

場鑄基樁施工之品質管理
QUALITY CONTROL OF
IN-SITU BORED PILE CONSTRUCTION

黃俊青，王劍虹
C. C. Huang and C. H. Wang

原著載於現代營建，
1990年5月，61-72頁

Reprinted from Modern Construction,
May 1990,
pp. 61 - 72

場鑄基樁施工之品質管理

黃俊青
王劍虹

亞新工程顧問公司大地工程師

亞新工程顧問公司大地正工程師

一、前言

場鑄基樁引進國內已有十數年的時間，其施工品質一直為大家所關心，但卻乏詳文記述。鑑於目前場鑄基樁工程需求甚殷，為祈更多工程師能迅速一窺其品質管理大要，特別譯出日本芳賀孝成君之「場鑄基樁之品質管理」一文以供工程界參考，原文刊載於1989年3月份的基礎工月刊。日本對施工品質的管理能開誠佈公的檢討發表，對工程技術的交流與能力的提昇大有助益；另外也給予技術人員定位與肯定如採用「基礎施工管理技士檢定考試」等，實值得我國作為借鏡。本文旨在強調品質管理需使用科學、統計的方法，據筆者了解，國內此類工程對本文內列出品質管理的項目，能全部做到的並不多，能用科學的統計的方法來控制的更屬鳳毛麟角。誠望本文能提醒相關的工程人員，進而提昇場鑄基樁的施工品質。

二、場鑄樁的施工問題

日本在1955年時場鑄基樁的施工即有全

套管(All Casing)、反循環(Reverse)和鑽掘(Earth Drill)等三種工法。其後在都市地區實施了噪音、振動等法規管制以減少公害，因此場鑄樁就取代了打擊式基樁而普遍地在都市地區被採用。又場鑄樁有能夠提供很大的承載力的優點，大型建築或結構物的基礎均以其作為優先考慮的對象，故逐漸在基礎工法中占有絕對的優勢與地位。

但是場鑄樁也有基本上不能避免的一些問題存在：

第一是場鑄樁施工的成功與失敗受地層狀況的影響很大。少數鑽探孔的調查結果，實際上對地層的狀況是無法全盤了解的，因此往往在選定場鑄樁施工方法時，會有猶疑不決的情事發生。

第二是地層或地下水的狀況會隨施工位置的不同而有變化，對於這種變化而要採取的對策，常常要依賴現場人員的研判，因此現場人員技術能力的好壞會影響基樁施工的品質。現在一些日本場鑄樁施工公司也正在全力進行技

術人員的培養工作，其效果也有明顯上升。同時，日本基礎建設協會的「基礎施工管理技士檢定考試」及日本混凝土工學協會的「混凝土技士，主任技士檢定」等的資格考試，也對品質管理技術的提高有莫大的幫助。但是要事前正確的去評估每位技術者的技術水準還是一件不容易的事情。

第三是場鑄樁施工時，鑽挖或打設混凝土都是在孔內進行，特別是在水中進行的情形較多，這些都增加了品質管理的困難。

於品質管理項目方面，鑽孔的狀況及混凝土打設的品質是較具代表性的，但是這些品質測定及測定的結果要在作業中來充分把握，是件困難的事。另一方面，所有的樁必須在設計所定的位置上確實施工不可。一支樁的施工費用龐大，故要變更增加樁不容易，絕不可能像一般的工廠製品在製造初期，發現有不良品時即可以把它淘汰般的簡單。

第四是對整支樁的品質確認有困難，施工法普及到現在經驗的累積也十分踏實，雖然對整支樁施工品質的確認仍有所爭論，但施工預算是依據以往的標準施工業績決定的，所以要增加確保品質的努力，必然會增大其工程費用的。因此明知有品質低下的原因，有時候也有不得已按照以往的施工方法與品質管理方法來施工的情形發生。

雖然場鑄樁施工法有以上的諸多缺失，其能一直成長被普遍採用與信賴而且能在日本生根的原因，不外是設計者以及所有現場的施工人員以及所有的技術人員不斷努力提高其品質的功勞所致。今後要更上層樓提升品質就有必要從如何導入統計的、科學的品質管理方法來着手。

三、品質管理的基礎

場鑄樁工程是整個營建工程中的一環，其品質管理要考慮整個營建工程的品質管理在內。營建工程屬於訂單生產，在生產以前顧客的

需求及工程費用（價格）均已決定，故工期列為最優先，因此有時候品質會被疏忽。營建工程也是一品生產，每次製造出來的結構物均不相同，生產場所的地形、地質及施工環境容易影響品質的變動。可是營建工程雖然是訂單生產或一品生產，但是必須依照設計圖及規範上所標示的規格將構造物以最經濟的方法且要十分滿足規格要求在限期內完工。因此在營建工程的每一階段都必須以統計方法來實施品質管制。

