

建築と土木の複合地下構造物の地震応答計算の一考察

早稲田大学 学生会員 ○石田 充朗  
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに

鉄道施設、上下水道施設などでは土木構造物と建築構造物が一体で建設される場合がある。それぞれの部分で耐震設計は建築土木と別個になされている。構造物としては一体であるのでこのような施設での耐震性能を検討することとした。今回汎用プログラム TDAPⅢを用いた FEM 動的解析によって入力地震動、モデル化の相違による耐震性能を比較する。さらに、壁の有無による応答値の違いを比較し、施設の地震時の挙動の相違について考察を加えた。

2. 解析モデルと条件

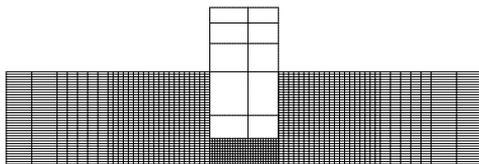


図1 解析対象モデル

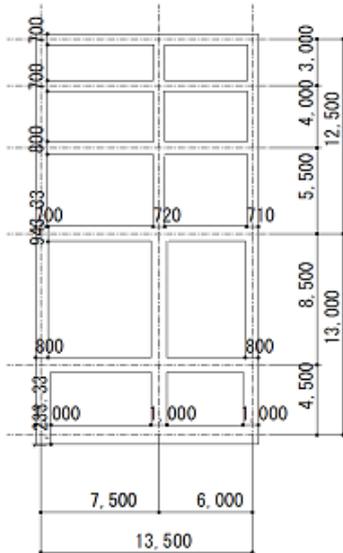


図2 構造物のモデル図

今回検討した下水道施設での解析モデルを図1及び図2に示す。地上建築部3階、地下土木部2階となっている。建築部の高さ12.5m、地下部の深さ13m、地盤厚さ18mである。このモデルの地下部分には壁があり、壁を考慮した場合としない場合のケー

スの検討も行う。構造物の梁と柱を非線形はり要素(武田モデル)、壁を平面応力要素、地盤を平面歪要素(修正Ramberg-Osgoodモデル)で2次元モデル化した。地盤と構造物の物性値を表1と表2にそれぞれ示す。

表1 地盤物性値

土質名	層厚(m)	平均N値	内部摩擦角(°)	粘着力(kN/m <sup>2</sup> )	単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )
①盛土	1.3	5	0	1	17
②シルト	11	5	0	3.7	16.7
③砂レキ	1.8	50	40	0	19

表2 コンクリートおよび鉄筋の物性値

土木部分	コンクリート	設計基準強度 f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	24
		ヤング係数 E <sub>c</sub> (kN/mm <sup>2</sup> )	25
土木部分	鉄筋	規格降伏点強度 f <sub>sy</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	345
		ヤング係数 E <sub>s</sub> (kN/mm <sup>2</sup> )	210
土木部分	鉄筋コンクリート	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5
		設計基準強度 f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	21
建築部分	コンクリート	ヤング係数 E <sub>c</sub> (kN/mm <sup>2</sup> )	23.5
		規格降伏点強度 f <sub>sy</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	345
建築部分	鉄筋	ヤング係数 E <sub>s</sub> (kN/mm <sup>2</sup> )	210
		単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	24.5

本研究では表3に示す5種類の地震動を使用した。土木でのレベル2地震動タイプ2の兵庫県南部地震と建築模擬地震動 BCJ-L2 の地震波形を図3に示す。

表3 入力地震動の詳細

入力地震動	継続時間(s)	最大加速度(Gal)
レベル1地震動 (昭和43年日向灘地震)	30	118
レベル2地震動タイプ1 (平成23東北地方太平洋沖地震)	240	675
レベル2地震動タイプ2 (平成7年兵庫県南部地震)	40	736
BCJ-L1 (建築模擬地震動)	60	207
BCJ-L2 (建築模擬地震動)	120	355

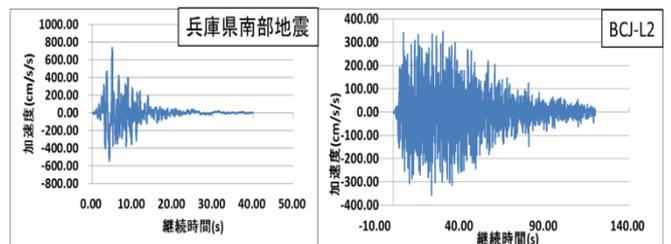


図3 土木と建築のレベル2地震波形

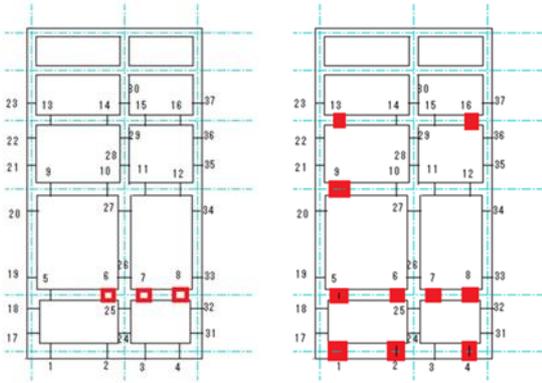


図 4 せん断破壊位置(土木) 図 5 曲げ破壊位置(土木)

