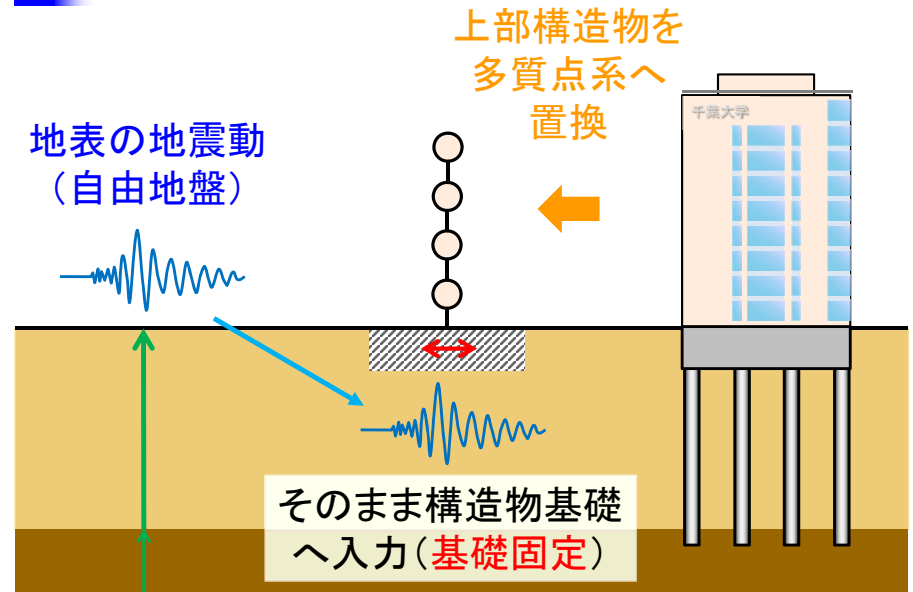


# 都市防災工学

## 第6回 建物と地盤の動的相互作用

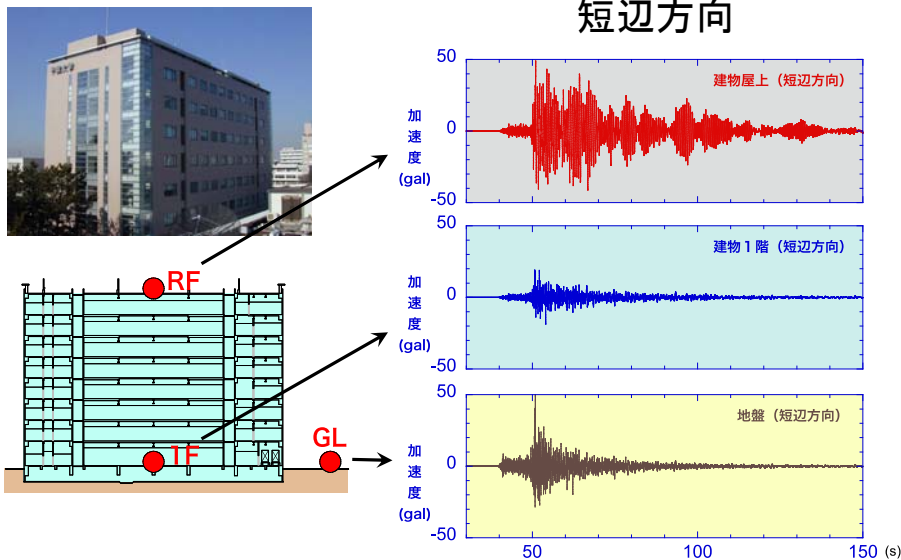
### 一般的な構造設計での地震応答計算



基礎が地表の地震動と同じように挙動すると仮定

2

### 工学系総合研究棟における地震観測記録



基礎の応答は地表の地震動より小さくなる

3

### 地震記録と建物被害

近年地震観測網の発達により、地表で1gを超える地震記録が多く観測されている。しかし、観測点周辺では必ずしも建物被害は大きくない。地震記録を基礎固定で入力し計算すると被害を説明できない。



