

直接基礎の動的インピーダンス特性が 構造物の動的応答に及ぼす影響の研究

埼玉大学大学院理工学研究科 1 年 学生会員 工藤昌哉
埼玉大学 正会員 齊藤正人

1. 研究の目的

地盤の剛性を表すインピーダンス特性は基礎-地盤系の動的相互作用の影響により、加振する振動数応じ変化することがわかっている。これをインピーダンスの振動数依存性という。

しかし、実際の設計ではこの現象について十分に考慮されているとはいえない。

その最大の理由は現象の理解が容易ではないことと振動数依存性が構造物の動的応答に対する影響が明確にされていないためである。動的インピーダンスおよび減衰定数の算定が通常かなり複雑であることや、動的相互作用が構造物の設計にどのような影響を及ぼすのか必ずしも明確でないことなども、その理由として指摘できる。

そこで、本研究では直接基礎を対象に、基礎-地盤系の振動数依存性が動的応答に対してどのような影響を及ぼすのかを明らかにするために行うことにした。

2. 研究方法

本研究では動的インピーダンスの振動数依存性の有無の影響を解明するために3次元有限要素法(FEM)プログラムMarcを用いて、2つのモデルを作成し比較・検証を行う。

今回解析に用いる地盤は、表層地盤と基盤層の2層の均一地盤である。その物性値は表1に記す。またその上部中央に埋込みのない30m×30m×1mの正方直接基礎(図1)を有する。

一つ目のモデルは、基礎-地盤系の解析モデルを作成する。これは動的インピーダンス特性の振動数依存性を再現することを目的として作成する。

また、それと比較するモデルとして基礎をばねとダンパーで水平、回転両方向を拘束したスウェイ・ロッキングモデルを作成する。このモデルには加振する振動数に依存しない剛性(図2)と減衰(図3)を与える。地盤モデルのインピーダンス値はWang and Lucoの理論解にて妥当性を確認済みである。

そして、上部構造物は1質点系モデルで作成した。それらは振動数、質量、高さが違う3パターン用意し階層の違いを表した。両モデルにおいて、加振点、基礎の2つの場所で調和振動解析を行い、動的応答を測定した。

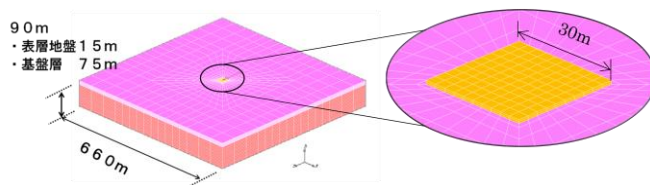


図1. 直接基礎 (30m×30m×1m)

表1. 地盤物性値

地盤モデル	物性	物性値
表層地盤	層厚	H(m)
	密度	$\rho_g(t/m^3)$
	せん断波速度	$V_s(m/s)$
	ポアソン比	ν_g
	せん断弾性係数	$G_g(kPa)$
基盤層	ヤング率	E(kPa)
	層厚	H(m)
	密度	$\rho_b(t/m^3)$
	せん断波速度	$V_b(m/s)$
	ポアソン比	ν_b
	せん断弾性係数	$G_b(kPa)$
	ヤング率	E(kPa)

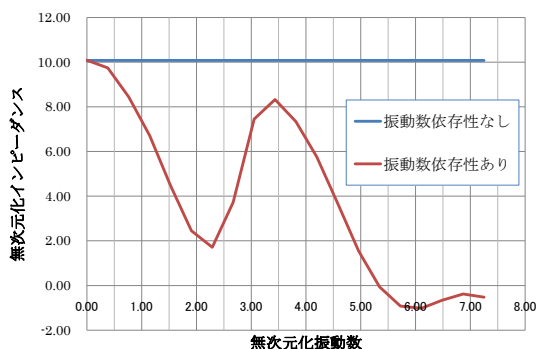


図2 水平インピーダンス (剛性)

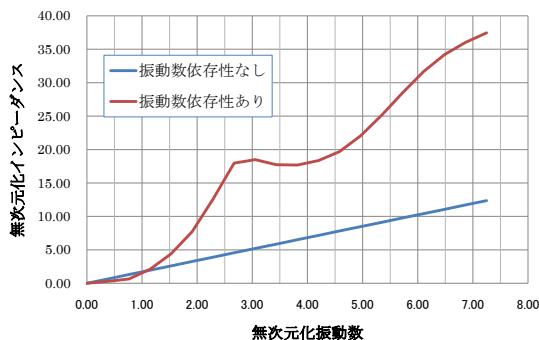


図3 水平インピーダンス (減衰)

キーワード: 相互作用、FEM、振動数依存性、直接基礎

連絡先 (埼玉県さいたま市桜区下大久保255 048-858-3560)

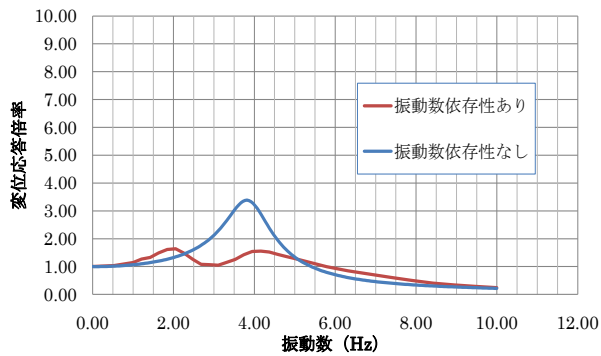


図4 N2—上部構造—水平 (変位)

