

1) - 2 長周期建築物の耐震安全性対策技術の開発 【個別重点】

Study on Seismic Safety Countermeasures for Long-Period Building Structures

(研究期間 平成 21~22 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

大川 出
Izuru Okawa
壁谷澤寿一
Toshikazu Kabeyazawa

福山 洋
Hiroshi Fukuyama
飯場正紀
Masanori Iiba

長谷川隆
Takashi Hasegawa

国際地震工学センター
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

齊藤大樹
Taiki Saito
小山 信
Shin Koyama
向井智久
Tomohisa Mukai

We proposed an evaluation method of long-period earthquake motions based on the recorded data to make it possible for high-rise building and base-isolated buildings to maintain the earthquake safety against such motions to occur in near future. During this fiscal year, we investigated response properties of those types of existing representative buildings to confirm the input motion levels. In addition, an application program was developed for simulating the overturning of furnitures and household goods as a tool for safety evaluation such as keeping the refuge route in case of emergency.

【研究目的及び経過】

2003 年十勝沖地震における石油タンク火災を契機として、近い将来の巨大海溝型地震に伴う長周期地震動による種々の構造物への影響が懸念されている。

超高層建築物や免震建築物は、海溝部に起こる巨大地震による長周期地震動を受けた経験がなく、入力地震動特性のみならず、上部構造の応答特性についても、実証的検討が未だ乏しく、その地震時挙動については多くの不確定要素を包含している状況にある。

このような現状を背景に、本研究では、1) 長周期地震動の平均的特性の検討、2) 長周期建築物の保有性能の把握を行い、3) 両者を踏まえた、長周期建築物の耐震安全性向上技術に関する提案を行うことを目的とした検討を行ってきた。平成 21 年度は、1) については、地震動データの収集と分析、超高層建築物での強震観測の実施、および長周期地震動評価手法の検討を、2) については、長周期建築物や免震建築物の応答特性及びその評価手法の検討を、3) については、補強技術に関する部材の繰り返し実験や長周期振動台による家具の室内被害の検討等を行った。

以下、22 年度に実施した事項について整理する。

【研究内容】

1. 設計用長周期地震動の評価手法の検討

1) 長周期地震動の平均的特性の検討

実験式を用いて、さまざまな設定条件に対して長周期地震動を作成し、作成された長周期地震動特性および応答特性のばらつきについて検討を行った

2) 設計用長周期地震動の設定方法に関する検討

過去の観測データの分析や、既往の研究成果（長周期地震動の統計的性質、個別の地震動シミュレーション）および、次項で示す上部構造の応答特性なども考慮して設計用長周期地震動についての検討を行い、震源と建設地点のサイト特性を考慮した長周期地震動の作成手法の提案を行った。

3) 超高層建築物での強震観測の実施

大阪府咲洲庁舎（旧大阪 WTC）内に地震計を設置し観測を開始した。3 月 11 日 14:46 に起こった東北地方太平洋沖地震（M=9）では、700km を超える震央距離であったが、長周期成分を含む同庁舎の地震時挙動を記録した。同地震では昨年度に設置した、さいたま新都心合同庁舎 2 号館においても、強震動を観測している。

2. 長周期建築物の保有性能の把握

1) 既存超高層建築物、既存免震建築物の強震観測記録の分析および長周期建築物の応答評価手法の検討

超高層建築物、免震建築物について既存物件に基づいた代表的モデルを作成し、1. で作成した長周期地震動波形に対する応答特性の検討を行った。

2) 超高層建築物の一部を想定した架構の載荷実験による終局破壊性状の把握

超高層建物の中間階を想定して、梁軸伸び変形を拘束せず、スラブ筋が梁軸伸び変形を拘束することによって生じる梁終局耐力の上昇について検討するため、鉄筋コンクリート造縮小立体架構試験体による静的繰返し載荷実験を行ない、結果をまとめた。

