

[2016 抗震大作戰]競賽規則

本競賽以此規則為依據，但若發生本規則無法涵蓋或產生疑義時，主辦單位保留最終解釋權。

一、活動主旨

因應 921 大地震，本系認為有必要加強國人對於抗震科學之認知，藉舉辦高中職學生「抗震大作戰」普及地震與抗震科學。2005 年，開始舉辦第一屆，至 2015 年共辦理 11 屆，迄今參加之學生接近 2000 隊，預估迄今參與師生超過一萬人次。2008 年，開始申請獲得科技部科普計畫補助。2009 年，活動地點分北、中、南三地競賽。此活動已成為全國高中職相關科系之年度關注焦點，教師並將此比賽融入課程設計，本校每年動員上百師生、校友、專業技師參與此活動，亦從做中學到豐富知識與經驗。

每年活動都有不同主題，以提高參賽之樂趣及增加新意，期待參與之學生體驗到耐震抗震結構設計之精神，並積極發揮創意。本屆抗震大賽主題為：**[逗陣來鬥震]**—僅針對模型設計提出結構尺寸之統一重點規定，其餘部分各組可以儘量創意建製，本屆增加兩項特色：**(1) 增設[結構設計製作獎]**，針對**結構理念、造型設計、製作精緻度**評比，**(2) 增加利用質量小球調控結構特性以減震之選項**，鼓勵參賽隊伍發揮實驗精神，尋求創意抗震方案。

二、活動說明

1. 參與本活動之隊伍需自行製作比賽模型(材料參見**[第六節 細部規定]**)。
2. 比賽賽程預計舉行一天，**早上 7 點 30 分開始報到，比賽由上午 10 點至下午 4 點 30 分**，中午備有午餐(詳細賽程請參見活動流程)。

3. 比賽評分主要依效率比(ER)，參閱 [第七節 評分計算]。
4. 每校至多 6 隊(每隊最多 5 名隊員)，額滿為止。若有變動，以主辦單位所能籌辦之最大限度為主。
5. **重要提示：**
 - (1) 本屆抗震大賽主題：**[逗陣來鬥震]**—僅針對模型設計提出結構尺寸之統一重點規定，其餘部分各組可以儘量創意建製，並增加利用質量小球調控結構特性以減震之選項。
 - (2) 本活動所投保之『公共意外險』屬活動場地險，不含場地外與往來交通險，請帶隊老師與參賽同學注意安全。
 - (3) 競賽當天如遇天候、機械等不可抗拒之因素，主辦單位有延期舉辦或更改競賽權力，延期日期或更改內容再另行通知。屆時無法出席，參賽者同意授權代為競賽，競賽成績將公告於本活動網頁，特此聲明。
 - (4) 模型製作若有違反「抗震大賽規則」但該項無懲罰係數者，例如非屬樑柱結構系統，底板裁切、打孔等，裁判團會議可依情節輕重裁定：(1)可上震動台但不計分；或(2)取消資格(不能上震動台)。
 - (5) 為增加抗震大作戰之挑戰性，本次比賽質量塊重除主辦單位給予之額定重量外，新增參賽者自行放置之挑戰重量，詳如評分計算「質量塊」小節。
 - (6) 參賽隊伍與人數眾多，主辦與合辦單位人力有限，且對前幾屆缺失也力求改善，倘若尚有不周詳之處，請給與最佳方案建議，謝謝體諒，更祝競賽愉快！

三、 參賽隊伍

1. 每校最多 6 隊，每隊最多 5 名隊員，請自推隊長一名，並推派出一名隊員比賽當天負責打孔、放置質量塊以及安裝模型至振動台上(注意：比賽當天僅能有一位隊員代表進行模型安裝，且不能過程中換人)。
2. 每校須有指導老師帶隊(每校至少一位，每隊至多一位，可以一位老師帶數個隊伍)。

