

九龍機利士南路 50 號 1 樓
2017 年 6 月 21 日
露台倒塌事件
調查報告



屋宇署
2017 年 10 月

引言

1. 2017 年 6 月 21 日凌晨約 2 時 30 分，九龍機利士南路 50 號一幢建築物的 1 樓露台部分倒塌。屋宇署調派政府承建商進行緊急工程，拆除倒塌露台的剩餘部分並為涉事建築物 2 樓至 4 樓露台豎設臨時支柱，以確保公眾安全。
2. 涉事建築物位於機利士南路 46-50 號，樓高六層，以鋼筋混凝土建造，佔用許可證於 1956 年 7 月 19 日批出。上址地下為商舖，上層樓層為住宅，屬綜合用途建築物。倒塌的部分露台位於 1 樓，長 4.8 米，從外牆伸出 2.4 米，並由兩條懸臂樑(FB30 及 FB35)作為結構支撐，其樓面水平比建築物內部水平低 50 毫米。按原本設計，涉事露台沒有圍封，三面有 900 毫米高的護牆（附件 1、2 及 3）。

調查工作

3. 事故發生後，屋宇署進行實地視察及會見住戶，並翻查經批准的樓宇記錄(包括小型工程的呈交文件)，亦為現場採集的樣本進行實驗室測試及分析，以及對露台作出結構評估，以調查事故的成因。

4. 所得證據顯示：

- (a) 涉事露台沒有就改動或加建工程或小型工程呈交任何相關文件。據住戶所述，涉事露台近日並無進行任何建築工程；
- (b) 樑 FB35 及大約一半的露台樓板倒塌，露出鋼筋。樑 FB30 並無倒塌，但出現表層剝落、裂縫及鋼筋生鏽；
- (c) 露台地台經過加高，修飾後與 1 樓內部地面水平相同。增加的飾面厚度約 50 毫米；

- (d) 涉事露台的批准護牆厚 75 毫米，額外蓋以約 75 毫米厚的水泥批盪；
- (e) 護牆上方裝設了鋁窗，圍封整個露台；以及
- (f) 露台用作睡房，放置家具及家用電器，亦儲存了若干建築工具。

結構評估 – 倒塌事件的成因

5. 結構評估集中於樑 FB35 的結構表現系數¹。如系數小於 1，樑 FB35 即屬未達可接受的安全界限。

6. 由於樓宇的結構狀況不宜進行破壞性測試，因此屋宇署在現場收集混凝土殘礫及多截鋼筋進行實驗室測試。測試結果如下：

- (a) 混凝土樣本的“石屎槍”測試²顯示，樑 FB35 的平均抗壓強度為 7.0 兆帕斯卡(N/mm^2)。經計算的抗剪強度為 0.31 兆帕斯卡(N/mm^2)。原本設計的抗壓強度及抗剪強度分別為每平方英寸 2 250 磅（或 15 兆帕斯卡 N/mm^2 ）及每平方英寸 60 磅（或 0.4 兆帕斯卡 N/mm^2 ）；
- (b) 取自樑 FB35 的混凝土樣本的碳化³測試顯示，碳化深度多於 80 毫米，超逾一般 25 毫米厚的混凝土保護層；
- (c) 在樑 FB35 的主鋼筋進行的拉力測試顯示，平均抗拉強度為 276 兆帕斯卡(N/mm^2)。設計的屈服強度為每平方英寸 36 000 磅（或 250 兆帕斯卡 N/mm^2 ）；

¹ 這是鋼筋混凝土構件承載能力的指標，即結構表現系數（抗彎）及結構表現系數（抗剪），分別用以說明結構構件抗彎及抗剪的能力。

² 採用這測試的原因是現場收集的混凝土殘礫過於零碎及容易破碎，不宜抽取芯樣以進行抗壓或抗剪強度測試。

³ 混凝土和二氧化碳所產生的化學反應會削弱混凝土的鹼性保護作用，引致鋼筋混凝土結構內的鋼筋出現銹蝕，繼而導致混凝土剝落。

- (d) 鋼筋的截面面積普遍因銹蝕而減少。取自樑 FB35 直徑為 19 毫米及 16 毫米的鋼筋，其面積分別減少 12% 及 23%；以及
- (e) 加高地台飾面樣本及加厚護牆批盪樣本的平均單位重量分別為 18.5 千牛頓每立方米(kN/m^3) 及 18.0 千牛頓每立方米(kN/m^3)。

