



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I588379 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：103102409

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 23 日

(51)Int. Cl. : F16F9/30 (2006.01)

F16F9/508 (2006.01)

(30)優先權：2013/12/02 中華民國

102143976

(71)申請人：財團法人國家實驗研究院(中華民國) NATIONAL APPLIED RESEARCH LABORATORIES (TW)

臺北市大安區和平東路2段106號3樓

(72)發明人：葉芳耀 YEH, FANG YAO (TW)；張國鎮 CHANG, KUO CHUN (TW)；陳宗斌 CHEN, TSUNG WU (TW)；游忠翰 YU, CHUNG HAN (TW)

(74)代理人：林義傑；劉彥宏；吳珮雯

(56)參考文獻：

US 2002/0185347A1

US 2012/0186003A1

審查人員：羅玉山

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：20 共 43 頁

(54)名稱

微奈米流體阻尼器

MICRO-NANO FLUID DAMPER

(57)摘要

本發明主要係提供一種微奈米流體阻尼器，包含一套筒、一活塞組件、以及一微奈米流體。套筒具有一容置空間。活塞組件具有一活塞頭及至少一活塞桿，活塞組件可移動地設置於容置空間中，且活塞桿自活塞頭一側突伸出套筒外。微奈米流體填充於套筒與活塞組件之間，並隨活塞頭之往復移動在容置空間流動。其中，當活塞組件對微奈米流體之一剪切變率大於  $1s^{-1}$  時，微奈米流體阻尼器之速度的指數小於 1，且微奈米流體具有減稀效應臨界點及增稠效應臨界點。

A micro-nano fluid damper is provided. The micro-nano fluid damper comprises a sleeve, a piston assembly and a micro-nano fluid. The sleeve has an accommodating space. The piston assembly has a piston head and at least one piston rod. The piston assembly disposes in the accommodating space movably. The piston rod extends outward the sleeve from a side of the piston head. The micro-nano fluid is filled between the sleeve and the piston assembly, and the micro-nano fluid flows in the accommodating space by the piston moving back and forth. Wherein, when a shear rate of the micro-nano fluid is greater than  $1s^{-1}$ , an exponent of velocity of the micro-nano fluid damper is less than 1, and the micro-nano fluid has a starting frequency of a transition state and an ending frequency of the transition state.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100 . . . 微奈米流體  
阻尼器

120 . . . 套筒

122 . . . 容置空間

140 . . . 活塞組件

142 . . . 活塞頭

144 . . . 活塞桿

160 . . . 微奈米流體

180 . . . 氣室

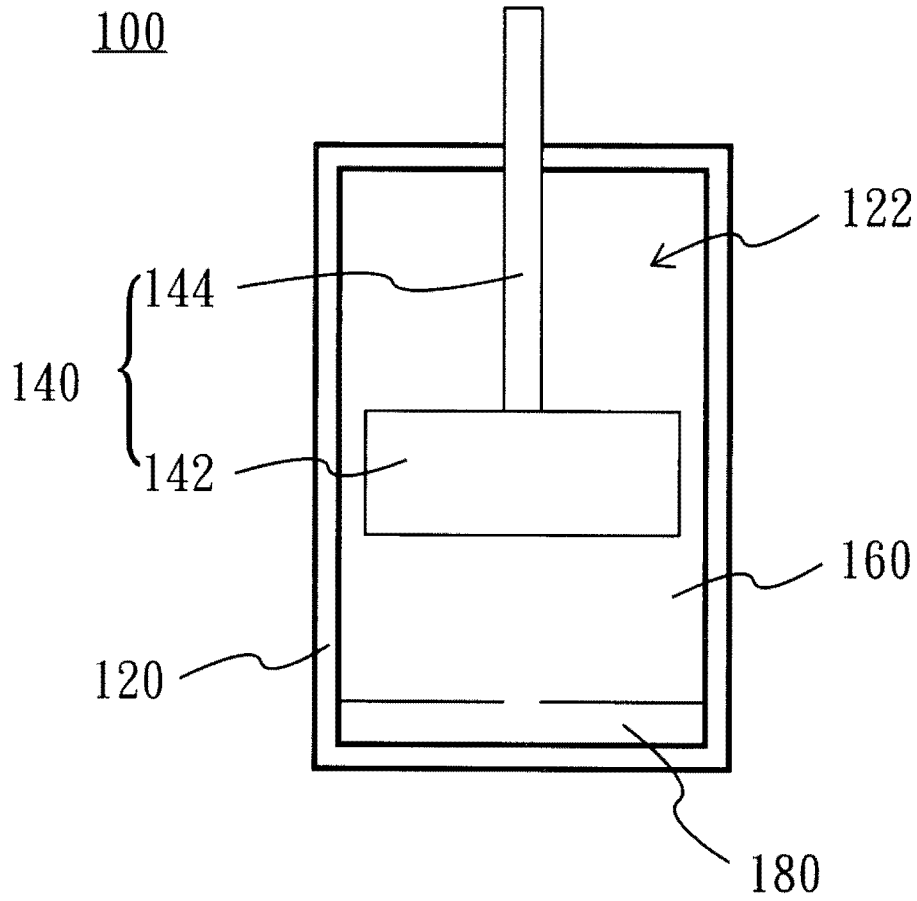


圖 1

## 發明摘要

※ 申請案號：103102409

※ 申請日：103 1 23

※IPC 分類：F16F9/30 (2006.01)  
F16F9/508 (2006.01)

## 【發明名稱】(中文/英文)

微奈米流體阻尼器/MICRO-NANO FLUID DAMPER

## 【中文】

本發明主要係提供一種微奈米流體阻尼器，包含一套筒、一活塞組件、以及一微奈米流體。套筒具有一容置空間。活塞組件具有一活塞頭及至少一活塞桿，活塞組件可移動地設置於容置空間中，且活塞桿自活塞頭一側突伸出套筒外。微奈米流體填充於套筒與活塞組件之間，並隨活塞頭之往復移動在容置空間流動。其中，當活塞組件對微奈米流體之一剪切變率大於 $1s^{-1}$ 時，微奈米流體阻尼器之速度的指數小於1，且微奈米流體具有減稀效應臨界點及增稠效應臨界點。

## 【英文】

A micro-nano fluid damper is provided. The micro-nano fluid damper comprises a sleeve, a piston assembly and a micro-nano fluid. The sleeve has an accommodating space. The piston assembly has a piston head and at least one piston rod. The piston assembly disposes in the accommodating space movably. The piston rod extends outward the sleeve from a side of the piston head. The micro-nano fluid is filled between the sleeve and the piston

assembly, and the micro-nano fluid flows in the accommodating space by the piston moving back and forth. Wherein, when a shear rate of the micro-nano fluid is greater than  $1\text{s}^{-1}$ , an exponent of velocity of the micro-nano fluid damper is less than 1, and the micro-nano fluid has a starting frequency of a transition state and an ending frequency of the transition state.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 1 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

100：微奈米流體阻尼器

120：套筒

122：容置空間

140：活塞組件

142：活塞頭

144：活塞桿

160：微奈米流體

180：氣室

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

微奈米流體阻尼器/ MICRO-NANO FLUID DAMPER

## 【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種阻尼器，特別是指一種具有微奈米流體的阻尼器。

## 【先前技術】

【0002】 常見阻尼器設置之功能係用於減震、減速、消能，當一個物體進行運動，無論是直線運動或旋轉運動，將相對產生衝擊力，而衝擊力將直接或間接對物體造成損毀，此時，利用阻尼器之裝設，以避免衝擊、減低衝擊力、或者可消耗衝擊產生的機械能。

【0003】 市面上，一般用以減震用途之阻尼器，多屬被動式振動消能型態，依其結構大致可分為黏滯型阻尼器(Viscous Dampers)、黏彈性阻尼器(Viscoelastic Dampers)、摩擦型阻尼器(Frictional Dampers)、金屬阻尼器(Metal Dampers)等。各類型阻尼器透過阻尼器本身的金屬降伏機制或透過液體或固體的黏滯力，其利用相對的物理量變化，達到消散因地震驅使物體運動的衝擊。

【0004】 上述之透過液體黏滯力，進而達到消散地震所產生的衝擊力的流體阻尼器，主要包含一填充有工作流體之中空筒狀殼體，以及一可活動地穿設於殼體內之活塞，藉由工作流體提供活塞在運動時的阻力，達到活塞減速的目的。

【0005】 另一種阻尼器係透過主動控制式振動消能型態，達到消滅地震衝擊之目的，其係利用外加的能量輸入至阻尼器，以改變阻尼器的出力、黏滯性等等。其優點在於透過外加能量的供給，可以即時且有效地控制結構體的行為；然而，主動控制需要消耗的能量過於龐大，且需確保不會因為停電等因素而失去作用，因此，僅需微量的能源來改變材料性質的半主動控制型阻尼器受到重視而進行研究，例如：磁流變阻尼器(Magnetorheological Dampers)、電流變阻尼器(Electrorheological Dampers)等，利用磁場或是電場來改變阻尼器內部微米磁粒顆粒之排列，以改變流體的黏滯性，達到改變阻尼力與速度關係及遲滯迴圈面積；或是利用微量能源開關閘門系統，以改變阻尼器的整體機械性質。然而，透過電壓之方式，改變阻尼器運作機制，仍存在著耐久性、電壓壽命及成本之問題。長期而論，維護成本以及電子儀器故障的風險性，就不及被動控制系統來得安全穩定。

【0006】 上述之半主動控制型阻尼器，因必須透過外加電磁裝置以及需配合阻尼器上設置之相關結構，因此，所費不貲，致使此類阻尼器成本較高。此外，電磁裝置於阻尼器中所產生的電場/磁場強度不易分布均勻，以致不易對鐵質粒子的排列進行良好控制，阻尼器之局部阻力因此難以進行精確控制，進而影響阻尼器無法發揮預期的阻尼效果。

【0007】 進一步，線性黏滯阻尼器(Fluid Viscous Damper,FVD)，黏滯阻尼器為圓筒活塞型，油壓缸內填充黏滯流體藉由內部液體由阻尼器的一側經過活塞片與套筒間的縫隙流至另一側，利用液體流動時，阻力與流速成正比的特性，使物體在運動過程中，因活塞兩側之壓力差所產生之阻尼

力，達到消能之目的。

【0008】 線性黏滯阻尼器之特性，當流體之黏滯性越高，阻尼係數越大，且其阻尼產生的消耗能量會轉換成熱量，是故當流體之溫度升高時，黏滯性會降低。

【0009】 習知阻尼器結構係利用鑲有滾珠之活塞頭設計，以有效減少活塞頭與管壁間的摩擦，進而提升阻尼器之使用壽命，以降低維修率；亦有利用該活塞受到兩側流體壓力差推擠時，可自動調整該活塞與該推桿上之流口所配合而成之開口大小，自動調整阻尼係數，而使用者亦可轉動該操作桿，進而調整該節流元件與該推桿之相對位置，藉由改變該節流元件與推桿之間隙所構成之有效流口大小，而調整本發明之阻尼係數。

【0010】 然而，流體阻尼器除了上述結構僅針對活塞及套筒相關元件間之設計改善外，事實上流體的特性對於整體結構而言，亦是重要的影響因素，因此，流體材料若採用具有高黏滯性的高分子材料，即具有較高的損耗及阻尼性，是故流體阻尼器整體技術上仍有改善的空間。

### 【發明內容】

【0011】 本發明提供一種微奈米流體阻尼器，其可將振動能量吸收轉化為熱能消散，並有效提升微奈米流體之黏滯性及熱傳導性，以達到較佳減震效果的優點。

【0012】 本發明提供一種微奈米流體阻尼器。微奈米流體阻尼器係包含一套筒、一活塞組件以及一微奈米流體。套筒具有一容置空間。活塞組件具有一活塞頭及至少一活塞桿，可移動地設置於容置空間中，活塞桿自活塞頭一側突伸出套筒外。一微奈米流體填充於套筒與活塞組件之間，微

奈米流體隨活塞頭之往復移動在容置空間流動。其中，當活塞組件對微奈米流體之一剪切變率大於 $1\text{s}^{-1}$ 時，微奈米流體阻尼器之速度的指數小於1，且微奈米流體具有一減稀效應臨界點及一增稠效應臨界點。

【0013】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中當剪切變率小於減稀效應臨界點時，微奈米流體之一黏滯性隨剪切變率增加而減稀。

【0014】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中當剪切變率大於減稀效應臨界點且小於增稠效應臨界點時，微奈米流體之一黏滯性隨剪切變率增加而增稠。

【0015】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中當剪切變率大於增稠效應臨界點時，微奈米流體之一黏滯性隨剪切變率增加而減稀。

【0016】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中微奈米流體包含一基礎流體以及複數個懸浮粒子，基礎流體係為一高分子流體，懸浮粒子係為一疏水性粒子。

【0017】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中懸浮粒子佔微奈米流體之含量至多為百分之五十。

【0018】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中懸浮粒子之粒徑小於1微米。

【0019】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中懸浮粒子包含複數個氧化物顆粒、複數個無機化合物顆粒或複數個聚合物顆粒。

【0020】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中活塞組件具有二活塞桿，且該些活塞桿分別自活塞頭之二側突伸出套筒外。

【0021】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中活塞頭和套筒內



側具有一環間隙，且微奈米流體可經由環間隙在容置空間流動。

【0022】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中活塞頭具有至少一孔洞，微奈米流體可經由該至少一孔洞在容置空間流動。