四、 材料工具

參見[第六節 細部規定]。

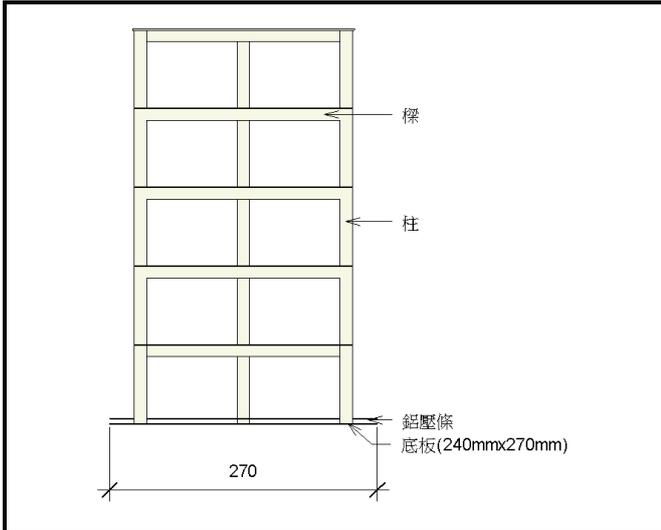
五、 注意事項

如有下列情形之一者，由裁判團會議判定屬實後得施加一塊懲罰質量塊於該比賽模型之頂版或取消其參賽資格：

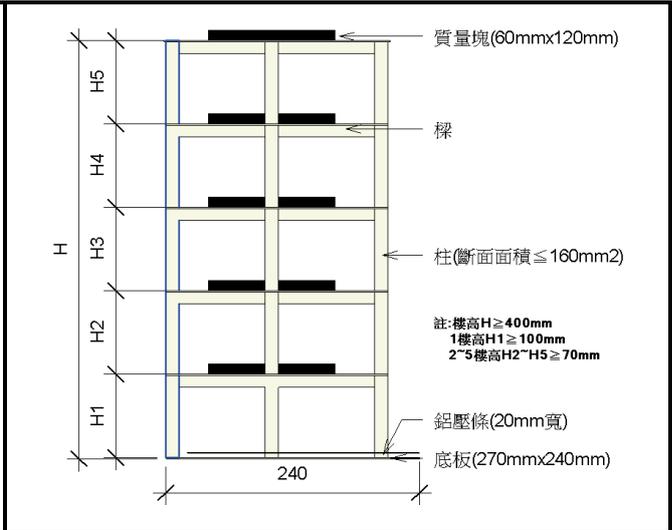
1. 該模型小隊違反規定於模型安裝時有第 2 人參與安裝。
2. 在比賽過程中，非相關比賽人員進入限制區域者，得依規定加懲罰性載重。
3. 模型製作使用非主辦單位規定之材料或工具，由裁判判定後得取消其參賽資格。
4. 檢錄後趁機補強模型。
5. 於比賽會場若有其他不當行為影響比賽進行，經裁判會議同意後，主辦單位得施加懲罰重量，或取消其參賽資格

