

第8章 おわりに

本報告は、今後の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現在の耐震基準上の想定よりも大きな地震動（極大地震動）に対する鉄骨造建築物の耐震対策として、エネルギー法に基づく新たな計算方法を提案し、それを用いた試設計建物の計算事例を取りまとめたものである。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、そのような繰り返し変形による部材の損傷を適切に評価できる方法が検討され、提案された。近年では、1995年の兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震、2016年熊本地震等の断層近傍の地震も多く発生しており、それらの地震で観測された地震動は、建築基準法の極稀地震よりもかなり大きな速度応答スペクトルとなっている。これらの地震動に対して、建物は一方向（片側）に大きく変形し、倒壊する危険性も高くなると考えられ、海溝型地震で発生する継続時間の長い地震動とともに、このような断層近傍の地震に対する対策は重要である。本報告で提案された計算方法では、このような特性の異なる地震動の影響を考慮することが可能であり、この方法を使った試設計建物の耐震安全性評価の計算結果が示された。以下に、提案された計算方法の概要を示すとともに、5つの試設計建物の検討結果をまとめて示す。

1) 繰り返し変形を考慮したエネルギー法による耐震安全性検証方法の提案（第2章）

本報告では、首都直下地震や巨大海溝型地震など現在の耐震基準上の想定よりも大きな地震動（極大地震動）に対する鉄骨造建築物の耐震対策として、鉄骨部材の繰り返し変形の影響を適切に評価できると考えられるエネルギー法の計算方法を提案された。提案された計算方法は、梁端部の疲労性能評価式と V_E/S_v の比に基づいて、各層において、最初に梁端が破断するまでに当該層が吸収できるエネルギーを層の保有エネルギーとし、層の必要エネルギーと比較することで、地震動特性に対応した建物の耐震安全性の検証を行うことができる方法である。また、地震動特性に応じてエネルギーの増加倍率を考慮した必要エネルギーの計算方法を提案された。

一方、建物の第1層では、1層の柱脚部が2階梁端部に先行して疲労限界に達する場合があるため、第1層の保有エネルギーの計算については、梁端部に加えて柱脚部の疲労限界を考慮して算定する方法が提案された。固定柱脚では、柱部材にヒンジが形成されることから、角形鋼管柱の振動台実験の結果に基づく設計用疲労性能評価式が新たに提案され、柱脚の等価繰り返し回数比を用いた計算方法が提案された。露出柱脚にヒンジが形成される場合についても、既往の実験結果に基づく評価の考え方が示された。

エネルギー法告示と本報告で提案する方法の相違点や整合する点などを整理し、それらに基づいて、提案する計算方法の活用方法を示した。また、実務設計に適用する場合の考え方として、エネルギー法告示における「主架構の保有エネルギー吸収量」の計算方法部分について、本提案の計算方法を用いて、標準波による計算を行うことで適用可能と考えられることを示した。

2) 極大地震動に対する5つの試設計建物の耐震安全性の計算事例（第3章～第7章）

本報告で提案された疲労性能評価式を用いたエネルギー法による耐震安全性評価方法を用いて、5つの試設計した鉄骨造建物（4層事務所ビル、8層事務所ビル、9層事務所ビル、12層事務所ビル、4層物流倉庫）、を対象に、極大地震動に対する耐震安全性の評価計算を行った。この検討では、入力地震動として、標準的な地震動だけでなく、長継続時間地震動や断層近傍地震動なども

検討し、それらのレベルも通常の極稀地震のレベルの 1.0 倍から 2.0 倍の範囲で変化させて、その影響を検討した。また、建物側の設計対応として、梁端部の仕様を、スカラップ梁、ノンスカラップ梁、高性能仕様の 3 種類の梁端部を設定した。また、ダンパーを挿入した場合や高強度鋼を使用した場合の影響についても検討した。本報告で提案した計算方法を用いることで、入力地震動の特性やレベル、建物の梁端部仕様、ダンパーの挿入、高強度鋼の使用によって、各層の損傷度（保有エネルギーに対する必要エネルギーの比）がどのように変化するか明確に示すことができ、その有効性を示すことができた。

本報告で提示したエネルギー法の計算方法を用いることによって、構造設計者は、入力地震動の特性やレベル、梁端部の仕様やダンパーの挿入による梁端部の損傷の変化について、地震応答解析を行わなくても、容易に把握することが可能になる。本報告で提示したエネルギー法の計算方法は、今後、発生が懸念される極大地震動に対する鉄骨造建築物の耐震安全性をより合理的に評価できるものとして期待される。

【参考文献】

8-1) 財団法人日本建築センター：エネルギーの釣合いに基づく耐震計算法の技術基準解説及び計算例とその解説、2005.10

〈謝辞〉

本報告の検討は、建築研究所の指定課題「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）」における研究の一環として実施したものです。試設計建物による検討は、（一社）日本鋼構造協会に設置した委員会で実施し、（一社）日本建築構造技術者協会（JSCA）や、鉄鋼メーカー等の方々のご参加、ご協力により、このように取りまとめることができました。また、これらの検討を行う上で、（一社）日本鉄鋼連盟による「鋼構造研究・教育助成事業」の研究助成金を受けています。ご支援、ご協力いただきました関係者の方々に、深甚なる謝意を申し上げます。