

序

日本建築学会関東支部では、1963年以來、構造設計・計算の技法の普及をめざして、「構造計算のすすめ方」シリーズを刊行するとともに講習会を開催しています。そのシリーズとして、第6巻「基礎構造の設計」が1978年に発刊されました。本会の「建築基礎構造設計規準・同解説」が1988年に「建築基礎構造設計指針」になったことを契機として、1990年に本書の第2版となる改訂版が刊行されました。その後、1995年の兵庫県南部地震では、大地震時における地盤あるいは基礎構造の設計法の重要性が認識されました。1998年には建築基準法が大幅に改正され、2001年に本会では限界状態設計法の考え方を導入した「建築基礎構造設計指針」が改定・刊行されました。それらの変更を反映させ、地盤改良の設計とその設計例を加え、第3版の改訂版を2003年に発刊致しました。

この度は、それ以來20年ぶりの改訂となり、2019年11月に改定された「建築基礎構造設計指針」をベースとし、土質力学等の基本事項の説明、具体的な設計例を提示するとともに、付録として群杭フレームモデルによる静的解析プログラムも加えました。

基礎構造の設計は、地盤工学の知識が不可欠なため構造設計の中でも取り付きにくい設計分野とされています。地盤工学の基本から基礎構造の実務設計の応用まで広範な知識を平易にまとめた入門書は少なく、「学びやすい構造設計」シリーズとして本テキストの役割は以前にも増して重要と考えられます。このテキストが構造設計者にとって、地盤と基礎構造への理解を深めるためにお役に立つことを願う次第です。

最後に、本テキストの改訂に向けたご尽力と執筆に努力された、関東支部「講習会用構造テキスト作成委員会」と「基礎構造の設計WG」の方々に感謝の意を表します。

2023年3月15日

日本建築学会関東支部

支部長 北山和宏

基礎構造の設計作成関係委員（2023年版）

講習会用構造テキスト作成委員会

| | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 委員長 | 竹内 | 徹 | | | | | | | | |
| 幹事 | 田村 | 和夫 | 福井 | 剛 | | | | | | |
| 委員 | 安達 | 俊夫 | 石井 | 正人 | 河合 | 直人 | 隈澤 | 文俊 | 塩原 | 等 |
| | 田村 | 修次 | 辻 | 靖彦 | 寺本 | 隆幸 | 福元 | 敏之 | 山我 | 信秀 |

基礎構造の設計 WG

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|
| 主査 | 田村 | 修次 | | | | | | | | | |
| 幹事 | 下村 | 修一 | | | | | | | | | |
| 委員 | 安達 | 俊夫 | 池田 | 隼人 | 倉持 | 博之 | 阪上 | 浩二 | 佐藤 | まどか | |
| | | 鈴木 | 直子 | 鈴木 | 康嗣 | 長尾 | 俊昌 | 土方 | 勝一郎 | 平山 | 勇治 |
| | | 堀井 | 良浩 | 又吉 | 直哉 | 吉富 | 宏紀 | 和田 | 湧気 | | |

執筆者

| | | | | |
|--------------------------|----|-----|--------------|--------|
| はじめに | 安達 | 俊夫 | （日本大学 名誉教授） | |
| 第1章 設計の基本事項 | 田村 | 修次 | （東京工業大学 教授） | |
| 第2章 地盤の基本的性質とその評価 | 鈴木 | 康嗣 | （鹿島建設） | |
| 第3章 基礎構造の計画 | 阪上 | 浩二 | （山下設計） | |
| 第4章 直接基礎 | 鈴木 | 直子 | （大林組） | |
| 第5章 杭基礎 | 下村 | 修一 | （日本大学 准教授） | |
| | 堀井 | 良浩 | （大成建設） | |
| | | 長尾 | 俊昌 | （大成建設） |
| 第6章 地盤改良 | 平山 | 勇治 | （テクノックス） | |
| | 吉富 | 宏紀 | （不動テトラ） | |
| 第7章 直接基礎の設計例 | 阪上 | 浩二 | （山下設計） | |
| | | 佐藤 | まどか | （山下設計） |
| 第8章 杭基礎の設計例 | 池田 | 隼人 | （日本設計） | |
| | | 倉持 | 博之 | （日本設計） |
| 第9章 地盤改良の設計例 | 又吉 | 直哉 | （テクノックス） | |
| 付録 群杭フレームモデルによる静的解析プログラム | | | | |
| | 土方 | 勝一郎 | （芝浦工業大学 元教授） | |
| | 和田 | 湧気 | （奥村組） | |

