

## I-247 質量、減衰、振動数を不等分布としたマルチプルTMDの基本特性

大日本コンサルタント 正員 菊地 準也  
埼玉大学工学部 正員 山口 宏樹

1. 序論 建設系構造物の振動制御に用いられることの多い同調系ダンパー, TMDは, わずかな同調ミスや減衰設定誤差に対して性能が大きく低下する。これに対して複数のTMDを用い, その固有振動数を制振対象とする構造物固有振動数のまわりに分布させたMTMD (Multiple TMD) が提案され, その有用性が指摘されている。Fig. 1は  $n$  個のTMDを用いたMTMDの解析モデル, Fig. 2はその振動数分布である。MTMDの最大の特徴としては, 単一の最適TMDに比べて, パラメータ変動に対しても性能が低下し難くなる, つまりロバスト性が高くなることがあげられる。既存の研究では, 個々のTMDの質量, 減衰定数はすべて同じ (等分布) という条件のもとで, 振動数のみを等間隔に分布させるという最も簡単で現実的な設定が用いられている。本研究では, MTMDでの1つ1つのTMDパラメータ (質量, 減衰定数, 振動数) を個別にきめ細かく設定して不等分布とすることを考え, その制振効果への影響を考察した。

2. 解析方法 構造物-MTMD系モデルに対する運動方程式をもとに, 制振効果の指標となる構造物の動的応答倍率 (DMF) を解析的に求めて, MTMDの質量比  $\mu$ , 減衰比  $\xi_T$ , 固有振動数比  $\gamma$  の分布をいろいろに変えた場合のDMFの変化を数値的に検討した。このとき, 構造物の質量に対するMTMDの全質量の比は1%で一定, TMDの個数は11個とし, MTMDの中心振動数は構造物の固有振動数に一致させている。なお, 本研究では調和外力による強制振動の制御のみを対象としている。

3. 考察 (1) 質量分布の影響: 中央のTMD質量を大きく設定して, Fig. 3のような3種類の質量分布を考えた。このときのDMFの振動数応答曲線をFig. 4に示す。図中の破線は等分布質量の場合である。質量を大きくしたTMDの振動数近傍においてDMFは小さくなり, 制振効果は高くなっているが, 質量の小さいTMD近傍では逆に制振効果は落ちている。質量分布をFig. 3の3のようになく設定すると, DMFは共振振動数域ではば一定となり制振性が振動数に対して安定することがわかる。(2) 減衰分布の影響: 各TMDの減衰比を質量比の平方根に比例する形 ( $\xi_T = a\sqrt{\mu}$ ,  $a$ : 比例定数) で与えた。これは単一TMDの最適減衰が質量比の平方根になることを考慮したものである。質量分布1の場合を例として, 減衰の大きさ  $a$  による応答の変化をFig. 5に示す。減衰が小さいと2つピーク, 大きいと1つピークの応答曲線となっており,  $a$  に最適値が存在することがわかるが, このことは等質量, 等減衰MTMDの場合と基本的に変わりはない。(3) 振動数分布の影響: Fig. 6の図中に示すように, 振動数比の分布を中央を密に, また両サイドを密に設定した。図はこのときの振動数応答であるが, TMDの分布が密の振動数域でDMFは小さくなって制振効果が高くなるが, 粗の場所においては逆にDMFが大きくなって制振効果は低くなる。全体として破線の等分布MTMDより制振効果は落ちているが, 質量分布の場合と同様, もう少しきめ細かく振動数を分布させれば, 制振性能は向上する。(4) 等分布MTMDと不等分布

