

免震構造のすすめ

東京工業大学教授・建築物理研究センター長 和田 章

はじめに

学校建築の構造に必要な強さを、個人の住宅、企業の事務所ビルなどと比べた場合、素朴に考える人は当然強く作って欲しいと言うに違い無い。しかし、何度かにわたる戦争で多くを失い、日本が再出発した昭和20年から30年頃、ほかの建物より丈夫な学校建築を誰もが望んだとは思えない。少々レベルは低くても、数多く建てる必要があったからである。それから55年が過ぎ、時代は大きく変わった。数の問題はおおよそ解決した。何処に行っても同じ箱を並べたような片廊下式の校舎を建てる必要も無くなった。構造についても多様性が許されるようになった。将来を担う子ども達はその生活のほとんどの時間を過ごす学校建築を、ほかの種類の建築物より強く作りたいと言う要求はみんなに理解されるようになった。

兵庫県南部地震の際に被災された人達、有珠山の火山爆発、三宅島の火山爆発などの際に、避難する先として学校建築が使われている。十勝沖地震の際に真っ先に壊れてしまった学校建築を思い出すと、この30年間の絶え間ない努力が実っていると思われる。重ねて、耐震補強もほかの建物に先行して進められている。新築の学校建築では、大学の建物も含めて数えると、ここで話題にする免震構造が使われることが多くなってきた。

免震構造のしくみ

コピー用紙のような長方形の紙を長さ方向に引っ張ることを考える。引っ張る方向に対し直交した方向に左右から切りこみが入れてあったとする。この切りこみが左右から1組であれば引っ張ったとき、切れこみが繋が

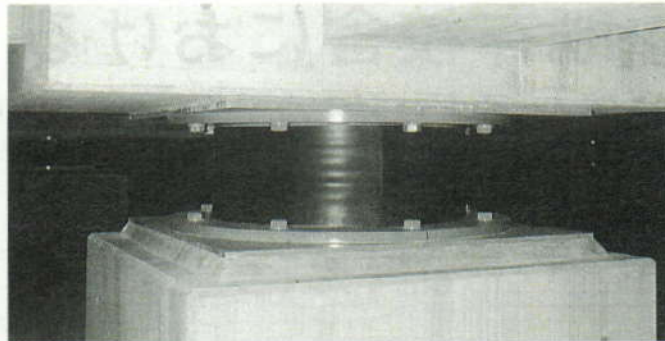
て紙は2枚に分かれる。切れこみを2組作ってあったとする。この紙を引っ張ったとき2カ所の切れこみが同じように繋がって紙は3枚に分かれるであろうか。やってみれば分かるが、紙は2枚にしか分かれぬ。破壊は1カ所に集中しやすいのである。兵庫県南部地震で壊れた三宮の中層建築の中間層破壊、芦屋浜の高層住宅群の柱の破断を思いだして欲しい。梁に比べ柱を十分に強く作った鉄筋コンクリート造の建物ではすべての梁の端部にひび割れが入り、建物全体に被害を分散できるが、地震後の補修のことを考えるとこれが最良の方法とも思えない。

免震構造は100年前からいろいろなアイデアが出され、各時代に実際に作られたものもあったが、本格的に免震構造が普及したのは、天然ゴムと薄い鉄板を交互に貼り合わせることによって作られる積層ゴムが開発されたことによる。ニュージーランド、ヨーロッパの人達によって考えられた積層ゴムは多田英之先生らの研究により、非常に性能が高くなった。鉛直荷重の支持能力は最終破壊荷重時には1cm²あたり1.5トン以上にもなる。この値は最近開発されている超強度コンクリートより高い強さであり、普通コンクリートの4倍から6倍にもなる。

この高い鉛直荷重支持能力に対し、常時荷重時には150kg/cm²前後の値を使っている。最終強度の6分の1から10分の1であり、非常に高い安全率を持たせていることが分かる。水平方向の変形能力は積層ゴムに使われているゴムの厚さの総和の4倍程度になる。ゴム総厚が16cmであれば、64cmになり、20cmのゴム総厚であれば、80cmになる。実際の設計ではゴム総厚の2.5倍程度までを用いている。このほか、免震層の過大な変形を抑え、同時に免震層に働く力を減少させるために鋼材、鉛、粘性体を用いたダンパーが組み込まれる。



免震層に働く力を減少させるダンパー



積層ゴム。天然ゴムと薄い鉄板を交互に張り合わせるによって作られる

地震時の破壊は1カ所に集中することを先に述べたが、免震構造はこの高い鉛直支持能力と水平変形能力を有する積層ゴムの部分に地震時の変形を意図的に集中させ、上部構造を助けようとする考えである。上部構造は、免震層を通して来る力より強く作らなければならないが、この水平力は大地震時を想定しても、重量の10%から15%程度である。上部構造の設計は難しくない。

上部構造の設計

平成10年に建築基準法が改正され今年の6月に施行されたが、1981年改正の新耐震設計法も継続的に使われることになっている。後者の基本的な考え方は、柱・梁などの骨組構造に変形能力を持たせ、大地震時にはこれらの構造部材を塑性化させることによって地震の入力エネルギーを吸収させる方法である。鉄筋コンクリート構造では、主に梁の曲げ降伏に期待しており、柱・梁のせん断破壊を防止することが重要であり、鋼構造でも梁の曲げ降伏に期待しており、部材の横座屈、圧縮力を受ける筋違の座屈を防止し、H形鋼のフランジ・ウェブなどの局部座屈を防止することが必要である。

免震構造の場合は、上部構造の塑性変形によるエネルギー吸収に期待していないため、免震構造として応答計算を行い上部構造に発生するであろう水平力を求め、これに対して強度的に余裕があるように部材を設計しておけば、塑性変形能力を付加する必要はなくなる。鉄筋コンクリート構造では耐震壁、鉄骨構造では筋違を自由に組み込むこともできる。壁の周囲にスリットを設けたりする必要はないわけである。

建物の平面形状・立面形状が整形でなく地震時にねじれが生じやすい建物の設計も免震構造の場合は問題なく

設計することが可能である。上部構造の剛心と重心の偏心によって生じる構造物内部の応力分担の変化を考慮して、強度に余裕のある設計を行えば、ねじれによる問題も解決できる。免震構造でない場合は、偏心によって水平力の集中する架構が塑性化すると、偏心量がさらに増えるため、ねじれ変形が大きくなり、応力の集中する架構の塑性変形を増長させてしまうところに問題がある。しかし免震構造では、上部構造を塑性化させない設計が可能になるため、このようなねじれ変形の増大の問題は起きない。

おわりに

公共的建物の代表と言われる病院建築では免震構造を用いるのが常識になっている。神戸の地震で真っ先に壊れてしまった市立病院の例を思い出すまでも無く、大地震の際に最後まで残っていて欲しい建物が病院である。公的な建築物を作る場合、建設費が問題になるが、最近の免震構造は上手な設計を行えば従来の工法に比べ高くない。最新設備を完備した病院は全体が機械のようなものであり、この部分に多くの費用をかけているから、免震構造にするために費用増加があったとしても、全体の費用に比べると微々たるものである。ライフサイクルコストを考慮し、地震動の大きさとその発生確率およびその地震動に応じて生じる損失費用を合わせて総合的に考えると、免震構造を採用した方が総費用は少なく済む。この計算は病院建築だけでなく、学校建築などほかの種類の建築にもあてはまる。学校建築ではこのような計算より、多くの青少年をあずかっている建物であることを忘れてはならない。是非、すべての学校を免震構造にして欲しい。