

# 建築隔震設計與施工品管作業研究

內政部建築研究所委託研究報告

093-301070000G1024

# 建築隔震設計與施工品管作業研究

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**

**John Wu**

**November, 2004**

建築隔震設計與施工品管作業研究

內政部建築研究所

九十三年

建築隔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

## 目次

目次 .....	i
表次 .....	iii
圖次 .....	iv
摘要 .....	v
第一章 隔震結構設計流程與品管機制 .....	1
第一節 美國隔震規範 .....	1
第二節 歐洲規範 .....	2
第三節 日本規範 .....	3
第四節 中國大陸規範 .....	3
第五節 國內規範 .....	3
第二章 結構計算書目錄 .....	5
第一節 傳統結構計算書目錄 .....	5
第二節 隔震結構設計新增目錄 .....	10
第三章 隔震結構分析設計流程 .....	13
第一節 隔震結構設計流程圖 .....	13
第二節 隔震結構分析流程圖 .....	14
第三節 隔震結構分析設計 .....	16
第四節 適用規定 .....	16
第五節 靜力法設計步驟 .....	16
第六節 動力分析法 .....	20
第四章 隔震結構設計之檢核 .....	26
第一節 隔震器面壓檢核 .....	26
第二節 阻尼器之配合 .....	27
第三節 承台之設計 .....	30
第五章 隔震結構施工流程 .....	33
第一節 施工流程 .....	33
第二節 隔震設施施工要點 .....	38
第六章 隔震結構品管作業 .....	42
第一節 隔震結構各階段品管作業 .....	42
第七章 隔震結構維護管理 .....	46
第一節 檢查種類及實施期間 .....	46
第二節 檢查項目 .....	46
第三節 維護管理體制 .....	47
第四節 檢查結果之保管 .....	49

第五節	維護管理檢查要領.....	49
第六節	橡膠支承墊損傷量測維護管理檢查要點.....	56
第七節	建築物位置量測維護管理檢查要點.....	62
第八章	結論與建議.....	63
第一節	結論.....	63
第二節	建議.....	64
參考文獻	.....	66
建築結構之設計與施工品管作業研究案審查回覆	.....	70

## 表次

表 7-1	檢查內容 .....	47
表 7-2	竣工時之檢查項目、調查方法、管理值及相應措施.....	51
表 7-3	一般檢查之項目、方法、管理值及報告.....	53
表 7-4	定期及臨時檢查之項目、調查方法、管理值及改善措施.....	54



## 圖次

圖 5-1	隔震設施先裝方式之施工流程 .....	33
圖 5-2	隔震支承墊施工步驟.....	34
圖 5-3	自立式吊車設置方法.....	34
圖 5-4	外部鷹架設置方法 .....	35
圖 5-5	隔震設施後裝方式之施工流程 .....	35
圖 5-6	隔震工程主要流程 .....	37
圖 5-7	隔震設施之品管要點流程圖 .....	38
圖 7-1	維護管理體制 .....	49
圖 7-2	以捲尺量測積層橡膠之損傷.....	56
圖 7-3	以深度量測器量測橡膠支承墊之損傷.....	57
圖 7-4	螺栓、螺帽鬆弛量測.....	58
圖 7-5	橡膠支承墊水平變位量測.....	59
圖 7-6	鋼材之腐蝕.....	59
圖 7-7	積層橡膠垂直變位量測 .....	60
圖 7-8	各種橡膠支承墊之等價水平彈性係數及阻尼係數.....	61

## 摘要

關鍵詞：隔震結構設計、施工品管、維護管理

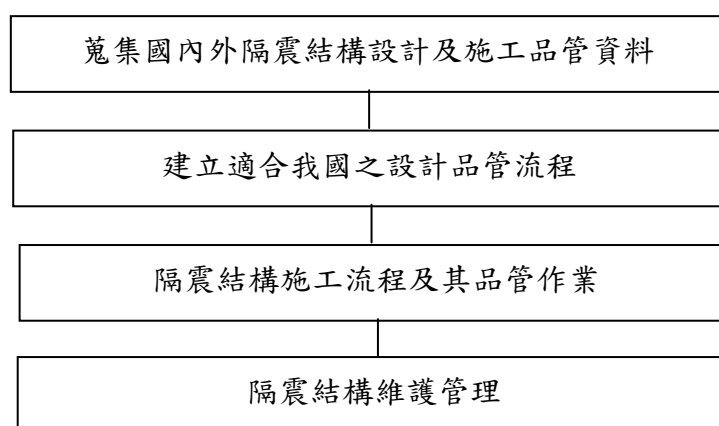
### 一、研究緣起

近十年台灣發生的大地震中，尤其是1999年9月21日集集大地震對耐震建物造成的破壞甚為嚴重，因此，提高建築物之抗震能力有其需要性，然而建物之抗震能力設計除了採用耐震結構設計方法外，隔震結構系統也被普遍的應用於世界各國。

我國目前隔震結構系統設計已有正式的規範，隔震結構設計目前於我國實務界結構設計者並非屬完全熟悉的設計方法，因此有需要針對隔震結構設計品管作更詳細的說明及探討。為了維持隔震裝置的力學性能，必須對隔震裝置之施工品管與維護管理有一套可行的計畫書。在施工品管方面，包括裝置製造、施工、完工等各階段的品管計畫書；在維護管理方面，包括檢查種類、實施期間、檢查項目、管理體制、檢查要領、檢查要點等項目之計畫書。

### 二、研究方法及過程

本研究首先蒐集國內外隔震結構設計及施工品管資料，建立適合我國之設計品管流程，再者針對施工方法及其品管作業、維護管理等進一步說明。研究步驟如下圖：



### 三、重要發現

1. 隔震結構設計品管機制，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隔震建築物。
2. 隔震層周邊空間有限時，可以加裝被動消能元件，以降低隔震層之反應變位。然也必須注意的是，過小的反應變位，有可能使得隔震週期無法延長，造成隔震效果不彰。
3. 有關隔震裝置之溫度相依性、經年變化、應變相依性、裝置製造誤差等不利因素應反應於隔震結構分析設計之中，必要時須進行多重隔震結構分析。
4. 隔震結構設計除了裝置本體的查核外，另應考慮地盤條件、基地條件、建築物特性、建築物形狀、建築物重量、相對變位、隔震層周邊、隔震層動線、耐震性能要求等檢核項目。
5. 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，以確認隔震裝置之基本力學性能符合設計需求。

### 四、主要建議事項

我國目前隔震建築物的設計，沒有一套標準之計算書範例以供從事結構設計者參考，因此，建立完整之計算書範例，實有其必要性。對於隔震裝置設計應考慮之設計因素，這些效應如何反應於隔震結構分析之中，也必須交待清楚。另外建立標準化施工品管作業及維護管理檢查制度，以確保隔震裝置的力學特性能夠正常發揮。基於前述理由，本文大致建議如下：

#### 建議一

隔震結構計算書：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

我國目前隔震建築物的設計，尚未有標準之計算書範例以供實務界從事結構設計者參考，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。而一般從事隔震結構設計者，必須根據

其曾經接受外審的經驗，建立計算書的內容。本文建議，最好能夠建立完整的隔震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

隔震結構設計考慮因素：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

隔震結構設計應考慮之設計因素，包括裝置經年變化、溫度相依性、應變相依性、裝置製造誤差等因素對裝置之影響。此外，為了獲取隔震裝置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隔震結構分析之中，應詳細說明，並明確提供設計範例，對於隔震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。國內目前常用之隔震裝置主要包括天然積層橡膠、鉛心積層橡膠、高阻尼積層橡膠、滑動及滾動等支承，各種裝置之製造、施工等方法皆不盡相同。隔震裝置設置於建築物中扮演重要角色，甚至可以視隔震裝置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，對於隔震裝置而言，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，為了確保隔震裝置的力學特性能夠正常發揮，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

為了確保隔震裝置的力學性能，定期或臨時檢查絕對是有必要的。尤其是隔震器的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，則隔震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。

# Abstract

Keyword : Seismic Isolation System Design, Construction Quality Control,  
Maintenance Management.

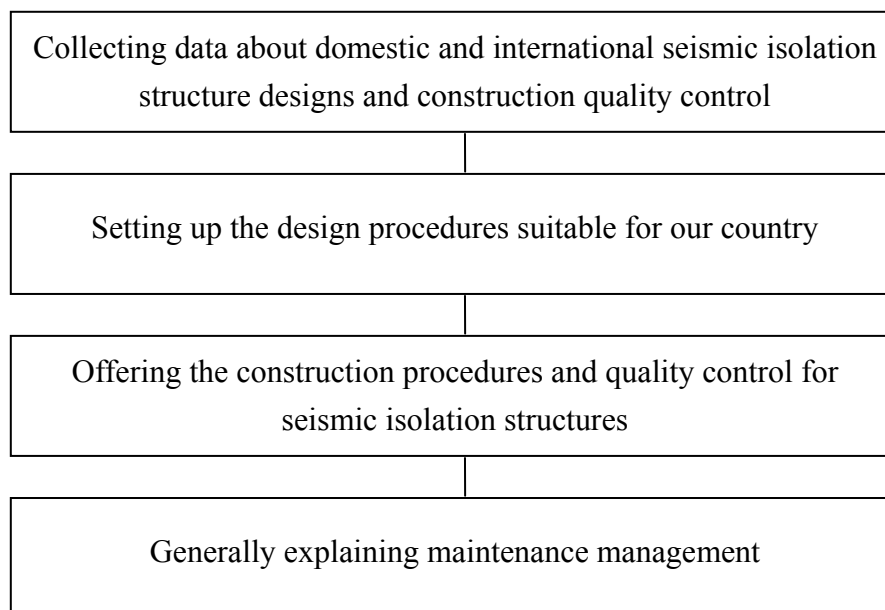
## A. Research Cause

In the heavy earthquake that has taken place in the past ten years especially for the Chi-Chi earthquake in Taiwan, it is impotent to promote the structure seismic abilities not only seismic structures used but also seismic isolation structures applied all over the world in recent years.

At present seismic isolation system design have a formal code in Taiwan, but seismic isolation buildings are not familiar to the general structure designers in practice. We need to be in charge of doing more detailed explanations and discussions for seismic isolation buildings. In order to maintain seismic isolation mechanic performances, we shall have a set of feasible schemes about maintenance management and construction quality control. We shall build each step of device manufacture, construction, complete construction etc. in construction quality control and build plan including checking items, implementing, management of checking the project, management system and checking the key points etc. in maintenance management.

## B. Research Method and Process

We collect data about domestic and international seismic isolation structure designs and construction quality control in this research and set up the design procedures and quality control suitable for our country. The paper generally explains the construction quality control and maintenance management. Flow chart as follows.



### **C. Significant Discovery**

- 1.The quality control mechanisms of seismic isolation devices shall not only refer to the seismic structure review but also be established by the experts and scholars to review them.
- 2.When peripheral spaces are limited, designers may install energy dissipation devices in order to reduce the response displacement. But designers shall pay attention to the question, the more displacements are small the more vibration period is unable to lengthen.
- 3.It is very important to include temperature dependent, aging, strain dependent, device errors etc. in seismic isolation structure designs, and the designers shall pay attention to those.
- 4.Reviews for seismic isolation design are not only device itself but also important conditions for site conditions, base conditions, building characteristics, building shape, building weight, shift, perimeters and move line of isolation layer, seismic objectives etc.
- 5.In construction quality control and maintenance management, the purpose of feasible plan is to offer a feasible method for designers and executors in order to confirm seismic isolation mechanic performances in accordance with the design demand.

## **D. Major Suggestions**

The design methods of seismic isolation structure have been not a formal code and not a set of standard calculation examples for the structure designers. Standard calculation examples shall be built. The design factors of seismic isolation structures shall be considered in structure analysis. Setting up standardization system of construction quality control and maintenance management is so as to ensure that the mechanic performances can normally run. Because of the above-mentioned reasons, the paper proposes as follows.

### 1. Propose One

Seismic isolation structure calculation: Propose in medium or long term

Sponsor : Public Construction Commission, Executive Yuan.

Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior.

Adviser : Bureau Of Public Works of All County Governments.

The design methods of seismic isolation structure have been not a formal code and not a set of standard calculation examples for the structure designers. The paper suggests that calculation content and examples shall be built because the designers may follow them to design and check analysis results.

### 2. Propose Two

Design considerations for seismic isolation structure designs: Propose in medium or long term.

Sponsor : Public Construction Commission, Executive Yuan.

Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior.

Adviser : Bureau Of Public Works of All County Governments.

Seismic isolation structures should be designed with consideration given to other conditions including temperature dependent, aging, strain dependent,



device errors etc. Multiple analyses of the building may be necessary to capture the effects of varying mechanical characteristics of the devices. How these effects react in the structure analysis. It is important to help seismic isolation structural design quality.

### 3.Propose Three

The standardization for construction quality control: Propose in medium or long term.

Sponsor : Public Construction Commission, Executive Yuan.

Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior.

Adviser : Bureau Of Public Works of All County Governments.

Seismic isolation devices are commonly used in several kinds including RB, LRB, HDRB, CLB etc. Building incorporating seismic isolation devices should be regarded as a part of the main structure. If they are unable to run normally under the objective seismic waves then the design objectives of the building will be influenced, and then the security and using of building will be challenged. Manufacturer is the first quality control personnel and construction unit is the second quality control personnel. In order to ensure that the mechanic performances of Seismic isolation devices maintain normally performances, the standardized construction quality control system should be built.

### 4.Propose four

The standardization for maintenance management: Propose in medium or long term

Sponsor : Public Construction Commission, Executive Yuan.

Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior.

Adviser : Bureau Of Public Works of All County Governments.

In order to ensure that the mechanic performances of seismic isolation

devices maintain normally performances, it is necessary to check fixedly and temporarily. If the mechanic performances of seismic isolation devices are influenced by other factors then seismic abilities could be reduced when the heavy earthquake or heavy wind occurs, it is very important to check fixedly and temporarily. About seismic isolation devices, generally occupant should not understand even if the professional technician may be not understand, so necessarily setting up a set of standardized maintenance management and procedures, methods, items of check etc.

## 第一章 隔震結構設計流程與品管機制

### 第一節 美國隔震規範

就美國隔震規範的發展現況而言，對新建的建築結構設計，目前主要依據的是 ICBO (International Conference of Building Officials) 出版的 UBC-97 (1997 Uniform Building Code)；而 IBC2000 (International Building Code 2000) 尚未被廣泛採用。另一主要依據是 OSHPD-96，即加州規範第三冊第二部份的第二十四條 (Title 24, Part 2 of California Code of Regulations, Division III)，其內容非常類似 UBC-94，但規定更為嚴格 (因為它主要是針對醫院與政府單位的建築結構設計)。OSHPD-96 目前正在修訂，內容將更與 UBC-97 一致。

對現有建築結構的隔震修護補強，則主要依據聯邦救災總署 FEMA (Federal Emergency Management Agency) 出版的 FEMA273 及其解說 FEMA274；FEMA273 又稱為 NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program) Guidelines，即建築結構的隔震修護補強指導原則。FEMA273 的內容非常類似 UBC-97，但其內容中允許一種新的非線性靜力分析法 “pushover” 為 UBC-97 所無。

對新建的建築結構隔震設計，聯邦救災總署 FEMA 轄下的建築結構地震安全委員會 BSSC (Building Seismic Safety Council) 於 1994 出版了 FEMA222A 及其解說 FEMA223A；又於 1997 出版了 FEMA302 及其解說 FEMA303。然而這些都沒有如 UBC-97 被廣泛採用。

另外美國內政部也於 1993 年，針對歷史性建築結構的隔震修護補強，出版了一本設計標準及指導原則 (Secretary of the Interior, 1993, Standards and Guidelines for Archaeology and Historic Preservation)。

## 第二節 歐洲規範

歐洲方面的隔震研究最早始於 70 年代法國，主要是針對核能設施。而歐洲的隔震設計規範及設計手冊的發展，則始於義大利，1989 年。由 ENEA (the National Agency for New Technologies, Energy and the Environment)，ANPA (the National Agency for the Protection of the Environment)，以及美國的奇異電子核能部門及貝泰公司 (GE Nuclear Energy and Bechtel Inc.) 合作發展；主要還是針對核電廠。後續的研究發展，由歐盟 EC (European Commission) 資助；仍由 ENEA 聯合 ISMES 及 ANSALDO-Ricerche 共同主持；近來在歐盟的架構下，有更多的單位參與研發，包括 ENEL (the Italian Electricity Board)，JRC Ispra，英國合作機構(NNC 及 TAR 研究中心)，以及蘇俄合作伙伴；將歐陸各國的隔震設計規範及設計手冊與蘇俄的發展加以融合(1997)；並將隔震設計規範及設計手冊的內容，擴充至蘇俄的 3D 隔震系統與滑動隔震系統 (1998)。

