

# 結構紙椅 X 美感試驗

臺南市立永仁高中  
陳潔婷

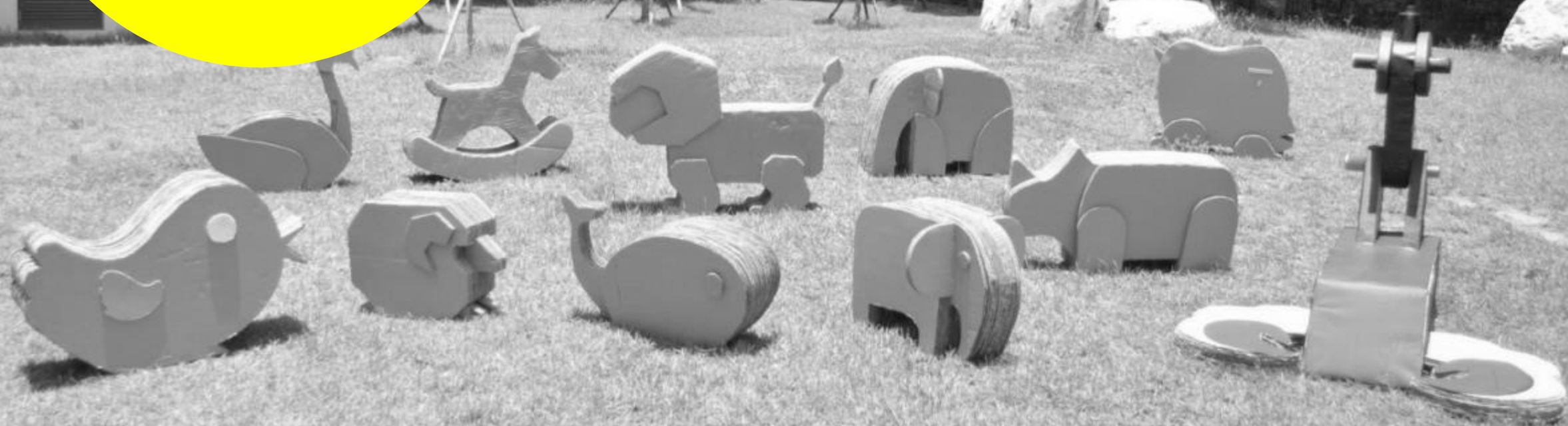


# 結構 是什麼？

將個別元素及材料  
有系統地結合為一體

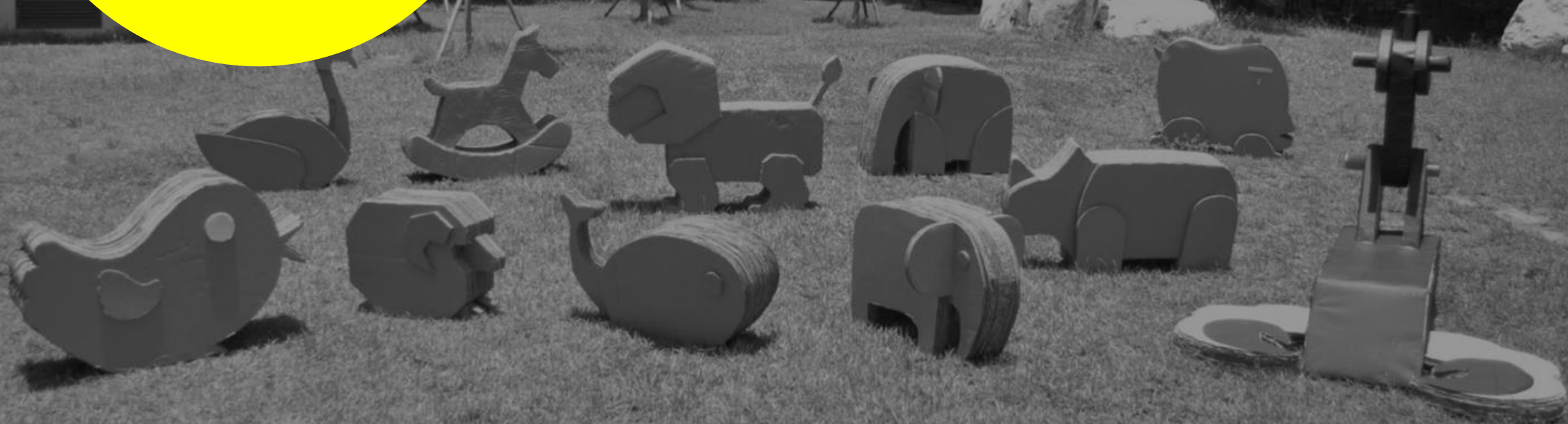


「剛剛好」的  
結構美學



**「剛剛好」的  
結構美學**

過多過粗 → 笨拙, 浪費  
過少過細 → 危險, 不安



# 課程 要求

剛剛好的結構美學  
可重複拆解組裝





剛剛好的結構美學  
可重複拆解組裝





在地藝術新聞

引起動機...

ART



# 街頭藝術節





TAINAN POST OFFICE, TAINAN.

局便郵南臺（勝名南臺）



臺南郵便局  
建築師 森山松之助  
1910 - 1973

# 結構紙椅x美感試驗

數學

美術

物理

摺紙藝數

三角函數

立體空間  
轉化平面

設計名椅鑑賞分析

結構與造形美感

結構的平衡秩序美

結構力學分析加固

作用力與  
反作用力

斜撐/剪力

力學與美

結構是  
什麼？

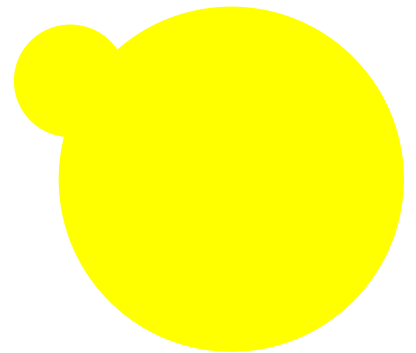
# 力的傳遞系統





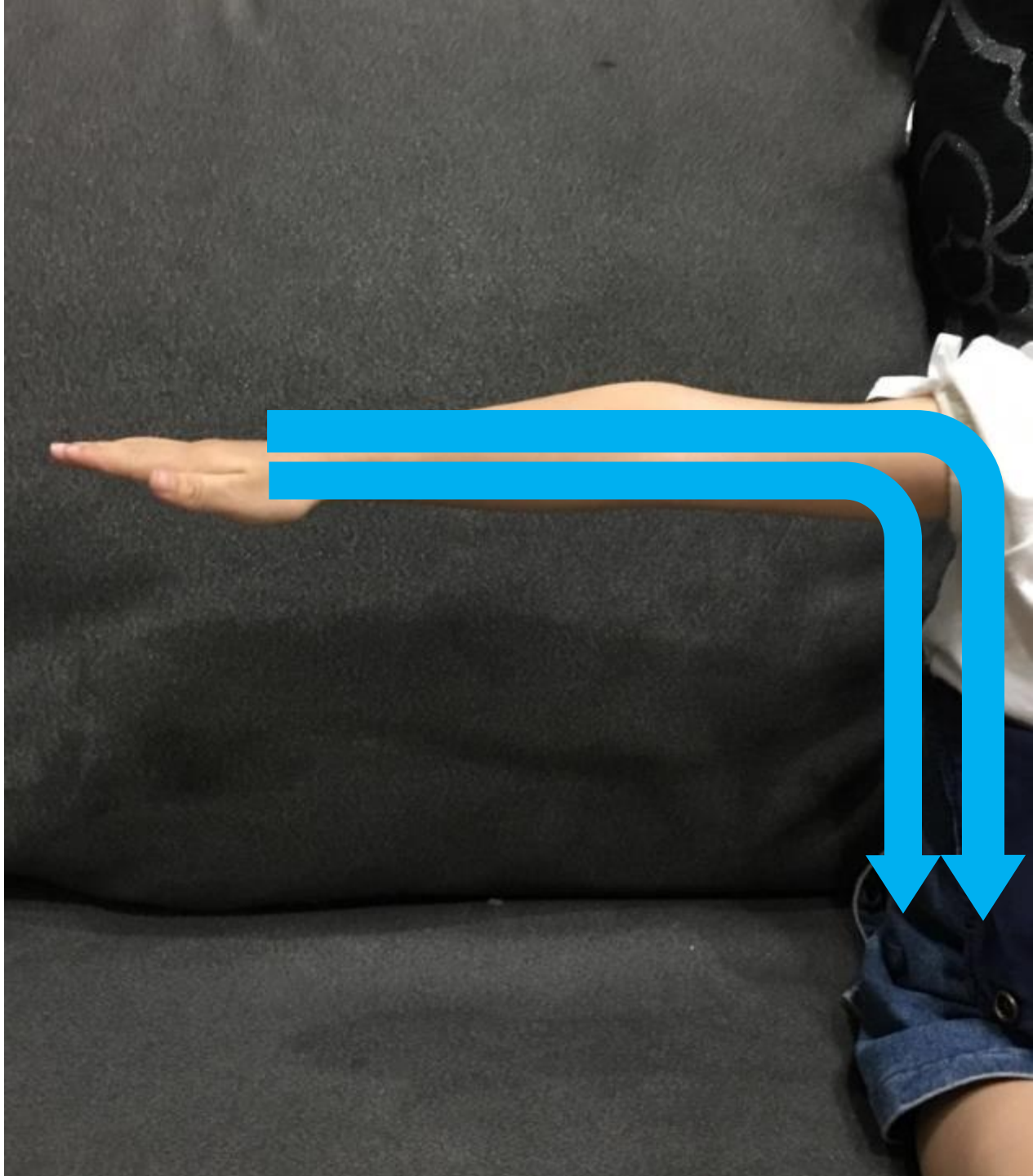
# 力的傳導路徑小實驗

**請平舉你的手臂  
不要放下**



# 力的傳導路徑小實驗

- 地心引力
- 手臂的重力

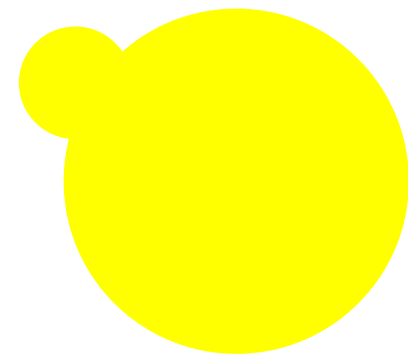




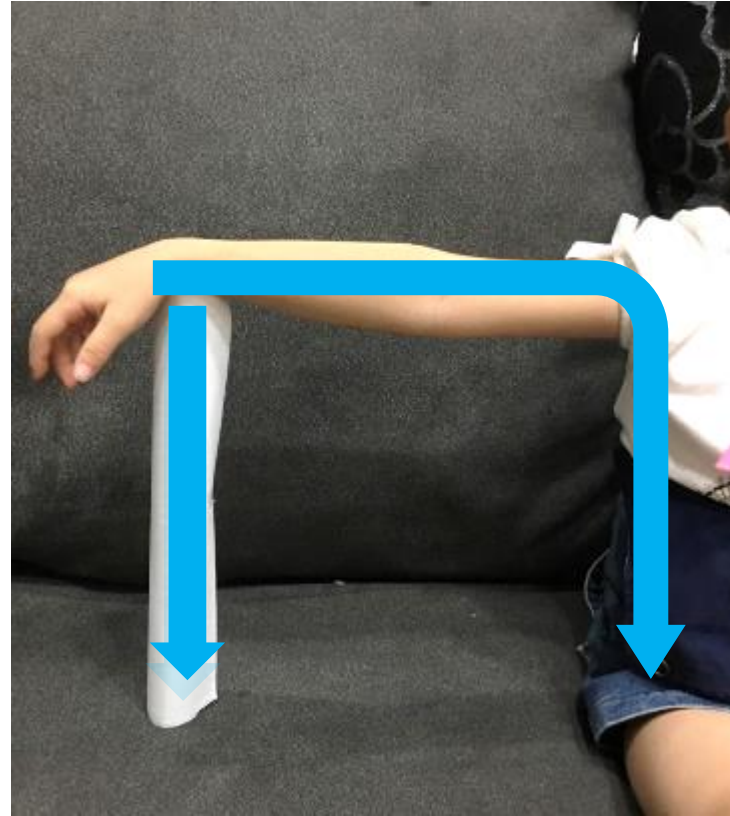


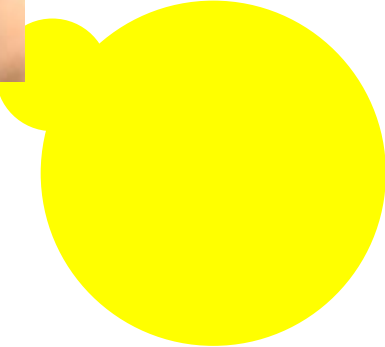
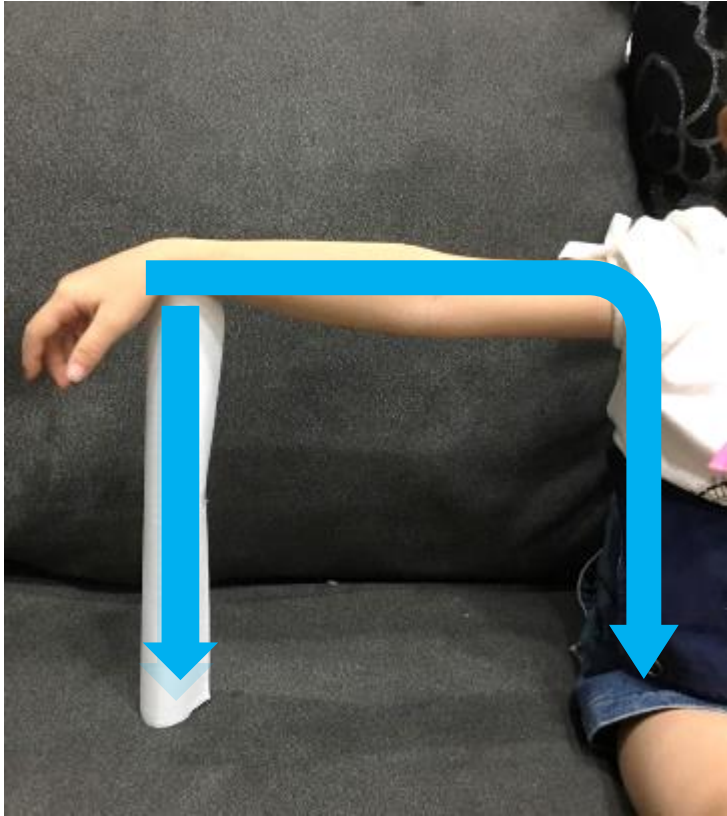
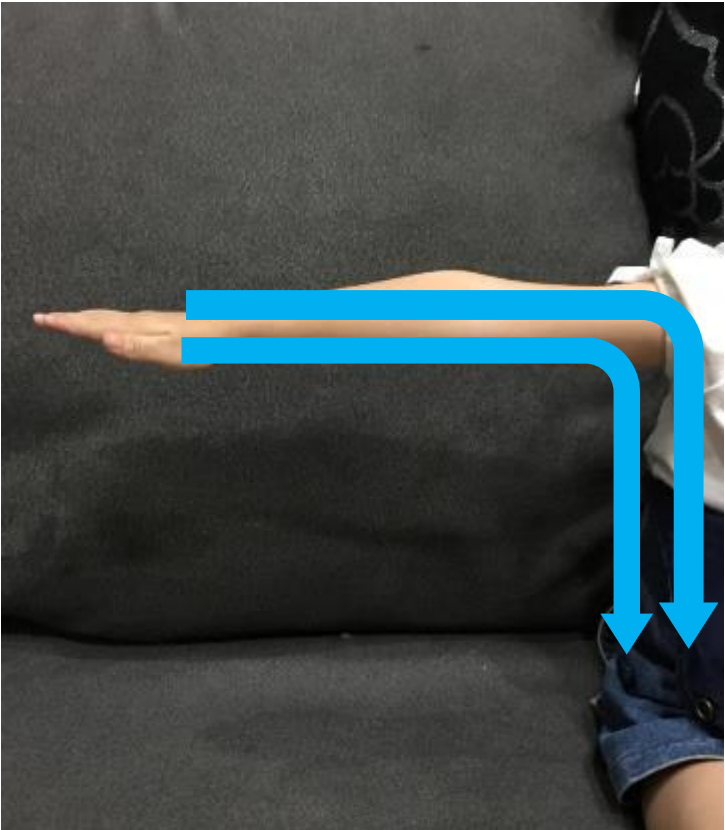
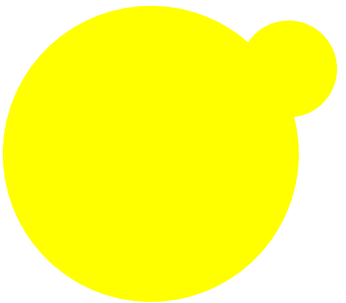
# 力的傳導路徑小實驗

