

大地震にも負けない国造り —免震・制震への期待—



京都大学 名誉教授

入倉 孝次郎

私は、東北地方太平洋沖地震が起こった3月11日14時46分に33階建ての文部科学省ビルの18階に開かれていた会議に出席していた。最初は比較的小さな揺れから始まり、さざなみのような震動が約30秒続いて、その後少し大きな横揺れになり、だんだん大きくなって、ゆっくりした強い大きな揺れが約3分間続き、次第に収まった。恐怖感は感じなかったが、テーブルが倒れそうなくらい大きく揺れた。

その会議には、気象庁の方も参加しており、震源が宮城県沖であること、津波に対する警戒警報が出されたなどの情報が直ちに入ってきた。会議参加者は、地震に関する研究、観測、調査などの関係者であったため、最初は今後30年以内に99%以上という高い発生確率の宮城県沖地震がついに起こった、という比較的冷静な反応であったが、自分らが感じた揺れが宮城県沖地震にしては継続時間が長すぎ振幅も大きすぎることから、予想されたものよりも大きな巨大な地震が発生し、大きな被害を引き起こされる可能性を感じ、大きな不安が出てきた。今後の事態の対応にあたるため、会議は直ちに中止となったが、大変なのはそれからだった。

文科省の建物自体には構造的被害はほとんど見られなかったが、エレベーターが止まり、電話が使えないなど、事実上仕事ができなくなってしまった。地上においても、地下鉄が止まり、タクシー乗り場には長い行列ができ、歩く以外に交通手段がない状態になっていた。しかしながら、人々は、家路をめざしたり、職場に戻ろうとして、何の混乱もなくひたすら歩いている光景は大変印象的だった。

この大震災は、地震・津波に対する日本社会の脆弱さを露呈した。このように巨大な地震の発生が予測できず、地震に対する防災対策が十分にはなされてこなかったことに対し、地震学の研究者として、責任を痛感している。

この地震では、津波による大きな被害に比べて、揺れによる構造物被害が少なかった。もし揺れによる大きな被害が発生したら、揺れと津波の複合的な効果で被害が数倍に拡大していたかもしれない。

地震動が小さかったというわけではない。最大加速度を観測したK-NET築館の2,933ガルをはじめとして、1,000ガルを超える大加速度が20地点で点的に記録された。最大加速度が500ガルを超える強い加速度は、岩手県から茨城県までの広域で観測された。震度6強以上の範囲は南北約300km、震度6弱以上は南北約450kmにもおよぶ。また、地震動の継続時間も長かった。震源域に近い塩竈市や仙台市の記録をみると、非常に強い揺れが40秒差で2度襲ってきて、いずれもその最大加速度は、死者28名を引き起こした1978年の宮城沖地震(M7.4)の大きさを上回っている。加速度が大きく、継続時間が長いのが今回の地震による揺れの特徴である。液化化による被害が広域で発生したのは、この揺れの特性によるものと考えられる。

揺れによる構造物被害が少なかった原因として、阪神・淡路大震災のときの「震災の帯」付近で得られた地震動が1~2秒付近で大きな応答だったのに、今回の地震の地震動の応答はその周期帯域で半分以下の応答しかもっていない、ことが指摘されている。地盤の主要な揺れの卓越周期が木造家屋や中低層建物の固有周期と異なるため、地盤の揺れは大きくても、建物の揺れは少なかった、と考えられる。このことは原因の1つであるが、もっと大きな理由が別にある。強震動に対して構造物の安全を確保するには、構造物が建っている地点における地盤の揺れの性質を正確に理解した構造設計・施工が不可欠である。日本では、設計に携わる技術者が地震時の地盤の揺れの性質を理解して構造設計を行ってきたことが、構造物の揺れに対する安全性を近年飛躍的に向

上させてきた。この事実こそが今回の地震で揺れによる構造物被害が少なかった、真の理由であろう。今回の地震で東北大学の研究棟の1つが大破した原因は、丘陵地の地盤震動特性が考慮されていなかったことにある、という源栄東北大学教授の指摘は、まさに上の事実を裏付けている。

2008年に中国の四川地震のとき、震源域近く約300kmにわたって500ガルを超える強い加速度が記録された。500ガルを超える地震動の地域での全半壊率（[全壊室数+半壊室数] / 全室数）は40%に及んだ。そのため、強い揺れによって死者と行方不明を合わせると8万人以上の人々が亡くなった。

中国と日本は構造物のタイプが異なるので、地震動の強さ、被害の大きさをそのまま比較することには問題があるが、今回の地震で揺れによる被害が小さかったことは、地震国の日本で揺れによって人が亡くならないような家づくりが長年にわたって続けられてきた成果の表れと思う。

今回の地震で、注目すべきこととして、超巨大地震の震源域のすぐ近くに超高層建物の建っている仙台があり、さらに超高層建物が林立する東京が震源域からそれほど遠くないところに位置していたことである。このような超巨大地震が近代都市のすぐ近くで起こったのは、世界で初めての経験である。結果として、今回の地震で超高層建物に大きな被害が出なかったことは、建築構造関係者の努力のたまものといえる。特に、重要なことは、免震・制震構造の建物で全く被害が出なかっただけでなく、実際の揺れが半分以下になることが実証されたことにある。

巨大地震が起こったとき、どんな揺れや津波がやってくるかを予測し、それに対して安全な家屋やインフラを造るだけでなく、想定を超えた現象に対し

て致命的な災害が起こらない街づくり、それが地震に負けない国造りの基本とすべきであろう。免震や制震システムのさらなる高度化は、そのためにもっとも有望な技術の1つになるであろう。

しかし、一方で新たな課題も明らかになってきた。震源から770kmも離れた大阪市の咲洲にある大阪府咲洲庁舎では、地表では震度3であったにもかかわらず、最上階（52階）では、加速度は131ガルとそれほど大きくはないが、変位振幅が137cmという大きな揺れとなった。構造躯体には損傷がないことは確認されたが、エレベータの閉じ込め事故や内装材・防火戸等の損傷（360か所）があったことが報告されている。大阪は、切迫している東海・東南海・南海地震の震源域から最短で約100kmのところに位置しており、予測されている地震が起こったら、本当に大丈夫か早急な対策が必要とされている。

もう一つの課題は、想定を超えた地震動に対する対策である。免震・制震構造物の設計では、将来の地震に対する強震動を予測し、設定された地震動に対して安全設計がなされている。1995年阪神・淡路大震災以後、強震動観測網や都市域の深層、表層構造などのデータが整備されてきた。将来、地震が発生する可能性のある活断層や海溝型地震の詳細な調査も行われてきた、そのため、将来の地震に対する強震動予測の信頼性は大きく向上してきた。しかし、東北地方太平洋沖地震で明らかになったように、想定されていない地震が起こる可能性は否定できない。設計用に設定された地震動を超えた地震動が入力したときに構造物がどの程度の裕度をもっているか、また想定を超える地震動が入力したときにどのようなことが起こるか、事前の検証を行い、安全性を高めることが緊急に必要とされている。