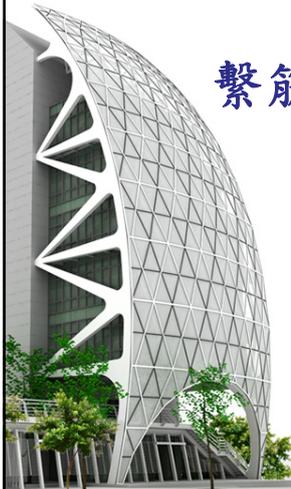


2016建築結構創新研發及評估補強技術研討會



## 繫筋型式對包覆填充型箱型柱 軸向行為之影響

報告單位：國立台灣科技大學 營建工程系  
研究主持人：陳正誠 特聘教授  
研究助理：吳品達、周佳希  
報告日期：105.07.29

TAIWAN TECH

國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Tec

## 大 綱

- ➔ ■ 研究緣起與背景
- 試體設計與製作
- 試驗裝置及測計配置
- 實驗結果與討論
- 結論與建議

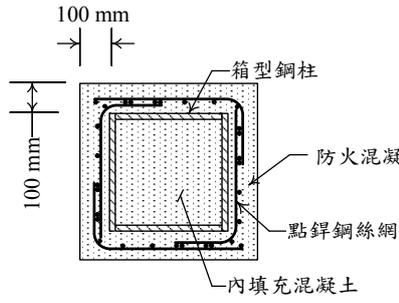
TAIWAN TECH

國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

### 填充型箱型柱+混凝土防火被覆



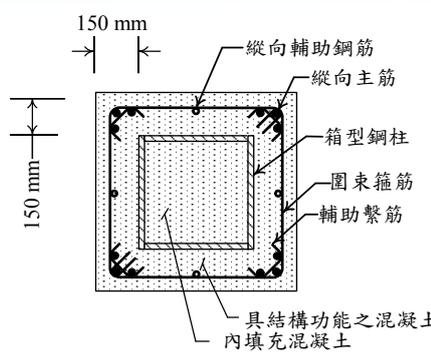
- ◆ 箱型鋼柱外增設100mm之混凝土防火層及點焊鋼絲網。
- ◆ 不計防火層混凝土以及點焊鋼絲網所提供的強度。
- ◆ 常使用於高樓鋼結構房屋，尤其是住宅。
- ◆ 衍生出讓防火層混凝土兼具結構用途的構想。
- ◆ 發展出包覆填充型箱型柱。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

### 包覆填充型箱型柱



- ◆ 箱型鋼柱外圍設置厚度150 mm 或150mm以上之混凝土。
- ◆ 配置縱向鋼筋及橫向鋼筋。
- ◆ 柱板外側有梁的位置配置縱向輔助鋼筋。
- ◆ 角隅配置3支或3支以上主筋時使用輔助繫筋。
- ◆ 計入外圍混凝土及縱向主筋對強度的貢獻。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

### 鋼筋配置及柱板外側混凝土圍束問題

- ◆ 柱中央主筋受到鋼梁的阻礙而無法配置
- ◆ 鋼箱型斷面阻礙繫筋之配置
- ◆ 鋼箱型斷面外側混凝土之圍束無法以傳統橫向鋼筋配置方式為之

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

### 拉開角落處縱向主筋的距離

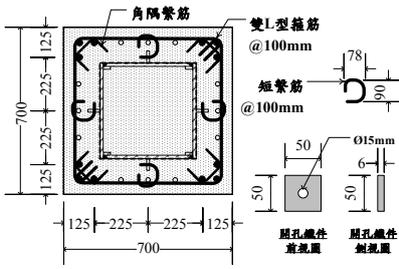
- ◆ 讓縱向鋼筋（包括縱向主筋及縱向輔助鋼筋）之淨間距符合規範要求（不超過150mm）。
- ◆ 圍束箍筋腳與繫筋（包括輔助角隅繫筋）之間距合乎規範之規定（不超過350mm）  
輔助角隅繫筋是否可以算是一個有效的縱向鋼筋支撐點？應受到檢驗。
- ◆ 角隅繫筋未由柱斷面壓力側延伸至拉力側，應該不能計入橫向鋼筋量。此觀點宜由試驗印證之。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

