

波動場における相互作用の影響を考慮した拡張型-基盤構造メカニカルインターフ

ェースによる群杭基礎シミュレーション技術の開発とその基礎的研究

Development of Mechanical Systems Simulating Soil-Pile Groups Interfaces and Its Fundamental Researches

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

昨年度採択された「基盤構造インターフェースのメカニカルシミュレータの創成とその基礎研究 (A07-68)」のプロジェクトによって、世界に先駆けて発表した「Masato Saitoh, ASCE, Vol. 133, No. 10, pp. 1101-1114, 2007.」のメカニカルインターフェースの実現可能性を確認するに至り、本年度から2年間にわたり科学研究費(若手A)が採択されて、具体的なメカニカル装置の製作ステージへと前進することになった。こうした研究の中で、高層ビルなどの建築物を最も頻繁に支持する群杭基礎システムは、杭間の波動連成によって相互作用が著しく、また様々な配列を呈するがゆえに、こうしたシステムの動的インピーダンス特性を評価することが極めて重要な課題となっている。特にメカニカル装置として群杭基礎を表現するためには、現在は別途求めた杭頭インピーダンスを機械定数変化法によってシミュレーションする方法が用いられている。今後、任意の群杭基礎に対して、更に効率的な装置への置換法を開発するため、本プロジェクトでは群杭間の動的相互作用に着目した新しい置換法を検討した。

2 本年度の実施事項

以下に、本プロジェクトで考案した置換法の骨子を示す。既往の研究 (Dobry and Gazetas 1988 Geotechnique) では、加振杭 q が受振杭 p に及ぼす影響変位 w_{qp} を次式によって表せることが示されている。

$$w_{qp} = A \frac{1}{\sqrt{s}} \exp\left(-\frac{\beta \omega s}{c}\right) \exp\left[i\omega\left(t - \frac{s}{c}\right)\right] \quad (1)$$

ここで、 A は加振杭 q の振幅、 s は杭間距離、 c は位相速度、 β は地盤材料の等価減衰定数、 ω は加振円振動数を表す。また、加振杭 q 自身の杭変位は近似的に次式で表わされる。

$$w_{qq} \cong A \frac{1}{\sqrt{r_0}} \exp(i\omega t) \quad (2)$$

ここで、 r_0 は加振杭の半径を表す。

よって式(1)と式(2)から、自身の杭変位に対する他杭から強制的に与えられる変位の比 α_v (杭間の相互作用係数と呼称) は次式となる。

$$\alpha_v = \left(\frac{s}{r_0}\right)^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{\beta \omega s}{c}\right) \exp\left(-\frac{i\omega s}{c}\right) \quad (3)$$

この相互作用係数の概念を用いて、加振方向に並行に配する2本杭の杭頭インピーダンスを以下で求める。杭1本あたりの変位 w_1 は次式で表わされる。

$$w_1 = w_{11} + w_{12} = w_{11}(1 + \alpha_v) = \frac{F}{K_s}(1 + \alpha_v) \quad (4)$$

ここで K_s は単杭の杭頭インピーダンスである。2つの杭は並列機構であるから2本杭の杭頭インピーダンス K_G は式(4)に基づき次式で表わされる。

$$K_G = \frac{2F}{w_1} = \frac{2FK_s}{F(1 + \alpha_v)} = \frac{2}{1 + \alpha_v} K_s \quad (5)$$

式(5)はDobry and Gazetasが示した杭頭インピーダンスの評価式である。本研究では、杭1本に作用する力とその変位に着目し、式(5)と等価なばね構造系を以下のように誘導した。まず、杭1本に作用する力とその変位に着目すると、

$$F_1 = K_s \frac{1}{1 + \alpha_v} w_1 = \frac{1}{\frac{1}{K_s} + \frac{\alpha_v}{K_s}} w_1 = \frac{1}{\frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_s/\alpha_v}} w_1 \quad (6)$$

式(6)は杭1本当たりの荷重と変位の関係は、動的ばね K_s と K_s/α_v が直列に配された機構として表現できることがわかる。2本杭の杭頭インピーダンスとしては、そうした直列機構が並列で構成されたばね機構で表わせることが明らかであり、概念図としては図1ようになる。この考え方は、複数の杭が相互に影響し合う任意の群杭基礎に対しても拡張することが可能であり、本研究成果の一つである。現時点では、振動数依存性を有する動的ばね K_s と K_s/α_v を効果的に表現できる機構を検討中である。

3 平成21年度以降の実施について

平成20年度から21年度までは、文部科学省科学研究費・若手研究A「基盤構造メカニカルインターフェースの創成と構造物の地震時崩壊挙動の実験的評価 (No.20686031)」が採択されており、本年度から実施した群杭基礎への拡張をさらに進めて、具体的な装置としての発展させる予定である。

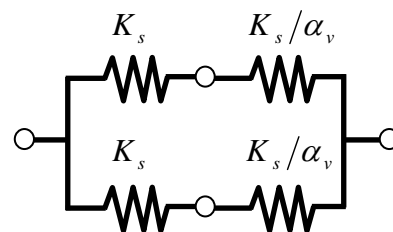


図1 2本杭の杭頭インピーダンスを表すばね機構

4 発表論文

- 1) Saitoh, M., An Innovative Method for Evaluating the Dynamic Response of Inelastic Structures with Frequency-Dependent SSI, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, CD, pp. 1-8, 2008. 10.
- 2) 齊藤正人, Gyromass Element を利用した基礎—地盤系の動的相互作用問題に関する新手法の提案, 理論応用力学講演会 講演論文集, Vol. 57, pp. 1-2, 2008. 4.
- 3) 齊藤正人, 非線形解析に使用可能な振動数依存性を有する基礎—地盤系のパラメータモデルの提案, 第63回年次学術講演会講演概要集, pp. 1-2, 2008. 9.