

I-157 非線型応答に及ぼす重力の影響について

東京都立大学工学部 正会員・国井隆弘
同 同 福井留男
住友金属工業 同 飯田又雄

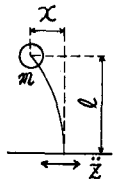
1. まえがき

動的耐震解析において重力の影響を論じた例は以外と少ない。^{1) 2)} しかしながら構造物の水平変位が塑性領域に及ぶ場合、重力が危険側として作用することは十分考え得るしまたその様な事例が幾つか指摘されている。¹⁾ 本論は単純系の非線型応答において、上下動の影響を無視して²⁾、重力の影響を考慮した近似式を用いることにより、定性的に重力の影響をとらえようとしたものである。

2. 方法

図-1で慣性力、減衰力、復元力を水平方向に、重力を鉛直方向にとれば運動方程式は近似的に

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + f(x) - mgx/l = -m\ddot{z} \dots\dots (1)$$



となる。ここで $f(x)$ は復元力である。解析は以下に列記する方法でおこなわれた。

- a. 単純系の固有周期(線型時)は T_0 とし $\tau = 0.02$, $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ とする, T_0 は 0.1~2 の範囲を考慮する。
- b. 入力 \ddot{z} は $\ddot{z} = \sin \omega t$ とし, ω/ω_0 は 0.1~4 の範囲を考慮する。
- c. 応答は最初から主要 10 周期波の最大値をとり, 全て相互の相対比で評価する。
- d. 構造物の高さ l は 3~20 m の範囲を考慮する。
- e. 数値計算は線形加速度法とし, 時間キザミ Δt は $\omega/\omega_0 \leq 1$ では $\Delta t = T_0/50$, $\omega/\omega_0 \geq 1$ では $\Delta t = T_0/50$ とする。ただし $T = \frac{2\pi}{\omega}$
- f. 復元力特性は bi-linear 型とし, 図-3の如く 4つのタイプを考慮する。線型限界は線型応答の場合の最大値 $|x_{elmax}|$ から決まる。このため ω/ω_0 の値により線型限界の値が変化する。⁴⁾

3. 結果

図-2に線型の場合, 図-4~図-7に Type I~IV の場合の結果を示した。たゞ軸は全て(重力の影響を考慮した)/(重力の影響を考慮せず)の応答の比である。横軸は全て ω/ω_0 の比である。尚, a. は $T_0 = 0.7 \text{ sec}$ として l の変化による影響を見たもので, b. は $l = 10 \text{ m}$ として T_0 を変化させた場合である。また D は変位, A は加速度について検討していることを示す。

これらの図から以下に列記する定性的な傾向が観察できる。

① 全体として非線型応答では重力の影響は加速度よりも変位に大きく作用し, しかも変位を増加させる(危険側となる)傾向を持つ。

1) R. Husid "Effect of Gravity on the Collapse of Yielding Structure with Earthquake Excitation"
2) 家村, 他 "重力および上下地震動を考慮した非線形解析" (1969) proc. IV NCEE 振動解析, p. 29 国土学会全国大会 1974.10
3) 鹿又, 他 "動的内題における数値計算法の精度に関する一考察" 土木学会第10回関東支部大会 1974.5
4) Bi-linear 復元力特性を持つ構造物の地震応答, 土木学会論文報告集 1971, 4

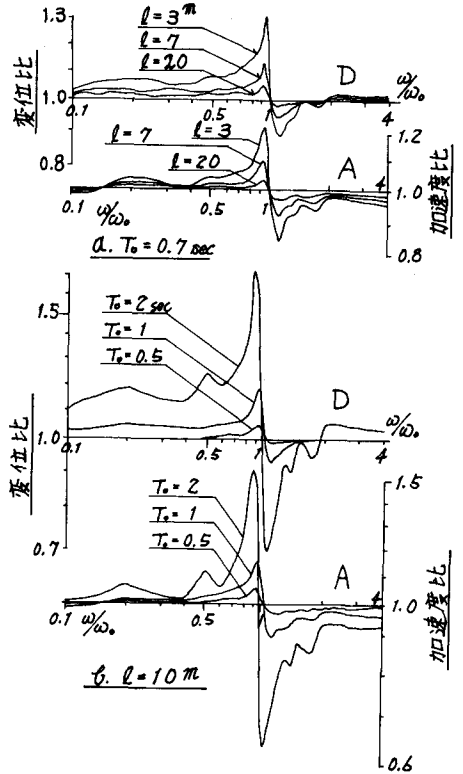


図-2 重力の影響(線型の場合)

$$\text{比} = \frac{\text{重力を考慮}}{\text{重力考慮せず}}$$

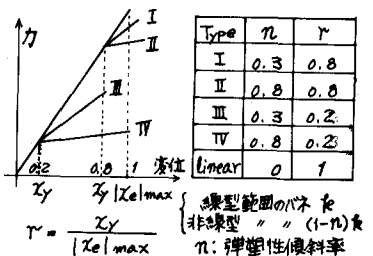


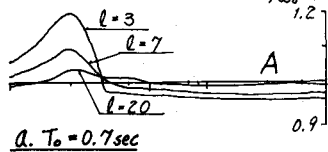
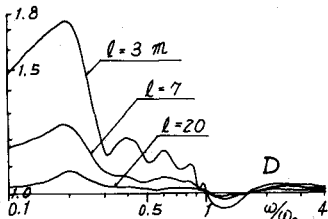
図-3 Bi-linear の4つの Type