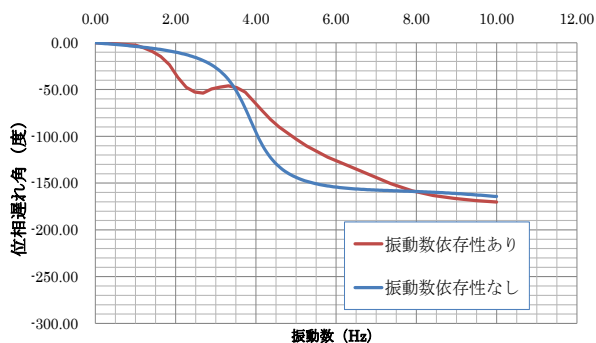


図5 N2—上部構造—水平 (位相)

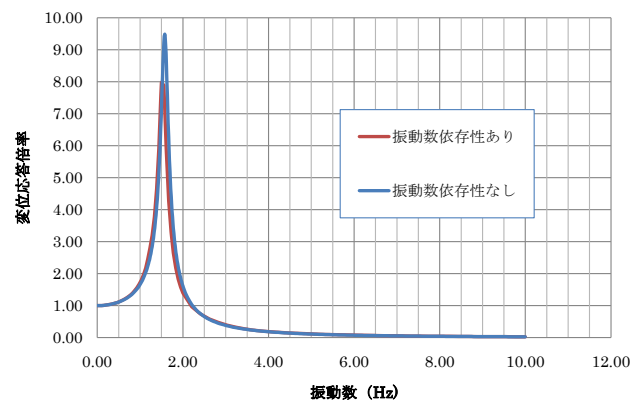


図6 N6—上部構造—水平 (変位)

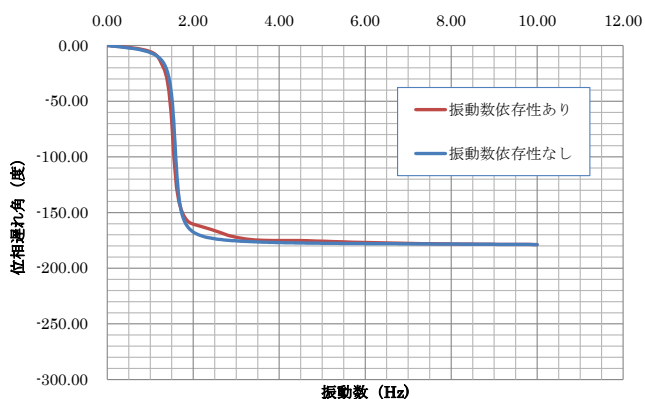


図7 N6—上部構造—水平 (位相)

3. 研究結果

左のグラフ群(図4から図7)は調和振動解析を行った結果である。横軸は加振した振動数(Hz)を表している。縦軸は2種類あり、上のグラフ(図4、図6)は、各振動数の変位量を静的な変位で割った動的応答倍率で表している。また下のグラフ(図5、図7)の縦軸は位相遅れ角、加振力に対してどれだけ変位の位相が遅れているのかを角度で表している。

まず、上部構造物の階層による違いに注目して比較してみる。(図4、図6)振動数依存性有無による影響は階層が高くなるほど小さくなっていることが、はっきりとわかる。また階層の高さとともに、長周期化し変位応答倍率も上昇している。

上部構造物が高層の建物になるほど、上部構造物と基礎の変位量に差が生じる。低層の構造物は基礎の変位に追従するように振動するのに対し、高層になるほど基礎に対する応答変位差が増加する。それにより相対的に基礎—地盤の振動数依存性の効果が低減することが原因のひとつとして推察される。つまり、振動数依存性の有無は周期の短い低層の建物ほど考慮する必要があると言える。

そこで振動数依存性の影響が顕著に現われたN2について考察する。図4を見ると振動数依存性ありの地盤モデルではピークが2箇所ある。図5の位相のグラフを見ると共振点である90度の遅れは4.0(Hz)付近にあり、二つ目のピークは上部構造物の共振点であることがわかる。二つ目のピークは、基礎中心で測定した変位応答倍率とその位相を見ると、また2.0(Hz)近傍が基礎の共振点となっている。つまり基礎が主体となって変形を引き起こしていることがわかる。

4. 結論

振動数依存性が上部構造物の応答に及ぼす影響は、上部構造物の固有周期が小さいものほど大きくなる。その原因は上部構造物が高層になるほど基礎に対する応答変位差の増加が見られ、そのため振動数依存性の影響が低下することが予想される。

また、低層の上部構造物ではピーク値が上部構造物と基礎主体の共振点でそれぞれ増幅する。インピーダンスの極小化が応答増幅に寄与しているものと推察されることから、今後、更に検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 日本建築学会：入門・建物と地盤の動的相互作用 1996
- 2) H.L.Wang ,J.E.Luco:Tables of impedance functions for square foundations on layered media , Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 1985, Vol.4, No.2