

## 直接基礎の周辺地盤に非線形領域を有する建物の地震応答 (その1 インピーダンス・基礎入力動の解析結果)

正会員 貝谷 淳一\*<sup>1</sup>  
同 泉 洋輔\*<sup>2</sup>  
同 三浦 賢治\*<sup>3</sup>

動的相互作用 ローカル・ノンリニアリティ インピーダンス  
基礎入力動 軸対称 FEM 解析

### 1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震以降、全国的に地震活動が活発になってきているが、これらの地震動の特徴として、大加速度を記録したにもかかわらず、建物の被害が比較的軽微であったことが注目されている。その要因として、(1)地表での観測記録と建物実効入力動の違い、(2)近傍地盤と基礎との非線形相互作用効果、(3)基礎構造の損傷による入力低減、(4)建物の有する耐力の余力、等があげられ<sup>1)</sup>、各要因に着目した研究が精力的に行われている。

本研究は、上記の要因(2)に焦点をあて、Local Nonlinearityにより直接基礎の周辺に非線形領域が生じた場合の、インピーダンスおよび基礎入力動の変化を検討し、これを付加した1質点系SRモデルに対して地震応答解析を行い、上部構造の応答低減効果について検討することを目的としたものである。本報告では、インピーダンスおよび基礎入力動の検討結果について報告する。

### 2. 解析方法

解析対象とする基礎は、図1(a)に示す半径が10mで、中低層建物の基礎梁程度の2mの埋込みを有する円形剛基礎とし、基礎周囲に幅1mの非線形領域(以下、N地盤)を設定したものとす<sup>2)</sup>。また、N地盤の物性は、図1(b)に示すN0、N1、N2の3ケースとする。N0はN地盤がない場合である。N1はN地盤の $V_s$ がすべて100m/sのケースで、N2はGL-0~2mの範囲が $V_s=50$ m/s一定で、GL-2~3mまでが $V_s=50\sim 200$ m/sに変化するものとした。N地盤の下部の地盤物性値は同図中に示した値とする。N地盤の減衰定数は式(1)により、 $h_{max}=20\%$ 、 $V_{s0}=200$ m/sから設定した。なお、表層地盤の層厚は20mとし、工学的基盤は $V_s=400$ m/s、 $\rho=2.0$ t/m<sup>3</sup>、 $\nu=0.45$ 、 $h=1\%$ と設定した。地盤ばねと基礎入力動の計算には、伝達境界を考慮した軸対称有限要素法を用いた。図2に解析モデルの模式図を示す。節点数は807、要素数は742である。

$$h=h_{max} \cdot (1 - G/G_0) = h_{max} \cdot \{1 - (V_s/V_{s0})^2\} \quad (1)$$

### 3. 解析結果

図3(a)に水平および回転方向の地盤ばねの振動数依存特性を示す。図中、実線は地盤ばねの実部を、破線は地盤ばねの虚部を示している。また、地盤ばねの減衰定数の振動数依存特性を図3(b)に示す。地盤ばねの減衰定数は次式で評価している。

$$h = \sin\{(1/2) \cdot \tan^{-1}(K^{(I)}/K^{(R)})\} \quad (2)$$

ここで、 $K^{(R)}$  : 地盤ばねの実部、 $K^{(I)}$  : 地盤ばねの虚部

図3(c)に基礎入力動の水平成分\*および回転成分\*を、自由地盤表面の応答 $U_s$ を基準にした伝達関数として示している。これらの結果より、直接基礎に関する地盤ばね、逸散減衰および基礎入力動に及ぼすLocal Nonlinearityの影響は次のように要約できる。

