

## 第V章 天頌苑 —— 核實樁柱設計

5.1 正如房署及興業指出，無論承建商建議使用多少支樁柱或建議的樁柱長度為何，承建商必須證明其設計恰當。由於天頌苑的樁柱設計是以使用摩擦樁為本，而非以樁柱基底建在基岩為依據，因此，要確保製成品能符合工程規格所列的房署驗收標準，核實設計方法及參數是個重要的步驟。樁柱設計應能達致兩項主要的“效果”：其一，樁柱能承受最高施工荷載，而安全系數為2；其二，在同一建築物／結構內任何兩支相鄰樁柱在施工荷載下的樁柱不平均沉降，不得超過 $1/300$ 乘以樁柱中心線之間的距離。

5.2 由於天頌苑工程合約是一項設計連施工的合約，建新有責任證明及核實其樁柱設計恰當；興業有責任審核設計，由其本身的結構工程小組經參照JMK所提供的意見，核實樁柱的極限承重能力，而JMK則須核實沉降分析數據。

### 核實樁柱的安全承重能力

5.3 天頌苑樁柱的最高施工荷載，是以標準的康和式大廈的荷載規格表為依據。根據建新的估計，該工程項目的住宅大廈需使用1 882支樁柱，每支樁柱應可承重2 700 kN。在安全系數不少於2的情況下，每支樁柱的安全承重能力應為5 400 kN。

5.4 為使樁柱打入承重層的長度達到要求，除運用動態公式計算外，建新亦須使用工程規格所列的其中一項特定參照標準，以靜力公式為其樁柱設計的運算基礎。每支樁柱的總長度應按動態公式或靜力公式計算，以數值較大者為準。

## 動態公式

5.5 樁柱的打樁公式是以終錘過程(每次撞擊時樁柱貫穿土壤的幅度)，計量打入樁柱的極限承重能力<sup>24</sup>。終錘工序是由地盤人員視察，而終錘紀錄須由助理工程監督(天頌苑)審核，以確保工序妥為進行。有關的終錘紀錄顯示，天頌苑所有打入樁柱均達到所規定的終錘深度。若干名屬土力工程專業的證人曾就第1座的樁柱基底是否有可能建於地下22米提出疑問，因為在該深度的土層SPT N值肯定遠低於80至100。儘管興業提出論據，證明樁柱基底建於該深度的可行性，但孖士打律師行於2000年11月至2001年11月期間委託進行的調查結果顯示，在第1座及第2座的32支樁柱中，有30支樁柱鑽至基底深度所得的長度，較打樁紀錄所顯示的長度為短(請參閱附錄5)。有些樁柱的長度與紀錄所載長度相差較小，但大部分樁柱的長度與紀錄所載相距甚遠，差距最多達7.5米。在此情況下，專責委員會有理由質疑第1座及第2座的樁柱在多大程度上確實達到終錘深度。

5.6 專責委員會在上一段所提出的質疑從控方一名專家證人的證供中得到支持。該名證人在法庭上作供時表示，該等樁柱以紀錄所載的長度，根本不可能打至終錘深度<sup>25</sup>，更遑論那些較紀錄所載長度為短的樁柱。從廉政公署的會面紀錄可知，兩名負責視察大部分樁柱終錘工序的監工(天頌苑)，甚至不知悉哪些地方可被人動手腳，例如繪畫終錘圖表的標示器上鉛筆的擺放位置。該兩名監工(天頌苑)經廉政公署人員解釋後，才知悉部分樁柱終錘圖表內的問題，而該等圖表卻是由他們核實沒有問題的<sup>26</sup>。助理工程監

<sup>24</sup> 請參閱由土力工程處編纂有關“樁柱設計及建造”的第1/96號刊物(第47頁)。

<sup>25</sup> 請參閱審訊的總結詞謄本第55及92頁。

<sup>26</sup> 請參閱廉政公署與一級監工(天頌苑)進行會談的錄影帶抄錄本第6507至6542頁，以及廉政公署與二級監工(天頌苑)進行會談的錄影帶抄錄本第7300至7315頁。

