

第一章 緒論

1.1 前言

由台北東科大樓火警的案例中，可知高樓喪失自身滅火能力後，將可能導致全面焚燬的慘劇，及造成極為嚴重的經濟損失，所以對於建築物消防能力的重視，是不可輕忽的。在 1999 年的 921 集集地震發生後，災區許多建築物的消防安全設備已發生構件毀損、系統故障等問題，致使建築物於震後無法立即發揮警報、滅火、避難逃生等功能。所幸 921 地震中，台電的供電同遭破壞斷絕電源，也因此減少了因電氣發生火災的機會；但是仍有醫院因緊急發電機啟動，造成建築內局部區域因電線短路而引起火災[1.1]的案例。

對於負責震後救災的單位而言，大地震後在一棟消防設備受損的建築物內推動救災工作也是非常危險的任務，這不只會影響到救災工作，甚至會影響到工作人員的生命安全；對於其他事業機構而言，消防設備損壞也可能造成漏水或淹水所產生的嚴重經濟損失。所以重要建築物內如何提升消防能力，不會在地震中因設備損壞而降低消防能力，便是一件很重要的事。

由於消防設備向來歸屬於所謂的非結構物，一般在進行結構設計時，並未將之納入耐震設計的範圍內。造成這種現象的原因，一方面固然是由於眾人並未明瞭設備物耐震力對震後重要建築機能的影響；另一方面也是由於設備系統包含的項目繁多，且不同設備系統的互動關係複雜，若有掛一漏萬的情形發生，則仍然會產生影響建築機能的現象，所以非必要便不願嘗試去做。說明後者最好的實例，便是美國加州對於醫院的耐震設計中，自 1970 年代起便已注意到非結構物的耐震重要性，但在 1994 年的北嶺地震中，仍有好幾間醫院因為部分設計時未注意到的非結構物損壞，導致醫院無法在震後立即使用的現象[1.2]。可見得發展設備耐震設計的方法，不只要做通盤考慮而且需要不斷的從震災經驗中去學習，才可能做到完善。

1.2 研究範圍

一般而言，非結構物在地震中的震動損壞狀況會與結構體的耐震力有關，在結構體產生重大損壞時，其內的各項非結構物大抵上也受損嚴重。反之，結構體抗震力足夠，只在地震中發生少許損壞者，其內的非結構物若有足夠的耐震力，便不至於會產生大量損壞。本研究雖然只針對消防設備的耐震能力進行研究，但係假設建築物的結構體耐震力充足，因此在預期地震發生時，結構體本身只會產生少量損壞狀況下，利用各種工程方法提升消防設備的抗震力。

一棟建築內的設備系統有好幾類，而系統間會有彼此影響的互動關係。如供電系統會影響到許多其他系統的運作，而蓄水槽損壞也會導致緊急供電的冷卻系統無法正常運作，產生緊急發電機過熱停機的問題[1.3]。本研究的重點在於消防設備的耐震力提升，因此將只探討消防設備系統與與消防設備系統相關的幾類系統，而無法顧及其他與消防相關性較小的設備。

1.3 研究方法

要針對消防設備檢討提升耐震力的方法，可依據所需工程費用有不同的進行方式。本研究考慮在經濟性的耐震設計標準前提下，決定了以下的研究方法：

- 一、 研究國內外地震所造成消防安設備之損壞資料
- 二、 建立會影響消防設備系統的其他非結構物項目
- 三、 收集國內外非結構物的耐震設計原則及規範
- 四、 研擬適合國內使用的消防設備物耐震規範

上述一、二兩點的研究工作主要在於整理國內外地震的消防設備損壞經驗，因此重點在文獻收集和整理。第三點的工作則是分析美日兩國的技术文獻與規範，擇其適合國內所用者，做為國內參考。第四點則需整合前三點的內容，配合國內實際狀況加以修訂，而成適合吾人使用的資料。

本報告的第二章將回顧國外地震中消防設備的損壞資料，其中以美國及日本的幾個主要大地震調查結果最值得本研究參考。第三章則為 921 地震中國內的消防設備損壞調查資料。此一資料主要來自南投縣的一棟立體停車場，該棟建築在 921 地震前就已完工，但因種種因素而未開放使用，921 地震後又因復建工程遲至民國 92 年才展開，而提供本研究案極佳的調查機會。第四章則針對本研究案擬定的「消防安全設備耐震規範」背景做一說明，並將主要參考的資料列出，以便讀者瞭解。附錄 A 中將美國 NFPA13 的消防撒水頭耐震標準譯出，並解說其設計原則與方法。附錄 B 則為本研究案研擬的「消防安全設備耐震規範」及其說明。

1.4 致謝

本研究案的進行過程中除了研究案內同仁的努力外，許多先進前輩的寶貴意見更提供了完整的面向，特此向以下這幾位先生致謝：

蔡益超教授、邱昌平教授、王亭復協理、洪思閩技師

內政部建築研究所：葉祥海組長，陶其駿研究員

內政部消防署：許哲銘科長

中華民國土木技師公會全國聯合會：施義芳技師

中華民國結構技師公會全國聯合會：陳司斌理事長

中華民國建築師公會全國聯合會：吳世清建築師，郝慰仁建築師

中華民國消防設備師協會：張慶進理事

強越工程公司：徐來枝先生，黃盛遠先生

富台顧問公司：彭煥松先生

正德公司：翁林泱先生

第二章 國外地震中消防設備的損壞資料

一般消防用設備如圖 2.1 所示。大致分為：「滅火設備」、「警報設備」、「避難設備」等三種。其他尚有消防用水或公設消防等，為進行滅火活動時所必須的設施。

其中有關「滅火設備」、「警報設備」、「避難設備」等，不僅有個別獨立設置的型式，也有分別連動之動作系統的狀況。對於比較大規模的建築，設施內設置有防災中心，消防用設備採用一元性的管理；也有導入利用電腦，進行精密管理的系統。

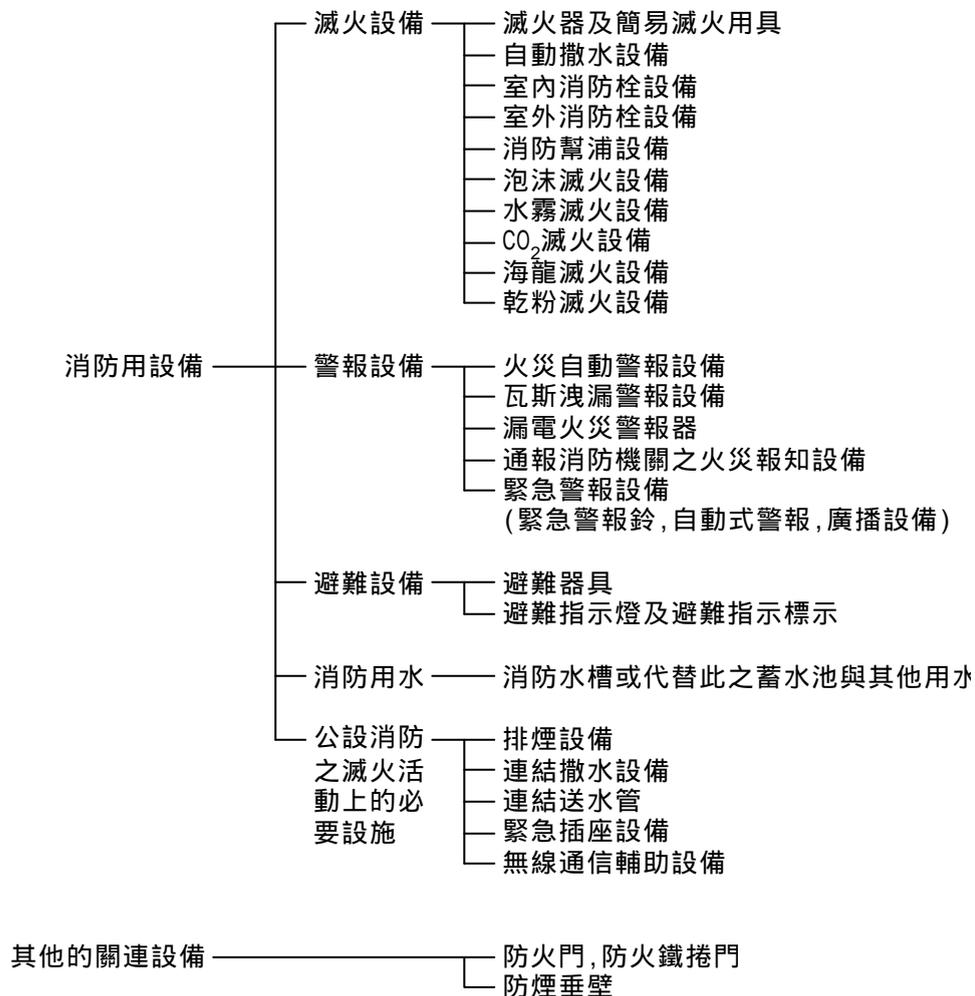


圖 2.1 消防用設備的體系

圖 2.2 所示為消防用設備的關連性；消防用設備最重要的角色為，火災的探測與初期滅火。關於火災的探測，在火災的初期階段，如何迅速地通知位於設施內的人們及消防機關，為其最重要的任務；

而且通報的同時，如何安全地實施避難活動的設備，也是相當重要的。關於初期滅火，在火災延燒發生之前，如何有效的滅火，為其相當重要的問題點。但是初期滅火失敗時，支援正規化的滅火活動之設備，或防止延燒至其他區劃或樓層的對策也是有其必要性的。

在這些消防用設備中，自動撒水設備與其他的設備，有著相當大的不同點。主要在於自動撒水設備不僅能自動的探測火災，並且不需借助人力，而具有自動的滅火機能，而且其成功率甚至能高達 98~99 %。因此，對於地震時滅火機能的維持，其信賴度也相當地高。

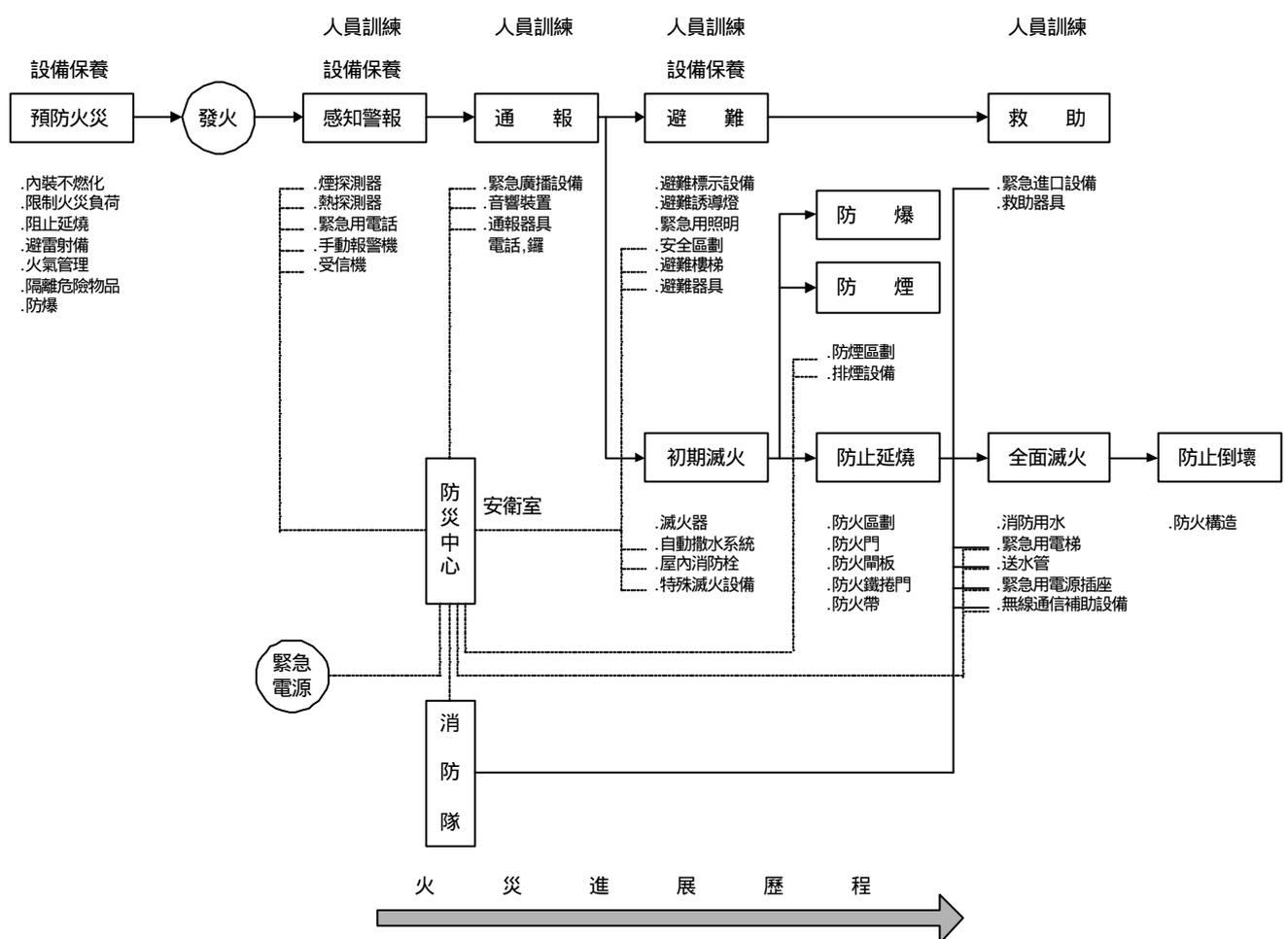


圖 2.2 主要消防用設備的關連性

2.1 美國的震害經驗

以下 2.1.1、2.1.2、及 2.1.3 等三節之震害資料，主要來自美國的 NFPA(National Fire Protection Association)機構針對三次美國本土地震所作的調查而得。NFPA 所訂定的消防抗震規範，主要為針對撒水頭的 NFPA 13，此規範不斷地根據歷年地震資料而更新。

在 1973 年版的 NFPA 13，只將條文內容區分為“強制”與“建議”兩類。所有建議性質的條文，都置於附錄中而已。由於耐震規範並不適用於所有設備，故亦被置於附錄中。

在 1980 年版之條文中，耐震規範的相關條文已納入本文內，這代表這些相關條文在地震區具有強制力。1970 年代到 1980 年代間，由於美國西部數起地震提高了大眾對防震的注意力，故在 1983 年到 1994 年六個版本中的條文都有耐震條文增修。

1989 年之 Loma Prieta 地震後，NFPA 與 NFSA (National Fire Sprinkler Association, Inc) 及 Society of Fire Protection Engineers 舉辦一場關於消防撒水系統在本地震中表現的聽證會。隨後在 1991 年的版本中，就對支管束制做出相關耐震規定。

在準備 NFPA 13 的 1996 年版本時，自動撒水器委員會(Committee on Automatic Sprinklers)參考了 53 件建議案以修改防震規範，當中有許多建議案是從北嶺地震中的破壞調查心得而定的。

2.1.1 聖佛南多地震 [2.2]

此地震發生於 1971 年 2 月 9 日早上 6 時 1 分，震源為洛杉磯北部震源深度 13 km、芮氏規模 6.6。造成死亡 58 人、負傷 2543 人。

* 自動撒水設備的受害狀況

Pacific Fire Rating Bureau 針對受災地域內的 68 棟建築物進行調查，其中有 56 % (38 棟)建築物的自動撒水設備受損；另外有 41 % (28 棟)的建築物受到水損。68 棟建築物的主體中，遭到不同程度受害的佔 65 % (44 件)。因本地震而造成自動撒水設備的受損，以配管與撒水頭為主，特徵如下所示：

- 配管的 C 型夾安裝方法不當

- 鎖住配管支撐構件的螺栓鬆脫
- 配管接續部的受損（特別是從供水主管至分流主管的分支部分）
- 通過牆壁貫通部或建築物伸縮縫接合部的配管受損
- 因天花板的掉落等，造成自動撒水頭與配水管的受損
- 因與建築物結構件撞擊，造成自動撒水頭的受損

表 2.1 個別的受害案例

用 途	工 廠
受害狀況	設備的受害狀況--自動撒水設備 <ul style="list-style-type: none"> •於數百組自動撒水設備中，有 18 % 受損。至修理完成為止，必須關閉控制閥，暫時成為無防護狀態 •分流主管的分支部分發生多起的損傷
復舊狀況	自動撒水設備的復舊需 28 小時
其 他	與設備或收納品的水損受害相比較，建築物的受害是屬於輕微的
用 途	醫 院
受害狀況	設備的受害狀況 1. 緊急電源 <ul style="list-style-type: none"> •錨定螺栓鬆脫、緊急用發電設備位移 •緊急用蓄電池設備掉落 2. 其他設備 <ul style="list-style-type: none"> •配管接合部的斷裂或設備機器的傾倒、掉落
其 他	<ul style="list-style-type: none"> •建築物遭受很大的破壞 •對於新醫院的建設，從本地震可得到很好的經驗教訓

2.1.2 加州 LOMA PRIETA 地震〔2.3〕

在 1989 年 11 月 17 日，舊金山灣區發生了一場芮氏規模 7.1 級的地震，造成了 100 億美金的損失。本地震的斷層發生於地下 11.5 英哩處，而在地表處沿伸了 3.7 英哩遠；地面被抬昇了 14 英吋且往北移動了 7 英吋。在鬆軟土層上普遍發生的土壤液化及放大效應，更加劇了本地震造成的損害。

關於撒水系統的報告普遍來說是正面的，在建築及結構物的 70 筆損害資料中，僅有極少數是關於撒水系統，此說明了 NFPA 13 中的防震條款確實有效。舉例來說，FM (Factory Mutual) 報告提及 12 處包括撒水頭在內的損害，但其中至少有 4 件違反現行撒水器規範，如不適當的穿孔間隙，伸縮縫沒有設可撓性接頭，或在 C 型吊架上沒設束帶。

支管上撒水頭的破壞： 結構單元與支管上撒水頭之間的相對位移，造成非常嚴重的損失，FM 12 件破壞報告中即有 7 件是此類破壞。缺乏束制之分支管線上的撒水頭，可能會撞擊到鋼梁或機器設備。

在一件重大損失案中，某倉庫中採用貨架式支撐的分支管線，係以環形吊架 (strap ring hangers) 支撐於 11 英吋長的眼孔型吊桿上。當建築物擺動時，這條 1~1/2 英吋的管線也跟著如鐘擺般擺動，旋轉近 90 度而且撞到水平構件及垂直架。數以百計的撒水頭在震後需要更換，而超過 50 個破壞點受損以致產生漏水現象。

在某些案例中，固定式天花板 (如金屬板) 與支管上之垂直支管 (drops) 撒水頭間的相對位移，會導致撒水頭被剪落，在舊金山機場的一處接駁站就有發生這樣的案例，其他地方亦有類似報告。在 FM 的報告中，提到一處在 9 英呎長之垂直支管上的撒水頭，由於與石膏製天花板間的相對位移，而造成撒水頭誤動開啟。值得注意的是，其他案例中垂直運動亦造成如同水平運動的問題。

在一處建築物中，支管的豎向移動量超過懸吊處 6 英吋，當這些管線被抬昇時，17 個撒水頭被它們支管的吊架剪落。

特殊懸吊方法之破壞： 利用火藥擊釘固定在輕質混凝土上的吊架及防震吊架，在數起例子中，都鬆脫了。而且至少有一處案例顯示，全牙吊桿 (all - threaded rod) 與吊架在接合處破裂。如同在先前的地震中，未束制之 C 型夾易從梁的翼緣上被搖鬆脫。

管件 (Fittings)： 管件普遍上都表現很好，FM 有一個關於 2 英吋可撓性接頭開啟的案例，且有另一個 2 英吋末端無螺紋的配管，其管件脫離，儘管後者發生在一個沒有裝設縱向防震吊架的系統上。有些報告指出 T 形管的破裂，而當中有一件是螺紋薄壁配管在與 T 形管連

接處被剪裂。

其他： 有些提供備用水源的戶外蓄水池，在地震中由於強烈的地表加速度，導致它們的存水都流光了。

依據 NFPA 13 而設置橫向及縱向防震吊架的主管，儘管其中有些被拉拔鬆脫，但並沒有有太大的損害。消防工程師 Robert Sherman 指出：儘管 NFPA 13 在數年前已有關於防震吊架的條款，不過關於扣件尺寸的設計規範，一直要到五年前才出現，而少數吊架及防震吊架的失效，也許與在這時間點之前安裝的系統有關。Loma Prieta 之地震調查報告，讓 NFPA 13 的防震小組委員會提議在 1991 年增列一些額外要求。其中最重要的一項就是關於支管防震吊架的型式，允許使用斜向拉索做為舊式防震吊架的另類選擇。這項提議亦包括在震區內之輕質混凝土牆上的防震吊架及吊架上，禁止使用火藥擊釘；以及用來代替橫向防震吊架的 U 型吊鉤須為全包型，且要滿足地震防震吊架的要求。

如同先前的地震一樣，假如結構體表現良好，依照 NFPA 13 設置保護措施的撒水系統一般也沒什麼問題。NFPA 13 防震小組委員會的一位成員，結構工程師 Karl Steinbrugge，從整理的狀況資料中指出：撒水系統就如同蘭花或槲寄生一樣，它們同時與整體結構體型式及支撐結構的功用息息相關。

2.1.3 加州北嶺地震〔2.4〕

1994 年 1 月 17 日，星期一，早上 4 時 31 分，在洛杉磯北方發生了芮氏規模 6.6 級的地震，接下來的幾天內，此地震亦伴隨了數起規模在 4 至 5 之間的餘震，由紀錄可知這些餘震的地表加速度超過當時建築法規達 4 倍之多。

由於震央發生在人口稠密區，所以此地震提供了觀察消防撒水系統抗震能力絕佳的機會，在與 Fire Sprinkler Advisory Board of Southern California 及 NFPA 共同合作之下，NFSA 的工程部門得以在震後的數個禮拜間訪察洛杉磯地區，檢查撒水系統的損害情形。

Fire Sprinkler Advisory Board of Southern California 亦請求當地的承包商、相關當局以及其他單位提供撒水系統的損害資料，而 NFPA 及 NFSA 則觀察了數個特殊的撒水系統。這些訪察之目的，是為了在將來改善 NFPA 13 規範時，提供一個有用的資料庫。

初步調查資料是由以下數項現場勘察資料獲得：

建物表現： 在以前的地震中，觀察結果普遍認為撒水系統的耐震能力是不會高於建築物之耐震能力。在這次造成數以千計房屋損壞的地震中，人們驚訝地發現，撒水系統損壞的層面不再那麼廣大。當重大的結構損壞發生時，撒水系統理所當然地難以牢牢抓住建物。如 Merl Norman Museum 大樓的頂層部分被剪裂時，也把內部的撒水系統一塊扯下；但在底層，撒水系統基本上還是完好如初；類似的情況，以貨架撒水頭 (in-rack sprinklers) 看起來也是受到極少的損壞；不過，亦有少數發生在 Levitz 傢俱倉庫及 Papermate Pen 倉庫的例外。

主管之縱向防震吊架 (Longitudinal Main Bracing)： 在本次地震中學到的一個主要教訓是 -- 有依照最新 NFPA 13 要求設置防震措施的撒水系統，在地震中的表現要比按照舊規範而施作的還要好，縱向主管防震吊架就是一個主要例子。在比 1987 年編定的 NFPA 13 更早的其他標準中，只要求在給水管或分流主管 (cross mains) 上做一處縱向防震吊架即可，如設在立管頂部的四向型防震吊架。在 1987 年時，委員會具體要求在主管上，至少每 80 英尺要設置一處縱向防震吊架。

若主要地震力方向與主管同向，而主管又缺乏縱向防震吊架以抵抗地震力時，則其反應會很明顯。在一處 Budweiser 的工廠中，2200 英尺長的 8 英寸主管便因此掉在樓板上；在一處 Papermate 及 Gillette 的工廠中，大型給水主管的衝量輕易地就摧毀了四向型防震吊架的扣件，以致於讓立管拉脫牆面。

給水主管的抬升破壞了分流主管上用來抵抗側向位移的管件，造成管件產生裂縫而釀成重大的水害，這些事件顯示在縱向設置逆向防震吊架 (retrobracing) 的需要。

再次的教訓： 數件在北嶺地震中所發現的問題點，其實與在 1989

年的 Loma Prieta 地震中所發現的非常相似。採用火藥擊釘來固定的扣件，在地震中都被拉拔出來；穿過屋頂而沒有足夠可撓性接頭的管線均遭破裂；利用生鐵製管件相連結，且被支撐在與建築物可能有相對位移的構件上之主管，很有可能受影響而破裂；承受過多拉力的自攻螺栓（Lag Bolts）則易被拉離木梁（Wood Beams）外。

撒水頭與天花板的相互影響：北嶺地震中值得注意處就是其垂直向的地表位移，紀錄中有高達 1.8g 的垂直地表加速度，這導致數起因與天花板相碰撞而造成的撒水頭損壞。在幾個案例中，如：Northridge Fashion Mall 及 Hilton Hotel，撒水頭被拉到天花板之上，隨後又猛烈地向下衝過天花板。天花板式撒水頭特別容易受到損害，單單在 Northridge Fashion Mall 中，即有 400 個撒水頭因這種運動而開啟。在北嶺地震中，撒水頭與天花板間的相對位移在各向可造成達 6 英吋的圓洞。

住宅管線系統：北嶺地震第一次提供了一些關於住宅撒水系統在地震中表現的線索。最近一項依據 NFPA 13D 而配置的住宅銅質管路，儘管此住宅群的仿大理石外牆出現次要的裂縫，但其撒水系統則毫無損傷。在加州大學北嶺分校，儘管有些建築物基礎被抬昇，造成石膏板破壞及屋瓦的損失，其五層樓低矮公寓的 NFPA 13 之薄壁鋼管（steel threaded thinwall NFPA 13 residential sprinkler systems）卻沒有遭遇到任何的損害。配管系統表現就不是那麼理想了，如一幢建於 1992 年的建築物，就有四間盥洗室及一條 3/4 英吋的銅製 HVAC 管損壞。

向上型支管 (SPRIG-UPS)：在 Northridge Mall 中的 Robinsons-May Anchor Store，建造於 1990 年，儘管有大量的天花板及輕裝飾物的破壞，消防撒水系統仍維持地相當好。3 至 4 英尺長的向上型支管，即使在地震中它們有可能在螺栓連結處翻轉，但最終它們仍維持垂直。然而，在附近的一處停車棚裡，兩英尺長的向上型支管翻落原位，也許是因為它們位於連接兩管的可撓性接頭上。

給水短立管 (CLOSE NIPPLES)：在 Santa Monica 附近由 Rockwell Rocketdyne 所擁有的 2 處設施中，設有往復式引擎（shuttle

engines) , 其內的 70 處撒水系統實際上是沒有問題的。有些系統的彎頭(elbows)裂開，而當中更有一個系統因為有座大型起重機掉落其上，造成其 4 英吋主管的破裂。然而這套單一系統之主要問題，包括使用 1/2 英吋撒水器給水短立管 (close nipple serving armovers) 來補強天花板的設備。當給水短立管無法抵抗由管線及天花板之間的相對位移造的應變時，系統當中 40 個管線隨即破裂。

持續的調查： C 型夾及薄壁管的破壞仍持續在觀察中。水源供應的難題在未來也需要分析，許多配備撒水系統的建物在地底管線破裂後都無水源供應。在北嶺地震中有一項關於撒水系統抗震能力的重大發現，即歷來為 NFPA 13 所做的改善措施，包括對防震吊架、懸吊載重及管線束制等的要求，在現實世界的地震中都被證明是值得的。大多數建築物的所有者都說撒水系統在抗震能力的表現上，比其他設備物有過之而無不及。垂直地表運動造成撒水頭與天花板間相互運動的經驗，應能為未來保護撒水系統免於地震損害提供更多的知識。

鋼索束制系統的限制： 1993 年 9 月至 10 月間，關於撒水系統技術之眾多爭論當中，有一項是針對利用鋼索束制來抵抗地震力的討論。NFPA 13 的規範當中，是藉由管、角鐵、桿件、平板及其他堅硬材料做為支撐，以抵抗橫向力及縱向力。是故，防止此類材料挫曲的最小標準亦涵蓋於其中，而這類支撐預期中是能承受壓力及拉力。若支撐與系統懸吊器搭配後能滿足 NFPA 13 之要求，則它們即能抵抗由地震造成的水平及垂直力。

在 1991 年，NFPA 13 為利用鋼索束制方法的使用開啟了一扇門，但這方法僅限於直徑小於 2.5 英吋的支管之束制。這類支管束制是用於當撒水頭與建築結構、機器設備或端部材料可能相互撞擊受損時。

