

建築物消能元件等構件 性能試驗標準之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 107 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

PG10701-0558

107301070000G0023

建築物消能元件等構件 性能試驗標準之研究

受委託者：財團法人中興工程顧問社

研究主持人：翁健煌

協同主持人：張權

研究助理：陳昱志、邱天宏、紀宛君

研究期程：中華民國107年4月至107年12月

研究經費：新臺幣95萬5仟元整

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國107年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	VII
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起.....	1
第二節 研究方法.....	2
第二章 資料蒐集與文獻分析.....	3
第一節 國家標準之編寫原則與構成要素.....	3
第二節 各國消能元件之規定.....	8
第三章 國內消能元件試驗設備與試驗內容.....	89
第一節 國內消能元件試驗設備.....	89
第二節 國內消能元件試驗內容.....	96
第四章 建築物耐震阻尼器國家標準草案.....	103
第一節 建築物耐震黏滯阻尼器.....	103
第二節 建築物耐震黏彈性阻尼器.....	109
第三節 建築物耐震挫屈束制斜撐.....	115
第五章 結論與建議.....	121
第一節 結論.....	121
第二節 建議.....	125
附錄一 建築物耐震黏滯阻尼器.....	127
附錄二 建築物耐震黏彈性阻尼器.....	137
附錄三 建築物耐震挫屈束制斜撐.....	147
附錄四 專家座談會會議紀錄.....	157
附錄五 審查會議紀錄.....	165
參考書目.....	177

表次

表 2-1 標準構成要素之範例	4
表 2-2 黏彈性阻尼器各部件尺寸允許偏差	19
表 2-3 橡膠類黏彈性材料品質指標	19
表 2-4 黏彈性阻尼器力學性能要求	20
表 2-5 黏彈性阻尼器耐久性要求	20
表 2-6 黏滯阻尼器各部件尺寸允許偏差	21
表 2-7 黏滯阻尼器力學性能要求	22
表 2-8 黏滯阻尼器耐久性要求	22
表 2-9 金屬降伏型阻尼器各部件尺寸允許偏差	23
表 2-10 低降伏點鋼基本力學性能要求	23
表 2-11 金屬降伏型阻尼器力學性能要求	24
表 2-12 金屬降伏型阻尼器耐久性要求	24
表 2-13 挫屈束制消能斜撐各部件尺寸允許偏差	25
表 2-14 挫屈束制消能斜撐力學性能要求	26
表 2-15 挫屈束制消能斜撐耐久性要求	26
表 2-16 黏彈性阻尼器材料試驗法	27
表 2-17 黏彈性阻尼器力學性能試驗法	27
表 2-18 黏彈性阻尼器耐久性試驗法	28
表 2-19 黏彈性阻尼器其他相關性能試驗法	28
表 2-20 黏滯阻尼器材料試驗法	29
表 2-21 黏滯阻尼器力學性能試驗法	29
表 2-22 黏滯阻尼器耐久性試驗法	30
表 2-23 黏滯阻尼器其他相關性能試驗法	30
表 2-24 金屬降伏型阻尼器力學性能試驗法	31
表 2-25 金屬降伏型阻尼器耐久性試驗法	31
表 2-26 挫屈束制消能斜撐力學性能試驗法	32
表 2-27 挫屈束制消能斜撐耐久性試驗法	33
表 2-28 消能阻尼器出廠檢驗項目	34
表 2-29 被動減震結構的力學機制與構件	36
表 2-30 減震結構組成要素之定義	36

表 2-31 減震構件之動態加振條件的適用範圍	40
表 2-32 地震等級對應減震性能目標之案例	42
表 2-33 風等級對應減震性能目標之案例	42
表 2-34 減震構件之類型	43
表 2-35 減震構件之結構型式分類	44
表 2-36 黏滯阻尼器材料試驗	46
表 2-37 黏滯阻尼器衰減性能確認試驗	49
表 2-38 黏彈性阻尼器性能確認試驗	55
表 2-39 鋼材阻尼器材料試驗	57
表 2-40 鋼材阻尼器性能確認試驗	59
表 2-41 黏滯阻尼器之性能試驗確認項目	61
表 2-42 黏彈性阻尼器之性能試驗確認項目	62
表 2-43 黏滯阻尼器的檢查類別	63
表 2-44 黏滯阻尼器（抗剪力型）的檢查內容	64
表 2-45 黏滯阻尼器（抗流動型）的檢查內容	64
表 2-46 黏彈性阻尼器的檢查類別	64
表 2-47 黏彈性阻尼器的檢查內容	65
表 2-48 鋼材阻尼器的檢查類別	65
表 2-49 鋼材阻尼器的檢查內容	65
表 2-50 速度型裝置容許限值（td）	82
表 2-51 原型試驗與出廠試驗內容	87
表 3-1 MATS 測試系統規格表	91
表 3-2 油壓致動器性能表	92
表 3-3 挫屈束制斜撐試驗內容	97
表 3-4 挫屈束制斜撐試驗結果	97
表 3-5 黏彈性阻尼器試驗內容	98
表 3-6 黏彈性阻尼器試驗結果	99
表 3-7 黏滯阻尼器試驗內容	100
表 3-8 黏滯阻尼器試驗結果	101
表 4-1 黏滯阻尼器各部件尺寸之容許偏差	105
表 4-2 黏滯阻尼器之性能要求	105
表 4-3 黏滯阻尼器性能的試驗方法	107
表 4-4 黏彈性阻尼器各部件尺寸之容許偏差	111

表 4-5 橡膠類黏彈性材料之要求	111
表 4-6 黏彈性阻尼器之性能要求	112
表 4-7 黏彈性阻尼器性能的試驗方法	113
表 4-8 挫屈束制斜撐各部件尺寸之容許偏差	117
表 4-9 挫屈束制斜撐之性能要求	117
表 4-10 挫屈束制斜撐性能的試驗方法	118

圖次

圖 2-1 黏彈性阻尼器之產品稱呼方式	15
圖 2-2 黏滯阻尼器之產品稱呼方式	16
圖 2-3 金屬降伏型阻尼器的產品稱呼方式	17
圖 2-4 挫屈束制消能斜撐的產品稱呼方式	18
圖 2-5 歷時曲線模型與評估值	47
圖 2-6 單面剪切試體	52
圖 2-7 雙面剪切試體	52
圖 2-8 半波 2 與半波 3 之定義	53
圖 3-1 減震消能元件測試系統	90
圖 3-2 多軸向試驗系統	91
圖 3-3 雙軸向動態試驗系統	93
圖 3-4 BATS 系統油壓致動器配置	93
圖 3-5 250 噸動態油壓試驗機	94
圖 3-6 3000 噸油壓試驗機	95

摘要

關鍵詞：消能元件、阻尼器、挫屈束制斜撐、CNS、耐震設計

一、研究緣起

目前國內工程採用建築物消能元件須符合國內耐震設計規範之要求，然而，作為土木建築類產品，建築物消能元件之品質管控目前並無國家標準可依循。本研究之目標為蒐集挫屈束制斜撐、速度型阻尼器及黏彈性阻尼器等 3 種消能元件之國內外相關參考規定，研提我國 CNS 國家標準草案，以提供業界消能元件產品之檢驗依循，亦作為相關實驗室申請 TAF 認證之試驗方法依據。

二、研究方法及過程

本案研究方法以文獻分析為主，並藉由專家座談蒐集國內專家意見回饋至草案研擬作業，以確保其規定內容適用於國內工程技術環境，且相關試驗設備能力足以配合草案試驗方法。文獻分析部分主要參考以下國內外資料：

1. 台灣，CNS 3689：國家標準草案構成及格式指引(2011)
2. 台灣，建築物耐震設計規範及解說(2011)
3. 中國，JG/T 209：建築消能阻尼器(2009)
4. 日本，パッシブ制振構造設計・施工マニュアル(2013)
5. 日本，Buckling-Restrained Braces and Applications(2017)
6. 美國，ASCE/SEI 7：Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures(2016)

7. 美國，ANSI/AISC 341：Seismic Provisions for Structural Steel Buildings(2016)
8. 歐盟，EN15129：Anti-Seismic Devices, European Committee for Standardization(2009)

專家座談會部分，分別於 107 年 6 月 15 日及 9 月 28 日舉辦共 2 次專家座談會，同時根據專家建議蒐集國內消能元件試驗設備與試驗報告資料如下：

1. 國家地震工程研究中心試驗設備：減震消能元件測試系統、多軸向測試系統(MATS)及雙軸向動態試驗系統(BATS)
2. 內政部建築研究所試驗設備：3000 噸油壓試驗機及 250 噸動態油壓試驗機
3. 內政部建築研究所材料試驗中心試驗報告：阻尼器高速低循環週數試驗與風力引致疲勞試驗報告
4. 國家地震工程研究中心試驗報告：TRC 黏彈性阻尼器風力疲勞測試試驗研究
5. 內政部建築研究所材料試驗中心試驗報告：位移型消能元件(BRB)性能試驗報告

最後完成以下 3 種類型消能元件之國家標準草案：

1. 建築物耐震黏滯阻尼器
2. 建築物耐震黏彈性阻尼器
3. 建築物耐震挫屈束制斜撐

三、重要發現

1. 根據「國家標準草案構成及格式指引(CNS 3689)」，目前國家標準的編寫原則已習慣將產品的型式定義與試驗方法合為一體，尤其對於產品的要求事項，為不阻礙未來技術發展，應儘可能以性能上的要求為主，而不得限制其外觀、形狀、尺度及材料。此外，對本案建築物消能阻尼器產品而言，國家標準的構成要素係以技術性規定要素為重點，其中包含用語及定義、符號及縮寫、

種類、要求事項、取樣、試驗法、標示及附加文件、附錄（規定）。本案目前在架構上主要依循 CNS3689 規定之編排方式，而產品要求與試驗方法則仍以現行耐震設計規範為主要依循。

2. 我國建築物耐震設計規範第 10 章對於試驗項目之差異僅分位移型阻尼器與速度型阻尼器 2 種，設計條件以耐震設計規範定義之最大考量地震為主，試驗目的為確保此條件下阻尼器之性能符合設計預期，同時亦能考慮建築物基本週期和阻尼器運轉溫度之不確定性，以及承受相當設計風暴或最大考量地震狀況時的基本性能保證甚至疲勞性能保證。中國行業標準 JG/T 209 將阻尼器分為 4 大類：黏彈阻尼器、黏滯阻尼器、金屬降伏型阻尼器及挫屈束制消能斜撐，各自規定其外觀、材料及性能上的要求，並詳細提供要求事項所對應的試驗方法，該標準亦規定產品的設計使用年限，黏滯阻尼器為 30 年，其他類型阻尼器為 50 年。日本「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」屬於技術手冊性質，無強制性，該手冊將阻尼器分為 5 類：鋼材阻尼器、摩擦阻尼器、油壓阻尼器、黏滯阻尼器及黏彈性阻尼器，對於各類型阻尼器的試驗項目考慮得相當完整，幾乎可以涵蓋阻尼器所有使用狀況下的性能要求驗證，然而，對於阻尼器的要求項目和抽樣方法並無強制規定，僅交付與專業技師決定。ASCE 7-16 與我國耐震設計規範有相似的試驗目的、項目、設計考量與判斷標準，較為不同的是，對於消能元件特性可能的變異性，該規範考量老化與環境因素造成性能的變化、製造生產可能之差異以及測試相關影響，訂定變異因子，納入試驗結果之判斷。AISC 341-16 第 K3.節中詳述挫屈束制斜撐的試驗方法、基本要求、測試控制、合格與驗收標準，當中試驗程序只有標準循環測試與疲勞循環測試兩種，標準循環測試目的是為了確認挫屈束制斜撐之能量消散性能與材料應變硬化行為；疲勞循環測試則是為了確認該構件之韌性容量。EN 15129: 2009 第 7 章訂定速度相依裝置之試驗項目包含壓力試驗、低速試驗、組成律試驗、阻尼效能試驗、風力試驗、油封磨損試驗與衝程驗證試驗，試驗過程中須確保阻尼器溫度不會過度升高，

尤其對於油封磨損試驗，係考量活塞桿作動對密封件磨損之影響，故可以排除造成阻尼器內壓與溫度上升之因素，故內部流體可以全部或部分移除。

3. 依目的區分，耐震設計規範的主要對象是結構設計者，結構設計者必須根據規範設計建築物，同時也必須根據規範第 10 章之規定決定阻尼器的要求事項、試驗方法、抽樣方法及合格判定原則等，規範對於結構設計者具有強制性；而國家標準的主要對象是產品製造者，惟其驗證制度係採自願性質，由產品製造者自願實施工廠品質管理，並依國家標準生產製造產品後，方得申請正字標記認證，產品製造者藉由認證取得消費者信賴以拓展市場，消費者經由認證辨識優良產品以保障權益。由於國家標準並無強制性，故就法規層級而言，耐震設計規範絕對較國家標準優先，然而，若國家標準受耐震設計規範引用，則該國家標準始亦具有強制性。
4. 黏滯阻尼器與黏彈性阻尼器皆屬於現行耐震設計規範所稱速度型消能元件，因此，該類型阻尼器草案之性能要求與試驗方法主要依循現行耐震設計規範 10.7 節規定，共同的試驗項目包含：基本性能試驗、溫度試驗、高循環數試驗及低循環數試驗。目前工程實務上挫屈束制斜撐多參考 AISC 341 第 K3 節規定進行實體試驗或性能保證測試，而非參考現行耐震設計規範，因此，本案挫屈束制斜撐草案之性能要求與試驗方法主要根據 AISC 341-16 規定訂定基本性能試驗。除了參考現行耐震設計規範與 AISC 341-16 以外，草案亦針對各類型阻尼器之特性訂定額外的要求，例如，黏滯阻尼器參考 EN15129:2009 增加油封耐磨試驗；黏彈性阻尼器參考公共工程施工綱要規範第 05823 章增加橡膠類黏彈性材料之老化試驗；挫屈束制斜撐則參考中國 JG/T 209-2012 增加彎曲變形與扭轉變形之外觀檢測。

四、主要建議事項

建議一

增訂「建築物耐震黏滯阻尼器」國家標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人中興工程顧問社

本案已完成建築物耐震用黏滯阻尼器之試驗方法與合格標準之研究，並根據專家座談會及期末審查會議之意見，研提之標準草案條文列於附錄，提供建研所提送國家標準建議之參考。

建議二

增訂「建築物耐震黏彈性阻尼器」國家標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人中興工程顧問社

本案已完成建築物耐震用黏彈性阻尼器之試驗方法與合格標準之研究，並根據專家座談會及期末審查會議之意見，研提之標準草案條文列於附錄，提供建研所提送國家標準建議之參考。

建議三

增訂「建築物耐震挫屈束制斜撐」國家標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人中興工程顧問社

本案已完成建築物耐震用挫屈束制斜撐之試驗方法與合格標準之研究，並根據專家座談會及期末審查會議之意見，研提之標準草案條文列於附錄，提供建研所提送國家標準建議之參考。

ABSTRACT

Keywords: energy dissipation device, damper, buckling restrained brace, CNS, seismic design

At present, the energy dissipation devices used in buildings are required to meet the code “Seismic Design Specifications and Commentary of Buildings” issued by the Construction and Planning Agency Ministry of the Interior. According to the code, the criteria for prototype test and production test are determined by professional engineers. However, there is no Chinese National Standard (CNS) available for such products until now. Therefore, the objective of this study is to collect domestic and foreign literature relevant to three kinds of energy dissipation devices such as buckling restrained brace, velocity-dependent damper and viscoelastic damper, and then develop the draft CNS standards for these products. So that the standar can be used for product certification or product qualification. And also, it can provide product testing methods for TAF Laboratory accreditation. Literature analysis is the major work of this study. And also, expert opinions on test method of damper are collected through expert forum to ensure that draft regulations are suitable for domestic engineering technology environment and the capacity of test equipments is sufficient to the draft test methods.

第一章 緒論

第一節 研究緣起

近年來世界各國地震災害頻傳，使得人民生命財產備受威脅，尤其臺灣位於環太平洋地震帶上，處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，由於兩板塊相互碰撞、擠壓造成地殼與板塊的運動，導致臺灣地區地震十分頻繁。臺灣地震史上不乏規模 6 以上之地震，其中 1999 年發生的 921 集集大地震與 2016 年發生的高雄美濃大地震，重創了臺灣中、南部地區，造成巨大的人員傷亡與財產損失，也讓民生居住安全議題再度受到重視，除了探討現今耐震法規訂定的適切性外，對於老舊建築的耐震能力是否足夠也打上一個大問號，許多補強方法便基於如此的需求下孕育而生。

現今耐震設計強調，若能降低輸入結構內的地震能量或以其他裝置增加消散地震能量的能力，可降低地震帶給結構物之損害與財產之損失，亦較能符合預期之設計要求，因而被認為是滿足功能設計法的有效方法之一。但目前相關隔、減震元件之試驗標準，僅能參考國外或國內規範之規定，例如，挫屈束制斜撐之性能試驗參考 AISC 341-16(Seismic Provisions for Structural Steel Buildings)[1]規定；速度型阻尼器之性能試驗參考 AASHTO(LRFD Bridge Construction Specifications)[2]規定，或國內建築物耐震設計規範第 10 章「含被動消能系統建築物之設計」[3]，或國家地震工程研究中心減震消能元件測試方法(NCREE-LT-TQM-B-R01, 2011 年, 2.2 版)建議，以上規範皆從工程單位的角度規定阻尼器的工程驗收標準，然而，對於阻尼器製造單位而言國內目前並無相關國家標準作為產品品質標準的參考。本研究蒐集彙整歐盟、美國、中國及日本最新消能元件之相關試驗規範與準則，以及國內目前實體試驗與性能保證試驗之規定、標準及經驗，經由國外相關經驗回饋並考慮國內相關試驗設備之適用性與可行性，提出建

建築物用挫屈束制斜撐、速度型阻尼器及黏彈性阻尼器等消能元件之國家標準草案。

第二節 研究方法

本研究主要目的為蒐集建築物消能元件之型式及性能試驗相關參考資料，並研提其國家標準草案，因此，研究採用的方法以文獻分析為主，並藉由專家座談蒐集國內專家意見回饋至草案研擬作業，以確保其規定內容適用於國內工程技術環境，且相關試驗機構具有足夠的執行能力得以配合業界供給需求。

根據 CNS 3689：2011「國家標準草案構成及格式指引」[4]，我國國家標準的構成要素包含參考性前置要素、一般性規定要素、技術性規定要素及參考性補充要素，其中又以技術性規定要素為標準的主體，而技術性規定要素的內容主要有用語及定義、符號及縮寫、種類、要求事項、取樣、試驗法、標示及附加文件、附錄（參考）。本研究文獻分析來源有國內外研究成果、國內外規範與準則及國內試驗報告，進行文獻分析時首先根據上述技術性規定要素所包含項目予以分類整理，其次，由於各國規範或技術手冊之目錄編排不盡相同，其中與消能元件產品標準有關卻無法如前述分類的部分也將補充於後，以期充分掌握國內外對於挫屈束制斜撐、速度型阻尼器及黏彈性阻尼器等三種建築物消能元件之產品品質標準，同時藉由國內試驗報告瞭解國內業界消能元件產品之實際性能及品質，以及相關試驗機構之技術能力及試驗容量，綜整考量後研擬適用性與可行性兼具的標準草案。綜合文獻研析與專家座談所得成果，決定本案標準草案應依阻尼器類型分別擬定，內容涵蓋黏滯阻尼器、黏彈性阻尼器及挫屈束制斜撐之產品品質標準，其中，以黏滯阻尼器取代原規劃速度型阻尼器之名稱，較符合相關國外規範與技術手冊之分類規則，各類型阻尼器之國家標準草案如第四章所示。

第二章 資料蒐集與文獻分析

第一節 國家標準之編寫原則與構成要素

一、編寫原則

根據「國家標準草案構成及格式指引(CNS 3689：2011)」之規定，國家標準應符合下列一般條件：

1. 標準內容須涵蓋適用範圍所示之必備要素。
2. 規定內容具連貫性且應明確。
3. 充分考量現行技術。
4. 具備未來技術上發展之考量。
5. 未參與標準制定者亦容易瞭解。
6. 有相對應國際標準時，包括其所有之補充增修及有關之勘誤表，應與該等標準維持最大限度之調和。

產品之要求事項應不阻礙技術進步，儘可能以性能上之需求作為要求事項，不規定外觀、形狀等設計上之要求事項，或不以尺度、材料等作敘述性表示；要求事項基本上應能在國際間被接納；視需要宜表示因氣候、環境、交易形態等差異。在個別標準及有關聯之一系列標準中，其構成、格式、節次之編號、用語及語法應保持一致性，對已經定義的觀念不宜另外使用其他用語，儘可能對個別之用語僅給予一個意義。標準全體為保持一貫性，標準之內容應依相關基本標準之規定作成，特別對下列事項應保持一致性：

1. 經標準化的用語。
2. 用語之定義及用法。

3. 量、單位及此等之記號以及數學符號。
4. 符號及縮寫。
5. 參考資料。
6. 製圖及線圖。
7. 技術性文件的寫法。
8. 圖記號。

二、構成要素

標準的構成要素主要區分如下：

1. 依要素之規定性質、參考性質及構成順位作區分。

- (1) 前置要素：係特定該標準，提示其內容且說明其背景與制定經過，以及與其他標準之關係等要素。
- (2) 規定要素：係說定為適合於該標準所應遵守事項之要素，規定要素更分類為一般性規定要素與技術性規定要素。
- (3) 補充要素：係為理解及幫助使用所補加之資訊要素。

2. 依必要要素及選擇要素作區分。

表 2-1 為標準構成要素之範例，標準不需要包括表 2-1 所示全部的技術性規定要素，亦可包括表 2-1 所示以外之技術性規定要素，技術性規定要素之內容及排列順序，係依標準之種類（基本標準、方法標準、產品標準）及目的等性質而決定。

表 2-1 標準構成要素之範例

要素區分	標準構成要素 ^(a)	參照節次	國際標準相對應名稱
參考性前置要素	封面	6.1.1	Title page
	目錄	6.1.2	Table of contents
	序文	6.1.3	Foreword

要素區分	標準構成要素 ^(a)	參照節次	國際標準相對應名稱
一般性規定要素	標準名稱	6.2.1	Title
	適用範圍	6.2.2	Scope
	引用標準	6.2.3	Normative references
技術性規定要素	用語及定義	6.3.1	Terms and definitions
	符號及縮寫	6.3.2	Symbols and abbreviated terms
	種類	6.3.3	Classification
	要求事項	6.3.4	Requirements
	取樣	6.3.5	Sampling
	試驗法	6.3.6	Test methods
	標示及附加文件	6.3.7	Marking and appended documents
參考性補充要素	附錄（規定）	6.3.8	Annex(normative)
	附錄（參考）	6.4.1	Annex(informative)
	索引	6.4.2	Indexes
	名詞對照	6.4.3	Glossary of term
	參考	6.4.4	Reference
	參考資料	6.4.5	Bibliography

註^(a)標準構成要素之「前言」、「標準名稱」、「適用範圍」為必備要素，其他為選擇要素。

（資料來源：參考書目[4]）

對本案建築物消能元件之性能試驗標準而言，草案內容應以技術性規定要素為主，故以下針對種類、要求事項、取樣、試驗法、標示及附加文件概略說明其編寫原則。

1. 種類

為因應不同使用目的、使用方法等，標準所規定的產品或方法有必要分類為數種時，得以種類（包括等級）一節予以規定。適當時，種類一節亦可納入要求事項之節次中。

2. 要求事項

要求事項一節，通常包括下列事項：

- (1) 直接或以引用方式規定標準涉及之產品、過程或服務等方面的所有特性。
- (2) 可量化特性所要求的極限值。
- (3) 就各要求事項為求得特性值或為驗證所使用或引用之試驗法。

要求事項、建議事項及說明事項，應明確區別之。標準之要求事項不包括相關當事人間契約上之要求事項及法令規章上的要求事項。產品標準依需要亦可規定產品須附加對使用者、安裝業者的注意事項，例如使用說明書等，但產品之使用、安裝或使用有關的要求事項，應非對該產品的要求事項，因此應在個別標準規定之。由於標準就某種特性，不規定其特性值，亦有要求製造業者表示該值之情況，在此類標準中，宜規定這些特性值之測試方法及特性值之表示方法。

3. 取樣

取樣一節規定取樣之條件、方法及樣品保存方法，本節亦可規定於試驗法一節之起始部分。

4. 試驗法

試驗法一節為選擇性，係規定為獲得特性值之程序、為確認是否符合要求事項之程序，及或為確保結果再現性之程序。必要時，將試驗種類分別規定如型式試驗、驗收試驗或抽樣試驗等。

若試驗順序會影響結果時，應規定試驗之順序。試驗法亦可分列為如下項目及順序：

- (1) 原理。
- (2) 試藥及/或其他物質材料。
- (3) 裝置。
- (4) 試樣、試片之調製及保管。
- (5) 程序。
- (6) 試驗結果之表示方法（包括計算方法、試驗法之精確度及量測之不確定性）。

(7) 試驗報告書。

若試驗法簡單時，得予規定在要求事項中；複雜時，亦可規定於該標準之附錄或個別部中。若試驗法被其他多數的標準引用時，應獨立為單一標準。產品規定之要求事項、取樣及試驗法應予相互連結，即使其分列於該標準另一節次或另一標準中，仍應整體考量。當有一般性試驗法的相關標準及有類似特性為對象的試驗法規定於其他標準時，即可考慮予以引用。當可獲得相同程度之信賴度時，宜選擇非破壞試驗法替代破壞試驗法。需要使用到危險物品、機器或方法，及可能對健康或環境造成危害時，須記載適當的警告文字。此外，為避免危害宜規定必要之預防措施。規定試驗法之標準，不得隱含必須實施任何試驗之敘述。試驗法之標準應僅陳敘待執行評鑑所需且引用之測試方法。

5. 標示及附加文件

標示及附加文件雖為補充要素，但針對民生消費產品標準，應規定其標示事項及/或附加文件，必要時應規定或建議其標示方法，關於符合性評鑑的標示（例：正字標記）不予規定。必要時得予規定，將試驗報告書、操作說明書等文件附加於產品。標示是為求產品之流通及使用上方便性，標示一節應獨立規定。特別是消費品、安全衛生的標準應儘可能詳細規定。若僅能在產品或包裝上標示處，或者只要標示一處即足夠時，須明確規定予以區別。另亦可於型錄、說明書等載明標示事項。再者，於標示規定之內容，對適用產品之所有要求事項，標示應載明該適用規定之要件。必要時，得就下列事項選擇增加標示：

- (1) 產品名稱、CNS 總號、種類及/或等級。
- (2) 產品性能、形狀、尺度等。
- (3) 產品數量、質量或體積（有包裝時）。
- (4) 線路圖。
- (5) 迴轉方向、流動方向及操作記號。

- (6) 關於安全、衛生、環境等的識別標示，例如危險物運輸標示及回收符號等。
- (7) 製造業者名稱或代號。
- (8) 製造年月日、製造年月、製造年或前述之任一代號。
- (9) 製造號碼或批號。
- (10) 保證期限。
- (11) 運輸上之注意事項。
- (12) 保管方法。
- (13) 使用方法、使用條件及使用之注意事項、禁止事項。
- (14) 檢查、維修之注意事項。
- (15) 替代零件名稱、種類。
- (16) 其他必要事項。

依必要將標示之單位、位置、項目之排列等，規定於標示。若為產品標準，為提醒製造廠商，必要時，可以參考的方式，增列「除上述標示事項外，依商品標示法相關法令之規定。」之敘述。

第二節 各國消能元件之規定

一、臺灣：建築物耐震設計規範及解說

1. 適用範圍

根據「建築物耐震設計規範及解說」第 1.1 節適用範圍之規定，該規範規定建築物結構體、結構物部分構體、非結構構材與設備、非建築結構物、隔震建築物與含被動消能系統建築物設計地震力之計算方式及耐震設計之相關規定。其中，第 10 章為含被動消能系統建築物之耐震設計規定，對於採用隔震與被動消能系統外之其他主動或被動控制系統亦允許使用，但需經由特殊結構外審之審查。

2. 種類

建築物耐震設計規範及解說第 10.2 節消能元件之模擬規定將消能元件分為位移型、速度型與其它型。位移型消能元件顯現剛塑性（摩擦元件）、雙線性（金屬降伏元件）或三線性遲滯行為，且其反應需與速度及激振頻率無關。速度型消能元件包含固態與液態之黏彈性元件及液態黏滯性元件。其它型消能元件則包含所有不屬於位移型與速度型的消能元件，其典型範例如形狀記憶合金（超彈性效應）、摩擦—彈簧組件以及兼具回復力與阻尼的液態消能元件。規範對於各類型消能元件之特性敘述如下：

(1) 位移型消能元件

位移型消能元件的受力與位移反應關係主要是該元件兩端點相對位移的函數，而與兩端點間的相對速度及激振頻率並無實質關係。位移型消能元件的受力可表示為：

$$F = K_{\text{eff}}D \quad (2-1)$$

其中， K_{eff} 為消能元件的有效勁度； D 為消能元件兩端點的相對位移。

(2) 速度型消能元件

速度型元件的受力與位移反應關係主要是該元件兩端點相對速度的函數。

(3) 其他型消能元件

無法歸類於位移型與速度型的消能元件即為其他型消能元件。

(4) 固態黏彈性元件

固態黏彈性元件屬於速度型消能元件，一般而言含有黏彈性聚合物所組成的束縛層，利用該束縛層之抗剪行為產生阻尼效果，而黏彈性固體之力學特性通常與頻率、振幅及運轉溫度有關，固態黏彈性元件可利用並聯之彈簧與阻尼(Kelvin模型)加以模擬，彈簧常數與阻尼係數之選取則應充分掌握該元件與頻率和溫度之相依性，使其與建築物基本頻率和運轉溫度範圍一致。固態黏彈性元件的受力

可表示為：

$$F = K_{\text{eff}}D + C\dot{D} \quad (2-2)$$

其中， K_{eff} 為消能元件的有效勁度； C 為消能元件的阻尼係數； \dot{D} 為消能元件兩端點的相對速度。

(5) 液態黏彈性元件

液態黏彈性元件屬於速度型消能元件，利用黏彈性液體之抗流動性產生阻尼效果，而黏彈性液體之力學特性通常也與頻率、振幅及運轉溫度有關，液態黏彈性元件可利用串聯之彈簧與阻尼(Maxwell 模型)加以模擬，彈簧常數與阻尼係數之選取則應充分掌握該元件與頻率和溫度之相依性，使其與建築物基本頻率和運轉溫度範圍一致。液態黏彈性元件的受力可表示為：

$$\begin{cases} F = K_{\text{eff}}D_k = C\dot{D}_c^\alpha \\ D = D_k + D_c \end{cases} \quad (2-3)$$

其中， K_{eff} 為彈簧的有效勁度； C 為阻尼的阻尼係數； α 為阻尼的速度指數； D 為消能元件兩端點的相對位移； D_k 為彈簧的相對位移； D_c 為阻尼的相對位移。

(6) 液態黏滯性元件

液態黏滯性元件屬於速度型消能元件，利用液體穿越小孔之節流原理產生阻尼效果，液態黏滯性元件的力學特性與速度相關，也可能與頻率和振幅相關，且通常與運轉溫度有關。液態黏滯性元件可能在高頻反覆載重時呈現些許勁度，若液態黏滯性元件在 $0.5f_1$ 至 $2.0f_1$ 的頻率範圍（ f_1 為建築物基本頻率）內呈現勁度，則必須模擬為液態黏彈性元件。若液態黏滯性元件在 $0.5f_1$ 至 $2.0f_1$ 的頻率範圍內呈現無勁度，則其受力可表示為：

$$F = C\dot{D}^\alpha \quad (2-4)$$

其中， C 為消能元件的阻尼係數； α 為消能元件的速度指數； \dot{D} 為消能元件兩端點的相對速度。

3. 要求事項

(1) 極限位移和極限速度

建築物耐震設計規範及解說第 10.1.2 節規定，相較於最大考量地震計算所得最大值，消能元件應能承受更大之位移（及速度，對速度型元件而言），位移（及速度）容量之增加與消能系統所提供的贅餘程度有關，因此根據不同的消能元件配置方式訂定不同的消能元件容量要求如下：

- a. 建築物之某一樓層於其主軸方向若提供 4 組以上之消能元件，且在樓層剛心之兩側配置 2 組以上時，則所有消能元件須能承受經由最大考量地震計算出之最大總位移的 1.3 倍。惟速度型元件至少另須能承受經由最大考量地震計算出最大總速度的 1.3 倍所對應之力。
- b. 建築物之某一樓層於其主軸方向若提供少於 4 組之消能元件，或在樓層剛心之兩側配置少於 2 組時，則所有消能元件須能承受經由最大考量地震計算出之最大總位移之 2.0 倍。惟速度型元件至少另須能承受經由最大考量地震計算出之最大總速度的 2.0 倍所對應之力。

(2) 有效勁度

建築物耐震設計規範及解說第 10.7.4 節規定，在 10.7.2C 節的試驗中，消能元件在任一循環中之有效勁度，其差異不應超過平均有效勁度的 $\pm 15\%$ 。對於位移型消能元件，在 10.7.2C 節之每一試驗所得的平均有效勁度，其差異不應超過設計值之 $\pm 15\%$ 。若分析顯示更大差異值對消能建築物之反應並無有害影響，則 15% 的限制可以提高。液態黏滯性元件及其它不具有有效勁度之消能元件不須依從本規定。

