

臺北盆地松山層地下水位及水壓分佈對基礎工程影響

THE INFLUENCE OF DISTRIBUTION OF GROUND WATER LEVEL
AND GROUND WATER PRESSURE ON THE FOUNDATION
ENGINEERING IN TAIPEI BASIN

歐 晉 德

李 延 恭

鄭 在 仁

CHIN-DER OU

YAN-GONG LI

and

TSAI-JEN CHENG

Moh and Associates, Inc.

Taipei

原載於土木水利季刊，第十卷，第三期，

72年11月，第89-102頁

Reprinted from

*Journal of the Chinese Institute of
Civil and Hydraulic Engineering*

Vol. 10, No. 3, Nov. 1983, pp. 89-102

技術研究

臺北盆地松山層地下水位及 水壓分佈對基礎工程影響

The Influence of Distribution of Ground Water Level and
Ground Water Pressure on the Foundation Engineering
in Taipei Basin

歐 晉 德*

Ou, Chin-Der,

李 延 恭**

Li, Yan-Gong,

鄭 在 仁***

CHENG, Tsai-Jen

摘 要

臺北市近年來由於經濟發展結果，處處高樓建築如雨後春筍林立。其他之重要工程如污水下水道、輸水幹線、高架工程亦逐步施工，此類工程建設均涉及重要之基礎工事，而工程地點地下水分佈，水壓變化對基礎工程設計及施工具有重大決定性之影響。臺北市位於臺北盆地之中心，多年來由於過量抽取地下水之影響，地下水壓已非常態變化，目前工程設計對水位之考慮仍以靜態水壓為依據，致使設計偏於保守，沉陷量、支承力等之估計亦不準確，然因所有工程均限於其時間、經費，無法對工程地點水壓變化作長期之觀測，對水壓特性無法確實掌握。本文仍就臺北市內數年來裝設之多處水位觀測井、水壓計所獲得之觀測結果提出綜合分析，對臺北市水位變化與季節性之關係、水壓變化對基礎土層工程特性影響、基礎工程施工應有之考慮等提出評估與建議，以為土木工程設計之重要參考。

Abstract

Since 1946, due to development of the metropolis, deep well pumping has been used to augment water supply of Taipei City. The subsurface water level has been found to decrease rapidly and the pore water pressured distribution in the water bearing layers appears to be non-static and ever separated into two zones. As a consequence of the drop in the subsurface piezometric level, serious regional subsidence occurs in Taipei Basin. The design of

* 亞新工程顧問股份有限公司總工程師

** 亞新工程顧問股份有限公司大地工程部正工程師兼副理

*** 亞新工程顧問股份有限公司大地工程部正工程師

foundation system as well as the construction will definitely be effected by the distribution of the piezometric level.

The subsoil condition within the Basin can be distinguished in three major zones according to its nature of deposit; namely Tam-Shui River deposit zone, Keelung River deposit zone and Hsin-Tien River deposit zone. This study is based on the observation record taken over two years period on nearly 60 piezometers and observation wells installed in these three zones to present the variation and distribution of free water level and pore water pressure in each subsoil stratum. The results indicate that the free water level fluctuates between elevation +2 m and -0.5 m level from January to December, and the pore water pressure head in the fourth layer is continuous to drop with time. The non-static distribution of piezometric level may cause some problems during the foundation construction.

一、前 言

臺北盆地位於臺灣北部，而臺北市即位於此盆地中心，此地區近十幾年來由於經濟高度成長，臺北市及鄰近城鎮之繁榮，使得高樓建築如雨後春筍般在臺北盆地內不斷興起，而其基礎工程問題自然也深為工程師們所注意。

臺北盆地的地質問題多年來，已有許多學者專家進行研究（王執明、鄭穎敏、王源1978，洪如江1966，吳偉特1979），根據這些研究，臺北盆地地層大致上可歸納如下之幾個主要層次，即為松山層、景美層以及岩盤等由沖積而成之地層。盆地地層由於原為古代湖泊沉積，地勢低窪，故地下水蘊藏豐富，民國以前，地下水位甚至高於地表，早期農民可鑿自流井以供灌溉（吳建民，1967）在民國十年前後壓力水面尚高出地表約1公尺。以後時期，臺北地區，人口漸增，用水量相對提高，至民國卅五年以後，由於採井技術之發展，加上經濟與工業發達，用水量更形增加，臺北盆地壓力水層之水壓急速下降，平均每年降低2.3至3.4公尺，一方面使松山層內水位不再形成靜態分佈，另一方面使壓力含水層之水壓與表面自由含水層之水壓分佈脫離，土層內之有效壓力增加，造成每年之嚴重地盤下陷，此現象亦經近年來多位學者之研究（吳偉特，歐晉德，林永德，1976，Ou & Moh, 1979，吳建民，1967），惟此類研究較集中在地盤因地下水位下降後之地盤下陷關係或局部地區之土層變化上，至於松山層之非常態水壓分佈，或表面之常年變化，因缺乏長期資料，則較少研討，本文乃針對此點作進一步之研究，利用常年之水壓觀測，對松山層中地下水位及水壓之常年變化作系統性整理，並提供其變化以爲工程設計之參考。

二、松山層之土壤特性

於臺北盆地中，多數學者所謂之松山層一般指覆蓋於地表下，夾在景美礫石層上方厚度約60公尺之土層，亦即所謂之臺北沉泥層，臺北沉泥層於臺北盆地之中心區域，即新店溪、大漢溪交會之淡水河流域，可明顯分辨為泥質砂砂、砂質沉泥及黏土質沉泥等六個交互層次，圖1即顯示一般熟知之標準松山層層次狀況，事實上此明顯之六層次交互土層僅能在淡水河東岸之臺北市中心區存在，嚴格言之，臺北盆地由於河川沖積來源之不同，地層在整個盆地中明顯變化，而可區分為如圖2所示三個不同沖積流域即（一）基隆河沖積流域，於臺北市北區民生東路以北至士林一帶均屬之，基隆河沖積流域內之松山層大致均為單一之軟弱沉泥層，強度甚低，沉泥含量較高，甚少砂土夾層存在。（二）新店溪流域，沿羅斯福路兩側地區，此區域內松山層厚度較小，各交互層雖然可以明顯區分，但在地表下6至10公尺處則常含有小礫石夾層，而達景美礫石層上方，尚有一點土層間夾有一薄層礫石，於調查時，如不加以細辨，常被誤會已達景美層。

