

1. 委託編號：F2310309
2. 試體名稱：TA1
3. 實驗名稱：加熱試驗及加載試驗
4. 儀器名稱：柱爐耐火加熱實驗裝置
5. 委託單位：正修科技大學
6. 地 址：高雄市烏松區澄清路 840 號
7. 實驗日期：103 年 8 月 14 日
8. 實驗方法：CNS 12514(2010)「建築物構造部分耐火試驗法」
9. 實驗地址：71150 臺南市歸仁區六甲里中正南路 1 段 2502 號
10. 其 他：無

報告內容目錄

- 一、加熱加載實驗結果紀錄表
- 二、試體說明
- 三、實驗程序
- 四、觀察紀錄
- 五、總結
- 六、附件
 - (一) 試驗紀錄相片
 - (二) 爐內平均溫度圖
 - (三) 爐內各溫度點曲線圖
 - (四) 爐內壓力曲線圖
 - (五) 溫度時間容許差曲線圖
 - (六) 試體斷面各點溫度圖
 - (七) 爐內加熱溫度時間表
 - (八) 爐內壓力時間表
 - (九) 試體斷面溫度時間表
 - (十) 試體標稱軸力計算

一、加熱加載實驗結果紀錄表

試驗日期		103年8月14日		
試驗項目		CNS 12514柱構件耐火試驗		
柱體	加熱尺度(mm)		高度3060mm	
	斷面尺寸		400 mm × 400 mm × 12 mm	
	試驗時混凝土強度		495 kgf/cm ²	
	配置鋼筋		無	
加熱條件	加熱方式	加熱裝置	柱爐耐火加熱裝置。有效加熱開口：長4000*寬4000(mm)以內。	
		燃料使用	LPG(液態瓦斯)：104.9m ³	
		加熱方向	柱試體四面均勻加熱	
	加熱時間	設定加熱時間	無	
		實際加熱時間	41分鐘	
加載條件	加載條件	軸向加載噸數	281噸(載重比P/P _n =0.23，P為施加载重，P _n 為填充式箱型鋼柱標稱強度)	
		端點束制	上下端均固定	
		加載方向	垂直加載	
	加載時間	設定加載時間	無	
		實際加載時間	56分鐘	
實驗結果	判定基準(I)	(1)	最大軸向壓縮量(mm)不超過C=h/100 式中h為試體初始高度(mm)	軸向壓縮量於加熱時間41分鐘時為28.4mm，未超過容許最大軸向壓縮量30.6mm
		(2)	最大軸向壓縮速率(mm/min)不超過， $\frac{dC}{dt} = \frac{3 \times h}{1000}$ ，式中h為試體初始高度(mm)	軸向壓縮速率於加熱時間41分時為21.4(mm/min)，超過容許最大軸向壓縮速率9.18(mm/min)
	判定基準(II)	(1)	鋼材溫度最高溫度超過550°C	試驗加熱時間18分，鋼材溫度最高溫度561.2°C，超過550°C
		(2)	鋼材平均溫度超過500°C	試驗加熱時間25分，鋼材平均溫度為507.2°C，超過500°C
	備註		1.依判定基準(I)，試體承重能力為40分，防火時效未達1小時。 2.依判定基準(II)，試體承重能力為17分，防火時效未達30分鐘。	

二、試體說明

(一) 本試驗之箱型組合鋼結構柱斷面為 400×400 (mm)，厚度12(mm)，柱長3060mm，試驗時內灌混凝土強度為 495 kgf/cm^2 。鋼降伏強度 $F_{ys}=4.14 \text{ tf/cm}^2$ ；鋼彈性模數 $E_s=2100 \text{ tf/cm}^2$ 。

(二) 試體斷面配置說明

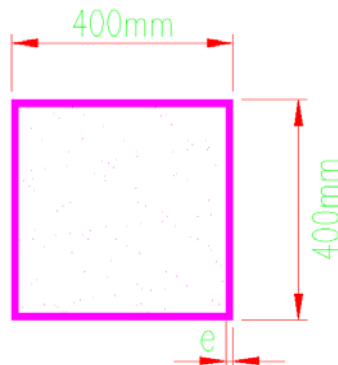
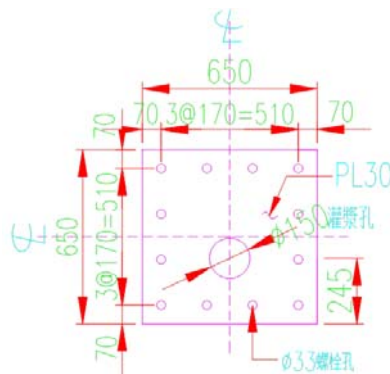
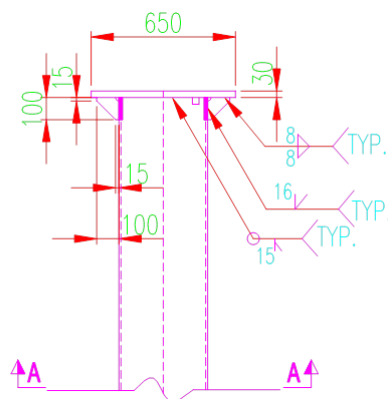


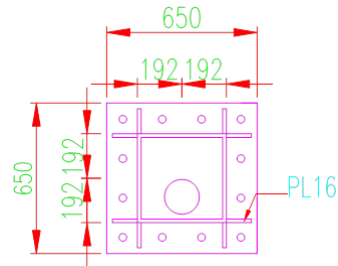
圖1 試體斷面



(a) 試體上部端板尺寸

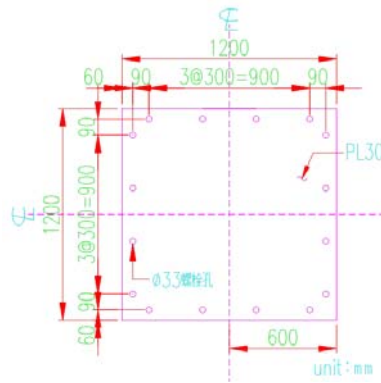


(b) 試體上部端板加勁

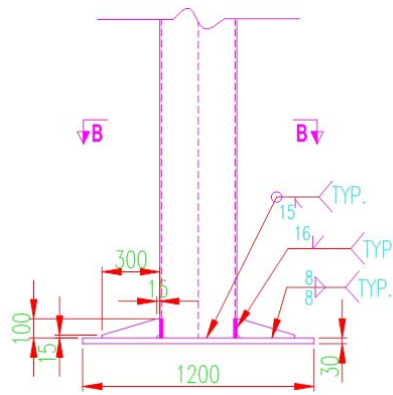


(c) 試體上部加勁板

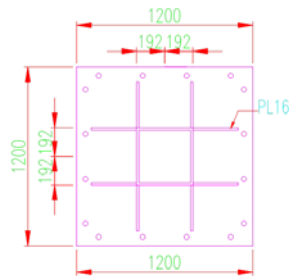
圖 2 試體上部端板及加勁板設計圖



(a) 試體下部端板尺寸



(b) 試體下部端板加勁



(c) 試體下部加勁板

圖 3 試體下部端板及加勁板設計圖

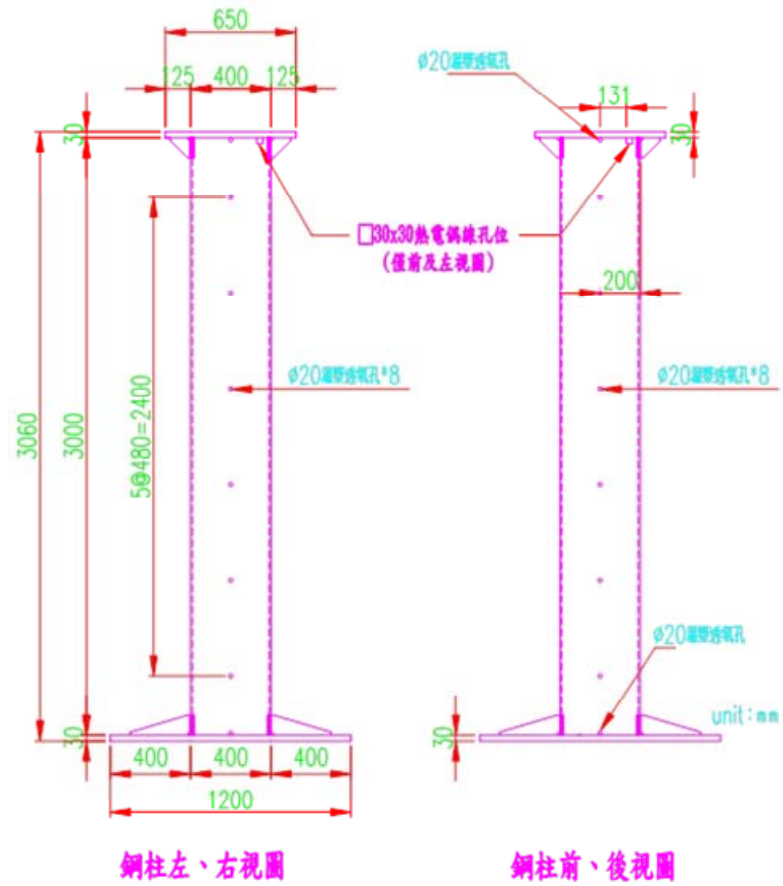


圖 4 試體立面圖

三、實驗程序

(一)試體

1. 試體所用之材料及構成，應與實體一致，並應依實際使用情況之安裝方法製作試體。
2. 試體材料之尺度、組成及比重，應符合原生產條件及標準。
3. 試體數量原則上試體尺度為L者1個、試體尺度為A者2個，分別進行各項相關試驗。若任一構造部分在實際使用中，其端部或周邊束制條件不同，則應分別對不同束制條件進行試驗。
4. 試體之形狀及尺度，應與實體相同。但試體尺度與實體相同而有試驗困難者，其形狀及加熱尺度依CNS12514「建築物構造部分耐火試驗法」之規定進行。