**利用一張報紙讓手不痠**  
(其他組員不能碰到該成員的手)

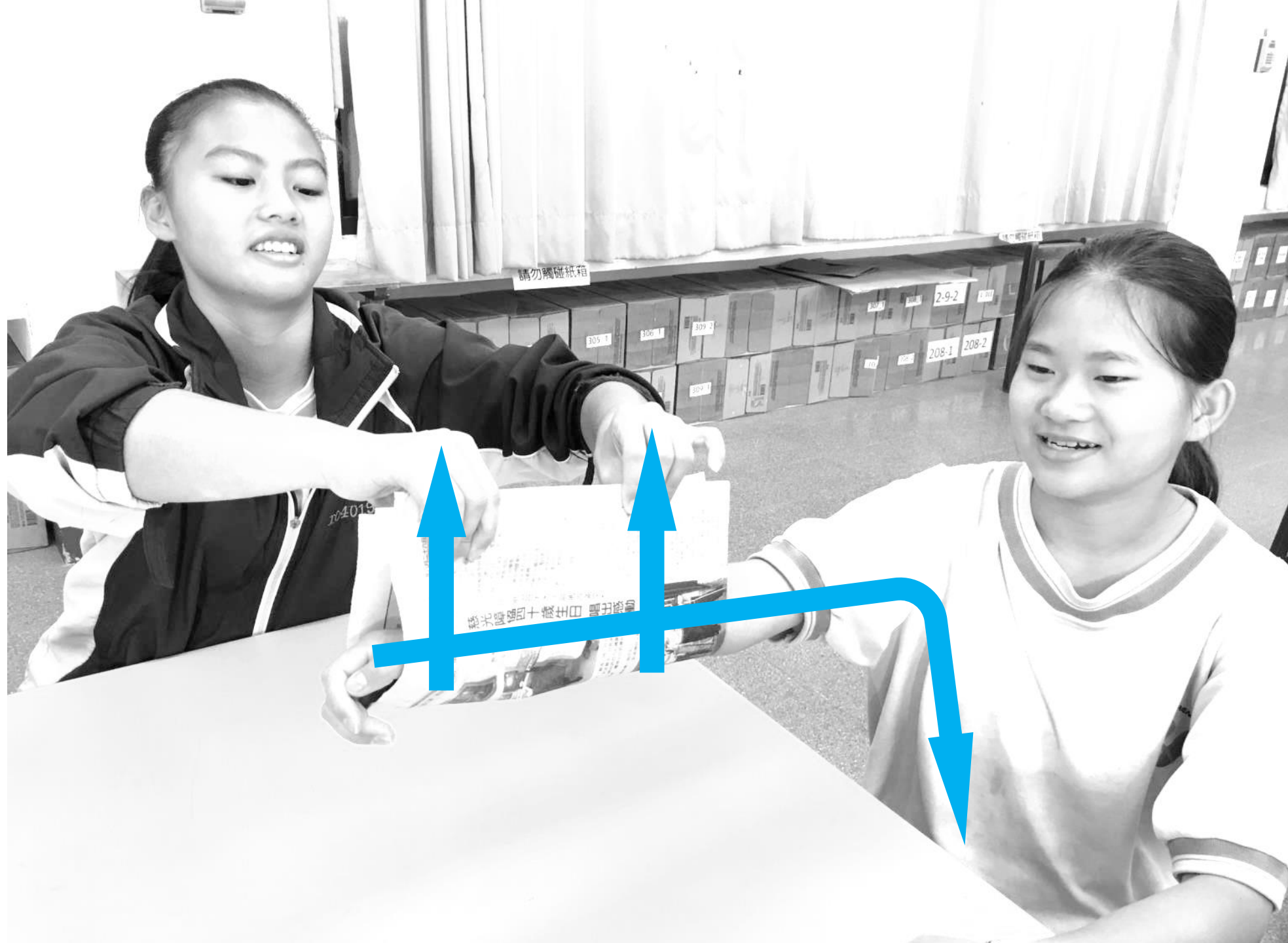












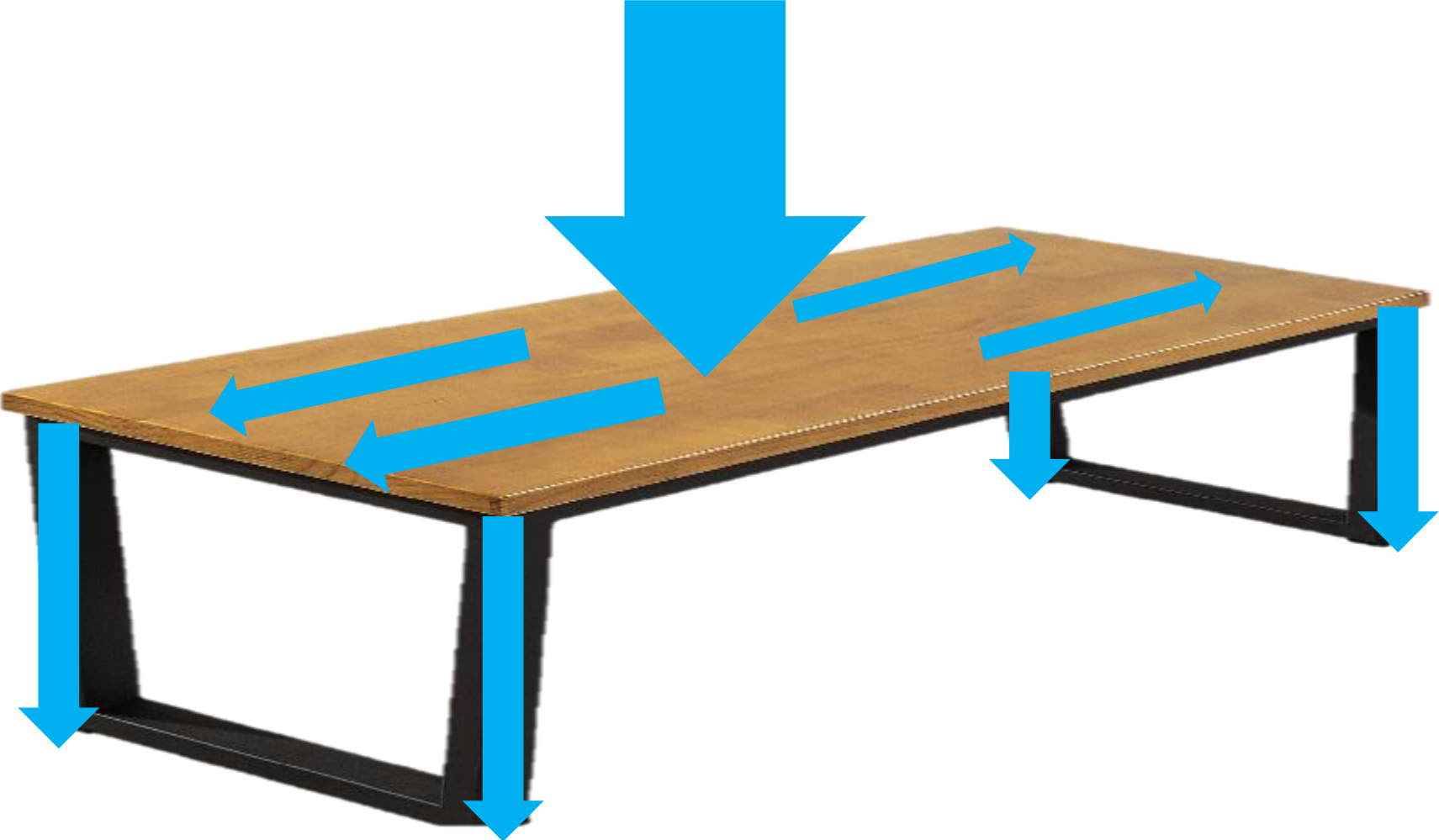


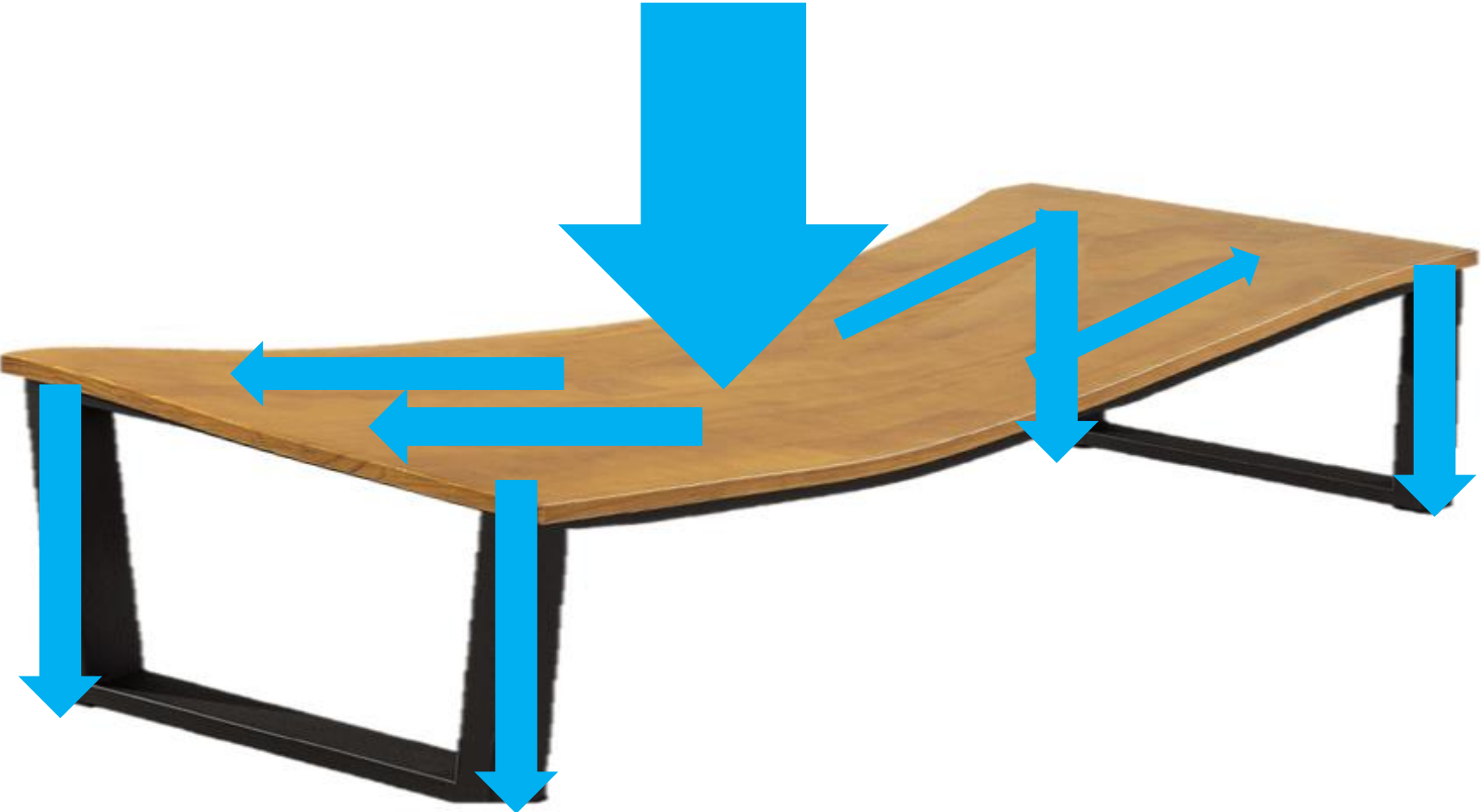
# 結構能

## 改變力量傳遞的方向

→ 只要能夠順利將力量傳導到地面，這個結構就能撐住

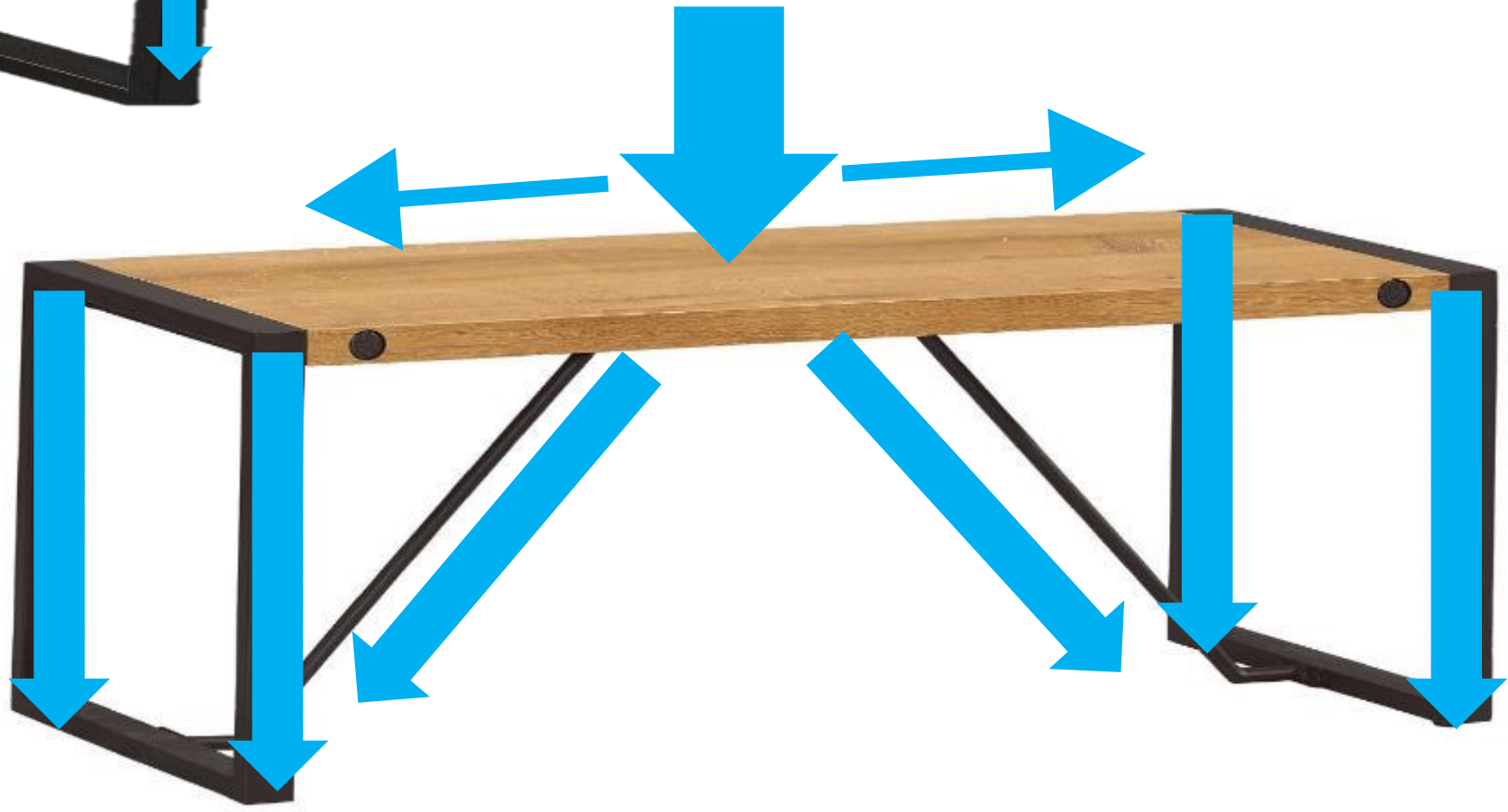
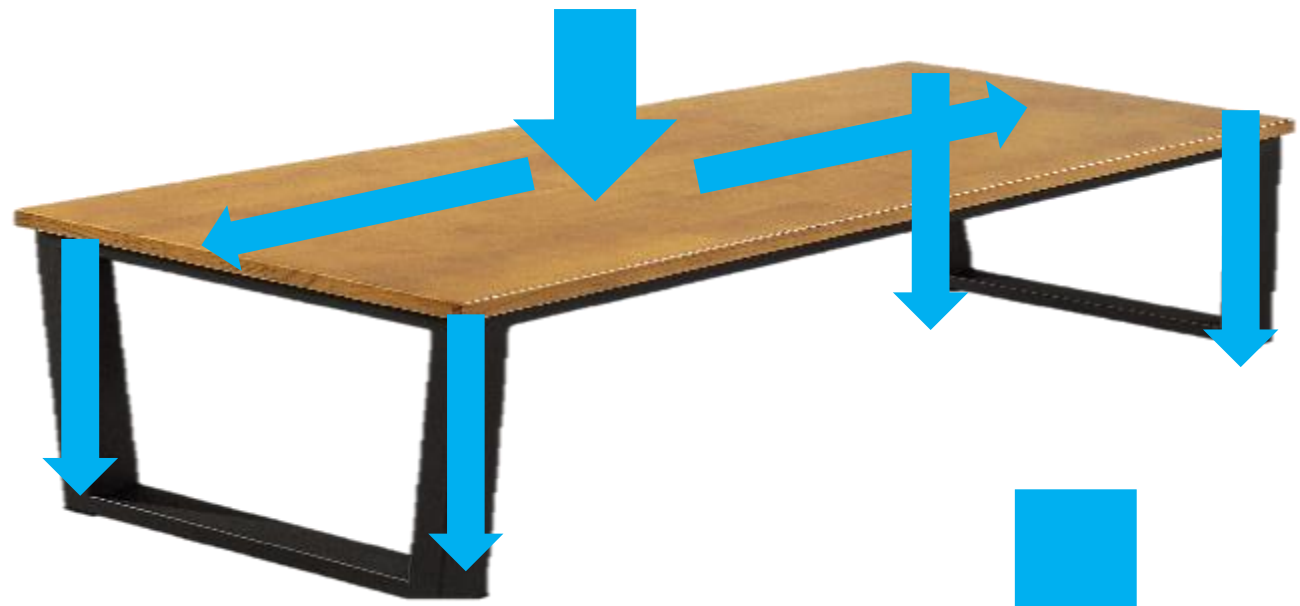


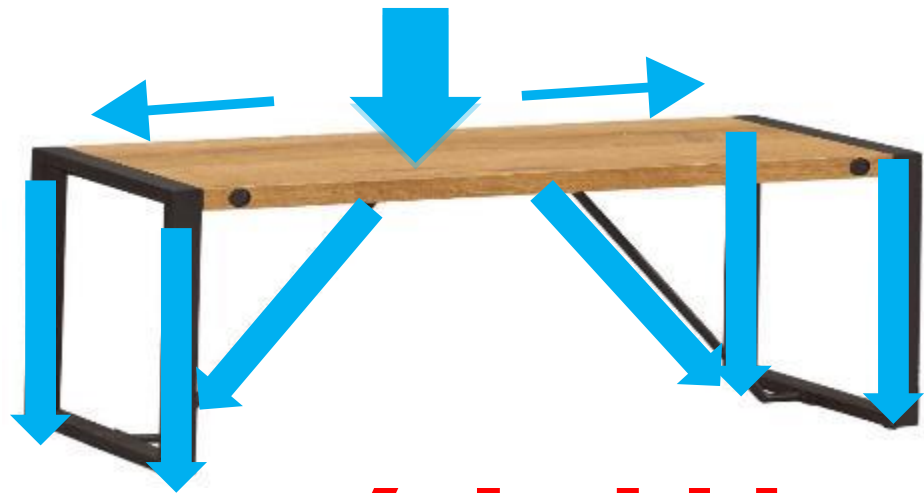












# 請看出**結構**之中 力的傳導路徑

→ 看出隱形的力的流動，力如何被傳導到地面



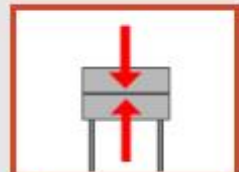
乘坐椅子的各種  
力的狀態討論



25



26



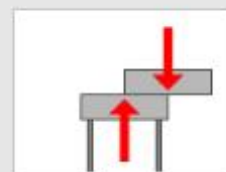
27



28



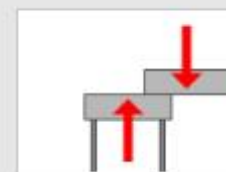
29



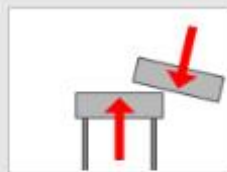
30



31



32



33



34



35



36



37



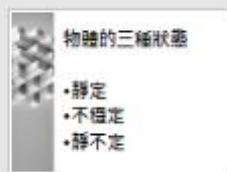
38



39



40



41



42



43



44



45



46



47



48



49



50



51



52



53



54



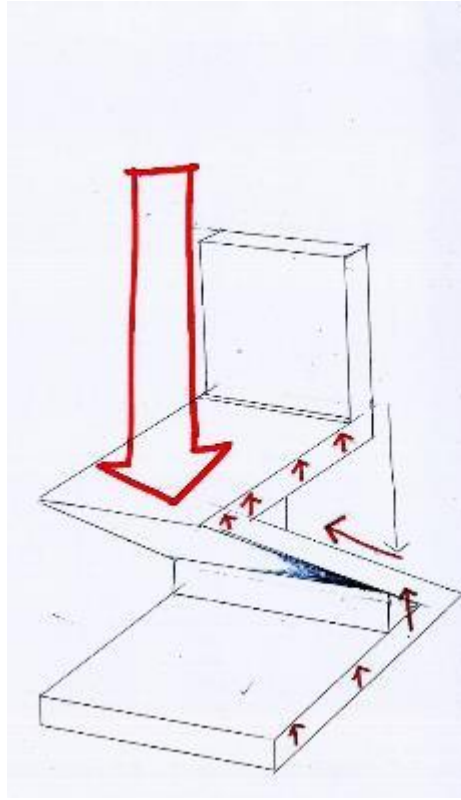
55



56

# 椅子的各種狀態討論

# 生活中各種椅子體驗—分析與心得



1. 造型、美感、環保兼具於一身的造型椅
  2. 身在復古的咖啡廳，看著人來人往，有一種懷舊且悠閒的感覺
  3. 高度太低，背無法完整的靠著並不舒適
  4. 1/2
  5. 復古的咖啡廳外
  6. 喜歡，因為造型美
7. 在椅子上加一些枕頭，會更舒適。也可以加一些圖案使之不太單調。

O

事實

— 1. 一句話形容椅子的外型(廣告詞)。

R

感受

— 2. 我乘坐這張椅子的感覺?

解析

{ 3. 腳靠、背靠的地方合適嗎?

(腳落地、背支撐的姿勢舒服嗎?)

I

發現

{ 4. 椅子的結構如何支撐人體重量呢? (請畫出力的路徑)

D

行動

{ 5. 我覺得這張椅子擺在哪裡使用較合適呢?

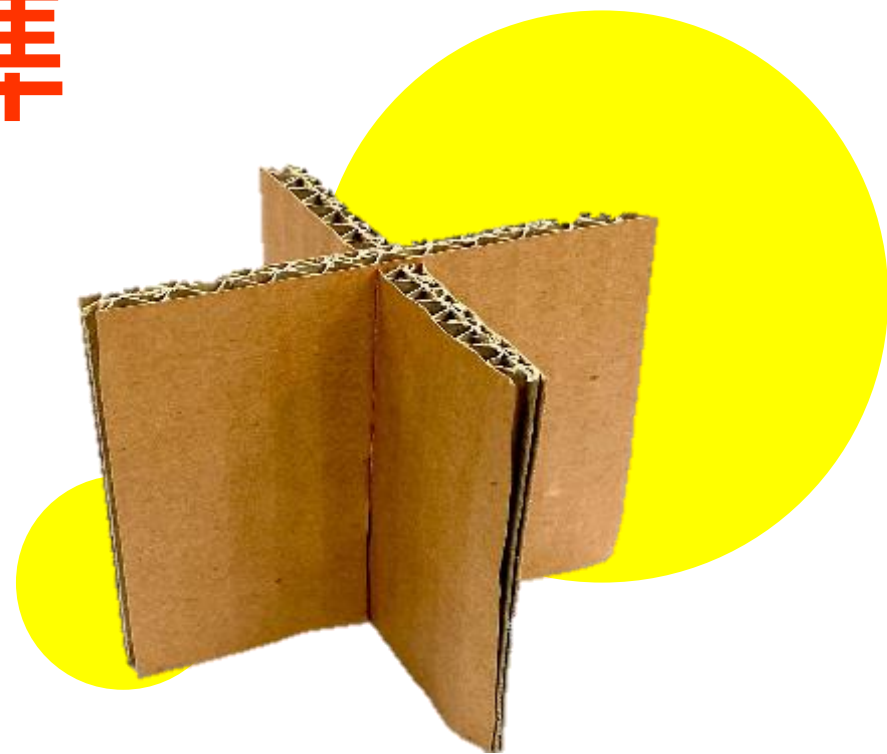
{ 6. 我喜歡這張椅子嗎?為什麼?

