

より良い免震構造の実現に向けて何をすべきか



近畿大学

犬伏 徹志

1 はじめに

この度、巻頭言執筆の依頼をいただいた。「なぜ私なんかに?」と思い躊躇したが、折角の機会でもあるので、僭越ながらお引き受けすることにした。前半は自己紹介を兼ねてこれまでに私が行ってきた研究の概略を、後半は私見を多分に含んだ内容ではあるが、今後の免震構造の課題や期待することについて書いてみたいと思う。稚拙な内容・文章をご容赦願いたい。

2 これまでの研究概略

私が振動制御に関する研究に携わったのは、民間の設計事務所に勤めていた時からだった。最初は過大入力時に免震部材に生じる引張力を制御するための機構を提案した研究であった。実験までできれば良かったのだが、解析的にその効果を確認したまでに留まってしまったのが残念であった。次は制振補強建物における換算 I_s の研究であった。これは東工大や日本大学、複数のゼネコンとの共同研究で、地震応答解析に基づいて補強効果を「動的性能向上倍率」という指標で表し、補強前建物の I_s 値に乗じることで補強後建物の I_s 値を算出するという方法を提案した。免震レトロフィットの建物にも適用でき、非常に有用な方法だと思っている。

そして、次のテーマとして免震建物の擁壁衝突に関する研究を始めていたのだが、接触問題を扱うことができる非線形の解析ツールが無く行き詰ってしまっていた。そんな時、縁あって2013年に神奈川大学の助手になることができた。大学には欲していた解析ツールがあり、研究を進めることができた。非常に幸運であった。また、大学に移った時から日本建築学会の免震構造小委員会に参加させていただいた。その活動の一環で、熊本地震で大きな免震

層変位を記録した阿蘇の免震病院付近の常時微動観測を行った。神奈川大の学生数名に加えて、福岡大学高山峯夫先生の研究室の学生にも協力してもらった。観測は8月に実施したので昼間は暑さにバテながら、夜は皆で楽しく食事をしたのが良い思い出である。

その後は、擁壁衝突時における上部構造の弾塑性挙動の把握のため、元大阪大学宮本裕司先生（現福井工業大学）の研究室と共同で振動台実験を行った。ここでも学生に大いに助けてもらった。上部構造や擁壁を何度も設置・交換する必要がある、かなり大変であったと思う。

そして、2019年に近畿大学に移った。現在は擁壁衝突実験で得られた知見を活かして、上部構造の応答制御技術の開発に取り組んでいる。

3 免震構造の課題と期待

免震建物は設計想定範囲内であれば高い耐震性能を発揮することはわかっている。では、それ以上の地震動に対してはどのようなことが起こるのか。おそらく、【擁壁への衝突】と【免震部材の損傷】の2つが現実的な問題として挙げられるだろう。これらが生じた時の建物応答や損傷をいかに適切に評価するかが、現在の免震構造の課題かと思う。2020年に日本建築学会から刊行された『大振幅地震動に対する免震構造の設計』においてこれまでの知見が整理されているが、擁壁衝突時の建物損傷や応答制御に関する研究は多くない。また、支承材のさまざまな非線形性や依存性を考慮できるモデルの構築もまだ十分ではない状況にある。極大地震時に免震建物がどのような状態になるのかを追跡できる必要があるかと思うが、まだ道半ばにある現時点では、ありきたりなことではあるが、十分に余裕を

持った設計をするというのが最善の方法だろう。安易な経済性の追求は危険な免震建物を生み出す可能性がある。過日「実大免震試験施設」の説明会が開催され、建設が進行中とのことであった。この施設を活用することにより支承材に関する知見が充実し、免震建物の終局状態の研究が進むことに大いに期待したい。

建物の余裕度に関して、現行の設計においては設計用地震動の入力倍率を漸増させていき、応答値がいずれかの設計クライテリアに初めて達したときの倍率を余裕度としている。しかし、これでは免震建物の本当の耐震性能はわからない。設計クリアランスに達した後、わずかな入力の増加で倒壊に至ってしまうような建物もあるかもしれない。設計クライテリアまでの余裕度と、そこからある限界状態までの余裕度の2つで判断するべきであろう。両者を考慮することで真の余裕度（耐震性能）が明らかとなり、それが大きいほどグレードの高い免震建物であると社会から適正に評価される仕組み作りも重要であると考えている。

環境面の観点からも免震構造への期待は大きい。低炭素化の1つの方法として建築物の長寿命化が挙げられており、地震時の損傷が少ない免震構造は有効である。木造と免震を組み合わせた建物も出てきており、構造性能以外からも免震構造をアピールできればと思う。

4 おわりに

後半では免震構造の課題や期待することについて思いつくままに書かせていただいた。幸いにも（設計的な配慮不足を除いて）免震建物には顕著な地震被害は発生していないが、南海トラフや相模トラフ沿いの巨大地震や上町断層帯地震などの発生も危惧されている。安全・安心な免震建物を目指して、私自身も研究に精進していく所存である。

余談であるが、本学では一昨年度から工学系を志望する3年生を対象に『耐震耐風工学』の授業を開講し、その中で1自由度系の振動理論を教えている。静力学を扱う従来の構造力学以上に複雑な数式が出てくることから、拒絶反応を示す学生も多い。なんとか動力学に興味を持ってもらうべく、頭を悩ませている。また、新入生向けのキャンパス案内で免震建物の説明をした際に、「免震なんて知らねえ」と笑いながら話をしている学生を見てがっかりした。少なくとも言葉くらいは聞いたことがあるはずだと思っていたのだが、いわゆる“Z世代”に向けての情報発信の必要性も感じた一件だった。