

新潟県中越沖地震から学ぶもの



東京工業大学

翠川 三郎

1995年兵庫県南部地震以降、わが国は地震活動期に入ったと言われている。平成19年度版理科年表をみると、この地震以降、2005年の宮城県沖の地震まで12回の被害地震があげられている。今年も3月には能登半島地震が、7月には新潟県中越沖地震が発生し、毎年1回以上の割合で被害地震を受けていることになる。これらの地震の発生位置は全国に分布し、わが国の中で地震活動度が相対的に低いと考えられている地域でも発生しており、日本のどこにでも被害地震はいつ何時発生するかわからないということを立証している。

これらの地震で免震建物も強震の洗礼を受けたが、期待通りの性能を発揮した。例えば、2004年新潟県中越地震で震度6強が観測された小千谷市内に建つ病院付属の老人保健施設は地上5階、地下1階の免震建物で、免震層の上部では最大加速度が1/4に低減され、室内での物品の散乱はほとんどみられず、地震直後から避難所として機能した。

皮肉なことに、病院自体は通常のRC造建物で、構造的な被害に加えて、給排水設備やエレベータ、医療機器の被害、カルテや資料などの室内物品の散乱がみられた。その結果、医療機関としての機能が失われ、外来治療は1週間、入院治療は2週間、停止した。これらのことから、災害時に拠点となる施設は地震直後の機能維持が重要で、免震構造が有効な方策であることが改めて認識された。

一方、本年7月の新潟県中越沖地震では、免震建物は震源域付近にはなく大きな揺れに襲われなかったが、地震工学上、大きな問題が生じた。東京電力の柏崎刈羽原子力発電所は強い揺れに襲われ、著しい放射能漏れは生じなかったものの、発電所内の施設は多くの被害を受けたという問題である。ちなみに発電所構内の地表で観測された地震動は最大加速度で約800cm/s²、最大速度で約120cm/s、5%減衰の速度応答量(周期0.5~3秒)で300cm/s程度の大きなものだった。

原子力発電所の耐震設計では、その発生が否定でき

ない限界に近い大きさの地震による地震動を想定して耐震設計を行い、周辺の公衆に対し著しい放射線被曝のリスクを与えないことが基本とされている。また、想定を越える場合も完全には否定できないので、十分な設計余裕度が求められている。

今回の地震では、敷地のほぼ直下に発生した地震の発生を事前に想定できず、設計用地震動を大幅に上回る地震動に襲われた。設計上の安全余裕が考慮されていたために原子炉本体には放射能漏れにつながる重大な被害はなく耐震設計上の安全目標は達成されたものの、付帯施設を中心に多くの被害が発生し、発電所としての機能が損なわれた。

問題点を整理してみると、①限界に近い地震というもの事前の調査でどこまで想定できるのか、②想定された地震に対して、各種震源パラメータを適切に評価し、どこまで地震動が正確に予測できるのか、③想定を越える地震動の存在を考慮して、構造物側の安全余裕をどこまで考慮すべきなのか、④原子炉本体だけでなく施設全体システムの耐震安全性についてどのように考えるべきなのか、などがあげられる。これらは相互に関連があり、独立に議論できない面もある。したがって、これらについて、今後総合的な議論が進められなければならないところであろう。

免震建物は原子力施設とは重要度や要求される安全目標が異なり、同じ土俵で議論がしにくいところではあるが、これらの問題から、免震建物の耐震設計にも教訓として学ぶべきことがあるように思える。例えば、③の「想定を越える地震動に対して安全余裕をどこまで考慮すべきなのか」が免震建物にも気にかかるところである。

兵庫県南部地震の際に建築基準法で想定されるものの2倍以上の地震動を受けても新耐震基準で設計された建物の多くは甚大な被害を受けなかったことから推察されるように、適切に設計された通常の建物はある程度の安全余裕を有している。この理由として、様々

なものが考えられ、十分な結論は得られていないが、例えば、設計上考慮されていない雑壁の影響、基礎のすべりや浮き上がりの影響などもあげられる。したがって、安全余裕は陽だけでなく陰に考慮されている面も少なくないようにみえる。

一方、免震建物の場合、構造システムが明快で、地震時に建物はほぼ設計通り挙動することが地震観測結果などから指摘されている。このことは、設計上考慮されていないファクターによる安全余裕はほとんど期待できず、安全余裕はより積極的に考慮すべきものということになる。

免震建物の耐震性能目標のうち、免震装置に対しては、ごく稀に発生する地震動(最大地動速度で50~80cm/s程度が目安)に対して免震装置の変形は性能保証限界以内で引張面圧は1N/mm²以内というのが一般的である。ごく稀に発生する地震動をどの程度上回っても耐震性能目標が確保されるかという余裕度の検討を行うと、その余裕度は建物によって異なるが、1.1~1.5倍の場合が少なくないようにみえる。

それでは、この倍率を上回る地震動に遭遇した場合、免震建物はどうなるのであろうか？ 免震装置の変形が性能保証限界を越えても直ちに装置が破断するわけではないが、変形が免震建物のクリアランスを越えて、側壁と衝突するであろう。衝突時の速度が小さければ大きな問題にはならないであろうが、衝突後の建物の挙動はどのようになるのであろうか。また、引張面圧が大きくなり、ある免震装置が破断した場合、残った免震装置に応力が再配分されるので、たちどころに不安定になるとは限らないが、その後の挙動はどのようになるのであろうか。

危機管理の手順として、①最悪の事態を想定し、どんな危険が存在するのかを認識し、②それに対してある安全目標を立てて、③考えられ得る対策を列挙し、④それらから適切なものを選択し、⑤実行する、が挙

げられる。耐震設計の問題にあてはめれば、まず、最悪の事態として、ごく稀に発生する地震動として規定されたものを越える地震動の存在を意識し、その際の建物の終局挙動を設計者がイメージすることも必要となろう。

耐震設計の実務において、各設計者はそれぞれの経験に基づいた相場感を持って、この安全余裕の問題について意識しながら設計しているのであろうが、もやもやとしたものも感じているのではないだろうか。安全余裕について、より高い説明性や合理性を求めている必要があるように思える。このことは免震建物に限らないことではあるが、構造システムが明快でかつ耐震安全性に対して社会的期待の高い免震建物については特に必要になってくるであろう。

このようなことを述べていくと、そもそも設定された入力地震動に不確定性が大きく、その不確定性を定量的に研究者がはっきり提示してくれないから困るのだとお叱りを受けることになる。確かに、自分自身も含めて地震動研究者は予想される地震動の平均的な特性について主に研究を進めてきた。しかし、そのバラツキについてはこれからの課題の部分が多く、今後研究を進めなければならない点であると自覚している。その一方で、地震という現象は複雑で一筋縄ではいかない面も多い。

したがって、この安全余裕の問題は地震動研究者側からも直ちに明快な答えがあるわけではなく、簡単には解決できそうなものではないが、これを契機に、構造設計者と地震動研究者がさらに対話を深め、大地震時の地震動に対するより正しいイメージを持つことが出発点となるのではないだろうか。免震建築の耐震安全性に対する社会の期待や信頼は大きい。その信頼に答えるためにも、安全余裕に関する説明性や合理性を高め、さらに安全で安心な免震建物の設計につながることを願っている。