

建築研究報告

REPORT OF THE BUILDING RESEARCH INSTITUTE

No. 151

April 2022

地盤の増幅特性を考慮した
鉄骨造建築物の耐震性能に関する研究

Study on Seismic Performance of Japanese Steel Buildings
Considering Site Amplification Effect

大塚 悠里, 平石 久廣

Yuri OTSUKA, Hisahiro HIRAISHI

国立研究開発法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

National Research and Development Agency, Japan

国立研究開発法人建築研究所、関係機関及び著者は、読者の皆様が本資料の内容を利用することで生じたいかなる損害に対しても、一切の責任を負うものではありません。

はしがき

建築物に作用する地震力には、地盤の増幅特性が大きく影響することは言うまでもない。現在、我が国において建築物の設計には、昭和 56 年に施行された新耐震基準に基づく保有水平耐力計算が多く用いられている。保有水平耐力計算では、設計用地震力を規定する因子の一つである振動特性係数 R_f の設定において地盤を 3 種類に分類している。しかしながら、建築物の一次固有周期として地震時の応答周期ではなく弾性周期を用いているため、中低層の建築物では、一次固有周期が振動特性係数 R_f の値が一定となる領域の比較的短い値に評価され、結果として、多くの場合で建築物の設計用地震力に地盤種別の違いが現れてくることはない。また、**International Building Code** などに比べ、地盤の分類数も著しく少ない。地盤の増幅特性を詳細に考慮しうるものとして平成 12 年に導入された限界耐力計算の精算法があるが、現在のところ一般の建築物にはあまり用いられていない。

そこで、本書では、建築物の耐震設計における地盤の増幅特性評価の今後のあり方を検討するための技術資料を得るべく、保有水平耐力計算に基づき設計された鉄骨造建築物を想定し、首都圏を例として、その耐震性能に与える地盤増幅の影響を検討することとした。ここで、耐震性能は応答変位と限界変位との関係から評価し、保有水平耐力計算の規定に基づき地盤の増幅特性を単純化して評価した場合に、地盤の増幅特性がどのように耐震性能に現れるかを検討整理している。今後、建築物の耐震性能評価をより高度化するためには、地盤の増幅特性の影響をより詳細に設計に反映させることも必要と考えられる。本書は、この考えの下、地盤増幅特性をより詳細に評価することの効果や、設計上の留意事項を明らかにすることを旨とするものである。

本書に報告する研究内容については、当初、明治大学建築構造第一研究室（平石研究室）で着手されたものである。一方、建築研究所においても、研究課題「開発途上国の現状に即した地震・津波に係る減災技術及び研修の普及に関する研究」（平成 30 年度～令和 3 年度）において、日本を含む世界の地震応答評価法を調査する必要性が生じていた。そこで、明治大学の先行研究を建築研究所で引き継ぎ、本研究課題の中で新たに鉄骨造建築物を対象に研究を発展させることとした。本書は、今後の建築物の耐震性能検証のあり方を検討していく上で、本研究の成果が極めて重要であると考え、これを建築研究所より建築研究報告として出版するものである。本書が、関係する研究者のみならず、実務に携わる技術者の方々にも、建築物の耐震性能評価の参考として活用されることを大いに期待する。

令和 4 年 4 月

国立研究開発法人建築研究所
理事長 澤地 孝男

地盤の増幅特性を考慮した 鉄骨造建築物の耐震性能に関する研究

大塚 悠里*¹, 平石 久廣*²

概要

近年、鉄骨造建築物は鉄筋コンクリート造建築物や木造建築物と共に地震によって大きな被害を被っている。近年における地震動の被害調査より、鉄骨造建築物では地域や地区によってその被害率に差異が生じたこと、特に中低層の鉄骨造建築物で顕著な被害が発生したことが報告されている。

