

## 付録 2

躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における

保有水平耐力計算と耐震診断の留意点

## 付 2.1 はじめに

本付録では、旧耐震基準で設計された壁式鉄筋コンクリート造建築物（以下、「WRC造」と略記）の躯体改造後の大地震時の安全性の評価について、保有水平耐力計算結果と耐震診断計算結果の比較と留意点を紹介する。

## 付 2.2 既存 WRC 造建築物の保有水平耐力計算と耐震診断計算の比較

### 付 2.2.1 建物概要

検討対象建物は、昭和 56 年の新耐震以前に設計された WRC 造 5 階建ての階段室型住棟である。建物概要を付表－1 に示す。

躯体改造の概要を付表－2 および付図－1～3 に示す。主な躯体改造計画としては、①のエレベーターシャフト設置のための床開口新設、②横動線確保のため耐力壁に掃き出し開口設置が挙げられる。特に②耐力壁への掃き出し開口設置により、張間方向の壁量の低下が生じることから、④増設壁の設置、③・⑥・⑦・⑧の荷重の軽減、⑨の荷重の加増を行い、必要壁量の確保や建設当時の壁の平均せん断応力度の規定値を満足させる計画としている。

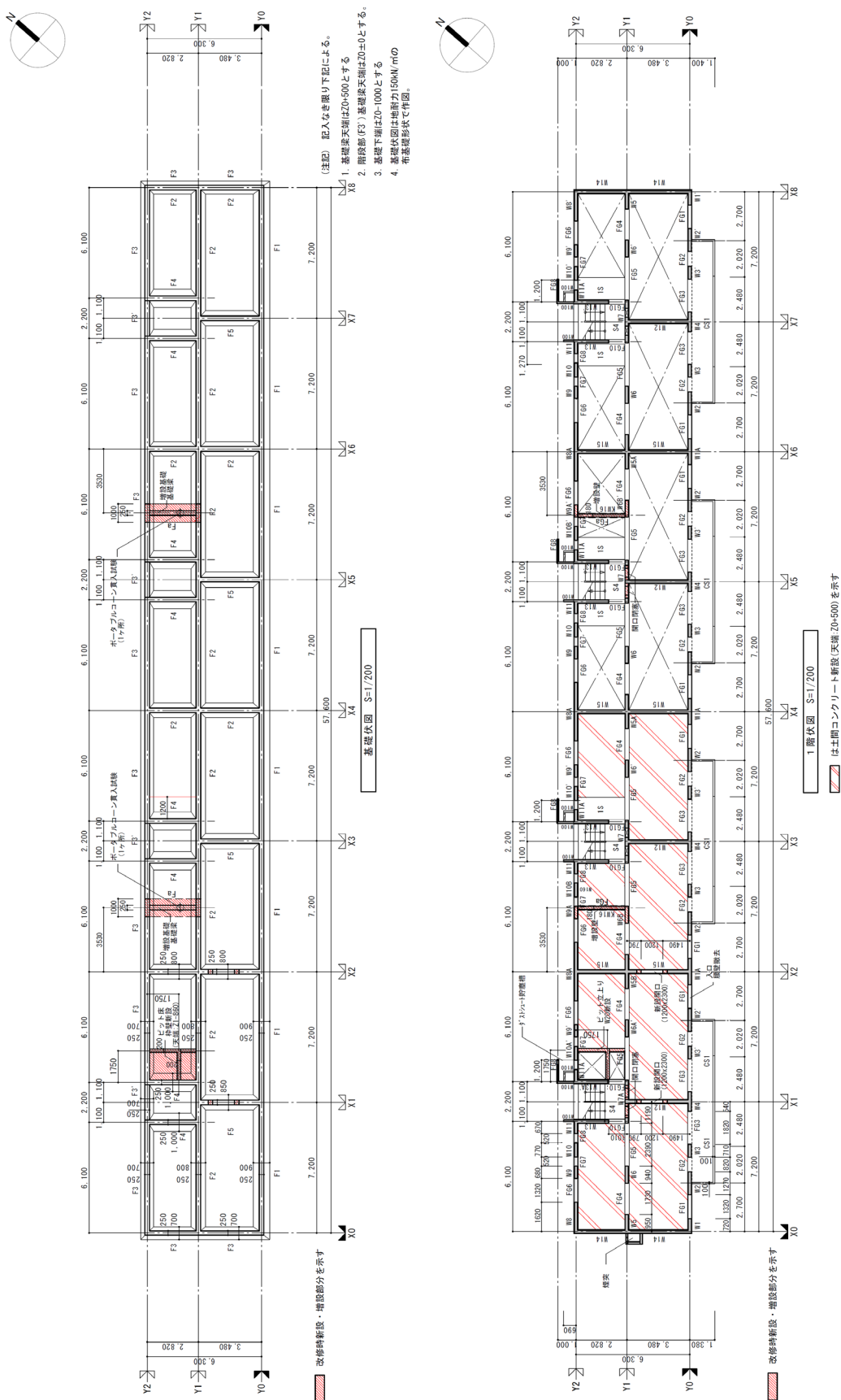
付表－1 建物概要および躯体改造の概要

|          |  |
|----------|--|
| 設計年      | 1961 年設計(昭和 36 年)                                  |
| 階数       | 地上 5 階建て   |
| 構造概要     | 壁式鉄筋コンクリート造 直接基礎（布基礎）                              |
| 鉄筋       | SR24(SR235)  |
| コンクリート強度 | Fc=150kgf/cm <sup>2</sup> (14.7N/mm <sup>2</sup> ) |

付表－2 躯体改造の概要

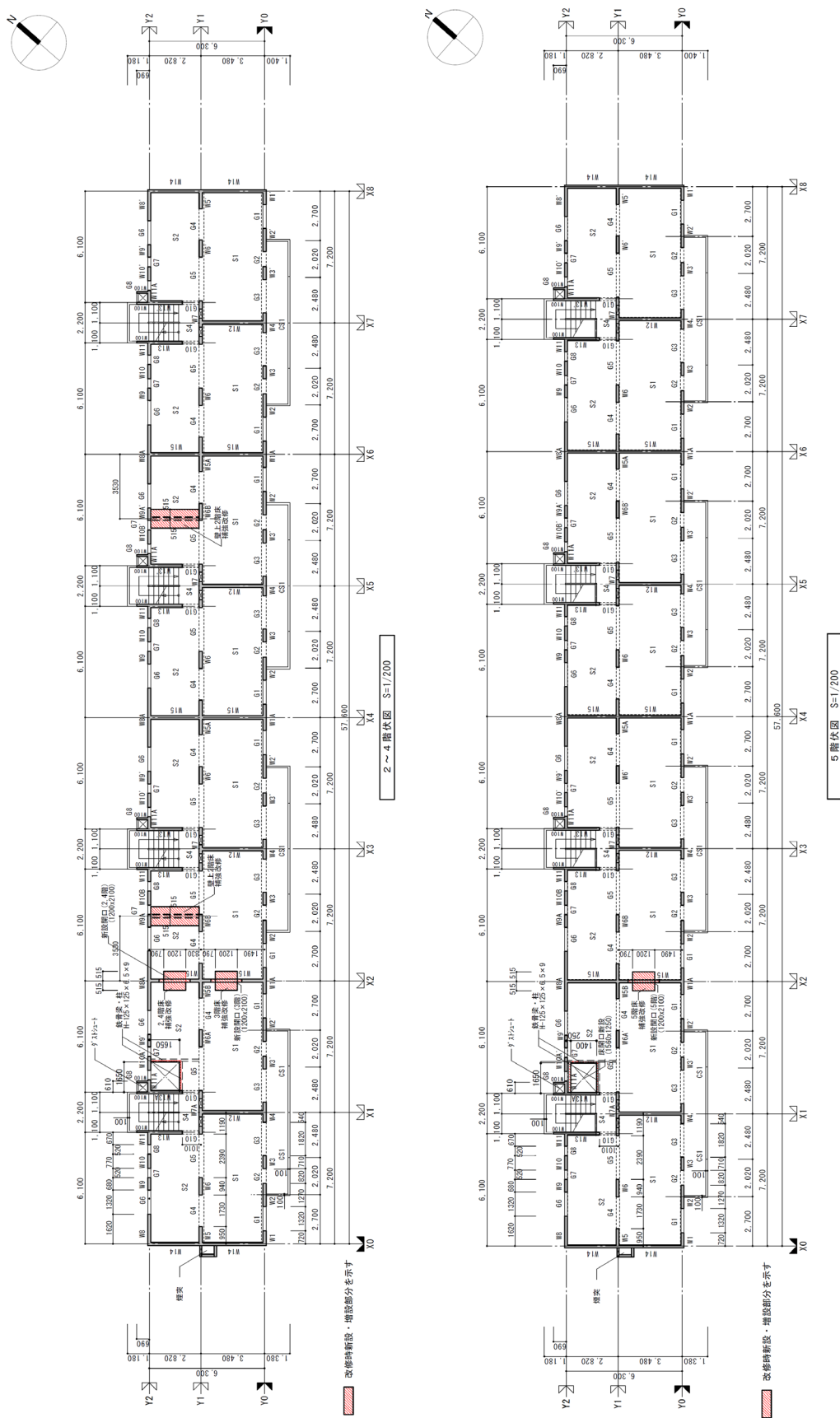
| No | 躯体改造の内容                                     | 改修階    | 箇所数   | 理由・構造的影響            |
|----|---|--------|-------|---------------------|
| ①  | 床スラブ開口新設(鉄骨柱梁による床スラブの補強)・基礎ピット新設・EV 区画乾式壁新設 | 基礎～5 階 | 5 ヶ所  | EV 設置のため            |
| ②  | 壁開口新設(X1 通り(1 階のみ),X2 通り)                   | 1～5 階  | 6 ヶ所  | 意匠上の横動線確保・壁量の低下     |
| ③  | 1 階腰壁撤去(Y0-X1-X2 間)                         | 1 階    | 1 ヶ所  | 出入口確保・荷重減           |
| ④  | 増設壁新設(基礎・基礎梁・2 階床撤去復旧)                      | 基礎～2 階 | 2 ヶ所  | 壁量・耐力増加のため          |
| ⑤  | メーターボックス小開口閉塞(Y1 通り X1、X5)                  | 1 階    | 4 ヶ所  | 耐力増加                |
| ⑥  | 浴室廻りの雑壁撤去                                   | 1～5 階  | 40 ヶ所 | 荷重減（壁量に含まれない壁）      |
| ⑦  | 仕上げモルタル撤去(室内壁、天井)                           | 1～5 階  | 室内全面  | 荷重減                 |
| ⑧  | 1 階玄関・浴室廻り床撤去(一部)                           | 1 階    | 3 ヶ所  | 荷重減・EV ピット設置、意匠上のため |
| ⑨  | 屋上防水改修(不陸調整材モルタル 15mm、断熱材の追加を含む)            | R 階    | 全面    | 荷重増                 |