土壤描述	厚度 m		層次	圖 1 台北盆地 沖積層 一般土層變化
黃褐色粘土	1-6	6	表土沉積 CL, CL-ML	
灰黑色泥泥	2-8	40-70	第六次層 ML	
灰色泥泥質細砂	2-20		第五次層 SM	
灰色泥泥質粘土 低於10%之砂	6-29		第四次層 CL, ML	
中等細至灰色泥泥質 細砂含少量貝屑	0-19		第三次層 SM	
灰色泥泥質粘土泥泥 含量介於45%至70%	0-19		第二次層 CL, ML	
中等細至至粗砂 20%左右之粗料	0-15		第一次層 SM	
景美層				

圖 1 臺市盆地松山層一般土層變化

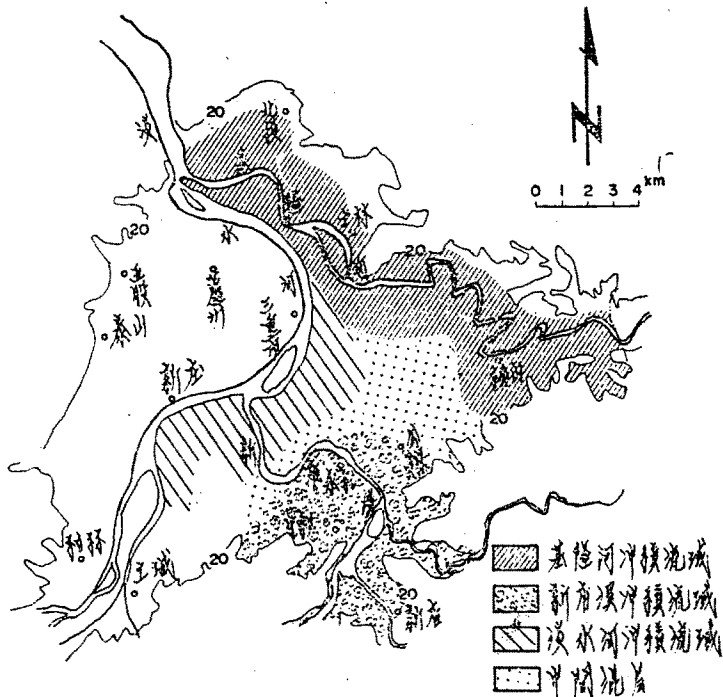
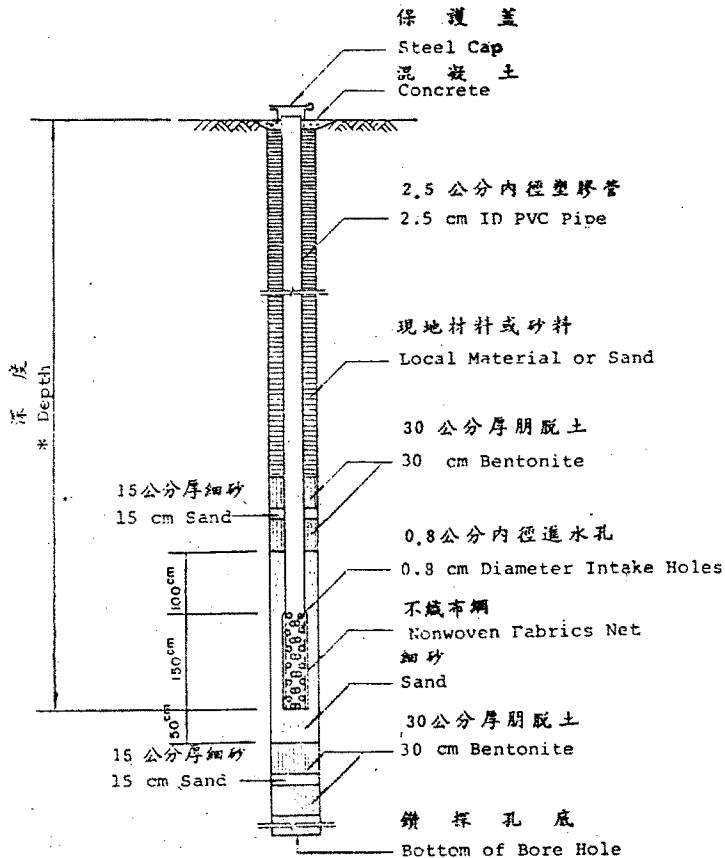


圖 2 臺北市區不同沖積流域分區示意圖

白淡水河流域，即臺北市舊市中心區，為盆地之中心位置，土層變化較有規則，一般採用之標準六層次劃分法，最適用於此區域，而不論於何區域，除盆地邊緣及盆地北部丘陵區外，大致均以礫石為主之景美層為主要含水層。

松山層中各層次土壤強度大致隨深度之加深而增強，而就其透水性質言之，沉泥質砂土層透水係數約在 0.5×10^{-4} 至 6×10^{-4} 公分/秒之間，砂質沉泥層則為 0.3×10^{-7} 至 0.75×10^{-7} 公分/秒，幾近於不透水。值得注意的是如圖 1 中所指之第四次層在地表下約 15 至 20 公尺深度處，厚度約為 6 至 29 公尺，此層次普遍在臺北盆地各地發現，形成一連續而不透水之間夾土層，第四次層土壤就統一土壤分類法加以分類大致均為 CL 至 ML，此不透水夾層形成相當之阻水效果，而臺北盆地主要含水層在因深井抽水形成水位急速下降後，因不透水夾層之存在，自由水面與壓力水層遂逐漸脫離，自由水層之變化侷限在地表下 30 公尺深度以上之空間內，第四次層透水性雖低，但因長期之壓力差異，仍使水壓在此層內洩降、松山層之地下水壓終成非靜態分佈 (Non-Static Distribution)，目前調查大致均顯示第四次層含水量在 30% 至 40% 間，仍為各次層中除地表之表土層外含水量最高者。

