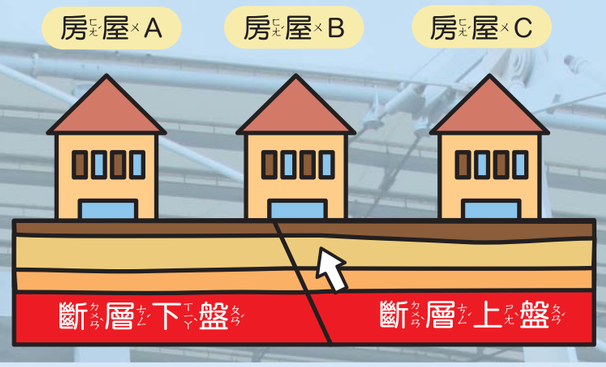
毀壞建築

自從人類發明了建造房屋的技術，愈來愈多看起來很堅固的房屋，像金剛一樣站在都市的土地上。

人類希望每一座房屋都有「金剛不壞之身」。但在九二一地震中，光復國中的教室多半都被震壞了，成了「變形金剛」。還好當時發生在深夜，學校師生倖免於災難。

地震如何摧毀房屋？



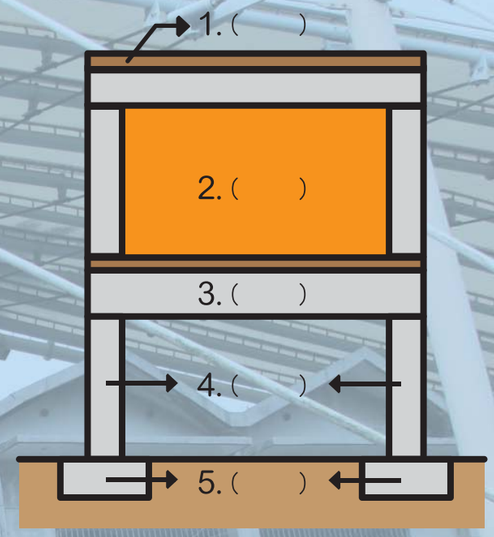
三棟位於逆斷層附近的相同房屋，在斷層引發的地震中損壞。請問：

1. 直接被斷層撕裂損壞的是：（　　）
2. 主要因震波搖晃損毀的是：（　　）、（　　）
3. 損毀程度最輕微的是：（　　）

（提示：逆斷層為上盤的抬升）

房屋結構是什麼？填填看

將A~E的房屋結構單元填入1~5中對應的括弧內



A.基礎
B.梁
C.牆
D.樓板
E.柱

「金剛」秘密大公開

平常我們只能看到房屋的外表，因為地震把房屋震壞，才露出了內部的構造。

第一種（　）	第二種（　）	第三種（　）	第四種（　）		
很堅固的大顆粒	用來把大顆粒間的空隙填滿	用來把分開的顆粒黏結起來	用來讓混凝土流動然後凝固	=	混凝土

