

構造最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計に関する研究

TAKEI, Hideki / 武居, 秀樹

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

310

(発行年 / Year)

2024-03-24

(学位授与番号 / Degree Number)

32675甲第606号

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2024-03-24

(学位名 / Degree Name)

博士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030514>

法政大学審査学位論文

構造最適化を用いた超高層制振構造の
耐震設計に関する研究

武居 秀樹

論文要旨

近年のコンピュータ性能向上と各種最適化手法の研究・開発・整備の結果、建築構造設計の実務現場において最適化技術を適用し、合理的な構造設計の実現とその業務を効率化する事例が格段に増えてきている。その一方、諸々の課題により建物高さが 60m を超える超高層建築物の耐震設計の実務現場において、最適化手法を適用した事例は少ない。加えて、少子高齢化による労働人口の減少に伴う構造設計者の担い手不足および働き方改革に伴う労働時間短縮に向けた動きなど、設計実務現場の業務効率化への対策は早急に講じる必要がある。

本論文では、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計での利用を想定した、架構の弾塑性領域の応答特性の最適化および最適化された弾塑性応答特性を実現するための部材断面の選定を行うための最適化を組合わせた耐震設計法の提案を試みた。また、提案設計法を 100m 規模の超高層制振構造へ適用し、その妥当性を確認した。

本論文は 1 章から 6 章で構成され、各省の概要は以下の通りである。

第 1 章「序論」では、本研究に至った背景および既往の研究を整理し、本研究を行う意義と目的を述べる。

第 2 章「応答曲面を用いた最適化手法の適用性に関する検討」では、設計実務現場における鋼構造骨組への構造最適化の適用を想定した、許容応力度設計を対象とした中高層建物の多目的最適化問題に対して、応答曲面と最適化を組合わせた手法である応答曲面法の適用性に関する検討を行う。

第 3 章「最適化を用いた超高層建築物の耐震設計と応答特性評価関数に関する検討」では、超高層建築物等の耐震設計への最適化手法の適用を見据え、質点系モデルによる弾塑性応答特性を考慮した多目的最適化の検討を行う。

第 4 章「多段階最適化による超高層制振構造の耐震設計法」では、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計の課題を整理するとともに、課題解決に寄与するための多段階最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計法について整理する。また、提案設計法における各段階の最適化問題および、それらのうち複数の最適化問題を同時に扱う同時最適化問題について整理する。

第 5 章「提案設計法の適用性に関する検討」では、CFT 柱と鉄骨柱が混在する鉄骨造の 100m 規模の超高層制振構造を想定し、第 4 章で示した多段階最適化を用いた耐震設計法による検討を行い、有効性を確認する。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた成果を整理するとともに、本研究の今後の課題と展望について述べる。

Seismic design for damping system skyscrapers using structural optimization.

Abstract

As a result of recent improvements in computer performance and the research, development, and maintenance of various optimization methods, the number of cases achieve the rational structural designed and high productivity has increased significantly in the field of structural design applying to optimization techniques. However, due to various issues, there are application examples of optimization method in the seismic design of skyscrapers. In addition, there are urgent issues to improve the efficiency of practical design sites, such as the shortage of structural engineers due to aging population and declining birthrate, and the movement toward shortening working hours due to work style reforms.

In this paper, we proposed a design method that combines optimization elastic-plastic response characteristics and sectional optimization to get frame model implementing those characteristics for practical structural design sites. We validated the proposal method by applying to 100m height seismic control skyscraper and confirmed a validity of that.

This paper consists of Chapters 1 to 6, and the outline of each ministry is as follows.

In chapter 1 “Introduction”, we stated the background that led to this research, summarized previous research, and described the significance and purpose of this research.

In chapter 2 “Study on the applicability of optimization methods using response surfaces”, we investigated the applicability of response surface method that combines response surface and previous optimization algorithm to multi-objective optimization problem of allowable stress design for mid-high-rise buildings assuming practical structure design of steel frame.

In chapter 3 “Study on seismic design of high-rise buildings using optimization and response characteristic evaluation functions”, We investigated multi-objective optimization considering elastic-plastic response characteristics using multi degree of freedom model with a view to applying optimization methods to the seismic design skyscrapers.

In chapter 4 “Seismic design method for seismic control system skyscrapers using multi-step optimization”, we summarized the issues of seismic design of skyscrapers adopted seismic control structure in practical structure design and proposed seismic design method for them using multi-step optimization methods to contribute to solve the problems. Furthermore, we also organized the optimization problems in each phase of the proposed design method and the simultaneous optimization problems that handle multiple optimization problems at the same time.

In chapter 5 “Study on the applicability of the proposed seismic design method”, we applied

the design method proposed in Chapter 4 to a 100m height seismic control steel frame structure using CFT columns and steel columns.

In chapter 6 “Conclusion”, we summarized the results obtained in this paper and mentioned future challenges and prospects for this study.

目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の背景と目的	1
1.2	既往の研究	2
1.3	本研究の位置付け	3
1.4	本論文の構成	4
第2章	応答曲面を用いた最適化手法の適用性に関する検討	8
2.1	応答曲面を用いた最適化手法	8
2.2	最適化問題の定式化	12
2.3	解析対象建物	13
2.4	最適化結果	20
2.5	まとめ	30
第3章	最適化を用いた超高層建築物の耐震設計と応答特性評価関数に関する検討	32
3.1	検討の位置付けと概要	32
3.2	超高層建築物の耐震設計への最適化適用	32
3.3	最適復元力算定と応答特性評価関数	34
3.4	解析諸元	36
3.5	最適化結果	43
3.6	まとめ	53
第4章	多段階最適化による超高層制振構造の耐震設計法	55
4.1	概要	55
4.2	提案設計法の最適化手順	55
4.3	復元力特性の定義	56
4.4	弾性応答特性の最適化（第一段階最適化）	57
4.5	弾塑性応答特性の最適化（第二段階最適化）	59
4.6	制振装置諸元の最適化（第三段階最適化）	60
4.7	骨組モデルの架構特性算定用の断面最適化（第四段階最適化）	62
4.8	まとめ	65
第5章	提案設計法の適用性に関する検討	66
5.1	検討概要	66
5.2	解析対象建物	66
5.3	設計地震動と設計クライテリア	68
5.4	質点系モデルによる最適化（第一段階最適化～第三段階最適化）	69
5.5	骨組モデルによる最適化（第四段階最適化）	80
5.6	まとめ	88

第6章 結論	90
6.1 本論文の結論	90
6.2 課題と展望	92
付録	94
付.1 応答曲面アルゴリズムによる予測精度への影響の検討	94
付.2 層間変形角の平均二乗誤差の特性把握	95
付.3 初期剛性決定用設計変数の数が固有周期へ与える影響の確認	97
付.4 解析モデル諸元	98
謝辞	310

第1章 序論

1.1 本研究の背景と目的

近年のコンピュータ性能向上と各種最適化手法の研究・開発・整備の結果、建築構造設計の実務現場において最適化技術を適用し、合理的な構造設計の実現とその業務を効率化する事例が格段に増えてきている^{1.1), 1.2)}。それらは、位相最適化や形状最適化を用いた建物形状の決定^{1.1)}、非線形計画法や発見的な手法などの最適化手法を用いた部材断面設計^{1.1)}および制振構造や免震構造のデバイス選定^{1.2)}への適用に大別できる。

一方で、建物高さが60mを超える超高層建築物の耐震設計の実務現場において、最適化手法が適用された事例は少ないのが現状である。地震動を受けた際の超高層建築物の挙動は、一般的な建築物と比べてより複雑で、設計外力を A_i 分布のように重量分布のみでは決定できず、架構特性（剛性や耐力の分布、弾塑性特性など）の影響を時刻歴応答解析等によって評価する必要がある。そのため、断面最適化を行う過程で設計外力が一意に定まらず、設計外力の設定に際し収斂計算が求められ、必然的に超高層建築物の断面最適化は非線形性のある大規模な最適化問題となる。最適解を得るためには、ひとつの部材断面配置パターンにつき弾塑性増分解析と時刻歴応答解析を複数回実行し、それを何千何万パターン分繰り返すという膨大な演算が必要であるため、いかに計算負荷を抑制しつつ効率的に最適化を実行するかが課題である。

地震観測網の拡充による観測記録や調査研究を反映して、設計用入力地震動は増大してきており、極めて稀に発生する地震動で用いられる観測波や告示波の想定を上回る地震動や長周期地震動（余裕度レベル）を考慮した設計や累積損傷評価による耐震性の判定が求められている^{1.3)}。また、機能維持やBCPの観点から建物に要求される設計目標も多様化してきており、建物用途や発注者の要求に応じて、各地震動レベルに対して耐震性能を定める性能設計^{1.3), 1.4)}が望まれている。特に社会に与える影響が大きい超高層建築物等の設計において、これらの要求を満足させる必要があり^{1.4)}、有効な手段となる最適化手法の確立が設計実務現場では求められている。

制振構造を採用する超高層建築物（以下、超高層制振構造）では、装置配置として全層分散配置（建物全体を変形させる）や下層集中配置（一部の層を集中的に変形させる）など様々あり^{1.5)}、その配置は構造計画だけでなく建築計画にも大きな影響を及ぼすため、設計実務現場では設計初期段階から複数のケーススタディを求められる。さらに、装置が取付く架構の特性に応じて、装置の最適配置が変わるため、装置配置のケーススタディに先立って架構のケーススタディが必要となる。これらのケーススタディに有効な最適化手法の確立も設計実務現場では求められている。

ここまで、超高層建築物および制振構造の耐震設計における課題を概観した。加えて、少子高齢化による労働人口の減少に伴う構造設計者の担い手不足および働き方改革に伴う労働時間短縮に向けた動きなど、設計実務現場の業務効率化への対策は早急に講じる必要がある。そのために、最適化技術を用いた設計手法の確立や手法の適用性確認に対する社会的意義は疑問の余地がない。

本研究では、構造最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計法の提案と提案設計法の適用性

の確認を目的としている。1.2では、骨組構造の最適化、応答性状を考慮した架構の最適化および制振構造の最適化に関する既往の研究を整理することで本研究の論点を明確にする。

1.2 既往の研究

1.2.1 骨組構造の最適化に関する研究

柏木ら^{1.6)}は断面最適化による全応力設計を目的として、許容応力度や許容変形量の等式制約条件を取扱う進化的最適化手法に類似した手法を提案している。吉富ら^{1.7)}は断面分布特性の近似関数を用いた連続変数最適化結果に対して離散断面選択を行う連続変数最適化を二段階で行う手法を提案している。高木ら^{1.8)}は連続変数を用いた規格断面寸法選定のために1回目に部材の大きさを中心に決定し、2回目に板厚等の寸法を決定する手順で最適化を行っている。田村ら^{1.9), 1.10)}は許容応力度設計や保有水平耐力計算など建築基準法で規定される内容およびコストを考慮した最適化問題に対して多目的遺伝的アルゴリズムを適用している。大崎^{1.11)}はタブー探索法を改良した局所探索法を平面骨組の離散最適化問題へ適用し、多点探索手法に対する優位性を示している。

1.2.2 応答性状を考慮した架構の最適化に関する研究

山川ら^{1.12)}は弾塑性時刻歴応答解析結果を用いた非平滑なコスト最小化問題に対して、直接探索法と二次近似モデルを組み合わせることで、感度解析の適用を可能とすることで、初期値依存の少ない安定的な解探索手法を提案し、座屈拘束ブレース付き平面骨組構造物に適用している。長岡ら^{1.13)}は層降伏変位が与えられた弾塑性多層平面せん断型モデルの最大級の地震動(レベル2地震動)の最大応答層間変位分布を制約条件とする層剛性分布決定問題に対して、応答スペクトル法と確定論的等価線形化法による最適化を行っている。木村ら^{1.14)}は鋼構造平面骨組構造物の部材断面寸法とブレース配置を変数とした頂部変形最小化問題に対して、応答スペクトル法と非線形計画法の組合せによる最適化を行っている。Adachi et al^{1.15)}は、弾塑性時刻歴応答解析の数値差分による感度および逆問題型定式化に基づく自由度の縮約法が建物高さ方向に一定の偏心率を有する建物の弾性立体捩れ応答に対しても適用可能であることを確認している。鈴木^{1.16)}はせん断型多質点系モデルの弾性応答に対し、一次固有モード逆問題の閉形式を用いて、層間変形が一様となる剛性分布の算出法を提案している。提案手法を様々な建物高さのモデルに適用し、得られた解の一次モードを分析することで、質点数および高さをパラメータとする高次モードの影響を考慮した一次モード予測式を求めている。また、得られた解の変形分布より、架構の代表応答変形およびその発生高さを算出し、解の固有周期および減衰定数との関係より、最大応答層間変形角の予測式を求めている。さらに、両予測式を用いた効率的な層間変形一様分布となる剛性算出法を提案している。竹脇ら^{1.17)}はせん断型モデルを用いて層レベルで設計クライテリアを満足する復元力特性を決定し、縮約モデルー骨組逆置換法により部材断面を決定する手法を提案し、部材総面積および縮約モデルへの一致度を表す指標を組み合わせた最適化問題を用いて部材断面の決定を行っている。Uetani et al^{1.18)}は文献 1.17 の提案手法を実超高層建物

へ適用し、設計初期段階での手法の有用性を示している。

1.2.3 制振構造の最適化に関する研究

野村ら^{1.19)}は平面骨組構造物の制振ダンパー最適配置問題に対し、グランドストラクチャ法と進化論的構造最適化手法を組合せることで、鋼構造高層ビルの平面問題への有効性を示している。辻ら^{1.20)}は弾性範囲の主体構造の地震時応答を最小化する非線形ダンパーの最適配置を、弾塑性時刻歴応答解析の数値差分による感度および逆問題型定式化に基づく自由度の縮約法を用いて求めている。辻ら^{1.21)}は建物各層のオイルダンパーのリリーフ荷重を設計変数、リリーフ荷重の総和および最大減衰力比（各層のリリーフ荷重に対する応答最大減衰力の比）を制約条件、最大層間変位を目的関数とする最適化問題を、弾塑性時刻歴応答解析結果の有限差分による感度を用いた実用的近似解法（初期解から制約条件を満たす解がなくなるまでリリーフ荷重の総和を順次減らしながら解を求める）により解いている。Murakami et al.^{1.22)}はオイルダンパーのリリーフ荷重、履歴ダンパーの初期剛性および慣性質量ダンパーの慣性質量を設計変数、設計変数の合計値をコストに変換した値および最大減衰比を制約条件、最大応答層間変位を目的関数とする最適化問題に対して、設計変数の数値感度を各階のダンパー種類ごとに算出することで目的関数に影響の少ないものから削減していく手順で最適配置を求めている。鈴木^{1.23)}は制振装置付きの等価せん断型多質点系モデルに対し、非線形粘性ダンパーの等価線形モデル置換による架構への剛性付加の影響を評価し、一次固有モード逆問題の閉形式により表現される等価剛性と組み合わせることで、指定された層間変形分布および振動数を実現するダンパー配置を求めている。

1.3 本研究の位置付け

本研究は、1.1にて述べた超高層建築物や制振構造建築物の耐震設計における設計実務現場の課題および近年の社会的要求に対し、構造最適化手法の適用による解決を目指すものである。

1.2で整理した既往の研究では、以下の課題が挙げられる。

「1.2.1 骨組構造の最適化に関する研究」に記載したように、骨組の断面最適化問題は、設計変数を連続変数として取り扱う場合と離散変数として取り扱う場合に分けられる。連続変数として取扱う場合、得られた最適解を流通材の断面へ置換する際に生じる応力再配分や、組立形鋼を対象とした際に置換候補となる断面の種類が大幅に増えるなど離散値の断面寸法への置き換えが問題となる。特に超高層建築物では部材断面の置き換えに伴い、架構の動的特性が変化する恐れがある。一方で、離散変数を取扱う場合、進化論的構造最適化手法を用いた際には初期解への依存性、探索範囲および探索効率に課題があり、組合せ最適化問題に遺伝的アルゴリズムなどの発見的手法を用いる際には変数増加に伴う組合せ数の大規模化が課題として挙げられる。本研究で対象とする超高層建築物では設計変数の数が増えることが想定されるため、効率的な最適化手法の利用が必要となる。

「1.2.2 応答性状を考慮した架構の最適化に関する研究」に記載したように、骨組構造の

動的特性を考慮した最適化について様々な研究が行われているが、応答スペクトル法に基づく応答評価では超高層建築物、制振構造および免震構造架構の耐震性評価に用いられる累積塑性変形やエネルギー吸収量を取り扱うことが困難である。また、超高層建築物では、高次モードの建物応答特性へ与える影響が大きいことに加えて、弾塑性範囲の応答では弾性を仮定した固有周期やモード特性が変化し、架構の降伏耐力や二次剛性など復元力特性を決定する諸元が影響を与える。そのため、弾性1次モードを想定した縮約手法の適用には課題があると考えられる。さらに、最適化問題における目的関数や制約条件に対して、主架構の応答性状の指標として最大応答変位を取り扱っているのみで、適切な架構特性（剛性や耐力の分布、弾塑性領域での復元力特性）を持った様々な最適解を導くための目的関数（評価指標）に関する考察は不十分であると考えられる。また、既知の質点系モデルの復元力特性を目標として、復元力特性が一致する骨組モデルを算定する方法は提案されているが、断面最適化の過程で生じる層重量の変化が架構の応答性状へ与える影響を考慮していない。超高層建築物では断面寸法が大きいことに加えて、鉄骨造では剛性や耐力確保のためにCFT柱を採用することに起因して、最適化過程での断面寸法変更による層重量の変化が架構の応答性状に対して与える影響を無視できないため、それらの影響を考慮した骨組モデルへの置換手法の提案が望まれる。

「1.2.3 制振構造の最適化に関する研究」に記載された研究のうち、ダンパー配置を取り扱う最適化問題の多くは、主架構を弾性範囲として取り扱っており、弾塑性領域を対象とする架構特性との同時最適化についての知見は少ないのが実状である。

これらの課題に対し、本研究では以下の方針により課題解決を図る。

- 1) 最適化手法として、応答曲面を用いた効率的な解探索手法を適用する。
- 2) 様々な架構応答特性を持つ多様な最適解を導くための評価指標および最適化問題を提案する。
- 3) 架構の応答性状に影響を及ぼす程度の層重量の変化に対して有効となる質点系モデルから骨組モデルへの置換手法を提案する。
- 4) 主架構の弾塑性応答範囲を対象として、架構特性の最適化、制振装置配置の最適化および両者の同時最適化を行い、得られた最適解の性状を把握する。

以上により、本研究では設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計での利用を想定した、架構の弾塑性領域の応答特性の最適化および、最適化された弾塑性応答特性を実現するための部材断面の選定を行うための最適化を組合わせた耐震設計法の提案を試みる。また、提案設計法を100m規模の超高層制振構造へ適用し、手法の妥当性を確認する。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りであり、超高層制振構造を対象とする構造最適化を用いた耐震設計法の提案とその適用性について検討する。Fig.1.1 に超高層制振構造の耐震設計における提案設計法（詳細は第3章および第4章に後述）の位置付けおよび本論文の各章との対応を示す。

「第1章 序論」では、本研究の背景および目的について述べるとともに、既往の研究を整理する。

「第2章 応答曲面を用いた最適化手法の適用性に関する検討」では、本研究で用いる構造最適化手法の特性および骨組構造の最適化問題への適用性を整理する。

「第3章 最適化を用いた超高層建築物の耐震設計と応答特性評価関数に関する検討」では、最適化手法を用いた超高層建築物の耐震設計法の流れおよび本研究で用いる評価関数と、その適用性を整理する。

「第4章 多段階最適化による超高層制振構造の耐震設計法」では、最適化技術を用いた超高層制振構造の耐震設計法について提案するとともに、提案設計法で用いる最適化問題を整理する。

「第5章 提案設計法の適用性に関する検討」では、第4章での提案設計法を超高層制振構造へ適用し、手法の妥当性を検証する。

「第6章 結論」では、本研究で得られた成果について整理するとともに、今後の課題と展望について述べる。

なお、第2章は文献 1.24, 第3章は文献 1.25, 第4章および第5章は文献 1.26 の業績を基に作成している。

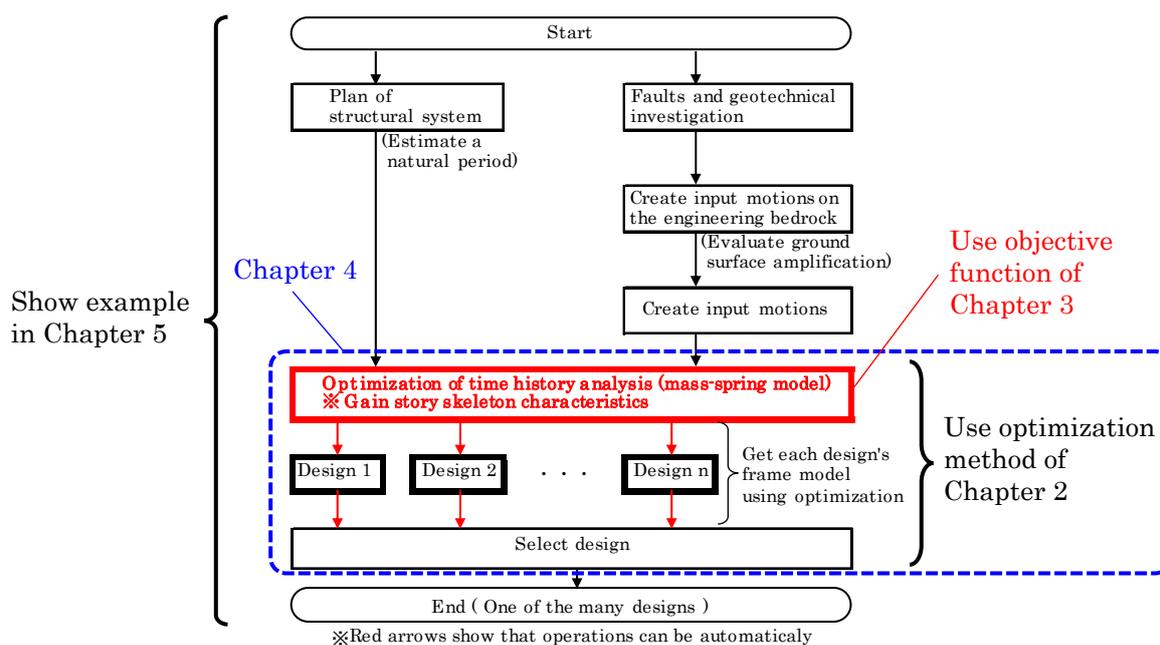


Fig.1.1 Proposal design process and chapter of this paper

参考文献

- 1.1) 日本建築学会：構造最適化の最近の発展と設計への応用事例，第1版，2020.5
- 1.2) 山川誠：制振×AI，日本建築学会大会（北海道）構造部門（振動）パネルディスカッション資料，pp.37-48，2022.9
- 1.3) 日本建築学会：大振幅地震動と建築物の耐震性評価，第1版，2013.9

- 1.4) 北村春幸：超高層建物に求められる耐震性能，日本建築学会建築雑誌(JABS)，第 127 集，第 1637 号，pp.29-30，2012.10
- 1.5) 「超高層建築物の構造設計実務」編集委員会：性能評価を踏まえた超高層建築物の構造設計実務，第 1 版，2019.7
- 1.6) 柏木光博，守川忠司：応力比法および変形比法による鉄骨構造骨組の最適設計，日本建築学会九州支部研究報告集，第 35 巻，pp.281-284，1995.3
- 1.7) 吉富信太，山川誠，上谷宏二：二段階緩和法に基づく鋼構造骨組の最適離散断面選択法，日本建築学会構造系論文集，第 586 号，pp.95-100，2004.12 (DOI: https://doi.org/10.3130/aijs.69.95_5)
- 1.8) 高木次郎，大崎純：耐震架構全体分散型と外周集約型の鋼構造事務所建物の構造型状比較，日本建築学会構造系論文集，第 80 巻，第 715 号，pp.1469-1478，2015.9 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.80.1469>)
- 1.9) 田村尚士，大森博司：多目的最適化法による鋼構造物の構造設計支援手法の提案 -その 1 許容応力度等設計における最適設計方法-，日本建築学会構造系論文集，第 73 巻，第 628 号，pp.891-897，2008.6 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.73.891>)
- 1.10) 田村尚士，大森博司：多目的最適化法による鋼構造物の構造設計支援手法の提案 -その 2 保有耐力設計に基づく最適設計方法-，日本建築学会構造系論文集，第 74 巻，第 643 号，pp.1671-1676，2009.9 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.74.1671>)
- 1.11) 大崎純：局所探索法による鋼構造骨組の多目的最適化，日本建築学会構造系論文集，第 73 巻，第 634 号，pp.2135-2141，2008.12 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.73.2135>)
- 1.12) 山川誠，大崎純，満田衛資：弾塑性時刻歴応答を考慮した鋼構造建物の設計問題のための部分的感度情報を用いた最適設計法，日本建築学会構造系論文集，第 78 巻，第 683 号，pp.91-99，2013.1 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.78.91>)
- 1.13) 長岡佳代子，辻聖晃：弾塑性多層剪断型構造物の地震時層間変位指定設計，日本建築学会近畿支部研究報告集，第 35 巻，pp.329-332，1995.6
- 1.14) 木村俊明，大崎純，岡崎稜：鋼構造骨組のブレース配置と柱・梁断面の同時最適化，日本建築学会構造系論文集，第 83 巻，第 752 号，pp.1445-1454，2018.10 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.83.1445>)
- 1.15) Adachi F., Yoshitomi S., Tsuji M., Takewaki I.: Enhanced reduced model for elastic earthquake response analysis of a class of monosymmetric shear building structures with constant eccentricity, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.31, Issue.7, pp.1040-1050, 2011.7 (DOI: [10.1016/J.SOILDYN.2011.03.010](https://doi.org/10.1016/J.SOILDYN.2011.03.010))
- 1.16) 鈴木光雄：複数地震動の最大応答層間変形角を包絡して一様化するための剛性設定法，日本建築学会構造系論文集，第 86 巻，第 784 号，pp.901-911，2021.6 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.86.901>)
- 1.17) 竹脇出，杉山哲彦，辻聖晃，上谷宏二：縮約モデル-骨組逆置換法に基づく骨組設計法，日

- 本建築学会構造系論文集, 第 63 卷, 第 512 号, pp.119-125, 1998.10(DOI: https://doi.org/10.3130/aijs.63.119_4)
- 1.18) Uetani K., Tsuji M., Takewaki I.: Application of optimum design method to practical building frames with viscous dampers and hysteretic dampers, *Engineering Structures*, Vol.25, Issue.5, pp.579-592. 2003.4(DOI: [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(02\)00168-2](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00168-2))
- 1.19) 野村将貴, 松本慎也, 崎野 良比呂, 藤井大地 : ESO 法を用いた高層ビルの制振ダンパー構面配置の最適化, 日本建築学会構造系論文集, 第 82 卷, 第 742 号, pp.1885-1991, 2017.12 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.82.1885>)
- 1.20) 辻聖晃, 国分宏樹, 吉富信太, 竹脇出 : 非線形復元力特性を有する制振ダンパーの構造縮約モデルを用いた最適配置法, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 卷, 第 658 号, pp.2143-2152, 2010. 12(DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.75.2143>)
- 1.21) 辻聖晃, 田中英稔, 吉富信太, 竹脇出 : 多層建物におけるオイルダンパーの最適リリース荷重決定法, 日本建築学会構造系論文集, 第 77 卷, 第 678 号, pp.1237-1246, 2012.8(DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.77.1237>)
- 1.22) Murakami Y., Noshi K., Fujita K., Tsuji M., Takewaki I.: Simultaneous optimal damper placement using oil, hysteretic and inertial mass dampers, *Earthquakes and Structures*, Vol.5, Issue.3, pp.261-276, 2013.9 (DOI: <https://doi.org/10.12989/eas.2013.5.3.261>)
- 1.23) 鈴木光雄 : 粘性ダンパーによる複数地震応答の最大層間変形角の一様化方法, 日本建築学会構造系論文集, 第 88 卷, 第 807 号, pp.758-767, 2023.5 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.758>)
- 1.24) 武居秀樹, 浜田英明 : 応答曲面を用いた鋼構造骨組の断面最適化, 日本建築学会構造系論文集, 第 88 卷, 第 804 号, pp.235-246, 2023.2 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.235>)
- 1.25) 武居秀樹, 浜田英明 : 超高層建築物の耐震設計に向けた弾塑性応答層せん断力と応答変位分布を目的関数とする層骨格曲線の多目的最適化, 日本建築学会構造系論文集, 第 88 卷, 第 811 号, pp.1327-1338, 2023.9 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.1327>)
- 1.26) 武居秀樹, 浜田英明 : 多段階最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計, 第 18 回コロキウム構造形態の解析と創生 2023, pp.181-186, 2023.11

第2章 応答曲面を用いた最適化手法の適用性に関する検討

2.1 応答曲面を用いた最適化手法

2.1.1 検討の位置付け

1.2および1.3で先述した通り、構造設計の実務現場では離散変数を用いた組合せ最適化問題に対して効率的な計算手法が求められている。最適化計算の効率化を図る方法として、サンプリングデータから生成した近似関数を利用する応答曲面法^{2.1)}がある。趙ら^{2.2)}は多層多スパンの骨組構造の限界状態曲面を応答曲面法により近似して、信頼性評価を行っている。

設計実務現場においては、鋼構造骨組のスパン計画は建築計画の要求等から決まる場合が多いため、構造最適化問題として断面最適化が必要となる場面が多い。また、部材断面寸法（梁せい、梁幅）は設計初期段階から建築計画上、ある程度の範囲に絞られる場合が多いため、それらを制約条件とした離散変数による組合せ最適化問題が有用である。一方、基本設計では構造計画を成立させる仮定断面の算定、実施設計では仮定断面から設計条件や法的制約を満たす断面の算定を行うため、設計実務では大域的探索に優れる手法よりも初期解（各設計段階で想定している断面）周辺を効率的に探索できる最適化手法が有効であると考えられる。

第2章では、既往の発見的手法に応答曲面を組み合わせた最適化手法（以下、応答曲面法）を中高層鋼構造骨組の一次設計における断面最適化へ適用し、手法特性を把握するとともに、既往の発見的手法のみでの断面最適化結果と比較して、応答曲面法の有効性を確認する。

2.1.2 最適化手法の概要

応答曲面法（Response Surface Methodology）^{2.1), 2.3)}は Fig.2.1 に示すように以下の手順で行う。手順(3)～(7)については次項（2.1.3）以降にて詳述する。

- (1)初期解の生成：初期解生成方法の詳細については2.3.3にて示す。
 - (2)初期解の評価：最適化問題（第2章では後述する式(2.14)）の目的関数および制約条件の評価を、解析（第2章では静的応力解析）結果を用いて行う。
 - (3)応答曲面の学習：最適化問題（第2章では後述する式(2.14)）の目的関数や制約条件に対する応答曲面を、指定個数の選択された解を用いて生成する（2.1.3）。
 - (4)仮想探索：応答曲面アルゴリズムごとに空間充填アルゴリズムと応答曲面による解を生成する（2.1.4）。
 - (5)仮想最適化：応答曲面アルゴリズムごとに最適化アルゴリズム^{*}と応答曲面による解を生成する（2.1.5）。
- ※第2章では100個体、20世代の遺伝的アルゴリズムを実行する（2.3.5）。
- (6)検証過程：手順(4)および(5)で生成された解に対して静的応力解析を実行し、検証データ（解の目的関数や制約条件の真値）を算出する（2.1.6）。
 - (7)応答曲面の評価：応答曲面アルゴリズムごとに手順(4)、(5)の予測値と手順(6)の検証データより算出される誤差を用いて予測精度を評価し、最も精度の高い応答曲面を選択する（2.1.7）。
 - (8)所定回数、手順(3)～(7)を繰り返す。

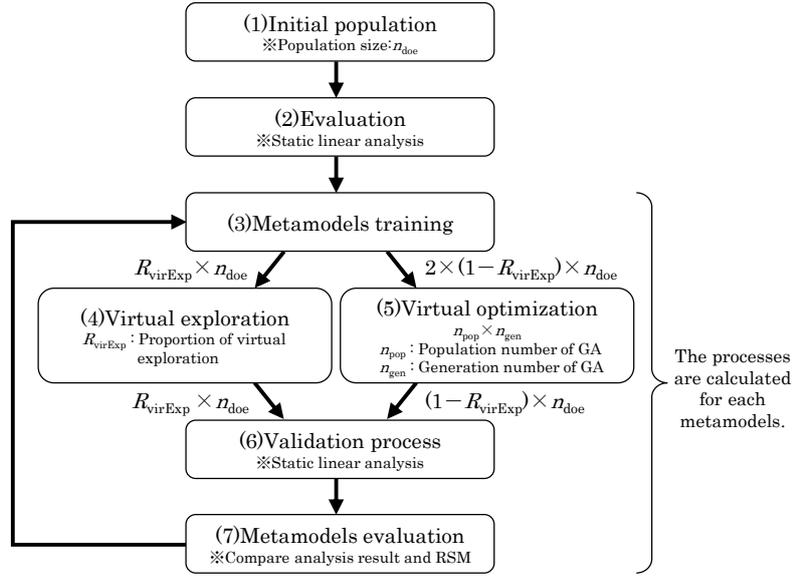


Fig.2.1 Optimization process using Response Surface Methodology^{2.1), 2.3)}

2.1.3 応答曲面の学習

第2章ではでは d 個の変数 $\mathbf{z} = [z_1, z_2, \dots, z_d]^T$ で表される関数 $y(\mathbf{z})$ に対して、 n 個の学習点 $\mathbf{z}^{(1)}, \mathbf{z}^{(2)}, \dots, \mathbf{z}^{(n)}$ での関数値 $y(\mathbf{z}^{(1)}), y(\mathbf{z}^{(2)}), \dots, y(\mathbf{z}^{(n)})$ が与えられた際の応答曲面について詳述する。なお、本論文では応答曲面算定の効率化のため、各ステップ (Fig.2.1 の(3)~(7)を1ステップとする) で用いる学習点の数は、実行済みの解析解からランダムに200個体を選択する。応答曲面算定アルゴリズムには Polynomial SVD, Kriging, Radial Basis Functions の3手法から複数手法を選択して用いる。手法の組合せについては2.3.5にて後述する。

2.1.3.1 Polynomial SVD (以下 SVD)

SVD^{2.1), 2.3)}による応答曲面は、式(2.1)の多項式近似による関数 $F_{SVD}(\mathbf{z}): \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$ で表現される。式(2.1)の項は最大10次まで考慮する。

$$F_{SVD}(\mathbf{z}) = \beta_0 + \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \dots + \beta_{d+1} z_d + \beta_{d+2} z_1^2 + \beta_{d+3} z_1 z_2 + \dots \quad (2.1)$$

係数 β は式(2.2)に示す n 個の学習点 $\mathbf{z}^{(p)}$ における関数値 $y(\mathbf{z}^{(p)})$ と式(2.1)との誤差の二乗和 E が最小になる値を特異値分解により算出する。

$$E = \sum_{p=1}^n \left(y(\mathbf{z}^{(p)}) - F_{SVD}(\mathbf{z}^{(p)}) \right)^2 \quad (2.2)$$

2.1.3.2 Kriging

Kriging^{2.4)}による応答曲面は、 n 個の学習点 $\mathbf{z}^{(p)}, p = 1, \dots, n$ の情報を用いて式(2.3)の $F_{kri}(\mathbf{z}): \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$ で表現される。

$$F_{kri}(\mathbf{z}) = \sum_{p=1}^n \lambda_p(\mathbf{z}, \mathbf{z}^{(p)}) y(\mathbf{z}^{(p)}) \quad (2.3)$$

ここに

$\lambda_p(\mathbf{z}, \mathbf{z}^{(p)})$: 重み付け関数

$y(\mathbf{z}^{(p)})$: 既知点の関数値

Kriging による予測値の挙動はバリオグラム関数と呼ばれる共分散関数によって制御される。共分散関数 $\text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^{(q)})$ は式(2.4)に示す任意の2点 $\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^{(q)}$ の距離のみに依存する関数である。

$$\text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^{(q)}) = \varepsilon - \gamma(\|\mathbf{z}^{(p)} - \mathbf{z}^{(q)}\|) \quad (2.4)$$

ここに

ε : $\gamma(h)$ に漸近する閾値

$\gamma(h)$: バリオグラム関数 (式(2.5)に示すガウスモデルを採用)

$$\gamma(h) = 1 - \exp(-h^2/a^2) \quad (2.5)$$

ここに

a : 学習点へのフィッティングパラメータで、周辺尤度^{2.5)}を最大化する値を採用

点 \mathbf{z}^* の真値 $y^* = y(\mathbf{z}^*)$ と予測値 $F_{\text{kri}}(\mathbf{z}^*)$ の分散 Var は式(2.3)を用いて式(2.6)で示される^{2.4)}。

$$\begin{aligned} \text{Var}(\mathbf{z}^*) &= E[\|F_{\text{kri}}(\mathbf{z}^*) - y^*\|^2] \\ &= \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n \lambda_p \lambda_q E[y_p y_q] - 2 \sum_{p=1}^n \lambda_p E[y_p y^*] + E[y^{*2}] \\ &= \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n \lambda_p \lambda_q \text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^{(q)}) - 2 \sum_{p=1}^n \lambda_p \text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^*) + C(0) \end{aligned} \quad (2.6)$$

ここに

$$\lambda_p = \lambda_p(\mathbf{z}^*, \mathbf{z}^{(p)})$$

$$\lambda_q = \lambda_q(\mathbf{z}^*, \mathbf{z}^{(q)})$$

$$E[y_p y_q] = \text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^{(q)}) + \mu^2$$

$$E[y^{*2}] = C(0)$$

μ : 推定値の平均 (ここでは0とする^{2.6)})

$C(\|\mathbf{z}_p - \mathbf{z}_q\|)$: 共分散関数 $\text{Cov}(\mathbf{z}_p, \mathbf{z}_q)$

点 \mathbf{z}^* における式(2.3)の重み係数 $\lambda_p(\mathbf{z}^*, \mathbf{z}^{(p)})$ は分散 Var が最小となるように式(2.7)の方程式を解くことにより算定する。

$$\frac{\partial}{\partial \lambda_p} E[\|F_{\text{kri}}(\mathbf{z}^*) - y^*\|^2] = \sum_{q=1}^n \lambda_q \text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^{(q)}) - \text{Cov}(\mathbf{z}^{(p)}, \mathbf{z}^*) = 0 \quad (2.7)$$

2.1.3.3 Radial Basis Functions (以下 RBF)

RBF^{2.7)}による応答曲面は、 n 個の学習点 $\mathbf{z}^{(p)}, p = 1, \dots, n$ の情報を用いて式(2.8)の $F_{\text{RBF}}(\mathbf{z}) : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$ で表現される。

$$F_{\text{RBF}}(\mathbf{z}) = \sum_{p=1}^n c_p \phi(\|\mathbf{z} - \mathbf{z}^{(p)}\|/\delta) \quad (2.8)$$

ここに

c_q : RBF モデルの自由パラメータを示す係数

$\phi(r)$: 放射基底関数

δ : スケーリングパラメータ

放射関数 $\phi(r)$ には式(2.9)に示す Hardy's Multi Quadratics を使用する。

$$\phi(r) = (1 + r^2)^{1/2} \quad (2.9)$$

学習点 $\mathbf{z}^{(p)}$ での関数値 $y(\mathbf{z}^{(p)})$ と式(2.8)が等しいとして式(2.10)が成り立つ。

$$y(\mathbf{z}^{(p)}) = F_{RBF}(\mathbf{z}^{(p)}), \quad p = 1, \dots, n \quad (2.10)$$

ここで、式(2.8)における放射基底関数およびスケーリングパラメータに対して式(2.11)に示す A_{pq} (対称マトリクス A の (p, q) 成分) を用いると式(2.10)は式(2.12)のように表現される。

$$A_{pq} = \phi(\|\mathbf{z}^{(p)} - \mathbf{z}^{(q)}\|/\delta), \quad p, q = 1, \dots, n \quad (2.11)$$

$$y(\mathbf{z}^{(p)}) = \sum_{q=1}^n A_{pq} c_q, \quad q = 1, \dots, n \quad (2.12)$$

係数 c_p は式(2.12)の方程式を解くことにより求められる。

2.1.4 仮想探索

応答曲面法のロバスト性向上のために、最適化問題 (第2章では2.2で後述する式(2.14)を取り扱う)における設計変数ベクトルを空間充填アルゴリズムにより生成する。目的関数の値は2.1.3で示した所定の応答曲面アルゴリズムを用いて算定する。本論文では空間充填アルゴリズムに一様乱数, Sobol 準乱数 (以下 Sobol), Incremental Space Filler (以下 ISF), Uniform Latin Hypercube (以下 ULH) を考慮する。

後述の2.1.6および2.1.7で用いる解のうち、仮想探索による解は初期解の個体数 n_{doe} に指定比率 R_{virExp} (仮想探索と仮想最適化の実行比率) を乗じた個体数 ($n_{virExp} = R_{virExp}n_{doe}$) の解を用いる。

2.1.5 仮想最適化

応答曲面法のパレート解探索性能向上のための各ステップ (2.1.2で示した手順(3)~(7)を1ステップとする)におけるパレート解および応答曲面法のロバスト性向上のための乱数による生成解 (それぞれ初期解の個体数 n_{doe} に指定比率 $1 - R_{virExp}$ を乗じた個体数 ($n_{virOp} = (1 - R_{virExp})n_{doe}$) の合計 $2n_{virOp}$ 個体を初期解として、最適化アルゴリズム (2.3.5で詳述) により解を生成する。目的関数値の算定には2.1.3に示した応答曲面アルゴリズムを用いる。パレート解 (個体数が n_{virOp} に満たない場合は近傍解を含む) のうち、隣接解との距離が大きい上位 n_{virOp} 個体の解^{2.8)}を2.1.6および2.1.7の手順に用いる。

2.1.6 検証過程

2.1.4および2.1.5の解 (n_{virExp} および n_{virOp}) の静的応力解析を実行し、目的関数および制約条件に用いる各応答値を算出する。算定された各応答値を2.1.7の応答曲面の評価に用い

る検証値とする。

2.1.7 応答曲面の評価

目的関数や制約条件に対して、式(2.13)に示すように解析結果から得られた検証値と応答曲面から算出された予測値の正規化誤差の平均 E_r により応答曲面の予測精度を評価する。そのステップで採用する応答曲面アルゴリズムは、各目的関数、各制約条件に対して、最も予測精度の高いものとする。

$$E_r = \frac{1}{n_{\text{val}}} \sum_{s=1}^{n_{\text{val}}} \left\| \frac{F_{\text{RSM}}(\mathbf{z}^{(s)}) - F_{\text{Anl}}(\mathbf{z}^{(s)})}{\max_{s=1, n_{\text{val}}} F_{\text{Anl}}(\mathbf{z}^{(s)}) - \min_{s=1, n_{\text{val}}} F_{\text{Anl}}(\mathbf{z}^{(s)})} \right\| \quad (2.13)$$

ここに

n_{val} : 応答曲面の評価を行う解の数 ($n_{\text{virExp}} + n_{\text{virOp}}$)

$F_{\text{RSM}}(\mathbf{z}^{(s)})$: 応答曲面による解 $\mathbf{z}^{(s)}$ の予測値

$F_{\text{Anl}}(\mathbf{z}^{(s)})$: 解析結果による解 $\mathbf{z}^{(s)}$ の検証値

2.2 最適化問題の定式化

第2章では建物の一次設計を想定した多目的断面最適化問題を取扱う。設計変数には柱および梁の部材断面を、目的関数には総鉄骨量、柱の最大断面検定比（軸+曲げ，せん断）および梁の最大断面検定比（曲げ，せん断）の3つを考慮する。制約条件には静的応力解析から得られる最大層間変形角，柱の最大断面検定比，梁の最大断面検定比および偏心率を考慮する。以上の内容を式(2.14)のような組み合わせ最適化問題として定義する。

$$\begin{aligned} \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{x}) &= \left. \begin{aligned} f_1(\mathbf{x}) &= \sum_{i=1}^m A(x_i) \cdot L_i \cdot \gamma \\ f_2(\mathbf{x}) &= \max_i ({}_cS_i(\mathbf{x})) \\ f_3(\mathbf{x}) &= \max_i ({}_G S_i(\mathbf{x})) \end{aligned} \right\} \\ \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{x}) &= \left. \begin{aligned} g_1(\mathbf{x}) &= \max_k (R_k(\mathbf{x}) - R_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_2(\mathbf{x}) &= \max_i ({}_cS_i(\mathbf{x}) - {}_cS_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_3(\mathbf{x}) &= \max_i ({}_G S_i(\mathbf{x}) - {}_G S_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_4(\mathbf{x}) &= \max_i (Re_k(\mathbf{x}) - Re_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \end{aligned} \right\} \\ \mathbf{x} &= \{ {}_N C_j, {}_N G X_j, {}_N G Y_j \}, x_i \in \mathbb{N} \end{aligned} \quad (2.14)$$

ここに

m : 部材数, $A(x_i)$: 部材 i の断面積, L_i : 部材 i の材長, γ : 比重

${}_cS_i$: 柱部材 i の最大断面検定比で式(2.15)^{2,9)}により算出する, ${}_cS_{\text{lim}}$: 断面検定比の制限値(柱)

${}_G S_i$: 梁部材 i の最大断面検定比で式(2.16)^{2,9)}により算出する, ${}_G S_{\text{lim}}$: 断面検定比の制限値(梁)

R_k : k 階の層間変形角, R_{lim} : 層間変形角の制限値,

Re_k : k 階の偏心率, Re_{lim} : 偏心率の制限値

${}_N C_j$: 柱符号 C_j の第 N 節*の柱断面

${}_N GX_j$: X 通り方向の梁符号 GX_j の第 N 節*の梁断面

${}_N GY_j$: Y 通り方向の梁符号 GY_j の第 N 節*の梁断面

※節 : 鉄骨の建て方順序を考慮した製作単位 (Fig.2.3 の construction steps に対応)

$${}_c S_i = \max\left(\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b}, \frac{\sigma_t + t\sigma_b}{f_t}, \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{f_b}, \frac{\tau}{f_s}\right) \quad (2.15)$$

$${}_c S_i = \max\left(\frac{c\sigma_b}{f_b}, \frac{t\sigma_b}{f_t}, \frac{\tau}{f_s}\right) \quad (2.16)$$

ここに

σ_c : 圧縮応力度, f_c : 許容圧縮応力度

${}_c \sigma_b$: 曲げ応力度 (圧縮), ${}_t \sigma_b$: 曲げ応力度 (引張), f_b : 許容曲げ応力度

σ_t : 引張応力度, f_t : 許容引張応力度, τ : せん断応力度, f_s : 許容せん断応力度

2.3 解析対象建物

2.3.1 建物概要

解析対象建物は地上 14 階 (塔屋 1 階), 地下 1 階の鉄骨造建物 (一部鉄骨鉄筋コンクリート造) とする^{2.10)}。建物概要を Table.2.1, 架構形状を Fig.2.2 および 2.3 に示す。5×2 スパンの 14 階建ての事務所建物を想定し, 地上部を鉄骨造のラーメン構造, 地下部を鉄骨鉄筋コンクリート造の耐震壁付きラーメン構造, 基礎を場所打ちコンクリート杭とする。柱と梁の符号割付は文献 2.10 から修正している。

Table.2.1 Target building summary

Structure type	Above the ground : Steel Underground : Steel Reinforced Concrete
Framing type	Rigid Frame
Building area	679(m ²)
Total floor area	10,258(m ²)
Number of stories	14 stories above ground 1 story underground
Eave height	56.70(m)
Maximum height	62.00(m)
Standard floor height	4.00(m)
Ceiling height	2.70(m)
Exterior wall	Precast concrete wall
Foundation work	Cast-in-place pile

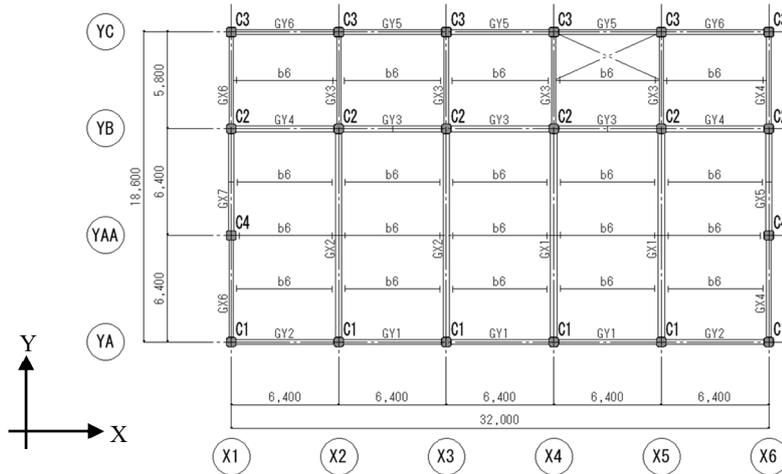


Fig.2.2 Framing plan (2F)

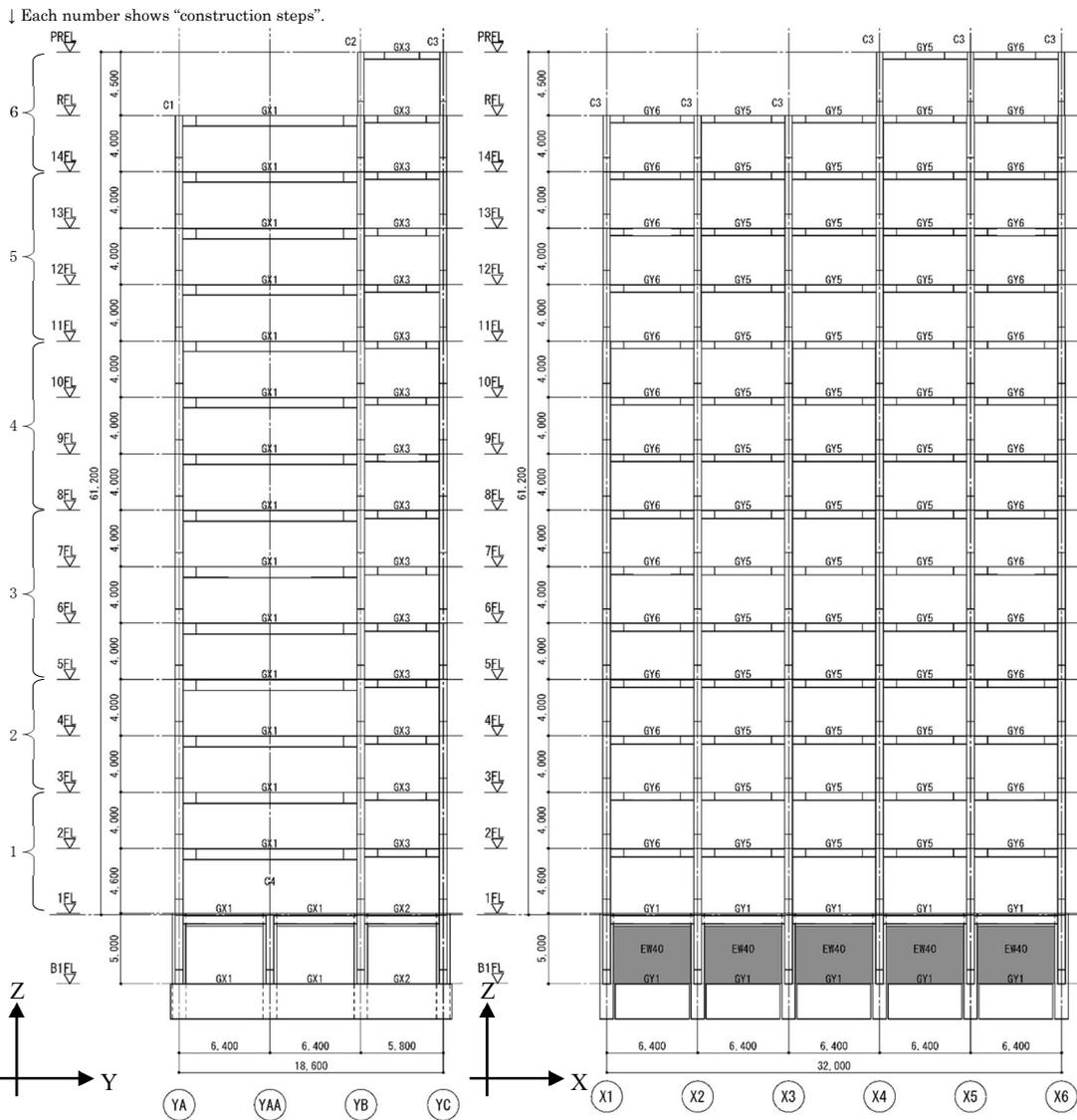


Fig.2.3 Framing sections (X5, YC)

2.3.2 設計変数の設定

Table.2.2 (次頁) には式(2.14)における設計変数 (柱および梁 (GX, GY)) へ割当てられる断面リストの範囲を, Table.2.3 (次々頁) には断面リスト番号と断面寸法の対応を示す。設計変数は施工性 (Fig.2.3 に示す柱の節割り) を考慮して, 部材符号ごとに複数階を 1 変数 (塔屋階は断面寸法の切替えを考慮して変数を分ける) とした合計 83 (柱:26, GX:29, GY:28) 変数 (組合せ数=1.12×10³) を設定する。設計変数へ割当てられる断面寸法は塑性変形能力確保のために, 柱には幅厚比が FA ランクを満たす冷間成形角形鋼管を, 梁の端部には幅厚比が FA ランク (中央部は FC ランク) を満たす外法一定 H 形鋼を想定する。また, 外形寸法として, 柱には 1~14 階を 500~700 角, 塔屋階を 450 角より, 大梁には 12.8m スパン (GX1, GX2) の梁は 750~800 せい, その他のスパンが塔屋階を 500 せい, その他の階を 550~600 せいより選定する。以上により, 局部座屈や仕口の施工性に対して間接的に制約条件を与えている。

2.3.3 最適化の初期解生成

本論文で提案する最適化手法は, 設計実務現場での骨組構造の耐震設計への使用を想定しており, 初期解には仮定断面^{2.10)}に近い 100 個体を生成した。2.3.2 の Table.2.2 の各設計変数に対し, 仮定断面として設定した断面を中央値として, 中央値から部材断面リストの上下限までの幅が小さい方を標準偏差とする正規分布を仮定して初期解を生成した。Fig.2.4 には代表設計変数 (1~3F の C1, 2~5F の GX3 および 2~5F の GY4) における初期解 100 個体で選定された断面寸法のヒストグラムを示す。

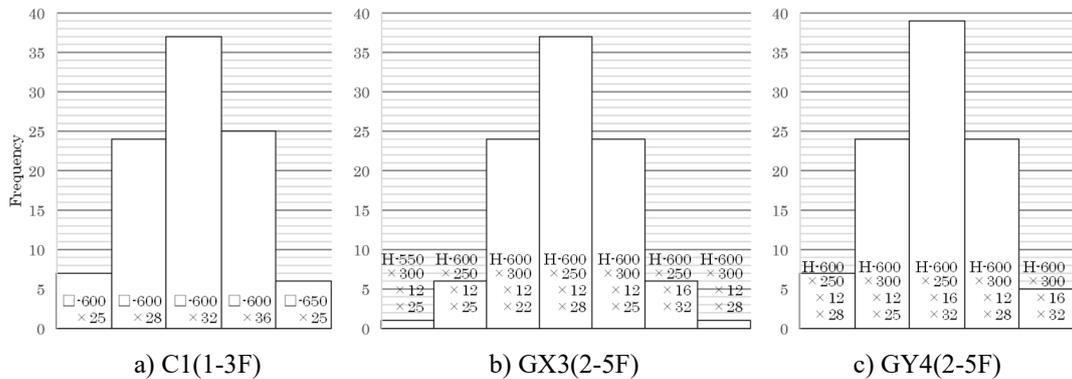


Fig.2.4 Histogram of initial population's section

2.3.4 解析モデル

柱および大梁を 3 次元梁要素, 耐震壁を壁柱, 側柱および壁梁からなるエレメント置換要素によりモデル化する。RC 部材が取付く節点には剛域^{2.11)}を, 鉄骨部材が取付く節点には X 方向および Y 方向にパネルのせん断変形を考慮する。大梁はスラブによる合成効果を剛性倍率^{2.12)}にて考慮する。各階は剛床仮定が成立するため, 質量中心位置では X 方向, Y 方向および Z 軸周りの自由度を, 各節点位置では Z 方向, X 軸周りおよび Y 軸周りの自由度を考慮する。

Table.2.2 Variables and range of sections

Column						Girder(GX)						Girder(GY)					
Mark	Variable No	Floor ※() shows construction step	Range of sections (Table.2.3)	Mark	Variable No	Floor ※() shows construction step	Range of sections (Table.2.3)	Mark	Variable No	Floor ※() shows construction step	Range of sections (Table.2.3)	Mark	Variable No	Floor ※() shows construction step	Range of sections (Table.2.3)		
C1	1	R~14 (6)	1~5	C3	14	R~14 (6)	6~25	GX1	14	R~12 (6~5)	21~40	GY1	14	R~12 (6~5)	71~85		
	2	14~11 (5)			15	11~9 (4)			15	11~9 (4)							
	3	11~8 (4)			16	8~6 (3)			16	8~6 (3)							
	4	8~5 (3)			17	5~2 (2~1)			17	5~2 (2~1)							
	5	5~3 (2)			18	R~12 (6~5)			18	R~12 (6~5)							
	6	3~1 (1)			19	5~3 (2)			19	11~9 (4)							
C2	7	PR~R (6)	1~5	C4	20	3~1 (1)	6~25	GX2	19	11~9 (4)	21~40	GY2	19	PR (6)	71~85		
	8	R~14 (6)			21	5~2 (2~1)			20	8~6 (3)							
	9	14~11 (5)			22	PR (6)			21	5~2 (2~1)							
	10	11~8 (4)			23	11~9 (4)			22	R~12 (6~5)							
	11	8~5 (3)			24	8~6 (3)			23	5~2 (2~1)							
	12	5~3 (2)			25	5~3 (2)			24	11~9 (4)							
C3	13	3~1 (1)	6~25	C4	26	3~1 (1)	6~25	GX3	25	8~6 (3)	1~17	GY3	25	8~6 (3)	71~85		
	14	PR~R (6)			26	R~12 (6~5)			26	R~12 (6~5)							
	15	R~14 (6)			27	11~9 (4)			27	11~9 (4)							
	16	14~11 (5)			28	8~6 (3)			28	8~6 (3)							
	17	11~8 (4)			29	5~2 (2~1)			29	5~2 (2~1)							
	18	8~5 (3)															

Table.2.3 Section list for variables

Column			Gender												
No	Size	No	Size	No	Size (End)	Size (Center)									
1	<input type="checkbox"/> -450×19	14	<input type="checkbox"/> -550×36	21	H-750×250×14×22	H-750×250×14×22	51	H-550×200×12×19	Same as on the left	71	H-500×200×9×16	H-500×200×9×16	71	H-500×200×9×16	H-500×200×9×16
2	<input type="checkbox"/> -450×22	15	<input type="checkbox"/> -600×25	22	H-750×250×14×25	H-750×250×14×22	52	H-550×200×12×22	Same as on the left	72	H-500×200×9×19	H-500×200×9×19	72	H-500×200×9×19	H-500×200×9×19
3	<input type="checkbox"/> -450×25	16	<input type="checkbox"/> -600×28	23	H-750×300×14×22	Same as on the left	53	H-550×200×12×25	Same as on the left	73	H-500×200×9×22	H-500×200×9×22	73	H-500×200×9×22	H-500×200×9×19
4	<input type="checkbox"/> -450×28	17	<input type="checkbox"/> -600×32	24	H-750×250×14×28	H-750×250×14×25	54	H-550×250×12×22	Same as on the left	74	H-500×200×12×25	H-500×200×12×25	74	H-500×200×12×25	H-500×200×9×22
5	<input type="checkbox"/> -450×32	18	<input type="checkbox"/> -600×36	25	H-750×300×14×25	H-750×300×14×22	55	H-550×250×12×25	Same as on the left	75	H-500×250×9×16	H-500×250×9×16	75	H-500×250×9×16	Same as on the left
6	<input type="checkbox"/> -500×19	19	<input type="checkbox"/> -650×25	26	H-750×300×14×28	H-750×300×14×25	56	H-550×250×12×28	Same as on the left	76	H-500×250×9×19	H-500×250×9×16	76	H-500×250×9×19	H-500×250×9×16
7	<input type="checkbox"/> -500×22	20	<input type="checkbox"/> -650×28	27	H-750×350×14×25	Same as on the left	57	H-550×300×12×16	Same as on the left	77	H-500×250×9×22	H-500×250×9×19	77	H-500×250×9×22	H-500×250×9×19
8	<input type="checkbox"/> -500×25	21	<input type="checkbox"/> -650×32	28	H-750×300×16×32	H-750×300×14×28	58	H-550×300×12×19	Same as on the left	78	H-500×250×12×25	H-500×250×9×22	78	H-500×250×12×25	H-500×250×9×22
9	<input type="checkbox"/> -500×28	22	<input type="checkbox"/> -650×36	29	H-750×350×14×28	H-750×350×14×25	59	H-550×300×12×22	Same as on the left	79	H-500×250×12×28	H-500×250×12×25	79	H-500×250×12×28	H-500×250×12×25
10	<input type="checkbox"/> -550×22	23	<input type="checkbox"/> -700×28	30	H-800×350×14×25	Same as on the left	60	H-550×300×12×25	Same as on the left	80	H-500×300×12×16	Same as on the left	80	H-500×300×12×16	Same as on the left
11	<input type="checkbox"/> -550×25	24	<input type="checkbox"/> -700×32	31	H-800×300×16×32	H-800×300×14×28	61	H-600×250×12×25	Same as on the left	81	H-500×300×12×19	H-500×300×12×16	81	H-500×300×12×19	H-500×300×12×16
12	<input type="checkbox"/> -550×28	25	<input type="checkbox"/> -700×36	32	H-800×350×14×28	H-800×350×14×25	62	H-600×250×12×28	Same as on the left	82	H-500×300×12×22	H-500×300×12×19	82	H-500×300×12×22	H-500×300×12×19
13	<input type="checkbox"/> -550×32	-	-	33	H-800×400×14×25	Same as on the left	63	H-600×250×16×32	Same as on the left	83	H-500×300×12×25	H-500×300×12×22	83	H-500×300×12×25	H-500×300×12×22
14				34	H-800×350×16×32	H-800×350×14×28	64	H-600×300×12×22	Same as on the left	84	H-500×300×16×28	H-500×300×12×25	84	H-500×300×16×28	H-500×300×12×25
15				35	H-800×400×14×28	H-800×400×14×25	65	H-600×300×12×25	Same as on the left	85	H-500×300×16×32	H-500×300×12×28	85	H-500×300×16×32	H-500×300×16×28
16				36	H-800×350×16×36	H-800×350×16×32	66	H-600×300×12×28	Same as on the left						
17				37	H-800×400×16×32	H-800×400×14×28	67	H-600×300×16×32	Same as on the left						
				38	H-800×350×19×40	H-800×350×16×36									
				39	H-800×400×16×36	H-800×400×14×32									
				40	H-800×400×19×40	H-800×400×16×36									

仮定断面^{2.10)}による各階重量および層せん断力を Table.2.4 に示す。最適化過程では、断面変更による固定荷重の変動を考慮した層せん断力係数から層せん断力を算出する。偏心率の算定対象には地下および塔屋による重量偏心の大きい 14 階は除く。大梁の断面検定には横補剛を考慮した座屈長さによる許容曲げ応力度を用いる。

Table.2.4 Story weight and shear force

Story name	Dead load (kN)	Live load (kN)	Story weight (kN)	Total weight (kN)	α	Ai distribution factor	Story shear coefficient (K) as seismic intensity	Story shear force (kN)
R	691	71	762	762	—	—	(K) 1.000	762
14	5,110	863	5,972	6,734	0.088	2.830	0.319	2,151
13	4,688	525	5,213	11,947	0.156	2.323	0.262	3,133
12	4,716	525	5,242	17,189	0.225	2.051	0.231	3,979
11	4,718	525	5,243	22,432	0.293	1.866	0.211	4,724
10	4,769	525	5,294	27,726	0.362	1.724	0.195	5,395
9	4,817	525	5,343	33,069	0.432	1.607	0.181	5,998
8	4,817	525	5,343	38,412	0.502	1.507	0.170	6,533
7	4,862	525	5,387	43,799	0.573	1.417	0.160	7,008
6	4,878	525	5,403	49,202	0.643	1.336	0.151	7,422
5	4,890	525	5,416	54,618	0.714	1.262	0.142	7,778
4	4,914	525	5,440	60,057	0.785	1.191	0.134	8,077
3	4,928	525	5,453	65,511	0.856	1.125	0.127	8,318
2	4,940	525	5,465	70,976	0.928	1.061	0.120	8,504
1	4,992	525	5,517	76,493	1.000	1.000	0.113	8,634
B1	11,856	525	12,381	88,874	—	—	(K) 0.100	9,875
Foundation	28,933	1,190	30,123	118,997	—	—	—	—

2.3.5 最適化諸元の設定

各解析ケースの設定諸元の組合せを Table.2.5 に示す。使用する応答曲面アルゴリズムの数は、Fig.2.1 に示す通り応答曲面法の計算負荷や近似精度に影響を与える。そのため、応答曲面アルゴリズムとして SVD・RBF・Kriging より 2 および 3 手法を用いた解析の比較検討を行う。また、空間充填アルゴリズムの影響を調べるため、一様乱数・Sobol・ISF・ULH の 4 手法を考慮する。応答曲面法の仮想最適化には多目的遺伝的アルゴリズムの MOGA-II^{2.8)} (以下、GA_{Vir}) を用いた。指定比率 R_{virExp} は全ケースとも 0.5 とする。初期解は 2.3.3 で示した方法により生成した 100 個体とし、探索ステップは 50 回 (合計 5,000 個体を探索) として最適化を行う。また、応答曲面法の性状比較のために、既往の最適化手法として MOGA-II (以下、GA_{Opt}) 単体を用いた最適化を行う。遺伝的アルゴリズムに関する諸元は、繰返し世代数が GA_{Vir} で 20、GA_{Opt} で 50 とし、1 世代の個体数を 100、突然変異率を 0.1 および交叉率を 0.5 (指向性交叉^{2.8)}) とする。

式(2.14)の制約条件には、最大層間変形角 1/200 以下、偏心率 0.15 以下、梁の断面検定比 1.0 以下および柱の断面検定比 0.8 以下を設定した。柱の断面検定比は梁に対して 1.25 倍の余裕を設けることで、終局時に梁崩壊先行の断面が算定されるように想定している。静的応力解析と断面検定には一貫構造計算プログラムの NASCA^{2.13)}を、最適化処理には最適化支援ツールの **modeFRONTIER**^{2.14)} (応答曲面法の処理には **FAST** を採用) を使用する。

Table.2.5 Optimization cases

Case name	Optimization method	Virtual exploration	RSM algorithms	R_{virExp}
MOGA	MOGA-II	—	—	—
RSM-SK-Random	RSM (MOGA-II)	Random	Polynomial SVD Kriging	0.50
RSM-SK-Sobol	〃	Sobol	〃	〃
RSM-SK-ISF	〃	ISF	〃	〃
RSM-SK-ULH	〃	ULH	〃	〃
RSM-SKR-Random	〃	Random	Polynomial SVD RBF Kriging	〃
RSM-SKR-Sobol	〃	Sobol	〃	〃
RSM-SKR-ISF	〃	ISF	〃	〃
RSM-SKR-ULH	〃	ULH	〃	〃

2.4 最適化結果

2.4.1 遺伝的アルゴリズムおよび応答曲面法 (SVD, Kriging)

Table.2.6 に各解析ケースの目的関数上位個体の目的関数および制約条件の値を, Table.2.7 に最終ステップで得られた各解析ケースの応答曲面の予測精度 (式(2.13)) を示す。Fig.2.5-2.9 には Table.2.5 の解析ケースのうち, MOGA, RSM-SK-Random, RSM-SK-Sobol, RSM-SK-ISF および RSM-SK-ULH の総鉄骨量の探索推移および許容解の個体数を示す。Fig.2.10-2.14 には横軸を総鉄骨量, 縦軸を層間変形角の逆数・柱の最大断面検定比または梁の最大断面検定比とした散布図を示す。各図とも制約条件を満たす解のみをプロットする。

Fig.2.5 より MOGA では解析が進むに連れて総鉄骨量が減少している。また, Fig.2.10 より総鉄骨量と各応答値がトレードオフの関係となっており, パレート曲線が得られていることが分かる。一方, Fig.2.6-2.9 より応答曲面を用いた最適化では MOGA と比較して制約条件を満たす解の探索数が少なく, RSM-SK-Random を除き, 総鉄骨量の減少は解析の初期段階のみで横ばいが続く。Fig.2.11-2.14 より解の探索範囲がばらつく傾向を示している。また, Table.2.7 より空間充填アルゴリズムごとで予測精度に大きな違いがあることが分かる。これらは応答曲面による解空間の近似精度の低さを要因として生じるものだと予想される。次の 2.4.2 で応答曲面法の近似精度による影響について検証する。

Table.2.6 The best result of objective functions

Case name		Population number	$f_1(x)$ Amount of steel (t) (Red is Min.)	$f_2(x), g_2(x)$ Column stress ratio (Red is Min.)	$f_3(x), g_3(x)$ Girder stress ratio (Red is Min.)	$g_1(x)$ Inter-story drift angle	$g_4(x)$ Eccentricity ratio
MOGA	Min. $f_1(x)$	4648	1204.0	0.780	0.947	1 / 223	0.130
	Min. $f_2(x)$	4707	1250.5	0.678	0.924	1 / 232	0.146
	Min. $f_3(x)$	4629	1256.1	0.772	0.910	1 / 228	0.146
RSM-SK-Random	Min. $f_1(x)$	4712	1164.1	0.766	0.977	1 / 201	0.130
	Min. $f_2(x)$	4321	1280.7	0.669	0.977	1 / 238	0.134
	Min. $f_3(x)$	3553	1233.6	0.725	0.916	1 / 217	0.114
RSM-SK-Sobol	Min. $f_1(x)$	3980	1207.0	0.757	0.990	1 / 203	0.111
	Min. $f_2(x)$	3871	1282.6	0.665	0.964	1 / 239	0.123
	Min. $f_3(x)$	4732	1238.8	0.749	0.903	1 / 219	0.143
RSM-SK-ISF	Min. $f_1(x)$	3041	1206.6	0.798	0.966	1 / 219	0.146
	Min. $f_2(x)$	1896	1270.0	0.674	0.954	1 / 226	0.129
	Min. $f_3(x)$	3380	1242.0	0.795	0.900	1 / 218	0.132
RSM-SK-ULH	Min. $f_1(x)$	2429	1198.1	0.795	0.959	1 / 210	0.120
	Min. $f_2(x)$	3837	1246.2	0.676	0.958	1 / 224	0.140
	Min. $f_3(x)$	2040	1229.8	0.789	0.892	1 / 233	0.131

Table.2.7 Accuracy of RSM

Case name	Objective function and Constraint						
	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$g_1(x)$	$g_2(x)$	$g_3(x)$	$g_4(x)$
	Amount of steel	Column stress ratio	Girder stress ratio	Inter-story drift angle	Column stress ratio	Girder stress ratio	Eccentricity ratio
RSM-SK-Random	0.040	0.047	0.067	0.053	0.049	0.067	0.048
RSM-SK-Sobol	0.048	0.094	0.072	0.052	0.094	0.072	0.042
RSM-SK-ISF	0.135	0.307	0.305	0.201	0.314	0.309	0.141
RSM-SK-ULH	0.133	0.134	0.164	0.186	0.133	0.161	0.079

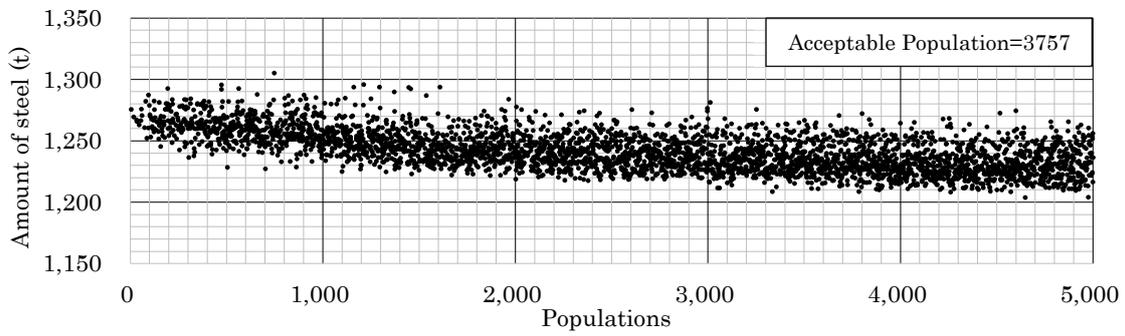


Fig.2.5 History of $f_1(x)$ (MOGA)

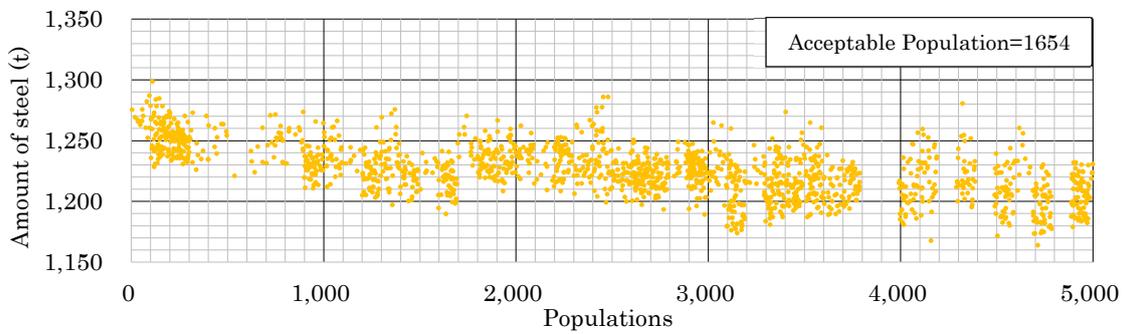


Fig.2.6 History of $f_1(x)$ (RSM-SK-Random)

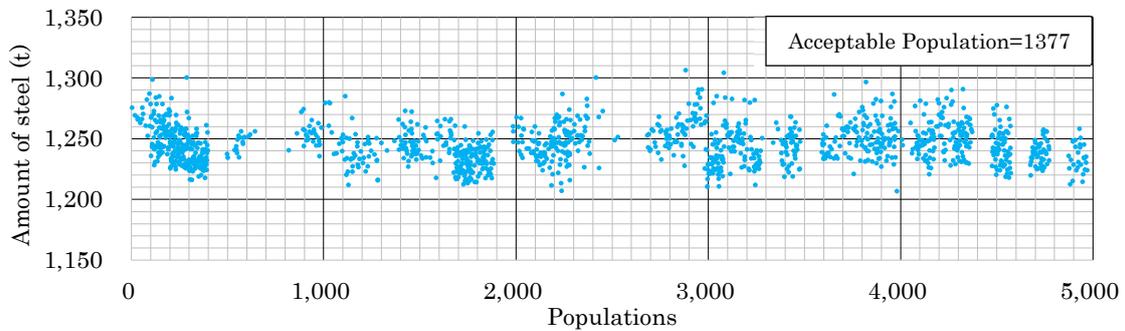


Fig.2.7 History of $f_1(x)$ (RSM-SK-Sobol)

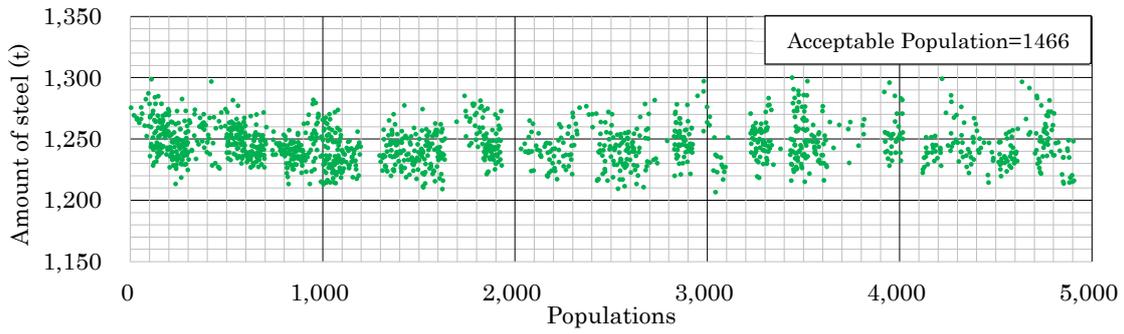


Fig.2.8 History of $f_1(x)$ (RSM-SK-ISF)

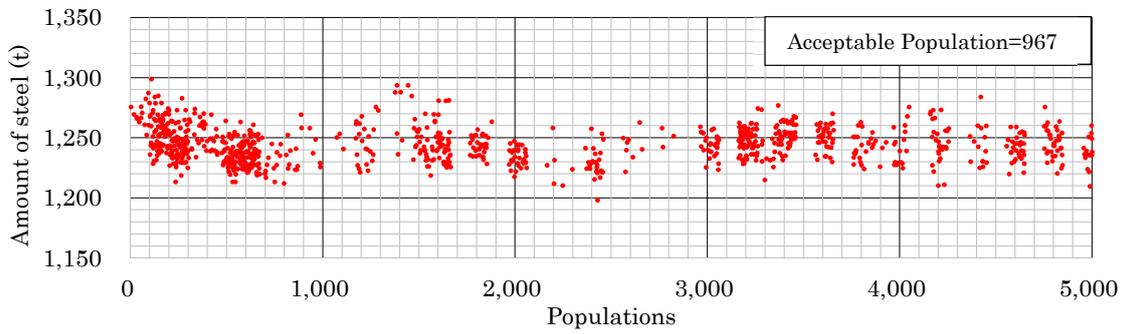


Fig.2.9 History of $f_1(x)$ (RSM-SK-ULH)

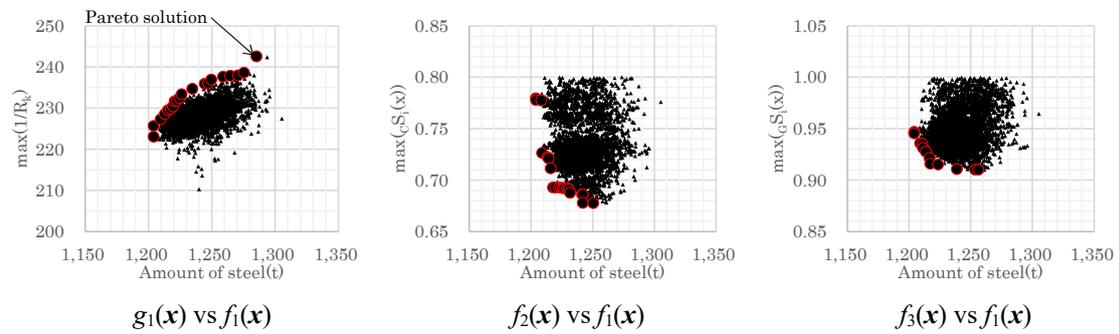


Fig.2.10 Relations of $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$ and $g_1(x)$ (MOGA)

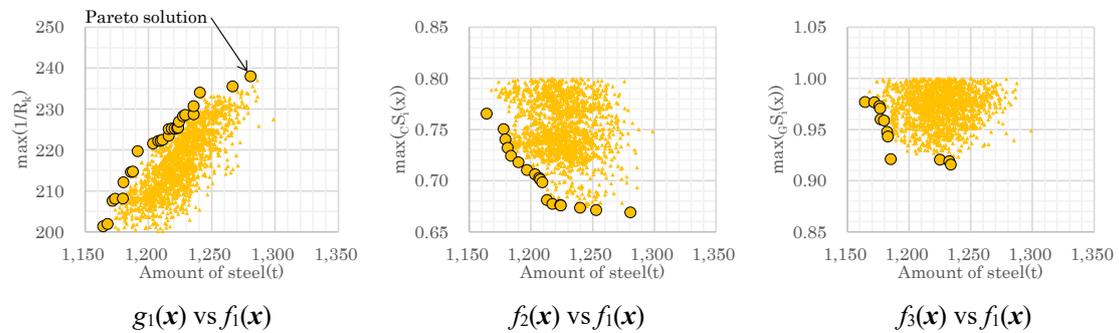


Fig.2.11 Relations of $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$ and $g_1(x)$ (RSM-SK-Random)

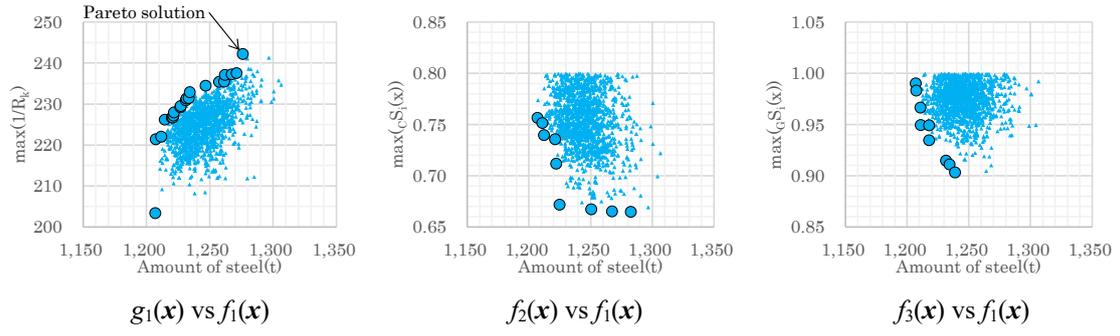


Fig.2.12 Relations of $f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x})$ and $g_1(\mathbf{x})$ (RSM-SK- Sobol)

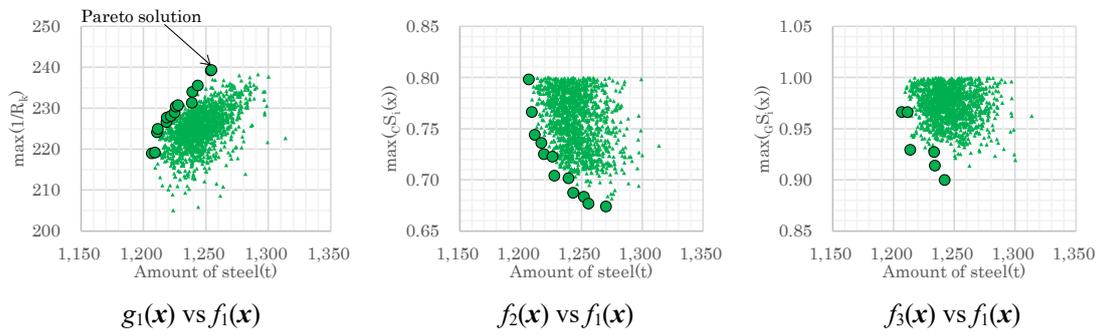


Fig.2.13 Relations of $f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x})$ and $g_1(\mathbf{x})$ (RSM-SK- ISF)

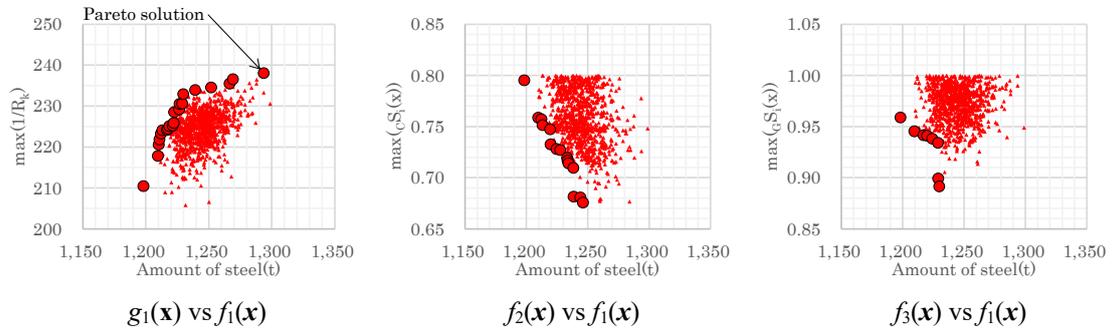


Fig.2.14 Relations of $f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x})$ and $g_1(\mathbf{x})$ (RSM-SK- ULH)

2.4.2 応答曲面法 (SVD, Kriging, RBF)

Table.2.8 に各解析ケースの目的関数上位個体の目的関数および制約条件の値を, Table.2.9 に各解析ケースの最終ステップにおいて得られた応答曲面の予測精度 (式(2.13)) を示す。Fig.2.15-2.18 には Table.2.5 の解析ケースのうち, RSM-SKR-Random, RSM-SKR-Sobol, RSM-SKR-ISF および RSM-SKR-ULH の総鉄骨量の探索推移および許容解の個体数を示す。Fig.2.19-2.22 には横軸を総鉄骨量, 縦軸を層間変形角の逆数・柱の最大断面検定比または梁の最大断面検定比とした散布図を示す。各図とも制約条件を満たす解のみをプロットする。

Fig.2.15-2.18 より, 2.4.1 と比較して制約条件を満たす解が数多く探索されている。また, 総鉄骨量の推移も全ケースで MOGA の結果 (Fig.2.5) と比較して早い段階で最小化が進んでいる。これらの傾向は Table.2.9 に示すように, 応答曲面アルゴリズムに RBF を考慮することで解空間の近似精度が高まり, 空間充填アルゴリズムの差異による影響が小さくなるためであると考えられる。SVD は学習点を通らないため, 離散変数の最適化問題には有効ではないと考えられる。Kriging および RBF は学習点を通る補間関数であるが, 学習点から離れた位置において RBF は Kriging よりも近似精度が優れるため, 両者に差が生じていると考えられる (付.1 参照)。Fig.2.19-2.22 より 2.4.1 の結果と比較してパレート曲線が明確に表れている。

以上より最適化手法に応答曲面を適切に組み合わせることにより従来の最適化手法である遺伝的アルゴリズムと比較して優れた解探索性能を持つことが示された。

Table.2.8 The best result of objective functions

Case name		Population number	$f_1(x)$ Amount of steel (t) (Red is Min.)	$f_2(x), g_2(x)$ Column stress ratio (Red is Min.)	$f_3(x), g_3(x)$ Girder stress ratio (Red is Min.)	$g_1(x)$ Inter-story drift angle	$g_4(x)$ Eccentricity ratio
RSM-SKR-Random	Min. $f_1(x)$	4797	1198.4	0.780	0.921	1 / 225	0.132
	Min. $f_2(x)$	1785	1228.0	0.708	0.951	1 / 229	0.131
	Min. $f_3(x)$	4843	1211.9	0.735	0.908	1 / 230	0.125
RSM-SKR-Sobol	Min. $f_1(x)$	4967	1191.1	0.774	0.932	1 / 222	0.143
	Min. $f_2(x)$	2929	1223.9	0.686	0.929	1 / 226	0.148
	Min. $f_3(x)$	2457	1235.5	0.719	0.908	1 / 231	0.142
RSM-SKR-ISF	Min. $f_1(x)$	4707	1190.0	0.792	0.924	1 / 222	0.133
	Min. $f_2(x)$	2932	1220.4	0.681	0.918	1 / 224	0.133
	Min. $f_3(x)$	2704	1217.6	0.699	0.909	1 / 223	0.133
RSM-SKR-ULH	Min. $f_1(x)$	4873	1197.4	0.800	0.944	1 / 221	0.138
	Min. $f_2(x)$	3949	1249.8	0.704	0.926	1 / 231	0.139
	Min. $f_3(x)$	4527	1207.0	0.799	0.921	1 / 222	0.146

Table.2.9 Accuracy of RSM

Case name	Objective function and Constraint						
	$f_1(\mathbf{x})$	$f_2(\mathbf{x})$	$f_3(\mathbf{x})$	$g_1(\mathbf{x})$	$g_2(\mathbf{x})$	$g_3(\mathbf{x})$	$g_4(\mathbf{x})$
	Amount of steel	Column stress ratio	Girder stress ratio	Inter-story drift angle	Column stress ratio	Girder stress ratio	Eccentricity ratio
RSM-SKR-Random	0.034	0.024	0.024	0.010	0.025	0.017	0.010
RSM-SKR-Sobol	0.029	0.039	0.015	0.017	0.038	0.015	0.017
RSM-SKR-ISF	0.054	0.032	0.047	0.016	0.032	0.075	0.037
RSM-SKR-ULH	0.019	0.070	0.035	0.032	0.071	0.035	0.017

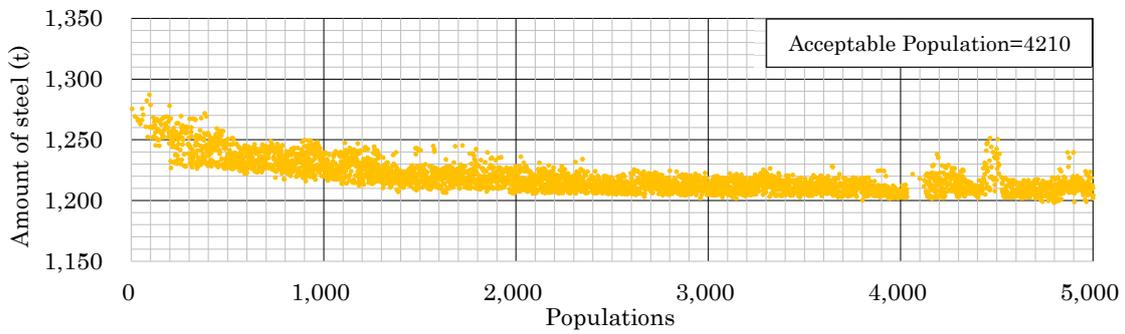


Fig.2.15 History of $f_1(\mathbf{x})$ (RSM-SKR-Random)

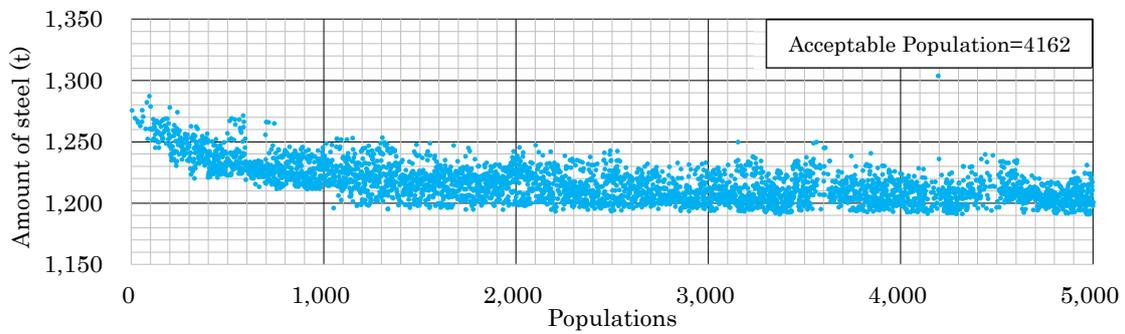


Fig.2.16 History of $f_1(\mathbf{x})$ (RSM-SKR-Sobol)

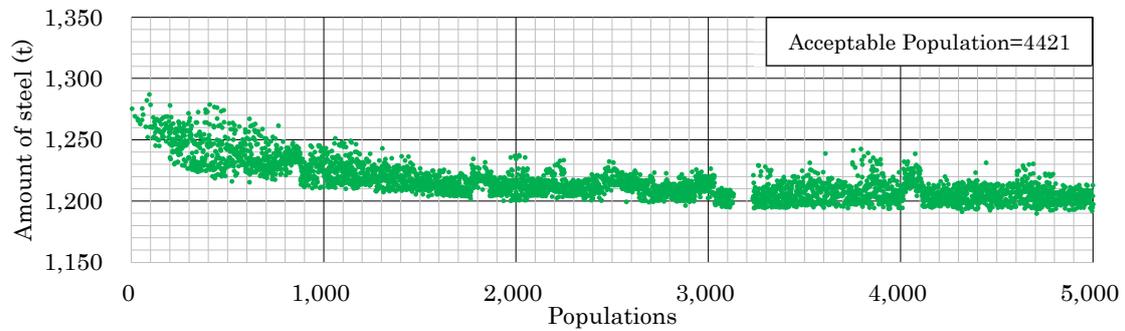


Fig.2.17 History of $f_1(\mathbf{x})$ (RSM-SKR-ISF)

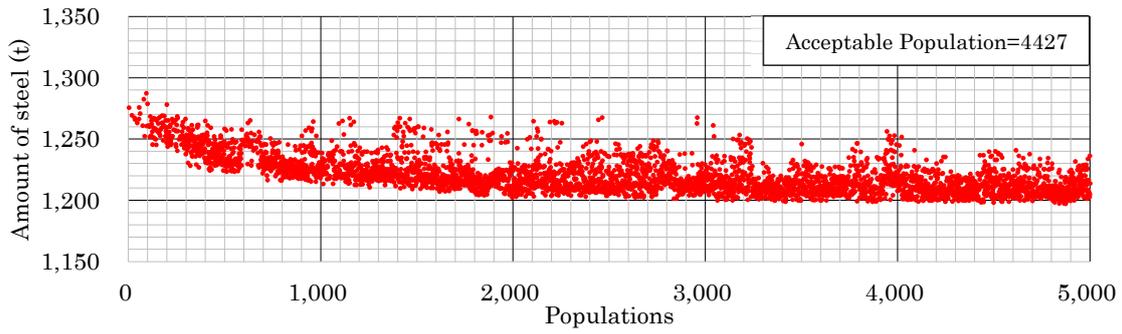


Fig.2.18 History of $f_1(x)$ (RSM-SKR-ULH)

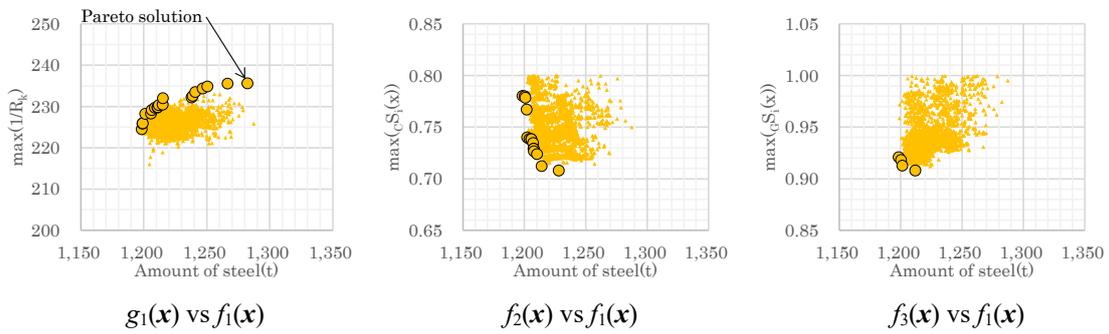


Fig.2.19 Relations of $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$ and $g_1(x)$ (RSM-SKR-Random)

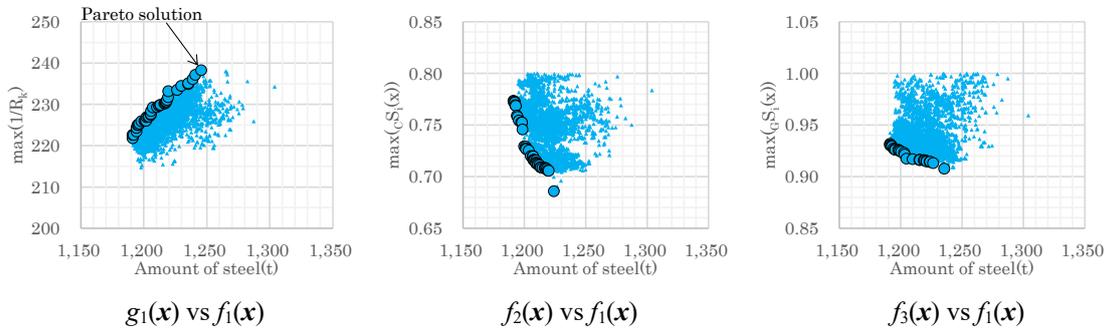


Fig.2.20 Relations of $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$ and $g_1(x)$ (RSM-SKR-Sobol)

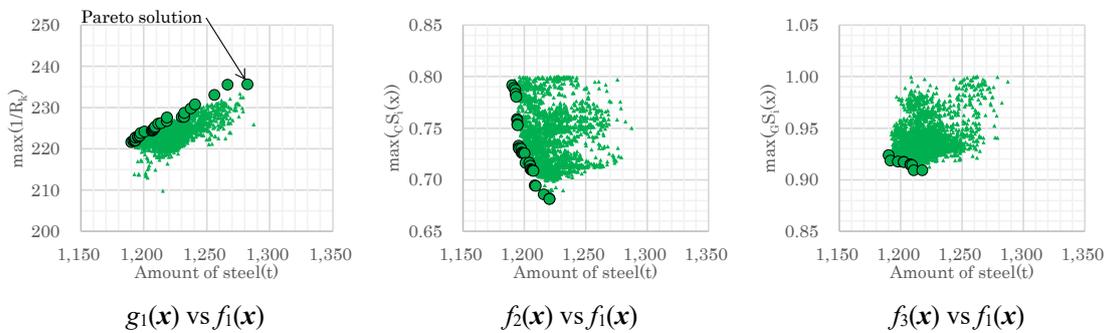


Fig.2.21 Relations of $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$ and $g_1(x)$ (RSM-SKR-ISF)

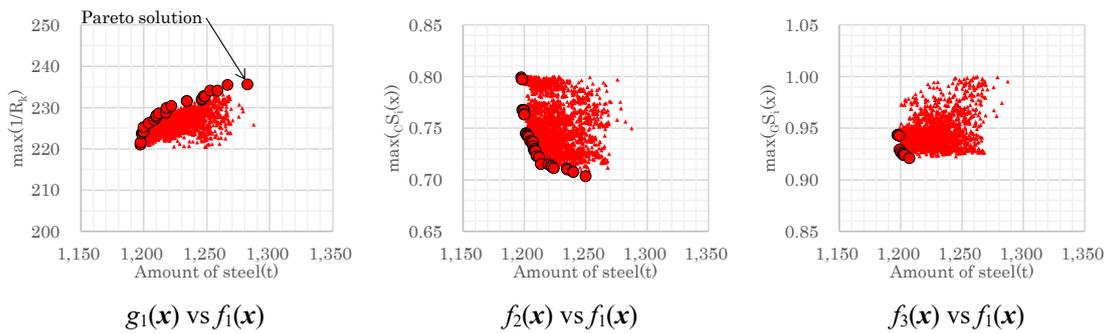


Fig.2.22 Relations of $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$ and $g_1(x)$ (RSM-SKR- ULH)

2.4.3 最適化手法の初期値依存性に対する検討

初期値依存性確認のため、2.3.3で示した最適化問題の初期解を、Fig.2.23 および Fig.2.24 に示す一様乱数により生成した 100 個体を用いた最適化をそれぞれ行う。探索ステップは 100 回（合計 10,000 個体を探索）とし、その他の諸元は 2.3 と同様とし、対象解析ケースは Table.2.5 における MOGA, RSM-SK-Sobol および RSM-SKR-Sobol とする。

Fig.2.25-2.30 には、総鉄骨量の探索推移および許容解の個体数を示す。Fig.2.25-2.30 より、各最適化結果とも、許容解の数および目的関数値に対して初期値の差異による影響があることが分かる。これは、本解析例では組合せ数が 1.12×10^{103} と非常に大きく、10,000 個体という限られた探索回数では初期値による影響を受けるためであると考えられる。また、Example 1 および Example 2 の両解析結果において、RSM-SKR-Sobol が最も多くの許容解が得られており、許容解の数に対する初期解の影響は他の 2 ケースよりも小さいことが分かる。これは Fig.2.1 に示すように、応答曲面法では各ステップ (Fig.2.1 の(3)~(7)が 1 ステップ) において、仮想探索 (Fig.2.1 の(4)) では n_{virExp} (本解析例では 50)、仮想最適化 (Fig.2.1 の(5)) では $n_{pop} \times n_{gen}$ (本解析例では 100×20) の探索が行われており MOGA よりも内部的に多くの解探索が行われており、応答曲面の精度が高い RSM-SKR-Sobol は安定的に許容解を探索できていると考えられる。

以上より、許容解を限られた期間で取得しなければならない設計実務現場では、制約条件が厳しく大規模な組合せ問題に対して、応答曲面法は適切な応答曲面アルゴリズムを用いることで許容解の探索性能の点で有用な手法であることが示された。

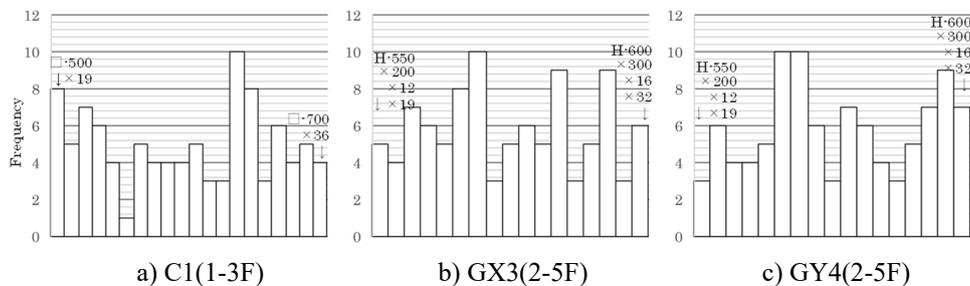


Fig.2.23 Histogram of initial population's section (Example 1)

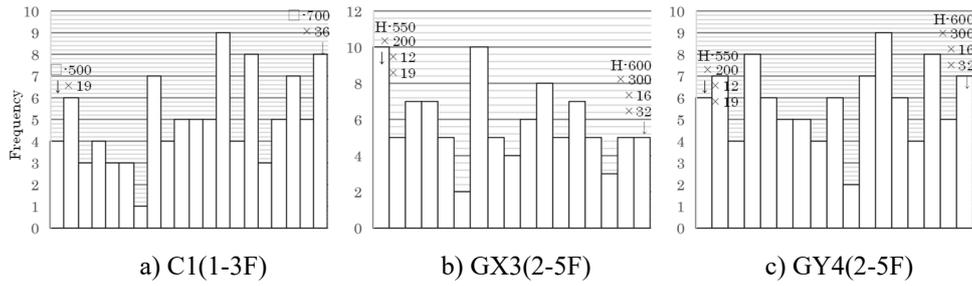


Fig.2.24 Histogram of initial population's section (Example 2)

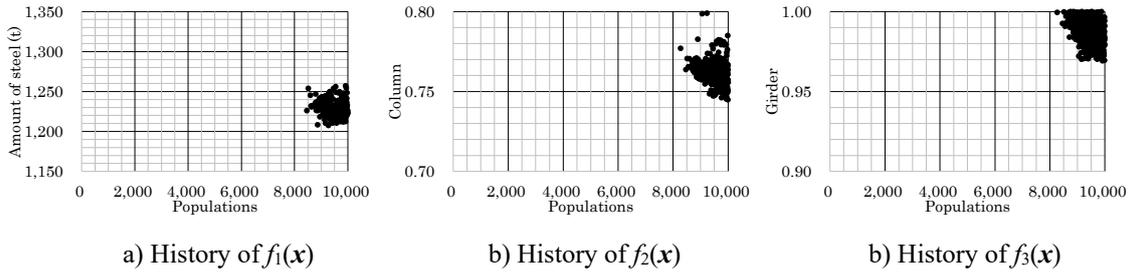


Fig.2.25 MOGA with random populations (Example 1) : Acceptable population=659

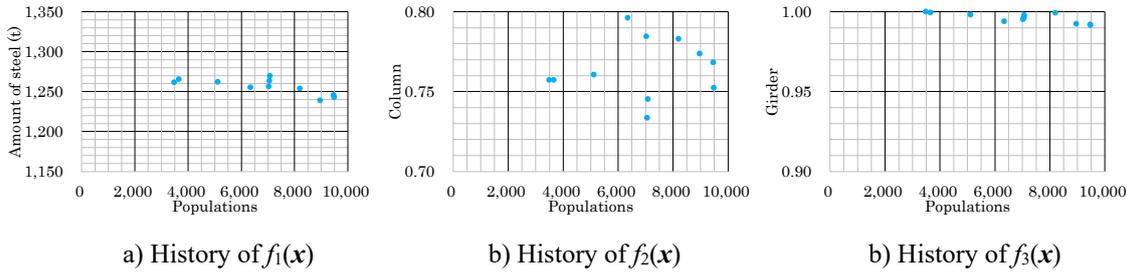


Fig.2.26 RSM-SK-Sobol with random populations (Example 1) : Acceptable population=11

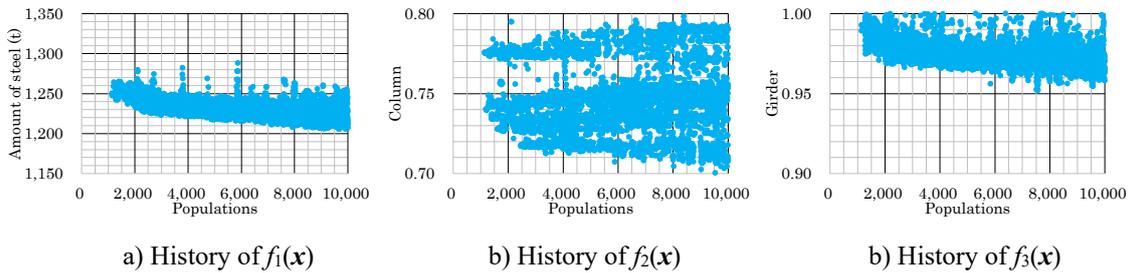


Fig.2.27 RSM-SKR-Sobol with random populations (Example 1) : Acceptable population=7686

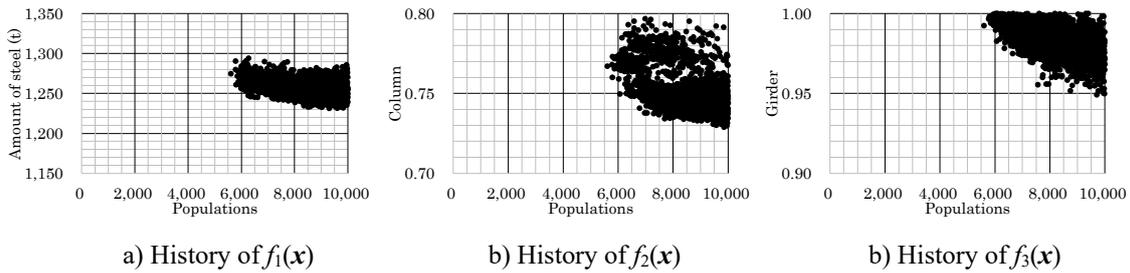


Fig.2.28 MOGA with random populations (Example 2) : Acceptable population=2743

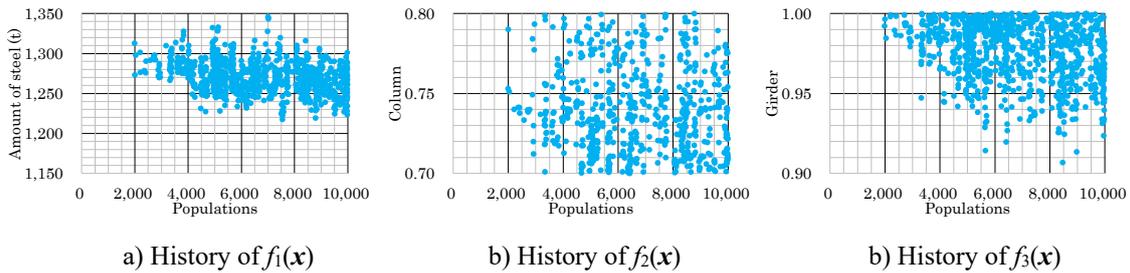


Fig.2.29 RSM-SK-Sobol with random populations (Example 2) : Acceptable population=960

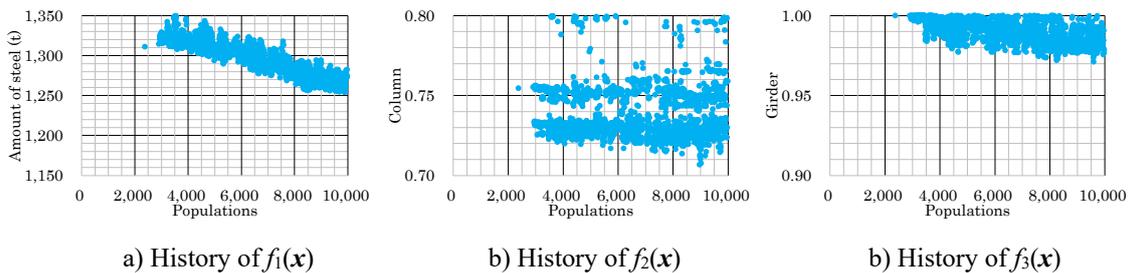


Fig.2.30 RSM-SKR-Sobol with random populations (Example 2) : Acceptable population=4041

2.4.4 選択断面の比較

Fig.2.31-2.33 には、 GA_{Opt} による最適化での各目的関数の最小解 (Table.2.5 の MOGA) および応答曲面法による最適化での各目的関数の最小解 (Table.2.6 および 2.8 の赤字) の設計変数の番号 (Table.2.2) を横軸に、選定された断面の番号 (Table.2.3) を縦軸に示す。各図には仮定断面 (文献 2.10 を一部修正) も併せて示す。なお、横軸は各図上部に示す符号ごとに設計変数の番号が大きいほど下階の部材断面を示す。

Fig.2.31-2.33 より各最適化結果とも仮定断面の近傍に収束していることが分かる。一方で、上階より下階側が小さい断面となっている部位 (例えば Fig.2.31 a)の変数 25 と 26) が見られる。これは該当部では上階側の断面が更に削減可能である可能性を示し、短期応力で断面が決定される部材では、断面選択時に上下階で断面性能が逆転しない制約条件を追加するなどの検討の余地がある。

柱は Fig.2.31 より総鉄骨量を目的関数とした場合、下層階を除いて仮定断面と同等以下の断面

を選択する傾向にある。また Fig.2.32 より柱の最大断面検定比を目的関数とした場合は、断面検定比の厳しい下層階の柱を補強する傾向にある。一方、C3 は X 方向地震時の偏心率削減のために、目的関数に関わらず断面を小さくする傾向にある。GX は目的関数ごとで明確な傾向を示さないのに対し、GY は目的関数に関わらず GY3 および GY5 を仮定断面よりも補強する傾向にある。これはコア側中央スパンの部材で地震力を負担することで、その他の部材の断面を小さくするためであると考えられる。

