



# 計算・構造工学研究室

## ～構造物の動的・動力的現象の解明に向けて～

計算・構造工学研究室では、計算力学的・構造力学的見地から構造物の様々な動的・動力的問題に関する研究を行っている。その一部を以下に紹介する。

### 世界貿易センター(WTC)ビルの崩壊要因究明に向けて

2001年9月の米国同時多発テロは、NY世界貿易センタービルWTC1, 2, 7が完全倒壊するという、**建築史上未曾有の悲劇**を引き起こした。NY世界貿易センタービルの崩壊に関しては、FEMA(2002年)やNIST(2005年)によって報告書がまとめられ、一応結論が出たかのように思われる。しかし、**なぜ3棟とも砂城のように崩れ去ってしまったのか**、また、**なぜ自由落下速度に近い速度で地上まで完全崩落してしまったのか**、未だに多くの疑問が解消されていない。我々は、これらの疑問に応えるべく、独自開発した数値解析システムを利用し、**複数のスタンスに立って数値解析的調査を実施している**。



図1 WTC2への飛行機の突入

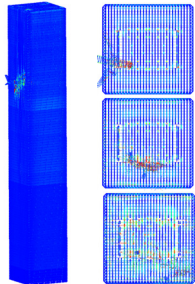


図2 WTCの飛行機衝突解析

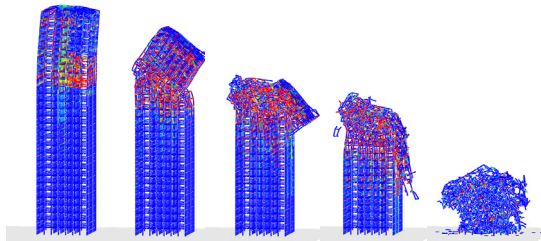


図3 大規模火災を起こした建物の進行性崩壊解析



図4 WTC2の進行性崩壊

### 発破解体計画システム、発破解体模擬実験システムの開発



図5 高層建築物の発破解体

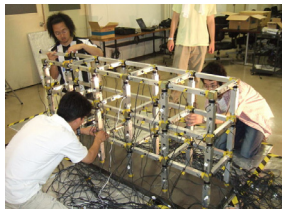


図6 電磁デバイスを用いた発破解体実験システム

欧米などでは近年、ダイナマイトの発破により多層構造物を取り壊す、いわゆる**発破解体**が盛んに行われている。しかし、このような発破解体作業には、周辺構造物に被害を与えないよう細心の注意を持ってあたる必要があり、未だに一部の業者がもつ高度なノウハウに依存する傾向がある。そこで、本研究室では、**弾性状態から塑性、破断状態までシームレスに計算可能な発破解体計画システムの開発を行っている**。また、**火薬を使わず安全で、何回も実験可能な発破解体模擬実験システムを開発し、解体現象を系統立てて把握することを目指している**。解析技術を駆使し、**高層ホテルを発破解体する映画のワンシーン製作への技術提供も行った**。

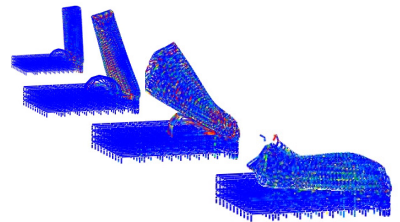


図7 高層ホテルの発破解体解析

### 数値震動台の開発(防災科学技術研究所、E-Defenseとの共同開発)



図8 実大モデル実験用震動台(E-Defense)

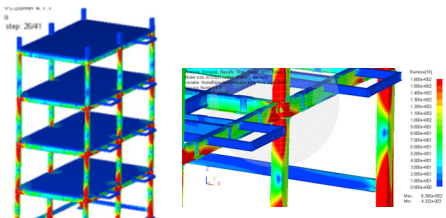


図9 ソリッドモデルを用いた並列有限要素解析(E-Simulator)