表 2.2 北嶺地震與 LOMA PRIETA 地震之破壞統計表

破 壞 類 別	原 因
整體系統破壞	發生重大結構破壞
管件產生裂縫	給水管抬升破壞了支管上抵抗側向位移之管件
吊架拉拔出固定點	採用火藥擊釘
穿過屋頂之管線破裂	沒有足夠的可撓性接頭

主管破裂	利用生鐵製管件相聯結且支撐在與建築物有相對位移的構件上
自攻螺栓被拉離木梁 (Wood Beams) 外	負荷過重的拉力
撒水頭損壞	過大的向上地表加速度造成撒水頭與天花板相互撞擊
撒水頭損壞	結構單元與撒水頭之間的相對位移
撒水器損壞	不適當的穿孔間隙
撒水器損壞	防震縫沒有設可撓性接頭
撒水器損壞	C型吊具上沒有設束帶
撒水頭被剪落	堅硬天花板與支管上撒水頭的相對位移
撒水頭被剪落	管線抬升時，撒水頭被支管的吊架剪落
向上型支管翻轉	向上型支管連接於兩管的可撓性接頭上
彎頭裂開	
吊桿與吊架之接合處破裂	
未束制的C型夾從梁上被搖鬆脫	
T型管破裂	
戶外水池內之備用水源流光	強烈地表加速度

2.2 日本的經驗

2.2.1 宮城縣海岸地震 [2.2]

此地震發生於 1978 年 6 月 12 日晚上 17 時 14 分，震源為東經 142°10'、北緯 38°09'、震源深度 40 km、芮氏規模 7.4。造成死亡者 28 人、負傷者 1325 人、建物全毀 1183 戶、半毀 5574 戶。

* 地震的特徵：

- 仙台市芮氏規模 5，仙台市與仙台市北部的部分鄉鎮芮氏規模 6
- 混凝土空心磚圍牆倒塌，造成相當大的受害

●為都市型地震，生命線的受害與影響相當地嚴重

* 主要破壞情形：

- 地震主要發生於有很多高層建築物的仙台市，因此空調設備、給排水設備、電氣-通信設備等造成很多的破壞，如表 2.5
- 水系統滅火設備的配管及自動撒水頭、蓄水槽、幫浦等，幾乎所有的消防用設備都有破壞的情形發生，如表 2.6-2.8

表 2.3 主要建築設備種類別的受害狀況

設備種類	件數	各設備的被害處所
冷暖氣・空調 換氣設備	386	出風口(回風口)(20.2%)、配管(11.9%)、箱型機(11.1%)、放熱器(8.8%)、風管(7.0%)、冷卻塔(6.2%)、熱交換器(5.4%)、鍋爐(4.7%)、幫浦(4.1%)、送風機(4.1%)、煙囪(3.6%)、冷凍機(3.4%)、油槽(3.1%)、膨脹槽(1.8%)
熱水設備	67	瓦斯浴缸(44.5%)、電熱水器(23.9%)、熱水管(13.4%)、鍋爐(10.4%)、其他
給水設備	238	給水管(44.5%)、高架水槽(31.5%)、受水槽(10.1%)、室外埋設管(8.0%)、幫浦(3.8%)、其他
排水設備	91	雜排水管(40.7%)、淨化槽(14.3%)、catch-basin(14.3%)、幫浦(8.8%)、雨水管(7.7%)、污水管(6.6%)、其他
衛生器具設備	46	便器(30.4%)、浴缸(23.9%)、洗臉台(19.6%)、水箱(17.4%)、其他
滅火設備	70	自動撒水設備(75.7%)、室內消防栓(10.0%)、火災自動警報設備(7.1%)、其他
瓦斯設備	16	瓦斯管(75.0%)、其他
電氣・通信 設備	105	變壓器(24.8%)、配線(20.0%)、制御盤(10.5%)、配電箱(8.8%)、插座(8.8%)、導入電線柱(6.7%)、發電機(5.7%)、其他

照明設備	43	照明器具(100%)
------	----	------------

表 2.4 消防用設備的受害狀況

	損 傷 事 項	件數
滅火器	因傾倒、掉落物造成之噴射或破損	56
室內消防栓	馬達、幫浦運轉不良	4
	水槽龜裂	3
	配管龜裂	15
	消防栓箱	1
	受電設備的傾倒、位置偏移	63
	緊急用發電設備起動不良	11
自動撒水設備	撒水頭、配管損傷	13
避難設備	避難指示燈掉落	3
	舷梯	5
火災自動警報設備	受信機損傷	4
	探測器、斷線、脫落	7
緊急廣播設備	擴大機損傷	2
	喇叭損傷	2

表 2.5 水系統滅火設備之相關受害狀況

01. 因設置於樓板底下之混凝土槽的消防蓄水槽底部龜裂，造成漏水現象
02. 因設置於屋頂的高架水槽本體的移動、破損、龜裂，架台與混凝土基礎的移動、破損、龜裂
03. 從屋頂水槽配管接續部的破損
04. 因設置於消防蓄水槽內的底閥裝置不當，因滅火幫浦無法揚水
05. 滅火幫浦的運轉不良
06. 因滅火幫浦用之制御盤內部的裝置不當，造成無法運轉
07. 埋設於地下的配管之破損、龜裂
08. 室內配管的破損、龜裂
09. 滅火幫浦吸入側的法蘭部分，或鎖入部分等的龜裂
10. 室內消防栓箱的被害，主要原因為建築物壁體的變形或龜裂所造成

11. 與給水槽接續配管的固定或支撐不確實，造成之破損
12. 配管中閥類的破損
13. 自動撒水管的破損與龜裂
14. 自動撒水頭接續部的鎖入部分的破損與龜裂，造成之撒水頭的掉落

表 2.6 消防用設備相關之電氣設備的被害狀況

01. 導入設備
 - 導入電線柱的傾斜、倒塌、柱上變壓器的掉落
 - 工作口、地下管路的破損、電纜的斷裂
 - 架空導入線的斷裂、短路
02. 受變電設備（自立開放型）
 - 變壓器的移動、傾倒、破損、因移動造成軸套的破損
 - 變壓器的破損
 - 高、低壓母線的變形、高壓配線的斷線、短路
03. 受變電設備（室內、室外、配電箱型）
 - 配電箱本體的移動、傾斜、倒塌、配電箱內部變壓器的移動、傾斜
 - 導入線的斷線、短路
04. 配線
 - 分支配管配線的破損、脫落、斷裂，以及因上述原因造成之斷線、短路
05. 蓄電池設備（蓄電池另外設置型）
 - 蓄電池架台的移動、傾倒
 - 電槽的移動、傾倒、破損、龜裂、漏液
 - 電槽間接續之金屬構件的變形、斷裂
 - 電纜的斷裂
06. 蓄電池設備（蓄電池組型）
 - 蓄電池組型的移動、傾倒、蓄電池組內電槽的移動、傾倒、破損
07. 緊急用發電設備
 - 發電機本體的移動、傾倒、從基礎的脫落、發電機內部的配線斷線、短路
 - 消音器的破損、脫落、斷裂
 - 因煙囪內部的崩壞，造成無法運轉
 - 油槽、冷卻水槽的變形、漏水、油槽、冷卻水槽周邊配管的破損、變形、龜裂

<ul style="list-style-type: none"> •發電機盤的移動，與內部機器的移動 •起動用蓄電池盤的電槽的龜裂、傾倒、漏液 •因發電機盤的保養不良，造成無法運轉
<p>08. 火災自動警報設備</p> <ul style="list-style-type: none"> •受信盤的倒塌、傾斜、受信盤表示之燈號不亮、導電通信不良 •侷限型探測器的掉落、脫離、分佈型探測器的切斷、脫離 •配線的斷裂
<p>09. 緊急廣播設備</p> <ul style="list-style-type: none"> •擴大機的傾倒、掉落、喇叭的掉落 •配線的斷裂
<p>10. 避難指示燈設備</p> <ul style="list-style-type: none"> •避難避難指示燈的破損、掉落、脫離

2.2.2 神戶地震資料 [2.5]

1995年1月17日早上5時46分發生了阪神-淡路大地震，震央為淡路島（北緯 $34^{\circ}36'$ 、東經 $135^{\circ}04'$ ）、震源深度20 km、芮氏規模7.2。此次地震主要是以兵庫縣為中心，近鄰的府縣也都產生了極大的破壞；破壞情形包含道路、鐵路、電力、水道、通信等。關於建築物主要是以1、2層樓的木造住宅為主；另外RC造、SRC造、S造也都有相當的數量發生，其中也有大規模破壞的情形。

日本消防法針對建築物的用途、規模、收容人數等，都有設置消防用設備等的義務。對於此次地震而言，建築物的損害算是輕微的；但是設置的消防用設備等均有受害情形，也有因損傷造成了機能使用上的故障。特別是自動撒水設備，配管、撒水頭等之損傷，造成漏水、撒水等二次的損害（水損）[2.3]。

起火的原因特徵，以電氣與瓦斯為起因最多；而發展至大規模延燒火災的原因如下：

1. 消防人員遲到
 - 許多火災同時發生

- 因交通阻塞或建築物倒塌，導致交通的妨礙
 - 以救助活動為優先任務
2. 無法進行充分的滅火活動
 - 防火水槽不足
 - 因水管的破損，造成消防栓無法使用
 3. 助長火場擴大的要因
 - 倒塌的建築物正好為適當的易燃狀態
 - 木造建築物密集
 - 其他、燃草多的工廠或發生瓦斯洩漏等

A. 實地調查結果

以阪神地區的就寢設施（包括旅館、旅社、醫院及社會福祉設施等），選定 30 個對象，直接進行現場調查；其結果如下：

表 2.7 調查對象物的內容

都市名	震度	旅社	醫院	社會福祉設施	合計
大阪市	4	3	3	3	9
京都市	5	2	2	2	6
神戶市	6	5	5	5	15
合計	-	10	10	10	30

表 2.8 消防用設備的受害狀況

消防用設備的種類	被害狀況	件數	小計
1. 滅火器	因部分的延燒，造成燒損	1	1
2. 室內消防栓設備	自動給水裝置損傷	1	4
	配管破壞	1	
	水槽破損	2	
3. 自動撒水設備	撒水頭掉落	7	15
	減水警報裝置錯誤動作	1	
	配管破壞	6	
	輔助撒水栓門變形	1	

4. 泡沫滅火設備	撒水頭掉落	1	2
	配管破壞	1	
5. 火災自動警報設備	錯誤發信	6	11
	斷線	2	
	探測器無法作用	2	
	探測器燒損	1	
6. 緊急警報設備	無法緊急廣播	1	2
	喇叭燒損	1	
7. 避難指示燈	本體脫落	1	2
	燒損	1	
8. 連結送水管	配管破壞	1	1
9. 自設發電設備	異常停止	1	1

B. 相關業界等的調查結果

(1) 水系統滅火設備關係：

表 2.9 水系統滅火設備用途別被害狀況

水系統滅火設備用途區分		被害件數
1	劇場	1
2	遊戲場	1
3	百貨公司	25
4	旅社	8
	集合住宅	3
5	醫院	6
	老人安養中心	1
6	學校	1
7	停車場	10
8	工廠	9
9	倉庫	9
10	事業所	21
11	特定複合建築物	9
12	地下街	1

13	危險物品設施	3
合 計		108

表 2.10 室內、室外消防栓設備受害狀況

室內、室外消防栓設備用途區分		受害件數
1	百貨公司	2
2	醫院	1
3	學校	1
4	工廠	4
5	停車場	1
6	倉庫	2
7	事業所	5
8	特定複合建築物	3
9	危險物品設施	1
合 計		20

表 2.11 自動撒水設備受害狀況

自動撒水設備用途區分		受害件數
1	劇場	1
2	遊戲場	1
3	百貨公司	19
4	旅社	8
5	醫院	4
	老人安養中心	1
6	停車場	1
7	工廠	1
8	倉庫	6
9	事業所	13
10	特定複合建築物	5
11	地下街	1
合 計		61

表 2.12 泡沫滅火設備受害狀況

泡沫滅火設備用途區分		受害件數
1	百貨公司	4
2	集合住宅	3
3	醫院	1
4	工廠	4
5	停車場	8
6	倉庫	1
7	事業所	3
8	特定複合建築物	1
9	危險物品設施	2
合 計		27

表 2.13 設備別受害狀況

設備別受害區分		受害件數
1	室內、外消防栓	30
2	自動撒水設備	61
3	泡沫滅火設備	27
合 計		108

(2) 氣體系統滅火設備關係：

表 2.14 氣體系統滅火設備的調查、異常件數

防火對象區分		調査件數	受害件數
1	劇場	1	1
2	遊藝場	1	1
3	百貨公司	2	1
4	旅社	1	0
5	集合住宅	2	2
6	圖書館	2	1
7	工廠	12	8
8	停車場	9	7

9	事業所	78	23
10	特定複合建築物	3	1
合 計		111	45

表 2.15 高壓鋼瓶架等的被害

被害の内容		件數	比率 %
1	高壓鋼瓶架傾倒（因建築物損壞）	5	22.7
2	高壓鋼瓶架變形（因建築物損壞）	5	22.7
3	錨定螺栓的損傷	6	27.3
4	支撐金屬構件的損傷	3	13.6
5	配管的破壞（因建築物損壞）	2	9.1
	水損	1	4.5
合 計		22	100.0

表 2.16 電氣設備等的被害

被害の内容		件數	比率 %
1	掉落、變形（牆壁崩塌、變形）	4	26.7
2	安裝金屬構件的損傷	1	6.7
3	空氣管的破壞	3	20.0
4	警報（操作箱門打開）	1	6.7
5	水損	1	6.7
6	預備電源放電	1	6.7
7	錯誤放出（探測器動作）	2	13.3
8	錯誤放出（配線短路）	1	6.7
9	錯誤放出（不明）	1	6.7
合 計		15	100.0

表 2.17 配管類的受害

受害的內容		件數	比率 %
1	配管切斷（因建築物損壞）	3	30.0
2	配管頭破損（因建築物損壞）	1	10.0
3	噴射頭位置偏移	2	20.0
4	支撐破損（牆壁崩塌、變形）	3	30.0
5	支撐變形	1	10.0
合 計		10	100.0

(3) 警報設備關係：

表 2.18 防火對象區分別異常件數

水系統滅火設備用途區分		受害件數
1	劇場	1
2	遊戲場	1
3	飲食店	3
4	百貨公司	12
5	旅社	3
6	集合住宅	5
7	醫院	4
8	老人安養中心	2
9	學校	2
10	圖書館	1
11	停車場	1
12	工廠	22
13	倉庫	3
14	事業所	18
15	特定複合建築物	9
16	其他複合建築物	2
17	地下街	4
合 計		93

表 2.19 探測器受害

受害內容		件數	比率 %
1	發報 (浸水)	22	34.9
2	發報 (原因不明)	1	1.6
3	落下 (因天花板掉落)	29	46.0
4	光軸偏移	2	3.2
5	光軸偏移 (因結構物損壞)	5	7.9
6	其他	4	6.4
合 計		63	100.0

表 2.20 受信機受害

受害內容		件數	比率 %
1	變形 (安裝面變形)	1	7.7
2	機能不良 (連接器鬆脫)	1	7.7
3	機能不良 (浸水)	3	23.1
4	落下 (錨定螺栓鬆脫)	1	7.7
5	落下 (牆壁崩塌、變形)	4	30.7
6	其他	3	23.1
合 計		13	100.0

表 2.21 配線受害

受害的內容		件數	比率 %
1	斷線 (因結構物損壞)	24	45.3
2	短路 (因結構物損壞)	10	18.9
3	斷線 (因天花板掉落)	11	20.8
4	短路 (因天花板掉落)	3	5.6
5	絕緣不良 (浸水)	4	7.5
6	其他	1	1.9
合 計		53	100.0

(4) 廣播設備關係：
沒有因地震造成的損害。

(5) 自設發電設備關係：

表 2.22 發電機器受害

受 害 機 器		件數	備 註
1	本體	2	防振台樓板破損
2	控制盤	4	錨定螺栓鬆脫 2 件
3	冷卻水系統設備	5	配管破損 4 件
4	燃料系統設備	3	配管破損 2 件
5	排氣系統設備	4	

(6) 消防用設備之蓄電池設備關係：

表 2.23 蓄電池設備受害狀況

受 害 狀 況		件 數
架台關係	電池於架台內移動	4
	架台的傾倒	3
	基礎螺栓鬆弛	1
	架台的螺栓剪斷	1
	電池從架台掉落	1
	因樓板面沉陷，造成架台傾斜	1
	錨定螺栓設置不良	1
	合 計	12
電池關係	末端電槽龜裂，造成電解液流出	4
	因過度放電，造成無法再充電	3
	電極彎曲、電池破損	2
	因使用年數過長，造成無法使用	2
	因浸水，造成整流器的警報保險絲斷線	1
	合 計	12

(7) 有關消防用設備等蓄電池組式緊急電源專用受電設備關係：
 針對 17 家上市公司進行調查，回答數為 40 件，被害發生件數 3 件。被害的狀況為變壓器的固定螺栓折損、架台的角鋼變形等。

C. 神戶市消防用設備等損傷情形 [2.5]

表 2.24 消防用設備等別被害狀況

消防用設備等的種別	被害設施數	設置設施數	被害率(%)
自動撒水設備	222	544	40.8
防火門窗	161	524	30.7
泡沫滅火設備	20	83	24.1
室內消防栓設備	107	451	23.7
CO ₂ 滅火設備	9	42	21.4
火災自動警報設備	109	542	20.1
避難指示燈	94	537	17.5
自設發電設備	71	444	16.0
廣播設備	61	478	12.8
瓦斯外漏火災警報設備	22	206	10.7
海龍滅火設備	17	162	10.5
避難器具	25	268	9.3
警鈴	24	262	9.2
乾粉滅火設備	4	62	6.5
合 計	4609	946	-----

表 2.25 主要消防用設備等別的損傷狀況

設備名稱	損 傷 原 因	件數
室內消防栓設備	●配管龜裂、偏移、漏水、變形破壞	61
	●水槽龜裂、偏移、傾倒	56
	●消防栓箱變形	46
	●加壓送水裝置的偏移、漏水、變形	32
自動撒水設備	●配管龜裂、偏移、漏水、變形破壞	138

	<ul style="list-style-type: none"> ●撒水頭的龜裂、漏水、變形、錯誤起動 ●水槽龜裂、偏移、傾倒 ●加壓送水裝置的偏移、漏水、變形 	122 75 44
泡沫、CO ₂ 、海龍、乾粉滅火設備	<ul style="list-style-type: none"> ●配管的破損、鋼瓶的傾倒 	
自動火災報知設備	●探測器脫落、因浸水造成錯誤動作	90
	●受信機的錯誤動作	46
自設發電設備	●燃料槽的傾倒、偏移、損傷	36
	●燃料配管的偏移	33
	●冷卻裝置的冷卻配管龜裂、偏移	41

D. 神戶地震經驗總結

根據以上的調查的結果，可以得到以下的結論：

(1) 自動撒水頭

主要的破損狀況有感熱部的破損、天花板構件與感熱部的接觸、因天花板的掉落、感熱部被物品所撞擊（門扉、物品）；另外，尚有濕式或撒水頭的破損，造成撒水等二次受害。

(2) 配管

關於滅火設備配管的受害有接續部龜裂、拔出、配管的龜裂、損傷等。另外，尚有因配管本體的搖動、支撐不充足、設備與物品的碰撞、建築物伸縮縫部、建築物導入部等，設置於振動變位較大之處。

(3) 水槽、給水裝置

主要的破損狀況有龜裂、偏移、傾倒等；龜裂為設置施工時，並未考慮耐震之故。另外尚有配管與支撐構件振動產生的變位不同，造成之破損；以及基礎固定方法的不良等。

(4) 高壓鋼瓶

關於瓦斯系統滅火設備的被害有鋼瓶的傾倒、因鋼瓶的傾倒造成容器閥配管的損傷、配管的損傷等。關於鋼瓶的傾倒，主因為未充分固定之故，另外也有固定部破損的情形。

(5) 探測器

主要的破損狀況有因天花板的落下，因漏水造成電氣的受害等。

(6) 配線等

主要的破損狀況以固定或支撐的天花板或牆壁的掉落或崩塌等現象，造成斷線、短路的情況較多。

(7) 自設發電設備

主要的破損狀況有，因冷卻水管或燃料用配管的破損，造成的機能不良。另外，尚有因裝置不當或保養不良，造成設備無法運轉的情形。

(8) 架台

主要的破損狀況有，因基礎螺栓、架台螺栓等之損害，造成傾倒、偏移、振動等情形。其原因為錨定螺栓的施工不良、根數太少、直徑太小等。

第三章 國內地震中消防設備的損壞資料

921 地震時國內許多建築物的消防設備都受到嚴重損壞，但因缺乏適當的資料整理與分析，以致於多半無法做為改善現況的依據。但主持人在 921 勘災時發現，消防設備的損壞原因很多，有的甚至是因磚牆倒塌而壓壞消防水管的情形。

南投埔里有一座立體停車場，在 921 地震前便已完工，但因種種原因而未正式啟用，921 地震中該停車場受到局部結構損害，但其內的消防管線則受到嚴重破壞。由於修復工程一直沒法順利進行，因此正好提供本研究案一個極佳的破壞案例，做為國內損壞特性之調查對象。

3.1 埔里鎮立體停車場簡介

本建築物正式名稱為“南投縣埔里鎮第四停車場”，是一棟地上拾層，地下壹層之鋼筋混凝土造建築物(照片 3.1)。樓層規劃壹樓至參樓為商家，肆樓至拾樓為停車場，地下室為商家停車場及機械設備空間。本停車場之消防系統簡述如下：

警報設備

(一) 火災自動警報設備

1. 每層樓設置定溫式、偵煙式、差動式等自動火警探測器
2. 每層樓各消防栓上均設火災警報綜合盤一組
3. 火災受信總機採用 50 回路，設置於一樓管理室

(二) 緊急廣播設備

1. 擴音機及送話器設於一樓管理員室，每層設揚聲器
2. 設置供應本設備所需之緊急電源（連接發電機）

消防搶救設備

(一) 消防栓設備

1. 立管口徑 3 英吋，在每一樓層每 25 m 步行距離內裝設 1 支立管
2. 消防栓之設置高度距離樓地板面 30~50 cm
3. 消防栓水源，屋頂水箱 20 m³，地下水箱 104 m³，瞄子出水壓力保持 1.7 kg/ cm²以上

4. 消防送水口設 2 處於地面層 (2.5 英吋雙口式), 高度距離基地地面在 50~100 cm 之間
5. 加壓送水設備設 25 hp 陸上式電動消防幫浦 , 並設置供應緊急電源之 150 kw 發電機

滅火設備

(一) 自動泡沫滅火設備

1. 設置自動緊報逆止閥 , 並設 30 hp 電動泡沫幫浦 (連接 150 kw 緊急電源發電機)
2. 泡沫放射區域設置手動啟動裝置 , 並設置一齊開放閥 , 探測裝置採探測撒水頭 (照片 3.2)
3. 各層設置滅火器 , 共計 10 磅 ABC 乾粉滅火器 345 具

逃生避難設備

地下設 2 座避難梯 , 貳樓至拾樓設緩降機共 76 具

標示設備

1. 各層樓之緊急出口均裝設出口標示燈
2. 各層室內梯間均設置緊急照明燈
3. 各層室內通道 (或走廊) 轉彎處 , 均設置避難方向指標

現況照片 :



照片 3.1 建築物外觀



照片 3.2 建築物內部之自動滅火設備

建物結構破壞介紹

埔里停車場結構上破壞並不算嚴重，每一樓層平面上計有 47 根柱子，而僅有在肆樓處有一根明顯可見到內部鋼筋之柱破壞，如照片 3.3 所示。其餘的樑柱破壞，則以龜裂的情形較多。牆面部分亦有受剪力所造成的破壞龜裂，將以灌注環氧樹脂方式改善，照片 3.4。



照片 3.3 唯一一根可見內層鋼筋之柱破壞(肆樓)



照片 3.4 牆面之破壞情形

3.2 消防管線破壞資料

滅火設備破壞調查項目計有：集熱盤、吊環、吊桿、配管、手動裝置及其他項目等。調查結果發現本停車場消防系統之破壞狀況，有隨著樓層數增高而加劇的趨勢。破壞多集中在捌樓、玖樓及拾樓等三個樓層，且以集熱盤傾斜（拾樓）及吊桿變形（捌樓、玖樓）之破壞數最多。

針對會造成系統功能喪失的破壞項目（即吊桿破壞及配管破壞兩項目），本研究除目視調查與分析外，並配合修復工程中的試水，以確知本建築物實際的損害狀況。

在試水中發現，消防撒水系統的損害狀況與先前調查資料非常吻合，只有在快速接頭處，由於目視無法辨別，於試水時再發現少許破壞點。而立管部分，經試水後證實沒有損壞，在地震以後仍能發揮正常的功能。

試水程序簡述如下：

- (1) 幹管充水檢修：先將幹管注滿無施加壓力的水，檢查幹管有無損壞，進而再檢查機械接頭處有無損壞。此階段中發現幹管沒有損壞。
- (2) 幹管施壓檢修：將幹管注滿施壓的水，再次檢查幹管受損狀況。此階段確定幹管無損壞。
- (3) 逐樓測試撒水系統：先將各泡沫放射區域單元上的一齊開

放閥關閉，再將靠近立管處的自動緊報逆止閥開啟。此時可檢查自動緊報逆止閥功能正常與否。

- (4) 將各泡沫放射區域單元上的一齊開放閥逐一開啟，以檢查各單元之功能正常與否。同時亦檢查手動開關能否正常動作。

影響消防設備系統能否正常運作的原因有 1)吊桿的破壞，及 2)配管的破壞兩種。以下為針對埔里第四停車場吊桿及配管的破壞分析資料。

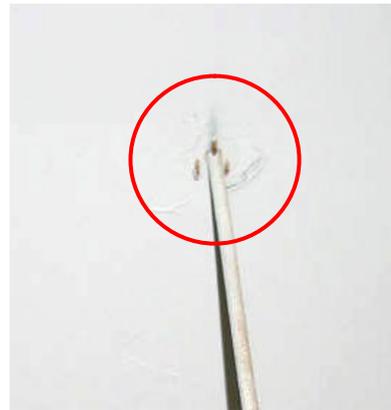
吊桿破壞調查

埔里第四停車場之吊桿破壞經實地勘察後，發現吊桿有下列三種安裝模式：

- (1) 預埋式吊桿



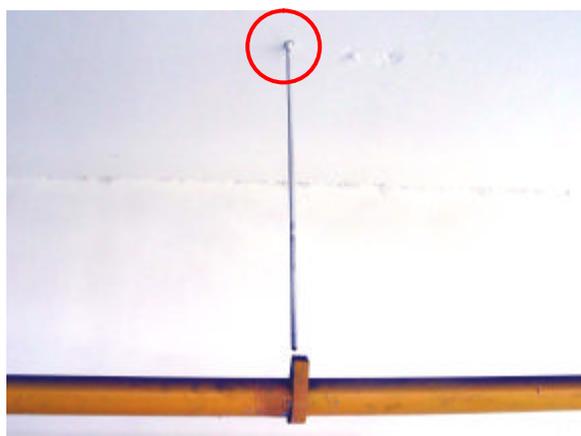
照片 3.5 預埋式吊桿



照片 3.6 預埋式吊桿細部

預埋式吊桿為在建築物主體混凝土澆灌的同時，就先預埋一懸吊螺孔，在外觀上會看到有鐵釘突出物，可依此判斷為預埋式吊桿。

(2) 膨脹螺栓式吊桿



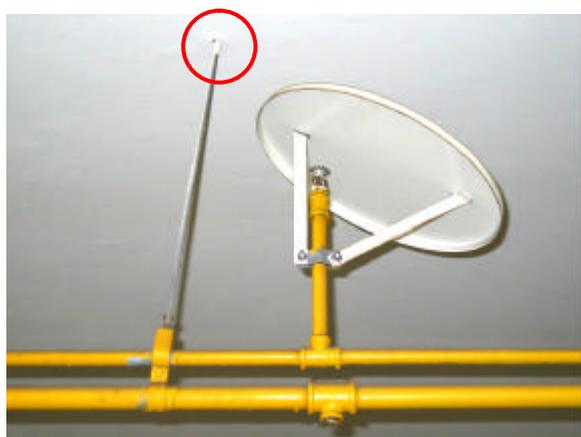
照片 3.7 膨脹螺栓式吊桿



照片 3.8 膨脹螺栓式吊桿

膨脹螺栓在外觀上與火藥擊釘類似，都有白色之突出物。但膨脹螺栓的原理為先在樓版上利用電鑽鑽孔，再打入螺栓後鎖吊桿，所以白色突出物約只有原本的一半或更少，且與樓版交界處亦沒有白色橡膠墊片，材質在細部紋理處也與火藥擊釘相同，所以容易判斷。