歐洲的建築結構隔震設計規範及設計手冊的發展，早於 1993 年由義大利營建部 (the Ministry of Constructions) 委託 ANPA，ENEA，ENEL，以及 ISMES 等單位審訂；並聯合國家標準局 (UNI, National Standard Authority) 及歐洲規範委員會 (CEN, European Code Committee)，制定了歐洲與義大利的建築結構的隔震設計規範及設計手冊 (1994, 1998)；之後並由義大利營建部主持，由 GLIS (the Italian Working Group on Seismic Isolation，亦即 “Gruppo di Lavoro Isolamento Sismico”) 起草隔震設計規範的解說，於 1998 年正式頒佈。

### 第三節 日本規範

日本方面，日本建築學會於 1989 年出版了一本“免震構造設計指針 (Recommendation for the Design of Base Isolated Buildings)” 。另外 JSSI 於 2000 年頒佈“免震構材 JSSI 規格 2000”；之後又於 2001 年頒佈“JSSI 免震構造施工標準 2001”。

### 第四節 中國大陸規範

中國大陸方面則於 2001 年頒佈“2001 疊層橡膠支座隔震技術規程”。

### 第五節 國內規範

國內隔震建築結構隔震設計規範主要推動單位為內政部建築研究所與內政部營建署；內政部建築研究所推動隔震相關之研究計畫包括：

86 年蔡益超等「建築物隔震消能系統設計規範、條文解說及示範例之研訂」

88 年葉祥海等「建築物隔震消能規範之示範計畫」

89 年謝舜傑等「建築隔震設計與應用」

89 年謝舜傑等「建築耐震法規有關性能式規定之探討」

90 年段永定等「建築結構隔震設計手冊之研訂」

內政部營建署於 89 年提出「建築物隔震設計規範」草案，並於 91 年 3 月 8 日經內政部台內字第 0910082093 號令通過，4 月 1 日起正式施行。規範內容主要包括 通則、靜力分析方法、動力分析方法、系統設計詳細要求、隔震系統之實體試驗與性能保證試驗、其他相關規定(基礎構造 設計審查)等六章。另於 91 年 8 月 6 日台內字第 0910082093 號令，另行公布有關隔震層是否計入樓地板面積計算容積率相關規定。

雖然建築結構的隔震設計，相對而言，算是一門新的技術；但不論就理論與實務方面，都已有相當成熟的發展。

## 第二章 結構計計算書目錄

### 第一節 傳統結構計算書目錄

傳統結構計算書之基本目錄則如下所列，其中項目雖並非所有結構皆適用，但該計算書提供結構計算書之基本格式。

#### 結構計算書目錄

### 第一章 建築概況

- 1.1 基地位置概況
- 1.2 建築規模(基地形狀及面積、總高度、總層數、各樓層高度、建築面積、建蔽率、總樓地板面積)
- 1.3 各層使用用途
- 1.4 建築材料
- 1.5 內外牆系統
- 1.6 停車系統
- 1.7 屋頂型式及用途
- 1.8 鑽探報告摘要及地質評估、地下水位觀察等
- 1.9 開挖及擋土措施

### 第二章 結構系統歸納

- 2.1 構造型式
- 2.2 地上結構系統
- 2.3 牆系統
- 2.4 地下結構系統

2.5 擋土支撐

2.6 構材尺寸

2.7 層高與跨度描述

### 第三章 荷重計算準則

3.1 設計載重

3.1.1 靜載重

3.1.2 活載重

3.1.3 地震力

3.1.4 風力

3.1.5 溫度、乾縮應力

3.1.6 水位及水浮力

3.1.7 設備載重及衝擊載重

3.2 荷重計算基準

3.3 荷重數據

3.4 樓層重量分佈

### 第四章 結構模型建立原則

4.1 構材之模擬

4.1.1 RC 構造

4.1.2 S 構造

4.1.3 SRC 構造

4.1.4 RC 剪力牆之模擬及非結構牆之處理方式

4.1.5 樓版之模擬(橫隔版之模擬)

4.2 梁柱接頭之模擬

4.3 地盤反力計算與土壤彈簧模擬



4.3.1 側向土壤彈簧

4.3.2 筏基虛層及土壤彈簧模擬

4.3.3 基樁彈簧計算與模擬

4.4 結構分析模型與程式

4.5 橫隔版與獨立自由度說明

4.6 質心與形心位置計算

4.7 材料規範

4.7.1 混凝土材料

4.7.2 鋼筋材料

4.7.3 鋼骨材料

4.7.4 銲接材料

4.7.5 污工材料

## 第五章 結構設計資料

5.1 結構平面圖

5.2 建築物構架圖

5.3 建物基本振動周期

5.3.1 規範計算值與動力分析值

## 第六章 詳細地震力計算

6.1 地震力計算相關係數

6.1.1 震區係數

6.1.2 用途係數

6.1.3 起始降伏地震力放大係數

6.2 地震力計算準則

6.2.1 靜態地震力

6.2.2 動力反應譜分析

6.2.3 動力歷時分析

6.2.4 非線性動力歷時分析

6.3 地震力之豎向分配

6.4 地下結構分析地震力之計算流程

6.4.1 傳遞之極限層剪力強度

6.4.2 傳遞之極限傾倒力矩

## 第七章 耐震規範相關檢核

7.1 振態質量和

7.2 意外扭矩放大倍率

7.3 層間最大變位角

7.4 極限層剪力強度

7.5 弱層檢核

7.6 地震剪力傳遞

## 第八章 結構分析與設計說明

8.1 上部結構分析模式

8.2 地下結構分析模式

8.2.1 地梁或基樁之結構應力分析

8.3 載重組合

8.4 構材設計

8.5 彈性地梁或基樁設計

8.6 非結構牆設計

## 第九章 梁設計範例

9.1 RC 構造

9.2 S 構造

9.3 SRC 構造

## 第十章 柱設計範例

10.1 RC 構造

10.2 S 構造

10.3 SRC 構造

10.4 細長柱檢核

10.5 強柱弱梁設計範例

## 第十一章 水浮力檢核

11.1 填土

11.2 水位

11.3 抗拉拔樁

11.4 上浮力檢核之安全係數

11.5 常態水位之上浮力檢核

11.6 最高水位之上浮力檢核

11.7 筏基底版與地梁小梁配筋

## 第十二章 施工系統

12.1 施工方法

12.2 連續壁或擋土結構應力分析

## 12.3 開挖面穩定分析

## 12.4 開挖安全措施及監測系統配置

## 12.5 特殊施工法

**第二節 隔震結構設計新增目錄****一、隔震結構系統模擬****動力分析模式**

上部結構各樓層可用一個質點表示，各樓層之勁度用等價剪切型彈簧表示，隔震元件設置於隔震層。上部結構之黏性阻尼可考慮為勁度比例型。對於基礎固定時(隔震構材視為剛體)之第一次基本週期，可設定為  $h=2\% \sim 5\%$ ，隔震層之黏性阻尼則可忽略 ( $h=0\%$ )。

**動力迭代**

可由 ETABS 的 STR 檔得到各振態之週期、振態阻尼比、及振態反應譜值。採用 ETABS 所提供之非彈性元素 (eq. ISOLATOR1)。 $K_{effx}$ 、 $K_{effy}$ 、 $\xi_{ex}$ 、 $\xi_{ey}$  可用不同的值，但中輸入之  $\xi = \xi_e - \xi$ 。動力迭代時不需考慮 5% 之意外偏心。

**二、結構分析****1. 靜力分析：**

靜力分析時，可將地震力假設為分別作用於建築物之兩水平主軸方向，但須同時符合下列規定：

- (1) 隔震系統及其上方之結構屬規則性結構
- (2) 隔震後之有效振動週期  $T_e$  不超過 2.5 秒
- (3) 座落於第一或第二類地盤，且距斷層有適當距離而無近斷層特性者

(4)隔震系統產生回復力，且具有明顯不受加載速率影響之力與位移特性者

## 2.反應譜分析法

所有不需使用非線性歷時分析之隔震結構均可採用本分析方法

## 3.非線性歷時分析

可用於設計所有之隔震結構，當隔震系統必需藉由非線性模型方能獲得最佳模擬時，應採用非線性歷時分析，此類狀況包含但不限於下列規定：

(1)建築物座落於台北盆地或軟弱地盤

(2)近斷層工址

(3)超過 30%有效阻尼比之系統

(4)缺乏顯著回復力之系統

(5)載重相依或速率相依之系統

(6)預期超過與鄰接結構間隙之系統

## 三、分析結果之調整

### 1.設計位移之調整

(1)隔震系統之設計總位移不得小於靜力分析所定之 D'T 的 90%，即

$$DX \geq \max(DTX, 0.9D'TX) \text{、} DY \geq \max(DTY, 0.9D'TY)$$

(2)隔震系統之最大總位移不得小於靜力分析所定之 D'TM 的 80%，即

$$DMX \geq \max(1.5DDX, 0.8D'TMX) \text{、} DMY \geq \max(1.5DDY, 0.8D'TMY)$$

### 2.總橫力之調整

(1)位於隔震系統（含）及其下方之結構元件，非線性歷時分析所得之總橫力除以  $0.8\alpha_y$  後不得小於靜力分析所得  $V_b$  值之 90%。

(2)位於隔震系統上方之結構，若其配置為規則型，非線性歷時分析所得之總橫力除以 $\alpha_y$ 後不得小於 $V_s$ 之60%，且不得小於靜力分析時最小設計水平總橫力之限制。

### 3.層間相對位移角

調整後之總橫力作用下的隔震結構之層間相對側向位移角，以非線性動力歷時分析者不得超過 $0.01/\alpha_y$ 。

### 4.建築物之間隔

為避免地震時所引起之變形造成相鄰建築物間的相互碰撞，隔震建築物應自留適當之間隔 $0.6(D_T+D_r \times \alpha_y)$

### 5.傾倒力矩之檢核

任何建築物之設計，應能抵抗地震所引起之傾倒作用，任一樓層需抵抗之傾倒作用為其上各層地震力所造成之傾倒力矩。

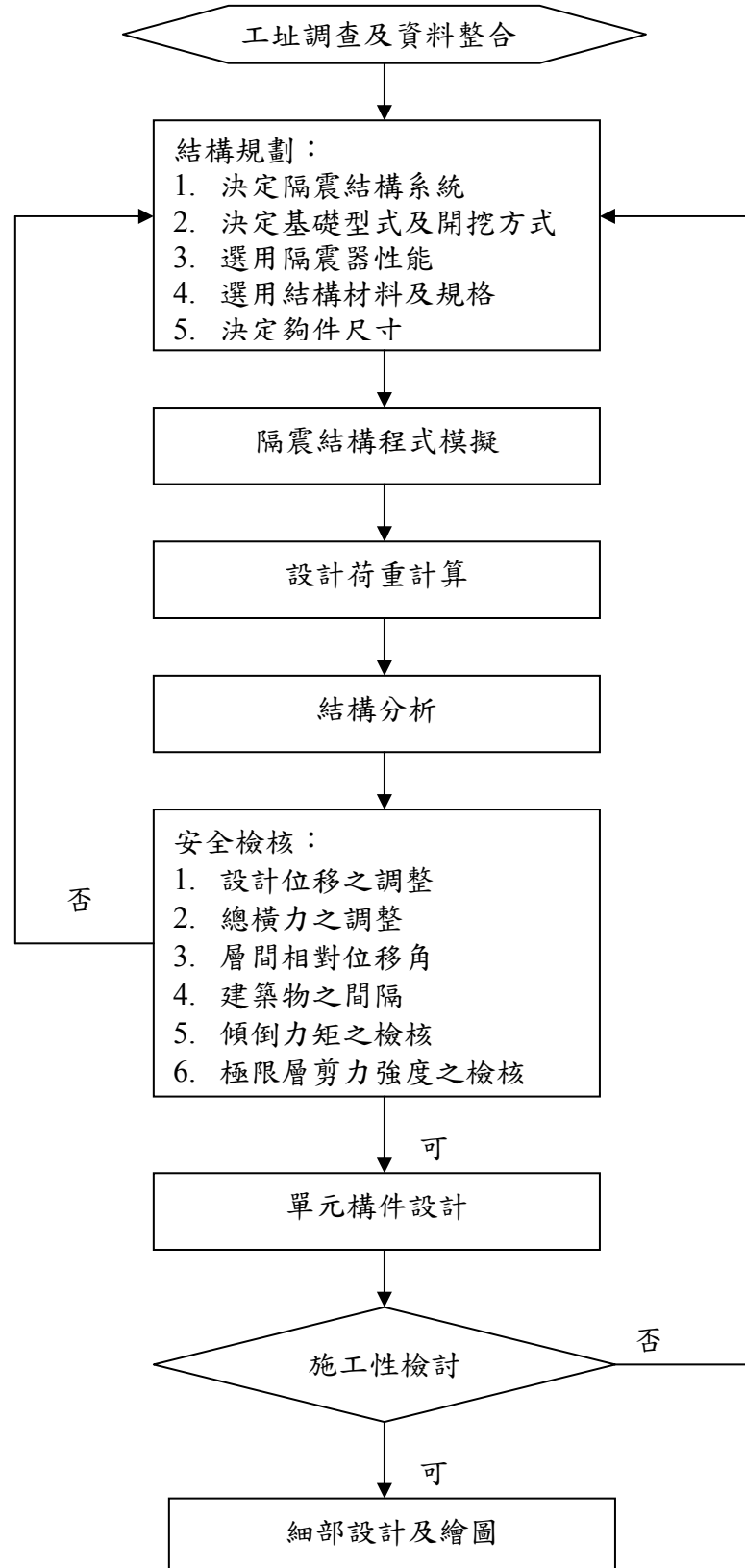
### 6.極限層剪力強度之檢核

為使隔震系統上方建築物各層具有均勻之極限剪力強度，無顯著弱層存在，應依可信方法計算各層之極限層剪力強度，任一層強度與其設計層剪力之比值不得低於其上層所得比值80%。

