

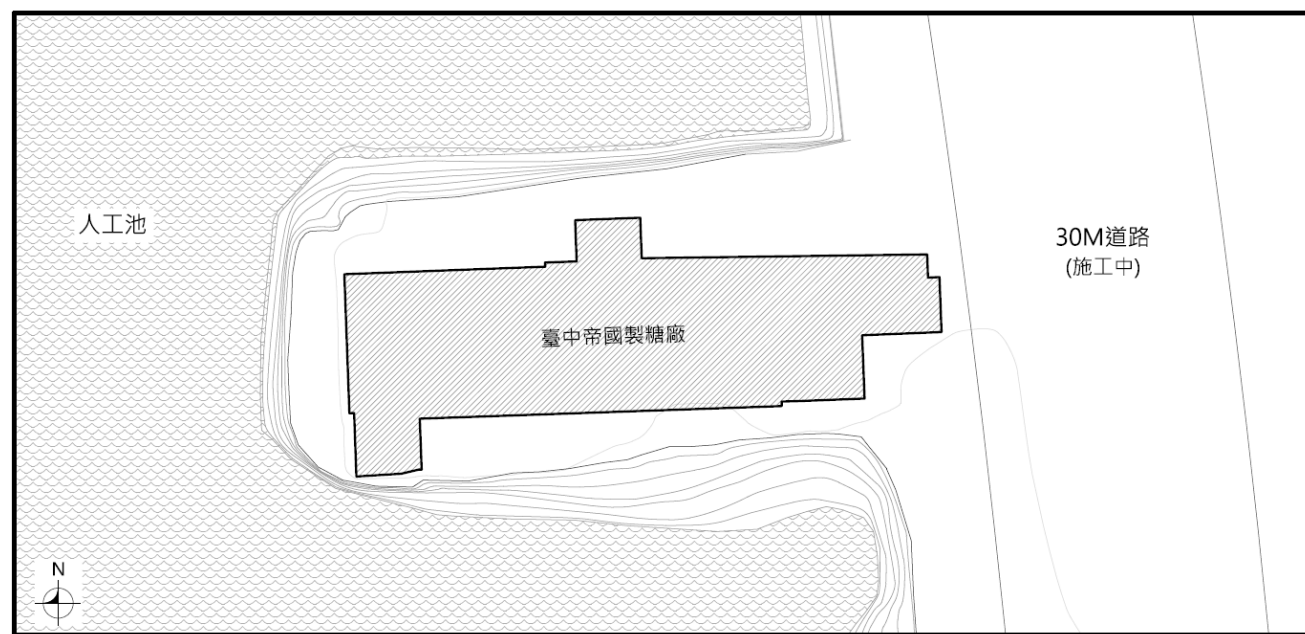
第五章 結構耐震說明及因應對策

第一節 建築現況概述及結構系統

(一) 建築物現況概述

臺中帝國製糖廠位於臺中市東區，為臺中糖廠原址廠區內僅存之日治時期建築物，【圖 5-1】為其現況配置圖。本案建築物座南朝北，東側為都市計畫細部設計之 30 公尺道路，目前正處於施工階段；而建築物北側、西側及南側則均為人工水池所圍繞，其中又以建築物之西南側最臨近水池邊坡，最近距離約 0.7m。

本案基地內之人工水池為民國 89 年中華城大型購物中心工程所開挖，後因故停工而形成現況之地貌環境，如【照 5-1】、【照 5-2】所示。



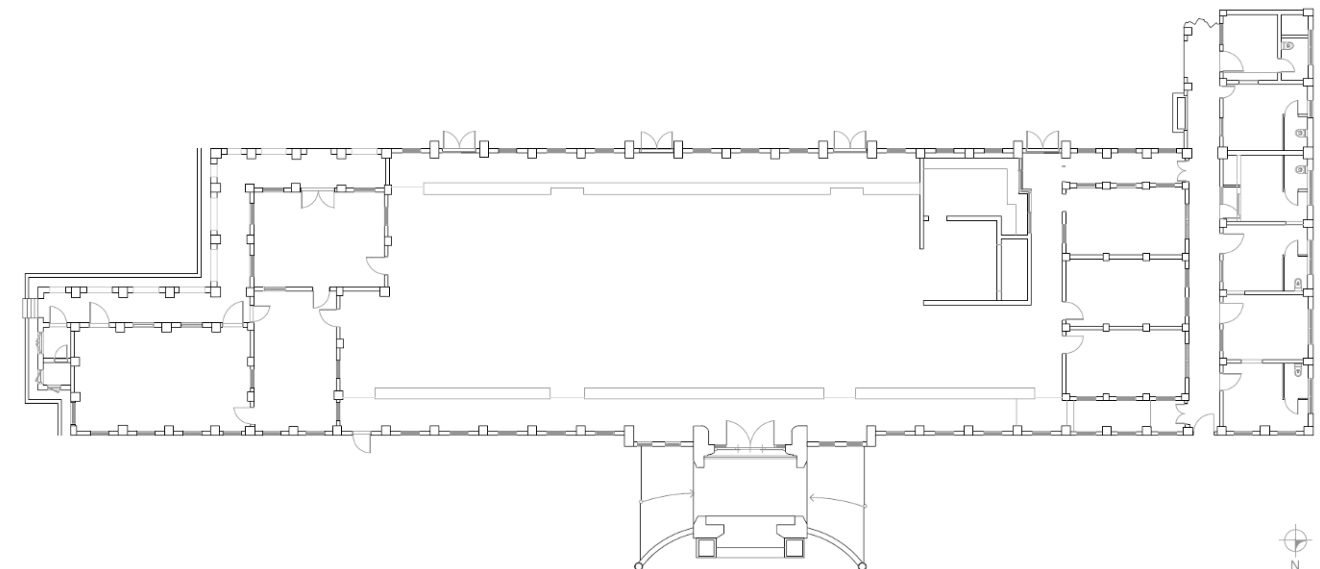
【圖 5-1】現況配置圖



【照 5-1】人工水池 (建築物北側)



【照 5-2】人工水池 (建築物南側)

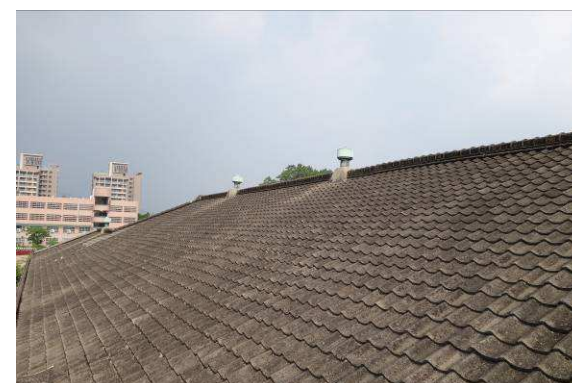


【圖 5-2】臺中帝國製糖廠現況平面圖

(二) 結構系統

臺中帝國製糖廠之結構主體由屋架、RC 柱樑、牆體以及基礎所構成。其屋頂型式主要為「寄棟造」，屋瓦為水泥瓦【照 5-3】，屋架則屬西式之芬克式 (Fink Truss) 鋼構屋架【照 5-4】，為支撐及承受屋頂載重作用之主要構架。屋架構件係以 L 型及 2L 型角鋼為單元並以鋼板及鉚釘接合【照 5-5】，上方之桁條、椽木及屋面板則為木構件【照 5-6】。

本案主要空間之屋架每榀跨距約為 14.30 m，高約 3.68 m，且在縱向以交叉拉桿於斜面及水平面將各屋架拉繫住，以提升屋架整體之縱向穩定性，防止屋架面外破壞及傾倒。



【照 5-3】臺中帝國製糖廠之寄棟造屋頂



【照 5-4】芬克式 (Fink Truss) 鋼構屋架



【照 5-5】屋架鋼構件以鋼板及鉚釘接合



【照 5-6】桁條、桷木及屋面板

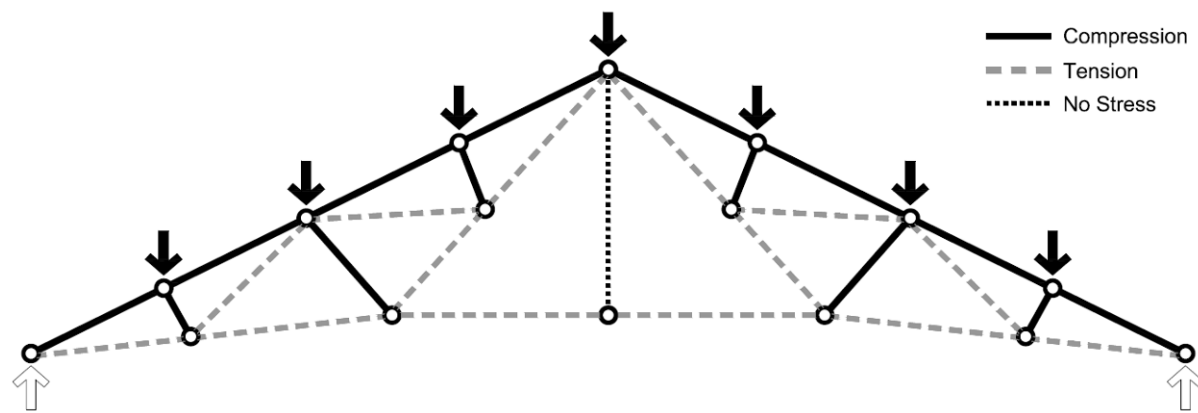


【照 5-7】長向之 RC 柱



【照 5-8】RC 柱樑及牆體

在此，當屋架承受垂直力作用時，其力學行為於理論上各個構材應僅有軸向壓力與軸向拉力。其中上弦桿受壓，下弦桿受拉，而中間之立柱依結構學之理論屬零力桿，並不承受任何力量，如【圖 5-3】所示。但下方垂吊天花時，中央之立柱則產生了懸吊水平大料的作用，可避免水平大料因承受過多的天花載重而變形，此時該構件則承受拉力。



