

煙突制振装置の開発

[風による揚力振動を防止する]

Development of Vibration Damper for Smoke Stacks

Prevention of lift-induced vibration due to wind

(土木建築部 建築第二課)

碧南火力発電所の煙突は、筒身径が大きく、また、上部の筒身間隔が狭くなっているため、強風時に揚力振動（渦励振振動）が大きくなると予想された。この揚力振動を小さく押さえるために制振装置（ダイナミックダンパー）を開発し、煙突頂部に設置した。ダンパーの制振能力を調べるために実機煙突で起振実験を行ったところ、ダンパーは揚力振動を小さく押さえるとともに、地震応答の低減にも有効であることが検証された。

Civil & Architectural Engineering Department,
Thermal & Nuclear Plant Architectural Engineering Section

The smoke stacks at the newly constructed Hekinan Thermal Power Plant have large diameters with the space between the smoke stacks reducing toward the top. Because of this configuration, it was expected that they would experience greater lift-induced vibrations (vortex-induced vibration) when subject to strong winds. We have developed a device (dynamic damper) to suppress the lift-induced vibrations and installed it on top of the smoke stack. An experiment was conducted to generate vibrations in a smoke stack to verify the performance of the damper. The damper demonstrated that it successfully suppresses the lift-induced vibrations and is also effective in reducing the vibrations caused by earthquakes.

1 開発の背景

火力発電所の煙突などの搭状構造物は、風下側に交互に発生するカルマン渦によって風と直角方向に揚力振動（渦励振振動）を起こすことが知られている。この振動は、ある特定風速で渦の発生周期と構造物の固有周期とが一致したとき共振状態となり、大きな振幅に成長する。一般に、集合煙突は独立煙突に比べこの揚力振動を生じにくく大型の煙突に適しているとされており、当社においても、従来はほとんどの火力発電所で集合煙突を採用している。これに対して碧南火力発電所煙突（高さ200m、筒身径7.1m）は、1筒身当りの排出ガス量の増大により筒身径が大きく、また、社会的要請から美観を重視した形状を採用し上部の筒身間隔が狭くなっている。（第1図）

このため、従来の煙突に比べ、かなり大きな揚力振動が発生すると予想された。風洞実験によれば、この振動振幅は煙突頂部で2.5mにも達することが解った。この対策として、制振装置（ダイナミックダンパー）を開発し煙突頂部に設置した。

2 ダイナミックダンパーの概要

ダイナミックダンパーは煙突の1次固有振動数（揚力振動時）に合わせたスプリングバネと約60tのマスからなる振り子型の振動系に、減衰の大きいオイルダンパーを導入させたものである。その構造は、12本のスプリングバネと6本のオイルダンパーを円周配置しマスのうち約50tは鉛を使用してコンパクト化を図ることにより、煙突頂部の狭いスペースに設置可能なものとした。（第2図）

3 ダイナミックダンパーの効果

この装置は、煙突が振動し始めた時に、その振動を打ち消すように減衰性能の大きいダイナミックダンパーを大きく振動させ、煙突自体の振動を小さく抑えるものである。ダンパーの制振効果の目安として、一般の煙突の減衰定数1%に対して、1次固有振動時の減衰定数で3.2%の減衰を確保できるように設計した。

これにより揚力振動の振幅は、煙突頂部で35cm（許容振幅）以下に抑えられる。

4 振幅を大幅に低減

ダイナミックダンパーの制振能力を検証するために実機煙突で起振実験を行った。実験内容は、ダンパーを吊り下げているレベル（約180m）に設置した起振機で煙突全体を加振し、各繋ぎ梁レベル、煙突頂部およびダンパーに設置した加速度計で、ダンパー作動時と固定時の振動性状を計測するものである。実験結果は以下のとおり。

(1) 共振試験

ダイナミックダンパー固定時の煙突の共振曲線（加速度振幅と加振振動数の関係）を第3図に示す。煙突は、加振振動数と煙突固有の全体曲げ振動の振動数が一致した時に大きく揺れる。つぎにダンパーの付加減衰効果を確認するため、曲げ1次振動に関する共振曲線を第4図に示す。ダンパー作動時には、応答のピークは大幅に低減されており、ダンパーによって大きな減衰が煙突に付加されていることが解る。

