土木施設と建築施設を一体化した耐震性能照査

－動的解析による地震時挙動の再現－

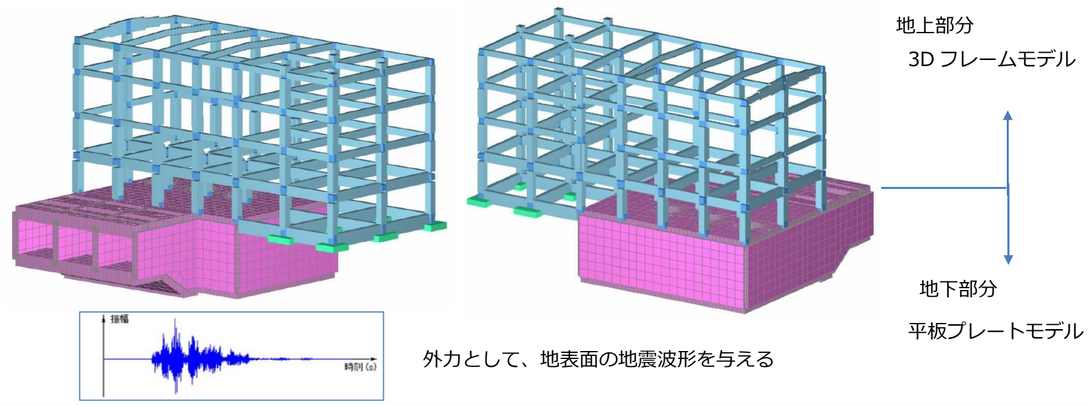
有限会社 エフテック

概　要

地下の大型貯水槽、地上の多層階の建築施設（上屋）が一体となった大規模な排水機場においては、これまで土木施設、建築施設として別々に耐震性能照査を実施してきた。しかし、構造上も機能上の 1 つの施設であるにもかかわらず、異なる準拠基準、異なる解析手法、異なる評価指標で照査を行うことに矛盾を感じるとともに、地震時の実際の挙動、被害発生の過程が十分に再現されておらず、対策の方法、規模についても最適化が図れていないのではないかという疑問を持ってきた。

そこで、地下土木施設と地上建築施設を一体化した解析モデルを構築し、外力として実際の地震動波形を与える動的解析で、大規模な排水機場の耐震性能を照査する手法を提案した。

モデル図



外力として、地表面の地震波形を与える

解析条件

■対象施設概要：

・土木施設：1 階にポンプ室、地下に二層構造の貯水槽で RC の壁構造。

・建築施設：4 階建て RC 造（柱と梁で構成される骨組構造）。ただし、梁の一部はアーチ型の鋼製梁となる複雑な構造となっている。建築施設の 2/3 は貯水槽に直接柱の建った上下一体構造で残り 1/3 は地表部にはみ出した直接基礎の構造となっている。

■解析モデル：複雑な構造体であることから以下のようにモデル化し、合成モデルとして組み立てた。

・土木施設：三次元平板プレート FEM モデル

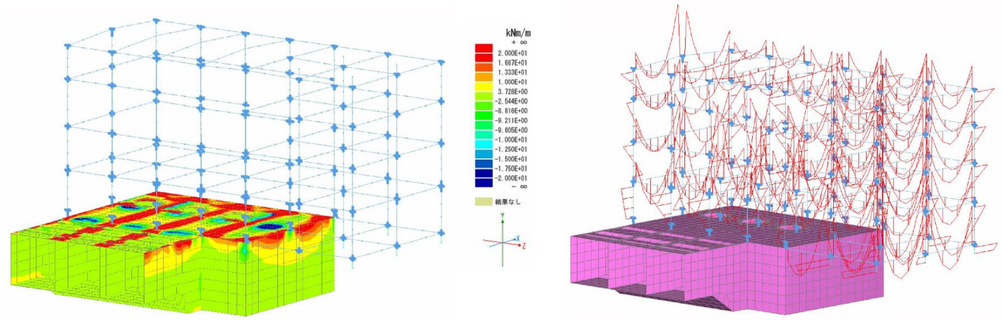
・建築施設：三次元フレームモデル（M-φ要素モデル）

■解析結果

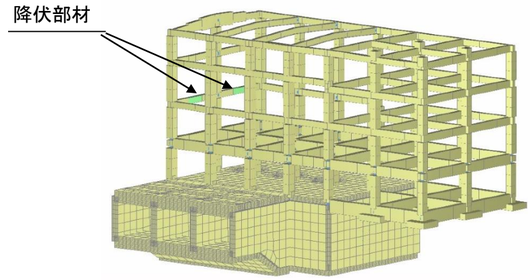
土木施設、建築施設を別モデルでそれぞれ照査した場合に比べると、当該施設の耐震性能はより高いものと評価でき、必要とする対策の範囲、規模も限定的になることが確認できた。今回実施したような解析手法が標準化できると、正確な耐震性能の把握と費用対効果の高い対策の実施が可能となると考えられる。

検討結果

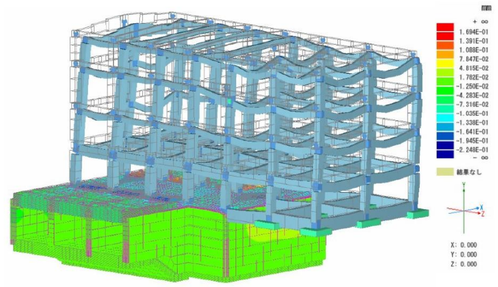
■解析結果：土木部分（平板プレートモデル）と建築部分（3D フレームモデル）の曲げモーメント図他を図に示す。



土木部分　平板プレート M 図



建築部分　変形性能基準



土木・建築部分　変位図

考　察

一体化したモデルの地震時挙動については、従前の土木施設、建築施設別体の解析モデル、解析手法に比べ、より実際の挙動に近い状態が再現できたと考えられる。また、モデルに対策工を反映することで対策工の効果をより正確に評価することができると考えている。

「実挙動に近い状態の再現」という表現を用いたが、モデルの妥当性、再現性については現時点では十分に検証されていない。今後の方針として、施設の複数箇所に加速度計を設置、実際に中規模の地震が発生した際の挙動を観測して解析モデルでの計算値と比較するなどの方法での妥当性、再現性についての客観的な評価を行うことが望ましい。

過去に 3D フレームモデルで耐震性能照査を行った大規模な水門で加速度計を設置した事があるが、当該施設は設置後に地震を経験しておらず、実現象との比較は今後の課題となっている。