

(結構平面圖-1)

—— 表示繫桿

桿件兩端英文編號

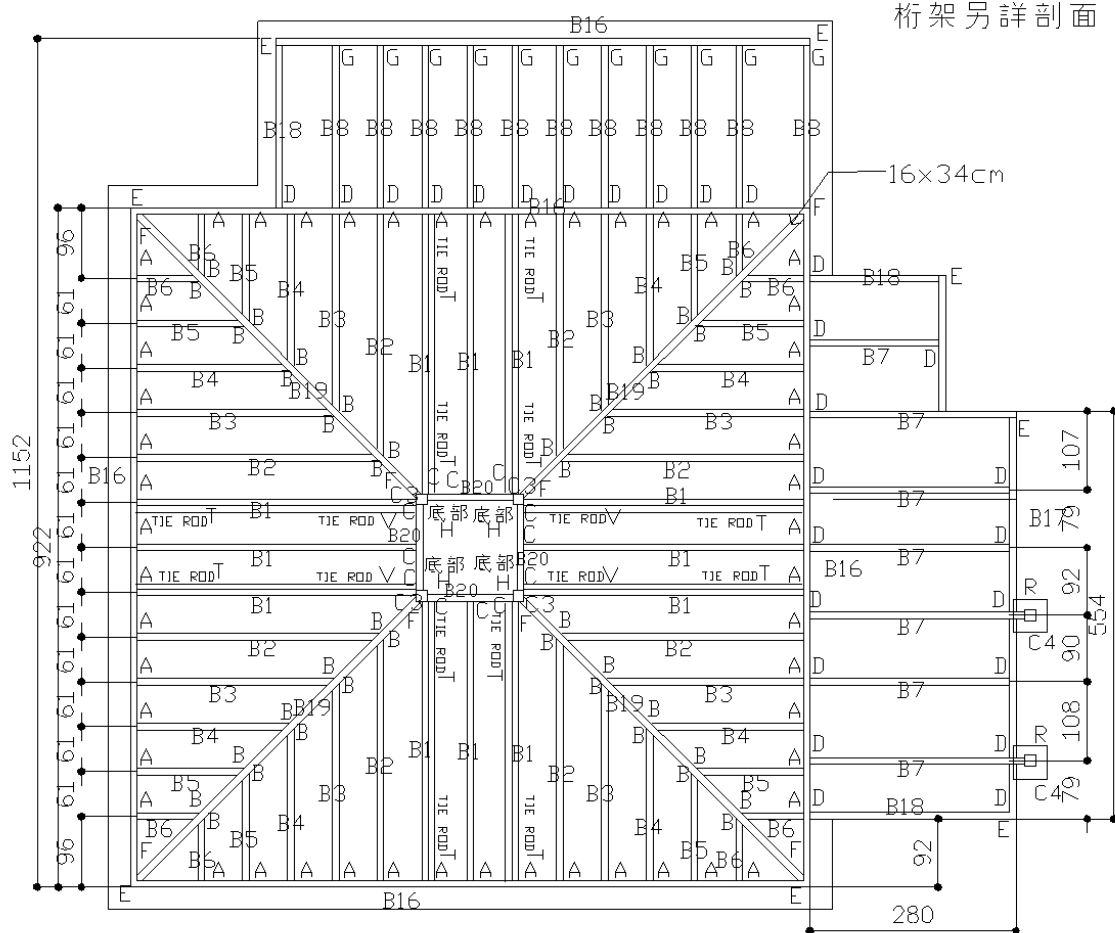
--表示結合鐵件編號

詳圖 S3-1

桿件中央編號

--表示梁柱編號

桁架另詳剖面



屋架平面圖 SCALE 1/100

屋架分析：

依構造篇第184條：

木材種類	平行木理壓應力	彎曲、拉應力	剪應力
松柏檜杉	60	80	6
栗櫟	70	100	10
柳安	60	80	6

屋架採用台灣鐵杉一級品，合於第181條一級品以上。

根據上表，計算其容許應力為平行木理壓應力：60kg/cm²

彎曲、拉應力：80kg/cm²

剪應力：6kg/cm²

木材種類	楊氏係數
松、假松、杉、檜葉	70,000
檜木	80,000
赤松、黑松、美松	90,000

根據上表，計算其採杉木楊氏係數值為：70,000 kg/cm²

分析屋架構架各桿件

依構造篇第188、189、190、191、192條檢驗其彎屈強度及橫剪力。

矩形木梁承受載重，其外緣彎曲應力(f_b kg/cm²)，不得超過容許外緣彎曲應力(F_b kg/cm²)。

矩形木梁之平行木理剪應力(f_v kg/cm²)，不得超過容許平行木理剪應力(F_v kg/cm²)。

活載重	60	依構造篇第26條斜屋頂載重
屋頂重	94.25	依設計實際計算
梁自重	36.82	依設計實際計算

191.07 kg/m²

依構造篇第32條，計算風壓力承載：

依構造篇第33條，台灣地區風力分級，各離島分佈於100級區至250級區
取最嚴格標準 250級區

建築物高度9m以下，立向投影風壓力為250kg/m²

故斜屋頂風壓力為 $250 \times (3.6/10) = 90$ kg/m²

再依實際設計修正斜屋頂風壓力

本設計簡特別考慮抗風要求，斜屋頂內縮不出簷，並在斜屋頂前方設置擋風牆(女兒牆)，減少迎風面受力，故受風面僅剩抗風牆上方尖頂部份，唯考量風力每次並非必為水平吹送，且風越過抗風牆後方將產生渦流，此渦流將對屋面產生揚昇力，抵消風壓力，此做用十分複雜，為單純化，依剩餘尖頂受風面積比例折減修正斜屋頂風壓力。

剩下受風面尖頂部份與整體面積比值為：

$$(((1.72-1.1) \times 9.2)/2)/((1.72 \times 9.2)/2) = 0.36$$

為安全計縮小折減值，並不計渦流揚昇力之有力因素，取折減值為0.75

$$90 \times 0.75 = 67.5 \text{ kg/m}^2$$