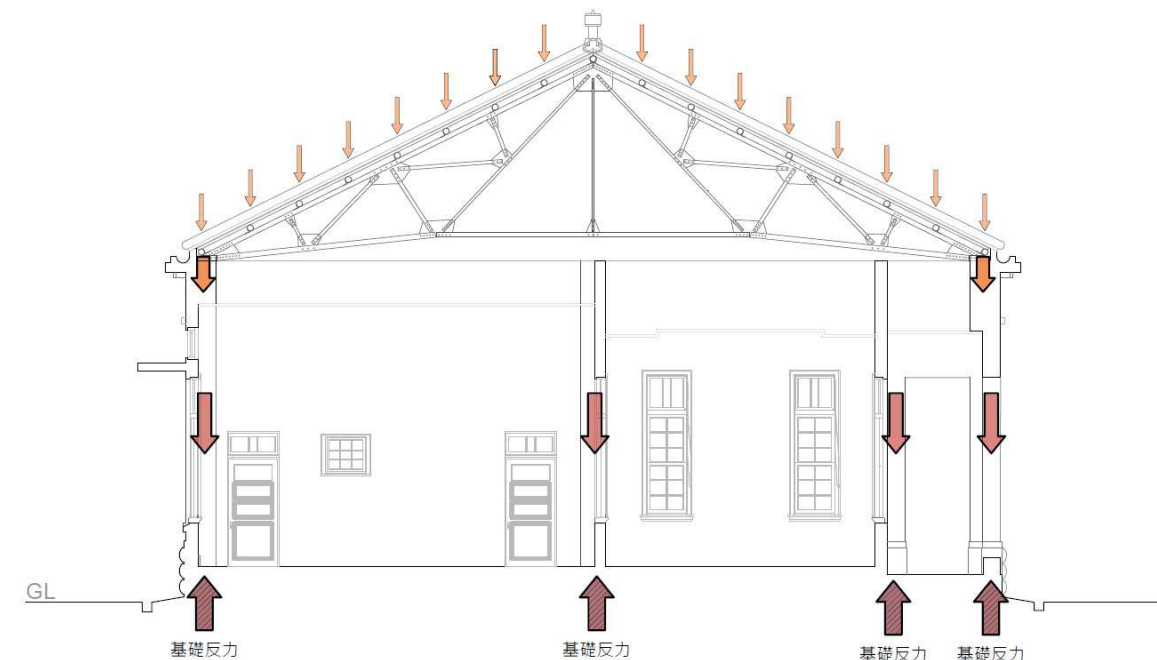
【圖 5-3】臺中帝國製糖廠 - 芬克式屋架於垂直力作用下之桿件內力圖

本案 RC 柱在長向以約 2.55m 之柱距排列【照 5-7】，短向則約 1.82m~3.71m 不等，並與上方之 RC 樑將牆體圍塑【照 5-8】。當建築物承受外力時，即透過 RC 柱樑構架來進行傳遞。牆厚則分別為 20cm、24cm 及 27cm 等，且亦可提供抵抗水平作用力之能力。基礎則做為上部建築物的支承並將載重傳遞到土壤。

臺中帝國製糖廠為 RC 構造，結構主要為基礎、RC 柱樑、牆體及屋頂所構成。其結構系統之傳力機制如下：

1. 垂直載重傳遞機制

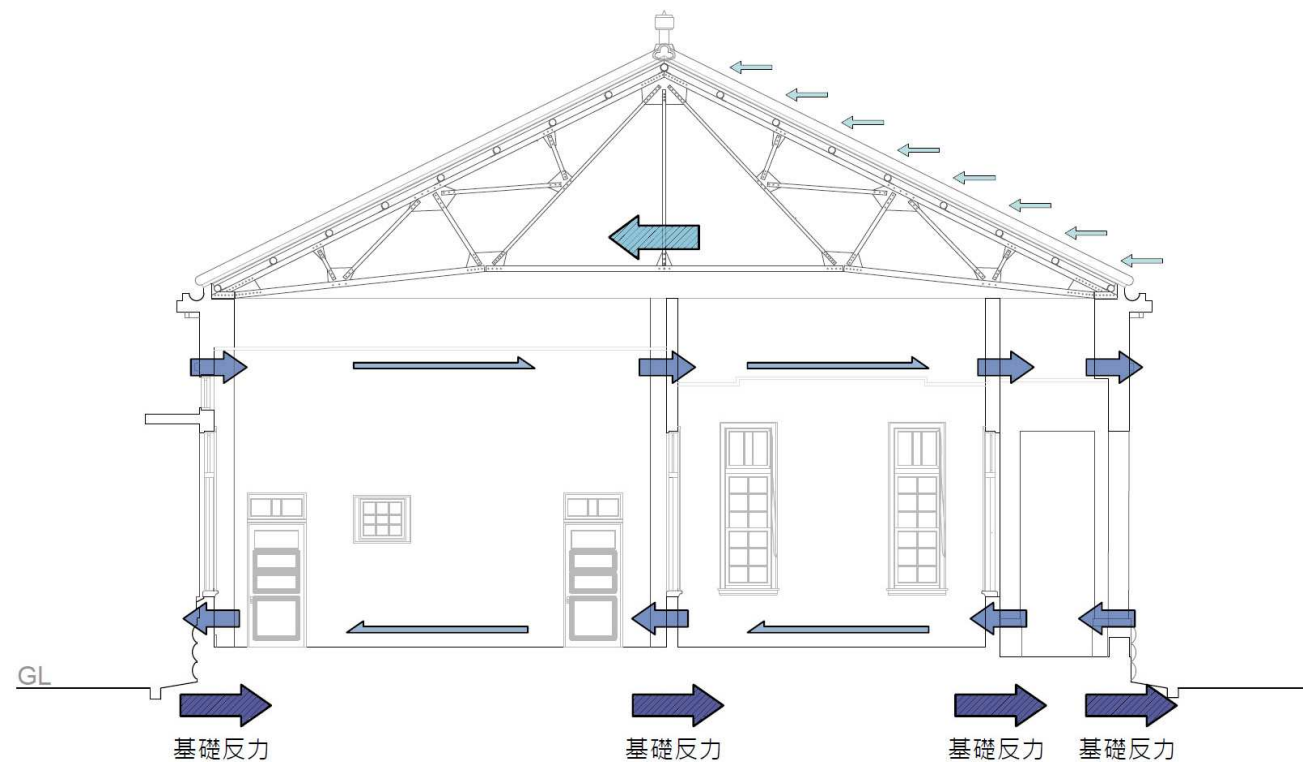
建築物的垂直載重包括結構與構造物之自重、以及人員與活動設備物之活載重。在垂直力的傳遞上，屋瓦、屋面板及桷木的重量由桁條所承擔，並經由鋼構屋架將屋頂重量傳遞到兩端的 RC 樑，這些重量再分配給 RC 柱及牆體，再傳遞到柱子下方之基礎，最後由基礎承擔建築物的載重，並將力量傳遞到土壤。垂直力傳遞機制示意圖如【圖 5-4】所示。



【圖 5-4】臺中帝國製糖廠 - 垂直力傳遞機制圖

2. 水平載重傳遞機制

水平載重主要是由地震力造成，而地震力即是經由地表加速度的作用，對建築物產生之慣性力，且地震力的大小與質量成正比。本建築之結構系統主要是藉由 RC 柱及牆體之抗剪強度抵抗水平地震力，最後再傳遞至基礎，其力學的傳遞路徑依序為：屋頂→RC 柱樑構架、牆體→基礎。水平力傳遞機制示意圖如【圖 5-5】所示。



【圖 5-5】臺中帝國製糖廠 - 水平力傳遞機制圖

第二節 結構耐震安全評估方法

臺中帝國製糖廠屬一層 RC 構造之建築物，除 RC 柱樑構架可抵抗水平外力外，其牆體亦可提供抗剪強度。而本案屋架為鋼構之芬克式 (Fink Truss) 桁架，由於屋架除要承載上方桁條、椽條、屋面板及屋瓦等構件重量，尚還要負擔自重及天花的重量，因此需探討屋架在載重作用下，構件是否安全。故臺中帝國製糖廠的結構安全評估分為兩個部分：

(一) 鋼屋架承重結構安全評估。

(二) 結構體耐震結構安全評估。

以下即分別針對鋼構屋架、結構體之結構安全評估方式進行說明，且評估時假設鋼構屋架、RC 柱樑及牆體皆已依原樣修復完成。

(一) 鋼構屋架承重結構安全評估方法

臺中帝國製糖廠鋼構屋架之結構安全評估，即將靜載重及活載重之作用情況合併且考慮地震力及風力等短期作用力，並使用 Midas / Gen Ver.795 (2012V1.1)程式來進行分析，進而檢討屋架鋼構件之斷面應力是否合乎規定。

(二) 結構體耐震結構安全評估方法

本評估方式是以 475 年為回歸期設計地震(震度約 6 級以上)作用條件下，依其 I_s 值評估該建築物之耐震能力。耐震指標 I_s 計算方式如下：

$$\text{耐震指標 } I_s = E \times Q$$

其中， E 為基本耐震性能。即考量建築物重量及工址水平譜加速度，並計算結構底層各別抗橫力構材之強度，分為 RC 柱、磚牆及 RC 牆三種，將構材截面積，乘以其單位面積極限剪力強度，計算得出各別構材之強度後，將其加總則可得樓層之強度。再配合韌性容量之假設及根據現行規範之地震力計算方式，可以推得整體底層之耐震能力並給予基本之評分，即為「基本耐震性能」之評分。

Q 則為整體調整因子，即考量建築物之結構現況，如：平面及立面對稱性、變形程度、短柱嚴重性等項目，綜合評估求得其調整因子。將「基本耐震性能」與「整體調整因子」相乘，則可得建築物之「耐震指標」 I_s ，據以判斷其是否有耐震能力上之疑慮。

耐震能力判別方式如【表 5-1】所示：高於 100 分者，尚無耐震疑慮，應不至發生嚴重結構上之破壞，地震發生後僅需簡單修復即可繼續使用；80~100 分者，有耐震疑慮，耐震性之安全係數尚不符合耐震設計規範，仍有耐震性能不足的疑慮，其耐震能力之提升列為次優先對象；低於 80 分者，確有耐震疑慮，若有相當於 475 年回歸週期之地震發生時，將有嚴重損壞或倒塌之疑慮，應最優先進行耐震能力之確認，以避免地震發生時造成嚴重傷亡。

【表 5-1】耐震能力初步評估判別方式

80分 > I_s 值	80分 $\leq I_s$ 值 < 100分	100分 $\leq I_s$ 值
耐震能力-低	耐震能力-中	耐震能力-高
耐震能力頗為不足，確有耐震疑慮。	耐震能力有可能不足，有耐震上的疑慮。	目前尚無耐震疑慮

