

# 建築物

## 隔震設計與施工

a r c h i t e c t u r  
蔡益超 詹添全 主編



科技圖書 經銷

# 建築物隔震 設計與施工

總編輯：蔡益超

主編：詹添全

副主編：高志揚

編輯委員：葉祥海、許資生、吳志強、林鴻志  
謝照明、溫維謙、陳禧耘

編輯小組：陳盈月、周世泰、謝秉諺、盧岡良

財團法人中華建築中心 出版  
科技圖書股份有限公司 經銷

國家圖書館出版品預行編目資料

建築物隔震設計與施工，蔡益超、詹添全主編；

--初版 -- 臺北市：科技圖書，2005【民 94】

264 面：19x26 公分

含 參考書目；

ISBN 957-655-395-4（精裝）

1. 建築物 - 防震 - 設計

441.571

94003074

---

版權所有・翻印必究

## 建築物隔震設計與施工

主 編／蔡益超、詹添全

出 版 者／財團法人中華建築中心

總 經 銷／科技圖書股份有限公司

地 址／台北市忠孝西路一段 50 號 17 樓之 35 室

電話：(02)23707080・傳真：(02)23706160

網址：<http://www.techbook.com.tw/>

電子郵件：techbook@ms18.hinet.net

郵撥帳號：0015697-3

發 行 所／成陽出版股份有限公司

地址：桃園市春日路 1490 號

電話：(03)358-9000・傳真：(03)358-1688

印 刷／海王印刷事業股份有限公司

地址：台北縣中和市中正路 800 號 11 樓之 2

初 版／2005 年 3 月

定 價／新台幣 350 元

---

本書如有破損、裝訂錯誤，請寄回調換



科技圖書—Since 1969

# 主筆者 簡介

- 葉祥海 組長

現任：內政部建築研究所工程技術組組長

經歷：內政部營建署科長

台北捷運公司籌備處組長

- 蔡益超教授 教授

現任：國立臺灣大學土木工程學系教授

經歷：國立臺灣大學地震工程研究中心主任

中華民國結構工程學會理事長

- 詹添全 副教授

現任：中國技術學院建築工程系副教授

詹添全建築師、土木、水利技師事務所負責人

台北市土木技師公會榮譽理事長

經歷：台北市土木技師公會理事長

中華顧問工程司結構部工程師

- 高志揚 建築師

現任：台灣省建築師公會特殊結構審查委員會委員

高志揚建築師事務所所長

中原大學建築系兼任講師

經歷：內政部營建署綠建築鋼構造之推廣及獎勵策略研究計畫主持人

中華民國建築師公會全國聯合會建材暨技術研究委員會主任委員

- **許資生 博士**

現任：中國技術學院土木系 助理教授  
許資生土木結構技師事務所負責人

經歷：交通部國道新建工程局第一區工程處幫工程司、副工程司

- **吳志強 技師**

現任：永安結構技師事務所負責人

經歷：財團法人台灣營建研究院 助理研究員

- **林鴻志 建築師**

現任：內政部建築技術審議委員會「建築物耐震規範及解說修訂」審查專案小組委員

林鴻志建築師事務所負責人

中原大學建築系講師

經歷：台灣省建築師公會高樓暨特殊結構審查委員會主任委員

台灣省建築師公會鑑定委員會主任委員

- **溫維謙 副執行長**

現任：財團法人中華建築中心副執行長

經歷：台灣電力公司建築課長兼法定建築師

行政院公共工程委員會公共工程品管人員「師資研習班」講師

經濟部標準檢驗局國家標準審查委員

行政院公共工程委員會施工綱要規範審查委員

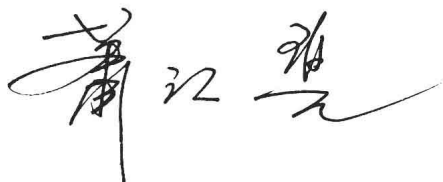
# 蕭序

內政部建築研究所於八十六年度起，既積極投入建築物隔震消能系統之應用、設計規範、條文解說及示範例等一系列的研究。從 1994 年美國加州北嶺地震及 1995 年日本阪神大地震的考驗，驗證了隔震建築具有良好的耐震效果。國內於八十八年九二一震災的嚴苛教訓後，業界才漸次地關注於此，迄今方有二十多幢建築物採用隔震消能設施，與美日等國相較，我國於隔震消能建築之應用數量與經驗，仍有相當的落差。同時，建築物隔震消能機制有別於傳統建築物耐震設計，專業者仍須重新學習。