(3) 火藥擊釘式吊桿



照片 3.9 火藥擊釘式吊桿



照片 3.10 火藥擊釘式吊桿

火藥擊釘吊桿為較方便之施工法，利用擊釘槍及火藥將懸吊螺孔固定在樓版上，因此外觀會有一條白色突出物，且其與樓版接觸面有白色橡膠小墊片。

調查採人工逐層點算方式，以調查埔里第四停車場肆樓至拾樓中，各樓層之懸吊種類及破壞方式，並清點各懸吊種類的母體數，予以統計分析。由表 3.1 可發現，預埋吊桿及膨脹螺栓式吊桿占使用上

的大多數，柒樓至拾樓之預埋式吊桿皆超過 5 成，而膨脹螺栓式吊桿也約在 4 成左右。肆樓至拾樓預埋式吊桿個數為 1592 個，佔全部吊桿數 3023 個之 52.66%；膨脹螺栓 1307 個，佔總數之 43.24%；火藥擊釘數量較少，只有 124 個，佔總數之 4.10%。

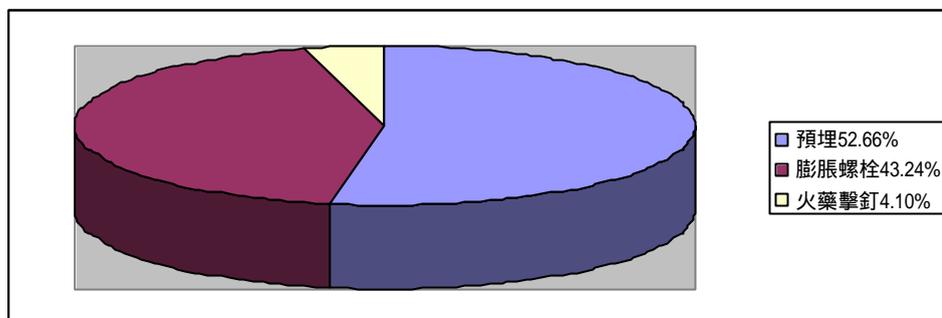


圖 3.1 各懸吊種類統計圖

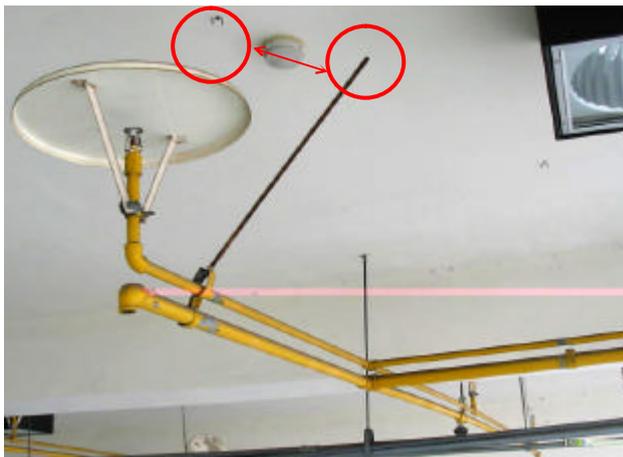
表 3.1 肆樓至拾樓懸吊桿種類及個數統計表

樓層	吊桿種類	該樓層個數	總數	比例
拾樓	預埋	273	488	55.94%
	膨脹螺栓	202		41.39%
	火藥擊釘	13		2.66%
玖樓	預埋	315	467	67.45%
	膨脹螺栓	143		30.62%
	火藥擊釘	9		1.93%
捌樓	預埋	241	480	50.20%
	膨脹螺栓	197		41.04%
	火藥擊釘	42		8.75%
柒樓	預埋	253	467	54.18%
	膨脹螺栓	179		38.33%
	火藥擊釘	35		7.49%
陸樓	預埋	222	473	46.93%
	膨脹螺栓	230		48.63%
	火藥擊釘	21		4.44%
伍樓	預埋	238	445	53.48%

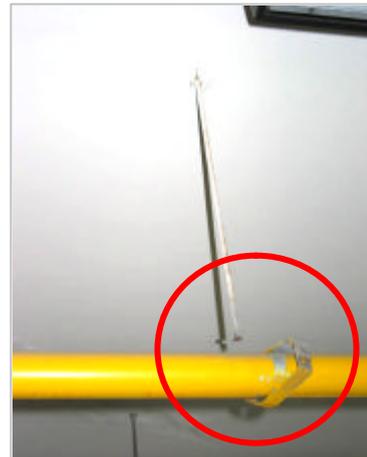
	膨脹螺栓	205		46.07%
	火藥擊釘	2		0.45%
肆樓	預埋	50	203	24.63%
	膨脹螺栓	151		74.38%
	火藥擊釘	2		0.99%

上述三種懸吊模式(預埋、膨脹螺栓、火藥擊釘)亦可按其破壞方式，分成以下兩種：

1. 吊桿斷裂：又可分為兩種，
 - a. 與上部天花板間銜接處造成剪斷(照片 3.11)
 - b. 與吊環相接處斷裂(照片 3.12)



照片 3.11 與上部天花板間銜接處造成剪斷



照片 3.12 與吊環相接處斷裂

2. 吊桿拔出：又可分為四種，

a. 預埋拔出(照片 3.13)

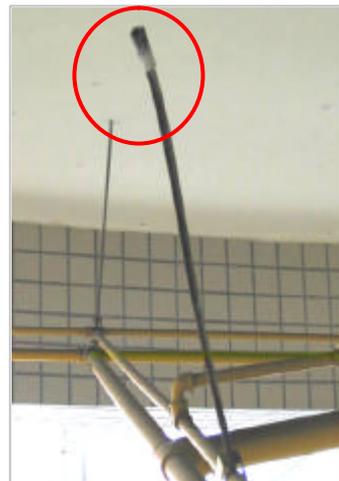
b. 膨脹螺栓整個拔出(可看見整個膨脹螺栓)(照片 3.14)

c. 火藥擊釘整個拔出(可見擊釘)(照片 3.15)

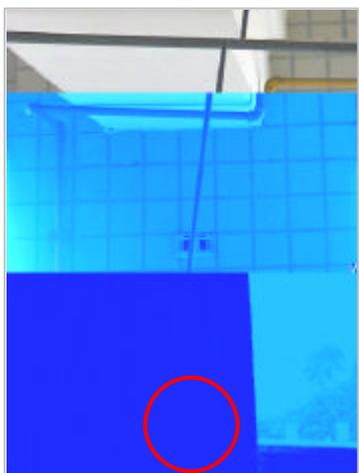
d. 連混凝土塊一起拔出(照片 3.16)



照片 3.13 預埋拔出



照片 3.14 膨脹螺栓拔出



照片 3.15 火藥擊釘拔出



照片 3.16 連混凝土塊一同拔出

表 3.2 肆樓至拾樓之吊桿破壞統計表

肆樓至拾樓	破壞形式	破壞數目		實際數目		破壞比例		
		個數	總和	該懸吊方式吊桿總和	肆樓至拾樓懸吊桿總和	斷裂或拔出的破壞機率	該懸吊方式佔該懸吊總樹破壞機率	該懸吊方式佔肆樓至拾樓總數破壞機率
預埋	吊桿斷裂	20	26	1592	3023	1.26%	1.63%	0.86%
	吊桿拔出	6				0.38%		
膨脹螺栓	吊桿斷裂	25	38	1307		1.91%	2.91%	1.26%
	吊桿拔出	13				0.99%		
火藥擊釘	吊桿斷裂	7	15	124		5.65%	12.10%	0.50%
	吊桿拔出	8				6.45%		
總數		79		3023	2.61%			

由上表觀察，火藥擊釘吊桿破壞佔該總類的 12.10%，破壞機率相對於預埋式吊桿 (1.63%) 及膨脹螺栓式吊桿 (2.91%) 高出甚多。火藥擊釘懸吊方式使用的個數相對於整體而言，個數並不多；但每 10 個吊桿之中就有 1 個破壞，破壞機率非常地高。

下列表格為依各樓層懸吊方式破壞資料所作的調查統計表：

表 3.3 各樓層懸吊破壞調查統計表

拾樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	9	9	273	488	3.30%	3.30%	9 ÷ 488 =
	吊桿拔出	0				0.00%		1.84%
膨脹螺栓	吊桿斷裂	8	9	202		3.96%	4.46%	9 ÷ 488 =

	吊桿拔出	1				0.50%		1.84%
火藥擊釘	吊桿斷裂)	0	1	13		0.00%	7.69%	1 ÷ 488 =
	吊桿拔出	1				7.69%		0.20%
總數		19		488				3.89%
玖樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	5	8	315		1.59%	2.54%	8 ÷ 467 =
	吊桿拔出	3				0.95%		1.71%
膨脹螺 栓	吊桿斷裂	5	13	143	467	3.50%	9.09%	13 ÷ 467 =
	吊桿拔出	8				5.59%		2.78%
火藥擊 釘	吊桿斷裂)	0	2	9		0.00%	22.22%	2 ÷ 467 =
	吊桿拔出	2				22.22%		0.43%
總數		23		467				4.93%
捌樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	5	8	241		2.07%	3.32%	8 ÷ 480 =
	吊桿拔出	3				1.24%		1.67%
膨脹螺 栓	吊桿斷裂	9	10	197	480	4.57%	5.08%	10 ÷ 480 =
	吊桿拔出	1				0.51%		2.08%
火藥擊 釘	吊桿斷裂)	5	6	42		11.90%	14.28%	6 ÷ 480 =
	吊桿拔出	1				2.38%		1.25%
總數		24		480				5.00%
柒樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	1	1	253		0.40%	0.40%	1 ÷ 467 =
	吊桿拔出	0				0.00%		0.21%
膨脹螺 栓	吊桿斷裂	1	4	179	467	0.56%	2.23%	4 ÷ 467 =
	吊桿拔出	3				1.68%		8.57%
火藥擊 釘	吊桿斷裂)	2	5	35		5.71%	14.29%	5 ÷ 467 =
	吊桿拔出	3				8.57%		1.07%
總數		10		467				2.14%
陸樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	0	0	222	473	0.00%	0.00%	0 ÷ 473 =

	吊桿拔出	0				0.00%		0.00%
膨脹螺 栓	吊桿斷裂	2	2	230		0.87%	0.87%	2 ÷ 230 =
	吊桿拔出	0				0.00%		0.42%
火藥擊 釘	吊桿斷裂)	0	1	21		0.00%	4.76%	1 ÷ 21 =
	吊桿拔出	1				4.76%		0.21%
總數		3		473				0.63%
伍樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	0	0	238		0.00%		0.00%
	吊桿拔出	0				0.00%		
膨脹螺 栓	吊桿斷裂	0	0	205	445	0.00%		0.00%
	吊桿拔出	0				0.00%		
火藥擊 釘	吊桿斷裂)	0	0	2		0.00%		0.00%
	吊桿拔出	0				0.00%		
總數		0		445		0.00%		
肆樓	破壞形式	破壞數目		總數		破壞比例		
預埋	吊桿斷裂	0	0	50		0.00%		0.00%
	吊桿拔出	0				0.00%		
膨脹螺 栓	吊桿斷裂	0	0	151	203	0.00%		0.00%
	吊桿拔出	0				0.00%		
火藥擊 釘	吊桿斷裂)	0	0	2		0.00%		0.00%
	吊桿拔出	0				0.00%		
總數		0		203		0.00%		

由上表觀察得知，破壞數目較多者主要集中在柒樓至拾樓，柒樓吊桿破壞個數為 10 個，捌樓 24 個，玖樓 23 個，拾樓 19 個。而捌樓之所以破壞個數較多，原因應為捌樓的火藥擊釘個數較多(有 42 個，各樓層火藥擊釘個數如下：柒樓 35 個、捌樓 42 個、玖樓 9 個、拾樓 13 個)，因為火藥擊釘的破壞機率較高，因此該樓火藥擊釘個數增加的結果，間接也提高了該樓吊桿的破壞個數。

配管破壞調查

埔里第四停車場除了因懸吊桿件斷裂或拔出，導致消防功能損壞外，配管的斷裂亦是主要破壞原因之一，配管的斷裂主要可分兩種：

1. 與手動啟動閥相接處之破壞(圖中打 處)

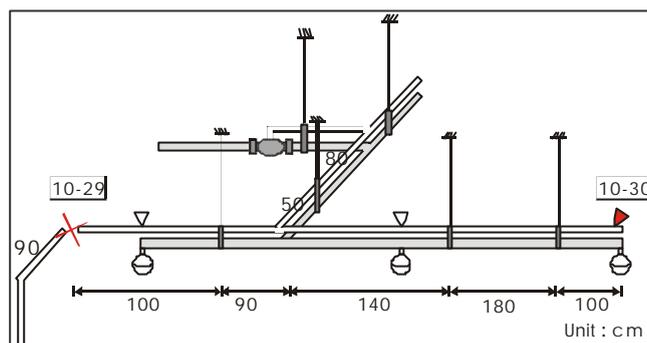


圖 3.2 配管與手動啟動閥相接處之破壞示意圖



照片 3.17 配管與手動啟動閥相接處之破壞照片

此種破壞主要為地震力作用下，因懸吊管無斜撐抵抗慣性加速度而產生大振動，但手動啟動閥卻固定於牆上，以致造成螺牙配管接到手動啟動閥 L 型處剪斷。

2. 泡沫放射區域單元局部斷裂(圖中打 處)

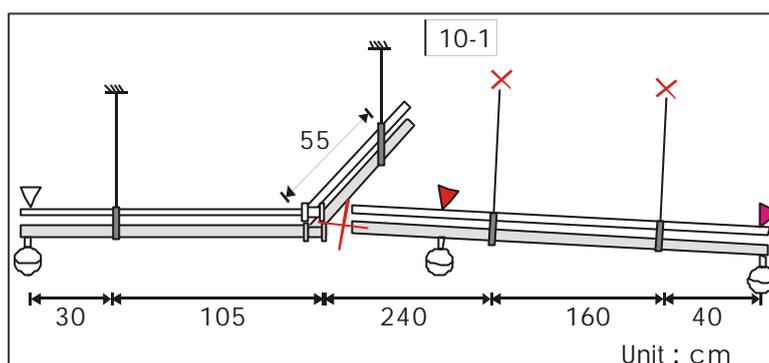


圖 3.3 泡沫放射區域單元局部斷裂破壞示意圖



照片 3.18 泡沫放射區域單元局部斷裂照片

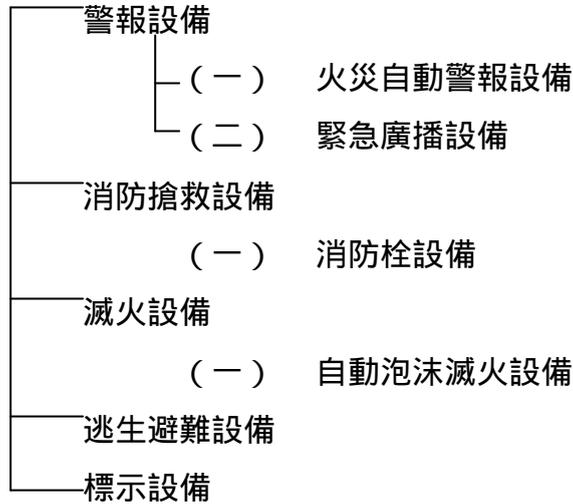
此種破壞主要為受水平、垂直地震力搖動拉扯，導致懸吊桿件斷裂或拔出，致使配管無重力支撐而在螺紋處斷裂。

表 3.4 各層配管斷裂數目統計表

	肆樓	伍樓	陸樓	柒樓	捌樓	玖樓	拾樓	總和
配管斷裂	0	1	0	1	6	2	6	16

3.3 相關設備震後情形

埔里鎮第四停車場之消防系統可整理成如下之樹狀圖：



在本系統中之滅火設備的破壞調查，詳細資料如上節所載；另外的警報設備、廣播設備，由於現場仍無以電力測試，故無法確知其確實損壞狀況。不過，就目視判斷，設備元件損壞狀況不嚴重，應該可發揮其應有功能。逃生避難設備及標示設備等，大體而言無甚破壞，對其功能應無影響。立管系統如前所述，震後仍可發揮故有功能。

位於地下室的機房，內部有原液槽、壓力水槽及控制盤等設備，實際勘查後發現，這些設備仍緊固於地面，並沒有位移，故亦無甚破壞。



照片 3.19 地下室機械設備



照片 3.20 地下室機械設備

在搶救時扮演重要角色的緊急電梯，在震後功能正常與否，會對搶救進度造成重大影響。本停車場設有緊急電梯兩座，在震後由於車門緊閉，目前無法看到其坑道內部情形，但位於頂樓的捲揚機等機械設備則幾乎沒有受損，只見到日光燈掉落。由於修復工程沒有包括電梯修復，故無法確知其實際損壞狀況。



照片 3.21 頂樓電梯捲揚機

3.4 結論

由上述之調查結果，針對主要破壞的懸吊種類及配管提供以下建議：

1. 吊桿

- a. 由統計表可知，火藥擊釘懸吊方式的破壞機率，皆較預埋方式及膨脹螺栓懸吊方式為高。因此非必要應儘量避免使用火藥擊釘的懸吊方式。
- b. 膨脹螺栓及預埋吊桿是較好的方式，但預埋吊桿的施作在澆灌樓版時就要先預留好，因此除非有良好的計劃，否則往往會在事後作修改而採用膨脹螺栓或火藥擊釘。
- c. 膨脹螺栓及預埋方式吊桿的破壞不盡相同，膨脹螺栓主要為拔出的破壞，而預埋主要為剪斷的破壞。因此若能增加膨脹螺栓與樓版間之摩擦力，即可減少其被拔出的機率，在施作上亦較預埋的方便有彈性。

2. 配管

- a. 配管的破壞主要分為

- (1.) 與手動啟動閥相接 L 型處公螺牙斷裂。
 - (2.) 泡沫放射區域單元部分配管破壞。
- b. 與手動啟動閥相接 L 型處公螺牙斷裂推測原因有二：
- (1.) L 型配管與結構梁相撞造成公螺牙剪斷。
 - (2.) 手動啟動閥與牆面固定端剛性較強，因此在 L 型剛性較弱處容易剪斷。
- c. 泡沫放射區域單元部分配管破壞主要原因推測為懸吊桿的剪斷或拔出導致局部配管失去支承力，而使配管因重力造成螺牙相接處剪斷。

第四章 消防安全設備耐震規範之說明

根據前述國內外震害資料顯示，地震作用下消防設備的耐震力強弱，除了與消防設備（含機器與管線）本身抗震能力有關外，也與建築內其他相關設施或設備之抗震力有關，比如：與其他管線的撞擊問題、緊急電源的供應問題、水池耐震力問題、給排水管線漏水問題、磚牆倒塌撞擊問題、其他設備滑動撞擊問題等等，都是可能對消防設備造成損壞的來源。因此欲提升建築物消防設備耐震力，必須同時提升建築內其他設施及設備的耐震能力，才是完整的作法。所以只針對狹義的消防設備要編定耐震規範，而不將建築內其他設備一併納入耐震考量，並無法保障此建築的消防耐震力。

雖然如此，睽諸國內工程現況，即或欲進行狹義的消防設備耐震工程仍無本國資料可供引用，所以確實有必要針對此一需求提出適當的建議作法。然而此一建議作法，如上所述並無法完全確保整個消防設備的耐震能力：若欲完全達到消防設備於設計地震後的安全性，則必須同時對其他設施及設備系統進行耐震工程。

近年來，美日兩國於耐震設計法規之訂定，已以功能設計法為主要方式，期望更能依據各建築的使用功能，制訂不同的設計標準。所以本研究亦採相同概念，參考內政部建築研究所「建築設備耐震規範條文與解說」報告之觀念及規定，訂定「消防安全設備的耐震規範」草案，列於本報告之附錄 B 內。

此規範內容主要參考美日兩國相關規範，再根據國內使用現況加以修正，以便內容更能符合國人於設計上真正的需求。規範之主要參考文獻，以目前我國實務界最常參考的：【1】日本財團法人—空氣調和·衛生工學會編訂之「建築設備之耐震設計·施工法」，簡稱為「HASS」[4.3]【2】美國消防協會之「Standard for the Installation of Sprinkler Systems」，簡稱為「NFPA 13」與【3】內政部建築研究所訂定之「建築設備耐震規範條文與解說」為原則。

HASS 所包括的範圍相當廣泛並且深入施工細節，幾乎將所有的主要建築設備都討論到了，在耐震設計施工上具有相當高的完整性。

反觀 NFPA 13 則只是以消防懸吊管線耐震設計為主，並未顧及其他相關設備的耐震性；然而在美國近幾年來的勘災資料中，亦顯示出 NFPA 13 對消防管線抗震的有效性。所以本研究案亦將 NFPA 13 翻譯成中文，將其置於附錄 A 中以供參考。此二規範的差異，應來自其本國施工組織的特性：日本以統包的建設公司為主要施工單位，因此可以將所有管線及設備納入相同的施工程序及支撐吊架上，因此 HASS 的編定亦方便這樣的設計及施工。美國的施工現況則與日本不同，各個分包的專業承包商有自己的權責範圍，不會將所有管線設備放在一起進行設計，因此各個專業承包工會，也只會訂定與本業相關的耐震標準。

內政部建研所的研究報告「建築設備耐震規範條文與解說」，主要是橫貫各類設備之通則性規定，雖然考慮到各類設備系統的耐震規範，但是在細節上的訂定及解說則未若 HASS 來的深入。因此本規範的訂定架構，主要乃參考 HASS 的內容，但在懸吊管線部分亦參考了 NFPA 的作法；最後完成的規範內容會與「建築設備耐震規範條文與解說」相容，可視為其附屬說明。對於 921 地震勘災中所發現國內特有的一些工程問題，亦反應在所建議的規範內。

本規範以消防設備系統中的機器、消防水管與風管等之耐震設計原則為主要內容。第一章主要是界定清楚本規範之目的與適用範圍，並考慮災害時設備系統的機能確保，將建築物的規模予以分成三類，設定其消防設備耐震的安裝設計方法與原則。

第二章為消防用機器耐震設計之相關規定，其主要內容包括了耐震設計的條件、機器安裝計劃與各構件的選擇方法。對於與機器安裝有關之錨定螺栓配置計劃與設備基座的要求，訂定了設置基本原則。另外針對機器之支撐方式與支撐構件的設計方法，也依國內工程界常用的方式訂定了施工原則。

第三章為消防水管、風管之耐震設計流程與條件，另外也包括了耐震支撐構件、與結構體接合部、埋置金屬構件以及與機器接續部的耐震設計方針。關於建築物地震隔離縫與導入部之耐震設計，也都做了基本原則性的規定。國內 921 大地震時，自動撒水設備曾遭受了相當慘重之破壞，於本規範中也針對此作了相關的設計要求。最後對

於排煙口、防災中心、電梯等，也訂定了基本的設置原則。

第五章 結語

本研究案主要乃針對國內消防設備抵抗地震力不足問題進行研究，並發展一套消防安全設備耐震規範，以便協助國內工程業者進行抗震設計。研究案先針對國內外地震中消防設備的損壞狀況，進行了文獻索引及現場調查。國外資料以美日兩國歷年的消防震災調查報告為主，可瞭解影響建築內消防能力的主要損壞狀況有哪些特性，及相關的耐震工法優缺點；國內資料則以 921 地震中，消防設備受損的一棟十層樓立體停車場為例，進行了詳細的現場調查與資料分析，得以瞭解國內施工現況下，在地震中可能會產生的損壞項目及其原因。

由此一部份的研究可以知道，易受損的建築消防設備主要有機器及管線兩大類。造成它們受損的原因，一部份是由於這些設備本身並未做好防震設計，以致因支承處加速度過大或位移過大而發生破壞；另一個原因則是由於建築內其他設備或建築設施的損壞，而影響到消防設備的正常功能。由此可知，若只是針對消防設備進行抗震工程，只能解決一部份的地震威脅，欲求完善則必須針對建築內所有相關的設備及建築設施進行抗震工程，才能完整的提升消防耐震力。

本研究最後只針對消防設備的抗震設計，草擬一份耐震設計規範。此一規範主要參考了美日兩國的相關設計作法，並依照國內現有規範及研究成果加以修改，使之能夠符合國內施工特性。此一規範共分三章，第一章為總則與規劃原則，第二章主要為消防機器設備的耐震規定，第三章則為管線及其他密切相關設備的耐震規定。規範內容在本報告的附錄 B 中，其中的條文及解說都排在一起，方便讀者閱覽。

本研究案主持人才疏學淺，所提「消防安全設備耐震規範」草案雖經多位專家學者提供寶貴意見加以修正，仍唯恐在實際工程中會有窒礙難行之處，因此建議應在下一階段中宜委由工程公司試用此一草案進行設計施工，以瞭解國內工程界之接受度與需修正處。

參考文獻

- 1.1 姚昭智,黃斌,賴榮平,曾俊達(1999),建築設備與非結構材之震害,1999年9月21日台灣中部集集地震初步勘災報告(二),國家地震工程研究中心。
- 1.2 姚昭智、莊佳璋、郭耕杖(2001),醫院功能性設施損壞分析及改善措施研究,2001地震災害境況模擬研討會,國家地震工程研究中心,台北市,9月。
- 1.3 郭耕杖(2001),醫院建築功能性設施耐震評估,國立成功大學建築系碩士論文,台南市。
- 2.1 美國消防協會(National Fire Protection Association)(1999), Installation of Sprinkler System-NFPA13, NFPA, USA.
- 2.2 財團法人日本損害保險協會安全技術部,關於消防用設備地震時之信賴性調查、研究報告書,財團法人日本損害保險協會安全技術部,1995年。
- 2.3 FLEMING,R.P. (1990), Lessons from the Loma Prieta Earthquake, SPRINKLER QUARTERLY, USA.
- 2.4 FLEMING,R.P. (1994), Sprinkler System Performance in the Northridge Earthquake, SPRINKLER QUARTERLY, USA.
- 2.5 石川 正明(1996),消防用設備的地震時受害事例—針對阪神、淡路大震災之前,消防設備等之地震受害實例與對策特集
- 4.1 姚昭智、賴榮平、林其璋、洪李陵(2000),建築設備耐震規範條文與解說之研訂,內政部建築研究所,台北市。
- 4.2 內政部(2001),建築技術規則,詹氏書局,台北市。
- 4.3 日本財團法人—空氣調和·衛生工學會(1997),建築設備之耐震設計·施工法。

附錄-A NFPA 13 中文譯稿

NFPA 13 是美國 NFPA(National Fire Protection Association)機構針對消防撒水系統而制定的規範。其中的 6-4 節為針對可能遭到地震侵襲地區之建築物的管線系統，所制定的耐震規範。對於各種耐震措施如可撓性接頭、地震伸縮縫裝置、穿孔間隙、防震吊架及支管束制等，均有詳細規定。本附錄所譯出者為 NFPA 13 的 1999 年版資料。

其中防震吊架之設計程序較為複雜，故先簡介如下。首先將建築物分為 X、Y 兩向，並根據天花板與配管間的距離，參照 NFPA 13 中之各型防震吊架表格，挑出可供選擇的型式。上述的 X 向、Y 向視為兩個互相獨立的系統。進而，在某向上依照 1)主管(main) 2)分流主管(cross main) 3)支管(branch)之順序暫定防震吊架之位置，並據此吊架位置所影響範圍內之荷重，求得各防震吊架所須負擔的水平地震力， F_p 。由此 F_p 值，再依 NFPA 13 中之各型防震吊架表格，選出合適的防震吊架尺寸。若 F_p 值過大，以致沒有合適的防震吊架可供安裝時，則可進一步增加防震吊架數目，以縮小原定防震吊架位置處的影響範圍，直到影響範圍內的荷重小於所欲安裝防震吊架型式之荷重能力。計算水平地震力 F_p 時，NFPA 13 建議至少以地表加速度等於 0.5g 來考慮，而不計及震區係數及樓高位置所造成的影響。

附錄 A 最後部份，乃 NFPA 13 條文中可能造成混淆的專有名詞及其中文譯名。

以下為 NFPA 13 中 6-4 節的中文譯稿：

6-4 震區管線的防震措施

6-4.1*通則。當灑水系統或地面上的消防主幹管，需要具耐震能力時，應運用 6-4 節之要求進行設計。

例外：由專業結構技師依據地震動力學，以預期地震力進行分析，保證此系統在地震中的耐震能力至少可達到如建築結構的耐震能力，則可允許以替代方法保護此系統。

6-4.2*接頭(Couplings)。公稱直徑 2.5 英吋以上(含)之管線，應使用認證許可

登錄之可撓性接頭，用以連接末端滾溝加工之管線(grooved end pipe)，以便讓此管線與所附著之結構物的單獨區域可以有相對位移。接頭之安裝位置應與建築物內部的結構隔離縫一致。若有比此處要求更多可撓性接合的系統，則須提供額外的防震吊架(sway bracing)，其要求見 6-4.5.3，例外 4。可撓性接頭須依下列規定進行安裝：

