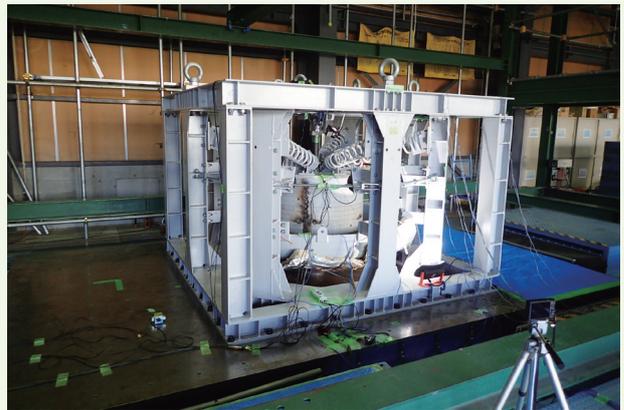


高層煙突用ユニット型制振装置

鋼製煙突の様な大型の円筒構造物は、風がある特定の条件で流れる場合に渦励振と呼ばれる振動（共振）現象を起こすことが知られている。当社では鋼製煙突の渦励振対策の一つとしてこれまで煙突本体から吊下げる形式の制振装置を納入してきた。今回、かねてより多くのご要望を頂いてきたユニット型制振装置を開発した。これにより当社の煙突向け制振対策のメニューが拡大した。

キーワード

高層煙突, 塔状構造物, 制振装置, ユニット型TMD



■ 装置概要／目的

鋼製煙突の様な大型の円筒構造物は、風が流れると構造物の後方にカルマン渦と呼ばれる交番渦が発生し、ある特定の条件が揃った場合にはカルマン渦を起振源とした渦励振と呼ばれる振動（共振）現象を起こすことが知られている。鋼構造物の振動は金属疲労に繋がることから設計においては制振対策を講じることが重要となる。

当社では高層鋼製煙突の渦励振対策の一つとして、これまで煙突筒身から吊り下げる形式（以下「吊下げ型」）の制振装置（同調質量型ダンパー：Tuned Mass Damper。以下「TMD」）を提案・納入してきた。今回、かねてより多くのお客様からご要望を頂いてきたユニット型TMDを開発した。

■ 特徴／効果

従来、当社が提案・納入してきた吊下げ型TMDと、今回開発したユニット型TMDの相違を表1にまとめる。

吊下げ型TMDの基本構造は、煙突筒身を囲む形の鍾（リングウェイト）を煙突筒身から吊下げる形状となっている。煙突本体を装置の一部として利用するため設置スペースが小さくできること、煙突の廻りにリングウェイトを配すことで偏荷重が生じないことに特徴がある。据付作業は現地作業が主体となる。

今回開発したユニット型TMDは、工場で制振装置のユニットを製作し、現場では煙突に設置するのみで性能を発揮できるという特徴がある。また装置を工場で作ることから、複数基の装置でも同品質で製作することができる。そのため同形のユニットを複数基設置することで、万一装置が1基故障した場合でも制振装置の機能消失にまでは至らないといったフェールセーフを考慮した設計も可能となる。

■ 仕様

今回、装置の製品化に当たりユニット型TMDを試作し

表1 従来型（吊下げ型）とユニット型のTMDの相違

	吊下げ型	ユニット型
設置台数	1基/煙突	1～複数基/煙突への設置が可能
基本構成	ドーナツ状のリングウェイトを筒身から懸垂	煙突に対し1基、もしくは同形で複数台のユニットを設置
架設性	筒身から吊り下げる構造の為、煙突完成後に組立て	工場にてユニット製作。煙突へは搭載、固定のみ
特徴	中空の煙突に対し、1台のTMDで均等に荷重分散	複数台設置の場合、万一1基が損傷しても、僅かな機能低下で済む
参考写真		

た。試作機の主要緒元を表2に示す。

表2 試作ユニット型TMDの主要緒元

型式	同調質量型ダンパー (TMD)
用途	煙突の渦励振制御
重錘質量	2,500kg
概略寸法	B2, 300mm×W2, 300mm×H1, 600mm
バネ	煙突の固有振動数に応じバネ有り (0.8~1.3Hz : 100m 以下級) /バネ無し (0.545Hz : 200m 級) で対応
減衰方法	シリコンオイルに抵抗体を浸し、オイルの粘性抵抗により減衰
対数減衰率	0.88 (設計値)

■ 実験結果

試作機の実験結果の一例を示す。

(1) 温度による制振性能の影響

煙突に設置される制振装置は屋外に置かれる。シリコンオイルの粘性抵抗は温度に依存するため、外気温の影響を受ける。また煙突は内部に高温の排ガスが通るため、煙突からは輻射熱が放射される。このような使用環境を想定し、最大60℃までの温度影響に対する制振効果の確認を行った。実験の結果、高温時ほど制振性能は低下するものの、適切な抵抗体寸法とすることで概ね目標の対数減衰率を確保することが確認できた。