在本所多年來的努力之下，透過國外技術知訊的引進，國內研發團隊之協助，內政部於民國九十一年公布實施了「建築物隔震設計規範」，使業界有法規可循。又為使隔震消能技術能普遍推廣，規範能正確有效的應用，本所乃多次與國家地震工程研究中心、財團法人中華建築中心等合作，辦理相關的研討會；並正整合學術界與業界隔震消能技術領域之相關資源，希促成隔震設施之試驗檢測，及隔震建築之設計審查與驗證機制。

台灣為地震頻繁的地區，適當的應用隔震設施，可以大幅的降低地震力對於建築的作用與震害，確實值得大力推廣應用，以增進建築之公共安全。唯目前國內除了規範的相關研究報告書外，有關的教材仍然闕如；於本所補助舉辦多場的建築物隔震技術系列講習研討活動後，中華建築中心特邀國內相關領域之學者專家，以研討講習的講義為藍本，整合近年國內相關研究成果與工程實績經驗，編撰完成「隔震建築設計與施工」一書，深入淺出，實為國人研習隔震消能技術的最佳教材，誠使隔震建築推廣應用如虎添翼。是此，本人樂綴數語為之序也。

內政部建築研究所 所長



## 丁 序

九二一集集震災後，國內產、官、學三方積極投入建築物相關防災工程之推動，其中，又以隔震消能機制之設計與應用為主要發展方向，隔震消能機制先後於美國北嶺地震與日本阪神地震中驗證其功效，以隔震消能機制達到建築物震害之控制方法已逐漸成為國際主流發展趨勢。透過美、日專業團隊之協助與國內相關研發人員之參與，九二一集集震災後國內陸續完成多座隔震消能建築物，為我國隔震消能技術之推廣與發展奠立良好之基礎。與美、日等國相較，我國隔震消能技術之推廣與應用仍有極大發展空間，內政部營建署於民國八十九年提出「建築物隔震設計規範」草案，九十一年三月發布，同年四月一日起實施，為我國隔震消能技術之研發與應用確立相關之法令地位；九十四年一月一日發布，自同年七月一日實施之最新「建築物耐震設計規範」，將有關隔震消能機制設計之相關規定予以納入，國內隔震消能機制應用與推廣之法令面更行完備。

然則，現有法令規章與研發應用缺乏隔震消能元件試驗評定認證機制以及施工管理之規定，加上價格未普及化之影響，使得業界對於隔震消能技術之應用遲滯不前，如此均有待吾人持續努力。值此之際，財團法人中華建築中心彙集國內隔震消能領域之相關學者專家，編撰「隔震建築設計與施工」一書，內容涵蓋國內現階段隔震建築設計與施工管理之相關研究成果與工程實績經驗，本書之完成，對我國隔震消能技術之推廣與應用實為一大助益，希望本書能收拋磚引玉之效，使相關工程人員在閱讀本書之後能更積極投入國內隔震消能技術之研究與應用發展，共同為我國建築物震害之防制工作，貢獻一己之力。本人持續推動新工法新技術之決心，能獲此初步成果，除藉此機會加以恭賀，並綴以數語樂以為序

內政部營建署副署長

丁育群

中華民國九十四年二月十八日

# 高科技建築技術大邁進一周董事長序

隔震建築為近代高科技建築技術不斷研發創新而成之代表性產物。與過往規範講求韌性、崩塌性能評估等傳統耐震技術相較，它具有隔震能力高、延長周期、降低變形反應、提高阻尼比及維修成本低等諸多優點。以之與鋼筋混凝土共構，築造而成之隔震建築結構更是符合陰陽相濟、剛柔互補完美力學原理之人工構造，其於強震區之高樓工程應用不僅可降低成本、縮短工期、消耗地震能量及提高耐震能力，更可展現環保廢棄物減量、生態與環境之諧和功能，符合安全為基礎、高科技省能為導向之近代高科技建築技術潮流。