第五種（　）

這些使混凝土不容易裂開

藍寶布魯收集了紅寶蓋房子需要的五種原料，請填到圖中對應的方格中。

A 鋼筋
B 細砂
C 水泥
D 礫石
E 水

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」

CSI:921 地震現場大調查

EGG MEN 在毀壞教室區的8個地方拍照存證，它們是屬於4個毀損區中的哪一區，請你觀察現場，填入下方正確位置內。

柱底斷裂，水平錯移，鋼筋脫開外露。 3

斷層通過，地面不平，建築物傾斜。 4

柱身不均勻損傷。 5

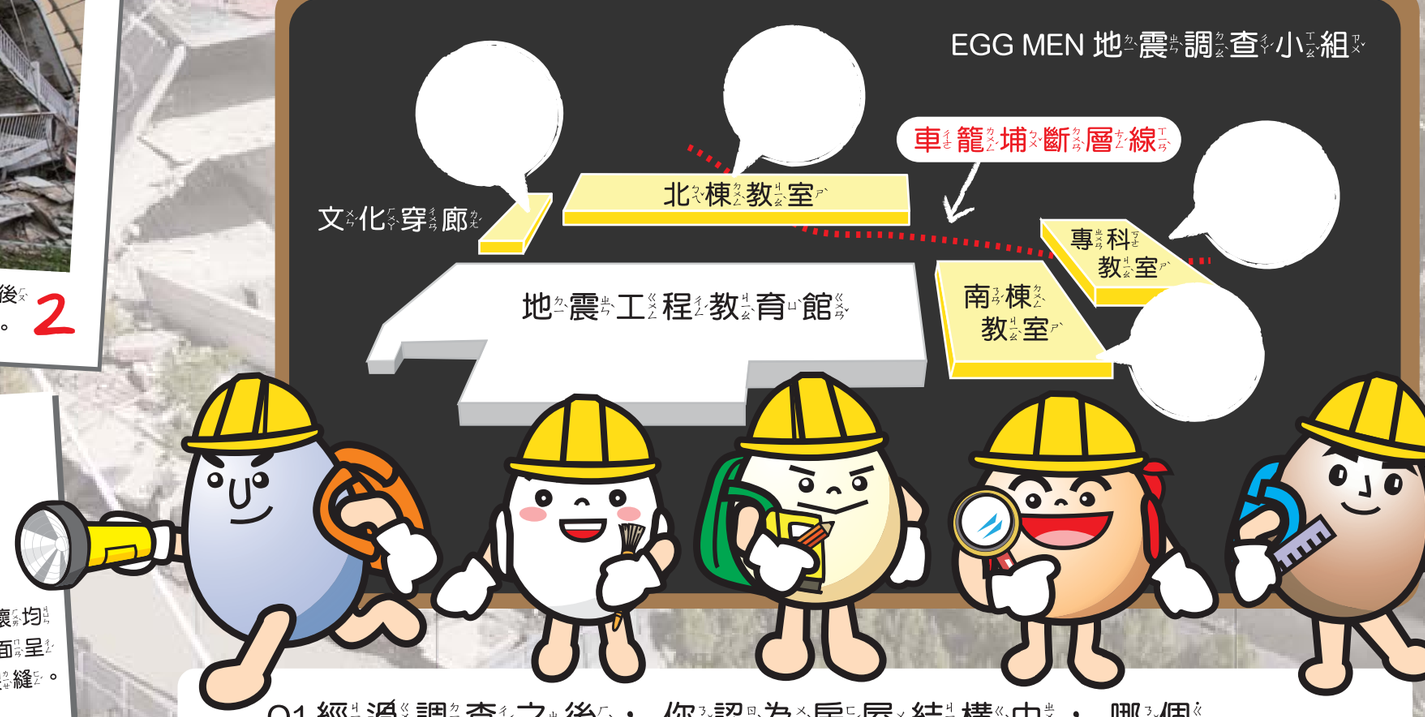
柱的頭尾斷裂，建築完全壓垮。 6

斷層經過，一樓重傷後被上方建築重量壓垮。 2

梁柱接頭損壞混凝土開裂、鋼筋彎曲。 7

柱身損壞均勻，表面呈現X形裂縫。 1

樓板的一邊與梁的連接斷裂而倒塌。 8



Q1.經過調查之後，你認為房屋結構中，哪個單元構件的損壞與結構的倒塌最有關聯？_____

Q2.列舉一些你覺得造成教室倒塌的因素？

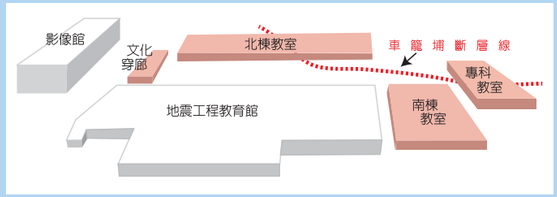
_____

_____

【毀壞建築】輔導者參考指南

導覽前

本單元主要配合九二一地震教育園區、地震工程教育館的戶外毀壞教室保存區進行參觀學習，毀壞教室四個展區相對位置如下圖。



◆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

地震如何摧毀房屋？

目的：說明地震對建築物的影響

位置：專科教室、南棟教室入口前

輔導建議：在斷層保存館出口旁，首先會見到一座毀損專科教室，輔導者可先請學習者回顧跑道區的車籠埔斷層、並指出斷層繼續延伸，通過了光復國中的教室區，造成嚴重毀損。接著可請學習者，針對地震為什麼會造成房屋建築損壞提出想法。待學習者回饋後，說明地震以兩種方式影響房屋建築：(1)斷層的位移錯動，直接撕裂跨越斷層線的建築；(2)強烈的地震波，造成建築變形劇烈而損壞。接著請學員回答本主題的第1與第2題。

在進行第3題「哪一棟房屋損壞最輕微」時，學習者可能會在房屋A(位於下盤)與房屋B(位於上盤)之間抉擇，可請學習者回想逆斷層錯動過程中，上盤與下盤哪邊移動量較少，該處建築的損壞也就相對較輕微。

小知識：房屋建築為重量龐大的人造物體，它的彈性很小，些許的變形就可能讓建築物發生裂痕，因此當建築物跨越斷層線時，動輒數十公分的錯動，通常沒有任何一棟建築物可以承受。因此，只要斷層經過的地方，建築物無一倖免。

對於不在斷層線上的建築物，雖然基礎並未直接被斷層破壞，但受到地震波劇烈搖晃，建築物仍會產生變形，當變形太大造成破壞，使得房屋無法支撐本身重量，就會造成傾斜、倒塌。

