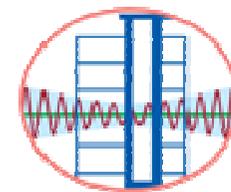


# 都市危險及老舊建築物鋼構造、木構造及磚 構造結構安全耐震能力初步評估表講習會

## 磚構造建築物 耐震能力初步評估方法

邱聰智 翁樸文 林維欣 邱亭瑄  
林敏郎 沈文成 鍾立來



2018年05月18日

**NAR Labs**  
國家實驗研究院

[www.narlabs.org.tw](http://www.narlabs.org.tw)

# 大綱

---

1. 前言
2. 磚構耐震初評理論
3. 磚構耐震初評表
4. 案例說明

研究方法  
適用範圍

# 1. 前言

# 前言

---

## ■ 依據建築物耐震設計規範之靜力分析方法

- 豎向承重磚構件的總截面積來決定評估層之抗側向力強度
- 以評估層以上之重量來決定地震慣性力需求

## ■ 依據建築物磚構造設計及施工規範

- 輔以調整因子綜合評判該磚造建築物是否有耐震疑慮

# 前言

---

- 本研究蒐集六棟磚造建築物資料，以統計方法訂出磚構造建築耐震初評所需的參數
  - 各層重量
  - 磚牆強度
- 本初步評估表適用對象
  - 一般純磚造建築結構，屋頂型式包含鋼筋混凝土板(剛性樓板)及木屋架瓦片屋頂(柔性樓板)。
  - 歸屬 文化資產保存法之國定古蹟、縣市古蹟、歷史建築等磚構造建築物，或加強磚造建築等，不適用本方法。

# 案例蒐集介紹

項次	縣市	單位名稱	建物名稱	地上樓層數	地下樓層數	興建年代 (西元)	樓地板面積 (m <sup>2</sup> )	構造別
1	臺北市	國北教大附小	行政大樓	2	0	1931	755	磚
2	臺北市	士林國小	圖書館	1	0	1915	345	磚
3	新竹縣	新湖國小	禮堂	1	0	1937	339	磚
4	臺中市	陸軍三十六航空隊	後勤大樓	2	0	1940	1,245	磚
5	臺中市	陸軍三十六航空隊	宿舍	2	0	1940	1515	磚
6	雲林縣	拯民國小	紅瓦教室 (左側)	1	0	1969	326	磚