(3) 最大和最小阻尼力

建築物耐震設計規範及解說第 10.7.4 節規定，在 10.7.2C 節的每一試驗中，消能元件在任一循環中零位移所對應之最大和最小出力，其差異不應超過所有循

環之最大和最小出力平均值的 $\pm 15\%$ 。對於位移型和速度型消能元件，在 10.7.2C 節之每一試驗所得最大和最小出力的平均值，其差異不應超過設計值之 $\pm 15\%$ 。若分析顯示更大的差異值對消能建築物的反應並無有害影響，則 15%的限制可以提高。

(4) 遲滯曲線

建築物耐震設計規範及解說第 10.7.4 節規定，在 10.7.2C 節的每一試驗中，消能元件在任一循環中之遲滯迴圈面積，其差異不應超過所有循環遲滯迴圈面積平均值的 $\pm 15\%$ 。對於位移型和速度型消能元件，在 10.7.2C 節之每一試驗所得遲滯迴圈面積的平均值，其差異不應超過設計值之 $\pm 15\%$ 。若分析顯示更大的差異值對消能建築物的反應並無有害影響，則 15%的限制可以提高。

(5) 疲勞性能

建築物耐震設計規範及解說第 10.5.4 節規定，消能元件及其附件須經可信之研究並證實於使用年限內不得有疲勞損壞，元件若會因低週數疲勞而產生破壞，則其於設計風力下元件必須保持在彈性範圍之內。

建築物耐震設計規範及解說第 10.7.2 節之解說敘明，每一實體消能元件應承受至少 2000 次位移循環其振幅等於在設計風暴下所預期者，此試驗之目的有二個：

- a. 展示在設計風暴中元件之疲勞壽命不會耗盡。
- b. 提供元件在設計風暴中具有與設計性能相同之工程紀錄。

對於短週建築物，在設計風暴中可能遭遇超過 2000 個顯著位移循環，此時應增加其位移循環之次數。另外，消能元件應儘量測試以確定其扮演的關鍵角色，每一實體元件試體均應承受 20 個相當於最大考量地震之位移循環，其試驗頻率應取代表最大考量地震下建築物之頻率特徵。

(6) 耐火性能

建築物耐震設計規範及解說第 10.5.5 節規定，消能系統須具有適當之防火保護，使其防火時效與建築物之柱、梁、牆、樓版或其它構材之防火時效一致。

4. 試驗法

(1) 基本性能試驗

每一元件均應加載 5 次完全反覆循環，其位移須相當於最大考量地震作用下之反應，且測試頻率為 f_1 。

(2) 溫度試驗

若消能元件的特性會因當時溫度的不同而有差異，則須在至少三種操作溫度（最小、週遭、最大）下進行前述基本性能試驗。

(3) 風力試驗

每一元件均應循環加載至在設計風暴所預期之次數，但不得少於 2000 次完全反覆之載重（位移型消能元件及黏彈性元件）或位移（黏滯性元件）循環週數，其振幅如設計風暴所預期，且頻率等於 f_1 。若消能元件不承受風力引致之受力或位移，或設計風力小於阻尼器降伏力或滑動力，則以上試驗可免除。

(4) 地震力試驗

每一實體元件試體均應承受 20 個相當於最大考量地震之位移循環，其試驗頻率應取代表最大考量地震下建築物之頻率特徵。

(5) 頻率試驗

對於速度型消能元件或激振頻率相關之元件，若消能元件之受力與變形性質在變化測試頻率從 $0.5f_1$ 至 $2.0f_1$ 之條件下，在小於或等於最大總位移內任何時候該性質之變動量超過設計值之 15%時，則前述之測試應在 $0.5f_1$ 、 $1.0f_1$ 及 $2.0f_1$ 之頻率下再測試。

5. 取樣

建築物耐震設計規範及解說第 10.7 節規定，在被動消能系統之設計中所假設之受力與變形關係與阻尼值均應在生產前經過實體試驗及性能保證測試證實。或者這些試驗在設計階段前已施作，則這些測試結果可用於設計。

(1) 實體試驗

下列實體試驗須分別施作於設計中各類型及各尺寸之消能元件各 2 個全尺寸試體。若經審查通過，消能元件之每一類型之代表性尺寸試體可選用作性能保證測試。非經專業技師同意，否則測試試體不可用於建築構體上。

(2) 性能保證測試

在裝設消能元件於建築物之前，專業技師須按該消能元件特性，訂定抽樣比例及測試內容。抽樣時即按專業技師所訂之抽樣比例與測試內容，挑選出每一類型且其尺寸具代表性的消能元件進行測試，以確保他們的力-速度-位移之特性在專業技師所設定的限制以內。

二、中國：建築消能阻尼器

中國建築物用消能元件之規定主要可參考「建築消能減震技術規程(JGJ 297-2013)」[6]和「建築消能阻尼器(JG/T 209-2012)」[5]，其中，JGJ 297 主要規定新建與既有建築結構的消能減震設計、施工、驗收及維護，適合設計、監造及施工等工程單位參照引用；而 JG/T 209 主要規定消能元件的分類、要求、試驗方法、檢驗規則及標示，適合消能元件製造廠與供應商作為產品品質控管之參照。JGJ 297 之消能元件驗收規定大部分呼應 JG/T 209 之產品品質控管要求，且 JG/T 209 之適用範圍較符合本案 CNS 草案需求，故以下選擇以 JG/T 209 為基礎說明中國建築物消能元件之規定。

1. 適用範圍

JG/T 209 主要適用於工業與住宅建築用消能阻尼器。其他結構、橋梁及設備

等所需的消能阻尼器也可參照使用。

2. 種類

JG/T 209 將建築消能阻尼器分為 4 大類：黏彈性阻尼器、黏滯阻尼器、金屬降伏型阻尼器及挫屈束制消能斜撐，每一大類之下在依構造型式、力學特性或材料細分為數小類，各類型消能阻尼器之定義與特性敘述如下：

(1) 黏彈性阻尼器(Visco-Elastic Damper)

由黏彈性材料和約束層組成的速度相關型阻尼器，其代號為 VED。黏彈性阻尼器依構造型式再細分為板式和筒式，板式黏彈性阻尼器由黏彈性材料和約束板組成，約束板和黏彈性材料層均為板狀，其代號為 P；筒式黏彈性阻尼器由黏彈性材料和內、外約束筒組成，黏彈性材料層為筒狀，其代號為 T。

如圖 2-1 所示，黏彈性阻尼器之產品稱呼方式由產品名稱、分類代號、阻尼力設計值(kN)、擬剪應變設計值(%)組成。其中，阻尼力設計值係指在環境溫度和工作頻率條件下，減振設計時採用的最大恢復力設計限值；擬剪應變設計值(Design Value of Pseudo-Shear Strain)係指在環境溫度和工作頻率條件下，減振設計時採用的黏彈性材料切向位移與黏彈性材料層厚度之比的最大設計限值。

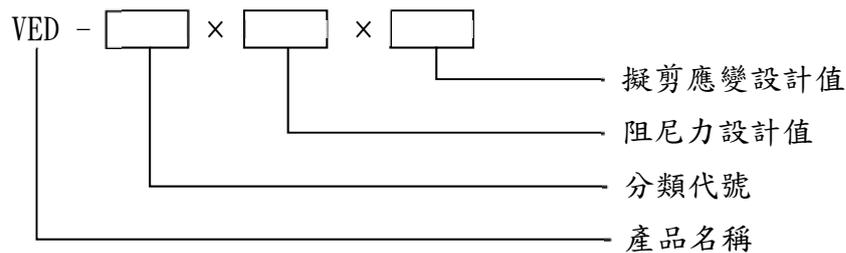


圖 2-1 黏彈性阻尼器之產品稱呼方式

(資料來源：參考書目[5])

範例：板式黏彈性阻尼器阻尼力設計值 300kN，擬剪應變設計值 250%，其產品稱呼方式為：VED-P×300×250。

(2) 黏滯阻尼器(Viscous Fluid Damper)

以黏滯材料為阻尼介質的速度相關型阻尼器，一般由缸體、活塞、阻尼通道、阻尼材料、導杆和密封材料等部分組成，其代號為 VFD。黏滯阻尼器依力學特性再細分為線性和非線性，線性黏滯阻尼器為速度指數等於 1 的黏滯阻尼器，其代號為 L；非線性黏滯阻尼器為速度指數小於 1 的黏滯阻尼器，其代號為 NL。

如圖 2-2 所示，黏滯阻尼器的產品稱呼方式由產品名稱、分類代號、最大輸出阻尼力(kN)、設計容許位移(mm)組成。其中，最大輸出阻尼力係指活塞在阻尼器正常工作範圍內運動時阻尼器產生的最大輸出力；設計容許位移係指阻尼器根據設計目標，在罕遇地震作用或風載設計值作用條件下，導杆由平衡位置伸出或縮短的位移值，在該值範圍內可以保證阻尼器正常工作。

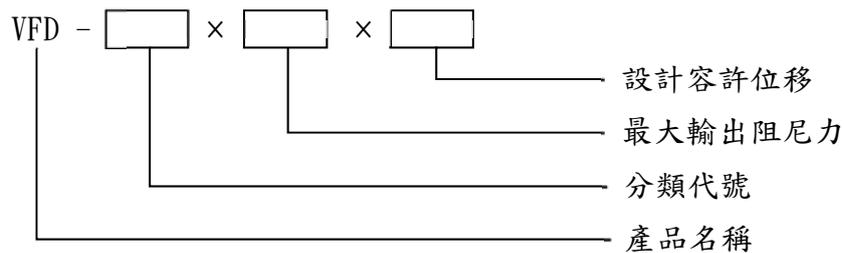


圖 2-2 黏滯阻尼器之產品稱呼方式

(資料來源：參考書目[5])

範例：線性黏滯阻尼器最大輸出阻尼力 400kN，設計容許位移 50mm，其產品稱呼方式為：VFD-L×400×50。

(3) 金屬降伏型阻尼器(Metal Yield Damper)

利用金屬的塑性變形來消能的位移相關型阻尼器，其代號為 MYD。金屬降伏型阻尼器根據核心部件採用的材料再細分為鋼降伏阻尼器、鉛降伏阻尼器及合金降伏阻尼器，鋼降伏阻尼器由鋼板材或型材等加工而成，其代號為 S；鉛降伏阻尼器由鉛板材和型材等加工而成，其代號為 L；合金降伏阻尼器由合金板材和

型材等加工而成，其代號為 A。

如圖 2-3 所示，金屬降伏型阻尼器的產品稱呼方式由產品名稱、分類代號、降伏承载力(kN)、降伏位移(mm)組成。其中，降伏承载力係指金屬降伏型阻尼器降伏時所承受的力；降伏位移係指金屬降伏型阻尼器降伏時對應的沿受力方向相對變形值，阻尼器變形小於此值，阻尼器處於彈性工作狀態，達到或超過該值後將產生塑性變形。

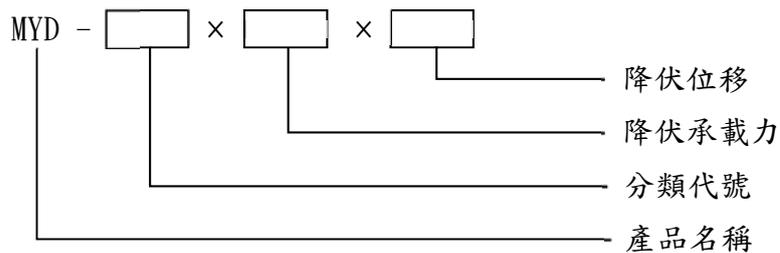


圖 2-3 金屬降伏型阻尼器的產品稱呼方式

(資料來源：參考書目[5])

範例：鋼降伏型阻尼器，降伏承载力 200kN，降伏位移 1.2mm，其產品稱呼方式為：MYD-S×200×1.2。

(4) 挫屈束制消能斜撐(Buckling-Restrained Brace)

一般由核心單元、約束單元和位於二者間的無黏結材料及填充材料組成的具有設定初始剛度的位移相關型阻尼器，通過核心單元不挫屈塑性變形消耗結構的振動能量，其代號為 BRB。常用挫屈束制消能斜撐根據束制方式分為鋼套筒與砂漿（或混凝土）組合提供束制型，其代號為 C；全鋼結構束制型，其代號為 S。

如圖 2-4 所示，挫屈束制消能斜撐的產品稱呼方式由由產品名稱、分類代號、降伏承载力(kN)、降伏位移(mm)組成。

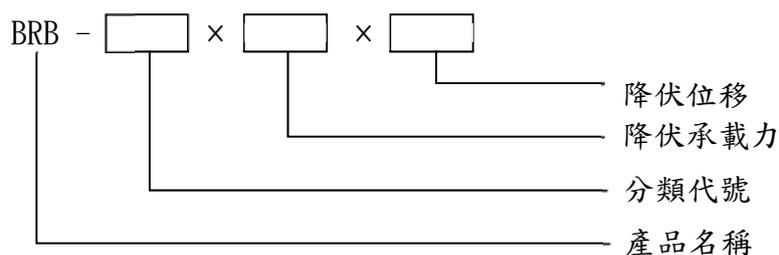


圖 2-4 挫屈束制消能斜撐的產品稱呼方式

(資料來源：參考書目[5])

範例：由鋼套筒與砂漿組合提供束制，降伏承載力 2500kN，降伏位移 1.5mm 的挫屈束制消能斜撐，其產品稱呼方式為：BRB-Cx2500x1.5。

3. 要求事項

在 JG/T 209 中，不同類型阻尼器具有不同的要求事項，故以下依阻尼器類型予以分項說明。

(1) 黏彈性阻尼器

a. 設計使用年限

黏彈性阻尼器的設計使用年限應為 50 年。其中，設計使用年限係指在正常使用和維護情況下所具有的不喪失有效使用功能的期限。

b. 外觀

黏彈性阻尼器的外觀應符合以下要求：(a)鋼板平整、無銹蝕、無毛刺，標記清晰。鋼板坡口焊接，焊縫一級、平整；(b)阻尼材料表面密實、相對平整；(c)阻尼器各部件尺寸偏差應符合表 2-2 的規定。其中，阻尼器長度係指活塞位於油缸長度中央時阻尼器的總長度。

表 2-2 黏彈性阻尼器各部件尺寸允許偏差

單位為 mm

檢驗項目	允許偏差
黏彈性阻尼器長度	不超過產品設計值 ± 3
黏彈性阻尼器斷面有效尺寸	不超過產品設計值 ± 2

(資料來源：參考書目[5])

c. 材料

橡膠類黏彈性材料之品質指標應符合表 2-3 的規定。鋼材性能指標應符合 GB/T 700 中碳素結構鋼 Q235 或低合金鋼的要求。

表 2-3 橡膠類黏彈性材料品質指標

項目		指標
拉伸強度 (MPa)		≥ 15
扯斷伸長率 (%)		≥ 380
扯斷永久變形 (%)		≤ 22
熱空氣老化 70°C/72hr	拉伸強度變化率 (%)	≥ -20 或 ≤ 20
	扯斷伸長變化率 (%)	≥ -20 或 ≤ 20
0~40°C 工作頻率材料損耗因子 β		≥ 0.5
鋼板與阻尼材料之間的黏合強度 (MPa)		≥ 4.3

(資料來源：參考書目[5])

d. 性能-力學性能

黏彈性阻尼器的力學性能應符合表 2-4 的規定。其中，擬剪切模數(Pseudo-Shear Modulus)設計值係指在環境溫度和工作頻率條件下，減振設計時採用阻尼器的剪應力設計值與擬剪應變設計值的比值；損耗因子(Loss Factor)設計值係指在環境溫度和工作頻率條件下，減振設計時採用的在阻尼器的同一個力-位移遲滯曲線中，對應於零位移的恢復力與對應於最大位移的恢復力的比值。

表 2-4 黏彈性阻尼器力學性能要求

項目	性能指標
擬剪應變極限值	實測值偏差應在產品設計值的±15%以內;實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。
最大阻尼力	
擬剪切模數	
損耗因子	
遲滯曲線	實測遲滯曲線應光滑無異常。在同一測試條件下，任一循環中遲滯迴圈面積實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-耐久性

黏彈性阻尼器的耐久性包括老化性能、疲勞性能及耐腐蝕性能，應符合表 2-5 的規定。

表 2-5 黏彈性阻尼器耐久性要求

項目	性能指標	
老化性能	變形	變化率不應大於±15%
	最大阻尼力、擬剪切模數、損耗因子	變化率不應大於±15%
	外觀	目測無變化
疲勞性能	變形	變化率不應大於±15%
	最大阻尼力、擬剪切模數、損耗因子	變化率不應大於±15%
	外觀	目測無變化
耐腐蝕性能	外觀	目測無銹蝕

(資料來源：參考書目[5])

f. 性能-其他相關性能

最大阻尼力的振幅相依性、頻率相依性及溫度相依性的變化曲線應具有規律性。

g. 性能-耐火性

火災時應具有阻燃性;火災後應對阻尼器進行力學性能檢測，其指標下降超

過 15%時應進行更換。

(2) 黏滯阻尼器

a. 設計使用年限

黏滯阻尼器的設計使用年限應為 30 年。

b. 外觀

黏滯阻尼器的外觀應符合以下要求：(a)表面平整，無機械損傷，無銹蝕，無滲漏，標記清晰；(b)阻尼器各部件尺寸偏差應符合表 2-6 規定。

表 2-6 黏滯阻尼器各部件尺寸允許偏差

單位為 mm

檢驗項目	允許偏差
黏滯阻尼器長度	不超過產品設計值 ± 3
黏滯阻尼器斷面有效尺寸	不超過產品設計值 ± 2

(資料來源：參考書目[5])

c. 材料

黏滯阻尼材料要求黏溫關係穩定，閃點高，不易燃燒，不易揮發，無毒，抗老化性能強。用於製作黏滯阻尼器的鋼材應根據設計需要進行選擇，缸體和活塞杆一般宜採用優質碳素結構鋼、合金結構鋼或不銹鋼。優質碳素結構鋼應符合 GB/T 699 的規定；合金結構鋼應符合 GB/T 3077 的規定；結構用無縫鋼管應符合 GB/T 8162 的規定；不銹鋼棒應符合 GB/T 1220 的規定，不銹鋼管應符合 GB/T 14976 的規定。黏滯阻尼器密封材料應選擇高強度、耐磨、耐老化的密封材料。

d. 性能-力學性能

黏滯阻尼器的力學性能應符合表 2-7 的規定。其中，極限位移係指阻尼器（或導杆）由平衡位置可伸出或可縮短的位移極限值，阻尼器在該值範圍內應保證正常工作；阻尼係數(Damping Coefficient)係指在工作頻率範圍內，阻

尼器活塞在單位速度運動時所產生的阻尼力；速度指數(Velocity Exponent)係指在工作頻率範圍內，描述阻尼力與速度間的非線性關係的冪指數參數。

表 2-7 黏滯阻尼器力學性能要求

項目	性能指標
極限位移	實測值不應小於黏滯阻尼器設計容許位移的 150%，當最大位移大於或等於 100mm 時實測值不應小於黏滯阻尼器設計容許位移的 120%。
最大阻尼力	實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。
阻尼係數	
速度指數	
遲滯曲線	實測遲滯曲線應光滑無異常。在同一測試條件下，任一循環中遲滯迴圈面積實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-耐久性

黏滯阻尼器的耐久性應符合表 2-8 的規定，且要求阻尼器在試驗後無滲漏，無裂紋。

表 2-8 黏滯阻尼器耐久性要求

項目	性能指標	
疲勞性能	最大阻尼力	變化率不大於±15%
	阻尼係數	
	速度指數	
	遲滯曲線	光滑無異常，遲滯迴圈面積變化率不大於±15%
密封性能	無滲漏，且阻尼力的衰減值不大於 5%	

(資料來源：參考書目[5])

f. 性能-其他相關性能

最大阻尼力的頻率相依性和溫度相依性的變化曲線應具有規律性。

g. 性能-耐火性

火災時應具有阻燃性;火災後應對阻尼器進行力學性能檢測，其指標下降超過 15%時應進行更換。

(3) 金屬降伏型阻尼器

a. 設計使用年限

金屬降伏型阻尼器的設計使用年限應為 50 年。

b. 外觀

金屬降伏型阻尼器的外觀應符合以下要求：(a)表面平整，無機械損傷，無銹蝕，無毛刺，標記清晰，阻尼器連接部位宜採用螺栓連接或焊接，焊縫為一級、平整；(b)阻尼器應採用機械加工，不宜採用氣焊等切割方式；(c)阻尼器各部件尺寸偏差應符合表 2-9 的規定。

表 2-9 金屬降伏型阻尼器各部件尺寸允許偏差

單位為 mm

檢驗項目	允許偏差
金屬降伏型阻尼器各部位有效尺寸	不超過產品設計值 ± 2

(資料來源：參考書目[5])

c. 材料

鋼降伏型阻尼器消能段宜採用低降伏點鋼製作，其材料基本力學性能應符合表 2-10 的規定，金屬降伏型阻尼器採用其他鋼材，性能指標應符合 GB/T 700 或 GB/T 3077 的規定。

表 2-10 低降伏點鋼基本力學性能要求

降伏承載力或降伏點下限 (MPa)	降伏點範圍 (MPa)	抗拉強度 (MPa)	屈強比 (%)	伸長率 (%)
100	100 ± 20	200~300	≤ 60	≥ 50
160	160 ± 20	250~350	≤ 80	≥ 45
225	225 ± 20	300~400	≤ 80	≥ 40

(資料來源：參考書目[5])

d. 性能-力學性能

金屬降伏型阻尼器力學性能應符合表 2-11 的規定。其中，最大承载力係指阻尼器能承受的最大外力；彈性勁度係指阻尼器降伏前的勁度；第 2 勁度係指阻尼器降伏後的勁度。

表 2-11 金屬降伏型阻尼器力學性能要求

項目	性能指標
降伏承载力	實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。
最大承载力	
降伏位移	
極限位移	實測值不應小於產品設計值的 120%。
彈性勁度	實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。
第 2 勁度	
遲滯曲線	實測遲滯曲線應光滑無異常。在同一測試條件下，任一循環中遲滯迴圈面積實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-耐久性

金屬降伏型阻尼器的耐久性包括疲勞性能和耐腐蝕性能，其耐久性能應符合表 2-12 的規定。

表 2-12 金屬降伏型阻尼器耐久性要求

項目	性能指標
疲勞循環次數 N_f	≥ 30 次
耐腐蝕性能	目測無銹蝕

(資料來源：參考書目[5])

f. 性能-耐火性

火災時應具有阻燃性;火災後應對阻尼器進行力學性能檢測，其指標下降超過 15%時應進行更換。

(4) 挫屈束制消能斜撐

a. 設計使用年限

挫屈束制消能斜撐的設計使用年限應為 50 年。

b. 外觀

挫屈束制消能斜撐的外觀應符合以下要求：(a)表面平整，無機械損傷，無銹蝕，無毛刺，標記清晰；(b)有焊接連接部位，焊縫等級應為一級；(c)阻尼器各部件尺寸偏差應符合表 2-13 規定。

表 2-13 挫屈束制消能斜撐各部件尺寸允許偏差

單位為 mm

檢驗項目	允許偏差
斜撐長度	不超過產品設計值 ± 3
斜撐橫斷面有效尺寸	不超過產品設計值 ± 2
斜撐側彎向量	$L/1000$ ，且 ≤ 10
斜撐扭曲	$h(d)/250$ ，且 ≤ 5

註： L = 斜撐長度； h = 斜撐高度； d = 斜撐外徑。

(資料來源：參考書目[5])

c. 材料

用於製作挫屈束制消能斜撐的鋼材應根據設計需要進行選擇，核心單元宜採用低降伏點鋼材，材料性能應符合表 2-10 的規定。核心單元採用其他鋼材時，品質指標應符合國家標準 GB/T 700 或 GB/T 3077 的規定，且伸長率應大於 25%，屈強比應小於 80%，常溫下衝擊功韌性應大於 27J。約束單元一般採用炭素結構鋼或合金結構鋼，鋼材性能指標應符合 GB/T 700 或 GB/T 3077 的規定。

d. 性能-力學性能

挫屈束制消能斜撐力學性能應符合表 2-14 的規定。

表 2-14 挫屈束制消能斜撐力學性能要求

項目	性能指標
降伏承載力	實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。
最大承載力	
降伏位移	
極限位移	實測值不應小於產品設計值的 120%。
彈性勁度	實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。
第 2 勁度	
遲滯曲線	實測遲滯曲線應光滑無異常。在同一測試條件下，任一循環中遲滯迴圈面積實測值偏差應在產品設計值的±15%以內；實測值偏差的平均值應在產品設計值的±10%以內。

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-耐久性

挫屈束制消能斜撐的耐久性包括疲勞性能和耐腐蝕性能，其耐久性能應符合表 2-15 的規定。

表 2-15 挫屈束制消能斜撐耐久性要求

項目	性能指標
疲勞循環次數 N_f	≥30 次
耐腐蝕性能	目測無銹蝕

(資料來源：參考書目[5])

f. 性能-耐火性

火災時應具有阻燃性;火災後應對阻尼器進行力學性能檢測，其指標下降超過 15%時應進行更換。

4. 試驗法

在 JG/T 209 中，試驗法係配合前述要求事項而訂定，故以下仍依阻尼器類型予以分項說明。

(1) 黏彈性阻尼器

a. 外觀

黏彈性阻尼器的產品外觀應用目測及常規量具測量評定。

b. 材料

黏彈性阻尼器的材料試驗應按表 2-16 的規定進行。

表 2-16 黏彈性阻尼器材料試驗法

項目	試驗法
拉伸強度	GB/T 528 硫化橡膠或熱塑性橡膠拉伸應力應變性能的測定
扯斷伸長率	
扯斷永久變形	
熱空氣老化	GB/T 3512 硫化橡膠或熱塑性橡膠熱空氣加速老化和耐熱試驗
材料損耗因子 β	用動態黏彈性自動測量儀檢測，測量溫度範圍 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，測量頻率阻尼器的工作頻率，升溫速度 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。
鋼板與阻尼材料之間的黏合強度	GB/T 11211 硫化橡膠或熱塑性橡膠與金屬黏合強度的測定-二板法
鋼材	GB/T 700 碳素結構鋼

(資料來源：參考書目[5])

c. 性能-力學性能

黏彈性阻尼器在標準環境溫度 ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) 條件下，力學性能試驗應按表 2-17 的規定進行。

表 2-17 黏彈性阻尼器力學性能試驗法

項目	試驗法
最大阻尼力 擬剪切模數 損耗因子	<p>(a) 控制位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$；工作頻率取 f_1。在同一加載條件下，作 5 次具有穩定遲滯曲線的循環，每次均繪製阻尼力-位移遲滯曲線；</p> <p>(b) 取第 3 次循環時遲滯曲線的最大阻尼力值作為最大阻尼力的實測值；</p> <p>(c) 取第 3 次循環時遲滯曲線長軸的斜率作為擬剪切模數值的實測值；</p> <p>(d) 取第 3 次循環時遲滯曲線的最大位移對應的恢復力與零位移對應的恢復力的比值，作為損耗因子的實測值。</p>

項目	試驗法
擬剪應變極限值	(a)工作頻率取 f_1 ;控制位移 $u = u_1 \sin(\omega t)$; (b) u_1 依次按 $1.1u_0$ 、 $1.2u_0$ 、 $1.3u_0$ 、 $1.4u_0$ 、 $1.5u_0$ 。 做試驗的前題條件是黏彈性材料與約束鋼板或約束鋼管間不出現剝離現象，如有剝離現象，則認為阻尼器已破壞，試驗停止，並取這時的 u_1 值作為確定擬剪應變極限值的依據。
註： $\omega = 2\pi f_1$ ； ω 為角頻率； f_1 為結構基本頻率； u_0 為阻尼器設計位移。	

(資料來源：參考書目[5])

d. 性能-耐久性

黏彈性阻尼器的耐久性試驗應按表 2-18 的規定進行。

表 2-18 黏彈性阻尼器耐久性試驗法

項目	試驗法
老化性能	把試件放入鼓風電熱恒溫乾燥箱中，保持溫度 80°C ，經 192hr 後取出，按表 2-17 做力學性能試驗。
疲勞性能	採用正弦波，對阻尼器施加頻率為 f_1 的正弦力，當主要用於地震時，輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ ，連續加載 30 個循環；當主要用於風振時，輸入位移 $u = 0.1u_0 \sin(\omega t)$ ，每次連續加載不應少於 2000 次，累計加載 10000 個循環。

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-其他相關性能

黏彈性阻尼器的其他相關性能試驗應按表 2-19 的規定進行。

表 2-19 黏彈性阻尼器其他相關性能試驗法

項目	試驗法
振幅相依性	最大阻尼力 在加載頻率 f_1 下，測定輸入位移 $u = u_1 \sin(\omega t)$ ($u_1 = 1.0u_0$ 、 $1.2u_0$ 和 $1.5u_0$ 且在極限位移內) 時的最大阻尼力，並計算與 $1.0u_0$ 下的相應值的比值。
頻率相依性	最大阻尼力 測定產品在輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ ，頻率 f 為 0.5 Hz、1.0Hz、1.5Hz 及 2.0Hz 時(且在極限速度內) 的最大阻尼力，並計算與 1.0Hz 下的相應值的比值。
溫度相依性	最大阻尼力 測定產品在輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ ，頻率為 f_1 ，試驗溫度為 $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，每隔 10°C 記錄其最大阻尼力的實測值。

(資料來源：參考書目[5])

f. 性能-耐火性

黏彈性阻尼器遭受火災後應按要求進行檢測。

(2) 黏滯阻尼器

a. 外觀

黏滯阻尼器的產品外觀應用目測及常規量具測量評定。

b. 材料

黏滯阻尼器的材料試驗應按表 2-20 的規定進行。

表 2-20 黏滯阻尼器材料試驗法

項目	試驗法
黏滯阻尼材料	(a)取約 50mL 樣品倒入清潔、乾燥、無色透明的 100mL 燒杯中，置於室內自然光下目測觀察； (b)每批材料的黏度、黏溫係數、閃點、抗老化性能應有材料商提供品質檢驗報告單。
鋼材	(a)鋼材的性能應符合 GB/T 228 和 GB/T 7314 的規定； (b)鍛軋鋼棒超聲波檢驗方法應符合 GB/T 4162 的規定； (c)無縫鋼管超聲波探傷檢驗方法應符合 GB/T 5777 的規定。
密封材料	密封材料的性能應符合 GB/T 3452、GB/T 10708、GB/T 15242.1 及 GB/T 15242.2 的規定。

(資料來源：參考書目[5])

c. 性能-力學性能

黏滯阻尼器的力學性能試驗應按表 2-21 的規定進行。

表 2-21 黏滯阻尼器力學性能試驗法

項目	試驗方法
極限位移	採用靜力加載試驗，控制試驗機的加載系統使阻尼器均速緩慢運動，記錄其伸縮運動的極限位移值。
最大阻尼力	採用正弦波，用按照正弦波規律變化的輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ ，對阻尼器施加頻率為 f_1 、位移幅值為 u_0 的正弦力，連續進行 5 個循環，記錄第 3 個循環所對應的最大阻尼力作為實測值。

項目	試驗方法
阻尼係數 阻尼指數 遲滯曲線	(a)採用正弦波，用按照正弦波規律變化的輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ 來控制試驗機的加載系統； (b)對阻尼器分別施加頻率為 f_1 ，輸入位移幅值為 $0.1u_0$ 、 $0.2u_0$ 、 $0.5u_0$ 、 $0.7u_0$ 、 $1.0u_0$ 、 $1.2u_0$ ，連續進行5個循環，每次均繪製阻尼力-位移遲滯曲線，並計算各工況下第3個循環所對應的阻尼係數、速度指數作為實測值。

(資料來源：參考書目[5])

d. 性能-耐久性

黏滯阻尼器的耐久性試驗應按表 2-22 的規定進行。

表 2-22 黏滯阻尼器耐久性試驗法

項目	試驗法
疲勞性能	先測定產品的設計容許位移 u_0 和最大阻尼力，然後在同樣環境下採用正弦波，對阻尼器施加頻率為 f_1 的正弦力，當以地震控制為主時，輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ ，連續加載30個循環，位移大於100mm時加載5個循環；當以風振控制為主時，輸入位移 $u = 0.1u_0 \sin(\omega t)$ ，連續加載60000個循環，每20000次可暫停修整。
密封性能	以1.5倍的最大阻尼力作為控制力持續加載3min，記錄結果。

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-其他相關性能

黏滯阻尼器其他相關性能試驗應按表 2-23 的規定進行。

表 2-23 黏滯阻尼器其他相關性能試驗法

項目	試驗法
最大阻尼力 頻率相依性	採用正弦波，測定產品在常溫，加載頻率 f 分別為 $0.4f_1$ 、 $0.7f_1$ 、 $1.0f_1$ 、 $1.3f_1$ 、 $1.6f_1$ ，對應輸入位移幅值 $u = f_1 u_0 / f$ 下的最大阻尼力，並與 f_1 下相應值的比值。
最大阻尼力 溫度相依性	測定產品在輸入位移 $u = u_0 \sin(\omega t)$ ，頻率為 f_1 ，試驗溫度為 $-20^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ ，每隔 10°C 記錄其最大阻尼力的實測值。

