

## I-313 スロッシングを利用した制振装置の研究（その3）高層タワーへの適用とその振動実験

|          |    |      |   |    |      |
|----------|----|------|---|----|------|
| 三井建設株式会社 | 正員 | 立見栄司 | 同 | 正員 | 野路利幸 |
| 同        |    | 吉田英敏 | 同 | 正員 | 小坂英之 |

**1. はじめに** 高層展望タワーにおいて、主として風揺れを低減して居住性を改善するため、（その1）で述べた水のスロッシングを利用した制振装置を適用し、その効果を起振機による強制振動実験で確認した。本報告では、構造物および装置の概要、実験および解析結果について述べる。

**2. 構造物および制振装置の概要** 図-1に建物概要図を示す。本建物は、瀬戸大橋を望む香川県宇多津町に建つ、軒高 136m、最高部高さ 158mの展望タワーである。平面形は鋭角部が切り落とされた菱形で、構造は基部2層が鉄骨鉄筋コンクリート造、上層部が鉄骨造で、その中間部の約 100mは吹抜けとなっており、頂部3層が展望室である。建物外周はガラスカーテンウォールで覆われている。

一方、制振装置は、図-2に概要を示すように、長さが 2.5m、巾が0.45m、高さが1mのステンレス製水槽で、タワー頂部のT方向（制振対象方向）に水槽の長辺方向を合わせて16基設置されている。水深はタワーの周期に合わせて0.53mに調整され、水の重さは1基が約 0.6t、合計で 9.5tであり、その自由水の重量はタワーの有効重量の約1%である。減衰ネットは、網目が 2.8mm、開口率が51.3%のステンレス製金網で、縦方向5枚、両端部で横方向に3枚ずつ配置されている。写真-1に装置の設置状況を示す。

**3. 実験方法** タワーの5階（図-1の+印の直下）に起振機（BCS-A-200）を設置し、制振装置設置前後の定常加振実験をTおよびL方向について行い、図-1に示す▼印の位置の応答変位および水槽のスロッシング波高を測定した。加振モーメントは20～200kgm、測定周波数範囲は 0.3～4.0 Hzである。なお、実験は昭和63年2月に実施した。

**4. 装置設置前の実験結果** 図-3は起振モーメント（ $W_0 r$ ）が40kgm時のT方向の応答変位の共振曲線で、タワーの1次振動数の非常に顕著なピークと2次の比較的低いピークが見られる。表-1にタワーの固有振動数の実験および設計値と  $1/\sqrt{2}$  法による減衰定数を示す。固有振動数は実験値が設計値よりやや高いが、T方向ではかなりよい対応を示している。減衰定数は、L方向がT方向より2倍程度大きい。

**5. 装置設置後の実験結果** 図-4に1次振動数付近の共振曲線を装置設置前後で比較して示す。制振装置の設置により、設置前の1次振動数である 0.422Hzの顕著なピークは消え、0.40と0.44Hzの2ヶ所に低いピークが現れ、起振モーメントが40kgmの場合、1次共振点の振巾は 7.6mmから1mm程度に減少した。また、図-5は起振力を変化させた場合の共振曲線を起振モーメントで基準化したものである。この結果、（その1）で述べたように装置の減衰特性の振巾依存性から非線形性を示し、起振力の増加に伴って山と谷が緩やかになり、装置の減衰が増加していることが分かる。図-6はT方向の装置設置前後の自由振動波形を比較したもので、装置設置によりタワーの見掛け上の減衰は約4%に増加した。

**6. 解析値との比較** 図-4、5の実線および破線は解析による共振曲線である。解析モデルは、（その2）と同様に、タワーを1質点系モデルに置換し、制振装置は自由水重量を質点とする同調質量ダンパー（TMD）と等価なモデルに置換した。この結果、計算値は実験結果とかなりよい対応を示し、本装置が近似的にはTMDモデルで解析可能であるものと考えられる。

**7. むすび** スロッシングを利用した制振装置を高層タワーへ適用し、振動実験を行った結果、以下のことが確認された。①本装置の設置により、1次共振点付近の振巾は大幅に減少し、顕著な制振効果が得られた。また、見掛け上のタワーの減衰は10倍以上増加している。②本解析に用いた振動モデルによる解析結果は実験結果とかなりよい対応を示し、本装置のモデル化の妥当性が確認された。