參考資料及規範：

建築技術規則（內政部營建署，2015）

建築物耐風設計規範及解說（內政部營建署，2014）

建築物耐震設計規範及解說（內政部營建署，2011）

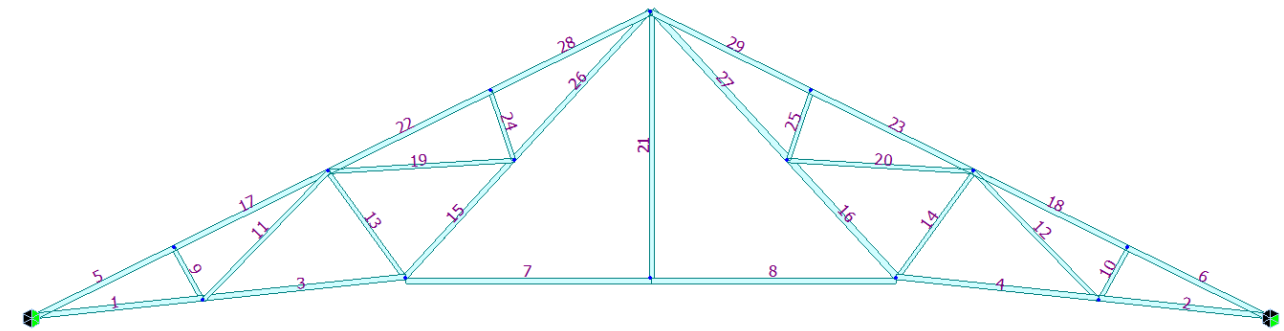
鋼構造建築物鋼結構設計技術規範（內政部營建署，2010）

第三節 結構耐震安全評估

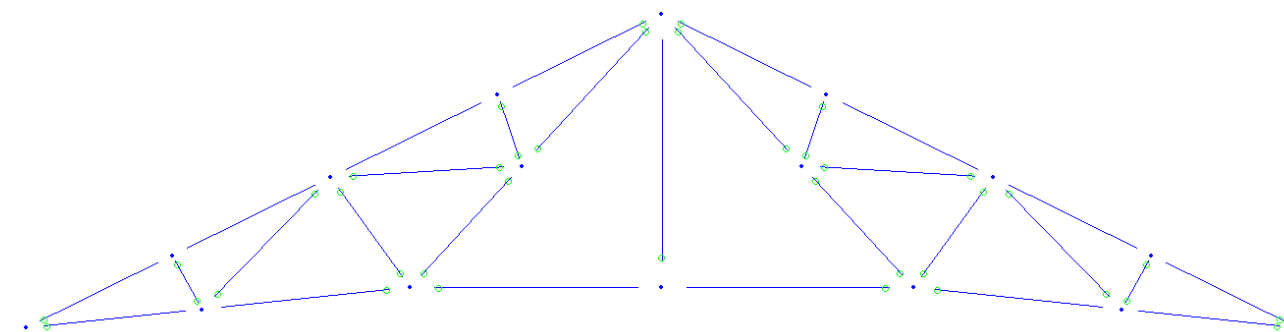
（一）鋼構屋架承重結構安全評估

臺中帝國製糖廠屋架為西式之芬克式（Fink Truss）鋼構屋架，每榀跨距約為 14.30 m，高則約 3.68 m。屋架構件係以 L 型或 2L 型角鋼為單元並以鋼板及鉚釘接合，上方之桁條、桷木及屋面板則均為木構件。

本案採用 Midas / Gen Ver.795 (2012V1.1) 程式來進行分析，進而檢討屋架鋼構件之斷面應力是否合乎規定。【圖 5-6】為分析模型桿件斷面性質設定；【圖 5-7】則為端點內力釋放設定情形。



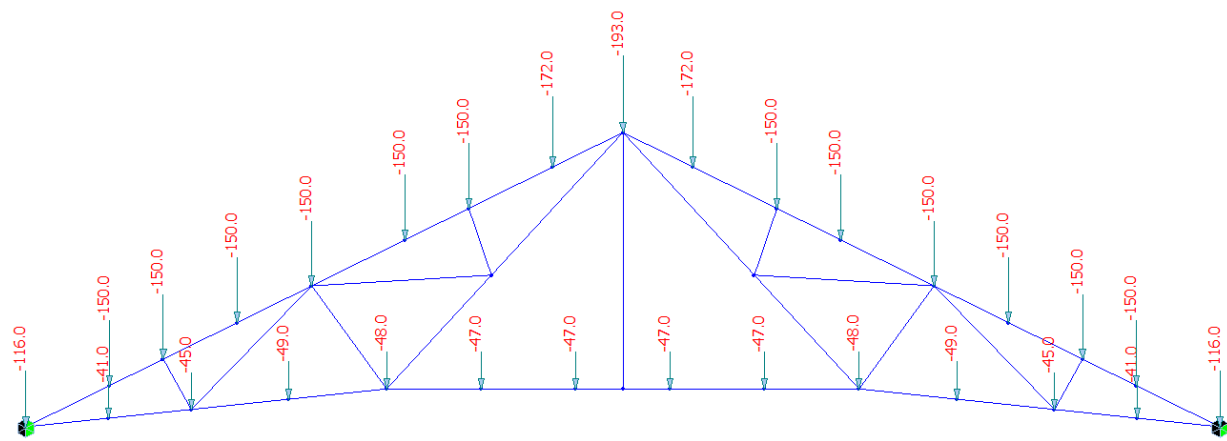
【圖 5-6】臺中帝國製糖廠屋架之桿件編號及斷面性質設定



【圖 5-7】臺中帝國製糖廠屋架之桿端彎矩釋放示意圖

1. 靜載重

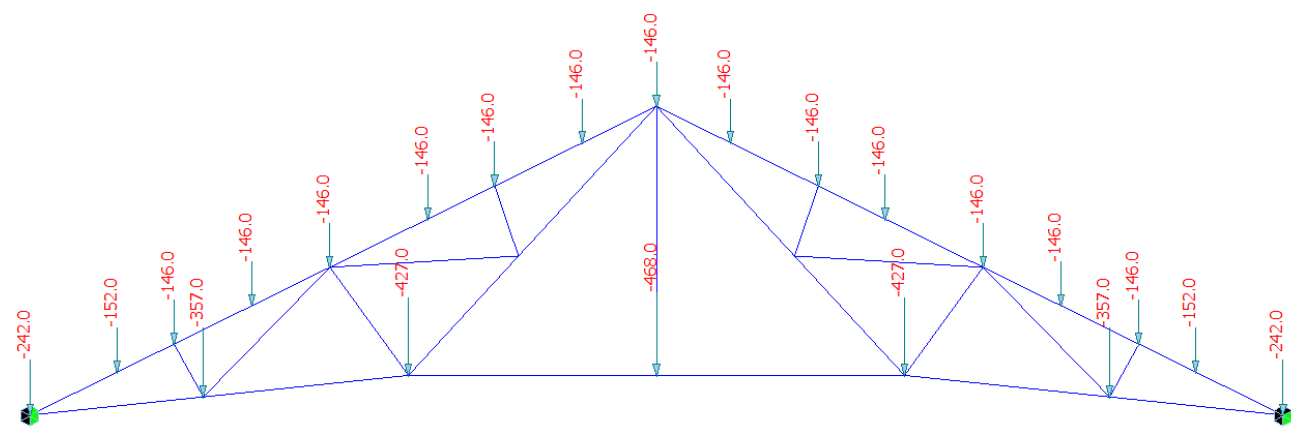
靜載重：依建築技術規則構造篇，水泥瓦之屋面單位重為 45 kgf/m²。假設屋頂(含椽條、掛瓦條、屋面板及屋瓦等)單位重 55 kgf/m²，且重量平均分攤於屋面上；而天花板單位重取 15 kgf/m²，作用於下弦桿之構件。分析時將上述載重，轉換成集中載重作用在屋架上。屋架靜載重之加載如【圖 5-8】所示。



【圖 5-8】臺中帝國製糖廠屋架之靜載重

2. 活載重

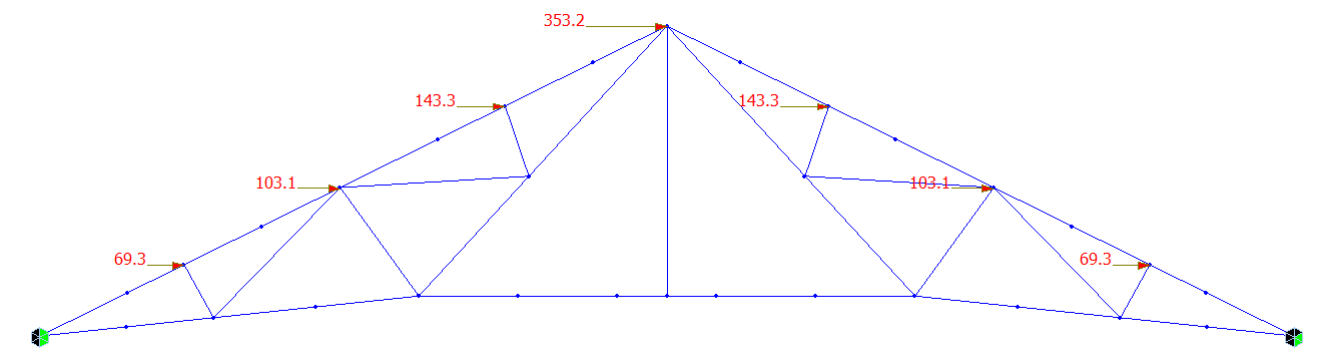
活載重：依建築技術規則規定，不作用於之斜屋頂，且載重面積(水平投影面)在 60 m² 以上者，其水平投影面之活載重每平方公尺不得小於 60 kgf/m²。將計算結果之活載重，轉換成作用在屋面結點上之作用力，且維修之活載重亦以相同之荷重計，並作用於下弦節點。屋架活載重之加載如【圖 5-9】所示。



【圖 5-9】臺中帝國製糖廠屋架之活載重

3. 靜力分析法規地震力

臺中帝國製糖廠之法規地震力計算依據現行耐震設計規範計算求得，最大水平地震力係數 $C_s = 0.352$ 。並於模型中加載地震力，如【圖 5-10】所示。



【圖 5-10】臺中帝國製糖廠屋架之地震力設定(Ex)

4. 法規風力計算

建築物抗風設計依據內政部 96 年 1 月 1 日「建築物耐風設計規範及解說」，進行結構體受風力作用下之分析與校核。

◆ 基地受風條件

本案基地座落於台中市東區，基本設計風速 $V_{10}(C) = 32.5$ m/sec，(規範第 2.4 節)，地況種類保守採地況 C(規範第 2.3 節)，地況相關參數如下表所示(規範表 2.2)：

地況	α	z_g (m)	\bar{b}	c	l(m)	$\bar{\epsilon}$	z_{min} (m)
C	0.15	300	0.94	0.20	152	0.20	4.5

◆ 建築物用途係數

屬第三類建築物，供公眾使用之建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。(規範第 2.5 節)

