

建築制震設計與施工品管作業手冊

內政部建築研究所委託研究報告

093-301070000G1024

建築制震設計與施工品管作業手冊

受委託者：財團法人中華建築中心

研究主持人：曾一平

協同主持人 蔡益超

研究員：黃德琳、段永定、李明皓

研究助理：吳志強

內政部建築研究所研究報告

中華民國九十三年十二月

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**Recommended Specifications and Quality
Control Guidelines for Structural Design and
Construction for Seismic Applications**

BY

Y. P. Tseng

I. C. Tsai

D. L. Hwang, Y. D. Duan and M. H. Lee

Tzu-Chang Wu

November, 2004

建築制震設計與施工品管作業手冊

內政部建築研究所

九十三年

建築制震設計與施工品管作業手冊

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 27362389

地址：台北市敦化南路二段 333 號 13 樓

網址：<http://abri.gov.tw>

出版年月：九十三年十二月

版（刷）次：初版

工本費：200 元

目次

目次	i
表次	iii
圖次	iv
中文摘要	v
英文摘要	ix
第一章 被動消能結構系統設計流程與品管機制	1
第一節 設計流程與計算書目錄	2
第二節 設計品管機制	9
第三節 品管作業綱要	9
第二章 減震消能結構設計注意事項	30
第一節 設計目標	30
第二節 消能元件配置	34
第三節 結構斷面設計	37
第四節 地震紀錄	38
第五節 消能元件之模擬	39
第六節 最大設計阻尼力	41
第七節 消能元件周邊構架的設計	42
第八節 消能元件設計應考慮因素	43
第九節 含被動消能元件分析方法	44
第三章 減震消能結構設計基本資料查核	63
第一節 設計依據	63
第二節 被動消能元件	64
第三節 設計性能目標	66
第四節 動力歷時分析	67
第四章 施工品管	69
第一節 施工品管計畫	69
第二節 消能元件試驗	70
第三節 施工品管作業	75
第四節 施工品管檢查項目	78
第五章 維護管理	82
第一節 維護管理規範規定	82
第二節 維護管理檢查項目	83
第六章 結論與建議	87
第一節 結論	87
第二節 建議	88

參考文獻.....	91
建築結構之設計與施工品管作業研究案審查回覆.....	93

表次

表 1-1	Unbond Brace (範例).....	20
表 1-2	摩擦型消能元件(範例).....	23
表 1-3	油壓消能元件(範例).....	25
表 1-4	黏性消能元件(範例).....	27
表 1-5	復元力特性.....	29
表 2-1	消能結構設計目標(日本).....	60
表 2-2	消能結構設計目標(我國).....	60
表 2-3	消能元件周邊構架設計.....	60

圖次

圖 1-1	日本實務界一般減震消能結構設計之流程圖.....	17
圖 1-2	我國實務界一般減震消能結構物之設計流程圖.....	18
圖 1-3	減震消能構架的形式.....	19
圖 2-1	性能曲線.....	50
圖 2-2	消能結構系統配置.....	51
圖 2-5	淺層土層的增幅放大效應.....	53
圖 2-6	原記錄與地震波模擬圖形.....	54
圖 2-7	減震消能構造單質點系模擬.....	55
圖 2-8	單質點系消能元件的模擬.....	55
圖 2-9	單質點系消能建物力學特性.....	56
圖 2-10	消能元件受力與變形關係.....	56
圖 2-11	靜力分析流程圖.....	57
圖 2-12	簡化動力分析模型.....	58
圖 2-13	各樓層層剪力與層間變形之關係曲線.....	58
圖 2-14	層剪力與層間變位關係曲線簡化成三折線.....	59

中文摘要

關鍵詞：消能元件、結構設計、施工品管、維護管理

一、研究緣起

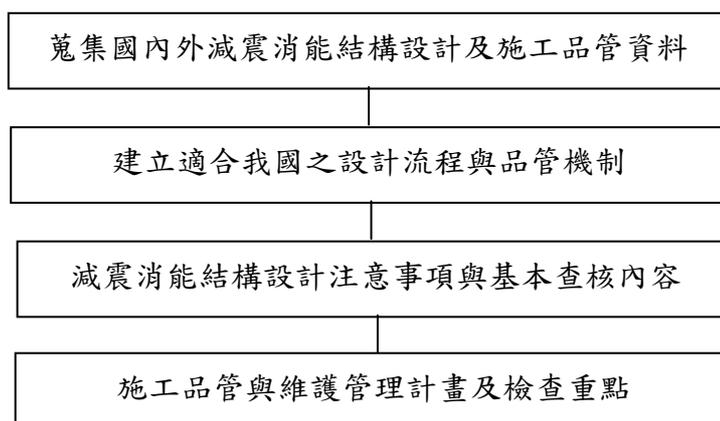
近十年發生的大地震中，尤其是 1999 年 9 月 21 日台灣集集大地震（約 2400 人死亡，且 2 萬 6 千棟房屋全倒），而日本 1995 年 1 月 17 日神戶大地震（約 6300 人死亡，且 14 萬棟房屋全倒），提高建築物之抗震能力有其需要性，然抗震能力設計除了採用耐震結構之設計方法外，近年來，含被動消能結構系統也被普遍的應用於世界各國。

我國目前減震消能建物至少超過 47 棟以上，而國內有關含被動消能元件的設計尚未有正式的規範，因此，結構設計者之減震消能設計往往是依據研究文獻、FEMA273 及 274、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」等，不同的設計者會採用不同的設計規範或文獻作減震消能結構設計，問題是文獻或規範的設計需求，對於減震消能結構設計方法及要求不同，更何況減震消能結構設計目前於我國實務界結構設計者並非屬熟悉的設計方法，因此有需要針對消能減震結構設計品管作更詳細的說明及探討。

為了維持消能元件的力學性能，必須對消能元件之施工品管與維護管理有一套可行的計畫概要，在施工品管方面，須有施工計畫書、現場及工廠品管計畫書、裝置製作計畫書等；在維護管理方面，應製作維護管理計畫書，其內容應包括維護管理的目的、檢查時機、檢查位置、檢查時間、檢查後處置等。

二、研究方法及過程

本研究首先蒐集國內外減震消能結構設計及施工品管資料，建立適合我國之設計流程與品管機制，然後提供減震消能結構設計注意事項與基本查核內容，最後即是針對施工品管與維護管理計畫及檢查重點概要式說明。研究步驟如下圖：



三、重要發現

1. 消能元件設計品管機制，除了一般國內於審查耐震結構之機制要求外，另應成立具有相當實務設計經驗的專家及學者共同審查消能結構系統建築物。
2. 在消能元件的設計注意事項中包括設計目標、本模擬模型、各種設計考慮因素、周圍構架的設計等皆很重要，設計者應當特別注意。
3. 若消能結構之設計目標大約符合規範基本設計原則，則本文認為應由成立的消能建物審查小組特別審查；倘建物耐震部分已達規範的基本性能規定，則另加裝消能元件只是再提高建物性能，則本文認為審查與否應由業主決定。
4. 施工品管及維持管理方面，應製作可行的計畫書，其目的是提供一具體執行的方法予設計者及執行者，以確認消能元件基本力學性能符合設計需求。

四、主要建議事項

我國目前含被動消能系統建築物的設計，沒有一套標準之計算書範例以供從事消能結構設計者參考，因此，建立完整之計算書範例，實有其必要性。對於消能元件之設計應考慮之設計因素，這些效應如何反應於消能結構分析之中，也必須清楚交待。另外建立標準化施工品管作業及維護管理檢查制度，以確保消能元件的力學性能夠正常發揮。基於前述理由，本文大致建議如下：

建議一

消能結構計算書：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

我國目前含被動消能系統建築物的設計，尚未有標準之計算書範例以供實務界從事消能結構設計者參考，所以有關計算書內容的要求，國內一般還是要透過結構外審機制控制設計品質。而一般從事消能結構設計者，必須根據其曾經接受外審的經驗，建立計算書的內容。筆者建議，最好能夠建立完整的消能建物計算書內容及範例，一則設計者有依循的參考標準，另一則可以從完整的計算書內容查核分析設計結果之正確性，以提高設計品質。

建議二

消能元件之設計考慮因素：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

消能元件之設計應考慮之設計因素，包括風力、老化、潛變、疲勞、環境溫度、運轉溫度、製品誤差等因素。若一棟含消能元件之消能建築物的數學模型應包括消能元件之平面與豎向配置，且其數學模型之分析應考慮激振頻率、環境與運轉溫度、承載及雙向載重等因素對元件之影響。此外，為了獲取消能元件因力學特性改變對分析結果之影響，必要時須進行多重分析。這些效應如何反應於消能結構分析之中，應詳細說明，並明確提供設計範例，對於消能結構設計品質的提昇有重要的幫助。

建議三

施工品管制度標準化：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

建立標準化施工品管作業流程及檢查方法。國內目前常用之消能元件主要有四種包括油壓、黏彈性、黏性、鋼材等消能元件，各種消能元件之製造、施工等方法皆不盡相同。消能元件設置於建築物中扮演重要

角色，甚至可以視消能元件為主體結構之一部分，如果於設計目標地震下無法正常發揮，則建築物之設計目標將備受影響，其安全性與使用性也會受到相當程度的挑戰。因此，對於消能元件而言，製造廠商為第一線之品管人員，施工單位則為第二線之品管人員，為了確保消能元件的力學性能夠正常發揮，建立各種消能元件標準化之施工品管制度實有其必要性。

建議四

維護管理標準化：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

為了確保消能元件的力學性能，定期或臨時檢查絕對是有必要的。尤其是消能元件力學性能若受到影響，則於大地震、強風等侵襲下，因其力學性能未完全發揮，則消能建物的抗震能力甚至有可能不足，故定期或臨時檢查非常重要。問題是該如何檢查才是正確作法，一般建物使用者可能並不清楚，即使是專業技師也要受過一定程度的訓練才會比較瞭解，故建議可以建立一套標準化維護管理檢查流程、方法、檢查項目等。

英文摘要

A. Research Cause

The Earthquake 921 and 331 not only make people doubt the security of building structure in Taiwan, but show the problems of design and construction quality of

B. Research Method and Process

The contents of this research emphasizes mainly on the self design quality control system of the builder or the design department. Referring to the domestic and foreign documents

C. Significant Discovery

This research finishes collecting, arranging, studying and understanding the related documents, for instance,

D. Major Suggestions

According to the research, there is much room to improve the domestic design and construction quality control system. Before the seismic design and the construction

第一章 被動消能結構系統設計流程與品管機制

含被動消能結構物之設計，我國尚未訂定正式的規範，但從建築物耐震規範與解說中含被動消能系統建築物之設計(草案)、FEMA273 及 274、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」、日本及我國實務界應用等相關內容，可以有系統的整理出適用於我國之含被動消能結構系統之設計流程與品管機制。

在論及被動消能結構系統之前，必須先要瞭解耐震結構的設計需求，從我國相關設計規範可知，所謂之建築物耐震能力，可以從建物之強度與韌性兩方面檢討。問題是含被動消能系統之建築物其結構系統之構材設計是否也需要滿足耐震相關規範的規定呢？若從規範草案有關消能建築設計基本原則可知，對所有消能建築，要求在中小地震下須完全保持彈性，且非結構元件無明顯損壞；在設計地震下，消能系統正常發揮功能，而原結構體可容許產生降伏，但使用韌性不得超過其容許韌性容量 R_a 。最大考量地震下，消能系統仍能正常發揮功能，而原結構體容許產生降伏，但使用韌性不得超過規定之韌性容量 R 。由此可知，即使是含消能元件之建築物，結構構材的設計也如同耐震結構設計的要求，因此，本文內容倘與耐震設計內容重疊的部分，於此多處不再贅言。

有關被動消能結構設計流程，主要是參考日本及我國實務界的一般做法。日本實務界對於含被動消能元件建物主要是以非線性動力歷時分析為主，直至 2003 年日本免震構造協會「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」才有較明確之靜力分析方法，然其靜力分析法最主要的目的是從其性能曲線瞭解消能建物的力學特性及在特定設計目標下消能元件之配置，最後還是要以動力彈塑性分析檢討其設計目標。而我國實務界目前有關消能元件之設計，主要是以動力歷時分析為主，雖然草案已有靜力及反應譜分析方法，然實務界目前尚未廣泛應用。在設計品管機制方面，本章除了論及起造人、消能元件審查小組、監造人、專業技術人員等各人員職掌外，對於設計品管內容及其檢查要點皆有說明，尤其是設計品管檢查要點，乃參考日本實務界消能建物審查的內容，以資我國參考。

第一節 設計流程與計算書目錄

圖 1-1 為日本實務界一般減震消能結構設計之流程圖；圖 1-2 則為我國實務界一般減震消能結構物之設計流程圖，兩者在設計方法最大的區別在於日本所謂之減震結構設計強調非線性動力歷時分析，其所謂之非線性不僅是消能元件之非線性行為，尚包括結構系統的彈塑性行為，而我國實務界一般作法，包括靜力分析及線性歷時分析，大部分的設計者皆會採用線性歷時分析，一則我國建築結構分析軟體主要採用 ETABS 及 SAP，一般之結構設計者皆會使用，另一則是 ETABS 及 SAP 等軟體所謂之減震消能結構歷時分析一般是指結構物仍然維持彈性，而消能元件為非線性行為，所以大部分之設計者皆會採用線性歷時分析。有關本節計算書目錄中之建築物概要、結構系統概要、荷重計算、減震結構相關檢核、水浮力檢核、施工系統及 RC、S、SRC 構材設計範例等部分，與耐震設計計算書主要內容大致相同，亦即耐震結構設計時之基本資料及構材設計需求，減震消能結構也必須滿足，惟消能結構尚必須多考慮消能元件之特性、分析模擬方法、及相關檢討項目等。減震消能結構計算書目錄大致如下所示。

結構計算書目錄

第一章、建築物概要

- | | |
|--------------------|------------------|
| 1.1 基地位置概況 | 高度、地下樓層高度、基礎深度) |
| 1.2 建物規劃、用途 | 1.4 建築材料及規格 |
| 1.3 建築規模 | (內外牆、地坪、天花板、管線等) |
| 1.3.1 面積 | 1.5 地盤概要 |
| (基地面積、樓地板面積、建築面積) | 1.5.1 地形及地質概要 |
| 1.3.2 樓層數 | 1.5.2 地盤調查概要 |
| (地上層、地下層、屋突層) | 1.6 開挖及擋土措施 |
| 1.3.3 高度 | |
| (建物總高度、建物至屋簷高度、標準層 | |

第二章、結構系統概要

- 2.1 構造型式
- 2.2 結構說明
 - 2.2.1 平面形狀
(規則性、伸縮縫、挑空、長寬比等)
 - 2.2.2 立面形狀
(挑高、樓層高均等性等)
- 2.3 地上結構系統
(牆系統、斜撐系統、減震系統、SMRF、CBF、EBF 等)
- 2.4 地下結構系統
(牆系統、SMRF 等)
- 2.5 構造材料及規格
(混凝土、鋼筋、鋼骨、銲接材、螺栓等)
- 2.6 構材尺寸
- 2.7 構材跨度與高度
- 2.8 基礎構造
- 2.9 擋土支撐
- 2.10 設計規範

第三章、被動消能元件

- 3.1 阻尼器裝置及材料規格
 - 3.2 阻尼器構造型式及尺寸
 - 3.3 裝置原理
 - 3.4 裝置構造
 - 3.5 力學特性
 - 3.5.1 基本特性方程式
 - 3.5.2 阻尼力特性
 - 3.6 各種相依性
 - 3.6.1 位移型阻尼器
 - 3.6.1.1 連續返復振動
 - 3.6.1.2 應變速度相依性
 - 3.6.1.3 溫度相依性
 - 3.6.2 油壓阻尼器
 - 3.6.2.1 振動頻率相依性
 - 3.6.2.2 溫度相依性
 - 3.6.3 黏性阻尼器
 - 3.6.3.1 振動頻率相依性
 - 3.6.3.2 溫度相依性
 - 3.6.3.3 變位相依性
 - 3.6.3.4 連續返復振動相依性
 - 3.6.4 黏彈性阻尼器
 - 3.6.4.1 振動頻率相依性
 - 3.6.4.2 溫度相依性
 - 3.6.4.3 應變相依性
- 3.7 耐久性
 - 3.7.1 耐熱耐寒
 - 3.7.2 連續返復振動
 - 3.7.2.1 設計年限風速
 - 3.7.2.2 設計年限地震
 - 3.7.3 經年劣化
- 3.8 裝置誤差
 - 3.8.1 位移型阻尼器
 - 3.8.1.1 勁度
 - 3.8.1.2 降伏力
 - 3.8.2 油壓阻尼器
 - 3.8.2.1 阻尼力
 - 3.8.2.2 內部剛性
 - 3.8.2.3 等效阻尼係數

- 3.8.3 黏性阻尼器
 - 3.8.3.1 阻尼力
- 3.8.4 黏彈性阻尼器
 - 3.8.4.1 儲存模數
 - 3.8.4.2 耗損係數
- 3.9 極限界限
 - 3.9.1 位移型阻尼器
 - 3.9.1.1 變位界限
 - 3.9.1.2 疲勞界限
 - 3.9.2 油壓阻尼器
 - 3.9.2.1 變位界限
 - 3.9.2.2 速度界限
 - 3.9.3 黏性阻尼器
 - 3.9.3.1 變位界限
 - 3.9.3.2 速度界限
 - 3.9.3.3 阻尼力界限
 - 3.9.4 黏彈性阻尼器
 - 3.9.4.1 變位界限
 - 3.9.4.3 疲勞界限
- 3.10 分析模型與實驗結果

第四章、荷重計算準則

- 4.1 設計載重
 - 4.1.1 靜載重
 - 4.1.2 活載重
 - 4.1.3 地震力
 - 4.1.4 風力
 - 4.1.5 溫度、乾縮應力
 - 4.1.6 水位及水浮力
 - 4.1.7 土壓力
 - 4.1.8 設備載重及衝擊載重
- 4.2 地震波的選定
- 4.3 荷重計算基準
- 4.4 荷重數據
- 4.5 樓層重量分佈

第五章、線性與非線性結構模型的模擬

- 5.1 構材之模擬
 - 5.1.1 RC 構造
 - 5.1.2 S 構造
 - 5.1.3 SRC 構造
 - 5.1.4 結構牆及非結構牆之模擬
 - 5.1.5 斜撐構材的模擬
 - 5.1.6 樓版之模擬(橫隔版之模擬)
- 5.2 梁柱接頭之模擬
- 5.3 土壤彈簧模擬
 - 5.3.1 側向土壤彈簧
 - 5.3.2 垂直土壤彈簧模擬
 - 5.3.3 Rocking 土壤彈簧模擬
- 5.4 基樁彈簧模擬
- 5.5 地下連續壁模擬
- 5.6 消能元件模擬
- 5.7 線性減震結構分析模型
- 5.8 非線性減震結構分析模型
- 5.9 分析軟體說明

第六章、減震結構分析與設計說明

- 6.1 上部結構分析說明
- 6.2 下部結構分析說明
 - 6.2.1 地下室結構分析
 - 6.2.2 地梁、基樁或連續壁之結構分析
- 6.3 附屬結構與非結構分析說明
- 6.4 載重組合
- 6.5 構材設計說明
- 6.6 梁柱接頭設計說明
- 6.7 地梁、基樁或連續壁設計說明
- 6.8 減震結構之分析設計說明
 - 6.8.1 相依性考慮
 - 6.8.2 耐久性考慮
 - 6.8.3 裝置誤差考慮
 - 6.8.4 側推分析(Push Over Analysis)
 - 6.8.5 遲滯特性設定
 - 6.8.6 遲滯迴圈設定
- 6.9 附屬結構與非結構分析設計說明
- 6.10 地震波調整說明

第七章、減震結構分析設計資料

- 7.1 建築及結構平面圖
- 7.2 建築及構架立面圖
- 7.3 性能目標
 - 7.3.1 地震波
 - 7.3.2 整體結構性能標準
 - 7.3.2.1 層間變位角
 - 7.3.2.2 需要韌性容量
 - 7.3.3 各構材性能標準
 - 7.4 阻尼器配置數量計算
 - 7.5 阻尼器配置平立面圖

第八章、減震結構分析設計

- 8.1 靜力分析
 - 8.1.1 地震力計算
 - 8.1.1.1 地上結構地震力
 - 8.1.1.2 地下結構地震力
 - 8.1.2 風力計算
 - 8.1.2.1 規範靜態風力
 - 8.1.2.2 風洞實驗風壓力
 - 8.1.3 樓層加速度
 - 8.1.4 樓層層間變位
 - 8.1.5 樓層剪力
 - 8.1.6 樓層傾倒力矩
- 8.2 反應譜分析
 - 8.2.1 樓層反應加速度
 - 8.2.2 樓層反應層間變位
 - 8.2.3 樓層反應剪力
 - 8.2.4 樓層反應傾倒力矩
- 8.3 動力線性歷時分析
 - 8.3.1 最大反應層加速度
 - 8.3.2 最大反應層間變位
 - 8.3.3 最大反應層剪力

- 8.3.4 最大反應層傾倒力矩
- 8.3.5 阻尼器遲滯迴圈
- 8.4 上部結構設計
- 8.5 極限層剪力計算
- 8.6 下部結構設計
- 8.7 非線性動力歷時分析
 - 8.7.1 側推分析(Push Over Analysis)
 - 8.7.2 遲滯特性設定
 - 8.7.3 遲滯迴圈設定
 - 8.7.4 最大反應層加速度
 - 8.7.5 最大反應層間變位
 - 8.7.6 最大反應層剪力
 - 8.7.7 最大反應層傾倒力矩
 - 8.7.8 阻尼器遲滯迴圈

第九章、減震結構相關檢核

- 9.1 振態質量和
- 9.2 意外扭矩放大倍率
- 9.3 立面形狀
 - 9.3.1 剛性率
 - 9.3.2 質量
 - 9.3.3 立面不連續之豎向構材
 - 9.3.4 極限層剪力強度
- 9.4 平面形狀
 - 9.4.1 偏心率
 - 9.4.2 凹角性
 - 9.4.3 不連續之橫隔版
 - 9.4.4 面外錯位之豎向構材
 - 9.4.5 非平行結構系統
- 9.5 構架單獨抗震檢討(二元系統)
- 9.6 建築碰撞距離
- 9.7 容許層間變位角檢討
- 9.8 風力舒適性檢討
- 9.9 非線性分析性能檢核
 - 9.9.1 整體結構性能檢核
 - 9.9.2 各構材性能檢核
 - 9.9.3 塑鉸機構分佈
- 9.10 阻尼器設計及極限界限

第十章、減震與非減震結構分析設計比較

- 10.1 靜力分析
- 10.2 反應譜分析
- 10.3 動力歷時分析
- 10.4 非線性動力歷時分析

第十一章、RC 構材設計範例

- 11.1 設計依據
- 11.2 材料規格
- 11.3 梁設計
 - 11.3.1 斷面檢討
 - 11.3.2 撓曲設計
 - 11.3.3 剪力筋設計
 - 11.3.4 扭力筋設計
 - 11.3.5 韌性檢核

11.3.6 鋼筋配置與裂縫控制

11.4 柱設計

11.4.1 斷面檢討

11.4.2 柱細長效應設計

11.4.3 柱縱向鋼筋設計

11.4.4 柱橫向鋼筋設計

11.5 梁柱接頭檢討

11.6 強柱弱梁檢討

11.7 版設計

11.8 結構牆設計

11.9 基礎設計

11.10 小梁設計

11.11 附屬結構設計

11.12 阻尼器支撐材及接合設計

第十二章、S 構材設計範例

12.1 設計依據

12.2 材料規格

12.3 受拉構材

12.4 受壓構材

12.5 撓曲構材

12.6 柱梁構材

12.7 合成構材

12.8 接合設計

12.9 耐震設計

12.9.1 柱強度要求

12.9.2 銲接組合箱型柱

12.9.3 梁柱接頭設計

12.9.4 梁柱腹板交會區設計

12.9.5 柱翼板間連續板

12.9.6 梁柱彎矩強度比

12.9.7 梁柱接頭側向束制

12.9.8 梁側向支撐

12.10 阻尼器支撐材及接合設

第十三章、SRC 構材設計範例

13.1 設計依據

13.2 材料規格

13.3 構造細則檢討

13.3.1 鋼骨配置

13.3.2 鋼骨鋼筋貫穿孔

13.3.3 梁開孔

13.3.4 梁配筋

13.3.5 柱配筋

13.4 梁構材

13.4.1 設計彎矩強度

13.4.2 設計剪力強度

13.4.2.1 一般剪力破壞

13.4.2.2 摩擦剪力破壞

13.5 受壓構材

13.5.1 設計受壓強度

13.5.2 柱腳設計

- 13.6 梁柱構材
 - 13.6.1 撓曲與軸壓力強度
 - 13.6.2 構材細長效應
 - 13.6.3 撓曲與軸拉力強度
- 13.7 接合設計
 - 13.7.1 梁柱接合設計
 - 13.7.2 梁柱接合處撓曲強度比
 - 13.7.3 梁柱接頭柱內連續板
- 13.8 耐震設計
 - 13.8.1 柱軸向強度
 - 13.8.2 梁彎矩強度
 - 13.8.3 梁剪力強度
 - 13.8.4 強柱弱梁檢討
 - 13.8.5 柱剪力強度
 - 13.8.6 梁柱接頭設計
 - 13.8.7 SRC 剪力牆設計
- 13.9 阻尼器支撐材及接合設計

