

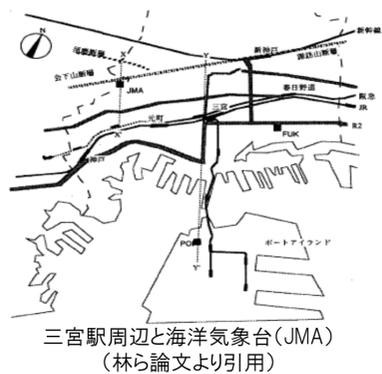
基礎浮き上がり構造物の地震応答解析と既往の実験結果との比較

Validation of Seismic Response Analysis of Foundation Uplift Structures with Experimental Results

研究背景

過去の大地震(EX.兵庫県南部地震)では設計値よりも非常に大きな地震動が作用したにもかかわらず、被害が軽微な例が存在した。

地盤と建物の相互作用が原因と考えられる。

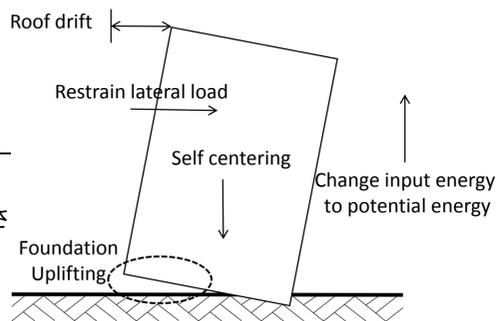


基礎浮き上がり現象

1次設計において、基礎固定が前提

わざと浮き上がらせることで応答低減効果を期待

- 地震入力を低減
- メンテナンスフリー
- システムの簡潔さ



将来的な制震構造技術への適用を目的に...

研究目的

これまで...

基礎浮き上がりによって上部構造の応答が低減される理由がいくつか考察されているが、未だ未解明な部分は多い。

また...

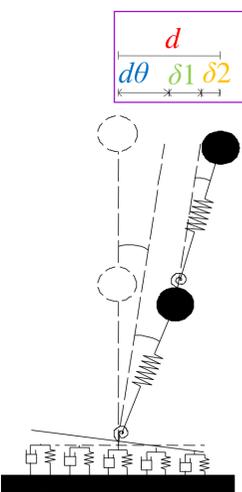
地震動において上下動成分の影響は小さいと考えられていたが、近年上下動成分の大きい地震動が観察されている。

そこで...

上部構造の鉛直剛性を考慮した有限回転角モデルを作成し、基礎浮き上がりに関する和田らの振動台実験の実験結果と解析結果を比較し、当解析モデルによる浮き上がり現象を考察する。

解析モデル

解析モデル



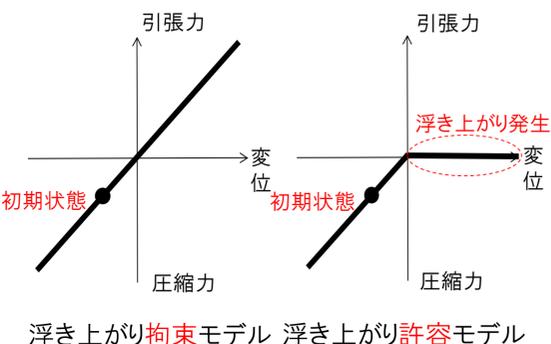
有限回転角モデル

地盤:一様分布連続ばね

- d: 頂部の水平変位($\delta1 + \delta2 + d\theta$)
- $\delta1$: 第1層の層間変形
- $\delta2$: 第2層の層間変形
- $d\theta$: 基礎の回転による水平変位

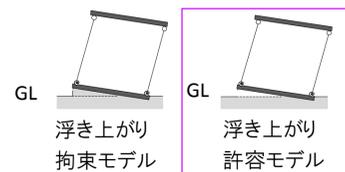
基礎と地盤の関係

地盤の復元力



浮き上がり拘束モデル 浮き上がり許容モデル

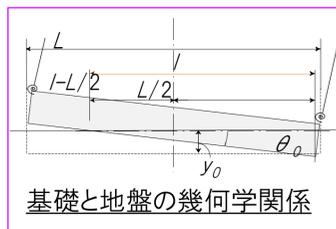
基礎浮き上がり時(浮き上がり許容モデル)



$$l = \frac{L}{2} \cos \theta_0 - \frac{y_0}{\tan |\theta_0|}$$

$$\eta = \frac{l}{L \cos \theta_0}$$

L: 基礎の幅, y_0 : 基礎の鉛直変位, θ_0 : 基礎の回転角



基礎と地盤の幾何学関係

接地幅および接地率の低下に伴い、地盤反力が低減

地盤反力の低減

$$R_v = \frac{1}{2} k_v l^2 L \tan |\theta_0|$$

$$(k_v = K_v / L^2)$$

$$M_R = \left(\frac{l}{2} - \frac{L}{3} \right) R_v$$

K_v : 地盤の鉛直剛性

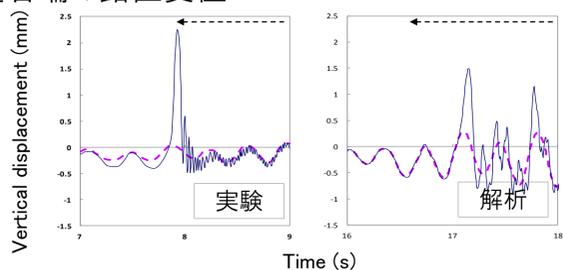
浮き上がりによる非線形振動特性

基礎浮き上がり構造物の地震応答解析と既往の実験結果との比較

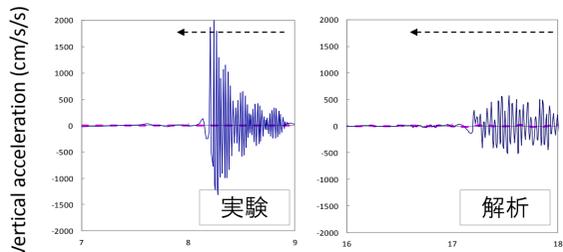
Validation of Seismic Response Analysis of Foundation Uplift Structures with Experimental Results