六、比賽規則細部規定

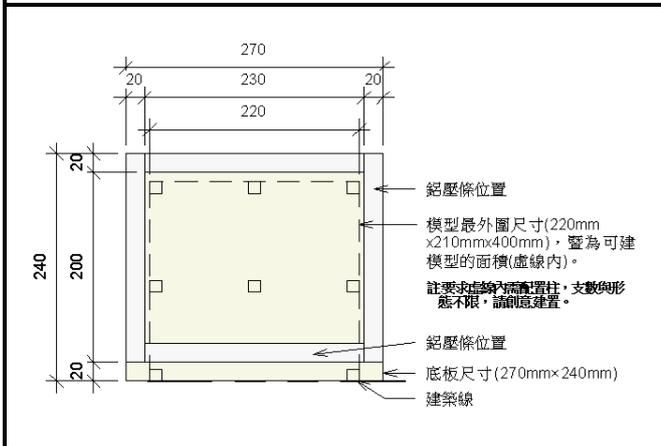
類別	內容說明	懲罰係數
模型材料	<ol style="list-style-type: none"> 僅可使用純白色西卡紙作為紙模型材料。 底板採用本比賽所發放的模型版。 接著劑種類不限，但切勿將接著劑塗於模型表面及梁、柱內部，如有發現則取消比賽資格。（注意：接著劑會影響黏著力、重量，請用心選用。） 西卡紙材料不得再加工，改變原本性質，若經由裁判認定不符合規則以零分計算。 	
基本結構	<ol style="list-style-type: none"> 模型必須有梁、柱、板等結構元件或單元。 本比賽採梁、柱結構系統，結構系統須符合建築常規。 比賽模型需經由裁判人員判認定具有韌性行為，如經判定不具韌性則不計分。 	
模型總重	模型總重 200 公克(含底板)，若超過規定總重，將依模型重量懲罰係數 (C_w) 加以懲罰。	C_w
模型大小、樓層數	<ol style="list-style-type: none"> 模型最外圍尺寸：長≤ 220 mm，寬≤ 210 mm，高≥ 400 mm。 底板尺寸：270 mm \times 240 mm，樓板尺寸：≤ 220 mm \times 210 mm；詳請參閱圖一~圖四。 以上各項尺寸與規定不符合，將依模型尺寸懲罰係數 (C_s) 加以懲罰。 <p>模型必須為五層樓，1F 樓高不得少於 100 mm，2F~5F 樓高不得少於 70 mm，總樓高不得小於 400 mm。除了底板樓層外，其餘每層樓板需能放置質量塊，質量塊放置範圍如圖四所示，請務必自行標示出來。</p>	C_{sp} C_{sL} C_{sW} C_s
梁、柱及樓板、補強	<ol style="list-style-type: none"> 每層樓需有梁、柱，梁深不得超過 15 mm，柱斷面積不得超過 160 mm²。請依建築常規，巧思設置。 底板 270 mm 之一邊為指定建築線，模型可退縮或緊鄰建置。 樓板厚度不可超過 0.4 mm。 <p>可設置斜撐、牆或任何補強方式，補強之牆厚不得超過 2.5 mm。</p>	C_g 、 C_a C_f C_t
底板	底板除柱位處之柱可穿越底板外，其餘處不得裁切、打孔，違者以零分計算。	
質量塊	<ol style="list-style-type: none"> 樓板需有淨空 (W 60 mm \times D 120 mm \times H 50 mm) 的空間來放質量塊，底板不放置質量塊(圖二、四、六)。 質量塊由各隊代表放置於規定範圍正中心。 要設置空間可放入質量塊，不可完全封死，各樓板無法置入質量塊，其質量塊一律放在頂版。 加掛調諧質量小球：可於任何位置加掛 0~4 顆大會標準懸吊質量球。掛點請自行打洞。 	W_n W_x W_c
其他	<ol style="list-style-type: none"> 主辦單位得以隨機抽取各組比賽之作品，查驗是否符合比賽各項規則(含材料檢驗)，以示公正。 比賽模型底板處必須依底板(如圖三所示)預留鋁壓條位置，以供固定模型至震動台，若無法以鋁壓條固定比賽模型，則無法比賽，提請注意。 再次提醒：依耐震結構設計原則，比賽模型需具韌性行為，如經裁判認定不具韌性行為，則以零分計算。 比賽當中有任何爭議時，以裁判會議解釋為主。 	