付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点



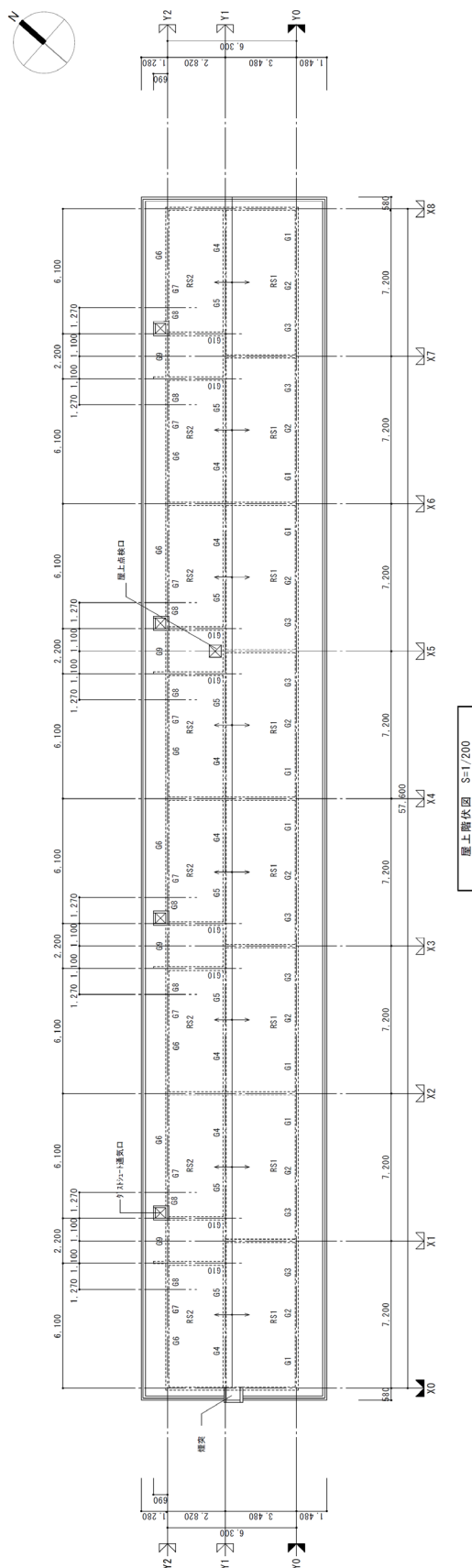
躯体改造の概要 (基礎、1階伏図)

付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点



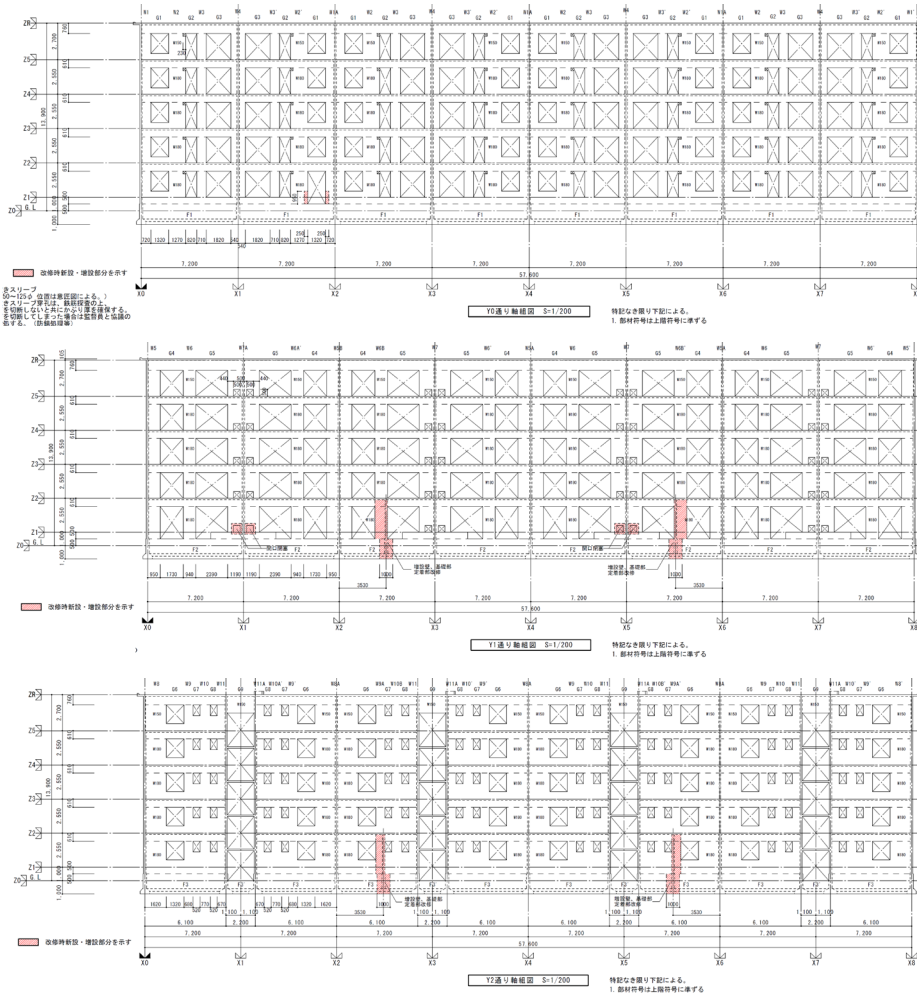
躯体改造の概要 (2~5階伏図)

付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点

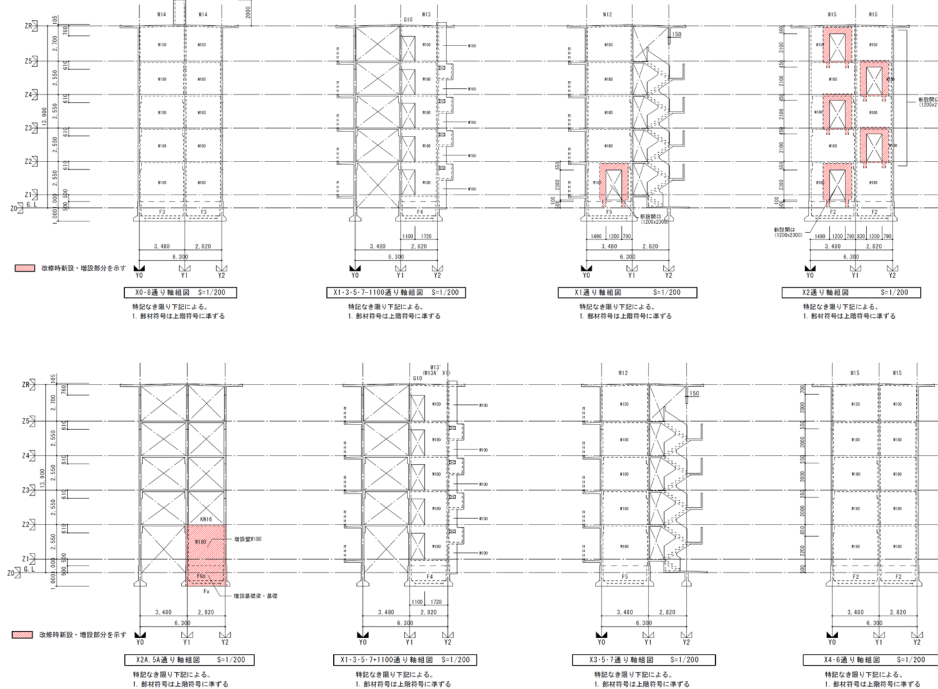


付図-1 躯体改造の概要 (屋上伏図)