7. 根據混凝土及已銹蝕鋼筋強度測試結果，樑 FB35 在承受上文第 4(c)至(e)段所述的額外荷載的狀況下，結構表現系數（抗彎）和結構表現系數（抗剪）分別為 1.24 及 0.95，顯示該樑的抗彎表現仍然能夠承受所增加的荷載，但抗剪表現則略低於可接受的安全界限。由於混凝土剝落而導致樑 FB35 的有效截面面積減少，其結構表現系數會進一步下降。

導致倒塌事件的因素

8. 經覆查後，我們發現原本的結構設計大致妥當。導致倒塌事件的因素如下：

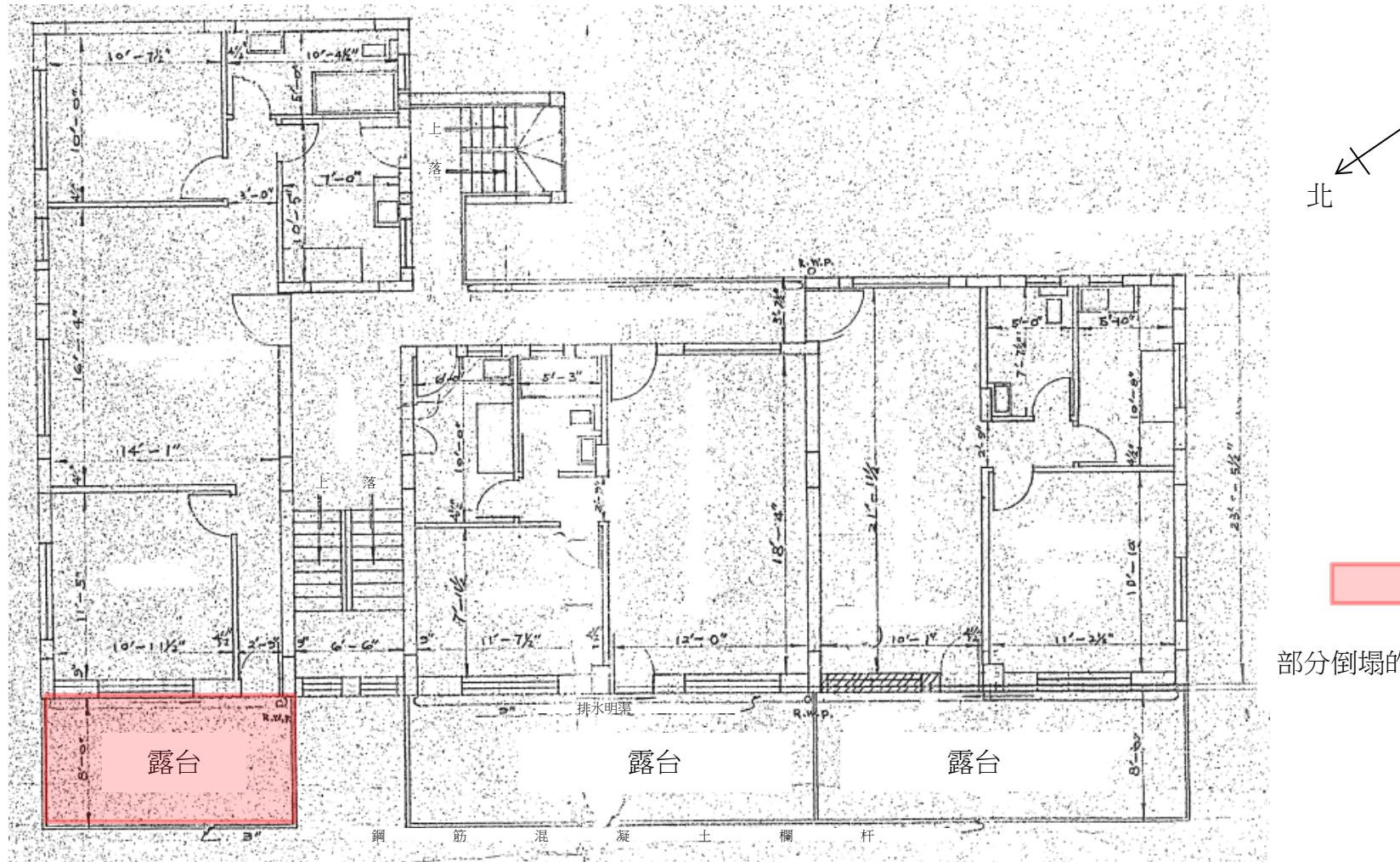
- (a) 混凝土強度下降 – 樑 FB35 的抗壓強度較原本設計強度低約 53%；
- (b) 鋼筋銹蝕 – 樑 FB35 碳化導致鋼筋出現銹蝕，繼而混凝土剝落。因此，鋼筋及混凝土的有效截面面積減少，導致該樑的承載能力下降；
- (c) 荷載增加 – 地台加高 50 毫米、護牆批盪加厚 75 毫米，以及加設鋁窗，導致樑 FB35 的恆載增加 44%；以及
- (d) 缺乏維修保養 – 現場發現樑 FB30 及 FB35 出現裂縫、混凝土剝落及鋼筋生鏽。涉事樓宇明顯普遍缺乏維修保養。在缺乏妥善維修保養的情況下，樑 FB35 的裂縫因而形成和擴展，令該樑的結構表現系數降低。