督(天頌苑)在驗收所提交的終錘紀錄時採取“合作”的態度，未有提出任何質疑，致使審核程序未能達致原擬目的<sup>27</sup>。

### 靜力公式

5.7 安裝測試樁是一種取得靜力公式計算所用數據的方法。靜力公式用於計算樁柱的承重能力，而承重能力是表面摩擦力與基阻值相加的總和。根據房委會的工程規格，樁柱安裝的深度不得淺於根據靜力公式計算所定的深度。然而，承建商可獲准運用進行測試樁測試所得的數據，支持其採用較以靜力公式計算所得數值為高的表面摩擦力或基阻值。

5.8 測試樁進行荷載測試所得的參數，是用作評估有關大廈已打的樁柱能否達到規定的承重能力。因此，專責委員會研究從測試樁所得的測試結果如何用作核實樁柱設計。早在設計階段，建新便從未打算把樁柱打至基岩。樁柱的估計長度純粹運用靜力公式計算。建新估計，運用靜力公式計算，樁柱的基底深度不大可能會到達含有“硬質地層”的地下土層。顯而易見，建新的設計力求進取。由於根據PP1及PP2的測試結果來計算，建新發現已打樁柱的長度過短，建新須找出更多有利數據，以證明其設計的樁柱長度恰當。雖然工程規格容許承建商安裝額外的測試樁，但這樣的標準條文卻令承建商可利用從額外的測試樁所得的數據，房署和興業不應不知道由此產生的影響。

5.9 專責委員會從呈交法庭的證據察悉，項目結構工程師(天頌苑)確曾指出在打樁的不同階段出現不合規則情況，並採取跟進

<sup>27</sup> 請參閱廉政公署與助理工程監督(天頌苑)進行會談的錄影帶抄錄本第6286至6305頁。

行動來解決問題。然而，他的工作似乎不見成效。他認為從PP1及PP2測試樁所得的數據不應被忽略，而樁柱應打得更深。但是，他瞭解到由於施工計劃緊迫，而每日的算定損失賠償額龐大，建新反對重打樁柱。他於是同意建新的建議，採用線性回歸的計算方法，把測試樁及額外測試樁的兩套數據合而為一，用作支持較短的樁柱長度<sup>28</sup>。作為結構工程分判顧問小組的領導主管，項目結構工程董事(天頌苑)理應參與作出技術方面的決定。然而，他卻聲稱連安裝額外測試樁一事也不知道。依專責委員會看來，儘管項目結構工程師(天頌苑)缺乏PPC樁的經驗，他並未獲得足夠協助，使他能夠有效執行職務。

### 靜力荷載測試

5.10 樁柱的承重能力是以靜力荷載測試來核實的。正如第4.31段所述，在第1座的297支樁柱及第2座294支樁柱中，每座只選取了3支樁柱進行靜力荷載測試。

5.11 在此方面，專責委員會亦發現，事實上，JMK在1996年9月的報告中建議從各座大廈每一附翼及中心選取已打樁柱，進行荷載測試，最好是為各座大廈每一附翼及中心進行兩項荷載測試。選取進行荷載測試的樁柱位置，卻與JMK報告的建議並不相符。專責委員會質疑，若無意依照JMK報告行事，則編纂該份報告有何目的和作用。專責委員會質疑，荷載測試所得的數據是否具有代表性，能夠反映已打樁柱的承重能力。

