

振動被害の許容レベル(その2)

振動被害における許容レベルについて、今回は建築基準法に定める剛性を仮定して、建物の内部増幅の違いによる地表面の振動レベルを求めましたが、今回は建物の剛性の評価とその違いについて紹介します。

【建物の剛性】

これまでの通り、建物の被害発生は振動時の層間変形角の大きさによりますので、建物の応答加速度が同じであれば、建物の強さ(剛性)で決まります。建物剛性と層間変形角の関係は(1)式の通りです。このため、地震時の被害発生を防ぐには荷重 m を小さくするか、剛性 k を向上させるかにあります。耐震補強工事で屋根を軽く(m の低減)したり、金物で補強(k の向上)するのはこのためです。

$$\delta = \frac{m \cdot a}{k} \dots\dots\dots (1) \text{式} \quad \text{層間変形角} = \delta / \text{層高} \quad m : \text{建物質量} \quad a : \text{応答加速度} \quad k : \text{建物水平バネ強さ}$$

既存建物では、直接、剛性を求める事は難しく、さらに剛性は変形に応じて変化するので厄介な問題です。図-1は木造建物の耐力と応答変形角の関係を示したのですが、変形が進むに連れて剛性が徐々に低下する事がわかります。耐震診断では耐震要素の変形曲線1/120時の割線剛性を用いて診断しますが、工事振動被害時の層間変形角は0.5/1000程度と微小変形領域で、耐震診断時の剛性に比べてかなり高いこととなります。

【固有周期と剛性】

建物の固有周期と剛性には、 $k=2\pi^2m/T^2$ の関係がありますので、これを(1)式に代入すると(2)式となり、層間変形角は応答加速度と固有周期から求められます。但し、先の通り剛性は変形に応じて変化するので固有周期も変化します。人力加振などで測定した固有周期は、工事振動よりもさらに微小変形領域です。工事振動時の剛性は、少なくとも建築基準法の剛性より大きく、固有周期より求まる剛性より小さく、この2つの間にありますので、建築基準法の剛性を下限に固有周期の1.0~1.7倍の範囲で考えると良いようです。

図-2は(2)式を用いて固有振動数(=1/周期)と地動振動レベルの関係について示したものです。木造の一般的な固有振動数は4~8Hz程度ですので、基準法の剛性より高い事がわかります。この図から5Hz程度を考えれば、2倍程度の内部増幅で地表面の許容振動レベルは79dBであり、かなり高い値となります。

$$\delta = \frac{a \cdot T^2}{4\pi} \dots\dots\dots (2) \text{式} \quad T : \text{固有周期}$$

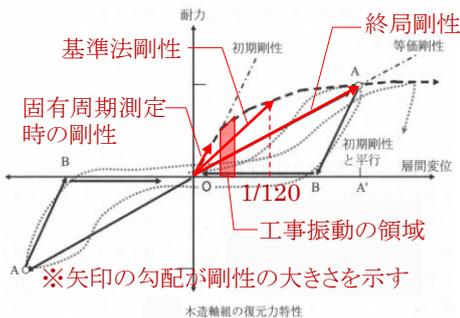


図-1 変形に伴う剛性の変化

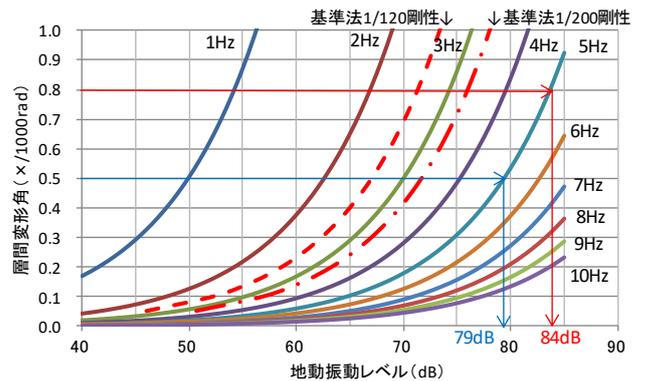


図-2 固有振動数と地動レベルの関係(増幅2倍)

【まとめ】

「許容レベル」と言っても、“建物の内部増幅や剛性”(振動特性)により大きく異なります。基準法で定める剛性(1/120)を仮定した場合、内部増幅2倍で67dB、4倍では62dBと、かなり低くなり、脆弱な建物の場合は注意が必要です。しかし、一般的な建物(固有振動数5Hz、内部増幅2倍程度)では79dBですので、実際には工事振動で簡単に被害が生じません。このように、いかに建物の振動特性が重要である事がわかります。

※損傷限界値の見直し(日本建築学会大会梗概集 2019.9)に伴い一部記述を修正しました(2020.4.1)