

# 「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」（令和 1 年度～令和 3 年度）評価書

令和 3 年 2 月 4 日（木）  
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 9 月末に竣工した遠心力載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、当初、実験に基づく検討は、遠心振動台が令和元年度に竣工することを前提として計画されていたが、遠心振動台の竣工時期が半年以上遅れたため、対象のテーマや検討する数量を縮減する方向で計画を変更する。

### (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動と、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および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
- 2 : 1 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
- 3 : 1 ~ 2 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) 研究開発の計画に関して

- 建物の地震観測体制の整備は重要な課題。近視眼的に成果を求めなくてよい。
- 国研が自らが建物強震観測を主導し、観測・解析技術とともにデータ公開のスタンスを民間等に展開することが期待される。
- 強震観測は耐震対策の基礎的データを取得するための非常に意義深い研究であり、充実が望まれる。
- 強震観測は、建築物の研究を行う国の研究所として重要な研究であり、社会的ニーズもあると認められる。

#### 2) 他機関との関係、必要な体制技術的支援や普及のための活動に関して

- 多数かつ多様な建物のうち、建築研究所ではどのような構造・建物を中心に (限定して) 建物強震観測を展開するか戦略を定める必要があります。大学や民間の建物強震観測との分担、あさらに、建物への入力となる地盤系の強震観測 (防災科研の K-NET/KiK-net など) と一体化した、地盤一建物総合観測の設計が重要かと思えます。
- 強震記録を広く公開する体制を整えており、この強震記録を使った研究成果も公表されている。ただし、利用実績を容易に収集する方法も構築するもっとよいと思われる。
- 強震観測は、関係機関の協力を得て実施され、得られたデータは公開され広く利用されていると認められる。

#### 3) 目標に向けての進捗状況に関して

- 古い SMAC 型強震計のアナログ記録をデジタル化するなど、貴重な観測データの保存と活用に向けた取り組みが進められている。
- 強震観測装置の維持管理を状況に応じて適切に実施するとともに、最新の観測装置の調査を行っている。

#### 4) 総合所見

- 建物強震観測の結果が、建物一地盤系モデルの動的作用解析や、さらに現在整備中の遠心載荷実験を含

めて建物の動的挙動の総合的な研究へと発展するものと期待される。建物強震観測公開データの利用率がよくわからないので、ダウンロード数やアクセス数などを数値で示して欲しい。また、研究者/技術者コミュニティへの本データベースの認知度と利用者を増やすための宣伝も重要である。

- 数多くの貴重なデータが得られているようだが、それらがどの程度活用されているかが見える化されていない。また、より多くの研究者や設計者が活用できるように、広報することも重要と考える。
- 最低限の成果は得られていると思うが、最高の成果が得られているとは思えない。強震記録の利用実績の提示があれば、強震観測の意義を社会によりアピールできるが、それが今年度もされていないのは残念であった。利用実績を容易に収集することは最近の IT 技術を駆使すれば可能ではないだろうか？
- アナログ型強震計のデジタル化は、過去の強震動データに限られる中で、重要な研究活動と認められる。また、強震観測のデータの利用状況を整理する等の成果の活用の客観的な評価を行うと、建築研究所全体の評価にも寄与すると思われる。
- データベースの利用状況について、一昨年からお願ひしています。利用状況の説明がなければ、データベース作成の意義と必要性がないと判断される恐れがあります。データベースの作成をしておられる研究者の後押しとしてお願ひしている。

## サブテーマ（2）

### 1) 研究開発の計画について

- 計画がより具体的にしめされるべきかと思ひます。
- 遠心振動台がまだ利用できないなどの限られた条件の下でも工夫して実施内容の計画を立てていると認められる。
- 有力なツールとして期待されている遠心模型実験にも取り組もうとしたが、実験装置の運用開始時期の変更に合わせて柔軟に研究計画を変更した。

### 2) 他機関との連携および成果の最大化について

- 他機関との連携が少ないと感じます。他の様々な連携を考えた方が良く思ひます。
- 費用/労力対効果を最大化するための取り組みを、より積極的に行っていただきたいと思ひます。
- 関係機関の協力を得て実施されていると認められる。
- 外部機関のマンパワーを活用している。
- テーマごとに適切な大学やゼネコン、関連学協会などと連携しており、必要な体制がとられていると考えられる。

