

李玉瑛¹ 毛凤军²

(¹ 青岛海洋大学 266003)

(² 中国石油天然气总公司石油物探局 沧州 061000)

提要 根据渤海南部两个钻孔的实际材料,用成因土质学的观点和方法研究沉积物的沉积环境同其物理、力学性质的内在联系,探讨了本区浅层工程地质特性在时空上与环境的相互关系。

关键词 粘性土, 沉积相, 固结强度

* 研究区位于渤海南部 118°~ 120°E, 38°~ 38°40' N 之间矩形区域,为渤海湾和中央盆地的一部分,面积约 7 500 km²,可划分成正常浅海沉积区(北部)和黄河水下三角洲(南部)两个沉积单元。本文基于该区两个典型钻孔的实际材料,用成因土质学的观点和方法研究海底沉积物的沉积环境同物理、力学性质的关系,把沉积相的研究同工程地质特征结合起来,探讨沉积物工程地质性质的形成在时空上与环境的相互关系,认识其成因机理。

1 研究区沉积相的划分与钻孔描述

为了解本区沉积相结构,在研究区设置连井测线两条,分别是 119°50'E, 38°45'N 至 119°25'E, 38°12'N 和 119°20'E, 38°35'N 至 119°42'E, 38°15'N 的连线。测得其沉积相特征概述为:

区域北部的正常浅海沉积区以陆相(下层)+海相(上层)的双层沉积相结构为特征,其上层为全新世以来的浅海相沉积,以软的粉砂质粘土泥呈席状覆盖于末次冰期陆相沉积之上,本层的厚度比较稳定,变化于 3.5~ 6.6 m 之间,一般厚度为 5 m 左右,同下层为不整合面接触;下层为晚更新世末期河流相沉积,沉积物以砂性土为主,其中夹有薄层粘土。

区域南部的黄河水下三角洲区的沉积相,表现为

在正常浅海沉积相基础上,叠积了现代黄河堆积物——黄河三角洲相,后者以粉砂和粉砂质粘土为主。本文研究的两个钻孔分别是位于正常浅海沉积区的钻孔 CFD-8-1(118°18'E, 38°41'N, 水深 14.6 m)和位于黄河水下三角洲区的钻孔 SH14-2(119°1'E, 38°04'N, 水深 10.5 m)。

(1) 钻孔 CFD-8-1 该钻孔共钻进 7 m(相当于海面下 21.6 m),总体上为一套深灰色粉砂质粘土层,土的塑性指标相近,反映其物质组成变化不大。

(2) 钻孔 SH14-2 该钻孔共钻进 15.6 m(相当于海面下 26.1 m)。其中 0~ 2.8 m,为棕色粉砂,属现代黄河三角洲相;2.8~ 12.8 m,均为粉砂质粘土,但从 6.0~ 7.0 m 左右存在粒度变化界面的现象看,推测该界面上、下粉砂质粘土应分属不同环境下的两次沉积产物;12.8~ 15.0 m 为晚更新世陆相沉积。

2 沉积物工程地质特性与沉积相的关系

由于本区沉积物中包含了大量的粘性土,所以其工程地质特性可由粘性土的物理、力学性质来表征。

本文所指的粘性土的物理、力学性质(工程地质特性)主要由粘性土的不排水抗剪强度 S_u , 覆盖层有

* 国家自然科学基金资助项目 123279 号。
收稿日期: 1997-07-30

效压力 $\bar{\sigma}_0$, 固结强度 $S_u/\bar{\sigma}_0$, 含水量 W , 标准贯入击数 N , 塑性指数 I_p 等值来表示。

William R. Bryant 采用 $S_u/\bar{\sigma}_0 = 0.22$ 作为正常固结粘性土界线, 当 $S_u/\bar{\sigma}_0$ 小于0.22, 认为是欠固结的, 当大于0.22时, 则认为是正常固结到超固结的。美国另一位学者 A. L. 英德比岭指出, 正常固结的未扰动粘性土的 $S_u/\bar{\sigma}_0$ 值约为0.25。本文综合大量资料认为, 正常固结粘性土的 $S_u/\bar{\sigma}_0$ 值为0.22~0.25, 对于小于0.22的粘性土认为是欠固结粘性土, 大于0.25的粘性土可认为是超固结粘性土。

基于上述原则, 笔者对两个钻孔的岩芯逐层采样, 测定其含水量(W)、不排水抗剪强度(S_u)及固结强度($S_u/\bar{\sigma}_0$)等参数。现分别讨论如下:

2.1 钻孔 CFD-8-1(正常浅海沉积区)

尽管0~7 m的岩芯岩性及土的塑性指标均相近, 但从土的物理、力学性质来看, 明显存在一个不连续的递变界面(位于5~6 m之间), 其上、下两层粘土具有截然不同的工程地质特性。从大量的区域调查资料看, 在正常浅海区, 全新世海相和晚更新世陆相的分界大约均在海底下5 m左右, 因此, 上述现象从粘性土的物理、力学性质角度佐证了这一分界面的存在, 也正是由于上、下两层粘性土是在不同环境下的沉积产物, 才决定了其物理力学性质上的差别。