防災科学技術研究所で開発が進められている**数値震動台(E-Simulator)**は、建築、土木構造物の解析に必要な構成則や破壊法則を組み込んだ汎用的な並列有限要素法のソフトウェアである。E-Simulator開発の一環として、本研究室で独自開発した有限要素解析コードをその**比較検証用ツール**として提供している。1985年にメキシコ市で観測された**長周期地震動による棟間衝突現象を再現する成果**を挙げた。このような研究を進めることで、**建物の倒壊を防止するための知見を得ることが最大の目的である**。

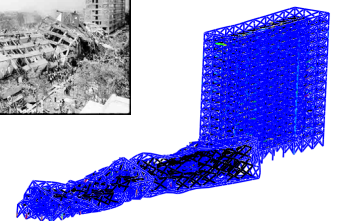


図10 マクロモデルを用いた棟間衝突・崩壊解析

### 建物の津波・漂流物衝突解析

東日本大震災では、津波が船舶やコンテナなどを押し流し、それらが衝突することによる建物の被害も多かったと言われている。そのため、多くの自治体で設置が検討されている津波避難ビルには、地震や津波のみならず、漂流物の衝突にも耐えることが要求される。そこで、**安定化有限要素法に基づくVolume of Fluid (VOF) 法**を用い、津波避難ビルに対する波力の評価を行っている。また、建物の浸水部における壁の有無、津波の速度・浸水深、漂流物の衝突方向などを変化させ、特に**漂流物が建物に衝突する際の衝撃力の影響**について調査している。

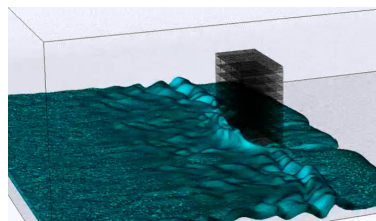


図11 津波避難ビルを襲う津波の様子

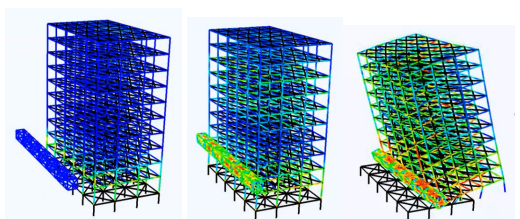


図12 漂流物衝突時の様子

### 地震時の家具・什器・天井挙動解析システムの開発

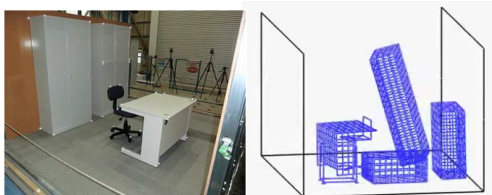


図13 家具の転倒挙動解析

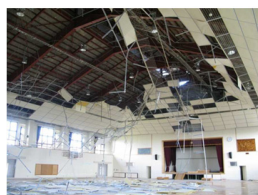


図14 天井の落下被害

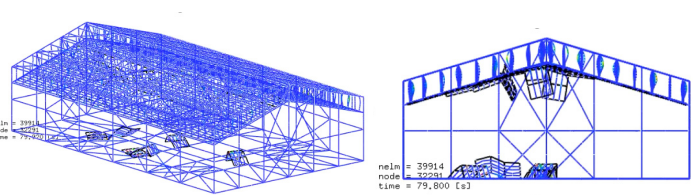


図15 天井の落下被害を再現したシミュレーション

本研究室では、**地震時の家具や病院施設内の什器、体育館の天井などの挙動を解析するシステムを開発している**。ペナルティ理論に基づいて**床と家具間の滑りや跳ね返り**を表現し、リアルな挙動再現を実現した。また、有限要素法を用いることにより家具等に発生する**断面力を算定**することが可能となり、人体に対する被害を同定する際にも有益な情報が得られた。天井落下解析では、せつこうボード間または壁との衝突により**天井が脱落する様子が再現**できた。今後は、天井の落下防止対策を策定する際にも有益な情報が得られることが期待されている。