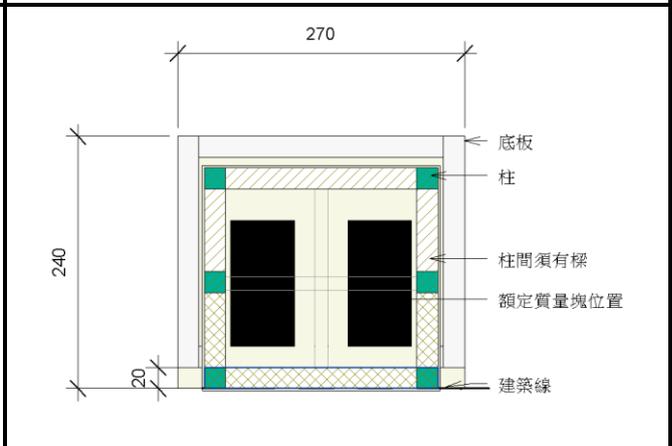
圖一 正視圖 單位：mm



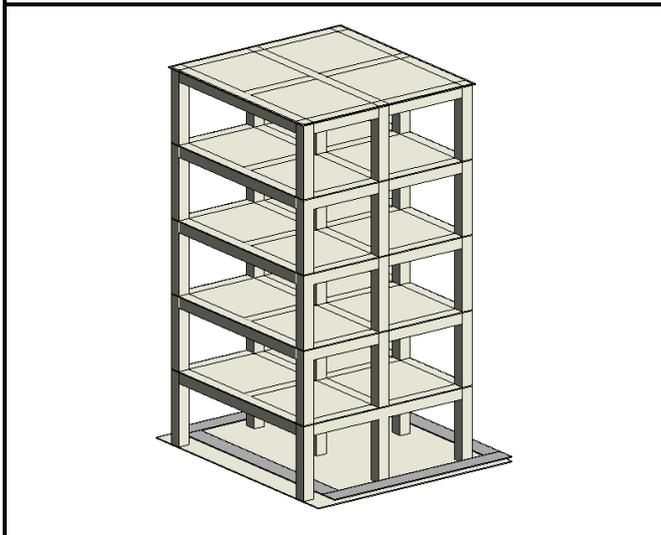
圖二 側視圖 單位：mm



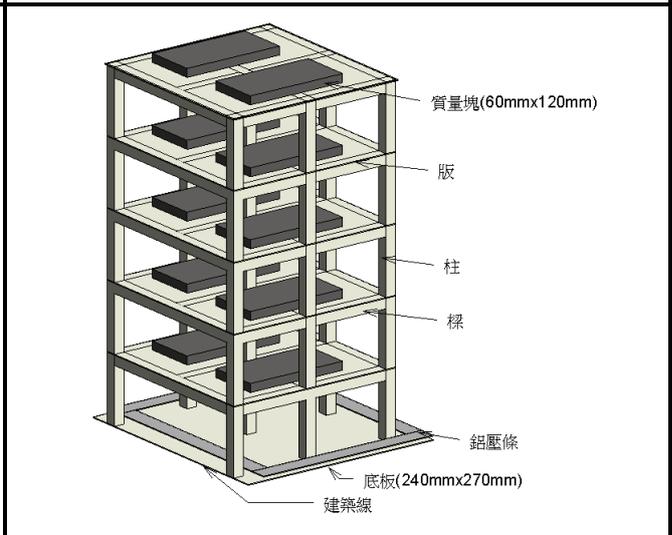
圖三 底版圖 單位：mm



圖四 俯視圖 單位：mm



圖五 完成模型之一例



圖六 1F~RF 質量塊位置圖

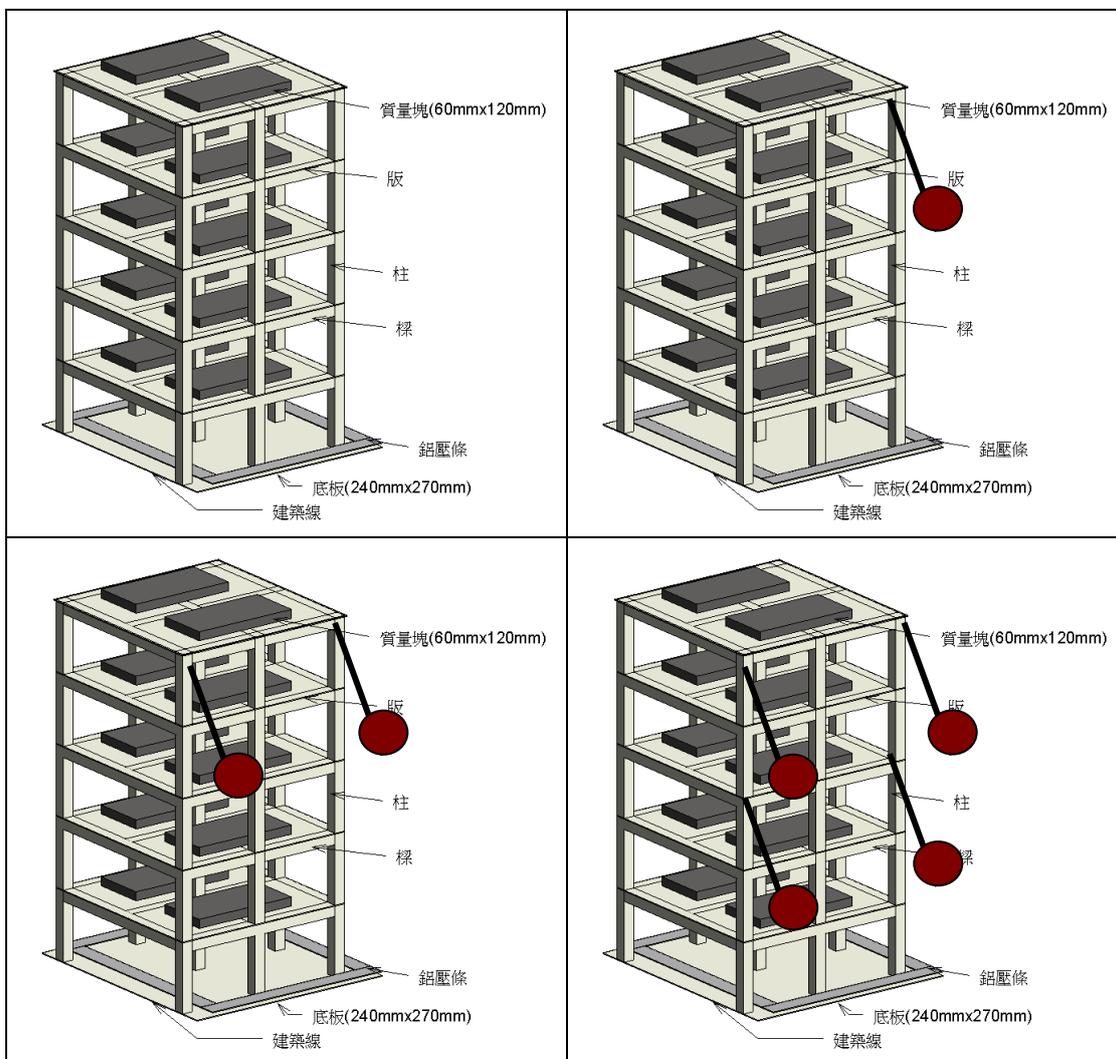
為了提高比賽樂趣，鼓勵參賽隊伍發揮實驗精神，尋求創意抗震方案，本屆增加增加利用質量小球調控結構特性以減震之選項(各隊可以加掛也可以不

加掛，加掛小球質量雖然微小但會計入整體重量，所以仍符合效率比精神)。

質量小球為以細繩聯結之小質量塊(以同規格標準螺絲代替，大會統一準備、加掛及取下)，一端為掛勾可以勾掛在事先挖好支小洞上，震動時形成一個額外調諧附加質量(Tuned Added Mass) 之單擺(Pendulum)，藉由調整結構質量及週期(頻率倒數) 來改變結構動力特性。

加

掛



七、 評分計算

1. 總評分計算 (ER)

