

令和4年度

建築物の安全確保のための体制の整備事業

耐震化等の促進のための体制整備

構造計算に係る課題の整理取りまとめ

報告書

令和5年3月

実施機関 一般社団法人 建築性能基準推進協会

連携機関 耐震改修支援センター・一般財団法人 日本建築防災協会

まえがき

本報告書は、令和4年度国土交通省補助事業「建築物の安全確保のための体制の整備事業」により、一般社団法人建築性能基準推進協会を実施機関、耐震改修支援センター・一般財団法人日本建築防災協会を連携機関とした体制で実施した建築物の構造計算等に係わる課題の整理を取りまとめた資料である。本補助事業は、国が抽出した建築物に対する構造関連基準への適合性の検証を行うため、設計図書内で整合がとられて構造計算が適切に行われているかの調査を実施するもので、調査は（一財）日本建築防災協会に設置された「構造計算調査委員会」において行われた。本報告は、令和3年度に実施された構造計算調査の過程において抽出された構造計算等に係わる課題とされる事項について整理し、今後の構造計算の審査にあたっての留意事項等を整理したものである。

本課題整理では、構造計算の審査に携わる指定確認検査機関ならびに指定構造計算適合性判定機関を対象に据え、確認、判定の業務に係わる場所の構造計算書の構成および構造設計に関する計算内容について注意喚起を必要とする事項を取りあげ内容概説を加えて法令規定に係わる問題事項を整理した。取りあげた課題は、(i) 設計図書間の不整合等の不適切、不相当と認められる事項、(ii) 構造計算における法令解釈等に係わる事項や計算モデル化に係わる事項について不適切、不相当と認められる事項の二つである。本課題整理で取りあげた例示は、基本的立場としては個々の建築物を対象としての問題指摘を行うことに視点を置くものではなく、広く一般的な構造設計を対象としての問題指摘を行うことに重点を置くために示した例である。

本課題整理報告書は、受益対象者（ステークホルダー）として指定確認検査機関ならびに指定構造計算適合性判定機関を対象に据えており、実設計よりサンプリングされた事例に基づき構造計算図書としての構成、内容について検討を行った調査の結果より抽出された課題事項を取りまとめた。本成果が、構造計算図書の確認、判定を行う機関における適正・適切な審査に利される資料とされることを期待する。

なお、本資料は、工学的観点からの構造計算の妥当性および当該建築物の耐震安全性を検証した結果のコメントや工学的判断に基づく考え方の一つとして構造計算に疑義が生じるとした内容を含んでいること、ならびに提出された構造計算図書を第三者の立場に立って検証を行った結果であり、係わった特定行政庁、指定確認検査機関もしくは指定構造計算適合性判定機関ならび原設計者よりの検証結果の確認を経てまとめられたものではないことに留意されたい。

課題整理の構成

本報告で取りまとめる各課題は、基本的には次の：

【事例】；

【留意事項】；および

【関連する条文・基規準等】

の3項より構成される。

第1項【事例】は、構造計算調査の対象となった構造計算より事例に抽出された建築物の概要および課題とされた構造計算上の事項を記述する。ここでは、構造計算調査の中で検討された建築物が取りあげられるが、必ずしも計算調査で対象とされた建築物と同じではなく、課題事項を明確にすることを目的として、構造に関係する形状（例えば、部材寸法、部材接合部詳細、鉄筋コンクリート構造の配筋詳細等）に変更を加えたものもある。その主意は、本課題整理は個々の建築物における構造計算の適切・不適切についてまとめることが目的ではなく、構造計画・構造設計に係わる計算過程の適切・不適切についてまとめることを目的とするからである。したがって、ここで示される事例は、例としてあげられた建築物の構造計算の不適切・不適當を論じるに用いられるのではなく、課題としてあげられる構造計算上の論点をより明確にし、より判りやすくするために用いられることを目的として記載されるものである。

第2項【留意事項】は、各事例において構造計画・構造設計に係わってあげられた課題とされる事項を整理して取りまとめる。

第3項【関連する条文・基規準等】は、課題として取りあげた主因となる建築基準法・同施行令および告示の法令ならびにそれら法令基規準の技術的な解釈を示している「建築物の構造関係技術基準解説書」中の解説の項、(一社)日本建築学会刊行の基規準、指針類との対応を示す。

報告書の取りまとめの方針

本課題整理報告書は、主たる受益対象者（ステークホルダー）として設計図書の審査を行う指定確認検査機関ならびに指定構造計算適合性判定機関を対象に据える。

本報告書で整理を行った課題は：

- ① 審査に当たっての基本資料としての設計図書に、構造図と構造計算書間、意匠図と構造図間、構造計算書間等の設計図書間に認められる不整合が指摘されていない；および
- ② 審査に当たって、建築物の構造安全性を確保する設計行為に不適切な検討事項が認められることまたは検討が必要な設計行為が設計図書に欠如していることが指摘されていない、の大きく二つの分野に分類される。本報告書では、前述の分野②に属する課題については、審査に当たって指摘が為されていない設計行為を記述する取りまとめとする。

本報告書の取りまとめは、以下に示す章立てにより構成される^{*1)}。上記の分野①に属する課題として：

1. 設計図書

の項目、分野②に属する課題として：

2. 鉄筋コンクリート造；
3. 鉄骨造；
4. 基礎構造；および
5. その他

の4項目に分類し、全体で計5章の構成として取りまとめる。

*1) 報告書の目次を参照.

目 次

1. 設計図書	
1.1. 計算書と構造図の不整合	
・ 計算書と構造図に不整合がある	p. 1
2. 鉄筋コンクリート造	
2.1. 大ばり	
・ 平面傾斜ばりの主筋が隅柱に定着できることを確認できる詳細図がない	p. 2
2.2. 外壁から 2m を超える突出部	
・ 外壁から 2m を超える突出部があるが、鉛直震度に対する検討がない	p. 5
2.3. 中子筋	
・ 第三者機関による技術評価を取得した工法の柱の仕様規定を満足していない	p. 8
3. 鉄骨造	
3.1. 筋かい架構	
・ 保有水平耐力の検討において軸圧縮を受ける柱の曲げ座屈が考慮されていない	p. 11
3.2. 柱はり仕口部	
・ 異幅接合形式仕口部通しダイアフラムの検討がない	p. 14
4. 基礎構造	
4.1. 基礎ばり	
・ 柱から 2m を超える長さの片持ちばりに連続する基礎ばりの安全性が確認されていない	p. 16
4.2. 杭基礎	
・ 引抜力が作用する杭の杭頭接合部と杭周面摩擦が検討されていない	p. 18
5. その他	
5.1. 制振ダンパー	
・ 制振ダンパーのストロークの仕様や変形の検討（衝突の危険性など）がない	p. 21

1. 設計図書

1.1. 計算書と構造図の不整合

・計算書と構造図に不整合がある

【事例】

令和3年度に構造計算調査を行った46事例（鉄筋コンクリート造（以下、RC造）30事例、鉄骨造（以下、S造）15事例、RC造とS造の併用構造1事例）のうち9事例（RC造8事例、S造1事例）で計算書と構造図に不整合があった。表1.1.1にその内訳を示す。

不整合があった9事例について、構造図を正として再度検討を行った結果、一次設計・二次設計共に満足した。以下に主な不整合内容を記す。

（RC造事例）

- ・構造図と計算書で柱・大梁のせん断補強筋本数が異なる。
- ・構造図と計算書で大梁の主筋本数が異なる。
- ・構造図と計算書で大梁の断面寸法が異なる。
- ・構造図と計算書で基礎梁の主筋本数が異なる。
- ・構造図と計算書で基礎梁の主筋径が異なる。
- ・構造図と計算書で基礎梁の断面寸法が異なる。
- ・構造図と計算書で小梁の断面寸法が異なる。
- ・構造図と計算書で雑壁の壁厚が異なる。
- ・構造図と計算書で開口形状が異なる。

