

	結構設計	
	水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	2024-7-16
		10 of 10

1.競賽說明

各分組隊伍需要設計並完成製作一個結構模型，用以承受鐵塊載重並接受臺科大結構實驗室大振動臺測試。本競賽時間預定於 2024 年 7 月 29 日進行。本課程將提供各隊伍一組模型製作材料進行模型之製作，若需增加材料數量請各隊伍請告知助教。各隊伍將於課程最後一天進行模型之振動臺測試，各組之模型將依序安裝於位於本系地震模擬振動臺上，接受數次不同震度的人造地震測試，人造地震的地表加速度峰值(peak ground acceleration, PGA)將逐次增加，最後一次測試的 PGA 達 800 gal(cm/s²)。

日常生活中常見的橋墩、水塔、高速公路旁的 T 形廣告牌、電信鐵塔(設置電信設備)、高塔(設置觀景臺)、煙囪(設置旋轉餐廳)等，均為具有單一集中載重的結構物，因此本年度競賽內容為製作具有單一載重平臺的塔型結構物。以水塔為例：儲水量愈多愈好，並且儲水高度愈高(即水壓愈高)愈好。故本競賽以模型能夠承受的最大基底剪力與基底彎矩作為模型的性能(capability)，以模型所花費的材料重量作為模型的價格(price)。評比依據為模型的性價比(capability-price ratio, CP 值)，性價比為模型的性能與價格的比值(即 $CP = \text{capability}/\text{price}$)。CP 值愈大，代表競賽成績愈好。

2.隊伍的組成

依照分組來進行競賽。

3.材料與工具

模型製作工具不限，各隊請自備所需工具或借用系上器材，但模型製作材料僅以 3.1 所列之材料為限。

3.1 材料：

項目	數量	說明
1.木質模型底板	1 塊	材質為中密度纖維板(MDF)，底板厚度約 0.5cm，長與寬分別為 30 cm 與 30 cm (± 0.3 cm)。
2.木條	30 條	材質為中密度纖維板(MDF)之木條，用於模型結構之製作。每條長約 70 ± 0.5 cm，其斷面積約為 5.5 mm \times 5.5 mm (± 1 mm)。
3.熱熔膠條	20 條	每條長約 30 cm 的熱熔膠條，其直徑約 6 mm。熱熔膠條僅能配合熱熔膠槍使用，做為結構構件之黏結材料，不可直接做為模型之結構構件使用。
4.橡皮筋	16 條	每條橡皮筋寬約 3 mm，厚約 1.5 mm，周長約 240 mm。
5.A4 紙張	12 張	A4 紙張 12 張
6.棉繩	1 條	長度 4 m 之棉繩。

	結構設計	
	水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	
	2024-7-16 10 of 10	

3.2 建議使用之工具：

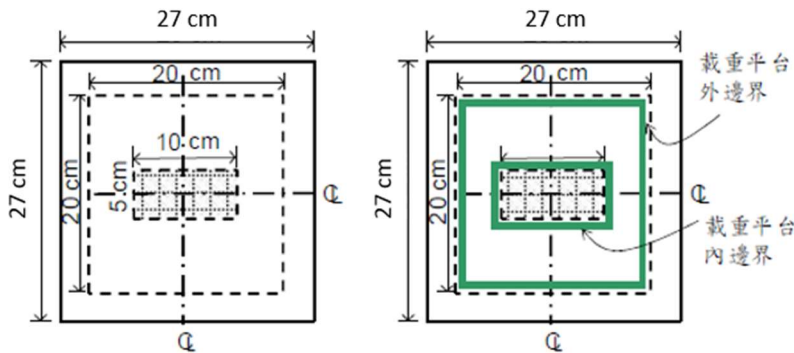
項目	數量	說明
1.剪刀	一個	一般事務用剪刀。
2.線鋸	一組	寬度約 0.9 cm，長度約 30 cm。
3.大型美工刀	一把	刀片寬度約 1.8 cm。
4.直尺	一支	長度 30cm 塑膠直尺。
5.銼刀	一支	小尺寸銼刀。
6.切割墊	一片	A3 大小
7.熱熔槍	一個	一班熱熔槍
8.鑽孔器	一個	可用於模型與底板之固定
9.棉手套	一副	使用熱熔槍時防燙傷穿戴用。
10. 鐵鎚	一支	小尺寸鐵鎚
11. 銼刀	一支	小尺寸銼刀