【0023】 本發明另提供一種微奈米流體阻尼器，其中活塞頭和套筒內側有一環間隙，活塞頭具有至少一孔洞，且微奈米流體可經由環間隙及該至少一孔洞在容置空間流動。

【0024】 綜上所述，本發明之微奈米流體阻尼器，藉由填充具有微奈米粒子之流體，可有效提升流體阻尼力的黏滯性，進而達到較佳的減震效果。

#### 【圖式簡單說明】

【0025】 圖1係微奈米流體阻尼器示意圖；

【0026】 圖2係微奈米流體阻尼器之活塞組件示意圖；

【0027】 圖3係微奈米流體阻尼器之振動速度與阻尼力的關係圖；

【0028】 圖4係微奈米流體之黏滯性與剪應變率關係圖；

【0029】 圖5係流變測試次數項目表；

【0030】 圖6A係穩態測試結果；

【0031】 圖6B係穩態測試結果；

【0032】 圖7A係動態測試結果；

【0033】 圖7B係動態測試結果；

【0034】 圖8係連續穩態之測試結果；

【0035】 圖9A係填充微奈米流體重量百分比為10%及12.5%之微

奈米流體阻尼器之測試紀錄；

【0036】圖9B係填充微奈米流體重量百分比為10%及12.5%之微奈米流體阻尼器之測試紀錄；

【0037】圖10係填充微奈米流體之重複性試驗關係圖；

【0038】圖11A係填充10%微奈米流體之阻尼器測試0.1Hz~3Hz之性能測試結果(衝程5mm)；

【0039】圖11B係填充10%微奈米流體之阻尼器測試0.1Hz~3Hz之性能關係圖(衝程15mm)；

【0040】圖12A係填充10%微奈米流體之阻尼器測試1mm~15mm之性能關係圖(0.3Hz)；

【0041】圖12B係填充10%微奈米流體之阻尼器測試1mm~15mm之性能關係圖(3Hz)；

【0042】圖13係阻尼力與振動速度關係圖；

【0043】圖14係微奈米流體阻尼器不同外力條件之阻尼係數與阻尼指數表格；

【0044】圖15係微奈米流體阻尼器不同外力條件之阻尼係數與阻尼指數表格；

【0045】圖16A係網格分割結果；

【0046】圖16B係網格品質分佈圖；

【0047】圖17係正弦位移函數設定圖；

【0048】圖18係活塞頭之結構圖；

【0049】圖19係活塞頭之結構圖；

【0050】 圖20係活塞頭之結構圖。

### 【實施方式】

【0051】 有關本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，於後將配合圖式及實施例，加以詳細說明。

【0052】 首先，請參閱圖1，圖1係為本發明第一實施例之微奈米流體阻尼器示意圖。微奈米流體阻尼器100係包含有套筒120、活塞組件140以及填充於套筒120中之微奈米流體160。

【0053】 具體而言，套筒120內具有容置空間122，而活塞組件140包含活塞頭142及至少一活塞桿144，可移動地設置於容置空間122中，活塞桿144自活塞頭142一側突伸出套筒120外，且微奈米流體160填充於套筒120與活塞組件140之間，微奈米流體160將相對活塞頭142於容置空間122中往復地移動而在容置空間流動。其中，當活塞組件140對微奈米流體160之剪切變率大於 $1s^{-1}$ 時，微奈米流體阻尼器100之速度的指數小於1，且微奈米流體160具有一減稀效應臨界點及一增稠效應臨界點。於本實施例之微奈米阻尼器100，其更可包含一氣室180，氣室180係用以減緩容置空間122內的壓力。

【0054】 接著，請參考圖2，圖2係微奈米流體阻尼器100之活塞組件140示意圖。其中，上述之微奈米流體阻尼器100之活塞組件140更包含活塞頭142及二活塞桿144，且二活塞桿144分別自活塞頭142之二側突伸出套筒120外。

【0055】 詳細而言，請一併參考圖3，圖3係為本發明微奈米流體阻尼器之振動速度與阻尼力的關係圖。當外部作用力對微奈米流體阻尼器100之

活塞桿144施力時，活塞頭142根據外部作用力於容置空間122內移動，此時，活塞頭142將對微奈米流體160產生剪切應力，當微奈米流體160受到剪切應力時，微奈米流體160因流體的黏滯特性進而產生阻尼力，阻尼力理論公式為：

$$F = C |V|^{\alpha} \text{sgn}(V)$$

【0056】 上述公式中，F為阻尼力，V為活塞組件的振動速度，C為阻尼係數， $\alpha$ 則決定阻尼力與速度的相對關係；由此可知，活塞組件140的振動速度V及阻尼係數C可影響阻尼力的大小。

【0057】 換言之，微奈米流體阻尼器100必須依照結構體(圖未示出)產生的振動速度(V)以及消能需求(C、 $\alpha$ )，進而客製化設計、製作及測試。微奈米流體阻尼器100的性能可依設計需求主要分為線性阻尼器( $\alpha=1$ )及非線性阻尼器( $\alpha>1$ 或 $\alpha<1$ )。

【0058】 進一步說明，當微奈米流體阻尼器100例如為非線性阻尼器，且 $\alpha>1$ 時：(1)若活塞組件140的振動速度低，即可得知並無明顯阻尼力產生，此時結構體的振動速度反應較低，消能效率亦較低；(2)若活塞組件140的振動速度高，將產生較高的阻尼力，因此，若活塞組件140的振動速度超出預期設計的振動速度範圍，即會因流體產生的高阻尼力進而造成結構體損壞，是故， $\alpha>1$ 的情況，較少應用於結構體減震。

【0059】 另外，當微奈米流體阻尼器100例如為非線性阻尼器，且 $\alpha<1$ 時：(1)若活塞組件140的振動速度低，即會產生明顯的阻尼力，因此，當結構體振動速度的反應低時，可有效的消散地震能量，進而達到保護結構的功能；(2)若活塞組件140的振動速度快，則其阻尼力的增量不大，因此，若

活塞組件140的振動速度超出預期設計的振動速度範圍，即不會產生過高的阻尼力，因而造成結構體損壞，是故，本發明採用振動速度與阻尼力相對關係小於1的微奈米流體阻尼器100，較適合應用於結構體減震設計。

【0060】再者，本發明微奈米流體阻尼器100所述之微奈米流體160包含一基礎流體162以及複數個懸浮粒子164，基礎流體162可例如為高分子流體，而懸浮粒子164可例如為疏水性粒子。另外，懸浮粒子164佔微奈米流體160之含量至多為百分之50，而懸浮粒子之粒徑須小於1微米。懸浮粒子可包括氧化物顆粒、無機化合物顆粒或聚合物顆粒，於此不加以限制。進一步，請參考圖4，圖4係為本發明微奈米流體之黏滯性與剪應變率關係圖。微奈米流體160的特性係為當微奈米流體160受到一剪切應力時，其黏滯性會急遽上升，微奈米流體160將運用在吸收結構體的微小振動，並達到消能的功效，原因來自於微奈米流體160含有膠狀粒子的高分子聚合物。

【0061】另外，微奈米流體的增稠效應發生的原因為叢聚現象(Hydrocluster)，叢聚現象係為微奈米流體160中含有膠狀粒子的高分子聚合物懸浮在液體中，當微奈米液體160受到剪切應力時，高分子聚合物將彼此相互靠近，此時，分子彼此間的吸引力將增加，致使高分子聚合物之分子間能更加群聚在一起，進而使微奈米流體160的黏滯性明顯增加。更進一步，當微奈米流體160所受到的剪切應力越強，則膠狀粒子群聚在一起也就越多，黏滯性也將會越高。反之，當微奈米流體160承受之剪切應力下降後，其膠狀粒子間聚集的效應會降低，其黏滯性亦會降低，故此叢聚現象為一可逆之反應。需特別說明的是，微奈米流體的增稠效應並非隨剪切應力增加而無限增大，當剪切應力到某一臨界值時，其剪切應力大於分子間的凝

聚力，而聚集成塊的膠狀粒子將被沖散，此時，流體的黏滯度性會隨著剪應力增加而下降。

【0062】 請繼續參考圖4，圖4係流體之黏滯性與剪應變率關係圖，其中 $\gamma_c$ 為減稀效應之臨界點， $\gamma_m$ 為增稠效應之臨界點。當剪應變率小於臨界點 $\gamma_c$ 時，微奈米流體160之黏滯性將根據剪應變率的增加而減稀；當剪應變率達臨界點 $\gamma_c$ ，且小於 $\gamma_m$ 時，微奈米流體160之黏滯性將根據剪應變率的增加而增稠，因此，將呈現急遽的上升曲線，稱之為增稠效應；而當剪應變率達臨界點 $\gamma_m$ 以後，微奈米流體160之黏滯性將根據剪應變率的增加而減稀，因此，將呈現緩慢的下降曲線，稱之為減稀效應。由上可知，具有減稀效應及增稠效應之液體並非為牛頓型流體保有固定的液體黏滯性。若將微奈米流體160填充於習知的速度阻尼器中，則可能會發生因阻尼器受力或振動速度不同而造成阻尼係數改變的現象，此時，阻尼係數將不再為定值。

【0063】 本發明將奈米級的疏水性(Hydrophobic)二氧化矽( $\text{SiO}_2$ )粒子加入極性的液體中，可製造出具有微奈米之非牛頓型(Non-Newtonian)流體，並對其微奈米流體特性進行流變測試。

【0064】 另外，請參考圖5，圖5係本發明流變測試次數項目表。本發明微奈米流體160之基礎流體例如為聚丙稀乙二醇(Polypropylene Glycol；PPG)，而懸浮粒子例如為二氧化矽奈米粒子(R972)，聚丙稀乙二醇屬於極性液體，其分子量為400g/mol、1000g/mol、3000g/mol。二氧化矽奈米粒子之奈米顆粒大小為12奈米，且其具有疏水性特性。具體而言，本發明係將二氧化矽奈米粒子之表面50%的氫基(OH)處理為胺基(CH)，使得二氧化矽奈米粒子間之鍵結能力大於二氧化矽奈米粒子與聚丙稀乙二醇間的鍵結。

為了使本發明微奈米流體之基礎流體及懸浮粒子具有凝團特性(增稠效應)，且在破壞凝團鍵結(減稀效應)時，懸浮粒子能夠與基礎液體形成穩定的黏滯性，故本發明係將懸浮粒子與基礎流體分別採重量百分比為7.5%、10%及12.5%進行混合。

● 【0065】 於本發明之一實施例中，本發明進行微奈米流體流變測試，使用之流變測試儀器為應變控制流變儀(AR2000ex)。應變控制流變儀使用TA advantage software version 4.0操作錐狀同心圓(Cone and Plate)量測套組，可量測穩態(Steady State)  $0-4000s^{-1}$  剪切速率及動態(Dynamic Test)頻率  $0.1Hz\sim 5Hz$ ，振幅  $0\sim 1000\%$  範圍之相關流變特性。將進行穩態測試及動態測試兩種，其中，穩態測試為固定剪應變率  $\dot{\gamma}$  進行測試，測試剪應變率範圍為  $0-1000s^{-1}$ ，測試所得結果為黏滯性(viscosity)。動態測試為固定測試頻率並變動振幅  $\gamma$ ，本次測試頻率為  $0.5、1.0、3.0Hz$ ；測試振幅範圍為  $0\sim 100\%$ ，測試所得結果為複數黏滯性(complex viscosity)。

● 【0066】 進一步，請參考圖6A以及圖6B，圖6A以及圖6B係本發明穩態測試結果，由實驗結果：(1)隨PPG濃度愈高則黏滯性愈高；(2)隨PPG莫耳分子量愈多則黏滯性愈高；(3)增稠效應發生後，不同濃度混合之微奈米流體將恢復到基礎流體濃度；(4)增稠效應之終點之剪應變率在各種混合液體差異不大，但隨濃度愈低有愈大傾向。主要原因為，當增稠效應發生時，懸浮粒子彼此間靠近而產生凝團，而當增稠效應達到增稠效應終點時，懸浮粒子之凝團將被打散回到充分分散的情況，因此，產生減稀效應。

【0067】 更進一步，請參考圖7A以及圖7B，圖7A以及圖7B係本發明動態測試結果，由實驗結果：(1)隨振動頻率愈高，發生減稀效應時之剪應

變率愈低；(2)懸浮粒子含量愈低，發生減稀效應時之剪應變率愈高；(3)PPG莫耳分子量愈低，發生減稀效應時之剪應變率愈高，主要原因有二，(1)相同PPG下，懸浮粒子含量愈多，代表懸浮粒子彼此間容易產生鍵結形成凝團，而提早達到增稠效應之終點；(2)相同懸浮粒子含量，PPG莫耳分子量愈多，表示愈能夠靠鍵結力將凝團後之懸浮粒子分解，因此，剪應變率愈低。

● 【0068】 為了解基礎液體在多次擾動之分散的情形及是否具有可逆性。本實驗將微奈米流體經由三滾筒分散儀兩次之混合液體置放三個月後再進行相同的流變試驗，藉此觀察微奈米流體是否具有可逆性，並分別通過0次~6次三滾筒進行分散。此外，針對相同的微奈米流體進行連續四次的流變試驗，藉以觀察流變特性是否差異甚大。

● 【0069】 接著，請參考圖8，圖8係連續穩態之測試結果。由圖8可知，本發明之微奈米流體160的實驗次數愈多，黏滯性會因凝團被打散的程度而降低。由此可得知，微奈米流體160無論通過三滾筒分散儀幾次，在置放三個月後，微奈米流體160都有能恢復至原始狀態的能力。

● 【0070】 再者，本發明流變試驗所使用的懸浮粒子為12nm二氧化矽奈米粒子(R972)，而所使用的基礎流體為聚丙稀乙二醇(PPG)。經過流變試驗得知：(1)黏滯性隨重量百分配比及懸浮粒子含量提供0.5~62 Pa-s範圍的黏滯性；(2)剪應變率隨配比及懸浮粒子含量提供15~50 s<sup>-1</sup>臨界剪應變率；(3)動態頻率0.5Hz~5.0Hz的測試條件下，增稠效應以及減稀效應發生在剪應變率5%~15%。上述所得之流變測試數據將有利於微奈米流體阻尼器100的開發與設計。