屋頂(含風力載重)承載總重量為 $191.07 + 67.5 = 258.57$ kg/m²

B1木梁：

$$fb = \frac{6M}{b \times d^2} < Fb$$

彎曲應力分析 $M = \frac{1}{8} w l^2 \quad 1/8 \times 258.57 \times 0.61 \times 3.92 \times 3.92 = 302.96 \text{ kg-m}$
採16x26cm斷面木梁(台灣鐵杉杉木一級品)
 $(6 \times 302.96) / (16 \times 26 \times 26) = 16.81 < 80 \text{ kg/cm}^2 \quad (O.K)$

剪應力分析 $f_v = \frac{3V}{2b \times d} < F_v$
 $3 \times ((19.21 \times 0.61) \times 3.92 / 2) / (2 \times 16 \times 26) = 0.08 < 4.2 \text{ kg/cm}^2 \quad (O.K)$

由於其餘木梁斷面相同，跨度均小於B1，可省略計算。

B19屋架中脊：

在設計上此屋架中脊形狀猶如一魚肋骨，短梁斜向撐住中脊，固持作用大於重量傳遞作用，因屬面的轉折，結構上已具一定剛性，再加上利用雙層鋪板、桁架，以及3.2mm鍍鋅鋼板包覆，其四邊角落厚度與跨度比值相當大，形成一在結構行為上屬於摺板型態，並混合攔柵形式，故除梁形式作用外，上述兩種形式更加強結構作用；唯為保守設計，並易於驗算，僅以單純木梁驗算：

$$fb = \frac{6M}{b \times d^2} < Fb$$

彎曲應力分析 $M = \frac{1}{8} w l^2 \quad 1/8 \times 258.57 \times 5.28 \times 5.28 = 901.07 \text{ kg-m}$
採9x18cm斷面木梁(台灣鐵杉杉木一級品)
 $(6 \times 901.07) / (9 \times 18 \times 18) = 29.23 < 80 \text{ kg/cm}^2 \quad (O.K)$

剪應力分析 $f_v = \frac{3V}{2b \times d} < F_v$
 $3 \times (19.21 \times 3.92 / 2) / (2 \times 9 \times 18) = 0.10 < 4.2 \text{ kg/cm}^2 \quad (O.K)$

