

セミモノコック構造と制振構造を採用した美観煙突の開発

景観に配慮した煙突の設計合理化

Development of a Scenically Harmonious Stack Having a Semi-monocoque and Vibration-prevention Structure

(土木建築部 火力土建G)

(Thermal Power Civil Engineering & Construction Group, Civil and Architectural Engineering Department)

近年では発電所の立地条件として景観に対する配慮を要求される状況にあるため、新名古屋火力発電所リフレッシュ計画では周辺環境に対して比較的影響度が大きい構造物である煙突を高層ビル風的美観型とした。その構造としてセミモノコック構造および制振構造を採用し、風および地震に対する応答を大幅に低減した。また、実機煙突で起振試験を行ったところ大きな制振効果が確認され、その有用性が実証された。

Recently, as one of the geographical and social conditions of a location, it has been requested that power plants should consider the harmony of their facility appearances with the surrounding scenery. In the Shin-Nagoya Thermal Power Plant Renewal Program, it is specified that the stack, a structure that may have a comparatively large influence on the surrounding environment, be scenically harmonious (with a high-rise building appearance to match other buildings). To meet this requirement and to reduce the responsiveness to wind and earthquakes, we employed semi-monocoque and vibration-prevention structures for a stack. Furthermore, we conducted an excitation test using an actual-size stack, and confirmed a good substantial vibration-prevention effect. As a result, we verified the usefulness of semi-monocoque and vibration-prevention structures.

1 開発の背景

現在リフレッシュ工事を進めている新名古屋火力発電所は、名古屋港の中央に位置し、周辺にはガーデン埠頭、名古屋港水族館、名港大橋などがあり、これら周辺環境との調和を図るため発電所本館と煙突を対象に景観設計を行っている。特に、2基そびえ立つ高さ150mの煙突は断面形状を4つ葉のクローバー型とし、高層ビルをイメージしたデザインを採用している。(第1図) 従来、景観に配慮して複数の内筒を集合させて外筒で支持する形式の煙突では鉄筋コンクリート製もしくは鉄塔支持型煙突のトラス鉄塔部に外装板を貼り付ける方式がほとんどであった。しかし今回、埋め立て地の軟弱な地盤に建設されるため、軽量化を目指し検討した結果、比較的薄い板厚の鋼製パネルに効率的に荷重負担をさせることのできるセミモノコック構造を開発、採用した。また、軽量であるため暴風時に発生する振動の防止対策として内筒と外筒をばねとオイルダンパーで連結するパッシブ型の制振構造を開発、採用した。制振構造による減衰付加は耐風安定性の改善は勿論、地震応答の低減にも大きな効果がある。

2 セミモノコック構造の概要

セミモノコック構造は殻と骨からなり、強度を確保しつつ軽量であることが大きな特徴である。このため航空機の胴体や翼などに採用されている。今回、煙突の外筒では、並列するH型鋼の柱とこれらをつなぐ水平のリングとで構成した格子状の立体骨組みに、厚さ10mm前後の比較的薄い鋼板パネルを全面に付設している。本構造では、柱は煙突の転倒曲げモーメントによ

る鉛直方向の軸応力を負担し、リングは外筒の断面形状を保持するとともに柱の座屈補剛をしている。また、パネルは煙突に作用する水平方向のせん断力を負担しており、トラス鉄塔でのブレース材の役割を果たしている。(第2図)

3 制振構造の概要

今回の煙突では内筒と外筒の固有振動特性の相違を利用した新しい制振構造を採用した。これは、外力作用時の内筒と外筒間に生ずる相対変位に着目して、オイルダンパーで両者を連結することにより振動エネルギーを吸収し、その結果として内外筒の振動を抑制するものである。具体的には、内外筒を結ぶ支持点でオイルダンパーとコイルばねを設置するものであり、支持点ダンパーと呼ぶ。(第3図)

4 実機起振試験

セミモノコック構造と制振構造を採用した今回の煙突では、設計の妥当性検証と今後の煙突での設計資料の集積を目的に、実機起振試験を実施した。起振機は国内最大級のものを使用し、サーボモーターによりウエイトを水平方向に往復運動させる慣性力方式である。これを、GL + 146.5mの外筒頂部ステージに設置して行った。制振効果を比較するためオイルダンパーを作動させない非制振状態のと制振状態で曲げ1次と曲げ2次のモードを計測対象とし試験を行った。

