

建築研究資料

Building Research Data

No. 147

September 2013

超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討
- 南海トラフ4連動地震による超高層・免震建物の応答解析 -

STUDY ON LONG-PERIOD GROUND MOTIONS AND RESPONSES OF
SUPER-HIGH-RISE BUILDINGS ETC.

- Evaluations of responses of super-high-rise and seismically-isolated
buildings under the hypothetical maximum level earthquake in Nankai
trough region -

大川出、佐藤智美、佐藤俊明、藤堂正喜、
北村春幸、鳥井信吾、辻泰一、北村佳久

Izuru Okawa, Toshimi Satoh, Toshiaki Sato, Masanobu Tohdo,
Haruyuki Kitamura, Shingo Torii, Yasukazu Tsuji, Yoshihisa Kitamura

独立行政法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

近い将来にわが国近海の高層域において巨大地震が発生することが確視され、その結果として想像を絶する大災害の発生が危惧されている。地震による津波災害のほか、建築分野では、発生する長周期地震動により、大都市域に多く建設されてきた超高層建築物や、現在広く建設が進められている免震建築物などの固有周期が長い建築物への影響が懸念されている。

建築研究所は、建築物への長周期地震動の影響について、平成 23 年度に着手した個別重点研究課題「長周期地震動に対する超高層建築物等の応答評価技術の高度化」（平成 23-24 年度）の関連課題において、建築基準整備促進事業の平成 23、24 年度の課題「超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討」の事業主体の（株）大崎総合研究所のほか、（社）日本建築構造技術者協会、（社）日本免震構造協会と共同研究を行った。本資料は、平成 24 年度に実施した共同研究の検討内容をとりまとめたものである。

長周期地震動については、本資料既刊の第 127 号、第 144 号で取り扱ってきた。いずれも、巨大地震に伴う各地の長周期地震動及びその影響を予測する試みである。第 127 号では、既往の観測データに基づいて予測手法を開発し、南海トラフでの巨大地震による地震動シミュレーションを行ない、第 144 号では、その予測手法について 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震観測データを用いた見直しを行った上で、南海トラフ 3 連動巨大地震に適用し長周期地震動のシミュレーションおよび超高層、免震両建築物の応答特性の検討を行っている。

本資料第 147 号は、内閣府が公表した南海トラフ 4 連動地震などの最大級とされるマグニチュード 9 クラスの震源モデルに基づいて、長周期地震動のシミュレーションを行うとともに、第 144 号と同様にそれら地震動の建築物への影響について検討を行ったものである。

本作業の実施にあたっては、当該分野を専門とする大学や民間の研究者にもご参加をいただきながら検討を進めた。これらのご協力に対して、厚く御礼申し上げます。

2013 年 9 月

独立行政法人建築研究所
理事長 坂本 雄三

超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討 -南海トラフ4連動地震による超高層・免震建物の応答解析-

大川出¹⁾、佐藤智美²⁾、佐藤俊明³⁾、藤堂正喜²⁾、
北村春幸⁴⁾、鳥井信吾⁵⁾、辻泰一⁶⁾、北村佳久⁷⁾

概要

国土交通省の建築基準整備促進事業では、平成20-22年度に課題「超高層建築物等の安全対策に関する検討」のなかで、長周期地震動の予測式の提案を行なった。平成23年度の建築基準整備促進事業では、提案予測式を活用した国土交通省の平成22年12月「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案」へのさまざまな意見（パブリックコメント）および、2011年東北地方太平洋沖地震での観測記録の特性も踏まえて、予測式の改良版を提案した。

主な改良点は、二つあり、一つは、提案式をMw=9のマグニチュードまで適用可能にし、さらに規模が大きい地震については観測値への対応を考えて、頭打ちを導入した。もう一つは、わが国の東側の太平洋プレートと南西側のフィリピン海プレート（南海トラフ）で起こる地震について伝播特性に違いがあること、また関東地域の地震基盤が深い観測点で増幅率および伝播特性に違いがあることを確認し、それを評価式に反映したことである。さらに改良評価式を2003年内閣府が提示した南海トラフ3連動地震の震源モデルに適用し地震動を作成し、超高層・免震建築物の代表的モデルを用いた地震応答解析を行って、その応答レベルについて考察、整理している。

本報告は、南海トラフにおけるM9クラスの超巨大震源（内閣府設定）に対して、建築基準整備促進事業の平成23年度成果である長周期地震動の改良（新）予測式を適用し、主要地点における長周期地震動時刻歴を作成して、平成23年度と同様に超高層、免震各建築物の地震応答解析を行い、その結果についてまとめたものである。