(1) 在所有立管的頂部與底部 24 英吋 (610 公釐) 以內。

例外 1：長度不足 3 英呎 (0.9 公尺) 之立管，得免設可撓性接頭。

例外 2：長度在 3 至 7 英呎間之立管，僅須一個可撓性接頭。

(2) 在多樓層建築物樓版上方 12 英吋及樓版下方 24 英吋以內者。當樓版下方之可撓性接頭，是在供給本層樓主管之銜接管(tie-in main)的上方時，此銜接管之垂直部分須有一個可撓性接合。

(3) 在混凝土牆或磚牆表面兩側 1 英吋內。

例外：若管線之穿孔間隙是依據 6-4.4 來設計時，此時可不設可撓性接頭

(4) 在建築物伸縮縫(expansion joints)24 英吋(610 公釐)以內者。

(5) 連結到消防水帶(hose lines)、貨架撒水頭 (rack sprinklers) 及夾層 (mezzanines)之立向支管 (drops)，不論其管線尺寸大小，在其頂部及末端 24 英吋(610 公釐)以內處。

(6) 連結到具有多個撒水頭系統的垂直支管 (drops)，若其長度超過 15 英呎 (4.6 公尺)，不管其尺寸為何，在垂直支管頂部 24 英吋(610 公釐)之內。

(7) 在支撐立管或其他垂直管線的中間點之上方及下方。

6-4.3*地震伸縮縫裝置。在地面層以上的建築內部撒水管線，不管其尺寸大小，當其穿過建築物的地震伸縮縫時，必須裝設有可撓性管件的防震裝置。

6-4.4*穿孔間隙。排水管(drains)、消防送水口(fire department connections)及其他任意管線等，當其穿過牆、樓版、平台(platform)及基礎時，在其穿孔處

須有穿孔間隙。

6-4.4.1 當管線穿過平台、基礎、牆或樓版上之開孔時，這類開孔之尺寸須滿足下列規定：若管線公稱直徑在 1 英吋 (25.4 公釐) 到 3.5 英吋 (89 公釐) 之間，開孔直徑須比管線直徑大 2 英吋 (51 公釐) 以上；若管線公稱直徑在 4 英吋 (102 公釐) 以上，開孔直徑須比管線直徑大 4 英吋 (102 公釐) 以上。

例外 1：若管徑介於 1 英吋 (25.4 公釐) 與 3.5 英吋 (89 公釐) 間，當穿孔間隙是由套管 (pipe sleeve) 提供時，則需比公稱管徑大 2 英吋 (51 公釐) 以上；當公稱管徑為 4 英吋 (102 公釐) 以上時，則套管需提供公稱直徑比管徑大 4 英吋 (102 公釐) 以上之穿孔間隙。

例外 2：穿過石膏板或同樣脆弱等不需具耐火能力構造之立管，不需有穿孔間隙。

例外 3：若在牆、樓版、平版或基礎兩側 1 英呎 (0.31 公尺) 以內有裝設可撓性接頭者，不需設穿孔間隙。

6-4.4.2 在需要有穿孔間隙處，此間隙需填以柔性材料，如膠合鋪料 (mastic) 等。

6-4.5* 防震吊架 (sway bracing)。

6-4.5.1 系統管線應有防震吊架以抵抗側向及縱向水平地震力，而且也要預防由地震力造成之垂直運動。有防震吊架附於其上之結構體構件，應能承受增加之地震力。

6-4.5.2 防震吊架應設計成具有抵抗張力及壓力的能力。

例外： 經認證許可登錄之僅具抗張能力的防震吊架系統只准在特准之處使用，且需依據其表列限制 (包括安裝說明 - installation instruction) 進行安裝。*

6-4.5.3 側向防震吊架 (lateral sway bracing) 應設在任何管徑之給水管 (feed)

與分流主管 (cross mains) ; 以及所有管徑在 2.5 英吋 (63.5 公釐) 以上的支管 (branch lines) 與其他管線上, 以至多每 40 英呎 (12.2 公尺) 之中心間距裝設一個。給水管 (feed) 或分流主管 (cross mains) 末端之最後一段長度, 應有一個側向防震吊架。

若側向防震吊架在具縱向防震吊架之管線的中心線 24 英吋 (610 公釐) 以內, 且此管線直徑在 2.5 英吋 (63.5 公釐) 以上者, 可被視如縱向防震吊架。最後一個防震吊架到管線末端之間, 距離不得超過 20 英呎 (6.1 公尺)。根據這項要求之施作, 不需排除本節所提可視為縱向防震吊架的側向防震吊架之使用。

例外 1 : 當容許的側向防震吊架間距可達到 50 英呎 (15.2 公尺) 時, 最後一個防震吊架到管線末端之距離可允許延長到 25 英呎 (7.6 公尺)

例外 2 : 對於單獨以吊桿 (rod) 支撐的管線, 而此吊桿從管線頂端到所附著之建築結構的長度, 小於 6 英吋 (152 公釐) 時, 可以不裝設側向防震吊架。

例外 3 : 可使用全包型 (wraparound type) 的 U 型鉤 (U-type hook) 或其他用來使結構單元下之管線牢固的 U 型鉤 (U-type hook), 以滿足側向防震吊架的要求, 然其支柱 (leg) 需自鉛直線向外彎出 30 度以上, 且每個支柱 (leg) 及吊桿 (rod) 尺寸須滿足表 6-4.5.8 的條件。

例外 4 : 當可撓性接頭所安裝之主管不符合 6-4.2 之要求時, 每隔一個接頭之 24 英吋 (610 公釐) 內應有一個側向防震吊架, 但兩個側向防震吊架之中心間距最大不得超過 40 英呎 (12 公尺)。

例外 5 : 當建築物主結構單元之中心間距超過 40 英呎 (12 公尺) 時, 側向防震吊架之中心間距可以拉長到 50 英呎 (15.2 公尺)。

6-4.5.4 給水管及分流主管上應有中心間距不大於 80 英呎 (24 公尺) 的縱向防震吊架 (longitudinal sway braces)。在有安裝側向防震吊架之管線上的縱向防震吊架, 若其安裝間距在 24 英吋 (609 公釐) 內, 可視為側向防震吊架。最後一個防震吊架與管路末端的距離不得超過 40 英呎 (12.2 公尺)。

6-4.5.5* 立管頂部須有防止任何方向位移的保護措施，可利用四向型防震吊架 (four-way sway brace)。

6-4.5.6* 支承的水平荷重須根據水平力 $F_p=0.5 W_p$ 的分析來決定， F_p 為水平力， W_p 為管線充滿水之重量。對側向防震吊架而言，這些荷重須包含所有支管及主管的重量；若此支管位於一縱向防震吊架之影響範圍內，則此縱向防震吊架之荷重不需考慮其重量。對縱向防震吊架而言，荷重須包含此防震吊架影響範圍內所有主管的重量。

例外：由相關當局要求或允許的水平力須優先考慮。

6-4.5.7 當所使用的水平力超過 $0.5 W_p$ 且自鉛直線起算之防震吊架角度小於 45 度時，或所使用的水平力超過 $1.0W_p$ 且自鉛直線起算之防震吊架角度小於 60 度時，這些防震吊架須能抵抗由水平荷重所造成之淨鉛直反力。

6-4.5.8* 側向防震吊架應拉緊。對單一防震吊架而言，細長比 (l/r) 不得超過 300，式中之 l 為防震吊架長度，而 r 為最小迴轉半徑 (the least radius of gyration)。當具螺紋之管線 (threaded pipe) 用作防震吊架裝置之一部分時，不得小於 Schedule 30。防震吊架上所有的組成部分及管件 (fittings) 須在同一直線上，以避免在管件及扣件 (fasteners) 上發生偏心荷重。只有對縱向防震吊架而言，可允許連結到依 3-6.2 焊於管線上的鈕 (tab)。對僅能抗張的防震吊架而言，在側向及縱向防震吊架處，應安裝兩個反向的抗張防震吊架構件。所有的防震吊架，不管有無經認證許可登錄，最大容許水平荷重須以此防震吊架最脆弱部分再考慮安全係數求得。由 6-4.5.6 決定之荷重不得超過以下兩者的較小值：表 6-4.5.8 中之最大容許荷重，或製造商在 30 至 44 度、45 至 59 度、60 至 89 度及 90 度之支撐角度時保證的最大容許荷重。此保證容許水平荷重，至少須考慮防震吊架構件之極限破壞強度 1.5 倍的安全係數，而且還要根據防震吊架的角度作進一步修正。

例外：沒有特別在表 6-4.5.8 具體列出之其他管線目錄及材料，若經由專業工程師保證能承受上述條文決定之荷重者，准許使用。此等計算應滿足相關當局所提

出之要求。

Table 6-4.5.8 Maximum Horizontal Loads for Sway Braces

Shape and Size	Least Radius of Gyration	Maximum Length for:	Maximum Horizontal Load (lb)		
			30°-44° Angle from Vertical	45°-59° Angle from Vertical	60°-90° Angle from Vertical
Pipe (Schedule 40)	$= \frac{\sqrt{r_o^2 + r_i^2}}{2}$	$L/r = 100$			
1 in.	0.42	7 ft 0 in.	1,767	2,500	3,061
1 ³ / ₄ in.	0.54	9 ft 0 in.	2,392	3,385	4,145
1 ¹ / ₂ in.	0.54	10 ft 4 in.	2,858	4,043	4,955
2 in.	0.787	13 ft 1 in.	3,828	5,414	6,630
Angles		$L/r = 200$			
1 ¹ / ₂ × 1 ¹ / ₂ × ³ / ₄ in.	0.292	4 ft 10 in.	2,461	3,481	4,263
2 × 2 × ¹ / ₄ in.	0.391	6 ft 6 in.	3,356	4,746	5,813
2 ¹ / ₂ × 2 × ¹ / ₄ in.	0.424	7 ft 0 in.	3,792	5,363	6,569
2 ¹ / ₂ × 2 ¹ / ₂ × ¹ / ₄ in.	0.491	8 ft 2 in.	4,257	6,021	7,374
3 × 2 ¹ / ₂ × ¹ / ₄ in.	0.528	8 ft 10 in.	4,687	6,628	8,118
3 × 3 × ¹ / ₄ in.	0.592	9 ft 10 in.	5,152	7,286	8,923
Rods	$= \frac{r}{2}$	$L/r = 200$			
⁵ / ₈ in.	0.094	1 ft 6 in.	395	559	685
¹ / ₂ in.	0.125	2 ft 6 in.	702	993	1,217
⁵ / ₈ in.	0.156	2 ft 7 in.	1,087	1,537	1,883
³ / ₄ in.	0.188	3 ft 1 in.	1,580	2,235	2,737
⁷ / ₈ in.	0.219	3 ft 7 in.	2,151	3,043	3,726

Table 6-4.5.8 Maximum Horizontal Loads for Sway Braces (Continued)

Shape and Size	Least Radius of Gyration	Maximum Length for:	Maximum Horizontal Load (lb)			
			30°-44° Angle from Vertical	45°-59° Angle from Vertical	60°-90° Angle from Vertical	
Flats	= 0.29h (where h is smaller of two side dimensions)	$l/r = 200$				
1 1/2 x 1/4 in.	0.0725	1 ft 2 in.	1,118	1,581	1,936	
2 x 1/4 in.	0.0725	1 ft 2 in.	1,789	2,530	3,098	
2 x 3/8 in.	0.109	1 ft 9 in.	2,683	3,795	4,648	
Pipe (Schedule 40)	$= \frac{\sqrt{r_o^2 + r_i^2}}{2}$	$l/r = 100$				
1 in.	0.42	3 ft 6 in.	7,068	9,996	12,242	
1 1/4 in.	0.54	4 ft 6 in.	9,567	13,530	16,570	
1 1/2 in.	0.623	5 ft 2 in.	11,441	16,181	19,817	
2 in.	0.787	6 ft 6 in.	15,377	21,746	26,634	
Rods	$= \frac{r}{2}$	$l/r = 100$				
3/8 in.	0.094	0 ft 9 in.	1,580	2,234	2,737	
1/2 in.	0.125	1 ft 0 in.	2,809	3,972	4,865	
5/8 in.	0.156	1 ft 3 in.	4,390	6,209	7,605	
3/4 in.	0.188	1 ft 6 in.	6,322	8,941	10,951	
7/8 in.	0.219	1 ft 9 in.	8,675	12,169	14,904	
Pipe (Schedule 40)	$= \frac{\sqrt{r_o^2 + r_i^2}}{2}$	$l/r = 300$				
1 in.	0.42	10 ft 6 in.	786	1,111	1,360	
1 1/2 in.	0.54	13 ft 6 in.	1,063	1,503	1,841	
1 1/2 in.	0.623	15 ft 7 in.	1,272	1,798	2,202	
2 in.	0.787	19 ft 8 in.	1,666	2,355	2,885	
Rods	$= \frac{r}{5}$	$l/r = 300$				
n.	0.094	2 ft 4 in.	176	248	304	3/8
n.	0.125	3 ft 1 in.	312	441	540	1/2
n.	0.156	3 ft 11 in.	488	690	845	5/8
n.	0.219	5 ft 6 in.	956	1,352	1,656	3/4

6-4.5.9*對單一扣件而言，6-4.5.6 所決定之荷重不得超過圖 6-4.5.9 中的容許荷重。

固著在結構體上之防震吊架裝置的扣件類型，應如圖 6-4.5.9 所載明者。對木構造上的連結器(connections to wood)而言，貫穿螺栓(through bolts)兩端皆應有墊圈。螺栓孔應比螺栓直徑大 1/16 英吋(1.6 公釐)。

例外 1：當貫穿螺栓由於構件厚度或難以接近等因素而無法安裝時，可以使用木牙螺絲(lag screws)。應預鑽小於最大齒根直徑 (maximum root diameter) 1/8 英吋(3.2 公釐) 以上的孔洞。

例外 2：經由專業工程師證明，可承受 6-4.5.9 條文所決定荷重之其他固著方法可予以接受。應考慮相關當局要求之計算。

6-4.5.10 防震吊架裝置應按最大荷重能力表列分級。若此荷重與鉛直線間夾角小於 90 度，則荷重能力應按表 6-4.5.10 進行折減。

表 6-4.5.10 防震吊架裝置最弱點之容許水平荷重

支撐角度	可容許之水平負荷
垂直線 30 ~ 40 度	合格表列負荷定額除以 2.000
垂直線 45 ~ 59 度	合格表列負荷定額除以 1.414
垂直線 60 ~ 89 度	合格表列負荷定額除以 1.155
垂直線 90 度	合格表列負荷定額

例外：使用表 6-4.5.8 中，管、角鐵、平板或桿做成的防震吊架時，其組件不須經認證許可登錄。運用此等特殊材料施作之防震吊架配件及連結(connections) 須經認證許可登錄。

6-4.5.11 防震吊架須直接固著於給水管(feed)及分流主管(cross main)上。每段不同方向間的管線，都須有縱向及側向防震吊架。

例外：長度不足 12 英尺(3.6 公尺)的管線，可由鄰近管線上的防震吊架來支撐。

Through Bolts in Wood (Load Perpendicular to Grain)

Diameter of Bolt (in.)																	
3/8						1/2						3/4					
D	F	G	H	I	ABCE	D	F	G	H	I	ABCE	D	F	G	H	I	ABCE
173	519	150	211	261	340	197	589	170	239	296	390	225	675	195	275	339	470
214	641	185	261	322	420	243	727	210	296	365	470	272	814	235	331	409	580
266	796	230	324	400	550	318	952	275	387	478	620	358	1074	310	437	539	760
277	831	240	338	417	630	364	1091	315	444	548	710	410	1229	355	500	617	870
266	797	230	324	400	720	416	1247	360	507	626	850	489	1472	425	599	739	1050
400	500	600	360	479	680	393	1177	340	479	591	1020	590	1766	510	716	887	1580

25.4 mm. 1 lb = 0.45 kg

Expansion Shields in Concrete

Diameter of Bolt (in.)																	
3/8						1/2						3/4					
C	D	E	F	G	H	C	D	E	F	G	H	C	D	E	F	G	H
1173	678	668	860	925	1303	1609	1782	2076	1200	1782	1597	1638	2306	2848	923	1782	2076
1173	678	668	860	925	1303	1609	1782	2076	1200	1782	1597	1638	2306	2848	1480	2857	2637
1173	678	668	860	925	1303	1609	1782	2076	1200	1782	1597	1638	2306	2848	1480	2857	2637
1173	678	668	860	925	1303	1609	1782	2076	1200	1782	1597	1638	2306	2848	3070	4130	3702

25.4 mm. 1 lb = 0.45 kg

Connections to Steel (Values Assume Bolt Perpendicular to Mounting Surface)

Diameter of Unfinished Steel Bolt (in.)																	
3/8						1/2						3/4					
E	F	G	H	I	A	E	F	G	H	I	A	E	F	G	H	I	A
500	650	325	458	565	900	1200	1400	800	1200	1550	735	1035	1278	1600	2050	2550	1450
500	650	325	458	565	900	1200	1400	800	1200	1550	735	1035	1278	1600	2050	2550	1450
500	650	325	458	565	900	1200	1400	800	1200	1550	735	1035	1278	1600	2050	2550	1450
500	650	325	458	565	900	1200	1400	800	1200	1550	735	1035	1278	1600	2050	2550	1450

25.4 mm. 1 ft = 0.3048 m. 1 lb = 0.45 kg.

6-4.5.12 管線不得支撐於可能有相對位移(move differentially)之建築物單元

上。

6-4.6 支管束件

6-4.6.1* 束件的荷重能力較防震吊架為差。束件須與下列裝置之一搭配使用：

- (1) 經認證許可登錄之防震吊架。
- (2) 滿足 6-4.5.3，例外 3 所要求之全包型 (wraparound) 的 U 型鉤 (U- hook)。
- (3) 與鉛直面夾角至少 45 度且固定在此管線兩側之 12 號，440 磅(200 公斤)鐵線(wire)。
- (4) 其他經檢驗的方法

扮演束件功能的鐵線(wire)須設置在吊架(hanger)2 英尺(610 公釐)內。最靠近鐵線束件的吊架須能抵抗支管(branch line)的向上運動。

6-4.6.2 管線上最後一個撒水裝置應有束制以免有過度的垂直及側向運動。

6-4.6.3* 當向上或側向的運動可能導致對建築結構、設備、或裝修材料的衝擊時，支管束件間距不得超過 30 英尺(9 公尺)。

6-4.6.4* 長度在 4 英尺(1.2 公尺)以上的向上型支管(sprig-ups)，應有束件以抵抗側向運動。

6-4.7 受地震影響之吊架(hangers)及扣件(fasteners)

6-4.7.1 在地震帶上，用來將吊架(hangers)連結到建築結構上的 C 型夾 (包括梁(beam)及大型法蘭式管夾(large flange clamps))，應配置一束帶 (restraining strap)。此束帶須經認證許可登錄能與 C 型夾搭配使用，或為管線直徑在 8 英吋(203 公釐)以下時，標準厚度(gauge thickness)不小於 16 號且寬度不小於 1 英吋(25.4 公釐)的鋼製束帶，及管線直徑在 8 英吋(203 公釐)以上時，14 號標準厚度且寬度不小於 1 1/4 英吋(31.7 公釐)的鋼製束帶。此束帶至少須纏繞梁翼 1 英吋(25.4 公釐)以上。C 型夾上的固鎖螺帽(lock nut)不得被用來作為束制用。C 型或 Z 型桁條的邊緣，不得被用來作為束制用。

桁條或梁之邊緣長度不足以讓束帶定裝者，此吊帶須以螺栓或自攻螺絲 (self-tapping) 固著。

6-4.7.2 不論有無束帶(restraining straps)之 C 型夾 (包括梁(beam)及大型法蘭式管夾(large flange clamps))，不得拿來連結防震吊架於建築結構上。

6-4.7.3 禁用火藥擊釘(powder-driven fasteners)連結防震吊架於建築結構上。

例外：當火藥擊釘有特別列明為可抵抗在地震帶上的側向力時，方可使用。

6-4.7.4 當系統須被保護以抵抗地震，而其水平力超過 $0.5W_p$ 時， W_p 為管線充滿水之重量，禁用火藥擊釘(powder-driven fasteners)連結懸吊器於建築結構上。

例外：若火藥擊釘繫件有特別經認證許可登錄，能抵抗超過 $0.5W_p$ 的水平力時，可使用之。

APPENDIX A

A-6-4.1 撒水系統可以下列方法抵抗地震：

- (1) 由建築物不均勻運動而產生的應力，可藉由可撓性接頭(flexible joints) 或穿孔間隙(clearances)使之降到最低。
- (2) 當管線由某一個可視為剛體運動的建築構件(如樓板) 支承時，防震吊架可讓此管線保持相當的剛性。

地震潛能區已在營建規範及保險業地圖中確認，圖 A-6.4.1 (a) 與圖 A-6.4.1(b) 為此種地圖的例子。

Areas known to have a potential for earthquakes have been identified in building code and insurance maps. Examples of two such maps are shown in Figure A-6-1(a) and A-6-1(b).

Figure A-6-1(a) Seismic zone map of the United States.

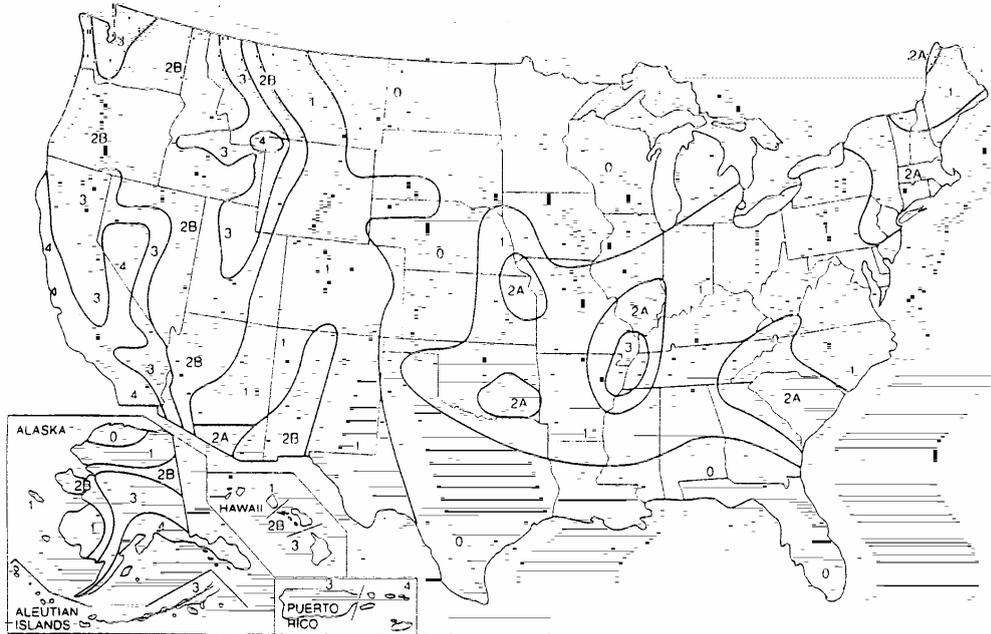
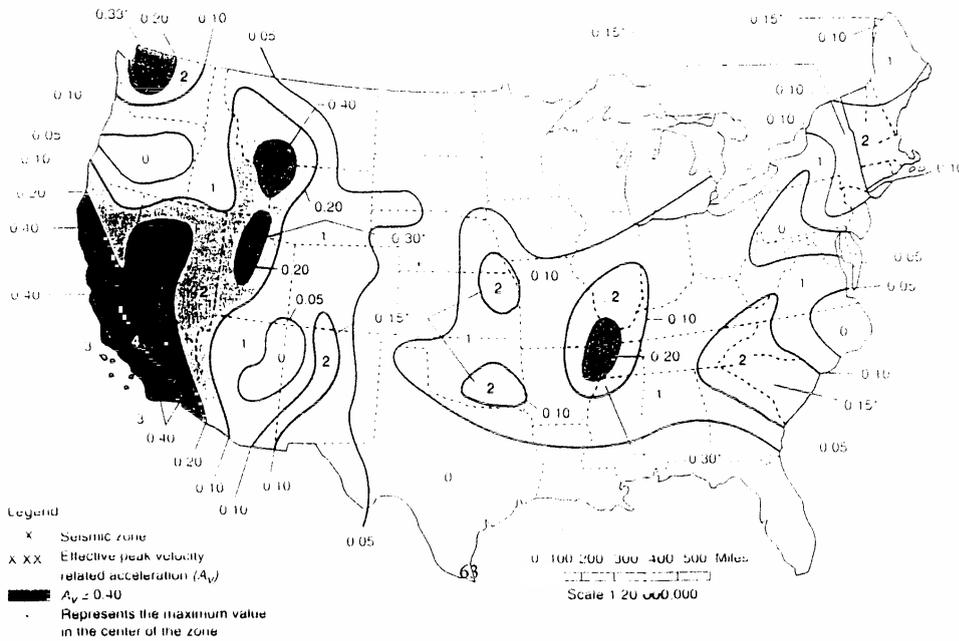


Figure A-6-1(b) Map of seismic zones and effective peak velocity-related acceleration (A_v) for the contiguous 48 states; linear interpolation between contours is acceptable.



A-6-4.2 藉由提高撒水系統主要部分之間的撓性，可大大降低撒水管線的應變，在許多案例中，甚至可減少許多破壞。若管線上某段被緊緊握住，且另一段可自由移動時，必須設有能釋放應變的裝置。撓性可藉由安裝經認證許可登錄的可撓性接頭、在臨界處(critical points)加設接合機械溝槽式端管(grooved end pipe)、以及在牆及樓板上施作穿孔間隙而得。

消防水槽或泵之立管在建築物內部的部分，應視如撒水系統之立管來處理。位於建築物上的水槽之排水管(discharge pipe)，在屋頂上應設有一控制閥，以便若建築物內有任何管線破裂時，可以馬上獲得控制。

尺寸在 2 英吋以下的管線，由於其本身容易彎曲，故通常不須加設任何可撓性接頭。位於機械溝槽式接頭(grooved connections)上，而其容許撓曲角在 1 度以下的剛性接頭(rigid-type couplings)，不得被視為可撓性接頭。參見圖 A-6.4.2(a)及(b)。

A-6-4.2(2) 可撓性接頭須裝設在與主立管之可撓性接頭相同高度之位置。參見圖 A-6.4.2(2)。

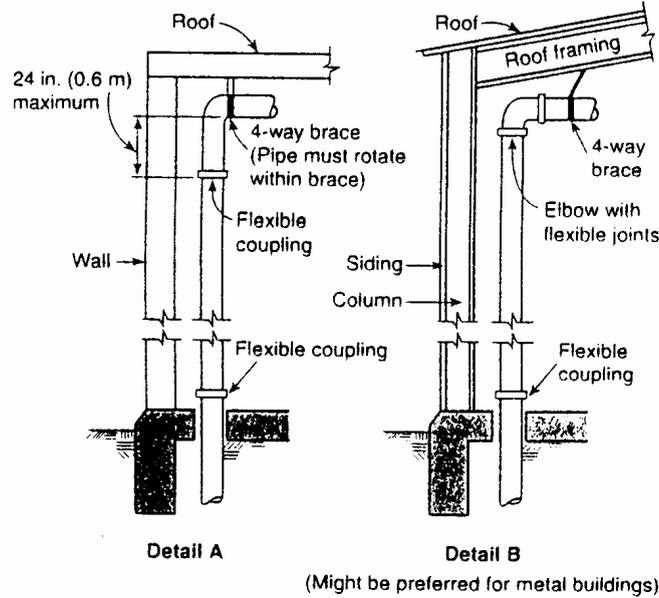
A-6-4.2(4) 建築物的伸縮縫(expansion joint)常填充有含瀝青的纖維填料，其作用為分隔兩混凝土區塊或單元，以免受到因受熱膨脹所造成碰撞的影響。當使用建築物伸縮縫時，此縫一端須按 6-4.2(4)裝設可撓性接頭。

對地震隔離縫而言，有必要考慮更多的撓性，尤其是一樓(first floor)以上的管線。圖 A-6-4.3 展示了藉搖擺接頭(swing joints)提供額外撓性的方法。

A-6-4.3 圖 A-6-4.3 展示了由可撓性肘管(flexible elbows)組成地震隔離裝置之平面及立面圖。

地震隔離裝置被認為是由管件、直管、及接頭組成的一組裝置或由管及接頭組成，可以在所有方向移動的裝置。容許移動的程度，須充分滿足理論上地震造成的不均勻移動。但若在垂直及平行此縫之方向，允許移動量至少達 2 倍的實際位移量，即可免於計算。

Figure A-6-4.2(a) Riser details.



Note to Detail A: The four-way brace should be attached above the upper flexible coupling required for the riser and preferably to the roof structure if suitable. The brace should not be attached directly to a plywood or metal deck.

Figure A-6-4.2(b) Detail at short riser.

