

混凝土橋樑施工法

張正明 編著

科技圖書股份有限公司

混凝土橋樑施工法

張 正 明 編 著

科技圖書股份有限公司

序 言

張正明先生現任職於交通部高速公路工程局，是一位才華卓越的年青工程司，富於創意。南北高速公路三重中壢段第一期工程施工期間，張君曾擔任高速公路工程局與美國帝力凱撒國際顧問工程公司間之聯繫業務，實際參與高速公路第八標三重交流道之施工，後轉調第九標參與高速公路淡水河大橋之施工。服務期間，勤於進修，認真負責，尤其值得稱道的是，他不僅在工作上，並且於公餘閒暇之時，能針對個人在預力混凝土與鋼筋混凝土方面之興趣，不斷的研究、探討、吸收新知，並實際應用於橋梁結構工程之設計與施工。

本書的問世，相信憑作者豐富的經驗及多年的體認，一定可以給初習及熟悉橋梁設計與施工方面之工程師，甚至在學的青年朋友們很大的裨益，故樂而爲之序。

盧 廣 才

中華民國六十五年八月於
交通部高速公路工程局中區工程處

自序

台灣區南北高速公路北起基隆，南迄高雄鳳山，爲政府近年來所舉辦重要建設工程之一，筆者有幸得參與三重一中壩段第一期工程之施工，略窺橋梁施工之一般概要；日前承盧處長廣才先生面諭編寫“橋梁施工經驗談”以爲甫自學校畢業或初次參與橋梁工程施工之同仁參考，受命以來，日夜趕稿，於短期間內完成稿件之擬稿、刪稿、整理等工作，因係匆促成筆，謬誤遺漏之處，在所難免，敬請工程先進，不吝指正。

本書得以出版均蒙盧處長廣才先生之鼓勵與指正，謹此致謝，又筆者參與三重中壩段第一期工程施工期間，多蒙高速公路工程局南區工程處郝副處長竹溪先生之鼓勵、指導，謹此致衷心謝忱。

張正明 序於

交通部高速公路工程局中區工程處

中華民國 六十五年八月

目 錄

第一章 橋梁下部結構之施工

第一節 預力混凝土基樁之施工

1-1-1 預力混凝土基樁概述·····	1
1-1-2 預力混凝土基樁之優點·····	1
1-1-3 預力混凝土基樁之承載力·····	4
1-1-4 預力混凝土基樁之施工·····	5
1-1-5 樁長之決定·····	9
1-1-6 接樁與基樁彎曲試驗·····	10
1-1-7 由動力公式推算基樁之承載力·····	19
1-1-8 基樁荷重試驗·····	24

第二節 反循環基樁之施工

1-2-1 反循環基樁概述·····	28
1-2-2 反循環基樁之優點·····	29
1-2-3 反循環基樁之施工·····	30
1-2-4 預力混凝土基樁與反循環基樁之選擇·····	35

第三節 直接基礎····· 35

第二章 橋梁上部結構

第一節 預力混凝土大梁之施工

2-1-1 施工準備工作·····	37
-------------------	----

2-1-2	鋼筋之加工與鋼索之綁紮.....	38
2-1-3	模板之製造及立模	39
2-1-4	鋼筋之排列及鋼索之安裝	41
2-1-5	封模	42
2-1-6	混凝土澆注前之檢查作業	43
2-1-7	混凝土配合設計.....	44
2-1-8	混凝土澆注	45
2-1-9	混凝土試模之製造.....	47
2-1-10	混凝土之養護	48
2-1-11	拆模	49
2-1-12	施預力	49
2-1-13	灌漿	53
2-1-14	大梁之封頭	54
2-1-15	運梁作業	54

第二節 橋梁支承設備之施工..... 59

第三節 橋面版之施工

2-3-1	橋面版施工前準備作業	64
2-3-2	橋面版之接縫	67
2-3-3	橋面版之施工	68
2-3-4	預力混凝土連續梁橋之施工.....	74
2-3-5	預力混凝土箱型連續梁橋之施工.....	76

第四節 橋梁伸縮縫之施工

80

第三章 混凝土之施工

3-1	混凝土施工之準備作業	84
3-2	模板及鷹架	85
3-3	混凝土之輸送、搗實與施工	88
3-4	模板及鷹架之拆除	93
3-5	混凝土表面修飾	94
3-6	混凝土之養護	95
3-7	混凝土之保護	97