# 國北教大附小/行政大樓

---



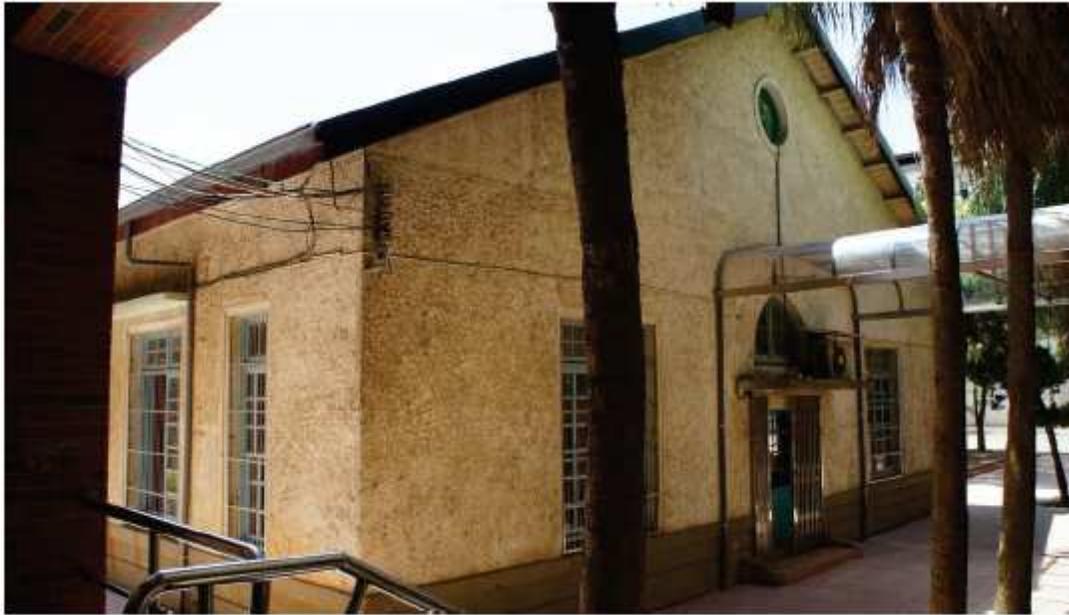
# 士林國小/圖書館

---

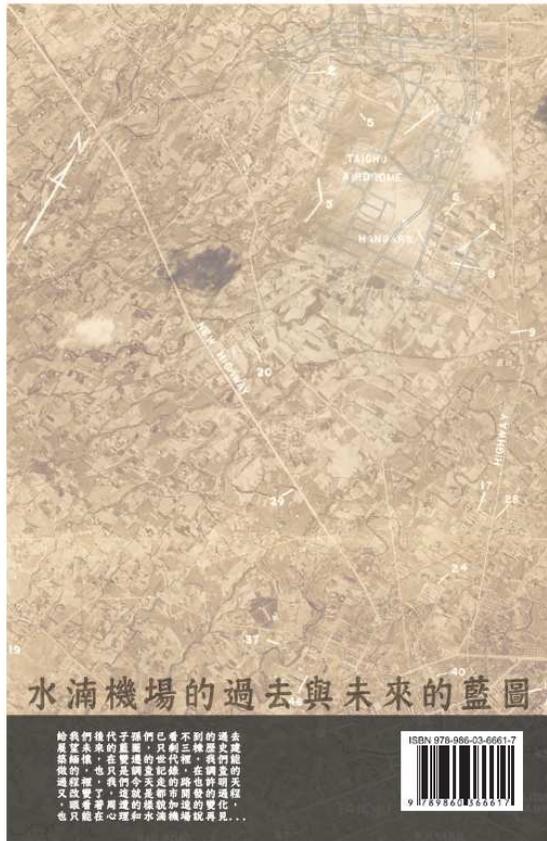


# 新湖國小/禮堂

---



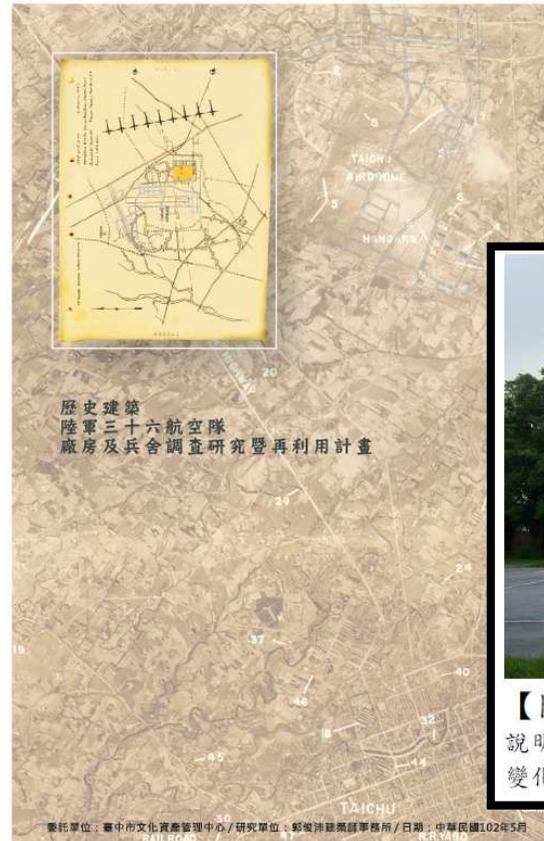
# 陸軍三十六航空隊/後勤大樓



臺中市文化資產管理中心

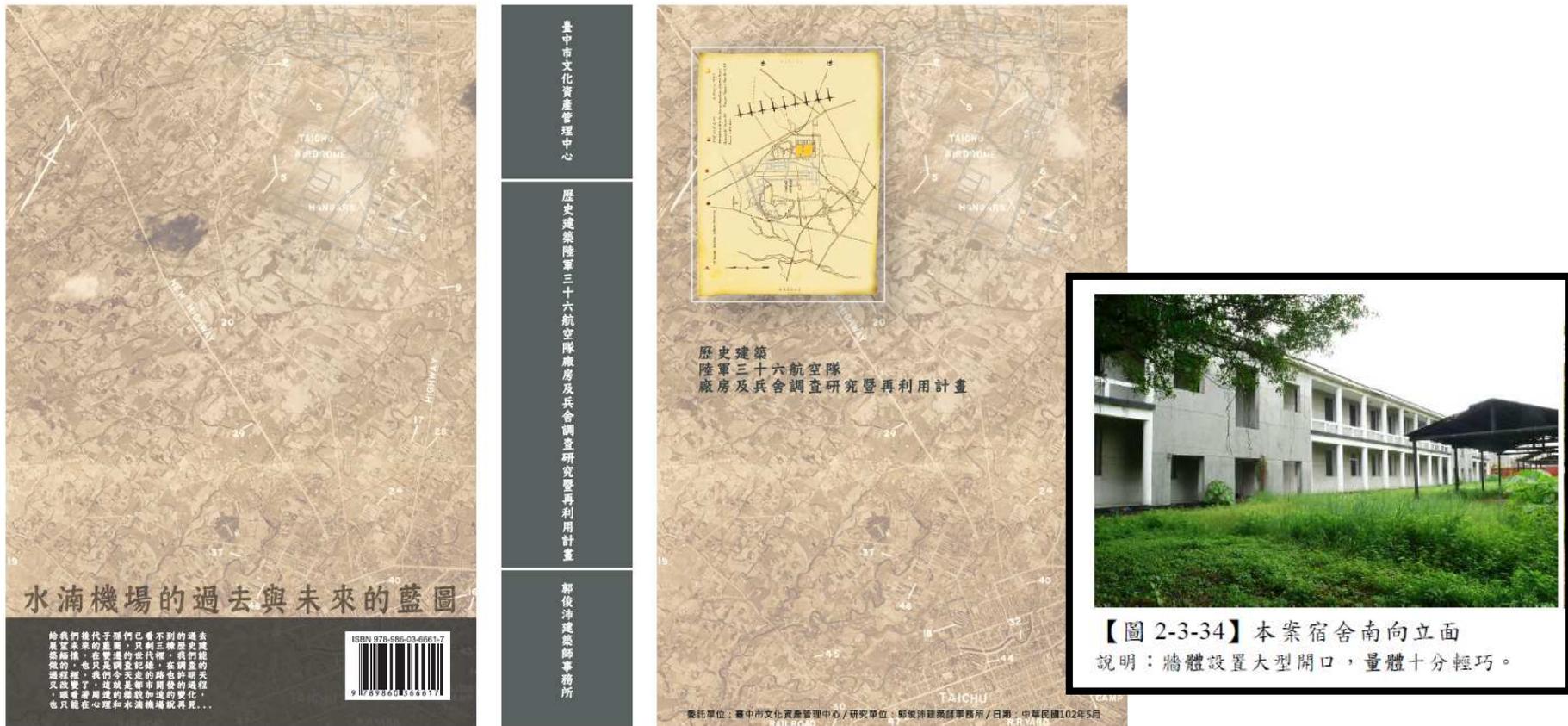
歷史建築陸軍三十六航空隊廠房及兵舍調查研究暨再利用計畫

郭俊沛建築師事務所



102\_歷史建築陸軍三十六航空隊廠房及兵舍調查研究暨再利用計畫

# 陸軍三十六航空隊/宿舍



102\_歷史建築陸軍三十六航空隊廠房及兵舍調查研究暨再利用計畫

# 拯民國小/紅瓦教室(左側)

---

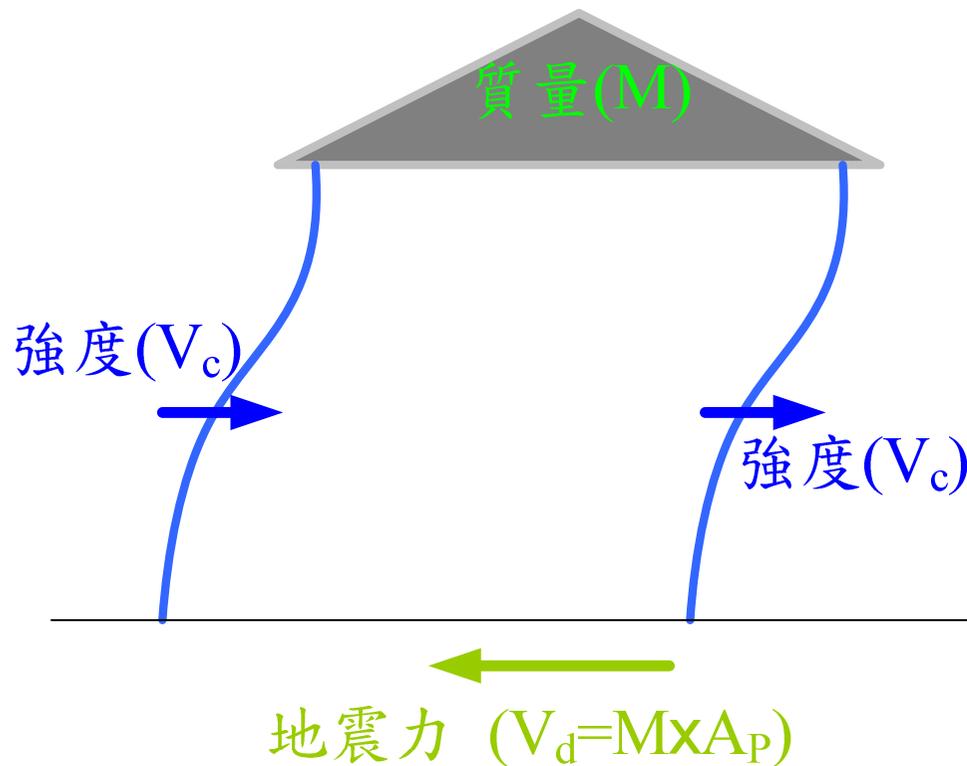


## 2. 磚構造建築物耐震能力初評理論

# 如何初步評估低矮建築物之耐震性能？

- 剪力屋架行為
- 主控構件: 柱、牆

$$\frac{Capacity}{Demand} = \frac{\text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{牆強度} \times \text{牆面積}}{\text{設計地表加速度} \times \text{重量}}$$



1. 日本建築防災協會「既有鋼筋混凝土建築物之耐震診斷基準」(1990)
2. 國震中心RC校舍耐震能力初步評估表 (2008)

**皆屬相同原理**

# 初評理論

---

## 地震之最小設計水平總橫力

$$V = \frac{S_{aD} I}{1.4 \alpha_y F_u} W \quad (\text{耐震規範2.2})$$

$S_{aD}$ : 工址設計水平譜加速度係數

$I$ : 用途係數

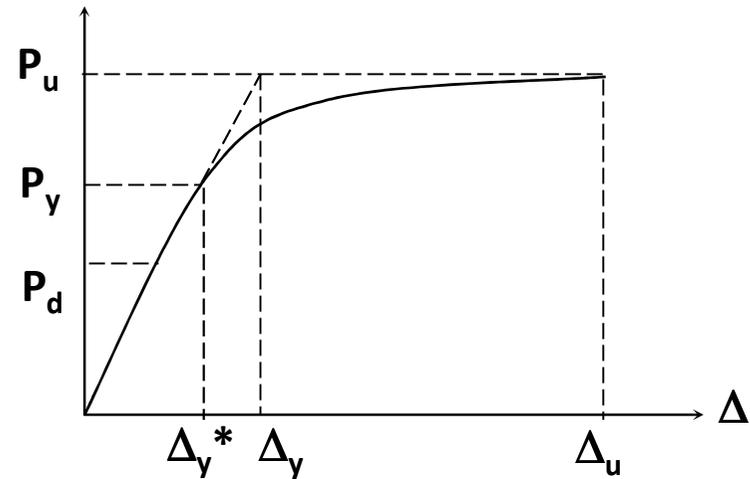
$W$ : 建築物全部靜載重

$\alpha_y$ : 起始降伏地震力放大倍數

$F_u$ : 結構系統地震力折減係數

# 初評理論

設計地震力： $V$   
 降伏地震力： $\alpha_y V$   
 極限地震力： $1.4\alpha_y V$



極限基底剪力強度：

$$V_{bs} = \sum_i V_{pi} = 1.4\alpha_y V$$

## 初評理論

$$V_{bs} = \sum_i V_{pi} = (1.4\alpha_y)V \geq \frac{S_{aD}IW}{F_u}$$

*capacity*  $\geq$  *demand*

基本耐震性能  $E$ :

$$E = \frac{\textit{capacity}}{\textit{demand}} = \frac{\sum_i V_{pi}}{S_{aD}IW / F_u}$$

# 初評理論—評估基準

## 都市危險及老舊建築物結構安全性能評估辦法

附表二 結構安全耐震能力初步評估基準及等級基準表

單項評估	評估類別	等級	說明	評估基準	評估結果
結構安全耐震評估	初步評估	甲級	尚無疑慮	評估分數 <sup>(1)</sup> $\geq 70$ (即危險度總評估分數 $R \leq 30$ )。	
		乙級	尚有疑慮	$70 >$ 評估分數 <sup>(1)</sup> $\geq 40$ (即 $30 <$ 危險度總評估分數 $R \leq 60$ )，建議辦理耐震能力詳細評估。	

備註：(1)「評估分數」之定義為「 $100 -$ 危險度總評估分數  $R$ 」。

# 初評理論

基本耐震性能 $E$ :

$$E = \frac{\text{capacity}}{\text{demand}} = \frac{\sum_i V_{pi}}{S_{aD} IW / F_u} \times 70$$

磚構造建築物之耐震指標:

$E \times Q \geq 70$ , 尚無疑慮

$E \times Q < 70$ , 尚有疑慮

結構現況調整因子 $Q = q_1 \times q_2 \times \cdots \times q_5$

# 初評理論-capacity

---

$$E = \frac{\text{capacity}}{\text{demand}} = \frac{\sum_i V_{pi}}{S_{aD} IW / F_u} \times 70$$

極限基底剪力強度：

$$V_{bs} = \sum_i V_{pi} = \text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{牆強度} \times \text{牆面積}$$

# 初評理論-capacity

$$V_{bs} = \sum_i V_{pi} = \text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{牆強度} \times \text{牆面積}$$