4.模型結構

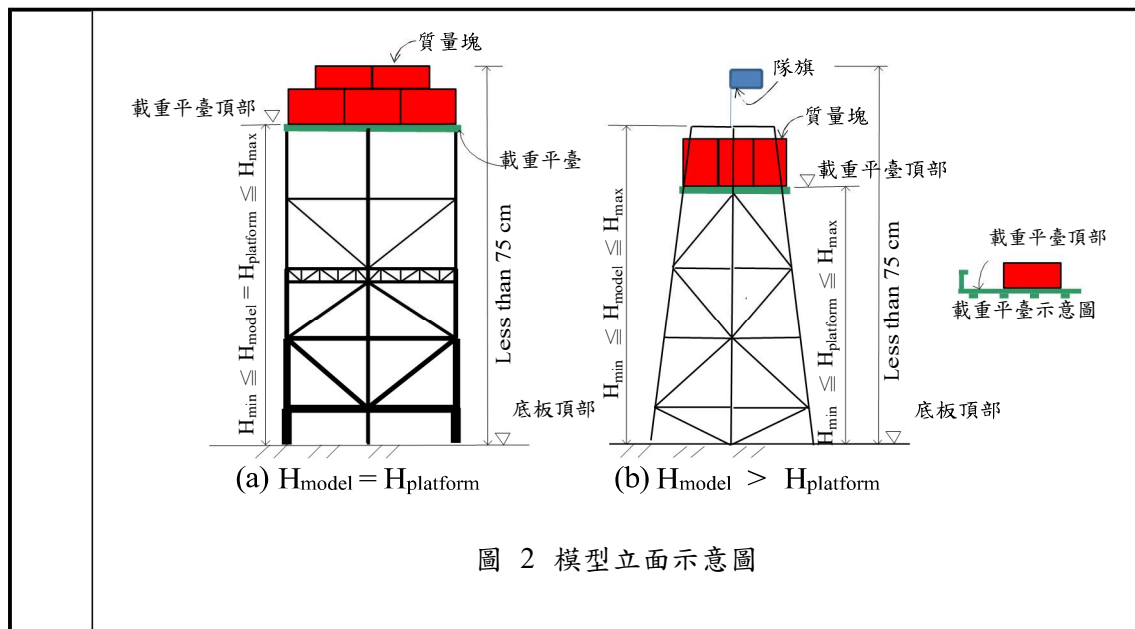
各隊伍應充份發揮創意，各種型式與形狀的模型結構均可，但模型結構必須符合以下要求：

項目	說明
4.1 基本 要求	<p>4.1.1 利用課堂時間進行討論、設計與模型製作，確保所有組員皆有參與。</p> <p>4.1.2 利用所提供之材料製作構件，組合各構件成為模型。構件可為單根木條或由多根木條、棉繩、橡皮筋、紙張等材料合併組成。</p> <p>4.1.3 參賽模型須建置在所提供的模型底板(30cm × 30cm × 0.5 cm)上，且底板週邊 3.5 cm 範圍必須完全淨空，以便將底板固定在振動臺上。</p> <p>4.1.4 只有一個放置質量塊的載重平臺。質量塊的數目最少為 12 塊，最多為 24 塊，並且最多堆放兩層的質量塊。</p> <p>4.1.5 模型與質量塊的垂直投影必須落於底板中心 20 cm × 20 cm 的範圍內(即圖 1 之虛線範圍)。並且，不得有質量塊的垂直投影落於底板中心 10 cm × 5 cm 的範圍內。</p> <p>4.1.6 載重平臺是以木條(或含棉繩、橡皮筋、紙張等)構成的一個水平面，不可以是曲面、斜面或階梯狀。若該水平面上還有其他構件，該構件的高度不計入載重平臺高度(如圖 2 與規則 4.3.6)。</p>