### 使用接力式繫筋



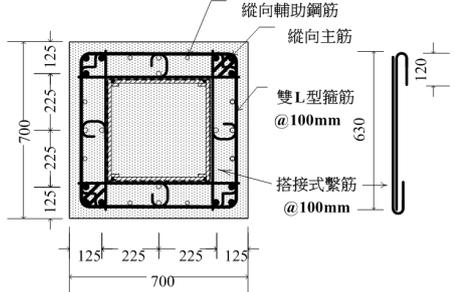
- ◆ 在鋼柱表面設置開孔鐵件，鐵件銲接在鋼柱，短繫筋一端鉤住鐵件開孔，另一端鉤住縱向鋼筋。
- ◆ 接力式繫筋傳力路徑：短繫筋-開孔鐵件-箱型柱-開孔鐵件-短繫筋。
- ◆ 接力式繫筋可以配置在有鋼柱斷面處，容易滿足規範的要求。
- ◆ 接力式繫筋傳力路徑較為間接，並受柱板寬度及厚度之影響，其有效性應受到檢驗。
- ◆ 是否可以計入橫向鋼筋量也應該受到檢驗。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

### 中空RC柱概念



- ◆ 使用中空RC柱之概念，配置直通繫筋及短繫筋，使柱板側混凝土自我圍束。
- ◆ 短繫筋兩端各鉤住1根縱向輔助鋼筋（註：柱板不設置鐵件）。
- ◆ 直通繫筋採用搭接式繫筋，搭接式繫筋由2支一端180度彎鉤一端直線的鋼筋搭接而成兩端都具180度彎鉤的繫筋。
- ◆ 可行性應該受到評估。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 研究背景

**研究課題：下列繫筋型式的有效性評估**

**角隅輔助繫筋**

**接力式繫筋**

**中空RC柱概念**

TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 大 綱

- 研究緣起與背景
- ➔ ■ 試體設計與製作
- 試驗裝置及測計配置
- 實驗結果與討論
- 結論與建議

TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗計畫

- ◆ 共規劃6組短柱試體，每組包括2支相同之試體，總共12支大尺寸短柱試體：  
 包覆填充型箱型柱5組：T1~T5（簡稱T試體）  
 填充型箱型柱1組：CR（數據分析參考用）
- ◆ 鋼箱型斷面：BOX 400×400×14，A572 Gr. 50，柱板寬厚比 = 26
- ◆ T試體：斷面 = 700×700；主筋 = 12-#8 SD420W鋼筋；  
 橫向鋼筋間距 = 100 mm 且圍束力大致相同
- ◆ 混凝土標稱抗壓強度 280 kg/cm<sup>2</sup>

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作

### T1試體 (T2之對照試體)

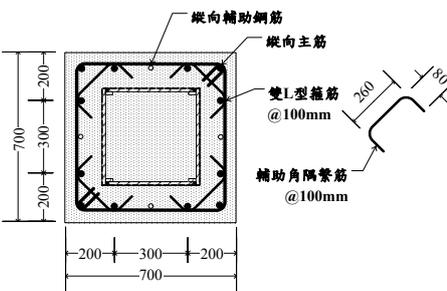
- ◆ 使用標準的繫筋型式：貫穿繫筋，柱板開繫筋孔。
- ◆ 縱向鋼筋（包括主筋及縱向輔助鋼筋）之間距同T2。
- ◆ 橫向鋼筋配置  
 外箍筋：#3 SD420W  
 繫筋：#3 SD280W  
 圍束力：9.94 tf
- ◆ 輔助縱向鋼筋：  
 4-SD420W #6
- ◆ 作為T2試體行為判斷之比較標準。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作

### T2試體



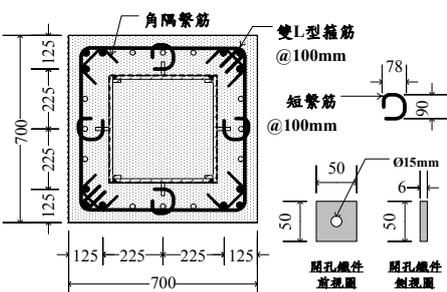
- ◆ 調整主筋位置及角隅箍筋大小。
- ◆ 縱向鋼筋（包括主筋及縱向輔助鋼筋）之間距同T1。
- ◆ 圍束箍筋腳或輔助角隅筋彎角之間距同T1。
- ◆ 橫向鋼筋配置  
外箍筋：#4 SD420W  
角隅繫筋：#3 SD280W  
圍束力：10.7tf  
（註：不包括角隅繫筋）
- ◆ 輔助縱向鋼筋：4-SD420W #6
- ◆ 試驗結果與T1比較。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作