表：CNS12514「建築物構造部分耐火試驗法」之試體規定 單位：cm

試體種類	形狀	加熱尺度		斷面
		L	A	
柱（註）	與實體一致	高度300 以上	高度240 以上	與實體一致

註：鋼構造之柱梁試體，得採一系列之斷面形狀，求得其耐火性能範圍與適用條件。

5. 試體之耐火被覆材等之固著間隔，應採實際施工規範中最大者。
6. 在建築物實際施工中，若有接縫等其他防火弱點時，應將該弱點置於試體中央部位。同一試體上，不得有不同之接縫方式，應依每種接縫方式進行一次試驗。
7. 試體之形狀及尺度若無法依CNS12514「建築物構造部分耐火試驗法」第3.4節之規定時，為使試驗能進行所做之任何修改或變更，不得對試體性能有增加之情形，報告並應對修改部分詳細說明。試體修改或變更形狀及尺度時，不應變更試體之材料、構成、耐火被覆材等固著間隔、間柱、墊條材等間隔。
8. 養護與乾燥
 - (1) 試體試驗時之溫度與溼度應與正常實際使用狀態相接近。
 - (2) 試體應經乾燥達到氣乾狀態。氣乾狀態係指構成材料之含水率和木材為15%以下石膏等含有結晶水材料在40°C達到恆重時，為2%以下，其他材料則為5%以下。但試體置於室內其含水率達到一定之平衡狀態者，則不在此限。
 - (3) 試體放置在通風良好之室內，經過一定乾燥期間，即可達到氣乾狀態，如混凝土、水泥砂漿粉刷等濕式工法施工者需二個月以上，乾式工法施工者需一個月以上。但以適當方法確認達到含水率者，得縮短其乾燥時間。
 - (4) 使用人工加速乾燥方法，應注意不得改變構材性質或試體之含水率分布而影響防火性能。高溫乾燥溫度需低於試體構材變質之臨界溫度。

(二) 實驗條件

1. 加熱溫度

加熱實驗時爐內溫度應用規範規定之熱電偶測定其隨時間經過之變化值，且應依下列函數式所示數值控制加熱。

$$T=345\log_{10}(8t+1)+20$$

式中 T = 平均爐內溫度 ($^{\circ}\text{C}$)

t = 實驗經過時間 (分)

依函數式可得標準加熱溫度-時間曲線 (以下簡稱標準曲線)，如圖一所示。實驗溫度時間曲線許可差 (de) 如下列數值所規定。但對於含有大量可燃物質、材料之試體，若確認可燃成分突然著火燃燒以致平均爐內溫度增加異常情形不超過 10 分鐘，得不受此限。

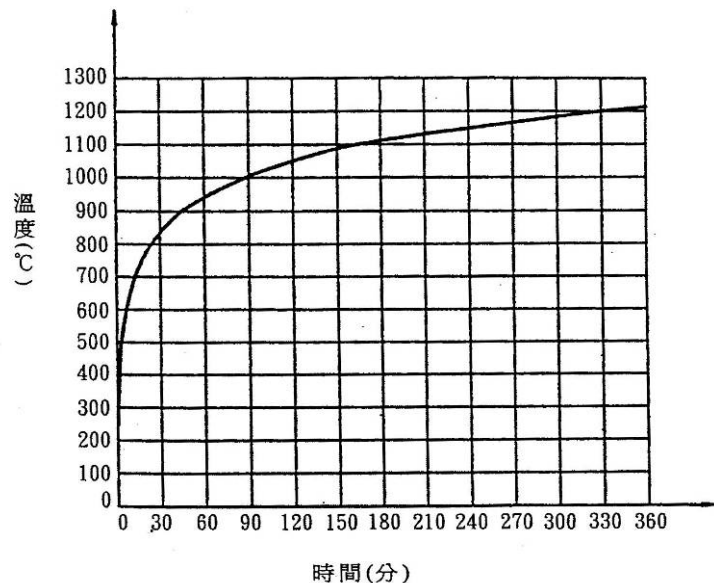


圖 5 耐火標準加熱溫度-時間曲線圖

- (1) $5 < t < 10$ $de \leq 15\%$
- (2) $10 < t \leq 30$ $de = 15 - 0.5(t - 10)\%$
- (3) $30 < t \leq 60$ $de = 5 - 0.083(t - 30)\%$
- (4) $60 < t$ $de = 2.5\%$

式中， $de = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100$

A = 實際實驗平均溫度-時間曲線以下面積 ($^{\circ}\text{C}$ ，分)

A_s = 標準加熱溫度-時間曲線以下面積 ($^{\circ}\text{C}$ ，分)

面積計算方法，在 (1) 之間隔不超過 1 分鐘，在 (2)、(3)、(4)

之間隔不超過 5 分鐘情形下將面積相加合計。

在實驗初期 10 分鐘以後之任何時間，任一爐內溫度熱電偶所測得溫度與標準曲線對應溫度不得大於 $\pm 100^{\circ}\text{C}$ ，但若試體含有大量可燃材料，其許可差則不得大於 $\pm 200^{\circ}\text{C}$ 。

2 爐內壓力

- (1) 加熱爐內高度方向之氣壓分布概呈線性梯度狀態，設定每公尺高度壓力差為 $8\sim 8.5\text{Pa}\{0.8\sim 0.85\text{kgf/m}^2\}$ 。
- (2) 試驗面之平均壓力許可差，在試驗開始初期 5 分鐘須保持在 $\pm 5\text{Pa}\{0.5\text{kgf/m}^2\}$ ，在試驗開始至 10 分鐘則須保持在 $\pm 3\text{Pa}\{0.3\text{kgf/m}^2\}$ 。

3. 試體內部熱電偶測點

柱構造內部熱電偶測點配置（如下圖）。

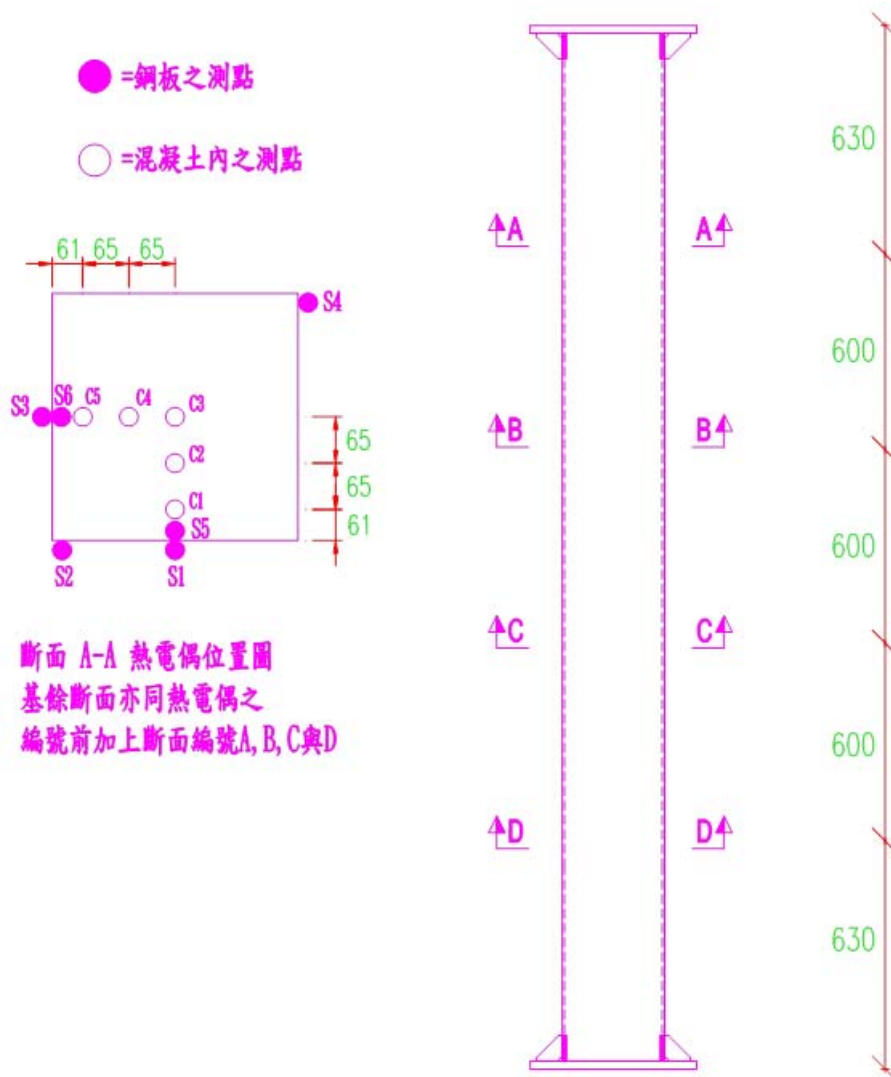


圖 6 試體溫度測點分布圖

(三)試驗步驟

1.試驗開始前預備事項

- (1) 室內氣溫須以熱電偶量測，須在 $20\pm 10^{\circ}\text{C}$ 範圍內。
- (2) 試驗開始前5 分鐘內，所有熱電偶之初始值須持續記錄並檢查一致性。試體之變形量測值及其他狀態亦須記錄。
- (3) 開始試驗前，爐內溫度須小於 50°C 。當溫度控制程式依循標準加熱曲線開始之際即視為試驗開始。從該點時間起量測經過時間，所有手動及自動量測以及觀察系統須開始進行。
- (4) 試驗開始之際，試體之初始平均內部溫度及非加熱面溫度須為 $20\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，且須與初始室內溫度相差 5°C 範圍內。

