

セミアクティブ・パッシブダンパーを用いた免震構造に関する研究

サマーインスティテュートがきっかけとなった日米共同研究



流動研究員 箕輪 親宏

1998年米国Summer Institute 制度のDuke大学 学生Daniel Batt の防災科学技術研究所滞在が契機となり実現した研究がこのテーマです。彼の滞在中に免震ゴムの振動台による破断実験があり、そのビデオテープを彼に渡したところ、彼の帰国後、指導教官であるHenri Gavin 助教授がその実験に興味を持ち、開発中の振動を抑えるダンパーを免震装置に付けて、防災科学技術研究所の大型振動台で実験したい、については研究予算をNSFに申請したいとの連絡があり、協力することになりました。Gavin 助教授の申請が承認されNSFの予算が付き、研究がスタートしました。2000年、2001年の2回、研究連絡のため防災科学技術研究所を訪れ、防災科学技術研究所の大型振動台での実験について打ち合わせを行いました。

このGavin 助教授は、当初、制御可能なElectric Rheological Damperで使いたいと言っていましたが、Electric Rheological材の開発が思ったように進まず、研究期間内にはElectric Rheological Damperで十分な制御力が得ることは困難である



実験状況

ことがわかり、Magnetic Rheological Damperを考えましたが磁性流体に於ける沈殿等の問題があり、最終的にはオイルダンパーを使うこととし、弁の開閉で免震ゴムの動きを制御することにしました。

免震構造はその最もゆっくりした揺れより細かく揺れる地震にはその機能を発揮しますが、そのゆっくりした揺れに共振するような地震がくると、その機能を発揮することが出来ません。このような場合は、むしろ免震構造にならない方が良いのです。技術的に考えれば、免震構造において地震中に共振するようなゆっくりした揺れを感知すれば免震を効かないように自動的にすれば良いことになります。そこで考



オイルダンパーを調整するGavin助教授とDuke大学学生

えられるのは、この免震構造に取り付けたダンパーの効き具合を制御して、免震構造を有効に使おうと言う考え方です。これがこの研究テーマの目的とするところで、ダンパーの弁の開き具合で、直接の動力を使わず、免震構造

の揺れを制御しようと言うことで、セミアクティブ・パッシブ制御と言う訳です。

この研究は、Duke大学で免震・制震用のダンパーを作り、建築研究所所有の3層1/3の鉄骨模型にこのダンパーを取り付け、防災科研の大型振動台に設置し、ダンパーの特性を制御し、地震波に対する免震の効果を調べるものです。ここで入力波として振動台実験に用いた波形は図1の周期 $T_p = 0.5 \text{ sec}$ 、 $T_p = 1.0 \text{ sec}$ 、 $T_p = 2.0 \text{ sec}$ に卓越周期をもつ人工地震波計3波とK O B E（阪神大震災の神戸海洋気象台記録）、LmaPrieta,Symar(1994年ノースリッジ地震の記録)です。免震構造のダンパーのケースとしては、印：バルブ開でダンパーのダンピングが効かない状態、 \circ ：バルブが自動的に制御された状態、 \times ：最初からバルブを締めた状態で振動台実験を行いました。なお、実験に先立ちダンパーの油圧回路は性能が発揮されるように調整されています。図2は縦軸に屋根の揺れをとり、横軸に人工地震波の卓越周期を取ったもので、印のダンパーのバルブを開き免震構造が効くようにした場合は、細かい揺れが卓越する $T_p = 0.5 \text{ sec}$ の人工地震波に対し揺れは小さくなり免震効果を発揮していますが、ゆっくりした揺れが卓越する $T_p = 2.0 \text{ sec}$ の人工地震波では逆に揺れが大きくなり効果がないのが解ります。 \times のバルブ閉で免震構造が効き難くした場合はバルブ開の場合と逆に $T_p =$

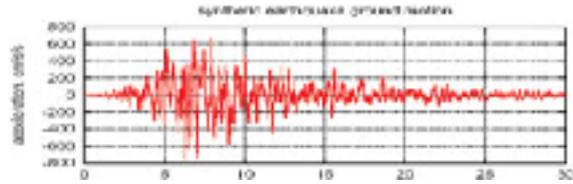


図1 人工地震波加速度波形

0.5 sec で揺れは大きくなり、 $T_p = 2.0 \text{ sec}$ で小さくなっています。

印のバルブ制御の場合は、3ケースともバルブ閉の場合より小さくなり、 $T_p = 2.0 \text{ sec}$ の人工地震波に対しては最も良くなっています。

図3は $T_p = 1.0 \text{ sec}$ の人工地震波と、先の地震波形3波に対する同様の図であり、バルブ閉よりバルブ制御の方が有効であるのがわかります。

以上の結果が得られ、長周期が卓越する大きな地震の場合には、ダンパーのバルブを制御すれば共振を抑えることが出来る可能性があることが解ります。しかし、中規模以下の地震に対してはダンパーバルブを開けて免震が効くようにした方が効果的です。

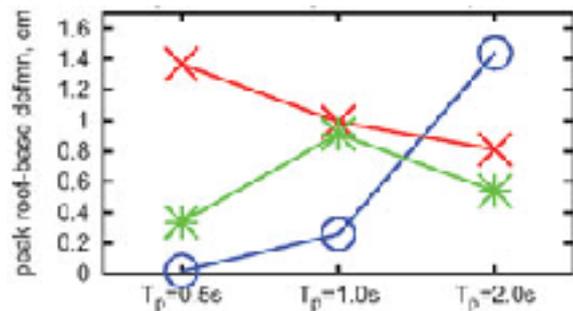


図2 3種の人工地震波に対する屋根面の揺れ

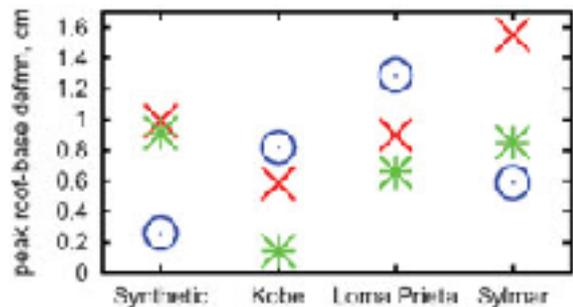


図3 地震波形3波に対する屋根の揺れ