なお、本タワーでは竣工後、風揺れに対する制振効果を確認するため、強風時の振動および風向・風速の同時観測を行っている。

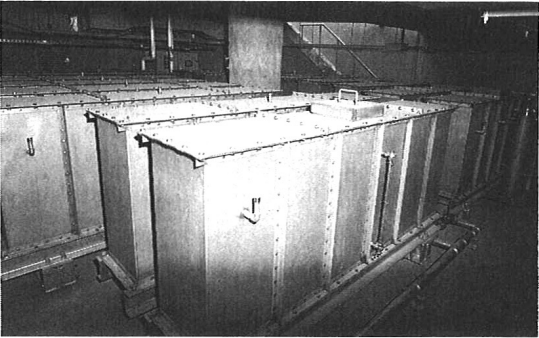
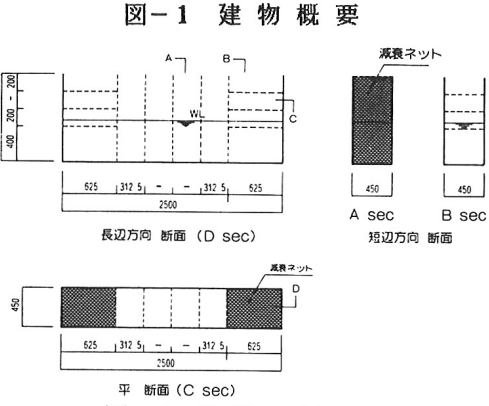
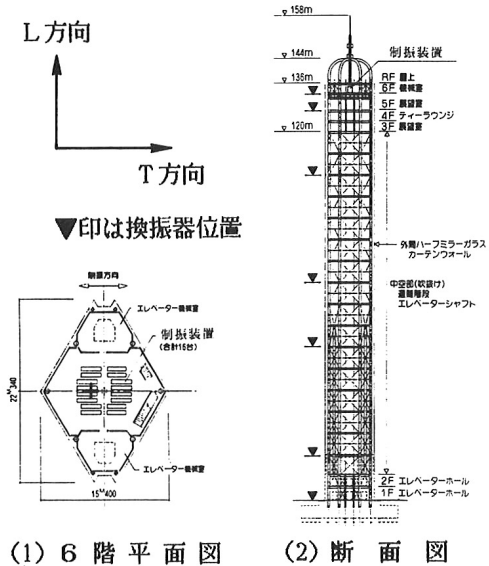


写真-1 装置の設置風景

表-1 タワーの振動特性

| 方 向  | 実験値固有振動数 (Hz) |      |      | 設計値固有振動数 (Hz) |       |       | 減衰定数 (%) |     |
|------|---------------|------|------|---------------|-------|-------|----------|-----|
|      | 1 次           | 2 次  | 3 次  | 1 次           | 2 次   | 3 次   | 1 次      | 2 次 |
| T 方向 | 0.422         | 1.94 | 3.91 | 0.400         | 1.912 | 3.759 | 0.35     | 1.1 |
| L 方向 | 0.422         | 1.98 | 3.86 | 0.371         | 1.876 | 3.559 | 0.60     | 1.3 |
| ねじれ  | 1.41          | 3.55 | —    | 1.156         | 2.882 | —     | 1.10     | 5.2 |

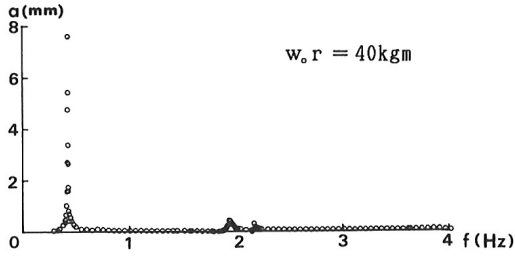


図-3 装置設置前の共振曲線（6階，T方向）

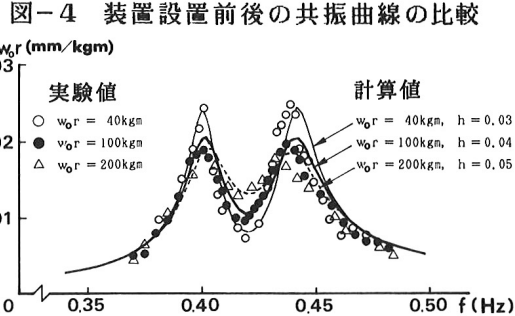
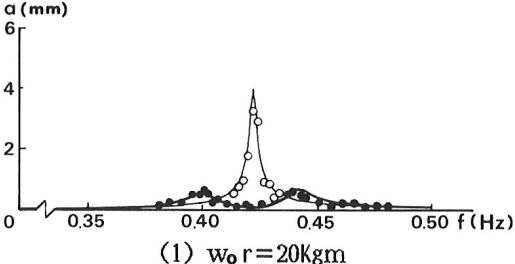


図-5 起振力を変化させた場合の共振曲線