要推行品質管理，所有參與工程有關的人員都必須要具備有品質管制的共識。無論施工機械的機械性能有多優秀或無論施工規範如何完備，若直接參與工程的技術人員沒有重視品質的意願，就無法生產良好品質的東西。因此如果上至監工下至作業手均無具備品質管制的意願，將工程現場一直保持在品質管理的狀況，則仍無法達到提升品質的效果。特別是監工員必須經常要有危機意識，注意確認構造物有無依照設計圖及規範進行施工；同時要不斷努力去發掘問題點，針對問題研討對策並加以改善。此外對作業手的品質管理教育也非常重要。

品質管制有必要應用統計方法的原因是因為品質本身經常會不斷發生變動的緣故。無論採用如何高性能的鑽掘機械並集中注意力去進行施工，基樁之垂直度及孔壁的狀況絕不會是一樣的。又無論採用如何高性能的攪拌機來攪拌混凝土並注意施工時混凝土的打設，基樁混凝土的強度分佈是無法一致的。可是品質的差異在統計上可顯出其規則性，因此若能將品質的差異以統計來掌握，再以統計方法來分析這就是品質管制的基礎。

推行品質管制要先確認：

(1)製品滿足規格要求。

(2)工程製品很穩定。

等二個條件是否達到標準。對於第一項用直方圖，第二項用管制圖來確認，一般可採用下列

方法進行：

(1)決定被管制的品質特性：所謂品質特性是從最終品質的個因當中，儘量挑出在工程的初期能測定者可立即得到結果者。

(2)針對品質特性決定品質標準：品質標準是管制的藍本，所以要以能實際測定、能測驗者為準，用品質的平均值與差異來表示，同時必須符合設計圖、規範所規定的規格。

(3)為滿足品質標準，在工程的每一個階段

要制定作業方法、作業程序，如此可以容易發現不良原因也可以幫助進行排除不良的工作。

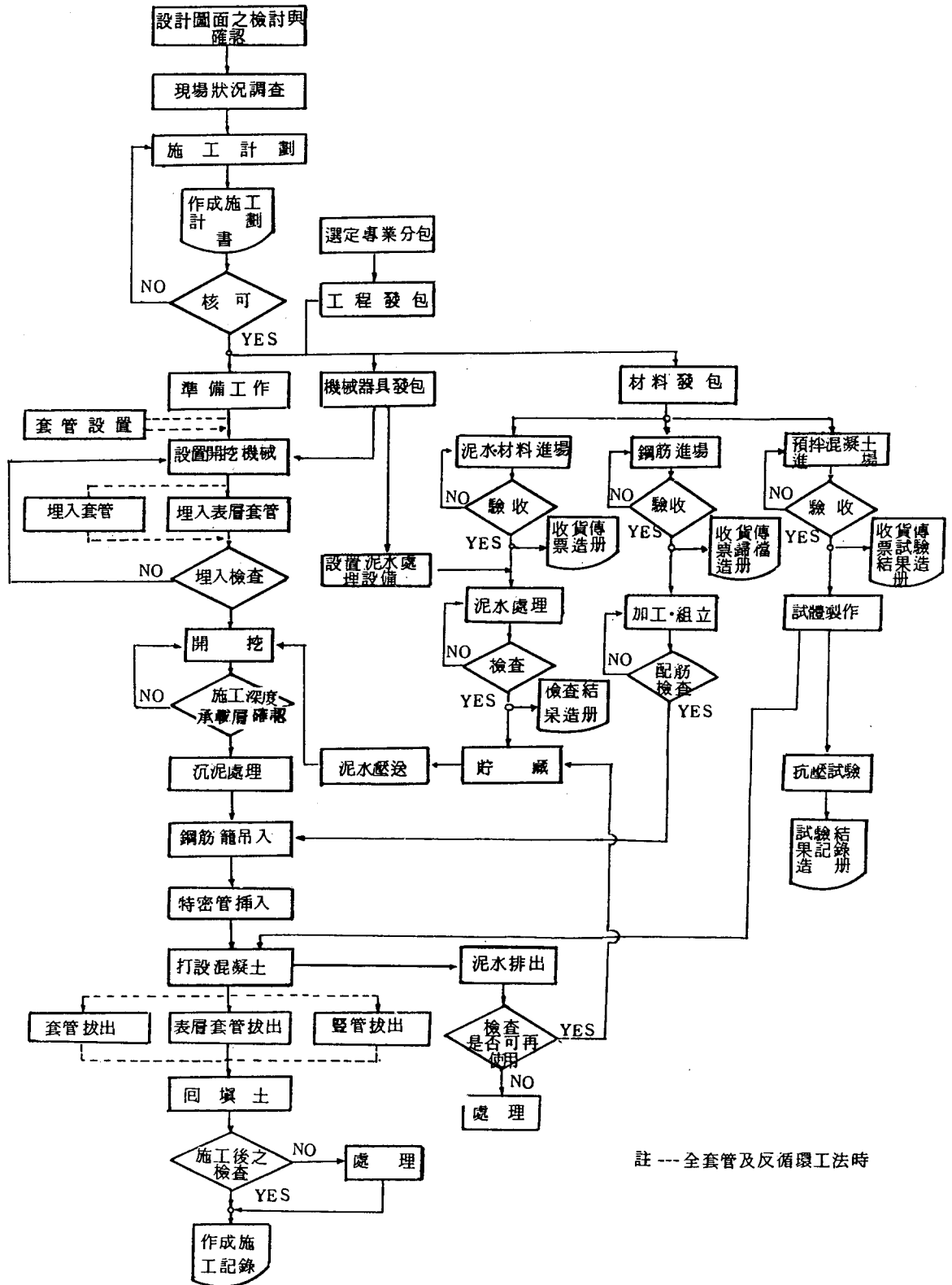
(4)遵循作業標準進行作業，並收集紀錄資料。

(5)利用直方圖來確認各項紀錄資料是否有餘裕。滿足品質規格後作成管制圖來確認最近的資料是否穩定。

(6)如果在管制圖上紀錄資料很穩定，可以在最近將來之工程上一方面管理，一方面繼續

表一 場鑄基樁主要施工管理項目

區分	主要施工管理項目	目的					
		承載力	品質	形狀	施工性	安全性	對環境
鑽掘	樁心位置			✓			
	豎管的貫入長度			✓		✓	
	施工機械之安全性、垂直度			✓	✓	✓	
	鑽掘機的馬達負荷、動搖狀況	✓			✓	✓	
	鑽掘速度、挖屛上下速度			✓	✓	✓	
	套管的垂直度及接合狀況			✓	✓		
	孔內水位、泥水的品質			✓	✓		
	孔壁崩壞狀況，鑽孔之垂直度			✓	✓		
	地層性質、開挖土量	✓			✓		
鑽掘深度、承載層之深度	✓		✓				
混凝土	沉泥沉積量、處理狀況		✓		✓		
	鋼筋籠的組立、焊接		✓		✓		
	鋼筋籠吊入時的垂直度		✓				
	特密管的長度、接合狀況		✓				
	混凝土的品質		✓				
	混凝土打設開始時的狀況	✓	✓				