建築中心之會務發展目標為打造安全（Safety）、效率（Efficiency）、優質（Amenity）的 S.E.A 新建築觀，尊崇「人本為主」、「生態環境」之理念，致力於九二一震災後國人優質安全生活環境之建構、更新與維護。近年來政府預算日益短絀，但人口成長與環境變遷之房屋需求壓力卻與日俱增。面對此一挑戰，本中心必須迎合潮流，不斷引進創新工法與材料方可順利完成國人對住的安全，託付提昇耐震安全之使命。

隔震建築結構對國人而言，在集合住宅、辦公空間、災害救難中心、老舊建築物修復、補強、改建、更新等各方面均可引用，實為未來值得努力推廣與應用之工法。然而任何一種創新工法或材料之推動，首先必須制定一套合理可行之規範，俾使執行者得以參酌依循，以確保工程品質之完美及設計功能之需求。

隔震建築結構雖已引進國內多年，惟於本土化規範方面仍欠缺系統性之彙整與說明，導致相關工程人員之認知易生混淆，影響此一新技術新工法之實務應用。有鑑於此，本中心蔡益超委員、詹添全委員、高志揚委員等結合多位學識經歷俱佳的專家群共同戮力編纂，並經產官學各界菁英合議審查修正，歷時經年完成「隔震建築設計與施工」一書，針對隔震建築結構之相關應用規範提供極為詳盡而完整之解說，對於此一新技術新工法之推行與隔震技術之提昇應極具助益，付梓之前，特為之序。

中華建築中心董事長

周光宙

中華民國九十四年二月十五日

# 目 錄

蕭 序

丁 序

周 序

第一章 建築隔震技術發展現況.....葉祥海、詹添全 ..... 1-1

1.1 隔震與消能概述..... 1-1

1.2 隔震技術應用現況..... 1-8

1.3 隔震技術規範的演進展..... 1-15

第二章 建築物隔震技術概論.....蔡益超..... 2-1

2.1 前 言..... 2-1

2.2 傳統耐震技術..... 2-2

2.3 隔震技術原理與特性..... 2-5

2.4 隔震規範簡介..... 2-7

2.5 隔震建築物與傳統建築物地震反應之比較..... 2-10

2.6 消能建築物與傳統建築物地震反應之比較..... 2-13

2.7 隔震建築物隔震層之配置..... 2-15

2.8 結 論..... 2-17

# 建築物隔震設計與施工

|                            |               |      |
|----------------------------|---------------|------|
| 第三章 建築物隔震設計規範 .....        | 蔡益超 .....     | 3-1  |
| 3.1 隔震規範概述 .....           |               | 3-1  |
| 3.2 靜力分析方法 .....           |               | 3-1  |
| 3.3 動力分析方法 .....           |               | 3-12 |
| 3.4 其他設計注意事項 .....         |               | 3-14 |
| 3.5 隔震元件實體試驗與性能保證試驗 .....  |               | 3-22 |
| 第四章 建築設計界面整合 .....         | 高志揚、林鴻志 ..... | 4-1  |
| 4.1 隔震建築物建築規劃注意事項 .....    |               | 4-1  |
| 4.2 隔震建築物室內設計原則 .....      |               | 4-7  |
| 4.3 隔震建築物一般細部設計原則 .....    |               | 4-15 |
| 4.4 隔震建築物設備及其他裝置設計原則 ..... |               | 4-17 |
| 第五章 隔震建築物設計 .....          | 吳志強、林鴻志 ..... | 5-1  |
| 5.1 隔震系統初步評估與選定 .....      |               | 5-1  |
| 5.2 隔震元件檢核項目與標準 .....      |               | 5-33 |
| 5.3 台北某大樓隔震結構設計案例 .....    |               | 5-36 |
| 5.4 三峽某工程隔震結構設計案例 .....    |               | 5-51 |
| 第六章 隔震系統施工與維護管理 .....      | 許資生、林鴻志 ..... | 6-1  |
| 6.1 隔震系統構造與特性 .....        |               | 6-1  |
| 6.2 隔震元件構造與製作 .....        |               | 6-3  |
| 6.3 隔震系統施工流程及裝設要點 .....    |               | 6-10 |