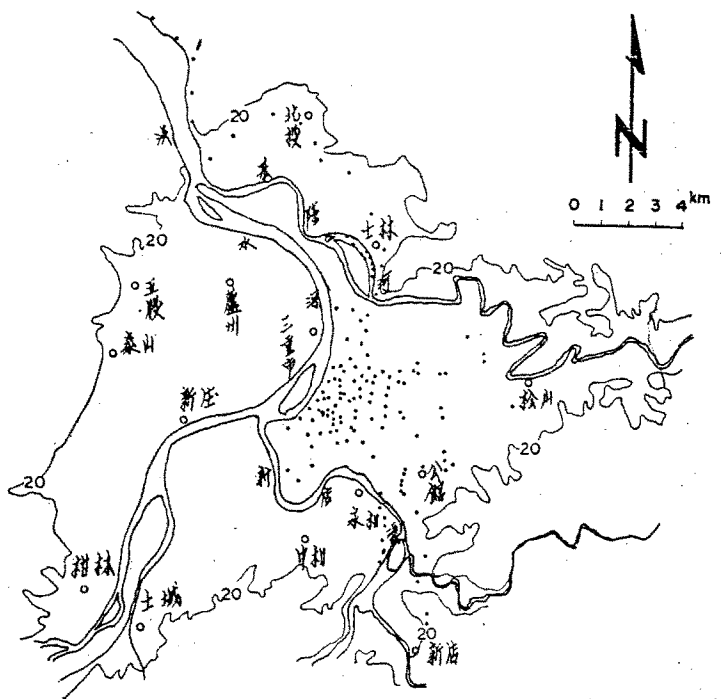


*埋設深度視現場情況決定

圖 3 觀測井埋設詳細圖

三、地下水位及水壓觀測法

在傳統的地質調查中，地下水位之觀測常利用鑽探時先以乾鑽法研判含水層之位置，或於每天開鑽之前量測鑽孔內之水位，此法常造成極大的誤差，故本研究為求其精確性，對淺層之自由水面乃利用觀測井為主，觀測井之構造如圖3所示，按此法裝設觀測井後，由亞新工程顧問公司長期觀測其水位變化，部份觀測井之觀測工作自民國68年即開始，持續達2至3年之久。如此得以避免如一般之基地調查只限於鑽探完成24小時後觀測井內之水位，而常發生之錯誤記錄。本研究埋設之觀測井主要分佈於臺北市區，數量達60支，另有部份埋設於市郊，市郊之觀測井觀測時間雖較短，記錄亦達6個月以上，圖4為各觀測井埋設位置圖，至於臺北地層中水壓之變化無法由簡單之觀測井方式測得，必需利用裝設於不等深度之水壓計測量之，本研究分別採用水力式及壓力式兩種不同類型之水壓計，其中水力式水壓計係採用亞新工程顧問公司自行設計、生產者。該類型水壓計已在臺灣、香港、新加坡、印尼、馬來亞等地甚多之土木工程中使用，效果甚佳，氣壓式水壓計則採用美國Sinco公司產品，成本較高，但靈敏度亦較水力式為佳，對短時間內之水壓急速變化亦可測得，圖5為氣壓式水壓計之埋設示意圖，水壓計裝設地點集中在臺北火車站附近，民生社區，淡水線鐵路沿線、羅斯福路及北新路沿線，以分別研究新店河流域、淡水河流域及基隆河流域土層中之水壓變異情形，水壓計之記錄工作大致均持續六個月至一年，平均每月觀測一至二次。



觀測井埋設位置

圖4 研究用觀測井埋設位置圖

四、表面自由水位分佈

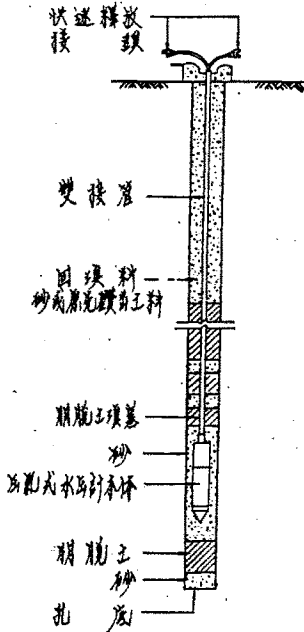


圖5 氣壓式水壓計裝置圖

臺北盆地中心區高程大致在基隆平均海面上 4 至 6 公尺，向邊緣地區逐漸升高，20 公尺等高線範圍已涵蓋大部份之盆地區域，淡水河貫穿則其心臟地帶，根據民國六十六年水利局檢測資料顯示淡水河河床之高程在與新店溪合流處約為 -2.2 公尺，中興橋 -4.4 公尺至關渡 -3.5 公尺，基隆河河床高程自關渡之 -3.5 公尺，逐漸升高至汐止區達 +0.14 公尺，而新店溪則由淡水河交會點之 -2.2 公尺，升高至碧潭區之 +13.5 公尺，新店區最景層為礫石層至新店區升出地表與新店溪相通，形成臺北市區地表自由含水量之主要注入水來源，圖 6 根據埋設於市區之 60 支觀測井長期觀測之平均水位繪製之地下水自由水位等高程線圖，由此圖可以顯見，地下水位仍以新店溪流域為高，自龜山邊緣之海拔 7 公尺向市區逐漸下降至海拔 1 公尺；於淡水河流域，即臺北市北門一帶則均在海平面上下；基隆河北岸則因地勢迅速升高，自丘陵脊至河床面坡勢甚陡，地下水位洩降坡度大，局部地區甚至有湧泉現象，水位高地出表。綜觀臺北市區之現況，大部份地區地下水位高程在海平面至海拔 1 公尺上下，即約在地表下 3 至 4 公尺深度，值得注意之處為西門鬧區地帶之地表自由水位為全臺北盆地之最低點，可能係由於此處高樓林立，大量抽取地下水，而地表幾乎全部為不透水之柏油及混凝土層覆蓋，水源難以補充而致。