(資料來源：參考書目[5])

f. 性能-耐火性

黏滯阻尼器遭受火災後應按要求進行檢測。

(3) 金屬降伏型阻尼器

a. 外觀

金屬降伏型阻尼器的產品外觀品質應用目測及常規量具測量評定。

b. 材料

金屬降伏型阻尼器的鋼材試驗應符合 GB/T 228 和 GB/T 7314 的規定。

c. 性能-力學性能

金屬降伏型阻尼器力學性能試驗應按表 2-24 的規定進行。

表 2-24 金屬降伏型阻尼器力學性能試驗法

項目	試驗法
降伏承載力	試驗採用力-位移混合控制加載制度。試件降伏前，採用力控制並分級加載，接近降伏載重前宜減小級差加載，每級載重反復 1 次;試件降伏後採用位移控制，每級位移加載幅值取降伏位移的倍數為級差進行，每級加載可反復 3 次。 金屬降伏型阻尼器的基本特性應通過遲滯曲線的試驗結果確定。
最大承載力	
降伏位移	
極限位移	
彈性勁度	
第 2 勁度	
遲滯曲線	

(資料來源：參考書目[5])

d. 性能-耐久性

金屬降伏型阻尼器耐久性試驗應按表 2-25 的規定進行。

表 2-25 金屬降伏型阻尼器耐久性試驗法

項目	試驗法
疲勞循環次數	採用固定位移循環載重試驗，位移採用對應結構抗震或抗風狀態下，金屬降伏型阻尼器所在位置相應的設計位移。試驗中所採用的極限狀態包括： (a)發生斷裂破壞； (b)最大承載力下降；

項目	試驗法
	(c)能量吸收量減少； (d)喪失穩定的遲滯曲線形狀。將最大承載力降了 15%的次數確定為疲勞循環次數 N_f 。
耐腐蝕性能	實施常規防銹處理

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-耐火性

金屬降伏型阻尼器遭受火災後應按要求進行檢測。

(4) 挫屈束制消能斜撐

a. 外觀

挫屈束制消能斜撐的產品外觀品質應用目測及常規量具測量評定。

b. 材料

挫屈束制消能斜撐的鋼材試驗應符合 GB/T 228 和 GB/T 7314 的規定。

c. 性能-力學性能

挫屈束制消能斜撐力學性能試驗應按表 2-26 的規定進行。

表 2-26 挫屈束制消能斜撐力學性能試驗法

項目	試驗法
降伏承載力	試驗採用力-位移混合控制加載制度。試件降伏前，採用力控制並分級載入，接近降伏載重前宜減小級差加載，每級載重反復 1 次;試件降伏後採用位移控制，每級位移加載幅值取降伏位移的倍數為級差進行，每級加載可反復 3 次。 挫屈束制消能斜撐的基本特性應通過遲滯曲線的試驗結果確定。
最大承載力	
降伏位移	
極限位移	
彈性勁度	
第 2 勁度	
遲滯曲線	

(資料來源：參考書目[5])

d. 性能-耐久性

挫屈束制消能斜撐耐久性試驗應按表 2-27 的規定進行。

表 2-27 挫屈束制消能斜撐耐久性試驗法

項目	試驗法
疲勞循環次數	採用固定位移循環載重試驗，位移採用挫屈束制消能斜撐所在位置相應的設計位移。試驗中所採用的極限狀態包括： (a)發生斷裂破壞； (b)最大承载力下降； (c)能量吸收量減少； (d)喪失穩定的遲滯曲線形狀。將最大承载力下降 15%的次數確定為疲勞循環次數 N_f 。
耐腐蝕性能	實施常規防銹處理

(資料來源：參考書目[5])

e. 性能-耐火性

挫屈束制消能斜撐遭受火災後應按要求進行檢測。

5. 取樣

JG/T 209 將產品檢驗分為型式檢驗和出廠檢驗，其中，需要進行型式檢驗的時機如下：

- (1) 新產品的試制定型鑒定；
- (2) 當原料、結構、工藝等有較大改變，有可能對產品品質影響較大時；
- (3) 正常生產時，每 5 年檢驗 1 次；
- (4) 停產 1 年以上恢復生產時；
- (5) 出廠檢驗結果與上次型式檢驗有較大差異時；
- (6) 國家品質監督機構提出型式檢驗要求時。

而出廠檢驗的時機即為產品出廠前，製造商應根據規定的抽樣比例進行自主性檢驗。以下說明型式檢驗與出廠檢驗的檢驗項目、抽樣方式及判定規則。

(1) 型式檢驗

a. 檢驗項目

型式檢驗項目應包含前述所有試驗項目。

b. 抽樣方式

型式檢驗試件數目不應少於 3 件。

c. 判定規則

型式檢驗應由具有檢測資質的協力廠商進行檢驗。對於原材料和產品，檢驗結果應全部符合要求項目所列，否則為不合格。型式檢驗時， f_1 取 1Hz。

(2) 出廠檢驗

a. 檢驗項目

各類型消能阻尼器出廠檢驗項目如表 2-28 所示。

表 2-28 消能阻尼器出廠檢驗項目

阻尼器類型	指 標
黏彈性阻尼器	擬剪應變極限值、最大阻尼力、擬剪切模數、損耗因子、遲滯曲線
黏滯阻尼器	極限位移、最大阻尼力、阻尼係數、速度指數、遲滯曲線
金屬降伏型阻尼器 挫屈束制消能斜撐	降伏承載力、最大承載力、降伏位移、極限位移、彈性勁度、第 2 勁度、遲滯曲線

(資料來源：參考書目[5])

b. 抽樣方式

(a) 阻尼器產品的外觀檢驗應根據前述要求項目與試驗法之規定進行，要求每件必做；

(b) 黏滯阻尼器產品的性能，抽樣檢驗數量為同一工程同一類型同一規格數量，標準設防類取 20%，重點設防類取 50%，特殊設防類取 100%，但不應少於 2 個，檢驗合格率應為 100%。被檢測產品各項檢驗指標實測值在設計值的±10%以內，判為合格且可用於主體結構；

(c) 黏彈性阻尼器產品、金屬降伏型阻尼器產品和挫屈束制消能斜撐產品的性能，

抽檢數量為同一工程同一類型同一規格數量的 3%，當同一類型同一規格的阻尼器產品數量較少時，可以在同一類型阻尼器中抽檢總數量的 3%，但不應少於 2 個，檢驗合格率應為 100%，被抽檢產品檢測後不得用於主體結構；

c. 判定規則

阻尼器產品的外觀檢驗，如有一條不符合標準要求，則該件產品應判為不合格產品。阻尼器產品的性能檢驗，如有一件抽樣的一項性能不符合標準要求，對同批產品按原抽樣數加倍抽樣，並重新進行所有項目的檢測，如仍有一項不合格時，則判為該批產品不合格。

6. 標示及附加文件

(1) 標示

在阻尼器的明顯部位應有清晰永久的標誌並包含：a.產品名稱、型號；b.基本參數；c.商標；d.出廠編號；e.出廠日期；f.製造廠名；g.執行標準號。同時應有檢驗合格印鑒，並附性能檢驗報告。

(2) 附加文件

每件產品應採用可靠包裝或按合同要求包裝，便於運輸和搬運安全。包裝發貨的每箱產品中應具備下列檔：a.產品使用說明書；b.產品合格證；c.裝箱單。

三、日本：パッシブ制振構造設計・施工マニュアル

日本免震構造協會(The Japan Society of Seismic Isolation, JSSI)為研究基礎隔震以外的地震反應控制技術，因此於 2002 年 2 月成立結構反應控制小組，當時日本已開始導入建築物的性能設計概念，但減震結構性能設計的技術體系仍不如傳統結構設計發達，因此結構反應控制小組於 2001 年 4 月開始研擬「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」(被動減震結構設計及施工手冊) [7]。該手冊提供關於減震技術的各種基礎資訊，以促進研究發想與技術提升，同時盡量避免限制新技術的發展。

1. 用語

在該手冊中，「被動減震結構」、「隔震結構」及「主動/半主動減震結構」皆屬於結構控制領域中的一種結構型式，其中，被動減震結構係指具有「能量消散機制」功能的結構（如表 2-29），因此不包含採用「附加質量機制」功能的結構。

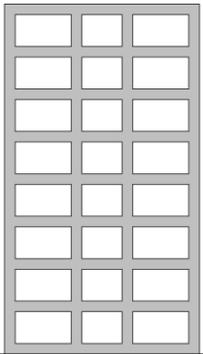
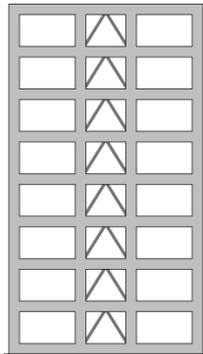
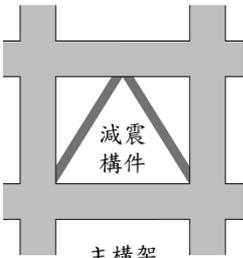
表 2-29 被動減震結構的力學機制與構件

減震結構	力學機制		減震構件
被動減震結構	能量消散機制	黏性衰減機制	黏性衰減構件 (油/黏滯/黏彈性)
		塑性遲滯機制	塑性遲滯構件 (鋼材/鉛/摩擦)
	附加質量機制		TMD 裝置等

(資料來源：參考書目[7])

減震結構主要由「主構架」與「減震構件」組成。(如表 2-30)

表 2-30 減震結構組成要素之定義

主構架	減震構架	減震構件	減震阻尼器 安裝構件
			
		主構架 減震阻尼器 +安裝構件	減震 阻尼器 安裝構件 • 黏性衰減機制 • 塑性遲滯機制

(資料來源：參考書目[7])

該手冊中的用詞定義如下：

(1) 主構架

主要支撐垂直載重，同時也抵抗地震及風等水平力之構架，由柱、梁、斜撐及剪力牆等結構構件組成。

(2) 減震構件

用於抵抗地震及風等動態水平力且以消散能量為目的之結構構件，其結構型式有斜撐、壁、間柱、隅撐、V字撐等；此外，減震構件係由「減震阻尼器」與「安裝構件」組成。

(3) 減震阻尼器

用於抵抗地震及風等動態水平力並且為消散能量的主要部分，即具有黏性衰減機制或塑性遲滯機制功能的部分，惟在部分安裝構件作為產品一體化考量的情況下，減震阻尼器有時也包含安裝構件。

(4) 安裝構件

用於將減震阻尼器安裝在主構架上之構件。

(5) 減震構架

當減震構件配置於主構架的特定構面時，該構面稱為減震構架。

(6) 黏性衰減機制

透過高分子化合物所組成的黏性或黏彈性材料，利用其剪切變形伴隨阻尼力的能量消散機制；或者，透過高分子化合物材料或液壓油在管路中流動，因節流現象引致阻尼力的能量消散機制，該手冊中利用黏性衰減機制的阻尼器有「油壓阻尼器」、「黏滯阻尼器」及「黏彈性阻尼器」。

(7) 塑性遲滯機制

透過金屬材料（鋼材/鉛）塑性遲滯行為所引致的能量消散機制，該手冊中利用塑性遲滯機制的阻尼器有「鋼材阻尼器」及「摩擦阻尼器」。

2. 適用範圍

該手冊的主要目的為降低地震或風等動態外力所引致的結構反應，其適用範圍包含安裝減震構件之建物的設計與施工。

被動減震結構適用的建物用途、構造類型及規模如下所示是相當普遍的，尤其近年已廣泛應用於大部分的鋼造高層建物，早期的控制目的多為降低風反應，但近期降低地震反應的需求亦逐漸增加，儘管目前的構造類型以鋼造居多，但範圍也逐漸擴展至鋼筋混凝土造的高層集合住宅和木造獨戶住宅。此外，根據市場反應調查，減震結構不僅適用於新建建物，同時也有愈來愈多的案例適用於既有建物的耐震補強，總之，其適用範圍主要以降低地震或風等動態外力所引致的結構反應為目的。

- (1) 建物用途：辦公室、醫院、計算中心、住宅、工廠、圓頂體育館、遊戲設備/工作物等
- (2) 構造類型：鋼造、鋼筋混凝土造、鋼骨鋼筋混凝土造、木造等
- (3) 規模：中低層、高層、超高層建物
- (4) 控制目的：降低地震反應、降低風反應等

3. 界限狀態

被動減震結構的基本性能與界限狀態應由結構設計者與業主、建築師及設備設計者等商討決定，其主要考慮的外力干擾是地震和風，特定情況下則可能需要考慮一般樓板振動之影響。關於界限狀態，應根據需求考慮使用界限、損傷界限及安全界限等 3 種狀態。

當設計被動減震結構的目的為控制地震和風所引致的反應時，應根據外力的發生頻率與建物的使用年限分 2 階段外力等級考慮，並設定各外力等級之下的性能要求。其中，外力等級 1 係指在建物存在期間將發生數次的機率等級；而外力等級 2 則指發生機率極低的大規模事件，各外力等級對應的性能要求如下：外力等級 1 情況下建物無損傷且維持功能正常，外力等級 2 情況下建物不得崩塌或傾倒；此外，在針對日常風力等級進行減震設計的情況下，有時候會以建物居民的舒適度作為性能要求。

結構設計者應與業主、建築師及設備設計者等商討決定主構架與減震構件的

界限狀態以作為性能要求考量，被動減震結構之界限狀態係指主構架或減震構件達到其界限狀態稱之，且原則上界限狀態應考慮使用界限、損傷界限及安全界限等 3 種狀態，一般而言，減震構件界限狀態的設定如下：

(1) 油壓阻尼器、黏滯阻尼器及黏彈性阻尼器

a. 使用界限狀態

減震構件幾乎沒有定義任何使用界限，然而，對於考慮地震力和風力等級較小或微振動之情況，有時候必須限制減震構件的作動下限以確保阻尼力的發揮。

b. 損傷界限狀態

黏滯阻尼力得以依設計規定發揮的界限，包含溫度上升界限與速度界限；此外，對於黏彈性阻尼器，其變形界限有時候係根據材料特性決定，因此尚須考慮材料的疲勞界限。

c. 安全界限狀態

黏滯阻尼力得以維持的極限界限，主要與受外觀尺寸決定之變形衝程界限和接頭強度的極限界限有關；對於黏彈性阻尼器而言，尚須考慮材料的疲勞界限。

(2) 鋼材/摩擦阻尼器

a. 使用界限狀態

減震構件沒有定義任何使用界限。

b. 損傷界限狀態

遲滯阻尼力得以依設計規定發揮且維持連續使用的界限，對於鋼材與摩擦阻尼器，主要取決於累積塑性變形或累積滑動距離。

c. 安全界限狀態

遲滯阻尼力得以維持的極限界限，主要與累積塑性變形或累積滑動距離有關；此外，尚須考慮受外觀尺寸決定之變形衝程界限和接頭強度的極限界限。

4. 設計條件與基準

訂定減震構件的界限狀態時，應考慮其設計動態加振條件的適用範圍，同時，為使減震構件的性能檢討或品質管理具有共通指標，須先訂定標準的加振條件與基準，然後在此規定下表示其基本性能；此外，各種相依性之影響評估係以基準作為起點。

有關減震構件的使用年限，可以設定為與建物使用年限相等，若低於建物使用年限則須考慮置換問題。減震構件的使用年限不僅應清楚標示於設計圖說，同時也希望能夠標示在每個阻尼器上。當減震構件的使用年限與建物相同時，應顯示使用年限期間所考慮的各等級外力大小與發生頻率，同時確保阻尼器的效能得以充分發揮。

訂定減震構件的設計條件時，應考慮建物結構的標準動態特性及預期的反應範圍，如表 2-31 所示，雖然這些動態加振條件往往是相互關聯的，但此處僅將每個適用範圍視為獨立考量。此外，有關長延時且長週期地震力輸入之課題，其輸入地震歷時與地震反應特性目前尚處研究階段，而減震阻尼器在此地震條件下的基本性能亦為檢討項目之一。

表 2-31 減震構件之動態加振條件的適用範圍

頻率範圍	正常頻率：0.2~3Hz
	準靜態頻率：0~0.2Hz
	高頻率：3~10Hz
溫度範圍	正常室溫等級：10~30°C
	寒冷區域：-10~0°C
	高溫區域：30~40°C
循環次數	大地震對應：10 週期
	暴風對應：1000 週期
	日常風對應：1000000 週期
層間變位角	大地震對應：1/100rad.
	暴風對應：1/100rad.
	日常風對應：1/20000rad.

(資料來源：參考書目[7])

由減震構件之性能檢討或品質管理的觀點來看，基準設定之後才能建立建築結構的標準反應特性以成為共通指標，而各減震構件在此條件下才能具有共通的基本性能表示方式。

具體而言，基準設定如下列各項目所示：

(1) 頻率等級

假設適用於多數高層建築物的自然週期，因此設定為 0.3Hz 和 1.0Hz。

(2) 溫度條件

假設具備空調的室溫平均值，因此設定為 20°C。

(3) 變形等級

假設高層建築物在等級 2 地震作用下產生最大反應的上限值，因此設定為層間變位角 1/100rad。

其中，應特別注意阻尼器的性能會隨著外力條件或環境條件而改變，且各類型阻尼器的相依狀況相互不同，應基於上述基準評估各種相依性的影響。尤其對於基準條件相差甚遠的情況，其性能差異可能也非常大，因此，應完成與該條件相對應的特殊性能確認。

5. 性能目標

結構設計者必須根據外力等級設定對應的減震性能目標。

設計者必須根據外力等級設定減震結構的最大反應加速度、層間變位角及層剪力等目標，一般而言，通常針對主構架與減震構件，對每個外力等級考慮損傷界限和安全界限等 2 個級別；此外，針對日常風力進行減震設計之情況應另外考慮使用界限。表 2-32 和表 2-33 為外力等級對應減震性能目標之代表案例，包含外力來源為地震和風的情況。

表 2-32 地震等級對應減震性能目標之案例

外力等級		建物存在期間遭遇 1 次的 機率等級	發生機率極低的大規模事 件等級
地震力等級		0.25 m/s(0.10 m/s*)	0.50 m/s
性能 目標	主構架	損傷界限以下	安全界限以下
	減震構件	損傷界限以下	安全界限以下
	樓板加速度	5 m/s ²	10 m/s ²
	層間變位角	1/200 rad.	1/100 rad.
	層間速度	0.1 m/s	0.2 m/s
	頂部變位角	1/250 rad.	1/150 rad.

(資料來源：參考書目[7])

表 2-33 風等級對應減震性能目標之案例

外力等級		1 年內遭遇 1~2 次的 機率等級	建物存在期間遭遇 1 次的機率等級	發生機率極低的大 規模事件等級
基準風速等級		15 m/s	34 m/s	42.5 m/s
性能 目標	主構架	使用界限以下	損傷界限以下	安全界限以下
	減震構件	使用界限以下	損傷界限以下	安全界限以下
	層間變位角	1/20000 rad.	1/200 rad.	1/100 rad.
	頂部加速度	0.04 m/s ²	5 m/s ²	10 m/s ²

(資料來源：參考書目[7])

6. 種類

被動減震結構係根據減震構件的類型與結構型式予以分類。

減震構件的類型有油壓阻尼器、黏滯阻尼器、黏彈性阻尼器、鋼材/摩擦阻尼器等 4 種 (如表 2-34)，其中部分類型是複合型的。

表 2-34 減震構件之類型

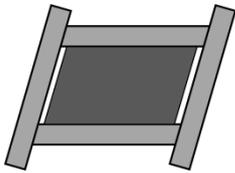
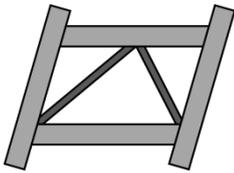
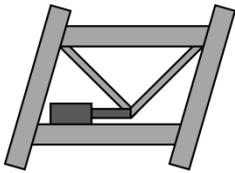
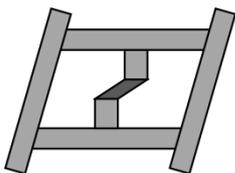
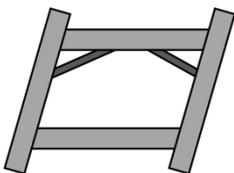
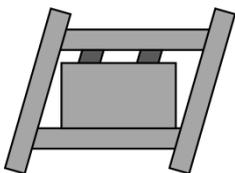
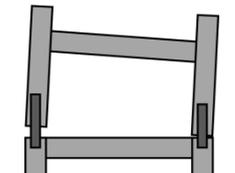
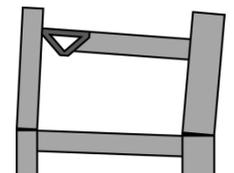
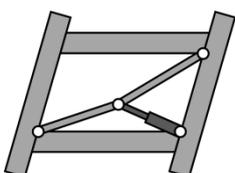
類型	鋼材阻尼器	摩擦阻尼器	油壓阻尼器	黏滯阻尼器	黏彈性阻尼器
歷時曲線					
動態特性	$F_d = K_d f(u_d)$	$F_d = K_d f(u_d)$	$F_d = C_d \dot{u}_d$	$F_d = C_d \dot{u}_d^\alpha$	$F_d = C_d(\omega) \dot{u}_d + K_d(\omega) u_d$
材料	鋼材	複合摩擦材、鐵氟龍、燒結金屬、金屬類	液壓油	高分子化合物	丙烯酸類、二烯類、瀝青類、苯乙烯類
基本原理	塑性變形	摩擦滑動	管路節流阻力	抗剪力、抗流動	抗剪力
形狀	圓筒型、面型	圓筒型	圓筒型	面型、多層型、圓筒型	圓筒型、面型
相依性	—	—	—	速度、溫度	頻率、位移、溫度
損傷界限	累積塑性變形	累積滑動距離	速度、液壓油溫度	速度	變形、疲勞
安全界限	破壞應變 累積塑性變形	變形衝程 累積滑動距離	變形衝程	變形衝程	變形衝程 極限疲勞界限
耐久性	塑性部位的塗裝剝離	與結構主體材料相同			

 F ：阻尼力 $K, K(\omega)$ ：勁度 $f(u)$ ：位移相依函數 \dot{u} ：速度 $C, C(\omega)$ ：阻尼係數 ω ：角頻率 u ：位移

(資料來源：參考書目[7])

同時，已經實際應用之減震構件的結構型式有直接接合型、間接接合型和其他型等 3 種(如表 2-35)。直接接合型係指減震構件與主構架的上下層直接連接，基本上層間變形可完全傳遞至減震構件，其具體型式包含斜撐型、壁型及 V 字撐型。間接接合型係指層間變形透過梁與垂直構件的撓曲變形傳遞，且因梁或垂直構件的撓曲變形導致減震構件的變形量小於層間變形量，其具體型式包含間柱型、隅撐型及接合部型。其他型係指具有可利用主構架之整體變形的機構或可放大層間變形的機構，其具體形式包含柱型、懸臂梁型及增幅機構型，其中，對於採用柱型的情況，建物高寬比高且容許發生拉力柱之情況可獲得較佳的減震效果，此情況又稱為踏柱型(Step Column)。

表 2-35 減震構件之結構型式分類

直接接合型	壁型	斜撐型	V字撐型
			
間接接合型	間柱型	隅撐型	接合部型
			
其他型	柱型	懸臂梁型	增幅機構型
			

(資料來源：參考書目[7])

減震構件的基本性能在於降低結構因動態外力作用而產生的反應，其性能必須透過實驗預先確認和驗證。

減震結構中，利用減震構件的黏性衰減耗能或塑性遲滯耗能以降低建物震動能量達到控制反應之效果，稱為黏性衰減機制或塑性遲滯機制。

(1) 利用黏性衰減機制

油壓阻尼器以液壓油作為材料，藉由管流中節流現象所產生的內部壓力作為阻尼力，該阻尼力主要與速度成正比，因此，其動態特性模型通常以具有固定阻尼係數特性的減震器(Dashpot)表示；此外，當阻尼力達到一定程度時啟動降低阻尼係數的釋放機構，使阻尼力-速度形成雙線性關係也是常見的作法，而油壓阻尼器的形狀主要為圓筒型。

黏滯阻尼器以高分子化合物作為材料，藉由材料的抗剪力作為阻尼力，或以

封裝填充材料的抗流動力作為阻尼力，該阻尼力主要與速度的指數冪成正比，其動態特性模型通常以非線性減震器表示。利用抗剪力原理的黏滯阻尼器的形狀主要分為面型、多層型及圓筒型；利用抗流動原理則主要為圓筒型。

(2) 利用同時具有勁度的黏性衰減機制

黏彈性阻尼器以丙烯酸類、二烯類、瀝青類及苯乙烯類化合物作為材料，類似積層橡膠的製作方式，將薄層黏彈性材料夾入鋼板之間，以其抗剪力作為阻尼力。黏彈性阻尼器具有黏性衰減機制且提供額外勁度，其阻尼力-位移遲滯曲線分為線形、變形軟化型及變形硬化型等3種，其動態特性模型通常以分數微分組成率(Fractional Derivative Constitutive)表示，或以組合彈簧與減震器的模型表示，描述速度與位移同時對應至阻尼力的關係。黏彈性阻尼器的形狀主要分為面型與圓筒型。

(3) 利用塑性遲滯機制

鋼材阻尼器以低降伏強度之鋼或鉛作為材料，藉由材料塑性化伴隨的遲滯能量消散形成等效阻尼力，另外還有利用金屬表面摩擦機制的摩擦阻尼器，其動態特性模型以非線性彈簧表示，描述位移對應至塑性遲滯阻尼力的關係。在利用塑性遲滯機制的阻尼器中，利用軸向降伏機制的通常為圓筒型；利用剪切降伏機制的通常為面型。

7. 要求事項

該手冊為參考性質並無強制性，因此雖有試驗法卻無對應的要求事項，手冊使用者須依工程案件需求自行訂定要求事項。

8. 試驗法

(1) 黏滯阻尼器

描述黏滯阻尼器動態特性所使用的方程式和參數必須被設定，同時也應確定性能確認試驗的計算方法，此外，還應適當評估各種因素的相依性和耐久性。

a. 材料試驗

黏滯阻尼器的製作材料主要分為鋼材與做為填充材使用的黏性材料，其中，鋼材使用標準規格製品，黏性材料的相關材料試驗項目以表 2-36 為案例說明。

表 2-36 黏滯阻尼器材料試驗

試驗項目	試驗內容	試驗方法	備註
物理性質	動黏度	旋轉式黏度計（基準溫度）	檢查批次依各公司規定
	外觀	目視檢查顏色與異物	
	其他	依各公司規定	
化學性質	閃點	根據 JIS K 2265(2003)確認規格值	
	其他	依各公司規定	

（資料來源：參考書目[7]）

b. 衰減性能確認試驗

從阻尼力與變位的歷時曲線中讀取第 3 次循環中最大速度對應的阻尼力作為黏滯阻尼器的試驗結果，比較試驗值與阻尼力設計值之差異並確認結果是否符合容許值範圍，此外，由於抗剪力原理產生的阻尼力具有溫度相依性，因此試驗時應記錄室內溫度和黏性材料試體的溫度，之後再換算成基準溫度（20℃）下的值進行評估。黏滯阻尼器的性能試驗項目、試驗方法及評估方法因類型不同而有所差異，表 2-37 為其中一種案例表示，圖 2-5 則為歷時曲線模型與評估值計算方法。

歷時曲線			
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 1.0$
評估值	<p>阻尼力：$F_d = (F_{d,max} + -F_{d,max})/2$</p> <p>循環 1 次所吸收的能量：$E_d = 4e^{-0.24\alpha} \cdot F_{d,max} \cdot u_{d,max}$</p> <p style="text-align: center;"> $\left(\begin{array}{l} \alpha = 0 : E_d = 4 \cdot F_{d,max} \cdot u_{d,max} \\ \alpha = 1 : E_d = \pi \cdot F_{d,max} \cdot u_{d,max} \end{array} \right)$ </p>		

圖 2-5 歷時曲線模型與評估值

(資料來源：參考書目[7])

表 2-37 黏滯阻尼器衰減性能確認試驗

分類	基本性能項目	試驗方法	試驗內容與評估方法
1.基本特性	阻尼力	根據設計頻率，採用最大振幅或最大速度條件，以正弦波方式進行3次以上循環載重，過程中量測水平位移與阻尼力。 ^{**}	a.試驗裝置：單軸向載重試驗機 b.試體：以實尺寸試體為原則 c.試驗條件：設計條件（頻率、最大振幅或最大速度）或基準條件 d.評估方法：比較設計值與第3次循環下最大速度對應之阻尼力試驗值；然而，通常抗剪力型應考慮溫度相依性，將試驗值換算至基準溫度（20℃）下再進行比較。
2.各種相依性	(1)頻率相依性	在基本特性的試驗方法中，固定速度或振幅，變化頻率。 ^{**}	a.試驗裝置：單軸向載重試驗機或小型黏性剪切試驗機 b.試體：實尺寸試體或縮尺試體 c.試驗條件：頻率作為參數，調整振幅以使最大速度維持固定。 d.評估方法：求得阻尼力隨頻率變化之關係。
	(2)速度相依性	在基本特性的試驗方法中，固定頻率，變化振幅；或者固定振幅，變化頻率。 ^{**}	a.試驗裝置：單軸向載重試驗機或小型黏性剪切試驗機 b.試體：實尺寸試體或縮尺試體 c.試驗條件：最大速度作為參數，調整振幅以使頻率維持固定；或調整頻率以使振幅維持固定。 d.評估方法：求得阻尼力隨速度變化之關係。
	(3)位移振幅相依性	在基本特性的試驗方法中，固定頻率或速度，變化振幅。 ^{**}	a.試驗裝置：單軸向載重試驗機 b.試體：實尺寸試體 c.試驗條件：最大振幅作為參數，調整頻率以使最大速度維持固定。 d.評估方法：求得阻尼力隨位移振幅變化之關係。
	(4)溫度相依性	在基本特性的試驗方法中，試體的周圍以絕熱材料覆蓋並透過加熱和冷卻使試體溫度變化，應根據1整年的氣溫變化進行測試。 ^{**}	a.試驗裝置：單軸向載重試驗機或小型黏性剪切試驗機 b.試體：實尺寸試體或縮尺試體 c.試驗條件：溫度為參數，調整頻率或振幅以使最大速度維持固定。 d.評估方法：求得阻尼力隨溫度變化之關係。
3.其他 (特殊試驗)	(1)反覆承載性	根據基本特性的試驗方法	a.試驗裝置：單軸向載重試驗機 b.試體：以實尺寸試體為原則 c.試驗條件：設計振幅與循環次數 d.評估方法：比較第3次循環與設計循環次數下的阻尼力；然而，考慮溫度上升對抗剪力型的影響，試驗值應換算至基準溫度（20℃）下再

分類	基本性能項目	試驗方法	試驗內容與評估方法
			進行比較。
	(2)經年變化性	熱劣化加速試驗	a.試驗裝置：旋轉式黏度計 b.試體：黏性材料試體 c.試驗條件：100,150℃ d.評估方法：阿瑞尼斯方程式(Arrhenius Equation)
	(3)耐火性	耐火試驗	a.試驗裝置：耐火爐 b.試體：黏性材料試體 c.試驗條件：根據 JIS K 2265 (2003)加熱至 350℃ d.評估方法：確認閃點
	(4)耐熱性	熱分解試驗	a.試驗裝置：差熱天平 b.試體：黏性材料試體 c.試驗條件：加熱至 350℃ d.評估方法：量測重量變化
	(5)溫度穩定性 不包含溫度相依性	耐熱黏度特性試驗	a.試驗裝置：旋轉式黏度計 b.試體：黏性材料試體 c.試驗條件：30~200℃之間進行加熱和冷卻 d.評估方法：量測加熱前的黏度與冷卻後的黏度變化
	(6)耐候性	臭氧劣化試驗或耐候性試驗（日光炭弧燈式試驗）	a.試驗裝置：臭氧槽 b.試體：黏性材料試體 c.試驗條件：根據 JIS K 6259 (2003)規定之臭氧濃度、溫度及試驗時間 d.評估方法：量測黏度變化
	(7)耐水性	浸水試驗	a.試驗裝置：水槽 b.試體：黏性材料試體 c.試驗條件：根據 JIS K 6258 (2003)規定之溫度及試驗時間 d.評估方法：量測重量變化

(資料來源：參考書目[7])

**確認加振波的波形是否正確。

(2) 黏彈性阻尼器

描述黏彈性阻尼器動態特性所使用的方程式和參數必須被設定，同時也應確定性能確認試驗的計算方法，此外，還應適當評估各種因素的相依性和耐久性。

a. 材料特性

黏彈性阻尼器所使用的黏彈性材料應依表 2-37 實施其特性確認試驗。

b. 性能確認試驗

表 2-37 中包含性能確認試驗所考慮的條件、試驗項目、試驗方法及試驗結果評估等，以下針對表 2-37 中的試體形狀和黏彈性阻尼器特性參數的計算方法進行解說。此外，正弦波加振試驗過程中必須量測試體的實際位移，以確認其位移係依照理論的正弦波波形予以加振而產生，其驗證方式，係將試體位移增量除以時間增量以得到速度；此外，當加振的位移偏離正弦波時，也可考慮採用下述(b)的方法處理。

(a) 試體形狀

基本上最好使用實尺寸阻尼器進行各種評估，然而，實際上阻尼器的試驗溫度控制可能非常困難，而且速度控制範圍也有其限制，若使用實尺寸阻尼器有困難，則可使用下列試體替換。

圖 2-6 和圖 2-7 顯示評估用黏彈性材料的典型試體形狀，圖 2-6 為單面剪切試體；圖 2-7 則為雙面剪切試體，儘管單面剪切試體的構造簡單且易於製作，但由於不對稱的緣故，當兩側平板的勁度不足時，黏彈性材料可能會順著剪切方向傾斜，因此，對於特別容易造成影響的動態載重試驗，最好使用圖 2-7 的雙面剪切試體。