---

<sup>28</sup> 請參閱審訊的總結詞膳本第31、33、34、39、42、43、54、66、82、83、88及105頁。

## 不平均沉降

5.12 在天頌苑事件中，不平均沉降的評估工作曾在以下階段進行：

- (a) 當打樁工程完竣後，註冊結構工程師在其報告中提交整套沉降計算數據時；及
- (b) 在上蓋建築建至6樓，安裝監察沉降讀數的沉降標識之後。

5.13 JMK負責所有與土力工程有關的事宜，包括與沉降計算有關的工作。所有沉降計算數據均提交JMK置評。建新根據與大廈的附翼或中心有關連並具代表性的鑽孔的土壤性質，計算大廈4個附翼的每一附翼及中心的樁群沉降數據(請參閱**附錄15**的例子說明)。建新把與具代表性鑽孔相鄰的樁柱(即參考樁)的淨長度當作樁群的一般樁柱長度，並假設按此計算的沉降情況會在參考樁的位置發生，然後計算任何兩支參考樁的相對沉降數據。以上相對沉降數據除以兩支參考樁之間的距離，所得數字就會用作查核比率，據以按照1/300的標準查驗工程是否符合規格。

5.14 註冊結構工程師報告顯示各座大廈(第1座除外)有關鑽孔的參考樁號碼。在此情況下，專責委員會並沒有用作計算第1座沉降數據的參考樁長度的資料。根據CMW的調查結果，A31-75鑽孔並未用作計算第1座的沉降數據，而該鑽孔的位置正是沉降程度最為嚴重之處。建新反而採用了HY21及HY22兩個確證鑽孔的數據進行沉降分析，而該兩個鑽孔是在打樁工程完成後，在1997年5月鑽成。

5.15 專責委員會在如何導致加鑽HY21及HY22鑽孔的事宜上，取得互相矛盾的證供。根據其中一個說法，加鑽該兩個額外鑽孔，是為了處理結構工程師(聯絡)(二)(天頌苑)對A31-75鑽孔的惡劣地質情況所表示的關注，該鑽孔非常接近第1座的範圍。HY21及HY22鑽孔的位置是由JMK的項目土力工程師決定，而結構工程師(聯絡)(二)(天頌苑)亦有就此提供意見。然而，結構工程師(聯絡)(二)(天頌苑)卻否認他曾參與決定該兩個鑽孔的位置。

5.16 根據JMK提供的另一說法，其項目土力工程師曾應項目結構工程師(天頌苑)之請出席一次會議，討論加鑽4個額外鑽孔(HY21至HY24鑽孔)的事宜。建新的代表出席了該次會議。加鑽額外鑽孔的目的，是要確證先前所鑽鑽孔顯示的數據是否具有代表性，以及附近是否存有任何局部軟土層。建新在該次會議上建議鑽HY21及HY22鑽孔，藉以取得更多有關A31-75鑽孔附近土壤的資料。由於一般規格第19.05(4)條容許建新加鑽額外鑽孔，以證實其樁柱設計恰當，因此，JMK不能對上述建議提出反對。JMK曾考慮HY21及HY22鑽孔的位置，並認為該等位置較A31-75鑽孔更接近第1座的範圍，因而是適合的位置。JMK知悉A31-75鑽孔的地質情況並不理想，但認為該鑽孔在第1座的範圍以外，對計算大廈4個附翼及中心之間的不平均沉降沒有多大作用。JMK認為，計算任何兩支具代表性的樁柱的不平均沉降，應以大廈範圍內的鑽孔為依據。

5.17 專責委員會瞭解到選取鑽孔用作沉降計算的重要性，故曾向多位證人問及土力專業界在選取鑽孔用作上述目的時，是否有任何共同認可及採納的原則。有些證人(包括土力工程師(天頌苑))認為，應考慮的因素包括鑽孔與樁柱之間的距離，而其他證人(包括CMW)則認為在計算沉降數據時，應採用所有鑽孔的數據。