2.量測與觀察

- (1) 除移動式熱電偶以外，所有固定之熱電偶在試驗期間應每隔不超過1 分鐘即量測一次。移動式熱電偶之量測，如溫度在20秒量測時間內未達 150°C ，則須持續量測。
- (2) 爐內壓力之量測及記錄應在監控點連續或每隔不超過5分鐘間隔進行一次。
- (3) 一般性觀察
有關試體構材之變形、裂開、熔化、軟化、剝落、炭化等現象均須記錄。

3.試驗終止

試驗因下列原因得以終止。

- (1) 達到設定指標
試驗中試體已發生第(四)節所規定情況之一或以上，試驗應立即停止；或試驗時間已達預定時間，亦得停止。
備考：試驗中試體發生失敗情況，若為獲得進一步資料，得繼續試驗。
- (2) 因人員安全或設備可能遭受破壞之因素，試驗須立即停止
- (3) 因試驗委託人之要求，得停止進行試驗。

(四)性能基準與判定

試驗進行至預定試驗時間終止，試體之耐火性及防火時效須依下列性能基準加以判定。

1. 承重能力

若量測結果超過下列每項性能基準，試體即視為承重能力失敗。

最大軸向壓縮量 (mm)， $C=h/100$

最大軸向壓縮速率(mm/min)， $dc/dt=3h/1000$

式中， h =試體之初始高度，(mm)。

備考：未進行加載試驗但測定構造中鋼材溫度之試體，其鋼材溫度最高值若超過 550°C 或平均值若超過 500°C ，即表示試體構造已達破壞溫度，視為承重能力失敗。

2.耐火性能標示

試體試驗後，應參照第1節〈試驗結果記錄表〉中所規定承載能力之性能基準決定耐火性能合格時間(分)。

3.防火時效等級

防火時效等級分為30分鐘，1 小時、2 小時、3 小時及4 小時。試體之防火時效判定，須以試體耐火性能合格時間達到該等級時間者，始為合格防火時效。

四. 觀察紀錄

(一) 加熱過程紀錄

試驗經過時間 (時：分：秒)	試體現象
0：00：00	1. 試體持壓載重15分鐘以上。 2. 開始點火加熱。
0：41：18	加熱加載實驗停止。

(二) 加載紀錄

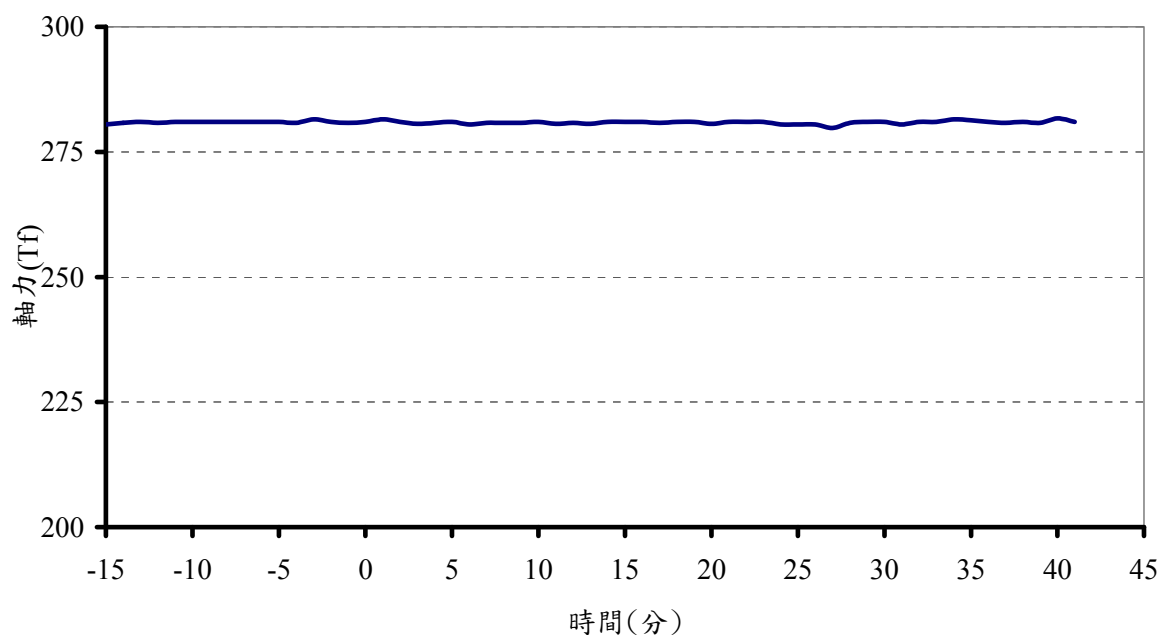


圖 7 加載歷時曲線圖

(三) 軸向變形量量測紀錄

最大軸向壓縮量(mm)容許基準值， $C = \frac{h}{100} = 30.6\text{mm}$



圖 8 軸向變形量測點位置圖

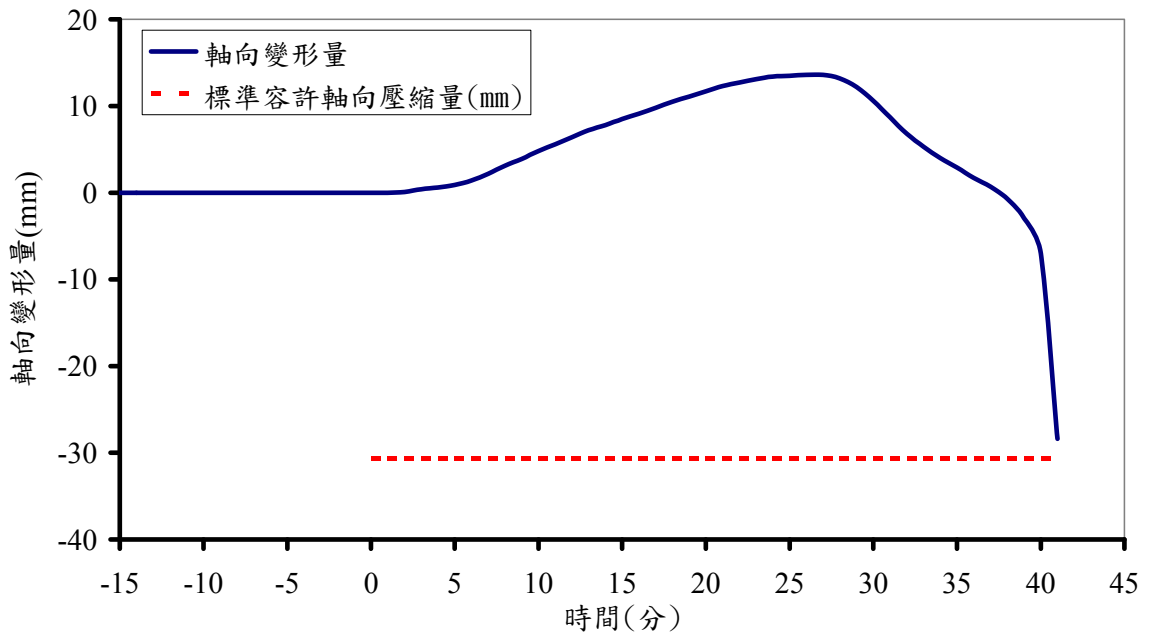


圖 9 軸向變形量歷時曲線圖

(四) 軸向變形速率量測紀錄

最大軸向壓縮速率 (mm/min), $\frac{dC}{dt} = \frac{3h}{1000} = \frac{3 * 3060}{1000} = 9.18 \text{ (mm/min)}$