	特密管插入混凝土內長度		✓				
	混凝土的打設速度		✓		✓		
	樁頭處理狀況		✓				
其他	施工時噪音、振動						✓
	鄰近地盤、結構物的變位、傾斜						✓
	廢泥水的處理狀況						✓
	施工週期		✓		✓		
	施工記錄		✓		✓		



圖一 場鑄樁的施工管理流程

註 --- 全套管及反循環工法時

作業。如果紀錄資料有發生超越管理值時，就要追蹤其原因並處理以防止類似情況之再發生。

(7) 確認處理是否正確：一般以為有製作直方圖或管制圖即已經完成進行品質管制工作。但是我們必須保持依據科學的、統計的紀錄資料作為基礎，採取更積極的行動與意識才是品質管制的真義。

四、場鑄樁施工之施工管理流程與管理項目

場鑄樁施工之施工管理流程可用圖一來表示。此外場鑄樁施工之主要施工項目顯示於表一。依施工之方法及種類，也許有不必要的項目或者是必要的項目，但基本上依此表所表示的管理項目才是重要的項目。又依據各項管理之需要而訂定的目標大致有下列幾項：

- (1) 承載力：要確保能完全承受外力的承載力。
- (2) 品質：樁體之強度、耐久性等之確保。
- (3) 形狀：為能發揮必要的承載力所定的樁之配置、樁徑以及樁長之確保。
- (4) 施工性：所定之施工速度之確保。
- (5) 安全性：施工時施工人員安全之確保。
- (6) 環境：鄰近結構物以及附近居民之施工公害之防止。

(1)~(6)之中與設計圖及規範有密切關係的項目是(1)~(3)。

場鑄樁品質的良否與是否充分執行施工計劃有很大的關係。如果施工計劃能好好的規劃，則在施工時發生的突發事件可能不會發生。故若能依照施工計劃確實進行施工，則基樁的品質應該可以確保。從準備工作開始，鑽孔、混凝土打設以及施工後的處置等每一項作業都有左右場鑄樁品質之種種因素存在。

在實際工程施工時，因地層狀況或施工時的氣象條件等都不能完全符合施工計劃時所預定的狀況甚多，因此有必要遷就並配合這些狀

況的變化來施工。但一般在施工計劃書內沒有很仔細的記述施工之流程及對突發事故之對應處理及施工管理方法，因此要負責施工就必須要具備豐富的經驗與慎重的頭腦判斷及高度理論與技術能力才可。

可是對目前之實際情況而言，要選派能夠應付不斷變化的狀況而迅速且確實採取處理的技術人員在現場工作是件困難的事。因此對重要的品質管理項目，要事前在施工計劃時充分加以檢討後訂定品質管理方法，然後按部就班的從工程之初期階段即進行品質管理才好。

五、鑽孔時之品質管理

在鑽孔時主要的品質管理對象與其品質特性以及試驗方法可用表二來表示。

品質管理的對象有樁的形狀、承載層的貫入深度以及孔壁的穩定等項目。

(一) 樁形狀的管理

一般於場鑄樁施工前，一定要實施平面位置與樁長的測定。在平面位置之測定時要考慮表示樁心的假樁與假樁移動的引點等之正確設置，且在鑽孔工作前要再確認其位置是件重要的工作。必須將套管、鑽頭或挖厚等之中心對準樁心才可，通常樁心之誤差容許值在十公分以內。

