

振動数依存性を有する軟弱地盤-基礎システムの強非線形領域における地震時挙動 の評価と崩壊挙動予測のための新解析手法の研究

On the New Methodology for Evaluating Dynamic Response of Structures Influenced by Inelasticity in Soil-Foundation Systems Showing Frequency-Dependent Impedance Characteristics

プロジェクト代表者：齊藤正人（理工学研究科・准教授）

Masato Saitoh (Graduate School of Science and Engineering · Associate Professor)

1 はじめに

本研究代表者は、一連の研究プロジェクトにおいて地盤と基礎の動的相互作用を高精度に評価できる手法GLPM (Gyromass Lumped Parameter Model) の開発とその基礎研究を進めてきた。これまでに開発した手法の特徴として、1) 従来法では解析が極めて困難な地盤-基礎系の振動数依存性と、地上構造物の非弾性挙動を同時に扱うことができること、2) Newmark's Method や Central Difference Method などの汎用積分ルーチンそのまま使用できること等が挙げられる。平成21年度のプロジェクトでは、実際の高層ビルにこのGLPMを適用し、基礎と高層ビルの動的相互作用の有無ならびに近似的評価 (Voigtモデルによる評価) との比較を行い、GLPMによるモデル化の有効性と妥当性について評価を行った。しかし、近年のM8クラスの強震時には、地盤-基礎システムは強い非線形性 (ひずみ依存性や局所的破壊現象) が現われることが知られている。これまで検討してきたGLPMは弾性領域内を想定していることから、当該GLPMでは応答予測に限界がある。非弾性領域にも対応したモデルを構築することは学術的にも実務的にも極めて重要な研究課題である。そこで本プロジェクトでは、GLPMに非線形性を導入した強震時応答予測のための解析モデルを構築することを目的とする。

2 本年度の実施事項

本年度の実施事項として、第1に、従来のGLPMに局所的な地盤もしくは基礎の損傷や滑りの効果を導入し、強震時の非弾性的な挙動を考慮したモデルを構築した。第2に、せん断土槽を用いた模型実験により、地盤-基礎システムの強震時における動的挙動評価を行った。以下では前者の成果について報告する。

左記の非弾性挙動を表現するため、本研究では速度依存型の摩擦抵抗を従来のGLPMに直列に配す試みをした (Fig.1)。Fig. 1に示すGLPMは今回のプロジェクトで新たに提案したモデルでありType-IIIと呼称する。Type-IIIは、従来のGLPMでは表現が難しい群杭基礎の複雑な振動数依存性を適切に表現することが可能である (*Earthquake Engineering and Structural Dynamics, John Wiley & Son* に掲載予定)。摩擦スライダの力学特性は次式のようなCoulomb Frictionを仮定する。

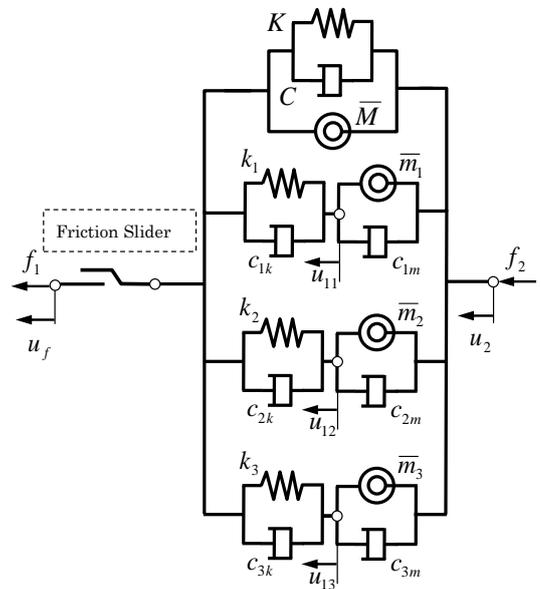


Fig. 1 Type III Model with Friction Slider

$$\frac{F}{m_s} = k_y g \cdot \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{\dot{u}}{c}\right) \quad (1)$$

ここで、 k_y は摩擦スライダの降伏震度、 g は重力加速度 (9.81m/s^2) である。 \dot{u} はスライダ間の相対速度、また c は一般に、代表的な相対速度を \dot{u}_{ref} とした場合に、その1%から10%で与えられる係数である。