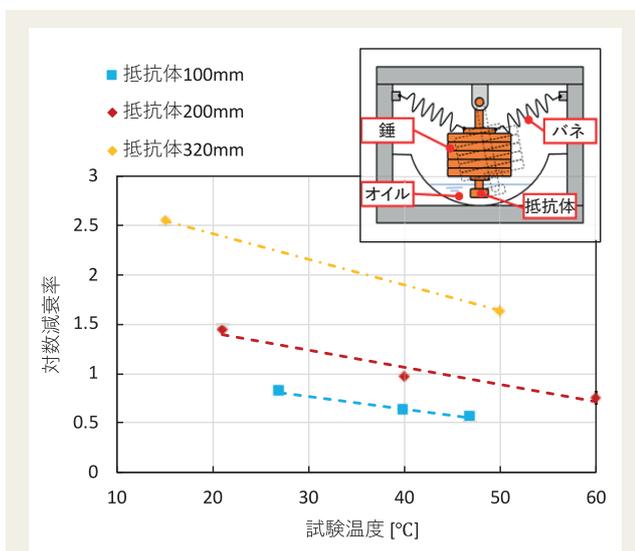


図1 温度による制振性能影響実験 (一例)

(2) 振動台実験

基礎試験の結果の検証のため、試験機を振動台に搭載し、加速度振幅一定、周波数が順次変化するスイープ波形による1次元加振を実施した。スイープ加振の加速度履歴から、各周波数における加速度応答倍率 (= 重錘加速度/振動台加速度) を求め、加速度応答曲線のカーブフィッティングにより固有振動数と対数減衰率を算出した。得られたカーブの一例を図2に示す。求めた加

速度応答曲線と計測結果はよく一致していることがわかる。

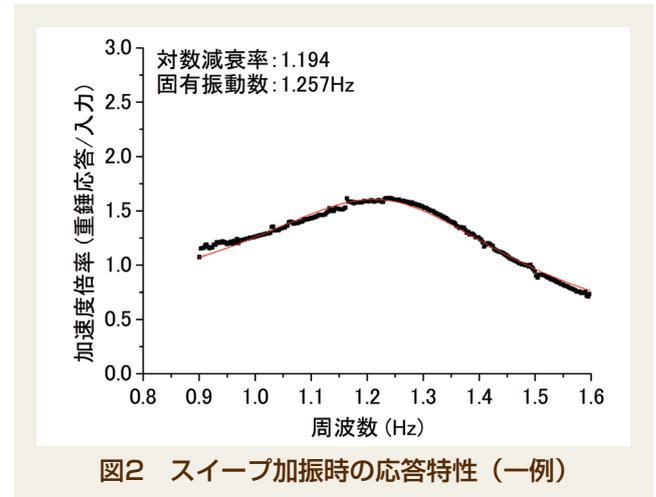


図2 スイープ加振時の応答特性 (一例)

■ おわりに

60mを超える大型煙突に対し、振動に対する設計検討が義務化されたのは2007年の建築基準法改正以降である。多くのお客様からご要望を頂いてきたユニット型TMDの開発により、当社の制振対策のメニューが拡大し、振動に対する設計検討時に多様な提案が可能となった。

また、逆に高さ60m以下の煙突や2007年以前に築造された煙突では、振動に対し十分に検討がなされていないものもある。大型煙突が振動する風速はおおよそ10~20m/sと比較的強いため、通常時は煙突の振動があまり意識されることはないが、特に近年大型化しつつあるともいわれる台風時等には、煙突が強風で大きく撓むと同時に振動を起こすといった事象にも繋がりがかねない。このような新たな課題に対しても、あと施工で対策が可能となる。

さらに、今回のユニット型TMDは設置位置、方向、個数に制約がない事から、大型煙突に限らず大型の塔状構造物全般に適用可能である。今後はその適用拡大が期待される。

なお、今回の開発に当たり京都大学 防災研究所の振動台を使用させて頂いた。ここに謝意を表す。

SDGへの貢献 / SDGsに貢献する技術

本制振装置の開発により、当社ではSDGsに示す13の目標の内「9. 産業と技術革新の基盤をつくろう」に貢献しています。

【問い合わせ先】

日立造船株式会社 機械・インフラ事業本部
鉄構・防災ビジネスユニット 鉄構設計部
本間 真
Tel : 06-6569-7057
E-mail : homma_s@hitachizosen.co.jp