樁長可在鑽孔中利用鑽掘機具之鑽桿放入的長度等經常加以控制管理，於鑽孔完成時，可用檢尺來確認。可是往往在孔底有許多沉泥沉澱的情況存在，故使用檢尺量測的時機必須考慮。

基樁的鑽孔口徑，一般會比鑽頭的公稱口徑稍大一點，但是這個差異會因地層的狀況或操作鑽掘機的技能等而有所不同，尤其是用鑽掘工法或反循環工法時，因挖厚或鑽頭的旋轉所產生左右振動或因地層的軟硬不同便會有誤差。但在極軟弱地層則常常有鑽掘後其孔徑發生縮小情事。

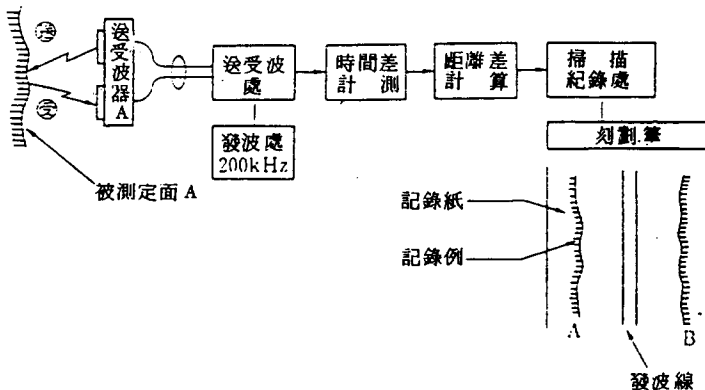
表二 鑽孔時品質管理對象與品質特性

管理對象	品質特性	試驗、測定	實施狀況
樁之形狀	平面位置	測量	◎
	垂直度	超音波、傾斜計	△
	孔徑	超音波	△
	樁長	檢尺	◎
貫入承載	鑽掘機械的負荷	電流計	○
層的長度	鑽掘土的特性	粒徑明視	◎
孔壁穩定	孔內水位	檢尺	◎
	泥水的性質	比重試驗	○
		粘度試驗	○
		砂含量試驗	○
其他如PH值試驗等		△	

註：◎經常實施
 ○：必要時實施
 △：不常實施

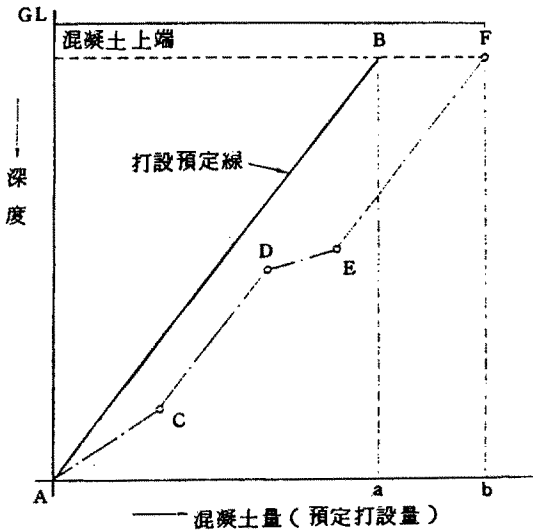
影響垂直度的因素有地層之傾斜，砂礫之存在，鑽機位置之地盤耐力，套管或豎管的平直度、鑽機的操作、鑽掘速度、孔內泥水之水位、品質等等。鑽孔的垂直度通常設定在 1 / 100 以下，實際上最好在 1 / 200 以下。必須注意的是鑽孔完畢後要來修正垂直度是極困難的，故垂直度的控制在鑽孔初期便極為重要。對孔壁的狀況則重點放在鑽孔作業時的管理。

對於垂直度的測定有使用傾斜計的方法，也有使用如圖二所示超音波者。此法仍是由發波器所發出來的超音波，經過水中傳播至孔壁反射後在受波器上測得其接收之時間，受波器到孔壁的距離會在記錄器上被記錄。本法可以應用在基樁的垂直度或孔壁狀況的測定。今後在工程初期採用此法來量測垂直度及孔壁的狀況，然後來進行檢討施工方法是必然的途徑。



圖二 超音波測定孔壁法

此外，測定混凝土打設量與混凝土頂端的上昇量，也可以達到推測孔壁狀況的目的，即如圖三所示混凝土打設量與深度之關係圖，A-C 區間或 D - E 區間可推測因孔壁崩壞的原因其



圖三 混凝土打設量隨深度關係

樁徑較預定為大。

(二) 承載層貫入長度管理

基樁要獲得充份的承載力，必需達到設計所規定的承載層貫入長度。可是往往因為承載層頂端之高程在施工前無法正確把握，故在施工中有必要來確認貫入長度。

承載層貫入長度可以依據地層剖面圖與樁

長之關係來推測，也可以用鑽機馬達驅動時電流量變化及鑽掘砂土之情況來判斷。另外用已完成的基樁資料來描繪承載層頂端等高線圖對以後的基樁施工也甚有助益。

(三) 孔壁的穩定管理

對於孔壁的穩定，實施孔內水位管理與穩定液之品質管理是很重要的。因為孔內水位之管理不但可以防止孔壁的崩壞，也可以防止在孔底發生湧水的現象。要保持所定的穩定液水位，從套管下端之逸水或給水量與排水量之平衡確認是非常重要的事情。