【0071】請參考圖9~圖13，圖9~圖13係本發明實體元件性能測試結果。圖9A以及圖9B係填充微奈米流體重量百分比為10%及12.5%之微奈米流體阻尼器100之測試紀錄。由測試遲滯迴圈形狀得知，其微奈米流體之微奈米流體阻尼器100屬非線性阻尼器，且 $\alpha < 1$ ，因此，不須改變微奈米流體阻尼器100之構造，即可達到磁流阻尼器 $\alpha < 1$ 的消能行為，換言之，本發明僅需改變微奈米流體之濃度就可以改變阻尼力，此外，微奈米流體濃度愈高，則阻尼力愈大。由上述內容得知，微奈米液體受剪切應力擾動後，懸浮粒子彼此間將相互吸引，而回復到擾動前之狀態。

【0072】圖10為填充微奈米流體之重複性試驗。於前段實驗後，再將微奈米流體阻尼器100分別於兩天進行測試，測試結果顯示仍具有相同遲滯迴圈，表示液體受擾動後具有可逆性。由圖11A及11B可得知，在相同振幅、不同測試頻率的情況下，遲滯迴圈會因所填充之微奈米流體特性而改變消能行為。當頻率愈低所產生的遲滯迴圈愈扁平，而當頻率愈高所產生的遲滯迴圈則愈高窄，顯示剪應變率與流變關係確實影響阻尼力。

【0073】由圖12A及12B得知，在相同頻率、不同測試的振幅下，遲滯迴圈會因所填充之微奈米流體特性而改變消能行為。當振幅愈大時，所產生的遲滯迴圈愈扁平；當振幅愈小時，所產生的遲滯迴圈則愈高窄，顯示剪應變率與流變關係確實影響阻尼力。

【0074】最後，將圖11A、11B、12A及12B之測試資料回歸分析後，可計算得到阻尼係數C及阻尼指數 $\alpha$ 。圖13為阻尼力與振動速度關係圖，由圖可知，在相同振幅的情況下，阻尼力與頻率有關，且具有 $\alpha < 1$ 的特性。由

圖14以及圖15得知，微奈米流體阻尼器100在不同外力條件下，能提供不同的阻尼係數與阻尼指數，因此，微奈米流體阻尼器100可依需求作為可調適之變阻阻尼器。

【0075】再者，請參考圖16A以及圖16B，圖16A係網格分割結果圖，圖16B係網格品質分佈圖。由於油壓鋼管具有較小的孔隙，且活塞頭以及活塞桿進行活塞運動時，亦會影響靠近活塞頭之壁體的流體元素產生網格大變形，因此，為了讓網格大小差異性降低，網格劃分將分為五個部分進行設定，(1)整體網格大小；(2)孔隙區間網格，沿這徑向分割網格數量；(3)活塞運動時，會產生大變形網格的區域；(4)低流動區域網格數量；(5)低流動區域與高流動交界域網格漸變銜接。

【0076】進一步，請參考圖17，圖17主要係探討正弦位移函數設定圖。於設計微奈米流體阻尼器100時，為了考量活塞組件140之振動特性對微奈米流體160的作用，因此，根據活塞組件140之正弦位移波特性 $\Delta \cdot \sin(\omega t)$ ，其中 $\Delta$ 為活塞運動衝程為10mm； $\omega$ 為活塞之運動頻率為0.5Hz； $t$ 為活塞作用時間，俾清楚了解活塞組件140於作動時，微奈米流體160的變化情形。將上述的流變測試成果以離散化方式設定於ANSYS CFX - Pre。本次分析假定流體密度不變，流體密度設定為為 $1.02\text{g/cm}^3$ ；流體黏滯範圍為 $1.47\sim 32.55\text{Pa s}$ 。

【0077】最後，本實施例係應用於本發明之微奈米流體阻尼器100，因此，微奈米阻尼器100之結構，將不再重複贅述。

【0078】請參考圖18、圖19以及圖20，圖18、圖19以及圖20係本發明

活塞頭之結構圖。首先，圖18所示之微奈米阻尼器100之活塞頭142，活塞頭142之外側與套筒120之內側之間具有一環間隙，當活塞頭142於套筒120之容置空間122中進行移動時，微奈米流體160將經由活塞頭142之外側與套筒120之內側間之環間隙D，相對活塞頭142之移動而容置空間122流動。

● 【0079】 接著，圖19所示之微奈米阻尼器100之活塞頭142上具有至少一孔洞，當活塞頭142於套筒120之容置空間122中進行移動時，微奈米流體160將經由活塞頭142上至少一孔洞A，相對活塞頭142之移動而在容置空間122進行流動。

● 【0080】 再者，圖20所示之微奈米阻尼器100之活塞頭142和套筒120內側有一環間隙D，且該活塞頭142上具有至少一孔洞A，當活塞頭142於套筒120之容置空間122中進行移動時，微奈米流體160將經由活塞頭142之外側與套筒120之內側間之環間隙D以及活塞頭142上之至少一孔洞，相對活塞頭142之移動而在容置空間122進行流動

● 【0081】 藉由上述構件，使微奈米流體160之黏滯性及熱傳導，以適當程度的影響活塞組件140之作動速率，達到較佳之減震效果。

● 【0082】 最後，為供進一步瞭解本發明構造特徵、運用技術手段及所預期達成之功效，茲將本發明使用方式加以敘述如下：當活塞組件140之兩端受外力時，於套筒120之容置空間122中之活塞頭142，將根據活塞桿144所受之外力，使活塞頭142向左移，而微奈米流體160將根據活塞頭142之移動，相對地往套筒120的容置空間122之右邊流動，此時，活塞組件140因線徑運動所產生之功將轉變為兩種形式：其一係當微奈米流體160受活塞頭142之壓迫，由容置空間122之一區域經由環間隙D或孔洞A，流至另一區域

時，將因壓力差而形成渦流，並將動能轉換成熱能(drag force)；其二係微奈米流體160受活塞頭142之壓迫，由容置空間122之一區域經由環間隙D或孔洞A，流至另一區域時，將產生黏滯剪切力，並轉換成阻尼力(friction drag)。

【0083】此外，當活塞組件140之兩端受外力時，於套筒120的容置空間122中之活塞頭142，將根據活塞桿144所受之外力，使活塞頭142向右移，而微奈米流體160將根據活塞頭142之移動，相對地往套筒120的容置空間122之左邊流動，此時，活塞組件140之線徑運動同樣將轉變為兩種形式之功：其一係當微奈米流體160受活塞頭142之壓迫，由容置空間122之一區域經由環間隙D或孔洞A，流至另一區域時，將因壓力差而形成渦流，並將動能轉換成熱能(drag force)；其二係微奈米流體160受活塞頭142之壓迫，由容置空間122之一區域經由環間隙D或孔洞，流至另一區域時，將產生黏滯剪切力，並轉換成阻尼力(friction drag)。

【0084】由上述可知，流體黏滯性係影響阻尼力的因素之一，因此，本發明之微奈米流體係將二氧化矽奈米粒子表面化學改質，形成穩定不會凝集之奈米二氧化矽奈米粒子及矽油之微奈米流體，應用懸浮粒子特有的增稠效應及減稀效應，以提升拖曳(drag)摩擦效果，迅速將振動能量吸收，並轉化為熱能消散；本發明之微奈米流體阻尼器之設計，係屬於一種衝擊振動流體阻尼器(Fluid damper)，在振動產生時強迫具有二氧化矽奈米粒子之微奈米流體通過套筒與活塞頭間之間隙或活塞頭上之孔洞，因而產生拖曳作用之黏滯性，並且應用其二氧化矽奈米粒子可快速吸收因振動所產生的大部份能量的特性，使微奈米流體阻尼器相較於傳統流體阻尼器，可獲得較優於傳統流體阻尼器約300%以上之高效能減震效果。

【0085】本發明係於套筒內填充具有懸浮粒子之微奈米流體，以有效提升流體之黏滯性，達到較佳減震效果。此外，以奈米等級的顆粒結合於傳統流體中，其導熱度大於單純液相的傳統流體，具有較優的熱傳性能，可使微奈米流體快速降溫，以減少因高溫影響黏滯性之情形。再者，本發明適用於瞬間產生之撞擊或振動的情況，可提供建築或公共工程、精密機具、車輛、船舶等減震要求標準較高之技術領域應用。

【0086】綜合上述，本發明所揭露之微奈米流體阻尼器，係提供一種具懸浮粒子之流體阻尼器，以固體及液體形態並用之微奈米流體填充於套筒內，藉以具有較佳之流體之黏滯性及熱傳導性，達到減震消能效果，同時，使微奈米流體可快速降溫，進一步減少因高溫而影響黏滯性之情形，可廣範應用於減震標準較高之技術領域，以提升安全性。

【0087】需陳明者，以上所述乃是本發明之具體實施例及所運用之技術原理，若依本發明之構想所作之改變，其所產生之功能作用仍未超出說明書及圖式所涵蓋之精神時，均應在本發明之範圍內，合予陳明。

#### 【符號說明】

【0088】 100：微奈米流體阻尼器

120：套筒

122：容置空間

122a：第一區域

122b：第二區域

140：活塞組件

142：活塞頭

144：活塞桿

160：微奈米流體

180：氣室

A：孔洞

D：環間隙

F：阻尼力

V：活塞組件的作用速度

C：阻尼係數

$\alpha$ ：阻尼力與速度的相對關係

## 申請專利範圍

1. 一種微奈米流體阻尼器，包含：

—一套筒，該套筒具有一容置空間；

—一活塞組件，具有一活塞頭及至少一活塞桿，該活塞組件可移動地設置於該容置空間中，且該活塞桿自該活塞頭一側突伸出該套筒外；

—一微奈米流體，填充於該套筒與該活塞組件之間，該微奈米流體隨該活塞頭之往復移動在該容置空間流動，且該微奈米流體包含一極性基礎流體以及複數個疏水性懸浮粒子，該等疏水性懸浮粒子之粒徑小於1微米且佔該微奈米流體之含量至多為50%，

其中，當該活塞組件對該微奈米流體之一剪切變率大於 $1\text{s}^{-1}$ 時，該微奈米流體阻尼器之速度的指數小於1，且該微奈米流體具有一減稀效應臨界點及一增稠效應臨界點。

2. 如申請專利範圍第1項所述之微奈米流體阻尼器，其中當該剪切變率小於該減稀效應臨界點時，該微奈米流體之一黏滯性隨該剪切變率增加而減稀。

3. 如申請專利範圍第1項所述之微奈米流體阻尼器，其中當該剪切變率大於該減稀效應臨界點且小於該增稠效應臨界點時，該微奈米流體之一黏滯性隨該剪切變率增加而增稠。

4. 如申請專利範圍第1項所述之微奈米流體阻尼器，其中當該剪切變率大於該增稠效應臨界點時，該微奈米流體之一黏滯性隨該剪切變率增加而減稀。

5. 如申請專利範圍第1項所述之微奈米流體阻尼器，其中該極性基礎流體係為一高分子流體。
6. 如申請專利範圍第1項所述之微奈米流體阻尼器，其中該等疏水性懸浮粒子包含複數個氧化物顆粒、複數個無機化合物顆粒或複數個聚合物顆粒。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之微奈米流體阻尼器，其中該活塞組件具有二活塞桿，且該等活塞桿分別自該活塞頭之二側突伸出該套筒外。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之微奈米流體阻尼器，其中該活塞頭和該套筒內側具有一環間隙，且該微奈米流體可經由該環間隙在該容置空間流動。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述之微奈米流體阻尼器，其中該活塞頭具有至少一孔洞，該微奈米流體可經由該至少一孔洞在該容置空間流動。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之微奈米流體阻尼器，其中該活塞頭和該套筒內側有一環間隙，該活塞頭具有至少一孔洞，且該微奈米流體可經由該環間隙及該至少一孔洞在該容置空間流動。



