



第 110 話 アクティブ制御

今回は、振動のアクティブ制御についてお話しする。振動を制御する構造形式として、**免震構造**と**制振構造**がある。制御方法は、パッシブ制御、アクティブ制御、セミアクティブ制御、ハイブリッド制御に大別される。以下にその特徴をまとめる。

1) **パッシブ制振構造**とは、建物にダンパー装置等を組み込み、建物の揺れに応じてダンパーを働かせてエネルギーを吸収し、建物の揺れを低減させる方式で、その受動的な制御に期待する制振構造である。そのため、制御を行う際、外部からの電力を必要としない。

2) **アクティブ制振構造**とは、制御コンピュータ、センサー、アクチュエータで構成される制御システムを構造物に備え、地震時や台風時にセンサーが揺れを検知し、コンピュータで応答を制御するための信号を発信し、その信号に応じてアクチュエータを動作させることで建物の揺れを低減させる方式である。そのため、この制御方法は能動的であり、その機能によって振動を制御する制振構造である。

3) **セミアクティブ制振構造**とは、制御要素を可変とするために、センサーなどによって常に状態情報を把握し、必要な時に外部から能動的に制御要素の特性を変化させる。もし周波数の計測やその他の状態把握が適切でない場合、振動制御自体はパッシブ制御であることから、構造物の振動が不安定になることはない。制御要素を変化させるために外部からの電力が必要であるが、アクティブ制御に比較するとかなり小さい。

4) **ハイブリッド制振構造**とは、パッシブ制振装置やセミアクティブ制振装置あるいはアクティブ制振装置など複数の制振装置を組み込んだ複合的制振構造である。また、一つの制振装置でも、アクティブとパッシブの両機能を有する装置もある。この構造形式は、地震時において電力が供給されるかという懸念に対する対策と、異なる制御方法で互いに欠点を補うことを考慮した制御装置である。優位な利点を多く有する制御方法であることから、今後、多数研究されることになろう。

現在、免震・制振構造共に、パッシブ制御方法は実用段階に達しており、特に免震構造は多くの建築構造物に適用されている。今後は、さらなる振動抑制を目指して、セミアクティブ制御やアクティブ制御に関する研究・開発が行われ、より多くのアクティブ型制振装置を備えた構造物が建設されることになろう。

アクティブな制振機構として、TMD を代表とする**動吸収器**と**減衰力**

や制御力を付加する制振装置とがある。制御力を得るためには反力が必要となり、その形態によって、以下のように制振法が分類される。

- 1 : 固定面や層間変位を利用して反力を得る。 2 : 補助質量を用いる。
- 3 : 構造物の相互作用を利用する。

1 : 外部から直接減衰力や制御力を加える方法として、セミアクティブ型では、減衰係数の切り替えが容易であることから、オイルダンパーや磁性流体ダンパーなどが用いられる。アクティブ制振装置には、電磁アクチュエータや油圧アクチュエータなどが使用される。

2 : 補助質量を用いる制御装置としてのアクティブ同調型マスダンパーでは、ばね定数や減衰定数をコントローラによって能動的に変化させることができ、ひとつの装置で多数の振動モードを制御することができる。同装置では、アクチュエータとして電磁アクチュエータ、サーボモータ、油圧シリンダーなどが用いられる。これらの制御装置は、反力として補助質量の慣性力を利用しており、結果、低周波の振動では大きな制御力が得られないのが特徴である。

3 : 構造物の相互作用を利用する方法として、異なる動的挙動によって、構造物相互の反力を利用する。そのため、静的な力から低周波の振動まで、大きな制御力が得られる。超高層ビルの地震応答制御もこの方式で行うことができ、この種の方法に関する研究・開発が進んでいる。

アクティブ制振には制御力型と可変構造特性型がある。以下にその特徴をまとめる。

1) **制御力型** : 応答を制御するために力を加える方式、揺れを打ち消す制御力を発生させる能動的な制御法。代表的な装置を以下に挙げる。

AMD (Active Mass Damper) : 付加質量とアクチュエータ、入力地震動や建築物の揺れを感知するセンサー、信号を分析してアクチュエータへ駆動指令を送る制御コンピュータからなる制振装置である。

AT (Active Tendon) : 建物に制御力を作用させるという点ではAMDと変わらないが、アクチュエータによって筋交い状に取り付けた tendon (鋼ケーブル) を直接緊張・緩和する方式、tendon を張った各階に制御力を導入することができる。

2) **可変構造特性型** : 剛性や減衰といった建物の構造特性を変化させる方式。制御力型とは異なり、共振を避けることで建物の揺れを低減させる。一般にこれらの装置は小さな動力により作動させることができる。

AVS (Active Variable Stiffness) : 時刻と共に変化する外力の性質に合わせて、建物の剛性を可変にすることで非共振化を図り、建物への入力エネルギーを低減する制振装置である。