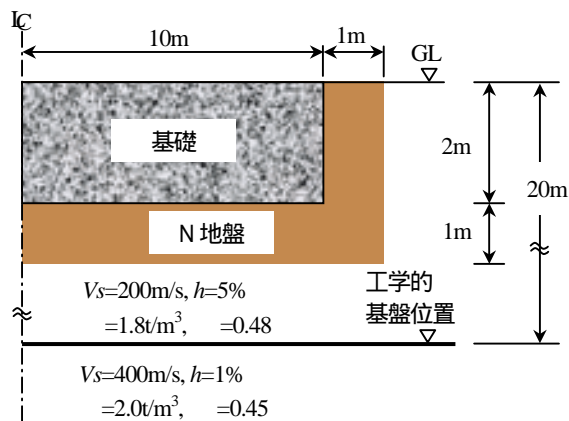
- 1) 地盤ばねの剛性に関する実部と減衰に関する虚部は、Local Nonlinearityの影響により低下する。
- 2) 地盤ばねの減衰定数はLocal Nonlinearityの影響を受けて低振動数域では増加し、逆に高振動数域では低減する。この減衰定数の値が反転する振動数は、回転の方が水平に比べて高くなり、水平のほぼ2倍となる。
- 3) Local Nonlinearityにより、減衰定数の大小関係が反転する現象は次のように説明できる。地盤ばねの減衰定数は、逸散減衰と地盤の材料減衰が合成されたものである。Local Nonlinearityにより、地盤の材料減衰は増加し、逆に逸散減衰は減少する。また、逸散減衰は振動数にほぼ比例して増加する傾向があるが、後者の材料減衰はせん断ひずみレベルに依存し、振動数への依存性は小さい。逸散減衰がもともと小さい低振動数域では、材料減衰の増加分が逸散減衰の減少分に勝り、減衰定数を増やす方向に作用する。逆に、逸散減衰がもともと大きい高振動数域では、逸散減衰の低減分が材料減衰の増加分に勝り、結果的に地盤ばねの減衰定数が小さくなる。
- 4) 振動数が高くなるにつれて、基礎入力動の水平成分は若干減少し、逆に回転成分は増加する特性を示す。Local Nonlinearityの影響により、基礎入力動の水平と回転成分は若干増加する傾向にあるが、その差はわずかであり、基礎入力動に及ぼすLocal Nonlinearityの影響は少ない。このことは、基礎入力動は基礎回りの広範囲の地盤の震動の影響を受け、基礎のごく近傍の地盤が非線形化することの影響は小さいことによる。

### 4. まとめ

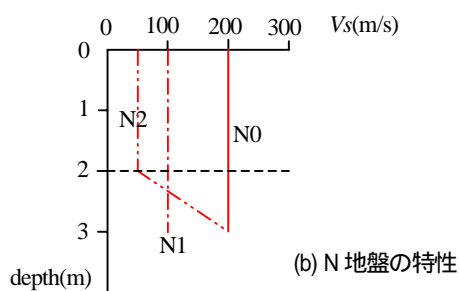
直接基礎の周辺地盤に非線形領域を有するSRモデルの地震応答を調べる目的で、第1報ではインピーダンスおよび基礎入力動の結果について報告した。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会：ワークショップ非線形相互作用と耐震設計 - 最近観測される強震記録と建物被害の関係を考える - 89pp 2008.10
- 2) 三浦賢治：地盤ばね・逸散減衰・入力動に及ぼす土の非線形性、第4回構造物と地盤の動的相互作用シンポジウム、日本建築学会、pp.57-64、1995.10



