

地震の揺れと建物の共振実験 (Demonstrator of the resonance of buildings due to ground motion)

○はじめに

地震の揺れには、カタカタとした小刻みな（短周期の）揺れから、ユラユラとゆったりとした（長周期の）揺れまで、いろいろな周期の成分が含まれています。建物にも、高さや形状の違いによって、揺れやすい周期（これを固有周期といいます）が異なります。建物は、地震の揺れの中に含まれる、固有周期と同じ周期成分と反応することで、大きくかつ長時間にわたって一緒に揺れ（これを共振といいます）被害を起こすことがあります。

この実験では、低い建物（木造家屋など）や高い建物（超高層ビルなど）が短周期～長周期の揺れ成分と共振を起こして大きく揺すられるようすを見ることができます。

○ 使い方

1. アクリル板をなめらかな机の上に置き、持ち手の穴が空いた側から順番に、短い、中くらい、長い棒のついたおもりをぐらつかないようにねじ込んでください。3本のおもりはそれぞれ、低い建物（固有周期が短い）、中層ビル、高層ビル（固有周期が長い）に対応します。
2. まず、アクリル板を動かないように手で押さえて、おもりを指で弾いてみましょう。低い建物（短いおもり）はカタカタと短い周期で、そして高層ビル（長いおもり）はユラユラと長い周期で揺れることが分かるでしょう。これが個々の建物が持つ固有周期です。
3. 次に、アクリル板の持ち手に指をかけて前後に動かしましょう（大きく揺ると棒が折れます、動きは数センチ程度にしましょう）。まず、アクリル板をカタカタと速く前後に動かし、低い建物（短いおもり）だけが揺すられるように揺すり方を調整しましょう。このとき、低い建物だけが大きく揺すられ、残りの2つは揺すられずにアクリル板（地面）と一緒に動いていることがわかります。
4. 今度はゆっくりとした周期（長周期）でアクリル板を動かしてみましょう。今度は中層ビル、高層ビルのおもりだけが揺れる（共振する）ようすがわかるでしょう。このように、建物は固有周期と同じ周期の地震の揺れと共

振を起こして大きく揺れるのです。

5. 共振を起こした建物は、地面の揺れよりも数倍大きく揺れ、しかも揺れはなかなか収まりません。さらに地面の揺れが続けば、建物の共振が止まらず、建物の揺れはさらに大きくなります。

○解説

1. 地震の揺れによる建物の被害は、単に揺れの最大値（最大加速度など）だけでは決まりません。揺れの中に含まれる、建物の固有周期に対応した成分の強さを見る必要があります。仮に、超高層ビルの固有周期に対応した長周期の揺れだけが強く含まれていた場合には、木造家屋は揺れないのに超高層ビルだけが揺れることになります。
2. 地震の震源からは、短周期～長周期の揺れ成分が放出されます。地震規模が大きくなると、特に長周期成分の放出が強くなります。超高層ビルを大きく揺する長周期地震動の問題が、普段の中小地震では意識することがないのに、大地震で突然起きるのはこのためです。
3. 多くの超高層ビルは厚い堆積層に覆われた大型平野にあります。平野の厚い堆積層では、長周期の地震動成分を増幅する働きがあり、超高層ビルを大きく揺するもう一つの原因となります。
4. 地震の強い揺れで建物被害を起こさないためには、建物を強くすることは当然ですが、さらに建物の固有周期を平野で強く増幅される揺れの周期に一致させないよう、建物を設計する必要があります。

○補足

- * 「周期」とは、ある方向に揺れ、折り返して反対側に揺れ、そして元の位置に戻るまでにかかる時間です。
- * 高層ビルの固有周期は、建物の階数とおおよそ対応します。例えば、30階建ては3秒、50階建ては5秒と、階数に10をかけたものが固有周期の目安です。
- * 東京タワーの固有周期は3秒、スカイツリータワーの固有周期は10秒とのことです。霞ヶ関ビルの固有周期は5秒と6秒（それぞれ建物の短軸と長軸方向）とのことです。
- * 「震度」階級は、揺れの体感と木造家屋の被害に結びつく周期0.5～2秒

前後の地震の揺れ成分の強さに対応しています。超高層ビルの固有周期はこれよりずっと長い（3～6秒程度）ため、長周期地震動の強さを表す「長周期地震動震度階」に基づく観測情報が気象庁から試行的に出されています。

災害科学系研究部門 古村 孝志