

第1章 はじめに

1.1 「免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン（第3版）」について

入力地震動小委員会（以下、本小委員会）は技術委員会設計小委員会のWG（現在は免震設計部会の小委員会）として1998年に発足し、最新の強震動研究の成果や社会の動向を踏まえつつ、免震建築物における合理的な入力地震動について合意形成を目的として活動を行っている。その成果として、「免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン（第3版：2022年度版）」を上梓することになった。本ガイドラインの前には、2005年11月と2013年11月にガイドラインを刊行しており、今回は9年ぶりの改定となったが、この期間の前後に様々な被害地震が発生し、それによる地震動や免震建築物の耐震性能に関する多くの知見が得られている。

まず、2011年東北地方太平洋沖地震（ $M_w9.0$ ）という「想定外」の超巨大地震が発生し、甚大な津波被害や広範囲な建物被害や地盤災害に加えて、福島第一原子力発電所のメルトダウン、首都東京での帰宅困難者による大混乱など、前例のない様々な複合災害が発生した。地震動に関しては、長周期・長時間地震動が東北地方だけでなく、震源から遠く離れた首都圏や中部・関西圏で観測され、超高層建築物や免震建築物が大きく揺れて様々な非構造部材の被害が生じた。近い将来、南海トラフ沿いの巨大地震の発生が懸念されており、内閣府は2015年に長周期地震動に関する報告書¹⁾を発表し、それを受けて国土交通省は2016年に超高層建築等の対策と基整促波を公表し、静岡県と3大都市圏における入力地震動として使用することを求めている²⁾。ちなみに、内閣府は2022年に相模トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告³⁾を公表する予定であり、引き続き注意が必要である。

次に、大規模な活断層帯地震として2016年熊本地震（ $M_j7.3$ ）が発生し、最大で2mの断層ずれを伴う地表地震断層が出現した。活断層近傍の益城町や西原村では震度7の激しい揺れの原因となった指向性パルス（キラパルス）を観測し、同時に断層ずれに起因する地盤変状（断層の食い違い変位や地盤傾斜）、および、フリグステップや長周期パルスが注目された⁴⁾⁵⁾。この特徴的なパルス性の長周期地震動は、大規模な活断層帯地震のごく近傍で発生し、かつ、数千年以上に1度程度という非常に稀な大振幅地震動であり、活断層近傍における免震建築物に関する入力地震動と耐震対策を考慮する上で重要な教訓が得られている。例えば、このような大振幅地震動を免震建築物の設計用L2地震動として厳しい設計クライテリアを課すと、免震層の変位を抑えるためにダンパー量を増やし、降伏せん断力係数（ α_s ）を大きくするなどの措置が必要となり、費用が増大するだけでなく、可能性の高い中小地震動で加速度応答が大きくなるなど、バランスの悪い設計になる可能性がある。従って、余裕度検証用のL3地震動として位置づけて、設計クライテリアを設定するという考え方も可能である。

最後に、2021年と2022年の福島県沖の地震では、震度6強以上の大地震動（L2地震動）でも機能継続を可能とする免震建築物の有効性が改めて確認されたが、震度5弱から6弱程度の中小地震動（L1地震動相当）により5-20cm程度と考えられる免震層の変位が生じ、免震Exp.Jや外構部などに多数の被害を生じた⁶⁾⁷⁾。免震建築物は耐震建築物に比べて、大きな地震動でも機能継続が可能になるという利点を有するが、大半の建物において使用年数内で経験する地震動は圧倒的に中小地震動である。従って、その耐震性能は中小地震動により評価される可能性が高いことに注意すべきである。近年では耐震建築物の構造・非構造部材の耐震性能は著しく向上しており、中小地震動でほぼ無被害にすることも可能である。一般に免震建築物は最上級の耐震性能が期待されており、大地震時の耐震性能だけでなく、中小地震でほぼ無被害にする性能を確保するなど、地震動レベル別のクライテリアに配慮した細心の注意が求められている。

本ガイドラインは全6章で構成している。1章では前書きと用語を、2章では入力地震動の作成手法を説明している。手法として「告示に基づく方法」と「サイト特性を考慮する方法（以下、サイト波）」に加えて、南海トラフ巨大地震を対象とした長周期・長時間地震動（基整促波）²⁾の解説を加えた。「サイト波」では、「経験的手法」と「半経験的・理論的・ハイブリッド手法」の代表的な手法を説明し、特に「経験的手法」では近年提案されている代表的な応答スペクトルの地震動予測式を追記している。続いて3章では、入力地震動を策定する際の様々な注意事項を紹介している。まず地震動想定と免震建築物の設計クライテリアと耐震グレードに関して、地震動レベルと再現期間（発生確率）の観点から国内外の最近の動向を踏まえて解説した。さらに、長周期・長時間地震動と震源近傍の強震動、長大建物への位相差入力、地盤増幅、3成分同時入力、および、大振幅地震動への対応に関する解説と入力地震動を策定する上での注意点や事例を紹介している。4章ではサイト特性を考慮した地震動の具体的な作成法と計算事例を紹介した。具体例として、警固断層（福岡市）と2016年熊本地震による震源近傍の強震動、南海トラフ巨大地震を対象とした長周期地震動、首都直下地震（都心南部直下地震）を想定した広帯域地震動、および、立川断層帯地震による震源近傍強震動と断層変位を考慮した免震建築物の構造設計事例を紹介した。5章では様々な機関で公開されている近年の地震動、地下構造、解析プログラムのデータベースを網羅し、最後に6章では免震建築物の地震観測の重要性を鑑み、その利活用の方法と事例を紹介している。

今後、本ガイドラインを様々な機会で開催に直接紹介する機会を設けたいと考えている。不明な点や気がついた点などがあれば、本小委員会の委員に意見を頂ければ幸いである。

入力地震動小委員会（2021年7月現在）

委員長：久田嘉章（工学院大学）

幹事：境 茂樹（安藤・間）、荻野伸行（熊谷組）

委員：小穴温子（清水建設）、落合 衛（東急建設）、久礼実希（日本設計）、澤田 毅（オイレス工業）、田中 智（安井建築設計事務所）、飛田喜則（浅沼組）、中澤俊幸（東京建築研究所）、仲林 健（ピーエス三菱）、鱒沢 曜（明星大学）、松元康広（構造計画研究所）、森清宣貴（鴻池組）、山崎久雄（ユニオンシステム）、吉井靖典（フジタ）、渡邊義隆（前田建設工業）

旧委員（2021年6月以前）：加地委員（オイレス工業）、人見委員（日本設計）

参考文献

- 1) 内閣府：南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告、2015.12
- 2) 国土交通省：超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について（技術的助言）、2016
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_fr_000080.html, 2021.7.04（参照）
<https://www.mlit.go.jp/common/001136168.pdf>, 2021.7.04（参照）
- 3) 内閣府：相模トラフ沿いの巨大地震等による長周期地震動検討会
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/shutochokkatyoushuuki/index.html>, 2021.7.04（参照）
- 4) 日本建築学会：大振幅地震動に対する免震構造の設計、2020
- 5) NHK：長周期パルスー超高層ビルを破壊する脅威の揺れとは？、2017
<https://www.nhk.or.jp/special/plus/articles/20171003/index.html>, 2021.7.04（参照）
- 6) 日本免震構造協会：免震エキスパンションジョイントガイドライン、2013
- 7) 久田嘉章、田村和夫、2021年2月13日の福島県沖の地震（M7.3）に関する免震構造物調査の報告、MENSIN（免震構造協会）、No.112、2021.04