

免震構造の現在と未来



東京都市大学 教授

西村 功

1 免震構造の定義

第1号の免震構造建築が実用化され、既に30年以上が経過した。歴史(過去)について述べるのは、ここでは控えたいと思う。しかし、免震構造とは何かと改めて問い直すと、不思議なことに明確な定義の無いことに気がつく。建築の構造技術者ではない一般の方から、制震構造と免震構造の違いを尋ねられると、次のようにお答えすることにしている。「免震構造は積層ゴムという特殊なゴム部材で建物を地面から支えた構造です。制震構造の建物は地面に固定されているのですが、ダンパーという振動を低減する装置が付いています。」もちろん、免震構造には減衰装置は欠かせない部材であり、積層ゴムを使っていない免震構造も一部には存在する。中間層免震という特殊な構造もあり、地面に固定されている免震構造まで開発されてきた。このように、技術の進歩とともに、免震構造といえば「明らかに耐震構造と異なり、定義するまでもない」という状況は無くなりつつある。これが、実は技術の進歩を阻害する要因となりつつあることを認識することは重要である。

日本免震構造協会には部材評定の委員会があり、申請に応じて「免震構造部材」としての材料認定を行っている。これは、免震構造を設計するためには、法律上、免震部材としての大員認定を取得した材料しか使うことができないからである。一方で、免震構造を明確に定義することができないと、法律上設計できるのかどうかの判断もすることができないのである。社会の要請が時代とともに変化しており、技術の進歩も大変速くなってきている。従って、免震構造とその社会的な役割、あるいは、今後の発展を見据えた展望について考えようとするれば、免震構造とは何かを定義しなければならない時代となっているのである。

2 免震構造の性能

免震構造はその名前が示す通り、地震被害を免れる構造でなければならない。では、どの程度の性能があれば、地震被害を免れるといえるのであろうか? 過去において、免震構造と呼ばれた建築構造物を見れば、固有周期(1次固有周期)が概ね2.5秒以上(法律上は2秒以上)、減衰率は少なくとも15%以上(通常は20%以上)の振動系を形成する構造である。しかし、固有値だけの話をすると制震構造では多くの超高層ビルで固有周期は3秒以上であり、減衰率も設計者によるバラつきがあるものの、5%程度は確保できるものと思われる。もしも15%以上の減衰率が付与できる制震構造が実現すれば、もはや免震構造とは同じ固有値(複素固有値)を持つ振動系と考えてよい。建築構造物の設計用地震荷重が、応答スペクトルと基準地震動で規定されていると考えるなら、建物の耐震性能を客観的に判断するには固有周期と減衰率が定めれば十分である。

このように構造性能だけを考えると、固有周期と減衰率だけで免震構造を定義すると、制震構造との違いを説明することは難しくなる。工法の違いで考えるならば、積層ゴム支承を用いた構造を免震構造と定義することはできる。少なくとも、古典的な免震建築構造を定義することは容易である。しかし、最近では超高層ビルの最上階に大型の動吸振器を設置して10%近い減衰率を達成した長周期の構造物で、大地震や長周期地震に対応した技術も実用化の域に達している。積層ゴムを用いた動吸振器のある超高層ビルは、免震構造とは言えない。こうした例は、今後も増えるであろう。以上のように、構造性能だけで免震構造を定義することも、工法の違いだけで定義することも難しい。では、部材評定や法律用語としての免震構造とは何であろうか?

