

# 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震における建物の強震観測記録

鹿嶋俊英<sup>1)</sup>、小山信<sup>2)</sup>、大川出<sup>3)</sup>

## 概要

建築研究所は、実際の地震時の建物や建物を支持する地盤の挙動を計測し、その分析結果を建物の耐震性能の向上に役立てるために、建物を対象とした強震観測に取り組んでいる。建築研究所の強震観測の歴史は 50 年以上に及び、これまでに多くの貴重な成果を挙げてきた。

未曾有の災害をもたらした平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震(マグニチュード: M9.0)では、建築研究所の 60 地点の強震観測地点で強震記録が得られた。東北から関東にかけてのほとんどの観測地点では、観測開始以来最も強い地震動を受け、建物には未経験の大きな揺れが生じた。地表、あるいは地表に最も近い建物内で得られた加速度記録から気象庁震度を算出すると、震度 6 弱の観測地点が 1 地点、震度 5 強の観測地点が 17 地点、震度 5 弱の観測地点が 17 地点となっている。また、規模の大きな余震や誘発地震が多数発生し、東北地方から関東地方の観測地点では、幾度も強い揺れに見舞われた。特に 2011 年 3 月 11 日 15 時 15 分茨城県沖の地震(M7.7)、2011 年 4 月 7 日 23 時 32 分宮城県沖の地震(M7.1)、2011 年 4 月 11 日 17 時 16 分福島県浜通りの地震(M7.0)、2011 年 4 月 12 日 14 時 17 分福島県中通りの地震(M6.4)、及び 2011 年 6 月 23 日 6 時 50 分岩手県沖の地震(M6.9)では、29 から 53 か所の観測地点の強震計が起動し、最大で震度 5 弱以上の揺れを記録した。

東北地方太平洋沖地震で、震央から最も近い観測対象建物は、175 km の距離にある仙台市青葉区にある仙台第 2 合同庁舎である。この建物における水平方向の最大加速度は、地下 2 階で  $163 \text{ cm/s}^2$  と  $259 \text{ cm/s}^2$ 、建物の 15 階では、 $361 \text{ cm/s}^2$  と  $346 \text{ cm/s}^2$  である。また、同じ仙台市青葉区に建つ東北大学人間環境系研究棟は、1 階の最大加速度で  $333 \text{ cm/s}^2$  に及ぶ大きな地震動を受け、建物 9 階の最大加速度は  $908 \text{ cm/s}^2$  に達し、建物は深刻な損傷を受けた。他にも、いわき市庁舎や建築研究所の管理研究本館や都市防災研究センター棟など、壁や仕上げに亀裂や損傷を受けた建物でも強震記録が得られている。

建築研究所の強震観測網には 6 棟の免震建物が含まれている。そのすべてで強震記録が得られ、大きな地震動を受ける免震構造の効果を明らかにした。例えば、つくば市庁舎では建物の基礎上で  $327 \text{ cm/s}^2$  であった最大加速度が、免震層を挟んだ 1 階では  $92 \text{ cm/s}^2$  となり、1/3 以下に低減された。

東京や大阪などの大規模な沖積平野上の都市域では、巨大地震に伴う長周期地震動とそれを受ける超高層建物の応答が克明に記録された。例えば、震央から 770 km 離れた大阪府咲洲庁舎では、共振した建物の大きな揺れが、15 分間近く続いた様子を捉えている。

以上のように建築研究所の強震観測網では、東北地方太平洋沖地震によって数多くの貴重な強震記録を得ることができた。今後さらに詳細な検討を続け、建物の耐震安全性の向上のための資料を提供する予定である。

- 
- 1) 建築研究所国際地震工学センター主任研究員
  - 2) 建築研究所構造研究グループ上席研究員
  - 3) 建築研究所構造研究グループ主席研究監

# Strong Motion Records in Buildings from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

Toshihide Kashima<sup>1)</sup>, Shin Koyama<sup>2)</sup> and Izuru Okawa<sup>3)</sup>

## Abstract

The Building Research Institute (BRI) is operating the strong motion network for building structures in order to contribute improvement of seismic safety of buildings. The BRI strong motion network has obtained the precious results in its history of more than 50 years.

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with a magnitude of 9.0 caused devastating tsunami and severe shaking in extensive area. Sixty stations of the BRI strong motion network have been triggered by the earthquake. Most of the stations experienced the strongest shaking ever. In terms of the JMA (Japan Meteorological Agency) seismic intensity scale, six lower (6-) was recorded in one station, five upper (5+) was recorded in 17 stations, and five lower (5-) was recorded in 17 stations. A great number of aftershocks and induced earthquakes brought severe shaking repeatedly.

The closest building to the epicenter of the main shock in the BRI network is the Sendai Government Office Building #2 in Aoba-ku, Sendai City. The maximum accelerations in the horizontal directions on the second basement floor were  $163 \text{ cm/s}^2$  and  $259 \text{ cm/s}^2$  and those on the 15th floor were  $361 \text{ cm/s}^2$  and  $346 \text{ cm/s}^2$ . In a school building of the Tohoku University in Aoba-ku, the maximum acceleration on the first floor was  $333 \text{ cm/s}^2$  and that on the ninth floor reached  $908 \text{ cm/s}^2$ . The building suffered serious structural damage. Moreover, there were several strong motion records in the buildings, such as the Iwaki City Hall and BRI buildings, that suffered some damage on concrete walls and finishing materials.

Six base-isolated buildings are included in the BRI strong motion network. In all those buildings, strong motion data could be collected during the off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and showed the effect of the base-isolation system. For instance, the peak acceleration was reduced from  $327 \text{ cm/s}^2$  on the foundation to  $92 \text{ cm/s}^2$  on the first floor (above the base-isolation devices) in the Tsukuba City Hall.

In the urban area like Tokyo and Osaka, long-period earthquake motions and response of long-period structures were captured. For example, large and long seismic response due to the resonance could be recorded at the Sakishima Office of Osaka Prefecture with the epicentral distance of 770 km.

The BRI strong motion network has obtained valuable records from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. We intend to contribute to improvement of the seismic safety of buildings through the further study on the strong motion data.

- 
- 1) Senior Research Engineer, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute
  - 2) Chief Research Engineer, Structural Engineering Department, Building Research Institute
  - 3) Senior Research Fellow, Structural Engineering Department, Building Research Institute