### T3試體



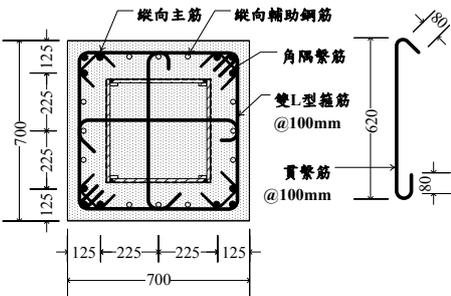
- ◆ T3、T4及T5之縱向鋼筋（包括主筋及縱向輔助鋼筋）之間距保持相同。
- ◆ 使用接力式繫筋。
- ◆ 橫向鋼筋配置  
外箍筋： #4 SD280W  
短繫筋： #4 SD280W  
角隅繫筋： #3 SD280W  
圍束力：10.7tf
- ◆ 輔助縱向鋼筋  
12-#6 SD420W
- ◆ 開孔鐵件：  
厚度6 mm/開孔直徑15 mm
- ◆ 試驗結果與T4比較。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作

### T4試體 (T3及T5之對照試體)



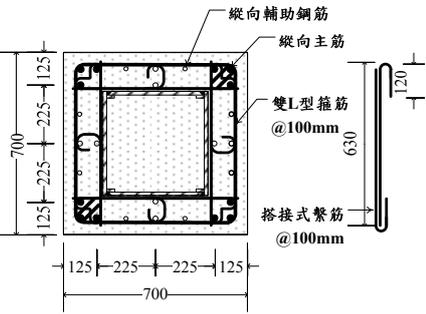
- ◆ T3、T4及T5之縱向鋼筋（包括主筋及縱向輔助鋼筋）之間距保持相同。
- ◆ 使用標準的繫筋型式：貫穿繫筋，柱板開繫筋孔。
- ◆ 橫向鋼筋配置  
外箍筋： SD280W#4  
繫筋： SD280W#4  
角隅繫筋： SD280W#3  
圍束力：10.7tf
- ◆ 輔助縱向鋼筋  
12-#6 SD420W
- ◆ 作為T3及T5行為比較之判斷標準。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作

### T5試體



- ◆ T3、T4及T5之縱向鋼筋（包括主筋及縱向輔助鋼筋）之間距保持相同。
- ◆ 使用中空RC柱之概念，配置搭接式繫筋及短繫筋。
- ◆ 橫向鋼筋配置  
外箍筋： SD420W #3  
搭接式繫筋：SD280 W #3  
短繫筋： SD280W #3  
圍束力：9.94tf
- ◆ 輔助縱向鋼筋：  
8-#6 SD420W；8-#5 SD280W
- ◆ 試驗結果與T4比較。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作

CR 試體

箱型鋼柱

- ◆ 為填充型箱型柱
- ◆ 其尺寸與構造與T1~T5試體中之鋼柱斷面相同。
- ◆ 作為數據分析之參考

TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試體立面圖

• T1 試體

前視圖(未灌漿)

非測試區

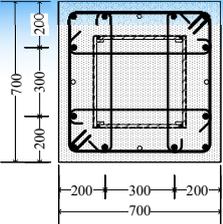
測試區

單位：mm

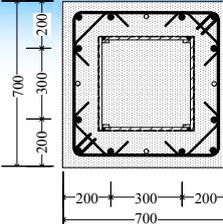
TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作



**T1 試體**



**T2 試體**



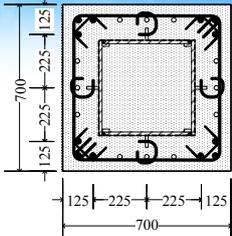
TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作



**T3 試體**



**短繫筋**



TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作



**T4試體**      **T5試體**



TAIWAN TECH      國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作



**鋼筋綁紮完成**



**混凝土澆置完成**

TAIWAN TECH      國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗設計與製作 材料實測強度

材料項目		實測降伏強度 tf/cm <sup>2</sup>	實測抗拉強度 tf/cm <sup>2</sup>
ASTM A572 Gr.50	試片厚度 14mm	3.75	5.04
D10 鋼筋	SD280W	4.00	5.77
	SD420W	4.62	7.54
D13 鋼筋	SD280W	2.90	4.52
	SD420W	5.23	7.21
D16 鋼筋	SD280W	3.15	4.67
D19 鋼筋	SD420W	4.70	6.69
D25 鋼筋	SD420W	4.58	6.85