鑽掘工法中，通常以膨脹土為主的人工泥水可使孔壁穩定；反循環工法中則在鑽掘時，因地層中細料與水混合後變成泥水而增加孔壁的穩定。又最近有利用地下連續壁做為基礎樁的工法出現，但這種工法一般是使用泥水。這些工法對泥水的品質管理都很重要。

泥水的品質管理有作成泥水，轉用泥水、沉泥處理後之孔內泥水及混凝土打設時之回收泥水等多種。表三是在地下連續壁工法的時候來表示泥水的品質需求。泥水的品質管理試驗有粘性試驗、比重試驗、砂含量試驗等，各項試驗均在現場試驗室進行。泥水反覆使用則泥水中會混入水泥或粘土而劣化或者地下水混入使粘性減低。因此不僅在泥水作成時，從泥水槽再次補給孔內的時候都要實施泥水的品質管理。

表三 評估泥水特性之試驗項目

泥水的功能	所需要的泥水特性	泥水評估的試驗項目								
		造壁性	粘度	比重	砂含量	PH	懸分散性	微細粒子	泥水混含量	電氣傳層度
孔壁穩定	有良好的造壁功能	◎	○	○	-	○	○	○	○	○
砂土的分離	有適當的流動特性	-	◎	○	-	○	○	○	○	○
	適當的比重	-	-	◎	○	-	-	○	-	-
混凝土的置換	沉泥少發生 (打設混凝土時)	-	○	○	◎	-	○	-	-	-

◎泥水特性直接測定試驗項目

○影響泥水特性因素的試驗項目

-泥水特性相關試驗項目

表四 混凝土打設時的品質管理對象與品質特性

管理對象	品質特性	試驗、測定	實施狀況
樁先端	沉泥沉澱量	檢尺	◎
		沉泥採取試驗	△
鋼筋籠	形狀	配筋檢查	◎
	焊接的品質	焊接檢查	◎
混凝土	預拌混凝土的性質	坍度試驗	◎
		空氣量測定	◎
		抗壓強度試驗	◎
		其他如溫度測定等	○
施工後的樁體	樁長	震測	△
	強度	鑽心取樣，音波測定	△

註：◎經常實施
○必要時實施
△不常實施

六、混凝土打設時的品質管理

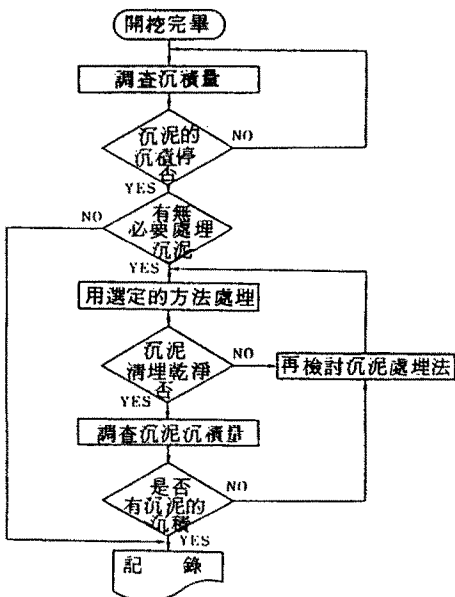
表四是表示自鑽孔完成後迄混凝土打設之主要品質管理對象與其品質特性以及試驗方法

。有關品質管理對象有樁先端部、鋼筋籠及混凝土等。

(一) 樁先端部的品質管理

基樁施工時若孔底有沉泥沉澱會造成樁先端承载力之減少。因此從鑽孔完成後至混凝土打設開始止，有必要除去沉泥。沉泥之處理方法與實施是對試驗樁或最初之樁，依照圖四之順序進行沉泥沉積狀況調查並依據其調查結果來檢討施工方法。

沉泥的沉積量測定可用檢尺進行，其測定間隔為鑽孔完成後5分、10分、15分、30分，以後每間隔15分再測定，使其測定值達到與前回測定值不能出現相差太多為準。測定位置大約以鑽孔之中央為準，但大口徑樁其外圍4點亦宜量測。根據調查如沉泥沉積量非常少時，可以判斷不必處理沉泥，但通常可以明確認定沉泥量故需實施沉泥量測。有時候沉泥沉積量會急增或增加量一定的時候，可能是有孔底湧