至於新店溪流域，一方面由於給水層之補充較速，再因地勢較高，地下水位高程則隨地勢變化，自臺北市中心區向景美方向逐漸升高，地下水位之坡降亦較大，局部地區地下水洩降坡度達 0.5%，而前節已提及新店溪流域地層，於地表下約 6 至 8 公尺深度處有一透水性高之砂礫層存在，此夾層在羅斯福路，基隆路，敦化南北路一帶普遍存在，因此有地下水潛流存在之可能性，可能緩慢帶動細砂土，於此區域進行工程設計或施工者對此問題應宜予重視，將來如有下水道，地下鐵路或其他地下工程之施工，應就此地下水潛流之影響作進一步研究。

於臺北盆地中，根據長期觀測結果，顯示各觀測井量測之高水位大致在每年六至九月之間，此與每年之降雨量直接關連，圖 7 及圖 8 分別示盆地中心區域安裝之 OW-7, OW-14, OW-18, 及 OW-41 等觀測井之全年觀測記錄，此四支埋設在杭州北路與北平路口（觀測井編號 OW-7），林森北路與青島東路口（觀測井編號 OW-14），青島西路與中山南路口（觀測井編號 OW-18），中華商場第七棟附近（觀測井編號 OW-41），至於十月至三月之間降雨日數減少，導致地下水位逐日下降達到最低點。根據六十支觀測井地下水位觀測記錄顯示臺北市區最高水位與最低水位相差一般均在 0.5 至 1 公尺之間，較特殊者（如以上二圖所示。）最高及最低地下水位變化可達 2 公尺以上。

五、地下水壓分佈特性

水壓計之裝設及量測目的在於研究臺北盆地自地表以降各土層中水壓受深層抽水之影響，本研究埋設之水壓計量測期間持續六個月，一般而言，同一水壓計量測結果顯示其水壓變化大致不受季節性影響，讀數均甚穩定，變化在 1.0 噸/平方公尺以內。前已述及臺北盆地由於常年深層抽水影響導致壓力含水層之水壓與表面自由含水量層之水壓分佈脫離，使松山層地下水壓不再成靜態分佈，惟松山層地下水壓之分佈情況各地區不盡相同，為便於說明，將亞新工程顧問公司歷年來埋設在臺北盆地之水壓計量測資料加以收



圖6 臺北市區觀測井長期觀測之平均水位等高線分佈圖

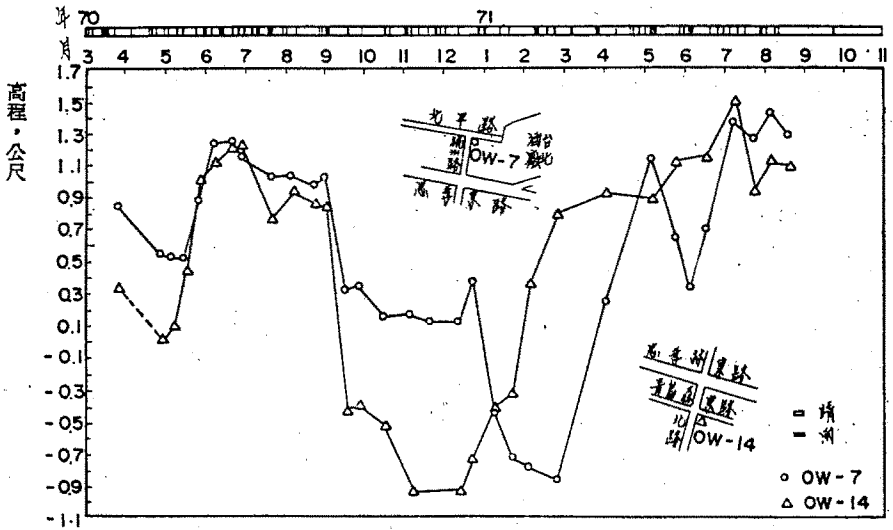


圖7 觀測井長期地下水水位觀測記錄

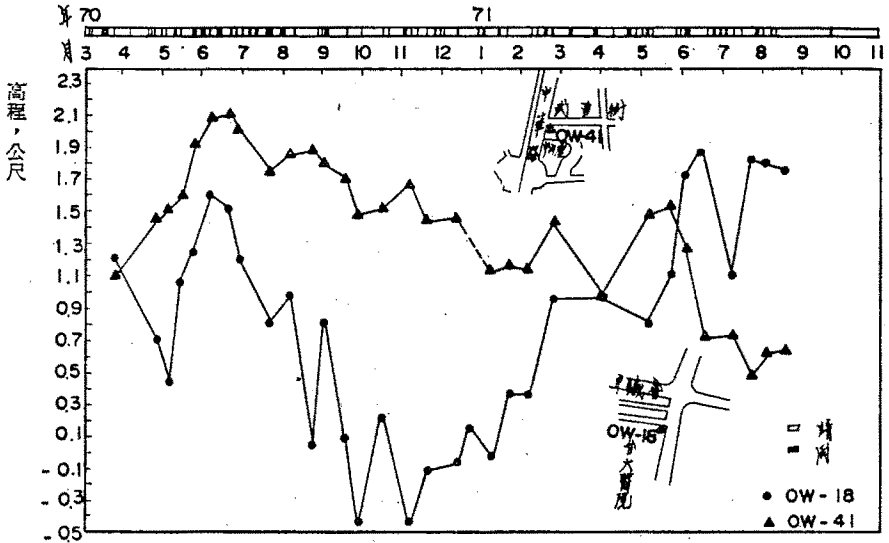


圖 8 觀測井長期地下水位觀測記錄

集整理並按不同河流沖積區域分別說明一

(1)淡水河流域市中心區—以北門為中心約 2 公里半徑之範圍，屬臺北市最熱鬧繁華地區，早期深井抽水最多，地下水壓變化亦最大，圖 9 為整理本區域內埋設於不同深度之水壓計量測結果，結果顯示本區域於第四次層以上之水壓大致成常態變化，地下水位約在高程 0 至 0.5 公尺之間向下以靜水壓力分佈，但自第五次層與第四次層界面以下，地下水壓有顯著降低現象，至第四次層下方完全消除，意即上、下層水位已嚴重脫離，於第三次層砂土層下部水壓以常態靜水壓方式逐漸上升，至第二次層中再度因最淺層之抽水影響發生非常態變化，此點與目前臺北深井內之觀測水位大致吻合。