在不考慮摺板及攔柵形態作用下，仍斷面滿足要求。

B12木梁：

活載重	200
梁自重	38.63 依實際計算
鋪板重	46.52 依設計實際計算，含欄杆、小梁

285.15 kg/m²

$$fb = \frac{6M}{b \times d^2} < Fb$$

彎曲應力分析 $M = \frac{1}{8} w l^2 \quad 1/8 \times 258.57 \times 1.82 \times 2.8 \times 2.8 = 461.19 \text{ kg-m}$
採18x26cm斷面木梁(台灣鐵杉杉木一級品)
 $(6 \times 461.19) / (18 \times 26 \times 26) = 22.74 < 80 \text{ kg/cm}^2 \quad (O.K)$

剪應力分析 $f_v = \frac{3V}{2b \times d} < F_v$
 $3 \times ((23.7 \times 1.82) \times 2.8 / 2) / (2 \times 18 \times 26) = 0.19 < 4.2 \text{ kg/cm}^2 \quad (O.K)$

依構造篇第34條，檢驗露台風昇力。

梁自重	38.63	依實際計算
鋪板重	46.52	依設計實際計算，含欄杆、小梁

85.15 kg/m²

露台四周未圍蔽，依構造篇第34條(風昇力)其風昇力為

$$250 \times 1.25 - 85.15 = 227.35 \text{ kg/m}^2$$

彎曲應力分析 $f_b = \frac{6M}{b \times d^2} < F_b$

$$M = \frac{1}{8} w l^2 \quad 1/8 \times 227.35 \times 1.82 \times 2.8 \times 2.8 = 405.5 \text{ kg-m}$$

採18x26cm斷面木梁(台灣鐵杉杉木一級品)

$$(6 \times 40550) / (18 \times 26 \times 26) = 20.01 < 80 \text{ kg/cm}^2 \text{ (O.K.)}$$

剪應力分析

$$f_v = \frac{3V}{2b \times d} < F_v$$

$$3 \times ((27.55 \times 1.82) \times 2.8 / 2) / (2 \times 16 \times 18) = 0.37 < 4.2 \text{ kg/cm}^2 \text{ (O.K.)}$$

依構造篇第195條，檢驗橫支撐距離。

$$h/b = 18/9 = 2 < 6 \text{ 免設計橫支撐。 (O.K.)}$$

依構造篇第179條，檢驗錨錠長度。

$$\text{錨栓直徑採 } 19\text{mm} > 12\text{mm} \text{ (O.K.)}$$

$$\text{錨栓錨錠混凝土深度 } 60\text{cm} > 20\text{cm} \text{ (O.K.)}$$

依構造篇第211、215條，檢驗接合強度。

構造篇木構造部份，其接合方式只規範螺帽墊圈式螺栓接合，本設計為達成廠製預組功能，採12mm不鏽鋼板製作槽座式接合，並因應離島氣候，為防溼水氣滯留造成接頭腐爛，以柏油填充接縫(具膠合作用)，其強度遠大於螺帽墊圈式接合。

槽座式接頭將木材以12mm不鏽鋼板包覆，外面再以螺栓鎖緊，以避免剪力破壞螺栓孔周圍，唯保守設計，其螺栓間距仍從其規定：

$$\text{採 } 19\text{mm} \text{ 不鏽鋼螺栓，螺栓間距設計為 } 12\text{cm} > 1.9 \times 4 = 7.6\text{cm} \text{ (O.K.)}$$

依構造篇第37條，檢驗風力錨固。

依本條建築物屋頂須適當錨固於其下之柱及牆，此為原則宣示，未能量化規定；本設計屋頂除周圍每一梁構件均以槽座式接合鐵件埋設錨固於承重牆內之外；屋頂的中心，加設四只錨錠柱，以抵抗屋頂升起與側移。

錨錠柱以粗短梁聯結，並以不鏽鋼繫桿繫定於承重牆，此方式用以抵抗屋頂受強風時引起之複雜變形、旋轉。此力量十分複雜，設計依本條予以充份考慮設計。

依構造篇第205條，檢驗木梁撓度。

木梁之撓度不得大於跨度長之1/360。

B1木梁：

撓度分析 採16x26cm斷面木梁(台灣鐵杉杉木一級品)

$$\delta = \frac{5w l^4}{384EI}$$

$$(5/384) \times ((5.08 \times 0.61 \times 392 \times 392 \times 392 \times 392) / (384 \times (70000 \times 4347))) = 0.0081 < 3.92 / 360 \times 100 = 1.09\text{cm} \text{ (O.K.)}$$