## 柱強度、牆強度

經計算在無外力作用下，紅磚與砂漿介面摩擦強度為

$$\tau_{f0} = 0.0337 \times f_{mc}^{0.885} = 1.98 (\text{kgf/cm}^2)$$

於案例中計算求得地上樓層數為一樓之磚構造建築物，其紅磚與砂漿介面摩擦強 $\tau_{f1}$ 平均值為 $2.22 (\text{kgf/cm}^2)$ 。

案例	士林國小 圖書館	新湖國小 禮堂	拯民國小 紅瓦教室(左側)	平均值
$\tau_{f1}$	2.13	2.30	2.24	2.22

故求得每增加一層樓所得之 $\Delta\tau_f = \tau_{f1} - \tau_{f0} = 2.22 - 1.98 = 0.24$ ，得磚牆、柱單位斷面積強度 $T_{wc}$  ( $\text{kgf/cm}^2$ )公式為

$$T_{wc} = (2.22 + 0.24 \times (N_f - 1))$$

# 初評理論-capacity

---

$$V_{bs} = \sum_i V_{pi} = \text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{牆強度} \times \text{牆面積}$$

## 柱面積

一樓磚柱總斷面積( $\text{cm}^2$ )係依建物實際情況填寫各形式磚柱尺寸(寬、深)( $\text{cm}$ )，並乘以其根數求得。

## 牆面積

一樓磚牆總斷面積( $\text{cm}^2$ )係依建物實際情況填寫各形式磚牆厚度( $\text{cm}$ )，並乘以X向或Y向之長度( $\text{cm}$ )求得。

# 初評理論-capacity

---

$$V_{bs} = \sum_i V_{pi} = \text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{牆強度} \times \text{牆面積}$$

$$\Sigma V_X = \text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{X向 牆強度} \times \text{牆面積}$$

$$\Sigma V_Y = \text{柱強度} \times \text{柱面積} + \text{Y向 牆強度} \times \text{牆面積}$$

# 初評理論-demand

$$\frac{S_{aD}IW}{F_u}$$

- I : 用途係數
- $S_{aD}$  : 工址設計水平譜加速度係數
- $F_u$  : 結構系統地震力折減係數
- W : 建築物全部靜載重

用途係數 I : 依據建築物耐震設計規範2.8節查得。

$\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m$  : 依據建築物耐震設計規範2.2節(2-2)式,修正後命為

$$\left(\frac{S_{aD}}{F_u}\right)_m = \begin{cases} \frac{S_{aD}}{F_u} & ; \frac{S_{aD}}{F_u} \leq 0.3 \\ 0.52 \frac{S_{aD}}{F_u} + 0.144 & ; 0.3 < \frac{S_{aD}}{F_u} < 0.8 \\ 0.7 \frac{S_{aD}}{F_u} & ; \frac{S_{aD}}{F_u} \geq 0.8 \end{cases}$$

# 初評理論-demand

## 計算T與 $T_0^D$

依據建築物耐震設計規範2.9節(2-13)及(2-14)式

$$S_{aD} IW$$

$$F_u$$

中，表 2-5(a)與表 2-5(b)中之短週期與中、長週期的分界 $T_0^D$ 與 $T_0^M$ 分別滿足

$$T_0^D = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; T_0^M = \frac{S_{M1}}{S_{MS}} \quad (2-8)$$

建築物之基本振動週期  $T$ ，單位為秒，可依下列經驗公式計算之：

1.剛構架構造物，無非結構剛性牆、剪力牆或加勁構材者：

鋼構造建築物

$$T = 0.085h_n^{3/4} \quad (2-9)$$

鋼筋混凝土建築物、鋼骨鋼筋混凝土建築物及鋼造偏心斜撐建築物

$$T = 0.070h_n^{3/4} \quad (2-10)$$

其中， $h_n$ 為基面至屋頂面高度，單位為公尺。

2.其他建築物：

$$T = 0.050h_n^{3/4} \quad (2-11)$$

基本振動週期得用其他結構力學方法計算。但所得之  $T$  值不得大於前述經驗公式週期之 1.4 倍。

# 初評理論-demand

## 計算 $R_a$

依據建築物耐震設計規範2.9節(2-13)及(2-14)式

$$\frac{S_{aD} IW}{F_u}$$

$$F_u$$

### 2.9 起始降伏地震力放大倍數與結構系統地震力折減係數

起始降伏地震力放大倍數 $\alpha_y$ 係計及設計地震力放大 $\alpha_y$ 倍後，構造開始產生第一個斷面降伏，其值應根據所採用之設計方法與載重組合型式來決定。

結構系統地震力折減係數 $F_u$ 與結構系統韌性容量 $R$ 以及結構基本振動週期 $T$ 有關。 $R$ 值與抵抗地震力之各種結構系統有關，如表 1-3 所示。結構系統容許韌性容量 $R_q$ 與韌性容量 $R$ 間之關係如下：

$$\text{一般工址與近斷層區域： } R_a = 1 + \frac{(R-1)}{1.5} \quad (2-13)$$

$$\text{臺北盆地： } R_a = 1 + \frac{(R-1)}{2.0} \quad (2-14)$$

本研究假設磚造結構韌性 $R$ 值為1.2

# 初評理論-demand

求得  $F_u$

依據建築物耐震設計規範2.9節(2-15)式

$$\frac{S_{aD} IW}{F_u}$$

$$F_u = \begin{cases} R_a & ; T \geq T_0^D \\ \sqrt{2R_a - 1} + (R_a - \sqrt{2R_a - 1}) \times \frac{T - 0.6T_0^D}{0.4T_0^D} & ; 0.6T_0^D \leq T \leq T_0^D \\ \sqrt{2R_a - 1} & ; 0.2T_0^D \leq T \leq 0.6T_0^D \\ \sqrt{2R_a - 1} + (\sqrt{2R_a - 1} - 1) \times \frac{T - 0.2T_0^D}{0.2T_0^D} & ; T \leq 0.2T_0^D \end{cases}$$

# 初評理論-demand

$$S_{aD} IW$$

$$F_u$$

$$S_{DS} = F_a S_S^D$$

$$S_{D1} = F_v S_1^D$$

表 2-1 震區短週期與一秒週期之設計水平譜加速度係數  $S_S^D$  與  $S_1^D$ ，與震區短週期與一秒週期之最大考量水平譜加速度係數  $S_S^M$  與  $S_1^M$

縣市	鄉鎮市區	$S_S^D$	$S_1^D$	$S_S^M$	$S_1^M$	臨近之斷層
	中正區	0.6	0.35	0.8	0.5	

表 2-2(a) 短週期結構之工址放大係數  $F_a$  (線性內插求值)

地盤分類	震區短週期水平譜加速度係數 $S_S$ ( $S_S^D$ 或 $S_S^M$ )				
	$S_S \leq 0.5$	$S_S = 0.6$	$S_S = 0.7$	$S_S = 0.8$	$S_S \geq 0.9$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
第三類地盤	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0

## 假設為第三類地盤

表 2-2(b) 長週期結構之工址放大係數  $F_v$  (線性內插求值)

地盤分類	震區一秒週期水平譜加速度係數 $S_1$ ( $S_1^D$ 或 $S_1^M$ )				
	$S_1 \leq 0.30$	$S_1 = 0.35$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.45$	$S_1 \geq 0.50$
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
第二類地盤	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
第三類地盤	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4

表 2-5(a) 一般工址或近斷層區域之工址設計水平譜加速度係數  $S_{aD}$

較短週期	短週期	中週期	長週期
$T \leq 0.2 T_0^D$	$0.2 T_0^D < T \leq T_0^D$	$T_0^D < T \leq 2.5 T_0^D$	$2.5 T_0^D < T$
$S_{aD} = S_{DS}(0.4 + 3T/T_0^D)$	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = S_{D1}/T$	$S_{aD} = 0.4 S_{DS}$

## 初評理論-demand

建築物總重  $W$  :

$$W(\text{kgf}) = 1210 \times (A_{2f} + A_{3f}) + w_{rf} \times A_{rf}$$

$$\frac{S_{aD} IW}{F_u}$$

$w_{rf}$  : 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

(A) 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆

(B) 混凝土板+半層牆

$A_{2f}$  : 二樓樓地板面積 (m<sup>2</sup>)

$A_{3f}$  : 三樓樓地板面積 (m<sup>2</sup>)

$A_{rf}$  : 屋頂樓地板面積 (m<sup>2</sup>)

# 初評理論-demand

建築物總重  $W$  :

$$\frac{S_{aD} IW}{F_u}$$

$$W(\text{kgf}) = 1210 \times (A_{2f} + A_{3f}) + w_{rf} \times A_{rf}$$

$$F_u$$

統計案例中共有三例為2樓層磚構造建築物，

其一般層樓層平均單位重計算方式為：

一樓上半層牆重量 + 過梁或圈梁重量(依各案例實際現況計算) + 二樓樓地板重量 + 二樓下半層牆重量(含窗臺)，  
求得三案例之樓層平均單位重平均值為1209.82(kg/m<sup>2</sup>)，  
保守採計一般層樓層平均單位重為1210(kg/m<sup>2</sup>)

標的物	國北教大附小 行政大樓	陸軍三十六航 空隊後勤大樓	陸軍三十六航 空隊宿舍	平均值
樓層平均單位重 (kg/m <sup>2</sup> )	1301.24	1303.57	1024.64	<b>1209.82</b>

# $W_{rf}$ 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

---

## (A) 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆

$$W_{rf} = 45 + \text{屋瓦} + 15 + \text{半層牆}$$

參考臺中市文化資產處(2014)臺中市市定古蹟「原臺中刑務所典獄官舍、原臺中刑務所浴場」調查研究及修復再利用計畫，

木屋架單位面積重量(含棟木、桁條、敷桁、桷木、吊鞍、水平夾撐、屋面板等)取45 kgf/m<sup>2</sup>，  
天花板單位面積重量以15 kgf/m<sup>2</sup>計。