(2)基隆河流域—基隆河流域中，於民生東路以北地區如民生社區至臺北機場一帶之地層沉泥質黏土較厚，極少砂土出現，至基隆河與淡水河交會處地層含砂量漸增，水壓之變化則不若淡水河流域明顯，圖 10 說明此區域之水壓變化狀況，深層地區水壓之變化較不規則，抽水影響在民生東路一帶，仍可見及，但至士林區不甚明顯。

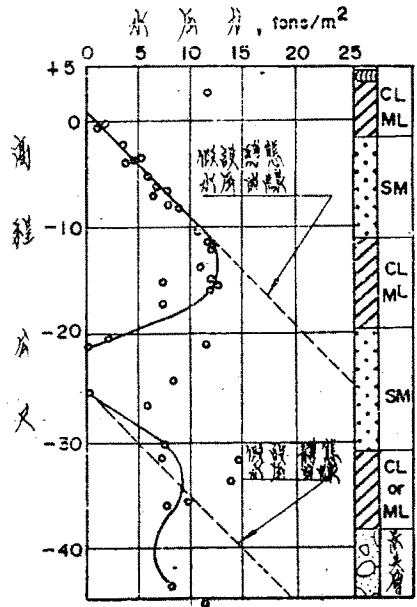
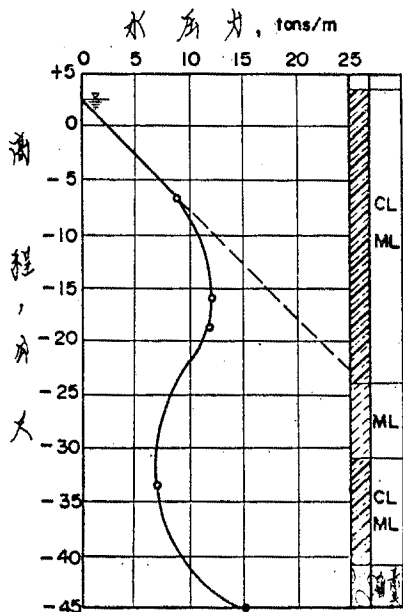
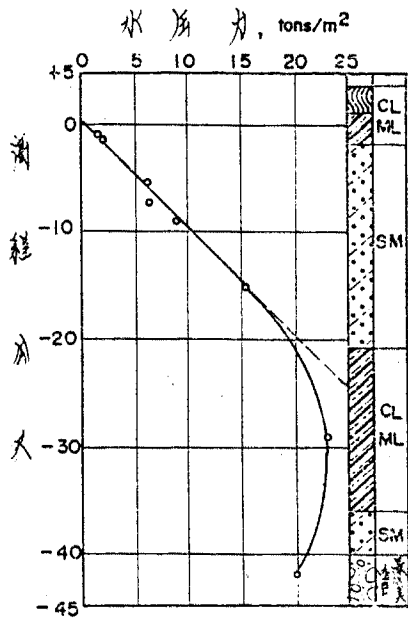


圖 9 淡水河流域 (市中心區) 水壓計量測結果

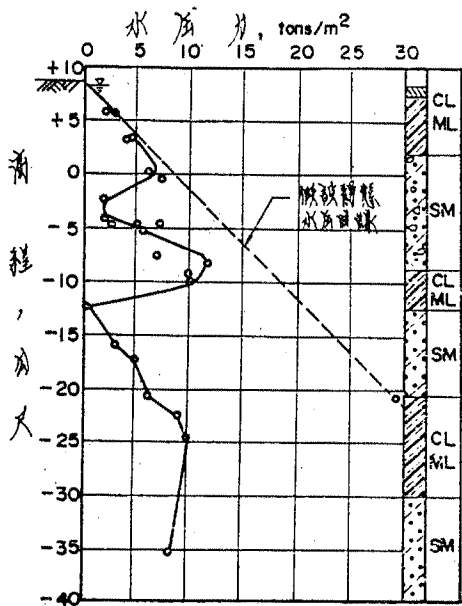


(a)民生社區

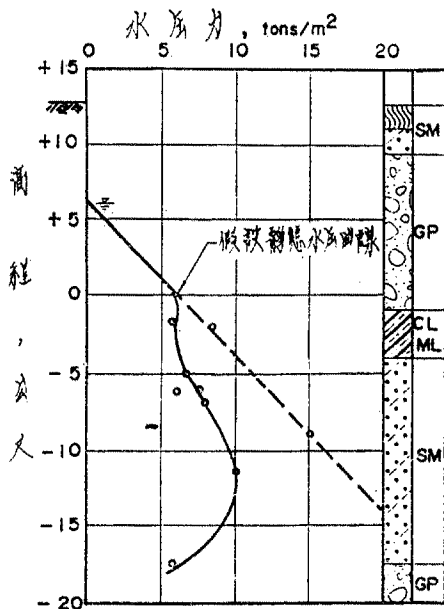


(b)民權西路至土林

圖10 基隆河流域水壓計量測結果



(a)愛國東路口至公館



(b)公館以南

圖11 新店河流域地層水壓變化

(3)新店河流域一自愛國東路口往南經羅斯福路，北新路直到 沿線埋設之水壓計觀測結果均顯示非常態水壓分佈特性，甚至景美新店地區含有厚層砂礫層亦顯示非常態水壓分佈現象(圖11)初步研判可該區工廠林立抽水置較多的緣故。

總結以上地下水壓量測結果，臺北盆地除士林以北至淡水一帶地下水壓接近靜態水壓外，其餘各區地層地下水壓均有隨深度明顯下降現象，尤其在深處 20 公尺至 25 公尺之間，即第三次層中之水壓淺降更為嚴重。