3) 超高層建築物の応答特性評価

多数回の繰返し加力を受ける構造部材の力学性状の

解明と復元力モデルの構築のための資料をまとめた。

さらに、P- Δ 効果や繰返しによる耐力劣化等を考慮した地震応答解析と崩壊までの余裕度評価を行った。

4) 免震建築物の応答特性評価

多数回の繰返し加力を受ける免震部材のエネルギー特性評価を行った。さらに、免震部材のエネルギー吸収性能の把握を目的とする縮小試験体による試験計画の検討を行った。

5) 超高層鉄骨造建築物の部材、接合部の要求性能と保有性能の把握

超高層鉄骨造標準化モデルを用いて、告示波を満足するような超高層鉄骨造モデルを用いた地震応答解析を行った。地震波として、これまでの標準波（50kine 観測波、JSCA 波、BCJ-L2）と、1. の提案による長周期地震動に対する応答解析を行った。その結果、標準波に比べて、累積塑性変形倍率が、3~4 倍程度大きくなり、これらを考慮した保有性能の検討が必要であることがわかった。さらに、基整促 27-2 の事業主体と共同で、超高層鉄骨造建物で損傷が生じると考えられる梁部材、梁端接合部、柱部材、接合部パネル等の部位の多数回繰返し載荷実験を行い、それぞれの部材、接合部について、塑性率と限界繰返し回数との関係を得た。

3. 長周期建築物の耐震安全性の向上技術の提案

1) 高層建築物の構造的な損傷を低減するための強度型補強または制振補強技術の検討

十字型接合部の端部における、炭素繊維補強、鉄板補強のそれぞれについて、多数回繰返し実験を行い、その効果を検証した。その結果、炭素繊維補強の方が部材の曲げ破壊後の靱性能が高いことが明らかになった。

2) 長周期振動台による室内安全性評価

①地震時の転倒可能性について、重心位置の変動をシートセンサーで計測する実験を実施し、これまで被験者の主観によって決めていた行動難度を重心位置の総移動量で表せることを示した。

②地震時の負傷可能性について、ダミー人形を用いた振動台実験を行い、転倒した家具が胸部を圧迫する圧力と窒息死の関係を考察した。その結果、比較的軽い家具でも幼児の場合には死亡可能性があることが示された。

3) 超高層建築物の避難対策技術の検討

①室内の家具の移動・転倒評価のために、大ストローク振動台を用いた実験を行い、家具の転倒挙動の解析モデルとの比較を行った。

②室内の家具の配置を自由に変えて、地震時の家具の移動・転倒シミュレーションを行えるソフトウェアの開発を行った。

③超高層集合住宅の住民の避難や耐震安全性に関する意識調査を行い、課題を抽出した。

【研究結果】

本検討では、これまで蓄積された地震動記録に基づいた長周期地震動の算定手法を提案した。またその地震動に対する現存する代表的な超高層や免震建築物などの長周期建築物の応答性状の検討を行った。また、同種建築物が長周期地震動に十分に対応できるための具体的な方策や避難経路の確保などを含む室内の安全対策のためのツールとしての家具什器の転倒シミュレーションソフトなどの開発を行った。本検討のとりまとめ時に発生した平成 23 年東北地方太平洋沖地震で得られた貴重な資料については、後継課題検討の中でその成果へ反映させることを試みたいと考えている。

なお、本課題の一部は国交省基準整備促進補助事業との共同事業として行われた。

【参考文献】

- 1) 大川出他、「長周期地震動に対する超高層建築物等の安全に関する検討」、建築資料第 127 号、2010.12
- 2) 大川出他、「経験式に基づく想定海溝型地震に対する関東平野での長周期時刻歴波形の予測」、2010 日本建築学会大会講演梗概集、p.877-878、2010.9
- 3) 齊藤大樹他、「長周期地震動を受ける RC 造超高層建築物の構造性能(その 8~13)」、日本建築学会大会講演梗概集、p.725-736、2010.9
- 4) 飯場正紀他、「免震建築物の層せん断力係数の評価に関する研究(その 1~2)」、日本建築学会大会講演梗概集、p.231-234、2010.9
- 5) 飯場正紀他、「高層免震建築物の風応答時刻歴解析による検討(その 1~2)」、日本建築学会大会講演梗概集、p.277-280、2010.9