

「地盤特性を考慮した建築物の耐震設計技術に関する研究」（平成31年度～令和3年度）評価書

令和 2年 2月 18日（火）
建築研究所研究評価委員会
構造分科会長 林 静雄

1. 研究課題の概要

（1）背景等

1）背景及び目的・必要性

建築物と地盤を対象とした強震観測は、これらの地震時の挙動を実際に観測することにより、建築物の動的な特性や耐震性能に関する知見を収集し、耐震設計技術の向上に資することを目的としている。建築研究所は1957年から建築物と地盤を対象とした強震観測を行っており、これまで多くの記録を蓄積し、我が国の耐震建築基準の基礎となっている貴重な研究成果を挙げている。

近年、大地震に対する建築物の設計（いわゆる2次設計）について、上部構造だけでなく、基礎構造においても、その社会的な必要性が高まっている。とくに、杭基礎の建築物では、大地震時には地盤変位や建築物と地盤の動的相互作用など1次設計では考慮していない事象の影響を無視できないため、地盤を考慮した建築物の耐震設計技術が不可欠となる。杭基礎の設計法は、1995年兵庫県南部地震による液状化被害を契機として研究が飛躍的に進展し、地盤と杭を弾性支承上の梁にモデル化して杭頭慣性力と地盤変位を作用させる応答変位法が標準的な手法として用いられるようになった。しかし、その設計用の地震外力として、杭頭慣性力と地盤変位の位相差を如何に考慮するか、建築物の地下部分の慣性力（いわゆる地下震度）を如何に設定するか、これらへの動的相互作用の影響を如何に評価するか、など未解決の課題が残されている。

2）前課題における成果との関係

一般研究課題「建物の強震観測と観測記録の利活用」として、これまでに延べ130の観測地点で得られた18,000ほどの強震記録を蓄積分析し、データベースとして公開している。

（2）研究開発の概要

建築研究所の観測網で得られる建築物と地盤の強震記録ならびに令和2年度以降の稼働が予定される遠心力载荷装置を用いた振動台（以下、遠心振動台）を最大限に利活用して、強震記録のシミュレーション解析や建築物と地盤の縮小模型振動実験に基づいて、地盤を考慮した建築物の耐震設計技術の開発を推進するため、次のサブテーマ（1）（2）の検討を実施する。

サブテーマ（1）建築物と地盤の強震観測

建築研究所が全国に展開している強震観測網の維持管理及び効率化を図り、強震記録の収集と整理、および分析を行う。また、長周期構造物や地盤と建物の相互作用系など社会的要請に応えた観測体制の強化を行う。得られた観測成果は、インターネットや出版物、研究発表を通じて迅速に公開する。

サブテーマ（2）杭基礎の設計用地震外力の合理化

応答変位法による杭応力評価に用いる設計用地震外力について、杭頭慣性力と地盤変位の位相差、地下部分の慣性力、これらへの動的相互作用の影響を如何に評価するか、解析と実験の両面からデータを蓄積・分析・整理し、杭基礎の耐震設計技術の向上に資する成果として総括する。得られた成果は、論文等の学会発表や建築学会で改定中の「建築基礎構造設計例集」への反映など、学術的・社会的に広く公表する。なお、実験に基づく検討は、令和2年度以降に遠心振動台が稼働することを前提とした計画となっているが、これが予定時期よりも遅れる場合は、外部機関の遠心振動台を借用して検討を行う計画に変更したい。

(3) 達成すべき目標

サブテーマ (1) 建築物と地盤の強震観測

強震観測網の安定した稼働と、観測網の充実・効率化。強震観測記録や分析結果から構成されるデータベースの公開

サブテーマ (2) 杭基礎の設計用地震外力の合理化

- 1：杭頭慣性力と地盤変位の位相差に関する動的相互作用メカニズムの解明
- 2：地下部分の慣性力に関する動的相互作用メカニズムの解明
- 3：1と2を踏まえた動的相互作用を考慮した設計用地震外力としての杭頭慣性力と地盤変位の組合せの方法および地下部分の慣性力の設定の方法の提案
- 4：1～3の成果の学術的・社会的公表と建築基礎構造設計例集への反映

2. 研究評価委員会（分科会）の所見（担当分科会名：構造分科会）

サブテーマ (1)

1) 他機関との連携に関して

- 地盤での強震観測（K-NET, KiK-net, 自治体震度計）と他機関の建物強震観測と協力／分担して、建築研究所の建物強震観測の役割分担を明確化することが必要。そのために、他機関を含めた全国の地盤・建物強震観測地図・リスト化をはかり、建築研究所の観測の位置づけを明確化することも有効である。
- 連携先が国総研・UR・総プロであり、限られてはいるが、連携しやすい機関となっている。学会などのチャンネルも利用して連携の幅を広げることも試みてはよいのでは？
- 他機関と連携した研究の推進については、十分とは言いがたい。地震観測記録の関しては、関連情報も含めて可能な限りオープンとして利用を促進できる仕組みを構築してほしい。
- 産学との連携を強化して、利用の拡大を図り、推進していただきたい。他の研究テーマに比べて、閉鎖的な研究体制であるために、成果が上がっていないように見えかねない。
- 地震時の観測は様々な機関で行われており、横の連携が大切であると思う。
- 観測網の見直しをされていますが、観測地点の選定や見直しの方針を明確に示してください。K-NET や国総研など他機関の観測網を勘案しながら効果的な観測地点の選定が必要です。