◆ 建築物高寬尺寸

建築物平均屋頂高度(h) = 8.158 m ; GL 至牆頂高度(Z) = 6.086 m

建築物垂直於順風向之水平尺寸： B = 57.81 m。

建築物平行於順風向之水平尺寸： L = 15.04 m 。

◆ 建築物基本週期

臺中帝國製糖廠為一層鋼筋混凝土構造，其基本週期 T 依建築物耐震設計規範，可以下列經驗公式計算：

$$T = 0.070h_n^{3/4} \quad \text{【規範 式 2-9】}$$

其中 h_n 為基面至屋頂面高度，取中脊高與屋簷高之平均為 8.158m。

$$T = 0.070h_n^{3/4} = 0.070 \times 8.158^{3/4} = 0.338s$$

$f_n = 1/T = 2.959 \geq 1Hz$; 屬普通建築物。

由於臺中帝國製糖廠不符合開放式建築物或部分封閉式建築物的定義，故建築物風力以封閉式普通建築物計算設計風壓。

◆ 設計風壓計算

$$\text{設計風壓} : p = qGC_p - q_i (GC_{pi}) \quad \text{【規範 式 2.1】}$$

其中迎風面牆之外風速壓 $q=q(z)$,

背風面牆、側牆與屋頂之外風速壓 $q=q(h)$; $q_i=q(h)$

(a) 離地面 z 公尺高之風速壓： $q(z)=0.06K(z) K_{zt} [IV_{10} (C)]^2$ 【規範 式 2.6】

(b) 風速壓地況係數： $K(z)=2.774(z/z_g)^{2\alpha}$; $z > 5m$
 $K(z)=2.774(5/z_g)^{2\alpha}$; $z \leq 5m$ 【規範 式 2.7】

(c) 陣風反應因子： $G = 1.927 \left(\frac{1+1.7g_v I_z Q}{1+1.7g_v I_z} \right)$,
 普通建築物之 G 可取 1.77 【規範 式 2.9】

(d) 外風壓係數： C_p 【規範 表 2.4】

屋頂：風力垂直屋脊時， $h / L=0.542$ ，屋頂與水平面所夾的角度 $\theta=26^\circ$

迎風面 $C_p = -0.456$; 使用的風速壓= $q(h)$

背風面 $C_p = -0.7$; 使用的風速壓= $q(h)$

屋頂：風力平行屋脊時， $h / L=0.141$ ， $h / B=0.542$

迎風面 $C_p = -0.7$; 使用的風速壓= $q(h)$

背風面 $C_p = -0.7$; 使用的風速壓= $q(h)$

(e) 內風壓係數： GC_{pi} 【規範 表 2.17】

封閉式建築物 $GC_{pi} = +0.375$; -0.375

屋頂：迎風面 & 背風面 $p=q(h)GC_p - q(h)GC_{pi}$

其中， $q(h) = 0.06 \times [2.774 \times (8.158/300)^{2 \times 0.15}] \times 1 \times (1.1 \times 32.5)^2 = 72.14 \text{ kgf/m}^2$

順風向設計風壓之計算如【表 5-2】、【表 5-3】及所示。

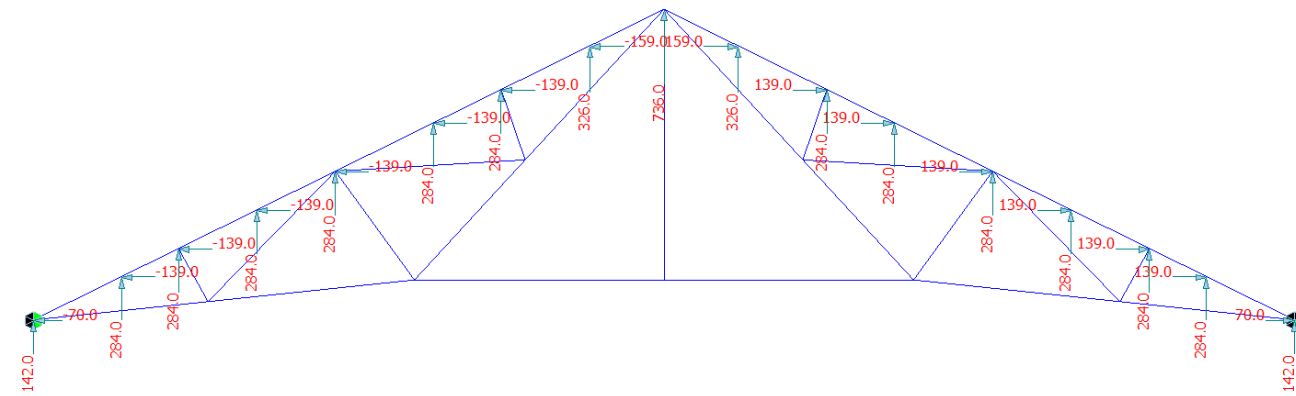
【表 5-2】順風向設計風壓 (內風壓係數 GC_{pi} 為正值)

風向	位置	風速壓 $q(h)$ kgf/m ²	外風壓係數 C_p	內風壓係數 GC_{pi}	設計風壓 kgf/m ²
垂直於屋脊	迎風面	72.14	-0.456	0.375	-85.24
	背風面	72.14	-0.7	0.375	-116.43
平行於屋脊	迎風面	72.14	-0.7	0.375	-116.43
	背風面	72.14	-0.7	0.375	-116.43

【表 5-3】順風向設計風壓 (內風壓係數 GC_{pi} 為正負值)

風向	位置	風速壓 $q(h)$ kgf/m ²	外風壓係數 C_p	內風壓係數 GC_{pi}	設計風壓 kgf/m ²
垂直於屋脊	迎風面	72.14	-0.456	-0.375	-31.14
	背風面	72.14	-0.7	-0.375	-62.32
平行於屋脊	迎風面	72.14	-0.7	-0.375	-62.32
	背風面	72.14	-0.7	-0.375	-62.32

依各單元構架受風之負擔範圍將設計風壓轉換為節點載重並分別加載於構件節點上，如【圖 5-11】所示。在此，屋頂迎風面及背風面之設計風壓保守採用最大值，均為-116.43 kgf /m²。



【圖 5-11】臺中帝國製糖廠屋架之風力設定(WL)

5. 載重組合

本案依鋼構造建築物鋼結構設計技術規範(一)鋼結構容許應力設計法之規定，檢核下列之載重組合：

- D + L (2.2-1)
- D + 0.75(L ± 1.25W) (2.2-2)
- D + 0.75(L ± 0.8E) (2.2-3)
- 0.7D ± 1.25W (2.2-4)
- 0.7D ± 0.8E (2.2-5)

D = 靜載重，結構物構件重量及永久附加物重量。

L = 活載重，包括室內人員、傢俱、設備、貯存物品、活動隔間等。

W = 風力載重，依據「建築物耐風設計規範及解說」之規定。

E = 地震力載重，依據「建築物耐震設計規範及解說」之規定，惟其中之起始降伏地震力放大係數 α_y 取 1.0。

6. 檢核結果

臺中帝國製糖廠鋼構屋架檢核結果如【圖 5-12】~【圖 5-17】所示。所有構件強度檢核之應力比(外力造成之應力與構件強度之比值)皆小於 1，強度符合規範要求，顯示原設計斷面屬合理安全，不需補強。

TWN-ASD96 Code Checking Re... - □ ×

Code : TWN-ASD96 Unit : ksf , cm

Sorted by Member Property Change... Update...

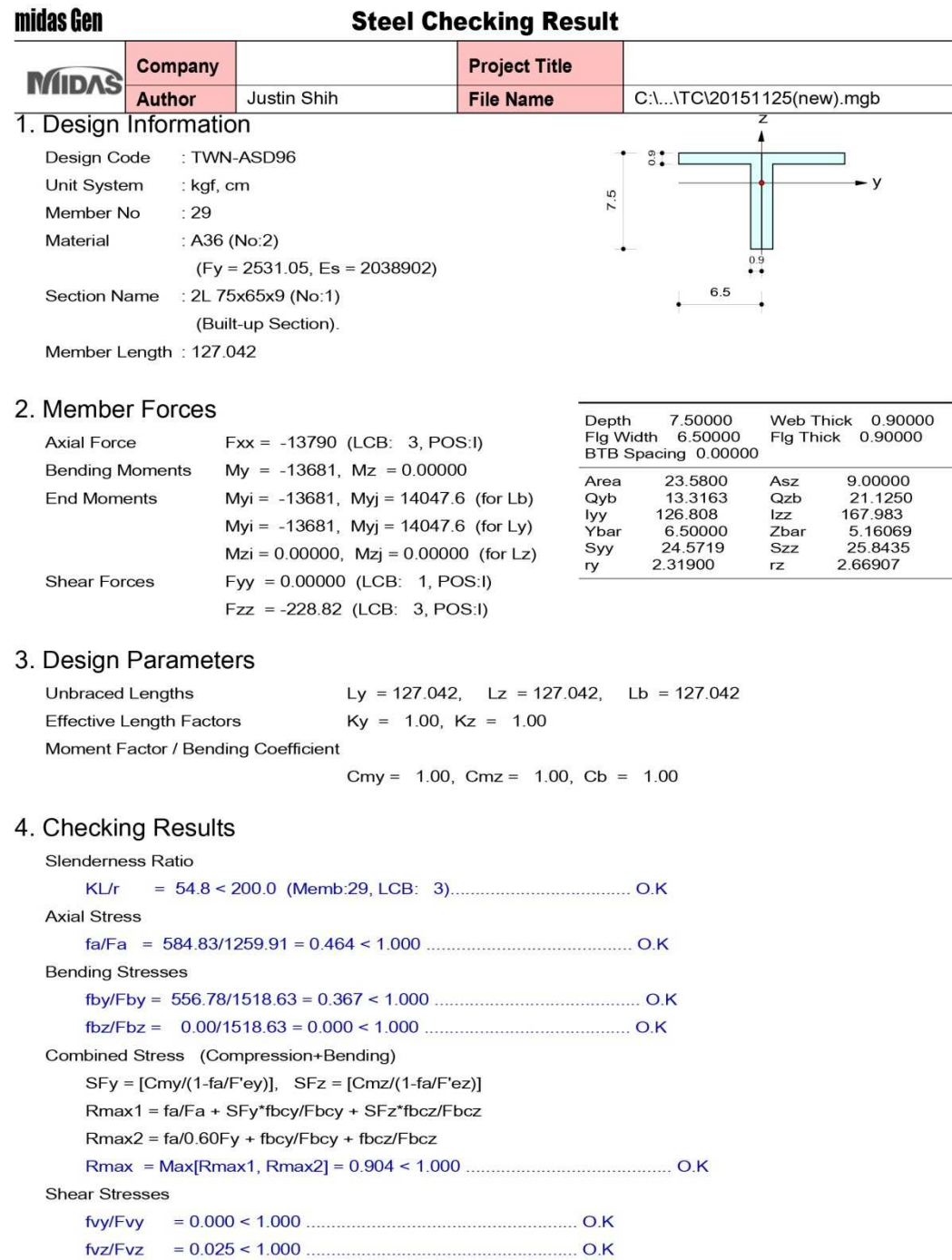
CH K	MEMB COM	SECT SHR	SE L	Section	
				Material	Fy
OK	29	1	<input type="checkbox"/>	2L 75x65x9	
	0.904	0.025		A36	2531.05
OK	3	2	<input type="checkbox"/>	2L 75x65x9	
	0.441	0.005		A36	2531.05
OK	47	3	<input type="checkbox"/>	L 65x10	
	0.908	0.020		A36	2531.05
OK	37	4	<input type="checkbox"/>	L 75x65x9	
	0.807	0.004		A36	2531.05
OK	21	5	<input type="checkbox"/>	L 50x6	
	0.570	0.001		A36	2531.05

Connect Model View View Result Ratio...