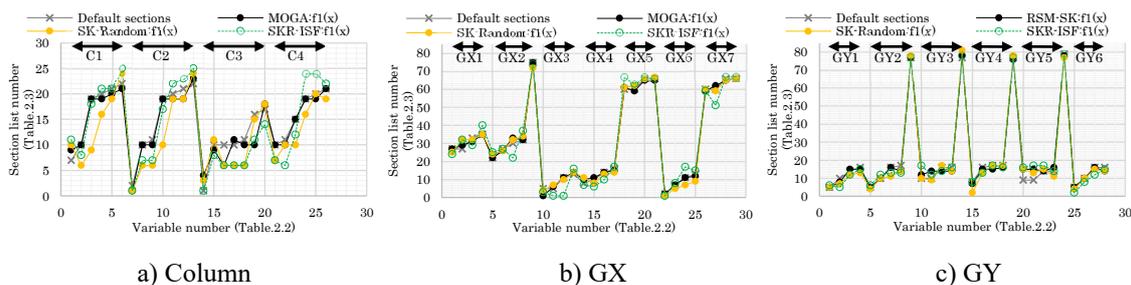


Fig.2.31 Selected cross section of $\text{Min } f_1(x)$

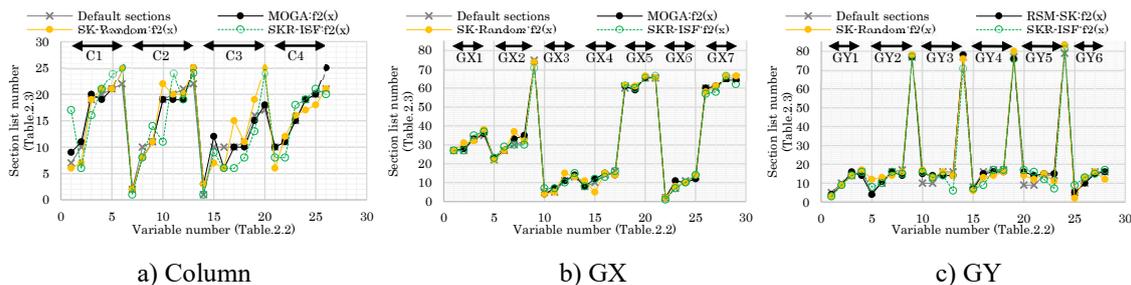


Fig.2.32 Selected cross section of $\text{Min } f_2(x)$

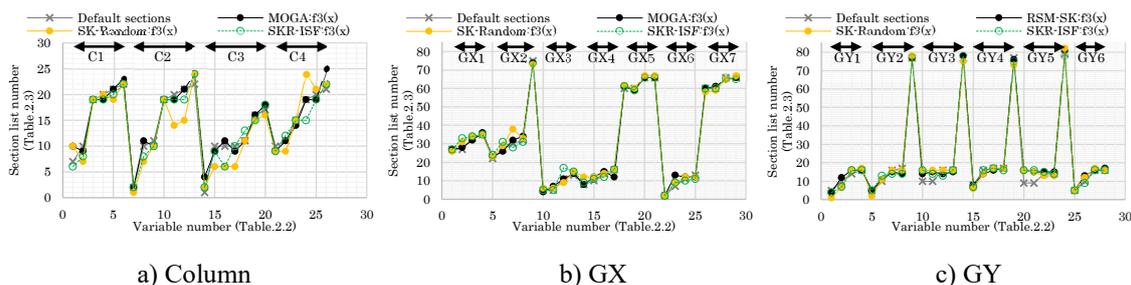


Fig.2.33 Selected cross section of $\text{Min } f_3(x)$

2.5 まとめ

第2章では、設計実務現場における鋼構造骨組への構造最適化の適用を想定し、許容応力度設計を対象とした中高層建物の多目的最適化問題に対して、応答曲面と最適化を組合せた手法である応答曲面法の適用性に関する検討を行った。得られた知見を以下に示す。

1) 応答曲面アルゴリズムを SVD と Kriging とした場合には、応答曲面の近似精度の悪さに起因

して空間充填アルゴリズムごとで予測精度に大きな差異が生じる。

2) 応答曲面アルゴリズムを SVD, Kriging と RBF とした場合には, 応答曲面の近似精度が向上することで空間充填アルゴリズムの影響が小さくなるとともに, 既往の最適化手法 (遺伝的アルゴリズム) より解の探索性, 効率性が高くなる。

3) 最適化で選択される断面は, 上下階で断面性能が逆転して選択されている部位があるため, 短期応力で断面が決定される部材についてはそれらを考慮した最適化処理が必要である。

以上より, 応答曲面法は構造設計の実務現場で求められる離散変数の組合せ最適化問題に対して, 有効な最適化手法であると考えられるため, 第 3 章以降の最適化問題における探索手法として応答曲面法を採用することとする。

参考文献

- 2.1) Enrico R., Alessandro T.: Metamodels for Fast Multi-objective Optimization: Trading Off Global Exploration and Local Exploitation, Simulated Evolution and Learning 8th International Conference, SEAL 2010, pp.523-532, 2010.12
- 2.2) 趙行剛, 小野徹郎 : 応答曲面法による骨組システムの構造信頼性解析, 日本建築学会構造系論文集, 第 497 号, pp.175-179, 1997.7 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.62.175>)
- 2.3) Teresa M., Alessandro T., Enrico R.: FAST Optimizers: General Description, ESTECO Technical Report 2014-001, 2014.5
- 2.4) Alberto L.: Kriging, Technical Report 2007-003, 2007.12
- 2.5) Carl E.R., Chris W.: Gaussian Processes for Machine Learning, The MIT Press, pp.112-116, 2005.11
- 2.6) 持橋大地, 大羽成征 : ガウス過程と機械学習, 講談社, 2021.12
- 2.7) Enrico R.: Radial Basis Functions Response Surfaces, Technical Report 2007-001, 2007.4
- 2.8) Silvia Poles.: MOGA-II An improved Multi-Objective Genetic Algorithm, ESTECO Technical Report 2003-006, 2003.12
- 2.9) 日本建築学会 : 鋼構造許容応力度計算規準, 第 1 版, 2019.10
- 2.10) 日本建築防災協会 : 構造設計・部材断面事例集, 2007.6
- 2.11) 日本建築学会 : 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2018, 2018.12
- 2.12) 日本建築学会 : 各種合成構造設計指針・同解説, 第 2 版, 2010.11
- 2.13) https://www.nihonsekkei.co.jp/think/ideas/expertise_20980/, (accessed 2023/5/24)
- 2.14) <https://www.idaj.co.jp/product/modelfrontier/>, (accessed 2023/10/18)

第3章 最適化を用いた超高層建築物の耐震設計と応答特性評価関数に関する検討

3.1 検討の位置付けと概要

第1章で述べた通り、骨組構造の動的特性を考慮した最適化について様々な研究が行われているが、応答スペクトル法に基づく応答評価では超高層建築物、制振構造および免震構造架構の耐震性評価に用いられる累積塑性変形やエネルギー吸収量を取り扱うことが困難である。一方、弾塑性時刻歴応答解析を用いた研究においてはダンパーの非線形性は考慮されているが主架構の復元力特性は弾性範囲としている場合が殆どであり、架構の弾塑性領域での応答特性を対象とした検討は不十分であると考えられる。超高層建築物では、高次モードの建物応答特性へ与える影響が大きいことに加えて、弾塑性範囲の応答では弾性を仮定した固有周期やモードが変化するため、架構の降伏耐力や二次剛性など復元力特性を決定する諸元も影響を与える。そのため、弾性1次モードを想定した縮約手法の適用には課題があると考えられる。さらに、最適化問題における目的関数や制約条件に対して、主架構の応答性状の指標として最大応答変位を取り扱っているのみで、適切な架構特性(剛性や耐力の分布、弾塑性領域での復元力特性)を持った様々な最適解を導くための目的関数(評価指標)に関する考察は不十分であると考えられる。

そこで、第3章では本論文の目的である、超高層建築物等の設計実務現場における課題解決に寄与する最適化を用いた耐震設計手法の提案の前段として、最適化手法の設計実務現場における超高層建築物等の耐震設計への適用可能性を整理するとともに、様々な想定地震動レベルおよび設計クライテリアに対して、質点系モデルの時刻歴応答解析による弾塑性応答性状を考慮した様々な架構復元力特性(以下、最適復元力)を得るための多目的最適化問題を定式化し、得られた解の特性を分析することにより、その有効性を確認する。

第3章の提案設計法で得られる最適復元力は、第4章で詳述する通り、その後、これに適合する骨組モデルを探索する際の目標復元力特性とすることを想定したものである。

3.2 超高層建築物の耐震設計への最適化適用

超高層建築物等の設計は、Fig.3.1(文献3.1の図に加筆)に示すように、1つの設計案を求めるには、赤矢印で繋がる一連の検討を複数回繰返し計算することが一般的である。そのため、最初に不適切な地震力分布や部材断面を設定した場合、手戻りが生じることになる。元来、構造設計者は経験知に基づき初期値を設定し、構造設計を行っている。これに対し、本研究ではFig.3.2に示す最適化手法を用いた超高層建築物等の耐震設計法(図内太枠箇所が最適化手法の適用に関わる)を提案する。

構造設計者は、まず構造計画に基づく想定建物固有周期、設計クライテリア等の設計要件および考慮すべき想定入力地震動を設定する。次に、質点系モデルの弾塑性時刻歴応答解析結果に対する多目的最適化を行い、最適化結果より設計要件と想定入力地震動に対する架構の弾塑性応答特性(最適復元力)および応答層せん断力分布に基づく設計用地震力を複数個選択する。そして、構造設計者が選択した解の最適復元力を実現するための部材断面配置を、選択解の設計用地震力を荷重条件とする骨組モデルの静的弾塑性増分解析結果を用いた最適化により算定する。

得られた最適解は、骨組モデルの弾塑性時刻歴応答解析により、設計要件を満足していることを確認する。最後に、構造設計者は設計要件を満足する複数の解から最終的な設計案を選択する。これらの手順の一部 (Fig.3.2 の赤矢印) は、最適化技術により自動化が可能であり、本手法は複数解を同時に検討でき、性能設計やケーススタディに適した手法である。

このように、提案設計法により構造設計者は設計要件を満たす構造設計案を、従前の方法 (Fig.3.1) と比較して不要な手戻りなく、かつ複数案を効率的に求めることが可能となる。また、提案設計法は質点系モデルの弾塑性時刻歴応答解析に対する最適化を基点としており、仮定断面の情報が不要でありながら弾塑性応答特性を考慮した解の取得が可能である。そのため、提案設計法により構造計画段階から設計要件や想定入力地震動に対する弾塑性応答特性を考慮した構造設計が実現可能となる。

第3章では Fig.3.2 の赤枠で示す、最適復元力と設計層せん断力を得るための質点系モデルによる弾塑性時刻歴応答解析結果を用いた最適化および応答特性の評価関数について述べる。また、第3章では耐震構造のみを取り扱うが、既往の制振装置や免震装置の最適配置手法^{3.2)}と組み合わせることで、架構特性と装置配置の両者を考慮した最適化への展開が可能である。そのうち、制振構造を対象とした最適化について第4章および第5章にて詳述する。

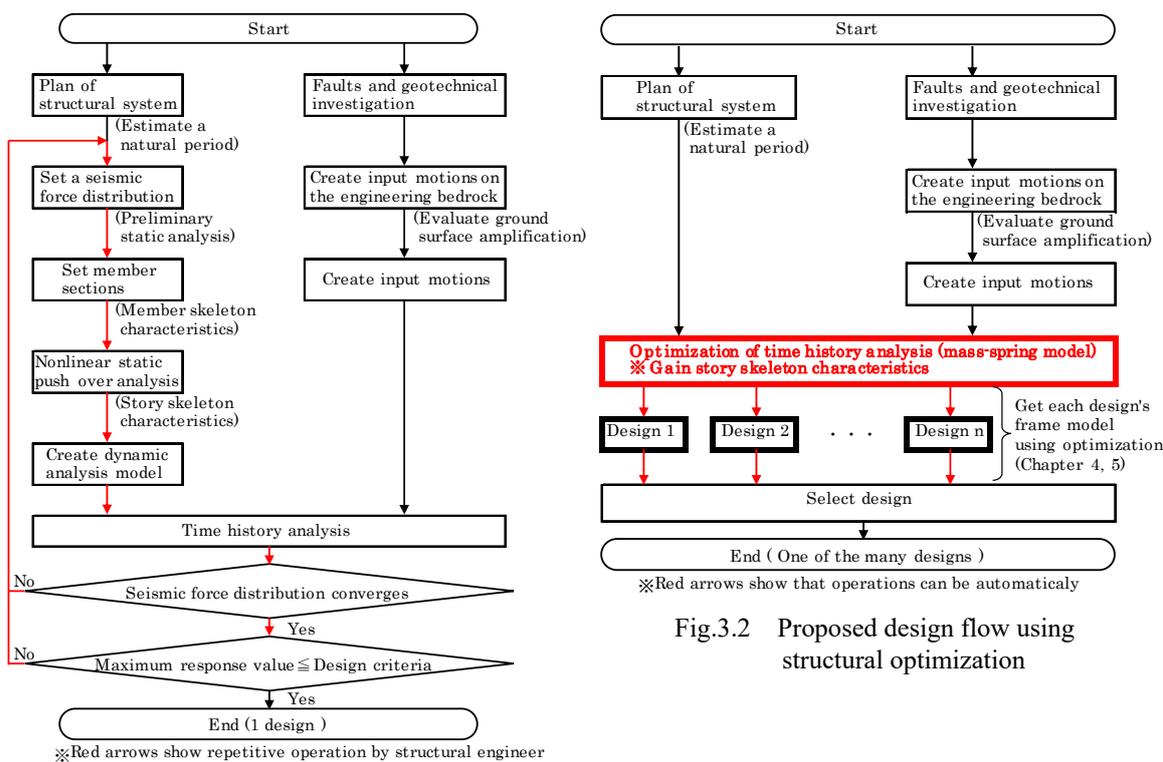


Fig.3.2 Proposed design flow using structural optimization

Fig.3.1 Design flow based on time history analysis

3.3 最適復元力算定と応答特性評価関数

3.3.1 復元力特性の定義

第3章では各層が Fig.3.3 に示す Normal-Tri-Linear モデル^{3.3)}の復元力特性を持つ多質点系モデルを取り扱う。図内の各諸元の定義は以下の通りとする。なお、 \sim 付き諸元は設計者の指定パラメータを、 $\bar{\quad}$ 付き諸元は設計クライテリアによる制約条件を、 α で示す諸元は第3章の最適化問題における設計変数であることを示す。各諸元と最適化問題の関係は3.3.2にて詳述する。

i : 質点（剛性については質点下部に取付く層間バネ）の番号

iK_1 : 第1剛性, iK_2 : 第2剛性, iK_3 : 第3剛性

iQ_1 : 第1折れ点の層せん断力, iQ_2 : 第2折れ点の層せん断力

$i\theta_1$: iQ_1 時の層間変形角, $i\theta_2$: iQ_2 時の層間変形角

$i\bar{\theta}_1$: $i\theta_1$ 算定時の基準層間変形角（設定値は3.4.4にて詳述する）

$i\bar{\theta}_2$: $i\theta_2$ 算定時の基準層間変形角（設定値は3.4.4にて詳述する）

iQ_{Lv1} : 稀に発生する地震動（以下 Lv1 地震動）入力時の最大応答層せん断力

iQ_{Lv2} : 極めて稀に発生する地震動（以下 Lv2 地震動）入力時の最大応答層せん断力

$i\bar{\theta}_{Lv1}$: iQ_{Lv1} 時の応答層間変形角, $i\bar{\theta}_{Lv2}$: iQ_{Lv2} 時の応答層間変形角

$i\alpha_{Q_2}$: iQ_2 の iQ_{Lv1} に対する比率, $i\alpha_{Q_{Lv2}}$: iQ_{Lv2} の iQ_{Lv1} に対する比率

$i\alpha_{K_1}$: iK_1 算定係数, $i\alpha_{\theta_1}$: $i\theta_1$ 算定係数, $i\alpha_{\theta_2}$: $i\theta_2$ 算定係数

$i\bar{K}_S$: iK_1 算定時の基準剛性（3.3.2にて詳述する）

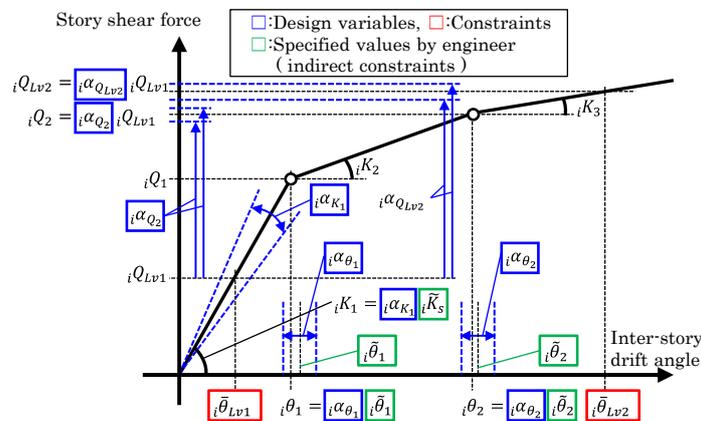


Fig.3.3 Story skeleton characteristics

第3章では建築基準法レベルの耐震構造（Lv1 地震動で弾性，Lv2 地震動での塑性化を許容）の鉄骨造建物を想定し，復元力特性は以下の3点を想定する。

- ・第1折れ点：層に属する部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点（ iQ_1 および $i\theta_1$ ）
- ・第2折れ点：層に属する概ねの部材が全塑性モーメントに達した時点（ iQ_2 および $i\theta_2$ ）
- ・Lv2 応答時：Lv2 地震動による最大応答値（ iQ_{Lv2} および $i\bar{\theta}_{Lv2}$ ）

なお，各層の崩壊系は最下階柱脚と最上階柱頭を除いて，梁崩壊先行型となっていることを想

定する。

第 1 折れ点をひび割れ発生時点とすることで、提案設計法は RC 造へ適用可能であると考えられる。また、入力地震動レベルを読み替える（例えば、Fig.3.3 の iQ_{Lv1} を Lv2, iQ_{Lv2} を余裕度レベル^{3,4)}）ことで、耐震性を向上させた架構の最適化にも容易に展開可能である。

3.3.2 最適化問題の定式化

最適復元力算定問題を式(3.1)に示す多目的最適化問題として取り扱う。設計変数には、Fig.3.3 に示した層復元力特性の各諸元を決定するための係数 ($i\alpha_{K1}, i\alpha_{\theta1}, i\alpha_{\theta2}, i\alpha_{Q2}, i\alpha_{QLv2}$) を考慮する。目的関数には、各層の最大応答層間変形角が制約条件からどの程度離れているかを示す指標（以下、これを層間変形角の平均二乗誤差と呼ぶ）： f_1^{Lv1} , f_1^{Lv2} および最大応答層せん断力から求まるベースシア係数： f_2^{Lv1} , f_2^{Lv2} を考慮する。前者は高さ方向に一様な変形をする架構を得ること（付.2）を、後者は最適復元力算定後の骨組モデルによる最適化の設計層せん断力を小さくすることを意図した目的関数である。制約条件には、最大応答層間変形角： g_1^{Lv1} , g_1^{Lv2} および層の最大塑性率： g_2^{Lv2} を考慮する。目的関数、制約条件ともに Lv1 および Lv2 地震動を対象とすることで弾塑性応答特性の考慮を意図している。

$$\begin{aligned} \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{x}) = & \left. \begin{aligned} f_1^{Lv1}(\mathbf{x}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv1}(\mathbf{x})}{i\bar{\theta}_{Lv1}} \right)^2 \\ f_1^{Lv2}(\mathbf{x}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv2}(\mathbf{x})}{i\bar{\theta}_{Lv2}} \right)^2 \\ f_2^{Lv1}(\mathbf{x}) &= C_{bLv1}(\mathbf{x}) \\ f_2^{Lv2}(\mathbf{x}) &= C_{bLv2}(\mathbf{x}) \end{aligned} \right\} (3.1) \\ \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{x}) = & \left. \begin{aligned} g_1^{Lv1}(\mathbf{x}) &= \max_i (i\theta_{Lv1}(\mathbf{x}) - i\bar{\theta}_{Lv1}, 0) \leq 0 \\ g_1^{Lv2}(\mathbf{x}) &= \max_i (i\theta_{Lv2}(\mathbf{x}) - i\bar{\theta}_{Lv2}, 0) \leq 0 \\ g_2^{Lv2}(\mathbf{x}) &= \max_i (i\mu_{Lv2}(\mathbf{x}) - i\bar{\mu}_{Lv2}, 0) \leq 0 \end{aligned} \right\} \\ \mathbf{x} = & \{i\alpha_{K1}, i\alpha_{\theta1}, i\alpha_{\theta2}, i\alpha_{Q2}, i\alpha_{QLv2}\} \in \mathbb{R}^m \end{aligned}$$

ここに

n : 質点数, m : 設計変数の次元数

$i\theta_{Lv1}(\mathbf{x})$: Lv1 地震動入力時の質点*i*の最大応答層間変形角

$i\bar{\theta}_{Lv1}$: Lv1 地震動入力時の質点*i*の層間変形角制限値

$i\theta_{Lv2}(\mathbf{x})$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の最大応答層間変形角

$i\bar{\theta}_{Lv2}$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の層間変形角制限値

$C_{bLv1}(\mathbf{x})$: Lv1 地震動入力時のベースシア係数

$C_{bLv2}(\mathbf{x})$: Lv2 地震動入力時のベースシア係数

$i\mu_{Lv2}(\mathbf{x})$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の最大塑性率

$i\bar{\mu}_{Lv2}$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の塑性率制限値

Fig.3.3 に示したように第 1 剛性は基準剛性 ${}_i\tilde{K}_S$ に、係数 ${}_i\alpha_{K_1}$ を考慮することで算出する。 ${}_i\tilde{K}_S$ は式(3.2)を用いて算出する。

$${}_i\tilde{K}_S = \max({}_iK_{AI}, {}_iK_{eq}) \quad (3.2)$$

$${}_iK_{AI} = \frac{{}_iQ_{AI}}{{}_i\bar{\theta}_{Lv1}h_i} \quad (3.3)$$

$${}_iK_{eq} = \omega^2 \sum_{j=i}^n m_j \quad (3.4)$$

ここに

${}_iK_{AI}$: Ai 分布の層せん断力および Lv1 地震動入力時の層間変形角制限値 ${}_i\bar{\theta}_{Lv1}$ より求まる質点 i の第 1 剛性で式(3.3)による

${}_iK_{eq}$: 質点 i より上の全質点を 1 質点系に縮約した場合に、縮約質点が振動数 ω となるための等価剛性で式(3.4)による

${}_iQ_{AI}$: Ai 分布による質点 i の層せん断力, h_i : 質点 i の階高

ω : 固有周期 T に対応する固有振動数 (第 3 章では $T = 0.03H$ (H は建物高さ) ^{3.5)}とする)

m_j : 質点 j の質量

3.4 解析諸元

3.4.1 解析対象建物

解析対象建物は Fig.3.4 および Fig.3.5 に示す地上 25 階 (塔屋 1 階), 地下 1 階, 高さ約 100m の鉄骨造 (一部 CFT) の事務所ビルとする。なお, 地下階は耐震壁が多く配置されて層剛性が地上階と比較して大きく, かつ Lv2 地震動に対しても耐震壁は降伏を許容しない設計が一般的であるため, 地下階が地上階の応答特性に与える影響は小さいと判断して第 3 章では最適化の対象外 (質点系モデルは地上階のみ) とする。

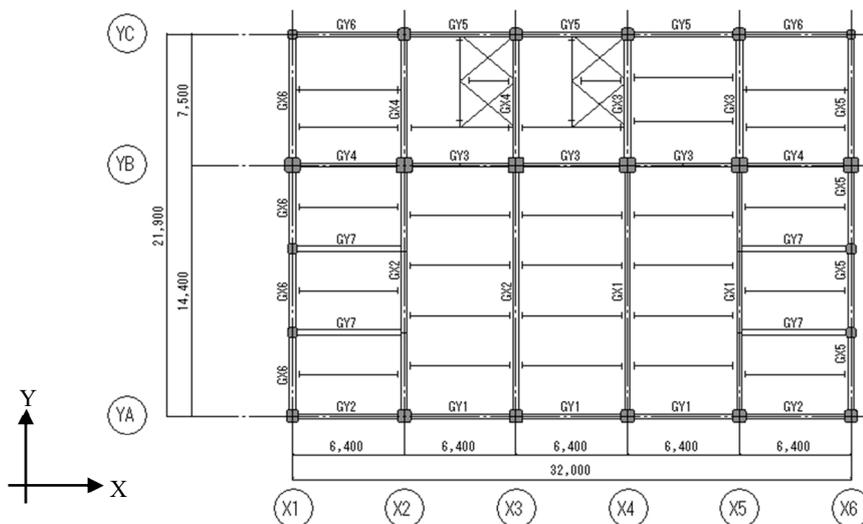


Fig.3.4 Framing plan (10F)

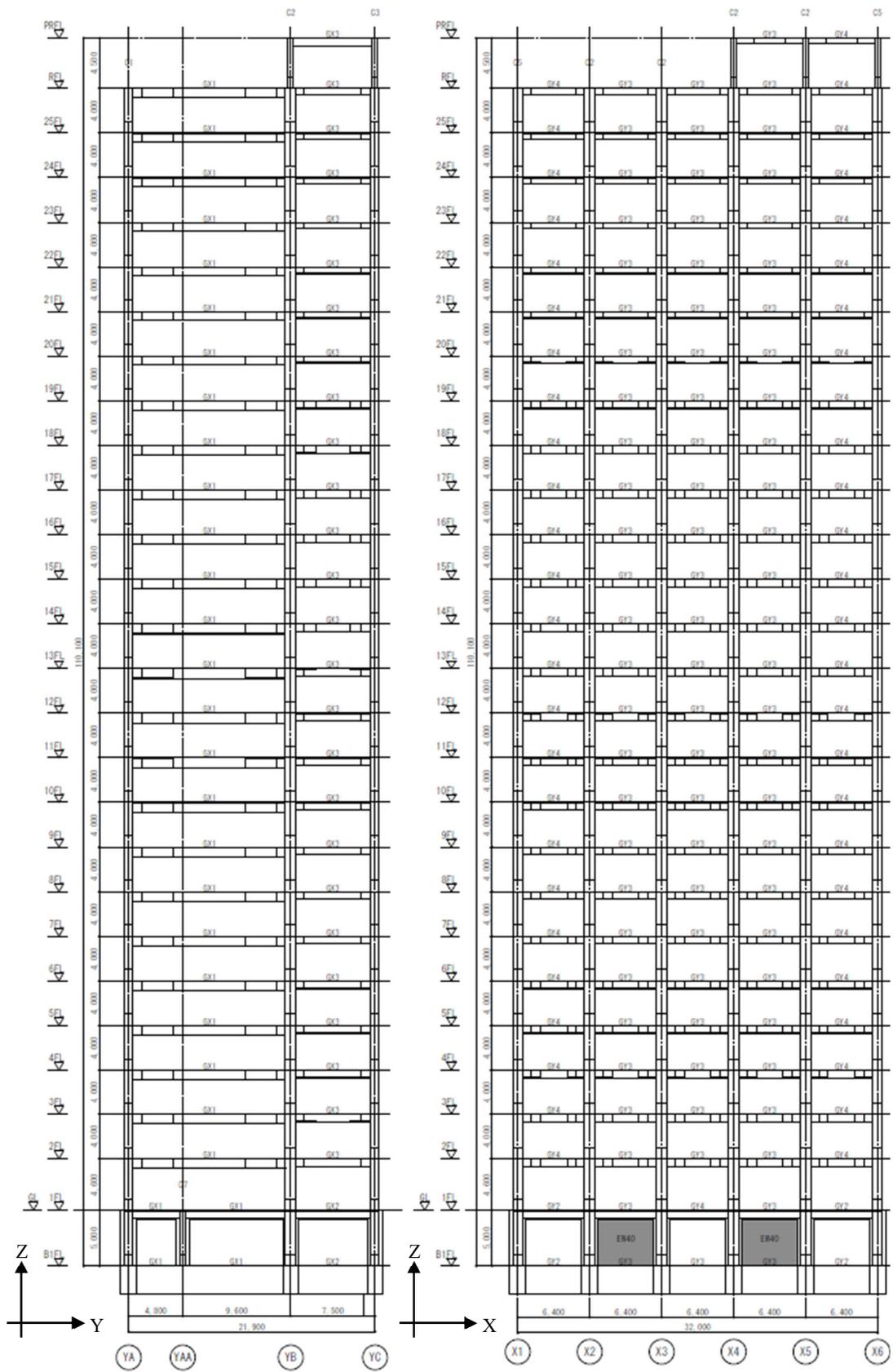


Fig.3.5 Framing sections (X4, YC)

3.4.2 解析モデル

各質点は X, Y 方向ともに偏心は無視（質量中心とバネの位置は同じ）し、質点系モデルには立体曲げせん断棒モデルを用いる。各質点の自由度にはせん断変形 (δ_X, δ_Y) および曲げ変形 (θ_X, θ_Y) を考慮する。なお、塔屋階は質量として考慮し、25 階の質点に含むものとする。

水平力作用時の柱軸伸縮による各層の曲げ変形 (Fig.3.6) に対する剛性 ($E_i I_{\theta_X}, E_i I_{\theta_Y}$) は、各層で平面保持の仮定が成立するとして式(3.5)により算出する。超高層建築物等では柱断面（柱軸剛性）は長期軸力から決まることが多いため、第3章の最適化では $E_i I_{\theta_X}, E_i I_{\theta_Y}$ を一律とし、予め Ai 分布の一次設計用層せん断力を作用させた骨組モデルの静的応力解析結果（柱軸力および軸変形）を用いて算出する。また、骨組構造は梁ヒンジを先行させ、柱は最上階柱頭と最下階柱脚を除いて弾性設計とする場合が一般的であるため、 $E_i I_{\theta_X}, E_i I_{\theta_Y}$ は弾性剛性として採用する。

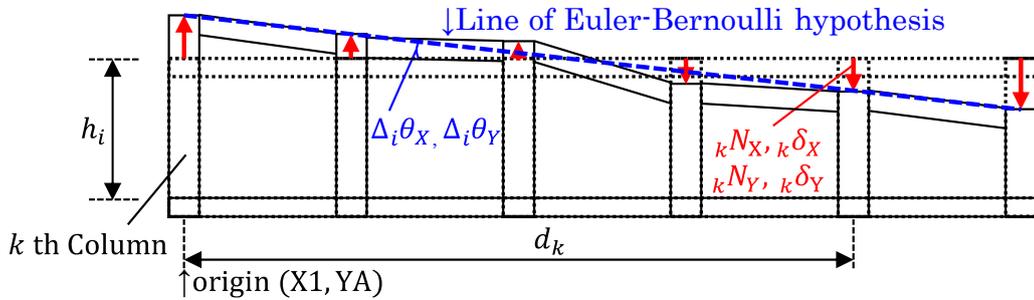


Fig.3.6 Axial deformation by horizontal force

$$E_i I_{\theta_X} = \frac{h_i(iM_{\theta_X} + i-1M_{\theta_X})}{2\Delta_i\theta_X}, \quad E_i I_{\theta_Y} = \frac{h_i(iM_{\theta_Y} + i-1M_{\theta_Y})}{2\Delta_i\theta_Y} \quad (3.5)$$

$$iM_{\theta_X} = \sum_{k=1}^{i n_c} i N_{k,Y} d_k, \quad iM_{\theta_Y} = \sum_{k=1}^{i n_c} i N_{k,X} d_k \quad (3.6)$$

$$\Delta_i\theta_X = \sum_{k=1}^{i n_c} i N_{k,Y} \delta_{k,Y} / iM_{\theta_X}, \quad \Delta_i\theta_Y = \sum_{k=1}^{i n_c} i N_{k,X} \delta_{k,X} / iM_{\theta_Y} \quad (3.7)$$

ここに

$E_i I_{\theta_X}$: 質点 i の X 軸回り曲げ剛性

$E_i I_{\theta_Y}$: 質点 i の Y 軸回り曲げ剛性

iM_{θ_X} : 質点 i の X 軸回り転倒モーメントで式(3.6)による

iM_{θ_Y} : 質点 i の Y 軸回り転倒モーメントで式(3.6)による

$i-1M_{\theta_X}$: 質点 $i-1$ の X 軸回り転倒モーメントで式(3.6)による

$i-1M_{\theta_Y}$: 質点 $i-1$ の Y 軸回り転倒モーメントで式(3.6)による

$\Delta_i\theta_X$: 質点 i の X 軸回り転倒回転角で式(3.7)による

$\Delta_i\theta_Y$: 質点 i の Y 軸回り転倒回転角で式(3.7)による

$i n_c$: 質点 i の柱部材数

${}_i d_k$: 質点*i*の*k*番目柱の図心からの位置 (図心原点は Fig.3.4 および 3.5 の X1, YA とする)

${}_i N_{k,X}$: X 方向加力時に質点*i*の*k*番目柱に生じる軸力

${}_i N_{k,Y}$: Y 方向加力時に質点*i*の*k*番目柱に生じる軸力

${}_i \delta_{k,X}$: X 方向加力時に質点*i*の*k*番目柱に生じる軸変形

${}_i \delta_{k,Y}$: Y 方向加力時に質点*i*の*k*番目柱に生じる軸変形

各質点の回転慣性モーメントは式(3.8)より算出する。

$$j_{\theta_x} = \frac{m_i D_i^2}{12}, j_{\theta_y} = \frac{m_i B_i^2}{12}, j_{\theta_z} = j_{\theta_x} + j_{\theta_y} \quad (3.8)$$

ここに

m_i : 質点*i*の重量, B_i : 質点*i*の幅, D_i : 質点*i*の奥行

以上より算出される解析対象建物の質点系モデル諸元を Table.3.1 (次頁) に示す。なお, ${}_i \tilde{K}_S$, ${}_i K_{AI}$ および ${}_i K_{eq}$ は曲げ剛性を除いた値で取り扱う。減衰は瞬間剛性比例型の内部粘性減衰を考慮し, 減衰定数は 1 次モードに対して 2% とする。時刻歴応答解析の数値積分は Newmark- β 法 ($\beta=1/4$) とする。時刻歴応答解析には NRESP-3D^{3.6)}を採用する。

3.4.3 入力地震動

入力地震動には観測波 3 波および告示波 3 波^{3.5),3.7)}の Lv1 および Lv2 地震動を考慮し, X, Y 各方向別に合計 12 波の時刻歴応答解析を行う。各地震波の諸元を Table.3.2 に, 減衰定数 5% の応答スペクトルを Fig.3.7 に示す。各図には式(3.2)の剛性かつ曲げ剛性= ∞ とした場合の想定 1 次固有周期^{3.5)} ($T=0.03 \times 100.75m=3.02$ 秒) を併せて示す。

Table.3.2 Input seismic motion

Name	Lv1		Lv2		Duration (sec)
	Maximum acceleration (m/sec ²)	Maximum velocity (m/sec)	Maximum acceleration (m/sec ²)	Maximum velocity (m/sec)	
El Centro NS	2.554	0.250	5.108	0.500	53.8
Taft EW	2.483	0.250	4.966	0.500	54.4
Hachinohe NS	1.667	0.250	3.334	0.500	51.0
Notification [※] (Random)	0.744	0.100	3.720	0.501	120.0
Notification [※] (Hachinohe)	0.787	0.113	3.933	0.566	234.0
Notification [※] (Kobe)	0.758	0.102	3.789	0.512	120.0

※Waves are fitted for the target spectrum confirmed Japanese standard.

Table.3.1 Specifications of MDOF system model

Mass number i	Floor	h_i (m)	B_i (m)	D_i (m)	m_i (kN)	${}^j J_{\theta x}$ (10^9 kNcm 2)	${}^j J_{\theta y}$ (10^9 kNcm 2)	${}^j J_{\theta z}$ (10^9 kNcm 2)	$E_i J_{\theta x}$ (10^{14} kNcm 2)	$E_i J_{\theta y}$ (10^{14} kNcm 2)	${}^i Q_{Ai}$ (kN)	$\rho_{i, Lvl} h_i$ (cm)	K_{Ai} (kN/cm)	K_{eq} (kN/cm)	K_{iS} (kN/cm)
1	25F	4.00	32.00	21.90	8,675	3.47	7.40	10.87	1.66	2.62	3,102	2.00	1,551	971	1,551
2	24F	4.00	32.00	21.90	6,321	2.53	5.39	7.92	2.20	3.67	4,391	2.00	2,196	1,650	2,196
3	23F	4.00	32.00	21.90	6,321	2.53	5.39	7.92	2.59	4.67	5,511	2.00	2,756	2,301	2,756
4	22F	4.00	32.00	21.90	6,321	2.53	5.39	7.92	2.89	5.49	6,522	2.00	3,261	2,923	3,261
5	21F	4.00	32.00	21.90	6,331	2.53	5.40	7.93	3.35	6.10	7,451	2.00	3,725	3,518	3,725
6	20F	4.00	32.00	21.90	6,324	2.53	5.40	7.92	3.55	6.63	8,310	2.00	4,155	4,084	4,155
7	19F	4.00	32.00	21.90	6,324	2.53	5.40	7.92	3.65	6.93	9,110	2.00	4,555	4,622	4,622
8	18F	4.00	32.00	21.90	6,324	2.53	5.40	7.92	3.70	7.07	9,856	2.00	4,928	5,132	5,132
9	17F	4.00	32.00	21.90	6,359	2.54	5.43	7.97	3.50	6.55	10,557	2.00	5,278	5,616	5,616
10	16F	4.00	32.00	21.90	6,334	2.53	5.41	7.94	3.51	6.51	11,208	2.00	5,604	6,069	6,069
11	15F	4.00	32.00	21.90	6,334	2.53	5.41	7.94	3.49	6.44	11,816	2.00	5,908	6,495	6,495
12	14F	4.00	32.00	21.90	6,334	2.53	5.41	7.94	3.47	6.37	12,381	2.00	6,191	6,891	6,891
13	13F	4.00	32.00	21.90	6,461	2.58	5.51	8.10	4.20	7.70	12,916	2.00	6,458	7,267	7,267
14	12F	4.00	32.00	21.90	6,658	2.66	5.68	8.34	4.21	7.66	13,425	2.00	6,712	7,625	7,625
15	11F	4.00	32.00	21.90	6,659	2.66	5.68	8.34	4.20	7.61	13,891	2.00	6,946	7,953	7,953
16	10F	4.00	32.00	21.90	6,660	2.66	5.68	8.34	4.19	7.56	14,317	2.00	7,158	8,251	8,251
17	9F	4.00	32.00	21.90	6,571	2.63	5.61	8.23	3.87	6.88	14,697	2.00	7,348	8,516	8,516
18	8F	4.00	32.00	21.90	6,470	2.59	5.52	8.11	3.83	6.79	15,033	2.00	7,516	8,747	8,747
19	7F	4.00	32.00	21.90	6,470	2.59	5.52	8.11	3.85	6.79	15,332	2.00	7,666	8,950	8,950
20	6F	4.00	32.00	21.90	6,526	2.61	5.57	8.18	3.95	6.98	15,597	2.00	7,799	9,125	9,125
21	5F	4.00	32.00	21.90	6,613	2.64	5.64	8.29	3.93	6.93	15,829	2.00	7,914	9,273	9,273
22	4F	4.00	32.00	21.90	6,614	2.64	5.64	8.29	3.89	6.87	16,023	2.00	8,011	9,392	9,392
23	3F	4.00	32.00	21.90	6,591	2.63	5.62	8.26	3.89	6.65	16,179	2.00	8,090	9,480	9,480
24	2F	4.00	32.00	21.90	6,557	2.62	5.60	8.22	3.86	6.58	16,299	2.00	8,149	9,539	9,539
25	1F	4.75	32.00	21.90	6,687	2.67	5.71	8.38	4.11	7.02	16,384	2.38	6,899	9,569	9,569

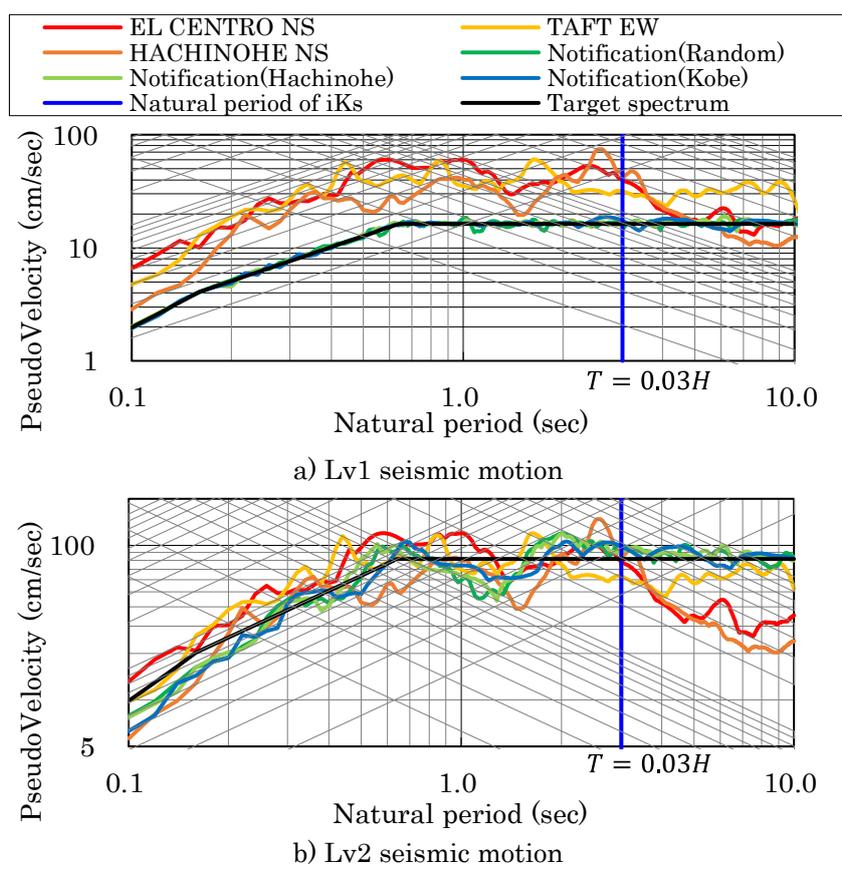


Fig.3.7 Response spectrum

3.4.4 最適化諸元

式(3.1)の各設計変数の設定を Table.3.3 に、実行最適化ケースを Table.3.4 に示す。各設計変数は、Table.3.3 に示す間隔の離散変数として取り扱う。なお、算出された剛性が ${}_iK_1 < {}_iK_2$ となった場合は復元力特性として不適切であるため、 ${}_iK_1 \geq {}_iK_2$ となるように ${}_iK_2$ を低減する。また、 ${}_iQ_2$ と ${}_iQ_{Lv2}$ の関係は概ね一律であると仮定し、 ${}_i\alpha_{Q_{Lv2}}$ は ${}_i\alpha_{Q_2}$ の従属変数 (${}_i\alpha_{Q_{Lv2}} = {}_i\alpha_{Q_2} + 0.05$)として取り扱うことで、 ${}_iK_3$ が負値となることを防止する。 ${}_i\bar{\theta}_1$ は1/160、 ${}_i\bar{\theta}_2$ は1/125とする。

Table.3.3 Design variables

Design variable	Minimum value	Maximum value	Interval	Combination number
${}_i\alpha_{K_1}$	0.80	1.20	0.05	9
${}_i\alpha_{\theta_1}$	0.95	1.05	0.01	11
${}_i\alpha_{\theta_2}$	0.95	1.05	0.01	11
${}_i\alpha_{Q_2}$	1.45	1.95	0.05	11
${}_i\alpha_{Q_{Lv2}}$	1.50	2.00	0.05	11*

* ${}_i\alpha_{Q_{Lv2}}$ is calculated from ${}_i\alpha_{Q_2}$

Table.3.4 Optimization cases

Case name	Group number	Initial population	Total combination number
v20-Random	5	Uniform random number	2.47×10^{20}
v20-K=1.00	〃	Method1	〃
v20-K=0.85	〃	Method2	〃
v28-Random	7	Uniform random number	3.54×10^{28}
v28-K=1.00	〃	Method1	〃
v28-K=0.85	〃	Method2	〃
v36-Random	9	Uniform random number	5.08×10^{36}
v36-K=1.00	〃	Method1	〃
v36-K=0.85	〃	Method2	〃
v52-Random	13	Uniform random number	1.05×10^{53}
v52-K=1.00	〃	Method1	〃
v52-K=0.85	〃	Method2	〃

Method1 : Normal distribution (${}_i\alpha_{K_1}$ =Ave:1.00, SD:0.20, ${}_i\alpha_{\theta_1}, {}_i\alpha_{\theta_2}$ =Ave:1.00, SD:0.05, ${}_i\alpha_{Q_2}$ =Ave:1.70, SD:0.25)

Method2 : Normal distribution (${}_i\alpha_{K_1}$ =Ave:0.85, SD:0.05, ${}_i\alpha_{\theta_1}, {}_i\alpha_{\theta_2}$ =Ave:1.00, SD:0.05, ${}_i\alpha_{Q_2}$ =Ave:1.70, SD:0.25)

Ave : Average, SD : Standard deviation

第3章では25質点の質点系モデルを取り扱うため、各質点で個別に設計変数を設定した場合、組み合わせ数が膨大 (9.13×10^{101}) となり、限られた時間での許容解取得が難しく、設計実務現場での利用は困難であると考えられる。そのため、連結する複数質点を1グループにまとめて設計変数を縮約する。第3章ではTable.3.4に示すように、グループの数として5, 7, 9および13の4ケースを考慮する。設計変数は復元力特性の諸元算定用の係数であるため、同一グループの質点で同じ値を入力する(架構として類似した断面となる)操作は設計実務現場においても適切であると考えられる。また、初期値依存性を調べるために、初期解の生成方法として、①設計変数を一様乱数で生成した場合、② ${}_i\alpha_{K_1}$ を平均値1.00、標準偏差0.20の正規分布で生成した場合(式(3.2)の基準剛性分布近傍解からの最適化)、および③ ${}_i\alpha_{K_1}$ を平均値0.85、標準偏差0.05の正規分布で生成した場合(式(3.2)の基準剛性の0.85倍の剛性分布近傍解からの最適化)の3ケースを考慮する。なお、②、③の ${}_i\alpha_{K_1}$ 以外の設計変数はTable.3.4の下部に示す平均値と標準偏差の正規分布により生成する。以上を組み合わせた12ケースの最適化をX, Y各方向別に行う。Table.3.4の各ケース名のv〇〇は設計変数の総数を、ハイフンより後ろは初期解の生成方法①~③を示す。

最適化手法には応答曲面法^{3.8)}を採用し、応答曲面アルゴリズムにはSVD・RBF・Krigingの3手法を採用し、各ステップでの採用アルゴリズムは各目的関数および各制約条件に対して、最も予測精度の高いものとする。仮想探索の空間充填アルゴリズムにはSobol, 仮想最適化には多

目的遺伝的アルゴリズムの MOGA-II^{3.9)}を用いる。仮想探索と仮想最適化の比率は 0.5, 初期解は 200 個体, 探索ステップは 50 回 (合計 10,000 個体を探索) とする。

最適化処理には最適化支援ツールの modeFRONTIER^{3.10)} (応答曲面法を用いた最適化アルゴリズムの FAST を採用) を使用する。

3.5 最適化結果

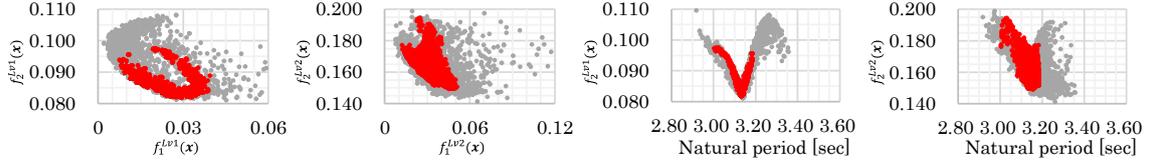
3.5.1 X 方向

X 方向の各ケースにおける許容解の数および各目的関数最小個体の関数値を Table.3.5 に示す。代表ケースの f_1^{Lv1} と f_2^{Lv1} , f_1^{Lv2} と f_2^{Lv2} , 固有周期と f_2^{Lv1} および固有周期と f_2^{Lv2} の関係を Fig.3.8~3.12 に, Fig.3.7 の応答スペクトルの拡大図を Fig.3.13 に示す。

Table.3.5 より, 各ケース間でベースシア係数 (f_2^{Lv1} , f_2^{Lv2}) の差が小さいことが分かる。また, v36-K=0.85 および v52-K=0.85 では許容解が得られていない。これは制約条件の Lv1 最大応答層間変形角 (g_1^{Lv1}) に対して, 設計変数 α_{K_1} (初期剛性) が主な影響因子となり, 付.3 に示すように組み合わせ数が多いケースでは設計変数 α_{K_1} の差異が固有周期へ与える影響が小さくなり, 固有周期が長い初期解 (3.310~3.447 秒) から最適化を行った場合, 応答スペクトルの山である周期 3.25 秒付近 (Fig.3.13 a) を超えて制約条件を満たす方向への探索が上手く進んでいないためであると考えられる。

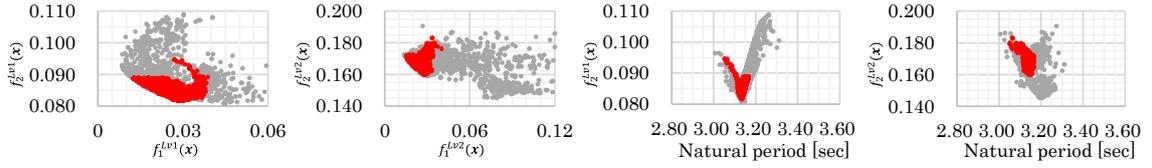
Table.3.5 Summary of X direction result

Case name	Number of feasible solutions	Min. $f_1^{Lv1}(x)$		Min. $f_1^{Lv2}(x)$		Min. $f_2^{Lv1}(x)$		Min. $f_2^{Lv2}(x)$	
		ID	Value	ID	Value	ID	Value	ID	Value
v20-Random	4375	9291	0.0074	6910	0.0121	2256	0.082	8257	0.149
v20-K=1.00	5422	1024	0.0079	4915	0.0097	5718	0.082	9819	0.150
v20-K=0.85	5117	948	0.0079	8537	0.0086	885	0.082	7272	0.150
v28-Random	3575	9640	0.0061	8743	0.0061	3246	0.081	7803	0.156
v28-K=1.00	5445	5966	0.0047	8506	0.0055	49	0.082	9414	0.153
v28-K=0.85	5616	9064	0.0047	9723	0.0069	7046	0.082	9478	0.155
v36-Random	5702	7273	0.0046	8434	0.0080	4307	0.081	5387	0.156
v36-K=1.00	4765	8002	0.0046	8168	0.0058	7345	0.082	8257	0.159
v36-K=0.85	0	—	—	—	—	—	—	—	—
v52-Random	5687	7204	0.0126	7594	0.0152	9485	0.082	8446	0.160
v52-K=1.00	5228	9138	0.0070	9138	0.0069	8875	0.081	6230	0.158
v52-K=0.85	0	—	—	—	—	—	—	—	—



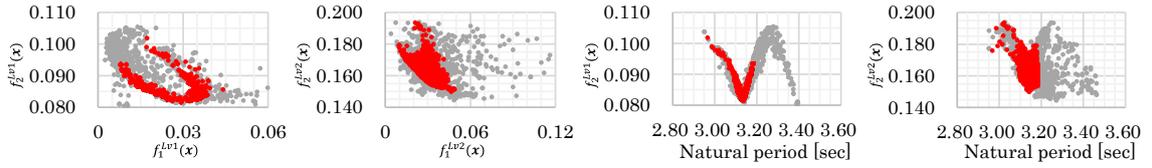
a) $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ b) $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$ c) Natural period vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ d) Natural period vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$

Fig.3.8 X direction result (v20-Random) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions



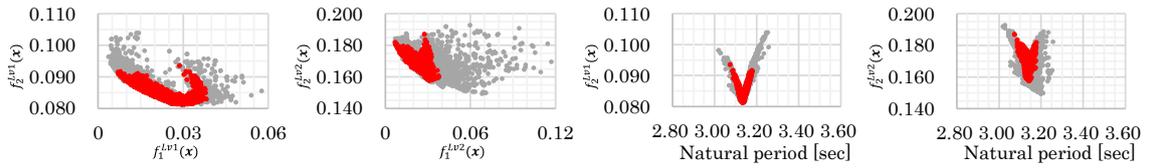
a) $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ b) $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$ c) Natural period vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ d) Natural period vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$

Fig.3.9 X direction result (v52-Random) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions



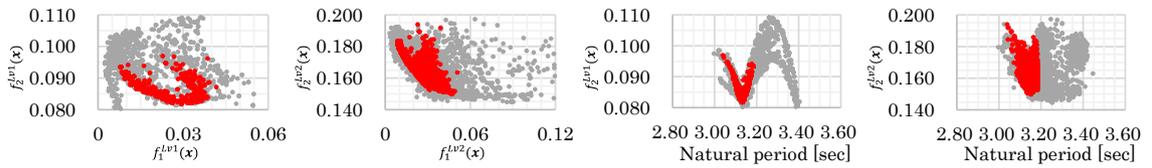
a) $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ b) $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$ c) Natural period vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ d) Natural period vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$

Fig.3.10 X direction result (v20-K=1.00) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions



a) $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ b) $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$ c) Natural period vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ d) Natural period vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$

Fig.3.11 X direction result (v52-K=1.00) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions



a) $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ b) $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$ c) Natural period vs $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ d) Natural period vs $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$

Fig.3.12 X direction result (v20-K=0.85) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

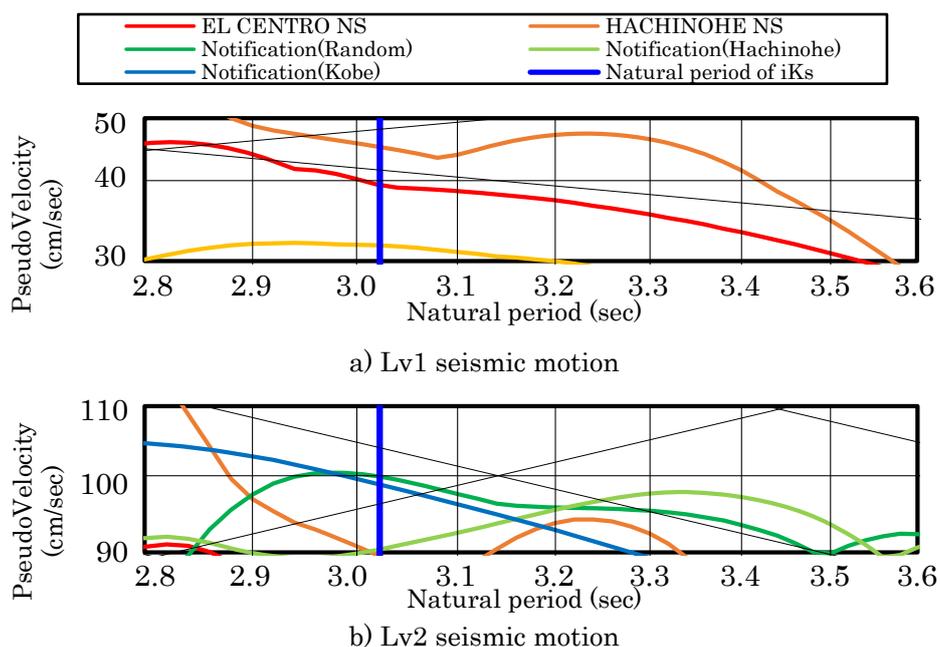


Fig.3.13 Enlarged response spectrum (Fig.3.7)

Fig.3.8～3.12 の層間変形角の平均二乗誤差とベースシア係数の関係 (a)および (b)) より、層間変形角の平均二乗誤差が小さくなる（層間変形角の分布を一様に制限値へ近づける）と応答層せん断力が大きくなり、逆に応答層せん断力が小さくなると層間変形角の分布がばらついていることが分かる。これは Fig.3.14 および 3.15 (v28-K=1.00 の目的関数最小個体の最大応答値) に示すように、 f_2^{Lv1} および f_2^{Lv2} の最小個体は高さ方向で層間変形角に差を設けることでベースシア係数を低減しているためである。Lv1 地震動に対する最適解 (Fig.3.14 の v28-K=1.00) では低層階の変形が高層階と比較して小さく、Lv2 地震動に対する最適解 (Fig.3.15 の v28-K=1.00) では低層階の変形が高層階と比較して大きくなっている。一方、 f_1^{Lv1} および f_1^{Lv2} の最小個体は、層間変形角が高さ方向で一律に分布することでベースシア係数が相対的に大きな値となる。これらの傾向は他ケースでも同様であった。また、Fig.3.8～3.12 の固有周期とベースシア係数の関係 (c) および (d)) より、許容解は Fig.3.13 の応答スペクトルの谷 (Lv1 では HACHINOHE NS, Lv2 では Notification(Random) および Notification(Hachinohe)) 周辺を探索しており、想定地震動の特性を適切に考慮できていることが分かる。

Table.3.6 に v28- K=1.00 の各目的関数最小個体および $\alpha_{K_1} = 1.00$ (その他の設計変数は Table.3.3 の中央値) とした場合の固有値解析結果のうち X 方向の低次 3 モードを、Fig.3.16 に Table.3.6 の固有値解析結果の刺激関数を示す。Table.3.6 より、各個体間で各モードの固有周期や有効質量比の差異が小さいことが分かる。Fig.3.16 より、図内の丸破線部のモードに差異があることが分かる。以上より、これらのモード性状の差異が応答結果に影響を与えていると考えられる。

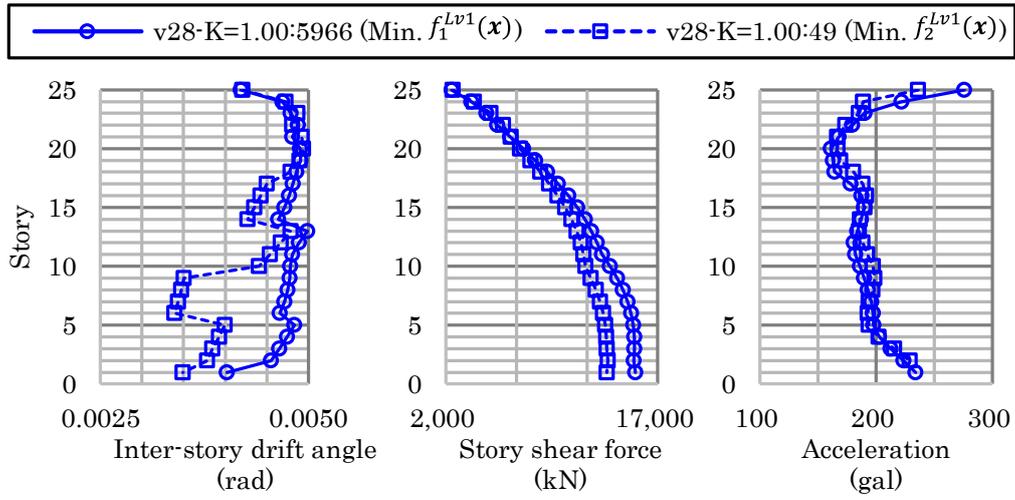


Fig.3.14 Response result of X direction (Lv1)

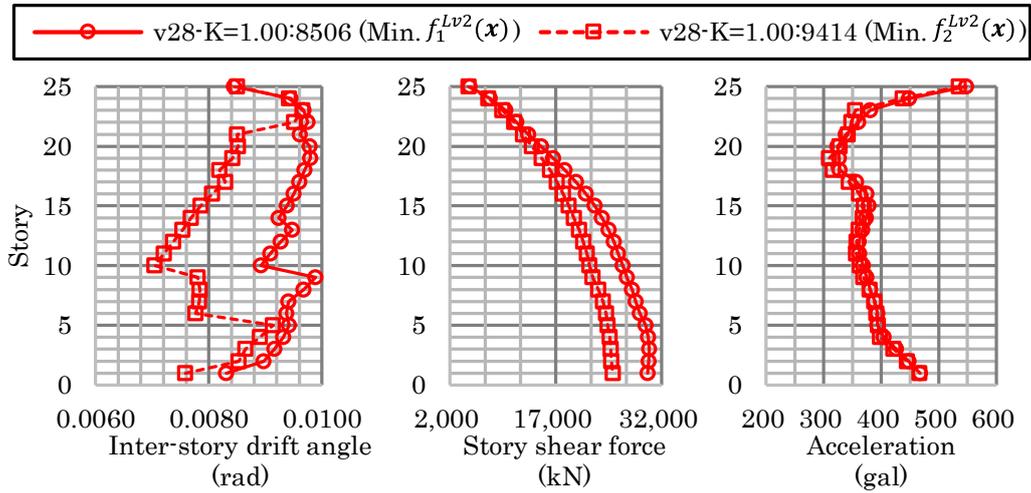


Fig.3.15 Response result of X direction (Lv2)

Table.3.6 Result of eigen analysis (X direction)

Case name	ID	Mode 1			Mode 2			Mode 3		
		Natural period (sec)	Equivalent mass sM (t)	$sM/\Sigma m_j$	Natural period (sec)	Equivalent mass sM (t)	$sM/\Sigma m_j$	Natural period (sec)	Equivalent mass sM (t)	$sM/\Sigma m_j$
$i\alpha_{kl}=1.00$	-	3.12	12,603	0.77	1.20	2,132	0.13	0.73	724	0.04
v28-K=1.00	5966	3.19	12,874	0.78	1.21	1,991	0.12	0.74	703	0.04
v28-K=1.00	49	3.18	12,924	0.79	1.22	1,988	0.12	0.73	682	0.04
v28-K=1.00	8506	3.13	12,716	0.78	1.20	2,176	0.13	0.73	734	0.04
v28-K=1.00	9414	3.15	12,960	0.79	1.21	1,999	0.12	0.73	654	0.04

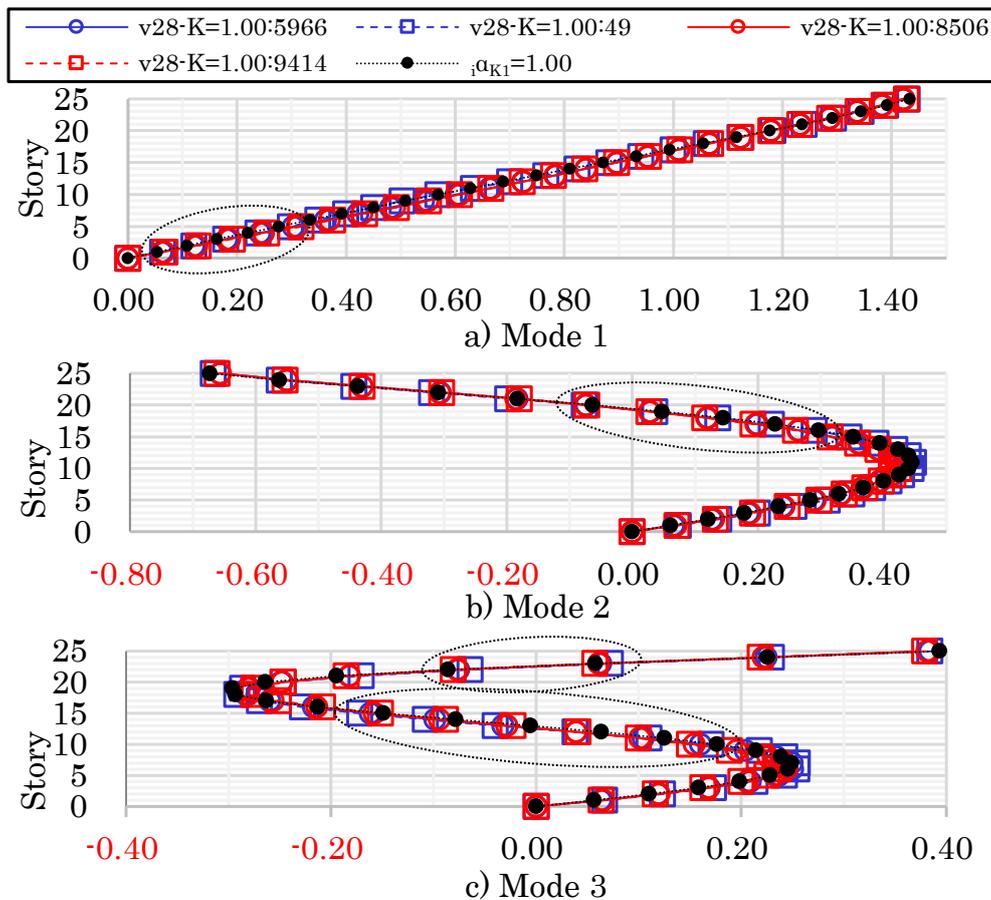


Fig.3.16 Participation vector of X direction

Fig.3.17 に $v28\text{-}K=1.00$ の f_1^{Lv2} 最小個体 (ID: 8506) および $v28\text{-}K=1.00$ の f_2^{Lv2} 最小個体 (ID:9414) の復元力特性を示す。各図より、層間変形角の平均二乗誤差の最小個体は全層ともバイリニア型の復元力特性が得られており、低層階ほど iQ_2 が大きい。これは各層の梁部材が同時に降伏するような架構となっているためであると考えられる。Fig.3.17 a)を用いて骨組モデルの探索を行う場合には、 $iK_1 \approx iK_2$ となる層は復元力特性を簡易化するためにエネルギー等価となるバイリニア型の復元力特性へ補正するなどの工夫が必要であると思われる。一方、Lv2 ベースシア係数の最小個体は低層階側のみトリリニア型の復元力特性が得られており、 iQ_2 が下階側の方が小さい範囲 ($i = 17\sim 25$) がある。これは低層階側を先行降伏させてエネルギー吸収することで層せん断力を低減しているためであると考えられる。このことから、低層階で積極的にエネルギー吸収を図ることで高層階の応答値や応答層せん断力を低減する架構となっており、中間層免震構造やソフトファーストストーリー構造に類似した架構形式が得られている。

以上より、全層が均等に変形する架構と、低層階で積極的にエネルギー吸収を図ることで高層階の応答値や応答層せん断力を低減する架構の、性状の異なる 2 種類の復元力特性が得られている。装置配置との同時最適化により、更なる応答低減が予想されるが、これについては第 4 章以降で取り扱う。

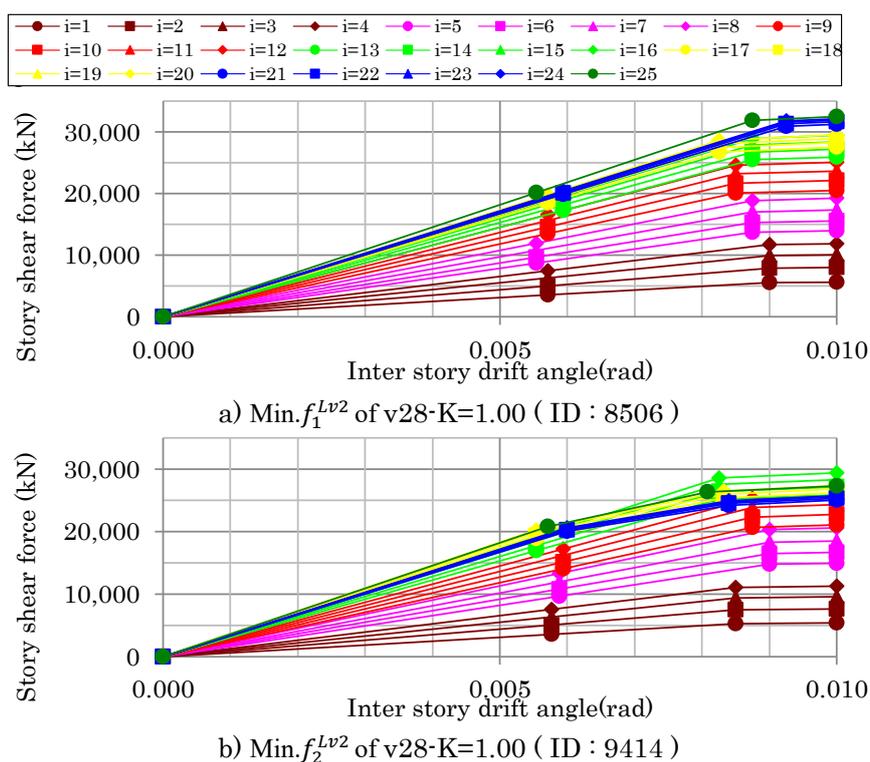


Fig.3.17 Story skeleton characteristics of v28-K=1.00

3.5.2 Y方向

Y方向の各ケースにおける許容解の数および各目的関数最小個体の関数値を Table.3.7 に示す。代表ケースの f_1^{Lv1} と f_2^{Lv1} , f_1^{Lv2} と f_2^{Lv2} , 固有周期と f_2^{Lv1} および固有周期と f_2^{Lv2} の関係を Fig.3.18 ~ 3.22 に示す。

Table.3.7 より、ベースシア係数は v36-Random および v36-K=0.85 のケースと、それ以外のケースで異なる傾向を示している。これは、v36-Random および v36-K=0.85 では Fig.3.19 および 3.22 に示すように固有周期 3.5 秒付近の許容解が得られているのに対し、その他のケースでは Fig.3.18, 3.20 および 3.21 に示すように固有周期 3.1 秒付近の許容解が得られているためである。Y方向は、Table.3.1 に示すように曲げ剛性 ($E_i I_{\theta_x}$) が X方向 ($E_i I_{\theta_y}$) と比較して小さいことに伴い、層の水平剛性も小さくなるため、解空間がより周期の長い側へ広がり、X方向と傾向が異なっていると考えられる。また、組み合わせ数の最も大きいケースではいずれも許容解が得られなかった。固有周期 3.5 秒付近の解は固有周期 3.1 秒付近の解よりも f_2^{Lv1} および f_2^{Lv2} を低減することが可能であるが、固有周期 3.5 秒は鉄骨造の一般的な値とされる $0.03H$ (H は建物高さ) ^{3.5)} よりも 17%程度大きく、風荷重による水平振動等が懸念されるため別途検討が必要であろう。したがって、設計実務現場で提案設計法を用いる際には固有周期を鑑みた ${}_i\alpha_{K_1}$ の設定が重要であると考えられる。 ${}_i\alpha_{K_1}$ の設定により架構の固有周期をある範囲に制限した最適化が行えることが提案設計法の特長である。

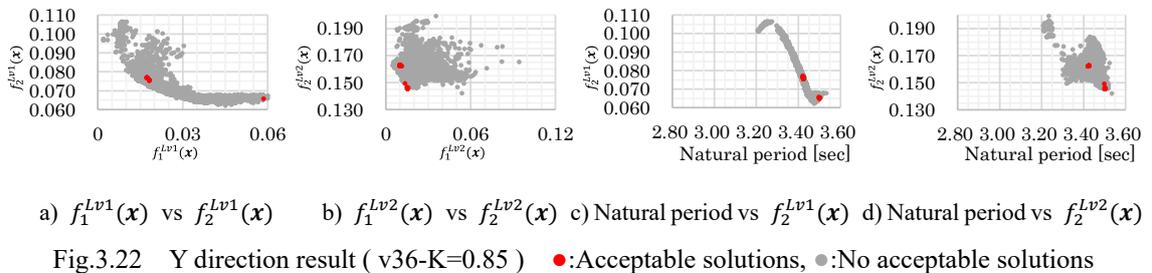
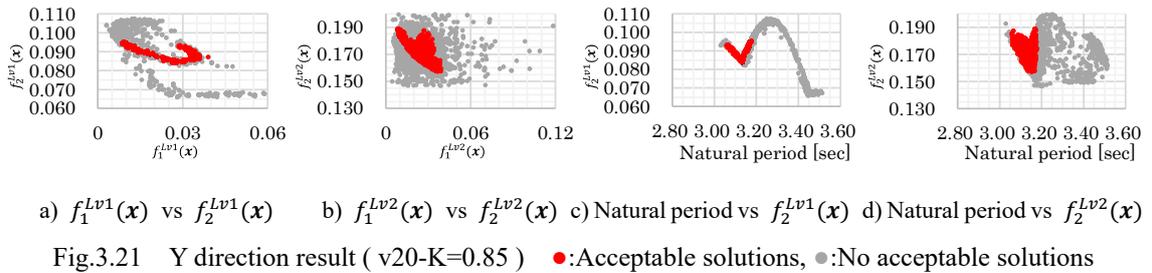
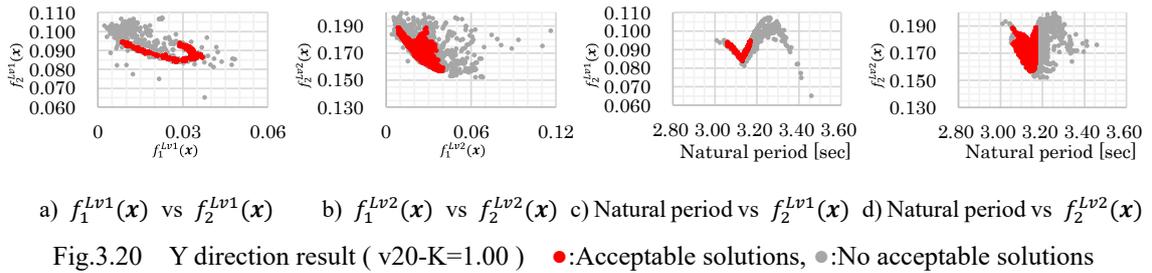
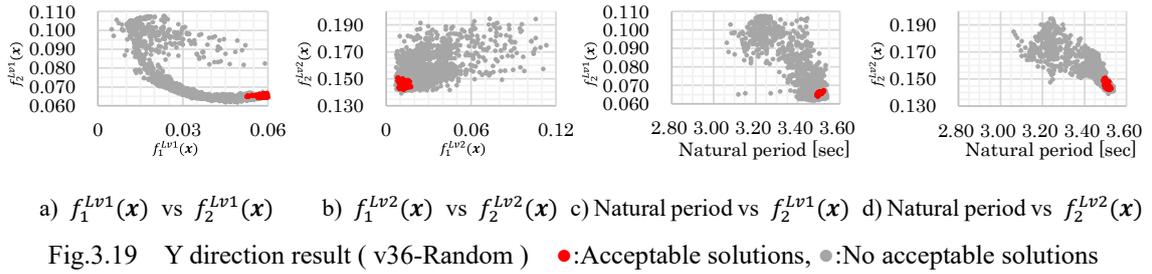
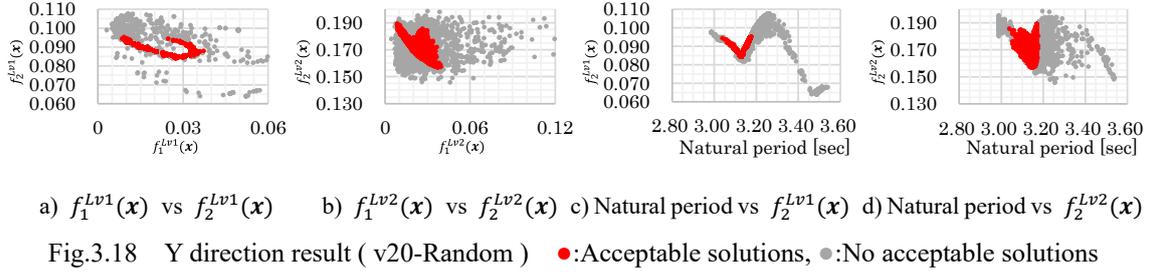


Table.3.7 Summary of Y direction result

Case name	Number of feasible solutions	Min. $f_1^{Lv1}(x)$		Min. $f_1^{Lv2}(x)$		Min. $f_2^{Lv1}(x)$		Min. $f_2^{Lv2}(x)$	
		ID	Value	ID	Value	ID	Value	ID	Value
v20-Random	7153	734	0.0086	7303	0.0086	1207	0.084	9363	0.157
v20-K=1.00	7111	243	0.0086	8829	0.0086	424	0.084	9196	0.157
v20-K=0.85	6204	335	0.0086	9985	0.0086	822	0.084	8864	0.157
v28-Random	7356	7982	0.0035	9998	0.0042	1691	0.084	8332	0.160
v28-K=1.00	7164	5351	0.0042	9172	0.0061	1016	0.084	8897	0.159
v28-K=0.85	5941	2831	0.0035	9683	0.0037	8813	0.084	7973	0.156
v36-Random	2574	7866	0.0527	8631	0.0080	6084	0.064	9395	0.143
v36-K=1.00	5245	8043	0.0069	9182	0.0093	4801	0.084	8824	0.167
v36-K=0.85	69	9173	0.0173	9919	0.0095	8605	0.065	8622	0.146
v52-Random	0	—	—	—	—	—	—	—	—
v52-K=1.00	0	—	—	—	—	—	—	—	—
v52-K=0.85	0	—	—	—	—	—	—	—	—

Fig.3.23 および 3.24 に v28-K=0.85 の目的関数最小個体の最大応答値を, Table.3.8(次々頁) に v28-K=0.85 の各目的関数最小個体, v36-K=0.85 の f_2^{Lv1} 最小個体および $\alpha_{K_1} = 1.00$ (その他の設計変数は Table.3.3 の中央値) とした場合の固有値解析結果のうち, Y 方向の低次 3 モードを, Fig.3.25 に Table.3.8 の固有値解析結果の刺激関数を示す。各図より 3.5.1 の結果と同様に f_2^{Lv1} および f_2^{Lv2} の最小個体は高さ方向で層間変形角に差を設けさせることでベースシア係数を低減し, Lv1 地震動に対する最適解 (Fig.3.23) では低層階の変形が高層階と比較して小さく, Lv2 地震動に対する最適解 (Fig.3.24) では低層階の変形が高層階と比較して大きいことが分かる。これは, Table.3.8 に示すように, 各個体間で各モードの固有周期や有効質量比の差異が小さいのに対し, Fig.3.25 内の丸破線部に差異があり, これらのモード性状の差異が応答結果に影響を与えているためであると考えられる。

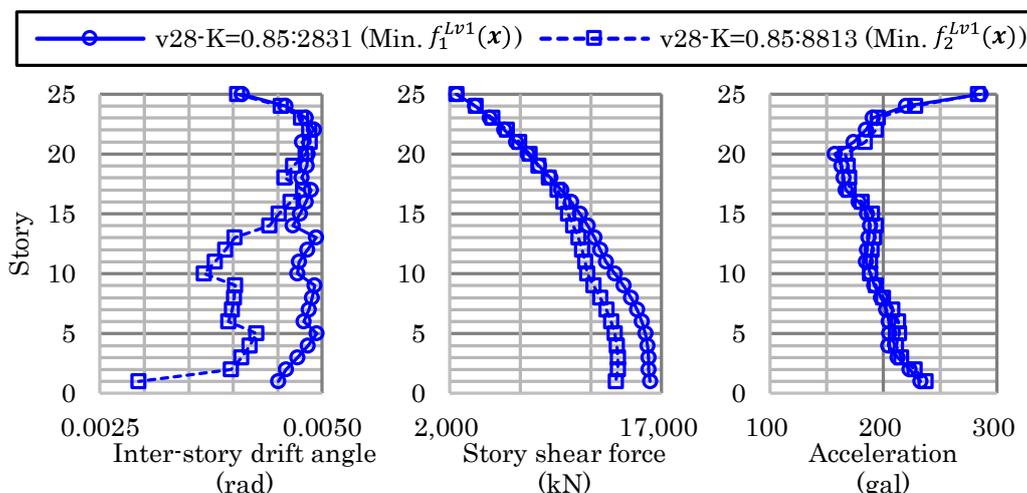


Fig.3.23 Response result of Y direction (Lv1)

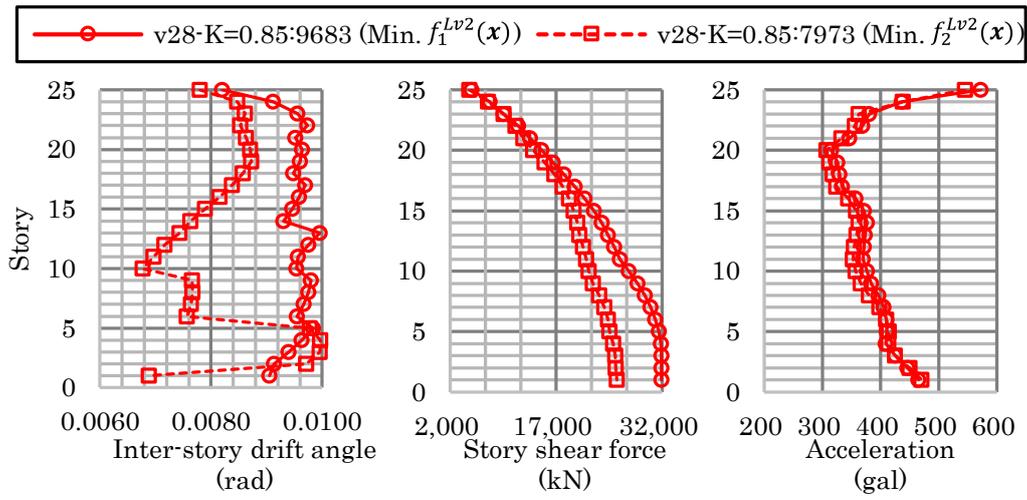


Fig.3.24 Response result of Y direction (Lv2)

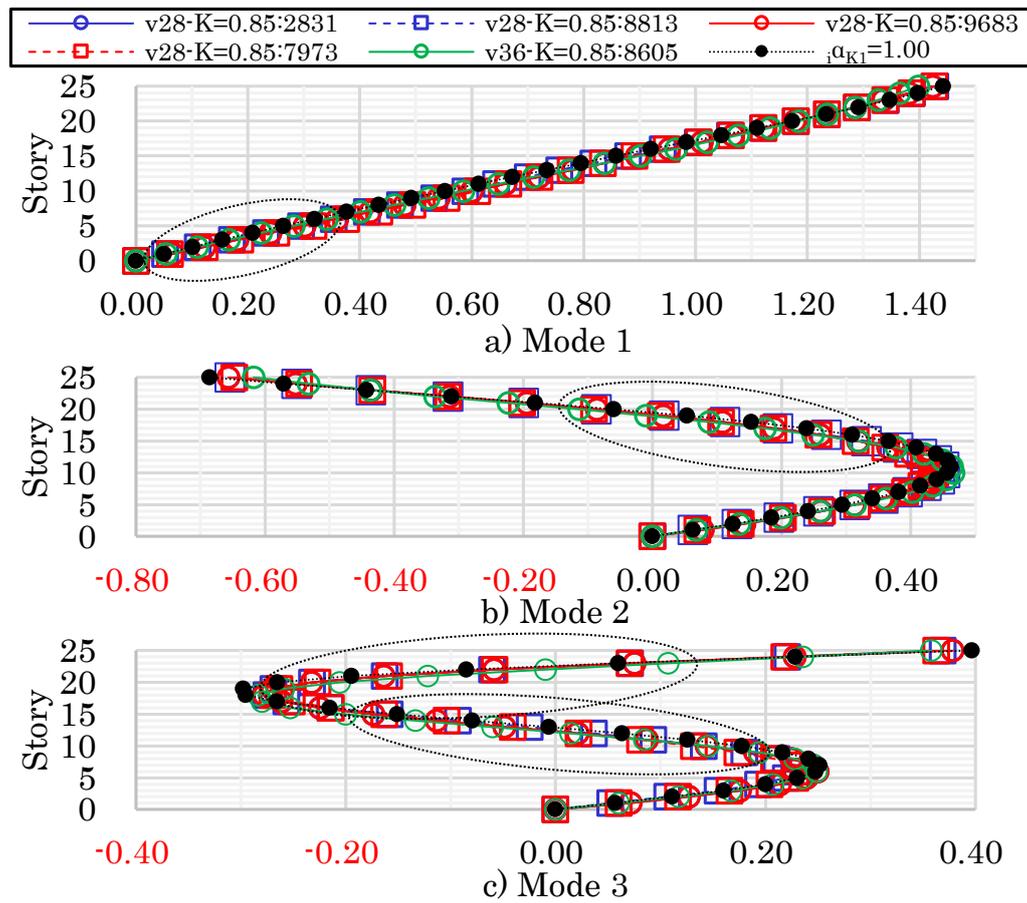


Fig.3.25 Participation vector of Y direction

Table.3.8 Result of eigen analysis (Y direction)

Case name	ID	Mode 1			Mode 2			Mode 3		
		Natural period (sec)	Equivalent mass s_M (t)	$s_M/\Sigma m_j$	Natural period (sec)	Equivalent mass s_M (t)	$s_M/\Sigma m_j$	Natural period (sec)	Equivalent mass s_M (t)	$s_M/\Sigma m_j$
$i\alpha_{KI}=1.00$	-	3.23	12,461	0.76	1.22	2,256	0.14	0.73	735	0.05
v28-K=0.85	2831	3.19	12,867	0.78	1.18	2,103	0.13	0.70	684	0.04
v28-K=0.85	9683	3.19	12,867	0.78	1.18	2,103	0.13	0.70	684	0.04
v28-K=0.85	8813	3.13	12,745	0.78	1.16	2,155	0.13	0.69	623	0.04
v28-K=0.85	7973	3.14	12,931	0.79	1.17	2,071	0.13	0.69	620	0.04
v36-K=0.85	8605	3.50	12,738	0.78	1.27	2,140	0.13	0.76	677	0.04

Fig.3.26 に v28-K=0.85 の f_1^{Lv2} 最小個体 (ID:9683) および v28-K=0.85 の f_2^{Lv2} 最小個体 (ID:7973) の復元力特性を示す。各図より、3.5.1と同様に、層間変形角の平均二乗誤差 (f_1^{Lv2}) の最小個体は各層ともバイリニア型の復元力特性が得られており、Lv2 ベースシア係数 (f_2^{Lv2}) の最小個体は低層階でトリリニア型の復元力特性が得られており、 iQ_2 が下階側の方が小さい範囲 ($i=17\sim 24$) がある。これは低層階側を先行降伏させてエネルギー吸収する靱性指向型とすることで層せん断力を低減しているためであると考えられる。このことから、架構のアスペクト比が大きく曲げ変形成分が増加する Y 方向についても、全層が均等に变形する架構と、低層階で積極的にエネルギー吸収を図ることで高層階の応答値や応答層せん断力を低減する架構の、性状の異なる 2 種類の復元力特性が得られている。

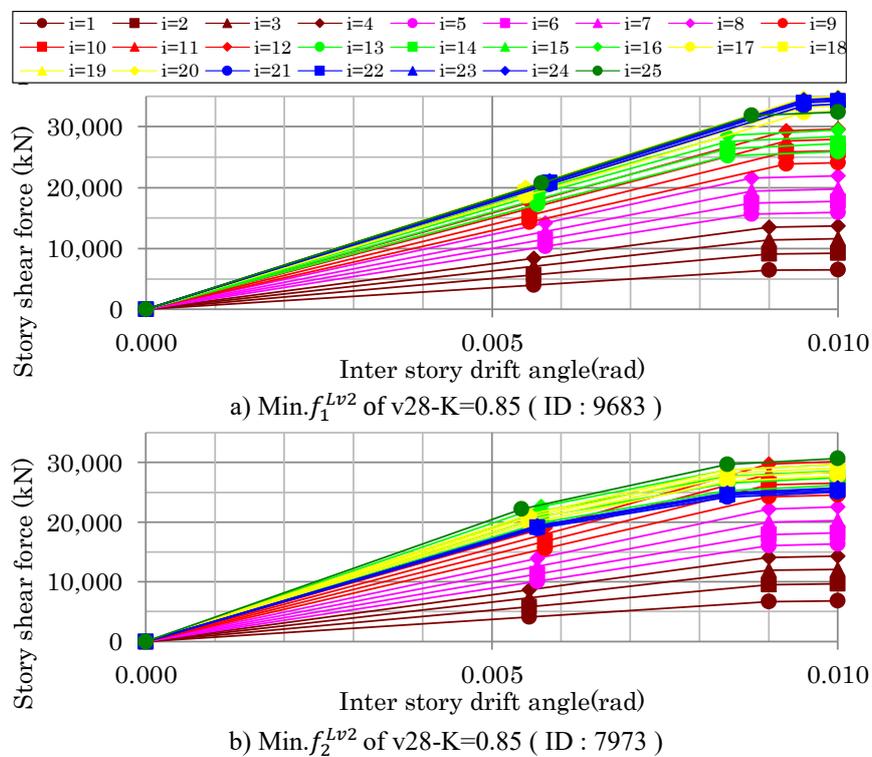


Fig.3.26 Story skeleton characteristics of v28-K=0.85

3.6 まとめ

第3章では、超高層建築物等の耐震設計への最適化手法の適用を見据え、質点系モデルによる弾塑性応答特性を考慮した多目的最適化の検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 超高層建築物等の構造設計に対する最適化技術適用への課題を整理するとともに、最適化手法を用いた超高層建築物等の耐震設計法を提案した。
- 2) 質点系モデルを用いた最適復元力算定問題に対して、復元力特性決定のための諸元に対する係数を入力変数に、変形の集中度合を表す指標として層間変形角の平均二乗誤差、架構の設計層せん断力を表す指標としてベースシア係数を考慮することで、設計要件や想定地震動を考慮した解が複数得られ、設計者の選好を反映した設計案の選択が可能となる。
- 3) 式(3.1)の最適化問題のうち、層間変形角の平均二乗誤差とベースシア係数の間には、Lv1 (f_1^{Lv1} と f_2^{Lv1}) と Lv2 (f_1^{Lv2} と f_2^{Lv2}) の両方でトレードオフの関係があり、層間変形角の平均二乗誤差 (f_1^{Lv1} および f_1^{Lv2}) の最小個体は全層の最大層間変形角が一律に制約条件の値へ近づくがベースシア係数は大きな値になる。一方、ベースシア係数 (f_2^{Lv1} および f_2^{Lv2}) の最小個体は高層階と低層階で層間変形角に差を設けることでベースシア係数の低減が可能となる。
- 4) Lv2 ベースシア係数 (f_2^{Lv2}) 最小個体の復元力特性は、低層階を靱性指向型とすることでエネルギー吸収を図り、高層階の応答を低減する架構が得られる。装置配置との同時最適化により更なる応答低減の可能性がある(第4章、第5章にて詳述する)。
- 5) 質点系モデルの弾塑性時刻歴応答解析結果を用いることで、想定地震動の特性を適切に評価した最適化が行える。
- 6) 組み合わせ数の大きい最適化ケースでは、所定回数での許容解取得が行えなかった。組み合わせ数の規模に応じて適切に変数を縮約する必要がある。
- 7) 曲げ剛性の小さいY方向では解空間が長周期側に広がっており、一般的な鉄骨造よりも周期の長い許容解が得られた。

以上より、第4章以降では超高層建築物の応答特性評価関数に、変形の集中度合を表す指標として層間変形角の平均二乗誤差、架構の設計層せん断力を表す指標としてベースシア係数を採用する。

参考文献

- 3.1) 「超高層建築物の構造設計実務」編集委員会：性能評価を踏まえた超高層建築物の構造設計実務, 第1版, 2019.7
- 3.2) 山川誠：制振×AI, 日本建築学会大会(北海道)構造部門(振動)パネルディスカッション資料, pp.37-48, 2022.9
- 3.3) 深田泰夫：鉄筋コンクリート造建物の復元力特性に関する研究(その1)(Degrading Stiffness Tri-Linear Model の設定と応答計算), 日本建築学会関東支部学術研究発表会梗概集, 第40巻, pp.121-124, 1969.11
- 3.4) 日本建築学会：大振幅地震動と建築物の耐震性評価, 第1版, 2013.9

- 3.5) 建築行政情報センター, 日本建築防災協会 : 2020 年版建築物の構造技術基準解説書, 2020.
10
- 3.6) https://www.nihonsekkei.co.jp/think/ideas/expertise_20980/, (access-ed 2023/5/24)
- 3.7) 翠川三郎, 三浦弘之 : 1968 年十勝沖地震の八戸港湾での強震記録の再数値化, 日本地震工学会論文集, 第 10 巻, 第 2 号, pp.12-21, 2010.2
- 3.8) 武居秀樹, 浜田英明 : 応答曲面を用いた鋼構造骨組の断面最適化 仮定断面を用いた許容応力度設計への適用と最適解の特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 88 巻, 第 804 号, pp.235-246, 2023.2(DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.235>)
- 3.9) Silvia Poles.: MOGA-II An improved Multi-Objective Genetic Algorithm, ESTECO Technical Report 2003-006, 2003.12
- 3.10) <https://www.idaj.co.jp/product/modelfrontier/>, (accessed 2023/10/18)

第4章 多段階最適化による超高層制振構造の耐震設計法

4.1 概要

1.1 に記述した通り、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計では、各地震動レベルに対して耐震性能を定める性能設計に有効な手段となる最適化手法の確立が求められている。また、超高層制振構造の設計では、制振装置の配置が構造計画だけでなく建築計画にも大きな影響を及ぼすため、設計初期段階から複数のケーススタディを求められる。さらに、装置が取付く架構の特性に応じて、装置の最適配置が変わるため、装置配置のケーススタディに先立って架構のケーススタディが必要となる。これらのケーススタディに有効な最適化手法の確立も設計実務現場では求められている。また、第3章では、最適化を用いない場合の超高層建築物等の耐震設計フローに対して、最適化を用いた耐震設計フロー (Fig.4.1 左側に再掲) の優位性を示した。

第4章では、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計に関する課題の解決に寄与するため、最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計法における具体的な最適化適用手順および最適化問題の定式化を整理する。

4.2 提案設計法の最適化手順

第4章では、第3章で示した最適化を用いた超高層建築物の耐震設計法のうち、Fig.4.1 左側の太枠線で表現される最適化適用箇所を取り扱う。提案設計法は Fig.4.1 右側の青破線で示すように、従来の超高層制振構造の耐震設計行われてきた設計目的ごとの最適化問題を取り扱うことで、多段階の最適化による耐震設計を実現するものである。最適化の順序および、各段階における最適化の概略とその設計目的は、以下に示す通りである。

- a) 第一段階最適化：稀に発生する地震動（以下、Lv1 地震動）に対する弾性応答特性の最適化により、架構の剛性分布および固有周期を決定する。
- b) 第二段階最適化：極めて稀に発生する地震動（以下、Lv2 地震動）に対する弾塑性応答特性の最適化により、架構の靱性能やエネルギー吸収能力を決定する。
- c) 第三段階最適化：a)および b)で得られた架構特性の質点系モデルを用いた各層の制振装置諸元の最適化により、制振装置配置を決定する。
- d) 第四段階最適化：c)で得られた最適解の応答層せん断力分布より定める設計層せん断力に対する断面最適化により、a)および b) で得られた最適解の復元力特性を得るための部材断面配置を決定する。

これらの各段階の最適化は、部分的に使用することで各設計目的に対する最適な設計案を取得することはもちろんのこと、複数段階の最適化を同時に取り扱うことで、複数の設計目的を加味した設計案の取得が可能である。このように、提案設計法は設計のフェーズ（基本設計、実施設計）や構造設計者が想定する設計の目的に合わせて、様々な場面で利用できることが特長である。

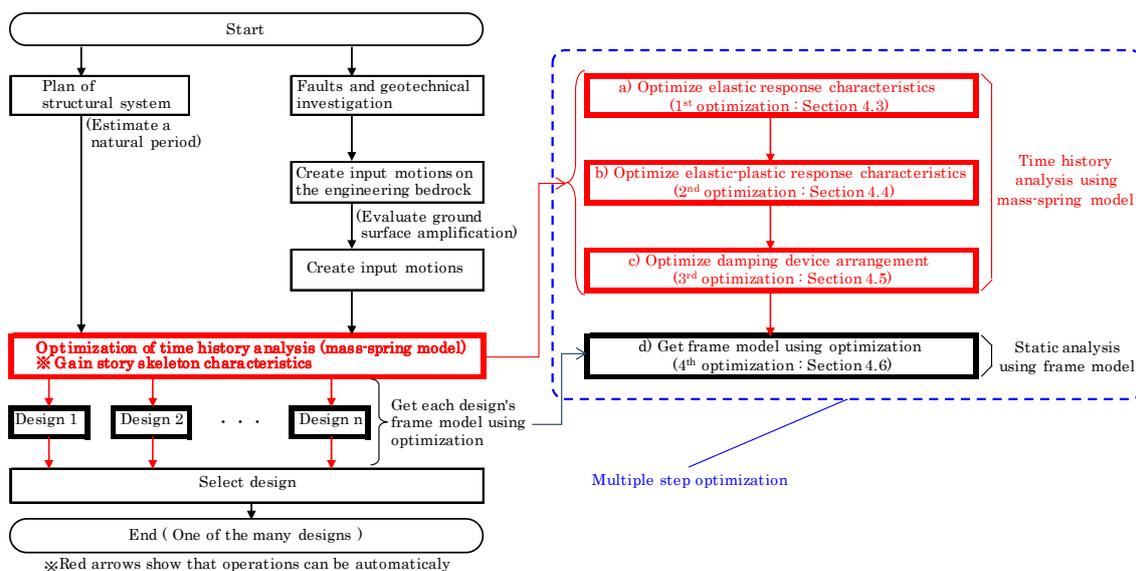


Fig.4.1 Design flow using multiple step optimization

第3章ではLv1地震動およびLv2地震動の同時最適化(4.1)を行ったが、復元力特性の各諸元(初期剛性、各折れ点の変形や耐力)決定用係数を設計変数としているため、設計変数の増加により許容解が得られないケースが報告されている。そこで、提案設計法では架構特性の最適化を、Lv1地震動を対象とする弾性応答特性の最適化(第一段階最適化)およびLv2地震動を対象とする弾塑性応答特性の最適化(第二段階最適化)の二段階に分けた最適化としている。

また、提案設計法は第一段階～第三段階最適化の最適化問題(4.4～4.6で後述)を同時に取り扱うことで、架構特性と制振装置配置の同時最適化へ展開することが可能である。各段階の最適化を逐次行う場合(架構特性を決定してから制振装置配置を決定)と、同時に最適化を行う場合(架構特性と制振装置配置を同時に決定)の比較は第5章にて示す。

第四段階最適化で取り扱う、目標とする質点系モデルの復元力特性に一致する骨組モデルを算出する手法は、1.2.2で示したように既往の研究(4.2)で示されているが、文献4.2の手法では層剛性のフィッティングにおいて断面変更による層重量変化の影響が考慮されていないため、層重量が動的特性に影響を与えるような架構への適用性には課題があると考えられる。提案設計法は超高層制振構造への適用を想定しており、断面最適化の諸元に大断面のCFT柱を用いる鉄骨造の断面最適化を取り扱う必要がある。そのため、提案設計法では、骨組モデルへの置換手法として、層重量の増減に対応できる最適化問題(4.7に後述)を採用している。

4.3 復元力特性の定義

第一段階最適化から第三段階最適化に用いる質点系モデルは、各層がFig.4.2に示すNormal-Tri-Linearモデルの復元力特性を持つ多質点系モデルを取り扱う。図内の各諸元の定義は以下の通りとする。なお、 $\bar{\quad}$ 付き諸元は設計クライテリアによる制約条件であることを示す。

i : 質点(剛性については質点下部に取付く層間バネ)の番号

iK_1 : 第1剛性, iK_2 : 第2剛性, iK_3 : 第3剛性

iQ_1 : 第1折れ点の層せん断力, iQ_2 : 第2折れ点の層せん断力

$i\theta_1$: iQ_1 時の層間変形角, $i\theta_2$: iQ_2 時の層間変形角

iQ_{Lv1} : Lv1地震動入力時の最大応答層せん断力

iQ_{Lv2} : Lv2地震動入力時の最大応答層せん断力

$i\bar{\theta}_{Lv1}$: iQ_{Lv1} 時の応答層間変形角, $i\bar{\theta}_{Lv2}$: iQ_{Lv2} 時の応答層間変形角

提案設計法では, Lv2地震動で架構の塑性化を許容する鉄骨造(一部CFT)の超高層制振構造を想定し, 復元力特性は以下の3点を想定する。

- ・第1折れ点: 層に属する部材のいずれかが全塑性モーメントに達した時点 (iQ_1 および $i\theta_1$)
- ・第2折れ点: 層に属する概ねの部材が全塑性モーメントに達した時点 (iQ_2 および $i\theta_2$)
- ・Lv2応答時: Lv2地震動による最大応答値 (iQ_{Lv2} および $i\bar{\theta}_{Lv2}$)

なお, 各層の崩壊系は最下階柱脚と最上階柱頭を除いて, 梁崩壊先行型となっていることを想定する。提案設計法は, 第1折れ点をひび割れ発生時点とすることでRC造へ適用可能であると考えられる。また, 入力地震動レベルを読み替える(例えば, Fig.4.2の iQ_{Lv1} をLv2, iQ_{Lv2} を余裕度レベル^{4.3)}ことで, 耐震性を向上させた架構の最適化へ容易に展開可能である。

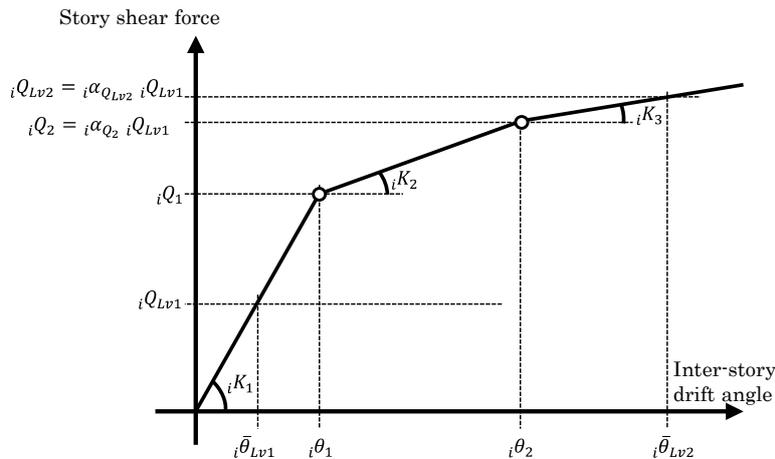


Fig.4.2 Story skeleton characteristics

4.4 弾性応答特性の最適化(第一段階最適化)

第一段階最適化では弾性範囲の応答を対象とするため, 設計変数は, 式(4.1)および Fig.4.3 に示すように各層の初期剛性を決定するための係数 ($i\alpha_{K_1}$) とする。目的関数には, Lv1地震動における各層の最大応答層間変形角が制約条件からどの程度離れているかを示す指標^{4.1)}(以下, これを層間変形角の平均二乗誤差と呼ぶ): f_1 および最大応答層せん断力から求まるベースシア係数: f_2 を考慮する。前者は高さ方向に一様な変形をする架構を得ることを, 後者は第四段階最適化の設計層せん断力を小さくすることを意図した目的関数である。制約条件には, 最大応答層間変形角: g_1 を考慮する。本最適化により, 架構の固有周期および剛性分布の決定を行う。

$$\begin{aligned}
& \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{x}) = \begin{cases} f_1(\mathbf{x}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv1}(\mathbf{x})}{i\bar{\theta}_{Lv1}} \right)^2 \\ f_2(\mathbf{x}) = C_{bLv1}(\mathbf{x}) \end{cases} \\
& \text{subject to } g_1(\mathbf{x}) = \max_i (i\theta_{Lv1}(\mathbf{x}) - i\bar{\theta}_{Lv1}, 0) \leq 0 \\
& \mathbf{x} = \{i\alpha_{K_1}\} \in \mathbb{R}^m
\end{aligned} \tag{4.1}$$

ここに

n : 質点数, m : 設計変数の次元数

$i\theta_{Lv1}(\mathbf{x})$: Lv1 地震動入力時の質点*i*の最大応答層間変形角

$i\bar{\theta}_{Lv1}$: Lv1 地震動入力時の質点*i*の層間変形角制限値

$C_{bLv1}(\mathbf{x})$: Lv1 地震動入力時のベースシア係数

Fig.4.3 に示すように第 1 剛性は基準剛性 $i\tilde{K}_S$ と係数 $i\alpha_{K_1}$ の積として算出する。 $i\tilde{K}_S$ は想定建物固有周期となるように式(4.2)を用いて算出する。

$$i\tilde{K}_S = \max(iK_{AI}, iK_{eq}) \tag{4.2}$$

$$iK_{AI} = \frac{iQ_{AI}}{i\bar{\theta}_{Lv1}h_i} \tag{4.3}$$

$$iK_{eq} = \omega^2 \sum_{j=i}^n m_j \tag{4.4}$$

ここに

iK_{AI} : Ai 分布層せん断力と Lv1 地震動入力時の層間変形角制限値 $i\bar{\theta}_{Lv1}$ より求まる質点*i*の第 1 剛性で式(4.3)による

iK_{eq} : 質点*i*以上の全質点を 1 質点系に縮約した場合に, 縮約質点が振動数 ω となるための等価剛性で式(4.4)による

iQ_{AI} : Ai 分布による質点*i*の層せん断力, h_i : 質点*i*の階高

ω : 固有周期*T*に対応する振動数 (第 4 章, 第 5 章では $T = 0.03H$ (H は建物高さ) 4.4)とする)

m_j : 質点*j*の質量

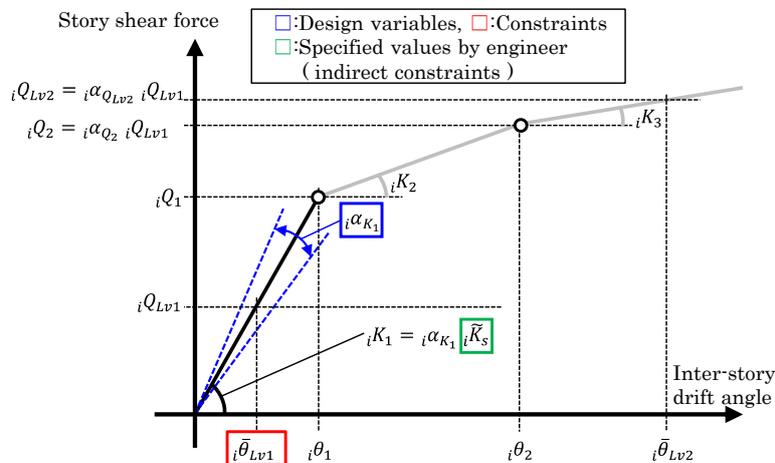


Fig.4.3 Story skeleton characteristics of 1st optimization

4.5 弾塑性応答特性の最適化（第二段階最適化）

第二段階最適化では弾塑性範囲の応答を対象とするため、設計変数には、式(4.5)および Fig.4.4 に示す、各層の初期剛性を除く復元力特性を決定するための係数 ($i\alpha_{\theta_1}, i\alpha_{\theta_2}, i\alpha_{Q_2}, i\alpha_{Q_{Lv2}}$) を考慮する。目的関数には、Lv2 地震動における層間変形角の平均二乗誤差: f_3 および最大応答層せん断力から求まるベースシア係数: f_4 を考慮する。制約条件には、Lv2 地震動における最大応答層間変形角: g_2 および層の塑性率: g_3 を考慮する。本最適化により、大地震時における架構の損傷制御方法を決定する。

なお、不適切な復元力特性 ($iK_2 < iK_3$) を防止するため、 $i\alpha_{Q_2}$ は $i\alpha_{Q_{Lv2}}$ の従属変数 ($i\alpha_{Q_2} = i\alpha_{Q_{Lv2}} - 0.10$) として取り扱う。第3章では $i\alpha_{Q_2}$ より $i\alpha_{Q_{Lv2}}$ を算定していたが、第4章および第5章では第四段階最適化で取り扱う骨組モデルとの連続性を考慮し、Lv2 の応答層せん断力より層の復元力特性における第2折れ点 (層の部材が概ね降伏した状態) を算定している。

$$\begin{aligned} \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{x}) &= \left\{ \begin{aligned} f_3(\mathbf{x}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv2}(\mathbf{x})}{i\bar{\theta}_{Lv2}} \right)^2 \\ f_4(\mathbf{x}) &= C_{bLv2}(\mathbf{x}) \end{aligned} \right. \\ \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{x}) &= \left\{ \begin{aligned} g_2(\mathbf{x}) &= \max_i (i\theta_{Lv2}(\mathbf{x}) - i\bar{\theta}_{Lv2}, 0) \leq 0 \\ g_3(\mathbf{x}) &= \max_i (i\mu_{Lv2}(\mathbf{x}) - i\bar{\mu}_{Lv2}, 0) \leq 0 \end{aligned} \right. \\ \mathbf{x} &= \{i\alpha_{\theta_1}, i\alpha_{\theta_2}, i\alpha_{Q_2}, i\alpha_{Q_{Lv2}}\} \in \mathbb{R}^m \end{aligned} \quad (4.5)$$

ここに

$i\theta_{Lv2}(\mathbf{x})$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の最大応答層間変形角

$i\bar{\theta}_{Lv2}$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の層間変形角制限値

$C_{bLv2}(\mathbf{x})$: Lv2 地震動入力時のベースシア係数

$i\mu_{Lv2}(\mathbf{x})$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の最大塑性率

$i\bar{\mu}_{Lv2}$: Lv2 地震動入力時の質点*i*の塑性率制限値

その他の諸元については、式(4.1)と同様とする。

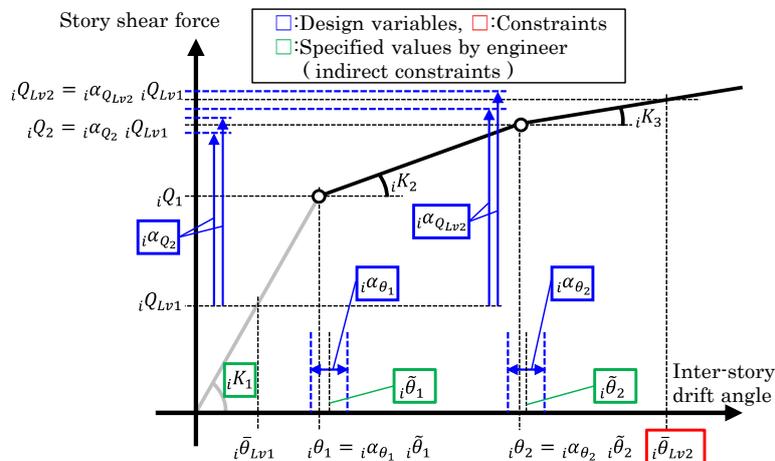


Fig.4.4 Story skeleton characteristics of 2nd optimization

また、式(4.1)および式(4.5)の両者を同時に取り扱う式(4.6)は、Fig.4.5 に示すように弾性応答および弾塑性応答の両特性を考慮した同時最適化となり、式の表記が異なるが第3章で取り扱った最適化問題と同様となる。4.2で前述した通り、式(4.6)は最適化問題の規模によっては許容解を得られないという報告^{4.1)}があるため、設計変数の設定には留意が必要である。第5章の計算例では式(4.1)、式(4.5)および式(4.6)のそれぞれで得られる最適解の差異について整理する。

$$\begin{aligned}
 \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{x}) = & \left\{ \begin{aligned} f_1(\mathbf{x}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv1}(\mathbf{x})}{i\bar{\theta}_{Lv1}} \right)^2 \\ f_2(\mathbf{x}) &= C_{bLv1}(\mathbf{x}) \\ f_3(\mathbf{x}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv2}(\mathbf{x})}{i\bar{\theta}_{Lv2}} \right)^2 \\ f_4(\mathbf{x}) &= C_{bLv2}(\mathbf{x}) \end{aligned} \right. \quad (4.6) \\
 \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{x}) = & \left\{ \begin{aligned} g_1(\mathbf{x}) &= \max_i (i\theta_{Lv1}(\mathbf{x}) - i\bar{\theta}_{Lv1}, 0) \leq 0 \\ g_2(\mathbf{x}) &= \max_i (i\theta_{Lv2}(\mathbf{x}) - i\bar{\theta}_{Lv2}, 0) \leq 0 \\ g_3(\mathbf{x}) &= \max_i (i\mu_{Lv2}(\mathbf{x}) - i\bar{\mu}_{Lv2}, 0) \leq 0 \end{aligned} \right. \\
 \mathbf{x} = & \{ i\alpha_{K1}, i\alpha_{\theta1}, i\alpha_{\theta2}, i\alpha_{Q2}, i\alpha_{QLv2} \} \in \mathbb{R}^m
 \end{aligned}$$

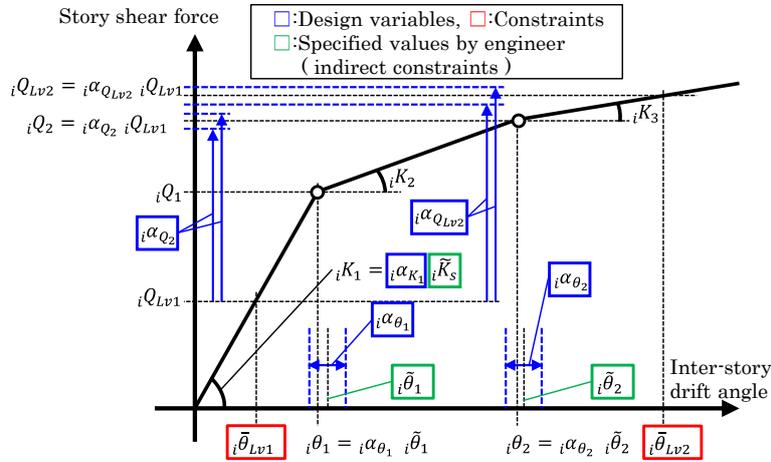


Fig.4.5 Story skeleton characteristics of 1st and 2nd simultaneous optimization

4.6 制振装置諸元の最適化（第三段階最適化）

第三段階最適化は制振装置配置の最適化を対象とするため、設計変数には、式(4.7)およびFig.4.6に示すように質点*i*の階に存在する複数基の制振装置を1つに集約した制振装置諸元を表す整数*iN*を取り扱う。目的関数には、Lv1およびLv2地震動における最大応答層せん断力(制振装置の負担分は除く)から求まるベースシア係数: f_2, f_4 および制振装置コスト f_5 を考慮する。制約条件には、Lv1およびLv2地震動における最大応答層間変形角: g_1, g_2 およびLv2地震動における層の塑性率: g_3 を考慮する。最適化により、装置配置と設計層せん断力を決定する。

