

## 介紹

## 1. 使用範圍

沉箱（caisson）係應用在地表下或河(海)床水面下施築橋樑河海堤或其他構造物基礎之設施。

沉箱工法甚多，諸如：箱式沉箱工法、開口沉箱工法、壓氣沉箱工法等。於水面下施工為克服水壓之作用，常採壓氣沉箱工法（pneumatic）。於沉箱內注入高壓空氣，以氣壓抑制水壓，維持沉箱底部地層之安定下進行開挖及下沉作業。

壓氣沉箱工法施工之特點：作業過程屬連續循環式工作法。其連續循環過程是：沉箱底部開挖及排土、沉箱下沉。

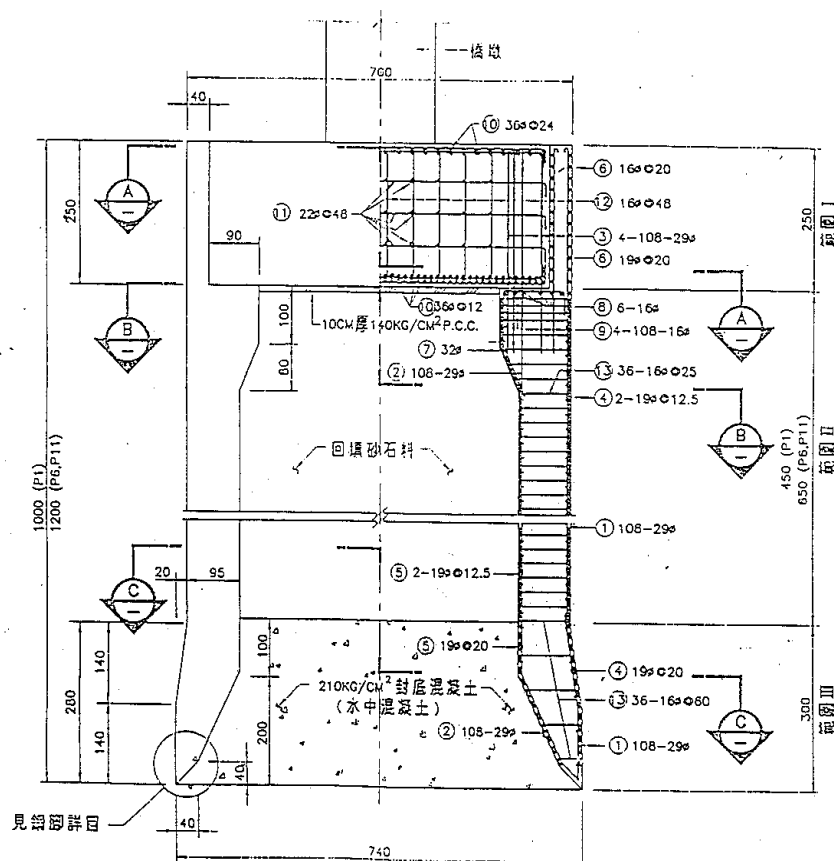


圖1 沈箱側視立面圖(資料來源：信欣營造)