	<p style="text-align: center;">結構設計</p> <p style="text-align: center;">水塔結構地震模擬振動臺競賽規則</p>	
		2024-7-16
		10 of 10

	<p>4.1.7 載重平臺以木條製作，並須以木條標示其邊界，包括內邊界和外邊界。如圖 1 所示，內邊界與外邊界皆須在 4.1.5 所規定的範圍內。</p> <p>4.1.8 不得採用隔、減震設計。</p> <p>4.1.9 可製作增加美觀之包覆或裝飾。</p>
	 <p style="text-align: center;">圖 1 模型建置範圍</p>
4.2 模型 底板	<p>4.2.1 可在模型底板鑽孔固定構件，且不限制固定於底板之構件的數量。</p> <p>4.2.2 可對固定於模型底板的構件進行加固處理，例如：擴孔、開槽埋線等。但所有孔洞必須以膠填平，不可藉此以減輕底板重量。</p> <p>4.2.3 模型底板必須保持平整，以順利安裝於振動臺上。</p> <p>4.2.4 不得有構件(如木條、棉繩、橡皮筋)在底板反(背)面。</p>
4.3 模型 高度	<p>4.3.1 $H_{\min} \leq \text{不含質量塊的模型高度(標記為 } H_{\text{model}}) \leq H_{\max}$ 。</p> <p>4.3.2 $H_{\min} \leq \text{載重平臺高度(標記為 } H_{\text{platform}}) \leq H_{\max}$ 。</p> <p>4.3.3 $H_{\min} = 50 \text{ cm}$，$H_{\max} = 65 \text{ cm}$ 。</p> <p>4.3.4 含質量塊與隊旗的模型總高度不得大於 75 cm 。</p> <p>4.3.5 模型立面示意圖如圖 2 。</p> <p>4.3.6 上述模型高度之相關規定，皆由底板頂部起算，亦即不包含底板厚度。載重平臺高度為底板頂部至載重平臺頂部(即與質量塊底部接觸的水平面)的垂直距離(如圖 2)。</p>

	<p style="text-align: center;">結構設計</p> <p style="text-align: center;">水塔結構地震模擬振動臺競賽規則</p>	
		2024-7-16
		10 of 10



5.載重規則

本專題以放置鐵塊(即質量塊)來模擬載重平臺所承受的垂直向載重，每個鐵塊的重量以 635 g 計算。鐵塊的長、寬、高分別約為 6 cm、4.5 cm 與 3 cm，可能存在±2 mm 的尺寸誤差。鐵塊放置規則說明如下：

- 5.1 不可變更於模型審查時所確認的鐵塊數量與配置方式。
- 5.2 鐵塊必須安裝於載重平臺上，不可超過載重平臺的邊界，容許誤差為 5 mm。
- 5.3 鐵塊不可與柱或斜撐相接觸。
- 5.4 當安裝模型於振動臺上時，一併安裝鐵塊。僅可使用熱熔膠固定鐵塊於載重平臺上，不可使用其他材料，如紙張、棉繩、橡皮筋等。
- 5.5 於一 20 cm × 20 cm 的範圍內(如附件一)繪製出質量塊配置設計平面圖(含載重平臺邊界)，必要時可再使用其他空白 A4 紙張繪製相關圖說。質量塊配置設計圖必須能夠清楚表示質量塊的配置方式(包含質量塊的數目及其擺放的方向與位置)，可繪製平面圖、正立面圖與側立面圖，或是 3D 透視圖等。參賽隊於進行性能測試前，必須繳交質量塊配置設計圖。在模型審查及安裝模型於振動臺時，上述文件將作為評審查核之參考或依據。

	結構設計 水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	
		2024-7-16
		10 of 10