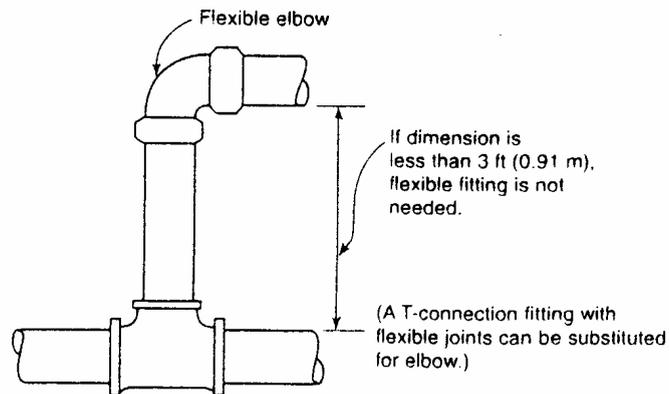


Figure A-6-4.2(2) Flexible coupling on main riser and branch line riser.

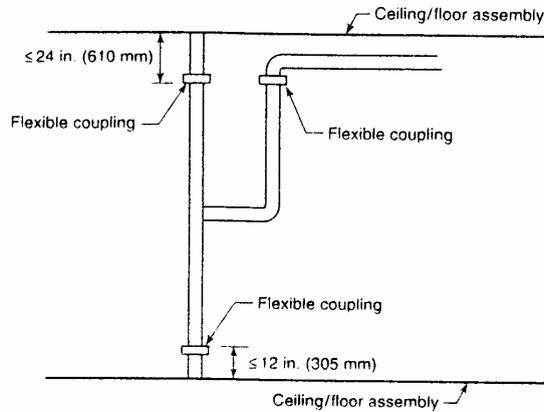
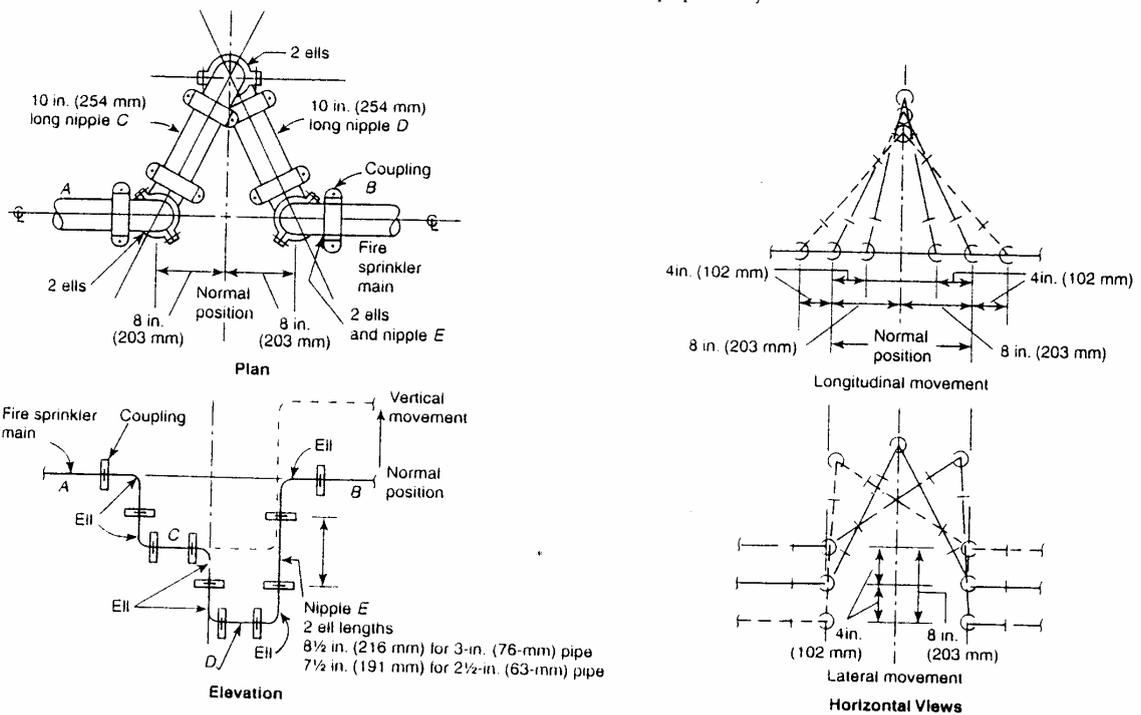


Figure A-6-4.3 Seismic separation assembly. Shown are an 8-in. (203-mm) separation crossed by pipes up to 4 in. (102 mm) in nominal diameter. For other separation distances and pipe sizes, lengths and distances should be modified proportionally.



A-6-4.4 撒水器管線週遭須有穿孔間隙，以避免由建築物移動而造成的破壞時，須同時考慮適當之方法以避免水、煙或火通過。

排水管(drains)、消防送水管(fire department connections)、及任何其他與立管連接的管線不可以水泥黏接(cemented)到牆壁或樓板上；相同地，水平地穿過牆壁或樓板的管線亦不能以水泥固定，以免在此處產生應變集中。

當立管或管線中的某段長度延伸過懸吊式天花板時，不能直接固定在此天花板支架構件上。

A-6-4.5 圖 A-6.4.5(a)及圖 A-6.4.5(b)為用以幫助準備計算防震吊架之表格的例子。

Figure A-6-4.5(a) Seismic bracing calculation form.

Seismic Bracing Calculations					
Sheet _____ of _____					
Project: _____		Contractor: _____			
Address: _____		Address: _____			
_____		_____			
		Telephone: _____			
		Fax: _____			
Brace Information			Seismic Brace Attachments		
Length of brace: _____			Structure attachment fitting or tension-only bracing system:		
Diameter of brace: _____			Make: _____ Model: _____		
Type of brace: _____			Listed load rating: _____ Adjusted load rating per 6-4.5.7: _____		
Angle of brace: _____			Sway brace (pipe attachment) fitting:		
Least radius of gyration:* _____			Make: _____ Model: _____		
L/R value:* _____			Listed load rating: _____ Adjusted load rating per 6-4.5.7: _____		
Maximum horizontal load: _____			Seismic Brace Assembly Detail (Provide detail on plans)		
Fastener Information			Brace identification no. (to be used on plans) _____ <input type="checkbox"/> Lateral brace <input type="checkbox"/> Longitudinal brace		
Orientation of connecting surface: _____					
Fastener:					
Type: _____					
Diameter: _____					
Length (in wood): _____					
Maximum load: _____					
Sprinkler System Load Calculation					
Diameter	Type	Length (ft)	Total (ft)	½ Weight per ft	½ Total Weight
				lb/ft	lb
				lb/ft	lb
				lb/ft	lb
				lb/ft	lb
				lb/ft	lb
				lb/ft	lb
Total ½ weight of water-filled pipe					lb

* Excludes tension-only bracing systems

Figure A-6-4.5(b) Sample seismic bracing calculation.

Seismic Bracing Calculations						Sheet _____ of _____
Project: <u>Acme Warehouse</u>		Contractor: <u>Smith Sprinkler Company</u>				
Address: <u>321 First Street</u>		Address: <u>123 Main Street</u>				
<u>Any City, Any State</u>		<u>Any City, Any State</u>				
		Telephone: <u>(555) 555-1234</u>				
		Fax: <u>(555) 555-4321</u>				
Brace Information			Seismic Brace Attachments			
Length of brace: <u>8 ft 8 in.</u>			Structure attachment fitting or tension-only bracing system:			
Diameter of brace: <u>1 in.</u>			Make: <u>Acme</u> Model: <u>123</u>			
Type of brace: <u>Schedule 40</u>			Listed load rating: _____ Adjusted load rating per 6-4.5.7: _____			
Angle of brace: <u>30° to 45°</u>			Sway brace (pipe attachment) fitting:			
Least radius of gyration:* <u>0.42</u>			Make: <u>Acme</u> Model: <u>321</u>			
L/R value:* <u>200</u>			Listed load rating: _____ Adjusted load rating per 6-4.5.7: _____			
Maximum horizontal load: <u>1767 lb</u>			<div style="text-align: center;"> Seismic Brace Assembly Detail (Provide detail on plans) </div>			
Fastener Information						
Orientation of connecting surface: <u>"D"</u>			Brace identification no. (to be used on plans) <u>SB-1</u> <input checked="" type="checkbox"/> Lateral brace <input type="checkbox"/> Longitudinal brace			
Fastener:						
Type: <u>Through bolt</u>						
Diameter: <u>5/8 in.</u>						
Length (in wood): <u>4 in.</u>						
Maximum load: <u>491 lb</u>						
Sprinkler System Load Calculation						
Diameter	Type	Length (ft)	Total (ft)	½ Weight per ft		½ Total Weight
1 in.	Sch 40	15 ft + 25 ft + 8 ft + 22 ft	70 ft	1.03	lb/ft	72.1 lb
1¼ in.	Sch 40	25 ft + 33 ft + 18 ft	76 ft	1.47	lb/ft	111.7 lb
1½ in.	Sch 40	8 ft + 8 ft + 10 ft + 10 ft	36 ft	1.81	lb/ft	65.2 lb
2 in.	Sch 40	20 ft	20 ft	2.57	lb/ft	51.4 lb
4 in.	Sch 10	20 ft	20 ft	5.89	lb/ft	117.8 lb
Total ½ weight of water-filled pipe						418.2 lb

* Excludes tension-only bracing systems

A-6-4.5.2 例外。沒有在表 6-4.5.8 中載明，對僅能抗張之防震吊架的材質、連結方法、或兩者皆是之檢查方法，須考慮以下幾點：

- (a) 耐腐蝕。
- (b) 預拉以除去繩索之永久變形(permanent construction stretch)，並藉以得到可檢驗的彈性模數。
- (c) 不同尺寸之繩索應有不同色彩記號或其他可檢驗的標記，以利現場檢驗。
- (d) 防震吊架裝置上所有構件(components)的荷重能力，包括現場連結，應維持製造商保證的最小裂斷強度。
- (e) 製造商印行的設計資料/手冊，內含產品設計指南，包括連結設計細部、荷重計算過程等決定防震吊架尺寸之資料；及此防震吊架的最大建議水平承重能力，包括如表 6-4.5.9 所列出之相關扣件。最大容許水平荷重，在不考慮扣件、考慮 1.5 倍的安全係數、及依防震吊架角度做修正以後，不得超過此防震吊架裝置之製造商保證的最小裂斷強度。
- (f) 防震吊架產品包裝內，需含製造商建議之最小裂斷強度(minimum break strength)、預拉狀況及安裝說明的規格書。
- (g) 為了確保能正確地安裝，安裝資料內必須備齊任何特殊工具和注意事項。
- (h) 若需要時，防止因地震力造成的垂直向運動的方法。

表 A-6-4.5.2 列明出一些僅能抗張之防震吊架系統的特殊規範。

表 A-6-4.5.2 特定地合格表列之唯應力地震支架

材料及尺寸	標準
鋼纜線結構應用手冊	ASCE 19-96
鐵繩技術板之鐵繩使用者手冊	ASCE 19-96
機械強度規定	ASTM A603
抗斷強度故障測試	ASTM E8

A-6-4.5.5 位於立管上之四向型防震吊架亦可做為鄰近管線的縱向及側向防震吊架。

A-6-4.5.6 防震吊架之位置。二向防震吊架不是側向即為縱向，取決於其與管線軸向之方位關係。〔參見圖 A-6-4.5.6(a)、(b)、(c)及(d)。〕二向防震吊架最簡單的型式為一支鋼管或角鐵。由於防震吊架須承受壓力及拉力，故必須適切地決定防震吊架尺寸以防止挫曲。

側向防震吊架中一項重要的因素為其位置。在圖 A-6-4.5.6(a)的建築物 1 中，當震動發生時，相對較重的主管將會拉牽支管。若支管被緊緊固著於上方的屋頂或樓板，產生之應力將導致管件破裂。

防震吊架須如位置 B 所示安裝在主管上。當如箭號方向震動時，輕的支管將固定在配件處。為了防止支管撞擊建築構件或設備，必要時須安裝側向防震吊架或其他束制。

四向型防震吊架如位置 A 所示。四向型防震吊架可使立管及主管維持筆直，且預防主管位移。

在建築物 1 中，不管建築物有無運動，支管在平行主管方向可視為有撓性。重的主管在屋頂或樓板下方無法運動，故其能穩定支管。當主管有防震吊架時，立管上的可撓性接頭讓撒水系統可隨著上方之屋頂或樓板運動。

圖 A-6-4.5.6(b)、(c)及(d)展現了防震吊架典型的位置。

所有的螺紋接頭(threaded connections)都須提供觀視孔(sight holes)或其他可用來檢視嚙合螺紋是否足夠的方法。

為了決定防震吊架之適切的尺寸及間距，必須採取下列步驟：

(a) 根據主管到支撐此防震吊架之結構單元間的距離，從表 6-4.5.8 選擇此防震吊架之形狀及尺寸，其最大細長比(l/r)不得超過 300。防震吊架與鉛直線間的角度最小須有 30 度，最好在 45 度以上。

(b) 暫定側向防震吊架沿主管之最大間距為 40 英呎(12 公尺)，及暫定縱向防震吊架沿主管之最大間距為 80 英呎(24 公尺)。側向防震吊架須與管線垂直相交，且縱向防震吊架須沿管線排列成行。

(c) 依照圖 A-6-4.5.6(e)及下列數點所舉的例子，決定暫時施於個別防震吊架上之全部力量的大小：

(1) 分流主管上側向防震吊架的荷重，考慮在此防震吊架之影響區域內支管之二分之一重量及分流主管二分之一重量。〔參見圖 A-6-4.5.6(e) 中的例 1、3、6 及 7。〕

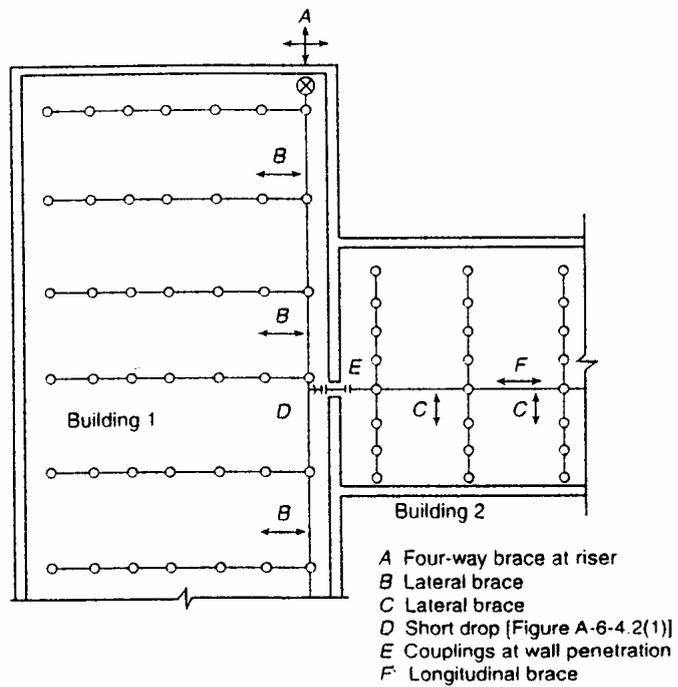
(2) 分流主管上縱向防震吊架的荷重，僅須考慮影響區域內之分流主管及給水管二分之一的重量。支管不須列入考慮。〔參見圖 A-6-4.5.6(e) 中的例 2、4、5、7 及 8。〕對立管頂部的四向型防震吊架而言，立管的二分之一重量須各被分配到側向及縱向荷重。

(3) 立管之四向型防震吊架，加入此防震吊架影響區域內之縱向及側向荷重。〔參見圖 A-6-4.5.6(e) 中的例 2、3 及 5。〕對立管頂部的四向型防震吊架而言，當分別考慮側向及縱向荷重時，各自須分配到立管的二分之一重量。

(d) 若總預期荷重小於表 6-4.5.8 中特定之防震吊架及方位的最大容許值，繼續步驟(e)。如果不是，增加額外的防震吊架以減小負荷過重之防震吊架的影響區域。

(e) 依照表 6-4.5.8 檢查連接防震吊架到結構上的扣件是否足以承受防震吊架上的預期荷重。如果不行，再一次增加額外的防震吊架或其他的支撐方法。使用表 A-6-4.5.6 提供之充滿水的管線重量之資訊。

Figure A-6-4.5.6(a) Earthquake protection for sprinkler piping.



Figures A-6-4.5.6(b), (c), and (d) show typical locations of sway bracing.

Figure A-6-4.5.6(b) Typical location of bracing on a tree system.

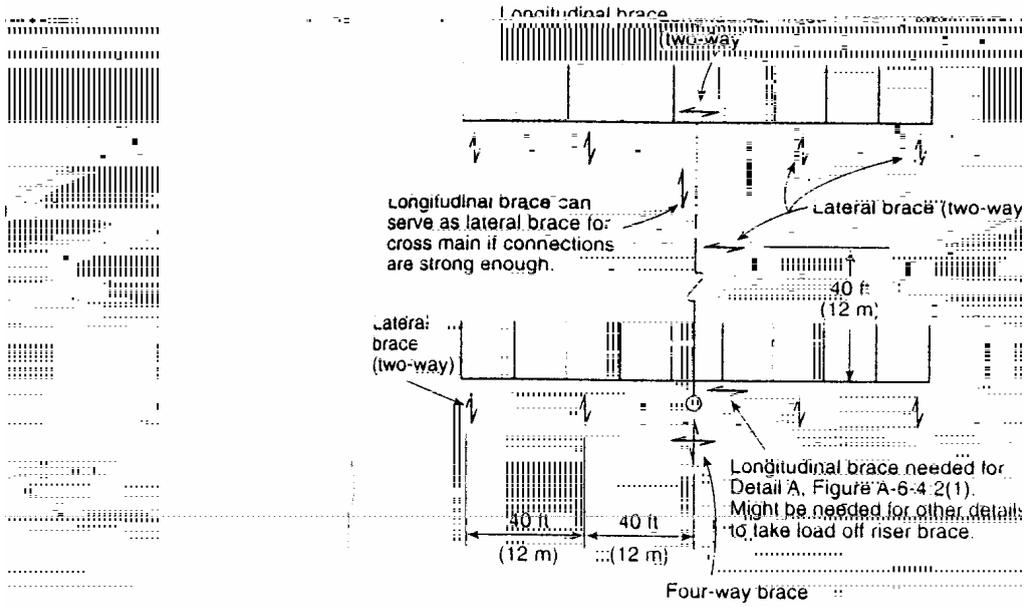


Figure A-6-4.5.6(c) Typical location of bracing on a gridded system.

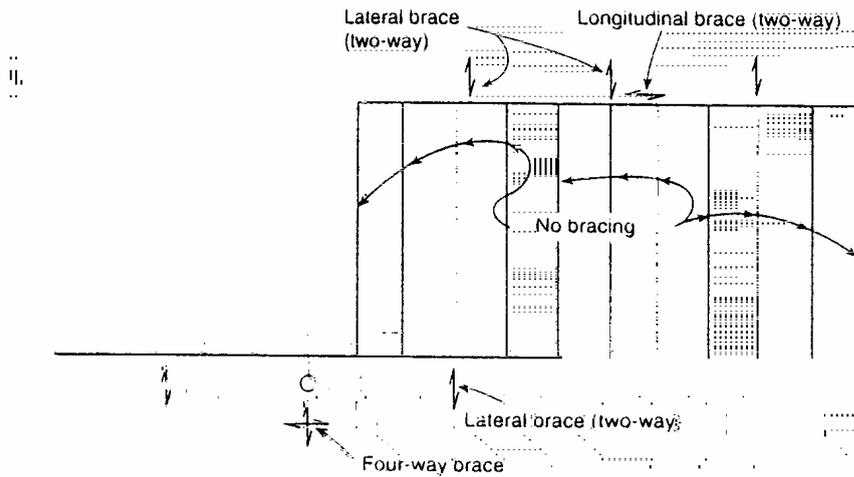


Figure A-6-4.5.6(d) Typical location of bracing on a looped system.

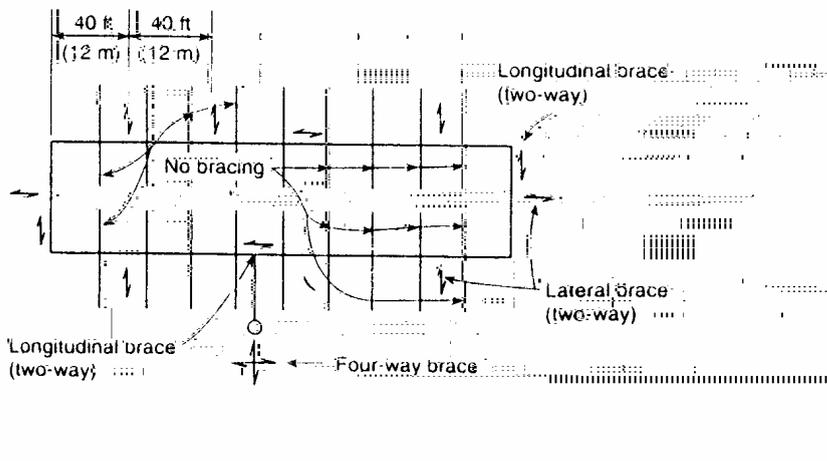


Figure A-6-4.5.6(e) Examples of load distribution to bracing.

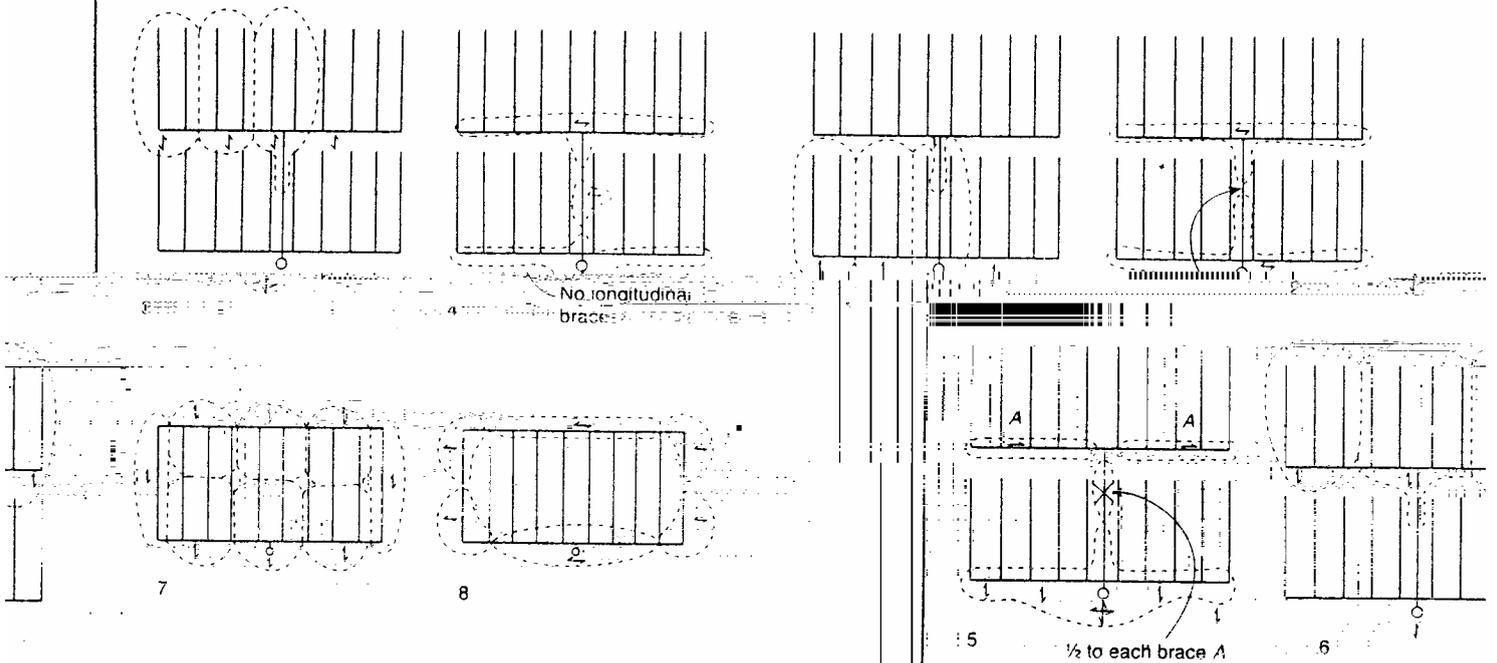


Table A-6-4.5.6 Piping Weights for Determining Horizontal Load (Continued)

Nominal Dimensions	Weight of Water-Filled Pipe		One-Half Weight of Water-Filled Pipe	
	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/m
Schedule 10 Pipe (in.)				
1	1.81	2.69	0.91	1.34
1 1/4	2.52	3.75	1.26	1.9
1 1/2	3.04	4.52	1.52	2.3
2	4.22	6.28	2.11	3.1
2 1/2	5.89	8.77	2.95	4.4
3	7.94	11.82	3.97	5.8
3 1/2	9.78	14.55	4.89	7.3
4	11.78	17.53	5.89	8.8
5	17.30	25.75	8.65	12.9
6	23.03	34.27	11.52	17.1
8	40.08	59.65	20.04	29.8
Schedule 30				

Table A-6-4.5.6 Piping Weights for Determining Ho Load

Nominal Dimensions	Weight of Water-Filled Pipe		One-Half Weight of Water-Filled Pipe	
	lb/ft	kg/m	lb/ft	kg/m
Schedule 40 Pipe (in.)				
1	2.03	3.05	1.03	1.52
1 1/4	2.93	4.36	1.47	2.2
1 1/2	3.61	5.37	1.81	2.7
2	5.13	7.63	2.57	3.8
2 1/2	7.89	11.87	3.95	5.8
3	10.82	16.10	5.41	8.0
3 1/2	13.48	20.06	6.74	10.0
4	16.40	24.41	8.20	12.1
5	23.47	34.93	11.74	17.2
6	31.69	47.16	15.85	23.3
8*	47.78	70.99	23.85	35.3

A-6-4.5.8 防震吊架應連續。必要時，側向防震吊架的接合處應進行設計及施作以確保防震吊架的整體性。

A-6-4.5.9 表 6-4.5.8 中的準則是基於盾狀型(shield-type)之膨脹螺栓(expansion anchor)而訂定。在混凝土中使用其他種類的錨定必須依照其規定進行施作。

現行錨定至混凝土之繫件被稱為膨脹螺栓。膨脹螺栓有兩種型式。變形限定錨定(deformation-controlled anchors)是藉由貫入一塞子到錨定上之膨脹部或將錨定貫在一塞子上而使得此混凝土內之錨定末端膨脹，等兩種方法進行施作。扭矩控制膨脹螺栓(torque-controlled expansion anchors)是藉由施加一扭矩到錨定上，通常是一個螺釘帽(nut)，其能讓膨脹套(expansion sleeves)抵住鑿洞之內壁。

安裝在靠近混凝土邊緣及用來連接錨定之螺栓類型需有特別設計。

A-6-4.6.1 用來束制管線之鐵線須以兩緊圈縛於支管上，且在 $1\frac{1}{2}$ 英吋(37.5 公釐)內以四緊圈繫於其上，並且須依照圖 A-6-4.6.1(a)到(d)所示之細部或其他經核准的方法固著於結構上。

A-6-4.6.3 束制鐵線須儘可能靠近吊架(hanger)。

A-6-4.6.3 此類束制可使用 6-4.6.1 討論之束制鐵線。

Figure A-6-4.6.1(a) Wire attachment to cast-in-place concrete.

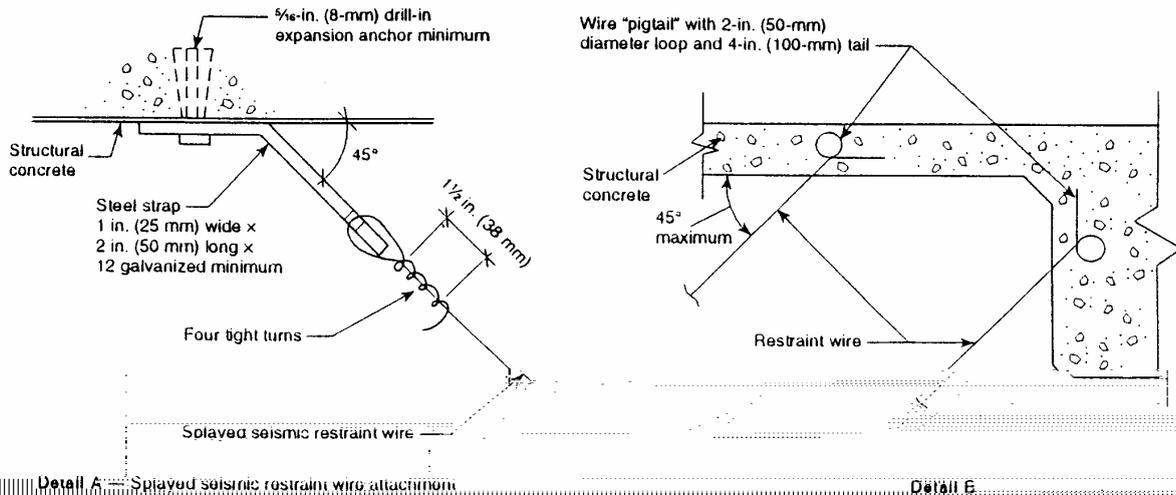


Figure A-6-4.6.1(b) Acceptable details — wire connections to steel framing.