3 偽装問題と免震構造

世間では、免震構造部材としての大臣認定を取得していることは、高い性能を有していることを証明したものだと思われる。実際は、「申請者が自ら設定し、申告した（約束した）性能を満足する製品を、きちんと製造する品質管理をしておき、免震構造部材として販売したい。」という申請者（書類）に対して、客観的な評価を行い、認定業務を行っているのである。もしも、申請者が「この免震構造用積層ゴム支承は変形能力が±10cmしかありませんが、認定してください。」と申請してきたら、低い性能かもしれないが認定業務としては、断る理由はないのである。ただし、そのような部材は設計で使用することができないので、誰も購入することはないであろう。つまり、認定作業では申請された部材が高性能であるかどうかを認定しているわけではなく、申請者が責任を持って保証できる性能が満足される部材を製品として製造販売する能力があるかどうかを認定しているだけなのである。

結局のところ、大臣認定として免震構造用部材認定を取得した材料を用いて設計した建物は、免震構造と称しても法律上は問題にならない。これが、現在のところ、一般的に通用する免震構造の定義ではなかろうか？この点については、異なるご意見の方も多数いると思うので、議論の対象とはせず、定義があいまいであることを指摘するに留めておきたい。

さて、このような定義が不明な状況で、免震構造用積層ゴムの品質偽装問題が発生した。世間では低品質の製品を、高品質と偽って製造販売していたことが問題とされたのである。しかし、実際に起きたことは申請書に記載されていた性能を満足しない製品を出荷していたことが問題となったのである。従って、世間一般の人が感じたことと、実際に起きていたことには大きな隔りがある。この点を専門家がきちんと説明する機会を与えられることなく事件は終了し、世間は既に忘れ去ったようである。

我々は免震構造の健全な発展と普及が、将来、我が国の震災を大きく低減することに貢献するだろうと期待を寄せている。そのためにも、免震構造の持つべき性能と定義について、もう一度、考え直してみることが、この偽装事件の教訓となるのではないだろうか？何故なら、「免震構造であればどのような巨大地震でも安全である。」とは限らないからである。

4 技術発展と社会への情報伝達

免震構造は積層ゴムの発明とその性能向上によって実用化された構造である。積層ゴムは横方向にやわらかいだけでなく、曲げ剛性も比較的や柔軟である。従って、座屈しやすい。そこで、なるべく平らな形状の積層ゴムが安定であるとされてきた。しかし、 $P-\delta$ 効果というものがああり、積層ゴムの支承高さで支持荷重を割り算すれば、剛性低下を推定することができる。1000トンの重量を支える積層ゴムの支承が30cmであり、もしも曲げモーメントの微分がせん断力なら（これは事実ではない。）剛性低下は $-33t/cm$ となる。1000トンの重量を3秒の固有周期とするためには、水平剛性は $4t/cm$ であるから、あっという間に座屈してしまうのである。そうならない理由は、積層ゴムでは平面保持が成立しないからである。しかし、影響は少ないとは言え、座屈しにくい安定な積層ゴム支承は、ある程度高さのある方が良いのである。この点について、筆者は長らく理論研究と実験研究を続けており、戸建免震構造や高性能免震構造用積層ゴム支承の実用化として結実している。しかし、現在でもこの簡単な事実が専門家間でさえ十分理解されていないのは、技術の進歩というものの難しさを示している。

今後も積層ゴム支承の力学挙動の解明や、新しい材料の発明、あるいは座屈現象に対する新しい発見によって免震構造の性能は向上していくものと思われる。その場合、技術の発展や高品質の構造設計を行う試みを阻害するような法律体系や設計体系があるとすれば、これを改善できる社会的コンセンサスを形成する土壌が必要である。本協会の社会的な役割は、技術の向上と普及に向けた活動であるとともに、一般社会に向けた正しい技術の理解をなるべく平易な言葉で発信することである。その際、誤解を恐れずに正しい（正誤の問題であり、良し悪しの問題ではない）技術的な解説を行うことが求められている。しかも、こうした努力は平時にこそ、継続して行われなければならない。偽装問題などの非常時には、社会は過剰な反応をするので正しい技術的な解説を行うことさえ困難な状況が生じるからである。本協会の果たすべき役割と、技術の発展に対する貢献を求める社会の期待は、今後も増大するであろう。会員諸兄の益々の、ご発展を祈念するとともに、本協会の今後の活動へのご理解とご協力を切にお願いする次第である。