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| 6.4 隔震系統施工計畫及品質計畫 .....       | 6-13                    |
| 6.5 隔震系統使用維護管理 .....          | 6-16                    |
| <b>第七章 既有建築物隔震補強設計 .....</b>  | <b>詹添全、溫維謙..... 7-1</b> |
| 7.1 既有建築物隔震補強方法 .....         | 7-1                     |
| 7.2 既有建築物耐震安全評估 .....         | 7-5                     |
| 7.3 既有建築物隔震補強案例 .....         | 7-14                    |
| 7.4 古蹟案例---彰化縣第三級古蹟興賢書院 ..... | 7-22                    |
| 7.5 日本古蹟既有建築物隔震補強設計 .....     | 7-36                    |
| <b>第八章 隔震結構設計電腦應用 .....</b>   | <b>吳志強..... 8-1</b>     |
| 8.1 ETABS 基本操作說明.....         | 8-1                     |
| 8.2 ETABS 隔震設計案例操作.....       | 8-30                    |
| <b>第九章 隔震技術展望 .....</b>       | <b>詹添全、許資生..... 9-1</b> |
| 9.1 前 言 .....                 | 9-1                     |
| 9.2 國內外研究現況 .....             | 9-2                     |
| 9.3 未來研究趨勢 .....              | 9-3                     |
| <b>參考文獻 .....</b>             | <b>R-1</b>              |

# 第一章

## 建築隔震技術發展現況

### 1.1 隔震與消能概述

#### 1.1.1 建築耐震安全的重要性

建築物係人類居住工作生活的空間，人類活動大部分的時間都在其庇護之下進行。建築物的建設也是人類最重要的資產投資之一，一旦破壞損毀，不僅危及人命，同時也會使所有者傾家蕩產，建築結構的安全乃為保障人類生命與財產的重要考量，因之，建築法揭諸建築管理的首要目的在於維護公共安全。然而在實務上，除了安全的需求，建築物要考量有足夠的強度與韌性以承受自重、載重及抵抗外力--風力、地震力等之外，尚應衡酌經濟上的因素，設計上通常會以最經濟的建造成本，以獲得較大的可使用空間，以及更有效、更便利舒適的居室為前題。是以，以往在建築有關的設計規範上，法規對於安全的要求，幾乎都成了是基本上最低的要求，再加上早期對建築技術與知識的不足，許多建築物在強烈地震之後，其災害的損失非常慘重。

近年來，建築結構的理論與實驗研究已有長足的進步，並促使耐震法規日益完備，但同處於環太平洋地震帶之台灣、美國加州、日本等國家均先後遭受強震的洗禮，如美國 1994 年 1 月 14 日加州北嶺地震，造成將近六萬幢房屋受損，57 人犧牲，1,500 人重傷，約 300 億美元的天然災害損失，為美國歷史上最為慘重的天然災害之一。次年在日本 1995 年 1 月 17 日的阪神大地震，造成近 6,400 人死亡，14 萬棟房屋全倒，約 1000 億美元的災害損失；相繼的台灣地區於 1999 年 9 月 21 日遭受九二一大地震摧殘，又造成近 2,454 人死亡，2 萬 6 千棟房屋倒塌，顯示耐震結構之抗震能力也有其極限，而這些大地震所造成的不幸結果，更加深了一般人對傳統建築耐震結構的抗震能力之懷疑與不安，因此造成世界耐震工程朝向更有效率與成就之隔震技術之發展。此項技術經聯合國 UNIDO 組織評定為廿一世紀抗震工程之主流。

傳統建築結構設計，都以彈性塑性變形的理念，以韌性抗彎矩的構架來承受地震作用力。耐震設計的目標要求只是：小震不壞，中震可修，大震不倒。以致強震之下，建築損毀，必須拆除重建者有之。有鑑於地震對建築物結構物的摧殘，導致人命財產危害的教訓，早有先進識者思考如何以特殊的裝置來衰減地震力，降低其對建築結構作用力，以大幅減少建築可能的損害程度，進而能確保建築構造的完好與人命安全，如圖 1-1 所示。於是，從機械航太工業之隔震及消能技術乃能進一步的導入建築土木領域，目前已成功的應用於各項建築工程建設，並不斷的創新研發精進。