また、予測手法は主として、観測データに基づくためデータが得られた観測地点における長周期地震動の予測に重点が置かれてきたが、今後開発手法の実務への適用性の観点から、任意地点における長周期地震動の予測手法への発展可能性についても検討した。具体的には、長周期地震動の特性が深い地下構造と関わりがあることが知られており、最近情報が増加しているこれらの地下構造データと地盤増幅、地震動震幅の時間変動の関わりについても検討し、実用的な手法の提案を行っている。

本検討の主要部分は、平成24年度建築基準整備促進事業の事業主体である（株）大崎総合研究所と（独）建築研究所との共同研究により実施した。検討を進めるにあたり、当該分野を専門とする大学や民間の研究者のご意見を反映させるため、事業主体が地震動・応答WGを設置した。さらに、（社）日本建築構造技術者協会及び（社）日本免震構造協会も共同研究に参加し、超高層建築物や免震建築物の応答特性については、それぞれSWGを設置して検討を行った。これらの委員リストを後に示す。

- 1) (独)建築研究所
- 2) (株)大崎総合研究所
- 3) 清水建設(株)技術研究所
- 4) 東京理科大学工学部
- 5) (株)日建設計構造設計部門
- 6) 鹿島建設(株)建築設計本部
- 7) 清水建設(株)設計本部

STUDY ON LONG-PERIOD GROUND
MOTIONS AND RESPONSES OF SUPER-HIGH-RISE BUILDINGS ETC.

- Evaluations of responses of super-high-rise and seismically-isolated buildings under the
hypothetical maximum level earthquake in Nankai trough region -

by

Izuru Okawa¹⁾, Toshimi Satoh²⁾, Toshiaki Sato³⁾, Masanobu Tohdo²⁾,
Haruyuki Kitamura⁴⁾, Shingo Torii⁵⁾, Yasukazu Tsuji⁶⁾, Yoshihisa Kitamura⁷⁾

ABSTRACT

A revision of the formula predictive of the long-period motions incorporating the recorded data collected during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake and its aftershocks were reported in our previous report, the Building Research Data Vol.144. According to the report, the revised formula considers the differences in source regions, i.e., the Philippine Sea Plate and the Pacific Sea Plate.

In this report, the prediction rules were established on the determination of site coefficients regarding site amplification and the group delay time for any selected site that is not given as recording station. These site coefficients are related with the travelling time of seismic wave from seismic to engineering bedrock underlying the site.

In addition, the revised formula was applied to the hypothetical largest seismic source in the Nankai trough zone that was set up by the Central Disaster Management Council (CDMC), Cabinet Office in 2012 to simulate the long-period earthquake motions. The simulated long-period motions were compared with the computed motions from the three-connected Nankai trough subduction zone that was reported in our previous report. The earthquake motions for the principal sites, the west of Shinjuku in Kanto plain, Tsushima, west of Aichi Prefecture, in Nobi plain, and Konohana, on the Osaka bay and Hamamatsu just on the seismic source were computed with the average-level motions. The computed motions were further used as input motions for response computations of high-rise buildings and base-isolated buildings. Various analytical models were selected with both classes of buildings. The high-rise buildings include types of steel and reinforced concrete, and height of buildings with 100 m through 250 m. The base-isolated buildings were selected with respect to the construction periods, types of super structures and height, and also the types of control devices such as rubber bearings and/or dampers. Totally twenty two analytical models were selected to use for analyses.

The responses of super-high-rise buildings became fairly larger than the design criteria limit and exceed the responses with the three-connected ones. The responses of base-isolated buildings also became excessive, and considerably larger than those for three-connected one.

This paper gives the basic data for considering how the design earthquake motions should be, in case one is faced to the unprecedented large earthquake motions.

- 1) Building Research Institute, 2) Ohsaki Research Institute
- 3) Institute of Technology, Shimizu Corporation, 4) Tokyo University of Science
- 5) Nikken Sekkei, Inc., 6) Kajima Corporation, 7) Shimizu Corporation

目 次

第1章	はじめに	1-1
第2章	改良経験式の連動型地震に対する適用性と信頼性の向上に資する検討	2-1
2-1	背景・目的	2-1
2-2	任意地点での長周期地震動の計算方法の検討	2-3
2-3	南海トラフ沿いの巨大地震に対する地表における長周期地震動波形の計算と地震動特性の設定方法の検討	2-79
2-4	工学的基盤における内閣府による計算波と本業務の計算波の比較	2-140
2-5	東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーションの整理	2-215
2-6	考察とまとめ	2-227
第3章	超高層建物の地震応答計算	3-1
3-1	はじめに	3-1
3-2	地震動概要	3-2
3-3	超高層建物の応答解析結果	3-12
3-4	S80m 級モデル建物の部材損傷評価	3-29
第4章	免震建築物の地震応答計算	4-1
4-1	検討用入力地震動	4-1
4-2	検討用建物	4-3
4-3	応答解析結果	4-4
4-4	エネルギー吸収に関する検討	4-17
4-5	地震動のばらつきに関する検討	4-37
4-6	まとめ	4-44
第5章	まとめ	5-1