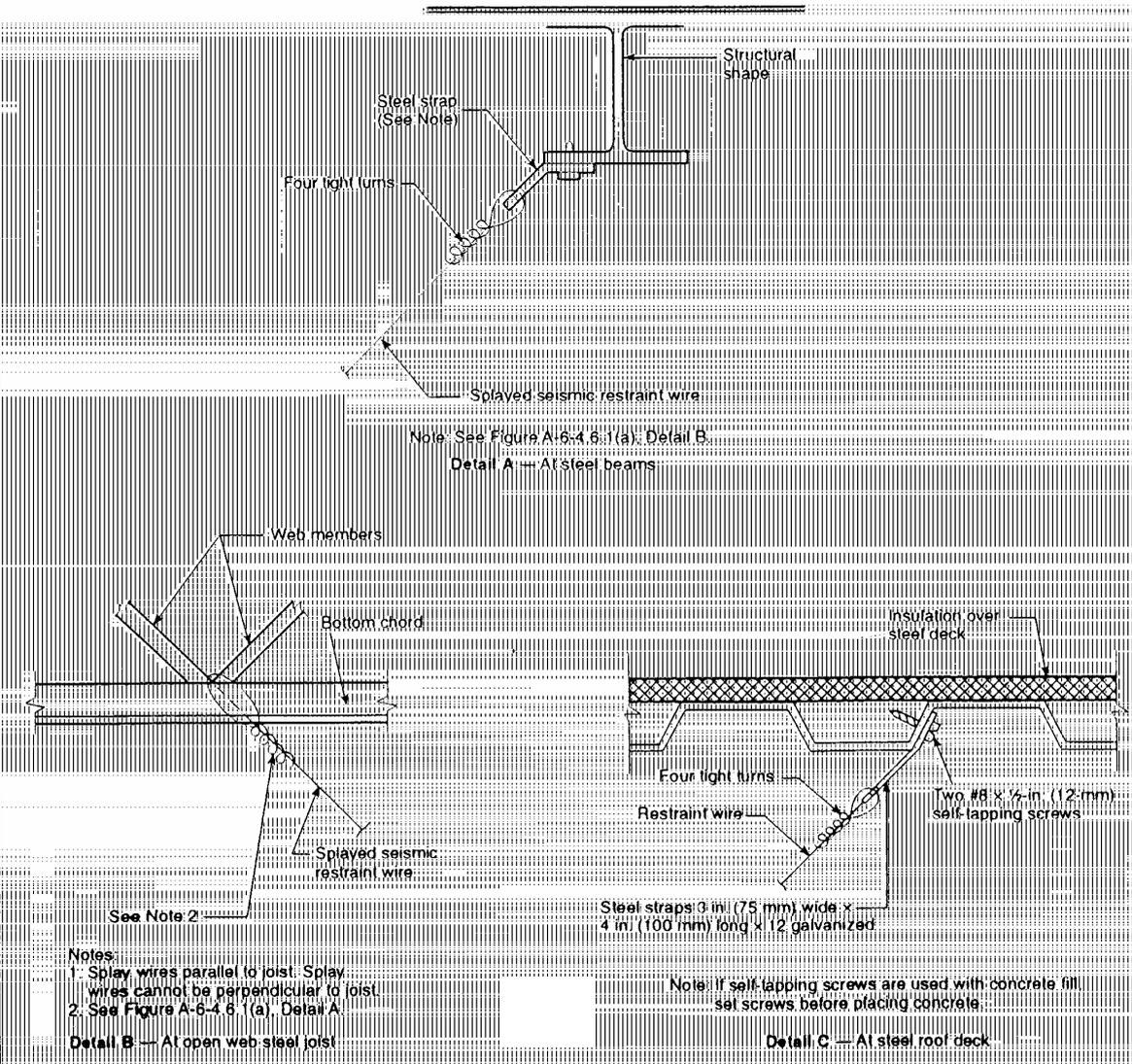
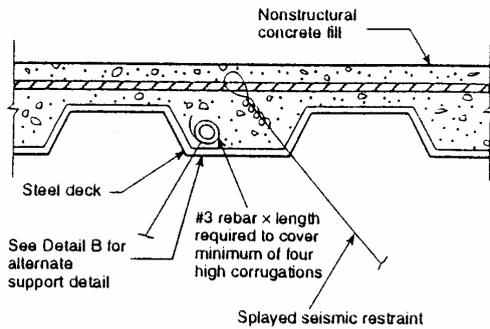
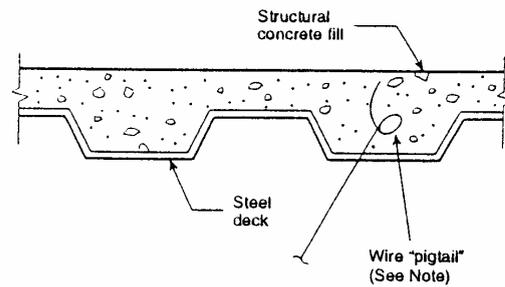


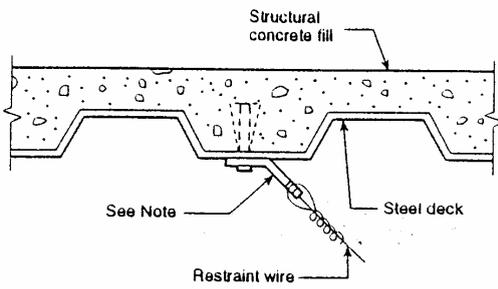
Figure A-6-4.6.1(c) Acceptable details — wire connections to steel decking with fill.



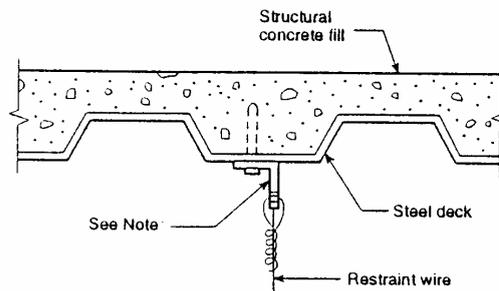
Detail A — At steel deck with insulating fill



Note: See Figure A-6-4.6.1(a), Detail B.
Detail B — At steel deck with concrete fill



Note: See Figure A-6-4.6.1(a), Detail A.
Detail C — At steel deck with concrete fill

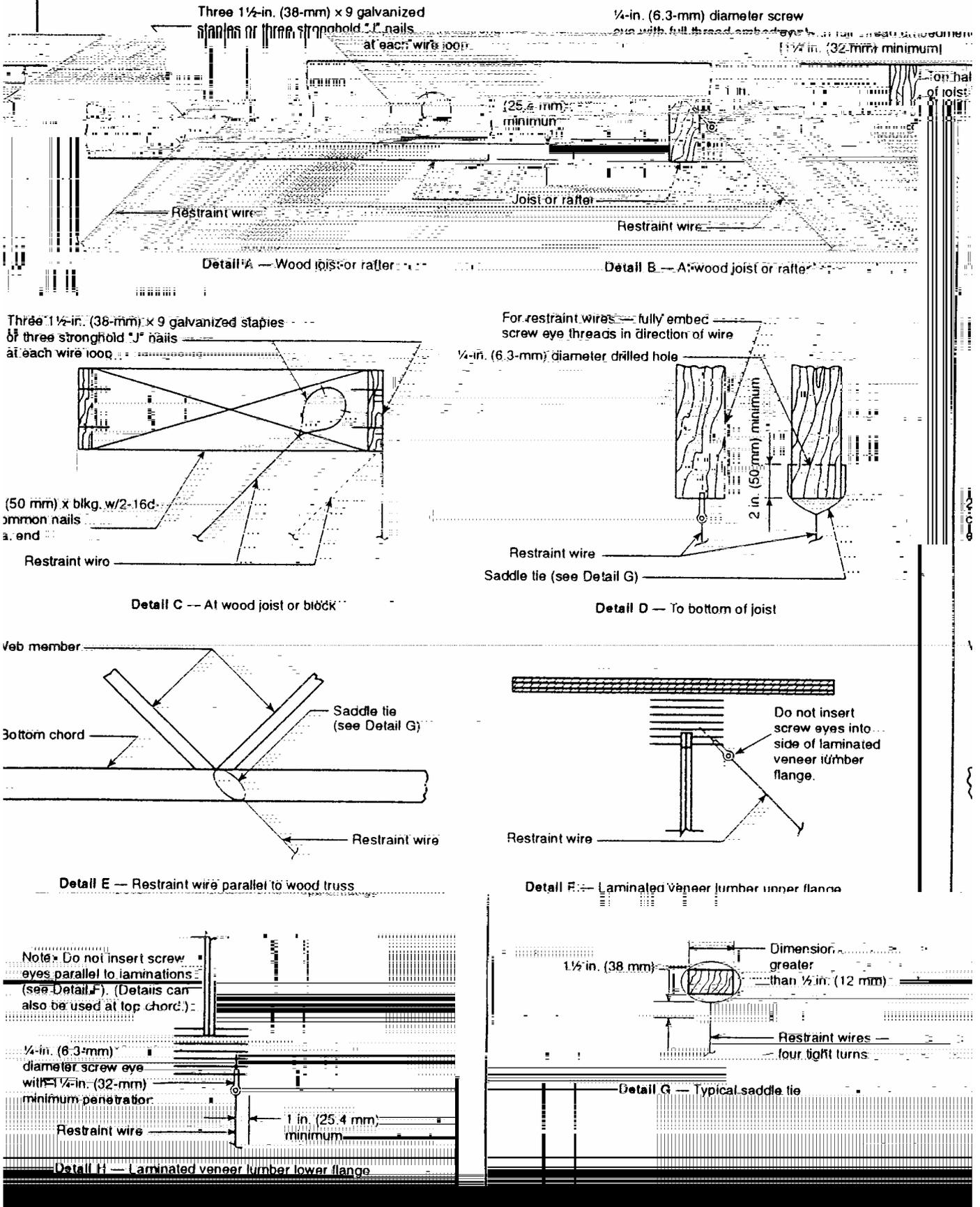


Note: See Figure A-6-4.6.1(a), Detail A.
Detail D — At steel deck with concrete fill

For SI units, 1 in. = 25.4 mm.

Note: If self-drilling screws are used, the screws should be placed in the concrete.

Figure A-6-4.6.1(d) Acceptable details — wire connections to wood framing.



專有名詞：

錨定(anchor)

支管 (branch lines)

現場澆注混凝土(cast-in-place concrete)

穿孔間隙(clearances)

分流主管 (cross mains)

變形控制錨定(deformation-controlled anchors)

排水管(drain)

垂直支管 (drop)

膨脹螺栓(expansion anchor)=expansion bolt

伸縮縫(expansion joint)

膨脹管套(expansion sleeves)

眼孔型吊桿(eye rods)

扣件 (fasteners)

給水管(feed pipe)

消防送水口(fire department connections)

管件 (fittings)

可撓性連結器(flexible coupling)

可撓性彎頭(flexible elbows)

可撓性接頭(flexible joints)=flexible connection

四向型防震吊架(four-way sway brace)

標準厚度(gauge thickness)

機械溝槽式接頭(grooved connections)

機械溝槽式端管(grooved end pipe)

吊架(hanger)

消防水帶(hose line)

貨架撒水頭 (in-rack sprinkler)

自攻螺栓 (Lag Bolts)

木牙螺絲(lag screws)

大型法蘭式管夾(large flange clamps)

支腳(leg)

固鎖螺帽(lock nut、locknut)
主管(mains)
最大根徑 (maximum root diameter)
夾層(mezzanine)
最小破裂強度(minimum break strength)
公稱直徑(nominal diameter)
螺帽(nut)
套管 (pipe sleeve)
平台(platform)
火藥擊釘(powder-driven fasteners)
束帶(restraining straps)
剛性連結器(rigid-type couplings)
吊桿 (rod)
自攻螺絲(self-tapping)
盾狀形(shield-type)
觀視孔(sight holes)
向上型支管(sprig-ups)
帶環吊架 strap ring hangers
防震吊架 (sway bracing)
擺動接頭(swing joints)
鈕(tab)
螺紋接頭(threaded connections)
螺紋管(threaded pipe)
貫穿螺栓(through bolts)
銜接主管(tie-in main)
扭矩控制膨脹螺栓(torque-controlled expansion anchors)
U 型鉤 (U-type hook)
全包型 (wraparound type)

附錄-B 消防安全設備耐震相關規範草案

目錄

第 1 章 總則

- 1.1 消防安全設備耐震設計之目的與適用範圍
- 1.2 設備系統耐震性能之考慮方式
- 1.3 考慮災害時設備系統之機能確保
- 1.4 耐震設計目標
- 1.5 設計用地震力與層間變位
- 1.6 設備耐震規劃

第 2 章 消防用機器

- 2.1 一般注意事項
- 2.2 耐震設計順序
- 2.3 耐震設計方針
- 2.4 機器安裝之設計用地震力
- 2.5 機器本體之耐震性
- 2.6 機器安裝計劃與各構件之選擇
- 2.7 錨定螺栓之容許應力
- 2.8 安裝螺栓或錨定螺栓之配置計劃
- 2.9 錨定螺栓之設置狀況與拉力
- 2.10 耐震緩衝器之概要與強度
- 2.11 設備基座
- 2.12 頂部支撐構件
- 2.13 高架台
- 2.14 樓板懸吊機器之支撐構件

第 3 章 消防水管、風管及相關設備

- 3.1 適用範圍
- 3.2 一般注意事項
- 3.3 耐震設計順序
- 3.4 耐震設計條件
- 3.5 容許應力
- 3.6 耐震設計方針
- 3.7 配管本體設計
- 3.8 橫向配管之耐震支撐
- 3.9 立管之耐震支撐
- 3.10 耐震支撐構件之設計
- 3.11 與結構體接合部之設計
- 3.12 埋置金屬構件之設計
- 3.13 與機器接續部之耐震設計方針
- 3.14 建築物地震隔離縫部之耐震設計方針
- 3.15 建築物導入部之耐震設計
- 3.16 自動撒水設備之延伸配管與撒水頭的耐震設計
- 3.17 其他

第 1 章 總則

1.1 消防安全設備耐震設計之目的與適用範圍

本規範之目的在提升消防安全設備耐震能力，主要乃針對設備機器、配管等之安裝與支撐的耐震設計，及為確保消防機能之相關事項。

【解說】

- (1) 所謂的「大地震」，乃指依據建築物耐震設計規範中，對於 475 年迴歸期最大地表加速度 (PGA) 之值認定。
- (2) 本規範之適用範圍，原則上為建築內的設備；但是機能用途不重要或設置於臨時性建築物的消防安全設備等則排除在外。關於原子能設施等，超過一般建築等級之耐震性能，則並不包含在本規範的範圍。
- (3) 關於設置於屋外地盤面的槽類、幫浦等之機器基礎、安裝，因為與因地震力所造成之建築物內樓板面的震動方式不同。另外，因也需考慮地盤耐力、地盤的不均勻沉陷之故。關於特定機器的基礎與地盤耐力，必須事先與建築結構設計者協商後設計、施工。

1.2 設備系統耐震性能之考慮方式

1. 本規範與建築物耐震設計規範中之設計原則相通，可補充該規範對於重要建築物整體消防安全設備耐震性能的考量。
2. 關於消防安全設備之耐震計劃，不僅需檢討各設備機器、配管安裝的支撐、固定條件，對於其他設備的總合性耐震性能，更需加以審慎地考慮。

【解說】

- (1) 為考量工程界使用之方便性，本規範對於設計階段的地震力計算公式，採用與建築物耐震設計規範相同的原則。對於規範與管理施工階段，則採取功能設計法之原則，只訂定功能上的需求，由設計者依據個案狀況採用工程技術上最佳的施工法。
- (2) 耐震計劃之考慮方式
 - a. 地震與破壞

考慮耐震設計時，首先必須假設設計物之可能破壞狀況。此種破壞需由機能喪失面、二次破壞，與建築物周邊地盤的不均勻沉陷等三方面來加以考量。
 - b. 設計要求條件

設計高耐震性之消防安全設備系統時，前提條件必須考慮「建築物的用途」、「系統機能的種類」與「基地條件」；其次則是設定「需確保之耐震性能」，此乃指以建築物的用途、設備機能系統種類，或設備機器、配管的周邊狀況為前提條件，設定其重要度。根據設備的重要性與系統所能發揮的機能重要度，進行耐震設計之合理方法。

c. 耐震設計

對於各消防安全設備機器、配管等之耐震計劃，需配置於何處，必須從耐震的觀點來加以決定。另外，關於所謂的「復原工程考量」，乃指即使遵循耐震設計之順序進行計劃或設計，也有可能因事前的準備不充足，造成無法順利進行的後果；所以震後的對策必須事先加以考慮。

1.3 確保災害時消防安全設備系統之機能

耐震計劃需依據建築物之用途與重要度，以能確保最低限度的必要機能為目標。

1.4 耐震設計目標

1. 本規範之目標，主要乃針對大地震後，除了為確保設置於建築物內重要消防安全設備的機能外，並直接地或間接地確保人命的安全與財產的保全。
2. 耐震設計之辦理需由專業技師執行。

【解說】

為確保消防安全設備之機能，有必要依據重要度將設備機器或配管系統，設定與系統相同等級的耐震措施。另外，對於有考量耐震措施設備周圍之設置物，為防止這些設置物的掉落或傾倒等，造成設備系統的損傷，也應採取相同程度的耐震措施。

1.5 設計用地震力與層間變位

1. 關於消防安全設備耐震之主要安裝設計方法，大致區分為以下三種方式：
 - (1) 不需計算之標準圖法
 - (2) 局部震度法（高度 50 m 以下的建築物）：依據建築技術規則建築構造編
 - (3) 動力設計法（高度超過 50 m 之建築物、免震建築物、制振建築物）：依據實際的動力分析方法設計
2. 建築物之層間變位
地震時建築物會變形，而產生層間變位；應依據層間變形角計算出配管會產生之強制變形應力。

【解說】

- (1) 標準圖法適用於 100 kg 以下之輕量機器。如有耐震標準圖時，只需依圖設計、施工即可。如需充分之耐震措施時，則需確認委託者所提供的資料，並注意標準圖的內容。
- (2) 從地盤面起，高度 50 m 以下之建築物的各樓層設計用地震力，採用局部震度法進行計算。局部震度法應採用建築技術規則訂定之樓板反應加速度，進行耐震設計。
- (3) 從地盤面起高度超過 50 m 之建築物，需依據動力分析求出結構體樓板反應加速度；隔震建築物與制震建築物的各樓層設計用地震力，採用動力設計法計算。所謂的「動力設計法」，乃指將建築物與設備

進行動力分析，選擇數個適當的輸入地震波，計算地震反應的耐震設計方法。高度超過 50 m 之建築物，因結構設計者會進行動力分析，可將各層的樓板加速度視為作用於設備的輸入波使用。

- (4) 設備等之設計用慣性力，應依據內政部所頒佈的建築技術規則構造編的地震力相關規定實施。於民國 91 年底，相關規定之地震設計慣性力 (F_{ph})，如下式所示：

$$F_{ph} = 0.4 \times S_{DS} \times I_p \times \frac{a_p}{R_p} \times \left(1 + 2 \times \frac{h_x}{h_n} \right) \times W_p \text{ ----- (1)}$$

F_{ph} 值不需大於整體建築物中，設備所在樓層分配到的設計地震力除以該層重量所得值之 $1.4 \times W_p \times a_p / R_p$ ，且不得小於：

$$F_{ph} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p \text{ ----- (2)}$$

設備需設計使其能同時承受工作載重與單獨作用於兩正交水平方向之一的地震力 F_{ph} 。

針對震區短週期設計水平譜加速度係數 $S_S^D \geq 0.7$ 的震區，垂直地震力應做適當的考量。最小設計垂直地震力 F_{pv} 依下式計算：

$$F_{pv} = \frac{2}{3} \times F_{ph} \text{ ----- (3)}$$

式(1)至(3)所得之總設計地震力應依構體質量之分布照比例分配，並用於設計構件以及其與結構體之接頭與錨定。

弱建築結構具有很強烈的不規則性，則需另行分析各樓層可能之加速度值以取代公式(1)及(2)，其中

S_{DS} ：為工址短週期設計水平譜加速度係數

S_S^D ：為震區短週期設計水平譜加速度係數

a_p ：為設備之動態放大倍數，其值為 1.0 至 2.5 之間

W_p ：為設備的重量

I_p ：為設備用途係數

R_p ：為設備的號能折減係數，其值為 1.0 至 2.5 之間

h_n ：為建築物屋頂總平均高度

h_x ：為設備所置放樓層至建築物基面的高度，弱設備置放於地面層或地下樓層則取 $h_x = 0$ ；當設備置放於屋頂層或以上時，則所取之 h_x 值不需大於建築物樓層總平均高度 h_n

$\left(1 + 2 \times \frac{h_x}{h_n} \right)$ ：為設所置放樓層的樓高放大倍數

1.6 設備耐震規劃

1. 機器之配置原則：
 - a. 設置於地震力或變位量較小之一樓以下的樓層。
 - b. 設置於檢修較為容易之空間。
 - c. 設置於盡可能不會產生二次災害之場所。
2. 脆性材料與韌性材料相結合時，因變形一致性有差異之故，必須注意脆性材料比較容易破損。
3. 螺栓或點焊等結合處，必須考慮構件的強度，盡可能地保留有充分的安全強度予以結合；注意不要造成應力集中的現象發生。
4. 避免設備機器、配管類等物與建築物產生共振現象。
5. 裝設有防振裝置之機器，於地震時比較容易產生較大的搖動，宜有適當的保護措施。

【解說】

- (1) 對於多層建築物，一般越低層部受地震產生之加速度與變位量越小。因此重要性越高之機器，於耐震對策上最好設置於一樓以下的樓層。貫通建築物地震隔離縫部之配管，最好考量設置於變位量較小之一樓以下的樓層。
- (2) 大地震發生時，原則上需進行事後點檢之確認；因此必須考慮點檢等所需的空間配置。
- (3) 關於接合部，剛性越強之接合，作用力的傳遞越順利；面狀結合要比點結合好。所以隅部需使用補強構件或防震吊架等，使之更具剛性。
- (4) 設置有防振裝置之機器，於地震時比較容易產生較大的搖動，應設置耐震緩衝器。但是即使設置耐震緩衝器，機器主體之頂部附近也有可能產生相當大的搖動，所以必須注意附屬配管等之影響。

第 2 章 消防用機器

2.1 一般注意事項

耐震設計時，必須注意以下事項：

1. 假設大地震時之破壞情形，考慮充分的耐震措施。
2. 設備機器耐震措施需配合結構體之振動特性。
3. 耐震措施計劃需能確保消防機能。
4. 材料需有充分之強度，良善的管理材料，及確實的施工。
5. 如經實際之調查研究，而能確認其耐震性能時，也可不採用本規範所訂定的耐震設計方法。
6. 採用竣工後，容易保養維護之設計與施工法。
7. 設計圖書對於耐震對策，必須表示具體之規格。

【解說】

(1) 基本事項

a. 材料與施工管理

1. 使用於安裝之各構件，需遵循建築技術規則建築構造編所訂定的規定。
2. 使用於基礎之混凝土，需遵循建築技術規則建築構造編所規定的施工法與養護期間等。
3. 構件之接合，原則上採用螺栓接合與焊接接合，且需遵循建築技術規則建築構造編所訂定的規定。

b. 固定於建築物主體

安裝於建築物結構體時，需堅固地加以固定；尤其是設置於防水樓板上時，需特別地加以注意。

c. 相對變位之一致性

機器與接續配管、天花板等建築裝修材料與空調系統等，與裝置於天花板的機器之間產生的相對變位，必須有可以隨同變位的措施。

d. 耐震安裝

1. 地震力比較大時，附防振裝置的機器或重量機器(100 kg 以上者)的設置樓層，應盡可能地配置於建築物之低層部。
2. 各種設備中屬於同一系統之設備，至末端的構成機器、配管等，必須以同一耐震等級的方式進行。特別是大地震時與震動後，必須確保機能之重要機器，更應特別地加以考慮。
3. 機器懸吊於天花板或托樑者，應盡可能地避免安裝於高架台上；如果迫不得已時，則必須充分地檢討其防振措施。
4. 重心位置較高之機器，應盡可能地採用頂部支撐的安裝方式。

e. 容易保養之耐震計劃

採用竣工後容易保養之設計、施工法。

- f. 設計圖書中對於耐震對策，必須有具體之規格
1. 標示需要安裝之各機器，或安裝部構件之耐震強度。
 2. 標示設備基座或共通架台、水槽用之高架台等。
 3. 標示重量機器安裝部之詳圖或錨定螺栓的種類、埋置深度等。

2.2 耐震設計順序

機器之耐震設計順序，原則上如下所示：

1. 決定耐震設計方針。
2. 計算機器安裝設計用地震力。
3. 確認地震力之作用點與機器的重心位置。
4. 確認機器本體之耐震性能。
5. 選擇機器安裝部之計劃與各種構件。
6. 選擇錨定螺栓
 - a. 錨定螺栓之種類與容許拉力。
 - b. 安裝螺栓與錨定螺栓之配置計劃。
 - c. 錨定螺栓之設置狀況與強度。
7. 設計耐震緩衝器。
8. 設備基座之計劃與設計。
9. 各種支撐構件之設計
 - a. 頂部支撐構件。
 - b. 高架台。
 - c. 懸吊於天花板的機器等之安裝構件。
10. 設計圖書明確表示耐震對策規格。

2.3 耐震設計方針

1. 設計目標為防止設備機器之移動或傾倒、掉落等。
2. 各構件因地震力產生之應力，必須符合建築技術規則訂定的容許應力。

【解說】

- (1) 耐震設計目標必須從考慮公共建築，於大地震時的使命等各種條件來加以設定。各種設備之重要度，則必須從建築物用途與必要的設備機能等來加以判斷。
- (2) 設備機器等之安裝，必須於假設的震度下承受地震力時，不會發生移動或傾倒的現象；機器本體或接續配管等不會造成損傷的情形發生。耐震性設備機器之構築，與機器的本體、安裝強度有關；而關於機器本體的耐震性能，則由機器製造者決定較多。設計者也可以依據要求機能等級，設定機器本體的耐震強度。關於安裝，則需與機器製造者等協議、調整，設定安裝構件之形狀與強度等。

2.4 機器安裝之設計用地震力

1. 作用於機器之地震力可視為集中作用於機器的重心。
2. 機器類之重心位置，依據製造者等所標示於製造圖上者為依據。

【解說】

- (1) 地震力作用於機器之作用點
 - a. 一般機器之作用點
作用於機器之地震力，即使作用時也不可產生變形；其集中作用於具有充分剛性之機器類之重心位置。
 - b. 水槽之作用點
有自由表面之水槽，其作用點採用滿水狀態運轉時之重心位置。
- (2) 機器類之重心位置
機器類之重心位置，原則上依據製造者標示於製造圖上資料。

2.5 機器本體之耐震性

1. 設計者與機器製造者對於設備機器本體之耐震性能，都必須加以確認。
2. 關於機器與建築結構體安裝部之固定計劃，附屬於機器之支撐構件的形狀或強度，必須與製造者加以協議、調整。

【解說】

- (1) 機器本體之耐震性
本規範原則上對於機器本體之耐震性並不加以考量，假設其運送過程之振動量已大於地震時所會遭遇的震動。
- (2) 一般機器之強度
一般機器本體之耐震強度，製造者並不會進行充分的評估。一般均假設機器具有充分之強度，且能承受運轉時的加振力等。若有疑問時，則可以計算或實驗方式加以確認。
- (3) 機器類支撐構件之形狀與強度
 - a. 輕量機器由機器製造者根據耐震上之需求安裝；如有特殊需求指定時，則依其指定確實地加以固定、支撐。
 - b. 對於重量機器之支撐構件或安裝用錨定螺栓的尺寸或根數、配置等，需於整體的建築計劃中進行。
 - c. 設計者必須針對各機器的重要度、建築物的高度或設置樓層、二次災害的影響度、設置於樓地板型或天花板懸吊型等加以考慮，再決定其安裝構件與機器附屬支撐構件強度之規格。
 - d. 長寬比較大之機器，為確保機能而於頂部採用支撐構件固定時，除了必須確認機器的支撐金屬構件外，機器本體的強度也需加以確認。

2.6 機器安裝計劃與各構件之選擇

1. 機器安裝部之計劃，必須根據建築物的結構、地震規模等，與設備的重要性、設置樓層、有無防振設施計算出設計用地震力，並依機器的重量或重心位置、安裝部的形狀，進行綜合判斷。
2. 機器或附屬支撐構件等需有充分之剛性，於地震時不可產生變形等。

