

マルチケーブルダンパーの開発に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○松谷俊弘 徳島大学大学院 正会員 成行義文  
 大林組 (株) 非会員 丸山有弥 徳島大学大学院 非会員 佐藤弘美

1. はじめに 日本は世界でも有数の地震被害国であり、地震等の外力による建造物の振動を低減する技術的開発は非常に重要な課題である。建造物の制振には大別して Active 制振と Passive 制振があるが、土木建造物に対しては一般に後者が実用的と考えられる<sup>1)</sup>。本研究では、Passive ダンパーの一種である引張材（ケーブル）を主要素とする弾塑性ダンパー（マルチケーブルダンパー、以降 MCD と表記）を考案し、その基本特性について静的および実験の両面から検討した。

2. MCD 基本モデル 図 - 1 に MCD の基本モデルの構造を示す。

ここでは、同図において凸デバイスの先端と中心部ケーブルが不接着のものを MCD 構造の基本モデルとする。ケーブルの特徴としては、①高強度、②軽量、③柔軟性に富む、④部材全体で均一にエネルギーを吸収する、⑤圧縮に抵抗できない、等が挙げられる。④より、ケーブルは弾塑性ダンパーのエネルギー吸収部材として最も効率が良いと言える。しかし、⑤のような欠点があるため、ダンパーに圧縮に対する抵抗力を具備させるためには図 - 1 に見られるようにケーブルの配置を工夫する必要がある。

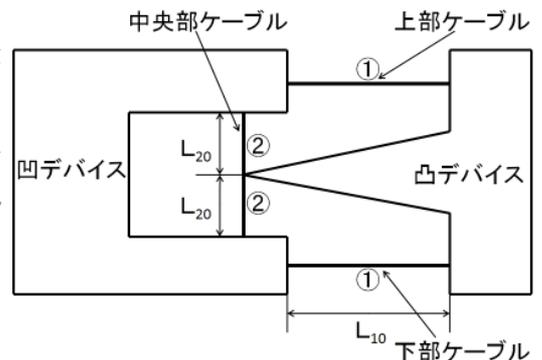


図 - 1 MCD 基本モデル

3. MCD の復元力 - 変位履歴関係の理論式 本研究では、ケーブル応力 - ひずみ曲線は図 - 2 のような Bilinear 型とした。また、部材諸元ならびに材料特性パラメータは表 - 1 のようである。

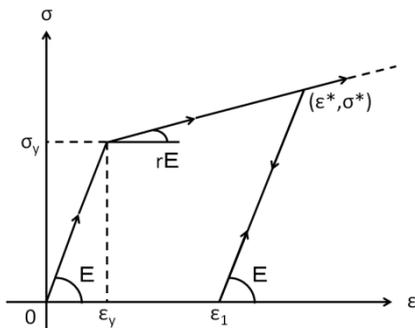


図 - 2 応力 - ひずみ曲線 (Bilinear 型)

表 - 1 部材諸元

部材	水平ケーブル	鉛直ケーブル
断面積	$A_1$	$A_2$
長さ	$L_{10}$	$L_{20}$
$\sigma - \epsilon$ 関係	図-2	図-2
E	$E_1$	$E_2$
$\epsilon_y$	$\epsilon_{y1}$	$\epsilon_{y2}$

図 - 3(a), (b) は MCD 基本モデルがそれぞれ引張 (Separate) 側と、圧縮 (Contact) 側に変位したときの動作イメージを示している。Separate 側では図 - 3(a) のように上下部の水平ケーブルが抵抗し、一方 Contact 側では中心部ケーブルが図 - 3(b) のように変形することにより圧縮力に抵抗する。