其餘木梁斷面同，但跨度均較此梁小，可不用驗算。

承重牆分析：

本設計因應各離島模板取得較難，特以咗咕石夾砌鋼筋混凝土牆方式施工，咗咕石為天然建材，抗壓強度不一，為保守計算，將外部之咗咕石抗壓強度予以忽略，僅考慮混凝土牆之抗壓強度；唯咗咕石地震時可能剝離，設計#4每80cm間距拘束筋予以固定之。

牆壁厚度考量於不定形狀之咗咕石夾層間仍能有徒手操作(豎綁鋼筋並填搗實)空間，以及離島特殊氣候(夏季酷熱，冬季寒冷)能有冬暖夏涼效果，選擇設計為30cm厚。

依構造篇第427條：(牆壓力強度)

本設計承重牆只承受木構架屋頂，依構造篇第26條斜屋頂活載重為60kg/cm²

$$D.L=42.1\text{kg/cm}^2 \times 1.4=58.94\text{kg/cm}^2 \quad 58.94 \times 9.2 \times 3.92 / 2 = 1062.81 \text{ kg}$$

$$L.L=60\text{kg/cm}^2 \times 1.7=102\text{kg/cm}^2 \quad 102 \times 9.2 \times 3.92 / 2 = 1839.26 \text{ kg}$$

$$1062.81 + 1839.26 = 2902.07 \text{ kg}$$

做用於牆壁之反力 P_u

$$\frac{P_u}{\phi} = \frac{2.902}{0.7} = 4.15 \text{ t} \quad \text{使用衰減係數 } \phi : \text{牆壁之 } \phi \text{ 值為 } 0.7$$

$$f_c' = 175\text{kg/cm}^2 \quad f_y = 2800\text{kg/cm}^2$$

檢算其支承壓力：

$$0.85 \phi f_c' = 0.85 \times 0.7 \times 175 = 104.13\text{kg/cm}^2$$

$$\frac{P_u}{A_s} = \frac{4150}{11.4 \times 41} = 8.88 < 104.13\text{kg/cm}^2 \text{ (O.K.)}$$

檢算其強度：

$$\frac{l_u}{h} = \frac{282}{30} = 9.4 \quad \beta_a = 0.633$$

查表得 $\frac{l_u}{h} = 9.4 \quad \beta_a = 0.633 \quad k = 1.0 \quad C_m = 1.0 \quad \frac{P_u}{\phi} = 32.62 \text{ t} > 4.15 \text{ t (O.K.)}$

選用鋼筋： $f_y = 2800\text{kg/cm}^2 \quad A_g = 653.4\text{cm}^2$

垂直鋼筋： $0.0015A_g = 0.0015 \times 653.4 = 0.9801\text{cm}^2/\text{m}$

選用鋼筋： $0.0025A_g = 0.0025 \times 653.4 = 1.634\text{cm}^2/\text{m}$

設計豎橫筋採#5@20cm一支。

依構造篇第427條第六款檢算其牆厚： $H = 2.82\text{m}$

$$\frac{H}{b} = \frac{282}{25} = 11.08\text{cm} \quad \text{取承重牆設計最小容許牆厚 } 15\text{cm} \quad \text{設計牆寬 } 30\text{cm} > 15\text{cm} \text{ (O.K.)}$$

地梁及基礎分析：

此木屋架及承重牆混合式構造之地梁與基礎構造較一般鋼筋混凝土不同，茲說明如下：

- 1.因興建於不特定地點，較小離島因面積小，其地下水海潮感應線(感潮線)幾乎已包含整個島嶼，含鹽份之地下水會因潮汐升高，基礎可能會因長期浸於海水滲透而造成鋼筋腐蝕，故設計基礎宜寬而淺，避免上述情形。
- 2.基礎開挖深採80cm及60cm(小基礎)深設計，一方面避免地下水浸潤，另一方面保有足夠之覆土深度；其寬度須包括承重牆寬，故地梁斷面採60x90cm，及50x70cm等，雖較為不經濟，唯考量牆厚冬暖夏涼效果，及省去模板支撐之利益，仍屬合理。