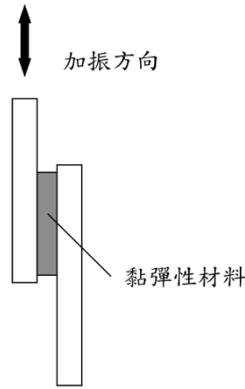


圖 2-6 單面剪切試體

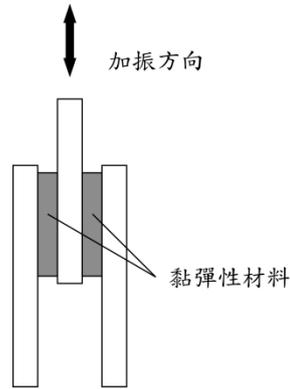


圖 2-7 雙面剪切試體

(資料來源：參考書目[7])

(b)黏彈性阻尼器特性參數的計算方法

基於正弦波的位移輸入，各特性公式如式(2-5)至(2-7)所示：

$$K'_d = \frac{F_d(u_{d,max})}{u_{d,max}} = \frac{A_s}{d} G' \quad (2-5)$$

其中， K'_d 為阻尼器之等效勁度； $F_d(u_{d,max})$ 為阻尼器達到最大位移 $u_{d,max}$ 時所發揮之阻尼力； d 與 A_s 為黏彈性材料試體之厚度與剪切斷面積； G' 則為黏彈性材料的儲存剪切模數。採用角頻率 ω 之正弦波為加振波形時，等效阻尼係數 C_d 與等效阻尼比 h_d 之計算如下：

$$C_d = \frac{\Delta W}{\pi \omega u_{d,max}^2} \quad (2-6)$$

$$h_d = \frac{\Delta W}{4\pi W} \quad (2-7)$$

其中， ΔW 為阻尼器 1 次完整循環所做的功； W 則為最大位移 $u_{d,max}$ 時所對應之應變能。

經由黏彈性材料的剪切變形得到歷時曲線，由試驗開始起算，第 1 象限部分為半波 1；第 4 和第 3 象限部分為半波 2；第 2 和第 1 象限部分則為半波 3 (圖 2-8)。基本上，根據半波 2 和半波 3 評估等效勁度 K'_d 、等效阻尼係數 C_d 、等效阻尼比 h_d 或材料儲存剪切模數 G' 和 h_d 。

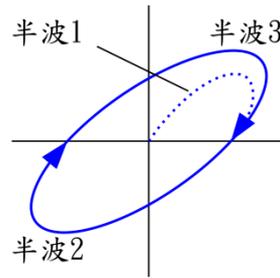


圖 2-8 半波 2 與半波 3 之定義

(資料來源：參考書目[7])

(c) 活化能計算方法

通常橡膠類黏彈性材料的力學特性會隨時間劣化，由化學動力學理論可知其時間與溫度之換算關係是成立的，因此可以藉由短時間內的熱加速試驗結果預測常溫下的長期變化，以下為化學動力學理論的阿瑞尼斯方程式：

$$k = Ae^{-E/RT} \quad (2-8)$$

其中， k = 反應速率常數 (時間⁻¹)； A = 指前因子； E = 活化能(J/mol)； R = 氣體常數(= 8.314(J/mol/K))； T = 絕對溫度(K)。由於反應時間 t 是上式 k 的倒數，因此式(2-8)可以轉換如下：

$$\ln t = \frac{E}{RT} - \ln A \quad (2-9)$$

針對黏彈性材料某種特性的變化，其發生變化的溫度 T 與時間 t 可透過試驗獲得，以 $\ln t$ 為縱座標， $1/T$ 為橫坐標，將試驗結果繪製於圖上即得阿瑞尼斯曲線，並藉由計算斜率 E/R 以獲得活化能 E 。由於實際環境溫度 T_0 配合時間 t_0 所發生的變化等於加速溫度 T_y 配合時間 t_y 之變化，因此可由式(2-9)得到式(2-10)：

$$\ln \frac{t_0}{t_y} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_y} \right) \quad (2-10)$$

其中， T_0 = 環境溫度(K)； t_0 = 環境溫度下的反應時間 (時間)； T_y = 加速試驗溫度(K)； t_y = 加速試驗溫度下的反應時間 (時間)。由式(2-10)可知，已知活化能 E 時，可藉由熱加速試驗預估長期變化。

表 2-38 黏彈性阻尼器性能確認試驗

分類	基本性能項目	試驗方法	確認項目
1.基本特性 動態剪切特性	(1)歷時曲線 (2)儲存剪切模數 G' (3)等效阻尼係數 h_d (4)損失係數 η (如有必要)	動態載重試驗 條件例：溫度 20°C 頻率 0.2Hz 應變振幅 50%	a.試驗裝置 動態試驗裝置 b.試體 使用雙面剪切試體 ($A_s/d = 1000\text{mm}$ 以上、 $L/d = 10$ 以上) c.評估方法 原則上根據半波 2 和半波 3 的歷時曲線評估 G' 與 h_d (並記錄對應的循環數), 最好顯示循環 10 次以上的歷時曲線。
靜態剪切特性	(5)黏著強度 (6)應變界限	單方向載重試驗 條件：溫度 10°C 速度 50mm/分	a.試驗裝置 單方向拉伸試驗裝置 b.試體 使用單面剪切試體或雙面剪切試體 ($A_s = 25 \times 25 \sim 50 \times 50\text{mm}$, $d = 5\text{mm}$ 以下) c.評估方法 記錄剪切強度、破壞應變及破壞狀況
2.各種相依性	應變、頻率及溫度相依性 歷時曲線 動態剪切模數 G' 等效阻尼係數 h_d 損失係數 η (如有必要)	動態載重試驗 應變振幅範圍 20~200% 頻率範圍 0.2~3.0Hz 溫度範圍 10~30°C	a.試驗裝置 動態試驗裝置 b.試體 使用雙面剪切試體 ($A_s/d = 1000\text{mm}$ 以上、 $L/d = 10$ 以上) c.評估方法 原則上根據半波 2 和半波 3 的歷時曲線評估 G' 與 h_d (並記錄對應的循環數), 最好顯示循環 10 次以上的歷時曲線。
3.疲勞	疲勞曲線 (維持初始性能的 70%以上)	動態載重試驗 條件：溫度 20°C 頻率 0.3Hz 應變振幅根據使用範圍 決定	a.試驗裝置 動態試驗裝置 b.試體 使用雙面剪切試體 ($A_s/d = 1000\text{mm}$ 以上、 $L/d = 10$ 以上) c.評估方法 根據地震大小決定循環次數， 大地震 ≤ 10 循環 暴風 ≤ 1000 循環 日常風 ≤ 1000000 循環 (允許推測)

分類	基本性能項目	試驗方法	確認項目
4.經年變化性	阿瑞尼斯方程式之推估 動態剪切模數 G' 的維持率 等效阻尼係數 h_d 的維持率 損失係數 η 的維持率(如有必要)	動態載重試驗 條件例：溫度 20°C 頻率 0.2Hz 應變振幅 50%	a.試驗裝置 動態試驗裝置 b.試體 使用雙面剪切試體 ($A_s/d = 1000\text{mm}$ 以上、 $L/d = 10$ 以上) c.評估方法 原則上根據半波 2 和半波 3 的歷時曲線評估 G' 與 h_d (並記錄對應的循環數), 確認每次循環下之維持率。
5.耐水性	動態剪切模數 G' 的維持率 (剪切破壞試體之破壞強度的維持率(%))和破壞應變的維持率(%)) 浸漬方法請參考 JIS K 6258:2003「硫化橡膠及熱塑性橡膠-耐液性測定」	動態載重試驗或單方向拉伸試驗 條件例：溫度 20°C 頻率 0.2Hz 應變振幅 50%	a.試驗裝置 動態試驗裝置或單方向拉伸試驗裝置 b.試體 使用雙面剪切試體或單面剪切試體 c.評估方法 原則上根據半波 2 和半波 3 的歷時曲線評估 G' 與 h_d (並記錄對應的循環數), 確認每次循環下之維持率。
6.耐火性	軟化點或分解起始溫度 燃燒產生之氣體量	燃燒試驗	a.試驗裝置 燃燒試驗裝置 b.試體 黏彈性材料試片 c.評估方法 在 700°C 燃燒之下確認軟化點或分解起始溫度, 同時確認產生之氣體量。
7.耐候性	動態剪切模數 G' 的維持率 (剪切破壞試體之破壞強度的維持率(%))和破壞應變的維持率(%)) 評估方法(臭氧劣化與耐候性試驗方法) 參考 JIS K 6259 等規定	動態載重試驗或單方向載重試驗 條件例：溫度 20°C 頻率 0.2Hz 應變振幅 50%	a.試驗裝置 動態試驗裝置或單方向拉伸試驗裝置 b.試體 使用雙面剪切試體或單面剪切試體 c.評估方法 原則上根據半波 2 和半波 3 的歷時曲線評估 G' 與 h_d (並記錄對應的循環數), 確認每次循環下之維持率。

(資料來源：參考書目[7])

(3) 鋼材阻尼器

描述鋼材阻尼器動態特性所使用的方程式和參數必須被設定，同時也應確定性能確認試驗的計算方法，此外，還應適當評估各種因素的相依性和耐久性。

為了確認鋼材阻尼器的基本力學性能，必須使阻尼器中作為吸收能量使用的鋼材達到塑性化，即必須使產品發生永久變形，此外，塑性變形的經歷也會對阻尼器造成一點疲勞損傷。為了充分確保產品的尺寸精度與能量吸收能力，實際上不可能直接使用準備出貨的產品進行性能試驗，因此，對於鋼材阻尼器，應經由以下檢查方式進行產品性能確認試驗：

- a. 使用與出貨產品相同製造方法與品質管理方法所製造之代表產品，確認該製造方法所得產品性能的代表值。
- b. 使用與實際出貨產品相同的鋼材（作為吸收能量使用之部分），經由材料試驗確認其機械性能與品質；對實際出貨產品實施尺寸檢查與非破壞性檢查。應確認前項代表產品之品質與出貨產品相同。

(a) 材料試驗

鋼材阻尼器中作為吸收能量使用的鋼材應通過表 2-39 之材料試驗確認其機械性能與品質，若試驗對象和試驗項目與鋼材製造商提供之材料品質證明書 (Mill Sheet) 一致，則允許以證明書之記載值代替。

表 2-39 鋼材阻尼器材料試驗

試驗項目	試驗內容	試驗方法	備註
1.化學成分	主要元素	符合材料認證所指定之方法或類似的 JIS 標準。	每生產批次
2.機械性能	降伏強度 YS(N/mm ²)、抗拉強度 TS(N/mm ²)、伸長率 EL(%)、衝擊吸收能量 (J)(Charpy Impact Value)等		每生產批次和板厚

(資料來源：參考書目[7])

(b) 衰減性能確認試驗

鋼材阻尼器基本性能之確認試驗如表 2-40 所示，考慮目前試驗裝置能力有限，故允許部分模型試驗使用縮尺試體取代實尺寸試體，惟對於使用縮尺試體之情況，因銲接凹槽之應力集中影響可能導致比例律(Scaling Law)不成立，或因螺栓接合形狀在物理上難以縮尺模擬之部位，對於需要確認的每個性能項目，必須慎重檢討縮尺試體的適用性。此外，在將鋼材阻尼器安裝至實際主構架上時，由於地震時主構架的水平變位會導致阻尼器安裝構件端部的撓曲變形，且長期載重亦會導致其軸向變形，某些情況下可能會嚴重影響鋼材阻尼器的性能，為此，在試驗計劃階段所採用的施力系統應考慮能夠反映阻尼器透過安裝構件連接至主構架上的實際行為，同時也須特別注意施加載重的方式。

表 2-40 鋼材阻尼器性能確認試驗

分類	基本性能項目	試驗方法	試驗內容與評估方法
1.基本特性	(1)歷時曲線 - 達到位移界限，主要位移振幅的歷時曲線。 (2)基本特性 彈性勁度 K_d 二次勁度 $p \cdot K_d$ 降伏強度 F_{dy} (3)位移界限（破壞模式）	漸增位移 反覆載重試驗（靜態）	a.試驗裝置： 考慮目前試驗裝置之能力，可採靜態試驗，採動態試驗更佳。 ※備註：當安裝構件承載之彎矩和軸力影響較大時，試驗必須能夠考慮其影響性。 b.試體： 產品的基準特性，特別是位移界限，應根據形狀和尺寸精準地確認，若可以滿足此條件，則部分試體可以使用縮尺試體。 c.基本特性： 若無法藉由材料特性與產品幾何形狀獲得產品基本特性，則必須藉由歷時曲線獲得。 d.界限位移： 位移界限定義為破壞或無法承受載重時的位移，當試驗裝置之能力無法清楚確定位移界限時，可以量測的位移量為位移界限。
2.各種相依性	(1)位移（應變）速度相依性	位移固定之反覆載重試驗	a.試驗裝置、試體： 考慮目前試驗裝置之能力，部分試體可以使用縮尺試體。 b.試驗條件： 根據安裝阻尼器之建物的動態特性（基本振動週期）與阻尼器產品的外觀形狀決定位移速度條件。
	(2)循環次數相依性	位移固定之反覆載重試驗（靜態/動態）	a.試驗裝置： 考慮試驗裝置之能力，可採靜態試驗。 b.試體： 部分試體可以使用縮尺試體。若可以對其變形機制進行模擬分析，則可以使用鋼材單體進行試驗。 ※備註：本試驗可兼作為疲勞試驗使用。
3.累積能量吸收能力	(1)疲勞曲線 （應變 - 破壞循環次數之關係） ※累積能量吸收能力的	位移固定之反覆載重試驗（靜態）	a.試驗裝置： 考慮目前試驗裝置之能力，允許採用靜態試驗，但實際情況可能為動態試驗。 b.試體：

分類	基本性能項目	試驗方法	試驗內容與評估方法
	最低限度可根據下列任一試驗確認： (a)疲勞曲線 (b)累積塑性變形量		試體的形狀與尺寸應能適當反映產品發生疲勞破壞的原因，特別針對部分試體允許使用替代性部材闡明疲勞破壞模式的情況，應使用可以適當反映破壞位置與破壞模式的試體。 c.試驗方法： 從小地震至設計考量等級地震之範圍，為了闡明阻尼器的疲勞行為，必須獲得破壞循環次數為數百次~5次所對應的位移(應變)振幅，才可確認設計考量位移振幅範圍內的疲勞曲線。關於破壞，應使用以下界限狀態之定義並敘明之： (a)發生破裂 (b)最大強度降低 ^{*1)} (c)能量吸收量減少 ^{*1)} (d)失去穩定的遲滯特性 ^{*1)} 取降低達到75%最大應力時為疲勞壽命 N_f 。
	(2)累積塑性變形量 ※已獲得(a)之疲勞曲線時可省略本性能試驗。	漸增位移 反覆載重試驗	a.試體、試驗條件等： 參考基本特性試驗，本試驗可兼作為基本特性試驗使用。
4.耐久性	—	—	a.試驗條件等： 未執行本試驗。 ∴透過塗裝等防鏽處理可以維持其性能，惟對於使用中產品，塗裝可能於塑性化後剝落，因此有必要根據使用環境進行塗裝修補。
5.耐火性	—	—	a.試體、試驗條件等： 未執行本試驗。 ※備註：一般火災情況下鋼材特性會因受熱而改變，故此處係以火災後必須更換阻尼器為前提。

(資料來源：參考書目[7])

9. 性能試驗確認項目

製造商對其製造的減震構件，在出貨前應先進行自主性的性能確認試驗以檢核產品性能，施工廠商則根據設計文件或製作要領書所規定的檢查率進行現場檢查以確認品質，原則上，結構設計者根據檢查報告書確認品質，必要時進行現場試驗以確認性能。

性能檢查可以採取抽查或全數檢查的方式實施，若採取抽查，原則上則須根據設計文件所規定之抽查率實施。關於試驗條件、試驗項目及合格判定方法，必須充分掌握設計文件與製作要領書並依相關規定實施，同時也應取得結構設計者和施工廠商的認可。

(1) 黏滯阻尼器

性能檢查可以採取抽查或全數檢查的方式實施，採取抽查時須根據結構設計者批准的抽查率實施。關於試驗條件，應與結構設計者商討確定頻率和振幅或速度。試驗項目中的阻尼力必須取歷時曲線第3次循環中最大速度對應的阻尼力，確認試驗值落在容許範圍內，並確認歷時曲線為平滑曲線。此外，由於抗剪力型具有溫度相依性，因此必須量測試驗時的氣溫，並將試驗結果換算至基準溫度 20℃ 下進行評估。表 2-41 顯示黏滯阻尼器之確認項目。

表 2-41 黏滯阻尼器之性能試驗確認項目

分類	基本性能項目	試驗方法與條件	確認項目
基本特性	阻尼性能 阻尼力 - 速度關係	加振試驗 頻率 振幅 速度 試驗場室溫	(a)歷時曲線（抵抗力 - 變形曲線）的平滑度 (b)阻尼力
各種相依性	若需要試驗，可參照手冊第 8 章黏滯阻尼器之設計		
再現性			

（資料來源：參考書目[7]）

(2) 黏彈性阻尼器

性能檢查可以採取抽查或全數檢查的方式實施，採取抽查時須根據結構設計者批准的抽查率實施。關於試驗條件，應與結構設計者商討確定頻率和振幅或速度。透過試驗量測等效阻尼係數與等效勁度，並與阻尼器之規格或管理值比較以確認性能。表 2-42 顯示黏滯彈性阻尼器之確認項目。對於採用新型設計或採用與過去實例不同形狀之設計的情況，必須預先製作原型(Prototype)試體並確認其基本特性。

表 2-42 黏彈性阻尼器之性能試驗確認項目

分類	基本性能項目	試驗方法與條件	確認項目
基本特性	(a)恢復力特性 (b)阻尼特性	使用雙面剪切試體進行剪切試驗 ($A_s/d = 1000\text{mm}$ 以上、 $L/d = 10$ 以上) 試驗條件(例) 溫度 20°C 、頻率 0.2Hz 、振幅 50%	(a)儲存剪切模數 G' [$= K'_d/(A_s/d)$] (b)損失係數 η [$= C_d \cdot \omega/K'_d$] h_d (如有必要)
各種相依性	若需要試驗，可參照手冊第 9 章黏彈性阻尼器之設計		
再現性			

(資料來源：參考書目[7])

(3) 鋼材阻尼器

一般而言，鋼材阻尼器的性能確認試驗與其他阻尼器不同，可以參照過去原型試驗結果，而材料機械性能也可透過材料品質證明書確認。對於採用新型設計或採用與過去實例不同形狀之設計的情況，必須預先製作原型試體或縮尺試體，然後確認恢復力特性、各種相依性及反覆承載性等性能，其性能確認項目可參照手冊第 10 章鋼材阻尼器之設計，結構設計者應於設計文件中說明試驗項目。

10. 維護管理

原則上應進行維護管理以維持減震構件之預期性能，在進行維護管理時，建物所有權人或建物管理者最好能從減震構件之製造商和管理公司取得明確的管理制度，具體而言，應制定維護管理計劃書，並依照計畫確認減震構件能夠發揮正常

功能，維護管理計劃書最好明確說明維護管理的目的、檢查位置、檢查時機、檢查項目及檢查後的處置方法。

遭受地震或其他外力干擾後，應對主體結構進行緊急檢查，緊急檢查實施與否取決於減震構件的設計標準，因此，設計者最好能夠預先設定需要執行緊急檢查的地震大小或風速等具體數值，然而，必須根據減震構件的特性實施檢查，並根據損傷程度決定是否修復或更換。尤其對於遭受近乎設計最大等級地震作用之情況，減震構件可能存在累積性的損傷，應經由緊急檢查確認減震構件是否仍處於界限值以下狀態，或者有無受到超出設計以外的損傷，並最好能夠對於是否進行修復或更換做出判斷；此外，即使減震構件尚未達到需要進行修復或更換之損傷程度，預計其他安裝構件也可能會受到影響，因此，最好能夠清楚呈現減震構件與主要結構之間的應力傳遞機制。維護管理計劃書必須明確指出減震構件的配置位置以及檢查路線等。即使減震構件在設計時已經假設能夠承擔建物存在期間所累積的損傷，但因減震構件的歷史尚短，大地震下減震構件的行為數據仍然缺乏，因此，一般認為緊急檢查是非常有必要的。原則上，緊急檢查應由專家執行，並由建物管理者陪同。各類型減震構件的維護管理內容不盡相同，以下根據減震構件類型各別介紹其維護管理方式。

(1) 黏滯阻尼器的維護管理

基本上黏滯阻尼器是不需要維護的，且原則上不需要進行例行性檢查，僅需要進行緊急檢查；但是，對於特殊使用環境之情況，應根據規定的頻率和項目實施維護管理。

表 2-43 黏滯阻尼器的檢查類別

檢查類別	時機	目的
緊急檢查	<ul style="list-style-type: none"> • 設計地震大小以上之地震 • 設計風速以上之風 • 火災 • 淹水 	確認超過設計考量之地震、風、火災及淹水是否對黏滯阻尼器之性能造成影響。

(資料來源：參考書目[7])

表 2-44 黏滯阻尼器（抗剪力型）的檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處置
	<ul style="list-style-type: none"> • 地震後：事前決定檢查構件位置 • 風、火災和淹水後：受損的構件 			
黏性材料滲漏	外觀	目視	黏性材料無滲漏	完成原因調查之後，與相關人員協商後續修復、更換或其他改善措施。
生鏽	抗剪力型本體	目視	無對性能有害的紅色鐵鏽或浮鏽	
損傷	外觀	目視	無裂損	
安裝構件	安裝構件之螺栓	目視	螺栓無鬆動	

（資料來源：參考書目[7]）

表 2-45 黏滯阻尼器（抗流動型）的檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處置
	受損的構件			
填充材料滲漏	外觀	目視	填充材料無滲漏	完成原因調查之後，與相關人員協商後續修復、更換或其他改善措施。
生鏽	抗剪力型本體	目視	無對性能有害的紅色鐵鏽或浮鏽	
損傷	外觀	目視	無裂損	
安裝構件	安裝構件之螺栓	目視	螺栓無鬆動	

（資料來源：參考書目[7]）

(2) 黏彈性阻尼器的維護管理

當黏彈性材料的耐久性明確時，原則上不需要進行定期檢查，僅需要進行緊急檢查；但是，對於重要建物或經建物所有權人同意之情況，可能需要進行例行性檢查或定期檢查。

表 2-46 黏彈性阻尼器的檢查類別

檢查類別	時機	目的
緊急檢查	<ul style="list-style-type: none"> • 設計地震大小以上之地震 • 設計風速以上之風 • 火災 • 淹水 	確認超過設計考量之地震、風、火災及淹水是否對黏彈性阻尼器之性能造成影響。

（資料來源：參考書目[7]）

表 2-47 黏彈性阻尼器的檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處置
損傷	外觀	目視	無裂損	完成原因調查之後，與相關人員協商後續修復、更換或其他改善措施。
滲漏或剝落	黏彈性材料	目視	黏彈性材料無滲漏或剝落	
生鏽	鋼板	目視	無對性能有害的紅色鐵鏽或浮鏽	
鬆脫	兩端安裝構件之螺栓	目視	螺栓無鬆動（標記移動）	

（資料來源：參考書目[7]）

(3) 鋼材阻尼器的維護管理

原則上，在正常環境下使用可省略定期檢查，但在特殊環境下使用則須依規定的頻率與項目實施檢查。在遭受地震、風、火災或淹水等災害侵襲後應實施緊急檢查以確認是否影響鋼材阻尼器之性能，此外，設計鋼材阻尼器時應根據外力等級設定對應的檢查等級與項目。

表 2-48 鋼材阻尼器的檢查類別

檢查類別	時機	目的
緊急檢查	與設計者協商後決定。 <ul style="list-style-type: none"> • 設計地震大小以上之地震 • 設計風速以上之風 • 火災 • 淹水 	在遭受超過設計考量之地震、風、火災或淹水等災害侵襲後實施以確認是否影響鋼材阻尼器之性能

（資料來源：參考書目[7]）

表 2-49 鋼材阻尼器的檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處置
變形和損傷	安裝構件*	目視	無裂損	完成原因調查之後，與相關人員協商後續修復或其他改善措施。
	阻尼器*	目視和量測	無裂損	完成原因調查之後，

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處置
			不得超過足以降低性能之累積損傷	與相關人員協商後續修復、更換或其他改善措施。

*最好選在因外力作用而產生較大應力與變形的地方。

(資料來源：參考書目[7])

四、日本：Buckling-Restrained Braces and Applications

日本免震構造協會出版之「Buckling-Restrained Braces and Applications」[8]說明介紹挫屈束制斜撐發展歷史、設計原理與組成、試驗制度與應用。在日本，挫屈束制斜撐被用作遲滯型阻尼器，並獲得日本建築中心(The Building Center of Japan, BCJ)承認，試驗制度係作為供應商資格預審的一部分，以下說明。

1. 要求事項

試體應與實際專案由同一製造商使用相同程序製造，且試體不得小於實際尺寸的 1/2。

2. 試驗法

試驗目的為確認挫屈束制斜撐的基本反應特性、穩定性和累積能量消散能力。

(1) 逐漸增加循環載重試驗

以核心應變（軸向變形除以降伏長度） ε 為 0.5%、1.0%、2.0%與 3.0%的組成，每個振幅進行 2 到 3 個循環以確認不發生循環退化，而後進行 2.0%或 3.0%應變的疲勞測試直到斷裂。

(2) 初始面外位移之逐漸增加循環載重試驗

前項試驗中至少有一個應變應該包括初始的面外位移，以確認面外的穩定性，對應設計地震的典型準則，建議初始面外層間位移角採以 1.0%。挫屈束制斜撐隔板通常提供全深度邊緣或中心加強筋和固定端橫梁，以便保守地捕捉試驗

台的邊界條件。

(3) 恆定振幅循環載重試驗

至少應進行 3 個等幅振動試驗才能發生破壞，以振幅設定為最大限度應變，一個較低值（由試驗時間的實際值決定）和一個中等振幅。

3. 驗收標準

- (1) 在逐漸增加循環載重試驗中，有無面外位移；遲滯迴圈必須穩定，除了插銷或螺栓滑動外無循環衰減；最大壓力與最大拉力的比值 β 應小於 1.2。
- (2) 在所有試驗中，連結件應保持穩定，束制單元無挫屈，挫屈束制斜撐應保持承載能力直到疲勞引致斷裂。
- (3) 每種 BRB 類型，藉由最少三個不同塑性軸向應變振幅之恆定振幅循環載重試驗，獲得穩定的疲勞曲線，該曲線用於建構疲勞曲線，並確認整個結構使用期間的剩餘累積循環變形能力。

五、美國：ASCE/SEI 7-16

1. 適用範圍

ASCE 7-16 第 18 章含消能系統結構耐震設計要求 (Seismic Design Requirements for structures with Damping Systems)[9]規定含消能系統的結構與其相關部分之設計建造，當消能元件使用在隔震結構的隔離介面上時，則須依循該規範隔震結構耐震設計要求專章規定。

2. 種類

該規範定義消能元件為消能系統中之彈性結構構件，可消散元件兩端相對運動引起的能量，包含所有的插銷、螺栓、角隅接合板、支撐延伸部分，以及將消能元件連結到結構其他構件所需之其他部件。消能元件分為位移型、速度型或組复合型，且可被配置為以線性或非線性方式作動。位移型消能元件的力反應主要是元件兩端之間相對位移的函數，該反應基本上與每個元件和/或激振頻率之間的

相對速度無關。速度型消能元件的力與位移關係主要是元件兩端之間相對速度的函數，亦是元件兩端之間相對位移的函數。

3. 要求事項

(1) 消能元件的設計、構造與安裝應基於最大考量地震力地表運動的反應與以下所有情況：

- a. 由地震引起的低循環、大位移劣化
- b. 由風、溫度或其他循環載重引起的高循環、小位移劣化
- c. 重力負載引起的力或位移
- d. 由腐蝕或磨損，生物分解，潮濕或化學暴露引起元件部件的黏著
- e. 暴露於環境條件下，包括但不限於溫度、濕度、潮濕、輻射（如紫外線）與具反應性或腐蝕性物質（如鹽水）。

(2) 材料

於滑動面使用冷銲接接合兩金屬的消能元件應禁止用於消能系統中。

4. 試驗法

(1) 實體試驗

消能元件標稱設計特性所假設的力-速度-位移關係與消能特性，應經過實體試驗進行確認，或依據已試驗過的相似元件試驗結果進行設計。實體試驗應按照以下的順序分別施作於設計中各種類型與尺寸之消能元件各兩組實尺寸試體。只要符合以下兩個條件，消能元件之各類型代表性尺寸試體可選用作原型測試：1) 用於結構物上各種類型與尺寸的消能元件所採取的製程與品質控制程序均相同；2) 代表性尺寸的原型測試經專業技師審查通過。

非經專業技師同意且試體符合實體試驗與性能保證試驗的要求，否則試體不得用於建築物上。

對於地震試驗，應使用最大考量地震地表運動下計算所得之消能元件的位

移，在此稱為元件最大位移。

a. 風力試驗

每一消能元件應加載至設計風暴所預期之循環次數，但不得少於 2000 次連續完全反覆之風載循環週數，風載應在設計風暴所預期之振幅範圍內且以等於建築物基本週期之倒數($1/T_1$)的頻率進行加載。可使用具代表性設計風暴之交替加載協議，將總位移量分配到其預期的靜態、擬動態和動態分量上。若消能元件不承受風力引致之受力或位移，或設計風力小於消能元件降伏力或滑動力，則無需進行此試驗項目。

b. 基本頻率試驗

每一消能元件應在環境溫度下，以 $1/(1.5T_1)$ 之頻率進行以下一系列完全反覆之正弦波循環加載。

- (a) 以相當於最大考量地震作用下元件位移量之 0.33 倍進行 10 次完全反覆循環。
- (b) 以相當於最大考量地震作用下元件位移量之 0.67 倍進行 5 次完全反覆循環。
- (c) 以相當於最大考量地震作用下元件位移量之 1 倍作進行 3 次完全反覆循環。
- (d) 進行前項試驗(c)時，當消能元件的出力小於最大考量地震下的出力時，應以產生等於或大於最大考量地震力的頻率再次進行前項試驗(c)。

c. 溫度試驗

若消能元件的特性會因操作溫度的不同而有差異時，則至少在一元件上，於設計溫度範圍內額外增加最少兩種操作溫度（最小、最大）下，進行基本頻率試驗。若下列條件滿足，消能元件可由其他替代方法進行測試：

- (a) 所提試驗方法須與此循環試驗要求相似。
- (b) 所提試驗方法須能反映消能元件在環境溫度、不同載重頻率與試驗時溫度升

高之效應。

(c)所提試驗方法須經由專業技師審查通過。

d. 頻率試驗

若測試頻率從 $1/(1.5T_1)$ 變化到 $2.5/T_1$ 之條件下，消能元件在任何位移小於或等於元件最大位移時的力與變形性質之變動超過 15%時，則前述基本頻率試驗項目(a)到(c)應在 $1/T_1$ 到 $2.5/T_1$ 之頻率下再測試。應注意的是，速度型消能元件並非在此項試驗中被定性為頻率相依性。

若因試驗機的限制無法進行實尺寸動態試驗，於縮尺試體和測試協議的設計中使用比例原則與相似性，則可使用縮尺試體驗證消能元件速率相依之性能。

(2) 性能保證測試

在消能元件安裝到建築物前，應進行性能保證測試。試驗計畫應由專業技師訂定，藉由 $1/(1.5T_1)$ 的頻率在 0.67 倍最大考量地震力作用下之衝程進行三個迴圈以驗證標稱特性。

若可透過其他方法顯示產品消能元件特性符合專案規範的要求，則不須進行該測試程序。在這種情況下，專業技師應制定替代方案以確保安裝的消能元件的品質，該替代方案應包括對各種類型與尺寸至少一個消能元件進行產品測試，除非已經針對相同元件類型與尺寸進行特定項目的實體試驗。在試驗過程中，發生非彈性作用或破壞的消能元件不得用於結構物。

5. 檢驗規則

(1) 實體試驗

若以下所有條件皆符合，則消能元件原型的性能可視為達到要求。若分析證明提高限制值對結構反應並無有害影響，下列內容規定的 15%限制可由專業技師提高。

a. 位移型消能元件

- (a) 在風力試驗中，無損壞跡象包含洩漏、降伏或破壞。
- (b) 在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，於規定的頻率與溫度下，一消能元件在任一循環中於零位移所對應之最大、最小出力與所有循環於零位移所對應最大、最小出力的平均值之差異不得超過 15%。
- (c) 在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，於規定的頻率與溫度下，一消能元件在任一循環中於元件最大位移所對應之最大、最小出力與所有循環於元件最大位移所對應最大、最小出力的平均值之差異不得超過 15%。
- (d) 在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，於規定的頻率與溫度下，一消能元件在任一循環之遲滯迴圈(E_{loop})面積與所有循環之平均遲滯迴圈面積之差異不得超過 15%。
- (e) 在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，每一試驗於零位移和最大位移所對應之平均最大、最小出力、及遲滯迴圈之平均面積，與專業技師規定的目標值之差異不得超過 15%。
- (f) 在基本頻率試驗第 3 項試驗中，於零位移和最大位移所對應之平均最大、最小出力、及遲滯迴圈之平均面積，均應落在專業技師規定之限制內，如標稱特性和專業技師規定之容許公差 λ 因子($\lambda_{spec,max}$ 與 $\lambda_{spec,min}$)。
- (g) 試驗結果所得消能單元之試驗 λ 因子不應超過專業技師所規定的值。

b. 速度型消能元件

- (a) 在風力試驗中，無損壞跡象包含洩漏、降伏或破壞。
- (b) 對於具有勁度之速度型消能元件，在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，於規定的頻率與溫度下，一消能元件在任一循環中之有效勁度與所有循環之平均有效勁度之差異不得超過 15%。
- (c) 在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，於規定的頻率與溫度下，一消能元件在任一循環中於零位移所對應之最大、最小出力與所有循環於零位移所

