

免震・制振構造の設計

学びやすい構造設計

日本建築学会 関東支部

ご案内

本書の著作権・出版権は日本建築学会関東支部にあります。本書より著書・論文等への引用・転載にあたっては必ず本会の許諾を得てください。

コピーも私的利用の範囲を超えることは法律で禁じられています。

日本建築学会 関東支部

序

日本建築学会関東支部では、1963年以來、会員をはじめとする建築構造に関心のある方々のために、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」シリーズを刊行し、講習会を開催してきました。そして2002年からはさらに発展した形で、「学びやすい構造設計シリーズ」を刊行してきました。

このたび、そのシリーズの1つとして、「免震・制振構造の設計」を改訂することになりました。

免震・制振構造は、現在の建築界において既に一般化・汎用化された技術と捉えられています。ところが、設計者が免震・制振構造を実際に適用しようとした場合、かなりの熟練者でも敷居の高さを感じるのではないのでしょうか。これは、免震・制振構造が比較的新しい技術であり、体系的な教育がなされていないことや、基礎理論から応用技術まで網羅した適当な書籍に恵まれていないことが、原因であろうと考えられます。

本書は、振動理論の基礎から、簡単な免震・制振構造の構造計画までを扱った、格好の入門書です。構造設計の実務者から学生まで、多くの方に有用な情報を与えることのできる良書と考えます。本書を通じて、免震・制振構造のさらなる健全な普及が図られることを期待します。

最後に、このテキストの編集・執筆にあられた関東支部講習会用構造テキスト作成委員会委員および執筆者の方々のご尽力に感謝いたします。

2016年11月25日

日本建築学会関東支部
支部長 井上 勝夫

はじめに

マンションや住宅の広告などで耐震構造に対する免震構造、制振構造という言葉を目にする機会が増えました。わが国においては既に4000棟以上の免震建物、1000棟以上の制振建物が建設されており、これらの構造はもはや特殊とはいえないほど一般化しています。しかし字を見ると「地震を免れる構造」「振動を制する構造」ということはイメージできるものの、具体的に従来の「耐震構造」と何が違うのか、何故上記のような機能があるのかを説明することは案外難しいと思います。これは、地震に対する建物の強さが、単なる「強度」だけでは測れないことによるといえます。免震構造、制振構造を正しく理解するためには、強度を規準に構造を検証していく「許容応力度設計」と合わせて、建物の揺れ方を考える「振動理論」の理解や、エネルギー的な側面での理解が必要となります。一方、免震構造、制振構造は部材の塑性化を許容した耐震設計に比べ振動理論上は単純であり、免震構造、制振構造を教材として初歩の振動理論を学んでいくことは、弾塑性耐震設計を最初に学ぶより容易であるともいえます。

そこで本書は、免震構造、制振構造を教材に初歩の振動理論を学び、これらの構造を比較しながら正しく理解するとともに、簡単な免震構造、制振構造の構造計画が行えるようになるまでを取り扱いました。既に免震構造、制振構造については数多くの入門書、専門書が発刊されていますが、一般的向けの解説書では構造計画をするまでの内容は含まず、また専門書はある程度の専門知識を有することが前提となっており、その間には少しギャップがあると思われます。本書ではこれらの専門書に取り組むための基礎知識を得、大略を理解するためのものです。大筋をわかりやすく解説するために、モデル化はできる限り単純なものを用い、複雑で副次的な要因の中には省略しているものもあります。もちろん実際の免震構造、制振構造の設計を行うに当たっては高度な知識と理解に裏付けられた判断が必要であり、それぞれを正確に把握するためには各専門書を紐解く必要があります。本書ではこういった副次的な要因は、それが存在することを示し参照すべき専門書を紹介するにとどめ、大略を理解するための最低限の記述をまとめています。

本書は5章よりなっており、1章で1質点系の力学、2章で多質点系の力学の基本を、3章で免震構造の設計、4章で制振構造の設計、5章で実施例を紹介しています。数式の苦手な方は3章→4章→1章→2章、1章→3章→2章→4章など興味と理解度に応じて読み進めていただければよいと思います。構造に興味を持ち学び始めた方、豊富な実務経験をお持ちでも振動力学に馴染みの薄かった方、免震・制振構造に興味のあるデザイナーの方々にご利用いただけると幸いです。