抗震盃競賽的優勝選拔規則，是採「**效率比 (Efficiency Ratio), ER**」為評比依據，也就是將各隊模型加載質量(Mw)下承受的最大加速度(Sa)除以該模型使用材料的質量(w_m)與懲罰係數(C)，效率比(ER)愈大的模型表示使用較少材料(較低總重)抵抗較大地震，因此將能獲得優勝。

效率比 (Efficiency Ratio) 計算公式如下：

$$ER = \frac{Mw \times Sa}{w_m \times C}$$

其中，

Mw ：各樓層合計之質量塊總加權重(不含懲罰質量塊)(g)， $Mw = \sum (Mw)_i$ ，(參見表 1)

Sa ：模型倒塌時前一級加速度(gal)值(參見表 2)之計分

w_m ：模型重(g) (*若有選用質量小球者，計入模型重)

C ：總懲罰係數 ($C = C_w \times C_s \times C_b \geq 1$ ，無懲罰時之係數為 $C = 1$)，(參見表 3)

質量塊總加權重 (M_w)

本次比賽質量塊重分成二部分：額定重量(Nominal Weight)與挑戰重量(Additional Weight)。

$$\text{效能比重 } M_w = W_n + W_x + W_c \quad (\text{g})$$

(a) 額定重量(Nominal Weight) W_n ：為每個參賽模型必須加載的最低質量塊重，其總重約 $W_n = 10 \times 800 = 8000 \text{ g}$ 。

