

## 6. まとめ

2011年東北地方太平洋沖地震では、建築研究所が強震観測を行っている多くの建築物で記録が観測された。これらの記録に基づいた、地震時の建築物の挙動把握と耐震性能の向上のための研究を進める上で、極めて貴重な記録である。そのために、できるだけ早い時期に報告書として広く公開することとした。

各章の検討内容及び検討結果をまとめると、以下のようになる。

第2章では、東北地方太平洋沖地震における本震の長周期地震動特性について、東北地方（宮城、岩手、福島など）、関東地方（首都圏）、それ以外の大都市圏のそれぞれについて、強震記録に基づき検討した。東北地方では、周期4秒以上の地震動スペクトルは特に大きなレベルではない。東京都内においても、それほど大きいレベルの長周期地震動となっていないが、長周期成分の表れ方にサイト固有の特性が現れている。大阪湾岸は震源からの距離が750kmを超えていたにもかかわらず、長周期地震動によって超高層建築物の上層階で大きなゆれが観測された。

第3章では、強震観測を行っている超高層建築物10棟、免震建築物3棟、中低層の一般建築物4棟について、観測記録を用いたシステム同定により、地震時の建築物の固有振動数や減衰定数の変化を明らかにした。東北地方や関東地方に立地する鉄骨造超高層建築物の1次固有振動数は、地震時に5%から15%程度低下している。一方、鉄筋コンクリート造超高層建築物では、固有振動数が25%程度低下する建築物が確認され、鉄骨造建築物に比べて、低下率が大きくなっている。鉄骨造超高層建築物の減衰定数に関しては、東北地方太平洋沖地震の前後で大きな変化は見られなかったが、鉄筋コンクリート造超高層建築物においては、地震後に減衰定数が大きくなる傾向が見られた。

東北地方や関東地方に立地する免震建築物の1次固有振動数は、地震時に15%から45%程度低下している。減衰定数においては、地震動の主要動付近で全体系の減衰定数が60%程度に上昇する建築物も見られた。

東北地方に立地する中低層建築物（鉄骨鉄筋コンクリート造または鉄筋コンクリート造）の1次固有振動数が、地震時に5割程度低下し、関東地方に立地する建築物の1次固有振動数は3割程度低下している建築物が見られた。

鉄筋コンクリート造系建築物における固有振動数の低下は、コンクリートのひび割れの発生が原因と考えられるが、建築物被害等との関係を明確にする必要がある。強震観測記録から建築物の振動特性の変化を分析することで、地震後の建築物の状態の判定に利用できると考えられ、さらなる研究が必要となる。

第4章では、超高層鉄骨造建築物8棟について、最下層で観測された加速度記録を入力した地震応答解析を行い、解析結果と観測記録を比較し、解析モデルの妥当性や構造部材の塑性化の程度などについて分析した。第3章で行った観測記録の同定結果から、建築物の1次固有周期の範囲は1.47秒～6.57秒、建築物の設計情報から求めた解析モデルの1次固有周期は、1.35秒～6.97秒の範囲であり、同定結果と解析モデルの値の差は、1割程度以下の建築物が多かった。また、同定結果から、1次減衰定数は概ね1.5%～3%程度、2次減衰定数は2%弱～4%弱程度の範囲であ

った。

地震応答解析の結果、建築物の最大層間変形角は、 $0.0005\text{rad}$ ～ $0.008\text{rad}$  程度の範囲であるが、建築物頂部の最大変形が 136cm 程度、フレームの塑性率が 1.0 をわずかに越える階を有する建築物も見られた。2%剛性比例型減衰を設定した場合に比べて、同定解析から得られたレーリー型減衰を設定した方が、観測記録との対応が良いことが確認できた。また低降伏点鋼を用いた制振壁を有する建築物では、建築物の一部の階の制振壁ダンパーが降伏するレベルの応答であることが確認された。

第5章では、9棟の超高層事務所建築物を対象に、建築物の被害や揺れの状況などについて、施設管理者および職員へのアンケート調査を実施した。免震建築物（東京）では被害が皆無であった。制振構造を採用した建築物（東京と埼玉）の場合、建築物（埼玉）で非構造と設備に被害が発生したが、建築物（東京）は無被害であった。施設管理者へのアンケートでは、建築物（宮城）で全館避難、東京の1建築物で一部避難がなされたが、東京の他の建築物では避難指示は出されていないなど、判断にばらつきが見られた。地震後の事業継続に関しては、エレベータの早期復旧の必要性が多く指摘された。

建築物の居住者（職員）へのアンケート調査結果では、観測された揺れの加速度や速度と居住者の行動難度に高い相関が見られたが、恐怖感や不安感など心理的な影響に関しては、明確な相関が見られなかった。また、室内の家具の転倒について揺れの大きさとの高い相関が見られたが、キャスター付きの家具の移動に関しては明確な相関は見られなかった。居住者の心理やキャスター付きの家具の移動に対しては、揺れの大きさだけでなく、揺れの継続時間の影響についても検討する必要がある。

本報告書では、東北地方太平洋沖地震の本震と一部の余震を扱ったが、その他の前震や余震など膨大な強震記録が得られている。建築物の耐震性の向上に資するために、これらの強震記録のさらなる分析や解析を行う予定である。