

建物の各階における最大層間変形角を概算

1 概要

建物の各階に Geo-Stick が設置されている場合に、計測値から各階における最大層間変形角を概算する方法を検討しました。各階の剛性や重量が同じであり、減衰が無く、各階で最大加速度が同時に同方向に生じたことを前提とする理論値です。

2 多質点系モデルによる最大層間変形角の概算

3階建の建物を考えます。これを減衰の無い3質点系でモデル化した場合には、各階の質量を m 、層間の剛性を k 、各階の変形を x 、各階で計測された加速度を a として、次のような運動方程式が得られます。

$$m_3 a_3 = -k_3 (x_3 - x_2) \quad (1)$$

$$m_2 a_2 = -k_2 (x_2 - x_1) + k_3 (x_3 - x_2) \quad (2)$$

$$m_1 a_1 = -k_1 x_1 + k_2 (x_2 - x_1) \quad (3)$$

ここで、 $k_1 = k_2 = k_3 = k$ 、 $m_1 = m_2 = m_3 = m$ と近似できると仮定すると、各層間の固有周期を T ($T = 2\pi\sqrt{m/k}$) として各式は次のようになります。

$$m a_3 / k = -(x_3 - x_2) = T^2 a_3 / 4\pi^2 \quad (4)$$

$$m a_2 / k = -(x_2 - x_1) + (x_3 - x_2) = T^2 a_2 / 4\pi^2 \quad (5)$$

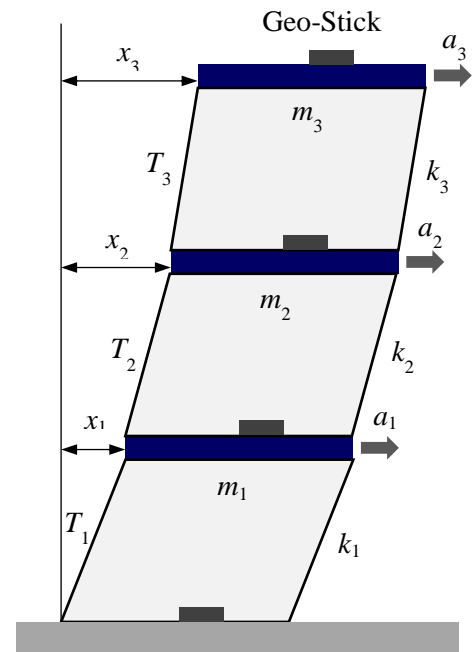
$$m a_1 / k = -x_1 + (x_2 - x_1) = T^2 a_1 / 4\pi^2 \quad (6)$$

これらより、各階の層間変形として次式が得られます。

$$-(x_3 - x_2) = T^2 a_3 / 4\pi^2 \quad (7)$$

$$-(x_2 - x_1) = T^2 (a_2 + a_3) / 4\pi^2 \quad (8)$$

$$-x_1 = T^2 (a_1 + a_2 + a_3) / 4\pi^2 \quad (9)$$



このように、各階の層間変形はそれより上の階で求めた $T^2 a / 4\pi^2$ の値を合算した値となります。これは、各階の剛性と重量が同じと見なした場合には何階建てでも成立することから、 n 階建ての l 階における層間変形 δ_l

の概算値が次のように求まります。

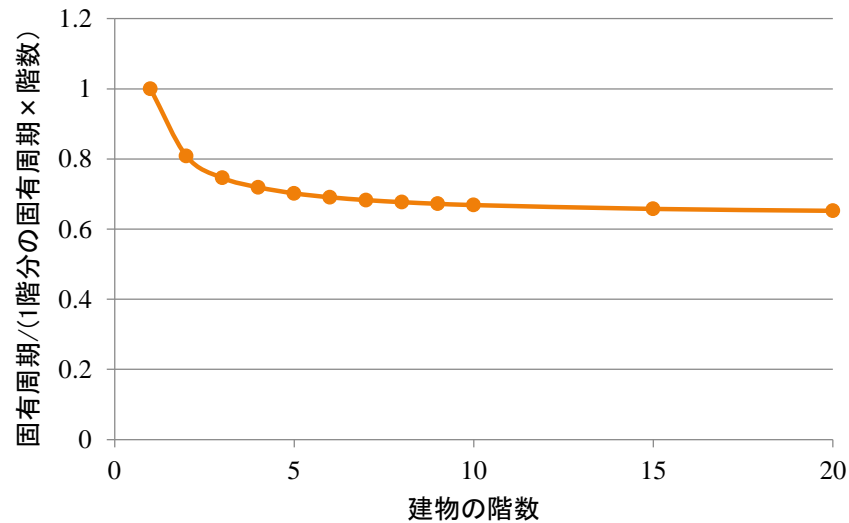
$$\delta_l = \frac{T^2}{4\pi^2} \sum_{i=1}^n a_i \quad (10)$$

また、各階の階高を H として層間変形角 θ_l は次式となります。 a_i として各階で計測された最大加速度を用いることで、各階の最大層間変形角の概算値が得られます。

$$\theta_l = \frac{1}{H_l} \frac{T^2}{4\pi^2} \sum_{i=1}^n a_i \quad (11)$$

1 階あたりの固有周期 T は、建物全体の（1 次の）固有周期 T_p より推定することとします。剛性と重量が同じの多質点系モデルで計算してみると、建物の階数が増えると建物全体の固有周期 T_p は、下図のように（1 階あたりの固有周期×階数 n ）の約 70% に漸近することがわかります。このことから、 T_p を階数 n で除して、さらに 0.7 で除せば、1 階あたりの固有周期の推定値が求まります。

$$T \approx T_p / (n \times 0.7) \quad (12)$$



建物全体の固有周期 T_p は、最上階と最下階に設置した Geo-Stick で計測された加速度時刻歴データを用い求められた、スペクトル比の最大値を与える周期を用います。

このように、建物に設置した Geo-Stick の計測データから最大層間変形角の概算値を得ることができます。建物の全ての階に Geo-Stick が設置されていない場合は、設置されていない階の最大加速度 a の値を、上下の階の値から補間や外挿により推定し、式(11)より概算値を求めます。