(b) 挑戰重量(Additional Weight) w_x (選用)：為參賽各隊自己擬增加質量塊依放置樓層加權換算後的重量，置於越高樓層其挑戰地震力越高(各樓層加權值參見[表 1])。

(c) 調節質量(Tuned Mass): w_c (選用): 加掛之質量小球總重量。

[例如]：

Case1：

二樓增加 1 塊(400 g)，三樓加 2 塊(400 g+400 g)，四樓加 2 塊(400 g+400 g)，五樓加 2 塊(400 g+400 g)，頂樓加 1 塊(400 g)，則挑戰質量塊重

$$W_x = 0.6 \times 400 + 1.0 \times (400 + 400) + 1.4 \times (400 + 400) + 1.8 \times (400 + 400) + 2.2 \times 400 = 4480 \text{ g}$$

其效能比重 $M_w = W_n + W_x = 8000 + 4480 = 12480 \text{ g}$ 。

Case2：

在五樓加 2 塊,頂樓加 1 塊,則挑戰質量塊重

$$W_x = 1.8 \times (400 + 400) + 2.2 \times 400 = 2320 \text{ g}$$

其效能比重 $M_w = W_n + W_x = 8000 + 2320 = 10320 \text{ g}$

表 1 挑戰重量(Additional Weight) W_x 加權權重表

樓層	權重係數
頂樓	2.2
5F	1.8
4F	1.4
3F	1.0
2F	0.6

2. 最大承受加速度計分 (S_a)

模型倒塌時前一級加速度(gal)值視作該模型最大可承受之地震加速度，以此作模型 S_a 計分之依據(參見 [表 2])，可承受地震加速度級次越高 S_a 計分越高。倒塌之判定參考本節第 4 點說明。

表 2 最大加速度與計分加乘、計分表

最大加速度	地震規模	計分	備註
$1/4 a_g$	5 級強震	350	
$2/4 a_g$	7 級劇震	550	
$3/4 a_g$	7 級劇震	850	
a_g	7 級劇震	1000	
$5/4 a_g$	7 級劇震	1200	第一次
$5/4 a_g$	7 級劇震	1600	第二次

a_g : 921 集集大地震實測之地表加速度 ($a_g = 981 gal$)

3. 懲罰係數 (C)：

懲罰係數之設定是希望大家儘量符合規格之設計(考慮比賽公平性)，若難免小部分超出規定，情節未重大至判定[不能參賽]或[參賽而不計分]時，依[表 3]計算其懲罰係數。完全符合規格者，其係數為 1，即代表未受懲罰(請大家盡量符合尺寸之規定，避免被懲罰)。

表 3 懲罰係數 C 之計算

類別	計算式		符號說明
模型重量懲罰係數， C_w	$C_w = \frac{w_m - 200}{10} \geq 1$		w_m ：模型重 (g)
模型尺寸及樓層樓高懲罰係數， C_s	底板	$C_{sp} = \frac{ L_p - 270 + W_p - 240 }{40} + 1$	L_p ：底板長 (mm) W_p ：底板寬 (mm)
	樓板	$C_{sL} = \frac{(L_{sL} - 220)}{10} + 1 \geq 1$	L_{sL} ：各樓模型長 (mm)
		$C_{sW} = \frac{(W_{sW} - 210)}{10} + 1 \geq 1$	W_{sW} ：各樓模型寬 (mm)
	樓高	$C_{ss} = C_{sL} \times C_{sW}$	H_1 ：1F 樓高 (mm)
		$C_{sh1} = (100 - H_1) + 1 \geq 1$ $C_{sh2\sim h5} = (70 - H_{2\sim 5}) + 1 \geq 1$ $C_{shT} = (400 - H) + 1 \geq 1$ $C_{sh} = C_{sh1} \times C_{sh2\sim h5} \times C_{shT}$	$H_{2\sim 5}$ ：2 ~ 5F 各樓高 (mm) H ：樓高 (mm)
$C_s = C_{sp} \times C_{ss} \times C_{sh}$		d_g ：梁深 (mm)	
構件懲罰係數， C_b	梁深， C_g	$C_g = \frac{(d_g - 15)}{30} + 1 \geq 1$	t ：牆厚 (mm)
	牆厚， C_t	$C_t = \frac{(t - 2.5)}{30} + 1 \geq 1$	A_c ：最大柱斷面積 (mm ²)
	柱斷面積， C_a	$C_a = \sqrt{(A_c - 160)} \times 0.5 \geq 1$	f ：樓板厚 (mm)
	樓板厚度， C_f	$C_f = \frac{(f - 0.4)}{5} + 1 \geq 1$	
	$C_b = C_g \times C_t \times C_a \times C_f$		
總懲罰係數， C	$C = C_w \times C_s \times C_b$		