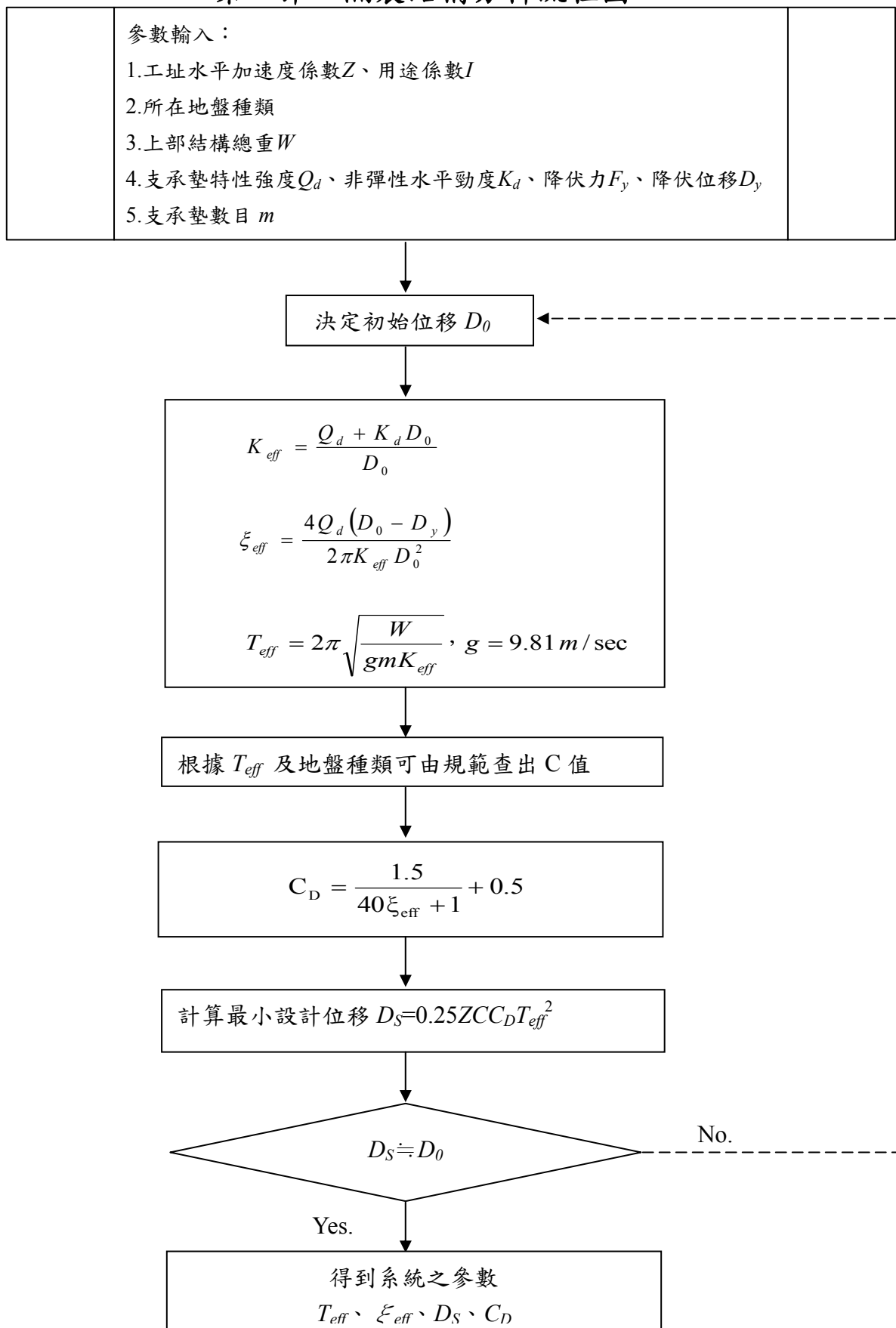
### 7.垂直地震力效應

## 第三章 隔震結構分析設計流程

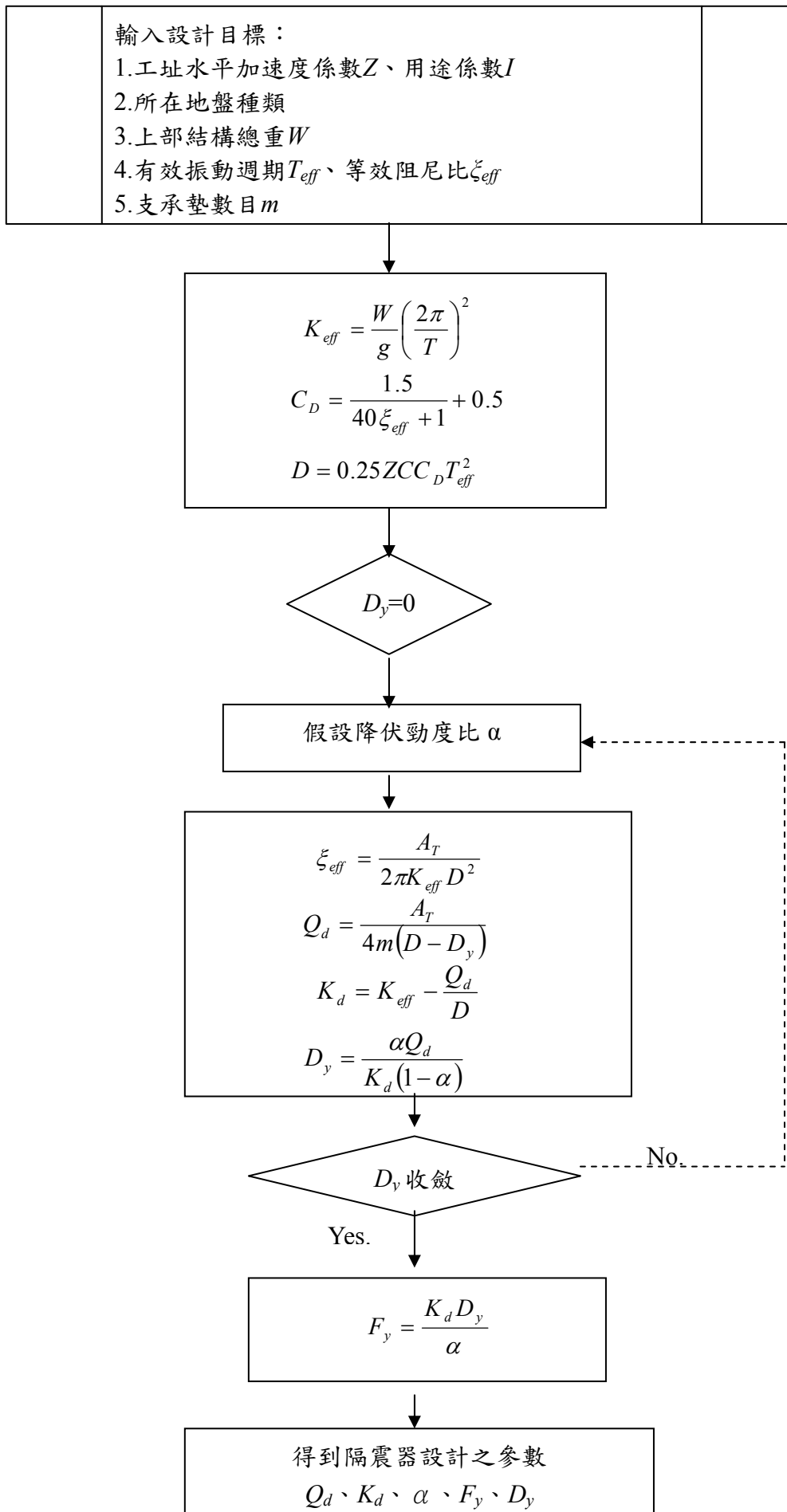
### 第一節 隔震結構設計流程圖



## 第二節 隔震結構分析流程圖







### 第三節 隔震結構分析設計

為使隔震建築物於使用年限中能確實發揮隔震系統之隔震功能，以確保建築物之結構安全性，在選定隔震系統時必須先確認下列事項：

- 1.符合設計原意及條件。
- 2.發生災害後仍能發揮正常功能。

### 第四節 適用規定

設計隔震建築物的第一步，應先考慮使用靜力分析方法；依「建築物隔震系統設計規範」草案條文及解說(11/2000)(以下簡稱“規範”)，如隔震建築物符合下列規定，可僅採靜力法進行結構分析，並計算地震力。

- 1.隔震系統及其上方之結構屬於規則性配置者。
- 2.結構隔震後之有效週期  $T_e$  小於或等於 2.5 秒者。
- 3.結構座落於第一及第二類地盤且距活動斷層有適當距離者。
- 4.隔震系統具下列屬性者：
  - (1)隔震系統能產生回復力（如規範 4.2.4 節所定者）。
  - (2)隔震系統具有明顯不受加載率影響之力與位移特性者。

### 第五節 靜力法設計步驟

- 1.決定震區水平加速度係數  $Z$ ：依照工址所在位置及震區分布圖，決定  $Z$ 。(如規範 2.4 節所定者)
- 2.決定工址的地盤分類：依照工址所在位置及地質調查或相關文件，依工址地層週期  $T_G$  決定之（如規範 2.6 節所定者）。

3. 決定用途係數  $I$ ：依建築物用途分類，決定建築物用途係數（如規範 2.5 節所定者）。
4. 假設一最小側向位移（設計位移）： $D$ 。
5. 選擇隔震器種類、尺寸、及數量，並根據假設設計位移  $D$ ，計算其有效勁度（Effective Stiffness） $K_{eff}$ 。
6. 計算隔震系統之有效振動週期  $T_e$ ：應基於隔震系統之變位特性，依規範 2.9 式而定

$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{eff}g}}$$

7. 決定工址正規化水平加速度反應譜係數  $C$ ：由第 2 項之工址的地盤分類，及第 6 項之有效振動週期  $T_e$ ，可以決定工址正規化水平及垂直加速度反應譜係數  $C$ （如規範表 2.1 (a)，(b) 所定者）。
8. 計算隔震系統之等效阻尼比  $\xi_e$ ：依規範 2.9 式而定。

$$\xi_e = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{A_r}{K_{eff}D^2} \right]$$

9. 決定隔震系統阻尼比修正係數  $C_D$ ：應依規範 2.8 式所定，當週期  $T_e$  小於 0.03 秒時， $C_D$  取 1.0。對第一類與第二類地盤而言，週期由 0.03 秒至 0.15 秒者；第三類地盤及台北盆地地區而言，週期由 0.03 秒至 0.2 秒者； $C_D$  值應予線性內插。

$$C_D = \frac{1.5}{40\xi_e + 1} + 0.5$$

10. 估算隔震系統的最小側向位移，即最小設計位移  $D$ ：由第 1 項、第 3 項、第 6 項、及第 9 項的資料，應依規範 2.1 式可得

$$D = 0.25ZICCD_e T_e^2$$

11.比較第 4 項及第 10 項的最小設計位移  $D$  值，如結果不同，即取第 10 項的設計位移  $D$  值，重覆第 5 項至第 10 項步驟，進行迭代計算 (Iteration)，直到設計位移  $D$  值收斂為止。

12.計算設計總位移  $D_T$ ：不得小於規範 2.2 式所設定之值：

$$D_T = D \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

其中：

$D$ ：隔震系統之設計位移 (m)，見 (2.1) 式。

$y$ ：沿垂直於地震加載力方向所測得之隔震元件與隔震系統剛心間之距離 (m)。

$e$ ：實際偏心與意外偏心之總和；實際偏心為隔震系統之質心與剛心間之平面距離 (m)。意外偏心取建築物最大平面尺寸之 5%。

$d$ ：結構最長之平面尺寸 (m)。

$b$ ：沿垂直  $d$  之方向所測得之結構最短平面尺寸 (m)。

若隔震系統經由適當配置可以抵抗扭轉，再經由詳細分析所得之設計總位移  $D_T$  小於 (2.2) 式計算所得之值，則可採用較小之值，但不得小於設計位移  $D$  之 1.1 倍。

13.計算設計總位移  $D_{TM}$ ：依規範 2.3 式而定。

$$D_{TM} = 1.5D_T$$

14.計算最小設計水平總橫力。先計算位於隔震系統下方之結構，其最小設計水平總橫力  $V_b$ ，依規範 2.10 式計算：

$$V_b = \frac{K_{eff} D}{0.8\alpha_y}$$

其中：

$K_{eff}$ ：沿考慮之水平方向，隔震系統在設計位移下之有效勁度 (tf/m)

$D$ ：隔震系統之設計位移 (m)，見規範 2.1 式。

$\alpha_y$ ：起始降伏地震力放大倍數，依規範 2.9 節規定。

15. 計算位於隔震系統上方結構之最小設計水平總橫力  $V_s$ ：依規範 2.11 式計算：

$$V_s = \frac{K_{eff} D}{\alpha_y}$$

其中：

$K_{eff}$ ：沿考慮之水平方向，隔震系統在設計位移下之有效勁度 (tf/m)

$D$ ：隔震系統之設計位移 (m)，見規範 2.1 式。

$\alpha_y$ ：起始降伏地震力放大倍數，依規範 2.9 節規定。

16. 檢核位於隔震系統上方之結構之最小設計水平總橫力，不可小於下列諸值：

(1) 由設計風載重計算所得之基層剪力。

(2) 使隔震系統發揮功能所需之側向地震力的 1.5 倍除以起始降伏地震力放大倍數  $\alpha_y$  值依 2.9 節規定。該側向地震力包括軟化性隔震系統之降伏強度、犧牲性風束制隔震系統之極限強度或滑動性隔震系統之靜摩擦程度等。

17. 依規範 2.10 節，將位於隔震系統上方之結構其所受之最小總橫力  $V_s$ ，依規範 2.10 式，豎向分配於隔離交界面以上之各層：

$$F_x = V \frac{w_x u_x}{\sum_{i=0}^n w_i u_i}$$

作用在第  $x$  層之橫力  $F_x$  依該層質量分佈，分配於該層平面。每一結構性元件之應力應視為將力  $F_x$  施加於基層上方之適當樓層時所得之效應來做計算。

$w_x$ ：建築物第  $x$  層之重量。

$w_i$ ：建築物第  $i$  層之重量（當  $i=0$  時， $w_0$  為隔震系統上面建築物底版之重量）。

$u_x$ ：以  $f_x$  作用於隔震建築物各樓層之水平方向後，第  $x$  層所產生之位移， $f_x$  依 (2.13) 式計算：

$$f_x = K_{eff} D \frac{w_x}{\sum_{i=0}^n w_i}$$

18. 依規範 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 及 2.16 節，檢核意外扭矩，傾倒力矩，容許層間相對側向位移角，建築物之間隔，極限層剪力強度，及垂直地震效應。

19. 依照設計要求的位移、勁度、垂直力、側向力及阻尼，初步設計隔震器（單位隔震系統）及其分布（Distribution），以符合垂直力、側向力及位移的要求，設定每一單位系統之力一位移遲滯迴圈圖，此圖應基於測試結構及廠商提供之數據。此一性質將於細部設計階段（Final Design Stage）中確認並修正，因為隔震器成品的測試結果已經完成，所有數據可有正確的依據。

20. 如測試結果與設定值差異很大，則應以測試結果數據為準，重新設計，並符合設計要求。

## 第六節 動力分析法

反應譜分析：反應譜分析可用於設計隔震系統未能符合第（一）節之規定者。

非線性歷時分析：非線性歷時分析法可用於設計所有隔震結構。

1. 進行動力分析之隔震建築物，其設計地表水平加速度係數  $Z_d$  依下式計算：

$$Z_d = ZI \quad (2.1)$$

其中  $Z$  值及  $I$  值同上節規定。

2.反應譜分析採用之加速度反應譜為  $ZICC_D$ ；非線性歷時分析採用之加速度反應譜為  $ZIC$ 。所輸入之地震波加速度歷時依規範 3.8 節規定。

任一方向動力分析的設計總橫力，為動力分析所得總橫力依下列規定調整而得：

### 3.反應譜分析

(1)位於隔震系統（含）及其以下之結構元件，反應譜分析所得之總橫力除以  $0.8\alpha_y$  後不可小於 (2.10) 式所定  $V_b$  值之 90%。

(2)位於隔震系統上方之結構，若其配置為規則型，反應譜分析所得之總橫力除以  $\alpha_y$  後不可小於 (2.11) 式之 80%，且不可小於 2.8.3 節所定之限度。

(3)位於隔震系統上方之結構，若其配置為不規則型，反應譜分析所得之總橫力除以  $\alpha_y$  後不可小於 (2.11) 式，且不可小於 2.8.3 節所定之限度。

### 4.非線性歷時分析

(1)位於隔震系統（含）及其下方之結構元件，非線性歷時分析所得之總橫力除以  $0.8\alpha_y$  後不得小於 (2.10) 式所定  $V_b$  值之 90%。

(2)位於隔震系統上方之結構，若其配置為規則性，非線性歷時分析所得之總橫力除以  $\alpha_y$  後不可小於 (2.11) 式之 60%。且不可小於 2.8.3 節所定之限度。

(3)位於隔震系統上方之結構，若其配置為不規則型，非線性歷時分析所得之總橫力除  $\alpha_y$  以後不可小於 (2.11) 式之 80%。且不可小於 2.8.3 節所定之限度。

5.設計位移之調整：不論使用反應譜分析法或非線性歷時分析法，任一方向動力分析所得隔震系統之位移應依下列規定調整：

(1)隔震系統之設計總位移不可小於 (2.2) 式所定  $D_T$  值之 90%。

(2) 隔震系統之最大總位移不可小於 (2.3) 式所定  $D_{TM}$  值之 80%

上述之上限，其估算應使用依 2.3 節而定之  $D_T$  及  $D_{TM}$  值，其中可用  $D'$  代替  $D$  值，而  $D'$  由下式所定：

$$D' = \frac{D}{\sqrt{1 + (T / T_e)^2}} \quad (1.2)$$

其中：

$T_e$  為沿考慮方向上隔震結構之有效振動週期，如 (2.7) 式所描述，單位為秒。 $T$  為考慮固定基礎時上方結構之基本振動週期，可依建築物耐震設計規範。

(3) 剛構架構造物，無剪力牆或斜撐者：

A、鋼構造建築物

$$T = 0.085h_n^{3/4} \quad (1.3)$$

$h_n$  為隔震交界面至屋頂面高度，單位為公尺。

B、鋼筋混凝土建築物、鋼骨鋼筋混凝土及鋼造偏心斜撐建築物。

$$T = 0.070h_n^{3/4} \quad (1.4)$$

(4) 其他建築物：

$$T = 0.050h_n^{3/4} \quad (1.5)$$

(5) 具有剪力牆之構造物亦可用下式計算：

$$T = \frac{0.075}{\sqrt{A_c}} h_n^{3/4} \quad (1.6)$$

$$A_c = \sum A_e [0.2 + (D_e / h_n)^2] \quad (1.7)$$

$A_e$  為所考慮方向中某剪力牆一樓之剪力面積 ( $m^2$ )

$D_e$  為其長度 (m)。



$D_e/h_n$  值不得超過 0.9。

基本振動週期得用其他結構力學方法計算但所得之  $T$  值不得大於前述經驗公式週期值 1.4 倍。

## 6. 結構動力分析模式

隔震建築物之結構模擬應盡量反應實際情形，力求隔震系統、幾何形狀、質量份佈、構材斷面性質等之模擬能夠準確。

(1) 隔震系統之模擬應具有下列之細節：

- A、考慮隔震器之空間分佈。
- B、考慮質量偏心之最劣位置，以計算位於隔震系統上方結構之平移（兩個水平方向）及扭轉。
- C、估算作用於單一隔震器上之傾倒及揚升力。
- D、若隔震系統之力與位移特性受垂直加載、雙側向加載或加載率之影響時，隔震系統之模擬應能考慮此影響。