基礎構造の設計作成関係委員（2003年版）

講習会用構造テキスト作成委員会

委員長 平野 道勝
委員 榎並 昭 狩野 芳一 洪 忠憲 豊島 光夫
藤本 盛久 村内 明

基礎構造の設計改定小委員会

監修 榎並 昭
主査 安達 俊夫
幹事 茶谷 文雄
委員 青木 功 大杉 文哉 大西 智晴 近藤 豊史 鈴木 康嗣
辻 靖彦 藤井 衛 真島 正人 三町 直志
協力 倉持 博之 阪上 浩二 吉富 宏紀
編集協力 酒匂 教明

執筆者

| | |
|---------------------|----------------------------|
| はじめに | 榎並 昭（日本大学 名誉教授） |
| 第1章 設計の基本事項 | 安達 俊夫（日本大学 教授） |
| 第2章 地盤の基本的性質とその評価 | 鈴木 康嗣（鹿島建設） |
| 第3章 基礎構造の計画 | 大杉 文哉（久米設計） |
| 第4章 直接基礎 | 真島 正人（大成建設） |
| 第5章 杭基礎 | 茶谷 文雄（大林組） 辻 靖彦（大林組） |
| 第6章 地盤改良 | 藤井 衛（東海大学 教授） |
| 第7章 直接基礎の設計例 | 近藤 豊史（山下設計） 阪上 浩二（山下設計） |
| 第8章 杭基礎の設計例 | 三町 直志（日本設計） 倉持 博之（日本設計） |
| 第9章 地盤改良の設計例 | 青木 功（テクノックス） |
| 第10章 締固めによる地盤改良の設計例 | 大西 智晴（不動建設） 吉富 宏紀（不動建設） |

基礎構造の設計

—学びやすい構造設計—

目次

| | |
|--------------------------|-----|
| はじめに | 1 |
| 第1章 設計の基本事項 | |
| 1.1 基礎の種類 | 5 |
| 1.2 基礎構造の設計法と設計の目的 | 7 |
| 1.3 基礎構造の要求性能 | 8 |
| 1.4 性能グレード | 10 |
| 1.5 想定する荷重 | 11 |
| 1.6 要求性能の確認方法 | 13 |
| 1.7 基礎構造の設計と法令 | 14 |
| 第2章 地盤の基本的性質とその評価 | |
| 2.1 地盤の成り立ち | 15 |
| 2.2 土の種類と基本的性質 | 21 |
| 2.3 土の強度と支持力 | 30 |
| 2.4 土の変形と沈下 | 36 |
| 2.5 地下水 | 39 |
| 2.6 地盤調査 | 40 |
| 2.7 敷地地盤の安全性 | 57 |
| 第3章 基礎構造の計画 | |
| 3.1 基本事項 | 69 |
| 3.2 設計と条件 | 72 |
| 3.3 施工と条件 | 82 |
| 3.4 基礎形式と支持地盤の選定 | 89 |
| 第4章 直接基礎 | |
| 4.1 基本事項 | 95 |
| 4.2 直接基礎の種類と選定 | 103 |

| | | |
|---------------------|-----------------------------|-----|
| 4.3 | 地盤の支持力 | 105 |
| 4.4 | 沈下量の計算 | 115 |
| 4.5 | 水平抵抗 | 134 |
| 第5章 杭基礎 | | |
| 5.1 | 基本事項 | 139 |
| 5.2 | 鉛直支持力 | 164 |
| 5.3 | 沈下 | 182 |
| 5.4 | 負の摩擦力 | 189 |
| 5.5 | 引抜き抵抗力と引抜き量 | 199 |
| 5.6 | 水平抵抗 | 207 |
| 5.7 | 杭体および杭頭接合部の断面設計 | 230 |
| 第6章 地盤改良 | | |
| 6.1 | 地盤改良の種類と選定 | 245 |
| 6.2 | 地盤改良工法の選定と事前調査 | 250 |
| 6.3 | 深層混合処理工法による改良地盤の設計 | 254 |
| 6.4 | 締固め工法による地盤改良の設計 | 288 |
| 第7章 直接基礎の設計例 | | |
| 7.1 | 一般事項 | 307 |
| 7.2 | 地盤概要 | 308 |
| 7.3 | 基本検討 | 310 |
| 7.4 | 鉛直支持力の検討 | 311 |
| 7.5 | 沈下に対する検討 | 315 |
| 第8章 杭基礎の設計例 | | |
| 8.1 | 一般事項 | 323 |
| 8.2 | 基礎構造の計画 | 327 |
| 8.3 | 鉛直荷重に対する検討（一次設計） | 332 |
| 8.4 | レベル1地震時の水平抵抗の検討（一次設計） | 338 |
| 8.5 | レベル2地震時の検討（二次設計） | 349 |
| 第9章 地盤改良の設計例 | | |
| 9.1 | 建物概要 | 355 |
| 9.2 | 地盤概要 | 356 |