【解說】

(1) 機器安裝計劃

a. 安裝計劃

計劃機器安裝時，需依據機器重量、振動特性、機器附屬之支撐構件形狀與設置樓層等設備條件，與建築設計或構造計劃等建築條件，與設計者間進行協議、調整。機器之安裝處有混凝土基礎、樓板、牆壁或天花板等；與建築結構體直接採用錨定螺栓安裝方法，或與鋼製架台等採用安裝螺栓固定，其架台使用錨定螺栓與建築結構體固定的方法。

b. 決定各構件之安裝

考慮混凝土基礎或錨定螺栓、架台、防振構件、耐震緩衝器、機器附屬支撐構件之形狀或強度，而加以決定。

c. 機器設置於樓板上之耐震安裝的基本事項

1. 不需防振之機器，固定於樓板、牆壁或樓板等建築結構體。
2. 需要防振之機器，為避免大地震時水平或垂直方向的振幅過大，必須設置耐震緩衝器。
3. 特別重要之機器，必須設置於震度較小的地下層，並檢討是否可省略防振裝置。
4. 機器本體之耐震對策，必須考慮機器是否容易保養、管理與施工等。

d. 各構件強度的計算方法

1. 依據安裝構件之計劃，計算大地震時作用於機器與基礎的地震力，以求得各構件所需強度。根據機器之種類選擇不同的安裝方法或支撐構件型式。依據安裝之種類，檢討其形狀與強度後加以選擇。
2. 設置於屋頂之機器，需特別注意的事項
具有防水層者，需採用與樓板成為一體之基礎，但是要固定於建築結構體乃相當困難之事；如果地震力相當大時，必須考慮混凝土基礎的斷面與平面形狀，並將屋頂基礎與樓板成為一體性的基礎。

(2) 機器之剛性與安裝構件

機器或附屬支撐構件，必須具有充分之剛性，即使有因大地震所產生的地震力作用時，也不可有變形的情形發生。但是，各安裝構件的配置計劃與必要強度的計算，必須考慮其安全性等。

2.7 錨定螺栓之容許應力

1. 拉力與剪力同時作用於錨定螺栓時，必須檢討其組合應力。
2. 錨定螺栓必須注意保持適當的間隔（螺栓間隔），與充分的緣端距離（螺栓與至混凝土基礎端部的距離），另外也需致力於施工管理。
3. 需注意錨定螺栓之容許拉力，依據型式、種類、設置方法等，其拉力會有所不同。

【解說】

- (1) 錨定螺栓埋置時，與周圍之鋼筋加以固定，或採用錨定構件等，對於容許應力的提升乃是相當有效的方法。
- (2) 拉力與剪力同時作用於錨定螺栓時，必須檢討錨定螺栓本體之組合應力。
- (3) 一般支承於樓板面下方或混凝土牆面之重物，必須檢討大地震時所產生的拉力；此時的容許拉力，應考慮混凝土強度。
- (4) 其他注意事項
 - a. L型錨定螺栓乃依據附著力來訂定強度；如果使用於可能常時產生振動之場所時，因附著力可能會隨時間而變弱之故，所以必須採用較高的安全值。
 - b. 樓板或牆壁等支撐懸吊重量物時，不僅需檢討錨定螺栓之強度，針對重量物也必須與建築結構設計者加以確認、協議。
 - c. 錨定螺栓於大地震發生時，同時承受拉力與剪力，必須針對其容許應力分別檢討。
 - d. 即使是經過適當設計、施工之錨定螺栓，因腐蝕也有可能造成所定的強度無法維持。依據設置場所之不同，對於錨定螺栓的材質必須施以適當的防腐蝕措施。

2.8 安裝螺栓或錨定螺栓之配置計劃

1. 一般採用各種螺栓固定於機器基礎或共通架台；固定螺栓之強度，必須選擇可以抵抗地震力者。
2. 機器或支撐構件原則上以剛體視之，水平與垂直地震力以同時作用於重心位置來計算加諸於錨定螺栓之應力。

【解說】

- (1) 安裝螺栓或錨定螺栓之必要強度
機器或機器類附屬之支撐構件必須具有充分的剛性，地震力必須均勻地作用於支撐面、支撐軸上的錨定螺栓。
- (2) 錨定螺栓配置上之注意事項
 - a. 機器或附屬支撐構件之剛性與錨定螺栓的配置
機器或附屬之支撐構件或安裝構件等，地震力作用時以不產生變位為原則；但是如果設計會有變形、撓度或偏心作用力時，則支撐面、支撐軸必須具備有效的機能，以進行螺栓選擇的配置計劃。

b. 其他之考量

1. 機器或附屬支撐構件等之錨定螺栓孔徑尺寸，需依據建築技術規則所訂定之標準，不可比螺栓直徑大太多；一般為螺栓直徑加 0.5 mm，錨定部則為螺栓直徑加 5 mm 以內。
2. 固定重量機器時，為使應力均衡作用，可採取將墊片加以焊接的措施。
3. 作用於機器之水平地震力，全部由錨定螺栓的剪力負擔；並不需考慮機器安裝金屬構件與混凝土基礎間的摩擦抵抗。另外，錨定螺栓需使用同一種類、同一直徑，每一根錨定螺栓承受之剪力均視為相等。

2.9 錨定螺栓之設置狀況與拉力

1. 錨定螺栓之容許拉力，受埋置混凝土強度的影響。
2. 錨定螺栓必須確保適當之安裝間隔。
3. 錨定螺栓必須確保從基礎端部留有充分的距離。
4. 需固定之機器，必須全部以錨定螺栓固定於建築結構體。
5. 大地震時加諸於錨定螺栓之載重計算，原則上將機器視為剛體，地震力則作用於機器的重心位置。
6. 作用於機器之水平地震力，全部由錨定螺栓的剪力承擔；安裝機器的金屬構件與混凝土基礎間的摩擦不能抵抗地震力。另外，錨定螺栓必須使用同一種類、同一直徑，所以每一根錨定螺栓負擔的剪力均視為相等。
7. 大地震時所產生之拉力與剪力，視為同時作用於錨定螺栓；螺栓的剪力、拉力與混凝土間的附著力，必須各在其容許應力以下。
8. 於戶外有腐蝕之虞處進行錨定螺栓或螺帽施工時，需採用具耐腐蝕性材質的製品。
9. 會產生振動之機器使用螺帽時，為防止因振動而導致螺帽鬆弛，需採用雙重螺帽法。

【解說】

(1) 錨定螺栓受混凝土強度之影響

錨定螺栓之拉力，如為 L 型則由與混凝土的附著力決定，其他則由混凝土的破壞耐力決定之。原則上，機器不可固定於低強度混凝土；迫不得已時，即使是使用於重要性低之輕量機器，也必須有充分的安全值。決定混凝土強度之方法，如下所示：

a. 由抗壓試驗決定混凝土強度

如有進行抗壓試驗時，可以其強度視為混凝土之強度。混凝土之設計基準強度如超過 2650 N/cm^2 (270 kg/cm^2) 時，則採 2650 N/cm^2 。

b. 無抗壓試驗之混凝土強度

混凝土之基準強度以 1760 N/cm^2 (180 kg/cm^2) 為標準，施工時必須具備充分的管理；但是低強度混凝土則採 980 N/cm^2 (100 kg/cm^2) 為標準。

(2) 錨定螺栓之安裝間隔

a. 標準安裝間隔

為發揮設置於樓板之錨定螺栓的抗拉強度，依據錨定螺栓的種類或埋置深度，必須保持標準的間隔。一般採埋置長度的 2 倍；樹脂錨定螺栓則採標稱直徑的 10 倍以上。

b. 安裝間隔不足時

低於標準之安裝間隔時，必須減低其容許拉力。

(3) 設置於混凝土基礎緣端部之錨定螺栓的容許剪力

設置錨定螺栓時，必須注意與混凝土基礎邊緣部保持充分之距離；並致力於良好的施工管理。

(4) 錨定螺栓之埋置深度、緣端距離、螺栓間隔

a. 埋置深度

錨定螺栓之有效埋置深度，依一根螺栓的容許拉力而定；其值為 100 mm 以上（樹脂系錨定螺栓除外）或 $L \geq 6d$ （ L 為埋置深度， d 為螺栓直徑）。另外，基礎之裝修粉刷水泥砂漿厚度（5~10 mm），不可計入有效埋置深度。

b. 緣端距離

錨定螺栓至混凝土基礎端部之距離若過短，曾有破壞的案例發生。因混凝土端部之缺角，造成螺栓從此處脫落，所以必須要有充分的緣端距離。緣端距離至少需 5 cm 以上。

c. 錨定螺栓間隔

為得到錨定螺栓所訂定之容許拉力，施工時錨定螺栓的埋置間隔，必須依據建築技術規則建築構造編所訂定的規定。

2.10 耐震緩衝器之概要與強度

1. 在不接觸運轉中機器的範圍內，耐震緩衝器之裝置要盡可能地接近機器。
2. 以地震力作用於機器之重心，判斷機器傾倒的可能性，選擇耐震緩衝器的型式。
3. 耐震緩衝器之構件，必須因其型式，選用可充分抵抗作用力者。
4. 耐震緩衝器於地震力作用時，不可有移動現象產生；需使用錨定螺栓與基座或建築結構體固定之。

【解說】

- (1) 裝置有防振設施之機器，為避免大地震時產生過大的振動現象，以防止移動或傾倒現象，需設置耐震緩衝器。

(2) 選擇耐震緩衝器之型式時，必須檢討大地震時發生的傾倒力矩是否會使機器本體傾倒。

(3) 耐震緩衝器之強度計算

- a. 耐震緩衝器必須承受機器撞擊造成之作用力，而不會發生永久變形。機器與耐震緩衝器之間間隙，必須設定於最小限度內。間隙之大小，以平常運轉時不會碰觸的程度為準。
- b. 抑制機器變位量之耐震緩衝器的作用點為耐震緩衝器的前端。但是，考慮機器變位的範圍與耐震緩衝器的形狀或大小；如果能明確地確認其作用點時，也可視該位置為作用點。
- c. 耐震緩衝器之強度，依其形狀來加以檢討；但是耐震緩衝器的板厚，各部分均需相同。

2.11 設備基座

1. 基座必須使設置於其上部之機器載重，能確實地傳遞於建築物的樓板或樑之上。
2. 大地震時必須使機器不會產生移動與傾倒的現象，機器與基座間需使用錨定螺栓加以固定。
3. 基座必須與樓板固定成一體。
4. 依據作用於基座之地震力，計劃基座的斷面與平面形狀。
5. 建築物設計時，所設定之基座的位置、安裝要領、機器重量與基座重量，如有變更時，必須與建築結構設計者協議，取得許可後方得進行基座的施工。
6. 錨定螺栓之埋設位置，需有充分的緣端距離與保護層；大地震時所產生的拉力與剪力，不可使混凝土產生破壞的狀況。
7. 如無特殊記載時，混凝土的 28 天抗壓強度需為 1760 N/cm^2 (180 kg/cm^2) 以上。

【解說】

(1) 一般事項

- a. 基座如設置於建築物樓板或樑上時，基座除了因機器安裝施工與結構上之需要以外，因排水、點檢、配管等需求，機器大部分均必須裝置於比樓板面高的位置。
- b. 在耐震設計上，確保錨定螺栓安裝精度與耐力，或加大基座寬度以防止傾倒現象的發生，是相當重要的事項。但是，因基座重量會成為樓板的積載載重之故，所以也不可過分增大基座，以免造成不必要的載重增加。
- c. 基座之形狀需依據上部機器的種類、大小、重量、裝置場所等條件而定，並檢討其機能、構造、安裝施工等項目。

(2) 作用於基座之外力

大地震時作用於機器與基座之外力，除機器本體以外，也需檢討以下各點：

- a. 機器與固定用金屬構件之安裝用錨定螺栓。
- b. 固定用金屬構件(角鐵等)。
- c. 基座之錨定螺栓。
- d. 基座底面與樓板上之接觸面。

(3) 基座與樓板之一體化

配筋使基座與樓板成為一體，然後一起澆置混凝土，為較理想之方式。另外，也可將機器下方之剛性樑與基座固定；如不採取此種方式施工的話，各基座將有可能發生迴轉現象。因此，如為樑型或柱型被分割之基座，則需使用基座樑將基座連成一體。

- a. 如果無法滿足上述要求時，可將基座寬度增大或增加基座重量。基座不可浮置於樓板；因此樓板必須配置有效的錨定鋼筋。對於後者，需事先於基座外圍部分之下方樓板，將欲與基座錨定的結合筋立起。此結合於樓板的錨定鋼筋，因將成為拉力鋼筋之故，在樓板下端彎折後，確保大約鋼筋直徑的 30 倍長度(水平長度)作為錨定長度。迫不得已採用後施工錨定螺栓時，需使用補助金屬構件固定於基座內部。
- b. 對於重要性較低之輕量機器，迫不得已已在防水樓板上的低強度混凝土設置簡易基座時，必須於大地震時不可使基座產生滑動，來決定基座的大小。欲防止基座之傾倒或浮置現象，最好能與低強度混凝土一體灌製。
- c. 非防水樓板之屋內混凝土基座，原則上需配置配筋或採用插筋等方式。對於日後設置基座時，需將樓板面打粗，且採用後施工錨定螺栓或其他的方法，使之與建築結構體成一體化。

(4) 作用於基座之地震力

輕型機器一般對於水平地震力，只要進行基座安裝部分的耐震檢討即可。對於設置於既存建築物屋頂防水層上方之機器，因為要完全切斷防水層乃相當困難之事；所以準用小型機器設置的方式。但是既然設置於屋頂，對於從屋頂掉落之防範對策必須慎重地考慮。

- a. 對於輕微或小型機器，也必須如同一般機器似的安裝。
- b. 設置於既存建築物屋頂防水層上方之機器，安裝時也需如同新建建築物一般。對於既存建築物有其困難條件存在，必須考量與低強度混凝土一體化之耐震手法。
- c. 基座需與樓板成一體化為原則，在屋內設置輕量機器的話，需進行防止傾倒之計算，將接觸面充分地打粗，清掃與撒水後澆置混凝土板基座。

(5) 建築結構之檢討

- a. 關於積載設備機器之樓板，建築物進行結構設計時，需事先將積載的機器與基座的形狀、重量、位置等，與設備設計者、結構設計者

協議決定。特別是重量較重之機器，最好能直接地積載於樑上，並考慮增設小樑的必要性。另外，機器與基座之重量需視為分佈於樓板的均佈載重或集中載重。

- b. 設備機器之基座施工，有時是委託設備業者施作；在此種情形下，設計時的基座重量或位置等，需與建築設計者加以確認後才施工。
- c. 柱狀基座或機器之腳部直接安裝於樓板時，某一樓板上之機器與基座的單位樓地板面積的平均重量，即使能滿足容許值，樓板的一部分有可能會產生集中作用力；特別是集中作用力比較大，而作用面積比較小時。

(6) 安裝於基座隅角部、邊緣部之錨定螺栓的補強

- a. 錨定螺栓安裝部之混凝土保護層比較薄，所以曾經有部分保護層掉落的破壞事例發生；針對此部分的螺栓拉力與剪力有檢討之必要。
- b. 為防止混凝土之脫落，除了需有充分的保護層厚度以外，於錨定螺栓群的頭部，採用閉鎖型的鋼筋保護；事先針對基座配筋也是有效的方式。此種配筋需考慮基座的大小與錨定螺栓的數量、位置，使用口字型或田字型等配筋，邊緣部需有 135° 的彎鉤。

(7) 基座之混凝土強度

於本規範中，錨定螺栓之附著力、樓板之錨定鋼筋的錨定長度等，均與混凝土強度有直接的關連。另外，錨定鋼筋或錨定螺栓的錨定效果、混凝土的龜裂，也受到混凝土強度之影響。

2.12 頂部支撐構件

1. 長寬比較大之自立型機器，為防止大地震時機器傾倒，可從背面的牆壁或天花板的建築結構體等予以支撐。對機器結構較弱者採用頂部支撐，是一種相當理想的方式。支撐之牆壁需為具有相當強度之鋼筋混凝土構造，最好能避免使用混凝土空心磚構造。
2. 自立機器中，長寬比較大之箱型空調機或控制盤等，為防止其傾倒需於頂部以支撐構件固定。
3. 頂部支撐構件需固定於牆壁或結構體者，原則上需固定於二處以上。

【解說】

(1) 長寬比較大之機器類的頂部支撐

a. 頂部支撐之目的

頂部支撐之目的為防止二次災害與確保機能。

1. 若為防止二次之災害，機器類事先並不需要特別地要求強度。支撐方式可於機器之最頂部附近，以即使機器的本體產生變形也無所謂為前提，使用鋼材或圓棒的頂部支撐構件，將機器本體加以固定。
2. 如果是為確保機能的話，則需分別地檢討腳部與頂部之支撐構

件，於大地震時的分擔比率。被頂部支撐構件固定之機器，需設置具有相當強度的金屬構件，且有必要再確認機器本體的強度。

b. 頂部支撐與腳部支撐

1. 長寬比較大之自立型機器，或機器的構造部非常堅固者，為防止傾倒，採用頂部支撐乃相當有效的方式。
2. 長寬比越大，則傾倒彎矩也越大；如僅採用腳部固定時，作用之拉力也會變大。此時，如能於頂部與建築結構體等連接的話，則使用較小的構件即可防止傾倒。
3. 大地震時為使機器不致移動、傾倒，可將機器與支撐構件，支撐構件與建築結構體加以固定。同時於腳部之混凝土基座，採用錨定螺栓加以固定。支撐牆之建築結構體則需採用鋼筋混凝土構造，避免使用混凝土空心磚構造。
4. 在機器與頂部支撐構件之固定處，或是與腳部錨定螺栓安裝處的強度、選擇的支撐構件、或錨定螺栓，必須能充分地抵抗作用力。

(2) 頂部支撐構件之檢討

不管何種狀況都是假定以機器下方之錨定螺栓抵抗剪力，而傾倒彎矩則由頂部支撐構件承擔。另外，頂部支撐構件一般均有壓力與拉力作用；一般因容許拉應力大於長柱的容許壓應力，對於如此之構件只要針對壓力加以檢討即可。

(3) 設置於樓板上之機器，一般以錨定方式固定於基座；但是長寬比較大的機器，於大地震時因傾倒彎矩較大，所以必須以頂部支撐構件固定於牆壁等。

(4) 固定頂部支撐構件之牆壁，應採具相當強度的混凝土牆，避免採用強度不高的混凝土空心磚牆等。於附近並未設置有相當強度之牆壁時，可考慮採用從樓板等固定的方法。

2.13 高架台

1. 設置水槽等機器之鋼骨高架台，必須能完全地傳遞自重、風力、地震力等至基座。
2. 使用之構件對於上述的作用力，必須選擇不會造成挫屈或局部破壞等之斷面強度。
3. 水槽等機器本體，螺栓需有充分之強度可固定於架台；架台需使用錨定螺栓與建築結構體固定。
4. FRP 或不銹鋼薄壁製水槽之強度，因受下部鋼製架台的影響，所以必須與製造業者充分地討論後決定。

【解說】

(1) 水槽本體、水槽高架台等之強度

使用 FRP 或不銹鋼薄壁製水槽時，必須考慮水本身之搖動現象，樓板或內部構件需具有充分的強度。水槽因受其下部之鋼製架台的影響，所以必須特別地慎重考慮。另外，設置於建築物以外的消防水槽亦應

進行耐震設計。

(2) 機器等之自立架台

a. 裝置模式

設置於鋼製架台上之熱交換器、送風機等機器，其機器的重心點如有水平與垂直地震力作用時，水平方向的地震力將導致柱構件的載重變大。

b. 構件之作用力

依據外力作用僅以構件產生單純之應力為計算對象；實際的架台構件接合，乃採用接合板方式；而以焊接或螺栓接合製作居多。因此這些構件之焊接長度、螺栓的粗細，或因螺栓孔造成的缺損等，必須充分地加以注意，最後才決定構件的斷面。

2.14 樓板懸吊機器之支撐構件

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 機器從樓板懸吊而下，於耐震對策上並非相當理想的方法，最好能避免此種方式。2. 迫不得已設置成從樓板懸吊而下時，必須能拘束機器之振動。 |
|--|

【解說】

(1) 防止振動

- a. 為了防止樓板懸吊物之振動，除了輕量機器以外，不可只採用圓棒等懸吊的工法，必須採用型鋼等剛性較高的構架。
- b. 輕量機器使用圓棒支撐時，需使用防震吊架來防止振動。
- c. 托樑應利用建築結構體之混凝土牆，避免裝置於磚牆或木造牆等。

第 3 章 消防水管、風管及相關設備

3.1 適用範圍

本章之適用範圍為建築物內，與消防相關之水管及風管的耐震措施。

【解說】

- (1)風管與水管不同，因前者的剛性較小，不能以同樣的方法來加以設計。即使對應地震力所產生之應力來加以計算的話，風管將只會造成風管被壓扁破壞。大地震時風管即使產生彎曲或挫屈變形，對於送風量也不會造成極度的減少；基於此，只要能支撐風管之支撐金屬構件或懸吊處強度、風管與保溫材的自重、或依內部壓力所產生的載重等，以平常時的載重來加以設計即可。
- (2)為防止大地震時，風管之橫向振動過大，支撐金屬構件的重要位置需加設防震吊架。
- (3)為防止特別重要之風管產生變形或漏氣，只要將風管支撐構件間的重量，以集中載重視之；而將地震力作用在重心上，來設計支撐構件或根部即可。

3.2 一般注意事項

實施耐震設計時，必須針對下列注意事項加以考慮：

- 1.大地震之實際破壞狀況，必須加以充分地考慮。
- 2.依據調查研究而能確認其耐震性者，不需根據本規範進行耐震設計。
- 3.耐震上所使用之材料，需具有充分的強度與確實的管理。
- 4.設計時必須考慮施工後之保養問題，必要的耐震基礎、設計，並需記載於設計圖書中。

3.3 耐震設計順序

消防安全設備中之配管系統的耐震設計，原則上依下述順序進行：

- 1.考慮建築物之重要性，決定設備系統耐震設計之目標。
- 2.耐震設計之目標為機能確保，若有可能會損傷相關機器或配管系統的周圍系統時，設置物之耐震機能性需一併考慮。
- 3.決定作用於配管系統之設計用地震力。
- 4.考慮設計用地震力，設計配管支撐部分等之各部分構件。
- 5.依據總合性判斷，決定配管之支撐間隔、支撐構件、懸吊根部、變位吸收管接頭等。
- 6.包含耐震設計之詳細內容，製作成設計圖書。
- 7.如經實際之調查研究，而能確認某一設計法之耐震性能時，也可不採用本規範所訂定的耐震設計方法。

【解說】

(1)機能之確保

a.大地震時，也需能維持機能之繼續使用。

b.大地震後，可迅速地恢復其機能。

如果以上述為機能確保之目的時，依機能確保的條件，耐震設計的範圍也將有所改變。但不管如何，為使機能可以充分地發揮，對於各機器類、配管、電源、控制系統等之相關性需加以檢討。與機能確保相關連之所有設備系統，需符合耐震安裝上的耐震等級。

(2)耐震設計進行時，配管系統依下示分類：

a.配管本體(支撐間隔)。

b.配管支撐構件。

c.支撐構件與結構體等之安裝部。

d.與機器之接合部。

e.建築物之地震隔離縫接合部。

f.建築物之導入部。

g.與天花板等非結構體之接合部。

3.4 耐震設計條件

配管系統進行耐震設計時之各條件，原則上如下所示：

1.設計載重條件

大地震時載重=自重+運轉載重+內壓力+地震力

* 自重：為配管本體、內部流體、閥、保溫材等重量之合計

* 運轉載重：因系統運轉而產生之作用力，因運動量變化、壓力所造成的不平衡力。

2.地震力

大地震時加諸於配管系統之地震力，原則上由慣性力與層間變形角來決定；但是如依個案別計算出的數值，則可直接採用其數值。

a.慣性力

依據建築技術規則所訂定之規定計算之。

b.建築物的層間變形角

關於設計用層間變形角，依據建築技術規則所訂定之規定設計之。但是，建築物如依據地震力計算出層間變形角時，則可直接採用其數值。

c.配管系統與建築物之共振

配管系統需避免與建築物之基本振動週期產生共振現象。

【解說】

(1)大地震時加諸於配管系統之地震力，會有因建築物結構體放大產生的“樓板加速度”；也有因建築物結構體的變形或振動等，產生的“強制變形”。進行配管系統之耐震設計時，需以上述二者為同時考量的重點。

- (2)原則上對高於二層樓以上之立管，與貫穿隔離結構體邊緣之建築物地震隔離縫部分的配管，需考慮“強制變形”。關於地下貫通建築物外壁之配管，原則上需針對此部分的變位量加以假設，考慮可追隨變位量的變位吸收措施。
- (3)配管系統可能會因建築物之振動而造成加振現象，所以需注意不可使配管系統與建築物產生共振增幅。避免共振之方法，配管系統的自振週期，可移向比建築物基本振動週期高或低的方向。但是，從配管系統的振幅不宜太大之目的來考慮的話，最好能比建築物的週期短較為理想。換言之，配管之支撐間隔較短時，則可避免產生共振現象。

3.5 容許應力

1. 配管系統所使用之材料的容許應力，依據建築技術規則所訂定之規定。但是適用於其他相關法規或規格時，則採用其數值。
2. 腐蝕：金屬製配管構件(鋼管)，原則上必須考慮 1 mm 之腐蝕量；但是瓦斯配管或氯乙烯內襯鋼管等，則不需考量腐蝕。
3. 結構構件：乃指配管構件裝置於建築物主體之安裝支撐構架或架台、混凝土基礎等。

3.6 耐震設計方針

1. 一般配管於大地震時，會產生很大的搖動；所以可能會造成配管本體之破壞或與其他配管、機器等發生碰撞，而導致破損的情形。為防止此情形發生，需使用耐震支撐構件使之與建築物結構體等，保持適當的間隔。
2. 配管系統之設計分為：a. 配管本體、b. 支撐構件、c. 與結構體接合的安裝部分。
3. 配管的支撐構件分為：a. 配管本體的自重支撐構件、b. 耐震支撐構件等二種，進行耐震措施檢討。但是，自重支撐構件與耐震支撐構件也可以兼用。
4. 耐震支撐間隔需依據大地震時，a. 配管本體、b. 支撐構件、c. 與結構體接合的安裝部分，都在容許值以下。
5. 配管系統採用變位吸收管接頭時，反作用力均假設作用於耐震支撐構件的固定點(參考圖 B-1 與 B-2)。
6. 為防止挫屈，支撐構件之細長比(l/r)不得超過 300。

【解說】

- (1)所謂的「配管系統」，乃指由建築物之樓板、天花板、樑、牆等所支撐的配管。一般配管於大地震時，均會產生很大的搖動；因此可能會造成配管本體之破壞或與其他配管、機器等發生碰撞，而導致破損的現象。為防止此情形，需使用耐震支撐構件使之與建築物結構體保持適當的間隔。
- (2)配管系統的設計分為：a. 配管本體、b. 支撐構件、c. 與結構體接合

的安裝部分等三種。如果上述三者一起分析的話，將會相當的複雜；因為將三者分開設計，於實務上較易實行。

- (3)通常橫向配管之自重支撐，僅支承垂直向下的自重；而耐震支撐部則支承因大地震產生的垂直或水平方向的地震力。自重支撐與耐震支撐需分別考量；但是耐震支撐部一般均兼用自重支撐。
- (4)有關立管一般均採自重支撐之方式，由配管的下端來加以支承。耐震支撐主要為防止水平方向之搖動，於配管的適當長度間隔，設置防振裝置。立管之自重支撐與耐震支撐也需分別考量；但是，自重支撐部一般尚兼用耐震支撐。
- (5)決定耐震支撐間隔時，需使大地震時配管系統各部分產生之應力在容許值以下；同時也必須注意變形量。

a. 配管本體

樓板懸吊支撐配管需依據固定器、鋼棒的容許拉力與懸吊帶的容許強度等，來決定配管之支撐間隔。架台上部之支撐配管則依據配管本體的撓度；換言之，需依據撓度來決定支撐間隔。

b. 耐震支撐構件

依據大地震時，作用於耐震支撐構件之載重，因支撐的配管管徑、根數與支撐間隔等，而有所不同。懸吊支撐構件之長度較長時，為防止配管、風管的支撐構件過度擺動，必須設置防震吊架。