(2) 隔震結構應考慮

每一樓層之最大位移、及橫跨隔震系統之設計總位移與最大總位移，應使用此隔震結構之模式計算，而此模式中則加入此隔震系統及側向力抵抗系統之非線性元件與位移特性。具有非線性元件之

抗側向力系統包含（但不僅限於）以小於  $\frac{K_{eff} D}{\alpha_y}$  之橫力所設計之不規

則性結構系統，及以小於  $\frac{K_{eff} D}{\alpha_y}$  之 80% 之橫力所設計之規則性結構

系統。

滿足下列要求之耐震元件之力與位移應使用隔震結構之線彈性模型作計算。

- A、對於非線性隔震系統所假設之擬彈性特性為基於隔震系統之最大有效勁度。
- B、所有側向力抵抗系統之耐震元件均為線性。

### 7. 多振態反應譜疊加法

隔震建築之動力分析若以多振態反應譜進行時：

- (1)在決定設計總位移及最大總位移應包含地表運動沿最重要方向之 100% 及地表運動沿其正交方向之 30% ，此兩者同時激發。
- (2)所考慮之振態數目應使 x 向、y 向及扭轉方向之有效質量和均已超過建築總質量的 90% 。
- (3)建築物甚不規則時，地震輸入的方向應多考慮幾個角度。進行振態間之疊加時，一般可用 SRSS 疊加法，惟若振態間之週期相近時，應採用 CQC 法則。

### 8. 非線性動力分析

隔震建築之動力分析若以非線性歷時分析法進行時：

- (1)非線性歷時分析時須以隔震器之遲滯模式為之，所輸入之地震加速度歷時須與 5% 阻尼比設計反應譜相容。
- (2)至少需採用三組含兩個方向的地震加速度歷時以進行分析，且每一組地震加速度歷時計算所得之 5% 阻尼比反應譜在  $0.5T_0$  秒至  $1.25T_0$  秒之間不得小於 90% 之 5% 阻尼比設計反應譜值。另外每一組加速度歷時所含之兩個方向的加速度歷時所分別對應的 5% 阻尼比設計

反應譜。

(3)若使用三組的地震加速度歷時進行分析時，所得反應之最大值可作為設計之用。若使用七組、或更多組的地震加速度歷時進行分析時，所得反應的平均值可作為設計之用。

(4)地震加速度歷時之延時應與設計地震之規模及震源特性一致。

(5)靠近活斷層之工址，所使用之地震加速度歷時應考慮近斷層現象。

9.依規範 3.9，3.10，3.11，及 3.12 節，檢核動態扭矩，容許層間相對側向位移角，建築物之間隔，極限層剪力強度，及垂直地震效應。

## 第四章 隔震結構設計之檢核

### 第一節 隔震器面壓檢核

設計隔震器時，由於地震力（水平加速度）所導致之結構側傾（overturning），會影響隔震器之設計承載力，針對此有一些設計需求。

隔震建築結構設計應檢核以下狀況：當其承受最大地震力時之整體側傾（global overturning），同時結構計算時應考慮全部靜載重情況（full dead load）。個別隔震器可以允許有上揚力（uplift）發生；當某些隔震器承受上揚力時，其他隔震器將會承受超過其初始設計承載力之垂直力，因此法規要求隔震器的設計與測試均應將上述之上揚力及增加之垂直力考慮進去。因此，正確的設計要求在最大地震力情況下，隔震器之設計應考慮在最大位移時，承載  $1.2D+1.0LL+E_{max}$  以及  $0.8DL-E_{min}$ 。其中  $E_{max}$  即最大的垂直力（向下）， $E_{min}$  則為最小垂直力或最大上揚力。 $E_{max}$  即  $E_{min}$  是隔震器因上部結構側傾所造成之垂直力。而增加與減少之靜載重（上述之  $1.2DL$  和  $0.8DL$ ）是因為考慮了垂直地震力因素。

隔震器的測試也有同樣的要求。隔震建築的隔震系統及上部結構在初設時主要依據廠商提供之性能資料及生產測試資料，當初設完成後，隔震器規格初步設計出來下訂單去生產，生產出來後之隔震器稱為原型隔震器（Prototype），法規對原型隔震器有許多測試要求。對每一種尺寸之隔震器應有兩個原型隔震器樣品需用來測試（測試後不可再使用）。測試由小位移開始至最大位移作水平往復的變位，而垂直力應保持在  $DL+0.5LL$ ，以確認所有隔震器之設計參數。然後應進行一系列極限強度測試，水平往復變位至最大位移，依各別情況，垂直力則以最大向下垂直力  $1.2DL+1.0DL+E_{max}$  及最小向下垂直力  $0.8L-E_{min}$ （某些情況下可能為張力），但因橡膠支承墊抗張力能力有限，設計時應盡量避免隔震器受上揚力。

### 隔震器一般設計要求

#### 1.重力（垂直力- Gravity Load）承載要求

在結構未變形情況下隔震器應承載最大垂直力  $DL+LL$ ，安全係數至少為 3。

#### 2.地震力(水平力) 承載要求

在垂直荷重  $DL+0.5LL$  下，隔震器可以穩定的進行水平往復變位，變位係設計位移。而在變位增大至最大位移，荷重為  $1.2D+1.0LL+E_{max}$  或  $0.8DL-E_{min}$  時，隔震器應不致損壞及不穩定。

## 第二節 阻尼器之配合

隔震結構設計中，為了降低結構承受的地震力、減少結構在強震時的最大位移，配合設置適當的消能系統--阻尼器是一種有效的方法。在隔震系統中，阻尼器與隔震器並行排列，應達到如下性能：

- 1.具有足夠的吸收地震能量的能力；
- 2.具有能夠與隔震器大變形相似的變形能力；
- 3.具有良好的耐久性，能夠長期保持其原設計功能。

由於結構的功能需求不盡相同，對阻尼器的要求也不完全一樣。對於那些特別重視樓層地震反應的建築物，尤其要注意阻尼器恢復力特性的設計。

按其作用原理，阻尼器可分為以下三類：

- 1.利用彈塑性材料塑性變形的彈塑性阻尼器；
- 2.利用摩擦吸能的摩擦型阻尼器；
- 3.利用黏性材料黏性阻尼力的黏性型阻尼器。

設計時，應注意這些阻尼器各自的特點。目前使用的黏性阻尼器有兩種，一種是具有活塞結構的由阻尼器(圖 1，圖 2)，另一種是利用平面間黏性材料剪切變形吸能的黏性阻尼器。

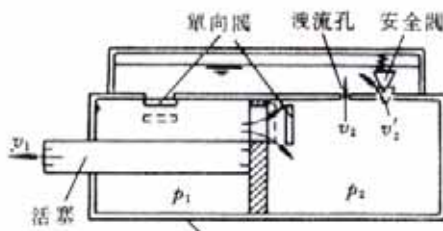


圖 1

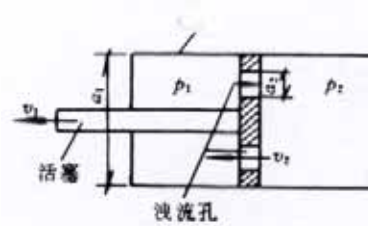


圖 2

### 一、黏滯性阻尼器

黏滯性阻尼器能得到與速度的  $\alpha$  次方大致成正比的阻尼力： $F_d = CV^\alpha$ 。因為它的恢復力特性成橢圓形曲線，故可用來對加速度進行控制。但是黏滯性材料的老化、阻尼特性對溫度變化應加注意。

由於黏滯性阻尼器具有阻尼力與速度同相，與位移相差  $\pi/2$  的特性，在結構物層間位移量為零時(速度最大時)出力最多，而在結構物變位最大時(速度為零時)，亦即結構物桿件內力最大時出力最小，此特性使黏性阻尼器再貢獻阻尼力降低結構物反應時，不會對既有結構物增加太多額外負擔，因此非常適用於現有結構之補強。

黏滯性阻尼器依其力學性質可分為線性黏滯性阻尼器及非線性黏滯性阻尼器兩種。線性阻尼器為力量與速度成正比( $F_d = CV$ )，非線性黏滯性阻尼器則是可在速度較小時即產生較線性黏性阻尼器大的阻尼力，可更有效地控制結構物受外力時的反應。

### 二、摩擦型阻尼器

摩擦型阻尼器是通過使兩個摩擦面相互接觸、摩擦獲得阻尼力的。目前使用的摩擦型阻尼器主要有兩種。一種是將隔震結構底面對地基的

相對位移轉換為磨擦面的回轉運動，另一種是將其轉換為直線運動。這類阻尼器的恢復力特性基本上屬於完全剛塑性型。但是，設計者必須注意摩擦面的耐久性和運動部分的劣化等問題。

### 三、彈塑性阻尼器

彈塑性阻尼器是利用軟鋼或鉛等材料的塑性變形吸能，可以設計成比較簡單的構造便能得到必要的阻尼力。此外，通過改變材料的截面等參數可以容易地提高阻尼性能，設計自由度較大。軟鋼阻尼器是 70 年代前期由 Skinner、Taylor 等人提出的。這些阻尼器是通過將建築物與地基之間的相對位移轉換為阻尼器的扭轉、彎曲變形來實現對地震能量的吸收。他們的恢復力特性都成光滑的梭形。鉛阻尼器是 1974 年由 Robinson 提出的。他把鉛灌入鋼管中，通過對鉛的前後推拉來吸收能量。這種阻尼器的遲滯迴圈接近剛塑性型。1980 年，又開發出一種將鉛埋入疊層橡膠使其吸收能量的鉛心橡膠隔震器(LRB)。鉛有優良的吸能能力，隨著塑性變形的發生，通過回復和再結晶過程，晶粒變得更細，變形能力也隨之上升。

由於彈塑性阻尼器所用的材料是建築工程中常用的鋼材和自然界中性能最穩定的鉛。因此，被公認為最可靠的阻尼器。

彈塑性阻尼器的設計原則為

1. 阻尼器能夠提供的變形能應大於或等於輸入的地震能量；
2. 在大變形過程中阻尼器不致破壞；
3. 剛度、降服剪力適度。

為確保阻尼器的吸震能力，應選用吸能優良的材料。為使阻尼器在大變形過程中不致破壞，除應保證足夠的截面面積外，還應注意型態設計，以避免高度應力集中。剛度和降服剪力是阻尼器的兩種特性，尤其

是降服剪力對隔震系統最大位移的影響十分明顯，因此，能夠在某種程度上自由地調整阻尼器的降服剪力是原設計者所期待的。

目前，已經被開發出來且能滿足上述設計原則的有彈塑性阻尼器和鉛阻尼器兩種系列。

鉛心阻尼與鋼環阻尼器即是利用鉛與鋼材之塑性變形吸收能量之阻尼元件。與鋼環阻尼器相比較，鉛心阻尼在早期發生降伏，從較小變形時開始發揮阻尼作用。而鋼環阻尼器在小變形時僅有小阻尼，在大變形時則呈現穩定大阻尼力之力學特性。依據鋼環阻尼器之特性，將其佈置於結構外週(不必設在柱下)，可以提高隔震層之抗扭勁度。而油壓式阻尼器(黏性阻尼器)則表現為阻尼力與速度成比例之力學特性。由於阻尼力與速度成比例，油壓式阻尼器(黏性阻尼器)具有在最大變形時阻尼為 0，對上部構造不產生負擔之優點及抑制扭轉之效果。以慈濟醫院新店分院為例，其設計理念即利用上述阻尼元件之組合，對微小地震或大風之搖動，鉛心阻尼與鋼環阻尼器之勁度起主要抑制作用，在小地震時以鉛心阻尼之塑性變形為主，在中地震時以鉛心阻尼與鋼環阻尼器之塑性變形為主，在大地震時以鉛心阻尼、鋼環阻尼及油壓式阻尼器(黏性阻尼器)來吸收地震之能量。

### 第三節 承台之設計

隔震系統承台的設計順序如下：

#### 1. 下部錨定連接器的設計

如圖 1 所示，下部錨定連接板應先固定於錨定構架上，錨定螺栓與承台、基礎的鋼筋之間的關係位置需注意。

#### 2. 隔震器下部承台、基礎適用混凝土製作

如圖 2 所示，

(1) 混凝土在製作前，錨定螺栓位置需先確認。



- (2)下部錨定連接板的下端混凝土在充填時，中央部分的架設點需確認。
- (3)承台混凝土與下部錨定連接板之間應以無收縮的水泥漿填入。

### 3.隔震器的安裝

隔震器安裝前之實際狀況需十分注意，檢查後才可使用。若裝置前已有損傷時，則需立即汰換。

上部錨定連接板應於隔震器安裝後再安置。

### 4.隔震系統的上部混凝土灌製

如圖 3 所示，

- (1)隔震器與上部錨定連接板安裝後，位置、高度、傾角度，必需符合標準檢驗，仔細確認。
- (2)上部混凝土的鋼筋，需符合配筋的標準。與錨定螺栓之間的關係位置需注意。
- (3)施工中需注意掉落物，焊接時產生的火花，或使用化學油料的成分造成污染等問題，都需注意。

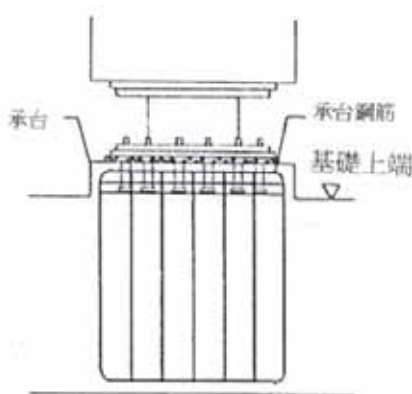


圖 1

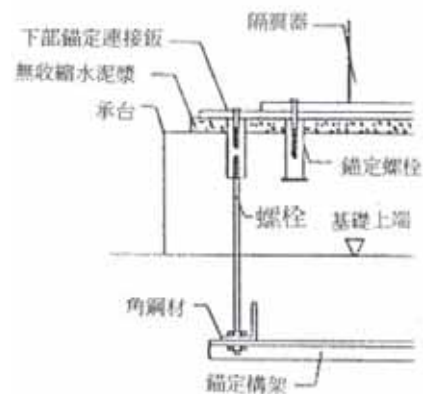


圖 2

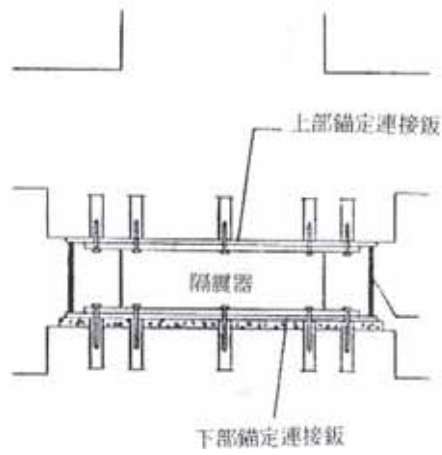


圖 3

## 第五章 隔震結構施工流程

隔震建築物由隔震系統來支承，藉由中間隔震系統可將上部結構與基礎構造分離，因此其施工流程與一般建築結構略有差異，設計者對隔震設備之搬運、安裝順序、抽換方法等與施工流程有關之事項應於設計階段妥予規劃考量。

### 第一節 施工流程

有關隔震系統之裝設方式，可依裝設之先後順序分為下列兩種：（設計者應瞭解各方式之特性並反映於設計上）。

#### 一、隔震系統先裝方式

在基礎及建築物四周之開挖工作完成後，將隔震橡膠支承墊裝設於正確位置及高程上，如另有消能器則將其安裝妥適後再進行上部構造之施工，消能器亦可於最後階段再裝設，此種施工方式之施工流程如圖 7-1；施工步驟如圖 7-2 所示。作施工計劃時，應考量由吊車或走道吊舉構件時，隔震支承墊可能水平移動之情況。如圖 7-3 及圖 7-4 所示。因施工順序、安裝計劃不同，對隔震支承墊之水平移動，有時須於施工前臨時加以束制。