對應最大、最小出力的平均值之差異不得超過 15%。

(d) 在基本頻率試驗、溫度試驗、頻率試驗中，於規定的頻率與溫度下，一消能元件在任一循環之遲滯迴圈(E_{loop})面積與所有循環之平均遲滯迴圈面積之差異不得超過 15%。

(e) 在基本頻率試驗第 3 項試驗中，於零位移所對應之平均最大、最小力、有效勁度（如消能元件具有勁度）、及遲滯迴圈之平均面積，均應落在專業技師規定之限制內，如標稱特性和專業技師規定之容許公差 λ 因子($\lambda_{spec,max}$ 與 $\lambda_{spec,min}$)。

(f) 試驗結果所得消能單元之試驗 λ 因子不應超過專業技師所規定的值。

(2) 性能保證測試

試驗所得標稱特性的量測值應落在專案規範規定的限制中，這些限制應與專業技師所規定標稱設計特性的容許公差相符。

六、美國：ANSI/AISC 341-16

美國鋼結構協會明確規範鋼結構地震力抵抗系統中構件與連接件之設計、製造與安裝，其中系統包含了彎矩框架系統、斜撐與剪力牆系統、複合式彎矩系統、複合式斜撐與剪力牆系統。本小節將針對抗挫屈束制系統之要求、實驗條件與合格標準加以說明。

1. 要求事項

(1) 裝配

斜撐是由結構用鋼芯與挫屈束制系統所組成。

a. 鋼芯

鋼芯使用的厚度為 2in (50mm) 或更厚的鋼板應滿足該規範 A3.3 節的最小缺口韌性要求。

不允許鋼芯搭接。

b. 挫屈束制系統

挫屈束制系統應由鋼芯的套筒組成。在穩定性計算中，梁、柱以及與鋼芯連接的角隅接合板均視為該系統的一部分。

挫屈束制系統在預期的變形下應限制局部和整體挫屈。

(2) 有效強度

鋼芯的設計應能抵抗斜撐的整個軸向力。斜撐軸向設計強度 $\phi P_{y_{sc}}$ (LRFD)，以及斜撐容許軸向強度 $P_{y_{sc}}/\Omega$ (ASD)在抗拉與抗壓上，應依據降伏之限制狀態下，定義為：

$$P_{y_{sc}} = F_{y_{sc}} A_{sc} \quad (2-11)$$

$$\phi = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad \Omega = 1.67 \text{ (ASD)}$$

其中， A_{sc} = 鋼芯降伏段的斷面積 $\text{in}^2(\text{mm}^2)$ ； $F_{y_{sc}}$ = 鋼芯規定最低降伏應力，或試片測試所得到的鋼芯真實降伏應力 $\text{ksi}(\text{MPa})$ 。

(3) 相似性證明

根據該規範 K3 試驗章節的程序和驗收標準，斜撐的設計應基於合格的循環測試結果。合格的試驗結果應至少包括 2 次成功的循環試驗：一個是斜撐子構件的測試，該子構件應符合該規範 K3.2 節的斜撐連接轉動要求；另一個應符合該規範 K3.3 節的單軸或子構件測試。兩種測試類型都應符合以下之一：

- a. 在其他項目的研究或記錄測試報告中的測試
- b. 專為該項目進行的測試

內差或外插不同構件尺寸的試驗結果應通過理論分析來證明該分析應力分佈和內部應變的大小與被測組件相互一致或比其輕微，並且考慮了材料性質變化的不利影響。外插測試結果應基於鋼芯和挫屈束制系統尺寸的類似組合。當符合該規範 K3 節規範時，允許測試來證明設計合格。

(4) 銲接檢查和非破壞檢測

銲接檢查和非破壞檢測應滿足該規範和 AWS D1.8 / D1.8M 之要求。

2. 挫屈束制斜撐循環測試驗證

(1) 目標

本節包括單個挫屈束制斜撐和挫屈束制斜撐子構件進行合格循環測試的要求。測試單個斜撐的目的是為了證明挫屈束制斜撐滿足強度和非彈性變形的規定要求；也可確定相鄰元件的設計最大支撐力。測試斜撐子構件的目的是為證實斜撐設計能夠滿足與設計相關的變形和旋轉需求。此外，子構件測試旨在證明子構件中的斜撐的遲滯行為與單個斜撐之單軸測試一致。

替代的測試要求得經工程師紀錄和具有管轄權的機構認可後批准。本節僅提供簡化測試條件的基本建議。

(2) 子構件測試樣本

子構件測試樣本應滿足下列要求：

- a. 用於提供子構件試件斜撐中非彈性旋轉角的機構應與原型相同。子構件試件斜撐的旋轉變形需求應等於或大於原型。
- b. 子構件試件中鋼芯的軸向降伏強度 $P_{y_{sc}}$ 應不小於原型的 90%，兩者的強度是以芯部面積 A_{sc} 乘以試片的降伏強度。
- c. 子構件試件斜撐的鋼芯橫截面形狀和方向應與原型中的斜撐相同。
- d. 應使用與原型相同的設計方法來設計子構件，以便比較子構件斜撐對於原型旋轉變形的需求。在穩定性計算中，連接核芯的梁、柱和角隅接合板應被視為該系統的組成部分。
- e. 原型接合設計的安全性、鋼芯的穩定性、整體挫屈和其他相關的子構件測試樣本斜撐結構細節（不包括角隅接合板），所計算的安全餘裕應等於或超過子構件測試樣本。

如果依照該規範 K3.3 節中要求的斜撐測試樣本驗證進行了測試（包括本節的子構件要求），則可以使用該規範 K3.3a (a) 節和本節要求之間較小之整體挫屈安全係數。

- f. 子構件測試樣本的橫向支撐應與原型中的側向支撐一致。
- g. 斜撐測試樣本和原型應按照相同的品質控制和保證流程和程序進行製造。

超出本節所述的限制是允許的，需由具有管轄權的主管部門進行合格的同行審查和批准。

(3) 斜撐測試樣本

斜撐測試樣本應盡可能接近實際相關設計、細節、原型的結構特徵和材料特性。

a. 斜撐測試樣本的設計

斜撐測試和原型應使用相同的設計方法。設計計算應至少需驗證以下要求：

- (a) 所計算之原型整體挫屈穩定性之安全餘裕應等於或超過斜撐測試樣本。
- (b) 所計算的斜撐測試樣本和原型的安全餘裕應考慮材料性能的變異，包括降伏和極限應力、極限伸長率和韌性。

b. 斜撐測試樣本的製造

斜撐測試樣本和原型應按照相同的品質控制和保證流程和程序進行製造。

c. 斜撐測試樣本和原型的相似性

斜撐測試樣本應符合下列要求：

- (a) 鋼芯的橫截面形狀和方向應與原型相同。
- (b) 斜撐測試樣本的鋼芯軸向降伏強度 P_{ysc} 應不小於原型的 30% 或不大於原型的 120%。
- (c) 斜撐測試樣本鋼芯與挫屈束制機構之間的分離材料和方法應與原型的相同。

超出本節所述的限制是允許的，需具備有管轄權的主管部門進行合格的同行

審查和批准。

d. 接合細節

斜撐測試樣本中使用的接合細節應盡可能地代表原型。

e. 材料

(a) 鋼芯

斜撐測試樣本的鋼芯應滿足下列要求：

- 斜撐測試樣本鋼芯的最小降伏應力應與原型相同。
- 斜撐測試樣本鋼芯材料降伏應力的測量值至少應為原型試片測試結果的 90%。
- 斜撐測試樣本鋼芯規定的最小極限應力和應變不得超過原型。

(b) 挫屈束制機構

用於斜撐測試樣本挫屈束制機構的材料應與原型中使用的材料相同。

f. 連結

測試樣本上的銲接、螺栓連接和插銷連結應盡可能接近原型。

(4) 載重歷程

每個循環應包括規定變形量對應的完全張力和完全壓縮行程。

a. 試驗控制

試驗應通過控制施加在測試樣本上的軸向或旋轉變形量 Δ_b 來進行。作為替代方案，隨著方案遵循軸向變形，允許施加和保持最大旋轉變形。

b. 加載順序

應對測試樣本施加载荷以產生下列變形，其中變形是指測試件的鋼芯軸向變形和子構件測試樣本的旋轉變形需求：

- (a) 對應於 $\Delta_b = \Delta_{by}$ 的變形下加載 2 個循環
- (b) 對應於 $\Delta_b = 0.5\Delta_{bm}$ 的變形下加載 2 個循環
- (c) 對應於 $\Delta_b = 1.0\Delta_{bm}$ 的變形下加載 2 個循環
- (d) 對應於 $\Delta_b = 1.5\Delta_{bm}$ 的變形下加載 2 個循環
- (e) 對應於 $\Delta_b = 2.0\Delta_{bm}$ 的變形下加載 2 個循環
- (f) 在對應於 $\Delta_b = 1.5\Delta_{bm}$ 的變形下額外的完整加載循環，如斜撐測試樣本所要求的，以實現累積非彈性軸向變形至少為降伏變形的 200 倍（子構件測試不需要），其中，

Δ_{bm} = 至少等於設計樓層位移量的變形量，單位為 in(mm)

Δ_{by} = 在測試樣本初始降伏時的變形量，單位為 in(mm)

計算 Δ_{bm} 時，其設計樓層變形不應小於樓高的 0.01 倍。當最大和累積非彈性變形具有相同或更大的程度時，允許使用其他的加載順序驗證測試樣本。

(5) 儀器

應在測試樣本上提供足夠的儀器來量測與計算測試報告中列出的變量。

(6) 材料試驗要求

a. 拉伸試驗要求

鋼材樣本應採用與製造鋼芯相同熱處理的鋼來進行拉伸試驗。為滿足本節之目的，應具備來自材料認證測試報告的拉伸試驗結果，但無法取代材料樣本測試。

b. 拉伸試驗方法

拉伸試驗應按照 ASTM A6，ASTM A370 和 ASTM E8 進行，但以下情況除外：

- (a) 測試報告的降伏應力應基於 ASTM A370 中的屈服強度定義，使用 0.002 應

變的偏移方法。

(b) 拉伸試驗的加載速度應盡可能相同於測試樣本的加載速度。

(c) 試件的加工應使其縱軸平行於鋼芯的縱軸。

(7) 測試報告要求

對於每個測試樣本，應準備符合本節要求的書面試驗報告。報告應全面記錄測試的所有關鍵特徵和結果。報告應包括以下資訊：

- a. 測試樣本的圖面或描述，須包括關鍵尺寸、載重和反力點的邊界條件，以及側向支撐的位置（如果有的話）。
- b. 連接細部圖說應顯示構件尺寸、鋼的等級、所有連接元件的尺寸、包括填充金屬的銲接細節、螺栓或插銷孔的尺寸和位置、連接器的尺寸和等級以及所有其他連接相關細節。
- c. 該規範 K3.2 或 K3.3 節中列出的其他重要變數。
- d. 施加的載重或位移歷時的列表或圖示。
- e. 施加载重與變形(Δ_b)的關係曲線。應明確說明變形量判定的方法。應清楚標識測試樣本上測量載重和變形的位罝。
- f. 依時間順序列出測試觀察結果，包括降伏點、滑移、不穩定性、沿測試樣本的橫向位移以及測試樣本和連接上任何部分的破裂情況（如適用）。
- g. 該規範 K3.6 節中規定的材料試片測試結果。
- h. 用於製造測試樣本的製造品質控制和品質保證計劃。這些應包括銲接製程規範和銲接檢驗報告。

報告中可包含測試樣本或測試結果的附加圖說、數據和討論。

(8) 驗收標準

應至少執行一個滿足該規範 K3.2 節要求的子構件測試。應至少進行一次滿足該規範 K3.3 節要求的斜撐試驗。在要求的協議範圍內，所有測試應滿足以下

要求：

- a. 顯示施加的載荷與位移歷史曲線應表現出穩定性、可重複性，並具有正向增量勁度的行為。
- b. 不應有破裂、斜撐不穩定或斜撐端部連接失敗發生。
- c. 對於斜撐試驗，每個變形量大於 Δ_{by} 的迴圈中，最大拉力和壓力不得小於芯的標稱強度。
- d. 對於斜撐試驗，每個變形量大於 Δ_{by} 的迴圈中，最大壓力與最大拉力的比值不得超過 1.5。

針對斜撐測試樣本或子構件測試樣本，若要採用其他測試標準，須由具有管轄權的主管部門進行合格的同行評審和批准。

七、歐盟：EN15129:2009

歐洲標準委員會(European Committee for Standardization, CEN)的技術委員會(Technical Committee CEN/TC 340)於 2009 年 9 月針對抗震元件所提出的 EN 15129:2009[10]，此標準涵蓋了安裝於結構中各類型之抗震元件，具體規定其基本抗震需求、耐震設計、材料特性、製造要求與試驗標準。以下針對速度相依裝置(Velocity Dependent Devices)加以說明。

1. 種類

第 7 章訂定速度相依裝置之相關設計與試驗等細節，即黏滯阻尼器，並將黏滯阻尼器分為兩大類型。(1)不具儲存勁度之液態黏滯阻尼器(Fluid Viscous Damper, FVD)；(2)具有儲存勁度之液態彈簧阻尼器(Fluid Spring Damper, FSD)。

2. 基本要求

- (1) 在專業技師規定的容許誤差範圍內，黏滯阻尼器提供拉伸或壓縮的出力，應符合製造商提出的組成律關係。

- (2) 黏滯阻尼器應能在專業技師指定的能量等級下運作，而不會降低性能或減少使用年限。
- (3) 液態黏滯阻尼器的輸出力量僅取決於速度，並且不隨著阻尼器衝程位置而改變。專業技師應說明由於環境溫度或內部溫度的變化或由於諸如老化、磨損等原因而造成的輸出力量變化的容許值。
- (4) 液態彈簧阻尼器的輸出力取決於速度和衝程。專業技師應說明由於環境溫度或內部溫度變化或由於老化，磨損等原因而造成的輸出力量變化的容許值。
- (5) 阻尼器的設計衝程應考慮到長期影響、溫度引發和地震位移以及專業技師要求的任何調整長度。在任何情況下，橋梁的衝程不得小於 $\pm 50\text{mm}$ ，建築物的衝程不得小於 $\pm 25\text{mm}$ 。
- (6) 阻尼器的端點應配備潤滑球形鉸接頭，以確保傳遞載重沿著主軸線對齊，避免非預期的撓曲效應，而損害密封系統。
- (7) 球形鉸接的旋轉能力應由專業技師考慮活載重效應、地震動、安裝錯位等因素。旋轉角度不得小於 $\pm 2^\circ$ 。
- (8) 與阻尼器球形鉸接接合之構件不得阻礙阻尼器轉動。

3. 材料特性

(1) 通則

應根據環境溫度和裝置功能產生的變化，選擇材料以符合預期的使用溫度範圍。

(2) 材料

黏滯阻尼器應由鋼材製造，須根據以下標準：EN 10025、EN 10083、EN 10088、ISO 3755 及 ISO 1083。

阻尼器可能由非鋼材製成，但應取得歐洲建築產品技術評估組織(European

Organisation for Technical Assessment, EOTA)之認可。

(3) 作動表面

- a. 活塞桿的作動表面應由不銹鋼製成，或適當塗鍍和/或鍍硬鉻，以確保防腐蝕和/或耐磨損。
- b. 鍍硬鉻加工應符合 EN ISO 6158 的要求。
- c. 鍍鍍加工應符合 EN ISO 4526 的要求。
- d. 不銹鋼應符合 EN 10088。
- e. 硬質鍍層的最小總厚度應為 70 μm ，除非活塞桿是由不銹鋼製成，最小鍍層厚度可降至 40 μm 。
- f. 鍍層應無裂紋和毛孔。
- g. 基材表面應無氣孔，收縮裂紋和夾雜物。
- h. 根據 EN ISO 4287，電鍍表面粗糙度 R_z 不得超過 3 μm 。

(4) 黏性流體

黏性流體應無毒，不易燃和具化學惰性。如果使用矽基底以外的液體，則應說明上述特性。

除非專業技師另有要求，否則不得使用碳氫化合物基底的液體。

4. 設計要求

(1) 通則

- a. 黏滯阻尼器的設計應確保阻尼器不會因工作載重而產生降伏，也不會因極限載重而導致失效。
- b. 黏滯阻尼器的設計應能承受最嚴苛的設計載重組合所產生的最大內部壓力。
- c. 黏滯阻尼器的設計應能承受側向加速度。
- d. 黏滯阻尼器的設計應能承受垂直於地震分析所預測的最大加速度方向的加

速度（自重引致）。在沒有加速度數據的情況下，裝置的設計應承受垂直於運動方向的載重，該載重至少等於其自重的 2 倍並結合最大軸向載重。

- e. 黏滯阻尼器應可承受黏性流體受溫度影響的膨脹，及避免內部壓力過度聚積的設計。
- f. 黏滯阻尼器的設計與構造應確保在預期使用條件下於使用壽命內不須維護。
- g. 在初始原型試驗期間獲得的特性參數實驗值與設計值或標稱值之間的最大差值應在表 2-50 中的容許範圍內。這些限值是考慮了產品供應的變化（統計變量）以及溫度造成的變化等。

表 2-50 速度型裝置容許限值 (t_d)

	產品供應 ⁽¹⁾		溫度 ⁽²⁾ (-25°C/+50°C)	
	FVD	FSD	FVD	FSD
F	±15%	±15%	±5%	±15%
K_{eff}	不適用	±15%	不適用	±15%
EDC	±15%	±15%	±5%	±5%

EDC ：每迴圈消散的能量

⁽¹⁾如果沒有更精確的評估，則可以假定所有變量的係數為 0.7。任何特徵參數的上限和下限値之比不會超過 1.4。

⁽²⁾由於流體不與空氣接觸，故不考慮老化影響。

（資料來源：參考書目[10]）

(2) 超載速度

設計力應透過一個可靠度係數 γ_v 放大，如下：

$$\gamma_v = (1 + t_d)1.5^\alpha \quad (2-12)$$

其中， t_d 為製造商提供的設計容許偏差， α 為製造商提供的速度指數。

(3) 挫屈

阻尼器活塞桿的設計應避免在設計載重、完全伸展狀態及考慮球形鉸接摩擦係數為 10%（除非有實驗數據）的情況下產生挫屈不穩定情形。

5. 試驗項目

(1) 通則

- a. 試驗程序涉及阻尼器巨大總能量輸入，因此在執行試驗程序時需要小心，以確保快速且連續執行的試驗不會過度加熱阻尼器。為此，關鍵位置（由製造商指示）的阻尼器溫度需要監測和記錄，建議將試驗程序分階段執行。在執行試驗前，得讓阻尼器冷卻至指定溫度。
- b. 下列所有試驗不需要按照順序執行。
- c. 應按照以下標準進行分組試驗：每組試驗的阻尼器輸入的總能量不超過設計等級地震作用下阻尼器消耗的能量之 2 倍。
- d. 當阻尼器溫度超過製造商規定的條件時，不應進行試驗。

(2) 原型試驗

a. 通則

當新產品的承載能力與之前試驗過的相差超過 $\pm 20\%$ 或其設計速度更大時，應進行原型試驗。設計概念和材料與先前使用相同，才可採用先前的試驗結果。

試驗樣品的溫度應在製造商指定之阻尼器本體上的 2 個位置進行監測。記錄應在試驗前 5 分鐘開始，試驗後持續 15 分鐘。

b. FVD & FSD 壓力試驗

每個 FVD 或 FSD 的內部壓力應等於最大阻尼器承載情況下的 125%。壓力應該持續 120 秒。

要求不得出現可見的洩漏、物理折減或效能下降等情況。

c. FVD 低速試驗

低速試驗的目的是評估受溫度影響下阻尼器的軸向阻力。

加載歷程：完全反覆的軸向位移循環，從 0 到 d_{th} ，再到 $-d_{th}$ 並返回到 0，施加絕對速度 $v_1 \leq 0.1 \text{mm/s}$ 。 d_{th} 的值應由專業技師規定，但不得小於 10mm， d_{th} 值通常為溫度引致的最大位移。

要求：整個作動循環週期內，阻尼器的作用力應小於其設計額定力的 10% 或專業技師規定的較小值，整個加載歷程（軸向位移-時間）和力-位移迴圈都應連續記錄並繪製。

替代試驗：完全反覆循環施加其設計額定力的 10% 的力量，衝程從 0 到至少 $d_{th} (d_+)$ ，再到至少 $-d_{th} (d_-)$ 和返回到 0。所記錄的平均速度等於 $2(|d_+| + |d_-|)/T$ ，其中 T 是循環延時，應大於 0.01mm/s。 d_{th} 值應由專業技師指定，但不得小於 10mm。整個加載歷程（軸向位移-時間）和力-位移迴圈都應連續記錄並繪製。

試驗應在溫度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下進行，或在專業技師指定的較低溫度下進行。

d. FSD 低速試驗

低速試驗的目的是評估溫度或準靜態載重下阻尼器的軸向阻力。

加載歷程：完全反覆的軸向位移循環，從 0 到 d_{th} 再到 $-d_{th}$ 並返回到 0，施加絕對速度為 $v_1 \leq 0.1 \text{mm/s}$ 。 d_{th} 的值應由專業技師指定，但不得小於 10mm。 d_{th} 值通常為溫度或其他準靜態影響（如煞車、風等）引起的最大位移。

要求：整個作動循環週期內，阻尼器的作用力應小於設計作用力的 $(1 + t_d)$ 倍或專業技師指定的值。整個加載歷程（軸向位移-時間）和力-位移迴圈都應連續記錄並繪製。

試驗應在溫度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下進行，或在專業技師指定的較低溫度下進行。

e. FVD 組成律試驗

該試驗的目的是確定阻尼器的力-速度曲線，即定義組成律關係式 $F = C \times v^\alpha$ 。

加載歷程：在每個速度下，施加 3 個完全循環的軸向位移，從 0 到 $+d_{bd}$ 再到 $-d_{bd}$ 並返回到 0，其中 d_{bd} 是設計位移。

施加的速度應至少包括以下最大額定速度的增量：1%、25%、50%、75%和 100%。

要求：作用力的實驗結果應在容許偏差範圍內。在速度 v_n 下阻尼器的作用力 F_n 定義為第 2 循環迴圈對應零位移之力量座標軸正和負截距的平均值。

試驗應在最大和最小設計溫度下重複進行，以評估環境溫度對裝置產生的作用力影響。如果有獨立實驗室認證並在相同或更大溫度範圍內於類似裝置上進行的試驗結果已被採用，則可以省略這些重複試驗。

f. FSD 組成律試驗

該試驗的目的是確定 FSD 的組成律，即定義 F_0 （預加載）、 K （勁度）、 C 和 α （阻尼）。

加載歷程：在每個速度下，施加 3 個完全循環的軸向位移，從 0 到 $+d_{bd}$ 再到 $-d_{bd}$ 並返回到 0，其中 d_{bd} 是設計位移。

施加的速度應至少包括以下最大額定速度的增量：1%、25%、50%、75%和 100%。

要求：作用力實驗結果應落在容許偏差範圍內。在速度 v_n 下阻尼器的作用力 F_n 定義為第 2 循環迴圈對應 50%設計位移之力量座標軸正、負截距的平均值。

試驗應在最大和最小設計溫度下重複進行，以評估外部溫度對裝置產生的作用力影響。如果有獨立實驗室認證並在相同或更大溫度範圍內於類似裝置上進行的試驗結果已被採用，則可以省略這些重複試驗。

g. 阻尼效能試驗

阻尼效能試驗的目的是評估裝置的能量消散能力和穩定性。

加載歷程：施加 5 迴圈 $d(t) = d_0 \sin(2\pi f_0 t)$ 的正弦波循環，其中行程 d_0 和頻率 f_0 (Hz) 應由專業技師提供，但不能超過對應於 2 倍設計地震的能量消散。如果 5 次循環高於試驗設備的能力，則可以拆成 2 個階段進行，但每個階段至少包含 3 次連續循環，且 2 個階段之間不可冷卻降溫。

要求：每個循環，阻尼器作用力應在設計容許偏差範圍內且能量消散應大於最小設計值，並滿足該規範 7.4.2.5 或 7.4.2.6 之要求。

h. 風力試驗

如果專業技師認為風載重至關重要，則應對原型阻尼器進行相關試驗，以驗證其抵抗風振動的能力。原型阻尼器應按照專業技師指定的頻率和位移進行 200 次循環，過程中應進行連續的溫度測量。

要求：試驗後阻尼器不應出現洩漏情況。

i. 油封磨損試驗

試驗的目的是確保密封件在設計年限內可承受溫度引致的軸向位移變形而不洩漏。阻尼器應在預期最大溫度位移 d_{th} 下進行 10000 次循環試驗。

即使在低速下，阻尼器通常也具有高度的能量耗散能力，因此，為了在合理的時間內進行試驗並避免裝置內沒有過多的熱量聚積，主流道系統可以忽略以減少阻尼器作用力和壓力聚積；或者，循環試驗中阻尼器流體可以全部或部分移除。循環試驗後，應按照該規範 7.4.2.7 的要求，以驗證符合其中的要求。

j. 衝程驗證試驗

試驗的目的是確保阻尼器能夠滿足設計衝程。衝程驗證試驗係對阻尼器施加全衝程循環，試驗時阻尼器內部可以不需要填充流體。

要求：阻尼器應能夠承受至少等於設計值的衝程，公差需在 1mm 以內。

(3) 出廠試驗

為了品質控制目的，每 1 生產批次應取 1 件產品進行以下試驗：低速試驗、組成律試驗以及阻尼效能試驗。1 生產批次定義為不超過 20 件產品，且具有相同的組成律和相同的設計細節（衝程除外），組成律試驗應在環境溫度下進行。每件產品皆應進行壓力試驗。

表 2-51 總結了原型試驗和出廠試驗的內容，同一生產批次內應挑選衝程最長之產品做為試驗件。

表 2-51 原型試驗與出廠試驗內容

	壓力試驗	低速試驗	組成律試驗	阻尼效能試驗	風力試驗	油封磨損試驗	衝程驗證試驗
原型試驗	X*	X	X	X	X*	X*	X*
出廠試驗	X*	X*	X*	X*			

*於環境溫度下試驗

（資料來源：參考書目[10]）

第三章 國內消能元件試驗設備與試驗內容

第一節 國內消能元件試驗設備

一、國家地震工程研究中心(National Center for Research on Earthquake Engineering, NCREE)之地震模擬實驗室

國家地震工程研究中心(以下簡稱國震中心)之地震模擬實驗室為國內國家級大型力學與地震模擬實驗室，通過全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)與台灣檢驗科技公司(Société Générale de Surveillance, SGS)之評鑑，具有 ISO 17025：2005 與 ISO 9001：2015 之標準認證，能提供大比例尺寸或實尺寸之靜態與動態結構試驗。位於台北實驗室主要設備有：三軸向地震模擬振動台、反力牆及強力地板實驗系統(包含減震消能元件測試系統)、多軸向試驗系統及其他各種實驗輔助設施。新設立之臺南實驗室於 2017 年 8 月開幕，具備高速度長衝程地震模擬振動台系統、反力牆及強力地板實驗系統與雙軸向動態試驗系統，大幅提升試驗系統容量與能力。以下針對與消能元件試驗有關之系統設備進行說明。

1. 減震消能元件測試系統

減震消能元件測試系統顧名思義主要針對減震消能元件執行單一軸向動態反覆載重測試 (cyclic loading tests)，屬於反力牆與強力地板測試系統之其中一部份，於 2017 年改建完成，由反力鋼座、油壓分岐座、一具 200 噸高性能動態油壓致動器、以及一套密閉恆溫箱與溫度控制系統組成，如圖 3-1。此系統可配合試體長度調整反力鋼座固定位置，最大出力為 $\pm 2000\text{kN}$ ，最大行程達 $\pm 600\text{mm}$ ，油壓動力可提供 1600gpm 之最大瞬間流量，在出力為 $\pm 1000\text{kN}$ 條件下，最大速度達 $\pm 1\text{m/sec}$ 。溫度控制系統可設定在 5°C 至 50°C 之間的範圍，藉由密閉恆溫箱模

擬試體所處環境溫度。此系統可進行不同型式之減震消能元件實體與性能保證試驗，例如線性/非線性液態黏滯阻尼器、雙線性油壓阻尼器、黏彈性阻尼器等。

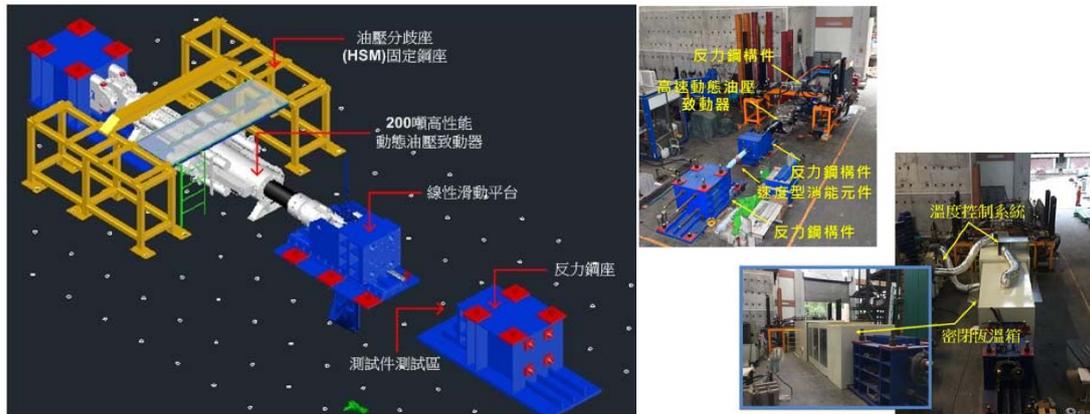


圖 3-1 減震消能元件測試系統

(資料來源：參考書目[14、15])

2. 多軸向試驗系統

多軸向試驗系統(Multi-Axial Testing System, MATS)具有 6 個自由度，除提供垂直向載重外，亦可同時施加水平載重、側向載重及三個方向之彎矩，可模擬多元之結構實際受力或變形情況。然此系統主要目的為提供國內隔震支承墊實體與性能保證測試，因此系統設計主要考量測試件垂直高軸力與水平向長位移之能力。

MATS 系統如圖 3-2 所示，由反力梁、兩個 A 形預力 RC 構架、RC 基礎、13 支油壓致動器、水平向(長向)油壓致動器及載重平台所組成，整體構架高度 7.75m，載重平台長 6.7m、寬 2.54m、高 0.9m，與反力梁間淨高度 5m，可經由反力梁與載重平台上之孔位分別固定測試件兩端。油壓系統方面，13 支油壓致動器連結載重平台，提供不同方向之力與位移控制，各致動器出力與行程規格詳表 3-1，其中垂直向(Vert)6 支 5MN 動態致動器與 1 支 30MN 靜態致動器置於平台下方，提供垂直向軸壓力；側向(Later)兩邊各 2 個 2MN 靜態致動器提供平台穩定性；平台上方 2 個靜態致動器(Hold-down)用以防止平台翻覆。長向(Long)致動器裝置於反力牆與載重平台間，提供水平方向之出力與位移，並可因應實驗

需求增加動態致動器或更換成靜態致動器，油壓致動器性能與數量詳表 3-2。

綜上所述，雖然 MATS 系統最大垂直壓力可達 60MN、最大水平拉壓力約為 6MN、最大水平位移為±1.2m，最高速度為 200mm/sec，但在不同出力、速度、位移組合條件下，系統無法同時達到極限狀況。以隔震支承墊試驗為例，在±1.2m 極大的水平位移變形下，系統僅可同時提供 40,000 kN 垂直載重與 3,500 kN 水平出力；而減震消能元件可測試之頻率範圍為 0.05~5Hz。因此 MATS 可在滿足不同出力與位移之條件下，進行多種不同型式構件之試驗，包括隔震支承、盤式支承、速度/位移型阻尼器、壁式阻尼器、挫屈束制斜撐、柱構件、樑柱接頭以及剪力牆等。

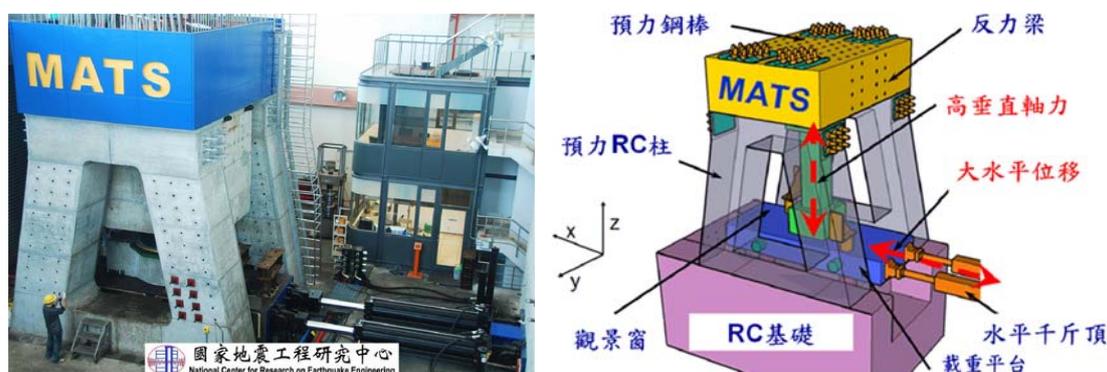


圖 3-2 多軸向試驗系統

(資料來源：參考書目[14])

