

# 東日本大震災を経験して： 地盤構造に依存する地震動特性と免震構造



東北大学 教授

源 栄 正人

3月11日の地震発生時、筆者は仙台市の青葉山キャンパスの14階建て制震ビルの11階の研究室において、3分に及ぶ長い揺れを体験した。幸い、オイルダンパーが設置された制震ビルに構造被害はなかった。同じ青葉山キャンパスにある免震構造試験建屋において免震構造の有効性が実証されるなど、今回の地震においては、多くの免震構造で応答低減効果があったことが報告されている。しかし、東北大学工学部の建築学科の卒業生にとっては、「学びの館」である人間・環境系研究棟が大破した。耐震改修した建物であったが、丘陵地という地盤構造による地震動増幅を考慮していなかったことが主要因の一つあることを指摘してきている。

筆者は地震発生翌日から、仙台市域を中心に宮城県域の被害建物調査に向かうとともに、筆者らの地震観測網で観測された地震観測記録の分析を行い、1978年宮城県沖地震との比較や、地震動と被害の関係などについて情報発信してきた。仙台駅前で観測されたやや長周期地震動に関しては、東西方向に3秒の揺れ（減衰5%の変位応答スペクトルで40cm、減衰10%に換算して30cm）が卓越しており、仙台駅周辺の免震構造での免震装置の最大変位は23cmであったと報告されている。この卓越周期は、必ずしも直下の地盤構造だけでは説明できないことや、仙台平野の深部地盤構造の影響として、同じ仙台市内の長町地区では南北方向の振幅は3倍に増幅していることを分析している。

免震構造の設計周期の設定においては地盤構造との関係を考慮することの必要性をあらためて指摘したい。免震装置の減衰による応答低減は見込めるとして、共振による応答の増大は避けなければならない。地震動の卓越周期が必ずしも直下の地盤構造で決まらずに伝播経路の構造にも依存する現実を考慮すると、地震観測システムとの連動により、入力し

てくる地震動の卓越周期に応じて効率的に変化できるセミアクティブ制震技術の発展も期待される。

また、免震構造への入力地震動評価に関し、相似則の観点から見たM9クラス巨大地震に対する長周期地震動の性質と従来の評価手法の適用性の検証が必要となる。この場合、解明されている地盤構造の精度も認識しなければならない。

継続時間の影響も考慮したやや長周期成分に対する地震動指標の検討も必要であろう。変位応答スペクトルで大きかった地点は宮城県域では震度7のK-NET築館の地点ではなく、比較的厚い第4紀層が堆積する大崎市の古川地区で、4秒付近の周期帯域において減衰5%の応答スペクトルで80~85cm（10%に減衰補正式で換算すると60~64cm）で震度は6強であった。

ともあれ、免・制震建物の今回の地震における強震観測記録に基づく動的挙動の実態調査、および免震装置の損傷状況の実態の把握は必須であり、免震構造の問題点を整理しておく必要がある。これまでに、筆者が把握している問題点として、1) エキスパンション・ジョイントが機能しなかったものがある。2) 鋼材ダンパーの固定ボルトに緩みが生じた。3) 鉛ダンパーの表面にひび割れが生じたものがある。4) 津波に対する対応は設計上ほとんど考慮されていないことなどが挙げられている。

幸いにして、設計段階で考慮している許容変位量を超えた建物は報告されていないが、大振幅レベルでの繰り返し回数や度重なる余震の繰り返しによる免震装置の健全性のチェックは不可欠であろう。

また、今回の地震で支持地盤の液状化の問題がクローズアップされてきており、沖積層が厚い場所に設置される杭基礎の免震構造に対する検討は深部構造を含めた地盤の強震時卓越周期の検討と合わせて重要となろう。基礎構造の健全性が確保されて機能

する免震構造であることを忘れてはならない。

さらに、今回の地震の経験を踏まえた免震建物の普及・展開を図る場合、事業継続計画（BCP）の観点から実態を取りまとめる必要がある。構造ばかりでなく、非構造・設備も含めた建物全体の耐震性能、災害時の拠点となる施設や企業の重要施設などは直接被害ばかりでなく、間接被害も含めた総合的な耐震対策として有効であることをデータに基づいて示

すべきであろう。

日本免震構造協会として今回の震災を契機に「応答制御建築物調査委員会」を立ち上げ3つの部会を発足させたと伺っているが、筆者の指摘に対する検討がなされることを期待したい。

最後に、免・制震技術に対する社会基盤づくりのために学校教育や社会教育により理解度を高める努力も合わせて必要であることも強調したい。