第四章 混凝土配合設計與試拌之基本原則

4-1	混凝土材料	98
4-2	細骨材之有關規定	98
4-3	粗骨材之有關規定	99
4-4	骨材之儲存	100
4-5	水泥（波特蘭水泥）	100
4-6	混凝土配合設計之基本概念	101
4-7	混凝土配合設計之步驟	103
4-8	混凝土試拌與工地配合比例之調整	104

第五章 模板設計

5-1	前言	123
5-2	模板之載重	123
5-3	木材之容許應力	124
5-4	拉桿之安全工作荷重	127
5-5	模板設計	127
5-6	模板設計實例	140

第六章 預力混凝土橋梁施工	148
附錄 參考書目	157

第一章 橋梁下部結構之施工

橋梁工程開工後，第一步驟即為下部結構之施工，高速公路之橋梁工程於進行橋梁設計前，均已於鄰近橋位處進行地質鑽探工作，再依鑽探資料決定基礎型式。基礎型式可分為樁基礎、沈箱基礎、及直接基礎等，樁基礎中，國內現所廣泛採用者為預力混凝土基樁與反循環鑽掘樁，本文先就預力混凝土基樁之施工及工地施工人員應注意事項加以說明，再就反循環鑽掘樁加以闡述。至於下部結構之橋墩、橋台、墩柱等施工時應注意事項，請參考第三章“混凝土之施工”。

第一節 預力混凝土基樁之施工

1.1.1 預力混凝土基樁概述

預力混凝土基樁於本省之應用，以前因受工程性質及數量之限制故未若鋼筋混凝土基樁之普遍，近年來因製造預力基樁工廠之成立，如高雄大順公司，台北國產企業公司，台中環台水泥製品公司等，故即使結構物所用基樁數量不多，承包商本身因不須自建基樁製造設備，可逕洽廠商洽購合乎設計需要之基樁，而於基樁數量較多之情況下，如高速公路淡水河橋、西螺大橋等，基樁數目多達數萬支，每支平均長度約二十五至三十公尺，於此情形，承包商可自建預力基樁製造場大量製造，控制基樁品質與工期，故預力基樁近幾年來已普遍的為國內工程界所採用，並深獲好評。

1.1.2 預力混凝土基樁之優點

預力混凝土基樁有下述之優點：

(一)基樁品質易於控制，預力基樁不像普通之鋼筋混凝土基樁，普通之鋼筋混凝土基樁，如反循環基樁等其混凝土之澆注係於地面下進行，品質之好壞難予控制，但預力混凝土基樁製造過程中預力鋼綫之穿綫、拉綫及混凝土之澆注均在施工人員視綫範圍之內，成品之好壞一目了然，故基樁之品質易於控制。

(二)預力基樁可縮短工期，且易於估計工期；通常沈泥、沙質或粘土等不含大量礫石之土質均可使用樁基礎，使用一部打樁機一天能錘擊完成之基樁數，除非打擊過程中遇到障礙物，否則預力基樁均能很順利的打擊入土。以三菱公司製造的 MB - 40 打樁機為例，直徑五十公分，長三十四公尺之基樁，包括接樁在內，2.5 - 3 小時即可錘擊至設計深度，直徑一公尺，長四十公尺之基樁於淡水河橋，亦僅需 3 至 4 小時即可打擊完成。打擊速度快，工作量一定，易於估計工期亦為預力樁優點之一。

(三)預力樁打擊過程中，樁頭不似普通鋼筋混凝土基樁易於破裂，一般情形，預力樁每平方公分 49 - 56 公斤之預力大致已可防止樁頭發生破裂，如錘擊情形特別嚴重，則所需預力可酌予增加。一般言之，樁所需預力，隨樁之尺寸、形狀、錘擊、樁墊效用及土質情形而不同，普通 49 - 56 公斤每平方公分已足夠矣！

(四)預力混凝土基樁易於吊運，樁內因預力產生之壓應力可承受吊樁時所產生之彎曲張力，故預力樁可用一點或兩點吊法，（參考圖 1 - 1 - a），但同樣尺寸之鋼筋混凝土樁則需要吊索較複雜之多點吊法。

(五)預力樁較鋼筋混凝土樁具有較大之慣性力矩，預力樁因先受預力，承受荷重後無拉應力（於允許拉力發生之情況下不超過混凝土所能夠承受之拉應力）故不發生裂紋，故全部斷面均對慣性矩有效。但鋼筋混凝土樁受較大彎曲力矩作用後，因張力側已發生裂紋，故受拉力側之混凝土已無作用，僅鋼筋對慣性矩有效，假若樁之承载力係由其細長比例決定時，則此慣性矩甚重要，換言之，預力基樁較鋼筋混凝土樁經濟適用。