（S造事例）

- ・構造図と計算書で基礎梁のせん断補強筋の径が異なる。
- ・構造図と計算書で基礎梁の主筋本数が異なる。
- ・構造図と計算書で基礎梁の断面寸法が異なる。
- ・構造図と計算書で根巻き柱脚の断面寸法が異なる。

表 1.1.1 計算書と構造図の不整合

		RC造	S造	併用構造	計
不整合あり	1) 構造図を正とした再検討で一次設計または二次設計を満足しない	0	0	0	0
	2) 構造図を正とした再検討で一次設計・二次設計を満足する	8	1	0	9
不整合なし		22	14	1	37
計		30	15	1	46

2. 鉄筋コンクリート造

2.1. 大ばり

- ・平面傾斜ばりの主筋が隅柱に定着できることを確認できる詳細図がない

【事例】

本事例は、地上15階建てのRC造建築物である。図2.1.1及び図2.1.2の床伏図に示すとおり、Y1通りX1-X2間の大ばりは平面傾斜ばりとなっており、配筋詳細図が示されていないため、その角度($\tan \theta \approx 2500/9400$)と柱はり幅の関係からは、基礎ばりFG6やはりG6の主筋が隅柱C7のコア内に定着できることを確認できない。図2.1.3には1階～2階の柱・はり・基礎ばり断面リストを示す。

はりの主筋端部には、第三者機関が発行する技術評価の証明書等を取得した定着板を使用した異形鉄筋の機械式定着工法(定着板工法)が採用されているが、この定着板工法の標準図でも、平面傾斜ばりの主筋端部を折り曲げる場合の詳細図や、平面傾斜ばりの主筋が隅柱コア内に定着出来ることを確認できる詳細図は記されていない。

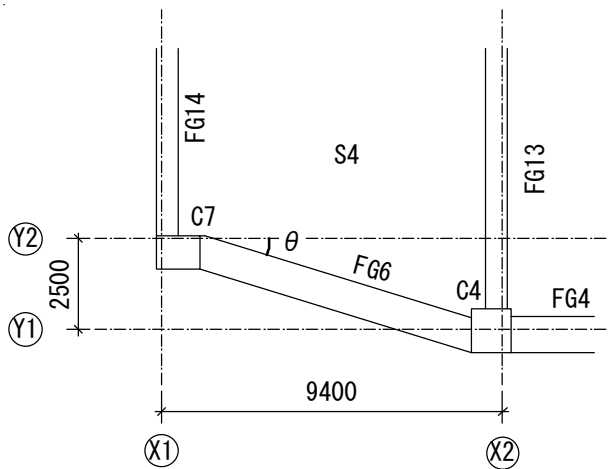


図 2.1.1 1階床伏図

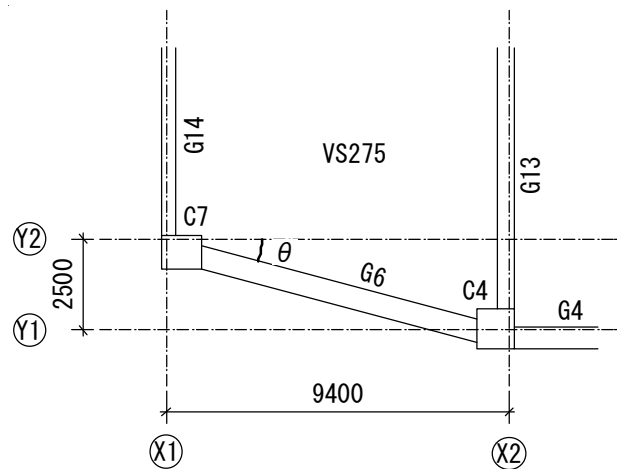


図 2.1.2 2～15階床伏図

符号	C7
2階	
主筋	14-D35+8-D16
フープ	□-S13@100
1階	
主筋	14-D35+8-D29<4-D29>
フープ	目-S13@100

符号	G6
2階	
上端配筋	8-D38
下端配筋	8-D38
スタップ	□-S13@100
腹筋	2-D10

符号	F66
1階	
上端配筋	14-D38
下端配筋	14-D38
スタップ	□-D16@150
腹筋	14-D13

図 2.1.3 柱・はり・基礎ばり断面リスト

【留意事項】

柱に平面傾斜して取りつくはりについては、その角度が大きくなると、はり主筋の端部を柱コア内に定着することが困難となる。また、このような平面傾斜はりについては、学協会等が発行する一般的な鉄筋コンクリート構造標準配筋図では収まりが示されていない。このため、配筋上の問題点を明らかにするために別途設計者が配筋詳細図を作成し、鉄筋の定着が適切になされ応力伝達できることを確認することが重要である。適切に定着できない場合には、柱断面を大きくするなどの変更が必要となる。

なお、はりの主筋の柱への定着については、平成 23 年国土交通省告示第 432 号に基づき構造計算または特別な調査研究による確認を行うことにより、令第 73 条第 3 項の規定の適用を除外することができるが、その場合でも、鉄筋の定着が適切になされることの確認は必要である。

【関連する条文・基準等】

◇施行令 第 73 条 鉄筋の継手及び定着（最終改正 平成 23 年政令第 46 号）

第 73 条 鉄筋の末端は、かぎ状に折り曲げて、コンクリートから抜け出ないように定着しなければならない。ただし、次の各号に掲げる部分以外に使用する異形鉄筋にあっては、その末端を折り曲げないことができる。

- 一 柱及びはり（基礎ばりを除く。）の出すみ部分
 - 二 煙突
- 2 （略）
- 3 柱に取り付けるはりの引張り鉄筋は、柱の主筋に溶接する場合を除き、柱に定着される部分の長さとその径の 40 倍以上としなければならない。ただし、国土交通大臣が定める基準に従った構造計算によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りではない。
- 4 （略）

◇告示 平成 23 年国土交通省告示第 432 号 鉄筋コンクリート造の柱に取り付けるはりの構造耐力上の安全性を確かめるための構造計算の基準を定める件

第 1 建築基準法施行令第 73 条第 3 項ただし書に規定する鉄筋コンクリート造の柱に取り付けるはりの

安全性を確かめるための構造計算の基準は、柱に取り付けるはりの引張り鉄筋が建築基準法第 37 条第一号に該当する異形鉄筋である場合においては、次のとおりとする。

(略)

第 2 特別な調査又は研究の結果に基づき当該柱に取り付けるはりの引張り鉄筋の付着力を考慮して当該鉄筋の抜け出し及びコンクリートの破壊が生じないことが確かめられた場合においては、第 1 に定める基準によらないことができる。

2.2. 外壁から2mを超える突出部

・外壁から2mを超える突出部があるが、鉛直震度に対する検討がない

【事例】

本事例は、地上2階建てのRC造建築物である。図2.2.1及び図2.2.2に示すように、R階の床組みにおいて、下階の外壁から2mを超えて突出した部分があるが、鉛直震度による突出部分に作用する力に対する検討がなかった。