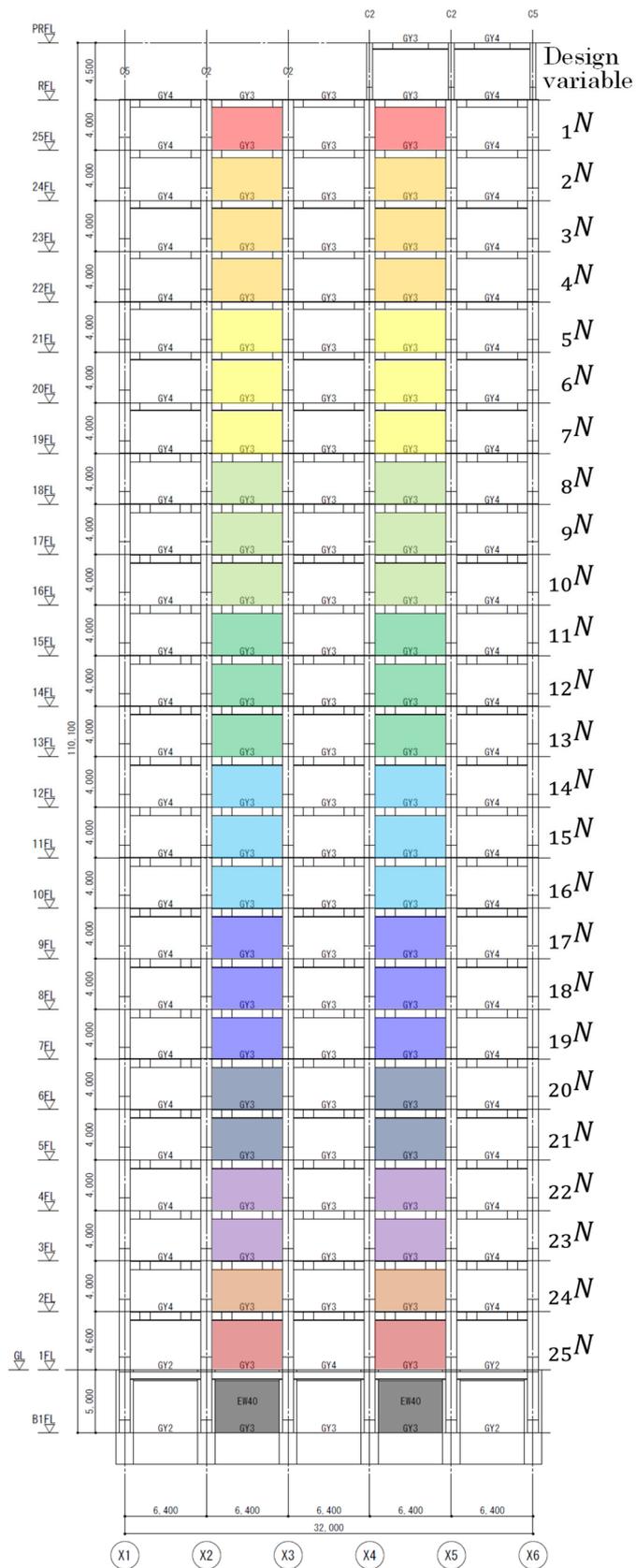


Fig.4.6 Design variables of 3rd optimization

$$\begin{aligned}
& \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{y}) = \begin{cases} f_2(\mathbf{y}) = C_{bLv1}(\mathbf{y}) \\ f_4(\mathbf{y}) = C_{bLv2}(\mathbf{y}) \\ f_5(\mathbf{y}) = C(\mathbf{y}) \end{cases} \\
& \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{y}) = \begin{cases} g_1(\mathbf{y}) = \max_i(\theta_{Lv1}(\mathbf{y}) - \bar{\theta}_{Lv1}, 0) \leq 0 \\ g_2(\mathbf{y}) = \max_i(\theta_{Lv2}(\mathbf{y}) - \bar{\theta}_{Lv2}, 0) \leq 0 \\ g_3(\mathbf{y}) = \max_i(\mu_{Lv2}(\mathbf{y}) - \bar{\mu}_{Lv2}, 0) \leq 0 \end{cases} \\
& \mathbf{y} = \{iN\}, y_j \in \mathbb{N}
\end{aligned} \tag{4.7}$$

ここに

$C(\mathbf{y})$: 制振装置の合計コスト

その他の諸元については、式(4.1)および式(4.5)と同様とする。

また、式(4.1)、式(4.5)および式(4.7)を同時に扱った式(4.8)の最適化問題は、架構の弾性応答および弾塑性応答の特性と制振装置配置の同時最適化問題となる。第5章の計算例では式(4.7)および式(4.8)によって得られる最適解の差異について整理する。

$$\begin{aligned}
& \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \begin{cases} f_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv1}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{i\bar{\theta}_{Lv1}}\right)^2 \\ f_2(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = C_{bLv1}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ f_3(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i\theta_{Lv2}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{i\bar{\theta}_{Lv2}}\right)^2 \\ f_4(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = C_{bLv2}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ f_5(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = C(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \end{cases} \\
& \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \begin{cases} g_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max_i(\theta_{Lv1}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \bar{\theta}_{Lv1}, 0) \leq 0 \\ g_2(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max_i(\theta_{Lv2}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \bar{\theta}_{Lv2}, 0) \leq 0 \\ g_3(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max_i(\mu_{Lv2}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \bar{\mu}_{Lv2}, 0) \leq 0 \end{cases} \\
& \mathbf{x} = \{i\alpha_{R1}, i\alpha_{\theta1}, i\alpha_{\theta2}, i\alpha_{Q2}, i\alpha_{QLv2}\} \in \mathbb{R}^m, \mathbf{y} = \{iN\}, y_j \in \mathbb{N}
\end{aligned} \tag{4.8}$$

4.7 骨組モデルの架構特性算定用の断面最適化（第四段階最適化）

第四段階最適化は、第一段階最適化～第三段階最適化で得られた架構特性（以下、目標復元力特性）および制振装置配置を実現する骨組モデルを算定するための部材断面最適化を対象とする。そのため、設計変数には式(4.9)に示す、柱および大梁の断面諸元を表す整数 $N C_i$ および $N G_i$ を取り扱う。なお、第5章に示すように本論文ではX方向の地震動に対する最適化のみを取り扱うため、大梁の設計変数は一方向のみとする。目的関数には、総鉄骨量: f_6 、各階の目標復元力特性の初期剛性を重量で基準化した値（以下、重量基準化剛性）に対する骨組モデルの重量基準化剛性の適合度評価指標: f_7 （以下、基準化剛性適合度）および各階の目標復元力特性の層せん断力係数-層間変形角の関係における履歴面積（以下、基準化履歴 E）に対する骨組モデルの基準化履歴 E の適合度評価指標: f_8 （以下、基準化履歴 E 適合度）を取り扱う。Fig.4.7 に示

すように、 f_7 は第一段階最適化による弾性応答特性へのフィッティングを、 f_8 は第二段階最適化による弾塑性応答特性へのフィッティングを意図した目的関数である。前述の通り、提案設計法はCFT柱を採用する鉄骨造など、部材断面寸法の変化に応じた層重量の増減が応答特性へ与える影響を無視できない架構への適用を想定しており、 f_7 には層剛性を該当層が支持する総重量で割った値を、 f_8 には層せん断力係数と層間変形角での履歴面積を採用している。制約条件には、一次設計を対象として最大層間変形角、剛性率、偏心率、柱の断面検定比および大梁の断面検定比を、二次設計を対象として必要保有水平耐力に対する保有水平耐力の比率、柱および大梁の最大塑性率を取り扱う。

$$\begin{aligned} \text{minimize } \mathbf{f}(\mathbf{z}) = & \left\{ \begin{aligned} f_6(\mathbf{z}) &= \sum_{i=1}^o A(z_i) \cdot L_i \cdot \gamma \\ f_7(\mathbf{z}) &= \sum_{j=1}^n \left(\frac{{}_j\bar{K}_F(\mathbf{z}) - {}_j\bar{K}_T}{{}_j\bar{K}_T} \right)^2 {}_jw_K(\mathbf{z}) \\ f_8(\mathbf{z}) &= \sum_{j=1}^n \left(\frac{{}_jE_F(\mathbf{z}) - {}_jE_T(\mathbf{z})}{{}_jE_T(\mathbf{z})} \right)^2 {}_jw_E(\mathbf{z}) \end{aligned} \right. \\ \text{subject to } \mathbf{g}(\mathbf{z}) = & \left\{ \begin{aligned} g_4(\mathbf{z}) &= \max_j ({}_jR(\mathbf{z}) - {}_jR_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_5(\mathbf{z}) &= \max_j ({}_jRe(\mathbf{z}) - {}_jRe_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_6(\mathbf{z}) &= \min_j ({}_jRs(\mathbf{z}) - {}_jRs_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_7(\mathbf{z}) &= \max_i ({}_cS_i(\mathbf{z}) - {}_cS_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_8(\mathbf{z}) &= \max_i ({}_gS_i(\mathbf{z}) - {}_gS_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_9(\mathbf{z}) &= \min_j ({}_jQu(\mathbf{z}) - {}_jQu_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_{10}(\mathbf{z}) &= \max_i ({}_cP_i(\mathbf{z}) - {}_cP_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \\ g_{11}(\mathbf{z}) &= \max_i ({}_gP_i(\mathbf{z}) - {}_gP_{\text{lim}}, 0) \leq 0 \end{aligned} \right. \quad (4.9) \\ \mathbf{z} = & \{ {}_N C_k, {}_N G Y_k \}, z_i \in \mathbb{N} \end{aligned}$$

ここに

o : 部材数, $A(z_i)$: 部材 i の断面積, L_i : 部材 i の材長, γ : 比重

${}_j\bar{K}_F(\mathbf{z})$: 骨組モデルにおける目標復元力特性の質点 j に該当する階(以下 j 階)の初期層剛性を、 j 階より上の総重量で基準化した値で式(4.10)による

${}_j\bar{K}_T$: 目標復元力特性の質点 j の初期層剛性を、質点 j より上の総重量で基準化した値で式(4.11)による

${}_jw_K$: f_7 算出時の質点 j に対する重みで式(4.12)による

${}_jE_F(\mathbf{z})$: 骨組モデル j 階の静的増分解析における保有水平耐力までの層せん断力係数・層間変形角の履歴面積で式(4.13)による

${}_jE_T(\mathbf{z})$: 目標復元力特性の質点 j の層せん断力係数・層間変形角の履歴面積 (${}_jE_F(\mathbf{z})$ 算出における保有水平耐力時の層間変形角までの範囲) で式(4.14)による

${}_jw_E(\mathbf{z})$: f_8 算出時の質点 j に対する重みで式(4.15)による

${}_jR(\mathbf{z})$: j 階の層間変形角, ${}_jR_{lim}$: j 階の層間変形角の制限値
 ${}_jR_e(\mathbf{z})$: j 階の偏心率, ${}_jRe_{lim}$: j 階の偏心率の制限値
 ${}_jRS(\mathbf{z})$: j 階の剛性率, ${}_jRS_{lim}$: j 階の剛性率の制限値
 ${}_cS_i(\mathbf{z})$: 柱部材 i の断面検定比, ${}_cS_{lim}$: 柱の断面検定比の制限値
 ${}_cS_i(\mathbf{z})$: 大梁部材 i の断面検定比, ${}_cS_{lim}$: 大梁の断面検定比の制限値
 ${}_jQ_u(\mathbf{z})$: j 階の保有水平耐力, ${}_jQ_{un}$: j 階の必要保有水平耐力
 ${}_cP_i(\mathbf{z})$: 柱部材 i の塑性率, ${}_cP_{lim}$: 柱の塑性率の制限値
 ${}_cP_i(\mathbf{z})$: 大梁部材 i の塑性率, ${}_cP_{lim}$: 大梁の塑性率の制限値
 ${}_NC_k$: 柱符号 C_k の第 N 節*の柱断面
 ${}_NG_k$: 梁符号 G_k の第 N 節*の大梁断面
 ※第 N 節 : 鉄骨の建て方順序を考慮した製作単位

$${}_j\bar{K}_F(\mathbf{z}) = {}_jK_F(\mathbf{z}) / \sum_{k=j}^n {}_kW_F(\mathbf{z}) \quad (4.10)$$

$${}_j\bar{K}_T = {}_jK_T / \sum_{k=j}^n {}_kW_T \quad (4.11)$$

$${}_jW_K = {}_jK_T / \sum_{k=1}^n {}_kK_T \quad (4.12)$$

$${}_jE_F(\mathbf{z}) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{S_F(\mathbf{z})} ({}_jC_{F,l}(\mathbf{z}) + {}_jC_{F,l-1}(\mathbf{z})) ({}_j\theta_{F,l}(\mathbf{z}) - {}_j\theta_{F,l-1}(\mathbf{z})) \quad (4.13)$$

$${}_jE_T(\mathbf{z}) = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^{S_T(\mathbf{z})} ({}_jC_{T,q}(\mathbf{z}) + {}_jC_{T,q-1}(\mathbf{z})) ({}_j\theta_{T,q}(\mathbf{z}) - {}_j\theta_{T,q-1}(\mathbf{z})) \quad (4.14)$$

$${}_jW_E(\mathbf{z}) = {}_jE_T(\mathbf{z}) / \sum_{k=1}^n {}_kE_T(\mathbf{z}) \quad (4.15)$$

ここに

${}_jK_F(\mathbf{z})$: 骨組モデルにおける j 階の初期層剛性
 ${}_kW_F(\mathbf{z})$: 骨組モデルにおける k 階の層重量
 ${}_jK_T$: 目標復元力特性の質点系モデルにおける質点 j の初期剛性
 ${}_kW_T$: 目標復元力特性の質点系モデルにおける質点 k の層重量
 $S_F(\mathbf{z})$: 骨組モデルにおける静的増分解析のステップ数
 ${}_jC_{F,l}(\mathbf{z})$: 骨組モデルにおける静的増分解析ステップ l の j 階層せん断力係数
 ${}_j\theta_{F,l}(\mathbf{z})$: 骨組モデルにおける静的増分解析ステップ l の j 階層間変形角
 $S_T(\mathbf{z})$: 目標復元力特性の質点系モデルにおける該当折れ点数
 (静的増分解析の保有水平耐力時の層間変形角まで)
 ${}_jC_{T,q}(\mathbf{z})$: 目標復元力特性の質点系モデルにおける質点 j の第 q 折れ点層せん断力係
 (Fig.4.7 に示すように最大層間変形角は骨組モデルの保有水平耐力時へ合わせる)

$j\theta_{T,q}(\mathbf{z})$: 目標復元力特性の質点系モデルにおける質点 j の第 q 折れ点層間変形角

(Fig.4.7 に示すように最大層間変形角は骨組モデルの保有水平耐力時へ合わせる)

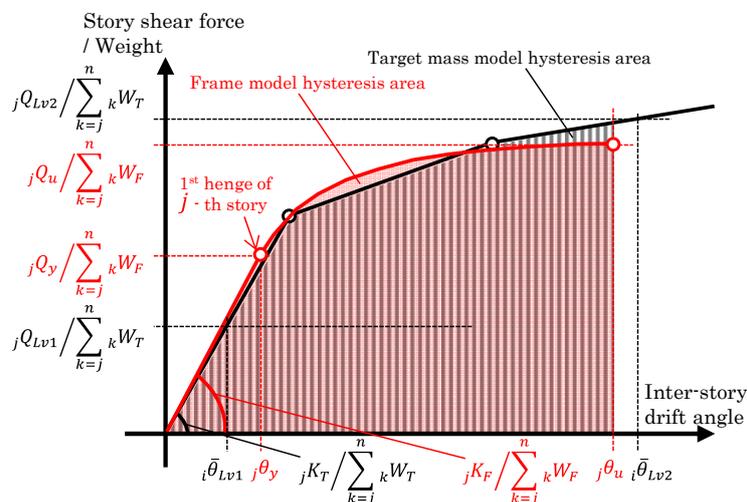


Fig.4.7 Story skeleton characteristics of target and frame model

4.8 まとめ

第4章では、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計の課題を整理するとともに、課題解決に寄与するための多段階最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計法について整理した。また、提案設計法における各段階の最適化問題および、それらのうち複数の最適化問題を同時に取り扱う最適化問題について整理した。

第5章では、第4章の提案設計法を100m規模の超高層制振構造建物へ適用し、その結果を分析することで提案設計法の適用性を確認する。

参考文献

- 4.1) 武居秀樹, 浜田英明 : 超高層建築物の耐震設計に向けた弾塑性応答層せん断力と応答変位分布を目的関数とする層骨格曲線の多目的最適化, 日本建築学会構造系論文集, 第88巻, 第811号, pp.1327-1388, 2023.8 (DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.1327>)
- 4.2) 竹脇出, 杉山哲彦, 辻聖晃, 上谷宏二 : 縮約モデル-骨組逆置換法に基づく骨組設計法, 日本建築学会構造系論文集, 第63巻, 第512号, pp.119-125, 1998.10 (DOI: https://doi.org/10.3130/aijs.63.119_4)
- 4.3) 日本建築学会 : 大振幅地震動と建築物の耐震性評価, 第1版, 2013.9
- 4.4) 建築行政情報センター, 日本建築防災協会 : 2020年版建築物の構造技術基準解説書, 2020.10

第5章 提案設計法の適用性に関する検討

5.1 検討概要

第5章では、第4章にて整理した多段階の最適化を用いた耐震設計法を100m規模の超高層制振構造へ適用し、各最適化結果を分析することで提案設計法の適用性を確認する。また、各段階の最適化を逐次行った場合と、複数段階の最適化を同時に行った場合の結果を比較することで、それぞれの最適化の特性を確認する。

5.2 解析対象建物

解析対象建物はFig.5.1, 5.2に示す地上25階、地下1階（塔屋1階）、高さ約100mの鉄骨造（一部CFT）の事務所ビルとする。制振装置はFig.5.1および5.2に赤塗で示すように、YB通りのX2-3間およびX4-5間に配置可能であるとする。なお、地下階は耐震壁が多く配置されて層剛性が地上階と比較して大きく、かつ極めて稀に発生する地震動（以下、Lv2地震動）に対しても耐震壁は降伏を許容しない設計が一般的であるため、地下階が地上階の応答特性に与える影響は小さいと判断して本稿では最適化の対象外とする。また、最適化の対象はX方向（Fig.5.1の長辺方向）のみを取り扱う。

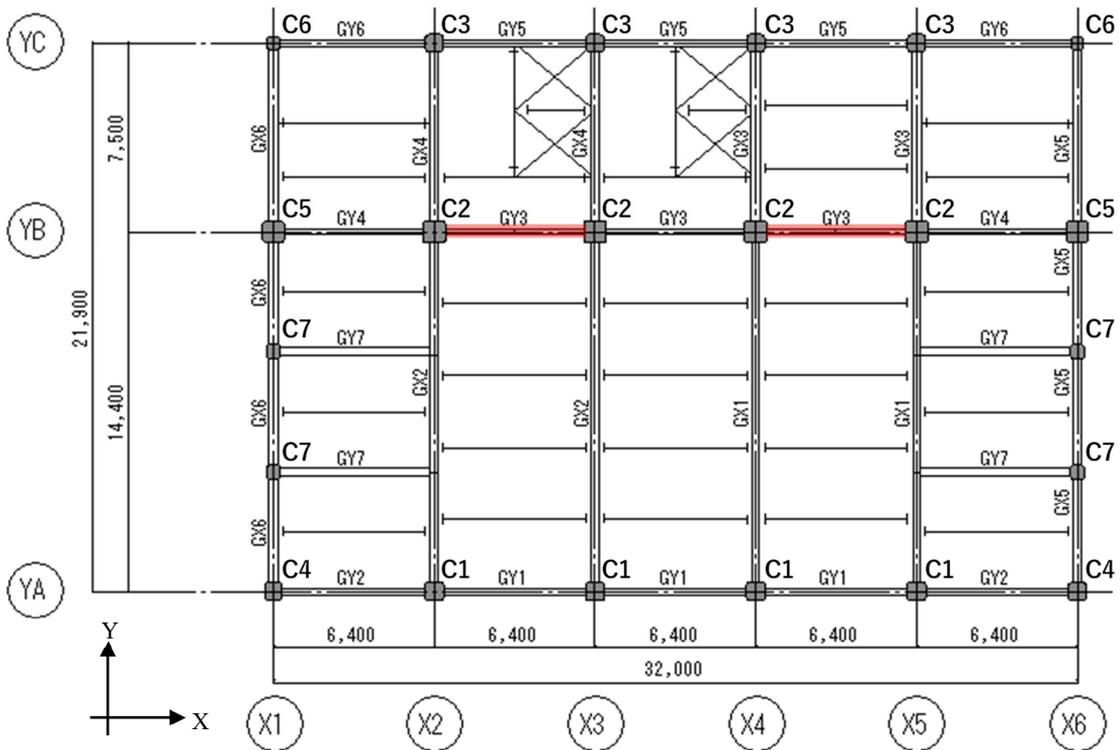
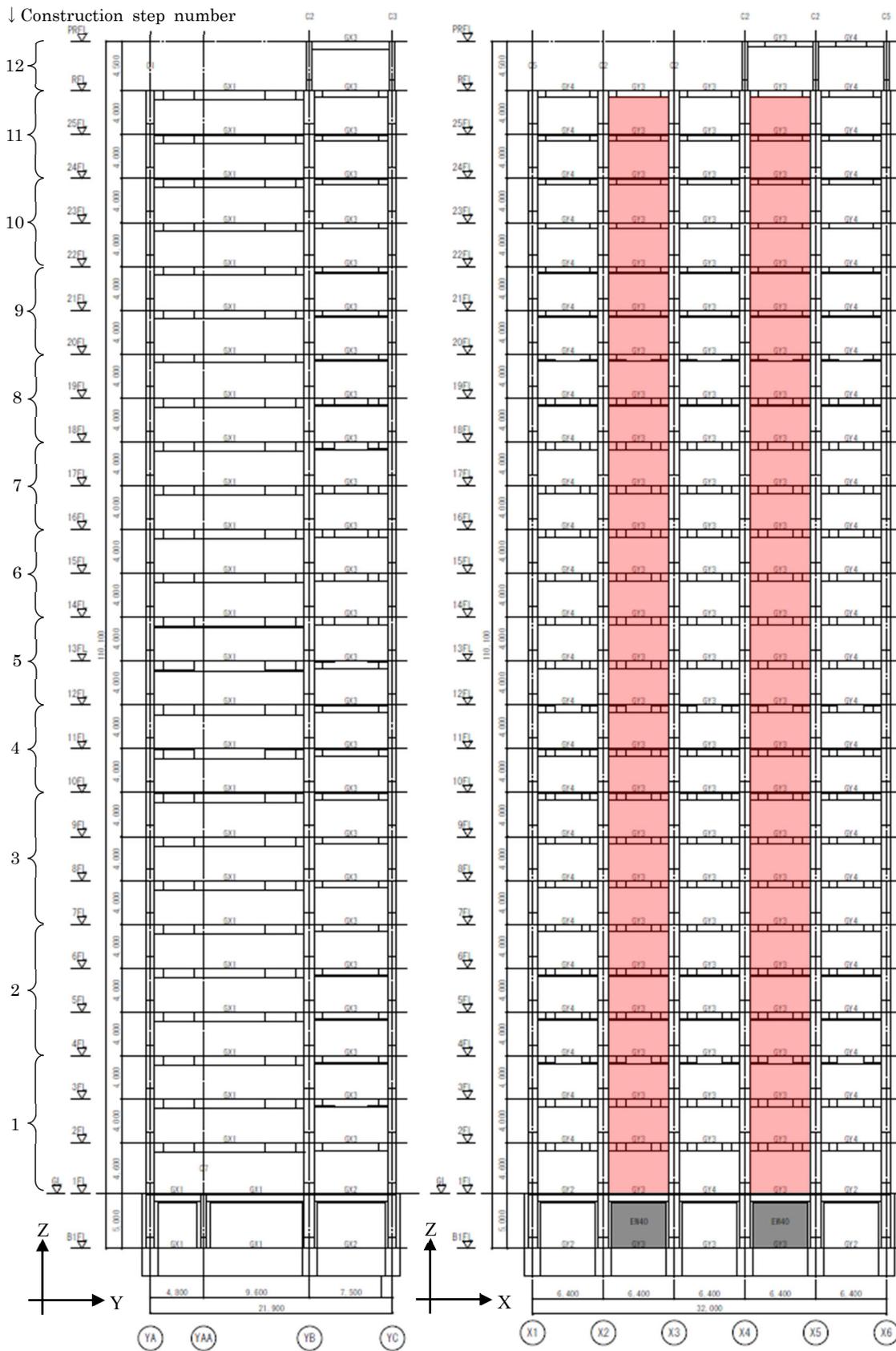


Fig.5.1 Framing plan (10F)



5.3 設計地震動と設計クライテリア

第5章で考慮する設計入力地震動は、Table.5.1 に示す観測波3波と告示波3波の稀に発生する地震動（以下、Lv1地震動）およびLv2地震動とする。Fig.5.3に各地震動の応答スペクトルを示す。Fig.5.3には略算による1次固有周期^{5.1)} ($T=0.03 \times 100.75\text{m}=3.02$ 秒)を併せて示す。

Table.5.1 Input seismic motion

Name	Lv1		Lv2		Duration (sec)
	Maximum acceleration (m/sec ²)	Maximum velocity (m/sec)	Maximum acceleration (m/sec ²)	Maximum velocity (m/sec)	
El Centro NS	2.554	0.250	5.108	0.500	53.8
Taft EW	2.483	0.250	4.966	0.500	54.4
Hachinohe NS	1.667	0.250	3.334	0.500	51.0
Notification [※] (Random)	0.744	0.100	3.720	0.501	120.0
Notification [※] (Hachinohe)	0.787	0.113	3.933	0.566	234.0
Notification [※] (Kobe)	0.758	0.102	3.789	0.512	120.0

※Waves are fitted for the target spectrum confirmed Japanese standard.

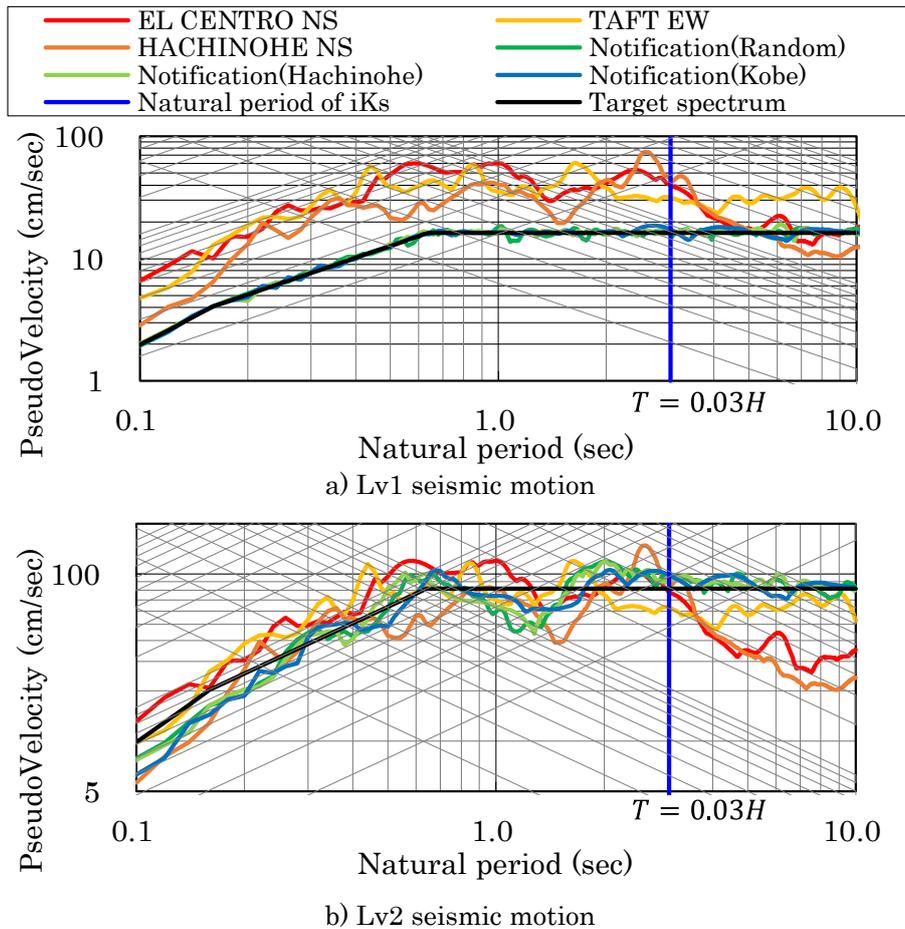


Fig.5.3 Response spectrum

Table.5.2 には各地震動レベルに対応する耐震設計クライテリアを示す。

質点系モデルの最適化では、架構のみで Lv1 地震動に対して最大応答層間変形角が 1/200 以下、Lv2 地震動に対して最大層間変形角が 1/100 以下および層の最大塑性率が 3.00 以下であることを確認する。Lv2 地震動に対する損傷制御を目的とした制振構造を想定し、Lv2 地震動に対して最大層間変形角を 1/125 以下および層の最大塑性率が 2.00 以下であることを確認する。

骨組モデルの最適化では、一次設計の層間変形角を 1/200 以下、剛性率を 0.60 以上、偏心率を 0.15 以下、各部材の断面検定比は柱を 0.80 以下、大梁を 1.00 以下であることを確認する。なお、柱の余裕度を大梁の 1.25 倍とすることで、架構の崩壊系を間接的に制御する。二次設計の保有水平耐力は指定層間変形角（5.5.1 で詳述）時点の層せん断力とし、保有水平耐力時の部材塑性率を 4.00 以下、必要保有水平耐力に対する保有水平耐力の比率が 1.00 を超えることを確認する。Table.5.2 には 5.4 および 5.5 で取り扱う制約条件との対応を示す。

Table.5.2 Seismic design criteria

Analysis method	Constraint		Design criteria			
			Lv1	Chapter	Lv2	Chapter
Time history response analysis	Inter-story drift angle	Strip frame	1/200	5.4.2, 5.4.3	1/100	5.4.4, 5.4.5
		Damping system	1/200	5.4.6, 5.4.7	1/125	5.4.6, 5.4.7
	Story ductility	Strip frame	—		3.00	5.4.4, 5.4.5
		Damping system	—		2.00	5.4.6, 5.4.7
Static analysis	Inter-story drift angle		1/200	5.5.2, 5.5.3	—	
	Rigidity		0.60	5.5.2, 5.5.3	—	
	Eccentricity		0.15	5.5.2, 5.5.3	—	
	Stress ratio	Column	0.80	5.5.2, 5.5.3	—	
		Girder	1.00	5.5.2, 5.5.3	—	
	Ductility	Column	—		4.00	5.5.2, 5.5.3
		Girder	—		4.00	5.5.2, 5.5.3
Q_u / Q_{um}		—		1.00	5.5.2, 5.5.3	

Q_u : Horizontal load bearing capacity

Q_{um} : Necessary ultimate horizontal resistant force

5.4 質点系モデルによる最適化（第一段階最適化～第三段階最適化）

5.4.1 解析モデル

各質点の偏心は無視（質量中心とバネの位置は同じ）し、質点系モデルには立体曲げせん断棒モデルを用いる。各質点の自由度にはせん断変形 (δ_x) および曲げ変形 (θ_y) を考慮する。水平方向力作用時の柱軸伸縮により生じる各層の曲げ変形 (Fig.5.4) に対する剛性 ($E_i I_{\theta_y}$) は、各層で平面保持の仮定が成立するとして式(5.1)により算出する。超高層建築物等では柱断面（柱軸剛性）は長期軸力から決まることが多いため、第5章の最適化では $E_i I_{\theta_y}$ を一律とし、予め A_i 分布

の一次設計用層せん断力を作用させた骨組モデルの静的応力解析結果（柱軸力および軸変形）を用いて算出する。なお、第4章で示した式(4.2)で扱う層剛性 ${}_i\tilde{K}_S$ 、 ${}_iK_{AI}$ および ${}_iK_{eq}$ は、第四段階最適化での取り扱いを考慮して、せん断剛性と曲げ剛性を考慮した等価剛性として取り扱う。なお、第3章では層剛性をせん断剛性として取り扱い、曲げ剛性を後から考慮して層剛性を算出していたため、第5章の最適化結果とは一致しない。また、塔屋階は質量として考慮し、25階の質点に含むものとする。

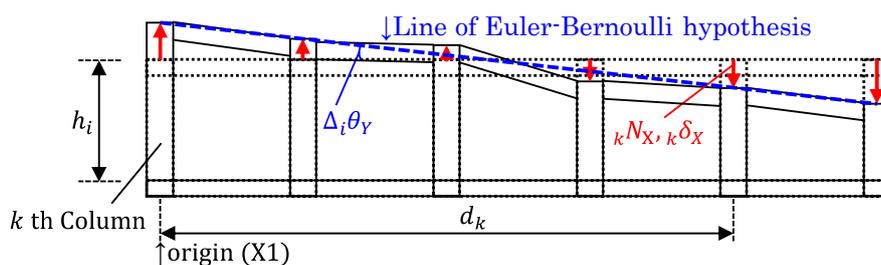


Fig.5.4 Axial deformation by horizontal force

$$E_i I_{\theta_Y} = \frac{h_i({}_iM_{\theta_Y} + {}_{i-1}M_{\theta_Y})}{2\Delta_i\theta_Y} \quad (5.1)$$

$${}_iM_{\theta_Y} = \sum_{k=1}^{i n_c} {}_iN_{k,X} d_k \quad (5.2)$$

$$\Delta_i\theta_Y = \sum_{k=1}^{i n_c} {}_iN_{k,X} \delta_{k,X} / {}_iM_{\theta_Y} \quad (5.3)$$

ここに

$E_i I_{\theta_Y}$: 質点 i の Y 軸回り曲げ剛性

h_i : 質点 i の階高

${}_iM_{\theta_Y}$: 質点 i の Y 軸回り転倒モーメントで式(5.2)による

${}_{i-1}M_{\theta_Y}$: 質点 $i-1$ の Y 軸回り転倒モーメントで式(5.2)による

$\Delta_i\theta_Y$: 質点 i の Y 軸回り転倒回転角で式(5.3)による

$i n_c$: 質点 i の柱部材数

d_k : 質点 i の k 番目柱の図心からの位置（図心原点は Fig.5.1 および 5.2 の X1 とする）

${}_iN_{k,X}$: X 方向加力時に質点 i の k 番目柱に生じる軸力

${}_i\delta_{k,X}$: X 方向加力時に質点 i の k 番目柱に生じる軸変形

各質点の回転慣性モーメントは式(5.4)より算出する。

$$j_{\theta_Y} = \frac{m_i B_i^2}{12} \quad (5.4)$$

ここに

m_i : 質点 i の重量, B_i : 質点 i の幅

以上より算出される解析対象建物の質点系モデル諸元を Table.5.3 に示す。減衰は瞬間剛性比例型の内部粘性減衰を考慮し、減衰定数は 1 次モードに対して 2% とする。時刻歴応答解析の数値積分は Newmark- β 法 ($\beta=1/4$) とする。時刻歴応答解析には NRESP-3D^{5.2)}を採用する。

Table.5.3 Specifications of MDOF system model

Mass number i	Floor	h_i (m)	B_i (m)	m_i (kN)	${}_i J_{\theta r}$ (10^9 kNcm ²)	${}_i E_r I_{\theta r}$ (10^{14} kNcm ²)	${}_i Q_{Ai}$ (kN)	${}_i \theta_{Lv1} h_i$ (cm)	${}_i K_{Ai}$ (kN/cm)	${}_i K_{eq}$ (kN/cm)	${}_i K_S$ (kN/cm)
1	25F	4.00	32.00	8,675	7.40	2.62	3,102	2.00	1,551	971	1,551
2	24F	4.00	32.00	6,321	5.39	3.67	4,391	2.00	2,196	1,650	2,196
3	23F	4.00	32.00	6,321	5.39	4.67	5,511	2.00	2,756	2,301	2,756
4	22F	4.00	32.00	6,321	5.39	5.49	6,522	2.00	3,261	2,923	3,261
5	21F	4.00	32.00	6,331	5.40	6.10	7,451	2.00	3,725	3,518	3,725
6	20F	4.00	32.00	6,324	5.40	6.63	8,310	2.00	4,155	4,084	4,155
7	19F	4.00	32.00	6,324	5.40	6.93	9,110	2.00	4,555	4,622	4,622
8	18F	4.00	32.00	6,324	5.40	7.07	9,856	2.00	4,928	5,132	5,132
9	17F	4.00	32.00	6,359	5.43	6.55	10,557	2.00	5,278	5,616	5,616
10	16F	4.00	32.00	6,334	5.41	6.51	11,208	2.00	5,604	6,069	6,069
11	15F	4.00	32.00	6,334	5.41	6.44	11,816	2.00	5,908	6,495	6,495
12	14F	4.00	32.00	6,334	5.41	6.37	12,381	2.00	6,191	6,891	6,891
13	13F	4.00	32.00	6,461	5.51	7.70	12,916	2.00	6,458	7,267	7,267
14	12F	4.00	32.00	6,658	5.68	7.66	13,425	2.00	6,712	7,625	7,625
15	11F	4.00	32.00	6,659	5.68	7.61	13,891	2.00	6,946	7,953	7,953
16	10F	4.00	32.00	6,660	5.68	7.56	14,317	2.00	7,158	8,251	8,251
17	9F	4.00	32.00	6,571	5.61	6.88	14,697	2.00	7,348	8,516	8,516
18	8F	4.00	32.00	6,470	5.52	6.79	15,033	2.00	7,516	8,747	8,747
19	7F	4.00	32.00	6,470	5.52	6.79	15,332	2.00	7,666	8,950	8,950
20	6F	4.00	32.00	6,526	5.57	6.98	15,597	2.00	7,799	9,125	9,125
21	5F	4.00	32.00	6,613	5.64	6.93	15,829	2.00	7,914	9,273	9,273
22	4F	4.00	32.00	6,614	5.64	6.87	16,023	2.00	8,011	9,392	9,392
23	3F	4.00	32.00	6,591	5.62	6.65	16,179	2.00	8,090	9,480	9,480
24	2F	4.00	32.00	6,557	5.60	6.58	16,299	2.00	8,149	9,539	9,539
25	1F	4.75	32.00	6,687	5.71	7.02	16,384	2.38	6,899	9,569	9,569

5.4.2 第一段階最適化の諸元

5.4.2 および 5.4.3 では、式(4.1)による第一段階のみの最適化、および式(4.6)による第一段階と第二段階の同時最適化を取り扱う。設計変数を縮約するため、第 3 章および文献 5.3 と同様に、連結する複数質点を 1 グループにまとめることで設計変数を縮約する。設計変数は初期剛性算定用の係数であるため、同一グループの質点で同じ値を入力する（架構として類似した断面となる）操作は設計実務現場においても適切であると考えられる。5.4.2 ではグループの数として 7 を採用する。

最適化手法には応答曲面法^{5.4)}を採用し、応答曲面アルゴリズムには SVD, RBF および Kriging

の3手法を採用し、各ステップでの採用アルゴリズムは各目的関数および各制約条件に対して、最も予測精度の高いものとする。仮想探索の空間充填アルゴリズムには Sobol, 仮想最適化には多目的遺伝的アルゴリズムの MOGA-II^{5.5)}を用いる。仮想探索と仮想最適化の比率は 0.5, 初期解は一様乱数で生成した 200 個体とする。探索ステップは、式(4.1)の最適化では 13 回(合計 2,600 個体を探索), 式(4.6)の同時最適化では 50 回(合計 10,000 個体を探索)とする。入力地震動には、式(4.1)の最適化では Table.5.1 の Lv1 地震動の 6 波を、式(4.6)の同時最適化では Table.5.1 の Lv1 地震動および Lv2 地震動の 12 波を採用する。最適化処理には最適化支援ツールの modeFRONTIER^{5.6)} (応答曲面法を用いた最適化アルゴリズムの FAST を採用)を使用する。

5.4.3 第一段階最適化の結果

Table.5.4 に、式(4.1)および式(4.6)による最適化結果のうち、各最適化の許容解の数、各目的関数最小個体の固有周期および目的関数値を、Fig.5.5 および Fig.5.6 に、 f_1 と f_2 の関係および固有周期と f_2 の関係を示す。

Table.5.4 より、式(4.1)による第一段階最適化は、式(4.6)による同時最適化よりも解析回数が少ないにも関わらず、同等の目的関数値の最適解が得られていることが分かる。また、Fig.5.5 および Fig.5.6 より、第一段階最適化は同時最適化と比較して、より広範囲の許容解が得られていることが分かる。これは、式(4.6)による同時最適化が Lv1 地震動および Lv2 地震動の両者に対する応答特性を考慮しており、弾性応答特性のみを効率的に最適化できていないためであると考えられる。式(4.1)による第一段階最適化は、探索個体数だけではなく時刻歴応答解析の解析ケース数が同時最適化の半分であるため、最適化計算における時刻歴応答解析による解析時間が短く、同時最適化と比較して計算効率が高い手法である。

以上より、式(4.1)の弾性応答特性に対する最適化問題を取り扱った第一段階最適化は、式(4.6)の弾性応答特性および弾塑性応答特性の同時最適化と比較して、計算効率性および探索性の両方で優位性を持つという特長が確認された。

5.4.4 および 5.4.5 の第二段階最適化では、Table.5.4 の 1st optimization の最適解 (赤字で示す解) の初期剛性分布を採用する。

Table.5.4 Summary of 1st optimization and simultaneous optimization

Case name	Number of feasible solutions	Minimum function	ID	Natural period [sec]	$f_1(x)$	$f_2(x)$
eq(4.1) : 1 st optimization	1361	$f_1(x)$	1772	3.189	0.0048	0.096
		$f_2(x)$	2509	3.139	0.0247	0.083
eq(4.6) : Simultaneous optimization	5564	$f_1(x)$	2215	3.189	0.0048	0.096
		$f_2(x)$	6383	3.136	0.0268	0.082

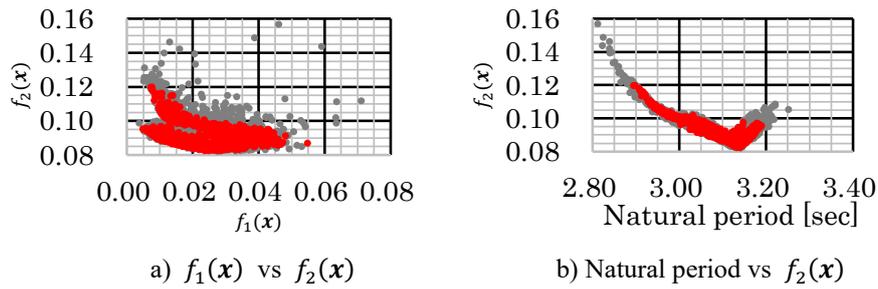


Fig.5.5 Result of eq(4.1) ●:Acceptable solutions, ○:No acceptable solutions

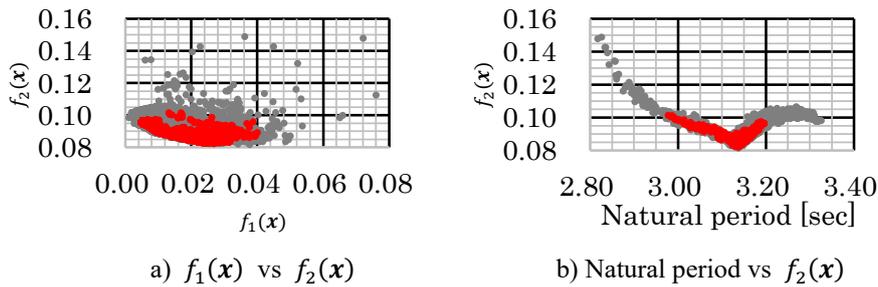


Fig.5.6 Result of eq(4.6) ●:Acceptable solutions, ○:No acceptable solutions

5.4.4 第二段階最適化の諸元

5.4.4および5.4.5では、式(4.5)による第二段階のみの最適化、および式(4.6)による第一段階と第二段階の同時最適化を取り扱う。設計変数の縮約方法および最適化手法は、5.4.2で先述した方法と同様とする。なお、設計変数は、式(4.5)が21変数 ($i\alpha_{\theta_1}$, $i\alpha_{\theta_2}$, $i\alpha_{Q_2}$ が7グループ)、式(4.6)が28変数 ($i\alpha_{K_1}$, $i\alpha_{\theta_1}$, $i\alpha_{\theta_2}$, $i\alpha_{Q_2}$ が7グループ)とし、初期解は一様乱数で生成した200個体とする。探索ステップは式(4.5)および式(4.6)の両者とも50回(合計10,000個体を探索)とする。入力地震動には、式(4.5)の最適化ではTable.5.1のLv2地震動の6波を、式(4.6)の同時最適化ではTable.5.1のLv1地震動およびLv2地震動の12波を採用する。採用する最適化処理ツールは5.4.2と同様とする。

5.4.5 第二段階最適化の結果

Table.5.5に、式(4.5)および式(4.6)による最適化結果のうち、各最適化の許容解の数、各目的関数最小個体の固有周期および目的関数値を、Fig.5.7~5.9に、 f_3 と f_4 の関係および固有周期と f_4 の関係を示す。

Table.5.5より、式(4.5)による第二段階最適化のうち、5.4.3の f_1 最小個体の剛性分布を採用した場合の最適化では、他の2ケースと比較して f_3 および f_4 の関数値の小さな解が得られている。また、Fig.5.7およびFig.5.8より、第二段階最適化では初期剛性分布を定数とする最適化を行っているため、指定固有周期を持つ架構のうち、弾塑性応答特性を改善する解を探索していることが分かる。設計実務現場では、風荷重に対する水平振動や長周期長時間地震動に対する応答特性を考慮した設計が求められるため、架構の固有周期を指定した本手法は有用であると考えられ

る。加えて、式(4.5)による第二段階最適化は、時刻歴応答解析の解析ケース数が式(4.6)による同時最適化の半分であるため、最適化計算における解析時間が短く、同時最適化と比較して計算効率が高い手法である。

以上より、式(4.5)の弾塑性応答特性に対する最適化問題を取り扱った第二段階最適化は、式(4.6)の弾性応答特性および弾塑性応答特性の同時最適化と比較して、計算効率性の点で優位性があると考えられる。また、指定した固有周期で弾塑性応答特性を改善できるという点も、式(4.6)の同時最適化と比較して設計実務現場では有用な特長であると考えられる。

5.4.6および5.4.7の第三段階最適化では、Table.5.5の2nd optimizationの最適解（赤字で示す解）の復元力特性を採用する。

Table.5.5 Summary of 2nd optimization and simultaneous optimization

Case name	Number of feasible solutions	Minimum function	ID	Natural period [sec]	$f_3(x)$	$f_4(x)$
eq(4.5) : 2 nd optimization (Min. $f_1(x)$ of 1 st)	9262	$f_3(x)$	8134	3.189	0.0173	0.162
		$f_4(x)$	6094	3.189	0.0353	0.141
eq(4.5) : 2 nd optimization (Min. $f_2(x)$ of 1 st)	9321	$f_3(x)$	9169	3.139	0.0276	0.156
		$f_4(x)$	4143	3.139	0.0401	0.148
eq(4.6) : Simultaneous optimization	5564	$f_3(x)$	5989	3.185	0.0192	0.165
		$f_4(x)$	6417	3.177	0.0412	0.144

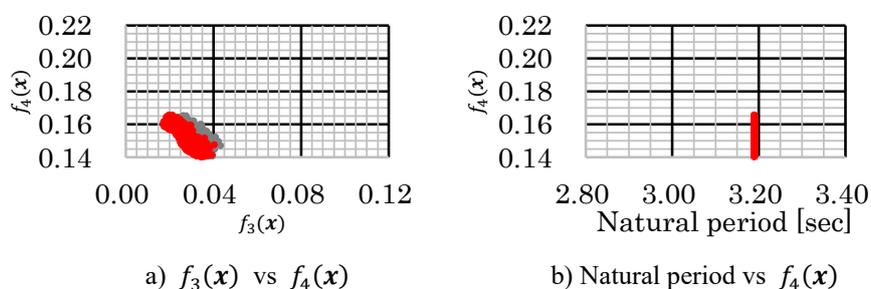


Fig.5.7 Result of eq(4.5) : Min. $f_1(x)$ of 1st ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

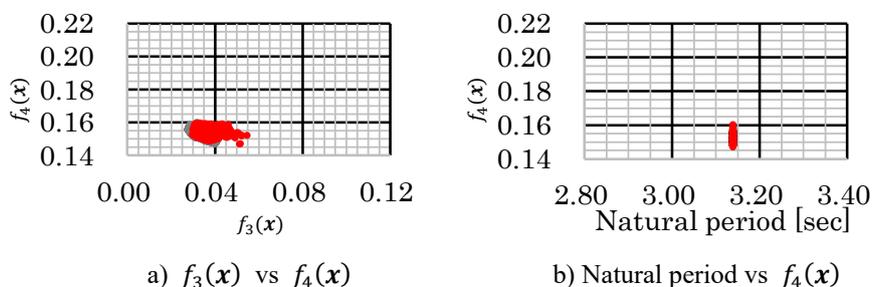


Fig.5.8 Result of eq(4.5) : Min. $f_2(x)$ of 1st ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

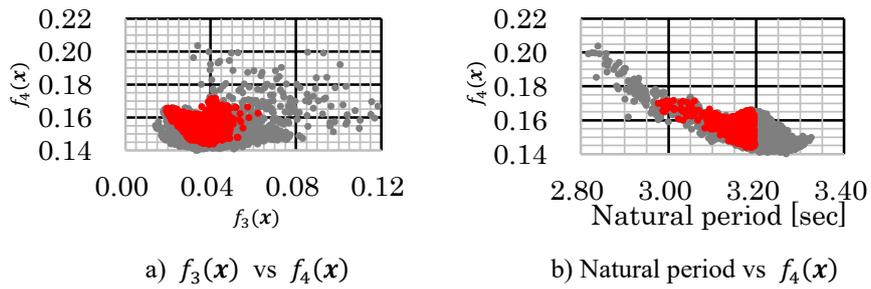


Fig.5.9 Result of eq(4.6) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

5.4.6 第三段階最適化の諸元

架構の復元力特性に関する解析モデルは5.4.5で得られた最適解を用いる。本解析例では、制振装置としてオイルダンパーのみを取り扱う。制振装置の解析モデルは、Fig.5.10に示すように、オイルダンパーの減衰に関する諸元をバイリニア型速度-復元力特性のダッシュポット要素、装置剛性および装置の取り付け剛性（周辺架構の局部変形などによる装置の効きの効果を含む）を表す弾性軸ばね要素として評価し、両者を直列に繋いだ Maxwell モデルにて取り扱う。

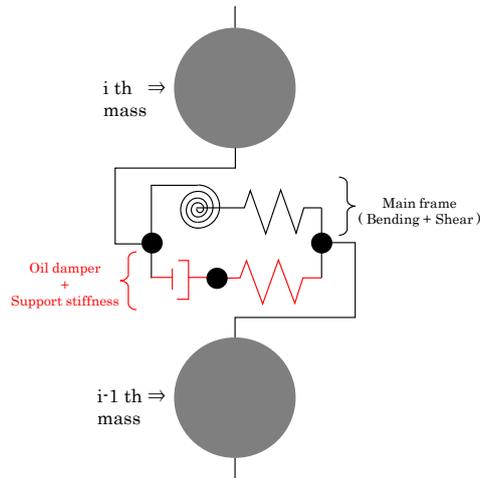


Fig.5.10 Damper model

5.4.6および5.4.7では、式(4.7)による第三段階最適化、および式(4.8)による第一段階～第三段階の同時最適化（架構特性と制振装置配置の同時最適化）を取り扱う。Table.5.6に、設計変数 N が取り得る制振装置諸元およびコスト算定用係数を示す。なお、Table.5.6に示すように、設計変数には制振装置なしの値を含み、各諸元は文献5.7の方法による評価後の値を示す。

式(4.7)および式(4.8)の設計変数 N を縮約するため、Fig.5.11に示すように文献5.7の方法により評価した制振装置の効きを示す諸元の値が、類似する複数階を1グループとして、設計変数を11変数へ縮約する。式(4.8)のその他の設計変数の縮約方法は5.4.4と同様とする。初期解は一樣乱数で生成した200個体とし、探索ステップは式(4.7)および式(4.8)の両者とも50回（合計10,000個体を探索）とする。入力地震動には、Table.5.1のLv1地震動およびLv2地震動の12波

を採用する。また、制振装置の設置は大地震時の損傷制御を目的としているため、Lv2 地震動に対する制約条件は、Table.5.2 に示したように第二段階最適化よりも厳しい値（最大層間変形角 $\leq 1/125$ ，最大塑性率 ≤ 2.00 ）とする。採用する最適化処理ツールは5.4.4 と同様とする。

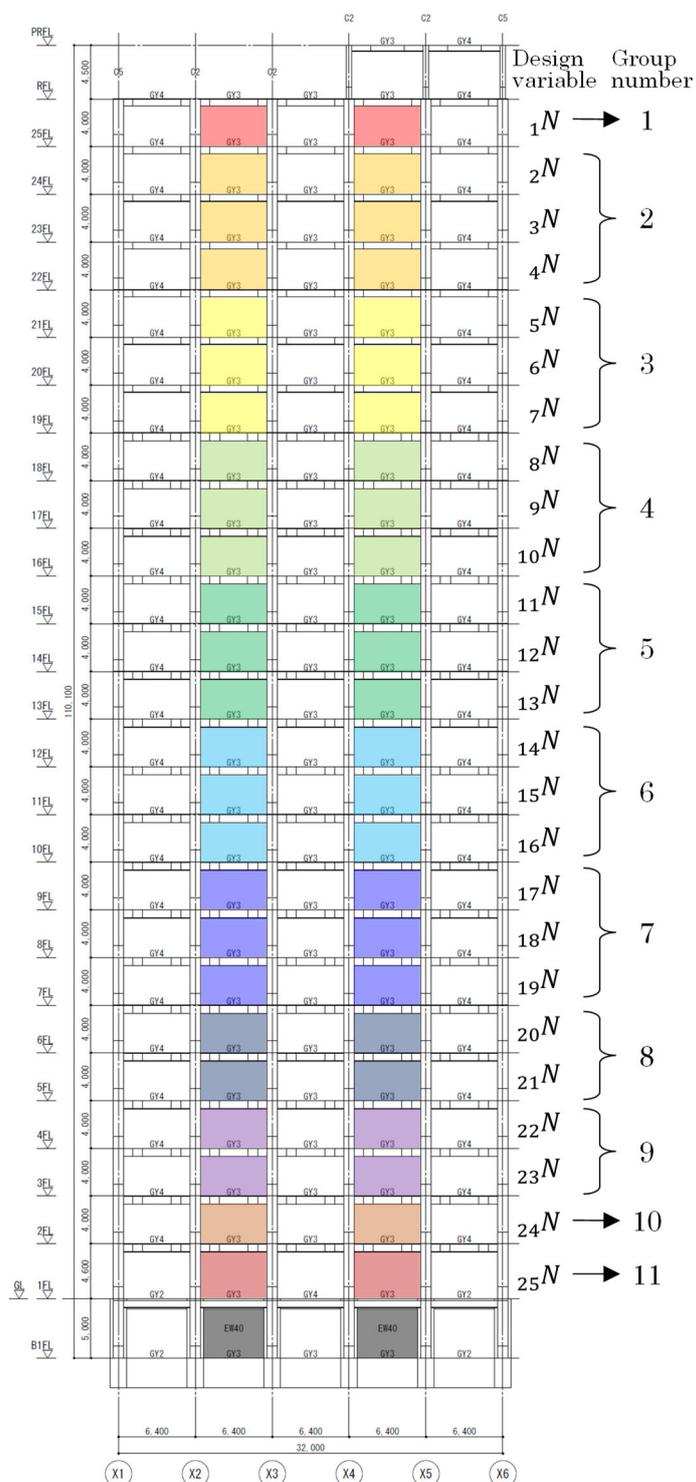


Fig.5.11 Damper model

Table.5.6 Damper specifications of design variables

Group number	Design variable number	Variable value	Dashpot			Linear spring	Cost coefficient $\times 10^6$	Group number	Design variable number	Variable value	Dashpot			Linear spring	Cost coefficient $\times 10^6$	
			C ₁ [kN/cm·s]	C ₂ [kN/cm·s]	F _r [kN]	K ₁ [kN/cm]					C ₁ [kN/cm·s]	C ₂ [kN/cm·s]	F _r [kN]	K ₁ [kN/cm]		
1	1	1	—	—	—	—	0	6	14	66	—	—	—	0		
		2	252.4	10.5	1,856	168.4	10			67	359.2	14.9	2,215	1,367.8	10	
		3	504.9	21.0	3,713	168.4	20			68	718.4	29.9	4,429	1,367.8	20	
		4	757.3	31.5	5,569	168.4	31			69	1,077.6	44.8	6,644	1,367.8	31	
		5	1,009.8	42.0	7,426	168.4	41			70	1,436.8	59.8	8,858	1,367.8	41	
2	2	6	—	—	—	—	0	6	15	71	—	—	—	0		
		7	273.6	11.4	1,933	456.9	10			72	366.8	15.3	2,238	1,440.9	10	
		8	547.2	22.8	3,866	456.9	20			73	733.6	30.5	4,476	1,440.9	20	
		9	820.9	34.1	5,799	456.9	31			74	1,100.5	45.8	6,714	1,440.9	31	
		10	1,094.5	45.5	7,731	456.9	41			75	1,467.3	61.0	8,952	1,440.9	41	
	3	3	11	—	—	—	—	0	6	16	76	—	—	—	0	
			12	294.3	12.2	2,004	678.3	10			77	371.2	15.4	2,251	1,508.4	10
			13	588.5	24.5	4,009	678.3	20			78	742.3	30.9	4,502	1,508.4	20
			14	882.8	36.7	6,013	678.3	31			79	1,113.5	46.3	6,753	1,508.4	31
			15	1,177.0	49.0	8,018	678.3	41			80	1,484.6	61.8	9,005	1,508.4	41
	2	4	16	—	—	—	—	0	6	17	81	—	—	—	0	
			17	311.0	12.9	2,061	847.6	10			82	376.9	15.7	2,269	1,579.4	10
			18	622.1	25.9	4,121	847.6	20			83	753.9	31.4	4,537	1,579.4	20
			19	933.1	38.8	6,182	847.6	31			84	1,130.8	47.0	6,806	1,579.4	31
			20	1,244.2	51.8	8,243	847.6	41			85	1,507.8	62.7	9,074	1,579.4	41
21			—	—	—	—	0	6			18	86	—	—	—	0
3	5	22	324.7	13.5	2,106	981.3	10		87	382.9		15.9	2,286	1,653.8	10	
		23	649.4	27.0	4,211	981.3	20		88	765.8		31.8	4,573	1,653.8	20	
		24	974.1	40.5	6,317	981.3	31		89	1,148.6		47.8	6,859	1,653.8	31	
		25	1,298.8	54.0	8,422	981.3	41		90	1,531.5		63.7	9,145	1,653.8	41	
		26	—	—	—	—	0		6	19		91	—	—	—	0
27	337.7	14.0	2,147	1,088.6	10	92	388.5	16.2			2,303	1,730.2	10			
28	675.4	28.1	4,294	1,088.6	20	93	777.0	32.3			4,606	1,730.2	20			
29	1,013.0	42.1	6,442	1,088.6	31	94	1,165.5	48.5			6,909	1,730.2	31			
30	1,350.7	56.2	8,589	1,088.6	41	95	1,554.0	64.6			9,212	1,730.2	41			
3	6	31	—	—	—	—	0	6	20	96	—	—	—	0		
		32	350.5	14.6	2,188	1,143.0	10			97	394.7	16.4	2,321	1,815.2	10	
		33	701.0	29.2	4,375	1,143.0	20			98	789.3	32.8	4,643	1,815.2	20	
		34	1,051.5	43.7	6,563	1,143.0	31			99	1,184.0	49.3	6,964	1,815.2	31	
		35	1,402.0	58.3	8,750	1,143.0	41			100	1,578.6	65.7	9,285	1,815.2	41	
4	8	36	—	—	—	—	0	8	21	101	—	—	—	0		
		37	344.1	14.3	2,167	1,111.5	10			102	401.3	16.7	2,341	1,909.6	10	
		38	688.2	28.6	4,335	1,111.5	20			103	802.6	33.4	4,681	1,909.6	20	
		39	1,032.2	43.0	6,502	1,111.5	31			104	1,203.9	50.1	7,022	1,909.6	31	
	40	1,376.3	57.3	8,670	1,111.5	41	105	1,605.2	66.8	9,363	1,909.6	41				
	4	9	41	—	—	—	—	0	9	22	106	—	—	—	0	
			42	348.4	14.5	2,181	1,173.8	10			107	409.2	17.0	2,364	2,018.3	10
			43	696.8	29.0	4,362	1,173.8	20			108	818.4	34.0	4,727	2,018.3	20
44			1,045.3	43.5	6,543	1,173.8	31	109			1,227.7	51.1	7,091	2,018.3	31	
45			1,393.7	58.0	8,724	1,173.8	41	110			1,636.9	68.1	9,455	2,018.3	41	
4	10	46	—	—	—	—	0	9	23	111	—	—	—	0		
		47	357.4	14.9	2,209	1,248.9	10			112	420.7	17.5	2,397	2,151.4	10	
		48	714.8	29.7	4,418	1,248.9	20			113	841.4	35.0	4,793	2,151.4	20	
		49	1,072.3	44.6	6,627	1,248.9	31			114	1,262.1	52.5	7,190	2,151.4	31	
		50	1,429.7	59.4	8,836	1,248.9	41			115	1,682.8	70.0	9,587	2,151.4	41	
		51	—	—	—	—	0			9	24	116	—	—	—	0
5	11	52	365.3	15.2	2,233	1,307.2	10	117	448.0			18.6	2,473	2,371.5	10	
		53	730.6	30.4	4,467	1,307.2	20	118	896.1			37.3	4,947	2,371.5	20	
		54	1,096.0	45.6	6,700	1,307.2	31	119	1,344.1			55.9	7,420	2,371.5	31	
		55	1,461.3	60.8	8,933	1,307.2	41	120	1,792.2			74.6	9,893	2,371.5	41	
		56	—	—	—	—	0	11	25			121	—	—	—	0
57	351.2	14.6	2,190	1,249.8	10	122	633.9			26.4	2,942	3,024.6	10			
58	702.4	29.2	4,380	1,249.8	20	123	1,267.7			52.7	5,884	3,024.6	20			
59	1,053.7	43.9	6,569	1,249.8	31	124	1,901.6			79.1	8,825	3,024.6	31			
60	1,404.9	58.5	8,759	1,249.8	41	125	2,535.4			105.4	11,767	3,024.6	41			
5	13	61	—	—	—	—	0	11	25	62	354.3	14.7	2,199	1,302.3	10	
		63	708.6	29.5	4,399	1,302.3	20			64	1,062.9	44.2	6,598	1,302.3	31	
		64	1,062.9	44.2	6,598	1,302.3	31			65	1,417.2	59.0	8,798	1,302.3	41	
		65	1,417.2	59.0	8,798	1,302.3	41									

5.4.7 第三段階最適化の結果

Table.5.7 に式(4.7)および式(4.8)による最適化結果のうち、各最適化の許容解の数、各目的関数最小個体の固有周期および目的関数値を、Fig.5.12~5.14 に f_2 と f_5 の関係および f_4 と f_5 の関係を、Fig.5.15 に各最適解の設計変数に対応するリリーフ荷重分布を示す。

Fig.5.12~5.14 より、架構の負担層せん断力係数と制振装置コストにはトレードオフの関係があり、全てのケースにおいて制振装置コストが大きくなり過ぎる（制振装置を入れ過ぎる）と架構の負担層せん断力係数が大きくなる事が分かる。これは文献 5.8 の等価 1 質点系モデルを用いた概略設計の傾向と同様である。また、第三段階最適化は f_2 - f_5 および f_4 - f_5 の解空間において、同時最適化と比較して広い範囲の許容解が得られていることが分かる。

Fig.5.15 a)および b)より、式(4.7)による第三段階最適解のうち、架構負担層せん断力 (f_2 および f_4) 最小個体は上層側と下層側のダンパー量を増やす傾向に、制振装置コスト (f_5) 最小個体は中層付近を除いて最小ダンパー量とする傾向を示すことが分かる。両図は同じ初期剛性分布を持つ架構ではあるが、復元力特性が異なることで制振装置配置 (f_5 最小個体のダンパーなし範囲、 f_2 および f_4 最小個体の上下層のダンパー量) が異なっている。これは最適化手法を用いることで、文献 5.8 の提案手法（多質点系のダンパー量を主架構剛性に比例して分配する方法）では得られない制振装置配置の取得が可能であることを示している。Fig.5.15 c)より、式(4.8)による同時最適化のケースでは、最適解の装置配置の差異は 7~12 階の一部のみであることが分かる。

Table.5.7 より、式(4.7)による第三段階最適化は、式(4.8)による同時最適化と比較して、制振装置コスト (f_5) の小さな値の解が得られている。一方で、同時最適化は第三段階最適化と比較して、架構の固有周期が長く、Lv1 地震動および Lv2 地震動に対する架構の負担層せん断力係数 (f_2 および f_4) の小さな解が得られている。これは、式(4.8)による同時最適化では架構剛性を柔らかくすることでオイルダンパーの負担せん断力を増やすことで、結果として架構の負担層せん断力が小さくなる解が得られているためであると考えられる。

同時最適解の応答特性確認のため、最適解より制振装置を除いた架構のみの弾塑性時刻歴応答解析を行う。時刻歴応答解析結果を Fig.5.16 に示す。同図には、式(4.7)による第三段階最適化で用いている架構特性（第二段階最適化の最適解）の時刻歴応答解析結果を併せて示す。

Fig.5.16 より、式(4.8)による同時最適化で得られる架構は、式(4.1)および式(4.5)の制約条件を満たしていないことが分かる。また、式(4.7)による第三段階最適化で用いている架構と比較して、層間変形角が下層側で大きく、上層側で小さくなっており、変形特性が異なることが分かる。

以上より、式(4.7)の制振装置配置の最適化問題を取り扱った第三段階最適化は、式(4.8)の架構の弾塑性応答特性および制振装置配置の同時最適化と比較して、装置コストの幅広い範囲の探索が可能であるという特長が確認された。また、第三段階最適化により、既往の提案手法では得ることが難しい装置配置の取得が可能であるという特長も確認された。

一方で、同時最適化は、第三段階最適化と比較して、架構の負担せん断力の低減が可能となるが、設計者の指定する架構剛性を得られないという特性が確認された。

5.5 の第四段階最適化では、Table.5.7 の式(4.7)の f_4 最小個体 (ID:1758) を採用する。

Table.5.7 Summary of 3rd optimization and simultaneous optimization

Case name	Number of feasible solutions	Minimum function	ID	Natural period [sec]	$f_2(\mathbf{x})$	$f_4(\mathbf{x})$	$f_5(\mathbf{x})$
eq(4.7) : 3 rd optimization (Min. $f_3(\mathbf{x})$ of 2 nd)	2753	$f_2(\mathbf{x})$	2821	3.189	0.068	0.134	$3,978 \times 10^5$
		$f_4(\mathbf{x})$	5215	3.189	0.070	0.133	$3,978 \times 10^5$
		$f_5(\mathbf{x})$	2847	3.189	0.080	0.145	$1,734 \times 10^5$
eq(4.7) : 3 rd optimization (Min. $f_4(\mathbf{x})$ of 2 nd)	2850	$f_2(\mathbf{x})$	9192	3.189	0.068	0.125	$4,896 \times 10^5$
		$f_4(\mathbf{x})$	1758	3.189	0.068	0.124	$4,896 \times 10^5$
		$f_5(\mathbf{x})$	2186	3.189	0.079	0.144	$2,040 \times 10^5$
eq(4.8) : Simultaneous optimization	2290	$f_2(\mathbf{x})$	7050	3.281	0.057	0.112	$3,876 \times 10^5$
		$f_4(\mathbf{x})$	7701	3.278	0.059	0.109	$3,570 \times 10^5$
		$f_5(\mathbf{x})$	7539	3.281	0.061	0.112	$2,958 \times 10^5$

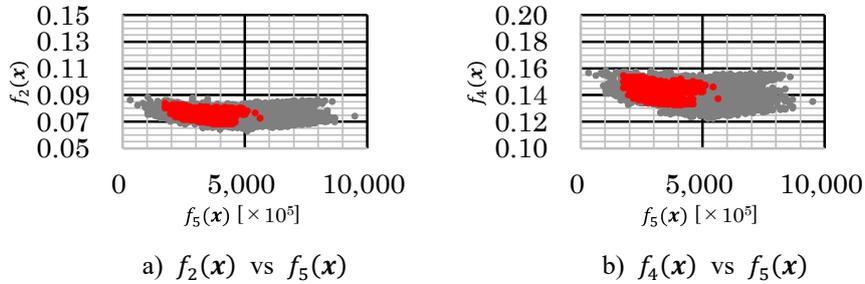


Fig.5.12 Result of eq(4.7) : Min. $f_3(\mathbf{x})$ of 2nd ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

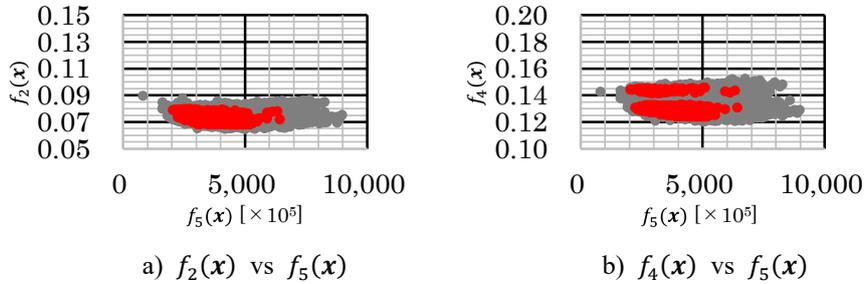


Fig.5.13 Result of eq(4.7) : Min. $f_4(\mathbf{x})$ of 2nd ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

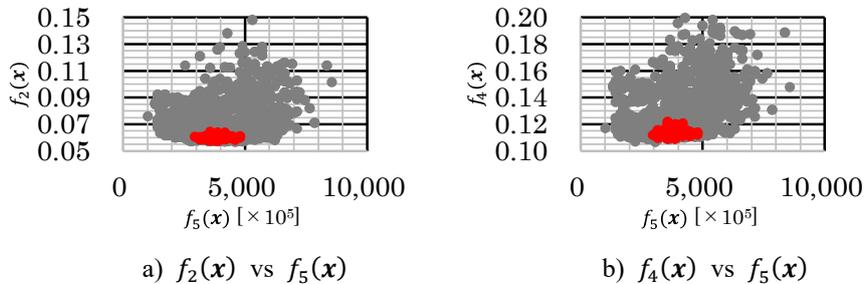


Fig.5.14 Result of eq(4.8) ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

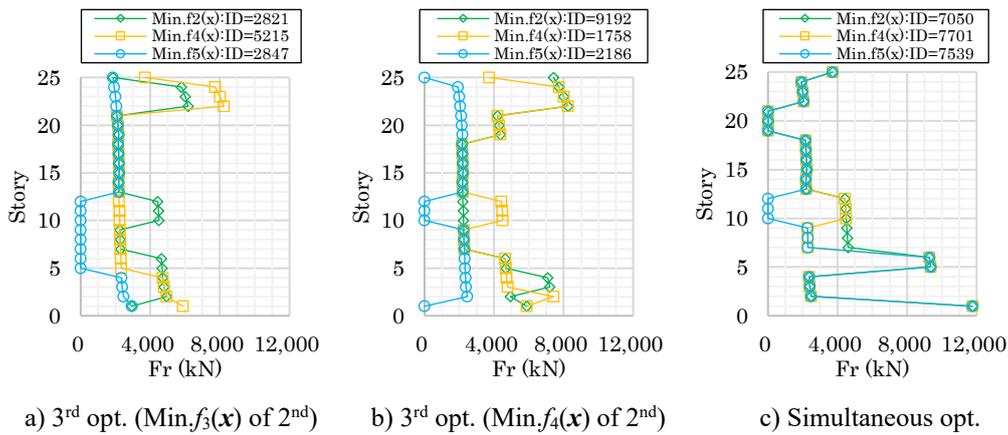


Fig.5.15 F_r (Relief force) of optimized solution

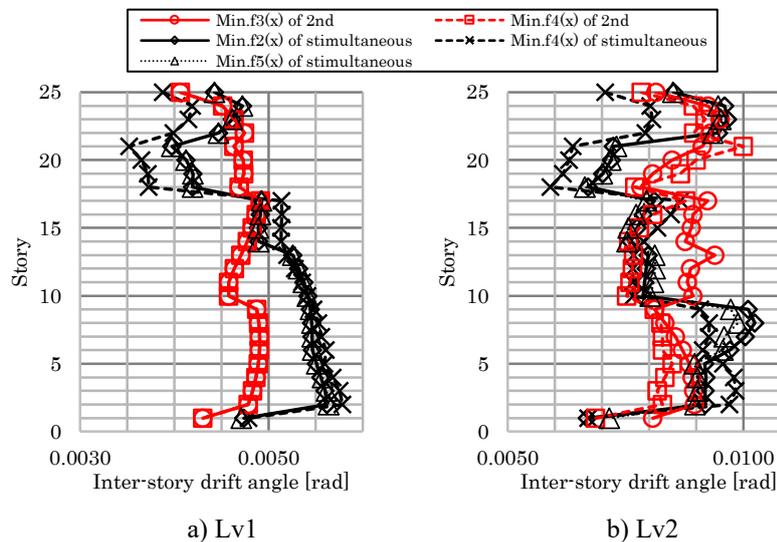


Fig.5.16 Response result of strip frame

5.5 骨組モデルによる最適化（第四段階最適化）

5.5.1 解析モデル

柱および大梁を三次元梁要素により、耐震壁を壁柱、側柱および壁梁からなるエレメント置換要素によりモデル化する。RC 部材および CFT 部材が取付く節点には剛域^{5.9)}を考慮する。大梁はスラブによる合成効果を剛性倍率^{5.10)}にて考慮する。各階は剛床仮定が成立するため質量中心位置で X 方向、Y 方向および Z 軸周りの自由度を、各節点位置で Z 方向、X 軸周りおよび Y 軸周りの自由度を考慮する。

本解析例では、制振装置にオイルダンパーを採用しているため、静的応力解析において一次設計および二次設計の層せん断力時の制振装置負担せん断力を表現する等価なばねモデル等への置換は煩雑であることから、制振装置は骨組モデルから省略する。制振装置の影響は、設計層せん断力と制約条件の緩和により考慮する。

式(4.9)の f_7 および f_8 を算出する際の設計層せん断力は、第三段階最適解より制振装置を除いた

モデル（以下、第二段階最適解）の応答層せん断力の応答包絡層せん断力 iQ_{2nd} （Fig.5.17 内の青実線）を採用する。

一次設計の制約条件算定時の制限値（ jR_{lim} 、 cS_{lim} 、 gS_{lim} ）は、式(5.5)に示す緩和係数 β を用いて緩和する（ β_jR_{lim} 、 β_cS_{lim} 、 β_gS_{lim} を制限値とする）ことで、制振装置の影響を考慮する。

$$\beta = iQ_{2nd} / iQ_{3rd} \quad (5.5)$$

ここに

iQ_{3rd} ：第三段階最適解の応答層せん断力の架構負担層せん断力（応答層せん断力よりダンパーの負担層せん断力を除いた値）の包絡層せん断力（Fig.5.17 内の赤実線）

また、二次設計の目的関数および制約条件算定時に使用する保有水平耐力は、第三段階最適化の制約条件へ用いた 1/125（Table.5.2 を参照）に β を考慮することで制振装置の影響を評価する。なお、本解析例では $\beta = 1.20$ を採用する。

最適化過程では断面変更による固定荷重の変動を考慮し、上述の設計層せん断力係数を用いて設計層せん断力を算出する。偏心率の算定対象には地下および塔屋による重量偏心の大きい 25 階は除く。大梁の断面検定には許容曲げ応力度の低減は考慮せず、柱の許容圧縮応力度算定時の座屈長は部材長を用いる。静的応力解析、断面検定および静的増分解析には一貫構造計算プログラムの NASCA^{5.2)}を採用する。

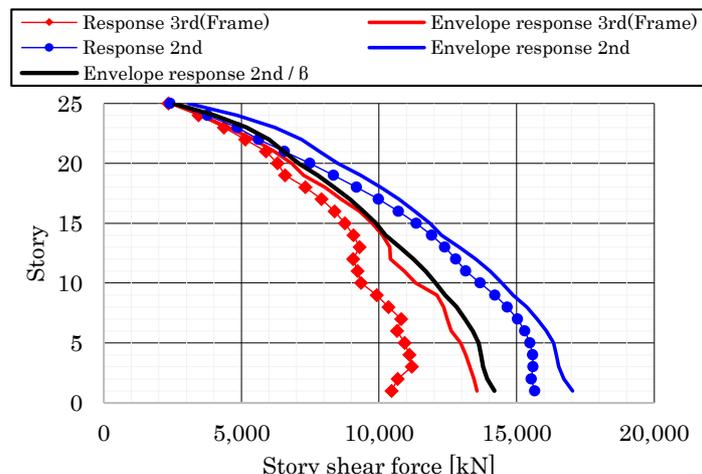


Fig.5.17 Design story shear force

5.5.2 最適化諸元

Table.5.8 に設計変数へ用いる断面リスト番号および番号に対応する断面寸法を、Table.5.9 に式(4.9)における設計変数および各変数に割当てられる断面リストの範囲を示す。なお、Table.5.9 内には各設計変数に対応する階とその施工順序（Fig.5.2 左側に記載）を併せて示している。

設計変数は、施工性を考慮して部材符号ごとに複数階を 1 変数とした合計 120（柱:53, GY:67）変数を設定する。各設計変数に割当てられる断面寸法は塑性変形能力確保のために、柱は幅厚比

が FA ランクを満たす冷間成形角形鋼管を、梁の端部は幅厚比が FA ランク（中央部は FC ランク）を満たす外法一定 H 形鋼を想定する。また、外形寸法として、柱は 1~R 階を支配面積に応じて 550~700 および 700~900 角の CFT 柱、塔屋階を 450~500 角の鉄骨柱より、大梁は 2 階を 550 せい、3~21 階を 700 せい、22~24 階を 600 せい、25~PR 階を 500 せいより選定する。以上により、局部座屈や仕口の施工性に対し、間接的に制約条件を与えている。

目標復元力特性には Table.5.7 の 3rd optimization (Min. $f_4(\mathbf{x})$ of 2nd) の ID1758（復元力特性は第二段階最適化の f_4 最小個体、かつ制振装置配置は第三段階最適化の f_4 最小個体）を採用する。

初期解は文献 5.4 と同様に、予め想定した仮定断面を平均値とする正規分布（標準偏差は、仮定断面から Table.5.9 に示す断面番号の上下限值までの差が小さい側の値を採用）を仮定して生成した 200 個体とし、探索ステップは 50 回（合計 10,000 個体を探索）とする。採用する最適化処理ツールは 5.4.6 と同様とする。

Table.5.8 Section list for variables

Column		Girder(GY)		
No.	Size	No.	Size (End)	Size (Center)
1	□-450×19 (S)	1	H-500×200× 9×19	H-500×200× 9×16
2	□-450×22 (S)	2	H-500×200× 9×22	H-500×200× 9×19
3	□-450×25 (S)	3	H-500×250× 9×22	H-500×250× 9×19
4	□-500×25 (S)	4	H-500×250×12×25	H-500×250× 9×22
5	□-500×28 (S)	5	H-500×300×12×22	H-500×300×12×19
6	□-700×25 (CFT)	6	H-500×300×12×25	H-500×300×12×22
7	□-700×28 (CFT)	7	H-500×300×16×28	H-500×300×12×25
8	□-750×28 (CFT)	8	H-550×200×12×19	H-550×200× 9×16
9	□-750×32 (CFT)	9	H-550×200×12×22	H-550×200×12×19
10	□-800×32 (CFT)	10	H-550×250×12×22	H-550×250× 9×19
11	□-800×36 (CFT)	11	H-550×250×12×25	H-550×250×12×22
12	□-850×36 (CFT)	12	H-550×250×12×28	H-550×250×12×25
13	□-900×36 (CFT)	13	H-550×300×12×16	Same as on the left
14	□-550×22 (CFT)	14	H-550×300×12×19	H-550×300×12×16
15	□-550×25 (CFT)	15	H-550×300×12×25	H-550×300×12×22
16	□-600×25 (CFT)	16	H-550×300×16×28	H-550×300×12×25
17	□-600×28 (CFT)	17	H-600×200×12×16	H-600×200× 9×12
18	□-650×28 (CFT)	18	H-600×200×12×19	H-600×200×12×16
19	□-650×32 (CFT)	19	H-600×250×12×19	H-600×250× 9×16
20	□-700×32 (CFT)	20	H-600×250×12×22	H-600×250×12×19
21	□-700×36 (CFT)	21	H-600×250×12×25	H-600×250×12×22
		22	H-600×250×12×28	H-600×250×12×25
		23	H-600×300×12×28	H-600×300×12×25
		24	H-600×300×16×32	H-600×300×12×28
		25	H-700×200×12×22	H-700×200× 9×19
		26	H-700×250×12×22	H-700×250×12×19
		27	H-700×300×12×22	H-700×300×12×19
		28	H-700×300×12×25	H-700×300×12×22
		29	H-700×350×12×25	H-700×350×12×22
		30	H-700×350×14×28	H-700×350×12×25
		31	H-700×350×14×32	H-700×350×14×28
		32	H-700×350×16×36	H-700×350×14×32

Table.5.9 Variables and range of sections

Column				Girder(GY)				
Mark	Variable No.	Floor ※() shows construction step in Fig.5.2	Range of sections in Table.5.9	Mark	Variable No.	Floor ※() shows construction step in Fig.5.2	Range of sections in Table.5.9	
C1	1	PR~ R (12)	6~13	GY1	1	R~25 (11)	1~7	
	2	22~18 (8, 9)			2	24~22 (10)	17~24	
	3	18~14 (6, 7)			3	21~19 (8, 9)	25~32	
	4	14~10 (4, 5)			4	18~15 (6, 7)		
	5	10~7 (3)			5	14~11 (4, 5)		
	6	7~4 (2)			6	10~8 (3)		
	7	4~1 (1)			7	7~5 (2)		
8	PR~ R (12)	8	4~3 (1)					
C2	9	R~22 (10,11)	1~5		9	2 (1)		8~16
	10	22~18 (8, 9)	6~13	GY2	10	R~25 (11)	1~7	
	11	18~14 (6, 7)			11	24~22 (10)	17~24	
	12	14~10 (4, 5)			12	21~19 (8, 9)	25~32	
	13	10~7 (3)			13	18~15 (6, 7)		
	14	7~4 (2)			14	14~11 (4, 5)		
	15	4~1 (1)			15	10~8 (3)		
16	PR~ R (12)	1~5			16	7~5 (2)		
17	R~22 (10,11)	14~21	17		4~3 (1)			
18	22~18 (8, 9)		18		2 (1)	8~16		
19	18~14 (6, 7)		GY3	19	PR (12)	1~7		
20	14~10 (4, 5)			20	R~25 (11)	17~24		
21	10~7 (3)			21	24~22 (10)	25~32		
22	7~4 (2)			22	21~19 (8, 9)			
23	4~1 (1)			23	18~15 (6, 7)			
24	R~22 (10,11)	24		14~11 (4, 5)				
25	22~18 (8, 9)	25		10~8 (3)				
26	18~14 (6, 7)	26		7~5 (2)				
27	14~10 (4, 5)	27		4~3 (1)				
C4	28	10~7 (3)	6~13	28	2 (1)	8~16		
	29	7~4 (2)	6~13	GY4	29	PR (12)	1~7	
	30	4~1 (1)			30	R~25 (11)	17~24	
	31	PR~ R (12)			1~5	31	24~22 (10)	25~32
	32	R~22 (10,11)			32	21~19 (8, 9)		
	33	22~18 (8, 9)			33	18~15 (6, 7)		
	34	18~14 (6, 7)			34	14~11 (4, 5)		
35	14~10 (4, 5)	35			10~8 (3)			
36	10~7 (3)	36	7~5 (2)					
37	7~4 (2)	37	4~3 (1)					
C5	38	4~1 (1)	6~13	38	2 (1)	8~16		
	39	PR~ R (12)	1~5	GY5	39	PR (12)	1~7	
	40	R~22 (10,11)	14~21		40	R~25 (11)	17~24	
	41	22~18 (8, 9)			41	24~22 (10)	25~32	
	42	18~14 (6, 7)			42	21~19 (8, 9)		
	43	14~10 (4, 5)			43	18~15 (6, 7)		
	44	10~7 (3)			44	14~11 (4, 5)		
45	7~4 (2)	45			10~8 (3)			
46	4~1 (1)	46			7~5 (2)			
C6	47	R~22 (10,11)	14~21		47	4~3 (1)		
	48	22~18 (8, 9)		48	2 (1)	8~16		
	49	18~14 (6, 7)		GY6	49	PR (12)	1~7	
	50	14~10 (4, 5)			50	R~25 (11)	17~24	
	51	10~7 (3)			51	24~22 (10)	25~32	
	52	7~4 (2)			52	21~19 (8, 9)		
	53	4~1 (1)			53	18~15 (6, 7)		
54	R~22 (10,11)	54	14~11 (4, 5)					
55	22~18 (8, 9)	55	10~8 (3)					
56	18~14 (6, 7)	56	7~5 (2)					
57	14~10 (4, 5)	57	4~3 (1)					
C7	58	10~7 (3)	14~21	58	2 (1)	8~16		
	59	7~4 (2)		GY7	59	R~25 (11)	1~7	
	50	4~1 (1)			60	24~22 (10)	17~24	
	51	10~7 (3)			61	21~19 (8, 9)	25~32	
	52	7~4 (2)			62	18~15 (6, 7)		
	53	4~1 (1)			63	14~11 (4, 5)		
	54	R~22 (10,11)			64	10~8 (3)		
55	22~18 (8, 9)	65	7~5 (2)					
56	18~14 (6, 7)	66	4~3 (1)					
57	14~10 (4, 5)	67	2 (1)		8~16			

5.5.3 最適化結果

Table.5.10 に各最適化における許容解の数，式(4.9)における各目的関数最小個体の固有周期，目的関数値および式(5.6)による評価値 f_9 を，Fig.5.18 に全ての解および全許容解の層重量の最大値と最小値の比率を，Table.5.11 に最適化における解のうち，全ての解および全許容解の層重量，全重量および固有周期の最大値と最小値の比率を，Fig.5.19 に固有周期と f_7 の関係，固有周期と f_8 の関係， f_6 と f_7 の関係および f_7 と f_8 の関係を示す。 f_9 は後述するように， f_7 と f_8 の両目的関数の特性を鑑みた評価関数である。

$$f_9(\mathbf{x}) = \sqrt{\left(\frac{f_7(\mathbf{x})}{\max_p f_7(\mathbf{x}) - \min_p f_7(\mathbf{x})}\right)^2 + \left(\frac{f_8(\mathbf{x})}{\max_p f_8(\mathbf{x}) - \min_p f_8(\mathbf{x})}\right)^2} \quad (5.6)$$

ここに

p : 式(4.9)における制約条件を満たす許容解の数

Table.5.10 より，各目的関数の最適解の間で，総鉄骨量は 2.5%，固有周期は 3.8%の差異があることが分かる。

Fig.5.18 より，第四段階最適化における解の層重量のばらつきは，柱サイズが大きくなる下階ほど大きくなることが分かる。また，Table.5.11 より，非許容解を含む全ての解において 1 階層重量で 14.3%，全重量で 4.9%，固有周期で 12.0%のばらつきが，全許容解において 1 階層重量で 13.7%，全重量で 6.0%，固有周期で 9.1%のばらつきがあり，文献 5.11 に示される「建築物の応答性状に与える影響が小さい」範囲（各層の重量変動±5%，全体重量変動±2%および固有周期の変動±2%）を大きく超える範囲の解を探索していることが分かる。

Fig.5.19 a)より， f_7 は目標復元力特性の固有周期である 3.189 秒付近で最小値を取っているため，断面変更に伴う重量変動に追従できている。一方，Fig.5.19 b)より， f_8 は固有周期 3.189 秒よりも長い領域で最小値を取ることが分かる。また，Fig.5.19 c)より， f_6 と f_7 のパレート解は概ね正の相関があるが， f_6 が小さい領域では f_7 が改悪する領域があることが分かる。Fig.5.19 d)より， f_7 と f_8 は全体的に正の相関があることが分かる。

以上より，第 5 章で取り扱う解析対象建物に対して，式(4.9)による評価を用いることで建築物の応答性状へ与える影響が大きい範囲の解探索においても，初期剛性および履歴面積が目標復元力特性に近い骨組モデルの探索が可能であると考えられる。5.5.4 にて得られた最適解の応答特性を確認する。

Table.5.10 Summary of 4th optimization

Case name	Number of feasible solutions	Minimum function	ID	Natural period [sec]	$f_6(\mathbf{x})$	$f_7(\mathbf{x})$	$f_8(\mathbf{x})$	eq(5.6)
eq(4.9) : 4 th optimization (Min. $f_4(\mathbf{x})$ of 3 rd)	4336	$f_6(\mathbf{x})$	9243	3.319	2,510	0.0035	0.0045	0.390
		$f_7(\mathbf{x})$	8995	3.195	2,573	0.0010	0.0051	0.227
		$f_8(\mathbf{x})$	9442	3.263	2,524	0.0017	0.0029	0.204
		eq(5.6)	8670	3.233	2,542	0.0013	0.0036	0.192

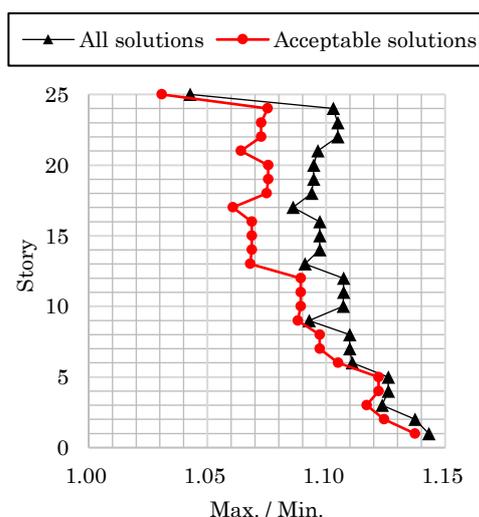
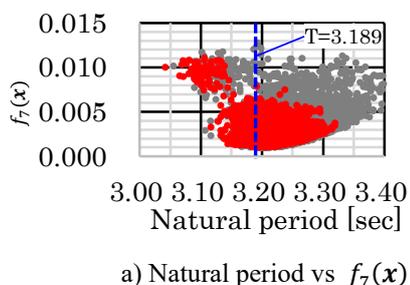


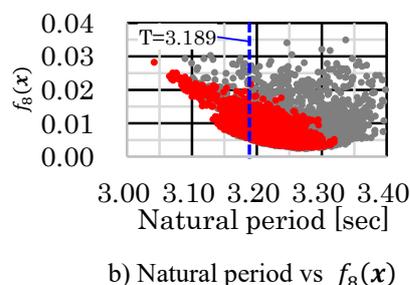
Fig.5.18 Story weight distribution

Table.5.11 Dispersion of story weight and natural period

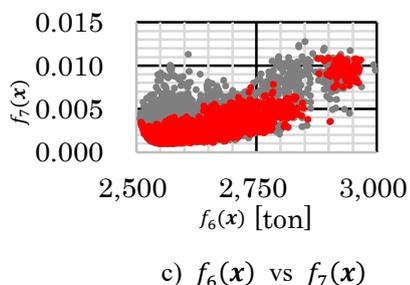
		All solutions	Acceptable solutions
Story weight ※1 st story	Max.	6,857	6,855
	Min.	5,998	6,027
	Max./Min.	1.143	1.137
Total story weight	Max.	211,185	209,027
	Min.	199,249	199,299
	Max./Min.	1.049	1.060
Natural period	Max.	3.41	3.32
	Min.	3.04	3.04
	Max./Min.	1.120	1.091



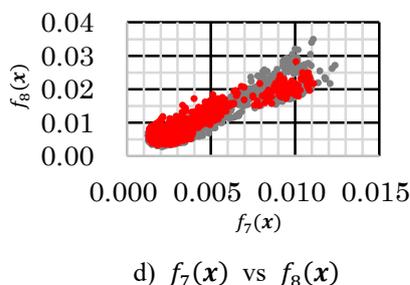
a) Natural period vs $f_7(x)$



b) Natural period vs $f_8(x)$



c) $f_6(x)$ vs $f_7(x)$



d) $f_7(x)$ vs $f_8(x)$

Fig.5.19 Result of 4th optimization : Min. $f_4(x)$ of 3rd ●:Acceptable solutions, ●:No acceptable solutions

5.5.4 最適解の応答特性

最適解の応答特性を確認するため、骨組モデルでの弾塑性時刻歴応答解析を行う。解析モデルの要素は5.5.1と同様とし、各要素の復元力特性は、CFTおよび鉄骨部材を Normal-Bi-Linear, RC部材を Degrading-Tri-Linear, 耐震壁のせん断剛性を原点指向型, 軸剛性を弾性, オイルダンパーをバイリニア型(速度-復元力特性(支持部材は弾性))とする。なお、オイルダンパーは Fig.5.2の赤塗構面ごとにシアリンク型の要素にて配置する。架構の減衰マトリクスは瞬間剛性比例型とし、骨組モデルの固有値解析結果の一次固有周期の振動数に対して 0.02 を採用する。採用地震波は Table.5.1 の Lv1 および Lv2 地震動の合計 12 波とする。

Fig.5.20 および Fig.5.21 に、式(4.9)の目的関数および式(5.6)の評価関数最小個体の骨組モデルによる弾塑性時刻歴応答解析および目標復元力特性の質点系モデルによる弾塑性時刻歴応答解析のLv1 および Lv2 地震動に対する結果を示す。Table.5.12 および 5.13 に、Lv1 および Lv2 地震動に対する、目標復元力特性の質点系モデルによる時刻歴応答解析結果に対する骨組モデルによる時刻歴応答解析結果の比を示す。

Table.5.12 および Table.5.13 より、層間変形角、層せん断力および加速度の応答値が質点系モデルの結果を概ね再現出来ていることが分かる。Fig.5.20 a)および Fig.5.21 a)より、層間変形角は上階側で骨組モデルの応答値が小さいことが分かる。これは質点系モデルの最適化（第一段階最適化～第三段階最適化）では層間変形角や層の塑性率が制約条件であったのに対し、第四段階最適化では各部材の許容応力度や塑性率の制約条件が働くことにより層剛性が高くなっているためであると考えられる。一方、Fig.5.20 b),c)および Fig.5.21 b),c)より、層せん断力や応答加速度分布は概ね再現出来ている。

以上より、式(4.9)の最適化問題を用いることで、設計変数である断面寸法による建物重量の変化が応答特性に影響を与える架構に対して、目標復元力特性に近い弾塑性応答特性を持つ断面配置を取得することが可能であることが分かる。

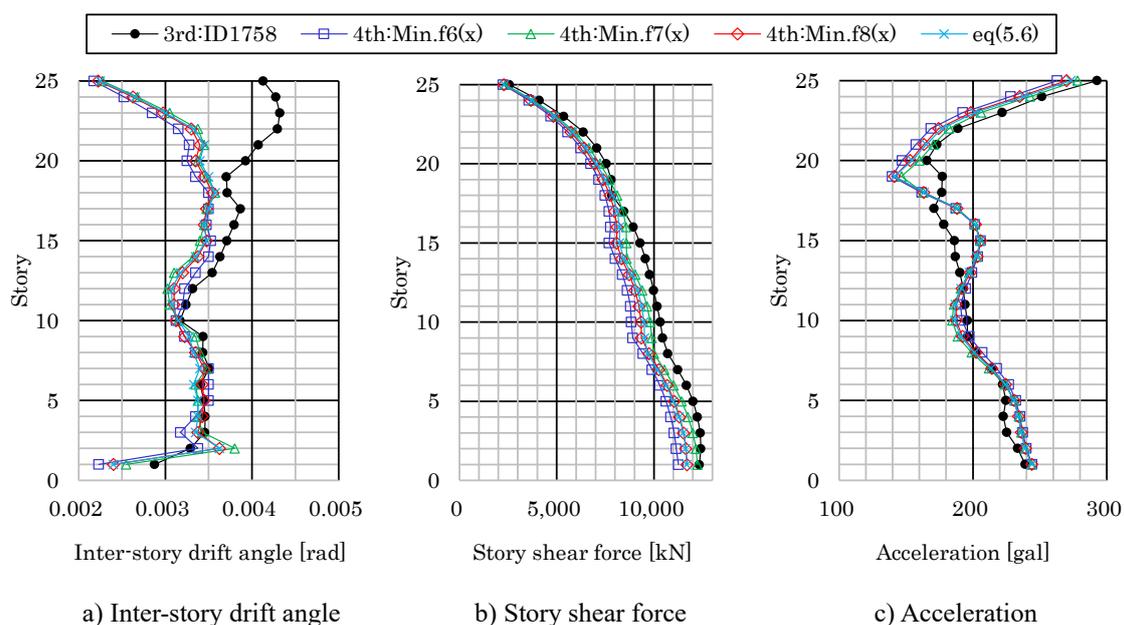


Fig.5.20 Response result of Lv1

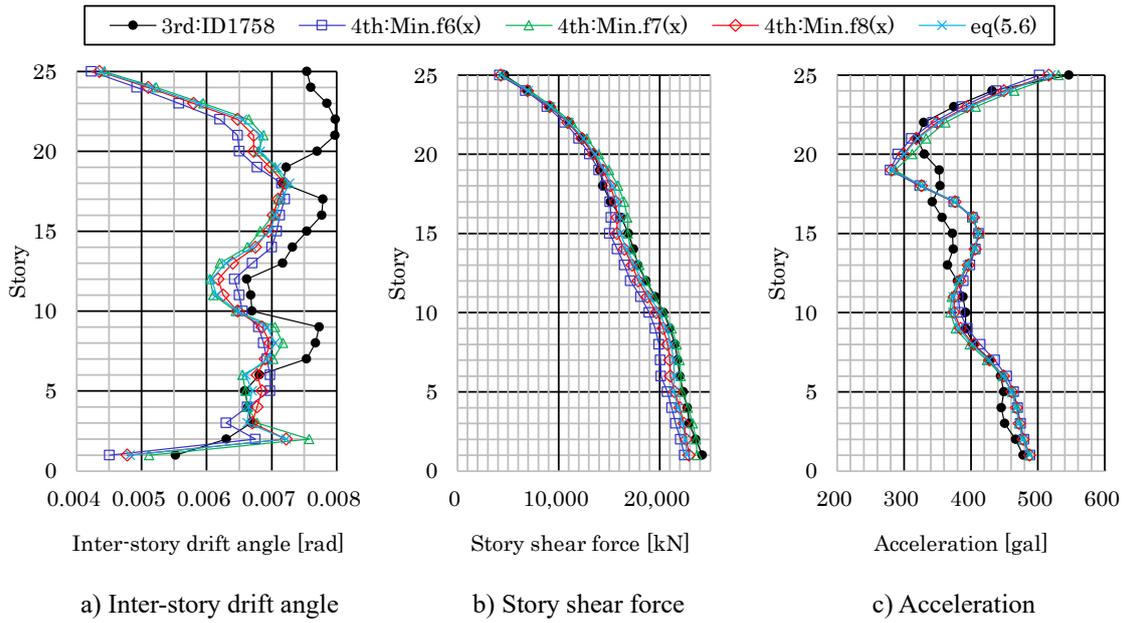


Fig.5.21 Response result of Lv2

Table.5.12 Frame model(4th) / Mass-spring model(3rd) of Lv1

Story	Inter-story drift angle				Story shear force				Acceleration			
	Min. $f_6(x)$	Min. $f_7(x)$	Min. $f_8(x)$	eq(5.6)	Min. $f_6(x)$	Min. $f_7(x)$	Min. $f_8(x)$	eq(5.6)	Min. $f_6(x)$	Min. $f_7(x)$	Min. $f_8(x)$	eq(5.6)
25	0.53	0.55	0.54	0.55	0.87	0.92	0.89	0.90	0.90	0.95	0.92	0.93
24	0.59	0.63	0.61	0.62	0.87	0.92	0.90	0.91	0.91	0.97	0.93	0.95
23	0.66	0.71	0.69	0.69	0.88	0.93	0.90	0.91	0.87	0.93	0.89	0.91
22	0.73	0.79	0.77	0.77	0.88	0.93	0.90	0.91	0.89	0.96	0.92	0.94
21	0.80	0.85	0.83	0.85	0.88	0.94	0.91	0.92	0.91	0.98	0.94	0.95
20	0.83	0.86	0.85	0.87	0.89	0.96	0.92	0.93	0.89	0.97	0.92	0.93
19	0.90	0.94	0.93	0.95	0.92	0.99	0.95	0.96	0.79	0.83	0.80	0.80
18	0.94	0.96	0.96	0.96	0.95	1.03	0.99	1.00	0.92	0.92	0.92	0.92
17	0.91	0.90	0.90	0.91	0.91	0.99	0.94	0.96	1.10	1.10	1.10	1.10
16	0.92	0.91	0.91	0.91	0.87	0.96	0.91	0.92	1.13	1.13	1.13	1.13
15	0.95	0.92	0.94	0.94	0.83	0.93	0.87	0.89	1.11	1.10	1.10	1.10
14	0.96	0.92	0.93	0.92	0.84	0.90	0.87	0.88	1.09	1.09	1.09	1.09
13	0.95	0.88	0.90	0.90	0.86	0.92	0.89	0.90	1.05	1.04	1.04	1.04
12	0.97	0.91	0.93	0.93	0.86	0.94	0.90	0.92	1.01	0.99	0.99	0.99
11	0.99	0.94	0.96	0.95	0.86	0.95	0.91	0.92	0.98	0.96	0.97	0.96
10	0.99	0.99	0.99	0.99	0.86	0.95	0.90	0.92	0.98	0.94	0.96	0.95
9	0.94	0.98	0.94	0.95	0.85	0.95	0.90	0.91	1.01	0.96	0.98	0.97
8	0.98	0.99	0.98	0.97	0.88	0.93	0.91	0.90	1.02	0.98	1.00	0.99
7	1.00	0.99	0.98	0.97	0.88	0.94	0.91	0.91	1.02	0.99	1.00	1.00
6	1.03	0.98	1.01	0.98	0.88	0.94	0.91	0.91	1.02	1.01	1.01	1.01
5	1.02	0.98	1.00	0.98	0.88	0.95	0.92	0.92	1.03	1.03	1.03	1.03
4	0.97	0.98	0.99	0.98	0.89	0.96	0.92	0.92	1.06	1.05	1.05	1.05
3	0.92	0.99	0.98	0.97	0.89	0.97	0.93	0.93	1.05	1.05	1.05	1.05
2	1.03	1.16	1.10	1.10	0.90	0.98	0.94	0.94	1.03	1.02	1.02	1.02
1	0.78	0.89	0.83	0.83	0.91	0.99	0.95	0.95	1.02	1.02	1.02	1.02
Ave.	0.89	0.90	0.90	0.90	0.88	0.95	0.91	0.92	0.99	1.00	0.99	0.99
StDev.	0.18	0.12	0.13	0.12	0.08	0.03	0.03	0.02	0.08	0.07	0.07	0.07

Ave. : Average

StDev. : Standard deviation

Table.5.13 Frame model(4th) / Mass-spring model(3rd) of Lv2

Story	Inter-story drift angle				Story shear force				Acceleration			
	Min. $f_e(x)$	Min. $f_r(x)$	Min. $f_b(x)$	eq(5.6)	Min. $f_e(x)$	Min. $f_r(x)$	Min. $f_b(x)$	eq(5.6)	Min. $f_e(x)$	Min. $f_r(x)$	Min. $f_b(x)$	eq(5.6)
25	0.56	0.59	0.58	0.58	0.89	0.95	0.92	0.93	0.92	0.97	0.94	0.95
24	0.65	0.69	0.67	0.68	0.97	1.03	1.00	1.01	1.01	1.08	1.04	1.05
23	0.71	0.76	0.74	0.75	0.97	1.03	1.00	1.01	1.03	1.09	1.05	1.06
22	0.78	0.83	0.81	0.82	0.96	1.02	0.98	1.00	1.04	1.10	1.06	1.07
21	0.81	0.86	0.84	0.86	0.97	1.04	1.00	1.01	0.97	1.04	0.99	1.00
20	0.84	0.88	0.87	0.89	0.97	1.04	1.00	1.01	0.88	0.95	0.91	0.91
19	0.94	0.98	0.97	0.98	0.99	1.06	1.02	1.03	0.79	0.81	0.80	0.80
18	1.00	1.01	1.00	1.02	1.02	1.10	1.05	1.07	0.91	0.92	0.92	0.92
17	0.92	0.91	0.91	0.92	1.00	1.09	1.03	1.05	1.09	1.10	1.10	1.10
16	0.92	0.90	0.90	0.91	0.94	1.04	0.98	0.99	1.13	1.13	1.13	1.13
15	0.94	0.91	0.92	0.92	0.89	1.00	0.93	0.95	1.10	1.10	1.10	1.10
14	0.96	0.91	0.92	0.92	0.91	0.98	0.95	0.96	1.09	1.09	1.09	1.09
13	0.93	0.86	0.89	0.88	0.93	1.01	0.97	0.98	1.09	1.08	1.08	1.08
12	0.97	0.91	0.93	0.92	0.92	1.00	0.96	0.97	1.02	1.00	1.01	1.00
11	0.97	0.91	0.94	0.92	0.93	0.99	0.96	0.97	0.98	0.96	0.97	0.96
10	0.98	0.96	0.97	0.97	0.93	1.00	0.97	0.98	0.98	0.94	0.96	0.95
9	0.88	0.91	0.89	0.90	0.93	1.01	0.97	0.98	1.01	0.96	0.98	0.97
8	0.90	0.94	0.91	0.92	0.93	1.01	0.97	0.98	1.02	0.98	1.00	0.99
7	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	1.01	0.96	0.98	1.01	0.99	1.00	0.99
6	1.02	0.96	0.99	0.97	0.91	1.00	0.96	0.97	1.02	1.01	1.01	1.01
5	1.06	1.00	1.04	1.02	0.93	0.99	0.96	0.96	1.03	1.03	1.03	1.03
4	1.00	1.00	1.02	1.00	0.93	1.00	0.97	0.96	1.06	1.05	1.05	1.05
3	0.94	1.01	1.00	0.99	0.94	1.02	0.98	0.97	1.05	1.05	1.05	1.05
2	1.07	1.20	1.15	1.15	0.94	1.00	0.96	0.96	1.03	1.02	1.02	1.02
1	0.82	0.93	0.87	0.87	0.93	0.98	0.95	0.94	1.02	1.02	1.02	1.02
Ave.	0.90	0.91	0.91	0.91	0.94	1.02	0.97	0.99	1.01	1.02	1.01	1.01
StDev.	0.12	0.11	0.12	0.11	0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	0.07	0.07	0.07

Ave. : Average

StDev. : Standard deviation

5.6 まとめ

第5章では、CFT柱と鉄骨柱が混在する鉄骨造の100m規模の超高層制振構造を想定し、第4章で示した多段階最適化による耐震設計法による検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 式(4.1)の弾性応答特性に対する最適化により、先行研究で提案されている弾性応答特性および弾塑性応答特性の同時最適化(式(4.6))よりも効率的な最適解の取得が可能である。
- 2) 式(4.5)の弾塑性応答特性に対する最適化により、固有周期を固定しながら、先行研究の同時最適化(式(4.6))よりも目的関数値の優れた解の取得が可能である。
- 3) 式(4.5)は固有周期を固定して弾塑性応答特性の最適化が可能であるため、提案設計法は間接的に地震以外の水平振動に対する制約を考慮でき、設計実務現場での利用に際し有用な手法である。
- 4) 式(4.7)の制振装置配置に対する最適化により、架構特性に応じた制振装置配置の取得が可能である。また、先行研究での提案手法では得られない制振装置配置の取得可能性がある。
- 5) 架構復元力特性と制振装置配置の同時最適化では、制振装置による地震力分担を増やすために架構剛性を小さくする解が得られる。そのため、式(4.1)や式(4.5)の制約条件を満たさない架

構となる懸念がある。

- 6) 式(4.9)の目標復元力特性を得るための断面最適化により、CFT柱を採用する鉄骨造のような、断面寸法が架構の動的特性に影響を与える構造に対しても、目標復元力特性としている質点系の弾性応答特性および弾塑性応答特性を概ね再現する骨組モデルの取得が可能である。
- 7) 得られた骨組モデルの時刻歴応答解析結果のうち、応答層間変形角は部材の許容応力度や塑性率の制約条件に起因して、高層階において骨組モデルの値が質点系モデルと比較して小さくなる傾向が見られた。応答層せん断力や応答加速度については同制約条件の影響は少ない。以上より、提案設計法の100m規模の超高層制振構造への具体的な適用方法を提示し、その解析結果の分析によって提案設計法の有効性を示した。

参考文献

- 5.1) 建築行政情報センター，日本建築防災協会：2020年版建築物の構造技術基準解説書，2020.10
- 5.2) https://www.nihonsekkei.co.jp/think/ideas/expertise_20980/, (access-ed 2023/5/24)
- 5.3) 武居秀樹，浜田英明：超高層建築物の耐震設計に向けた弾塑性応答層せん断力と応答変位分布を目的関数とする層骨格曲線の多目的最適化，日本建築学会構造系論文集，第88巻，第811号,pp.1327-1388,2023.8(DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.1327>)
- 5.4) 武居秀樹，浜田英明：応答曲面を用いた鋼構造骨組の断面最適化 仮定断面を用いた許容応力度設計への適用と最適解の特性，日本建築学会構造系論文集，第88巻，第804号，pp.235-246，2023.2(DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.88.235>)
- 5.5) Silvia Poles.: MOGA-II An improved Multi-Objective Genetic Alg-orithm, ESTECO Technical Report 2003-006, 2003.12
- 5.6) <https://www.idaj.co.jp/product/modefrontier/>, (accessed 2023/10/18)
- 5.7) 石井正人，笠井和彦：多層制振構造の時刻歴解析に用いるせん断棒モデルの提案，日本建築学会構造系論文集，第75巻，第647号，pp.103-112，2010.1(DOI: <https://doi.org/10.3130/aijs.75.103>)
- 5.8) 日本免震構造協会：パッシブ制振構造設計・施工マニュアル，第3版，2013.11
- 5.9) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2018，2018.12
- 5.10) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，第2版，2010.11
- 5.11) https://www.gbrc.or.jp/assets/documents/center/high_building_info50_Furoku.pdf, (accessed 2023/12/27)

第6章 結論

6.1 本論文の結論

近年のコンピュータ性能向上と各種最適化手法の研究・開発・整備の結果、建築構造設計の実務現場において最適化技術を適用し、合理的な構造設計の実現とその業務を効率化する事例が格段に増えてきている。その一方で、諸々の課題により建物高さが60mを超える超高層建築物の耐震設計の実務現場において、最適化手法の適用事例が少ない。加えて、少子高齢化による労働人口の減少に伴う構造設計者の担い手不足および働き方改革に伴う労働時間短縮に向けた動きなど、設計実務現場の業務効率化への対策は早急に講じる必要がある。

本論文では、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計での利用を想定した、架構の弾塑性領域の応答特性の最適化および最適化された弾塑性応答特性を実現するための部材断面の選定を行うための最適化を組合わせた設計法の提案を試みた。また、提案手法を100m規模の超高層制振構造へ適用し、手法の妥当性を確認した。

本論文は、序論から結論まで6章から構成されており、各章で得られた成果や知見を以下に述べる。

第1章 序論

本研究に至った背景および既往の研究を整理し、本研究を行う意義と目的を述べた。

第2章 応答曲面を用いた最適化手法の適用性に関する検討

第2章では、設計実務現場における鋼構造骨組への構造最適化の適用を想定した、許容応力度設計を対象とした中高層建物の多目的最適化問題に対して、応答曲面と最適化を組合わせた手法である応答曲面法の適用性に関する検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 応答曲面アルゴリズムをSVDとKrigingとした場合には、応答曲面の近似精度の悪さに起因して空間充填アルゴリズムごとで予測精度に大きな差異が生じる。
- 2) 応答曲面アルゴリズムをSVD、KrigingとRBFとした場合には、応答曲面の近似精度が向上することで空間充填アルゴリズムの影響が小さくなるとともに、従前の最適化手法より解の探索性、効率性が高くなる。
- 3) 最適化で選択される断面は、上下階で断面性能が逆転して選択されている部位があるため、短期応力で断面が決定される部材についてはそれらを考慮した最適化処理が必要である。

以上より、応答曲面法は構造設計の実務現場で求められる離散変数の組合せ最適化問題に対して、有効な最適化手法であると考えられたため、第3章以降の最適化問題における探索手法として応答曲面法を採用することとした。

第3章 最適化を用いた超高層建築物の耐震設計と応答特性評価関数に関する検討

第3章では、超高層建築物等の耐震設計への最適化手法の適用を見据え、質点系モデルによる弾塑性応答特性を考慮した多目的最適化の検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 超高層建築物等の構造設計に対する最適化技術適用への課題を整理するとともに、最適化手法を用いた超高層建築物等の耐震設計法を提案した。
- 2) 質点系モデルを用いた最適復元力算定問題に対して、復元力特性決定のための諸元に対する係数を入力変数に、変形の集中度合を表す指標として層間変形角の平均二乗誤差、架構の設計層せん断力を表す指標としてベースシア係数を考慮することで、設計要件や想定地震動を考慮した解が複数得られ、設計者の選好を反映した設計案の選択が可能となる。
- 3) 式(3.1)の最適化問題のうち、層間変形角の平均二乗誤差とベースシア係数の間には、Lv1 (f_1^{Lv1} と f_2^{Lv1}) と Lv2 (f_1^{Lv2} と f_2^{Lv2}) の両者でトレードオフの関係があり、層間変形角の平均二乗誤差 (f_1^{Lv1} および f_1^{Lv2}) の最小個体は全層の最大層間変形角が一律に制約条件の値へ近づくとベースシア係数は大きな値になる。一方、ベースシア係数 (f_2^{Lv1} および f_2^{Lv2}) の最小個体は高層階と低層階で層間変形角に差を設けることでベースシア係数の低減が可能となる。
- 4) Lv2 ベースシア係数 (f_2^{Lv2}) 最小個体の復元力特性は、低層階を靱性指向型とすることでエネルギー吸収を図り、高層階の応答を低減する架構が得られる。装置配置との同時最適化により更なる応答低減の可能性がある(第4章, 第5章にて詳述)。
- 5) 質点系モデルの弾塑性時刻歴応答解析結果を用いることで、想定地震動の特性を適切に評価した最適化が行える。
- 6) 組み合わせ数の大きい最適化ケースでは、所定回数での許容解取得が行えなかった。組み合わせ数の規模に応じて適切に変数を縮約する必要がある。
- 7) 曲げ剛性の小さいY方向では解空間が長周期側に広がっており、一般的な鉄骨造よりも周期の長い許容解が得られた。

以上より、第4章以降では超高層建築物の応答特性評価関数に、変形の集中度合を表す指標として層間変形角の平均二乗誤差、架構の設計層せん断力を表す指標としてベースシア係数を採用した。

第4章 多段階最適化による超高層制振構造の耐震設計法

第4章では、設計実務現場における超高層制振構造の耐震設計の課題を整理するとともに、課題解決に寄与するための多段階最適化を用いた超高層制振構造の耐震設計法について整理した。また、提案設計法における各段階の最適化問題および、それらのうち複数の最適化問題を同時に取り扱う同時最適化問題について整理した。

第5章 提案設計法の適用性に関する検討

第5章では、CFT柱と鉄骨柱が混在する鉄骨造の100m規模の超高層制振構造を想定し、第4章で示した多段階最適化を用いた耐震設計法による検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 式(4.1)の弾性応答特性に対する最適化により、先行研究で提案されている弾性応答特性および弾塑性応答特性の同時最適化(式(4.6))よりも効率的な最適解の取得が可能である。
- 2) 式(4.5)の弾塑性応答特性に対する最適化により、固有周期を固定しながら、先行研究の同時

最適化（式(4.6)）よりも目的関数値の優れた解の取得が可能である。

- 3) 式(4.5)は固有周期を固定して弾塑性応答特性の最適化が可能であるため、提案設計法は間接的に地震以外の水平振動に対する制約を考慮でき、設計実務現場での利用に際し有用な手法である。
 - 4) 式(4.7)の制振装置配置に対する最適化により、架構特性に応じた制振装置配置の取得が可能である。また、先行研究での提案手法では得られない制振装置配置の取得可能性がある。
 - 5) 架構復元力と制振装置配置の同時最適化では、制振装置による地震力分担を増やすために架構剛性を小さくする解が得られる。そのため、式(4.1)や式(4.5)の制約条件を満たさない架構となる懸念がある。
 - 6) 式(4.9)の目標復元力特性を得るための断面最適化により、CFT 柱を採用する鉄骨造のような、断面寸法が架構の動的特性に影響を与える構造に対しても、目標復元力特性としている質点系の弾性応答特性および弾塑性応答特性を概ね再現する骨組モデルの取得が可能である。
 - 7) 得られた骨組モデルの時刻歴応答解析結果のうち、応答層間変形角は部材の許容応力度や塑性率の制約条件に起因して、高層階において骨組モデルの値が質点系モデルと比較して小さくなる傾向が見られた。応答層せん断力や応答加速度については同制約条件の影響は少ない。
- 以上より、提案設計法の 100m 規模の超高層制振構造への具体的な適用方法を提示し、その解析結果の分析によって提案設計法の有効性を示した。

6.2 課題と展望

1) 架構全体の曲げ変形成分を考慮した最適化手法の確立

本研究の提案設計法の計算例として取り扱った超高層制振構造は、アスペクト比が 3 程度であったため、質点系モデルの最適化においては予備解析により算出した架構全体の曲げ剛性の値を定数として採用した。しかし、近年の超高層建築物は、高さの更なる高層化や都心部での用地取得の難しさなどから、アスペクト比が 7.0 に至るケースがある。そのような超高層建築物の構造設計では、架構全体の曲げ変形を如何に制御するかが課題となるため、提案設計法において曲げ変形成分に寄与する設計変数の取扱いが必要となる。架構全体の曲げ変形成分の制御を目的とした最適化問題の定式化と、設計実務現場で有用な関連パラメータの設定方法の確立が期待される。

2) 架構特性の変化に起因する制振装置の効果を考慮した最適化手法の確立

本研究の提案設計法の計算例として取り扱った超高層制振構造は、アスペクト比が 3 程度かつ制振装置の配置位置が中央スパンであったため、質点系モデルの最適化においては予備解析により算出した制振装置の効果を考慮した諸元を一律の値として設計変数に組込んだ。しかし、近年の超高層建築物は、1)で先述したような架構の曲げ変形制御の必要性や、建築プランの制約上、制振装置配置位置が建物外側スパン、外周部、スパン内の一部（梁中央に設置する間柱型ダンパーなど）となるなど、制振装置の効果が架構特性の影響を大きく受けるケースがある。提案

設計法を、このようなケースへ適用する場合、架構特性の変化による制振装置の効果を評価した最適化問題へ拡張する必要がある。併せて、架構特性が制振装置の効果へ与える影響を効率よく評価できる手法の確立が期待される。

3) 骨組モデル最適化における設計変数の効率的な設定方法の確立

本研究の提案設計法の計算例として取り扱った超高層制振構造の第四段階最適化（骨組モデルの架構特性算定用の断面最適化）では、設計変数の設定（施工節割りを考慮した変数の数および各設計変数の上下限值に関する設定）や初期解の生成（仮定断面の情報と正規分布に基づく初期解生成）など、未だ構造設計者の経験知に基づく点が多い。更なる最適化適用による効率化に向けて、適切な設計変数を効率的に求める手法の確立が期待される。

付録

付. 1 応答曲面アルゴリズムによる予測精度への影響の検討

本論文で用いる応答曲面法における、応答曲面生成アルゴリズム (2.1.3) による精度への影響を検討する。Fig.A1.1 には、式(A1.1)の関数による解空間を示す曲面、および応答曲面作成の学習点を示す。また、Fig.A1.2 には学習点の値を用いて、Kriging および RBF のそれぞれの応答曲面アルゴリズムにより作成した応答曲面の代表箇所 (Fig.A1.1 に黒太線で示す $x_2 = 0.0, x_2 = 0.8$ の範囲) の断面を示す。同図上段には、第 2 章の式(2.13)による両応答曲面 (Kriging, RBF) の予測精度を示す。

$$f(x_1, x_2) = \sin^2(3\pi x_1) + (x_1 - 1)^2(1 + \sin^2(3\pi x_2)) + (x_2 - 1)^2(1 + \sin^2(2\pi x_2)) \quad (\text{A1.1})$$

Fig.A1.2 より、学習点が存在する断面 ($x_2 = 0.8$) では Kriging および RBF の差異が小さいのに対し、学習点の存在しない断面 ($x_2 = 0.0$) では両者の差異が大きいことが分かる。これは Kriging が学習点の距離のみが重みであるのに対し、RBF では学習点同士の関係性に応じて重みが変わることに起因しているためであると考えられる。

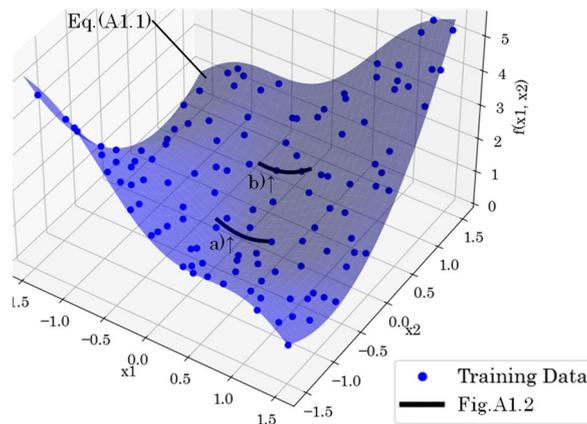


Fig.A1.1 Target Function

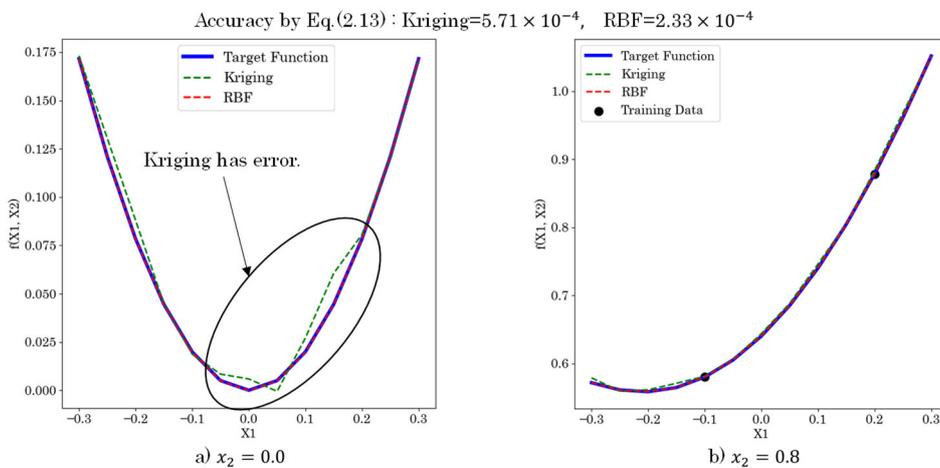


Fig.A1.2 RSM of Kriging and RBF

付. 2 層間変形角の平均二乗誤差の特性把握

第3章の式(3.1)で提案されている $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ および $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ の特性確認のため、式(3.1)より両目的関数を除いたケース（各階の最大層間変形角を不等式制約条件として考慮）および、 $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ 、 $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ の代わりに式(A2.1)および(A2.2)の目的関数を考慮したケース（最大層間変形角の最大値を最小化）の最適化を行う。以降は前者を v20-f2、後者を v20-f1'+f2 と呼称する。なお、その他の設定は Table.3.4 の v20-Random と同様とする。時刻歴応答解析に採用する地震波は Table.A2.1 に示す観測波 3 波および告示波 3 波の Lv1 地震動および Lv2 地震動（合計 12 波）とする。

$$f_1^{Lv1}(\mathbf{x}) = \max_i(\theta_{Lv1}(\mathbf{x})) \quad (\text{A2.1})$$

$$f_1^{Lv2}(\mathbf{x}) = \max_i(\theta_{Lv2}(\mathbf{x})) \quad (\text{A2.2})$$

Table.A2.1 Input seismic motion

Name	Maximum acceleration (m/sec ²)	Maximum velocity (m/sec)	Duration (sec)
El Centro NS	5.108	0.500	53.8
Taft EW	4.966	0.500	54.4
Hachinohe NS	3.334	0.500	51.0
Notification*(Random)	3.720	0.501	120.0
Notification*(Hachinohe)	3.933	0.566	234.0
Notification*(Kobe)	3.789	0.512	120.0

※Waves are fitted for the target spectrum confirmed Japanese standard.

