

## 超高層ビルの捩れ振動に対する MTLD の制振性

大分工業高等専門学校 正会員 園田 敏矢  
九州工業大学工学部 正会員 高西 照彦  
同上 正会員 多田 浩

### 1. まえがき

近年、超高層ビルやタワー等が数多く建設されているが、それらが強い地震や風を受けると大きな揺れを生じ、ビル内の居住性が損なわれることがある。この揺れを軽減する目的で当該構造物に液体の動揺振動を利用した同調液体ダンパー (TLD) が設置されることがある。一般に、構造物の重心と剛心が一致する場合は  $x$  及び  $y$  方向に同調した TLD を設置すれば制振効果を期待できるが、構造物の重心と剛心が一致しない場合、捩れ振動の大きさが無視できなくなり、 $x$  及び  $y$  方向に同調した TLD だけでは揺れを軽減出来ない場合も考えられる。著者らは前論<sup>1)</sup>で  $x$  方向にのみ偏心をもつ構造物の捩れ ( $\theta$  方向) 振動を抑制するために、マルチプル TLD (以降 MTLD という) を利用することを提案してその制振効果について述べた。今回、 $x$  及び  $y$  の両方向に偏心を有する構造物に MTLD を設置した場合の制振効果について検討を行ったのでその結果を報告する。

### 2. 構造物-TLD 系

簡単のため、構造物を図-1(a) に示すように水平 2 方向と回転の 1 質点 3 自由度を有する振動系にモデル化した場合について考える。同図中  $O$  は重心、 $S$  は剛心の位置を表す。この構造物に図-1(b) 或いは (c) に示すように TLD を設置し、構造物-TLD 系が  $x$  軸と  $\alpha$  をなす方向に  $\phi(t)$  の地震加速度を受けたときの構造物の 4 隅の点 1~4 における絶対変位応答の共振曲線を求め、構造物の捩り振動に及ぼす TLD の制振性に関して種々の検討を行った。

### 3. 数値計算結果及び考察

計算対象としては 36 階の超高層ビルを選び、これを図-1(a) のように 3 自由度系にモデル化した。このとき、構造物の質量  $m = 20276 \times 10^3 \text{ kg}$ 、慣性モーメント  $J_\theta = 13142 \times 10^6 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ 、 $x$  方向バネ定数  $k_x = 17675 \times 10^4 \text{ N/m}$ 、 $y$  方向バネ定数  $k_y = 86376 \times 10^3 \text{ N/m}$ 、 $\theta$  方向バネ定数  $k_\theta = 79870 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{m/rad}$  であり、減衰定数は  $x, y, \theta$  方向それぞれ  $h_x=0.6\%$ 、 $h_y=0.6\%$ 、 $h_\theta=0.6\%$  とした。 $x, y$  方向の偏心距離はそれぞれ  $e_x=4.41\text{m}$  (偏心率  $e'_x=0.145$ )、 $e_y=2.55\text{m}$  (偏心率  $e'_y=0.120$ ) とした。なお、偏心率 ( $e'_x$ ) は、建築基準法施行令より次式で求まる。 $r_x$  は回転半径である。

$$e'_x = \frac{e_x}{r_x}, \quad r_x = \sqrt{\frac{k_\theta}{k_x}} \quad (1)$$

また、 $N$  個の TLD の等価質量と構造物の質量比  $\mu$  はすべて  $0.01$  とした。このときの TLD と構造物の固有振動数比  $\gamma$  及び TLD の減衰定数  $h$  は次式によって与えられる値を用いる。

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1+\mu}} = 0.995, \quad h = \sqrt{\frac{3\mu}{8(1+\mu/2)}} = 0.061 \quad (2)$$

数値計算は TLD なし (図-1 (a)) の場合及び CASE-1 と CASE-2 の 3 種類の場合について行った。

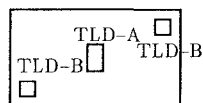
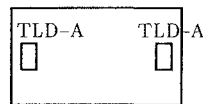
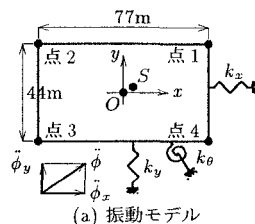


図-1 超高層ビル (36 階)

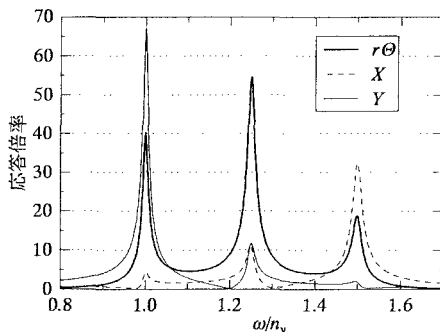


図-2 構造物の共振曲線 (TLD なし、 $\alpha = 60^\circ$ )

CASE-1は図-1 (b) に示すように、構造物の  $x$  及び  $y$  方向のスエイ振動に同調させた TLD-A を、CASE-2 は図-1 (c) に示すように TLD-A に加えて構造物の振り振動に同調させた TLD-B を設置した場合である。TLD-A の大きさは長手方向 2.078m、短手方向 1.357m、水深 18.0cm とし、個数は  $N=257$  個×2 箇所とした。CASE-2 では、TLD-B を右上と左下に 78 個ずつ配置し、さらに、TLD-A を中央に 369 個配置した (図-1 (c) 参照)。TLD-B は長手方向及び短手方向とも 1.636m、水深 18.0cm とした。