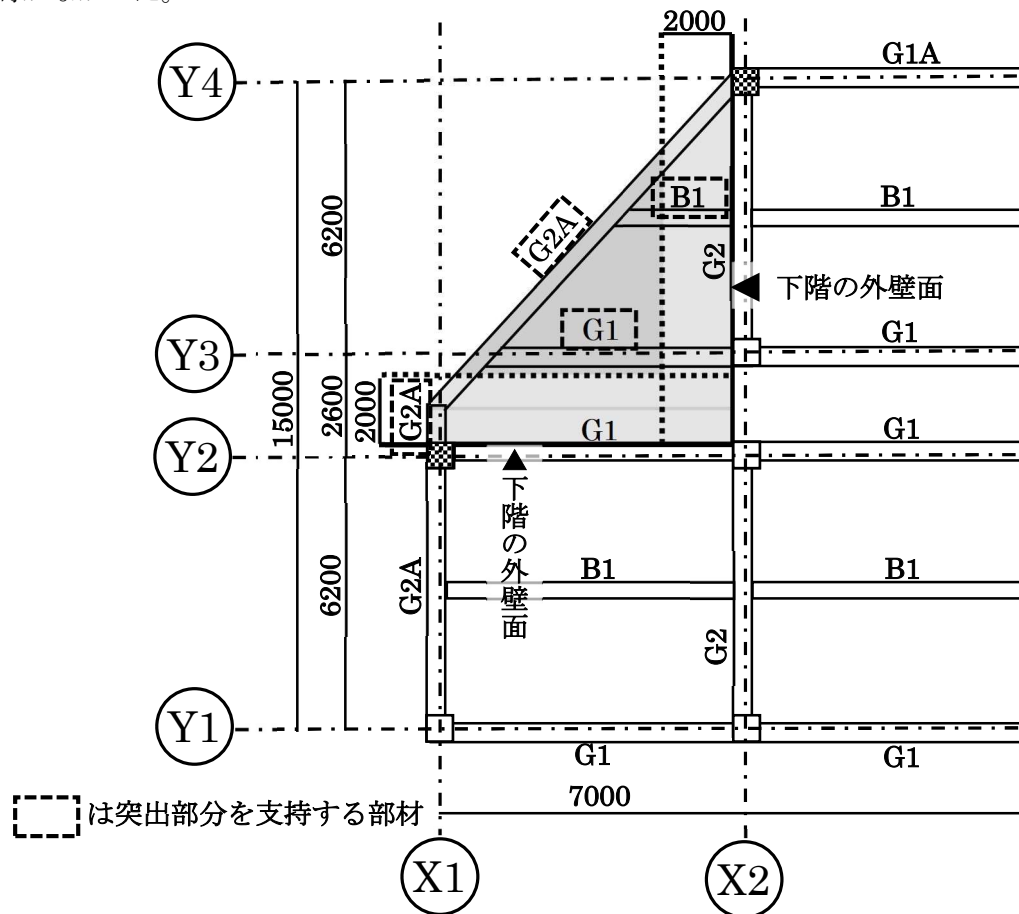


図 2.2.1 R階伏図

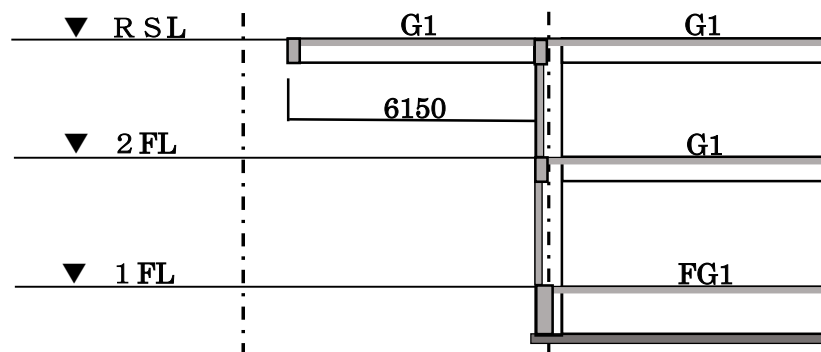


図 2.2.2 Y3 通り軸組図

【留意事項】

外壁から 2 m を超える規模の大きな突出部分については、鉛直方向の振動の励起が生じやすいことから、平成 19 年国土交通省告示 594 号第 2 第三号ニに定められているとおり、鉛直震度による力に対して安全であることを確かめる必要がある。

突出部が単純な片持ち梁形式の形状ではない場合や、複雑な床組みの場合でも、突出長さが大きい場合には同様に鉛直方向の振動の励起が生じる恐れがあるため、鉛直震度に対する安全性の確認は必要である。

本事例においては、突出部にある長い G1 梁が片持ち梁としての検討はしておらず、突出部先端に設けられている G2A 梁が突出部分を支持するための十分な耐力・剛性を持ち、突出部に作用する鉛直荷重を両側の柱に伝達できていることを確認し構造計算書に示す必要がある。

【関連する条文・基規準等】

◇告示 平成 19 年国土交通省告示第 594 号 保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件 (最終改正 令和元年 国土交通省告示第 203 号)

第 1 構造計算に用いる数値の設定方法

- 一 建築物の架構の寸法、耐力、剛性、剛域その他の構造計算に用いる数値については、当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならない。
- 二 前号の数値の設定を行う場合においては、接合部の構造方法その他当該建築物の実況に応じて適切な設定の組み合わせが複数存在するときは、それらすべての仮定に基づき構造計算をして当該建築物の安全性を確かめなければならない。

第 2 荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力の計算方法

- 一・二 (略)
- 三 前二号の規定によって構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算するほか、次のイからホまでに掲げる場合に応じてそれぞれ当該イからホまでに定める方法によって計算を行わなければならない。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、イからホまでに定める方法による計算と同等以上に建築物又は建築物の部分が構造耐力上安全であることを確かめることができる計算をそれぞれ行う場合にあつては、この限りでない。
イ・ロ・ハ (略)
- ニ 片持ちのバルコニーその他これに類する建築物の外壁から突出する部分（建築物の外壁から突出する部分の長さが 2 メートル以下のものを除く。）を設ける場合 作用する荷重及び外力（地震力にあつては、当該部分の鉛直震度（令第 88 条第 1 項に規定する Z の数値に 1.0 以上の数値を乗じて得た数値とする。）に基づき計算した数値とする。）に対して、当該部分及び当該部分が接続される構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算して令第 82 条第一号から第三号までに規定する構造計算を行い安全であることを確かめること。

◇2020 年版建築物の構造関係技術基準解説書 p.325

d) 鉛直震度による突出部分に作用する応力の割増し（第三号ニ）

第三号ニの規定は、規模の大きな張り出し部分については、鉛直震度も考慮すべきことを定めたものであり、片持ちのバルコニー等の外壁から突出する部分について、鉛直震度 1.0Z 以上の鉛直力により

生ずる応力を算定することとしている。例えば短期の許容応力度が長期の 1.5 倍である場合には、そのことを考慮して常時荷重を 1.33 倍 ($=2/1.5$) して長期の許容応力度の確認を行う方法もある。なお、例えば先端部分を支持する柱等を設け、鉛直方向の振動の励起を防止する措置を講ずることができれば、本規定における「突出部分」には該当しないものとして検討を不要とできる。また、外壁から突出する部分の長さが 2 m 以下の場合には、振動の励起が生じにくいものとして、本規定の適用を受けないこととしている。

2.3. 中子筋

・第三者機関による技術評価を取得した工法の柱の仕様規定を満足していない

【事例】

本事例は、地上 15 階建ての RC 造建築物である。本建物の平面形は図 2.3.1 に示すように 2 スパン×3 スパンで、立面形は図 2.3.2 に示すように杭で支持された高さ 44.6 m の整形な建物である。建物内には壁が多く配されているが、耐震スリットが用いられ純ラーメン架構となっている。