Table.A2.2 に各ケースにおける許容解の数および各目的関数最小個体の関数値を、Fig.A2.1 に Table.A2.2 赤枠線内の個体に対する時刻歴応答解析 (Table.A2.1 に示す Lv2 地震動) 結果のうち、最大応答層間変形角を示す。なお、各図表には比較のため Table.3.5 および Table.3.7 の v20-Random の結果を再掲する。

Table .A2.2 より、ベースシア係数（第3章の式(3.1)の $f_2^{Lv1}(\mathbf{x})$ および $f_2^{Lv2}(\mathbf{x})$ ）はケース間での差異が小さいのに対し、層間変形角の平均二乗誤差（ $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ および $f_1^{Lv2}(\mathbf{x})$ ）は Y 方向の v20-f1'+f2 の $f_1^{Lv1}(\mathbf{x})$ を除いて、v20-f2 および v20-f1'+f2 のケースが v20-Random よりも値が大きく、その傾向は Lv2 で顕著である。また、Fig.A2.1 より v20-Random は他ケースと比較して、下層階、中層階および上層階の各部がバランスよく変形している。これは、層の最大層間変形角を制約条件や目的関数として考慮するのみでは弾塑性領域に亘って全層を均等に指定層間変形角へ近づけることが難しいためであると考えられる。

Table.A2.2 Result of optimization

Direction	Case name	Number of feasible solutions	Min. $f_1^{Lv1}(x)$		Min. $f_1^{Lv2}(x)$		Min. $f_2^{Lv1}(x)$		Min. $f_2^{Lv2}(x)$	
			ID	Value	ID	Value	ID	Value	ID	Value
X	v20-Random	4375	9291	0.0074	6910	0.0121	2256	0.082	8257	0.149
	v20-f2	3269	1557	0.0092	1520	0.0209	905	0.082	5878	0.150
	v20-f1+f2	7601	245	0.0120	291	0.0227	1457	0.082	928	0.153
Y	v20-Random	7153	734	0.0086	7303	0.0086	1207	0.084	9363	0.157
	v20-f2	7184	7457	0.0133	835	0.0227	9000	0.084	7828	0.158
	v20-f1+f2	8229	440	0.0086	447	0.0204	1692	0.084	2953	0.157

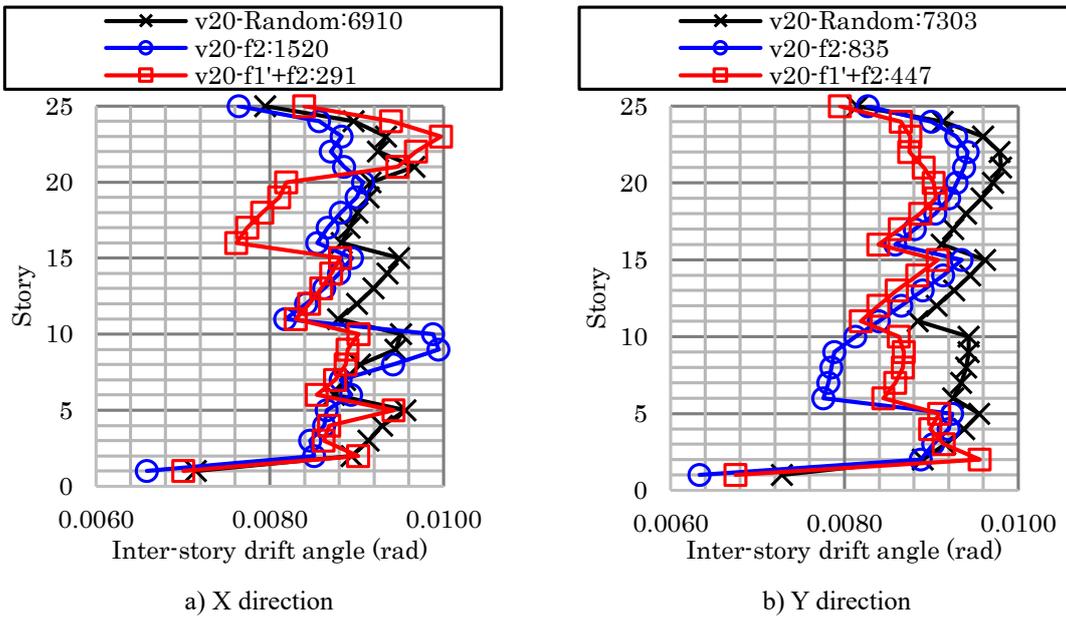


Fig.A2.1 Response result of Lv2

付. 3 初期剛性決定用設計変数の数が固有周期へ与える影響の確認

第3章のX方向最適化 (Table.3.4) のうち, Table.A3.1 に示す最適化ケースにおいて, 第3章の式(3.1)の設計変数 $i\alpha_{K_1}$ が固有周期へ与える影響を確認するため, Fig.A3.1 に示すように $i\alpha_{K_1}$ のうち, 1変数, 3変数および5変数を1.20に, その他の $i\alpha_{K_1}$ を0.85とした場合の固有周期を確認する。なお, $i\alpha_{K_1}$ 以外の設計変数は $i\alpha_{\theta_1}=1.00$, $i\alpha_{\theta_2}=1.00$, $i\alpha_{Q_2}=1.70$, $i\alpha_{Q_{Lv2}}=1.75$ とする。Fig.A3.2には, 横軸に $i\alpha_{K_1}=1.20$ とした変数の数を, 縦軸にX方向の1次固有周期を示す。

Fig.A3.2より, $i\alpha_{K_1}$ の変化が固有周期へ与える影響はv20-K=0.85が最も大きく, v52-K=0.85が最も小さい。以上より, 設計変数の数が増加することに応じて $i\alpha_{K_1}$ が固有周期へ与える影響(固有周期に対する $i\alpha_{K_1}$ の感度)が小さくなることが分かる。加えて, 第3章の最適化ではv36-K=0.85, v52-K=0.85の初期解はFig.A3.2よりも更に感度が小さくなる側の設計変数値($i\alpha_{K_1}=0.85$ 付近)を持つ解が多く, 短周期側への探索が他ケースと比較してより難しくなると考えられる。

Table.A3.1 Result of optimization

Case name	Group number	Initial population	Total combination number
v20-K=0.85	5	Method2	2.47×10^{20}
v28-K=0.85	7	„	3.54×10^{28}
v36-K=0.85	9	„	5.08×10^{36}
v52-K=0.85	13	„	1.05×10^{53}

Method2: Normal distribution ($i\alpha_{K_1}$ =Ave:0.85, SD:0.05, $i\alpha_{\theta_1}, i\alpha_{\theta_2}$ =Ave:1.00, SD:0.05, $i\alpha_{Q_2}$ =Ave:1.70, SD:0.25)
Ave: Average, SD: Standard deviation

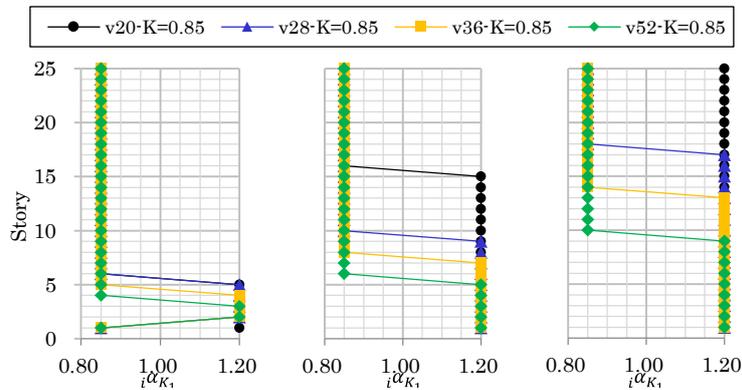


Fig.A3.1 $i\alpha_{K_1}$ values of each case

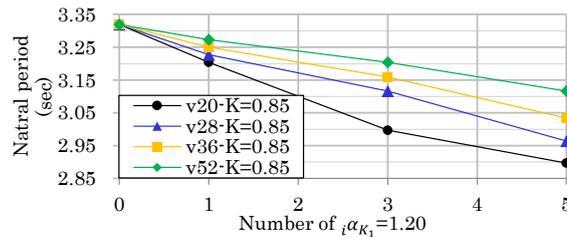


Fig.A3.2 Number of $i\alpha_{K_1}=1.20$ vs Natural period

付. 4 解析モデル諸元

第2章および第5章で用いた骨組モデル諸元のうち、仮定断面、使用材料、床荷重、追加荷重および重量拾いの結果の詳細情報を以降に示す。

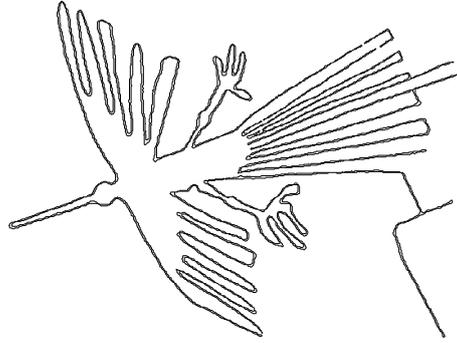
0 . 構造基本事項編

件 名 構造最適化プログラム開発・保守

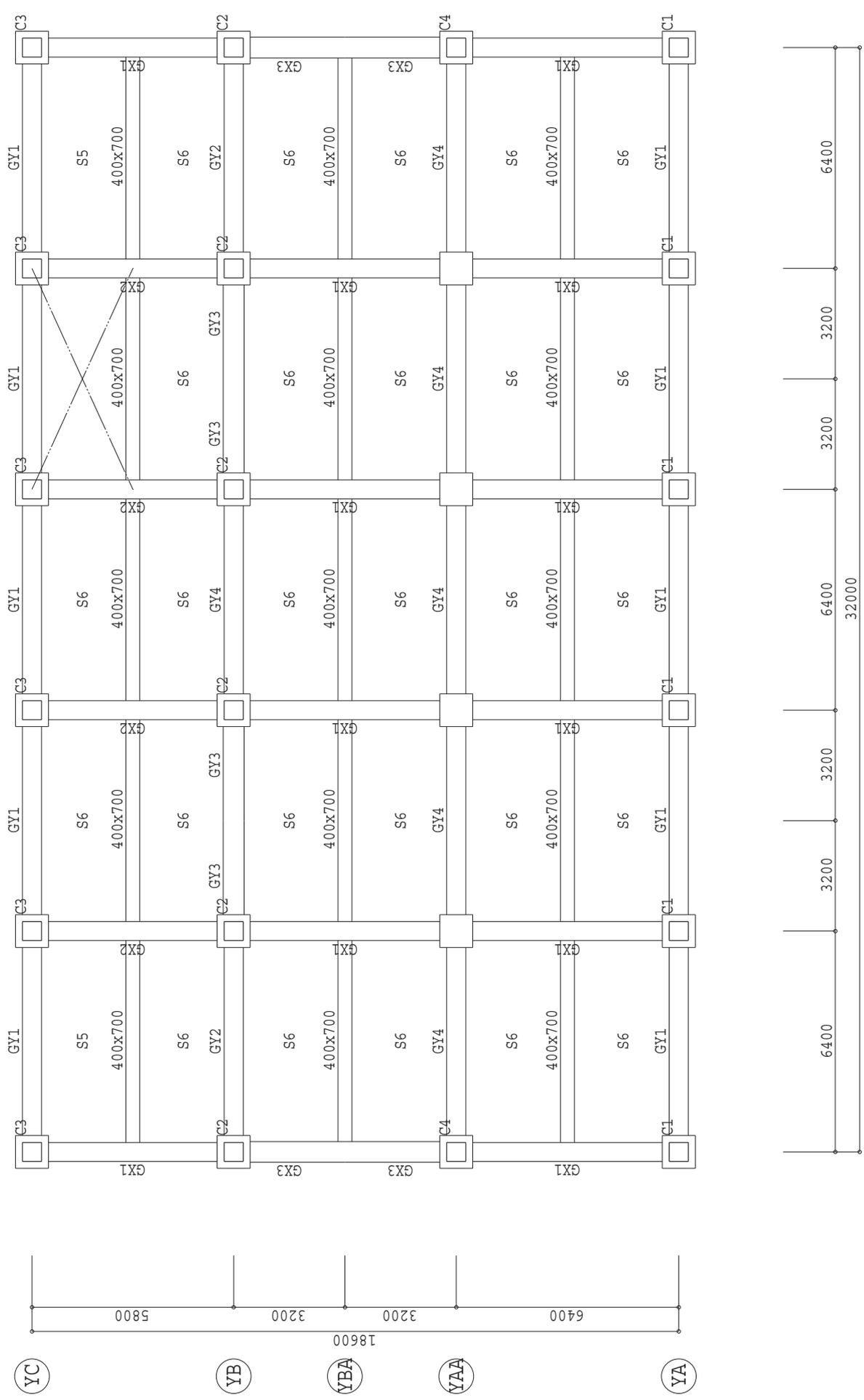
ケース名 Chapter 2 : Target Building

目 次

<< 略伏図、略軸組図 >>	
(1- 1) 略伏図	1 - 16
(1- 2) 略軸組図	17 - 24
<< 床荷重表、各種断面リスト >>	
(2- 1) 床荷重表	25 - 25
(2- 2) 鉄骨断面リスト (柱部材)	26 - 27
(2- 3) 鉄骨断面リスト (大梁部材)	28 - 29
(2- 4) 鉄筋コンクリート断面リスト (柱部材)	
(2- 5) 鉄筋コンクリート断面リスト (大梁部材)	
(2- 6) 鉄筋コンクリート断面リスト (壁部材)	
(2- 7) プレース断面表&断面リスト	
<< 各種入力データ >>	
(3- 1) 使用材料および許容応力度	30 - 33
(3- 2) 追加節点、追加部材および追加断面リスト	
(3- 3) 部材の使用材質一覧 (軸組形式出力)	
(3- 4) 入力データのエコープリント	

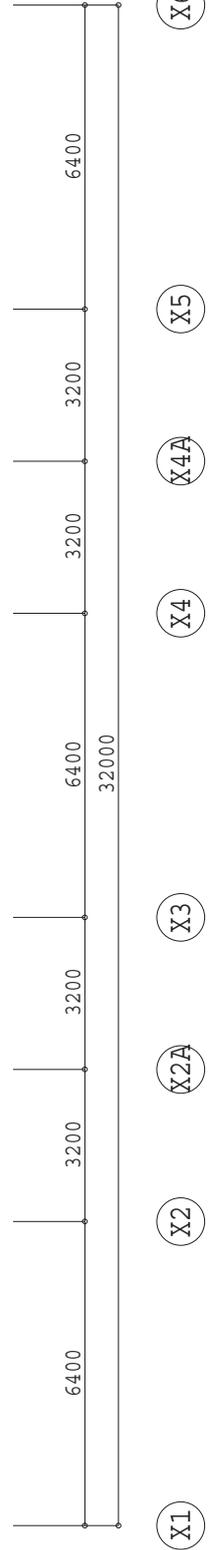
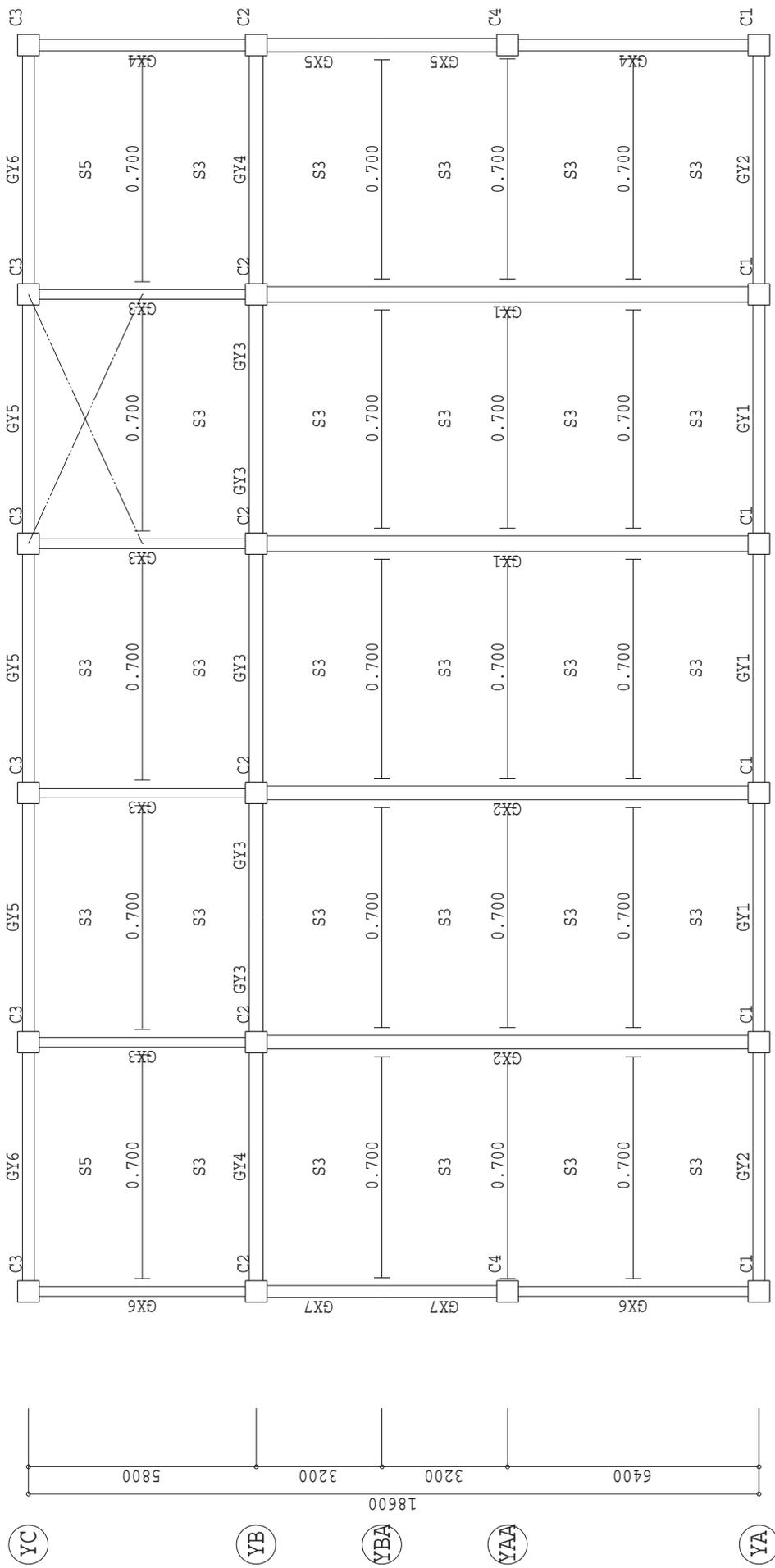


Nihon sekkei
Auto
Structural
Analysis
for building design.

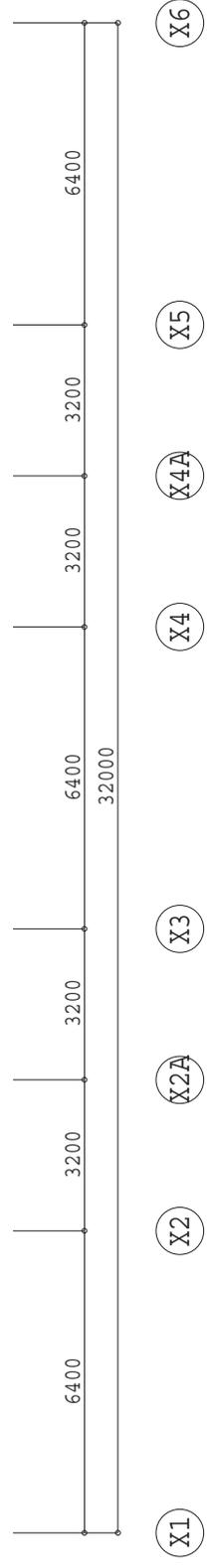
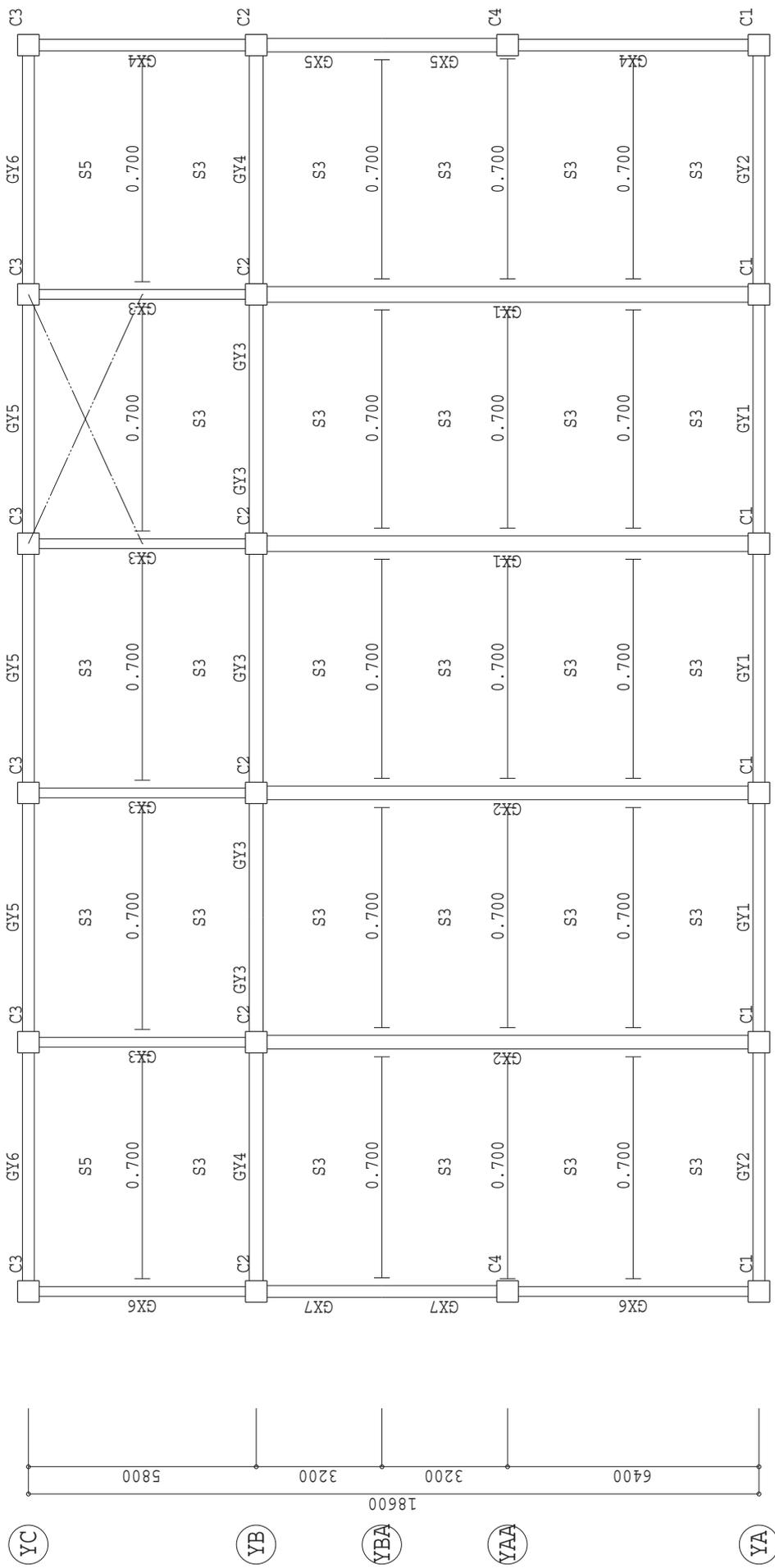


- (X1)
- (X2)
- (X2A)
- (X3)
- (X4)
- (X4A)
- (X5)
- (X6)

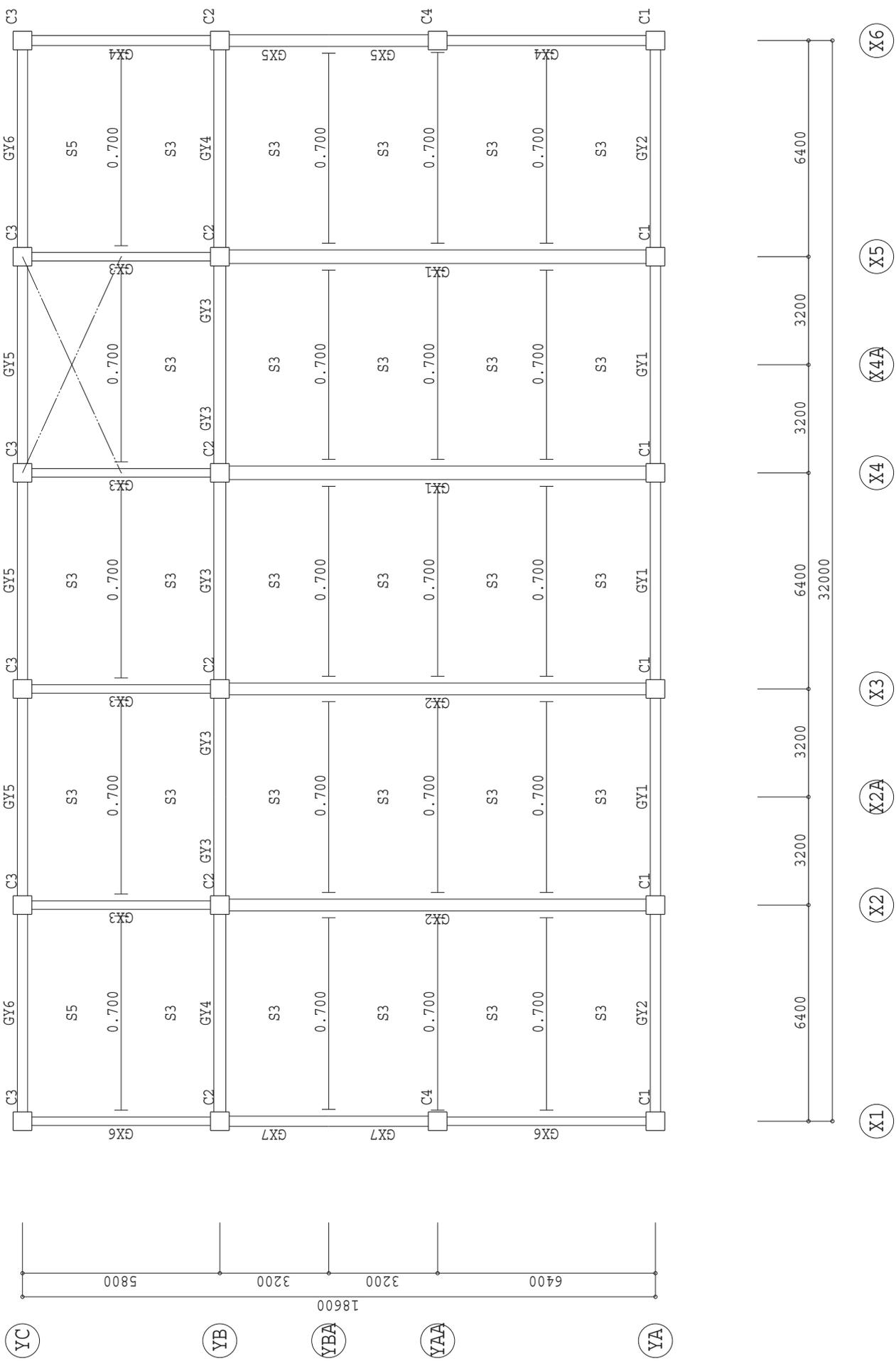
1階 伏図 【S は床荷重番号を示す】



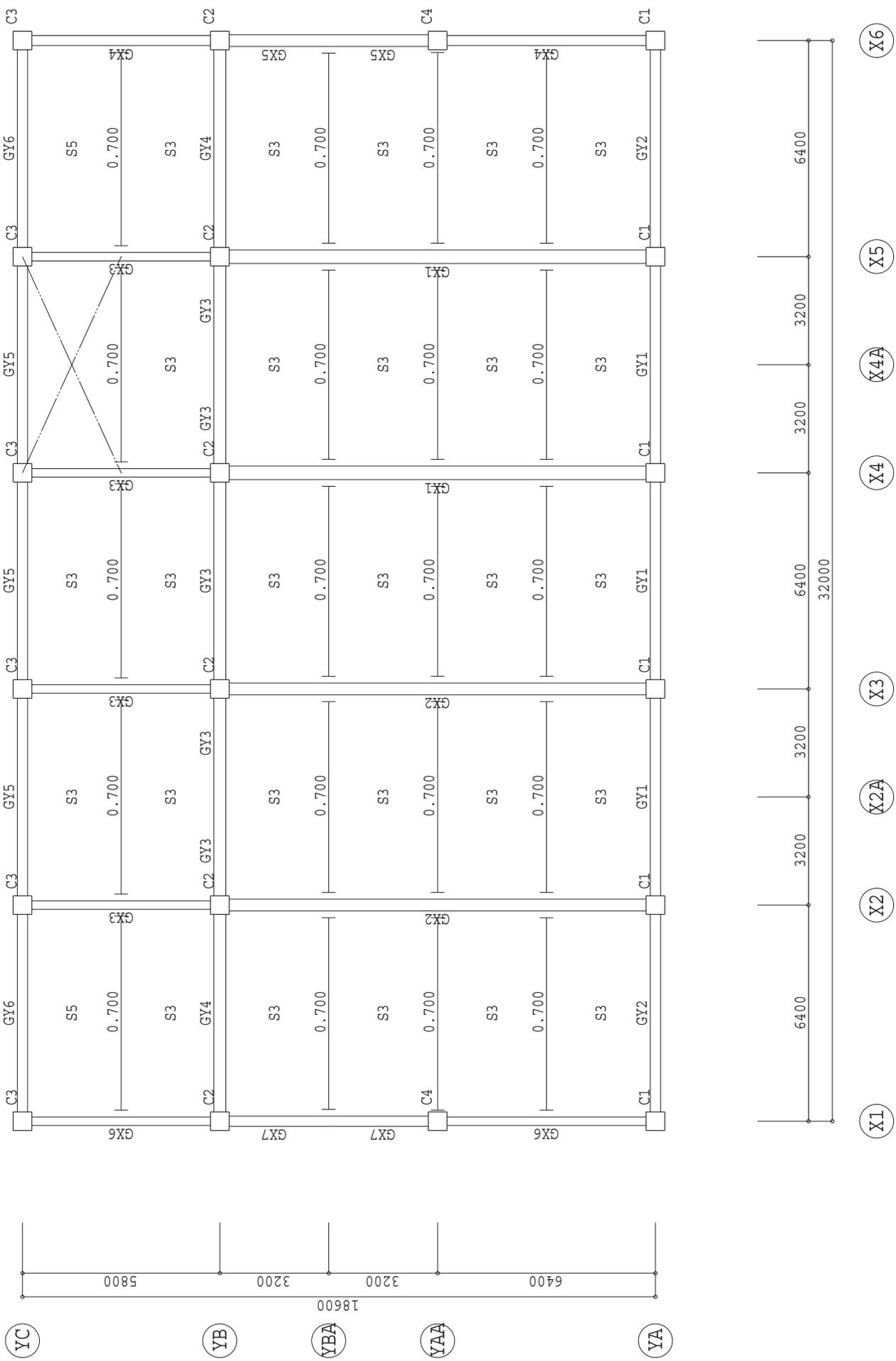
2階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



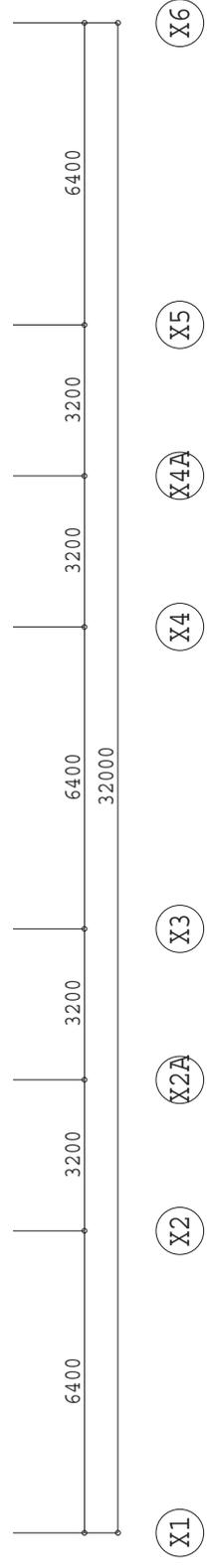
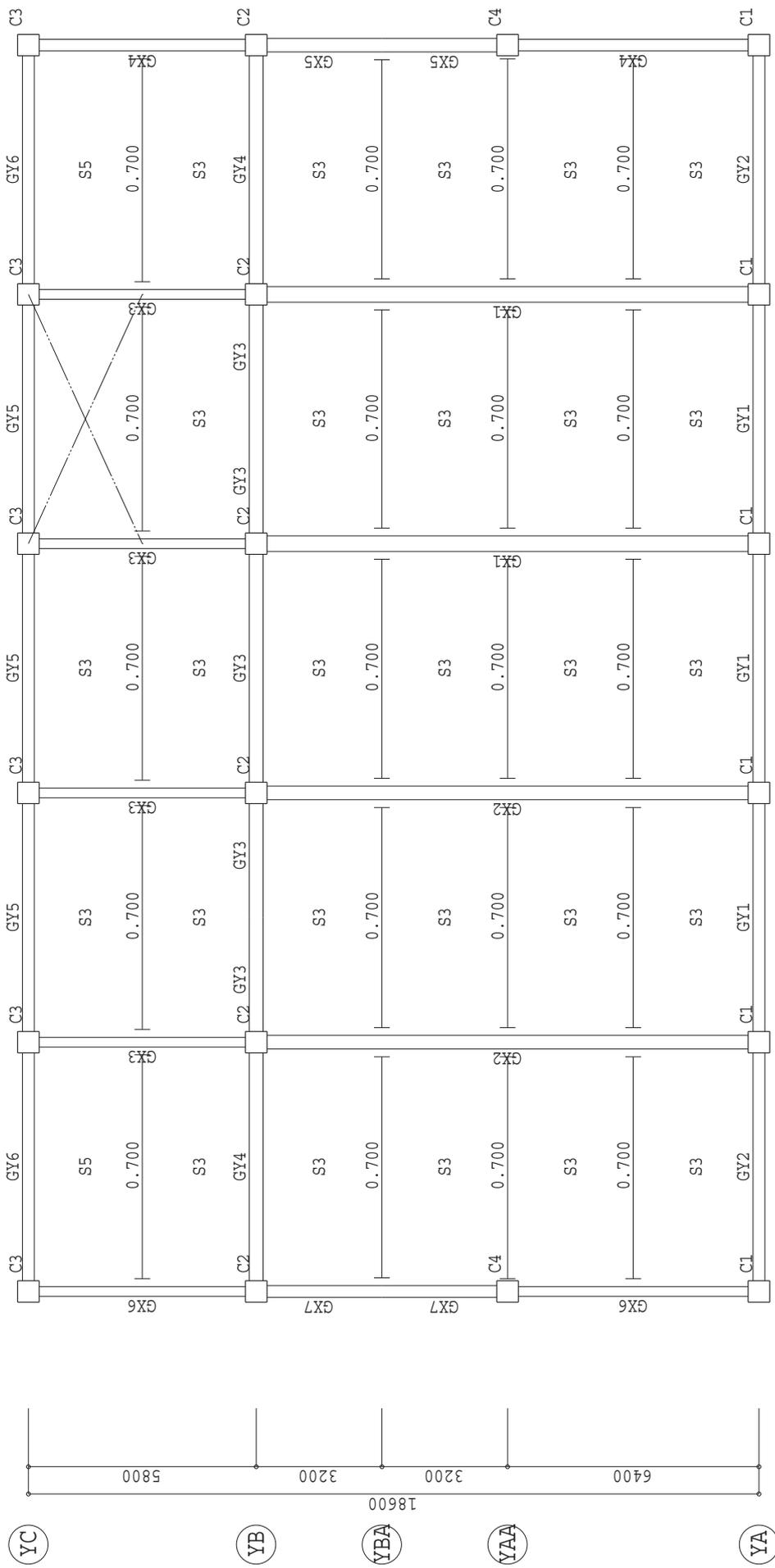
3階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



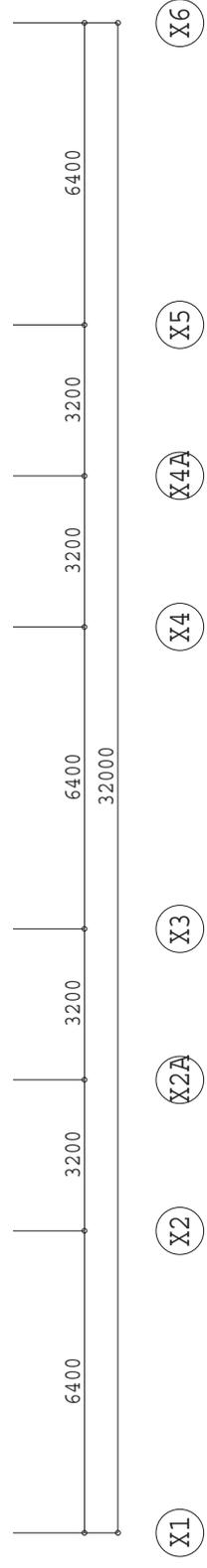
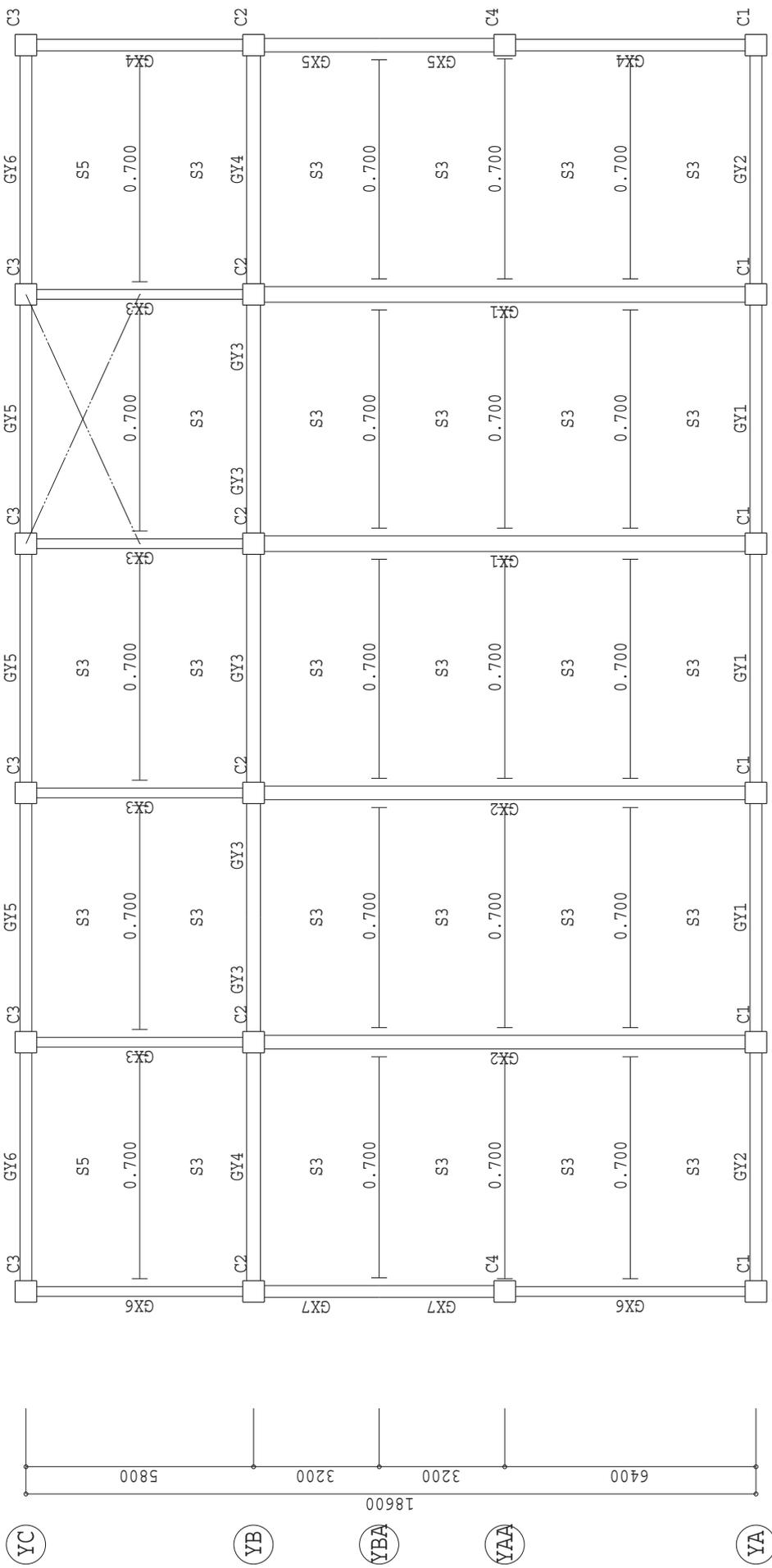
4階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



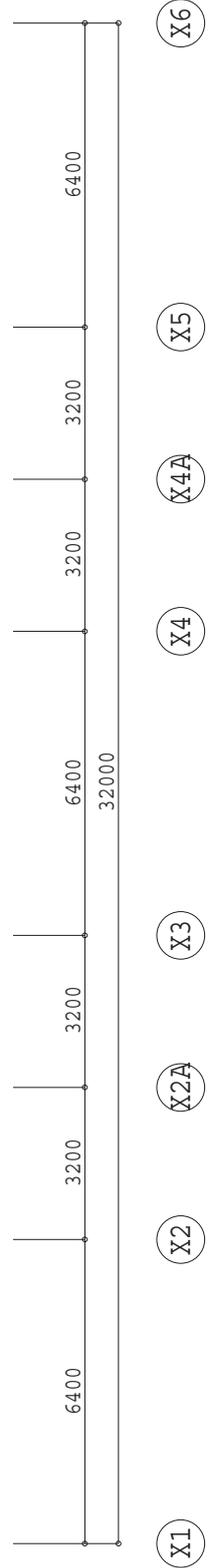
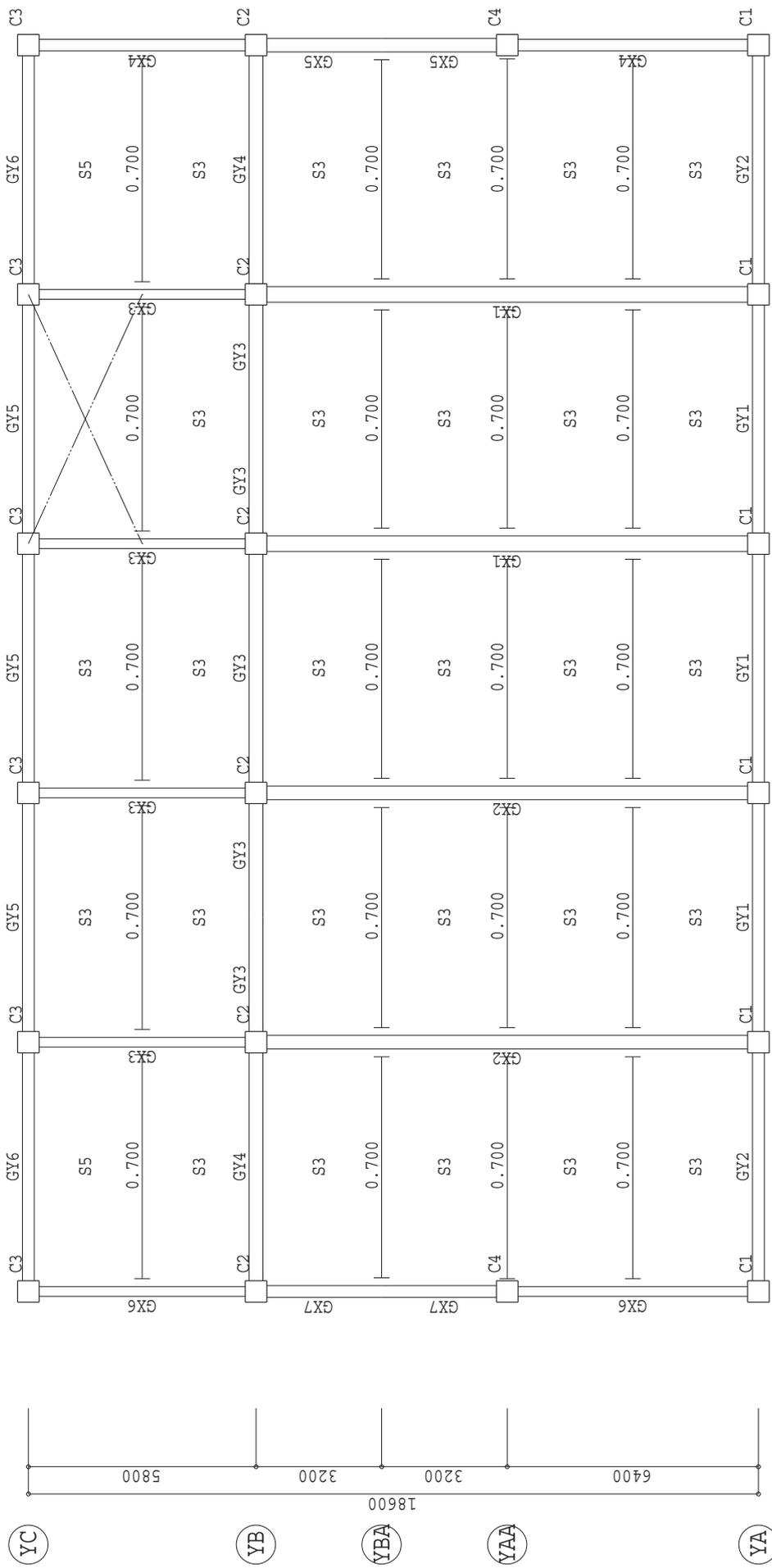
5階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



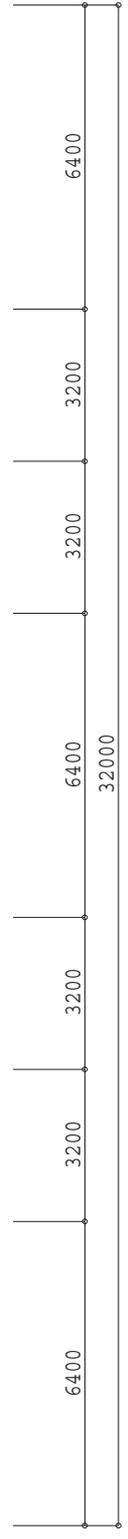
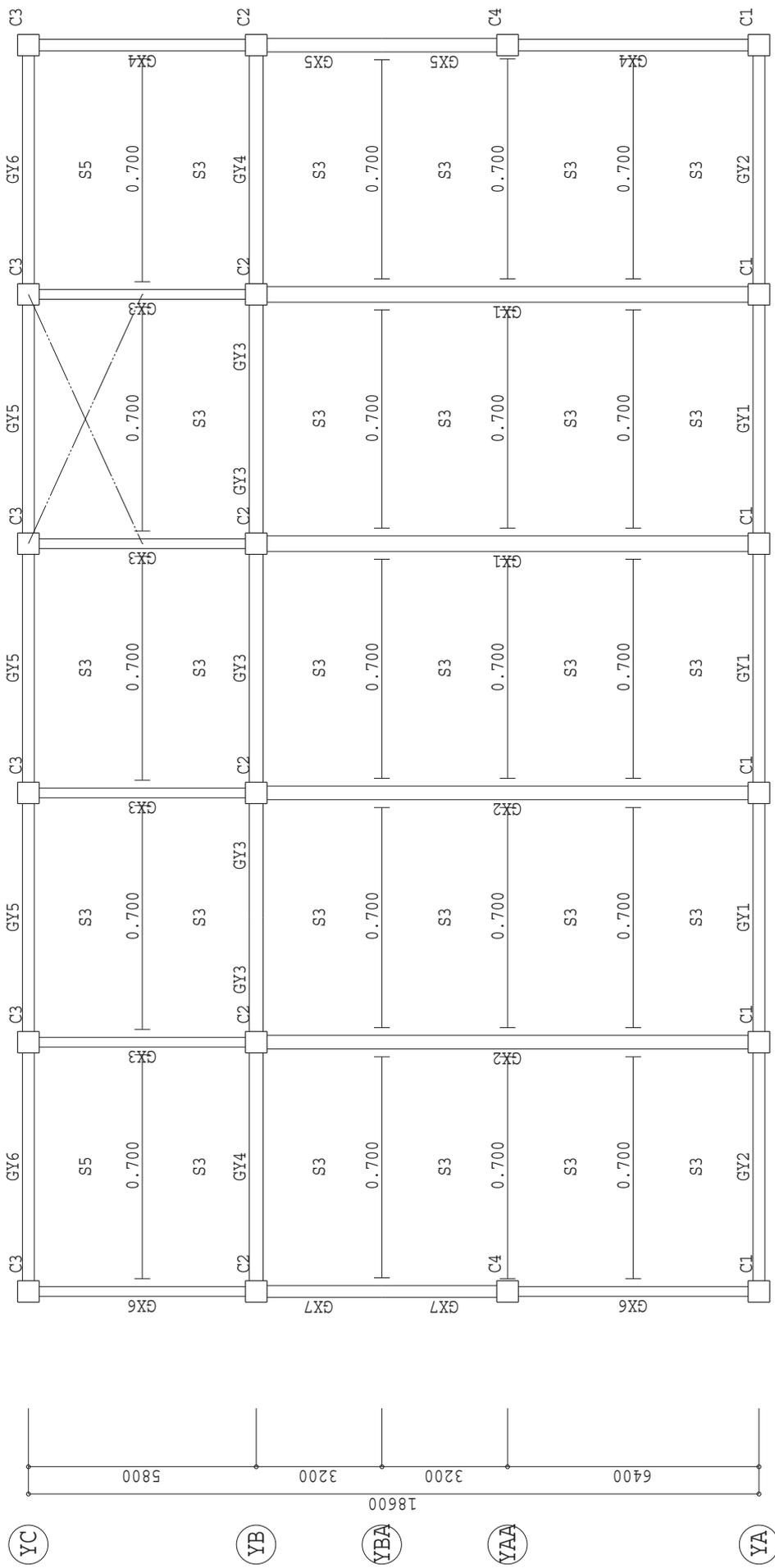
6階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



7階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)

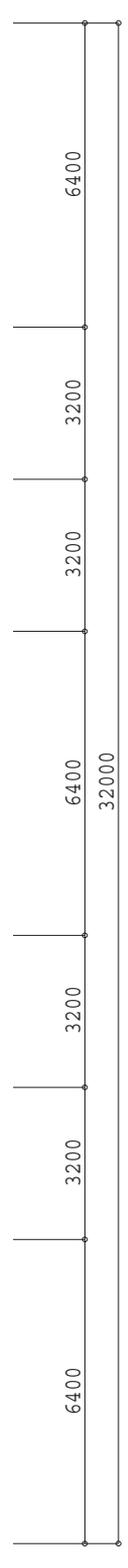
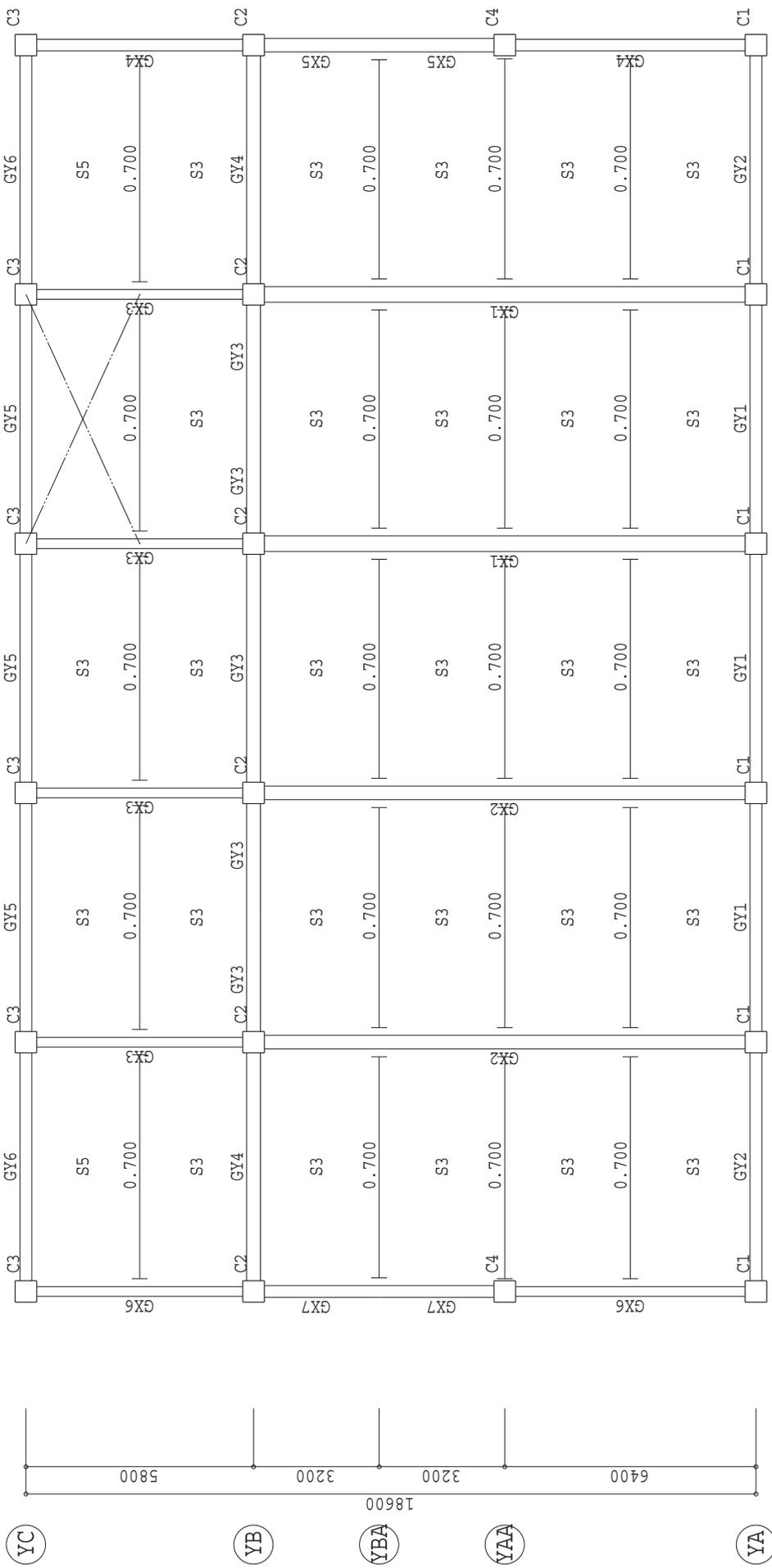


8階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



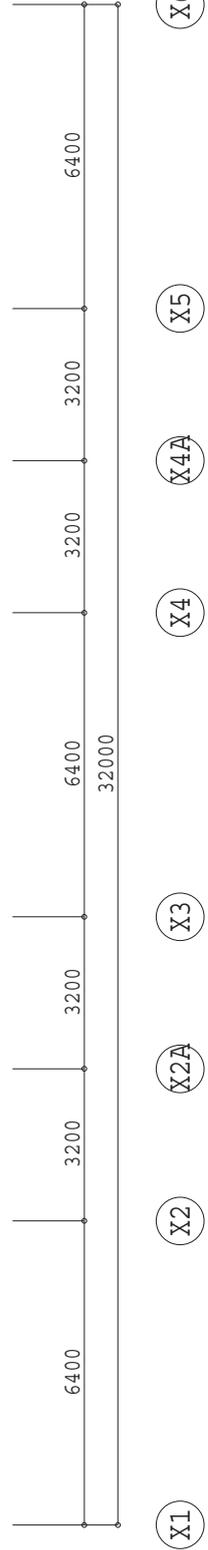
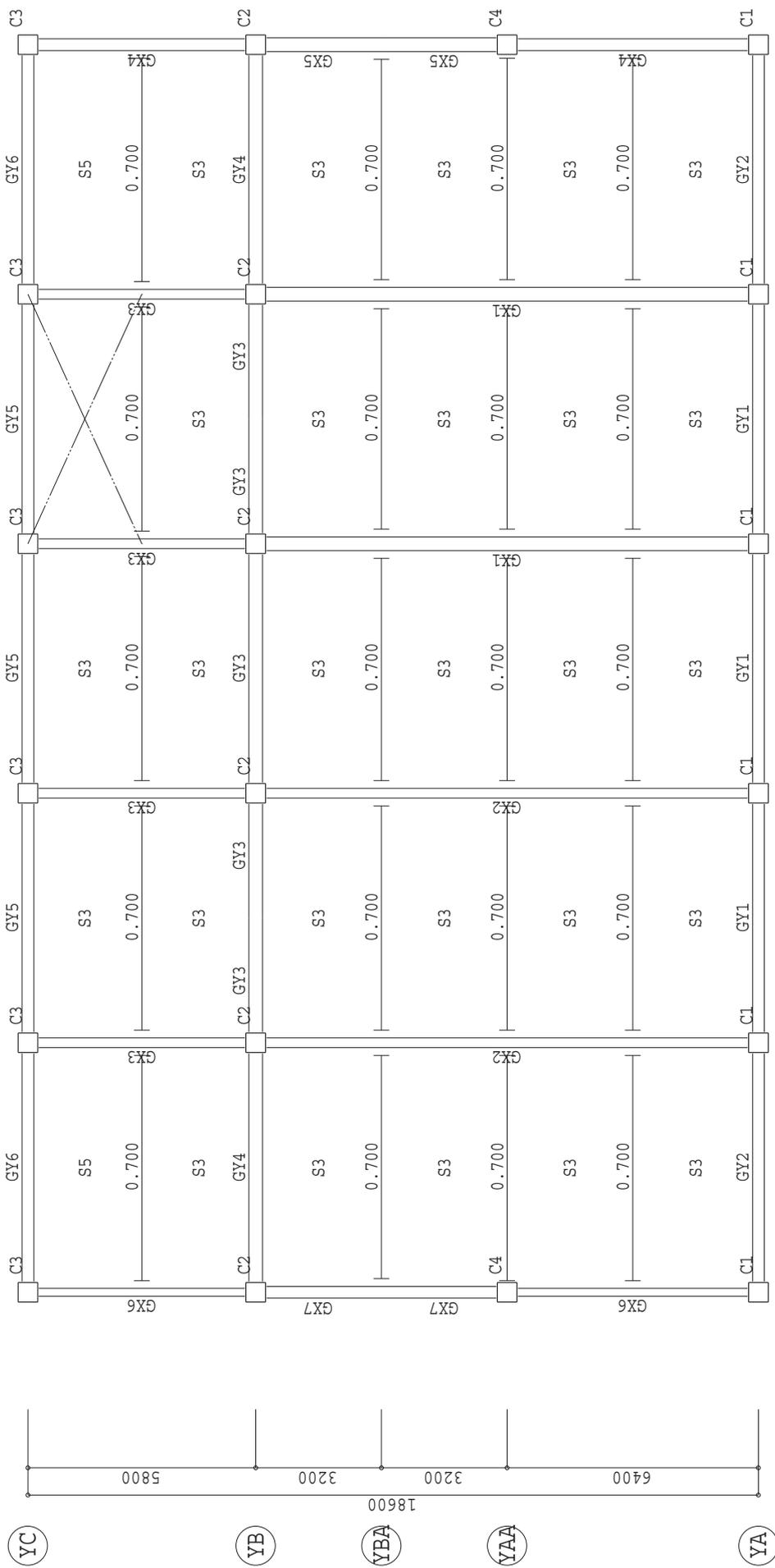
- (X1)
- (X2)
- (X2A)
- (X3)
- (X4)
- (X4A)
- (X5)
- (X6)

9階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)

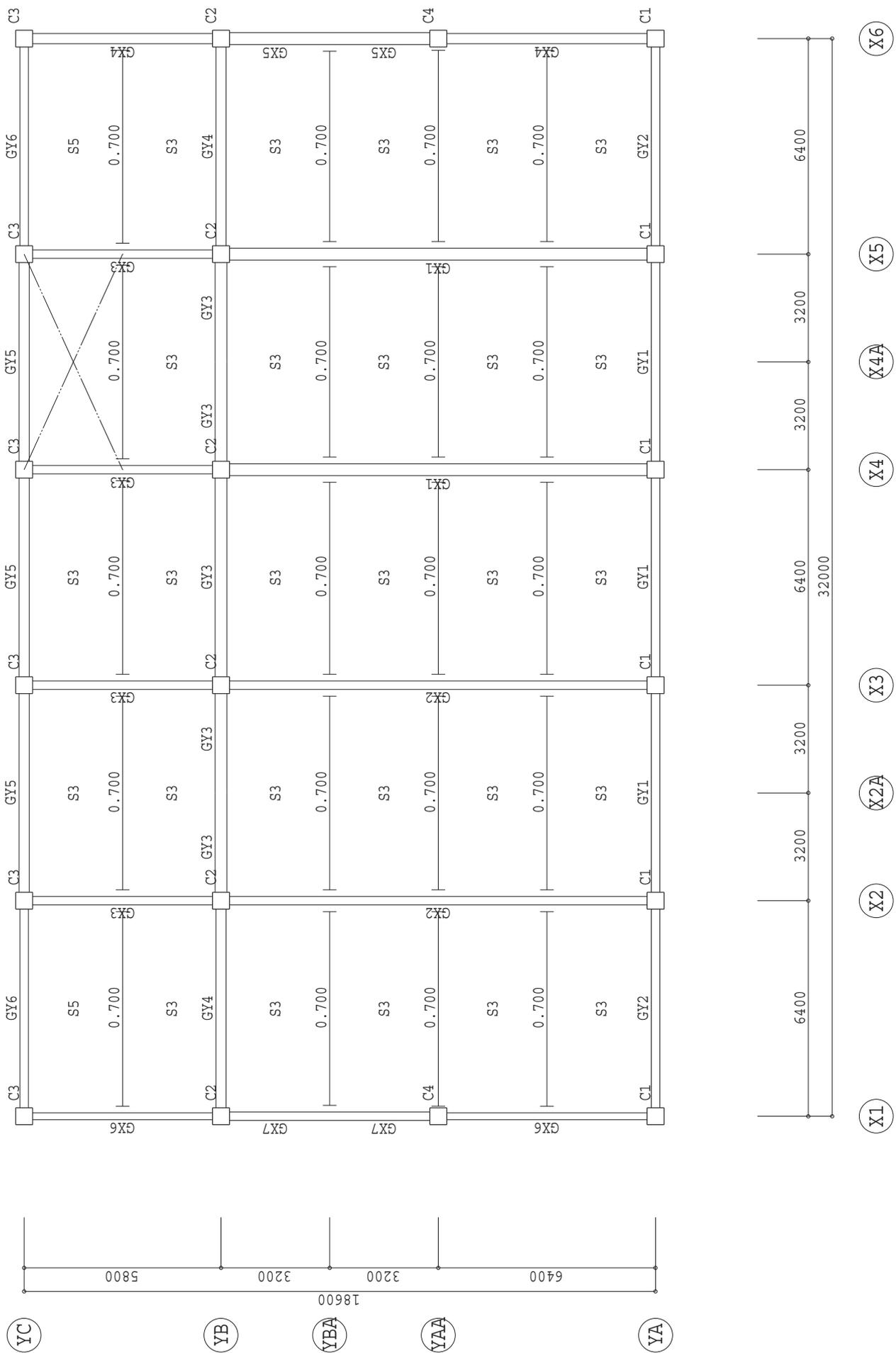


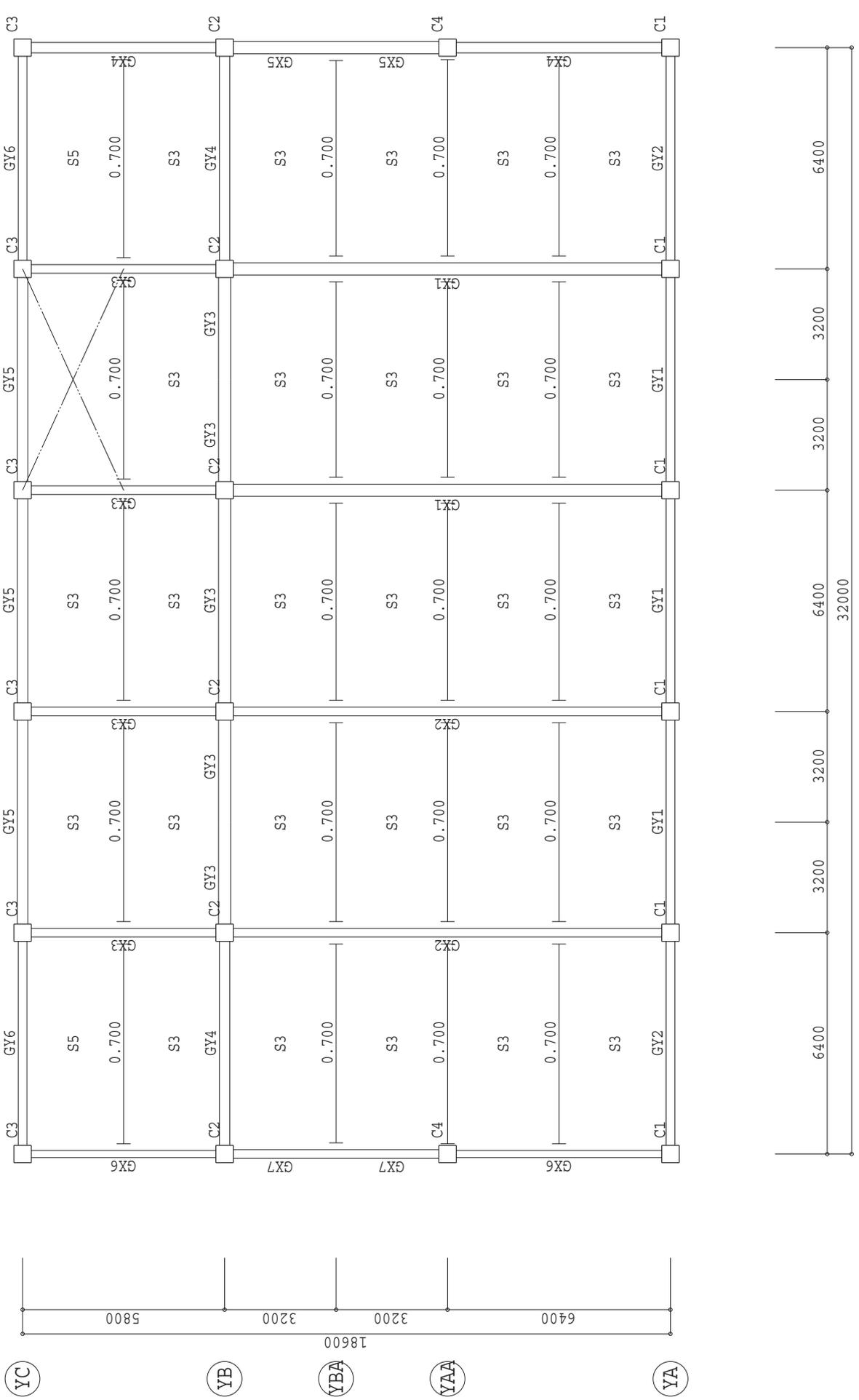
- (X1)
- (X2)
- (X2A)
- (X3)
- (X4)
- (X4A)
- (X4B)
- (X5)
- (X6)

10階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)

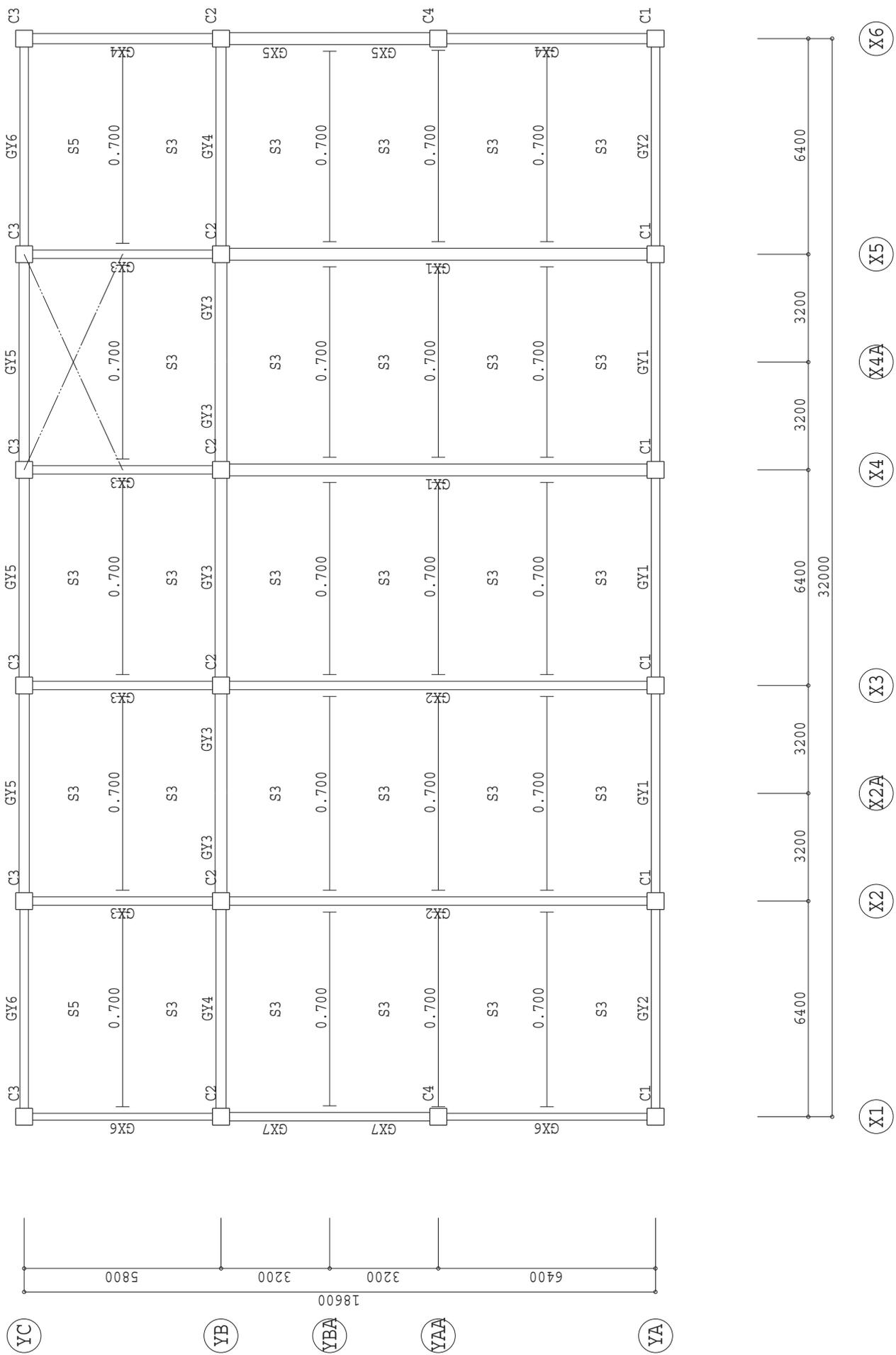


1.1階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)

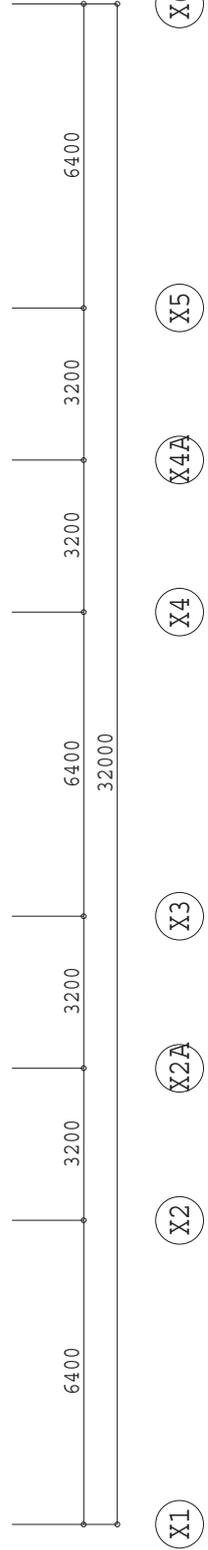
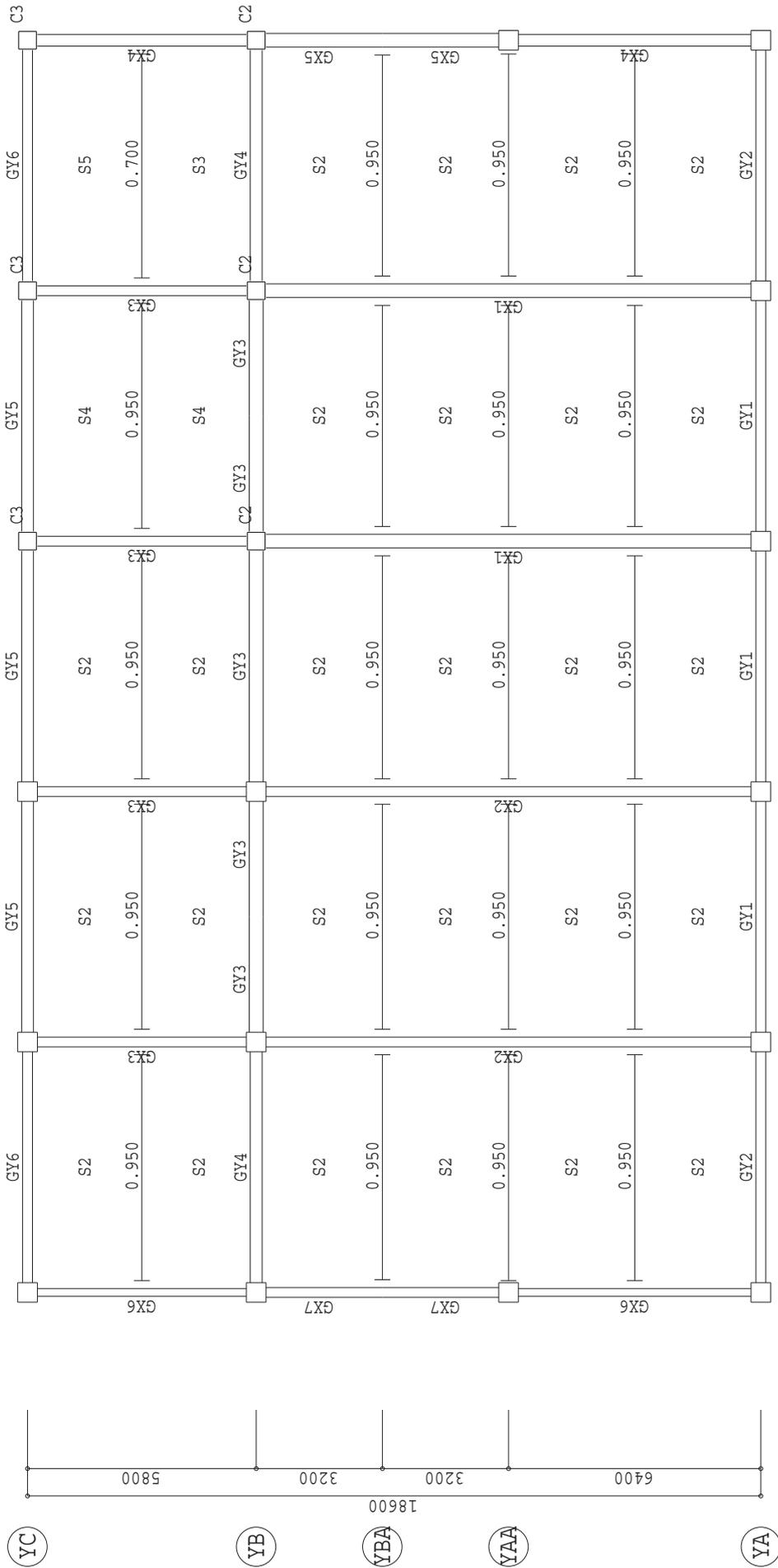




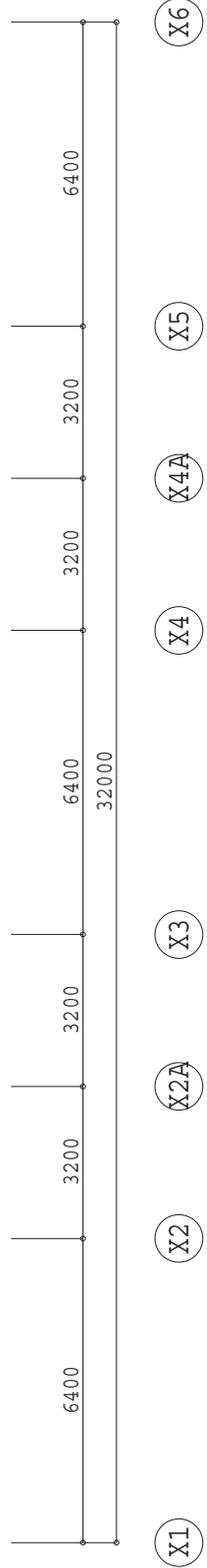
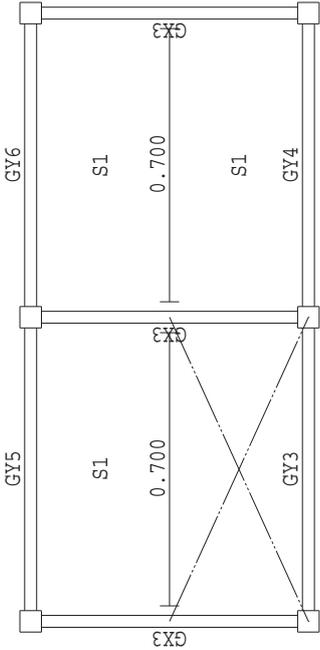
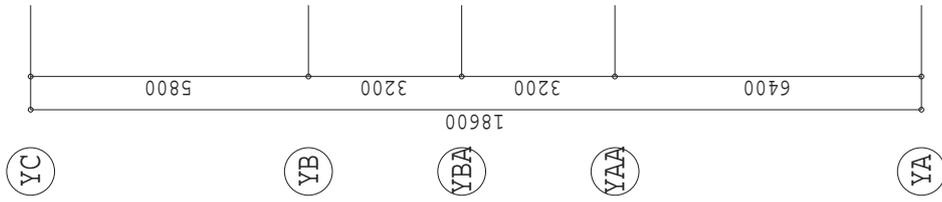
1.3階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



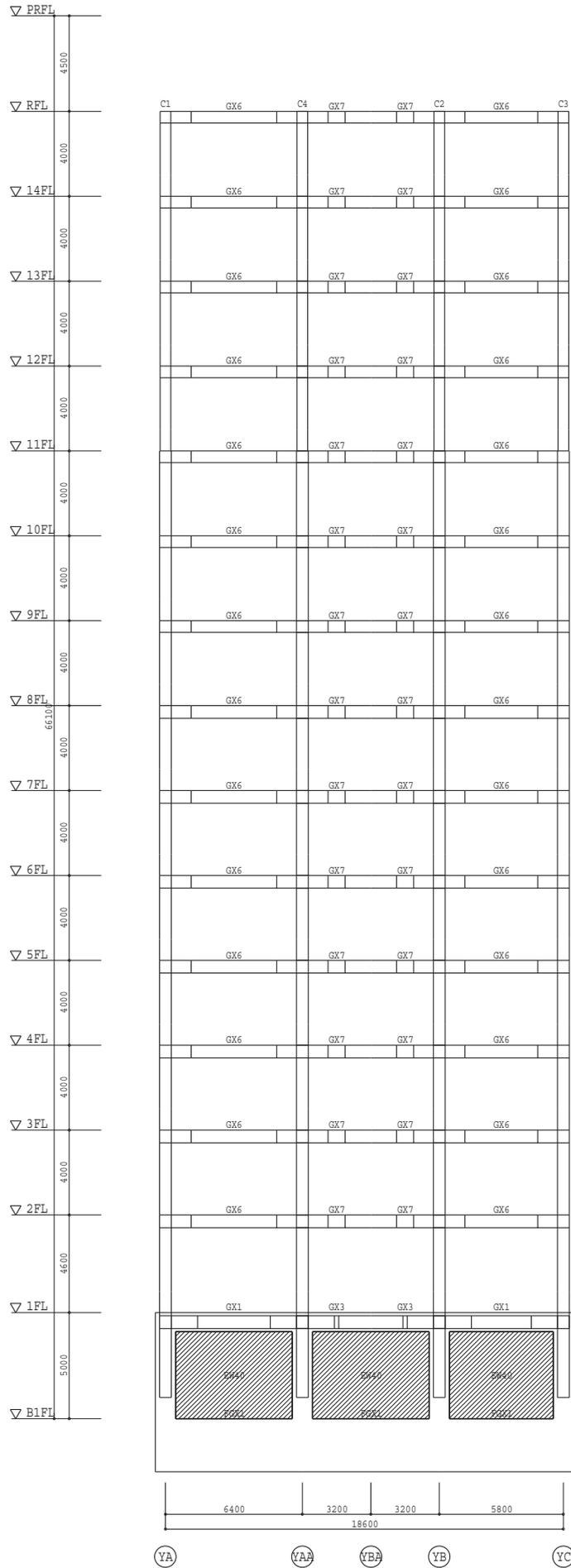
14階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)



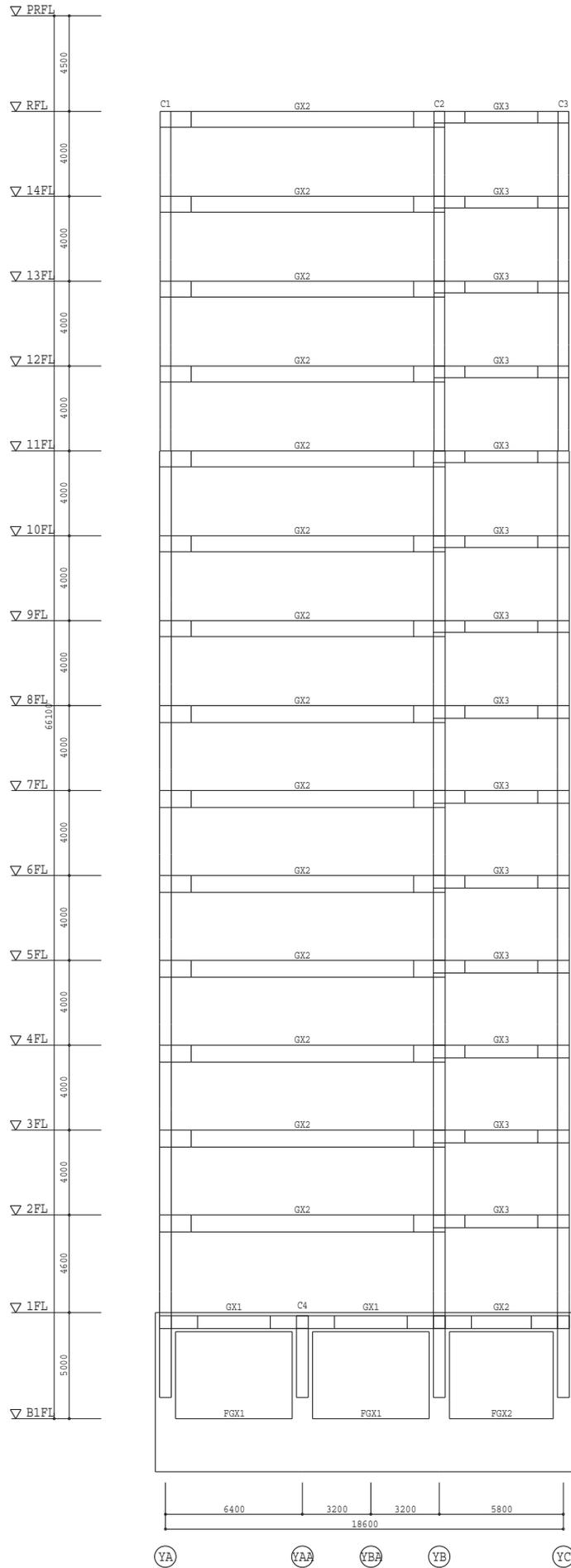
R階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)



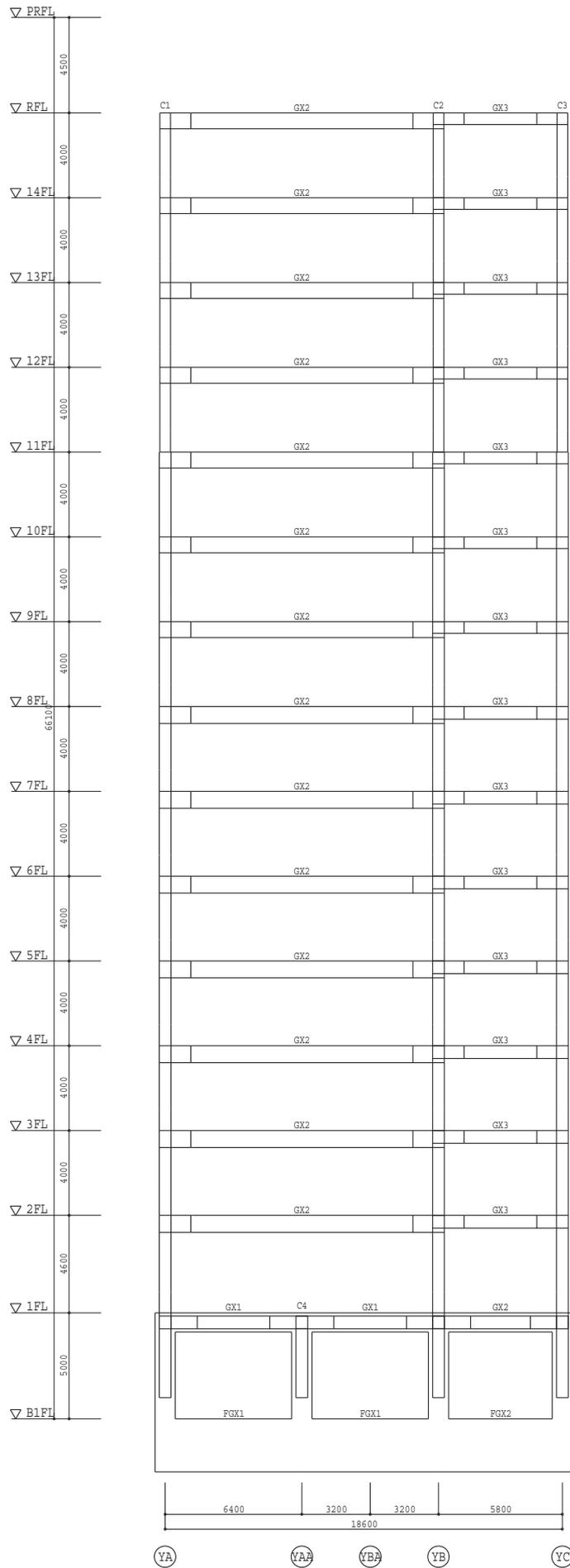
PR階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN / m)



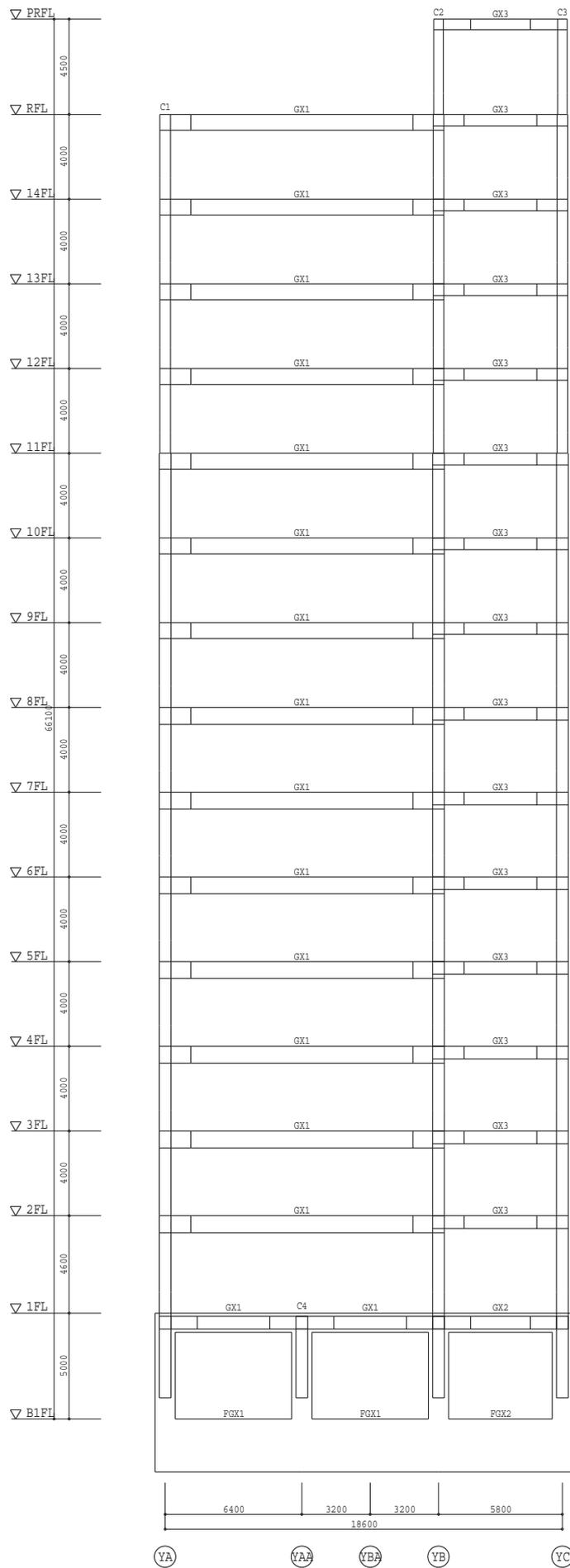
X 1 通り軸組図



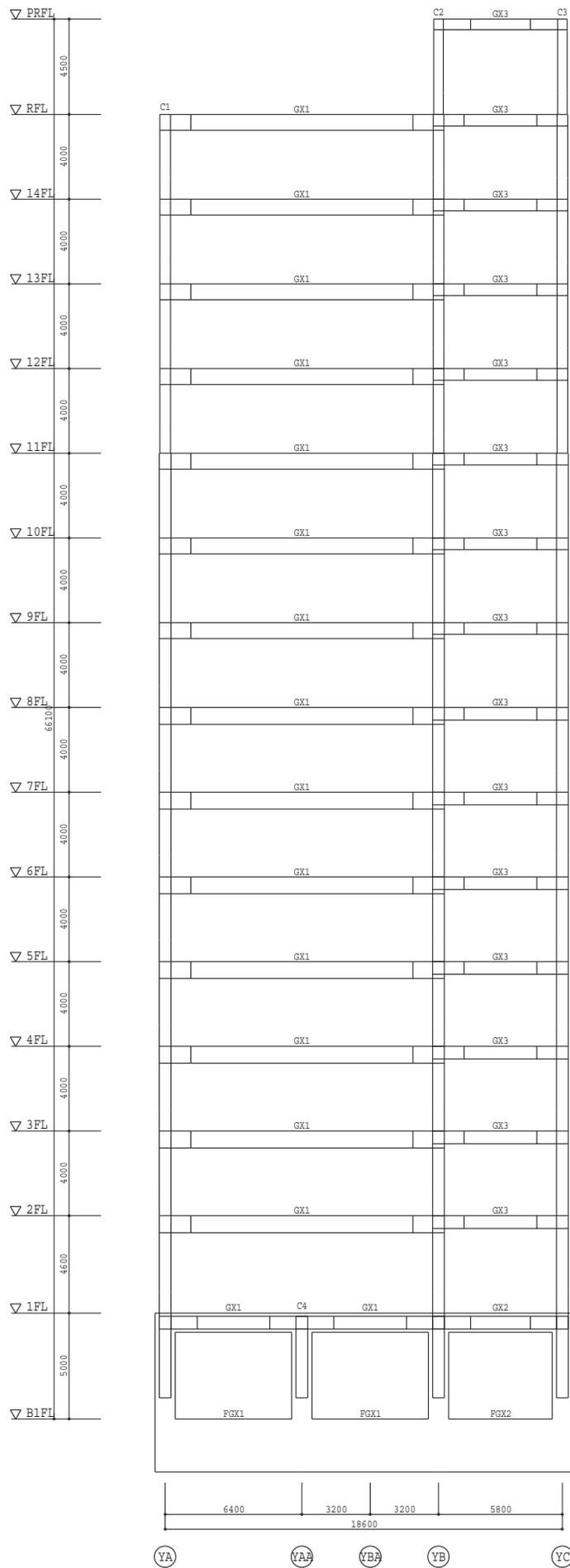
X 2 通り軸組図



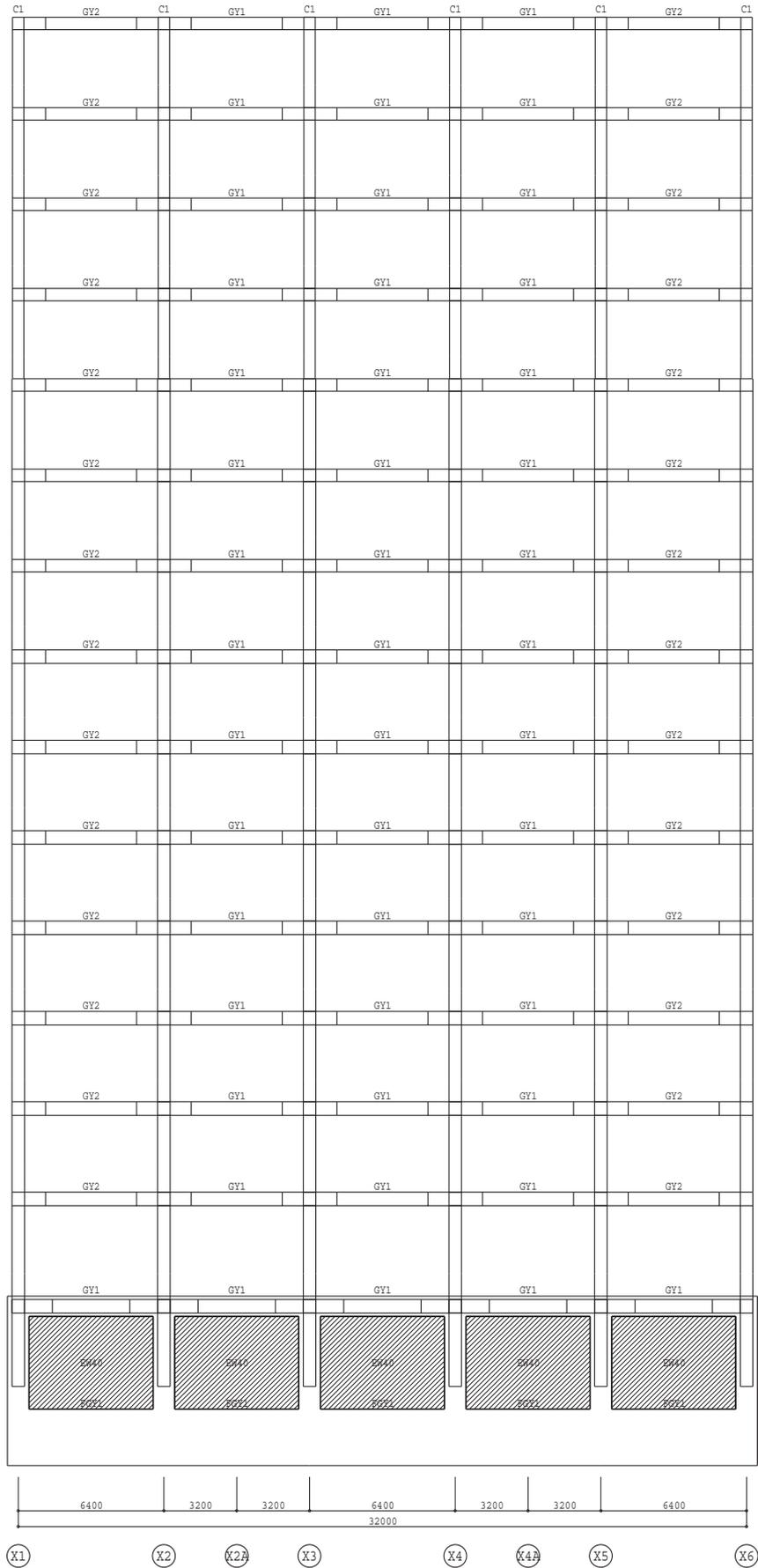
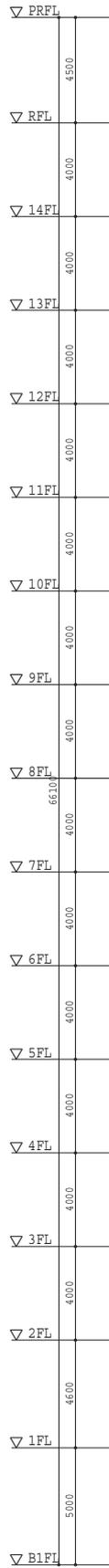
X 3 通り軸組図



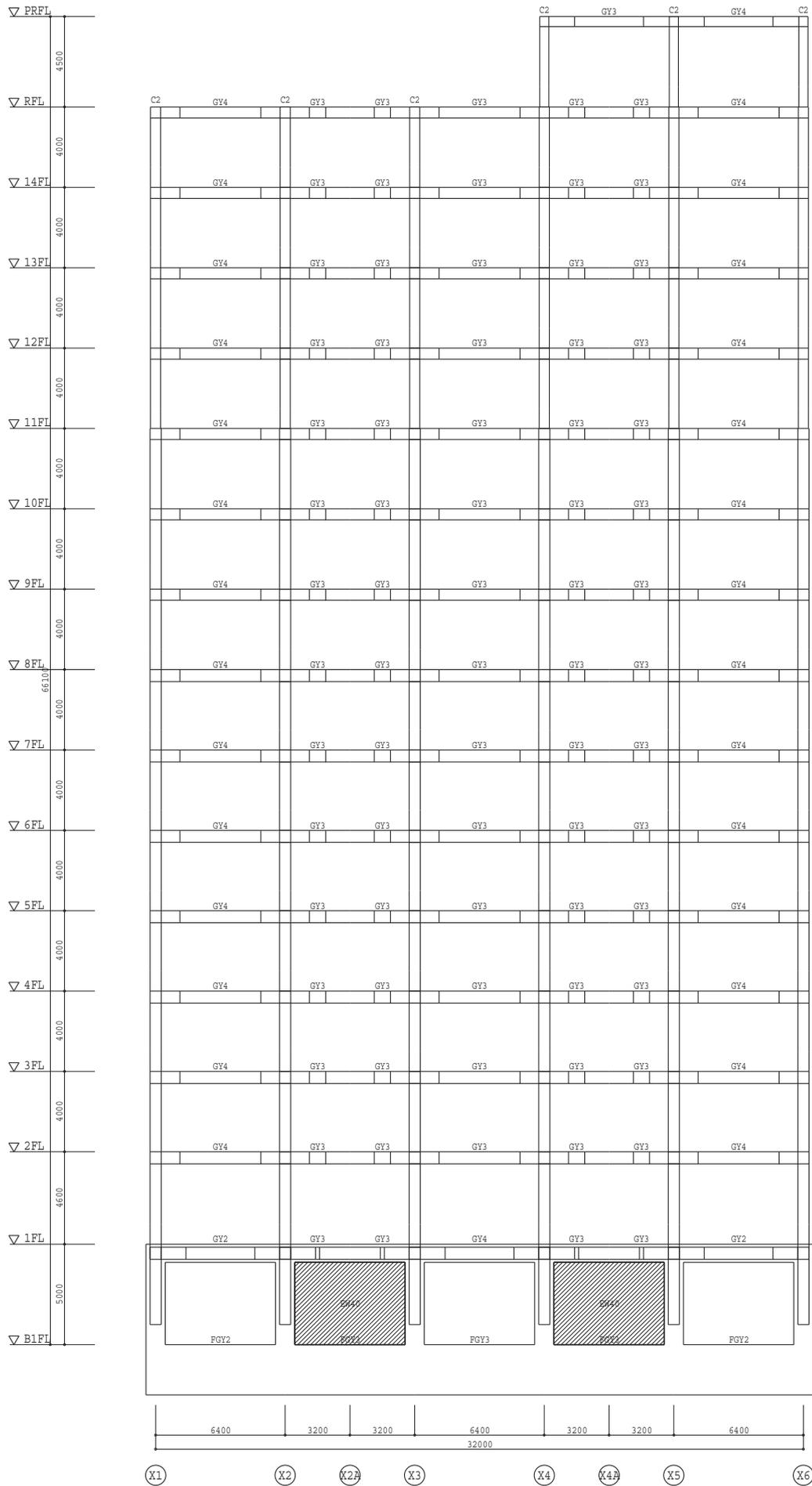
X 4 通り軸組図



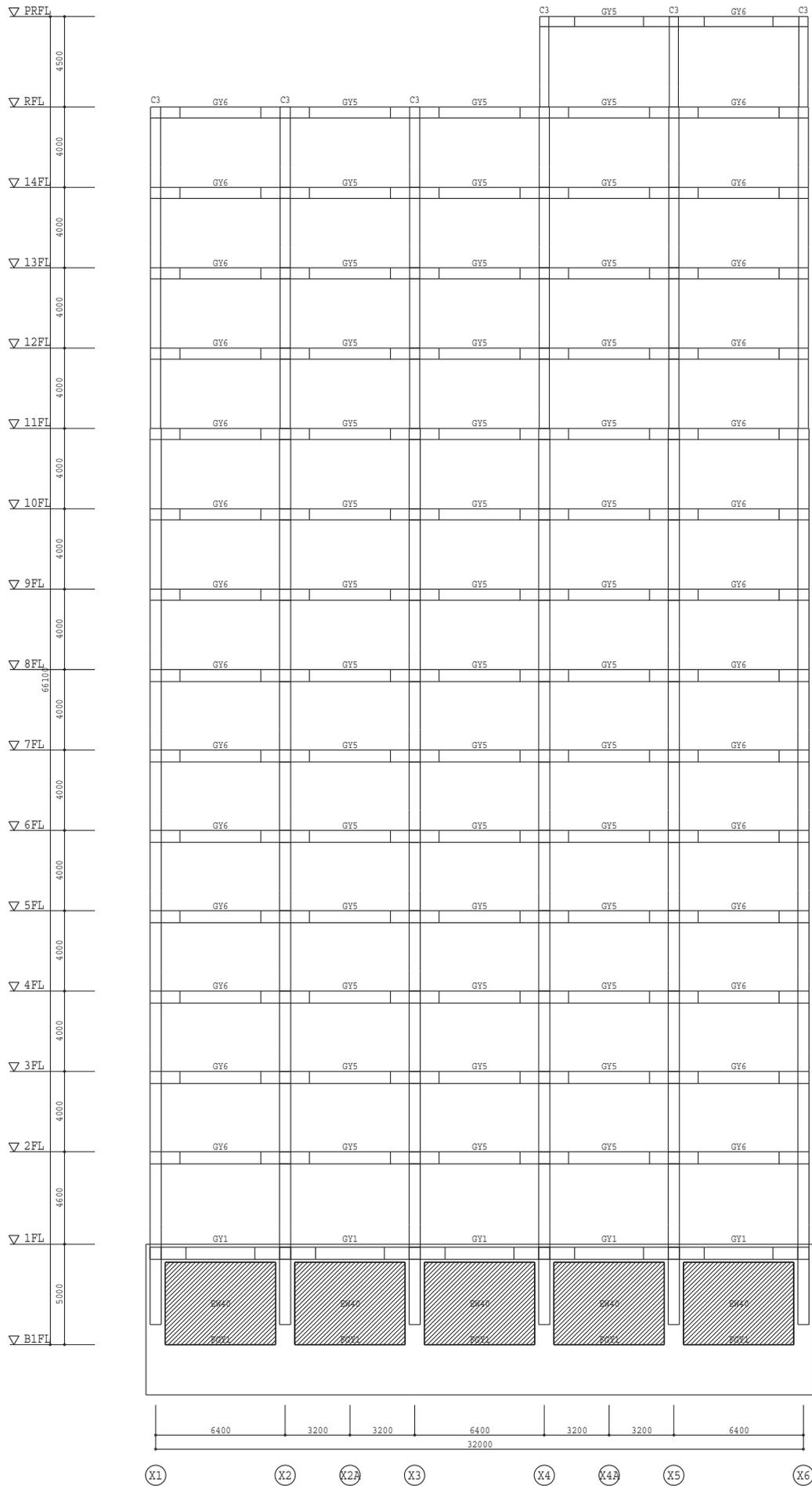
X 5 通り軸組図



Y A 通り軸組図



Y B 通り軸組図





【 床荷重表 】

床荷重番号	スラブ厚さ (mm)	仕上り重量 (N/m ²)	鉄骨デッキ重量 (N/m ²)	積載荷重 (N/m ²)			備考	
				床 用	小線用	骨組用		
1	150	2300	200	1800	1800	1300	600	YANE
2	150	2300	200	4900	4900	2400	1300	YANE SETSUBI
3	150	800	200	2900	2900	1800	800	OFFICE
4	150	2200	200	4900	4900	2900	1600	EV MACHINE
5	-	2000	-	2900	2900	1800	800	S STEPS
6	200	2300	-	2900	2900	1800	800	1F
11	180	1360	-	5000	5000	4000	2000	MACHINE
21	600	1360	-	5000	5000	4000	2000	MACHINE



柱断面表・1	符号	C1	C2	C3	C4								
▽ PREFL	4500												
▽ 8FL	4000	B-500x19	B-450x19	B-500x19									
▽ 14FL	4000												
▽ 13FL	4000												
▽ 12FL	4000												
▽ 11FL	4000												
▽ 10FL	4000												
▽ 9FL	4000												
▽ 8FL	4000												
▽ 7FL	4000												
▽ 6FL	4000												
▽ 5FL	4000												
▽ 4FL	4000												
▽ 3FL	4000												
▽ 2FL	4000												
▽ 1FL	4500												
断面形状													
備考													



柱断面表・ 2										
符号	C1	C2	C3	C4						
断面形状										
備考										



大梁断面表 - 1		GY1			GY2			GY3			GY4			GY5			GY6		
符号	位置	端部	中央	端部	端部	中央													
	P2階	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	R階	BH- 550x 250x12x19	BH- 550x 350x12x22																
	1.4階	BH- 550x 250x12x19																	
	1.2階	BH- 550x 250x12x19																	
	1.1階	BH- 550x 300x12x25																	
	1.0階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	
	9階	BH- 550x 300x12x22																	
	8階	BH- 600x 300x12x25																	
	7階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	
	6階	BH- 600x 300x12x25																	
	5階	BH- 600x 300x12x25																	
	4階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	
	3階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	
	2階	BH- 600x 300x12x25																	
	1階	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	B1階	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

1. コンクリートの材料特性および許容応力度

コンクリート種別	設計基準強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ヤング係数比 (剛性計算用)	許容応力度		(N/mm ²)						
				圧縮応力度	付着応力度							
FC27	27.0	23.5	8.7	長期	9.0	0.76	付着応力度 上端筋	1.62	2.43	0.90	上端筋	1.35
	普通	9.82	15.0	短期	18.0	1.14	その他	2.43	3.64	1.35	鋼	2.03
LC24	24.0	15.4	13.3	長期	8.0	0.66	その他	1.54	2.31	0.90	その他	1.35
	軽量1種	6.44	15.0	短期	16.0	0.99		2.31	3.46	1.35		2.03

2. 鉄骨の材料特性および許容応力度

鉄骨種別	ヤング係数 (kN/mm ²)	せん断弾性係数 (kN/mm ²)	材料強度 副増倍率	許容応力度		(N/mm ²)						
				厚さ40mm以下	厚さ40mm超75mm以下							
BCP325	205	79.0	1.00	引張応力度	124	215	厚さ75mm超100mm以下	せん断応力度	F 値	引張応力度	せん断応力度	F 値
	長期	325	186	325	325	196	厚さ40mm以下	せん断応力度	196	196	113	113
SN490	205	78.8	1.10	引張応力度	125	216	厚さ40mm以下	せん断応力度	196	196	113	113
	短期	187	325	325	187	295	厚さ40mm超75mm以下	せん断応力度	295	295	170	170

3. 鉄筋の材料特性および許容応力度

鉄筋種別	ヤング係数 (kN/mm ²)	せん断弾性係数 (kN/mm ²)	材料強度 副増倍率	許容応力度		(N/mm ²)						
				径28mm以下	径29mm以上							
SD345	205	78.8	1.10	引張・圧縮用	215	195	引張・圧縮用	195	195	195	せん断補強用	195
	長期	345	345	345	345	345	せん断補強用	345	345	345	せん断補強用	345
SD390	205	78.8	1.10	引張・圧縮用	215	195	引張・圧縮用	195	195	195	せん断補強用	195
	短期	390	390	390	390	390	せん断補強用	390	390	390	せん断補強用	390
SD295	205	78.8	1.10	引張・圧縮用	196	195	引張・圧縮用	195	195	195	せん断補強用	195
	長期	295	295	295	295	295	せん断補強用	295	295	295	せん断補強用	295

4. 鉄筋径の断面性能 (鉄筋径テーブル)

テーブル番号 = 1

呼名	断面積 (cm ²)	周 長 (cm)	単体重量 (N/m)	使用材質名 1	使用材質名 2	使用材質名 3
D13	1.27	4.0	9.75	SD295		
D16	1.99	5.0	15.3	SD295		
D22	3.87	7.0	29.8	SD345		
D25	5.07	8.0	39.0	SD345		
D29	6.42	9.0	49.4	SD345	SD390	

5. 鉄骨部材幅厚比制限値

部 材 断 面 形 状	鉄 骨 断 面 寸 法		鉄骨断面による幅厚比		鉄骨種別	F 値 (N/mm ²)	幅厚比制限値		備 考
	フランジ	ウェブ	フランジ	ウェブ			フランジ	ウェブ	
梁	BH-600X250X12.0X22.0	5.7	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X19.0	6.6	46.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X22.0	6.8	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-750X350X14.0X22.0	8.0*	50.4	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-750X350X14.0X25.0	7.0	50.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-750X400X14.0X25.0	8.0*	50.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X400X16.0X25.0	8.0*	46.9	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X400X16.0X22.0	9.1*	47.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X400X16.0X28.0	7.1	46.5	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-750X250X14.0X22.0	5.7	50.4	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-750X250X14.0X25.0	5.0	50.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X350X16.0X25.0	7.0	46.9	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X350X16.0X22.0	8.0*	47.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X350X16.0X28.0	6.2	46.5	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-500X250X12.0X19.0	6.6	38.5	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-500X250X9.0X16.0	7.8*	52.0*	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X250X12.0X19.0	6.6	42.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X250X12.0X22.0	5.7	42.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X25.0	5.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X22.0	5.7	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X28.0	4.5	45.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X300X12.0X22.0	7.9*	42.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X300X12.0X25.0	6.8	42.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X300X12.0X28.0	6.0	41.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X25.0	6.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X22.0	6.8	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X28.0	5.4	45.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X350X12.0X22.0	8.0*	42.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X350X12.0X25.0	7.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X200X12.0X19.0	5.3	42.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X200X12.0X22.0	4.5	42.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X250X12.0X25.0	5.0	41.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X250X12.0X22.0	5.7	42.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X300X12.0X22.0	6.8	42.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X25.0	6.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X22.0	6.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X16.0X32.0	4.7	33.5	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X16.0X28.0	5.4	34.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X350X12.0X28.0	6.2	41.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X350X12.0X25.0	7.0	41.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X350X12.0X25.0	6.2	45.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X350X12.0X28.0	7.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X25.0	6.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X22.0	6.2	45.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X25.0	7.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-550X300X12.0X28.0	5.4	41.2	SN490	325	7.7	51.0		
柱	CP-500X500X19.0X19.0	26.3		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-500X500X22.0X22.0	22.7		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-550X550X25.0X25.0	22.0		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-550X550X28.0X28.0	19.6		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-550X550X32.0X32.0	17.2		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-550X550X36.0X36.0	15.3		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-450X450X19.0X19.0	23.7		BCP325	325	28.1		BCP材	

(注) 表中の肩印(*)は、幅厚比制限値(告示第595号第2の四)を越えたことを示す。
 建築構造用圧延鋼材(SN材)としての幅厚比チェックは行っていない。SN材としての幅厚比チェックは、必要保有水平耐力編の部材種別判定で行うことができる。

5 . 鉄骨部材幅厚比制限値

部 材 断面形状	鉄 骨 断 面 寸 法	鉄骨断面による幅厚比		鉄骨種別	F 値 (N/mm ²)	幅厚比制限値	備考
		フランジ	ウェブ			フランジ	ウェブ
柱 角形鋼管	CP- 550X 550X22 . 0X22 . 0	25 . 0	25 . 0	BCP325	325	28 . 1	BCP材

(注) 表中の星印 (*) は、幅厚比制限値 (告示第 5 9 5 号第 2 の四) を超えたことを示す。

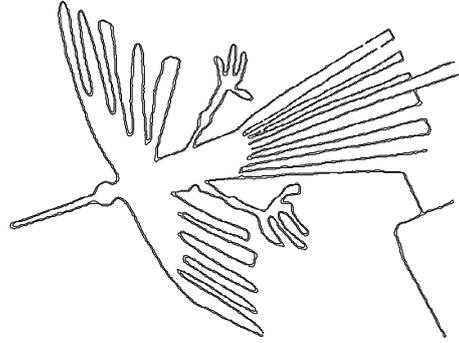
1. 準備計算編

件名 構造最適化プログラム開発・保守

ケース名 Chapter 2 : Target Building

目次

<< 準備計算 >>	
(1- 1) 建物重量算出基本データ一覧	1 - 1
(1- 2) 建物重量算出用部材単位重量	
(1- 3) 追加重量用荷重タイプ・荷重変数および作用位置	2 - 34
<< 荷重算出結果 >>	
(2- 1) 部材中間荷重 (CMoQ) 一覧表 【 図化形式 】	
(2- 2) 部材中間荷重 (CMoQ) 一覧表 【 リスト形式 】	
(2- 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表 【 図化形式 】	35 - 50
(2- 4) 各階の節点重量一覧表 【 リスト形式 】	
(2- 5) 地震荷重一覧表	51 - 52
<< 各種算出結果 >>	
(3- 1) フレーム内壁の開口情報および耐力壁判定	
(3- 2) 壁量および柱量	



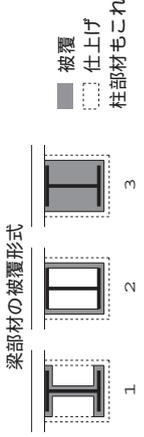
Nihon sekkei
Auto
Structural
Calculation
for building design.

