

「巨大地震等に対する建築物の応答推定精度向上に資する入力および構造解析モデルの研究」(平成 25 年度～平成 27 年度) 評価書 (事前)

平成 25 年 2 月 22 日 (金)
建築研究所研究評価委員会
委員長 深尾 精一

1. 研究課題の概要

(1) 背景等

1) 背景及び目的・必要性

近年の地震(例えば 1995 年兵庫県南部地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震)では、地震観測技術の向上と観測点数の増加も相まって、告示スペクトルを上回る地震動が数多く観測されている。しかしながら、地震観測点近傍に建つ、新耐震基準で設計された建築物には倒壊等の大きな被害は見られていない。その原因として、建築物への入力地震動は、動的相互作用や根入れ効果により地表面の地震動よりも短周期成分が低減される場合があること、建築物が有する各層の保有水平耐力は、床スラブの効果、材料強度の余裕、強度評価式の余裕などによって、設計慣習による予測値よりもかなり向上する傾向があること等が考えられている。一方、長周期地震動に関しては、告示スペクトルを上回る地震動は 2003 年十勝沖地震の K-NET 苫小牧などしか記録されていないが、2011 年東北地方太平洋沖地震で震度 3 の大阪でも長時間継続した地震動に超高層建築物が共振し被害が生じたことから、今後発生が予想される連動地震で告示スペクトルを大きく上回る長周期地震動が予測されている地域、地点では、多数回繰り返し作用する長周期地震動により超高層建築物や免震建築物(長周期建築物)が共振して、設計での想定よりも大きな応答変形を生じる可能性がある。そこで建築研究所では、重点的研究開発課題「長周期建築物の耐震安全性対策技術の開発(H21-22)」、「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(H23-24)」を実施して長周期建築物の限界性能の明確化と応答予測技術の高度化に取り組み、内閣府や地震調査研究推進本部から出される震源や地下構造に関するデータに基づいて長周期地震動を算定する手法「長周期地震動を考慮した設計用地震動の作成手法」を整備し、構造実験を実施して構造種別や使用される部材の違いによって建築物が有する保有水平耐力は既往の設計慣習による予測値より向上する場合や低下する可能性があることを確認した。

以上のように実際の建築物の耐震性は、設計において安全側として無視されてきた正の効果(余裕度)やデータ不足により見落とされていた正負の効果によって設計での想定とは一致しないことが考えられる。本課題ではこれらの正負の効果の定量的な評価が可能となるように、精確な応答解析モデルを用いて入力と応答の両面から検討し、今後発生が予想される大地震動に対する建築物の応答の高精度予測を可能とする手法(地震応答評価技術の高度化)を提示することを目的とする。

本課題の成果は、個々の建物の耐震性能を詳細に評価し、防災対策の選択的・効率的な実施も可能とする。従って、今後の発生が想定される東海・東南海・南海の連動地震や首都直下地震等への対策に直接反映されるものであり、緊急に実施すべき課題といえる。また、耐震性能を詳細に予測する手法は、耐震診断手法の高度化、住宅性能表示制度の耐震等級を明示的に説明するツール、地震被害想定の高精度化などへの反映も期待される。

2) 前課題における成果との関係

前課題名：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

研究期間：平成23年度～平成24年度

成果の概要及び本課題との関係：

本課題では、超高層建築物等における地震時応答評価や安全性評価に必要となる要素技術に関する研究を行った。設計用地震動の作成手法の検討と超高層建築物等の限界性能の実験による確認、建物特性に及ぼす影響要因の検討を通じた応答予測技術の高度化、および地震応答低減への制震部材の配置・設置等の影響の検討などを行い、以下の技術資料を作成した。

- ・長周期地震動を考慮した設計用地震動の作成手法
- ・長周期地震動に対する応答性能評価および応答制御技術評価
(RC系超高層建築物、鉄骨系超高層建築物、免震建築物ごとに作成)

(2) 研究開発の概要

設計においては安全側として無視されてきた動的相互作用等効果、床スラブの効果、材料強度の余裕、強度評価式の余裕などの効果や、データ不足により十分に解明が成されてこなかった正負の効果について、定量的な評価が可能な精確な応答解析モデルを用いて入力と応答の両面から検討し、今後発生が予想される大地震動に対する建築物の応答を高精度で予測する手法(地震応答評価技術の高度化)を提示することを目的とする。なお本課題で実施するサブテーマは長周期建築物と一般建築物に分かれるが、それぞれで「入力」と「応答」について検討が行われる。さらに「応答」は「RC造」、「鉄骨造」、「木造」に分かれて検討が行われるが、構造解析モデルの高度化については長周期建築物や一般建築物に限らず、各構造で共通する課題であることから、これら2つのサブテーマの検討を一緒に実施し、効率化を図ることとする。

サブテーマ(1) 超高層および免震建築物の地震応答評価技術

前課題「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」の成果を踏まえ、新たに検討が必要となった課題に引き続き取り組む。設計用長周期地震動の設定では、今後新たに震源が詳細に評価される巨大地震を対象とした地震動評価を実施する。RC系超高層建築物の安全余裕度評価のための検討では、RC系超高層建築物の床スラブの有効幅の取り方や、復元力特性モデルの履歴減衰の大きさなどが解析結果に及ぼす影響について検討を実施する。鉄骨系超高層建築物の応答・損傷評価では、梁端部の疲労曲線を用いた損傷評価方法の妥当性の検証、及びCFT柱やハンチ梁など、現在の鉄骨系超高層建築物で塑性化が想定される部材の疲労性能のデータの取得を実施する。免震建築物の応答評価は、多数回繰り返しによる免震部材の特性変化の影響を取り込んだ、免震建築物の安全性検証法提案に向けたデータ蓄積と検討を実施する。

