

低温環境下における制震ダンパーの地震波動的載荷実験

Seismic loading test of controlling seismic damper at low temperature environment

○ オイレス工業株式会社 正 員 藤生重雄
北見工業大学 学生員 挟間 藍
北見工業大学 正 員 宮森保紀
オイレス工業株式会社 正 員 宮崎 充
北見工業大学 フェロー 大島俊之
北見工業大学 正 員 山崎智之

1. はじめに

制震構造部材の一つとして制震ダンパーの適用例が増加している。制震ダンパーは、設計の自由度が高く、既設構造物にも用いることができる利点がある。ただし、この制震ダンパーも環境温度により特性に影響を受けることが考えられ、特に寒冷地などの周辺温度環境が厳しい条件では、温度依存性によりエネルギー吸収性能に影響を与える可能性があると考えられる。またダンパーの履歴特性は、通常正弦波など周期と振幅が一定の外力を入力することにより検討されるが、制震構造部材としての性能を確認するためには、地震波形等の不規則外力に対しても検討しておくことがより望ましいと考えられる。

そこで本稿では、低温環境下での制震ダンパーに対して、地震波形などを用いた不規則加振による動的載荷実験を行い、その有効性を確認することとした。

2. 供試体

本研究では、オイレス工業製ピンガムストッパー (BM-S)を対象に行った。

実験対象として図-1のような全長 835mm、最大ストローク±100mm、最大外形寸法 120mm、定格抵抗力 150kN(0.5m/sec 時)の供試体を 2 本製作し、それぞれを供試体 A,B と称する。

BM-S は摩擦履歴型のダンパーであり、若干の速度特性を持っている。その特性は、減衰力 F を速度 $V^{0.1}$ の式で概ね表すことができる。本試験で用いた供試体についても、(1)のような式で表すことができる。

$$F=166.7V^{0.1} \quad (1)$$

F : 減衰力 (kN) V : 速度 (m/sec)

3. 実験方法

載荷実験は北見工業大学の低温域材料載荷システムによって実施した。この実験システムは、環境試験室内の温度を-30 ~ 25 程度まで変化させることができ、この室内には最大 200kN の動的載荷能力を有する油圧アクチュエータを縦型に設置させている。アクチュエータの最大ストロークは±100mm であり、変位制御または荷重制御により作動させることができる。本実験は、変位制御により行なった。

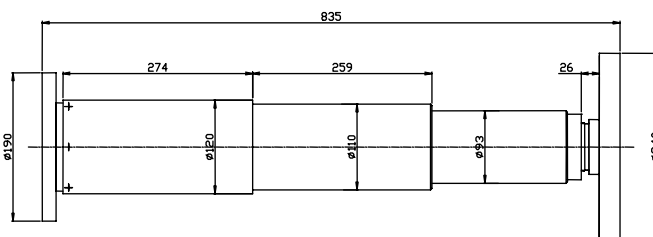


図-1 ダンパー寸法

表-1 実験条件

実験ケース	入力波形
No.1	振幅・振動数漸増波形 0.75(mm) 3(mm) 12(mm) 30(mm) 0.1(Hz) → 0.25(Hz) → 0.4(Hz) → 0.5(Hz) 2(cycle) 2(cycle) 2(cycle) 6(cycle)
No.2	標準地震波 (TypeII-II-2)
No.3	十勝沖地震 (十勝河口橋 P5 橋脚)

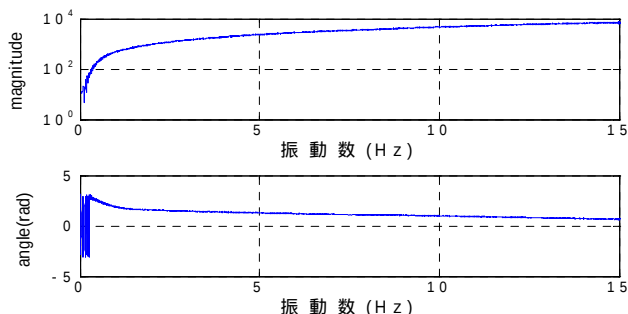


図-2 周波数伝達関数

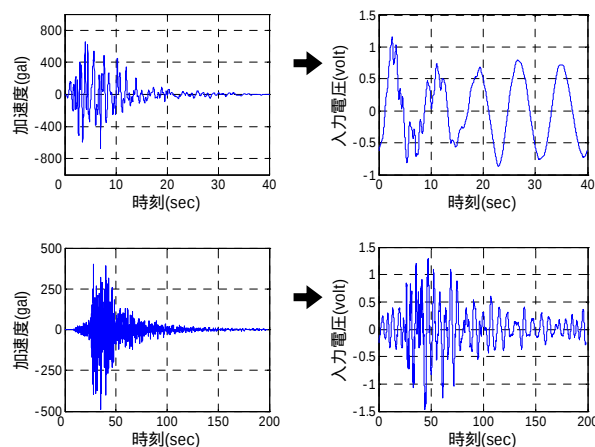


図-3 周波数伝達関数による地震波形の変換

キーワード: ピンガムストッパー、動的載荷実験、低温、不規則加振

連絡先: 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL(0157)26-9472 FAX(0157)26-9472

4. 実験条件

実験条件は表-1 のように、振幅と振動数が変化する漸増正弦波と地震波を用いた。地震波として道路橋示方書耐震設計編¹⁾における標準地震波 Type - 2 と、2003 年十勝沖地震の際に十勝河口橋で観測された地震波形を用いた。また、周辺環境温度による履歴特性の変化を把握するために、低温室内の温度を 23 から-30 まで段階的に変化させた。供試体の温度は載荷実験によって上昇するが、各実験の開始時には供試体温度が室内温度と同程度となり安定していることを確認している。