依構造篇第83條檢算連續基礎：

長期載重軸向方向力： 60 t 及 40 t

容許地耐力(興建位置不定，假設值) $Q_e : 8 \text{ t/m}^2$

R.C容許壓應力 $f_c : 92.5 \text{ kg/cm}^2$

R.C容許剪應力 $f_s : 7.7 \text{ kg/cm}^2$

R.C容許握裹應力 f_b : 8.4 kg/cm²

鋼筋容許拉應力 f_t : 1400 kg/cm²

另外 土壤、地梁及基礎平均單位重 : $r=2.0$ t/m²

埋入深度 : $D_f=80$ cm

地梁斷面 : 60x90cm

$$\text{所需基礎寬度 } B_1 = \frac{P}{(Q_e - rD_f) \times 1} = \frac{60}{(8 - 2.0 \times 0.8) \times 9.2} = 1.02 \text{ m}$$

$$B_2 = \frac{P}{(Q_e - rD_f) \times 1} = \frac{40}{(8 - 2.0 \times 0.8) \times 9.2} = 0.68 \text{ m}$$

設計因應各離島環境，及基地位置未定，並平衡載重，設計基礎寬1.6m及1.2m (O.K)

$$\text{檢算鋼筋量 : } \phi_1 = \frac{P}{B \times l} = \frac{60}{(1.6 \times 9.2)} = 4.08 \text{ t/m}^2$$

$$\phi_2 = \frac{40}{(1.2 \times 9.2)} = 3.62 \text{ t/m}^2$$

檢算鋼筋量：將基礎版看成均佈載重懸臂梁

以較大值4.08t/cm²計算均佈載重之旋臂梁，其基礎版每米鋼筋需要斷面：

$$Q_f = 4.08 \times 0.875 \times 1.0 = 3.57 \text{ t}$$

$$M_f = Q_f \times \alpha = 3.57 \times 0.44 = 1.57 \text{ t-m}$$

$$\zeta = \frac{Q_f}{(b \times m d)} = \frac{3570}{(100 \times 42.65)} = 0.84 \text{ kg/cm}^2 < 7.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = \frac{Q_f}{(f_b \times m d)} = \frac{3570}{(8.4 \times 42.65)} = 9.96 \text{ cm}$$

$$A_c = \frac{M_f}{(f_t \times m d)} = \frac{157000}{(1400 \times 42.65)} = 2.63 \text{ cm}^2 \quad \text{使用 \#4@20cm (O.K)}$$

3.因屬於承重牆結構，且基礎較淺，承重牆之垂直鋼筋直接穿過地梁，錨錠於基礎版，此時之地梁因無柱而無跨度，或是說跨度為0，其結構行為如一連續柱，或是說為

上層承重牆之延伸，故地梁垂直軸向之彎矩小到可忽略，在此不必檢算。鋼筋斷面與承重牆同，依承重牆部份計算寬30cm是足夠的，故60cm更為足夠，免予檢算。

地梁如同承重牆之一部份，不須抵抗彎矩，依上述第一項配置鋼筋。(O.K)

聯合基礎檢討：

	靜載重	最大活載重	折減活載重
外柱	0.68t	1.53t	0.76t
內柱	1.12t	2.52t	1.26t

支柱間隔：1.98m 基礎板緣：0.79m

內外柱合重：靜載重+最大活載重 = (0.68+1.12)+(1.53+2.52)=5.85 t

靜載重+折減活載重 = (0.68+1.12)+(0.76+1.26)=3.82 t

所需基腳面積：

設計載重R=靜載重+折減活載重=3.82t

$$\text{做用位置} = \frac{(1.12+1.26) \times 1.98}{3.82} = 1.23 \text{ m (由外柱中心量起)}$$

$$\text{長度} = (1.23+0.79) \times 2 = 4.04 \text{ m} \quad \text{設計長度 } 4.50 \text{ m} > 4.04 \text{ m} \quad (\text{O.K})$$

$$\text{寬度} = 3.82 / 4.5 = 0.85 \text{ m} \quad \text{設計寬度 } 1.6 \text{ m} > 0.85 \text{ m} \quad (\text{O.K})$$