現在、我が国において建築物の設計には、限界耐力計算（2000年施行）よりも保有水平耐力計算（1981年施行）の方が多く用いられている。保有水平耐力計算では、地盤の増幅特性を振動特性係数により考慮している。この振動特性係数では、地盤の増幅を1種地盤、2種地盤、3種地盤の3種類に分類している。しかしながら、鉄骨造建築物では同じ2種地盤であっても地震時の応答には差異が生じ、3種地盤では地震時の応答が他の地盤種別の応答よりも大きくなることが報告されている。

また、保有水平耐力計算では、建築物の周期として地震時の応答周期ではなく、弾性周期を用いている。このため、中低層建築物では地盤種別に係わらず、振動特性係数がほぼ一定で、実質的に地盤の影響が設計用入力地震動にほとんど反映されていないと言える。

本報告では鉄骨造建築物の耐震性能を把握するため、増幅特性を考慮した地震動を用いて、鉄骨造建築物の耐震性の評価を行った。具体的には、首都圏を例示として、実地盤情報を考慮した表層の地震動を用い、保有水平耐力計算によって設計された鉄骨造建築物の地震応答解析を行った。応答解析結果より、地盤種別の特性和建築物の応答の関係を提示した。

*1 国立研究開発法人建築研究所 国際地震工学センター 研究員

*2 明治大学理工学部建築学科 名誉教授（国立研究開発法人建築研究所 客員研究員）

STUDY ON SEISMIC PERFORMANCE OF JAPANESE STEEL BUILDINGS CONSIDERING SITE AMPLIFICATION EFFECT

Yuri OTSUKA *¹, Hisahiro HIRAISHI *²

ABSTRACT

Recently, steel-framed buildings were severely damaged by earthquakes, as well as reinforced concrete buildings and wooden buildings in Japan. According to earthquake damage investigations, the damage rate of steel-framed buildings significantly differed depending on the area or district, and severe damages were particularly found for middle- and low-rise steel-framed buildings.

Most Japanese buildings have been designed by regulation of the calculation of lateral load-carrying capacity (Enforced in 1981) more than the calculation of response and limit strength (Enforced in 2000). In this calculation, the site amplification effect is taken into consideration by the vibration characteristic coefficient. This coefficient classifies site amplification into soil type 1, soil type 2, and soil type 3. However, it was reported that for steel-framed buildings, the response analytical results were remarkably different depending on areas in soil type 2, and those in soil type 3 were possibly larger than expected ones.

In the calculation of lateral load-carrying capacity, the elastic response period is used as the period of the building, and for low- and middle-rise buildings, the vibration characteristic coefficient is almost constant and the ground type is irrelevant. As a result, the site amplification effect is not reflected in the design input seismic motion.

This paper evaluated the seismic response of Japanese steel-framed buildings, considering the site amplification effect. In the evaluation, the response analysis was performed focusing on the structural characteristic factor as a variable. From the time history analytical results, it was proved that the seismic performance of steel-framed buildings was significantly influenced by the site amplification. And the paper investigated this influence from the viewpoint of the acceleration response spectrum and equivalent period.

*1 Research Engineer, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering,
Building Research Institute

*2 Prof. Emer., Dept. of Architecture, School of Science and Technology, Meiji Univ.
(Visiting Research Fellow, Building Research Institute)

目次

1. はじめに.....	1
2. 時刻歴応答解析の方法.....	2
2.1 解析モデル.....	2
2.2 表層の地震動.....	3
2.3 上部構造のモデル化の方法.....	7
2.4 建築物の限界変形角 R_u の設定.....	15
3. 時刻歴応答解析の結果.....	16
3.1 層せん断力-層間変形角関係の例.....	16
3.2 3階建て（低層）モデルの応答解析結果.....	17
3.3 8階建て（中層）モデルの応答解析結果.....	21
3.4 14階建て（高層）モデルの応答解析結果.....	25
3.5 応答の片寄りの検討.....	28
4. 最大応答時における等価周期と加速度応答スペクトルの関係.....	36
5. まとめ.....	67
謝辞.....	68
参考文献.....	69