付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点



付図-2 躯体改造の概要（桁行方向軸組図）



付図-3 躯体改造の概要（張間方向軸組図）

### 付 2.2.2 準拠基準、使用プログラム、材料強度、計算方針の概要

保有水平耐力計算および耐震診断計算に用いる準拠基準、使用プログラム、材料強度、計算方針の概要を付表-3、4に示す。主な違いとしては、保有水平耐力計算モデルでは、壁梁の降伏も考慮した解析が行われるのに対して、耐震診断では第2次診断法であるため、壁梁の降伏は考慮せずに鉛直部材（耐力壁）のみの終局強度の評価となる。また、保有水平耐力計算では、基礎の支点や部材の剛性に応じて荷重増分解析により逐次、部材の終局強度やせん断破壊等の降伏の判定が行われ、部材のせん断破壊が生じた時点で保有水平耐力としている。耐震診断では、耐力壁は壁脚部を固定とした終局強度の評価を行い、全ての耐力壁が同時に終局強度に達すると仮定している。その他、耐震診断では、形状指標や経年指標などの係数も考慮されている。

付表-3 保有水平耐力計算の概要

|          |   |
|----------|---|
| 準拠基準     | 壁式鉄筋コンクリート造設計・計算基準・同解説 2015年版、(一社)日本建築学会  |
| 使用プログラム  | 一貫構造計算プログラム (ASCAL ver.7)   |
| 計算用の材料強度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋：<math>\sigma_y=235\text{N/mm}^2</math> (SR235)</li> <li>コンクリート：<math>14.7\text{N/mm}^2</math> (設計基準強度)</li> </ul>   |
| 計算方法の概要  | <ul style="list-style-type: none"> <li>壁梁の降伏も考慮した荷重増分解析により保有水平耐力 (<math>Q_u</math>) を算出 (外力分布係数：<math>A_i</math> 分布)</li> <li>基礎支点については、耐力壁直下の中央にピン支持として設定</li> <li>壁梁の曲げ耐力算定時には有効幅内のスラブ筋を考慮する。</li> <li>部材耐力算定時の軸力は各ステップ時の軸力による。</li> <li>荷重増分解析は、部材がせん断破壊後も外力は保持するものとして、層間変形角 1/30 まで行う。</li> <li>保有水平耐力時は、部材がせん断破壊する時点もしくは層間変形角 1/200 に達する時点とする。</li> <li>形状係数は、桁行・張間方向の全階で <math>F_{es}=1.00</math> である。</li> </ul> |

付表-4 耐震診断計算の概要

|          |  |
|----------|--|
| 準拠基準     | <ul style="list-style-type: none"> <li>既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断指針、(一財)日本建築防災協会</li> <li>第2次診断法</li> </ul>   |
| 使用プログラム  | 手計算により建物重量、壁軸力、強度指標(C)、靱性指標(F)を算出し、保有性能基本指標( $E_0$ )を求める。更に、形状指標( $S_D$ )、経年指標(T)を算出して、構造耐震指標( $I_s$ )を求める。  |
| 計算用の材料強度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋：<math>\sigma_y=294\text{N/mm}^2</math> (SR235)</li> <li>コンクリート：<math>13.0\sim 20.4\text{N/mm}^2</math> (調査結果による推定強度)</li> </ul>  |
| 計算方法の概要  | <ul style="list-style-type: none"> <li>壁梁の降伏は考慮せずに、鉛直部材（壁）のみの耐力より保有水平耐力 (<math>Q_u</math>) を算出</li> <li>1階の壁脚部を固定として壁の曲げ耐力・せん断耐力を算出</li> <li>壁の曲げ耐力には、壁梁の曲げ戻しによる効果、壁梁のせん断力による鉛直方向の拘束による効果を略算で考慮している。</li> <li>部材耐力算定時の軸力は長期軸力による。</li> <li>部材の靱性指標 F 値は、せん断余裕度に応じてせん断壁で 1.0、曲げ壁で 1.0~2.0 としている。</li> <li>保有性能基本指標 <math>E_0</math> 算定式の強度抵抗型式は、第2グループ以降の強度寄与係数は F 値に係らず 1.0 であり、全ての耐力壁が同時に最大耐力を発揮していると仮定している。</li> <li>形状指標は、桁行・張間方向の全階で辺長比(<math>G_i=0.8</math>)により、<math>S_D=0.95</math> である。</li> <li>経年指標は、コンクリートの中性化を考慮し、<math>T=0.994</math> である。</li> </ul> |

保有水平耐力計算モデルと耐震診断モデルの地震時重量については、固定荷重、積載荷重等の条件をなるべく合わせている。地震時重量等の比較を付表-5、6に示す。1階の地震時重量は、保有水平耐力計算モデルが21,053.9kN、耐震診断モデルが20,682kNとなり、 $21,053.9\text{kN}/20,682\text{kN}\approx 1.02$ 程度であり、その他の階も概ね同等となっている。

付表-5 保有水平耐力計算モデルの地震時重量

※) 単位重量は地震力算定用重量を概算床面積で割った値

| 階  | A<br>m <sup>2</sup> | w <sub>i</sub><br>kN | Σw <sub>i</sub><br>kN | α <sub>i</sub> | A <sub>i</sub> | C <sub>i</sub> | Q <sub>i</sub><br>kN | w <sub>i</sub> /A<br>kN/m <sup>2</sup> |
|----|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|--|
| 5階 | 447.62              | 3327.4               | 3327.4                | 0.158          | 1.715          | 0.343          | 1141.1               | 7.43                                   |
| 4階 | 401.52              | 4223.1               | 7550.5                | 0.359          | 1.398          | 0.280          | 2110.4               | 10.52                                  |
| 3階 | 401.52              | 4422.4               | 11972.9               | 0.569          | 1.230          | 0.246          | 2944.4               | 11.01                                  |
| 2階 | 401.52              | 4422.4               | 16395.3               | 0.779          | 1.107          | 0.221          | 3631.4               | 11.01                                  |
| 1階 | 401.52              | 4658.6               | 21053.9               | 1.000          | 1.000          | 0.200          | 4210.8               | 11.60                                  |
| 基礎 | 362.88              | 4670.5               | 25724.4               |                |                | 0.100          | 4677.8               | 12.87                                  |
| Σ  |                     | 25724.4              |                       |                |                |                |                      |  |

付表-6 耐震診断計算モデルの地震時重量

・地震力 (F階地震力算定重量には基礎フーチング重量分は含まない)

| 階 | W <sub>i</sub><br>kN | ΣW <sub>i</sub><br>kN | α <sub>i</sub> | A <sub>i</sub> | C <sub>i</sub> | Q <sub>i</sub><br>kN | P <sub>i</sub><br>kN | 床面積A<br>m <sup>2</sup> | W <sub>i</sub> /A<br>kN/m <sup>2</sup> | 1/A <sub>i</sub> |
|---|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|------------------------|--|------------------|
| 5 | 3,478                | 3,478                 | 0.168          | 1.688          | 0.338          | 1,174                | 1,174                | 447.62                 | 7.77                                   | 0.592            |
| 4 | 4,087                | 7,565                 | 0.366          | 1.390          | 0.278          | 2,104                | 929                  | 398.66                 | 10.25                                  | 0.719            |
| 3 | 4,296                | 11,861                | 0.573          | 1.226          | 0.245          | 2,909                | 806                  | 398.66                 | 10.78                                  | 0.815            |
| 2 | 4,296                | 16,157                | 0.781          | 1.106          | 0.221          | 3,574                | 665                  | 398.66                 | 10.78                                  | 0.904            |
| 1 | 4,525                | 20,682                | 1.000          | 1.000          | 0.200          | 4,136                | 562                  | 398.66                 | 11.35                                  | 1.000            |
| F | 15,613               | 36,295                |                |                |                |                      |                      |                        |  |                  |

#### 付 2.2.4 保有水平耐力計算結果と耐震診断結果の比較

##### (1) 保有水平耐力計算の結果

保有水平耐力時の結果を付表-7に示す。また、層間変形角 1/200 近傍、せん断破壊した時点、最終 STEP のそれぞれの各階の Q<sub>u</sub>、ベースシア係数、層間変形角を付表-8に示す。

X 方向は、早期に脆性部材が生じたことにより保有水平耐力が決定され、正負加力とも  $Q_u/Q_{un}=0.738$  と必要保有水平耐力を満足していない。付表-8に示すようにベースシア係数換算で  $C_B=8549\text{kN}/21053.9\text{kN}\approx 0.406$  程度となっている。層間変形角 1/200 近傍においては、 $C_B=0.614$  であり必要保有水平耐力を満足することになる。