{ 7. 你希望怎麼改造讓它更好坐(看)?

單元體

感受→實作

超強十字樑





# 認識材料

要創造結構需要先了解材料的特性與極限

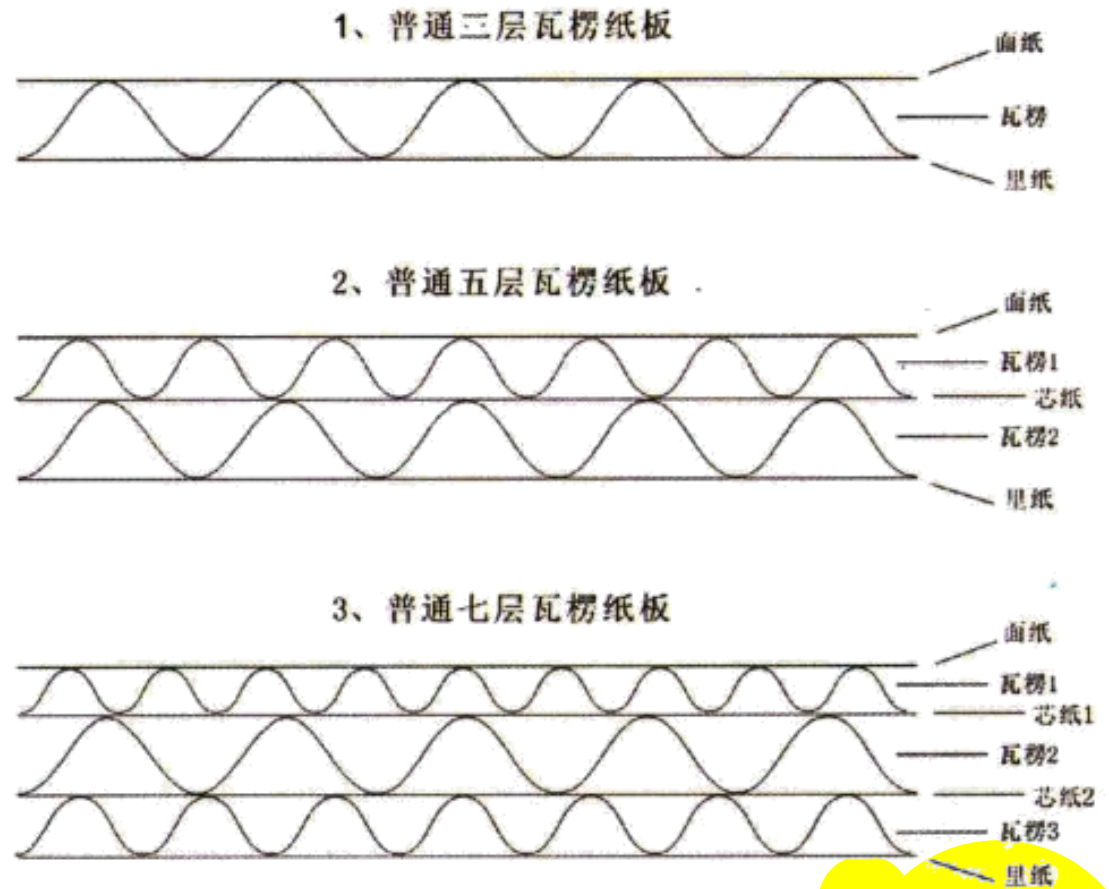
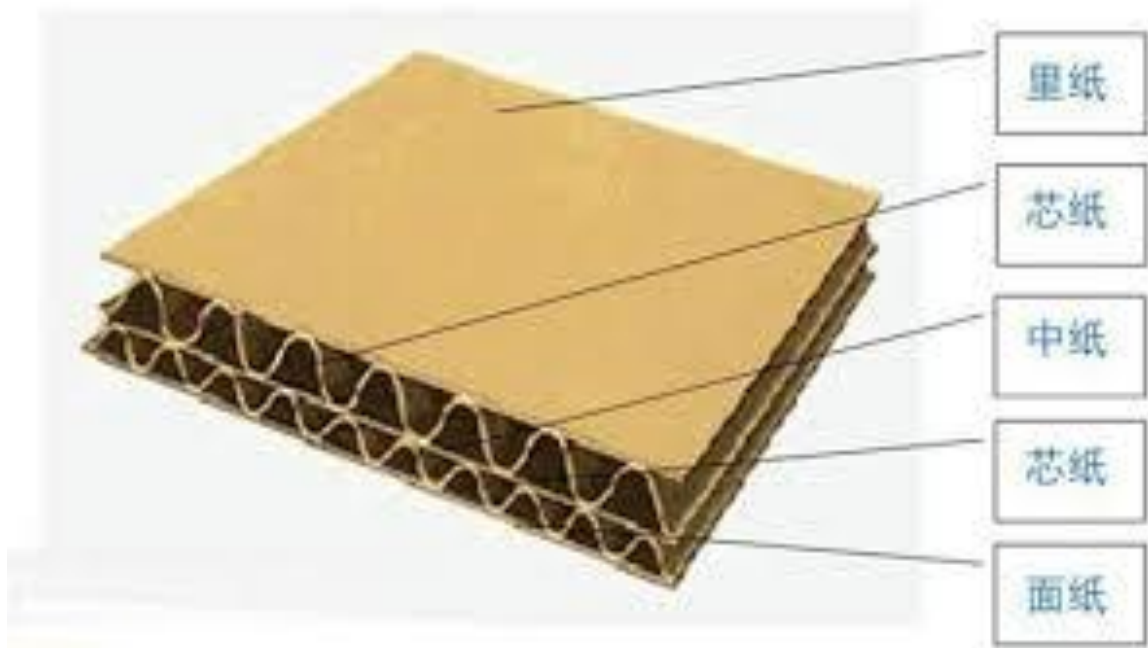


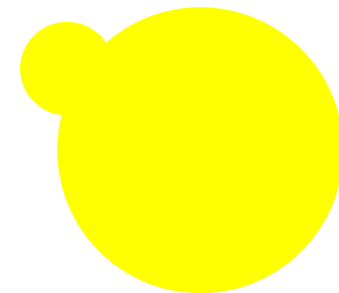
图1 普通瓦楞纸板剖面图

認識  
材料

朝向外側→

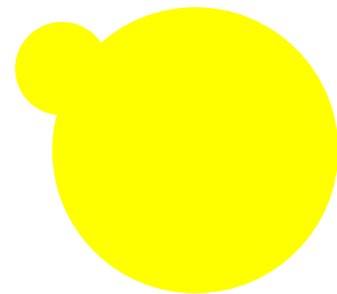
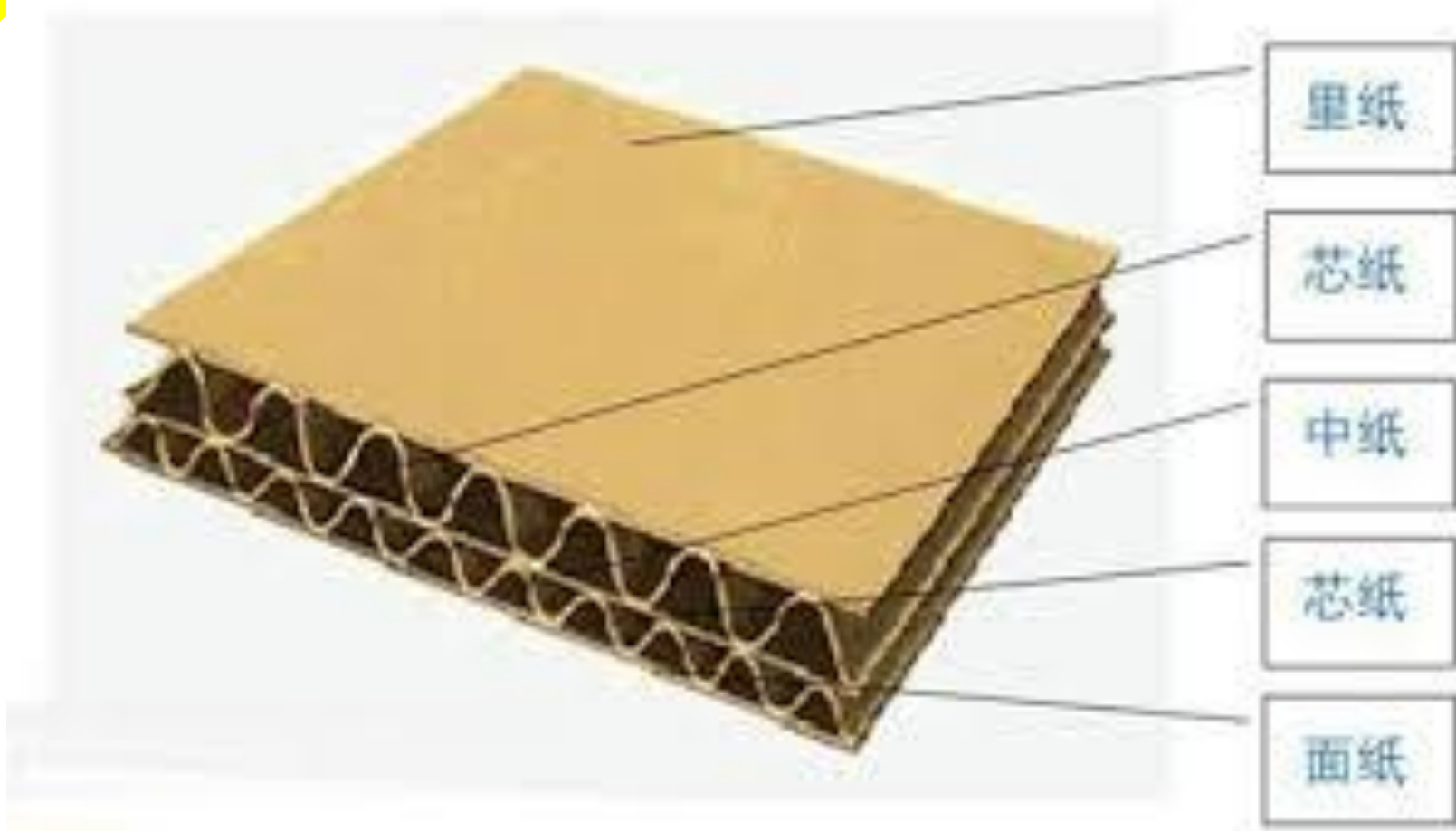


