

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

Creation of Mechanical Systems Simulating Soil-Foundation 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

現在、日本が誇る世界最大級の実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）が（独）防災科学技術研究所にある。ここでは、振動台上に建設された実大の構造物が、破壊に至るまで揺すられる。無論、明日にでも起きるといわれている東海・東南海・南海地震といった巨大地震を想定しての応答予測である。実はこの予測には致命的な問題がある。それは、構造物を支えている基盤構造（通常多層地盤かつ杭などの基礎構造を有する）を無視している点である。基盤構造は3次元的な広がりを持っており、そこに複雑な3次元波動場が形成される（図1）。この基盤構造と地上構造物の境界部（インターフェース）を介して、地震による振動エネルギーの散逸や復元力の連成作用が生じることは明らかである。いわば、このインターフェースが応答を支配するといっても過言ではない。また一般に、このインターフェースは基盤構造によって著しく異なる特性を有する。世界第一級の施設といえども、実大の多種多様な3次元波動場を形成することは極めて難しい。

そこで本研究は、この基盤構造をメカニカルな装置に置換することを提案する（図2）。学術的には、波動場を振動システムに変換することを意味する。従来、基盤構造と地上構造物のインターフェースは、複雑な波動場の形成により振動数に強く依存する剛性と減衰機構となることが知られている。しかし、この複雑で扱い難い特性を持つインターフェースに対して、メカニカルに構築可能なアナロジーモデルを考案した事例はない。ところが近年、本代表研究者は、種々の基盤構造を良好にシミュレートできる画期的なアナロジーモデルを考案した¹⁾。その原理は、「Gyromass要素」をばねやダンパーと共に、特殊な構成により組み合わせるものである。Gyromass要素とは、要素を挟む2節点間の相対加速度に比例した反力を生成するものと定義する。そしてそのメカニカルなアナロジーとしては、回転する円盤に接触するロッドの端部の反力特性がそれと一致する。質量要素と異なる点は、質量要素は質点に作用する絶対加速度に比例した反力を生成するのに対して、Gyromass要素は、ばねやダンパーのように、これを挟む2節点の相対応答に起因した反力を生成することにある。本研究代表者により、これまで2つのパラメータモデルが提案されている。ひとつはType Iと呼称するものであり、一般に互層地盤にある基礎に見られるようなcutoff振動数を有するインピーダンス特性を模擬することが可能である。もう一方はType IIと呼ばれるものであり、群杭基礎のインピーダンスに見られるような、加振振動数の違いによって繰り返し増減が生じるものを模擬することが可能である。

このアナロジーモデルの最大の特長は、汎用性の高い機械要素で構築できる点にある。本研究では、これを実際に製作し、その実現可能性について評価するものである。その機構が実際と合致するとなれば、今後、世界中で実施される震動

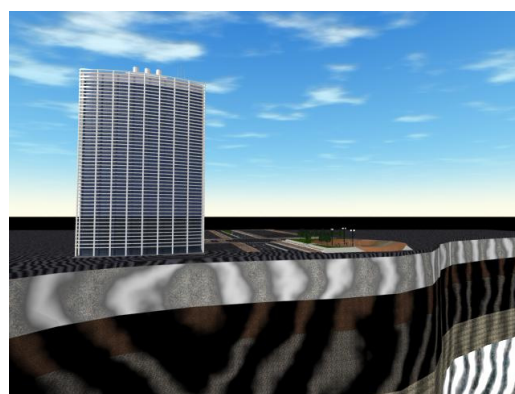


図1 構造物直下における基盤構造と3次元波動場の形成

実験の精度を飛躍的に向上させることができる。本研究では、埼玉大学建設工学科所有の大型振動台に適したスケールのメカニカルインターフェースを構築することとし、本プロジェクトで実施可能な内容として機械装置の諸元設定を行うことを本年度の研究目的とする。