1. 建物構造データ
- ・地上階数 14
 - ・地下階数 1
 - ・増屋階数 1

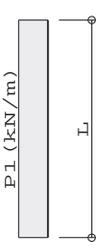
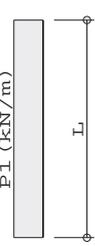
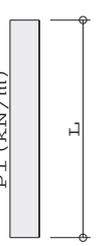
- ・建物高さ 56.70 m (建物周期略算式で使用)
- ・1階床高さ 0.10 m (GLからの距離)
- ・鉄骨階高さと比 1.000 (建物周期略算式で使用)

2. 各階のコンクリート重量、仕上り重量および鉄骨被覆重量データ

階名	R C断面用単位重量			S R C断面用単位重量			柱部材用データ			梁部材用データ			有効せい・内法長 計算用スラブ厚さ mm	
	柱・壁用 kN/m ³	梁・スラブ用 kN/m ³	柱・壁用 kN/m ³	柱・壁用 kN/m ³	柱・壁用 kN/m ³	仕上り N/m ²	被覆形式	被覆厚さ mm	被覆単位重量 kN/m ³	仕上り N/m ²	被覆形式	被覆厚さ mm		被覆単位重量 kN/m ³
PR														
R	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
14	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
13	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
12	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
11	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
10	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
9	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
8	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
7	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
6	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
5	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
4	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
3	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
2	20.0	20.0	21.0	21.0	21.0	550								0
1	20.0	24.0	21.0	21.0	25.0	550								200
B1	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	550								400



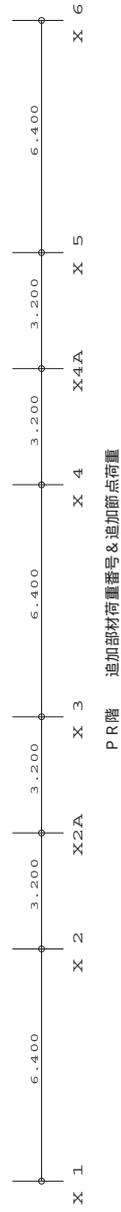
柱部材もこれに倣う。

番号	荷重タイプ&荷重変数	番号	荷重タイプ&荷重変数	番号	荷重タイプ&荷重変数
1	 P1 (kN/m) L PARAPET P1 3.00				
2	 P1 (kN/m) L LGS P1 1.60				
3	 P1 (kN/m) L GAIHE PC P1 12.41				
1.1	 P1 (kN/m) L HANE ROOF Light P1 6.32				
1.2	 P1 (kN/m) L HANE OFFICE Light P1 4.64				



【 凡例 】

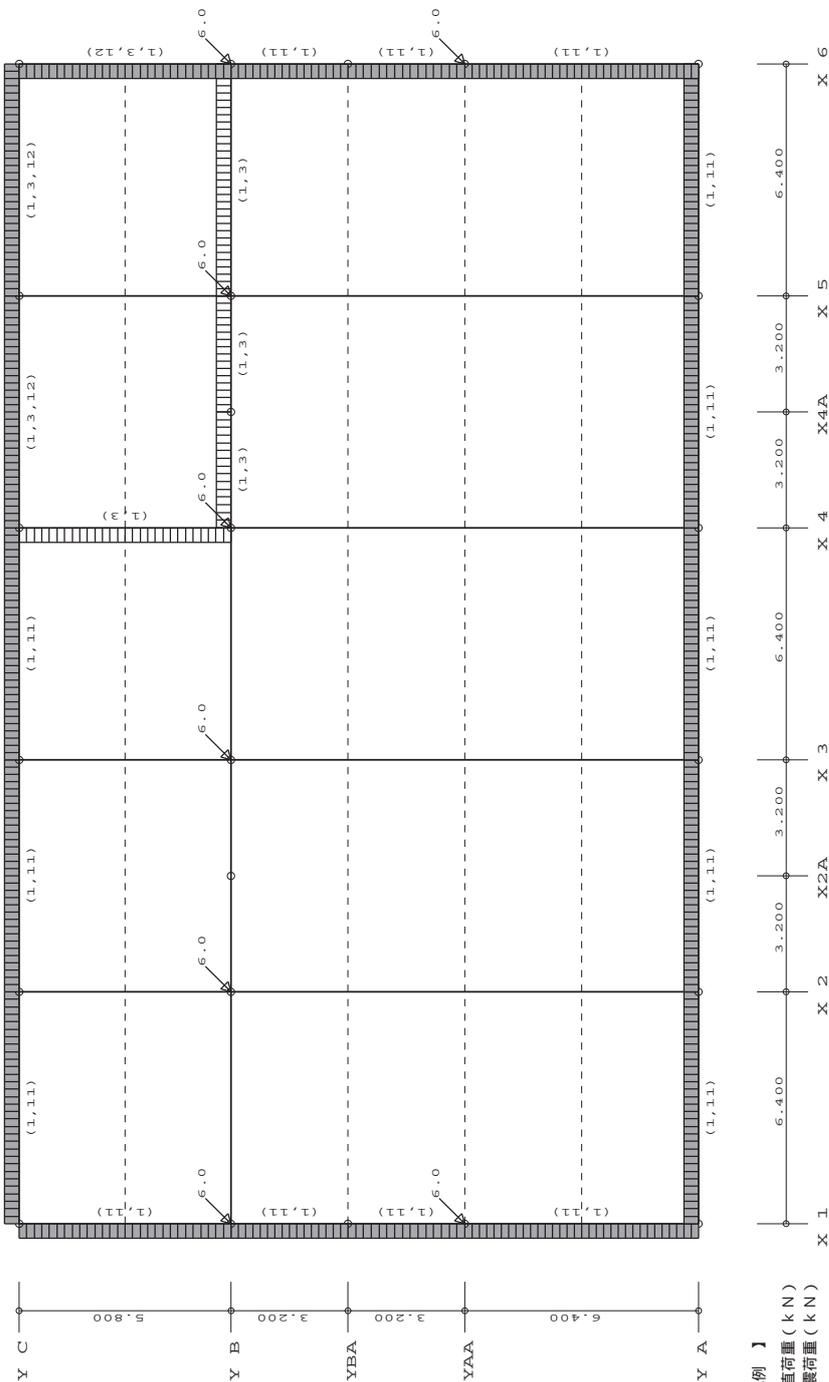
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- []内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、()内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。



【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 PR 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備 考
X通り梁	X 4 (Y B-Y C)	1 1.1	0.300	0.540	8.4 17.7	12.6 26.6	-8.7 -18.3	-8.7 -18.3	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	1 1.1	0.300	0.540	8.4 17.7	12.6 26.6	-8.7 -18.3	-8.7 -18.3	
Y通り梁	Y B (X 4-X 5)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y B (X 5-X 6)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

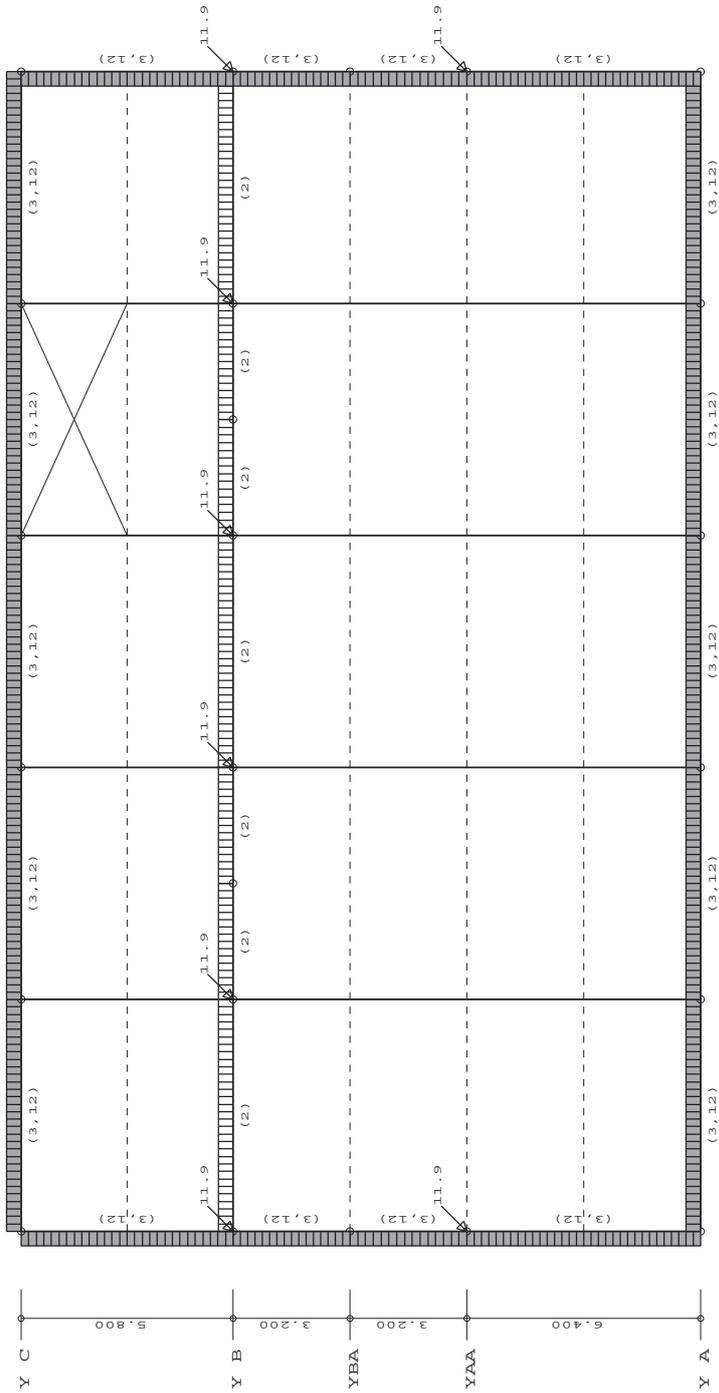
- 矢印は節点荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

R階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 R 階 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	CMoQ M0 (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	11	0.300	0.540	2.6 5.4	-2.6 -5.4	3.8 8.1	-4.8 -10.1	-4.8 -10.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	11	0.300	0.540	2.6 5.4	-2.6 -5.4	3.8 8.1	-4.8 -10.1	-4.8 -10.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	11	0.300	0.540	8.4 17.7	-8.4 -17.7	12.6 26.6	-8.7 -18.3	-8.7 -18.3	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	11	0.300	0.540	2.6 5.4	-2.6 -5.4	3.8 8.1	-4.8 -10.1	-4.8 -10.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	11	0.300	0.540	2.6 5.4	-2.6 -5.4	3.8 8.1	-4.8 -10.1	-4.8 -10.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	1	0.310	0.440	8.4 34.8 13.0	-8.4 -34.8 -13.0	12.6 52.2 19.5	-8.7 -36.0 -13.5	-8.7 -36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	1 3			10.2 42.4	-10.2 -42.4	15.4 63.5	-9.6 -39.7	-9.6 -39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	1 3 12			10.2 42.4 15.8	-10.2 -42.4 -15.8	15.4 63.5 23.8	-9.6 -39.7 -14.8	-9.6 -39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



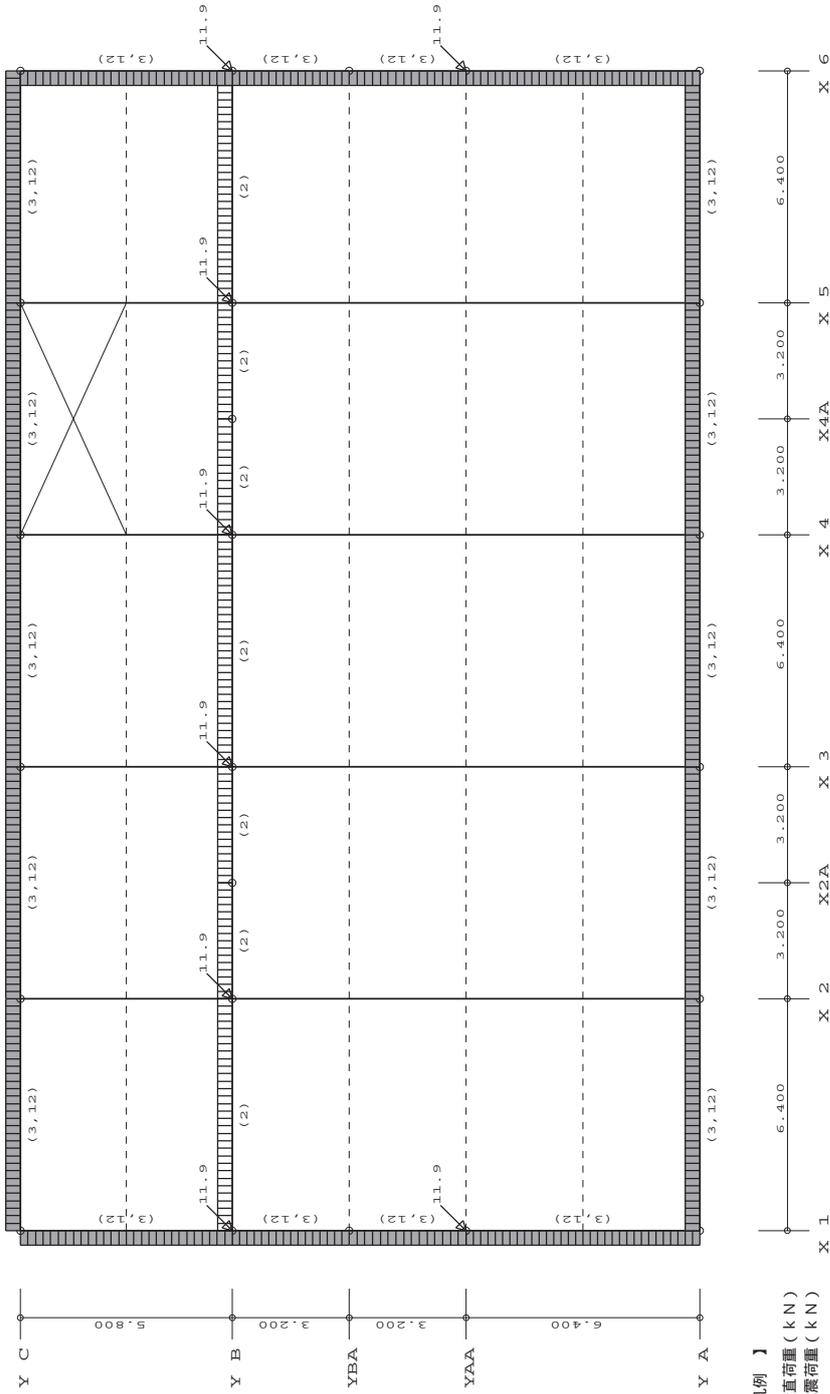
【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

14 階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 14 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備 考
						CR (kN.m)	ML (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 -39.7	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

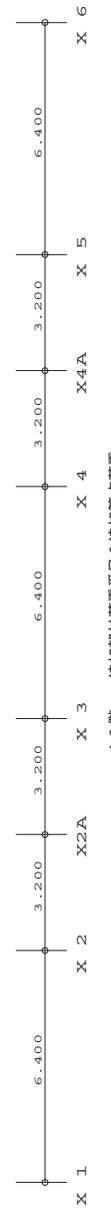
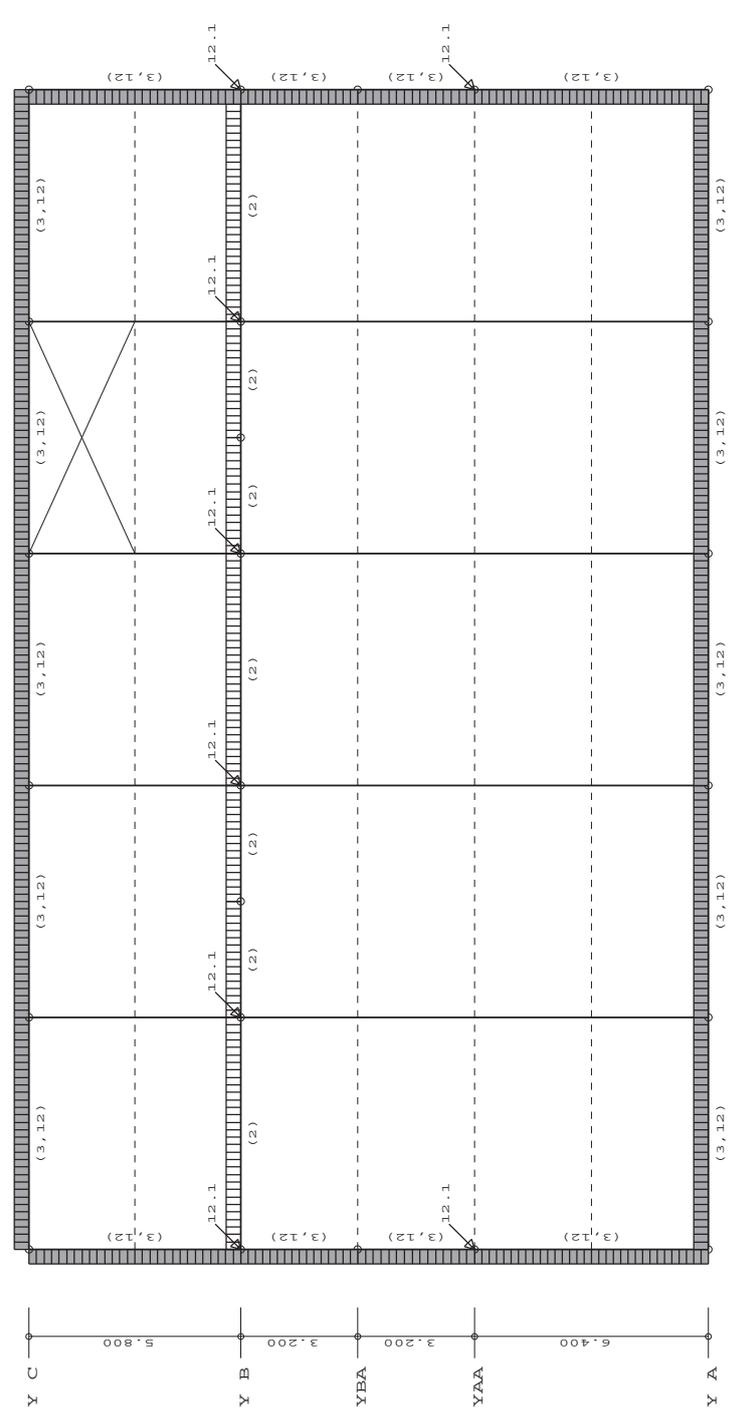
- 矢印は節点鉛直荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

13階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 13 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	-36.0	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	-13.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	-36.0	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	-13.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

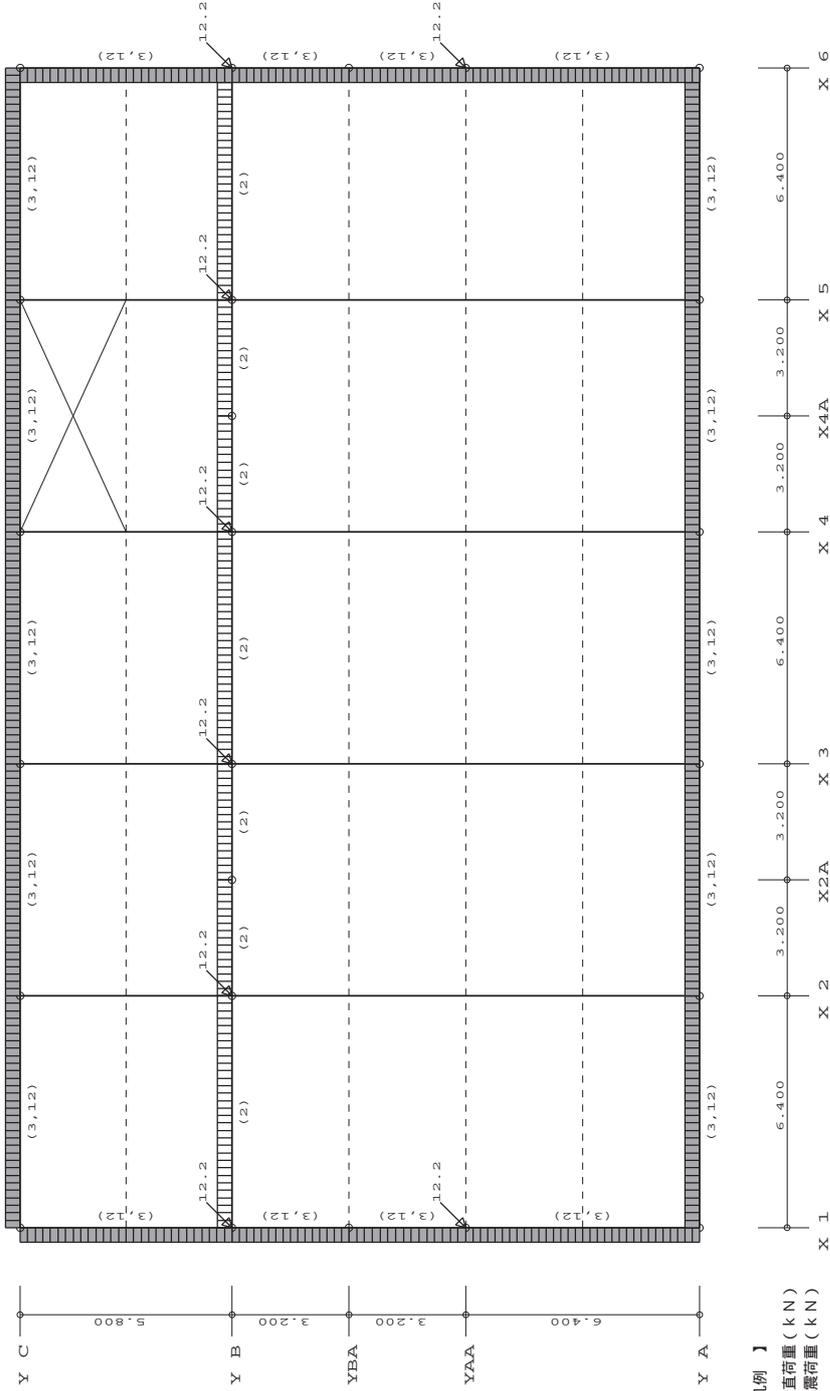


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

12階 追加部材荷重番号&追加節点荷重

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 1.2	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 1.2	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 1.2	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 1.2	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 1.2	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 1.2	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 1.2	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

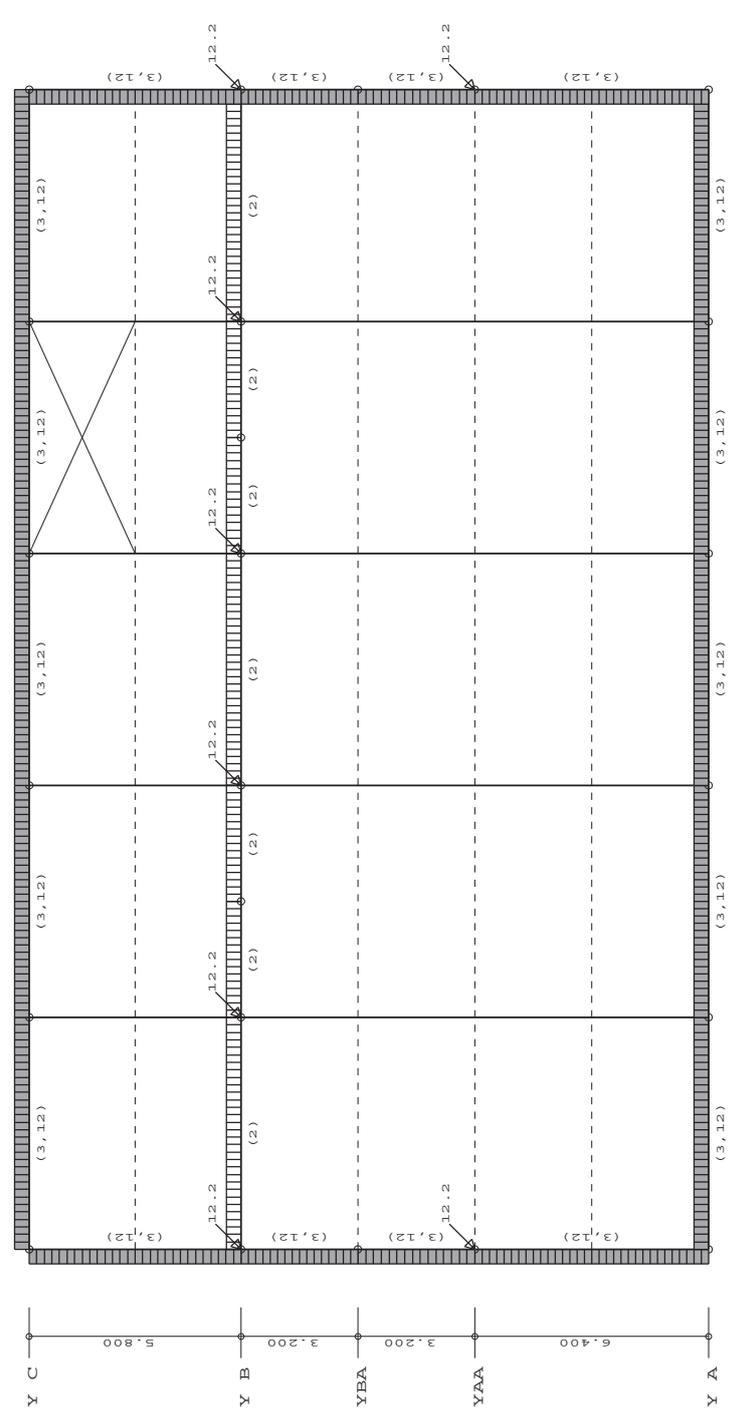
- 矢印は節点荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

1 1 階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1.1 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備 考
						CR (kN.m)	MO (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

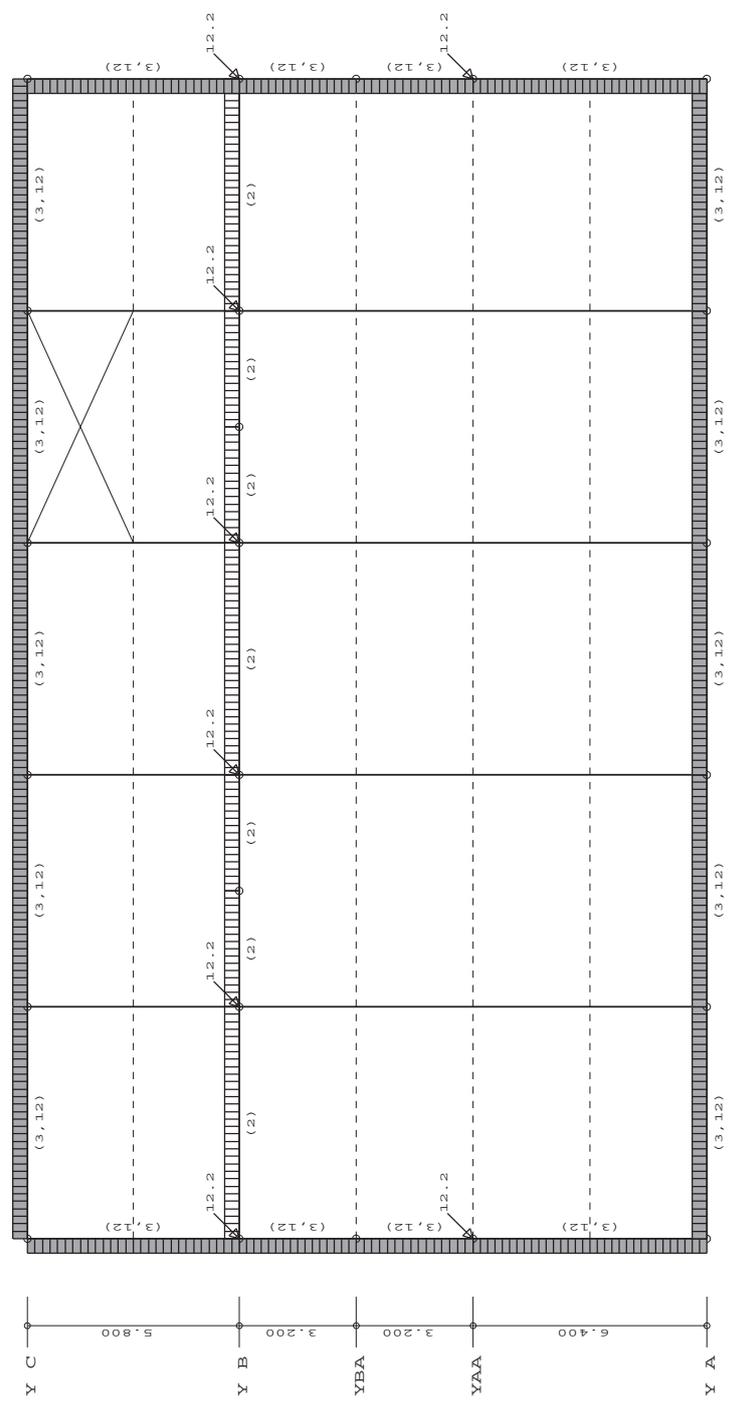
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、
- () 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

10 階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 10 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

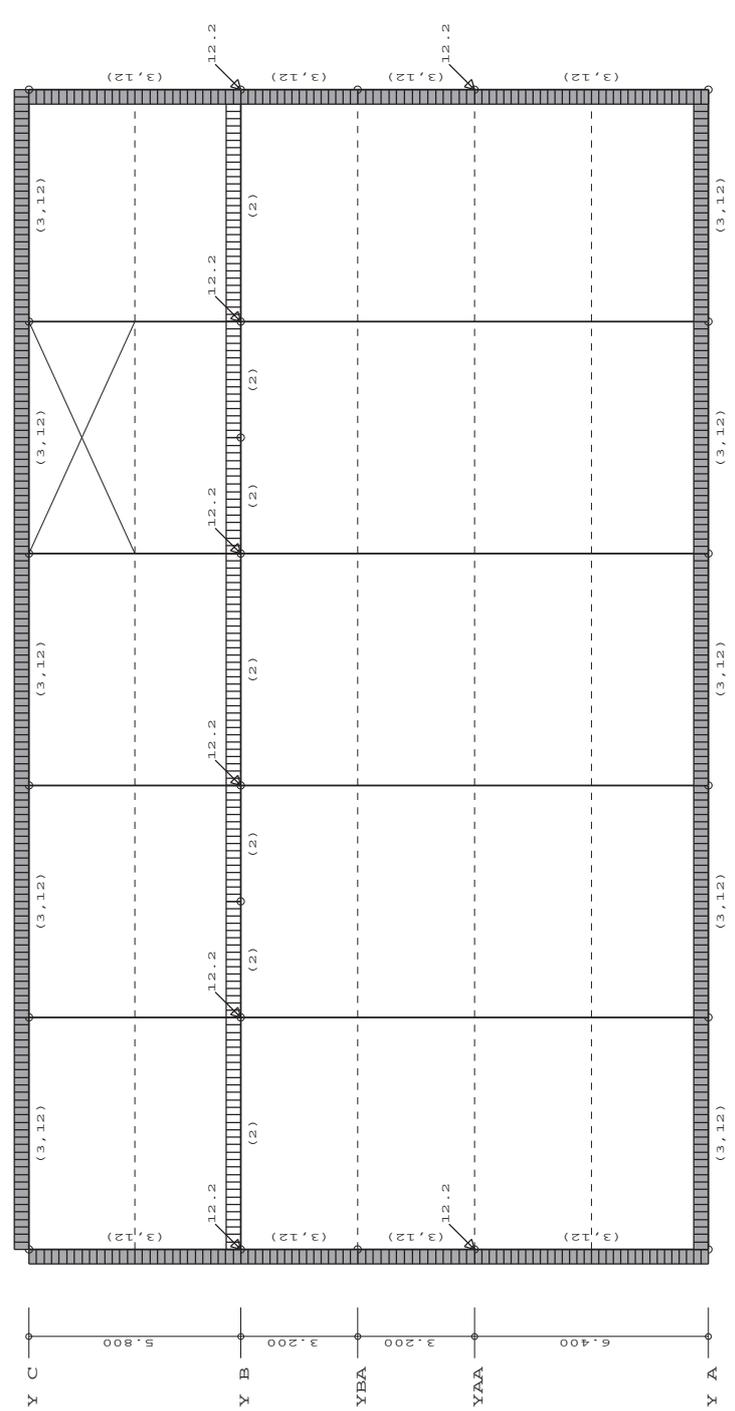


【 凡例 】
矢印は節点鉛直荷重 (k N)
[] 内は地震荷重 (k N)
□□□□□□□□は荷重作用位置、
() 内は荷重番号を示す。
黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 9 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN . m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備 考
						CR (kN . m)	ML (kN . m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



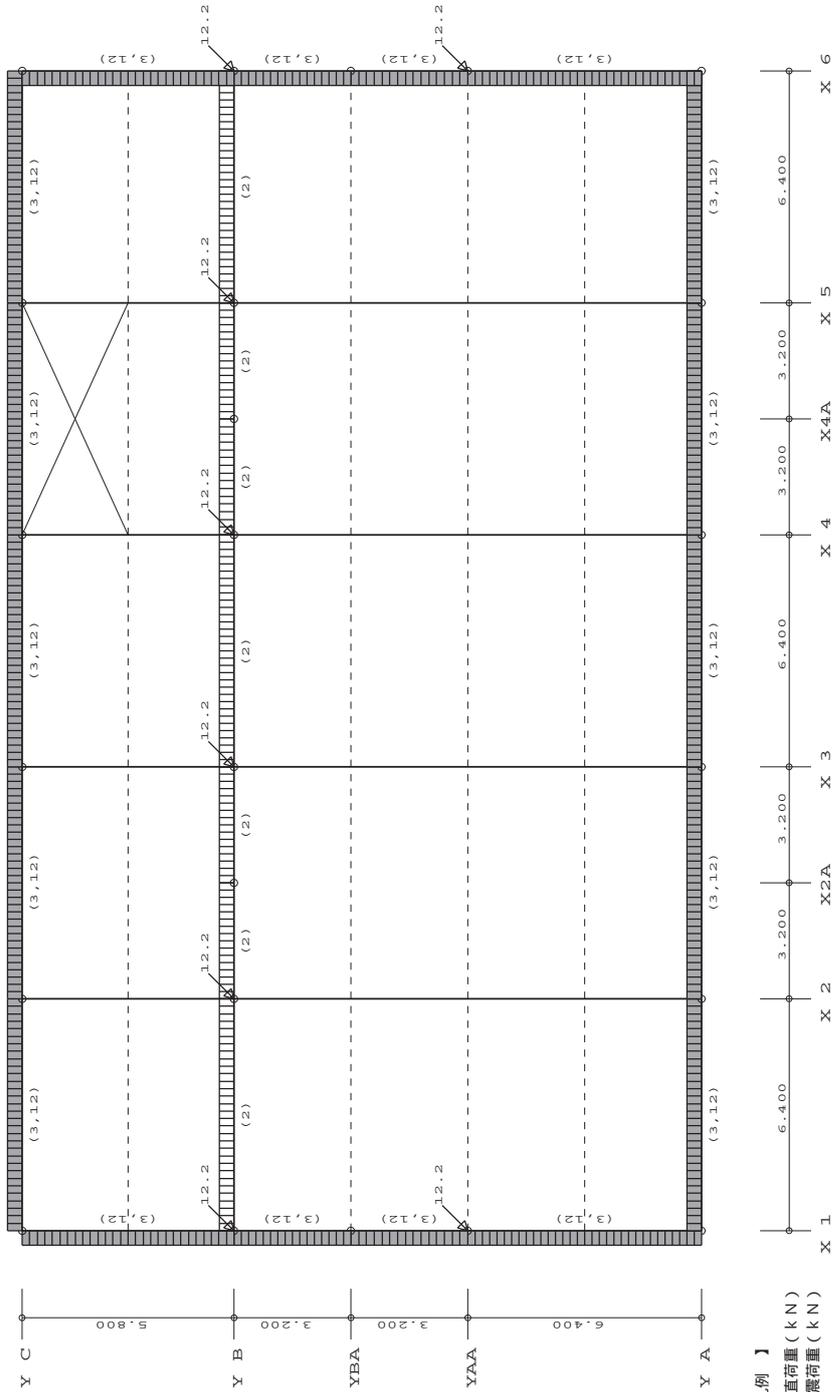
【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

8階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 8 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	MO (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



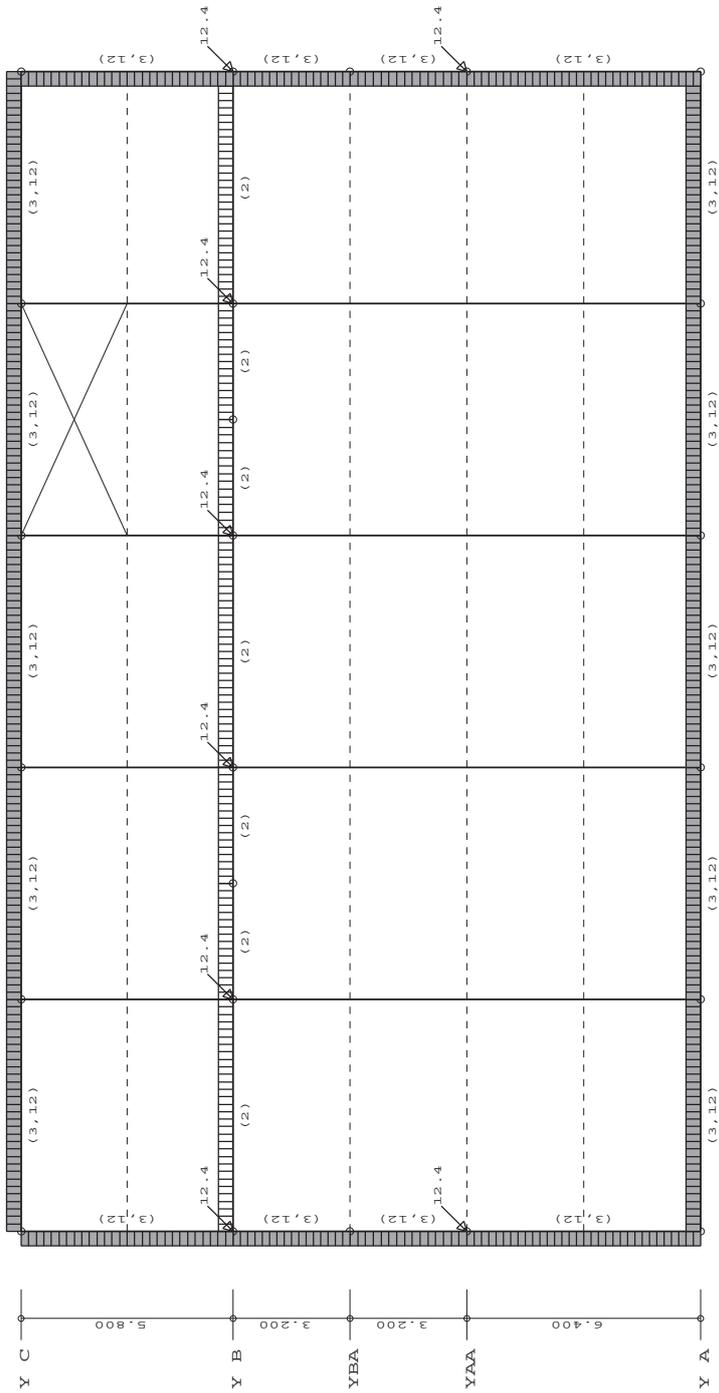
【 凡例 】

- 矢印は節点荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 7 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN・m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備 考
						CR (kN・m)	ML (kN・m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



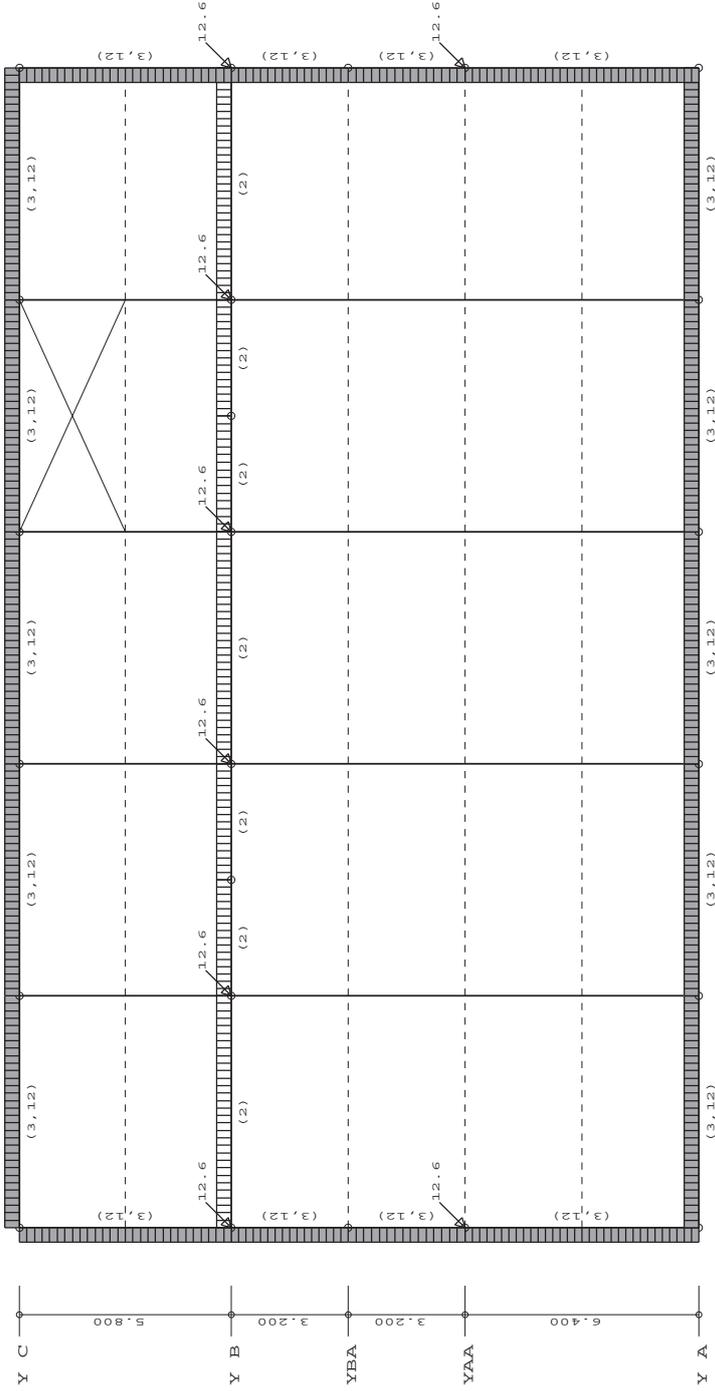
【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

6階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 6階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

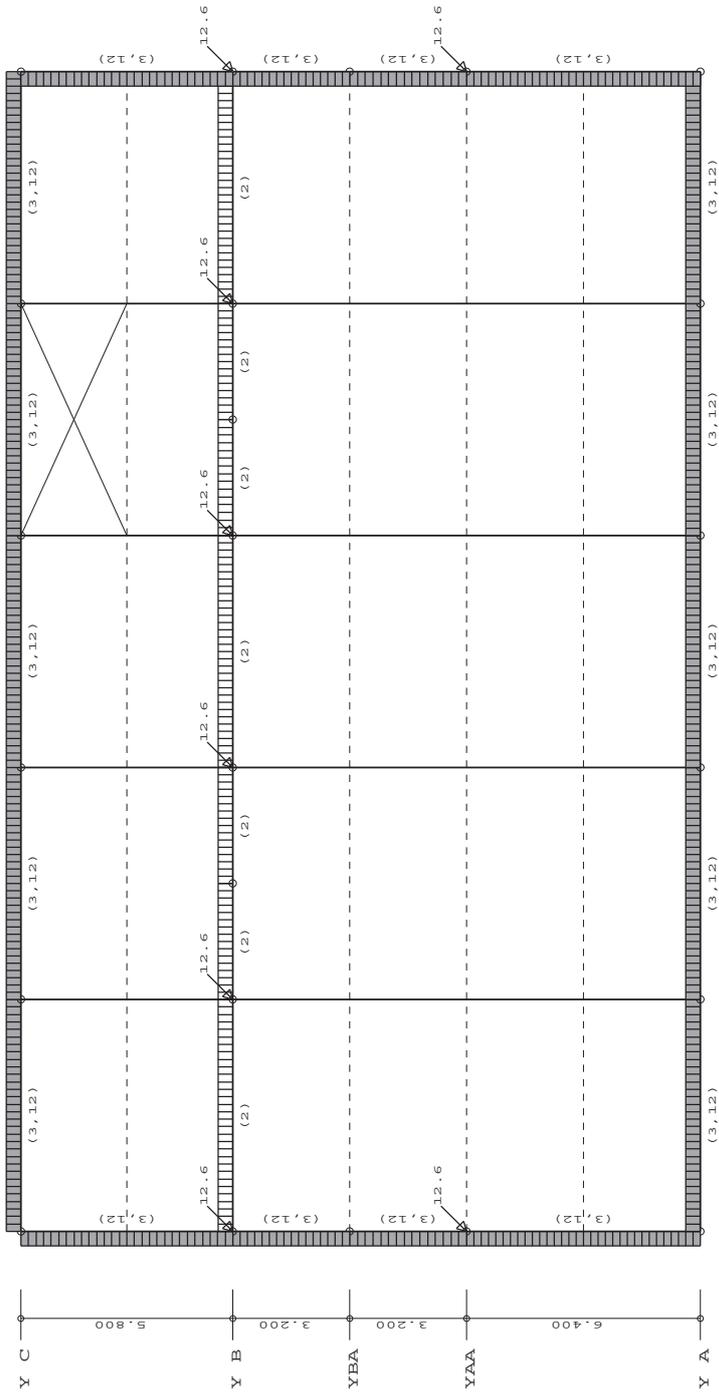


5階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 5 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	-36.0	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	-13.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	-36.0	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	-13.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

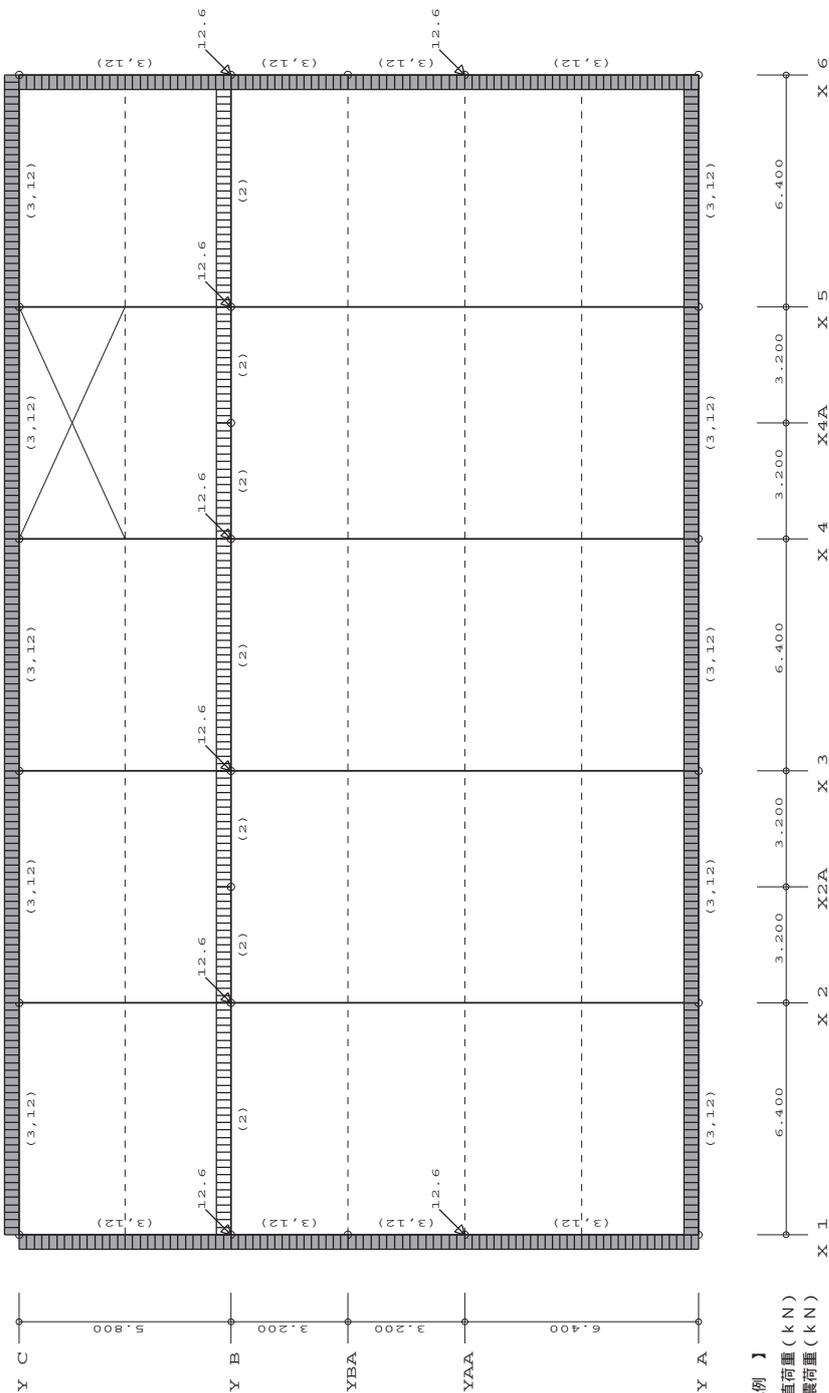
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、
- () 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

4階 追加部材荷重番号&追加節点荷重

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 4階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

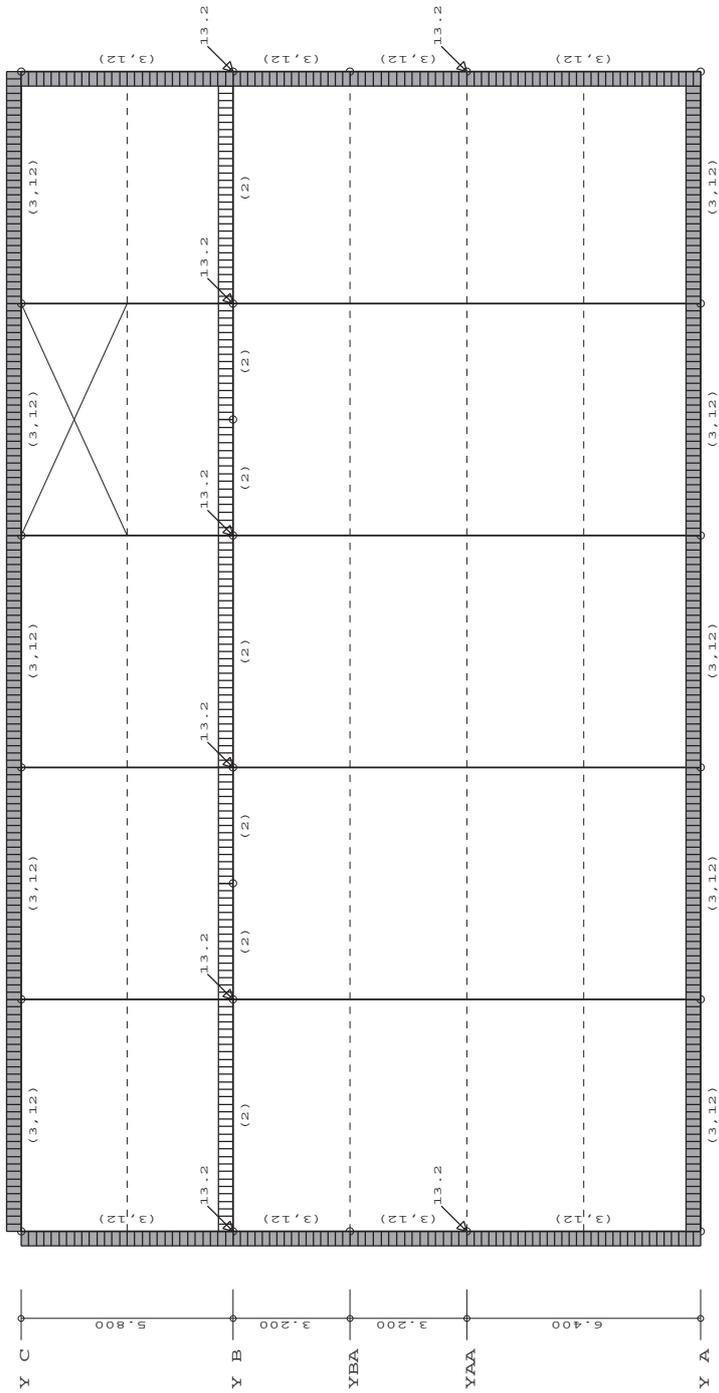
- 矢印は節点荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

3階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 3 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	15.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	5.9	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	52.2	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	19.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	63.5	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



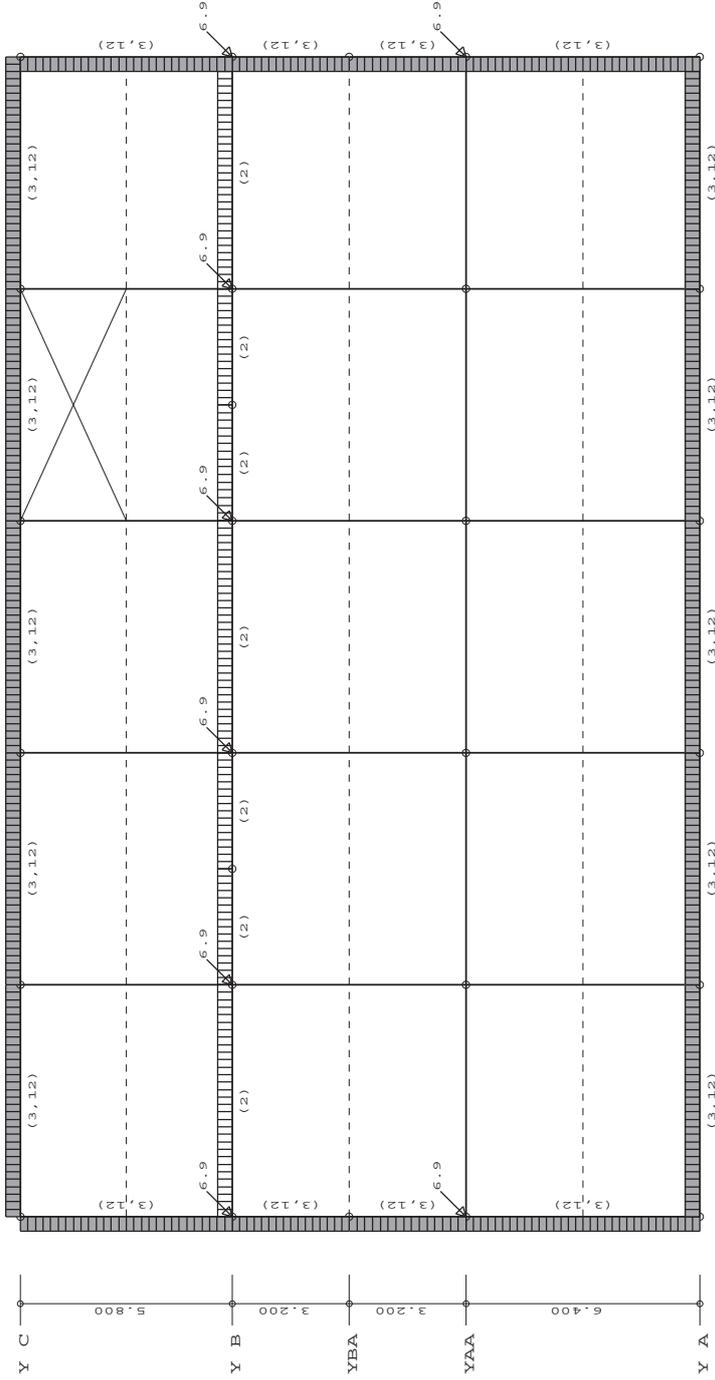
【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

2階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 2 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	MO (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	10.6 4.0	-10.6 -4.0	15.9 5.9	-19.9 -7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	34.8 13.0	-34.8 -13.0	52.2 19.5	-36.0 -13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	42.4 15.8	-42.4 -15.8	63.5 23.8	-39.7 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。



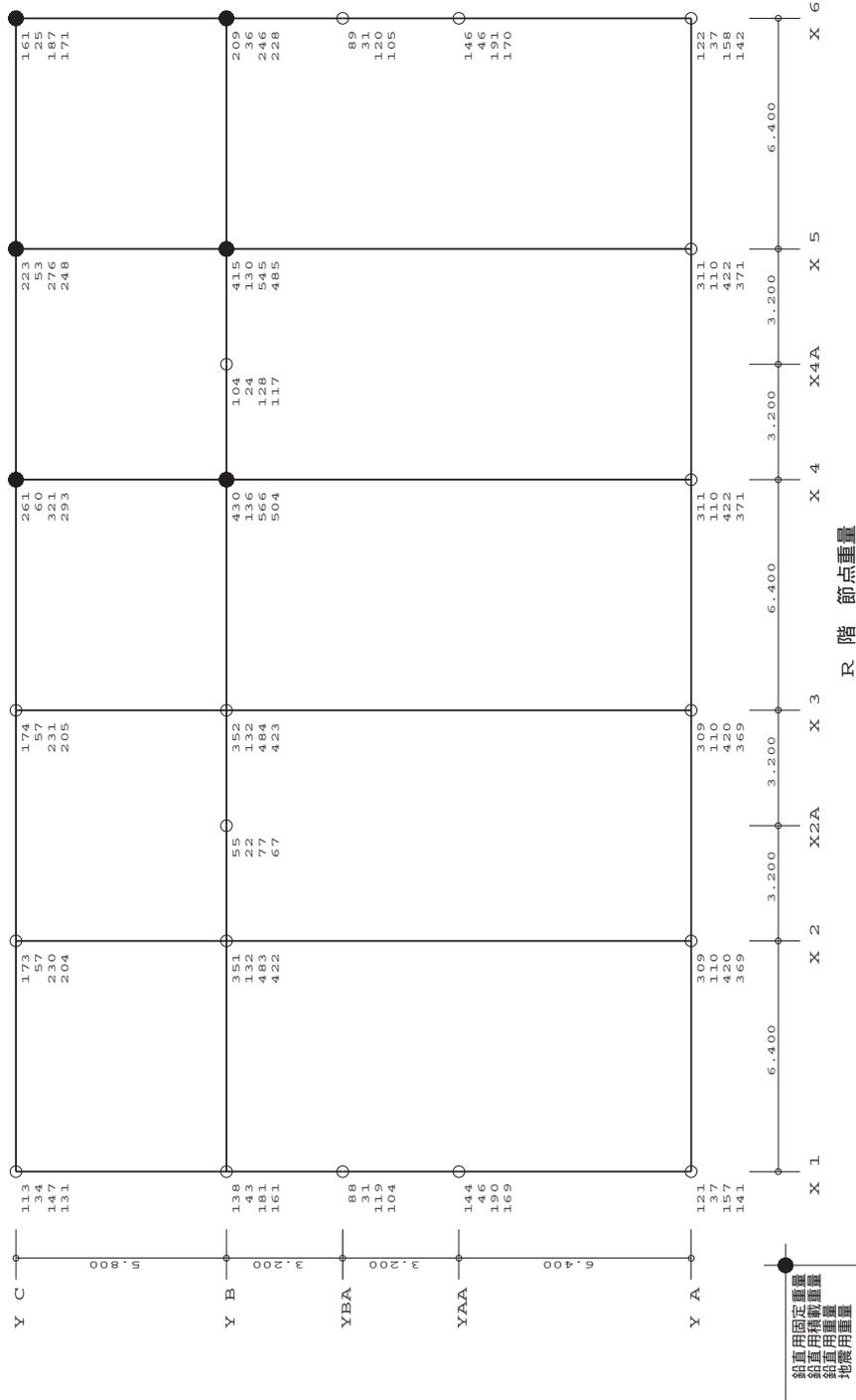
【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	-36.0	-36.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	-13.5	-13.5	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	10.6	-10.6	-19.9	-19.9	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	4.0	-4.0	-7.4	-7.4	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	34.8	-34.8	-36.0	-36.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	13.0	-13.0	-13.5	-13.5	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	42.4	-42.4	-39.7	-39.7	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	-14.8	-14.8	

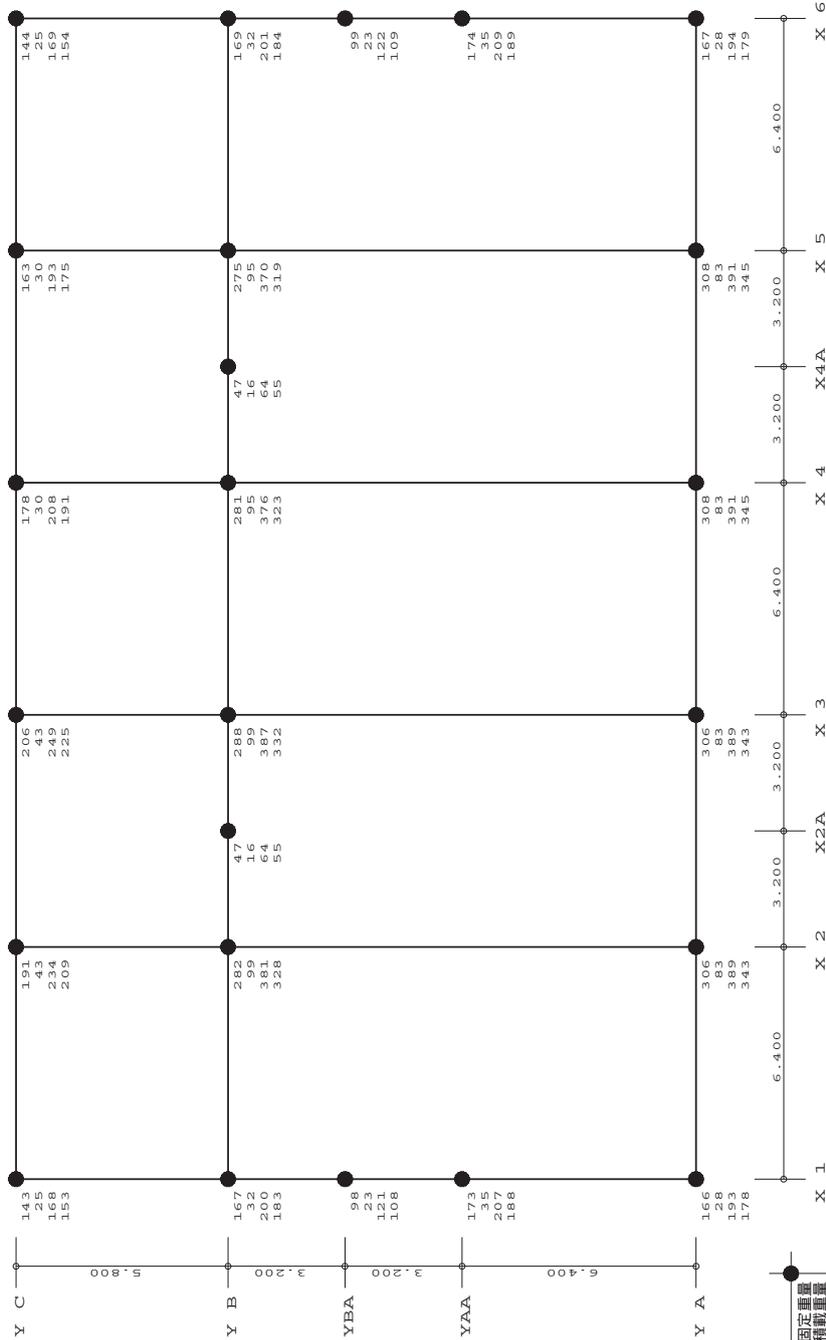
(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



● 鉛直用固定重量
 ○ 鉛直用構重重量
 ○ 鉛直用重量
 ○ 地震用重量
 単位：kN
 【 凡例 】
 注． は柱部材 節点を表す。

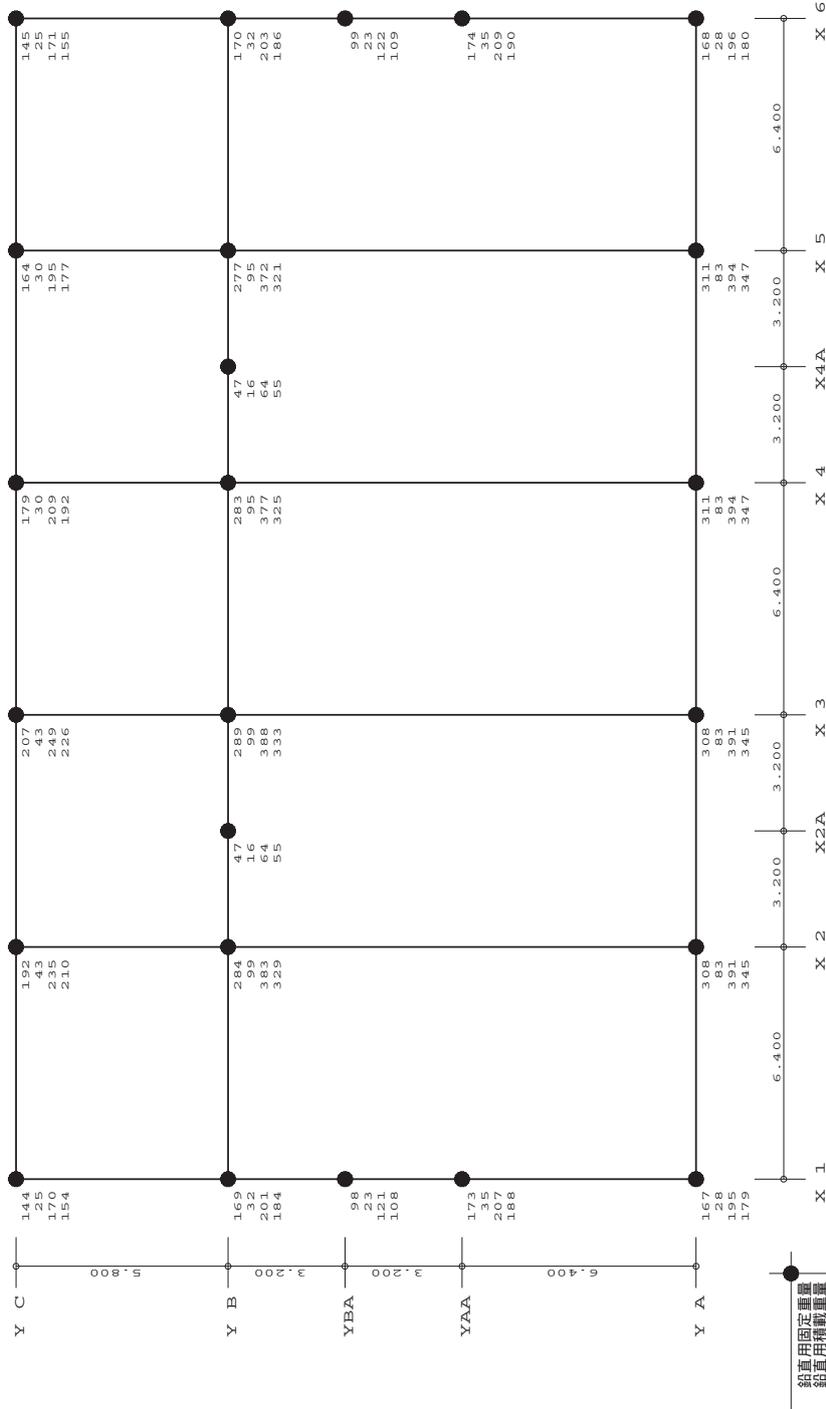


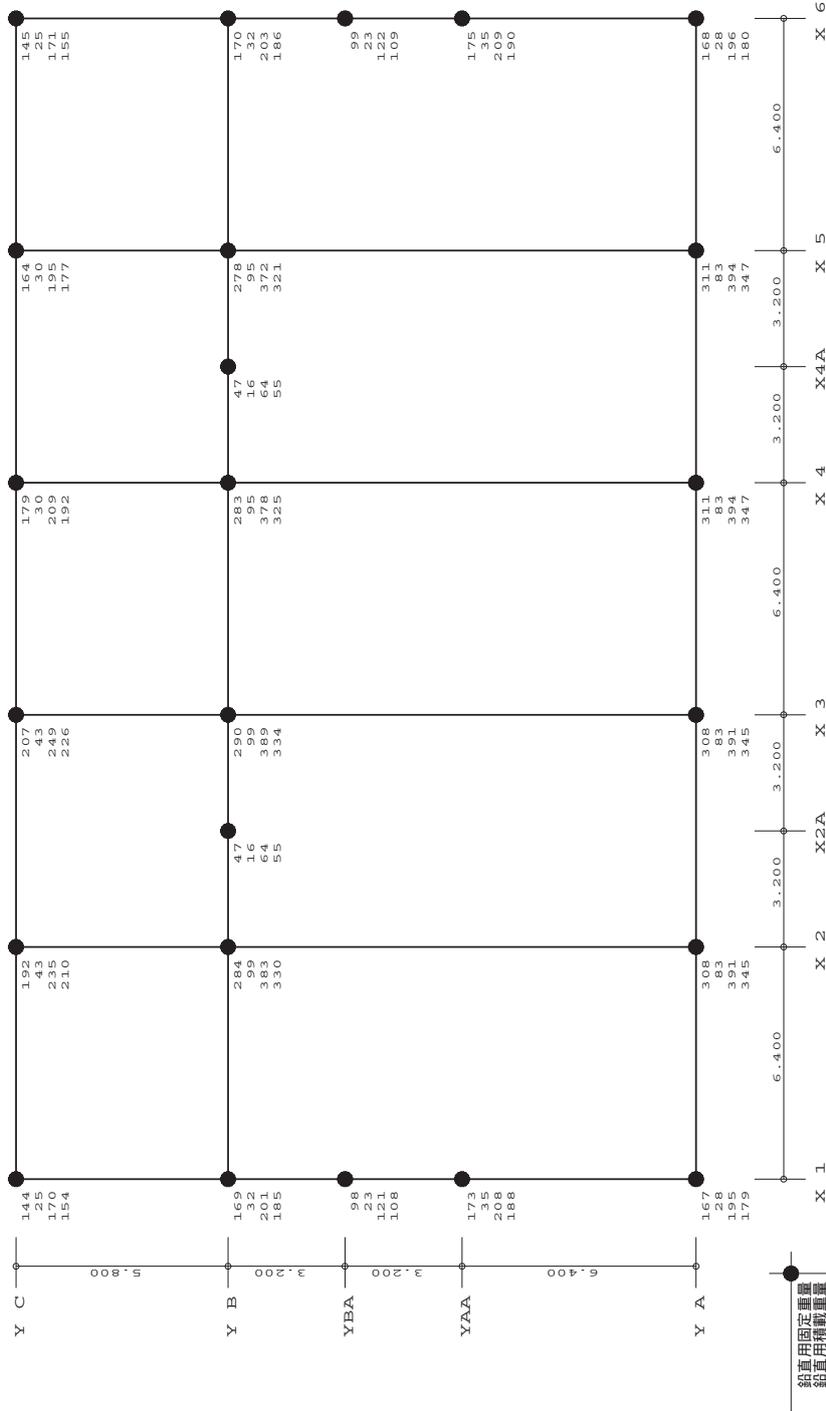
鉛直用固定重量
鉛直用構造重量
鉛直用地震重量
単位: kN
【 凡例 】
注. は柱部材
は節点を表す。



14階 節点重量

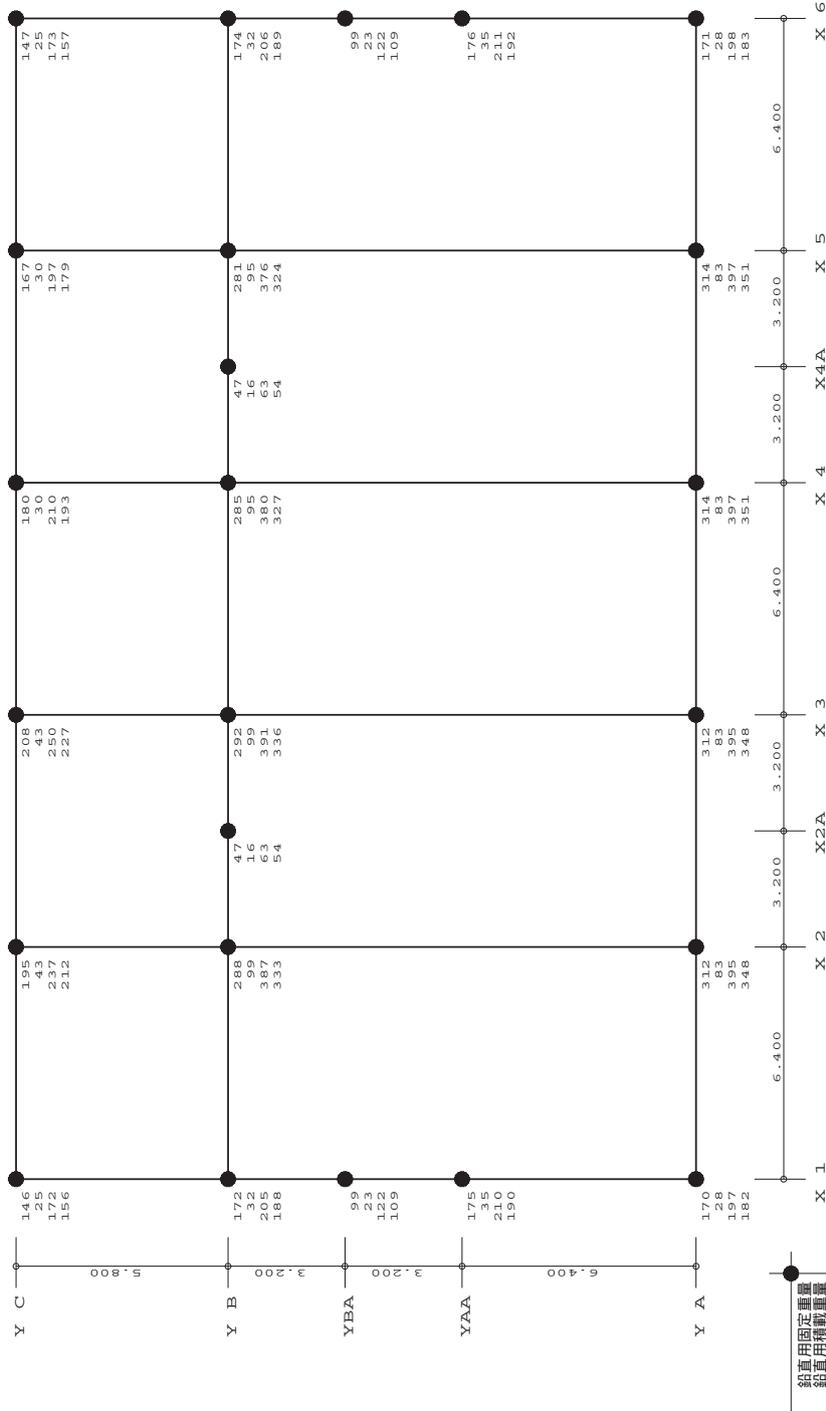
鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位: kN
【凡例】
は柱部材
注. は節点を表す。



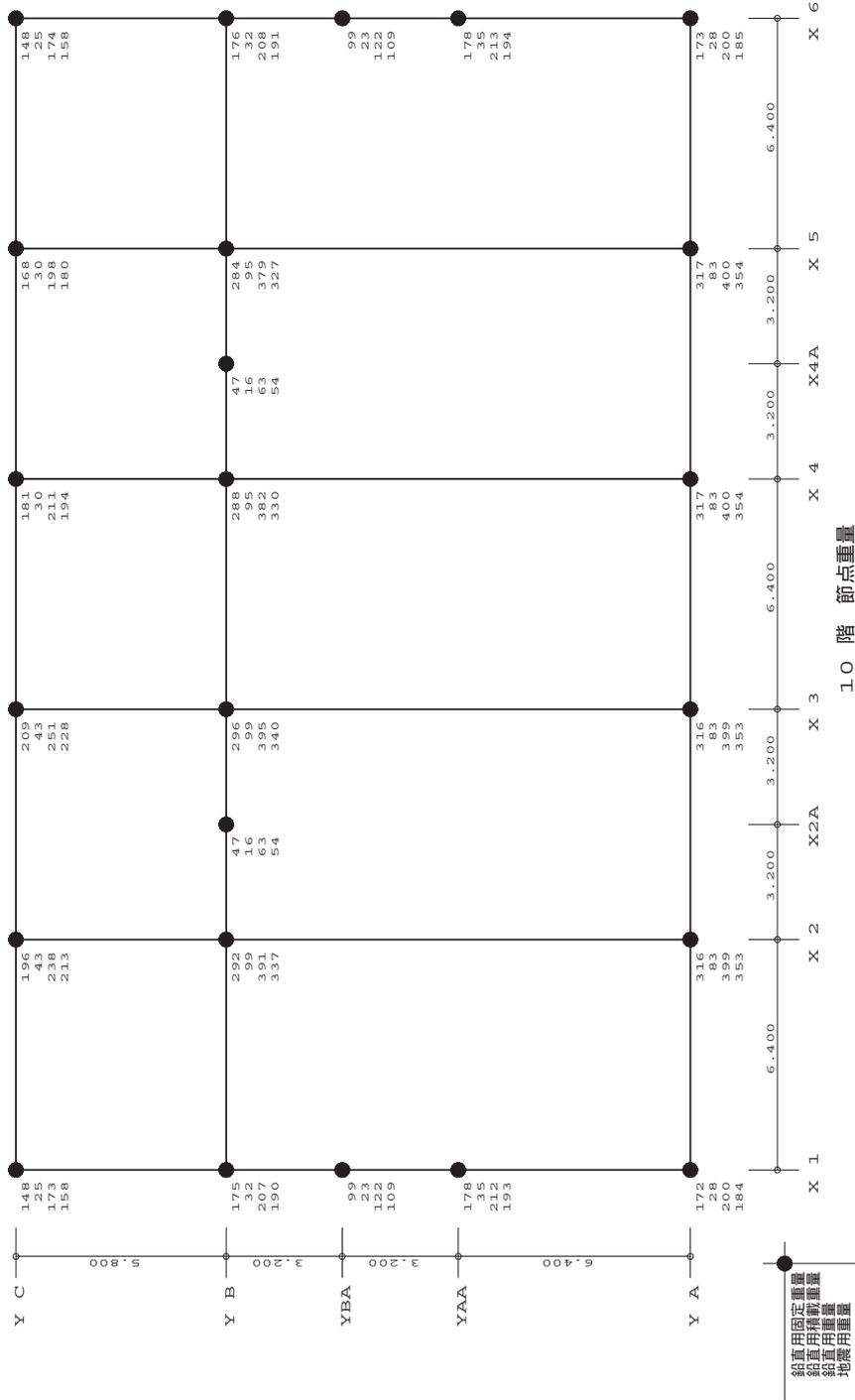


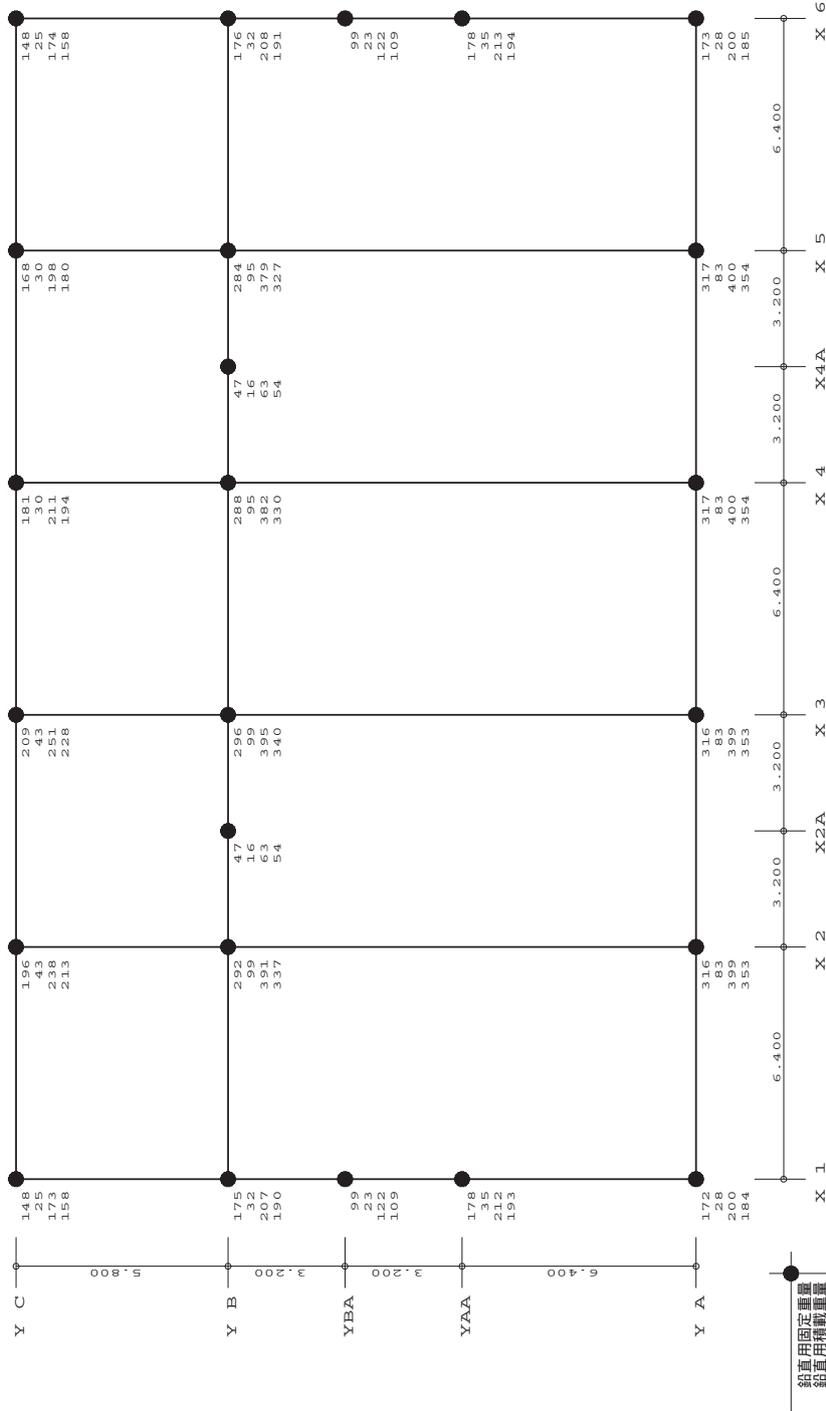
12階 節点重量

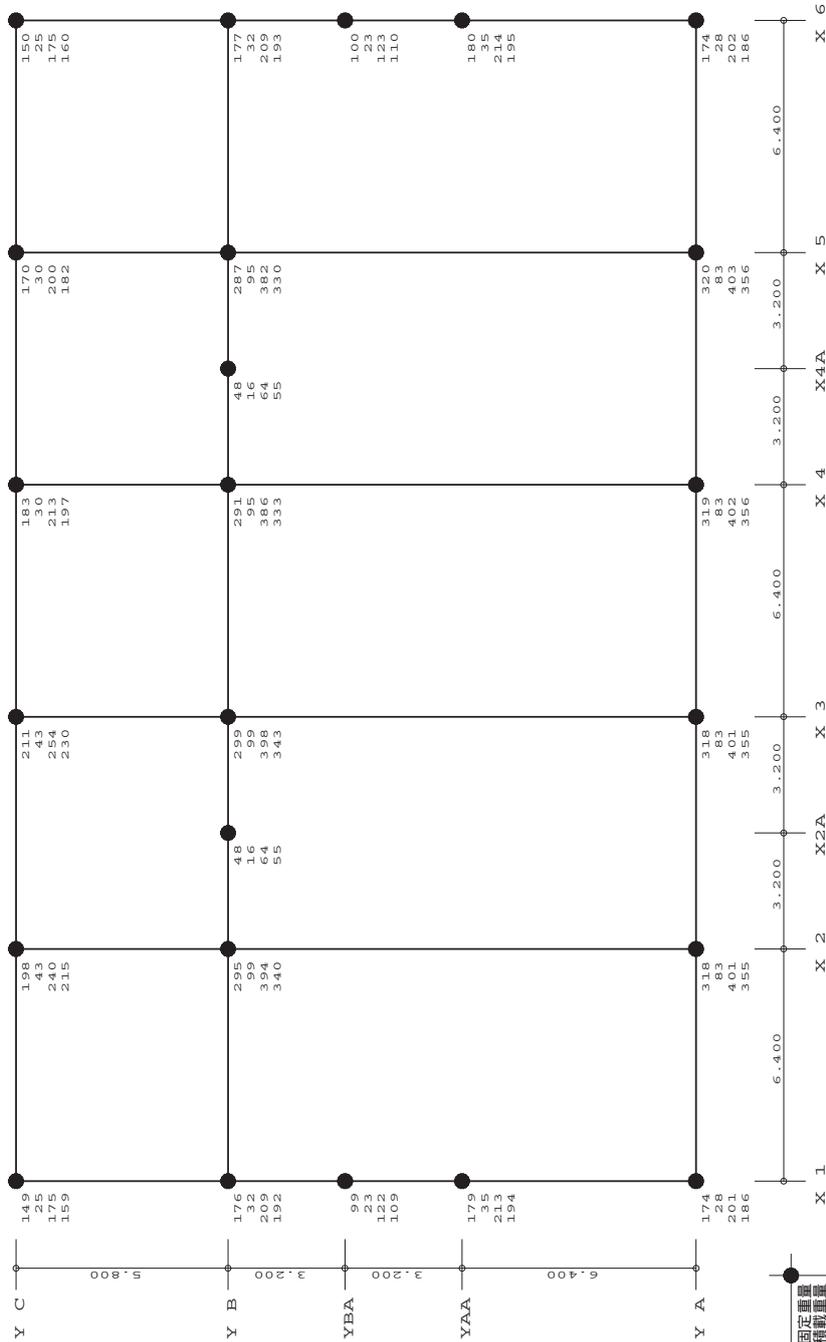
鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【 凡例 】
注 1 は柱部材
注 2 は節点を表す。



鉛直用固定重量
鉛直用構造重量
鉛直用地震重量
単位: kN
【凡例】
注. は柱部材
は節点を表す。

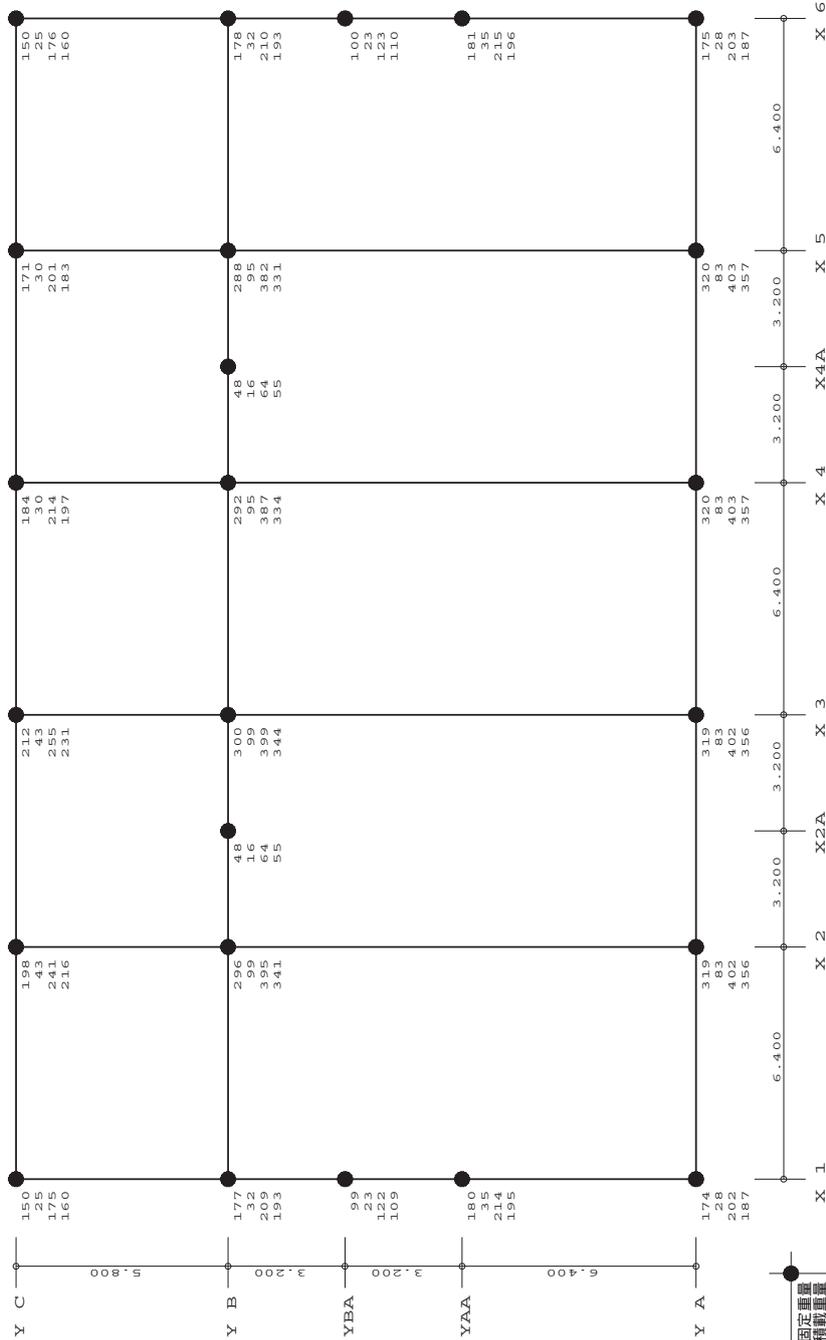






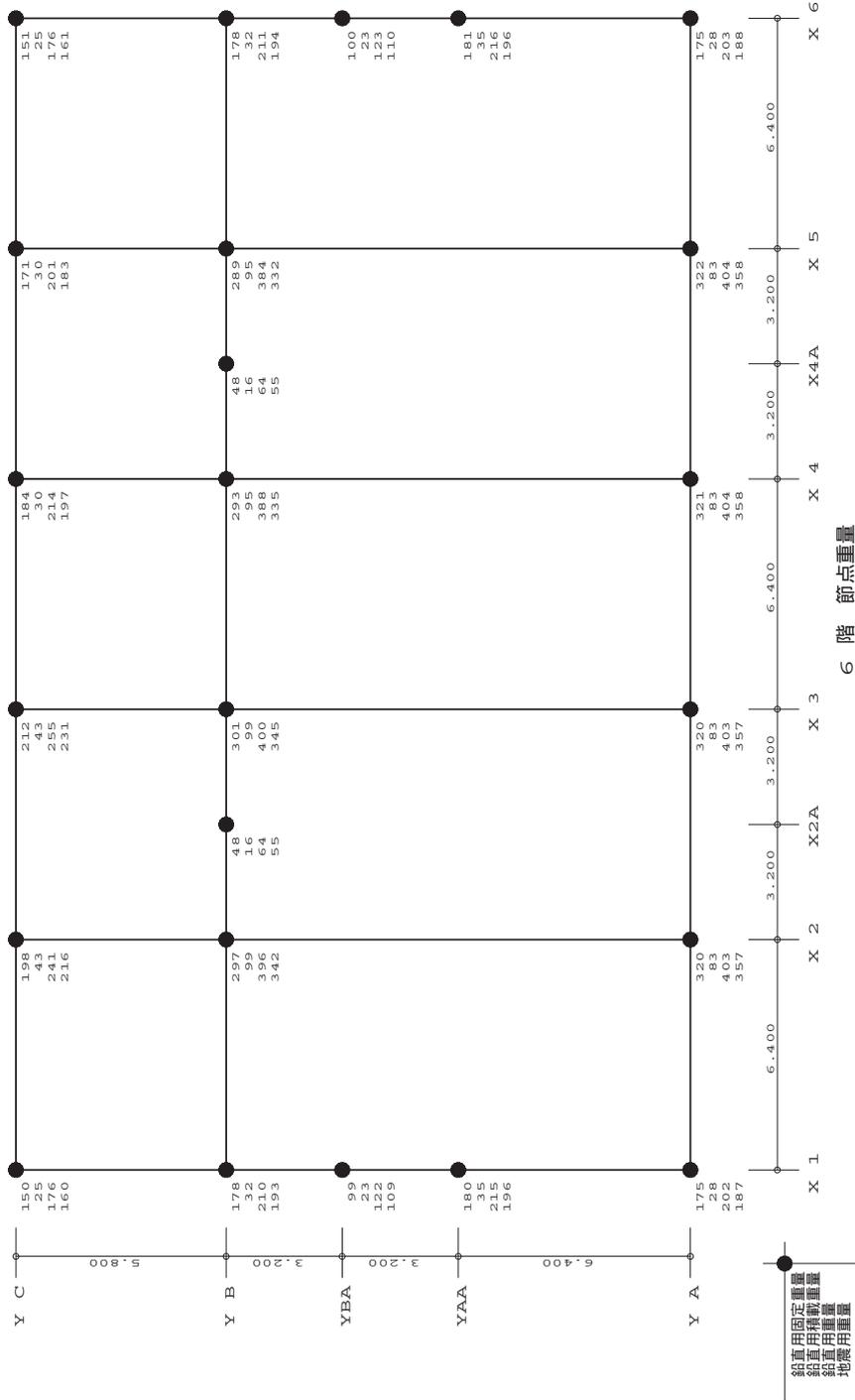
8階 節点重量

鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【凡例】
注：は柱部材
は節点を表す。

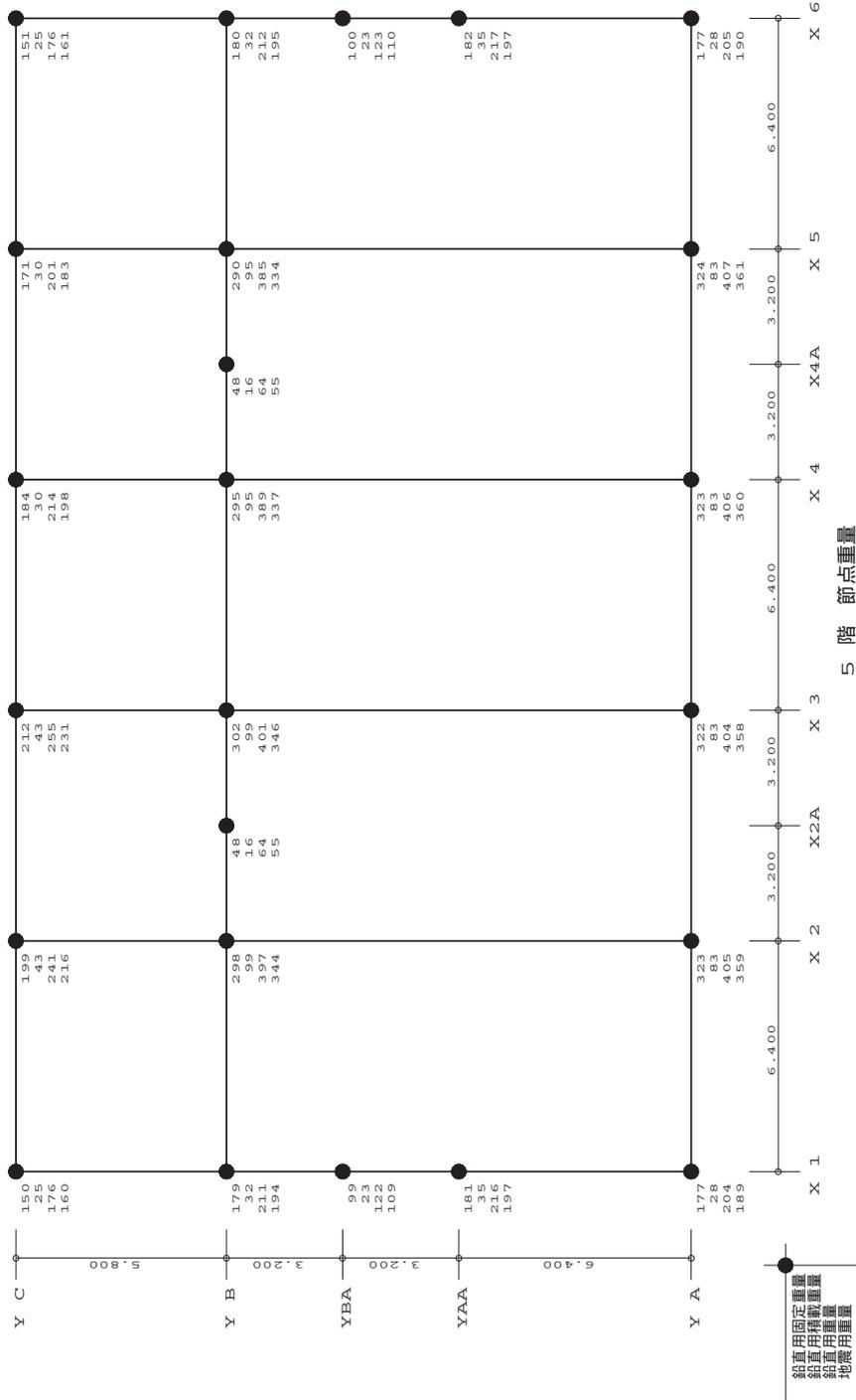


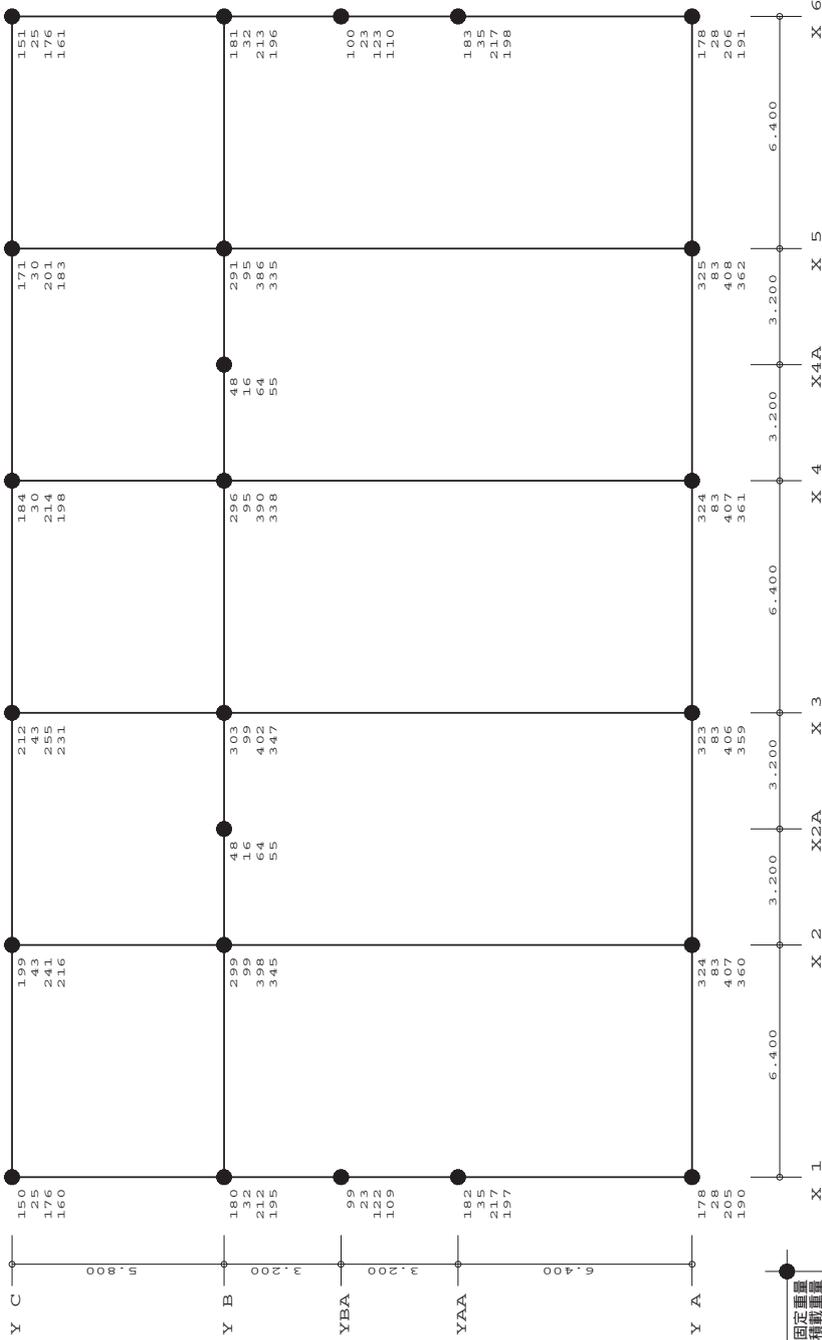
7階 節点重量

鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【凡例】
注：は柱部材
は節点を表す。



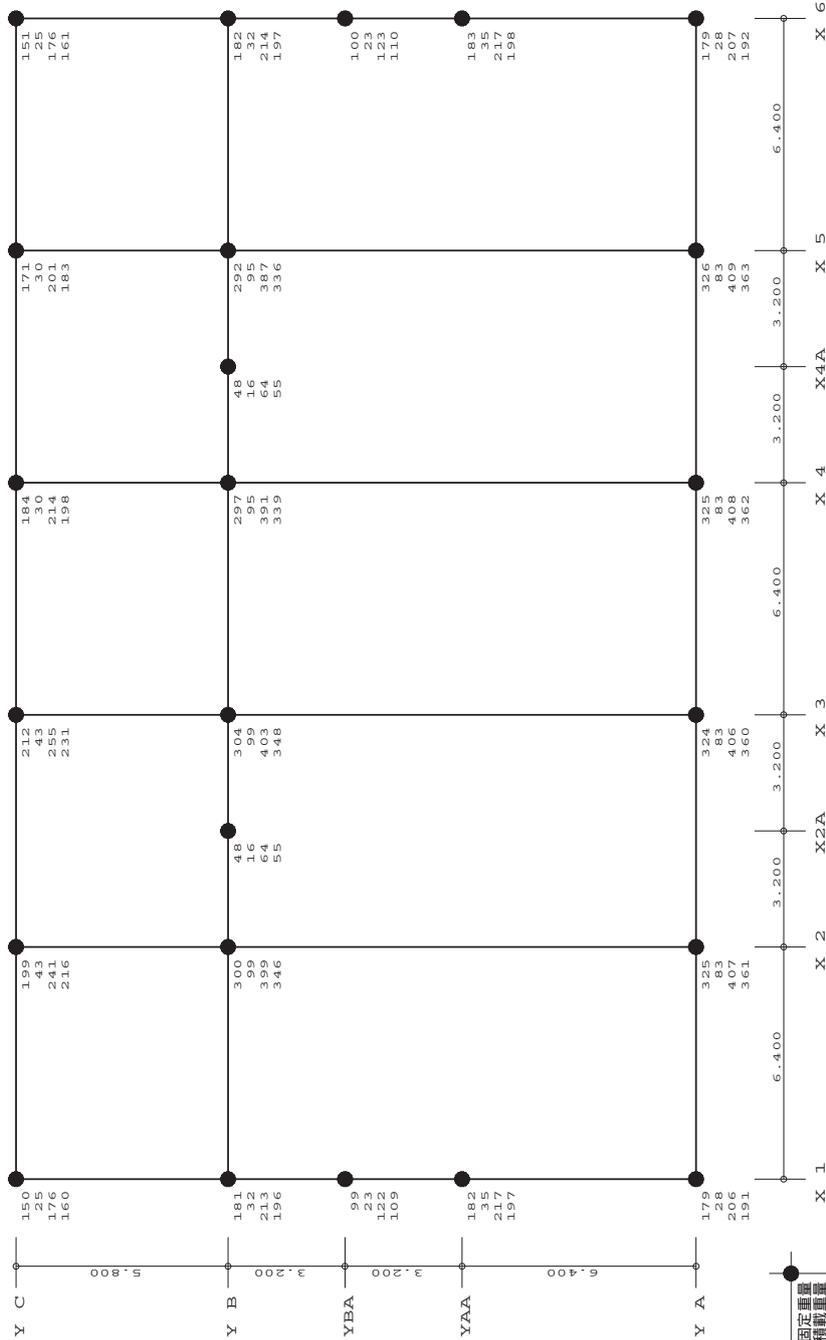
鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【 凡例 】
注 1 は柱部材
注 2 は節点を表す。