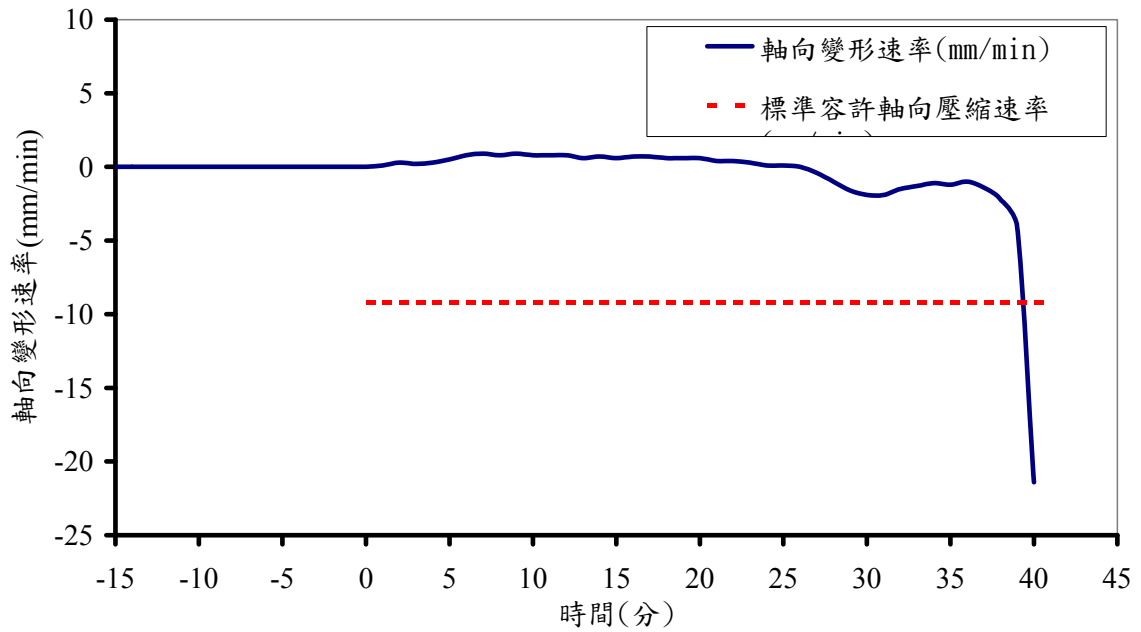


圖 10 軸向變形速率歷時曲線圖

五、總結

送測試體經加載試驗及加熱試驗後，測試結果如下：

1. 試體軸向壓縮量於加熱時間41分鐘時為28.4mm，未超過容許最大軸向壓縮量30.6mm
2. 軸向壓縮速率於加熱時間41分時為21.4 (mm/min)，超過容許最大軸向壓縮速率9.18(mm/min)
3. 試驗加熱時間18分，鋼材溫度最高溫度561.2°C，超過550°C。加熱時間25分，鋼材平均溫度為507.2°C，超過500°C。
4. 試體於加熱試驗中，混凝土斷面最高溫度為152.4°C，平均溫度為117.7°C。

— 以下空白 —

六、附件

一、實驗紀錄照片



照片1：實驗前試體安裝



照片2：試驗後試體破壞情況(I)

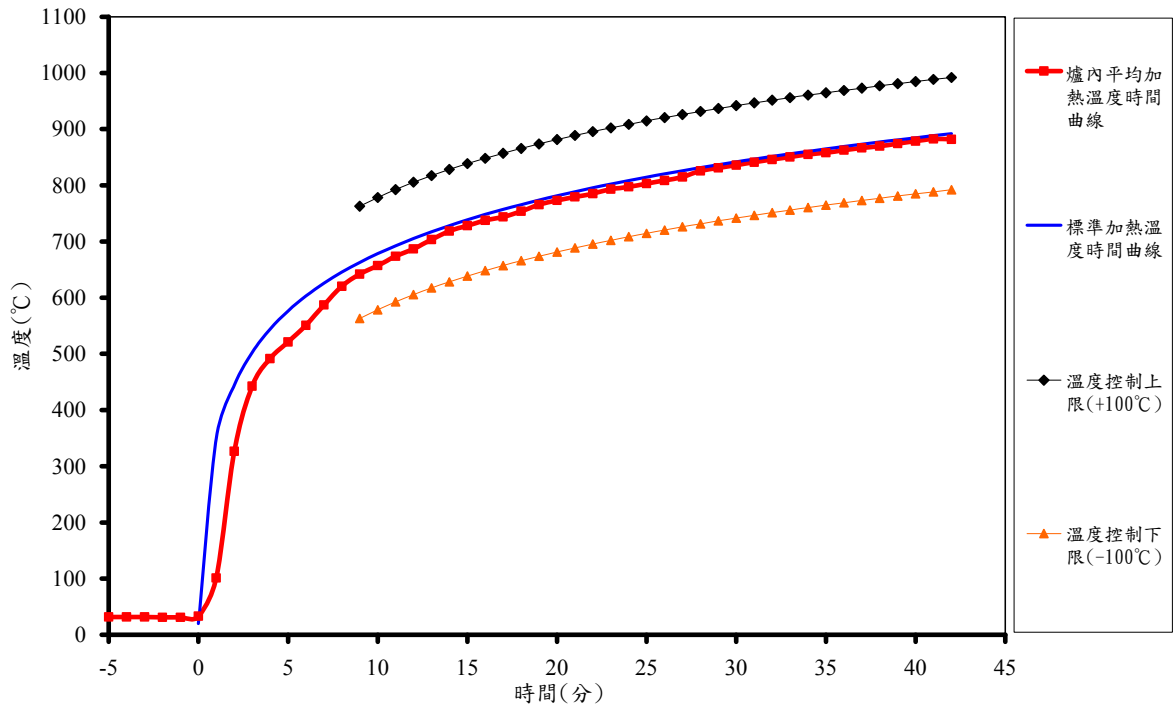


照片3：試驗後試體破壞情況(II)

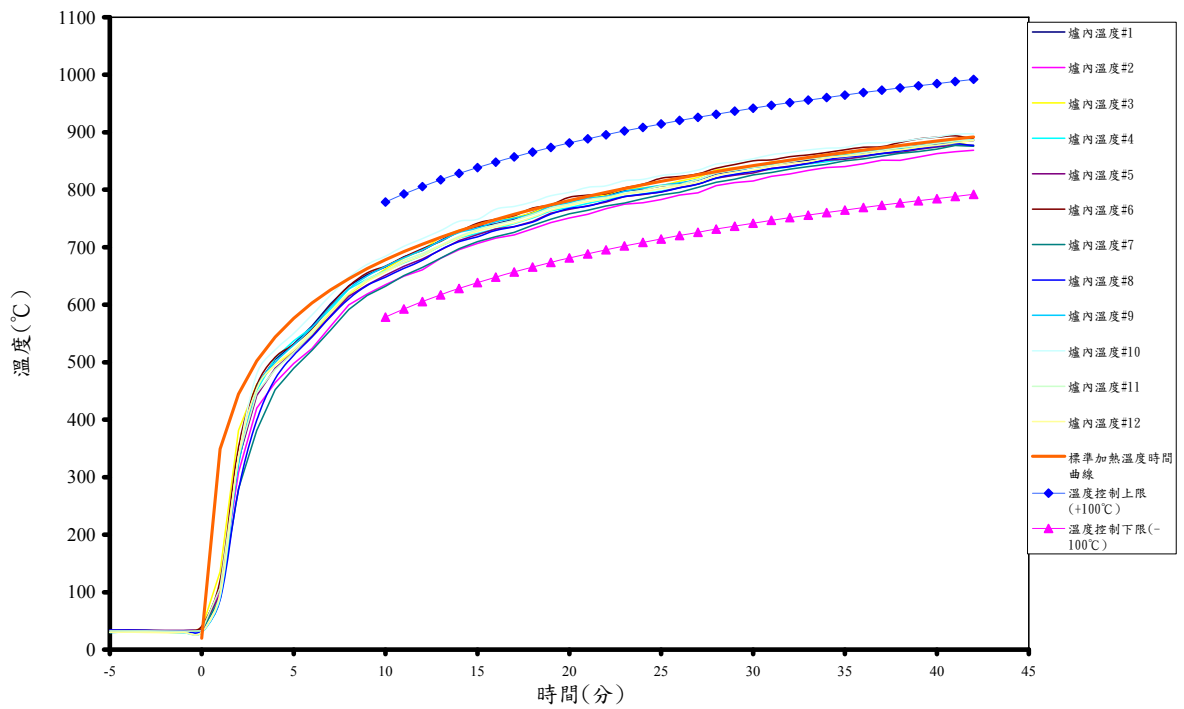


照片4：試驗後試體破壞情況(III)

