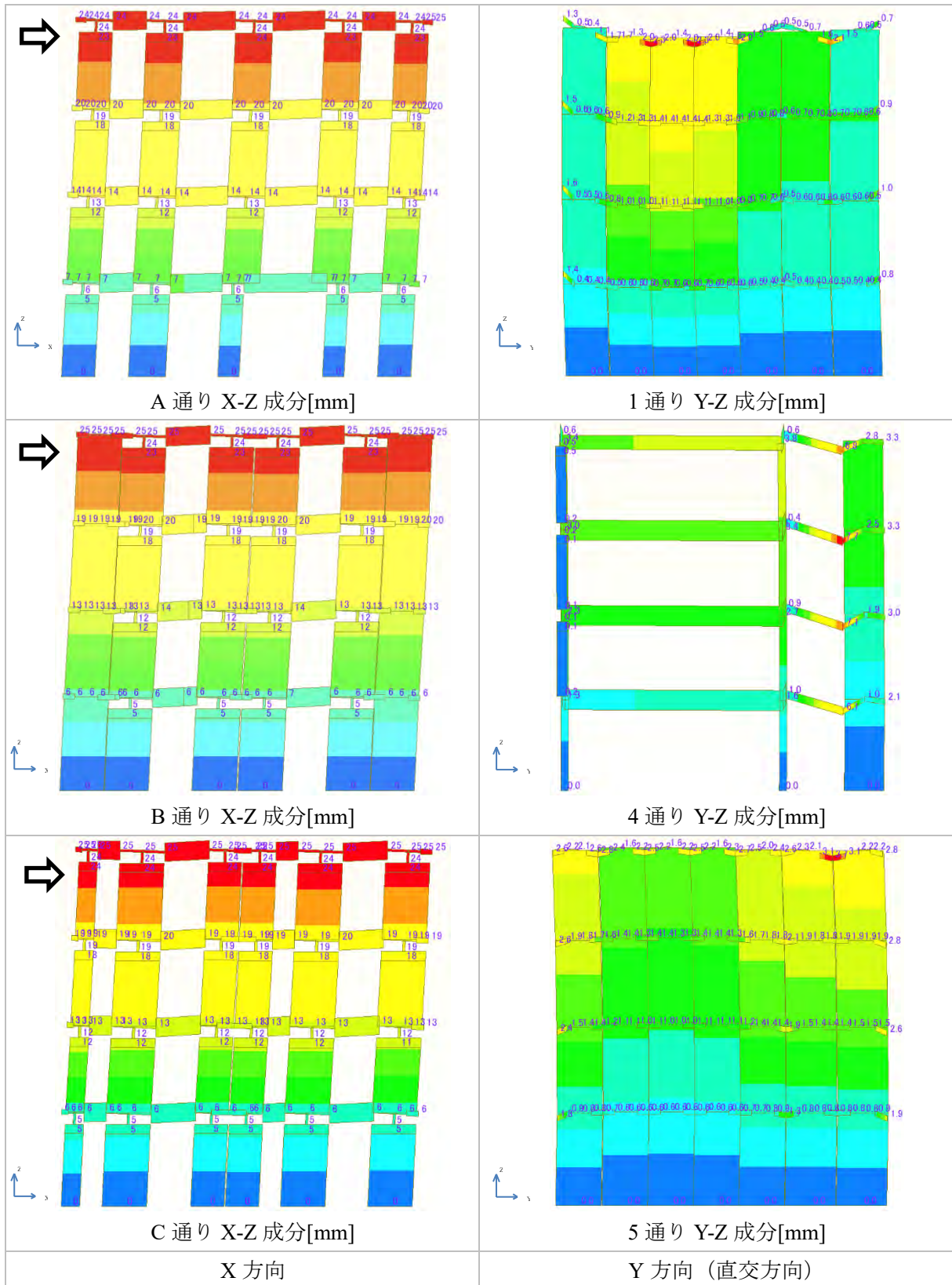


図 4.7.6-5 短期荷重時変形図(地震 X 方向)

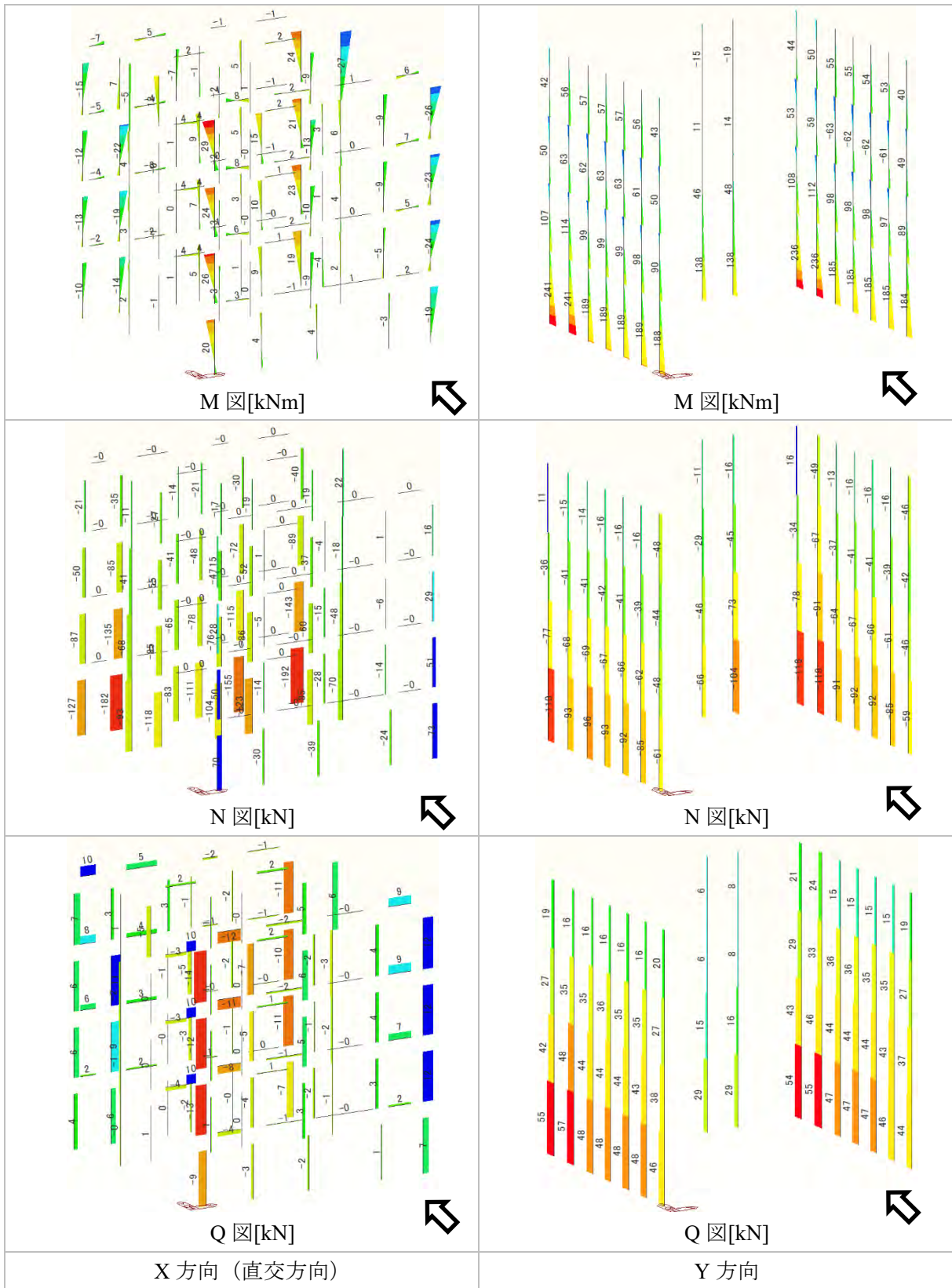


図 4.7.6-6 CLT パネルの短期荷重時応力図(地震 Y 方向)

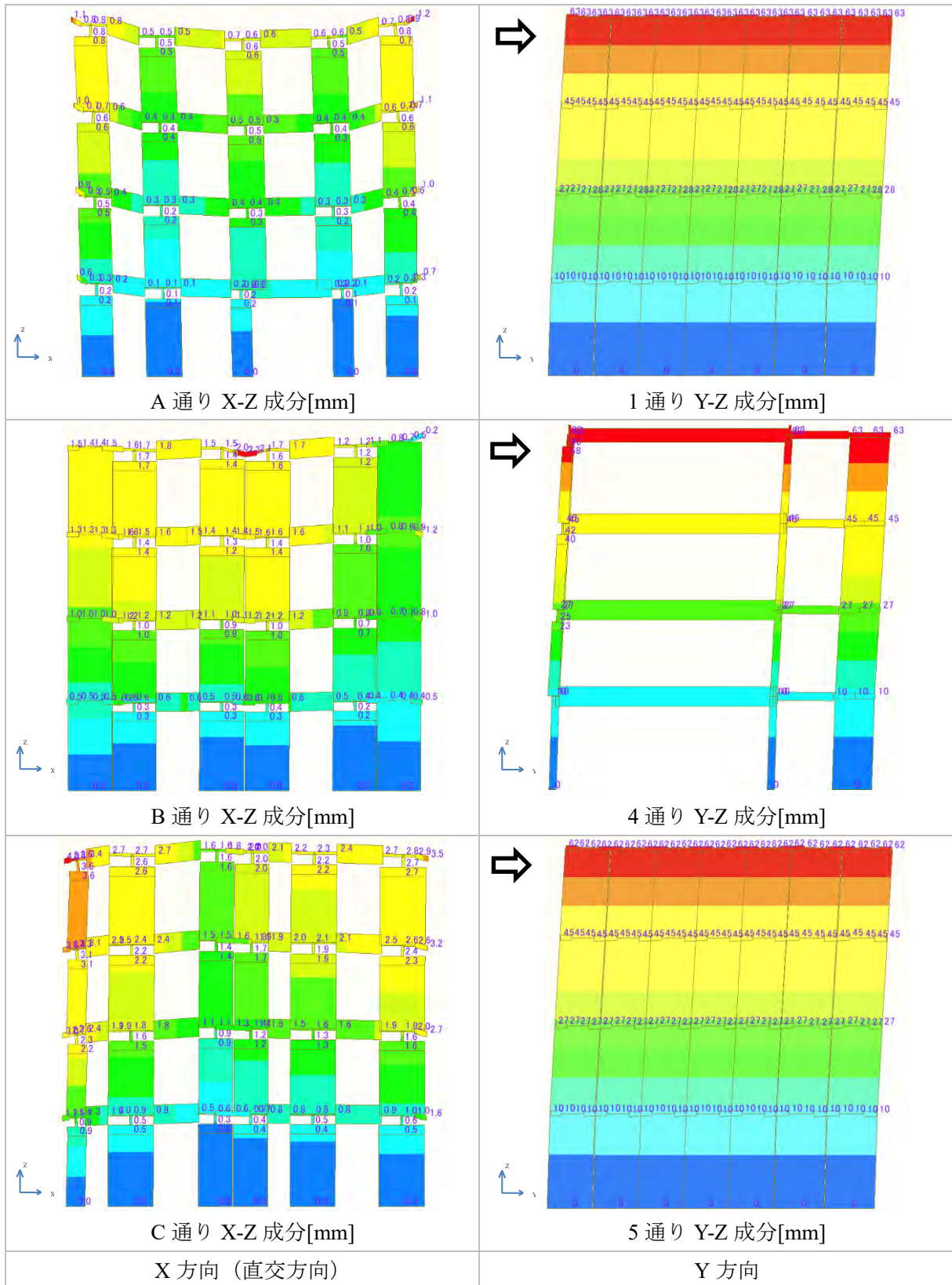


図 4.7.6-7 短期荷重時変形図(地震 Y 方向)

4.7.7 支点反力图

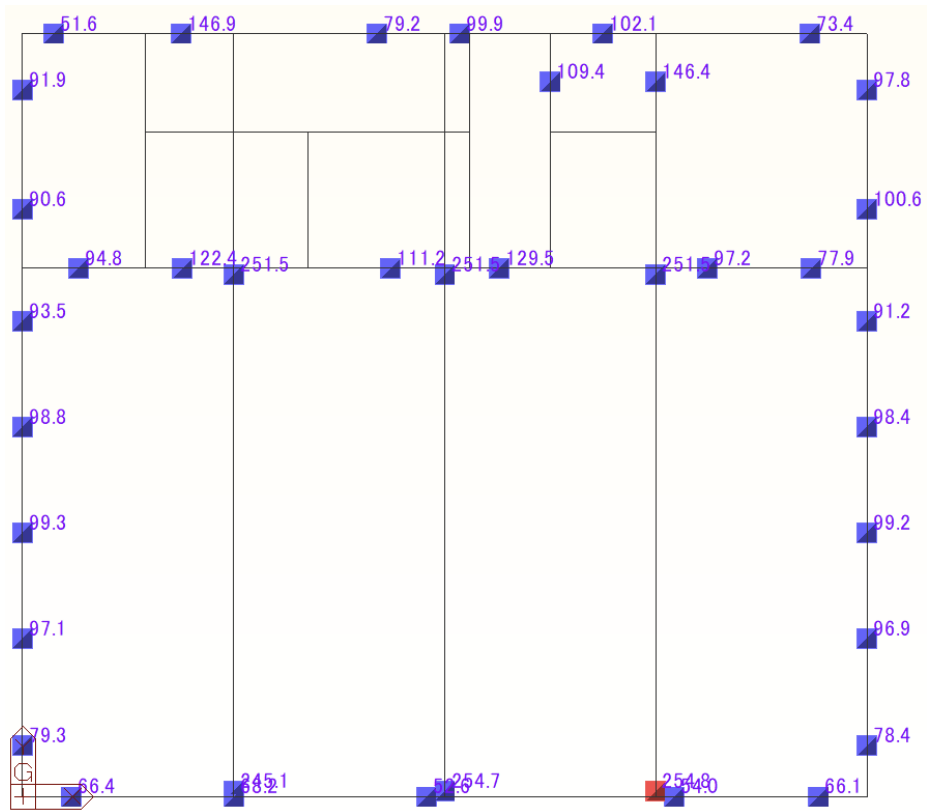


图 4.7.7-1 長期荷重時支点反力图[kN]

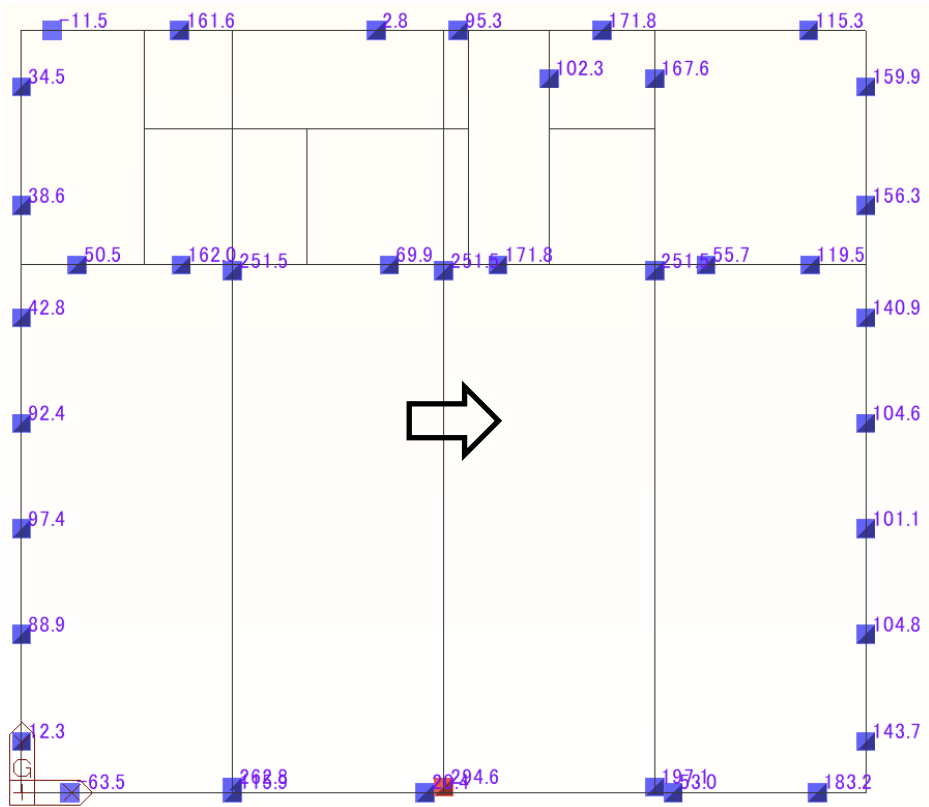


图 4.7.7-2 短期荷重時支点反力图(X方向) [kN]

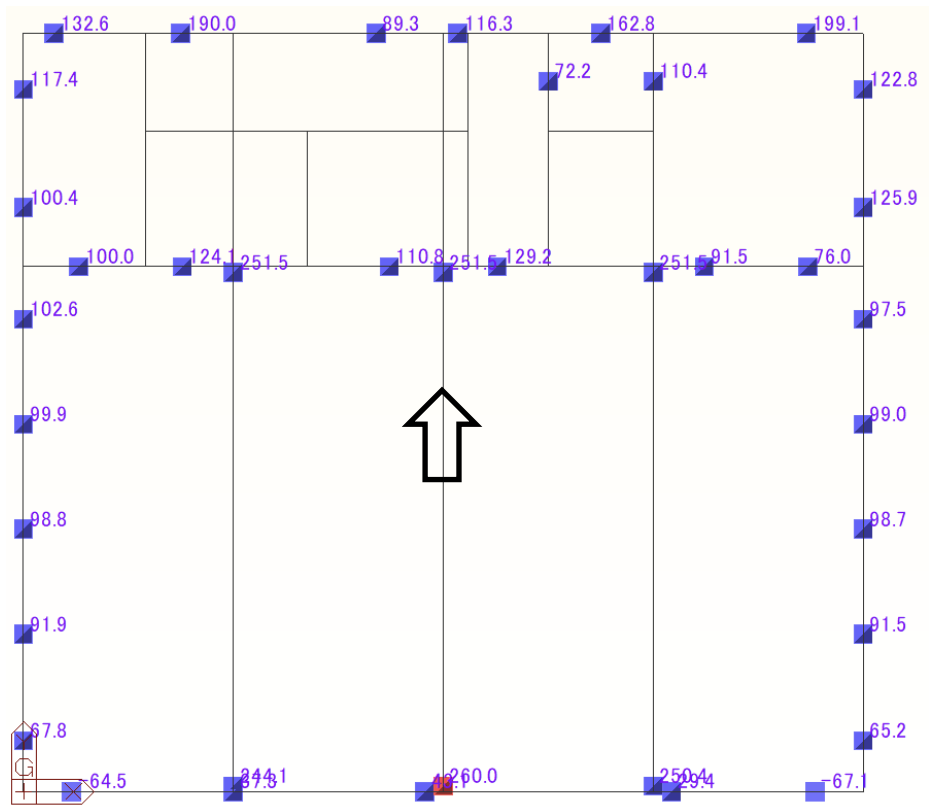


图 4.7.7-3 短期荷重時支点反力图(Y方向) [kN]

4.8 断面計算書

4.8.1 CLTパネルの断面検定

「CLT マニュアル 3.2 応力検定方法」に準じ、CLT パネルの存在応力が許容応力度以下であることを確認する。

座屈の考慮に関しては「4.2.1 構造設計方針」で述べたように、曲げ+圧縮等複合応力の検討の際は不要のため考慮せず検定を行う。

せん断力の検討に際し、ここでは応力分布係数を 1.0 として検討する。

本設計では、引張金物として使用している引きボルトの断面欠損、また一部 CLT パネルへの開口部に関して、「CLT 設計施工マニュアル 3.3.2 小開口を有する CLT パネルの剛性・強度」を参照し、引きボルトの断面欠損については「(1)方法 1 欠損を考慮した断面性能低減」を参照し面外剛性等の低減は行わず、図 4.8.1-1 に示す断面積、断面係数の低減率を用いて検討を行った。低減係数については表 4.8.1-1 に示す。壁への開口部については上記「(1)方法 1」の規定範囲を超えるため、「(2)方法 2 開口係数法に準じた方法」により剛性及び基準強度に低減率を乗じ検討を行った。

面内曲げ圧縮の検定は、次式による。

$$\left(\frac{C}{cA_e} \cdot \frac{1}{f_c}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{b \ x-x}}\right) \leq 1 \quad \text{(式 4.8.1-1)}$$

面内曲げ引張の検定は、次式による。

$$\left(\frac{T}{tA_e} \cdot \frac{1}{f_t}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{b \ x-x}}\right) \leq 1 \quad \text{(式 4.8.1-2)}$$

面内せん断の検定は、次式による。

$$\frac{Q_x}{sA_e} \cdot \frac{1}{f_s \ x-x} \leq 1 \quad \text{(式 4.8.1-3)}$$

- f_c : 許容圧縮応力度
- f_t : 許容引張応力度
- $f_{s \ x-x}$: 許容せん断応力度 (面内)
- $f_{b \ x-x}$: 許容曲げ応力度 (面内)
- cA_e : 有効断面積(圧縮検定用)
- tA_e : 有効断面積(引張検定用)
- sA_e : 有効断面積(せん断検定用)
- Z_{ex} : 断面係数

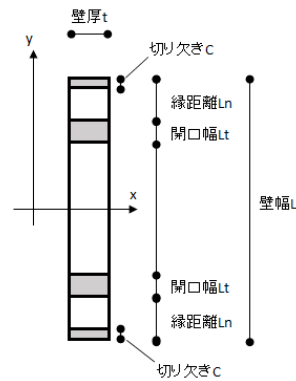


図 4.8.1-1 断面欠損率の算出

表 4.8.1-1 CLT 壁パネルの断面欠損を考慮した低減係数算出結果

| 壁厚 t [mm] | 壁幅 L [mm] | 縁距離 Ln [mm] | 開口幅 Lt [mm] | 切り欠き c [mm] | 断面積 A [mm ²] | 断面2次モーメント I [mm ⁴] | 断面係数 Z=l/d [mm ³] | 断面積(欠損無し) A ₀ [mm ²] | 断面係数(欠損無し) Z ₀ [mm ³] | 低減率 A/A ₀ | 低減率 Z/Z ₀ |
|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|-------------------------|-------------------------|
| 210 | 2000 | 135 | 90 | 0 | 401100 | 114557765000 | 114557765 | 420000 | 140000000 | 0.955 | 0.818 |
| 210 | 1800 | 135 | 90 | 0 | 359100 | 82438965000 | 91598850 | 378000 | 113400000 | 0.950 | 0.808 |
| 150 | 1600 | 135 | 90 | 0 | 226500 | 40802975000 | 51003719 | 240000 | 64000000 | 0.944 | 0.797 |
| 210 | 1500 | 135 | 90 | 0 | 296100 | 46755765000 | 62341020 | 315000 | 78750000 | 0.940 | 0.792 |
| 210 | 1350 | 135 | 90 | 0 | 264600 | 33769102500 | 50028300 | 283500 | 63787500 | 0.933 | 0.784 |
| 210 | 950 | 135 | 90 | 0 | 180600 | 11689002500 | 24608426 | 199500 | 31587500 | 0.905 | 0.779 |
| 210 | 900 | 135 | 90 | 0 | 170100 | 9976365000 | 22169700 | 189000 | 28350000 | 0.900 | 0.782 |

(ア) 壁パネルの検定

長期、X方向地震時、Y方向地震時における代表的な壁パネルの断面検定結果を示す。

試設計のため、応力状態並びに 1F~4F まで同一性能の壁パネルを使用していることを考慮し、1階のパネルを中心に一部応力の大きなパネルを抽出した検定結果を示す。なお、計算書提出時は通り毎の応力図、全部材の検定表を添付する必要がある。

- ・ X方向パネル(B通り W6 検定)

X方向パネルの代表としてB通りのW6の検定を行う。図4.8.1-2にB通りの応力図を示す。

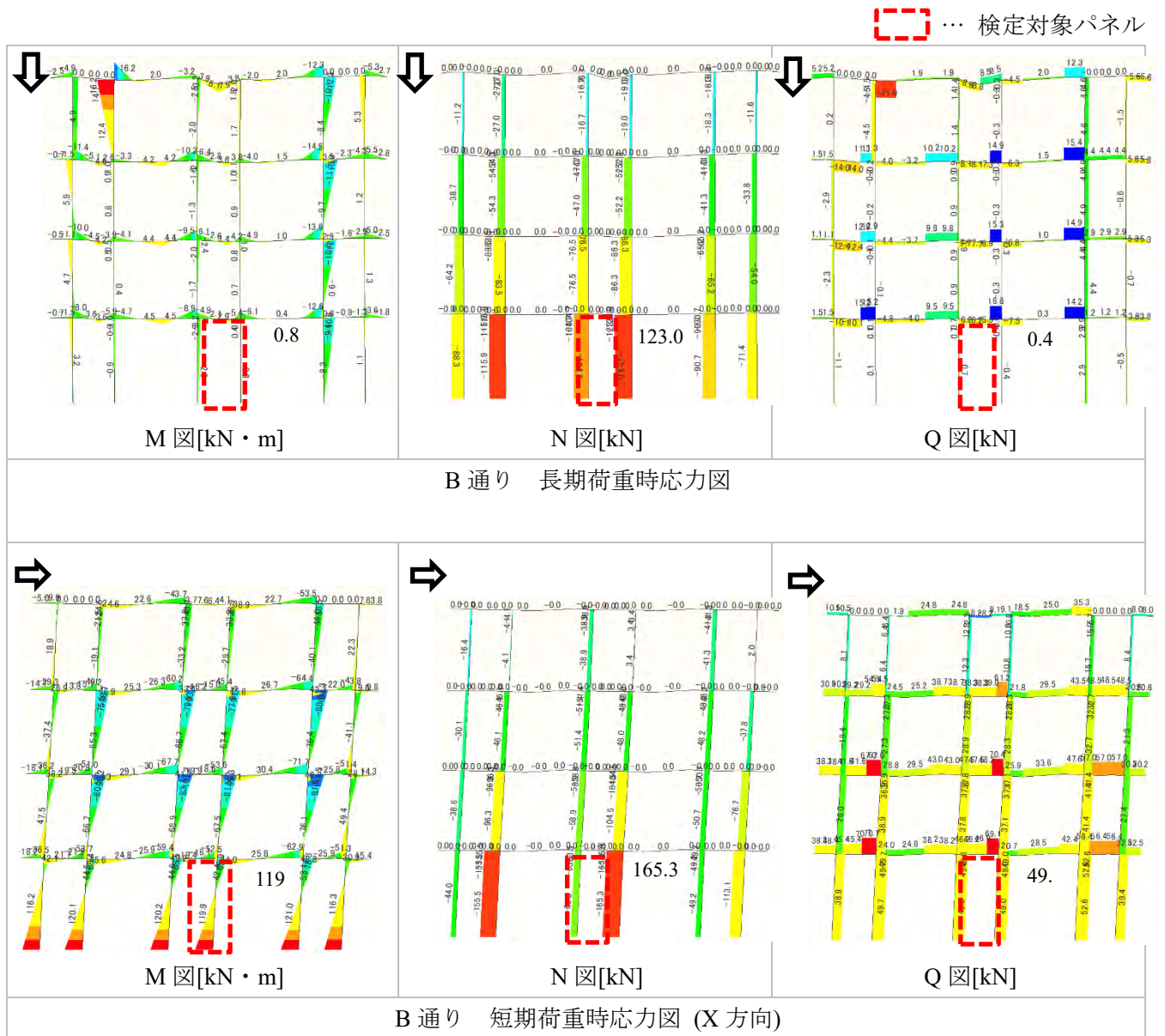


図 4.8.1-2 B 通り応力図

B 通り W6 パネルの断面検定

| | | | | | |
|--------------------|------------|---------------|--|----------|-----------------|
| 算定対象部材 | CLT | 細長比制限: | 有 | 耐火構造: | |
| 設計断面 | 210 × 1800 | 方向: | 強軸 | | |
| 設計条件 | | 寸法調整係数 Kz | 1.0 | 幅方向 | |
| 使用樹種 | スギ | 含水率影響係数 Km | 1.0 | (燃えしろ) | |
| 強度等級 | S60-7-7 | 引張検定用断面積 tAe | = 210 × 1800 × 0.95 = | 359100 | mm ² |
| 使用環境区分 | Ⅲ | 圧縮検定用断面積 cAe | = 210 × 1800 × 0.95 = | 359100 | mm ² |
| 材幅 b | 210 mm | せん断検定用断面積 sAe | = 210 × 1800 × 0.95 = | 359100 | mm ² |
| 材せい h | 1800 mm | 曲げ検定用断面積 Zex | = 210 × 1800 ² / 6 × 0.80775 | 91598850 | mm ³ |
| 欠損の有無 | 有 | 曲げ検定用断面積 Zey | = 1800 × 210 ² / 6 × 0.8077 | 10686533 | mm ³ |
| 切り欠きの深さ | 90 mm | 細長比 λ | = 3700 / 60.62 = | 61.03 | |
| 曲げに対する欠損の位置(縁距) | 135 | 断面二次半径 i | = √(1800 × 210 ³ / (12 × 210 × 1800)) = | 60.62 | |
| 強軸方向座屈長 lkx | 3700 mm | 湾曲部低減係数 k | | 1.0 | |
| 弱軸方向座屈長 lky | | 低減係数 | | 1.0 | |
| 開口低減係数(圧縮・引張せ・せん断) | 0.95 | | | | |
| 開口低減係数(曲げ) | 0.81 | | | | |
| ラミナ厚 t | 30 mm | | | | |
| 燃えしろ | | | | | |

設計用許容応力度 : f = K_d · K_z · K_m · 0f

| | f _c [N/mm ²] | f _t [N/mm ²] | f _{bx-x} [N/mm ²] | f _{sx-x} [N/mm ²] | K _d |
|-------------|--|--|---|---|----------------|
| 基準許容応力度 0f | 3.1 | 2.3 | 3.1 | 0.8 | |
| 設計用許容応力度 長期 | 3.39 | 2.51 | 3.39 | 0.91 | 1.10 |
| 短期 | 6.17 | 4.57 | 6.17 | 1.65 | 2.00 |

設計用応力 (解析 Out Put より)

| | T [kN] | C [kN] | M _{bx(+)} [kNm] | M _{bx(-)} [kNm] | Q _x [kN] |
|------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 長期 | — | 123.0 | — | 0.8 | 0.4 |
| 短期 (C0-0.2)(X/正) | — | 165.3 | 119.9 | — | 49.0 |

曲げ圧縮の検定式 $\left(\frac{C}{sA_e \cdot f_c}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{b \cdot x-x}}\right) \leq 1$

曲げ引張の検定式 $\left(\frac{T}{sA_e \cdot f_t}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{b \cdot x-x}}\right) \leq 1$

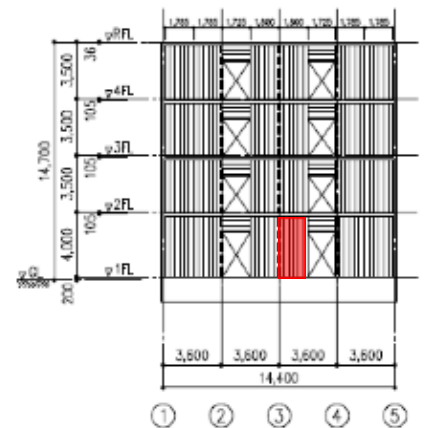
せん断の検定式 $\frac{Q_x}{sA_e} \cdot \frac{1}{f_{s \cdot x-x}} \leq 1$

断面算定

| | 曲げ圧縮 の検定 | 曲げ引張 の検定 | せん断(x-x) の検定 |
|------------------|-------------|-------------|-----------------|
| 長期 | 0.10 *1) | 0.00 *2) | 0.00 *3) |
| 短期 (C0-0.2)(X/正) | 0.29 | 0.21 | 0.08 |

判定 OK

- *1) 長期曲げ圧縮の検定 = (123 × 10³) / (359100 × 3.39) + (0.8 × 10⁶ / 91598850 × 1 / (1 × 3.39)) = 0.1
- *2) 長期曲げ引張の検定 = (0 × 10³) / (359100 × 2.51) + (0.8 × 10⁶ / 91598850) × (1 / (1 × 3.39)) = 0
- *3) 長期曲げせん断の検定 = 0.4 × 10³ / (359100 × 0.91) = 0



B 通り
計算パネル

- Y方向パネル(1通り W7 検定)

Y方向パネルの代表として1通りのW7の検定を行う。図4.8.1-3に1通りの応力図を示す。

☐ … 検定対象パネル

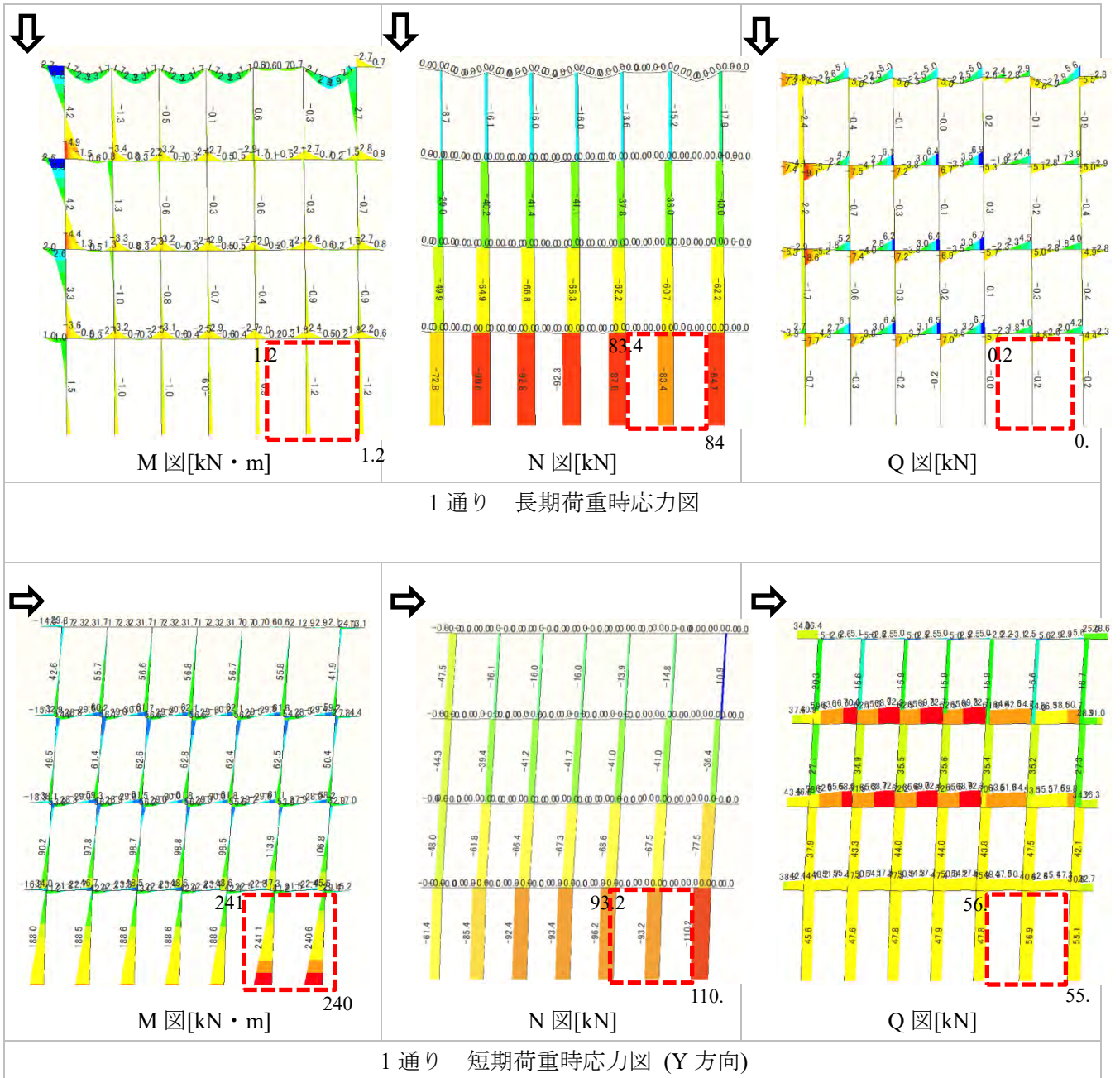


図 4.8.1-3 1通り応力図

1 通り W7 パネルの断面検定

| | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| 算定対象部材 設計断面 | CLT 210×2000 | 細長比制限: 方向: 有 強軸 | 耐火構造: |
| 設計条件 | | 寸法調整係数 Kz | 1.0 幅方向 |
| 使用樹種 | スギ | 含水率影響係数 Km | 1.0 (燃えしろ) |
| 強度等級 | S60-7-7 | 引張検定用断面積 tAe | 401100 mm ² |
| 使用環境区分 | Ⅲ | 圧縮検定用断面積 cAe | 401100 mm ² |
| 材幅 b | 210 mm | せん断検定用断面積 sAe | 401100 mm ² |
| 材せい h | 2000 mm | 曲げ検定用断面積 Zex | 114557765 mm ³ |
| 欠損の有無 | 有 | 曲げ検定用断面積 Zey | 12028565 mm ³ |
| 切り欠きの深さ | mm | 細長比 λ | 61.03 |
| 曲げに対する欠損の位置 | - | 断面二次半径 i | 60.62 |
| 強軸方向座屈長 l _{kx} | 3700 mm | 湾曲部低減係数 k | 1.0 |
| 弱軸方向座屈長 l _{ky} | mm | 低減係数 | 1.0 |
| 開口低減係数(圧縮・引張せ・せん断) | 0.96 | | |
| 開口低減係数(曲げ) | 0.82 | | |
| ラミナ厚 t | 30 mm | | |
| 燃えしろ | mm | | |

設計用許容応力度: $f = K_d \cdot K_z \cdot K_m \cdot 0f$

| | f _c [N/mm ²] | f _t [N/mm ²] | f _{bx-x} [N/mm ²] | f _{sx-x} [N/mm ²] | K _d |
|-----------------|--|--|---|---|----------------|
| 基準許容応力度 0f | 3.1 | 2.3 | 3.1 | 0.8 | |
| 設計用許容 応力度 長期 | 3.39 | 2.51 | 3.39 | 0.91 | 1.10 |
| 短期 | 6.17 | 4.57 | 6.17 | 1.65 | 2.00 |

設計用応力 (解析 Out Put より)

| | T [kN] | C [kN] | M _{bx(+)} [kNm] | M _{bx(-)} [kNm] | Q _x [kN] |
|------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 長期 | — | 84.7 | — | 1.2 | 0.2 |
| 短期 (C0-0.2)(Y/正) | — | 110.2 | — | 240.6 | 55.1 |

曲げ圧縮の検定式 $\left(\frac{C}{sA_e} \cdot \frac{1}{f_c}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{bx-x}}\right) \leq 1$

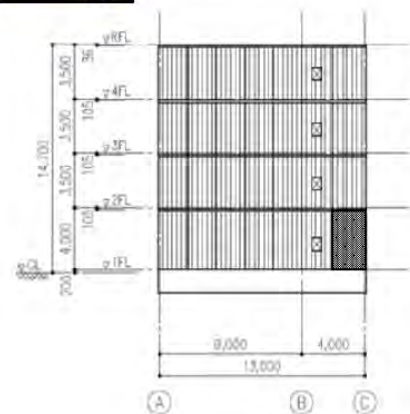
曲げ引張の検定式 $\left(\frac{T}{tA_e} \cdot \frac{1}{f_t}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{bx-x}}\right) \leq 1$