核算基礎底淨土壓力：

設計載重R=靜載重+最大活載重=5.85t

$$\text{做用位置} = \frac{(1.12+1.26) \times 1.98}{5.85} = 0.81 \text{ m (由外柱中心量起)}$$

面積重心 = 1.5m (由外柱中心量起)

$$Q_{max} = \frac{5.85}{1.6 \times 4.5} \left(1 + \frac{6 \times 0.69}{4.5}\right) = 1.56 \text{ t/m}^2 < 8 \text{ t/m}^2 \quad (\text{O.K.})$$

配筋同採用 #4@20cm

版部份：

檢算版厚與鋼筋設計：

活載重 = 200 kg/m²

靜載重 = 488 kg/cm²

混凝土 $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$ $\sqrt{f_c'} = 14.49$

設計依離島條件設計版厚 20cm 上層保護層 2cm，下層保護層 8cm。

版厚 20cm 大於有邊梁最小要求 9cm。 (O.K.)

求符合開裂控制最小鋼筋尺寸與間距：

$$\beta = 1.25 \quad f_y' = 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad K = 2.8 \times 10^5$$

查表選擇鋼筋尺寸與間距得 #4@20cm 符合開裂控制。 (O.K.)

依構造篇第 374 條設計鋼筋保護層厚度：

設計基礎、地梁、版下層之鋼筋保護層為 8cm > 7.6cm (O.K.)

設計版上層之鋼筋保護層為 2cm > 1.5cm (O.K.)

依離島條件，設計夾間於咭咭石(或石塊)鋼筋混凝土承重牆鋼筋保護層為 5cm > 4cm。 (O.K.)

檢核建物受地震及風力情形：

先整體考量，檢算建物在地震及風力作用下之抵禦傾倒力矩：

建物為矩形盒狀，其形狀因數：

$$\text{最大高寬比: } \frac{\text{高}}{\text{寬}} = \frac{2.82}{9.2} = 0.31 < 4$$

建物高寬比遠小於 4，呈正方體，且最高 4.95m，無傾倒問題，免予檢算 (O.K.)

再以單位長檢算建物對地震及風力之剪力：

建物無柱、梁樓版束制，將其視為剪力牆抵禦全部水平橫力。

漿砌咭咭石混合鋼筋混凝土牆壁有 60cm，及 70cm 兩種，以較薄者檢算。

地震橫力為 $V = ZKW C$

$Z = 1$, $K = 1.33$ (無構架全由剪力牆抵禦全部橫力) $C = 0.1$ (高度未超過 30 公尺)

鋼筋混凝土重量 = 2400 kg/m³ 漿砌咭咭石重量 = 2100 kg/cm²

$$V = 1 \times 1.33 \times 0.1 \times (2.4 \times 0.3 + 2.1 \times 0.3) \times 2.82 = 0.51 \text{ t}$$

風力橫力為 $P = C_x Q_x A$ 9m 以下： $0.77 \times 0.25 \times 1 \times 2.82 = 0.54 \text{ t}$ (以最強級數驗算)

風力橫力略大於地震力，以風力橫力驗算牆壁抵抗剪力。

容許剪應力強度：

$$d = 0.8l_w \quad v_u = \frac{V_u}{\phi h d} = \frac{540}{0.85 \times 30 \times 0.8 \times 100} = 0.27$$

$$\text{臨界斷面: } \frac{l_w}{2} = 50 \text{ cm} < \frac{h_w}{2} = 1.41 \text{ cm} \quad (\text{O.K.}) \quad \text{混凝土剪力強度: } N_u = 0, \\ v_c = 0.87 \sqrt{f_c'} + \frac{N_u}{4l_w h} = 12.6 \text{ kg/cm}^2$$

橫向剪力鋼筋採 #5@20cm

$$\rho_h = \frac{A_v}{b_w \times s} = \frac{2.85}{30 \times 20} = 0.0047 > 0.0025 \quad (\text{O.K.})$$

垂直剪力鋼筋採 #5@20cm

$$\rho_h = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{l_w}\right) (\rho_h - 0.0025)$$

$$0.0025 + (0.5 \times (2.5 - 141/100) \times (0.0047 - 0.0025)) = 0.0037 < 0.0047 \quad (\text{O.K.})$$