# $W_{rf}$ 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

## (A) 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆

$$W_{rf} = 45 + \text{屋瓦} + 15 + 403.43$$

分析6棟磚構造建築物，計算其屋頂層半層牆重量(含半層牆、過梁、圈梁或山牆等重量)，經統計平均為403.43(kgf/m<sup>2</sup>)

案例	屋頂層半層牆重量(kgf/m <sup>2</sup> )
國北教大附小 行政大樓	490.92
士林國小圖書館	408.08
新湖國小禮堂	428.48
陸軍三十六航空隊後勤大樓	468.75
陸軍三十六航空隊宿舍	393.94
拯民國小紅瓦教室(左側)	230.45
平均	<b>403.43</b>

# $W_{rf}$ 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

## (A) 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆

$$W_{rf} = 45 + \text{屋瓦} + 15 + 403.43$$

統計8棟建物其屋頂傾斜之角度  
平均為23.8度

調查案例	屋頂傾斜角度
木-臺中刑務所浴場	26.11
木-林森路75號宿舍	21.80
木-朝陽街日式宿舍群	21.80
士林國小圖書館	25.90
新湖國小禮堂	23.00
陸軍三十六航空隊宿舍	19.82
拯民國小紅瓦教室(左側)	15.13
陸軍三十六航空隊後勤大樓	26.29
平均	<b>23.8</b>

依建築技術規則構造篇，  
查得各型式屋瓦之單位重量，  
再依統計出之屋面坡度換算得  
屋瓦投影面積之單位重量

屋瓦種類	單位面積重量 (kgf/m <sup>2</sup> )	投影面積之單位重量 (kgf/m <sup>2</sup> )
瓦片 水泥瓦	45	<b>49.18</b>
瓦片 文化瓦	60	<b>65.57</b>
瓦片 紅土瓦	120	<b>131.15</b>

# $w_{rf}$ 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

---

## (A) 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆

$$w_{rf} = 45 + \text{屋瓦} + 15 + 403.43 = \mathbf{600}$$

依屋瓦種類計得 $w_{rf}$

屋瓦種類	屋頂層平均單位重 $w_{rf}$ (kgf/m <sup>2</sup> )
水泥瓦屋頂	=403.43+45+15+49.18= <b>513</b>
文化瓦屋頂	=403.43+45+15+65.57= <b>529</b>
紅土瓦屋頂	=403.43+45+15+131.15= <b>595</b>

保守採計其屋頂層平均單位重為**600(kgf/m<sup>2</sup>)**

# $W_{rf}$ 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

---

## (B) 混凝土板+半層牆

$$W_{rf} = 900$$

統計案例中僅有一例之屋頂種類為混凝土板，  
經計算得其屋頂層平均單位重為874.43(kg/m<sup>2</sup>)(含半層牆、  
過梁、圈梁或山牆等重量)，  
保守採計此類形屋頂層平均單位重為900(kg/m<sup>2</sup>)。

# 初評理論-demand

建築物總重  $W$  :

$$W(\text{kgf}) = 1210 \times (A_{2f} + A_{3f}) + w_{rf} \times A_{rf}$$

$$\frac{S_{aD} IW}{F_u}$$

$w_{rf}$  : 屋頂層平均單位重 (kgf/m<sup>2</sup>)

(A) **600** 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆

(B) **900** 混凝土板+半層牆

$A_{2f}$  : 二樓樓地板面積 (m<sup>2</sup>)

$A_{3f}$  : 三樓樓地板面積 (m<sup>2</sup>)

$A_{rf}$  : 屋頂樓地板面積 (m<sup>2</sup>)

# 初評理論-調整因子Q

調整因子	項次i	主要檢核項目	調查結果	因子qi	備註
面外因子	1	山牆周圍具有有效連續之RC圍梁	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.5)		山牆周圍應設置有效連續之RC圍梁，且圍梁寬度不得小於其連接之牆厚。
	2	牆頂有過梁，或單片磚牆牆身長度小於10m	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.5)		1.牆頂有過梁或剛性樓板束制者，可降低面外破壞的機會。 2.牆身長度的支持牆身兩端之垂直相交牆、撐牆或鋼筋混凝土牆之中心距離。牆身長度的小於10公尺者，亦可降低面外破壞的機會。
	3	磚牆最小牆身厚度檢核	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.9)		1層樓建物: 牆身長度的在5m以下最小牆身厚度為20cm;牆身長度的超過5m但10m以下最小牆身厚度為29.5cm。 2層以上樓建物: 牆身長度的在5m以下最小牆身厚度為29.5cm;牆身長度的超過5m但10m以下最小牆身厚度為40cm。
形狀因子	4	結構穩定性	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.9)		1.層高≤700cm 2.單一層高≤400cm 3.建築物高寬比≤2.2 (高度以層高為準，寬度以最小寬度為準) 註:上述3點需同時符合，此項調查結果方可填合格。
現況因子	5	是否有其他可能危害使用者安全之因素	<input type="checkbox"/> 無(1.0) <input type="checkbox"/> 少許(0.95) <input type="checkbox"/> 嚴重(0.9)		1.相交牆銜接處沒有分離裂縫 2.磚塊或灰縫沒有風化現象 3.牆體保持完整未遭受挖鑿或破壞 4.無其他危害因素 註:上述4點需同時符合，此項調查結果方可填無。
調整因子 Q	Q=q1*q2*...*q5				

# 初評理論-調整因子Q

## 面外因子

### q1 山牆

因此本項檢核參考建築物磚構造設計及施工規範[4]之建議，規定山牆周圍應設置有效連續之RC圈梁，且圈梁寬度不得小於其臨接之牆厚。

調查結果：合格( $q1=1.0$ )，不合格( $q1=0.5$ )



(照片來源: 王貞富, 2002)

# 初評理論-調整因子Q

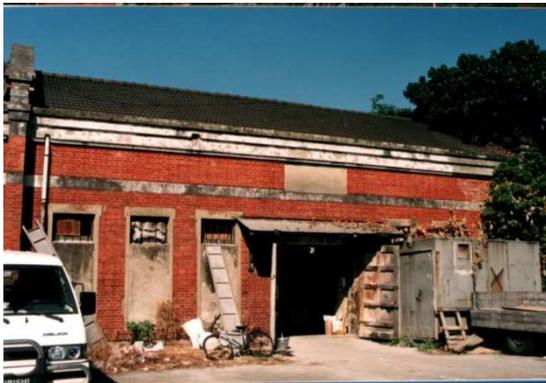
## 面外因子

### q2 建築物樓板、牆頂過梁及每片磚牆牆身長度

當牆身長度過長時，因側向支撐不足，在地震中會有因面外扭曲、扭矩傾倒之虞，因此建築物磚構造設計及施工規範規定每片牆身長應小於10公尺。

本項檢核規定牆頂有過梁，或單片磚牆牆身長小於10m。

調查結果：合格(q2=1.0)，不合格(q2=0.5)



(照片來源: 王貞富, 2002)

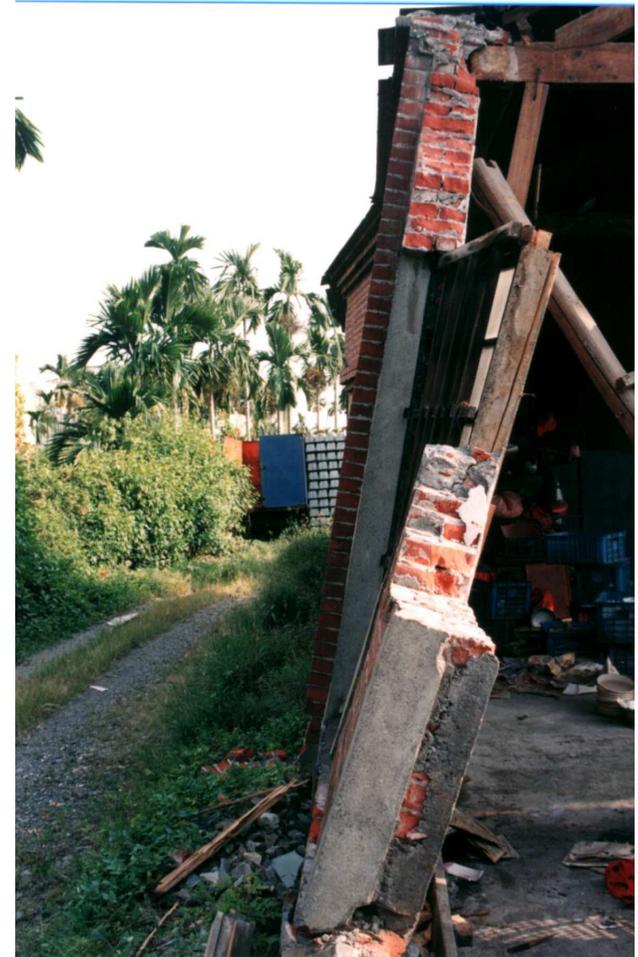
# 初評理論-調整因子Q

## 面外因子

### q3 磚牆最小牆身厚度

本項檢核規定1層樓建物，其牆身長度在5m以下最小牆身厚度為20cm，牆身長長度超過5m但10m以下最小牆身厚度為29.5cm；2層以上樓建物，其牆身長長度在5m以下最小牆身厚度為29.5cm；牆身長長度超過5m但10m以下最小牆身厚度為40cm。

調查結果：合格( $q3=1.0$ )，不合格( $q3=0.9$ )



(照片來源: 王貞富, 2002)