2) データベースの利用状況について

- 建物強震観測については、建築研の担当者の研究成果だけでなく、強震観測データベースの利用者数の把握と、データを用いて行われた成果を把握する努力も重要である。
- データベースの整備開放は大変重要ですが、利用状況など外に向けたデータベースの重要性を示すことが必要です。
- 強震観測については、観測データの公開が進んでいる様子であり、更なるデータの蓄積に期待したい。

3) 観測網の維持管理に関して

- どの建物の地震観測を行うか、について戦略を他の地震観測網との連携までも意識しながらご検討いた

だきたい。他機関との連携によって成果がどのように得られたのかより具体的なお話が伺いたかった。また、建研の各種プロジェクト成果が適用された建築物については積極的に地震観測を行ってより客観的なエビデンスを取得する努力をしてもよいのでは？最近では中低層RC建物の地震観測例が少ないようであり、それを補完する意味でも継続使用プロジェクトの成果を適用したRC建物の地震観測が望まれる。

- 地震観測装置の更新が装置の故障によって大きな影響を受ける状況は当初の目標を達成することに対する障害になっており、改善が必要ではないか？
- 成果がすぐには得にくい地道なテーマと考えるので、性急な研究成果をもとめるべきとは思わない。

サブテーマ（2）

4) 他機関との連携に関して

- 他機関と連携した研究の推進については、十分とは言いがたい。遠心振動台実験については、内部の研究者だけに限らず、協力者を産学にもとめるべきではないか？
- 産学との連携を強化して、利用の拡大を図り、推進していただきたい。他の研究テーマに比べて、閉鎖的な研究体制であるために、成果が上がっていないように見えかねない。

5) 遠心実験計画の遅れについて

- 遠心実験の進捗がほとんど見られなかったのが残念である。次年度の巻き返しを期待している。
- 遠心振動台の建設が遅れており、実験計画も遅れているため、全体の計画が遅れ気味と見受けられる。
- 来年度、地盤・基礎構造分野の著名な研究者を客員研究員として招聘し、遠心実験の遅れを挽回すると計画と聞いており、目論見通りに進捗することを期待する。
- 遠心振動大実験装置については、建設スケジュールのずれこみがあり、必要に応じて年次計画の見直しや組み替えが必要である。
- 実験設備の整備遅れという外部的要因ではあるが、若干の遅れが認められる。
- 施設の完成が遅れています。研究者の責任ではないでしょうが、研究の遅れに対する対応して、来年度の研究方針を見直しておくことが必要です。
- 遠心振動台の建設が遅れています。研究者を増して態勢整備を計画していることは評価しますが、建設が遅れが見込まれた早い段階から研究計画の見直しが必要だと思います

6) 地震観測に基づく動的相互作用の検討について

- 中低層建物における、地震動入力とは動的相互作用などの影響により、一般的な時刻歴解析を行っても実際の地震時の挙動と一致していない。是非、杭の設計のとどまらず、中低層建物への地震動入力についての確かな評価ができることを期待したい。
- 成果がすぐには得にくい地道なテーマと考えるので、性急な研究成果をもとめるべきとは思わない。むしろ、投稿準備中の成果をリストアップするのは、不適切な記載と考えます。
- 杭基礎の地震外力の解析においては国総研によって得られたデータを活用したとのことであるが、建築研究所において蓄積されているデータも活用し研究を進展させることを期待する。

参考：建築研究所としての対応内容

サブテーマ（1）

- 1) 防災科研や気象庁の地盤系の観測は、建築研究所の観測地点の選定に当たり今後とも参考としてゆく。建物系の観測については従来より協力関係にある国総研やURとの連携の強化を図り、また他の機関とも連携を模索し、その成果の情報発信を進めたい。所内の他のプロジェクトとの連携の成果をまとめた
- 2) データベースの利用状況については、ウェブへのアクセス、申請方式による記録の利用について、状況

を整理する。

- 3) 観測網の維持管理に関しては、観測地点と対象建物の意義を随時見直し、整備を進める。他ではあまり行われない低層・中層の建物の観測が建築研究所の観測の特色のひとつであり、様々な建物をカバーする観点も重視したい。予算上の制約もあり、観測機器の整備では当初計画を実現できない事態も生じているが、観測地点の優先度を考慮しつつ、効率的に進めたい。

サブテーマ（2）

- 4) 他機関との連携に関して：建築学会の委員会（地盤基礎系振動小委員会など）や BRAIN 課題（高圧噴射ジェットによる地盤改良技術の開発）、令和2年度から予定されている基礎地盤総プロ課題等とのコネクションを利用して、産学の研究者らとの連携を強化し、利用の拡大を図り、推進して参りたい。
- 5) 遠心実験計画の遅れについて：令和2年度から予定している客員研究員2名の協力を得て、実験計画の早急な立案に努めて参りたい。
- 6) 地震観測に基づく動的相互作用の検討について：検討に用いる地震観測記録は、建研・国総研に限らず、観測条件等を吟味の上、可能なデータには広く積極的に当たって参りたい。なお、投稿準備中の内容は、地盤工学会大会に投稿いたしましたが、今年度の成果リストから除外します。

3. 評価結果

- A 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができる。
- B 研究開発課題として、目標の達成を概ね見込むことができる。
- C 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができない。