



第 9 3 話 長周期地震動と免震構造 No.2

今回は想定を超える長周期地震動によって、免震構造が如何なる動的挙動を示すかをお話します。エル・セントロ波を代表とする地震波形群は 0.1 秒から 1.2 秒に大きなパワーを有している。免振構造では、固有周期を 3 秒から 5 秒に移動させることで共振状態を避け、応答を抑制させる。ところが、濃尾平野では 3 秒から 5 秒に、関東平野では 5 秒から 10 秒に大きなパワーを有する長周期の波が発生することが分かってきた。この長周期地震動によって免震構造が共振する可能性があり、免振装置はせん断ひずみの設計用許容値を超え、座屈や破断することも考えられる。これら破壊現象の発生を予測し、対処することで、免震構造の安全性を担保することが重要となる。

ここでは、前回用いた RC 構造物に長周期地震動を加え、その挙動を分析する。地震波は、苫小牧(Tomakomai EW)波と人工地震波の名古屋三の丸新東海地震(Shin-Tokai EW)を、共にレベル 2 の 50Kine に規準化して使用する。想定を超える地震として 75Kine に規準化した両地震動を用いる。

図 2 に苫小牧波レベル 2 の地震動が加わった際の免震構造の応答を示す。図上の中央は免震層の層せん断力と層間変位であり、上右は免震断面の応力分布を示す。また、左下の上は地震加速度波形であり、その下は構造物最上階の水平変位の時刻歴が示されている。右下は免震デバイスのせん断力とせん断ひずみの関係を示し、最大せん断ひずみは  $\gamma=1.8$  で設計範囲内に収まっている。図 3 は、最大速度を 75Kine に規準化した地震動を受ける免震構造の動的挙動を表す。図の配置は、図 2 と同じである。図右下は、骨組右端部の免振デバイスのせん断ばねの履歴であり、最大せん断ひずみは  $\gamma=2.8$  に達している。免震デバイスの短期用の座屈時最大せん断ひずみを超えており、座屈している可能性がある。同図上中の層せん断力と層間変位の関係には、赤丸で示すように剛性に軟化が見られ、一部

弾塑性解析ソフト SPACE を用いて数値解析した結果を示す

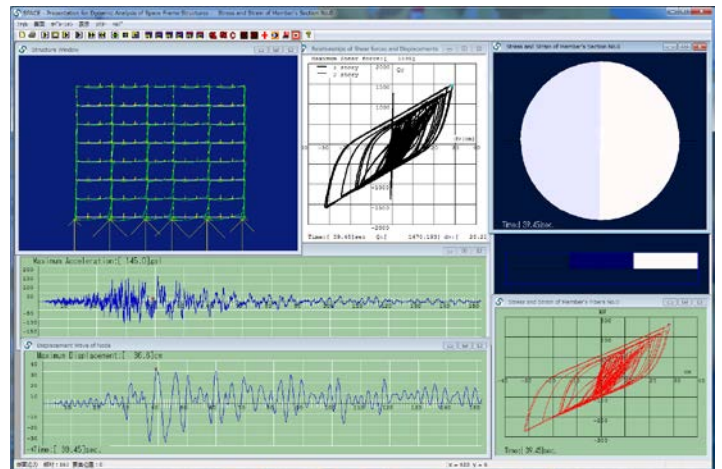


図 2 レベル 2 の Tomakomai EW の地震動を受ける免震構造の動的挙動

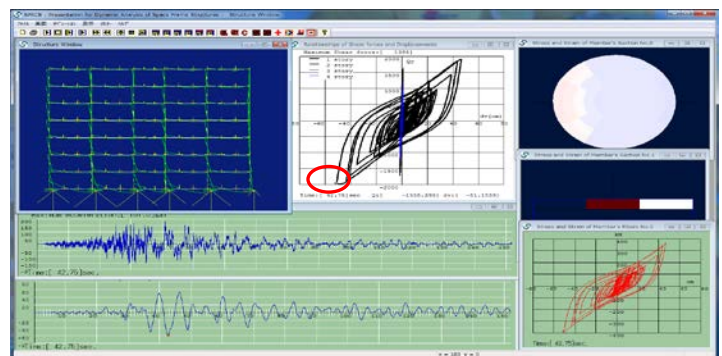


図 3 75Kine の Tomakomai EW の地震動を受ける免震構造の動的挙動

の免震デバイスが座屈している。水平変位が大きくなると付加軸力が変動し、長期軸力と共に免震装置の座屈挙動に影響を与える。

図 4 の左には、75Kine 苫小牧の波を受ける骨組の水平変位の履歴を、右にはフーリエスペクトルを示す。上から骨組の最上部、中間部、免震装置上部の履歴を示す。比較すると上部構造は剛体的に振動し、免震装置の一部座屈の影響はあまり受けていない。主振動の周期は 5 から 6 秒となっており、地震動のエネルギーが最も大きな周期に一致する。

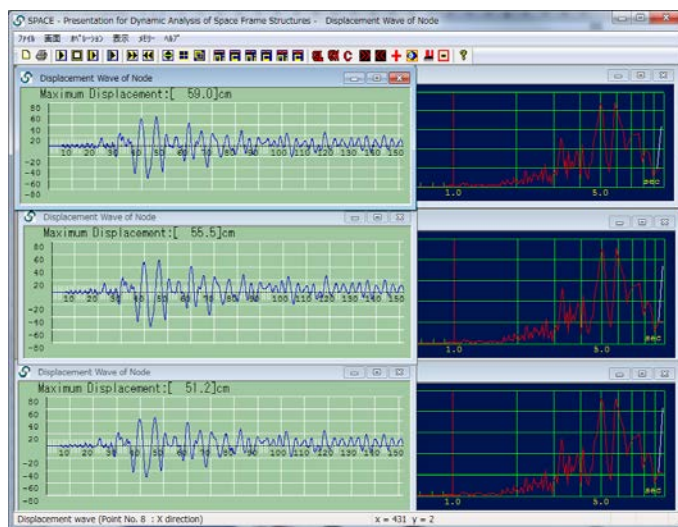


図 4 75Kine の Tomakomai EW の地震動を受ける免震構造の主振動周期

図 5 には、レベル 2 に規準化した 2 種の地震動に対する最大層間変形角と最大層せん断力が、また想定を超える 75Kine に規準化した地震動についても同様に示される。想定を超える大きさ(75Kine)であっても、上部構造の層間変形角は 200 分の 1 以下となっており、ほぼ弾性範囲に収まっている。最大層せん断力は直線的となっており、剛体的に水平移動している。

図 6 は各免震デバイスの履歴を示す。同図左下は、免震層上部の水平変位の履歴が、同図の中上より下へ、対応して骨組の左から右へと順次免震層のせん断力と層間変位の関係を示す。これらの図は、免震デバイスの座屈を含んだ履歴を表しており、赤丸で示された時点でそのデバイスは座屈を生じている。

柱に加わる長期軸力と付加軸力を含めた軸力の大きさによって座屈の発生時刻が異なる。この骨組では、中央部の柱に加わる長期軸力が端部の柱よりかなり大きいため、水平変位による付加軸力を加えても中央部の柱の軸力が大きく、免震デバイスの面圧が大きい状態となる。そのため、中央部柱の下のデバイスに座屈が先に生じている。

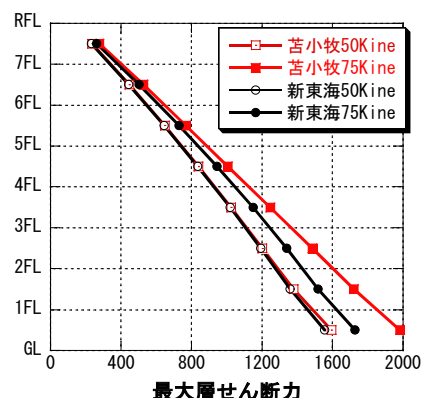
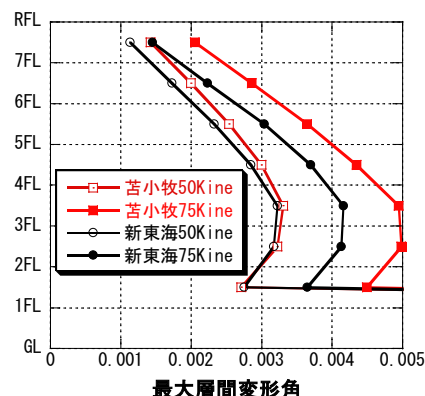


図 5 長周期地震動を受ける免震構造の最大層せん断力と最大層間変形角

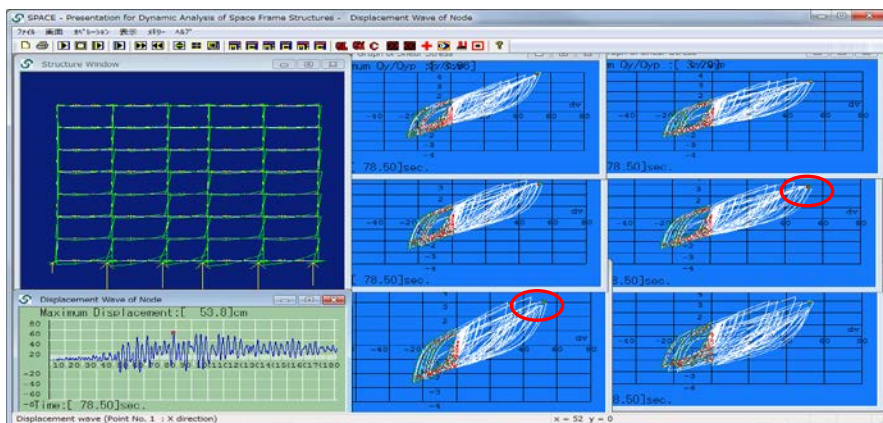


図 6 免震装置のせん断力と層間変位の関係