2007年1月10日

改訂にあたり

初版より 10 年を経過し、規準類の改定や最新の免震装置などを反映し改訂しました。2011 年東日本大震災、2016 年熊本地震を経て免震・制振構造の重要性はますます高まっています。是非、免震・制振構造を標準的な構造形式として位置付け、初学者の教育・普及に役立てて頂けると幸いです。

2016 年 11 月 25 日

日本建築学会関東支部

講習会用構造テキスト作成委員会

免震・制振構造の設計改訂ワーキンググループ

主 査 竹 内 徹

免震・制振構造の設計 作成関係委員

講習会用構造テキスト作成委員会 (2016年)

委員長 安達 俊夫
幹事 塩原 等 竹内 徹
委員 河合 直人 坂本 功 鈴木 康嗣 田島 祐之 田村 和夫
寺本 隆幸 福井 剛 福元 敏之

免震・制振構造の設計 改訂ワーキンググループ

主査 竹内 徹
委員 小崎 均 神田 亮 北嶋 圭二

執筆者

はじめに

竹内 徹 (東京工業大学建築学専攻教授)

1章 免震構造と1質点系振動モデル

竹内 徹 (前掲)

2章 制振構造と多質点系振動モデル

神田 亮 (日本大学生産工学部建築工学科教授)

3章 免震構造の設計

小崎 均 (日建ハウジングシステム構造統括)

4章 制振構造の設計

北嶋 圭二 (日本大学理工学部海洋建築工学科教授)

5章 実施設計例

中井 正義 (竹中工務店先進構造エンジニアリング本部)

菊地 岳史 (松田平田設計総合設計室構造設計部)

人見 泰義 (日本設計構造設計部)

杉山 満 (アール・アイ・エー技術本部構造技術部部长)

北嶋 圭二 (前掲)

付録

竹内 徹 (前掲) 小崎 均 (前掲) 北嶋 圭二 (前掲)

免震・制振構造の設計

—学びやすい構造設計—

目 次

1章 免震構造と1質点系振動モデル	
1.1 免震構造の構成とモデル化	1
1.2 地震入力と応答スペクトル法による応答評価	12
1.3 等価線形化法による応答評価	19
1.4 エネルギーの釣合いに基づく応答評価	30
1.5 直接積分法による応答評価	35
2章 制振構造と多質点系振動モデル	
2.1 制振構造の構成とモデル化	43
2.2 振動モードとモーダルアナリシス	46
2.3 応答特性と応答評価法	63
2.4 制振ダンパーの配置法	74
3章 免震構造の設計	
3.1 免震部材の種類と特性	87
3.2 免震構造の計画	97
3.3 時刻歴応答解析による免震構造の応答評価	105
3.4 告示設計法による免震構造の設計	109
3.5 建築設計上の留意点と維持管理	116
3.6 免震構造の応用と可能性	120
4章 制振構造の設計	
4.1 制振部材の種類と特性	125
4.2 制振構造の計画	131
4.3 時刻歴応答解析による制振構造の応答評価	146
4.4 告示エネルギー法による制振構造の設計	152
4.5 建築設計上の留意点と維持管理	165
4.6 制振構造の応用と可能性	167
5章 実施設計例	
5.1 鉛プラグ入り積層ゴム+滑り支承を用いた免震構造の実施例 (プラダブティック青山店)	173

5.2	鋼材+オイルダンパーを用いた免震構造の実施例（東京工業大学総合研究棟）	181
5.3	鋼材+粘弾性ダンパーを用いた高層制振ビルの設計（郡山駅西口再開発）	189
5.4	鋼材ダンパーを付加的に用いた低層建物の設計 （東京工業大学環境エネルギーイノベーション棟）	198
5.5	摩擦ダンパー内蔵外付け制震ブレースによる集合住宅の制震補強実施例 （葛飾区白鳥職員寮・敬老館）	207
付録 1	代表的な免震部材の諸元	217
付録 2	代表的な制振部材の諸元	221
付録 3	検討用地震動の作成	225