

上町断層帯地震に対する設計用地震動ならびに設計法に関する研究

(その9 免震構造建物の試設計)

正会員 貝谷淳一*1 同 前野敏元*2 同 小倉正恒*3 同 近藤一雄*4
同 藤谷秀雄*5 同 林 康裕*6 同 倉本 洋*7

耐震性向上 クライテリア 限界状態
クリアランス 設計例

1. はじめに

法令で定められた地震動を上回る入力を対象としたとき、免震層の変形を抑えて衝突を回避するための手法として、例えば大口径の免震支承を採用することが考えられる。これにより、免震層の剛性は大きくなり変形が小さくなる。また、面圧に対しても余裕が生じて、破断や圧壊を避けることができる。しかしながら、発生頻度の高い中小地震動に対する免震建物としての性能は低下し、上部構造には大きな加速度、層せん断力が生じることになってしまう。また、中小地震動に対する性能低下を防ぐには、軸力変動の小さい部分に大口径の支承、軸力変動の大きい部分にリニアスライダなどの材料を採用し、免震層の剛性を同等とすることも対応として考えられるが、免震層の変形は大きくなり、クリアランスを確保するため、ダンパーを付加する必要がある。

本報では、レベル3B地震動に対するRC造地上8階建ての建物を対象にした場合と各レベル地震動に対するRC造地上10階建ての建物を対象にした場合の試設計の結果について報告する。

2. モデル建物1の試設計の結果

レベル3B地震動に対するRC造地上8階建ての建物を対象とし、3例の試設計(ケースA~C)を行った。ここでは、上部構造に関してはすべて免震性能評価取得時と同じ特性のまま、免震層の材料を調整している。また、支承反力の算定時には、上下動として長期反力の0.3倍を考慮している。

ケースAは評価取得時の免震材料と同じ材料を採用したものである。図1にケースAの免震材料配置図を示す。設定された600mmのクリアランスに対して、免震層の水平変位は930mmと大きく上回り、支承のせん断歪も470%程度となる。従って、よう壁との衝突、支承のせん断破壊が想定される。

ケースBはレベル2地震時での性能を保持するために免震層の等価剛性を評価取得時とほぼ同等となるようにしたものである。支承の破断を防止するために建物の外周に直動転がり支承(以下、CLB)中柱の直下に大口径の鉛プラグ挿入型積層ゴム支承(以下、LRB)を配置したものである。図2にケースBの免震材料配置図を示す。免震層の水平変位は925mmとなりケースAとほぼ同じであるが、ゴム層厚の大きい大口径の支承を採用したため、せん断歪は390%となり支承の破断にはいたらない状態となった。

ケースCは免震層の変形を小さくするため、ケースBにダンパー(以下、RDT)を追加したものである。図3にケースCの免震材料配置図を示す。免震層の水平変位は790mm程度と小さくなり

せん断歪は310%となったものの、上部構造のせん断力はケースAの約1.5倍となり、免震建物としての性能が低下する結果となった。

表1にレベル3B地震動に対する試設計の結果のまとめを示す。

3. モデル建物2の試設計の結果

各レベル地震動に対するRC造地上10階建ての建物を対象とし、3例の試設計(ケースX~Z)を行った。上部構造の平面は、靱性保証型耐震設計指針の設計例と同じ平面とし、架構形式はX方向をラーメン架構、Y方向を耐震壁付きラーメン架構とした。図4に伏図、図5に軸組図を示す。なお、部材断面は余裕度が大きくなり過ぎないように、設計例の部材断面を修正した。

ケースXは評価取得する場合と同様、告示波に対する設計が完了したモデルで、レベル3A地震動に対して、限界状態以下となるようにしたものである。免震材料は天然ゴム系積層ゴム支承(以下、RB)1,000とLRB1,000をそれぞれ14基ずつ採用した。

ケースYはレベル3B地震動に対して、限界状態以下となるようにしたものである。柱と大梁の主筋量は、ケースXの約1.3倍とし、免震材料は大口径のRB1,500とLRB1,500をそれぞれ14基ずつ採用した。

ケースZはレベル3C地震動に対して、限界状態以下となるようにしたものである。柱と大梁の主筋量は、ケースXの約1.3倍とし、免震材料は大口径のLRB1,500と引抜き対応直動転がり支承をそれぞれ14基ずつ採用した。また、免震層の水平方向クリアランスを1,000mmとした。

表2~4に各ケースの応答解析結果を示す。これらの表より、各ケース共に限界状態以下となるような設計は可能であるが、ケースZは水平方向クリアランスを1,000mmにする必要がある。また、レベル2入力時の上部構造の応答は、ケースYとケースZがケースXを上回り、免震建物としての性能が低下する結果となった。

4. まとめ

法令で定められた地震動を上回る入力に対しての建物設計法の研究の歴史は浅い。特に免震構造の分野では衝突時の数値解析の事例が見られるものの、極限状態に関する研究はほとんどなされていない。今後、よう壁との衝突を考慮した設計法や支承の終局状況などの課題を検討していく必要がある。