CASE-2 の場合、中央の TLD-A の等価質量と構造物の質量比  $\mu$  は 0.007 とし、両端の TLD-B の等価質量と構造物の質量比  $\mu$  は 0.003 とし、合計が CASE-1 と同じ 0.01 になるように配置した。

TLD の減衰定数は CASE-1、2 とも、 $h_{\xi i} = h_{\eta i} = 0.061$  とした。TLD の等価質量と等価バネ定数は著者らの示した式<sup>2)</sup>を用いて算出した。入力加速度の方向は  $x$  軸に対し  $0^\circ \sim 150^\circ$  まで  $30^\circ$  ずつ変化させた。

計算結果の 1 例として、入力方向が  $60^\circ$  の場合に対する構造物の 4 隅の絶対変位応答倍率の共振曲線を図-2~6 に示す。

図-2 は TLD なしの場合の水平 2 方向 ( $x, y$ ) のスエイによる構造物の変位及び振れによる構造物の 4 隅に置ける変位の応答倍率を示している。 $r$  は重心  $O$  と点 1 (2,3,4) までの距離である。この図より、振れによる影響が無視できないことがわかる。図-3~6 はそれぞれ、構造物の 4 隅の点 1~4 の応答倍率を示している。太い実線は CASE-2 (MTLD) の場合、細い実線は CASE-1 (TLD) の場合、細い破線は構造物だけ (TLD なし) の場合である。図の横軸には、加振円振動数を構造物の 1 次の固有円振動数で割った無次元量を、縦軸には構造物の絶対変位振幅を入力変位振幅で割った無次元量をとっている。

CASE-1 の結果から、TLD-A は 1 次のスエイに対する制振効果は大きい、振りの影響が大きい 2 次振動に対してはその効果が少ないことがわかる。CASE-2 の場合は TLD-B の 2 次振動に対する制振効果が大きく、MTLD の有効性を示しているといえる。

点 2,3 の 1 次における応答倍率は CASE-1 の方が小さい。これは、CASE-2 の中央に配置した TLD-A の個数が CASE-1 に比べ少なかったためであり、今後、点 1~4 及び 1,2 次の応答を考慮して TLD-A と TLD-B に対する重量の配分割割について検討する必要があるものと思われる。

また、今回は構造物の減衰定数が 0.6% の場合について検討したが、その他の場合についても検討を行う予定である。

[参考文献]

- 1) 園田敏矢他：構造物の振れ成分に対する MTLD の制振効果、第 52 回年次学術講演会講演概要集 第 1 部 (B), pp.316-317, 1997.9.
- 2) 高西照彦他：2 方向入力を受ける TLD 付き 3 層ラーメン模型の応答特性、構造工学論文集 Vol.42A, pp753-761, 1996.3.

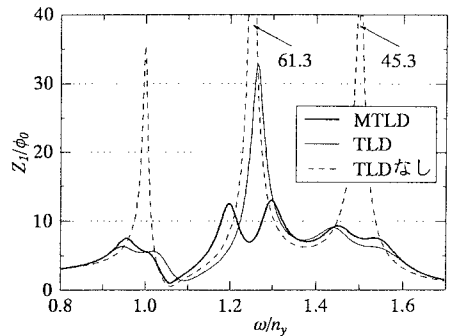


図-3 点 1 の共振曲線 ( $\alpha = 60^\circ$ )

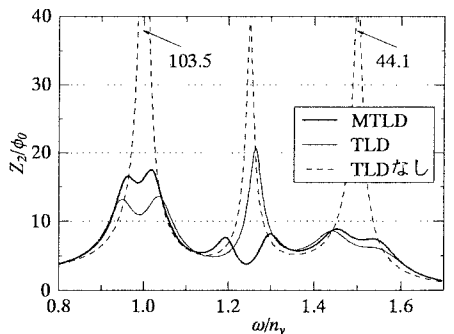


図-4 点 2 の共振曲線 ( $\alpha = 60^\circ$ )

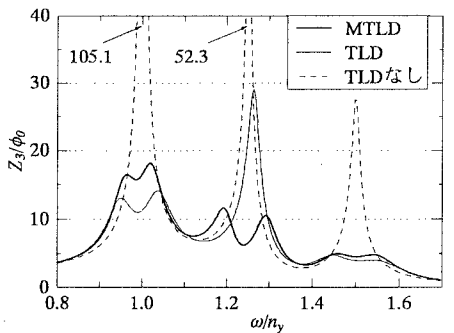


図-5 点 3 の共振曲線 ( $\alpha = 60^\circ$ )

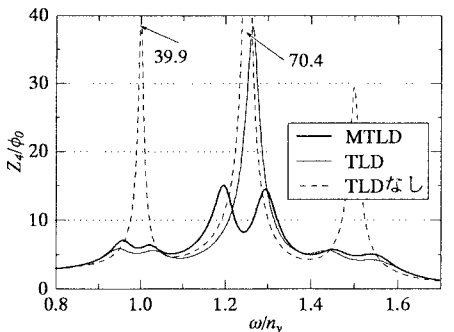


図-6 点 4 の共振曲線 ( $\alpha = 60^\circ$ )