

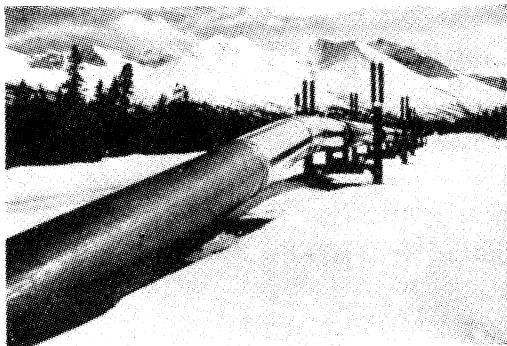
新知專欄

簡述極地寒冷地區樁基礎設計

高 聰 忠*

一、前 言

筆者曾在北美阿拉斯加斷斷續續的工作了四年，四年中接觸了不少在極地樁基礎的設計及施工等工作。返國工作後曾有人問及「為何支撑阿拉斯加油管的樁都長了兩支角？」（圖一）筆者願以本文對此一問題作一系統性之答覆並兼談極地或寒冷地帶樁基礎設計的問題。



圖一 阿拉斯加大油管

本文中所提出於樁基礎的特殊問題，不僅止於阿拉斯加，舉凡有永凍層（Permafrost）的地區都會有這些問題，其中嚴重的地區包括我國的東北及蒙古高原地區，最南的地區可達黃河以北。

二、寒帶地區的工程環境

在寒帶地區工程的問題主要乃源於二種特殊的土層：

(1)活動層 (Active Layer)。

(2)永凍層 (Permafrost)。

所謂活動層乃指接近地表面之土層在冬天因受寒而凍結，在夏天時則受熱而融化，導致其體積冷縮熱脹，在這種土層中的樁基礎，冬天時因為表土結冰膨脹，受到上拔作用力，如果樁的上拔抗拉力不足，則易被冰凍的表土膨脹力往上帶起。夏天時，表土雖因融化收縮使基樁承受向下拉力，但樁則因受底端之端點支承阻力(End Bearing)所阻擋並不致下沉，因而基樁受到上述兩種周而復始的常年作用，幾年後樁便會慢慢的由地下爬出來 (Walk Out)。

永凍層即永遠冰凍的地層，此乃位於活動層以下的土壤，不受夏天溫度的影響，土壤經年累月呈著冰凍的狀態。這些永凍層，可能因為地層年平均溫度低於冰點，或於古代冰河時期形成，至今仍然存在。處於冰凍狀態的土壤本身非常的硬，但若受熱融化則立刻變成非常軟弱，同時在冷熱變化中，體積也會產生變化。由此在工程上便產生很大的問題，本文即討論在這種異常的環境中樁的打設，承載力、抗拔力等問題。

三、如何在冰凍土壤中打樁

在冰凍土壤中打樁通常可利用以下幾個方法：

(1)蒸汽解凍法 (Steam Thawing)：即用蒸汽先解凍一小部份的土壤，再以打擊法將樁打入。

(2)鑽孔法 (Bored Hole)：即以鑽孔的方法鑽

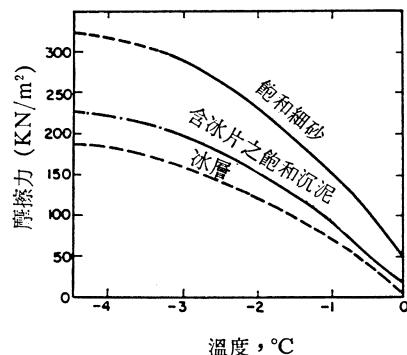
* 亞新工程顧問公司大地工程部副理

出比樁徑稍小或稍大的孔，再把樁打入或置入樁灌漿而成。

(3)打擊法 (Driving)：在比較溫暖的冰凍層，其硬度較低，H樁或鋼管樁有時可以直接打入。

四、冰凍層中樁的承載力

極地樁的承載力之來源亦如一般基樁，主要可以分為(1)底承力及(2)摩擦力。較不同者為極地樁徑的摩擦力不只是受土質的影響，而且深受冰凍土壤溫度的影響。圖二即表示在不同溫度下不同土壤的摩擦力，這種摩擦力通常有一種專有的名詞叫凍着力 (Adfreeze Bond)。此摩擦力隨地層溫度的下降而增加，如飽和細砂其摩擦力在攝氏 -4° 時之值為零度時之 6 倍以上。