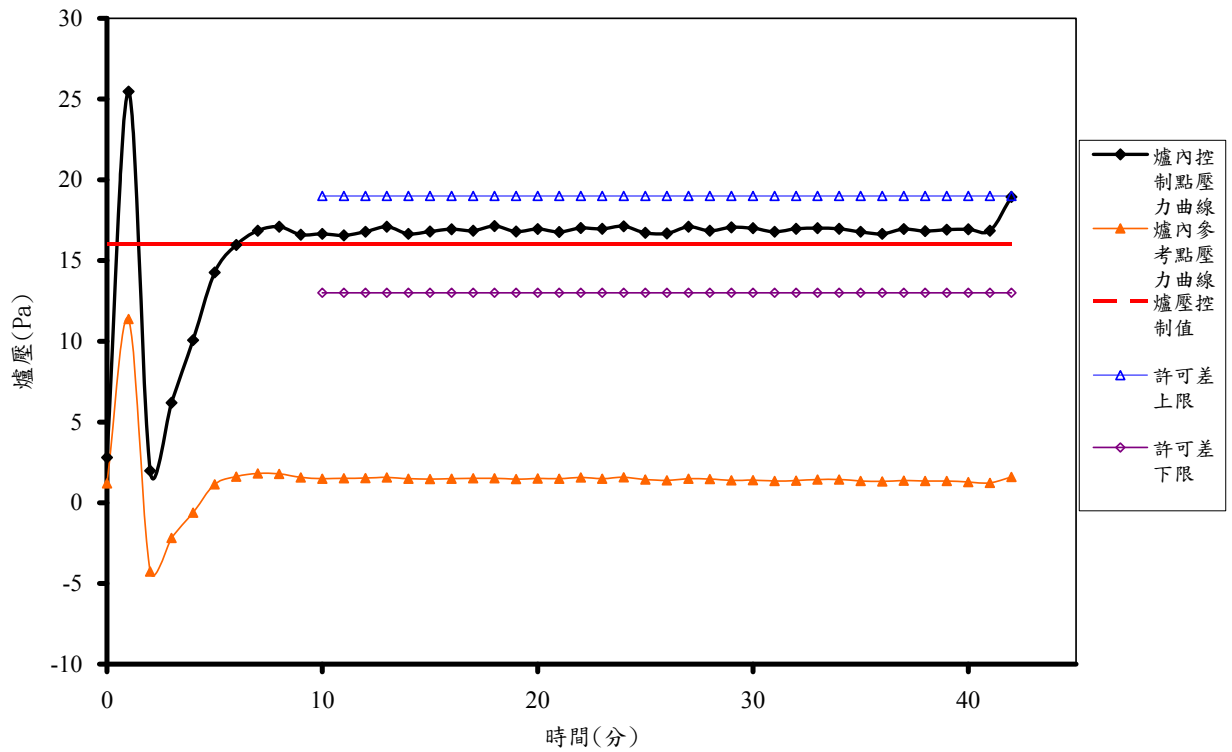
(二) 爐內平均溫度圖



(三) 爐內各溫度點曲線圖



(四) 爐內壓力曲線圖



備註：(1) 試體上端壓力不得大於20 Pa。

(2) 爐內壓力控制點距試體上端下方50cm處，設定控制壓力值16Pa。

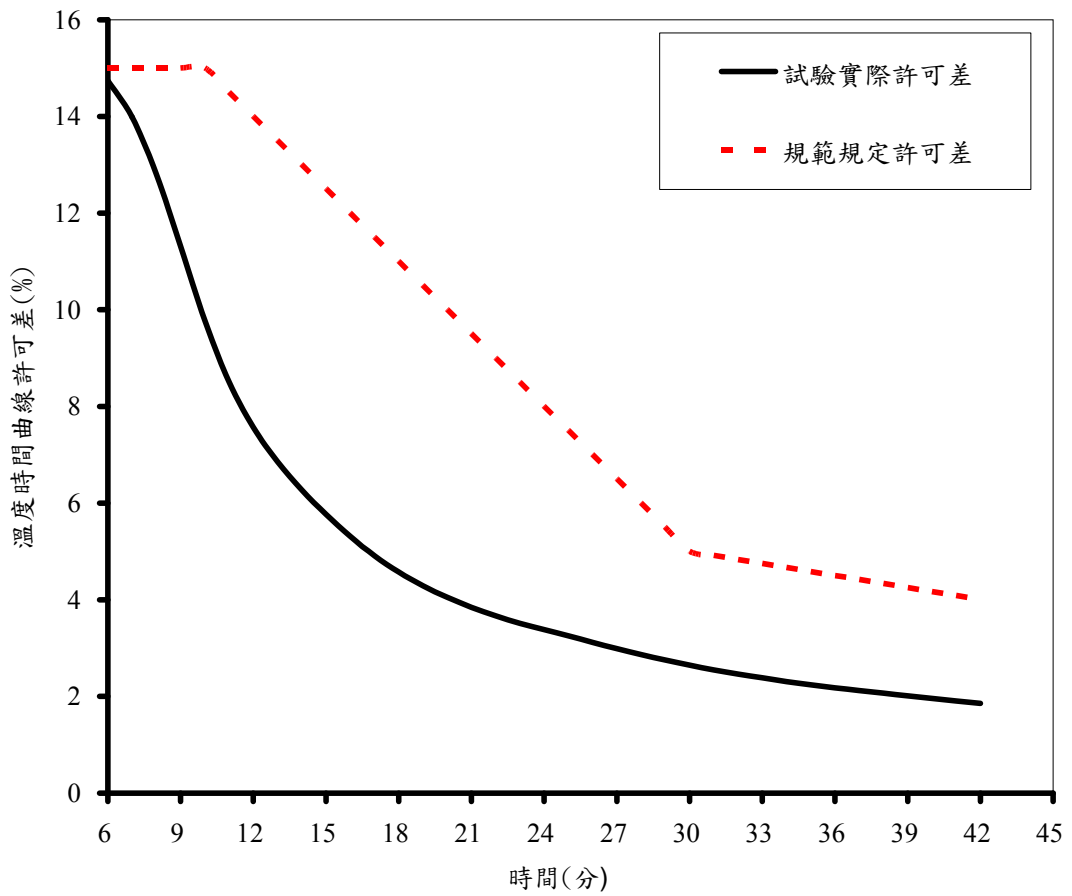
(3) 許可上限值：試驗開始初期5分鐘 $16+5=21(\text{Pa})$

試驗開始至10分鐘保持在 $16+3=19(\text{Pa})$

(4) 許可下限值：試驗開始初期5分鐘 $16-5=11(\text{Pa})$

試驗開始至10分鐘保持在 $16-3=13(\text{Pa})$

(五) 溫度時間容許差曲線圖



備註：

- (1) $5 < t \leq 10$ $de \leq 15\%$
- (2) $10 < t \leq 30$ $de = 15 - 0.5(t - 10)\%$
- (3) $30 < t \leq 60$ $de = 5 - 0.083(t - 30)\%$
- (4) $60 < t$ $de = 2.5\%$

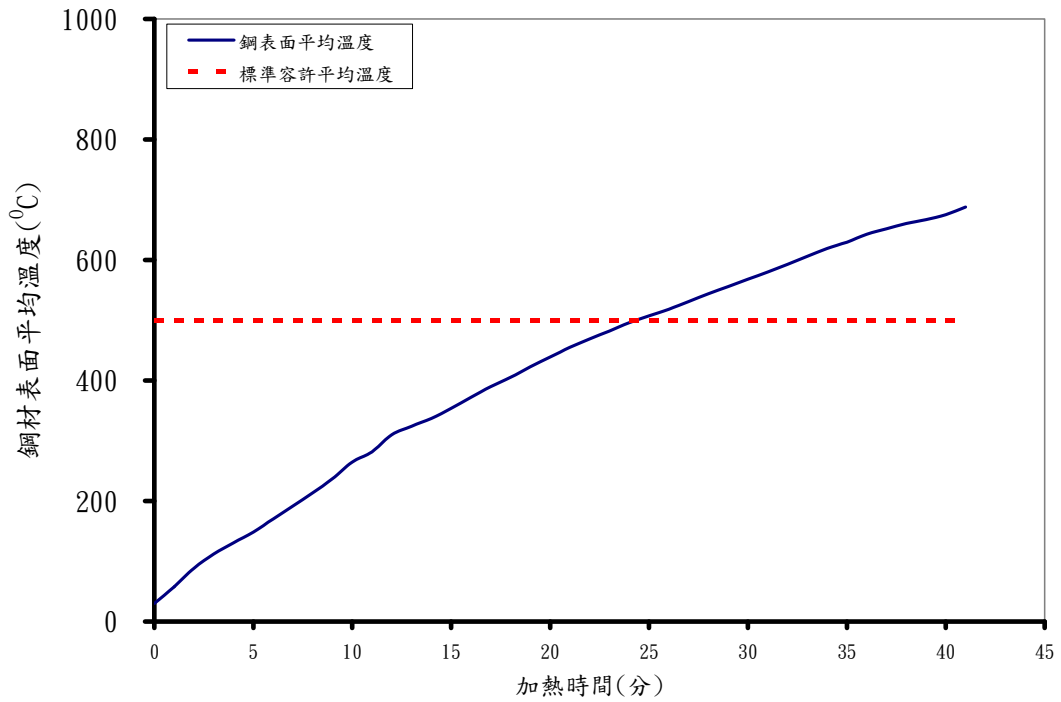
式中， $de = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100$ (%) (de：為試驗溫度時間曲線許可差)

A = 實際試驗平均爐內溫度-時間曲線以下面積 (°C · 分)