本研究では、Fig. 2に示す2×4本の群杭基礎を対象にシステム構築ならびにモデル化を行った。Consistent Boundary Method による基礎-地盤系のインピーダンス特性 (TIF) とType IIIによるシミュレート結果をFig.3に示す。Type IIIはTIFを良好にシミュレートしていることが分かる。このType IIIにFig.1のように摩擦スライダを設け、水平方向に関するインピーダンス特性を示した結果をFig. 4とFig. 5に示す。

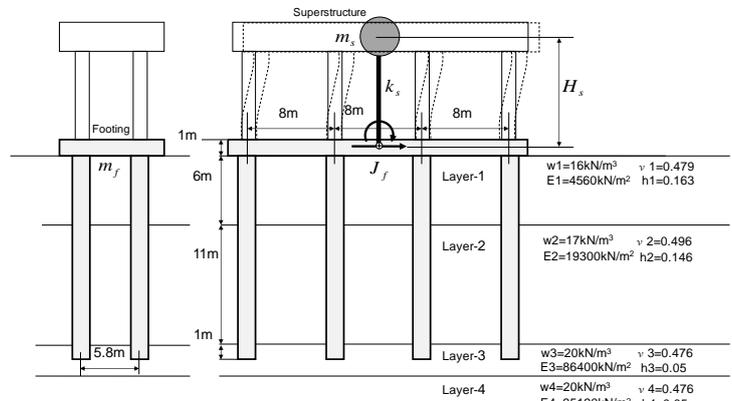


Fig. 2 Soil-pile system studied.

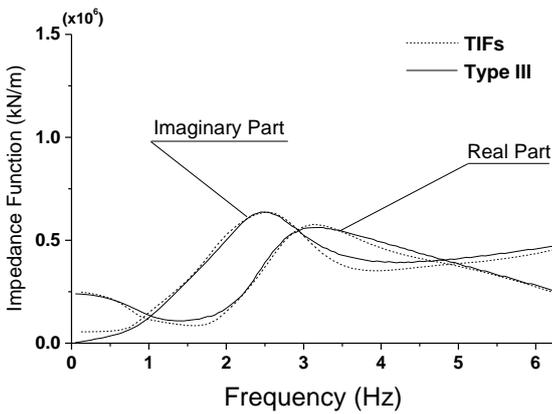


Fig. 3 Impedance Functions.

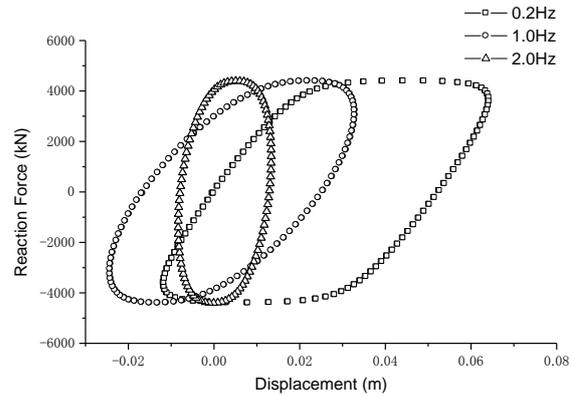


Fig. 4 Force-Displacement Curves with Friction Slider .

Fig.4によれば、加振振動数の違いによって、剛性 (傾き) が変化していることが分かる。これは、Fig. 3に示すインピーダンス特性の振動数依存性の効果によると考えられる。一方、復元力特性として荷重の上限値が現れており、摩擦スライダを直列で配すことによってシステムの弾塑性挙動を近似的に表現できることがわかる。

3 平成23年度以降の実施について

本 GLPM は国際的に著名 Professor Pecker らの複数の論文に引用されており、基礎 - 地盤系の非線形性を考慮した新しい GLPM への発展が大いに期待されている。海外の研究機関からも本モデルの共同開発の申し入れがあり、継続的に開発を進める予定である。

4 発表論文

Masato Saitoh, On the performance of lumped parameter models with gyro-mass elements for the impedance function of a pile-group supporting a single-degree-of-freedom system, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Wiley, (in print).