6. 評分規則：性價比

評比依據為模型的性價比(capability-price ratio, CP 值)，CP 值愈大排名愈前。CP 值的計算如下：

$$\text{其中，} \quad CP = \frac{\phi \times Capability}{Price} \quad (1a)$$

$$Capability = c_0 \bar{V}_{base} + c_1 \bar{M}_{base} \approx \frac{a_{max} W_{mass} / g}{V_{min}} \left(c_0 + \frac{c_1 H_{platform}}{H_{min}} \right) \quad (1b)$$

$$Price = \frac{W_{model}}{W_0} \quad (1c)$$

Capability：模型的性能。

Price：模型的價格。

ϕ ：折減(或懲罰)係數 = $1 - 0.02n_v$ 。

n_v ：必須絕對遵守模型檢核表(附件二)中的第一類(I)檢核事項，若有違規情形，即喪失資格(即 $n_v = 50$)。此外，其它經評審審定為重大違規者， n_v 值亦取 50。模型檢核表(附件二)中的第二類(II)檢核事項係考量材料與製作可能的誤差， n_v 值等於未達要求的項目總數。

V_{base} ：正規化基底剪力。

\bar{M}_{base} ：正規化基底彎矩。

c_0, c_1 ：權重， $c_0 = 1$ ， $c_1 = 50/65$ 。

a_{max} ：模型通過之最大測試加速度(gal)。

g ：重力加速度(= 980 gal)。

W_{mass} ：質量塊的總重量(N)。

V_{min} ：最小的基底剪力 = $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 10 \text{ g/cm}^2 \times 400 \text{ gal} = 16 \text{ N}$ 。

$H_{platform}$ ：從底版正面至載重平臺上緣的垂直距離(cm)。

H_{min} ：模型的最小限制高度 (= 50 cm)。

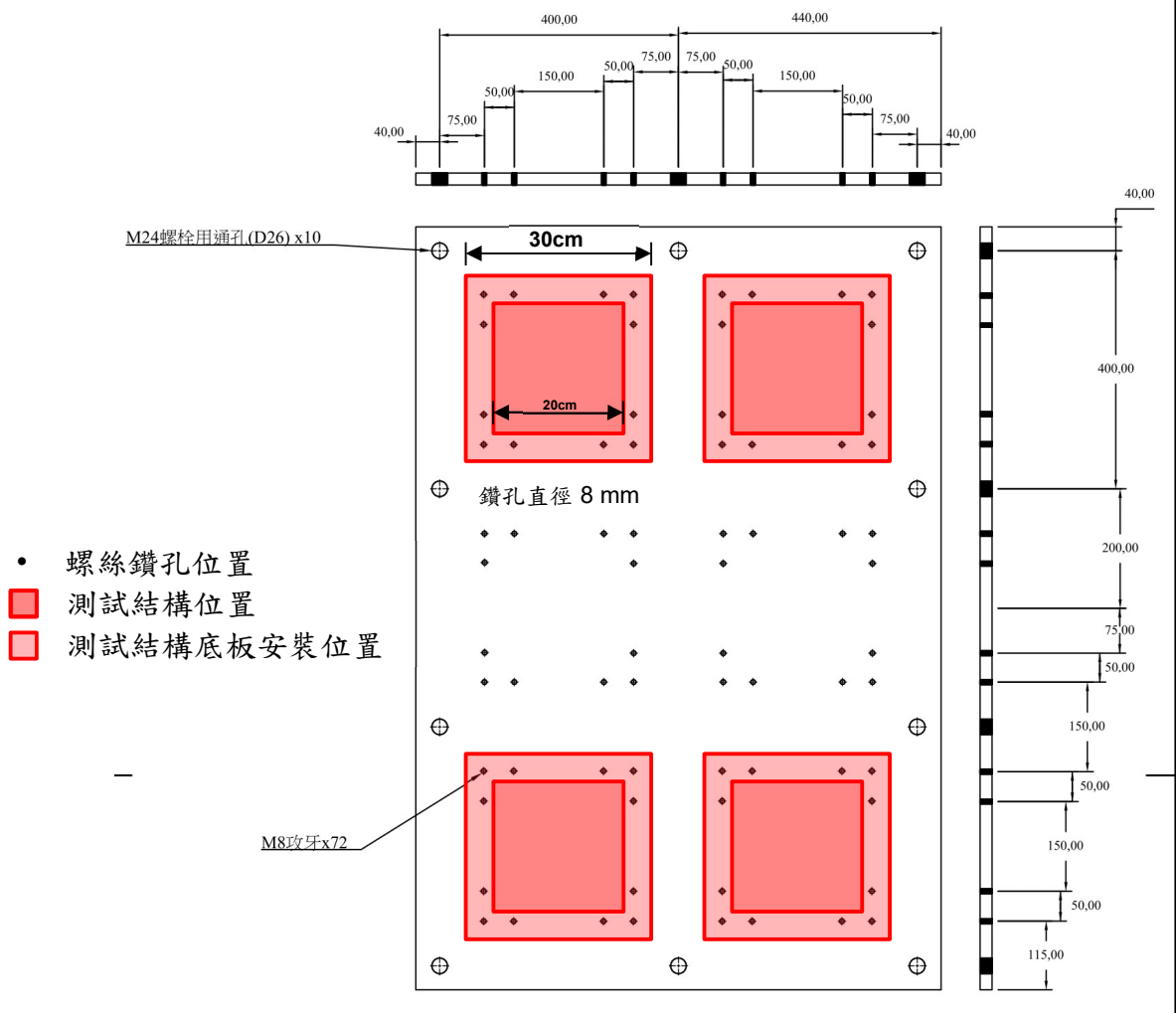
W_{model} ：不含底板與質量塊的模型總重量(即使用的材料總重量)(gw)。

