

鄰近加思欄馬路古城牆倒塌事故調查

最終調查報告摘要

2022年6月9日晚上7時，位於專科大樓地盤及私人地盤之間的一段鄰近加思欄馬路之古城牆發生倒塌事故，如圖1及圖2所示。經現場調查、採集土壤樣本進行分析、以及收集雙方地盤及權限單位提供的施工記錄及事件報告後，給出事故的成因報告。

根據專科大樓觀光走廊的施工記錄，在事故以前，已經完成主要開挖、施作結構體、回填土等施工工序，這些工序在原有地形上進行，並未對古城牆牆體產生重大的影響，而事故發生當日，正在進行其他結構體施工，並無開挖土體的工序。根據私人地盤的施工記錄，在事故以前，已經完成主要位置的鋼管圍護樁、圍令、擋土支撐結構以及開挖施工，而事故發生當日，在靠近距離古城牆倒塌位置約20米的地盤門口正進行圍護樁的鑽樁工作。

綜合雙方地盤及權限單位提供的施工記錄及事件報告和倒塌的過程分析，歸納出可能導致嘉安閣側古城牆下方砌石護土牆最先失穩而誘發古城牆倒塌的原因如下：

1. 事故發生當日，全澳累積降雨量僅為1.2毫米，排除因降雨產生的地表逕流沖刷古城牆基腳以及護土坡底部而導致古城牆倒塌；
2. 根據專科大樓承建商明信公司提供的事故以前古城牆周邊的照片記錄、以及私人地盤承建商建鵬公司提供的事件報告，這些資料均顯示在事故之前，靠近嘉安閣側古城牆下方之砌石護土牆及三角矮牆本身結構不完整、砌石塊鬆散並存在較大的孔隙等缺陷，如圖3所示，而且上述砌石護土牆沒有完善的排水系統，對該處的古城牆牆體的穩定性構成隱患；
3. 事故發生時，私人地盤正在進行圍護樁的鑽樁施工，鑽樁機在岩層中鑽孔衝擊時產生的振動會向四周擴散，當振動傳遞至處於失穩臨界點的古城牆下方砌石護土牆，或傳遞至古城牆後方已經飽和的土體使得土體更加鬆動；

4. 古城牆所在的地形，靠山頂醫院一側地勢較高，嘉安閣一側地勢較低，因降雨而入滲到古城牆下方土體內積水由高向低集中流向嘉安閣一側或經由嘉安閣側的古城牆下方砌石護土牆的孔隙由內向外排出，積水排出時會沖刷砌石塊間隙的顆粒使得間隙變大，對該護土牆的穩定性構成不良影響，圖 4 及圖 5 為土體內積水滲流或排水方向示意圖；
5. 事故發生前，專科大樓觀光走廊施工範圍內存在降雨入滲至土體的局部開放面，而 2022/6/7 及 2022/6/8 連續兩日強降雨的雨水會從開放面入滲到古城牆下方及砌石護土牆後方的土體內，由於土體的透水性低，砌石護土牆沒有完善的排水路徑，入滲到土體內的積水無法及時排出，導致土體內的含水量變高、孔隙水壓力變大、土體的強度降低，同時亦增加土體對嘉安閣側古城牆下方之砌石護土牆的側壓力。

因此總結本次古城牆倒塌事故，是因為嘉安閣側古城牆下方砌石護土牆的自身結構不完整和砌石塊之間的鬆散而存在著穩定性的缺陷，而專科大樓觀光走廊及私人地盤在同期進行施工，對該砌石護土牆構成安全性隱患、加上 2022/6/8 的極端暴雨進一步弱化該砌石護土牆的穩定性，共同誘發本次古城牆倒塌事故的發生。