本建物 1 階の主要な柱リストを図 2.3.3 に示す。使用されているコンクリートは Fc45～Fc30、柱主筋は SD490、柱の帯筋には高強度せん断補強筋が用いられている。本事例の高強度せん断補強筋には第三者機関による技術評価を取得した工法が用いられており、その評価の対象となっている設計施工指針では、「耐震設計上ヒンジが形成される領域で、かつ崩壊メカニズム時の軸方向応力度が $0.35 F_c$ を超える場合には、副帯筋を用いて 200 mm 以下の間隔で中間主筋を拘束する。また、200mm を超えて離れ合う主筋があればそれらすべてを拘束する。」旨が規定されている。使用している一貫計算プログラムはこの設計施工指針に対応しており、柱の軸方向応力度が $0.35 F_c$ を超えている場合は、ワーニングメッセージが出力される。

本建物の構造計算では、構造特性係数 D_s を 0.30 として保有水平耐力計算が行われている。この計算結果では、X、Y 方向正負加力の合計 11 箇所の柱において、「高強度せん断補強筋を使用した柱の軸方向力応力度が $0.35 F_c$ を超えている」との計算プログラムのワーニングメッセージが出力され

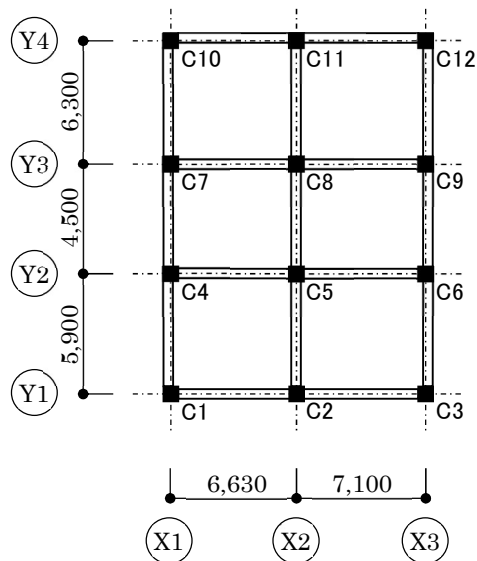


図 2.3.1 1階伏図

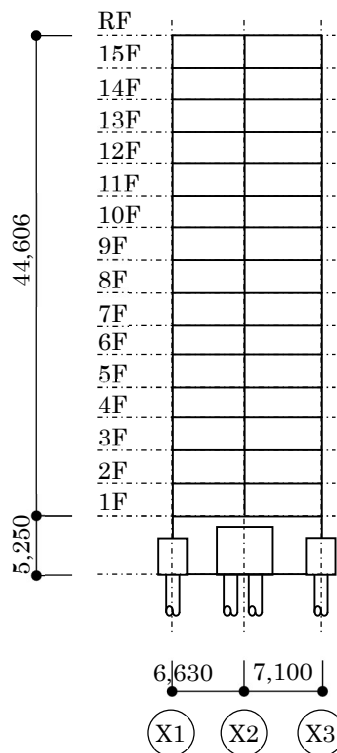


図 2.3.2 Y1 通軸組図

ていた。本事例の1階柱脚にはヒンジが形成されており、柱の軸方向応力度は一部で $0.35F_c$ を超えていたにも拘らず、ワーニングメッセージへの対応が無く、柱リストには設計施工指針に規定された拘束筋（副帯筋）が追加されていなかった。

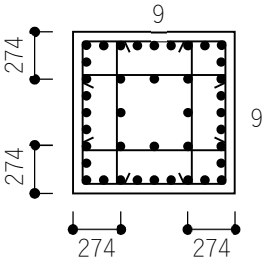
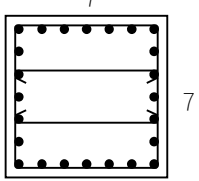
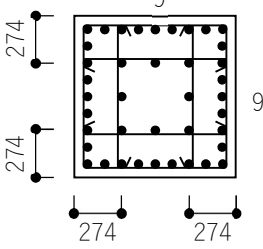
符号	C1	C2	C3
1階			
B×D	950×950	950×950	950×950
主筋	32 + 8 = 40 - TD32	24 - TD32	32 + 8 = 40 - TD32
帯筋	4 - 4 - T13@100	4 - 2 - T13@100	4 - 4 - T13@100

図 2.3.3 ヒンジが形成され軸応力度が $0.35F_c$ を超えている1階柱リスト

【留意事項】

本事例に用いられている高強度せん断補強筋は、建築基準法第37条に基づく大臣認定を取得しており、その設計施工指針等について、第三者機関による技術評価を取得している。本事例に用いられた高強度せん断補強筋の設計施工指針には仕様規定（計算外規定）があり、崩壊メカニズム時の軸方向応力度が $0.35F_c$ を超える場合には副帯筋により主筋およびコンクリートを拘束することなどが規定されている。

法第37条の認定を取得し、一般的なモデル化や算定式などの適用範囲を逸脱している材料を使用する場合の設計図書の作成にあたっては、適切であることが確認された設計施工指針に規定された仕様などを順守するか、別途の検討により安全上問題がないことが確かめられた仕様などを採用する必要がある。

【関連する条文・基規準等】

◇法第37条 建築材料の品質(最終改正 平成30年法律第33号)

建築物の基礎、主要構造部その他安全上、防火上又は衛生上重要である政令で定める部分に使用する木材、鋼材、コンクリートその他の建築材料として国土交通大臣が定めるもの（以下この条において「指定建築材料」という。）は、次の各号の一に該当するものでなければならない。

- 一 その品質が、指定建築材料ごとに国土交通大臣の指定する日本産業規格又は日本農林規格に適合するもの
- 二 前号に掲げるもののほか、指定建築材料ごとに国土交通大臣が定める安全上、防火上又は衛生上必要な品質に関する技術的基準に適合するものであることについて国土交通大臣の認定を受けたもの

◇2020年版建築物の構造関係技術基準解説書 p.57

2.2.7 主要構造部等に使用する建築材料の品質に関する規定（法第37条）

エ) 構造計算等における扱い

(略) また、特に JIS 等の規格に適合せず、大臣認定を取得した材料の使用は、構造計算においてよく用いられるモデル化や算定式等の適用範囲を逸脱している場合も多く、そのような場合には通常の式等を用いることが可能であるかの検討を要する点に留意する必要がある。

3. 鉄骨造

3.1. 筋かい架構

・保有水平耐力の検討において軸圧縮を受ける柱の曲げ座屈が考慮されていない

【事例】

本事例は、地上6階、地下1階建ての併用構造建築物（地下1階及び地上1階はRC造、2階から6階はS造）である。本事例では、保有水平耐力の算定を柱の圧縮降伏耐力時点としているが、柱の圧縮降伏耐力の値は曲げ座屈耐力を考慮していない値である（図3.1.1参照）。