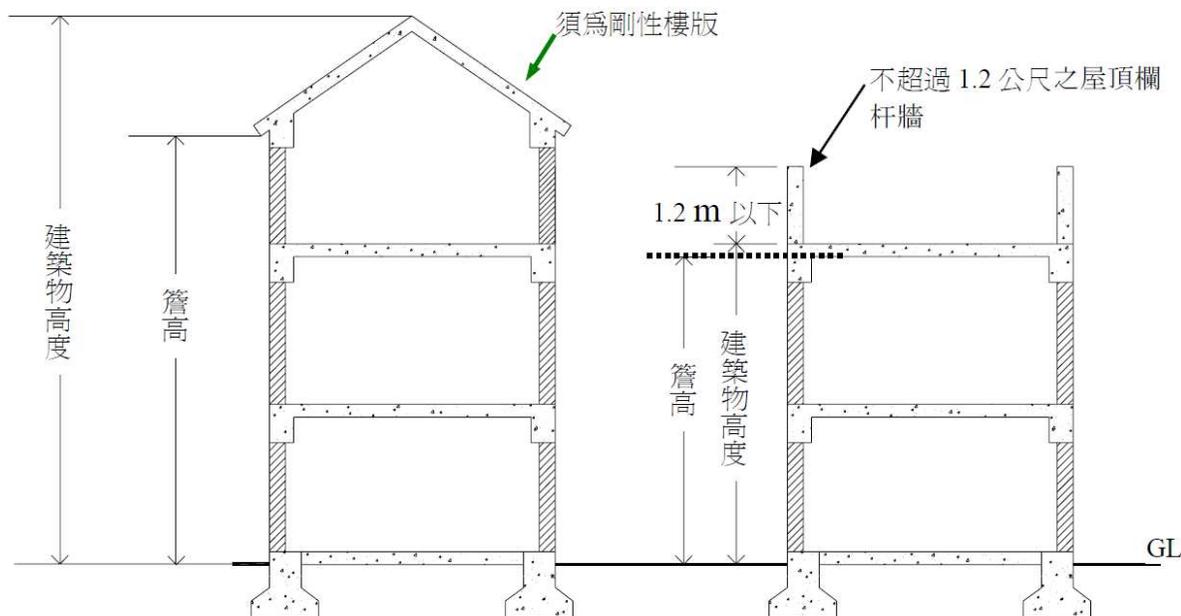
# 初評理論-調整因子Q

## q4 結構穩定性

本研究參考建築物磚構造設計及施工規範規定

1. 簷高  $\leq 700\text{cm}$
2. 單一層高  $\leq 400\text{cm}$
3. 建築物高寬比  $\leq 2.2$  (高度以簷高為準，寬度以最小寬度為準)

調查結果：需同時符合，合格( $q4=1.0$ )，不合格( $q4=0.9$ )



圖來源：  
建築物磚構造設計及施工規範

# 初評理論-調整因子Q

---

## 現況因子

### q5 其他可能危害使用者安全之因素

除了考量面外、面內及形狀等因子外，建築物之經年使用狀況，也會影響耐震能力，本研究建議評估者應本其專業，檢核是否已派出其他可能危害使用者安全之因素，包含下列四點規定，全數皆通過檢核，才算通過現況因子的檢核。

1. 相交牆銜接處沒有分離裂縫
2. 磚塊或灰縫沒有風化現象
3. 牆體保持完整未遭受挖鑿或破壞
4. 無其他危害因素

調查結果：無(q5=1.0)，少許(q5=0.95)，嚴重(q5=0.9)

# 磚構造建築物之耐震指標

---

結構現況調整因子  $Q = q_1 \times q_2 \times \cdots \times q_5$

$E \times Q \geq 70$ , 尚無疑慮

$E \times Q < 70$ , 尚有疑慮

耐震指標： $E \times Q = \frac{\sum_i V_{pi}}{S_{aD} IW / F_u} \times Q \times 70$   
(評估分數)

# 初評表格－耐震指標

- 耐震指標 =  $\text{Min} ( E_x \times Q , E_y \times Q )$
- X、Y方向基本耐震性能E乘以調整因子後取最小值
- 尚無疑慮：耐震指標大於或等於70
- 尚有疑慮：耐震指標小於70

附表二 結構安全耐震能力初步評估基準及等級基準表

單項評估	評估類別	等級	說明	評估基準	評估結果
結構安全耐震評估	初步評估	甲級	尚無疑慮	評估分數 <sup>(1)</sup> ≥ 70 (即危險度總評估分數R ≤ 30)。	
		乙級	尚有疑慮	70 > 評估分數 <sup>(1)</sup> ≥ 40 (即30 < 危險度總評估分數R ≤ 60)，建議辦理耐震能力詳細評估。	

←都市危險及老舊建築物  
結構安全性能評估辦法

備註：(1)「評估分數」之定義為「100－危險度總評估分數R」。



# 初評表格

## 磚構造建築耐震能力初步評估表

建物基本資料			評估日期:		
委託單位			地上樓層數( $N_f$ )		耐震需求參數
建築物名稱			用途係數(I)		$S_{DS}$
建築物地址			R	1.2	$S_{DI}$
興建年代(西元)			是否位於台北盆地(Y/N)		$T_0^D$
經緯度座標	N		磚牆、柱單位斷面積強度( $T_{we}$ )(kgf/cm <sup>2</sup> ) ( $T_{we}=2.22+0.24*(N_f-1)$ )		$S_{aD}$
	E				$R_a$
評估者			建築物高度/層高(H)(m)		$F_u$
證號			結構物基本振動週期T(sec) = $0.05 * H^{0.75}$		$(S_{aD}/F_u)_m$

基本資料

場址參數

# 初評表格

屋頂種類	屋頂層平均單位重( $w_{rf}$ ) (kgf/m <sup>2</sup> )
<input type="checkbox"/> 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆	600
<input type="checkbox"/> 混凝土板+半層牆	900
<input type="checkbox"/> 其他:	

屋頂種類

各樓層(含屋頂層)樓地板面積		樓地板面積 (m <sup>2</sup> )	W(kgf)=1210*(A <sub>2f</sub> +A <sub>3f</sub> )+w <sub>rf</sub> *A <sub>rf</sub>
各樓層之樓地板			
二樓樓地板 (A <sub>2f</sub> )			
三樓樓地板 (A <sub>3f</sub> )			
屋頂樓地板 (A <sub>rf</sub> )			

樓地板面積

重量

# 初評表格

一樓磚柱量	柱形式	柱尺寸 (cm) (寬*深)		斷面積 (A <sub>sci</sub> ) (cm <sup>2</sup> )	根數 (N <sub>ci</sub> )	斷面積小計 (A <sub>ci</sub> )(cm <sup>2</sup> ) (A <sub>ci</sub> = A <sub>sci</sub> * N <sub>ci</sub> )	
	第一種					BA <sub>ci</sub>	
	第二種						
	第三種						
磚柱總斷面積 (cm <sup>2</sup> ) BA <sub>c</sub> = Σ(BA <sub>ci</sub> )				磚柱強度 (TAc)(kgf) (TAc = T <sub>wc</sub> * BA <sub>c</sub> )			

柱量

# 初評表格

牆量

X向

Y向

	牆厚度(Twi)(cm)	牆長度 (cm)		斷面積小計			
		X向總長度(Lwxi)(cm)	Y向總長度(Lwyl)(cm)	X向斷面積(Awxi) (cm <sup>2</sup> ) (Awxi = Lwxi * Twi)		Y向斷面積(Awyl) (cm <sup>2</sup> ) (Awyl = Lwyl * Twi)	
一樓磚牆量				BAwxi		BAwyl	
	X向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwx=Σ(BAwxi)				
	Y向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwy=Σ(BAwyl)				
			X向牆強度(TAwx)(kgf) (TAwx = T <sub>wc</sub> *BAwx)				
			Y向牆強度(TAwy)(kgf) (TAwy = T <sub>wc</sub> *BAwy)				

# 初評表格

調整因子	項次i	主要檢核項目	調查結果	因子qi	備註
面外因子	1	山牆周圍具有有效連續之RC圓梁	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.5)		山牆周圍應設置有效連續之RC圓梁，且圓梁寬度不得小於其臨接之牆厚。
	2	牆頂有過梁，或單片磚牆牆身長度小於10m	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.5)		1.牆頂有過梁或剛性樓板束制者，可降低面外破壞的機會。 2.牆身長度為支持牆身兩端之垂直相交牆、撐牆或鋼筋混凝土牆之中心距離，牆身長度小於10公尺者，亦可降低面外破壞的機會。
	3	磚牆最小牆身厚度檢核	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.9)		1層建築物： 牆身長度在5m以下最小牆身厚度為20cm；牆身長度超過5m但10m以下最小牆身厚度為29.5cm。 2層以上建築物： 牆身長度在5m以下最小牆身厚度為29.5cm；牆身長度超過5m但10m以下最小牆身厚度為40cm。
形狀因子	4	結構穩定性	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.9)		1.層高≤700cm 2.單一層高≤400cm 3.建築物高寬比≤2.2 (高度以層高為準，寬度以最小寬度為準) 註：上述3點需同時符合，此項調查結果方可填合格。
現況因子	5	是否有其他可能危害使用者安全之因素	<input type="checkbox"/> 無(1.0) <input type="checkbox"/> 少許(0.95) <input type="checkbox"/> 嚴重(0.9)		1.相交牆銜接處沒有分離裂縫 2.磚塊或灰縫沒有風化現象 3.牆體保持完整未遭受挖鑿或破壞 4.無其他危害因素 註：上述4點需同時符合，此項調查結果方可填無。
調整因子 Q	Q=q1*q2*...*q5				