- ◆ 16圓柱試體之實測混凝土抗壓強度為422 kg/cm<sup>2</sup>，高出標稱強度過多，試體強度超過3000噸。
- ◆ 鋼板及鋼筋的實測強度都在合理範圍

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 大 綱

- 研究緣起與背景
- 試體設計與製作
-  ■ 試驗裝置及測計配置
- 實驗結果與討論
- 結論與建議

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗裝置及測計配置

測試區上視圖

正視圖

- ◆ 非測試區以夾具圍束混凝土保護層/確保破壞發生在測試區
- ◆ 測試區4支衝程100mm LVDT量測軸向變形量

TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 試驗裝置及測計配置

CR-1、CR-2及T3-1

建研所3000噸試驗機

CR-1、CR-2及T3-1以外之試體

國家地震工程中心6000噸MATS

- ◆ 施加單向軸向靜態載重
- ◆ 加載至強度降到最大強度之60%以下

TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

# 大 綱

- 研究緣起與背景
- 試體設計與製作
- 試驗裝置及測計配置
- ➔ ■ 實驗結果與討論
- 結論與建議

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 實驗結果與討論 T1試體

T1測試區載重-應變

**T1-1**

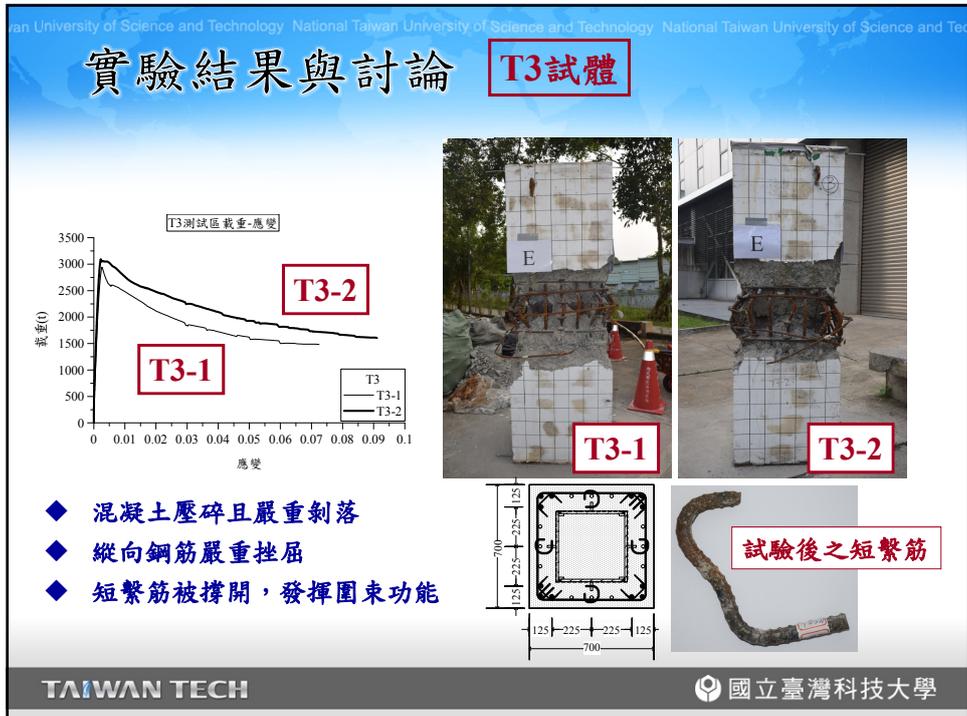
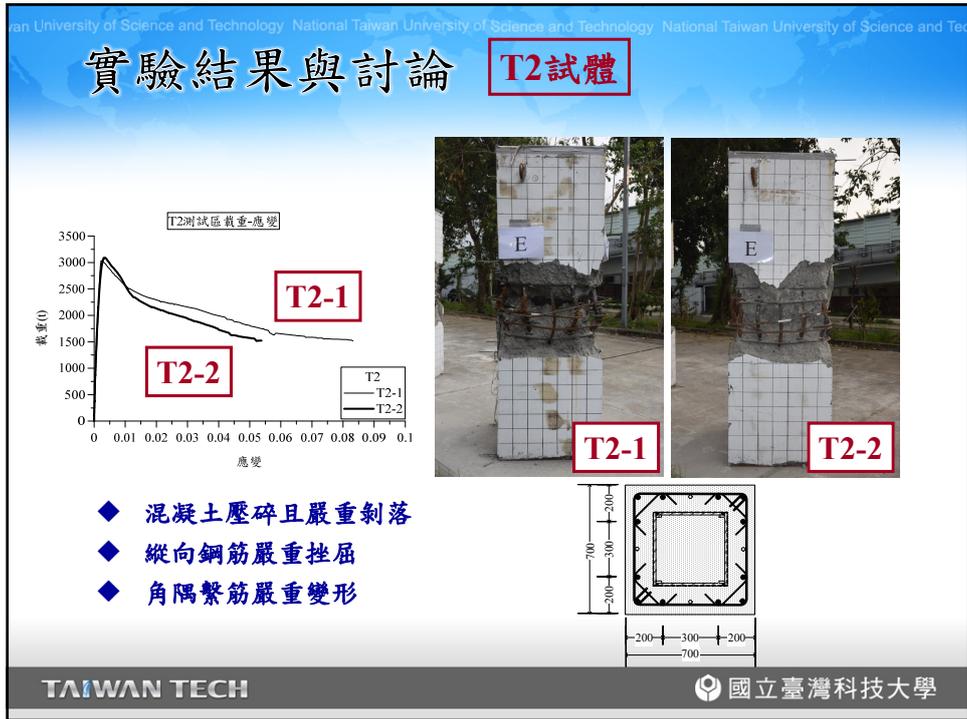
**T1-2**

