

数値震動台開発と映像の利活用について シミュレーションの主要な成果と10層RC実験のVR映像取得



地震減災実験研究部門 主任研究員 山下 拓三

はじめに

Eーディフェンス震動台を活用して、実大／大規模試験体を実際の地震動で揺らすことにより、建築、土木構造物や地盤などの地震被害を再現し、安全性の検証や限界性能の把握ができます。しかし、実験できるケースは限られており、また、超高層建物など大規模構造物を実大スケールで全体を揺らすことはできません。様々な条件での検証や、大規模構造物については、コンピュータシミュレーションを用いた検証が重要になります。そこで、防災科研では、構造物の地震被害を再現するためのシミュレーター（数値震動台）の開発を進めています。

また、Eーディフェンス実験で取得された数値データ、映像や実験情報（加振条件、計測条件、試験体図面）をEーディフェンス実験データアーカイブ（ASEBI）で公開しています。我々は、実験データのより一層の利活用を目指し、近年発展めざましい仮想現実（VR）技術を用いた映像利活用の取り組みを進めています。

ここでは、数値震動台の開発とEーディフェンス実験の映像利活用の取り組みについて紹介します。

数値震動台の概要

数値震動台では、構造物の損傷破壊過程を再現するための解析技術開発が重要な研究課題となります。加えて、地震被害のあらゆる状況をシミュレートするためには、構造物だけでなく

室内被害を再現する解析技術開発も必要となります。更に、シミュレーションを耐震性評価等に活用するために、利便性の高いプリポスト処理システムの構築が求められます。我々は、建築物、土木構造物、地盤などのEーディフェンス実験の再現解析を通して、各種構造物および非構造部材のモデル化手法を構築し、数値震動台の開発を進めています。以下に、構造物シミュレーションと室内被害シミュレーションの主要な成果について紹介します。

構造物シミュレーション

局所的な損傷・破壊挙動と構造物の全体挙動を同時にシミュレートするため、図1、図2に示すような、3次元詳細解析モデルを用います。本開発において、解析精度を向上させるには材料構成則の開発が重要となります。

鋼材構成則として、降伏棚やバウシंगाー効果を考慮できる「semi-implicit型ルールを用いた区分線形複合硬化モデル」を開発しまし

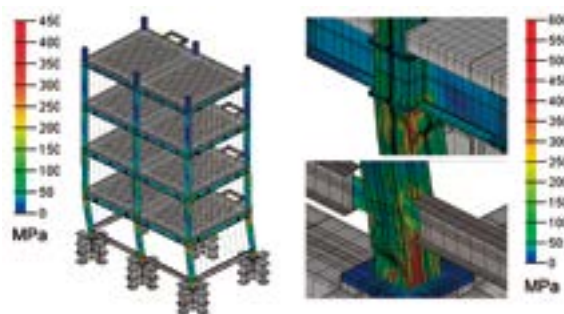


図1 4層鋼構造骨組の再現解析

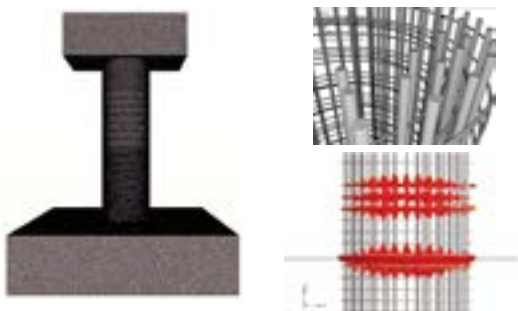


図2 C1-1橋脚の再現解析

た。この材料構成則を用いて、4層鋼構造実大崩壊実験の再現解析を実施し、1層の層崩壊の引き金となった柱の局部座屈の再現に成功しました(図1)。コンクリート構成則として、前川構成則を大規模問題に適用できるように再定式化して実装し、亀裂進展を再現するためPDS-FEMという手法を開発しました。これらを用いて、C1-1橋脚実験の再現解析を実施し、実験結果を良好な精度で再現することに成功しました(図2)。

室内被害シミュレーション

室内の天井やドアなどの非構造部材や設備機器、什器などの変形、脱落、転倒挙動を再現できるシミュレーション技術を開発しています。本シミュレーションでは材料の弾塑性挙動や部材の破断を含む非線形性の強い解析でも安定して行えるASI-Gauss法によるはり要素モデルを用いています。これまでの室内被害シミュレーションの成果として、家具の転倒挙動解析(図3)や、大空間建物実験の天井落下解析(図4)を実施しています。

映像利活用の取り組み

地震による室内被害のVR体験システムの構築を目指し、10層RC建物のEーディフェンス震動台実験においてVR映像の生成を行いました。ここでは、映像の取得方法として、6台の



図3 家具の転倒挙動解析

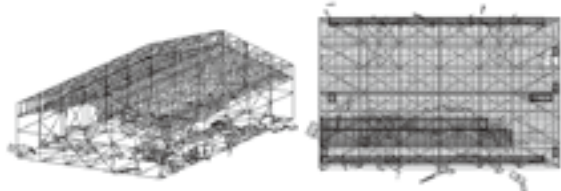


図4 大空間建物実験の天井落下解析

カメラを用いて高解像な全方位映像を取得する方法と、空間センサーを用いて3次元点群を取得する方法の2種類の方法を試みました。

全方位映像を図5に示します。全方位映像はヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着して表示することで、没入感、臨場感のある室内の仮想被害体験を提供することができます。本映像コンテンツについては、H28年度は3つの防災イベントに出展し、合計540名の方に地震体験を提供できました。3次元点群については、図6に示すように映像のクオリティはまだ十分とは言えませんが、任意の位置からの可視化、数値シミュレーションとの融合が可能であり、今後の展開が期待できます。

まとめ

Eーディフェンス実験の成果を最大化すべく、今後とも、耐震性評価や室内安全性評価に向けたシミュレーション技術の高度化、並びに、防災教育のためのリアリティの高い映像コンテンツ生成に関する研究開発を推進して参ります。



図5 全方位映像



図6 3次元点群の可視化