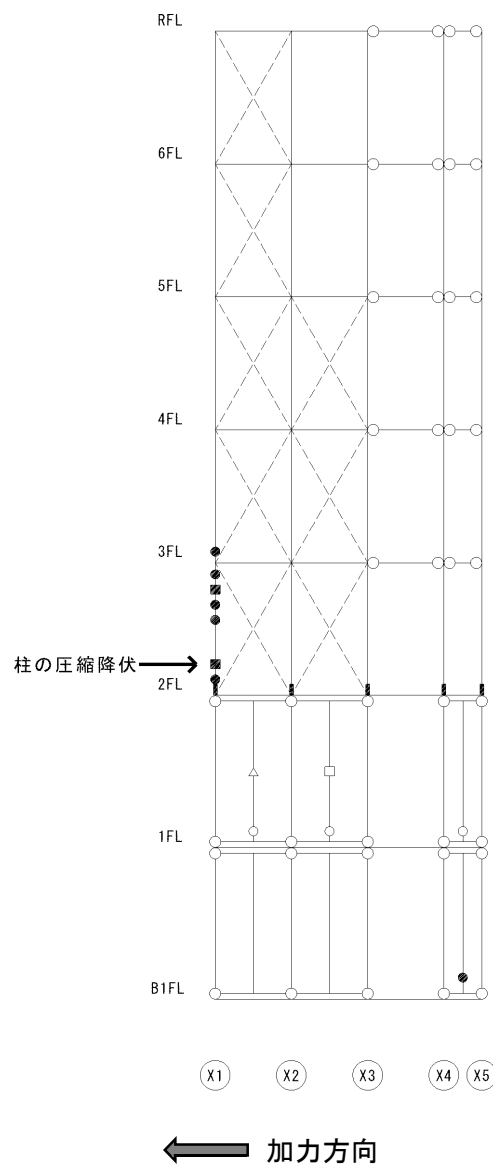


図 3.1.1 Q_u 算定時ヒンジ図

【留意事項】

本事例では、柱の曲げ座屈現象を考慮すると、架構全体の崩壊形が全体崩壊形から軸圧縮を受ける筋かい架構の柱の曲げ座屈による局部崩壊形となり、保有水平耐力がより小さく評価される可能性があるため、当該柱の耐力の算定において曲げ座屈耐力を考慮する、当該柱が耐力を喪失した場合にその軸力を隣の柱などで負担するとして再検討するなど、柱の曲げ座屈現象を考慮した検討を行うことが必要である。この場合、座屈の検討にあたっては、(一社)日本建築学会「鋼構造塑性設計指針」を参照することができる。

【関連する条文・基規準等】

◇告示 平成 19 年国土交通省告示第 594 号 保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件 (最終改正 令和元年 国土交通省告示第 203 号)

第 1 構造計算に用いる数値の設定方法

- 一 建築物の架構の寸法、耐力、剛性、剛域その他の構造計算に用いる数値については、当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならない。
- 二 前号の数値の設定を行う場合においては、接合部の構造方法その他当該建築物の実況に応じて適切な設定の組み合わせが複数存在するときは、それらすべての仮定に基づき構造計算をして当該建築物の安全性を確かめなければならない。

(略)

第 4 保有水平耐力の計算方法

- 一 令第 82 条の 3 第一号に規定する保有水平耐力は、建築物の地上部分の各階ごとに、架構が次に定める崩壊形に達する時における当該各階の構造耐力上主要な部分に生じる水平力の和のうち最も小さい数値以下の数値として計算するものとする。
- イ 全体崩壊形 (建築物のすべてのはり (最上階のはり及び一階の床版に接するはりを除く。) の端部並びに最上階の柱頭及び一階の柱脚に塑性ヒンジが生じること、一階の耐力壁の脚部に塑性ヒンジが生じることその他の要因によって建築物の全体が水平力に対して耐えられなくなる状態をいう。以下同じ。)
- ロ 部分崩壊形 (全体崩壊形以外の状態であって、建築物の特定の階においてすべての柱頭及び柱脚に塑性ヒンジが生じること、耐力壁がせん断破壊することその他の要因によって建築物の特定の階が水平力に対して耐えられなくなる状態をいう。以下同じ。)
- ハ 局部崩壊形 (建築物の構造耐力上主要な部分のいずれかが破壊し、架構が水平力に対しては引き続き耐えられる状態であっても、常時荷重に対して架構の一部が耐えられなくなる状態をいう。以下同じ。)

◇施行令 第 82 条の 3 保有水平耐力 (最終改正 平成 19 年政令第 49 号)

建築物の地上部分については、第一号の規定によって計算した各階の水平力に対する耐力 (以下この条及び第 82 条の 5 において「保有水平耐力」という。) が、第二号の規定によって計算した必要保有水平耐力以上であることを確かめなければならない。

- 一 第 4 款に規定する材料強度によって国土交通大臣が定める方法により保有水平耐力を計算すること。

◇2020年版建築物の構造関係技術基準解説書 p.633

付録 1-2.5 鉄骨造部材の終局強度

鉄骨造部材の終局強度は、以下に示す部材断面の終局強度に基づき算出してよい。ただし、座屈を伴う部材の終局強度は、座屈現象を考慮に入れて算定するものとする。この場合、日本建築学会「鋼構造塑性設計指針」等の諸規準を参照するとよい。

3.2. 柱はり仕口部

・異幅接合形式仕口部通しダイアフラムの検討がない

【事例】

本事例は、地上 8 階建ての S 造建築物である。本事例では、上階と下階とで円形鋼管柱の径が異なる仕口部において、通しダイアフラム形式の異幅接合形式が採用されている。上部通しダイアフラムの厚さは下部通しダイアフラムと同じ厚さとなっているが、上部通しダイアフラムの耐力や剛性に関する検討が行われていなかった。

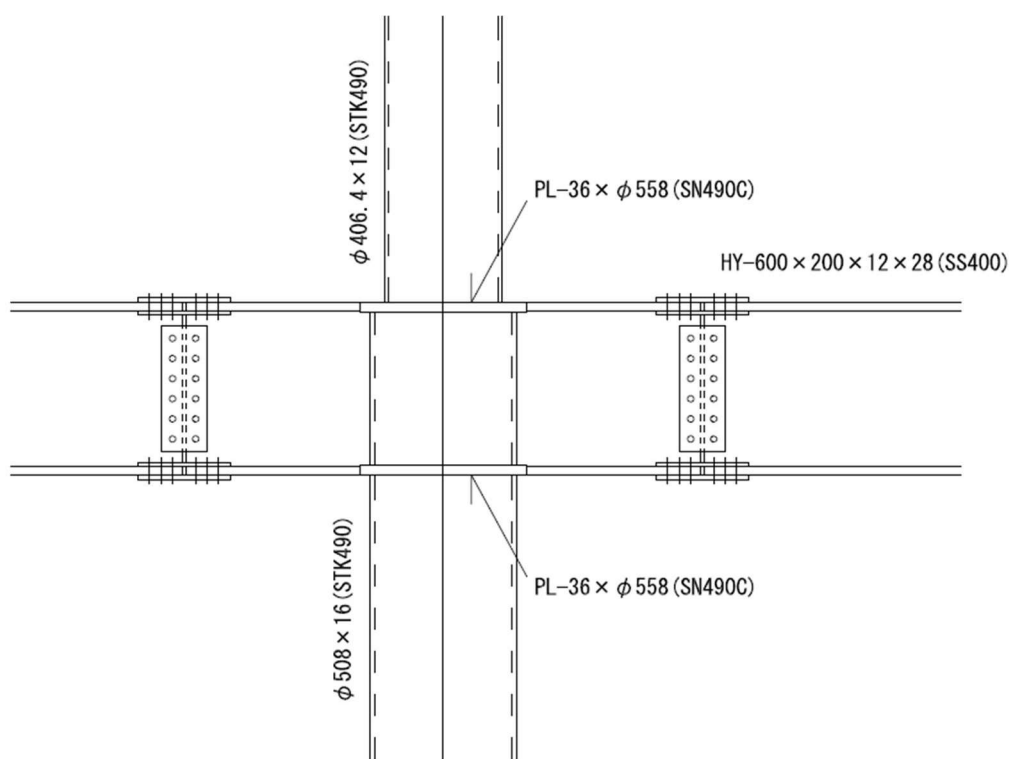


図 3.2.1 柱はり仕口部

【留意事項】

本事例のように上下階で鋼管柱の柱サイズを変化させる場合、一般的に以下の二つの方法で対応されている。

- ① 図 3.2.2 に示すように柱-大梁接合部パネルをテーパ管形式にすることで、上下階の柱に生じる力を連続的に伝達する。角形鋼管柱の場合には、テーパ鋼管として第三者評価機関が発行する技術評価の証明を受けている部材から選択する方法もある。
- ② 図 3.2.3 に示す異幅接合形式にし、上部通しダイアフラムの面外曲げ耐力および面外曲げ剛性を考慮し、その安全性の確認を行う。鋼管柱の場合には、柱絞り通しダイアフラム工法として第三者評価機関が発行する技術評価の証明を受けている部材から選択する方法もある。