| | | |
|-----|---------------------------|-----|
| 9.3 | 工法の選定 | 358 |
| 9.4 | 設計条件 | 358 |
| 9.5 | 想定荷重に対する要求性能と設計用限界値 | 360 |
| 9.6 | 液状化判定 | 360 |
| 9.7 | 改良体および改良地盤の設計 | 361 |
| 9.8 | 沈下の検討 | 372 |

付 録 群杭フレームモデルによる静的解析プログラム

| | | |
|---|------------------|-----|
| 1 | 基本事項 | 377 |
| 2 | プログラムの計算理論 | 379 |
| 3 | プログラムの使用方法 | 389 |
| 4 | 計算例 | 397 |

はじめに

日本建築学会関東支部において、1963年に構造関係の講習会用のテキストとして「構造計算のすすめ方」が刊行された。その後、この「構造計算のすすめ方」はシリーズ化されて「鉄筋コンクリート構造の設計」、「鋼構造の設計」、「力学と計画」、「プレストレストコンクリート構造の設計」、「基礎構造の設計」および「耐震構造の設計」の全7巻が刊行された。

そして、2002年からは新しくシリーズの名称を「学びやすい構造設計」に変えて、「鉄筋コンクリート構造の設計」、「基礎構造の設計」、「耐震構造の設計」、「鉄骨構造の設計」、「合成構造の設計」、「免震制振構造の設計」、「木質構造の設計」、「構造骨組みの特性と解析」「建築構造物の動的性状と解析」および「プレストレストコンクリート構造の設計」の全10巻を現在までに刊行し、各テキストを用いてほぼ毎年講習会を開催している。なお、本「基礎構造の設計」は、「構造計算のすすめ方」シリーズとして1978年に初版を刊行している。その後、1990年に第1回改訂、2003年には「学びやすい構造設計」シリーズとして第2回改訂を行い、本テキストは第3回の改訂版である。

本テキストは本会「建築基礎構造設計指針（以下、基礎指針）」の2019年版をベースとし、以下の2点を改訂のポイントとしている。

- ① 限界状態設計法の安全性の検証方法に用いる荷重・耐力係数法（Load and Resistance Factor Design, LRFD）における安全係数（荷重係数、耐力係数）と設計用限界値を構造種別ごとに明示する。
- ② 上部構造の大地震に対する設計に合わせて建物重要度や継続使用の必要性（性能グレード）を考慮した2次設計の道筋を示す。

本テキストの構成は9章と付録からなり、それらの概要は以下の通りである。

第1章「設計の基本事項」では、基礎の種類、基礎構造の設計法と設計の目的、基礎構造の要求性能、性能グレード、想定する荷重、要求性能の確認方法および基礎構造の設計と法令を示している。これまで基礎構造には上部構造に合わせたレベル2荷重時の設計（2次設計）は求められなかった。しかし、近年の地震において基礎構造に起因する深刻な建物被害が報告され、レベル2荷重に対する設計の必要性が議論されるようになった。そこでレベル2荷重に対して基礎構造の設計を行うことを原則としている。

第2章「地盤の基本的性質とその評価」では、基礎指針に書かれていない地盤の成り立ちや土の物理的、力学的性質などの地盤工学の基礎知識を示している。特に、粘土地盤の圧密沈下や砂地盤の液状化のメカニズムを理解するうえで重要な有効応力の原理を分かりやすく解説している。さらに、地盤調査と地盤定数の評価法、液状化判定の手順などを示している。なお、本テキストで基礎構造の設計を学び始める方には、最初に2章を読み、そして他の章へと読み進めることをお勧めする。