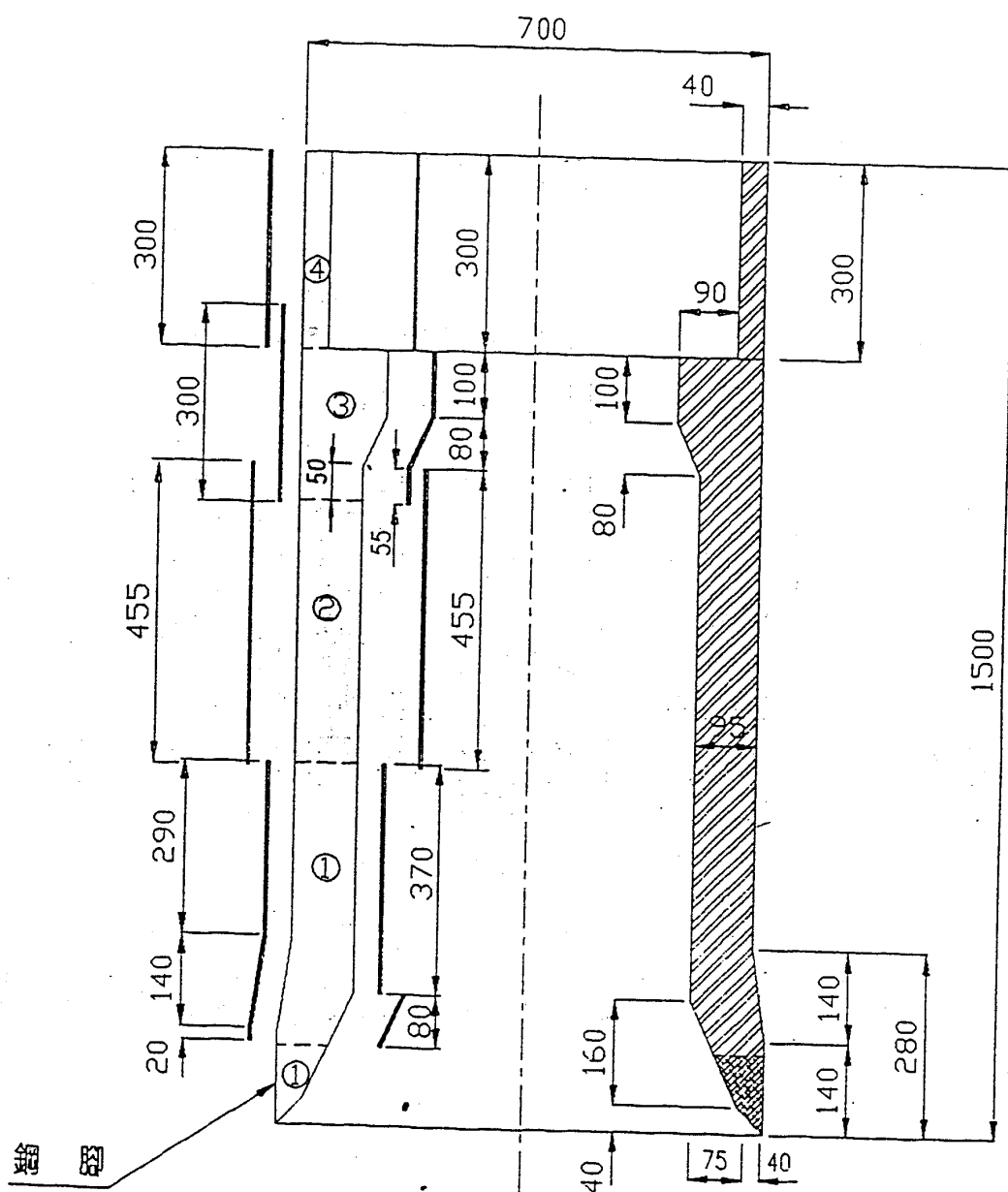


圖2 15M沉箱分段施工次序及內外模分解尺寸圖  
(資料來源：信欣營造)

## 2. 名詞解釋

- (1) 地中傾斜計：地中傾斜計主要用於監測土岩層邊坡和擋土牆之側向變位量與滑動深度，其設備組成，包括埋於地中或沉箱中之傾度管與專業量測用之測傾儀。
- (2) 地表變位點：固定於地表之鋼釘等物，主要用於地表土壤垂直與東西水平三方向變位量之監測。

- (3) 土中水壓計：土中水壓計主要用於坡地社區地下水位變化之監測，配合地層與安裝目的之不同，有水井式水位計與開口式水壓計兩種，其設備組成包括地層鑽孔，與專業量測用之測讀儀。
- (4) 壓氣沉箱：沉箱作業室內施加大於大氣壓力之氣壓，以檔住開挖土屋之地下水於室外，保持開挖面無狀況，有利人員開挖作業。

## 危害

### 1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策

- (1) 異常出水：開挖面因操作不當或地下水位上升，產生異常出水現象，可能導致挖掘面之崩塌或人員之溺水。

防止對策：

- A. 應確認地下水位情況，隨時採取防災或處理措施。
- B. 應依計畫開挖，不得超挖。
- C. 立即採取抽水搶救計畫。

- (2) 異常沈降：沉箱異常沈降將危害及其內作業勞工之生命安全。

防止對策：

- A. 作業前應確實做地質鑽探與作業環境調查，並視需要做地質改變計畫。
- B. 為防範沉箱發生異常沈降現象產生，應遵守開口下方之挖掘深度，不得超過50公分之規定。

- (3) 壓力洩漏：沉箱採壓氣施工地層發生裂縫或密封性不良時，將產生壓力洩漏現象，可能引發異常出水，甚至崩塌現象。

防止對策：

- A. 應依地質鑽探數據選擇施工或地質改良計畫。
- B. 破裂處應視情況與需要加填塞灌漿處理堵漏。

- (4) 開挖側壁崩塌：在地表下作業時，由於土壤本身強度不足或地下水位變化，或因壓氣措施失敗，使開挖面側壁崩塌而造成作業勞工的傷亡。此外在大雨及地震後，也容易使土壤鬆動而產生破壞。

防止對策：於開挖前確實做好地質鑽探，需確實查核地質資料，妥善設計壓氣措施；依設計規範施工並定期檢核，需確實查核地質資料設置觀測儀器並保持監測，檢討物料品吊運過程造成的震動，並考慮天候變化之影響；於大雨及地震後確實檢查安全設施