W_0 ：上述總模型重量(W_{model})的目標值 (= 320 gw)。

	<p style="text-align: center;">結構設計</p> <p style="text-align: center;">水塔結構地震模擬振動臺競賽規則</p>	
		2024-7-16
		10 of 10

7. 安裝模型注意事項

- 7.1 每一隊派兩位隊員於振動臺上安裝模型及鐵塊，安裝時間為 12 分鐘。模型與鐵塊安裝是否牢固，由各隊自行負責。於測試過程中，模型底板明顯鬆動，導致被判定破壞者，該隊伍不得提出異議。
- 7.2 提供每隊螺絲起子與足夠的螺絲，供隊員將模型固定於振動臺上。
- 7.3 提供每隊熱熔槍與足夠的熱熔膠，供隊員將鐵塊固定於模型上。
- 7.4 除了規定提供的工具與材料外，不得使用其它的工具或材料。
- 7.5 僅可進行模型安裝與鐵塊固定，不可補強模型結構。
- 7.6 模型底板與振動臺之固定方式採用間距為 50mm 之 M8 螺絲，以排列為環型形式固定，示意如圖 3。



	結構設計 水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	
		2024-7-16
		10 of 10

8.測試程序

各組競賽模型將於競賽時陸續安裝於本系結構實驗室地震模擬振動臺上進行測試。振動臺產生的人造地震將涵蓋各種頻率，每一次測試所產生的人造地震為單向正弦波變頻運動，輸入之位移歷時及方向如圖 4 所示。人造地震之大小以該次輸入之加速度值峰值 (PGA)表示。

8.1 本競賽最多進行 6 次的測試，由小地震開始且逐次提高，其 PGA 值依序為 250 gal、400 gal、500 gal、600 gal、700 gal、800 gal。