調整因子

基本耐震性能 E:	$E_x = (TAc+TAwx) / (S_{ad}/F_{wm} * I * W) * 70$	$E_y = (TAc+TAwy) / (S_{ad}/F_{wm} * I * W) * 70$
-----------	---	---

耐震性能E

耐震指標	=Ex*Q	=Ey*Q
磚構造建築耐震指標	= Min (Ex*Q, Ey*Q)	是否有疑慮:

耐震指標

備註:	負責評估者簽章
-----	---------

## 4. 案例說明

# 磚構造建築物之普遍型式 (以陸軍三十六航空隊宿舍為例)

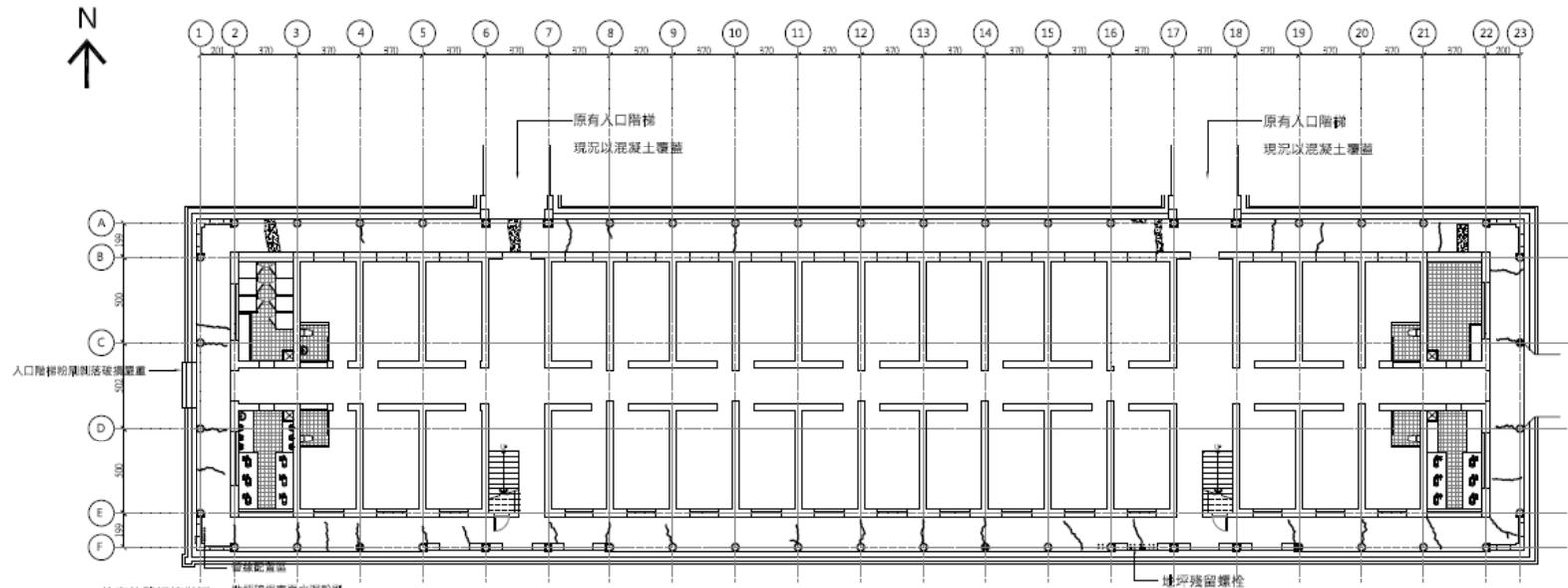


宿舍-文化瓦



【圖 2-3-34】本案宿舍南向立面  
說明：牆體設置大型開口，量體十分輕巧。

# 平面圖



外圍柱牆損壞狀況: 地坪破損表面水泥粉剝

編號	損壞狀況
C-23	圓柱底部洗石子面崩裂(H:90cm)
F-4	圓柱底部洗石子面崩裂(H:160cm)
F-14	圓柱底部洗石子面崩裂(H:150cm)
F-19	圓柱底部洗石子面崩裂(H:200cm)

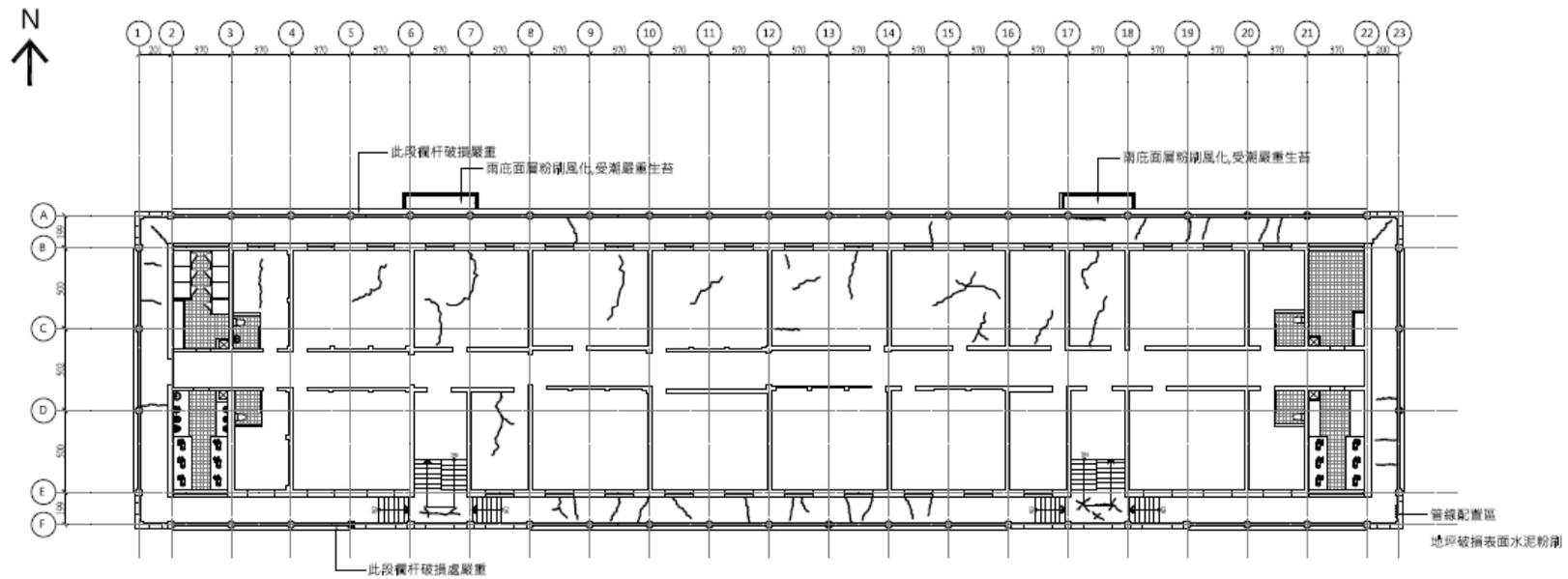
現況損壞調查表:

圖例編號	構造部位	現況材料	損壞狀況
	室內地坪	磨石子	磨石子地坪保存狀況尚可,僅局部有細小裂縫損壞
	1F室外走廊地坪	磨石子	保存狀況尚可,僅局部有裂縫損壞,磨石子收邊表面塗刷油漆
	樓梯地坪	磨石子	磨石子地坪保存狀況尚可,局部磨石子面剝落,止滑斜條損壞
	廁所地坪	20*20cm磁磚	後期增設材料,現況良好
	戶外排水溝	磚砌表面水泥粉刷	破損嚴重,水泥粉刷表面區化
	門窗	鋁製	門窗壞漏

① 宿舍一樓現況平面圖

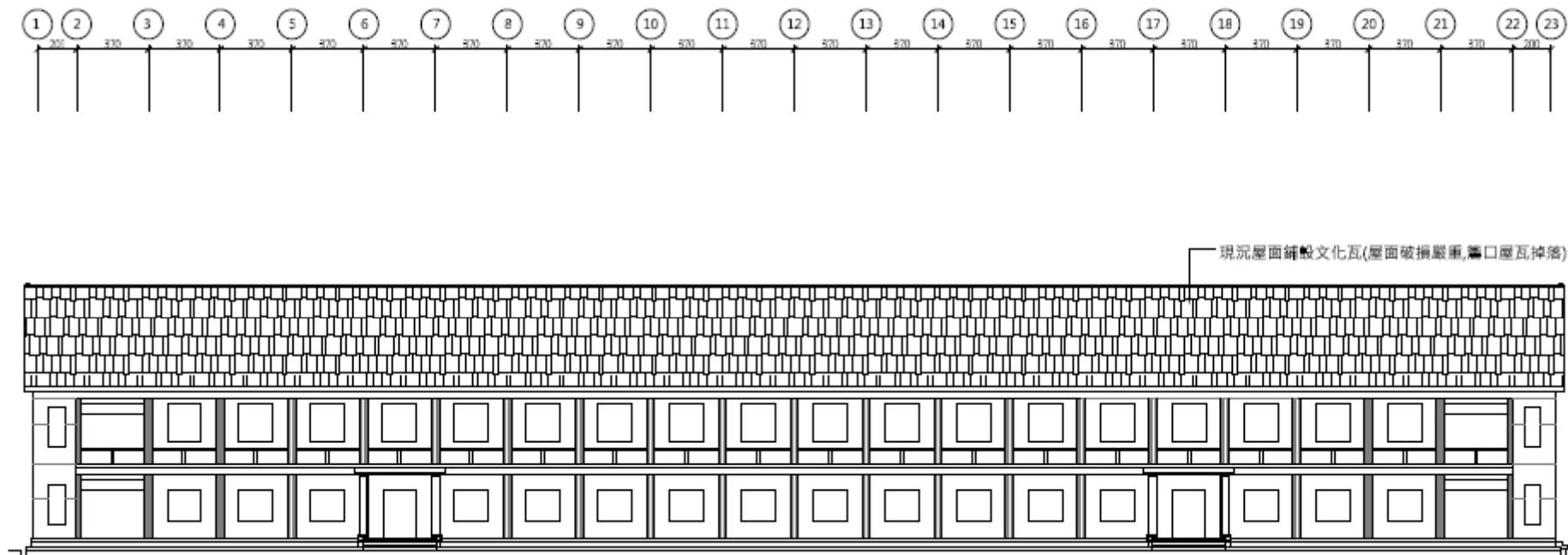
<p>■ 案名</p> <p>歷史建築陸軍三十六航空隊廠房及兵舍 調查研究暨再利用計畫</p>	<p>■ 圖名</p> <p>宿舍一樓現況平面圖</p>	<p>■ 圖號</p> <p>ACa2-1</p>	<p>■ 比例尺</p> <p>0 200 400 600 800 1000 1200 (cm)</p>	<p>KJP 郭俊沛建築師事務所</p> <p>現任所址: 臺南市安平區二崁115號411室 TEL: 06-2359105 FAX: 06-2359106</p>
---	------------------------------	---------------------------	--	--