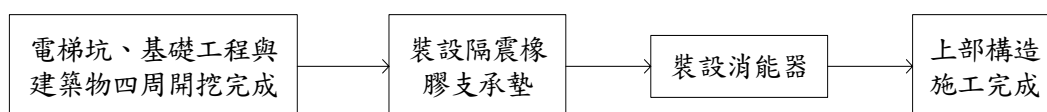


圖 5-1 隔震設施先裝方式之施工流程

隔震支承墊裝卸用螺栓

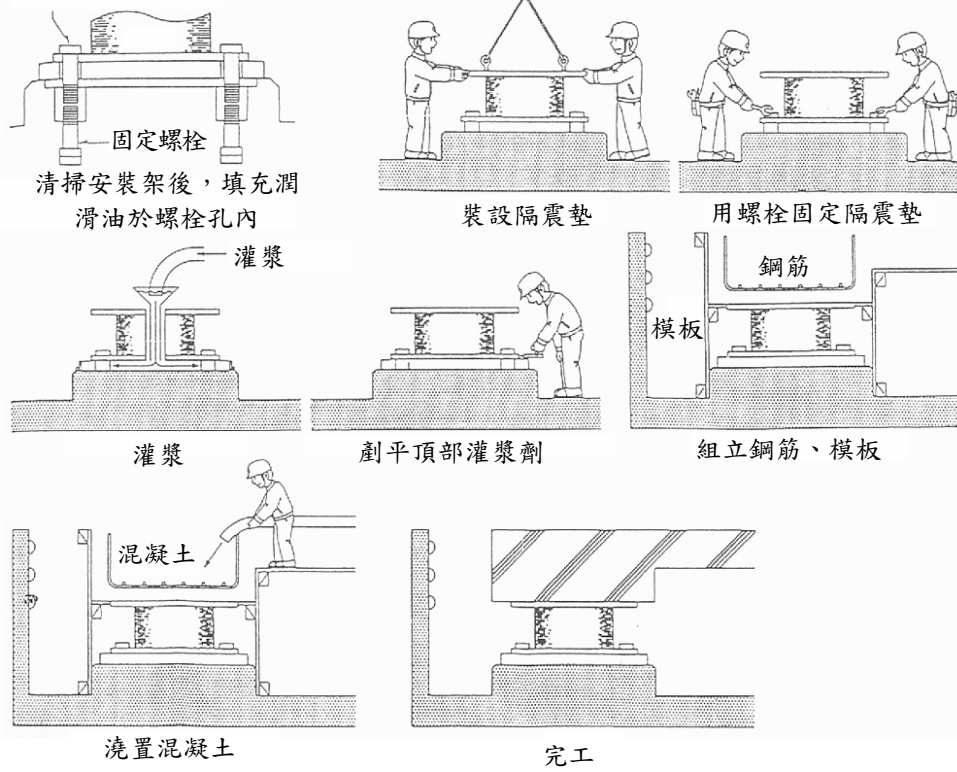


圖 5-2 隔震支承墊施工步驟

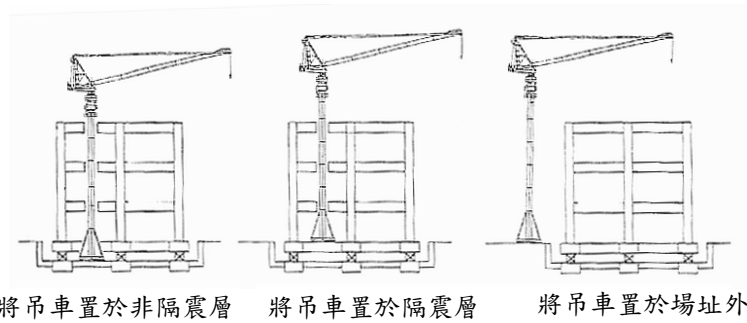


圖 5-3 自立式吊車設置方法

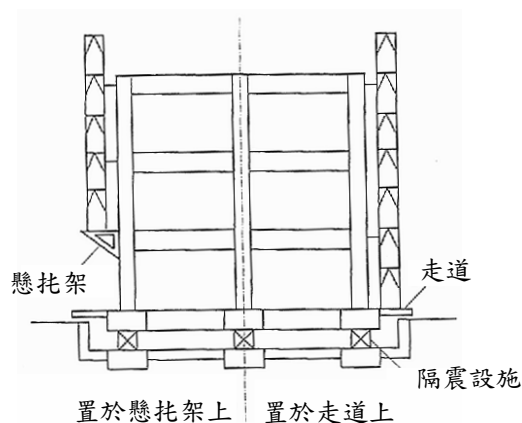


圖 5-4 外部鷹架設置方法

若施工中會有大偏心載重或大水平力產生時，為考量其對強度尚不足之混凝土會造成不良之影響，則應增厚水平支撐或固定夾具等。此項考量需從施工計劃開始擬訂時就應研訂對策並據以監造。

另外，設計者對於隔震系統裝設後至全部建築工程完成期間所必要之養護工作，應選擇適當養護方法。

## 二、隔震系統後裝方式

若欲於全部建築工程完成後再裝設隔震系統時，則需預先設置臨時支承用的夾具以代替隔震橡膠支承墊，並於混凝土工程全部完成後，在隔震層與下部基礎間以千斤頂頂起上部構造並撤除臨時夾具後，再裝設隔震橡膠支承墊。此種施工方式之施工流程如圖 5-5。

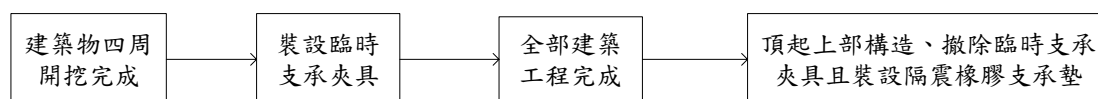


圖 5-5 隔震設施後裝方式之施工流程

臨時支承夾具宜配合隔震橡膠支承墊之尺寸來設計製造，以方便螺栓錨碇及橡膠支承墊之抽換。另外，臨時支承夾具具有足夠強度。

由於抽換時有千斤頂頂起及下降動作，故需檢核配管設施與外部相接觸時之變形及折曲；並應檢討建築物結構體於千斤頂起降時之安全性。

隔震系統之裝設時需將建築物整體一起頂起後始進行裝設工作（或分區頂起裝設），此宜於施工前妥適規劃。本方法對既有建築物之耐震改善亦適用。對既有建築物之耐震改善計劃，由於需考量建築物獨自之限制條件如繼續營業、內外裝飾現況或建築物內之管線確保等問題等，因此將與新建工程大不相同。在充份把握上述限制條件後，尚需研訂隔震系統之維護管理計劃及能確實執行之臨時應變設計與施工計劃。隔震工程主要流程如圖 5-6。

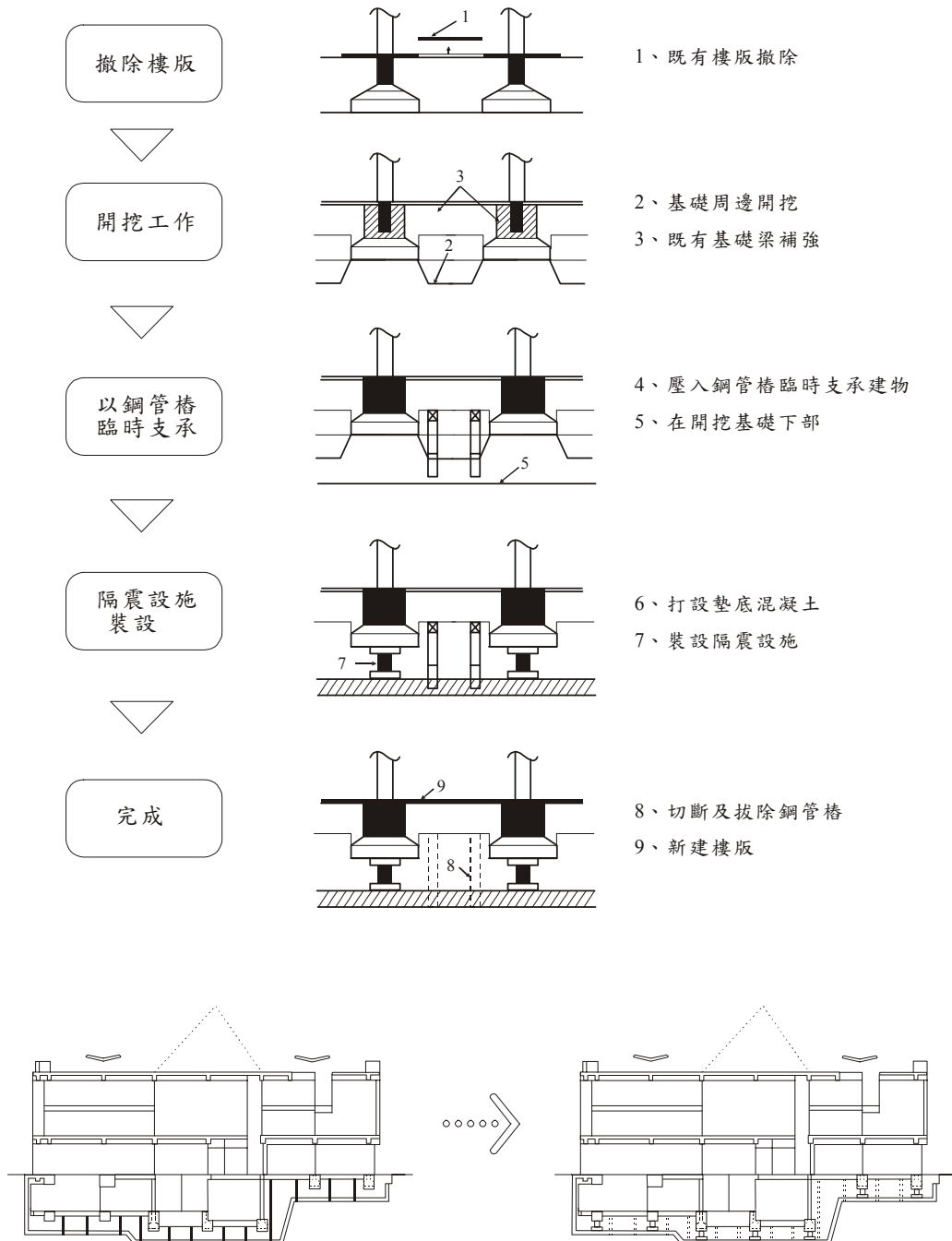


圖 5-6 隔震工程主要流程

### 三、上部結構體工程

設計者應注意到隔震系統尚在施工時上部結構極易產生水平移動之問題。考量是否需要將上部結構與下部基礎作臨時束制。同樣的，施工中之外牆鷹架，於設計時亦需考量是否需要以適當措施來減少水平搖動。

## 第二節 隔震設施施工要點

對於隔震系統施工要點，現以橡膠支承墊為例說明如下：

### 一、橡膠支承墊裝設流程

當建築物之下部基礎完工後便可開始裝設橡膠支承墊，其流程如圖 5-7。

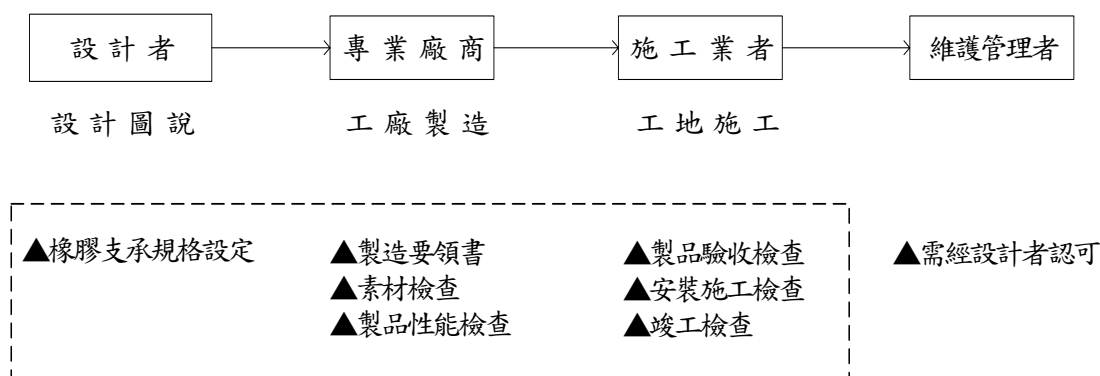


圖 5-7 隔震設施之品管要點流程圖

### 二、裝設橡膠支承墊之準備工作

主要包括技術準備、設備及工具準備、材料及技術人員準備。

#### 1. 技術準備

(1) 仔細閱讀相關圖說資料，藉以明瞭設計注意事項及品質需求。

(2) 分發技術需求給相關人員。



- (3)訓練操作員工。
- (4)確立品質保證及補救量測措施。
- (5)建立裝設之紀錄系統及變形觀測系統。

## 2.設備及工具之準備

包括經緯儀、測距桿、水平儀、三角板量尺、螺絲鉗及電焊機這些設備及工具必須在使用前要檢查及校正。

## 3.材料準備

高強度之螺紋桿、鋼片及鋼棒等材料必須先做防鏽處理及去除變形處理。

## 三、橡膠支承墊之裝設要點

### 1.橡膠支承墊及其他附件之檢驗要點

- (1)橡膠支承墊查核：檢查所有橡膠支承墊相關之圖說及規範資料。
- (2)預裝錨碇鋼板之查核：檢查錨碇鋼板之規範、尺寸、高程及焊接點。

### 2.錨碇鋼板之安裝及固定要點

- (1)利用經緯儀及水準儀決定底板之高程位置及軸向，且註記之。
- (2)利用不同的楔形木頭或其他工具來調整錨碇鋼板之高程，直到達到指定位置。
- (3)依照需求確定錨碇鋼板之高程及動向，且將錨碇鋼板固定在底部結構上。
- (4)取出楔形木頭，再檢查錨碇鋼板之高程及軸向，且在板之螺栓處加設保護措施。

- (5)在檢查後，澆置混凝土。若橡膠支承墊需固定在柱頂時，混凝土必須是優良的混凝土。

### 3.橡膠支承墊之安裝及保護要點

- (1)將頂部及底部連接鋼板與橡膠墊組裝成橡膠支承墊。
- (2)當混凝土強度達到設計強度之 75%時，清潔錨碇鋼板之螺栓孔，在螺栓孔塗上潤滑油，利用潤滑油及塑膠片形成一隔絕層俾便未來更換。
- (3)依相關圖將橡膠支承墊裝設於指定位置。
- (4)利用高強度螺栓將錨碇鋼板上的板固定。
- (5)測試安裝成果，藉以確定此項安裝符合相關需求。
- (6)於測試後，在暴露鋼板及外部連接螺栓上加設防蝕保護。之後，利用木頭構架保護橡膠支承墊，防止其在施工時受損。
- (7)在橡膠支承墊頂部繫綁加強鋼棒，且開始上部結構之施作。
- (8)在裝設橡膠支承墊時持續紀錄，且在每一層樓施作後觀測支承墊變形。
- (9)在隔震施工完成後，檢查且確定建築物有足夠水平位移空間。

### 4.橡膠支承墊裝設之品質控制

- (1)在裝設前，橡膠支承墊底面之水平偏差不得超過千分之五，在裝設後，橡膠支承墊頂面之水平偏差不得超過千分之八。
- (2)橡膠支承墊水平位置與設計位置之偏差不得超過 5.0mm。
- (3)裝設高程與設計高程之偏差不得超過 5.0mm。
- (4)同一棟建築物支承上之橡膠支承墊不同高程不得超過 5.0mm。

- (5)若需重新澆灌混凝土，則需採用高等級之混凝土。
- (6)裝設橡膠支承墊應注意事項
- (7)在安裝時，橡膠支承墊高程會影響到橡膠支承墊之使用，故需小心控制橡膠支承墊之高程。
- (8)在澆置混凝土時，勿碰撞錨碇鋼板及加強鋼棒；避免高程、軸向及水平之移動。
- (9)在組裝橡膠支承墊，栓緊螺栓時，需避免連鋼板和橡膠支承墊間產生翹曲。
- (10)在橡膠支承墊裝設、定位以及連接板和錨碇鋼板之施作必須準確，且小心處理橡膠支承墊。
- (11)在橡膠支承墊裝設後，加設保護措施。

## 第六章 隔震結構品管作業

### 第一節 隔震結構各階段品管作業

#### 一、概要

為做好隔震橡膠支承墊之品管管理工作，設計者、製造者、施工業者及維護管理者應依下列流程做好各項工作。

#### 二、品管項目

品管項目應包含以下幾個階段：

##### 1. 橡膠支承墊製造階段

隔震橡膠支承墊製造商須與設計者及隔震設施施工業者協商後才在工廠製造，而且在製造前須先編製製造要領書、試驗及檢查項目，再將此等資料送請設計者核定。若製作時發現有不符合檢查基準時應予修正或抽換，但此項檢查基準宜由設計者與上述專業廠商及施工業者協商議定之。

