

海外における免震装置の性能試験



新日鉄住金エンジニアリング

市川 康

筆者が大学を卒業し社会人になった1989年当時、免震構造はまだ数件の実績がある構造に留まっていた。その頃弊社でも技術開発として鋼製ダンパーの開発を進めており、開発計画や成果の発表の折に紹介される建物例としては毎回同じで、免震構造のある教会の例であって、新入社員ながらあまり採用されない構造なのだなと感想を持ったことを覚えている。その後阪神淡路大震災を契機に免震建物の建築数は飛躍的に増加した。阪神淡路大震災に遭遇した弊社社員の一人は、それまでは免震・制振構造に懐疑的であったが、震災経験の恐怖からその後は免震・制振構造は絶対に必要な構造であるとの感想を漏らしていた。免震構造はこのような一般的な市民の地震に対する関心を背景に、現在は年間約250棟が建設され、総数では4000棟を超えた免震建物が建設されている（戸建て住宅を除く）。

免震構造は免震層に変形を集中させ、減衰により建物に入力される振動エネルギーのほとんどを吸収させる構造であるので、そこに配置される免震装置には高い信頼性が要求される。日本での免震装置は大臣認定制度の元、各メーカー、ゼネコン等での実験結果を基にしてその性能を確認し、実建物へ適用されている。免震支承については、実大試験体を用いて鉛直荷重を作用させた上で水平荷重を作用させる実験が行われる。試験内容としては試験装置の限界もあり、静的な加振での確認がほとんどで、動的な試験をする場合は縮小試験体を用いて行うことになる。実大試験体を用いて動的に加振した場合の挙動については、実大試験体での静的加振と縮小試験体での動的加振から類推されるのが一般的となっている。

一方、海外に目を向けると実大試験体での動的加振を要求している国が多い。

国際的な基準の代表として米国におけるASCEと欧州（トルコを含む）のCE Markがある。表1はそれぞれの試験内容を比較した一覧である（より細かい規定があるが、わかりやすさを優先させ集約している）。

それぞれ性能確認試験と出荷試験が規定されており、米国基準のASCEでは基本的に実大試験体を用いた静的・動的試験が課されている。スケール効果が確認できれば縮小試験体による動的試験でも可となるが、その確認のためにも実大試験体の動的試験が必要となる。出荷試験では要素試験も可としている。東南アジア諸国や台湾ではまだ免震建物の実績は少ないものの米国基準のASCEが採用されるケースが多いようである。フィリピンでは免震に関する基準が確立しているわけではないが、最近検討した例では施主や設計事務所からはASCEに沿った動的試験結果を求められた。

欧州のCE Markでは、実大試験体を用いての動的試験が課されており、さらに1方向ではなく2方向の試験が規定され、繰り返しによる劣化についても動的試験で確認することになっている。ASCEのようにスケール効果を実証できれば縮小試験体も可することはこちらでは認められていない。また、出荷試験でも動的試験が課されている。

米国や欧州の基準は非常に厳しいものに思えるが、このような試験を課するのは実際の装置と実際に使用される条件（変位、速度等）で性能を確認するという当然の考え方に依っているためと思う（たとえば米国での座屈拘束ブレースでは動的試験の要求は無いが、実建物に適用できるのは試験を実施した断面までと限定される）。前述のように免震構造がその装置に耐震性能のほとんどを依存した構造であることを考えると日本でも同様の試験による

表1 免震支承の各国の試験内容

国・地域	日本	北米・南米・東南アジア	欧州(トルコ含む)
基準	建築基準法	米国基準 (ASCE)	欧州基準 (CE Mark) ^{※3}
静的試験	実大 1 方向試験	実大 1 方向試験	実大 1 方向試験
動的試験	— ^{※1}	実大 1 方向試験 ^{※2}	実大 2 方向試験
備考	※1 支承タイプにより実大 または縮小試験を実施する 場合あり	※2 縮小と実大のスケール効 果が確認できれば縮小試験も 可	※3 すべり支承の場合必要摺 動距離は 1000m 以上 (物件に よる緩和がある模様)

確認は必要と思う。

一方、このような試験が可能な施設としては、米国のカリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD)、最近稼働を始めた台湾の台湾地震研究センター (NCREE)、その他イタリア、中国があり、非常に限定されている。水平2方向加力が可能な施設はさらに限られ、UCSDはそのうちの一つである。このように限定される施設であるため、利用するには1年から1年半程度の非常に長いリードタイムが必要になる。弊社では最近UCSDにおいて球面すべり支承の実験を行った。当初1年半待ちと言われたが、別試験のキャンセルがあり短縮できたが、それでも申し込みから実現までに1年を要した。写真1はその時の実験風景である。

実大の装置を用いて実際の使用条件下で実験することは、性能を確認するうえで最も明快であり、専門家だけでなく一般の人々にもわかりやすい手法である。日本は免震技術が海外に比べて発達しており、その件数は中国には及ばないが4000棟を超えている。そのように免震構造が発展・普及した状況

下で実際に使用される大きさの免震装置で実際の条件の基、実験するには1年以上待ったうえで、米国まで行き施設を使わねばならないのが実情というのはややさびしい状況と言わざるを得ない。現在国内での大型試験機の導入が進められているが、免震装置のさらなる発展のためには国内でタイムリーにできる実験ができる施設がぜひとも必要と思う。



写真1 UCSDでの実験状況