

## 第1章 はじめに

近年の大地震では、現在の耐震基準上の想定よりも大きな速度応答スペクトルの地震動（図 1.1）や東北地方太平洋沖地震で生じたような継続時間の長い地震動（図 1.2）が観測されている。今後、発生が懸念されている首都直下地震や巨大海溝型地震などでも、これらと同等以上の大きな地震が発生する可能性がある。現在、相模トラフ沿いの巨大地震について検討が行われており、地域によっては、現状の耐震基準を上回るレベルの地震動（極大地震動）が予想されている。<sup>1-1)</sup>このような地震動によって建築物は大きな被害が生じる可能性があるため、建築物の終局限界状態（部材の破断や局部座屈によって水平抵抗力が低下する状態）の挙動を明らかにして、その評価法や設計法を確立しておく必要がある。特に、鉄骨造建築物では、継続時間の長い地震動で鉄骨部材が繰り返し変形することによって疲労的に破断する可能性があり、そのような現象への対策は急務と考えられる。

超高層鉄骨造建築物は長周期地震動対策として、国土交通省建築基準整備促進事業の検討課題として「長周期地震動に対する鉄骨造建築物の安全性検証方法に関する検討（2010～2012 年度）」が実施され、図 1.3 で示す設計用の疲労性能評価式とそれを用いた梁の損傷度 D 値の計算方法が提案された<sup>1-2)</sup>。これを用いた超高層鉄骨造建築物の長周期地震動に対する安全性検証方法は、2017 年 4 月に建築研究所のホームページの長周期地震動対策<sup>1-3)</sup>で公開され、指定性能評価機関における性能評定において、長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の耐震安全性の検証方法として参照され、実務で使われている。

一方、中低層鉄骨造建築物についても、継続時間が長い地震動に対しては同様に梁端部が破断する可能性があると考えられる。しかし、中低層建築物の耐震安全性の確認として行われている保有水平耐力等の計算では、繰り返し変形による梁部材の損傷が直接は得られないため、このような繰り返し変形による部材の損傷をより適切に評価できる方法が必要と考えられる。そこで、建築研究所では2つの指定課題「過大入力地震に対する鋼構造建築物の終局状態の評価手法と損傷検知に関する研究（2016～2018 年度）」及び「極大地震に対する鋼構造建築物の倒壊防止に関する設計・評価技術の開発（2019～2021 年度）」を実施した。

この研究課題の中で、中低層鉄骨造建築物の梁端部（通しダイアフラム形式）の耐震性能に関しても、上記の超高層建築物の梁端部（内ダイアフラム形式）の疲労性能評価式が適用可能かどうか振動台実験により検討が行われた<sup>1-4)</sup>。その結果、超高層鉄骨造建築物の梁端部の疲労性能評価式が、中低層鉄骨造建築物の梁端部の評価にも適用可能であることがわかった。また、地震動の特性として、継続時間の短い断層近傍の地震動と長継続時間地震動の両方の地震動に対して、疲労性能評価式が適用可能であることも明らかになった<sup>1-4)</sup>。さらに、繰り返し変形による鉄骨部材の損傷をより適切に評価できる方法として、エネルギー法告示の計算への適用について検討が行われた<sup>1-5)</sup>。これまでのエネルギー法告示の計算では、各層の保有性能の算定には鉄骨部材の局部座屈を考慮した評価式が用いられている。そのため、この研究では、繰り返し変形の影響を考慮できる方法として、各層の保有性能の算定として長周期地震動対策として提示された梁端部の疲労性能評価式を用いる方法が検討され、部材の疲労性能評価式から各層の保有エネルギーを計算する方法が提案された。また、継続時間が長い地震動を考慮する方法として入力エネルギーの増加倍数が提案された<sup>1-5)</sup>。

これらの研究成果を、設計で活用できるようにするために、2022 年度に（一社）日本鋼構造協会に「エネルギー法に基づく鋼構造建築物の耐震安全性評価事例作成小委員会」を設置して 5 つの鉄骨造建築物にこの評価方法を適用し、この評価方法の有用性を設計事例によって示す検討が行われた。本建築研究報告は、これらの研究課題と委員会で得られたエネルギー法の計算方法や計算事例に関する成果を取りまとめたものである。

本書の構成は、「第 1 章 はじめに」で、本報告の背景等を述べている。「第 2 章 繰り返し変形を考慮したエネルギー法による鉄骨造建築物の耐震安全性検証方法」では、本報告で提案するエネルギー法の特徴を述べるとともに、疲労性能評価式に基づく層の保有エネルギーの計算、長継続時間地震動を考慮する方法、柱脚の限界変形を考慮した保有エネルギーの計算、等を示している。第 3 章から第 7 章に、計算例 1)～5)までの計算事例を掲載している。計算例 1)～4)は、4 階建て～12 階建てまでの 4 つの事務所ビルの計算事例であり、計算例 5)は、4 階建て物流倉庫の計算事例である。これらの計算例では、入力地震動の特性やレベルを変化させ、今後の発生が懸念される極大地震動を設定して、これらの地震動に対する建物の損傷を、本報告で提案したエネルギー法で評価している。また、建物側の設計対策として、梁端部仕様を変えた場合、ダンパーを付加した場合、高強度鋼を用いた場合に、梁端部の損傷がどのように変化するか示すことで、このエネルギー法による評価を用いることの有効性を明らかにしている。「第 8 章 まとめ」は、本報告の検討内容のまとめである。