第十四章、水浮力檢核

- 14.1 填土
- 14.2 水位
- 14.3 抗拉拔樁
- 14.4 上浮力檢核之安全係數
- 14.5 常態水位之上浮力檢核
- 14.6 最高水位之上浮力檢核
- 14.7 筏基底版與地梁小梁配筋

第十五章、施工系統

- 15.1 施工方法
- 15.2 連續壁或擋土結構應力分析
- 15.3 開挖面穩定分析
- 15.4 開挖安全措施及監測系統配置
- 15.5 特殊施工法

第二節 設計品管機制

根據國內建築物耐震及其含被動消能系統設計規範(草案)，並參考行政院公共工程委員會評鑑制度，建立國內減震消能結構設計專業品管制度，以提供公共工程或民間一般工程，實施減震消能結構設計品管檢查與監督。減震消能結構設計檢查項目，起造人(或起造人之代理人)得獨立聘用一位以上專業工程師或專業機構，或由設計單位經起造人同意指派一位以上專業工程師或專業機構，於設計階段，實施減震消能建物結構設計品管查核。專業工程師必須就本章所定之減震消能結構品管作業項目，實施獨立之結構專業品管查核，為確實落實專業品管查核，起造人應成立消能系統之設計審查及具有相關之試驗計畫應由另一獨立之審查小組進行，小組之成員包括適當訓練之專業人員及對消能方法之理論與應用上有經驗之專家學者組成。此外應將品管查核記錄依據相關規定，通知建築主管機關、起造人、承造人及監造人。

第三節 品管作業綱要

本部份主要參考美國 FEMA273 及 274、日本免震構造協会「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」、日本實務界有關減震消能建物設計品管檢查要點、我國建築物耐震規範及解說之修訂中含被動消能系統建築物之設計等，擬定減震消能建築結構設計品管作業手冊。擬定品管作業手冊綱要如后：

減震消能建築結構設計品管作業手冊綱要

3.1 通則

所有設置有消能元件之建築物之設計審查除須符合耐震結構一般設計規定之外，尚須符合建築物耐震規範及解說之修訂中含被動消能系統建築物之設計之規定。

3.2 標準

本品管作業手冊之檢查標準為：

1. 建築物耐震規範及解說
2. 混凝土工程設計規範與解說
3. 鋼結構容許應力設計法規範及解說
4. 鋼結構極限設計法規範及解說
5. 鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範及解說
6. 建築技術規則建築構造編—基礎構造設計規範
7. FEMA: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, Report No. FEMA273, FEMA274
8. 日本免震構造協会「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」

3.3 檢查項目

(1) 建築概況

- A. 基地位置及週遭地貌、道路描述
- B. 建築規模、各層用途、內外牆系統描述
- C. 電梯、樓梯、管道間及停車系統描述

(2) 基地調查

- A. 鑽孔數、分佈及深度
- B. 地下水位觀測
- C. 取樣及試驗方式
- D. 各項目數量與頻率依基礎設計規範之規定

(3) 結構系統

- A. 結構系統之選擇是否合適
- B. 規則性與不規則性結構之判斷
- C. 基礎型式、平面承載系統、與地盤承載力
- D. 消能元件的配置

(4)設計依據

A.設計規範之使用

(5)減震消能元件

A.消能元件的種類

B.消能元件設計考慮因素

- 地震力造成之低循環數、大變形能力衰減
- 風力、溫度效應及其它反覆載重所造成之高循環數、變形能力衰減
- 重力造成之力及位移
- 侵蝕或因為濕氣或化學暴露造成消能元件部分的黏著
- 暴露於環境因素包括溫度、人為、濕氣、輻射、反應、侵蝕等
- 因低循環數疲勞而破壞的消能元件必須抵抗風力而不滑動、移動或是非彈性循環
- 溫度條件、消能元件外殼、製造誤差及其它造成消能元件在使用期限內改變的因素

C.消能元件周邊構架

D.消能元件之接合或束制

(6)垂直載重

A.靜載重

- 每一平方公尺樓地板平均靜載重數值
- 靜載重項目

B.活載重

- 各種用途之樓版活載重
- 屋頂所用活載重與一樓開放空間活載重值
- 活動隔間之重量
- 活載重之折減率計算

(7)地震力

A.靜力分析：

- 建物是否僅採用靜力分析

- 消能元件提供之最大層剪力是否不大於構架層剪力之 50%
- 最小設計水平總橫力計算方式，設計反應譜與重量之選用
- 地盤之分類判斷及反應譜工址放大係數 F_a 及 F_v
- 建築物基本振動週期之計算
- 含消能元件建築物基本等效週期之計算
- 含消能元件建築物等效阻尼比
- 用途係數、結構系統韌性容量、起始降伏地震力放大倍數之選用
- 消能元件最小設計總橫力
- 豎向分配及屋頂外加總橫力
- 結構物之偏心扭矩
- 垂直地震力
- 地下室與基礎設計地震力

B. 反應譜分析：

- 加速度反應譜係數
- 阻尼修正係數 B_S 與 B_1 的計算
- 反應譜分析之總橫力
- 考慮之振態數目的有效質量和
- 含消能元件建築物等效阻尼比之計算
- 含消能元件建築物反應譜分析之最小設計總橫力
- 建築物不規則時，地震輸入的方向
- 使用之振態疊加方法
- 動態扭矩

C. 動力歷時分析：

- 模擬之地震紀錄方法
- 線性歷時分析之調整係數
- 線性歷時分析之等效之阻尼比
- 構材非線性分析模型
- 各樓層與構材之韌性需求檢核
- 線性歷時分析模型(消能元件為非線性，結構物為線性)

- 非線性歷時分析模型(消能元件及結構物皆為非線性)

(8)結構分析模式

A.地上結構

- 結構物分析模型之幾何尺寸
- 分析程式
- 結構物分析模型
- 樓板之模擬
- 各構材之強度與勁度模擬
- 接頭之模擬
- 消能元件及其接合構材的模擬
- 主要構材與次要(非結構)構材
- 樓層重量與質心位置
- 屋突層重量與幾何形狀模擬
- 地上層之基面

B.地下結構與基礎

- 地下結構幾何尺寸與重量模擬
- 基礎構材之強度與勁度
- 土壤彈簧之位置與勁度
- 牆體位置之模擬
- 地下設計水平地震力計算

(9)弱層檢核

- A.計算極限層剪力強度的方法
- B.牆量比檢核，牆之有效斷面積計算
- C.層剪力比值
- D.含消能元件的貢獻

(10)軟層檢核 (剛性率檢核)

- A.非結構牆貢獻
- B.構材強度計算

C.檢核結果

D.含消能元件的貢獻

(11)層間相對側向位移與建築物之間隔

A.檢核層間變位角之地震力及層間變位角

B.鄰棟間距

(12)非結構牆之影響

A.非結構牆配置

B.不均勻及不對稱非結構牆之相關處理

(13)構材設計與韌性設計

A.設計方法

B.設計程式及驗證範例

C.載重組合

D.版構材

- 版配筋及撓度

- 樓版剪力傳遞

E.梁構材

- RC 梁之剪力箍筋韌性設計

- 梁之頂層與底層主筋配置

- RC 梁或 SRC 梁之鋼筋配置

- 鋼梁之無側撐長度及其挫屈危險性

F.柱構材

- 短柱之剪力筋

- RC 柱或 SRC 柱之鋼筋配置

- 鋼柱之局部挫屈危險性

- 鋼柱之續接處處理

G.柱之長細效應檢討

- 細長柱之 P- Δ 效應

- 側移構架或無側移構架之判斷

- 彎矩放大倍率

H. 剪力牆及端構材

- 剪力筋配置與錨定
- 端構材分析與設計
- 牆體需承受面內彎矩時之垂直筋配置

I. 梁柱接頭

- RC 梁柱接頭檢核
- 鋼骨梁柱接頭等設計
- 強柱弱梁檢核方式

J. 與消能元件接合構材檢討

接合構材的檢討，可依據圖 1-3 減震消能構架的形式決定檢討的項目，檢討項目如下：

- 直接接合型：梁構材及梁柱接頭檢討
- 間接接合型：梁及柱構材檢討
- 其它型：梁、柱及梁柱接頭檢討

(14) 基礎設計

- A. 基樁承載力分析
- B. 筏基版之鋼筋施工合理性
- C. 樁帽及樁本身抗剪、抗彎之分析
- D. 彈性地梁分析方式與設計

(15) 開挖及檔土措施設計

- A. 分析程式
- B. 結構分析模式
- C. 各開挖階段側壁之內力計算及開挖順序
- D. 連續壁貫入深度計算
- E. 開挖之塑性隆起穩定性檢核
- F. 砂湧安全性之檢核
- G. 上舉破壞之安全性檢核
- H. 監測系統與計劃
- I. 鄰房保護措施

3.4 減震消能結構設計品管檢查

本節除了耐震建築結構設計品管作業手冊綱要之檢查項目(詳本研究案耐震部分)外，另須額外考慮消能元件設計品管檢查，此一部分主要是參考日本實務界一般的設計檢查要點，表 1-1~表 1-4 為 Unbond Brace、摩擦型消能元件、油壓消能元件、粘性消能元件等檢查範例，而表 1-5 則為各種不同消能元件之復原力特性。

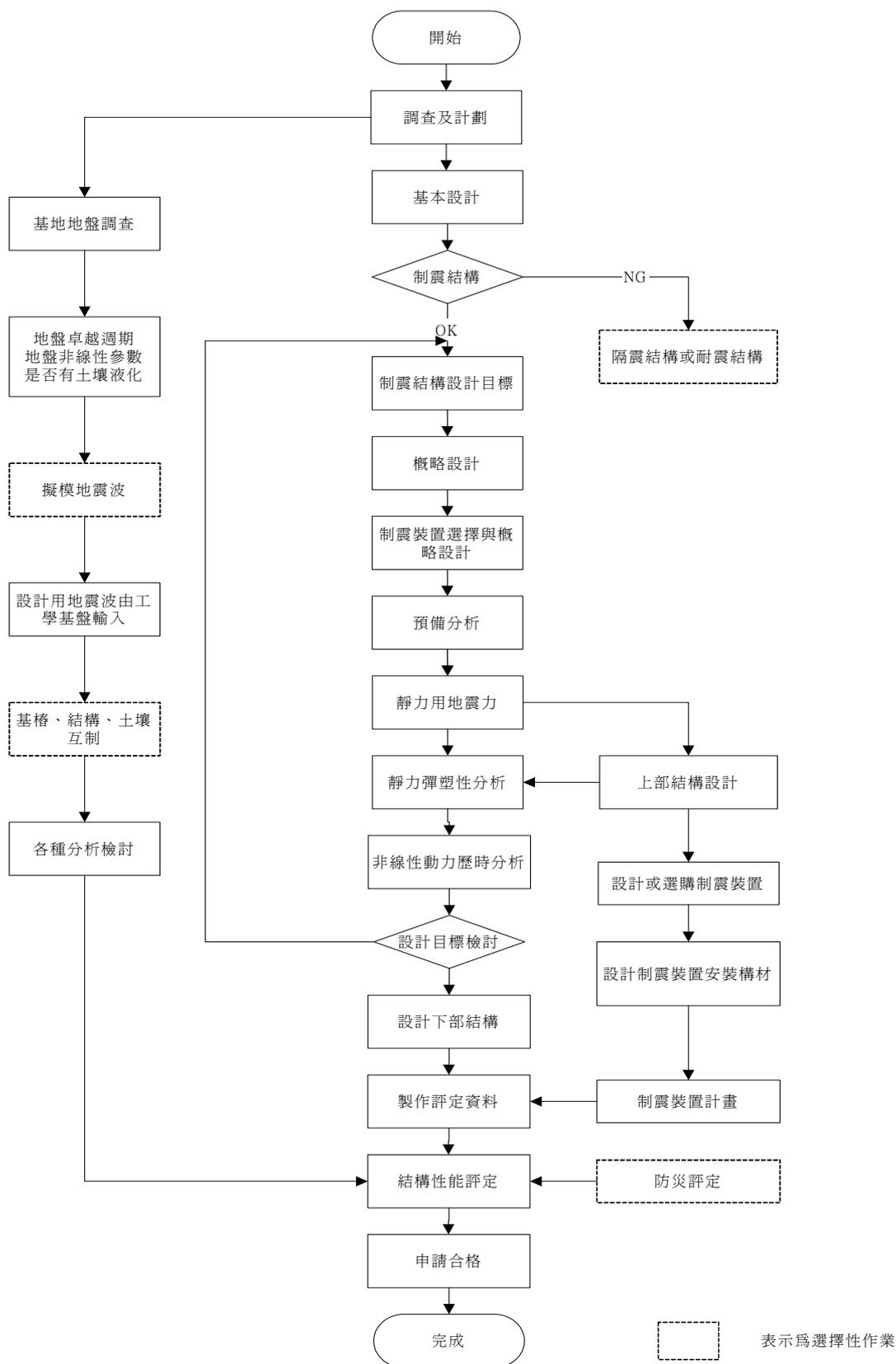


圖 1-1 日本實務界一般減震消能結構設計之流程圖

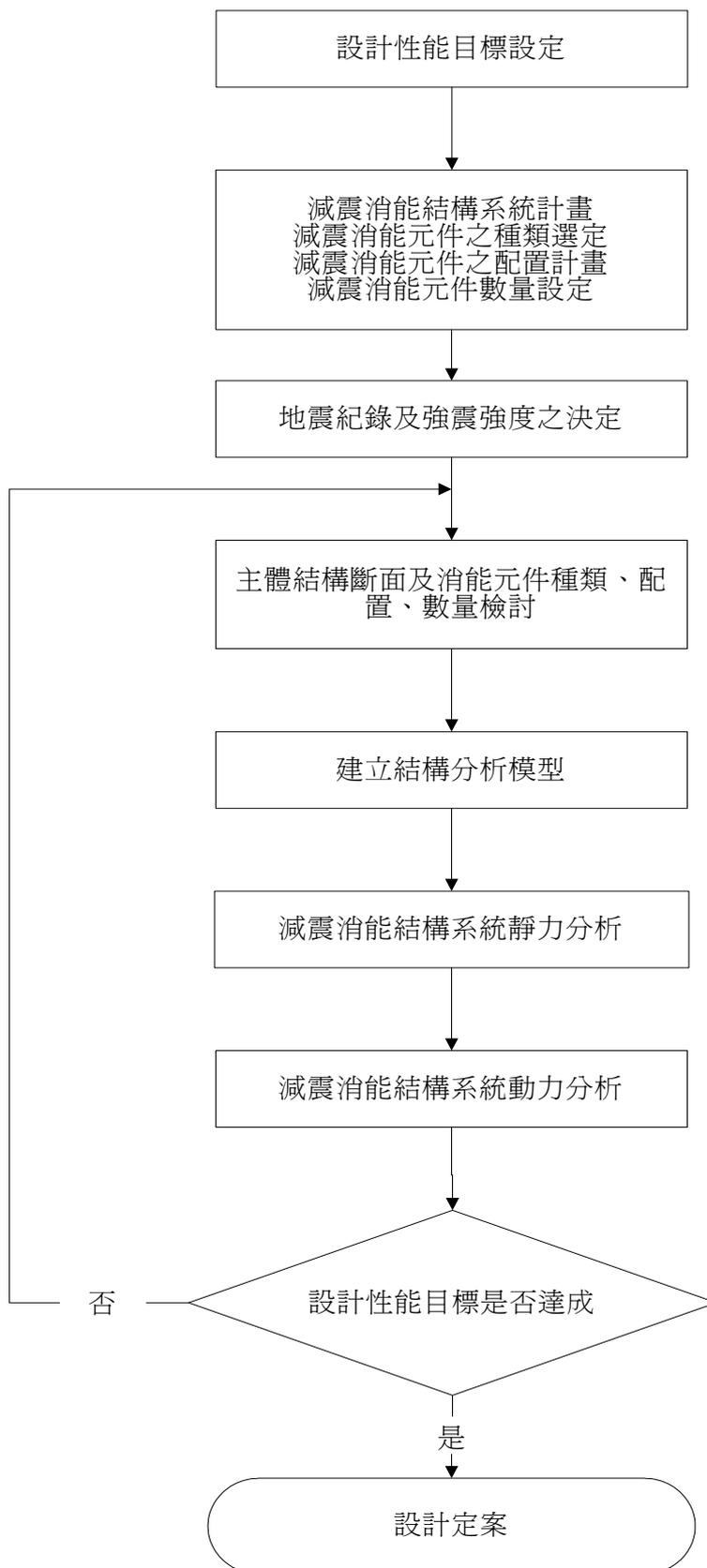


圖 1-2 我國實務界一般減震消能結構物之設計流程圖

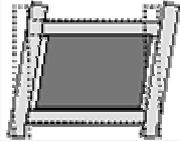
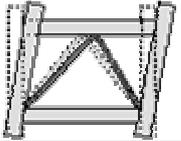
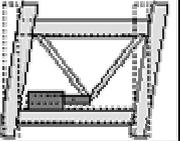
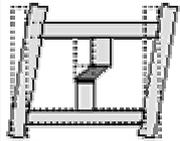
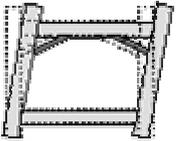
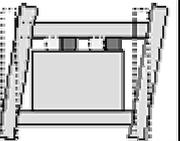
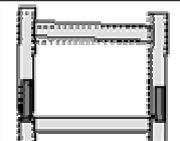
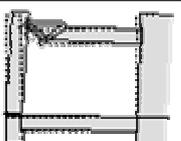
直接 結 合 型	壁型	斜撐型	SL 型
			
間 接 結 合 型	間柱型	方杖型	接合處型
			
其 他	柱型	Outrigger 型	
			

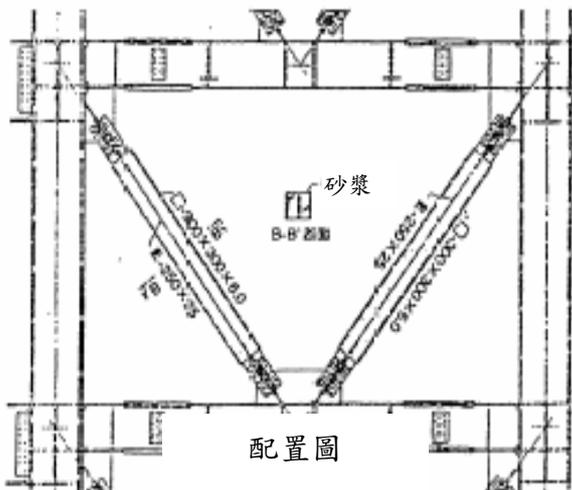
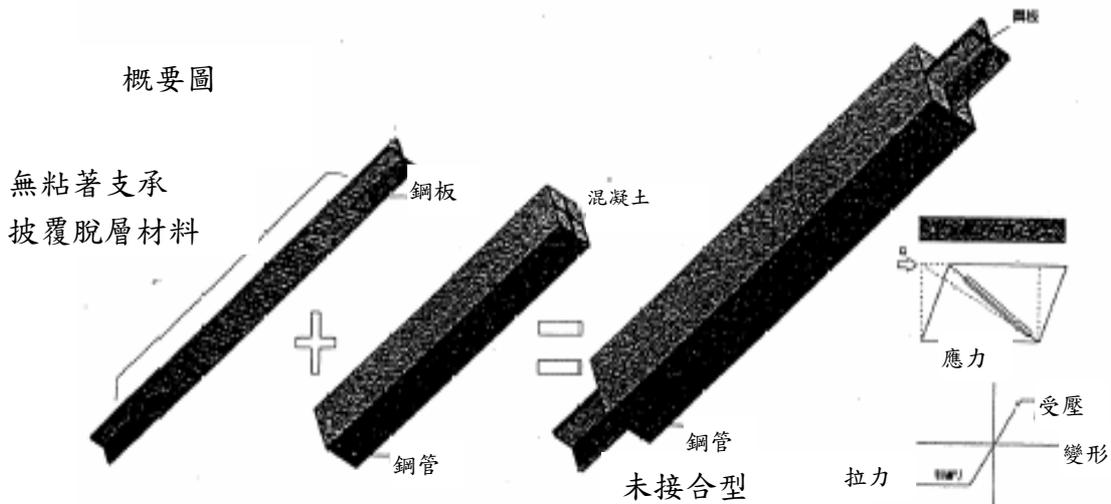
圖 1-3 減震消能構架的形式

表 1-1 Unbond Brace (範例)

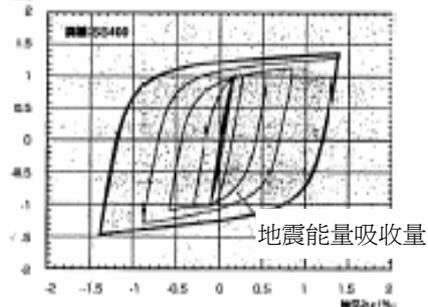
一般事項	機構	能量吸收機構
	類型	變位相依性
	裝置	鋼材彈塑性消能元件
	名稱(品名)	Unbond-Brance
	概要與優點	<ul style="list-style-type: none"> •軸向降伏型消能元件(詳圖 1-4),以鋼筋混凝土加強挫屈束制(低降伏點鋼板:BT-LYP100, BT-LYP235)。 •BA 級耐震評審合格。 •鋼板之厚度與寬幅可視所需強度與耐力調整。 •如使用高度摩擦鋼板,其接合部分尚可壓縮。
原理	<ul style="list-style-type: none"> •低降伏點鋼板藉由軸向之變形以吸收震動能量。 •消能元件係組裝於樑柱構造內。 •消能元件可藉由鋼筋混凝土作全部或部分補強防止挫屈。 	
材料與尺寸、組裝	材料	<ul style="list-style-type: none"> •低降伏點鋼條 (BT-LYP100, BT-LYP235) •其他鐵架:SN400B 等之普通鋼條 •混凝土: $F_c=21\text{N/mm}^2$
	力學特性	<ul style="list-style-type: none"> •下列為 100N/mm^2 級之性質。() 內為 235N/mm^2 •降伏點: $80\sim 120$ ($205\sim 245$) N/mm^2 •抗拉強度: $200\sim 300$ ($300\sim 400$) N/mm^2 •伸長率: 50 (40) %以上
	形狀與尺寸	<p>為建築中心一般評定範圍內。() 內為個別認定之最大尺寸。</p> <ul style="list-style-type: none"> •長度:依鋼管強度而定。實際最大值为 22m。 •構材:鋼板厚度 PL-9~40 (40) mm、寬幅 50~450 (700) mm •鋼管:鋼板厚度 PL-3.2~16 (22) mm、寬幅 100~500 (750) mm •厚寬比例:圓形鋼管 $D/t \leq 67$、方形鋼管 $B/t \leq 55$
	組裝方法	同一般支承構架之做法、利用結點板以高強度螺栓鎖緊建築物、或直接於工地焊接。
模式	復原力特性	<p>雙線性 (LYP235) 或三線性 (LYP100) 彈簧元件(詳圖 1-4)</p> <ul style="list-style-type: none"> •茲以 E 代表支承之彈性係數、A_g 代表截面積、則 •彈性強度: $sK_b = EA_g$