圖四 調查沉泥沉積量的流程例

水或孔壁崩壞或從套管接頭處流入砂土之情況發生，有時沉泥有不均質之堆積時僅利用檢尺無法明確區分，所以要併用電氣界面計或比重計就較好。

採取沉泥放在與孔內泥水同樣的泥水中浮游沉降以便調查其沉降特性與沉積物之壓縮特性，來設定容許沉泥量以做為施工管理基準的範例也有。

沉泥處理後要再測定沉泥的沉積量，這時候要從沉泥處理完畢後在混凝土打設開始的預定時間前測定。

實際施工時，各樁的沉泥沉積量不同。一般在鑽孔完成時進行沉泥處理並測定其沉泥沉積量；於特密管及鋼筋籠放置後，再用特密管進行二次處理並測定其沉泥沉積量。

(二)鋼筋籠之品質管理

基樁之配筋能否如設計一般將受鋼筋籠之組立與孔內放入作業之良好與否所左右。

鋼筋籠是依據設計圖所作成的施工計劃書之鋼筋籠加工圖來組立，在作業開始前，要將設計圖與鋼筋加工圖核對，並防止組立時之錯誤，在進行最初之鋼筋籠檢查要特別慎重。

組立筋之彎曲加工不良，會造成鋼筋籠變成橢圓形，如箍筋之彎曲加工不良與組立筋之數量不足會造成變形。因此要使用加工治具保持圓直度與組立筋徑，以及要確認鋼筋工人之技能是否勝任，以便保證品質。

如果組立筋與主筋之搭接不好，則在鋼筋籠放入時會產生變形。搭接作業一般採用電弧焊接，但為了防止主筋之斷面折損發生，對於焊接棒之選用與確認鋼筋工之技術資格等是很重要的事情。同時在焊接作業時，有無確實遵守安全注意事項，也有必要加以檢核。此外，空間之形狀、按裝之個數與間隔的確認也是重要的。

對於鋼筋籠之吊入，要使用適合鋼筋籠之重量與長度之吊車，同時併用吊車用具及加強筋等使其不發生變形，由鑽孔之中心位置垂直

吊下。

吊入工作完畢後要正確測定鋼筋籠之頂部，確認由設計樁頭起迄鋼筋籠先端之距離，是否與鋼筋籠之組立長度一致。

(三)混凝土之品質管理

欲使符合品質的混凝土確實且又經濟的打設。需使混凝土的配比正確訂定，計量、混合、搬運、打設作業等依照規定確實執行。

場鑄樁之混凝土，一般是採用預拌混凝土，以特密管來打設。因此，混凝土的混合、搬運通常是依照 JIS A5308 預拌混凝土之規定辦理。此外亦有依其他各企業團體所規定的設計、施工方針。如屬土木範圍之構造物基礎，其場鑄樁是依據土木學會混凝土標準要領書（簡稱 RC 要領書），如用在建築則依據日本建築學會之鋼筋混凝土工事標準仕様書（簡稱 JASS 5）之規定辦理。

在 RC 要領書之施工篇「水中混凝土」一章中，有規定「基樁及地下連續壁使用的水中混凝土」之配比與有關施工事項之規定。在 JASS 5「水中混凝土」一節中有規定「基樁」與「鋼筋混凝土地中壁」的混凝土材料、配比、打設方法、品質管理方法等有關事項。

於 RC 要領書中，基樁及地下連續壁會使用作結構本體構造物或擋土牆等，因此精度之管理、泥水管理、混凝土之品質管理等，有必要做到比一般水中混凝土更較嚴格程度。

RC 要領書及 JASS 5 中場鑄樁使用混凝土有關記述內容及要點以表五顯示。要施行混凝土之品質管理應訂定所需強度、耐久性、水密性等之品質能具體表示出來的坍度、空氣量、壓縮強度等之特性以及大小之範圍。有關坍度試驗用 JIS A 1101，空氣量之測定用 JIS A 1128 來做，壓縮強度試驗則用 JIS A 1108，另外在品質管理上用早期材齡（7 日強度）的強度試驗結果而推求 28 日強度也是可接受的。

表五 場鑄樁有關混凝土之主要規定

項 目	土木學會 R C 要領書	日本建築學會 JASS 5
粗骨材之最大尺寸	鋼筋間隔之 1/2 以下 或 25 mm 以下為標準	規定 25 mm 以下
工作性	15 ~ 25 cm	規定 21 cm 以下
水灰比	55 % 以下	60 % 以下
單位水泥量	350 Kg/m ³ 以上	350 Kg/cm ³ 以上
保護層	最好 10 cm 以上	規定 10 cm 以上
特密管插入混凝土中的深度	2 m ~ 6 m 較佳	以 2 m 以上為原則
超打高度	50 cm 以上	通常 50 ~ 100 cm 是必要的

於 R C 要領書中，並未提到有關「水中混凝土」品質管理的規定，故可以按一般混凝土之規定辦理。茲將其中有關事項列出如下：

(1) 混凝土配比強度要考慮在一般現場混凝土之壓縮強度試驗值能達到設計標準強度或在水中強度會受折減而其強度不低於設計標準強度之 96 %。

(2) 預拌混凝土要注意 R C 要領書與 JIS 之規定事項不同時，對 A E 混凝土之空氣量、細骨材及混凝土中之塩化物含量、骨材之鹼性反應等宜採用較嚴格規定者。