せん断の検定式 $\frac{Q_x}{sA_e} \cdot \frac{1}{f_{sx-x}} \leq 1$

断面算定

| | 曲げ圧縮 の検定 | 曲げ引張 の検定 | せん断(x- x) |
|------------------|-------------|-------------|--------------|
| 長期 | 0.07 | 0.00 | 0.00 |
| 短期 (C0-0.2)(Y/正) | 0.39 | 0.34 | 0.08 |

| | |
|----|----|
| 判定 | OK |
|----|----|



1通り
計算パネル

1 通り W7 パネル（開口考慮）の断面検定

| | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| 算定対象部材 設計断面 | CLT 210×2000 | 細長比制限: 方向: 有 強軸 | 耐火構造: |
| 設計条件 | | 寸法調整係数 Kz | 1.0 幅方向 |
| 使用樹種 | スギ | 含水率影響係数 Km | 1.0 (燃えしろ) |
| 強度等級 | S60-7-7 | 引張検定用断面積 tAe | 319200 mm ² |
| 使用環境区分 | Ⅲ | 圧縮検定用断面積 cAe | 319200 mm ² |
| 材幅 b | 210 mm | せん断検定用断面積 sAe | 319200 mm ² |
| 材せい h | 2000 mm | 曲げ検定用断面積 Zex | 106400000 mm ³ |
| 欠損の有無 | 有 | 曲げ検定用断面積 Zey | 111720000 mm ³ |
| 切り欠きの深さ | mm | 細長比 λ | 61.03 |
| 曲げに対する欠損の位置 | - | 断面二次半径 i | 60.62 |
| 強軸方向座屈長 lkx | 3700 mm | 湾曲部低減係数 k | 1.0 |
| 弱軸方向座屈長 lky | mm | 低減係数 | 1.0 |
| 開口低減係数(圧縮・引張せ・せん断) | 0.76 | | |
| 開口低減係数(曲げ) | 0.76 | | |
| ラミナ厚 t | 30 mm | | |
| 燃えしろ | mm | | |

設計用許容応力度 : f = K d · K z · K m · Of

| | f _c [N/mm ²] | f _t [N/mm ²] | f _{bx-x} [N/mm ²] | f _{sx-x} [N/mm ²] | K _d |
|-----------------|--|--|---|---|----------------|
| 基準許容応力度 of | 2.3 | 1.7 | 2.3 | 0.6 | |
| 設計用許容 応力度 長期 | 2.56 | 1.90 | 2.56 | 0.68 | 1.10 |
| 短期 | 4.66 | 3.45 | 4.66 | 1.24 | 2.00 |

設計用応力 (解析 Out Put より)

| | T [kN] | C [kN] | M _{bx(+)} [kNm] | M _{bx(-)} [kNm] | Q _x [kN] |
|------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 長期 | — | 83.4 | 1.2 | — | 0.2 |
| 短期 (C0-0.2)(Y/正) | — | 93.2 | — | 241.1 | 58.9 |

曲げ圧縮の検定式 $\left(\frac{C}{cA_e} \cdot \frac{1}{f_c}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{b\ x-x}}\right) \leq 1$

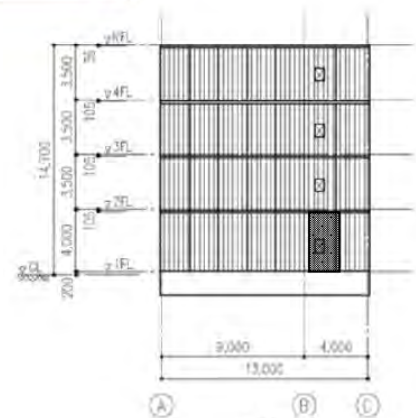
曲げ引張の検定式 $\left(\frac{T}{tA_e} \cdot \frac{1}{f_t}\right) + \left(\frac{M_{bx}}{Z_{ex}} \cdot \frac{1}{k \cdot f_{b\ x-x}}\right) \leq 1$

せん断の検定式 $\frac{Q_x}{sA_e} \cdot \frac{1}{f_{s\ x-x}} \leq 1$

断面算定

| | 曲げ圧縮 の検定 | 曲げ引張 の検定 | せん断(x- x) |
|------------------|-------------|-------------|--------------|
| 長期 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| 短期 (C0-0.2)(Y/正) | 0.55 | 0.49 | 0.15 |

| | |
|----|----|
| 判定 | OK |
|----|----|



1通り
計算パネル

(イ) 垂れ壁パネルの検定

壁パネル同様に X 方向地震力時に応力の大きな箇所、短スパンでせん断力が発生する箇所の検討を行う。

C 通り WG1 パネルの断面検定

| | | | | |
|-------------------------|---------|---------------------|----------|-----------------|
| 算定対象部材 | CLT | 細長比制限: | 有 | 耐火構造: |
| 設計断面 | 210×750 | 方向: | 強軸 | |
| 設計条件 | | 寸法調整係数 Kz | 1.0 | 幅方向 |
| 使用樹種 | スギ | 含水率影響係数 Km | 1.0 | (燃えしろ) |
| 強度等級 | S60-7-7 | 引張検定用断面積 tAe | 157500 | mm ² |
| 使用環境区分 | Ⅲ | 圧縮検定用断面積 cAe | 157500 | mm ² |
| 材幅 b | 210 mm | せん断検定用断面積 sAe | 157500 | mm ² |
| 材せい h | 750 mm | 曲げ検定用断面積 Zex | 19687500 | mm ³ |
| 欠損の有無 | 無 | 曲げ検定用断面積 Zey | 5512500 | mm ³ |
| 切り欠きの深さ | mm | 細長比 λ | 0.00 | |
| 曲げに対する欠損の位置 | - | 断面二次半径 i | 60.62 | |
| 強軸方向座屈長 l _{kx} | 0 mm | 湾曲部低減係数 k | 1.0 | |
| 弱軸方向座屈長 l _{ky} | mm | 低減係数 | 1.0 | |
| 開口低減係数(圧縮・引張せ・せん断) | 1.00 | ※垂れ壁は横座屈を考慮しないものとする | | |
| 開口低減係数(曲げ) | 1.00 | | | |
| ラミナ厚 t | 30 mm | | | |
| 燃えしろ | mm | | | |

設計用許容応力度 : $f = K \cdot d \cdot K_z \cdot K_m \cdot 0f$

| | f _c [N/mm ²] | f _t [N/mm ²] | f _{bx-x} [N/mm ²] | f _{sx-x} [N/mm ²] | K _d |
|----------------|--|--|---|---|----------------|
| 基準許容応力度 0f | 3.1 | 2.3 | 3.1 | 0.8 | |
| 設計用許容応力度 長期 | 3.39 | 2.51 | 3.39 | 0.91 | 1.10 |
| 短期 | 6.17 | 4.57 | 6.17 | 1.65 | 2.00 |

設計用応力 (解析 Out Put より)

| | T [kN] | C [kN] | M _{bx(+)} [kNm] | M _{bx(-)} [kNm] | Q _x [kN] |
|------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 長期 | 0.0 | — | — | 2.1 | 4.3 |
| 短期 (C0-0.2)(X/正) | — | 0.0 | — | 28.6 | 62.7 |

曲げ圧縮の検定式 $\left(\frac{C}{cA_e \cdot f_c}\right) + \left(\frac{M_{bc}}{Z_{ex} \cdot k \cdot f_b \cdot x-x}\right) \leq 1$

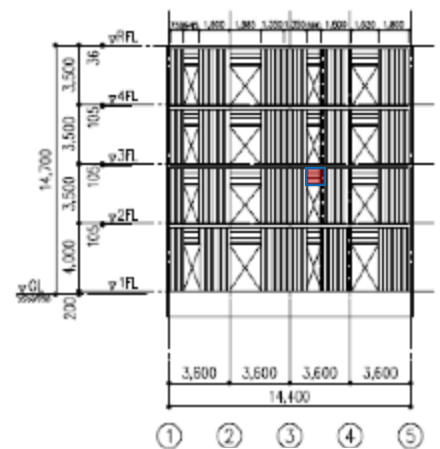
曲げ引張の検定式 $\left(\frac{T}{tA_e \cdot f_t}\right) + \left(\frac{M_{bc}}{Z_{ex} \cdot k \cdot f_b \cdot x-x}\right) \leq 1$

せん断の検定式 $\frac{Q_x}{sA_e \cdot f_s \cdot x-x} \leq 1$

断面算定

| | 曲げ圧縮 の検定 | 曲げ引張 の検定 | せん断(x-x) の検定 |
|------------------|-------------|-------------|-----------------|
| 長期 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 短期 (C0-0.2)(X/正) | 0.24 | 0.24 | 0.24 |

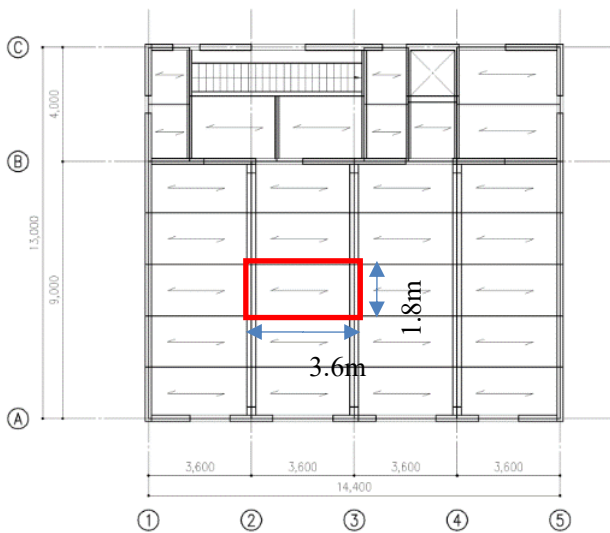
判定 OK



計算パネル

(ウ) 床パネルの検定

床パネルの検討は図 4.8.1-4 に示す事務所の代表箇所 (3.6m×1.8m) について、強軸方向の 1 方向版とみなした単純梁モデルに等分布荷重を与えて設計する。長期の検討は荷重の大きい事務所床該当部位を対象に行う。(CLT マニュアル 3.2.3 水平構面 CLT パネルの検定方法 参照)



| 断面算定の条件 | | 荷重状態 | | 単純梁 | |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|------|
| 対象 | 部材 | 部位 | | 事務所 | |
| 耐火 | 燃え代設計以外 | 部材名 | | WS1 | |
| 応力の種類 | 曲げ+せん断 | ①床/垂れ壁 | 床(面外) | | |
| 荷重ケース | 長期 | ②樹種 | 寸ぎ | | |
| 検定値のみ表示 | 表示しない | ③強度等級 | Mx60 | | |
| 横座屈の考慮 | しない | ④ラミナ構成 | 5-7 | | |
| | | ⑤負担方向 | 強軸 | | |
| | | ⑥ラミナ厚 | t=30 | | |
| | | ⑦ラミナ幅方向数 | m=3 | | |
| | | ⑧区分(機械/目視) | 機械等級 | | |
| 断面性能 | 負担幅(幅) | Be(B) | mm | 1800 | |
| | 厚さ(せい) | t(D) | mm | 210 | |
| | 長さ | L | mm | 3600 | |
| | 横座屈低減の考慮 | - | - | しない | |
| | 基準弾性係数 | Eox-x | N/mm ² | 5536 | |
| | せん断弾性係数 | Gox-x | N/mm ² | 29.7 | |
| | 断面積 | A | mm ² | 378000 | |
| | 断面2次モーメント | Ix | mm ⁴ | 1.39E+09 | |
| | 断面2次半径 | ix | mm | 60.6 | |
| | 有効細長比 | λx | - | 28.2 | |
| | 断面係数 | Zx | mm ³ | 13230000 | |
| | 寸法調整係数 | Kz | - | 1.00 | |
| | 使用環境区分 | Km | - | III | |
| | 基準強度低減係数 | Kz×Km | - | 1.00 | |
| 基準材料強度 | 圧縮 | F _c | N/mm ² | 10.41 | |
| | 引張 | F _t | N/mm ² | 7.71 | |
| | 曲げ | F _b | N/mm ² | 12.14 | |
| | せん断 | F _s | N/mm ² | 0.90 | |
| 荷重ケース | 荷重継続期間 | - | - | 長期 | |
| | 荷重継続期間影響係数 | K _d | - | 1.10 | |
| 設計外力 | 部材自重 | γ | kN/m ³ | 5.0 | |
| | 部材自重 | ω _{L①} | N/m | 1890.0 | |
| | <追加荷重> | 等分布荷重② | ω _{L②} | N/m | |
| | | 等分布荷重③ | ω _{L③} | N/m | |
| | | 等分布荷重④ | ω _{L④} | N/m | |
| | | 等分布荷重 | 荷重負担幅 | B | mm |
| | <集中荷重> | D.L | ω _{DL} | N/m ² | 1600 |
| | | L.L(床、小梁用) | ω _{LL(床)} | N/m ² | 2900 |
| | | L.L(架構用) | ω _{LL(架構)} | N/m ² | 1800 |
| | | L.L(地震用) | ω _{LL(地震)} | N/m ² | 800 |
| | | 集中荷重 | 荷重点数(等間隔) | - | 点 |
| | 設計用 | 断面力/変形 | D.L | P _{DL} | kN |
| | | | L.L(床、小梁用) | P _{LL(床)} | kN |
| | | L.L(架構用) | P _{LL(架構)} | kN | |
| | | L.L(地震用) | P _{LL(地震)} | kN | |
| 断面算定 | 最大曲げモーメント | cM | kN・m | 16.2 | |
| | 最大せん断力 | Q | kN | 18.0 | |
| | たわみ検討用最大変形 | δ | mm | 2.84 | |
| | 振動数検討用せん断力 | Q _(DLのみ) | kN | 8.6 | |
| 長期 or 中長期 or 中短期 or 短期 | 曲げモーメント | 存在応力度 | σ _b | N/mm ² | 1.22 |
| | | 許容応力度 | f _b | N/mm ² | 4.45 |
| | せん断 | 検定値 | σ _b /f _b | - | 0.28 |
| | | せん断応力度分布係数 | β | - | 1.34 |
| たわみ算定 | 存在応力度 | 存在応力度 | σ _s | N/mm ² | 0.10 |
| | | 許容応力度 | f _s | N/mm ² | 0.33 |
| | I端 検定値 | σ _s /f _s | - | 0.30 | |
| 長期 | 部位 | | | 床 | |
| | 許容たわみ | δ | mm | 12.0 | |
| | 最大たわみ | δ _t | mm | 2.8 | |
| | 変形増大係数 | α | - | 2 | |
| 検定値 | α δ _t /δ | - | 0.47 | | |
| 長期(DLのみ) | 荷重(自重のみ) | ω | kN/m | 4.77 | |
| | 振動数 | | Hz | 15.24 | |
| | 制限値 | | Hz | 8.00 | |
| | 検定値 | | - | 0.52 | |

図 4.8.1-4 床パネルの検討箇所と検討結果

4.8.2 集成材の断面検定

柱および横架材については以下の検定を行う。

<引張材の断面算定式>

引張材の断面は次式によって算定する。

$$\frac{N}{A_e} \cdot \frac{1}{f_t} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.2-1})$$

N：設計用軸方向引張力 (N)

A_e ：「有効断面積」で定める断面積 (mm²)

f_t ：許容引張応力度 (N/mm²)

ここで、引張材の有効断面積は、全断面積から断面欠損の総和を控除した正味断面積を、欠損の状況に応じて適切に低減した値とする。また、引張材の断面欠損は全断面積の 1/4 以下とする。

<圧縮材の断面算定式>

1 軸方向中心荷重を受ける単一圧縮材の断面は次式によって算定する。

$$\frac{N}{A} \cdot \frac{1}{\eta \cdot f_c} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.2-2})$$

N：設計用軸方向圧縮力 (N)

A：全断面積 (mm²)

η ：材の細長比に応じて決まる座屈低減係数

f_c ：許容引張応力度 (N/mm²)

座屈低減係数 η は材の細長比 λ に応じて次式により算出する。

$$\eta = \begin{cases} 1, & \lambda \leq 30 \\ 1.3 - 0.01\lambda, & 30 < \lambda \leq 100 \\ \frac{3000}{\lambda^2}, & 100 < \lambda \end{cases} \quad (\text{式 4.8.2-3})$$

なお、 $\lambda \geq 100$ で実験により弾性係数を求めた場合については、材の短期許容圧縮力 (sN) は次式によって求めることができる。

$$sN = \frac{\pi^2 EA}{\lambda^2} \quad (\text{式 4.8.2-4})$$

sN : 短期許容圧縮力 (N)

E : 設計用弾性係数 (N/mm²)

実験で求めた弾性係数 E_0 に基づき次式により算定する。

部材個々について試験した場合 $E = 2/3 \times E_0$

抜取り試験をした場合 $E = 1/2 \times E_0$

A : 全断面積 (mm²)

圧縮材の細長比 λ は次式により算出する。ただし、細長比は 150 以下とする。

$$\lambda = \frac{l_k}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \begin{cases} \frac{h}{3.46}, & \text{長方形断面の場合} \\ \frac{D}{4.0}, & \text{円形断面の場合} \end{cases} \quad (\text{式 4.8.2-5})$$

λ : 圧縮材の細長比

l_k : 次項に示す座屈長さ (mm)

i : 座屈方向の断面 2 次半径 (mm)

I : 全断面積に対する座屈方向の断面二次モーメント (mm⁴)

A : 全断面積 (mm²)

h : 長方形断面の座屈方向の材せい (mm)

D : 円形断面の直径 (mm)

< 曲げ材の断面算定式 >

• 曲げ応力度の算定

曲げ材の断面は一般に次式によって算定する。

$$\frac{M}{Z_e} \cdot \frac{1}{f_b} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.2-6})$$

M : 設計用曲げモーメント (N · mm)

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm²)

Z_e : 有効断面係数 (mm³)

切欠きの有無に応じ、有効断面係数 Z_e は次式により算定する。

- | | | |
|---|---|-------------|
| <p>① 切欠きのない場合 $Z_e = \text{全断面係数} Z$</p> <p>② 圧縮側に切欠きのある場合(図 4.8.2-1(a)参照) $Z_e = \text{正味断面係数} Z_0$</p> <p>③ 引張側に切欠きのある場合(図 4.8.2-1(b)参照)</p> | } | (式 4.8.2-7) |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 製材などの割裂きの影響が大きい材料 (切欠きは材せいの 1/3 以下に制限) $Z_e = 0.45 \times \text{正味断面係数} Z_0$ ・ 割裂きの影響が小さい材料 (切欠きは材せいの 1/4 以下に制限) $Z_e = 0.60 \times \text{正味断面係数} Z_0$ | | |

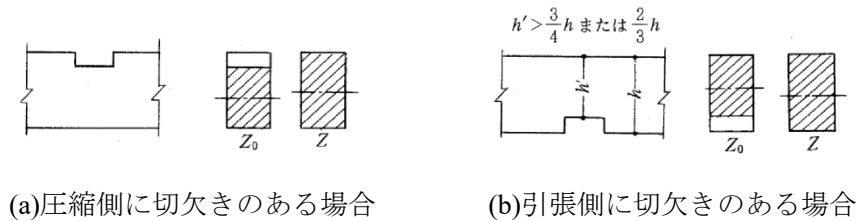


図 4.8.2-1 切り欠きに応じた有効断面 (曲げ)

・ せん断応力度の算定

曲げ材のせん断応力度は一般に次式により算定する。

$$\frac{\alpha \cdot Q}{A_e} \cdot \frac{1}{f_s} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.2-8})$$

α : 断面形状で定まる値で長方形の場合は 3/2

Q : せん断力 (N)

f_s : 許容せん断応力度 (N/mm²)

A_e : 有効断面積 (mm²)

製材の場合、曲げ材の支持点に切欠き・干割れの発生のおそれがないものについては、許容せん断応力度を 1.5 倍までの範囲で割増して計算することができる。

支持点付近における有効断面積は切欠きの有無に応じ次式によって算定する。

- ① 切欠きのない場合

$$A_e = \text{全断面積} A$$

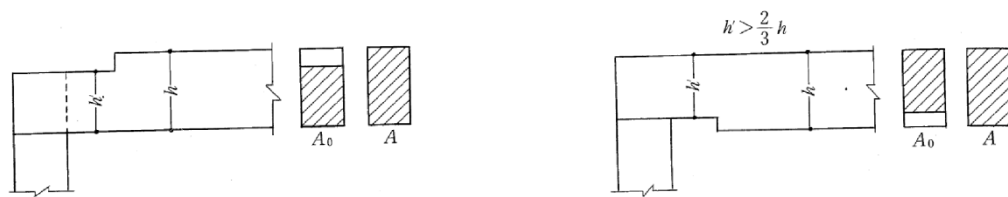
- ② 圧縮側に切欠きのある場合(図 4.8.2-2(a)参照)

$$A_e = \text{正味断面積} A_0 \quad (\text{式 4.8.2-9})$$

- ③ 引張側に切欠きのある場合(図 4.8.2-2(b)参照)

(切欠きは材せいの 1/3 以下に制限)

$$A_e = (\text{正味断面積} A_0)^2 / \text{全断面積} A$$



(a)圧縮側に切欠きのある場合

(b)引張側に切欠きのある場合

図 4.8.2-2 切り欠きに応じた有効断面 (せん断)

- 横座屈による許容応力度の低減

横座屈を起こすおそれのあるせいの大きい(横座屈細長比 10 以上の)曲げ材の許容曲げ応力度は、基準許容曲げ応力度に横座屈補正係数を乗じたものとする。

$$f'_b = C_b \cdot f_b \quad (\text{式 4.8.2-10})$$

f'_b : 横座屈に対する補正をした許容曲げ応力度 (N/mm^2)

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm^2)

C_b : 横座屈補正係数

横座屈補正係数は、横座屈細長比（式 4.8.2-11）、横座屈係数（式 4.8.2-12）と表 4.8.2-1 により算定する。

$$C_s = \sqrt{\frac{l_e h}{b^2}} \quad (\text{式 4.8.2-11})$$

$$C_k = \sqrt{\frac{0.6E_{by-y0}}{Lf_{bx-x0}}} \quad (\text{式 4.8.2-12})$$

C_s : 横座屈細長比

C_k : 横座屈係数

l_e : 有効横座屈長さ (mm) (表 4.8.2-2 による)

h : 材せい (mm)

b : 材幅 (mm)

E_{by-y0} : ヤング係数 (N/mm^2) ($y-y$ 軸)

Lf_{bx-x0} : 長期許容曲げ応力度 (N/mm^2) ($x-x$ 軸)

表 4.8.2-1 横座屈補正係数

| 曲げ材の横座屈細長比 C_s | 横座屈補正係数 C_b |
|---------------------|--|
| $C_s \leq 10$ | 1.00 |
| $10 < C_s \leq C_k$ | $1 - \frac{1}{3} \left(\frac{C_s}{C_k} \right)^4$ |
| $C_k < C_s \leq 50$ | $\frac{0.4E_{by-y0}}{(C_s)^2 \cdot Lf_{bx-x0}}$ |
| $50 < C_s$ | 許容されない |

表 4.8.2-2 有効横座屈長さ

| 梁の種類 | 横座屈長さ l_o | 荷重の種類 | 有効横座屈長さ l_e |
|------|--------------|----------|---------------|
| 単純梁 | 振れ止め材間の距離 | 任意 | $1.9l_o$ |
| | | 等分布 | $1.9l_o$ |
| | | 両端等モーメント | $1.85l_o$ |
| | | 中央集中 | $1.6l_o$ |
| 片持ち梁 | 支持点より先端までの距離 | 任意 | $1.9l_o$ |
| | | 自由端集中 | $1.7l_o$ |
| | | 等分布 | $1.25l_o$ |

- たわみ量に対する横架材断面の検定式

横架材については、鉛直荷重時におけるたわみ量の検定を次式により検討する。

$$\delta \times \text{変形増大係数} \leq \text{たわみ制限比} \times L \quad (\text{式 4.8.2-13})$$

δ : 固定荷重、及び積載荷重によって梁に生ずるたわみの最大値 [mm]

L : 横架材の有効長さ (スパン) [mm]

変形増大係数 : 長期荷重時 = 2

積雪荷重時 = 1

たわみ制限比 : 許容されるたわみの最大値の横架材の有効長さに対する比。

表 4.8.2-3 に示す値をクライテリアとして設定する。

表 4.8.2-3 横架材のたわみクライテリア (推奨値)

| 部位 | 長期 (常時) | 短期 (積雪時) | 長期 (積雪時) |
|-------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| 床面に用いる横架材 | $\frac{1}{300}$ かつ 20mm | $\frac{1}{225}$ | $\frac{1}{300}$ |
| その他 (屋根等) に用いる横架材 | $\frac{1}{200}$ | $\frac{1}{150}$ | $\frac{1}{200}$ |

※灰色 : 本設計例では積雪時の検討は省略するため参考として示す。

たわみ量の計算に用いる断面 2 次モーメントは、仕口等による欠損を適切に考慮した値とすること。スパン中間の仕口等による欠損の状態に応じた断面 2 次モーメントの低減については、表 4.8.2-4 の値とすることができる。

表 4.8.2-4 断面 2 モーメントの低減

| | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|
| ① スパン中央に小梁や柱などの仕口による欠損がほとんどない場合 | | 低減なし |
| ② スパン中央に、両側から小梁を受け、かつ、上階の柱を受ける仕口がある場合 | 当該梁せいが 240mm 未満 | $I' = 0.7I$ |
| | 当該梁せいが 240mm 以上 | $I' = 0.8I$ |
| ③ 上記以外の場合 | | $I' = 0.9I$ |

・ 最大たわみ量の算定式

「最大たわみ」は、荷重状態を等分布荷重と仮定し、ラーメン架構梁として次式より求める。梁のせいは中央元断面とし、はりの有効長さは、端部の断面算定位置間距離とする。

$$\delta = \frac{5 \cdot M_0}{48 \cdot E \cdot I} \cdot L^2 - \frac{M_L + M_R}{16 \cdot E \cdot I} \cdot L^2 \quad (\text{式 4.8.2-14})$$

δ : 等分布荷重によるラーメン架構梁の最大たわみ (mm)

M_0 : 単純梁としたときの中央曲げモーメントで、 M_L, M_R を平均した線分から中央 M までの値をとる。(N・mm)

M_L, M_R : 左端、右端の長期の荷重による曲げモーメントで、積載荷重はラーメン用による。(N・mm)

中央 M : 長期の荷重による曲げモーメントで、積載荷重はラーメン用による。(N・mm)

I : 中央の I で、剛性計算条件による。(mm⁴)

L : はりの有効長さ (mm)

両端の断面算定位置間の距離とする。

E : ヤング係数 (N/mm²)

この算定式中の、 M_L, M_R 、中央 M は、断面算定の設計用応力であるため、有効スパンも端部断面算定位置間の距離とする。なお、端部応力 M_L, M_R は応力採用位置の値を採用する。本設計例では梁端部をピン接合と想定したため、端部曲げモーメントは発生しない。

・ 床振動に対する横架材断面の検定式

「木造計画・設計基準」に準拠し、スパン 6.0m を超える部材については自重による振動数が 8.0Hz 以上であることを確認する。ここで、振動数の確認においては、横架材の断面欠損による影響は考慮しない。

$$\text{床振動数} : \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{W}{EIg}} \quad (\text{式 4.8.2-15})$$

EI : 曲げ剛性 ※断面欠損は考慮しない

L : スパン

g : 重力加速度

W : 自重 (kN/m) (= (固定荷重による両端のせん断力の和) / L)

<複合応力を受ける材の断面算定式>

・ 曲げを伴う引張材

曲げを伴う引張材の断面は次式によって算定する。

$$\left(\frac{N}{A_e} \cdot \frac{1}{f_t}\right) + \left(\frac{M}{Z_e} \cdot \frac{1}{f_b}\right) \leq 1 \quad (\text{式 4.8.2-16})$$

N : 設計用軸方向引張力 (N)

A_e : 有効断面積 (mm^2)

M : 設計用曲げモーメント (N・mm)

Z_e : 有効断面係数 (mm^3)

単一材については「曲げ材」参照、複合材についてはその結合方法に応じた値をとる。

集成材による変断面材については、引張側断面係数を実断面について算定する。

f_t : 許容引張応力度 (N/mm^2)

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm^2)

・ 曲げを伴う圧縮材

一般に曲げを伴う圧縮材の断面は次式によって算定する。

$$\left(\frac{N}{A_e} \cdot \frac{1}{\eta f_c}\right) + \left(\frac{M}{Z_e} \cdot \frac{1}{f_b}\right) \leq 1 \quad (\text{式 4.8.2-17})$$

N : 設計用軸方向圧縮力 (N)

A_e : 有効断面積 (mm^2)

M : 設計用曲げモーメント (N・mm)

η : 座屈低減係数 [圧縮材 参照]

Z_e : 有効断面係数 (mm^3)

単一材については「曲げ材」参照、複合材についてはその結合方法に応じた値をとる。

f_c : 許容圧縮応力度 (N/mm^2)

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm^2)

<寸法効果係数>

集成材の場合、米国の Uniform Building Code などを参考として、標準せいを 300mm、定数を(1/9)とし、使用する構造用材料のせいが 300mm 以下の場合には次式によらず一律 1.0 とする。

$$K_Z = \left(\frac{h_0}{h}\right)^k \quad (\text{式 4.8.2-18})$$

K_Z : 寸法効果係数

h : 使用する構造用材料のせい

h_0 : 標準 (試験体) のせい

k : 実験定数

<使用環境区分による低減係数>

構造用材料の使用環境区分は、次の3区分とする。

I：常時湿潤状態におかれる環境

II：断続的に湿潤状態となる環境

III：通常の使用環境（使用環境 I および II 以外の環境）

使用環境区分は、構造用材料がおかれる状態に応じて3つに区分した。

使用環境 I とは、構造用材料が常時湿潤状態におかれる状態を表し、含水率が增加することによって強度および弾性係数が明らかに低減することが想定される。したがって、製材の強度および弾性係数は、それぞれ含水率調整係数として 0.7、0.85 を乗じて低減されるべきである。

使用環境 II とは、屋外に面する部分に使用される下地材または構造用材料が断続的に湿潤状態になるおそれのある環境を表す。したがって、使用環境 I と同様に、構造用材料がおかれる状況に応じて、強度および弾性係数は低減されるべきである。

使用環境 III とは、使用環境 I および II 以外の環境、すなわち、構造用材料の含水率が平衡状態に達しているような通常の状態を表す。

本試設計では、いずれの部位も III として設計する。

(ア) 柱の検定

柱の断面算定結果を以下に示す。なお、本設計例では、断面欠損による断面性能の低減率を一律 0.9 とし て検討した。

柱の設計<C1_1F>

| | |
|--------------------------|--|
| 幅[mm] | B=300 |
| せい[mm] | D=300 |
| 長さ[mm] | L=3700 |
| 座屈長さ[m] | Le=3700-105-210-810/2=2980→3000 (基礎梁天端-横架材芯距離として算定) |
| 材料種別 | 同一等級構成集成材 (スギ)、E65-F255 |
| 圧縮強度[N/mm ²] | Fc=20.6 |
| 全断面積[mm ²] | A=300×300=90000 |
| 有効断面係数 | 0.9 (断面欠損等による低減係数) |
| 有効断面積[mm ²] | Ae=90000×0.9=81000 |
| 寸法調整係数[mm ²] | Ae=90000×0.9=81000 |

表 4. 8. 2-5 集成材柱の断面算定結果

| 断面算定の条件 | | | 部材記号 | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-----------------|--------------------------------|---|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 対象 | 部材+接合部 | | 部材番号 | | 1203 | 1204 | 1205 | 1206 |
| 防耐火 | 燃え代設計以外 | | 部材名 | | C1_1F | C1_2F | C1_3F | C1_4F |
| 応力の種類 | 軸力 | | ①製材/集成材 | | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 |
| 荷重ケース | 長期+地震 | | ②樹種 | | すぎ | すぎ | すぎ | すぎ |
| 検定値のみ表示 | 表示しない | | ③等級区分 | | 同一等級構成集成材 | 同一等級構成集成材 | 同一等級構成集成材 | 同一等級構成集成材 |
| | | | ④区分 | | - | - | - | - |
| | | | ⑤ひき板の積載数 | | 4枚以上 | 4枚以上 | 4枚以上 | 4枚以上 |
| | | | ⑥等級 | | E65-F255 | E65-F255 | E65-F255 | E65-F255 |
| 断面性能 | 幅 | B | mm | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| | せい | D | mm | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| | 長さ | L | mm | 3700 | 3500 | 3500 | 3500 | 3500 |
| | 横座屈長さ | L _k | mm | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| | 座屈有効側 | - | - | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 |
| | 断面算定方向 | - | - | 強軸 | 強軸 | 強軸 | 強軸 | 強軸 |
| | 有効横座屈係数 | α | - | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 |
| | 横座屈補正係数 | C _b | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 寸法調整係数 | K _z | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 使用環境区分 | K _m | - | III | III | III | III | III |
| | 基準強度低減係数 | K _z ×K _m | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 断面欠損による断面性能低減係数 | A用 | - | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| | I用 | - | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| | Z用 | - | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | |
| 基準材料強度 | 圧縮 | F _c | N/mm ² | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 | 20.6 |
| | 圧縮(座屈考慮) | F _k | N/mm ² | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| | 引張 | F _t | N/mm ² | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 |
| | 曲げ | F _b | N/mm ² | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.5 |
| | 曲げ(横座屈考慮) | F _b ×C _b | N/mm ² | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.5 |
| | せん断 | F _s | N/mm ² | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| 存在応力 | 長期(架構) | 軸力 | N _L | kN | 245.00 | 180.00 | 115.00 | 50.00 |
| | 長期(地震) | 軸力 | N _L | kN | | | | |
| 断面算定 | | | | | | | | |
| 長期 | 軸力(圧縮) | 存在応力度 | _L σ _c | N/mm ² | 3.02 | 2.22 | 1.42 | 0.62 |
| | | 許容応力度 | _L f _c | N/mm ² | 7.34 | 7.34 | 7.34 | 7.34 |
| | | 検定値 | _L σ _c / _L f _c | - | 0.42 | 0.31 | 0.20 | 0.09 |

(イ) 横架材の検定

梁の断面算定結果を以下に示す。なお、本設計例では、断面欠損による断面性能の低減率を一律 0.9 として検討した。

表 4.8.2-6 集成材梁の断面算定結果

| 断面算定の条件 | | | 部材記号 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
|---------------------|-----------|--------------------------------|---|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 対象 | 部材+接合部 | | 部材番号 | | | | | | | |
| 防耐火 | 燃え代設計以外 | | 部材名 | G1_2F | G1_RF | B1 | B2 | B3 | B4 | |
| 応力の種類 | 曲げ+せん断 | | ①製材/集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 | |
| 荷重ケース | 長期 | | ②樹種 | からまつ | からまつ | からまつ | からまつ | からまつ | からまつ | |
| 検定値のみ表示 | 表示しない | | ③等級区分 | 対称異等極構成集成材 | 対称異等極構成集成材 | 対称異等極構成集成材 | 対称異等極構成集成材 | 対称異等極構成集成材 | 対称異等極構成集成材 | |
| | | | ④区分 | - | - | - | - | - | - | |
| | | | ⑤ひき板の積載数 | - | - | - | - | - | - | |
| | | | ⑥等級 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | |
| 断面性能 | 幅 | B | mm | 300 | 300 | 150 | 150 | 150 | 150 | |
| | せい | D | mm | 810 | 570 | 450 | 450 | 450 | 330 | |
| | 長さ | L | mm | 8500 | 8500 | 4000 | 5500 | 4000 | 1800 | |
| | 横座屈長さ | L _k | mm | 8500 | 8500 | 4000 | 5500 | 4000 | 1800 | |
| | 座屈有効側 | - | - | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 | 弱軸 | |
| | 断面算定方向 | - | - | 強軸 | 強軸 | 強軸 | 強軸 | 強軸 | 強軸 | |
| | 有効横座屈係数 | α | - | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | |
| | 横座屈補正係数 | C _b | - | 0.97 | 0.99 | 0.97 | 0.95 | 0.97 | 1.00 | |
| | 寸法調整係数 | K _z | - | 0.90 | 0.93 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.99 | |
| | 使用環境区分 | K _m | - | III | III | III | III | III | III | |
| | 基準強度低減係数 | K _z ×K _m | - | 0.90 | 0.93 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.99 | |
| 断面欠損による 断面性能低減係数 | A用 | - | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | | |
| | I用 | - | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | | |
| | Z用 | - | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | | |
| 基準材料強度 | 圧縮 | F _c | N/mm ² | 23.2 | 23.2 | 23.2 | 23.2 | 23.2 | 23.2 | |
| | 圧縮(座屈考慮) | F _k | N/mm ² | 8.6 | 8.6 | 9.8 | 4.8 | 9.8 | 21.0 | |
| | 引張 | F _t | N/mm ² | 20.2 | 20.2 | 20.2 | 20.2 | 20.2 | 20.2 | |
| | 曲げ | F _b | N/mm ² | 26.9 | 27.9 | 28.7 | 28.7 | 28.7 | 29.7 | |
| | 曲げ(横座屈考慮) | F _b ×C _b | N/mm ² | 26.2 | 27.6 | 27.9 | 27.1 | 27.9 | 29.7 | |
| | せん断 | F _s | N/mm ² | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | |
| 存在 応力 | 長期(架構) | 曲げモーメント | cM _L | kN・m | 150.00 | 110.00 | 35.00 | 20.00 | 45.00 | 10.00 |
| | | せん断 | iQ _L | kN | 70.00 | 60.00 | 35.00 | 10.00 | 30.00 | 15.00 |
| | | | jQ _L | kN | 70.00 | 60.00 | 35.00 | 10.00 | 30.00 | 15.00 |
| 断面算定 | | | | | | | | | | |
| 長期 | 曲げ | 中央_存在応力度 | _I σ _b | N/mm ² | 5.08 | 7.52 | 7.68 | 4.39 | 9.88 | 4.08 |
| | | 許容応力度 | _I f _b | N/mm ² | 9.59 | 10.11 | 10.21 | 9.95 | 10.21 | 10.88 |
| | | 中央_検定値 | _I σ _b / _I f _b | - | 0.53 | 0.75 | 0.76 | 0.45 | 0.97 | 0.38 |
| | せん断 | I端_存在応力度 | _I σ _s | N/mm ² | 0.48 | 0.58 | 0.86 | 0.25 | 0.74 | 0.51 |
| | | J端_存在応力度 | _I σ _s | N/mm ² | 0.48 | 0.58 | 0.86 | 0.25 | 0.74 | 0.51 |
| | | 許容応力度 | _I f _s | N/mm ² | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 1.32 |
| | | I端_検定値 | _I σ _s / _I f _s | - | 0.37 | 0.45 | 0.66 | 0.19 | 0.57 | 0.39 |
| | | J端_検定値 | _I σ _s / _I f _s | - | 0.37 | 0.45 | 0.66 | 0.19 | 0.57 | 0.39 |
| たわみ算定 | | | | | | | | | | |
| 部位 | | | | 床 | 屋根 | 床 | 床 | 屋根 | 床 | |
| 長期 | 許容たわみ | δ | mm | 20.0 | 42.5 | 13.3 | 18.3 | 20.0 | 6.0 | |
| | 最大たわみ | δ _L | mm | 6.851 | 16.819 | 4.129 | 4.461 | 6.193 | 0.606 | |
| | 変形増大係数 | α | - | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 検定値 | α δ _L /δ | - | 0.69 | 0.79 | 0.62 | 0.49 | 0.62 | 0.20 | |
| 床 振動数 | | | | | | | | | | |
| 長期(DLのみ) | 荷重(自重のみ) | ω | kN/m | 9.41 | 11.20 | 10.00 | 2.08 | 11.90 | 9.52 | |
| | 振動数 | | Hz | 8.29 | - | 10.63 | 12.34 | - | 33.79 | |
| | 制限値 | | Hz | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | |
| | 検定値 | | - | 0.97 | - | 0.75 | 0.65 | - | 0.24 | |

4.8.3 CLTパネル接合部の検定

- 壁パネル引張接合部、圧縮接合部(壁-基礎/床/屋根)の検

壁パネル端部に生じる曲げ応力と軸力を用いて、偏心距離や中立軸位置を算出し、CLTパネル端部の支圧・めり込み応力度および引きボルトの引張力を求めてそれぞれ許容耐力以下であることを確認する。

(3.2.1 (2)壁-基礎接合部のモデル化方法 参照)