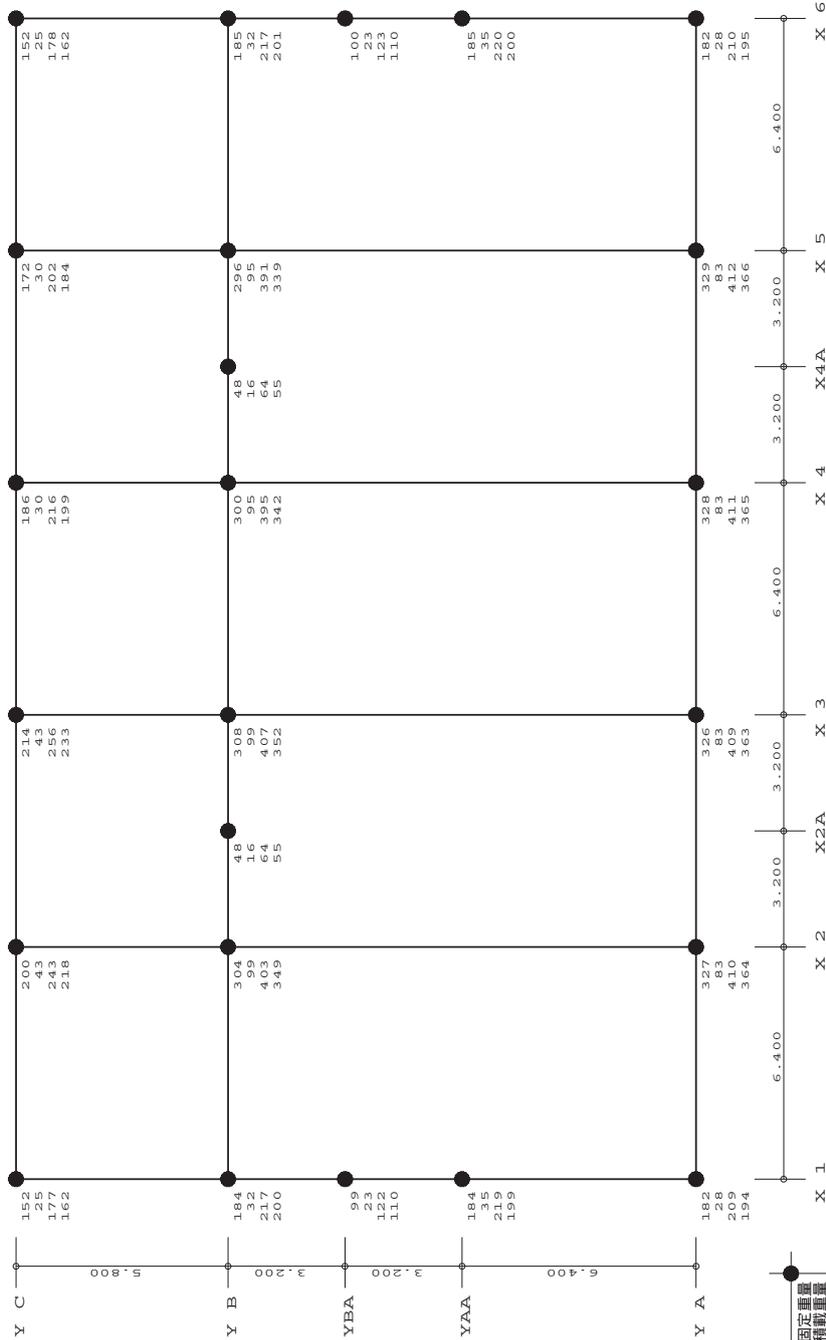
4 階 節点重量

鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【 凡例 】
は柱部材
注． は節点を表す。



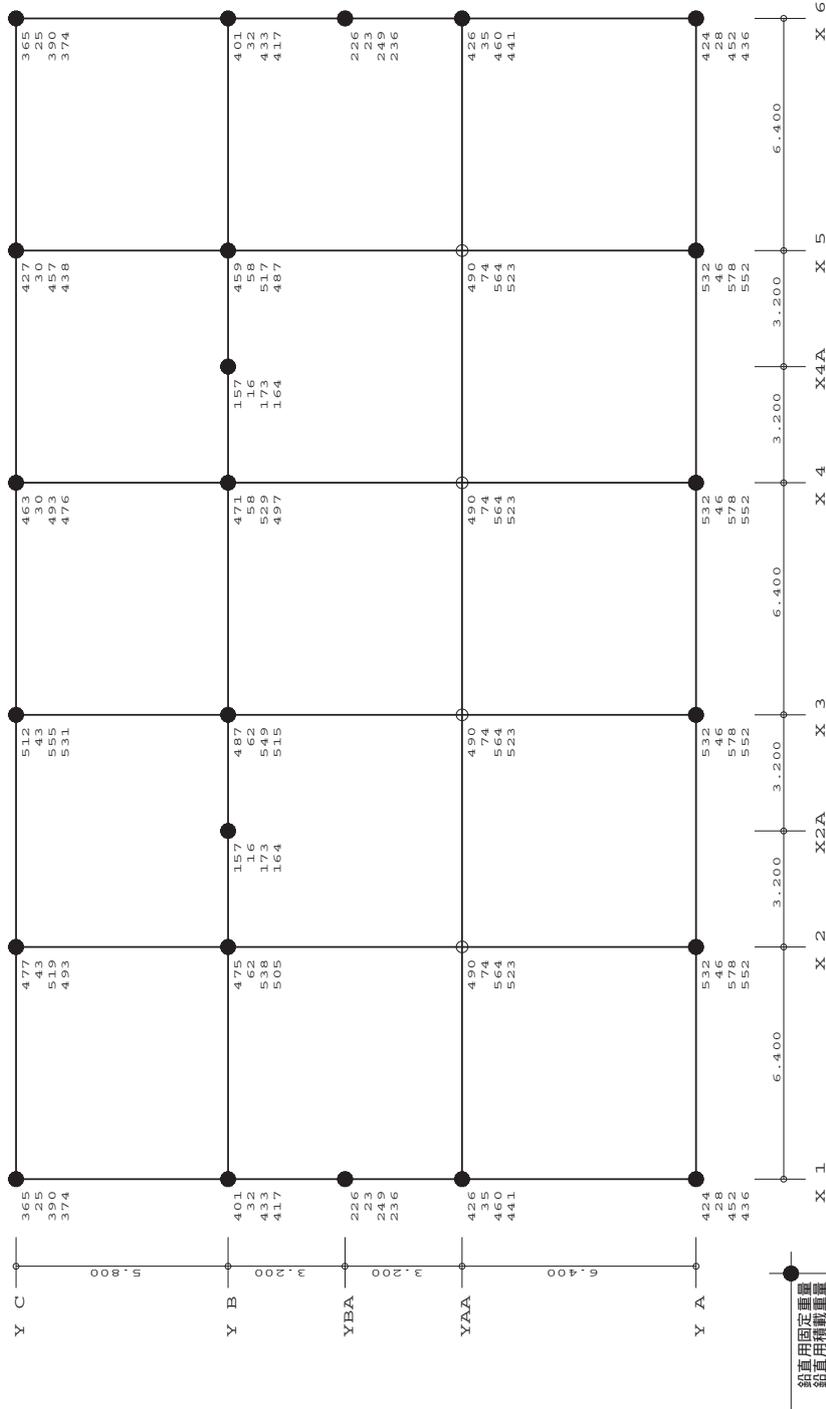
3階 節点重量

鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【凡例】
注：は柱部材
は節点を表す。



2階 節点重量

鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【凡例】
注. は柱部材
は節点を表す。



1 階 節点重量

鉛直用固定重量
鉛直用構載重量
鉛直用重量
地震用重量
単位：kN
【 凡例 】
注 . は柱部材
は節点を表す。

標準せん断力係数 = 0.200
 地域係数 = 1.000
 一次周期 (秒) = 1.701 【告示式】

地盤種別 = 2
 振動特性係数 = 0.564 【告示式】

<< X方向地震力 >>

階名	固定重量 (kN)	積載重量 (kN)	層重量 (kN)	総重量 (kN)	A _i 分布	層せん断力係数 (K)は震度表示	層せん断力 (kN)	震度	水平力 (kN)	スラブ面積 (a) (m ²)	層重量 / (a) (kN/m ²)
R	691	71	762	762		(K) 1.000	762	1.000	762	74	10.26
14	5110	863	5972	6734	2.830	0.319	2151	0.233	1389	595	10.03
13	4688	525	5213	11947	2.323	0.262	3133	0.188	982	595	8.76
12	4716	525	5242	17189	2.051	0.231	3979	0.161	845	595	8.81
11	4718	525	5243	22432	1.866	0.211	4724	0.142	746	595	8.81
10	4769	525	5294	27726	1.724	0.195	5395	0.127	670	595	8.89
9	4817	525	5343	33069	1.607	0.181	5998	0.113	603	595	8.98
8	4817	525	5343	38412	1.507	0.170	6533	0.100	535	595	8.98
7	4862	525	5387	43799	1.417	0.160	7008	0.088	475	595	9.05
6	4878	525	5403	49202	1.336	0.151	7422	0.077	415	595	9.08
5	4890	525	5416	54618	1.262	0.142	7778	0.066	356	595	9.10
4	4914	525	5440	60057	1.191	0.134	8077	0.055	299	595	9.14
3	4928	525	5453	65511	1.125	0.127	8318	0.044	242	595	9.16
2	4940	525	5465	70976	1.061	0.120	8504	0.034	185	595	9.18
1	4992	525	5517	76493	1.000	0.113	8634	0.024	130	595	9.27
B1	11856	525	12381	88874		(K) 0.100	9875	0.100	1241	595	20.80
基礎	28933	1190	30123	118997							

(注) スラブ面積はプログラム内で計算した床面積であり、階上部のスラブ面積(片持ちスラブ、吹抜け部分含む)の総和としている。

標準せん断力係数 = 0.200
 地域係数 = 1.000
 一次周期 (秒) = 1.701 【告示式】

地盤種別 = 2
 振動特性係数 = 0.564 【告示式】

<< Y方向 地震力 >>

階名	固定重量 (kN)	積載重量 (kN)	層重量 (kN)	総重量 (kN)	Ai分布	層せん断力係数 (K)は震度表示	層せん断力 (kN)	震度	水平力 (kN)	スラブ面積 (a) (m2)	層重量 / (a) (kN/m2)
R	691	71	762	762		1.000	762	1.000	762	74	10.26
14	5110	863	5972	6734	2.830	0.319	2151	0.233	1389	595	10.03
13	4688	525	5213	11947	2.323	0.262	3133	0.188	982	595	8.76
12	4716	525	5242	17189	2.051	0.231	3979	0.161	845	595	8.81
11	4718	525	5243	22432	1.866	0.211	4724	0.142	746	595	8.81
10	4769	525	5294	27726	1.724	0.195	5395	0.127	670	595	8.89
9	4817	525	5343	33069	1.607	0.181	5998	0.113	603	595	8.98
8	4817	525	5343	38412	1.507	0.170	6533	0.100	535	595	8.98
7	4862	525	5387	43799	1.417	0.160	7008	0.088	475	595	9.05
6	4878	525	5403	49202	1.336	0.151	7422	0.077	415	595	9.08
5	4890	525	5416	54618	1.262	0.142	7778	0.066	356	595	9.10
4	4914	525	5440	60057	1.191	0.134	8077	0.055	299	595	9.14
3	4928	525	5453	65511	1.125	0.127	8318	0.044	242	595	9.16
2	4940	525	5465	70976	1.061	0.120	8504	0.034	185	595	9.18
1	4992	525	5517	76493	1.000	0.113	8634	0.024	130	595	9.27
B1	11856	525	12381	88874		0.100	9875	0.100	1241	595	20.80
基礎	28933	1190	30123	118997							

(注) スラブ面積はプログラム内で計算した床面積であり、階上部のスラブ面積 (片持ちスラブ、吹抜け部分含む) の総和としている。

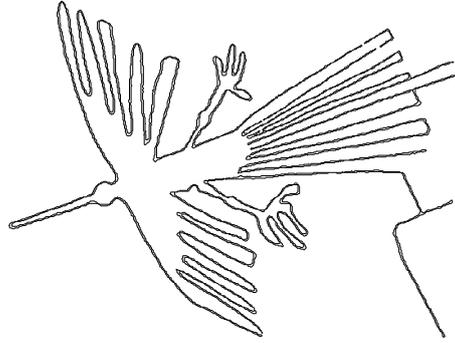
0 . 構造基本事項編

件 名 構造最適化プログラム開発・保守

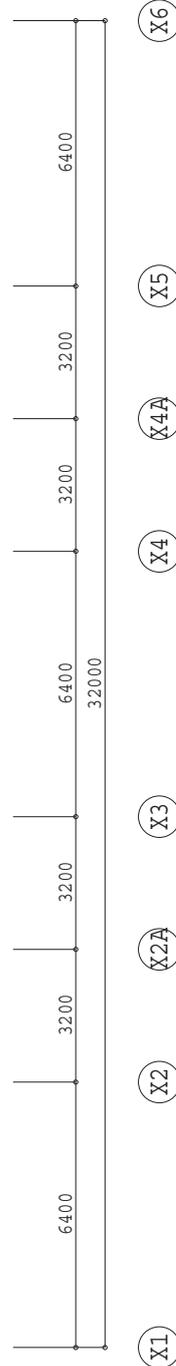
ケース名 Chapter 5 : Target Building

目 次

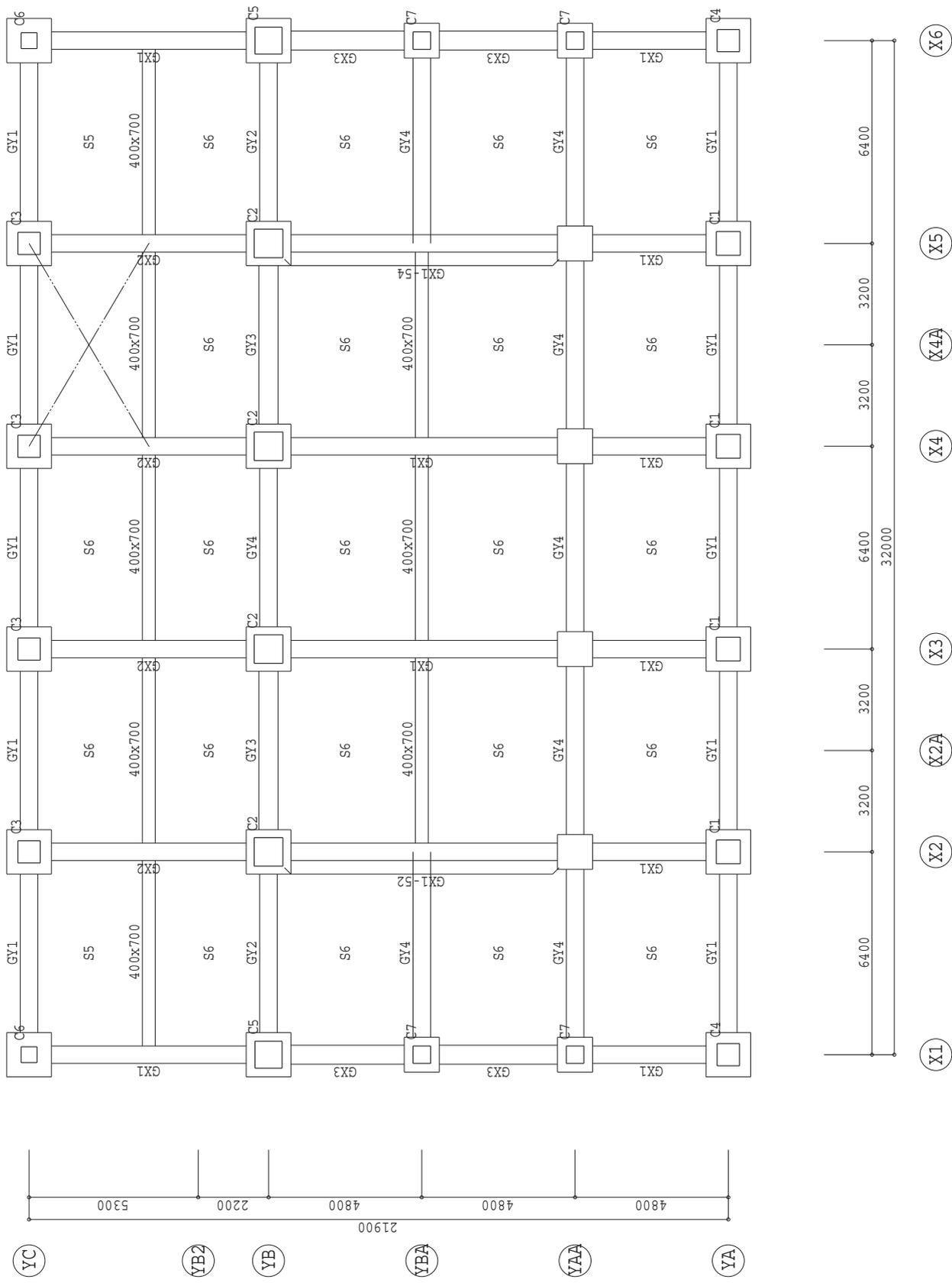
<< 略伏図、略軸組図 >>	
(1- 1) 略伏図	1 - 27
(1- 2) 略軸組図	28 - 35
<< 床荷重表、各種断面リスト >>	
(2- 1) 床荷重表	36 - 36
(2- 2) 鉄骨断面リスト (柱部材)	37 - 38
(2- 3) 鉄骨断面リスト (大梁部材)	39 - 40
(2- 4) 鉄筋コンクリート断面リスト (柱部材)	
(2- 5) 鉄筋コンクリート断面リスト (大梁部材)	
(2- 6) 鉄筋コンクリート断面リスト (壁部材)	
(2- 7) プレース断面表&断面リスト	
(2- 8) 1部材評価による構成部材の断面部位	41 - 42
<< 各種入力データ >>	
(3- 1) 使用材料および許容応力度	43 - 47
(3- 2) 追加節点、追加部材および追加断面リスト	
(3- 3) 部材の使用材質一覧 (軸組形式出力)	
(3- 4) 入力データのエコープリント	



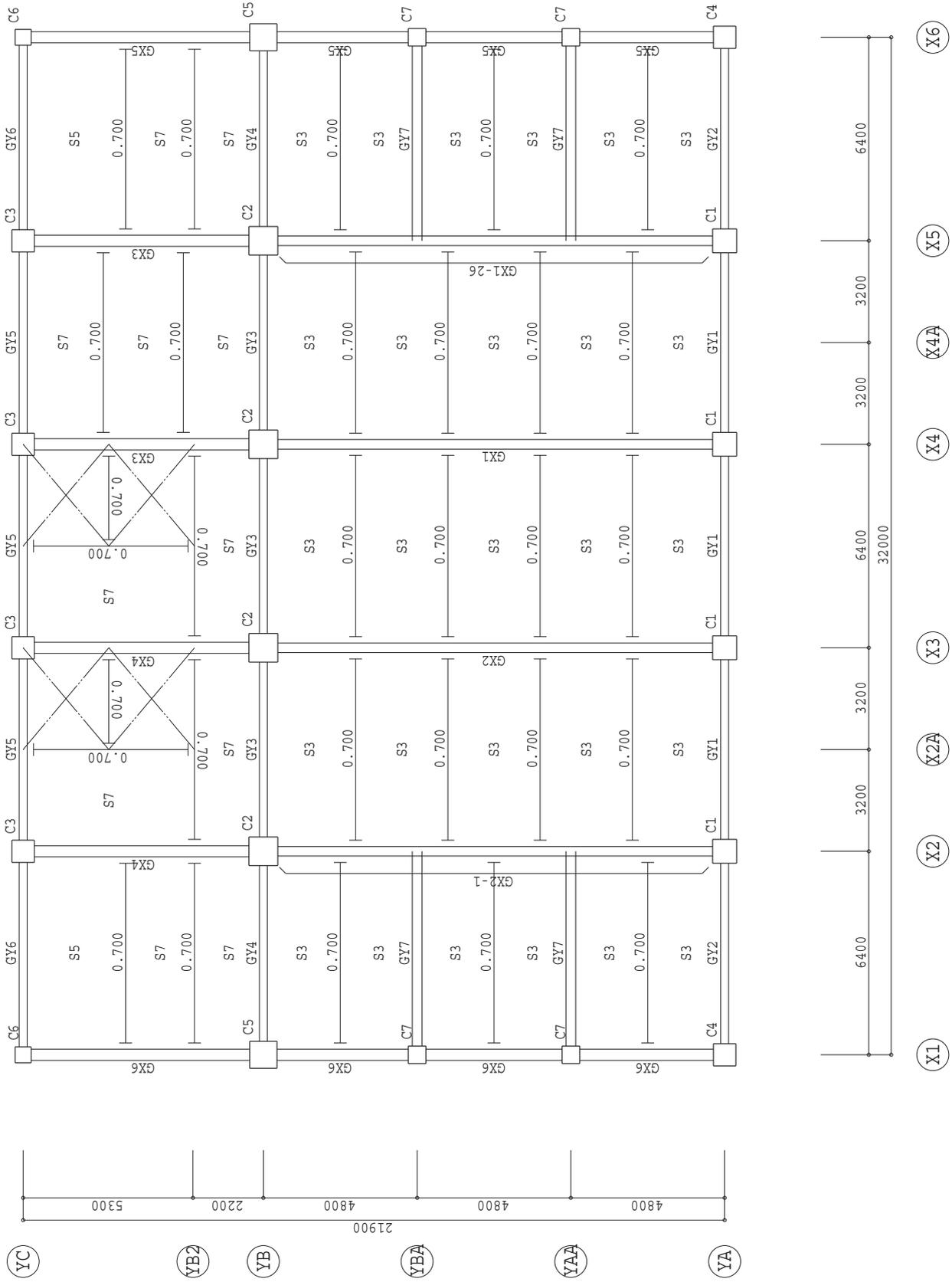
Nihon sekkei
Auto
Structural
Analysis
for building design.



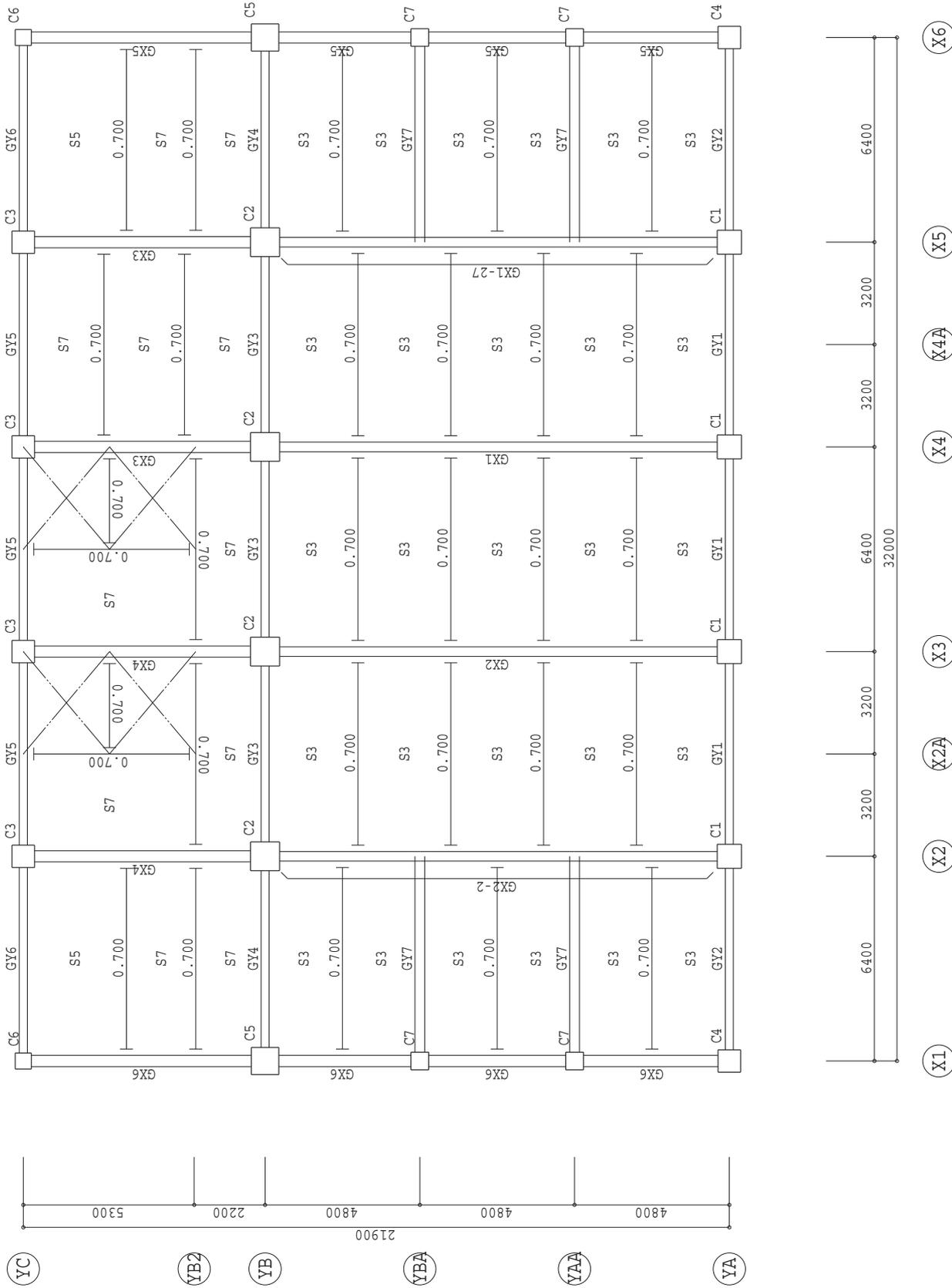
B1階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



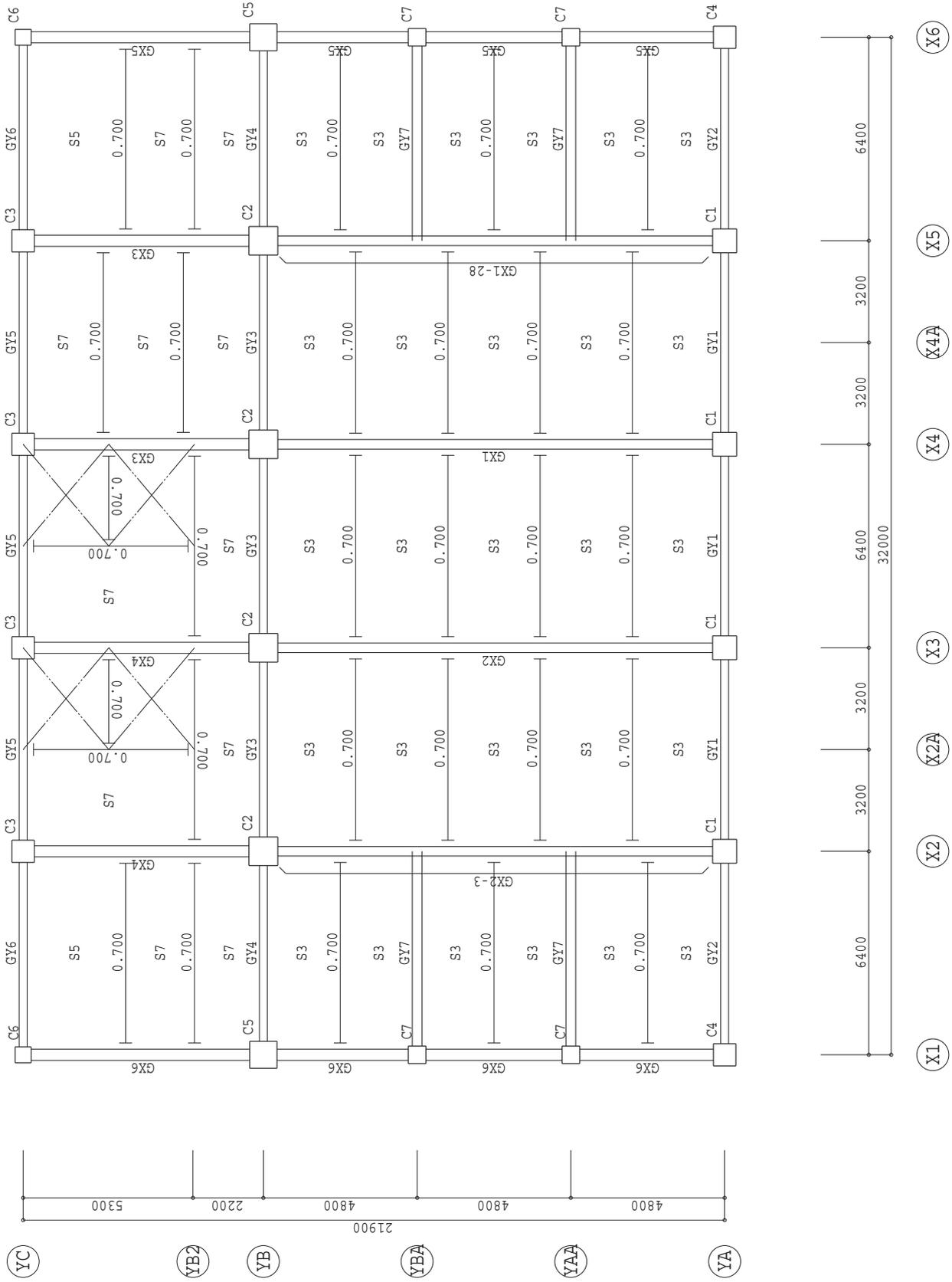
1階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 符号 - ○は 1 部材指定。○は順序番号



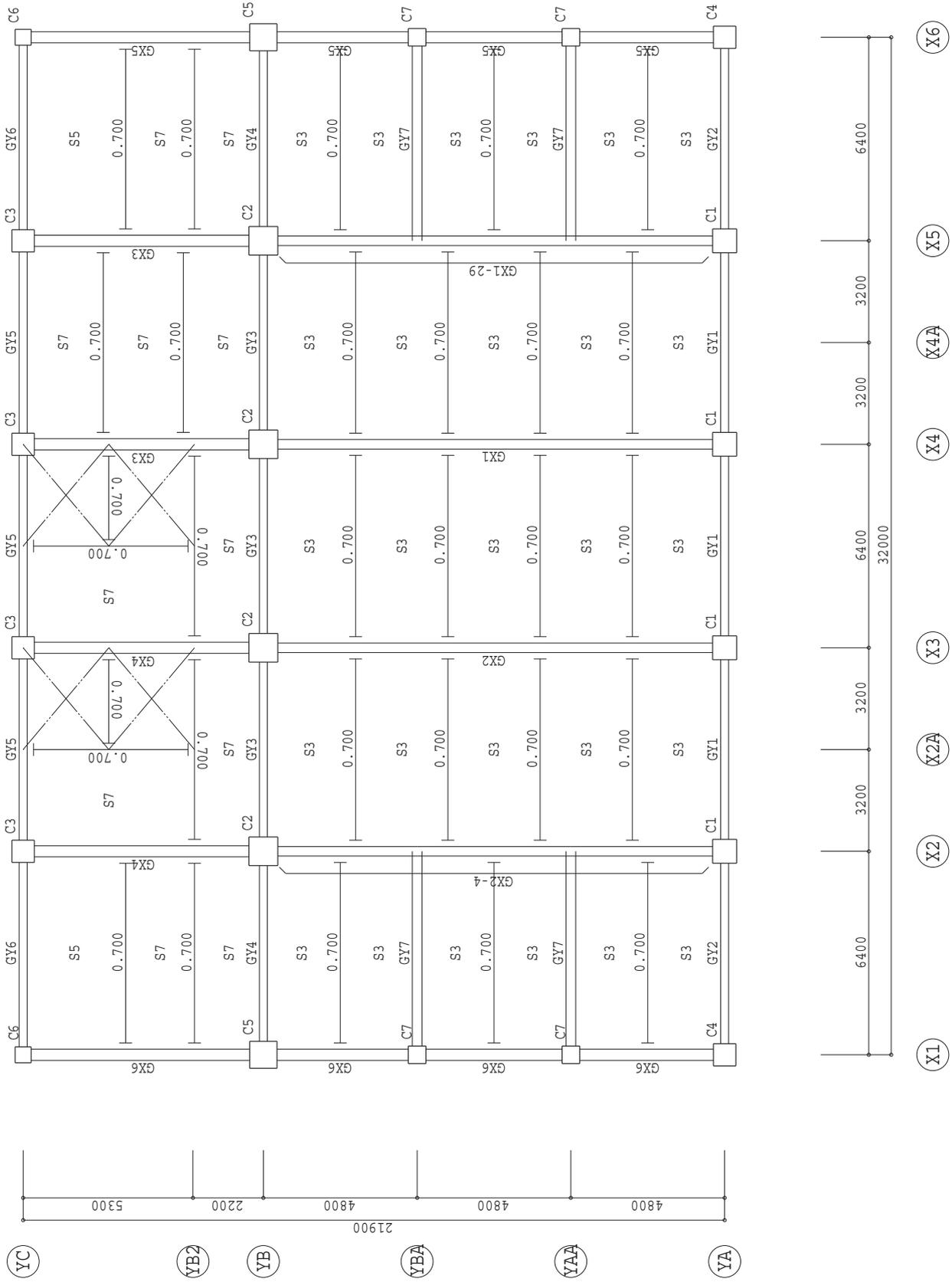
2階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



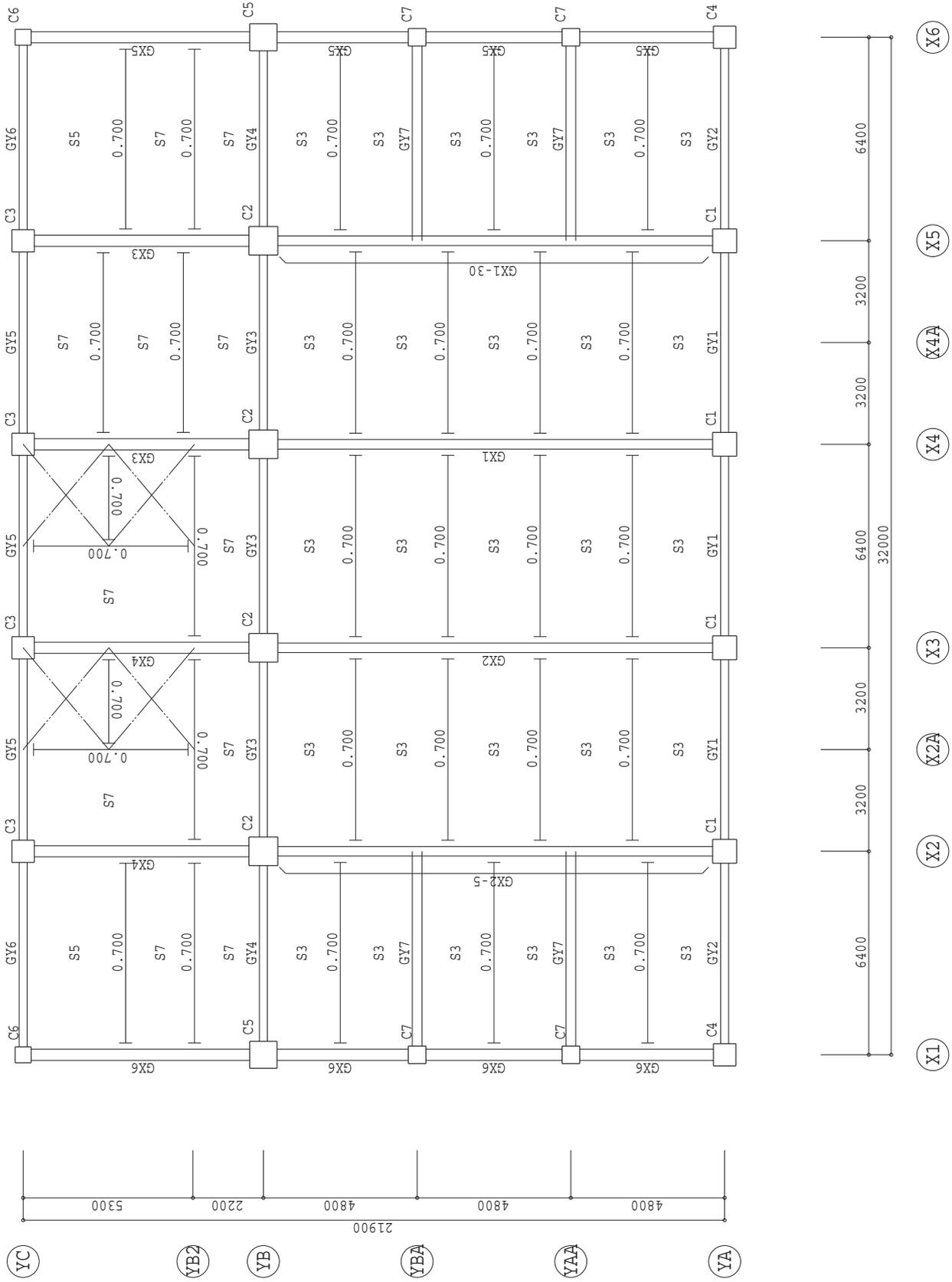
3階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



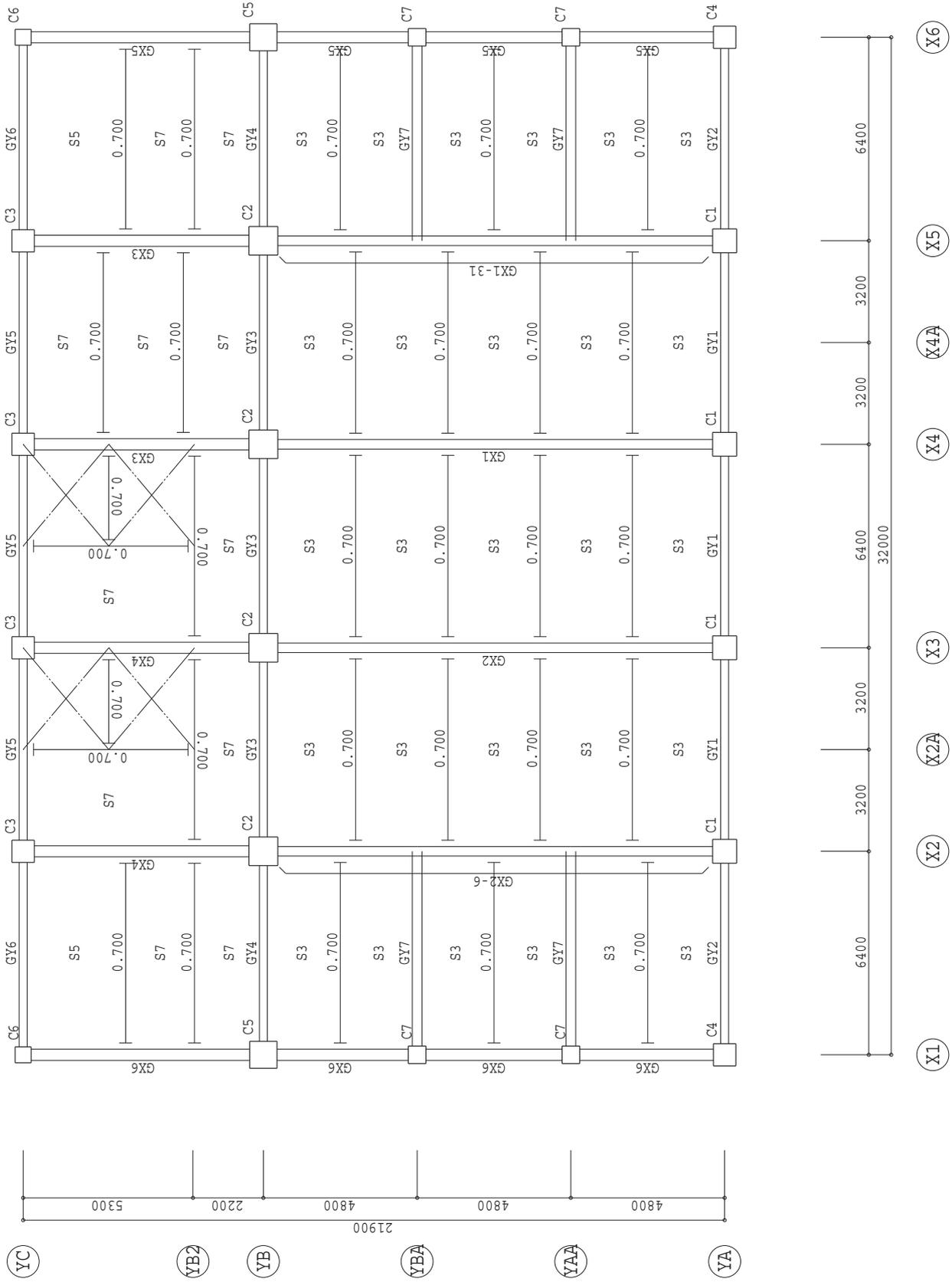
4階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



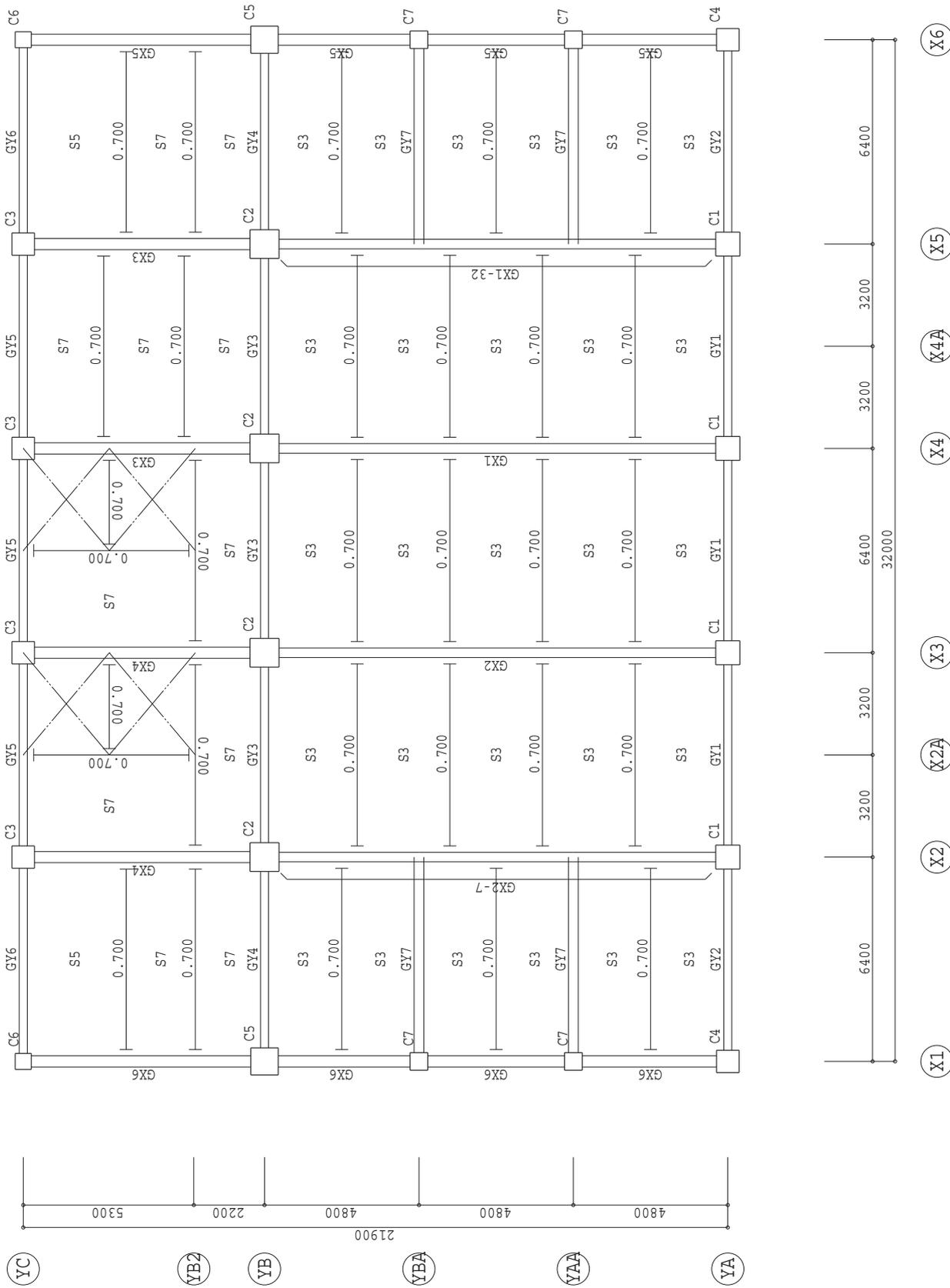
5階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号



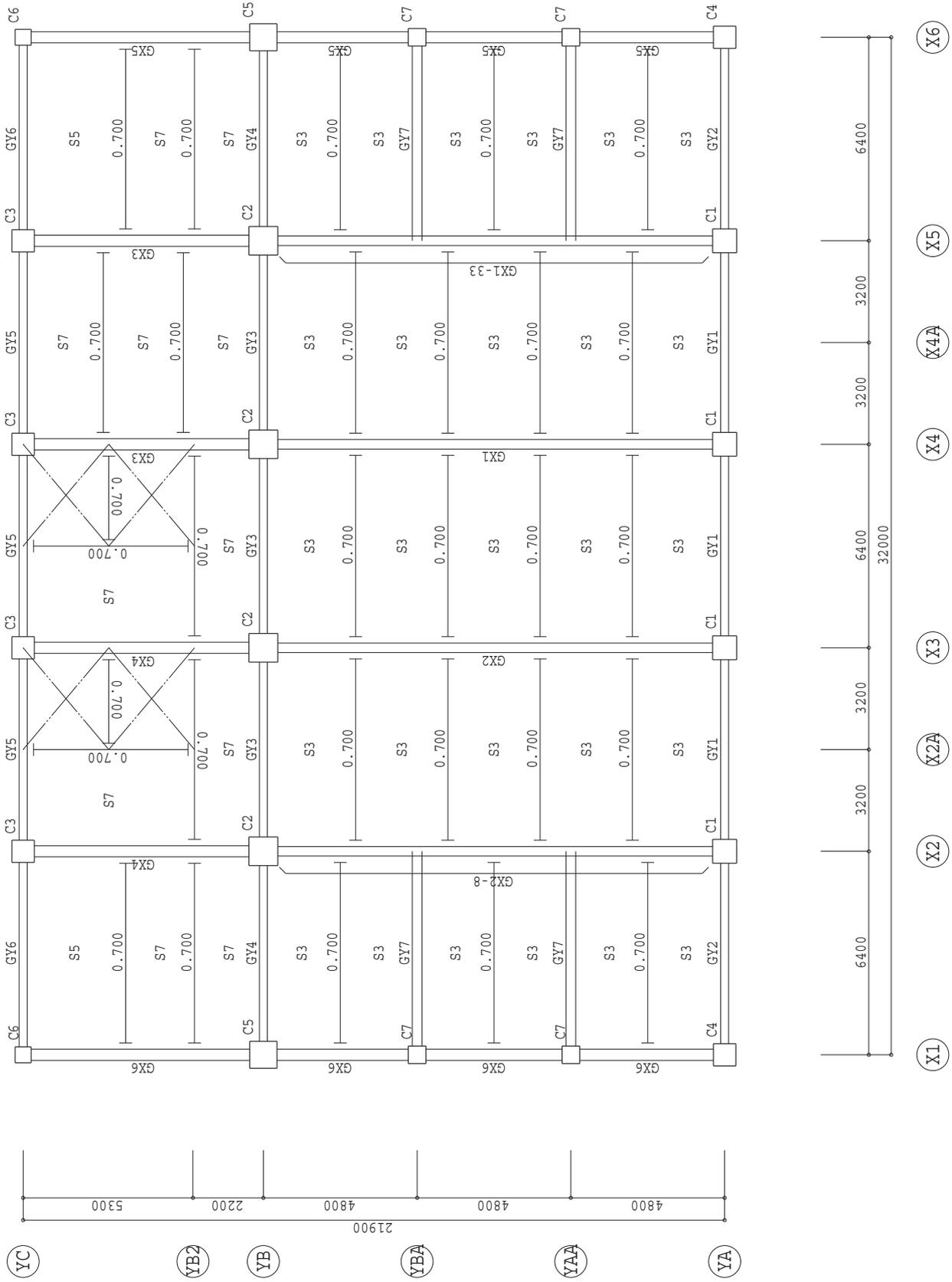
6階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



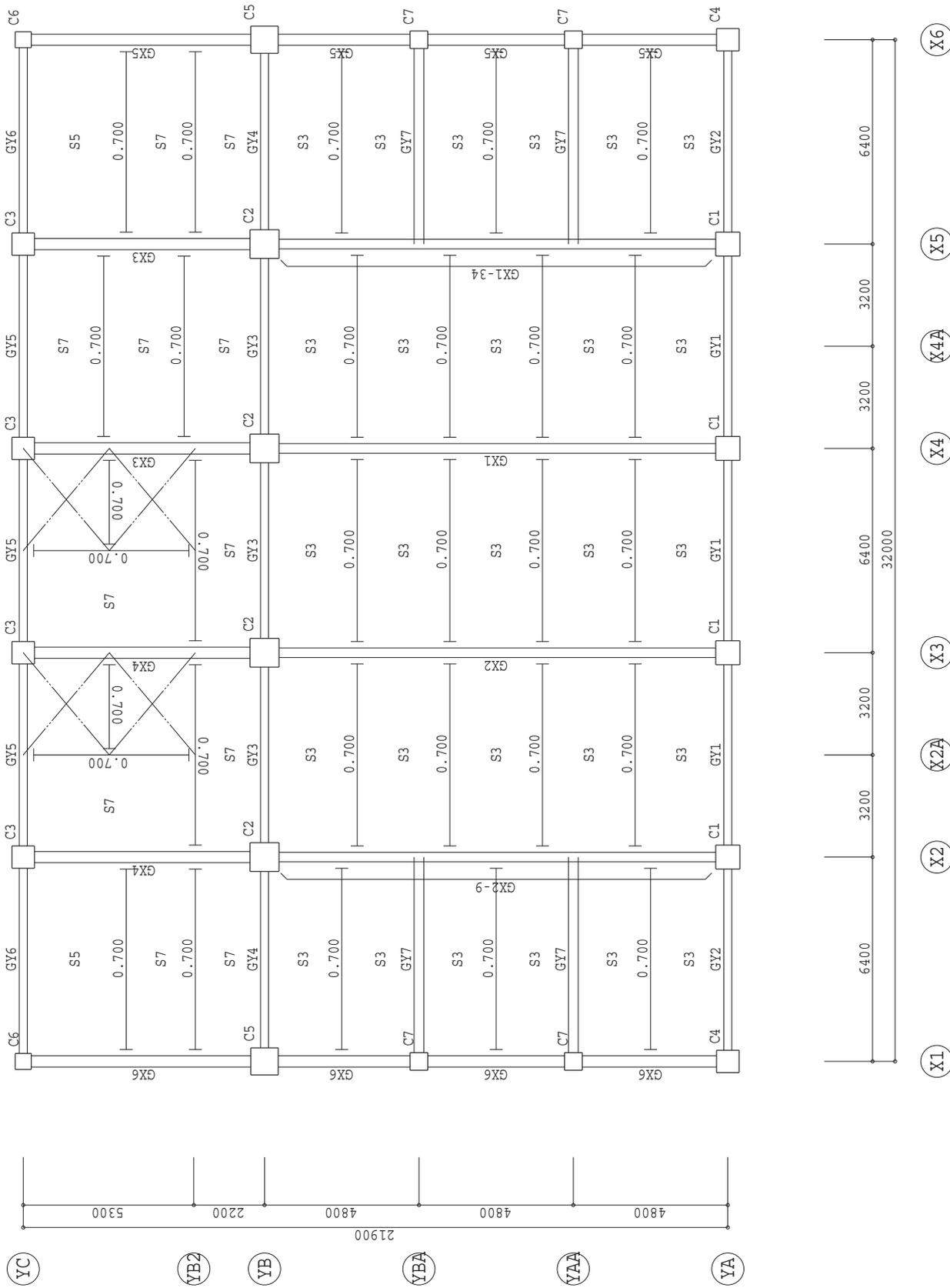
7階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



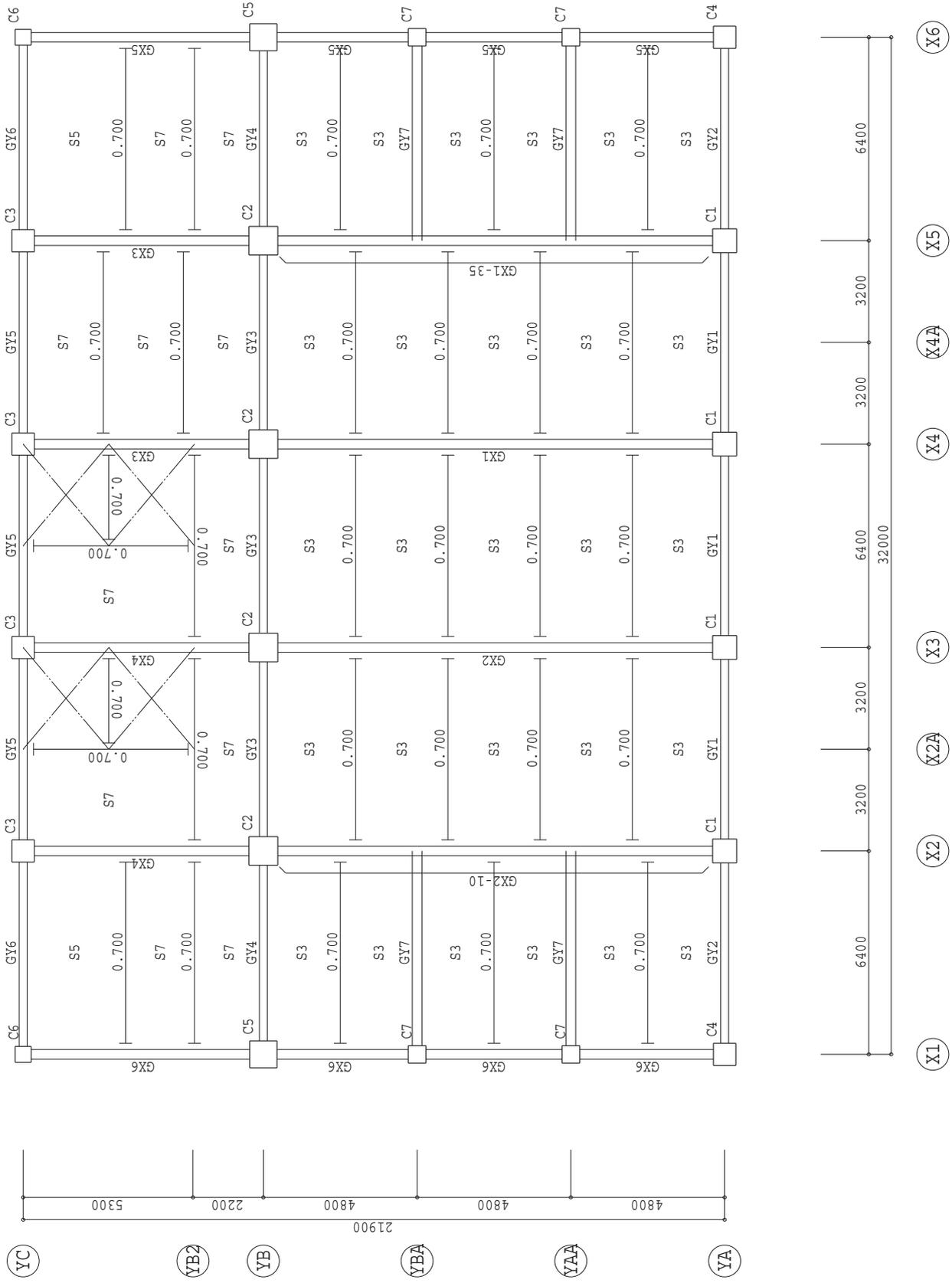
8階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号



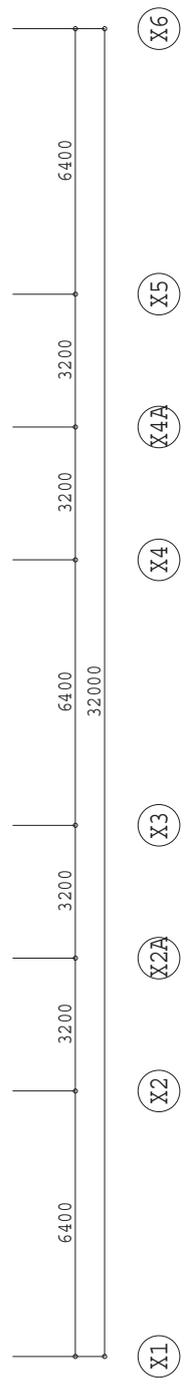
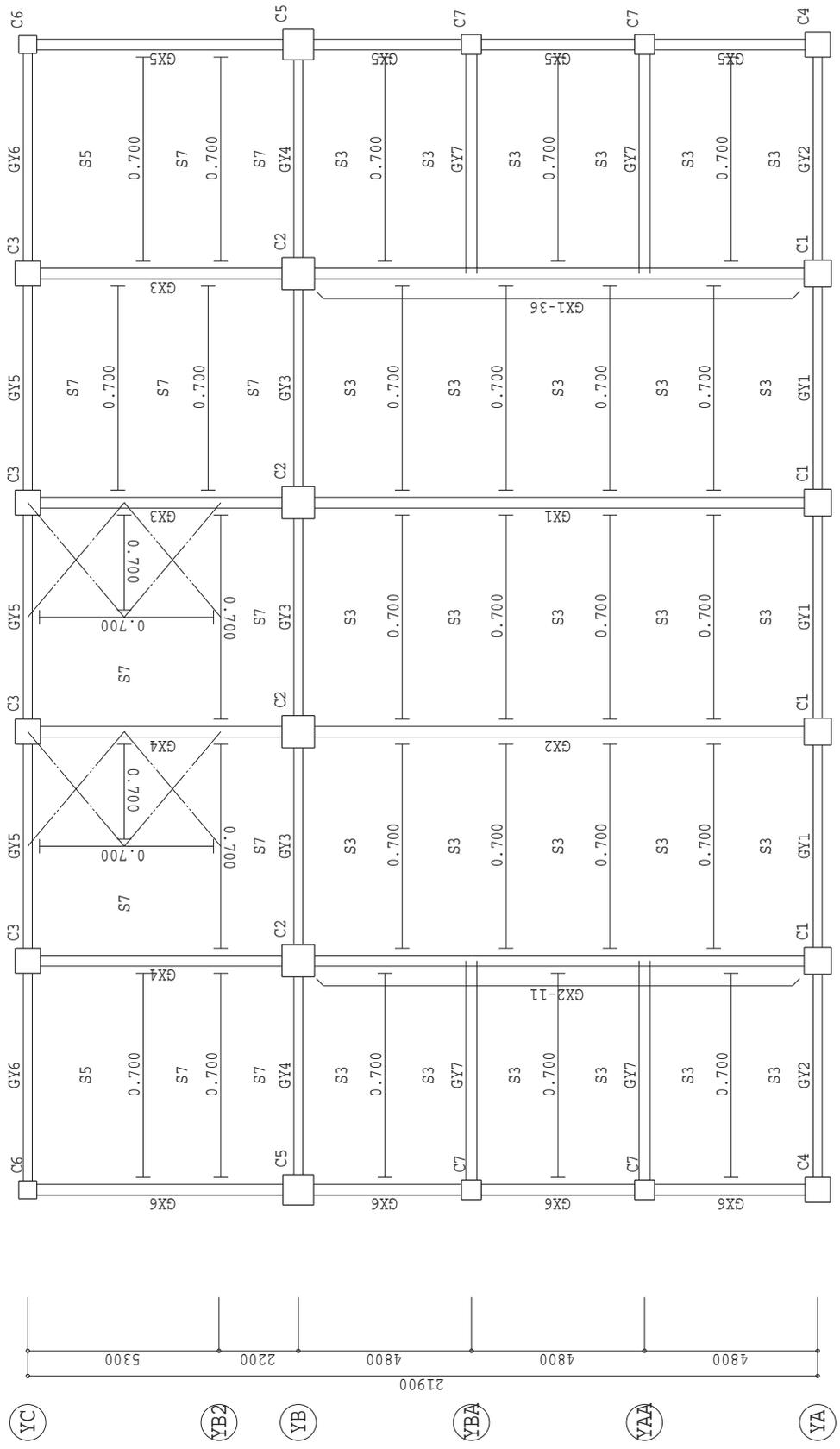
9階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



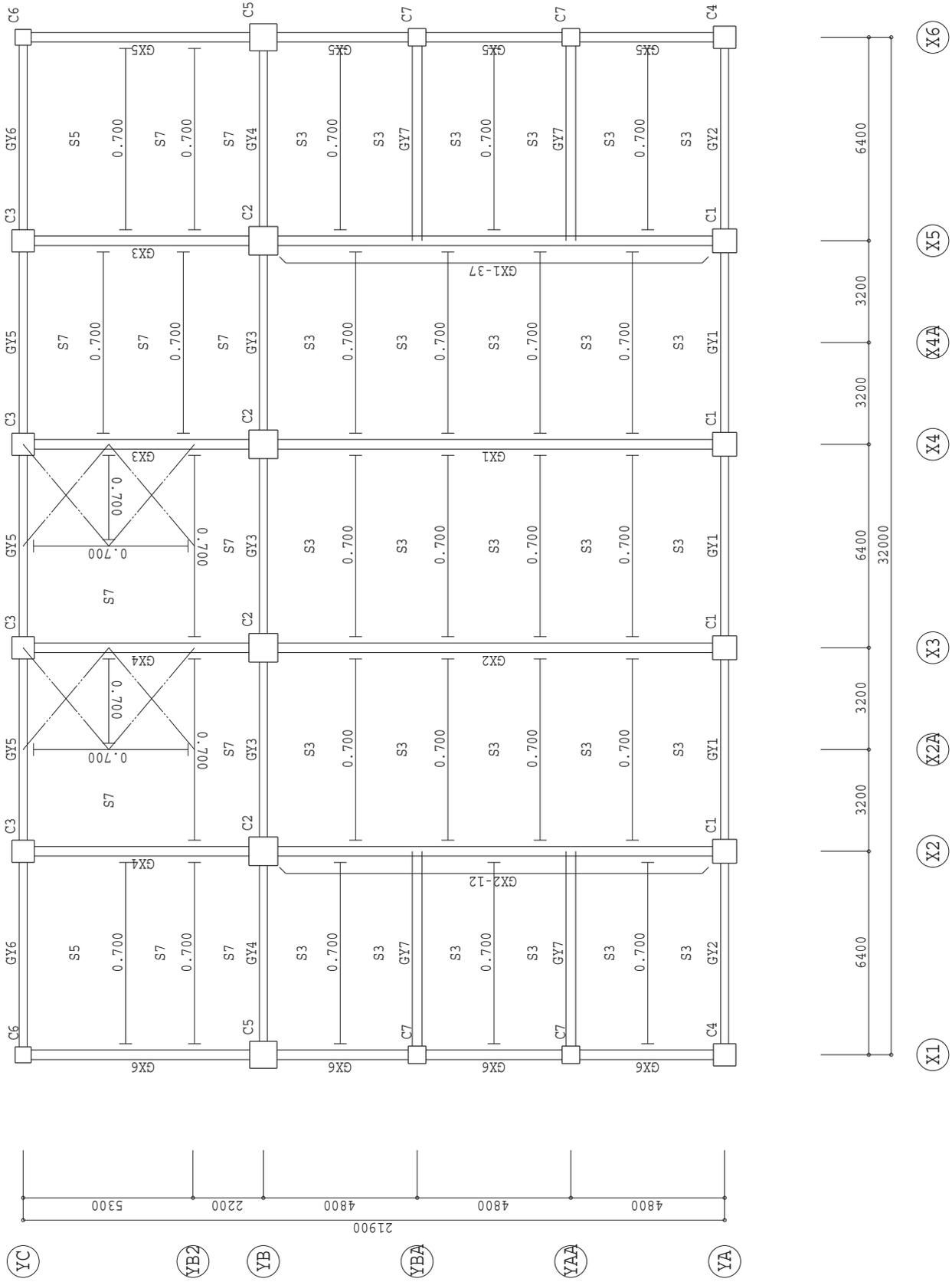
10階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



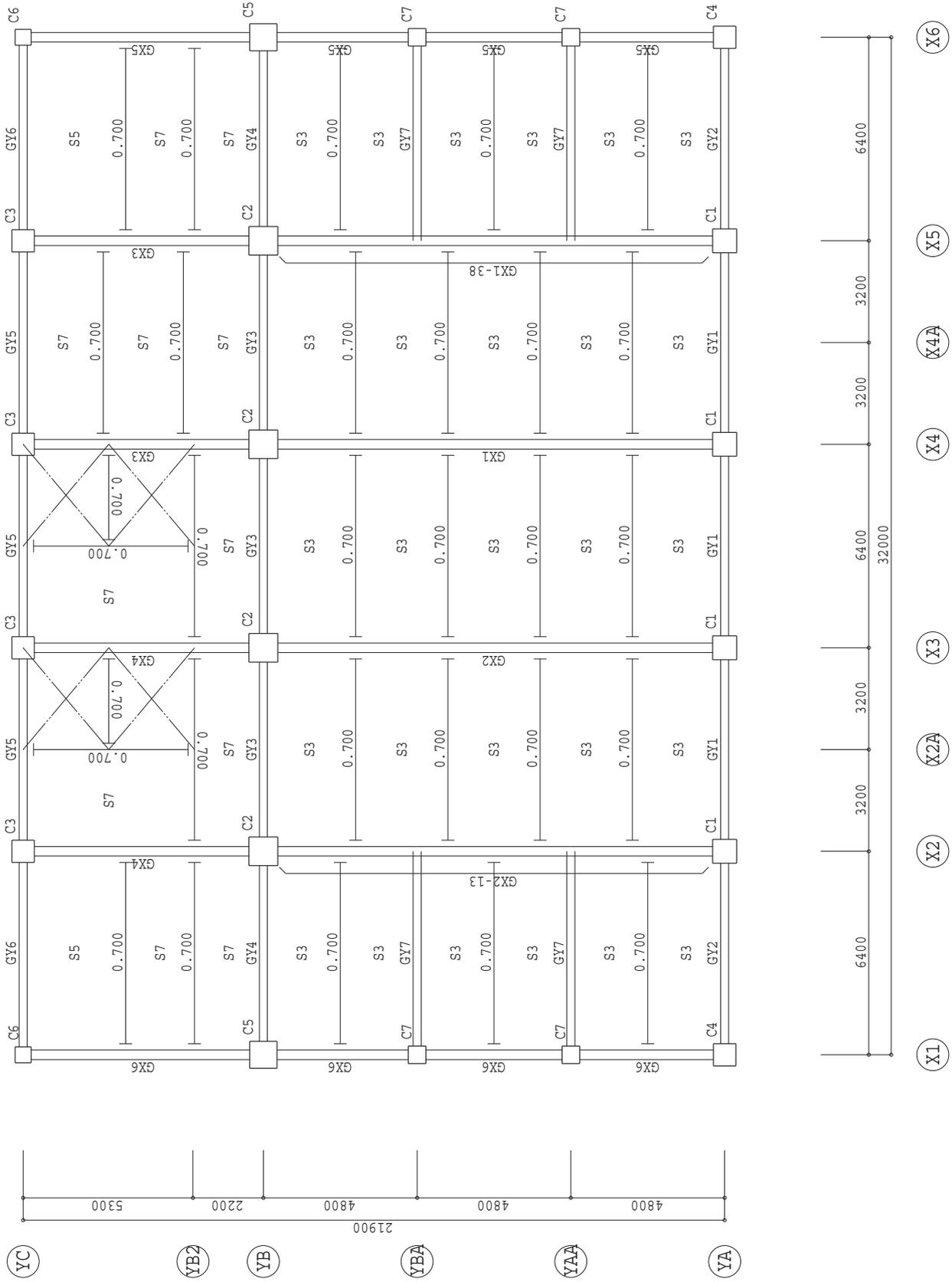
11階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。○は順序番号



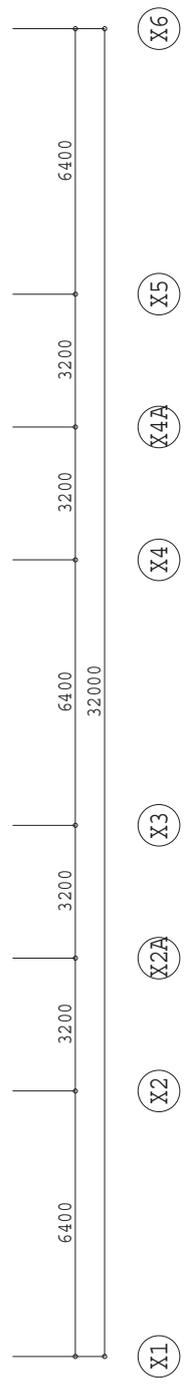
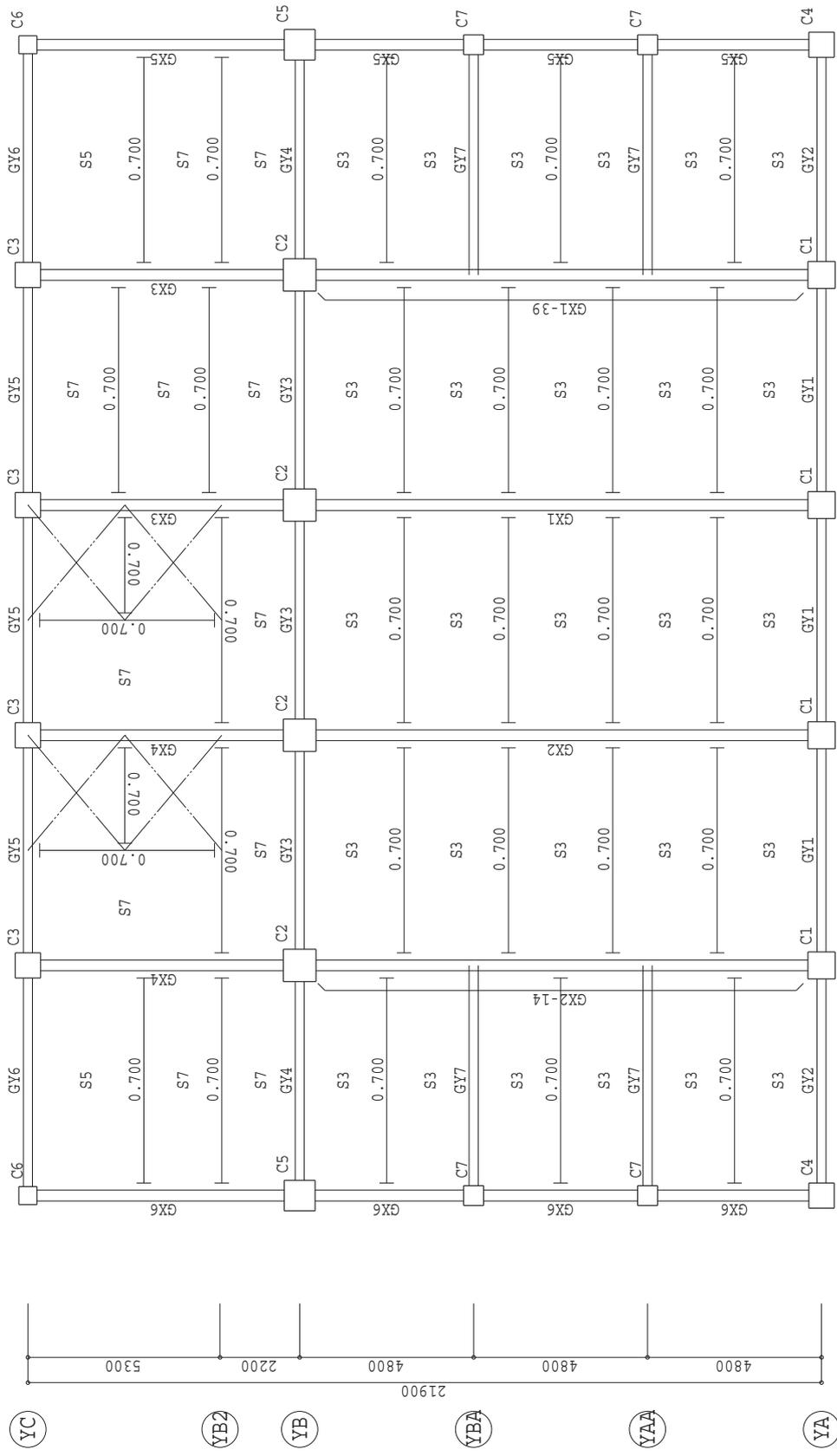
12階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



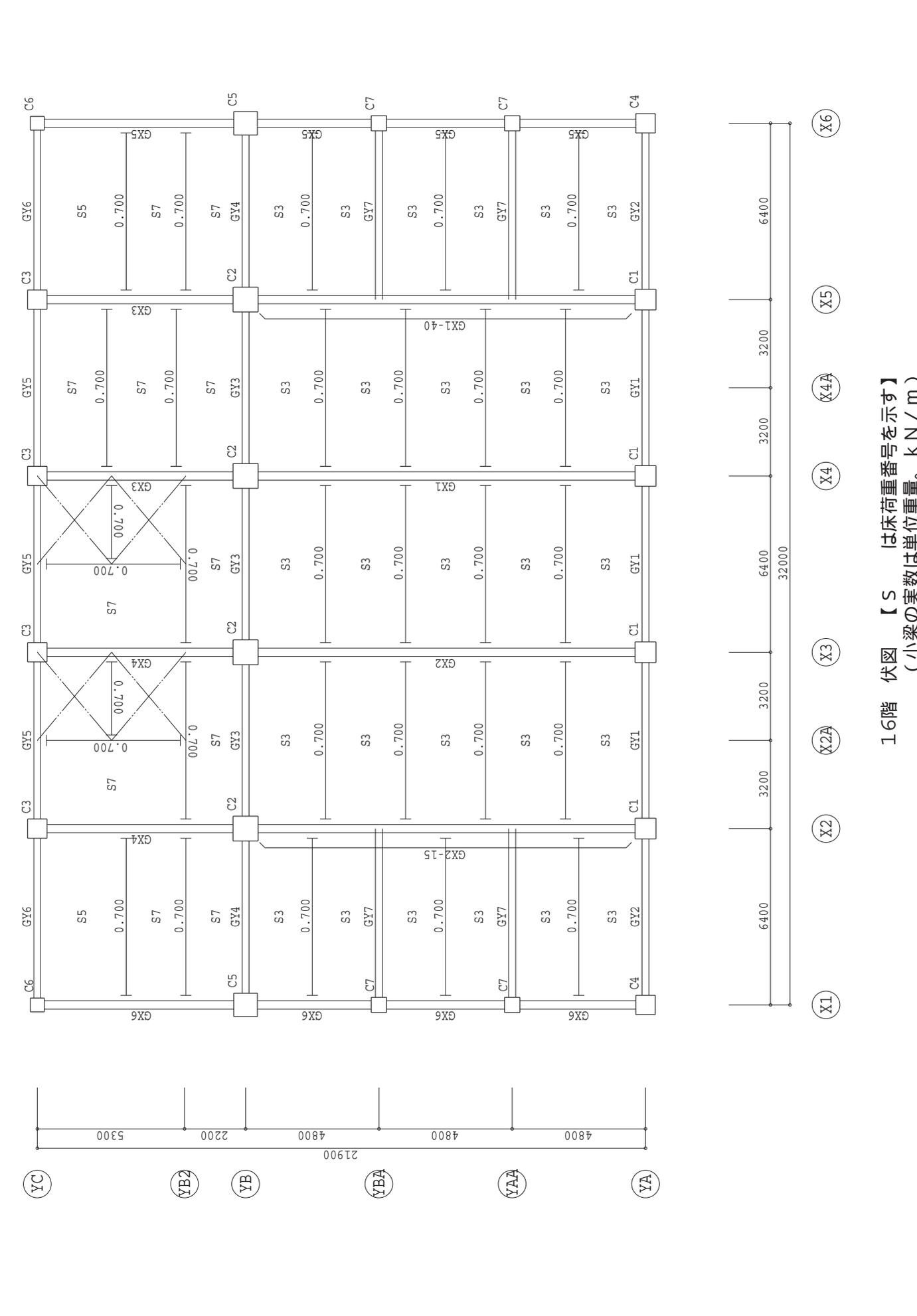
1.3階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号

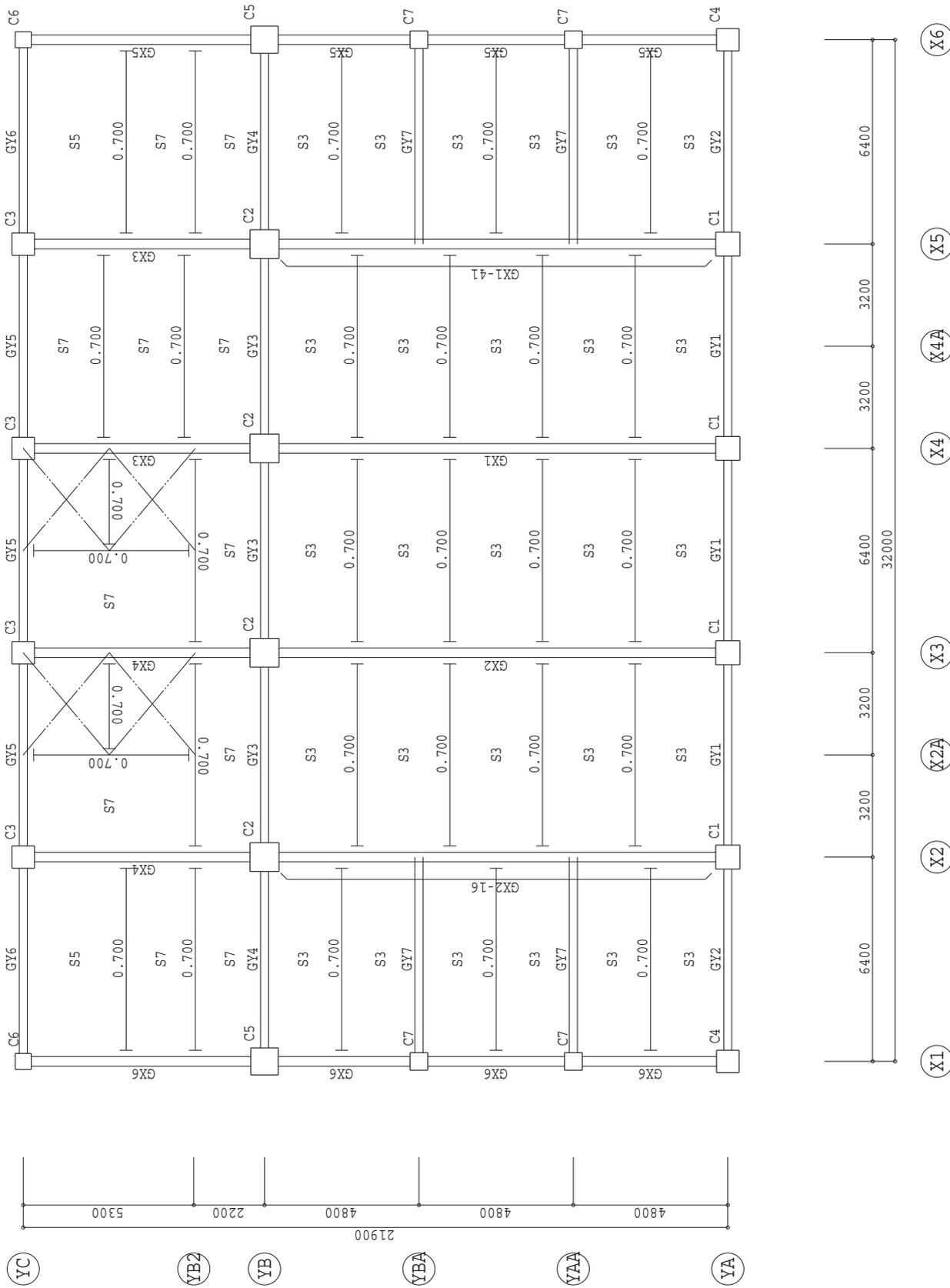


14階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



15階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号

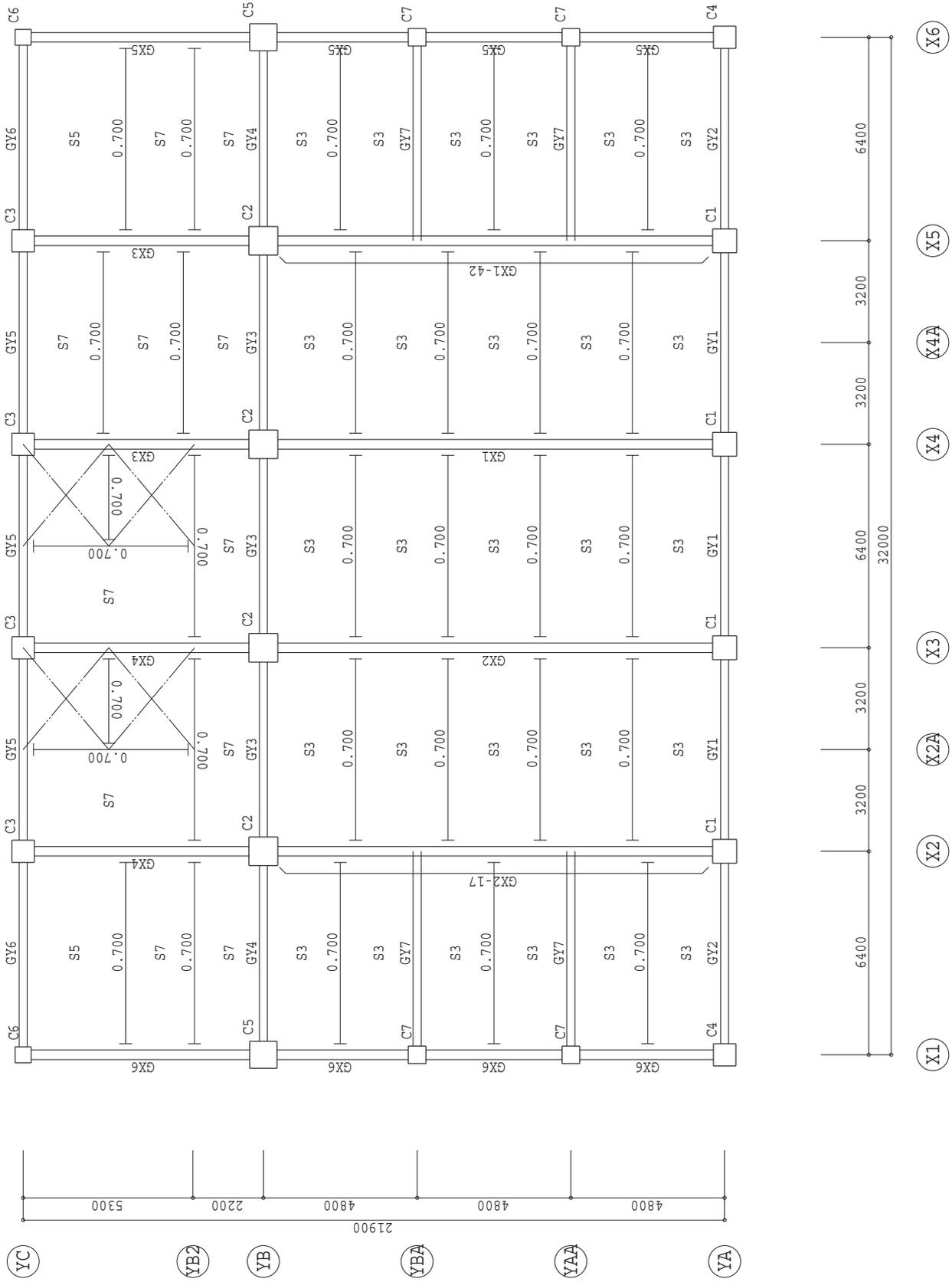




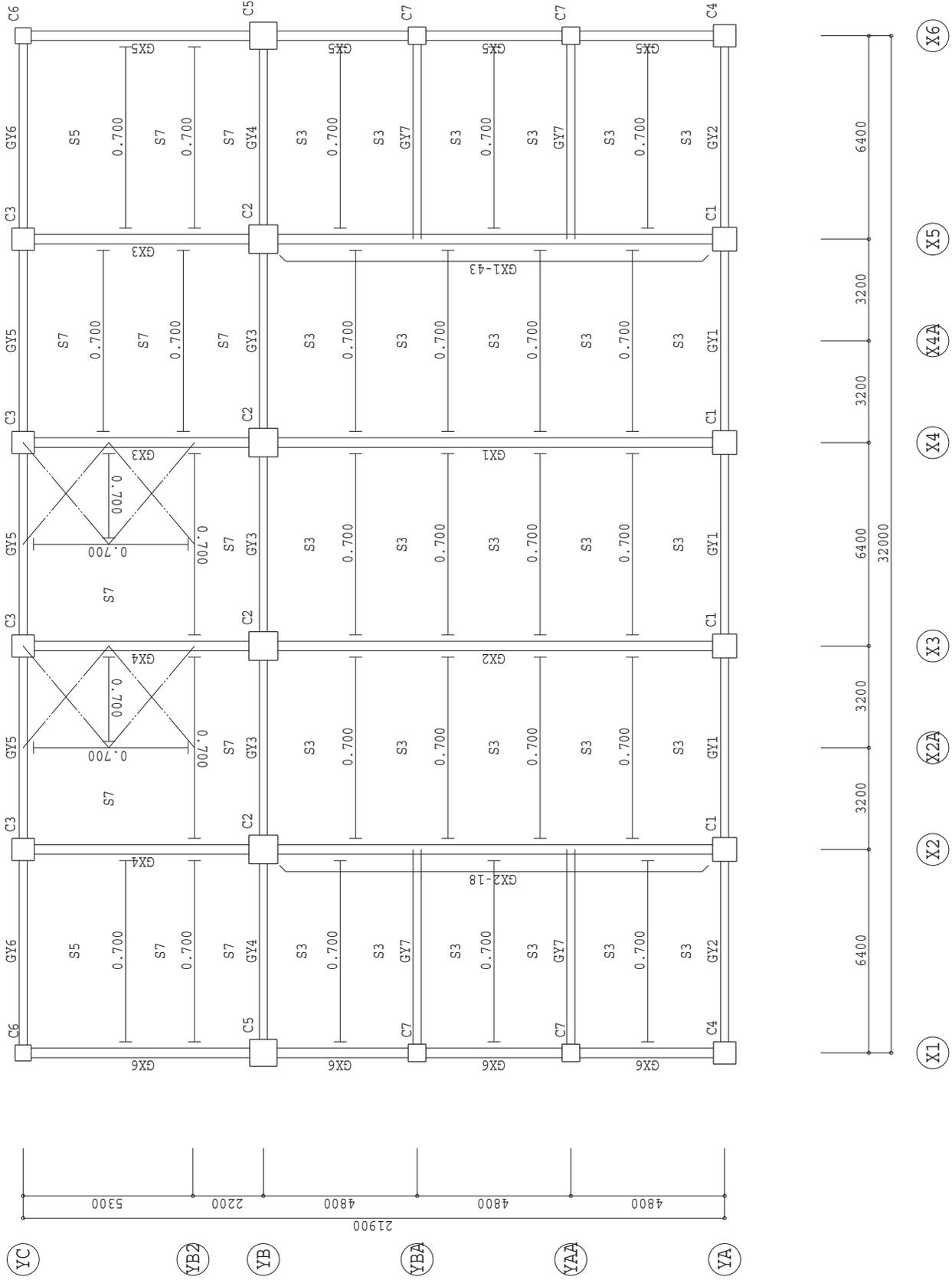
17階 伏図 【S は床荷重番号を示す】

(小梁の実数は単位重量。kN/m)

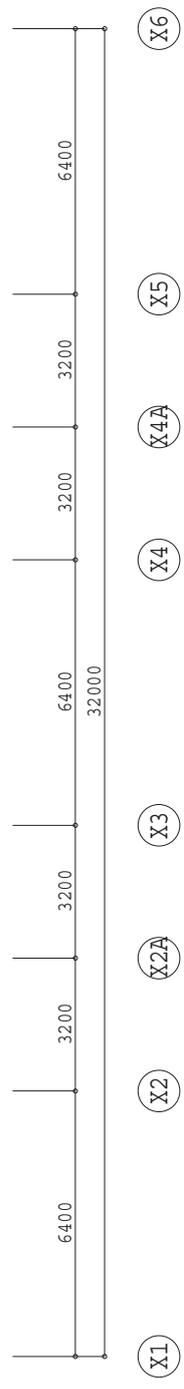
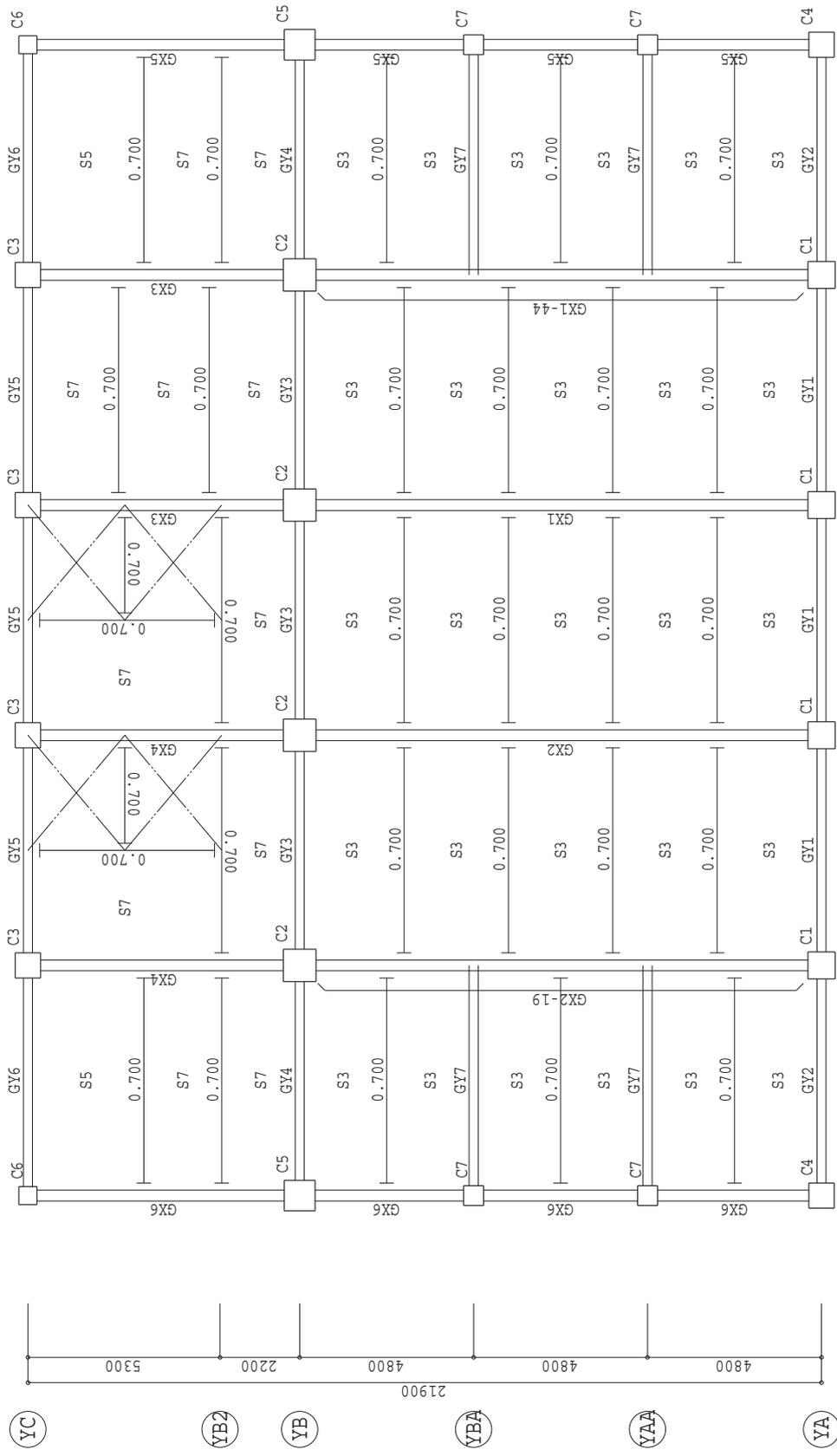
符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



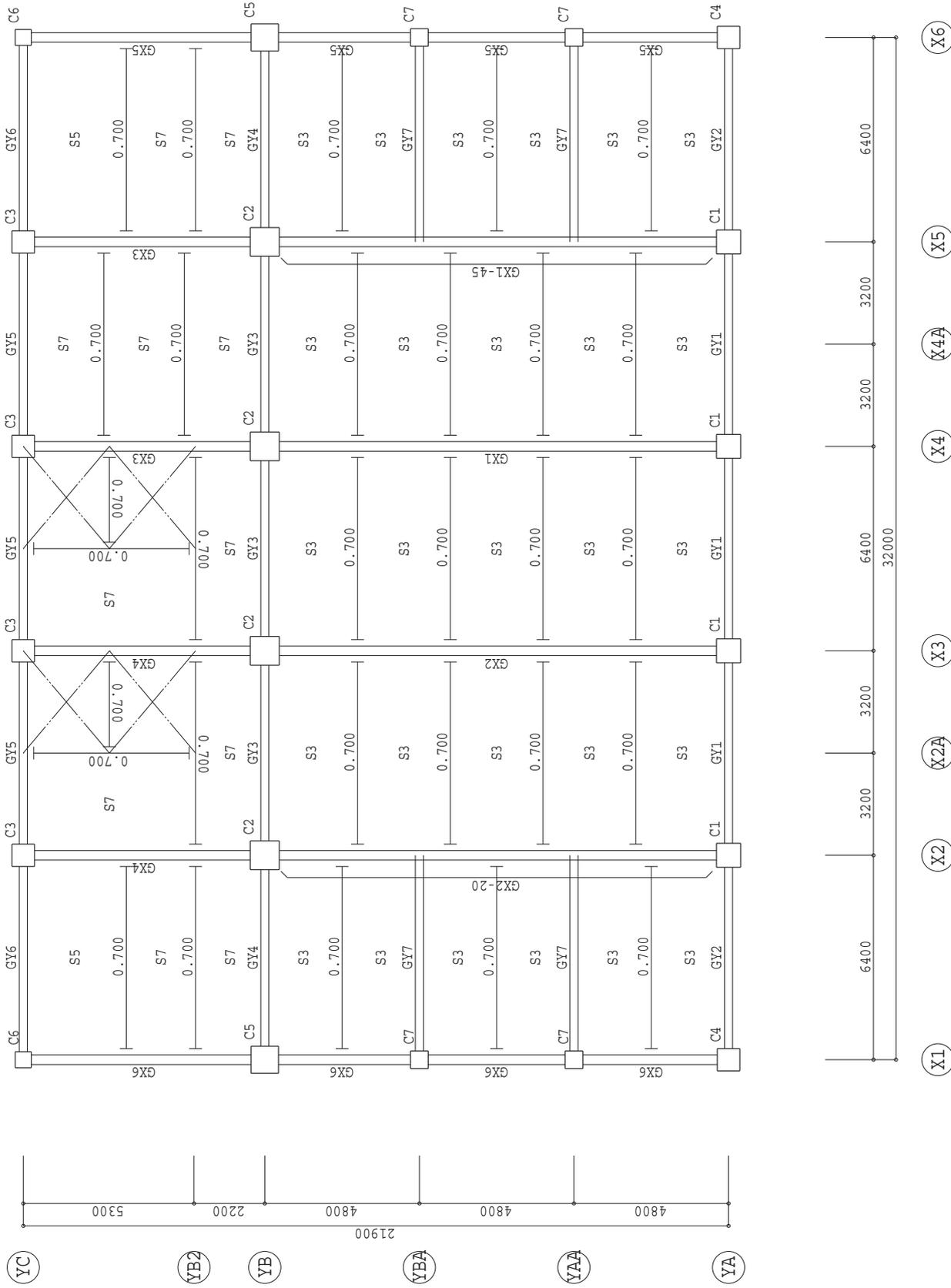
18階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号



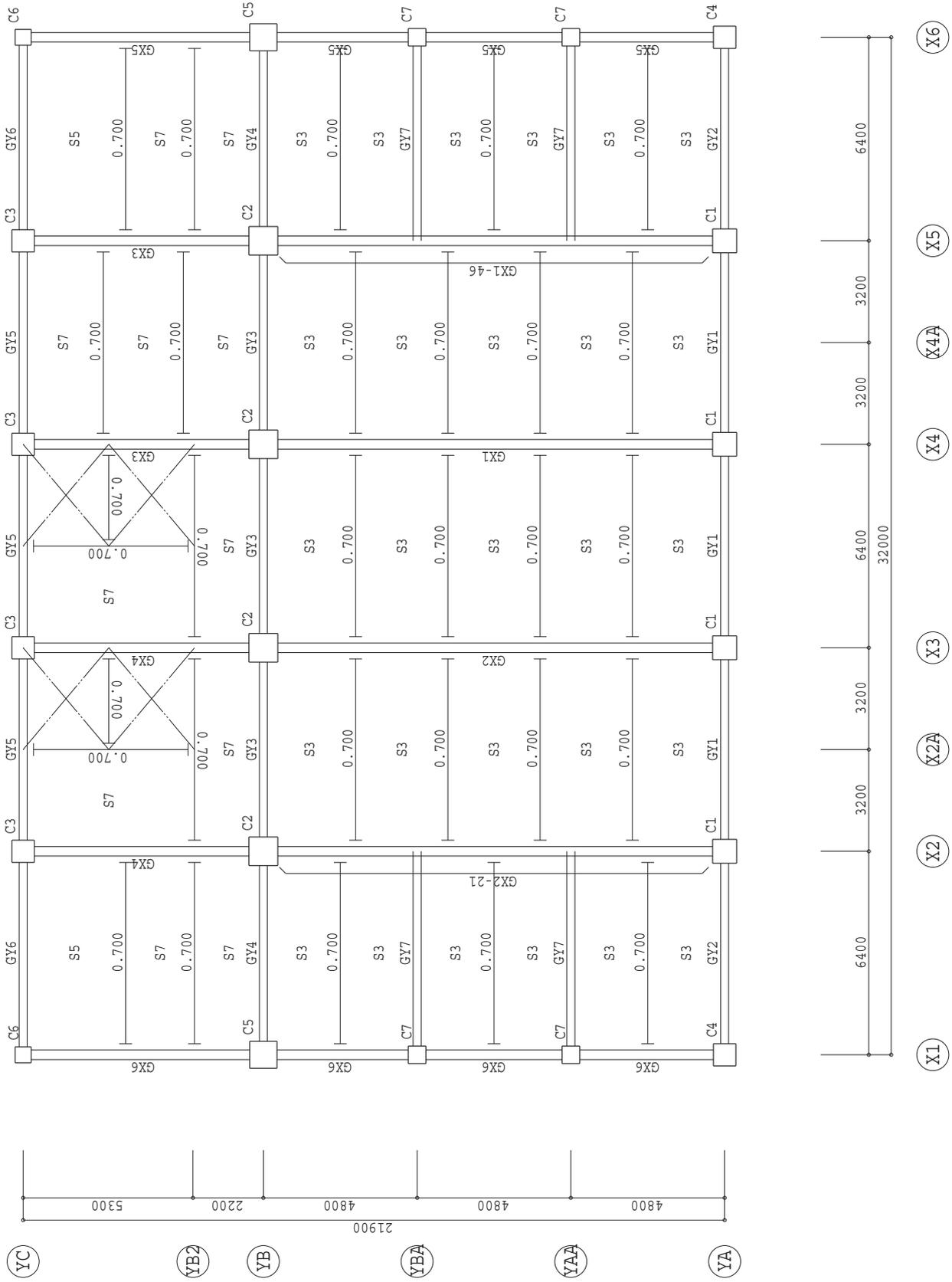
19階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



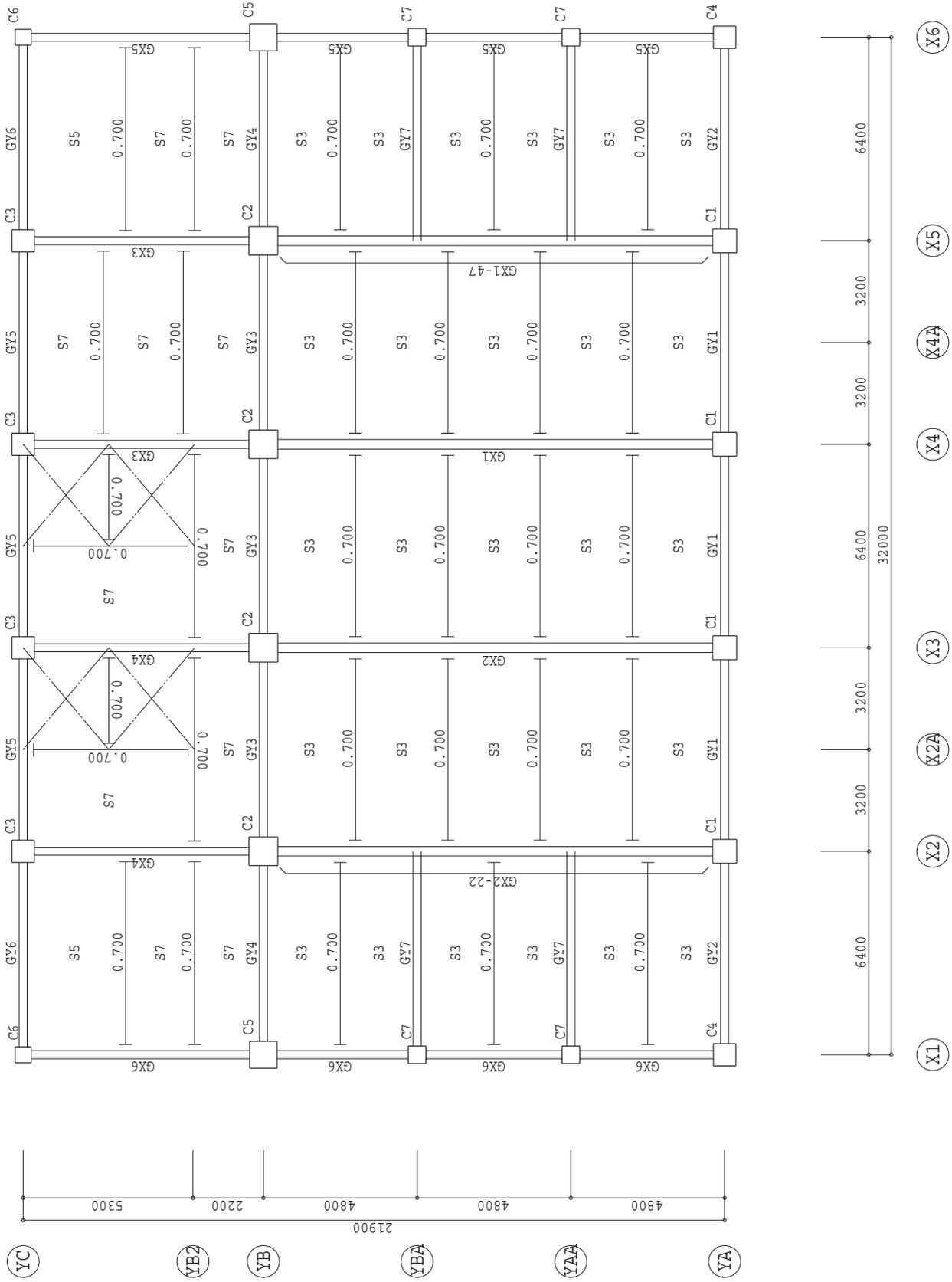
20階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号