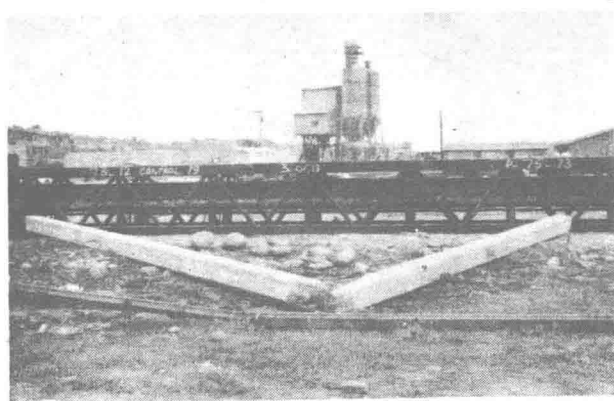
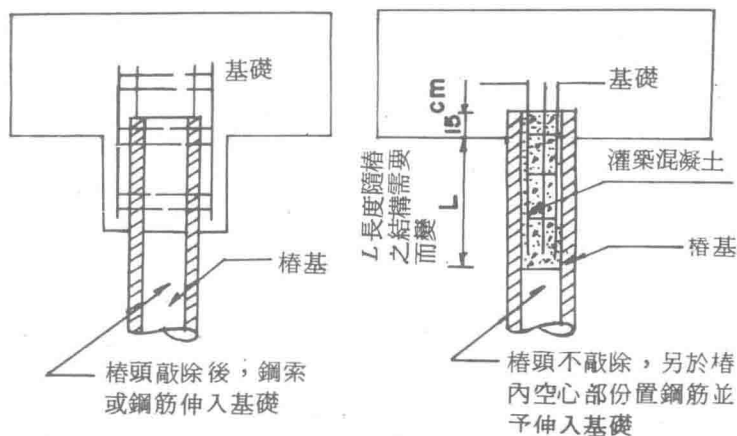


圖 1 - 1 - b 預力基樁，因未依照設計吊點吊運而發生斷裂，故基樁吊點應加注意！

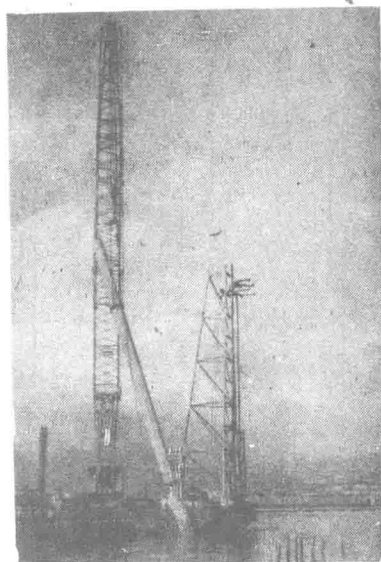


圖 1-1-a 直徑一公尺，長三十公尺之預力樁，使用兩點吊法之情形，同尺寸之鋼筋混凝土樁則需使用多點吊法

1·1·3 預力混凝土基樁之承载力

預力樁之承载力通常由樁尖土壤支承力及樁周圍土壤之摩擦力而定，而甚少由基樁之結構強度所決定，基礎下之土壤性質與種類為影響基樁承载力之因素；一般情形，若依照樁之結構強度計算結果所得之承载力大於土壤之支承力，則以土壤之承载力為準；計算基樁之結構強度應依地質情況考慮基樁兩端點之情形，如樁為樞端每端均可自由轉動但受牽制無水平移動者，則樁長等於該結構之無側支長度，如樁一端為定端不能轉動，另一端為樞端而無水平移動時，則樁長等於樁無側支長度之百分之七十；如樁兩端均為定端且無水平移動，則樁長等於樁無側支長度之百分之五十；若樁一端為定端無水平移動，一端為樞端可在水平方向自由轉動，則樁長為樁之無側支長度，以上述

樁長代入基樁公式中即可求得基樁之結構強度承載力。又樁受力矩與直接載重聯合作用時，直接載重可緩和基樁之開裂情形而增加力矩之抵抗力，但另一方面有直接載重時，其極限力矩之抵抗能力因之降低，故於力矩與直接載重同時作用時，樁之力矩應併用彈性理論與極限載重理論加以複核，以確保基樁承載力之安全。