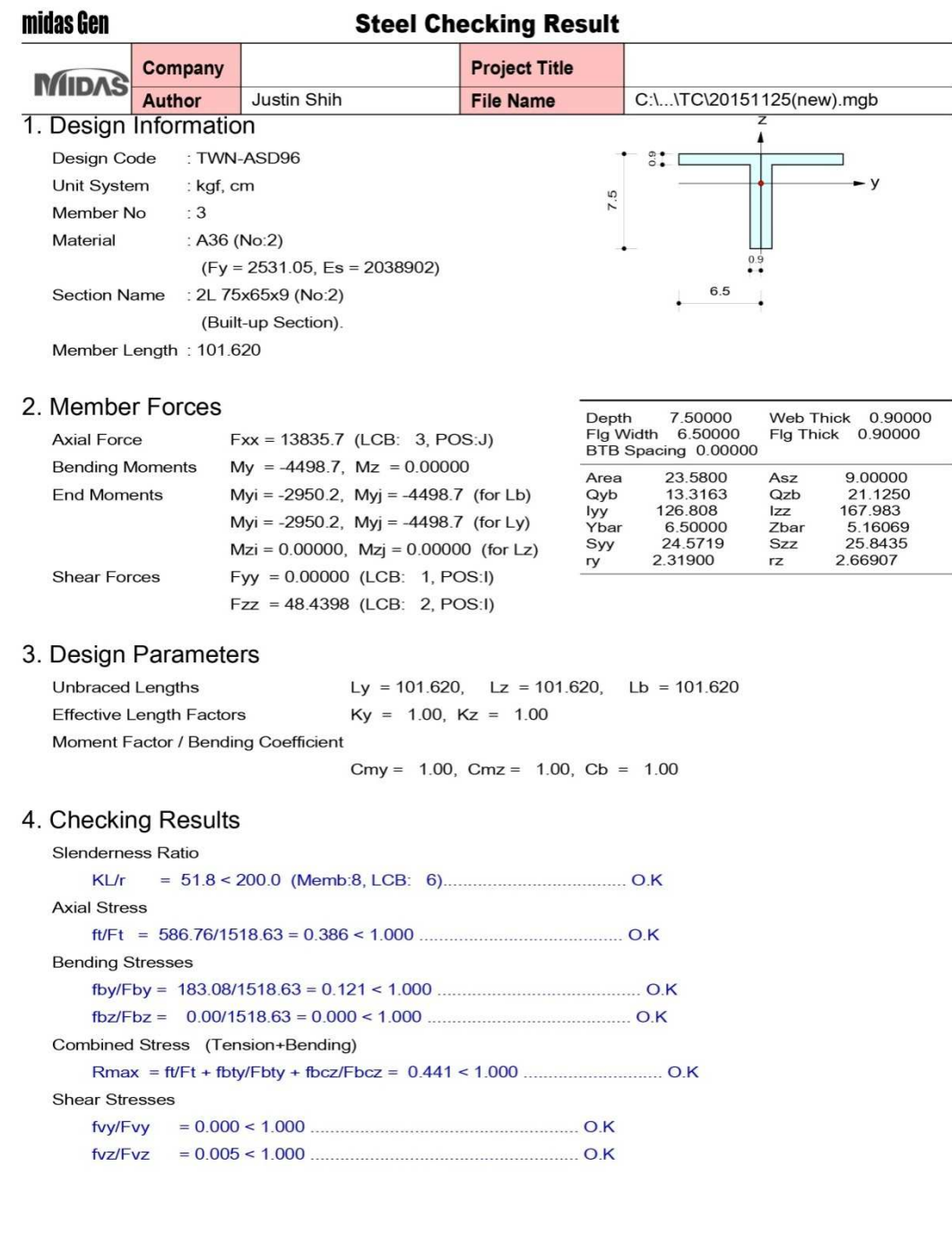
Select All Unselect All Re-calculation >>

Graphic... Detail... Summary... Close

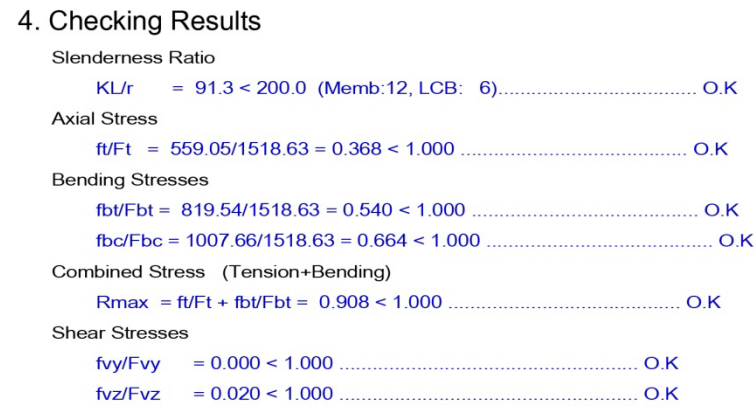
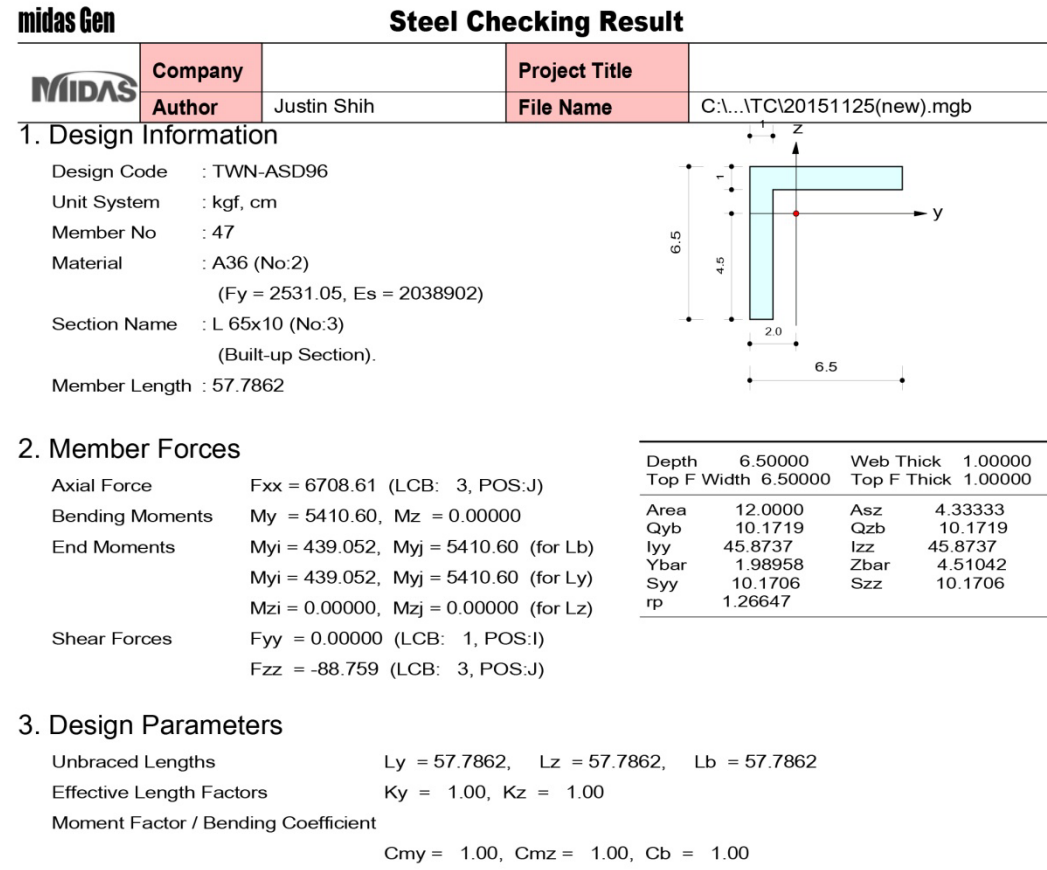
【圖 5-12】臺中帝國製糖廠鋼構屋架各構件之最大應力比



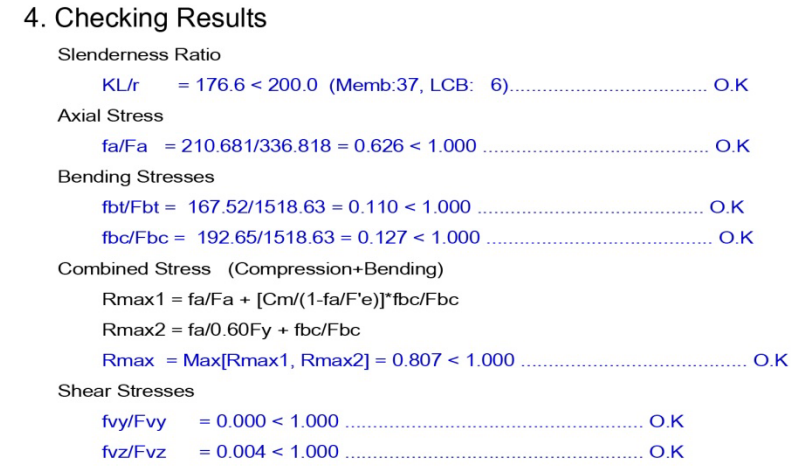
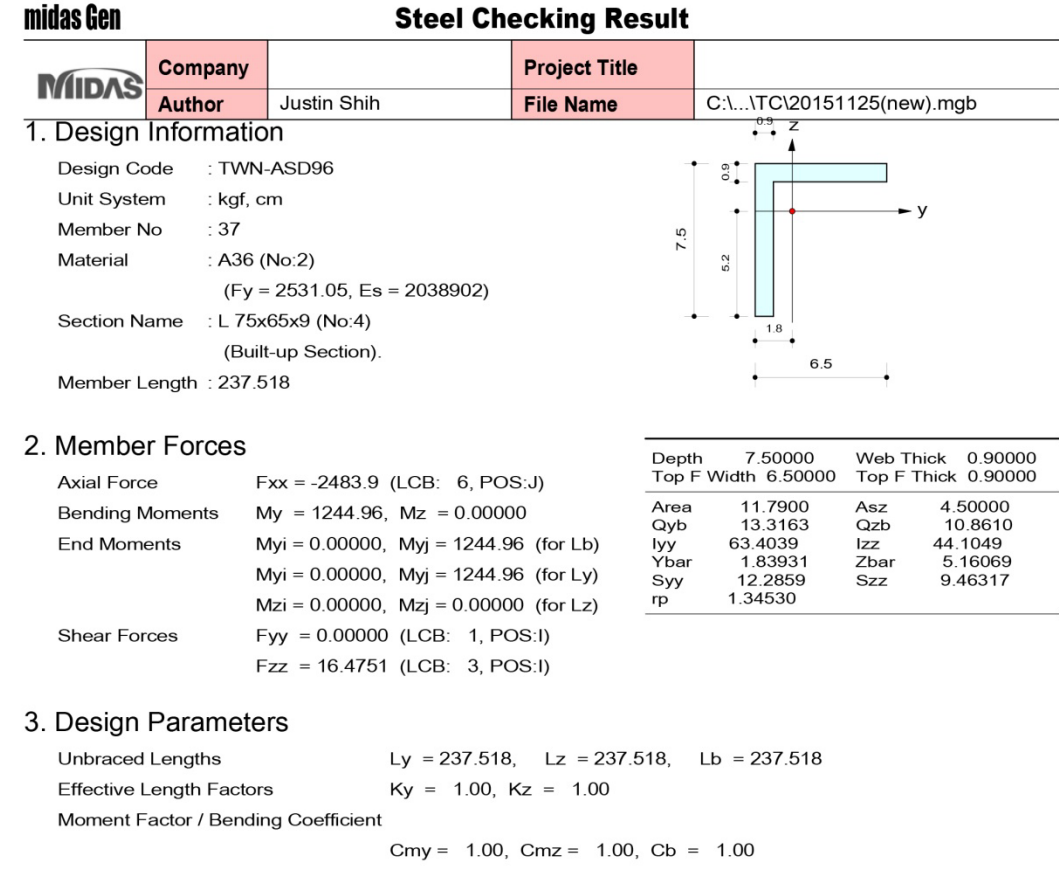
【圖 5-13】臺中帝國製糖廠鋼構屋架構件檢核結果 (上弦桿 2L 75×65×9)