(1) 正弦波応答試験

共振・位相曲線を第4図に示す。非制振では加振振動数と煙突の固有振動数が一致した時に大きく揺れる。

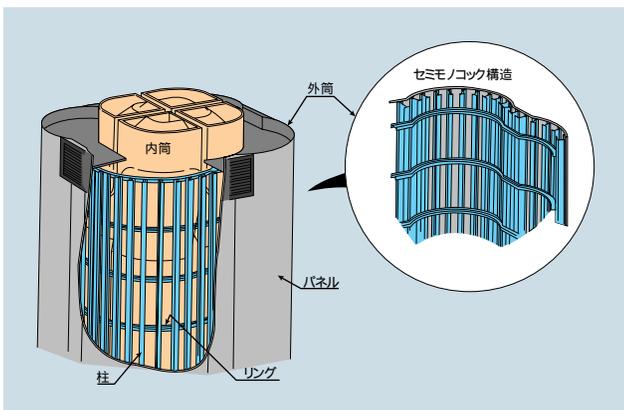
しかし、制振では応答のピークは約1/9と大幅に低減されており、制振構造によって大きな減衰が煙突に付加されていることが解る。

(2) 自由振動試験

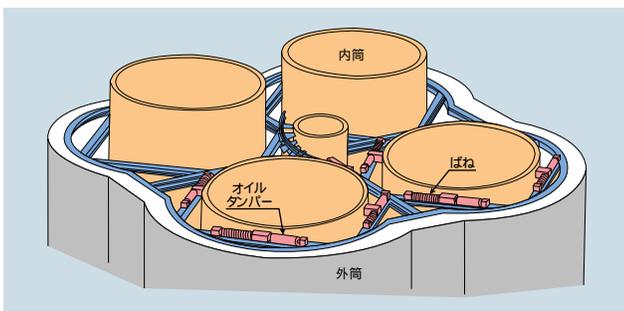
共振状態において起振機を急停止した場合の煙突の減衰自由振動波形を第5図に示す。(1) 正弦波応答試験同様、制振構造の付加減衰効果が顕著に現れている。また、固有振動数計測結果を第1表に示すが、概ね良い対応をしており設計の妥当性および制振構造の有用性が実証された。



第1図 新名古屋火力発電所7号系列煙突



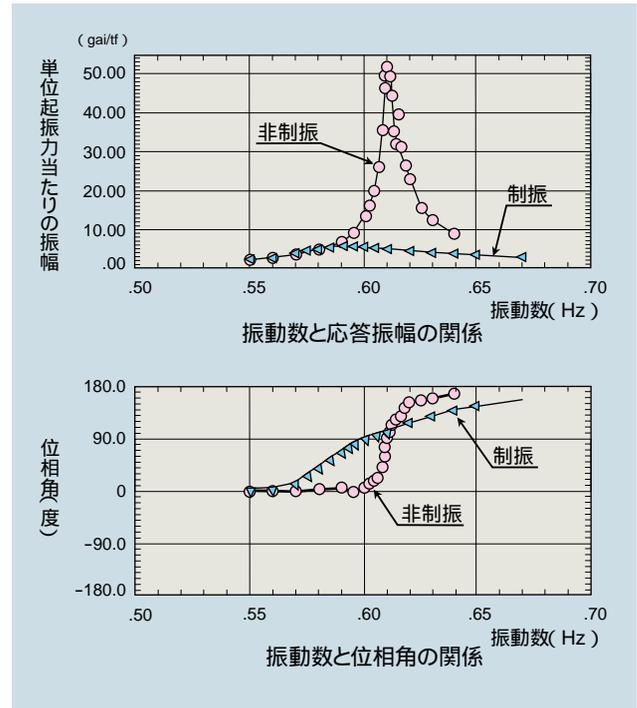
第2図 セミモノコック構造概要図



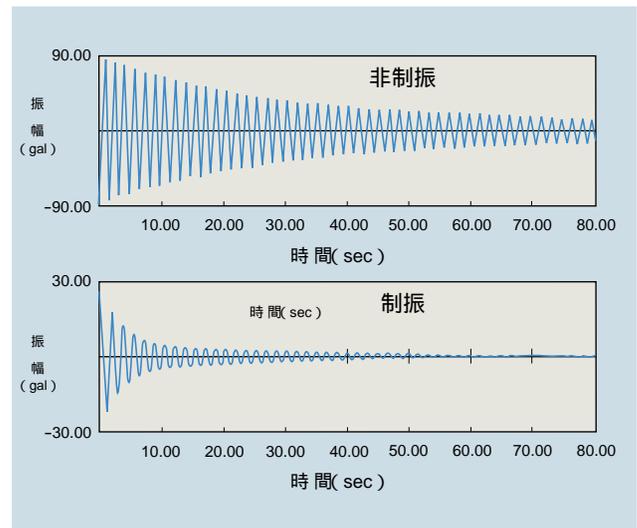
第3図 制振構造概要図

5 今後の展開

今回の成果により、同発電所8号系列煙突の設計において更なる設計合理化およびコストダウンを図るよう検討を進める予定である。



第4図 共振・位相曲線（外筒頂部 1次）



第5図 減衰自由振動波形（外筒頂部 1次）

第1表 固有振動数測定結果

	制振区分	試験値	設計値
曲げ1次	非制振	0.61Hz	0.64Hz
	制振	0.59Hz	0.62Hz
曲げ2次	非制振	2.58Hz	2.66Hz
	制振	2.45Hz	2.58Hz