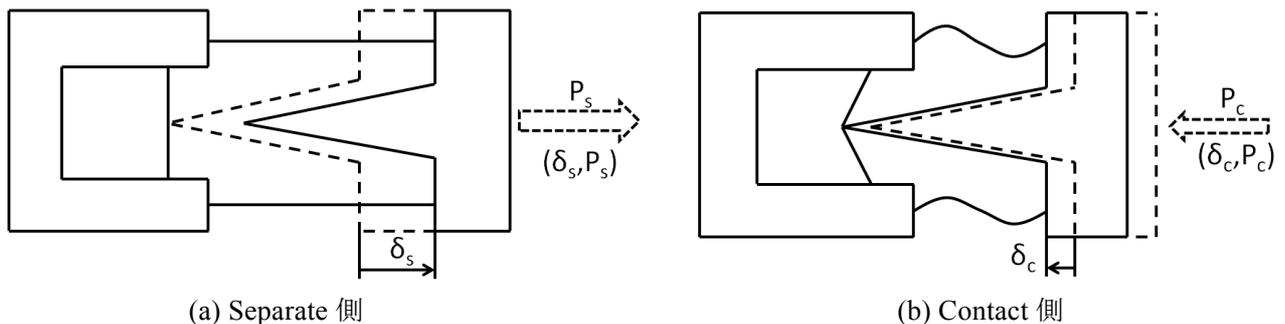


図 - 3 MCD の動作イメージ

図 - 4 および図 - 5 では、MCD 基本モデルの Separate 側および Contact 側における理論復元力(P) - 変位(δ) 履歴曲線を示したものである。図中の(1)~(8)の曲線等はそれぞれ式(1)~(8)より求まる。

$$P_s = k_s \delta_s \dots (1)$$

$$P_s = k_s (\delta_{sy} + r_1 (\delta_s - \delta_{sy})) \dots (2)$$

$$P_s = (\delta_s - \delta_s^*) + P_s^* \dots (3)$$

$$P_s = 0 \dots (4)$$

$$P_c = k_c \left( \delta_c - L_{20} \frac{\delta_c}{\sqrt{L_{20}^2 + \delta_c^2}} \right) \dots (5)$$

$$P_c = k_c \delta_c \left\{ \frac{L_{20}}{\sqrt{L_{20}^2 + \delta_c^2}} (\varepsilon_{2y} (1 - r_2) - r_2) + r_2 \right\} \dots (6)$$

$$P_c = k_c \left( \delta_c - L_{20}^* \frac{\delta_c}{\sqrt{L_{20}^{*2} + \delta_c^2}} \right) \dots (7)$$

$$\text{ただし, } L_{20}^* = \frac{(k_c \delta_c^* - P_c^*) \sqrt{L_{20}^2 + \delta_c^{*2}}}{k_c \delta_c^*}$$

$$P_c = 0 \dots (8)$$

#### 4. 簡易模型実験

MCD 基本モデルの凹凸デバイスを木材で制作し、ケーブルとして直径 0.3mm の市販の針金を用いた。水平ケーブルおよび鉛直ケーブルの長さはそれぞれ 200mm および 50mm とした。δ<sub>s</sub> を 0mm→7mm→0mm とした場合の P<sub>s</sub> - δ<sub>s</sub> 履歴曲線ならびに δ<sub>c</sub> を 0mm→6mm→0mm とした場合の P<sub>c</sub> - δ<sub>c</sub> 履歴曲線を図 - 6、図 - 7 に示す。図中、理論曲線と 5 回分の実験結果を示している。図 - 6、図 - 7 よりわかるように、実験値は理論値と比較的一致している。ただし、引張側、圧縮側双方において変位反転後の残留変位が理論値より実験値が小さくなっている。また、引張側の降伏荷重の実験値が理論値を上回っている。これらのことを勘案すると、先出の復元力 - 変位履歴関係の理論式により、MCD の実際の挙動を比較的精度よく推定し得ると考えられる。これは、今回使用した変位計測装置の最小計測単位が 1mm であったための誤差と考えられる。