サブテーマ(2) 一般建築物の地震応答評価技術

設計用入力地震動の設定手法の高度化では、国土技術政策総合研究所総合技術開発プロジェクト「地震動情報の高度化に対応した建築物の耐震性能評価技術の開発」で確認されている動的相互作用等による入力低減効果を、地震応答評価技術へ取り込む。入力低減効果などを考慮して、内閣府、地震調査研究推進本部から出される地震動、被害想定で用いている地震動のレベルを検討する。RC造建築物の地震応答評価技術の高度化は、通常の解析で用いられる仮定と実現象との差異について、既往の知見に基づき定量的評価を実施する。建築物全体の地震応答に大きな影響を及ぼす事項、既往の知見では評価が困難なものを対象に、実験的検討を実施する。鉄骨造建築物の地震応答評価技術の高度化は、床スラブによる梁の横座屈の拘束効果や塑性変形性能に及ぼす影響について整理し、実験等の検討を行う。また、地震動の特性(直下型、海溝型)と構造物の特性(構造形式や床スラブ)が鉄骨造建築物の梁端部の破断や骨組の崩壊に及ぼす影響について、振動台実験等で検討を行う。木造建築物の地

(巨大地震等に対する建築物の応答推定精度向上に資する入力および構造解析モデルの研究)

震応答評価技術の高度化は、応答予測のモデル化の方法・精度（耐力壁・非耐力壁、仕上材）と応答予測結果の精度についての整理を行い、実験により検証する。上記の検討により得られた成果に基づいて、各種構造の地震応答評価技術の高度化を図り、さまざまな地震動に対する合理的な安全性評価手法の構築に資する技術資料として取りまとめる。取りまとめた技術資料を適用した応答解析を実施し、基準法で設計された一般建築物が持つ耐震性余裕度の事例検討を行う。

(3) 達成すべき目標

サブテーマ（1） 超高層および免震建築物の地震応答評価技術

- ・ 地域の地震活動やサイト特性、建物特性に応じた長周期地震動特性評価の高度化に資する技術資料
- ・ RC系超高層建築物の大変形領域における応答性状予測に関する技術資料
- ・ 鉄骨系超高層建物の長周期地震動に対する応答評価と梁端部やCFT柱の損傷評価方法に関する技術資料
- ・ 免震材料の多数回繰り返し試験法と加速度応答スペクトルによる免震建築物の応答評価法に関する技術資料

サブテーマ（2） 一般建築物の地震応答評価技術

- ・ 設計用入力地震動の設定手法を高度化する技術資料
- ・ 一般建築物(RC造)の地震応答評価技術を高度化する技術資料
- ・ 一般建築物(鉄骨造)の地震応答評価技術を高度化する技術資料
- ・ 一般建築物(木造)の地震応答評価技術を高度化する技術資料
- ・ 一般建築物の高度化された地震応答評価事例

2. 研究評価委員会（分科会）の所見とその対応（担当分科会名：構造分科会）

(1) 所見

- ① 一般建築物(RC構造)は、耐震壁や非構造壁のモデル化と評価が重要でかつ難しい。目標と対象範囲を明確にすることが望ましい。
- ② 一般建築物を対象とした研究により、観測される地震動の大きさと設計で使用している地震荷重との関係が解明されることを期待する。
- ③ 地震時の観測事例(加速度記録、被災状況)において、入力のわりに被害が小さかった事例、その逆の事例等に関する原因を解明されることを期待する。
- ④ 南海トラフ巨大地震や首都直下地震の発生を念頭において、規基準のあり方も踏まえた検討がされることが望ましい。

(2) 対応内容

所見①に対する回答

耐震壁や非構造壁については別の課題等で検討しているので、その知見を適切に反映させるように努めて参りたい。

所見②に対する回答

観測される地震動の大きさと設計で使用している地震荷重との関係に留意して、検討を進めて参りたい。

所見③に対する回答

一般建築物の高度化された地震応答評価事例の検討では、入力の割に被害が大きかった事例についても対象とするように進めて参りたい。

所見④に対する回答

将来の法改正に活用できるような、さまざまな想定地震動に対する応答について検討し、データの把握に努めて参りたい。

3. 全体委員会における所見

本課題は、東日本大震災の前から重大なテーマとして研究が進められていたものを、大震災をきっかけとしてさらに体系的に進めようという研究である。超高層建築物や免震建築物など長周期地震動が関係する問題と、それ以外の一般建築物の問題の2つのサブテーマに分かれているが、いずれも重要なテーマであり、提案の内容に沿って実施すべきという分科会の評価を支持し、全体委員会の評価としたい。

4. 評価結果

- A 新規研究開発課題として、提案の内容に沿って実施すべきである。
- B 新規研究開発課題として、内容を一部修正のうえ実施すべきである。
- C 新規研究開発課題として、実施すべきでない。