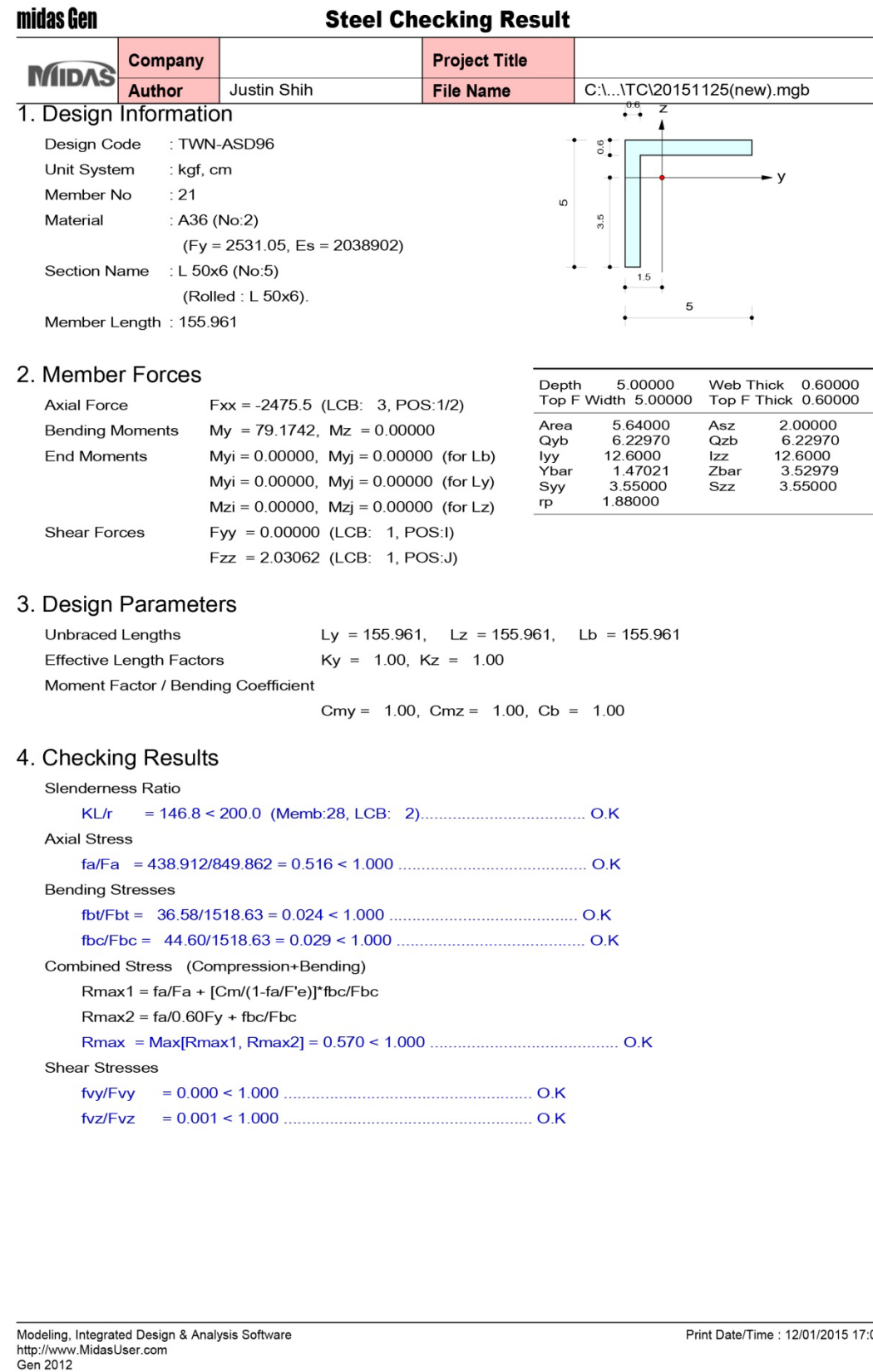
【圖 5-14】臺中帝國製糖廠鋼構屋架構件檢核結果 (下弦桿 2L 75×65×9)



【圖 5-15】臺中帝國製糖廠鋼構屋架構件檢核結果 (下弦桿 L 65×10)



【圖 5-16】臺中帝國製糖廠鋼構屋架構件檢核結果 (L 75×65×9)



【圖 5-17】臺中帝國製糖廠鋼構屋架構件檢核結果 (L 50x6)

(二)屋架木桁條結構安全檢核

1. 材料性質

臺中帝國製糖廠屋架木桁條之斷面尺寸為直徑 14cm 及 15cm，分析時保守取 d=14 cm。木桁條之斜面最大間距為 116cm；水平投影間距則為 90.4cm。跨距取最大值 269cm。

$$\text{斷面積 } A = \pi \times \left(\frac{14}{2}\right)^2 = 153.94 \text{ cm}^2, \text{ 斷面模數 } S = \frac{\pi \times d^3}{32} = \frac{\pi \times (14)^3}{32} = 269.39 \text{ cm}^3.$$

材料之容許抗彎強度 f_b 為 75 kgf /cm²

平行木紋容許抗剪強度 f_s 為 6 kgf /cm²

2. 結構分析

靜載重均佈力 $w_D = 55 \times 1.16 + 600 \times (0.07 \times 0.07 \times \pi) = 73.04 \text{ kgf/m}$

活載重均佈力 $w_L = 60 \times 0.904 = 54.24 \text{ kgf/m}$

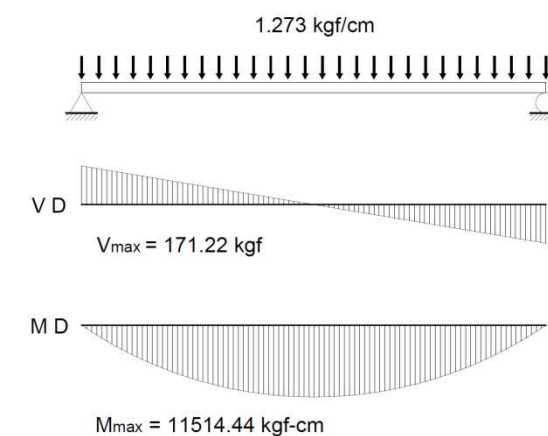
$w = w_D + w_L = 73.04 + 54.24 = 127.28 \text{ kgf/m} = 1.273 \text{ kgf/cm}$

樓板樑所受彎矩 M 為：

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{1.273 \times (269)^2}{8} = 11514.44 \text{ kgf-cm}$$

樓板樑於兩側支承端所受剪力 V 為：

$$V = \frac{wl}{2} = \frac{1.273 \times 269}{2} = 171.22 \text{ kgf}$$



【圖 5-18】臺中帝國製糖廠屋架木桁條結構受力、剪力、彎矩圖

3. 撓曲應力檢核

受彎構材之斷面依下式計算：

$$\frac{M}{Z_e} \leq f_b \times C_f \quad (\text{規範 5.14})$$

式中 M：設計用彎矩 (kgf . cm)
 f_b：容許撓曲應力 (kgf/cm²)
 Z_e：有效斷面模數 (cm³)
 C_f：尺寸調整係數 (梁深 30cm 以下，取 1.00)

臺中帝國製糖廠屋架木桁條之斷面均小於 30cm，故尺寸調整係數 C_f=1.00。

$$f_b \times C_f = 75.0 \times 1.00 = 75 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\frac{M}{Z_e} = 11514.44/269.39 = 42.74 \text{ kgf/cm}^2 \leq 75 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{O.K.}$$

4. 剪應力檢核

受彎構材之剪應力依下式計算：

$$\frac{\alpha Q}{A_e} \leq f_s \quad (\text{規範 5.17})$$

式中 α：由斷面形狀決定之，矩形取 3/2，圓形取 4/3。
 Q：剪力 (kgf)
 f_s：容許剪應力 (kgf/cm²)，受彎構材支點處無切口時，其容許剪應力可採用不會劈裂所對應之值 (1.5 倍)。
 A_e：有效斷面積。

$$\frac{\alpha Q}{A_e} = \frac{4}{3} \times \frac{171.22}{153.94} = 1.48 \text{ kgf/cm}^2 \leq 6 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{O.K.}$$

5. 評估結果

根據評估結果可知，在靜載重與活載重同時作用之條件下，臺中帝國製糖廠屋架之木桁條受之最大撓曲應力及剪應力均小於容許應力，故其構材斷面符合規範之要求。

(三) 結構體耐震結構安全評估

1. 建築物基本資料

(1) 建築 GPS 座標：N24.1378495040298, E120.692145229014

(2) 建築位置：臺中市東區泉源里樂業路旁

(3) 基地地盤種類：

因查無相關鑽探資料，因此採較保守之假定，以第三類地盤評估。

(4) 結構物基本振動週期：

依現行耐震設計規範之規定，採鋼筋混凝土建築物之振動週期 $0.070h_n^{3/4}$ 計算，本棟建築物屋頂高度為 10.23m，其計算之基本振動週期為 0.241 秒。