圖式

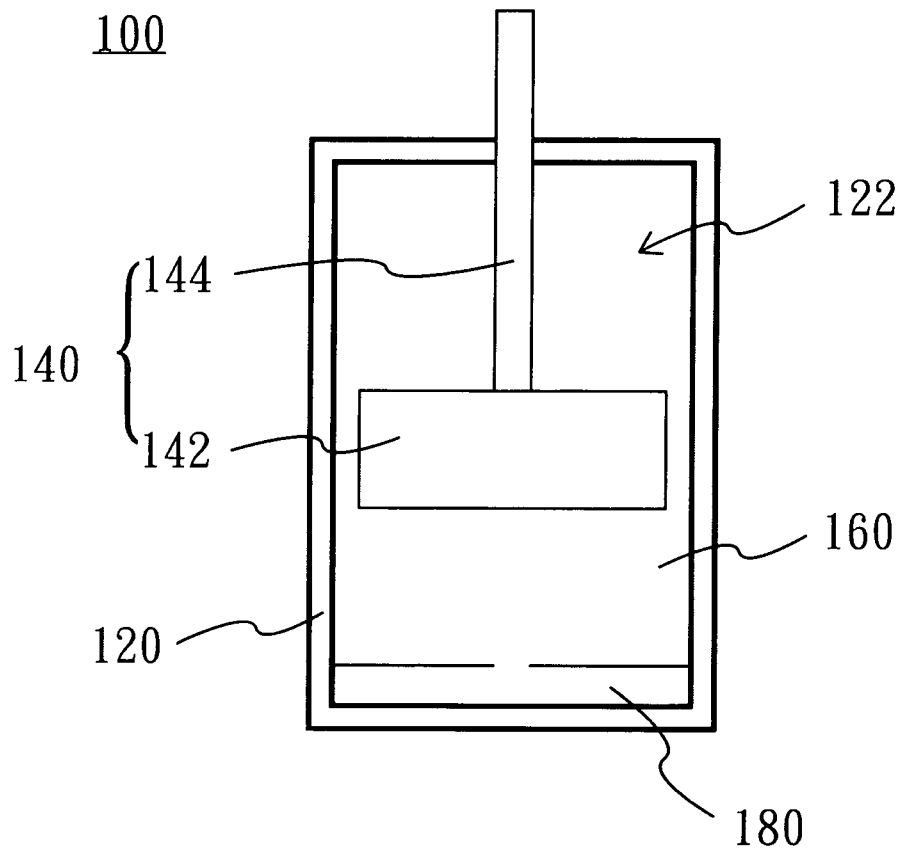


圖 1

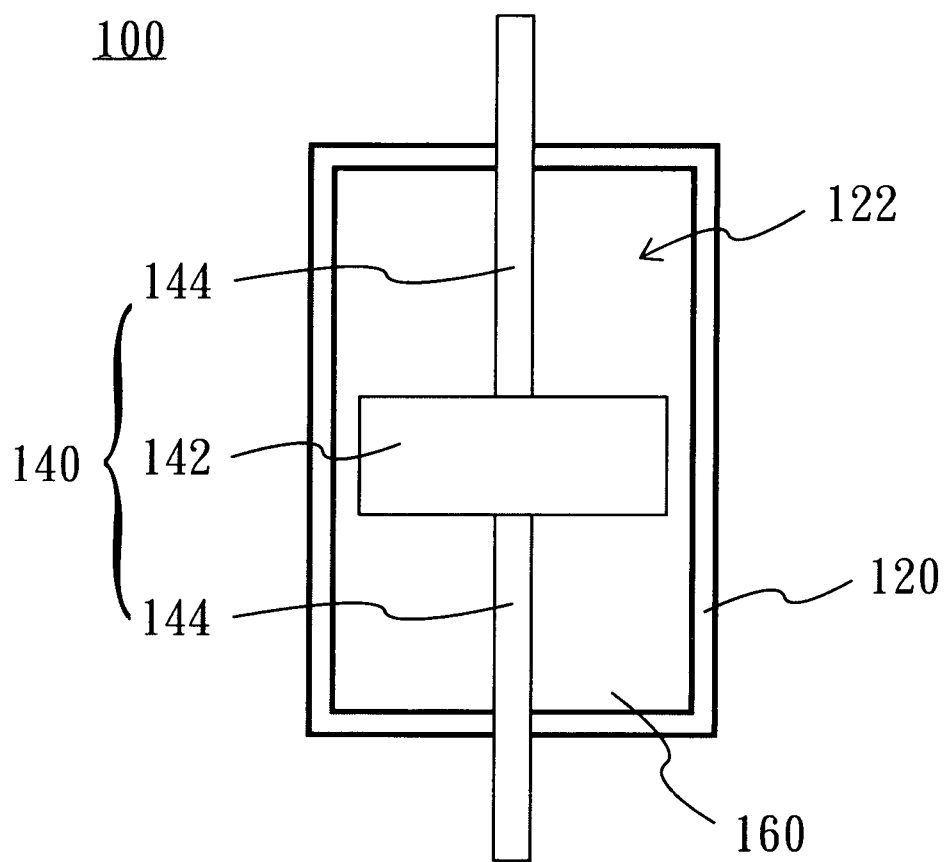


圖2

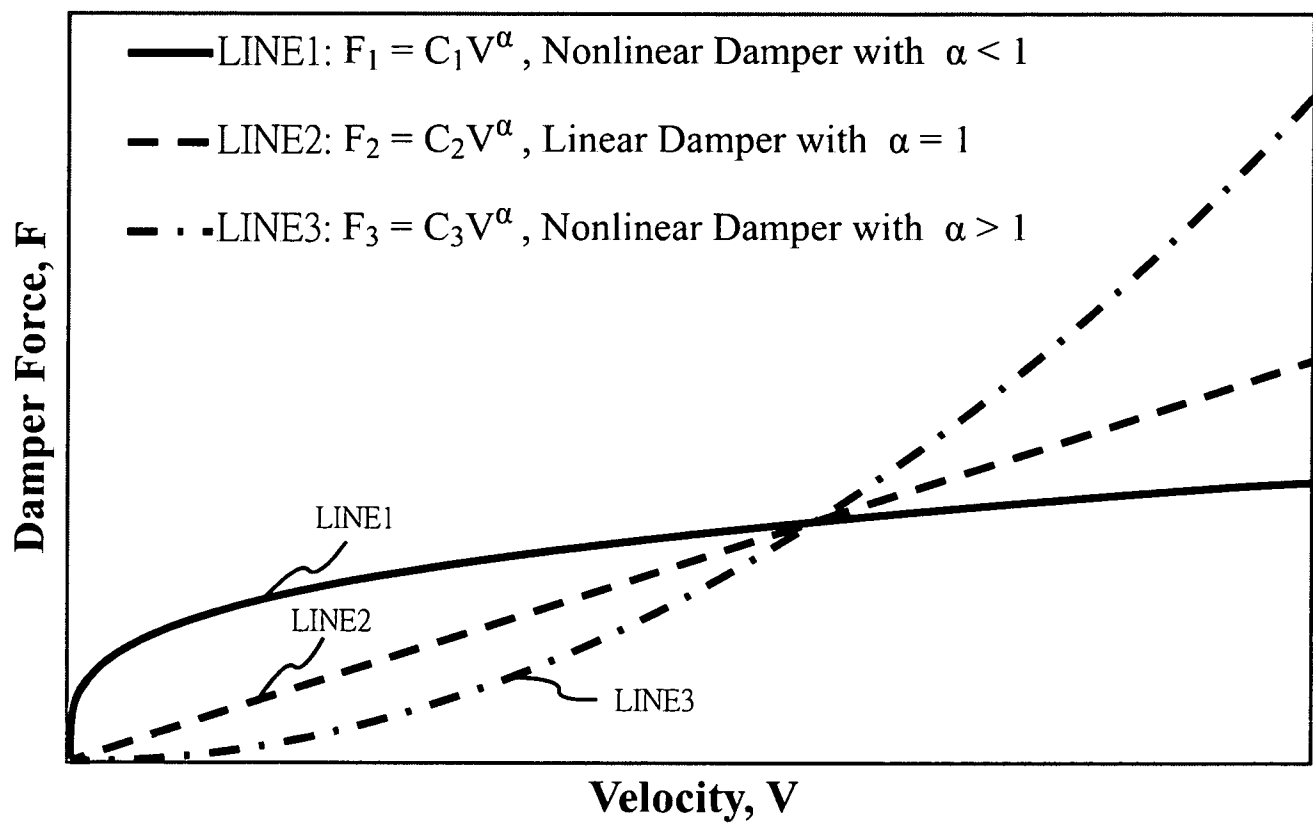


圖3

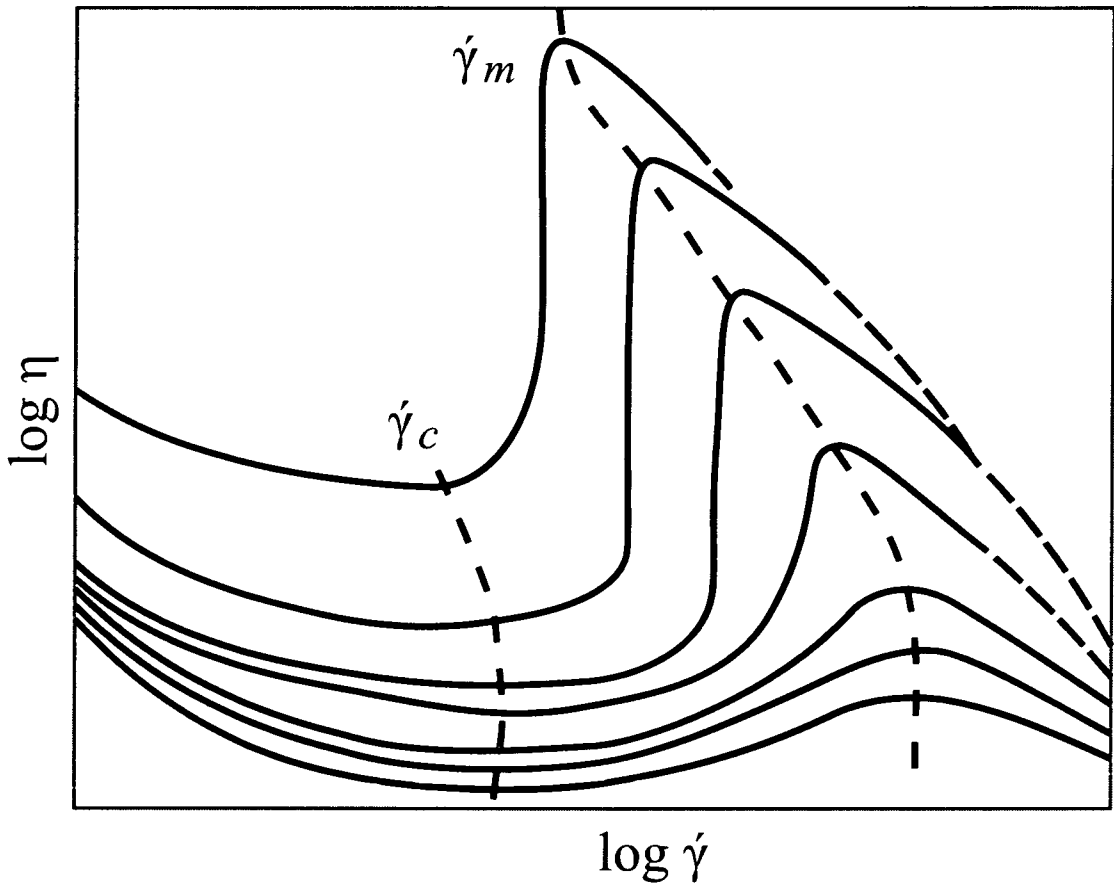


圖4

PPG 基底液體	奈米顆粒 R972 含量		
	7.5%	10.0%	12.5%
分子量			
400	0/2/4/6	0	0
1000	0	0	0/6
3000	0/6	0	0/2/4/6