付図-4に保有水平耐力計算結果におけるヒンジの凡例を示す。付図-5には、X 方向の保有水平耐力時のヒンジ図の抜粋 (Y0~Y2 通りの X1~X4 間) を示す。X 方向の保有水平耐力時については、大部分の耐力壁が未降伏の状態であり、Y1-X3 の耐力壁のせん断破壊により決定している。



Y方向は、脆性部材が生じたことにより保有水平耐力が決定され正負加力とも  
Qu/Qu<sub>n</sub>=1.008~1.242 と必要保有耐力を満足している。付表-9に示すようにベース  
シア係数換算でC<sub>B</sub>=0.555~0.683 となる。保有水平耐力時の壁のせん断破壊時点  
(56Step) と層間変形角 1/200 近傍(58Step)は、ほぼ同程度となっている。

付図-6には、Y方向の保有水平耐力時のヒンジ図の抜粋(X1~X4通り)を示  
す。保有水平耐力時については、概ね耐力壁が曲げ降伏している。

付表-7 保有水平耐力計算結果

| X方向 正加力時 |          |      |           |           |          |                    | X方向 負加力時 |          |      |           |           |          |                    |
|----------|----------|------|-----------|-----------|----------|--------------------|----------|----------|------|-----------|-----------|----------|--------------------|
| 階        | X方向 正加力時 |      |           |           |          |                    | 階        | X方向 負加力時 |      |           |           |          |                    |
|          | Ds       | Fes  | Qud<br>kN | Qun<br>kN | Qu<br>kN | Qu/Qu <sub>n</sub> |          | Ds       | Fes  | Qud<br>kN | Qun<br>kN | Qu<br>kN | Qu/Qu <sub>n</sub> |
| 5階       | 0.55     | 1.00 | 5705      | 3138      | 2317     | 0.738              | 5階       | 0.55     | 1.00 | 5705      | 3138      | 2317     | 0.738              |
| 4階       | 0.55     | 1.00 | 10552     | 5804      | 4285     | 0.738              | 4階       | 0.55     | 1.00 | 10552     | 5804      | 4285     | 0.738              |
| 3階       | 0.55     | 1.00 | 14722     | 8097      | 5978     | 0.738              | 3階       | 0.55     | 1.00 | 14722     | 8097      | 5978     | 0.738              |
| 2階       | 0.55     | 1.00 | 18157     | 9986      | 7373     | 0.738              | 2階       | 0.55     | 1.00 | 18157     | 9986      | 7372     | 0.738              |
| 1階       | 0.55     | 1.00 | 21054     | 11580     | 8549     | 0.738              | 1階       | 0.55     | 1.00 | 21054     | 11580     | 8548     | 0.738              |

| Y方向 正加力時 |          |      |           |           |          |                    | Y方向 負加力時 |          |      |           |           |          |                    |
|----------|----------|------|-----------|-----------|----------|--------------------|----------|----------|------|-----------|-----------|----------|--------------------|
| 階        | Y方向 正加力時 |      |           |           |          |                    | 階        | Y方向 負加力時 |      |           |           |          |                    |
|          | Ds       | Fes  | Qud<br>kN | Qun<br>kN | Qu<br>kN | Qu/Qu <sub>n</sub> |          | Ds       | Fes  | Qud<br>kN | Qun<br>kN | Qu<br>kN | Qu/Qu <sub>n</sub> |
| 5階       | 0.55     | 1.00 | 5705      | 3138      | 3164     | 1.008              | 5階       | 0.55     | 1.00 | 5705      | 3138      | 3898     | 1.242              |
| 4階       | 0.55     | 1.00 | 10552     | 5804      | 5851     | 1.008              | 4階       | 0.55     | 1.00 | 10552     | 5804      | 7209     | 1.242              |
| 3階       | 0.55     | 1.00 | 14722     | 8097      | 8162     | 1.008              | 3階       | 0.55     | 1.00 | 14722     | 8097      | 10058    | 1.242              |
| 2階       | 0.55     | 1.00 | 18157     | 9986      | 10069    | 1.008              | 2階       | 0.55     | 1.00 | 18157     | 9986      | 12406    | 1.242              |
| 1階       | 0.55     | 1.00 | 21054     | 11580     | 11675    | 1.008              | 1階       | 0.55     | 1.00 | 21054     | 11580     | 14382    | 1.242              |

付表-8 X方向の各ステップの保有水平耐力計算結果

① X方向正加力時

保有水平耐力時：部材がせん断破壊する時点

耐力壁せん断破壊部材：1F Y1 X3 step41

| Step | 最大層間変形角1/200近傍 |         |        | 部材がせん断破壊する時点 |         |        | 最終step   |         |        |
|------|----------------|---------|--------|--------------|---------|--------|----------|---------|--------|
|      | Δδ<br>mm       | Q<br>kN | δ/h    | Δδ<br>mm     | Q<br>kN | δ/h    | Δδ<br>mm | Q<br>kN | δ/h    |
| CB換算 | 0.614          |         |        | 0.406        |         |        | 0.680    |         |        |
| 5階   | 0.92           | 3503    | 1/2944 | 0.36         | 2317    | 1/7542 | 1.31     | 3879.2  | 1/2056 |
| 4階   | 1.51           | 6478    | 1/1690 | 0.54         | 4285    | 1/4722 | 2.50     | 7174.5  | 1/1019 |
| 3階   | 3.52           | 9038    | 1/725  | 0.72         | 5978    | 1/3537 | 10.58    | 10009.9 | 1/241  |
| 2階   | 5.60           | 11147   | 1/455  | 0.85         | 7373    | 1/2989 | 22.35    | 12345.6 | 1/114  |
| 1階   | 10.10          | 12926   | 1/302  | 1.02         | 8549    | 1/2987 | 102.36   | 14315.1 | 1/30   |

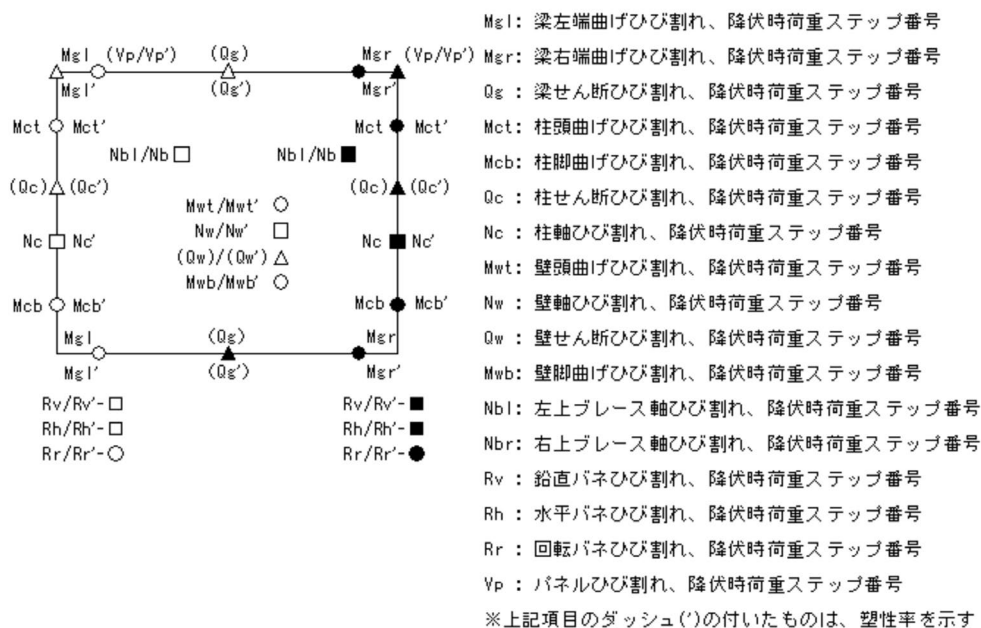
② X方向負加力時

保有水平耐力時：部材がせん断破壊する時点

耐力壁せん断破壊部材：1F Y1 X3 step41

| Step | 最大層間変形角1/200近傍 |         |        | 部材がせん断破壊する時点 |         |        | 最終step   |         |        |
|------|----------------|---------|--------|--------------|---------|--------|----------|---------|--------|
|      | Δδ<br>mm       | Q<br>kN | δ/h    | Δδ<br>mm     | Q<br>kN | δ/h    | Δδ<br>mm | Q<br>kN | δ/h    |
| CB換算 | 0.614          |         |        | 0.406        |         |        | 0.683    |         |        |
| 5階   | 0.93           | 3503    | 1/2900 | 0.36         | 2317    | 1/7521 | 1.35     | 3898    | 1/2007 |
| 4階   | 1.52           | 6478    | 1/1673 | 0.54         | 4285    | 1/4713 | 2.61     | 7209    | 1/976  |
| 3階   | 3.69           | 9038    | 1/691  | 0.72         | 5978    | 1/3522 | 12.40    | 10059   | 1/206  |
| 2階   | 5.84           | 11147   | 1/437  | 0.86         | 7373    | 1/2975 | 27.26    | 12406   | 1/94   |
| 1階   | 10.11          | 12926   | 1/302  | 1.02         | 8549    | 1/2996 | 117.85   | 14385   | 1/26   |