ここで地震波の入力に際しては、実験時のダンパーに対する入力加速度が、観測地震波と同様となるようにアクチュエータの周波数伝達関数²⁾を求め入力波形を調整した。アクチュエータの周波数伝達関数は、0Hz～15Hz までのスイープ波でアクチュエータを加振し、入力電圧と出力電圧をそれぞれフーリエ変換して求めた。得られた伝達関数を図-2 に示す。ダンパーに入力させるべき地震波形のフーリエ変換を周波数伝達関数で除し、これをフーリエ逆変換することでコンピュータからの入力波形を算出した。図-3 は地震加速度と変換後の入力波形である。

5. 実験結果

図-4～図-6 に結果の一例として供試体 B で得られた、各試験条件における時刻歴応答波形と、変位-荷重の履歴曲線を示す。緑色は試験温度の違いで、それぞれ、橙:23、黄:10、緑:0、シアン:-10、青:-20、群青:-30 を表している。

図-4～図-6 に示した履歴曲線図のように、履歴は摩擦履歴型の特徴をとり、振幅と振動数の変化によって履歴面積も増減することがわかる。これは、入力された振幅量により吸収エネルギーも増減することを示している。また、図-4～図-6 の図からもわかるように、温度に関係なく履歴形状がほぼ一致していることが確認できる。これは-30 という苛酷な低温環境下においても、ダンパーが健全に作動し、何の損傷もなく 23 の実験結果と比較しても同等のエネルギーを吸収することを表している。

図-7 は、全てのケースにおける履歴吸収エネルギーである。試験条件 1,2 では、同一供試体の-30 は 23 と比較して約 4%吸収エネルギーが低下したが、載荷時間が長い試験条件 3 では、低下はほとんど無い。

以上より、実験対象の BM-S に不規則加振を行った場合、温度による影響はほとんど無く、低温環境下においても効率的にエネルギーを吸収する結果であった。

6. まとめ

地震波形などを用いた動的載荷実験の結果から、ピンガムストッパーは、-30 の低温下で不規則波形を入力した場合でも健全に作動し、何の損傷も無く、23 の結果と同等の性能を有することが確認できた。

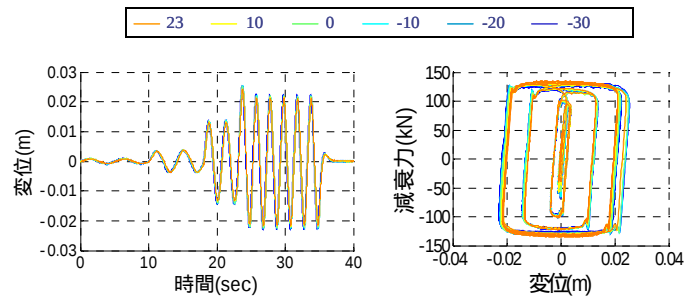


図-4 No.1 漸増波形による変位応答と履歴曲線

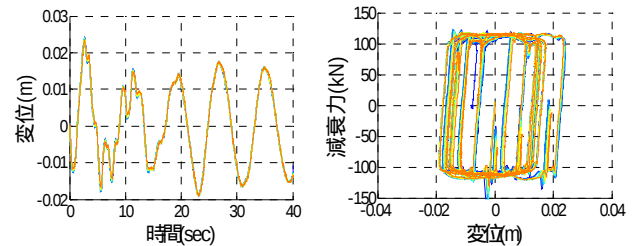


図-5 No.2 標準地震波による変位応答と履歴曲線

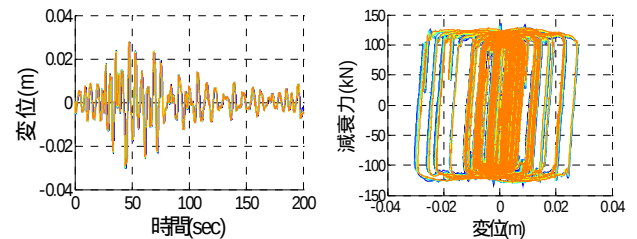


図-6 No.3 十勝沖地震波による変位応答と履歴曲線

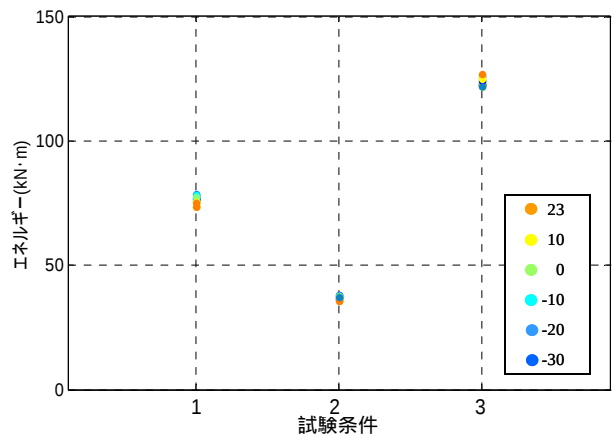


図-7 履歴吸収エネルギー(単位: kN・m)

謝辞

本実験を行うにあたり、北見工業大学土木開発工学科・土木開発工学専攻の学生諸氏のご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説、耐震設計編、丸善、2002。
- 2) 竹下光夫、鷲野翔一: わかりやすい制御、オーム社、2000。