本事例は②の方法によっているが、上部通しダイアフラムの安全性の検討が見当たらない。上下階で柱径が変化してその対応を②の異幅接合形式による場合、設計者は上部通しダイアフラムの面外方向の応力等を検討し、その安全性を確認する必要がある。

なお、検討にあたっては、(一社)日本建築学会「鋼構造接合部設計指針」(4.2.6 異幅接合形式箱形断面柱梁接合部)が参考となる。

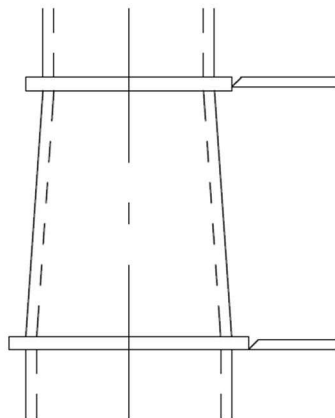


図 3.2.2 ①テーパ管形式

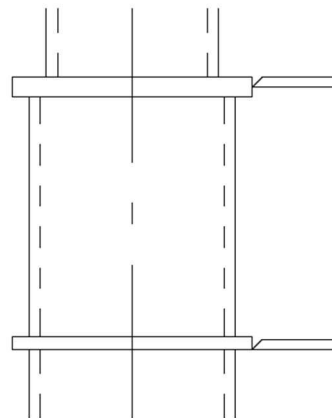


図 3.2.3 ②異幅接合形式

【関連する条文・基規準等】

◇告示 平成 19 年国土交通省告示第 594 号 保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件 (最終改正 令和元年 国土交通省告示第 203 号)

第 1 構造計算に用いる数値の設定方法

- 一 建築物の架構の寸法、耐力、剛性、剛域その他の構造計算に用いる数値については、当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならない。
- 二 前号の数値の設定を行う場合においては、接合部の構造方法その他当該建築物の実況に応じて適切な設定の組み合わせが複数存在するときは、それらすべての仮定に基づき構造計算をして当該建築物の安全性を確かめなければならない。

(表は省略)

- 三 第一号の構造耐力上主要な部分ごとに、前号の規定によって計算した長期及び短期の各応力度が、それぞれ第 3 款の規定による長期に生ずる力又は短期に生ずる力に対する各許容応力度を超えないことを確かめること。

◇鋼構造接合部設計指針(2020年 第4版)

4章 4.2 溶接による柱幅接合部の設計

4.2.6 異幅接合形式箱形断面柱梁接合部

4. 基礎構造

4.1. 基礎ばり

・柱から 2m を超える長さの片持ちばりに連続する基礎ばりの安全性が確認されていない

【事例】

本事例は、地上 11 階、地下 1 階建ての RC 造建築物である。

図 4.1.1 に示すように柱から 2m を超える長さの片持ちばり (FCG2・FCG3) については、1G の上下動に対する検討として長期の許容応力度の設計時に応力を 4/3 倍に割増した検討が行われているが、その片持ちばりに連続する基礎ばり (FG1A・FG1B) については、割増された応力に対する検討が行われていなかった。

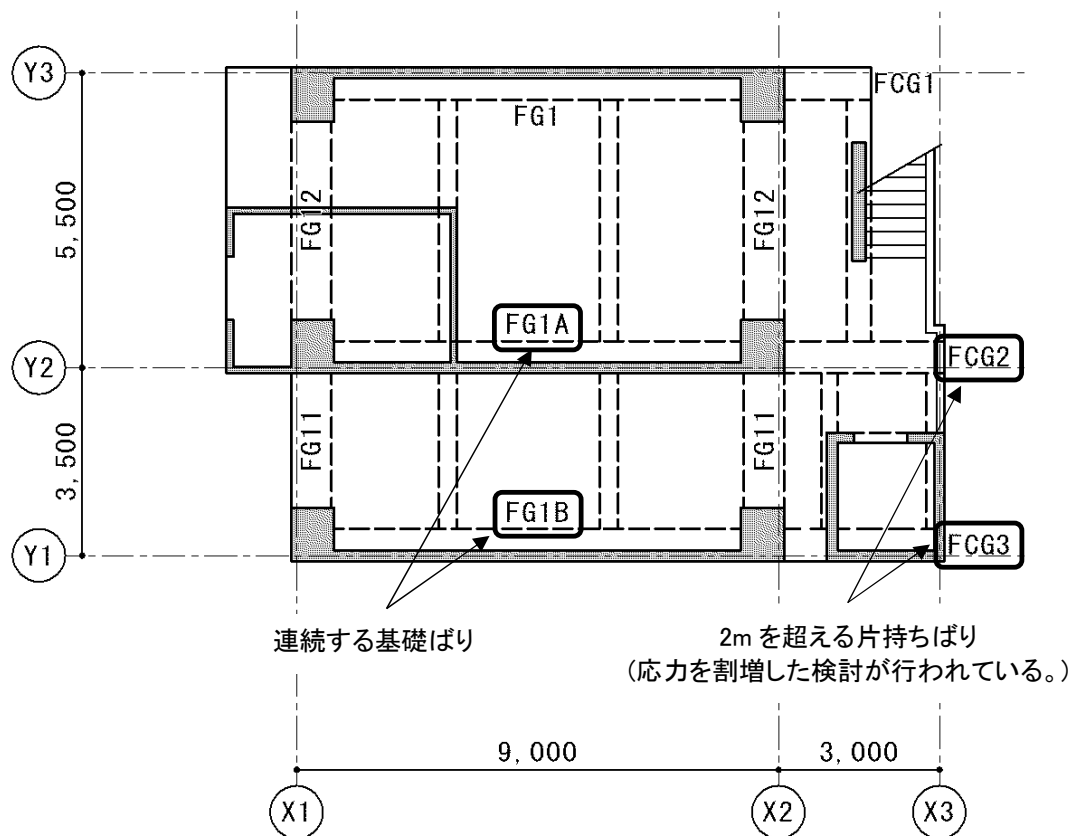


図 4.1.1 基礎伏図

【留意事項】

片持ちばりなどの片持ち部材の固定端応力は、出の長さや、RC造、S造などの構造種別に関係なく、原則的には接続する部材でその応力を処理する必要がある。さらに、出の長さが2mを超える長さの片持ち部材については、1Gの上下動に対する検討を追加し、当該部分及び当該部分に接続される構造耐力上主要な部材についても、平19国交告第594号告示第2第三号ニの規定に基づき割増された応力が処理出来ることの確認が必要である。

本事例の場合、片持ちばり部分については別途手計算にて1Gの上下動による割増し応力を考慮した検討が行われていたが、片持ち部材に接続された部材についても、割増し後の応力に対する検討が必要である。

【関連する条文・基規準等】

◇告示 平成19年国土交通省告示第594号 保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件 (最終改正 令和元年 国土交通省告示第203号)

第1 構造計算に用いる数値の設定方法

- 一 建築物の架構の寸法、耐力、剛性、剛域その他の構造計算に用いる数値については、当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならない。
- 二 前号の数値の設定を行う場合においては、接合部の構造方法その他当該建築物の実況に応じて適切な設定の組み合わせが複数存在するときは、それらすべての仮定に基づき構造計算をして当該建築物の安全性を確かめなければならない。