←朝向內側




認識  
材料

為什麼芯紙是波浪狀？



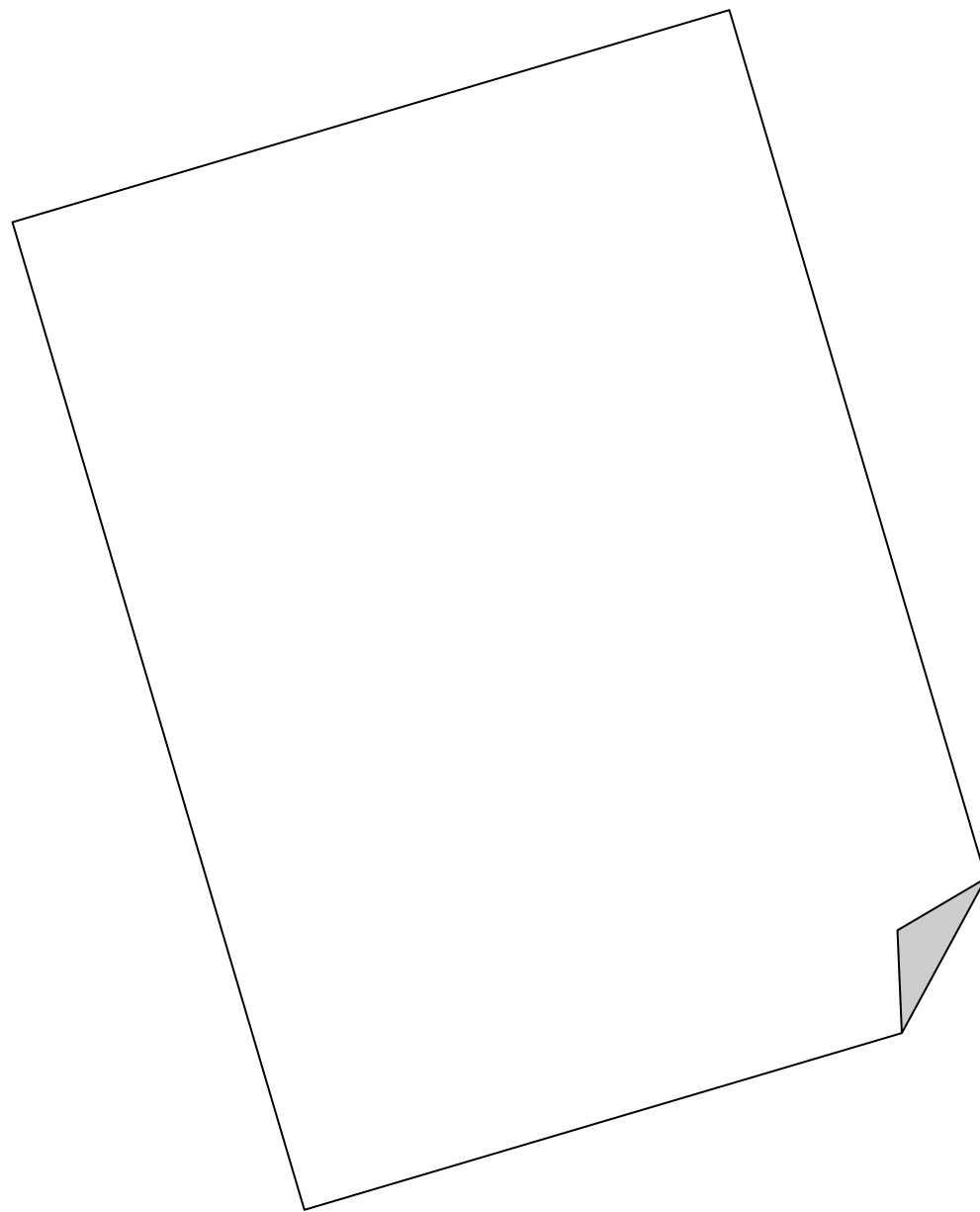
# 一張柔軟的報紙如何撐起手臂



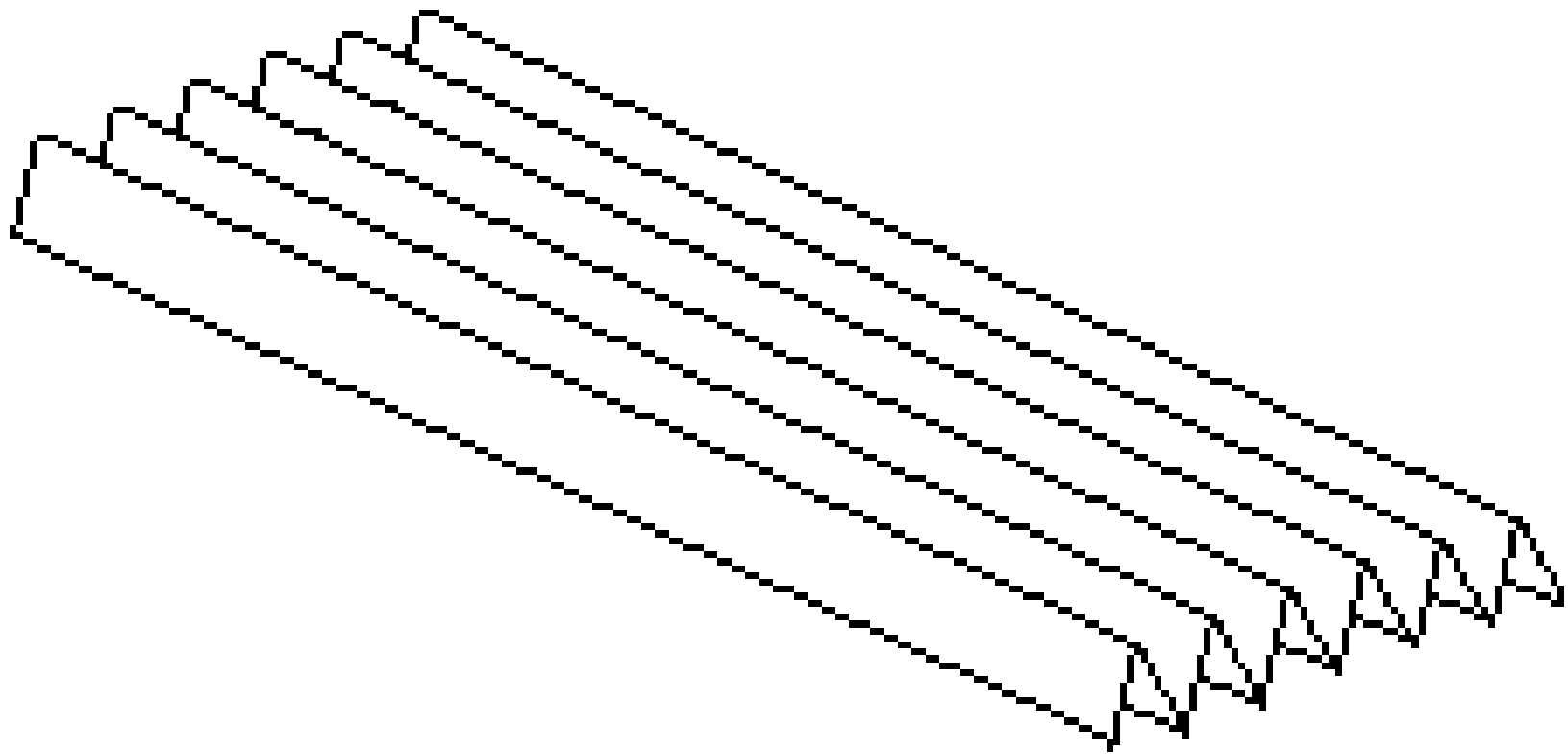


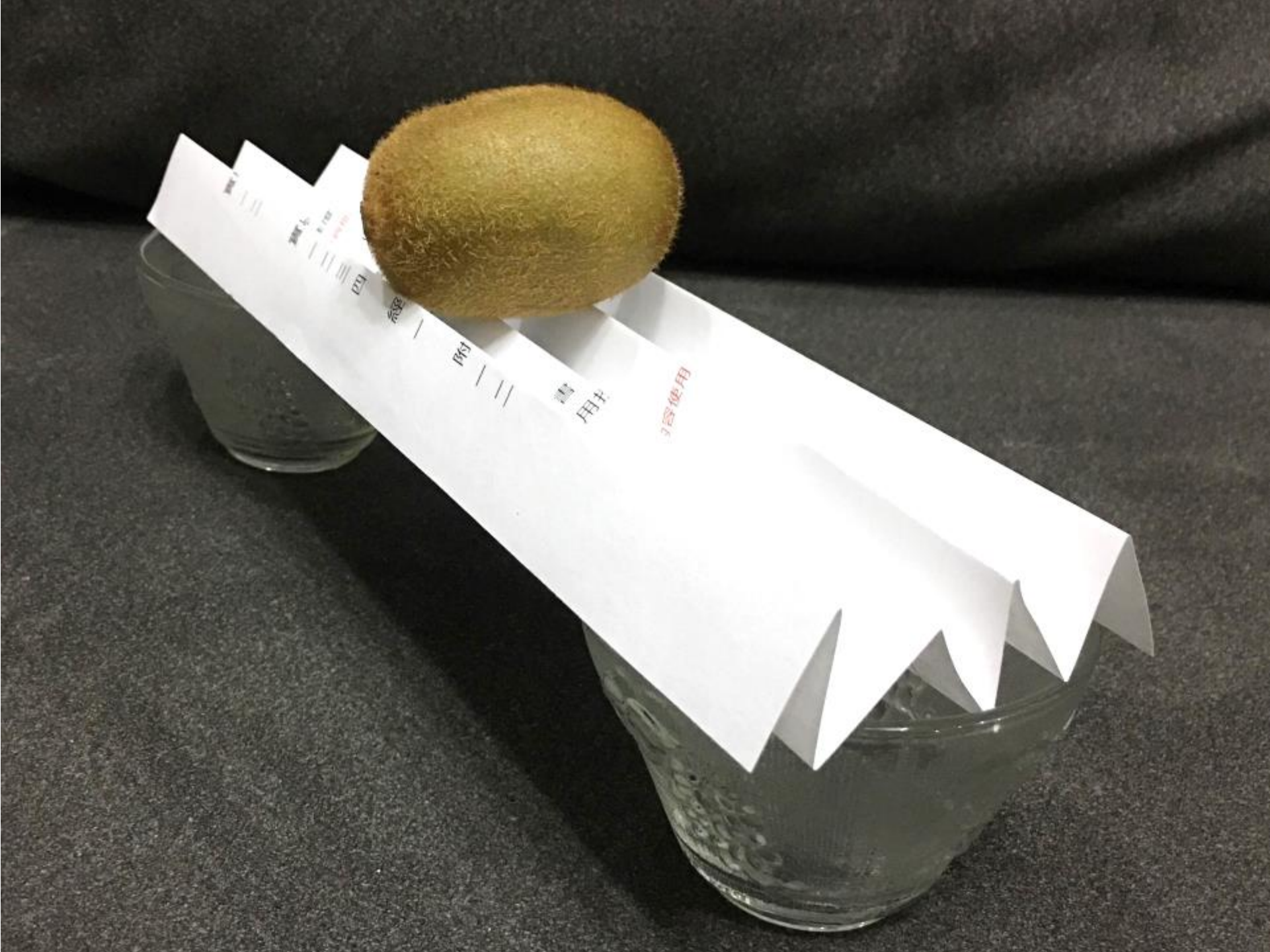
改變材料的**狀態**

可以創造**結構**



將這張紙跨在  
兩手中間，  
撐起三支筆





3号使用

書  
用性

附

系

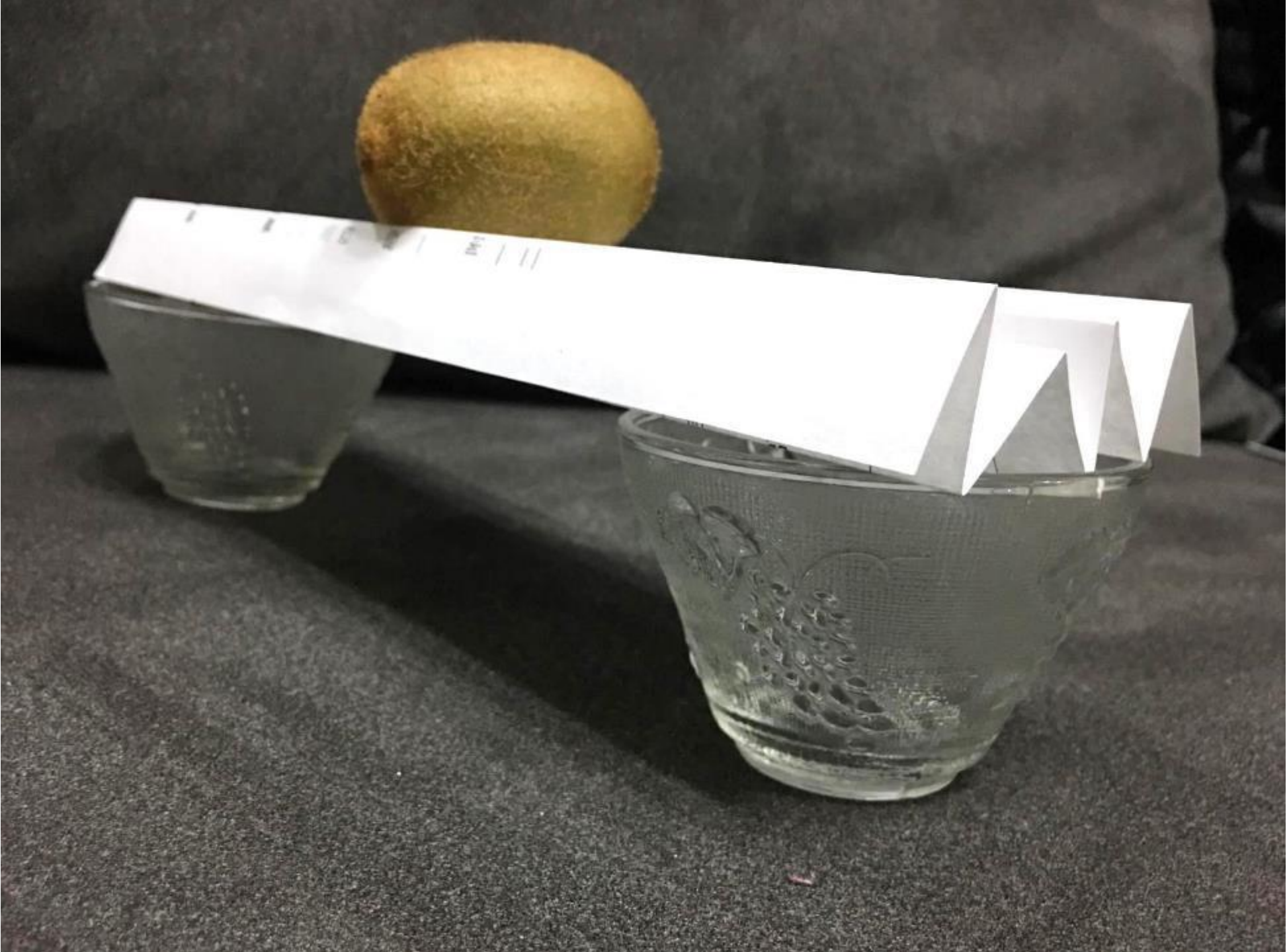
四

附

三

二







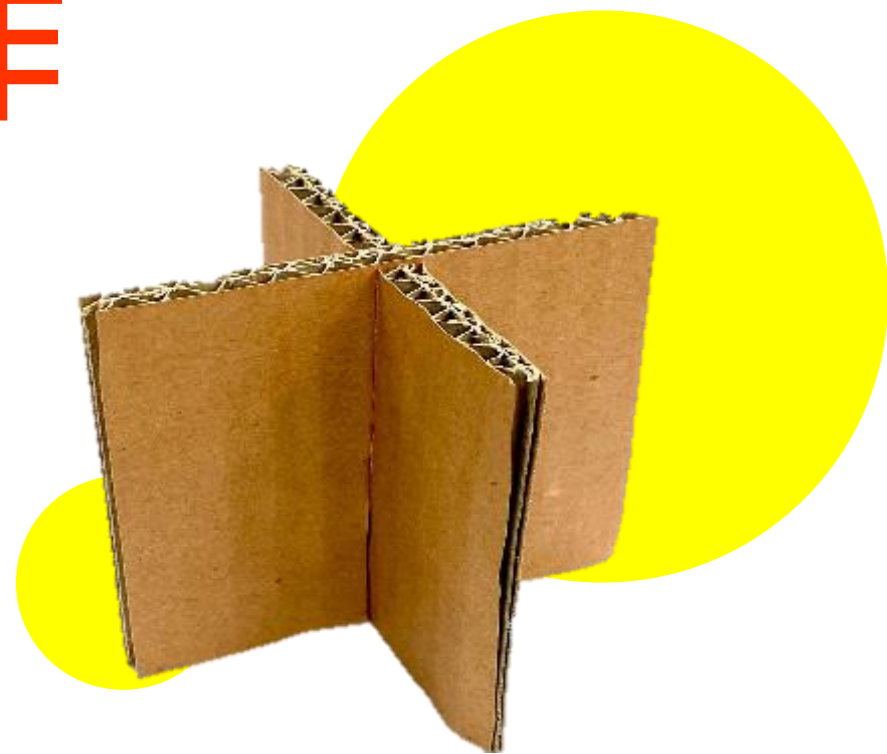


**結構能**

**抵抗形變**

單元體

# 十字樑製作

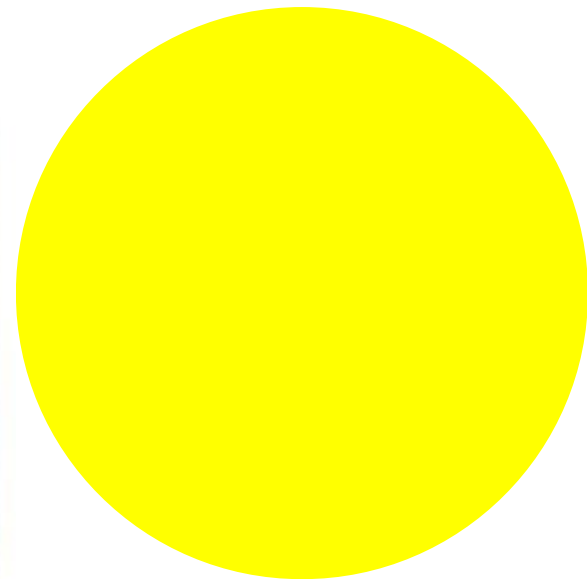
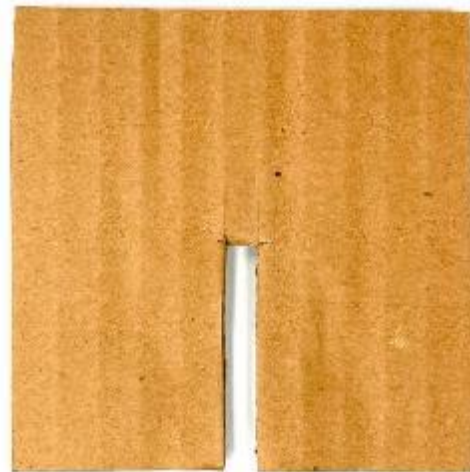


# 製作要求

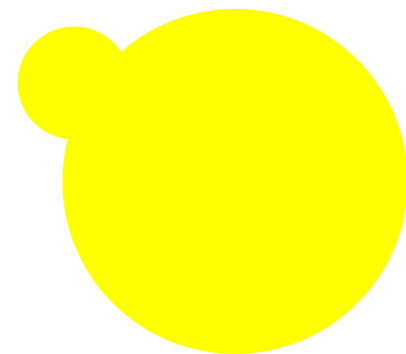
1. 10 x 10 cm 正方形

2. 中央切割出卡榫空間

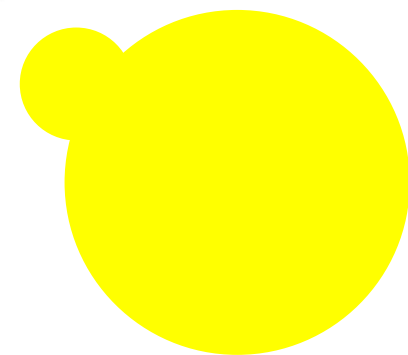
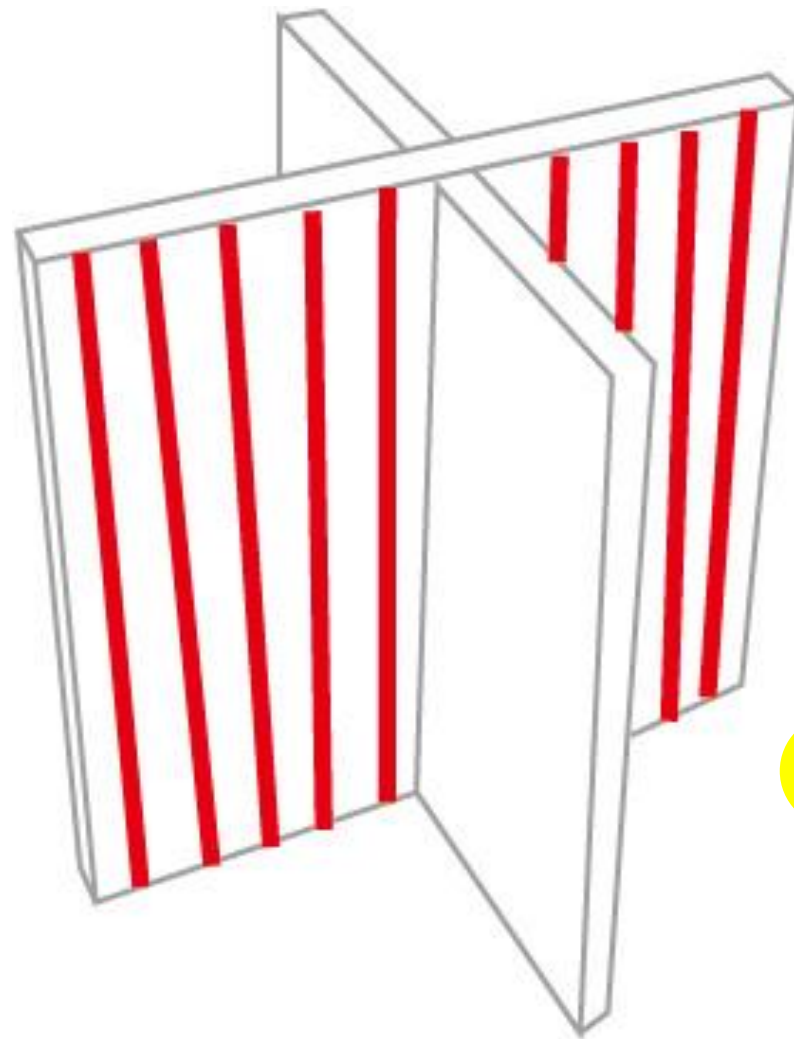
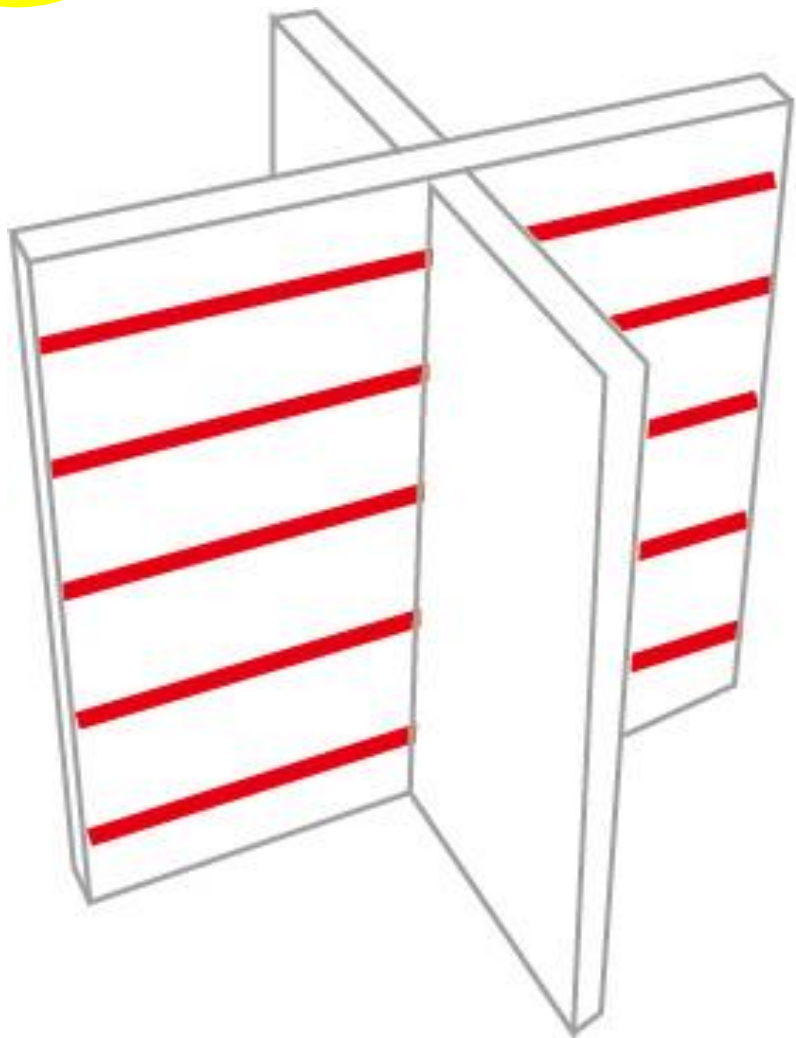
深：5 cm 寬：紙的厚度

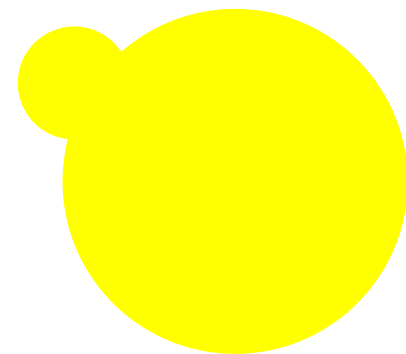
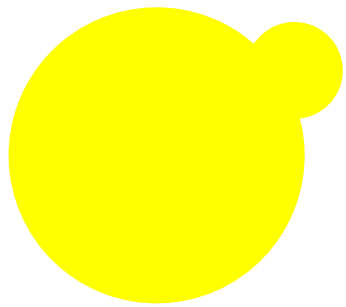


請觀察這兩個十字樑之間的差異



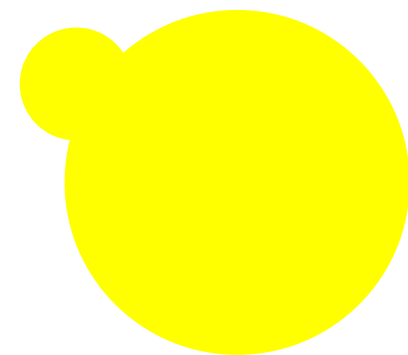
請觀察這兩個十字樑之間的差異







# 瓦楞紙結構紋理方向性



A close-up photograph of a young child crying with their mouth wide open and eyes squeezed shut. The child is wearing a grey and yellow striped shirt. The image is partially obscured by a large yellow speech bubble.

哭哭...

如果垂直還是產生挫曲...

→ 請加厚板材  
(可2~3片黏合)

A close-up photograph of a young child with dark hair, wearing a grey and yellow striped shirt, crying with their mouth wide open and eyes squeezed shut. The child is positioned in the lower-left corner of the frame.

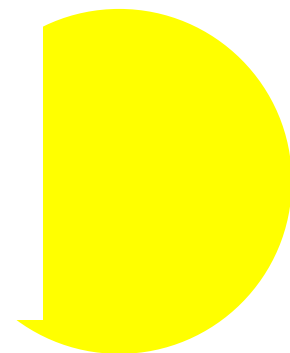
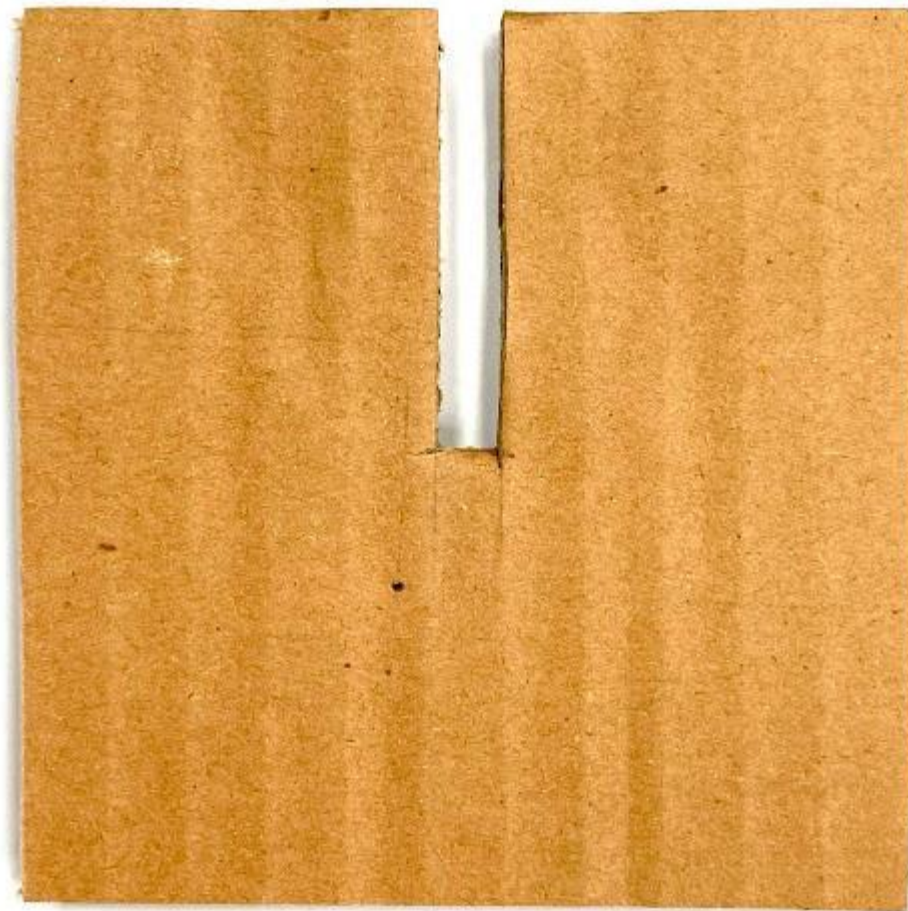
哭哭...