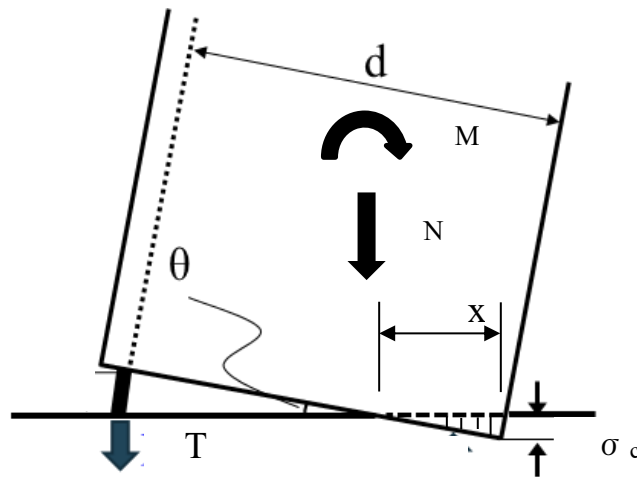


図 4.8.3-1 壁パネル接合部の応力度計算

接合部の設計用応力算出にあたっては、地震時の応力に応力割増係数 R_f を乗じる。 R_f の値は検討対象部位に応じて表 4.8.3-1 に示す値とする。

表 4.8.3-1 地震時応力割増係数表

| 検定箇所 | 応力割増係数 R_f |
|--------------------|--------------|
| 1 階脚部-基礎引張接合部 | 1.0 |
| 上記以外の引張接合部及びせん断接合部 | 2.0 |
| CLT パネル | 1.0 |
| CLT パネルの支圧・めり込み | 1.0 |

長期荷重に対する引張接合部の検定は次式による。

$$\frac{{}_L T_d}{{}_L T_a} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.3-1})$$

${}_L T_d$: 引きボルトの長期引張力 (N)

${}_L T_a$: 引きボルトの長期許容耐力 (N)

短期荷重に対する引張接合部の検定は次式による。

$$\frac{sT_d}{sT_a} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.3-2})$$

sT_d : 引きボルトの短期引張力 (N)

sT_a : 引きボルトの短期許容耐力 (N)

長期荷重に対する支圧・めり込み接合部の検定は次式による。

$$\frac{l\sigma_c}{lf_c} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.3-3})$$

$l\sigma_c$: CLT パネル端部の長期支圧応力度または長期めり込み応力度 (N/mm^2)

lf_c : CLT パネル端部の長期許容支圧応力度または長期許容めり込み応力度 (N/mm^2)

長期荷重に対する支圧・めり込み接合部の検定は次式による。

$$\frac{s\sigma_c}{sf_c} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.3-4})$$

$s\sigma_c$: CLT パネル端部の短期支圧応力度または短期めり込み応力度 (N/mm^2)

sf_c : CLT パネル端部の短期許容支圧応力度または短期許容めり込み応力度 (N/mm^2)

- 壁パネルせん断接合部(壁－基礎／床／屋根)の検定

CLT パネル端部に生じるせん断応力が許容耐力以下であることを確認する。このとき、長期荷重の作用する壁パネル上下端のせん断接合部については摩擦抵抗力を考慮して検討を行う(CLT マニュアル 3.1.2 参照)。また、地震時のせん断力には応力割増係数 $R_F=2.0$ を乗じる(表 4.8.3-1 参照)。

摩擦抵抗力はその位置で生じる圧縮軸力にすべり係数 0.3 を乗じて算出する。尚、壁パネルに生じるせん断力が摩擦抵抗力を下回る場合はせん断接合部に生じるせん断力は 0 と考える。本設計では各接合部の応力計算結果より上部壁パネルの軸力、せん断力より検定を満たすような金物を設置する。

$$\frac{Q_d - 0.3N_d}{Q_a} \leq 1 \quad (\text{式 4.8.3-5})$$

Q_d : 接合部のせん断応力

N_d : 接合部位置の圧縮軸力

Q_a : 接合部の許容耐力

- 垂壁パネル圧縮接合部 (壁－垂壁)の検定

CLT パネル端部に生じる曲げ応力が垂壁接合部の許容曲げ応力以下であることを確認する。

地震時の曲げ応力は、壁パネル接合部の検定と同様に表 4.8.3-1 に示す応力割増係数 R_f を乗じる。

垂壁端部の許容曲げ応力は、図 4.8.3-2 に示すように中立軸位置を垂壁高さの 1/2 と仮定して、垂壁パネル縁のめり込み応力度が許容応力度に達する時の垂壁心周り曲げ応力とする。

$$M_a = \left(\frac{H_t}{2} \cdot \frac{2}{3} \right) \frac{H_t \cdot t \cdot f_{cv}}{2} \quad (\text{式 4.8.3-6})$$

M_a : 垂壁パネル端部の許容曲げ応力 (N/mm^2)

H_t : 垂壁パネル高さ (mm)

t : 垂壁パネル厚さ (mm)

f_{cv} : 壁-垂壁接合部の許容めり込み応力度 (N/mm^2)

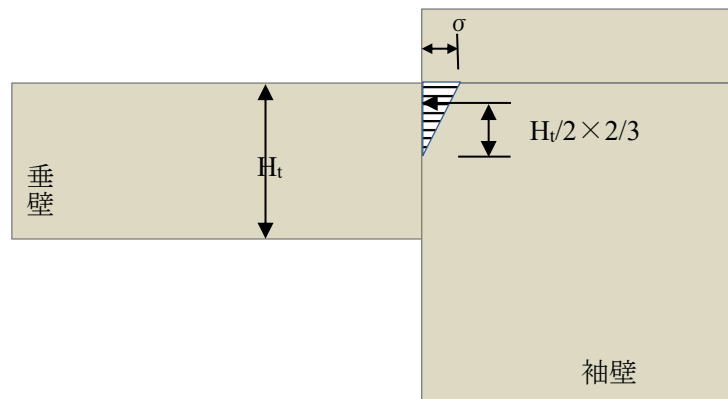


図 4.8.3-2 垂壁パネル接合部の許容曲げ応力計算

- せん断接合部(壁－垂壁)の検定

垂壁パネル端部に生じるせん断応力がせん断接合部の許容耐力以下であることを確認する。

地震時のせん断応力は、壁パネル接合部の検定と同様に表 4.8.3-1 に示す応力割増係数 R_f を乗じる。

長期、X方向地震時、Y方向地震時における代表的なCLTパネル接合部の断面検定結果を示す。実設計では正負両方向の荷重組み合わせに対して全ての接合部について検討が必要となるが、本設計例ではCLTパネルの断面検定と同様に、一部応力の大きな接合部について正加力時のみの検討を示している。

- ・ X方向パネル接合部(B通り W6検定)

X方向パネル接合部の代表としてB通り1-2軸間のW6接合部の検定を行う。

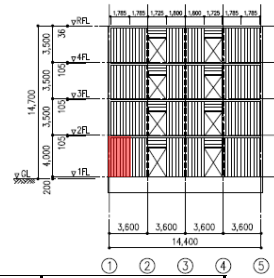
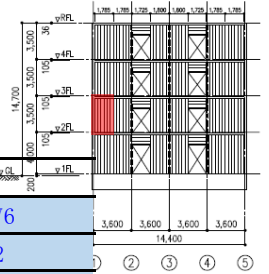


表 4.8.3-2 X方向壁-基礎接合部の断面算定結果

| | | | | 壁-基礎 | |
|---------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------|
| | 算定部材 | | — | W6 | |
| | 部材位置 | 階 | F | 1 | |
| | | — | — | B通り1-2 | |
| | 設計断面 | B×h | mm | 210×1800 | |
| | 使用樹種 | — | — | スギ | |
| | 強度等級 | — | — | S60-7-7 | |
| 断面性能 | 材幅 | B | mm | 210 | |
| | 材せい | h | mm | 1800 | |
| 回転剛性の算出 | 金物名 | | | M27(ABR490) | |
| | 引張剛性(1個) | K | kN/mm | 42.6 | |
| | 終局耐力(1個) | Pu | kN | 173.4 | |
| | 降伏耐力(1個) | Py | kN | 149.2 | |
| | 引張接合部中心までの距離 | dt' | mm | 135 | |
| | 引張剛性 | Kwt | kN/mm | 42.6 | |
| | 圧縮_終局耐力 | Puc | kN | 776.9 | |
| | 圧縮_降伏耐力 | Pyc | kN | 517.9 | |
| | CLT圧縮端部の剛性 | Kwc | kN/mm | 1363.6 | |
| | 有効支圧面積 | Ae | mm ² | 87412.5 | |
| | 壁パネルの支圧剛性 | Ke | N/mm ³ | 15.6 | |
| 存在応力 | 長期_軸力 | N _L | kN | 88.3 | |
| | 長期_曲げモーメント | M _L | kNm | 3.2 | |
| | 地震時_軸力 | N _E | kN | -44.3 | |
| | 地震時_曲げモーメント | M _E | kNm | 113.0 | |
| | 応力割増 | Rf | — | 1.0 | |
| | 短期_軸力(割増考慮) | N _S α | kN | 44.0 | |
| | 短期_曲げモーメント(割増考慮) | M _S α | kNm | 116.2 | |
| 長期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 36.2 |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 8350.3 |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 0.0 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.00 |
| | 圧縮支圧 | 木口の圧縮応力度 | σc | N/mm ² | 0.26 |
| 検定値 | | (σc*Rf)/sfc | | 0.08 | |
| 短期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 2640.9 |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 270.1 |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 51.2 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.34 |
| | 圧縮支圧 | 木口の圧縮応力度 | σc | N/mm ² | 3.36 |
| | | 検定値 | (σc*Rf)/sfc | | 0.54 |

表 4.8.3-3 X 方向壁-床接合部の断面算定結果



| | | | | | |
|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|------|
| | 算定部材 | | | 壁-床 | W6 |
| | 部材位置 | 階 | F | 2 | |
| | | — | — | B通り1-2 | |
| | 設計断面 | B×h | mm | 210×1800 | |
| | 使用樹種 | — | — | スギ | |
| | 強度等級 (床) | — | — | S60-7-7 | |
| 断面性能 | 材幅 | B | mm | 210 | |
| | 材せい | h | mm | 1800 | |
| | 床厚 | Z0 | mm | 210 | |
| | 繊維直交方向のヤング係数 | E90 | N/mm ² | 130 | |
| 回転剛性の算出 | 金物名 | | | M27(ABR490) | |
| | 引張剛性(1個) | K | kN/mm | 45.6 | |
| | 終局耐力(1個) | Pu | kN | 173.4 | |
| | 降伏耐力(1個) | Py | kN | 149.2 | |
| | 引張接合部中心までの距離 | dt' | mm | 135 | |
| | 引張剛性 | Kwt | kN/mm | 45.6 | |
| | 圧縮_終局耐力 | Puc | kN | 441.9978314 | |
| | 圧縮_降伏耐力 | Pyc | kN | 294.6652209 | |
| | CLT圧縮端部の剛性 | Kwc | kN/mm | 27.05625 | |
| | 有効支圧面積 | Ae | mm ² | 87412.5 | |
| | 床パネルのめり込み剛性 | Kcv | N/mm ³ | 0.6 | |
| | 存在応力 | 長期_軸力 | N _L | kN | 64.2 |
| 長期_曲げモーメント | | M _L | kNm | 4.7 | |
| 地震時_軸力 | | N _E | kN | -25.6 | |
| 地震時_曲げモーメント | | M _E | kNm | 42.8 | |
| 応力割増 | | Rf | — | 1.0 | |
| 短期_軸力 (割増考慮) | | N _{Sα} | kN | 38.6 | |
| 短期_曲げモーメント (割増考慮) | | M _{Sα} | kNm | 47.5 | |
| 長期 検定 | 偏心距離 | e | mm | 73.2 | |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | xn | mm | 4588.1 | |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 0.0 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | 0.00 | |
| | 圧縮めり込み | 木口の圧縮応力度 | σ _c | N/mm ² | 0.21 |
| 検定値 | | (σ _c *Rf)/sfc | 0.10 | | |
| 短期 検定 | 偏心距離 | e | mm | 1230.6 | |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | xn | mm | 1266.3 | |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 23.4 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | 0.16 | |
| | 圧縮めり込み | 木口の圧縮応力度 | σ _c | N/mm ² | 0.47 |
| | | 検定値 | (σ _c *Rf)/sfc | 0.12 | |
| 存在応力 | 応力割増 | Rf | — | 2.0 | |
| | 短期_軸力 (割増考慮) | N _{Sα} | kN | 13.0 | |
| | 短期_曲げモーメント (割増考慮) | M _{Sα} | kNm | 90.3 | |
| 短期 検定 | 偏心距離 | e | mm | 6946.2 | |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | xn | mm | 1055.5 | |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 63.3 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | 0.42 | |

- Y方向パネル接合部(1通り W7 検定)

Y方向パネル接合部の代表として1通りのW7接合部の検定を行う。

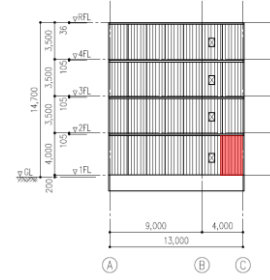
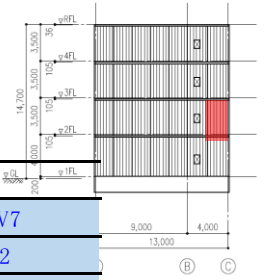


表 4.8.3-4 Y方向壁-基礎接合部の断面算定結果

| | | | | 壁-基礎 | |
|---------|------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|
| | 算定部材 | — | — | W7 | |
| | 部材位置 | 階 | F | 1 | |
| | | — | — | 1通りB-C | |
| | 設計断面 | B×h | mm | 210×2000 | |
| | 使用樹種 | — | — | スギ | |
| | 強度等級 | — | — | S60-7-7 | |
| 断面性能 | 材幅 | B | mm | 210 | |
| | 材せい | h | mm | 2000 | |
| 回転剛性の算出 | 金物名 | | | M27(ABR490) | |
| | 引張剛性(1個) | K | kN/mm | 42.6 | |
| | 終局耐力(1個) | Pu | kN | 173.4 | |
| | 降伏耐力(1個) | Py | kN | 149.2 | |
| | 引張接合部中心までの距離 | dt' | mm | 135 | |
| | 圧縮_終局耐力 | Puc | kN | 872.1 | |
| | 圧縮_降伏耐力 | Pyc | kN | 581.4 | |
| | CLT圧縮端部の剛性 | Kwc | kN/mm | 1527.4 | |
| | 有効支圧面積 | Ae | mm ² | 97912.5 | |
| | 壁パネルの支圧剛性 | Ke | N/mm ³ | 15.6 | |
| 存在応力 | 長期_軸力 | N _L | kN | 84.7 | |
| | 長期_曲げモーメント | M _L | kNm | 1.2 | |
| | 地震時_軸力 | N _E | kN | 25.5 | |
| | 地震時_曲げモーメント | M _E | kNm | 239.4 | |
| | 応力割増 | Rf | — | 1.0 | |
| | 短期_軸力(割増考慮) | N _S α | kN | 110.2 | |
| | 短期_曲げモーメント(割増考慮) | M _S α | kNm | 240.6 | |
| 長期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 14.2 |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 24527.8 |
| | 引張 接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 0.0 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.00 |
| | 圧縮 支圧 | 木口の圧縮応力度 | σ _c | N/mm ² | 0.21 |
| 検定値 | | (σ _c *Rf)/sfc | | 0.06 | |
| 短期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 2183.3 |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 319.2 |
| | 引張 接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 80.8 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.54 |
| | 圧縮 支圧 | 木口の圧縮応力度 | σ _c | N/mm ² | 5.70 |
| 検定値 | | (σ _c *Rf)/sfc | | 0.92 | |

表 4.8.3-5 Y 方向壁-床接合部の断面算定結果



| | | | | | | | |
|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------|----|--|
| | 算定部材 | | | — | — | W7 | |
| | 部材位置 | 階 | F | 2 | | | |
| | | — | — | 1通りB-C | | | |
| | 設計断面 | B×h | mm | 210×2000 | | | |
| | 使用樹種 | — | — | スギ | | | |
| | 強度等級 (床) | — | — | S60-7-7 | | | |
| 断面性能 | 材幅 | B | mm | 210 | | | |
| | 材せい | h | mm | 2000 | | | |
| | 床厚 | Z0 | mm | 210 | | | |
| | 繊維直交方向のヤング係数 | E90 | N/mm ² | 130 | | | |
| 回転剛性の算出 | 金物名 | | | M27(ABR490) | | | |
| | 引張剛性 (1個) | K | kN/mm | 45.6 | | | |
| | 終局耐力 (1個) | Pu | kN | 173.4 | | | |
| | 降伏耐力 (1個) | Py | kN | 149.2 | | | |
| | 引張接合部中心までの距離 | dt' | mm | 135 | | | |
| | 圧縮_終局耐力 | Puc | kN | 498.6822192 | | | |
| | 圧縮_降伏耐力 | Pyc | kN | 332.4548128 | | | |
| | CLT圧縮端部の剛性 | Kwc | kN/mm | 30.30625 | | | |
| | 有効支圧面積 | Ae | mm ² | 97912.5 | | | |
| | 床パネルのめり込み剛性 | Kcv | N/mm ³ | 0.6 | | | |
| | 存在応力 | 長期_軸力 | N _L | kN | 62.2 | | |
| | | 長期_曲げモーメント | M _L | kNm | 0.9 | | |
| 地震時_軸力 | | N _E | kN | 15.3 | | | |
| 地震時_曲げモーメント | | M _E | kNm | 105.9 | | | |
| 応力割増 | | Rf | — | 1.0 | | | |
| 短期_軸力 (割増考慮) | | N _{Sα} | kN | 77.5 | | | |
| 短期_曲げモーメント (割増考慮) | | M _{Sα} | kNm | 106.8 | | | |
| 長期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 14.5 | | |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 24037.0 | | |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 0.0 | | |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.00 | | |
| | 圧縮めり込み | 木口の圧縮応力度 | σ _c | N/mm ² | 0.15 | | |
| 検定値 | | (σ _c *Rf)/sfc | | 0.07 | | | |
| 短期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 1378.1 | | |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 1386.5 | | |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 46.4 | | |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.31 | | |
| | 圧縮めり込み | 木口の圧縮応力度 | σ _c | N/mm ² | 0.85 | | |
| 検定値 | | (σ _c *Rf)/sfc | | 0.21 | | | |

| | | | | | |
|-------|-------------------|--------|-----------------|-----|--------|
| 存在応力 | 応力割増 | | Rf | — | 2.0 |
| | 短期_軸力 (割増考慮) | | N _{Sα} | kN | 92.8 |
| | 短期_曲げモーメント (割増考慮) | | M _{Sα} | kNm | 212.7 |
| 短期 検定 | 偏心距離 | | e | mm | 2292.0 |
| | 圧縮縁から中立軸までの距離 | | xn | mm | 1276.2 |
| | 引張接合部 | ボルト引張力 | Td | kN | 110.7 |
| | | 検定値 | (Td*Rf)/Py | | 0.74 |

- 垂壁パネル接合部(C 通り WG1 検定)

垂壁パネル接合部の代表として C 通りの WG1 接合部の検定を行う。

<WG1>

| | |
|---------------------------------|---|
| 幅[mm] | t=210 |
| せい[mm] | H _t =750 |
| 材料種別 | S60-7-7 |
| 長期許容めり込み応力度[N/mm ²] | f _{cv} =1.1/3×F _{cv} =1.1/3×6=2.2 |
| 短期許容めり込み応力度[N/mm ²] | f _{cv} =2/3×F _{cv} =2/3×6=4 |

長期許容曲げモーメント ${}_L M_a$

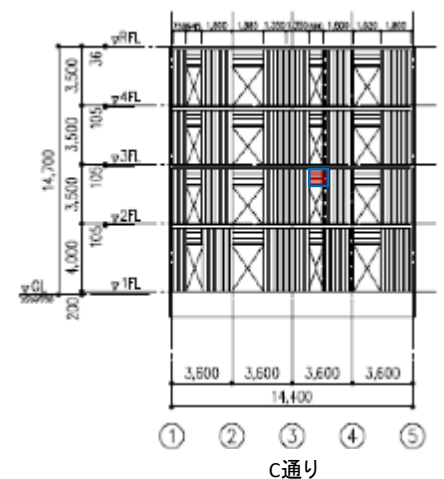
$${}_L M_a = \left(\frac{H_t}{2} \cdot \frac{2}{3}\right) \frac{H_t \cdot t \cdot f_{cv}}{2} = \left(\frac{750}{2} \times \frac{2}{3}\right) \times \frac{750 \times 210 \times 2.2}{2} = 21.6 \times 10^6 (N \cdot mm) = 21.6 (k \cdot m)$$

短期許容曲げモーメント ${}_S M_a$

$${}_S M_a = \left(\frac{H_t}{2} \cdot \frac{2}{3}\right) \frac{H_t \cdot t \cdot f_{cv}}{2} = \left(\frac{750}{2} \times \frac{2}{3}\right) \times \frac{750 \times 210 \times 4}{2} = 39.3 \times 10^6 (N \cdot mm) = 39.3 (kN \cdot m)$$

設計用応力 (解析 Out Put より)

| | T [kN] | C [kN] | Mbx(+) [kNm] | Mbx(-) [kNm] | Qx [kN] |
|------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------|
| 長期 | 0.0 | — | — | 2.1 | 4.3 |
| 短期 (C0-0.2)(X/正) | — | 0.0 | — | 28.6 | 62.7 |



計算パネル

長期の検定 $\frac{M_L}{{}_L M_a} = \frac{2.1}{21.6} = 0.10 \leq 1.0 \cdots \text{OK}$

短期の検定 $\frac{M_S}{{}_S M_a} = \frac{28.6}{39.3} = 0.72 \leq 1.0 \cdots \text{OK}$

・ せん断接合部

せん断接合部の許容耐力は、ビス 1 本当たりの許容せん断力 3.0kN/本を本数倍して求める。代表部位の許容せん断力と検定結果を以下に示す。

<W6 壁-基礎> B 通り 4-5 間

金物種類

U 形せん断金物

数量

4 個

ビス本数

22 本/個

許容せん断力

$$Q_a = 3.0 \times 22 \times 4 = 264 \text{ (kN)}$$

設計用せん断力

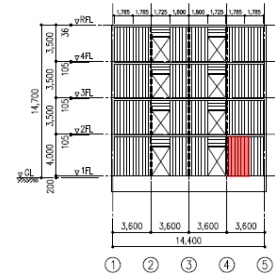
$$Q_d = Q_L + Q_S \cdot R_f = 2.9 + 49.7 \times 2.0 = 102.3 \text{ (kN)}$$

設計軸力

$$N_d = 49.2 \text{ (kN)}$$

検定比

$$\frac{Q_d - 0.3 \cdot N_d}{Q_a} = \frac{52.6 - 0.3 \times 49.2}{264} = 0.14$$



<W7 壁-基礎> 1 通り B-C 間

金物種類

U 形せん断金物

数量

3 個

ビス本数

22 本/個

許容せん断力

$$Q_a = 3.0 \times 22 \times 3 = 198 \text{ (kN)}$$

設計用せん断力

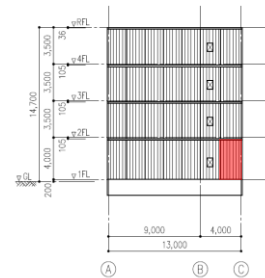
$$Q_d = Q_L + Q_S \cdot R_f = 0.2 + 55.3 \times 2.0 = 110.8 \text{ (kN)}$$

設計軸力

$$N_d = 110.2 \text{ (kN)}$$

検定比

$$\frac{Q_d - 0.3 \cdot N_d}{Q_a} = \frac{110.8 - 0.3 \times 110.2}{198} = 0.39$$



<W6 壁-床> B 通り 4-5 間

金物種類

L 形せん断金物

数量

2 個

ビス本数

33 本/個

許容せん断力

$$Q_a = 3.0 \times 33 \times 2 = 198 \text{ (kN)}$$

設計用せん断力

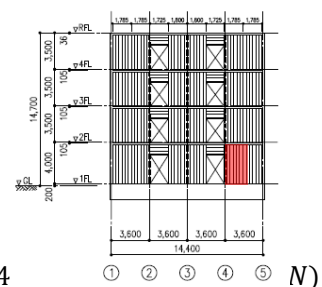
$$Q_d = Q_L + Q_S \cdot R_f = 4.4$$

設計軸力

$$N_d = 50.7 \text{ (kN)}$$

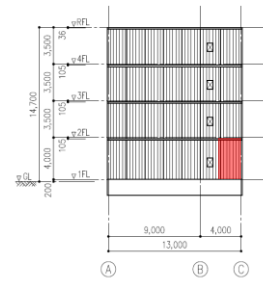
検定比

$$\frac{Q_d - 0.3 \cdot N_d}{Q_a} = \frac{78.4 - 0.3 \times 50.7}{198} = 0.32$$



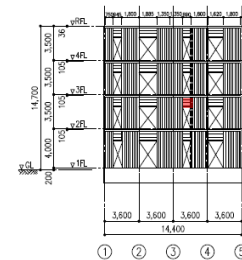
<W7 壁-床> 1 通り B-C 間

| | |
|---------|---|
| 金物種類 | L 形せん断金物 |
| 数量 | 2 個 |
| ビス本数 | 33 本/個 |
| 許容せん断力 | $Q_a = 3.0 \times 33 \times 2 = 198 \text{ (kN)}$ |
| 設計用せん断力 | $Q_d = Q_L + Q_S \cdot R_f = 0.4 + 42.5 \times 2.0 = 85.4 \text{ (kN)}$ |
| 設計軸力 | $N_d = 77.5 \text{ (kN)}$ |
| 検定比 | $\frac{Q_d - 0.3 \cdot N_d}{Q_a} = \frac{85.4 - 0.3 \times 77.5}{198} = 0.32$ |



<WG1 壁-垂壁> C 通り 3-4 間

| | |
|---------|--|
| 金物種類 | 平金物 |
| 数量 | 2 個 |
| ビス本数 | 29 本/個 |
| 許容せん断力 | $Q_a = 3.0 \times 29 \times 2 = 174 \text{ (kN)}$ |
| 設計用せん断力 | $Q_d = Q_L + Q_S \cdot R_f = 4.3 + 58.4 \times 2.0 = 121.1 \text{ (kN)}$ |
| 検定比 | $\frac{Q_d}{Q_a} = \frac{121.1}{174} = 0.70$ |



● 壁-基礎引張接合部先行降伏の確認

本設計例ではルート 2 を採用するため、国交告第 611 号第 8 第二号トの基準に適合することを確認する。確認の方法は、応力割増係数を乗じない応力に対する壁-基礎の引張接合部の最大検定比がその他の部材の検定比以上であることを確認することとする。

先行降伏の確認において、壁パネルの支圧やめり込みなどの圧縮接合部については、降伏後の挙動が脆性的な破壊とならず降伏後も緩やかに耐力を維持すると考えられるため、検討の対象外とする。

本設計例では代表部位の断面算定のみを示しているため、これら代表部材の検定比を最大検定比とみなして確認を行う。実設計では全箇所各荷重ケースの検定比のうち最大のものを用いて確認する必要がある。

代表部位の最大検定比一覧を表 4.8.3-5 に示す。壁-基礎の引張接合部の最大検定比がその他の検定比と比べて最も大きいことが確認できる。

表 4.8.3-5 代表部位の最大検定比一覧 ($R_f=1.0$)

| | | X 方向 | Y 方向 |
|------|---------|------|------|
| 壁パネル | 曲げ圧縮 | 0.29 | 0.50 |
| | 曲げ引張 | 0.21 | 0.45 |
| | せん断 | 0.08 | 0.12 |
| 接合部 | 壁-基礎引張 | 0.34 | 0.54 |
| | 壁-床引張 | 0.16 | 0.31 |
| | 壁-基礎せん断 | 0.15 | 0.12 |
| | 壁-床せん断 | 0.14 | 0.10 |

4.8.4 集成材接合部の検定

- 横架材端部接合部

大梁の端部は、「木質構造接合部設計事例集（日本建築学会）」に準拠し、鋼板添え板 1 面せん断型（ボルト）＋鋼板挿入 2 面せん断型（ドリフトピン）接合とし、それぞれの許容耐力の小さい値を接合部の許容せん断耐力とした。また、小梁の端部は CLT 壁パネルに直接接合するディテールを想定しており、本設計例では「中層大規模木造構造設計データ集（中層大規模木造研究会）」に掲載されている小梁受け金物（TS 金物）を採用した。ただし、TS 金物は集成材への接合を想定された金物であり、CLT への接合の際、同様の耐力を有するかは実験等により検証する必要があるため注意が必要である。

横架材接合部の許容耐力の算定結果を以下に示す。

表 4.8.4-1 G1 (300×810) 端部「梁受け金物①」 鋼板挿入2面せん断型接合の許容耐力

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|----------------|----------------|---|----------------|---|--|--|--|----|--|
| 接合形式 | (iii)2面せん断鋼板挿入型 | | Q ₁ | 0 | Q ₂ | 1 | | | | | |
| 荷重角度 | 繊維直角方向 角度θ 90.0° | | | | | | | | | | |
| 使用環境 | Ⅲ：通常状態 | | | | | | | | | | |
| 接合具 | ドリフトピン | | | | | | | | | | |
| | 径 d | 長さ l 1列の本数 n | | | | | | | | | |
| | 16 | 280 2 | | | | | | | | | |
| 木部 | 鋼板厚 (mm) | | | | | | | | | 12 | |
| | 樹種 | からまつ | | | | | | | | | |
| | 強度等級 | E105-F300 | | | | | | | | | |
| | 断面 (mm) | 300 × 810 | | | | | | | | | |
| 座掘り等欠損 (mm) | | | | | | | | | | | |
| 単位接合部降伏モード | | モードI | | | | | | | | | |
| 接合部全体 | | 接合種別 JA | | | | | | | | | |
| 許容耐力 (kN) | | P _a | | | | | | | | | |
| 長期 (K _d =1.1) | | 8.37 | | | | | | | | | |
| 中長期 (K _d =1.43) | | 10.88 | | | | | | | | | |
| 中短期 (K _d =1.6) | | 12.18 | | | | | | | | | |
| 短期 (K _d =2.0) | | 15.22 | | | | | | | | | |
| 列数 (m) | | 6 | | | | | | | | | |
| h/e | | 730 | | | | | | | | | |
| Σr _i | | 0 | | | | | | | | | |
| Σs _i | | 0 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|-------------------------------------|-------|------|----------------|---|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|------|-----------------|-------|------|---|-----|-----|
| 単位接合部の許容耐力計算 | (1) 単位接合部の設計用許容せん断耐力 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $p_a = \frac{1}{3} K_d \cdot K_j \cdot K_m \cdot r_u \cdot p_y$ | $p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P _a | 降伏モード | 式 | C | 接合種別 | r _u | <table border="1"> <tr> <td>σ_{Fe}</td> <td>12.70</td> <td>荷重角度θ</td> </tr> <tr> <td>f_{Fe}</td> <td>25.40</td> <td>繊維方向</td> </tr> <tr> <td>σ_{Fe}</td> <td>12.70</td> <td>繊維直角</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>235</td> <td>接合具</td> </tr> </table> $\gamma = F/F_e = 18.50$ $l = 266$ | σ _{Fe} | 12.70 | 荷重角度θ | f _{Fe} | 25.40 | 繊維方向 | σ _{Fe} | 12.70 | 繊維直角 | F | 235 | 接合具 |
| | σ _{Fe} | 12.70 | 荷重角度θ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | f _{Fe} | 25.40 | 繊維方向 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | σ _{Fe} | 12.70 | 繊維直角 | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 235 | 接合具 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードI | 1 | 1 | JC | 1.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅢ | $\sqrt{2} \cdot \frac{8}{3} \cdot \gamma \cdot \left(\frac{d}{\ell}\right)^2 \cdot 1$ | 0.48 | JB | 1.1 | 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅣ | $\frac{d}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{8}{3}} \cdot \gamma$ | 0.42 | JA | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|--|------------------------------------|
| 接合部全体の許容耐力計算 | (2) 設計用許容せん断耐力 | |
| | $P_a = \frac{1}{3} K_r \cdot K_j \cdot K_d \cdot K_m \cdot P_{u0}$ | |
| | i 全体接合部の終局せん断耐力 | |
| | $P_{ui} = \sum_{i=1}^m (j K_n \cdot n_i \cdot r_u \cdot p_y) = 274.05 \text{ kN}$ | <input type="text" value="1.00"/> |
| | ii 木材の繊維と直角方向の応力を受ける場合の割裂破壊に対する計算 | |
| | $\perp P_{uw} = \min(\perp P_{uw1}, \perp P_{uw2}) = 280.32 \text{ kN}$ | (0° < θ ≤ 90°) |
| | $\left(\begin{array}{l} P_{uw1} = 2 \cdot C_r \cdot \ell \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \times n = 660.26 \text{ kN} \\ P_{uw2} = \frac{2}{3} \cdot \xi \cdot h_e \cdot \ell \cdot F_s = 280.32 \text{ kN} \end{array} \right)$ | <input type="text" value="12.00"/> |
| | $\xi = \frac{ Q_1 - Q_2 }{\max(Q_1 , Q_2)} = 1$ | <input type="text" value="3.60"/> |
| | iii 繊維に平行方向の力を受ける場合の集成型せん断破壊に対する計算 | |
| | $\parallel P_{uw} = \max(A_{et} \cdot F_t, A_{es} \cdot F_s) = - \text{ kN}$ | <input type="text" value="16.00"/> |
| $\left(\begin{array}{l} A_{et} \cdot F_t = l \cdot \sum r_i \times F_t = - \text{ kN} \\ A_{es} \cdot F_s = l \cdot \sum s_i \times F_s = - \text{ kN} \end{array} \right)$ | ii, iiiを計算する場合のφは10dを上限とする。 | |
| iv 木材の繊維と傾斜する方向の応力を受ける場合の計算 | | |
| $\theta P_{uw} = \min(\perp P_{uw} / \sin \theta, \parallel P_{uw} / \cos \theta) = 280.3 \text{ kN}$ | | |
| v 全体接合部の基準終局せん断耐力 | | |
| $P_{u0} = \min(P_{ui}, P_{uw}, \theta P_{uw}) = 274.05 \text{ kN}$ | <input type="text" value="木破によらない"/> | |

表 4.8.4-2 G1 (300×810) 端部「梁受け金物①」 鋼板添え板 1 面せん断型接合の許容耐力

| | | | | | | |
|--|----------------|-----------|----------------|----|----------------|---|
| 接合形式 | (v)1面せん断鋼板添え板型 | | Q ₁ | -1 | Q ₂ | 1 |
| 荷重角度 | 繊維方向 角度θ | | 0.0° | | | |
| 使用環境 | Ⅲ：通常状態 | | | | | |
| 接合具 | ボルト | | | | | |
| | 径 d | 長さ l | 1列の本数 n | | | |
| | 20 | 300 | 2 | | | |
| 木部 | 鋼板厚(mm) 16 | | | | | |
| | 樹種 | すぎ | | | | |
| | 強度等級 | E65-F225 | | | | |
| | 断面(mm) | 300 × 300 | | | | |
| 座掘り等欠損(mm) | | | | | | |
| 単位接合部降伏モード モードⅣ | | | | | | |
| 接合部全体 接合種別 JA | | | | | | |
| K _r 1 | | | | | | |
| 許容耐力 (kN) | | | | | | |
| P _a (単位接合部) 接合部[全体] | | | | | | |
| 長期 (K _d =1.1) 9.70 116.43 | | | | | | |
| 中長期 (K _d =1.43) 12.61 151.36 | | | | | | |
| 中短期 (K _d =1.6) 14.11 169.35 | | | | | | |
| 短期 (K _d =2.0) 17.64 211.69 | | | | | | |
| 列数(m) 6 he ΣF _t ΣS _i | | | | | | |

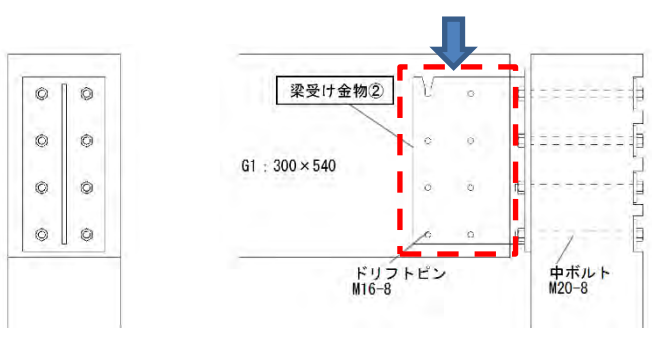
梁受け金物①
G1 : 300×810
ドリフトピン M16-12
C1 : 300×300

中ホルド M20-12
C1 : 300×300

| 単位接合部の許容耐力計算 | (1) 単位接合部の設計用許容せん断耐力 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|-------------|-----|------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|------|---|---|----|-----|--|------|---|------|----|-----|-----|------|--|------|----|-----|--|------------------|-------|--------|------------------|-------|------------------|-----|------|---|-----|------|--|--|
| | $p_a = \frac{1}{3} K_d \cdot j K_m \cdot r_u \cdot p_y \quad p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l \quad j K_m = 1.0$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">降伏モード</th> <th rowspan="2">式</th> <th rowspan="2">C</th> <th rowspan="2">接合種別</th> <th colspan="2">r_u</th> </tr> <tr> <th>ボルト</th> <th>ラグスクリュー</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>モードⅠ</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>JC</td> <td>1.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>モードⅢ</td> <td>$\sqrt{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{d}{e} \right)^2} \cdot 1$</td> <td>0.43</td> <td>JB</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>モードⅣ</td> <td>$\frac{d}{e} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$</td> <td>0.20</td> <td>JA</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td>θ F_e</td> <td>19.40</td> <td rowspan="2">荷重角度 θ</td> </tr> <tr> <td>x F_e</td> <td>19.40</td> </tr> <tr> <td>⊥ F_e</td> <td>9.7</td> <td>繊維方向</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>235</td> <td>繊維直角</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>接合具</td> </tr> </table> <p style="margin-top: 10px;">γ = F/F_e = 12.11 l = 284.0</p> | 降伏モード | 式 | C | 接合種別 | r _u | | ボルト | ラグスクリュー | モードⅠ | 1 | 1 | JC | 1.0 | | モードⅢ | $\sqrt{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{d}{e} \right)^2} \cdot 1$ | 0.43 | JB | 1.1 | 1.1 | モードⅣ | $\frac{d}{e} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$ | 0.20 | JA | 1.2 | | θ F _e | 19.40 | 荷重角度 θ | x F _e | 19.40 | ⊥ F _e | 9.7 | 繊維方向 | F | 235 | 繊維直角 | | |
| 降伏モード | 式 | | | | | C | 接合種別 | r _u | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ボルト | ラグスクリュー | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅠ | 1 | 1 | JC | 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅢ | $\sqrt{\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{d}{e} \right)^2} \cdot 1$ | 0.43 | JB | 1.1 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅣ | $\frac{d}{e} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$ | 0.20 | JA | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| θ F _e | 19.40 | 荷重角度 θ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x F _e | 19.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⊥ F _e | 9.7 | 繊維方向 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 235 | 繊維直角 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 接合具 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 接合部全体の許容耐力計算 | (2) 設計用許容せん断耐力 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $P_a = \frac{1}{3} K_r \cdot j K_d \cdot j K_m \cdot P_{u0}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | i 全体接合部の終局せん断耐力 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $P_{ui} = \sum_{i=1}^m (j K_n \cdot n_i \cdot r_u \cdot p_y) = 317.54 \text{ kN} \quad [K_n = 1.00]$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ii 木材の繊維と直角または傾斜する方向の応力を受ける場合の割裂破壊に対する計算 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\perp P_{uw} = \min(\perp P_{uw1}, \perp P_{uw2}) = - \text{ kN} \quad (0^\circ < \theta \leq 90^\circ)$ <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\left(\begin{array}{l} P_{uw1} = 2 \cdot c_r \cdot e \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - h_e}} \times n = 0.00 \text{ kN} \\ P_{uw2} = \frac{2}{3} \cdot \xi \cdot h_e \cdot e \cdot F_s = 0.00 \text{ kN} \end{array} \right)$ </div> <div style="margin-left: 20px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>主材 C_r</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>繊維方向間隔 ≥ 7d</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>主材 F_s</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>主材 F_t</td> <td>12.0</td> </tr> </table> </div> </div> $\xi = \frac{ Q_1 - Q_2 }{\max(Q_1 , Q_2)} = 2$ | 主材 C _r | 8 | 繊維方向間隔 ≥ 7d | | n | 2 | 主材 F _s | 2.7 | 主材 F _t | 12.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材 C _r | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 繊維方向間隔 ≥ 7d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材 F _s | 2.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材 F _t | 12.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| iii 繊維に平行方向の力を受ける場合の集合型せん断破壊に対する計算 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\parallel P_{uw} = \max(A_{et} \cdot F_t, A_{es} \cdot F_s) = - \text{ kN}$ <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $\left(\begin{array}{l} A_{et} \cdot F_t = l \cdot \sum F_t \times F_t = - \text{ kN} \\ A_{es} \cdot F_s = l \cdot \sum S_i \times F_s = - \text{ kN} \end{array} \right)$ </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>ii, iii を計算する場合の l は 5d を上限とする。</p> </div> </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| iv 木材の繊維と傾斜する方向の応力を受ける場合の計算 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\theta P_{uw} = \min(\perp P_{uw} / \sin \theta, \parallel P_{uw} / \cos \theta) = - \text{ kN}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| v 全体接合部の基準終局せん断耐力 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P_{u0} = \min(P_{ui}, P_{uw}, \theta P_{uw}) = 317.54 \text{ kN}$ <div style="text-align: right; margin-top: 5px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">木破によらない</td> </tr> </table> </div> | 木破によらない | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 木破によらない | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 4.8.4-3 G1_RF (300×540) 端部「梁受け金物②」 鋼板挿入 2 面せん断型接合の許容耐力