付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点



塑性化の記号

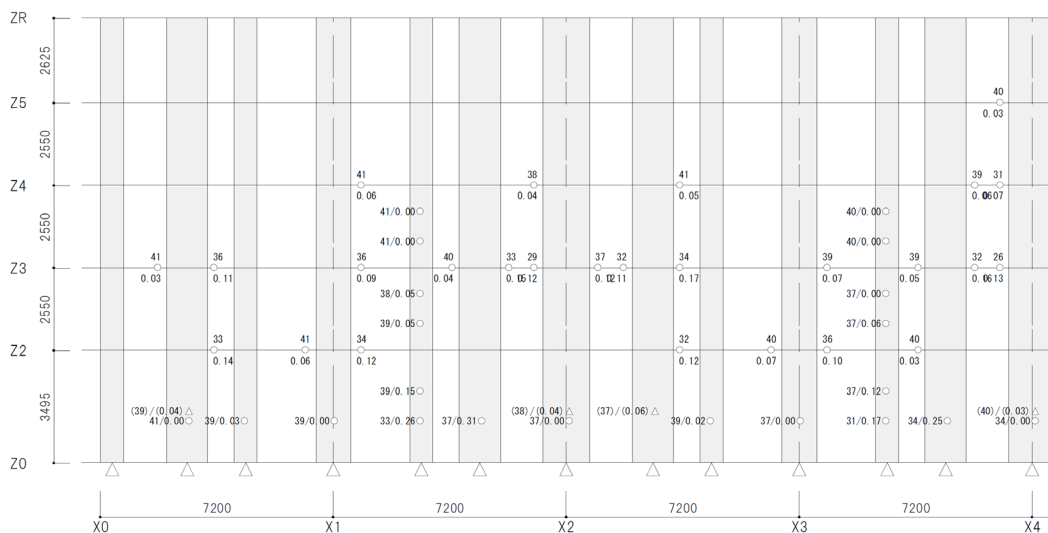
|        | ひび割れ | 降伏 |
|--------|------|----|
| 曲げ     | ○    | ●  |
| せん断    | △    | ▲  |
| 軸引張    | □    | ■  |
| 圧壊(座屈) |      | ◆  |

(鉛直バネの■は浮上りを示す)

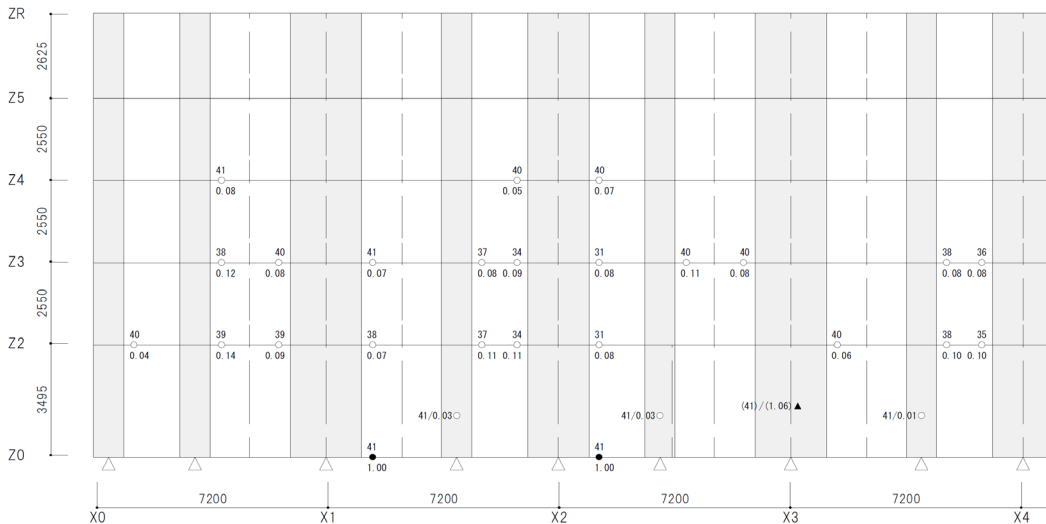
耐震壁付帯梁は表示しない

●印はS造柱脚のヒンジを示す

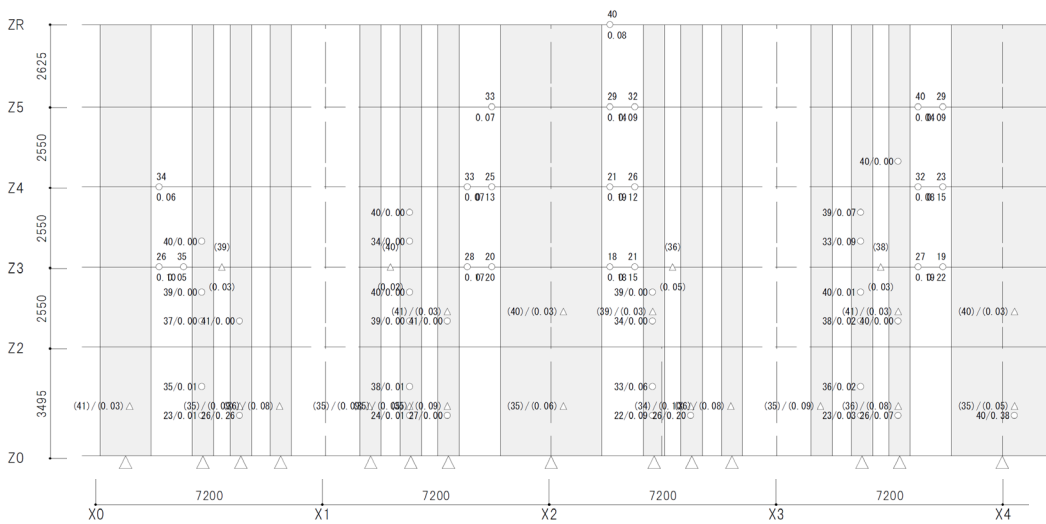
付図-4 保有水平耐力計算結果におけるヒンジ凡例図



付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点



保有水平耐力時（正加力）：Y1 通りヒンジ図（抜粋）



保有水平耐力時（正加力）：Y2 通りヒンジ図（抜粋）

付図-5 X方向の保有水平耐力時ヒンジ図

付表-9 Y方向の各ステップの保有水平耐力計算結果

③ Y方向 正加力時

保有水平耐力時： 部材がせん断破壊する時点

耐力壁せん断破壊部材： 1F X2 Y1-Y2 step56

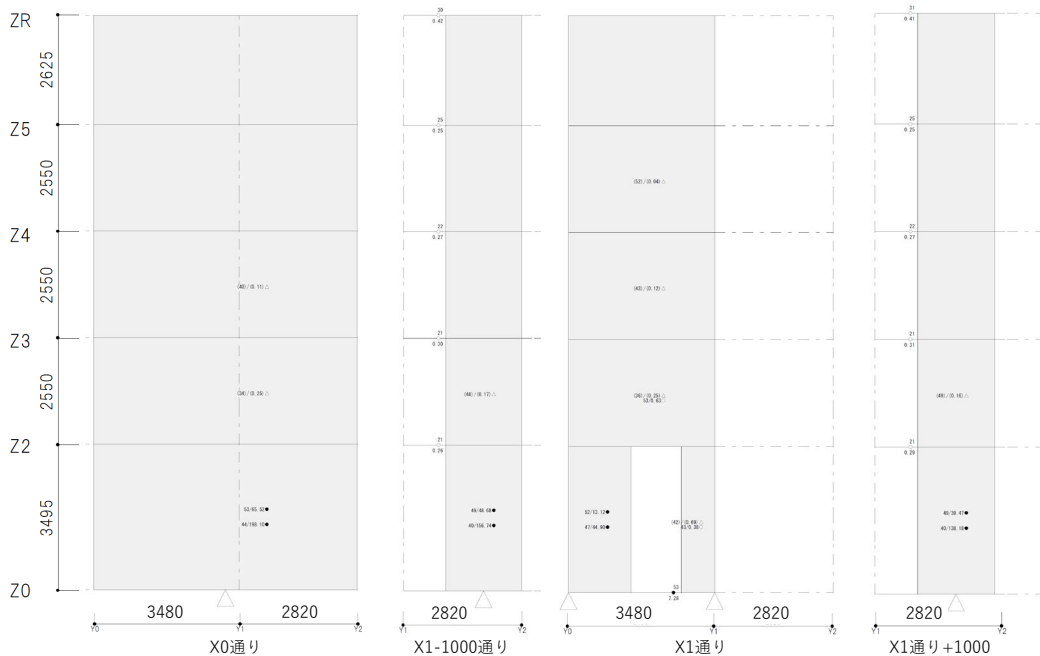
| Step | 最大層間変形角1/200近傍        |         |            | 部材がせん断破壊する時点          |         |            | 最終step                |         |            |
|------|-----------------------|---------|------------|-----------------------|---------|------------|-----------------------|---------|------------|
|      | $\Delta \delta$<br>mm | Q<br>kN | $\delta/h$ | $\Delta \delta$<br>mm | Q<br>kN | $\delta/h$ | $\Delta \delta$<br>mm | Q<br>kN | $\delta/h$ |
| CB換算 | 0.574                 |         |            | 0.555                 |         |            | 0.601                 |         |            |
| 5階   | 1.68                  | 3277    | 1/1609     | 1.51                  | 3164    | 1/1785     | 1.84                  | 3429.5  | 1/1468     |
| 4階   | 1.89                  | 6060    | 1/1348     | 1.72                  | 5852    | 1/1483     | 2.07                  | 6342.8  | 1/1230     |
| 3階   | 2.61                  | 8455    | 1/976      | 2.39                  | 8164    | 1/1068     | 2.90                  | 8849.5  | 1/879      |
| 2階   | 3.95                  | 10428   | 1/645      | 3.56                  | 10069   | 1/717      | 4.31                  | 10914.4 | 1/591      |
| 1階   | 13.65                 | 12092   | 1/223      | 9.63                  | 11675   | 1/317      | 166.93                | 12655.5 | 1/18       |

