

地盤条件変化点の建物の地震被害への影響

前橋工科大学 学生会員 ○宮崎博敏
前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. はじめに

地震で被害を生じるか否かは①地震の条件、②地盤条件、③構造物条件によって¹⁾が、構造物の地震被害は地盤条件の不連続点(変化点)で多くみられる。²⁾ここでは地盤条件変化点に着目した簡易モデルを数パターン作成しその解析結果を比較検討することで、地震発生時に地盤が構造物に与える影響について考察する。

2. 地盤と構造物の関係

2005 年ｽﾌﾟｰｸ松森(支持杭基礎)では温水ﾌﾟｰﾙ天井の 9 割強に脱落が生じた³⁾⁴⁾。ｽﾌﾟｰｸ松森の建物は地震でウォーターライダーという重く基礎がさらにしっかりした構造部分が地盤の動き(その傾斜方向)に大きく抵抗したため、特に大きく動いた南側の地盤から基礎が大きい力(偏土圧)を受け、天井落下等の被害が発生したことが考えられる⁵⁾。それには(図 1)⁵⁾に示すように基礎杭が基礎にしっかりと根入れされていたため杭と基礎が地盤に人工的な不動点をつくって地盤の動きに大きく抵抗したことが影響していると考えられる。

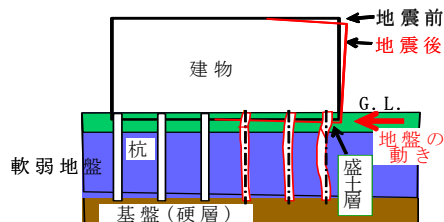


図1 建物の地震被害と地盤と基礎の関係の推定図⁵⁾

3. 地震応答解析

以上のような推定から地盤条件変化点における建物の地震の影響の応答解析を行う。解析モデルとして建物は地上 3 階、地下 1 階のラーメン構造で鉄筋コンクリート造、基礎はPC杭、土層は上から砂礫層、軟弱粘性土層、砂礫層、基礎からなる 4 層に設定した。全部で 4 通りのモデルで解析を行い地盤条件変化点の有無、杭基礎の有無によりどのような影響があり実際の地震被害と比べてどのような違いがあるかも検討する(図 2)。解析に用いた特性値および地盤の非線形性を考慮するための特性曲線を表 1 と図 3 に示す。地震応答解析ではプログ

ラムmicro-FLUSH⁶⁾を用いた。入力地震動は 1995 年兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測されたNS 成分地震波(図 4)で、最大値を 300gal に調節して解析モデル基礎側から入力して水平方向に加震する。