結論

9. 基於以上調查及結構評估，樑 FB35 的混凝土強度下降、鋼筋銹蝕加上日久失修，抗剪強度因而降低。此外，地台加高、護牆批盪及加設鋁窗使荷載加重，樑 FB35 被剪力破壞觸發露台倒塌。

屋宇署

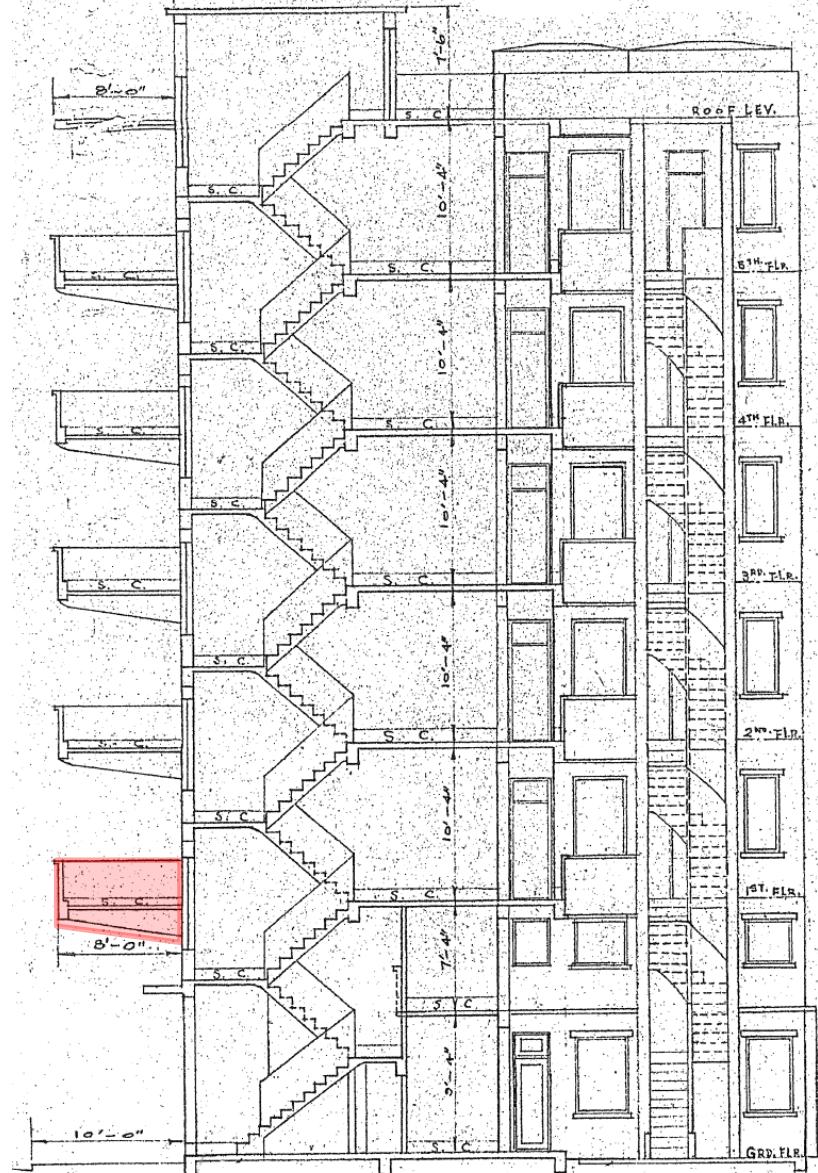
