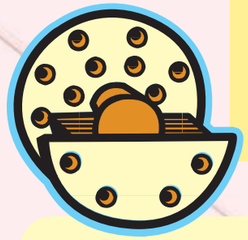
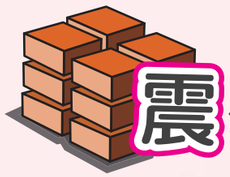
震不倒的家



在南北棟毀壞教室之間，有一棟外表是玻璃牆的房屋，住著一個善於工程技術的人物，他的名字叫「震不倒」。

EGG MEN 為了更進一步了解建築物耐震的原理與技術，來到「震不倒」的家，也就是「地震工程教育館」的展示區，希望能學習「震不倒」的祕訣。

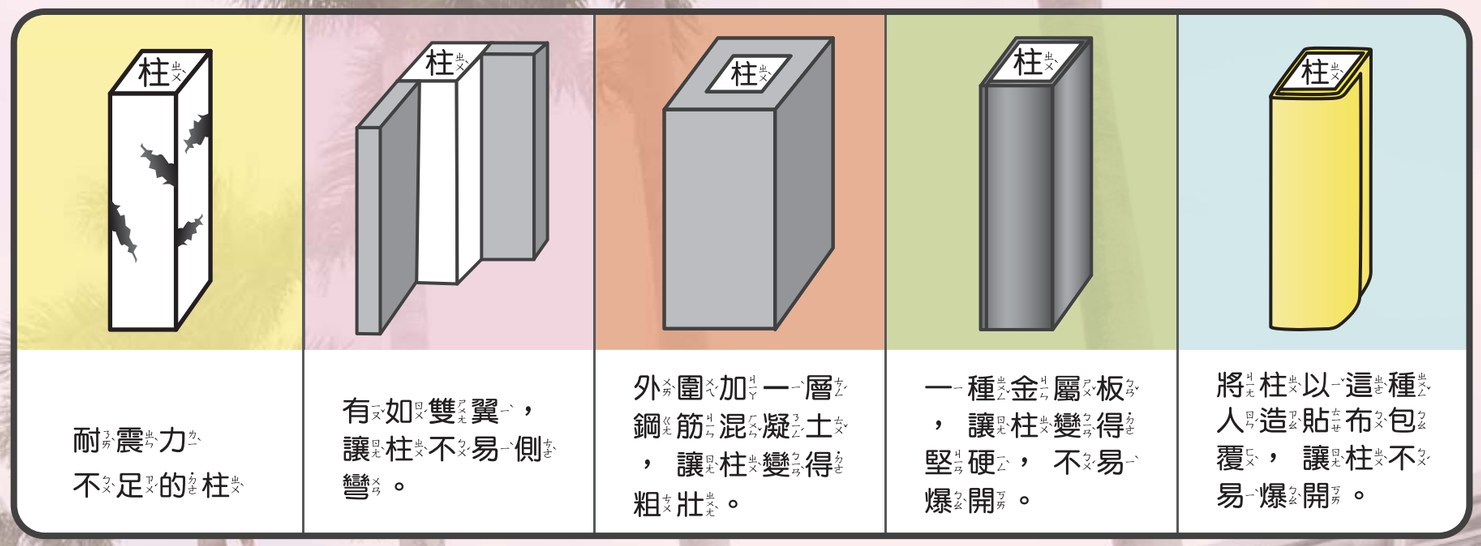
國立自然科學館 921地震教育園區
行政院國家科學委員會 99年科普活動計畫（編號 NSC 99-2515-S-178-001）
「地震與工程科學之國小科普教材研發- 以九二一地震教育園區導覽學習為例」