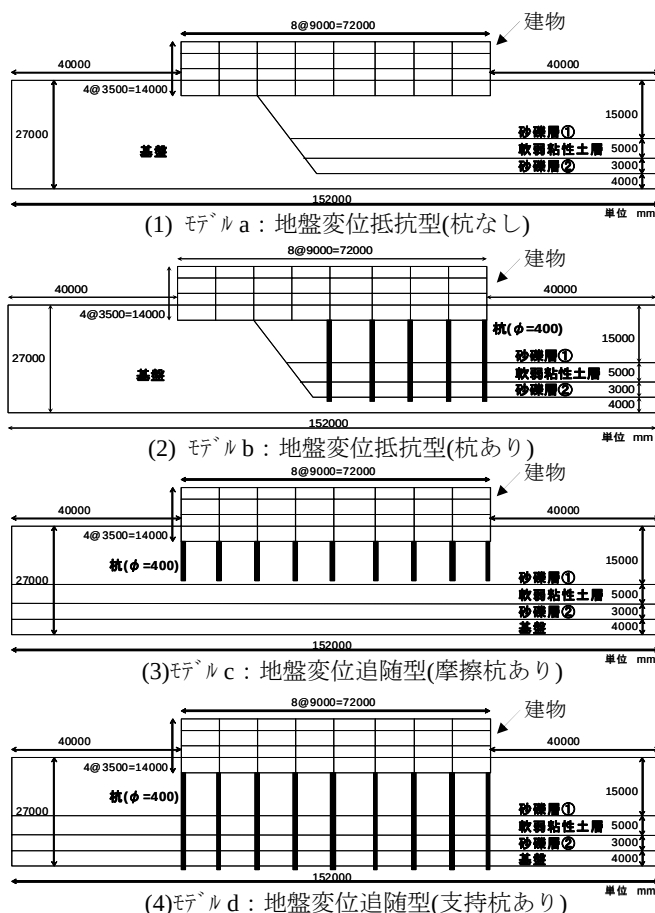


図 2 応答解析モデル

表1 建物と杭と地盤の材料特性⁷⁾

(1)建物と杭

	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (tf/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 (tf/m ²)	断面積 (m ²)	断面二次モーメント (m ⁴)	初期減衰定数 h(%)
柱	0.2	2.5	83800	0.1029	0.00549	2
梁	0.2	2.5	46600	0.0929	0.0131	2
PC杭	0.2	2.5	66000	0.0359	0.000359	2

(2)地盤

	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (tf/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 (tf/m ²)	初期減衰定数 h(%)	材料特性曲線 G~ γ , G~h曲線
砂礫層①	0.49	1.8	5453	5	SAND-150(kPa)
軟弱粘性土層	0.45	1.4	357	10	CLAY-200(kPa)
砂礫層②	0.49	1.8	5453	5	SAND-300(kPa)
基礎	0.45	2	50000	3	一定

キーワード：地盤条件変化点、地震被害、地震応答解析、地盤状態

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 Tel:027-265-7342 E-mail:nasu@maebashi-it.ac.jp

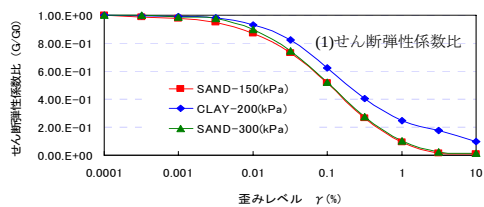
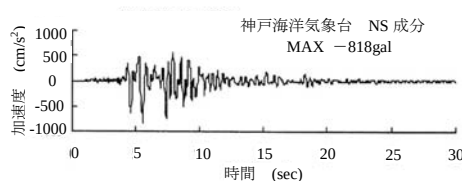
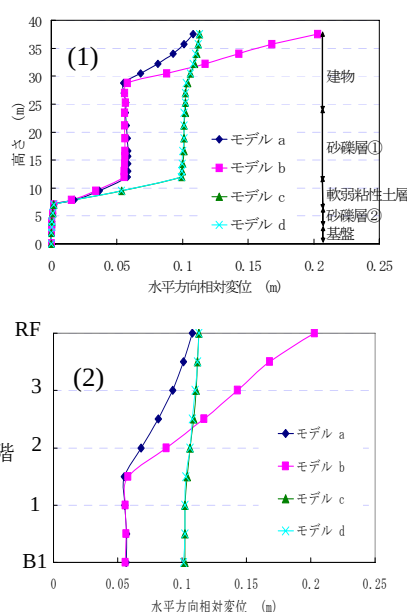
図3 地盤材料のひずみ非線形特性曲線⁷⁾図4 入力波形⁸⁾

図5 相対変位解析結果

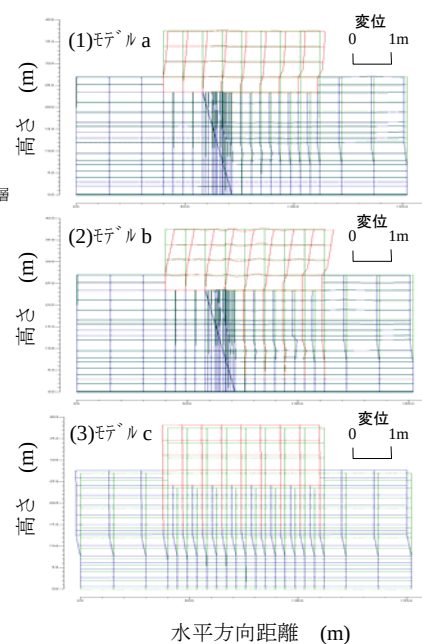


図6 メッシュ変位図(最大変位応答値)