建物と地盤の動的相互作用による入力の低減があったことが原因とされることが多い。

4

## 建物と地盤の動的相互作用

### Dynamic Soil-Structure Interaction

- **慣性の相互作用** Inertial Interaction

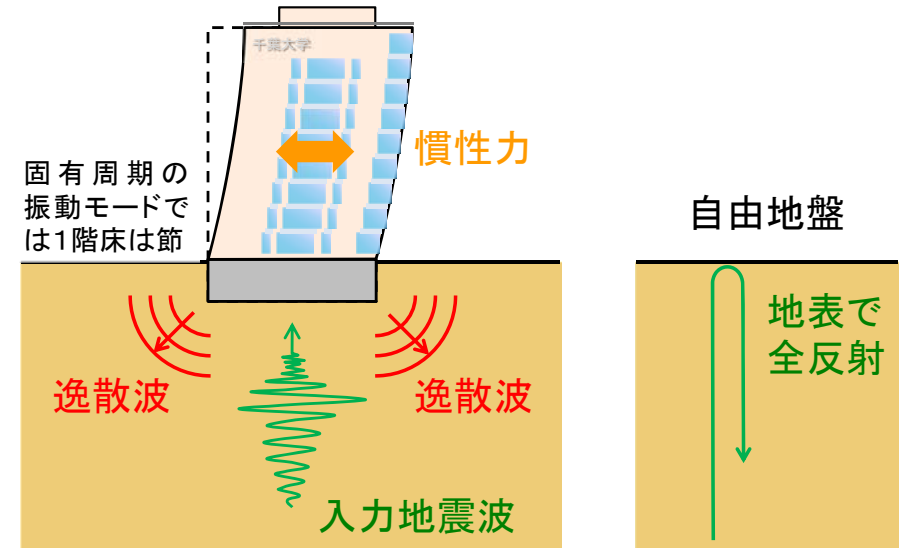
建物が地震によって揺すられ(慣性力が作用し),  
その振動が地盤に影響を与える  
地盤に作用を及ぼすことによってその振動エネルギーが逃げていく: **逸散減衰**

- **入力の相互作用** Kinematic Interaction

建物が存在することによって地盤の動きが変化する  
建物の存在が地盤の動きを拘束する: **入力損失**

5

## 慣性の相互作用

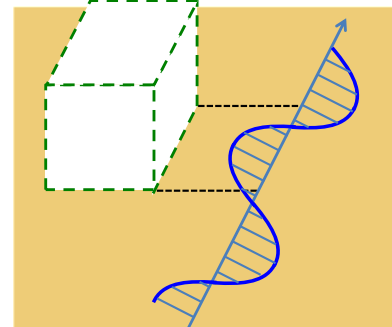
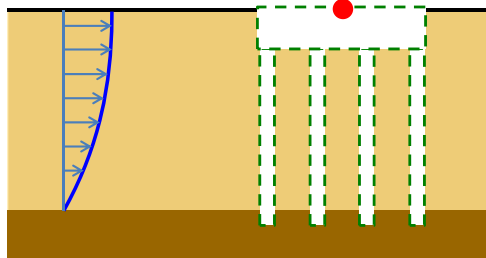