1·1·4 預力混凝土基樁之施工

預力基樁大部份爲方形、八角形、圓形，直徑較小者採用實體，較大者採用中空式，樁之下端可採用樁尖以配合打樁之地質情形，如圖 1-2；預力樁內之預力鋼綫可視基礎（樁蓋）之設計型式而予伸入基礎內，於中空之預力樁，常於距樁頭一段距離內灌注混凝土，內置鋼筋，再將此部份鋼筋彎至基礎內，此法適用於樁頭需要固定或十足錨結處，空心預力樁，樁之兩端如採用實體時，其厚度應採漸變方式，否則樁之壁厚若突然發生變化，變化處可能因應力集中而發生裂紋或破碎情形，空心部份之兩端如接以圓錐形，此圓錐之長度約爲空心直徑之兩倍。

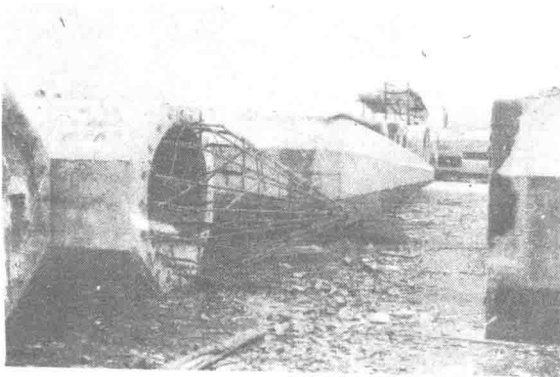
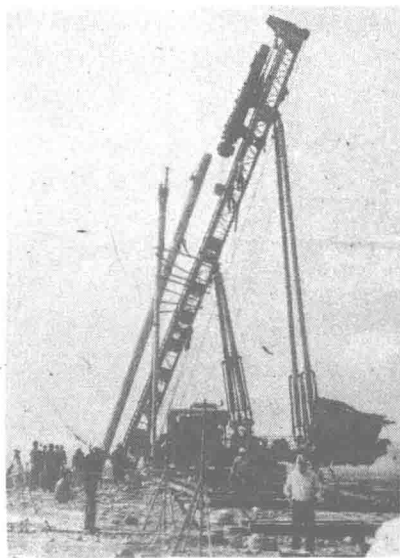
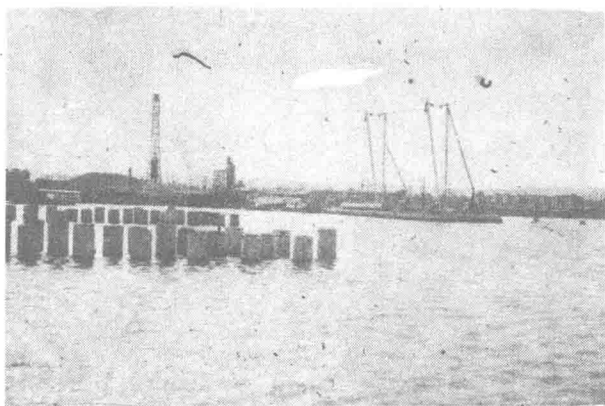


圖 1-2 預力基樁下端採用樁尖，以適應樁基之地質情形

打樁機之選擇應依基樁之斷面與重量，選擇具有足夠能量之樁錘，通常樁錘重量須為基樁重量之 $\frac{1}{3}$ 或至少1.5公噸而採用較大者，樁之落錘不得超過2.5至3公尺，（美國道路員司協會 AASHO 之規定為4公尺），打樁設備應配有完整之樁架、導軸、與吊車設備，承包商須提供電動錘或蒸汽錘、空氣錘及製造廠商對該錘之使用說明，並說明所指定之能量與鍋爐及空氣容量。鍋爐或壓縮機應裝有正確之壓力計，以便核對。蒸汽、空氣、或柴油機錘之閥門及其他部份應隨時保持在最高效率條件下，以便能獲得說明書上所註明之動力、衝距、及每分鐘之打擊次數，俾與動力公式所應具有之打擊次數作一比較，推斷基樁之承載力。斜樁施工時，應選擇能調整至設計圖所示傾斜角之打樁機，有些打樁機僅能打擊直樁，有些樁機則可兼打直樁與斜樁。使用打樁機應注意其樁錘重與最大有效能量及每分鐘之打擊次數，打擊過程中應注意樁墊效應，樁墊係作為一種緩衝材料，使打樁