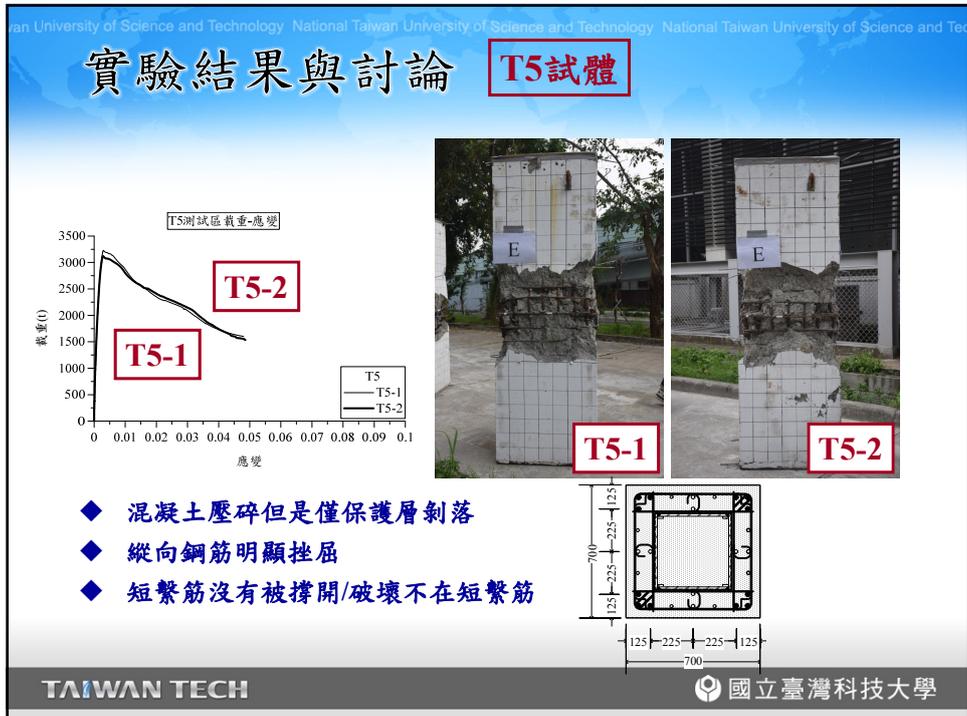
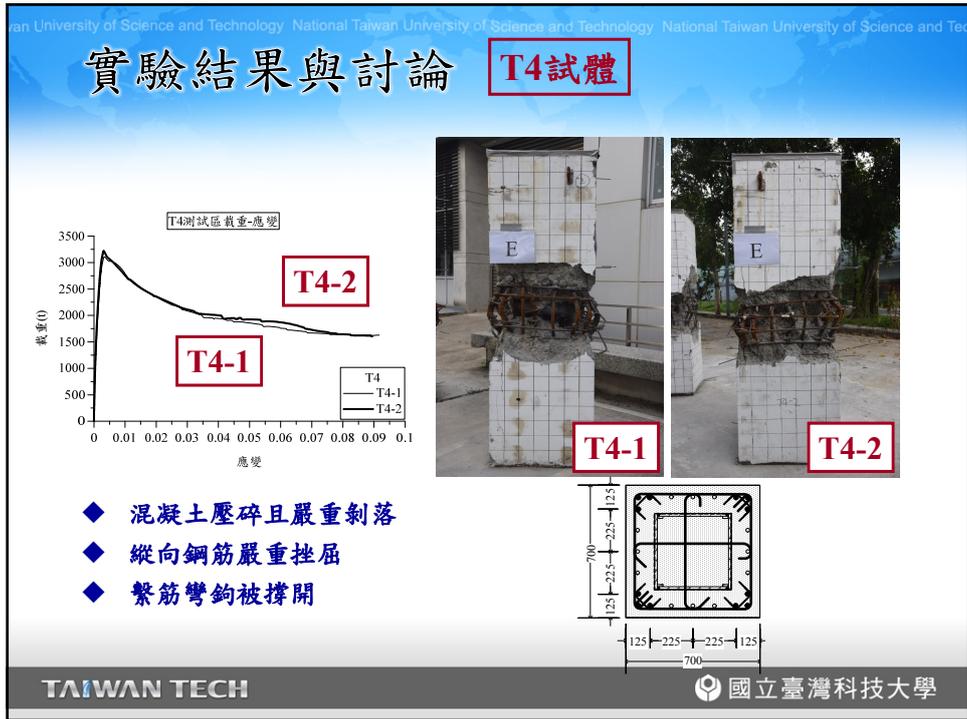
Legend: T1 (solid line), T1-1 (dashed line), T1-2 (dotted line)