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---|-----------------|---|
| 接合形式 | (iii)2面せん断鋼板挿入型 | | Q ₁ | 0 | Q ₂ | 1 | | | |
| 荷重角度 | 繊維直角方向 角度θ 90.0° | | | | | | | | |
| 使用環境 | Ⅲ：通常状態 | | | | | | | | |
| 接合具 | ドリフトピン | | | | | | | | |
| | 径 d | 長さ l | 1列の本数 n | | | | | | |
| | 16 | 280 | 2 | | | | | | |
| 木部 | 鋼板厚 (mm) | | 12 | | | | | | |
| | 樹種 | からまつ | | | | | | | |
| | 強度等級 | E105-F300 | | | | | | | |
| | 断面 (mm) | 300 × 540 | | | | | | | |
| 座掘り等欠損 (mm) | | | | | | | | | |
| 単位接合部降伏モード | | モードⅣ | | | | | | | |
| 接合部全体 | | 接合種別 | JA | | | | | | |
| | | K _r | 1 | | | | | | |
| 許容耐力 (kN) | | P _a | P _a | | | | | | |
| | | (単位接合部) | 接合部[全体] | | | | | | |
| 長期 (K _t =1.1) | | 8.37 | 66.99 | | | | | | |
| 中長期 (K _t =1.43) | | 10.88 | 87.08 | | | | | | |
| 中短期 (K _t =1.6) | | 12.18 | 97.44 | | | | | | |
| 短期 (K _t =2.0) | | 15.22 | 121.80 | | | | | | |
| | | 列数 (m) | 4 | h _e | 480 | Σr _i | 0 | Σs _i | 0 |



| | | | | | | |
|--------------|---|---|-------------------------------------|------|----------------|--------|
| 単位接合部の許容耐力計算 | (1) 単位接合部の設計用許容せん断耐力 | | | | | |
| | $p_a = \frac{1}{3} K_d \cdot j K_m \cdot r_u \cdot p_y$ | | $p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$ | | $j K_m = 1.0$ | |
| | 降伏モード | 式 | C | 接合種別 | r _u | |
| | モードⅠ | 1 | 1 | JC | 1.0 | ドリフトピン |
| モードⅢ | $\sqrt{2 \cdot \left(1 + \frac{8}{3} \cdot \frac{d}{l}\right)}$ | 1 | 0.48 | JB | 1.1 | 1.0 |
| モードⅣ | $\frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3}}$ | | 0.42 | JA | 1.2 | |

| | | |
|------------------|-------|-------|
| σ _{Fe} | 12.70 | 荷重角度θ |
| σ _{sFe} | 25.40 | 繊維方向 |
| ⊥Fe | 12.70 | 繊維直角 |
| F | 235 | 接合具 |

$\gamma = F/F_e = 18.50$
 $l = 266$

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| 接合部全体の許容耐力計算 | (2) 設計用許容せん断耐力 | |
| | $P_a = \frac{1}{3} K_r \cdot j K_d \cdot j K_m \cdot P_{u0}$ | |
| | i 全体接合部の終局せん断耐力 | |
| | $P_{ui} = \sum_{i=1}^m (j K_n \cdot n_i \cdot r_u \cdot p_y) = 182.70 \text{ kN}$ | $j K_n = 1.00$ |
| | ii 木材の繊維と直角方向の応力を受ける場合の割裂破壊に対する計算 | |
| $\perp P_{uw} = \min(\perp P_{uw1}, \perp P_{uw2}) = 184.32 \text{ kN}$ (0° < θ ≤ 90°) | | |
| $\left(\begin{array}{l} P_{uw1} = 2 \cdot C_r \cdot \ell \cdot \frac{h_e}{\sqrt{1 - \frac{h_e}{h}}} \times n = 504.78 \text{ kN} \\ P_{uw2} = \frac{2}{3} \cdot \xi \cdot h_e \cdot \ell \cdot F_s = 184.32 \text{ kN} \end{array} \right)$ | | 主材 C _r 12.00 |
| $\xi = \frac{ Q_1 - Q_2 }{\max(Q_1 , Q_2)} = 1$ | | 繊維方向間隔 ≥ 7d |
| | | n 2 |
| iii 繊維に平行方向の力を受ける場合の集成型せん断破壊に対する計算 | | 主材 F _s 3.60 |
| $\parallel P_{uw} = \max(A_{et} \cdot F_t, A_{es} \cdot F_s) = - \text{ kN}$ | | 主材 F _t 16.00 |
| $\left(\begin{array}{l} A_{et} \cdot F_t = l \cdot \sum r_i \times F_t = - \text{ kN} \\ A_{es} \cdot F_s = l \cdot \sum s_i \times F_s = - \text{ kN} \end{array} \right)$ | | ii, iiiを計算する場合のQは10dを上限とする。 |
| iv 木材の繊維と傾斜する方向の応力を受ける場合の計算 | | |
| $\theta P_{uw} = \min(\perp P_{uw} / \sin \theta, \parallel P_{uw} / \cos \theta) = 184.3 \text{ kN}$ | | |
| v 全体接合部の基準終局せん断耐力 | | |
| $P_{u0} = \min(P_{ui}, P_{uw}, \theta P_{uw}) = 182.70 \text{ kN}$ | | 木破によらない |

表 4. 8. 4-4 G1_RF (300×540) 端部「梁受け金物②」 鋼板添え板 1 面せん断型接合の許容耐力

| 接合形式 | | (V1) 面せん断鋼接合形式 | | G1 | G2 |
|--------------|------------------|----------------|-----------|----------|--------------|
| 荷重角度 | 継接方向 角度θ 0.0° | | | | |
| 使用環境 | Ⅲ 通常状態 | | | | |
| 接合具 | ボルト | | | | |
| | 径 d | 長さ l | 1列の本数 n | | |
| | 20 | 300 | 2 | | |
| 木部 | 樹種 | | ヤシ | | |
| | 強度等級 | | E65-F225 | | |
| | 断面 (mm) | | 300 × 300 | | |
| | 接合部欠損 (mm) | | | | |
| 単位接合部隠伏モード | | モードⅣ | | | |
| 接合部全体 | | 接合種別 | JA | | |
| 許容耐力 (kN) | | P_{a1} | P_{a2} | | |
| 長期 (K=1.1) | 9.70 | 77.61 | | | |
| 中長期 (K=1.43) | 12.61 | 100.00 | | | |
| 中短期 (K=1.6) | 14.11 | 112.00 | | | |
| 短期 (K=2.0) | 17.64 | 141.12 | | | |
| | | 有効幅 (mm) | 4 | f_{te} | Σr_i |
| | | | | | Σs_i |

| 単位接合部の許容耐力計算 | (1) 単位接合部の設計用許容せん断耐力 | $P_{a1} = \frac{1}{3} K_d \cdot K_s \cdot r_s \cdot P_s$ | $P_{a2} = C \cdot F_u \cdot d \cdot l$ | $K_c = 1.0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|---|--|-------------|-------|-----|-------|------|---|---|----|-----|--|------|----------------------|------|----|-----|-----|------|----------------------------------|------|----|-----|--|---|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-----|------|---|-----|
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>隠伏モード</th> <th>式</th> <th>C</th> <th>接合種別</th> <th>ボルト</th> <th>r_s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>モードⅠ</td> <td>I</td> <td>1</td> <td>JB</td> <td>1.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>モードⅢ</td> <td>$\sqrt{\frac{1}{3}}$</td> <td>0.43</td> <td>JB</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>モードⅣ</td> <td>$\frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{3}}$</td> <td>0.20</td> <td>JA</td> <td>1.2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | 隠伏モード | 式 | C | 接合種別 | ボルト | r_s | モードⅠ | I | 1 | JB | 1.0 | | モードⅢ | $\sqrt{\frac{1}{3}}$ | 0.43 | JB | 1.1 | 1.1 | モードⅣ | $\frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{3}}$ | 0.20 | JA | 1.2 | | <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>F_u</td> <td>19.40</td> <td>引張強度</td> </tr> <tr> <td>F_c</td> <td>19.40</td> <td>縦横方向</td> </tr> <tr> <td>F_u</td> <td>9.7</td> <td>縦横方向</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>235</td> <td>降伏点</td> </tr> </tbody> </table> <p>$\gamma = F_u/F_c = 1.1$ $f = 284.0$</p> | F_u | 19.40 | 引張強度 | F_c | 19.40 | 縦横方向 | F_u | 9.7 | 縦横方向 | F | 235 |
| 隠伏モード | 式 | C | 接合種別 | ボルト | r_s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅠ | I | 1 | JB | 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅢ | $\sqrt{\frac{1}{3}}$ | 0.43 | JB | 1.1 | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モードⅣ | $\frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{3}}$ | 0.20 | JA | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F_u | 19.40 | 引張強度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F_c | 19.40 | 縦横方向 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F_u | 9.7 | 縦横方向 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | 235 | 降伏点 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 接合部全体の許容耐力計算 | (2) 設計用許容せん断耐力 | $P_{a1} = \frac{1}{3} K_d \cdot K_s \cdot K_c \cdot P_{a1}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | i 全体接合部の終局せん断耐力 | $P_{a1} = \sum_{i=1}^n (K_d \cdot n_i \cdot r_s \cdot P_{s1}) = 211.69 \text{ kN}$ | $K_c = 1.00$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ii 木材の縦継と直角または傾斜する方向の応力を受ける場合の割裂破壊に対する計算 | $\perp P_{a1} = \min(\perp P_{a1}, \perp P_{a1, \theta}) = - \text{ kN}$ ($0^\circ < \theta \leq 90^\circ$) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | iii 縦継に平行方向の力を受ける場合の層合型せん断破壊に対する計算 | $\parallel P_{a1} = \max(A_{n1} \cdot F_u, A_{n2} \cdot F_u) = - \text{ kN}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | iv 木材の縦継と傾斜する方向の応力を受ける場合の計算 | $\theta P_{a1} = \min(\perp P_{a1} / \sin \theta, P_{a1} / \cos \theta) = - \text{ kN}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | v 全体接合部の基準終局せん断耐力 | $P_{a1} = \min(P_{a1}, \perp P_{a1}, \theta P_{a1}) = 211.69 \text{ kN}$ | | 本項によらない | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 4. 8. 4-5 小梁 b1, b2, b3 (150×450) 端部「TS45B」

| TS45B | | ◇材質・仕上げ | | |
|---|-------|---|------|------|
| <p>挿入基点 (梁天端レベル)</p> <p>GPL-9 12-DP16 (φ17.5)</p> <p>BPL-12 8-M16 (φ17.5) 6-φ17.5</p> | | SS400 JIS K 5674 1種 2回塗り または 熔融亜鉛めっきHDZ55 | | |
| | | ◇使用箇所 | | |
| | | 柱-梁の梁端部 梁-梁の梁端部 | | |
| | | ◇接合具 | | |
| | | ガセット側：ドリフトピンφ16-12本 背板側：M16中ボルト-8本 | | |
| | | ◇適用条件 | | |
| | | 断面：150×450・480以上 受け材の梁せい：510以上 | | |
| | | ◇許容せん断耐力 (kN) | | |
| 樹種群J1 | 引張 | 圧縮 | せん断 | 逆せん断 |
| 長期 | 58.9 | 103.7 | 38.1 | 38.1 |
| 中長期 | 76.5 | 134.8 | 49.5 | 49.5 |
| 中短期 | 85.6 | 150.8 | 55.4 | 55.4 |
| 短期 | 107.0 | 188.5 | 69.2 | 69.2 |
| 樹種群J3 | 引張 | 圧縮 | せん断 | 逆せん断 |
| 長期 | 45.3 | 86.0 | 24.3 | 24.3 |
| 中長期 | 58.9 | 111.8 | 31.6 | 31.6 |
| 中短期 | 65.9 | 125.1 | 35.3 | 35.3 |
| 短期 | 82.3 | 156.4 | 44.2 | 44.2 |

表 4. 8. 4-6 小梁 b4 (150×330) 端部「TS33A」

| TS33A | | ◇材質・仕上げ | | |
|---|------|---|------|------|
| <p>挿入基点 (梁天端レベル)</p> <p>GPL-9 4-DP16 (φ17.5)</p> <p>BPL-9 6-M16 (φ17.5) 4-φ17.5</p> | | SS400 JIS K 5674 1種 2回塗り または 熔融亜鉛めっきHDZ55 | | |
| | | ◇使用箇所 | | |
| | | 柱-梁の梁端部 梁-梁の梁端部 | | |
| | | ◇接合具 | | |
| | | ガセット側：ドリフトピンφ16-4本 背板側：M16中ボルト-6本 | | |
| | | ◇適用条件 | | |
| | | 断面：150×330・360以上 受け材の梁せい：390以上 | | |
| | | ◇許容せん断耐力 (kN) | | |
| 樹種群J1 | 引張 | 圧縮 | せん断 | 逆せん断 |
| 長期 | 30.7 | 34.6 | 21.9 | 11.0 |
| 中長期 | 30.7 | 44.9 | 28.5 | 14.3 |
| 中短期 | 46.0 | 50.3 | 31.9 | 16.0 |
| 短期 | 46.0 | 62.8 | 39.9 | 19.9 |
| 樹種群J3 | 引張 | 圧縮 | せん断 | 逆せん断 |
| 長期 | 28.7 | 28.7 | 18.2 | 9.4 |
| 中長期 | 30.7 | 37.3 | 23.7 | 12.2 |
| 中短期 | 41.7 | 41.7 | 26.5 | 13.7 |
| 短期 | 46.0 | 52.1 | 33.1 | 17.1 |

表 4.8.4-8 梁端部接合金物 検定結果一覧

| 断面算定の条件 | | 部材記号 | | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|---------|----------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 対象 | 部材+接合部 | 部材番号 | | | | | | | |
| 防耐火 | 燃え代設計以外 | 部材名 | | G1_2F | G1_RF | B1 | B2 | B3 | B4 |
| 応力の種類 | 曲げ+せん断 | ①製材/集成材 | | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 | 集成材 |
| 荷重ケース | 長期 | ②樹種 | | からまつ | からまつ | からまつ | からまつ | からまつ | からまつ |
| 検定値のみ表示 | 表示しない | ③等級区分 | | 対称異等級構 成集成材 | 対称異等級構 成集成材 | 対称異等級構 成集成材 | 対称異等級構 成集成材 | 対称異等級構 成集成材 | 対称異等級構 成集成材 |
| | | ④区分 | | - | - | - | - | - | - |
| | | ⑤ひき板の積載数 | | - | - | - | - | - | - |
| | | ⑥等級 | | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 | E105-F300 |
| | 幅 | B | mm | 300 | 300 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | せい | D | mm | 810 | 570 | 450 | 450 | 450 | 330 |
| | 長さ | L | mm | 8500 | 8500 | 4000 | 5500 | 4000 | 1800 |

| 梁端接合の検討 | | | | | | | | | | |
|----------------|----|------|-----------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| I 端接合部 | | 接合方法 | — | — | G1_2F_i | G1_RF_i | B1_i | B2_i | B3_i | B4_i |
| 外力 耐力 検定 | 長期 | せん断 | i_{QL} | kN | 70.0 | 60.0 | 35.0 | 10.0 | 30.0 | 15.0 |
| | 長期 | せん断 | $i_L Qa$ | kN | 100.5 | 67.0 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 21.9 |
| | 長期 | せん断 | $i_L Qa$ | — | 0.70 | 0.90 | 0.92 | 0.26 | 0.79 | 0.68 |
| J 端接合部 | | 接合方法 | — | — | G1_2F_j | G1_RF_j | B1_j | B2_j | B3_j | B4_j |
| 外力 耐力 検定 | 長期 | せん断 | j_{QL} | kN | 70.0 | 60.0 | 35.0 | 10.0 | 30.0 | 15.0 |
| | 長期 | せん断 | j_{LQa} | kN | 100.5 | 67.0 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 21.9 |
| | 長期 | せん断 | j_{LQa} | — | 0.70 | 0.90 | 0.92 | 0.26 | 0.79 | 0.68 |

- 柱端部接合部

本設計例で使用した柱は長期荷重を受ける柱として圧縮力のみを伝達することを想定しているため、本設計例では接合部の検討を割愛する。4階建ての場合、1本部材として通し柱での搬入が不可能となることから、前述した梁受け金物との干渉を防止した柱継ぎ金物などが考えられる。

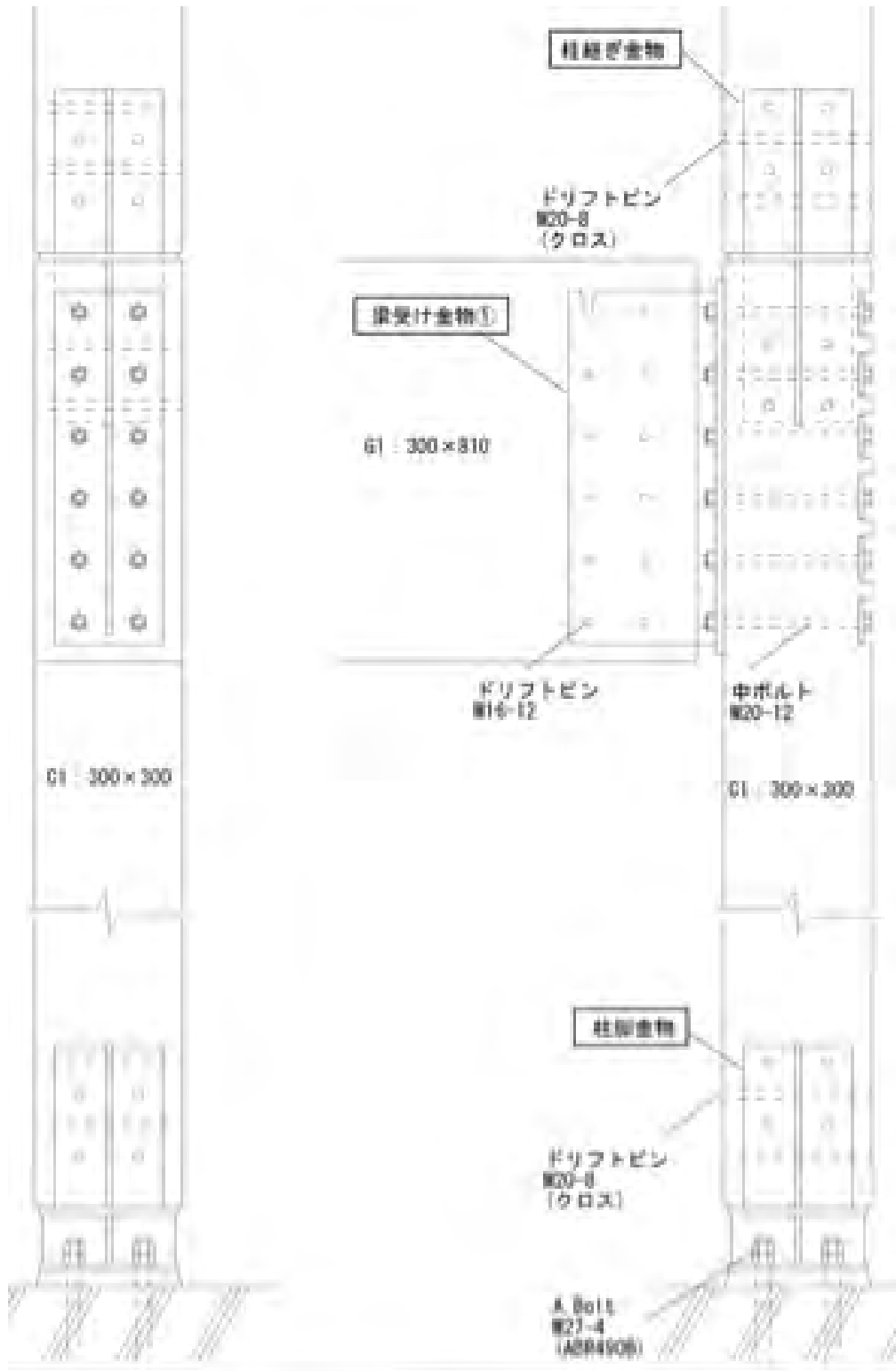


図 4.8.4-1 柱端部接合部の一例

4.9 層間変形角計算書

4.9.1 層間変形角

三次元フレームモデルであるため、図 4.9.1-1 に示すようにモデル 4 隅の代表節点の水平変形より算定した各階各方向の最大層間変形角を示す。ここで、階高は 1 階 : 3.7m、2~4 階 : 3.5m として算定した。いずれも 1/150 以下となっていることが確認できる。

表 4.9.1-1 層間変形角

| 方向 | 層 | 層間変形角 R | | | | Rmax | 判定 ($\leq 1/150$) |
|----|----|---------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| | | ① | ② | ③ | ④ | | |
| | | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] | |
| X | 4F | 1/745 | 1/743 | 1/655 | 1/653 | 1/653 | OK |
| | 3F | 1/574 | 1/574 | 1/556 | 1/556 | 1/556 | OK |
| | 2F | 1/494 | 1/494 | 1/495 | 1/495 | 1/494 | OK |
| | 1F | 1/562 | 1/562 | 1/622 | 1/622 | 1/562 | OK |

| 方向 | 層 | 層間変形角 R | | | | Rmax | 判定 ($\leq 1/150$) |
|----|----|---------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| | | ① | ② | ③ | ④ | | |
| | | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] | |
| Y | 4F | 1/192 | 1/192 | 1/194 | 1/194 | 1/192 | OK |
| | 3F | 1/194 | 1/194 | 1/196 | 1/196 | 1/194 | OK |
| | 2F | 1/202 | 1/202 | 1/204 | 1/204 | 1/202 | OK |
| | 1F | 1/360 | 1/360 | 1/367 | 1/367 | 1/360 | OK |

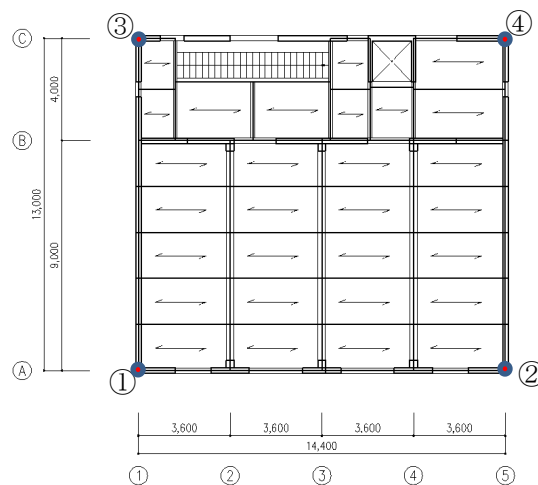


図 4.9.1-1 層間変形角算定箇所

4.9.2 偏心率

各階の偏心率を示す。ここで、偏心率計算に必要な剛心位置は、応力解析結果を基に、各階各方向の耐力壁構面における層間変形と層せん断力より層剛性を別途算出し、令 82 条の 6 に準拠し計算した。重心位置は解析モデルの鉛直要素の負担軸力より計算した。

表 4.9.2-1 偏心率(X方向)

| 層 | 剛心位置 | 重心位置 | 偏心距離 | 弾力半径 | 偏心率 | 判定 (≤ 0.15) |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|-----------------------|
| | K_y | G_y | e_y | r_{ex} | R_{ex} | |
| | (m) | (m) | (m) | (m) | | |
| 4 | 6.35 | 6.75 | 0.40 | 6.93 | 0.06 | OK |
| 3 | 6.81 | 6.78 | 0.03 | 6.98 | 0.01 | OK |
| 2 | 6.81 | 6.79 | 0.03 | 7.20 | 0.01 | OK |
| 1 | 7.47 | 6.81 | 0.66 | 7.60 | 0.09 | OK |

表 4.9.2-2 偏心率(Y方向)

| 層 | 剛心位置 | 重心位置 | 偏心距離 | 弾力半径 | 偏心率 | 判定 (≤ 0.15) |
|---|-------|-------|-------|----------|----------|-----------------------|
| | K_x | G_x | e_x | r_{ey} | R_{ey} | |
| | (m) | (m) | (m) | (m) | | |
| 4 | 7.51 | 7.25 | 0.27 | 12.99 | 0.03 | OK |
| 3 | 7.26 | 7.26 | 0.01 | 11.62 | 0.00 | OK |
| 2 | 7.31 | 7.26 | 0.05 | 11.01 | 0.01 | OK |
| 1 | 7.38 | 7.25 | 0.13 | 9.66 | 0.02 | OK |

4.9.3 剛性率

各階各方向の層間変形から算出した剛性率を以下に示す。いずれも 0.6 以上であることが確認できる。

表 4.9.3-1 剛性率(X方向)

| 層 | 階高 | 層間変形角 | 剛性率 | 判定 (≤ 0.6) |
|-------|-------|----------|------|----------------------|
| | H | δ | | |
| | (m) | (rad) | Rs | |
| 4 | 3.500 | 1/653 | 1.15 | OK |
| 3 | 3.500 | 1/556 | 0.98 | OK |
| 2 | 3.500 | 1/494 | 0.87 | OK |
| 1 | 3.700 | 1/562 | 0.99 | OK |
| 相加平均＝ | | 1/566 | | |

表 4.9.3-2 剛性率(Y方向)

| 層 | 階高 | 層間変形角 | 剛性率 | 判定 (≤ 0.6) |
|-------|-------|----------|------|----------------------|
| | H | δ | | |
| | (m) | (rad) | Rs | |
| 4 | 3.500 | 1/192 | 0.81 | OK |
| 3 | 3.500 | 1/194 | 0.81 | OK |
| 2 | 3.500 | 1/202 | 0.85 | OK |
| 1 | 3.700 | 1/360 | 1.51 | OK |
| 相加平均＝ | | 1/237 | | |

4.10 屋根ふき材等計算書

4.10.1 検討方針

令第82条の6号七号の規定に基づき、屋根ふき材及び屋外に面する帳壁の風圧に対する構造耐力上の安全性を検証する。なお、本設計例では帳壁は風圧並びに地震その他の振動及び衝撃によって脱落しない仕様としている。

平成12年建設省告示第1458号に定める方法に基づき、風圧に対する設計を行う。検討方法は、式4.10.2-1によって計算した風圧力が、式4.10.3-1による桁行面の帳壁ガラスの許容耐力を超えないことを確かめることとする。

4.10.2 風圧力Wの算定

風圧力の計算条件は、6章で用いた値とする。

風圧力の算定にあたっては、地表面粗度区分ⅢにおいてWが最大となる4Fの値を採用する。

$$W = \bar{q} \times \hat{C}_f \quad (\text{式 4.10.2-1})$$

W：風圧力(=1664.9N/m²)

\bar{q} ：平均速度圧(=0.6E_r²V₀² = 510.1N/m²)

(地表面粗度区分Ⅲの場合、Er=0.86, V₀=34)

\hat{C}_f ：屋外に面する帳壁のピーク風力係数 (=3.26)

($\hat{C}_f = (C_{pe} \times G_{pe} \text{ or 負の外圧係数}) - \text{内圧係数}$)

$$(C_{pe} = \left(\frac{5}{H}\right)^{2\alpha} \text{ or } \left(\frac{Z}{H}\right)^{2\alpha})$$

※Hが5を超える場合(Zが5以下左式 Zが5を超える場合右式)

H:建築物の高さと軒の高さの平均[m]

Z:帳壁の部分の地盤面からの高さ[m]

(地表面粗度区分ⅢおよびⅣの場合、外圧係数(G_{pe}=3.1 or -1.8)

(内圧係数=-0.5 or 0)

4.10.3 ガラスの必要厚さの算定

桁行面の帳壁ガラスの許容耐力の算出にあたってガラスの許容耐力は平成 12 年建設省告示第 1458 号第 1 項第二号に従って算定する。なおガラスの種類は、フロート板ガラスとし、シリコンシーリング材として硬化性のものを使用しない。検討は 4F①、⑤フレームの開口部分で行う。

$$P = \frac{300k_1k_2}{A} \left(t + \frac{t^2}{4} \right) \quad (\text{式 4.10.3-1})$$

P : 桁行面の帳壁ガラスの許容耐力(=23625N/ m²)

k_1 : 桁行面の帳壁ガラスの種類 (型板ガラスの場合、 $k_1=0.9$)

k_2 : 桁行面の帳壁ガラスの構成 (合わせガラスの場合、 $k_2=1.0$)

A : 桁行面の帳壁ガラスの見付面積(= 0.4m²)

t : 桁行面の帳壁ガラスの厚さ(= 10mm)

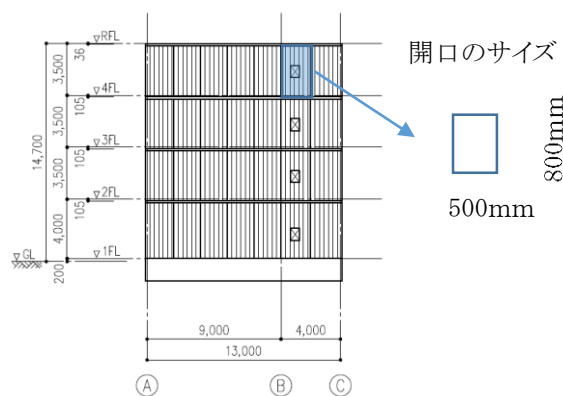


図 4.10.3-1 ガラスの必要長さ算定箇所

以上より、桁行面の帳壁ガラスの許容耐力(=23625.0N/ m²)>風圧力(=1664.9N/ m²)となることを確認した。外装材の風圧に対する設計は、建築計画に応じて設計用風圧力および帳壁ガラスの許容耐力を算出し、上述の検討を行うこととする。特に検討を行わない場合、桁行面の帳壁ガラスの厚さは 10mm 以上とする。

なお、本計算例ではガラスの必要厚さの検討のみとしたが、実施設計においてはサッシと CLT パネル等についても同様に検討する必要がある。

4.1.1 簡易モデルと詳細モデルの比較

4.1.1.1 概要

ここでは本設計例と同じ建物を対象とした詳細モデルによる解析結果を前節までの解析結果と比較し、モデル化手法の違いによる差異を確認する。

4.1.1.2 詳細モデルの概要

詳細モデルの概要を図 4.11.2-1～図 4.11.2-5 に示す。

詳細モデルでは垂れ壁上となる箇所でも床パネルを 1m の協力幅を見込んでモデル化する。また、CLT パネルの接合部は支圧・めり込み部を圧縮専用ばね、引きボルト接合部を引張専用ばね、せん断接合部をせん断ばねによりそれぞれモデル化する。接合部の圧縮ばね、引張ばねの長期応力の影響を適切に考慮するため、材料非線形モデル(該当部材の復元力を考慮)を用いた弾塑性解析を行う。

壁-垂れ壁仕口部は、簡易モデルでは垂れ壁高さの 1/2 を壁パネル要素上端の剛域としているが、詳細モデルではパネルゾーンとしてせん断剛性等価なブレース置換によりモデル化する。

壁パネルの四隅の引張接合部の位置は、実際にはパネル端部より内側に存在するため、後述する調整係数 R により剛性及び耐力を低減する。

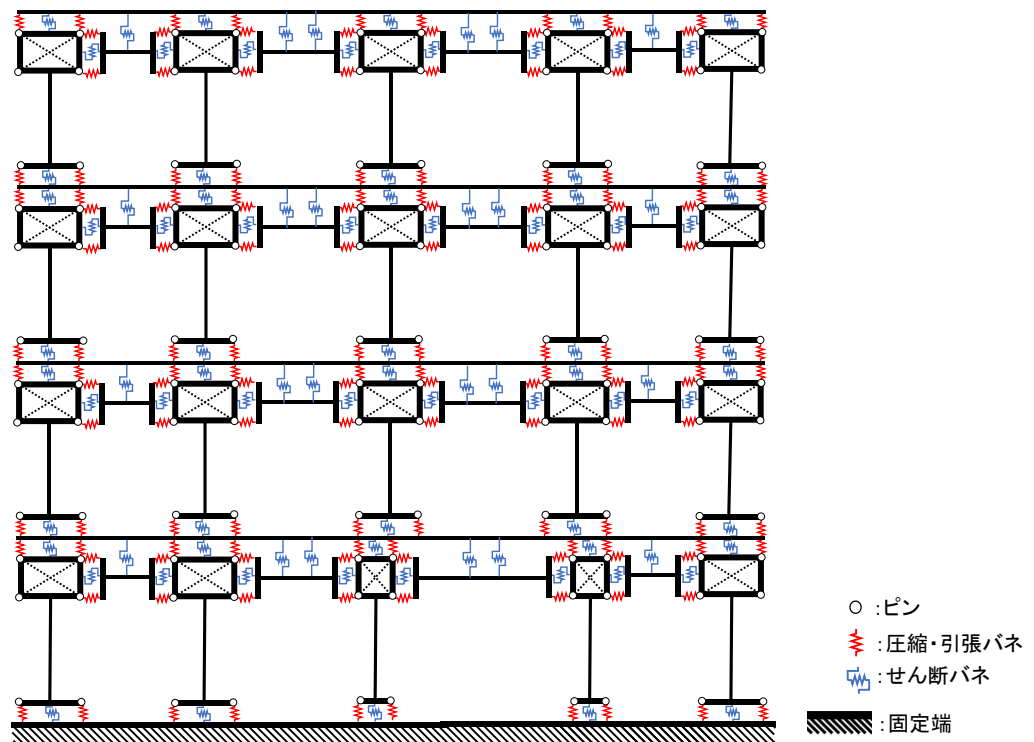


図 4.11.2-1 A 通り詳細モデル図

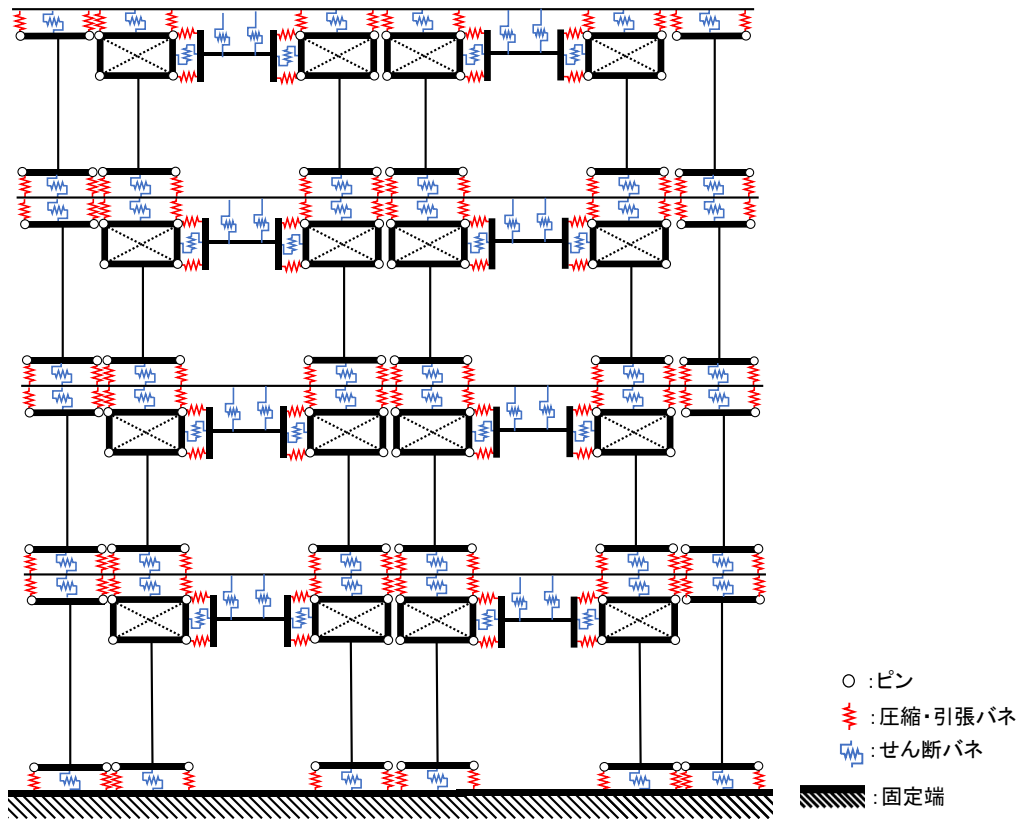


図 4. 11. 2-2 B通り詳細モデル図

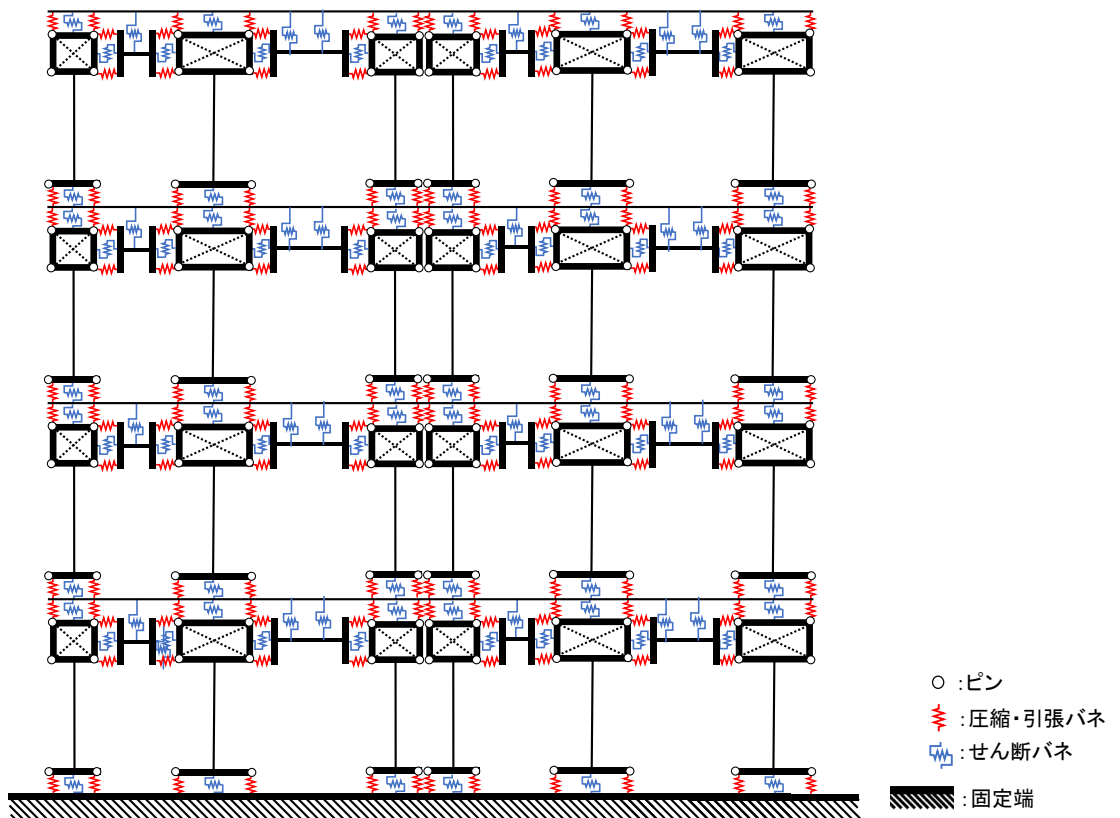


図 4. 11. 2-3 C通り詳細モデル図

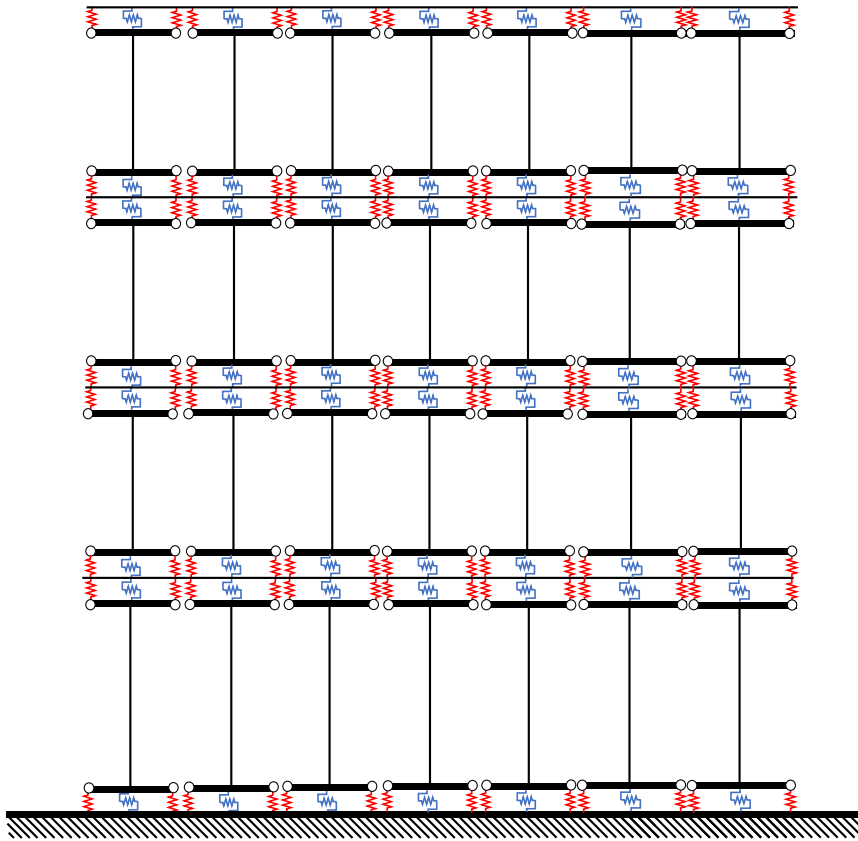


図 4.11.2-4 1,5 通り詳細モデル図

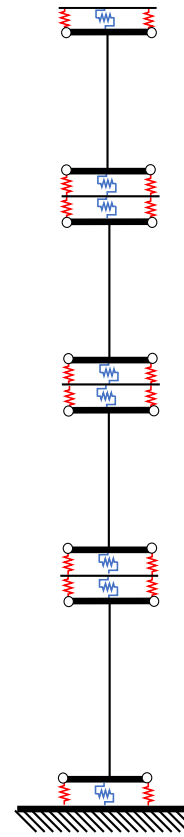
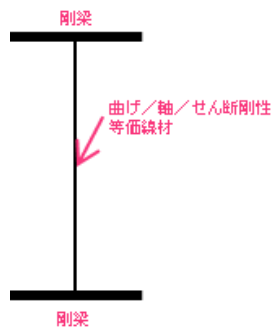