5.18 專責委員會從呈交法庭的證據察悉，在計算第1座的不平均沉降時，建新曾一度把A31-75鑽孔的數據包括在內，而計算結果顯示，不平均沉降幅度約為1:250，超過1:300的可容許比例。因此，建新在計算不平均沉降時，故意把A31-73及A31-75鑽孔的數據棄而不用。專責委員會從呈交法庭的證據又察悉，除了剔除該兩個鑽孔的不利數據外，建新在計算不平均沉降時，亦錯誤使用樁帽區而非樁群區的數據，作為中心樁群的數據。若使用樁群區的數據，第1座的不平均沉降幅度會介乎1:250至1:270之間<sup>29</sup>，超過1:300的可容許比例<sup>30</sup>。

5.19 註冊結構工程師報告(擬備日期為1997年7月)與CMW報告(擬備日期為1999年12月)所載的沉降數據比較，載列於表5.1。

**表5.1：註冊結構工程師報告(擬備日期為1997年7月)與CMW報告(擬備日期為1999年12月)所載的長期不平均沉降預測數據比較**

座數	長期不平均沉降預測數據	
	註冊結構工程師報告 (擬備日期為1997年7月) 所作的估算	CMW報告 (擬備日期為1999年12月) 所作的估算
1	1:329	1:200
2	1:323	1:353
3	1:319	1:623
4	1:315	1:388
5	1:316	1:1200
6	1:301	1:819

<sup>29</sup> 請參閱審訊的總結詞謄本第43、44、54及58頁。

<sup>30</sup> 特別規格第19.23(1)條。

5.20 根據CMW的意見，導致上述兩組數字出現重大差異，可能由於：

- (a) 兩組估算是根據兩種截然不同的計法：建新的估算是以理論上的計算方法為依據，採用了特別規格所容許的等效筏基方法；至於CMW，則採用了在建築施工期間實地錄得的實際沉降數據；
- (b) 各座大廈範圍內土地的地質差異很大。建新只把一座大廈範圍內數量有限的鑽孔位置所出現的沉降作出比較，所得數據可能缺乏足夠的代表性。CMW的估算則以該座大廈的實際表現為依據，同時考慮到地質上的差異；及
- (c) 建新的沉降數據估算，存在若干不按常規的做法。除了在計算每層土壤的沉降時略去第1座兩個重要鑽孔(即A31-73及A31-75鑽孔)的數據外，更在不少情況下採用了土層的最高而非平均SPT N值。上述兩種不按常規的做法，均會導致低估了沉降幅度。

5.21 儘管根據工程規格所載，任何相鄰樁柱之間不平均沉降的可容許上限為1/300，但專責委員會注意到第6座出現了1/301的讀數，卻並未引起房署的聯絡小組、興業或JMK的關注。JMK向專責委員會指出，由於1/300是工程規格所容許的上限，而在計算沉降幅度時曾作出不少假設，即使已超過上限，也不一定代表不符合安全規定。



5.22 專責委員會察悉，控方一名專家證人在法庭上作供時，對樁柱以紀錄所載的長度能否達到終錘深度極表懷疑。辯方一名專家證人亦表示，除非所有樁柱均打至終錘深度，否則，所有沉降計算均毫無意義，只是為了符合合約規定<sup>31</sup>。

#### *監察讀數*

5.23 根據工程規格，上蓋建築的承建商必須在上蓋建築物建至6樓時，在地面層水平約1米之上的柱和牆安裝沉降標識。有關紀錄顯示，興業雖屢次提醒上蓋建築承建商安裝標識，承建商卻沒有及時這樣做。直到1998年4月中，當上蓋建築物已建至17樓時，承建商才安裝標識。房署在一星期後才到地盤記錄首次讀數，當時上蓋建築物已建至18樓。

5.24 專責委員會察悉，雖然長期沉降的過程需要一段時間，但沉降標識能夠提供有用的參考資料，用作監察大廈的相對沉降表現。延遲安裝沉降標識，肯定有礙及早發現上蓋建築出現不平均沉降的情況。

---

<sup>31</sup> 請參閱審訊的總結詞膳本第55及92頁。