第2 荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力の計算方法

- 一・二 (略)
- 三 前二号の規定によって構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算するほか、次のイからホまでに掲げる場合に応じてそれぞれ当該イからホまでに定める方法によって計算を行わなければならない。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、イからホまでに定める方法による計算と同等以上に建築物又は建築物の部分が構造耐力上安全であることを確かめることができる計算をそれぞれ行う場合にあつては、この限りでない。
 - イ・ロ・ハ (略)
 - ニ 片持ちのバルコニーその他これに類する建築物の外壁から突出する部分（建築物の外壁から突出する部分の長さが2メートル以下のものを除く。）を設ける場合 作用する荷重及び外力（地震力にあつては、当該部分の鉛直震度（令第88条第1項に規定するZの数値に1.0以上の数値を乗じて得た数値とする。）に基づき計算した数値とする。）に対して、当該部分及び当該部分が接続される構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算して令第82条第一号から第三号までに規定する構造計算を行い安全であることを確かめること。

4.2. 杭基礎

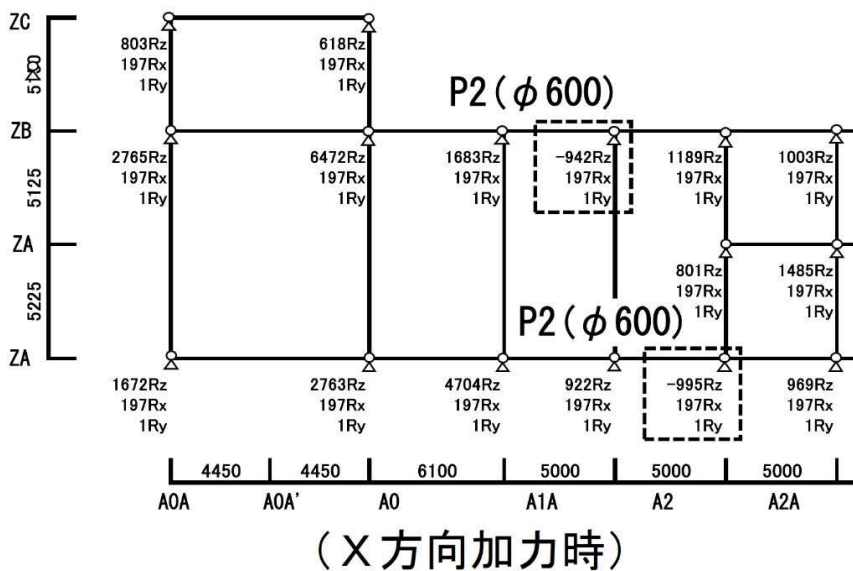
・引拔力が作用する杭の杭頭接合部と杭周面摩擦が検討されていない

【事例】

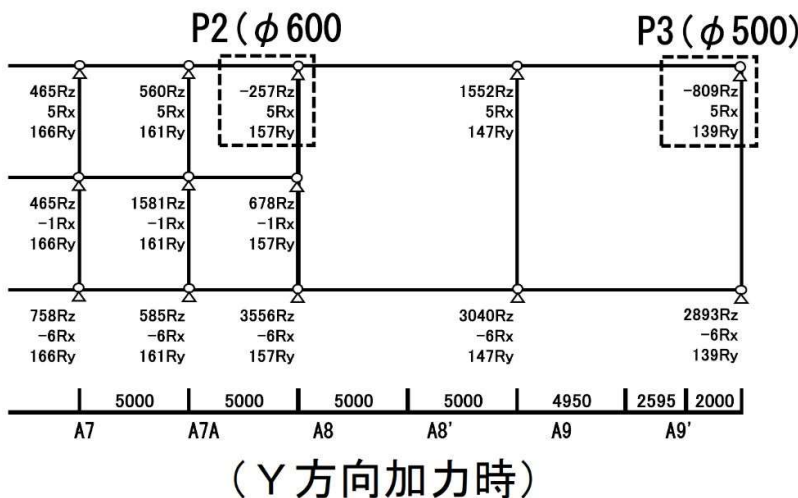
本事例は、地上3階建てのS造建築物である。本事例では、図4.2.1に示すように保有水平耐力時に浮き上がりを考慮せず支点をピンとして解析し、支点に生じた引拔力は引抜き方向の短期許容支持力以下であり、浮き上がりは生じないとしていた。

採用している杭頭接合部の工法は、引抜力にも対応可能な指定性能評価機関等が発行する技術評価の証明を受けた半剛接合工法とはなっていたが、引抜力に応じた工法のタイプを指定していなかったため、図4.2.3に示す引抜力を伝達するための鋼棒が設けられておらず、図4.2.2の引抜力に対応していない杭頭接合部となっていた。

また、基礎ぐいの引抜き方向の許容支持力についても、杭体の許容耐力のみについて算定されており、杭周面摩擦による地盤の引抜き方向の許容支持力については検討が行われていなかった。



保有水平耐力時のX方向加力時(右から左)の支点反力において、P2(φ600)に-995kNの引抜力が生じている。



保有水平耐力時のY方向加力時(上から下)の支点反力において、P3(φ500)に-809kNの引抜力が生じている。

□ 引抜力が生じている柱位置

図4.2.1 保有水平耐力時の引抜きの検討

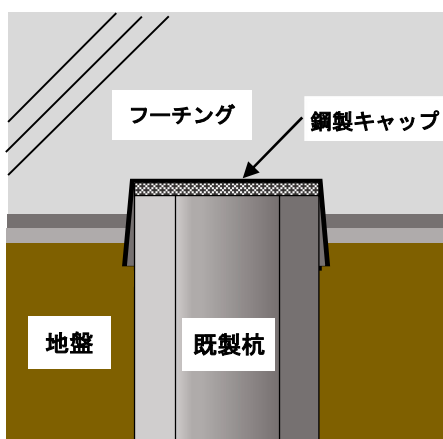


図 4.2.2 構造図における半剛接合法

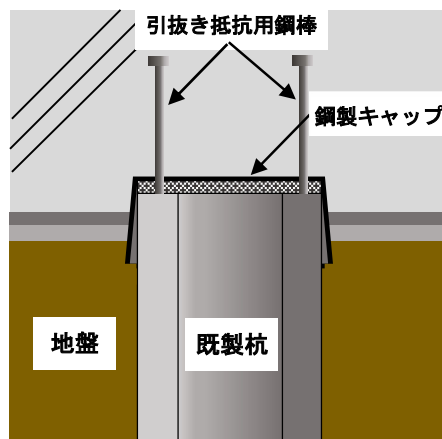


図 4.2.3 引抜力に対応した半剛接合法

【留意事項】

杭頭接合部工法に技術評価の証明を受けた工法を用いる場合において、その工法が引抜力に対応した工法であっても、地上部の構造計算により算定された引抜力に基づき、技術評価の証明取得時に定められた計算により引抜力を伝達するための鋼棒等を設計する必要がある。

また、杭頭接合部工法が引抜力に対応した工法であっても、平成 13 年国土交通省告示第 1113 号第 6 に定められているように基礎ぐいの引抜き方向の許容支持力は、杭体の許容耐力と杭周面摩擦による地盤の引抜き方向の許容支持力のいずれか小さい数値となるため、地盤の引抜き方向の許容支持力は杭頭接合部工法の検討とは別に行わなければならない。

【関連する条文・基規準等】

◇施行令 第 82 条 保有水平耐力計算(最終改正 平成 19 年 政令第 49 号)

前条第 2 項第一号イに規定する保有水平耐力計算とは、次の各号及び次条から第 82 条の 4 までに定めるところによりする構造計算をいう。

- 一 第 2 款に規定する荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力を国土交通大臣が定める方法により計算すること。
- 二 前号の構造耐力上主要な部分の断面に生ずる長期及び短期の各応力度を次の表に掲げる式によって計算すること。