圖 1-1 傳統建築(左)與隔震建築地震時之變位比較示意

**1.1.2 建築耐震、隔震、消能的發展**

國外隔震及消能結構有系統研究開發已有二十餘年的歷史，隔震及消能建築的應用實例已有相當數目，亦即隔震及消能結構系統已經從開發階段進入到普及階段。台灣近年來，尤其在九二一集集大地震後，也隨著世界技術潮流，陸續引進隔震及消能結構技術，並且在建築物上的應用也開始逐漸普及。隔震及消能裝置的開發專業者，亦積極地推動將隔震消能結構技術應用在建築物上，期使「大地震時，建築物不搖動不毀損，充分保全建築物財產與維持重要使用機能等」為目標，共同攜手努力創造安心、安全的居住環境。

建築物於地震時由於地表加速度的作用，在學理上地震能量一般以基底水平作用力進入結構物後，促使建築物也產生了振動的反應，依其構造式與結構系統於內部吸收消耗地震能量（不當的設計因共振會產生放大振動現象），按照上述的建築結構耐震系統，分類概要說明如下：

### (1) 耐震結構

耐震結構（Earthquake Resistant Structure）是建築物受到地震力時，利用結構耐震構架系統與構材本身的彈塑性特性，如圖 1-2 所示；在安全地支持垂直載重（建築物自重與載重）下，吸收消耗地震能量抵抗地震作用力。在大地震時，得以優先保護人命，並容許建築物可部分毀損。

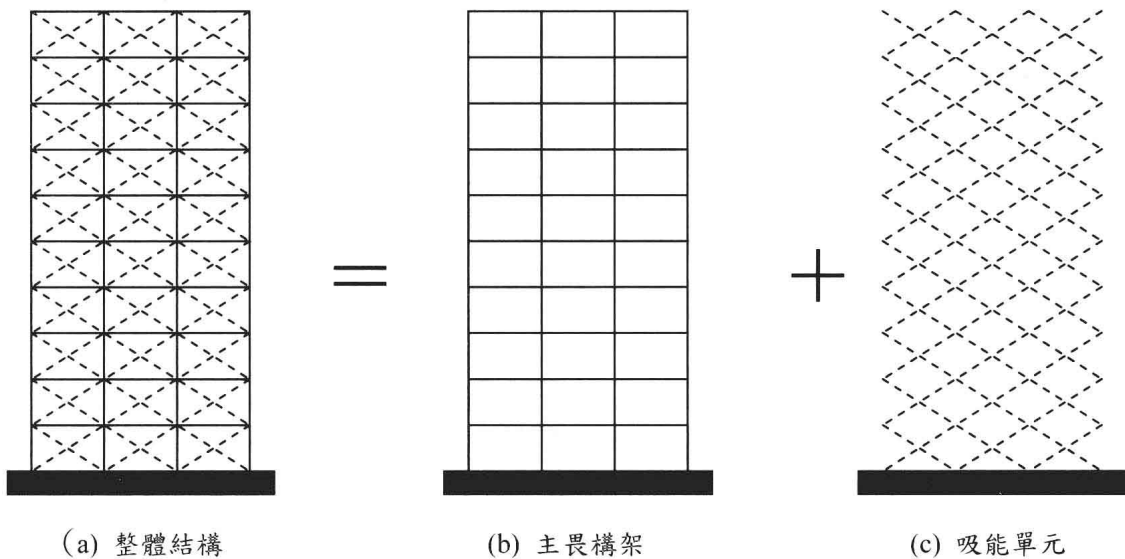


圖 1-2 傳統的耐震構造架構

### (2) 隔震結構

隔震結構（Seismic Isolation Structure）是在建築物基礎下部或中間層設置隔震層，以其具有大變形之能力，將地震能量集中於隔震層，利用隔震支承元件、阻尼器等消能裝置，吸收消耗地震能。亦即設置之隔震裝置（Isolator）須能安全地支持垂直載重，亦必須具有較大的水平變形能力。隔震裝置之種類有很多種，以積層橡膠隔震元件最為常見。適當良好的隔震建築設計，即使在大地震時，因傳遞至隔震層上部結構地震加速度變小，建築物主體的往