圖5

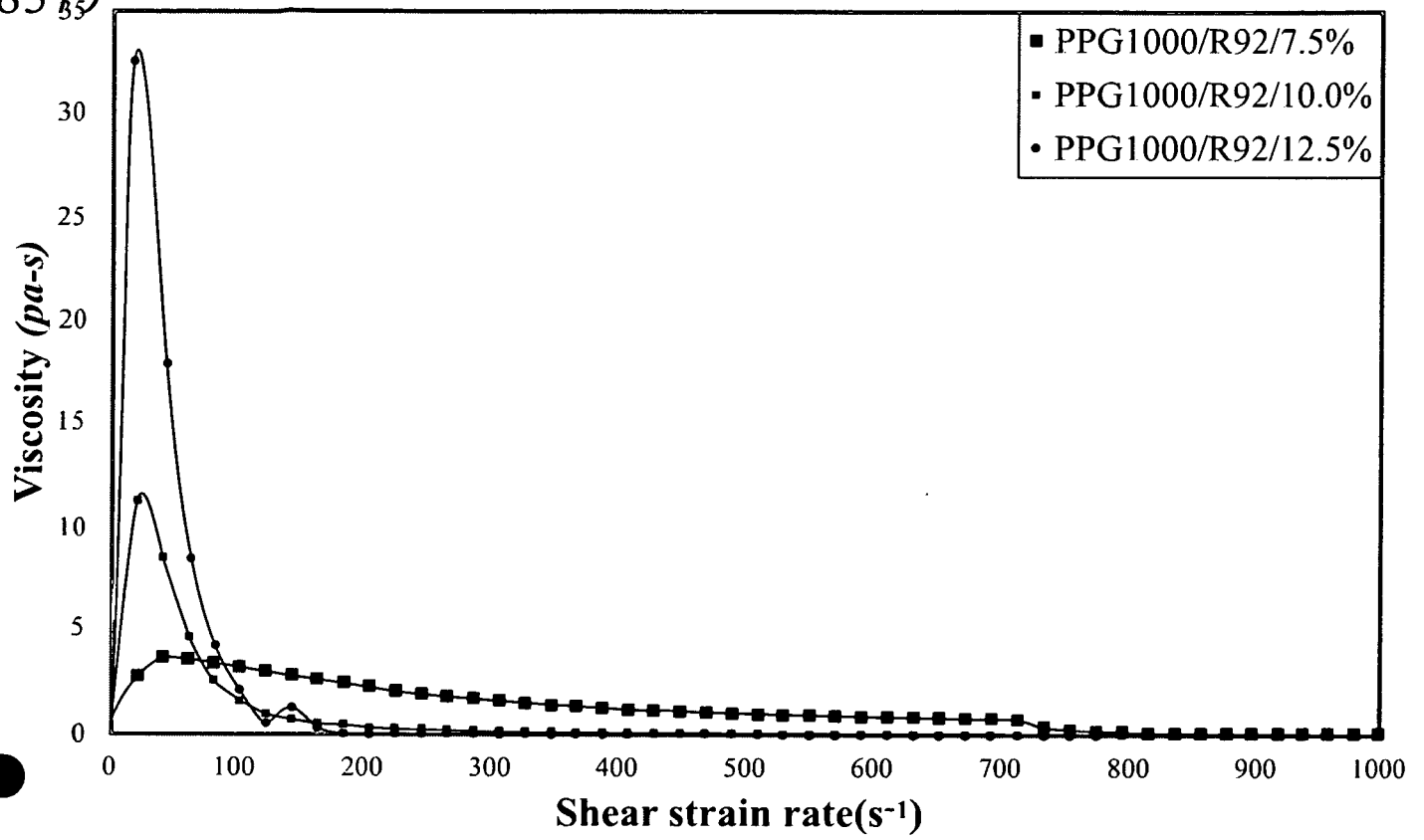


圖6A

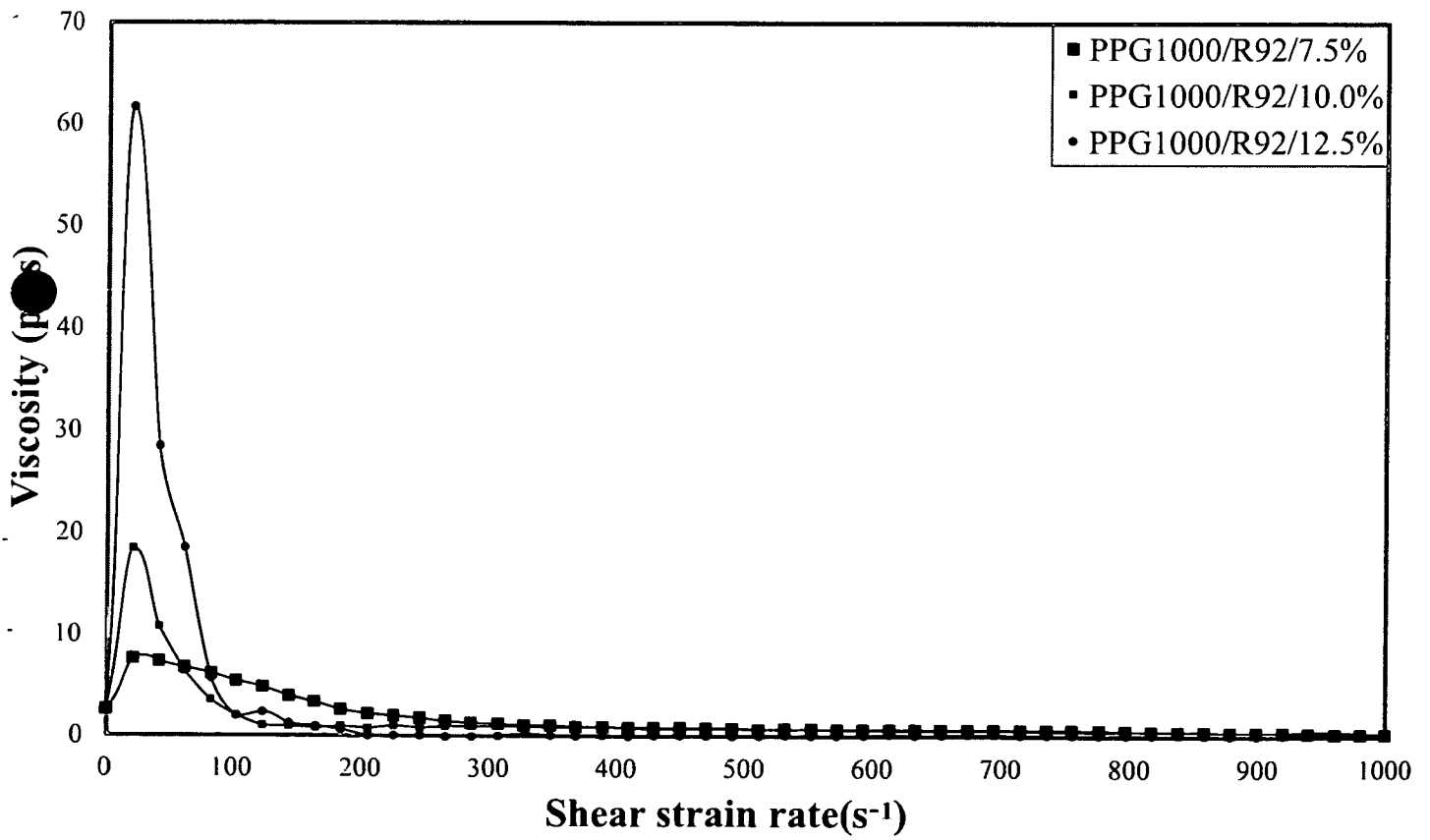


圖6B

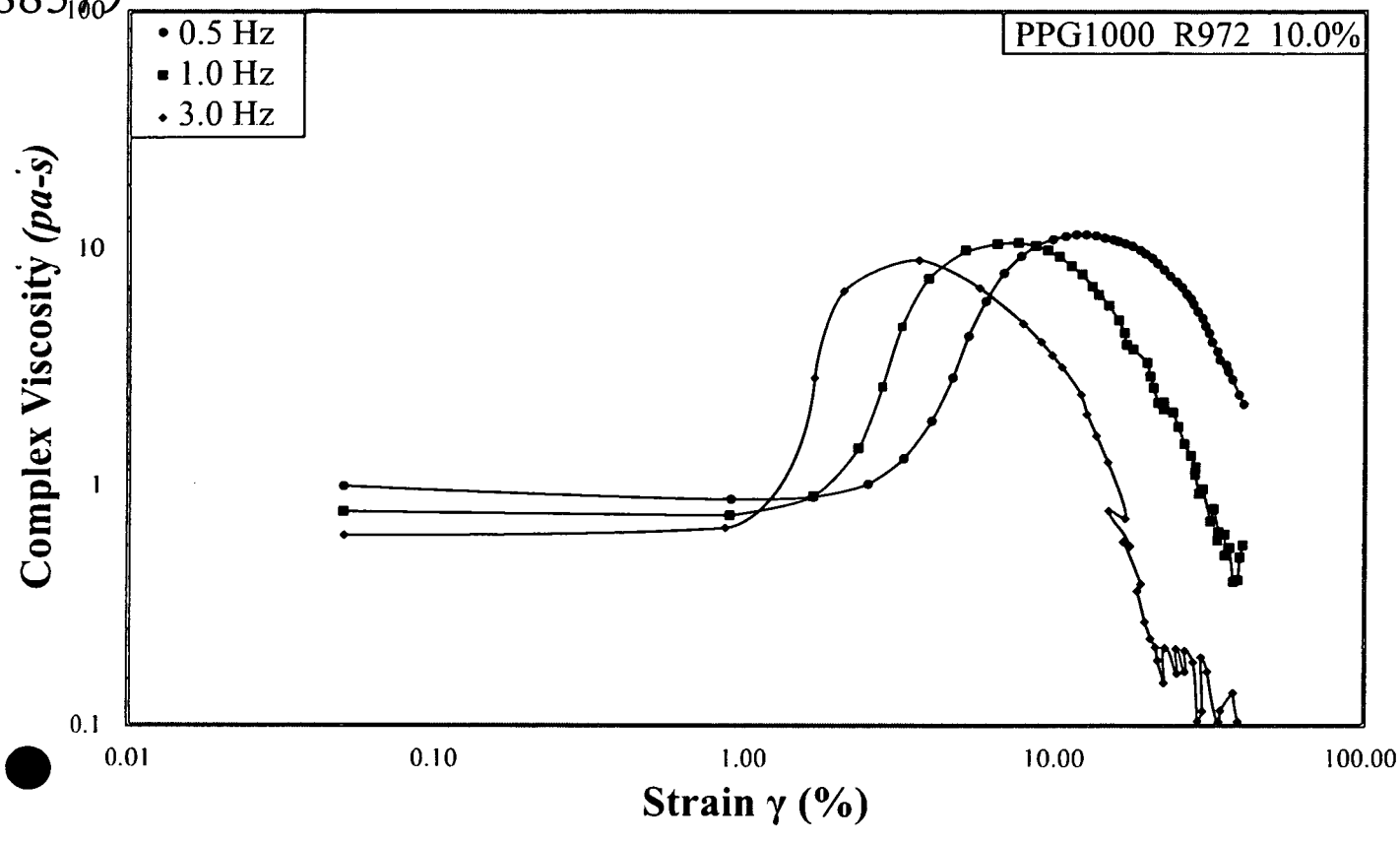


圖7A

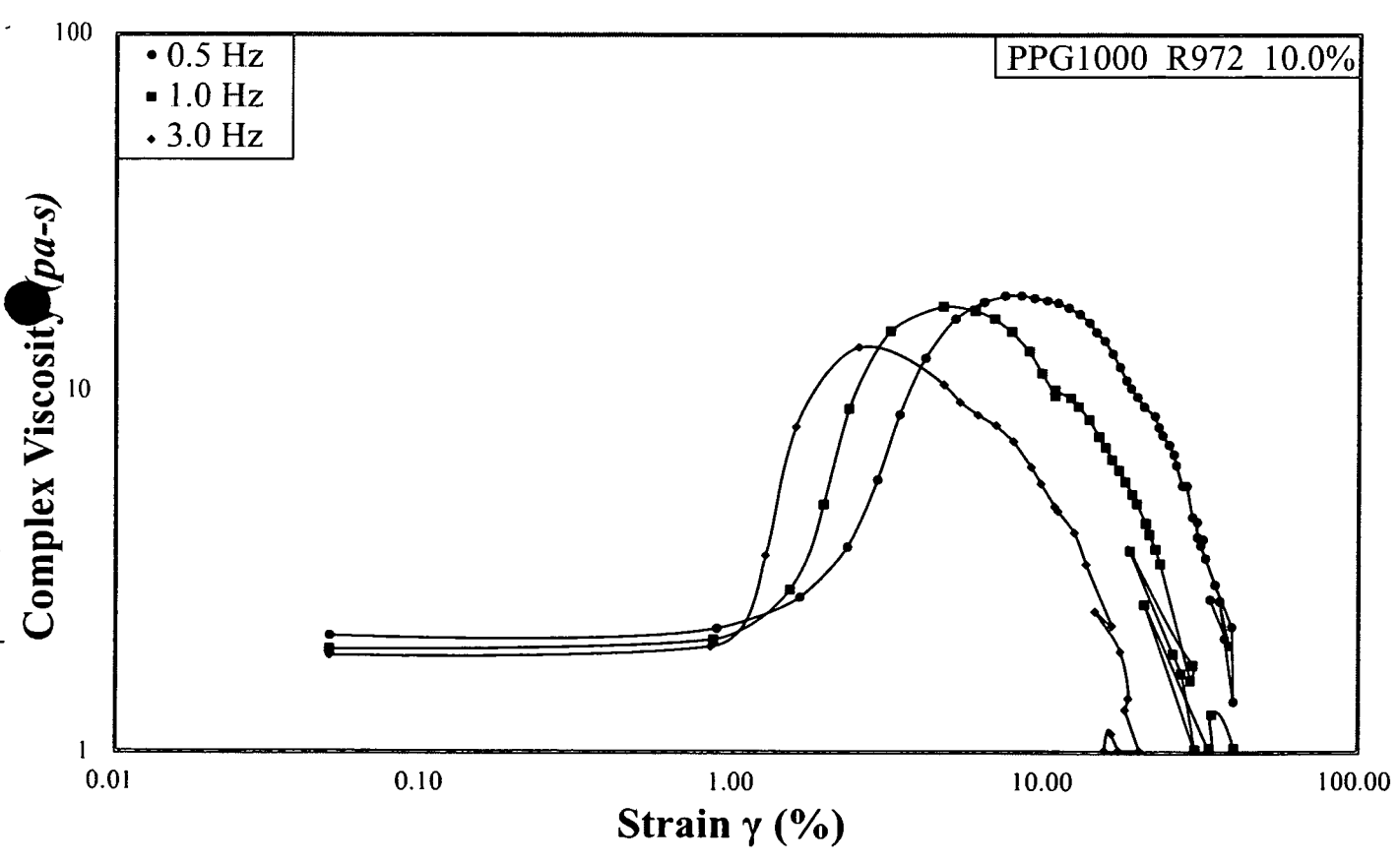


圖7B

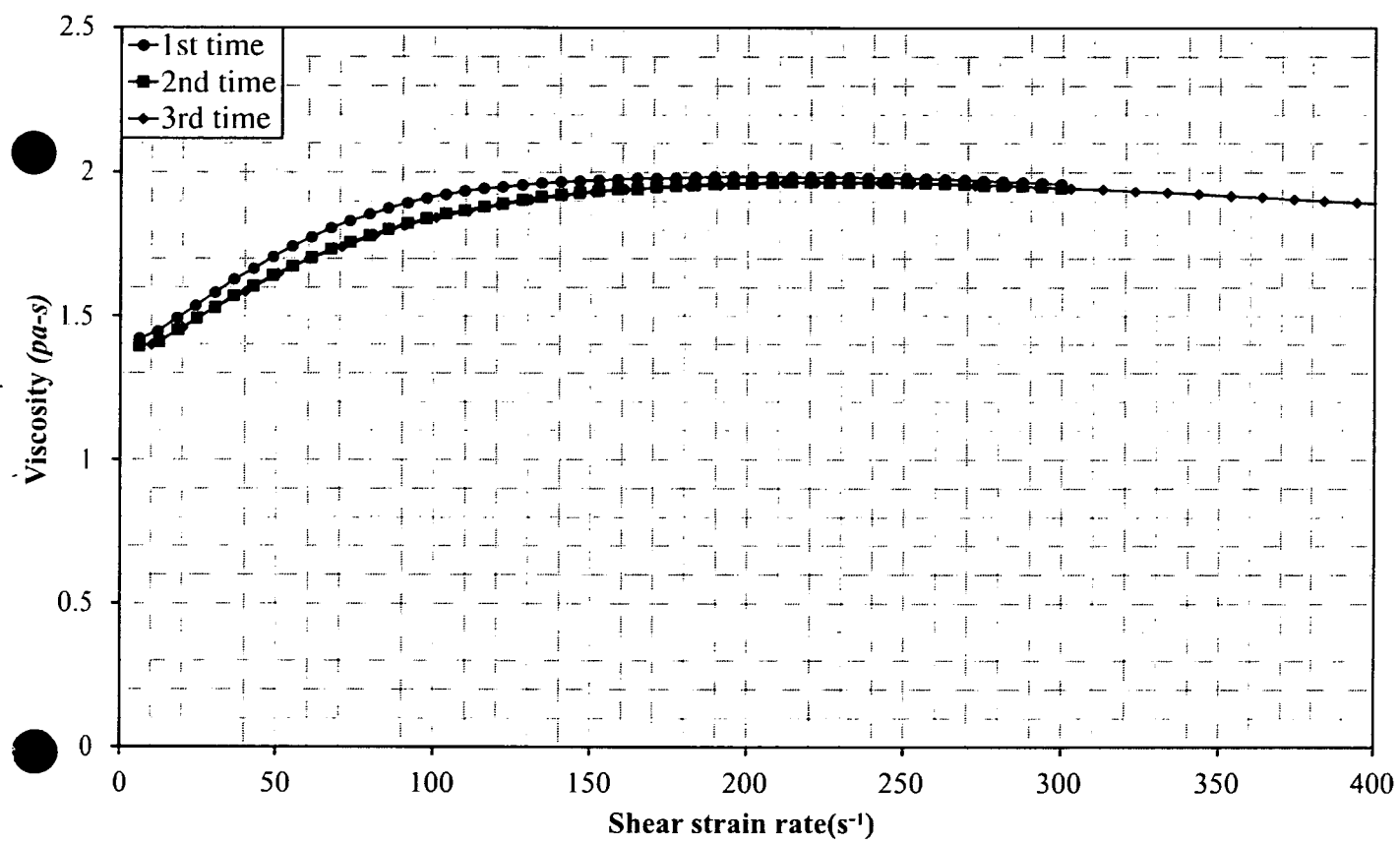


圖8



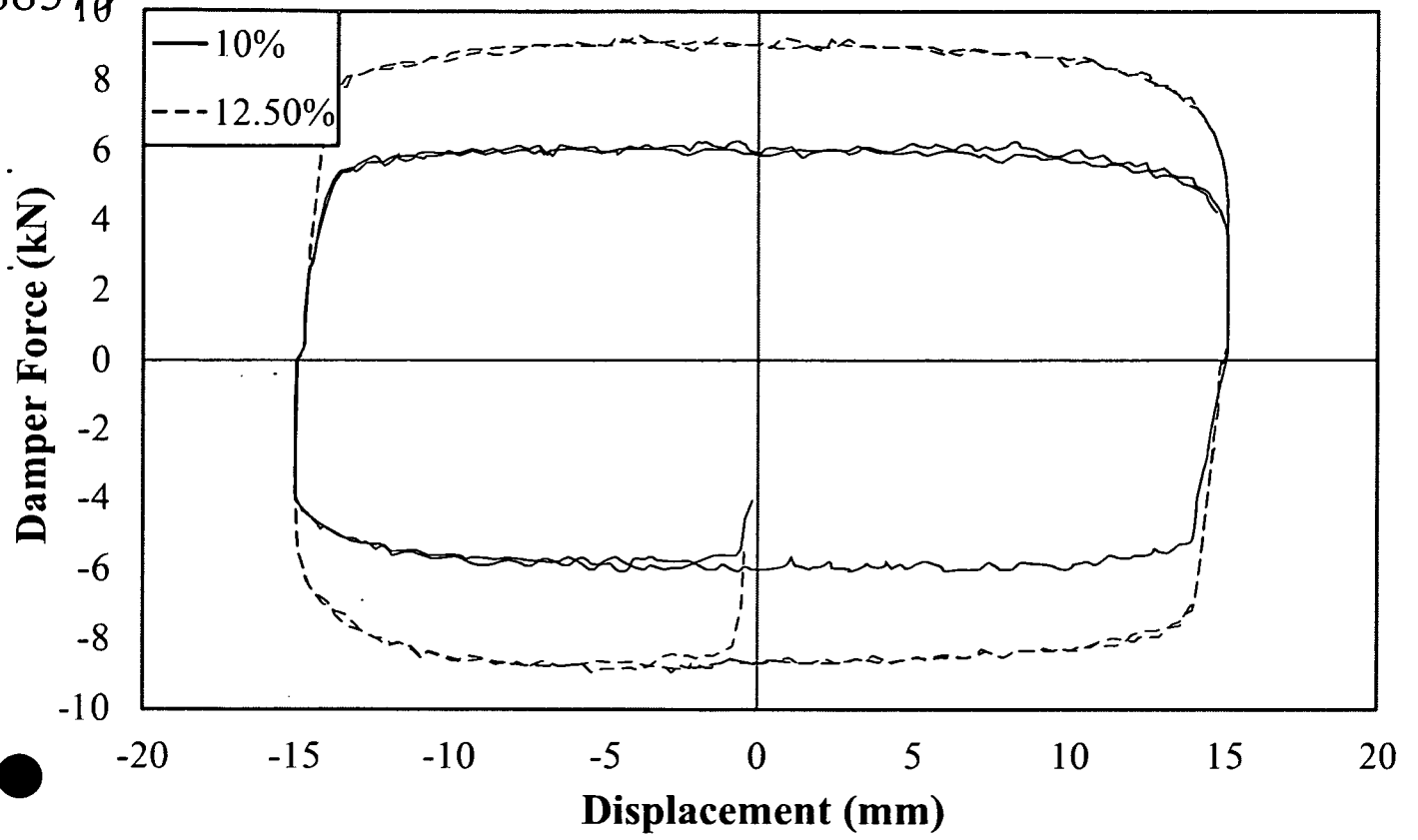