④ Y方向 負加力時

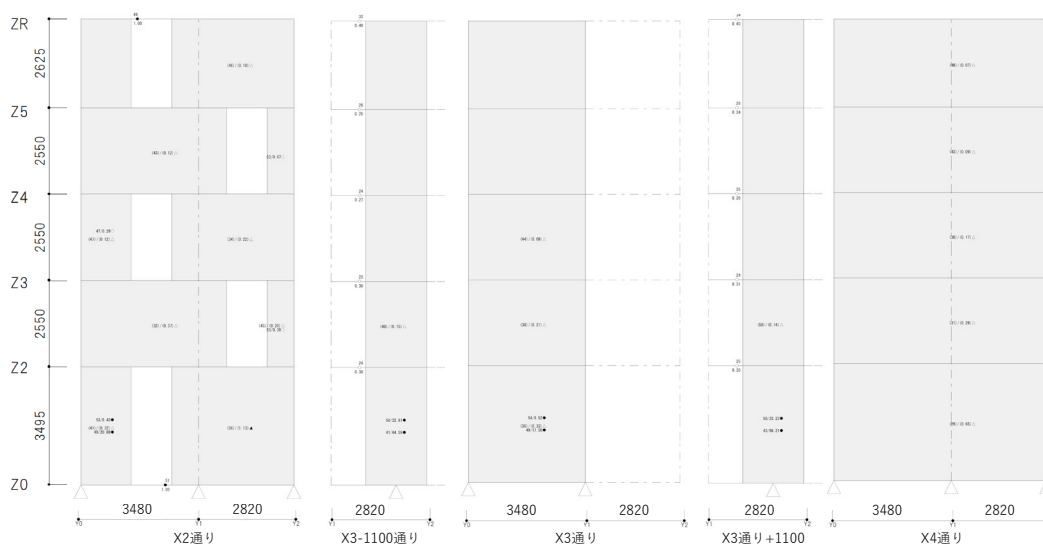
保有水平耐力時： 部材がせん断破壊する時点

耐力壁せん断破壊部材： 1F X1 Y0~, 1F X2 Y0~ step69

| Step | 最大層間変形角1/200近傍        |         |            | 部材がせん断破壊する時点          |         |            | 最終step                |         |            |
|------|-----------------------|---------|------------|-----------------------|---------|------------|-----------------------|---------|------------|
|      | $\Delta \delta$<br>mm | Q<br>kN | $\delta/h$ | $\Delta \delta$<br>mm | Q<br>kN | $\delta/h$ | $\Delta \delta$<br>mm | Q<br>kN | $\delta/h$ |
| CB換算 | 0.693                 |         |            | 0.683                 |         |            | 0.714                 |         |            |
| 5階   | 4.70                  | 3955    | 1/574      | 3.91                  | 3898    | 1/690      | 9.14                  | 4071.7  | 1/296      |
| 4階   | 5.02                  | 7314    | 1/508      | 4.30                  | 7209    | 1/593      | 9.18                  | 7530.4  | 1/278      |
| 3階   | 6.44                  | 10204   | 1/396      | 5.66                  | 10059   | 1/451      | 10.59                 | 10506.5 | 1/241      |
| 2階   | 7.84                  | 12585   | 1/325      | 7.02                  | 12406   | 1/363      | 12.71                 | 12958.0 | 1/201      |
| 1階   | 14.30                 | 14593   | 1/213      | 11.79                 | 14385   | 1/259      | 368.70                | 15025.3 | 1/8        |



保有水平耐力時（正加力）： X0~X1+1100 通りヒンジ図（抜粋）



保有水平耐力時（正加力）：X2～X4 通りヒンジ図（抜粋）

付図－6 Y方向の保有水平耐力時ヒンジ図

## (2) 耐震診断結果

耐震診断結果を付表－10に示す。X方向については、構造耐震指標（ $I_s$ ）は1階で $I_s=0.92$ と全階で構造耐震判定指標（ $I_{so}=0.6$ ）を上回り所要の耐震性能を有している。1階の $I_s=0.92$ の強度指標（C）は $C=0.972$ であり、保有水平耐力は、 $Q_u=0.972 \times 20,682\text{kN} \approx 20,102\text{kN}$ となり、荷重増分解析による保有水平耐力計算に比べて、 $20,102\text{kN}/8549\text{kN} \approx 2.35$ 倍の保有水平耐力を有していることになる。これは、保有水平耐力計算では、早期に脆性部材が生じて保有水平耐力が決定されたこと、耐震診断では耐力壁に取り付く壁梁の降伏を無視し、耐力壁の終局耐力の和としている点で異なるためである。

付図－7には、X方向の代表的な破壊モード図を示す。1階は、Y0、Y2通りの窓開口の構面はせん断壁が支配的であり一部曲げ壁が混在する。Y1通りは靱性の低い曲げ壁が支配的である。

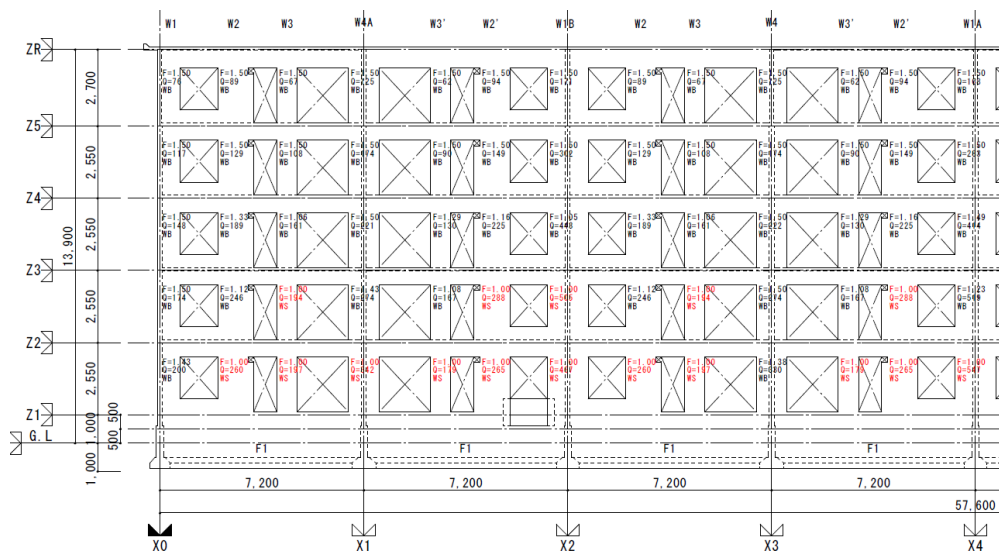
Y方向については、構造耐震指標（ $I_s$ ）は1階で $I_s=0.67$ と全階で構造耐震判定指標（ $I_{so}=0.6$ ）を上回り所要の耐震性能を有している。1階の $I_s=0.67$ の強度指標（C）は $C=0.709$ であり、保有水平耐力は、 $Q_u=0.709 \times 20,682\text{kN} \approx 14,663\text{kN}$ となり、荷重増分解析による保有水平耐力計算に比べて、 $14,663\text{kN}/14,385\text{kN} \approx 1.01$ 倍とほぼ同程度となっている。これは、保有水平耐力計算においても、1階の壁は概ね曲げ降伏が先行し、層間変形角 $1/200$ 程度で保有耐力が決定されていること、桁行方向に比べて壁梁が少なく壁梁降伏の影響が少ないと考えられる。