(2) 自由振動試験

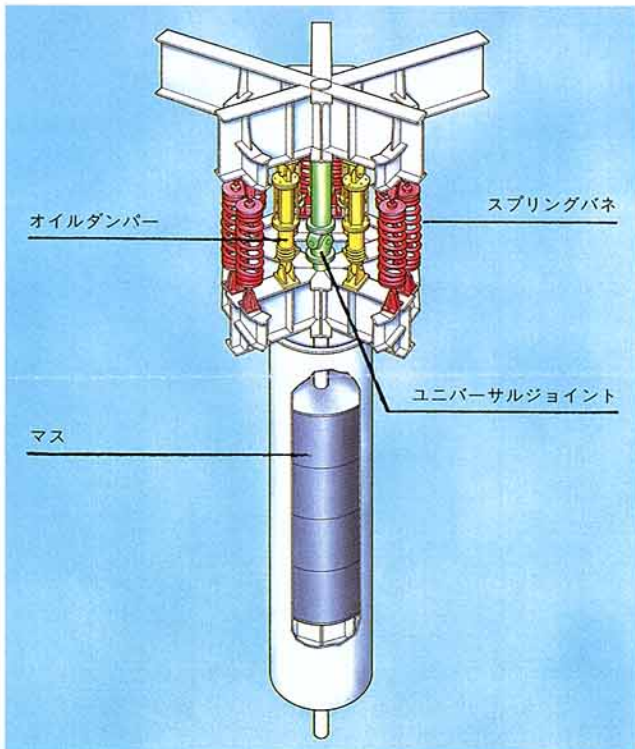
共振状態において起振機を急停止した場合の煙突の

減衰自由振動波形を第5図に示す。(1)の共振試験同様ダンパーの付加減衰効果が顕著に現われている。

以上の実験により、設計どおりの付加減衰が得られることが確認でき、揚力振動に対するダイナミックダンパーの有効性が検証できた。



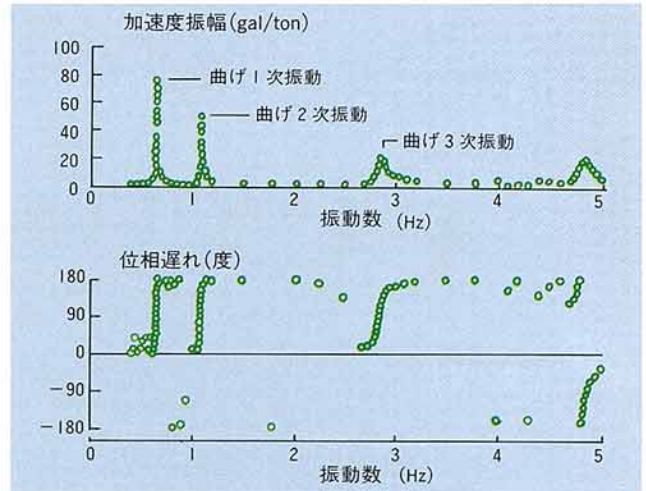
第1図 碧南火力発電所煙突



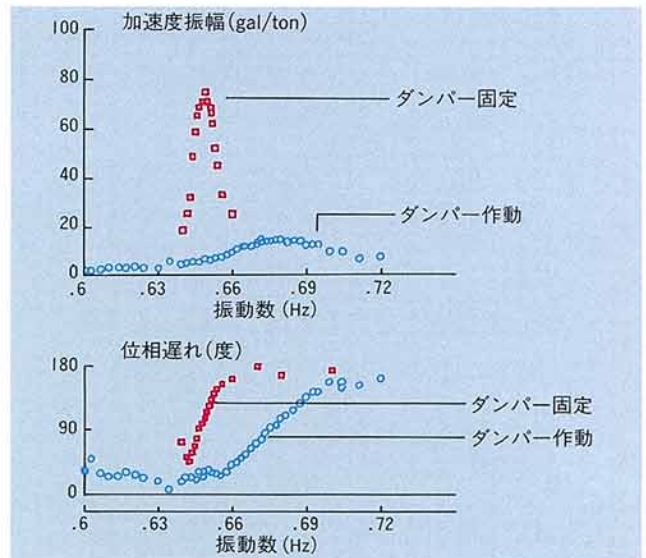
第2図 ダイナミックダンパーの構造

5 地震時にも効果を発揮

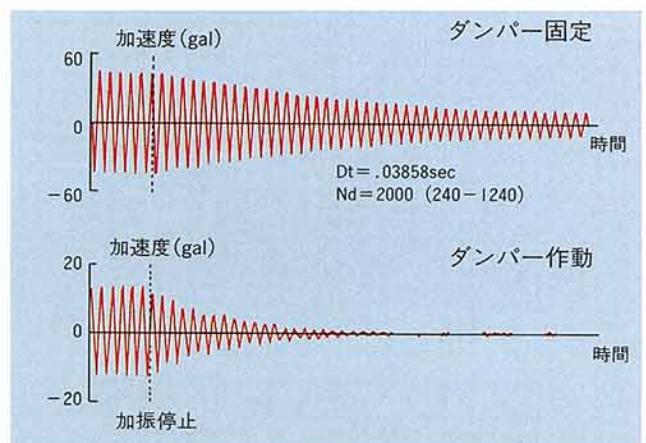
実験データに基づく詳細モデルによって、地震応答解析を同時に実施した。ダイナミックダンパーは、地震時の曲げ1次振動成分に対しても大きな減衰を与えるため、地震時の応答が低減できる。



第3図 煙突の固有振動特性



第4図 共振曲線の比較 (煙突頂部)



第5図 減衰自由振動波形 (煙突頂部)