圖9A

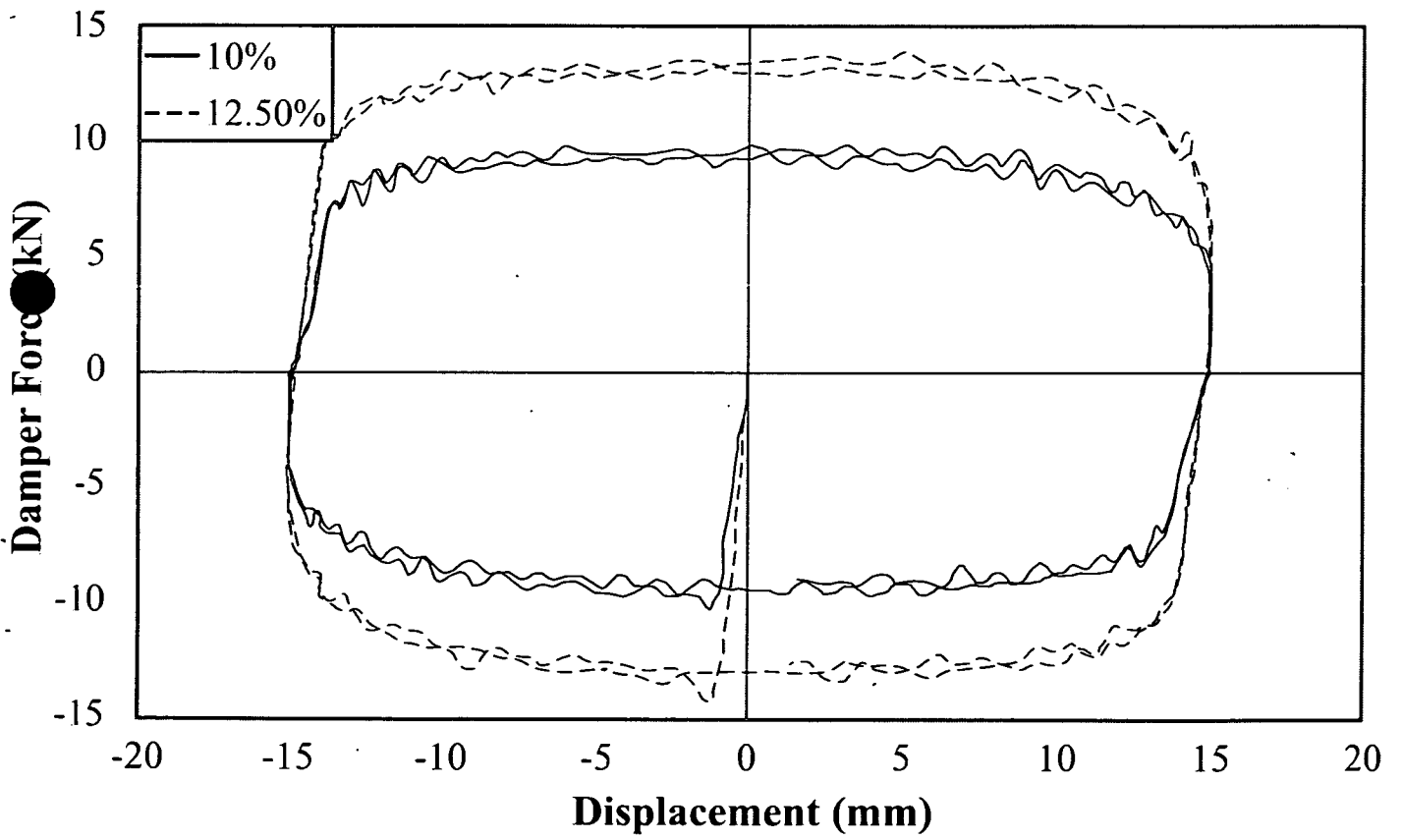


圖9B

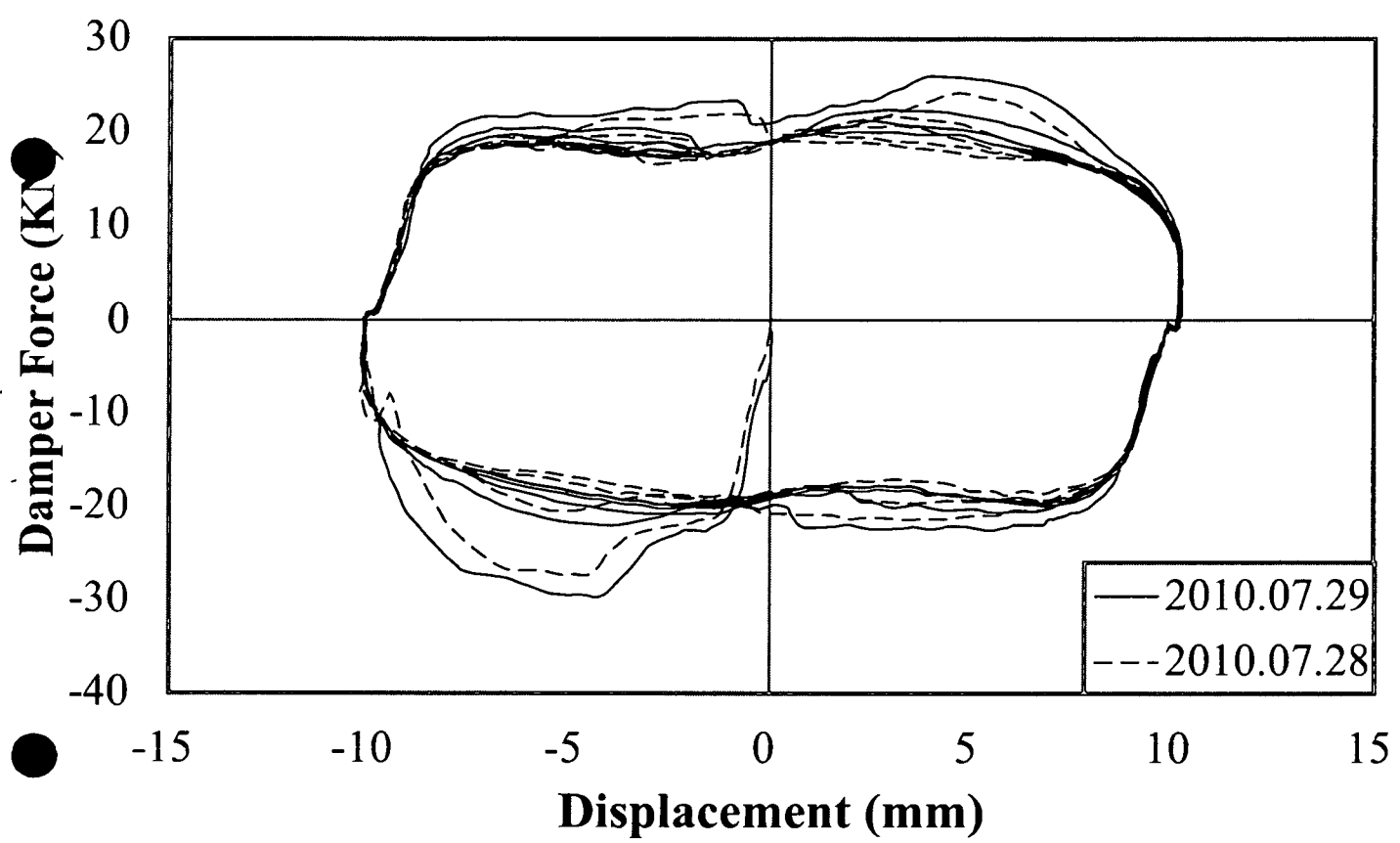


圖10

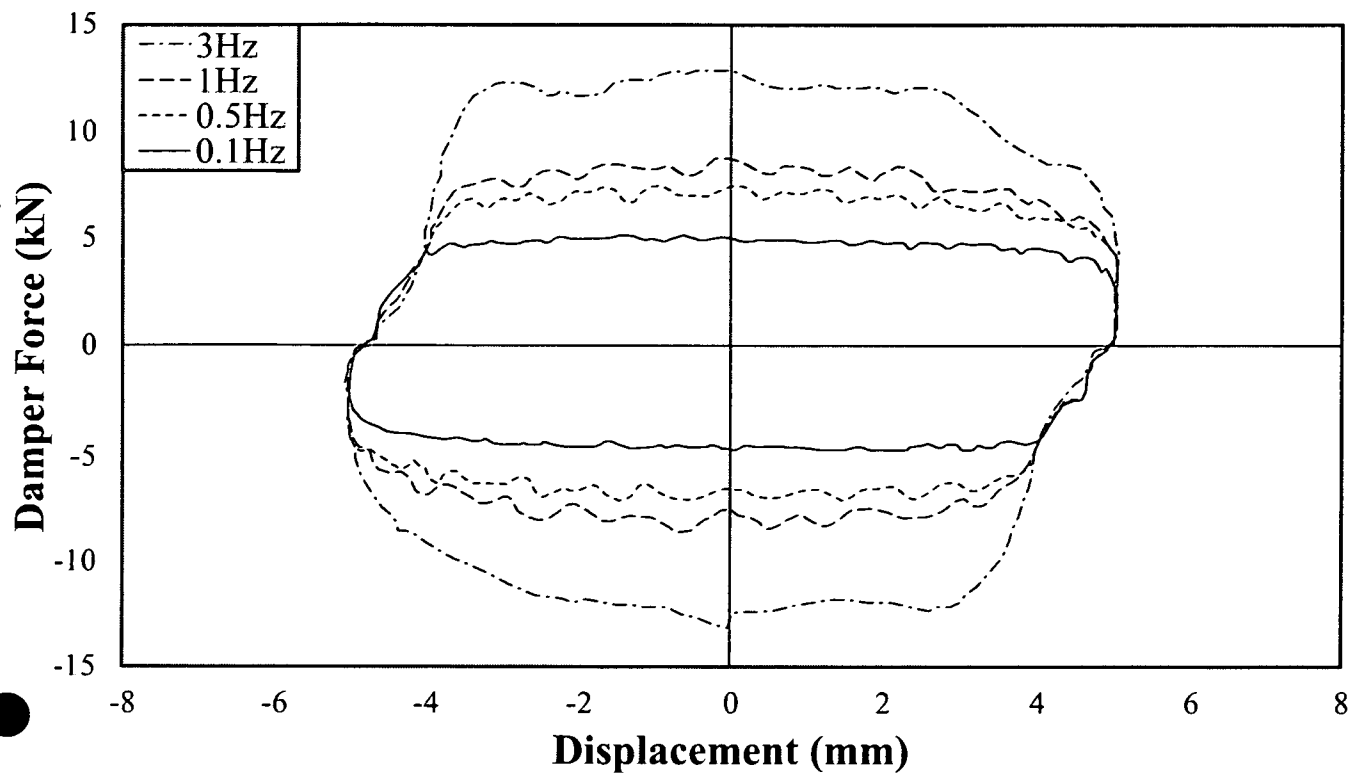


圖11A

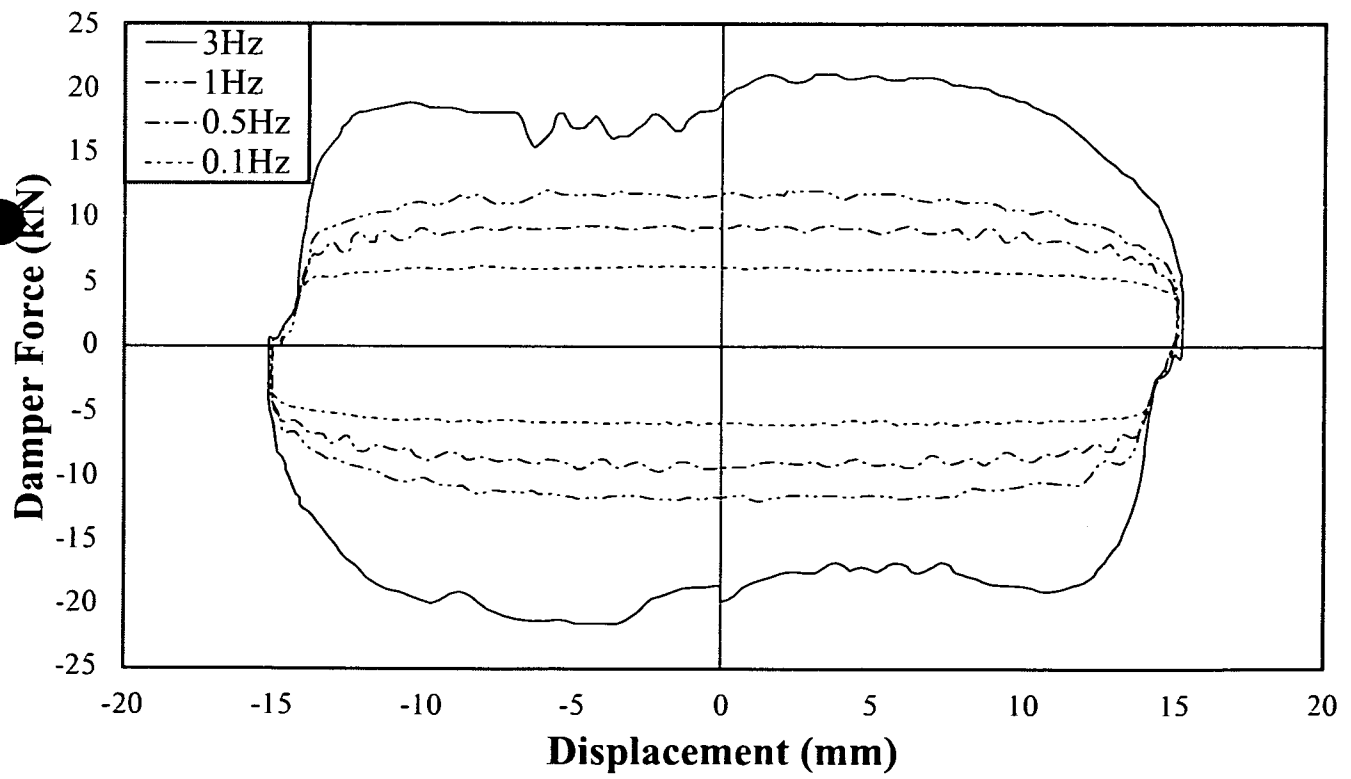


圖11B

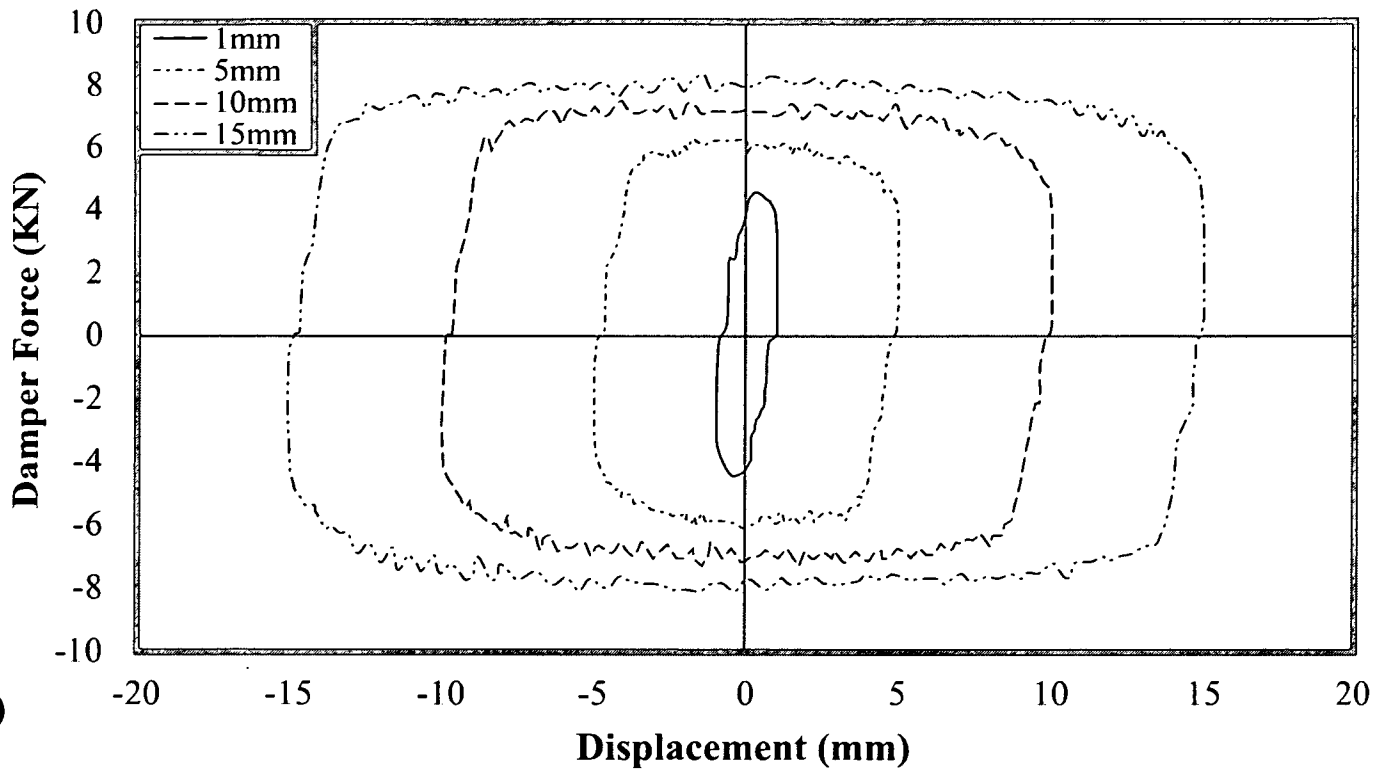


圖12A

