

1) - 7 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 【安全・安心】

Study on Seismic Design Technology Considering Ground Condition

(研究開発期間 令和元～3年度)

構研究グループ
Dept. of Structural Engineering
国際地震工学センター
International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering

新井 洋
ARAI Hiroshi
鹿嶋 俊英
KASHIMA Toshihide

伊藤 麻衣
ITO Mai

森田 高市
MORITA Koichi
中川 博人
NAKAGAWA Hiroto

大塚 悠里
OTSUKA Yuri

の場 萌子
MATOBA Moeko
林田 拓己
HAYASHIDA Takumi

BRI operates the nation-wide strong motion network targeted on building structures. 2381 sets of strong motion data from 611 earthquakes have been obtained in the last three years. Effects of soil-structure interaction on seismic inertial loading for pile foundation are estimated from strong motion records and geotechnical centrifuge tests.

【研究開発の目的及び経過】

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。

また近年、基礎構造においても、大地震に対する2次設計の必要性が高まっている。しかし、杭の設計用の地震外力として、建物慣性力と地盤変位の位相差を如何に考慮するか、建物の地下部分の慣性力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。

本研究では、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2020年9月末に竣工した遠心力载荷装置を用いた振動台を利活用し、強震記録の再現解析や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、サブテーマ(1)建築物と地盤の強震観測とサブテーマ(2)杭基礎の設計用地震外力の合理化の検討を実施した。

【研究開発の内容】

サブテーマ(1)では、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)では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、建物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、論文等の学会発表など、学術的・社会的に広く公表する。

【研究開発の結果】

サブテーマ(1)

強震観測網の維持管理では、老朽化や作動不能になっていた大阪第一合同庁舎及び東雲合同宿舎の観測装置の更新を行った。また、庁舎の廃止や機器の効率的配置の観点から、新潟市庁舎、国立国会図書館新館、宮崎県庁の観測を取りやめた。一方、庁舎の耐震改修に伴いいわき市庁舎及び広島合同庁舎の観測を休止している。観測記録については、平成31年4月以降令和4年4月までに611地震2381強震記録の収集整理を行い、データベース化を行った。公開データベースについてはほぼ月に一度のペースで更新を行い、得られた強震記録を公開した。また、以下の8地震では強震観測速報を発行し、ウェブ上に掲載した。

- 2019年6月18日山形県沖の地震(M=6.7, h=14km)
 - 2019年8月4日福島県沖の地震(M=6.4, h=45km)
 - 2021年2月13日福島県沖の地震(M=7.3, h=55km)
 - 2021年3月20日宮城県沖の地震(M=6.9, h=59km)
 - 2021年10月6日岩手県沖の地震(M=5.9, h=56km)
 - 2021年10月7日千葉県北西部の地震(M=5.9, h=75km)
 - 2022年01月22日日向灘の地震(M=6.6, h=45km)
 - 2022年3月16日福島県沖の地震(M=7.4, h=57km)
- 強震観測ウェブへのアクセス状況を図1に示す。

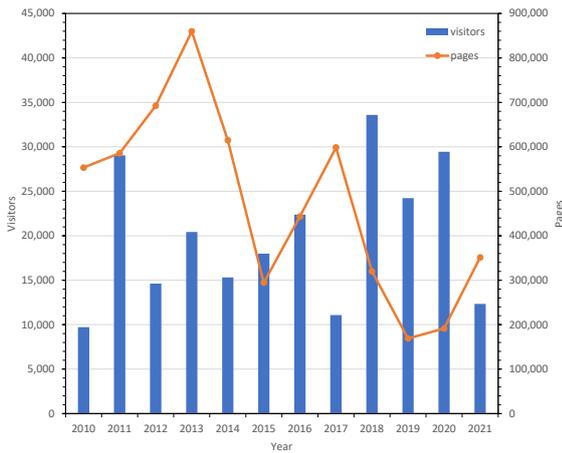


図1 強震観測ウェブへのアクセス状況

強震記録の分析結果については、日本建築学会大会、国際会議等で発表・発表を行っている。加えて、日本建築学会や日本鉄鋼協会、BRIC(筑波建築研究機関協議会)などの委員会や研究会に参加し、情報の収集を行った。また BRIC 若手研究会の活動と協働し、6階建てツブイフォー実験住宅に設置した多様な MEMS を用いたセンサーと従来型の高性能の強震計と比較観測を行い、観測記録の精度や機器の信頼性について検討を行った。