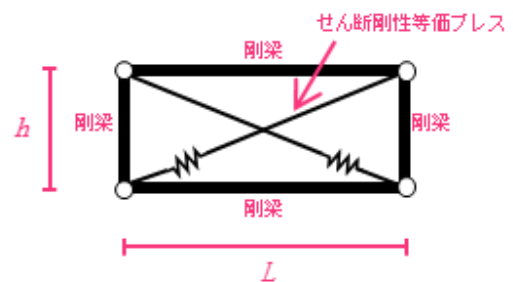
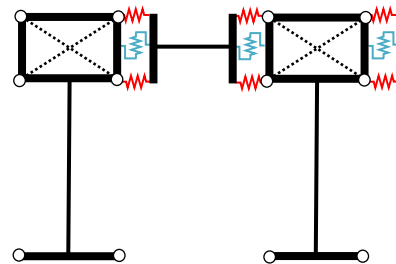
図 4.11.2-5 4 通り詳細モデル図

(ア) CLT パネルのモデル化

壁の梁要素には、図 4.11.2-6 左側に示すように、上下端部に壁長さに相当する剛梁を設け、節点位置に壁接合部の引張・圧縮バネやせん断バネを配置する。



【部材のモデル化】



【パネルゾーンのモデル化】

図 4.11.2-6 詳細モデルにおける部材・パネルゾーンのモデル化

また壁-垂れ壁仕口部には図 4.11.2-6 右側に示すようにパネルゾーンとして等価ブレース置換によりモデル化する(「CLT マニュアル 3.1.2 鉛直構面の構成方法 (1)壁パネルのモデル化」参照)。表 4.11.2-1 に等価ブレース置換した際の各部軸剛性を示す。

表 4.11.2-1 置換ブレース軸剛性

| 部位 | | | | 使用材料 | パネルゾーン形状 | | | 材料定数 G | パネルゾーン | 換算ブレース |
|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | | | | 高さ h | 長さ L _w | 厚さ t _w | | せん断剛性 K _s | 軸剛性 K _s |
| 通り | 層 | 部位 | パネル符号 | | [mm] | [mm] | [mm] | [kN/mm ²] | [kN/mm] | [kN/mm] |
| A,B,C | 1F~4F | 壁-垂れ壁 | W6 | S-60-7-7 | 750 | 1800 | 210 | 0.5 | 252.0 | 147.9 |
| | | | W4 | S-60-7-7 | 750 | 1500 | 210 | 0.5 | 210.0 | 131.3 |
| | | | W3 | S-60-7-7 | 750 | 1350 | 210 | 0.5 | 189.0 | 123.7 |
| | | | W2 | S-60-7-7 | 750 | 950 | 210 | 0.5 | 133.0 | 107.9 |
| | | | W1 | S-60-7-7 | 750 | 900 | 210 | 0.5 | 126.0 | 106.8 |

※小幅パネルのため壁せん断剛性に 0.5 を掛ける必要はない

(イ) 床パネルのモデル化

壁の直上の床は境界梁としてモデル化し、有効幅は強軸・弱軸方向共に 1m を仮定してモデル化する (CLT マニュアル 3.1.2 鉛直構面の構成方法 (2)床版のモデル化参照)。

Y 方向連続壁のモデル化において、最上部は局部応力が発生するが、該当部の破壊による建物全体への影響は少ないと考えられるため、該当床部はピンとし床の曲げ戻しを期待していない。また 4 通りの 1 枚壁部分の床も Y 方向の耐力の寄与は小さいと考え曲げ戻しを期待していない。

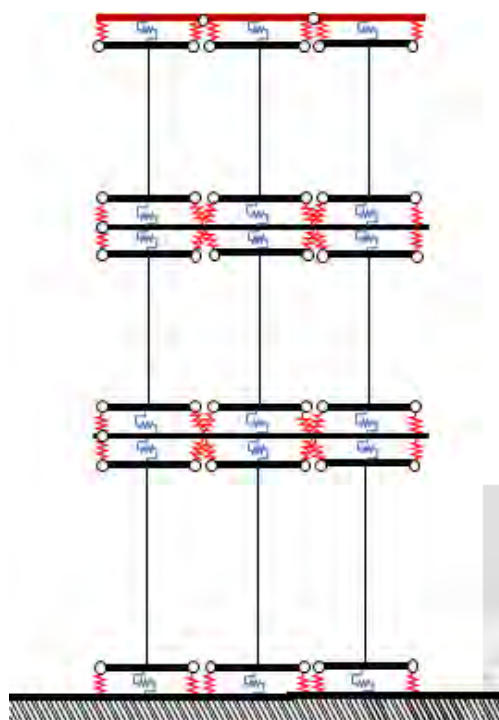


図 4.11.2-7 耐力壁パネルが横方向・上下方向に連続する場合のモデル化

(ウ) 接合部のモデル化

各接合部は図 4.11.2-8、図 4.11.2-9 に示すように引張・圧縮バネ／せん断バネによりモデル化する。中間階の引きボルトは図 4.11.2-10 に示すように実状に合わせて床をまたぐように配置している。

接合部のバネの配置にあたり実状は同位置に節点が存在するが、モデル化の都合上節点を離して配置した(パネルゾーン-垂れ壁間(CL1):50mm。連想壁部分の壁-壁間 CL2 は実状に合わせてクリアランス 0 とした。

| | | | |
|------|-------|---|-------------------------|
| 壁パネル | 圧縮バネ | ① | めり込み(壁パネル-基礎間：支圧) |
| | 引張バネ | ② | 引きボルト |
| | せん断バネ | ③ | U型金物(壁-基礎) L型金物(壁-床、屋根) |
| 垂れ壁 | 圧縮バネ | ④ | めり込み(壁-垂れ壁) |
| | せん断バネ | ⑤ | 平金物(壁-垂れ壁) |
| | | ⑥ | L型金物(床-垂れ壁) |

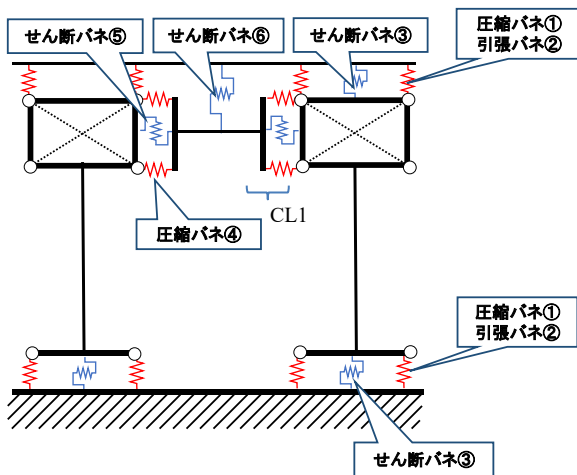


図 4.11.2-8 X方向接合部図

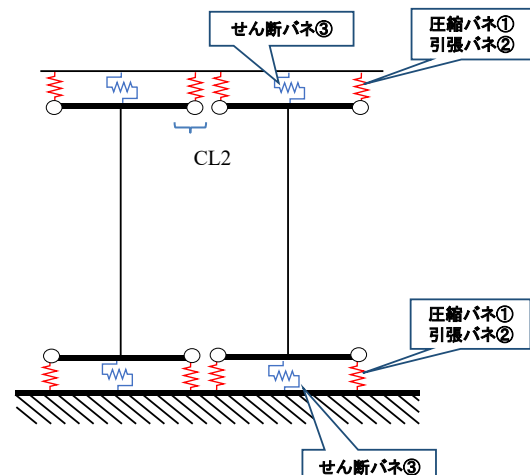


図 4.11.2-9 Y方向接合部図

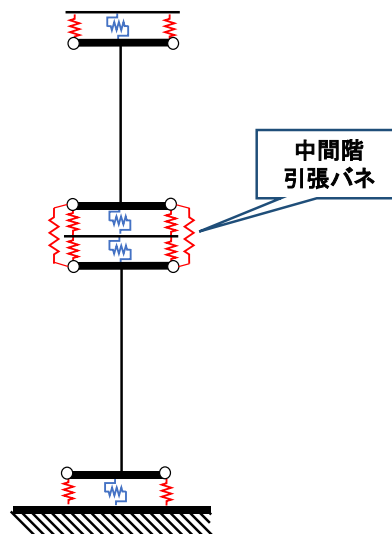


図 4.11.2-10 中間階引張バネ接合部図

(a) 引きボルト接合

引きボルト接合部の剛性及び耐力は「CLT マニュアル 9.4.2 引きボルト接合 (1)引きボルト接合の算定式」を参考に算出した。表 4.11.2-2 に鉛直構面引張接合部の剛性及び耐力を示す。

バネ要素はモデル上簡単のために壁パネル隅角部に配置するため、弾性剛性及び耐力を補正する必要がある(「CLT マニュアル 3.1.2 鉛直鋼面の構成方法 (3)接合部のモデル化」参照)。表 4.11.2-3～表 4.11.2-5 に示すように $R=0.83d/D$ として壁パネルの幅に応じて表 4.11.2-2 に示す k_1 に R^2 、耐力には R を乗じ、変形は R で除する。

表 4.11.2-2 引きボルトの弾性剛性及び耐力

| 方向 | 部位 | 接合部名称 | ボルト長さ [mm] | K_1 [kN/mm] | P_y^{*1} [kN] | P_u^{*2} [kN] |
|------|------|-------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| X, Y | 壁-基礎 | M27(ABR490) | 950 | 42.6 | 149.2 | 173.4 |
| X, Y | 壁-壁 | M27(ABR490) | 800 | 45.6 | 149.2 | 173.4 |
| X, Y | 屋根-壁 | M27(ABR490) | 400 | 55.7 | 149.2 | 173.4 |

- k_1 :初期剛性
 ※1 P_y : 降伏耐力 = $F \times A_e$ (A_e : ねじ部有効断面積)
 ※2 P_u : 終局耐力 = $F \times A \times 1.1$ (A : 軸断面積)

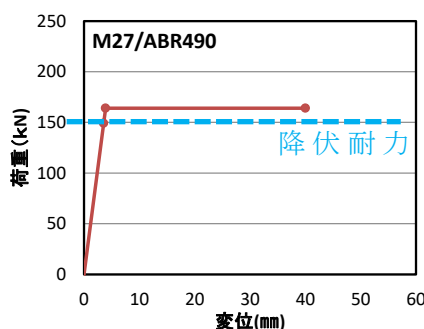


図 4.11.2-11 引きボルトの性能

表 4.11.2-3 引きボルトの弾性剛性及び終局耐力(壁-基礎接合部)

| 通り | 部位 | | | 接合部名称 | ボルト長さ | 幅 | 縁距離 | d | R | K_1 | P_y | P_u |
|----------------|----|------|-------|-------------|-------|---------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|
| | 層 | 部位 | パネル符号 | | | D_w [mm] | d_c [mm] | | | | | |
| A,B,C 1,4,5 | 1F | 壁-基礎 | W7 | M27(ABR490) | 950 | 2000 | 135 | 1865 | 0.77 | 25.5 | 115.5 | 134.2 |
| | | | W6 | M27(ABR490) | | 1800 | 135 | 1665 | 0.77 | 25.1 | 114.5 | 133.1 |
| | | | W5 | M27(ABR490) | | 1600 | 135 | 1465 | 0.76 | 24.6 | 113.4 | 131.8 |
| | | | W4 | M27(ABR490) | | 1500 | 135 | 1365 | 0.76 | 24.3 | 112.7 | 131.0 |
| | | | W3 | M27(ABR490) | | 1350 | 135 | 1215 | 0.75 | 23.8 | 111.5 | 129.5 |
| | | | W2 | M27(ABR490) | | 950 | 135 | 815 | 0.71 | 21.6 | 106.2 | 123.5 |
| | | | W1 | M27(ABR490) | | 900 | 135 | 765 | 0.71 | 21.2 | 105.3 | 122.3 |

D_w : パネル幅、 d_c : 壁端部から引張接合部までの距離、 d : $D-d_c$ 、 R : $=0.83d/D$ 、 k_1 : 弾性剛性、 P_y : 降伏耐力、 P_u : 終局耐力

表 4.11.2-4 引きボルトの弾性剛性及び終局耐力(壁-壁接合部)

| 通り | 部位 | | | 接合部名称 | ボルト長さ | 幅 | 縁距離 | d | R | K_1 | P_y | P_u |
|----------------|-------|-----|-------|-------------|-------|---------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|
| | 層 | 部位 | パネル符号 | | | D_w [mm] | d_c [mm] | | | | | |
| A,B,C 1,4,5 | 2F-3F | 壁-壁 | W7 | M27(ABR490) | 800 | 2000 | 135 | 1865 | 0.77 | 27.3 | 115.5 | 134.2 |
| | | | W6 | M27(ABR490) | | 1800 | 135 | 1665 | 0.77 | 26.9 | 114.5 | 133.1 |
| | | | W5 | M27(ABR490) | | 1600 | 135 | 1465 | 0.76 | 26.3 | 113.4 | 131.8 |
| | | | W4 | M27(ABR490) | | 1500 | 135 | 1365 | 0.76 | 26.0 | 112.7 | 131.0 |
| | | | W3 | M27(ABR490) | | 1350 | 135 | 1215 | 0.75 | 25.4 | 111.5 | 129.5 |
| | | | W2 | M27(ABR490) | | 950 | 135 | 815 | 0.71 | 23.1 | 106.2 | 123.5 |
| | | | W1 | M27(ABR490) | | 900 | 135 | 765 | 0.71 | 22.7 | 105.3 | 122.3 |

D_w :パネル幅、 d_c :壁端部から引張接合部までの距離、 $d:D-d_c$ 、 $R:=0.83d/D$ 、 k_1 :弾性剛性、 P_y :降伏耐力、 P_u :終局耐力

表 4.11.2-5 引きボルトの弾性剛性及び終局耐力(壁-屋根接合部)

| 通り | 接合部名称 | | | ボルト長さ | 幅 | 縁距離 | d | R | K_1 | P_y | P_u | |
|----------------|-------|------|-------|-------------|-------|-------|------|------|---------|-------|-------|-------|
| | 層 | 部位 | パネル符号 | | D_w | d_c | | | | | | |
| | | | | | [mm] | [mm] | [mm] | - | [kN/mm] | [kN] | [kN] | |
| A,B,C 1,4,5 | RF | 屋根-壁 | W7 | M27(ABR490) | 400 | 2000 | 135 | 1865 | 0.77 | 33.6 | 115.5 | 134.2 |
| | | | W6 | M27(ABR490) | | 1800 | 135 | 1665 | 0.77 | 33.1 | 114.5 | 133.1 |
| | | | W5 | M27(ABR490) | | 1600 | 135 | 1465 | 0.76 | 32.4 | 113.4 | 131.8 |
| | | | W4 | M27(ABR490) | | 1500 | 135 | 1365 | 0.76 | 32.0 | 112.7 | 131.0 |
| | | | W3 | M27(ABR490) | | 1350 | 135 | 1215 | 0.75 | 31.3 | 111.5 | 129.5 |
| | | | W2 | M27(ABR490) | | 950 | 135 | 815 | 0.71 | 28.4 | 106.2 | 123.5 |
| | | | W1 | M27(ABR490) | | 900 | 135 | 765 | 0.71 | 27.9 | 105.3 | 122.3 |

D_w :パネル幅、 d_c :壁端部から引張接合部までの距離、 $d:D-d_c$ 、 $R:=0.83d/D$ 、 k_1 :弾性剛性、 P_y :降伏耐力、 P_u :終局耐力

(b) せん断接合

せん断接合部の剛性、耐力は「CLT マニュアル 9.4.1 鋼板添え板ビス接合および DVD-ROM 第 I 部設計例 第 2 章 接合部のデータ 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」を参考に算出した。なお、本設計例では U 型金物のビス 1 本あたりの性能について別途実験結果より算出しているため、「9.4.1(2)ビス 1 本あたりの強度性能」とは異なる。

表 4.11.2-6 にビス 1 本あたりの剛性、耐力を示す。接合金物の性能は使用するビス本数に応じて本数倍し、トリリニアモデルで入力した。

1 階の壁-基礎間(U 型金物)および 2~3 階の壁-壁間(L 型金物)のせん断接合部は、負担圧縮力による摩擦抵抗を考慮できるため剛バネとしてモデル化する。

表 4.11.2-6 各金物に使用するビス 1 本あたりの性能

| | U型金物ビス | 平金物ビス | L型金物ビス |
|-----------------|--------|-------|--------|
| k_1 [kN/mm] | 0.8 | 1.1 | 0.7 |
| δ_y [mm] | 5.0 | 4.4 | 6.6 |
| P_y [kN] | 1.9 | 2.9 | 3.0 |
| δ_u [mm] | 12.2 | 13.7 | 21.8 |
| P_u [kN] | 4.2 | 6.1 | 5.0 |

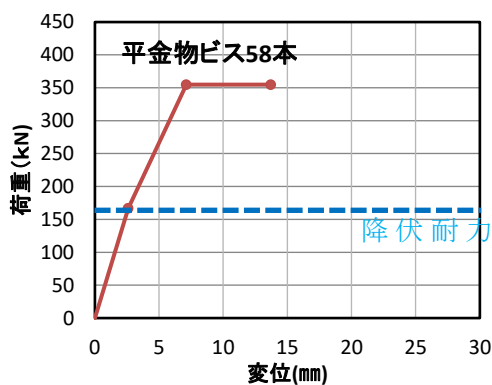


図 4.11.2-12 垂れ壁端部のせん断金物

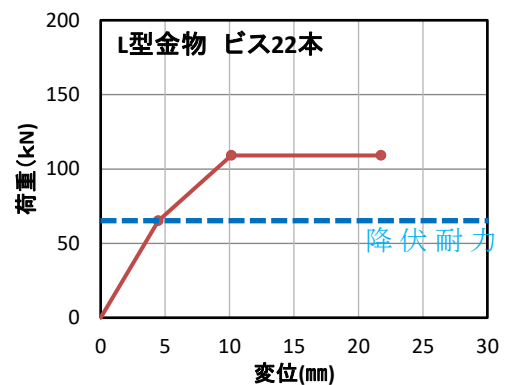


図 4.11.2-13 床-垂れ壁間のせん断金物

(c) 支圧、めり込み

支圧、めり込みの剛性、耐力は、「CLT マニュアル 3.1.2 鉛直鋼面の構成方法(3)接合部のモデル化」を参考に計算した値を用いる。バイリニアモデルで復元力を入力し、壁-基礎間の二次剛性を 0、壁-壁・壁-垂れ壁間の二次剛性を初期剛性の 1/8 とした。

引きボルト接合部と同様に、支圧・めり込みばねは簡単のため壁パネル隅角部に配置することから、弾性剛性及び耐力を補正する必要がある(「CLT マニュアル 3.1.2 鉛直鋼面の構成方法 (3)接合部のモデル化」参照)。表 4.11.2-7~表 4.11.2-9 に示すように、 $R=0.83d/D$ として壁パネルの幅に応じて k_1 に R^2 、耐力には R を乗じ、変形は R で除する。表の値は R による補正を行った後の数値である。

表 4.11.2-7 支圧剛性及び降伏耐力

| 通り | 壁 | | | 使用材料 | D_w | t_w | d_c | d | A_e | F_c | k_e | R | k_1 | P_y | ${}_L P_y$ | ${}_S P_y$ |
|----------------|----|------|-------|----------|-------|-------|-------|------|--------------------|----------------------|----------------------|------|---------|-------|------------|------------|
| | 層 | 部位 | パネル符号 | | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | - | [kN/mm] | [kN] | [kN] | [kN] |
| A.B.C 1.4.5 | 1F | 壁-基礎 | W7 | S-60-7-7 | 2000 | 210 | 135 | 1865 | 97912.5 | 9.25 | 15.6 | 0.77 | 915 | 701.0 | 257.0 | 467.3 |
| | | | W6 | S-60-7-7 | 1800 | 210 | 135 | 1665 | 87412.5 | 9.25 | 15.6 | 0.77 | 804 | 620.8 | 227.6 | 413.9 |
| | | | W5 | S-60-7-7 | 1600 | 210 | 135 | 1465 | 76912.5 | 9.25 | 15.6 | 0.76 | 693 | 540.7 | 198.2 | 360.4 |
| | | | W4 | S-60-7-7 | 1500 | 210 | 135 | 1365 | 71662.5 | 9.25 | 15.6 | 0.76 | 638 | 500.7 | 183.6 | 333.8 |
| | | | W3 | S-60-7-7 | 1350 | 210 | 135 | 1215 | 63787.5 | 9.25 | 15.6 | 0.75 | 555 | 440.8 | 161.6 | 293.8 |
| | | | W2 | S-60-7-7 | 870 | 210 | 135 | 735 | 38587.5 | 9.25 | 15.6 | 0.70 | 296 | 250.3 | 91.8 | 166.9 |
| | | | W1 | S-60-7-7 | 750 | 210 | 135 | 615 | 32287.5 | 9.25 | 15.6 | 0.68 | 233 | 203.3 | 74.5 | 135.5 |

D_w :パネル幅、 t_w : パネル厚、 d_c :壁端部から引張接合部までの距離、 d : $D-d_c$ 、 A_e :有効支圧面積、

F_c :壁パネルの圧縮基準強度、 k_e :壁パネルの支圧剛性、 $R:=0.83d/D$ 、 k_1 :弾性剛性、 P_y :降伏耐力、 ${}_L P_y$:長期許容耐力、 ${}_S P_y$:短期許容耐力

計算例: W7 $R = 0.83 \times d/D_w = 0.83 \times 1865 / 2000 = 0.77$
 $k_1 = k_e \cdot A_e \cdot R^2 = (15.6 \times 97912.5) / 10^3 \times 0.77^2 = 915$
 $P_y = F_c \cdot A_e \cdot R = (97912.5 \times 9.25) / 10^3 \times 0.77 = 701$

表 4.11.2-8 めり込み剛性及び降伏耐力(壁パネル)

| 通り | 壁 | | | 使用材料 | D_w | t_w | d_c | d | A_e | F_{cv} | E_{90} | Z_0 | R | K_{w-f} | P_y | $k_{w-f}/8$ | ${}_L P_y$ | ${}_S P_y$ |
|----------------|-------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------|-----------|-------|-------------|------------|------------|
| | 層 | 位置 | パネル符号 | | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [mm] | - | [kN/mm] | [kN] | [kN/mm] | [kN] | [kN] |
| A.B.C 1.4.5 | 2F~4F | 壁-床、屋根 | W7 | Mx60-5-7 | 2000 | 210 | 135 | 1865 | 97912.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.77 | 55.9 | 454.7 | 7.0 | 227.3 | 303.1 |
| | | | W6 | Mx60-5-7 | 1800 | 210 | 135 | 1665 | 87412.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.77 | 49.1 | 402.7 | 6.1 | 201.3 | 268.4 |
| | | | W5 | Mx60-5-7 | 1600 | 210 | 135 | 1465 | 76912.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.76 | 42.3 | 350.7 | 5.3 | 175.4 | 233.8 |
| | | | W4 | Mx60-5-7 | 1500 | 210 | 135 | 1365 | 71662.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.76 | 38.9 | 324.8 | 4.9 | 162.4 | 216.5 |
| | | | W3 | Mx60-5-7 | 1350 | 210 | 135 | 1215 | 63787.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.75 | 33.9 | 285.9 | 4.2 | 142.9 | 190.6 |
| | | | W2 | Mx60-5-7 | 870 | 210 | 135 | 735 | 38587.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.70 | 18.1 | 162.3 | 2.3 | 81.2 | 108.2 |
| | | | W1 | Mx60-5-7 | 750 | 210 | 135 | 615 | 32287.5 | 6.0 | 200 | 210 | 0.68 | 14.2 | 131.8 | 1.8 | 65.9 | 87.9 |

D_w :パネル幅、 t_w : パネル厚、 d_c :壁端部から引張接合部までの距離、 d : $D-d_c$ 、 A_e :有効めり込み面積、

F_{cv} :床パネルのめり込み基準強度、 E_{90} :床パネル繊維直交方向のヤング係数(繊維平行方向のヤング係数の 1/30)、 Z_0 :床パネル厚、 $R:=0.83d/D$ 、 k_1 :弾性剛性、 P_y :降伏耐力、 ${}_L P_y$:長期許容耐力、 ${}_S P_y$:短期許容耐力

計算例: W7 $R = 0.83 \times d/D_w = 0.83 \times 1865 / 2000 = 0.77$
 $k_{w-f} = E_{90} \cdot A_e / Z_0 \times R^2 = (200 \times 97912.5 / 210) / 10^3 \times 0.77^2 = 55.9$
 $P_y = F_c \cdot A_e \cdot R = (97912.5 \times 6) / 10^3 \times 0.77 = 454.7$

表 4.11.2-9 めり込み剛性及び降伏耐力(垂れ壁パネル)

| 通り | 壁 | | | 使用材料 | h | t_w | d_c | d | A_e | F_{cv} | E_{90} | Z_0 | R | K_{w-f} | P_y | $k_{w-f}/8$ | ${}_L P_y$ | ${}_S P_y$ |
|-------|-------|-------|-------|----------|------|-------|-------|------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------|-----------|-------|-------------|------------|------------|
| | 層 | 位置 | パネル符号 | | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [mm] | - | [kN/mm] | [kN] | [kN/mm] | [kN] | [kN] |
| A.B.C | 1F~4F | 壁-垂れ壁 | WG | S-60-7-7 | 750 | 210 | 0 | 750 | 39375 | 6.0 | 200 | 210 | 0.77 | 56.3 | 236.3 | 7.0 | 118.1 | 157.5 |

D_w :パネル幅、 t_w : パネル厚、 d_c :壁端部から引張接合部までの距離、 d : $D-d_c$ 、 A_e :有効支圧面積、

F_{cv} :床パネルのめり込み基準強度、 E_{90} :床パネル繊維直交方向のヤング係数(繊維平行方向のヤング係数の 1/30)、

Zt:壁パネルのラミナ幅、R:=0.83d/D、k_t:弾性剛性、P_y:降伏耐力、_LP_y:長期許容耐力、_sP_y:短期許容耐力

$$\begin{aligned} \text{計算例:WG} \quad k_{w-f} &= E_{90} \cdot A_e / Z_t \times 1.5 = (200 \times 39375 / 210) / 10^3 \times 1.5 = 56.3 \\ P_c &= F_c \cdot A_c = (39375 \times 6) / 10^3 = 236.3 \end{aligned}$$

4.1.1.3 応力解析結果の比較

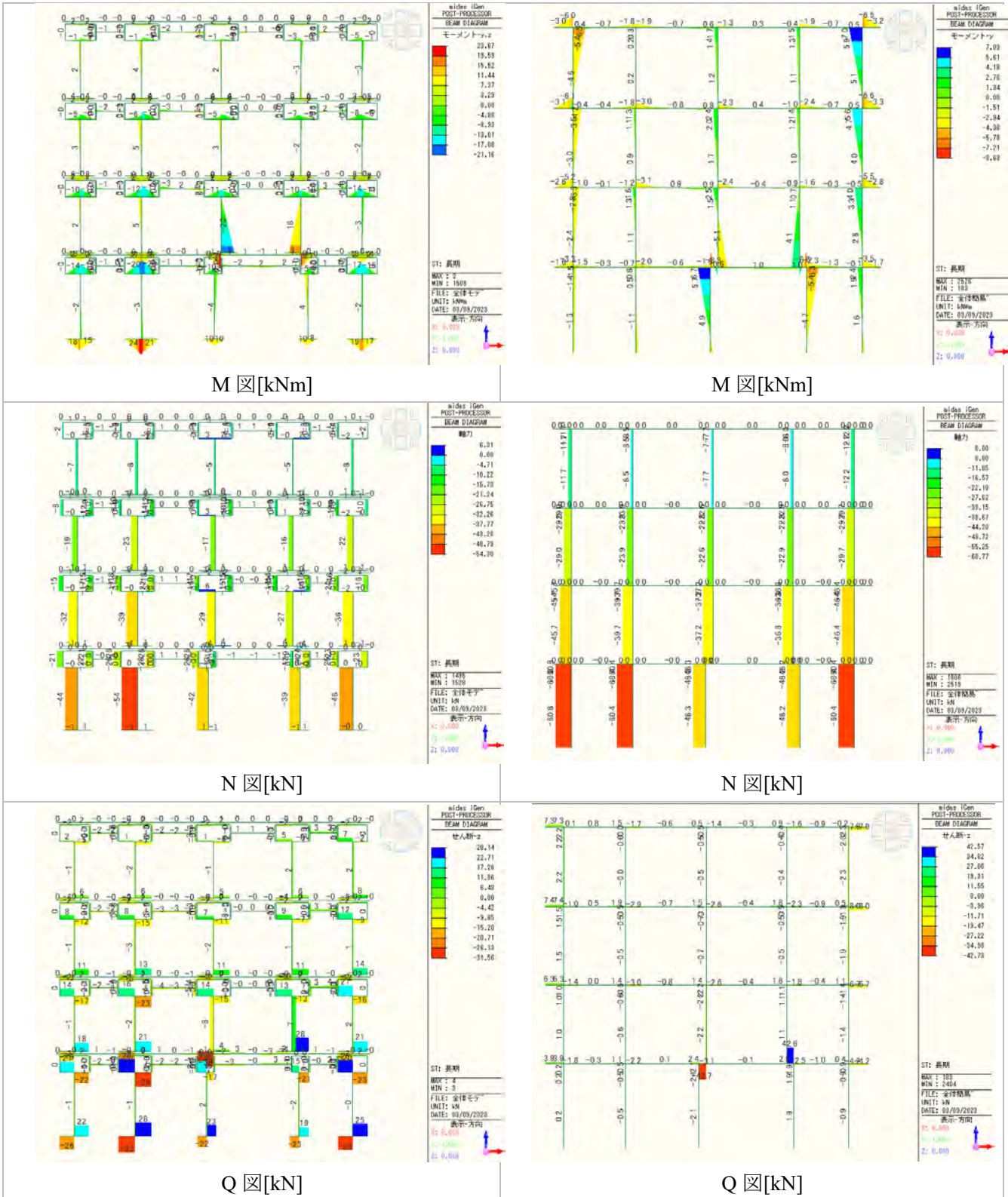
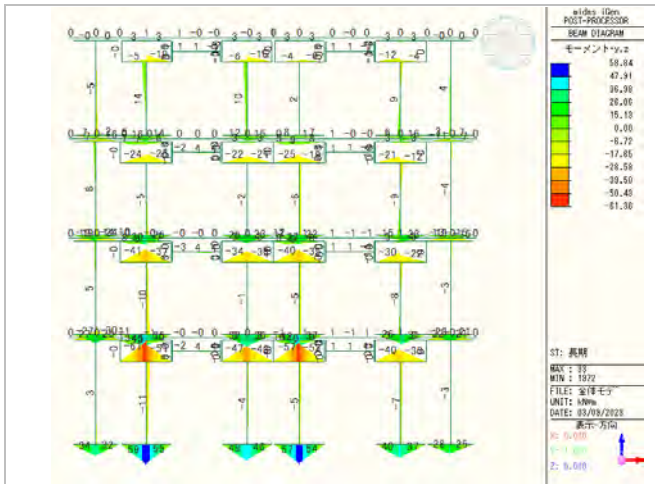
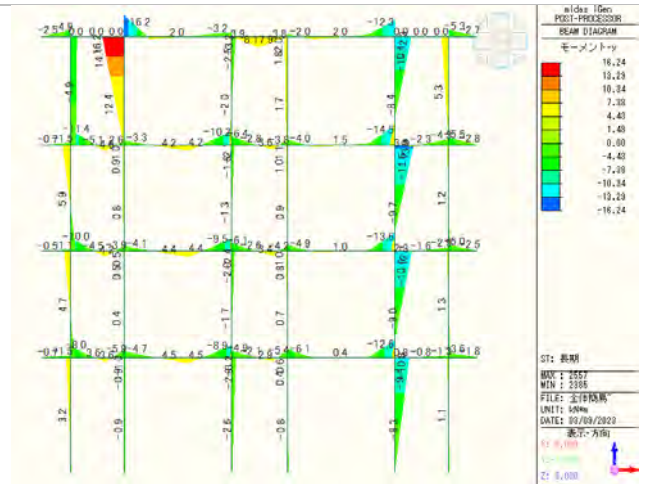


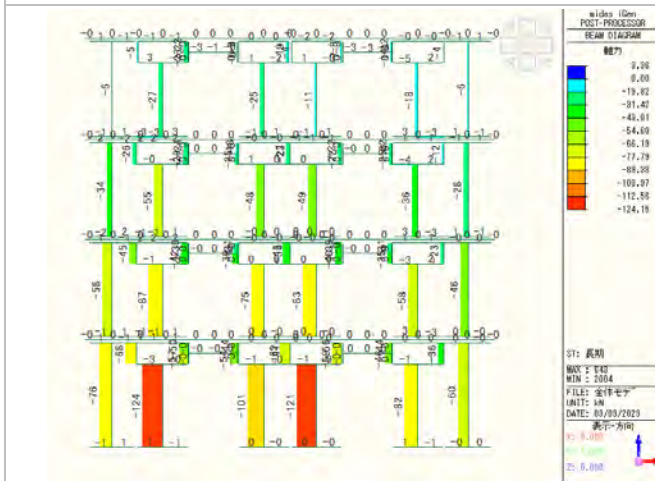
図 4.11.3-1 長期荷重時応力図(A通り)



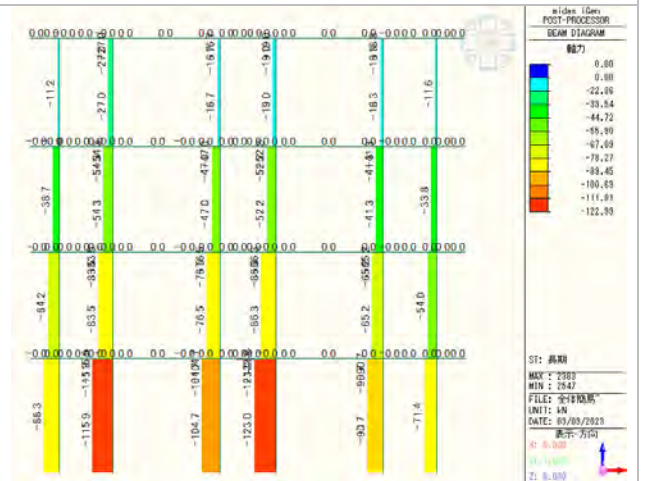
M 図[kNm]



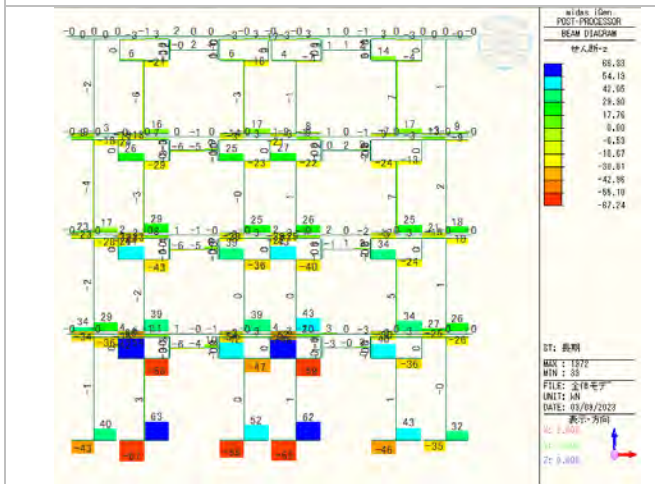
M 図[kNm]