2 本年度の実施事項

本年度は、基盤構造シミュレータの対象構造の選定、ならびに相似（則）に関する検討、そして機械装置に使用するパーツの諸元等について検討を進めた。本年度の前半には、設計図書を中心に様々な基礎構造物（直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎、鋼管矢板井筒基礎など）を調査し、代表的な基礎を対象にインピーダンス特性を把握するため、Flexible Volume Methodを用いた3次元波動解析を実施した。その結果、強い振動数依存性を示す図3の基礎構造を本シミュレータの対象構造とすることにした。ここにフォーチング重心位置のインピーダンスの解析結果を図4に示す。相似則については、Buckinghamの π 定理により相似比を決定し（重力加速度一定条件）、質量比と寸法比をパラメータに製作可能な模型諸元を割り出した。後半には、模型に使用するパーツについて検討を実施しており、エアダンパーの性能を自由振動試験によって評価している。その結果、エアダンパーは低コストであるが、スティック・スリップが生じやすいことが判明した。今後更なる検討が必要である。

3 平成20年度以降の実施について

平成20年度から21年度に亘り、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、本年度実施した内容に基づいて次のPhaseに移行することとなった。具体的には装置の製作と加振実験を行う予定である。

4 発表論文・特許

- 1) Saitoh, M., Simple Model of Frequency-Dependent Impedance Functions in Soil-Structure Interaction Using Frequency-Independent Elements, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 133, No. 10, pp. 1101~1114, 2007. 10.
- 2) 国際出願（PCT出願）：出願番号PCT/JP2008/55239、発明の名称：解析システム、解析方法、プログラムおよび機械装置、2008. 3. 21

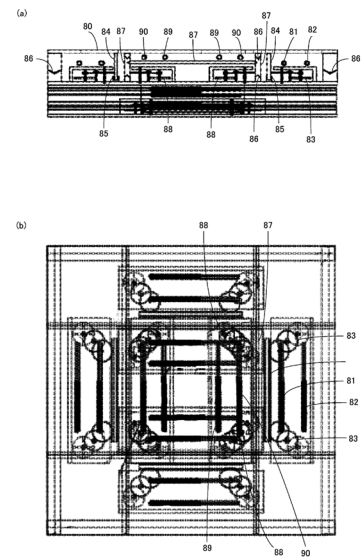


図2 メカニカルシミュレータの概図

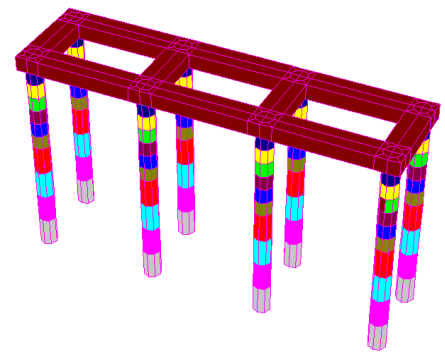


図3 シミュレータの対象となる基礎構造物

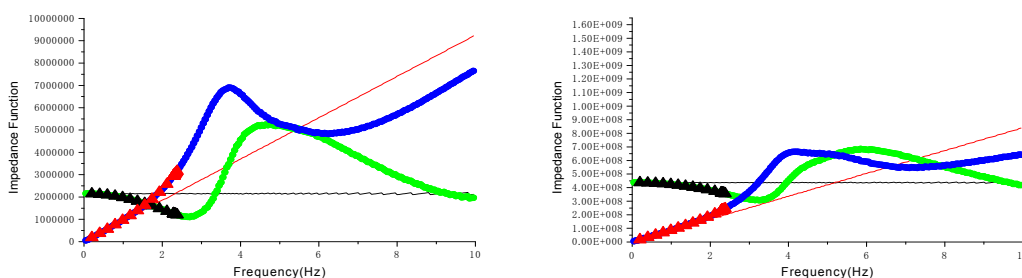


図4 橋軸直角方向のインピーダンス特性（左図：水平方向 右図：回転方向）