震不倒家族

在地震工程教育館門口外，也就是南棟毀壞教室的盡頭，有「震不倒」先生家中的六名成員，它們都可以讓我們住的房屋更耐震。

將耐震補強名稱與對應的圖相連

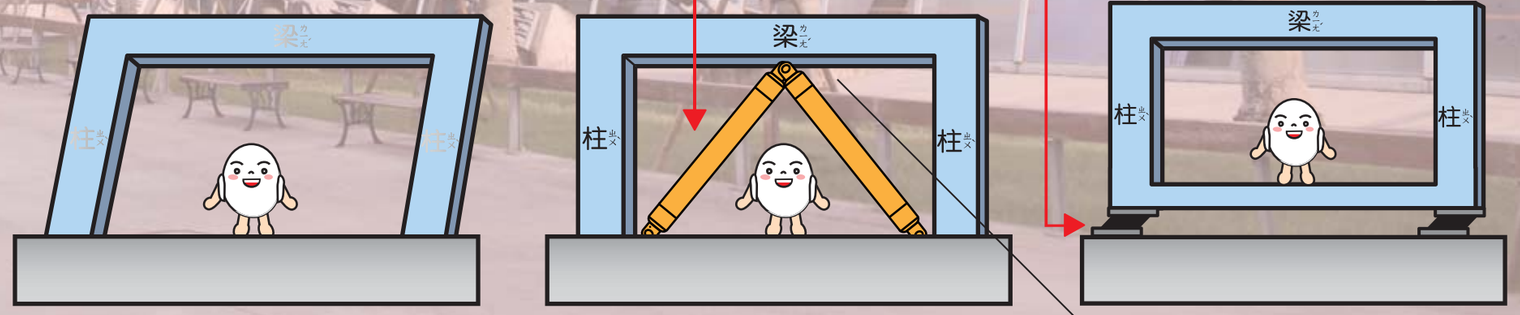


- 擴柱
- 翼牆
- 挫屈拘束支撐
- 鋼板
- 碳纖維包覆
- 隔震墊

容易變形的梁柱四邊形

讓梁柱變成穩固三角形的裝置。

裝設在房屋與地面之間的軟性裝置，可隔絕大部分的地震波。

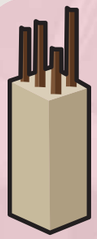


地震工程教育館

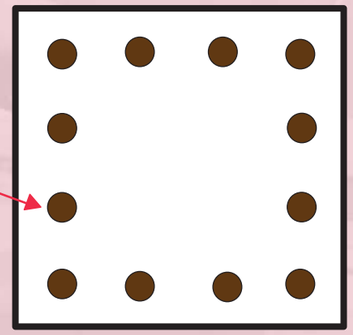
震不倒實驗室

地震工程教育館的展示館，請觀察展品、做做實驗，解決房屋的耐震問題

梁柱鋼筋，畫畫看！

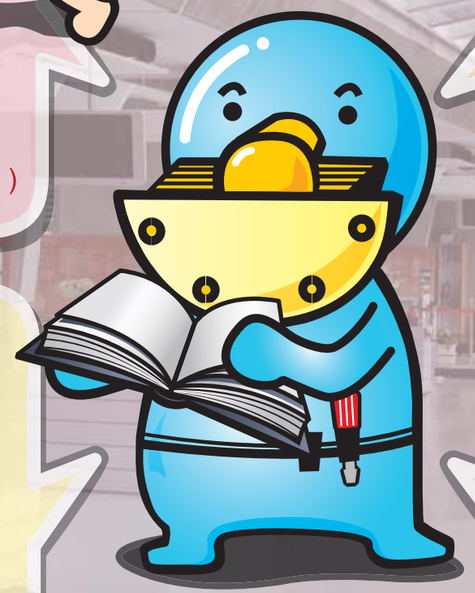


在下圖中畫出完整的「箍筋」與一根「繫筋」。



柱的橫切面

（提示：箍筋與繫筋施工良品模型）



擅改房屋，安全嗎？

下圖A為一棟二層樓房，B到D為打通牆面與頂樓加蓋的情形。

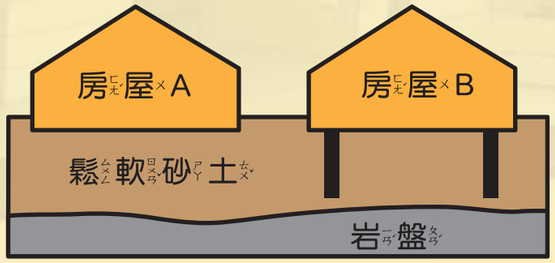
Q1.四個模型倒塌的先後順序為何？

Q2. 你覺得擅自修改房屋如何？

☐ 沒問題！ 可以修改 ☐ 不適當

土壤液化，做實驗！

含水量豐富的鬆軟砂土，容易因地震搖晃產生「土壤液化」現象



做完土壤液化實驗，你發現：

Q1. 房屋A在土壤液化中會

Q2. 房屋B較不受液化影響，因為它有

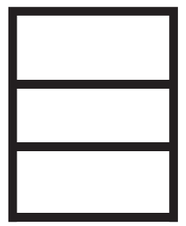
耐震升級，震不倒！

當房屋不夠耐震，可外加一些特殊的裝置，來保護房屋的安全。

Q1. 哪一種地震，讓低樓建築搖晃得比高樓建築還劇烈？

☐ 高周波 (高頻率)　☐ 低周波 (低頻率)