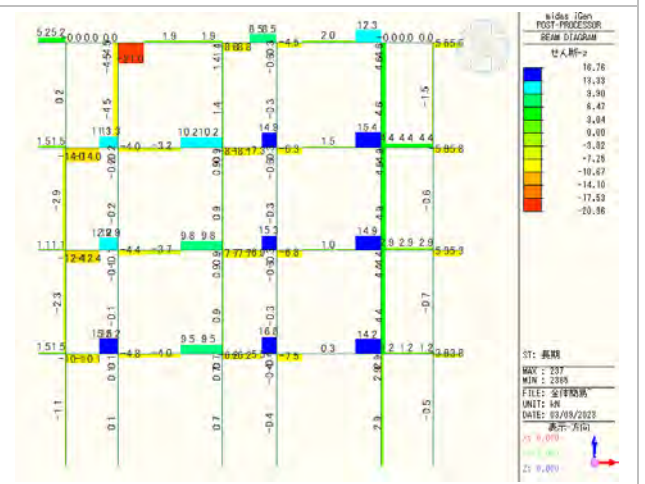
N 図[kN]



N 図[kN]



Q 図[kN]



Q 図[kN]

図 4.11.3-2 長期荷重時応力図(B通り)

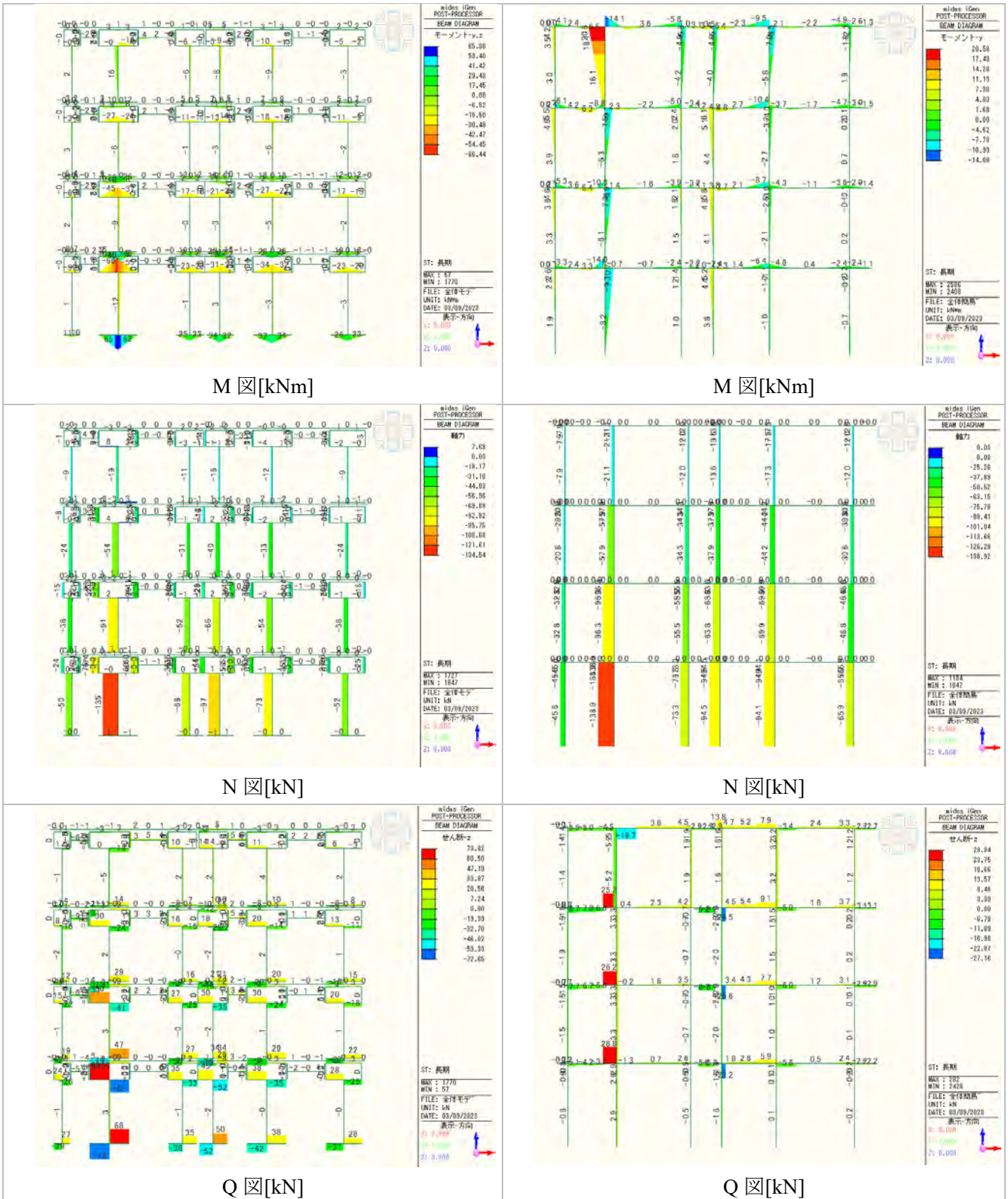
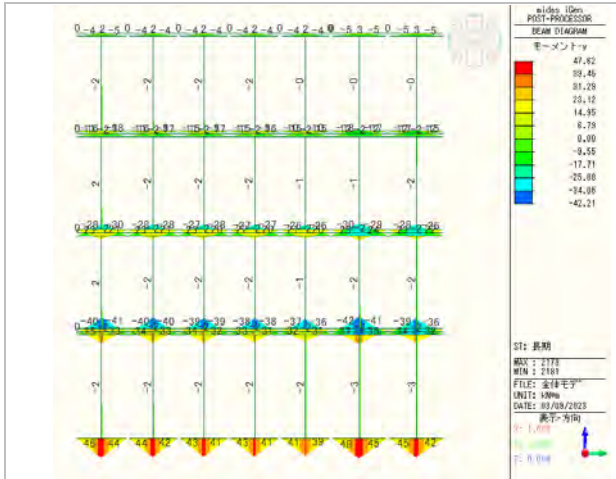
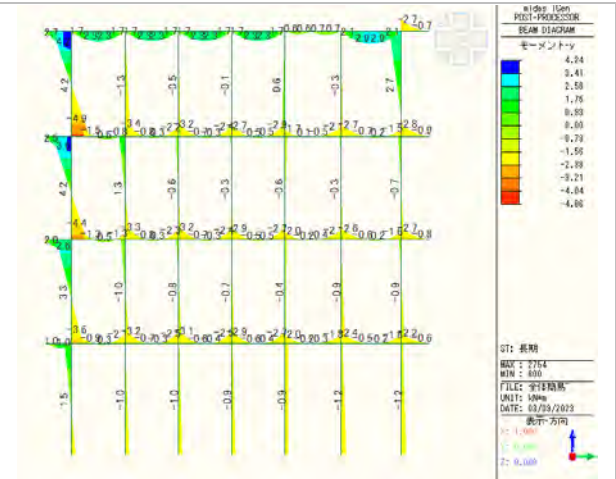


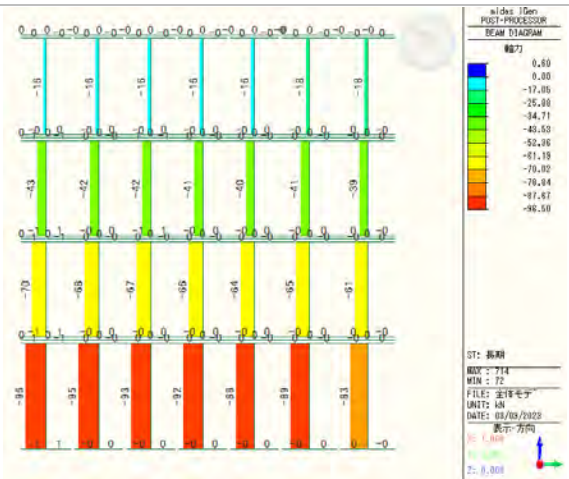
図 4.11.3-3 長期荷重時応力図(C通り)



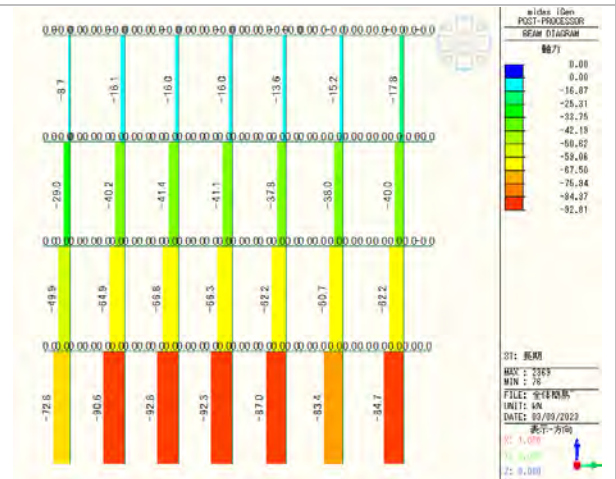
M [kNm]



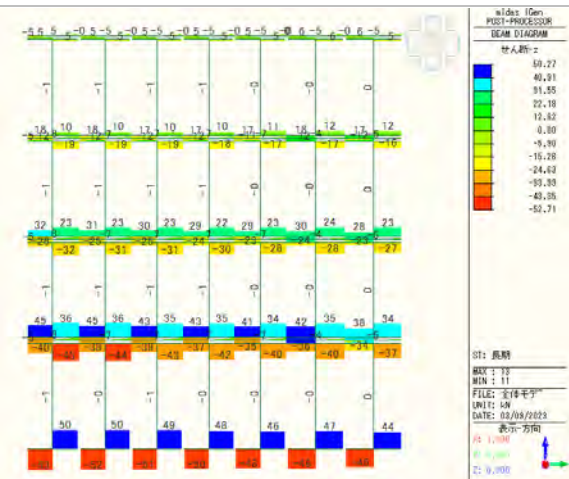
M [kNm]



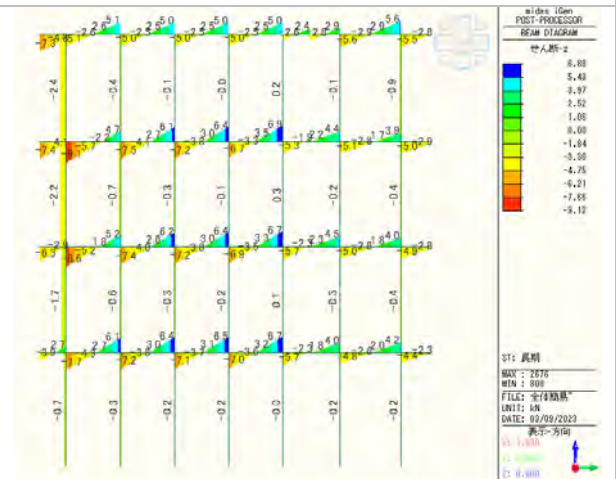
N [kN]



N [kN]

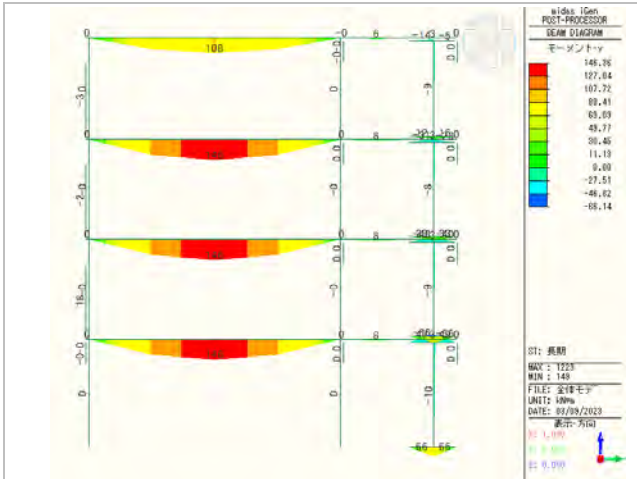


Q [kN]

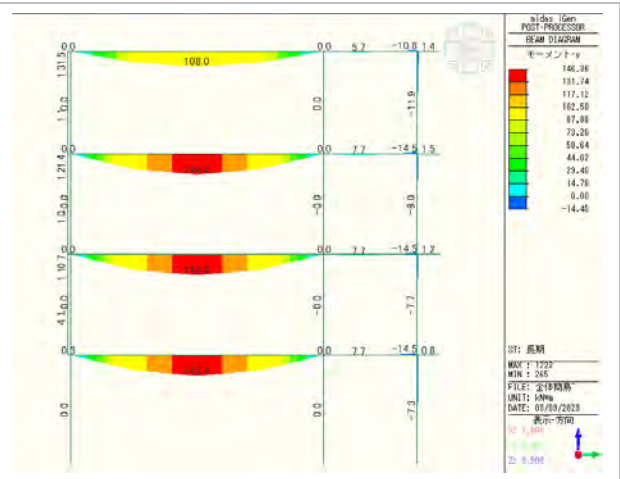


Q [kN]

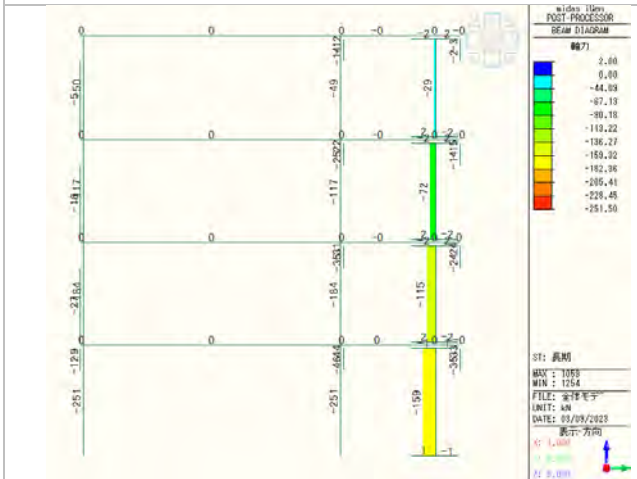
図 4.11.3-4 長期荷重時応力図(1通り)



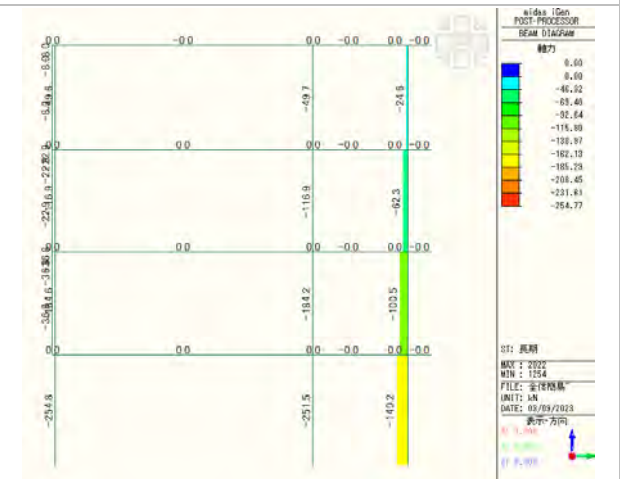
M 図[kNm]



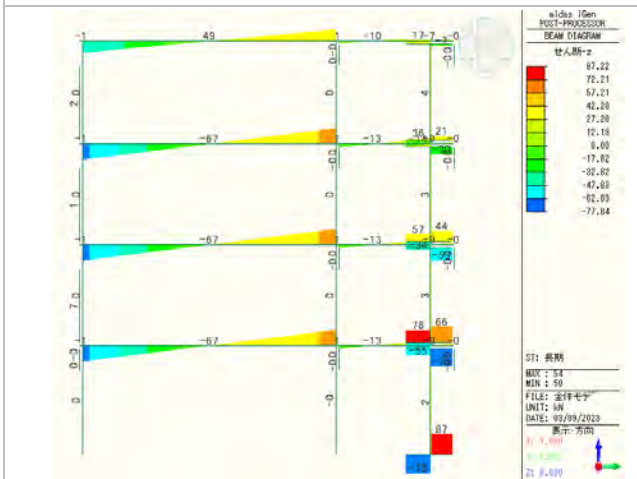
M 図[kNm]



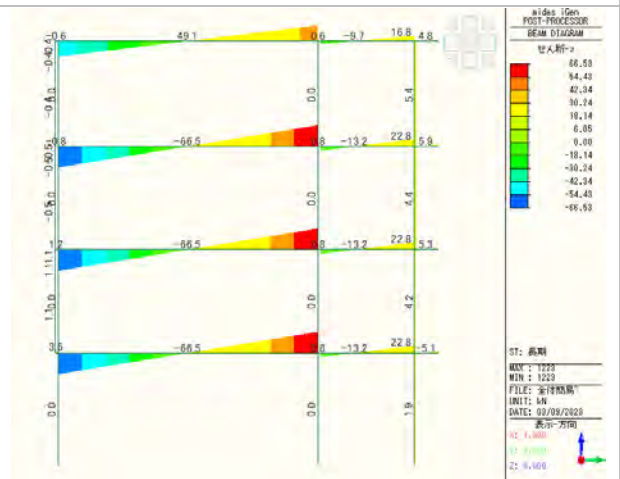
N 図[kN]



N 図[kN]



Q 図[kN]



Q 図[kN]

図 4.11.3-5 長期荷重時応力図(4通り)

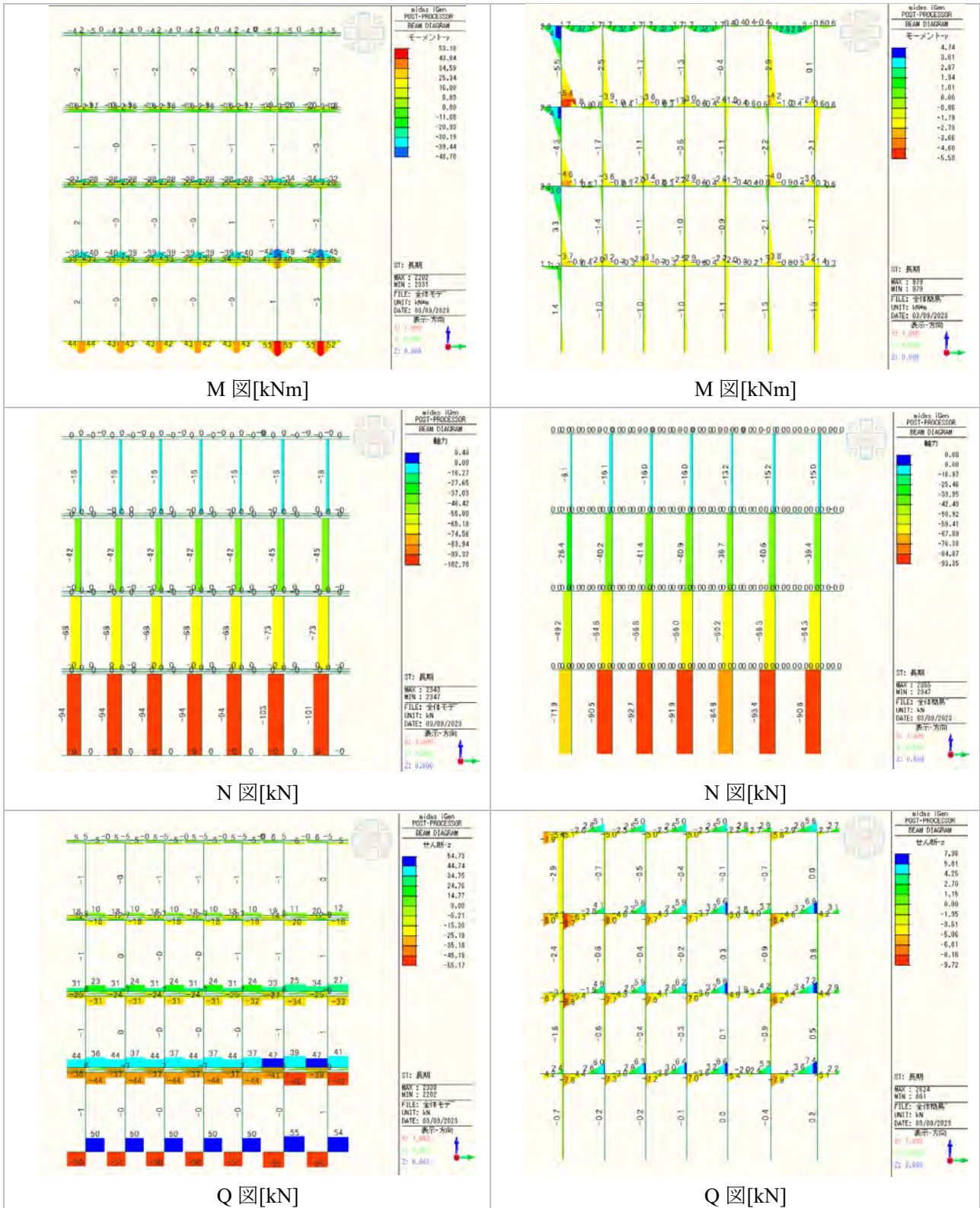


図 4.11.3-6 長期荷重時応力図(5通り)

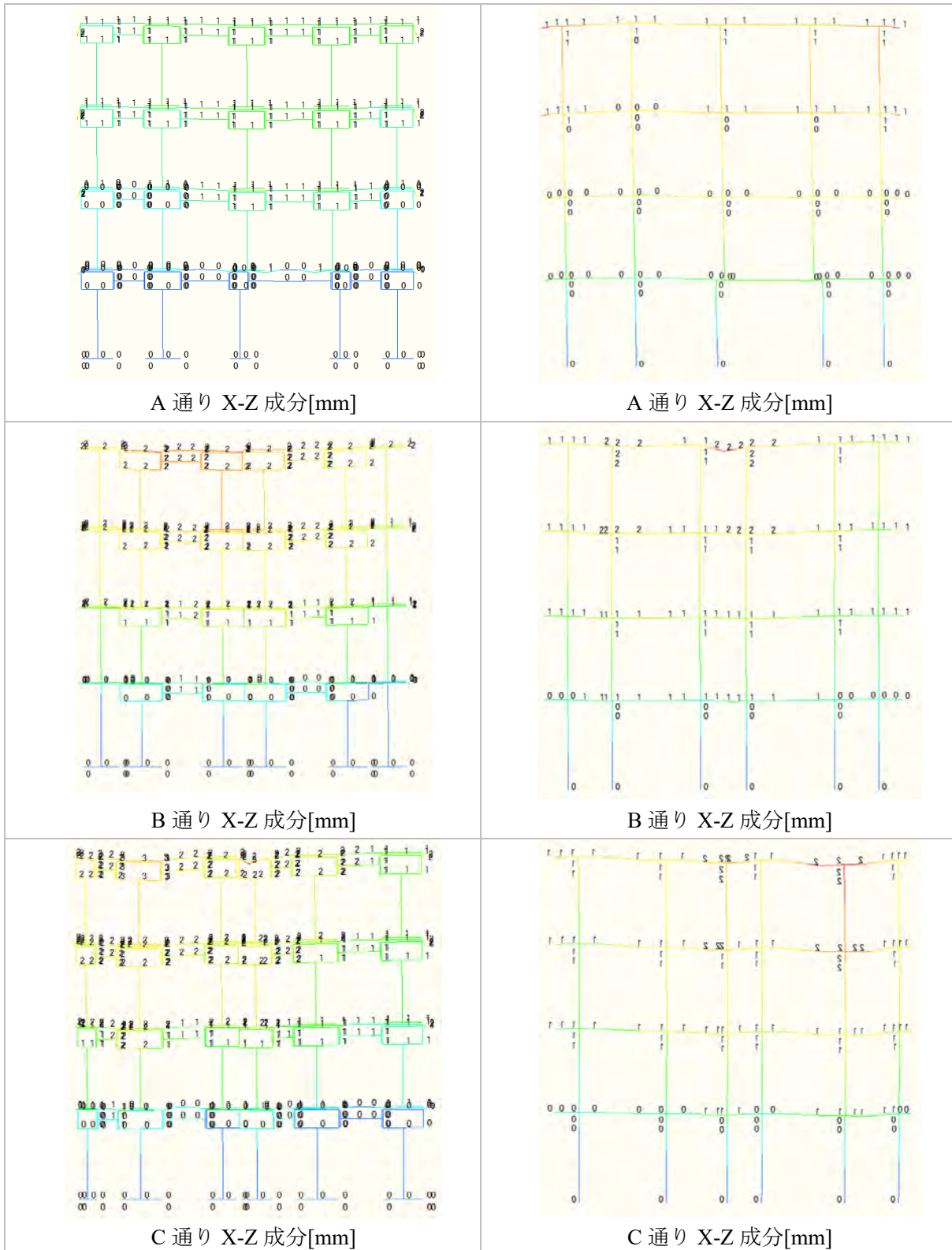
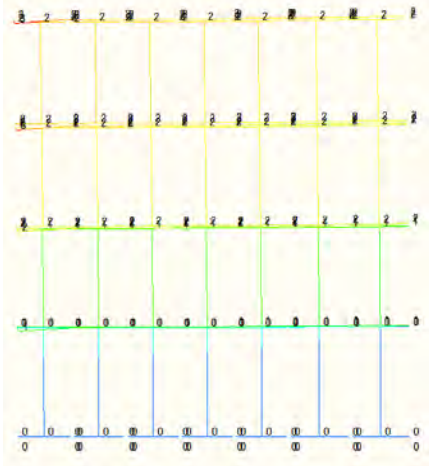
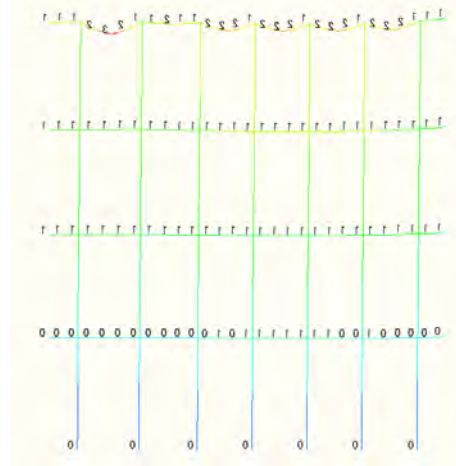


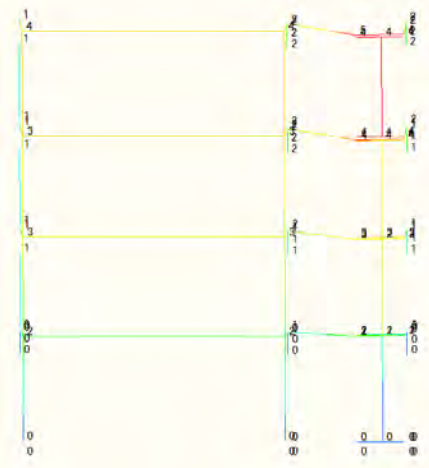
図 4.11.3-7 長期荷重時変形図(X方向)



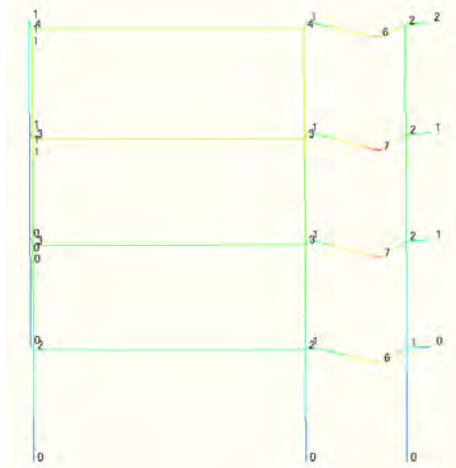
1 通り Y-Z 成分[mm]



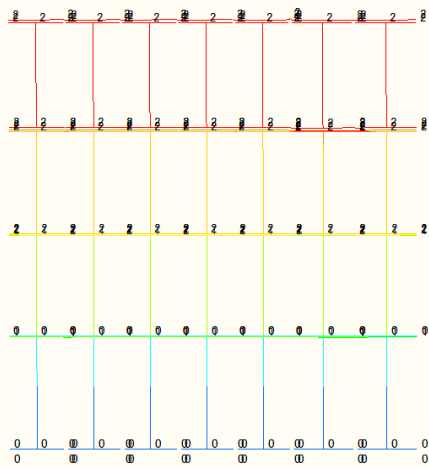
1 通り Y-Z 成分[mm]



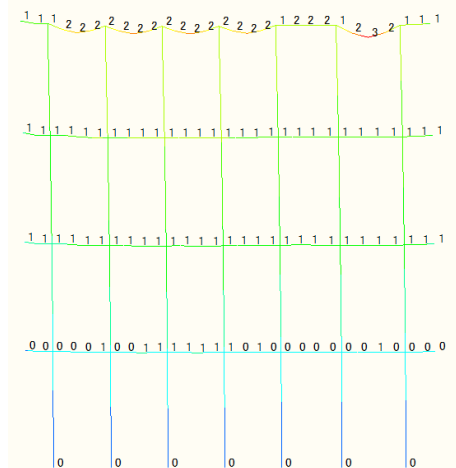
4 通り Y-Z 成分[mm]



4 通り Y-Z 成分[mm]

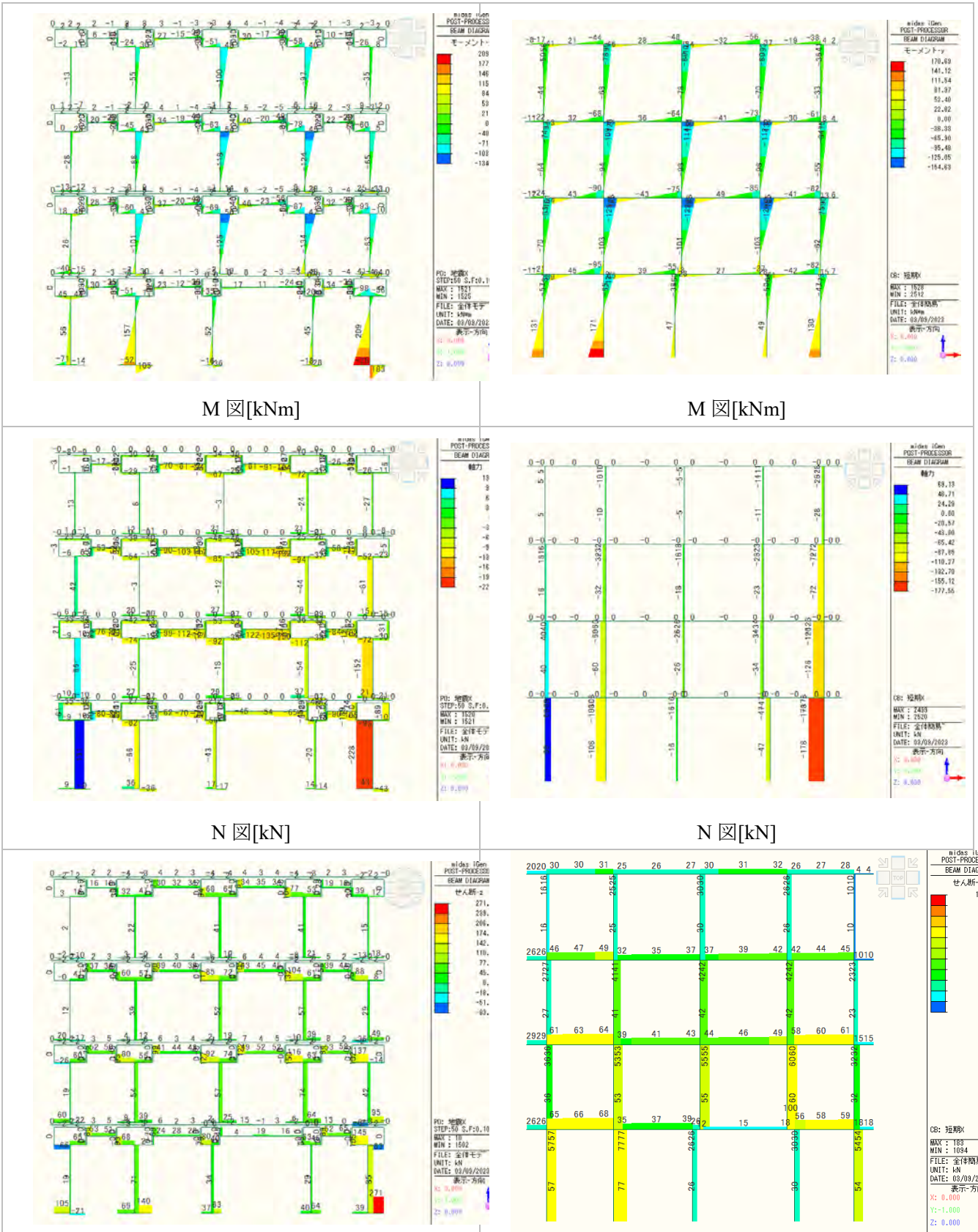


5 通り Y-Z 成分[mm]



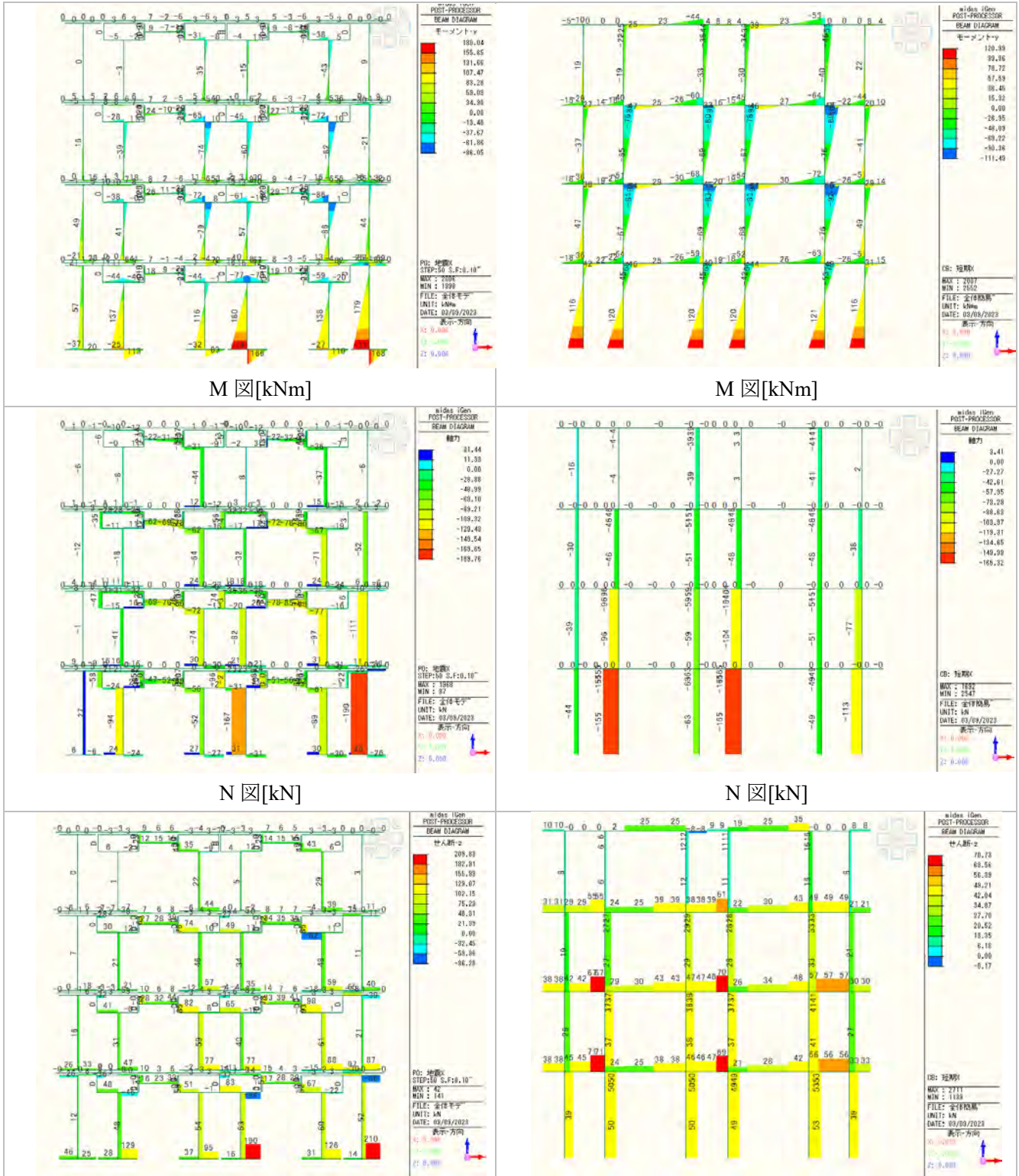
5 通り Y-Z 成分[mm]

図 4.11.3-8 長期荷重時変形図(Y方向)



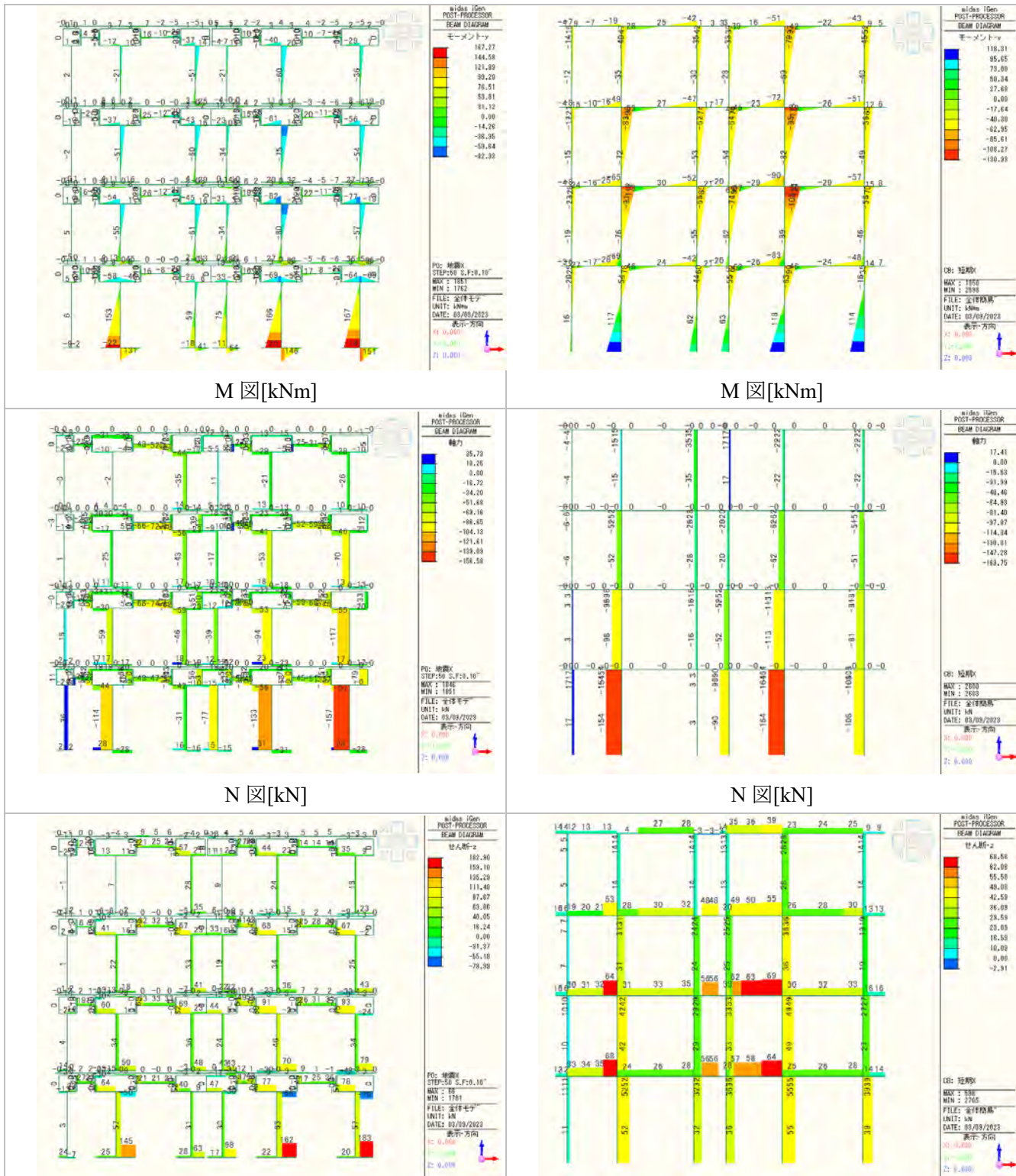
| | |
|---------|---------|
| Q 図[kN] | Q 図[kN] |
| 詳細モデル | 簡易モデル |