8.2 若參賽模型通過 400 gal 地震測試(相當於中央氣象局 108 年以前震度分級之七級地震震度)，即達基本標準。

8.3 輸入之人造地震的位移歷時如圖 4。

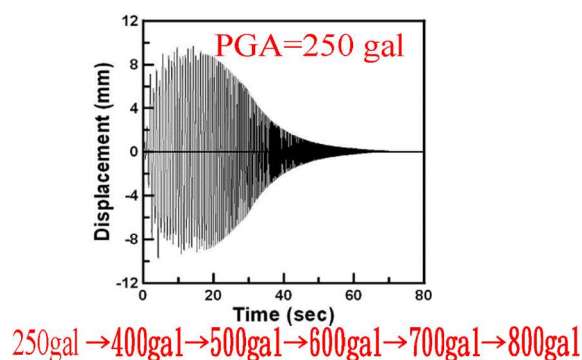


圖 4 輸入之位移歷時

9.模型破壞標準

模型發生以下任一情形，該模型將被判定未通過該次地震的測試，並且在下一輪測試前被移除。

9.1 模型倒塌。

9.2 載重平臺發生不穩定或崩塌。

9.3 鐵塊脫離、掉落或發生劇烈晃動。

9.4 半數或半數以上的柱子脫離底板。

9.5 模型最大殘餘側位移量大於 10 公分。最大殘餘側位移量為振動臺停止後，模型的最大側位移量。

9.6 模型底板產生明顯鬆動不牢固者。

9.7 其它經評審團認定破壞者。

	結構設計	
	水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	2024-7-16
		10 of 10