# 平面圖



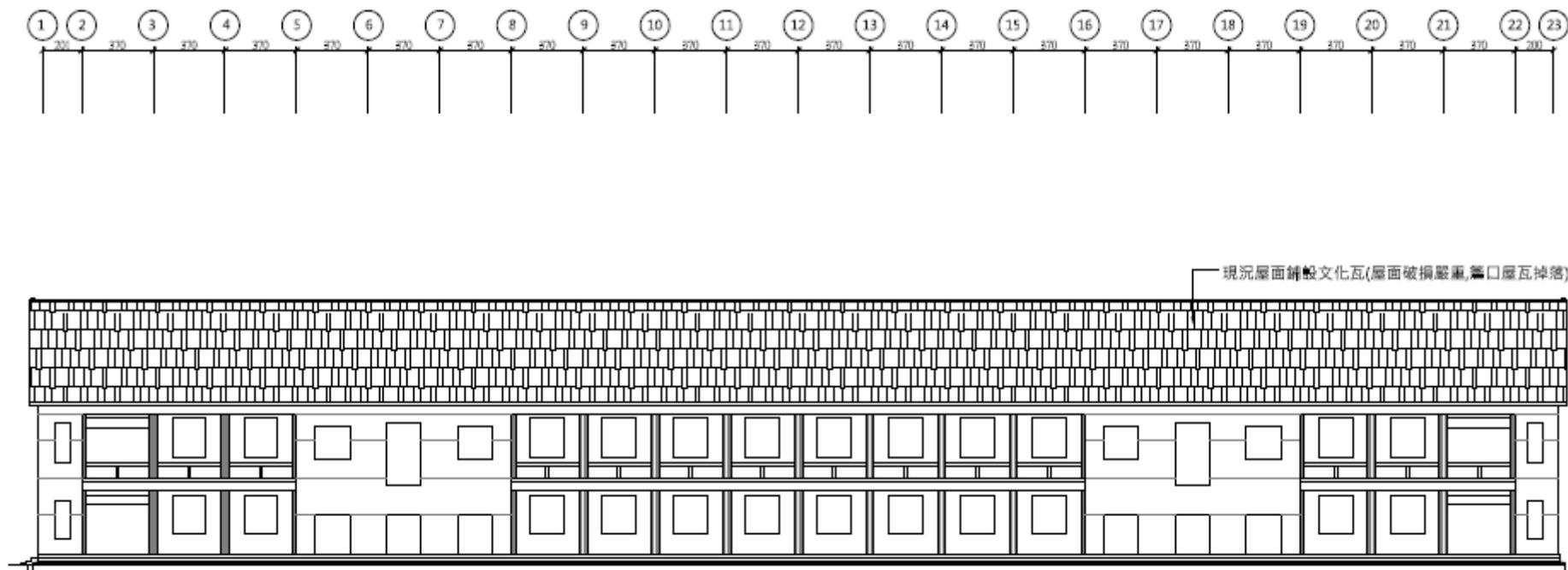
## 二樓平面圖

# 立面圖



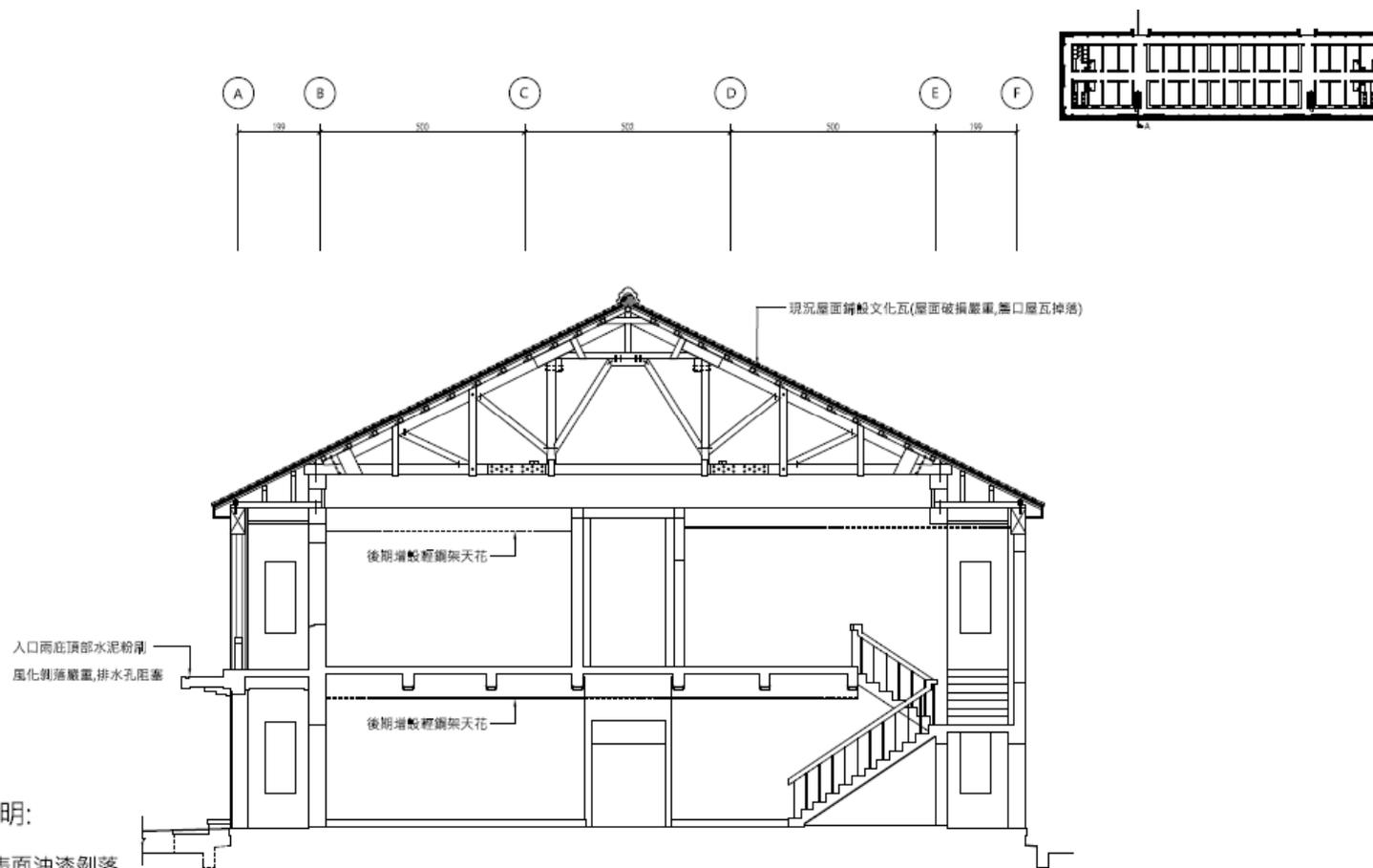
北側立面圖

# 立面圖



南側立面圖

# 剖面圖



## 內牆面損壞說明:

1. 牆面表面污損, 表面油漆剝落
2. 部份牆面殘留鐵釘螺絲等設備固定鐵件
3. 局部牆面龜裂

① 宿舍縱向A-A現況剖面圖

# (一)校舍基本資料

建物基本資料			評估日期: 2018.3.13		
委託單位	陸軍三十六航空隊		地上樓層數( $N_f$ )	2	耐震需求參數
建築物名稱	宿舍		用途係數(I)	1	
建築物地址	台中市西屯區港尾里民航路100號		R	1.2	$S_{D1}$ 0.69
興建年代(西元)	1940		是否位於台北盆地(Y/N)	N	$T_0^D$ 0.87
經緯度座標	N	24°11'33.7"	磚牆、柱單位斷面積強度( $T_{wc}$ )(kgf/cm <sup>2</sup> ) ( $T_{wc}=2.22+0.24*(N_f-1)$ )	2.46	$S_{aD}$ 0.79
	E	120°39'23.8"			$R_a$ 1.13
評估者	0		建築物高度/層高(H)(m)	8.86	$F_u$ 1.13
樓號	技證字第000000號		結構物基本振動週期 $T$ (sec)= $0.05*H^{0.75}$	0.26	$(S_{aD}/F_u)_m$ 0.51