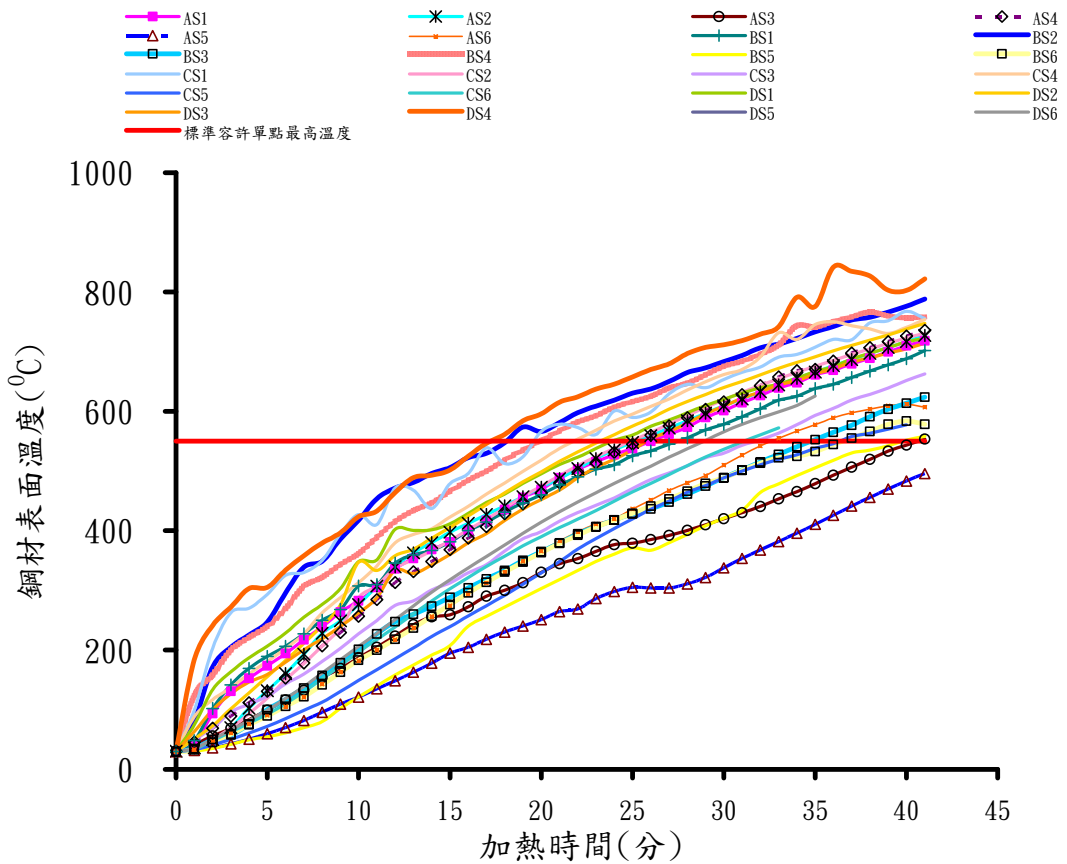
A_s = 標準加熱溫度-時間以下面積 (°C · 分)