事故發生前，兩個地盤在施工規劃、邊坡安全評估及監測、以及古城牆的保護及監測等方面存在若干問題：

1. 私人地盤方面，
 - A. 嘉安閣側三角形砌石矮牆(圖 6)，可起到作為嘉安閣側的砌石護土牆的水平支撐的作用。建鵬提交「古城牆環境報告(Condition Survey)」中已經反映砌石護土牆存在完整性和穩定性隱患，而附件二「澳門加思欄馬路 14-16 號半山壹號項目建造工程古城牆保護及監測方案 2022 年 01 月 13 日」中，建鵬表示該三角形矮牆「不具備支撐作用」，但因侵入私人地盤的地界內而被拆除，然而本次倒塌事件的最先破壞處是古城牆下方的砌石護土

牆，建鵬沒有對拆除三角形矮牆後對砌石護土牆的影響進行詳細的評估和分析便拆除該三角形矮牆，改變了砌石護土牆的原有穩定狀態，可能增加其不穩定風險，同時在拆除三角形矮牆後，應該對砌石護土牆佈置必要和合適的監測系統，持續觀察其穩定狀況；

- B. 在古城牆表面架設了雙層棚架(圖 7)，反而導致相關人員無法隨時對古城牆及其下方護土牆進行直接觀測降雨或地盤施工產生的影響，以及無法即時評估其穩定性；
- C. 該地盤設置的監測系統中，監測頻率為每三日一次的人手讀數，監測頻率較低；監測點的安裝位置集中在古城牆牆體頂部、嘉安閣及金麗閣的結構上以及基坑頂部(如圖 8 及圖 9 所示)，僅能反映該地盤的基坑開挖情況，未能有效監測古城牆牆體、特別是嘉安閣側砌石護土牆的穩定性；自 2021 年 12 月 31 日至 2022 年 5 月 27 日顯示，各監測點的監測數據的變化值均為零，未能反映施工及降雨對古城牆及其下方護土牆的真實情況，以致無法準確測出預警值並向相關責任人通報，在監測目的上發揮不了預警的作用。該監測方案所選定的監測點、監測頻率、監測方法及設備等整個監測系統僅能反映基坑的開挖狀況，對古城牆的保護和監測為一無效的監測系統。

2. 專科大樓地盤方面，

- A. 在觀光走廊範圍進行開挖及回填工作前，未有做好排水路徑分析，以及建設完成後對排水路徑的改變未有完善的規劃，對開挖範圍的土體未做好排水和防護。
- B. 根據該項目的圖則顯示，古城牆位於專科大樓地界內，而且部分結構體與古城牆的距離十分靠近，而開挖及回填工程展開前，並未對古城牆的尺寸、結構、以及其下方的山體和護土牆的穩定性及完整性作深入的調查及