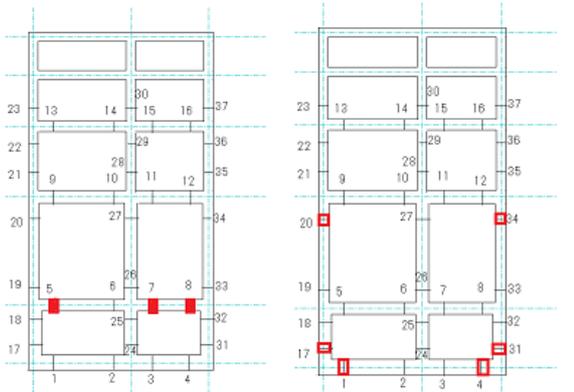


図 6 曲げ破壊位置(建築) 図 7 せん断破壊位置(土木：壁有り)

3. 解析結果

図 4 と 図 5 に兵庫県南部地震を入力したときのせん断破壊の位置と曲げ破壊の位置を示す。曲げ破壊が梁部分に多数計算され、またせん断破壊も地下部の梁部分で計算された。建築の模擬地震動を入力した場合には曲げ破壊は計算されるもののせん断破壊は計算されなかった。

図 7 と 図 8 に壁を考慮した場合の計算結果を示す。壁を入れることにより、破壊の起きる位置が大きく変わった。建築の地震波ではせん断破壊は計算されなかった。図 9 に層間変形角(絶対値)の時系列を示す。振動時の最大層間変形角が 0.04 程度で振動後の残留の層間変形角は 0.001 程度で非常に小さい値となり建築基準である 1/200 以内となった。図 10 に建築基準法での剛性率を示す。いずれのケースでも

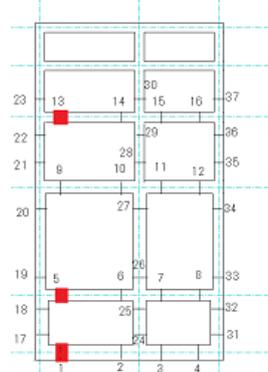


図 8 曲げ破壊位置(土木：壁有り)

許容値である 0.6 以上となった。被害がある特定の階に集中して無かった計算結果となった。

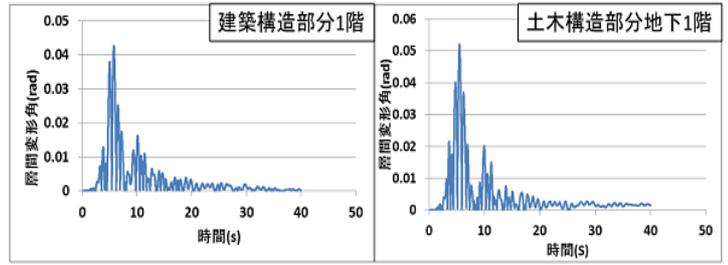


図 9 レベル 2 地震動タイプ 2 の層間変形角

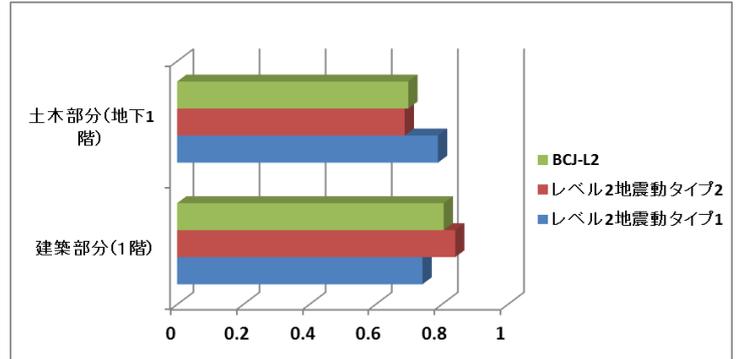


図 10 剛性率の比較

4. 結論

(1) 今回計算対象の構造物は曲げ先行破壊であるが、せん断破壊が起きており土木の耐震基準を満たさなかった。破壊が起きた断面ではせん断補強が必要である。一方建築の基準は満たしていた。レベル 2 地震動では、建築模擬地震動より土木設計での地震動の応答値が大きいことから、土木設計の方が構造物の破壊に対して基準が厳しいといえる。また層間変形角、剛性率ともに建築基準を満たしていた。

(2) 地下部分に壁を考慮すると、曲げ破壊とせん断破壊する箇所は考慮しない場合と比較して異なった。建築基準ではせん断破壊と曲げ破壊は計算されなかった。土木の基準では曲げ破壊する箇所は減少しており耐震性の向上が見られた。ただせん断破壊が起きた箇所が、壁を入れた地下部分の四隅に集中した。

参考文献

- 1) 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 平成 8 年 12 月 社団法人 日本道路協会
- 2) 地下構造物の耐震性能照査と地震対策ガイドライン(案) 平成 23 年 9 月 社団法人 土木学会
- 3) 建築基準法 平成 25 年 6 月 法律 44 号、国土交通省