(3) 拌合至打設的時間，原則上以氣溫超過 25°C 時為 1.5 小時，25°C 以下時不要超過 2 小時。

(4) 混凝土之管理所用的壓縮強度值在一般場合係從取同一桶中取出的 3 個試樣的平均壓縮強度值。

(5) 爲了試驗需要，採取試樣之時機及次數在一般狀況下打設混凝土時每日最少一次，對於重要的結構物與因應工程規模則連續打設混凝土 20 ~ 150 m³ 要採取試樣一次。此外有關塩化物含有量試驗以及反應性骨材試驗也有記述在內。

在 JASS 5 有關水中混凝土之品質管理、檢查事項有下列數點：

(1) 新鮮混凝土之狀態是以整車之混凝土用目視來檢查。

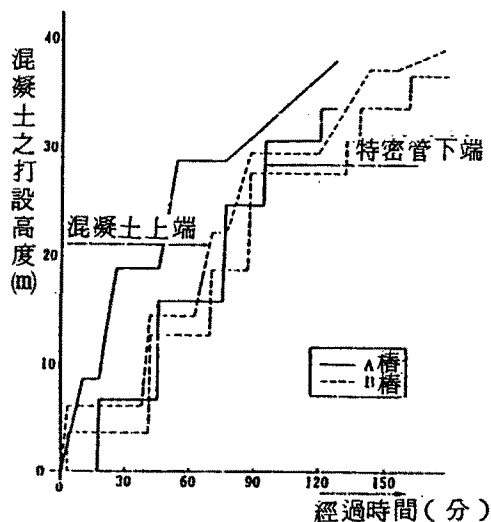
(2) 坍度試驗是壁體的一單元或者每一支樁最初的運搬車的混凝土來進行。

(3) 試驗試體係從運搬車分別採取，如果 3 支之平均值在設計基準強度以上就算合格。

(4) 打設高度的控制用量測精度達 ± 5 公分程度測定的方法對每次運搬車作檢查。

在現場要打設能滿足特性值的混凝土，就要充分檢討作業內容與流程，並列出這些特性值的各種試驗與檢查工作。特別是在混凝土打設時，爲期求混凝土品質要好，特密管之水密性，打設初期特密管先端與孔底的距離，打設中特密管插入混凝土中的深度，特密管之拉上長度等管理作業非常重要。對於特密管插入混凝土中之深度管理作業，混凝土運搬車每一輛均要確認檢查其混凝土面打設之高度與特密管之插入深度。在混凝土打設作業中，特密管之插入太淺時混凝土面會噴出混凝土，又誤將特密管拉上混凝土面上時會發生骨材分離。另一方面，插入深度過深時會造成混凝土之落下速度

緩慢而造成特密管拉上之困難，及特密管要一次拉上較長的距離，其結果使特密管內的混凝土急速流下，導致混凝土噴出混凝土面上，骨



圖五 混凝土打設管制圖

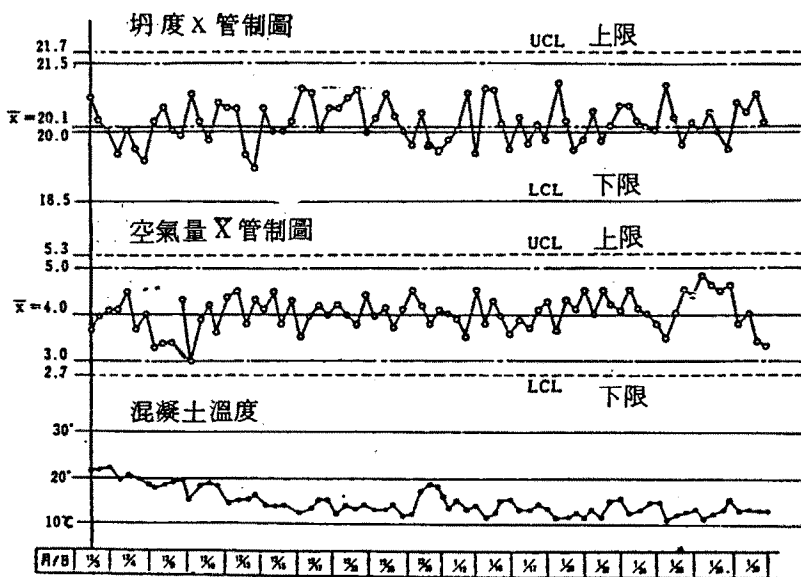
材分離 機會也會變大。圖五是直徑約 90 公分，深 40 公尺之孔內進行混凝土打設時，混凝土面之打設高度與特密管下端位置管理結果，其混

凝土之坍度為 20 公分，打設速度是 3 ~ 20 公尺 / 小時，接近打設終了時其打設速度小。如依圖來看與 RC 要領書中的混凝土之特密管插入深度稍離標準值 2 ~ 6 公尺的情形，其施工可說是不良。

混凝土打設之管理，不要忘記記錄混凝土運搬車離開工廠時間，到達工地時間，打設開始時間與終了時間。像這樣的混凝土打設記錄，可以做為檢討有無完成滿足設計條件構體的必要資料，千萬記得不要隨隨便便做記錄，一定要細心地整理一切資料或作圖才可。