付図－8には、Y方向の代表的な破壊モード図を示す。1階は、F=1.00～2.00の曲げ壁が支配的であり、破壊モードは保有耐力計算に近い傾向となっている。

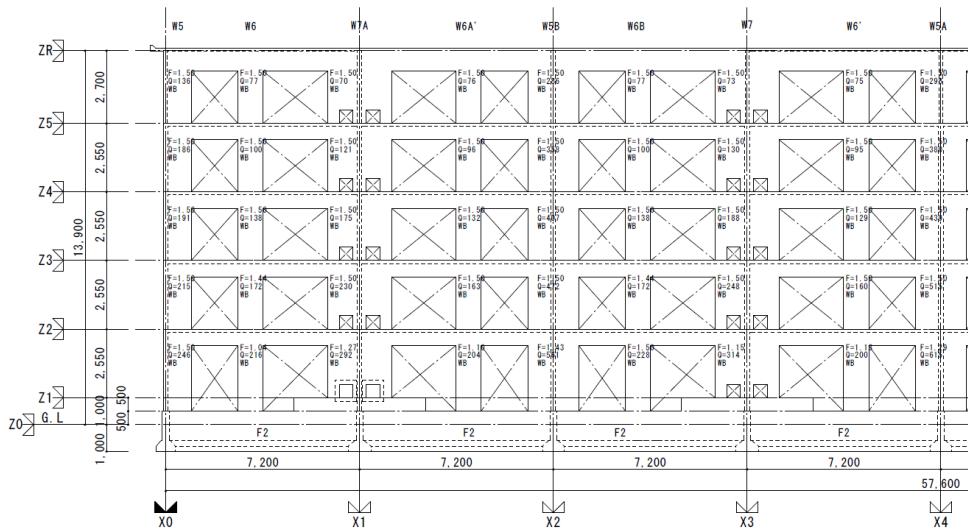
付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点

付表-10 耐震診断結果

| 方向 | 層 | C                       | F                    | Type           | $E_p$ | $S_p$ | T     | Is   | $C_{IT} \cdot S_p$ | 判定 | 決定式  |
|----|---|-------------------------|----------------------|----------------|-------|-------|-------|------|--------------------|----|------|
| X  | 5 | 0.141<br>2.071          | 1.27<br>1.50         | WB<br>WB       | 1.843 | 0.950 | 0.994 | 1.74 | 1.17               | OK | (4式) |
|    | 4 | 0.022<br>1.490          | 1.27<br>1.40         | WB<br>WB       | 1.500 | 0.950 | 0.994 | 1.42 | 1.02               | OK | (4式) |
|    | 3 | 1.279                   | 1.00                 | WB, WS         | 1.043 | 0.950 | 0.994 | 0.98 | 0.99               | OK | (5式) |
|    | 2 | 1.120                   | 1.00                 | WB, WS         | 1.013 | 0.950 | 0.994 | 0.96 | 0.96               | OK | (5式) |
|    | 1 | 0.972                   | 1.00                 | WB, WS         | 0.972 | 0.950 | 0.994 | 0.92 | 0.92               | OK | (5式) |
| Y  | 5 | 3.566                   | 1.00                 | WB, WS         | 2.112 | 0.950 | 0.994 | 1.99 | 2.01               | OK | (5式) |
|    | 4 | 2.040                   | 1.50                 | WB             | 2.200 | 0.950 | 0.994 | 2.08 | 1.39               | OK | (5式) |
|    | 3 | 0.368<br>0.778          | 1.40<br>2.00         | WB<br>WB       | 1.337 | 0.950 | 0.994 | 1.26 | 0.60               | OK | (4式) |
|    | 2 | 0.031<br>0.759          | 1.27<br>1.50         | WB<br>WB       | 1.029 | 0.950 | 0.994 | 0.97 | 0.65               | OK | (4式) |
|    | 1 | 0.709                   | 1.00                 | WB, WS         | 0.709 | 0.950 | 0.994 | 0.67 | 0.67               | OK | (5式) |
| X  | 5 | 0.141<br>2.057          | 1.27<br>1.50         | WB<br>WB       | 1.831 | 0.950 | 0.994 | 1.73 | 1.16               | OK | (4式) |
|    | 4 | 0.030<br>0.078<br>1.406 | 1.27<br>1.40<br>1.50 | WB<br>WB<br>WB | 1.519 | 0.950 | 0.994 | 1.43 | 0.96               | OK | (4式) |
|    | 3 | 1.276                   | 1.00                 | WB, WS         | 1.040 | 0.950 | 0.994 | 0.98 | 0.99               | OK | (5式) |
|    | 2 | 1.118                   | 1.00                 | WB, WS         | 1.011 | 0.950 | 0.994 | 0.95 | 0.96               | OK | (5式) |
|    | 1 | 0.970                   | 1.00                 | WB, WS         | 0.970 | 0.950 | 0.994 | 0.92 | 0.92               | OK | (5式) |
| Y  | 5 | 3.708                   | 1.00                 | WB, WS         | 2.196 | 0.950 | 0.994 | 2.07 | 2.09               | OK | (5式) |
|    | 4 | 2.184                   | 1.00                 | WB, WS         | 1.571 | 0.950 | 0.994 | 1.48 | 1.49               | OK | (5式) |
|    | 3 | 1.175                   | 1.40                 | WB             | 1.341 | 0.950 | 0.994 | 1.27 | 0.91               | OK | (5式) |
|    | 2 | 0.259<br>0.508          | 1.10<br>2.00         | WB<br>WB       | 0.954 | 0.950 | 0.994 | 0.90 | 0.44               | OK | (4式) |
|    | 1 | 0.327<br>0.326          | 1.00<br>2.00         | WS<br>WB       | 0.728 | 0.950 | 0.994 | 0.69 | 0.31               | OK | (4式) |

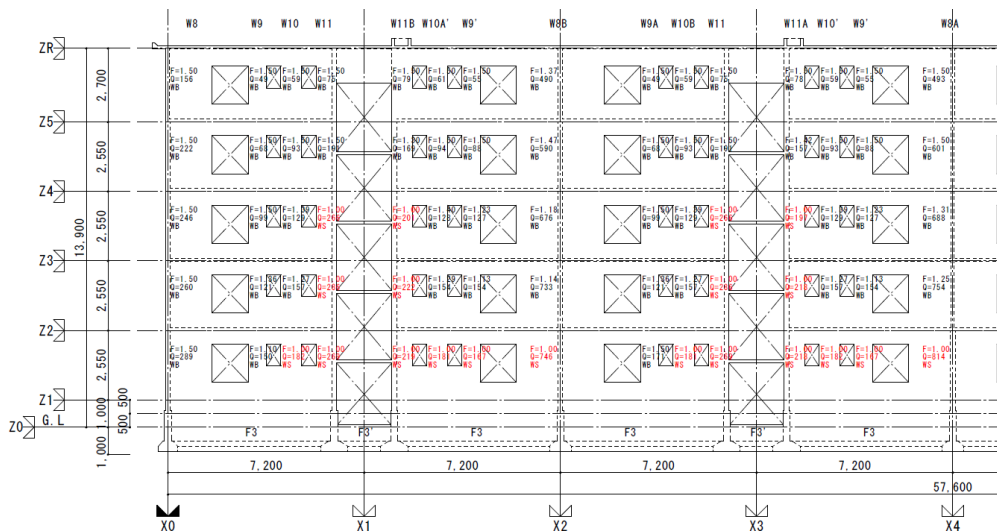


耐震診断時（正加力）：Y0 通り破壊モード図（抜粋）



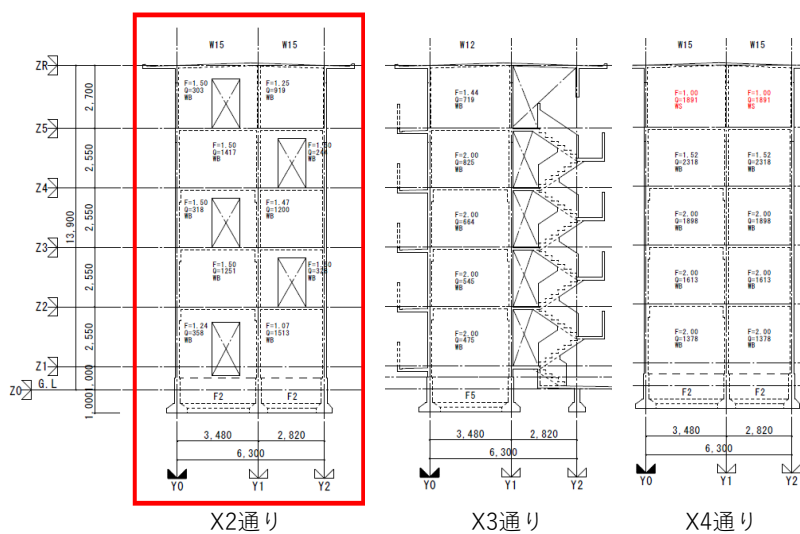
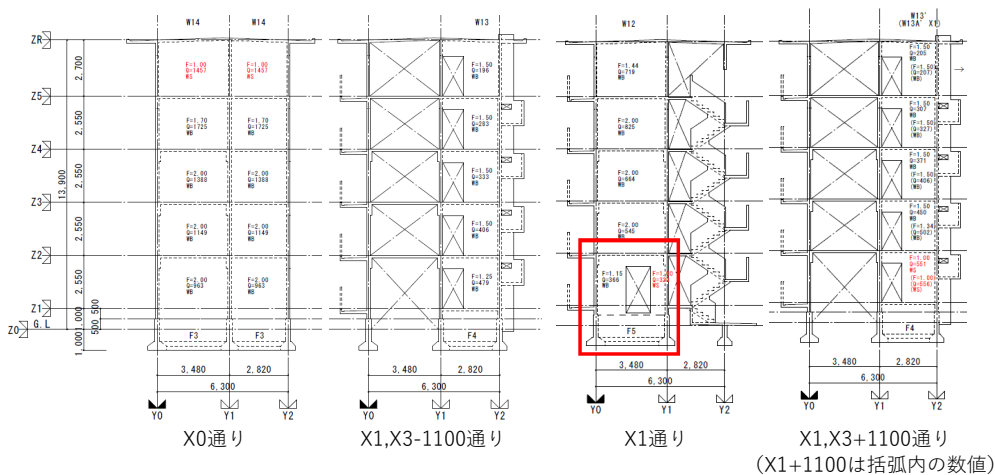
耐震診断時（正加力）：Y1 通り破壊モード図（抜粋）