何謂上盤、下盤？

地盤由於破裂造成的地層不連續，稱為斷層。斷層在地底下為一整個面，斷層面以上的地盤，稱為上盤，斷層面以下，則為下盤。斷層面與地面之間的交線，稱為斷層線。

答案：1.（B） 2.（A）、（C） 3.（A）

房屋結構是什麼？填填看

目的：說明組成房屋結構的基本構件

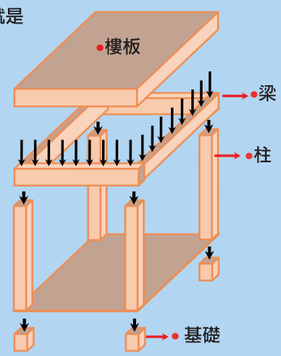
位置：專科教室、南棟教室

由南棟教室走廊觀察專科教室內部房屋結構

輔導建議：瞭解地震對於房屋的影響後，輔導者繼續進行本主題，可先詢問學習者，是否知道房屋是由哪些部分構成。可請學習者觀察專科教室與南棟教室，從蓋住屋頂與區隔樓層的「樓板」開始，接著是建築物外觀最明顯的「牆」，陸續請學習者觀察天花板下方橫向的「梁」，與連接各樓層直立的「柱」，最後是柱下方固定於地面的「基礎」。請學習者邊觀察邊作答。

接著簡要說明力量施加在結構體上後，如何在結構體各構件間傳遞，最後至基礎下方地盤的過程。

小知識：所謂的「房屋結構」，是指幾個單元構件為了抵抗力量的作用，彼此組合而成的一個完整體(或系統)。「房屋結構」主要的力量來源為重力(地心引力)，也就是房屋本身的重量。房屋的重量主要集中在樓板，對於30坪大的房屋，單一層的樓板約5000公噸重，除此之外，樓板上尚有牆與樓層內的傢俱設施，這些重量都由樓板下方的梁所支撐，所以樓板不致於下彎變形；樓板和梁的龐大重量全施加在柱頂，這個力量再向下傳遞至柱底，最後至基礎，進而分散到下方的地盤，如上圖。



地震力與重力的差別，在於重力為垂直向下、永遠都存在。地震力則偶而發生，且各種方向都有可能，但以水平方向較大，因此房屋在地板水平搖晃時，相當於樓板受到水平向力量的作用，這個力量也是依同樣的順序傳遞到基礎，只是方向不同，這也使得房屋構件的受力型態也不同。

答案：1.（D） 2.（C） 3.（B） 4.（E） 5.（A）

「金剛」秘密大公開

目的：構成鋼筋混凝土房屋的材料

位置：南棟教室

輔導建議：瞭解房屋結構的組成構件後，輔導者可就近以南棟教室的損壞柱，進行本主題，輔導者可先說明，一般矮的房屋都是以鋼筋混凝土為建材，簡稱為RC，進而詢問學習者，是否知道鋼筋混凝土由哪些材料構成？可先說明RC的主體是就是灰色部分構成的「混凝土」，再告訴學習者柱體上一根根直的橫的長條金屬，就是「鋼筋」，並說明鋼筋的功用，在於輔助混凝土，讓它不容易裂開。

接下來再進行「混凝土」四種材料的答題，可一一念題目上的材料功能，並比對現場的柱體；先指出很明顯、一顆顆的「礫石」，說明礫石為混凝土硬度的主要來源，再指出礫石之間會有空隙，需要有顆粒較小的物質來填滿，也就是「細砂」。把鋼筋、礫石、與細砂膠結為一體的材料，就是「水泥」。最後，向學習者說明，水泥本來是乾的粉末，要能夠產生膠結作用，必須加入一種重要的物質，也就是「水」。

小知識：鋼筋混凝土，是臺灣常見的房屋建材，因價格較其他建材低廉，所以一般低矮建築都採用這種材料。構成鋼筋混凝土硬度的材料，稱為骨材(有如人體的骨骼)，一般是用粗顆粒的礫石與細顆粒的砂來作為骨材，骨材顆粒大小經過適當的比例分配，可讓骨材顆粒間的空隙最少，減少混凝土內部的空洞。

將骨材結合在一起的膠結材料，就是水泥。水泥出廠時是乾的粉末，加水後會變稠，具有流動性，可以依照需求塑型，過一段時間後即會凝固，一般混凝土在澆灌28天後，才能大致凝固、發揮預期的強度。

答案：

第一種：D

第二種：B

第三種：C

第四種：E

第五種：A

「CSI：921」地震現場大調查

目的：觀察毀損教室現場，瞭解不同的損壞樣貌

位置：毀損教室全區

照片左方為北棟教室，右方為展示館

輔導建議：完成房屋建築的基本認識之後，仿著名的電視影集，將「毀壞教室保存區」比擬為犯罪現場，請學習者以調查人員的身份，找出八個場景所在位置。輔導者說明本主題的進行方式後，可以兩種方法進行學習：

1. 逐棟逐地觀察：當學習者人數不多時，可帶領學習者回到專科教室，依序往南棟教室、北棟教室、與文化穿廊移動，每個地方定點停留，讓學習者觀察比對並作答，直到到達影像館前方廣場為止，再回頭走回南棟教室。
2. 到北棟教室前廣場，將學習者分組，約定一定的時間與集合的地點，讓學習者分組自行至現場觀察並作答。

答案：

專科教室：3、4

南棟教室：1、5

北棟教室：2、7、8

文化穿廊：6

Q1. 柱

Q2.(由學習者自由發揮，例如，「設計不良」、「偷工減料」、「地震太大」、「教室蓋在斷層區」等等。)