設計者為確保橡膠支承墊製品之性能能滿足原設計需求，製造商應提供之製作要領書及製品性能檢查等分項資料之內容現說明如下：

(1) 製作要領書應記載：

- A. 設計規格（性能）
- B. 使用材料規格
- C. 形狀
- D. 製作方法
- E. 使用素材之性能檢查項目、檢查方法
- F. 素材檢查之項目包括

G.橡膠種類

H.橡膠破斷時伸長量

I.橡膠破斷時強度

J.橡膠之彈性率

K.橡膠與鋼板之接觸面或粘接力

L.鋼板生產報告表

(2)製品性能檢查之項目包括：

A.形狀、尺寸

B.彈性係數（垂直、水平）

C.阻尼係數（履歷曲線）

D.垂直性能

E.鋼材部分之防鏽處理

## 2.施工階段

施工階段中的監造工作自搬進工址至接收期間應與一般建築工程同時實施。於裝設時之檢查，主要著眼於隔震設施與建築方面之尺寸精度。另外，於裝設錨碇時應與結構模板之施工一併監造，使隔震設施與結構體成為一體，以發揮隔震設施應有之機能。

接收時之檢查項目包含：

(1)品號、個數

(2)形狀、尺寸

(3)外部有無損傷

橡膠支承墊下部鋼板接合部裝設時之檢查項目包含：

- (1) 錨碇螺栓之位置、高程
- (2) 底鈹之位置、高程、傾斜
- (3) 灌漿材料之強度
- (4) 底鈹之表面狀態

橡膠支承墊上部鋼板接合部裝設之檢查項目包含：

- (1) 錨碇螺栓之位置、高程
- (2) 相接鈹之位置、高程、傾斜
- (3) 相接鋼板之表面狀態

支承墊裝設之檢查項目包含：

- (1) 位置
- (2) 高度、傾斜
- (3) 錨碇螺絲之固定度
- (4) 鋼材防石

### 3. 建築物完工階段

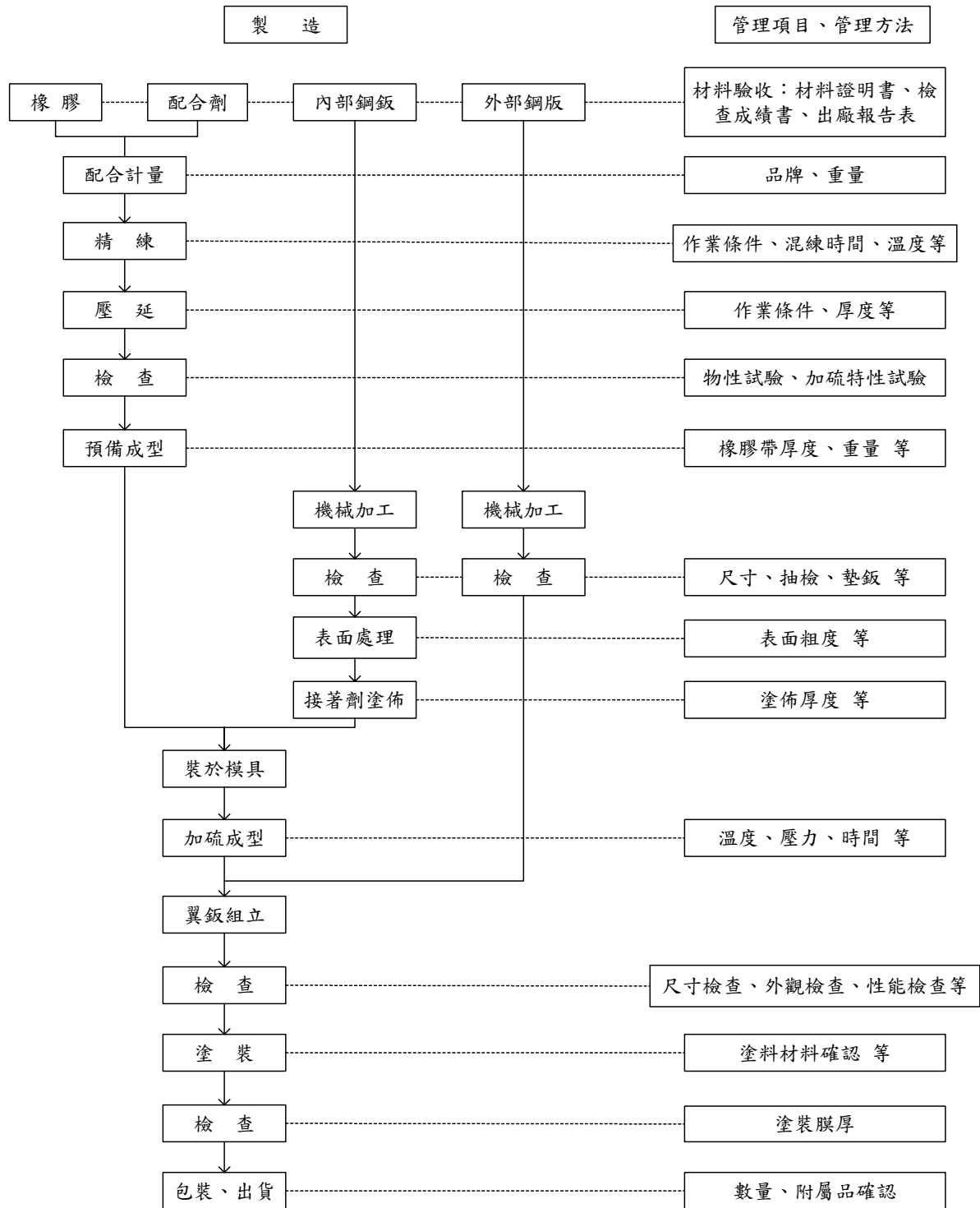
設計者應於建築物完工階段實施整體性能檢核工作。此時，隔震設施是為整體建築構造之一部分，應確認結構體整體是否可達成原預期性之需求。

確認方法係給予強制變位後，再施加震動試驗。

另外，於中小地震時，亦需實施構造物之性能確認工作。在建築物使用期間，為確認隔震設施能正常維持該工時之性能須定期實施維護抽檢工作，此項工作係於執行者與責任體系確認後再移由維護管理單位辦理。

建築物完成時之檢測項目主要為橡膠支承隔震與其外部狀況等。

第二節 品管作業流程圖



## 第七章 隔震結構維護管理

有關隔震系統之維護管理及相關檢查要項說明如下：

### 第一節 檢查種類及實施期間

有關隔震系統之檢查可分為下列四大項，於必要時期實施。

- 1.竣工檢查：為量測以下（2）至（4）項檢查工作項目之初期值，於建築物竣工時實施。
- 2.一般檢查：平常應細查建築物狀況及隔震設施，以期能提早發現異狀，進而防止危險發生，每年以檢查兩次為原則。
- 3.定期檢查：為確認於一般檢查時未發現之功能性異狀及有關於耐久性之性能，由專業技師進行檢查，由建築物竣工後一年、三年、五年、十年及以後每約十年定期實施檢查，但對另設置試驗體之特性試驗，於竣工後每約十年配合實施定期檢查。
- 4.臨時檢查：建築物遭受大地震、火災、浸水等災害後，為確保隔震設施之功能，應儘速實施臨時檢查。檢查內容及檢查者應與定期檢查時相同，一般檢查發現有異狀時亦須實施。

### 第二節 檢查項目

主要檢查部位包括：

- (1)隔震設施（隔震橡膠支承墊、滑動支承、消能器等）。
- (2)隔震層、建築物外周部。
- (3)配管設施、配線可撓部。



(4)其他。

上述隔震設施係指在安全支撐下能降低地震力之裝置，其檢查內容由各必要性能決定；隔震層、建築物外周部、配管設施及配線可撓部之檢查內容，在於確認此等設施是否會阻礙地震時隔震設施上部建築物與下部地盤間產生相對變位的性能及發生相當大之相對變位後，此等設施是否會發生損壞；至於其他項目，則由專業技師或隔震功能維護管理者協議決定。詳細之檢查內容說明於表 9-1 中。

表 7-1 檢查內容

位置	必要性能	檢查項目	檢查方法
隔震設施	能安全支撐建築物	有無損傷 潛變 變位	外觀檢查 量測垂直變位 量測水平變位
	隔震性能	剛性 變形能力 阻尼效果	外觀檢查 另設試驗體試驗 另設試驗體試驗
隔震層、建築物外周部	對建築物地震時之水平變位無阻礙	淨空 有無障礙物	量測淨空量 目視檢查障礙物
配管設施、配線可撓部	適應建築物地震時水平變位之能力	形狀 有無損傷	目視調查 檢查漏水等

### 第三節 維護管理體制

#### 1. 維護管理業務及執行者

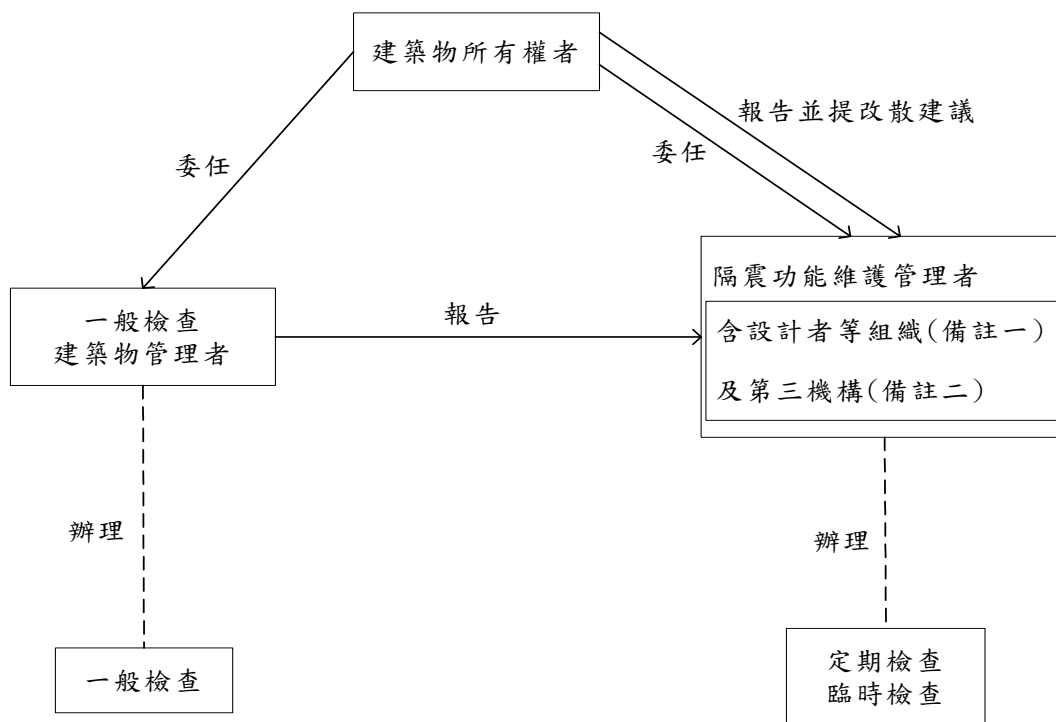
- (1)一般檢查：由建築物所有權者委任建築物管理者（如公寓大廈管理委員會）辦理為原則，無建築物管理者時，由建築物所有權者自行辦理。
- (2)定期檢查：由經建築主管機關結構安全檢查訓練有案之技師或對隔震建築物及其維護管理具有專業知識，經專業訓練持有結業證明者辦理為原則。

- (3)臨時檢查：由經建築主管機關結構安全檢查訓練有案之技師或對隔震建築物及其維護管理具有專業知識，經專業訓練持有結業證明者辦理為原則。

## 2.維護管理體制

維護管理體制參見圖 5-1。

- (1)建築物所有權者：建築物所有權者收到設計者對維護管理有關建議後，將維護管理業務委任維護管理單位辦理，也接受維護管理單位之檢查報告，必要時做改善等措施。
- (2)建築物管理者：建築物管理者負責將一般檢查結果提報隔震機能維護管理者。
- (3)隔震機能維護管理者：由對隔震建築物及其維護管理具有專業知識之專業人員組成如（建築、結構、土木技師公會），辦理定期檢查及臨時檢查工作，或一般檢查之检查工作，並將檢查結果提報建築物所有權者，必要時可提出改善建議。



備註一：由設計者、施工者及廠商等組織  
備註二：各建築師及技師工會或學術單位

圖 7-1 維護管理體制

#### 第四節 檢查結果之保管

為便於日後查明該建築物隔震功能之安全性，隔震建築物之各類檢查結果應由建築物所有權者或建築物管理者妥善保管。

#### 第五節 維護管理檢查要領

##### 1. 維護管理檢查實施要領

隔震設施於竣工後應實施竣工檢查、一般檢查、定期檢查及臨時檢查，其檢查項目、方法及管理值分別說明如下：

##### (1) 竣工檢查

於竣工檢查時，有關隔震設施之檢測結果，將成為日後一般、定期及臨時檢查之初期值，詳細檢查內容示於表 7-2。

## (2) 一般檢查

一般檢查由建築物管理者每年實施兩次，檢查結果須提報隔震機能維護管理者。但於隔震層周邊有工程時，須於該工程竣工驗收階段實施檢查。一般檢查內容示於表 7-3。

## (3) 定期及臨時檢查

定期檢查及臨時檢查係由隔震機能維護管理者實施，將結果提報建築所有權者。

(4) 定期檢查時期：自建築物竣工後一年、三年、五年、十年及以後每約十年定期實施檢查。但對另設試驗體之特性試驗，竣工後每十年配合實施定期檢查。

(5) 臨時檢查時期：遭受大地震、火災、浸水等災害後應立即實施，而一般檢查發現有異狀時亦須實施。定期檢查及臨時檢查內容示於表 7-4。

未明示管理值之項目，由隔震機能維護管理者決定。

表 7-2 竣工時之檢查項目、調查方法、管理值及相應措施

位置		檢查項目		檢查方法	檢測數	管理值	改善措施 (13)		
隔震設施	積層橡膠隔震墊，彈性滑動支承	被覆橡膠外觀	變色	目視	隔震層全部	無異狀，無異物	查明處理		
			受傷	目視 量測 (2)		深度 $d <$ 被覆橡膠厚	管理值以內：修補 管理值以上：調查		
		鋼材狀況	生鏽	目視		無浮鏽或紅鏽	修補塗裝		
			接合處	目視 (3)		螺栓與螺帽之標識線未移動	重栓、重新標識		
		積層橡膠變位	垂直變位	量測 (4)	隔震層全部	無異常變位	查明處理		
			水平變位	量測 (5)		無異常變位	查明處理		
			滑動板 (6)	髒污附有異物		目視	未發現有髒污或異物存在	除去	
		腐蝕		目視	無腐蝕現象 (10)	查明後處理			
		受傷		目視	無受損現象	查明後處理			
		消能器	狀況	本體	目視	隔震層全部	未發現有異狀或受損現象	復原或交換	
	生鏽			目視	未發現有浮鏽或紅鏽		修復塗裝		
	結合處			目視 (3)	螺栓與螺帽之標識線未移動		重栓、重新標識		
	變形		水平變位	量測	無異常變位		查明處理		
	隔震層及建物外圍	建物	周圍環境	淨空	量測 (7)	外圍隔震層伸縮接頭	確保有規定尺寸	整修拆除	
建物位置				標識 (8)	隔震層	-	-		
隔震設備構材配管配線		周圍狀況	淨空	目視	隔震層全部	移動範圍內無障礙物	整修拆除		
			可燃物	目視		無可燃物	整修拆除		
排水狀況	目視		排水狀況良好	查明處理					
設備配線配管可繞處 (9)	配管設備	可撓接合處	安裝狀況	目視	隔震層全部	無異狀	查明後修補		
	電氣配線	變位吸收部	損傷龜裂	目視		無異狀			
另設置試體	初期值確認另設位置及個數確認			目視				具有能對應建物水平變形之餘長	
								確認紀錄	-
						位於所定位置 (12)	-		

表中

- 1.被覆橡膠分為「一體型」及「後卷型」。
- 2.依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 1 來進行量測。
- 3.依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 2 來進行判定。
- 4.依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 5 來進行量測上下外部鋼

- 板的內部尺寸 X、Y4 處【A、B、C、D】之垂直變位，並標識量測位置。工場檢查時及竣工時之變位亦須紀錄。
5. 依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 3 來進行量測上下外部鋼板的內部尺寸 2 處【X、Y】之水平變位【上下翼板偏距】，並標識量測位置。
  6. 對彈性滑動支承，摩擦係數另予管理。
  7. 建物外周有無障礙，建物與隔震層外壁【隅角處四個以上】及伸縮接縫【兩處以上】等，主要位置之淨空依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 7 來進行量測，並標識量測點。
  8. 為定期及臨時檢查需要，於建物四隅及中央（計五處）應設置懸吊振動設施，依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 8 來標示 O 點。
  9. 須經專業技師確認無問題為原則。
  10. 腐蝕長徑以 10mm 以下為目標值。
  11. 受損深度以 0.5 mm 以下為目標值。
  12. 另設試驗體之水平及垂直特性，須依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 6，於驗收前實施為原則。
  13. 標明超出管理值時之改善措施。