施工方法也會產生結構問題...

→ 即使你的構想可能是OK的

十字榫切口深度

→ 1/2

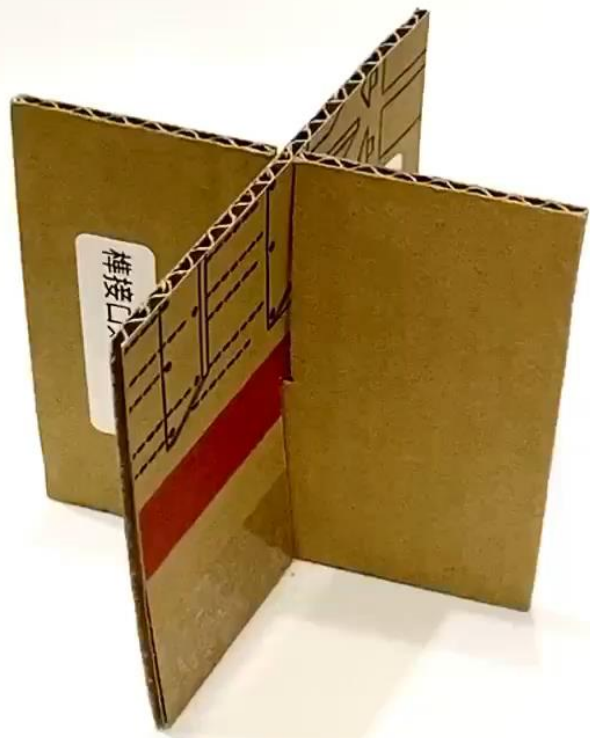




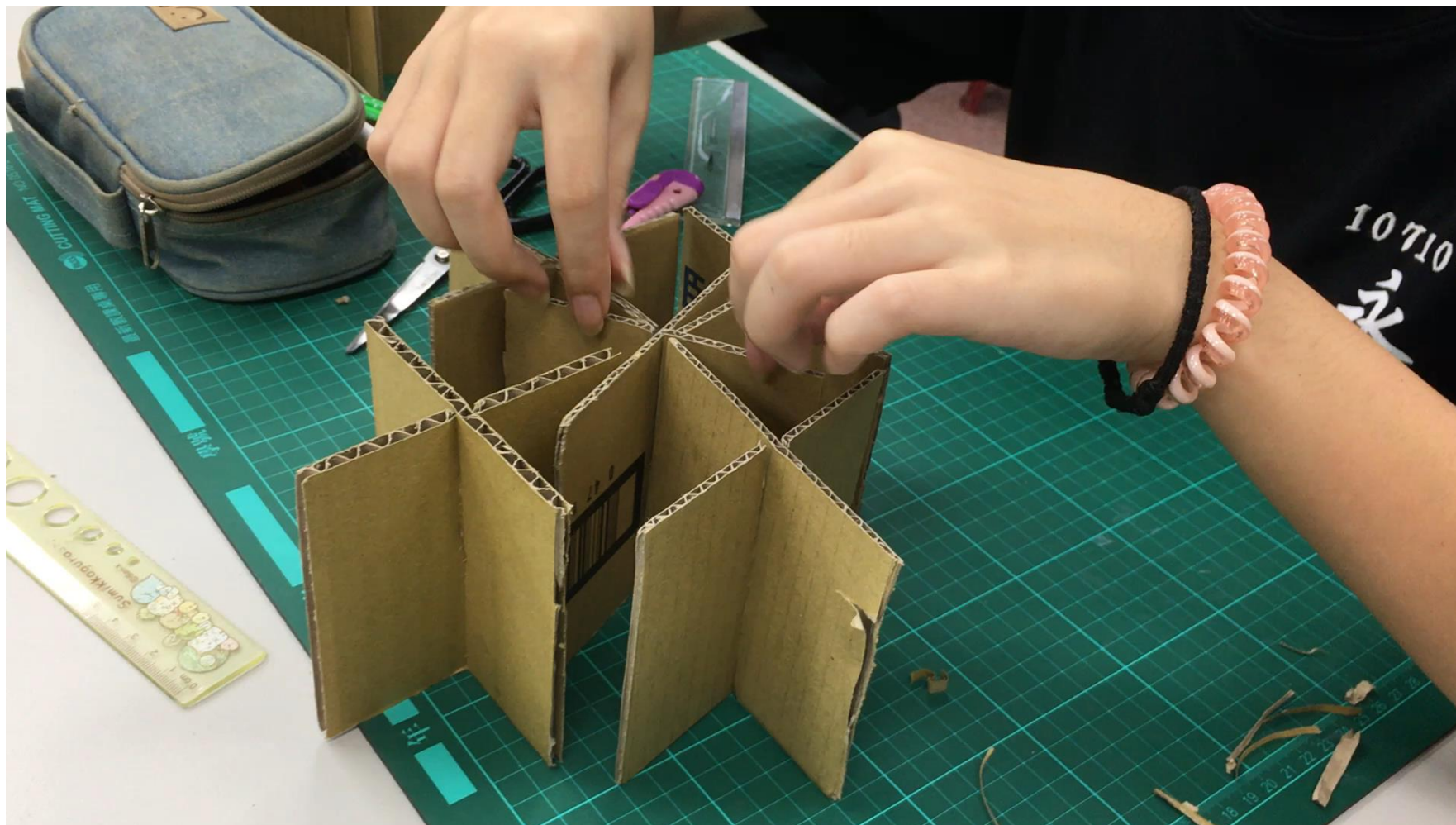
切口太寬



切口太窄



# 十字樺 結構強度測試





哭哭...

觀察破壞過程，分析破壞原因

→ 觀察力的傳導路徑

# 紙椅構思

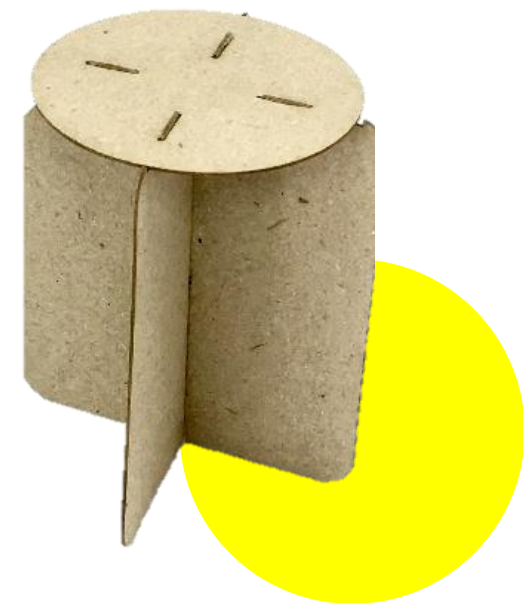
可從十字樑出發  
單元體 → 結構體





# 椅子 設計

坐(功能) → 穩(結構) → 美(造型)



# 椅子設計

坐(功能) → 穩(結構) → 美(造型)

**形隨機能** Form Follows Function

法國生物學家拉馬克 (Chevalier de Lamarck) 著名的銘言  
美國雕刻家格里諾(Horatio Greenough) 導入造型界  
美國建築師蘇利文(Louis Henry Sullivan) 倡導為建築理論

椅子  
設計

# 裝飾即罪惡

坐(功能) → 穩(結構) → 美(造型)

形隨機能 Form Follows Function

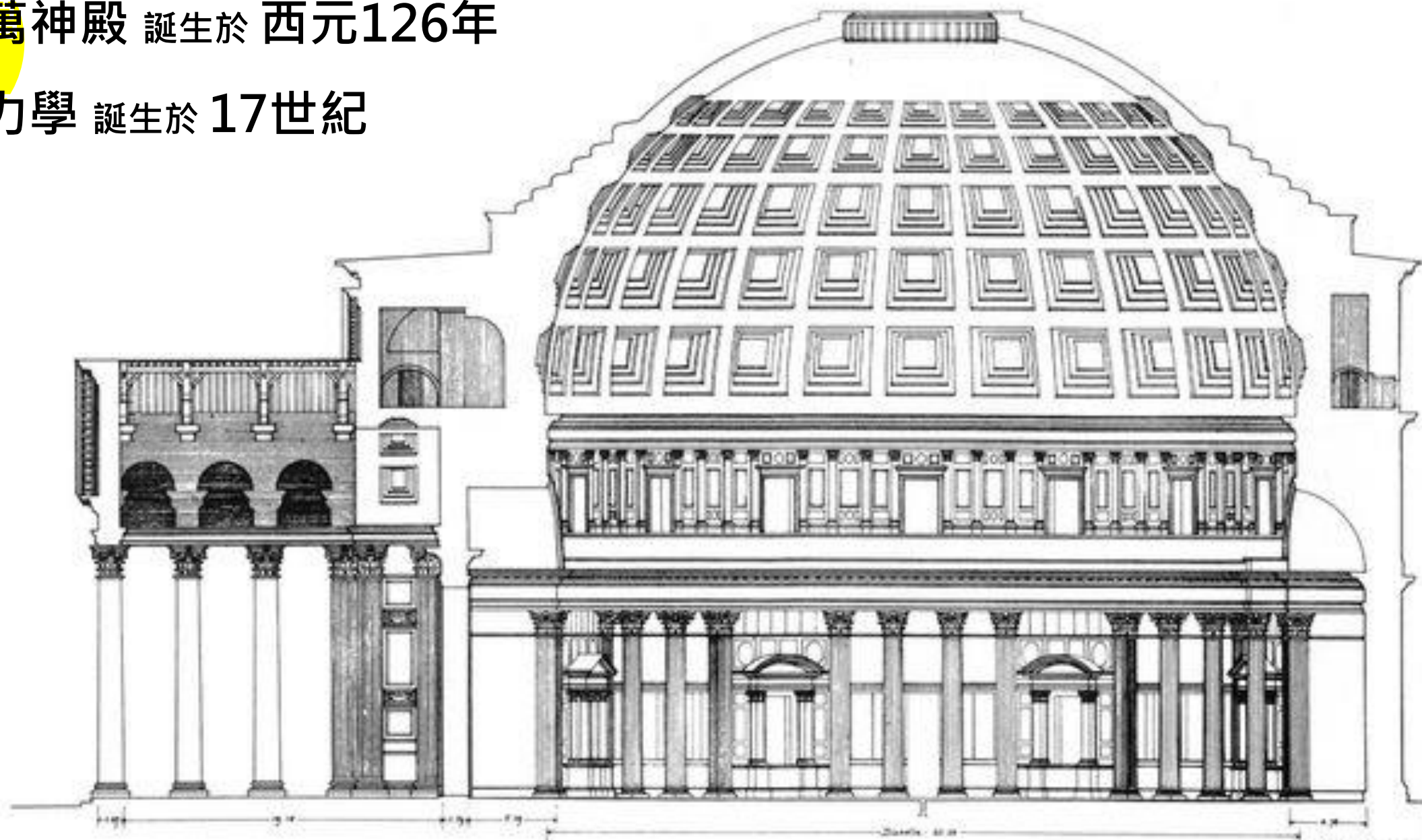
法國生物學家拉馬克 (Chevalier de Lamarck) 著名的銘言  
美國雕刻家格里諾(Horatio Greenough) 導入造型界  
美國建築師蘇利文(Louis Henry Sullivan) 倡導為建築理論



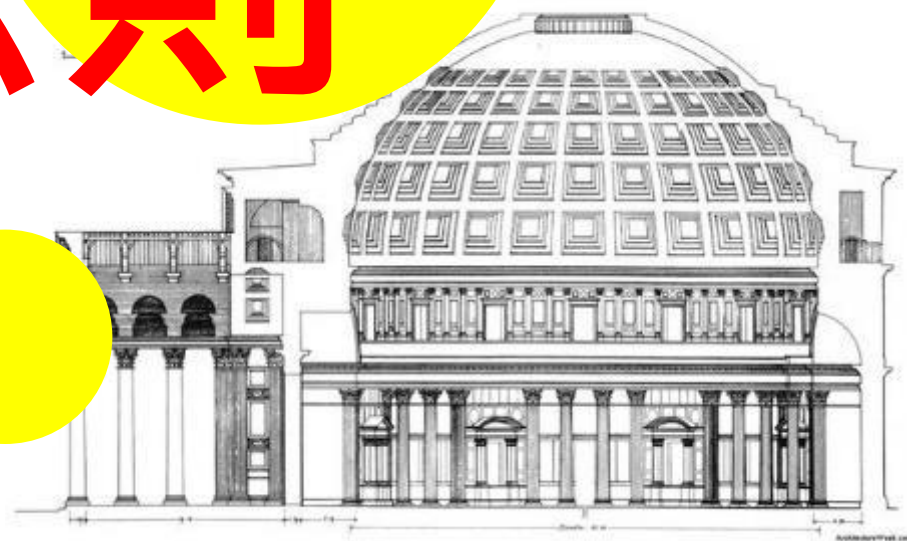
我們天生就具備  
結構直覺

羅馬萬神殿 誕生於 西元126年

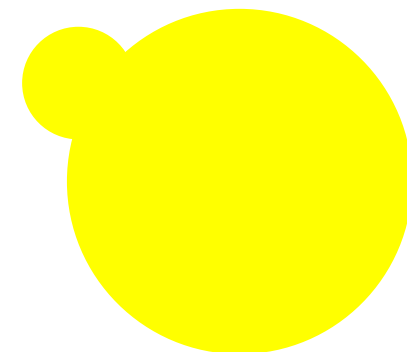
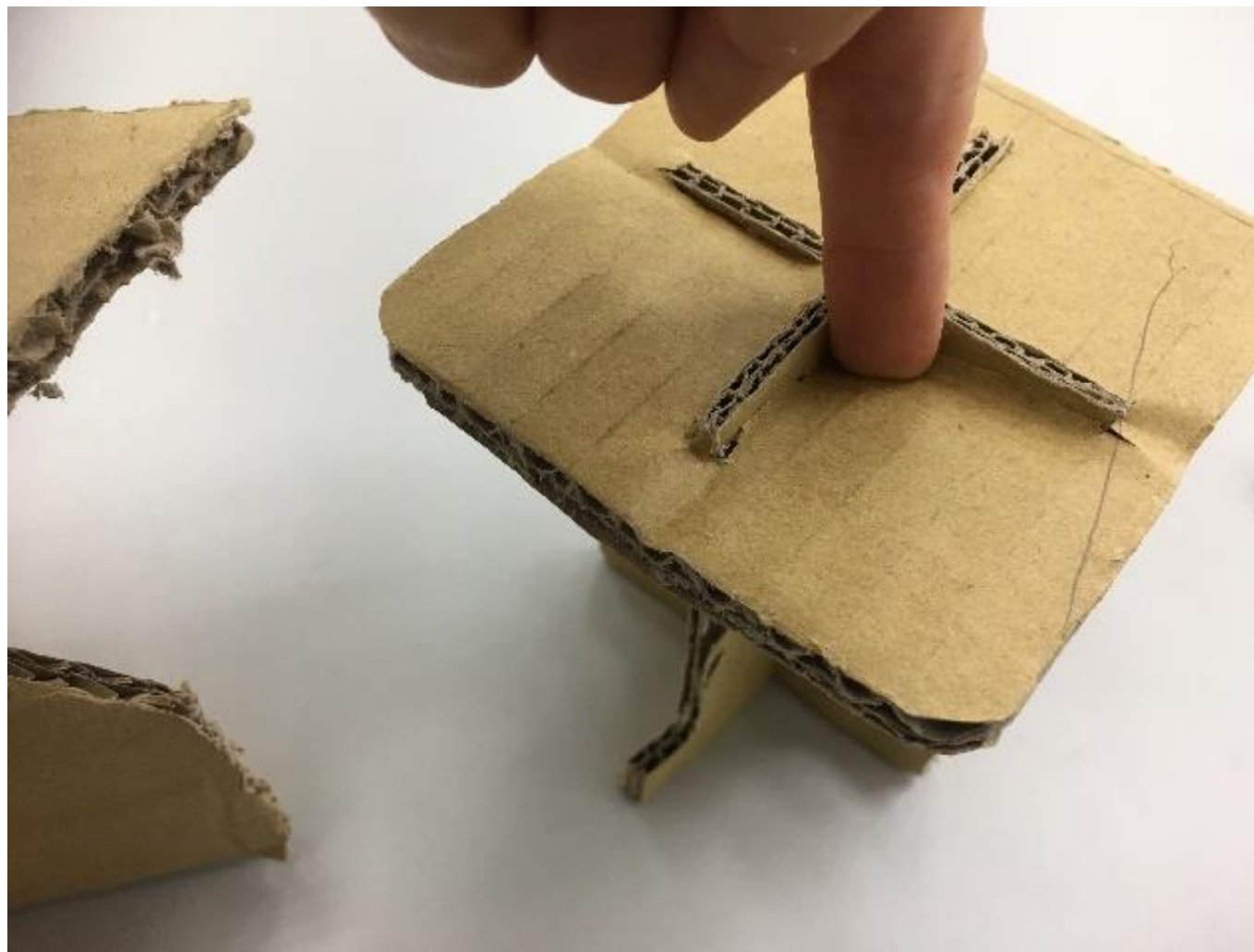
材料力學 誕生於 17世紀



從錯誤中學習...  
經驗法則



# 發現結構弱點，尋找解決方法



結構  
補強

在失敗的過程中

依據 **破壞**的狀況來解釋**受力行為**

由**力的傳導路徑**，找出需**加強**部位



結構  
補強

首先...

說不定，  
妳的設計  
是沒有問  
題的!

檢查材料是否受損：爛、扁、凹折...  
瓦楞紙紋路承重方向是否錯誤？

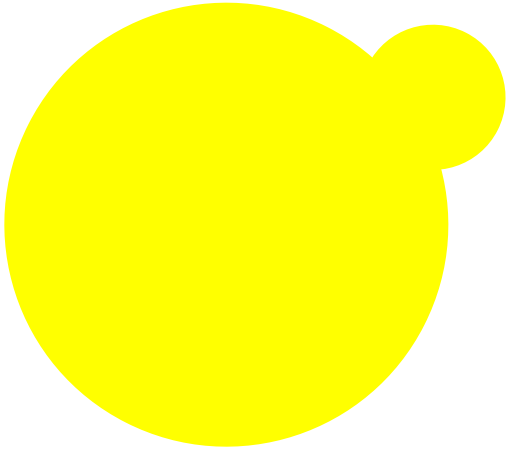
結構  
補強

首先...

說不定，  
妳的設計  
是沒有問  
題的!