図 4.11.3-9 短期荷重時応力図(X方向、A通り)



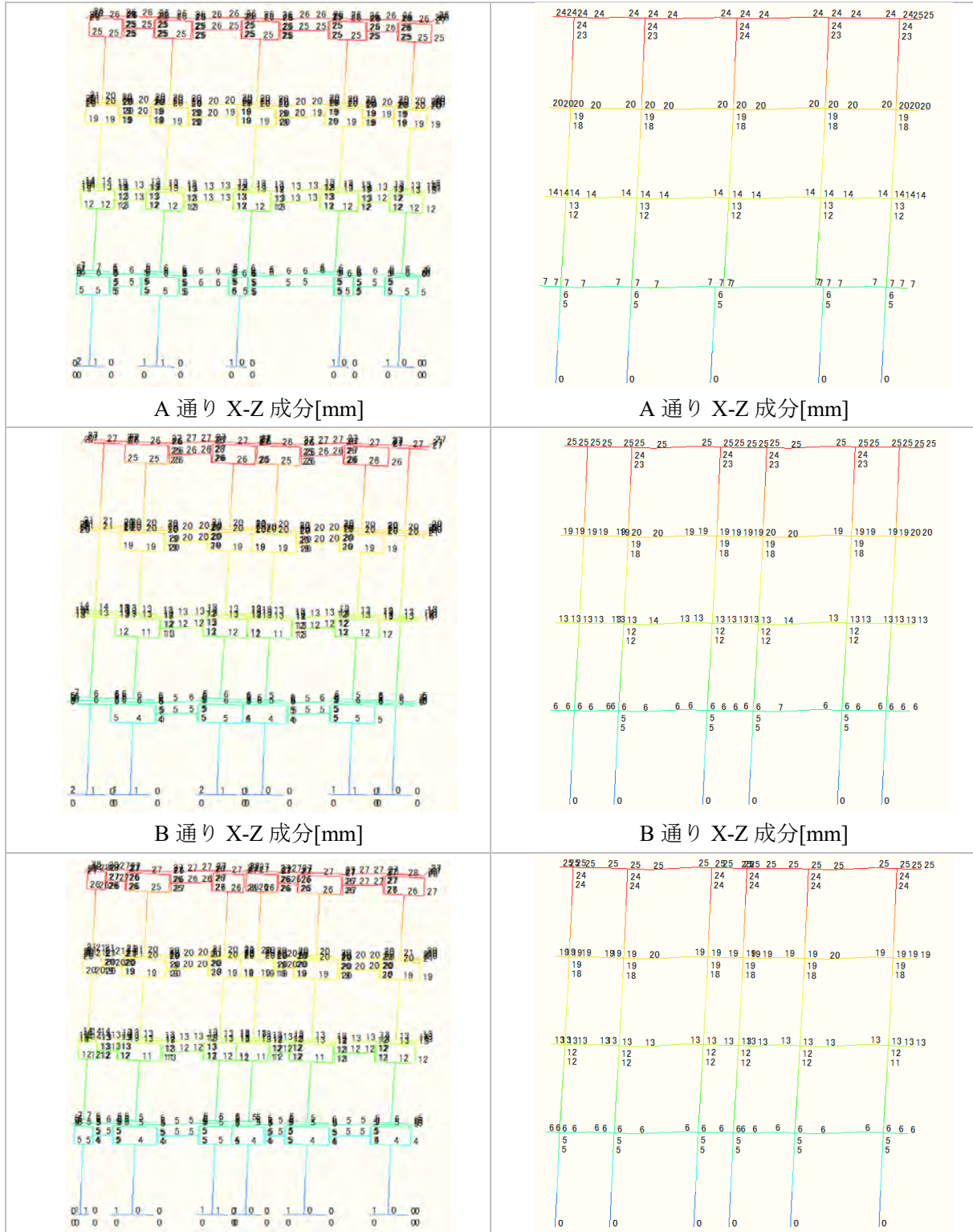
| | |
|---------|---------|
| Q 図[kN] | Q 図[kN] |
| 詳細モデル | 簡易モデル |

図 4.11.3-10 短期荷重時応力図(X方向、B通り)



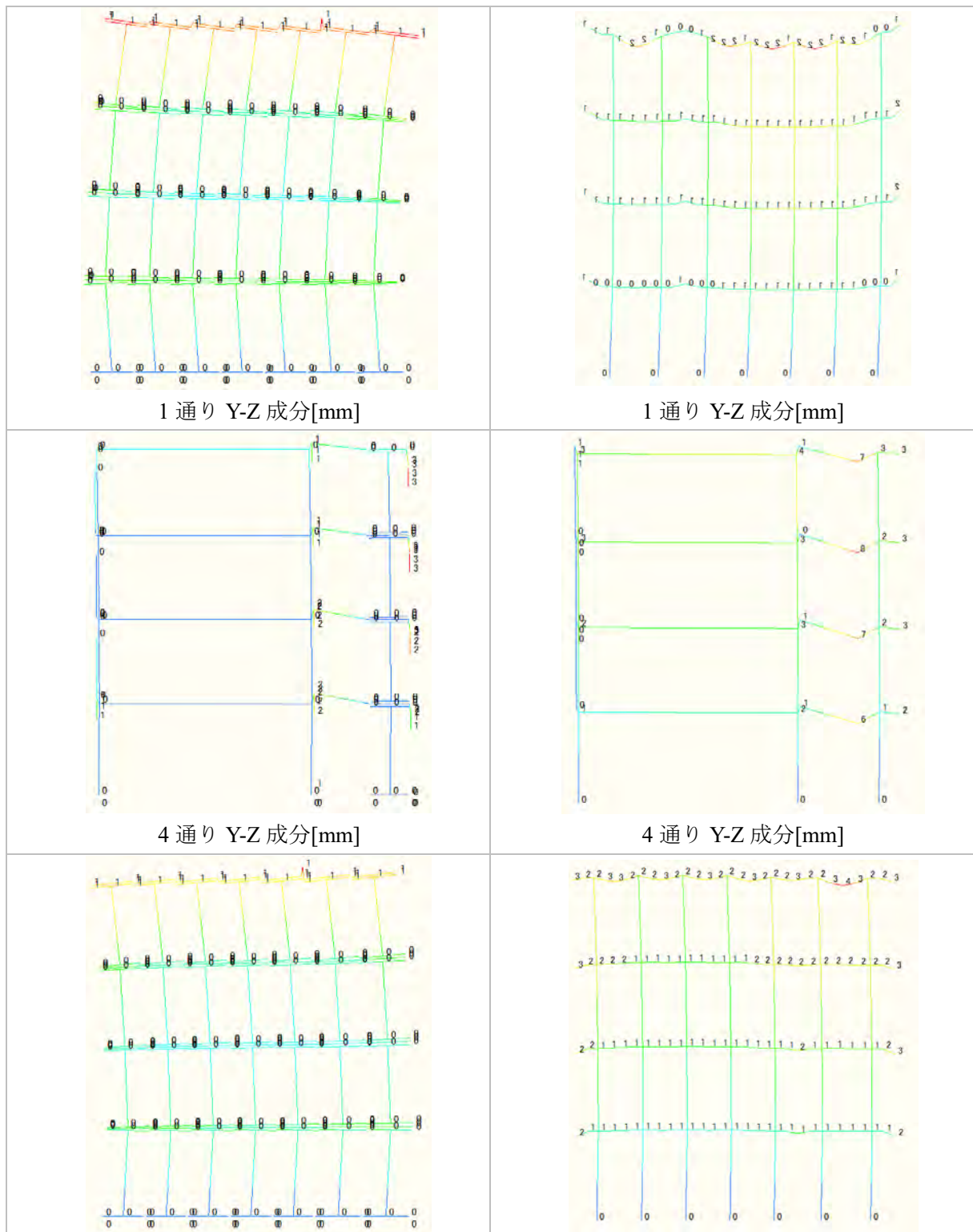
| | |
|------------------|------------------|
| Q 図[kN] 詳細モデル | Q 図[kN] 簡易モデル |
|------------------|------------------|

図 4.11.3-11 短期荷重時応力図(X方向、C 通り)



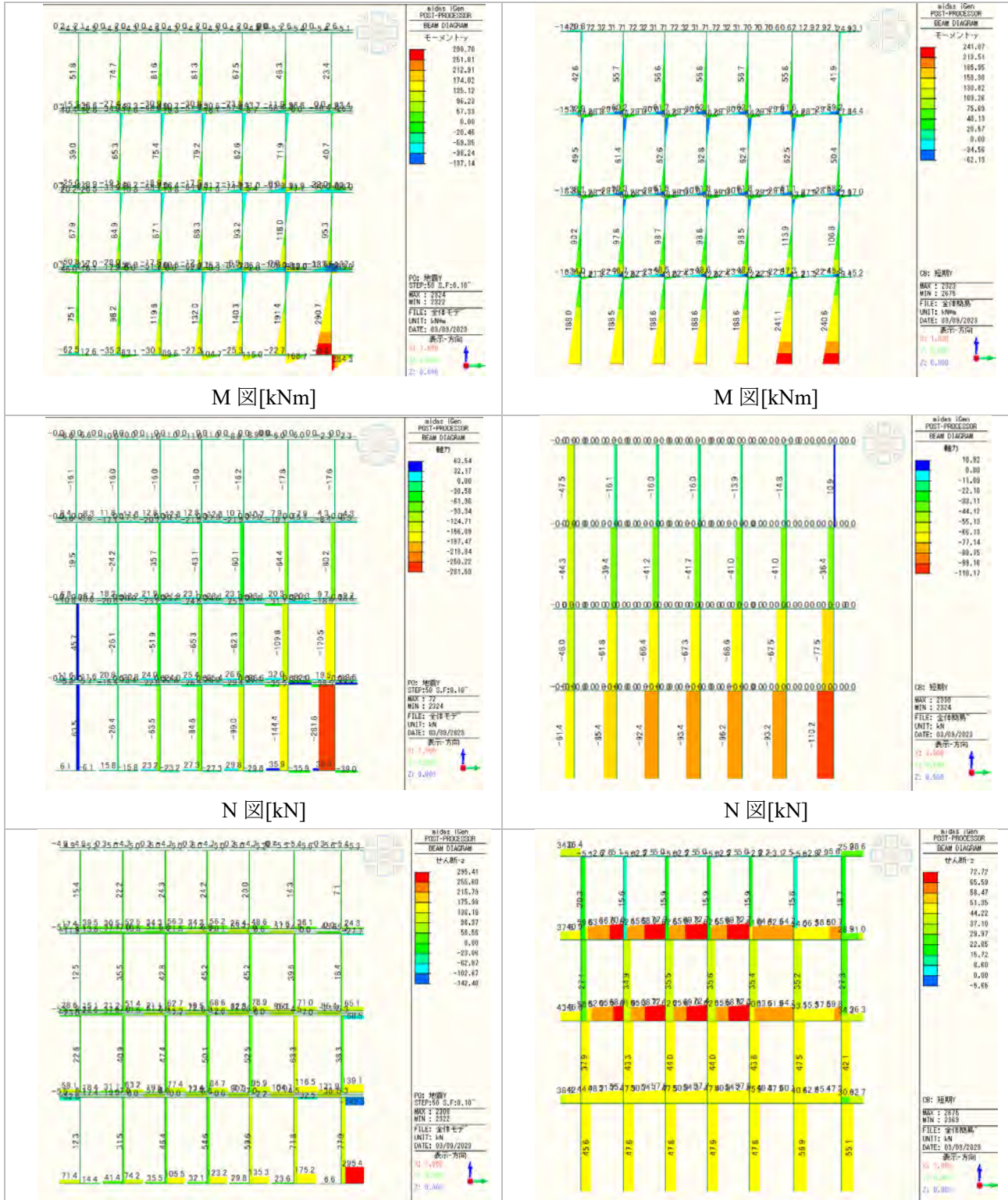
| | |
|-----------------|-----------------|
| C 通り X-Z 成分[mm] | C 通り X-Z 成分[mm] |
| 詳細モデル | 簡易モデル |

図 4.11.3-12 短期荷重時変形図(X方向)



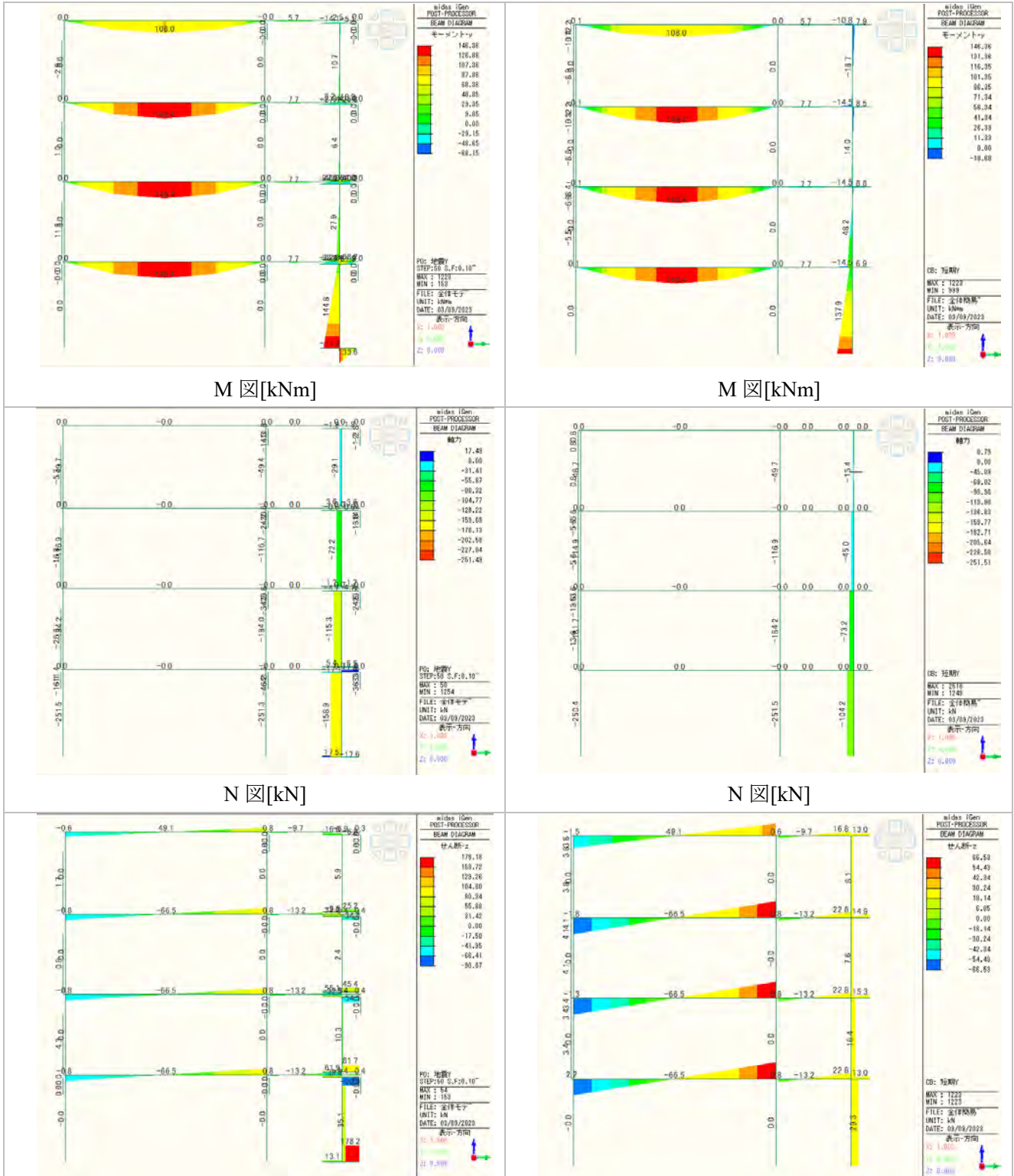
| | |
|----------------|----------------|
| 5通り Y-Z 成分[mm] | 5通り Y-Z 成分[mm] |
| 詳細モデル | 簡易モデル |

図 4.11.3-13 短期荷重時変形図(X方向、直交通り)



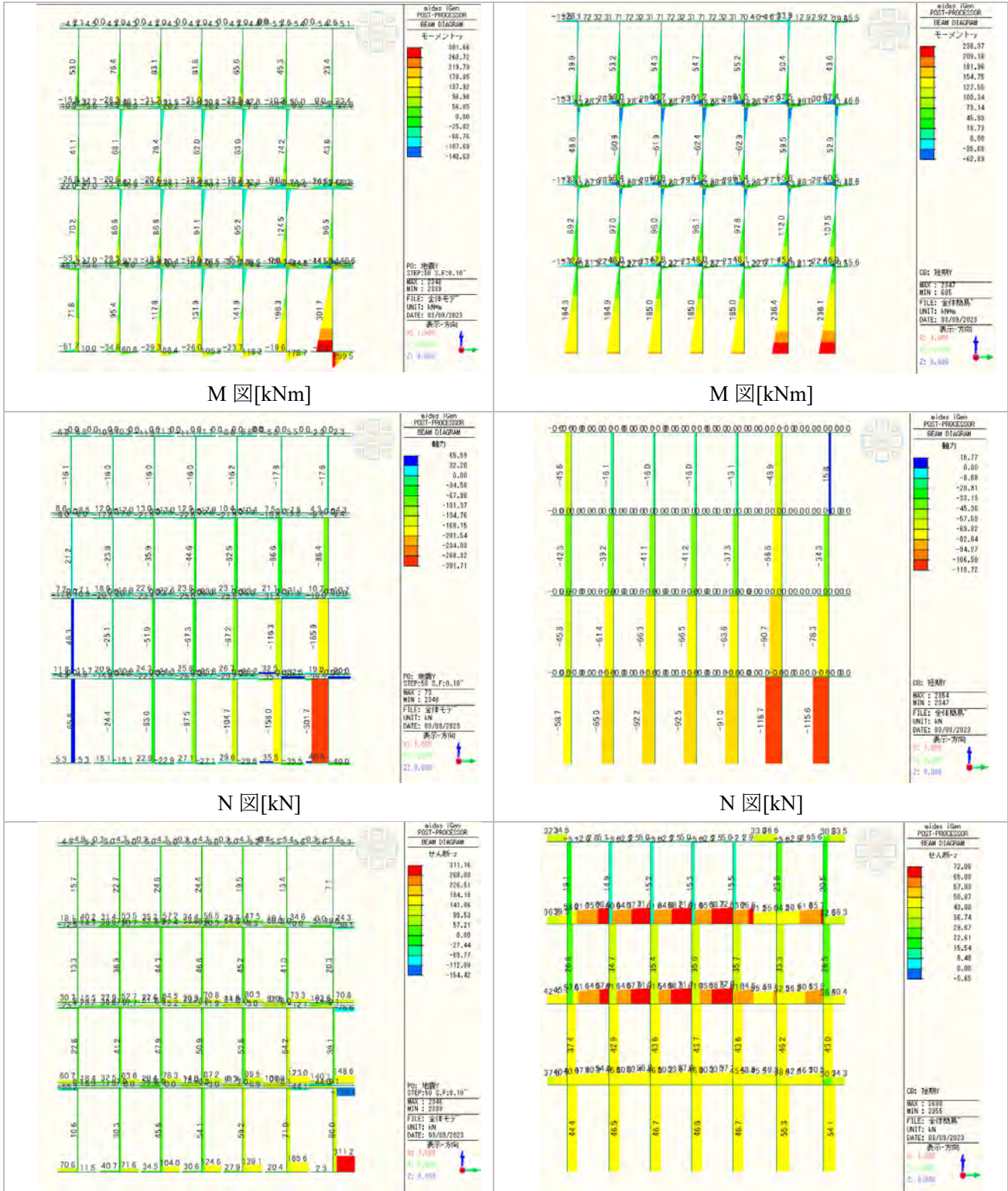
| | |
|------------------|------------------|
| Q 図[kN] 詳細モデル | Q 図[kN] 簡易モデル |
|------------------|------------------|

図 4.11.3-14 短期荷重時応力図(Y方向、1通り)



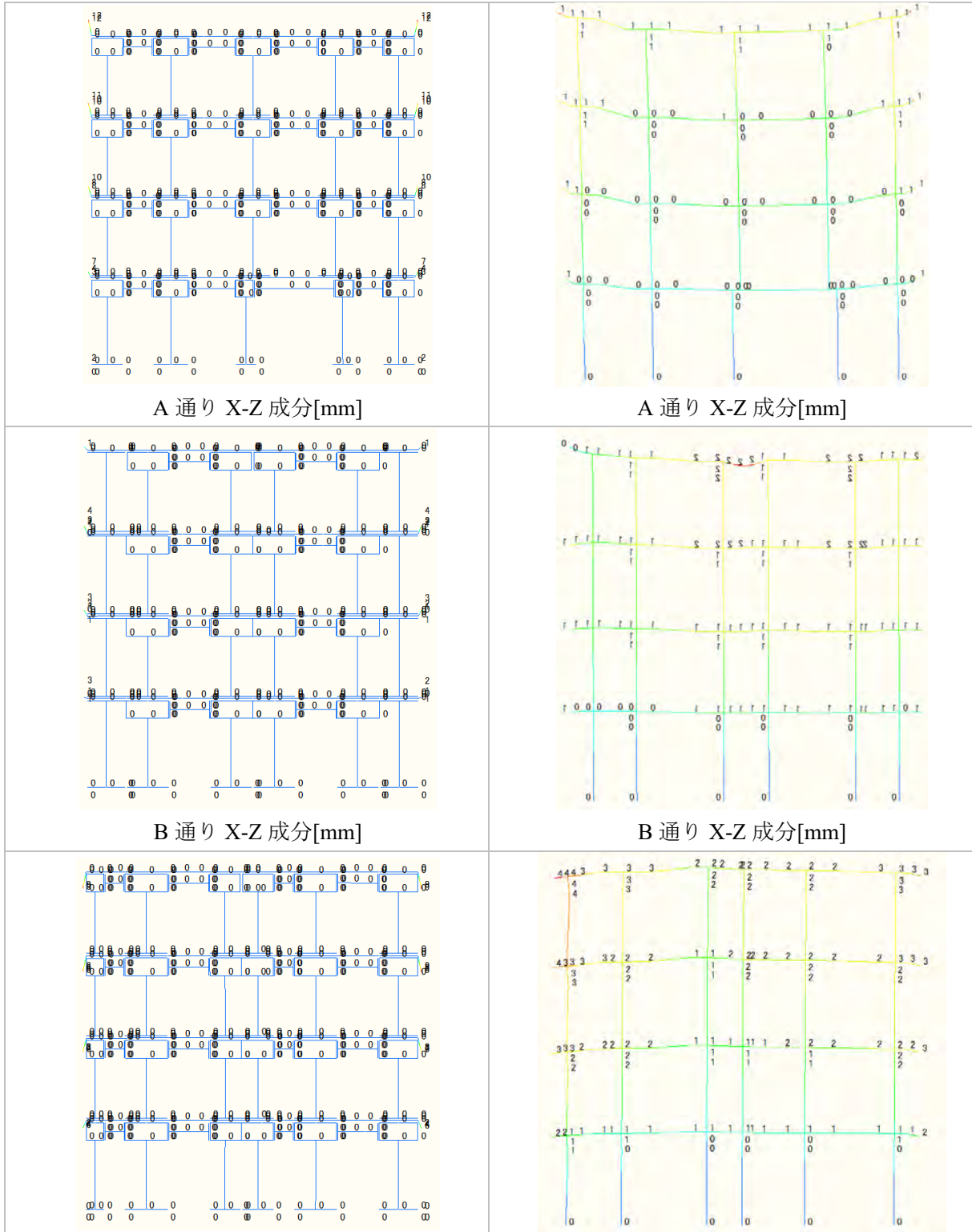
| | |
|------------------|------------------|
| Q 図[kN] 詳細モデル | Q 図[kN] 簡易モデル |
|------------------|------------------|

図 4.11.3-15 短期荷重時応力図(Y方向、4通り)



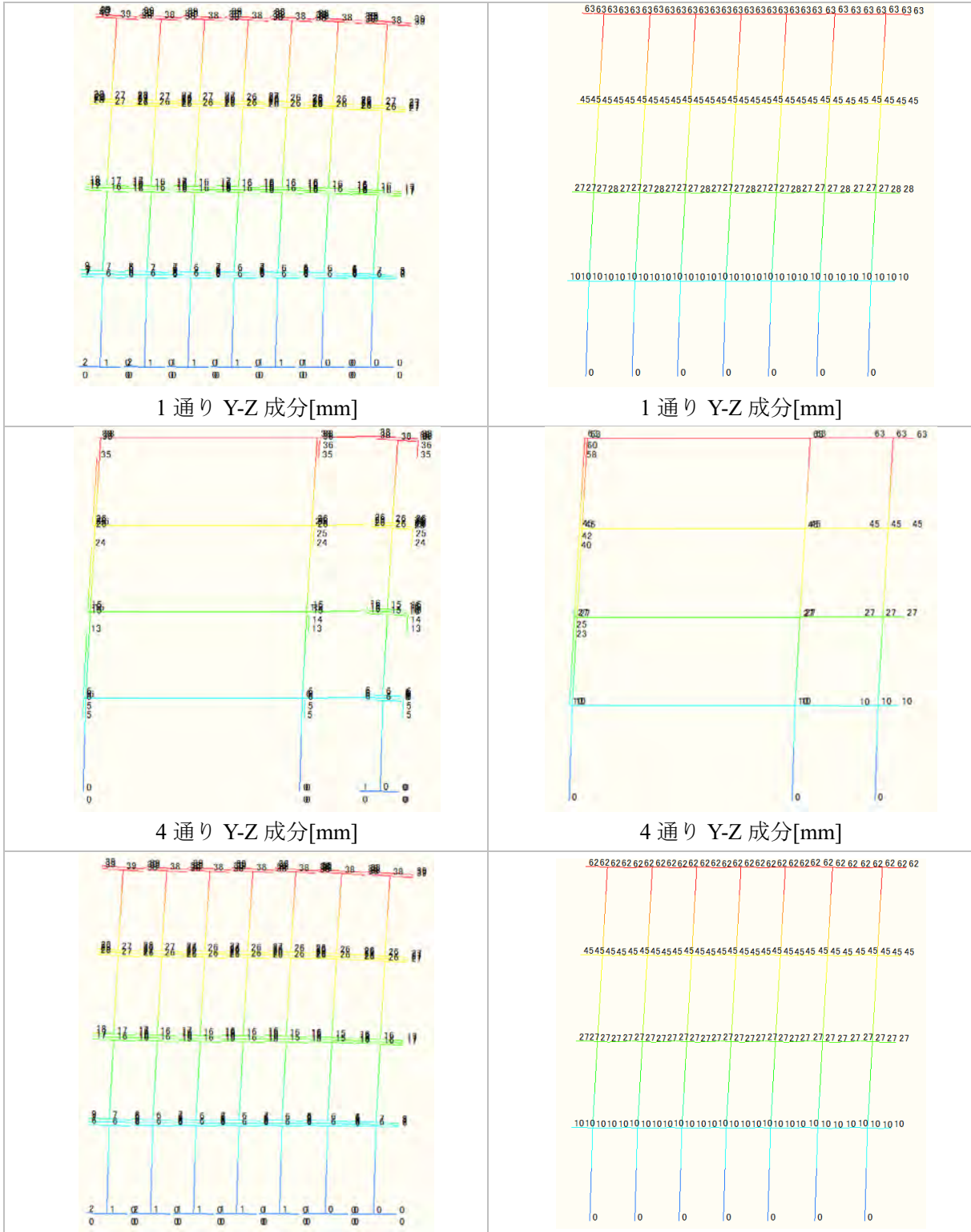
| | |
|------------------|------------------|
| Q 図[kN] 詳細モデル | Q 図[kN] 簡易モデル |
|------------------|------------------|

図 4.11.3-16 短期荷重時応力図(Y方向、5通り)



| | |
|-----------------|-----------------|
| C 通り X-Z 成分[mm] | C 通り X-Z 成分[mm] |
| 詳細モデル | 簡易モデル |

図 4.11.3-17 短期荷重時変形図(Y 方向、直交通り)



| | |
|----------------|----------------|
| 5通り Y-Z 成分[mm] | 5通り Y-Z 成分[mm] |
| 詳細モデル | 簡易モデル |

図 4.11.3-18 短期荷重時変形図(Y方向)

4.1.1.4 層間変形角等の比較

表 4.11.4-1 層間変形角(詳細モデル)

| 方向 | 層 | 層間変形角 R | | | | Rmax |
|----|----|---------|-------|-------|-------|-------|
| | | ① | ② | ③ | ④ | |
| | | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] |
| X | 4F | 1/593 | 1/593 | 1/522 | 1/522 | 1/522 |
| | 3F | 1/507 | 1/507 | 1/472 | 1/472 | 1/472 |
| | 2F | 1/479 | 1/479 | 1/460 | 1/460 | 1/460 |
| | 1F | 1/637 | 1/637 | 1/698 | 1/698 | 1/637 |
| Y | 4F | 1/296 | 1/296 | 1/296 | 1/296 | 1/296 |
| | 3F | 1/336 | 1/333 | 1/336 | 1/333 | 1/333 |
| | 2F | 1/357 | 1/357 | 1/357 | 1/357 | 1/357 |
| | 1F | 1/637 | 1/660 | 1/637 | 1/660 | 1/637 |

表 4.11.4-2 層間変形角(簡易モデル)

| 方向 | 層 | 層間変形角 R | | | | Rmax |
|----|----|---------|-------|-------|-------|-------|
| | | ① | ② | ③ | ④ | |
| | | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] | [rad] |
| X | 4F | 1/745 | 1/743 | 1/655 | 1/653 | 1/653 |
| | 3F | 1/574 | 1/574 | 1/556 | 1/556 | 1/556 |
| | 2F | 1/494 | 1/494 | 1/495 | 1/495 | 1/494 |
| | 1F | 1/562 | 1/562 | 1/622 | 1/622 | 1/562 |
| Y | 4F | 1/192 | 1/192 | 1/194 | 1/194 | 1/192 |
| | 3F | 1/194 | 1/194 | 1/196 | 1/196 | 1/194 |
| | 2F | 1/202 | 1/202 | 1/204 | 1/204 | 1/202 |
| | 1F | 1/360 | 1/360 | 1/367 | 1/367 | 1/360 |

表 4.11.4-3 最大層間変形角の比較

| 層 | X 方向 | | | Y 方向 | | |
|----|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
| | 詳細 | 簡易 | 簡易 詳細 | 詳細 | 簡易 | 簡易 詳細 |
| 4F | 1/522 | 1/653 | 0.80 | 1/296 | 1/194 | 1.53 |
| 3F | 1/472 | 1/556 | 0.85 | 1/333 | 1/196 | 1.70 |
| 2F | 1/460 | 1/494 | 0.93 | 1/357 | 1/204 | 1.75 |
| 1F | 1/637 | 1/562 | 1.13 | 1/637 | 1/367 | 1.74 |



図 4.11.4-1 層間変形角算定箇所

表 4.11.4-4 偏心率(詳細モデル)

| 方向 | 層 | 剛心位置 | 重心位置 | 偏心距離 | 弾力半径 | 偏心率 |
|----|---|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | | $K_y(m)$ | $G_y(m)$ | $e_y(m)$ | $r_{ex}(m)$ | R_{eX} |
| X | 4 | 5.86 | 6.87 | 1.01 | 7.79 | 0.13 |
| | 3 | 6.47 | 6.83 | 0.36 | 8.08 | 0.05 |
| | 2 | 6.62 | 6.82 | 0.20 | 8.26 | 0.03 |
| | 1 | 7.65 | 6.81 | 0.84 | 8.48 | 0.10 |

| 方向 | 層 | 剛心位置 | 重心位置 | 偏心距離 | 弾力半径 | 偏心率 |
|----|---|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | | $K_x(m)$ | $G_x(m)$ | $e_x(m)$ | $r_{ey}(m)$ | R_{eY} |
| Y | 4 | 7.32 | 7.27 | 0.05 | 10.70 | 0.01 |
| | 3 | 7.31 | 7.27 | 0.04 | 9.78 | 0.01 |
| | 2 | 7.33 | 7.26 | 0.07 | 9.47 | 0.01 |
| | 1 | 7.83 | 7.25 | 0.58 | 8.79 | 0.07 |

表 4.11.4-5 偏心率(簡易モデル)

| 方向 | 層 | 剛心位置 | 重心位置 | 偏心距離 | 弾力半径 | 偏心率 |
|----|---|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | | $K_y(m)$ | $G_y(m)$ | $e_y(m)$ | $r_{ex}(m)$ | R_{eX} |
| X | 4 | 6.35 | 6.75 | 0.40 | 6.93 | 0.06 |
| | 3 | 6.81 | 6.78 | 0.03 | 6.98 | 0.01 |
| | 2 | 6.81 | 6.79 | 0.03 | 7.20 | 0.01 |
| | 1 | 7.47 | 6.81 | 0.66 | 7.60 | 0.09 |

| 方向 | 層 | 剛心位置 | 重心位置 | 偏心距離 | 弾力半径 | 偏心率 |
|----|---|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | | $K_x(m)$ | $G_x(m)$ | $e_x(m)$ | $r_{ey}(m)$ | R_{eY} |
| Y | 4 | 7.51 | 7.25 | 0.27 | 12.99 | 0.03 |
| | 3 | 7.26 | 7.26 | 0.01 | 11.62 | 0.00 |
| | 2 | 7.31 | 7.26 | 0.05 | 11.01 | 0.01 |
| | 1 | 7.38 | 7.25 | 0.13 | 9.66 | 0.02 |

表 4.11.4-6 剛性率(詳細モデル)

| 層 | 階高 | 層間変形角 | 剛性率 |
|-------|-------|----------------|-------|
| | H(m) | δ (rad) | R_s |
| 4 | 3.500 | 1/522 | 1.00 |
| 3 | 3.500 | 1/473 | 0.90 |
| 2 | 3.500 | 1/461 | 0.88 |
| 1 | 3.700 | 1/638 | 1.22 |
| 相加平均＝ | | 1/523 | |

| 層 | 階高 | 層間変形角 | 剛性率 |
|-------|-------|----------------|-------|
| | H(m) | δ (rad) | R_s |
| 4 | 3.500 | 1/297 | 0.73 |
| 3 | 3.500 | 1/333 | 0.82 |
| 2 | 3.500 | 1/357 | 0.88 |
| 1 | 3.700 | 1/638 | 1.57 |
| 相加平均＝ | | 1/406 | |

表 4.11.4-7 剛性率(簡易モデル)

| 層 | 階高 | 層間変形角 | 剛性率 |
|-------|-------|----------------|-------|
| | H(m) | δ (rad) | R_s |
| 4 | 3.500 | 1/653 | 1.15 |
| 3 | 3.500 | 1/556 | 0.98 |
| 2 | 3.500 | 1/494 | 0.87 |
| 1 | 3.700 | 1/562 | 0.99 |
| 相加平均＝ | | 1/566 | |

| 層 | 階高 | 層間変形角 | 剛性率 |
|-------|-------|----------------|-------|
| | H(m) | δ (rad) | R_s |
| 4 | 3.500 | 1/192 | 0.81 |
| 3 | 3.500 | 1/194 | 0.81 |
| 2 | 3.500 | 1/202 | 0.85 |
| 1 | 3.700 | 1/360 | 1.51 |
| 相加平均＝ | | 1/237 | |

4.11.5 荷重増分解析による荷重変形角関係の比較

ルート 2 では保有水平耐力の確認が不要であるため簡易モデルでは線形解析のみで設計可能であるが、詳細モデルの増分解析結果との比較のため簡易モデルにも接合部ばねの非線形性能を入力して荷重増分解析を実施した。

簡易モデルの非線形特性は「3.2.1 簡易モデル」の各接合部の終局耐力算定方法に従い、以下のように設定した。

壁-床接合部および壁-基礎接合部の軸ばねは引きボルトの耐力と支圧またはめり込み耐力をそれぞれに考慮した正負非対称のバイリニア特性とする。引張側の耐力は引きボルト 2 本分の耐力とし、圧縮側の耐力は壁パネルの全断面積に支圧またはめり込み耐力を乗じたものとする。二次剛性は引張側および支圧を 0、めり込みを初期剛性の 1/8 とする。

壁-床接合部および壁-基礎接合部の回転ばねは軸力による中立軸位置の変化を考慮した MN 相関バイリニア特性とする。終局時の応力状態を図 3.2.1-5 のように仮定し、式 3.2.1-22～式 3.2.1-24 により算出した軸力と曲げの関係(図 3.2.1-6)を入力した。二次剛性は引きボルトの降伏を想定して 0 とする。

壁-垂れ壁接合部の回転ばねはめり込み耐力を考慮したバイリニア特性とし、終局耐力は図 3.2.1-10 の応力状態を仮定して式 3.2.1-31 により求める。二次剛性は初期剛性の 1/8 とする。

以上の設定をした非線形簡易モデルと詳細モデルの荷重増分解析による各層の荷重変形角関係を図 4.11.5-1 に示す。

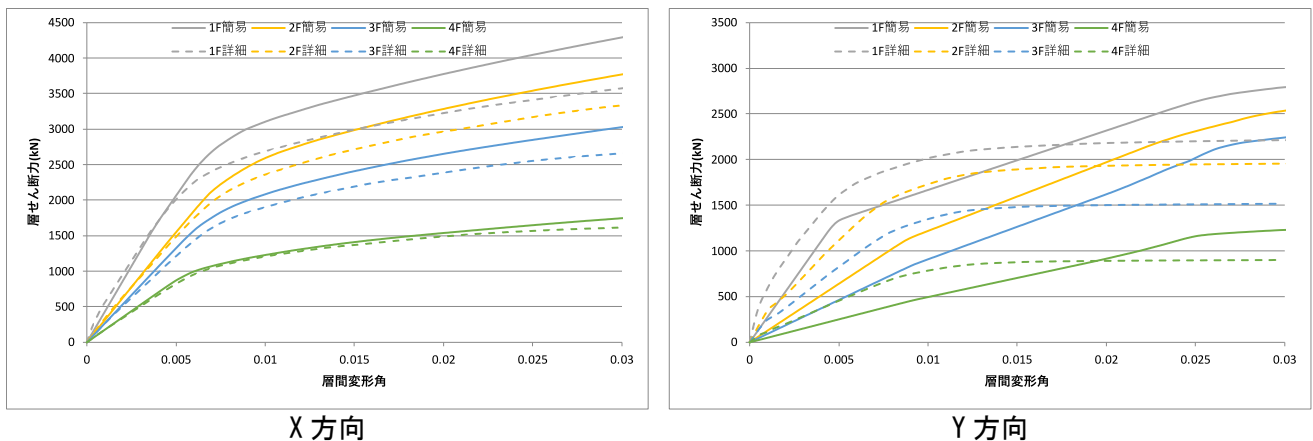


図 4.11.5-1 荷重変形角関係の比較

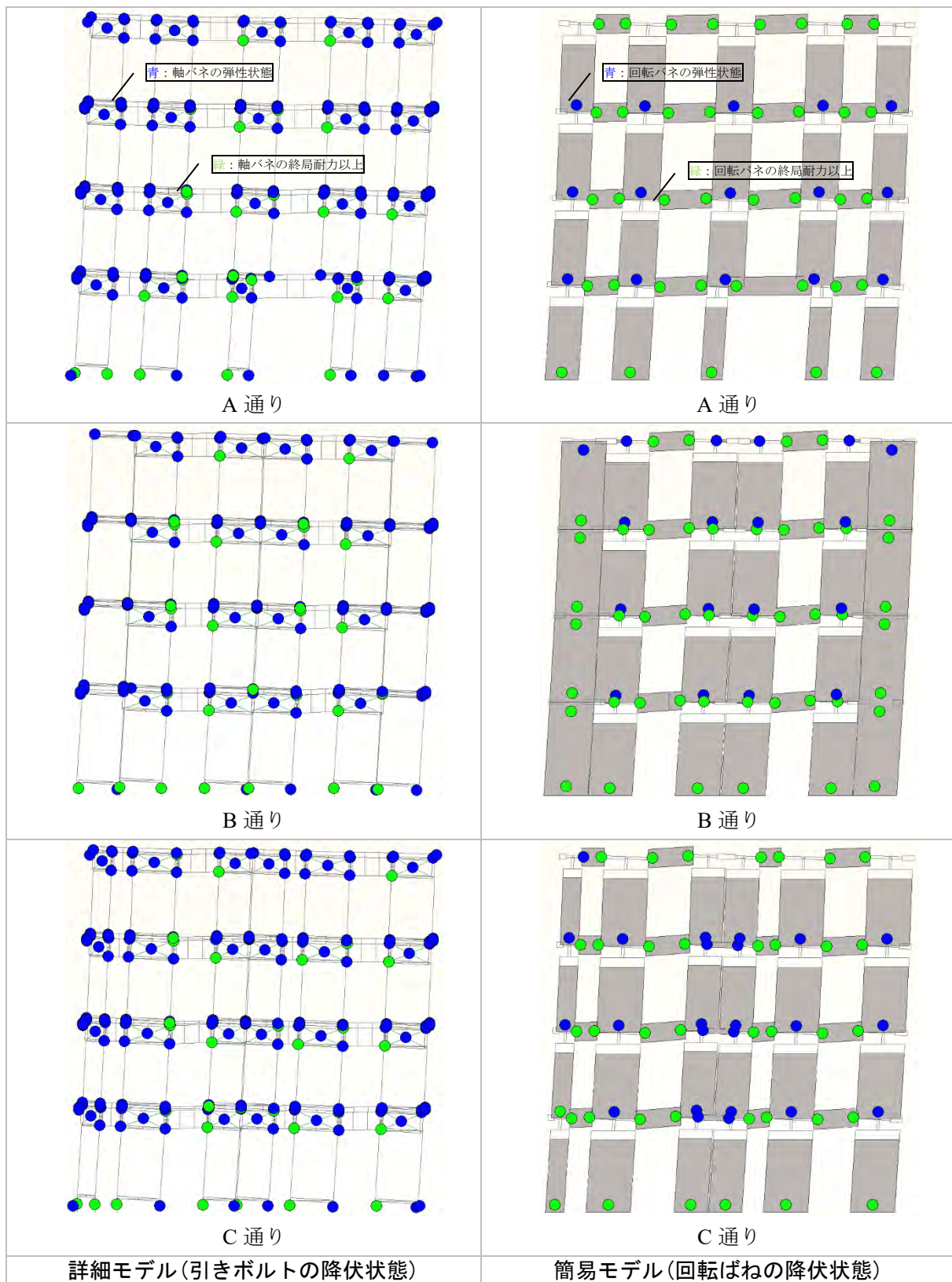


図 4.11.5-2 1層の変形角が $1/30\text{rad}$ 時のヒンジ図(X方向)