#### 5. おわりに

ケーブル(引張材)のひずみエネルギー吸収を利用した新形式の弾塑性ダンパー(MCD)の基本特性を理論的に考察し、復元力 - 変位履歴関係の定式化を行った。さらに、簡単な模型実験を行い MCD 模型の復元力 - 変位履歴曲線が理論曲線と比較的良く一致することを示した。MCD 実用化のためには今後、より詳細な模型実験、ケーブル固定デバイスを含めた MCD 全体の動作時の応力解析、ならびによりエネルギー吸収能の高い MCD モデルの開発が必要であると思われる。

参考文献 小堀 鐸二：制震構造－理論と実際－ 1993.9

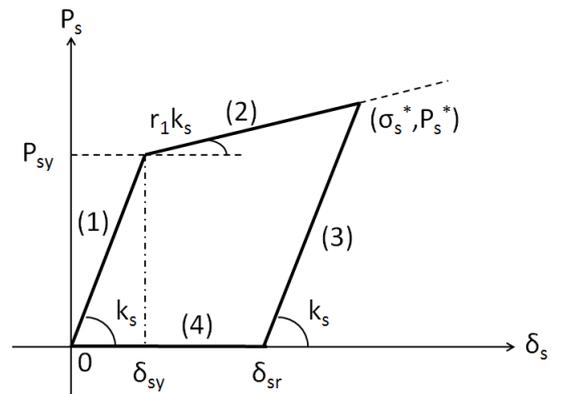


図 - 4 Separate 側の復元力 - 変位履歴曲線

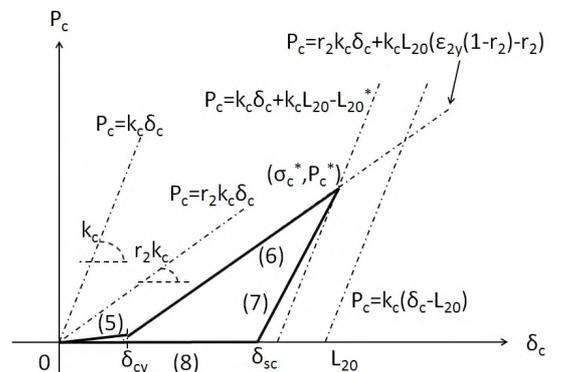


図 - 5 Contact 側の復元力 - 変位履歴曲線

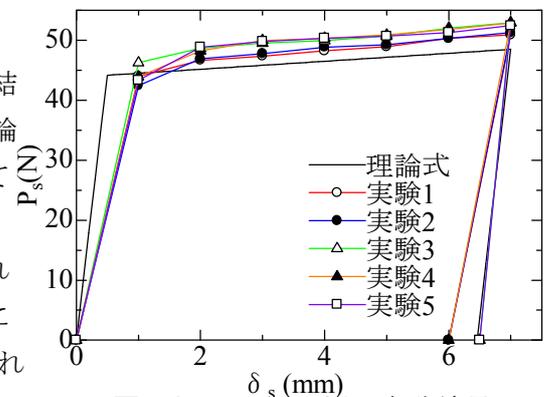


図 - 6 Separate 側の実験結果

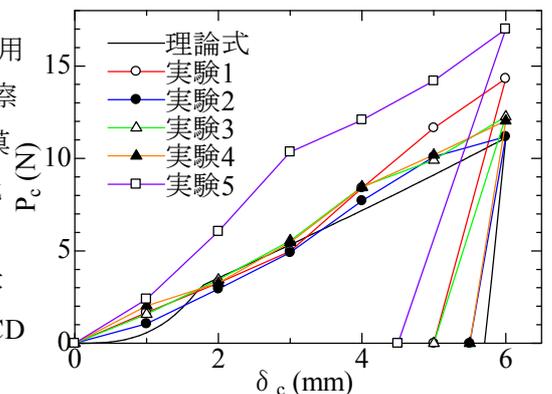


図 - 7 Contact 側の実験結果