表 3-1 MATS 測試系統規格表

名稱	個數	Type	Length(mm)/ 每個		Force(kN)/每個	
			Type	Stroke	Type	Stroke
垂向(Vert)動態致動器	6	Hydrostatic	Tempo	+150 mm (抬升)	Pressure transducer	5000 kN (壓力)
垂向(Vert)靜態致動器	1	Pressure balanced	Tempo	+150 mm (抬升)	Pressure transducer	30000 kN (壓力)
側向(Later)致動器	4	Pressure balanced	Tempo	±100 mm (東正西負)	Pressure transducer	±2000 kN (東正西負)
Hold-down致動器	2	Pressure balanced	Tempo	-150mm (抬升)	Pressure transducer	2000 kN (壓力)
長向(Long)靜態致動器	2	Static(201)	Tempo	±1200mm (南正北負)	Pressure transducer	2590 kN 至 -1770 kN (拉負壓正)

(資料來源：國震中心地震模擬實驗室服務手冊 V2.8)

表 3-2 油壓致動器性能表

		Dynamic			Static	
Type		244.41	244.51	243.70		
Force (kN)		±500	±1000	±961	+961	-1460
Stroke (mm)		±250	±500	±500	±500	
Displacement Sensor		LVDT			Temposonics II	
S/V	Type	256.09	256.40	256.40	256.04	256.09
	gpm	90	400	400	40	90
Load Cell	Type	661.23F-01		661.31	661.31F-01	
	Capacity (kN)	±500		±1000	±1000	
Swivel	Type	249.41S		249.51	249.42	249.51
	Pattern (mm)	279.4		298.4	279.4	298.4
Quantity		2	2	2	12	6

(資料來源：國震中心地震模擬實驗室服務手冊 V2.8)

3. 雙軸向動態試驗系統

雙軸向動態試驗系統(Bi-Axial dynamic Testing System, BATS)為國震中心於2017年完工之臺南實驗室的主要設備系統，類似於MATS系統，但在水平向之動態性能更佳，是目前亞洲唯一、世界唯三可進行實尺寸隔震元件動態測試之設備，作為驗證隔震元件受近斷層地震作用下之動態行為研究。

BATS系統如圖3-3，由基礎、側牆、反力牆、反力構架、油壓致動器與載重平台所組成，油壓系統所需之反力支撐由基礎、側牆與反力牆構成設置於地面下，反力構架自一樓強力地板面起算高度為3.8m，構架側向與長向分別有2m與3.1m寬之觀景窗，便於觀察試體安裝與實驗過程。載重平台面長8.3m、寬2.54m、深1m，與一樓強力地板切齊，利於試體之吊裝，試體可固定於載重平台與反力構架間2m高之空間。受限於試體安裝空間，除隔震支承墊試驗外，多數的減震消能元件類型無法進行，例如挫屈束制斜撐，抑或僅能執行小尺寸試體(出力噸數較小)之試驗。

油壓系統配置方式如圖3-4，載重平台下設有1支30MN靜態致動器與6支5MN動態致動器，可提供最大60MN之軸壓力，最大行程為+125mm，另有4支2MN

下壓致動器提供最大 8MN 垂直向軸拉力，進行反覆軸向拉壓試驗。水平長向則由 4 支高速長衝程致動器提供最大出力 $\pm 4\text{MN}$ ，最大位移 $\pm 1.2\text{m}$ ，最高速度 $\pm 1\text{m/sec}$ 之試驗能量。系統側向亦有 4 支致動器維持載重平台之穩定性。

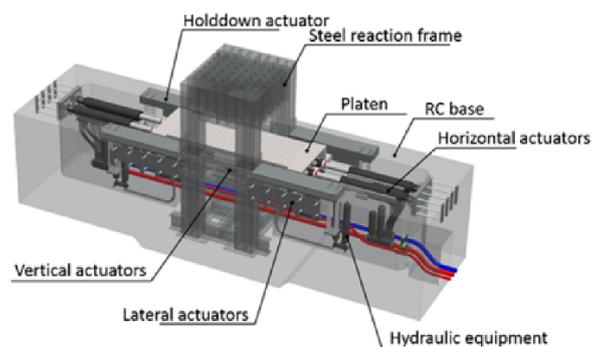


圖 3-3 雙軸向動態試驗系統

(資料來源：參考書目[16])

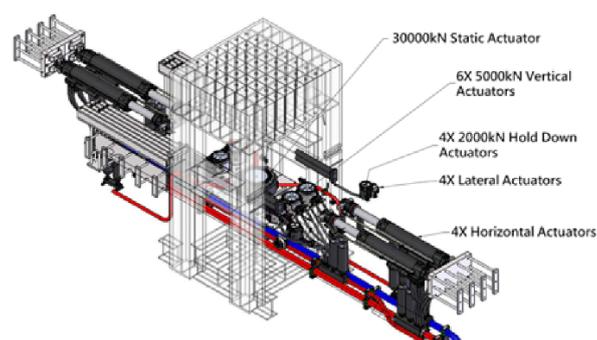


圖 3-4 BATS 系統油壓致動器配置

(資料來源：參考書目[16])

二、內政部建築研究所材料試驗中心(Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior Materials Experiment Center)之大型力學實驗室

內政部建築研究所(以下簡稱建研所)材料試驗中心之大型力學實驗室挑高 26m，設有 3,000 噸油壓試驗機、250 噸動態油壓試驗機以及反力牆與強力地板系統等大型試驗設備，可進行大尺寸建築構材及減震消能元件之實驗研究及檢測服務。以下說明 250 噸動態油壓試驗機與 3,000 噸油壓試驗機。

1. 250 噸動態油壓試驗機

250 噸動態油壓試驗機為單軸向動態試驗機，主要針對減震消能元件執行單一軸向動態反覆載重測試，如圖 3-5。試驗機作動方向設置在縱向，總高度 6m，寬度與深度分別為 1.6m 與 1.2m，可放置試體高度約 0.4m~3.2m。此系統最大出力為 $\pm 250\text{MT}$ ，最大行程為 $\pm 125\text{mm}$ ，其動態性能受限於油壓動力流量，在出力 1250kN 時，頻率 2Hz、衝程 $\pm 6\text{mm}$ 之條件下，速度為 75mm/sec。此系統可進行不同型式之減震消能元件試驗，尤以疲勞試驗最為適合。



圖 3-5 250 噸動態油壓試驗機

(資料來源：參考書目[17])

2. 3000 噸油壓試驗機

3000 噸油壓試驗機為國內大型單軸向力學試驗設備，如圖 3-6，作動方向設置在縱向，試驗機總高度達 20m、寬度 5.5m、深度 4m，可容納試體高度範圍自 1.2m 至 15m。其試驗能量最大壓力為 3000 噸，最大拉力為 1500 噸，最大行程 $\pm 500\text{mm}$ 。受限於油壓動力流量，適合進行大噸數之慢速試驗，例如：挫屈束制斜

撐性能試驗、結構拉桿抗拉試驗、梁柱接合工法韌性試驗、大尺寸柱試體軸壓試驗等。



圖 3-6 3000 噸油壓試驗機

(資料來源：參考書目[17])

三、TAF 認證實驗室

除國震中心及建研所之國家級實驗室外，尚有其他實驗室通過 TAF 消能元件試驗項目認證，可進行消能元件之反覆載重試驗，簡述如下：

1. 亞太地震研究發展服務有限公司

亞太地震研究發展服務有限公司之隔減震消能實驗室主要辦理各式隔減震消能元件之性能測試與驗證，其 200T 反覆載重動態消能試驗機可進行水平軸向動態反覆載重測試與疲勞耐久測試。試驗機台外部尺寸約 7m×2m×1m，有效測試空間約為 4m×1m×1m。全載最大出力為±200 噸，最大位移量為±150mm，可進行頻率 0.1Hz~5Hz 範圍間之反覆載重試驗，在測試速度 0.5~500mm/sec 範圍內，可任意組合進行不同位移與頻率之反覆載重試驗。

2. 明研科技股份有限公司

明研科技股份有限公司之中彰實驗室為一具有 TAF 測試領域與土木領域認證之實驗室，此實驗室之單軸向動態試驗機之拉、壓荷載範圍自 20kN 至 2000kN，最大位移量達±480mm，最高速度為±750mm/sec，具備執行頻率 0.00003Hz 至 6Hz 之動態反覆載重測試能力。試驗機作動方向為水平向，可容納試體尺寸約為 4.9m×1.6m。該試驗機能執行不同型式消能元件之實體與性能保證試驗，例如速度型阻尼器、壁式阻尼器等。

3. 邦特液壓科技有限公司

邦特液壓科技有限公司為自動化設備、液壓伺服系統及消能元件製造商，華德液壓測試中心為其品質測試實驗室，其試驗機全載最大出力為±200 噸，最大位移量為±350mm，可進行頻率 0.001Hz~2Hz 範圍間之反覆載重試驗。

第二節 國內消能元件試驗內容

以下以試驗報告說明國內消能元件試驗內容及其檢驗要求。

一、挫屈束制斜撐

以在建研所 3000 噸油壓試驗機進行之試驗報告為例，以下說明挫屈束制斜撐之試驗內容及其檢驗要求：

1. 測試名稱：位移型消能元件性能試驗

2. 測試方法：

採用 2010 年 ANSI/AISC 341-10 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings) 中 K3 節 (Cyclic Tests for Qualification of Buckling-Restrained Braces) 之相關規定。

3. 測試項目：

該試驗加載採用位移控制方式，於反覆漸增應變之標準加載歷程中，每個振幅均進行 2 週次反覆拉、壓加載；後續以 $1.5\Delta_{bm}$ 位移量進行反覆疲勞加載，直到試體破壞或非線性累積變形達 200 倍降伏應變為止，試驗內容如表 3-3。

表 3-3 控屈束制斜撐試驗內容

測試項目	振幅(mm)	迴圈數	速度(mm/sec)
標準加載歷程	$\Delta_b = 0.5\Delta_y$	2	0.5
	$\Delta_b = \Delta_y$	2	0.5
	$\Delta_b = 0.5\Delta_{bm}$	2	1
	$\Delta_b = 1.0\Delta_{bm}$	2	1
	$\Delta_b = 1.5\Delta_{bm}$	2	1
	$\Delta_b = 2.0\Delta_{bm}$	2	1
疲勞加載歷程	$\Delta_b = 1.5\Delta_{bm}$	加載至試體破壞或達指定週次	

Δ_b ：對應於試體兩端點間的軸向變位量。

Δ_{by} ：試體兩端點間的理论軸向降伏位移。

Δ_{bm} ：設計樓層側位移角所換算，對應於試體兩端點間的軸向變位量。

4. 測試結果：

測試後呈現之特性如表 3-4，包含檢視每一遲滯迴圈之消能能力；標準加載過程中有無過大之拉、壓力差；具備良好的累積韌性容量。

表 3-4 控屈束制斜撐試驗結果

測試項目	判定特性
標準加載歷程	每一樓層設計位移角之第 2 圈循環之最大拉壓力差百分比。
	繪製遲滯迴圈
疲勞加載歷程	累積非彈性變形量
	繪製遲滯迴圈

二、黏彈性阻尼器

以在國震中心減震消能元件測試系統之試驗報告為例，說明黏彈性阻尼器之

試驗內容及其檢驗要求：

1. 測試名稱：黏彈性阻尼器風力疲勞測試試驗研究

2. 測試方法：

- (1) 建築物耐震設計規範隔震設計及含被動消能系統設計專章研修與示範例研擬，2006 年，內政部建築研究所。
- (2) 建築物耐震設計規範及解說，2011 年，內政部營建署。

3. 測試項目：

該試驗內容如表 3-5，首先進行 3000 次疲勞試驗，共分成 6 次，前 5 次每次均進行 100 次循環，第六次進行 2500 次循環，頻率為 0.28Hz，振幅為 2.5mm。接著進行大變位加載測試(含不同溫度)，高於常溫實際試驗之起始溫度為 29.7℃；低於常溫實際試驗之起始溫度為 18.1℃；常溫實際試驗之起始溫度為 24.2℃。

表 3-5 黏彈性阻尼器試驗內容

測試項目	頻率(Hz)	振幅(mm)	迴圈數	速度(mm/sec)
疲勞試驗	0.28	±2.5	99+1	4.40
	0.28	±2.5	99+1	4.40
	0.28	±2.5	99+1	4.40
	0.28	±2.5	99+1	4.40
	0.28	±2.5	99+1	4.40
	0.28	±2.5	2499+1	4.40
大變位加載測試(高於常溫)	0.33	±30	5+1	62.20
大變位加載測試(低於常溫)	0.33	±30	5+1	62.20
大變位加載測試(常溫)	0.33	±30	5+1	62.20

4. 測試結果：

該報告考量許多因素造成試驗數據呈現不穩定，故試驗結果皆先扣除第一迴圈數據後再計算性能與繪製圖形。測試後呈現之特性如表 3-6，疲勞試驗與大變

位加載測試性能之要求一致，包含平均最大、最小出力、遲滯迴圈面積、平均有效勁度以及平均耗損因子，以及外觀狀況。

表 3-6 黏彈性阻尼器試驗結果

測試項目	判定特性
疲勞試驗	於 1001 次至 2000 次循環中，平均最大、最小出力與 1001 次和 2000 次迴圈值及差異
	於 2001 次至 3000 次循環中，平均最大、最小出力與 2001 次和 3003 次迴圈值及差異
	於 1001 次至 2000 次循環中，平均遲滯迴圈面積與 1001 次和 2000 次迴圈值及差異
	於 2001 次至 3000 次循環中，平均遲滯迴圈面積與 2001 次和 3000 次迴圈值及差異
	於 1001 次至 2000 次循環中，平均最大、最小位移所對應之平均有效勁度以及平均耗損因子與 1001 次和 2000 次迴圈值之差異
	於 2001 次至 3000 次循環中，平均最大、最小位移所對應之平均有效勁度以及平均耗損因子與 2001 次和 3000 次迴圈值之差異
	試驗後由目測觀察其外觀有無異狀
大變位加載 測試	繪製力與位移關係圖
	任一循環最大、最小出力與平均最大、最小出力之差異
	任一循環遲滯迴圈面積與平均遲滯迴圈面積之差異
	任一循環最大、最小位移點所對應之有效勁度與平均值之差異，以及任一循環由上述特徵點所計算出之損耗因子與平均值之差異
	試驗後由目測觀察其外觀有無異狀

三、黏滯阻尼器

以在建研所 250 噸動態油壓試驗機執行之試驗報告為例，說明黏滯阻尼器之試驗內容及其檢驗要求：

1. 測試名稱：阻尼器高速低循環週數試驗與風力引致疲勞試驗
2. 測試方法：

參考 2011 年內政部營建署之「建築物耐震設計規範及解說」，以及美國公路創新技術中心(Highway Innovative Technology Evaluation Center, HITEC)與加州運

輸部(Caltrans)及美國聯邦公路管理局共同研擬之評估方案 Guideline for the Testing of Seismic Isolation and Energy Dissipating Devices。

3. 測試項目：

該試驗內容如表 3-7。其中，各溫度下動態特性試驗之高溫部分，係以加熱帶包覆試體並採用電熱控制箱增溫，於實際量測試體平均溫度約 40°C 時進行試驗；低溫部分，以乾冰包覆試體，於實際量測試體平均溫度約 8.6°C 時進行試驗。

「完成鹽霧試驗後之基本性能試驗」一項係於所有測試項目完成後，由委託單位送至鹽霧實驗室進行鹽霧試驗，完成後送回建研所進行基本性能試驗。「風力引致疲勞試驗」考慮試體實際位移儘可能達到 5mm，設定振幅±5.3mm，於 2002 次疲勞試驗後再進行一組基本性能試驗。

表 3-7 黏滯阻尼器試驗內容

測試項目	頻率 (Hz)	振幅 (mm)	迴圈數	速度 (mm/sec)
基本性能試驗	0.3	±30	7	56.55
頻率試驗	0.15	±20	7	18.85
	0.3	±20	7	37.70
	0.45	±20	7	56.55
	0.6	±18	7	67.86
各溫度下動態特性試驗(高溫約 40°C)	0.3	±30	7	56.55
各溫度下動態特性試驗(低溫約 10°C)	0.3	±30	7	56.55
耐久性試驗	0.3	±30	22	56.55
完成鹽霧試驗後之基本性能試驗	0.3	±30	7	56.55
風力引致疲勞試驗	0.1	±5.3	2002	3.33
	0.1	±30	7	18.85

4. 測試結果：

該報告考量許多因素造成試驗數據呈現不穩定，故試驗結果皆不計第 1.5 個起始迴圈及最後 0.5 個迴圈。測試後呈現之特性如表 3-8，所有測試項目性能之要求均相同。

表 3-8 黏滯阻尼器試驗結果

測試項目	判定特性
基本性能試驗	任一循環於零位移時所對應最大、最小出力與平均最大、最小出力之差異，以及拉力及壓力時最大速度
頻率試驗	
各溫度下動態特性試驗(高溫約 40°C)	試驗後由目測觀察其外觀有無異狀
各溫度下動態特性試驗(低溫約 10°C)	
耐久性試驗	繪製出力與位移關係圖
完成鹽霧試驗後之基本性能試驗	
風力引致疲勞試驗	

第四章 建築物耐震阻尼器國家標準草案

第一節 建築物耐震黏滯阻尼器

一、適用範圍

本標準適用於建築物耐震用黏滯阻尼器，但配合隔震系統使用者除外。

二、引用標準

下列之標準，係由於引用於本標準而構成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 3270 不銹鋼棒

CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料

CNS 4437 機械結構用碳鋼鋼管

CNS 5800 機械結構用合金鋼鋼管

CNS 5802 機械結構用不銹鋼鋼管

三、用語及定義

本標準主要用語及符號的定義如下。

1. 建築物耐震黏滯阻尼器 (Fluid viscous damper for seismic energy dissipation of buildings)

安裝在建築物中，用於消散地震引起的結構振動能量，以黏滯材料為阻尼介質的速度型阻尼器。

2. 速度型阻尼器 (Velocity-dependent damper)

該阻尼器的出力主要為兩端相對速度的函數。

3. 設計頻率 f_1 (Design frequency)

設計時考慮阻尼器參與結構振動的主要頻率。

4. 設計位移 u_0 (Design displacement)

設計時考慮阻尼器由平衡狀態伸長或縮短的位移量。

5. 阻尼器長度 (Length of damper)

阻尼器處於平衡狀態時的總長度。

6. 平衡狀態 (Balance state)

活塞位於油壓缸長度中央位置之狀態。

7. 阻尼係數 (Damping coefficient)

速度型阻尼器因單位速度運動所產生的力量。速度型阻尼器之阻尼係數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

8. 速度指數 (Velocity exponent)

描述速度型阻尼器阻尼力與速度之非線性關係的指數參數。速度型阻尼器之速度指數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

四、要求事項

1. 外觀

- (1) 黏滯阻尼器之外觀應表面平整、無損傷、無滲漏、無生鏽、無螺栓鬆動，標示清楚。
- (2) 黏滯阻尼器各部件尺寸之偏差應符合表 4-1 規定。

表 4-1 黏滯阻尼器各部件尺寸之容許偏差

單位：mm

檢驗項目	容許偏差
阻尼器長度	不得超過產品設計值 ± 3
斷面有效尺寸	不得超過產品設計值 ± 2

2. 材料

(1) 黏滯材料

黏滯材料應黏度-溫度關係穩定、閃點高、抗老化性強且無毒。

(2) 鋼材

鋼材應符合國家標準(CNS)或經由國際通行檢驗標準檢驗合格，一般宜採用機械結構用碳鋼、合金鋼或不銹鋼，其中，機械結構用碳鋼應符合 CNS 3828 規定；碳鋼鋼管應符合 CNS 4437 規定；合金鋼鋼管應符合 CNS 5800 規定；不銹鋼鋼管應符合 CNS 5802 規定；不銹鋼棒應符合 CNS 3270 規定。

3. 性能

黏滯阻尼器之性能應符合表 4-2 規定。

表 4-2 黏滯阻尼器之性能要求

項目		性能要求
基本性能試驗	零位移對應之正、負阻尼力	同一頻率條件下，任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%；所有循環所得實測值之平均值與設計值相比，其差異不得超過設計值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
溫度試驗	零位移對應之正、負阻尼力	同一溫度條件下，任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%；所有循環所得實測值之平均值與設計值相比，其差異不得超過設計值的 15%。

項目		性能要求
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
高循環數試驗	零位移對應之正、負阻尼力	任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
低循環數試驗	零位移對應之正、負阻尼力	任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
油封耐磨試驗	零位移對應之正、負阻尼力	所有循環所得實測值之平均值與低循環數試驗前 5 次循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過後者的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。

五、試驗方法

1. 外觀

黏滯阻尼器之外觀檢測應採用目視及常規量測方式為之。

2. 材料

(1) 黏滯材料

每批材料的動黏度、黏溫係數、閃點及抗老化性能應有材料供應商提供的檢驗報告。

(2) 鋼材

阻尼器所使用的各項鋼材應有原製造商或公正檢驗機構提供的品質證明書或檢驗報告。

3. 性能

黏滯阻尼器的性能應依表 4-3 規定進行試驗驗證。

表 4-3 黏滯阻尼器性能的試驗方法

項目		試驗方法
基本性能試驗	零位移對應之正、負阻尼力	試驗溫度等於 25°C，採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率與振幅考慮 3 種組合： $(0.5f_1, 0.65^{-1}u_0)$ 、 (f_1, u_0) 和 $(2f_1, 0.65u_0)$ ，每種組合連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
溫度試驗	零位移對應之正、負阻尼力	採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，考慮 2 種試驗溫度：10°C 和 40°C，每種試驗溫度連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
高循環數試驗	零位移對應之正、負阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅應取 $0.1u_0$ 以上，連續進行 2000 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
低循環數試驗	零位移對應之正、負阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，連續進行 20 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。低循環數試驗應於油封耐磨試驗之前完成。
	遲滯迴圈面積	
油封耐磨試驗	零位移對應之正、負阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之振幅應取 $0.1u_0$ 以上，不限制頻率，容許減少阻尼器內部部分或全部黏滯材料以避免過熱情況發生，完成 10000 次循環後將減少之黏滯材料補回，再次進行動態加載試驗，試驗條件與低循環數試驗相同，惟僅連續進行 5 次循環，繪製此 5 次循環之位移-阻尼力的遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	

六、檢驗

產品檢驗分為原型檢驗和出廠檢驗。

1. 原型檢驗

(1) 下列任一情況發生時應進行原型檢驗：

- a. 新型產品之品質認證。
- b. 當材料、構造設計及製造方式等有較大改變，可能影響產品品質時。
- c. CNS 主管機關提出原型檢驗要求時。

(2) 原型檢驗之項目應為本標準五、試驗方法規定之所有項目。

(3) 原型檢驗之抽樣試體數目不得小於 2 件。

2. 出廠檢驗

阻尼器產品應於出廠前進行出廠檢驗，出廠檢驗之項目如下：

(1) 阻尼器產品的外觀應分別根據四、1.之要求，並分別依五、1.之規定檢驗，且每件皆必須檢驗。

(2) 阻尼器產品的性能應根據四、3.中基本性能試驗的要求，並依五、3.中基本性能試驗的規定，進行頻率與振幅等於 (f_1, u_0) 之試驗，且試驗溫度得等於環境溫度，抽樣件數不得小於同一批次同一種類同一規格產品件數的 2%，至少為 1 件。

七、標示和包裝

1. 標示

阻尼器產品應於其明顯部位設置清楚且耐久的標示，標示內容應包含下列項目：

- (1) 產品名稱、型號
- (2) 基本參數

- (3) 出廠編號
- (4) 出廠日期
- (5) 保固期限
- (6) 製造商名稱、商標

2. 包裝

每件產品應採用可靠包裝或依合約要求包裝，方便搬運和運輸。

第二節 建築物耐震黏彈性阻尼器

一、適用範圍

本標準適用於建築物耐震用黏彈性阻尼器，但配合隔震系統使用者除外。

二、引用標準

下列之標準，係由於引用於本標準而構成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 2473 一般結構用軋鋼料

CNS 3556 硫化或熱塑性橡膠—加速老化與耐熱性試驗

CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料

CNS 8497 熱軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶

三、用語及定義

本標準主要用語及符號的定義如下。

1. 建築物耐震黏彈性阻尼器 (Visco-elastic damper for seismic energy dissipation of buildings)

安裝在建築物中，用於消散地震引起的結構振動能量，由黏彈性材料和束制層組成的速度型阻尼器。

2. 速度型阻尼器 (Velocity-dependent damper)

該阻尼器的出力主要為兩端相對速度的函數。

3. 設計頻率 f_1 (Design frequency)

設計時考慮阻尼器參與結構振動的主要頻率。

4. 設計位移 u_0 (Design displacement)

設計時考慮阻尼器由平衡狀態伸長或縮短的位移量。

5. 阻尼器長度 (Length of damper)

阻尼器處於平衡狀態時的總長度。

6. 平衡狀態 (Balance state)

初始出力等於零之狀態。

7. 阻尼係數 (Damping coefficient)

速度型阻尼器因單位速度運動所產生的力量。速度型阻尼器之阻尼係數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

8. 速度指數 (Velocity exponent)

描述速度型阻尼器阻尼力與速度之非線性關係的指數參數。速度型阻尼器之速度指數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

9. 有效勁度 (Effective stiffness)

黏彈性阻尼器因單位位移運動所產生的力量。黏彈性阻尼器之有效勁度得為

運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

四、要求事項

1. 外觀

- (1) 黏彈性阻尼器之外觀應表面平整、無損傷、無生鏽、無螺栓鬆動，黏彈性材料與鋼板無剝離，標示清楚。
- (2) 黏彈性阻尼器各部件尺寸之偏差應符合表 4-4 規定。

表 4-4 黏彈性阻尼器各部件尺寸之容許偏差

單位：mm

檢驗項目	容許偏差
阻尼器長度	不得超過產品設計值 ± 3
斷面有效尺寸	不得超過產品設計值 ± 2

2. 材料

- (1) 橡膠類黏彈性材料

橡膠類黏彈性材料應符合表 4-5 規定。

表 4-5 橡膠類黏彈性材料之要求

檢驗項目		要求
老化試驗 (100°C, 72 小時)	抗拉強度	變化率不得超過 15%
	斷裂伸長率	變化率不得超過 40%

- (2) 鋼材

鋼材應符合國家標準(CNS)或經由國際通行檢驗標準檢驗合格，一般宜採用一般結構用軋鋼或機械構造用低合金鋼，其中，一般結構用軋鋼應符合 CNS 2473 規定；機械構造用低合金鋼應符合 CNS 3828 規定；熱軋不銹鋼鋼板應符合 CNS 8497 規定。

3. 性能

黏彈性阻尼器之性能應符合表 4-6 規定。

表 4-6 黏彈性阻尼器之性能要求

項目		性能要求
基本性能試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	同一頻率條件下，任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%；所有循環所得實測值之平均值與設計值相比，其差異不得超過設計值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
溫度試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	同一溫度條件下，任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%；所有循環所得實測值之平均值與設計值相比，其差異不得超過設計值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
高循環數試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。
低循環數試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%。
	遲滯迴圈面積	遲滯曲線應平滑無異常。

五、試驗方法

1. 外觀

黏彈性阻尼器之外觀檢測應採用目視及常規量測方式為之。

2. 材料

(1) 橡膠類黏彈性材料

橡膠類黏彈性材料之老化試驗應依 CNS 3556 規定。

(2) 鋼材

阻尼器所使用的各項鋼材應有原製造商或公正檢驗機構提供的品質證明書或檢驗報告。

3. 性能

黏彈性阻尼器的性能應依表 4-7 規定進行試驗驗證。

表 4-7 黏彈性阻尼器性能的試驗方法

項目		試驗方法
基本性能試驗	最大、最小位移 對應之阻尼力	試驗溫度等於 25°C，採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率與振幅考慮 3 種組合： $(0.5f_1, 0.65^{-1}u_0)$ 、 (f_1, u_0) 和 $(2f_1, 0.65u_0)$ ，每種組合連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
溫度試驗	最大、最小位移 對應之阻尼力	採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，考慮 2 種試驗溫度：10°C 和 40°C，每種試驗溫度連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
高循環數試驗	最大、最小位移 對應之阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅應取 $0.1u_0$ 以上，連續進行 2000 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
低循環數試驗	最大、最小位移 對應之阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，連續進行 20 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	

六、檢驗

產品檢驗分為原型檢驗和出廠檢驗。

1. 原型檢驗

(1) 下列任一情況發生時應進行原型檢驗：

- a. 新型產品之品質認證。
- b. 當材料、構造設計及製造方式等有較大改變，可能影響產品品質時。
- c. CNS 主管機關提出原型檢驗要求時。

(2) 原型檢驗之項目應為本標準五、試驗方法規定之所有項目。

(3) 原型檢驗之抽樣試體數目不得小於 2 件。

2. 出廠檢驗

阻尼器產品應於出廠前進行出廠檢驗，出廠檢驗之項目如下：

(1) 阻尼器產品的外觀應分別根據四、1.之要求，並分別依五、1.之規定檢驗，且每件皆必須檢驗。

(2) 阻尼器產品的性能應根據四、3.中基本性能試驗的要求，並依五、3.中基本性能試驗的規定，進行頻率與振幅等於 (f_1, u_0) 之試驗，且試驗溫度得等於環境溫度，抽樣件數不得小於同一批次同一種類同一規格產品件數的 2%，至少為 1 件。

七、標示和包裝

1. 標示

阻尼器產品應於其明顯部位設置清楚且耐久的標示，標示內容應包含下列項目：

- (1) 產品名稱、型號
- (2) 基本參數

- (3) 出廠編號
- (4) 出廠日期
- (5) 保固期限
- (6) 製造商名稱、商標

2. 包裝

每件產品應採用可靠包裝或依合約要求包裝，方便搬運和運輸。

第三節 建築物耐震挫屈束制斜撐

一、適用範圍

本標準適用於建築物耐震用消能阻尼器。

二、引用標準

下列之標準，係由於引用於本標準而構成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 2473 一般結構用軋鋼料

CNS 2947 銲接結構用軋鋼

CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料

CNS 4622 熱軋軟鋼鋼板、鋼片及鋼帶

CNS 8497 熱軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶

CNS 13812 建築結構用軋鋼料

三、用語及定義

本標準主要用語及符號的定義如下。

1. 建築物耐震挫屈束制斜撐 (Buckling-restrained brace for seismic energy dissipation of buildings)

安裝在建築物中，用於消散地震引起的結構振動能量，由核心單元、束制單元和介於此兩單元之間的脫黏層所組成的位移型阻尼器。

2. 位移型阻尼器 (Displacement-dependent damper)

該阻尼器的出力主要為兩端相對位移的函數，且原則上與兩端相對速度及運動頻率無關。

3. 設計位移 u_0 (Design displacement)

設計時考慮阻尼器由平衡狀態伸長或縮短的位移量。

4. 阻尼器長度 (Length of damper)

阻尼器處於平衡狀態時的總長度。

5. 平衡狀態 (Balance state)

初始出力等於零之狀態。

6. 彈性勁度 (Elastic stiffness)

位移型阻尼器降伏前的勁度。

7. 降伏位移 u_y (Yield displacement)

位移型阻尼器由平衡狀態達到降伏時所伸長或縮短的位移量。

8. 降伏後勁度 (Post-yield stiffness)

位移型阻尼器降伏後的勁度。

四、要求事項

1. 外觀

(1) 挫屈束制斜撐之外觀應表面平整、無損傷、無生鏽、無螺栓鬆動，標示清楚。

(2) 挫屈束制斜撐各部件尺寸之偏差應符合表 4-8 規定。

表 4-8 挫屈束制斜撐各部件尺寸之容許偏差

單位：mm

檢驗項目	容許偏差
阻尼器長度	不得超過產品設計值 ± 3
斷面有效尺寸	不得超過產品設計值 ± 2
彎曲變形	$L/1000$ ，且 ≤ 10
扭轉變形	$h/250$ ，且 ≤ 5
備註：L=阻尼器長度；h=斷面高度	

2. 材料

鋼材應符合國家標準(CNS)或經由國際通行檢驗標準檢驗合格，一般而言，核心單元宜採用低降伏強度鋼，束制單元宜採用一般結構用軋鋼、建築結構用軋鋼、鉚接結構用軋鋼或合金鋼，其中，一般結構用軋鋼應符合 CNS 2473 規定；建築結構用軋鋼應符合 CNS 13812 規定；鉚接結構用軋鋼應符合 CNS 2947 規定；機械構造用低合金鋼應符合 CNS 3828 規定；熱軋軟鋼板應符合 CNS4622 規定；熱軋不銹鋼鋼板應符合 CNS 8497 規定。

3. 性能

挫屈束制斜撐之性能應符合表 4-9 規定。

表 4-9 挫屈束制斜撐之性能要求

項目		性能要求
基本性能試驗	彈性勁度 降伏位移 降伏後勁度	實測值與設計值相比，其差異不得超過設計值的 15%。
	遲滯迴圈面積	同一衝程條件下，任一循環所得實測值與所有循環所得實測值之平均值相比，其差異不得超過平均值的 15%；所有循環所得實測值之平均值與設計值相比，其差異不得超過設計值的 15%；遲滯