(表は省略)

- 三 第一号の構造耐力上主要な部分ごとに、前号の規定によって計算した長期及び短期の各応力度が、それぞれ第 3 款の規定による長期に生ずる力又は短期に生ずる力に対する各許容応力度を超えないことを確かめること。

◇告示 平成 19 年国土交通省告示第 594 号 保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件(最終改正 令和元年 国土交通省告示第 203 号)

第1 構造計算に用いる数値の設定方法

- 一 建築物の架構の寸法、耐力、剛性、剛域その他の構造計算に用いる数値については、当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならない。
- 二 前号の数値の設定を行う場合においては、接合部の構造方法その他当該建築物の実況に応じて適切な設定の組み合わせが複数存在するときは、それらすべての仮定に基づき構造計算して当該建築物の安全性を確かめなければならない。

◇告示 平成13年国土交通省告示第1113号 地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための地盤調査の方法並びにその結果に基づき地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を定める方法を定める件(最終改正 令和元年 国土交通省告示第203号)

- 第6 第5の規定にかかわらず、基礎ぐいの許容支持力又は基礎ぐいの引抜き方向の許容支持力を定める方法は、基礎の構造形式、敷地、地盤その他の基礎に影響を与えるものの実況に応じて次に定めるところにより求めた数値によることができるものとする。
- 二 基礎ぐいの引抜き方向の許容支持力は、次の表に掲げる式により計算した地盤の引抜き方向の許容支持力又は基礎ぐいの許容耐力のうちいずれか小さい数値とすること。ただし、地盤の引抜き方向の許容支持力は、適用する地盤の種類及び基礎ぐいの構造方法ごとに、それぞれ基礎ぐいを用いた引抜き試験の結果に基づき求めたものとする。

5. その他

5.1. 制振ダンパー

・制振ダンパーのストロークの仕様や変形の検討(衝突の危険性など)がない

【事例】

本事例は、地上 8 階建ての S 造建築物である。本建物の架構は図 5.1.1 に示すように、250□の角形鋼管を 2.0 m~4.0 m 程度のスパンで多く配置した純ラーメンで、2 階~4 階において図 5.1.2 に示す架台上に配置した制振ダンパーが各方向 2 箇所を設置されている。

本事例の構造計算では、制振ダンパーを平成 19 年国土交通省告示第 594 号第 2 に規定されている非構造部材として扱い、制振ダンパーの影響を無視した場合と、制振ダンパーの剛性および耐力を考慮した場合について、応力解析・断面算定を行い保有水平耐力を確認していた。この過程において制振ダンパーの動特性やストローク等の仕様を示す資料が添付されておらず、中地震・大地震において、制振ダンパーにストロークを超える変形が生じて周囲に衝突しないことの確認が行われていなかった。

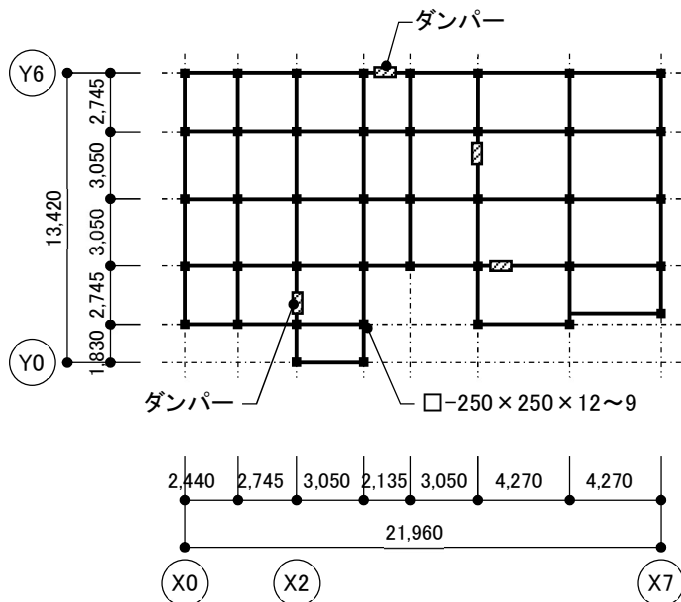


図 5.1.1 2 階伏図

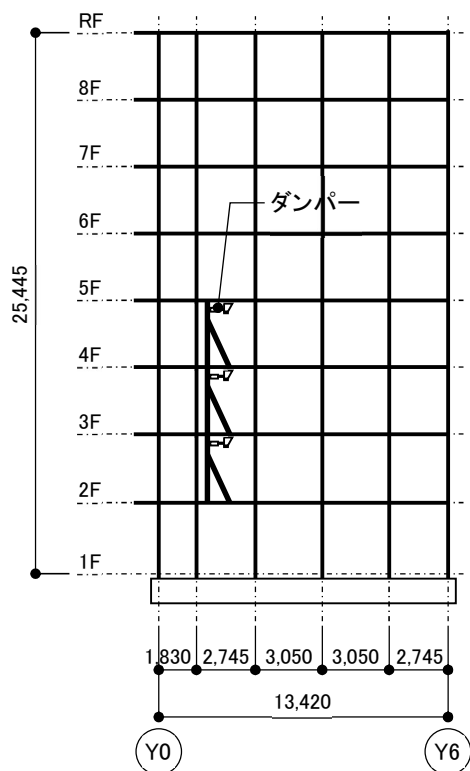


図 5.1.2 X2 通軸組図

【留意事項】

本事例のように一部の階にのみ制振ダンパーを配置した場合などでは、建物に作用する地震力や変形の分布が制振ダンパー無しの場合と異なると考えられるため、制振ダンパーを設置した場合の建物の応力、変形状態を適切に考慮した上で、ストロークを超える変形が生じて周囲に衝突しないよう、制振ダンパーのストロークの妥当性や追従性を検討し、その結果を設計図書に適切に反映する必要がある。

【関連する条文・基規準等】

◇告示 平成 19 年国土交通省告示第 594 号 保有水平耐力計算及び許容応力度等計算の方法を定める件 (最終改正 令和元年 国土交通省告示第 203 号)

第 1 構造計算に用いる数値の設定方法

- 一 建築物の架構の寸法、耐力、剛性、剛域その他の構造計算に用いる数値については、当該建築物の実況に応じて適切に設定しなければならない。
- 二 前号の数値の設定を行う場合においては、接合部の構造方法その他当該建築物の実況に応じて適切な設定の組み合わせが複数存在するときは、それらすべての仮定に基づき構造計算して当該建築物の安全性を確かめなければならない。

第 2 荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力の計算方法

- 一 (略)
- 二 前号の計算に当たっては、非構造部材から伝達される力の影響を考慮して構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算しなければならない。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき非構造部材から伝達される力の影響がないものとしても構造耐力上安全であることが確かめられた場合にあつては、この限りでない。

◇2020 年版建築物の構造関係技術基準解説書 p.36 35 行目

(5) 構造関係規定の適用関係のまとめ

また、特殊な事例として、構造計算適合性判定や確認審査等の手続きで安全性を確認する建築物に、性能の向上や改善を目的として制振部材を設置する場合がある。このとき、制振性能の検証が時刻歴応答解析によって行われていたとしても、保有水平耐力計算などの一連の規定を満たすことが別途に確認されていれば、時刻歴応答解析の内容について大臣認定を取得する必要はない。ただし、制振部材はそれを取り除いた主架構に影響を及ぼす非構造部材（平 19 国交告台第 594 号第 2 第二号, 6.1(6)参照）と扱って構造安全性を確認することとなる。具体的には、主架構の許容応力度計算や保有水平耐力の確認の際に、中地震・大地震時に設計上想定する制振部材の発揮し得る力が、適切に考慮されている必要がある。