2017 年 10 月



經批准的 1 樓平面圖



九龍機利士南路 46-50 號

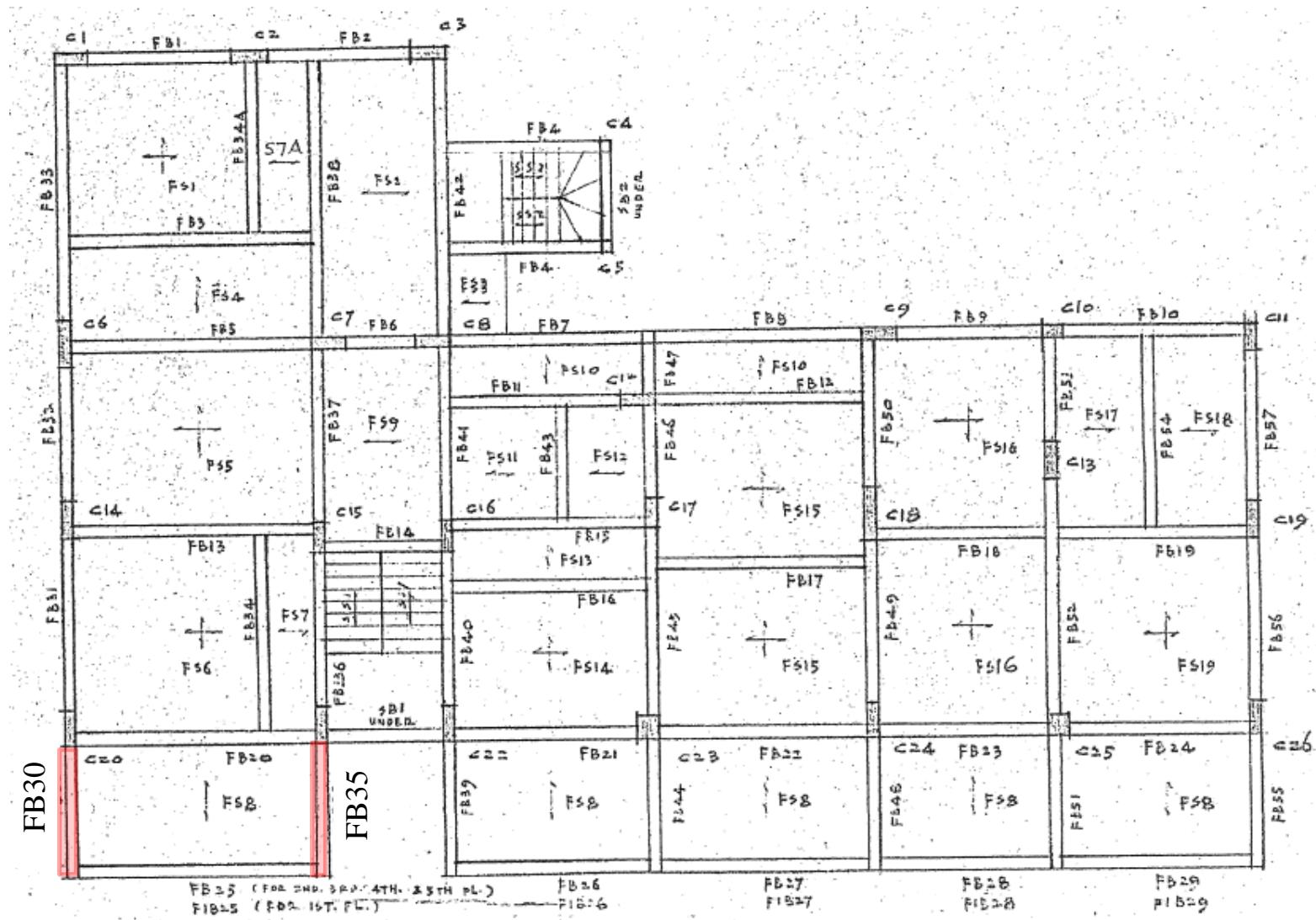


部分倒塌的露台



經批准的截面圖

九龍機利士南路 46-50 號



經批准的 1 樓構架圖則

九龍機利士南路 46-50 號