		<ul style="list-style-type: none"> •降伏耐力：$N_{byl} = \sigma_y A_g$ ($\sigma_y = 100\text{N/mm}^2$ (LTP100), 225N/mm^2 (LYP100)) •最大耐力：$sN_{byU} = \sigma_{\max} A_g$ ($\sigma_{\max} = 200$)N/mm^2(LTP100), 無(LTP100) •第2斜率：$\alpha = 0.20$
極 限 臨 界 值	變形	層間變形角 $R=1/20$
	循環次數	140 次 ($R=1/75$ 時)
	能量吸收量	依賴支承之豎向截面積
	累積豎向之反稱性	約 500% ($R=1/75$ 時)
	疲勞界限	詳圖 1-4
維 護 管 理	檢查計劃	基本上不需維修 如遇大型地震發生則於檢查建築物時一併進行臨時維修。 同時可另購累積變形記憶裝置、最大變形記憶裝置 (另購配件)
文 獻	設計評價之公正性	「全尺寸未接合型支承之疲勞性能 (之一)(之二)」日本建築學會 大會學術演講概要集 1999 年 9 月
實 績	完成建築物 (評價、評定)	高層建築物 (60m 以上): 約 10 件 (已評定) 已取得日本建築中心之一般評定 (1999 年 9 月)

概要圖

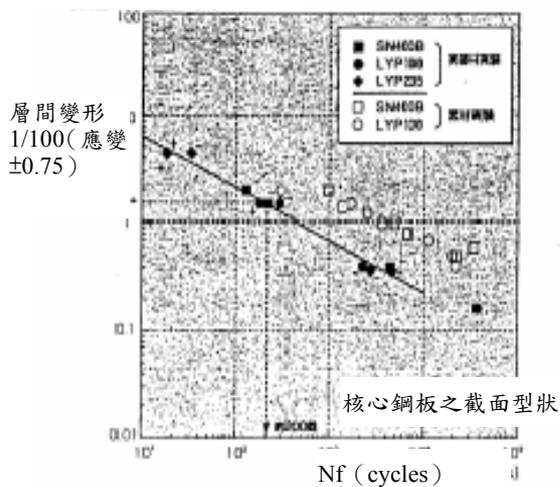


軸力/降伏軸力比

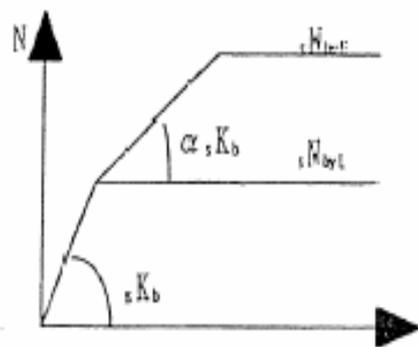


遲滯迴圈特性

$\Delta \epsilon$ (%)



疲勞曲線



復原力特性

圖 1-4 Unbond Brace

表 1-2 摩擦型消能元件(範例)

一般事項	機構	能量吸收機構
	類型	摩擦衰減
	裝設	摩擦消能元件
	名稱(品名)	摩擦制震支承
	概要與優點	<ul style="list-style-type: none"> •本產品係針對現有 RC 造建築物耐震加固用阻尼器易變形之欠缺性能開發而成，本產品能有效吸收些微變形與震動能量。詳圖 1-5 •本摩擦阻尼器係依金屬材料之拉桿加工原理而成，藉由固定於筒內之塑模與筒外之鋼棒之推拉產生摩擦力。
	原理	<p>阻尼器之摩擦荷載可藉由鋼棒外徑與塑模內徑之差值，及兩者接觸長度加以調整。此外，塑模與鋼棒之摩擦面塗以二硫化鉬為主之固態潤滑劑，以安定摩擦荷載與形狀記錄。</p>
材料與形狀、組裝	組裝方法	<p>茲以圖說明阻尼器之組裝。將支承之軸心裝入摩擦阻尼器，使建築物樓層之變形直接傳至阻尼器，以便有效吸收能量。茲設定以下兩種組裝方式：一為阻尼器支承(附加摩擦阻尼器之支承)直接組裝(範例(a))於現有建築物外牆(樑側)上；另一為陽台或外廊下前端組裝鋼製支承使其與結構物合一，並將阻尼器支承裝設於結構物框架內(範例(b))。</p>
模式化	恢復力特性	<ul style="list-style-type: none"> •阻尼器之型狀與摩擦荷載之關係因已經理論證實，故可生產各種摩擦荷載與衝擊之阻尼器。現有使用成品為 10tf, 20tf, 30tf, 40tf 之阻尼器。 •圖為 30tf 之摩擦阻尼器以 0.5cm/sec 速度、±30mm 振幅加震測試之單體性能結果。依形狀記錄顯示呈完全彈性，且其特性為摩擦荷載±30tf，彈性強度 630tf/cm。 •茲將阻尼器單體之分析範例作成豎向彈簧模式，並定義完全彈性塑性模式為，測試所得之一個週期能量吸收量(B)除以阻尼器下滑量($\sum \delta$)之平均摩擦荷載(P)強度(彈性強度：試驗結果、2 次斜坡：彈性強度之 1/1000)。此外，於分析支承與一體化阻尼器支承(豎向彈簧)時，其彈性強度設值則將摩擦阻尼器與鋼製支承之豎向強度垂直相加求之。
極限臨界值	變形	層間變形角 $R=1/20$
	循環次數	140 回 ($R=1/75$ 時)
	能量吸收量	依賴支承豎向截面積
	累積豎向應變	約 500% ($R=1/75$ 時)
	疲勞界限	見圖 1-5
維持管理	檢查計劃	基本上不需維修 如遇大地震發生時，則連同建築物之檢查進行臨時維修。
文獻	設計評價之公正性	共同開發：日本大學 安藤、中西研究所 共同開發：股份有限公司 巴技術研究
實績	完成建築物(評價、評定)	5 件：耐震加固用建築

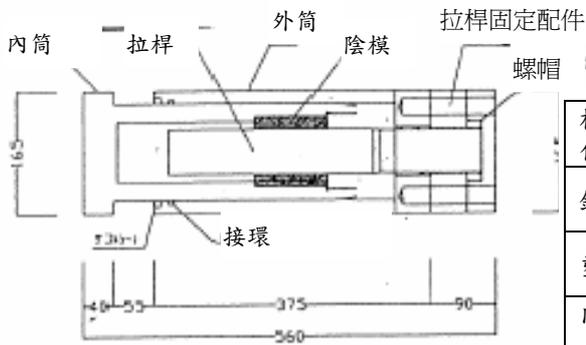


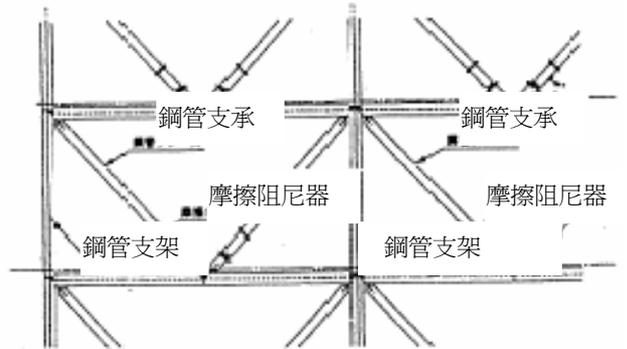
圖 摩擦阻尼器概要圖

表 摩擦阻尼器之元件材質

構成元件	材質	性質 (JIS 規格)
鋼棒	磷青銅	JIS H 3270 CG191B-H
塑模	合金工具鋼材	JIS G 4404 5KD11
內外筒	一般結構構用碳鋼管	JIS G 3444 STK400



(a) 與現有結構直接組裝之場合



(b) 組裝於外框架上之場合

圖 配置例之概要圖

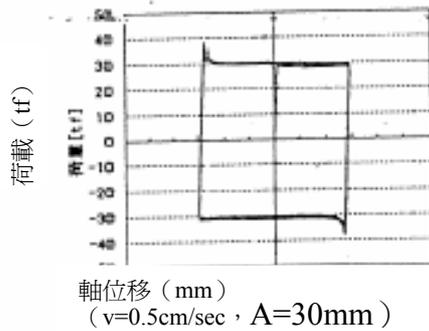


圖 變位曲線 (測試結果)

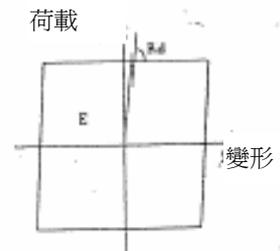


圖 平均摩擦荷載

圖 1-5 摩擦型消能元件

表 1-3 油壓消能元件(範例)

一般事項	機構	能量吸收機構
	類型	粘(彈)性衰減
	組裝	油壓阻尼器
	名稱(品名)	系列名稱: Oil Damper Bracing 系列
	概要與優點	<p>油壓阻尼器支承</p> <ul style="list-style-type: none"> •本產品因與樑柱接合部分結合,故因彎矩導致對建築物之損害得以減少。 •本油壓阻尼器因外形輕巧,故能安裝於狹窄壁內。 •由儲能器施以操作油壓力,當微震(阻尼器本體為$\pm 0.1\text{mm}$以上)時即產生衰減力,因此連強風或小地震之震動亦適用。 •其安定性能為$-20^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$間,可輕易地分析建築物之結構。 •敝公司所提供之填充材料累積長年經驗,可配合建築物之壽命,60年以上無須維修。 •即使產品有嚴重變形亦不影響其機能,故大地震發生後仍能繼續使用。
	原理	將油壓阻尼器支承設置於各樓層間以吸收樓層間之變形。油壓阻尼器將建築物之變形能量轉換為熱能以消散其能量。
形狀、組裝	形狀與尺寸	詳圖 1-6
	組裝方法	利用敝公司開發之錐形銷可以簡易地進行組裝,防止鬆動。同時,組裝部位使用球面軸承以減少其製作誤差。
基本性能、使用值	第 1 衰減係數	詳圖 1-6
	第 2 衰減係數	詳圖 1-6
	卸載荷載	詳圖 1-6,卸載速度 3.2cm/sec
	組裝強度	詳圖 1-6
	最大荷載	詳圖 1-6 (類型品名代表最大荷載數值)
	最大速度	15cm/sec (阻尼器間之速度)
	最大衝擊	160mm ($\pm 80\text{mm}$)
	使用條件	安定性能為 $-20^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$
模式化	恢復力特性	參考油壓阻尼器之油壓縮特性,採用 maxwell 模式
極限臨界值	變形	與最大衝擊 ($\pm 80\text{mm}$) 相同
	荷載	與最大荷載相同
	速度	與最大荷載相同
	循環次數	
	能量吸收量	
維持管理	檢查計劃	原則上無須維修 臨時檢查(檢查人員:建築物管理者及專家、於大地震、火災、強風後進行)
文獻	設計評價之公正性	抗震結構物油阻尼器之開發 其 1~其 4 日本建築學會大會學術演講概要集 1989.9、1999.9
實績	完成建築物(評價、評定)	高層建築物(60m 以上): 6 棟 中層建築物(60m 以下): 4 棟

	耐震補強建築物	：4 棟
--	---------	------

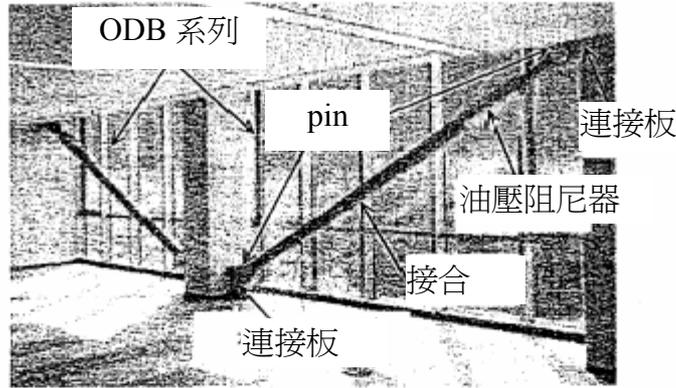


圖1 ODBシステム設置例 [(株)構造計画研究所 新本社ビル]

圖 ODB 系列組裝範例

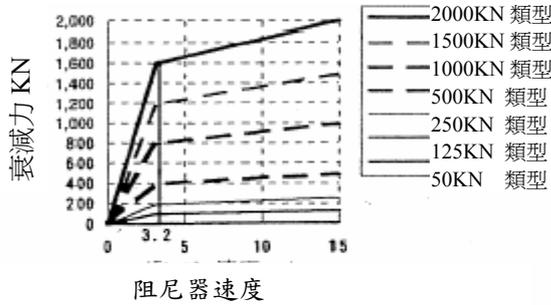


圖 高阻尼器基本特性圖

類型	第一衰減 KN/Kine	第二衰減 KN/Kine	阻尼器 強度 KN/Kine
60KN	15	1	177
125KN	30	2	343
250KN	60	4	686
500KN	125	8.5	1373
1000KN	250	17	2746
1500KN	375	25.5	4119
2000KN	500	34	5492

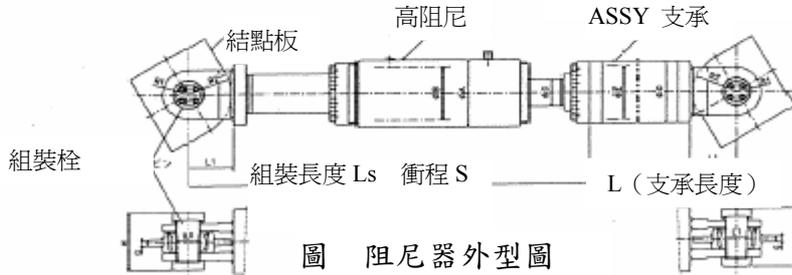


圖 阻尼器外型圖

表 阻尼器之詳細尺寸

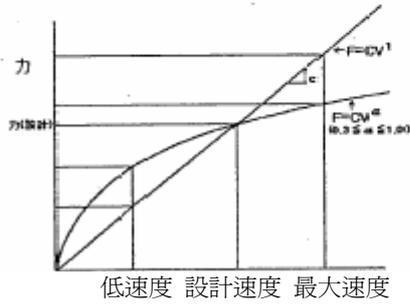
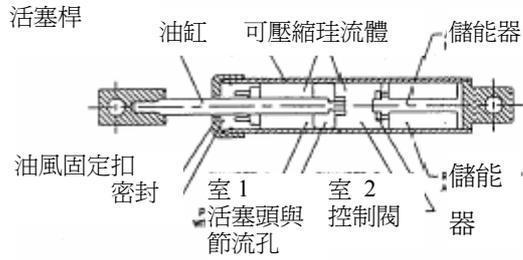
型號	最大荷載 (tf)	衝擊 S (m)	組裝長度 La (m)	ΦA (m)	油缸內徑 ΦF (m)	ΦC (m)	ΦD (m)	ΦE (m)	ΦF (m)
C9O50-EE	12.5	50	455	110.0	90	45.0	—	—	20
C11O120-EE	25	120	790	139.8	110	55.0	130.0	110.0	45
C16O160-EE	50	160	1110	200.0	160	80.0	177.8	153.8	70
C24O160-EE	100	160	1660	282.0	240	130.0	267.4	243.4	110
C29O160-EE	150	160	1900	355.6	290	160.0	318.5	292.5	140
C34O160-EE	200	160	2040	400.0	340	180.0	381.0	341.0	160

G (m)	L1 (m)	R1 (m)	R2 (m)	W (m)
12	45	30	40	63
12	90	50	85	113
22	140	80	135	173
22	260	110	250	263
22	310	135	300	360
28	310	155	300	390

圖 1-6 油壓消能元件

表 1-4 黏性消能元件(範例)

一般事項	機構	能量吸收機構
	類型	液態粘性衰減
	組裝	粘性阻尼器
	名稱(品名)	抗粘性阻尼器
	概要與優點	<ul style="list-style-type: none"> •無須維修，保證 40 年以上無流體滲漏之事故。 •幾乎不受溫度影響。 •因需定期更換流體，故阻尼器外部無儲能器與水平儀之加裝。此外，因節流孔可自由變化故無閥門設計，絕對不會發生通路阻塞之情形。 •可降低因地震或強風所產生之應力與彎曲毀損。 •有關衰減力、速度、衝擊等皆可配合工程師需求生產製造。
原理	本產品採活塞與油缸結構設計，將粘性流體填充其中並自特殊節流口噴射而出。以將地震能量進行熱轉換作用。	
外形、組裝	材料	<ul style="list-style-type: none"> •機油：使用不起化學變化之矽流體。符合美國 OSHA 規格具不引性與不燃性。 •油缸：AISI4340 (MIL-HDBK-5 與 AMS5659) •活塞型號：17-4PH 不鏽鋼 (MIL-HDBK-5 與 AMS5659)
	外形與尺寸	<ul style="list-style-type: none"> •型 1：阻尼器兩面設置球型軸承。 •型 2：阻尼器一端設置球型軸承，另一端則用以接合支承螺栓。
	組裝方法	將阻尼器一端之 u 型勾(球型軸承)與結構體之托座孔以銷鎖緊。
基本性能、使用值	衰減力特性	型 A：線性類型 $F=CV$ F：衰減力 (tf) C：衰減係數 (tf-sec/cm) V：速度 (cm/sec) 型 B：非線性類型 $F=CV^\alpha$ α 係指 0.3 至 2.0 間之數值 ($\alpha=0.4$)
	最大荷載	9000KN
	最大速度	15m/sec
	最大衝擊	± 1000 mm
	使用條件	$-40^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$
模式化	恢復力特性	<ul style="list-style-type: none"> •只有顯示阻尼器之緩衝器 (Maxwell 模式) •因阻尼器之強度極大，故無須考慮模式化
極限臨界值	變形	無特別限制 依衝擊之需求設計 (可至 ± 1000 mm)
	荷載	無特別限制 (依荷載需求最大可設計至 9000KN)
	速度	無特別限制 (依荷載需求最大可設計至 15m/s)
	循環次數	無特別限制
	能量吸收量	無特別限制
維護管理	檢查計劃	<ul style="list-style-type: none"> •自由維修。可視情況進行下列維修 •初期檢查：管理者或技師於產品設置後 1 年內進行檢查。 •臨時檢查：管理者或技師於火災、M5 以上之地震或風速達 50m/s 之颱風過後進行檢查。
文獻	設計評價之公正性	建築物：衰減設計 (1999,7)、及其他 50 種以上文獻報告。
實績	完成建築物 (評價、評定)	國內建築物評定 1 件、國外建築物 40 件以上 實際承銷生產數目 2,000 件以上



力學模式

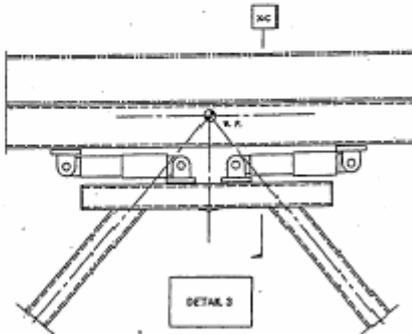
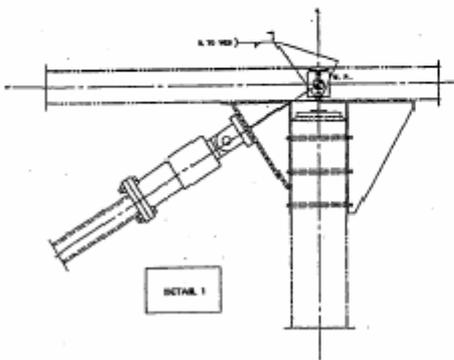
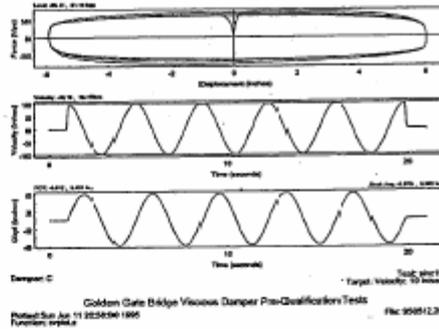
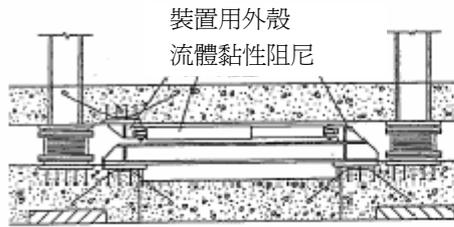
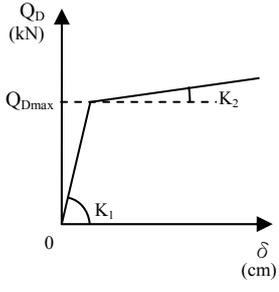
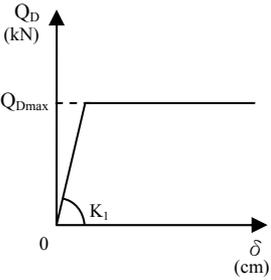
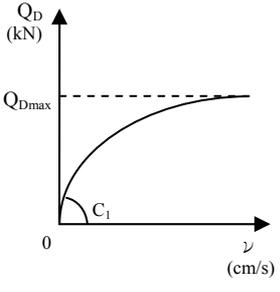
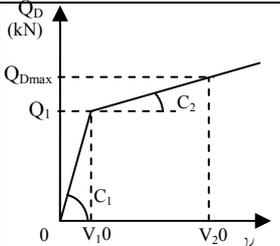
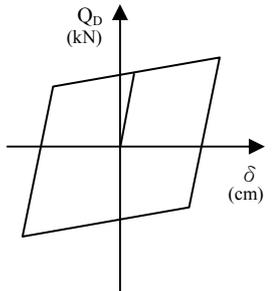
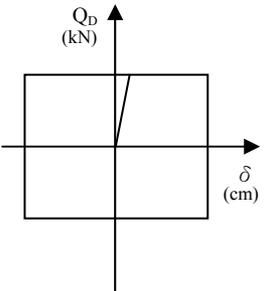
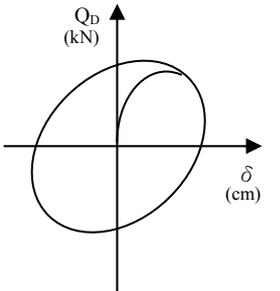
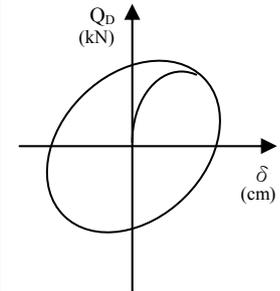
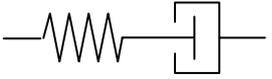


圖 1-7 液態黏性消能元件

表 1-5 復元力特性

項目	變位阻尼器	摩擦消能元件	粘性消能元件	油壓消能元件
裝置名稱	Unbond Brace	摩擦消能元件 斜撐	粘性消能元件 斜撐	ODB 系列
阻尼機構	變位衰減型	摩擦衰減型	粘性衰減型	粘性衰減型
阻尼特性	 <p>Q_{Dmax} : 最大阻尼力 K_1 : 初期強度 K_2 : $0.2 \times K_1$</p>	 <p>Q_{Dmax} : 最大阻尼力 K_1 : 初期強度</p>	 <p>Q_{Dmax} : 最大阻尼力 C_1 : 初期阻尼係數</p>	 <p>Q_{Dmax} : 最大阻尼力 (cm/s) C_1 : 初期阻尼係數 C_2 : $C_1 \times 0.068$ Q_1 : 卸載荷載</p>
復原力特性				
模型化	<p>$K(\delta)$</p>  <p>軸彈簧模式</p>	<p>$K(\delta)$</p>  <p>軸彈簧模式</p>	<p>$K(\delta, \nu)$ $C(\delta, \nu)$</p>  <p>Maxwell 模式</p>	<p>$K(\delta, \nu)$ $C(\delta, \nu)$</p>  <p>Maxwell 模式</p>

第二章 減震消能結構設計注意事項

我國規範有關消能建築設計基本原則，對所有消能建築，要求在中小地震下須完全保持彈性；在設計地震下，使用韌性不得超過其容許韌性容量；最大考量地震下，使用韌性不得高於規定之韌性容量，此原則為減震消能結構基本設計要求，在此大原則之下，如何適當的配置減震消能元件，達成設計目標亦很重要。於配置消能元件時，並不是配的數量愈多或噸數愈大愈好，從 2003 年日本免震構造協會「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」性能曲線可以看出，消能元件若配置不當反而會形成反效果。此外，設計者可以依據所需求之設計性能配置消能元件，例如採用特定層集中配置、分散層配置等。

設置消能元件後，結構斷面尺寸可以適當縮減，並不是毫無限制的縮減，尚必須考慮規範任一層消能元件承擔層剪力不得超過該層層剪力 50% 的規定。在做非線性動力歷時分析時，應至少取三個與設計反應譜相符之水平地震紀錄，其應能確切反映工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應。另外消能結構物的力學特性及模擬方法亦很重要，本章概略以消能能量吸收、消能元件與安裝構材串聯、消能元件與安裝構材串聯後再與主結構並聯等三部分組成略做說明。

在最大考量地震計算出之最大總位移所對應之力的 1.3 倍或是 1.5 倍時，位於消能元件間傳遞作用力之構材與接頭須適當設計使其在線彈性範圍之內。在詳細設計階段，必須評估阻尼器與主體結構間的接合構材所具有的強度及接合方式，其次，需評估消能元件接合對周邊的樑柱等主構材及樓板等次構材的影響。