項目		性能要求
		曲線應平滑無異常。
	最大拉力 最大壓力	任一循環所得最大拉力與最大壓力相比，其差異不得超過最大拉力的 15%。
	極限位移	實測值不得小於設計值。
	累積非彈性位 移	實測值不得小於降伏位移實測值的 200 倍。

五、試驗方法

1. 外觀

挫屈束制斜撐之外觀檢測應採用目視及常規量測方式為之。

2. 材料

阻尼器所使用的各項鋼材應有原製造商或公正檢驗機構提供的品質證明書或檢驗報告。

3. 性能

挫屈束制斜撐的性能應依表 4-10 規定進行試驗驗證。

表 4-10 挫屈束制斜撐性能試驗方法

項目		試驗方法
基本性能試驗	彈性勁度 降伏位移 降伏後勁度	在環境溫度下採用位移控制之靜態加載試驗，加載歷程如下： 1) 衝程等於 u_y 之下進行 2 次循環 2) 衝程等於 $0.5u_0$ 之下進行 2 次循環 3) 衝程等於 $1.0u_0$ 之下進行 2 次循環 4) 衝程等於 $1.5u_0$ 之下進行 2 次循環 5) 衝程等於 $2.0u_0$ 之下進行 2 次循環 6) 衝程等於 $1.5u_0$ 之下進行連續循環加載，直至達到極限狀態或整體基本性能試驗之累積非彈性位移達到降伏位移實測值的 200 倍以上。
	遲滯迴圈面積	
	最大拉力 最大壓力	
	累積非彈性位移	
試驗中所採用的極限狀態包含：		
1) 阻尼器斷裂破壞		

- 2) 最大拉力或最大壓力下降 15%
- 3) 遲滯迴圈面積下降 15%

六、檢驗

產品檢驗分為原型檢驗和出廠檢驗。

1. 原型檢驗

(1) 下列任一情況發生時應進行原型檢驗：

- a. 新型產品之品質認證。
- b. 當材料、構造設計及製造方式等有較大改變，可能影響產品品質時。
- c. CNS 主管機關提出原型檢驗要求時。

(2) 原型檢驗之項目應為本標準五、試驗方法規定之所有項目。

(3) 原型檢驗之抽樣試體數目不得小於 2 件。

2. 出廠檢驗

阻尼器產品應於出廠前進行出廠檢驗，出廠檢驗之項目如下：

(1) 阻尼器產品的外觀應分別根據四、1.之要求，並分別依五、1.之規定檢驗，且每件皆必須檢驗。

(2) 挫屈束制斜撐產品的性能應根據四、3.中基本性能試驗的要求，但不包含累積非彈性位移之要求，並依五、3.中基本性能試驗之加載歷程 1)~5)的規定，抽樣件數不得小於同一批次同一種類同一規格產品件數的 2%，至少為 1 件。

七、標示和包裝

1. 標示

阻尼器產品應於其明顯部位設置清楚且耐久的標示，標示內容應包含下列項目：

- (1) 產品名稱、型號
- (2) 基本參數
- (3) 出廠編號
- (4) 出廠日期
- (5) 保固期限
- (6) 製造商名稱、商標

2. 包裝

每件產品應採用可靠包裝或依合約要求包裝，方便搬運和運輸。

第五章 結論與建議

第一節 結論

一、國家標準之構成要素

根據「國家標準草案構成及格式指引(CNS 3689)」，目前國家標準的編寫原則已習慣將產品的型式定義與試驗方法合為一體，尤其對於產品的要求事項，為不阻礙未來技術發展，應儘可能以性能上的要求為主，而不得限制其外觀、形狀、尺度及材料。此外，對本案建築物消能阻尼器產品而言，國家標準的構成要素係以技術性規定要素為重點，其中包含用語及定義、符號及縮寫、種類、要求事項、取樣、試驗法、標示及附加文件、附錄（規定）。本案目前在架構上主要依循CNS3689 規定之編排方式，而產品要求與試驗方法則仍以現行耐震設計規範為主要依循。

二、各國規範手冊之特色

我國建築物耐震設計規範第 10 章主要規定含被動消能系統建築物之設計原則，其中，第 10.7 節消能元件所需之試驗係指工程驗收所需之實體試驗或性能保證測試，而國家標準旨在規定產品品質控管所需之試驗方法與要求事項，兩者之間相互關連但不完全相同。目前規範對於試驗項目之差異僅分位移型阻尼器與速度型阻尼器 2 種，設計條件以耐震設計規範定義之最大考量地震為主，試驗目的為確保此條件下阻尼器之性能符合設計預期，同時亦能考慮建築物基本週期和阻尼器運轉溫度之不確定性，以及承受相當設計風暴或最大考量地震狀況時的基本性能保證甚至疲勞性能保證。與各國規範手冊相較之下，目前耐震設計規範所列試驗項目偏少，類似最低基本要求，在試驗方法部分，未明確給定加載頻率和溫度上下限等控制參數；在抽樣方法部分，也未明確規定性能保證測試的試驗項

目及產品抽樣率，整體而言，規範在阻尼器驗收上賦予專業技師相當程度的權力。

中國行業標準 JG/T 209 之章節架構最適合作為本案草案參考，該標準將阻尼器分為 4 大類：黏彈阻尼器、黏滯阻尼器、金屬降伏型阻尼器及挫屈束制消能斜撐，各自規定其外觀、材料及性能上的要求，並詳細提供要求事項所對應的試驗方法，甚至明確給定相關試驗控制參數。該標準在阻尼器的一般要求事項中特別規定產品的設計使用年限，黏滯阻尼器為 30 年，其他類型阻尼器為 50 年，這項規定在其他各國規範手冊中是未見的；此外，該標準之試驗項目偏多，幾乎可涵蓋美國、日本及歐盟之大部分試驗項目，而且型式檢驗與出廠檢驗之抽樣方式亦是各國之中最嚴格的，若實際執行將可能大幅提高阻尼器產品的成本。

日本免震構造協會出版的「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」屬於技術手冊性質，無強制性，由於日本設計規範多已引入性能設計概念，因此該手冊對於阻尼器之性能要求與試驗驗證也與整體結構之性能設計目標有所關連。該手冊將阻尼器分為 5 類：鋼材阻尼器、摩擦阻尼器、油壓阻尼器、黏滯阻尼器及黏彈性阻尼器，對於各類型阻尼器的試驗項目考慮得相當完整，以黏滯阻尼器為例，試驗項目即包含基本性能、頻率相依性、速度相依性、振幅相依性、溫度相依性、反覆承載性、經年變化性、耐火性、耐熱性、溫度穩定性、耐候性及耐水性等 12 項之多，幾乎可以涵蓋阻尼器所有使用狀況下的性能要求驗證。相較於各國規範手冊，日本技術手冊在材料試驗部分通常已有相關國家標準的試驗方法可以依循，例如黏性材料的耐火性試驗參考 JIS K 2265、耐候性參考 JIS K 6259 和耐水性參考 JIS K 6258 等，同時，手冊對於評估參數之計算方法也有非常明確的解說。該手冊雖在試驗方法上提供了非常完整的參考，但對於阻尼器的要求項目和抽樣方法並無強制規定，僅交付與專業技師決定。

ASCE 7-16 第 18 章含消能系統結構耐震設計要求規定含消能系統的結構與其相關部分之設計建造，其中第 18.6 節的試驗內容係用於確認工程案件分析設計中所假設消能元件之特性及產品之穩定性，與我國耐震設計規範第 10.7 節有

相似的試驗目的、項目、設計考量與判斷標準。較為不同的是，對於消能元件特性可能的變異性，該規範考量老化與環境因素造成性能的變化、製造生產可能之差異以及測試相關影響，例如速度效應、第一循環效應等，訂定變異因子，納入試驗結果判斷中，亦透過公式轉換界定消能特性之上下限，並將之回饋於工程案件設計中，使分析設計構件偏為保守。本規範與國家標準控管產品品質的目的不同，因此其試驗內容與判斷標準與工程案件有高度相關性。

AISC 341-16 明確規範鋼結構地震力抵抗系統中構件與連接件之設計、製造與安裝，其中系統包含了彎矩框架系統、斜撐與剪力牆系統、複合式彎矩系統、複合式斜撐與剪力牆系統。由於該規範是提供鋼結構建築在設計階段依循的標的之一，其中在 F4 節中特別提出挫屈束制斜撐相關設計法則、分析方法、框架系統需求、框架型式、斜撐桿件要求與接合等細節；在 K3.節中則詳述挫屈束制斜撐的試驗方法、基本要求、測試控制、合格與驗收標準。當中試驗程序只有標準循環測試與疲勞循環測試兩種，標準循環測試目的是為了確認挫屈束制斜撐之能量消散性能與材料應變硬化行為；疲勞循環測試則是為了確認該構件之韌性容量，其試驗目的與我國建築物耐震設計規範中之位移型阻尼器不太一樣。

EN 15129: 2009 第 7 章訂定速度相依裝置之相關設計與試驗等細節，其中，將黏滯阻尼器分為兩大類型：(1)不具儲存勁度之液態黏滯阻尼器；(2)具有儲存勁度之液態彈簧阻尼器。該標準清楚說明裝置須滿足其基本要求外，對於裝置各部件所使用之材料亦有明確的規範限制，當中除了詳述阻尼器自身需求外，亦對阻尼器安裝相關構件給予最低要求。依阻尼器試驗目的可分為原型試驗與出廠試驗。原型試驗為新產品開發完成時為確認阻尼器性能而做的試驗，只要負載能力與之前試驗過的相差超過 $\pm 20\%$ 以及或其設計速度更大時，都應進行原型試驗。相關試驗包含壓力試驗、低速試驗、組成律試驗、阻尼效能試驗、風力試驗、油封磨損試驗與衝程驗證試驗，試驗過程中須確保阻尼器溫度不會過度升高。尤其對於油封磨損試驗，是考量活塞桿作動對密封件磨損之影響，故可以排除造成阻

尼器內壓與溫度上升之因素，如內部流體可以全部或部分移除。此外，試驗環境也考量了試驗設備可能面臨的能力限制，而折衷的將一序列連續迴圈拆解成數個試驗，但須滿足其最低要求條件。這些是與他國規範比較中，屬較實際的作法。出廠試驗則是以品質控制為目的，每 1 生產批次應取 1 組產品進行以下試驗，只需進行壓力試驗、低速試驗、組成律試驗以及阻尼效能試驗。

三、國家標準與耐震設計規範之關係

國家標準與耐震設計規範之關係是專家座談會中最關鍵的討論議題，若依目的區分，耐震設計規範的主要對象是結構設計者，結構設計者必須根據規範設計建築物，同時也必須根據規範第 10 章之規定決定阻尼器的要求事項、試驗方法、抽樣方法及合格判定原則等，規範對於結構設計者具有強制性；而國家標準的主要對象是產品製造者，惟其驗證制度係採自願性質，由產品製造者自願實施工廠品質管理，並依國家標準生產製造產品後，方得申請正字標記認證，產品製造者藉由認證取得消費者信賴以拓展市場，消費者經由認證辨識優良產品以保障權益。由於國家標準並無強制性，故就法規層級而言，耐震設計規範絕對較國家標準優先，然而，若國家標準受耐震設計規範引用，則該國家標準始亦具有強制性。一般而言，耐震設計規範僅規定適用於各種場合的最低標準要求，而國家標準具有彰顯國家產品品質要求的目的，同時亦須符合國際規範之品質保證制度，由此可見，國家標準之要求應盡量能夠適用於各種場合，並且能夠涵蓋耐震設計規範之最低標準要求。

四、本案草案之主要依據

本案目的為擬定黏滯阻尼器、黏彈性阻尼器及挫屈束制斜撐等 3 類型消能元件之國家標準草案，其中，黏滯阻尼器與黏彈性阻尼器皆屬於現行耐震設計規範所稱速度型消能元件，因此，該類型阻尼器草案之性能要求與試驗方法主要依循現行耐震設計規範 10.7 節規定，共同的試驗項目包含：基本性能試驗、溫度試

驗、高循環數試驗及低循環數試驗，其中，基本性能試驗用於驗證阻尼器性能在模擬最大考量地震條件下符合設計要求，亦確保其頻率相依性可支應結構模擬上的頻率不確定性；溫度試驗用於驗證阻尼器之溫度相依性可支應環境溫度之不確定性；高循環數試驗用於驗證阻尼器性能在模擬設計風力條件下符合設計要求，且疲勞壽命不耗盡；低循環數試驗用於驗證阻尼器性能在模擬設計地震力條件下符合設計要求，且疲勞壽命不耗盡。挫屈束制斜撐在 AISC 341 中屬於一種結構系統而非消能元件，國內現行耐震設計規範 1.7 節亦有挫屈束制支撐構架之結構系統分類，但究竟挫屈束制斜撐屬於一般結構構件或消能元件，目前規範並無明確說明，有鑑於此，目前工程實務上挫屈束制斜撐多參考 AISC 341 第 K3 節規定進行實體試驗或性能保證測試，而非參考現行耐震設計規範，因此，本案挫屈束制斜撐草案之性能要求與試驗方法主要根據 AISC 341-16 規定訂定基本性能試驗，以驗證挫屈束制斜撐性能在模擬最大考量地震條件下符合設計要求，且斜撐之極限位移可達 2 倍設計位移以上，亦保證具備一定程度的疲勞壽命。除了參考現行耐震設計規範與 AISC 341-16 以外，草案亦針對各類型阻尼器之特性訂定額外的要求，例如，黏滯阻尼器參考 EN15129:2009 增加油封耐磨試驗，以驗證阻尼器在其設計使用年限內油封耐磨壽命不耗盡；黏彈性阻尼器參考公共工程施工綱要規範第 05823 章增加橡膠類黏彈性材料之老化試驗，以驗證阻尼器在其設計使用年限內橡膠材料不因老化而變質；挫屈束制斜撐則參考中國 JG/T 209-2012 增加彎曲變形與扭轉變形之外觀檢測，以確保阻尼器之抗挫屈能力不因製造誤差而降低。

第二節 建議

建議一

增訂「建築物耐震黏滯阻尼器」國家標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

建築物消能元件等構件性能試驗標準之研究

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人中興工程顧問社

本案已完成建築物耐震用黏滯阻尼器之試驗方法與合格標準之研究，並根據專家座談會及期末審查會議之意見，研提之標準草案條文列於附錄，提供建研所提送國家標準建議之參考。

建議二

增訂「建築物耐震黏彈性阻尼器」國家標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人中興工程顧問社

本案已完成建築物耐震用黏彈性阻尼器之試驗方法與合格標準之研究，並根據專家座談會及期末審查會議之意見，研提之標準草案條文列於附錄，提供建研所提送國家標準建議之參考。

建議三

增訂「建築物耐震挫屈束制斜撐」國家標準：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人中興工程顧問社

本案已完成建築物耐震用挫屈束制斜撐之試驗方法與合格標準之研究，並根據專家座談會及期末審查會議之意見，研提之標準草案條文列於附錄，提供建研所提送國家標準建議之參考。

附錄一 建築物耐震黏滯阻尼器

附錄二 建築物耐震黏彈性阻尼器

附錄三 建築物耐震挫屈束制斜撐

附錄四 專家座談會會議紀錄

附錄五 審查會議紀錄

參考書目

1. AISC 341-16, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, (2016).
2. LRFDCONS-4, LRFD Bridge Construction Specifications. American Association of State Highway and Transportation Officials, (2017).
3. 內政部營建署，建築物耐震設計規範及解說，台北，2011。
4. 經濟部標準檢驗局，中華民國國家標準：國家標準草案構成及格式指引 (CNS 3689)，台北，2011。
5. 中華人民共和國住房和城鄉建設部，中華人民共和國建築工業行業標準：建築消能阻尼器(JG/T 209-2012)，北京，2012。
6. 中華人民共和國住房和城鄉建設部，中華人民共和國行業標準：建築消能減震技術規程(JGJ 297-2013)，北京，2013。
7. 日本免震構造協會，パッシブ制振構造設計・施工マニュアル 第3版，東京都，2013。
8. Takeuchi T. and Wada A., Buckling-Restrained Braces and Applications, Japan Society of Seismic Isolation, (2017).
9. ASCE 7-16, Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, (2016).
10. EN 15129:2009, Anti-Seismic Devices, European Committee for Standardization, (2009).
11. 汪向榮、林旺春、游忠翰、楊印涵、蕭佳益、黃震興、張國鎮，國內外現行隔減震元件試驗規範與準則探討，國家地震工程研究中心研究報告，NCREE-14-016，2014。
12. 內政部建築研究所，建築物速度型被動消能元件設計手冊之研擬，台北，

2007。

13. 內政部建築研究所，建築物耐震設計規範隔震設計及含被動消能系統設計專章研修與示範例研擬，台北，2006。
14. 國家地震工程研究中心，地震模擬實驗室。取自 <http://www.ncree.org/>
15. 林旺春、楊卓諺、李昭賢、游忠翰、周志雄、曾建創、…、汪向榮(2017)。
高性能阻尼器與隔震器實驗設施。國家地震工程研究中心簡訊，103，7。
16. 林德宏、林克強、蔡克銓。國震中心臺南試驗室 BATS 系統。106 年度國家地震工程研究中心研究成果報告(121-124 頁)。台北：國家地震工程研究中心。

中華民國國家標準

C N S

建築物耐震黏滯阻尼器(草案)

**Fluid viscous damper for seismic energy
dissipation of buildings**

目錄

節次	頁次
前言	132
1. 適用範圍	133
2. 引用標準	133
3. 用語及定義	133
4. 要求事項	134
5. 試驗方法	134
6. 檢驗	136
7. 標示和包裝	136

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準適用於建築物耐震用黏滯阻尼器，但配合隔震系統使用者除外。

2. 引用標準

下列之標準，係由於引用於本標準而構成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 3270 不銹鋼棒

CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料

CNS 4437 機械結構用碳鋼鋼管

CNS 5800 機械結構用合金鋼鋼管

CNS 5802 機械結構用不銹鋼鋼管

3. 用語及定義

本標準主要用語及符號的定義如下。

3.1 建築物耐震黏滯阻尼器(Fluid viscous damper for seismic energy dissipation of buildings)

安裝在建築物中，用於消散地震引起的結構振動能量，以黏滯材料為阻尼介質的速度型阻尼器。

3.2 速度型阻尼器(Velocity-dependent damper)

該阻尼器的出力主要為兩端相對速度的函數。

3.3 設計頻率 f_1 (Design frequency)

設計時考慮阻尼器參與結構振動的主要頻率。

3.4 設計位移 u_0 (Design displacement)

設計時考慮阻尼器由平衡狀態伸長或縮短的位移量。

3.5 阻尼器長度(Length of damper)

阻尼器處於平衡狀態時的總長度。

3.6 平衡狀態(Balance state)

活塞位於油壓缸長度中央位置之狀態。

3.7 阻尼係數(Damping coefficient)

速度型阻尼器因單位速度運動所產生的力量。速度型阻尼器之阻尼係數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

3.8 速度指數(Velocity exponent)

描述速度型阻尼器阻尼力與速度之非線性關係的指數參數。速度型阻尼器之速度指數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

4. 要求事項

4.1 外觀

- (a) 黏滯阻尼器之外觀應表面平整、無損傷、無滲漏、無生鏽、無螺栓鬆動，標示清楚。
- (b) 黏滯阻尼器各部件尺寸之偏差應符合表 1 規定。

表 1 黏滯阻尼器各部件尺寸之容許偏差

單位：mm

檢驗項目	容許偏差
阻尼器長度	不得超過產品設計值 ± 3
斷面有效尺寸	不得超過產品設計值 ± 2

4.2 材料

(a) 黏滯材料

黏滯材料應黏度-溫度關係穩定、閃點高、抗老化性強且無毒。

(b) 鋼材

鋼材應符合國家標準(CNS)或經由國際通行檢驗標準檢驗合格，一般宜採用機械結構用碳鋼、合金鋼或不銹鋼，其中，機械結構用碳鋼應符合 CNS 3828 規定；碳鋼鋼管應符合 CNS 4437 規定；合金鋼鋼管應符合 CNS 5800 規定；不銹鋼鋼管應符合 CNS 5802 規定；不銹鋼棒應符合 CNS 3270 規定。

5. 試驗方法

5.1 外觀

黏滯阻尼器之外觀檢測應採用目視及常規量測方式為之。

5.2 材料

(a) 黏滯材料

每批材料的動黏度、黏溫係數、閃點及抗老化性能應有材料供應商提供的檢驗報告。

(b) 鋼材

阻尼器所使用的各項鋼材應有原製造商或公正檢驗機構提供的品質證明書或檢驗報告。

(c) 性能

黏滯阻尼器的性能應依表 2 規定進行試驗驗證。

表 2 黏滯阻尼器性能的試驗方法

項目		試驗方法
基本性能試驗	零位移對應之正、負阻尼力	試驗溫度等於 25°C，採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率與振幅考慮 3 種組合： $(0.5f_1, 0.65^{-1}u_0)$ 、 (f_1, u_0) 和 $(2f_1, 0.65u_0)$ ，每種組合連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
溫度試驗	零位移對應之正、負阻尼力	採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，考慮 2 種試驗溫度：10°C 和 40°C，每種試驗溫度連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
高循環數試驗	零位移對應之正、負阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅應取 $0.1u_0$ 以上，連續進行 2000 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
低循環數試驗	零位移對應之正、負阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，連續進行 20 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。低循環數試驗應於油封耐磨試驗之
	遲滯迴圈面積	

項目		試驗方法
		前完成。
油封耐 磨試驗	零位移對應之 正、負阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之振幅應取 $0.1u_0$ 以上，不限制頻率，容許減少阻尼器內部部分或全部黏滯材料以避免過熱情況發生，完成 10000 次循環後將減少之黏滯材料補回，再次進行動態加載試驗，試驗條件與低循環數試驗相同，惟僅連續進行 5 次循環，繪製此 5 次循環之位移-阻尼力的遲滯曲線，計算零位移對應之正、負阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	

6. 檢驗

產品檢驗分為原型檢驗和出廠檢驗。

6.1 原型檢驗

(a) 下列任一情況發生時應進行原型檢驗：

- 新型產品之品質認證。
- 當材料、構造設計及製造方式等有較大改變，可能影響產品品質時。
- CNS 主管機關提出原型檢驗要求時。

(b) 原型檢驗之項目應為本標準 5、試驗方法規定之所有項目。

(c) 原型檢驗之抽樣試體數目不得小於 2 件。

6.2 出廠檢驗

阻尼器產品應於出廠前進行出廠檢驗，出廠檢驗之項目如下：

(a) 阻尼器產品的外觀應分別根據 4.1 之要求，並分別依 5.1 之規定檢驗，且每件皆必須檢驗。

(b) 阻尼器產品的性能應依 5.3 中基本性能試驗的規定，進行頻率與振幅等於 (f_1, u_0) 之試驗，且試驗溫度得等於環境溫度，抽樣件數不得小於同一批次同一種類同一規格產品件數的 2%，至少為 1 件。

7. 標示和包裝

7.1 標示

阻尼器產品應於其明顯部位設置清楚且耐久的標示，標示內容應包含下列項目：

- (a) 產品名稱、型號
- (b) 基本參數
- (c) 出廠編號
- (d) 出廠日期
- (e) 保固期限
- (f) 製造商名稱、商標

7.2 包裝

每件產品應採用可靠包裝或依合約要求包裝，方便搬運和運輸。

中華民國國家標準

C N S

建築物耐震黏彈性阻尼器(草案)

**Visco-elastic damper for seismic energy
dissipation of buildings**

目錄

節次	頁次
前言	142
1. 適用範圍	143
2. 引用標準	143
3. 用語及定義	143
4. 要求事項	144
5. 試驗方法	145
6. 檢驗	146
7. 標示和包裝	146

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準適用於建築物耐震用黏彈性阻尼器，但配合隔震系統使用者除外。

2. 引用標準

下列之標準，係由於引用於本標準而構成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 2473 一般結構用軋鋼料

CNS 3556 硫化或熱塑性橡膠 - 加速老化與耐熱性試驗

CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料

CNS 8497 熱軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶

3. 用語及定義

本標準主要用語及符號的定義如下。

3.1 建築物耐震黏彈性阻尼器 (Visco-elastic damper for seismic energy dissipation of buildings)

安裝在建築物中，用於消散地震引起的結構振動能量，由黏彈性材料和束制層組成的速度型阻尼器。

3.2 速度型阻尼器 (Velocity-dependent damper)

該阻尼器的出力主要為兩端相對速度的函數。

3.3 設計頻率 f_1 (Design frequency)

設計時考慮阻尼器參與結構振動的主要頻率。

3.4 設計位移 u_0 (Design displacement)

設計時考慮阻尼器由平衡狀態伸長或縮短的位移量。

3.5 阻尼器長度 (Length of damper)

阻尼器處於平衡狀態時的總長度。

3.6 平衡狀態 (Balance state)

初始出力等於零之狀態。

3.7 阻尼係數 (Damping coefficient)

速度型阻尼器因單位速度運動所產生的力量。速度型阻尼器之阻尼係數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

3.8 速度指數(Velocity exponent)

描述速度型阻尼器阻尼力與速度之非線性關係的指數參數。速度型阻尼器之速度指數得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

3.9 有效勁度(Effective stiffness)

黏彈性阻尼器因單位位移運動所產生的力量。黏彈性阻尼器之有效勁度得為運動頻率、振幅或運轉溫度之函數，但其相關性應於產品的基本參數中標示。

4. 要求事項

4.1 外觀

- (a) 黏彈性阻尼器之外觀應表面平整、無損傷、無生鏽、無螺栓鬆動，黏彈性材料與鋼板無剝離，標示清楚。
- (b) 黏彈性阻尼器各部件尺寸之偏差應符合表 1 規定。

表 1 黏彈性阻尼器各部件尺寸之容許偏差

單位：mm

檢驗項目	容許偏差
阻尼器長度	不得超過產品設計值 ± 3
斷面有效尺寸	不得超過產品設計值 ± 2

4.2 材料

- (a) 橡膠類黏彈性材料

橡膠類黏彈性材料應符合表 2 規定。

表 2 橡膠類黏彈性材料之要求

檢驗項目	要求	
老化試驗 (100°C · 72 小時)	抗拉強度	變化率不得超過 15%
	斷裂伸長率	變化率不得超過 40%

- (b) 鋼材

鋼材應符合國家標準(CNS)或經由國際通行檢驗標準檢驗合格，一般宜採用一般結構用軋鋼或機械構造用低合金鋼，其中，一般結構用軋鋼應符合 CNS 2473 規定；機械構造用低合金鋼應符合 CNS 3828 規定；熱軋不銹鋼鋼板應符合 CNS 8497 規定。

5. 試驗方法

5.1 外觀

黏彈性阻尼器之外觀檢測應採用目視及常規量測方式為之。

5.2 材料

(a) 橡膠類黏彈性材料

橡膠類黏彈性材料之老化試驗應依 CNS 3556 規定。

(b) 鋼材

阻尼器所使用的各項鋼材應有原製造商或公正檢驗機構提供的品質證明書或檢驗報告。

(c) 性能

黏彈性阻尼器的性能應依表 3 規定進行試驗驗證。

表 3 黏彈性阻尼器性能的試驗方法

項目		試驗方法
基本性能試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	試驗溫度等於 25°C，採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率與振幅考慮 3 種組合： $(0.5f_1, 0.65^{-1}u_0)$ 、 (f_1, u_0) 和 $(2f_1, 0.65u_0)$ ，每種組合連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
溫度試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，考慮 2 種試驗溫度：10°C 和 40°C，每種試驗溫度連續進行 5 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
高循環	最大、最小位移	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波

項目		試驗方法
數試驗	對應之阻尼力	運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅應取 $0.1u_0$ 以上，連續進行 2000 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	
低循環數試驗	最大、最小位移對應之阻尼力	在環境溫度下採用動態加載試驗，使阻尼器行正弦波運動，正弦波之頻率等於設計頻率 f_1 ，振幅等於設計位移 u_0 ，連續進行 20 次循環，繪製位移-阻尼力之遲滯曲線，計算最大、最小位移對應之阻尼力及遲滯迴圈面積作為實測值。
	遲滯迴圈面積	

6. 檢驗

產品檢驗分為原型檢驗和出廠檢驗。

6.1 原型檢驗

(a) 下列任一情況發生時應進行原型檢驗：

- 新型產品之品質認證。
- 當材料、構造設計及製造方式等有較大改變，可能影響產品品質時。
- CNS 主管機關提出原型檢驗要求時。

(b) 原型檢驗之項目應為本標準 5、試驗方法規定之所有項目。

(c) 原型檢驗之抽樣試體數目不得小於 2 件。

6.2 出廠檢驗

阻尼器產品應於出廠前進行出廠檢驗，出廠檢驗之項目如下：

(a) 阻尼器產品的外觀應分別根據 4.1 之要求，並分別依 5.1 之規定檢驗，且每件皆必須檢驗。

(b) 阻尼器產品的性能應依 5.3 中基本性能試驗的規定，進行頻率與振幅等於 (f_1, u_0) 之試驗，且試驗溫度得等於環境溫度，抽樣件數不得小於同一批次同一種類同一規格產品件數的 2%，至少為 1 件。

7. 標示和包裝

7.1 標示

阻尼器產品應於其明顯部位設置清楚且耐久的標示，標示內容應包含下列項目：

(a) 產品名稱、型號

- (b) 基本參數
- (c) 出廠編號
- (d) 出廠日期
- (e) 保固期限
- (f) 製造商名稱、商標

7.2 包裝

每件產品應採用可靠包裝或依合約要求包裝，方便搬運和運輸。

中華民國國家標準

C N S

建築物耐震挫屈束制斜撐(草案)

**Buckling-restrained brace for seismic
energy dissipation of buildings**

目錄

節次	頁次
前言	152
1. 適用範圍	153
2. 引用標準	153
3. 用語及定義	153
4. 要求事項	154
5. 試驗方法	154
6. 檢驗	155
7. 標示和包裝	156

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準適用於建築物耐震用消能阻尼器。

2. 引用標準

下列之標準，係由於引用於本標準而構成爲本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 2473 一般結構用軋鋼料

CNS 2947 銲接結構用軋鋼

CNS 3828 機械構造用碳鋼鋼料

CNS 4622 熱軋軟鋼鋼板、鋼片及鋼帶

CNS 8497 熱軋不銹鋼鋼板、鋼片及鋼帶

CNS 13812 建築結構用軋鋼料

3. 用語及定義

本標準主要用語及符號的定義如下。

3.1 建築物耐震挫屈束制斜撐 (**Bucking-restrained brace for seismic energy dissipation of buildings**)

安裝在建築物中，用於消散地震引起的結構振動能量，由核心單元、束制單元和介於此兩單元之間的脫黏層所組成的位移型阻尼器。

3.2 位移型阻尼器 (**Displacement-dependent damper**)

該阻尼器的出力主要為兩端相對位移的函數，且原則上與兩端相對速度及運動頻率無關。

3.3 設計位移 u_0 (**Design displacement**)

設計時考慮阻尼器由平衡狀態伸長或縮短的位移量。

3.4 阻尼器長度 (**Length of damper**)

阻尼器處於平衡狀態時的總長度。

3.5 平衡狀態 (**Balance state**)

初始出力等於零之狀態。

3.6 彈性勁度(Elastic stiffness)

位移型阻尼器降伏前的勁度。

3.7 降伏位移 u_y (Yield displacement)

位移型阻尼器由平衡狀態達到降伏時所伸長或縮短的位移量。

3.8 降伏後勁度(Post-yield stiffness)

位移型阻尼器降伏後的勁度。

4. 要求事項

4.1 外觀

(a) 挫屈束制斜撐之外觀應表面平整、無損傷、無生銹、無螺栓鬆動，標示清楚。

(b) 挫屈束制斜撐各部件尺寸之偏差應符合表 1 規定。

表 1 挫屈束制斜撐各部件尺寸之容許偏差

單位：mm

檢驗項目	容許偏差
阻尼器長度	不得超過產品設計值 ± 3
斷面有效尺寸	不得超過產品設計值 ± 2
彎曲變形	$L/1000$ ，且 ≤ 10
扭轉變形	$h/250$ ，且 ≤ 5
備註： L =阻尼器長度； h =斷面高度	

4.2 材料

鋼材應符合國家標準(CNS)或經由國際通行檢驗標準檢驗合格，一般而言，核心單元宜採用低降伏強度鋼，束制單元宜採用一般結構用軋鋼、建築結構用軋鋼、銲接結構用軋鋼或合金鋼，其中，一般結構用軋鋼應符合 CNS 2473 規定；建築結構用軋鋼應符合 CNS 13812 規定；銲接結構用軋鋼應符合 CNS 2947 規定；機械構造用低合金鋼應符合 CNS 3828 規定；熱軋軟鋼板應符合 CNS4622 規定；熱軋不銹鋼鋼板應符合 CNS 8497 規定。

