

高次モードにおける地盤応答への影響 変位に対する検討

Effect of higher mode on site response Examination of displacement

趙・張研究室 清水秀晶

研究概要: 耐震設計において計算を単純化するために、よく1次モードのみを考慮して求めているが、地盤が複雑な場合は高次モードを考慮する必要がある。しかし、どれほど複雑な地盤に対してどれだけのモード数を考慮すれば良いか不明瞭である。

研究目的: 高次モードの影響について最大変位からの検討を行い、どういった地盤で高次モードや1次モードが影響を与えるのかを明らかにする。

研究成果: 高次モードの検討のため、各次モードの応答評価を行う。その際使用する評価式は次式のようになる。

$$\frac{\{u\}}{u_0} = \sum_{j=1}^n \frac{1+2i\xi_j^e(\omega/\omega_j)}{1-\omega^2/\omega_j^2+2j\xi_j^e(\omega/\omega_j)} \{\beta^{(j)}\mu^{(j)}\}$$

ただし、 $\{u\}$: 各次モードを考慮した地盤応答、 u_0 : 全モードを考慮した地盤応答、 ω : 振動数、 ω_j : j 次モードの振動数、 i : 複素数、 ξ_j^e : 等価減衰定数、 $\{\beta^{(j)}\mu^{(j)}\}$: 刺激関数である。

最大変位の検討を行うため、Trifunacの積分方法を使用して加速度から変位への変換を行う。この方法は長周期成分を取り除いた加速度波形を2回積分することでおよそ正しい変位波形を得るというもので、長周期成分を検出するフィルターは次式のようになる。

$$H(f) = \begin{cases} 1 & f \leq f_c \\ \frac{f_T - f}{f_T - f_c} & f_c \leq f \leq f_T \\ 0 & f > f_T \end{cases}$$

ただし、 f : 振動数、 $f_c=0.05\text{Hz}$ 、 $f_T=0.07\text{Hz}$

この積分をMATLABで再現し、同じ積分を行っているk-WAVEと比較した。また、この方法では繰り返し計算を行うと精度が上がる。繰り返し計算の効果は図1の通りである。

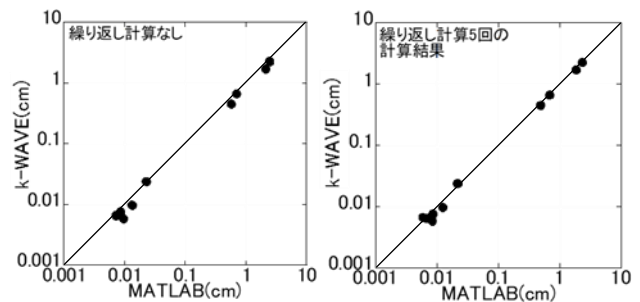


図1 k-WAVEとMATLABの計算結果の比較

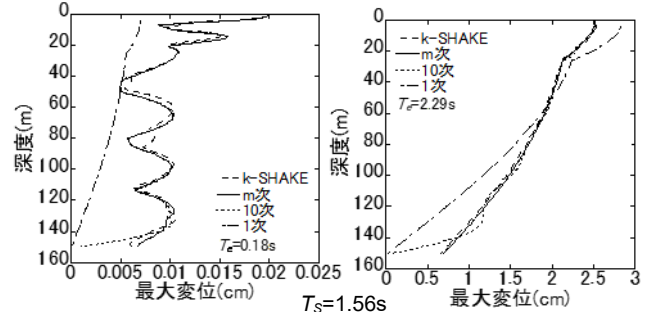


図2 各次モードの最大変位の結果の比較

卓越周期 $T_s=1.56\text{s}$ の地盤に卓越周期 $T_e=0.18\text{s}$ 、 $T_e=2.29\text{s}$ の地震波を与えたものを例とし、これらを組み合わせたものを図2に示す。これにより本研究では最大変位の応答において高次モードの影響は地盤と地震波の卓越周期が近くなると1次モードの影響が強くなり、離れるほど高次モードの影響が強くなるという結論に至った。

苦労した点や感想など: Trifunacの積分方法を再現するためにこの積分の手順と内容を正しく理解し、MATLABでプログラミングしなければならないことが大変だと感じた。プログラミングではうまく作動しないことも多く、一つ一つの確認や考え方を考えてみることも大切だと思いました。