第一節 設計目標

1.1 設計性能目標

進行減震消能結構設計時的性能目標，一般以確保建物耐震安全性為主，其次考慮使用性、機能性、機器與設備等性能需求。我國規範有關消能建築設計基本原則，對所有消能建築，要求在中小地震下須完

全保持彈性，且非結構元件無明顯損壞，其意謂中小地震下除了有結構安全性的需求外，也考慮到設備及非結構元件之機能性；在設計地震下，消能系統正常發揮功能，而原結構體可容許產生降伏，但使用韌性不得超過其容許韌性容量 R_a 。最大考量地震下，消能系統仍能正常發揮功能，而原結構體容許產生降伏，但使用韌性不得高於規定之韌性容量 R 。這規定與耐震設計目標相同，因為耐震結構物要求於迴歸期約 30 年之地震，其 50 年超越機率為 80% 左右，所以在建築物使用年限中發生機率相當高，因此要求建築物於此中小度地震下結構體保持在彈性限度內；迴歸期 475 年之地震，其 50 年超越機率約為 10% 左右，於此地震水準下建築物不得產生嚴重損壞，以避免造成嚴重人命及財產損失，建築物產生韌性比不得超過容許韌性容量；迴歸期 2500 年之地震，其 50 年超越機率約為 2% 左右，設計目標在使建築物於此罕見之烈震下不產生崩塌，以避免造成嚴重之損失或造成二次災害，所以允許結構物使用之韌性可以達到其韌性容量。

日本有關減震建物之地震強度的規定，一般區分為兩個 LEVEL，一為 LEVEL1 通常定在中小度地震之地表速度 25cm/sec，另一則是 LEVEL2 則是定在大地震時之地表速度 50cm/sec。日本 2000 年設計規範中之性能水準採用生命安全及損壞開始兩個狀態，地震地表運動之迴歸期分別為 50 及 500 年。建築物存在期間中會遭受到 1 次 50 年迴歸期地震強度，其輸入之地表運動速度為 25kine；另建築物存在期間可能會遭遇到 500 年迴歸期之大地震，其輸入之地表運動速度為 50kine。其性能目標的要求如表 2-1。

Vision-2000 定義了四種不同層級之性能水準為正常使用、輕微受損、生命安全、近乎倒塌，其設計地震水準以迴歸期表示分別為 43、72、475 及 970 年。參考美日所訂之性能水準及由相關文獻可以得知，要很準確的定義何謂輕微受損現在還存有許多技術上的困難，且迴歸期為 43 及 72 年之地震水準的差距過小，若考慮地震及結構分析之不確定性與誤差的情形下，很難以區分此兩個性能水準之差別；我國耐震規範建議可行之方式為採用三種不同層級之性能水準如表 2-2。

1. 彈性極限階段(EL)：此階段主要結構體不可有任何明顯之損壞，但次要結構容許有輕微易修之損壞；建議之地震水準為迴歸期 50 年或 30

年之地震。若為 30 年迴歸期之地震，其 50 年超越機率約為 80% 左右。所以建築物使用年限中發生的機率相當高，因此要求建築物於此中小度地震下結構體保持在彈性限度內，使地震過後，建築物結構體沒有任何損壞，以避免建築物需在中小度地震後修補之麻煩。一般而言，對高韌性容量的建築物而言，此一目標常控制其耐震設計。

2. 生命安全階段(LS)：為迴歸期 475 年之地震，其 50 年超越機率約為 10% 左右。於此地震水準下建築物不得產生嚴重損壞，以避免造成嚴重的人命及財產損失。對於重要建築物而言，其對應的迴歸期更長。於設計地震下若限制建築物仍保持彈性，殊不經濟，因此容許建築物在一些特定位置如梁之端部產生塑鉸，藉以消耗地震能量，並降低建築物所受之地震反應，乃對付地震的經濟做法。為防止過於嚴重之不可修復的損壞，建築物產生之韌性比不得超過容許韌性容量。
3. 近乎倒塌階段(CP)：為迴歸期 2500 年之地震，其 50 年超越機率約為 2% 左右。設計目標在使建築物於此罕見之強烈地震下不產生崩塌，以避免造成嚴重之損失或造成二次災害。因為地震之水準已經為最大考量地震，若還限制其韌性容量之使用殊不經濟，所以允許結構物使用之韌性可以達到其韌性容量。

由上述可知，我國規範僅有針對整體結構性能做韌性及層間變位角的要求，並未進一步檢討結構物各構材的韌性與轉角。在進行結構非線性分析時，構材之非線性分析模型須要能確切反應構材真實之非線性行為；非線性歷時分析所得之反應值不需要作任何韌性折減，其輸入地震紀錄之振幅須要先乘以用途係數 I 來調整再進行分析；結構構材之非線性分析模型，在降伏強度、破壞機制及遲滯行為各方面皆須要能切確反應出構材真實之非線性行為；非線性歷時分析之結果須檢核整體結構之韌性需求是否小於規定之韌性容量。

1.2 性能曲線

依據 2003 年日本免震構造協會「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」在已知建物設計目標的條件下，如何決定各種不同消能元件配置的數量，以及特定種類消能元件於結構系統之力學行為，如圖 2-1 所示。

黏性、油壓、黏彈性等消能元件加入損失勁度比 K_d''/K_f 與安裝構材勁度比 K_b/K_f (或 K_b'/K_f)兩個力學特性值時，即可簡易地由性能曲線中求出反應變位降低率，由圖中可知，若假設安裝構材勁度比 K_b/K_f 為固定值時，層剪力及層間變位會隨著損失勁度比 K_d''/K_f 增加而降低，可是當損失勁度比 K_d''/K_f 過大時，層剪力及層間變位反而會增加，其反應出建物減震消能效果變差，當 K_d''/K_f 大到一個程度時，層剪力降低率大於 1，其表示採用過多或噸數(噸數為工程數語，表示最大設計阻尼力)過大的消能元件使得結構物反應加速度不降反升，且樓層層剪力比純構架還要大。此外，安裝構材勁度比 K_b/K_f 愈大，則層剪力及層間變位有顯著降低，此意謂結構設計者若假設消能元件支撐安裝材為剛性時，有可能會高估消能建物減震能力，反而形成一不保守之設計。從黏性、油壓、黏彈性等消能元件之性能曲線可以知道，若黏性及黏彈性消能元件配置不當，會造成層剪力降低率大於 1 以上，而油壓消能元件即使過度配置，其層剪力降低率大致上皆不大於 1。如果設計者設計目標是希望於某一種地震強度下，層剪力能夠降低 20%，也就是層剪力降低率為 0.8，從性能曲線可以看出，無論採用黏性、油壓、黏彈性等消能元件皆可達成目標。由此可知，在某一種地震強度下，為了降低該樓層之層剪力，並不僅有黏性或油壓消能元件可以達成，即使是有提供明顯勁度之黏彈性消能元件也可以達成此一目標。為了能夠達成性能目標之消能元件結構設計，結構設計者可以參考日本免震構造協會「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」配置消能元件。

鋼材消能元件則是以韌性比 μ 與彈性勁度比 K_a/K_f 兩個力學特性值決定鋼材性能曲線，韌性比 μ 愈大，則鋼材之層剪力降低率值愈小，可是過小的韌性比，會使得鋼材消能元件過早降伏，尤其是在風力等外力反覆作用之下，鋼材消能元件很容易產生疲勞破壞。如果設計鋼材於中度地震才產生降伏，意謂其消能效果才準備發生，若比中度地震更小的地震發生，其消能結構反應加速度可能會高於純構架結構反應加速度，主要的原因是消能元件提供予結構物額外的勁度，使得長週期建物之週期變短，從加速度反應譜的行為得知，其反應加速度會增加，故有可能造成消能結構反應加速度可能會高於純構架結構反應加速度，關於此點，結構設計者也有需要特別注意。

1.3 消能建物設計常見的問題

(1) 位移及層剪力控制

於某種地震強度下，達成某種性能目標，無論是採用位移型或是速度型消能元件皆有可能達成該目標，有些減震消能結構設計者誤以為若建築物為位移控制則採用位移型消能元件比較適當，若為層剪力控制則採用速度型消能元件較適宜，但從性能曲線可知，無論是採用位移型及速度型消能元件應皆有達成位移控制或層剪力控制之目標，很難說是層剪力控制用速度型消能元件，而位移控制用位移型消能元件較恰當。

(2) 壁量較多之 RC 建物

若 RC 結構物的壁量很多，也有結構設計者認為於此種條件下不適宜採用消能元件，筆者另有其它看法，一棟結構物中通常會有牆、梁、柱等抵抗橫力之豎向構材，若以側推分析(Push Over Analysis)一棟具有牆、柱、梁的建築物時，因為各構材之強度與韌性皆不相同，一般而言，牆體的強度較高，而韌性較差，從相關設計規範瞭解到，梁的韌性要求比柱高，但柱的勁度與強度的要求比梁高，此意謂，牆、梁、柱等構材強度、勁度與韌性皆不相同，因此，其構材破壞並不會同時發生，再加上韌性的要求不同，尤其是牆體，其韌性較差，故隨著變形量的增加，結構物有可能發生強度逐漸衰減的現象，若建築物之耐震能力主要是依靠牆體的強度抵抗橫力，則此時採用消能元件做補強設計筆者認為似較不宜，因為牆量多的建物，結構物勁度也很大，則各樓層之層間變位不大，故消能元件的消能效果可能不如預期，但如果牆量較多之建物耐震能力仍為梁柱韌性控制，因為有足夠的層間變形量，故採用消能元件提高建物之耐震能力，是有可能達成目標的。總而言之，任何型式的結構設計應該皆可嘗試，從整體性能的概念來看，只要設計者在滿足規範基本要求的前提下，且能夠達成預期之性能目標，則任何型式之結構設計應皆屬可行。

第二節 消能元件配置

2.1 消能元件的平立面配置

本節首先介紹一些具代表性的減震消能元件配置型式。

1. 特定層集中配置

根據實際的地震破壞及地震力作用之彈塑性反應分析結果可知，許多高層的建築物，在結構勁度相對較軟的樓層較易發生損傷破壞集中現象，所以設計規範對於勁度不規則的軟層有下限規定，其規定側向勁度低於其上一層者之 60% 或其上三層平均勁度 70% 者，有此種情形之建築物，乃為耐震規範所不容許的。此外，並進一步要求確保建物有一定之塑性變形能力。

對於含被動消能元件而言，設計者可以刻意減弱特定樓層之勁度，讓地震力集中至這些特定層，而於這些特定樓層設置消能元件，吸收地震能量之構造如圖 2.2(a)。特定層集中配置的力學原理類似隔震結構系統，但隔震結構的主要原理是延長隔震結構物的週期，降低隔震建築物的反應加速度。能量集中的特定樓層可以設計在第一層、最上層及中間層，亦可以設計於數個樓層進行減震消能。一般而言，能量吸收層設計在靠近地震動的下層時其地震能量消散的效率較高，振動反應的降低效果較好。能量吸收設置於特定層的消能設計，其消能元件需有較大吸收能量的能力，但需特別注意的是，於設計地震力發生時，集中層不得發生崩壞。然應用此種設計方法，於我國目前實務界的應用，尚未聽說採用此種方法做減震消能結構設計。

2. 各層分散配置

以各層分散配置的方法如圖 2.2(b)，為一般國內設計消能結構採用的方法。對於勁度較大的核心(Core)結構，則可利用核心結構及其周邊構架的振動特性不同，兩者間以消能元件連結，而發揮減震的效果。上下樓層連續剪力牆連接之梁與剪力牆，兩者強度相差甚多，故破壞一般會集中發生在此連接梁處，若將消能元件裝設於此連接處，可以發揮建築物全體的減震效果。

3. 兩建築物之間配置

兩建築物之間配置如圖 2.2(c)，利用鄰近兩棟建築物的振動特性之不同，消能元件可裝設在兩相鄰建築物之間配置。高層建築物的高樓層部分及低樓層部分可於邊緣處切離，而以消能元件相連結，亦可成為一種減震消能結構配置。形狀較細長的建築物、L 型之建築物及 U 字型的建築物，一般可分成幾個區塊，在各建築區塊間設置伸縮縫且裝設消能元件，利用各區塊結構振動特性不同之特徵，抑制建築區塊間的相對變

位。

4. 巨型框架

巨型框架配置消能元件如圖 2.2(d)，超高層建築物振動的彎曲模態成分較多，利用層間變形發揮減震效用之消能元件，其效果較不能發揮。超高層建築物一般由巨型框架結構系統及次框架結構系統組成，次框架系統的振動反應一般會發生增幅的情形，在次框架中裝置消能元件，發揮消能元件之吸收能量的效率，建築物的全體振動反應亦得以降低。

進行減震消能結構設計時，主體結構須先遵循相關規範之設計需求，但斷面尺寸可能作適當的縮減，以減低建造成本。減震消能元件選擇必須依據設計目標與性能要求，選定適當的類型，可能是單一類或複數類型的組合搭配，其次需進行消能元件平面與立面配置計畫。各種可能的配置安排可參照圖 2-3 及圖 2-4。進行主體結構與消能元件組合配置時，立面剛性與強度分配要均勻，平面不能有偏心過大的情形發生。擬定配置計畫時，吸收能量的樓層部位、能力及順序等需預先構想，其對於反應的控制相當重要。

平面配置計畫可參考圖 2-3。於建物外周分散配置可設置較多的消能元件數量，則每組消能元件的消能能力可以小一些；核心周圍的設置空間受到限定，則每組消能元件的吸能性能要求較大。立面配置計畫可參考圖 2-4。各層分散配置時，整棟樓層配置的數量多，則消能元件吸能能力可小一些。而連續配置時，柱子受到較大的傾倒力矩，柱腳的軸力變大，故須檢討拉拔情況如圖 2-4(a)。圖 2-4(b)錯開配置時，傾倒力矩可以分散，可避免柱腳軸力增大的情形。同圖 2-4(c)，消能元件集中配置於特定樓層時，消能層集中吸收大部分能量，為免非消能層不產生損傷破壞，因此建物的剛性與強度分配要做適當調整，地震的傳遞乃經由基礎上傳至建築物，所以於建物下層集中配置消能元件，減震的效果較大。如圖 2-4(d)消能元件亦可配置於高層建物的避難層或特殊用途樓層，消能元件配置於最上層樓與最下層樓，當中小地震發生時，最上端的消能層為主要吸能機制；當大地震發生時，最下端的消能層也加入吸能的行列。除結構上的考量外、建物的用途與計畫影響消能元件的空間配置時，必須進行適當配置的檢討。而溫度依存性較大的黏彈性及黏性消能元件必須配置於溫度變化較小的區域。

2.2 消能元件配置缺失

特定層集中配置一般配置於較柔的樓層，利用消能元件進行消能，若設計不當，則該層反而成為崩塌樓層，因此採用此法需要特別注意消能元件的勁度與消能能力。另消能系統為國內近年來逐漸被廣為運用之有效抗震系統之一，但由於若干設計者並未如一般結構設計般之熟悉，及由於 2002 年版耐震設計規範還未正式頒布，所以設計者進行此類系統之設計需額外之注意。由於國內建築結構規劃階段之特有生態，消能系統常因空間限制而往往無法配置於最適當之位置，此點於老舊建物補強上更為嚴重之問題，所以設計者若用大尺寸之消能元件來克服此類問題，則需注意其連結構材耐震能力是否能夠相匹配，尤其是在位移需求上之匹配而非強度上之滿足。

配置消能元件時，由於設計者對於消能元件的力學特性及設計方法不熟悉，以致於以一般耐震設計的觀念配置消能元件，於地震發生時，可能導致建築物產生額外扭矩的發生。其中，產生額外扭矩可能被忽略的原因是，當配置消能元件時，即使有考慮到消能元件配置於剛心兩側的位置，但因為沒有考慮到同一樓層可能採用不同勁度的消能元件，以致意外偏心率加大，而分析時又忽略此一扭轉效應，形成一不安全之設計，例如：黏性消能元件一般廠商提供的資料顯示，黏性消能元件沒有勁度，但根據日本制震設計手冊說明，黏性消能元件是有勁度的，其勁度除包括支撐消能元件之支撐構材外，消能元件本身也有勁度，消能元件之噸數(工程數語所謂的噸數，是指最大設計阻尼力)不同，其勁度也不同，然設計者往往忽略此一效應，認為黏性消能元件沒有勁度，導致同一樓層配置不同噸數的黏性消能元件，忽略其可能造成之扭轉效應。

第三節 結構斷面設計

減震消能結構對地震荷重的抵抗由主體結構與相連的消能元件共同分擔。若消能元件分擔的比率較大時，則主體結構的構材斷面可以減小，另需要注意的是，對於位移型消能元件，可利用線性靜力分析方法來分析位移型消能元件之效應，但須滿足以下條件：

1. 每一樓層在考慮方向上提供之最大層剪力與藉由地震力豎向分配公式

計算之樓層需求剪力的比值，必須介於所有樓層比值平均值的 80% 至 120% 之間。樓層最大層剪力之計算應包含所有結構體、非結構體及消能元件的貢獻。

2. 每一樓層在考慮方向上由所有消能元件所提供之最大層剪力不得超過構架本身的 50%，此所謂層剪力乃基於設計地震下計算而得。計算消能元件的最大層剪力時，必須考慮其老化與環境效應。

速度型消能元件，可利用線性靜力分析方法但須要滿足，每一樓層在考慮方向上由所有消能元件提供之最大層剪力不得超過構架提供層剪力的 50%，此所謂層剪力乃基於設計地震下計算而得。計算消能元件的最大層剪力時，必須考慮其老化與環境效應。

由此可知，就算是消能元件除了提供的阻尼比可以降低需求地震力外，於靜力分析時，消能元件分擔的最大設計阻尼力亦不能無限上綱。另外主體結構斷面設計時，也應滿足耐震相關設計規範的規定，例如：強柱弱梁、剛性率、極限層剪力強度、韌性配筋等相關規定。

第四節 地震紀錄

我國含消能元件建築物規範草案有關輸入地震記錄，至少取三個與設計反應譜相符之水平地震紀錄，其應能確切反映工址設計地震(或最大考量地震)之地震規模、斷層距離與震源效應。針對任一個水平地震紀錄，其 5% 阻尼反應譜於 $0.2T_{eD}(T_{eM})$ 至 $1.5T_{eD}(T_{eM})$ 週期範圍內任一點之譜加速度值不得低於設計(最大考量)譜加速度值之 90% 及於此範圍內之平均值不得低於設計(最大考量)譜加速度度之平均值，其中 $T_{eD}(T_{eM})$ 為建築物基本模態之振動週期。

日本規範 3 個以上觀測記錄地震波，並分別調整最大速度至 25 kine 及 50kine。其中 3 個公告之地震波包括 EL-CENTRO NS(1952 年)、TAFT EW(1940 年)、HACHINOHE NS(1968 年)等，將告示地震波反應於工學基盤(土壤剪力波速超過 400cm/sec 之堅硬地盤)上作成地震波如圖 2-5，再適切地考慮土壤之地盤增幅放大效應，然後求得工址地表面的地震波。另外，除了前述 3 個觀測地震波外，也可以考慮地震波之相位特性，採用亂數、JMA-KOBE NS(1995 年內陸垂直型)、及 HACHINOHE

NS(1968年海洋型)等3種地震波與工學基盤反應譜作 compatible，地震波再由工學基盤經過土壤增幅反應至地表面。

FEMA273 及 356 至少採用三組地震紀錄歷時能夠符合設計地震反應譜及最大考量地震反應譜。時間歷時分析需能反應設計反應譜，至於結構分析時所採用之固有阻尼比，需能夠反應實際結構可能阻尼比。若採用三組地震波作結構分析，則可以取最大內力值作結構設計；若取七組或更多之地震紀錄作結構分析，則可以取平均內力值作結構設計。另為能確切反映工址斷層效應，所採用之地震波需能符合工址近斷層效應。

大致而言，我國規範有關分析用地震波乃是根據 FEMA273、356 的精神，其採用的地震波需能反應工址效應，至於該如何反應工址效應，我國規範則是說明地震波必須能夠與設計反應譜相符，也就是說，無論採用何種地震紀錄，只要該地震紀錄與工址設計反應譜作 Compatible 即符合規範要求。地震紀錄與反應譜相符的圖形如圖 2-6。日本有關地震波的規定，則是要求至少採用三種以上之公告地震波，將三種公告地震波反應至工學基盤，再考慮工址土壤地盤增幅效應將地震波反應至地表。此外，對於所謂之公告地震波，分別考慮標準地震波如 EL-CENTRO、長週期地震波如 HACHINOHE、短週期地震波 TAFT、以及內陸垂直型地震波 JMA-KOBE 等，因此可以不需要再與設計反應譜作 Compatible。

第五節 消能元件之模擬

5.1 消能元件模擬模型

如圖 2-7 係採用單質點系統，以簡單的方式表現減震消能結構的模型，可藉由單質點系之消能構架模型推導出多質點系消能結構之力學行為，以及決定裝置、安裝構材與結構之間平衡的關係，透過此模型可看見消能元件與安裝構材(斜撐)模擬成為串聯，而與結構模擬成並聯的簡化模型。如下圖所示，其中安裝構材之勁度為 K_b 、結構之勁度為 K_f 。

如圖 2-8 所示，黏性消能元件中，特別是利用流動抵抗的筒型係由

其各黏性係數 C_m 的非線性阻尼裝置、勁度 K_m 之彈性彈簧串聯模式 Maxwell 模型所組成，此外由於安裝構材彈簧 K_b 與黏性消能元件模擬成串聯模式，故 2 個彈性彈簧 K_m 、 K_b 後可以組成支撐材勁度 K_b' 。油壓阻尼器同樣是以 Maxwell 構造組成，亦是由 2 種彈性彈簧組成支撐材勁度 K_b' 、 C_m 係分兩階段變化，至某程度以上之速度時，減壓閥即開始動作，此時 C_m 則會變小。黏彈性消能元件係以黏性 C_d 之非線性消能元件與勁度 K_d 之彈簧之並聯式之 Kelvin 模型，消能元件與安裝構材之勁度 K_b 再以串聯模式模擬； C_d 與 K_d 相依於振動頻率 ω 及溫度。鋼材消能元件與變位具有相依性，不同於其他速度型消能元件。

5.2 消能元件力學特性

減震消能結構的力學行為可以從圖 2-9 可知，4 種消能結構物分別可以由能量吸收、消能元件與安裝構材串聯、消能元件與安裝構材串聯後再與主結構並聯等三部分組成，說明如下：

- (1) 能量吸收部分：黏性消能元件的數學表示式 $F = CV^\alpha$ ，其阻尼力與變形曲線的形狀為橢圓形+四邊形；油壓消能元件的數學表示式 $F = CV$ 其阻尼力與變形曲線的形狀為橢圓形；黏彈性消能元件的數學表示式 $F = K(\omega)D + C(\omega)V$ ，其阻尼力與變形曲線的形狀傾斜橢圓形；鋼材消能元件 $F = Kf(D)$ ，其阻尼力與變形曲線的形狀為雙線性形。
- (2) 消能元件與安裝構材串聯部分：表示消能元件與安裝構材串聯構造之遲滯迴圈曲線，四種消能元件皆相同，採低勁度安裝構材時變形較大，故能量吸收部位的變形量減少。此外，消能元件受力時，安裝構材則隨之變形，即使是無勁度的消能元件，當其與安裝構材串聯組成時，該消能元件亦會產生等值勁度，該等值勁度就是最大變形時之割線勁度。
- (3) 消能元件與安裝構材串聯後再與主結構並聯部分：消能元件與安裝構材串聯後，再加上結構彈性勁度 K_f 與其並聯，則可以求出之減震消能結構整體的遲滯迴圈曲線，消能元件結構系統之吸收能量面積與消能元件吸收能量面積相同。

5.3 規範有關消能元件力學特性

我國規範草案將消能元件概分為位移型、速度型與其它型式。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。第三類(其它)則含括所有不屬於位移型與速度型的消能元件，其典型範例包括形狀記憶合金(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。

模擬消能系統時，若介於消能元件與結構間傳遞作用力之子結構的撓度足以影響消能系統之行為，則必須同時考慮該子結構的勁度。撓度足以影響消能系統行為的子結構包括基礎、與消能元件串接的斜撐及其接頭。除非使用經證實更精準的方法或行為模型，消能元件必須依據以下各子節之描述加以模擬。規範確認位移型、速度型與其它等三種型式的消能元件。金屬降伏與摩擦消能元件屬於位移型消能元件，其受力與位移關係範例如圖 2-10 所示。速度型消能元件則包含黏彈性固態消能元件、藉由黏彈性液體變形而運作之消能元件如圖 2-10。