檢查材料是否受損：爛、扁、凹折...  
瓦楞紙紋路承重方向是否錯誤？

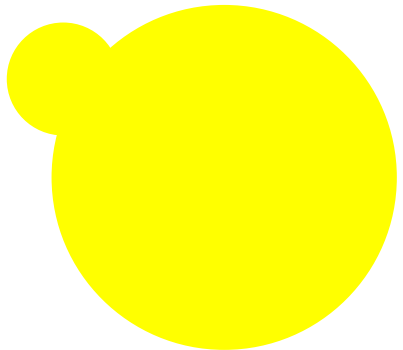
先排除材料本身的結構問題，  
再專心處理整體結構問題



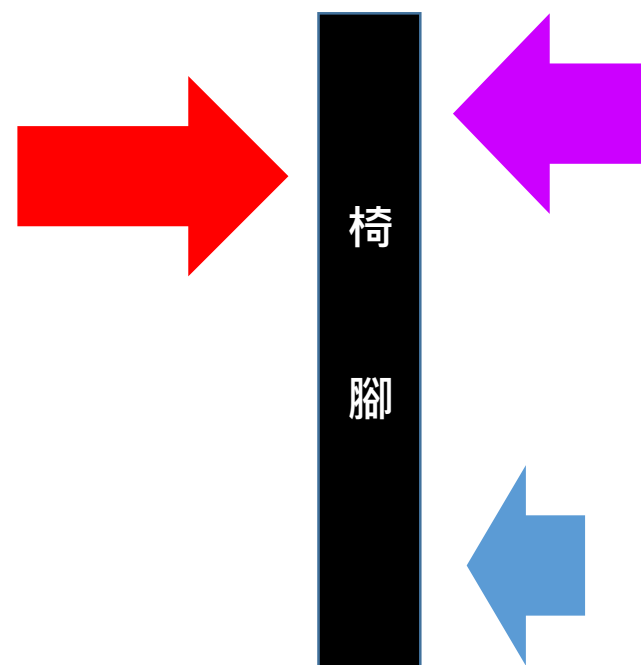
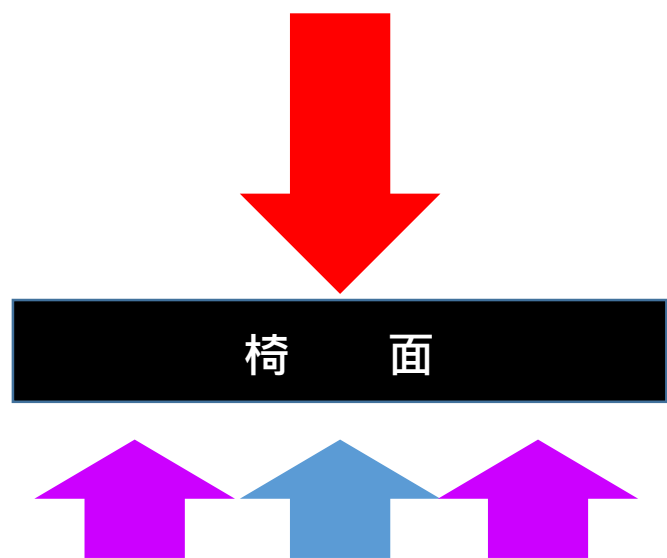
關於結構

我們一直在處理兩個問題：

**垂直承重 + 水平平衡**  
**(壓力) (推力)**



# 垂直承重 (壓力) + 水平平衡 (推力)



# 結構 補強

**垂直** 壓了會垮：增加十字樑的**數量**  
增加板材的**厚度**

**水平** 壓會歪斜：觀察力的路徑予以修補  
增加**斜撐**、固定性的結構

# 紙椅開發歷程

設計思考流程



造型

■

1

垂直壓力問題

1 造型



2 承重

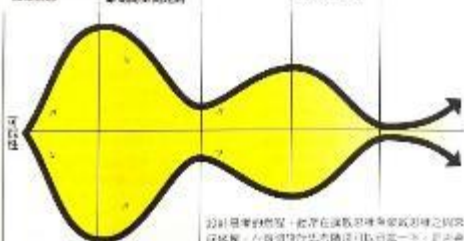
+

+ 厚

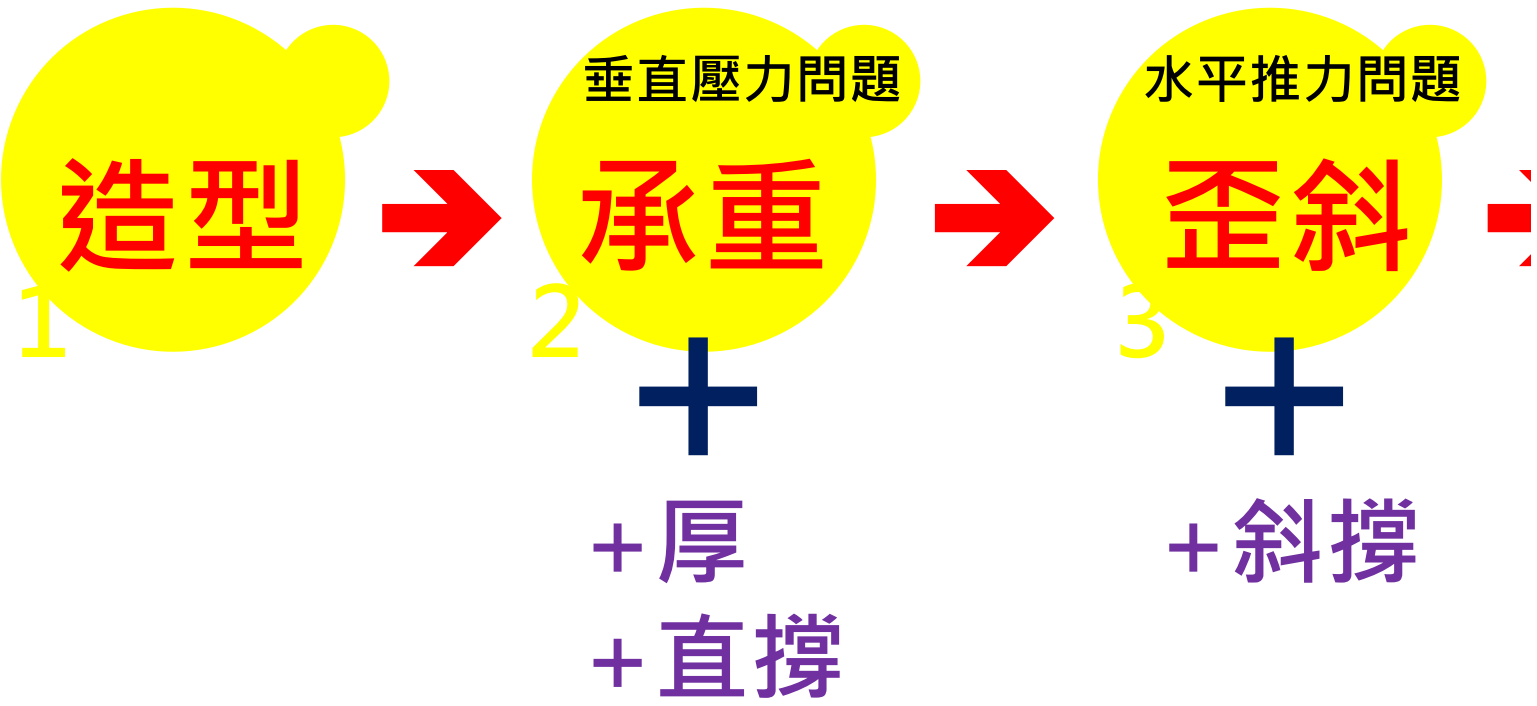
+ 直撐

### 設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不假設的發想	反覆測試	反覆改良
當我讀了一篇文章，該如何設計出這件東西？	當我遇到問題，怎麼解決它？如何加強我的理解？	我看到了有趣的構思，我怎麼設計它？	我有更好的点子，但怎麼把它做出來？	我又試了不同的做法，這怎麼讓做法變得更好？
少想 第一步： 發現問題的存在	多想 第一步： 拆解問題 第二步： 找出關性的變因 第三步： 確認變因與目的	多想 第一步： 腦力激盪出点子 第二步： 收集点子	少想 第一步： 開始設計 第二步： 反覆測試與改良	少想 第一步： 測試與改良 第二步： 持續改良







設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不假設的奇想	反覆測試	反覆改良
當看到了一面問題，該如何面對的問題呢？	當看到問題，是否有少許改變，如何加強我的支撐？	我看到了不同的構思，我應該注意什麼？	是否有更好的子，我已經想到了想出來？	我又試了不同的構思，我應該注意什麼？該如何改良？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：解構事實	步驟 第一步：開始想點子	步驟 第一步：開始想點子	步驟 第一步：開始想點子
第二步：研究問題的原因	第二步：找出問題的根源	第二步：考慮點子	第二步：測試構思	第二步：測試構思
第三步：選擇構思	第三步：開始認真構思	第三步：認真認真構思	第三步：認真認真構思	第三步：認真認真構思

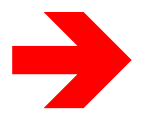
設計是種的創想，此序在設計過程中會受到種種之限制與困難，在每個階段也需隨時進行思考一下，思考中用了適合物體形狀的支撐方式，使構造更堅韌！

設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不假設的奇想	反覆測試	反覆改良
當看到了一面問題，該如何面對的問題呢？	當看到問題，是否有少許改變，如何加強我的支撐？	我看到了不同的構思，我應該注意什麼？	是否有更好的子，我已經想到了想出來？	我又試了不同的構思，我應該注意什麼？該如何改良？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：解構事實	步驟 第一步：開始想點子	步驟 第一步：開始想點子	步驟 第一步：開始想點子
第二步：研究問題的原因	第二步：找出問題的根源	第二步：考慮點子	第二步：測試構思	第二步：測試構思
第三步：選擇構思	第三步：開始認真構思	第三步：認真認真構思	第三步：認真認真構思	第三步：認真認真構思

設計是種的創想，此序在設計過程中會受到種種之限制與困難，在每個階段也需隨時進行思考一下，思考中用了適合物體形狀的支撐方式，使構造更堅韌！

1 造型



2 垂直壓力問題  
承重



3 水平推力問題  
歪斜



4 簡化

+

+厚  
+直撐

+

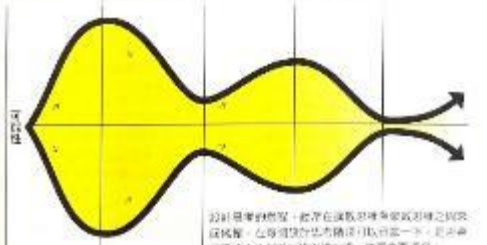
+斜撐

-

盡量合一  
簡單化

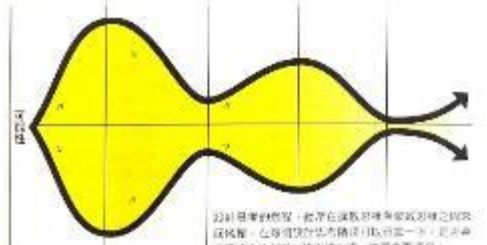
設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不假設的發想	反覆測試	反覆改良
當看到了一面問題，該如何面對的問題呢？	當遇到問題，是否有少許改變，如何加強我的力量？	我看到了不同的構思，我怎麼去構思？	是否有更好的子，我怎麼去構思？	我又試了不同的構思？這比之前構思的好嗎？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：觀察事實 第二步：找出問題的癥結	步驟 第一步：觀察與比較 第二步：列出可能的原因	步驟 第一步：列出可能的原因 第二步：列出可能的原因	步驟 第一步：列出可能的原因 第二步：列出可能的原因



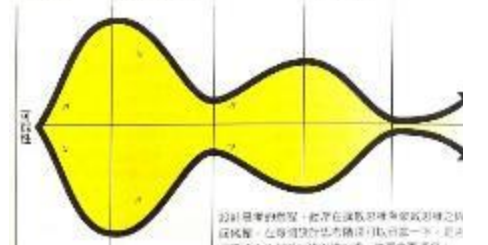
設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不假設的發想	反覆測試	反覆改良
當看到了一面問題，該如何面對的問題呢？	當遇到問題，是否有少許改變，如何加強我的力量？	我看到了不同的構思，我怎麼去構思？	是否有更好的子，我怎麼去構思？	我又試了不同的構思？這比之前構思的好嗎？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：觀察事實 第二步：找出問題的癥結	步驟 第一步：觀察與比較 第二步：列出可能的原因	步驟 第一步：列出可能的原因 第二步：列出可能的原因	步驟 第一步：列出可能的原因 第二步：列出可能的原因



設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不假設的發想	反覆測試	反覆改良
當看到了一面問題，該如何面對的問題呢？	當遇到問題，是否有少許改變，如何加強我的力量？	我看到了不同的構思，我怎麼去構思？	是否有更好的子，我怎麼去構思？	我又試了不同的構思？這比之前構思的好嗎？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：觀察事實 第二步：找出問題的癥結	步驟 第一步：觀察與比較 第二步：列出可能的原因	步驟 第一步：列出可能的原因 第二步：列出可能的原因	步驟 第一步：列出可能的原因 第二步：列出可能的原因



# 造型

## 垂直壓力問題

# 承重

## 水平推力問題

# 歪斜

# 簡化

# 完成

+

厚

直撐

+

斜撐

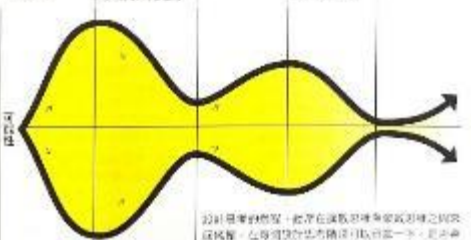
-

盡量合一

簡單化

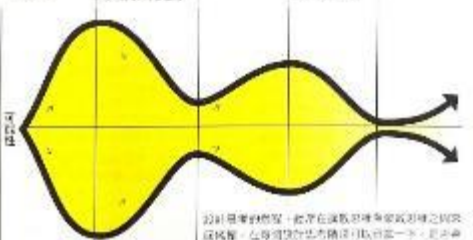
### 設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不理想的發現	反覆測試	反覆改良
當遇到了一新問題，該如何面對的問題呢？	當遇到這個問題，怎麼解決呢？如何保證我的方案？	我發現了某些問題，我怎麼解決？	我有個好點子，但怎麼保證它？	我又試了不同的方法，這怎麼解決？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解
第二步：研究問題的原因	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源
第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案



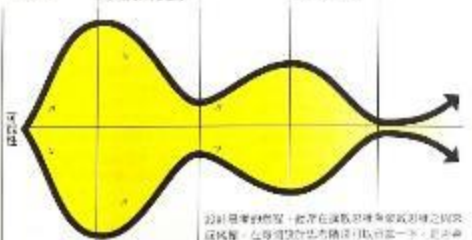
### 設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不理想的發現	反覆測試	反覆改良
當遇到了一新問題，該如何面對的問題呢？	當遇到這個問題，怎麼解決呢？如何保證我的方案？	我發現了某些問題，我怎麼解決？	我有個好點子，但怎麼保證它？	我又試了不同的方法，這怎麼解決？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解
第二步：研究問題的原因	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源
第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案



### 設計流程

階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5
探究	解構問題	不理想的發現	反覆測試	反覆改良
當遇到了一新問題，該如何面對的問題呢？	當遇到這個問題，怎麼解決呢？如何保證我的方案？	我發現了某些問題，我怎麼解決？	我有個好點子，但怎麼保證它？	我又試了不同的方法，這怎麼解決？
步驟 第一步：發現問題的存在	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解	步驟 第一步：將問題拆解
第二步：研究問題的原因	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源	第二步：找出問題的根源
第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案	第三步：思考解決方案



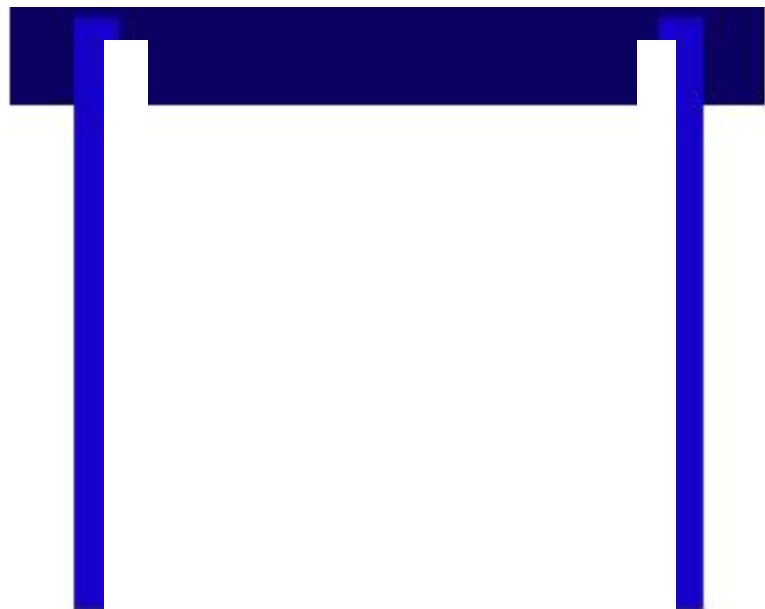
設計標準的情況，此是在該數碼標準或設計之與此  
同樣，在每個設計方法請仔細思考一下，是否  
用了適合該情況的方法，選擇最優者！