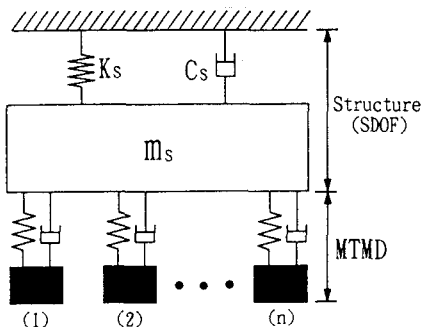


Fig. 1 構造物-MTMD系の解析モデル

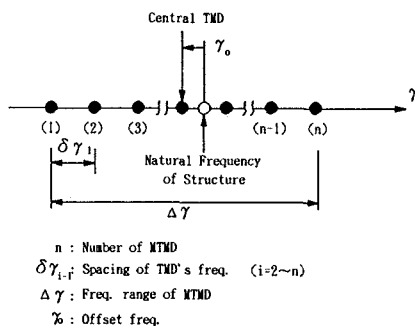


Fig. 2 MTMDの振動数分布

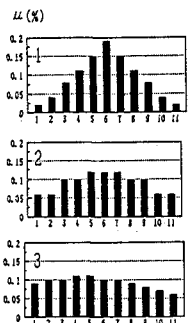


Fig. 3 質量分布

**MTMDの比較：**MTMDの設定を最も制振効果が高くなるように不等分布としたものと、等分布のときの制振効果を比較してみる。Fig. 7 がその結果であるが、最適な単一TMD（Single TMD:STMD）の振動数応答も比較して示した。MTMDの場合、制振効果が最大となる最適パラメータの設定法は確立されていないことから、ここでは前述したような各パラメータに対する基本性状を参考に、試行錯誤的に求めた。図より明らかなように、不等分布とした場合に共振域で一樣なDMFが得られ、等分布の場合より安定した制振効果が期待できるが、その差は優位とは言い難い。どちらの場合も単一TMDよりも制振効果が高く、振動数の広い範囲で安定した制振効果が期待できることがわかった。（5）**最適MTMD：**質量を前述したような適切な分布としたうえで、振動数幅（MTMDのカバーする振動数のレンジ）、および減衰値を変え、最大DMF値を求めて、最適パラメータにつき考察した。結果をFig. 8, Fig. 9に示す。振動数幅と減衰値が互いに関連して最大DMF値の最小を与えている、つまり制振効果が最大となっているが、基本的に等分布MTMDの場合と変わりはない。

**4. 結論** MTMDにおいて各パラメータの設定を不等分布とするとその制振効果に影響を及ぼすことが明らかとなった。しかし、最も制振効果の高そうな不等分布のMTMDでも、ロバスト性（制振安定性）は多少向上するものの、制振効果に大きな向上は見られない。したがって、等分布と比較して設計や製作が煩雑になる不等分布のMTMDとすることは、必ずしも有効ではないと結論される。

**参考文献** 1) 藤野・孫・山口：マルチプルTMD・TLDの特性の把握，構造工学論文集，Vol.38A，pp.825-836，1992年3月。 2) Yamaguchi & Harnpornchai: Fundamental Characteristics of Multiple Tuned Mass Dampers for Suppressing Harmonically Forced Oscillations, Earthquake Eng. and Structural Dynamics, Vol.22, pp.51-62, 1993.

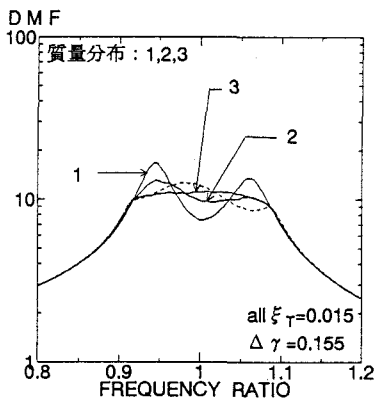


Fig. 4 質量分布の影響

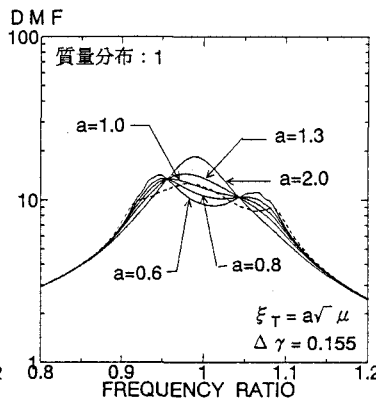


Fig. 5 減衰分布の影響

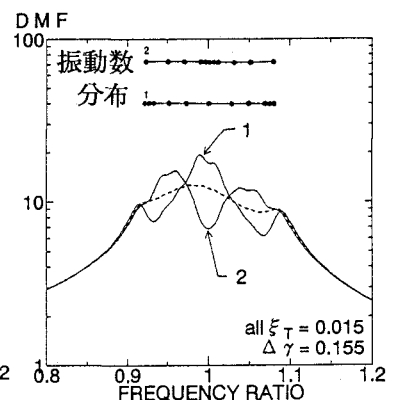


Fig. 6 振動数比分布の影響

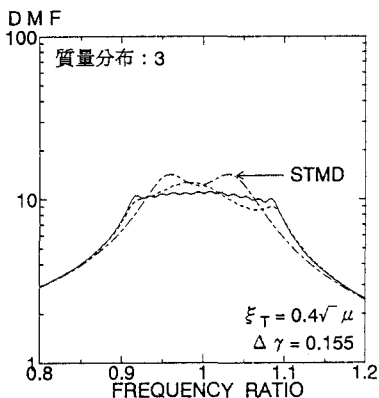


Fig. 7 等分布と不等分布の比較

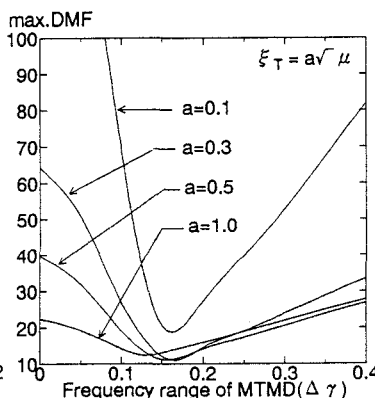


Fig. 8 振動数比幅に対する制振効果

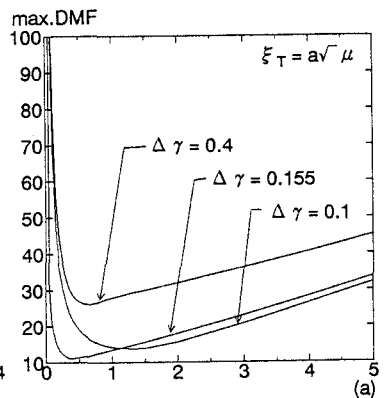


Fig. 9 減衰値に対する制振効果