Q2. 請在下圖三層樓房畫出任一種耐震裝置，並在右方對應的原理中打勾。



☐ 隔開房屋與地面

☐ 讓房屋形成穩定三角形

☐ 擺盪中提供反向的力量

☐ 其他 _____

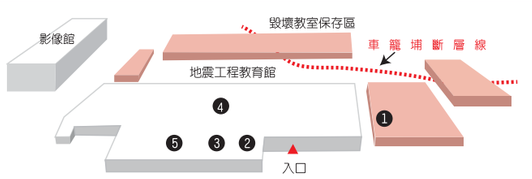
（提示：建築物減震技術與地震波頻率實驗）

【震不倒的家】輔導者參考指南

本單元主題命名為「震不倒的家」，主因為地震工程教育館的虛擬主角為「震不倒先生」，而「震不倒的家」又有比喻房屋耐震，不會被震倒之意。

導覽前

本單元主要配合九二一地震教育園區－地震工程教育館進行參觀學習，相對展品位置如下圖中編號1~5。



◆ 本指南中五種符號，代表意義如下：

- 目的：說明該主題學習之目的
- 位置：說明該主題所屬相關展品所在位置
- 輔導建議：提供輔導者引導學習者參觀學習之建議參考
- 小知識：提供輔導者進一步之相關知識
- 答案：提供題目之答案

震不倒家族

介紹六種常見的結構耐震補強技術工法

南棟教室末段、室內展示館入口前(位置圖 ❶)

1：鋼板包覆補強柱工法　2：碳纖維包覆補強柱工法
3：擴柱補強工法　4：翼牆補強柱工法
5：挫屈拘束斜撐制震補強　6：鉛心基層橡膠支承墊（隔震器）

進入地震工程教育館之前，輔導者可在南棟教室末段的補強工法展示區引導本題。本主題將六種補強工法視為震不倒家族的六個成員。輔導者可於該區簡要說明六種工法的展示品所在位置，從四個角的柱補強工法開始，可閱讀題目上各種工法的意義，請學習者先從外形上猜測把柱擴大的「擴柱」與雙翼般的「翼牆」，再請學習者觀察面板資訊，或就意思上理解「鋼板補強」與「碳纖維包覆補強」為何。這兩個補強工法的展品，無法由現場的型態辨認，主因為在補強工法的外圍有防護塗料。輔導者可以向學習者說明。

所謂的房屋結構耐震補強技術，有兩種不同的意義，一是增強結構的強度，讓結構可承受更大的力量；另一是消減結構體上的地震能量，減少結構的振動。房屋結構的耐震補強技術種類，大致可分為 (1)單一構件(梁、柱、或牆)的補強、(2)整體的「制震」、與(3)整體的「隔震」。

柱在房屋中很重要，損壞就必須要修補，常用工程方法有：擴柱、翼牆、鋼板、與碳纖維包覆等；前兩種是以鋼筋混凝土來增加柱的體積，後兩種則不改變柱的尺寸，而是採用韌性高的材料來包覆柱體。在房屋梁柱框架中填充鋼筋混凝土牆，讓梁柱框架不易變形，也相當常見。

整體結構的「制震」方法眾多，本園區所展示的「挫屈拘束斜撐」，可在不穩定的矩形梁柱框架中，構成穩定的三角形；另一種著名的制震裝置，為裝設於台北101大樓的「 調諧質量阻尼器」，該大樓稱之為「風阻尼器」，它有如鐘擺，可將房屋的振動削減。

整體結構系統的「隔震」，是在房屋與地面基礎之間製造一個柔性介面，使得地面劇烈水平搖晃時，上方結構不會跟著起舞，而是由隔震裝置來承受變形。目前已安裝在真實房屋的隔震裝置，主要以橡膠為主體，如園區展示的「鉛心積層橡膠隔震器」，因為橡膠具有很高的彈性，可以承受相當大的變形。

將耐震補強名稱與對應的圖相連

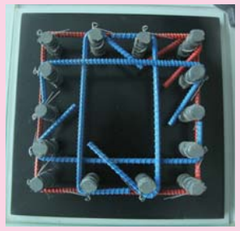
有如雙翼，讓柱不易側彎。	翼牆
外圍加一層鋼筋混凝土，讓柱變得粗壯。	擴柱
一種金屬板，讓柱變得堅硬，不易爆開。	鋼板
將柱以這種人造貼布包覆，讓柱不易爆開。	碳纖維包覆
讓梁柱變成穩固三角形的裝置。	挫屈拘束支撐
裝設在房屋與地面之間的軟性裝置，可隔絕大部分的地震波。	隔震墊

震不倒實驗室

以觀察與實驗瞭解房屋耐震安全的條件

地震工程教育館室內展館四個展品

輔導者引導學習者進入地震工程教育館後，可向學習者說明這裡就是震不倒的家，並指出服務台旁的「震不倒先生」。接著依序帶領學習者到達「箍筋與繫筋施工良品模型」、「土壤液化實驗」、「牆面打通與頂樓加蓋」、與「建築物減震技術與地震波頻率實驗」，分別進行震不倒實驗，回答四個題目。