サブテーマ (2)

高知 2 棟の地震観測記録を用いて、建物と地盤の水平動スペクトル比を再現できる建物-地盤連成系スウェイモデルを同定し、動的相互作用の大小と位相差の大小が対応する可能性を示した(図2)。また、弾性論3次元 FEM および薄層法による基礎入力動と地盤ばねを適用した地震応答解析を行い、その結果が観測記録と概ね整合することから、モデルの妥当性を確認した。

令和3年度に2回の実験機会を得た。しかし、大地震動の地盤応答として現実性に欠けるデータだったため、平成27年度に国総研から外注した同様の遠心実験のデータを借用して分析した。遠心実験データでも、建物慣性力と地盤変位との間に位相差が見られた。

地震観測記録と遠心実験データの分析から得られた建物慣性力-地盤変位の位相差と建物周期/地盤周期、連成系周期との関係を、基礎根入れの浅い/深いに分けて検討した(図3)。基礎根入れの大小、周期の大小と位相差の大小との間に相関性はあるように見える。ただし、これらのパラメータから位相差を推定するには、未だデータがパラメータの範囲を十分に網羅できていない。位相差を推定する経験式を構築できれば、杭基礎設計における建物慣性力と地盤変位の組合せを位相差の簡単な三角関数により提案できると考えている。

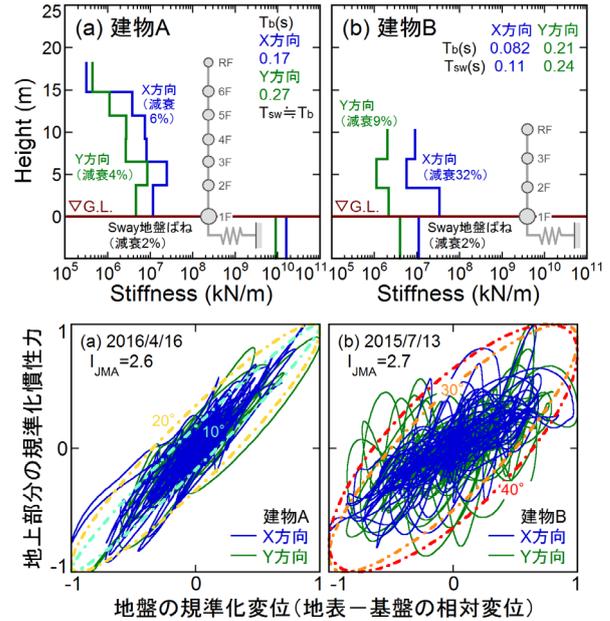


図2 地震観測記録に基づく建物-地盤連成系モデルと建物慣性力-地盤変位の位相差の推定例

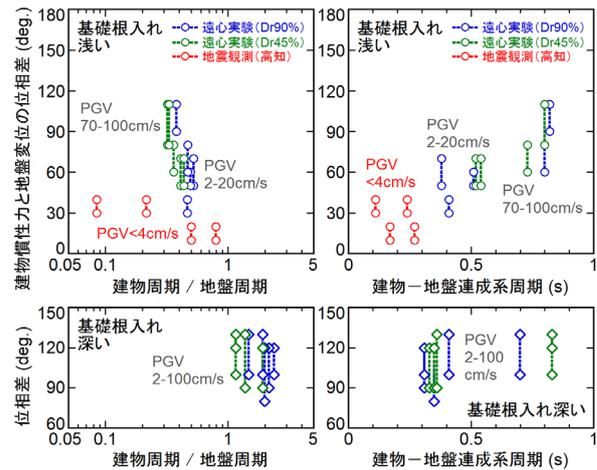


図3 地震観測記録と遠心実験に基づく建物慣性力-地盤変位の位相差と建物/地盤周期、連成系周期、基礎根入れ深さの関係

地下部分の慣性力については、地下部分の重量×加速度の最大値 A_{max} の形による表現が設計上の扱いがよいと考えている。前述の遠心実験データの範囲では、 A_{max} の値として、地中(基礎底深さ)加速度を用いると、実験結果から求めた値に比較的近くても下回る場合が多く見られた。このため、現時点では、過剰な場合も多くあるが A_{max} の値として(現行の基礎指針と同じく)地表加速度を用いることが設計上は適切ではないかと想像している。