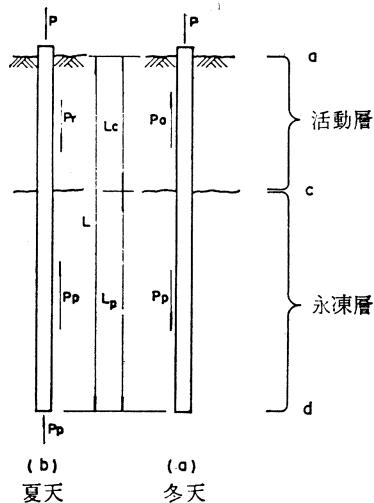


圖二 溫度對樁摩擦力的影響

單樁的承載力亦受季節的影響，圖三即表示在夏季或冬季樁受溫度變化影響而有不同的承載力。圖三(a)表示在冬季狀況下表面的活動層因結凍而產生一上拔力加諸於樁上，在這種情況下設計樁時，則須考慮樁有足够的貫入深度 (L_p)，否則在極冷的狀況下，樁可能會被拔起，也因為這種上拔力，可能使基樁產生裂隙造成鋼筋腐蝕，故不常使用場鑄樁。在夏天時則情況相反，表面的活動層融化而產生沉陷，此時產生部份負摩擦力加諸於樁上，圖三(b)則表示在夏天單樁受力的情形，於極地設計基樁，由於端點支承力之發生，需相對應產生相當之變位，因此在設計時當樁徑小於 150 mm 的基樁則不考慮其底承力。

五、極地基樁結構體設計之特殊考慮

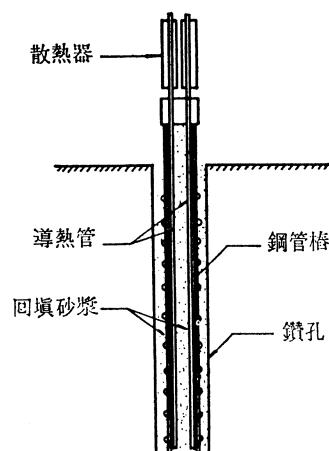
於極地地區基樁的承載力，主要受制於摩擦力



圖三 樁承載力受季節的影響

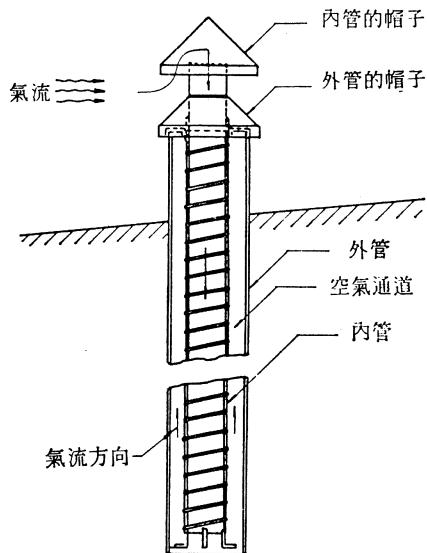
，而這摩擦力又受土壤溫度的影響，當土壤在冰凍狀況下可產生很大的摩擦阻力，然而當溫度升高，土壤一旦融化，則承載力便要大打折扣。如何使樁周圍的土壤長時間的存在於冰凍狀況，是一個重要的問題，而這問題在設計支撐阿拉斯加大油管的樁基時則更形嚴重。

阿拉斯加的油管本身輸送油料溫度大概在 150°F (65°C) 左右，油管本身的熱量可經過承座 (見圖一) 傳達至兩邊的支撐樁，再傳達至基樁周圍的土壤，此時若無適當散熱的措施，則原先處於冰凍狀態的土壤很可能會吸熱而融化，圖中樁上的兩隻角便是因此目的而長出來的。圖四是這種樁的剖面圖，樁上的兩隻角其實是它的散熱器，散熱器



圖四 散熱樁

下接著一根熱導管，其中注入阿摩尼亞，這阿摩尼亞氣體若浮至上部的散熱器受到外界冷風的影響，



圖五 中國帽式的樁

便會冷凝成液體而沿著管壁流下，等到這液體的阿摩尼亞，再接觸到受熱的土壤或樁則吸收其熱量後又揮發成氣體，再上升至上面的散熱器。而當外界的溫度高於土壤時則這對流作用可自然停止。

事實上在設計阿拉斯加油管時除了考慮圖四中的散熱器，亦考慮了如圖五中對流式的散熱器，這種散熱器稱為中國草帽式散熱器，其功用是容許冷空氣由內管流入而由外管流出，形成對流，以消除油管傳遞至樁身之熱量，此類散熱器造價比前者便宜，然而效果却較差。

六、結論

在樁的設計中，本文簡介了一種比較不尋常的狀況下樁基礎設計及施工所要考慮的問題。在寒帶或極帶樁基礎的承載力受制於(1)活動層及(2)永凍層，樁的承載力不但受地質的影響，尚且受溫度及季節的影響，其因應溫度變化而有之特殊設計值得提供給讀者作為參考。