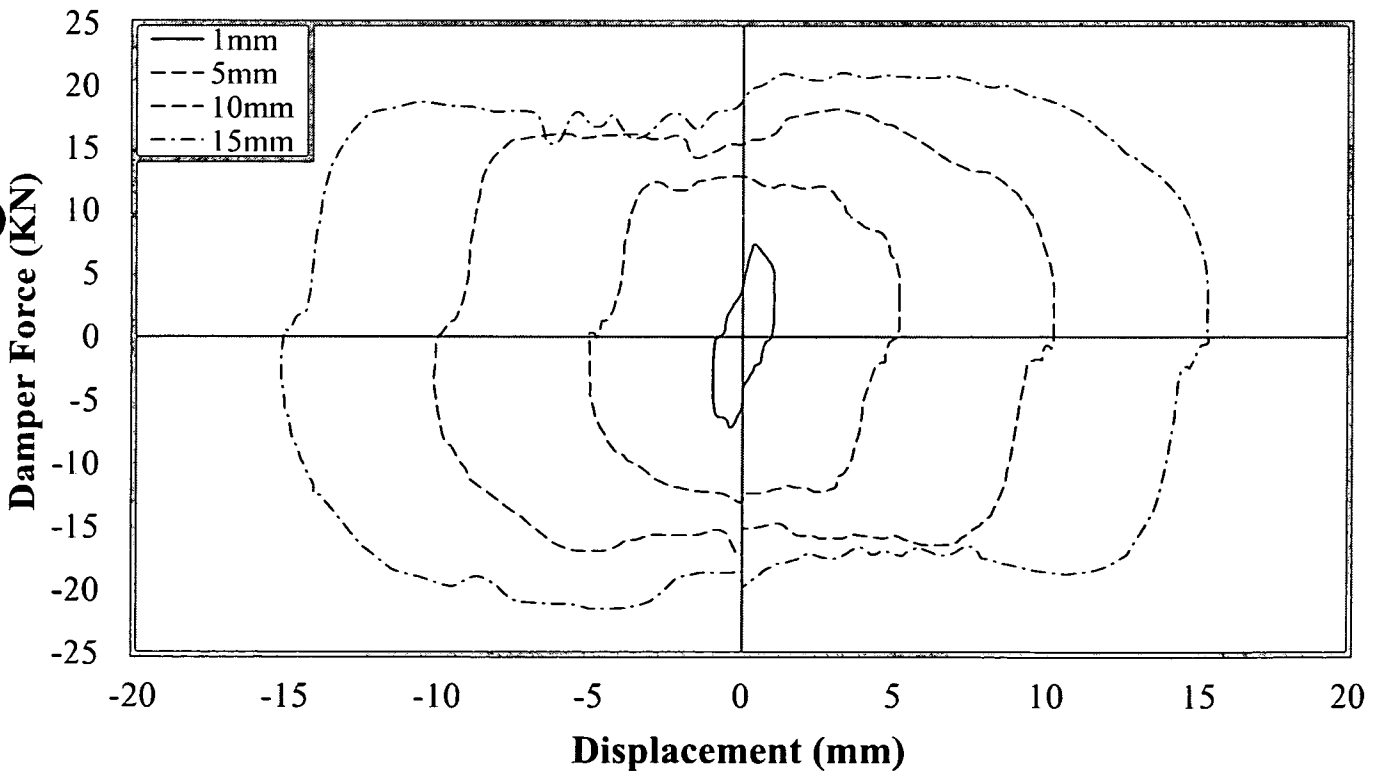


圖12B

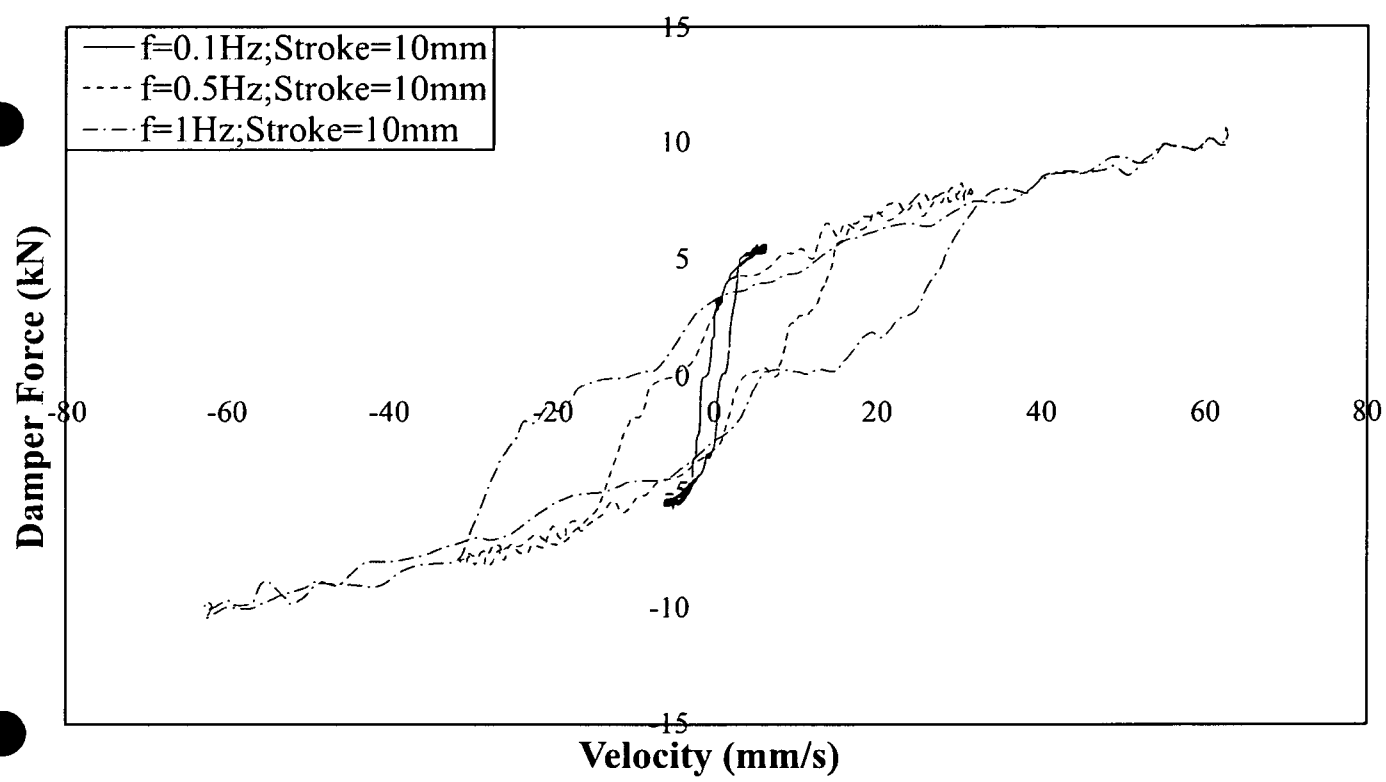


圖13

測試振幅 (mm)	測試頻率 (Hz)	最大阻尼出力 (kN)	阻尼係數 (kN/(mm/s) <sup>α</sup> )	阻尼指數 (α)
10	0.1	5.738	3.857	0.187
10	0.3	7.484	3.603	0.228
10	1	10.627	0.870	0.598
10	3	16.289	1.266	0.494