第3章「基礎構造の計画」では、基礎形式を選定するにあたり大きな影響を与える地盤・設計・施工の条件を紹介し、その留意事項を解説している。一般に、建築の設計は企画から始まり計画、

基本設計，実施設計，監理の順に進み，建築物の用途に対して機能性，経済性，意匠性が求められる。基礎構造の計画では，設計や施工の与条件を把握し設計上の問題点を洗いだし，問題解決に必要な情報を収集し支持地盤と基礎形式を選定することが重要となる。

第4章「直接基礎」では，直接基礎の支持力と沈下の評価法を中心に，設計時の検討方法を示している。本章の改訂のポイントは，支持力評価では耐力係数の導入，傾斜荷重の補正係数，層状地盤の支持力式，転倒の検討法，沈下評価では圧密沈下の計算式である。さらに，上部構造の2次設計を見据えて，大地震時の沈下限界値の目安も加えている。これらのポイントと，即時沈下の計算で重要な地盤の変形係数の考え方を例題と共に学べる構成としている。

第5章「杭基礎」では，鉛直支持力，沈下，負の摩擦力，引抜き抵抗，水平抵抗を中心に示している。本改訂では，主に鉛直支持力評価における支持力係数を見直し，薄層支持の先端支持力については具体的な評価方法を記載し，合わせて例題も加えている。また，水平抵抗では，基礎指針改定の重要なポイントである応答変位法について地盤変位の算出方法とともに解説している。

第6章「地盤改良」では，建築基礎において適用事例の多い工法である固化工法については，機械攪拌深層混合処理工法の鉛直支持力や水平抵抗力などの一連の設計方法を示している。同様に，締固め工法については，サンドコンパクションパイル工法および静的締固め砂杭工法を選定し，改良仕様の設計方法に主眼をおいて検討している。さらに，それぞれの工法の調査，施工管理，品質管理について，設計者が知っておくべきポイントを解説している。

第7章「直接基礎の設計例」では，RC造耐震壁付きラーメン構造の建物の設計例とし，支持力の算定方法から沈下計算まで，直接基礎の一連の設計について具体的な計算を示している。本章の改訂のポイントは，限界状態での設計目標の設定，支持力算定時の傾斜荷重の補正係数，大地震時での沈下計算の追加である。支持力式は学会式と告示式で算出方法が異なるため，本章では学会式を基本として示しているが，実務では告示式に準拠することも多いため告示各式での算定結果も参考に示している。

第8章「杭基礎の設計例」では，杭の鉛直支持力，沈下，引抜き抵抗，水平抵抗を検討した設計例を示している。水平抵抗では，各地震荷重の地盤変位を求め，杭体の設計は本会「基礎部材の強度と変形性能」を参照している。レベル1荷重時は弾性支承モデルによる検討，レベル2荷重時は群杭フレームモデルの応答変位法による検討を行い，各レベルの必要断面を比較している。なお，群杭フレームモデルの応答変位法の解析ソフトが付録のURLからダウンロードできる。詳しくは付録を参照されたい。

第9章「地盤改良の設計例」では，明確な支持層に頼らない直接基礎併用の地盤改良について，本会「建築基礎構造設計指針（2019）」，日本建築センター・ベターリビング「2018年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に基づき，常時荷重とレベル1およびレベル2荷重時の改良体の鉛直支持力や水平抵抗，さらに，沈下と改良地盤のスベリ破壊を検討した設計例を紹介している。

付録では，芝浦工業大学土方研究室が開発した群杭フレームモデルの計算を行うため解析ソフト「群杭 EASY-PILE」の計算理論，使用方法，使用例が示されている。本ソフトは，静的な増分計算により杭応力や変形を算定するものである。

本会の基礎構造分野の図書としては、「建築基礎構造設計指針」,「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」,「建築基礎のための地盤改良設計指針案」,「建築基礎構造設計のための地盤評価・Q&A」,「小規模建築物基礎設計指針」,「建築基礎設計例集」および「小規模建築物基礎設計例集」などの専門書が刊行されている。一方,本テキストのような地盤工学の基礎知識から地盤調査と基礎構造の設計そして設計例の実務まで広範な知識を一冊にまとめて平易に解説した入門書は他に見当たらない。本テキストは,基礎構造の設計を学び始める若手実務者や大学院生に相応しい内容と構成となっている。