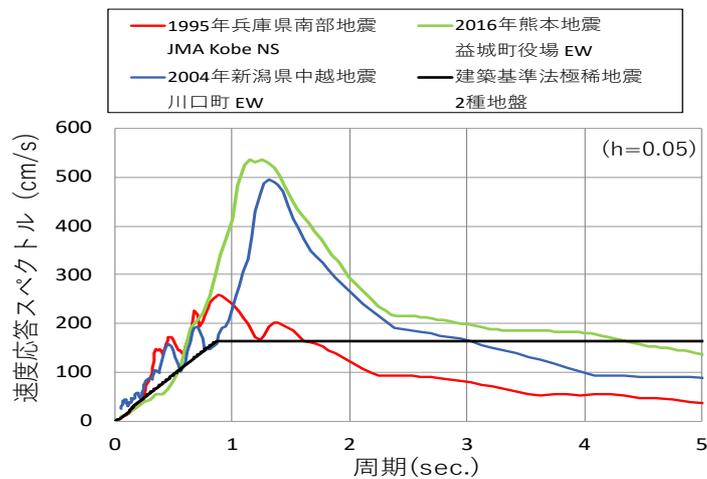


図 1.1 過去の地震の観測波の速度応答スペクトル

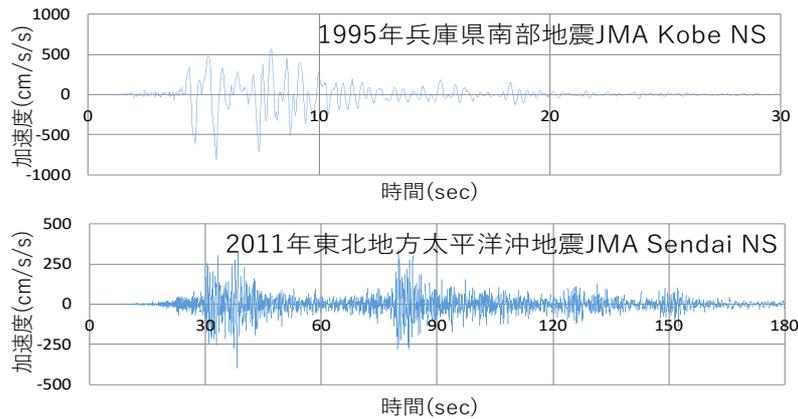


図 1.2 観測された地震波の時刻歴

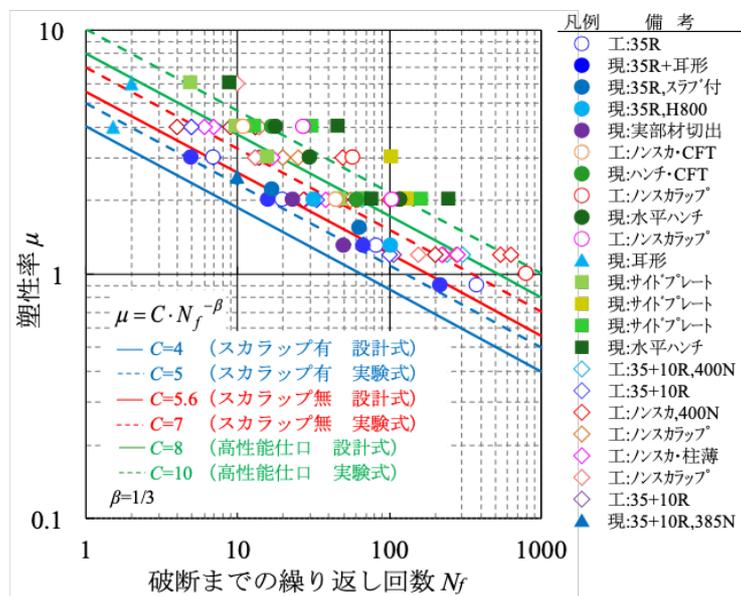


図 1.3 様々な仕様の梁端部の破断までの繰返し回数と設計用疲労性能評価式

【参考文献】

- 1-1) 地震本部：長周期地震動評価 2016年試作版-相模トラフ巨大地震の検討、  
[https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/lpshm/16\\_choshuki/](https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/lpshm/16_choshuki/)
- 1-2) 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の耐震安全性に関する検討、建築研究資料 No.160、2014.7
- 1-3) 国立研究開発法人建築研究所：超高層鉄骨造建築物の繰返し変形による梁端部破断の検証方法 その2、長周期地震動対策にかかわる技術資料・データ公開特設ページ、2017.4  
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/lpe/512.pdf> (参照 2023.11)
- 1-4) 廣嶋哲、長谷川隆、森田高市、伊山潤、金城陽介：梁端破断を伴う鉄骨造2スパン骨組の地震応答性状に関する振動台実験、構造工学論文集 Vol.65B、pp.443-450、2019.3
- 1-5) 金城陽介、植木卓也、長谷川隆、中川博人、加村久哉：梁端部の繰返し変形の影響を考慮したエネルギー法による鉄骨造建築物の耐震安全性評価、日本建築学会構造系論文集 第87巻、第802号、pp.1237-1246、2022.12