付録2 躯体改造後の建築物の大地震時の安全性の評価における  
保有水平耐力計算と耐震診断の留意点



耐震診断時（正加力）：Y2 通り破壊モード図（抜粋）

付図-7 X方向の破壊モード図（続き）



耐震診断時（正加力）：X0～X4 通り破壊モード図（抜粋）

付図-8 Y方向の破壊モード図

### 付 2.3 保有水平耐力計算と耐震診断計算の留意点

壁式鉄筋コンクリート造建築物の躯体改造後の大地震地震時の安全性の評価について、保有水平耐力計算と耐震診断計算の違い、計算結果への影響の留意点を付表-11に記載する。

付表-11 保有水平耐力計算と耐震診断計算の主な違い  
(旧耐震の壁式鉄筋コンクリート造の場合)

|            | 保有水平耐力計算※1                         | 耐震診断(2次診断)※2   | 計算結果への影響 |
|------------|------------------------------------|--|----------|
| ひび割れ等の劣化状況 | 考慮無し                               | 経年指標(T)で考慮   |          |
| 鉄筋の材料強度    | 基準強度 F (JIS 材は 1.1F)               | 丸鋼：294N/mm <sup>2</sup><br>異形鉄筋：規格降伏点強度 +49N/mm <sup>2</sup> | —        |
| コンクリート強度   | 設計基準強度                             | コンクリートコア採取の結果  | —        |
| 耐力壁の支点     | 基礎・基礎梁の剛性を考慮して設定                   | 壁脚部が降伏すると仮定  | 大        |
| 耐力壁        | 直交壁効果を耐力に考慮                        | 直交壁効果、略算で境界梁の曲げ戻し効果を耐力に考慮                                    | 大        |
|            | 反曲点高さは増分解析の各ステップの応力状態により算出         | 反曲点高さは略算で考慮  |          |
| 終局耐力算定時の軸力 | 増分解析時の各ステップの軸力                     | 長期軸力   | 大        |
| 壁梁         | 考慮                                 | 無視※3   | 大        |
| 床の開口       | 無視※4                               | 無視※4   | —        |
| 形状の悪い建物の考慮 | Fe、Fs                              | Fe、Fs、辺長比、くびれ、Exp.J、吹き抜けを考慮                                  |          |
| 変形性能       | Ds=0.4~0.55                        | F=1.0~2.0<br>(Ds=(0.6/F)=0.3~0.6)                            | 大        |
| 保証設計       | 必要                                 | —  | —        |
| 保有水平耐力計算   | 脆性部材が生じた時点又は最大層間変形角 1/200 時点の層せん断力 | 各耐力壁の終局強度の合計   | 大        |

※1：荷重増分解析による保有水平耐力計算を想定

※2：一般財団法人日本建築防災協会、「既存壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断指針」の第2次診断法を想定

※3：耐力壁より先に壁梁が降伏する場合や壁梁に近接して新設開口を設ける場合は注意が必要

※4：大きな床抜けがある場合は、剛床解除や地震力の伝達など別途検討が必要

### 付 2.4 まとめ

保有水平耐力計算では、壁脚部の支点の設定方法により耐力壁の耐力・剛性への影響が大きい。また、旧耐震規定で設計された建築物では、早期に耐力壁等に脆性破壊



が生じ保有水平耐力が決定されるため必要保有水平耐力を満足できないことが多い。全体崩壊系を想定した  $D_s$  値を採用する場合については、せん断余裕度の確保や梁（壁梁）の曲げ降伏先行型に対する保証設計が必要であり、旧耐震規定で設計された建築物では保証設計を満足させることが困難である。そのため、 $D_s=0.55$  を採用するなどせん断破壊を時点が必要保有水平耐力を確保することが現実的である。

耐震診断計算では、旧耐震基準で設計された整形な建物の大地震時の安全性の確保を簡略的に把握することを目的としている。そのため、第2次診断法では、壁梁の降伏は考慮せずに、保有水平耐力は全ての耐力壁が同時に終局耐力に達すると仮定して耐力壁の耐力の合計としていることが特徴である。そのため、耐力壁に先行して壁梁が降伏する建物では保有水平耐力計算結果との差が大きくなる。

本稿にて紹介した躯体改造については、偏心や剛性バランスに配慮した上で建設当時の壁量・壁率・平均せん断応力の規定を満足する計画としているが、耐力壁の平面的・立面的な剛性バランスが悪くなる大規模な躯体改造を行う場合や壁梁への影響が大きい新設開口設置を行う場合は特に評価手法の違いに留意して大地震時の安全性の検討を行う必要がある。耐震診断に加えてそれらの影響を考慮した部分的な検討を行うのも1つの方法と思われる。

また、躯体改造の一つである耐力壁に開口を設けることで、開口の位置によっては、隣接する耐力壁が早期にせん断破壊を生じる場合がある。直交壁の耐力にも影響を及ぼすため、荷重増分解析による保有水平耐力算出には、加力方向の向きに限らず留意する必要がある。

本付録の保有水平耐力計算は荷重増分解析による手法を紹介したが、連層耐力壁架構が主である建築物では、1階壁脚部の降伏を仮定した総曲げ抵抗モーメント法による評価手法も有効である。

なお、参考として、比較検討時の保有水平耐力計算の解析モデルを下記に示す。

## 1) 部材耐力

### 1-1) 耐力壁の曲げ耐力

- ・曲げひび割れ考慮
- ・終局曲げモーメント
  - 引張コンクリートは非考慮
  - ステップごとの軸力を考慮
- ・降伏時剛性低率考慮
- ・第3 剛性低下率考慮 ( $\alpha_3=0.001$ )
- ・直交壁鉄筋考慮（考慮範囲は直交壁壁間距離，かつ，直交壁に開口がある場合は開口端距離の 1/2 範囲の鉄筋）

### 1-2) 耐力壁のせん断耐力

- ・せん断ひび割れ考慮

- ・ 終局せん断耐力
  - 終局せん断耐力の係数は 0.053 採用
  - ステップごとの軸力を考慮（引張の場合は軸力方向応力度 0）
  - M/QD は一次設計地震荷重時
  - $t_e$  に考慮できる直交壁の範囲は 6 t かつ壁長（ただし  $t_e \leq 1.5t$ ）
- ・ 降伏時剛性低下率考慮（降伏時せん断変形角 0.004rad）
- ・ 第 3 剛性低下率考慮（ $\alpha_3 = 0.001$ ）

### 1-3) 軸耐力

- ・ 引張ひび割れ考慮
- ・ 引張降伏耐力考慮（縦筋）
- ・ 圧縮降伏耐力考慮（コンクリート+縦筋）
- ・ 引張降伏時剛性低下率（鉄筋のみ：ヤング係数比考慮）
- ・ 第 3 剛性低下率考慮（ $\alpha_3 = 0.001$ ）

### 1-4) 壁梁の曲げ耐力（基礎梁含む）

- ・ スラブ筋考慮
- ・ 曲げひび割れ考慮（有効幅内スラブ筋）
- ・ 終局曲げモーメント（スラブ片側 1m の範囲）
- ・ 降伏時剛性低下率考慮
- ・ 第 3 剛性低下率考慮（ $\alpha_3 = 0.001$ ）

### 1-5) 壁梁のせん断耐力

- ・ せん断ひび割れ考慮
- ・ 等価幅考慮（ $b_e$  に考慮できるスラブの範囲は 6 t かつ 1m（ただし  $b_e \leq 1.5b$ ））
- ・ 降伏時剛性低下率考慮（降伏時せん断変形角 0.004rad）
- ・ 第 3 剛性低下率考慮（ $\alpha_3 = 0.001$ ）

## 2) 剛性計算

### 2-1) 耐力壁の剛性

- ・ 腰壁・垂れ壁剛域考慮
- ・ 壁梁内剛域設定

### 2-2) 壁梁の剛性

- ・ 腰壁・垂れ壁，スラブ考慮
- ・ 耐力壁内全剛域

## 3) 架構のモデル化

- ・ 壁梁，耐力壁 とともに部材せい中央に線材

- ・ 支点位置基礎梁せい中央と耐力壁せい中央の交点

今回の解析は、耐震診断との比較と、改造前と改造後の比較のために、解析ソフトを用いた一般的な解析とするため、自動入力として剛性の補正值入力など特殊な入力は行っていない。