4. 倒塌 (Collapse) 之判定:

紙模型發生以下任一情形即判定倒塌:

- (1) 模型中的任何一個樓層發生崩塌的現象。
- (2) 模型傾斜超過投影面距 5 cm (包含 5 cm)。
- (3) 模型任一層的柱、梁接頭，或是支撐系統有產生脫離情形，或與樓板分離。
- (4) 樓地板翻開。
- (5) 模型的任一樓層支撐系統產生挫屈(Buckling)或嚴重彎曲(Bending)現象。
- (6) 質量塊脫離固定位置或飛出。
- (7) 模型一支以上(含)柱子脫離底板或斷裂失去支撐功能。
- (8) 其他經裁判團開會認定破壞者。

為求公正，以上倒塌 (Collapse)之判定由有經驗之兩位以上技師(含)共同判定，若有爭議再由裁判長討論判定)

八、獎項

今年抗震大作戰除以往之耐震獎前三名隊伍外，增加[結構設計製作獎]，全部獎項說明如下：

1. **耐震獎**：效率比(ER)最高之前三名隊伍。

(1) 評量準則： 效率比(ER) (參見第七節)

(2) 獎勵(以隊為單位)：

第一名：獎金 10000 元+獎狀(指導老師另頒獎狀與指導費 3000 元)

第二名：獎金 8000 元+獎狀(指導老師另頒獎狀與指導費 3000 元)

第三名：獎金 5000 元+獎狀(指導老師另頒獎狀與指導費 3000 元)

2. **結構設計製作獎**：針對結構理念、造型設計、製作精緻度評比評選出最優前三名隊伍。(此項獎勵與耐震獎可以兼得)。此項評分於模型裝設於震動台上測試前由兩位技師評分。

(1) 評量準則： 結構理念(30%)

造型設計(30%)

製作精緻度(40%)

(2) 獎勵(以隊為單位)：

最佳結構設計製作獎三隊：獎金 5000 元 + 獎狀

(指導老師另頒獎狀與指導費 3000 元)

九、 注意事項

- (1) 本活動所投保之『公共意外險』屬活動場地險，不含場地外與往來交通險，請帶隊老師與參賽同學注意安全。
- (2) 競賽當天如遇天候、機械等不可抗拒之因素，主辦單位有延期舉辦或更改競賽權力，延期日期或更改內容再另行通知。屆時無法出席，參賽者同意授權代為競賽，競賽成績將公告於本活動網頁，特此聲明。
- (3) 模型製作若有違反「抗震大賽規則」但該項無懲罰係數者，例如非屬樑柱結構系統，底板裁切、打孔等，裁判團會議可依情節輕重裁定：(1)可上震動台但不計分；或(2)取消資格(不能上震動台)。
- (4) 為增加抗震大作戰之挑戰性，本次比賽質量塊重除主辦單位給予之額定重量外，新增參賽者自行放置之挑戰重量，詳如評分計算「質量塊」小節。
- (5) 模型安裝於震動台後，因參賽隊伍甚多時間有限，比賽完將一律快速拆除，以讓下一組進行，無論是否完整，各隊不得要求拆除時保留模型原貌，但可取回比賽後之作品，因此建議比賽前自行拍照。
- (6) 為確保公平，通過最高震度考驗而未倒塌者，評分技師視必要將剪開作品之梁柱，以檢視斷面內部有無違反比賽規定，請參賽隊伍務必遵守要求，以免得到高分卻因違規而取消資格(註：因會破壞模型無法於賽前剪開，採取先認可再檢查)。