- (6)配管系統如果採用波紋管式或套管式等變位吸收管接頭時，因管內壓產生的反作用力，必須使之作用於配管的固定點。

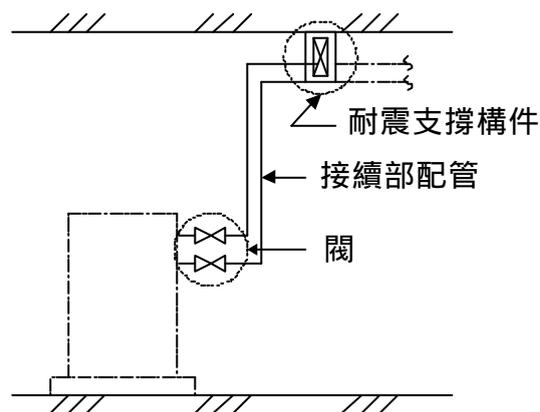


圖 B-1 非防振設備機器與接續配管耐震支撐方法示意圖

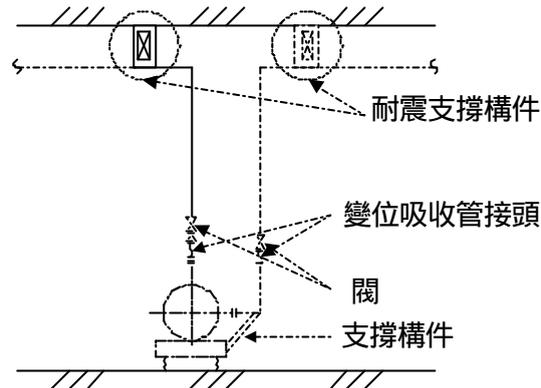


圖 B-2 防振設備機器與接續配管耐震支撐方法示意圖

3.7 配管本體設計

1. 大地震時有耐震支撐的配管本體上所產生之應力，必須在容許值以下。
2. 立管本體之自重由配管下部支撐時，必須進行配管本體的挫屈分析。

【解說】

- (1) 橫向配管與立管，因自重支撐及耐震支撐構件之設置方法，對於配管的載重方向不同；基於此，應將橫向配管與立管分開設計檢討。
- (2) 立管之設計
首先必須同時考慮自重支撐點，與防止挫屈之耐震支撐構件的設置位置。此時，如果支撐間隔短的話，與地震力產生的應力會變小；但是因建築物層間變位產生之應力則會變大。

3.8 橫向配管之耐震支撐

1. 橫向配管於大地震時，為抑制振動變位過大，必須施以耐震支撐。
2. 耐震支撐之目的，為防止因震動而造成配管本體的破壞、與其他配管等之碰撞造成的破損、及因掉落造成之二次災害。
3. 配管應有支撐以抵抗水平與垂直向地震力，而且也要防止因地震力造成之上下振動。有支撐附著之結構體，必須具有足夠的能力以承擔加諸於其上的地震力。
4. 防震吊架應可抵抗拉力與壓力，至於僅能抗拉的支撐構件，在水平與垂直方向支撐處，應安裝二個反向的抗拉支撐構件。
5. 避免建築結構變位過大，產生之擠壓或拉扯破壞。

【解說】

- (1) 耐震支撐點需設置於結構體上可充分確保強度之處；為盡量使作用於耐震支撐構件的作用力變小，最好能設置於接近上層樓板處。
- (2) 為防止大地震時與其他配管或機器發生碰撞，必須施以防震措施，以防止破損或掉落。

- (3) 從主管分歧之分流主管，貫穿壁體或樓板處，需使用三向耐震緩衝器或變位吸收管接頭，以吸收大地震時的變位。
- (4) 耐震支撐方法
 - a. 橫向配管之耐震支撐方法，需依據施工所需之設計圖書規定所示的事項為基準，檢討施工方法以確保施工品質。
 - b. 重要建築物於閘類、衰減器、配管接頭部等處，為防止震動需設置斜撐。斜撐之鎖定只需不致有鬆脫的情形即可，不可使重量加諸於斜撐之上。
 - c. 使用 U 型螺栓將配管固定時，為不使因熱膨脹造成軸向之伸縮，而造成拘束的情形，需使用橡膠等緩衝材。
- (5) 側向防震吊架應設置於任何管徑之給水管與分流主管，以及所有管徑在 63.5 mm 以上的支管與其他配管上；以至多每 12.2 m 的中心間距裝設一個。給水管或分流主管末端之最後一段長度，應有一個側向防震吊架。
- (6) 若側向防震吊架在距縱向防震吊架之配管的中心線 61 cm 以內，且此配管直徑在 63.5 mm 以上者，可被視為縱向防震吊架。最後一個防震吊架至配管末端之間，距離不得超過 6.1 m。這項要求不需排除使用可視為縱向防震吊架的側向防震吊架。
- (7) 當建築物主結構單元之中心間距超過 12 m 時，側向防震吊架的中心間距可以延長至 15.2 m。
- (8) 當容許之側向防震吊架間距達到 15.2 m 時，最後一個防震吊架至配管末端的距離可容許延長至 7.6 m。
- (9) 對於單獨以吊桿支撐之配管，而此吊桿從配管頂端至所附著之建築結構的長度小於 15.2 mm 時，可以不裝設側向防震吊架。
- (10) 可使用全包型(wraparound)之 U 型鉤，或其他可使結構單元下方配管牢固的 U 型鉤，以滿足側向防震吊架的要求。但是，支柱需自垂直線向外彎出 30 度以上。
- (11) 給水管與分流主管上，應有中心間距小於 24 m 之縱向防震吊架。在有安裝側向防震吊架之配管上的縱向防震吊架，若其安裝間距在 61 cm 內，可視為側向防震吊架。最後一個防震吊架與管路末端的距離不得超過 12.2 m。

3.9 立管之耐震支撐

- 1. 立管於大地震時，為能抑制與管軸垂直方向之過大變位，及可追隨建築物的層間變位，而需施以耐震支撐。
- 2. 立管之頂部需有防止任何方向位移的保護措施，可利用四向型防震吊架的方式進行。

【解說】

- (1)配管之自重支撐可分為，上端、下端、兩端與各樓層或分割等方法。
- (2)配管本體之自重由配管的下端支撐時，必須檢討配管本體是否會有挫屈現象。
- (3)從管道間分歧之配管，貫穿壁體之處，必須以三向耐震緩衝器或變位吸收管接頭，吸收大地震時的變位。
- (4)層間變位之大小應對應至大地震發生時(475 年迴歸期)，結構會產生之變形。

3.10 耐震支撐構件之設計

- 1.地震時配管產生之慣性力，必須由耐震支撐構件以充分的強度與剛性傳遞給結構體。
- 2.耐震支撐構件以及其他構件相互接合的零件，應採用具強度證明之規格品進行設計。另外，束帶等使用非規格品時，必須具有充分的強度。
- 3.為不使鋼構件因生鏽、腐蝕等造成斷面性能之降低，必須採取塗裝等適當的措施保護。
- 4.配管本體與耐震支撐構件之接合處，於設計時未考慮在內的應力，不可產生於配管本體或支撐構件。
- 5.側向防震吊架應有連續性，必要時側向防震吊架上之接合處，應進行設計與確實施工以確保防震吊架的整體性。
- 6.所謂的「預埋構件」，乃指混凝土澆置時預埋在內，作為樓板錨定之處，一般均使用於樓板懸吊配管、風管，或樓板懸吊機器等。懸吊構件依材質之種類可分為，鋼鐵製、鑄鐵製與不銹鋼製懸吊構件等；但是鑄鐵製懸吊構件，因強度無法確保，所以一般並不使用。
- 7.吊桿施工時，懸吊構件間之距離需間隔 $6L$ (L 為有效埋置深度) 以上，端部距離需 $3L$ 以上。另外吊桿安裝時，需垂直地固定於模板或鋼承板上。
- 8.一根吊桿之容許載重，依其直徑之不同，容許載重也有所不同。
- 9.以機械式錨定螺栓代替吊桿固定於樓板時，需盡可能地採用公螺紋機械式錨定螺栓。
- 10.火藥擊釘除非經試驗證明，否則不得當作承受拉力之構件。

【解說】

- (1)耐震支撐構件於配管本體檢討時，支點乃假設之位置，因為支承方向的作用力要比配管本體剛性大很多，所以必須視為完全不能移動。
- (2)耐震支撐構件之主要目的，乃在支承與配管軸的直交方向或管軸方向的地震力。但是，在水平配管部一般均兼用垂直方向自重之支承點；此時必須針對兩者的組合來加以檢討。
- (3)耐震支撐構件為了確保所需之耐震性能，構成構件與接合構件的材質、尺寸等需加以規定。
- (4)耐震支撐構件如以鋼構件來建構的話，從配管本體傳遞而來之作用力

可視為外力，依據建築技術規則進行結構計算分析。

- (5) 為防止鋼構件之生鏽、腐蝕，必須進行適當的塗裝等防蝕措施。但是，對於類似輕量型鋼等板厚在 4.5 mm 以下、或經常受水分、藥品等影響之部位、或其他無法經常維護的部位，則必須事先將可能腐蝕的厚度計算在內。
- (6) 配管本體與耐震支撐構件之接合部，一般大都採用 U 型螺栓。U 型螺栓對於如熱伸縮等，會造成緩慢地增大軸向力之現象，因而產生滑動；所以 U 型螺栓的拘束能力比較小。基於此，對於熱伸縮並非很大之配管，可依現狀採用 U 型螺栓來支撐配管；但是對於熱伸縮較大之配管，則對熱伸縮不可加以拘束。
- (7) 依據主管至支承此支撐之結構單元間的距離，決定此防震吊架之形狀與尺寸，但是最大細長比(l/r)不得超過 300。支撐構件與垂直線間之角度最小需有 30 度，最好則有 45 度以上。

3.11 與結構體接合部之設計

1. 耐震支撐構件與結構體之接合部，為了承受從支撐構件傳遞而來的作用力至結構體，所以必須有充分的剛性。
2. 耐震支撐構件設置於結構體之部分，需設於柱、樑等具有足夠強度與剛性的位置；但是載重較小時，也可以設置於樓板處。
3. 設置於結構體之方法，除了懸吊鋼棒、後施工錨定螺栓外，尚有貫通螺栓、埋置金屬構件焊接等其他方法。但是，不管何種方式均需考慮作用力之傳達機構，針對各個接合構件的斷面加以檢討。
4. 與結構體錨定後之安裝部的螺栓，設計時必須考慮拉力與剪力。

3.12 埋置金屬構件之設計

埋置金屬構件承受配管支撐構件之作用載重，必須使能確實地傳遞至結構體。

3.13 機器接續部之耐震設計方針

1. 設備機器與配管之接續部，不可因地震力的影響而導致損傷。
2. 防振機器因受地震力之影響，與配管間可能會產生比較大的相對變位，其變位量需有可吸收的對策。
3. 配管之重量不可作用於機器。
4. 大地震時，與機器之接續部不可造成損傷，需於適當的位置設置耐震支撐。
5. 耐震支撐構件需與建築結構體固定成一體。
6. 作用於耐震支撐構件之作用力，變位吸收管接頭的反作用力也需加以考慮。

【解說】

- (1) 於本規範中，設置於建築物內之設備機器與接續的配管，從設備機器至最近的配管支撐部，稱為接續部配管，詳圖 B-1。此時設置於建築

物外部之設備機器僅考慮地震力，因不均勻沉陷等造成的作用力不需加以考慮。

(2) 機器接續部對有防振措施的設備機器，與固定於建築結構體之設備機器的相對變位量不同。需吸收之變位量為設備機器的最大變位量，加上接續部配管的最大變位量之和，詳圖 B-2。

(3) 變位吸收方法

a. 欲吸收變位可利用配管之可撓性，但是此種方法無法吸收時，則需使用變位吸收管接頭。

b. 設置有防振作用之機器於配管接續時，原則上需設置變位吸收管接頭。

c. 構造強度較低之機器的接續部，需設置剛性較小的變位吸收管接頭。

d. 使用變位吸收管接頭之方法

因變位而導致配管本體產生之應力超過容許應力時，需將變位吸收管接頭設置於設備機器與接續配管之間以吸收變位。

1. 使用於設備機器與接續部之變位吸收管接頭

變位吸收管接頭有不同種類，且各有其特徵；需依據設備機器與接續配管之最大變位量或內壓，選擇適當的種類。

2. 變位吸收管接頭之選擇

【1】變位吸收管接頭必須能吸收因自重、內壓，與因地震力產生之變位等。

【2】變位吸收管接頭必須具有可以抵抗，因內壓與地震力等所產生之應力的強度。

【3】變位吸收管接頭之伸縮部比較長時，需注意大地震時可能引起的共振現象。

【4】使用變位吸收管接頭時，反力盡量不要影響到機器或金屬構件。

【5】變位吸收管接頭必須具備有耐壓性、耐久性、耐老化性、耐腐蝕性、耐熱性與耐化學藥品性等。

3.14 建築物地震隔離縫之耐震設計方針

1. 穿過建築物地震隔離縫部之配管，必須考慮可以吸收雙方建築物產生的最大相對變位量。

2. 在地面層以上之建築內部的撒水配管，不管其尺寸大小，當其貫穿過建築物的地震隔離縫時，必須裝設具可撓性構件的隔震裝置。

3. 建築物地震隔離縫兩側之配管，各需支撐於變位吸收管接頭附近。

4. 耐震支撐構件需與建築結構體固定成一體。

5. 變位吸收管接頭的反力，也需考慮於耐震支撐構件之作用力內。

6. 變位吸收管接合部之支撐構件，需可追隨變位吸收管接頭的變位量。

7.可撓性接頭於平行與垂直地震隔離縫方向，允許移動量至少達 2 倍的實際縫寬，則可不必計算。

【解說】

- (1)所謂的「建築物地震隔離縫部」，乃指二棟建築物相接時，因地震時會產生之建築物相對變位。
- (2)建築物地震隔離縫部於結構體貫穿部，配管之變位不可加以拘束。
- (3)建築物地震隔離縫部之最大相對變位量，為建築物針對 X、Y、Z 三方向的最大相對變位量之和。
- (4)貫穿建築物地震隔離縫部之配管，因大地震時建築物相互的振動特性不同之故；所以為了可以充分地吸收雙方建築物產生的相對變位量，可以利用配管本身的可撓性與變位吸收管接頭，吸收管斷面方向與管軸方向的相對變位量。

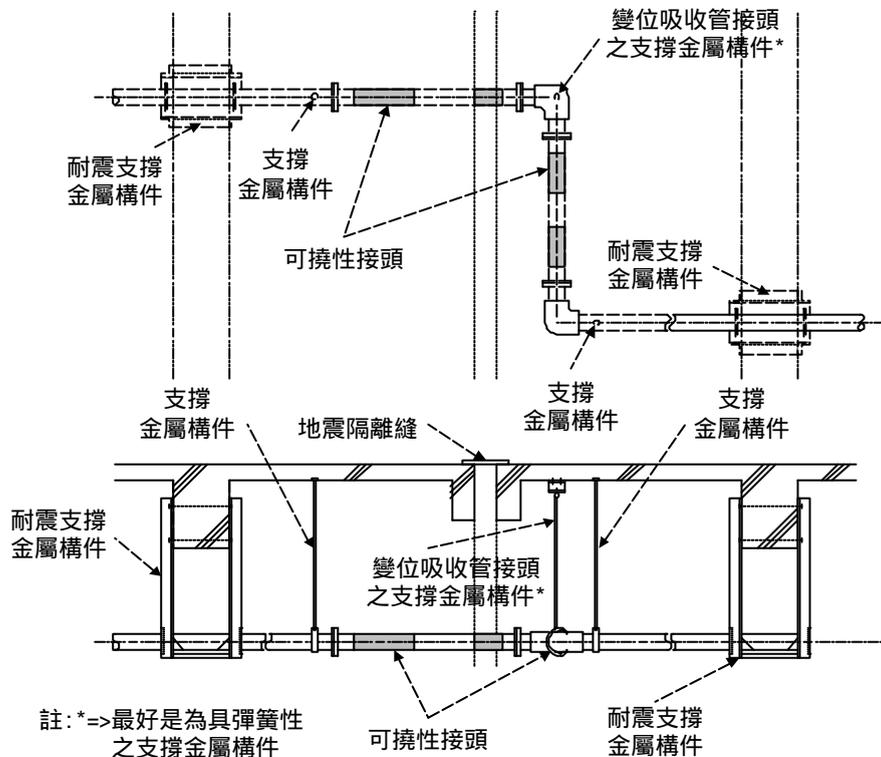


圖 B-3 地震隔離縫部之可撓性接頭配置範例

- (5)於垂直與平行地震隔離縫之方向，若容許運動的程度已達 2 倍以上的實際縫寬，即可不必計算。
- (6)耐震支撐構件之安裝方法
耐震支撐構件對於橫向配管的自重、管斷面方向與管軸方向的水平地震力，必須能防止配管之搖動與移動。

3.15 建築物導入部之耐震設計

1.建築物導入部之配管，必須考慮於大地震時，能吸收建築物與地盤間的相對變位量。

2. 可利用可撓性接頭或穿孔間隙，吸收建築物與配管間之相對變位量。

【解說】

- (1) 所謂的「建築物導入部」，乃指於建築物外部，從與建築物有不同振動特性的支撐點，至固定於建築物支撐為止的範圍。
- (2) 導入部之配管，原則上為防止此部分的破損，必須要能吸收其相對變位量。
- (3) 必須能吸收因不均勻沉陷，而造成建築物與周圍地盤之間的變位量。
- (4) 配管貫穿時不需堅固地加以固定，但需使用膠合舖料等以確保水密性。
- (5) 配管必須有防蝕處理對策。
- (6) 可撓性接頭與穿孔間隙之設置處與尺寸大小規定：
 - a. 於所有立管之頂部與底部 61 cm 以內。
 - b. 長度不足 90 cm 之立管，可免裝設可撓性接頭。
 - c. 長度於 90 cm 至 2.1 m 間之立管，僅需一個可撓性接頭。
 - d. 在多層樓建築物樓板上方 30.5 cm 及樓板下方 61 cm 以內者。當樓板下方之可撓性接頭，在供給本層樓主管之銜接管(tie-in main)的上方時，則此銜接管的垂直部分需有一個可撓性接頭。
 - e. 在混凝土牆或磚牆表面兩側 30 cm 內。
 - f. 於建築物地震隔離縫兩側 60 cm 以內者。
 - g. 連結至消防水帶、貨架撒水頭與夾層之垂直支管，不論其配管尺寸大小，在其頂部與末端 60 cm 以內處。
 - h. 連結至具有多個自動撒水頭系統之垂直支管，若其長度超過 4.6 m 時，則不管其尺寸為何，於垂直支管頂部 60 cm 以內。
 - i. 於支撐立管或其他垂直配管之中間點之上方與下方。若主管之可撓性接頭不符合以上的要求時，每隔一個接頭之 61 cm 內應有一個側向防震吊架，但兩個側向防震吊架之中心間距最大不得超過 12 m。
- (7) 貫穿過石膏板或同樣脆弱等不需具備耐火性能構造之立管，不需有穿孔間隙。
- (8) 建築物導入部之配管，必須由壁體貫通部加以耐震固定，為防止配管的破損，需以變位吸收管接頭等應對；並以膠合舖料進行防水處理。
- (9) 變位吸收管接頭之選擇，需計算出變位量，並輔以適當的施工。
- (10) 耐震施工法
對於建築物周圍之耐震施工，除了必須細心地確認地盤的狀態外，也必須進行配管的防蝕處理。混凝土製支撐架台無法與結構體一起製作時，也可以採用以不銹鋼材料等製作耐腐蝕性之支撐架台。關於貫通外牆之配管，除了以固定金屬構件安裝外，貫通部的內外面必須以膠合舖料進行防水處理。

- (11) 排水管、消防送水口與其他配管等，當其貫穿過牆壁、樓板、平台與基礎時，在其貫穿孔處需有足夠的穿孔間隙。
- (12) 若於牆壁、樓板、平台或基礎兩側 30 cm 以內，有裝設可撓性接合者，不需設置穿孔間隙。

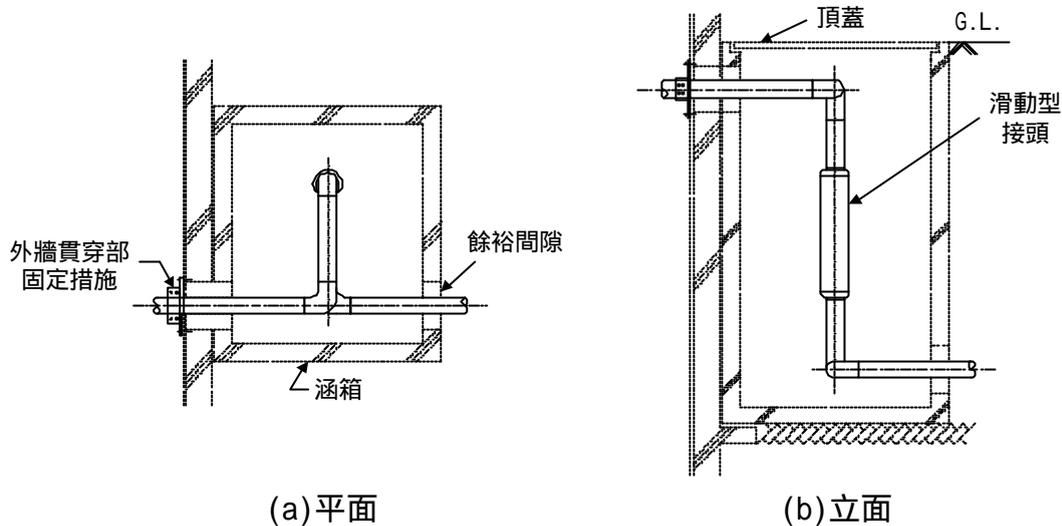


圖 B-4 建築物導入部之瓦斯配管範例(波紋管接頭)

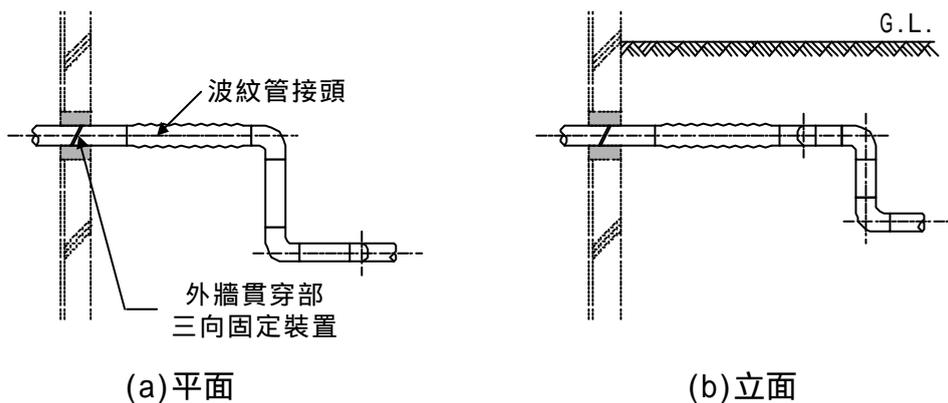


圖 B-5 建築物導入部之瓦斯配管範例(滑動型管接頭)

3.16 自動撒水設備之延伸配管與撒水頭的耐震設計

1. 自動撒水設備之延伸配管，必須能吸收因天花板構件與自動撒水配管所產生的變位。
2. 自動撒水頭正上方之延伸配管，必須以固定金屬構件堅固地固定於天花板。
3. 於防火門動作範圍內之自動撒水頭，因天花板面的搖動，可能會與防火門碰撞，所以設置時需考慮防火門的位置或天花板面的搖動。
4. 長度在 1.2 m 以上之向上型支管，應加以限制以防止搖動。

【解說】

(1) 延伸配管

- a. 所謂的「延伸配管」，乃指連結自動撒水設備配管與設置於天花板面自動撒水頭間的配管。

- b. 延伸配管因天花板構件與自動撒水設備配管之搖動方式不同，而無法吸收變位時，接頭部可能會產生破壞的情形。
- c. 為吸收因天花板構件與自動撒水設備配管的搖動方式不同，因而產生之變位，延伸配管最好能採用可撓性配管。
- d. 延伸配管於大地震時之破壞調查中，經確認於耐震上乃相當有效之措施；另外，採用時需充分檢討其腐蝕性等。

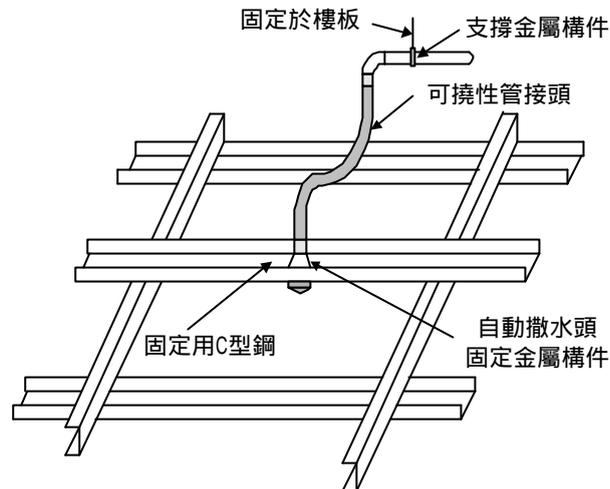


圖 B-6 延伸配管範例

(2) 自動撒水頭

- a. 自動撒水頭可能因搖動，而與天花板產生摩擦碰撞，使得感熱部損傷，容易造成錯誤啟動之情形。
- b. 為使自動撒水頭與天花板之搖動方式相同，自動撒水頭直上方的延伸配管部分，必須堅固地以金屬構件固定於天花板的構架上。另外，固定金屬構件依產品之不同，也有可能因地震而造成脫落的現象，所以必須選用強固的構件。
- c. 自動撒水頭之感熱部與天花板面在同一平面者，因特別容易受損，可使用保護蓋(Sealing Plate)封入自動撒水頭的方式，或設計使自動撒水頭的天花板開口部有餘裕的空間。
- d. 在沒有天花板之停車場等處設置自動撒水頭時，於最接近的樑或牆壁附近，為防止錯誤啟動，配管末端需加以固定。

(3) 防火門與自動撒水頭

防火門之動作範圍內如有自動撒水頭的話，有可能會因地震造成防火門碰撞到自動撒水頭，應於防火門的上部採用垂壁，或不要於防火門開口寬度相同的動作範圍內設置自動撒水頭。

3.17 其他

1. 排煙口之耐震設計

() 天花板剛性較大時 (傳統工法天花板)

- 1. 排煙口與集風箱予以一體化，從樓板以懸吊螺栓或斜鋼棒支撐自重 (必

要時採耐震支撐), 以天花板的槽鋼或 M-型鋼等之天花板構架金屬構件支撐防振。

2. 風箱與天花板裏之風管, 如有可能產生相對變位時, 需採用與可撓性風管等接續, 將天花板系統與風管系統隔絕。

() 天花板剛性較小時 (系統天花板)

1. 排煙口與集風箱予以一體化, 將天花板構架的 T-bar 與槽鋼加以固定。

2. 集風箱類與天花板裏之風管, 如有可能產生相對變位時, 需採用與可撓性風管等接續, 將天花板系統與風管系統隔絕。

() 共通

有可能因脫落而造成二次災害時, 需在上層樓板處以鋼纜或鐵絲固定, 以防止掉落等情形。

2. 建築中心若設有防災控制中心, 則該中心的控制設備亦應滿足耐震需求。

3. 緊急電梯設備必須具有充分的耐震性能, 使能確保人身安全, 並可在震後快速修復。電梯設置位置之安排, 宜避免在平面上振動太大之處。

4. 瓦斯管線等可燃性物質之儲存與輸送, 亦需檢討耐震設計。

【解說】

() 天花板剛性較大時 (傳統工法天花板)

(1) 天花板排煙口類於大地震時之位置移動、脫落等破壞, 乃由天花板與風管系統的相對變位所產生。因此, 將排煙口類固定於天花板, 與風管系統採用可撓性等接續, 可將天花板系統與風管系統隔絕。

(2) 風箱一般均具有相當的重量, 以天花板支撐自重或耐震支撐時, 需注意天花板之強度要求。因此, 由樓板支撐自重之排煙口本體需能與天花板同時動作, 所以天花板構架的金屬構件也需加以固定。另外, 天花板未固定時, 排煙口之隔離邊緣寬度需加大; 換言之, 天花板開口與排煙口本體的隔離, 需採取加寬的措施。

() 天花板剛性較小時 (系統天花板)

(1) 系統天花板因天花板的剛性較低之故, 天花板系統與風管系統的相對變位, 將會比傳統工法大。因此, 排煙口、風箱類需固定於天花板, 與風管系統需採用可撓性風管等接續以吸收變位, 天花板系統與風管系統必須加以隔離。

() 共通

(1) 排煙口類脫落之二次災害, 有可能造成人身傷害的情形。另外, 排煙口之變形或脫落, 也會直接影響到防災機能。因此, 關於居室之排煙口類, 除了採用萬一掉落, 也只會產生極少二次災害的輕量型外, 應有防止掉落的措施。

(2) 受二次災害影響較高之建築物, 如醫院、學校、福祉設施等之居住領域, 特別需注意掉落防止的措施。

