

地盤の卓越周期と固有周期

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

前回のいしずえ通信第5号では、「建物の固有周期」と並んで「地盤の固有周期」という言葉を用いたが、これらの言葉には考えてみるべき要因が含まれていることについて少し言及してみたい。

建物と地盤の動特性を調べる手法には3種類がある。まず両者が同時に揺れる状態を引き起こす大きなエネルギーを持った振動源として地震があり、地震観測を行って地震計の記録を解析する方法が挙げられる。建物だけを対象とする場合には、振動源もそれなりの大きさがあればよいので起震機を用いた振動実験が行われることがある。最後に、何が振動源であるかはよくわからないのであるが、建物も地盤も常に僅かに揺れているのであり、それを抽出する常時微動観測という手法が用いられることもある。以上、地震観測、振動実験、常時微動観測の3種類であるが、振動レベル（力やひずみの大きさなど）が違うことのほかに、地震はいつ起こるかわからないという理由も加わるので設計時における対象としてはふさわしくない面がある。したがって、ここでは振動実験と常時微動観測に絞り込んで考えてみたい。

建物の固有周期を知る目的のためには振動実験は有力な手法である。結果として得られる共振曲線のピークは、建物をモデル化して固有値解析を行った1次モード（通常は各階の水平せん断変形によるモードであることが多い）の周期と一致することが多いからである。時には共振曲線に複数のピークが現れることもあり、せん断2次などの高次モードと対応することもよく経験する。また、振動実験の際に常時微動観測も合わせて実施されることも多い。その場合には周期頻度曲線が描かれ、そのピークは卓越周期と呼ばれるが、振動実験の共振曲線のピーク、とくに1次周期の場合は一致することが多いこともよく知られている。その経験に基づいて、常時微動観測の結果である卓越周期は、建物については事実上、固有周期と変わらないと解釈される場合が多い。また、起震機の取り付けがかなり大がかりとなる理由などもあって、最近では振動実験を省略し、常時微動観測だけを行って建物の固有周期を推定するケースも多くなっている。

ここで注意を要するのは、ロッキング振動（比較的高層の建物など）や、水平捻れ振動（平面的に細長い高層の建物など）が現れやすい建物、また複雑な形状を示す建物の場合などでは、周期頻度曲線で複数のピークが現れやすいことである。これらの場合はどのピークがどのモードに対応するのかを調べておく必要が生じる。

地盤の場合はどうかという、建物の振動実験で基礎など地盤と接する部分から周辺地盤に振動が伝わるのが考えられる。しかし、それはごく一部（いわば建物の振動に抵抗する周辺地盤の領域）であって、地震時のように地盤全体を揺らすというものではない。したが

って、地盤の場合は動特性を調べるのは専ら常時微動観測に頼っているのが実態である。その場合、周期頻度曲線のピークはいくつも現れるのが普通である。その原因は、一般に多層地盤という複雑性があるばかりでなく、平面的な広がりまで考えると地形的複雑性なども加わることで複雑な振動モードの重なり合うことにあると考えられる（どのピークがどのモードに対応するのかを極めることが難しくなる）。また、地盤は非線形性が強く出る性質があるので地震時の挙動とのレベル差も気になるところでもある。そうした理由からか、常時微動観測から得られるピークはとくに地盤の場合は固有周期とは言いにくく、卓越周期という言い方がなされているのである。時には比較的素直で単純な構造の地盤の場合があつて、一つのピークだけが現れ、それがモデル化した地盤の固有値解析による固有周期と一致することもある。しかし、そのような場合でさえも固有周期とは言わずに卓越周期と呼ぶのが普通である。

以上のように、建物と地盤では「卓越周期」と「固有周期」の関係には微妙な違いがあることに注意を要する。繰り返しになるが、建物の場合は「卓越周期＝固有周期」すなわち厳密には卓越周期であっても固有周期と呼ぶことに違和感がないのに対して、地盤の場合は「卓越周期≠固有周期」すなわち固有周期は「モデル化した地盤」という条件の併記が絶対条件であるために、現実の地盤では卓越周期と呼ぶべきで固有周期と呼ぶことには違和感がついて回ることを忘れてはならない。筆者は解析モデルによる地盤の固有周期についての論文をいくつか書いたことがあり、結論でそのまま実際の地盤を指しているかのような表現をしてしまったことがあるが、今となってはどのようにしてモデルの世界であることを一言断っておかなかったと反省すること頻りである。地盤の固有周期という表現はモデル化された地盤の場合に通用するものであることを再認識しておきたい。