箍筋與繫筋施工良品模型

土壤液化實驗

❷ 箍筋與繫筋施工良品模型

可先向學習者提示直立的鋼筋為「主筋」，說明主筋的角色為輔助混凝土；圍繞在主筋周圍的紅色鋼筋為「箍筋」，其主要作用是箍住主筋，讓主筋不容易在外圍混凝土脫落後膨脹爆開，就像毀壞教室看到的一樣，同時可以增強柱體對水平力的抵抗；而藍色鋼筋稱為「繫筋」，其主要目的類似箍筋，利用勾住對邊的兩根主筋，使主筋不容易被撐開。請學習者根據本模型，或模型旁的面板圖說，畫出箍筋與一根繫筋，特別注意彎鉤的角度。箍筋的兩個端點都要內彎135度，繫筋一端內彎135度，一端90度。

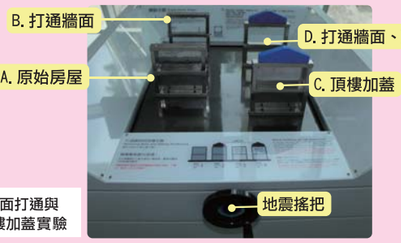
❸ 土壤液化實驗

用工具將砂土鋪平，並提示土壤液化容易發生的處所(河邊、海邊等處含水量豐富的鬆砂土質)，接著把兩個不同的房屋模型向學習者展示，其中一個是一般的房屋，另一個底下有細細長長的「樁基礎」，說明樁基礎可讓房屋基礎更穩；將兩個房屋置放於土壤上，具有樁基礎者，將其插入土壤中使房屋底面與土壤面平齊。由輔導者或一位學習者使用展台前的搖把製造地震，請學習者觀察土壤面液化的產生與兩個模型的不同結果。最後進行答題。

❹ 牆面打通與頂樓加蓋

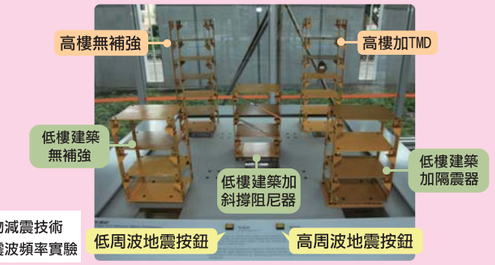
將四個模型架好，向學習者說明四種模型中，哪一個是原始沒有修改的房屋，另外三個是常見的房屋修改情形，如照片。由輔導者或請一位學習者使用台前搖把慢慢製造地震，並請學習者觀察房屋倒塌的先後順序，以進行Q1的答題；待三個修改的房屋都倒塌後，請學習者回答Q2題。

❺ 建築物減震技術與地震波頻率實驗



牆面打通與頂樓加蓋實驗

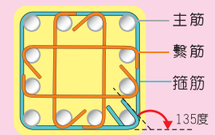
先向學習者說明，若我們的房屋已符合前三個展品所提到的基本原則，但仍然不夠耐震，可用補強或裝設一些外加的裝置，就像在「震不倒家族」的概念，而現在就要來看看，外加耐震裝置是如何運作。同時也展示地震頻率不同時的差異。



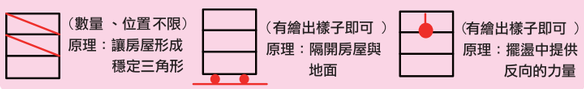
建築物減震技術與地震波頻率實驗

首先介紹展品內容，包含3個低樓建築與2個高樓建築模型。3個低樓建築的主建築格局相同，但中間者有斜撐阻尼器，右邊者有隔震；2個高樓主建築格局亦同，但右手邊的在頂樓有懸吊一種像單擺一樣的裝置，稱為「調諧質量阻尼器」，英文簡稱TMD，也就是台北101大樓的風阻尼器。接著向學習者說明，地震搖晃時，各地晃動快慢程度不盡相同，來回晃動快的，稱為「高周波」或「高頻」地震，反之為「低周波」或「低頻」地震。輔導者先按「低周波」按鈕，請學習者觀察，左側前後兩棟未裝設耐震設施的高樓和低樓建築，哪一個受地震影響較大，接著再解釋高樓對於低頻地震敏感，容易與低頻地震產生共振。然後再比較後方兩棟高樓，看看耐震裝置的運作。接著，按「高周波」按鈕，以同樣的方式說明低樓與高頻地震共振的狀態與耐震設施的運作。

梁柱鋼筋，畫畫看！：



土壤液化，做實驗！：
Q1. 參考答案：下陷、倒塌等　Q2. 樁基礎

擅改房屋，安全嗎？：
Q1. (依實驗結果答題，有可能為 D→C→B→A 或 D→B→C→A)
Q2. 不適當

耐震升級，震不倒！：
Q1. 高周波　Q2. 參考答案：