### 3) 遠心実験および地震観測に基づく動的相互作用の検討について

- 遠心振動台の建設が遅れたことによって、31年度当初目的に変更を余儀なくされています。本年度の研究成果については問題ないと思ひますが、当初目標に関しては進捗状況の判断はできませんでした。令和3年度1年間でもどこまで進められるかを検討し、当初目標との関係を整理してください。
- コロナや施設整備の遅れに関して、致しかないかもしれない。来年度の成果を期待したい。
- 遠心振動台がまだ利用できないという制約のある中で、得られたデータの分析を進め研究成果の蓄積をしていると認められる。
- 遠心模型実験装置の運用が始まらないため、準備のための机上検討を先行させている。ただし、遠心実験では余裕を持ったスケジュール・設備とする計画が望まれる。実験に費やすはずであったマンパワーを利用して地盤と構造物の相互作用の研究を進めている。
- 遠心実験装置の本格稼働が待たれ、意欲的な実験計画を立案しているが、建築研究所において経験のない実験手法であることを考えると、あまり欲張った目標を設定するのは避けるべきではないだろうか？。遠心模型実験においては模型地盤の作成を精度よくかつ効率的に行う必要があり、設備・人材

などの充実が求められ、予算およびスケジュールの余裕が必要である。

- 建設が遅れていた遠心載荷実験装置の整備が進み、本装置を活用した成果が早く得られることを期待します。
- 遠心載荷装置の竣工が遅れたことから、この機器を使用した研究は遅れている。これからさらなる施設の充実と予定の実験が速やかに行われることを期待したい。
- 杭基礎の地震外力の研究においては、これから予定されている弾性論に基づく解析の結果を合わせて、実用的な杭の設計外力の簡便な算定方法提案を期待したい。

## 参考：建築研究所としての対応内容

### サブテーマ（１）

- 1) 国立研究開発法人の立場を活かした長期的な視野に立って研究を進めたいと思います。
- 2) 他の強震観測を行っている機関との役割分担や協力関係は常に意識しているところであり、今後もさらに効果的で効率的な観測網の構築に向けて、検討を続けます。成果の普及に関しても、研究者のみならず、一般の方も意識した方策を考えます。
- 3) 古い記録や関連する情報は建築研究所の財産であり、埋もれたり散逸したりしないように心がけます。一方で、近年急速に発展した IT 技術を用いた観測装置の利用も視野に入ってきたところですが、いくつか解決すべき課題も残されており、その整理と解決方法の模索を行いたいと思っています。
- 4) 強震観測ウェブやデータ公開の統計情報は速やかにまとめてご提示します。また、具体的な活用成果の把握と広報に努めます。

### サブテーマ（２）

- 1) 研究開発の計画について：地震観測データの分析に基づく検討と遠心実験による検討の本研究課題における位置づけを明確にして、残り 1 年間で可能な目標や成果を改めて設定して、無理のない結論に辿り着けるよう、いずれの計画も再構築して進めて参りたい。
- 2) 他機関との連携および成果の最大化について：更なる他機関との連携と、費用／労力対効果の最大化に向けた検討を、残り 1 年間ではあるが、改めて試みて参りたい。
- 3) 遠心実験および地震観測に基づく動的相互作用の検討について：遠心実験に基づく検討については、建築研究所としては未経験の研究手法であることを十分に踏まえた上で、残り 1 年間で可能な目標と成果を厳選し、無理のない質・量の検討を行って参りたい。その際、遠心実験経験の豊富な客員研究員 2 名と令和 3 年 4 月から新規採用が予定されている研究員 1 名の協力も、積極的に仰いで参りたい。一方、地震観測に基づく検討については、令和 2 年度に高知 2 棟の地盤ばね精算評価を委託した竹中技研と、共同研究を締結するなどして、令和 3 年度も観測記録のシミュレーションや分析に基づく動的相互作用の検討を継続して参りたい。また、地震観測データの分析および関連する解析の結果、遠心実験の結果が、如何に相互に補い合って結論を支持するパーツと成り得るか、それぞれの意義を改めて吟味して、残り 1 年間で可能な収束の仕方を探って参りたい。

## 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。