**T1-1** **T1-2**

- ◆ 混凝土壓碎且嚴重剝落
- ◆ 縱向鋼筋嚴重挫屈
- ◆ 繫筋彎鉤被撐開

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學





an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 實驗結果與討論 T系列試體之強度

試體名稱	$P_{exp}$	$P_{a0}$	$\frac{P_{exp}}{P_{a0}}$	
	(tf)	(tf)	單一試體	平均
T1-1	2908	2793	1.04	1.04
T1-2	2892	2793	1.04	
T2-1	3037	2793	1.09	1.10
T2-2	3090	2793	1.11	
T3-1	2944	2893	1.02	1.05
T3-2	3093	2893	1.07	
T4-1	3106	2893	1.07	1.09
T4-2	3221	2893	1.11	
T5-1	3229	2915	1.11	1.09
T5-2	3123	2915	1.07	

- ◆  $P_{a0}$ 以實際材料強度計算
- ◆  $P_{exp}/P_{a0} > 1.0$

$$P_{a0} = A_s F_{ys} + A_r F_{yr} + 0.85 f'_c A_c$$

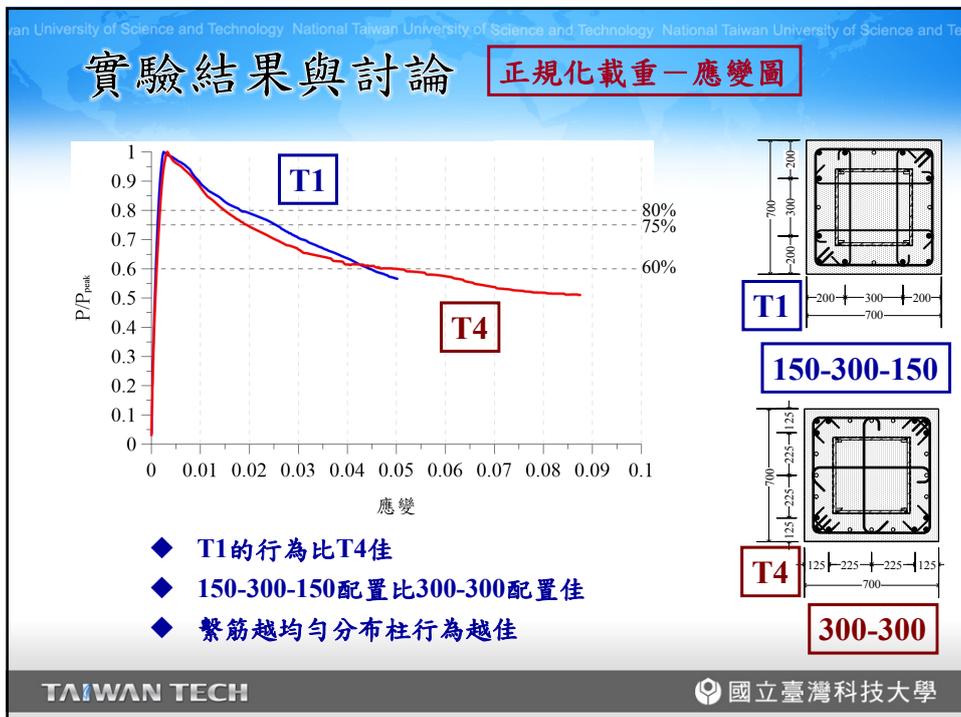
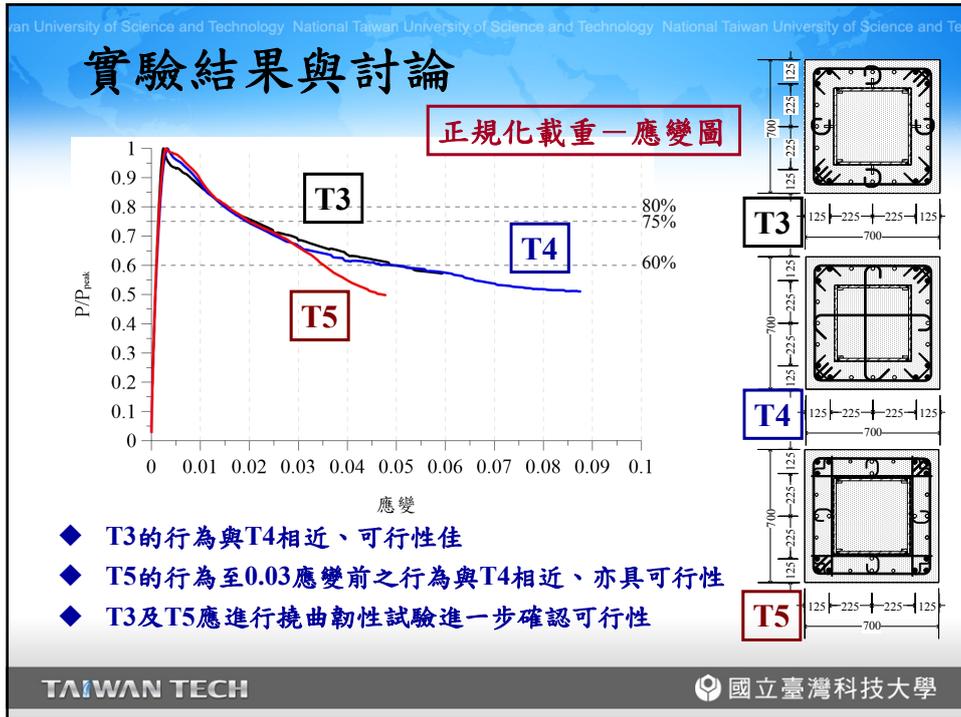
TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 實驗結果與討論 正規化載重—應變圖

- ◆ T2強度衰減明顯比T1快，韌性較差
- ◆ 角隅繫筋無法取代直通繫筋

TAIWAN TECH
國立臺灣科技大學



an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

## 結論與建議

### 結論

1. T2之行為比T1差，輔助角隅繫筋無法取代一般繫筋。
2. T3之行為與T4類似，接力式繫筋的概念具有可行性。
3. T5在達0.03應變前之延展性與T4相似，顯示T5橫向鋼筋（中空RC柱）之配置方式具有可行性。

### 建議

1. 輔助角隅繫筋無法取代一般繫筋的發現可以放到規範的解說。
2. 接力式繫筋的概念具有可行性可以放到規範的解說。
3. 接力式繫筋及中空RC柱的橫向鋼筋配置概念，值得進一步以撓曲韌性研究來印證其可行性並建立設計準則。

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學

an University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology National Taiwan University of Science and Technology

# 報告結束 感謝聆聽

TAIWAN TECH 國立臺灣科技大學