第六節 最大設計阻尼力

6.1 消能元件最大設計阻尼力

相較於由最大考量地震計算所得之最大值，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。

1. 建築物之某一樓層若提供超過 4 組以上之消能元件於其主軸方向，且至少有 2 組配置在樓層剛心之兩側時，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所對應之力的 1.3 倍。至於速度型元件須能承受之力，不得小於經由最大考量地震計算出最大總速度所對應之力的 1.3 倍。
2. 在一建築物之某一樓層之主軸方向若只提供少於 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 1.5 倍。對於速度型元件所須能承受之力，不得小於經由最大考量地震計算出之最大總速度所對應之力的 1.5 倍。

6.2 極限層剪力強度

國內有些結構設計者於設計地下室時，會考慮上部結構崩塌時之極限層剪力強度設計地下室，倘結構物中含有被動消能元件，而計算極限層剪力強度時，忽略消能元件提供的阻尼力，也就是認為消能元件只提供消能效果，而未考慮消能元件阻尼力的貢獻。含被動消能元件之結構物，除了以極限層剪力強度設計地下室外，各樓層間之極限層剪力強度的檢核，也必須注意將消能元件的阻尼力考慮於結構分析之中。

極限層剪力強度的計算方法，若為位移型消能元件，則必須考慮消能元件於極限狀態下之最大阻尼力與結構物極限狀態下之層剪力以並聯方式疊加；若為速度型消能元件，可以考慮最大加速度情況下，將所計算出來之極限層剪力強度乘上參數 CF_1 ，以及最大速度情況時之作用力乘上參數 CF_2 ，兩者之總和定義為建築結構在最大加速度情況之極限層剪力強度。其中

$$CF_1 = \cos[\tan^{-1}(2\beta_{eff})]$$

$$CF_2 = \sin[\tan^{-1}(2\beta_{eff})]$$

而 β_{eff} 則由靜力分析時，減震消能結構求得之等效阻尼比。

第七節 消能元件周邊構架的設計

在詳細設計階段，必須評估阻尼器與主體結構間的接合構材所具有的剛性、變形、強度及接合方式。其次，亦需評估消能元件接合對周邊的樑柱等主構材及樓板等次構材的影響。另在最大考量地震計算出之最大總位移所對應之力的 1.3 倍或是 1.5 倍時，位於消能元件間傳遞作用力之構材與接頭須適當設計使其在線彈性範圍之內。有關消能元件周邊構架設計考量大致整理如表 2-3：

第八節 消能元件設計應考慮因素

8.1 消能元件設計考慮因素

消能元件之設計、建造及配置須依據最大考量地震反應及下列載重狀況來決定：

- 1.地震力造成之低循環數、大變形能力衰減。
- 2.風力、溫度效應及其它反覆載重所造成之高循環數、變形能力衰減。
- 3.重力造成之力及位移。
- 4.侵蝕或因為濕氣或化學暴露造成消能元件部分的黏著。
- 5.暴露於環境因素包括溫度、人為、濕氣、輻射、反應、侵蝕等。
- 6.因低循環數疲勞而破壞的消能元件必須抵抗風力而不滑動、移動或是非彈性循環。
- 7.溫度條件、消能元件外殼、製造誤差及其它造成消能元件在使用期限內改變的因素。

消能元件製造廠商必須提供各種可能因素造成消能元件力學特性的改變，而這個力學特性的改變因素，提供予設計者做減震消能結構設計參考。

8.2 減震消能結構多重分析

消能元件之設計應考慮其環境因素，包括風力、老化、潛變、疲勞、環境溫度、運轉溫度以及曝露於濕氣或有害物質中。若一棟含消能元件之消能建築物的數學模型應包括消能元件之平面與豎向配置，且其數學模型之分析應考慮激振頻率、環境與運轉溫度、承載及雙向載重等因素對元件之影響。此外，為了獲取消能元件因力學特性改變對分析結果之影響，必要時須進行多重分析。

對於速度型消能元件各種相依性如振動頻率、速度、振幅、連續往返振動、溫度等相依性、耐久性、消能元件製造誤差；而位移型消能元件各種相依性如應變速度、連續往返振動等相依性、耐久性、鋼材降伏力、勁度、寸尺等誤差。以上這些誤差皆必須反應於減震消能結構分析

中，問題是應該如何考量這些誤差呢？我國規範雖然說明為了獲取消能元件因力學特性改變對分析結果之影響，必要時須進行多重分析，但卻沒有具體說明應該如何多重分析。依據日本實務界之一般作法，以速度型消能元件為例，消能元件製造廠商必須提供消能元件各種相依性、製造誤差、耐久性等可能影響消能元件的各種因素對阻尼力與速度之正負誤差值，於結構分析時，考量最不利因素做設計。以消能元件設計阻尼力 F_d 與設計速度 V_d 的關係曲線，正負誤差值 $\pm \varepsilon F_d$ ，於設計減震消能結構時，以一組地震波為例，至少要做三次結構分析，分別為消能元件 F_d 與 V_d 做一次、 $F_d + \varepsilon V_d$ 及 V_d 做一次、 $F_d - \varepsilon V_d$ 及 V_d 再做一次，總共做三次，然後根據最不利分析結果做結構設計及性能檢核。

第九節 含被動消能元件分析方法

9.1 線性分析

含被動消能元件之線性分析，須證實在所考慮的地震需求水準下，當考量消能元件增加之阻尼效應後，由消能元件提供的有效阻尼不得超過基本模態臨界阻尼的 30%，才能使用線性分析。除了刻意將消能構架系統設計成在設計地震下仍維持線彈性外，概括所有消能建築的線性分析程序尚未發展至規範應具備的水準。

為能適當獲得消能建築的動力特性，消能元件與支撐構架的勁度應同時含括於數學模式之中。若忽略消能組件之添增勁度對消能建築的影響，將低估譜作用力需求以及高估譜位移需求，同時將計算出錯誤的振態阻尼係數。必須利用割線勁度將消能元件線性化，如此將高估位移量且低估消能元件添增阻尼的效益，而為一保守的假設。消能建築的數學模型必須同時考慮消能元件在水平面與垂直向的空間分布狀況，使能明顯地評估力傳遞路徑以及消能組件週遭構材的設計作用力。

速度型消能元件可能與負載頻率、溫度、變形量(應變)、速度、支撐力與雙側向力有關。因此，必須在分析階段考慮此相依性，亦即使用這些相依特性的邊限值進行消能建築之多重分析。

9.2 等值線性靜力分析

1. 位移型元件

若滿足下列要求，則可利用線性靜力分析方法來分析位移型消能元件之效應：

- (1) 每一樓層在考慮方向上提供之最大層剪力與藉由地震力豎向分配公式計算之樓層需求剪力的比值，必須介於所有樓層比值平均值的 80% 至 120% 之間。樓層最大層剪力之計算應包含所有結構體、非結構體及消能元件的貢獻。旨在確保建築構架中各樓層的降伏趨於一致，以避免破壞集中於任一樓層。建築構架(含消能元件)之逐層塑性分析，為計算各樓層最大抗力時之優先選用法則。
- (2) 每一樓層在考慮方向上由所有消能元件所提供之最大層剪力不得超過構架本身的 50%，此所謂層剪力乃基於設計地震下計算而得。計算消能元件的最大層剪力時，必須考慮其老化與環境效應。旨在限制消能元件對消能建築反應的影響。此限制限定消能元件在任一樓層的抗力不得大於該樓層建築構架(含消能元件貢獻)總抗力的二分之一。

2. 速度型元件

若能滿足下列要求，則可利用線性靜力分析方法來分析速度型消能元件之效應：

每一樓層在考慮方向上由所有消能元件提供之最大層剪力不得超過構架提供層剪力的 50%，此所謂層剪力乃基於設計地震下計算而得。計算消能元件的最大層剪力時，必須考慮其老化與環境效應。線性靜力程序分析消能元件的一個額外限制，該限制旨在限制消能元件對消能建築反應的影響。簡言之，此限制限定消能元件在任一樓層的抗力不得大於該樓層建築構架(含消能元件貢獻)總抗力的二分之一。

消能建物靜力分析流程如圖 2-11。建築物內構材的設計力需考量下述三個不同變位情況來計算，並採用最大值進行設計。

(1) 最大變位情況

建築物各樓層的側向力需由地震力豎向分配公式計算，其中 V 為修正後之等效基底剪力。

(2)最大速度與零變位情況

任一消能元件之黏滯力分量計算而得，其中相對速度 \dot{D} 之值為 $2\pi f_1 D$ ，而 D 為該元件在最大變位情況下之端點相對變位。在數學模型中，必須於該元件之銜接點考慮此黏滯力，且其作用方向與結構在最大變位情況的變形形狀一致。

(3)最大加速度情況

將最大變位情況時之作用力乘上參數 CF_1 ，以及最大速度情況時之作用力乘上參數 CF_2 ，兩者之總和定義為建築結構在最大加速度情況的設計作用力。其中

$$CF_1 = \cos[\tan^{-1}(2\beta_{eff})]$$

$$CF_2 = \sin[\tan^{-1}(2\beta_{eff})]$$

而 β_{eff} 則由靜力分析求出消能建物等值阻尼比。

針對以速度型消能元件進行消能之建築，因為作用力中的黏滯力分量無法直接計算，使得構材內力的計算變得非常複雜。條文中描述了三個可能導致最大構材內力的位移情況：(1)最大變位情況，此時黏滯力為零；(2)最大速度情況，此時變位量為零；以及(3)最大加速度情況。

在速度達最大值的瞬間黏滯力最大，其水平分量將與此瞬間的慣性力平衡而使得位移量為零。黏滯力將於支承黏滯消能元件之支撐上引致軸力，此軸力的大小則與(a)該黏滯元件衍生之阻尼量，以及(b)達到總阻尼需求的消能元件個數有關。

假設建物呈現頻率為 f_1 而振幅與最大變位量一致之簡諧運動，則可計算得達到最大加速度的時間；在此條件下，最大加速度等於最大變位時的加速度與 $(CF_1 + 2\beta_{eff}CF_2)$ 的乘積。Constantinou 等人(1996)證明此假設產生具有可接受之準確性的結果。值得一提的是，當 $CF_1 = CF_2 = 1$ 時，將導致保守的構材內力估計值。

9.3 線性動力分析

當結構主振態於各主軸方向之有效阻尼低於臨界阻尼之 30% 時，可採用線性動力分析的振態反應譜疊加法。消能元件之添增阻尼與勁度

可導致(1)較低的顯著週期與(2)較小的譜需求。以線性靜力分析結果的90% 作為線性反應譜疊加法計算之作用力與位移的下限，其目的在於防範不當或誤用動力分析程序。

1. 位移型元件

擬以線性動力分析方法進行結合位移型消能元件之結構分析時，應符合：

- (1)每一樓層在考慮方向上提供之最大層剪力與藉由地震力豎向分配公式計算之樓層需求剪力的比值，必須介於所有樓層比值平均值的80%至120%之間。樓層最大層剪力之計算應包含所有結構體、非結構體及消能元件的貢獻。
- (2)每一樓層在考慮方向上由所有消能元件所提供之最大層剪力不得超過構架本身的50%，此所謂層剪力乃基於設計地震下計算而得。計算消能元件的最大層剪力時，必須考慮其老化與環境效應。

為能利用振態反應譜疊加法進行分析，基於5%結構阻尼的反應譜必須修正以考慮由位移型消能元件提供的阻尼。5%阻尼的加速度反應譜必須藉由振態相依之阻尼修正因子(B_s 或 B_1)，針對該振態週期附近之結構週期範圍予以折減。值得注意的是，各振態的阻尼修正因子均不相同。各振態的阻尼修正因子必須藉由該振態之有效阻尼由建築物耐震規範草案可得知，而各振態之有效阻尼比則與靜力分析流程類似的方法計算而得。

若是經由動力分析所得之最大基底剪力未達靜力分析修正後之等效基底剪力的90%，則所有子結構與桿件的作用力與變形量必須等比例放大，以達90%修正後等效基底剪力的水準。使用消能元件所做之功的模態估算值與模態應變能之估算結果，可稍加修正計算得模態阻尼比。因消能建築的位移由基本振動模態支配，因此適宜的考量策略為修正基本模態的阻尼比以反映消能元件的消能能力，並忽略能量消散對高模態反應的阻降效益。

2. 速度型元件

擬以線性動力分析方法進行結合位移型消能元件之結構分析時，應

符合每一樓層在考慮方向上由所有消能元件提供之最大層剪力不得超過構架提供層剪力的 50%，此所謂層剪力乃基於設計地震下計算而得。計算消能元件的最大層剪力時，必須考慮其老化與環境效應。

為能利用振態反應譜疊加法進行分析，基於 5% 結構阻尼的反應譜必須修正以同時考慮由速度型消能元件提供的阻尼。5% 阻尼的加速度反應譜必須藉由振態週期相依之阻尼修正因子(Bs 或 B1)，針對該振態週期附近之結構週期範圍予以折減。值得注意的是，各振態的阻尼修正因子均不相同。第 m 個振態的有效阻尼(β_{eff-m})可依下式計算：

$$\beta_{eff-m} = \beta_m + \frac{\sum_j W_{mj}}{4\pi W_{mk}}$$

其中， β_m 為構架系統第 m 個振態之有效阻尼比， W_{mj} 為第 j 個元件以該振態之樓層位移為基準完成一個完整循環所做的功，而 W_{mk} 則為構架在第 m 個振態之最大應變能，可由前式計算：

$$W_{mk} = \frac{1}{2} \sum_i F_{mi} u_{mi}$$

其中， F_{mi} 與 u_{mi} 分別為第 m 個振態下第 i 層樓板的水平慣性力與水平位移。第 j 個線性黏滯元件於第 m 個振態下完成一個完整循環所做的功可由下式計算：

$$W_{mj} = \frac{2\pi^2}{T_m} C_j \delta_{mj}^2$$

其中， T_m 為包含速度型元件所提供勁度之結構在第 m 個振態下之週期， C_j 為第 j 個元件的阻尼係數，而 δ_{mj} 為第 j 個元件在第 m 個振態下沿著軸向兩端點間的相對位移。

直接應用反應譜疊加法則可求得在最大變位情況的桿件作用力，而各顯著振態最大速度與最大加速度情況的桿件作用力。

若是經由動力分析所得之最大基底剪力未達靜力分析後之等效基底剪力的 90%，則所有子結構與桿件的作用力與變形量必須等比例放大，以達 90% 修正後等效基底剪力的水準。

9.4 非線性動力分析方法

若消能元件之性質相依於運作頻率、操作溫度(含因運作所造成之溫度上升)、變形(或應變)、速度、支承载重及雙向載重等因素，則於非線性動力歷時分析時須計及此些因素之影響。由於影響因素眾多，所以須進行多次不同之分析以確定消能元件之可能反應值，建築物及消能元件設計時須以多次不同分析下之最大反應來加以設計。

構架本身若有產生阻尼力則須於分析及設計構架時包含此一阻尼力，桿件之作用力歷時須以桿端位移及速度來推估。含消能元件之建物其許可反應關鍵於消能元件之穩定反應，消能元件用於設計地震及最大考量地震分析時，其力及位移性質須經由實體試驗資料來決定。

簡化動力分析模型一般如圖 2-12 所示，假設基礎固定的多質點系模型。主體構架的分析模型多採用等價剪切彈簧模型，如圖 2-12(c)所示。若高層建物的彎曲變形無法忽視時，可考慮彎曲剪切彈簧模型，如圖 2-12(d)所示。如圖 2-12(e)所示，消能元件的力學模型分別為位移型消能元件的非線性彈簧模型與粘性消能元件的勁度及 Dashpot 的模型。

在已知斷面下，進行側推分析，從側推分析可以求出各樓層之層剪力與層間變形的關係曲線如圖 2-13。此時，針對主結構動力分析模型與主結構+消能元件動力分析模型，兩者皆做分析。其中，動力分析的遲滯迴圈特性原則上是採取主體結構與消能元件分離的模式。

我國實務界常用之結構分析軟體為 ETABS 及 SAP，若要採用非線性歷時分析時，其做法如下所述：

1. 靜力側推分析可以求得各樓層層剪力與變形的關係曲線。
2. 將層剪力與變形關係曲線簡化成我國規範採用之二折線或日本實務界一般採用之三折線，並決定各樓層降伏層剪力 V_y 及其對應之層間變位 θ_y ，如圖 2-14 所示。
3. 重新建立 stick 模型，重量依實計算，且各樓層分別模擬成質點系，另採用非線性元件模擬各樓層簡化後之折線及模擬消能元件。
4. 從基面輸入地震波設計目標地震波，依據我國耐震規範草案規定，分別採用 30 年迴歸期、475 年迴歸期及 2500 年迴歸期地震強度，且工

址地震紀錄要與規範反應譜相符。

5. 可以求得各樓層最大層剪力 V_{max} 與最大層間變位 θ_{max} ，則各樓層之需求韌性比 θ_{max}/θ_y 即可得知。
6. 檢討各樓層最大層間變位角 θ_{max} 是否小於設計目標變位角；各樓層最大需求韌性比是否小於設計目標韌性比。

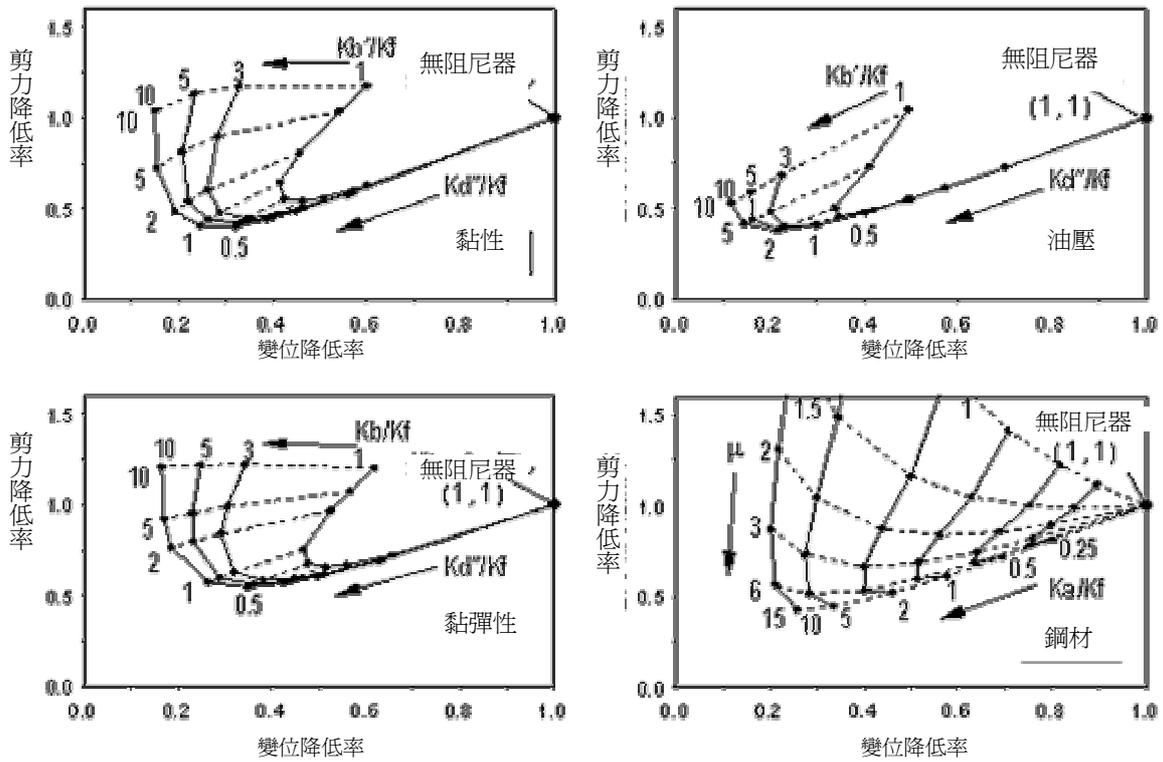
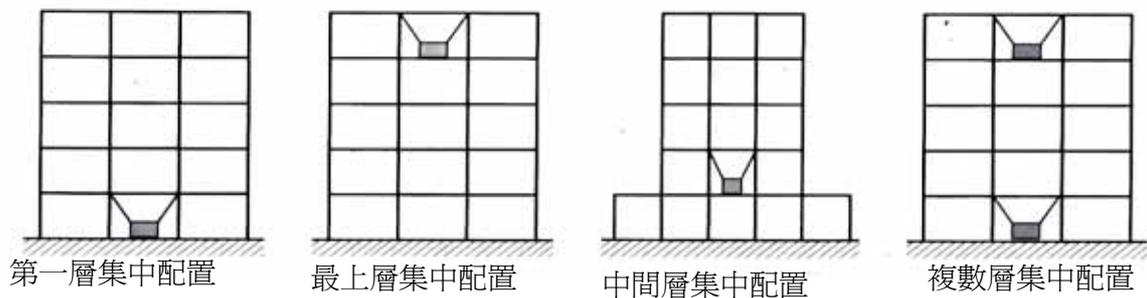
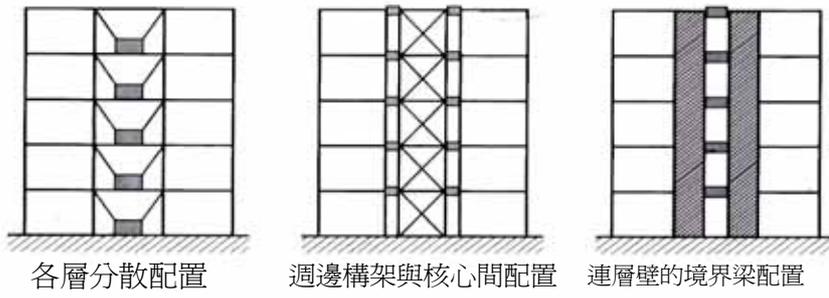