復搖動緩慢，以水平來回側移為主，縱向的搖擺晃動情況甚小，家具等即使未予固定處理，也不會大幅移動或翻倒；強震時上部建築的梁柱牆板整體上仍保有類似剛體（rigid body）構架，構件可以在彈性行為的範圍內，不致有重大的損傷，因此可以維持建築物的良好構架與使用機能，這是隔震結構的一大特色。

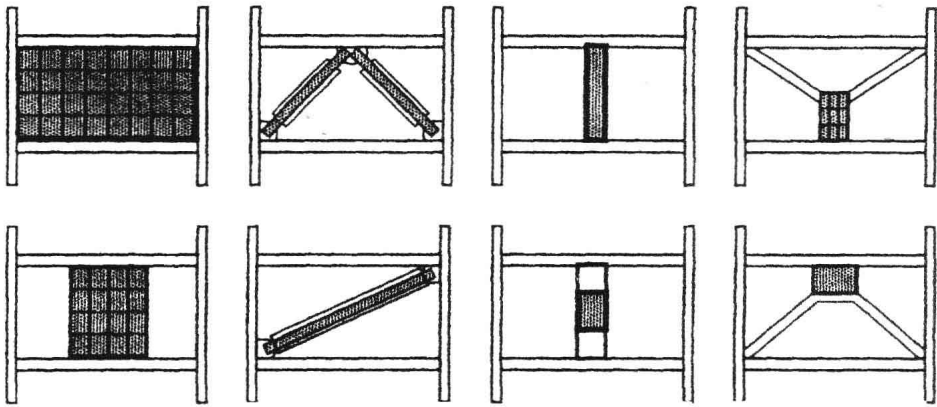
### (3) 消能結構

消能結構（Energy Dissipation Structure）是利用減振消能裝置，如阻尼器（Damper），或適時的提供反向控制力等機構，裝設在建築物上，在建築結構主要構件承受地震力之前，先行吸收消耗地震能量，抑制建築物的反應振動，以降低建築物的側向位移變形，減少地震時結構體的損壞。

#### 1.1.3 消能裝置的類型

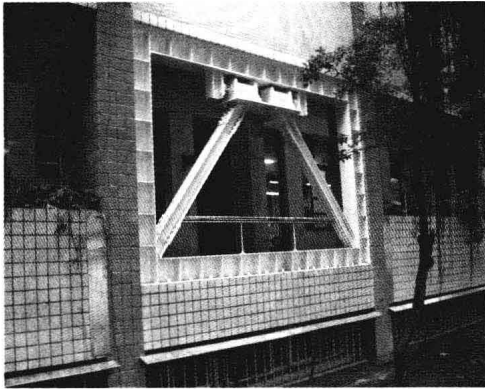
消能裝置概可以分為主動控制與被動控制型；「主動控制」消能裝置係針對建築物的基本振動週期，以主動作用的方式提供反向控制機構，以減小建築物受風產生的擺動幅度，令使用者不致有不舒適之感；當然對於地震而言，同時亦能達成制振抗震之效果。

「被動控制裝置」因各種阻尼器消能型式的不同，大略可分為：黏性阻尼器（速度相依型），及位移阻尼器（位移相依型）。黏性阻尼器乃增加建築物的阻尼係數，以消滅地震力帶來的能量，此類消能量裝置概有油性體、黏性體或黏彈性體三種消能阻尼器。阻尼力的大小和建築物的反應速度有關，故亦稱為速度相依型阻尼器。位移型阻尼裝置係以鋼材（低降伏鋼）、鉛、摩擦材等材料受力變形以消能，利用其遲滯迴圈吸收振動能量的能力來進行建築物振動的控制。建築物的變形越大，阻尼器吸收能量亦增大。但位移型阻尼器在本身材料降伏時才會發生阻尼效果，所以必須適切地設定降伏時之變形量，且地震後有降伏塑性變形者仍應予以更換，如圖 1-3(a)、(b)、(c)、(d) 所示。