圖14

測試振幅 (mm)	測試頻率 (Hz)	最大阻尼出力 (kN)	阻尼係數 (kN/(mm/s) <sup>α</sup> )	阻尼指數 (α)
1	3	4.546	4.555	0.136
5	3	13.199	1.161	0.591
10	3	16.289	1.266	0.494
15	3	18.597	1.118	0.521

圖15

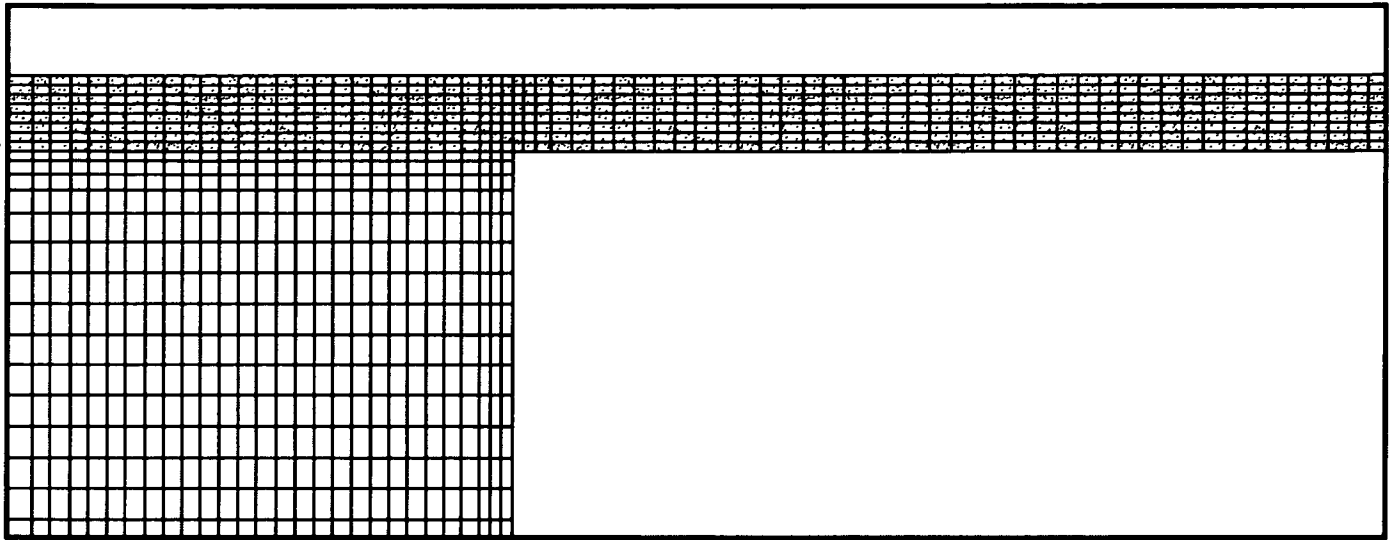


圖16A

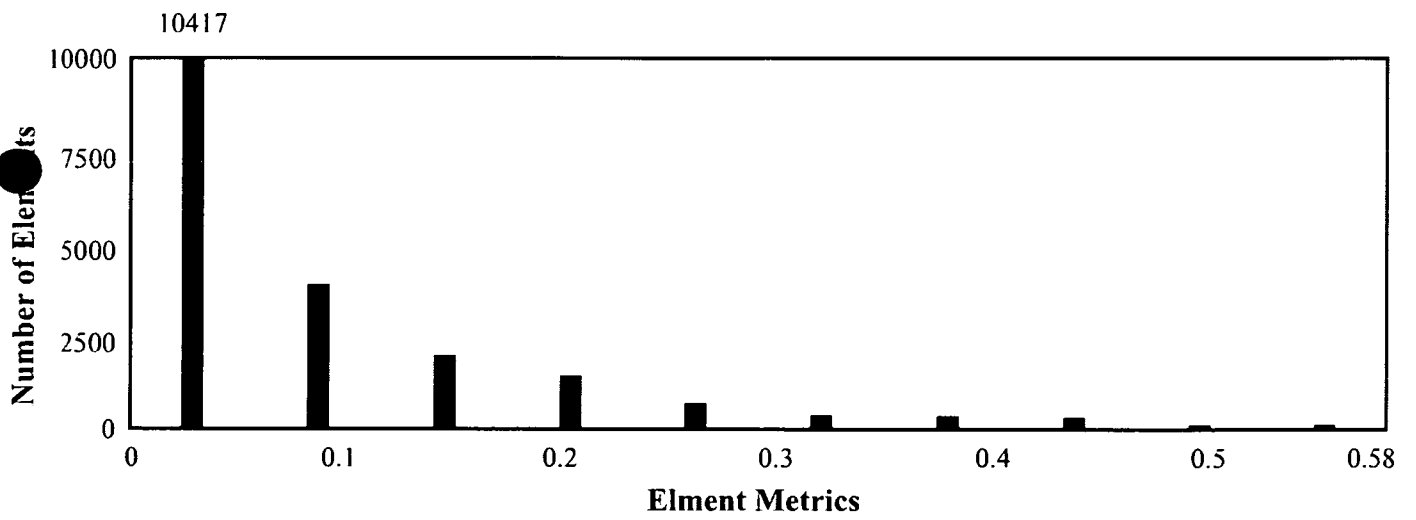


圖16B



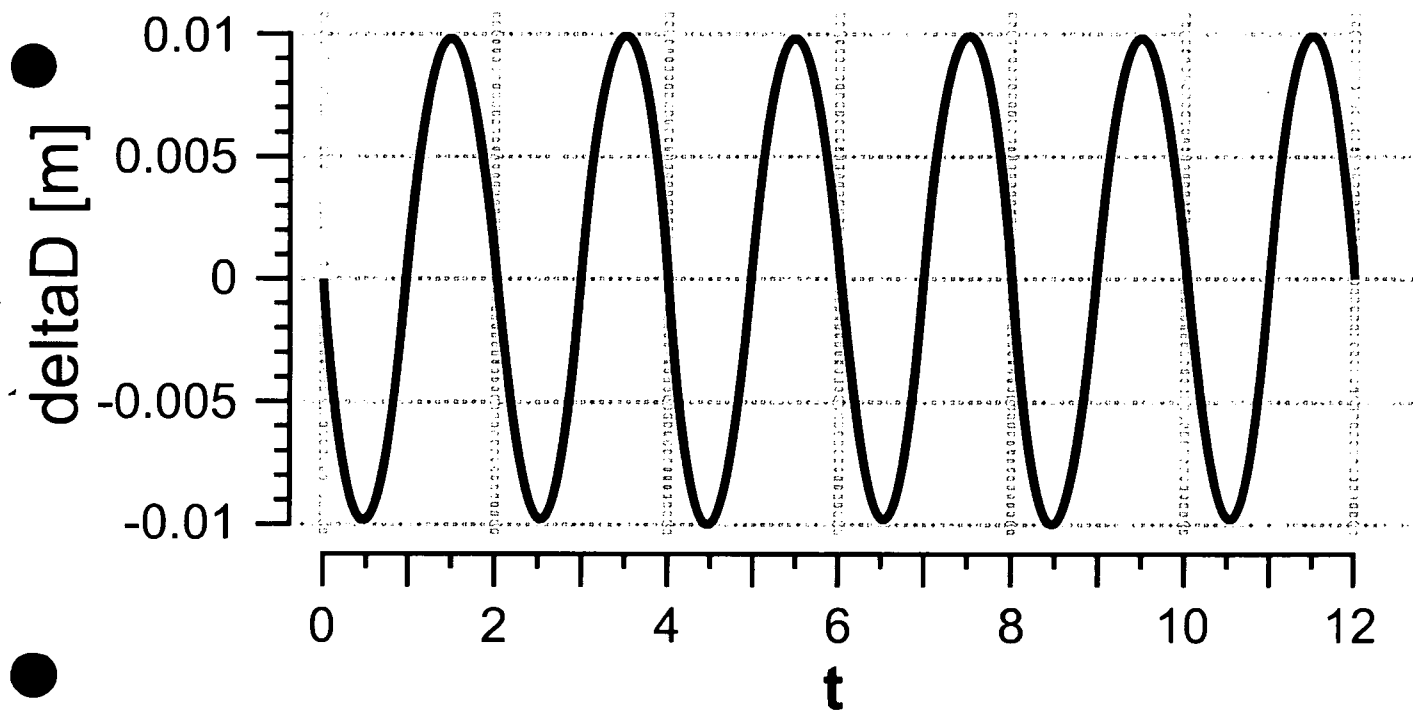


圖17

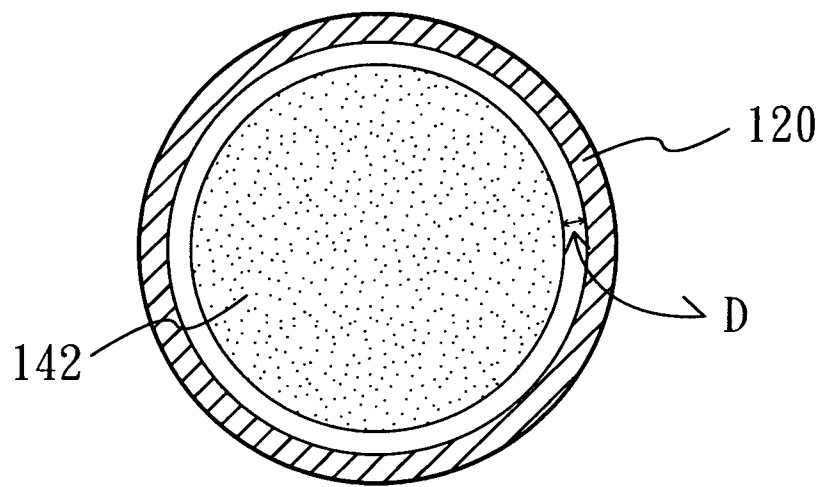


圖18

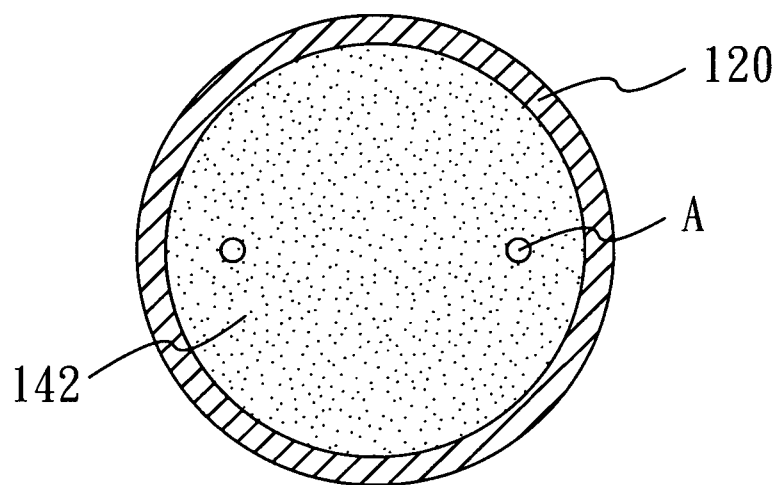


圖19

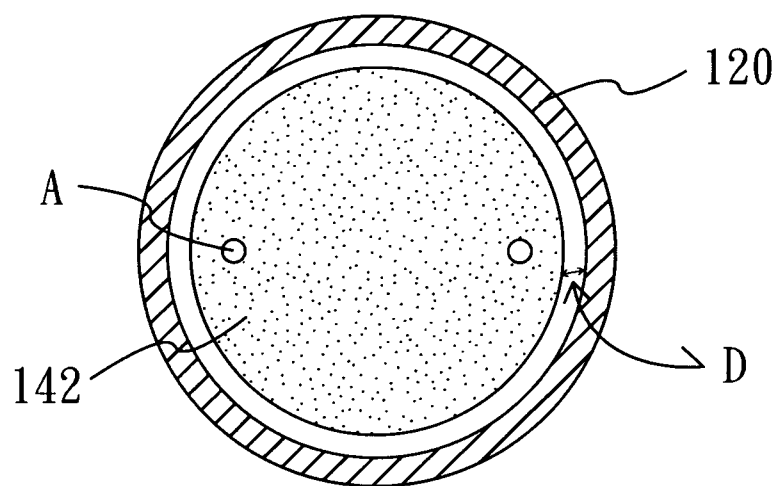


圖20