

CS-109 教卓での振動工学に関する模型実験

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. まえがき

最近の学生はテレビやビデオを見て育っているので、平面的な図から実物を想像したり、静止した図から動いている状態を頭の中で再現することの苦手な人が多い。従って、教科書や黒板だけを用いて、振動という動的な事象を説明しても、理解してもらえないことがある。こういう理由で教卓で振動模型実験を実施するようになって久しいが、模型の数がかなり多くなり、学生も少しは奥深い現象を理解してくれているように思われるので、その内容を報告する。

2. 振動台模型

実際の振動台を用いた実験は別に実施しているが、講義中に現象を実感させるためには、教卓で実験できる程度の大きさ、持ち運びのできる簡便な振動台が要求される。その一つが写真1に示すものであり、白く見える板の奥の部分が水平に動くようになっており、電池によって回転するモーターの動きをシャフトを介して水平方向の動きに変換する。電気抵抗のつまみを調整することにより、振動数が変わる。残念ながら正弦波しか発生できない。また振動数に関わらず変位振幅が一定であるため、加速度や速度を一定にできない。

写真2も振動台であるが、こちらはモーターの回転力が直線運動しかできない重りに直接伝わり、その慣性力に対する反力で車の付いた台が動く。いわば台の中に起振機が入っており、それによる台の共振を利用している。従って共振時には大きい振幅で振動するが、共振をはずれると振幅が小さいという短所がある。

3. 振動模型

最も基本的な線形1自由度系の模型を写真3に示す。これは円形をした質量と板ばねとから成っている。簡単のために減衰機能は付いていない。写真の左と右とでは固有振動数が異なっている。真ん中の高い模型ははりを表し、加振振動数により振動モードが変化することを示すためのものである。

応答スペクトルの説明に用いる模型が写真4であり、左の模型ほど固有振動数の高い線形1自由度系である。これを振動台の上に載せて加振することにより、特に変位応答スペクトルの形状が目に見える形で容易に理解できるよう工夫が凝らされている。

写真5は2つの固有振動数の異なる線形1自由度系から成る模型で、応答が大きくなるにつれて両者が近づき、最終的には一体となって振動する。こうなるとこれまでの加振振動数では共振しなくなるというもので、一種のパッシブ制震に相当する模型である。パッシブ制震と言えば、写真6もそのひとつで、3階建て建物の屋上に設けられた水槽中の液体の量により応答が抑制される。

砂地盤の液化化を再現する模型が写真7で、透明のプラスチック製砂槽に飽和砂を入れ、マンホールの代わりのピンポン球と建物の模型の電池をセットしておき、振動が加わるにつれて液化化が進み、砂地盤の比重よりも軽いピンポン球は浮上し、逆に重い電池は沈下する現象を見せるものである。

地震のからくりを説明するための模型が写真8であり、富士山の乗っているユーラシアプレートが太平洋プレートを表すベルトコンベアの上に乗っており、ベルトコンベアの動きに応じてユーラシアプレートの復元力を表すばねが伸びる。すなわち復元力が富士山とベルトコンベアの間の摩擦力で打ち克つと、富士山は元の位置に戻ろうとして、ばね作用により振動するという、自励振動の典型的な模型である。

4. 学生の理解度、反応

板書の講義の合間に実験を入れることで、眠たそうな学生の目を覚まさせたり、あるいは実験がおもしろ

そうなので、講義では十分理解できなかった箇所を、講義ノートや教科書を見直して復習しようというきっかけになったりする。期末試験の準備において、実験の記憶が鮮明であるから、そこから講義の中身を思い出すことができると、評判は上々である。しかし一方で模型があまりにちやちな場合や、実験が期待通り進まないときには教室が騒がしくなり、収拾のつかないことに成りかねないが、教師も一生懸命努力していることだから大目に見てやろう、次回に期待しようとの動きも見られる。

5. あとがき

実験で足りないところはアニメーションやCGを用いるなどの方法もあるし、おもしろいテレビの映像をビデオで見せるという方法もある。実験も含めて講義の中身をさらに改良したいと考えている。本報告をまとめるに当たって、模型製作などお世話になった池本敏和技術官と学生に感謝の意を表します。

