

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20 ゴム被覆チェーン式制動装置を用いた免震構造建物の応答比較検証)

正会員 ○ 貝谷淳一*1 同 鈴木昭司*2 同 前野敏元*3 同 小倉正恒*4

免震構造 応答比較検証 制動装置
限界状態 クリアランス よう壁衝突

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、若しくは衝突が生じる場合であっても少しでも衝突を緩和するための手法の一つとして、その19で紹介した「ゴム被覆チェーン式制動装置(以下、制動装置)」を用いることが考えられる。これにより、稀に発生する地震動時および極めて稀に発生する地震動時における免震建物の応答性状に与える影響を最小限に留め、レベル3B地震動の入力により免震層に過大な変形を生じる場合には、免震層の剛性を大きくする事による変位抑制に期待できる。また、衝突が生じる場合でも激しい衝突を避け、制動装置の復元力特性に応じた衝突事象の緩和についても効果的であると考えられる。しかしながら、過大な変形が生じて制動装置の剛性が大きくなる事により、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と応答層せん断力が生じる事が予想される。

本報では、RC造地上7階建ての建物を対象として、よう壁との衝突が無い場合をケースA、擁壁との衝突を想定した場合をケースB、制動装置を用いた場合をケースCとして比較検証を行った結果について報告する。また、検証に用いた地震動は、A4ゾーン(淀川区等)のレベル3Bのフラットタイプおよびパルスタイプとし、それぞれ4地震動を選別した。表1に入力地震動一覧を示す。

ここでは、上部構造および免震材料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検証を行っている。表2に各ケースを示し、表3に免震材料一覧と免震層固定時の固有周期を示す。

表1 入力地震動一覧

フラットタイプ	パルスタイプ
UMTA4_B1EW1	UMTA4_B2EW1
UMTA4_B1EW2	UMTA4_B2EW2
UMTA4_B1NS2	UMTA4_B2EW3
UMTA4_B1NS3	UMTA4_B2NS2

表2 検証ケース一覧

ケース名	よう壁衝突	制動装置有無	地震動タイプ
ケースA1	無し	無し	フラット
ケースA2	無し	無し	パルス
ケースB1	有り	無し	フラット
ケースB2	有り	無し	パルス
ケースC1	無し	有り	フラット
ケースC2	有り	有り	パルス

表3 免震材料一覧と固有周期

免震材料	鉛プラグ挿入型積層ゴム支承 700φ 2基		
	天然ゴム系積層ゴム支承	700φ 1基	
	同上	750φ 1基	
	回転機構付すべり支承	400φ 2基	
免震層固定時 固有周期(秒)	1次	2次	3次
	0.311	0.117	0.075

2. レベル3B地震動(フラットタイプ)に対する比較検証結果

ケースA1は、免震層の水平変位が850mmと大きく、水平クリアランス600mmを上回り、支承のせん断歪も425%となる。従って、よう壁との衝突や支承のせん断破壊が想定される。また、免震層直上階の応答加速度は229cm/s²、応答層間変形角は1/1820である。

ケースB1は、水平クリアランスにてよう壁との衝突が生じる場合である。図1にケースBに与えたよう壁の復元力特性を示す。免震層の水平変位は651mmと水平クリアランスを上回るため、よう壁との衝突が生じる。また、免震層直上階の応答加速度はケースA1の22.5倍(5152cm/s²)、応答層間変形角はケースA1の22.7倍(1/80)である。

ケースC1は、制動装置を10基考慮した場合である。図2にケースCに与えた制動装置の基数と応答変位の関係を示す。これより、制動装置の基数は、応答変位が水平クリアランスと等しくなるような基数を推定した。図3にケースCの免震層に与えた制動装置の復元力特性を示す。免震層の水平変位は597mmと水平クリアランス以内となる。また、免震層直上階の応答加速度はケースA1の4.1倍(941cm/s²)、応答層間変形角はケースA1の16.2倍(1/112)である。

表4にレベル3B地震動(フラットタイプ)に対する比較検証結果のまとめを示す。

3. レベル3B地震動(パルスタイプ)に対する比較検証結果

ケースA2は、免震層の水平変位が1162mmと大きく、水平クリアランスを上回り、支承のせん断歪も581%となる。従って、よう壁との衝突や支承のせん断破壊が想定される。また、免震層直上階の応答加速度は297cm/s²、応答層間変形角は1/803である。

ケースB2は、免震層の水平変位が710mmと水平クリアランスを超過するため、よう壁との衝突が生じる。また、免震層直上階の応答加速度はケースA2の37.4倍(11108cm/s²)、応答層間変形角はケースA2の12.7倍(1/63)である。

ケース C2 は、免震層の水平変位が 645mm と水平クリアランスを僅かに超過し、よう壁との衝突が生じる。また、免震層直上階の応答加速度はケース A2 の 6.5 倍 (1941cm/s²)、応答層間変形角はケース A の 20.2 倍 (1/40)である。