➤ 磚牆、柱單位斷面積強度( $T_{wc}$ ):

本案例 $N_f=2$ ，計算得 $T_{wc}=2.22+0.24 \times (2-1)=2.46(\text{kgf}/\text{m}^2)$

➤ 結構物基本振動週期( $T$ ):

本案例 $H=8.86\text{m}$ ，計算得 $T=0.05 \times 8.86^{3/4}=0.26(\text{sec})$

## (二)結構重量計算

屋頂種類	屋頂層平均單位重( $w_{rf}$ ) (kgf/m <sup>2</sup> )	各樓層(含屋頂層)樓地板面積		$W(\text{kgf})=1210*(A_{2f}+A_{3f})+w_{rf}*A_{rf}$  2,741,607
		各樓層之樓地板	樓地板面積 (m <sup>2</sup> )	
<input checked="" type="checkbox"/> 木屋架+屋瓦+天花板+半層牆	600	二樓樓地板 ( $A_{2f}$ )	1514.7	
<input type="checkbox"/> 混凝土板+半層牆	900	三樓樓地板 ( $A_{3f}$ )		
<input type="checkbox"/> 其他:		屋頂樓地板 ( $A_{rf}$ )	1514.7	

### ➤ 重量(W):

本案例屋頂為木構架文化瓦，經計算得

$$W = 1,210 \times (1,514.7 + 0) + 466 \times 1,514.7 = 2,714,607 \text{ kgf}$$



宿舍-文化瓦

# (三)耐震能力評估

一樓磚柱量	柱形式	柱尺寸 (cm) (寬*深)		斷面積(Asc <sub>i</sub> ) (cm <sup>2</sup> )	根數 (Nci)	斷面積小計(Aci)(cm <sup>2</sup> ) (Aci = Asc <sub>i</sub> * Nci)	
	第一種	35	35	1,225	8	BAci	9,800
	第二種	30.12	30.12	907.21	42		38,103
	第三種			0			0
	磚柱總斷面積 (cm <sup>2</sup> ) BAc=Σ(BAci)		47,903		磚柱強度(TAc)(kgf) (TAc=T <sub>wc</sub> *BAc)		117,841

一樓磚牆量	牆厚度(Twi)(cm)	牆長度 (cm)		斷面積小計			
		X向總長度(Lwxi)(cm)	Y向總長度 (Lwyi)(cm)	X向斷面積(Awxi) (cm <sup>2</sup> ) (Awxi = Lwxi * Twi)		Y向斷面積(Awyi) (cm <sup>2</sup> ) (Awyi = Lwyi * Twi)	
	51	7,954	985.0	BAwxi	405,654	BAwyi	50,235
	40	8,738	18,400		349,520		736,000
					0		0
					0		0
	X向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwx=Σ(BAwxi)		755,174		
Y向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwy=Σ(BAwyi)		786,235			
X向牆強度(Tawx)(kgf) (Tawx = T <sub>wc</sub> *BAwx)				1,857,728			
Y向牆強度(Tawy)(kgf) (Tawy = T <sub>wc</sub> *BAwy)				1,934,138			

# X向評估結果

一樓磚柱量	柱形式	柱尺寸 (cm) (寬*深)		斷面積(Asci) (cm <sup>2</sup> )	根數 (Nci)	斷面積小計(Aci)(cm <sup>2</sup> ) (Aci = Asc <sub>i</sub> * Nci)	
	第一種	35	35	1,225	8	BAci	9,800
	第二種	30.12	30.12	907.21	42		38,103
	第三種			0			0
磚柱總斷面積 (cm <sup>2</sup> ) BAc=Σ(BAci)		47,903		磚柱強度(TAc)(kgf) (TAc=T <sub>wc</sub> *BAc)		117,841	

一樓磚牆量	牆厚度(Twi)(cm)	牆長度 (cm)		斷面積小計			
		X向總長度(Lwxi)(cm)	Y向總長度 (Lwyi)(cm)	X向斷面積(Awxi) (cm <sup>2</sup> ) (Awxi = Lwxi * Twi)		Y向斷面積(Awyi) (cm <sup>2</sup> ) (Awyi = Lwyi * Twi)	
	51	7,954	985.0	BAwxi	405,654	BAwyi	50,235
	40	8,738	18,400		349,520		736,000
			0		0		
			0		0		
X向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwx=Σ(BAwxi)		755,174			
Y向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwy=Σ(BAwyi)		786,235			
X向牆強度(Tawx)(kgf) (Tawx = T <sub>wc</sub> *BAwx)				1,857,728			
Y向牆強度(Tawy)(kgf) (Tawy = T <sub>wc</sub> *BAwy)				1,934,138			

基本耐震性能 E:	$E_x = (TAc+TAwx)/((S_{aD}/F_{u,m}) * I * W) * 70$	99
-----------	--	----

# Y向評估結果

一樓磚柱量	柱形式	柱尺寸 (cm) (寬*深)		斷面積(Asci) (cm <sup>2</sup> )	根數 (Nci)	斷面積小計(Aci)(cm <sup>2</sup> ) (Aci = Asc <sub>i</sub> * Nci)	
	第一種	35	35	1,225	8	BAci	9,800
	第二種	30.12	30.12	907.21	42		38,103
	第三種			0			0
	磚柱總斷面積 (cm <sup>2</sup> ) BAc=Σ(BAci)	47,903		磚柱強度(TAc)(kgf) (TAc=T <sub>wc</sub> *BAc)			117,841

一樓磚牆量	牆厚度(Twi)(cm)	牆長度 (cm)		斷面積小計			
		X向總長度(Lwxi)(cm)	Y向總長度 (Lwyi)(cm)	X向斷面積(Awxi) (cm <sup>2</sup> ) (Awxi = Lwxi * Twi)		Y向斷面積(Awyi) (cm <sup>2</sup> ) (Awyi = Lwyi * Twi)	
	51	7,954	985.0	BAwxi	405,654	BAwyi	50,235
	40	8,738	18,400		349,520		736,000
					0		0
					0		0
	X向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwx=Σ(BAwxi)		755,174		
Y向	磚牆有效總斷面積 (cm <sup>2</sup> )	BAwy=Σ(BAwyi)		786,235			
X向牆強度(Tawx)(kgf) (Tawx = T <sub>wc</sub> *BAwx)				1,857,728			
Y向牆強度(Tawy)(kgf) (Tawy = T <sub>wc</sub> *BAwy)				1,934,138			

$E_y = (TAc + TAwy) / ((S_{ad} / F_u)_m * I * W) * 70$	103
--	-----

# 調整因子Q

調整因子	項次i	主要檢核項目	調查結果	因子qi	備註
面外因子	1	山牆周圍具有有效連續之RC圍架	<input checked="" type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.5)	1	山牆周圍應設置有效連續之RC圍架，且圍架寬度不得小於其臨接之牆厚。
	2	牆頂有過梁，或單片磚牆牆身長度小於10m	<input checked="" type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.5)	1	1.牆頂有過梁或剛性樓板束制者，可降低面外破壞的機會。 2.牆身長度為支持牆身兩端之垂直相交牆、撐牆或鋼筋混凝土牆之中心距離。牆身長度小於10公尺者，亦可降低面外破壞的機會。
	3	磚牆最小牆身厚度檢核	<input checked="" type="checkbox"/> 合格(1.0) <input type="checkbox"/> 不合格(0.9)	1	1層樓建物： 牆身長度在5m以下最小牆身厚度為20cm；牆身長度超過5m但10m以下最小牆身厚度為29.5cm。 2層以上樓建物： 牆身長度在5m以下最小牆身厚度為29.5cm；牆身長度超過5m但10m以下最小牆身厚度為40cm。
形狀因子	4	結構穩定性	<input type="checkbox"/> 合格(1.0) <input checked="" type="checkbox"/> 不合格(0.9)	0.9	1.簷高≤700cm 2.單一層高≤400cm 3.建築物高寬比≤2.2 (高度以簷高為準，寬度以最小寬度為準) 註：上述3點需同時符合，此項調查結果方可填合格。
現況因子	5	是否有其他可能危害使用者安全之因素	<input type="checkbox"/> 無(1.0) <input type="checkbox"/> 少許(0.95) <input checked="" type="checkbox"/> 嚴重(0.9)	0.9	1.相交牆銜接處沒有分離裂縫 2.磚塊或灰縫沒有風化現象 3.牆體保持完整未遭受挖鑿或破壞 4.無其他危害因素 註：上述4點需同時符合，此項調查結果方可填合格。
調整因子Q	Q=q1*q2*...*q5			0.81	

簷高886 cm

# 現況照片

---



# 初評結果

耐震指標	=Ex*Q	80	=Ey*Q	83
磚構造建築耐震指標	= Min (Ex*Q, Ey*Q)	80	是否有疑慮:	尚無疑慮

宿舍		
耐震能力標準	$A_T=0.3745g=367gal$	
地震力作用方向	X 方向	Y 方向
1F	$\zeta_{RXm}=1.072>0.95$ $A_{PX}=0.4226g$	$\zeta_{RYm}=1.015>0.95$ $A_{PY}=0.4003g$
2F	$\zeta_{RXm}=1.882>0.95$ $A_{PX}=0.7418g$	$\zeta_{RYm}=2.951>0.95$ $A_{PY}=1.16344g$
評估結果	耐震能力足夠	耐震能力足夠

擷取歷史建築陸軍三十六航空隊廠房及兵舍調查研究暨再利用計畫

評估結果與「歷史建築陸軍三十六航空隊廠房及兵舍調查研究暨再利用計畫」結果相符。

簡報結束，敬請指教