設計標準的情況，此是在該數碼標準或設計之與此  
同樣，在每個設計方法請仔細思考一下，是否  
用了適合該情況的方法，選擇最優者！

設計標準的情況，此是在該數碼標準或設計之與此  
同樣，在每個設計方法請仔細思考一下，是否  
用了適合該情況的方法，選擇最優者！

造型

1



我發想了一個造型

造型

1

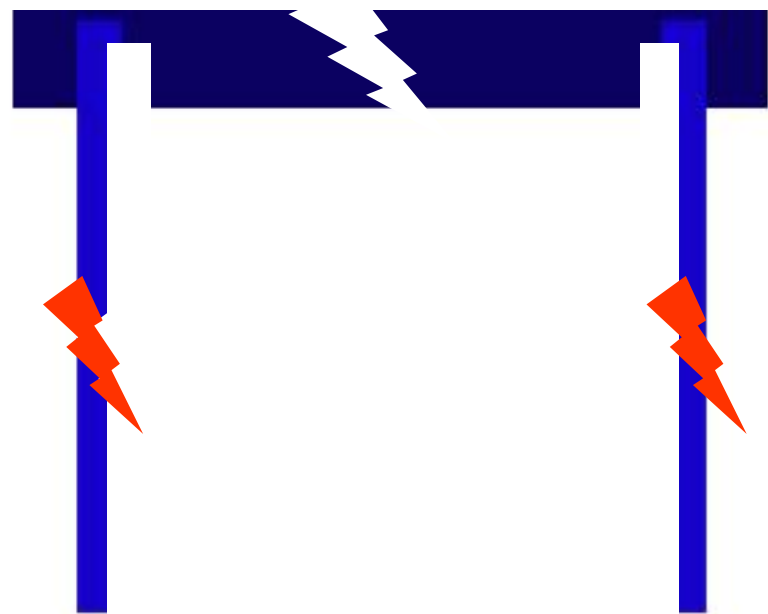


我發想了一個造型

# 承重 問題

看到缺點→

版凹腿折→



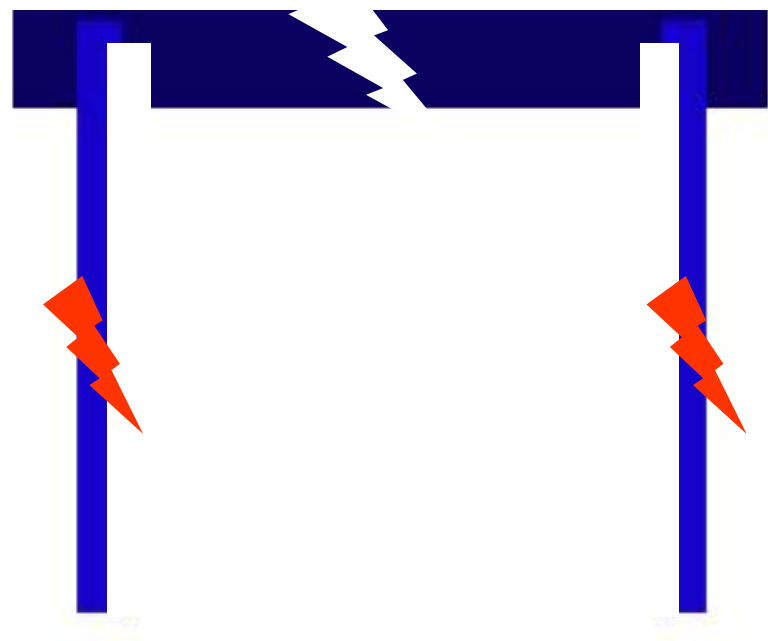
根本撐不住，  
版凹，腿折



# 承重 問題

看到缺點 → 找關鍵問題

版凹腿折 → 版子太薄



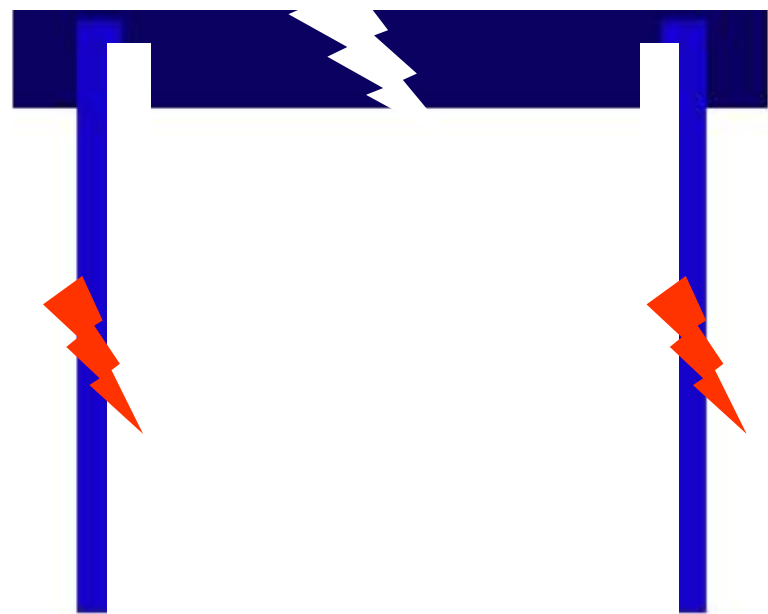
根本撐不住，  
版凹，腿折



# 承重 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法

版凹腿折 → 版子太薄 → 多層or加腿



什麼方法才  
最有用？

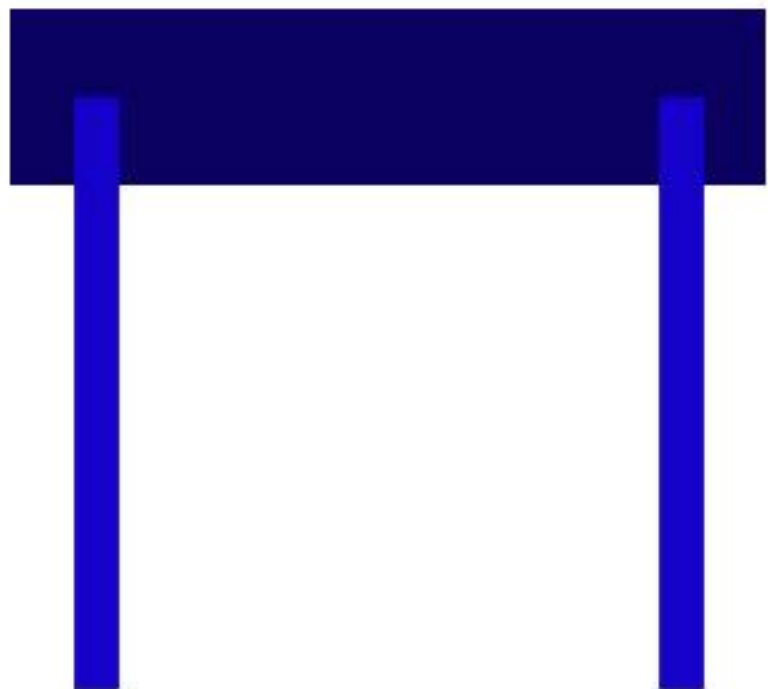




# 承重 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法 → 找到解決方法

版凹腿折 → 版子太薄 → 多層or加腿 → 版子加厚

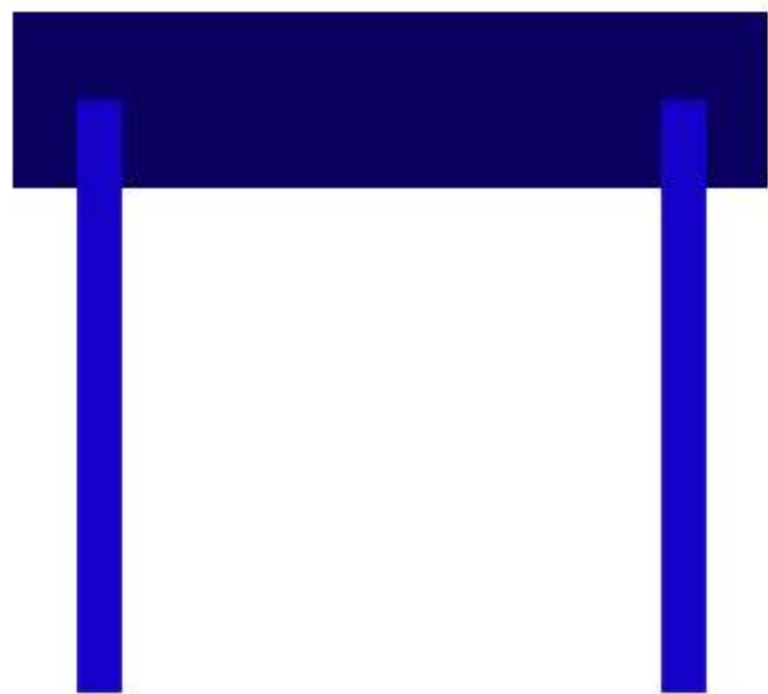


撐住了

# 承重 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法 → 找到解決方法

版凹腿折 → 版子太薄 → 多層or加腿 → 版子加厚

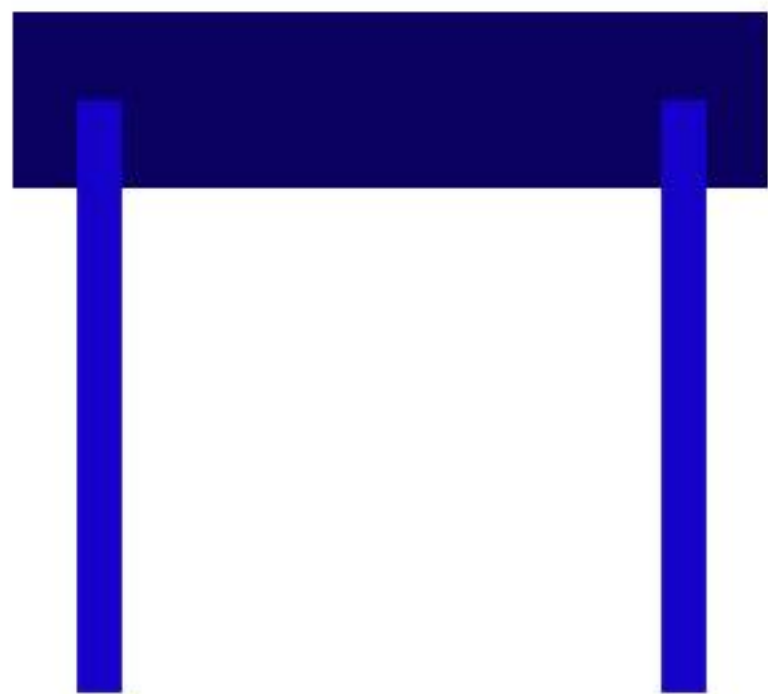


撐住了

# 承重 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法 → 找到解決方法 → 如何更好

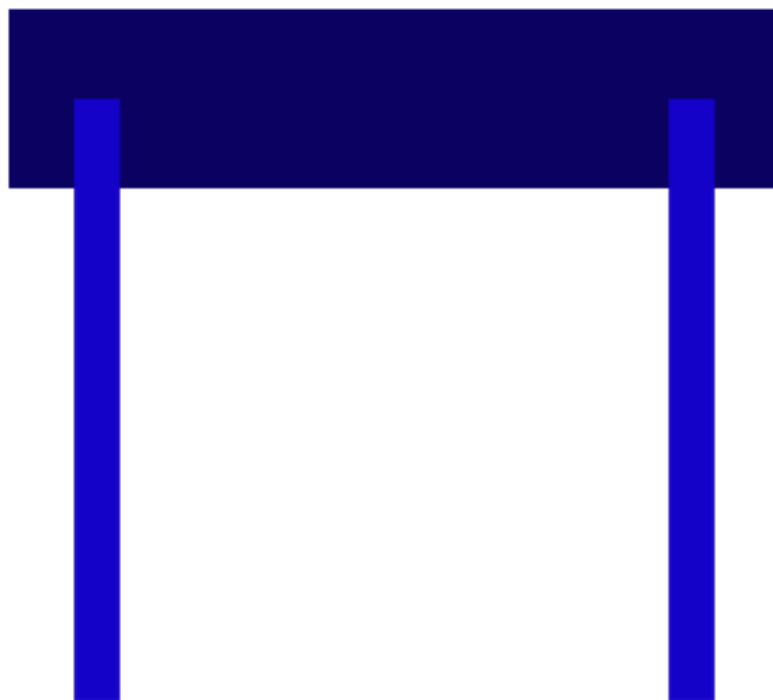
版凹腿折 → 版子太薄 → 多層or加腿 → 版子加厚 → 如何更好



撐住了

# 歪斜 問題

看到缺點  
歪斜搖晃



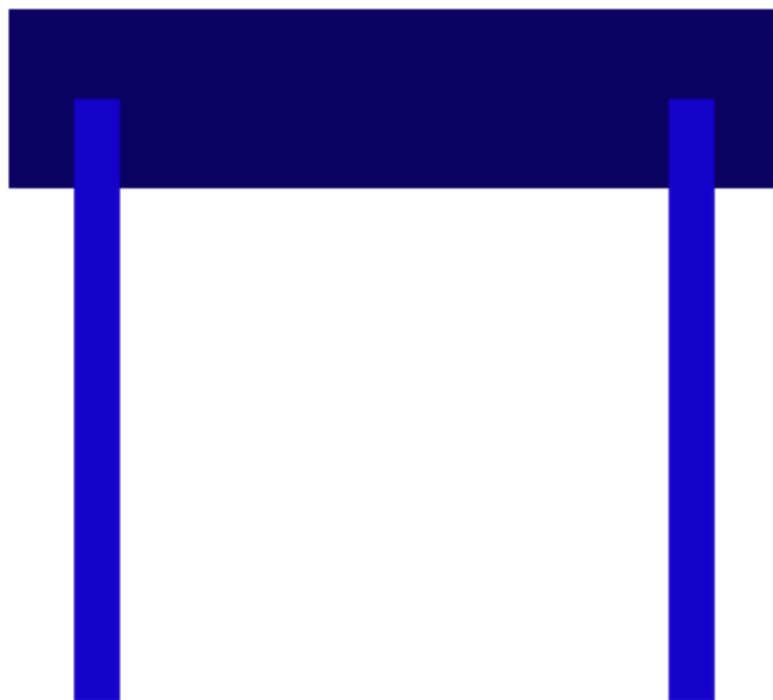
一直  
歪斜搖晃



# 歪斜 問題

看到缺點 → 找關鍵問題

歪斜搖晃 → 水平支撐不足



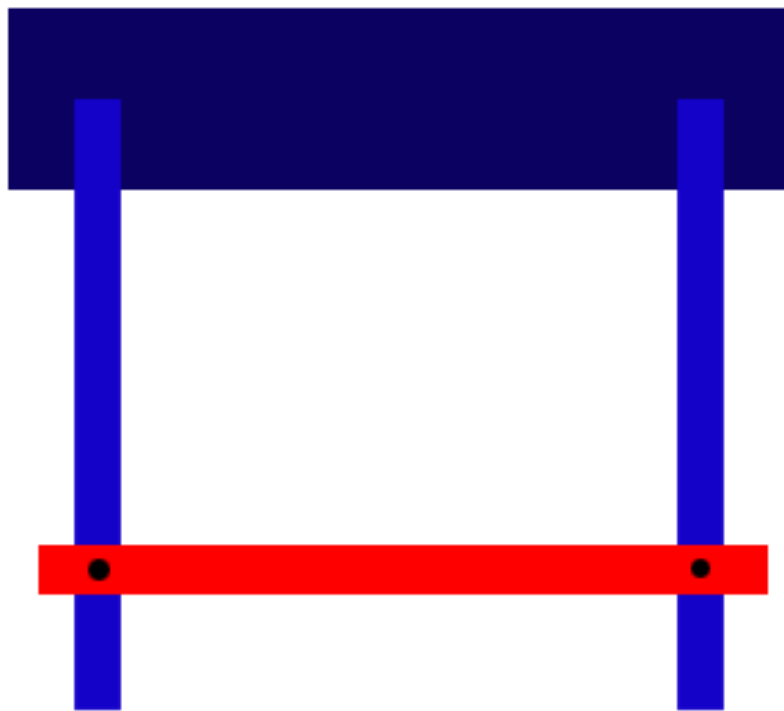
一直  
歪斜搖晃



# 歪斜 問題

看到缺點→找關鍵問題→**遍尋方法**

歪斜搖晃→水平支撐不足→**加支撐結構**



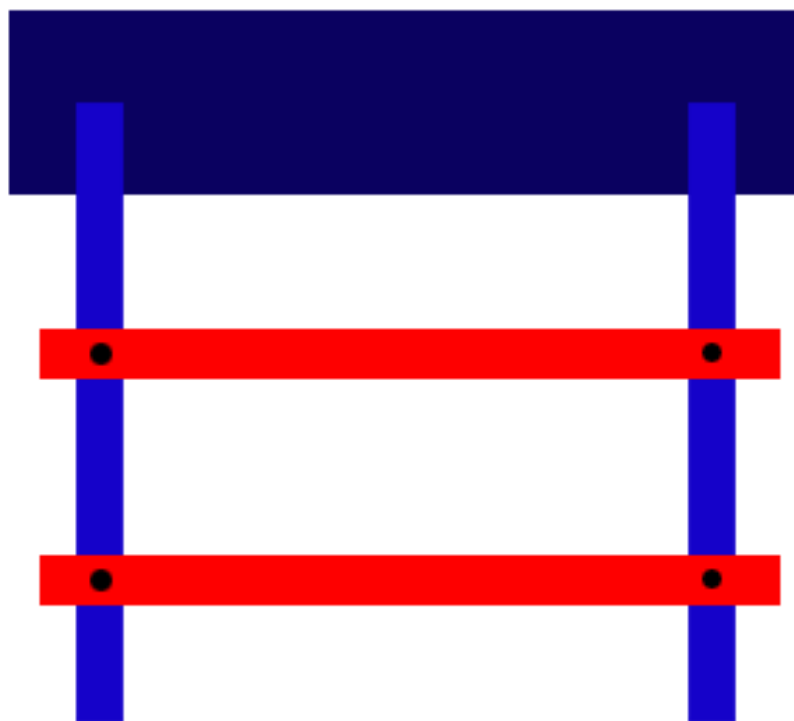
加一根看看



# 歪斜 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法

歪斜搖晃 → 水平支撐不足 → 加支撐結構



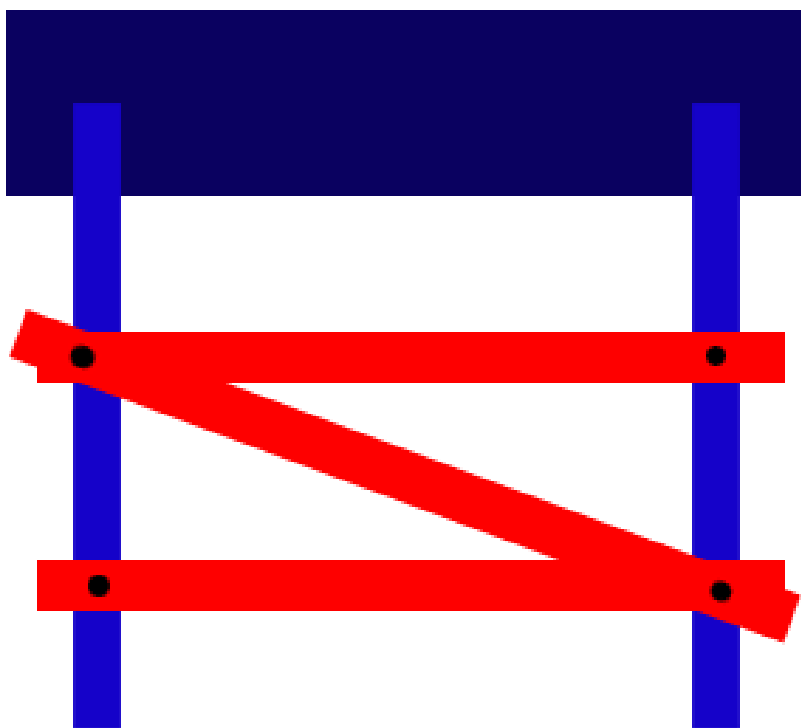
加二根看看



# 歪斜 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法 → 找到解決方法

歪斜搖晃 → 水平支撐不足 → 加支撐結構 → 加斜撐



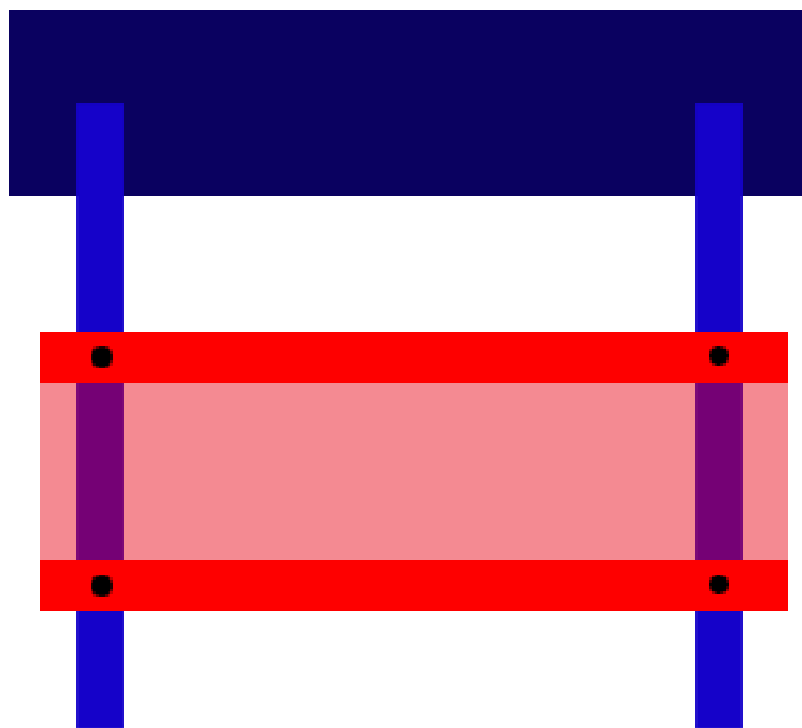
撐住了



# 歪斜 問題

看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法 → 找到解決方法 → 如何更好

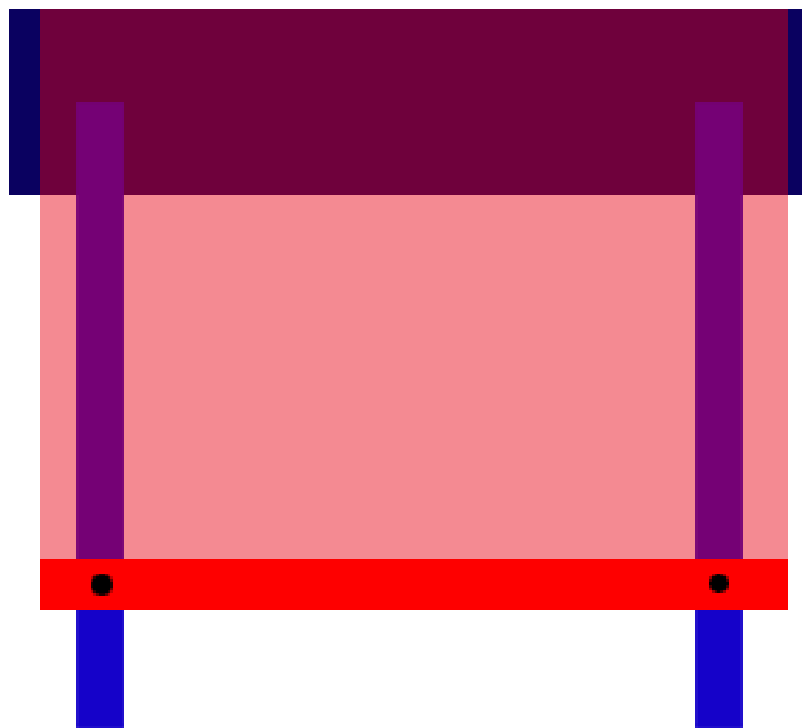
歪斜搖晃 → 水平支撐不足 → 加支撐結構 → 加斜撐 → 如何更好



撐住了  
但這樣更好

# 簡化

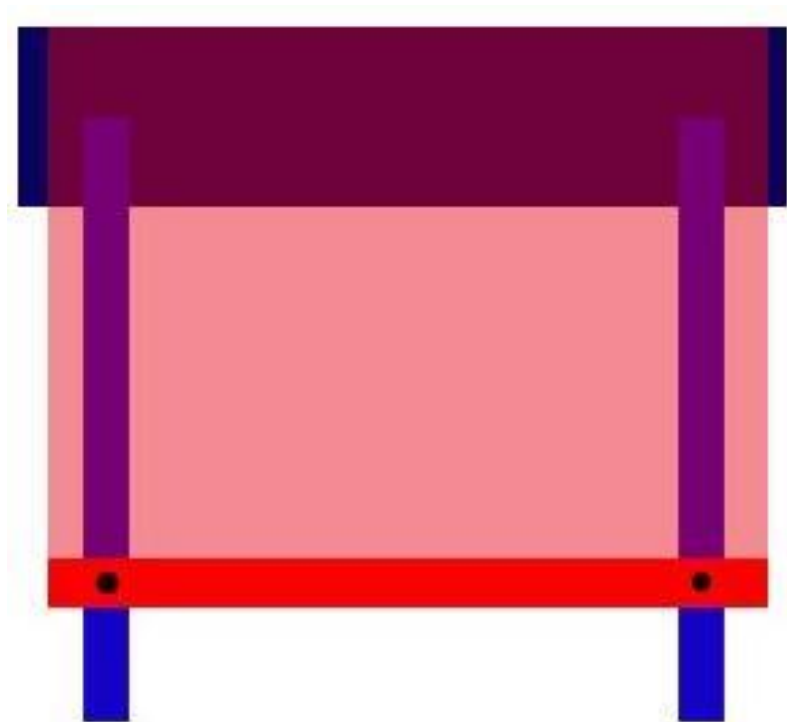
看到缺點 → 找關鍵問題 → 遍尋方法 → 找到解決方法 → 如何更好  
零件很多 → 未整合 → 盡量合一 → 一片處理 → 如何更好