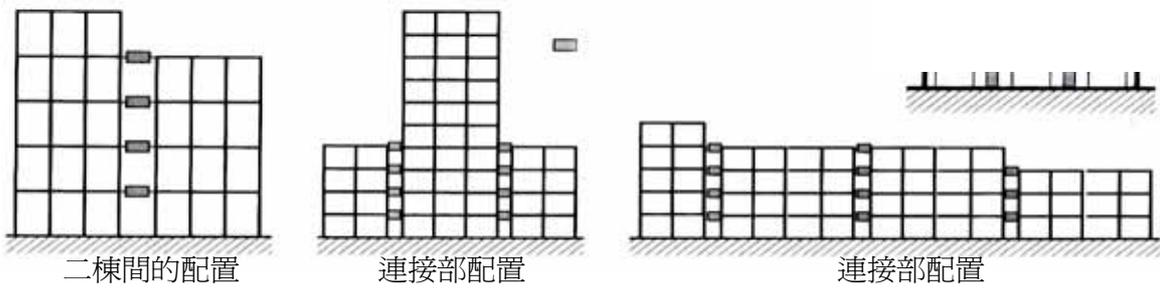
圖 2-1 性能曲線



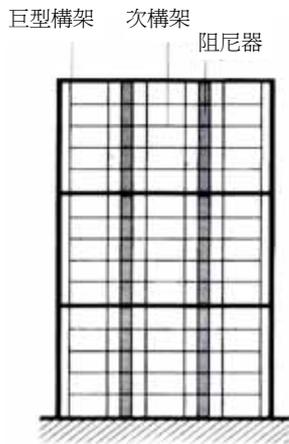
圖(a) 特定層集中配置型



圖(b) 各層分散配置型



圖(c) 兩建物間配置



圖(d) 巨型框架配置

圖 2-2 消能結構系統配置

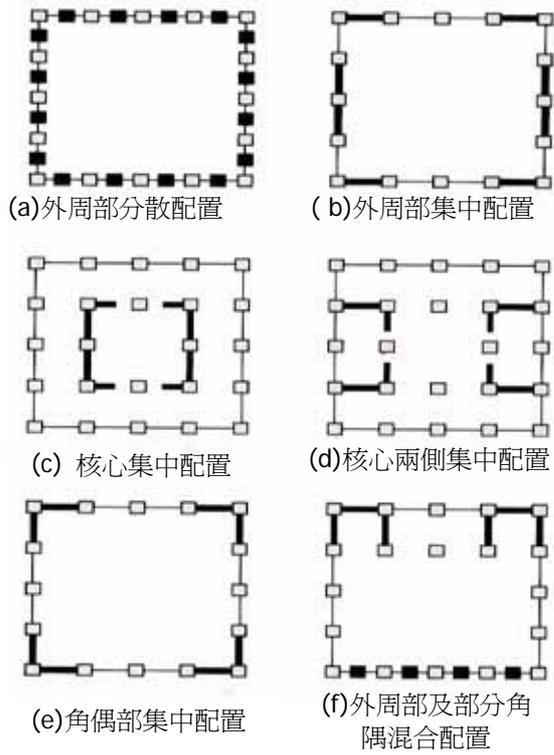


圖 2-3 消能元件平面配置

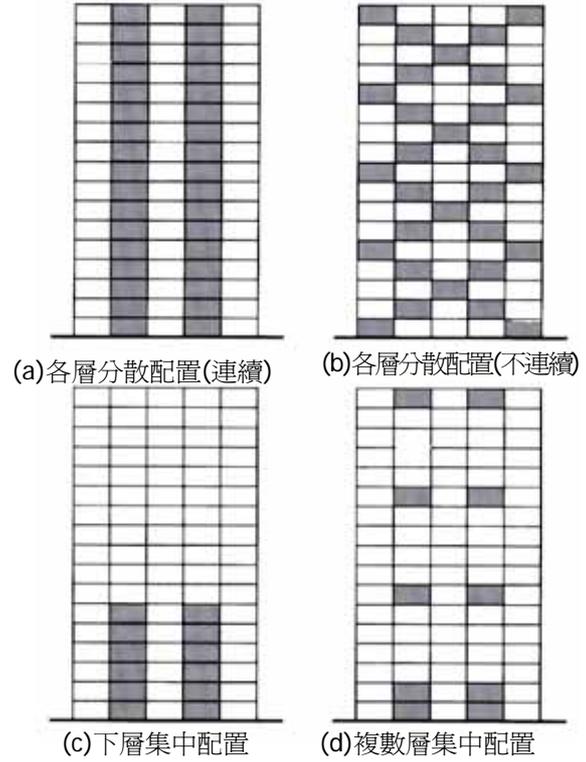


圖 2-4 消能元件立面配置

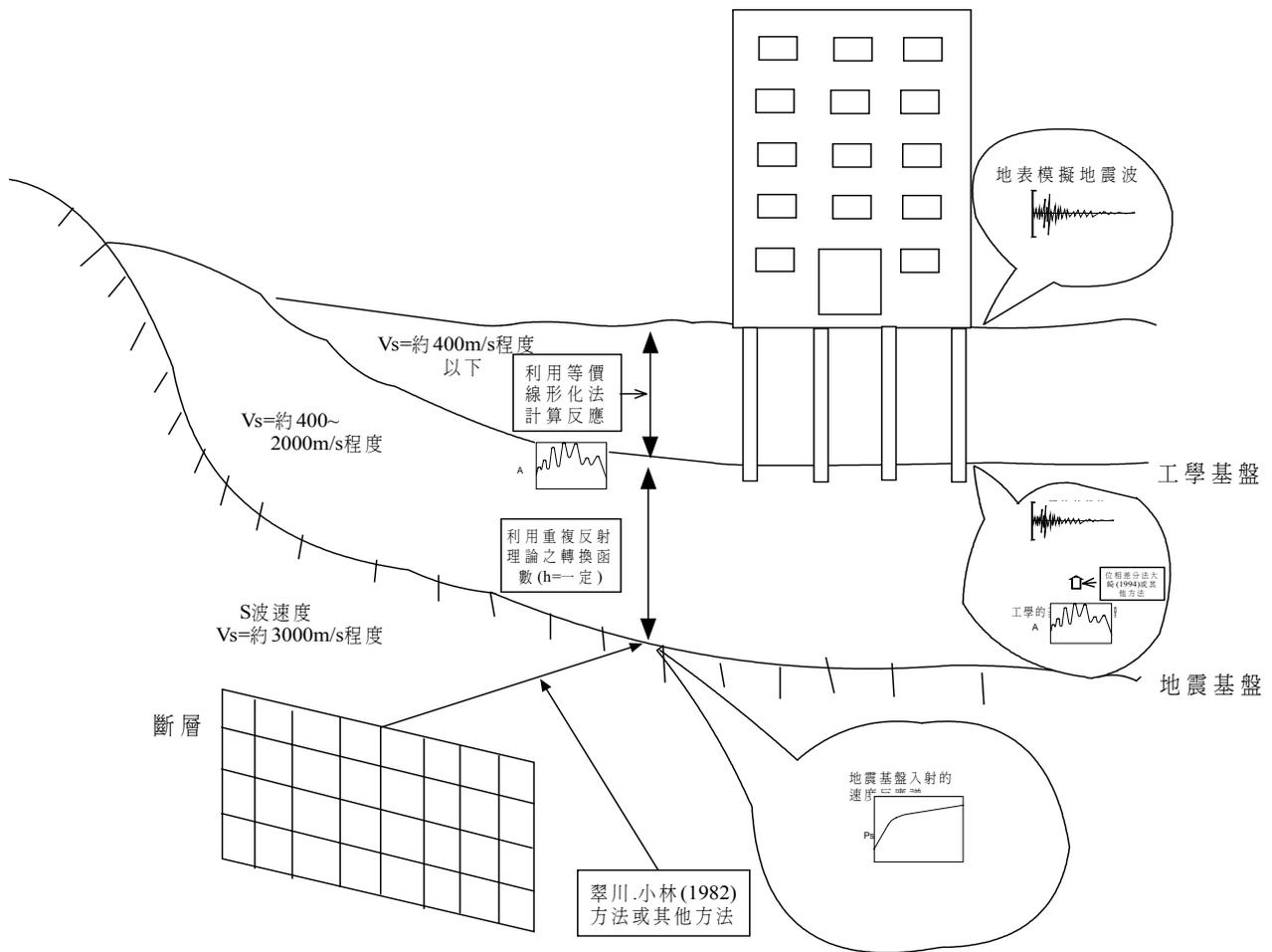


圖 2-5 淺層土層的增幅放大效應

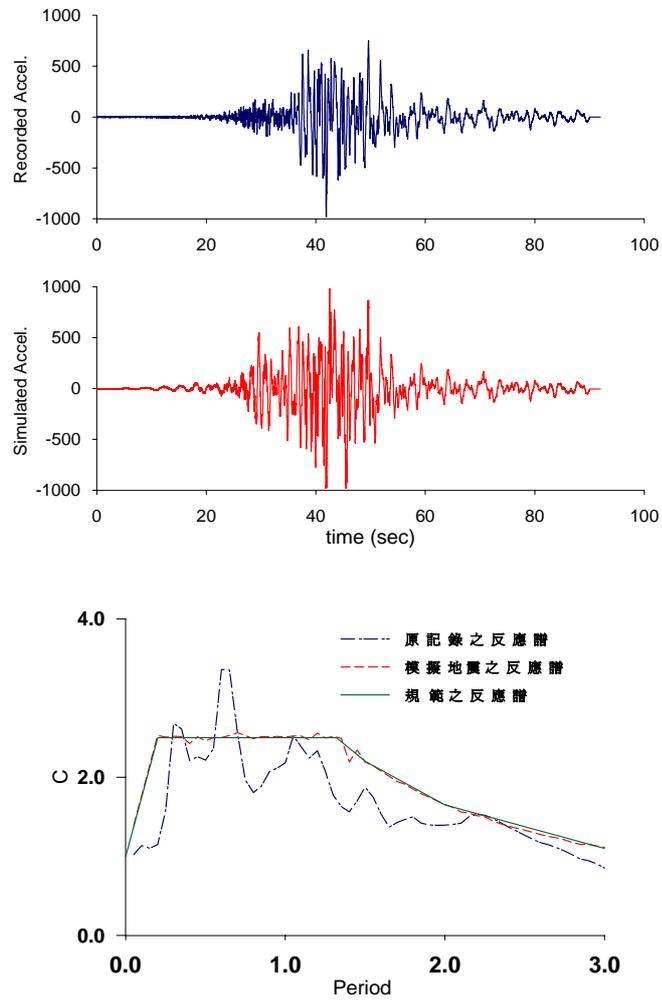


圖 2-6 原記錄與地震波模擬圖形

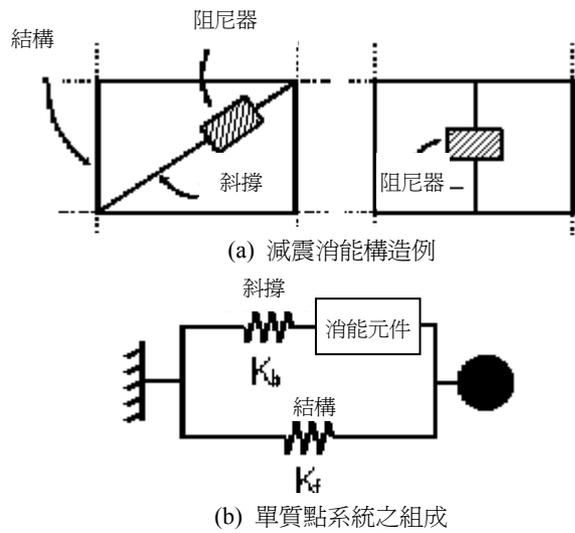


圖 2-7 減震消能構造單質點系模擬

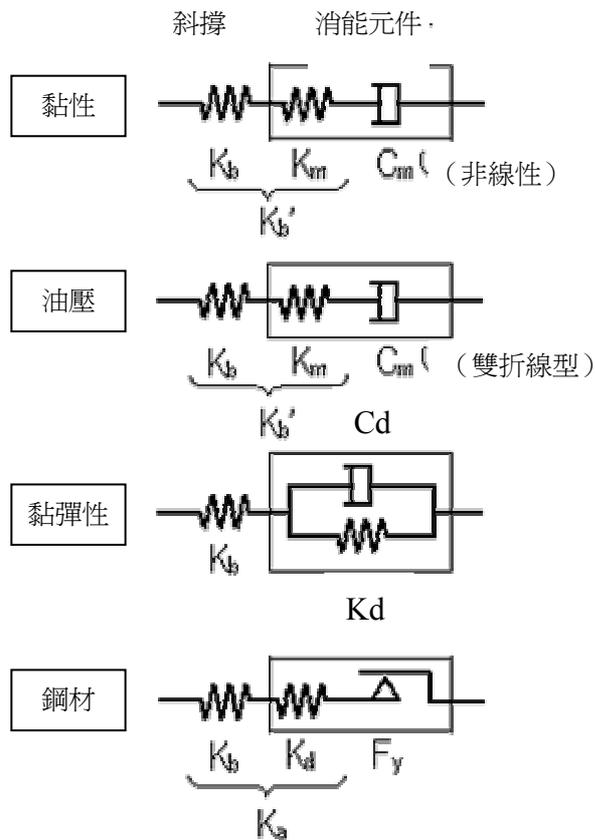


圖 2-8 單質點系消能元件的模擬

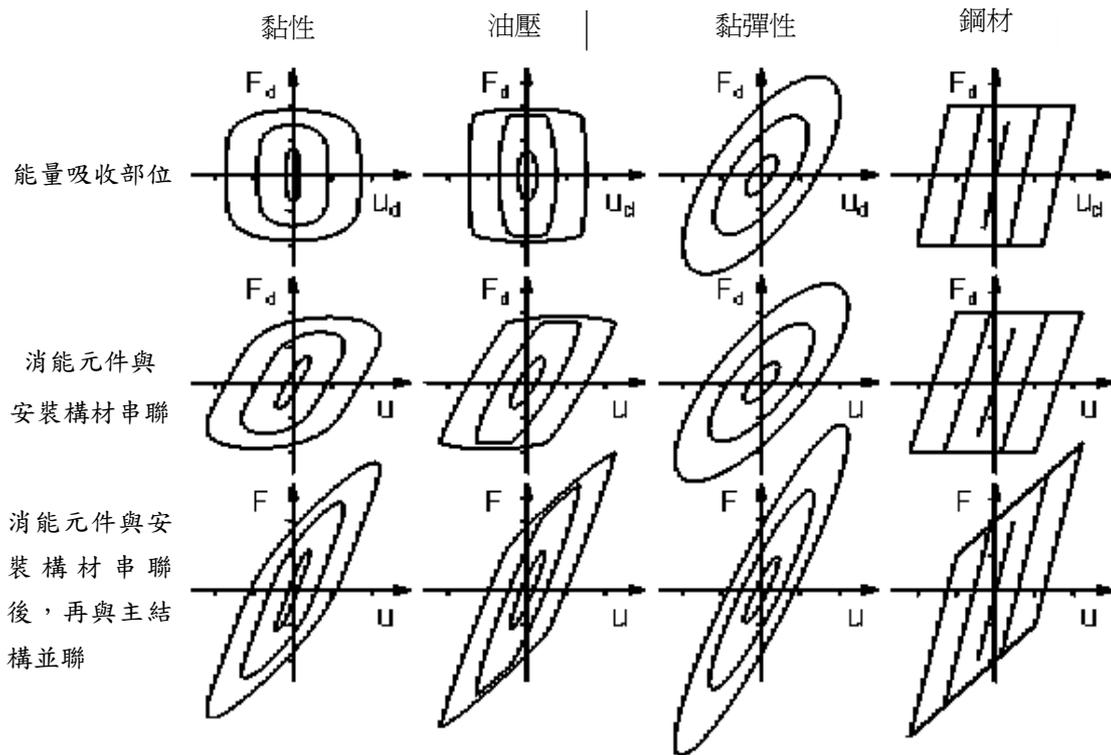


圖 2-9 單質點系消能建物力學特性

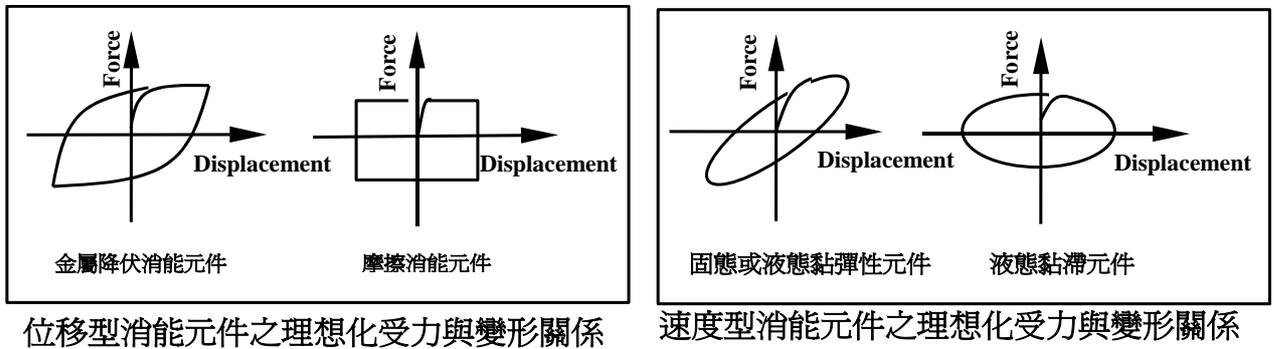


圖 2-10 消能元件受力與變形關係

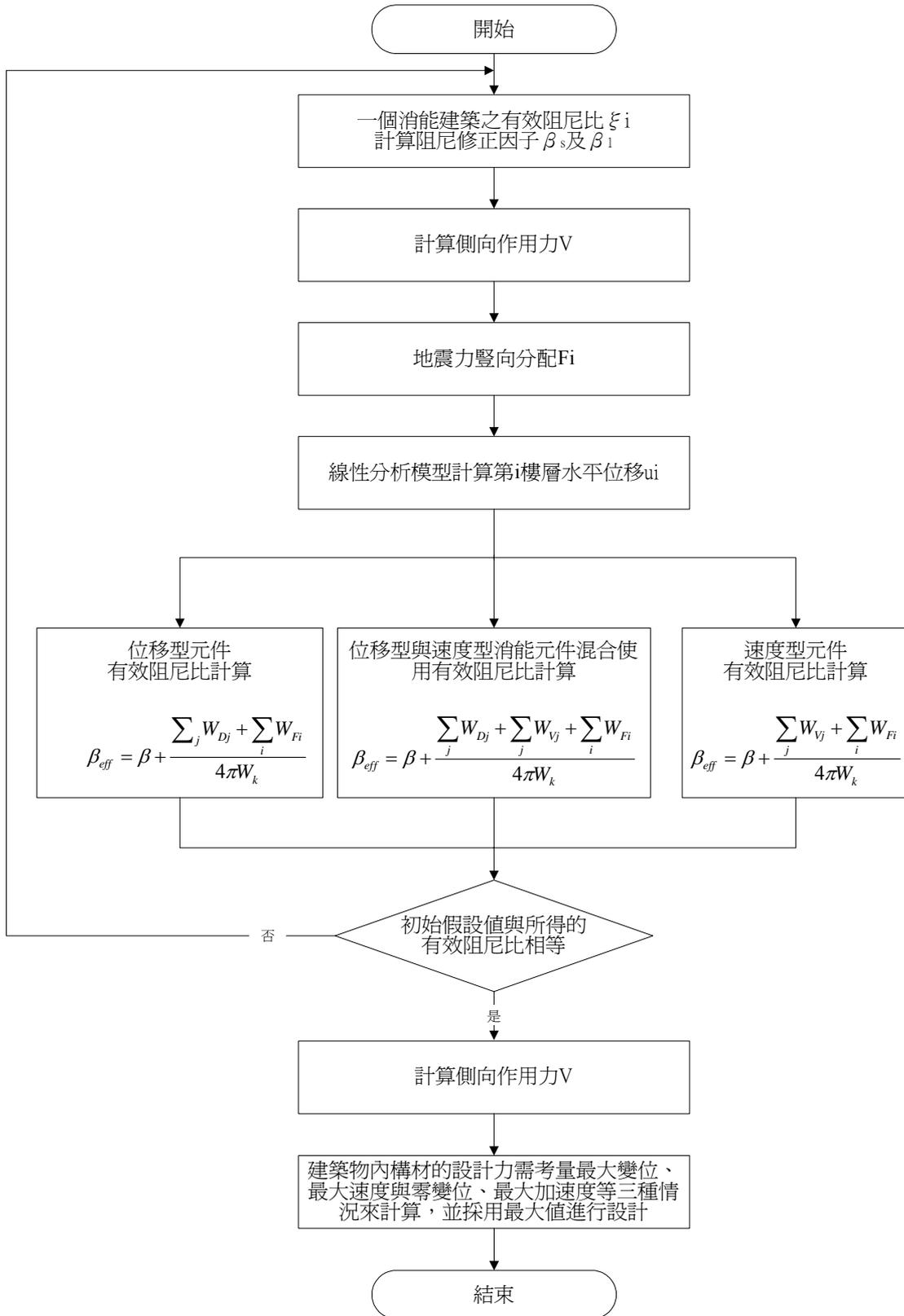


圖 2-11 靜力分析流程圖

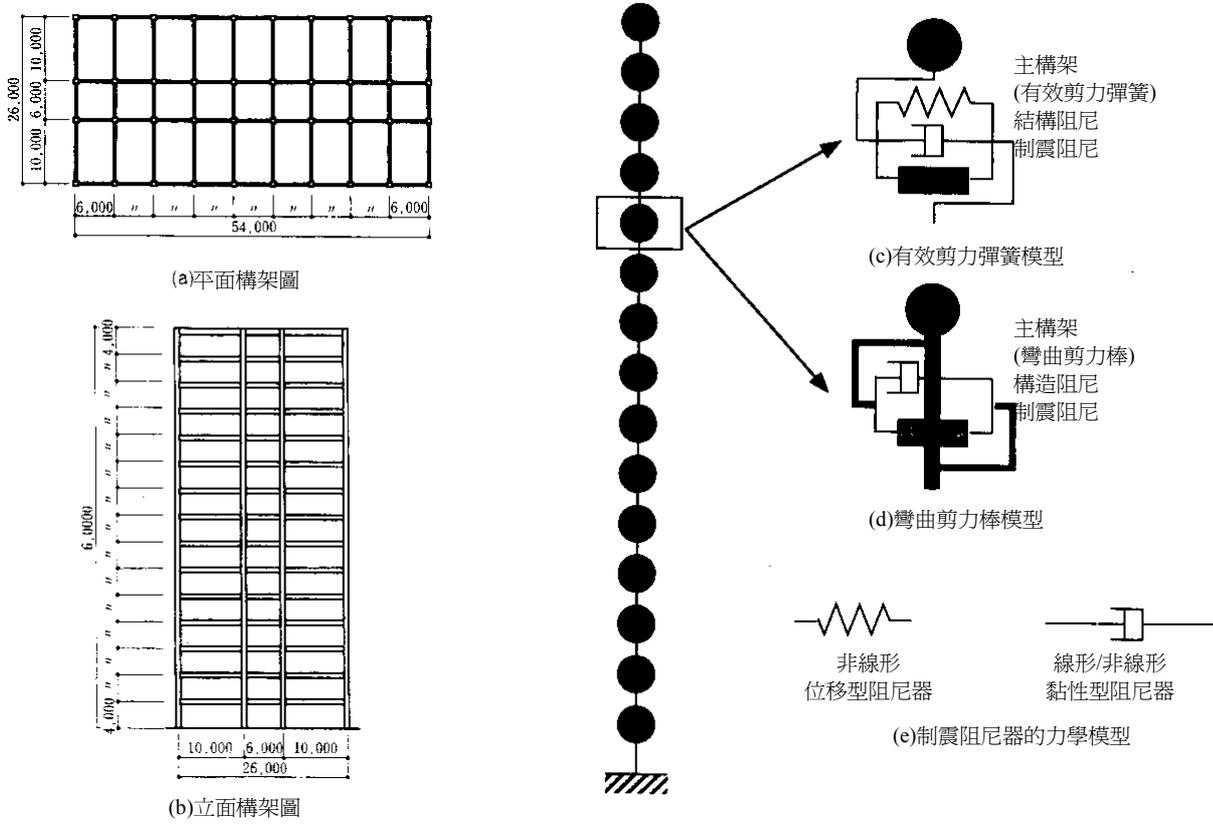


圖 2-12 簡化動力分析模型

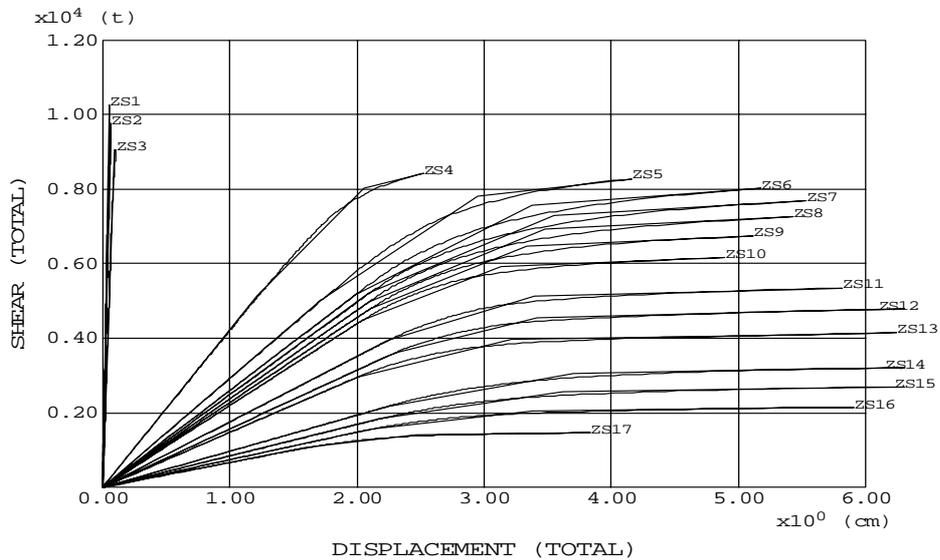


圖 2-13 各樓層層剪力與層間變形之關係曲線

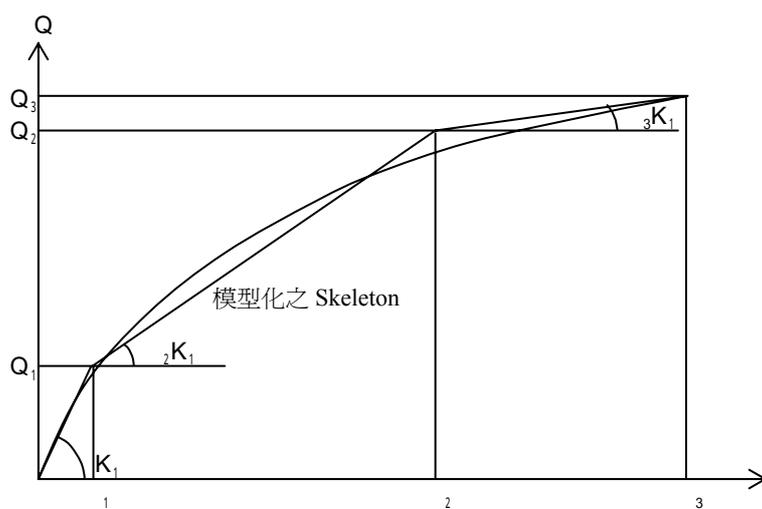


圖 2-14 層剪力與層間變位關係曲線簡化成三折線

表 2-1 消能結構設計目標(日本)