5. 試驗方法

5.1 外觀

挫屈束制斜撐之外觀檢測應採用目視及常規量測方式為之。

5.2 材料

阻尼器所使用的各項鋼材應有原製造商或公正檢驗機構提供的品質證明書或檢驗報告。

5.3 性能

挫屈束制斜撐的性能應依表 3 規定進行試驗驗證。

表 3 挫屈束制斜撐性能的試驗方法

項目		試驗方法
基本性能試驗	彈性勁度 降伏位移 降伏後勁度	在環境溫度下採用位移控制之靜態加載試驗·加載歷程如下： 1) 衝程等於 u_y 之下進行 2 次循環 2) 衝程等於 $0.5u_0$ 之下進行 2 次循環 3) 衝程等於 $1.0u_0$ 之下進行 2 次循環 4) 衝程等於 $1.5u_0$ 之下進行 2 次循環 5) 衝程等於 $[2.0u]_0$ 之下進行 2 次循環 6) 衝程等於 $1.5u_0$ 之下進行連續循環加載·直至達到極限狀態或整體基本性能試驗之累積非彈性位移達到降伏位移實測值的 200 倍以上。
	遲滯迴圈面積	
	最大拉力 最大壓力	
	累積非彈性位移	
試驗中所採用的極限狀態包含：		
1) 阻尼器斷裂破壞		
2) 最大拉力或最大壓力下降 15%		
3) 遲滯迴圈面積下降 15%		

6. 檢驗

產品檢驗分為原型檢驗和出廠檢驗。

6.1 原型檢驗

(a) 下列任一情況發生時應進行原型檢驗：

- 新型產品之品質認證。
- 當材料、構造設計及製造方式等有較大改變·可能影響產品品質時。
- CNS 主管機關提出原型檢驗要求時。

(b) 原型檢驗之項目應為本標準 5、試驗方法規定之所有項目。

(c) 原型檢驗之抽樣試體數目不得小於 2 件。

6.2 出廠檢驗

阻尼器產品應於出廠前進行出廠檢驗，出廠檢驗之項目如下：

(a) 阻尼器產品的外觀應分別根據 4.1 之要求，並分別依 5.1 之規定檢驗，且每件皆必須檢驗。

(b) 挫屈束制斜撐產品的性能應依 5.3 中基本性能試驗之加載歷程 1)~5)的規定，抽樣件數不得小於同一批次同一種類同一規格產品件數的 2%，至少為 1 件。

7. 標示和包裝

7.1 標示

阻尼器產品應於其明顯部位設置清楚且耐久的標示，標示內容應包含下列項目：

(a) 產品名稱、型號

(b) 基本參數

(c) 出廠編號

(d) 出廠日期

(e) 保固期限

(f) 製造商名稱、商標

7.2 包裝

每件產品應採用可靠包裝或依合約要求包裝，方便搬運和運輸。

建築物消能元件等構件性能試驗標準之研究

第一次專家座談會會議紀錄

會議時間：107 年 6 月 15 日(星期五)上午 10:00~12:00

會議地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室(新北市新店區北新路三段 200 號)

主持人：翁健煌博士

出席人員：

臺科大營建工程系	汪向榮副教授
中央大學土木工程學系	林子軒助理教授
國家地震工程研究中心	林克強研究員
臺灣大學土木工程學系	張家銘助理教授
臺灣大學土木工程學系	黃尹男副教授
永峻工程顧問公司	郭錫卿協理

(依姓氏筆劃排序)

內政部建築研究所	陳建忠組長
內政部建築研究所	陶其駿主任
內政部建築研究所	黃國倫助理研究員

列席人員：

協同主持人	張權
研究員	陳昱志
研究員	紀宛君

會議議程：

1. 主持人進行簡報
2. 座談與討論
3. 散會

座談內容概要：

專家	專家意見	研究團隊回應
郭錫卿	1. 文獻回顧主要是探討耐震設計規範的層級，應考慮與 CNS 層級對應上	感謝專家之建議。 1. 雖然我國國家標準屬自

專家	專家意見	研究團隊回應
協理	<p>的合適性，避免與現行耐震設計規範產生衝突與牴觸。</p> <p>2. 針對不同用途之黏滯阻尼器，如減震用、隔震用或抗風載用，部分試驗項目，建議明確界定適用範圍，或根據用途選擇性進行試驗。</p> <p>3. 建議考慮風載試驗與疲勞試驗（密封耐久性）之目的性差異，分別訂定適宜之試驗方法。</p>	<p>願性方式實施，但本案在標準草案擬定上，將仍以國內現行耐震設計規範為主要依循，避免牴觸。</p> <p>2. 本案後續標準草案之名詞用語、適用性等將訂定修正，使之清楚明確。</p> <p>3. 感謝專家之意見。</p>
張家銘 教授	<p>1. 簡報中 p25，「任一有效循環遲滯迴圈曲線應平滑無異常」之要求，可能受實驗設備或接合安裝等影響，而非阻尼器本身問題，建議應明確界定或量化，避免主觀認定。</p>	<p>感謝專家之建議。</p> <p>1. 參考多國規範均有類似描述，後續可列入討論議題之一。</p>
林子軒 教授	<p>1. CNS 標準草案（黏滯阻尼器部分）中擬定試驗項目之疲勞性能與耐磨性能試驗方法很類似，建議說明試驗目的或說明檢測標的部件。</p>	<p>感謝專家之建議。</p> <p>1. 本案後續標準草案之名詞用語、目的、適用性等將訂定修正，使之清楚明確。</p>
林克強 研究員	<p>1. 不同形式阻尼器如黏彈性、位移型阻尼器等，判定性能的項目或參數會略有差異，擬定 CNS 標準草案時應考量並加以區分。</p> <p>2. 未來 CNS 標準與耐震設計規範有衝突時，如何依循。CNS 標準應為最低標準，建議參考 CNS 15560 鋼筋機械式續接試驗法，僅訂定試驗方法，評定方式或合格標準依實際執行案件狀況，交由技師審查。</p> <p>3. 建議標準草案保留彈性（例如速度型阻尼器應無法使用縮尺，但若有大噸數試驗須求，受限國內試驗機之能量，應有其他可能替代方式）。</p>	<p>感謝專家之建議。</p> <p>1. 本案將於期末分別提出黏滯阻尼器、黏彈性阻尼器與挫屈束制斜撐，共三種消能元件之 CNS 標準草案。</p> <p>2. 雖然我國國家標準屬自願性方式實施，但本案在標準草案擬定上，將仍以國內現行耐震設計規範為主要依循，避免牴觸。</p> <p>3. 感謝專家之意見。</p>
汪向榮 教授	<p>1. 台灣耐震設計規範所提風力測試，並非測試消能元件之抗風性能，而</p>	<p>感謝專家之建議。</p> <p>1. 感謝專家之說明。</p> <p>2. 感謝專家之建議。</p>

專家	專家意見	研究團隊回應
	<p>是模擬經過常時風力後，消能元件仍能維持原有耐震性能。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 美國 ASCE 7-16 規範中，並無規定必須進行 $0.67f_1$ 到 $2.5f_1$ 之頻率試驗，進行該試驗的條件為當此頻率範圍下任何小於等於最大位移時的力-位移變動量超過 15%時。若擬採用此試驗方式時，亦須考量台灣現行實驗室之試驗能量。 3. 日本並無測試規範，而是由各專家學者與廠商提出試驗方法後，共同編定手冊，並透過國土交通省大臣對供應商認證，產品即可使用。此相關文獻探討為過去台灣較少研究著墨之處，亦為本案之貢獻與價值。 4. 名詞定義：耐久性、服務性（操作性舒適性）、疲勞等之名詞定義與使用，各國略有出入與差異，建議應界定清楚明確。 5. 溫度試驗中，進行低溫 0 度的控制是較難達成且所須成本較高。 	<ol style="list-style-type: none"> 3. 感謝專家之說明與肯定。 4. 本案後續標準草案中之名詞用語、目的、適用性等將訂定修正，使之清楚明確。 5. 本案後續將探討國內試驗能量，並擬定修正適宜之試驗內容。
<p>黃尹男 教授</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 黏滯阻尼器在理論上為無勁度之裝置，然因試驗機規格、試驗方式、連接構件等因素，引致試驗結果產生勁度之現象，可以考慮納入規範說明。 2. 標準草案中擬定之外觀檢驗項目，建議納入插銷之公差。 3. 名詞定義與使用範圍應精準明確。 	<p>感謝專家之建議。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝專家之建議，後續可列入討論議題之一。 2. 感謝專家之建議。 3. 本案後續標準草案之名詞用語、目的、適用性等將訂定修正，使之清楚明確。

(依發言順序排序)

建築物消能元件等構件性能試驗標準之研究

第二次專家座談會會議紀錄

會議時間：107年9月28日(星期五)上午10:00~12:00

會議地點：內政部建築研究所13樓簡報室(新北市新店區北新路三段200號)

主持人：翁健煌博士

出席人員：

臺科大營建工程系	汪向榮副教授
中央大學土木工程學系	林子軒助理教授
國家地震工程研究中心	林克強研究員
臺灣大學土木工程學系	黃尹男副教授
永峻工程顧問公司	郭錫卿協理
(依姓氏筆劃排序)	
內政部建築研究所	陳建忠組長(請假)
內政部建築研究所	陶其駿主任
內政部建築研究所	黃國倫助理研究員(請假)

列席人員：

研究員	陳昱志(請假)
研究員	紀宛君

會議議程：

4. 主持人進行簡報
5. 座談與討論
6. 散會

座談內容概要：

專家	專家意見	研究團隊回應
郭錫卿 協理	1. 研究團隊採納前次座談會意見，已修改草案規範適用範圍，排除阻尼器用於抗風載之用途，惟建築物對減震與隔震用阻尼器所需性能要求仍有差異，該草案是否適合用隔震	1. 將修改草案適用範圍，註明不適用於隔震用阻尼器，僅適用於減震用阻尼器。 2. 將修改草案要求黏滯阻

	<p>阻尼器，請再斟酌。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 新的耐震設計規範草案認為驗證黏滯型阻尼器在不同速度下對應之出力曲線與設計值有其必要性，以檢驗其在結構物不同階段所能提供之阻尼，建議將此納入草案。 3. 建議當產品性能與頻率有高度相關性時，再進行頻率試驗，且建議基本頻率試驗保持調整試驗頻率的彈性，而非採用固定基本頻率之倍數。 4. 考量不同樓層有不同的位移量，且實際發生在阻尼器的位移更小，疲勞試驗採用振幅5mm可能是位移量的極值，建議高循環數試驗改以更小位移進行。 5. 目前業界普遍進行BRB之試驗時採用AISC之規範，建議若該規範無不適合之處，延用其試驗方法與定義，或以補充試驗項目或內容之方式擬訂CNS草案。 6. 建議審視草案中對u_0的使用與結構設計的位移是否對應。 	<p>尼器應繪製速度-阻尼力關係之實測結果。</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 目前位移型阻尼器並無要求頻率試驗，然而，一般而言，速度型阻尼器均具頻率相依性，因此必須要求頻率試驗，惟試驗的頻率範圍可再研議調整。 4. 高循環數試驗之振幅等於$0.1u_0$與5mm取大值之規定係考慮試體安裝精度及試驗機控制能力可能無法達到$0.1u_0$之要求，但5mm對於部分阻尼器而言確實可能過高，後續將參考各國規定決定調整方向。 5. 將修改試驗方法之描述方式。 6. 草案u_0定義為阻尼器的設計位移，與結構設計時所考慮的設計位移並不完全對應。
<p>林子軒 教授</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 油封耐磨試驗允許將部分黏滯材料卸除，不同油壓對油封的損耗性不同，與實際狀況不符。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝專家之建議，此試驗方法參考EN規範，洩油主要避免油溫升高影響試驗結果，並避免試驗時間過長。
<p>林克強 研究員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考量耐震設計規範不定期修訂與變動之因素，為避免未來該試驗標準與耐震設計規範有所牴觸，建議參考CNS 15560鋼筋機械式續接試驗法，於CNS標準中僅訂定測試程序與方法，由耐震設計規範之條文訂定合格標準，評定方式或合格標準依實際執行案件狀況，交由技師審查。 2. 若無特殊考量，建議黏彈性阻尼器 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此CNS草案在訂定合格標準時，確有難以滿足所有結構設計狀況之處，擬依專家建議，草案中僅訂定試驗標準，惟此仍須經業主同意後辦理。 2. 將依專家意見修正。 3. 感謝專家之說明與建議，後續成果將依CNS之格式呈現，誤用之相關

	<p>之橡膠老化試驗可參考橡膠支承墊老化試驗之試驗條件。</p> <p>3. 請注意 CNS 使用之格式與慣用名詞。</p>	<p>名詞將修改之。</p>
汪向榮教授	<p>1. 減震用阻尼器與隔震用阻尼器性能有相當的差異，所需之試驗方法與內容也不同，建議本草案調整適用範圍。</p> <p>2. 黏彈性阻尼器之外觀尺寸要求與常見之標示方式不同，建議調整之。</p> <p>3. 草案之 u_0 和 u_u 的定義與 AISC 規定之 Δ_{bm} 和 $2.0\Delta_{bm}$ 有何不同？</p>	<p>1. 將修改草案適用範圍，註明不適用於隔震用阻尼器，僅適用於減震用阻尼器。</p> <p>2. 部分黏彈性阻尼器產品會標示黏彈性材料之面積及厚度，但這些尺寸可能無法直接從產品外觀量測得到，此處係參考中國規範寫法，以可以直接量測的外觀尺寸為要求。</p> <p>3. 本案草案係以阻尼器產品設計考量為出發點，不同於耐震設計規範以結構設計考量為出發點。草案 u_0 為產品之設計位移，u_u 為位移型阻尼器之極限位移，位移型阻尼器在極限位移之下應保證其設計性能。阻尼器產品藉由草案規定之試驗方法驗證其性能範圍，設計者再依其性能範圍判斷是否符合結構設計需求。</p>
黃尹男教授	<p>1. 請團隊思考本草案之定位，使產品合格標準有唯一依循，避免與現行耐震設計規範發生衝突。</p>	<p>1. 團隊將建議業主採納各專家意見，依循鋼筋續接標準訂定方式，在未來提送草案時，僅訂定測試方法。</p>

(依發言順序排序)

建築物消能元件等構件性能試驗標準之研究一期中審查意見回覆

委員	審查意見	回覆
<p>陳建忠 組長</p>	<p>請照上次專家會議我的結論。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案標準草案之使用對象為工程設計單位還是產品製造單位？ 2. 對於特殊用途阻尼器，未來若無法取得國家標準認證，則如何應用於實際工程案件？ 3. 國家標準與設計規範的法規層級如何界定？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國家標準的主要對象是產品製造單位，惟其驗證制度係採自願性質，由產品製造者自願實施工廠品質管理，並依國家標準生產製造產品後，方得申請正字標記認證，產品製造者藉由認證取得消費者信賴以拓展市場，消費者經由認證辨識優良產品以保障權益。 2. 市場上阻尼器產品種類及規格眾多，確實可能發生少數產品無法經由國家標準所規定之試驗方法驗證其性能的情況，惟國家標準本身並無強制性，產品未通過標準認證仍可應用於工程案件；然而，國家標準若受設計規範引用則具有強制性，故引用時應針對特殊用途產品允許使用。 3. 國家標準並無強制性，故就法規層級而言，耐震設計規範絕對較國家標準優先，然而，若國家標準受耐震設計規範引用，則該國家標準始亦具有強制性。
<p>侯雅壹 工程師</p>	<p>有關國內試驗設備能力應列入標準判定考量，或有其他可能替代方案，如能進一步提供設計試驗方法，對實驗單位及業者能更有依循。</p>	<p>將於後續研究補充國內試驗設備能力及試驗報告案例，使標準草案的試驗方法更符合國內阻尼器的技術現況。</p>
<p>陳正平 技師</p>	<p>無意見。</p>	<p>感謝委員支持。</p>
<p>楊勝德 建築師</p>	<p>消能元件要進入國家標準應慎重行事。</p>	<p>感謝委員建議，由於工程設計單位對於阻尼器多有客製化需求，因此其產品種類與規格範圍甚廣，制訂國家標準草案統一其品質檢驗方法確實不易。本案將透過專家座談會議廣納各界意見，先確保草案不會阻礙國內工程技術發展，再達到提供阻尼器品質保證之目的。</p>

委員	審查意見	回覆
陸怡堯 技師	無進一步意見。	感謝委員支持。
趙永悌 技師	專門對油封滲漏有否明確有效的測試建議或標準。	有關油封滲漏之檢驗，本案參考歐盟 EN 15129:2009 規定，在黏滯阻尼器之試驗項目中加入耐磨性能之要求，而現行建築物耐震設計規範並無此試驗項目。
郭錫卿 協理	<p>4. 期中報告中針對各國消能元件之規定有廣泛而完整的資料蒐集，極具參考之價值。</p> <p>5. 將挫屈束制斜撐(BRB)認列包含於「建築物消能阻尼器」中是否妥適，建議後續需再釐清。</p> <p>6. 目前工程實務上有關 BRB 之試驗多依據 AISC 341 之試驗規定，誠如報告 Page91 所述，其試驗目的與位移型阻尼器不太一樣，為應更貼近於現行規範中 BRB 二元系統之需求，故初步建議 BRB 與消能阻尼器應有所區別。</p> <p>7. 有關 Page99 中敘及之「適用範圍」，建議用語仍應留有彈性，ex：本標準適用於建築物用消能阻尼器，惟具特定用途與目標之試驗需求，不在此限。</p> <p>8. Page12，(6)下一行，漏字“液態…”，請補正。</p>	<p>1. 感謝委員支持。</p> <p>2. 美國 AISC 341-16 雖將 BRB 歸為二元系統中的斜撐構件，但其 K3 節亦規定驗證 BRB 性能所需的試驗方法；我國現行建築物耐震設計規範亦將 BRB 歸為二元系統的斜撐構件，但在工程實務上，專業技師經常以 AISC 341 規定作為驗收 BRB 之標準。此外，國內工程採用之 BRB 通常由 BRB 專業製造商提供，非由一般鋼構廠依結構設計圖說製造，故適合歸類為產品而非一般結構構件，且 BRB 的主要功能為抵抗挫屈與消散能量，兩者皆與結構安全有直接關係，經由國家標準要求其產品品質應有其必要性。</p> <p>3. 同意見 2 之回覆。</p> <p>4. 國家標準本身並無強制性，惟若受相關設計規範引用後則始具強制性，委員建議之排除條款確實有其必要，但應於設計規範上規定較為合適。</p> <p>5. 已根據委員意見修正。</p>
林克強 研究員	<p>1. BRB 應用於建築結構中，一般有一定的共識將視為一結構系統，故 BRB 的長度、接合型式等均可能明顯的影響整體結構的力學性質與性能，此是否以國家產品的標準而規定值得商榷，也因此全世界各國都沒有 BRB 的國家標準。</p> <p>2. 中國的 JGJ 297 與 JG/T209 均屬於行業規程或標準，與國家標準 GB 尚有一定的差距，因此本研究欲引用應有</p>	<p>1. 請參照郭委員意見 2 之回覆。此外，中國建築工業行業標準 JG/T 209-2007 已定義 BRB 為建築消能阻尼器之一種分類，亦明確規定其產品要求與配合的試驗方法；其他各國雖未訂定 BRB 產品的國家標準，但相關規範或手冊均顯示 BRB 的性能必須通過試驗驗證。</p> <p>2. 依據中國標準化法之規定，技術標準可分為 4 個層級：國家標準、行業標</p>

委員	審查意見	回覆
	<p>更說服力的證據。</p> <p>3. 附錄一名稱建議修改為“建築物消能阻尼器「標準」草案”。</p> <p>4. 附錄一中之內容有以下意見。</p> <p>a. 1. 適用範圍中第 1 段應刪除，第 2 段若含橋梁及設備，是否於名稱直接加入。</p> <p>b. 3. 符號與定義中之符號應與規範定義者相同，但當規範修改後，標準亦須隨之修訂。</p> <p>c. 5. 1. 2. 1 黏滯材料的顏色何謂正常？如何判定？5. 1. 2. 2 金屬材料是否僅能用所述的鋼材？</p> <p>d. 表 2 中之“有效循環”應需定義。</p> <p>e. 6. 1. 2. 2 中 CNS 2111 與 ASTM E9-09 為鋼材試驗方法而非鋼材性能。</p> <p>f. 黏滯材料及鋼材是否需檢測，如何取樣？</p> <p>g. 7. 建議改為“檢驗”</p> <p>h. 7. 2. 1. 1(3)CNS 之主管機關如何提出檢驗要求？</p> <p>i. 7. 3 建議改為“合格標準”</p> <p>j. 7. 3. 2 中所述“7. 2. 2. 2 中的 a)…”應為 7. 2. 2. 2 中的(1)…”，7. 2. 2. 2 中的 b)…”應為 7. 2. 2. 2 中的(2)…”。</p> <p>k. 7. 2. 2. 1 阻尼器的出廠檢驗如何確認與執行？</p>	<p>準、地方標準、安全/衛生/環保標準，行業標準是在沒有國家標準而又需要在全國某個行業範圍內統一技術要求的情況下而制定的標準，且在國家標準公布之後，對應的行業標準即行廢止，因此，行業標準幾乎等同臨時性的國家標準。本案在阻尼器的性能要求與試驗方法部分主要仍依循現行耐震設計規範之規定，中國 JG/T 209 僅作為標準草案章節架構之參考，且草案之編寫方式亦符合 CNS 3689 規定。</p> <p>3. 已根據委員意見修正。</p> <p>4.</p> <p>a. 已刪除第 1 段，並限定為建築物用。</p> <p>b. 目前標準草案僅定義符號：設計頻率 f_1、設計位移 u_0，由於標準草案之應用範圍預設包含耐震和耐風等外力干擾狀況，因此符號定義上可能無法完全對照耐震設計規範。</p> <p>c. 黏滯材料的顏色判斷標準應由材料供應商提供；文中以“宜”採用述之，並未強制，但基本上必須符合設計需求，一般而言，鋼材亦應檢附材料證明。</p> <p>d. 有效循環之定義詳見試驗方法：「每種組合連續進行 7 次循環，取第 2~6 次循環為有效循環…»。</p> <p>e. 已根據委員意見修正。</p> <p>f. 依目前標準草案之規定，僅原型檢驗時須進行材料檢驗，抽樣方式如 7. 2. 1. 3 規定，試體由製造商提供。</p> <p>g. 已根據委員意見修正。</p> <p>h. 根據正字標記管理規則第三章第 14 條和第 16 條規定，標準專責機關每年得實施不定期工廠查核或市場購樣。</p> <p>i. 已根據委員意見修正。</p>

委員	審查意見	回覆
		j. 已根據委員意見修正。 k. 同意見 2.h 之回覆。

建築物消能元件等構件性能試驗標準之研究一期末審查意見回覆

委員	審查意見	回覆
陳建忠 組長	本案對近日 KYB/KYD 可應用的是哪一部分?請詳細分析陳述。	國家標準本身並無強制性，產品未通過標準認證仍可應用於工程案件；然而，國家標準若受設計規範引用則具有強制性。若耐震設計規範或工程招標規範要求依循 CNS 標準辦理抽驗，可驗證產品品質。
甘錫澄 總工程師	因為消能元件之試驗標準經常與時俱進，因此將來可能 CNS 國家標準與耐震設計規範產生時間差而兩者不大相同，進而造成技師執業時之困擾。故建議如果耐震設計規範中，如能將 BRB 之試驗方法也納入位移型之消能元件時，建議可不必另訂 CNS 之國家標準，避免產生業者之困擾。	本案提出 CNS 草案將僅訂定試驗方法與抽樣頻率，允收標準由各事業主管機關訂定之，避免國家標準與相關規範衝突的問題。此外，建研所於 105 年建議耐震設計規範增訂挫屈束制斜撐試驗相關規定草案，建議營建署儘快召開其審查會議。
郭錫卿 協理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 速度型／黏彈性阻尼器之內容與耐震設計規範之規定多有關連性，建議本案成果能進一步結合國家地震中心規範修訂小組，俾利本案成果發揮更大效益。 2. 耐震設計規範中規定之試驗主要針對其力學參數之穩定性，本研究成果中可補足於材料方面（諸如橡膠老化、油封耐磨等試驗）不足之處。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 草案內容將依據專家座談會與建研所之建議，與國震規範研修小組保持聯繫與交流，並僅訂定試驗方法與抽樣頻率，避免允收標準與耐震設計規範修訂版本不同的問題。 2. 感謝委員的肯定。
陳正平 技師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議對使用環境（例如長期日照高溫環境）及使用年限加以限制。 2. 建議對維修檢查頻率予以規定。 3. 在檢驗項下之原型檢驗(1) c. 「CNS 主管機關提出原型檢驗要求時」應進行原型檢驗。因 CNS 非技術單位，不會主動要求作原型檢驗。 4. 建議只提試驗方法，合格判定標準與設計單位之需求有關，建議交由設計單位依需求訂定之。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案擬定之 CNS 草案係針對一般使用情況訂定基本品質要求，在工程案件中，可依據實際使用需求，於招標規範訂定相應的試驗要求與允收標準。 2. CNS 之編寫原則無要求定義產品之維修或檢查頻率。目前工程實務常見方式是於招標圖說要求產品供應商配合保固使用年限提供維修檢查計畫。 3. 此為考量正字標記之實施。依據正字標記核發與驗證制度，標檢局於核發

委員	審查意見	回覆
		<p>正字標記後，實施每年至少一次之不定期品管追查及抽驗，以確保正字標記產品品質之穩定性及持久性。</p> <p>4. 遵照辦理。</p>
<p>營建署 陳志銘 課長</p>	<p>無意見。</p>	<p>感謝委員。</p>
<p>楊亦東 教授</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案已完成相關 CNS 草案。 2. 建議說明相關 CNS 草案與國外採用之試驗方法之主要差異及其考量。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員的肯定。 2. 將說明補充於報告中。
<p>台灣都市更新推動全國學會 林理事長煌欽</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 近日坊間發生日本製消能元件實驗數據造假事件，建議儘快提出符合我國所需之 CNS 規範。 2. 建議研擬核發消能元件之標章證明，及指定專責檢驗與合格判定之機構。 3. 建議提出標準及實驗規範。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案成果研提黏滯阻尼器、黏彈性阻尼器及挫屈束制斜撐等 3 種類型阻尼器之國家標準草案，並建議建研所以此成果為基礎提送標檢局審查。 2. 國家標準並無強制性，其驗證制度係採自願性質，由產品製造者自願實施工廠品質管理，並依國家標準生產製造產品後，方得申請正字標記認證。本草案如若通過，可作為相關實驗室申請 TAF 認證之試驗方法依據。 3. 同意見 1 之回覆。
<p>中華民國全國建築師公會 陳建築師澤修</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案訂定試驗項目、方法，但對於試驗設備之規格要求，也應訂定標準。 2. 建議提出取樣數量之比率。 3. 有關「性能試驗差異不得大於 15%」，其定義之由來為何？ 4. 消能元件應加入鋼片阻尼器。 5. 建議建築物安裝阻尼器應列入結構外審項目。 6. 「使用年限」是否應做為年限檢測之依據，以維持可靠度。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本草案如若通過，可作為相關實驗室申請 TAF 認證之試驗方法依據。 2. 依據原型與出廠檢驗性質的不同，取樣標準分別說明於各草案 6.1 與 6.2 規定中。 3. 考量設計目標、製造公差、材料變異性、試驗機性能等多重變異性，並參考中國、日本、美國、歐盟相關規範之標準容許範圍。 4. 鋼片阻尼器非本案研擬之範圍。 5. 目前結構外審項目係由各縣市主管建築機關訂定之。 6. 使用年限與其安裝環境與使用狀況有關，目前工程實務多於招標圖說要求產品供應商提供維修檢查計畫，以

委員	審查意見	回覆
		維持其可靠度。
臺南市政府工務局	無意見。	感謝委員。
內政部建築研究所黃國倫助理研究員	為符合本案預期成果，並依照委託研究案規定於規定期限前將結論與建議函送給主協辦機關，建議允收標準不納入CNS草案中，以避免相關內容與耐震設計規範修訂版本不同之情況發生。允收標準相關介紹於成果報告中呈現即可。	遵照辦理。

本案研究期間適逢日本 KYB 於 107 年 10 月 16 日發生阻尼器試驗數據造假事件，以下為根據日本國土交通省新聞稿及 KYB 聲明稿所節錄之事件說明：

1. 事件概要

日本國土交通省認定 KYB 油阻尼器涉及造假的事項有：(1)試驗數據造假；(2)使用非認證材料。有關試驗數據造假部分，依據日本國土交通省認證標準，阻尼力試驗值不得偏離設計值之 15%，而 KYB 與客戶之間的契約要求通常為更嚴格的 10%，然而，KYB 將不符合要求的試驗數據篡改為符合並出貨給客戶；另有關使用非認證材料部分，係使用不符合認證規定的活塞桿、油封或塗料製造阻尼器並出貨給客戶。

2. 事件原因

KYB 油阻尼器的活塞上設有控制閥，阻尼器之速度與阻尼力關係可透過控制閥調整，根據 KYB 提供的內部品管流程，阻尼器出貨前必須進行試驗並根據試驗結果調整控制閥使阻尼器性能符合國家認證或客戶契約之要求，然而調整控制閥必須先拆解阻尼器，其過程非常耗時，因此，執行性能檢查的單位為節省時間所以直接篡改試驗數據，將已知性能不符合要求的阻尼器出貨給客戶，根據 KYB 提供的調查資料顯示，最大偏離值甚至達到 42.3%，無論是實驗數據造假或使用非認證材料，為避免延誤交貨期程應該是這次事件的主要原因。

3. 日本認證規定

根據日本建築基準法第 37 條規定，建築物之基礎與主構造所使用的材料，與安全、防火或衛生有關的部分應符合國土交通省首長之認證，這些材料在規定上稱為「指定建築材料」。指定建築材料通過上述認證的方法有 2 種：(1)通過國土交通省首長認定之 JIS(日本工業標準)或 JAS(日本農林標準)標準的認證；通過國土交通省首長認定之技術標準的認證。日本建築基準法第 37 條之指定建築材料包含隔震材料但不包含制震材料，因此，國土交通省僅針對隔震系統使用的阻尼器進行認證，國土交通省對於制震用阻尼器並無認證責任，而此次 KYB 試驗數據造假事件，國土交通省在責任追究上的確也因隔震與制震之不同而有差異，違反國土交通省認證之阻尼器必定是隔震用，而制震用阻尼器若違反客戶契約要求則依然存在法律責任問題。

有關隔震材料之認證審查程序，廠商應先向國土交通省指定的性能評價機關提出認證申請，由性能評價機關指派 2 名以上評價員對廠商進行審查，評價員為具有相關專業知識之大學教授、副教授或試驗研究機關之研究員，通常會召開評價委員會對廠商進行審查，審查方式包含書面審查、審查會議及現地檢查，書面審查與審查會議係針對廠商提交的試驗數據和品質管理手冊進行審查，包含：(1)相關試驗數據是否訂有合適的標準值?(2)應用的試驗方法和試驗設備是否合適?(3)公司內部標準是否合適?(4)品質檢查方法中是否包含公司內部標準中所規定的數據修正?(5)產品品質和檢查結果等與產品管理有關的資料是否儲存妥當且留存時間是否足夠?並已建立好對應的監察機制?(6)品管人員是否具有該指定建築材料的審查知識與經驗?是否於製造部門之外獨立選任?同時是否已建立好負責的品質管理制度?有關現地檢查部分，則是於工廠或其他產品製造現場進行產品性能試驗和確認品質管理制度之落實。

性能評價機關完成上述審查之後向國土交通省遞交性能評價書，原則上國土交通省僅進行文件審查，確認性能評價書是否包含所有必要的評價項目且評價結果是否符合規定，必要時得聽取性能評價機關之意見，審查通過後則發予國土交通省首長認證書。

4. 日本因應方法

繼 KYB 事件發生後，10 月 23 日日本川金公司亦坦承造假行為，日本國土交通省至今仍在持續調查其他經認證產品是否具有相同造假弊端，並要求廠商立即更換符合國家認證要求或客戶契約要求之產品，以確保建築物之安全性。事實上，早於 KYB 事件之前，2007 年日本東洋橡膠公司已發生過類似造假事件，使用不符合當時建設省認證的材料製造隔熱板並出貨給學校使用，造成當時公司社長引咎辭職，然而，2015 年東洋橡膠公司再次發生隔震橡膠材料造假，國土交通省因此事件特別成立與隔震材料有關的第三方委員會研擬預防對策，在國土交通省之認證制度方面，對於曾經造假之公司應進行重點檢查，包括：(1)增加性能試驗的樣本數並確實確認性能結果；(2)特別著重審查與預防對策有關的品質管理制度是否落實。在性能評價機關之審查制度方面，針對重要的材料特性，必須在評價員面前取樣並進行試驗，但符合 JIS 認證試驗室進行的試驗除外；針對重要的品質管理事項，例如出貨前的檢查方法等，必須實地確認，但符合 JIS 認證的品質管理制度除外；確認品質管理人員具有必要的專業知識，人員任命與製造部門無關，且建立可以究責的品管制度；確認重要資料的揭露性，

公司內部規定應將必要的數據修正明定於品質檢查方法之中，並提供營造廠相對必要的訊息；產品的品質與檢查結果必須妥善保存一段時間，並建立能夠與外部對應的監察體制。

整體而言，日本根據建築基準法第 37 條規定，要求隔震用阻尼器必須通過國土交通省首長之認證才能實際應用，然而，關於通過認證後的品質管理，實際上只能依賴性能評價機關的持續檢查或製造商的良知，相較之下，我國目前雖然並無阻尼器的國家標準，但客戶契約中通常會遵循建築物耐震設計規範之規定，要求提供實體試驗與性能保證測試之結果作為阻尼器性能之保證，如此，廠商出貨前至少應依契約要求之抽樣比例進行性能保證測試，且測試須由第三方公正實驗室進行，較難發生試驗數據造假的情況。日本國土交通省對於隔震用阻尼器的認證機制，實際上的功能與 JIS 相似，惟 JIS 仍屬自願性質，而建築基準法第 37 條則有強制性。