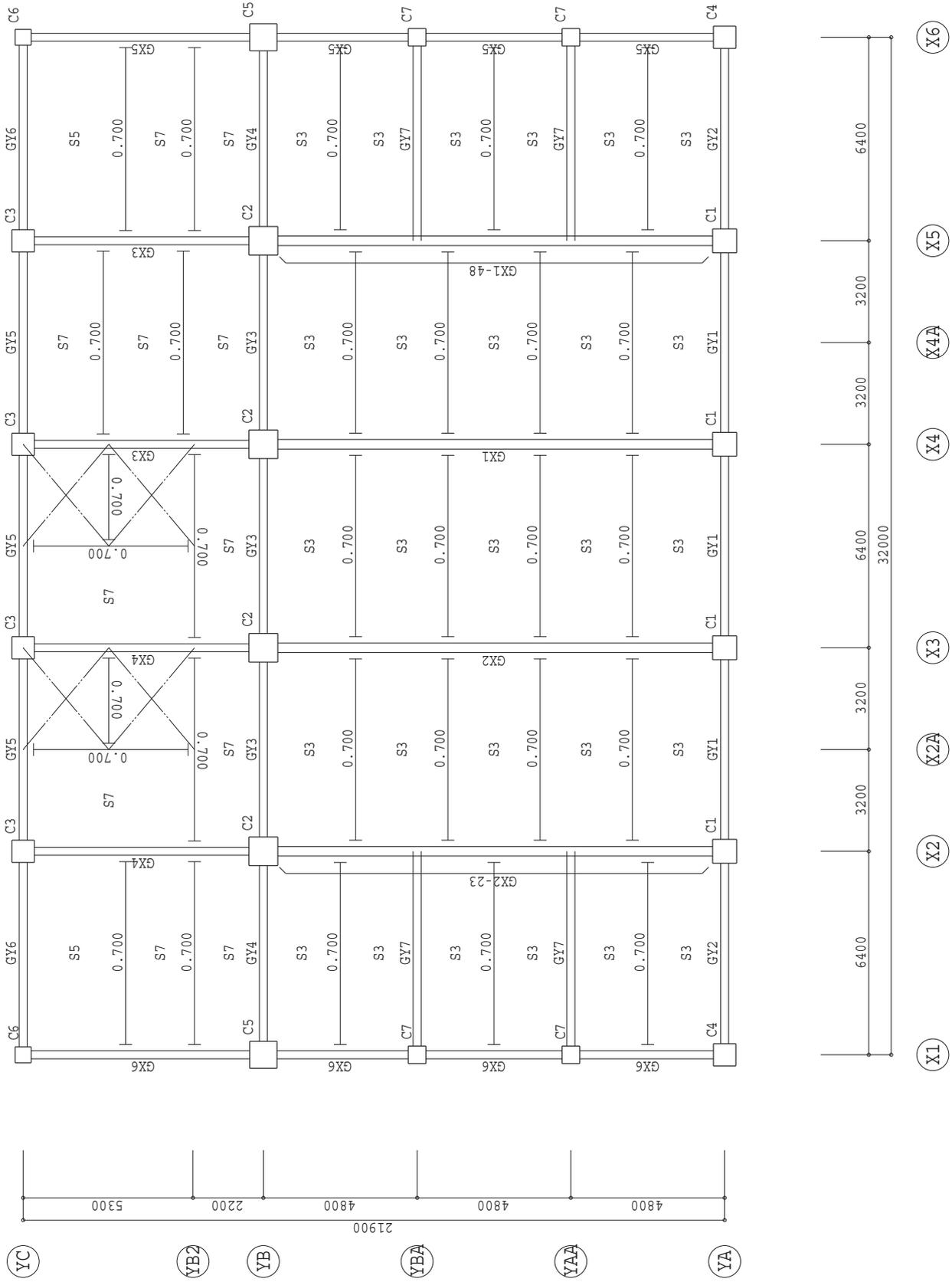
21階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号



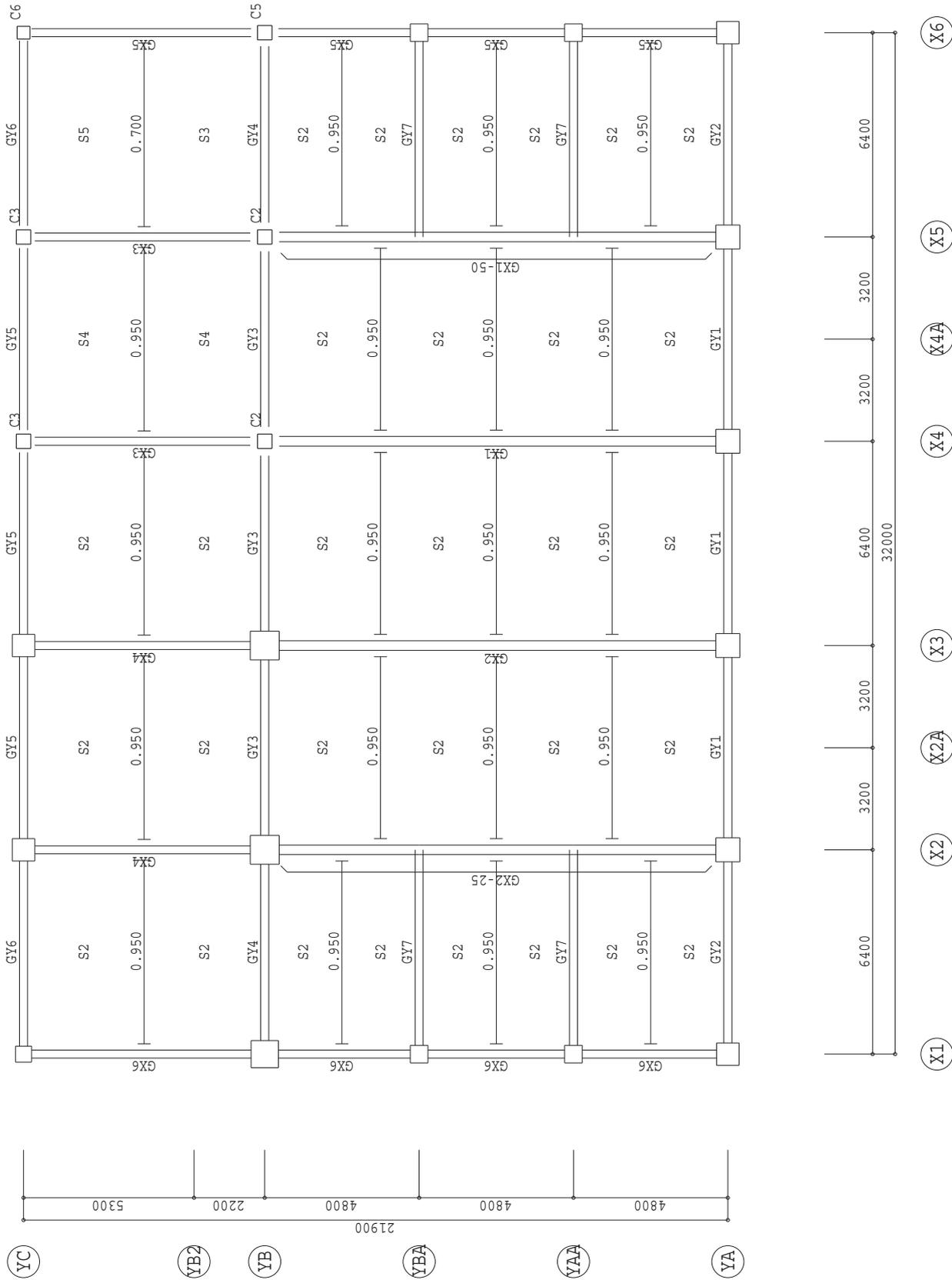
22階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号



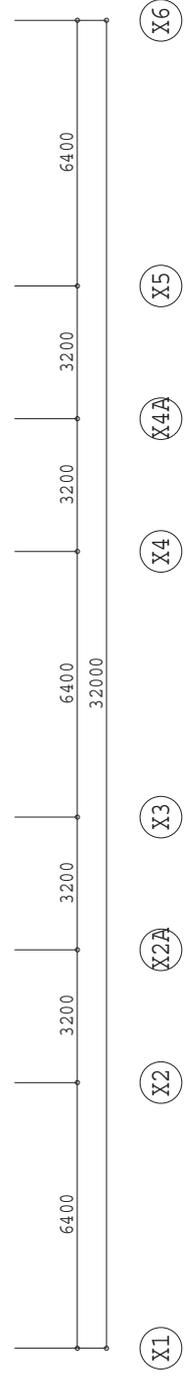
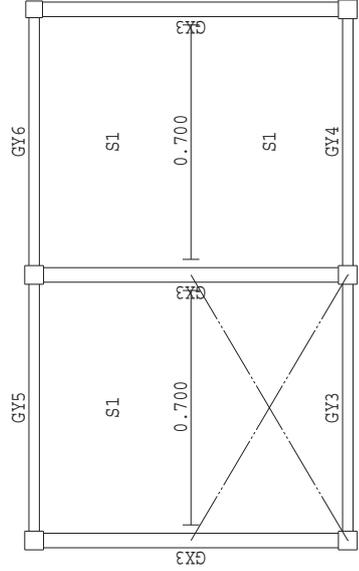
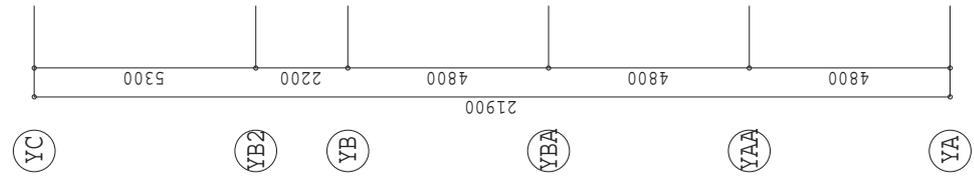
23階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号



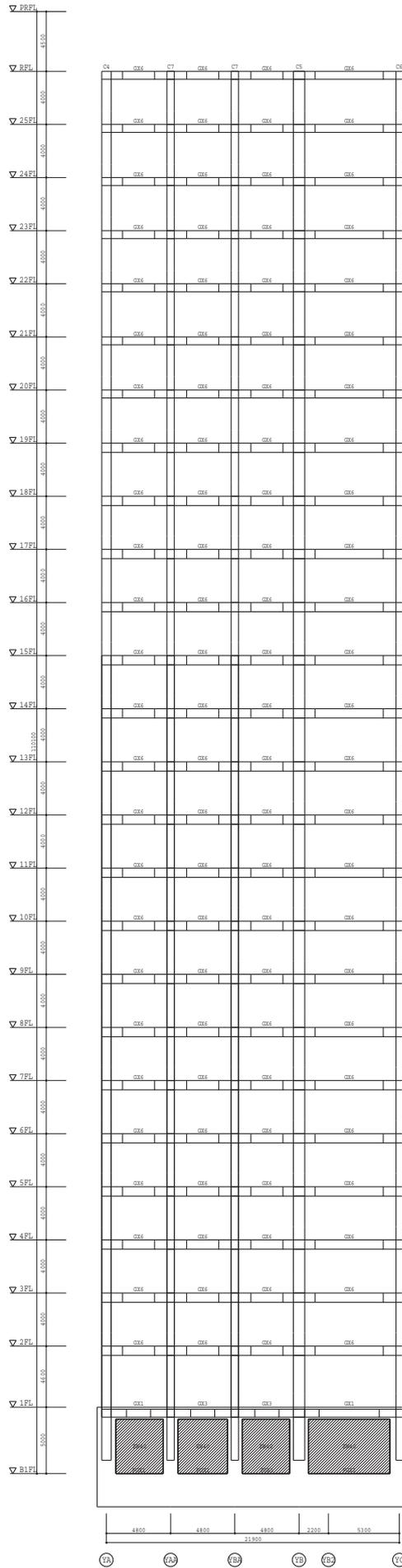
24階 伏図 【S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号

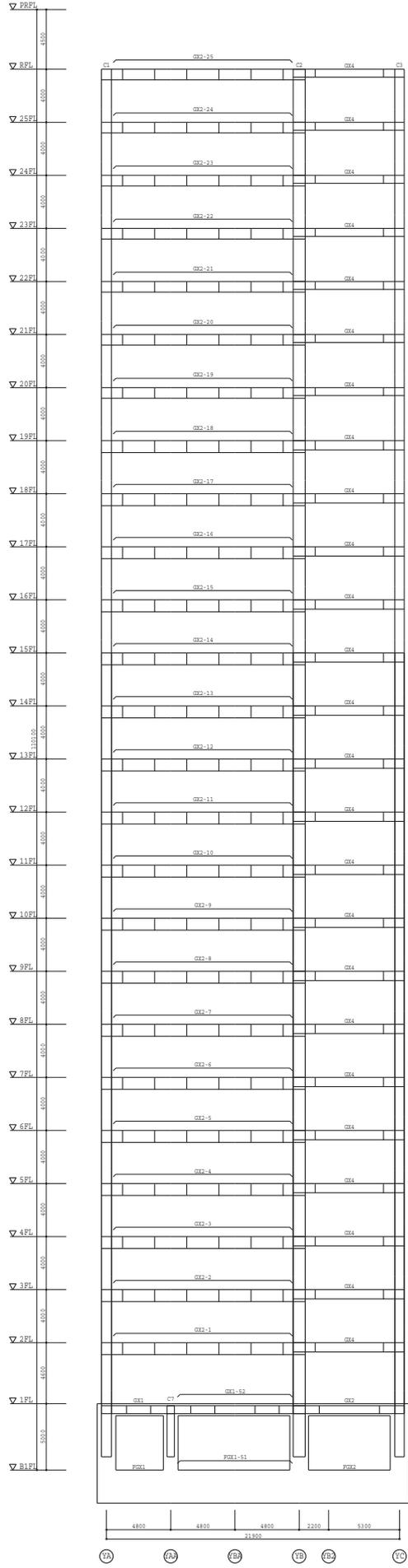


R階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。kN/m)
 符号 - Oは1部材指定。Oは順序番号

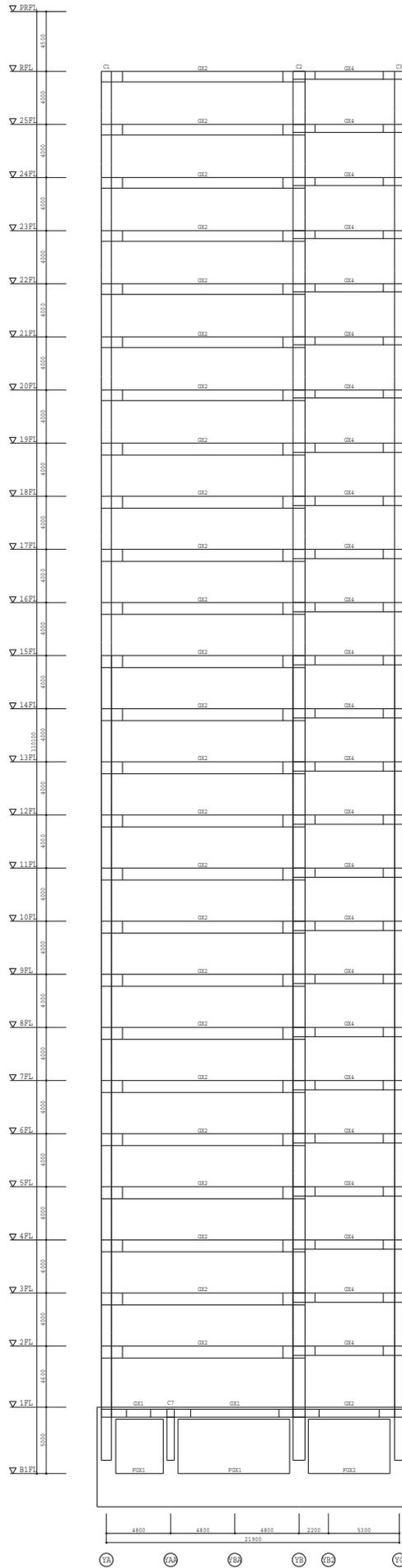


PR階 伏図 【 S は床荷重番号を示す】
 (小梁の実数は単位重量。k N / m)

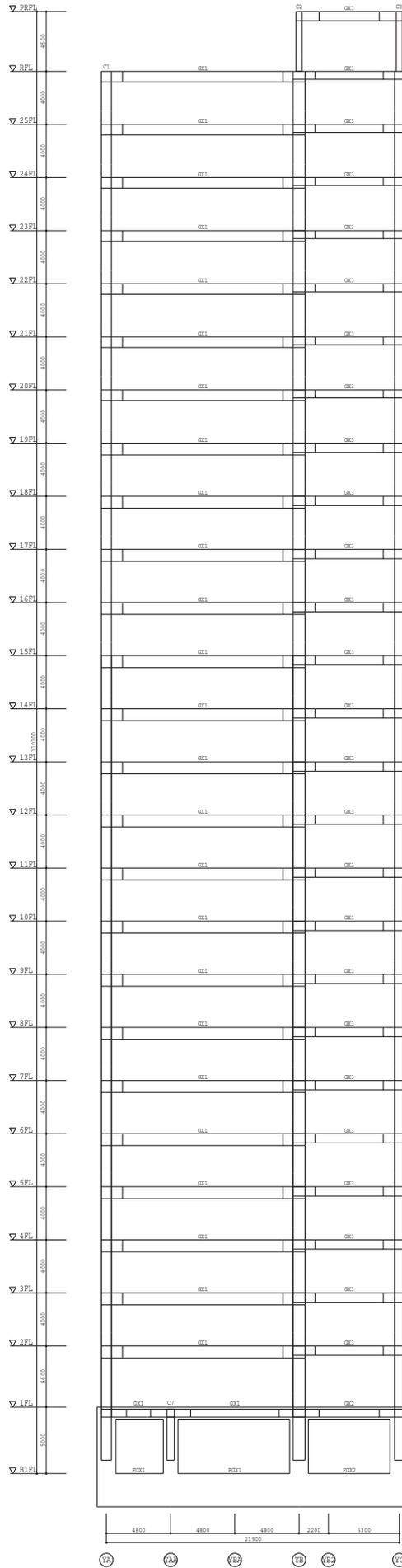




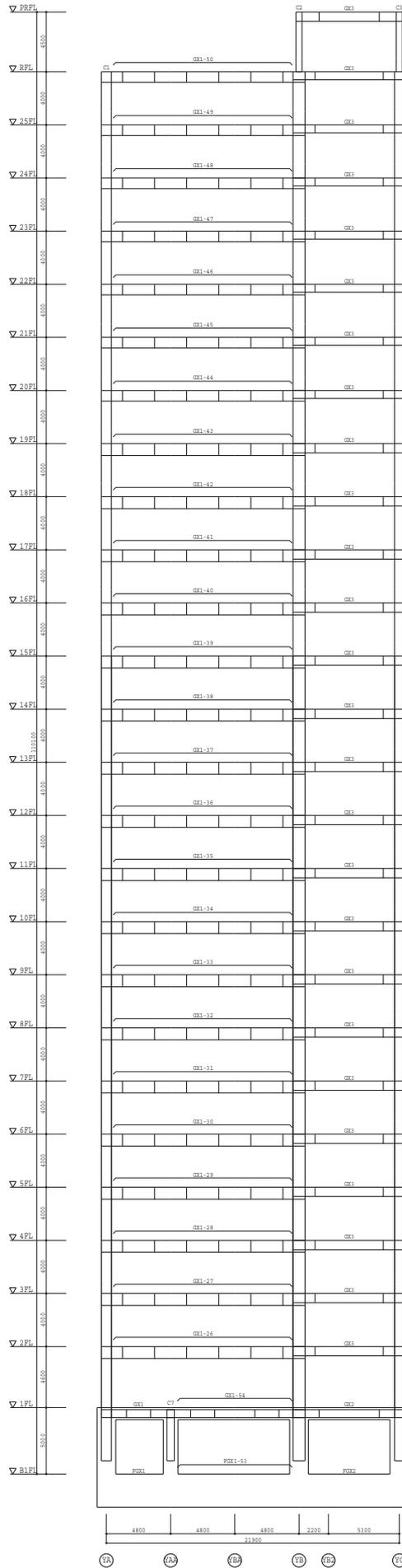
X 2 通り軸組図
 符号 - ○は1部材指定。○は順序番号

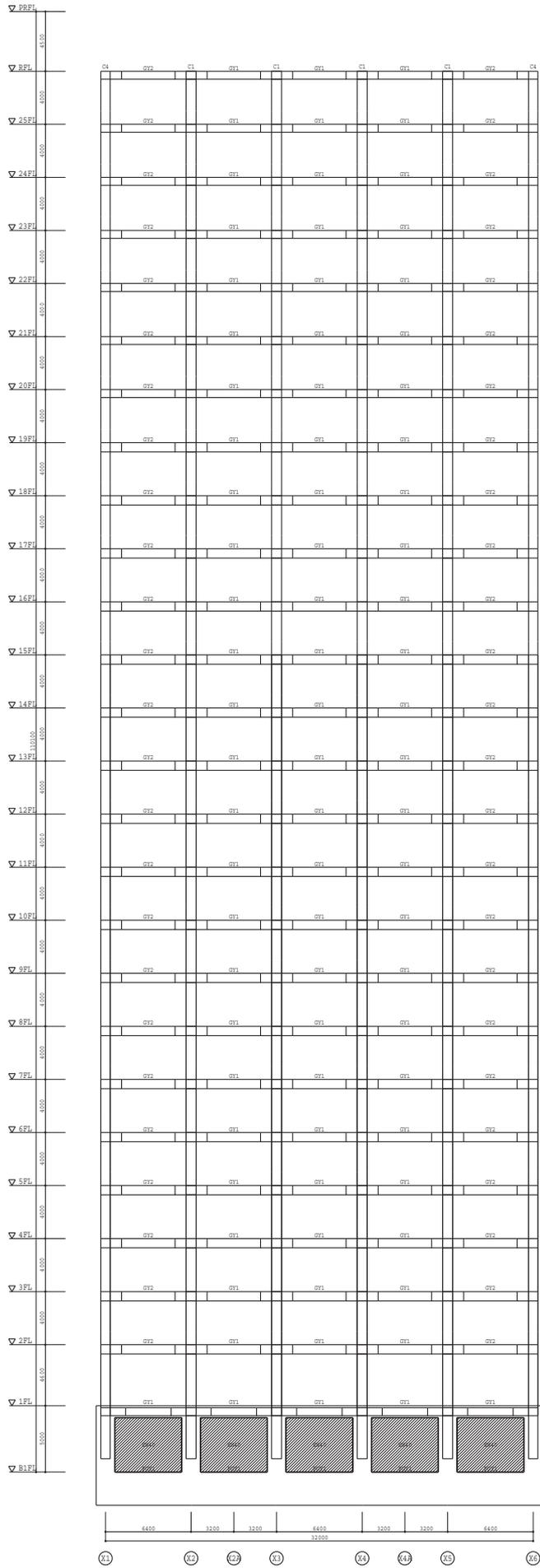


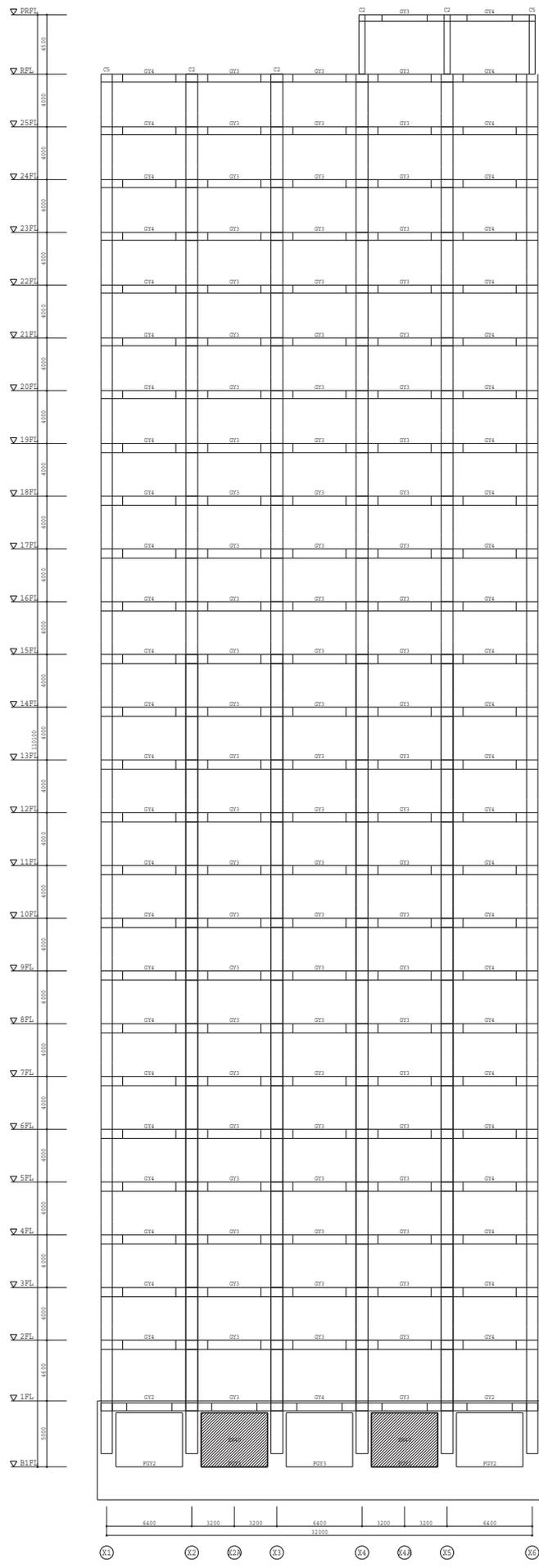
X 3 通り軸組図



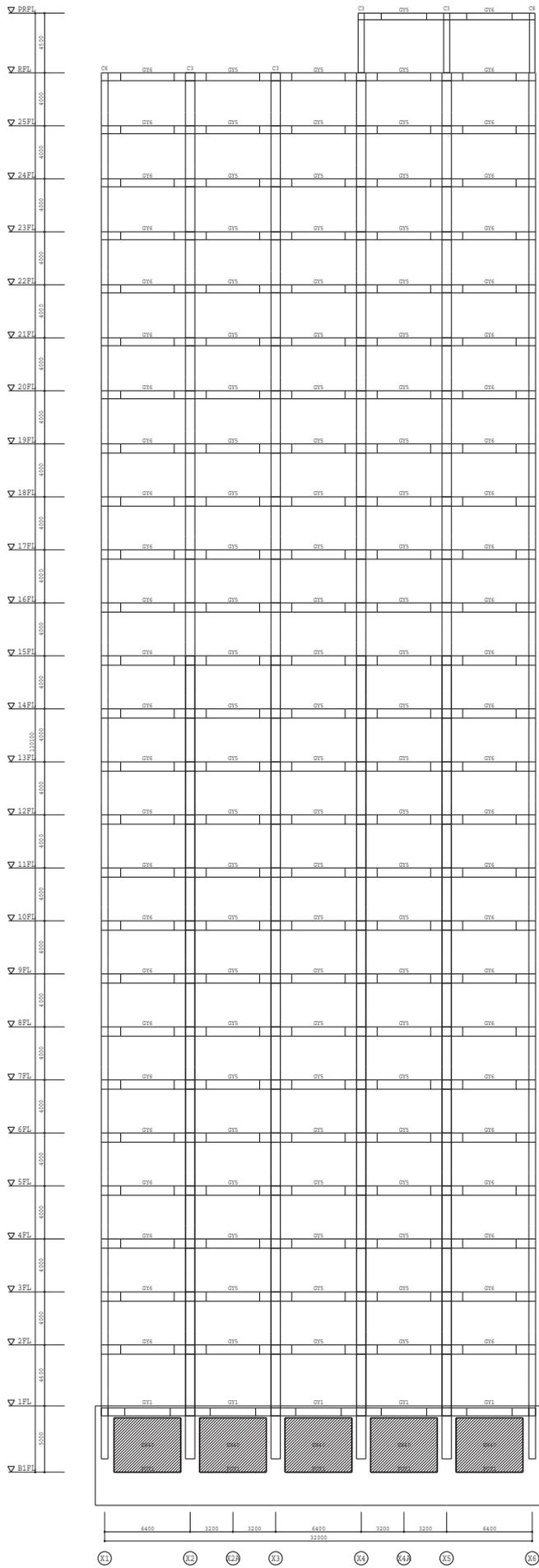
X 4 通り軸組図







Y B 通り軸組図



Y C 通り軸組図



【 床荷重表 】

床荷重番号	スラブ厚さ (mm)	仕上り荷重 (N/m ²)	鉄骨デッキ重量 (N/m ²)	積載荷重 (N/m ²)			備考
				床 用	小隊用	骨組用	
1	150	2300	200	1800	1800	1300	600 YANE
2	150	2300	200	4900	4900	2400	1300 YANE SETSUBI
3	125	800	200	2900	2900	1800	800 OFFICE
4	150	2200	200	4900	4900	2900	1600 EV MACHINE
5	-	2000	-	2900	2900	1800	800 S STEPS
6	200	2300	-	2900	2900	1800	800 1F
7	150	800	200	3500	3500	3200	2100 CORRIER
11	180	1360	-	5000	5000	4000	2000 MACHINE
21	600	1360	-	5000	5000	4000	2000 MACHINE



柱断面表・2		符 号	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7			
▽12FL												
▽11FL	4000											
▽10FL	4000											
▽9FL	4000											
▽8FL	4000											
▽7FL	4000											
▽6FL	4000											
▽5FL	4000											
▽4FL	4000											
▽3FL	4000											
▽2FL	4000											
▽1FL	4600											
▽B1FL	5000											
断面形状												
備考												



大梁断面表 - 1		GX1			GX2			GX3			GX4			GX5			GX6		
符号	位置	端部	中央	端部	端部	中央													
P2階																			
R階																			
25階																			
24階																			
23階																			
22階																			
21階																			
20階																			
19階																			
18階																			
17階																			
16階																			
15階																			
14階																			
13階																			
12階																			
11階																			
10階																			
9階																			
8階																			
7階																			
6階																			
5階																			
4階																			
3階																			
2階																			
1階																			
B1階																			



大梁断面表 - 1		GY1		GY2		GY3		GY4		GY5		GY6		GY7	
符号	位置	端部	中央												
	P2階	-	-	BH- 500x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19	BH- 500x 250x 9x16	BH- 500x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19	BH- 500x 250x 9x16	BH- 500x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19	BH- 600x 250x12x19
	P階	BH- 600x 250x12x19													
	25階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	2階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	2階	BH- 600x 250x12x19													
	2階	BH- 600x 250x12x19													
	2階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	2階	BH- 600x 250x12x22	BH- 600x 250x12x19												
	1階	BH- 700x 250x14x25													
	1階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	1階	BH- 700x 250x14x25													
	1階	BH- 700x 250x14x28													
	15階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	14階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	13階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	12階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	11階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	10階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	9階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	8階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	7階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	6階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	5階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	4階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	3階	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
	2階	BH- 700x 250x14x28	BH- 700x 250x12x25												
	1階	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B1階	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

【 1部材評価した大梁部材の明細出力 】

1部材の 順序番号	大梁符号	大梁部材位置 階名 通り名 (区間名)	総部材長 (m)	左端 境界位置 (m)	右端 境界位置 (m)	構成部材1		構成部材2		構成部材3		構成部材4		構成部材5		構成部材6		構成部材7	
						個材長 (m)	使用 部位												
1	GX2	2 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
2	GX2	3 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
3	GX2	4 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
4	GX2	5 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
5	GX2	6 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
6	GX2	7 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
7	GX2	8 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
8	GX2	9 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
9	GX2	10 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
10	GX2	11 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
11	GX2	12 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
12	GX2	13 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
13	GX2	14 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
14	GX2	15 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
15	GX2	16 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
16	GX2	17 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
17	GX2	18 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
18	GX2	19 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
19	GX2	20 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
20	GX2	21 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
21	GX2	22 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
22	GX2	23 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
23	GX2	24 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
24	GX2	25 X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
25	GX2	R X 2 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
26	GX1	2 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
27	GX1	3 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
28	GX1	4 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
29	GX1	5 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
30	GX1	6 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
31	GX1	7 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
32	GX1	8 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
33	GX1	9 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
34	GX1	10 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
35	GX1	11 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
36	GX1	12 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
37	GX1	13 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
38	GX1	14 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
39	GX1	15 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
40	GX1	16 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
41	GX1	17 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
42	GX1	18 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
43	GX1	19 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
44	GX1	20 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
45	GX1	21 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
46	GX1	22 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
47	GX1	23 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
48	GX1	24 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
49	GX1	25 X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								
50	GX1	R X 5 (Y A-Y B)	14.40	1.20	13.20	4.80	LCC	4.80	CCC	4.80	CCR								

(注) 1部材の順序番号は、略図で出力している1部材評価大梁部材のハイフン(・)以降の番号を表す。また、略図を出力していない階の大梁部材の大梁符号は無記入となる。右端境界位置未満に位置する構成部材は大梁左端断面を使用し、それ以外の位置にある構成部材は大梁中央断面を使用する。構成部材内の使用部位は、上記境界位置で判定した大梁断面位置を表す。 L : 大梁左端断面、 C : 大梁中央断面、 R : 大梁右端断面を表す。

【 1部材評価した大梁部材の明細出力 】

1部材の 順序番号	大梁符号	大梁部材位置		総部材長 (m)	右端境界位置		構成部材 1		構成部材 2		構成部材 3		構成部材 4		構成部材 5		構成部材 6		構成部材 7			
		階名	通り名 (区間名)		左端 境界位置 (m)	右端 境界位置 (m)	個材長 (m)	使用 部位														
51	FGX1	B1	X 2 (YAA-Y B)	9.60	2.40	7.20	4.80	LCC	4.80	CCR	4.80	CCR										
52	GX1	1	X 2 (YAA-Y B)	9.60	2.40	7.20	4.80	LCC	4.80	CCR	4.80	CCR										
53	EGX1	B1	X 5 (YAA-Y B)	9.60	2.40	7.20	4.80	LCC	4.80	CCR	4.80	CCR										
54	GX1	1	X 5 (YAA-Y B)	9.60	2.40	7.20	4.80	LCC	4.80	CCR	4.80	CCR										

(注) 1部材の順序番号は、略伏図で出力している1部材評価大梁部材のハイファン(-)以降の番号を表す。また、略伏図を出力していない階の大梁部材の大梁符号は無記入となる。
左端境界位置未測に位置する構成部材は大梁左端断面、右端境界位置超に位置する構成部材は大梁右端断面を使用し、それ以外の位置にある構成部材は大梁中央断面を使用する。
構成部材内の使用部位は、上記境界位置で判定した大梁断面位置を表す。 L : 大梁左端断面、C : 大梁中央断面、R : 大梁右端断面を各々示す。

1. コンクリートの材料特性および許容応力度

コンクリート種別	設計基準強度 (N/mm ²)	種別 単位重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ヤング係数 せん断弾性係数 (kN/mm ²)	ヤング係数比 (剛性計算用)	ヤング係数比 せん断係数比 (断面検定用)	許容応力度		せん断応力度	付着応力度		(N/mm ²) (丸 鋼) その他
							圧縮応力度	せん断応力度		付着応力度 上端筋	付着応力度 上端筋	
FC27	27.0	普通	23.5	23.5	8.7	8.7	長期	9.0	0.76	1.62	0.90	1.35
			9.82	9.82	15.0	15.0	短期	18.0	1.14	2.43	1.35	2.03
FC48	48.0	普通	29.8	29.8	6.9	6.9	長期	16.0	0.97	2.18	0.90	1.35
			12.4	12.4	11.0	11.0	短期	32.0	1.45	3.27	1.35	2.03
FC42	42.0	普通	28.5	28.5	7.2	7.2	長期	14.0	0.91	2.02	0.90	1.35
			11.8	11.8	11.0	11.0	短期	28.0	1.37	3.03	1.35	2.03
FC36	36.0	普通	25.9	25.9	7.9	7.9	長期	12.0	0.85	1.86	0.90	1.35
			10.8	10.8	13.0	13.0	短期	24.0	1.27	2.79	1.35	2.03
Lc24	24.0	軽量1種	15.4	15.4	13.3	13.3	長期	8.0	0.66	1.54	0.90	1.35
			6.44	6.44	15.0	15.0	短期	16.0	0.99	2.31	1.35	2.03

2. 鉄骨の材料特性および許容応力度

鉄骨種別	ヤング係数 (kN/mm ²)	せん断弾性係数 (kN/mm ²)	材料強度 割増倍率	許 容 応 力 度 (N/mm ²)						
				厚さ40mm以下		厚さ40mm超75mm以下		厚さ75mm超100mm以下		F 値
				引張応力度	せん断応力度	引張応力度	せん断応力度	引張応力度	せん断応力度	
BCP325	205	79.0	1.00	215	124	---	---	---	---	---
				325	186	---	---	---	---	---
SN490	205		1.10	216	125	196	113	196	113	295
	78.8			325	187	295	170	295	170	295

3 . 鉄筋の材料特性および許容応力度

鉄筋種別	ヤング係数 (kN/mm ²)	せん断弾性係数 (kN/mm ²)	材料強度 割増倍率	F 値	許 容 応 力 度 (N/mm ²)				
					径 2 8 mm 以下		径 2 9 mm 以上		
					引張・圧縮用	せん断補強用	引張・圧縮用	せん断補強用	
SD390	205	78.8	1.10	390	長期	195	195	195	195
	短期				390	390	390	390	
SD345	205	78.8	1.10	345	長期	195	195	195	195
	短期				345	345	345	345	
SD295	205	78.8	1.10	295	長期	195	195	195	195
	短期				295	295	295	295	

4．鉄筋径の断面性能（鉄筋径テーブル）

テーブル番号 = 1

呼名	断面積 (cm ²)	周 長 (cm)	単 位 重 量 (N/m)	使用材質名 1	使用材質名 2	使用材質名 3
D13	1.27	4.0	9.75	SD295		
D16	1.99	5.0	15.3	SD295		
D22	3.87	7.0	29.8	SD345		
D25	5.07	8.0	39.0	SD345		
D29	6.42	9.0	49.4	SD390		
D32	7.94	10.0	61.1	SD390		

5. 鉄骨部材幅厚比制限値

部材断面形状	鉄骨断面寸法		鉄骨断面による幅厚比		鉄骨種別	F値 (N/mm ²)	幅厚比制限値		備考
	鉄骨断面寸法	鉄骨断面寸法	フランジ	ウェブ			フランジ	ウェブ	
梁	BH-600X250X12.0X22.0	5.7	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X19.0	6.6	46.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X22.0	6.8	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X300X16.0X25.0	6.0	46.9	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-800X300X14.0X22.0	6.8	54.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-900X300X19.0X25.0	6.0	44.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-900X300X16.0X22.0	6.8	53.5	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X350X14.0X28.0	6.2	46.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X350X14.0X25.0	7.0	46.4	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X22.0	5.7	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X250X12.0X19.0	6.6	46.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X25.0	6.0	45.8	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-600X300X12.0X22.0	6.8	46.3	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X300X14.0X28.0	5.4	46.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X300X12.0X25.0	6.0	54.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X300X14.0X32.0	4.7	45.4	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X350X14.0X32.0	5.5	45.4	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-500X250X12.0X19.0	6.6	38.5	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-500X250X9.0X16.0	7.8	52.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X250X14.0X25.0	5.0	46.4	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X250X12.0X22.0	5.7	54.7	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X250X14.0X28.0	4.5	46.0	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X250X12.0X25.0	5.0	54.2	SN490	325	7.7	51.0		
梁	BH-700X300X14.0X25.0	6.0	46.4	SN490	325	7.7	51.0		
柱	CP-750X750X36.0X36.0	20.8		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-750X750X28.0X28.0	26.8		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-450X450X19.0X19.0	23.7		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-900X900X36.0X36.0	25.0		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-450X450X28.0X28.0	16.1		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-700X700X36.0X36.0	19.4		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-700X700X28.0X28.0	25.0		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-700X700X32.0X32.0	21.9		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-850X850X36.0X36.0	23.6		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-400X400X19.0X19.0	21.1		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-500X500X28.0X28.0	17.9		BCP325	325	28.1		BCP材	
柱	CP-550X550X28.0X28.0	19.6		BCP325	325	28.1		BCP材	

(注) 表中の星印(*)は、幅厚比制限値(告示第595号第2の四)を認めたことを示す。
 建築構造用圧延鋼材(SN材)としての幅厚比チェックは行っていない。SN材としての幅厚比チェックは、必要保有水平耐力編の部材種別判定で行うことができる。

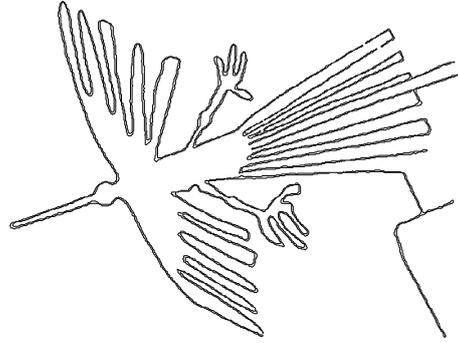
1. 準備計算編

件名 構造最適化プログラム開発・保守

ケース名 Chapter 5 : Target Building

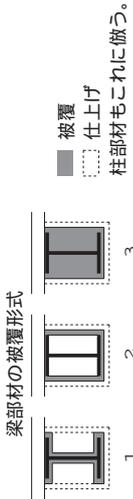
目次

<< 準備計算 >>	
(1- 1) 建物重量算出基本データ一覧	1 - 1
(1- 2) 建物重量算出用部材単位重量	
(1- 3) 追加重量用荷重タイプ・荷重変数および作用位置	2 - 56
<< 荷重算出結果 >>	
(2- 1) 部材中間荷重 (CMoQ) 一覧表 【 図化形式 】	
(2- 2) 部材中間荷重 (CMoQ) 一覧表 【 リスト形式 】	
(2- 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表 【 図化形式 】	57 - 73
(2- 4) 各階の節点重量一覧表 【 リスト形式 】	
(2- 5) 地震荷重一覧表	74 - 75
<< 各種算出結果 >>	
(3- 1) フレーム内壁の開口情報および耐力壁判定	
(3- 2) 壁量および柱量	



Nihon sekkei
Auto
Structural
Calculation
for building design.

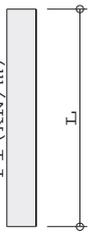
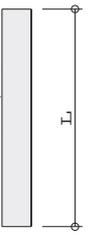
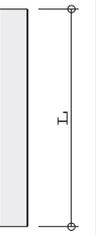
1. 建物構造データ
- ・地上階数 --- 25
 - ・地下階数 --- 1
 - ・増屋階数 --- 1
 - ・建物高さ --- 100.70 m (建物周期略算式で使用)
 - ・1階床高さ --- 0.10 m (GLからの距離)
 - ・鉄骨階高さと比 --- 1.000 (建物周期略算式で使用)



2. 各階のコンクリート重量、仕上げ重量および鉄骨被覆重量データ

階名	RC断面用単位重量				S RC断面用単位重量				柱部材用データ				梁部材用データ				有効せい・内法長 計算用スラブ厚さ mm									
	柱・壁用 kN/m ³	梁・スラブ用 kN/m ³	柱・壁用 kN/m ³	梁・スラブ用 kN/m ³	仕上げ N/m ²	被覆厚さ mm	被覆形式	被覆単位重量 kN/m ³	仕上げ N/m ²	被覆厚さ mm	被覆形式	被覆単位重量 kN/m ³	仕上げ N/m ²	被覆厚さ mm	被覆形式	被覆単位重量 kN/m ³										
PR		24.0		24.0		25.0		25.0		25.0		25.0		25.0		25.0		150		1		0		0.00		0
R	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
25	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
24	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
23	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
22	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
21	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
20	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
19	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
18	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
17	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
16	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
15	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
14	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
13	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
12	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
11	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
10	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
9	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
8	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
7	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
6	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
5	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
4	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
3	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
2	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		0
1	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									150		1		0		0.00		200
B1	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0	550									230		1		0		0.00		400

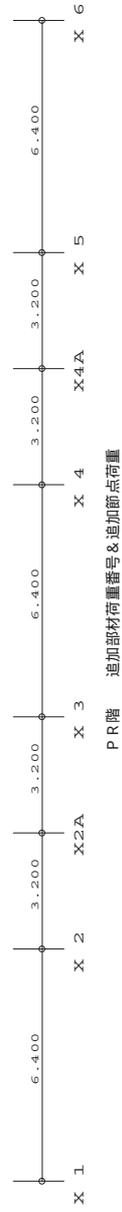
準備計算編	 件名 構造最適化プログラム開発・保守 標題 (1-3) 追加重量用荷重タイプ・荷重変数および作用位置	Chapter 5 : Target Building	株式会社 日本設計	NASCAL#VJ
		2024 年 02 月 27 日		

番号	荷重タイプ&荷重変数	番号	荷重タイプ&荷重変数	番号	荷重タイプ&荷重変数	
1	 PARAPET					
						P1 3.00
2	 LGS					
						P1 1.60
3	 GAIHE ECP					
						P1 4.00
1.1	 HANE ROOF Light					
						P1 6.32
1.2	 HANE OFFICE Light					
						P1 4.64



【 凡例 】

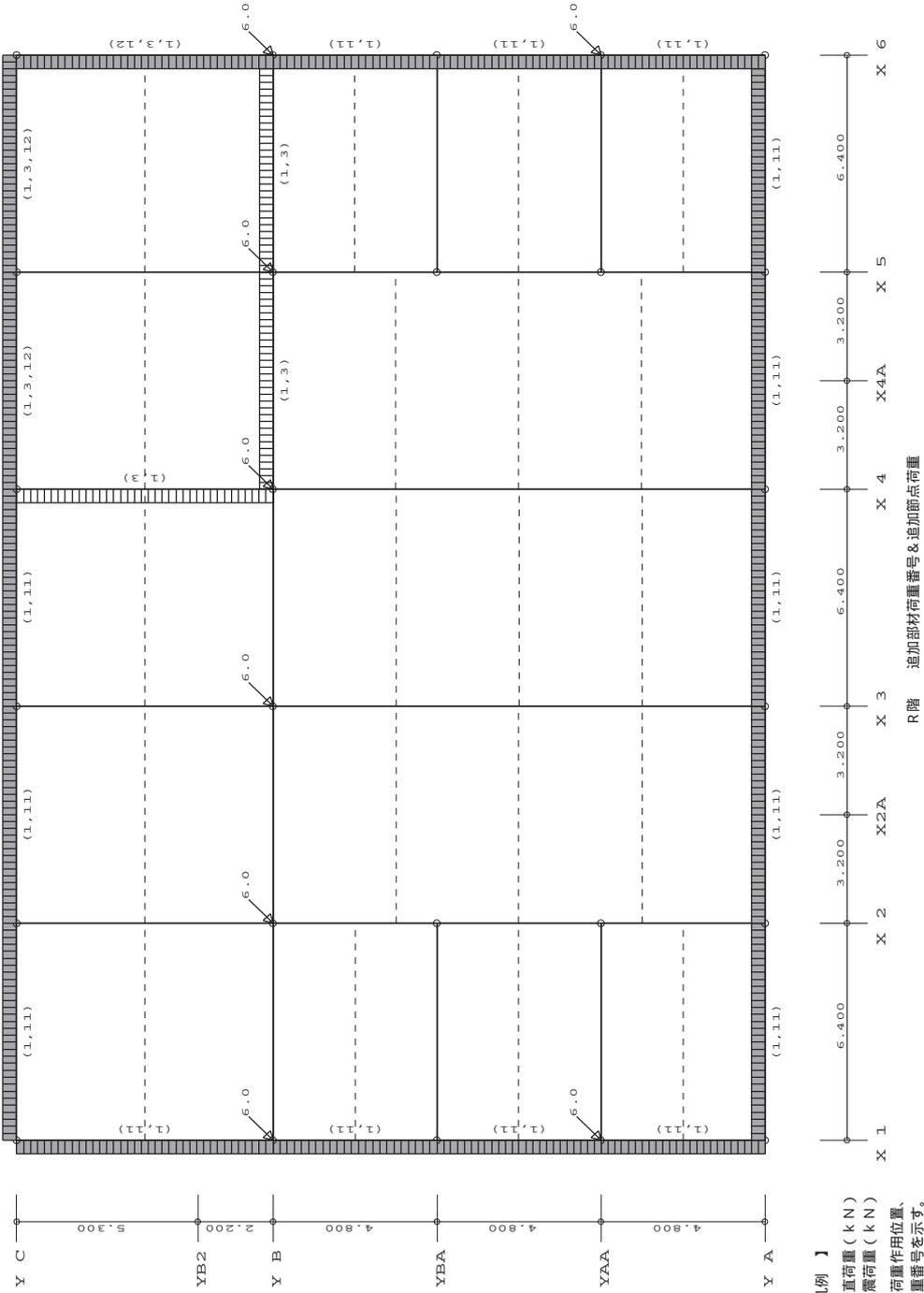
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、
- () 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は構荷荷重比率入力有。



【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 PR 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ ML (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備 考
X通り梁	X 4 (Y B-Y C)	1 1.1	0.300	0.540	14.1 29.6	-14.1 -29.6	21.1 44.4	-11.3 -23.7	-11.3 -23.7	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	1 1.1	0.300	0.540	14.1 29.6	-14.1 -29.6	21.1 44.4	-11.3 -23.7	-11.3 -23.7	
Y通り梁	Y B (X 4-X 5)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y B (X 5-X 6)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	1 1.1	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



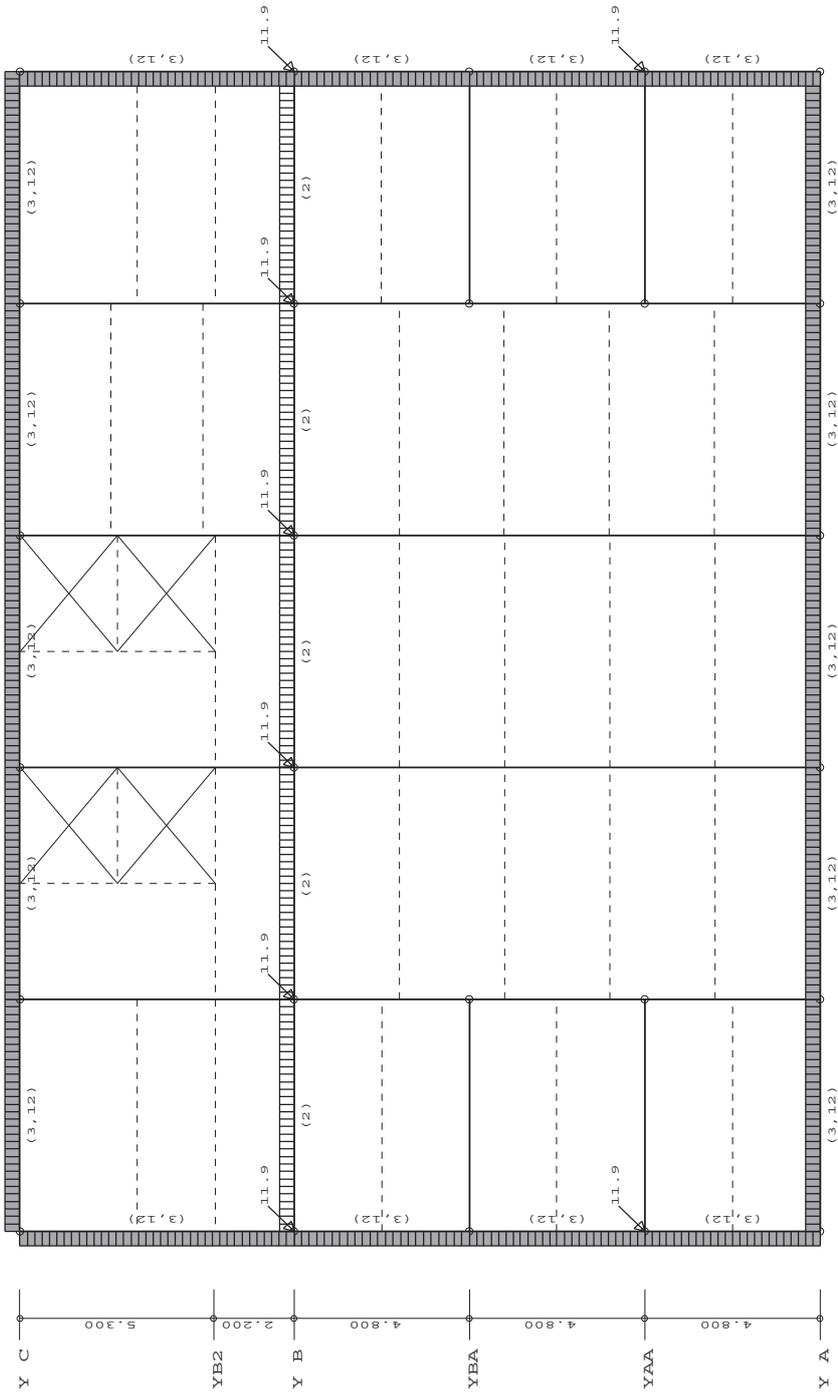
【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (k N)
- []内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、()内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 R 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	M O (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	11	0.300	0.540	5.8 12.1	-5.8 -12.1	8.6 18.2	-7.2 -15.2	-7.2 -15.2	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	11	0.300	0.540	5.8 12.1	-5.8 -12.1	8.6 18.2	-7.2 -15.2	-7.2 -15.2	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	11	0.300	0.540	5.8 12.1	-5.8 -12.1	8.6 18.2	-7.2 -15.2	-7.2 -15.2	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	11	0.300	0.540	14.1 29.6	-14.1 -29.6	21.1 44.4	-11.3 -23.7	-11.3 -23.7	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	11	0.300	0.540	5.8 12.1	-5.8 -12.1	8.6 18.2	-7.2 -15.2	-7.2 -15.2	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	11	0.300	0.540	5.8 12.1	-5.8 -12.1	8.6 18.2	-7.2 -15.2	-7.2 -15.2	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	11	0.300	0.540	5.8 12.1	-5.8 -12.1	8.6 18.2	-7.2 -15.2	-7.2 -15.2	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	14.1 18.8 21.8	-14.1 -18.8 -21.8	21.1 28.1 32.6	-11.3 -15.0 -17.4	-11.3 -15.0 -17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	1 3	0.310	0.440	10.2 13.7 15.8	-10.2 -13.7 -15.8	15.4 20.5 23.8	-9.6 -12.8 -14.8	-9.6 -12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	11	0.300	0.540	10.2 21.6	-10.2 -21.6	15.4 32.4	-9.6 -20.2	-9.6 -20.2	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	1 3 12	0.310	0.440	10.2 13.7 15.8	-10.2 -13.7 -15.8	15.4 20.5 23.8	-9.6 -12.8 -14.8	-9.6 -12.8 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



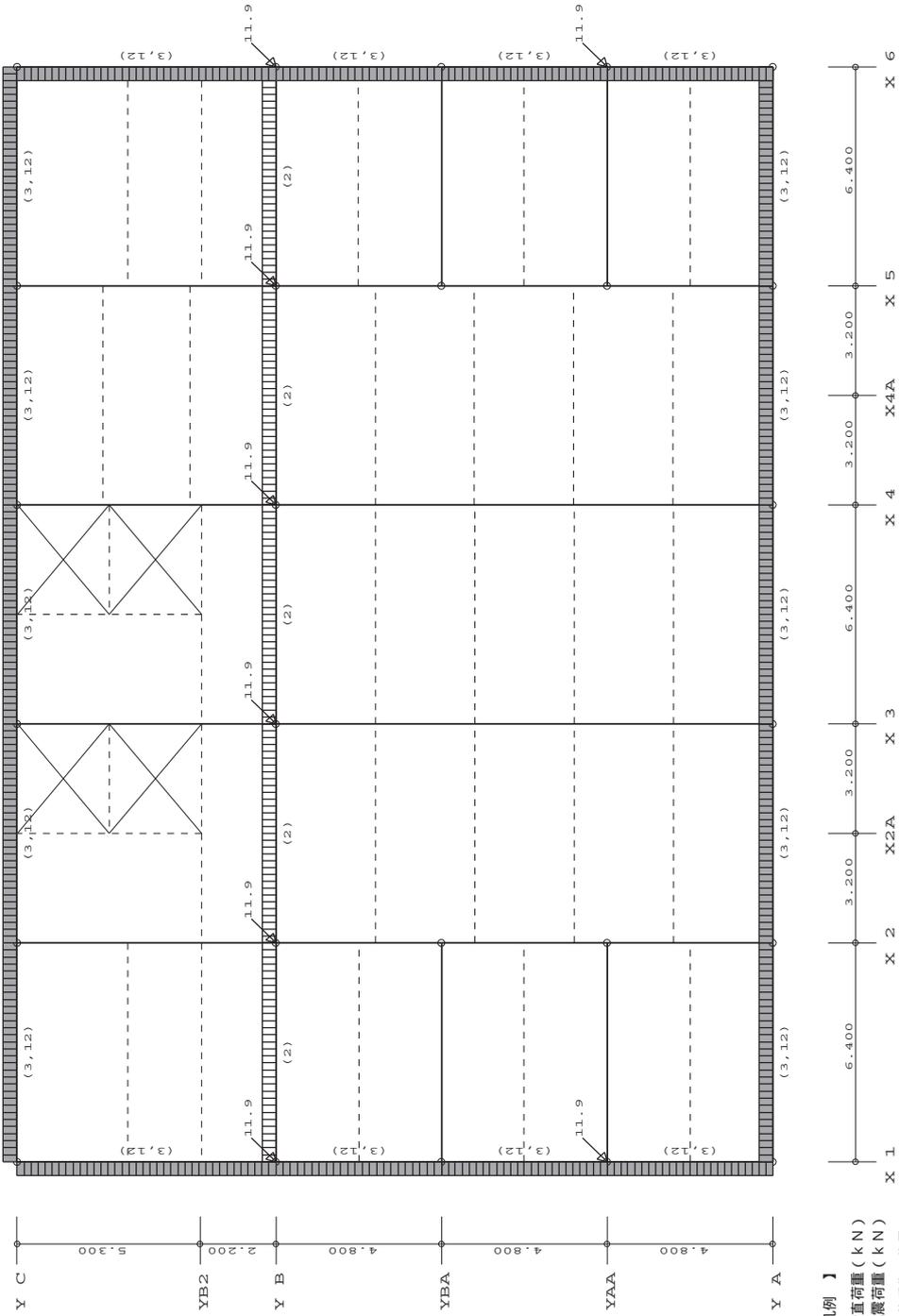
【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 25 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	ML0 (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



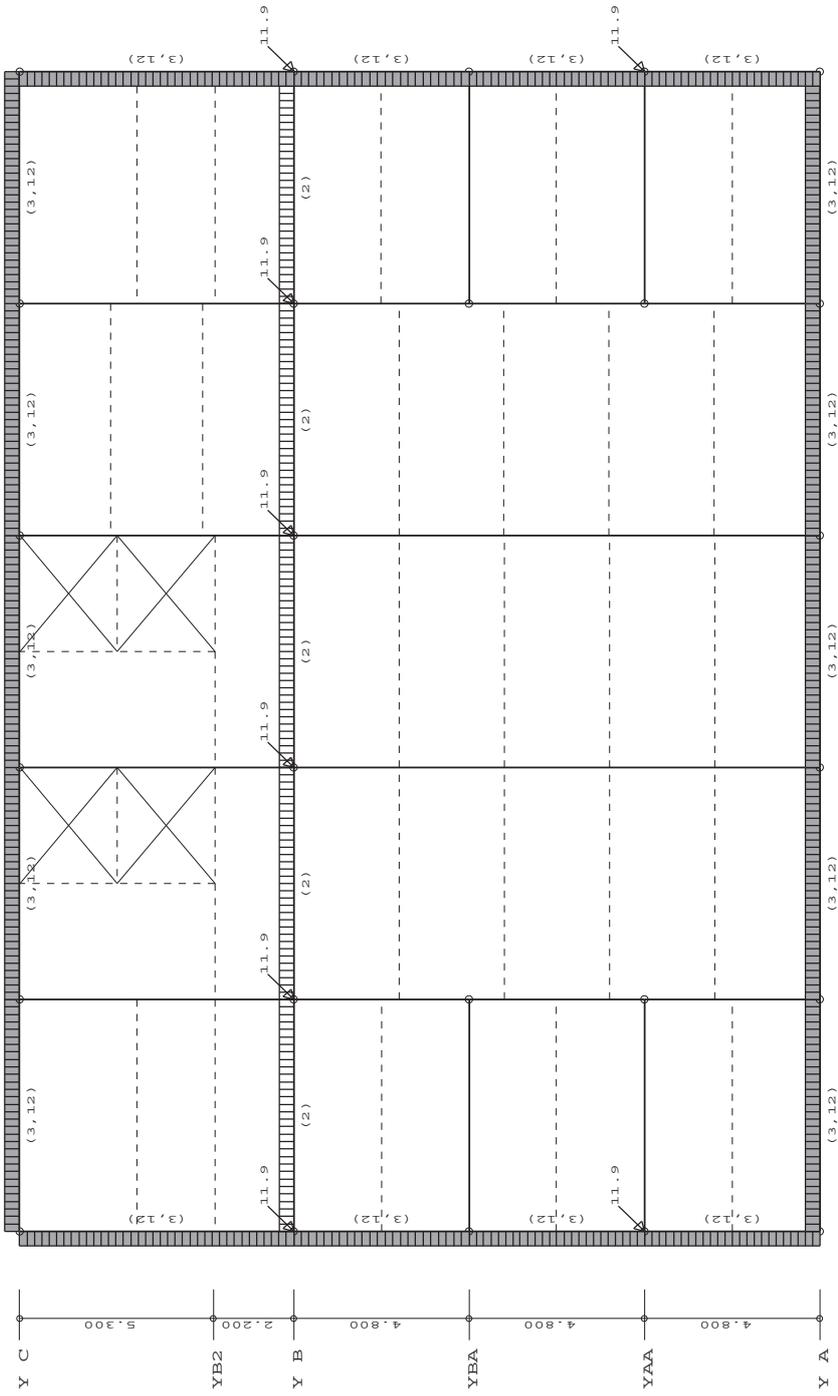
【 凡例 】

矢印は節高鉛直荷重 (k N)
 [] 内は地震荷重 (k N)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 24 階 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

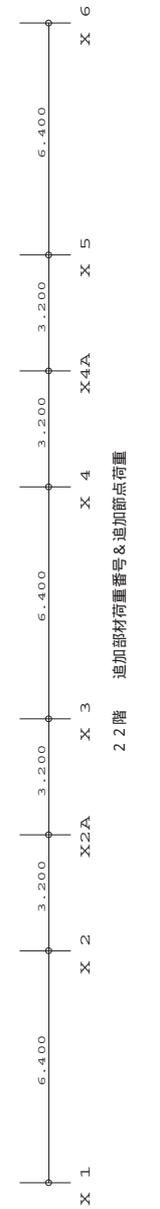
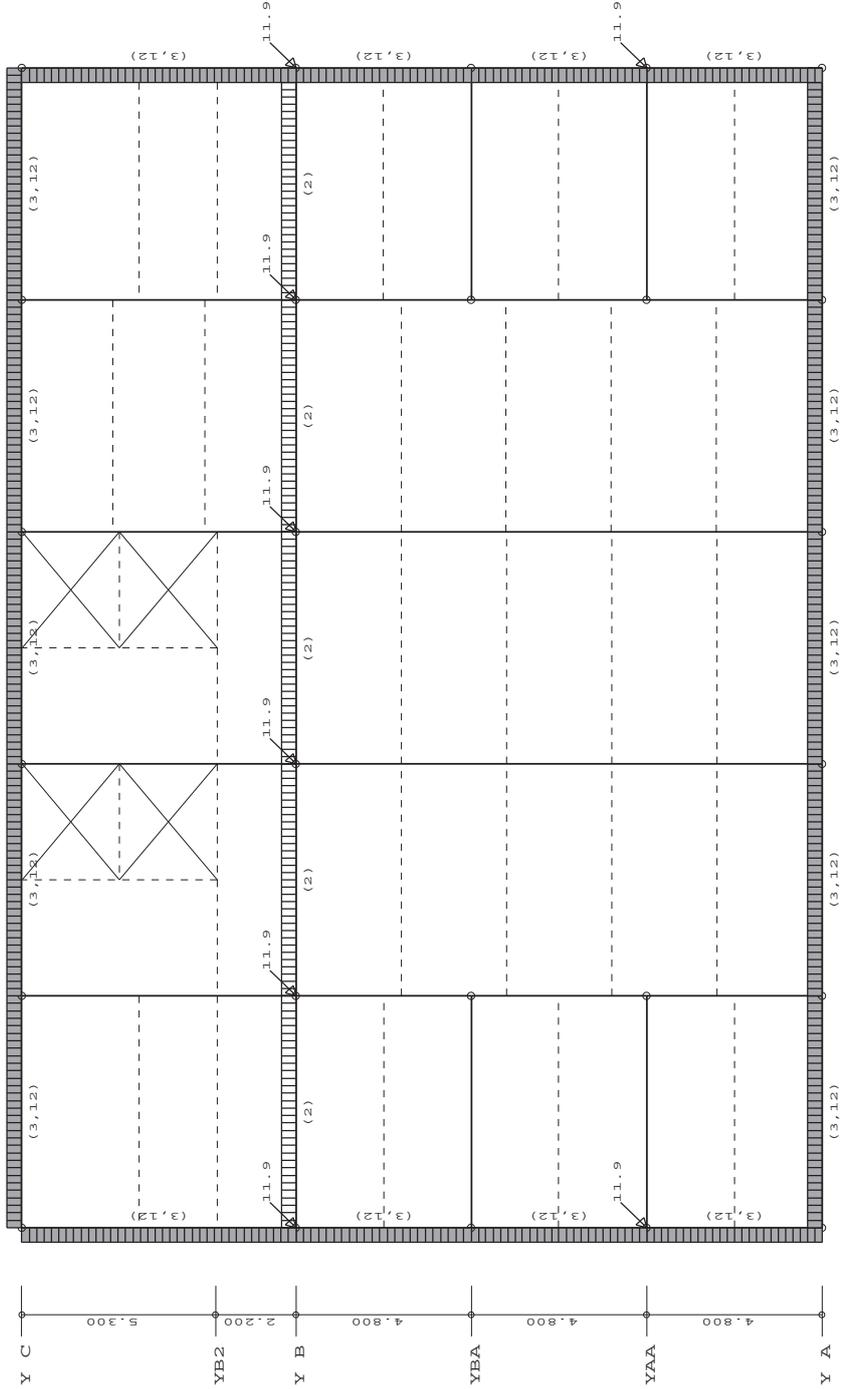
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

2 3 階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 23 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

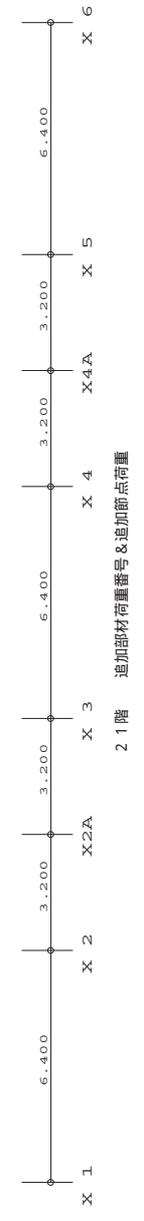
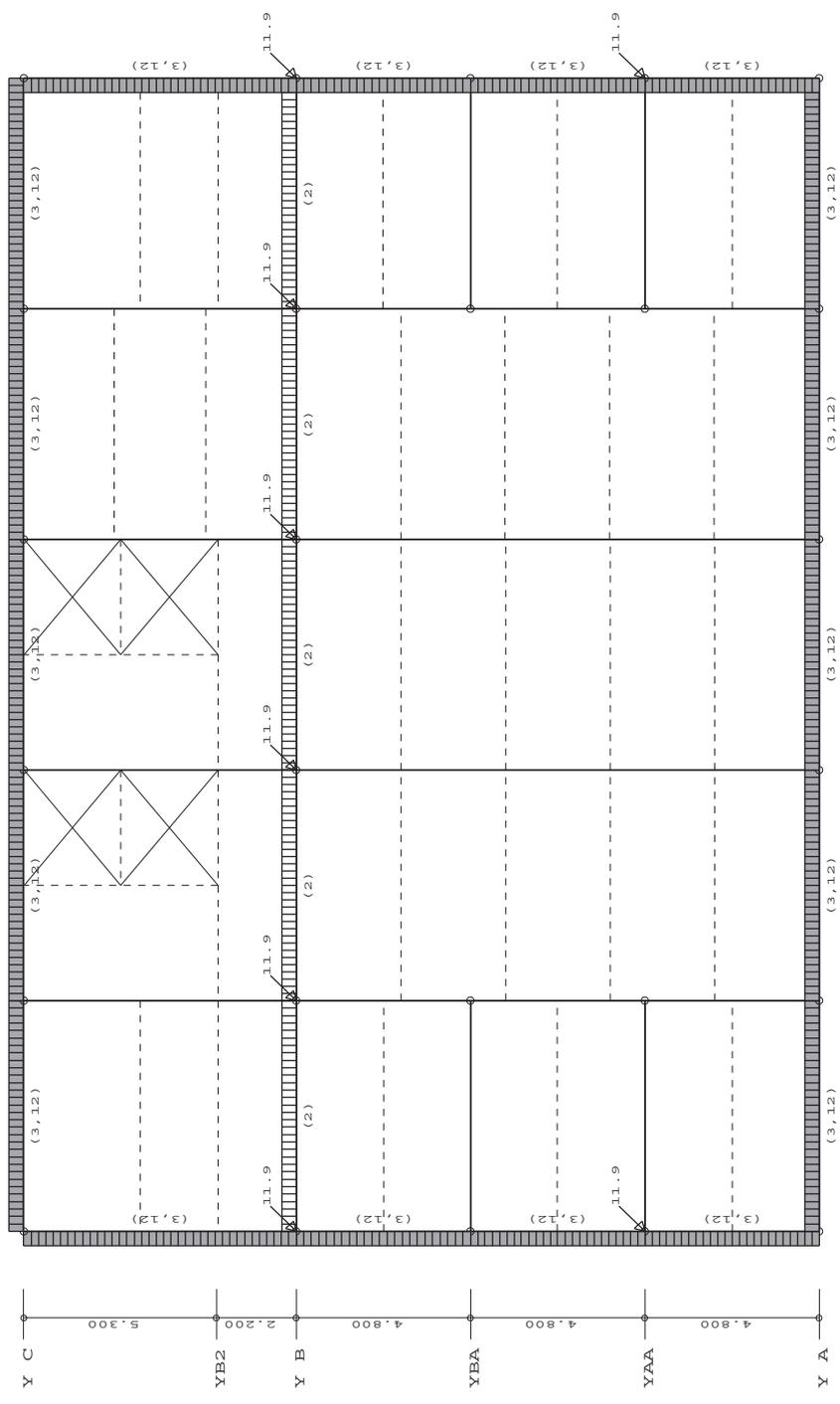


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 []内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□は荷重作用位置、
 ()内は荷重番号を示す。
 黒塗部は補脚荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 22 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	M O (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

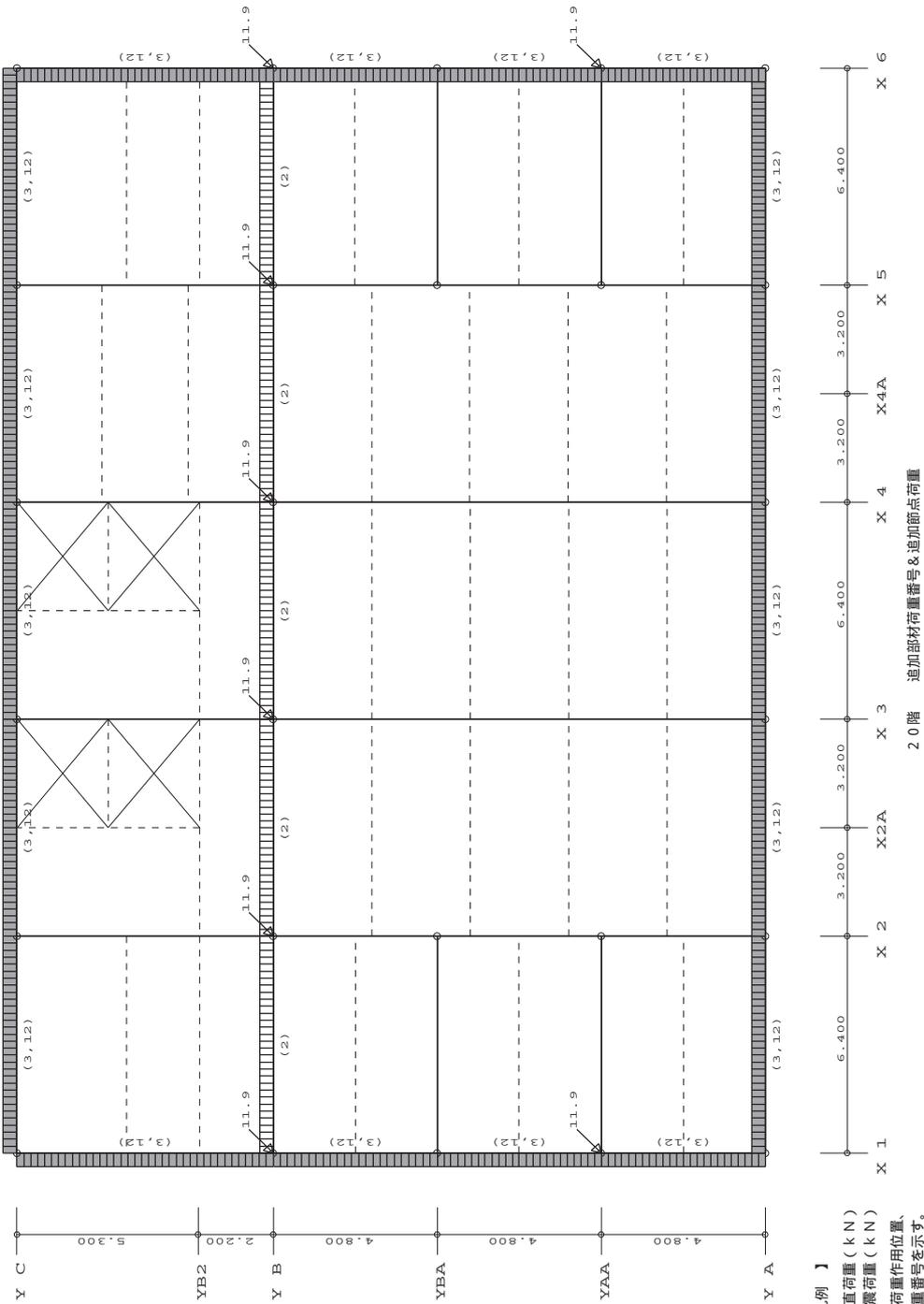


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 21 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	ML (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

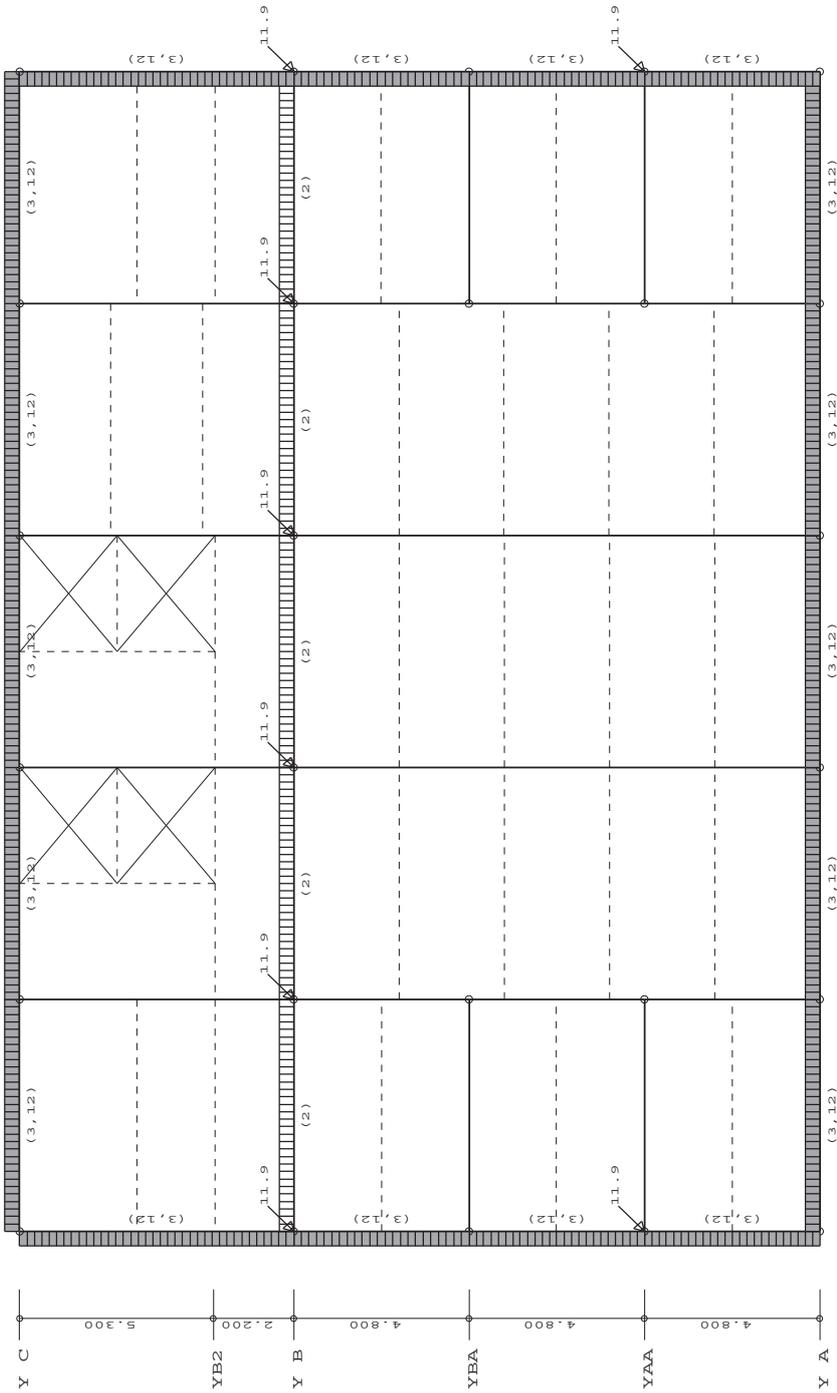
【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 20 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



株式会社 日本設計



【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

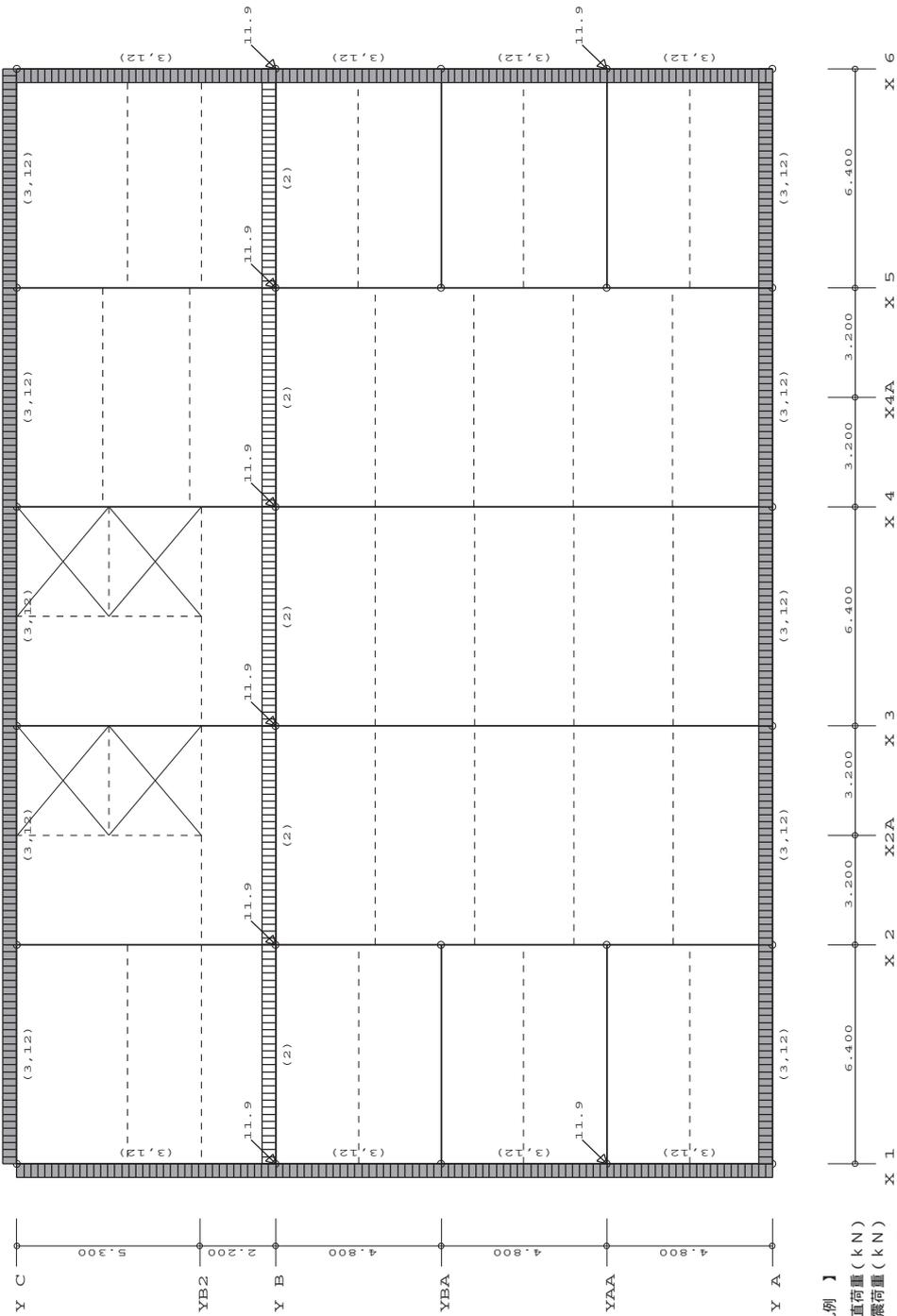


19階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 19階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

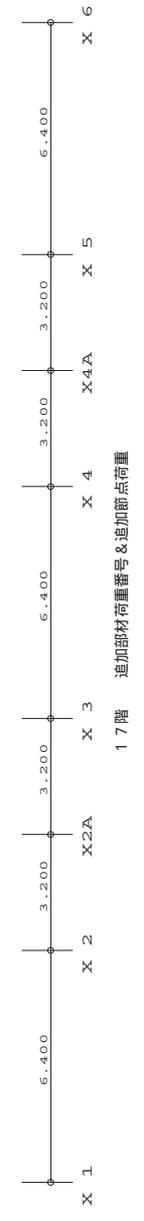
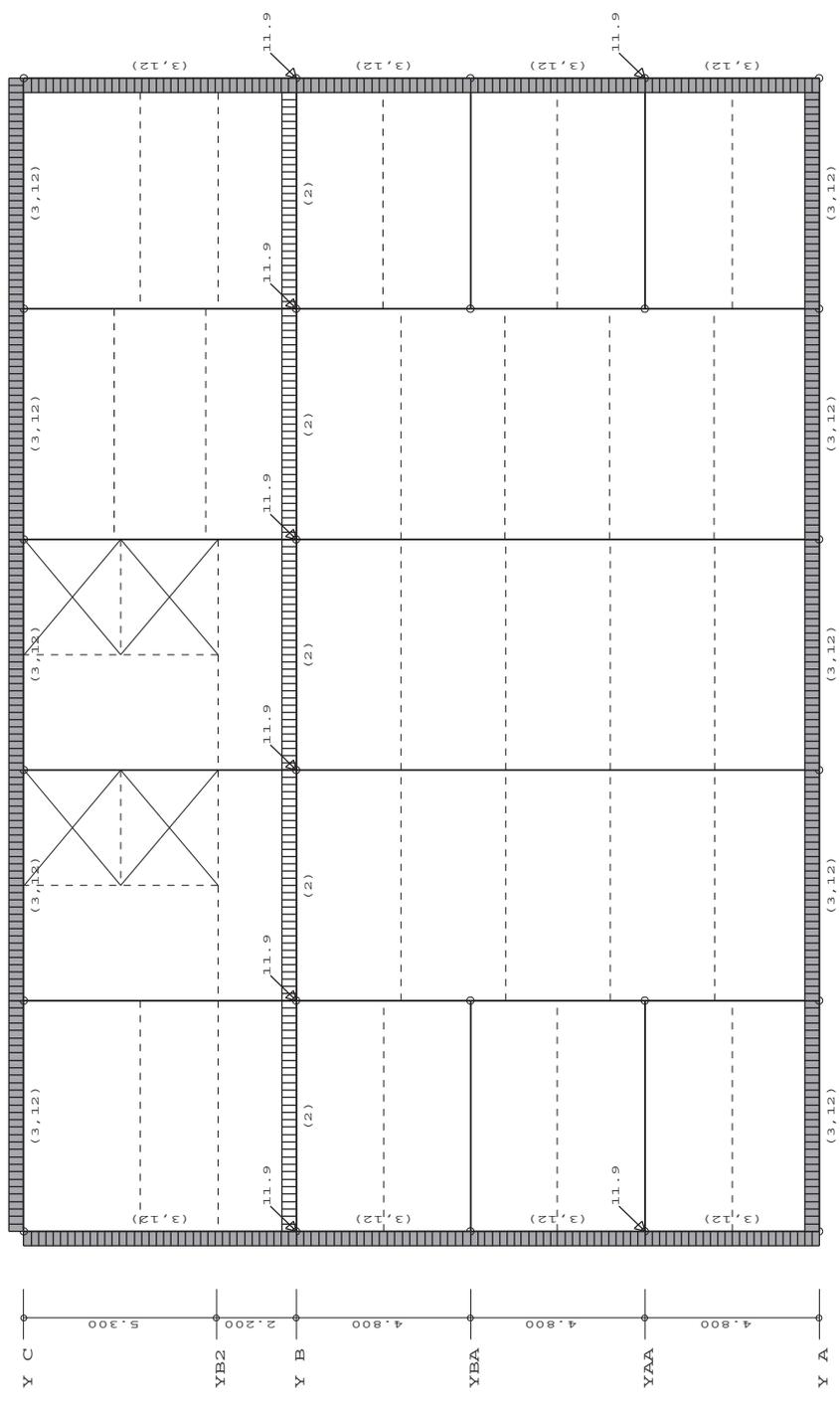
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- []内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、()内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

18階 追加部材荷重番号&追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1.8 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したC M o Q C R (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

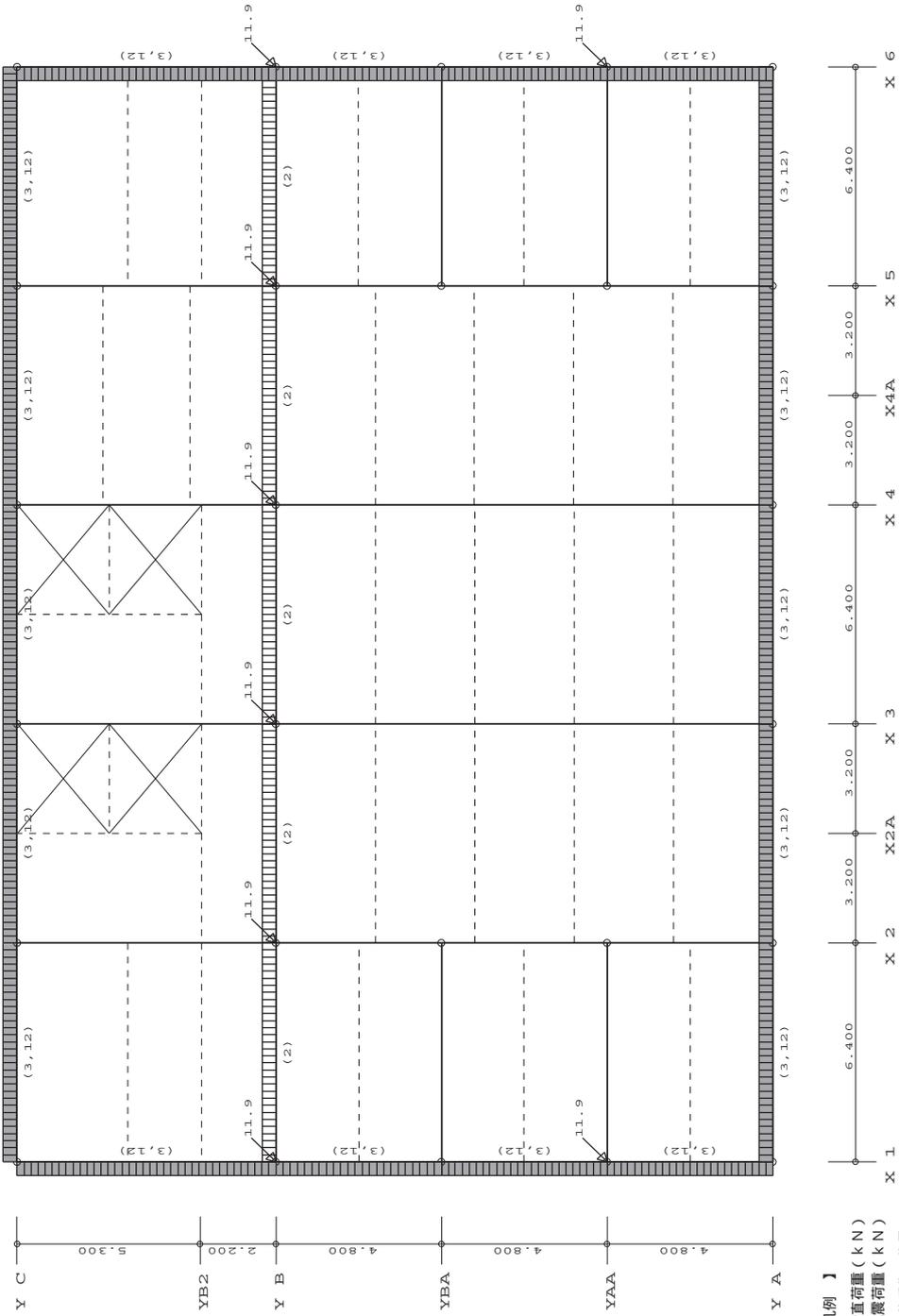


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 17 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	ML (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

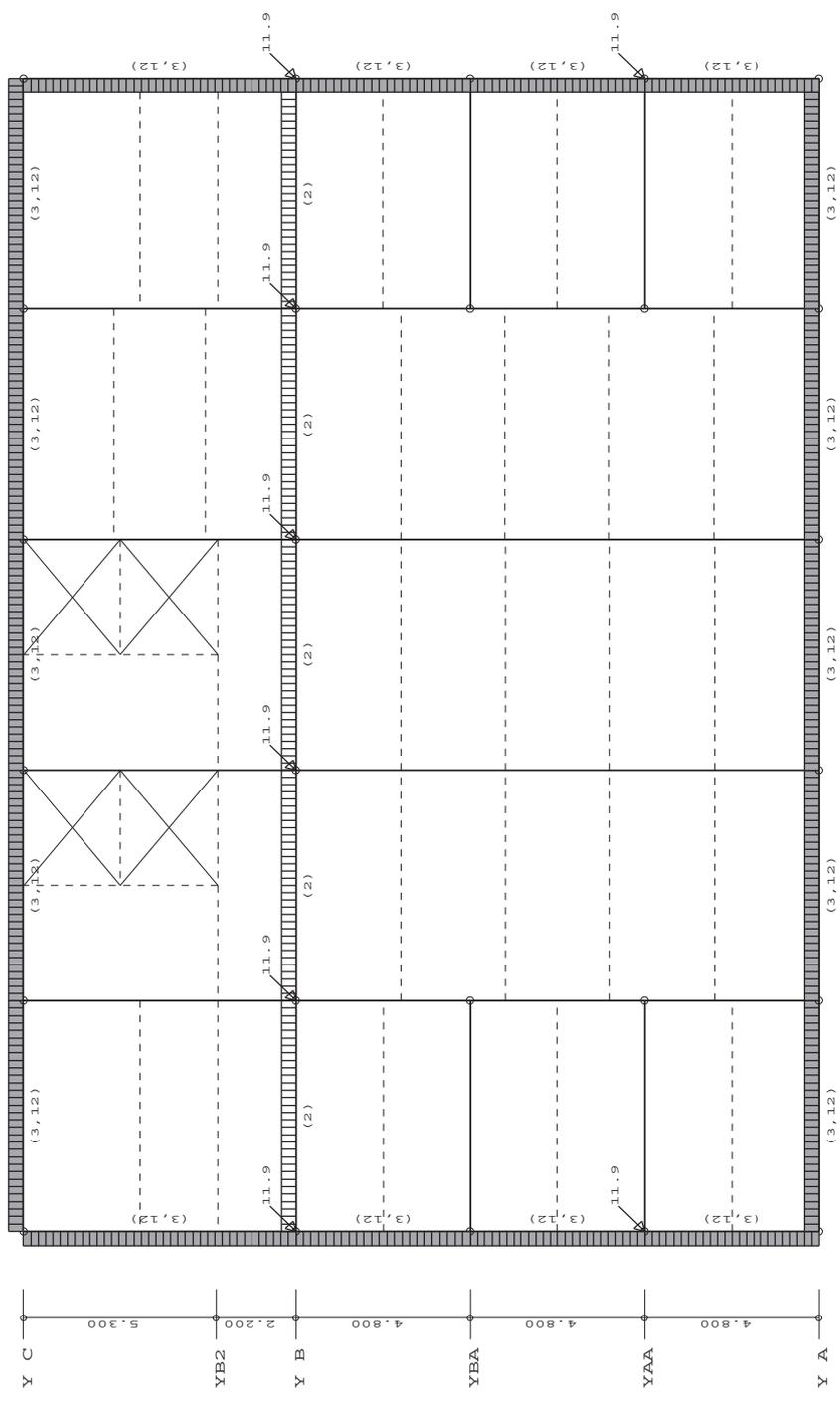
- 矢印は節高鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

16階 追加部材荷重番号&追加節高荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1.6 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

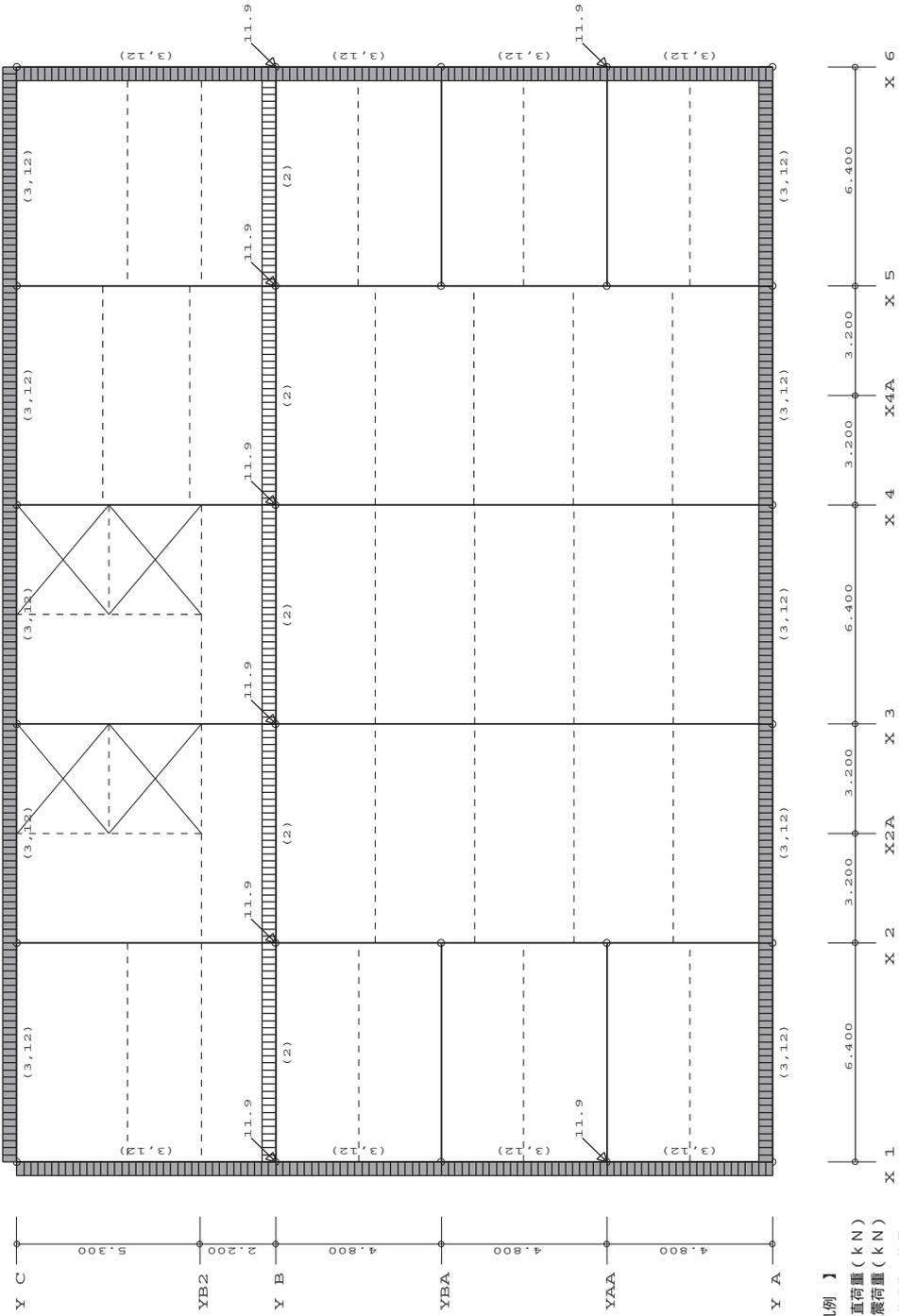
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

15階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 15階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



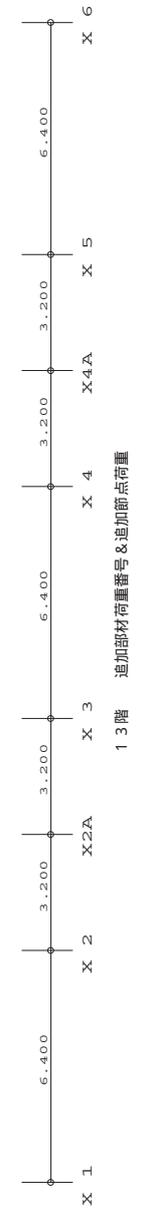
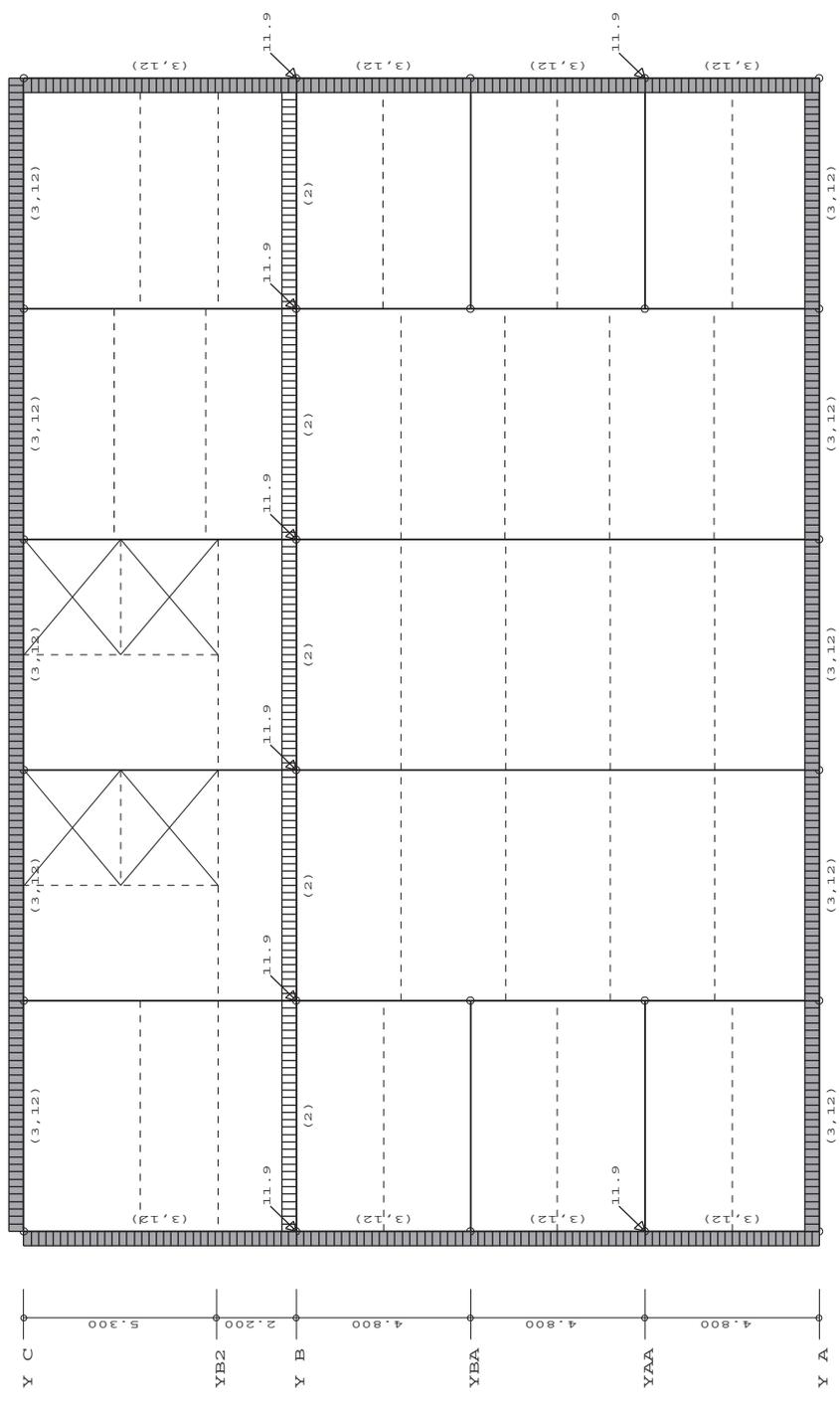
【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1.4 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

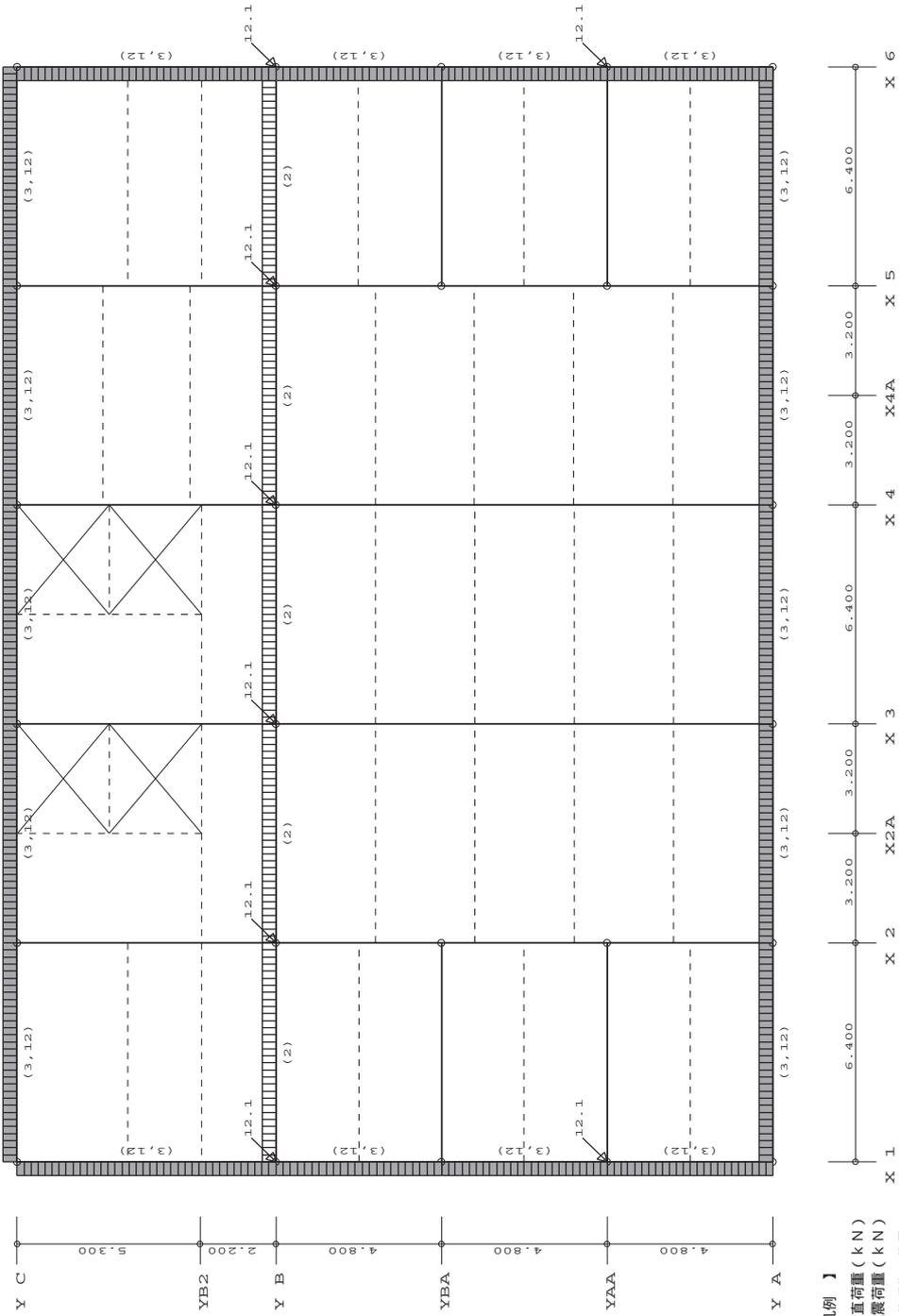


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 1.3階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ M0 (kN.m)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 1.2	0.310	0.440	7.7 8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 1.2	0.310	0.440	7.7 8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 1.2	0.310	0.440	7.7 8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 1.2	0.310	0.440	18.8 21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 1.2	0.310	0.440	7.7 8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 1.2	0.310	0.440	7.7 8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 1.2	0.310	0.440	7.7 8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 1.2	0.310	0.440	18.8 21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 1.2	0.310	0.440	13.7 15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

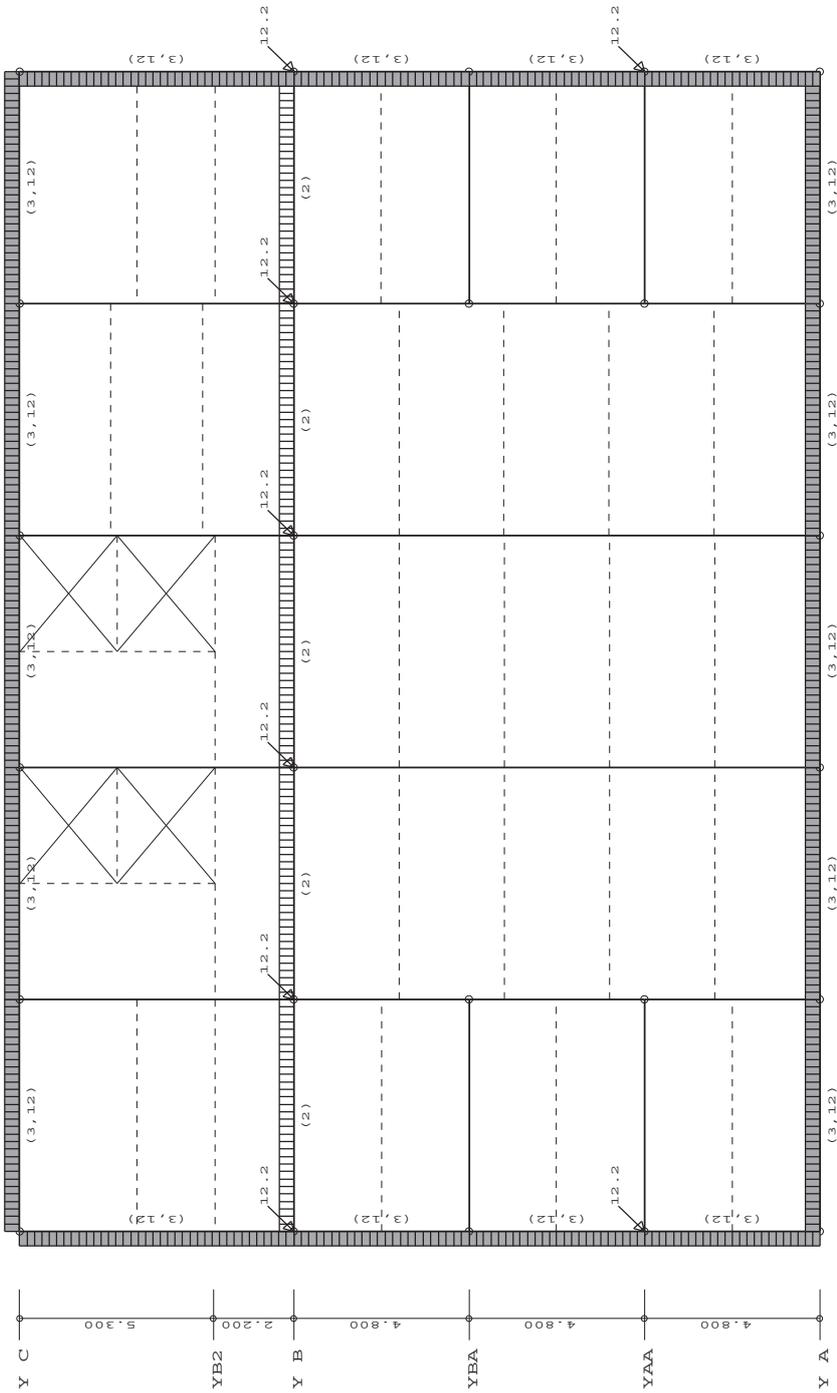
【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1.2 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したC M o Q C R (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



株式会社 日本設計

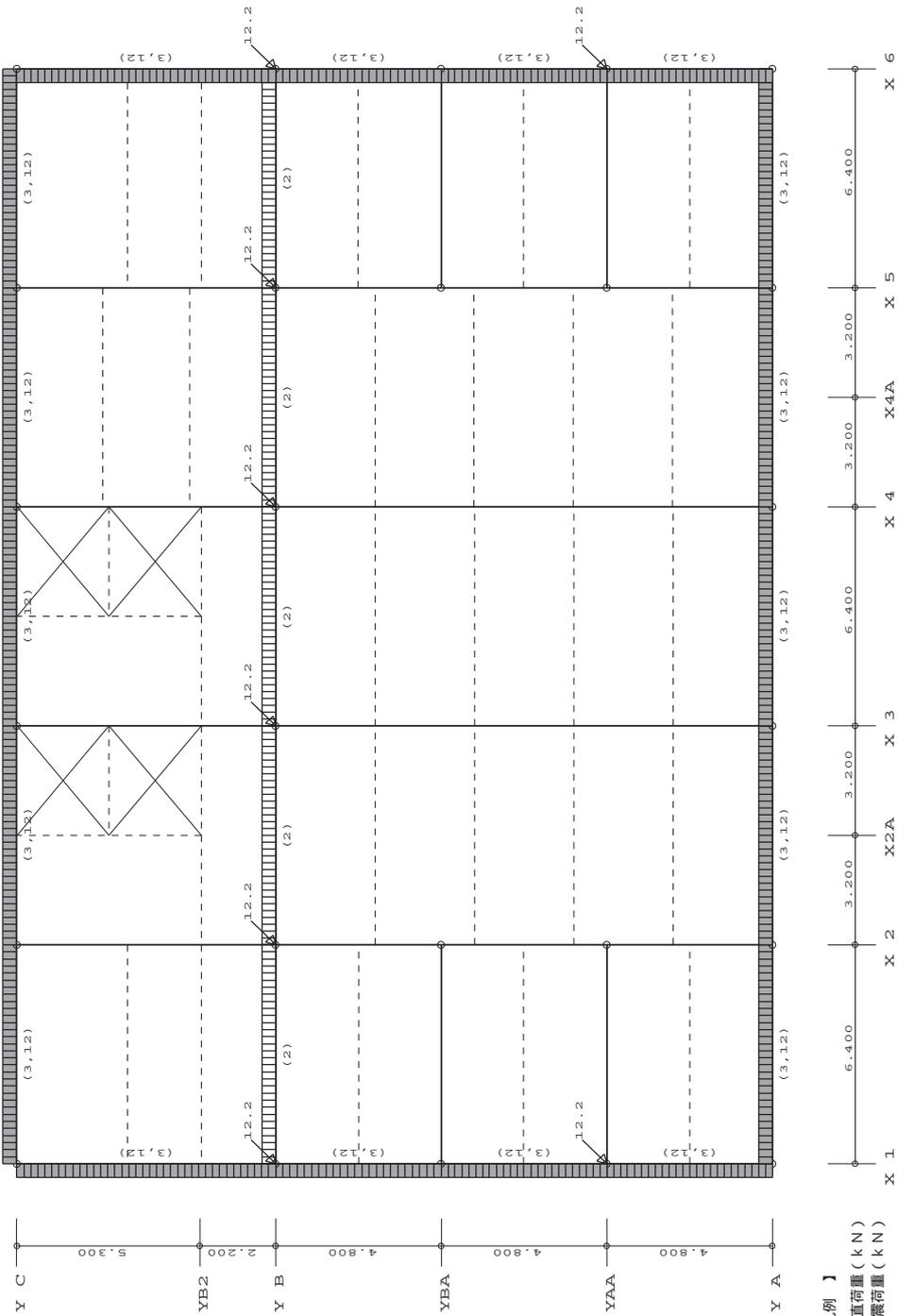


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 11 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