表 5 にレベル 3B 地震動 (パルスタイプ) に対する比較検証結果のまとめを示す。

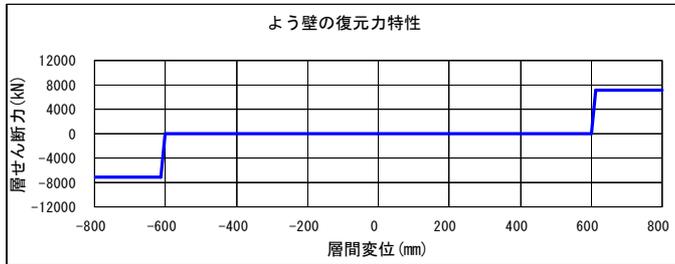


図 1 よう壁の復元力特性

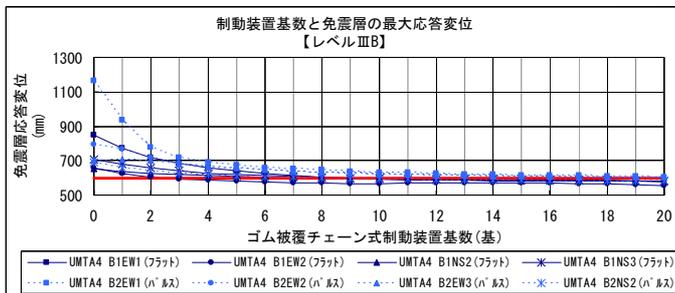


図 2 制動装置の基数

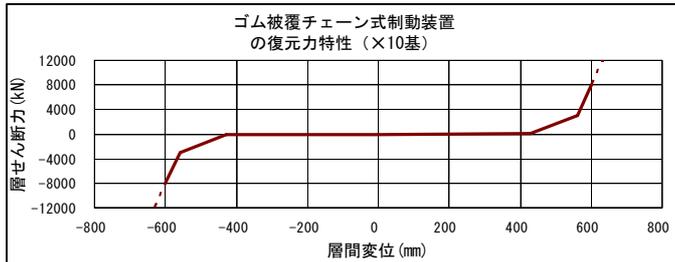


図 3 制動装置の復元力特性

表 4 応答解析結果のまとめ(フラットタイプ)

ケース	免震層直上層の最大応答加速度 (cm/s ²)	免震層の最大応答変位 (mm)	免震層直上階の最大応答層間変形角
ケース A1	229(1.00) UMTA4_B1EW1	850(1.00) UMTA4_B1EW1	1/1820(1.00) UMTA4_B1EW1
ケース B1	5152(22.5) UMTA4_B1NS2	651(0.77) UMTA4_B1EW1	1/80(22.7) UMTA4_B1EW1
ケース C1	941(4.11) UMTA4_B1NS3	597(0.70) UMTA4_B1NS3	1/112(16.2) UMTA4_B1NS3

()内の数値はケース A1 の応答値を 1.00 とした場合の比率を示す。また、各応答値の下に最大応答値を示す入力地震動を記載する。

表 5 応答解析結果のまとめ(パルスタイプ)

ケース	免震層直上層の最大応答加速度 (cm/s ²)	免震層の最大応答変位 (mm)	免震層直上階の最大応答層間変形角
ケース A2	297(1.00) UMTA4_B2EW1	1162(1.00) UMTA4_B2EW2	1/803(1.00) UMTA4_B2EW1
ケース B2	11108(37.4) UMTA4_B2EW1	710(0.61) UMTA4_B2EW1	1/63(12.7) UMTA4_B2EW1
ケース C2	1941(6.54) UMTA4_B2EW1	645(0.56) UMTA4_B2EW1	1/40(20.2) UMTA4_B2EW1

()内の数値はケース A2 の応答値を 1.00 とした場合の比率を示す。また、各応答値の下に最大応答値を示す入力地震動を記載する。

4. まとめ

法令で定められた地震動を上回る入力に対する免震構造建物の挙動について、よう壁との衝突を考慮した数値解析の事例が見られるものの、実状に応じたよう壁の復元力特性の設定には諸々のパラメータを要する事になる。

本報での比較検証の結果よりゴム被覆チェーン式制動装置を用いた場合、よう壁との衝突を避ける事が可能である事が判る。また、衝突事象の有無にかかわらず、当該制動装置を配置する事で免震層直上層の応答加速度については一定の低減効果が見られた。免震構造の上部架構に生じるせん断力については衝突事象が生じる場合および制動装置を用いる場合共に増大する事が分かった。当該制動装置を用いた場合には過大変形領域にて衝突に近似した事象を発現するが、応答加速度結果よりその事象はよう壁への衝突に比べてソフトな状態となっているものと判断する。

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と共に、免震層の変形を制御する制動装置や衝突緩衝装置に対する課題を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 神田他：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 1 9 免震建物への制動装置の適用性検討)、日本建築学会学術講演便概集、2015年
- 2) 大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および設計法に関する研究会：大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および耐震設計指針、pp.3.3-129~137、2015年

*1 能勢建築構造研究所

*2 伸構造事務所

*3 竹中工務店大阪本店設計部構造部門

*4 清水建設関西事業本部構造設計部

Nose Structural Engineering Inc.

Nobi Structural Design Office Inc.

Building Design Department, Takenaka Corp.

Structural Design Div. Kansai Headquarters, Shimizu Corp.