10.模型審查

於模型測試日前須由助教執行模型審查。於模型審查中，若發現模型有違規之處，可依規則要求隊伍改正，或修改折減係數。

10.1 模型審查程序如下：

於模型製作完畢後，開始模型審查程序如下：

(1) 模型秤重與拍照；(2) 接受助教查驗並填寫模型審查表；(3) 安裝模型至振動臺，準備接受測試。

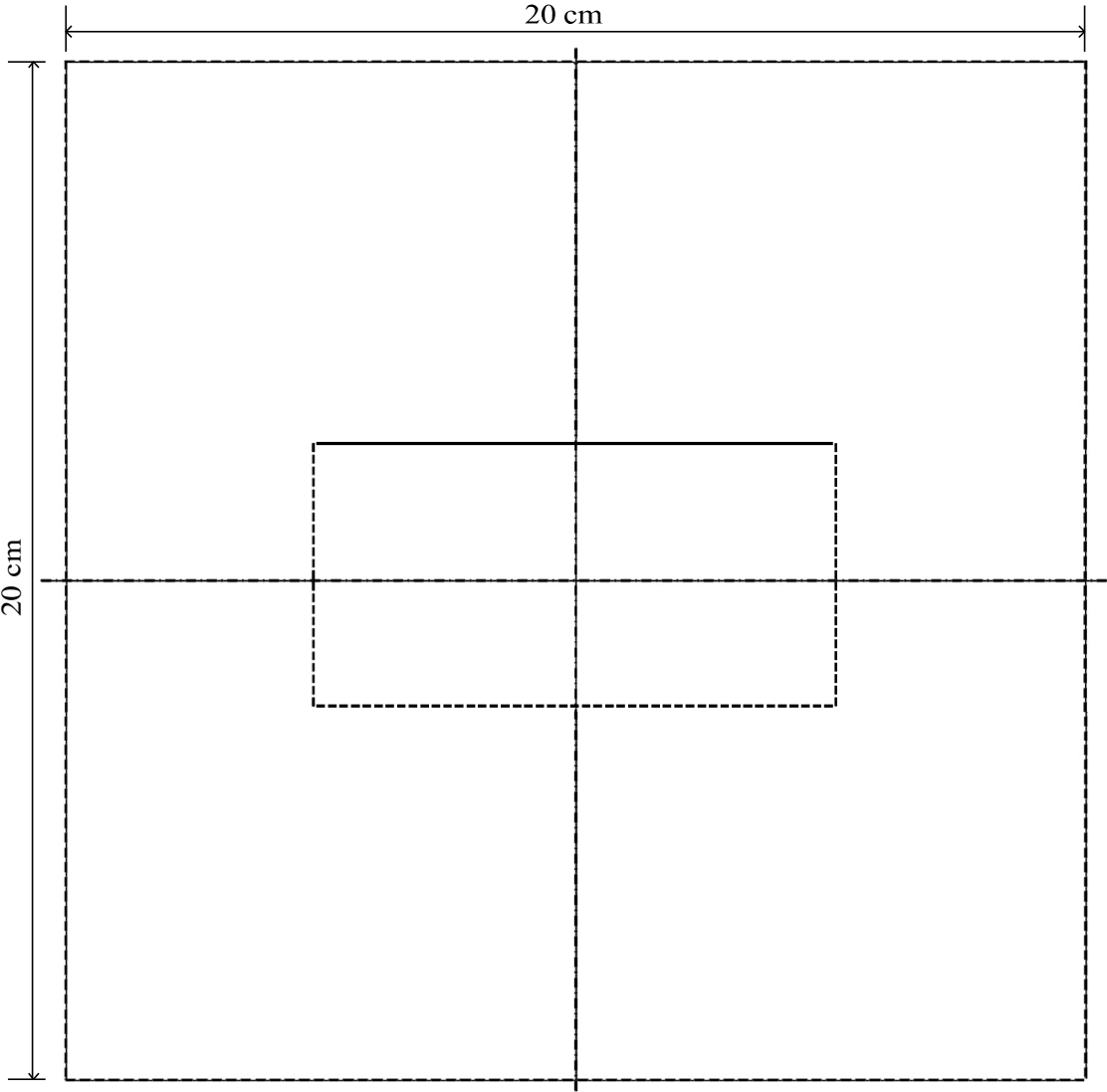
10.2 接受助教查驗時應備資料：

各組應指派兩名組員攜帶已完成的(1)模型、(2)模型審查表與質量塊配置設計圖。

10.3 在測試過程中，若指導老師與助教對於某一模型之審查結果有爭議時，指導老師可以進行該模型的重新審查，該隊人員不得拒絕或提出異議。

	結構設計 水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	
		2024-7-16
		10 of 10

附件一 質量塊配置設計圖(示意圖，非按實際尺寸繪製)



	結構設計	
	水塔結構地震模擬振動臺競賽規則	
	2024-7-16	10 of 10

附件二 模型檢核表

隊伍編號	隊伍名稱		
模型重量(含底板，不含質量塊) W_{gross}	gw	審查者簽名	
模型底板重量 W_b	gw		
$W_{model} = W_{gross} - W_b$	gw		
質量塊數目	塊		
載重平臺高度($H_{platform}$)	cm		

事項	OK	NG
I-1. 只有一個放置質量塊的載重平臺		
I-2. $12 \text{ 塊} \leq \text{質量塊的數目} \leq 24 \text{ 塊}$		
I-3. 最多堆放兩層的質量塊		
I-4. 載重平臺須以木條標示其邊界，包括內邊界和外邊界		
I-5. 不得採用隔震設計		
I-6. 所有底板的孔洞必須以熱熔膠填平，底板必須保持平整		
I-7. 不得有構件在底板反(背)面		
I-8. 試驗前已繳交質量塊配置設計圖與模型檢查表		
I-9. 其他非屬製作誤差之明顯違規事項，如模型明顯超過邊界，高度明顯違反規定等。		
II-1. 模型建築範圍與底板周邊淨空(3cm)		
II-2. 模型的垂直投影必須落於底板中心 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 的範圍內		
II-3. 不得有質量塊的垂直投影落於底板中心 $10\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的範圍內		
II-4. $50 \text{ cm} \leq \text{不含質量塊的模型高度} \leq 65 \text{ cm}$		
II-5. $50 \text{ cm} \leq \text{載重平臺高度} \leq 65 \text{ cm}$		
II-6. 含質量塊與隊旗的模型總高度不得大於 75 cm		
II-7. 質量塊必須安裝於載重平臺上，不可超過載重平臺的邊界		
II-8. 質量塊不可與柱或斜撐相接觸		
II-9. 未完成全部質量塊的安裝，但仍符合檢核事項 I-2 與 I-3 的規定		
$n_v =$		

第一類檢核事項(即 I-1 至 I-9)必須絕對遵守，若有違規情形，即喪失比賽資格($n_v = 50$)。

第二類檢核事項(即 II-1 至 II-9)係考量材料與製作可能的誤差， n_v 值等於未達要求的項目總數。