

振動応答習得機で体感する動的荷重と静的荷重

—DYNAMIC vs. STATIC—

1. 動的問題と静的問題とは？

耐震設計では、動的荷重と静的荷重の意味するところを理解することが重要である。‘動いている物’、‘加速度が生じているもの’であるので、目で見て、体で感じる事が欠かせない。ここでは、手動式の振動応答習得機によって、この2つの荷重を体感いただきたい。

まずは、動的問題と静的問題を整理すると....

- ・動的問題/dynamic problem：荷重や変位が時間的に変化し、慣性力が発生する。
- ・静的問題/static problem：変位の時間的な変化（速度，加速度）がなく、静止している。

平衡方程式で言えば、動的問題では慣性力をそのまま評価し、これを静的荷重に置換すると静的問題となる。

2. 振動応答習得機による3振動子（写真1）

まずは、写真1にて、同一の架台（底部のスライドする四角い箱）に装着した、3つの振動子を確認いただきたい（写真-1(a)）。それぞれ質点の高さ（固定端からの位置）が異なり、いわゆる固有周期が異なる（質点位置が高いほど、固有周期が長くなる）。これに、手動にて適当なランダム振動を与えると、写真-1(b) または写真-1(c)のように3振動子が勝手な動きをする。手動の加減によっては、1つの振動子だけが、驚くほど大きく応答することもあり、共振現象の振動数を加減できる所がポイントである。手動による振動の周期（速い/遅い）によって3振動子の揺れ方（最大振幅）が異なり、動的特性の最も重要な特性を体感できる。

3. ラーメン部材による体験（写真2）

次に、2層ラーメン部材の模型により、動的荷重と静的荷重を説明してみよう（振動応答習得機2号機の登場）。写真-2(a)は、頭部に錘（質点）を2個搭載し、基部架台から振動させている。部材の質点に加速度 α が作用し、慣性力 $-m\alpha$ が生じている（すなわち、動的に反応している）。一方、写真-2(b)は、水平荷重を静的に作用し、構造系が釣合っている状態であり、静的問題となる。

ここで、写真-2(a)は振動中、写真-2(b)では静止状態であるが、両写真の変形がほぼ同一であることを確認されたい。言換ると、写真(b)は、写真(a)と同一の変位となるように押した時（push over）の状態であると理解いただきたい。従って、動的荷重/静的荷重の場合ともに、層間変位、断面力などが等価となっている。このことは、写真(b)のような静的荷重が、

慣性力である地震荷重に代替できることを示唆するものである。(地震荷重 $= -m\alpha$ のように考えればよい)。プッシュオーバー解析が静的でありながら、構造物の耐震性を評価できることの一理でもある。

さらに、部材模型の梁柱接合部を注視されたい。変形後も接合部にて直角が保持されていることがわかる。ラーメン構造の語源は、ドイツ語の‘Rahmen’であり、日本語に直すと‘剛節架構’となる。ラーメン部材は、部材一般部は変形しても、梁と柱の交点(接合部)が剛結していることが重要である。従って、この剛節接合部が十分に機能しない場合、地震時に損傷した場合、本来の構造性能と耐震性は保証されない。

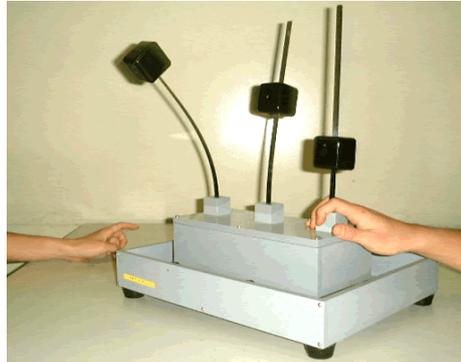
4. あとがき

振動応答習得機は、東京都市大学吉川研究室にて開発されたが、授業などにも活用され、受講学生にはすこぶる好評である(と、教員は信じている)。来室いただければ、存分に、‘揺すり’、‘プッシュする’ことができる。なお、振動応答習得機 1号機 2号機については、動画サイトにもアップしており、興味があれば閲覧されたし。

工学系動画サイト Seeing Is Believing : <http://www.evo.co.jp/musashi/>



(a) 3つの振動子の装着(静止状態)



(b) 振動時の応答の様子



(c) 振動時の応答の様子

写真1 振動応答習得機による振動実験

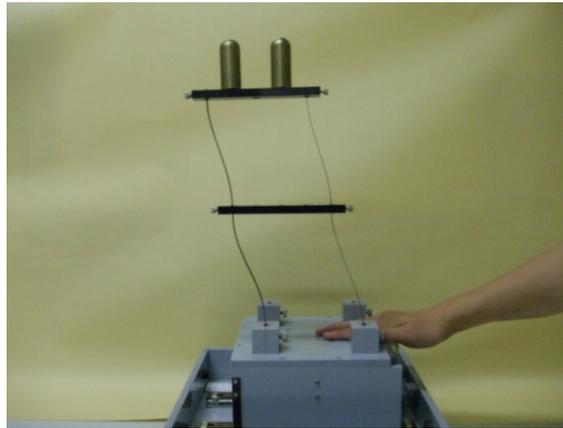


写真 2(a) 動的荷重（振動中）

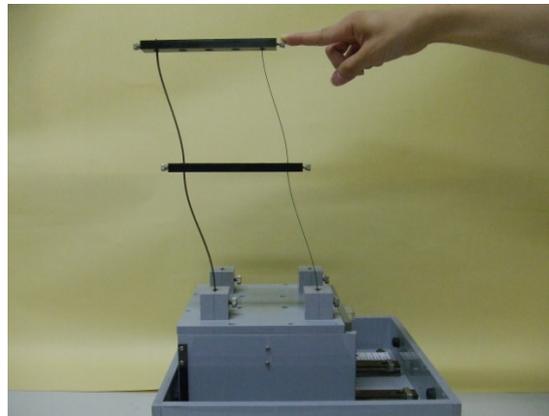


写真 2(b) 静的荷重（静止状態）