六、地下水位，水壓分佈特殊性對大地工程之影響

根據前述觀測結果顯示臺北盆地地層中水位水壓之異常變化，相對的影響在此地層進行工程之考慮及設計。

6.1 地層之壓密狀態及受力後之沉陷

臺北盆地地層根據地質史之描述已經過數度之沖刷一沉積一沖刷的過程、各層次土壤經過數度荷重之變化，迄今，應已完成壓密，惟因受近十數年來抽取地下水之影響，水壓發生變化，直接導致有效壓力之增加，因此對第四及第二次層而言，今日所受之壓力較其歷史上曾受之壓力為高，此可由圖 12 顯示淡水河流域地層中所求得之過壓密比 (Over Consolidation Ratio, OCR) 可為明證，接近地表之第六次層 OCR 值均超過 1，第四次層所得之 OCR 值大致在 1 左右，而第二次層則均小於 1，意即此第四及第二次層之壓密作用仍在持續狀態，因而對任何地表傳達之力量而言，均將得較大之沉陷，近年來臺北市高樓建築漸增，而其中以採用筏基為多數，筏基且大部份以第五及第四次層為基礎面，因此對地層或多或少增加額外之荷重，其必須注意者，任何額外之荷重增量，按目前土層狀況而言，均直接使沉陷量按原始壓縮曲線之增加率發生，此值通常較過壓密土層者為高，早期多數學者，認為臺北地層屬過壓密，事實上，因受水壓變化影響，目前多為正常壓密狀態，此正常壓密之土層，如圖 13 顯示之土壤體積壓縮指數

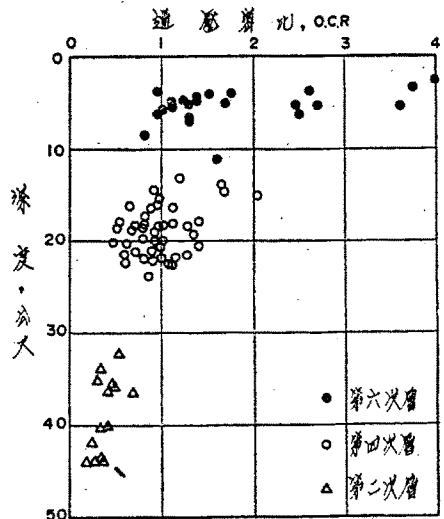
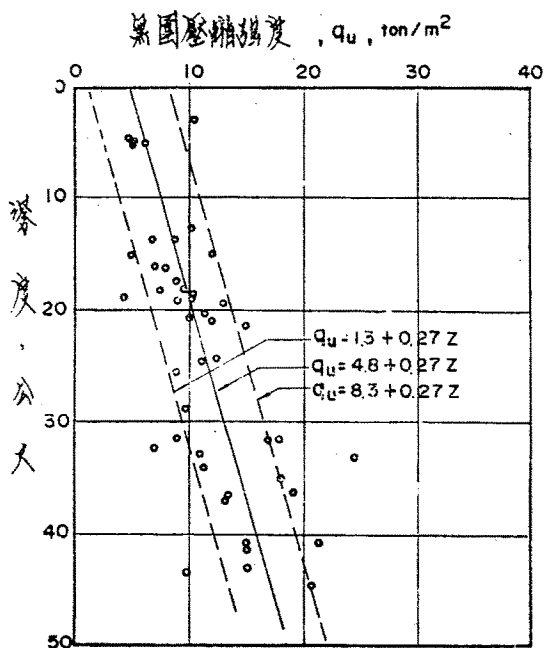
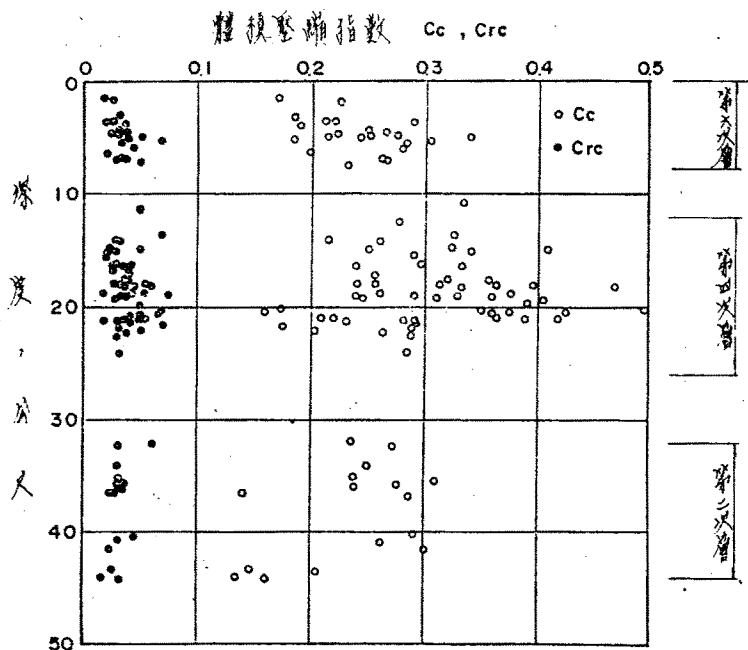


圖12 淡水河流域沉泥層過壓密比值 (O. C. R) 與深度變化關係

C_c 值，第四次層者多數較第六次層為高，此於分析或預估地層之沉陷量時宜予注意，以免低估沉陷量影響，圖 13 亦同時繪出各土層之體積再壓縮指數 C_{re} 與深度之關係用以指出開挖土層間賬與再壓之影響，於再壓狀況，土層體積壓縮指數僅為原始值之百分之十至三十，即施工中若能有效控制壓力變化，則相對應之沉陷亦可獲得減少。

6.2 土層強度變化

按以往臺北盆地之地層調查資料顯示凝聚性土層之強度大致隨深度之加深而增加，即與土層之有效覆土壓力成正比例變化，水壓發生變化後，目前之強度仍大致與深度變化相同，圖 14 為近年調查之淡水河流域沖積土層無圍壓縮強度隨深度之變化情形，由於強度變化之範圍仍屬甚廣，未能據此證明有效壓力增加後強度亦受影響，然而由於水壓發生變化後，垂直有效覆土壓力與土壤單元所受側向壓力之差異值可能增加，使上體之異向性質 (Anisotropy) 更明顯，目前國內大地工程上採用之強度性質常係依據等向