圖為斜樁準備施工情形



圖爲淡水河橋水中已錘擊完成之基樁；圖右之設施爲 Derrick 用以吊樁至駁船 Barge 上



圖 1-3-a 樁墊使用三夾板之情形

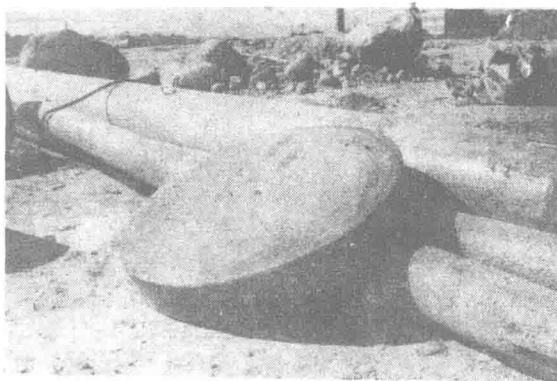


圖 1 - 3 - b 樁墊使用塑性材料
(plastic material) 之情形

機之震動能量不致劇烈的傳至樁頭，工地施工時常因使用樁墊不慎造成樁頭之破損，樁墊厚度與樁基地質之軟硬有關，常使用者為厚約 6 吋之軟木墊，軟木墊可由幾層厚木料製成，打樁時所使用之樁墊一經壓縮即效用大減，故樁墊必要時應加更換；部份打樁工人喜歡使用兩吋厚之麻繩繞成緊湊之螺旋形置於樁墊下，此亦頗實用，樁墊亦有使用黑心石木料或多層三夾板湊成者，（如圖 1 - 3）。

打樁過程中最忌偏打，即導桿與樁軸不平行，遇此情形打樁時應調整打樁機使導桿平行樁軸，另一現像為樁帽不平時引起偏打，此應改進樁帽品質，以新作鑄鋼之樁帽施工，若樁帽不能符合樁頭，且樁已打入地層中，此時應以樁帽就樁頭，不能以鋼索強行拉樁頭就樁帽，以免產生彎曲應力。樁帽內樁錘與樁頭接觸之平面須為互相平行之兩平面，以免錘擊時發生應力集中而損壞樁頭混凝土，樁帽內之緩衝材料其厚度須均勻，如使用麻繩，麻繩之粗細需均勻，以免錘擊過程中發生偏打現像。

斜樁施工時應注意控制其斜度，因斜度影響基樁所承受之水平力，一般打斜樁之打樁機其導架上雖有斜度儀，但其靈敏度及精確度有時具有誤差，故於工地應以附有氣泡之斜度計與一對固定之三角架相

輔爲用，以檢測其斜度；於陸上打樁場合，當移動打樁機時，應以水準儀測量打樁機移動時樁架支撐之高程（打樁機之樁架一般常使用之支撐爲鋼管或鋼軌），並控制支撐縱向與樁位中心綫之距離，以便控制斜樁之頂部高程，（如圖 1—4）。

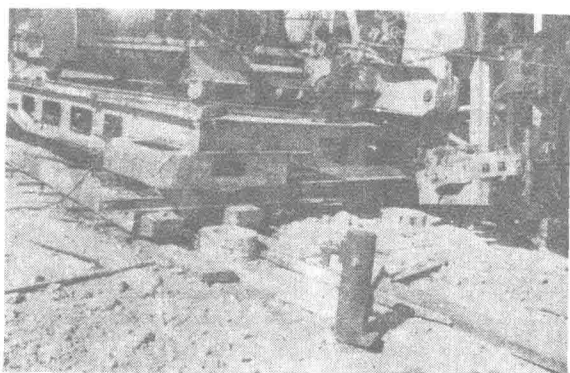


圖 1—4 打斜樁時，應以水準儀測量樁架之鋼軌支撐高程，以便控制斜樁頂部高程

1·1·5 樁長之決定

設計圖中如已註明或經工程司指示基樁需進行基樁荷重試驗，則於荷重試驗未進行前，因樁長尚未能決定，故暫勿開始製樁，以免一旦樁長不足時，增加工程困擾；基樁施工前，應先按原設計樁長製造數根基樁，一根作爲試樁，其餘作爲錨樁（若基樁荷重試驗方式無需錨樁，則僅需製造試樁即可），並研判橋台或橋墩之原有地質鑽探資料，選擇地質條件最壞之處，並盡可能靠近原來地質鑽探位置，打入試樁，然後利用該樁進行基樁荷重試驗，由載重試驗即可決定基樁所需正確樁長，爾後即可開始大量製造所需基樁，以供錘擊施工。基樁荷重試驗大都可以合格，但亦有失敗者，如高速公路淡水河橋即有基樁荷重試驗發生失敗之情形，即原設計樁長不足導至承載力不足