10階 追加部材荷重番号&追加節点荷重

【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- []内は地震荷重 (kN)
- 内は荷重作用位置、()内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

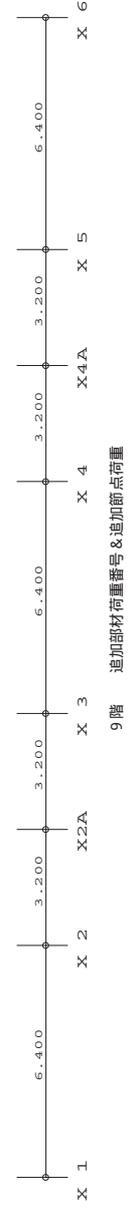
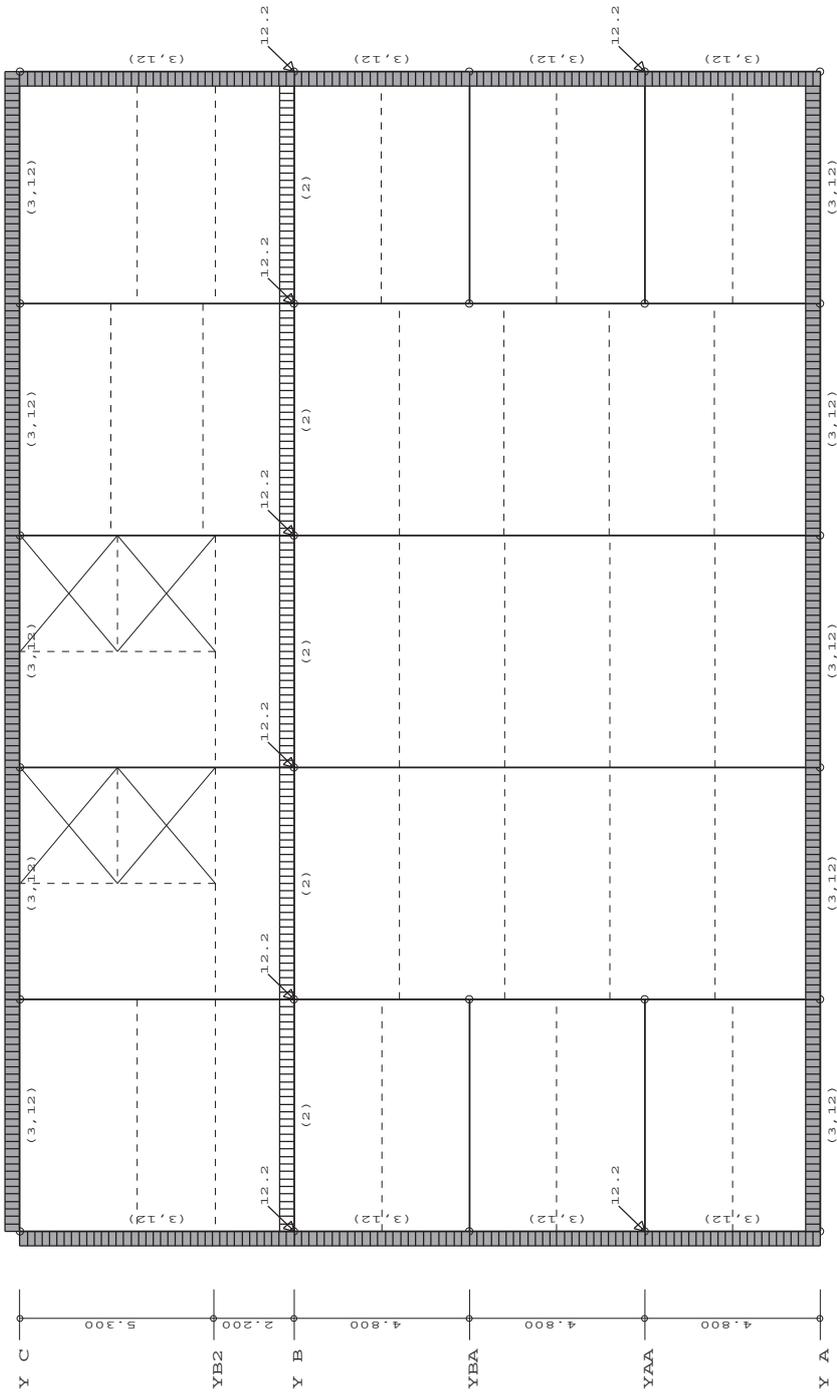
【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 10 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	M O (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



株式会社 日本設計

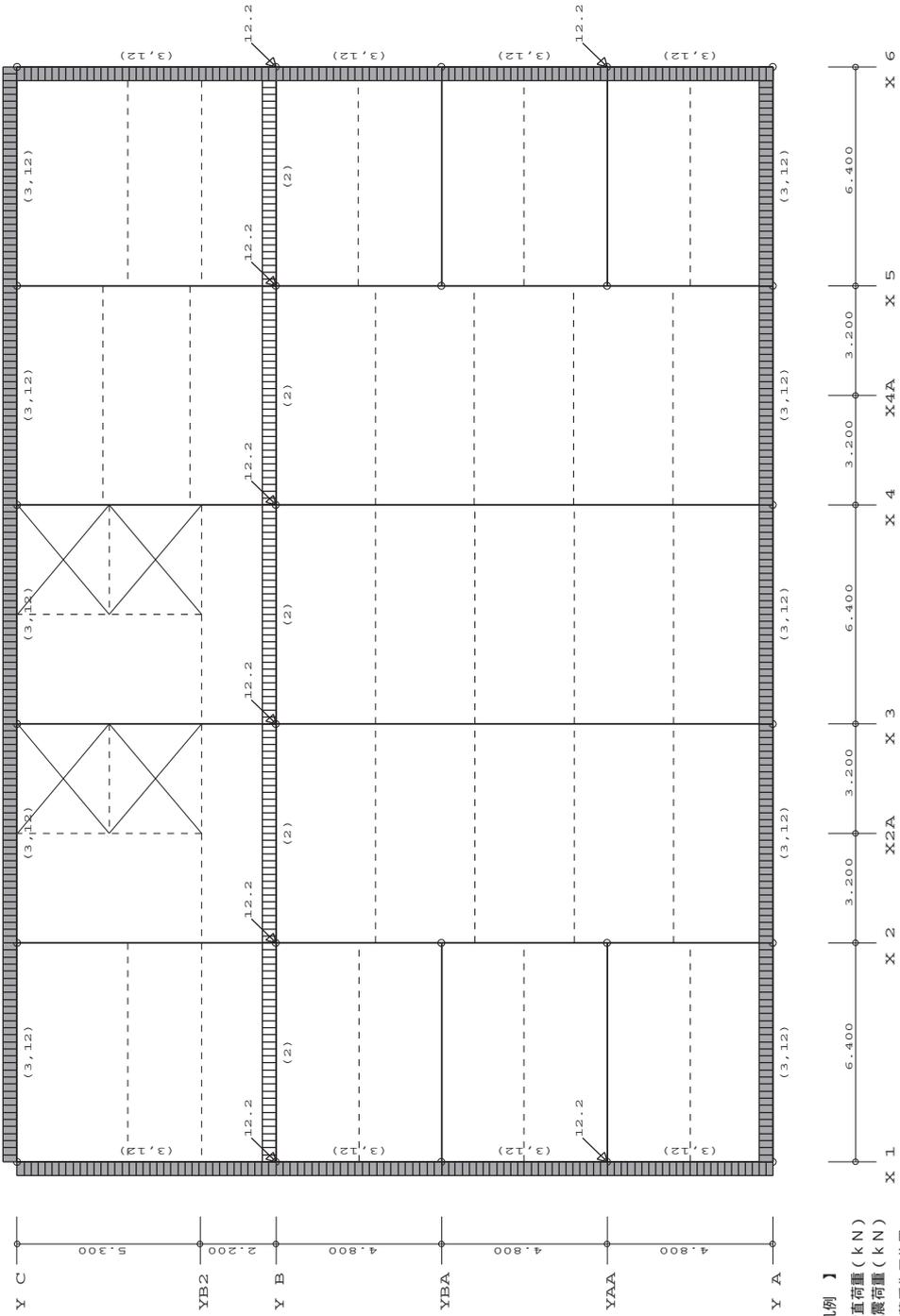


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 9階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

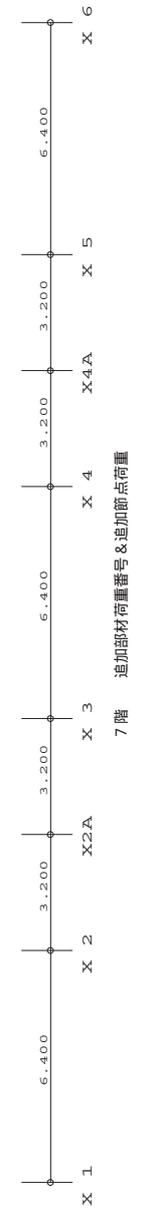
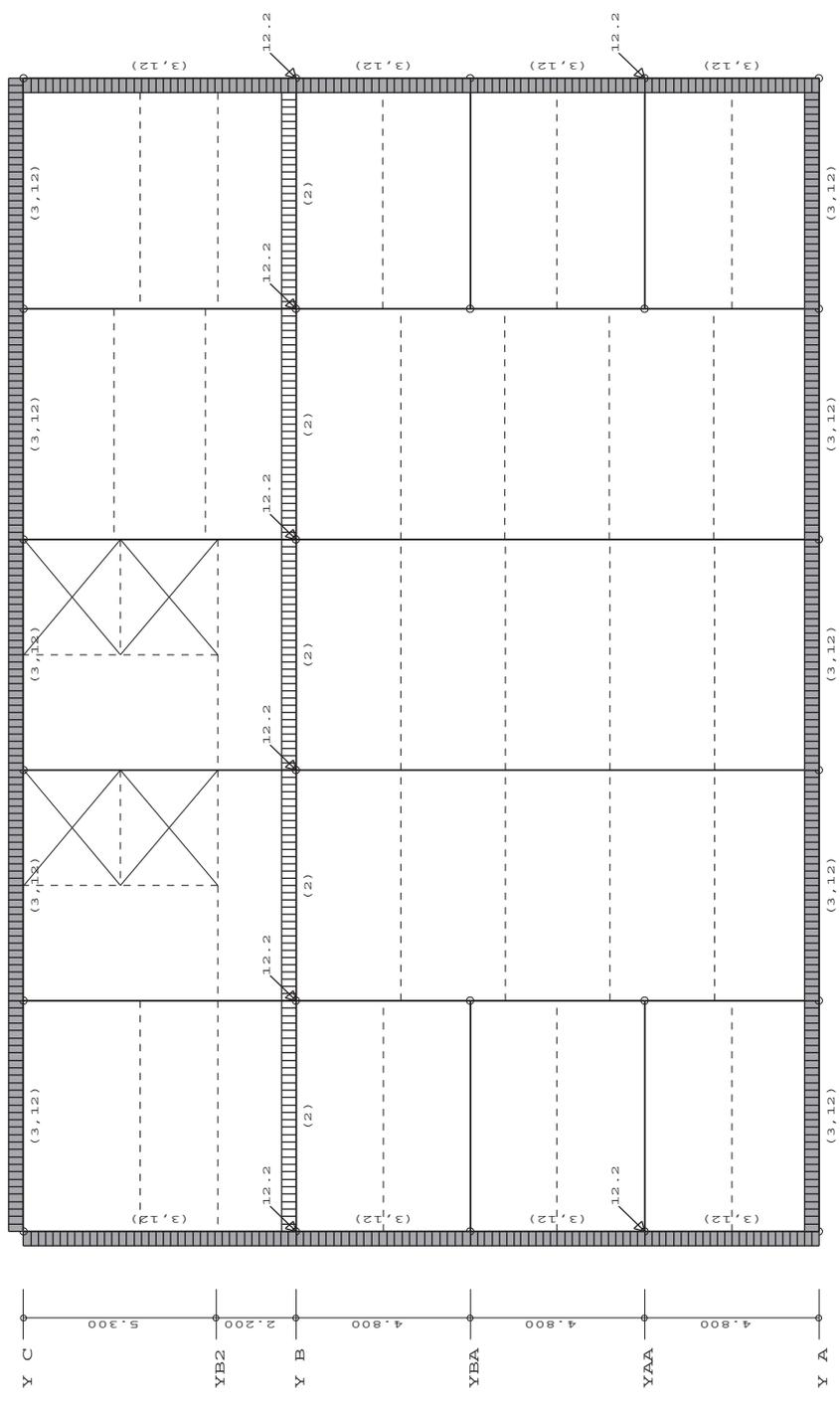
- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

8階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 8 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

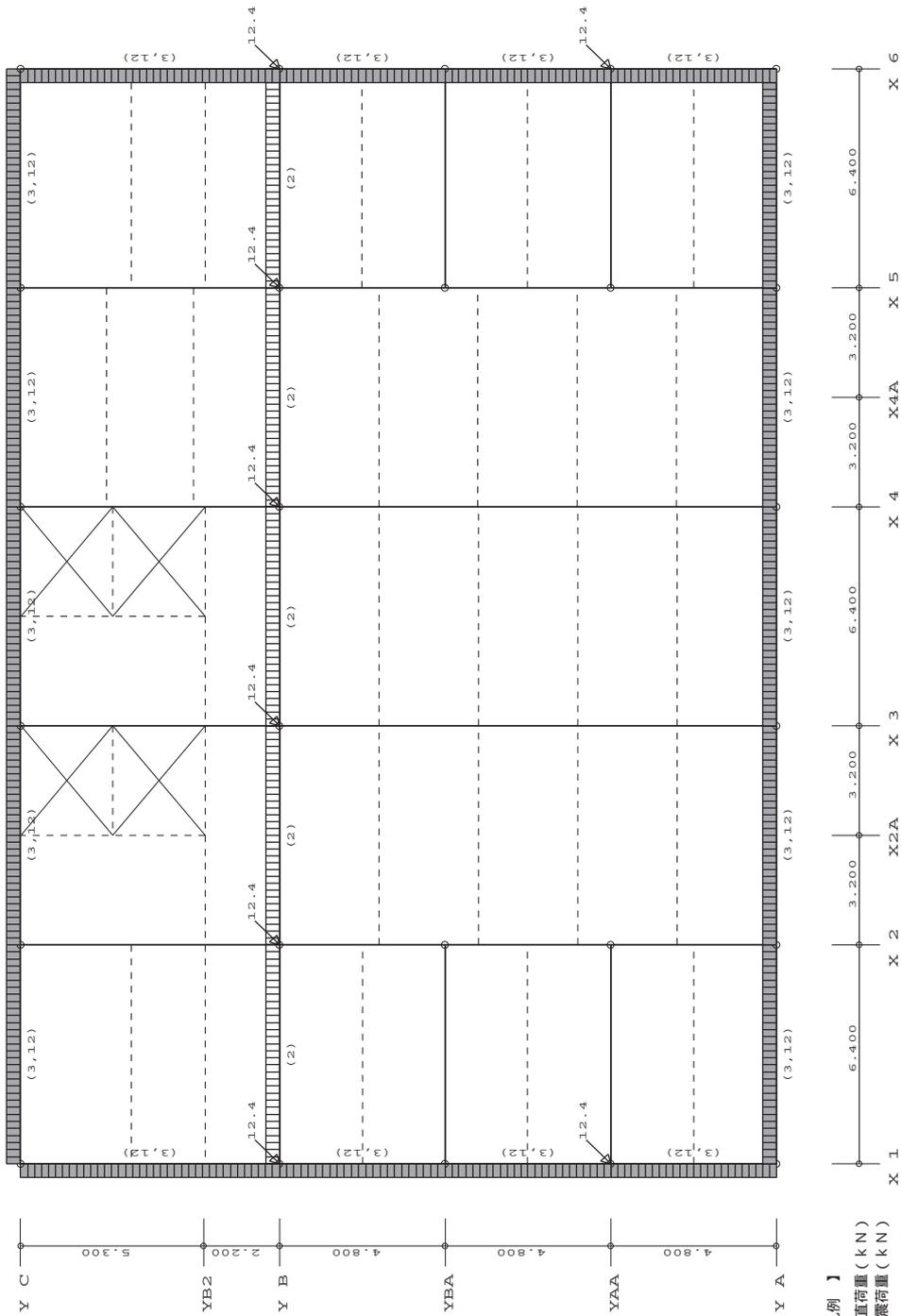


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 7 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

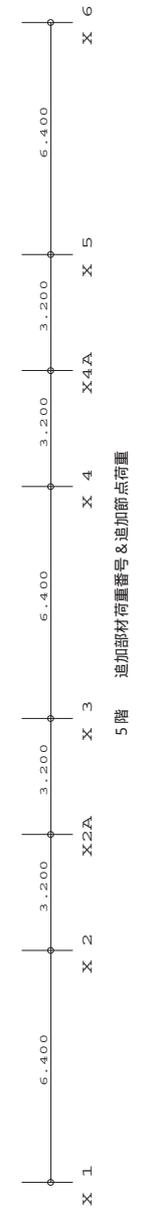
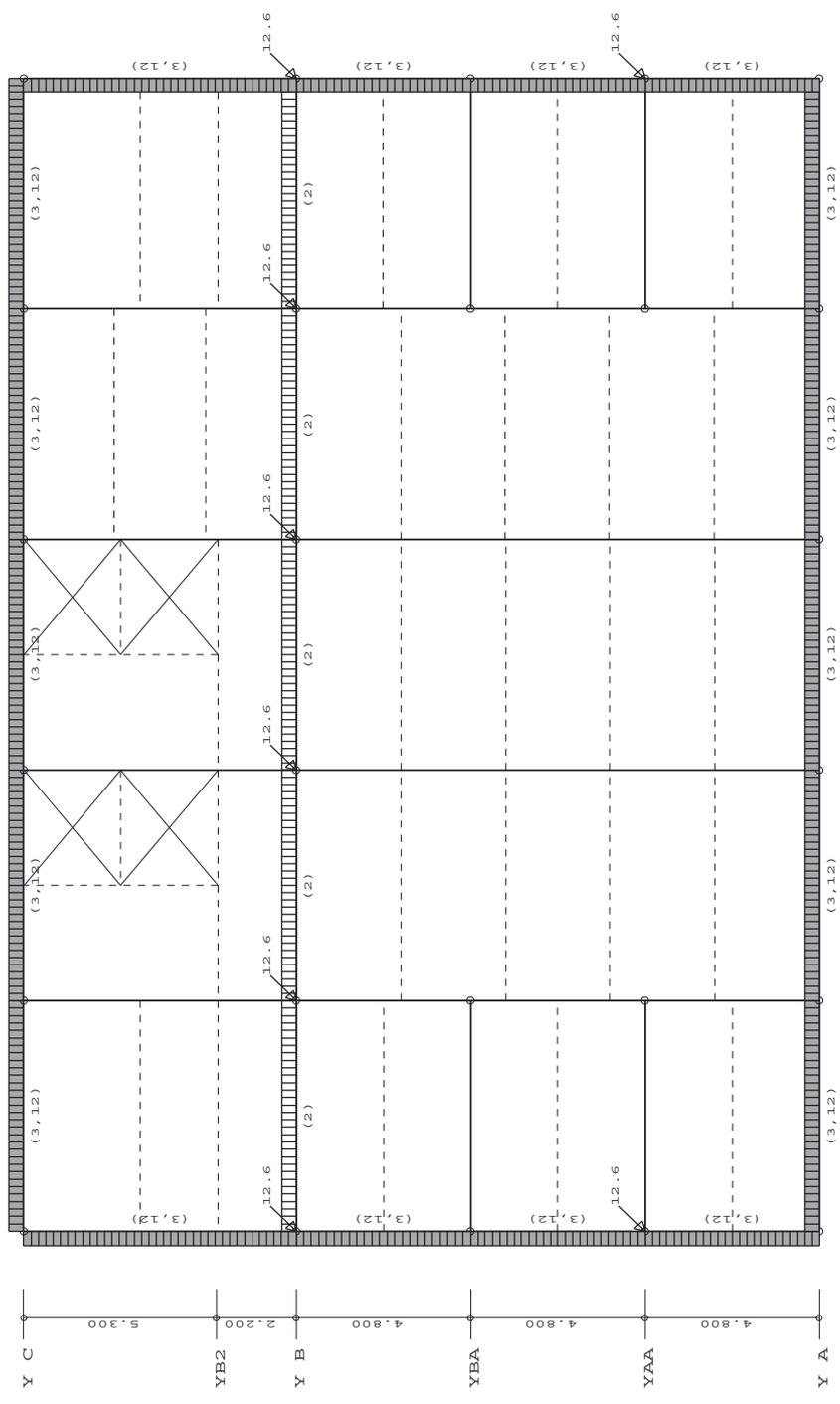
- 矢印は節点鉛直荷重 (k N)
- [] 内は地震荷重 (k N)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

6階 追加部材荷重番号 & 追加節点荷重

【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 6階 ----- 1

荷重タイプ番号	大梁位置	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	CMoQ (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁 3	X 1 (Y A-YAA)	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁 12	X 1 (Y A-YAA)	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁 3	X 1 (YAA-YBA)	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁 12	X 1 (YAA-YBA)	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁 3	X 1 (YBA-Y B)	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁 12	X 1 (YBA-Y B)	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁 3	X 1 (Y B-Y C)	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁 12	X 1 (Y B-Y C)	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
X通り梁 3	X 6 (Y A-YAA)	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁 12	X 6 (Y A-YAA)	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁 3	X 6 (YAA-YBA)	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁 12	X 6 (YAA-YBA)	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁 3	X 6 (YBA-Y B)	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁 12	X 6 (YBA-Y B)	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁 3	X 6 (Y B-Y C)	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁 12	X 6 (Y B-Y C)	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
Y通り梁 3	Y A (X 1-X 2)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y A (X 1-X 2)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y A (X 2-X 3)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y A (X 2-X 3)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y C (X 2-X 3)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y C (X 2-X 3)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y A (X 3-X 4)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y A (X 3-X 4)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y C (X 3-X 4)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y C (X 3-X 4)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y A (X 4-X 5)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y A (X 4-X 5)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y C (X 4-X 5)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y C (X 4-X 5)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y A (X 5-X 6)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y A (X 5-X 6)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁 3	Y C (X 5-X 6)	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁 12	Y C (X 5-X 6)	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

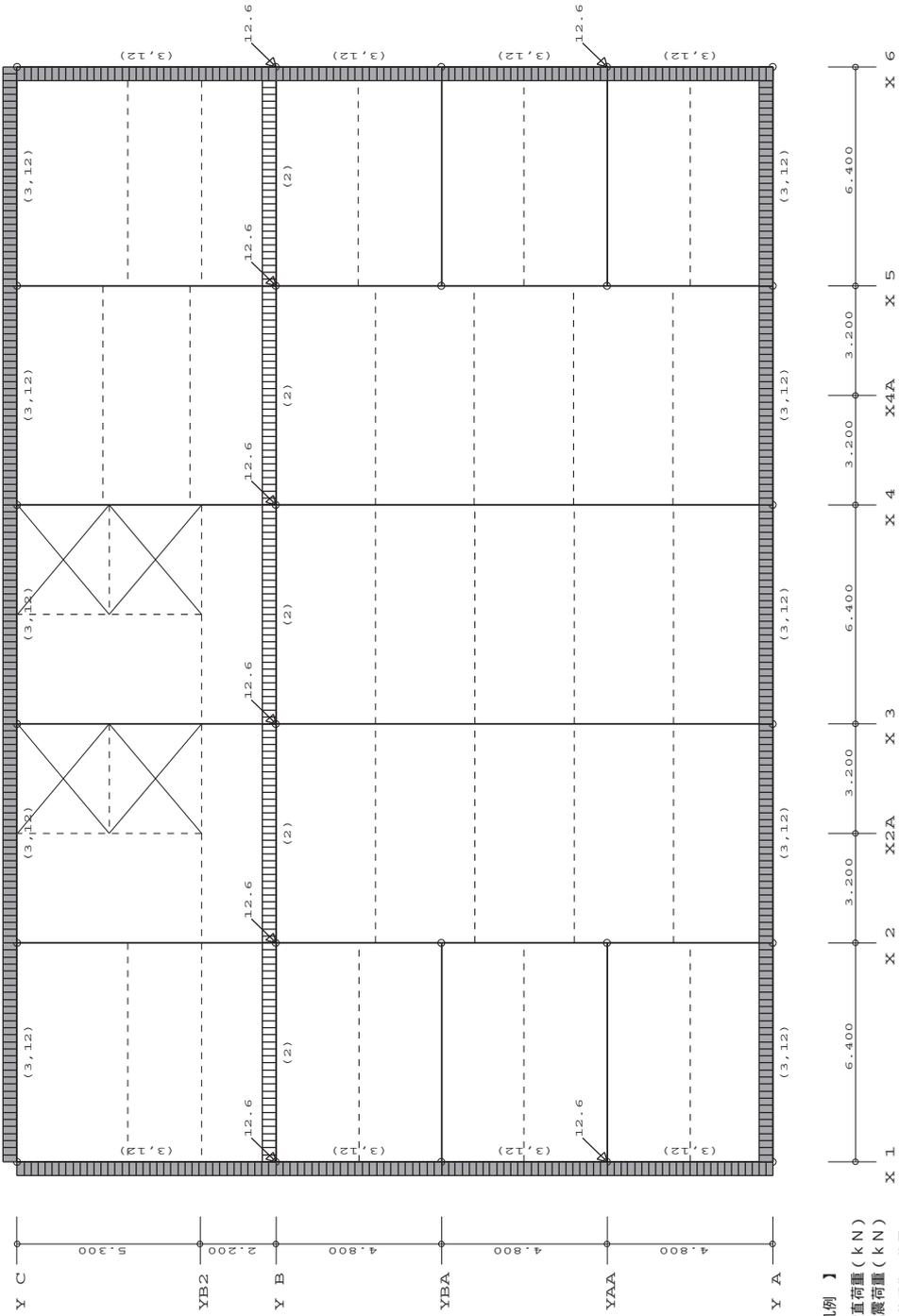


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 5 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備 考
						CR (kN.m)	ML0 (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



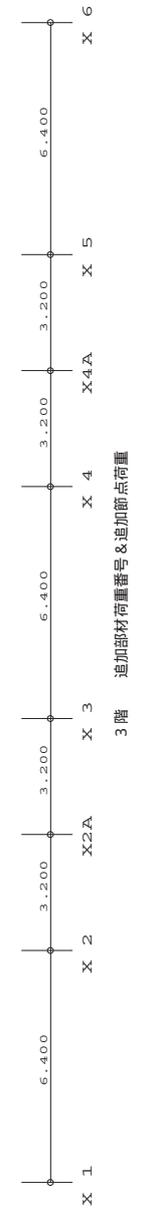
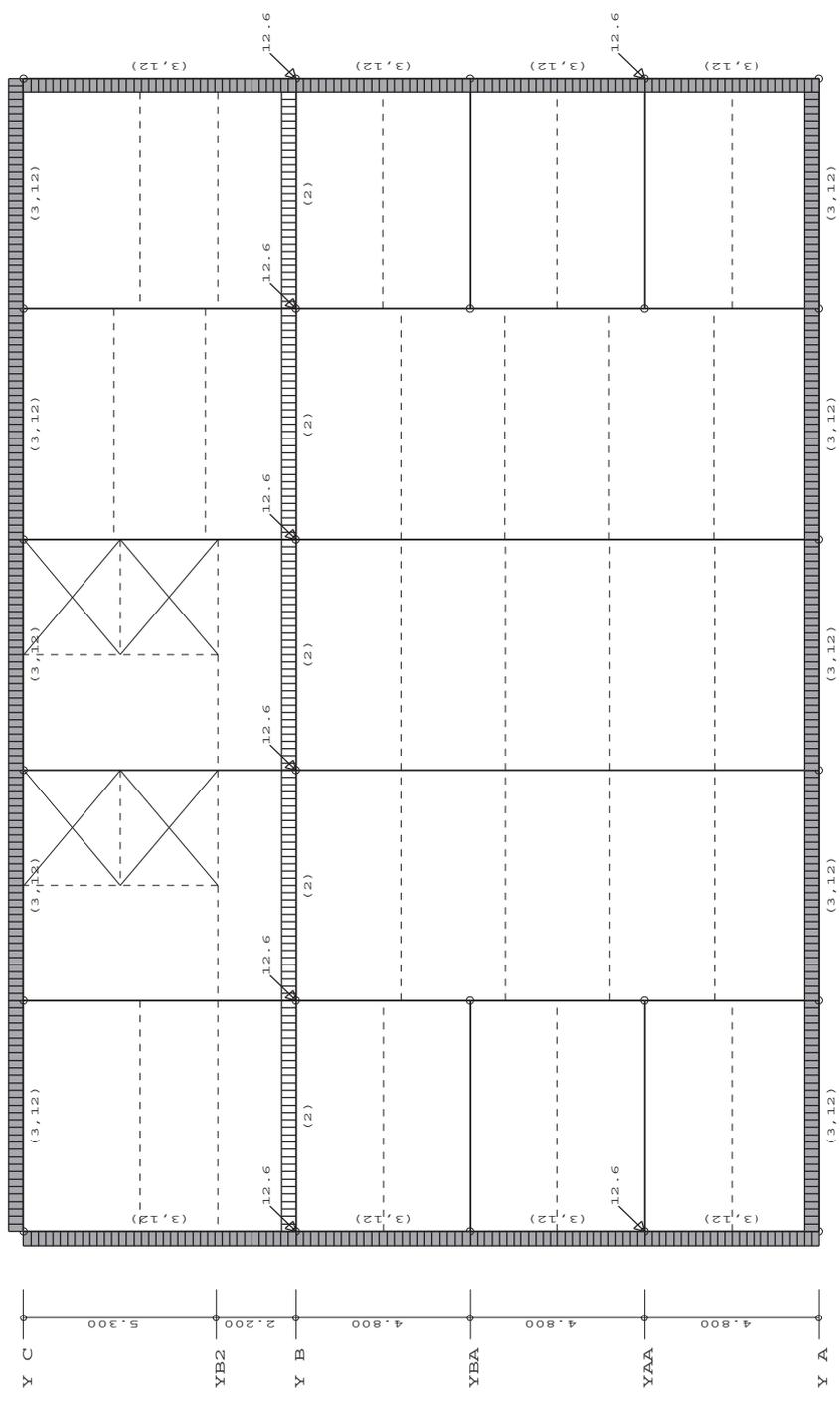
【 凡例 】

- 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
- [] 内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、() 内は荷重番号を示す。
- 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 4 階 1

通り方向	大梁位置	荷重 タイプ 番号	積載比率1	積載比率2	C L (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ CR (kN.m)	Q L (kN)	Q R (kN)	備 考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。

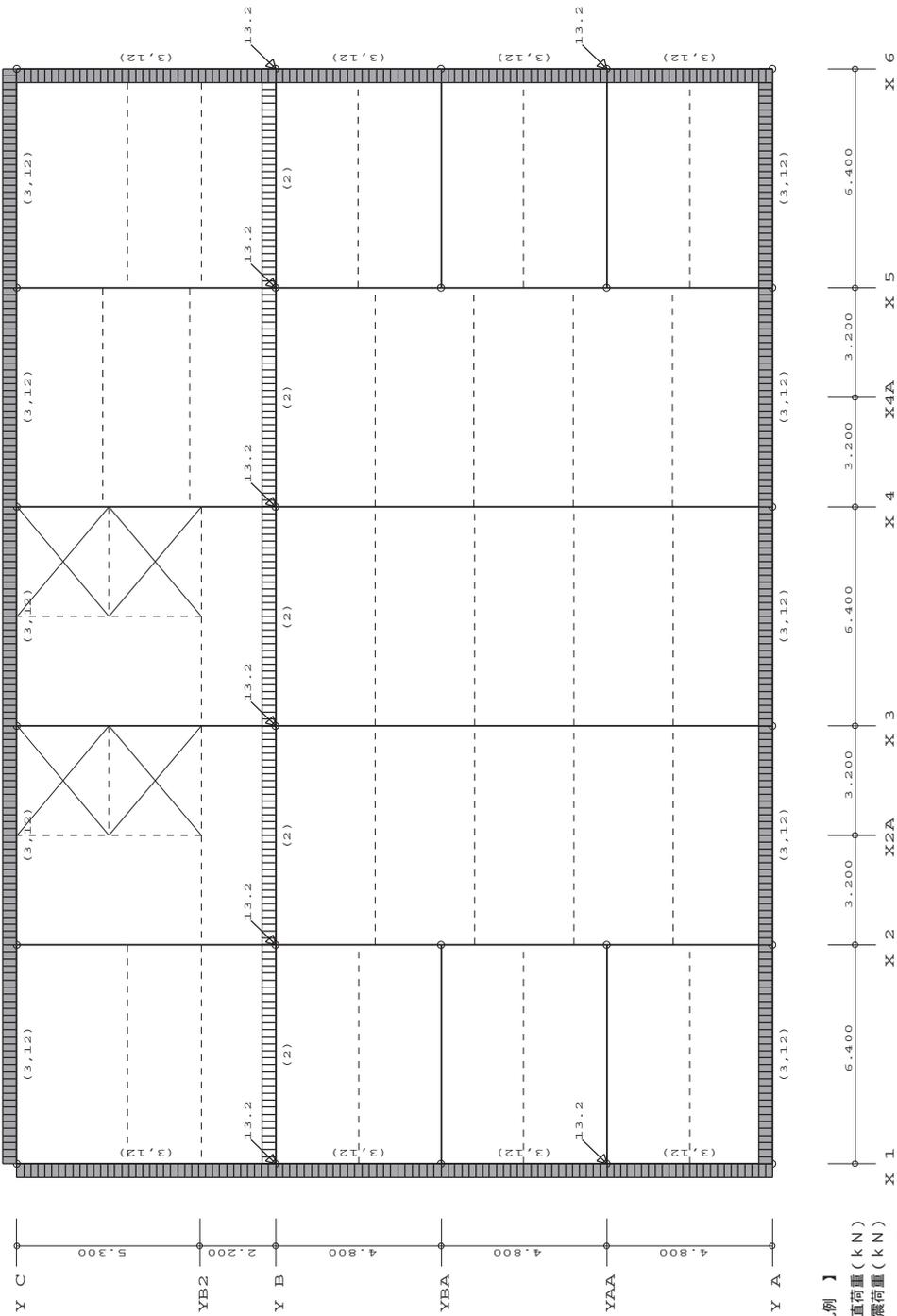


【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 3 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	M0 (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



【 凡例 】

- 矢印は節高鉛直荷重 (kN)
- []内は地震荷重 (kN)
- は荷重作用位置、()内は荷重番号を示す。黒塗部は補筋荷重比率入力有。

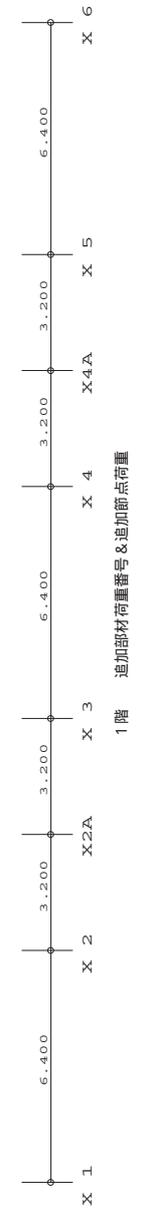
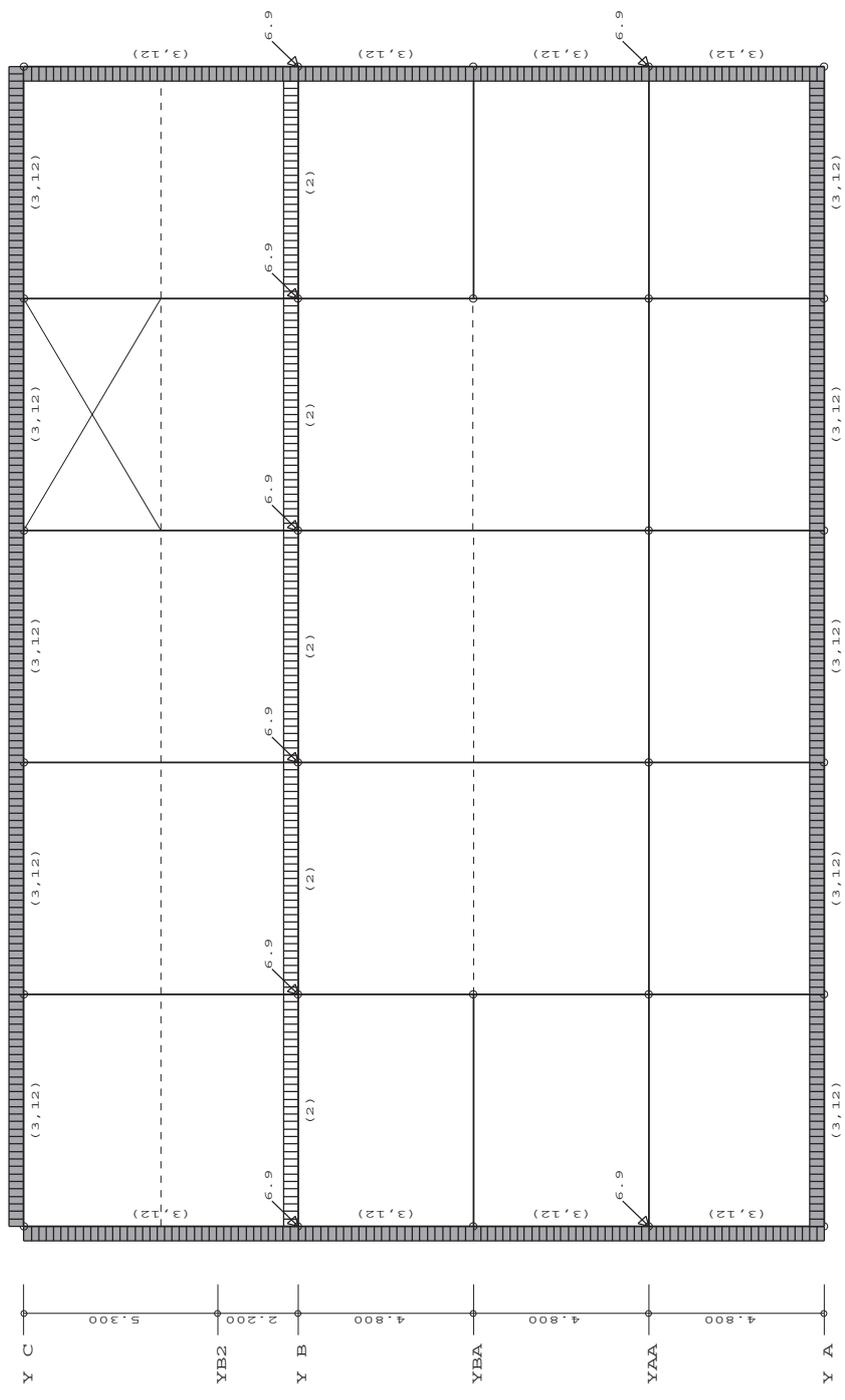
【追加部材荷重に対する積載荷重比率】 2階 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	CR (kN.m)	CM0 (kN.m)	QL (kN)	QR (kN)	備考
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3	0.310	0.440	7.7	-7.7	11.5	-9.6	-9.6	
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	12	0.310	0.440	8.9	-8.9	13.4	-11.1	-11.1	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3	0.310	0.440	18.8	-18.8	28.1	-15.0	-15.0	
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	12	0.310	0.440	21.8	-21.8	32.6	-17.4	-17.4	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3	0.310	0.440	13.7	-13.7	20.5	-12.8	-12.8	
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	12	0.310	0.440	15.8	-15.8	23.8	-14.8	-14.8	

(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



株式会社 日本設計



【 凡例 】
 矢印は節点鉛直荷重 (kN)
 [] 内は地震荷重 (kN)
 □□□□□□□□ は荷重作用位置、
 () 内は荷重番号を示す。
 黒塗部は積載荷重比率入力有。

【 追加部材荷重に対する積載荷重比率 】 1 階 - - - - - 1

通り方向	大梁位置	荷重タイプ番号	積載比率1	積載比率2	CL (kN.m)	荷重タイプ番号により算出したCMoQ			備考
						CR (kN.m)	ML0 (kN.m)	QL (kN)	
X通り梁	X 1 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 1 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
X通り梁	X 6 (Y A-YAA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YAA-YBA)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (YBA-Y B)	3 12	0.310	0.440	7.7 8.9	-7.7 -8.9	11.5 13.4	-9.6 -11.1	-9.6 -11.1
X通り梁	X 6 (Y B-Y C)	3 12	0.310	0.440	18.8 21.8	-18.8 -21.8	28.1 32.6	-15.0 -17.4	-15.0 -17.4
Y通り梁	Y A (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 1-X 2)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 2-X 3)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 3-X 4)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 4-X 5)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y A (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8
Y通り梁	Y C (X 5-X 6)	3 12	0.310	0.440	13.7 15.8	-13.7 -15.8	20.5 23.8	-12.8 -14.8	-12.8 -14.8

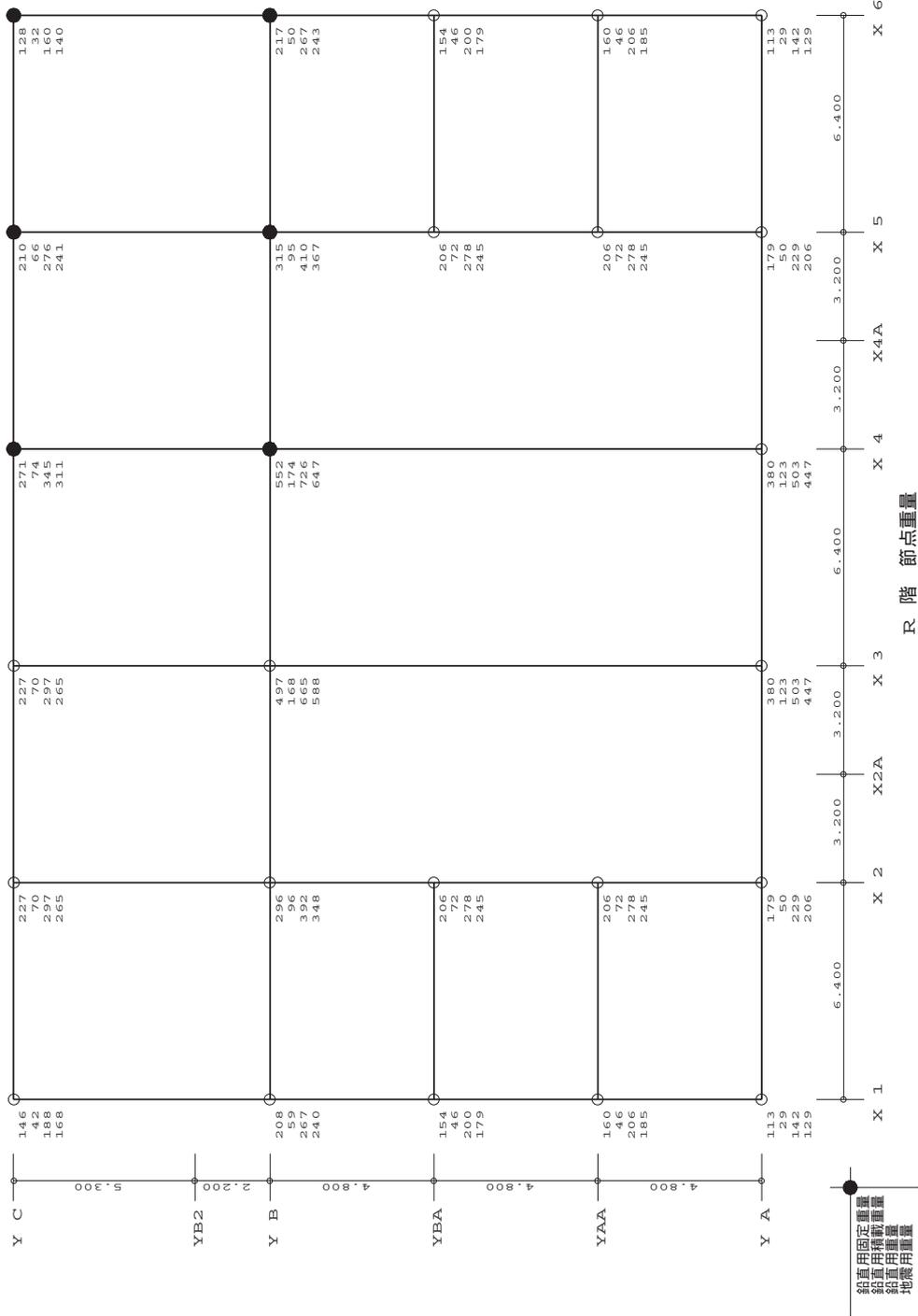
(注) 積載比率1は骨組用積載荷重の追加部材荷重に対する比率、積載比率2は地震用積載荷重の骨組用積載荷重に対する比率を表す。



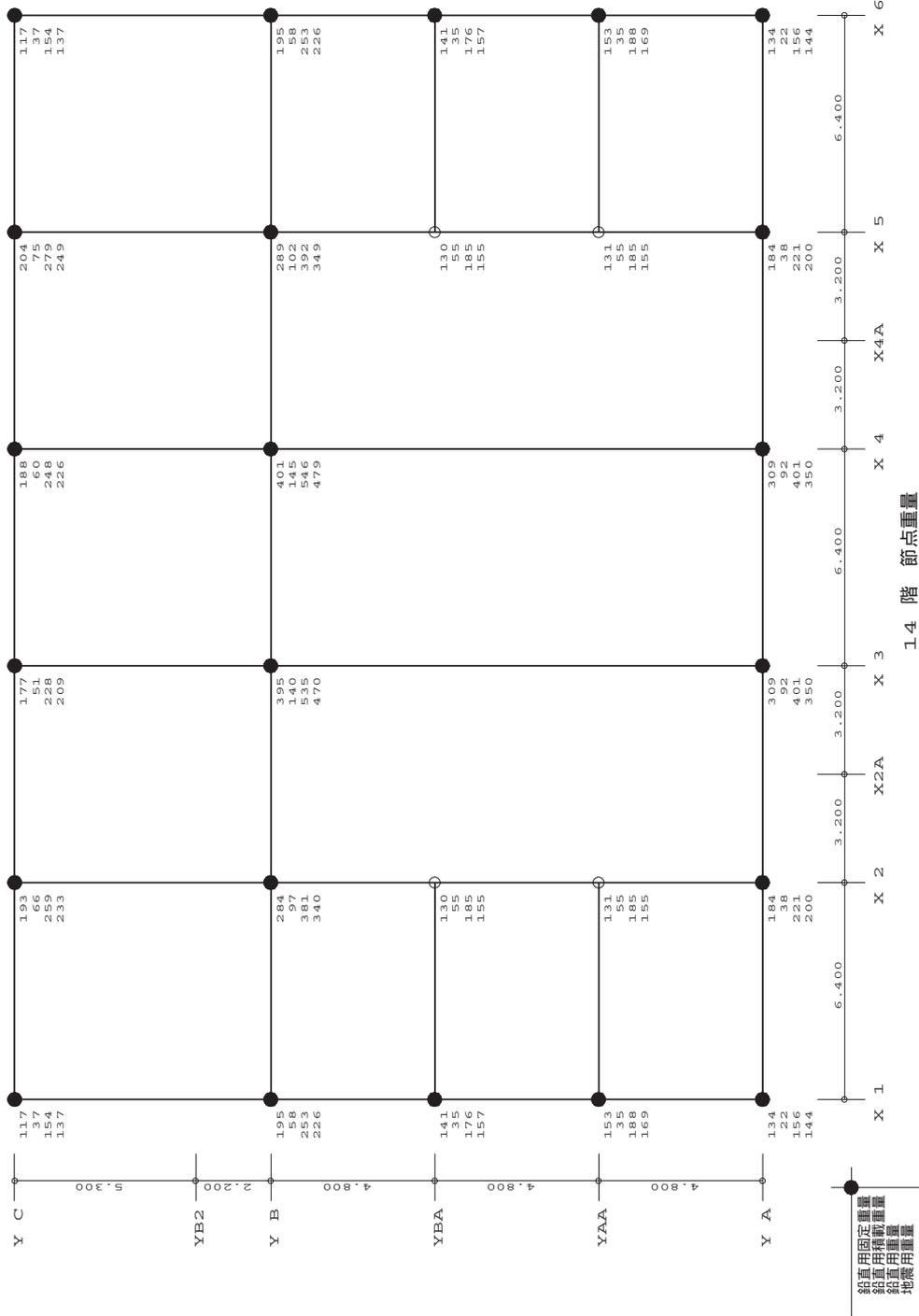
節点固定重量
 節点片持重量
 節点片重量
 地盤片重量
 単位：kN

【凡例】

注. は柱部材
 は節点を表す。



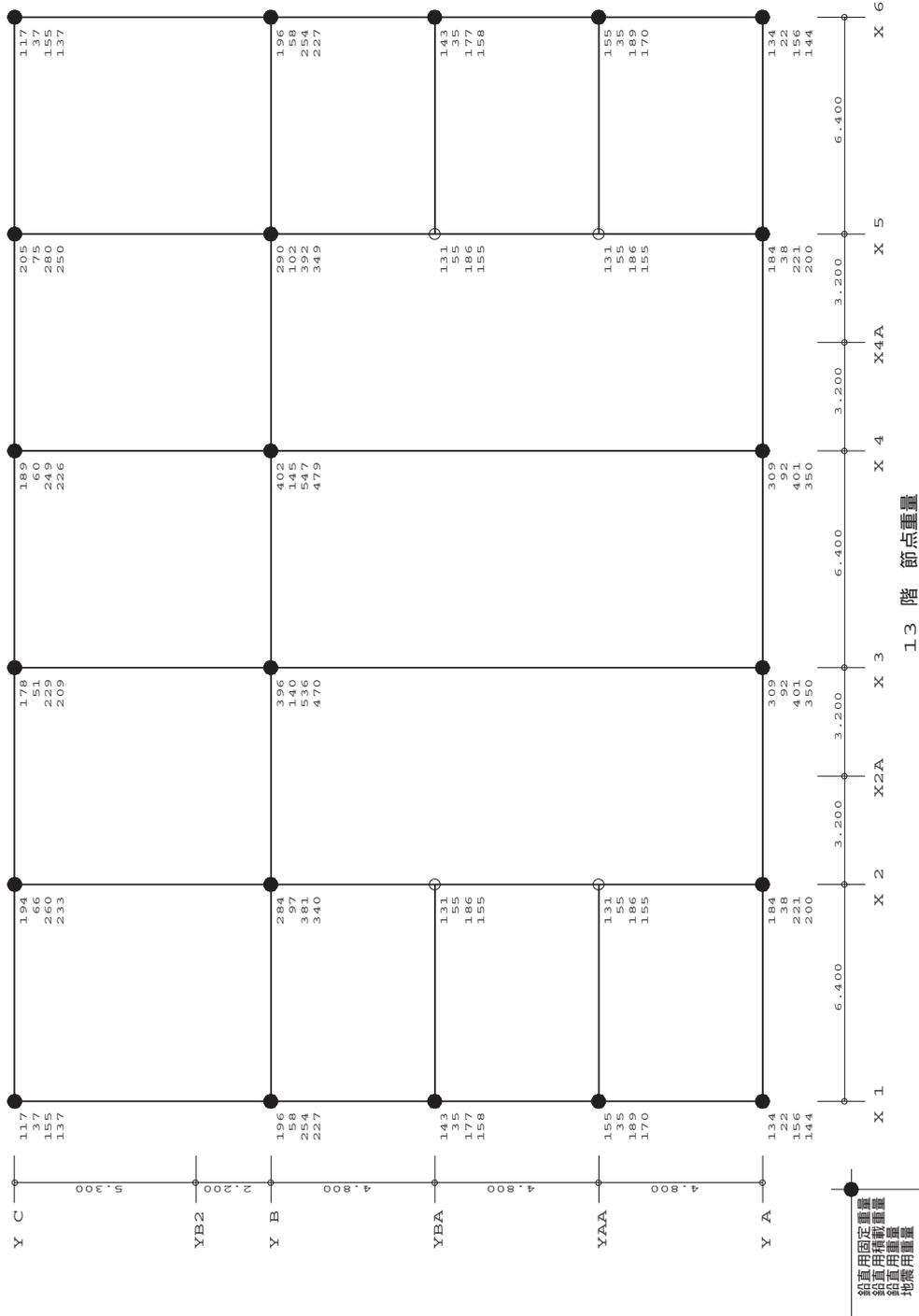
節重用固定重量
 節重用積載重量
 節重用重量
 地盤重量
 単位：kN
 【 凡例 】
 注. は柱部材
 は節点を表す。



節重用固定重量
 節重用積載重量
 節重用重量
 地盤用重量
 単位：kN

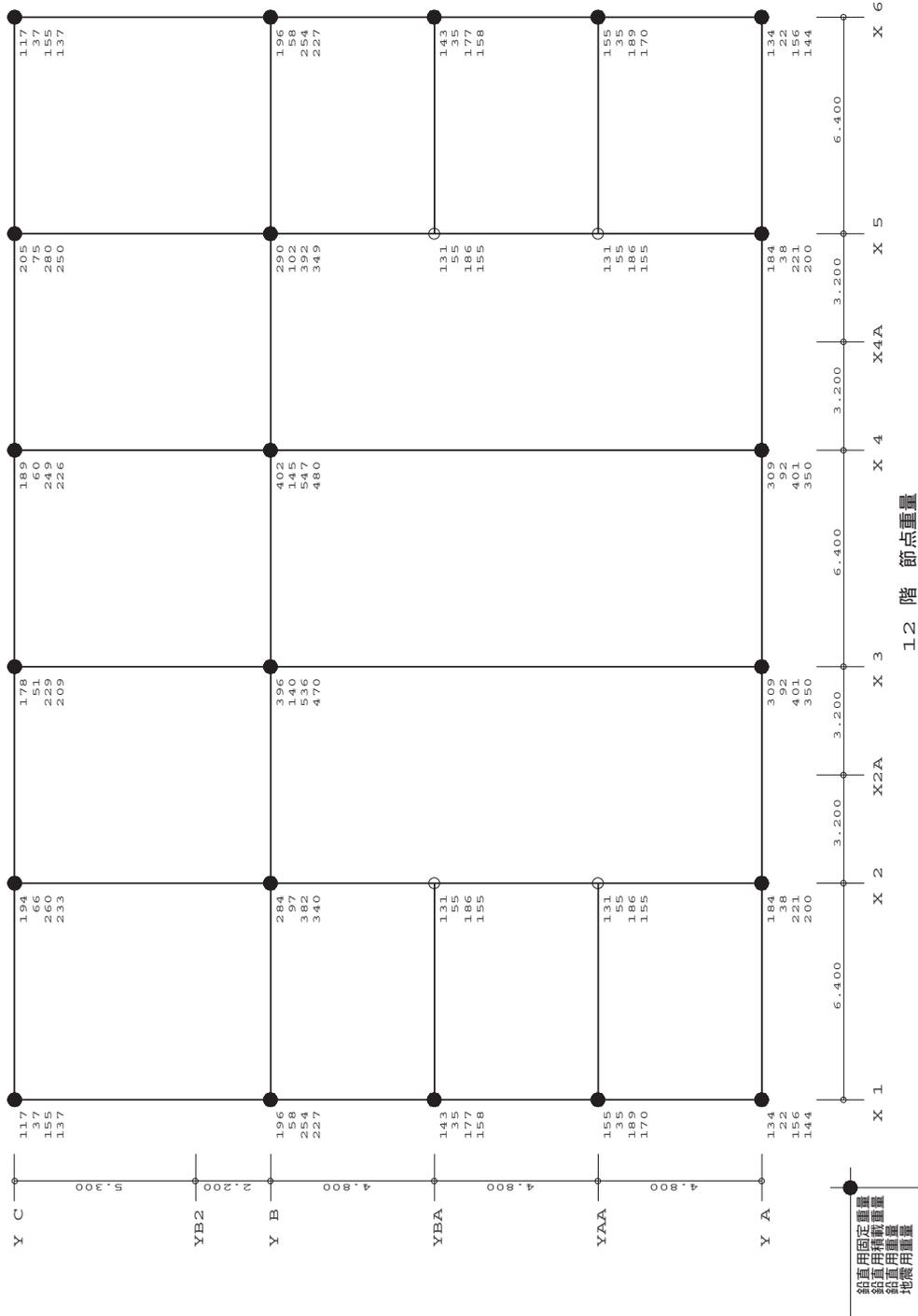
【凡例】
 注. は柱部材
 は節点を表す。

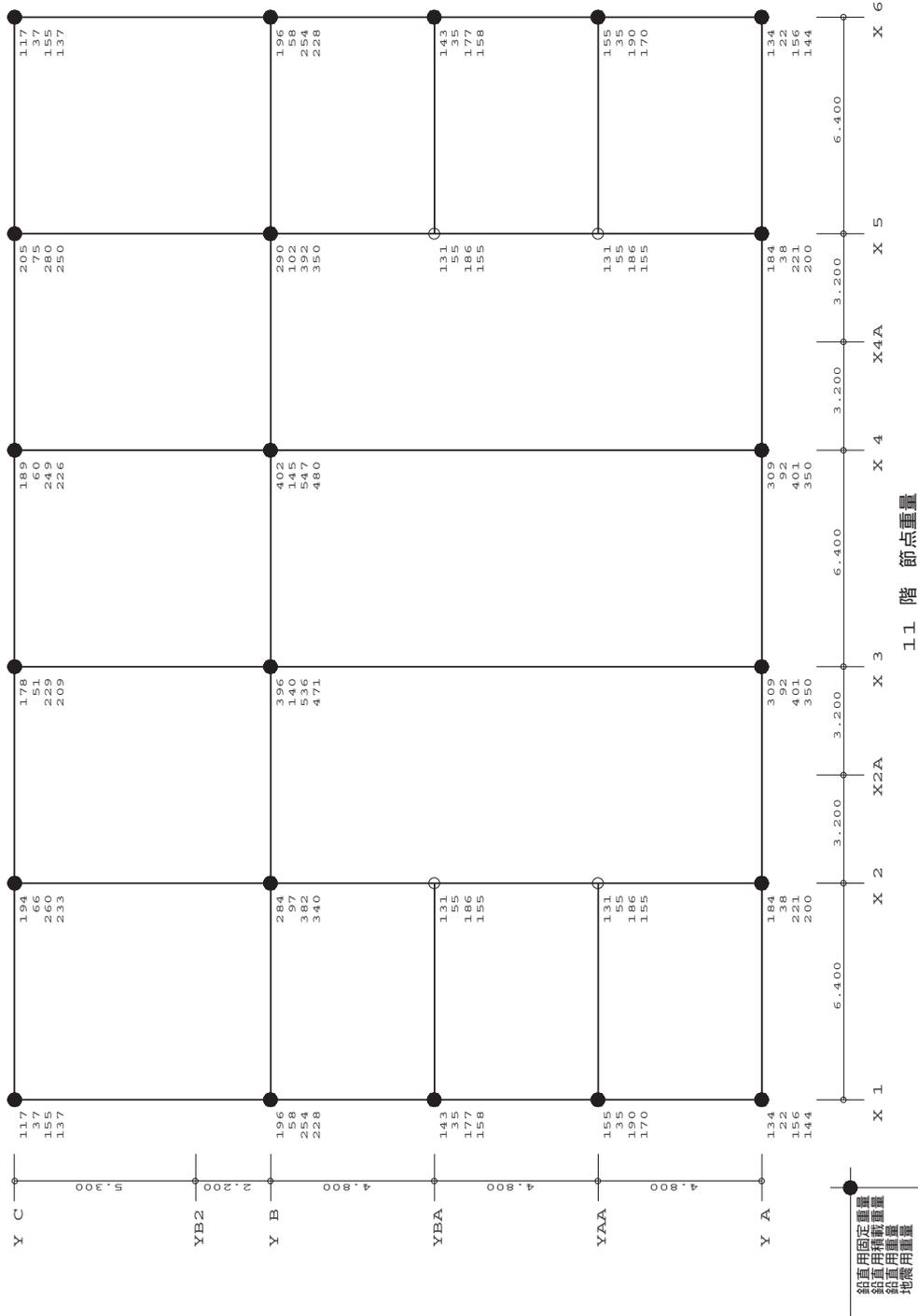
14階 節点重量





標題 (2 - 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表【図化形式】





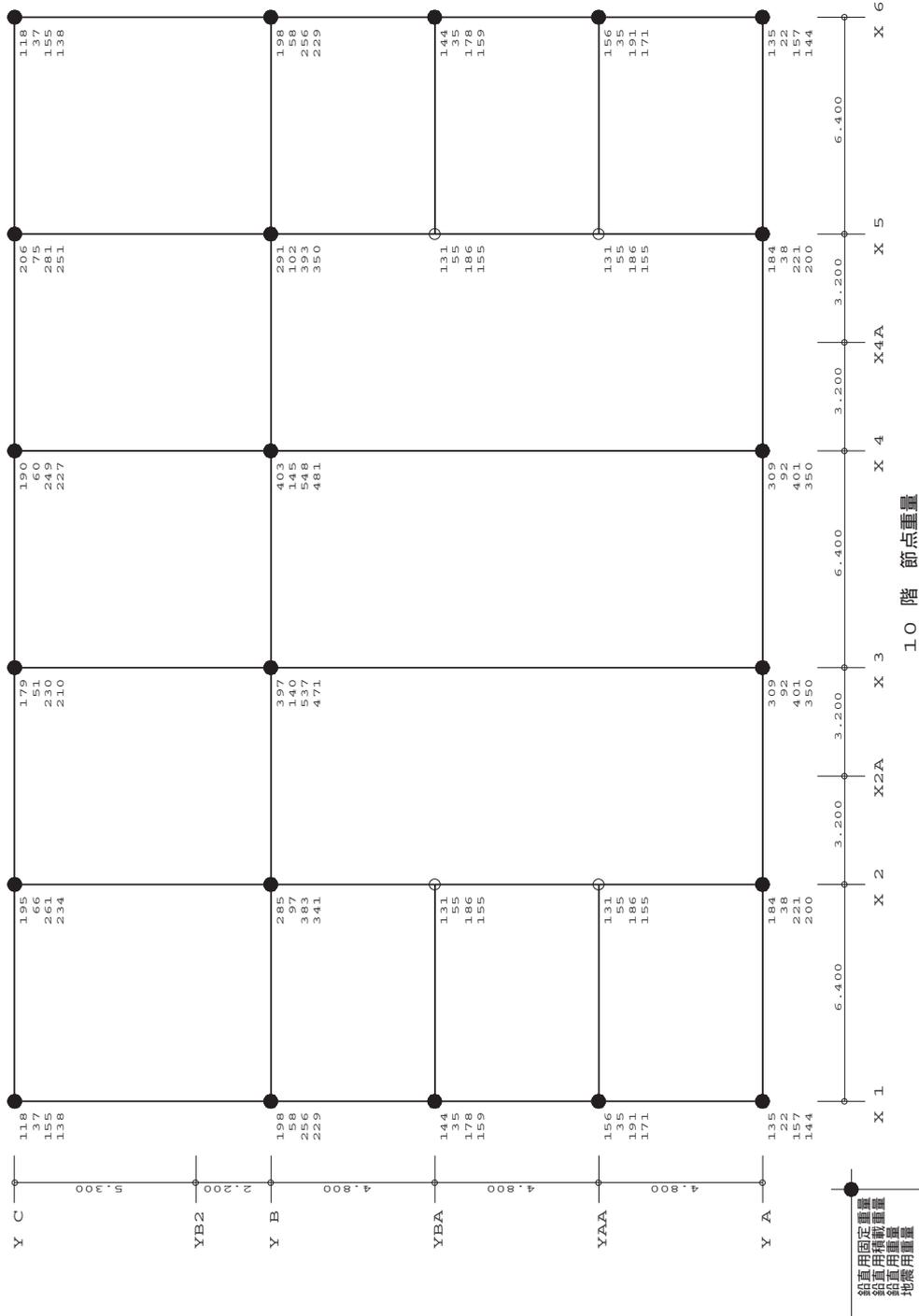
節点用固定重量
 節点用積載重量
 節点用重量
 地盤用重量
 単位：kN

【 凡例 】
 注. は柱部材
 は節点を表す。

11 階 節点重量

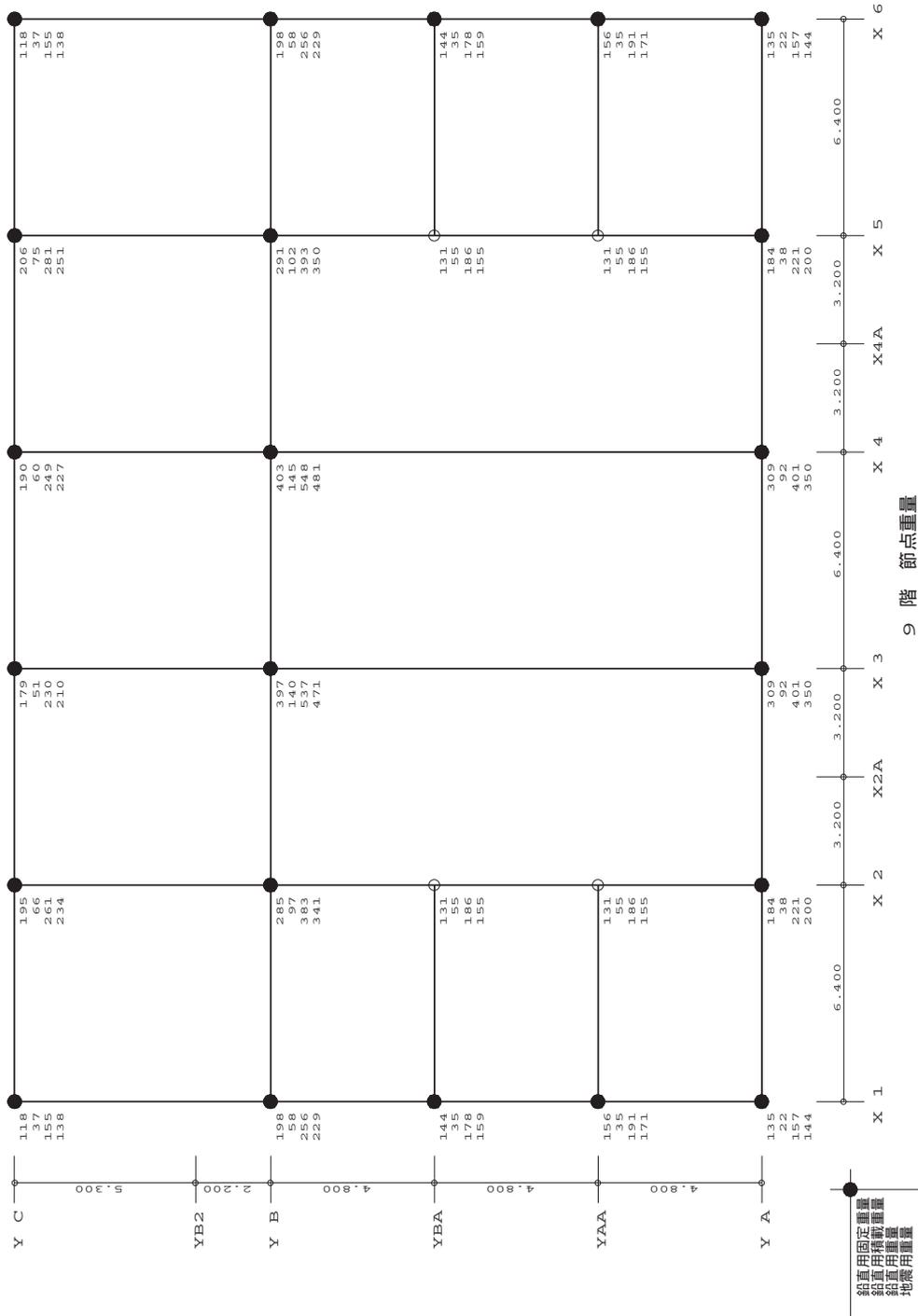


標題 (2 - 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表【図化形式】





標題 (2-3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表【図化形式】



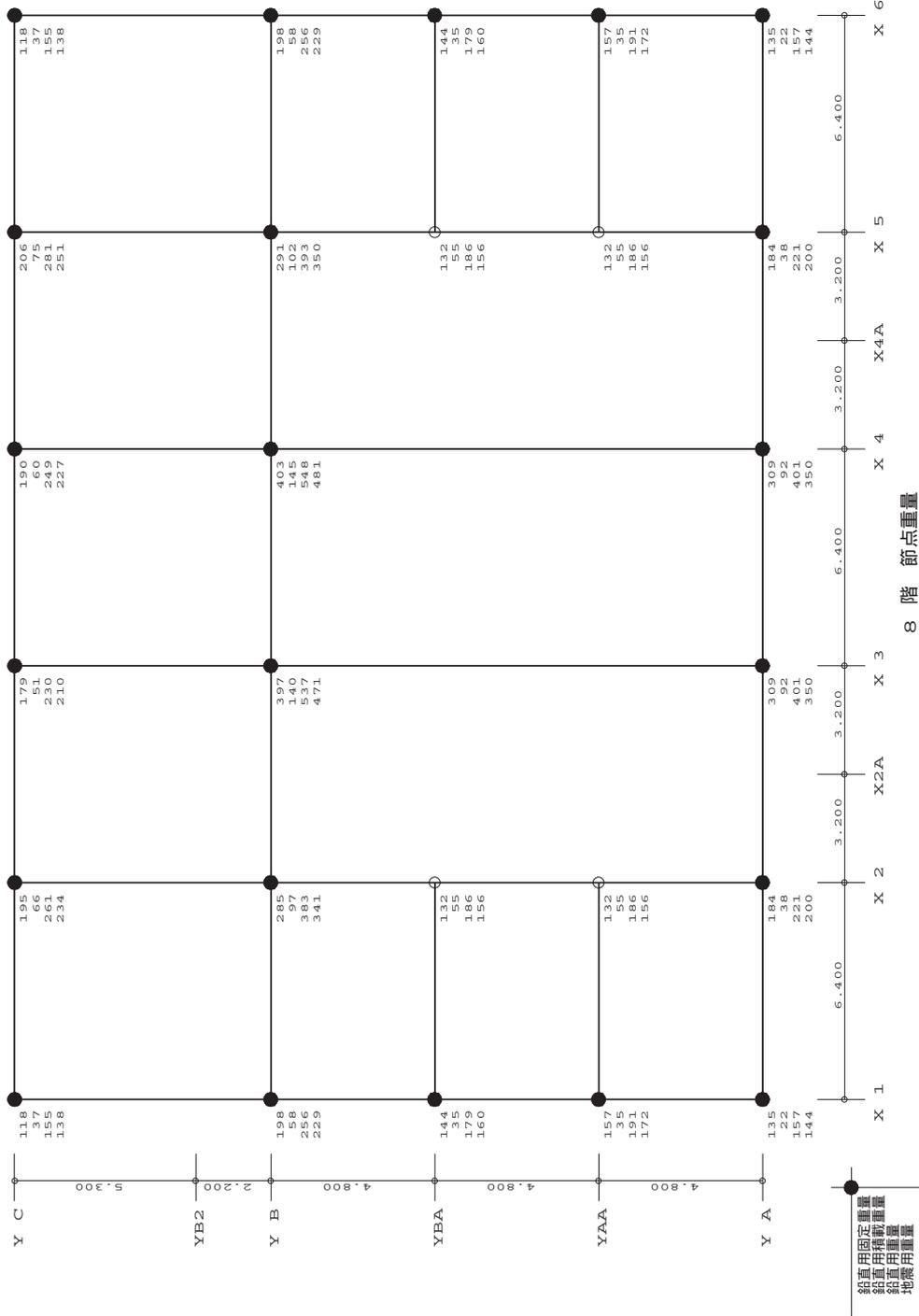
● 節点用固定重量
○ 節点用積載重量
□ 節点用重量
地 基礎用重量

単位：kN

【凡例】
注. は柱部材
は節点を表す。

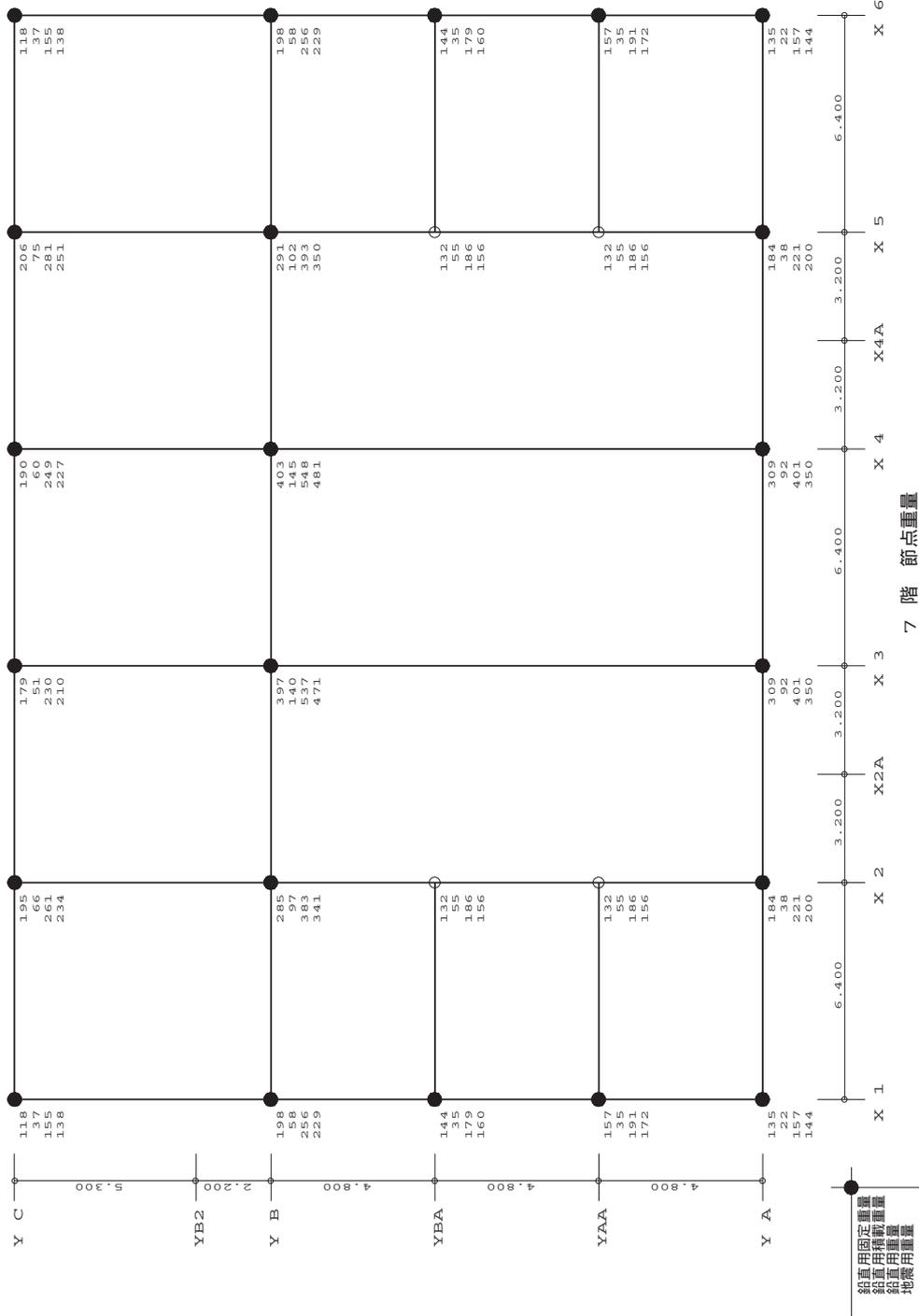


標題 (2 - 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表 【 図化形式 】



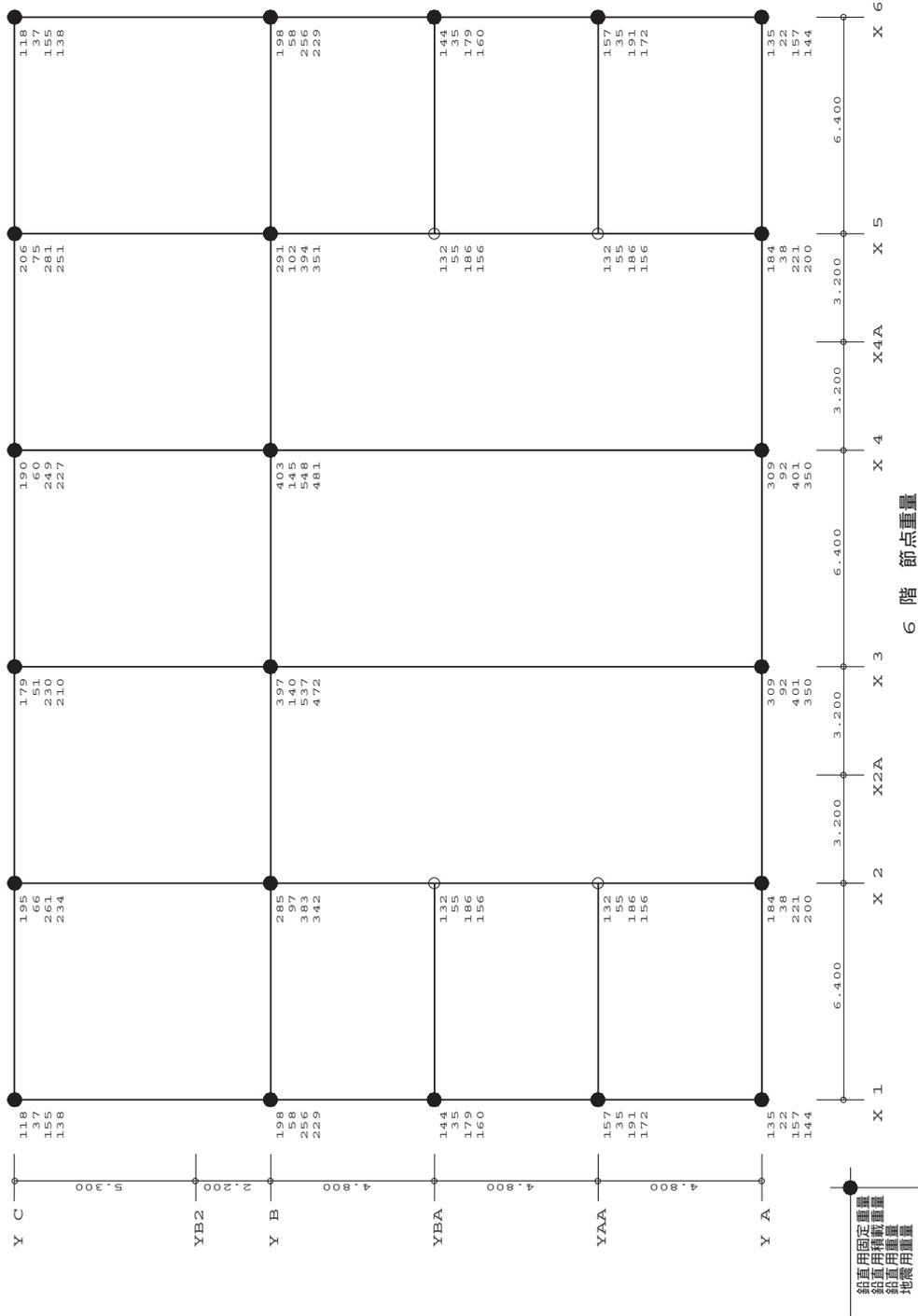


標題 (2 - 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表【図化形式】





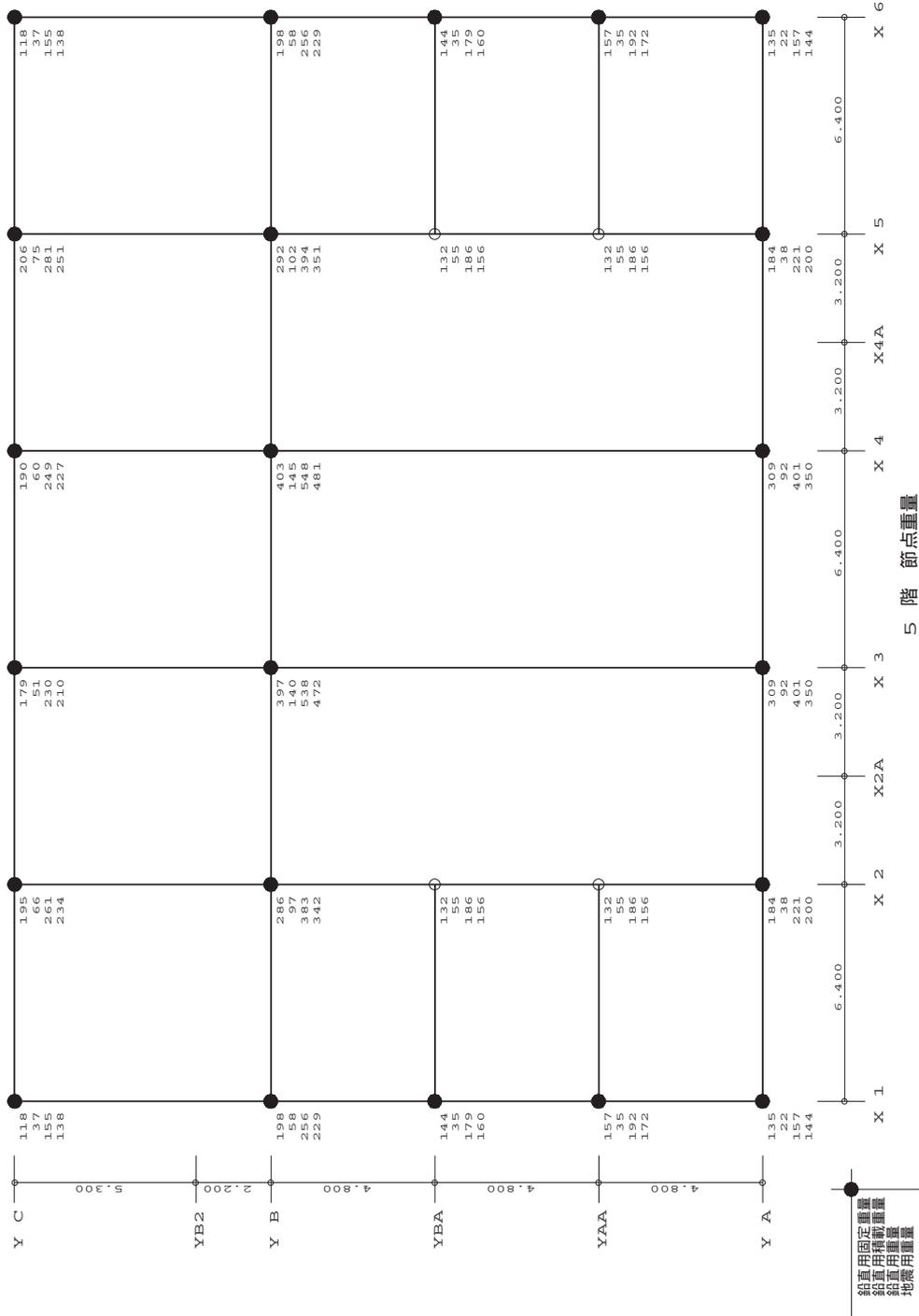
標題 (2 - 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表【図化形式】



● 節点用固定重量
○ 節点用積載重量
○ 節点用重量
○ 地盤用重量

単位: kN

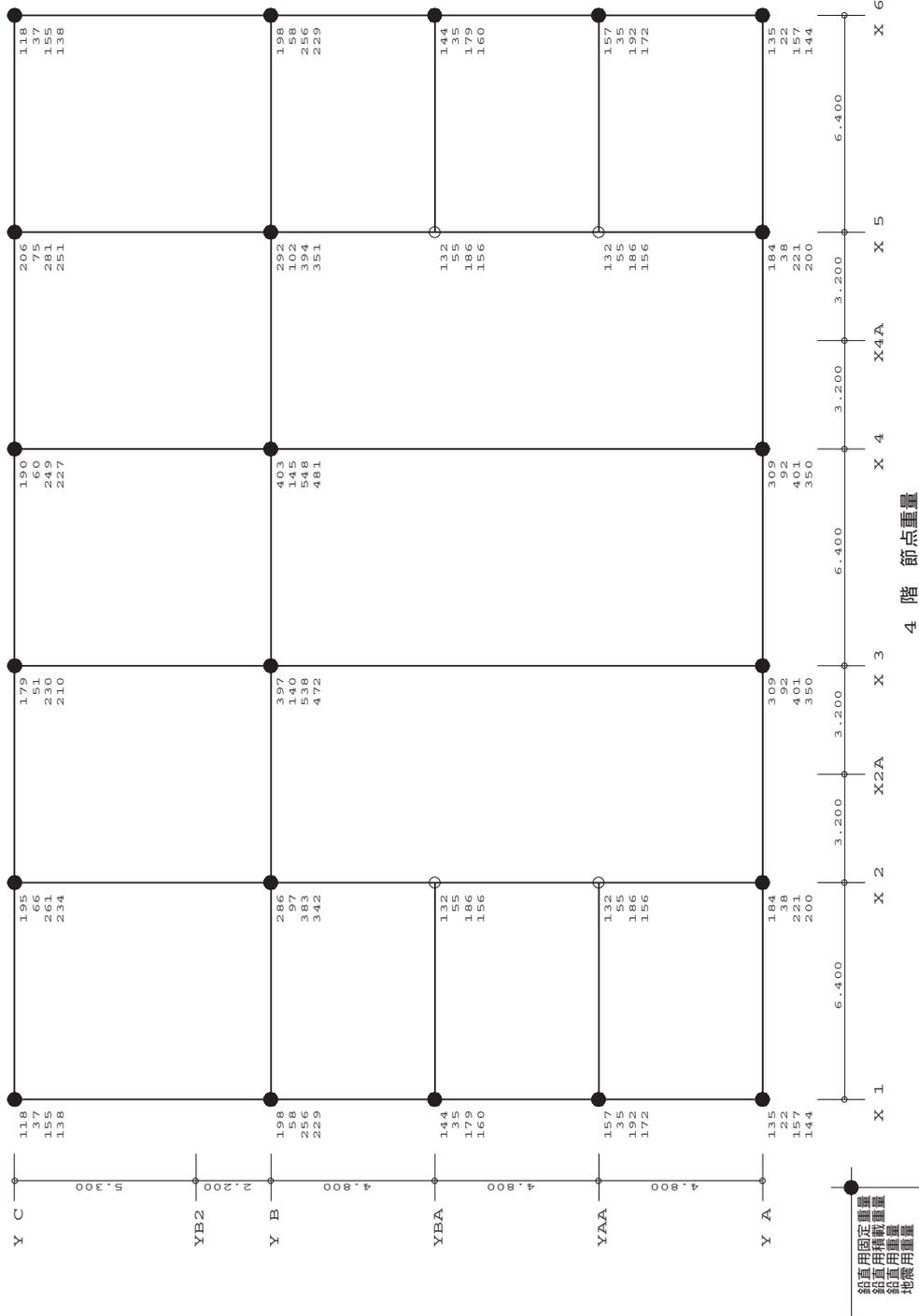
【凡例】
● は柱部材
○ は節点を表す。

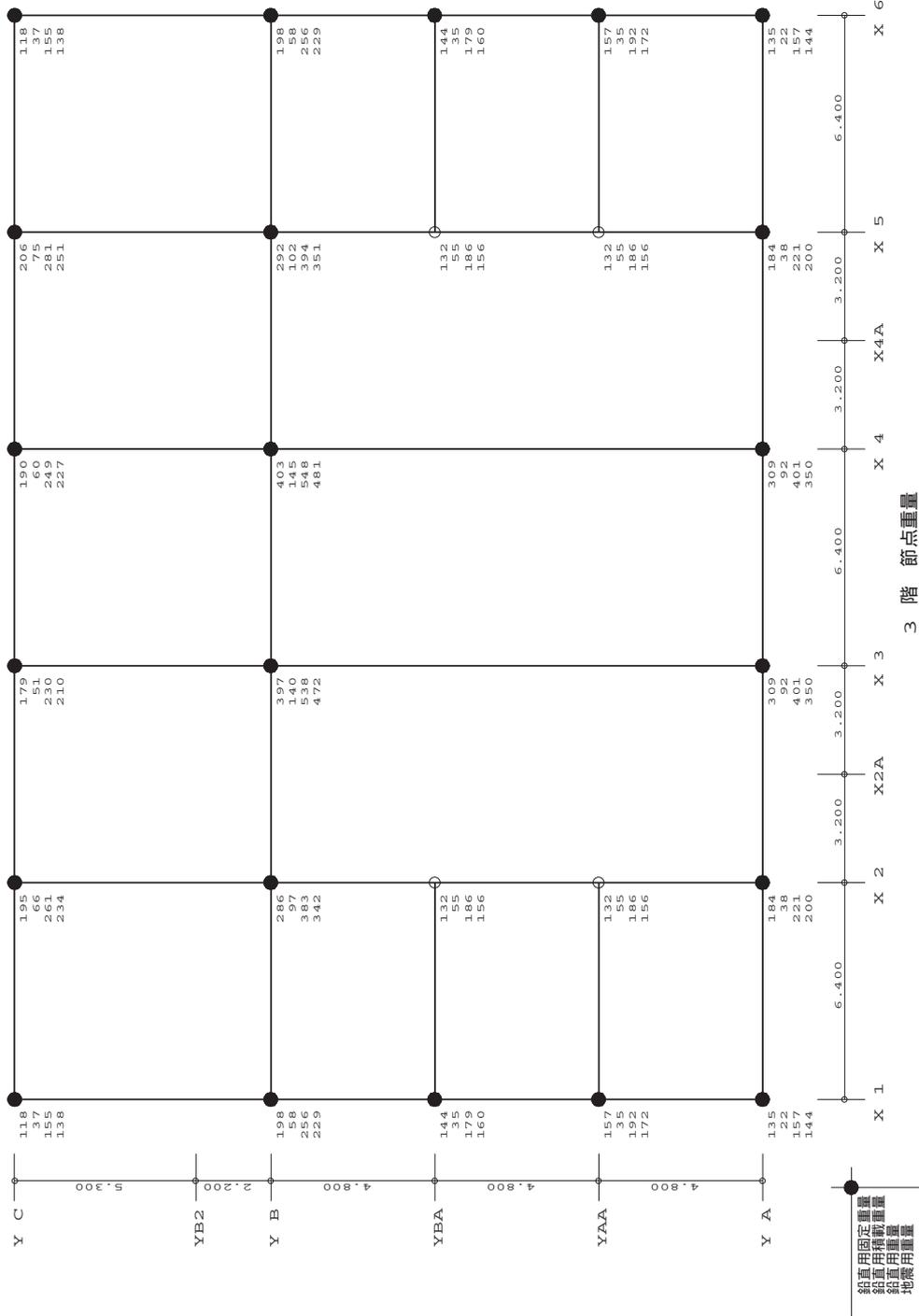


節点重量
 固定重量
 構造用積載重量
 節点支配面積
 節点重量

単位: kN

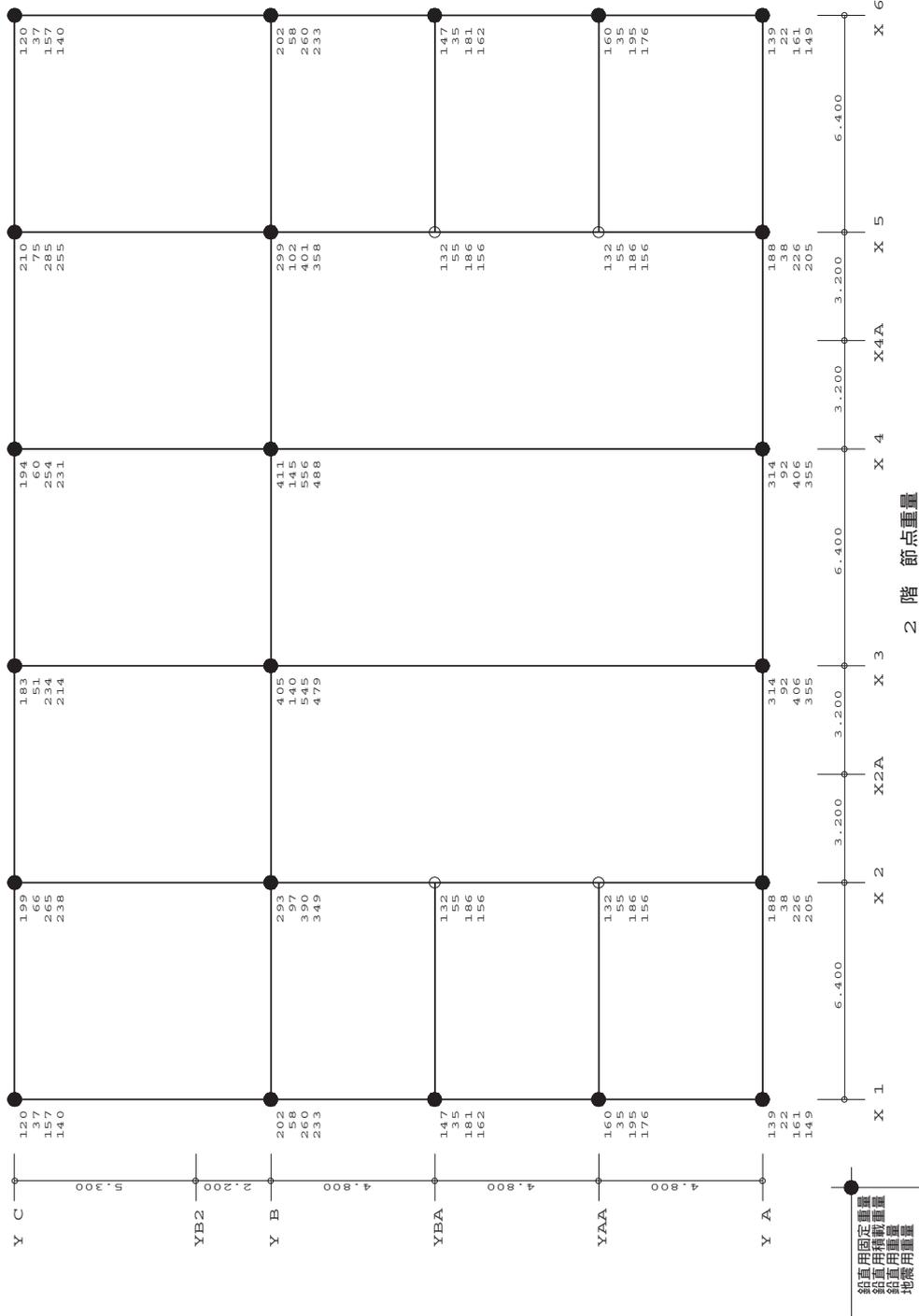
【 凡例 】
 注. は柱部材
 は節点を表す。





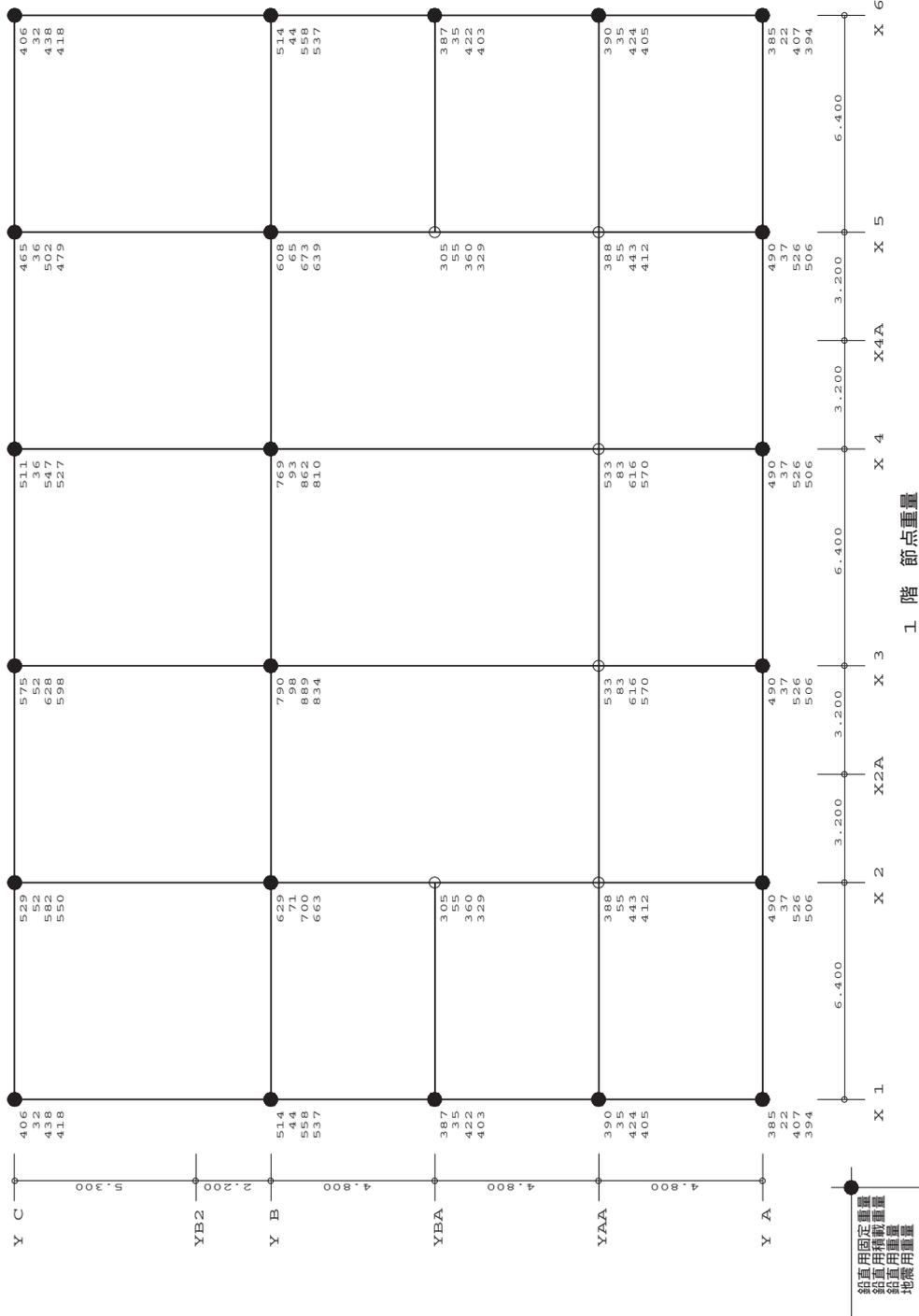


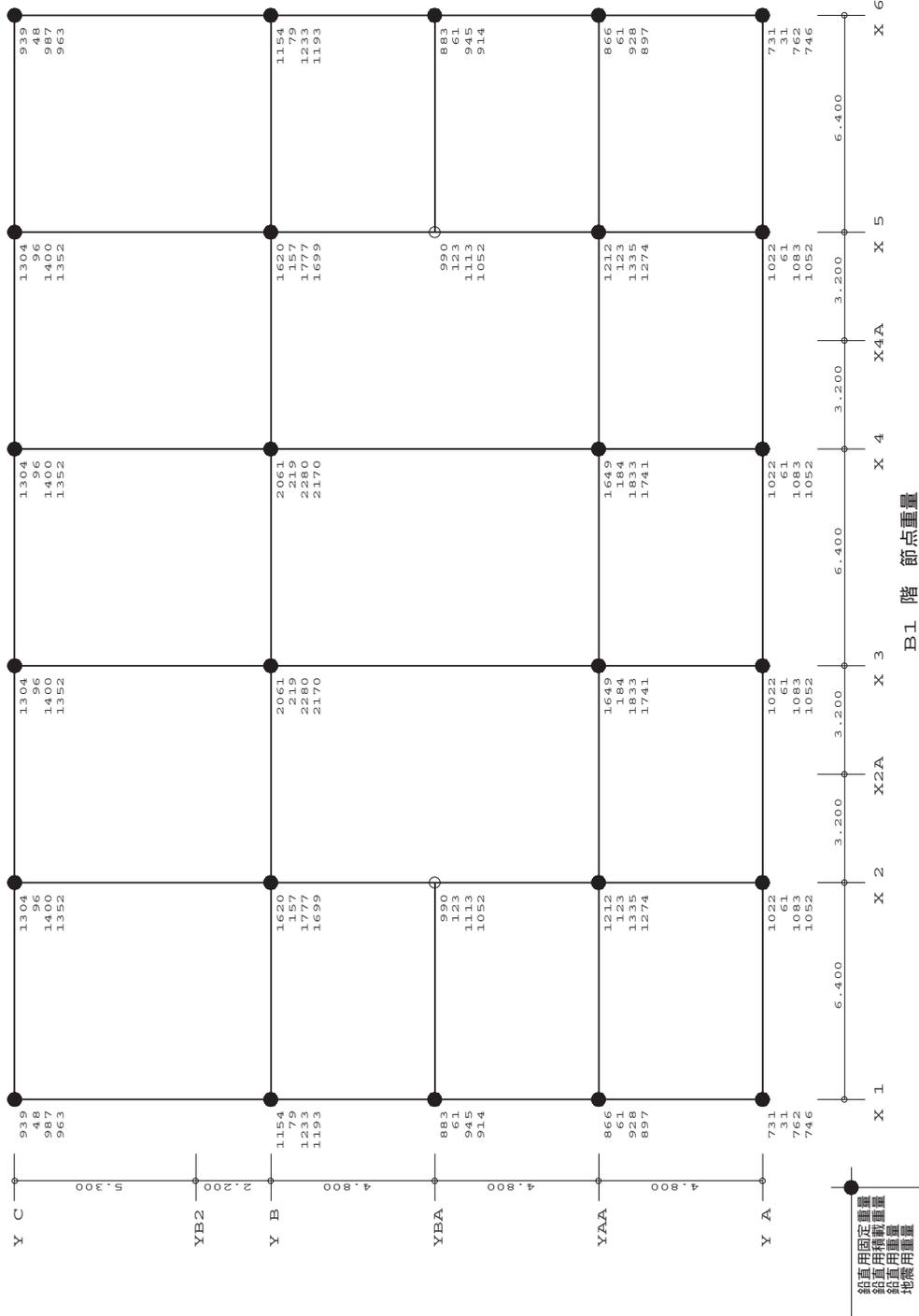
標題 (2 - 3) 各階の節点重量&節点支配面積一覧表 【 図化形式 】



● 設置用固定重量
○ 設置用積載重量
● 設置用重量
● 地盤用重量
単位：kN

【 凡例 】
注. は柱部材
は節点を表す。





標準せん断力係数 = 0.300
 地震減係数 = 1.000
 一次周期 (秒) = 3.021 【告示式】

地盤種別 = 2
 振動特性係数 = 0.318 【告示式】

<< X方向 地震力 >>

階名	固定重量 (kN)	積載重量 (kN)	層重量 (kN)	総重量 (kN)	A i 分布	層せん断力係数 K震度【入力】 (K)	層せん断力 (kN)	震度	水平力 (kN)	スラブ面積 (a) (m ²)	層重量 / (a) (kN/m ²)
R	883	85	967	967		0.354	342	0.354	342	96	10.08
25	6091	1004	7095	8063	3.713	0.354	2854	0.354	2512	701	10.12
24	4523	816	5339	13401	3.388	0.323	4329	0.276	1474	701	7.62
23	4523	816	5339	18740	3.073	0.293	5491	0.218	1162	701	7.62
22	4523	816	5339	24079	2.738	0.261	6285	0.149	794	701	7.62
21	4555	816	5371	29450	2.423	0.231	6803	0.097	518	701	7.66
20	4555	816	5371	34821	2.213	0.211	7347	0.101	544	701	7.66
19	4555	816	5371	40192	2.108	0.201	8079	0.136	731	701	7.66
18	4634	816	5449	45641	1.993	0.190	8672	0.106	593	701	7.78
17	4634	816	5449	51091	1.899	0.181	9247	0.106	576	701	7.78
16	4634	816	5449	56540	1.815	0.173	9781	0.098	534	701	7.78
15	4645	816	5461	62001	1.731	0.165	10230	0.082	449	701	7.79
14	4883	816	5699	67700	1.647	0.157	10629	0.070	399	701	8.13
13	5120	816	5936	73636	1.605	0.153	11266	0.107	637	701	8.47
12	5137	816	5953	79589	1.552	0.148	11779	0.086	513	701	8.49
11	5138	816	5954	85543	1.510	0.144	12318	0.091	539	701	8.50
10	5140	816	5955	91498	1.458	0.139	12718	0.067	400	701	8.50
9	5156	816	5972	97470	1.406	0.134	13061	0.057	343	701	8.52
8	5156	816	5972	103442	1.374	0.131	13551	0.082	490	701	8.52
7	5161	816	5976	109418	1.332	0.127	13896	0.058	345	701	8.53
6	5161	816	5976	115395	1.290	0.123	14194	0.050	297	701	8.53
5	5162	816	5978	121373	1.248	0.119	14443	0.042	250	701	8.53
4	5164	816	5979	127352	1.206	0.115	14645	0.034	202	701	8.53
3	5164	816	5979	133331	1.154	0.110	14666	0.004	21	701	8.53
2	5164	816	5979	139311	1.122	0.107	14906	0.040	240	701	8.53
1	5258	816	6074	145385	1.091	0.104	15120	0.035	214	701	8.67
B1	13451	610	14061	159445			16526	0.100	1406	701	20.06
基礎	33512	1402	34914	194359							

(注) スラブ面積はプログラム内で計算した床面積であり、階上部のスラブ面積 (片持ちスラブ、吹抜け部分含む) の総和としている。

標準せん断力係数 = 0.300
 地震減係数 = 1.000
 一次周期 (秒) = 3.021 【告示式】
 地震種別 = 2
 振動特性係数 = 0.318 【告示式】

<< Y方向 地震力 >>

階名	固定重量 (kN)	積載重量 (kN)	層重量 (kN)	総重量 (kN)	Ai分布	層せん断力係数 (K)は震度表示	層せん断力 (kN)	震度	水平力 (kN)	スラブ面積 (m ²)	層重量 / (a) (kN/m ²)
R	883	85	967	967		1.000	967	1.000	967	96	10.08
25	6091	1004	7095	8063	3.516	0.055	2703	0.245	1735	701	10.12
24	4523	816	5339	13401	2.922	0.092	3733	0.193	1031	701	7.62
23	4523	816	5339	18740	2.595	0.129	4636	0.169	903	701	7.62
22	4523	816	5339	24079	2.376	0.166	5454	0.153	818	701	7.62
21	4555	816	5371	29450	2.212	0.203	6211	0.141	758	701	7.66
20	4555	816	5371	34821	2.083	0.240	6915	0.131	703	701	7.66
19	4555	816	5371	40192	1.976	0.276	7571	0.122	656	701	7.66
18	4634	816	5449	45641	1.883	0.314	8194	0.114	623	701	7.78
17	4634	816	5449	51091	1.802	0.351	8776	0.107	582	701	7.78
16	4634	816	5449	56540	1.729	0.389	9321	0.100	545	701	7.78
15	4645	816	5461	62001	1.663	0.426	9832	0.093	511	701	7.79
14	4883	816	5699	67700	1.600	0.466	10328	0.087	497	701	8.13
13	5120	816	5936	73636	1.540	0.506	10808	0.081	479	701	8.47
12	5137	816	5953	79589	1.483	0.547	11251	0.074	443	701	8.49
11	5138	816	5954	85543	1.429	0.588	11657	0.068	407	701	8.50
10	5140	816	5955	91498	1.379	0.629	12028	0.062	371	701	8.50
9	5156	816	5972	97470	1.331	0.670	12366	0.056	337	701	8.52
8	5156	816	5972	103442	1.285	0.712	12668	0.051	303	701	8.52
7	5161	816	5976	109418	1.240	0.753	12937	0.045	269	701	8.53
6	5161	816	5976	115395	1.197	0.794	13172	0.039	235	701	8.53
5	5162	816	5978	121373	1.156	0.835	13374	0.034	202	701	8.53
4	5164	816	5979	127352	1.116	0.876	13544	0.028	170	701	8.53
3	5164	816	5979	133331	1.076	0.917	13681	0.023	137	701	8.53
2	5164	816	5979	139311	1.038	0.958	13786	0.018	105	701	8.53
1	5258	816	6074	145385	1.000	1.000	13860	0.012	74	701	8.67
基礎	13451	610	14061	159445			15270	0.100	1410	701	20.06
基礎	33512	1402	34914	194359							

(注) スラブ面積はプログラム内で計算した床面積であり、階上部のスラブ面積 (片持ちスラブ、吹抜け部分含む) の総和としている。

謝辞

本論文は、法政大学デザイン工学部教授 浜田英明先生のご指導の下で行ってきた研究の成果を取り纏めたものです。ここに深く御礼を申し上げます。

浜田英明先生は、私が学部・修士と所属していた研究室時代の恩師である佐々木睦朗先生の下で、最適化を設計業務へ用いたご経験をお持ちであり、本研究の中心的なテーマである、設計実務現場での最適化適用に関してご助言やご指導を多く賜りました。大学院入学時は、新型コロナウイルスの影響でウェブ会議を用いたゼミということもあり、コミュニケーションを取ることが難しい中でのご指導を頂きました。また、社会人博士ということで、業務との兼ね合いもあり、査読論文や外部シンポジウムでの発表前には、お忙しい中にも関わらずタイトなスケジュールの中でご指導を頂くこともありました。改めて、厚く御礼を申し上げます。

本論文を取り纏めるにあたり、副査の東京理科大学工学部教授 山川誠先生、法政大学デザイン工学部教授 山本佳士先生、法政大学デザイン工学部准教授 宮田雄二郎先生からは、様々なご助言やご指摘を頂きました。厚く御礼を申し上げます。

本研究は、私自身が超高層建築物の構造設計に携わる中で感じていた課題を、最適化技術により解決したいという思いから始めたものです。これは、学部・修士時代の恩師である佐々木睦朗先生の実務と学術を繋げる姿勢に感銘を受け、自身もいつかは実務で感じた課題を論文のテーマとして取り扱いたいという動機付けによる部分が大きいです。感謝申し上げます。

所属する日本設計の皆様には、業務と研究の両立に関してご理解を頂き感謝しております。特に、下山田勇祐さんと松下健太郎さんには論文の取り纏めに際し、文章表現に関して貴重なご意見を頂きました。感謝致します。

妻と娘には業務終了後や休日にも研究を行うことについて、ご理解と多大なる支援をして頂きました。また、親類一同においては、論文の佳境の時期に支援をして頂き大変助かりました。ありがとうございます。

本研究の成果は、関係頂いた皆様のご協力があったのものと考えております。感謝の気持ちと共に、今後とも自己研鑽を重ね、微力ながら業界の発展に寄与するべく日々の業務に臨んでまいりたいと思います。今後とも、ご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い致します。

2023年10月31日