② 重力の影響が応答を増大せしめるのは $\omega/\omega_0 < 1$ の場合が多い。

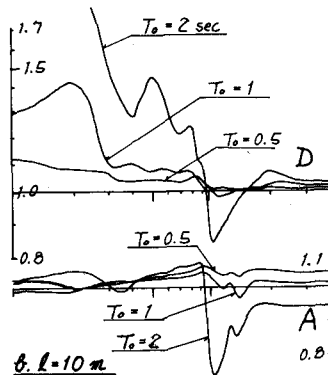
③ 重力の影響は Type II, IV に強く現われ、Type I, III は影響が小さい。このことは、影響が地震の大小よりも弾塑性傾斜率に強く及ぶことを感じさせる。

④ l が小さい程、また T_0 が大きい程、重力の影響は大きい(線型でも)、 $l=20m$, $T_0=0.7sec$ で最悪の場合^約 $l=10m$, $T_0=0.5sec$ で同じく割前後が重力によって増大化される。

⑤ 重力の影響は式(1)により見かけ上 T_0 を大きくすることが解るが、このため、線型に近い程 $\omega/\omega_0 = 1$ 近くで影響の傾向が反転する。 l がしなから Type III, IV ではこの反転の位置が $\omega/\omega_0 = 0.8 \sim 0.4$ に移動しており、重力の影響と非線型応答とが相乗的に共振を $\omega/\omega_0 < 1$ の方向に移動させたものと予想される。

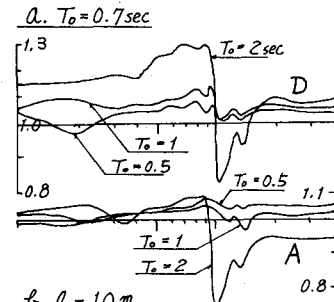
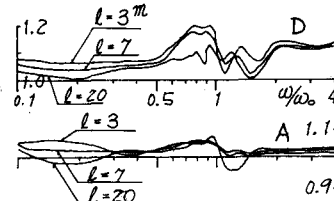


a. $T_0 = 0.7sec$



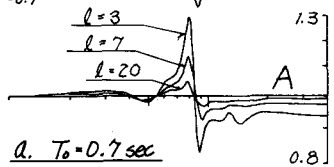
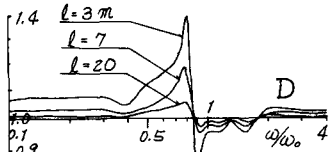
b. $l = 10m$

図-5 Type II

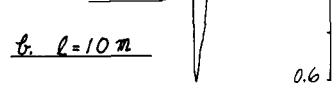
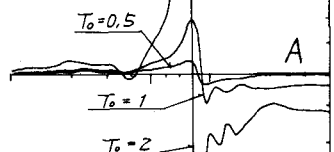
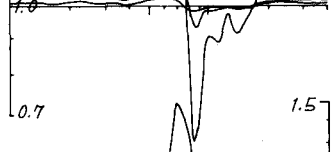
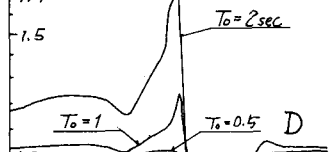


b. $l = 10m$

図-4 Type I



a. $T_0 = 0.7sec$



b. $l = 10m$

図-6 Type III

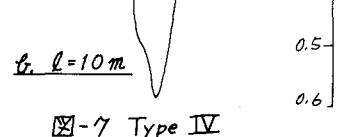
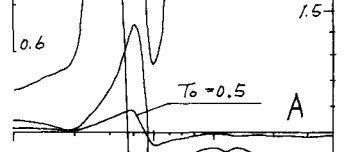
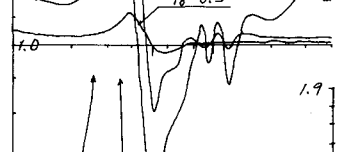
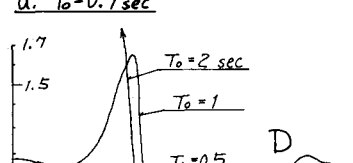
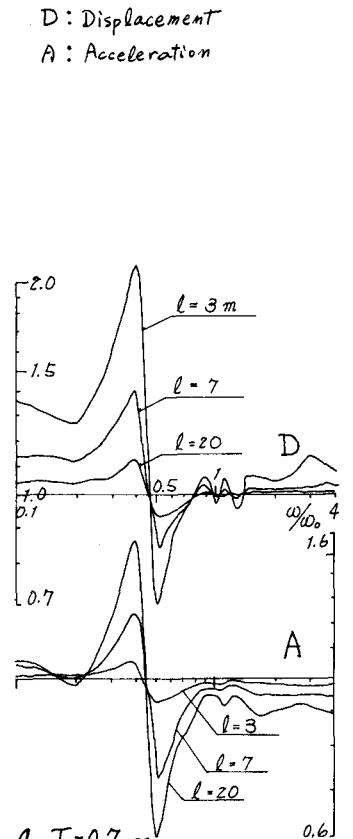


図-7 Type IV

D: Displacement
A: Acceleration