(六) 試體斷面各點溫度圖

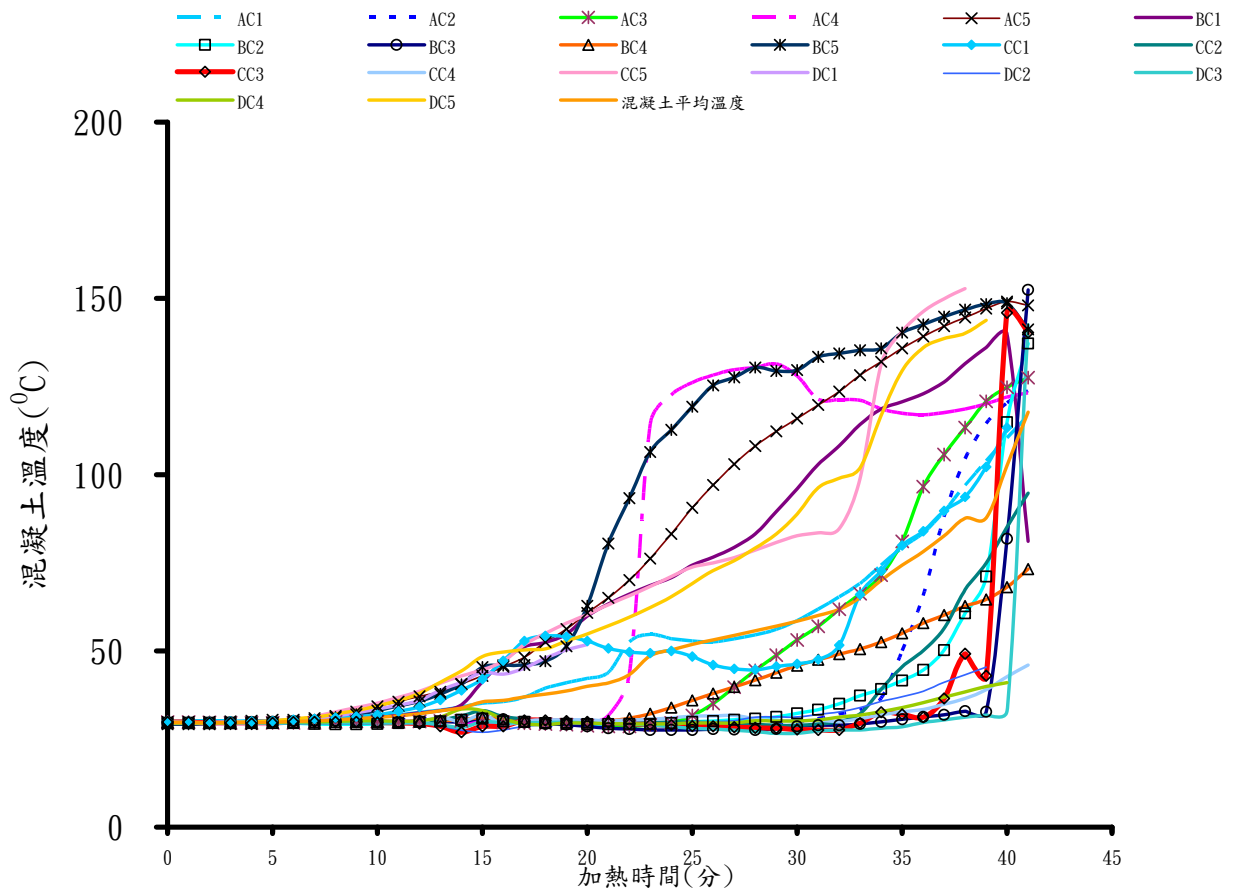
1. 鋼材表面平均溫度



2. 鋼材表面各點溫度



3. 混凝土斷面各點溫度



(七)、爐內加熱溫度時間表

單位:°C

時間 (分)	爐內溫 度#1	爐內溫 度#2	爐內溫 度#3	爐內溫 度#4	爐內 溫度 #5	爐內溫 度#6	爐內 溫度 #7	爐內 溫度 #8	爐內 溫度 #9	爐內溫 度#10	爐內溫 度#11	爐內溫 度 #12	爐內平 均加熱 溫度	標準曲 線溫度	溫度控制上 限(+100°C)	溫度控制 下限(- 100°C)
-5	33.9	31.1	30.3	30.5	33.5	32.1	31.0	33.9	29.8	30.1	32.8	30.1	31.6	-	-	-
-4	34.1	31.3	30.4	30.2	34.0	31.6	31.7	34.0	30.6	30.4	32.6	30.4	31.8	-	-	-
-3	33.8	31.0	30.0	30.7	33.3	32.0	31.2	33.5	30.8	30.6	32.6	30.4	31.7	-	-	-
-2	33.2	30.3	29.9	30.2	33.5	32.2	30.4	32.4	30.2	30.2	32.3	29.8	31.2	-	-	-
-1	33.1	30.5	29.8	29.7	33.3	31.7	31.0	32.8	29.6	29.7	32.0	30.0	31.1	-	-	-
0	34.1	31.7	36.4	31.6	34.4	40.8	32.7	32.7	29.5	30.8	32.8	30.4	33.1	20.0	-	-
1	104.8	99.7	135.7	93.7	96.9	120.7	88.6	86.8	90.0	93.6	107.1	97.9	101.3	349.2	-	-
2	327.9	308.2	381.5	330.4	330.5	352.3	279.9	278.7	321.8	334.8	337.2	335.9	326.6	444.5	-	-
3	460.2	420.4	461.9	450.8	442.2	460.5	381.4	399.5	454.3	479.7	446.8	453.9	442.6	502.3	-	-
4	505.0	464.4	496.6	507.3	489.5	508.8	452.5	471.3	499.6	521.6	487.3	495.7	491.6	543.9	-	-
5	531.9	498.0	517.7	537.1	517.5	531.0	489.4	512.0	529.9	550.1	517.2	522.5	521.2	576.4	-	-
6	562.9	523.9	547.5	560.5	545.6	558.4	520.9	543.7	560.1	582.0	549.6	554.1	550.8	603.1	-	-
7	600.9	562.4	586.8	591.9	580.4	598.3	555.5	578.7	596.2	616.3	588.5	588.0	587.0	625.8	-	-
8	632.8	599.7	618.1	627.3	615.0	632.3	591.6	610.4	627.6	647.7	619.7	619.9	620.2	645.5	-	-
9	652.2	618.7	641.0	644.6	634.5	655.5	616.2	633.6	650.1	670.1	644.9	640.9	641.9	662.8	762.8	562.8
10	665.8	634.7	662.3	659.2	651.5	667.3	632.0	647.9	666.7	684.5	658.5	656.9	657.3	678.4	778.4	578.4
11	683.6	649.8	681.5	673.1	666.9	683.1	650.6	663.2	681.6	701.8	677.4	673.6	673.8	692.5	792.5	592.5
12	694.6	660.8	695.5	685.5	679.8	697.6	664.8	677.4	695.5	715.0	689.1	685.6	686.8	705.4	805.4	605.4
13	711.9	680.8	717.3	702.2	695.1	710.5	681.0	695.9	711.0	728.8	703.5	702.7	703.4	717.3	817.3	617.3
14	728.2	695.7	729.6	716.5	711.7	727.3	697.5	709.9	725.4	745.0	718.8	716.5	718.5	728.3	828.3	628.3
15	736.1	706.8	739.0	723.8	721.7	741.7	709.8	718.3	733.3	748.7	731.0	727.9	728.2	738.6	838.6	638.6
16	740.9	715.7	747.6	731.7	731.8	748.8	718.6	729.1	744.1	766.5	739.3	735.8	737.5	748.2	848.2	648.2
17	748.9	721.6	751.6	741.2	736.2	755.1	726.0	735.7	750.6	771.3	746.7	742.1	743.9	757.2	857.2	657.2
18	760.4	732.1	760.1	750.8	744.7	767.9	738.1	743.7	757.9	779.0	757.1	752.3	753.7	765.7	865.7	665.7
19	772.7	742.9	774.0	763.3	759.3	773.9	748.9	757.8	771.1	789.6	768.5	764.2	765.5	773.7	873.7	673.7
20	780.6	751.0	780.4	768.9	766.0	786.8	758.3	767.4	777.4	795.3	775.2	772.4	773.3	781.4	881.4	681.4
21	784.3	757.2	785.8	776.1	772.1	790.5	764.4	771.4	785.6	804.1	783.4	779.1	779.5	788.6	888.6	688.6
22	791.1	767.0	791.4	783.3	778.7	793.1	771.6	779.7	788.5	806.9	787.0	784.4	785.2	795.6	895.6	695.6
23	798.0	775.0	801.5	788.7	788.3	803.1	777.0	787.9	797.1	815.8	793.5	792.2	793.2	802.2	902.2	702.2
24	801.2	777.4	803.2	792.8	791.7	809.4	784.3	792.4	802.4	818.0	799.4	796.6	797.4	808.5	908.5	708.5
25	806.4	783.0	806.6	797.9	796.6	820.2	791.0	796.1	807.7	824.8	807.2	802.1	803.3	814.6	914.6	714.6
26	811.0	790.7	815.1	803.2	803.7	823.0	795.4	803.3	812.1	828.5	808.8	807.6	808.5	820.5	920.5	720.5
27	817.4	794.9	821.4	809.9	809.5	827.6	804.1	809.7	817.8	834.1	817.8	813.4	814.8	826.1	926.1	726.1
28	827.7	807.3	834.4	819.6	820.4	837.4	812.8	820.5	828.9	844.6	828.8	824.2	825.6	831.5	931.5	731.5
29	832.8	812.6	838.3	826.3	825.3	844.0	818.5	826.8	834.0	848.6	834.1	830.5	831.0	836.7	936.7	736.7
30	839.4	815.4	839.1	832.7	829.3	850.4	825.9	832.0	838.9	854.3	839.2	834.2	835.9	841.8	941.8	741.8
31	842.8	823.2	848.3	835.4	836.8	851.9	830.1	836.8	843.7	860.8	842.2	841.0	841.1	846.7	946.7	746.7
32	846.2	827.5	851.6	840.0	841.4	857.5	835.8	840.4	850.5	864.9	849.0	845.6	845.9	851.4	951.4	751.4
33	851.4	833.4	856.1	844.6	846.1	860.6	840.2	846.1	854.6	869.4	853.7	849.2	850.4	856.0	956.0	756.0
34	855.6	838.6	861.4	848.8	851.3	865.1	844.3	852.2	857.5	872.4	856.0	855.3	854.9	860.5	960.5	760.5
35	860.7	840.4	862.3	853.6	853.2	869.7	850.5	856.7	859.8	873.7	859.6	858.2	858.2	864.8	964.8	764.8
36	864.5	845.3	867.7	857.3	857.8	874.1	853.8	859.4	865.1	880.9	864.5	861.5	862.7	869.0	969.0	769.0
37	867.9	851.4	872.9	862.1	863.1	875.1	858.4	863.1	869.8	881.6	868.6	866.4	866.7	873.1	973.1	773.1
38	871.9	851.1	869.8	867.6	864.6	882.4	863.7	867.3	872.3	884.1	873.3	869.5	869.8	877.1	977.1	777.1
39	876.6	857.0	873.6	870.6	870.1	888.5	866.7	871.8	876.8	888.5	876.2	874.0	874.2	881.0	981.0	781.0
40	879.6	862.8	882.2	874.2	874.6	891.5	870.6	876.4	881.2	891.7	881.2	877.3	878.6	884.7	984.7	784.7
41	884.3	866.3	883.5	879.4	877.8	893.9	876.9	880.1	884.3	896.5	885.2	881.9	882.5	888.4	988.4	788.4
42	885.8	868.7	875.6	877.3	877.2	888.2	875.6	876.6	886.7	897.2	886.9	885.9	881.8	892.0	992.0	792.0

(八) 爐內壓力時間表

單位:Pa

Time (分)	爐內參考點壓力值	爐內控制點壓力	爐壓控制值
0	1.2	2.8	16
1	11.4	25.5	16
2	-4.3	2.0	16
3	-2.2	6.2	16
4	-0.6	10.1	16
5	1.1	14.3	16
6	1.6	16.0	16
7	1.8	16.9	16
8	1.8	17.1	16
9	1.6	16.6	16
10	1.5	16.7	16
11	1.5	16.6	16
12	1.5	16.8	16
13	1.6	17.1	16
14	1.5	16.7	16
15	1.5	16.8	16
16	1.5	16.9	16
17	1.5	16.9	16
18	1.5	17.1	16
19	1.5	16.8	16
20	1.5	17.0	16
21	1.5	16.8	16
22	1.6	17.0	16
23	1.5	17.0	16
24	1.6	17.1	16
25	1.4	16.7	16
26	1.4	16.7	16
27	1.5	17.1	16
28	1.5	16.9	16
29	1.4	17.1	16
30	1.4	17.0	16
31	1.4	16.8	16
32	1.4	17.0	16
33	1.4	17.0	16
34	1.4	17.0	16
35	1.4	16.8	16
36	1.3	16.7	16
37	1.4	17.0	16
38	1.4	16.8	16
39	1.4	16.9	16
40	1.3	16.9	16
41	1.2	16.9	16
42	1.6	18.9	16