評估，並進行安全監測，也沒有適當的古城牆保護措施以及妥善的雨水收集及排放措施。



圖 1 古城牆倒塌範圍俯視圖



圖 2 古城牆倒塌範圍航拍圖

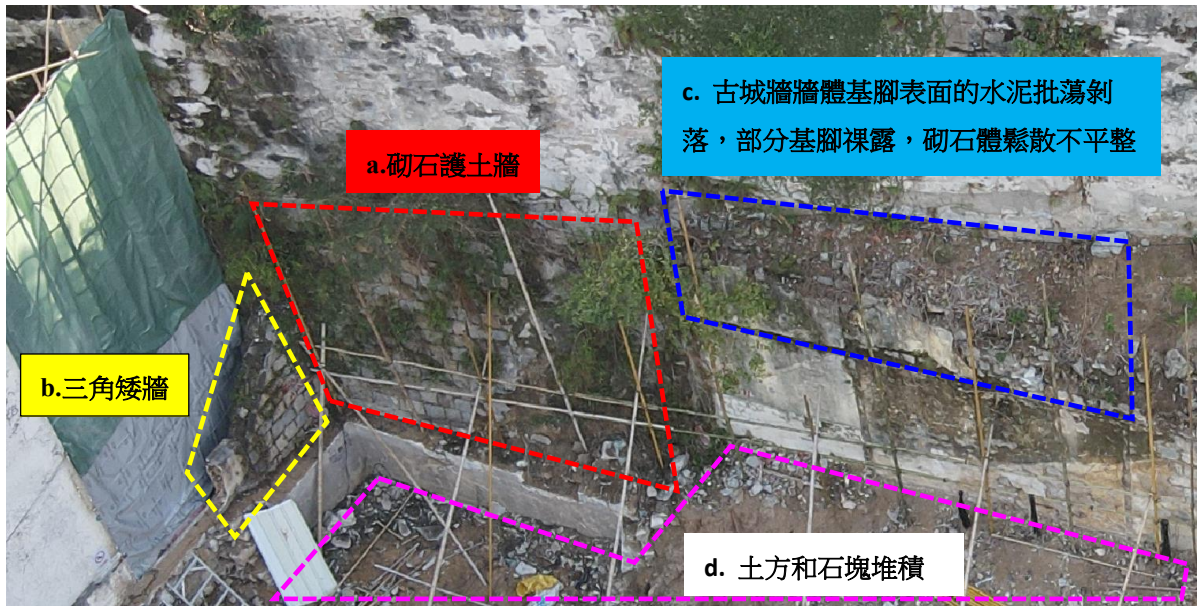


圖 3 嘉安閣側古城牆下方之砌石護土牆及三角矮牆，事故發生前的狀況，本身結構不完整、砌石塊鬆散並存在較大的孔隙等缺陷



圖 4 專科大樓觀光走廊施工範圍內降雨入滲土體內的滲流方向示意圖(1)