及土壤狀態確定安全後才可繼續作業。

- (5) 墜落：在壓氣環境開挖時，作業人員必須在30分鐘換班；經常進出相當高度之作業處所，作業勞工不慎則有可能造成傷亡。

防止對策：開挖坑口部應設置護欄及警告標誌，並限制不相關人員進入工作範圍；施工人員確實使用安全護具。進入沉箱之通道必須有足夠之照明設施並設置緊急照明裝置。

- (6) 有害氣體中毒及缺氧：開挖時挖因遭遇還原性土壤吸收空氣中氧氣或土壤中有毒氣體溢出，因而造成災害。

防止對策：於施工前確實調查土壤性質周圍有害物管路位置並將之遷移，施工階段應備置適當之防護具，並定期做有害氣體及含氧量的測定。對於附近無法遷移的管線，則應做適當的防護及支撐。

- (7) 減壓症（潛水夫病）：施工人員位在異常氣壓處所作業，因高分壓之氮氣，將逐漸溶解於體內組織至飽和為止，如進出未依規定進行減壓處理，原溶於組織內之氮氣將由組織內釋放成氮氣氣泡，並在組織間隙或血管內形成壓迫堆積與阻塞致組織細胞缺氧，產生潛水減壓症。

防止對策：於施工處所設置(壓氣平衡室)，並確實依規定時間管制進出；在施工處所周圍設置醫療室。

- (8) 物體飛落：鋼筋、混凝土材料之吊運作業進行時，施工人員常處於運輸區域，稍有不慎即易造成災害。

防止對策：材料之吊運設備，應按規定設置及定期檢查；施工人員除應按規定配戴安全護具外，作業處所應架設細目之金屬防護網。

## 2. 防護裝置之構造、作動、功用等原理：

防護裝置是以人員防護為主要考量。主要措施為進出作業場所之防護措施、施工處所之材料防落設備、安全觀測計量儀器、及壓力平衡室之設置。

## 3. 相關作業環境之危害：

溺水：一般沉箱使用於橋墩基礎之施作，故甚多情況位於具有鑿高地下水河川之河床，加上土質挖掘作業中大量湧水而導致人員溺水是必須考量，為透水性良好之卵石、礫石、砂石的危害。另河水位水位上漲(如淡水)由沉箱上方入口溢入亦為造成溺水之因素。

防止對策：除水方法的規劃與確保沉箱入口的防止溢流均為沉箱作業必須採取之對策。

## 作業程序

作業前應就施工地點及附近範圍，詳閱地質資料或實施鑽探，包括地層、地下水位、鄰近構造物狀況及障礙物之清除等。

作業應由合格之缺氧作業主管指揮，方可進行作業，安全標準如下。

1. 勞工安全教育及防災變演習。
2. 製造場與工地之裝卸、運送、儲存及安裝之作業現場清理。
3. 施工動線規劃。
4. 安全衛生設施之建立。
5. 安全監測預及警示系統之建立。
6. 安全事項及警示標誌張貼。
7. 作業動線規劃。
8. 電力設備之安全查核。
9. 照明設施之設置與查核。
10. 施工機械安裝前之檢查。
11. 施工機械安裝及設施錨定。
12. 應置備測定空氣中有害氣體及含氧量之必要測定儀器。
13. 指派專人指揮監督及安全觀測系統之運作。
14. 事故發生時之緊急措施及緊急聯絡方式。
15. 空氣呼吸器等呼吸防護具、安全帶等、測定儀器、換氣設備、聯絡設備等之保管場所。
16. 缺氧作業主管姓名張貼明顯處。
17. 進入該場所時應採取之措施。
18. 應將注意事項公告於作業場所入口顯而易見之處所，使作業勞工周知。
19. 材料之吊運設備功能檢查是否正常，必須確認強度足夠後才可使用。
20. 作業人員進出沉箱之升降設備功能檢查是否正常，必須通過安全檢查後才可使用。
21. 若施工範圍內有電力輸送管線經過，則需通知相關單位遷移後始可作業。
22. 車輛及物料的進出行徑應事先規劃並於車輛進出。