表 7-3 一般檢查之項目、方法、管理值及報告

位置		檢查項目		方法	標的	管理值	改善措施 (19)
隔震構材	隔震積層墊，彈性滑動支承	被覆橡膠外觀	變色	目視	隔震層指定處 (3)	無異狀，無異物	報告 (附現況照片)
			受損	目視		未受損	
		鋼材狀況	生銹	目視		無浮銹或紅銹	
			接合處	目視 (2)		螺栓與螺帽間之標線未移動	
		滑動板	有異物	目視		無異物	
			腐蝕	目視		無腐蝕現象 (7)	
	消能器	狀況	受傷	目視	無受損現象 (8)		
			本體	目視	無形狀異常或受損現象		
			生銹	目視	無浮銹或紅銹		
			接合處	目視 (2)	螺栓與螺帽間之標線未移動		
隔震層及建物外圍 (4)	建物	周邊環境	淨空	目視	外圍隔震層接合處	移動範圍內無障礙物	整修拆除報告 (附現況照片)
	隔震設備構材配管配線	周邊狀況	障礙物	目視	隔震層	移動範圍內無障礙物	
			可燃物	目視		無可燃物	
			排水狀況	目視		排水狀況良好	
漏液體	目視	無異狀					
設備配線配管可繞處 (4) (5) (6)	設備配管	可撓伸縮處	追加變更	確認	隔震層	無追加變更或如監工報告追加變更、無障礙	報告 (附現況照片)
	電氣配線	變位吸收處	追加變更	確認		無追加變更或如監工報告追加變更、無障礙	
						無追加變更或如監工報告追加變更、無障礙	

- 1.被覆橡膠分為「一體型」及「後卷型」
- 2.依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 2 來進行判定。
- 3.檢查標的以各構材總數之 10%程度且 3 台以上為準，其中一半須為代表隔震層環境者，其他為熱源、水源、排水設施、振動源附近等特殊環境者，於竣工時由建物管理者與隔震機能維護管理者協議決定。
- 4.隔震層、伸縮縫、外周部等之工程履歷簿交由建物管理者製作，該工程施工時，須重點檢查。
- 5.隔震用檢查為輔助性，認有必要時提出報告。
- 6.對設備配管、配線可撓部，須確認工程紀錄簿，於改建工程時增加為檢查對象。
- 7.腐蝕長徑以 10mm 以下為目標值。
- 8.受損深度以 0.5 mm 以下為目標值。
- 9.檢查報告須附現場照片及超出管理值時之對應措施。

表 7-4 定期及臨時檢查之項目、調查方法、管理值及改善措施

位置	檢查項目		檢查方法	檢測數	管理值	改善措施 (19)	
隔震構材	積層橡膠墊，彈性滑動支承	被覆橡膠外觀 (1)	變色	目視	隔震層指定處 (7)	無異狀，無異物	查明處理
			受損	目視量測 (2)		深度 $d <$ 被覆橡膠厚度	管理值以內：修補 管理值以上：調查
		鋼材部狀況	生銹	目視		無浮銹或紅銹	補漆
			接合處	目視 (3)		螺栓與螺帽間之標線未移動	重栓、重新標識
		積層橡膠之變位	垂直變位	量測 (4)		無異常變位 (13)	查明處理
			水平變位	量測 (5)		無異常變位 (14)	查明處理
		滑動板 (6)	髒污、有異物	目視		無髒污、無異物	除去
				目視量測		無腐蝕現象	查明後處理
	目視量測			無受損現象	查明後處理		
	消能器	狀況	本體	目視	隔震層指定處 (7)	無形狀異常或受損	查明處理
			生銹	目視		無浮銹或紅銹	查明後重漆
			接合處	目視 (3)		螺栓與螺帽間之標線未移動	查明後重栓、重新標識
		變形	水平變位	量測		無異常變位	查明處理
	隔震層及建物外圍 (8)	建物	周邊環境	淨空	目視量測 (9)	外圍隔震層伸縮接頭	確保有規定尺寸移動範圍內無障礙物
建物位置				量測 (10)	隔震層		-
隔震設備構材配管配線		周邊狀況	障礙物	目視	隔震層	移動範圍內無障礙物	整修拆除
			可燃物	目視		無可燃物	整修拆除
			排水狀況	目視		排水狀況良好	查明處理
設備配線配管可繞處 (8)(11)(12)		設備配管	可撓伸縮處	漏液體	目視	隔震層	無異狀
	受損龜裂			目視	無異狀		
	追加變更			確認	無異狀		
	電氣配線	變位吸收部	追加變更	確認	無異狀		
另設置試體 (6)	彈簧係數等價衰減係數		量測	全數	無異常特殊變動	詳細查明後處理 (20)	

表中

- 1.被覆橡膠分為「一體型」及「後卷型」。
- 2.測點依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 1 來進行量測。
- 3.測點前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 2 來進行判定。
- 4.垂直變位在指定處，於竣工時所標識之四點應依據前述之「檢查種類及實期間」中之檢查工作項目 5 來進行量測。
- 5.水平變位在指定處，於竣工時所標識之二點應依據前述之「檢查種類及實施期間」



- 中之檢查工作項目 3 來進行量測。
- 6.對彈性滑動支承，摩擦係數另予管理。
  - 7.檢查標的以各構材總數之 10%程度且 3 台以上為準，在一般檢查所示之檢查標的處。
  - 8.隔震層、伸縮縫、外周部之工程履歷簿交由建物管理者製作，該工程施工時，須重點檢查。
  - 9.建築物外周有無障礙物，建物之隔震層外牆(隅部 4 處以上)及伸縮縫(兩處以上)，竣工時應於所設定位置之淨空依前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 7 來進行量測。
  - 10.竣工時所設置於建築四隅及中央共五處之懸吊振動設施，量測水平變位，如在管理值以下，因溫度變化等所引起之值亦合理時，可將該值視為竣工時之變位。又臨時檢查時如超出管理值，以後每 10~15 日繼續量測以確認建物之後續狀況。
  - 11.認有需要時提出檢查報告。
  - 12.對設備配管及配線可撓部已實施改修工程時，應作為定期檢查時之檢查對象。對臨時檢查，不管有無改修，應作為檢查對象。
  - 13.橡膠總厚度之 8%或 10mm 中取其小值為目標值。
  - 14.初期值+25mm 以內為目標值。
  - 15.腐蝕長徑以 10mm 以下為目標值。
  - 16.受損深度以 0.5mm 以下為目標值。
  - 17.另設試驗體之特性試驗視為隔震購材設計管理基準(驗收檢查)之測定方法之一，依據前述之「檢查種類及實施期間」中之檢查工作項目 6 來進行量測。
  - 18.對初期值之變化，以 $\pm 20\%$ 以下為目標值。
  - 19.標明超出管理值時之改善措施，改善前後報告需貼副照片。查明處理係指實施追加檢查、原因調查等並設定補修、修復及其他改善措施。追加檢查以全數為原則。
  - 20.對另設試驗體之特性變動應調查其原因，並重新檢討設計和確認性能餘裕度，必要時需檢討並評估正式積層橡膠墊之特性。

## 第六節 橡膠支承墊損傷量測維護管理檢查要點

以橡膠支承墊損傷量測為例，說明維護管理檢查要點：

### 一、有關損傷長度方面

- 1.用捲尺沿橡膠支承墊周圍量測受損長度（見圖 7-2）。
- 2.量測各受損長度，求其最大長度及各長度之合計值。
- 3.量測精度以 5mm 程度為準。

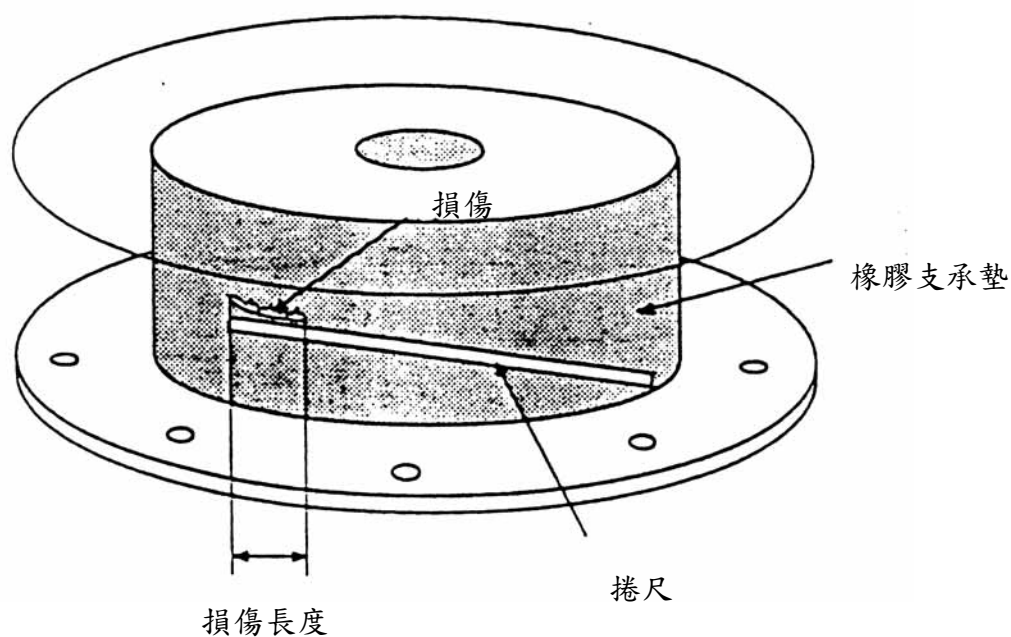


圖 7-2 以捲尺量測積層橡膠之損傷

## 二、有關損傷深度方面

1.將深度量測器插入損傷處，以量測受損深度（見圖 7-3）。

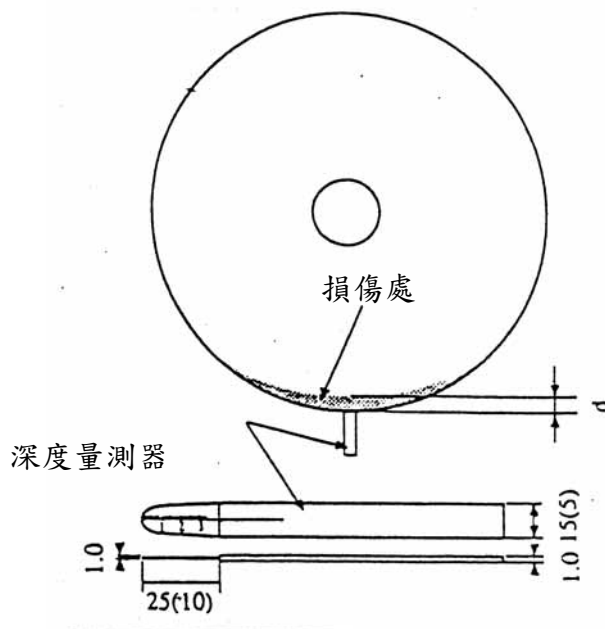


圖 7-3 以深度量測器量測橡膠支承墊之損傷

2.量測點以損傷處之中央及其兩端共三處為準，紀錄其最大值。

3.量測精度以 5mm 程度為準。

### (1)螺栓、螺帽鬆弛量測

量測應確認下列項目：

A.於螺栓與墊圈、墊圈與翼板間無縫隙（見圖 7-4）。

B.標識處應一致，無移動現象。

C.螺栓頭無法用手轉動。

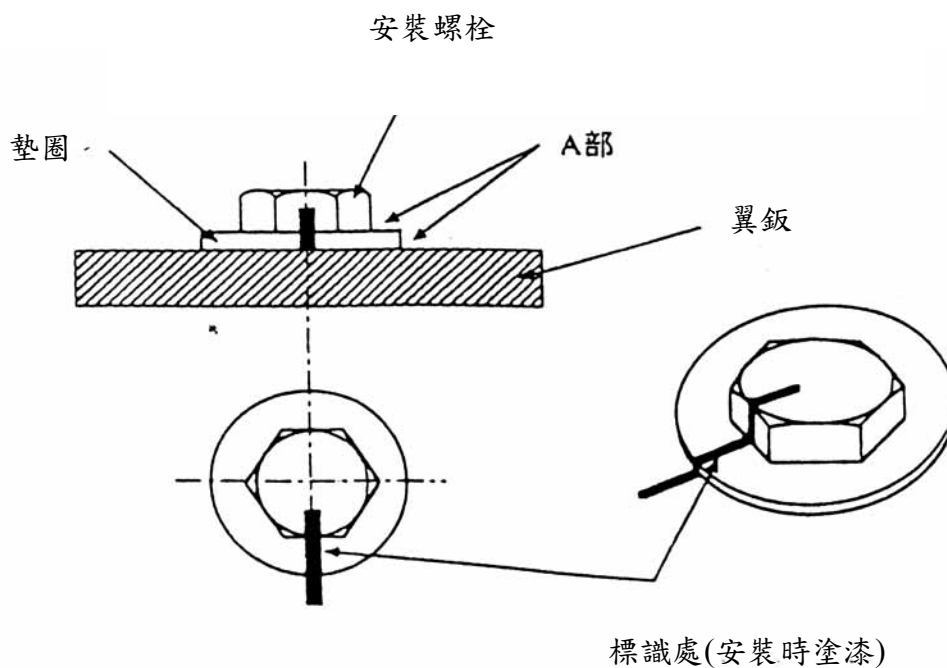


圖 7-4 螺栓、螺帽鬆弛量測

(2) 橡膠支承墊水平變位量測

- A. 水平變位係指橡膠支承墊上下翼板間之水平位置的偏心。
- B. 量測方法如圖 7-5 所示，將兩支直角定規貼於上下翼板間，用金尺量測該兩直角定規之偏距，亦可用角度計算出水平變位量。
- C. 量測位置為正交兩方向預先標識處或方向。
- D. 量測精度以 1mm 程度為準。

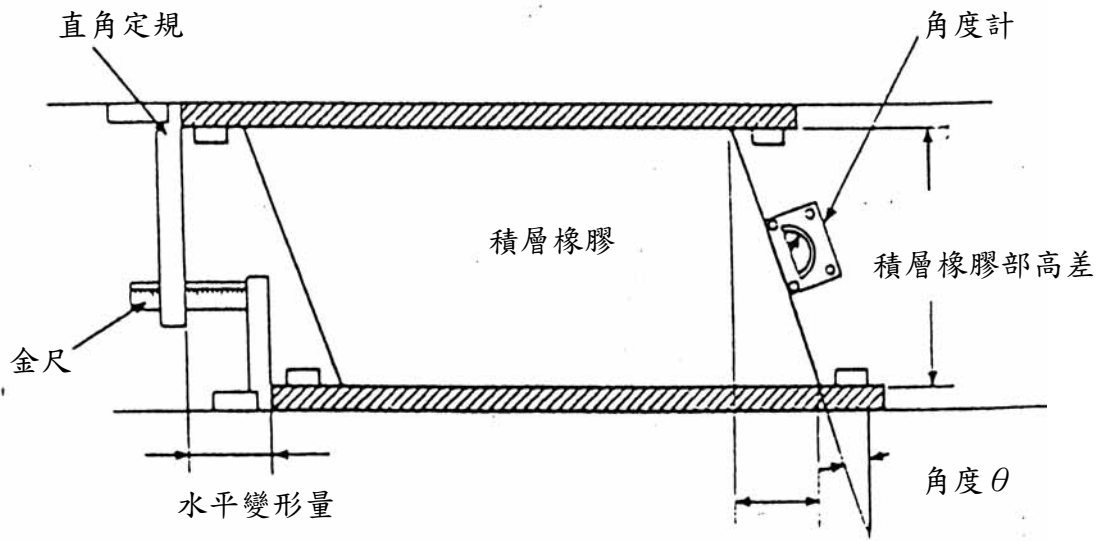


圖 7-5 橡膠支承墊水平變位量測

#### 4. 鋼材腐蝕

以目視確認結合於橡膠支承墊之翼板的腐蝕情況，見圖 7-6。

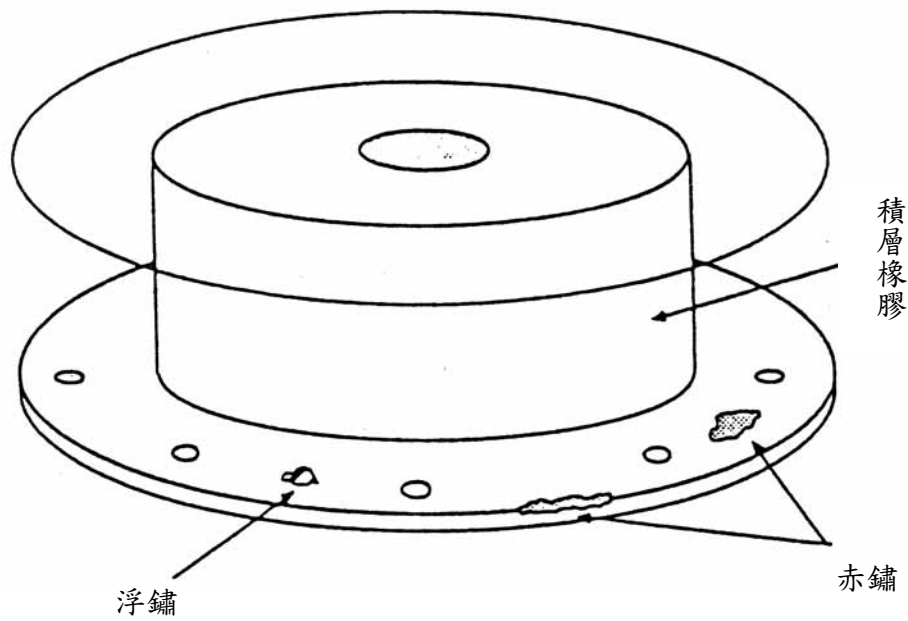


圖 7-6 鋼材之腐蝕

## (1) 橡膠支承墊垂直變位量測 (見圖 7-7)

- A. 量測橡膠支承墊上下接合翼板間之高度。
- B. 用附有指示尺之內部微尺 (inside-micrometer) 或測高尺及捲尺量測。
- C. 量測最佳位置為預先標識之直交四處，為排除翼板變形的影響，優先選取靠近橡膠處。
- D. 量測精度以 1mm 程度為準。
- E. 量測結果因含有隔震墊之膨脹因素在內，必要時需依下式換算為標準溫度時之構材高度再據以研判。

$$H = h - (\sum tr \times \Delta T \times \rho)$$

其中  $H$  : 換算為標準溫度時之構材高度

$h$  : 量測值

$\sum tr$  : 標的構材之橡膠總厚度

$\Delta T$  : 標準溫度與量測溫度差

$\rho$  : 橡膠支承墊高度方向之線膨脹係數(=5.8 × 10<sup>4</sup>)