(5) 工址短週期與一秒週期水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1}

依現行耐震設計規範，臺中市東區震區短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數 S_S^D 與 S_1^D 分別為 0.8 與 0.45。第三類地盤短週期結構之工址放大係數 F_a 為 1.0，長週期結構之工址放大係數 F_v 為 1.5。然而，由於本案臨近車籠埔斷層，故工址短週期與一秒週期設計水平譜加速度係數 S_{DS} 與 S_{D1} 尚需考慮近斷層效應，並依下式計算：

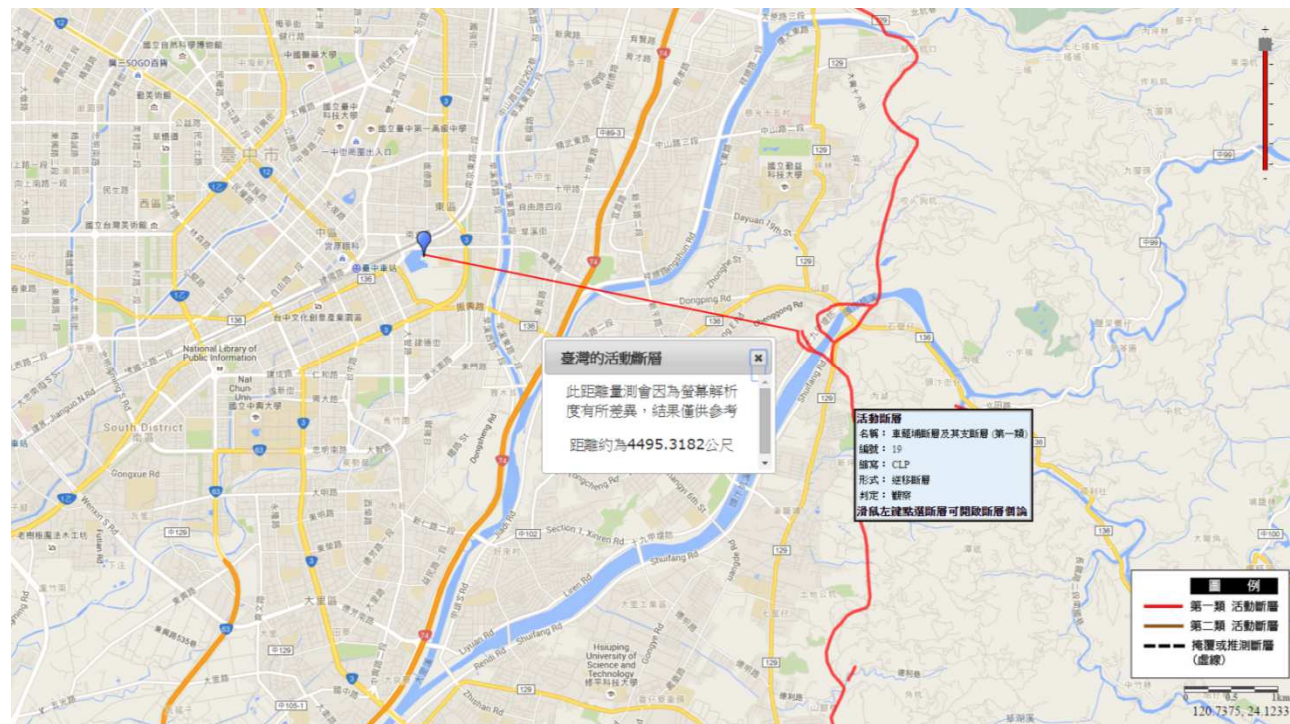
$$S_{DS} = S_S^D F_a N_A \quad ; \quad N_A \geq 1.0 \quad \text{【規範 式 2-6】}$$

$$S_{D1} = S_1^D F_v N_V \quad ; \quad N_V \geq 1.0 \quad \text{【規範 式 2-7】}$$

根據經濟部中央地質調查所之網頁查得【圖 5-19】，本案距車籠埔斷層 $2\text{km} < r \leq 5 \text{ km}$ 。故其反應譜等加速度與等速度段之近斷層調整因子 N_A 與 N_V 分別為 1.16 及 1.32。因此 S_{DS} 與 S_{D1} 分別為：

$$S_{DS} = S_S^D F_a N_A = 0.8 \times 1.0 \times 1.16 = 0.928$$

$$S_{D1} = S_1^D F_v N_V = 0.45 \times 1.5 \times 1.32 = 0.891$$



【圖 5-19】活動斷層 GIS 查詢

工址設計水平譜加速度係數 S_{aD} ，以建築物基本振動週期 T 以及短週期與中長週期之分界 T_0^D 可查規範表 2-5(a) 如下：

$$\text{短週期與中長週期之分界 } T_0^D = S_{D1} / S_{DS} = 0.891 / 0.928 = 0.960 \text{ s}$$

S_{DS}	S_{D1}	$T_0^D = S_{D1} / S_{DS}$	較短週期	短週期	中週期	長週期
			$T \leq 0.2 T_0^D$	$0.2 T_0^D \leq T \leq T_0^D$	$T_0^D < T \leq 2.5 T_0^D$	$2.5 T_0^D < T$
0.928	0.891	0.960	$S_{aD} = S_{DS}(0.4 + 3\pi T_0^D)$	$S_{aD} = S_{DS}$	$S_{aD} = S_{D1} / T$	$S_{aD} = 0.4 S_{DS}$

臺中帝國糖廠之基本振動週期 T 為 0.241 秒，

$$0.2 T_0^D = 0.1920 \text{ s} \leq T \leq T_0^D$$

屬於短週期，工址設計水平譜加速度係數 $S_{aD} = S_{DS} = 0.928$

綜合上述，建築物基本資料如【表 5-4】：

【表 5-4】建築物基本資料

建築物名稱		臺中帝國製糖廠	
建築物位置		臺中市東區泉源里樂業路旁	
475 年設計地震	SDS	0.928	
	SDI	0.891	
GPS 座標	N	24.1378495040298	
	E	120.692145229014	
興建年度		西元 1935 年	

2. 調整因子調查項目

(1) 平面及立面對稱性

本棟建築物為一層樓高，主要空間尚屬對稱，惟東北及西南側尚有副廠長室及衛浴空間。故平面與立面對稱性較差，調整因子取 0.95。

(2) 軟弱層顯著性

本棟建築物於 X 向及 Y 向均無軟弱層，調整因子取 1.0。

(3) 裂縫鏽蝕滲水程度

結構體大致良好，無明顯之裂縫損壞，除東側辦公室之門開口有水平裂縫外，僅於部份開口部發現輕微之角隅裂縫。本建物滲水情形較嚴重，牆體表面之粉刷層也因此受潮產生劣化進而剝落，明顯可見於南、北兩側室內牆面、東側及西南側辦公室之室內牆面、東南側外廊之廊柱及牆體；另於西南側端部之 RC 柱，其外側混凝土有破損及鋼筋外露鏽蝕情形；而於東側辦公室天花板上方之 RC 柱及牆體則有人為敲除的痕跡。綜上所述，調整因子取 0.9。

(4) 變形程度

現況良好，並無發現明顯變形，調整因子取 1.0。

(5) 平面耐震性

本案建築物面寬約為 64.58m，進深平均為 21.93m。其中，於南北向(Y 向)及東西向(X 向)，均有數排柱列，贅餘度甚高，故其平面耐震性能較佳，惟於中央空間柱列較少，調整因子保守取 1.1。

(6) 短柱嚴重性

本案開口與 RC 柱間均設置有翼牆，故無短柱情形，調整因子取 1.0。

綜合上述六項調整項目，本棟調整因子 QX 為 0.9405，QY 為 0.9405，如下表：

【表 5-5】臺中帝國糖廠調整因子調查項目表

項目	說明 (X：東西向；Y:南北向)	方向性	因子	
			X 向 (qxi)	Y 向 (qyi)
平面及立面對稱性	■差(0.95) □尚可(1.0) □良(1.05)	X=Y	0.95	
軟弱層顯著性	X □2/3 以上牆體中斷(0.8) □1/3 至 2/3 之牆體中斷(0.9) ■1/3 以下之牆體中斷(1.0)	X≠Y	1.0	1.0
	Y □2/3 以上牆體中斷(0.8) □1/3 至 2/3 之牆體中斷(0.9) ■1/3 以下之牆體中斷(1.0)			
裂縫銹蝕滲水等程度	■嚴重(0.9) □少許 (0.95) □無(1.0)	X=Y	0.9	
變形程度	□嚴重(0.9) ■無(1.0)	X=Y	1.0	
平面耐震性	X □雙走廊且廊外有柱(1.2) ■單走廊且廊外有柱或中間走廊(1.1) □廊外無柱或其他(1.0)	X≠Y	1.1	1.1
	Y □雙走廊且廊外有柱(1.2) ■單走廊且廊外有柱或中間走廊(1.1) □廊外無柱或其他(1.0)			
短柱嚴重性	X □50%以上(0.9) ■50%以下(1.0)； 指窗台、氣窗造成之短柱現象	X≠Y	1.0	1.0
	Y □50%以上(0.9) ■50%以下(1.0)； 指窗台、氣窗造成之短柱現象			
調整因子 Q	Qx = qx1*qx2*...qx6 =	0.9405	Qy = qy1*qy2*...qy6 =	0.9405

3. 基本結構耐震性能調查項目

(1) 二樓(含)以上各樓層地板面積與樓層高度調查

本棟建築 X 向長 13.64m, Y 向寬 14.38m。二樓(含)以上各樓層地板面積與樓層高度如【表 5-6】：

【表 5-6】臺中帝國糖廠二樓(含)以上各樓層地板面積與樓層高度

各層樓之樓地板	樓地板面積(Ai) (m2)		樓層高度(Hi) (m)	
屋頂樓地板	1025.42		8.16	
總樓層數	NF=	1	總樓地板面積 Af	1025.42 (m2)
總樓層高度	H=Σ(Hi)=		8.16 (m)	
結構基本振動周期 T(s)=			0.241	
工址設計水平譜加速度 SaD			0.928	

(2) 一樓柱量之調查

臺中帝國糖廠含騎樓柱與一般柱，共計 106 根柱。各類柱斷面及根數如下：

騎樓柱 15 根，柱斷面共有 6 種形式，分別為：

C1 = 47 cm×51 cm (6 根)、C2 = 46.5 cm×49 cm (5 根)、C3 = 36 cm×45 cm (2 根)、
C4 = 52 cm×52 cm (1 根)、C5 = 83 cm×156 cm (1 根)、C6 = 160 cm×69 cm (1 根)。