4. 解析結果

解析によりさまざまなデータが得られるが、今回は相対変位に着目した。図5(1)に示すのが建物右端の水平方向の相対変位の鉛直方向分布、同(2)がその建物部分のみを拡大した構造物の各階の節点における水平方向相対変位である。図6はモデルa, b, cのメッシュ変位図である。図5, 6より以下のことが分かる。

(1)地盤変位抵抗型について(モデルa, b)

モデルaとbでは地表面にあたる高さ27m付近から建物の屋上に向かって急激に大きく変位していることがわかる。基盤と砂礫層②ではほとんど変位せず軟弱粘性土層で一度大きく変位する。屋上に当たる高さ37.5mの地点ではモデルaで0.1m, モデルbで0.2m変位を示している。建物変位に関していえばモデルbの方が3倍変位している。

(2)地盤変位追従型について(モデルc, d)

地盤変位抵抗型モデルに比べて軟弱粘性土層での変位は0.1mとおおよそ2倍の値となっている。しかしそれより上側の変位をみると約0.1m一定の変位である。これは地盤の動きに追従して基礎と建物ともに地盤と平行に動いたため大きな変位がなかったと考えられる。なお、摩擦杭のモデルcと支持杭モデルdでは今回の解析ではほぼ同じ挙動をしているが、基礎の構造が違うのにこのような結果を生じたのは杭の強度が弱かったのか入力地震動が大きすぎたのかななどの原因が考えられる。図6からも上記(1), (2)のことが分かる。

5. まとめ

以上の解析から建物被害原因を推測する。即ち、地盤条件変化点に構造物があり、軟弱地盤側に支持杭がある場合はない場合よりも建物の変位は大きくなる。それは基盤まで杭がしっかり根入れされていると杭と基礎が地盤に人工的な不動点を作り、地盤の動きに大きく抵抗して大きい偏土圧を受けるためその反動で建物には大きな変位が生じて層崩壊などの被害が発生しやすいものと考えられる。水平方向に硬質地盤と軟質地盤の境界部がある場合、その上にある建物は支持杭の有無に関わらず被害を受けやすい。モデルcのような摩擦杭の場合は地盤の変位に追従して地盤から偏土圧を受けないため建物は被害を受けにくい傾向にあると考えられる。なお、今後とも解析を続けて建物被害原因を追究する予定である。

おわりに、地震応答解析でお世話になった地震工学研究所と基礎地盤コンサルタツの関係者に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1)池田俊雄編:地盤と構造物,pp.151
- 2)那須誠:地震による被害構造物と無被害構造物の地盤の違い,土木建設技術シボジウム2003 論文集,2003.7
- 3)日本建築学会編:宮城県沖を震源とする地震による天井落下被害速報,AIJ ホームページ,2005.8.22
- 4)日本建築学会シェル・空間構造委員会,耐震性能小委員会編:2005年8月16日宮城県沖を震源とする地震による天井落下被害速報,AIJ ホームページ,2005.8
- 5)那須誠,宮崎博敏,中田良輔:2005年宮城県沖地震による建物被害と地盤の関係の考察,第26回日本自然災害学会学術講演会,講演概要集,pp.107-108,2007.9
- 6)(株)基礎地盤コンサルタツ編:Flush Complex マニュアル,2000
- 7)那須誠,羽矢洋:鉄道線路沿いの土の動的性質,鉄道総研報告,Vol.2.No.1,pp.45~51,1988.1
- 8)(財)日本気象協会編:平成7年兵庫県南部地震の記録,1995