另設橡膠支承墊之水平及垂直特性量測

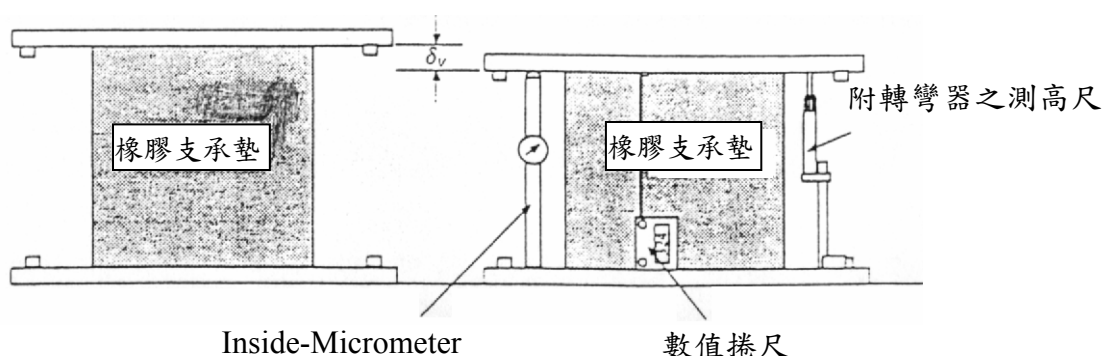


圖 7-7 積層橡膠垂直變位量測

(2) 水平彈性係數及阻尼係數 (見圖 7-8)

A. 水平彈性係數需以承載所定設計面壓，加水平抗剪應變  $r=100\%$  之力量加三次，依其第三次試驗結果求取變位最大值與荷重最大之交點及其最小值連接線之傾角 (高阻尼橡膠支承墊為連結變位最大點之傾角)。

B. 同時含有阻尼之橡膠支承墊(例如高阻尼橡膠支承墊或鉛心橡膠支承墊)時，則求取等價阻尼係數或降伏荷重值。

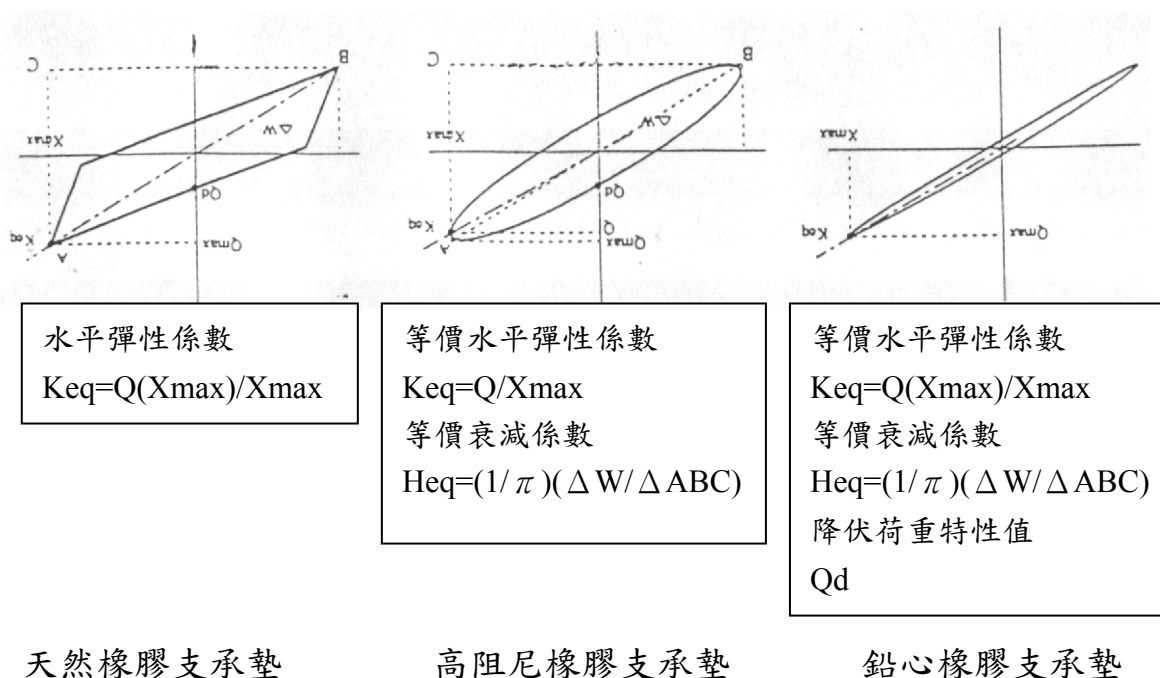


圖 7-8 各種橡膠支承墊之等價水平彈性係數及阻尼係數

(3) 垂直彈性係數

求得垂直彈性係數所需承載設計面壓後，以相當於設計面壓 30% 之振幅反覆加壓三次，依其第三次試壓結果求取變位最大值與荷重最大之交點及其最小值連結線之傾角。

(4)其它

A.試驗體之加力方向須保持同一方向。

B.上述特性係數與溫度有關時，須以基準溫度修正值求算經年變化率。

(5)隔震層及建築物外周之淨空量測

建築物隔震層外牆(隅角四處以上)及伸縮縫(2 處以上)的淨空，量測後標識測點位置。

### 第七節 建築物位置量測維護管理檢查要點

於建築物四隅及中央設置懸吊振動設施，標識 0 點後，再以測尺量測原點 0 之偏距。



## 第八章 結論與建議

### 第一節 結論

隔震裝置設計品管機制，除了耐震結構基本審查機制規定外，尚須成立隔震結構系統建築物審查小組。在隔震裝置的設計注意事項中包括地盤條件、建築物特性、相對變位、隔震層周邊處理、動線、耐震性能等皆很重要，設計者應當特別注意。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，以確認隔震裝置的基本力學性能符合設計需求。本文結論分述如后：

1. 隔震結構系統設計品管機制，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隔震結構系統建築物。至於本文隔震結構計算書目錄，則是提供予結構設計者參考。
2. 隔震結構設計檢核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，包括隔震裝的面壓、隔震用阻尼器、及承台的設計等。
3. 有關隔震裝置之溫度相依性、經年變化、應變相依性、裝置製造誤差等不利因素應反應於隔震結構分析設計之中，必要時須進行多重隔震結構分析。
4. 隔震結構設計除了裝置本體的查核外，另應考慮地盤條件、基地條件、建築物特性、建築物形狀、建築物重量、相對變位、隔震層周邊、隔震層動線、耐震性能要求等檢核項目。
5. 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，以確認隔震裝置之基本力學性能符合設計需求。

## 第二節 建議

我國目前隔震建築物的設計，沒有一套標準之計算書範例以供從事結構設計者參考，因此，建立完整之計算書範例，實有其必要性。對於隔震裝置設計應考慮之設計因素，這些效應如何反應於隔震結構分析之中，也必須交待清楚。另外建立標準化施工品管作業及維護管理檢查制度，以確保隔震裝置的力學特性能夠正常發揮。基於前述理由，本文大致建議如下：

### 建議一

隔震結構計算書：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

我國目前隔震建築物的設計，尚未有標準之計算書範例以供實務界從事結構設計者參考，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。而一般從事隔震結構設計者，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隔震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

隔震結構設計考慮因素：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

隔震結構設計應考慮之設計因素，包括裝置經年變化、溫度相依性、應變相依性、裝置製造誤差等因素對裝置之影響。此外，為了獲取隔震裝置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隔震結構分析之中，應詳細說明，並明確提供設計

範例，對於隔震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。國內目前常用之隔震裝置主要包括天然積層橡膠、鉛心積層橡膠、高阻尼積層橡膠、滑動及滾動等支承，各種裝置之製造、施工等方法皆不儘相同。隔震裝置設置於建築物中扮演重要角色，甚至可以視隔震裝置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，對於隔震裝置而言，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，為了確保隔震裝置的力學特性能夠正常發揮，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

為了確保隔震裝置的力學性能，定期或臨時檢查絕對是有必要的。尤其是隔震器的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，則隔震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. Lee, D.M., and Medland, I.C. (1978), “Base Isolation-an historical development, and the influence of higher mode responses”. New Zealand National Society for Earthquake Engineering.
2. Robinson, W.H. (1982), “Lead Rubber Hysteretic Bearing suitable for Protecting Structure during Earthquakes”. Earthquake Engineering Structural Dynamics.
3. Mayes, R.L., Jones, L.R., Kelly, J.M., and Button, M.R. (1984), “Design Guidelines for Base-Isolated Buildings with Energy Dissipators”. Earthquake Spectra.
4. Kelly, J.M. (1986), “Aseismic Base Isolation: Review and Bibliography”. Soil Dynamic and Earthquake Engineering.
5. Anderson, T.L. (1990), “Theme Issue: Seismic Isolation”. Earthquake Spectra, EERI.
6. Warburton, G.B. (1992), “Reduction of Vibrations-The Third Mallet-Lecture”. John Wiley & Sons.
7. Aiken, I.D., Nims, D.K. and Kelly, J.M. (1992), “Comparative Study of Four Passive Energy Dissipation Systems,” New Zealand National Society for Earthquake Engineering.
8. Skinner, R.I., Robinson, W.H. and McVerry G.H. (1993), “An Introduction to Seismic Isolation,” John Wiley & Sons.
9. Conner, J.J. and Klink, B.S.A. (1996), “Introduction to Motion Based Design,” Computational Mechanics Publications,” UK.
10. Constantinou, M.C., Soong, T.T. and Dargush, G.F. (1998), “Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit, ” MCEER.
11. Naeim, F. and Kelly, J.M. (1999), “Design of Seismic Isolated Structures-From Theory to Practice, ” John Wiley & Sons.

12. ASTM, Standard D4014, American Society of Testing Materials.
13. Kelly, J.M., Buckle, K.E., Skinner, M.S. (1980), “Experimental Testing of an Energy- Absorbing Base Isolation System”, Report No. UBC/EERC-80/35.
14. Zayas, V. A., Low, S. S., and Mahin, S. A., (1987), “The FPS Earthquake Rwsisting System: Experimental Report”, Report No.UCB/EERC87/01, EERI.
15. Way, D., and Howard, J., (1990), “Seismic Rehabilitation of the Mackay School of Mines, Phase III, with Base Isolation”. Earthquake Spectra.
16. Hart, G, C., et al., (1990), “Seismic Strengthening of a Tall Building Incorporating Base Isolation,” Proceedings: Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, EERI.
17. Amin, N., Mokha, A., and Fatehi, H, (1993), “Seismic Isolation Retrofit of the U.S. Court of Appeals Building“. Proceedings of Seminar on Seismic Isolatoin, Passive Energy Dissipation, and Active Control, ATC.
18. Cho, D.M., and Retamal, E., (1993), “The Los Angeles County Emergency Operations Center on High-Damping Rubber Bearings to withstand an Earthquake Bigger than the Big One,” Proceedings of Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, ATC.
19. Constantinnou, M. C., Tsopeles, P. C., Kim, Y. S., and Okamoto, S., (1993), “NCEER-TAISEI Corporation Research Program on Sliding Seismic Isolation Systems for Bridges: Experimental and Analytical Study of Friction Pendulum System (FPS)”, Report No. NCEER-93-0020, NCEER.
20. Honeck, W., Walters, M., Sattary, V., and Rodler, P., (1993), “The Seismic Isolation of Oakland City Hall,” Proceedings of Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, ATC.
21. A1-Hussaini, T., Zayas, V., and Constantinou, M.C., (1994), “Seismic

- Isolation of Multistory Frame Structures using Spherical Sliding Isolation Systems”, Report No.NCEER-94-0007, NCEER.
22. Tsopelas, P., and Constantinou, M. C., (1994), “Experimental and Analytical Study of Systems Consisting of Sliding Bearings and Fluid Restoring Force-Damping Devices”, Report No. NCEER 94-0010, NCEER.
  23. 葉祥海、張國鎮、黃震興、蘇晴茂、甘錫滢，“建築物隔震消能規範之示範計畫”，內政部建築研究所研究計畫成果報告，民國八十八年六月。
  24. 謝舜傑，“建築隔震設計與應用”，內政部建築研究所研究報告，民國八十九年。
  25. 謝舜傑，“建築耐震法規有關性能式規定之探討”，內政部建築研究所研究計畫成果報告，民國八十九年十一月。
  26. 陳清泉、王吉祥，“具隔震結構物考慮基土為柔性支承之受震行為研究”，結構工程第七卷第二期，民國八十一年六月。
  27. 林炳昌、吳炳文，“強震時基部隔震系統樓房之反應研究”，結構工程第七卷第三期，民國八十一年九月。
  28. 蔡克銓、韓茂樹，“遲滯型消能隔震系統之試驗研究”，結構工程第十二卷第四期，民國八十六年十二月。
  29. 蔡相全、孫健行、黃碩耀、薛少鈞，“隔震用高阻尼與低阻尼多層膠墊之實驗研究”，結構工程第十三卷第二期，民國八十七年六月。
  30. 洪思閩、葉超雄、鄧崇任，“建築物耐震設計手冊之編訂(一)(二)”，內政部建築研究所專題研究計畫成果報告，民國八十八年六月。
  31. 蔡益超、陳水添，“建築物使用鉛心橡皮墊隔震之初步設計與動分析”，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國七十七年。
  32. 張國鎮、林裕淵，“功能設計-消能減震結構之位移設計法”，國立臺灣大學土木工程學研究所博士論文，民國八十九年。
  33. 卜君平、張穎慶，“隔震建築之半主動控制研究”，逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文，民國八十九年。

34. 黃震興、許丁友，“LRB 隔震房屋結構之三軸向地震力試驗研究”，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，民國八十七年。
35. 卜君平、羅仕政，“以主動控制加強隔震結構減震效應應之探討”，逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文，民國八十五年。
36. 金鵬、張正豐，“含鉛心橡皮墊基礎建築物隔震效果之研究”，中原大學土木工程研究所碩士論文，民國八十四年。
37. 卜君平、藍文榮，“隔震結構動力參數識別與應用之研究”，逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文，民國八十四年。
38. 陳信樟、陳明宏，“非線性隔震系統之線性模擬分析”，淡江大學土木工程研究所碩士論文，民國七十八年。
39. 段永定、高金盛、苟昌煥、曾清銓，“建築結構隔震設計手冊之研訂”，內政部建築研究所研究報告，民國九十年。

## 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	<b>詹教授添全</b>	
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	<b>洪技師思閩</b>	
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
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	<b>蔡教授益超</b>	
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	<b>邱顧問昌平</b>	
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