有沒有更簡單的方法？

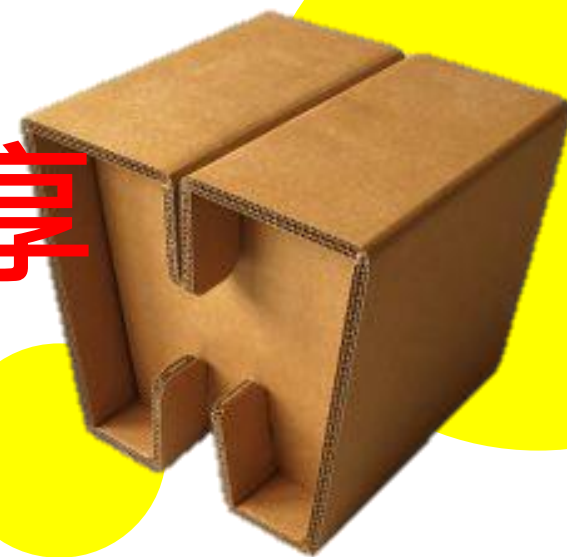
完成

5

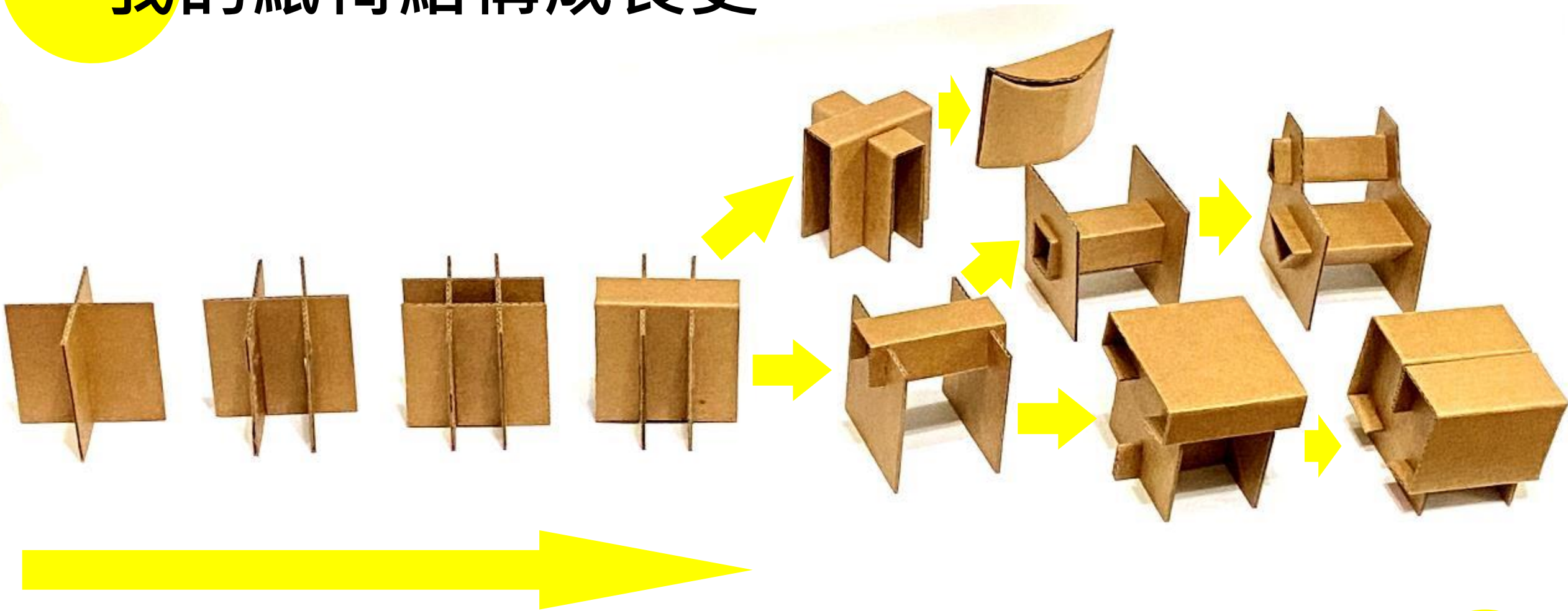


# 結構紙椅 X 美感試驗

心路歷程分享



# 我的紙椅結構成長史





-----基本十字

-----四個十字



---多重十字



-----橫向十字



-盒子形

變化形

U字型

三分法折疊型

穿越型

弧型





**先畫設計圖？**

**直接動手做？**

# 學生繪製個人小紙椅模型草圖

→ 設計圖可以先不管尺寸細節，先自由手繪，甚至不須用尺



可以上述造型為基礎去改造

思考組合與拆解的複雜度

注意水平力的支撐，斜搖時是否穩固

椅子小模型坐高 至少10公分

★椅子完成後，需可重複拆解組裝(不可用膠類)

先盡量做出支撐，再減法美學簡化結構

片數盡量控制在10片內，一片更好

瓦楞紙不能彎曲，不能扭轉，如何結合？

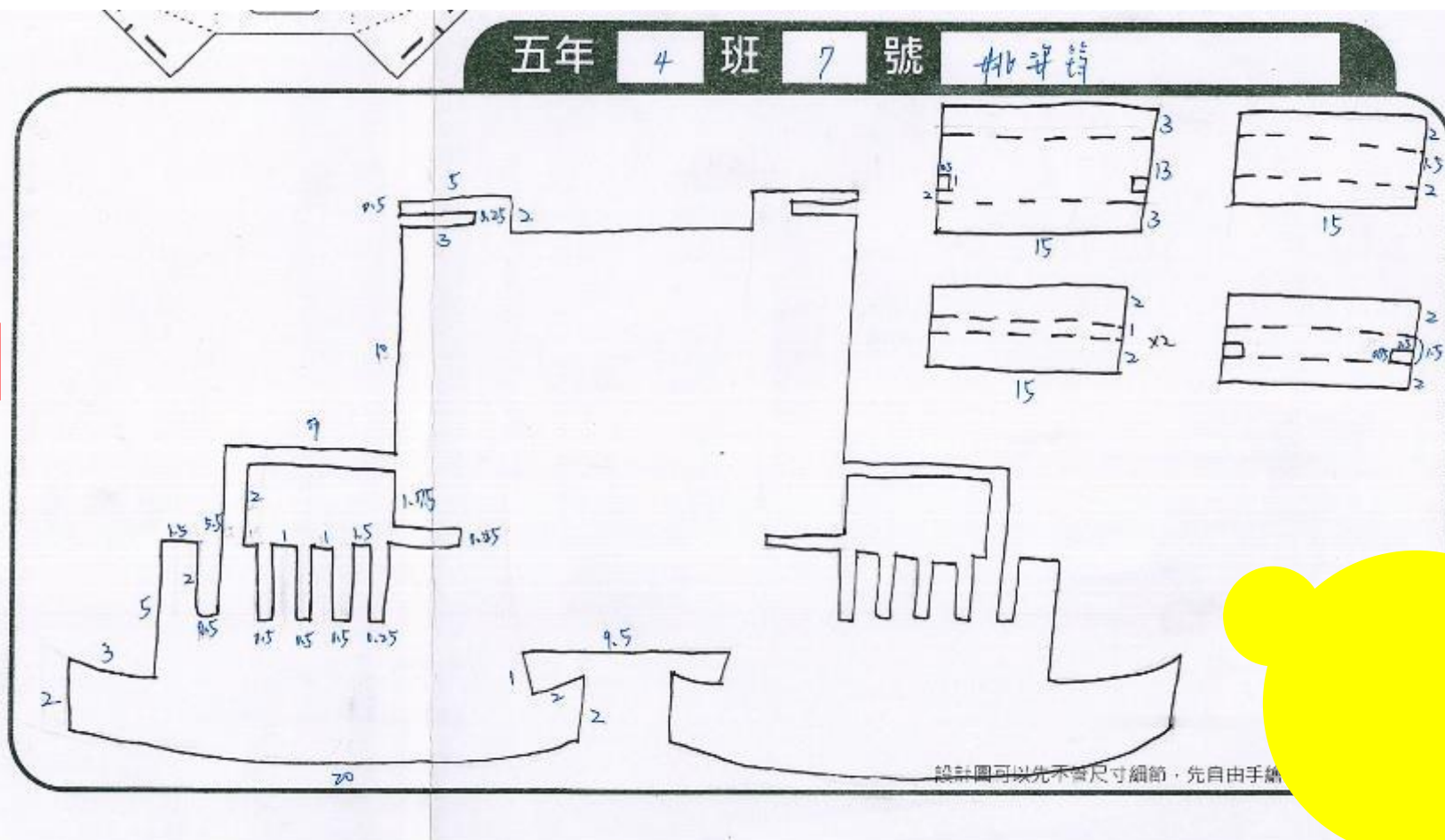
瓦楞紙往外纒開的問題如何解決？

可做搖搖椅、椅子組(+腳撐)，加扶手、背靠

請google多蒐集資料，但嚴禁抄襲

小模型製作時間：兩節課

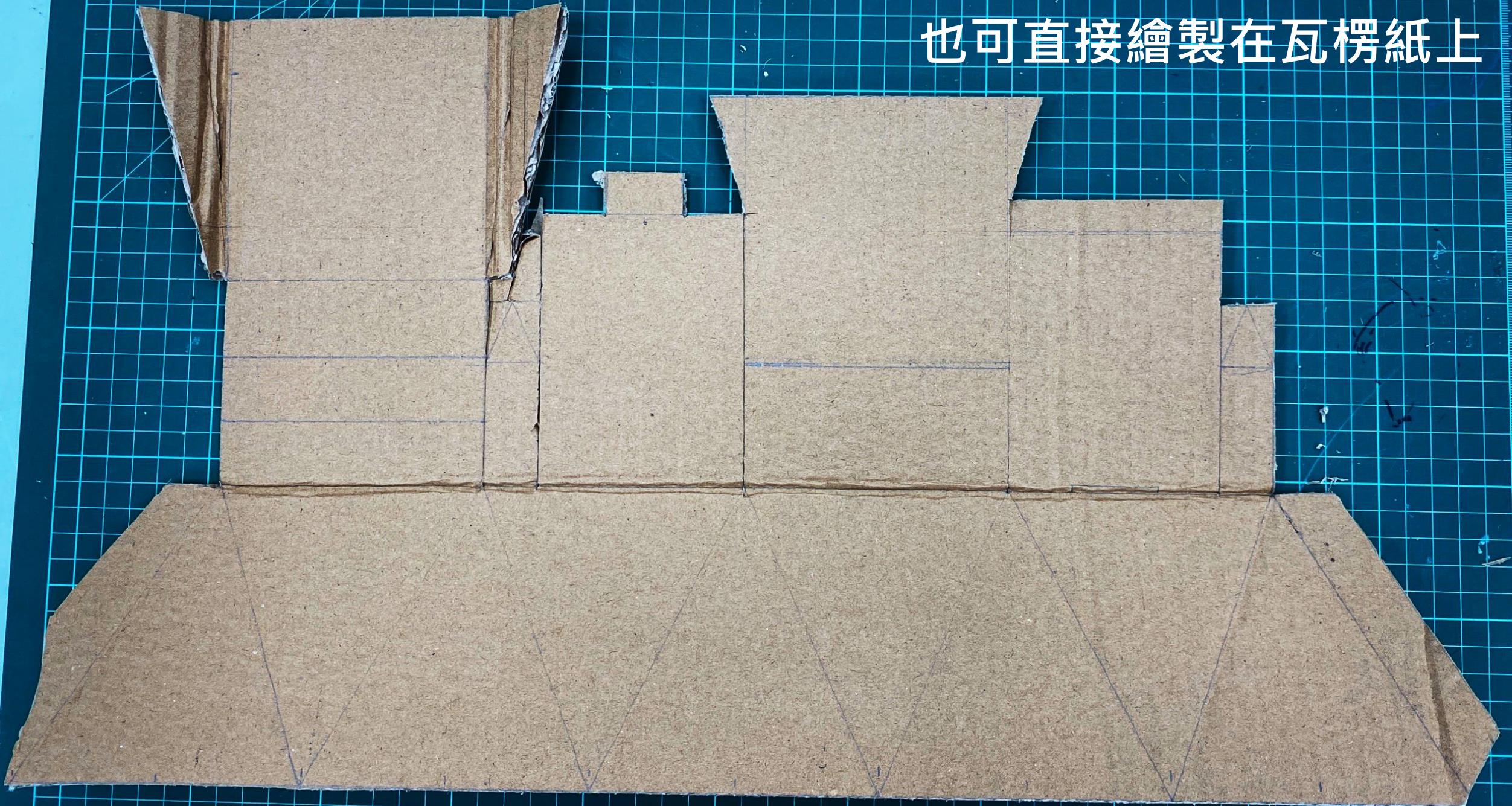
(請衡量錯誤修改時間，預估完成一張椅子模型要重做三次以上)



設計圖可以先不管尺寸細節，先自由手繪



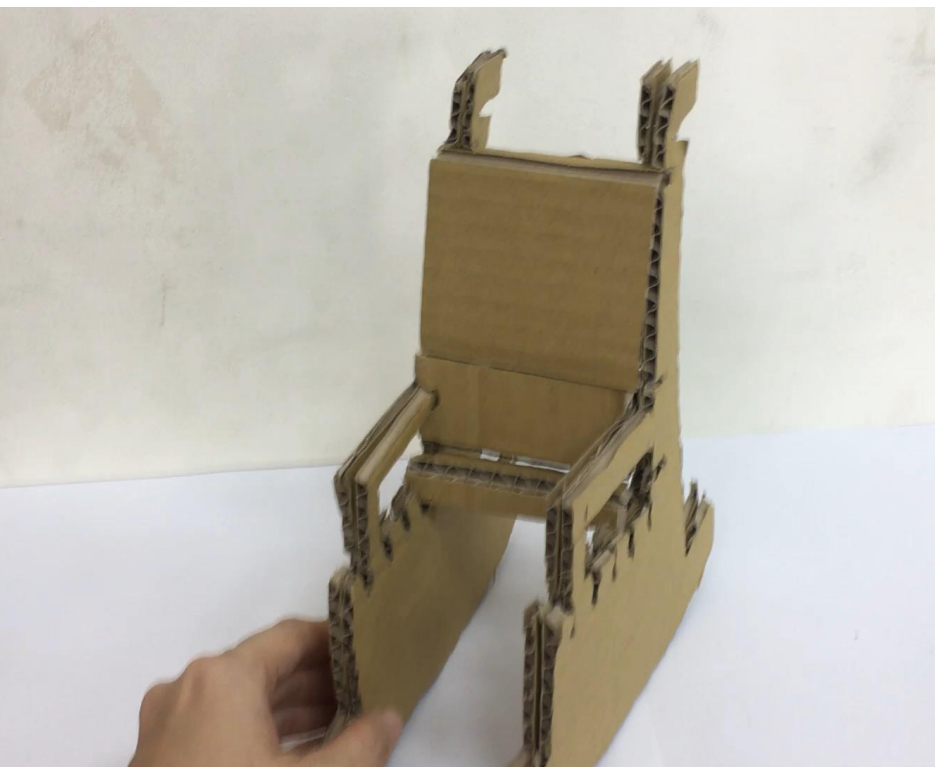
也可直接繪製在瓦楞紙上

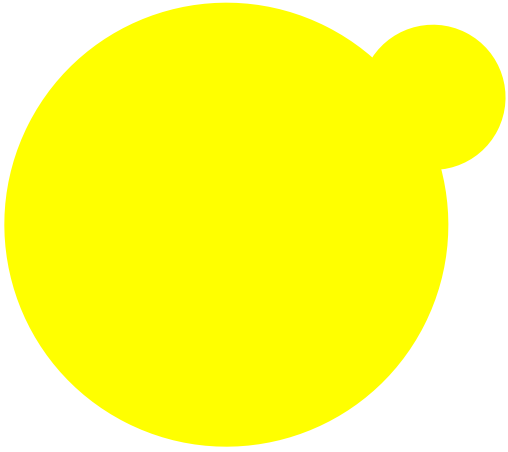




# 教學現場 實施狀況

# 製作小紙椅模型





模型製作的重點在 **製作過程**，  
非完成的模型本身

可將過程遇到的困難記錄下來  
製作成 **心得 (歷程檔案)**



# 完成的紙椅模型以Qlone掃描為3D



# Qlone 投影3D到真實環境進行模擬

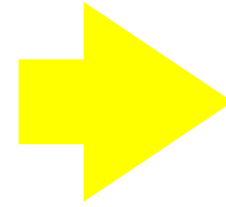


# 將小模型放大為真實比例設計圖



尺寸  
效應

## 小模型放大的問題...



載重與構件強度並非成等比例縮減

材料強度：二次方面積計算

結構強度：三次方體積計算

材料、結構性質、工法不見得一致

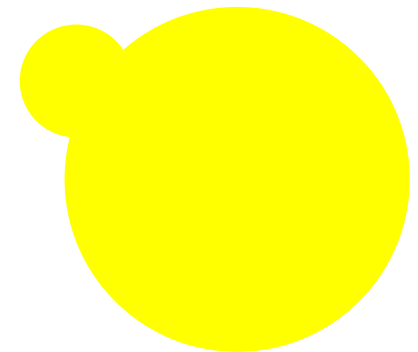
足尺模型、縮尺模型越接近，需克服的誤差就愈少

尺寸測量與計算問題

搖椅類須增加考慮重心問題

多重紙板黏合方向問題

卡榫不住一直繃開該如何解決？





尺寸  
效應

## 小板接合成大板

接合最好在摺線處

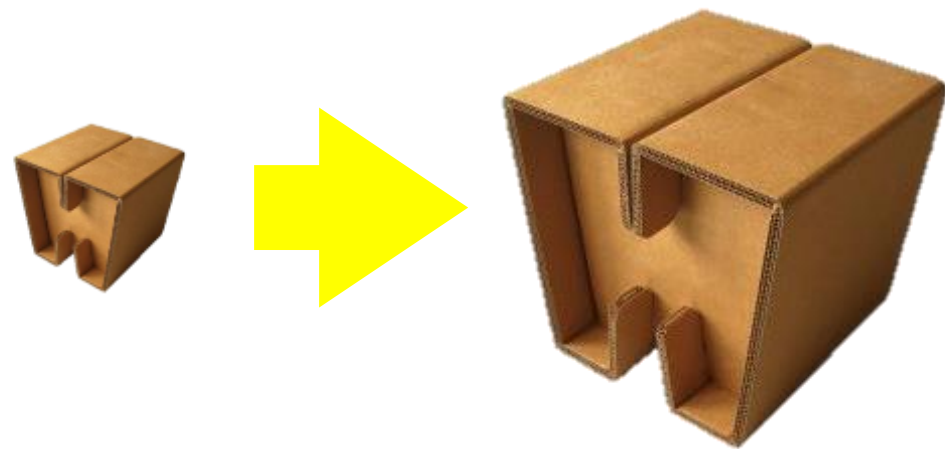
方法一：可用牛皮紙膠帶正反面接合

方法二：將同款瓦楞紙的表紙撕下，剪成長條，塗白膠正反面接合



尺寸  
效應

## 預估厚度誤差



小模型放大時，最容易在這裡出問題  
紙張變厚，誤差也會放大

請裁切一個10x10的正方形，對摺後  
測量此直角的外邊長與內邊長  
記錄此比例做為誤差參考

構造  
問題

哭哭...

啊它都一直繃開啦~~~~

紙板組合與插銷問題→  
→ 構造與施工工法問題

















重點不在結構的『識』  
而是培養結構的『道』

-- 渡邊邦夫 (SDG 結構設計集團)