鉛直方向

基礎右端の鉛直変位

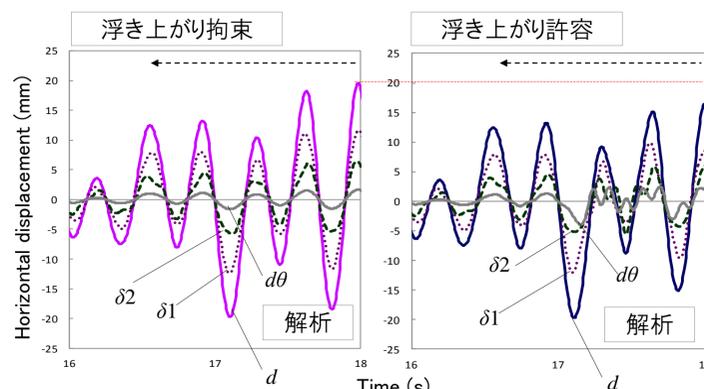


基礎右端の鉛直加速度



水平方向

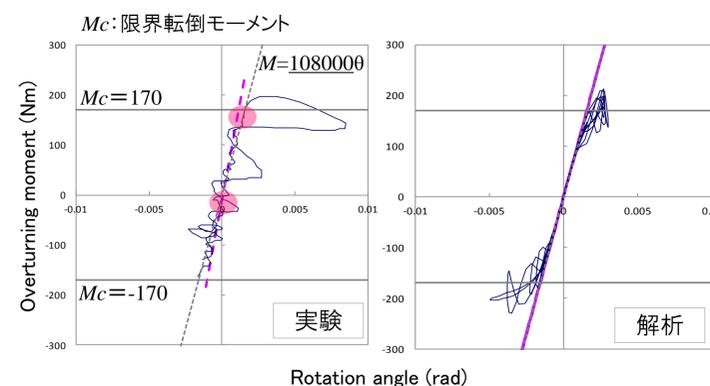
頂部の水平変位成分分解



d: 頂部の水平変位($\delta1 + \delta2 + d\theta$) $\delta1$: 第1層の層間変形 $\delta2$: 第2層の層間変形 $d\theta$: 基礎の回転による水平変位

転倒モーメント

上部構造基部の転倒モーメントと基礎回転角の関係



●: 浮き上がり発生位置

結論

実験と解析の比較から

- 浮き上がり後の短い周期の応答の有無や減衰が両者で異なる。これは実験では集中ばね、解析では連続ばねという支持ばねの違い、および浮き上がりの大きさの違いによるものである。
- 転倒モーメントは浮き上がりが生じることにより頭打ちになる。また集中ばねでは限界転倒モーメント M_c より小さな値で浮き上がりが生じる場合がある。

浮き上がり拘束モデルと許容モデルとの比較から

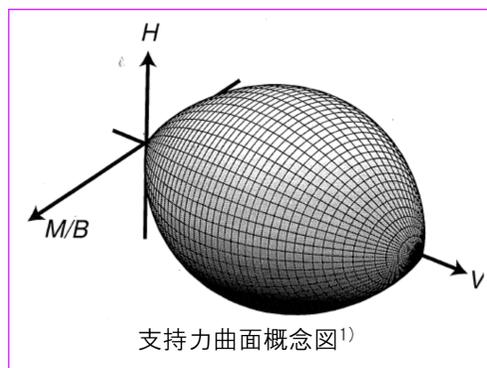
- 浮き上がることで上部構造と基礎の応答に高次振動成分が表れ、それぞれの応答のピークが異なる時刻で生じ、水平変位が小さくなる。

今後

地盤の材料非線形を考慮した基礎浮き上がり構造物の地震応答解析

マクロエレメント理論を参考に、地盤の塑性化を新たに追加したモデルでの基礎浮き上がり挙動を確認する。

マクロエレメント理論¹⁾: 組み合わせ荷重(V,H,M)を受ける基礎・地盤系を一つの要素として扱い、塑性挙動を記述するもの。組み合わせ荷重の増加に伴い、支持力曲面の内側で相似な降伏曲面が発展する。



支持力曲面概念¹⁾

運動方程式

$$[M1] \{\ddot{u}\} + [M2] \{(\dot{u}')^2\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} + \{F\} = -\{Mg1\} \ddot{X}_g + \{Mg2\} (\ddot{Y}_g + g)$$

$$\{\ddot{u}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{\theta} \\ \ddot{x}_0 \\ \ddot{y}_0 \end{Bmatrix}, \{(\dot{u}')^2\} = \begin{Bmatrix} (\dot{\theta})^2 + 2\dot{\theta} \cdot \dot{\theta}_0 \\ (\dot{\theta}_0)^2 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}, \{\dot{u}\} = \begin{Bmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \end{Bmatrix}, \{u\} = \begin{Bmatrix} \theta \\ x_0 \\ y_0 \end{Bmatrix}, \{F\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ V \\ H \\ M \end{Bmatrix}$$

{F}: マクロエレメント部の組み合わせ荷重

※1) 独立行政法人土木研究所 構造物研究グループ 基礎チーム: 土木研究所資料第4101号, ISSN 0386-5878, 直接基礎の地震動挙動を予測するための数値解析モデルの開発, 平成20年2月