(a) 基礎, 地盤



(b) N 地盤の特性

図1 解析対象

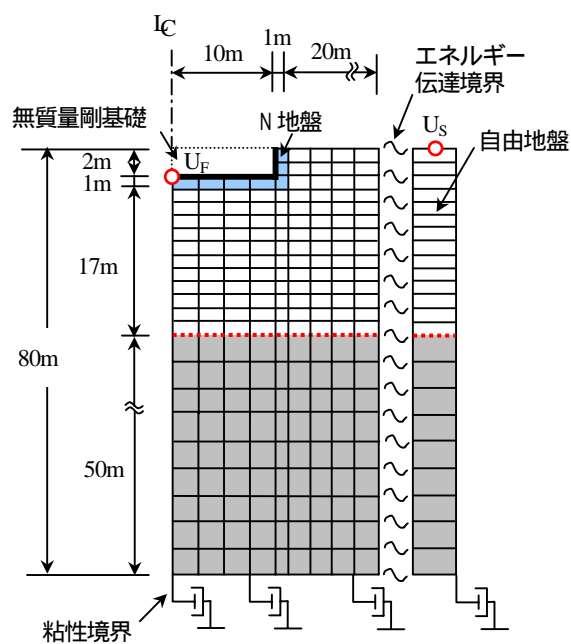


図2 軸対称有限要素法モデル

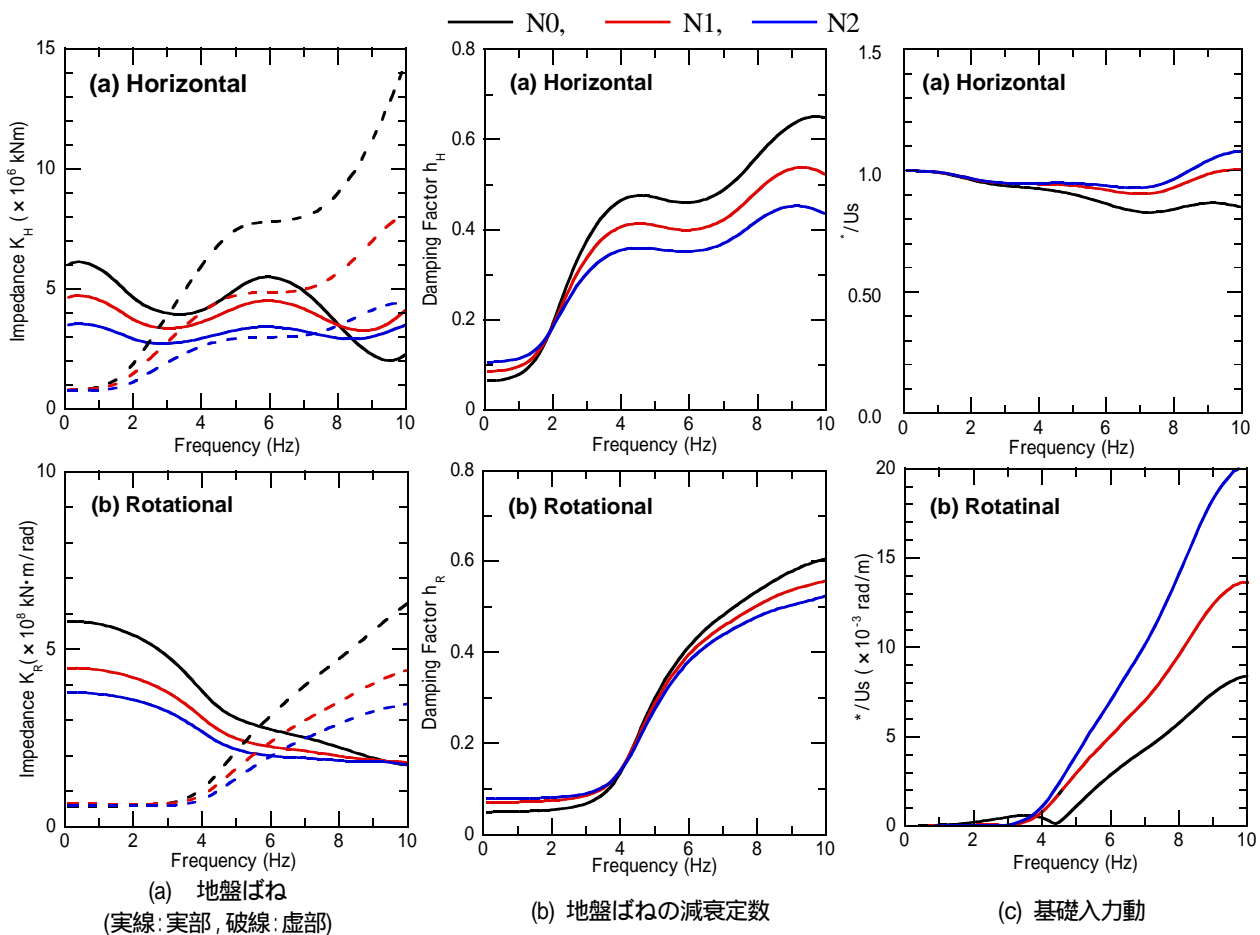


図3 2層地盤の動的相互作用解析結果

\*1 (株)能勢建築構造研究所・修士(工学)  
 \*2 呉工業高等専門学校・教授・博士(工学)  
 \*3 広島大学・名誉教授・工学博士

Nose Structural Engineering Inc., M. Eng.  
 Professor, Kure College of Technology, Dr. Eng.  
 Professor Emeritus, Hiroshima University, Dr. Eng.