執筆者リスト

第1章	大川 出((独)建築研究所)
第2章	佐藤智美((株)大崎総合研究所)、藤堂正喜((株)大崎総合研究所)、 佐藤俊明((株)清水建設)
第3章	北村春幸、鳥井信吾、辻泰一(日本建築構造技術者協会・長周期地震動 SWG)
第4章	北村佳久(日本免震構造協会 長周期地震動 SWG)
第5章	大川 出(前掲)

検討委員会・WG の設置について

平成 24 年度国土交通省建築基準整備促進事業「超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討」の検討のため、事業主体である（株）大崎総合研究所が事務局となり、以下の地震動・応答 WG が設置された。また、共同研究に参加した（社）日本建築構造技術者協会及び（社）日本免震構造協会において、超古層建築物及び免震建築物の応答解析を実施するため、それぞれ長周期地震動 SWG が設置された。

地震動・応答 WG および各 SWG 委員リストを以下に示す。

地震動・応答 WG 名簿（事務局：（株）大崎総合研究所、平成 25 年 3 月現在）

主査 大川 出 （独）建築研究所
委員 西川孝夫 （社）日本免震構造協会：首都大学東京（名誉教授）
委員 北村春幸 東京理科大学
委員 瀬瀬一起 東京大学
委員 翠川三郎 東京工業大学
委員 久田嘉章 工学院大学
委員 勝俣英雄 （株）大林組
委員 小鹿紀英 （株）小堀鐸二研究所
委員 長島一郎 大成建設（株）
委員 鳥井信吾 （社）日本建築構造技術者協会：（株）日建設計
委員 北村佳久 （社）日本免震構造協会：清水建設（株）
委員 加藤研一 （株）小堀鐸二研究所
委員 佐藤俊明 清水建設（株）
委員 藤堂正喜 （株）大崎総合研究所
委員 佐藤智美 （株）大崎総合研究所
委員 飯場正紀 （独）建築研究所
委員 五條 涉 （独）建築研究所
委員 小山 信 （独）建築研究所
委員 斉藤大樹 豊橋技術科学大学
委員 前田 亮 国土交通省住宅局
委員 岡野大志 国土交通省住宅局
委員 岩崎和明 国土交通省住宅局
委員 向井昭義 国土交通省国土技術政策研究所
委員 小豆畑達哉 国土交通省国土技術政策研究所

日本建築構造技術者協会（JSCA）長周期地震動 SWG 委員リスト

- 主査 北村 春幸 東京理科大学
委員 遠藤 文明 (株)大林組
委員 大川 出 (独)建築研究所
委員 片山 貴裕 (株)NTTファシリティーズ
委員 木村 雄一 大成建設(株)
委員 小鹿 紀英 (株)小堀鐸二研究所
委員 小林 光男 (株)織本構造設計
委員 斉藤大樹 豊橋技術科学大学
委員 須賀 貴之 東京理科大学
委員 溜 正俊 (株)三菱地所設計
委員 田村 和夫 千葉工業大学
委員 辻 泰一 鹿島建設(株)
委員 出水 俊彦 佐藤工業(株)
委員 藤堂 正喜 (株)大崎総合研究所
委員 鳥井 信吾 (株)日建設計
委員 中島 徹 大成建設
委員 長瀬 正 (株)竹中工務店
委員 長谷川 隆 (独)建築研究所
委員 早野裕次郎 (株)山下設計
委員 東野 雅彦 (株)竹中工務店
委員 人見 泰義 (株)日本設計
委員 正月 俊行 (株)構造計画研究所
委員 松井 和幸 清水建設(株)
委員 依田 博基 (株)久米設計

日本免震構造協会 (JSSI) 長周期地震動 SWG 委員リスト

主査 北村 佳久 清水建設(株)
委員 鹿島 孝 (株) 竹中工務店
委員 北村 春幸 東京理科大学
委員 公塚 正行 (株) i2s2
委員 近藤 明洋 鹿島建設(株)
委員 高山 峯夫 福岡大学
委員 田村 和夫 千葉工業大学
委員 竹中 康雄 鹿島建設(株)
委員 中澤 昭伸 (株) 織本構造設計
委員 中島 隆裕 (株) 久米設計
委員 中塚 光一 大林組(株)
委員 西川 耕二 (株) 日本設計
委員 長谷川 豊 オイレス工業(株)
委員 花井 勉 えびす建築研究所(株)
委員 早部 安弘 大成建設(株)
委員 山本 裕 (株) 日建設計
委員 飯場 正紀 (独) 建築研究所
委員 大川 出 (独) 建築研究所
委員 斉藤 大樹 豊橋技術科学大学
委員 西川 孝夫 (社) 日本免震構造協会：首都大学東京 (名誉教授)
委員 可児 長英 (社) 日本免震構造協会