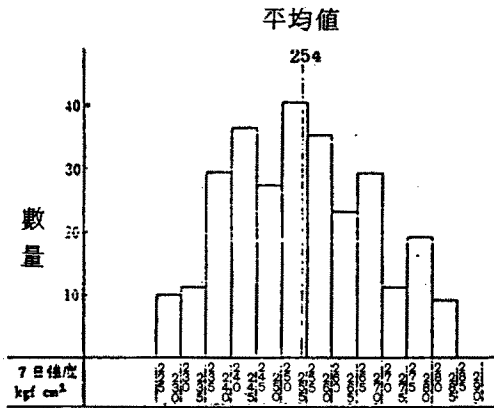
四 混凝土品質管理資料的例子

因為基樁的品質管理資料很少，在此來介紹地下連續壁的混凝土品質管理資料。這個地下連續壁的壁厚是 1.2 m，混凝土的設計基準強度是 300 Kg/cm^2 ，坍度 $20 \pm 1.5 \text{ cm}$ ，空氣量 $4 \pm 1 \%$ 。圖六係表示混凝土的坍度及空氣量的 \bar{X} 品質管制圖。試驗結果顯示坍度的平均值 (\bar{X}) 是 20 cm，標準偏差 (σ) 是 0.5 cm，空氣量的平均值 (\bar{X}) 是 4.0%，標準偏差 (σ) 是 0.36%。

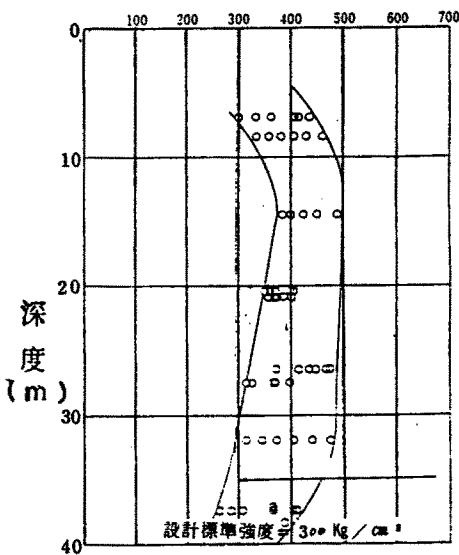


圖六 混凝土品質管制圖

圖七係表示混凝土材齡 7 日時之抗壓強度之直方圖。試驗結果顯示抗壓強度平均值 (\bar{X}) 是 254 Kg/cm^2 ，標準偏差 (σ) 是 16.4 Kg/cm^2 ，又材齡 28 日時抗壓強度平均值 (\bar{X}) 是 353 Kg/cm^2 ，標準偏差 (σ) 是 16.8 Kg/cm^2 。



圖七 混凝土七日強度直方圖
強度 (kg/cm^2)



圖八 混凝土強度隨深度變化關係圖

圖八表示混凝土打設後 5 個月至 1 年後鑽心取樣，樣品的深度及抗壓強度試驗結果（換算成材齡為 28 日時之強度）。圖中顯示至深度 15 公尺為止強度有隨深度增加的趨勢，但以下則不變或是有減少的傾向，特別是深度 37 公

尺附近之值，有較設計標準強度為低的現象。

七、今後的課題

隨著構造物之大型化發展，又因在深且軟弱地層施工機會增加且由基樁施工機械的改善，增加了大口徑樁、長尺樁的施工例子。如大鳴門橋（樁徑 7 m，於日本九州與本國間）的大型基礎或地下連續壁樁、擴底樁等新型基樁工法在今後可能會陸續登場。又使用高性能減水劑的高強度混凝土及利用水和熱來抑制裂痕為目標的低發熱水泥等均有長足的進步。

另一方面構造物的設計也從本來的容許應力法逐漸演變為極限強度設計法。故 R/C 要領書也含有這種新的設計法。面臨現狀的變化，各單位也不斷地檢討基樁設計法之設計來採用極限強度設計。

基樁的容許承載力，通常時狀況取極限承載力的三分之一，但在國外（日本以外）的標準有採用極限承載力二分之一，做為設計荷重的例子甚多。故在我國（日本）亦有很多意見反應，有再考慮的必要。

如上述的實情，今後對樁的承載力、形狀、強度等之品質建立在可信賴的基礎上的意見將會增強。

以往基樁施工機械及施工法的改善已達到相當高的水準，要將這些項目的品質管理如何以科學的、統計的方式推行，並反映在施工之品質上，使得提高信賴性是一個重要課題。

但是品質管理與施工管理之強化，如果內容有錯誤，將增加管理需要的經費及因管理結果改變施工法之費用。要期望品質管理及施工管理之充實，就要從業主、設計者以及至現場之工作人員都必須具備對品質管理的真正共識不可。

目前基樁之品質管理及施工管理有過分信任經驗方法，而有忽視科學方法、統計方法等之傾向。因此本稿內容略有偏向問題之檢討，稍有脫離標題，在此申表抱憾之意。