建物の振動エネルギーが地盤へ逃げていく(**逸散減衰**) 6

## 入力の相互作用

基礎頂部の応答  
が上部構造物へ  
の**基礎入力動**

波動伝播

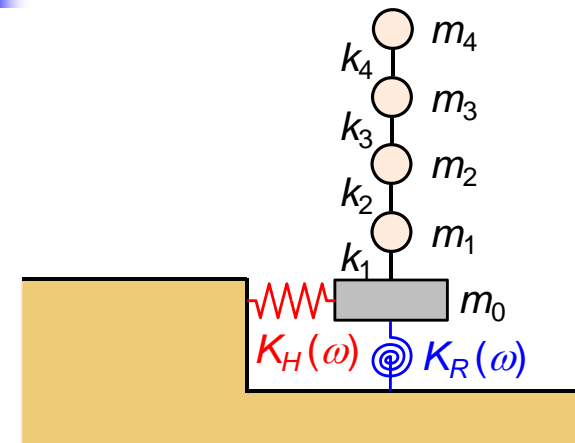


自由地盤の  
地盤変位 無質量で剛性  
を持った基礎

慣性力は発生しないが地盤の変形を拘束する  
⇒ 応答が小さくなる ⇒ **入力損失**

7

## スウェイロッキングモデル



$K_H(\omega)$ : スウェイばね  
水平インピーダンス  
 $K_R(\omega)$ : ロッキングばね  
回転インピーダンス

ともに複素数

8

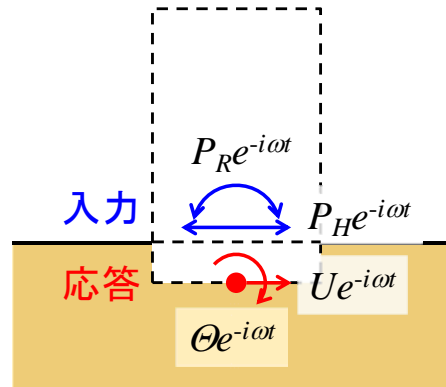
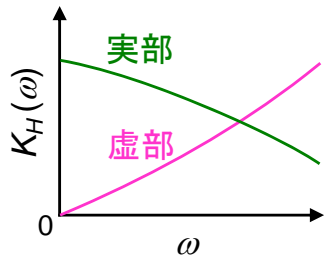
# インピーダンス

## インピーダンス Impedance

質量のない基礎における力と変位の関係  
地盤ばね

$$P_H e^{-i\omega t} = K_H(\omega) U e^{-i\omega t}$$

$$P_R e^{-i\omega t} = K_R(\omega) \Theta e^{-i\omega t}$$



高振動数ほど減衰が大きい

# 建物—地盤連成系の固有周期

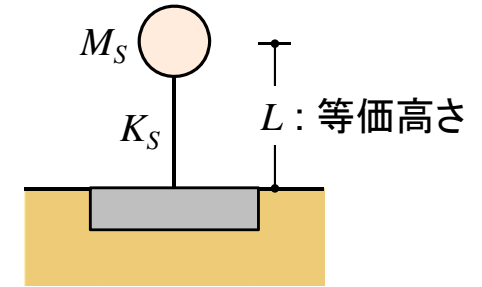
基礎固定時の周期が地盤の影響により変化

$$T_e = \sqrt{T_0^2 + T_s^2 + T_r^2} \quad \text{周期が延びる}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{M_s / K_s}$$

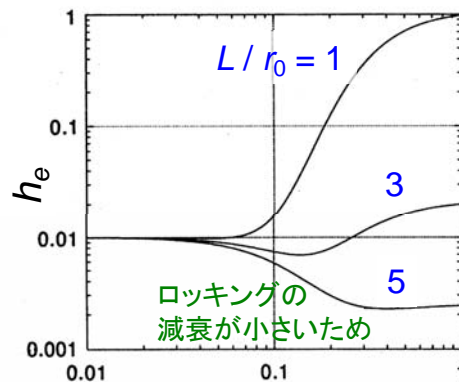
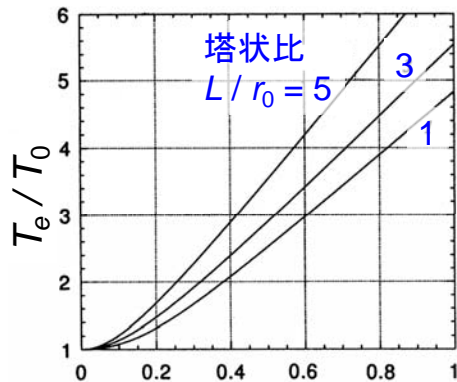
$$T_s = 2\pi\sqrt{M_s / K_H(\omega_e)}$$

$$T_r = 2\pi\sqrt{M_s L^2 / K_R(\omega_e)}$$



$T_0$ : 基礎固定時の周期  
 $\omega_e$ : 地盤の影響を含めた系の固有円振動数

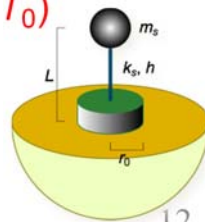
# 周期と減衰の変化



$L / (V_s T_0)$   
建物に対する  
相対的な地盤のやわらかさ

地盤が軟らかいほど系の固有周期は延びる  
塔状比の大きい建物は減衰が小さい

$L / (V_s T_0)$



# まとめ

建物と地盤の動的相互作用には、慣性の相互作用と入力との相互作用がある。

動的相互作用によって低減するのは高振動数領域  
連成系の固有周期は延び、構造物の応答は基礎固定よりも一般に低減する。

以下のものほど、動的相互作用の効果は大きく、構造物への入力低減される。

- 地中への根入が深い
- 地盤が軟らかい
- 建物の塔状比が小さい