地震等級描述		建物使用年限中 會遭遇 1 次	建物使用年限中發生 機率不高，但地震強 度很大
地震等級		25cm/s	50cm/s
性能 目標	主架構	損傷界限以下	安全界限以下
	樓版反應加速度	5m/s^2	10m/s^2
	層間變形角	1/200rad	1/100rad
	層間速度	10cm/s	20cm/s
	頂層變形角	1/250rad	1/150rad

表 2-2 消能結構設計目標(我國)

地震等級		30 年迴歸期	475 年迴歸期	2500 年迴歸期
地震等級描述		中小度地震	設計地震	最大考量地震
		彈性極限階段 (EL)	生命安全階段 (LS)	近乎倒塌階段 (CP)
性能 目標	層間變形 角	1/200	約 $R_a/200$	約 $R/200$
	韌性容量	1.0	容許韌性容量 R_a	結構系統韌性容 量 R

表 2-3 消能元件周邊構架設計

1. 速度型消能元件

(1) 安裝方法

安裝型式	消能元件類型	安裝構材	接合方法
斜撐	筒型、流動抵抗 型	消能元件安裝構材以斜撐 型式與主結構連接	高拉力螺栓接合 焊接接合 鉸接合
壁式	壁型	消能元件安裝構材與主結 構上下梁連接	高拉力螺栓接合 焊接接合
間柱型	多層型	消能元件安裝構材以柱式 與主結構上下梁連接	高拉力螺栓接合 焊接接合
剪力型	壁型、筒型、流 動抵抗型	消能元件以連接板的方式 與主體結構連接	高拉力螺栓接合 焊接接合 鉸接合

(2) 構材設計上注意事項

部位	注意事項	說明
梁柱接頭處 接合板	彈性設計，並防止局部挫屈	1.消能元件間傳遞作用力之構材與接頭須適當設計使其在線彈性範圍 2.為了防止局部挫屈，於適當位置設置加勁板 3.柱梁接頭的中心與消能元件軸心偏心造成的額外彎曲應力檢討 4.接合板處梁柱加勁板補強 5.防止加勁板面外挫屈
安裝於主結構體部位 (梁翼板)	加勁板防止局部挫屈	1.梁翼板斷面強度檢討 2.為了防止局部挫屈，於適當位置設置加勁板 3.為防止安裝構材偏心造成梁產生扭轉挫屈，故需設置加勁板
安裝於主結構體部位 (梁腹板)	加勁板防止局部挫屈	為防止局部挫屈，以加勁板補強

2. 位移型消能元件

(1) 安裝方法

安裝型式	安裝構材	接合方法
斜撐型	消能元件安裝構材以斜撐型式與主結構連接	高拉力螺栓接合 焊接接合
剪力型	消能元件安裝構材與主結構上下梁連接	高拉力螺栓接合 焊接接合
間柱型	消能元件安裝構材以柱式與主結構上下梁連接	高拉力螺栓接合 焊接接合
壁型	消能元件以連接板的方式與主體結構連接	高拉力螺栓接合 焊接接合

(2) 構材設計上注意事項

部位	注意事項	說明
連接板側之接合板	防止局部挫屈	1.消能元件間傳遞作用力之構材與接合板須適當設計使其在線彈性範圍 2.受力偏心或施工誤差以致面外彎曲變形 3.消能元件應變硬化荷重
主結構翼板及腹板	防止局部挫屈	1.局部構材強度不足，以加勁板或放大斷面防止挫屈 2.受力偏心或施工誤差以致面外

		彎曲變形
主結構梁	防止面外挫屈	受力偏心或施工誤差以致面外彎曲變形
主結構梁腹	防止局部挫屈及剪力降伏	剪力型、間柱型消能元件之安裝構材，發生彎曲應力

第三章 減震消能結構設計基本資料查核

減震消能結構設計原則上需要查核的基本資料與耐震設計相同，例如：建築物概要、結構系統概要、設計依據、荷重計算、耐震結構構材的模擬、結構平立面圖、設計範例、水浮力檢討等皆與耐震設計相同，另外，對於接合設計、非線性分析等各方面的查核則可以參考第二章，本章節僅針對減震消能元件以及結構分析時應用上常見的錯誤查核項目說明。

第一節 設計依據

1. 設計規範之使用是否合適

說明：目前國內有關含被動消能元件的設計尚未有正式的規範，因此，結構設計者之減震消能設計往往是依據研究文獻、FEMA273 及 274、我國含被動消能系統建築物設計規範草案、日本實務界設計方法、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」等，不同的設計者會採用不同的設計規範或文獻作減震消能結構設計。問題是文獻或規範的設計需求，對於減震消能結構設計方法及要求不同，更何況減震消能結構設計目前於我國實務界結構設計者並非屬熟悉的設計方法，故現階段採用類似結構外審的方法審查減震消能建物是有必要的。此外，即使我國已有含被動消能系統建物規範草案，然其原理及應用目前尚非普遍，姑且不論靜力分析、反應譜分析等方法設計者是否真得瞭解及應用是否正確，像是規範中提及消能元件設計考慮因素，例如：消能元件溫度、疲勞、裝置誤差、耐久性、多重分析等因素與定義，如何反應於減震消能結構分析之中，我國目前實務界大部分設計者可能都不是很清楚，換言之，即使採用的設計規範合宜，但設計者是否真得正確應用，尚必須依靠具有專業實務設計經驗者或審查單位進一步查核。

第二節 被動消能元件

1. 油壓消能元件查核

說明：消能元件一般查核項目如下：

- (1) 構造形式：斜撐型、柱型、剪力型、間柱型、壁式等。
- (2) 概要說明、構造及特點。
- (3) 減衰材料：石油系作動油之比重、引燃點、黏度、使用溫度範圍等。
- (4) 安裝方法：鉸接合、球面軸承等。
- (5) 標準防鏽材料及方法。
- (6) 基本力學特性：阻尼力與速度關係圖、等值勁度、等值阻尼、最大阻尼力等。
- (7) 遲滯迴圈特性：理論與實驗遲滯迴圈特性。
- (8) 消能元件內部勁度。
- (9) 各種相依性：振動頻率、溫度相依性等。
- (10) 耐久性：耐久前的阻尼系數、耐久後之阻尼系數、變化率、連續反覆振動、熱效應、經年劣化、耐熱耐寒等。
- (11) 極限狀態力學特性：變位極限、速度極限等。
- (12) 製品誤差：最大阻尼抵抗力、等值阻尼系數、剛性、極限變形等誤差。
- (13) 消能元件模擬的方法：Maxwell 模型、純阻尼抵抗力特性等。

2. 黏性消能元件查核

說明：消能元件一般查核項目如下：

- (1) 構造形式：斜撐型、柱型、剪力型、壁式等。
- (2) 概要、構造及特點。

- (3)減衰材料：高分子材料之比重、引燃點、黏度、使用溫度範圍等。
- (4)安裝方法：高拉力螺栓、摩擦接合等。
- (5)標準防鏽材料及方法。
- (6)基本力學特性：阻尼力與速度關係圖、等值勁度、等值阻尼、最大阻尼力等。
- (7)遲滯迴圈特性：理論與實驗遲滯迴圈特性。
- (8)消能元件內部勁度。
- (9)各種相依性：振動頻率、速度振幅、連續反覆振動、溫度等相依性。
- (10)耐久性：耐熱、耐寒、耐候、耐水、經年變化等。
- (11)極限狀態力學特性：變位極限、速度極限、最大阻尼力、疲勞極限等。
- (12)製品誤差：最大阻尼抵抗力、剛性、極限變形、尺寸等誤差。
- (13)消能元件模擬的方法：Maxwell 模型、 $F = CV^\alpha$ 等。

3.黏彈性消能元件查核

說明：消能元件一般查核項目如下：

- (1)構造形式：斜撐型、壁式、間柱、剪力型等。
- (2)概要、構造及特點。
- (3)減衰材料：橡膠黏彈性體、軟化點。
- (4)安裝方法：高拉力螺栓、摩擦接合等。
- (5)標準防鏽材料及方法。
- (6)基本力學特性：等值勁度、損失系數、等值阻尼定數、儲藏勁度、儲藏彈性率、損失彈性率等。
- (7)遲滯迴圈特性：理論與實驗遲滯迴圈特性。
- (8)各種相依性：振動頻率、變位振幅、溫度等相依性。

- (9) 耐久性：耐紫外線、耐水、耐藥品性、耐火、經年變化等。
- (10) 極限狀態力學特性：最大變位振幅、疲勞極限等。
- (11) 製品誤差：儲藏彈性率、損失係數等。
- (12) 消能元件模擬的方法：Kelvin 模型、儲藏彈性率及損失係數為振動頻率、溫度的函數。

4. 位移型消能元件查核

說明：消能元件一般查核項目如下：

- (1) 構造形式：斜撐型、間柱、壁式、剪力型等。
- (2) 概要、構造及特點。
- (3) 減衰材料：低降伏鋼材 LYP100、LYP160、LYP225、使用溫度等。
- (4) 安裝方法：高拉力螺栓、摩擦接合等。
- (5) 標準防鏽材料及方法。
- (6) 基本力學特性：初期勁度、降伏力、二次勁度、最大降伏力等。
- (7) 遲滯迴圈特性：理論與實驗遲滯迴圈特性。
- (8) 各種相依性：應變速度、溫度、連續返覆振動等相依性。
- (9) 耐久性：防鏽對策。
- (10) 極限狀態力學特性：最大變位、疲勞極限等。
- (11) 製品誤差：降伏力、勁度、尺寸誤差等。
- (12) 消能元件模擬的方法：力與變形之關係曲線為雙線性或三線性模擬等。

第三節 設計性能目標

1. 設計性能目標是否至少符合規範規定

說明：我國規範有關消能建築設計基本原則，對所有消能建築，要求在

中小地震下須完全保持彈性，且非結構元件無明顯損壞，其意謂中小地震下除了有結構安全性的需求外，也考慮到設備及非結構元件之機能性；在設計地震下，消能系統正常發揮功能，而原結構體可容許產生降伏，但使用韌性不得超過其容許韌性容量 R_a 。最大考量地震下，消能系統仍能正常發揮功能，而原結構體容許產生降伏，但使用韌性不得高於規定之韌性容量 R 。前述原則為規範最基本的要求，設計者於設計減震消能建築物時，只能高於前述的設計性能目標。於此須特別及的事情，若消能結構之設計目標大約符合規範基本設計原則，則本文認為應由成立的消能建物審查小組特別審查；倘建物耐震部分已達規範的基本性能規定，則另加裝消能元件只是再提高建物性能，則本文認為審查與否應由業主決定。

第四節 動力歷時分析

有關靜力分析及反應譜分析方法查核內容可以參考第二章減震消能結構設計注意事項，於此有須要特別提及的問題是動力歷時分析引用公式。

1. 以動力歷時分析作結構設計時，引用之公式是否正確

說明：動力歷時分析時，若結構物於中小地震力作用下仍然維持在彈性範圍，除了規範要求，工址地震歷時紀錄要與規範反應譜相諧合外，再者即是調整地震波，依據耐震規範草案的說明 $Z = 0.4S_{DS}$ ，可以以工址地震紀錄與工址正規化水平加速度反應譜係數 C 相諧合。採用耐震設計規範規定設計耐震結構物時，可以以如下的地表加速度係數 Z_d

$$Z_d = \max\left(\frac{ZI}{3.5\alpha_y}, \frac{ZI}{1.4\alpha_y F_{uD}}, \frac{ZI}{1.4\alpha_y F_{uM}}\right)$$

其中， F_{uD} = 結構物容許韌性容量下之地震力折減係數

F_{uM} = 結構物韌性容量下之地震力折減係數

Z_d 再乘上相諧合後之地震波，而後地震波再由基面輸入，可以求得構材內力，最後再作結構設計。以上所說為一般動力歷時分析做結構設計

的方法。若採用減震消能結構設計時，則地表加速度係數 Z_d

$$Z_d = \max\left(\frac{ZI}{3.5}, \frac{ZI}{1.4F_{uD}}, \frac{ZI}{1.4F_{uM}}\right)$$

Z_d 乘上相諧合後之地震波，而後地震波再由基面輸入，可以求得構材內力，當要做結構設計時，再將各構材內力除以 α_y 則可以得到桿件設計內力，最後再以載重組合做結構設計。

第四章 施工品管

第一節 施工品管計畫

施工單位必須訂定施工管理計畫，消能元件製造廠商則是提供施工方法說明書予施工單位，施工單位根據製造廠商提供之說明書及施工管理計畫作成施工計畫書。另製造廠商有需要交待清楚消能元件的搬運、養護、安裝順序等工程施工方法，施工單位則依據製造廠商提供之說明書，詳細製作消能元件施工計畫書。此外，對於消能元件的安裝施工現場，若有比較特殊的施工方法，則設計單位、監造單位、施工單位、製造廠商於施工前，有需要詳細討論及擬妥特殊施工法的計畫書。一般而言，施工計畫書至少要有以下幾項內容：

- 1.一般事項。
- 2.搬運計畫。
- 3.保管方法。
- 4.安裝順序及方法。
- 5.養護方法。
- 6.施工詳圖、平立面配置圖。
- 7.施工及品管人員、時間、地點、內容。

消能元件的品質管理，製造廠商對於品質管理的內容要明確，原則上消能元件乃依據標準之品質管理製作，此外對於消能元件之製作計畫書也必須明確。施工單位有需要依據製廠商提供有關品質管理計畫、製作要領、施工要領、製作圖等於現場施作。施工者與製造者所提出的品質管理也須要滿足設計者及監造者對消能元件的品質管理要求。對於消能元件的力學性能是否能夠達成，可以由設計單位、監造單位、施工單位、製作廠商等共同依據實體試驗及性能保證試驗結果判定是否合格。

第二節 消能元件試驗

2.1 通則

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。試驗的目的為：

- (1)證實於設計中所假設被動消能元件之力與位移性質；
- (2)展示在最大考量地震作用下各別元件之精確特性。

專業技師應對實體試驗中所得之有效勁度與阻尼值提出明確之合格標準，這些標準應能反映在設計中之假設值並考慮材料性質之變異性及提供不合格之上下限反應值。專業技師應對性能保證測試中所得之有效勁度與阻尼值提出明確之合格標準。性能保證測試之結果可作為產品合格標準之基礎，除非工程合約另有規定。此標準須能識別出承載歷時對各消能元件反應之影響。

不論是實體試驗或性能保證測試時，專業技師均應考慮最大考量地震作用下，消能元件所須承受最大總位移（或速度）時所對應之力量的1.3倍或2倍等相關細節。對於所有實體與實際產品所採之製程與品管措施均應相同，在生產製造前所有細節均應經由實體試驗及性能保證測試，並由專業技師審查通過。

2.2 實體試驗

1. 通則

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兩個全尺寸試體。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. 資料擷取

每一試驗中之每一循環之力與變位關係均須應用數位化方式記錄。

3. 測試之順序與循環週數

消能元件不應構成承重系統之一部份，但應能承受一些重力，對於下列最基本之試驗順序，每一消能元件試體均應加載以模擬其在建築上之重力及其環境溫度的劇變。

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（位移相關及黏彈元件）或位移（黏滯元件）循環週數，其振幅如設計風暴所預期，且頻率等於建築物基本週期之倒數（ $f_1=1/T_1$ ）。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。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 ，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）下進行試驗。只要下列條件滿足，消能元件可由上述方法以外之其它方法進行測試：

- (1)所提試驗方法須與此節的反覆循環試驗要求相似。
- (2)所提試驗方法須能反映消能元件在不同溫度、不同載重頻率下及試驗時溫度升高之效應。
- (3)所提試驗方法須經由專業技師審查通過。

4.速度相關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。例外：若使用縮尺實體試體以量化消能元件之速率相關性質，則縮尺實體試體應與足尺實體有相同之型式、材料、相同之製造過程與品質管制，同時應在與代表足尺載重速率相似之頻率下進行測試。其中須以縮尺實體與足尺實體進行衝擊試驗來證明縮尺實體試體之縮尺比例具備足尺實體之代表性，然後再進行縮尺實體試體之實體測試。

5.雙向位移相關之元件

若消能元件是用來承受雙側向變形，則前述之測試應在最大考量地震之雙向零側向位移以及雙向尖峰側向位移之下進行。例外：若使用縮尺實體試體以量化消能元件之雙側向位移之性質，則縮尺實體試體應與足尺實體有相同之型式、材料、相同之製造過程與品質管制，同時應在

與代表足尺位移相似之位移下進行之測試，同時應在與代表足尺載重速率相似之頻率下進行測試。其中須以縮尺實體與足尺實體進行衝擊試驗來證明縮尺實體試體之縮尺比例具備足尺實體之代表性，然後再進行縮尺實體試體之實體測試。

6. 測試類似之元件

若消能元件為相似之尺寸及同樣之材料、內部構件以及靜動態內壓，同樣之內部組裝過程及製造品質控制程序，且已為實驗室測試通過者，只要提供下列資料則可不需經過實體試驗：

- (1) 檢附所有相關測試數據及合格證明。
- (2) 製造者能向專業技師證實已測試元件之相似性。
- (3) 規範已認可之測試數據。

對於某些試驗雖可用縮尺之實體，但視需要時仍應進行足尺試驗。元件之破壞特性不得由縮尺試驗來決定。每次試驗循環中至少必須有 100 個數據點以足夠反映消能元件之受力與變形反應。必須進行消能元件之實體試驗以驗證在消能建築之分析與設計中所作之假設，並展示其消能硬體能承受設計風暴與最大考量地震所引致之多次變形循環。在消能建築中所使用之每一主要形式與尺寸之消能元件應測試至少二個足尺實體。這些實體元件應使用與生產用之元件相同的材料所組裝而成。

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：(1) 展示在設計風暴中元件之疲勞壽命不會耗盡，以及(2) 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。

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。

規範中有關頻率相依性之評估本質上是與消能元件中所發展之試驗是類似的。 $0.5f_1$ 至 $2.0f_1$ 之頻率範圍應可涵蓋一建物之頻率反應。 $2.0f_1$ 之頻率相當於一比設計中所假設之剛度更大之建築物頻率，而 $0.5f_1$ 之頻率相當於一因地震搖動效應而勁度減少至原有的 $1/4$ 時之建築物頻率

(可能是消能建築之上限值)，這些試驗之數據均應落於在建物設計中所假設之限定值範圍內，若未符合要求則應更嚴密地在 0.5 f1、1.0f1 及 2.0 f1 之頻率下再進行測試，以檢核消能元件性能，若再未符合要求，則不予接受。

若一消能元件之受力與位移性質受垂直於消能元件長向之方向上的建物位移影響，則這種影響性應由試驗來分析。實體元件之反應須考慮以下兩種最大考量地震的狀態下進行試驗：

- (1)該消能元件所屬樓層雙向產生最大速度反應時(發生零側向位移時)。
- (2)該消能元件所屬樓層雙向產生最大位移反應時。

以上述任一狀態下該消能元件在每一側向之尖峰變位(正向及負向)反應作為反覆循環測試所使用的最大位移，每一側向皆須分別以其正、負向尖峰變位反應加以測試，而此種雙向效應影響須透過此試驗項目來反映，並以相關規定檢核該消能元件性能是否符合設計要求，這些試驗數據應落在建物設計中所假設之限定值範圍內。

7. 受力與位移特性之決定

任何消能元件之受力與位移特性均須實體元件之循環載重與位移試驗。一個消能元件之有效勁度(k_{eff})應在每一變形循環中依下式計算：

$$k_{\text{eff}} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|}$$

其中力 F^+ 及 F^- 分別為在位移 Δ^+ 及 Δ^- 時之力，消能元件之有效勁度應。

一個含有勁度消能元件之有效阻尼比應在每一變形循環中依下列公式計算：

(1) 位移型元件

$$\beta'_D = \frac{1}{2\pi} \frac{W_D}{k_{\text{eff}} \Delta_{\text{ave}}^2}$$

其中 k_{eff} 為有效勁度，且 W_D 為一位移型消能元件在一實體試驗中位移(Δ_{ave})等於位移絕對值 Δ^+ 及 Δ^- 的平均下之一個完整力與位移反應循環所包圍之面積。

(2) 速度型元件：

$$\beta'_V = \frac{\pi C f'}{k_{eff}}$$

其中 k_{eff} 為有效勁度， C 為速度型消能元件之阻尼係數， f' 為測試頻率。

8. 試驗結果檢核

若下列所有之情況皆符合，則該實體元件之行為表現可視為達到要求：

- (1) 受力與位移曲線有非負值之增額承載容量。例外：若消能元件為具速度相關之行為則不須依從此規定。
- (2) 一實體消能元件在任一循環中之有效勁度(k_{eff})其差異不超過平均有效勁度之 $\pm 15\%$ 內。例外：若分析顯示更大差異值對消能建築反應並無有害的影響，則 15%之限制可以提高。流體粘滯消能元件及其它不具有有效勁度之元件則不需依從本規定。
- (3) 一實體消能元件試體在任一循環中於零位移所對應之最大、最小力與所有循環之最大、最小力平均值之差異皆不超過 15%內。例外：若分析顯示更大的差異值對消能建築反應並無有害的影響，則 15%之限制可以提高。
- (4) 一實體消能元件試體在任一循環中之遲滯圈面積(W_D)不超過平均遲滯曲線面積之 $\pm 15\%$ 內。例外：若分析顯示更大的差異值對消能建築反應並無有害的影響，則 15%之限制可以提高。
- (5) 對於位移相關型元件在每一試驗所得之平均有效勁度，在零位移之平均最大、最小力及遲滯迴圈之平均面積(W_D)均應落在設計值之內，其差異不超過 5 個循環面積之 $\pm 15\%$ 內。
- (6) 對於速度相關型元件在所述步驟下之每一試驗計算所得之在零位移之平均最大、最小力，有效勁度（只對粘彈性元件）及遲滯迴圈之平均面積(W_D)均應落在設計值之內。
- (7) 液態黏滯元件之力與速度性質的變化量不應超過其設計理論值之 $\pm 15\%$ 。

若有使用到多重之功能性水準則應擴大實體試驗之規範要求至與原來所述不同之位移水準下進行測試。這些額外之測試應能驗證在考慮

建物反應不同之水準下分析消能元件反應中所作之假設。

2.3 性能保證試驗

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。

在此將實體試驗與性能保證測試加以區隔，實體試驗內容主要針對消能元件完成設計未量產前，先製作試體以針對風力、地震力等不同外力型式或如溫度等環境之變異性加以測試，其中亦考慮建物本身基本特性如基本振頻等變異性；而性能保證測試是消能元件生產安裝前根據專業技師設計時所訂的消能元件性能加以抽樣測試，以確保他們的力-速度-位移等特性是否符合要求，並確保品質穩定，乃著重於品管檢核，故兩者所採用的試體若非經該專業技師審查核可，不可重覆使用。

第三節 施工品管作業

3.1 施工上注意事項

消能元件的進場時，製造者與施工者事前必須充分溝通協調，而且必須將協調的方法寫入施工計畫書中，原則上，消能元件進入工地現場後，直接搬運到施工者指定的安置地點。至於消能元件的出廠與運送到工地現場之時間，可以寫在子施工計畫書。以下為製造者與施工者必須注意的事項：

1. 製造者工作範圍

原則上製造者於施工說明書中，需要說明消能元件製作範圍、安裝計畫、消能元件現場保管、養護等方法。

2. 施工者工作範圍

施工計畫書中應載明品質管理、檢查執行項目、執行方法、執行日期、搬入後之安裝、養護、及其它的管理工程等。

3.2 施工時保管與養護

施工者根據施工計畫書針對消能元件的保管與養護。有關消能元件搬運入工地現場及安裝於建築物內、安裝過後養護等方法，所有的動作皆必須確保不損及消能元件之力學性能。此外，為確保消能元件的性能能夠正常發揮，於其搬入、保管、安裝、養護、竣工等各階段皆必須有一定的檢驗方法及檢驗動作，若竣工檢驗有困難，則可以改採施工過程中的檢驗代替。至於檢驗的方法，則依據施工計畫書的內容，從檢查結果判定消能元件的性能是否有問題，若發現問題，則由設計者、監造者、施工者、製造者等共同協議處理的辦法。