2. 混凝土斷面溫度

單位: °C

時間 (分)	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	BC1	BC2	BC3	BC4	BC5	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	DC1	DC2	DC3	DC4	DC5
0	29.9	29.9	29.8	29.7	29.8	29.8	29.6	29.6	29.5	29.2	30.0	29.9	29.8	29.8	29.7	29.7	29.6	29.6	29.6	29.7
1	30.0	29.9	29.8	29.8	29.9	29.7	29.6	29.6	29.5	29.2	30.0	29.9	29.8	29.7	29.6	29.7	29.5	29.6	29.6	29.7
2	30.0	29.9	29.7	29.8	29.9	29.6	29.6	29.6	29.5	29.2	29.9	29.9	29.6	29.6	29.3	29.7	29.4	29.6	29.6	29.6
3	30.0	29.9	29.6	29.8	30.0	29.7	29.6	29.7	29.5	29.3	30.0	29.9	29.6	29.5	29.2	29.9	29.4	29.7	29.6	29.7
4	30.1	29.8	29.6	29.8	30.2	29.8	29.6	29.8	29.6	29.3	30.0	29.9	29.4	29.6	29.2	29.9	29.4	29.7	29.7	29.9
5	30.2	29.9	29.6	29.8	30.5	30.0	29.6	29.9	29.6	29.6	30.1	29.8	29.6	29.6	29.2	30.1	29.3	29.5	29.7	30.2
6	30.3	29.9	29.6	29.8	30.5	30.4	29.5	30.1	29.7	30.0	30.5	29.9	29.8	29.7	30.2	30.5	29.4	29.6	29.9	30.7
7	30.5	29.9	29.6	29.9	30.9	30.7	29.3	30.2	29.8	30.5	30.7	29.9	29.9	29.8	31.4	30.8	29.4	29.6	29.9	31.2
8	30.6	30.0	29.9	29.9	31.6	30.8	29.2	30.2	29.9	31.2	31.1	29.9	29.9	29.8	32.7	31.5	29.3	29.6	30.0	32.1
9	30.9	30.2	30.0	30.0	32.8	31.2	29.2	29.9	29.9	32.0	31.4	29.9	29.9	29.9	33.9	32.4	29.3	29.6	30.2	33.1
10	31.5	30.3	30.0	30.1	34.3	31.5	29.3	29.9	29.9	33.1	31.9	29.9	29.7	29.7	35.2	33.5	29.4	29.6	30.2	34.4
11	31.9	30.4	29.9	30.0	35.6	31.7	29.5	29.9	29.9	34.4	32.9	29.9	29.6	29.8	36.8	34.6	29.5	29.5	30.1	35.9
12	32.6	30.7	30.0	30.1	37.1	32.4	29.9	30.0	30.0	35.7	34.1	29.9	29.4	29.7	38.6	36.0	29.5	29.6	30.2	38.0
13	33.2	30.9	30.1	30.2	38.4	33.1	30.0	30.0	30.2	37.8	36.1	30.4	28.6	31.2	40.8	38.9	28.8	29.1	31.2	41.1
14	34.1	31.0	30.2	29.9	40.6	34.7	30.5	29.9	30.5	40.5	38.8	31.6	26.9	29.9	42.9	41.1	27.5	28.3	33.5	44.3
15	35.2	30.8	30.0	29.9	42.9	41.3	30.8	30.9	31.1	45.4	42.0	33.1	28.6	31.9	44.7	43.9	26.9	29.9	33.1	48.4
16	35.6	29.9	29.7	29.8	45.5	47.2	30.0	30.6	30.6	45.9	47.2	31.4	28.6	29.2	47.1	43.4	27.6	29.6	30.7	49.7
17	36.9	29.4	29.5	29.7	48.2	51.2	29.9	29.7	29.9	46.0	52.8	30.7	30.3	30.1	51.8	45.1	28.6	29.6	29.3	50.3
18	39.4	29.0	29.3	29.6	52.5	52.4	29.5	29.3	29.7	47.1	54.3	30.2	30.3	30.5	55.0	48.0	29	29.7	29.1	50.6
19	41.0	28.7	29.1	29.5	56.2	54.8	29.3	29.1	29.7	51.3	54.0	30.2	30.1	30.5	57.9	50.3	29.3	29.8	29.6	52.8
20	42.2	28.6	28.8	29.9	60.8	59.9	29.2	28.6	29.7	62.8	52.8	30.1	29.9	30.5	60.3	51.8	29.2	29.6	29.5	54.8
21	43.9	28.4	28.6	31.7	65.1	63.3	29.2	28.1	30.2	80.5	50.7	29.9	29.6	30.2	63.1	※	29.3	29.3	29.4	57.1
22	52.6	28.3	28.6	43.5	70.1	66.1	29.3	27.8	30.9	93.3	49.7	29.7	29.3	30.4	65.7	※	29.3	29.2	29.3	59.6
23	54.7	28.3	29.0	114.4	76.2	68.6	29.3	27.6	32.2	106.4	49.4	29.7	29.1	30.6	68.3	※	29.4	28.9	29.3	62.3
24	53.5	28.1	29.6	122.6	83.2	70.8	29.5	27.6	33.9	112.7	50.0	29.8	29.0	31.0	71.1	※	29.4	28.5	29.3	65.4
25	52.8	28.1	31.7	126.1	90.6	74.3	29.9	27.6	36.0	119.3	48.4	29.8	28.7	31.5	73.8	※	29.7	28.1	29.6	69.1
26	52.6	28.0	35.1	128.2	97.1	76.6	30.1	27.8	37.9	125.3	46.0	29.7	28.6	31.6	75.0	※	29.9	27.8	29.6	72.8
27	53.4	28.3	39.7	129.8	103.0	79.4	30.5	27.7	39.8	127.6	44.9	29.6	28.4	31.7	76.5	※	30.2	27.5	29.6	75.6
28	54.6	28.6	44.5	130.4	108.1	83.2	30.8	27.6	41.7	130.4	44.7	29.2	28.2	30.7	78.6	※	31.2	27.1	30.2	79.2
29	56.1	28.9	48.8	131.4	112.3	89.5	31.3	27.9	43.8	129.4	45.6	28.9	28.1	30.3	80.8	※	31.3	26.6	30.1	83.2
30	58.6	29.8	53.1	128.0	115.9	96.0	32.3	28.6	45.8	129.7	46.3	28.9	27.7	30.2	82.7	※	31.3	26.6	30.1	88.8
31	61.9	30.8	57.0	121.4	119.8	102.9	33.3	28.9	47.5	133.4	47.6	29.3	27.6	30.3	83.5	※	32	27.3	30.4	96.3
32	65.4	32.2	61.8	121.3	123.6	108.2	35.0	28.9	49.1	134.4	51.6	30.0	27.6	30.0	84.7	※	32.7	27.6	31.2	99.0
33	69.1	33.4	66.2	121.1	128.2	114.2	37.3	29.3	50.5	135.3	66.0	32.2	29.5	30.8	98.9	※	33.9	27.6	31.8	101.9
34	74.3	36.6	71.5	118.6	132.0	118.6	39.2	29.9	52.5	135.8	72.7	39.1	32.6	31.9	131.3	※	35.7	28.1	32.8	116.8
35	79.3	50.1	81.1	117.4	135.8	120.7	41.6	30.6	55.0	140.3	79.9	45.5	32.0	32.8	140.6	※	37	28.5	33.9	129.5
36	83.4	65.7	96.6	117.0	139.2	123.0	44.6	31.3	57.9	142.6	84.0	50.1	31.2	33.4	146.3	※	38.6	29.7	35.3	136.0
37	89.6	88.0	105.7	117.6	142.1	126.3	50.2	31.9	60.2	144.8	89.7	56.4	36.5	34.9	149.9	※	41.1	30.4	36.9	138.6
38	97.0	104.5	113.4	118.6	144.6	131.5	60.7	32.9	62.7	146.8	93.7	67.4	49.2	36.5	152.8	※	43.2	31.2	38.4	140.1
39	103.9	114.5	120.8	120.1	147.1	136.1	71.1	32.7	64.6	148.4	102.2	74.9	43.0	39.0	※	※	45.4	31.8	39.9	143.8
40	110.4	120.4	124.8	122.0	149.1	139.8	114.9	81.8	68.1	148.6	113.3	85.1	145.9	42.7	※	※	※	32.9	41.0	※
41	116.7	123.8	127.5	123.2	148.0	81.1	137.2	152.4	73.2	141.2	※	94.8	140.3	46.0	※	※	※	142.5	※	※

註：符號“※”代表測得的資料不可靠。

(十) 試體標稱軸力計算

鋼柱之鋼降伏強度 $F_{ys}=4.14 \text{ tf/cm}^2$ ；鋼彈性模數 $E_s=2100 \text{ tf/cm}^2$ ；混凝土強度 $=495 \text{ kgf/cm}^2$ 。依據國內「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」，估算填充型箱型鋼柱試體之設計軸壓強度。分別計算鋼柱鋼骨部分及混凝土部分抗設計軸壓強度，再以強度疊加法求其總和，其詳細計算過程如下。

1. 一般要求

(1) 柱斷面最小尺寸 (B) 之規定

$$B=400 \text{ cm} > 300 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

(2) 柱短邊—長邊尺寸比值 (B/H) 之規定

$$B/H=400/400=1.0 > 0.4 \quad \text{OK}$$

(3) 鋼骨斷面不得小於構材全斷面 2% 之規定

$$\frac{A_s}{BH} = \frac{(400 \times 400) - (376 \times 376)}{400 \times 400} = 11.64\% > 2\% \quad \text{OK}$$

(4) 斷面肢材寬厚比之規定

$$\frac{b}{t} = \frac{376}{12} = 31.33 \leq \lambda_{pd} = \sqrt{\frac{3E_s}{F_{ys}}} = \sqrt{\frac{3 \times 2100}{4.14}} = 39 \quad \text{OK}$$

2. 鋼骨部分之標稱受壓強度 (P_{ns})

$$\text{慣性矩 } I_s = \frac{1}{12} \times 40^3 \times 40 - \frac{1}{12} \times 37.6^3 \times 37.6 = 46773.56 \text{ cm}^4$$

$$\text{鋼柱斷面之有效迴轉半徑 } r_s = \sqrt{\frac{I_s}{A_s}} = \sqrt{\frac{46773.56}{186.24}} = 15.85 \text{ cm}$$

內灌混凝土箱型鋼柱構材中鋼骨斷面之有效迴轉半徑為

$$r_{\text{eff}} = r_s + \alpha \times \sqrt{\frac{I_g}{A_g}} = 15.85 + 0.1 \times \sqrt{\frac{40^4 / 12}{40^2}} = 17 \text{ cm}$$

(填充混凝土箱型鋼柱 $\alpha = 0.1$)

$$\lambda_c = \frac{KL}{\pi r_{\text{eff}}} \sqrt{\frac{F_{ys}}{E_s}} = \frac{1 \times 300}{\pi \times 17} \sqrt{\frac{4.14}{2100}} = 0.2494 < 1.5$$

箱型鋼柱標稱受壓強度計算式

$$P_{ns} = (0.211\lambda_c^3 - 0.57\lambda_c^2 - 0.06\lambda_c + 1)F_{ys}A_s = 734.68 \text{ tf}$$

3. 混凝土部分之標稱受壓強度 (P_{nrc})

$$P_{nrc} = \phi_e (0.85f'_c A_c + A_r F_{yr}) = 0.85 \times (0.85 \times 495 \times 37.6^2) / 1000 = 505.61 \text{ tf}$$

(因混凝土受到箱型鋼柱良好的圍束，故 ϕ_e 值可以取為 0.85)

4. 填充混凝土箱型鋼柱之設計受壓強度

$$\phi_{cs} P_{ns} + \phi_{crc} P_{nrc} = 0.85 \times 734.68 + 0.75 \times 505.61 = 1003.69 \text{ tf}$$