参考文献

1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，301pp，2006.04

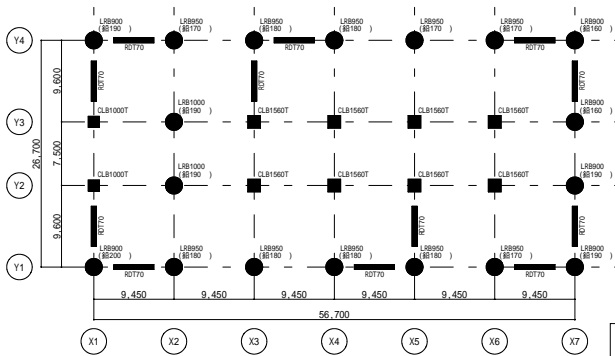


図1 ケースAの免震材料配置図

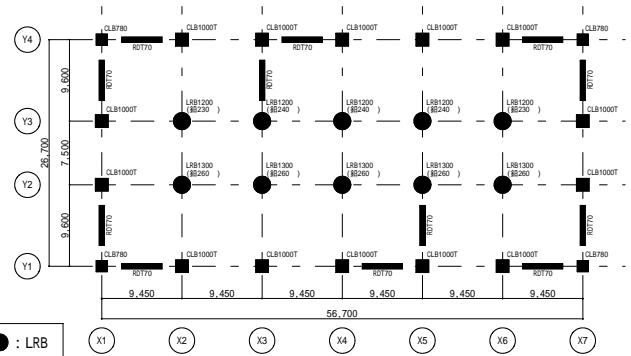


図2 ケースBの免震材料配置図

凡例 ● : LRB
■ : CLB
- - : RDT

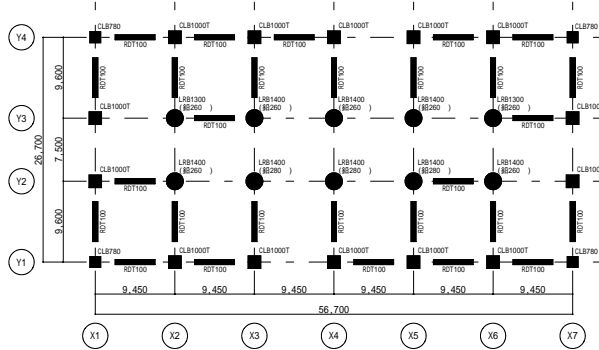


図3 ケースCの免震材料配置図

● : RB (CLB)
○ : LRB

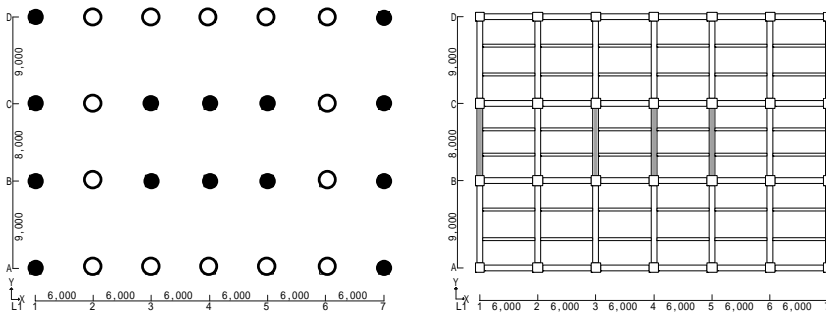


図4 伏図(左側:免震層, 右側:基準階)

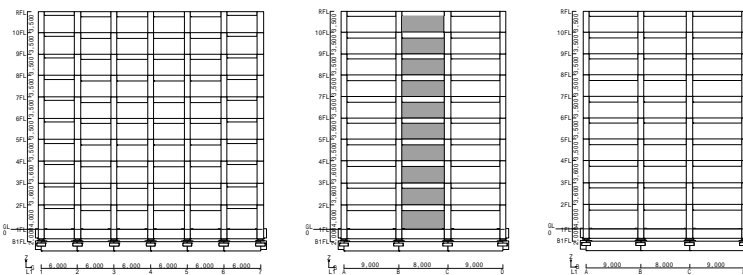


図5 軸組図(左側:A通, 中央:1通, 右側:2通)

表1 レベル3B地震動に対する試設計の結果のまとめ

	免震材料	免震層変位 (mm)	支承せん断 歪(%)	上部構造せ ん断力係数
ケースA	評価取得時と同じ	930	470	0.125
ケースB	外周にCLB, 中柱 下に大口径LRB	925	390	0.113
ケースC	ケースBにダンパ -RDTを追加	790	310	0.167

表2 ケースXの応答解析結果

	レベル2		レベル3A	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
免震層変位(mm)	398	382	555	582
最大層間変形角 ($\times 10^{-3}$ rad)	3.02	0.87	5.02	1.34
最大加速度(mm/s^2)	1,732	1,691	2,393	2,192
弾性限度強度比	0.52	0.23	0.89	0.37

表3 ケースYの応答解析結果

	レベル2		レベル3B	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
免震層変位(mm)	299	345	563	611
最大層間変形角 ($\times 10^{-3}$ rad)	5.09	1.35	11.1	5.08
最大加速度(mm/s^2)	3,401	2,921	5,173	4,433
弾性限度強度比	0.73	0.17	1.82	0.69

表4 ケースZの応答解析結果

	レベル2		レベル3C	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
免震層変位(mm)	270	325	981	1,002
最大層間変形角 ($\times 10^{-3}$ rad)	2.87	1.23	7.27	2.98
最大加速度(mm/s^2)	2,992	3,030	6,195	3,859
弾性限度強度比	0.41	0.15	1.20	0.39

- *1 能勢建築構造研究所
- *2 竹中工務店大阪本店設計部構造部門
- *3 清水建設関西事業本部構造設計部
- *4 東畑建築事務所
- *5 神戸大学大学院 教授・工博
- *6 京都大学大学院 教授・工博
- *7 大阪大学大学院 教授・博(工)

- Nose Structural Engineering Inc.
- Building Design Department, Takenaka Corp.
- Structural Design Div. Kansai Headquarters, Shimizu Corp.
- TOHATA ARCHITECTS & ENGINEERS INC.
- Professor, Kobe University, Dr. Eng.
- Professor, Kyoto University, Dr. Eng.
- Professor, Osaka University, Dr. Eng.