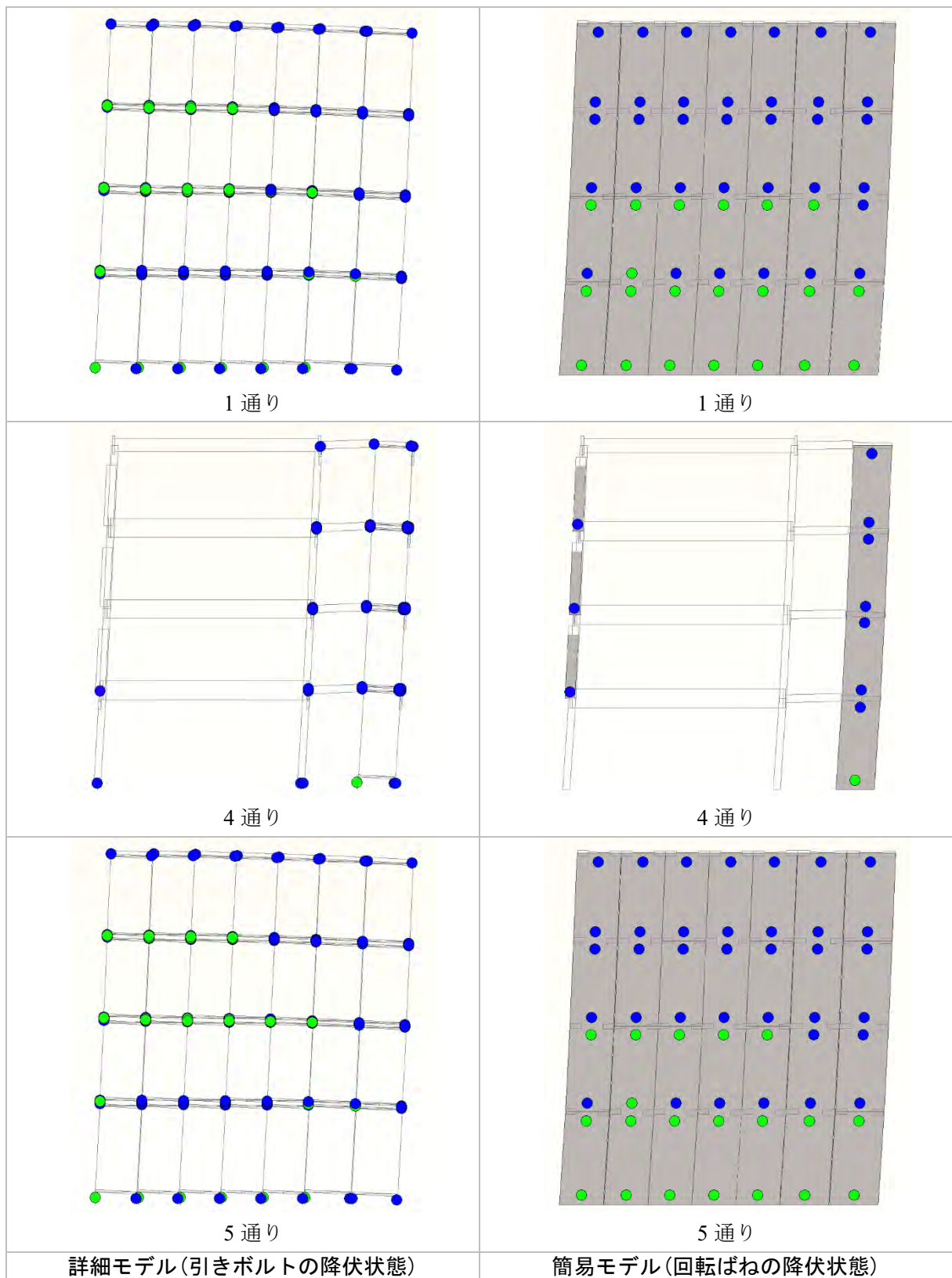


図 4.11.5-3 1層の変形角が $1/30\text{rad}$ 時のヒンジ図(Y方向)

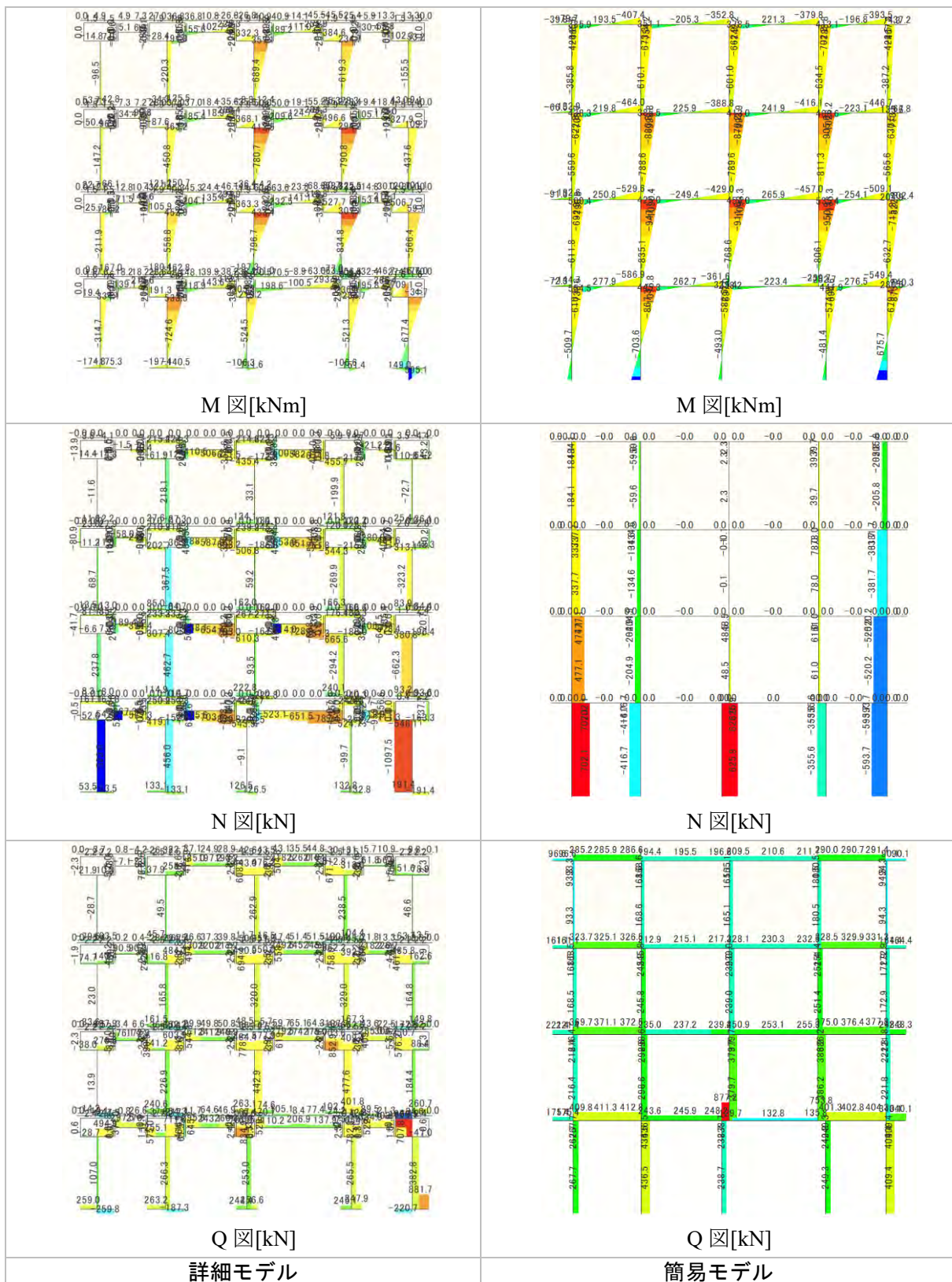


図 4.11.5-4 1層の変形角が1/30rad時の応力図(X方向、A通り)

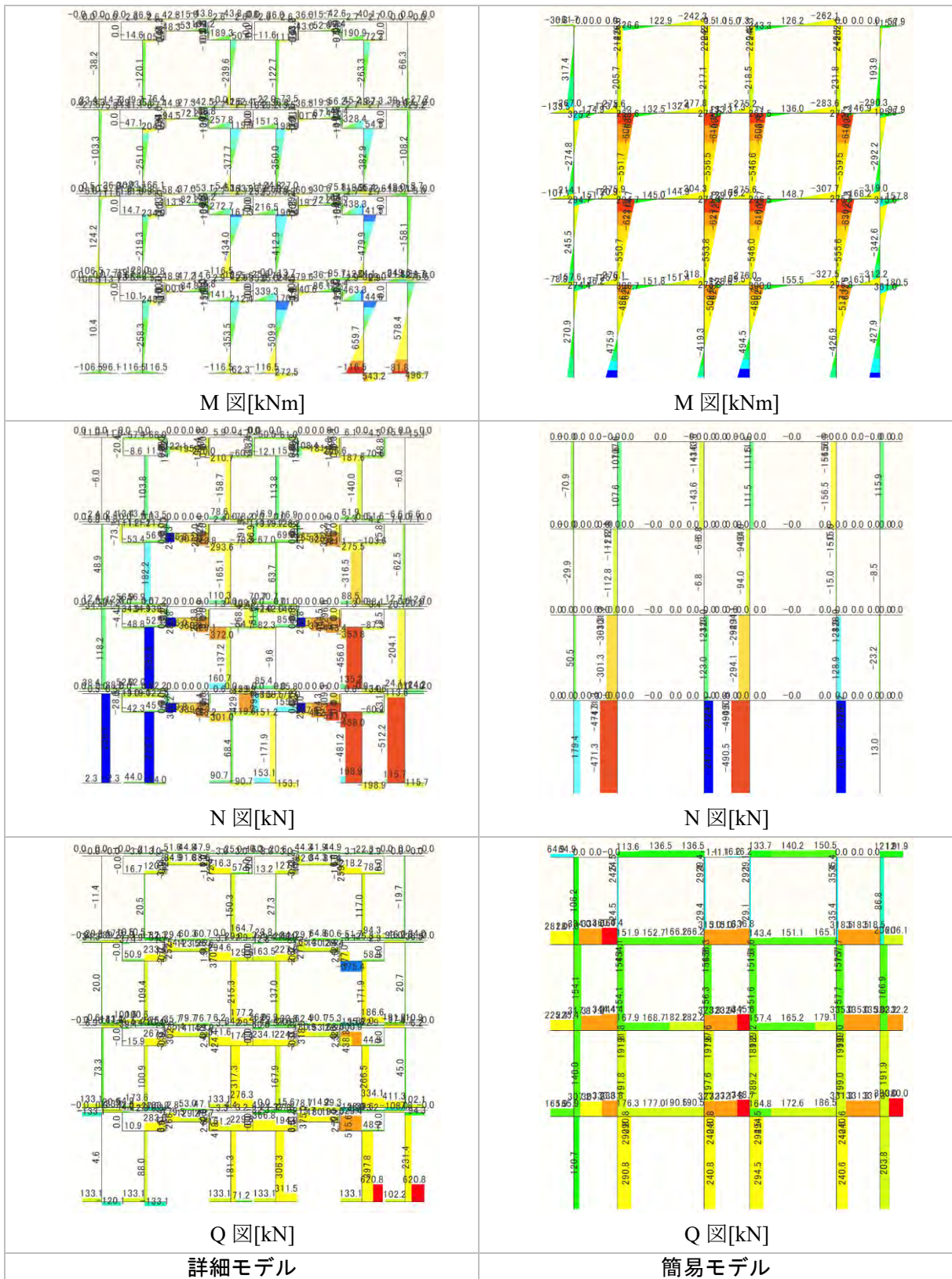


図 4.11.5-5 1層の変形角が 1/30rad 時の応力図(X方向、B通り)

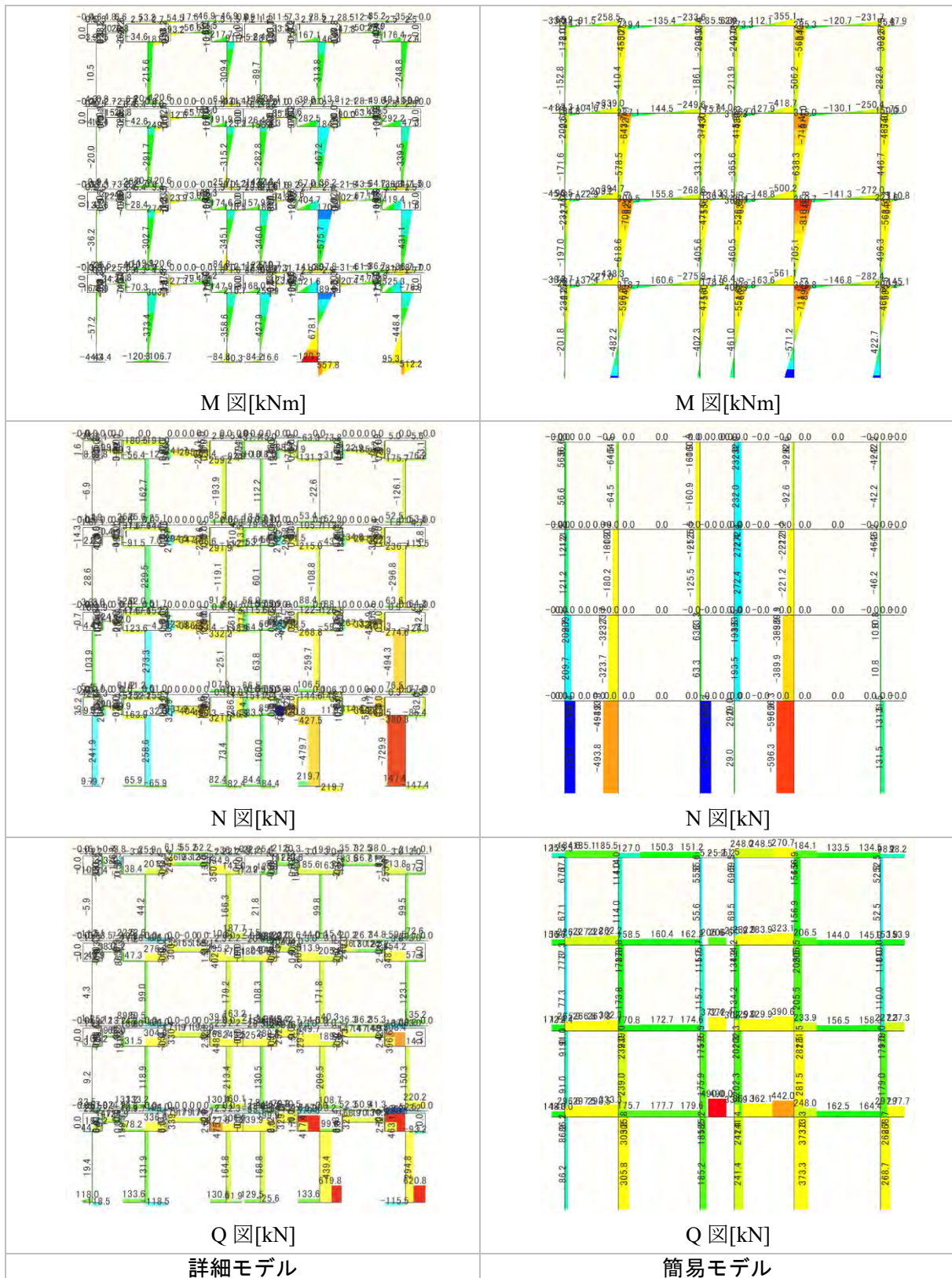


図 4.11.5-6 1層の変形角が $1/30 \text{ rad}$ 時の応力図 (X方向、C通り)

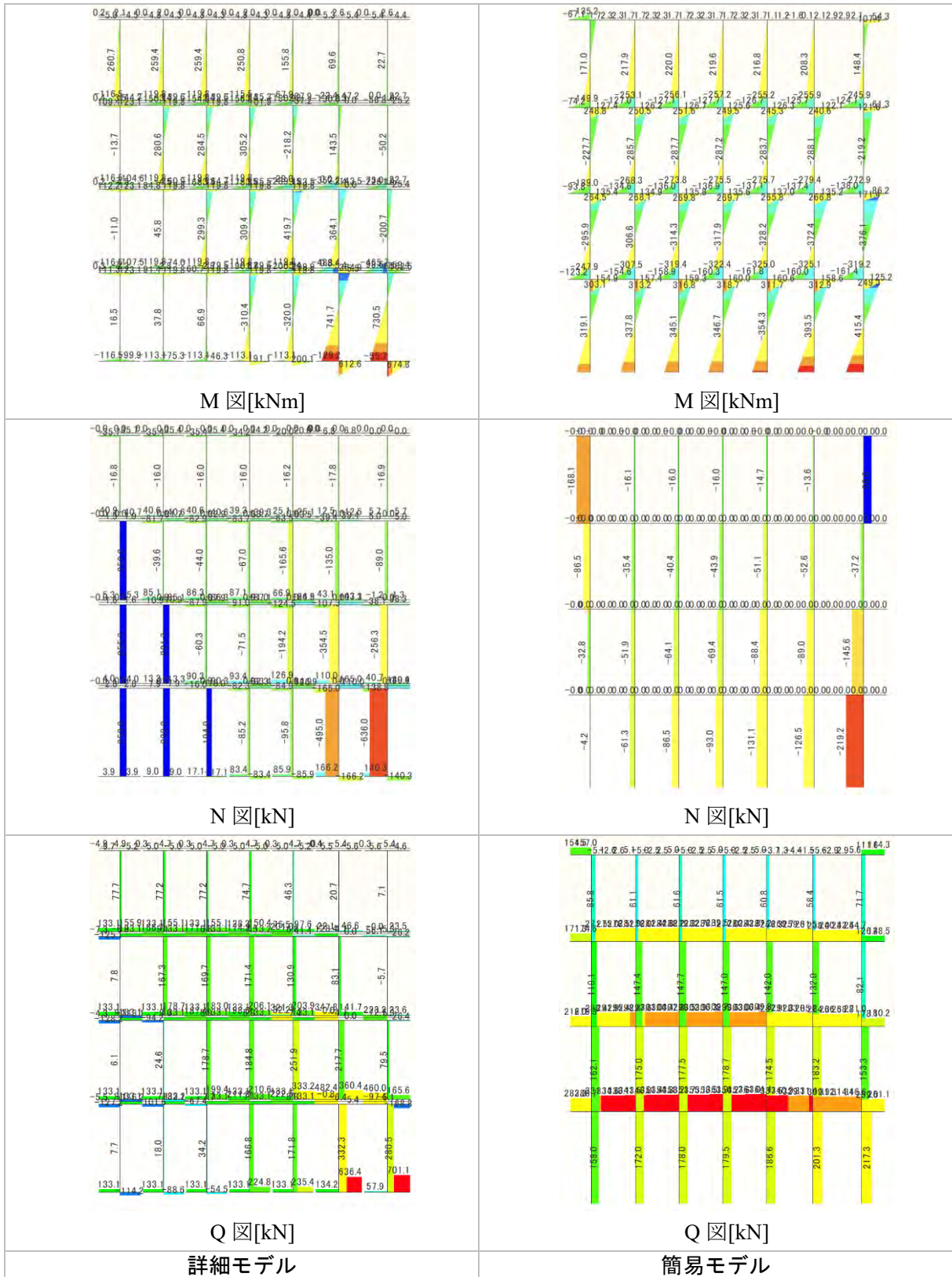


図 4.11.5-7 1 層の変形角が 1/30rad 時の応力図 (Y 方向、1 通り)

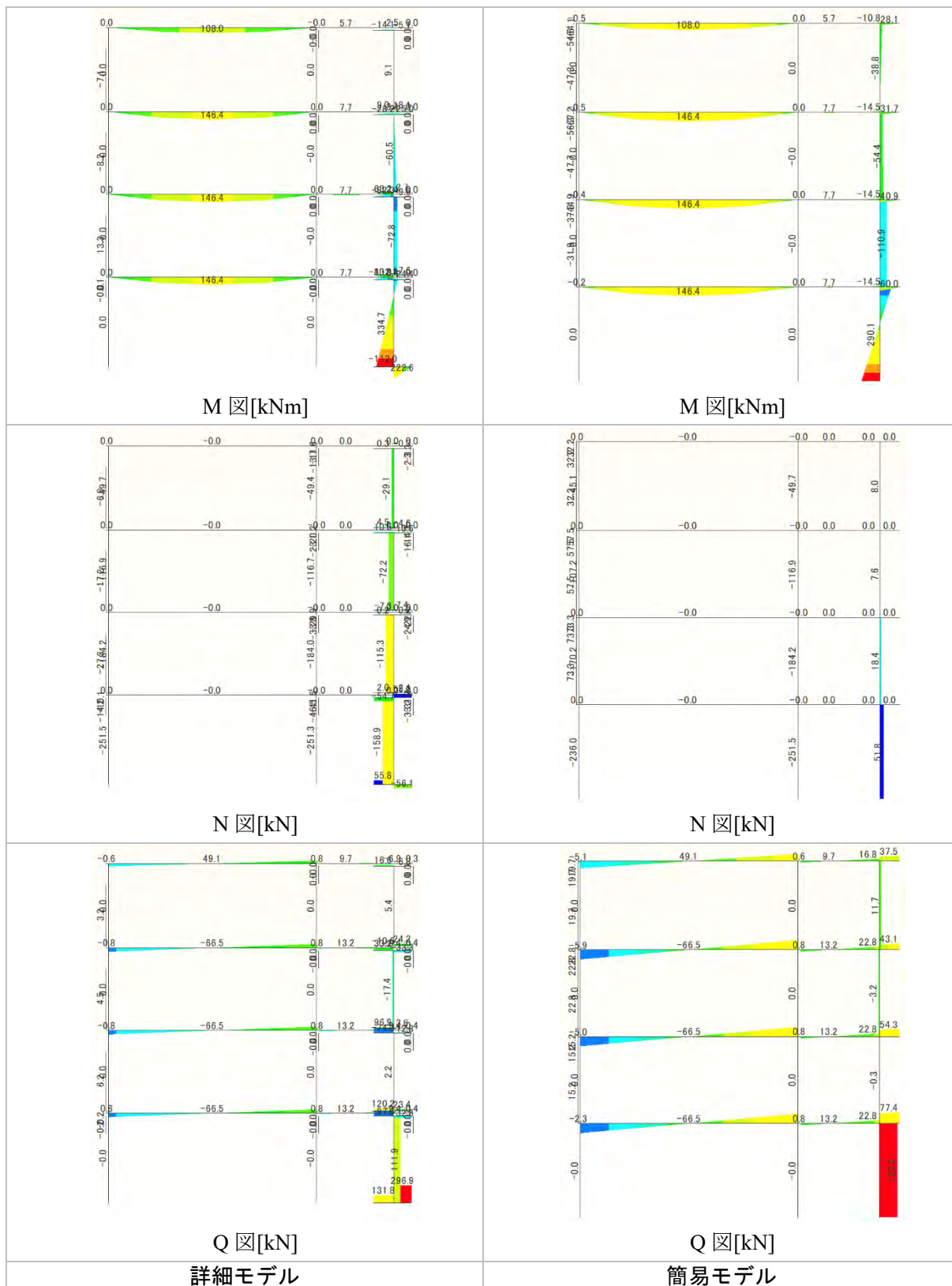


図 4.11.5-8 1層の変形角が1/30rad時の応力図(Y方向、4通り)

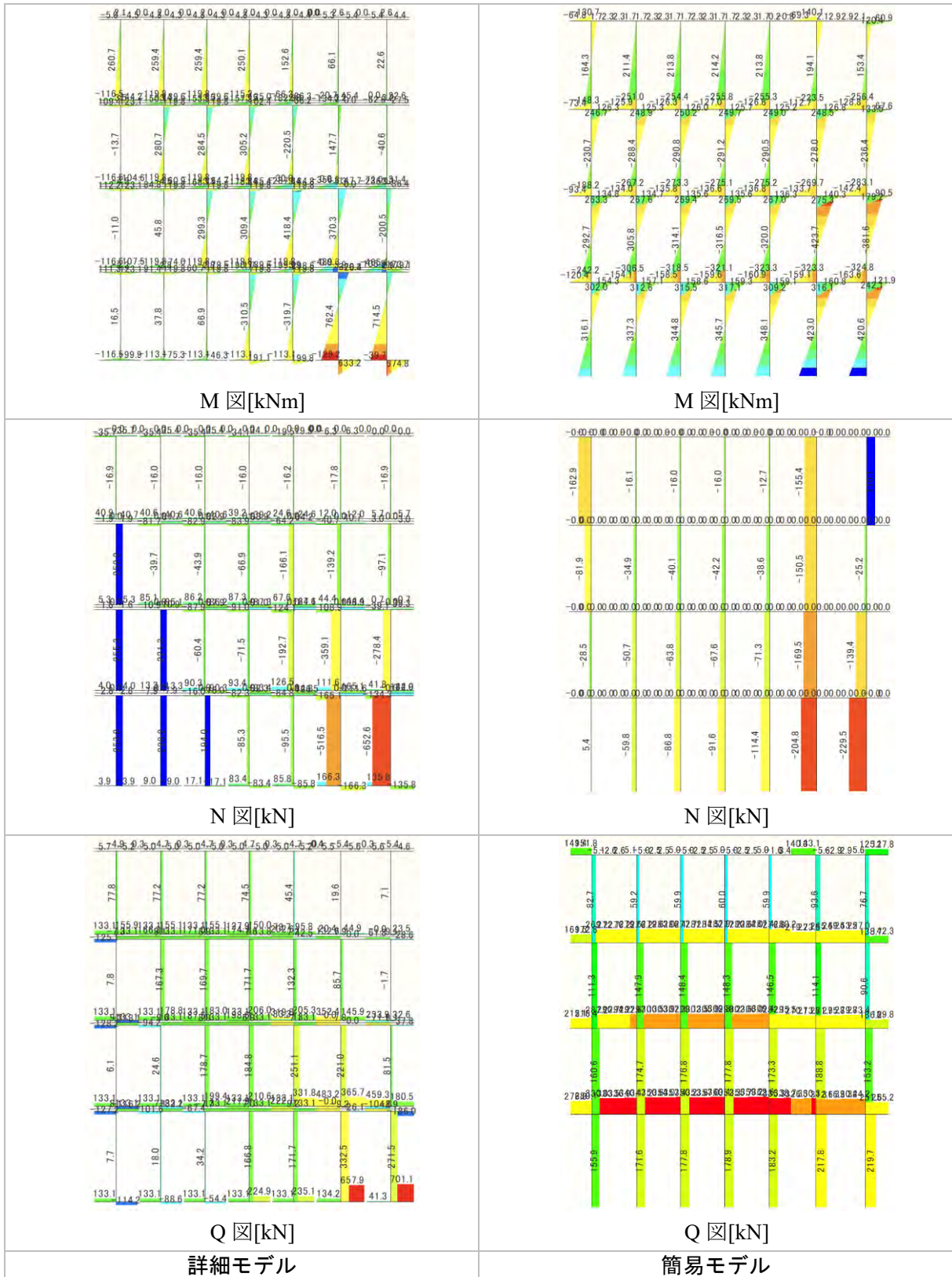


図 4.11.5-9 1 層の変形角が 1/30rad 時の応力図 (Y 方向、5 通り)

図 4.11.5-1 に示す荷重変形角関係の比較を見ると、X 方向は 1/200rad 程度までは詳細モデルと良く合っているが、Y 方向については対応が良くないことが分かる。ここで、連続壁架構の解析結果の差異に着目し、Y 方向 1 通りの 2 次元モデルを作成し解析結果の比較を行った。作成したモデルは、以下の 3 種類である。

- ・ 詳細モデル

前節で比較に用いた立体詳細モデルと同じ条件でモデル化 (図 4.11.5-10(a))

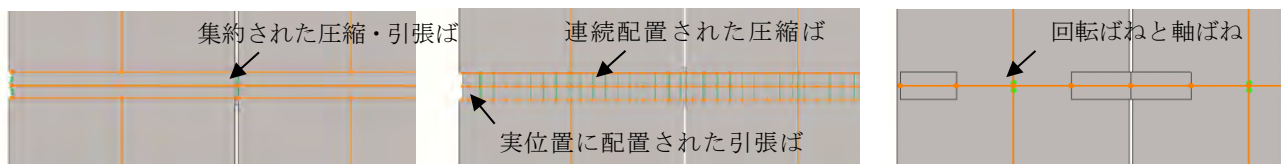
- ・ 詳細 MS モデル

前節の詳細モデルで、壁パネル接合部を支圧・めり込み剛性を連続する圧縮専用ばねにより、引きボルトの剛性を実際の位置に配置した引張専用ばねによりモデル化 (図 4.11.5-10(b))

圧縮専用ばねは壁パネル上下端の剛梁に 100mm 間隔で配置し、引張専用ばねは設計に従い壁端から 135mm の位置に配置した。

- ・ 簡易モデル

本設計例に用いた立体モデルと同じ条件でモデル化 (図 4.11.5-10(c))

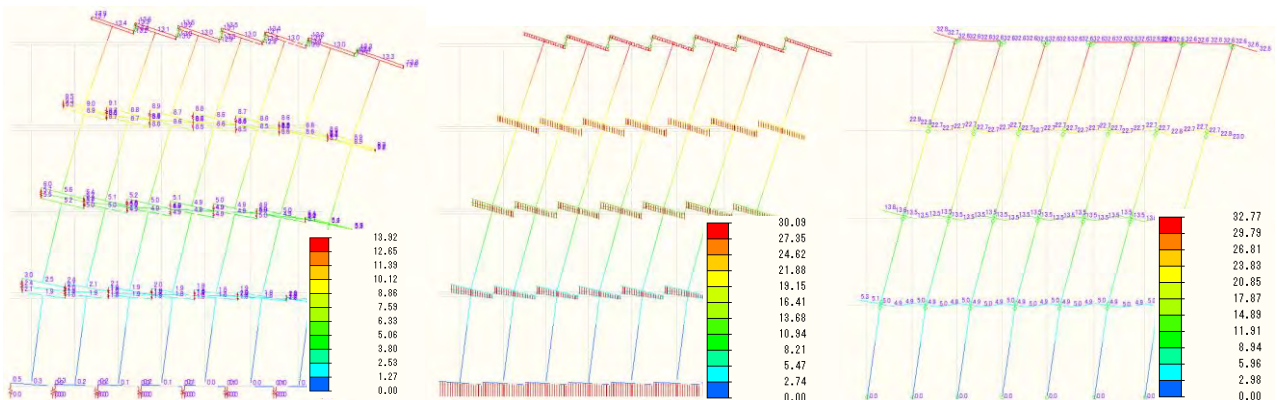


(a) 詳細モデル

(b) 詳細 MS モデル

(c) 簡易モデル

図 4.11.5-10 Y 方向 1 通り 2 次元連続壁モデルの概要



(a) 詳細モデル

(b) 詳細 MS モデル

(c) 簡易モデル

図 4.11.5-11 Y 方向 1 通り 2 次元連続壁モデルの変形図の一例 同水平荷重時

2 次元モデルの解析結果として図 4.11.5-11 に変形図、図 4.11.5-12 に荷重変形角関係図を示す。詳細 MS モデルの解析結果は、変形角が 1/200rad 程度までは簡易モデルと良く対応する結果となった。

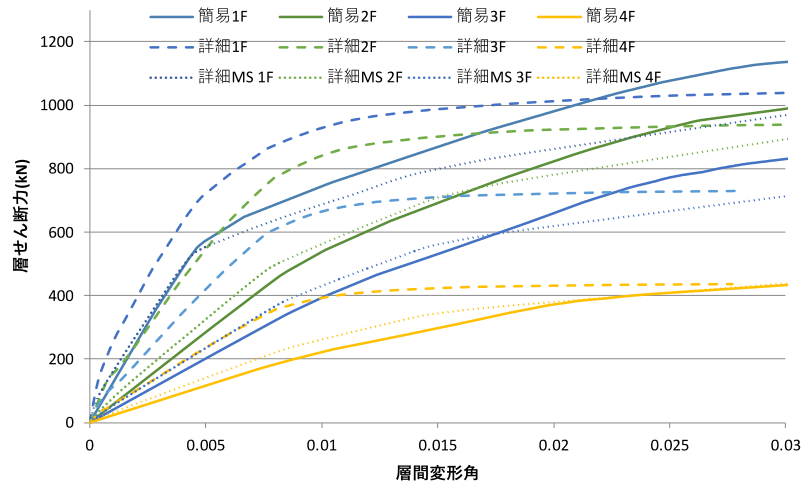


図 4.11.5-12 Y 方向 1 通り 2 次元連続壁モデルの荷重変形角関係

詳細モデルの剛性や耐力の評価が他の 2 モデルと異なる原因として、床の曲げ戻し効果の違いが考えられる。図 4.11.5-13 は詳細モデルと詳細 MS モデルの床の変形状態を示したものであるが、詳細モデルでは壁端部のみにばねを配置しているため壁幅内の床変形が拘束されていない。一方、詳細 MS モデルでは連続配置された圧縮ばねにより床-壁間の変形角を制限することから、床の剛性の影響を受けるモデルとなっている。簡易モデルは壁端部を床で繋ぐモデルとなっており、解析結果が床剛性の影響を受けることから詳細 MS モデルに近い結果になったと考えられる。

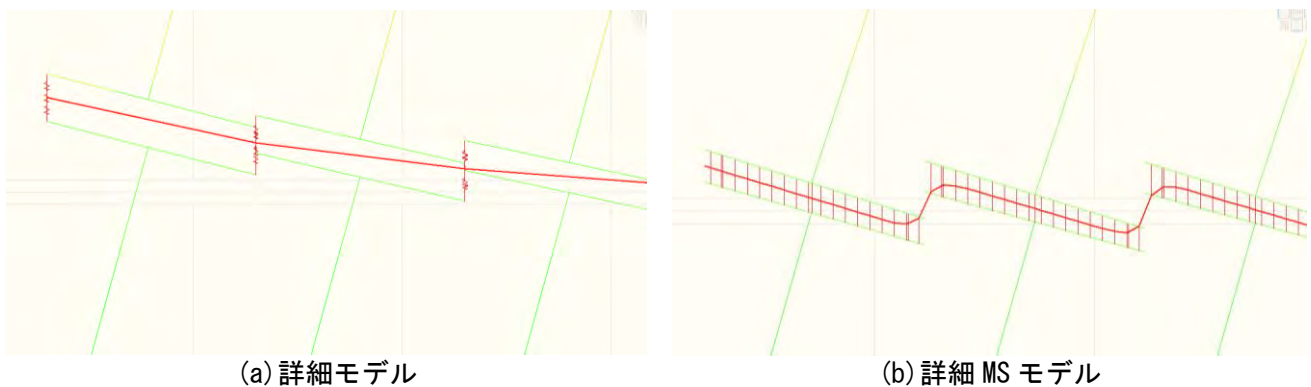


図 4.11.5-13 2 次元連続壁モデルの床変形状態

また、X 方向 Y 方向ともに、大変形時において簡易モデルの耐力が詳細モデル(Y 方向は詳細 MS モデル)に比べて大きくなっている。原因として、簡易モデルでは詳細モデルに比べて壁パネルの負担する曲げ・せん断応力の分布が均一になっていることも一因と考えられるが、詳細な検討は今後の課題である。

4.12 まとめ

本章では、簡易モデル化手法を用いて CLT 小幅パネル架構建築物のルート 2 による設計例を示した。簡易化手法により作成した解析モデルは構面の各部材や接合部を表現できており、荷重も意図通りに入力できた。解析作業上実用的に問題ないことが確認できたといえる。また詳細モデルでは節点数 1800、梁要素数 1677、ばね要素数 1309 を要したものが簡易モデルでは節点数 679、梁要素数 819 であり、増分解析時間は 1/3 以下となった。

また解析結果の応力を用いて断面算定を行い、各パネルはもちろんであるが、接合部についても支圧・めり込み応力やボルトの引張力に変換して検定できることを示した。

また前節では詳細モデルとの解析結果の比較を示した。

長期荷重時の解析結果を比較すると、軸力については大きい箇所ですら $\pm 10\%$ 程度の差異が見られる。曲げ応力については、通りの端部や、上下階で壁心位置がずれている箇所ですら部分的に差異が見られるが、曲げ圧縮に対する長期検定比はパネル・接合部ともに 0.1 以下となっており、実用上問題はないと考えられる。変位については絶対値が小さいこともあり大きな差異は見られなかった。

短期(地震)荷重時の解析結果を比較すると、表 4.11.4-3 に示すように X 方向加力時の変形角は最大で 20% 簡易モデルが小さく、Y 方向加力時の変位は最大で 75% 簡易モデルが大きくなった。X 方向は主に垂れ壁を用いた小幅パネル架構となっているのに対し、Y 方向は連続壁架構であるため、各方向での傾向が異なる結果になったと考えられる。連続壁架構では、前節の 2 次元モデルでの検討にあるように、詳細モデルでは床剛性の影響を考慮していないことによると考えられる。

以上より、簡易モデルでの解析結果は概ね詳細モデルと同様に設計に用いることができるが、連続壁架構では床剛性の影響を適切に評価する必要がある、また軸力による剛性の変化を考慮できないため変動軸力が大きい場合等に配慮する必要がある、といえる。