性 (Isotropy) 三軸壓縮強度試驗結果所得，圖 15 綜合亞新工程顧問公司在臺北盆地地層調查中進行異向性與等向性三軸壓縮試驗之結果，即利用所謂異向壓密不排水 (Anisotropically Consolidated Undrained Test, CAU) 與等向壓密不排水 (Isotropically Consolidated Undrained Test, CIU) 三軸試驗之結果綜合而得之 P-q 圖形，圖中可顯見以異向壓密不排水之強度較等向者為高，此較高之強度應屬更接近現場之真實情況，但一般設計若採用等向性試驗結果，顯屬較保守者，反之對材料而言亦為較浪費者，當足設計者引為參考而予以改進。

6.3 水壓持續變化對基礎設計之影響

如前節所述，地下水位長期觀測結果，發現地下水位之變化有限，但地下水壓則在第四次層中並不循正常狀況隨深度之增加而加大，並且根據近年之觀測，此層次中之水壓尚有逐年緩慢下降的趨勢，如圖 16

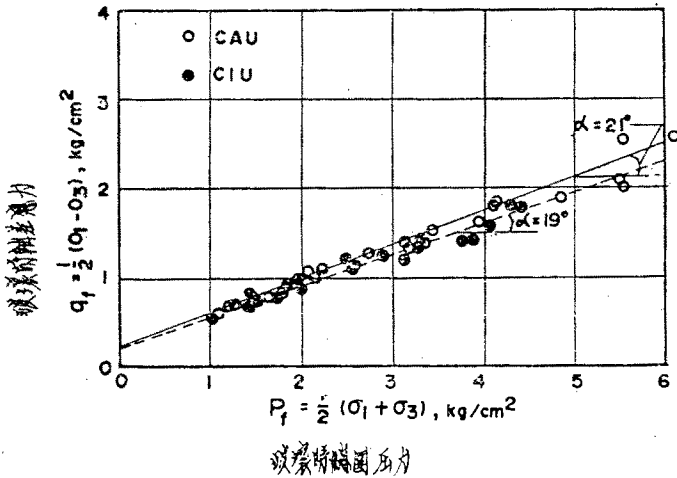


圖 15 淡水河流域第四次層黏性土壤均向性及非均向性三軸壓縮試驗比較

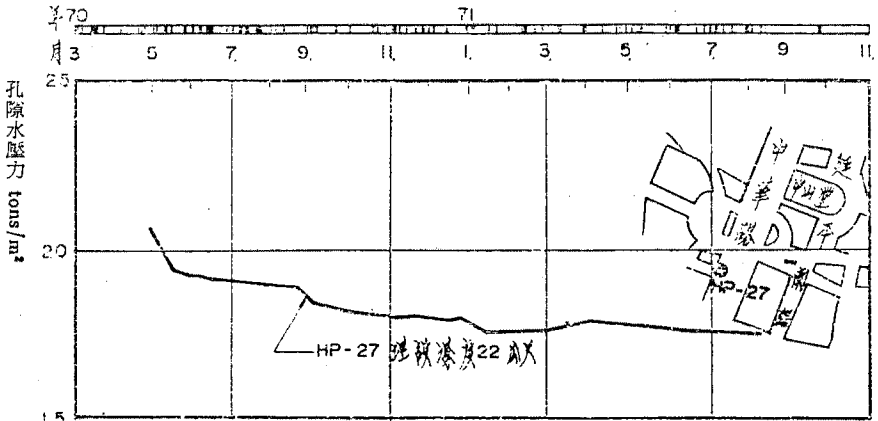


圖 16 淡水河流域第四次層水壓計長期量測記錄

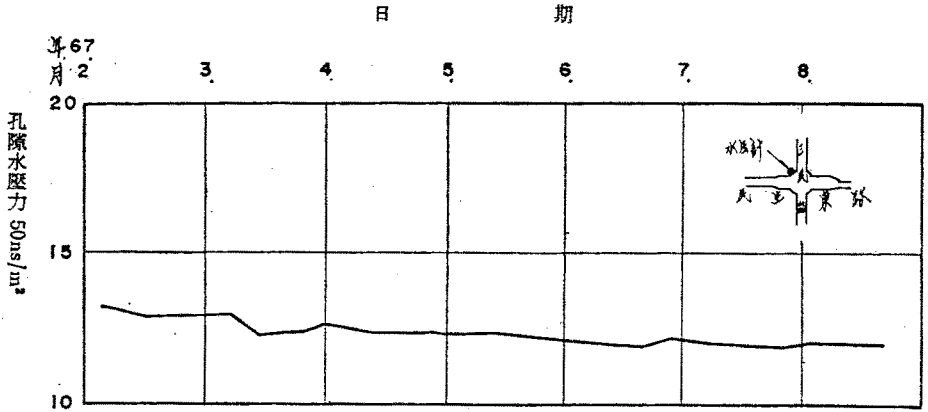


圖17 基隆河流域沉泥層水壓計長期量測記錄

顯示裝設於淡水流域第四次層水壓計之長期觀測記錄，圖 17 則顯示裝設於基隆河流域沉泥層之水壓計長期觀測記錄，兩者均顯示觀測期間內水壓雖有升降，但長期而言則漸次下降，此代表第四次層以下地層中，有效壓力漸次增加，壓密以至地表沉陷亦將持續，此不但形成全臺北盆地之下陷問題，可能亦將對基樁產生額外之負摩擦力而危及結構物之安全，有關臺北盆地地層中樁基負摩擦力之研究仍付之厥如，宜慎重予以注意並加以研究。

此外，由於第四次層之水壓洩降，第三次層土層中水壓仍已完全脫離上層水位，因此在臺北之基礎工程如鑽探或反循環樁基，連續壁工程之施工中常發現鑽穿第四次層時，因水壓之突降為零，鑽孔或槽溝中嚴重失水（如圖18）此時若未能立刻處理加以防範，則迅速坍塌，嚴重者埋沒鑽孔機械，甚或危及鄰近構造物之安全，均應加以注意。