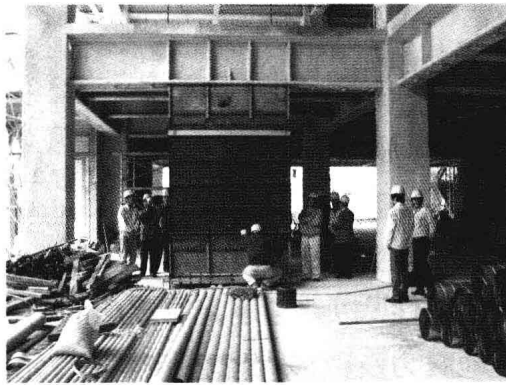


(a) 鋼板剪力牆 (b) 抗屈曲同心斜撐裝置 (c) 耐震間柱 (d) 鋼板降伏型消能裝置

圖 1-3 消能構造的安裝位置示意圖



照片 1-1 油壓式黏滯性消能元件(建國中學)



照片 1-2 黏滯性消能元件(台北捷運大坪林聯合開發大樓)

(照片 1-1~1-2 由陶其駿攝影提供)

#### 1.1.4 隔震裝置元件的種類

隔震裝置元件安裝於基礎之上，亦可以安裝於中間樓層，如地下室與一樓之間，或地上之某一樓層間，隔震元件之上為上部結構，即隔震消能保護的主要建築物。隔震元件可分為橡膠式隔震元件與滑動式隔震元件。橡膠式隔震元件又可分为「低阻尼橡膠隔震元件」、「鉛心橡膠隔震元件」、「高阻尼橡膠隔震元件」及滑動式隔震元件等，謹簡要說明如下。

##### (1) 低阻尼橡膠隔震元件

低阻尼橡膠隔震元件 (low-damping rubber bearings)：如圖 1-4 所示，主

要以一層橡膠一層鋼板膠結組合而成，橡膠層提供較低水平勁度，鋼片（steel shims）提高垂直承載能力。因為此類膠橡多使用天然橡膠，故業界常稱之為「天然橡膠隔震元件」（RB, rubber bearings）。

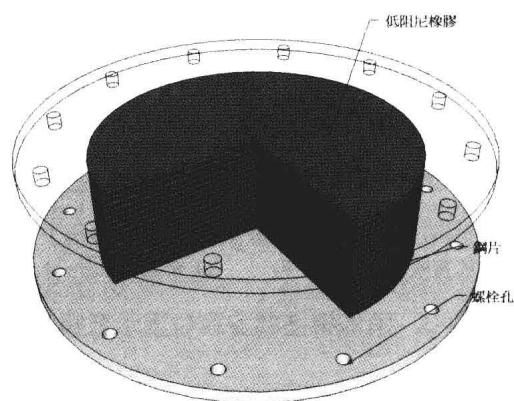


圖 1-4 低阻尼橡膠隔震元件供

(2) 鉛心橡膠隔震元件

鉛心橡膠隔震元件（LRB, leaded rubber bearing）：如圖 1-5 所示，由於天然橡膠水平勁度低，位移量大，乃依前項橡膠隔震元件改良而來，於其核心注入鉛心柱，以鉛金屬具有高度的韌性，可提高阻尼消能的效果，藉以消能，減小地震力及位移。鉛心橡膠隔震元件於 1970 年代由紐西蘭羅賓遜研發成功，於該國率先大量使用，目前則是隔震建築最普遍應用的隔震系統。

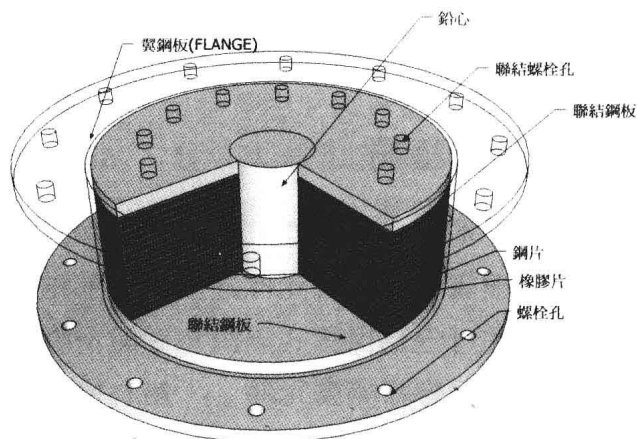


圖 1-5 鉛心橡膠隔震元件