3.3 品質管理內容

1. 設計圖說的作成與製作

設計者對於設計性能的要求、製造者對於性能試驗的條件、消能元件安裝之詳細圖說及注意點等是很重要的。另施工單位對於製造圖說、施工進度配合、施工時遇到的問題、施作方法等，皆須要注意。

2. 製作圖說的內容

製造廠商須與設計單位、施工單位討論消能元件的製作及性能需求，對於製作的品質、製作品、保存等製作過程皆須反應於消能元件製作計畫書裡，該計畫書經由設計單位及施工單位審查核可後，方得開始製作生產。製造廠商對於製作計畫書的內容、工作範圍、設計條件、品質管理等皆必須明確記載。

3. 施工說明書

對於施工單位及製作單位之品質管理負責人員應明確區分，製造廠商對於消能元件製造責任，須與施工單位明確劃分清楚，也就是製造廠商與施工單位負責執行人員權責劃分。此外，製造廠商需要依製作計畫書執行工作，而施工單位則根據製造廠商提供的計畫書及配合施工需求作成施工計畫書，其包括保管、養護、安裝等內容。

4. 品質管理負責人員

製造廠商與施工單位應明確權責劃分，而且於計畫、圖說、製造以及施工各階段，經常須要密切的意見交換與討論，為了確保消能元

件的製造品質與施工品質，前述的工作是很重要的。

5. 製造廠商之品質管理機制

製造廠商對於消能元件品質的掌控是很重要的，消能元件的力學性能是否能達成設計上的需求，製造廠商的品質管理格外重要。因此，品質管理流程、方法、權限、責任等皆有必要組織化。

3.4 製作工程及品質管理

製造者依據製作計畫書製作消能元件，且設計者與施工者有必要詳細審查製造者所提送之製作計畫書，待審查核可後方可進行製作生產。製造者之設計部門根據製作計畫書作成工廠製造圖，製造者品質管理部門根據品質管理規定，檢驗製造過程中各裝置的品質。

關於製造工程之品質管理包括消能元件之包裝、出貨、檢驗及其紀錄等全部歸類於品質管理。消能元件的製作計畫書的作成，事前施工者與製造者必須妥為溝通協調，其必須確認的項目如下：

1. 消能元件的規定、數量
2. 製作工程、檢查內容
3. 交貨期限、方法
4. 製作計畫書尚必須記載
 - (1) 製造者的品質管理機制
 - (2) 製作工程
 - (3) 設計規定
 - (4) 製品規定(材料、形狀及尺寸)
 - (5) 檢查以及試驗項目、方法、規格值
 - (6) 包裝、輸送
 - (7) 提出資料

第四節 施工品管檢查項目

1. 油壓阻消能元件

(1) 施工時檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
阻尼器安裝後	安裝的方向與精度	全數	目視	依據設計圖說及施工大樣圖說之規定安裝阻尼器的方向與調整精度	修正
	螺栓安裝鎖緊程度	全數	扭力扳手	螺栓固定是否有達到規定之扭力值	鎖緊
	阻礙物影響阻尼器自由伸縮	全數	目視	阻尼器自由振動範圍內，不得有阻礙物	修正
	外觀	全數	目視	不得有塗裝脫落與生鏽的情形	修正
	養生	全數	目視	依規定的方法養生	修正

(2) 竣工檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
竣工時	阻礙物影響阻尼器自由伸縮	全數	目視	阻尼器自由振動範圍內，不得有阻礙物	修正
	外觀	全數	目視	不得有塗裝脫落與生鏽的情形	修正

2.黏性消能元件

(1)施工時檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
阻尼器安裝後	設置位置	全數	目視	安裝方向與製品型式確認	修正
	接合部	全數	目視	螺栓接合緊結程度與螺栓數量	修正
	假固定物	全數	目視	完工後假固定物確認是否有撒離	修正
	阻礙物影響阻尼器自由伸縮	全數	目視	阻尼器自由振動範圍內，不得有阻礙物	修正
	外觀	全數	目視	不得有塗裝脫落與生鏽的情形	修正
	養生	全數	目視	液態黏性體養生狀況之確認	修正

(2)竣工檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
竣工時	阻礙物影響阻尼器自由伸縮	全數	目視	阻尼器自由振動範圍內，不得有阻礙物	修正
	外觀	全數	目視	外觀形狀 1.是否異常、 2.是否有受傷、 3.螺栓、螺帽是否有安裝錯位、 4.液態黏性體是否有漏油等。	修正

3.黏彈性消能元件

(1)施工時檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
阻尼器 安裝後	安裝精度	全數	目視	安裝誤差控制在規定值範圍內	修正
	螺栓安裝鎖緊程度	全數	扭力扳手	螺栓固定是否有達到規定之扭力值	鎖緊
	阻礙物影響阻尼器自由伸縮	全數	目視	阻尼器自由振動範圍內，不得有阻礙物	修正
	外觀	全數	目視	不得有塗裝脫落與生鏽的情形	修正
	養生	全數	目視	依規定的方法養生	修正

(2)竣工檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
竣工時	阻礙物影響阻尼器自由伸縮	全數	目視	阻尼器自由振動範圍內，不得有阻礙物	修正
	外觀	全數	目視	外觀形狀 1.是否異常、 2.是否有受傷、 3.螺栓、螺帽是否有安裝錯誤、 4.液態黏性體是否有漏油等。	修正

4. 金屬降伏型消能元件

(1) 施工時檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
金屬降伏型 阻尼器作業 時	安裝精度	全數	目視	所有精度必須控制在規定範圍內	修正
	外觀	全數	目視	不得有受傷、變形等	修正
金屬降伏型 阻尼器安裝 完成後	螺栓安裝鎖緊 程度	全數	扭力扳手	螺栓固定是否有達到規定之扭力值	鎖緊

(2) 竣工檢查

檢查時期	檢查項目	檢查頻率	檢查方法	判定基準	未符規定之處理方法
竣工時	阻尼器本體	全數	目視、詳細檢查	阻尼器不得有形狀異常、受傷等情形	修正
	生鏽	全數	目視	不得生鏽	塗裝修復
	安裝部	全數	目視	不得有螺栓、螺帽安裝錯誤等情形	修正

第五章 維護管理

為了維持消能元件的性能，必須對裝置進行必要的維護管理，在進行實體維護管理之前，有需要先行擬定維護管理計畫書，依據此計畫書，確實執行計畫書內的工作，以確認消能元件是否能夠正常發揮其基本力學性能，因此維護管理計畫書中，對於維護管理的目的、檢查時機、檢查人員、檢查位置、檢查時間、檢查後處置等皆有需要具體的明定。

第一節 維護管理規範規定

專業技師須建立維護及測試之時程表以便進行維護之工作，藉以確保消能元件於使用年限內能正常運作，此外維護與測試之等級亦須反映出消能元件的運作狀態歷程，以制定維護計畫。若像摩擦消能元件、流體黏性消能元件、粘彈消能元件、及其它之機械式消能元件之類的消能元件需要定期的維護與測試。若像金屬降伏及鉛之塑性流之元件可能不需維護。對於消能元件之定期維護與測試需要建立維護紀錄以保證阻尼硬體在設計生命期中有可靠之反應。維護與測試之程度應反映元件之使用狀態過程，施工時即須開始檢測維護，例如裝設時精度之要求、材料規格是否符合設計要求等；完工後亦須訂定其定期檢查及不定期抽查維護等計畫，檢查維護時可用外觀目視及簡易測試等方法加以檢視，且須依消能元件特性檢討其材料或零件是否須補充、修復或更換，尤其在地震或風災、火災等災害發生後須馬上進行檢修維護。

建築設計時須考慮消能元件可進行定期檢查及必要之置換等維護工作：

1. 消能建築需有能滿足設計需求之檢測及維護計畫。
2. 消能建築需留設供檢查及更換所有消能構材及元件之通道與空間。
3. 監造者及結構設計者需於消能建築核發使用執照前。
4. 完成消能系統及界面區域所有構件之最終檢查。
5. 消能系統構件之修復及更換需在有消能建築設計或施工經驗之建築師

或專業技師監督下進行。

某些消能硬體之形式須定期檢查，此與傳統之營建材料不同或甚至不曾檢查過之情況有所不同。甚至對某些硬體形式之安裝後試驗而言，若只提供少數用於消能元件中之新材料或流體之老化特性資料時更需要審慎。因此，消能元件簡易的定期檢查與試驗及定期置換是必要的。

第二節 維護管理檢查項目

建築物受到地震或是其它外力的作用，而有須要針對消能元件進行臨時檢查，換言之，臨時檢查的條件，乃是由於地震、風等外力甚至超過設計目標值時，設計者對於臨時檢查的標準，除了從目視檢查消能元件本體及其周圍構材外，對於會影響到消能元件性能的數量化標準最好也能夠明確定義，再依據消能元件損傷程度決定其是要修理、修繕、或是更換。本節僅針對四種消能元件檢查時機、檢查目的、檢查內容概略說明如後。

1. 油壓消能元件

油壓消能元件的構造為一個密閉室空間，且其力學性能受到外在溫度的影響很小。在一般的情況下，消能元件生鏽或油酸化等對於其力學性能也影響不大。另外消能元件在受到大地震時反覆加載，幾乎不會有疲勞、磨擦、及損傷等情形發生。油壓消能元件一般檢查類別及檢查內容如下表。

(1) 檢查類別

檢查類別	時期	目的
定期檢查	每 5~10 年檢查一次	建物管理者有責任於定期時間內，針對消能元件本體及其與主結構體接合的位置實施檢查，若有發現異狀或危險的情形發生，須即時處理
臨時檢查	<ul style="list-style-type: none"> ■設計地震力以上的地震發生 ■設計風速以上的強風發生 ■火災 ■浸水 	若發生超過設計地震及風速、火災、浸水等情形，有需要進一步確認消能元件的性能是否有受到影響，此階段的檢查，建物管理者與專業技術者一同實施檢查與確認

(2)檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處理
漏油	伸縮桿	目視	不能有漏油的情形發生	真正原因調查完成後，建物管理者及專業技術者做意見交換，並討論受損之消能元件要採取修理或更換的動作
生銹	兩端安裝部位之鉸接及螺栓	目視	不能產生對性能上有害之浮銹與紅銹	
損傷	外觀	目視	不能有損壞情形	
鬆脫	兩端安裝部位螺栓	目視	不能發生螺栓鬆脫	

2.黏性消能元件

黏性消能元件除了定期檢查以外，大地震或颱風過後，也有必要立即實行檢查的動作。黏性消能元件一般檢查類別及檢查內容如下表。

(1)檢查類別

檢查類別	時期	目的
定期檢查	視情形而言	建物管理者有責任於定期時間內，針對消能元件本體及其與主結構體接合的位置實施檢查，若有發現異狀或危險的情形發生，須即時處理
臨時檢查	<ul style="list-style-type: none"> ■設計地震力以上的地震發生 ■設計風速以上的強風發生 ■火災 ■浸水 	若發生超過設計地震及風速、火災、浸水等情形，有需要進一步確認消能元件的性能是否有受到影響，此階段的檢查，建物管理者與專業技術者一同實施檢查與確認

(2)檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處理
漏黏性體	伸縮桿	目視	不能有漏黏性體的情形發生	真正原因調查完成後，建物管理者及專業技術者做意見交換，並討論受損之消能元件要採取修理或更換的動作
生銹	消能元件本體	目視	不能產生對性能上有害之浮銹與紅銹	
損傷	外觀	目視	不能有損壞情形	
安裝部位	安裝部位螺栓	目視	不能發生螺栓鬆脫	

3.黏彈性消能元件

黏彈性消能元件除了定期檢查以外，大地震或颱風過後，也有必要立即實行檢查的動作。黏彈性消能元件一般檢查類別及檢查內容如下表。

(1) 檢查類別

檢查類別	時期	目的
定期檢查	視情形而言	建物管理者有責任於定期時間內，針對消能元件本體及其與主結構體接合的位置實施檢查，若有發現異狀或危險的情形發生，須即時處理
臨時檢查	<ul style="list-style-type: none"> ■設計地震力以上的地震發生 ■設計風速以上的強風發生 ■火災 ■浸水 	若發生超過設計地震及風速、火災、浸水等情形，有需要進一步確認消能元件的性能是否有受到影響，此階段的檢查，建物管理者與專業技術者一同實施檢查與確認

(2) 檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處理
脫落	黏彈體	目視	黏彈體不得有脫落現象	真正原因調查完成後，建物管理者及專業技術者做意見交換，並討論受損之消能元件要採取修理或更換的動作
生鏽	鋼板部位	目視	不能產生對性能上有害之浮鏽與紅鏽	
損傷	外觀	目視	不能有損壞情形	
鬆脫	安裝部位螺栓	目視	不能發生螺栓鬆脫	

4. 鋼材消能元件

在一般的環境下，定期檢查可以省略。但是在特殊的環境下，則有必要增加檢查的頻率及必要的檢查項目。

(1) 檢查類別

檢查類別	時期	目的
臨時檢查	<ul style="list-style-type: none"> ■設計地震力以上的地震發生 ■設計風速以上的強風發生 ■火災 ■浸水 	若發生超過設計地震及風速、火災、浸水等情形，有需要進一步確認消能元件的性能是否有受到影響，此階段的檢查，建物管理者與專業技術者一同實施檢查與確認

(2)檢查內容

檢查項目	檢查位置	檢查方法	管理	處理
變形與損傷	安裝部位	目視	不能有損壞情形	真正原因調查完成後，建物管理者及專業技術者做意見交換，並討論受損之消能元件要採取修理或更換的動作
	消能元件	目視及測定	<ul style="list-style-type: none"> ■不能有損壞情形 ■不能有累積損壞而造成性能劣化 	

第六章 結論與建議

第一節 結論

消能元件設計品管機制，除了耐震結構基本審查機制規定外，尚須成立消能結構系統建築物審查小組。在消能元件的設計注意事項中包括設計目標、本模擬模型、各種設計考慮因素、周圍構架的設計等皆很重要，設計者應當特別注意。消能元件基本設計資料的查核，以我國規範基本設計原則為判定標準，決定是否需由消能建物審查小組特別審查。最後在施工品管及維持管理方面，應製作可行的計畫書，其目的是提供一具體執行的方法予設計者及執行者，以確認消能元件基本力學性能符合設計需求。本文結論分述如后：

1. 消能元件設計品管機制，除了一般國內於審查耐震結構之機制要求外，另應成立具有相當實務設計經驗的專家及學者共同審查消能結構系統建築物。至於消能元件設計品管檢查方面，本文主要是參考日本實務界一般的檢查重點，大部分消能元件於設計品管方面的重點，皆有反應於檢查表中。至於結構計算書目錄，則是提供予消能結構設計者耐以參考。
2. 消能元件的設計注意事項有很多是和耐震結構設計重疊，為免疊床架屋，本文僅以須要特別注意事項及耐震結構不會提及的部分說明。其中消能建物之設計目標實為重要，其耐震目標不得低於規範草案之基本要求。再者，瞭解各種不同消能元件的力學特性，方能正確模擬，為免錯誤模擬，對於其基本模擬模型、遲滯迴圈特性等皆要有絕對的認知。此外，規範雖有提及各種設計考慮因素，如裝置誤差、耐久性、相依性等，問題是如何反應於結構分析之中，本文乃參考日本實務界的一般作法，依此作法進行多重消能建物結構分析。另周圍構架的設計也很重要，在最大考量地震計算出之最大總位移所對應之力的 1.3 倍或是 1.5 倍時，位於消能元件間傳遞作用力之構材與接頭須適當設計使其在線彈性範圍之內。
3. 消能元件基本資料的查核，其大部分內容於消能元件設計注意事項章

節已有提及，本文特別將基本資料查核獨立出來，尤其是消能元件基本設計資料的查核及設計目標格外重要。從消能元件基本資料可以知道其力學性能、設計考量因素等，然後反應於消能建物多重結構分析之中；設計目標會影響到建物安全性及使用性之性能要求，除了可以從相關文獻及規範的基本規定訂定設計目標外，業主也可以從其需求決定性能目標。再者，若消能結構之設計目標大約符合規範基本設計原則，則本文認為應由成立的消能建物審查小組特別審查；倘建物耐震部分已達規範的基本性能規定，則另加裝消能元件只是再提高建物性能，則本文認為審查與否應由業主決定。

4. 施工品管計畫本文建議至少包括一般事項、搬運計畫、保管方法、安裝順序及方法、養護方法、施工詳圖及平立面配置圖、施工及品管人員、時間、地點及內容等。消能元件的品質管理，製造廠商要有製作計畫書及工廠品管計畫書，而施工單位要有施工計畫書及現場品管計畫書。對於消能元件的力學性能是否能夠達成，可以由設計單位、監造單位、施工單位、製作廠商等共同依據實體試驗及性能保證試驗結果判定是否合格。
5. 為了維持消能元件的性能，必須對裝置進行必要的維護管理，在進行實體維護管理之前，有需要先行擬定維護管理計畫書，依據此計畫書，確實執行計畫書內的工作，以確認消能元件是否能夠正常發揮其基本力學性能，因此維護管理計畫書中，對於維護管理的目的、檢查時機、檢查人員、檢查位置、檢查時間、檢查後處置等皆需要有具體的規定。

第二節 建議

我國目前含被動消能系統建築物的設計，沒有一套標準之計算書範例以供從事消能結構設計者參考，因此，建立完整之計算書範例，實有其必要性。對於消能元件之設計應考慮之設計因素，這些效應如何反應於消能結構分析之中，也必須清楚交待。另外建立標準化施工品管作業及維護管理檢查制度，以確保消能元件的力學性能夠正常發揮。基於前述理由，本文大致建議如下：

建議一

消能結構計算書：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

我國目前含被動消能系統建築物的設計，尚未有標準之計算書範例以供實務界從事消能結構設計者參考，所以有關計算書內容的要求，國內一般還是要透過結構外審機制控制設計品質。而一般從事消能結構設計者，必須根據其曾經接受外審的經驗，建立計算書的內容。筆者建議，最好能夠建立完整的消能建物計算書內容及範例，一則設計者有依循的參考標準，另一則可以從完整的計算書內容查核分析設計結果之正確性，以提高設計品質。

建議二

消能元件之設計考慮因素：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

消能元件之設計應考慮之設計因素，包括風力、老化、潛變、疲勞、環境溫度、運轉溫度、製品誤差等因素。若一棟含消能元件之消能建築物的數學模型應包括消能元件之平面與豎向配置，且其數學模型之分析應考慮激振頻率、環境與運轉溫度、承載及雙向載重等因素對元件之影響。此外，為了獲取消能元件因力學特性改變對分析結果之影響，必要時須進行多重分析。這些效應如何反應於消能結構分析之中，應詳細說明，並明確提供設計範例，對於消能結構設計品質的提昇有重要的幫助。

建議三

施工品管制度標準化：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

建立標準化施工品管作業流程及檢查方法。國內目前常用之消能元

件主要有四種包括油壓、黏彈性、黏性、鋼材等消能元件，各種消能元件之製造、施工等方法皆不盡相同。消能元件設置於建築物中扮演重要角色，甚至可以視消能元件為主體結構之一部分，如果於設計目標地震下無法正常發揮，則建築物之設計目標將備受影響，其安全性與使用性也會受到相當程度的挑戰。因此，對於消能元件而言，製造廠商為第一線之品管人員，施工單位則為第二線之品管人員，為了確保消能元件的力學性能夠正常發揮，建立各種消能元件標準化之施工品管制度實有其必要性。

建議四

維護管理標準化：中長期建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：各縣市政府工務局

為了確保消能元件的力學性能，定期或臨時檢查絕對是有必要的。尤其是消能元件力學性能若受到影響，則於大地震、強風等侵襲下，因其力學性能未完全發揮，則消能建物的抗震能力甚至有可能不足，故定期或臨時檢查非常重要。問題是該如何檢查才是正確作法，一般建物使用者可能並不清楚，即使是專業技師也要受過一定程度的訓練才會比較瞭解，故建議可以建立一套標準化維護管理檢查流程、方法、檢查項目等。

參考文獻

1. ICBO, 2003, "International Building Code," 2003 Edition, Whittier, CA.
2. 住宅品質確保促進相關法律，2001 年
3. 林耀煌等，建構耐震建築標章認證制度與輔導諮詢案，內政部建研研究所報告，民國 92 年。
4. 陳正誠、陳生金，鋼骨鋼筋混凝土建築結構施工實務手冊之研究，內政部建研研究所報告，民國 91 年。
5. 林耀煌、吳毓勳，建築工程施工監督及品質管制之建立，內政部建研研究所報告，民國 81 年。
6. 鋼構造建築物鋼結構設計技術規則（一）鋼結構容許應力設計法規範及解說，內政部營建署，民國 87 年。
7. 鋼構造建築物鋼結構設計技術規則（二）鋼結構極限設計法規範及解說，內政部營建署，民國 87 年。
8. 建築物耐震設計規範及解說修訂草案，內政部建築技術審議委員會，民國 91 年。
9. 鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範及解說，內政部建研研究所報告，民國 86 年。
10. 混凝土工程設計規範與解說，中國土木水利工程學會，民國 88 年。
11. 日本免震構造協会「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」，2003 年。
12. FEMA: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, Report No. FEMA273, FEMA, 1997.
13. 建築物耐震設計規範及解說修訂草案，內政部建築技術審議委員會，民國 91 年。
14. 葉祥海、黃德琳、曾一平、楊森翔、吳志強，「建築物隔被動消能設計規範與實務之研究比較」，內政部建築研究所研究報告，民國 92 年。

15. 日本免震構造協会「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」, 2003年。
16. FEMA: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, Report No. FEMA273, FEMA, 1997.
17. 建築物耐震設計規範及解説修訂草案, 内政部建築技術審議委員會, 民國91年。
18. 日本免震構造協会「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」, 2003年。

建築結構之設計與施工品管作業研究案審查回覆

項次	審查意見	回覆
一	詹教授添全	
1	隔震消能專有名詞建議參考耐震設計規範草案訂定之隔震元件及含被動消能元件之統一名詞撰寫報告	有關制震等字眼皆依規範草案改成被動消能。
2	結構設計審查是否結合綠營建廢棄物減量之精神，增列審查程序或審查項目。	綠建築屬於建築設計方面之專業，於結構設計品管上應該不於綠建築方面規定，而由相關建築法令來規範
3	建議將結構設計品質管制系統納入審查流程。	此點於研究報告之建議事項中加以建議，由相關單位來加以規定。
二	洪技師思閩	
1	請補充制震隔振裝置有之廠商應提出資料有關之規範事項	有關制震方面，廠商應提出之相關資料，本文第一章第二節之「結構計算書目錄第三章」已有提供被動消能元件設計需求資料，這些資料廠商皆應提供。至於所提供消能元件之力學性能、耐久性、裝置誤差等規定，則可以參考蔡克銓等人「隔制震建築物設計、安裝及管理機制之研究」
2	P13 (2) 基地調查部分應依基礎設計規範之規定，建議納入基礎形式與承載力、基樁承載力及彈簧、監測之最少要求。	已經於期末報告中加入應依基礎設計規範進行之項目
3	p28 「台北市」應修正為「□□□市/縣」	已經於期末報告中修改
4	第五章、第六章：未見列之文字，請補充修正。	已經於期末報告中修改

建築結構之設計與施工品管作業研究案審查回覆

5	表單未含鋼結構部份，請補充。並請補充鋼結構之施工核驗流程、非結構牆之品管部分。	期末報告表 6-1i 中有列出鋼構工程品質管制檢查表，第六章內文中亦有鋼結構工程施工品管檢查項目。非結構牆之品管可由鋼筋、模板及混凝土工程三者組合而得。
三	蔡教授益超	
1	設計品質管制查核表到底是設計人的自主檢核表，抑或是所謂的 PEER REVIEW，表中的品管人員及覆核人又是何人，宜詳加說明以瞭解其機制。	本報告第一章第二節對此點規定如下：結構設計檢查項目，起造人(或起造人之代理人)得獨立聘用一位以上專業工程師或專業機構，或由設計單位經起造人同意指派一位以上專業工程師或專業機構，於設計階段依據本條文規定之項目，實施結構設計品管查核。
2	工程品質管制檢查表係營造廠使用的一級品管，本計畫也應針對設計者監造部份或特別監督部份提出品管作業手冊。	對於設計者監造部份或特別監督部份之品質保證方面作業，各縣市及耐震規範草案都有相關規定，應該依其規定進行。
四	邱顧問昌平	
1	圖 1.1 之建議結構設計流程，宜加入概念設計或初步設計部分。	已經於期末報告中修改