6.4 連續壁截水牆對地下水回升作用之影響

臺北市區深開挖基礎常採用連續壁作為擋土結構，並利用其良好的阻水效果兼為截水牆增長地下水向開挖面的滲流路徑以減少作用在筏基礎底部的滲流壓力。根據亞新工程顧問公司在淡水河沖積流域某高樓深開挖基地所埋設之水壓計長期觀測結果如圖 19 所示，該研究係分別在開挖區內外分別裝設水壓計，開挖區內之水壓計深度恰位於筏基礎版下 1 公尺（即深度 15 公尺處），基地內之地下水位在開挖前即先行降至地表下 9.5 公尺處，以後隨著開挖之進行而持續予以降低，最低會降至原地表下 15 公尺。當開挖完成停止抽水後基地內地下水即有回升現象。圖 19 顯示筏基礎版及地樑澆灌完成後地下水壓有明顯上升現象，顯示基礎構築之瞬間所加的荷重係由孔隙水壓承受，而當筏基礎版構築完成後水壓將加極為緩慢。另埋設在開挖外圍之水壓計，觀測結果水位變化極為穩定，顯示對深開挖而言，連續壁作為阻水牆及截水牆可得到極佳的效果。但對長程而言，水位之回升甚緩，本基地內共裝設有 14 支水壓計，於底板完成停止抽水後之平均回升速率大致為 7.2 公分/日。水壓緩慢上升後，直接使基礎版承受上舉力，因此，設計底板時必需加以考慮。

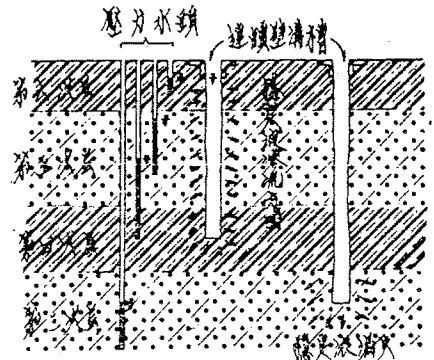


圖18 松山區中溝槽挖掘失水情形示意圖

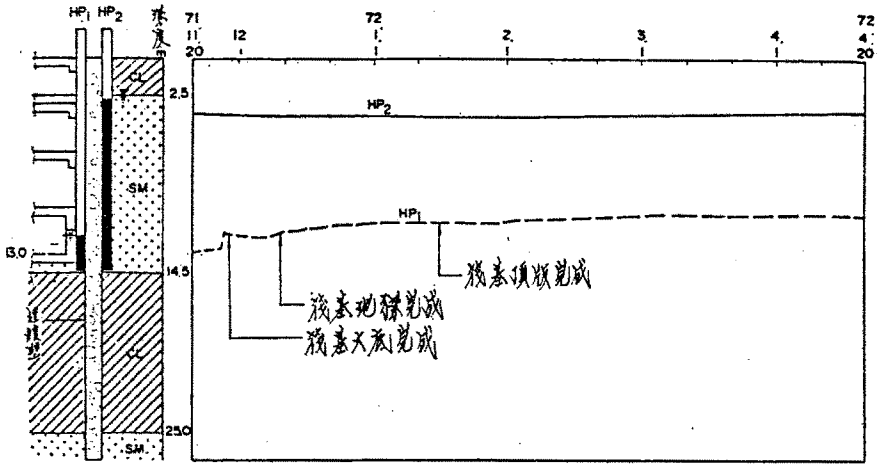


圖19 淡水河流基沖積層深開挖基地內地下水水位回升長期觀測記錄

七、結 論

至目前為止，臺北盆地松山層的地下水壓成非常態水壓分佈，且較常態水壓分佈低，已是專家學者公認的事實。有關松山層地下水特性對大地工程及基礎工程之影響已如前述，因工程考慮的項目不同而異，並非全然一致，對某些工程特性將造成有利的影響，例如增加土壤強度，減少作用於基礎底版之上舉力，擋土設施之側向壓力及滲流壓力，降低基礎開挖時之地下水處理費用等，而對某些工程問題則呈不利的影響，例如增加連續壁或反循環樁施工的困擾，地盤下陷，樁基負摩擦力等問題。由於臺北盆地過去深層抽水導至之地下水壓降低各地不同，其水壓分佈狀況亦異，目前許多工程師在設計基礎工程時仍然很少考慮或因限於經費而進行詳細的地下水資料調查，導致在進行基礎土壤分析或實際施工時，高估而造成不安全，或太保守而造成不必要的浪費，本報告已就埋設在臺北市的觀測井或水壓計觀測資料加以整理分析，以爲工程界之參考，但由於水壓變化常因地而異，任一基礎工程進行前仍應進行詳細的地下水及水壓調查，以求其經濟安全。

致 謝 詞

本研究泰半以上之觀測及資料整理工作均由亞新工程顧問公司同仁協助完成，並在亞新工程顧問公司長期資助下得以順利進行研究，特此誌謝。

參 考 文 獻

1. 洪如江 (民國 55 年) 「臺北盆地各土壤之物理特性」國立臺灣大學「工程學刊」第十期。
2. 吳偉特 (民國 68 年) 「臺北盆地土壤之工程特性」，中國土木水利工程學會「土木水利」，第五卷，第四期。
3. 吳建民 (民國 56 年) 「臺北盆地地盤沉陷問題之研究」，「水利」第四期。民國五十六年六月。
4. 吳偉特，歐晉德，林永德 (民國 65 年) 「臺北盆地地盤沉陷土壤力學之研究」國立臺灣大學土木工程研究所。
5. Moh Z. C. and Ou C. D. (1979), "Engineering Characteristics of the Taipei Silt" *Proceedings Sixth Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Singapore, July 1979, Vol. 1, pp 155~158
6. 王執明，宋頌敏，王源 (民國 67 年) 「臺北盆地之地質及沉積物研究」，國立臺灣大學理學院地質學研究所。