一般柱 91 根，柱斷面共有 19 種形式，分別為：

C1 = 47 cm× 51 cm (1 根)、C2 = 46.5 cm× 49 cm (20 根)、
C3 = 36 cm× 45 cm (6 根)、C5 = 83 cm×156 cm (1 根)、
C6 = 160 cm× 69 cm (1 根)、C7 = 48 cm× 49 cm (8 根)、
C8 = 47 cm×39.5 cm (6 根)、C9 = 37 cm× 37 cm (10 根)、
C10 = 34 cm× 37 cm (11 根)、C11 = 46.5 cm×87 cm (8 根)、
C12 = 47 cm×106 cm (2 根)、C13 = 36.5 cm×53.5 cm (4 根)、
C14 = 47 cm× 47 cm (4 根)、C15 = 40 cm× 40 cm (1 根)、
C16 = 42 cm× 47 cm (3 根)、C17 = 52 cm× 61 cm (2 根)、
C18 = 40 cm× 53 cm (1 根)、C19 = 49.5 cm×56.5 cm (1 根)、
C20 = 50 cm× 50 cm (1 根)。

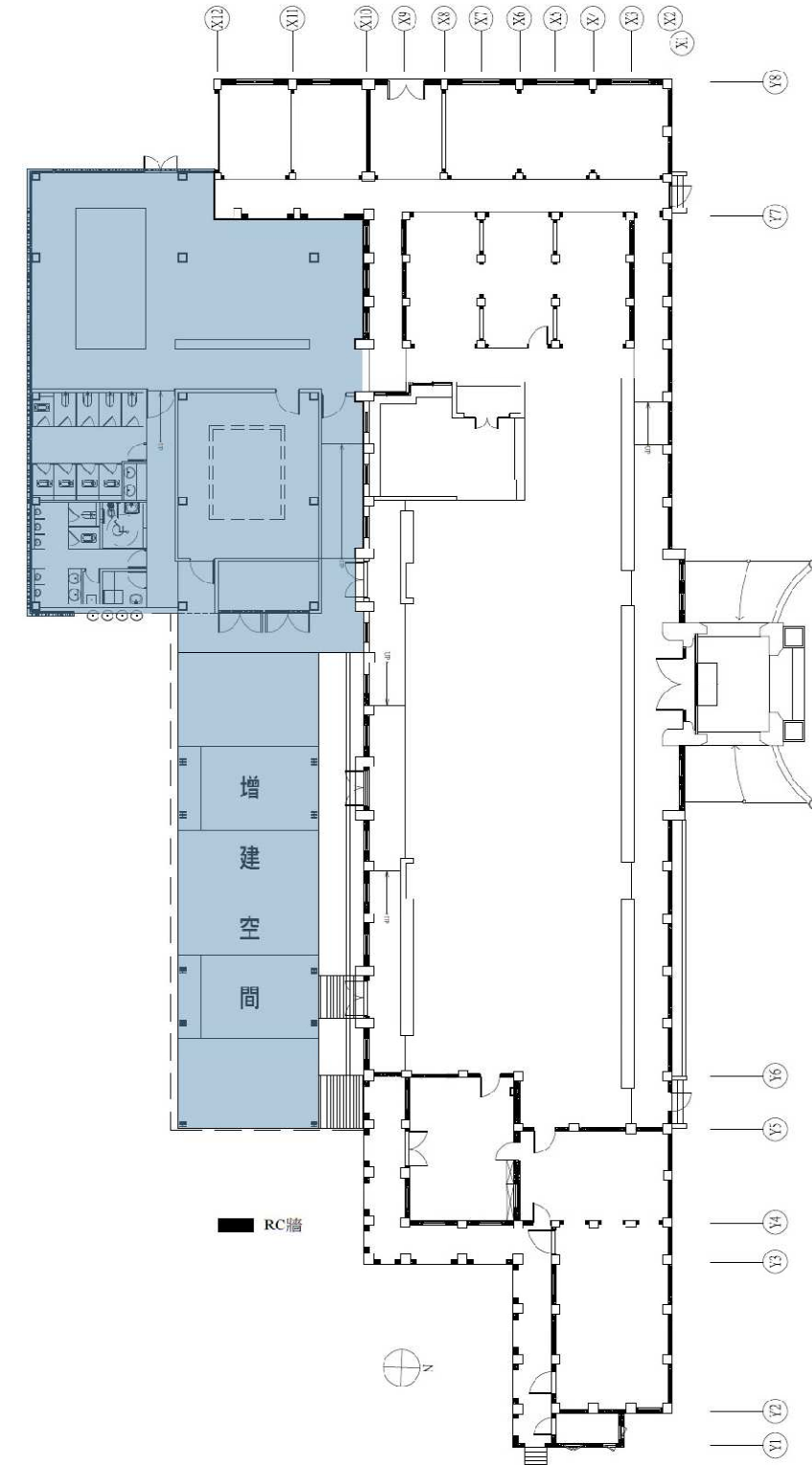
綜合上述，臺中帝國糖廠之一樓柱量及斷面積如【表 5-7】：

【表 5-7】臺中帝國糖廠一樓柱量及斷面積

柱類別	柱形式	柱尺寸(cm) (X*Y)	斷面積 (Asci)	根數 (Nci)	斷面積小計(cm ²) (Aci = Asc _i * N _{ci})	
騎樓柱	C1	47*51	2397	5	CorAci	11985
	C2	46.5*49	2278.5	5		11392.5
	C3	36*45	1620	2		3240
	C4	52*52	2704	1		2704
	C5	83*156	12948	1		12948
	C6	160*69	11040	1		11040
一般柱	C1	47*51	2397	1	ClaAci	2397
	C2	46.5*49	2278.5	20		45570.0
	C3	36*45	1620	6		9720
	C5	83*156	12948	1		12948
	C6	160*69	11040	1		11040
	C7	48*49	2352	8		18816
	C8	47*39.5	1856.5	6		11139
	C9	37*37	1369	10		13690
	C10	34*37	1258	11		13838
	C11	46.5*87	4045.5	8		32364
	C12	47*106	4982	2		9964
	C13	36.5*53.5	1952.75	4		7811
	C14	47*47	2209	4		8836
	C15	40*40	1600	1		1600
	C16	42*47	1974	3		5922
	C17	52*61	3172	2		6344
	C18	40*53	2120	1		2120
	C19	49.5*56.5	2796.75	1		2796.75
	C20	50*50	2500	1		2500
	隔間柱	-	-	-		-
騎樓柱總斷面積 (cm ²)		CorAc=Σ(CorAci)		53309.5		
一般柱總斷面積 (cm ²)		ClaAc=Σ(ClaAci)		219415.75		
隔間柱總斷面積 (cm ²)		InsAc=Σ(InsAci)		-		
柱等效強度 (kgf)		TAc=(4+1.8*NF)*ClaAc+(2.4+1.08*NF)*CorAc+2.6*InsAc		1458128.41		

(3) 一樓牆量之調查

本案一樓牆體如【圖 5-20】，各牆體尺寸及牆量面積計算如【表 5-8】、【表 5-9】所示。



【圖 5-20】臺中帝國糖廠一樓牆體編號圖

【表 5-8】臺中帝國糖廠一樓牆量(X向)計算表

編號	種類	厚度(cm)	長度(cm)	面積(cm ²)
X1	RC 牆	17	314.5	5346.5
X2	RC 牆	17	2006	34102
X3	RC 牆	17	75	1275
		16	231	3696
X4	RC 牆	16	30	480
X5	RC 牆	17	326	5542
		15	60	900
X6	RC 牆	25	437.5	10937.5
		17	243	4131
		16	30	480
X7	RC 牆	15	60	900
X8	RC 牆	16	30	480
X9	RC 牆	17	182	3094
		16	231	3696
X10	RC 牆	17	1655.5	28143.5
		16	396	6336
X11	RC 牆	16	30	480
X12	RC 牆	17	30	510
牆量總面積Σ (cm ²)	三面圍束		-	
	四面圍束		-	
	RC 牆			110529.5

【表 5-9】臺中帝國糖廠一樓牆量(Y向)計算表

編號	種類	厚度(cm)	長度(cm)	面積(cm ²)
Y1	RC 牆	17	258.5	4394.5
Y2	RC 牆	17	294.5	5006.5
Y3	RC 牆	22	182	4004
Y4	RC 牆	17	281	4777
Y5	RC 牆	16	277.5	4440
Y6	RC 牆	16	394.5	6312
Y7	RC 牆	16	125	2000
Y8	RC 牆	22	939	20658
牆量總面積Σ(cm ²)	三面圍束		-	
	四面圍束		-	
	RC 牆			51592

綜合上述，臺中帝國糖廠之一樓牆量及斷面積如【表 5-10】：

【表 5-10】臺中帝國糖廠之一樓牆量及斷面積

牆種類	厚度 (Twi)	牆長度(cm)			斷面積小計(cm ²)				
		X 向 (Lwxi)	Y 向 (Lwyi)	其它 (Lwoi)	X 向 Axi = Lwxi*Twi	Y 向 Ayi = Lwyi*Twi	其他向 Awoi = Lwoi*Twi		
RC 牆	25	437.5	-	-	10937.5	-	-	-	-
	22	-	1121	-	-	24662	-	-	-
	17	4382	834	-	RCAwxi	82144	RCAwyi	14178	RCAwoi
	16	978	797	-		15648		12752	
	15	120	-	-		1800		-	
四面圍束磚牆	-	-	-	-	B2Awxi	-	B2Awyi	-	B2Awoi
三面圍束磚牆	-	-	-	-	B1Awxi	-	B1Awyi	-	B1Awoi
RC 牆	X 向	總斷面積(cm ²)			RCAwx=Σ(RCAwxi)			110529.5	
	Y 向	總斷面積(cm ²)			RCAwy=Σ(RCAwyi)			51592	
	其它	有效總斷面積(cm ²)			Σ(RCAwoi)/2			-	
四面圍束磚牆	X 向	總斷面積(cm ²)			B2Awx=Σ(B2Awxi)			-	
	Y 向	總斷面積(cm ²)			B2Awy=Σ(B2Awyi)			-	
	其它	有效總斷面積(cm ²)			Σ(B2Awoi)/2			-	
三面圍束磚牆*	X 向	總斷面積(cm ²)			B1Awx=Σ(B1Awxi)			-	
	Y 向	總斷面積(cm ²)			B1Awy=Σ(B1Awyi)			-	
	其它	有效總斷面積(cm ²)			Σ(B1Awoi)/2			-	
X 向牆等效強度 (kgf) (TAwx)	2*(B1Awx+Σ(B1Aoi)/2)+3*(B2Awx+Σ(B2Aoi)/2)+12*(RCAwx+Σ(RCAoi)/2)							1326354	
Y 向牆等效強度 (kgf) (TAwy)	2*(B1Awy+Σ(B1Aoi)/2)+3*(B2Awy+Σ(B2Aoi)/2)+12*(RCAwy+Σ(RCAoi)/2)							619104	

備註：* 三面圍束磚牆不包含台度磚牆

(4) 基本耐震性能及耐震指標

綜合上述柱量、牆量與調整因子，在現行耐震規範之標準下，求得之耐震指標 Is 值，如【表 5-11】所示。