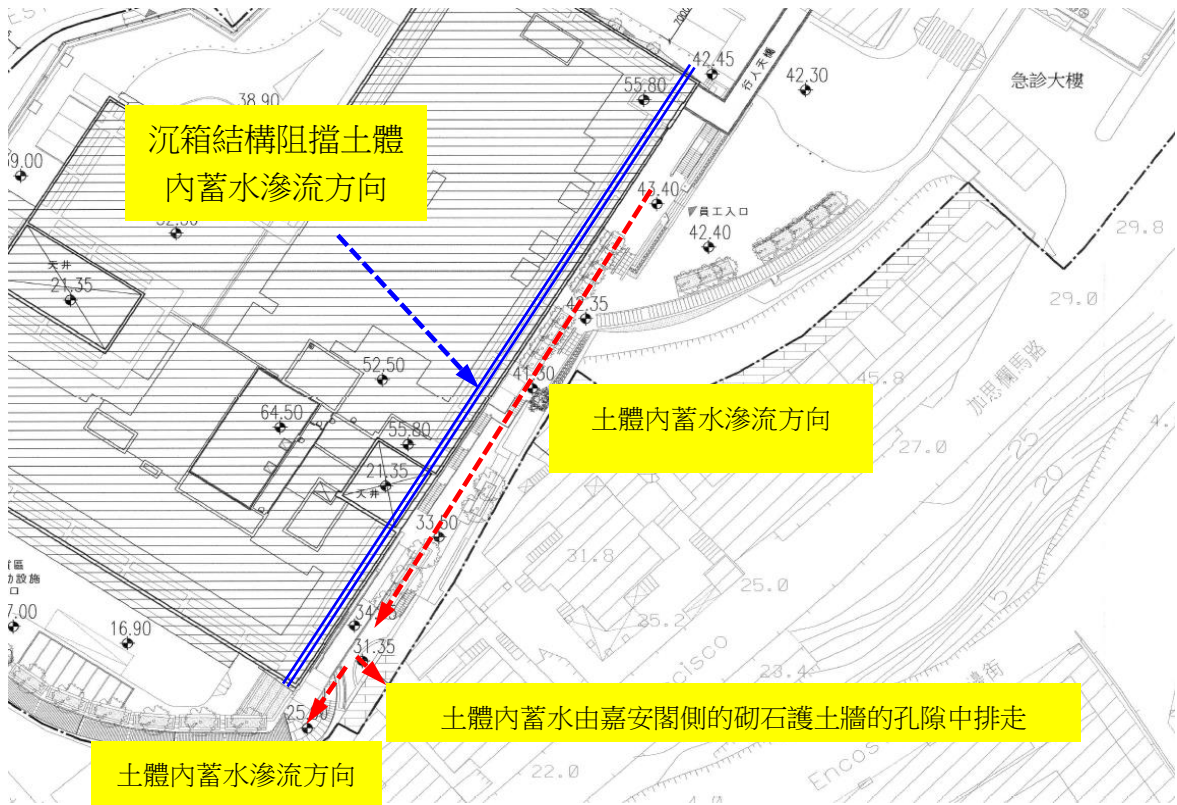


圖 5 專科大樓觀光走廊施工範圍內降雨入滲土體內的滲流方向示意圖(2)



圖 6 私人地盤內拆除了侵入地界的三角矮牆



圖 7 私人地盤內在古城牆表面架設雙層棚架



圖 8 私人地盤監測點佈置位置圖(1)

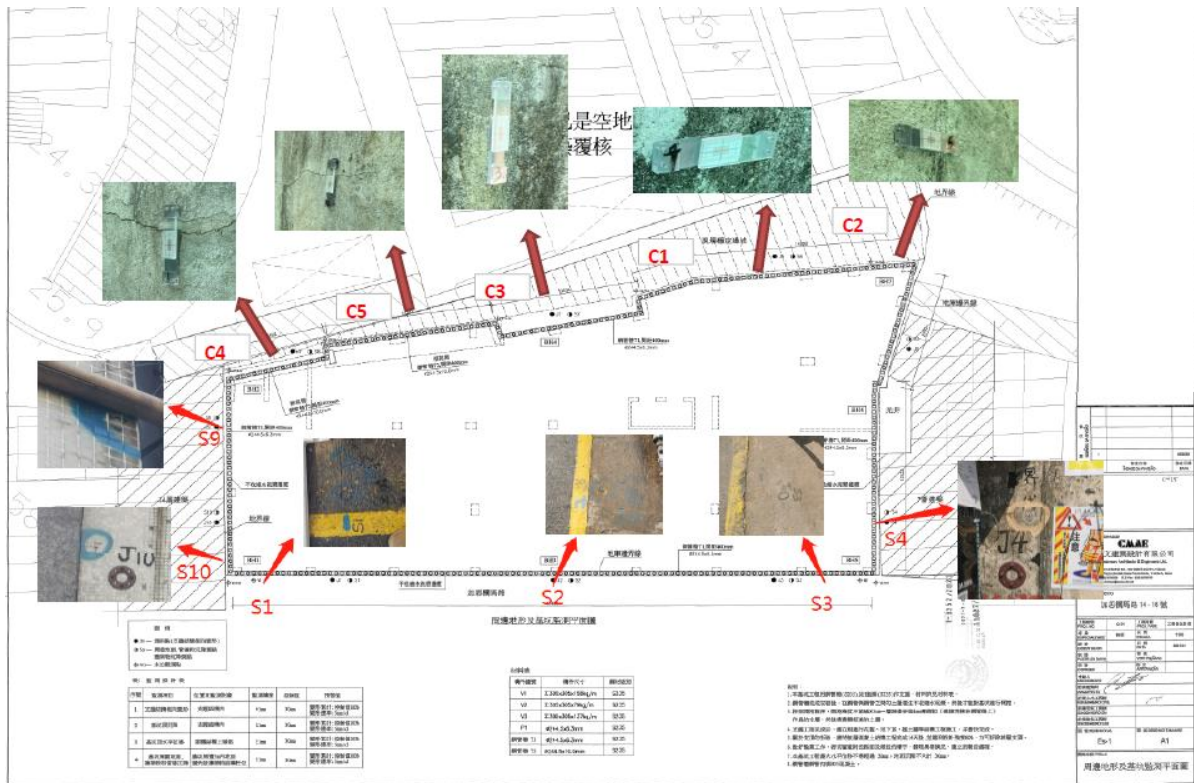


圖 9 私人地盤監測點佈置位置圖(2)