

## おわりに

平成 20 年（2008 年）6 月 14 日 08 時 43 分発生した地震による、岩手県と宮城県における建築物の被害性状及び地震動の特徴を把握する目的で、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所が連携し、平成 20 年 6 月 14 日から 8 月 7 日まで、宮城県栗原市、大崎市および仙台市、岩手県一関市等において、被害調査や余震観測等を行った。本編は、調査結果を整理し、まとめたものである。

今回の地震は、岩手県、宮城県及び秋田県の県境付近を震源とする、気象庁マグニチュード 7.2、震源深さ 8km である。奥州市衣川区、栗原市一迫で震度 6 強、奥州市、栗原市及び大崎市の各所で震度 6 弱が観測された。さらに、公開された強震動記録から、震源近傍の KiK-net の 3 観測地点で震度 6 強相当の揺れが観測された。KiK-net 東成瀬の観測地点では、東西(EW)成分で  $2446 \text{ cm/s}^2$  となる、KiK-net 一関西の観測地点では、上下成分で  $3866 \text{ cm/s}^2$  となる非常に大きな最大加速度が記録された。一方、震度 6 弱以上の強震記録を分析したところ、短周期成分が主体の記録が多く、また KiK-net 東成瀬を除いて擬似速度応答値は大きくとも  $100 \text{ cm/s}$  前後であった。建築研究所の強震観測網では、仙台市や秋田市の市街地では 3 秒から 5 秒の長周期成分の卓越が観測された。

地震発生の 2 日後より栗原文化会館と、大崎市鬼首出張所近傍で余震観測を行い、近傍の K-NET 築館の記録との比較や文化会館の建物の振動特性の検討を行った。余震観測と並行して、大崎市鬼首出張所近傍において、地盤および建物の微動観測を行った。鬼首出張所周辺では、地盤上の H/V スペクトルに、周期 3 秒程度の比較的明瞭なピークが見られ、カルデラ構造に起因するサイト特性を反映したものである。

本地震において、RC 造、鉄骨造及び木造建築物の構造的被害はほとんど無かった。一部の建築物に、柱のせん断破壊等の構造的被害や体育館におけるブレースの座屈とブレース端部接合部の破断などの被害が確認された。木造建築物では、屋根瓦のずれや土壁の剥落等の被害が見られた。

基礎・地盤部分では、建築物周囲の間隙、法面・擁壁の崩壊による地割れの発生や補強鉄筋の入っていないと見られるブロック塀の倒壊などが確認された。

非構造部材について、窓ガラス、外壁、軒天井、屋内天井などの被害が確認された。外装 ALC パネルの落下、仕上げ材の落下、内装亀裂等の軽微な被害が確認された。また、窓ガラスの破損、窓サッシの脱落、軒天のケイ酸カルシウム板の落下、吊照明の基部のゆがみ等の被害があった。同じ建物でも構造体の耐震補強が行われている階で、非構造部材の被害が見られないこと、また構造体との取り合い付近で非構造部材に被害が見られ、非構造部材の検討にあたっては、被害部位の耐震性ととともに、必要に応じて、構造体の挙動を含めた建物全体の耐震性の検討が必要である。

震度 6 弱と発表された地域に免震建築物が 2 棟建てられていたが、免震建築物周囲の状況や免震層周辺の目視調査の結果などを踏まえても、大きな応答変位は生じておらず、設計用地震力（地震動）より入力はかなり小さかったと考えられる。今回調査した他の免震建築物は、すべて被害はない状況であった。ヒアリング調査によると、これまでの他の地震も含め、免震挙動を経験した方の多くは、「あまり揺れを感じなかった。」「地震そのものに気づかなかった。」「落下・破損等の被害がなかった。」など、その有効性を実感しているようである。免震建築物は大地震時に大きく変形することから、注意喚起のための表示板を設置する規定が義務付けられているが、調査時には表示が発見できないものがあった。また、地震時の免震層の変形に追従せず、損傷を生じている手すりが見られた。

免震建築物の挙動を明らかにするために、建築物の地震時の加速度記録を入手し、その解析を行った。免震層直下階に対する免震層直上階の水平方向の最大加速度は、1/2～1/3程度に低減し、免震効果が確認された。一方、鉛直動については、地下1階に対する最上階の最大加速度は、1.5～2倍程度の増幅が観測された。また本建物の5箇所に、けがき変位計が設置されており、その軌跡より主要な水平変位の方向はすべて東西方向であること、さらに免震層内の位置により、それぞれの軌跡の形状がやや異なることが確認された。加速度記録を積分して得られた免震層の水平変位の軌跡は、加速度計に近い位置にあるけがき変位計の軌跡と良い対応を示していた。

今回の観測された地震動の特徴は、加速度振幅が大きかったことだけでなく、周期2秒以上のいわゆるやや長周期地震動が卓越した記録が多く見られたことである。今回の地震での主要被災地域での観測記録と被害地震の代表的なものとして、1995年兵庫県南部地震におけるJMA神戸とJR鷹取の記録を応答スペクトルと比較すると、K-NET鳴子、K-NET築館、JMA栗駒、JMA古川の各記録の擬似速度応答スペクトルは、周期0.5秒～2秒間では、1995年兵庫県南部地震におけるJMA神戸、JR鷹取よりも小さく、この周期帯域の差が顕著であることがわかった。

木造建築物の地震応答計算結果から、1、2階とも、最大層間変位でおおむね10cm以下であり、ほぼ設計上の安全限界以下の応答変位に収まっている。KiK-net 東成瀬(EW)の波形の最大加速度が $2446\text{cm/s}^2$ という大きな値であるが、木造住宅の被害にはつながらにくいことが確認された。2007年新潟県中越沖地震での地震動記録に対する地震応答計算から、K-NET 柏崎(NS)に対しては壁量充足率が1.2を、刈羽村町新田(NS)に対しては1.4を切ると急激に応答変位が増大し、計算上、倒壊に至るといった結果が得られたが、この結果と比べると、今回記録された地震動の場合、より壁量充足率の低い住宅においても、倒壊に至らないことが確認され、木造住宅に対して被害を及ぼす程度が小さい地震動であったと言える。

また、最大加速度がほぼ等しい3種の地震動を用いて、標準的な層せん断力と相関変位の関係を有する1自由度系モデルにおける地震応答計算の結果、建築物の1次周期よりも地震動の卓越周期が短い場合には、地震動の最大加速度が大きな値であったとしても、構造物に与える影響(塑性率)は小さく、一方、建築物の1次周期に対して長めの卓越周期を有する地震動の方が建築物に与える損傷は大きくなることが確認できた。

現時点までに公表されている被災地付近の強震記録はすべて地盤上に設置された強震計によって観測されたものであり、建築物の基礎部分に作用した地震動では、加速度振幅が低減していると考えられる。主要な被災地域では、残念ながら建築物に強震計が設置されておらず、建築物への入力地震動、あるいは建築物がどのように応答したかを示す定量的なデータが得られていない。種々の建築物の耐震性能の定量的な検証の観点から、地盤だけでなく建築物の上部構造への強震計の設置を進めていく必要がある。

本調査の実施、資料の収集及び調査結果の整理にあたっては、多くの方々のご協力、ご支援をいただきました。ここに改めて感謝申し上げます。