23. 油壓千斤頂功能檢查。
24. 捲揚設備之查核。
25. 運輸車輛需由規劃路線以慢速進入施工區，並應避免過度振動。
26. 捲揚設備應嚴格限制其載重量，鋼筋物料應於規劃的地區妥善堆放，不得任意堆置。
27. 作業前，就施工場所應實施重點檢查。
28. 於大雨或四級以上地震後，並觀察已澆置之混凝土是有裂縫或位移產生，需確認無安全之虞時始可使勞工繼續工作。
29. 需使用適當的防護具才可進行作業。
30. 於夜間作業時，應裝設足夠亮度的照明設備。
31. 人員需使用安全帶或採其他安全措施。
32. 鋼筋配置之查核。
33. 吊索或昇桿式功能檢查。
34. 油壓千斤頂功能檢查。
35. 滑動模板本體檢查。
36. 滑動模板結合部檢查。
37. 混凝土澆置設備檢查。
38. 混凝土澆置速度控制。
39. 重複20~38項之作業。
40. 完成作業。

#### 相關法令、標準

1. 勞工安全衛生法第五條規定：  
對防止輻射線、高溫、低溫、超音波、噪音、振動、異常氣壓等引起之危害，應有符合標準之必要安全衛生設備：
2. 缺氧症預防規則
  - (1) 第四條：使勞工從事缺氧危險作業時，應置備測定空氣中氧氣濃度之必要測定儀器，並採取隨時可確認空氣中氧氣濃度、硫化氫等其他有害氣體濃度之措施。
  - (2) 第五條：使勞工從事缺氧危險作業時，應予適當換氣，以保持該作業場所空氣中氧氣濃度在百分之十八以上。但為防止爆炸、氧化或作業上有顯著困難致不能實施換氣者，不在此限。  
雇主依前項規定實施換氣時，不得使用純氧。

- (3) 第六條：使勞工從事隧道或坑井之開鑿作業時，為防止甲烷或二氧化碳之突出導致勞工罹患缺氧症，應於事前就該作業場所及其四周，藉由鑽探孔或其他適當方法調查甲烷或二氧化碳之狀況，依調查結果決定甲烷、二氧化碳之處理方法、開鑿時期及程序後實施作業。
- (4) 第十三條：採用壓氣施工法實施作業之場所，如存有或鄰近第二條第二項第二款第一目或第二目規定之地層時，應調查該作業之井或配管有否空氣之漏洩、漏洩之程度及該作業場所空氣中氧氣之濃度。
- (5) 第十四條：使勞工於接近第二條第二項第二款第一目或第二目規定之地層或貫通該地層之井或置有配管之地下室、坑等之內部從事作業時，應設置將缺氧空氣直接排出外部之設備或將可能漏洩缺氧空氣之地點予以封閉等預防缺氧空氣流入該作業場所之必要措施。
- (6) 第十六條：使勞工從事缺氧危險作業時，於當日作業開始前、所有勞工離開作業場所後再次開始作業前及勞工身體或換氣裝置等有異常時，應確認該作業場所空氣中氧氣濃度、硫化氫等其他有害氣體濃度。  
前項確認結果應予記錄，並保存三年。
- (7) 第十七條：使勞工從事缺氧危險作業時，對進出各該場所勞工，應予確認或點名登記。
- (8) 第十八條：使勞工於缺氧危險場所或其鄰接場所作業時，應將重要之五款注意事項公告於作業場所入口顯而易見之處所，使作業勞工周知。雇主應禁止非從事缺氧危險作業之勞工，擅自進入缺氧危險場所；並應將禁止規定公告於勞工顯而易見之處所。
- (9) 第二十一條：使勞工從事缺氧危險作業時，應指派一人以上之監視人員，隨時監視作業狀況，發覺有異常時，應即與缺氧作業主管及有關人員聯繫，並採取緊急措施。
- (10) 第二十四條：雇主對從事缺氧危險作業之勞工，應依勞工安全衛生教育訓練規則規定施予必要之安全衛生教育訓練。

3. 異常氣壓危害預防標準：

(1) 異常氣壓危害預防標準第七條：

對輸往沉箱之作業室或氣閘室之輸氣管，應不得通過豎管，並於

接近作業室處設逆止閥。

(2) 第八條：使勞工從事高壓室內作業時，應置備呼吸防護具與必要用具。

(3) 異常氣壓危害預防標準第十六條至三十六條：

於每一高壓室內置作業主管，進行門禁管制，揭示禁止事項實施加、減壓管理，防止有害氣體危害，配置緊急通話設備以及辦理作業檢點等管理。

#### 參考資料

1. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法。
2. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法施行細則。
3. 行政院勞工委員會，民國83年，台北，營造安全衛生設施標準。
4. 行政院勞工委員會，民國82年，台北，職業災害實例(營造業)。
5. 行政院勞工委員會，民國84年，台北，職業災害實例專集(營造業)(二)。
6. North Carolina Department Of Labor Division Of Occupational Safety And Health，1996，USA，A Guide To The OSHA Excavations Standard 建築技術規則建築構造篇基礎構造
7. 台北市政府捷運局,1990，「Civil Engineering Design Manual」，