

免震・制振技術発展のために「伝承」すること



日本大学

秦 一平

免震・制振構造がより発展するための課題は、技術の「伝承」ではないかと思っている。免震・制振構造が世の中に普及し始めてから約25年が経過し、免震・制振を発展させた世代から次の世代へと技術を受け継ぐ交代期に差し掛かっている。すでに免震・制振構造が普及している現在だからこそ、普及当初の免震・制振構造がもつ意義を「伝承」し、財産として後世に残すことが重要ではないだろうか。

私が免震構造を知り、研究をはじめた発端は、1995年の阪神淡路大震災である。発生直後にテレビで被害状況が放映された時は、どの程度の被害なのかは全くわからなかったが、徐々に明らかになった被害を見て、地震による建物の耐震技術は未だ発展途上であると感じた。その数日後、ある技術研究所の免震建物の観測記録が新聞報道に掲載され、そこで初めて免震構造を知ることとなったのである。この当時、私は大学3年生で、恩師である石丸辰治先生の「耐震構造」の授業レポートを作成していた。内容は、各層の剛性の比率が異なる3質点系モデルについて固有値解析と地震波による時刻歴応答解析を行い、比較検討することであったのだが、モデルのなかに1層目の剛性が非常に柔なものがあり、その固有値解析結果と応答結果が、掲載されていた免震構造の観測記録結果と似ていたことに気づき、これが免震構造であると理解できたのがはじまりだった。そのきっかけから、免震・制震構造に興味をもち、研究をはじめたのである。

そして大学院までの3年間では、制振システムの開発研究に携わることができた。その中で、制振システムを実用化するための「理論の構築」と「振動実験による性能検証」を石丸先生に指導を受けたことにより、考え方や進め方を学べたことは非常に大

きな財産となっている。石丸先生から指導されたことは、「建造物の個性」を知るには、「固有値解析」が必要であり、その個性に見合った設計をすべきという考え方である。特に、解析検討と振動実験の結果においても、固有値から算出される固有周期、粘性減衰定数と振動モードを必ず評価するよう徹底された。大学院時代は、こうした指導を通して「物事の本質を理解すること」を叩き込まれた時期であった。今もその教えをもって研究活動に取り組み、学生にも指導をしている。

大学では、石丸先生の教えを受け継ぎながら、私なりに修正し、固有値解析を通して動的設計の理解をしてもらうことを目的とした講義・研究指導を行っている。設計方法が高度化している現状の設計に対応するために、教育現場でも静的設計から動的設計への移行時期を迎えていると思う。そのため、構造力学や材料力学などの静定力学以外に、これに対応させていくような振動論を教育する必要がある。

構造計算ならびに時刻歴応答解析をすると、途中経過がブラックボックスとなり、結果に対して正誤判断が必要となる。それを補うのは経験となるが、その経験を教えるのは難しい。学生は正解を求めることに重きをおくが、教育では結果に対する考察力や判断力を教えることに重点をおいている。たとえば大学院の授業では、実際の市販されている数値解析ソフトを利用した免震設計を実施している。授業内容は、免震構造建物上部構造の立体モデルを作成し、そこから静的増分解析で質点系モデルに縮約し、免震設計を行う構成をとっている。

講師は私以外に免震設計に関わっているOBの方を迎え、免震設計に対する上部構造の考え方や免震層の決定および配置などを説明し、実際に設計しても

らう。特に、設計に対するポイントをどのように伝えるかということには注意をおいている。どこまで、授業内容が理解されるかわからないが、何かを「伝承」させるためには、学生自身が試行錯誤をし、判断し、振り返ることが大切ではないかと考えている。

最後に、現在の免震構造と制震構造を取り巻く状況に関して、考えていることを述べたいと思う。

免震設計の初期は、応答加速度を低減し、建物内の安全性に重きをおいていた。研究者、設計者、製造技術者が共同で免震部材の性能を検証し、設計者が慎重に解析モデルに反映させて設計を行うことで、免震部材に対する知識や経験が積み上げられたと思っている。特に、不明確な部分があれば余裕度をもった設計を行い、実物件においては、フェールセーフ機能や免震部材を交換できるように考えられていた。そして、経年劣化による特性変化があいまいなため、別置き試験体などを後世に残すなど、発展のために大切なことをされてきたと思う。

現在では、どうだろうか。

免震・制振設計では、地震応答解析などの設計ソフトウェアの高度化がすすみ、計算速度も早くなったことで、免震・制振構造の設計も格段に発展した。また、メーカーは免震部材を開発・改良し、製品ばらつきの少ない部材を開発してきた。法改正後にカタログ化され、さまざまな種類の免震部材が流通することになった。そして、各部材のモデルを地震応答解析ソフト内に組み込むことで、設計の煩雑さを

少なくするように進歩してきた。そして、地震の発生が多くなり、製造個数も大幅に増加している。

こうした数値計算の高度化によって、現在では超高層建物にも免震構造が適用され、免震層により地震入力を低減させ上部構造のせん断力係数を低く抑えることで、部材を少なくするような、経済性を重視した設計となっているものが増えている。しかし、最近の検査データの改ざんなどの事例から察せられるように、製造ばらつきを低く抑えるよう、メーカー側に過度な課題を要求するようになってはいないだろうか。設計並びにメーカーもマニュアル化されつつあるなか、免震部材や制振部材にも個性があり、得意とするところもあれば、不向きなところもある。積層ゴムの例を挙げるならば、今の免震部材モデルは、面圧依存性を考慮した設計モデルは構築されておらず、数値解析ソフトにも反映されていない。それでは、面圧変動の大きい建物に対して設計上どのように考慮するのか。また、1方向の地震動入力だけでなく、多方向入力を解析しなくてもいいのだろうか。まだ地震応答解析でもあいまいさが残っているという実情を忘れず、常に余裕度をもった設計を考えなくてはならないのではないかと考えている。

免震・制振構造の意義を大切にし、技術を「伝承」することは難しいと思う。仕事量が増えれば楽な方に依存し、大事なことを忘れてしまうだろう。技術の発展は紆余曲折のなか、今一度何を「伝承」するのかを考える必要があるのではないだろうか。