全新世浅海相沉积环境比较稳定, 水动力条件比较弱, 沉积能量低。悬浮于海水中的物质下沉到海底后, 逐渐被埋藏, 随着上覆沉积物的增厚、有效土压力的增加而逐渐被压实, 没有受到干化等成土作用的改造, 上覆有效土压力是最主要的压实因素。因此, 粘性土含水量多, 一般为35%~70%, 孔隙度大, 液性指数接近或大于1, 天然含水量接近或大于液限, 土基本上处于粘液或粘塑状态, 土的力学性质差, 不排水抗剪强度(S_u)一般变化于0~2(t/m^2), 标准贯击 N 一般只有0~2击, 不超过6~7击, 粘性土的 $S_u/\bar{\sigma}_0$ 值一般为0.2~0.3, 土处于欠固结到正常固结状态。

晚更新世陆相沉积环境则不同, 由于沉积物曾暴露于地表, 受大气、风、流水、干化等作用的影响, 其成土作用明显, 这种作用使土的强度大大增加, 远远超出了上覆有效土压力的作用。粘性土的含水量一般只有20%~25%, 液性指数明显减少, 一般只有0.2~0.5, 粘土处于超固结状态, 不排水抗剪强度(S_u)为4~10(t/m^2), 标准贯入击数 N 大于15~25击。

2.2 钻孔 SH14-2(黄河水下三角洲区)

针对黄河三角洲相之下的十几米厚的粉砂质粘

土的测定表明, 其物理、力学性质指标从上到下存在两次突变或两个不连续界面。第1个不连续界面位于6.3~7.0 m处, 界面上的粘性土从3.6~6.3 m, 含水量由37%递减至26%, 不排水抗剪强度由

1.28(t/m^2)增至2.03(t/m^2), $S_u/\bar{\sigma}_0$ 一般为0.2~0.4, 粘性处于正常固结状态; 界面之下粘性土从7.0~12.6 m, 含水量由54%降至35%, 不排水抗剪强度由0.67(t/m^2)增至3.46(t/m^2), $S_u/\bar{\sigma}_0$ 值只有0.08~0.13, 粘土处于欠固结状态; 第2个不连续界面位于12.6~15.6 m之间, 15.6 m处粘性土的含水量为27%, 不排水抗剪强度为7.06(t/m^2), $S_u/\bar{\sigma}_0$ 值为0.49, 粘性土为超固结状态。

从本区浅层地震剖面记录来看, 海面下16 m附近有一稳定性较强的反射层。结合地层分析可认为。其为1855年三角洲堆积前的海底, 上述第1个不连续递变界面也在这一深度。另一方面, 微体古生物分析和浅层地震剖面分析证实, 全新世浅海相同晚更新世陆相地层的界面的界限约在海面下26~27 m左右, 而第2个不连续递变界面也恰在这一深度。因此, 粘性土物理、力学性质的两个不连续递变界面同3个不同沉积环境的分界非常吻合。

现代黄河三角洲是1855年以来堆积成的, 具有很高的沉积速率。浅水区快速沉积在海底的沉积物再以滑移、滑坡、液化流等块体运动向深水区输送是本区物质运移的重要形式。从浅水区的块体运动的形式运移而来的粘性土在此区域堆积下来, 并部分地保留了原来的结构和构造, 而具有较高的力学指标, 并表现为正常-超固结状态。

黄河三角洲沉积之下为1855年前稳定的正常浅海相沉积, 黄河物质没有在此堆积前, 粘性土在上覆有效土压力作用下被压实, 处于正常固结状态。但以块体运动带来的黄河物质在其上迅速堆积后, 由于上下均为渗透性很差的粘性土, 孔隙水难于渗出, 超孔隙水压力也随之增加, 导致上覆有效压力并未增加, 粘性土不可能被压缩, 而保持它的原来的状态。该层粘性土的物理、力学性质同现在浅海区全新世浅海相粘性土的物理、力学性质指标大致相同, 处于明显欠固结状态。粘性土由欠固结状态向正常固结状态转变的过程, 也就是孔隙水逐渐渗出, 上覆有效土压力逐渐增大, 土被逐渐压实的过程。这一过程的实现, 可能需要几十万年甚至更长。

综合上述讨论, 渤海海域浅层土的工程地质性质明显地受沉积相的制约, 沉积环境的不同可以造成沉积土工性质的巨大差异, 应用这种差异性又可以进行

沉积相的划分。黄河三角洲相同全新世浅海相粘土之间以及全新世浅海相同晚更新世陆相粘土之间物理、力学性质的差异性均可作为沉积相划分的一种手段。

3 结论

3.1 渤海南部地区浅层工程地质性质明显地受沉积相的制约。全新世浅海相及现代黄河三角洲相沉积,力学性质差,承载力小,为欠固结-正常固结土;晚

更新世海陆交互相沉积,力学性质好,可作为建筑物的承载力地层。

3.2 沉积环境对粘性土的物理、力学性质影响最明显,粘性土的物理、力学性质的不连续递变界面也是相变界面。

参考文献(略)

THE GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE SHALLOW SOIL LAYERS OF THE SOUTHERN BOHAI GULF AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE SEDIMENTARY FACIES IN THE AREA

LI Yu-ying¹, MAO Feng-jun²

(¹*Ocean University of Qingdao 266003*)

(²*Petroleum Geophysical Prospection Bureau of Chinese Petroleum and Natural Gas Head Company Cangzhou 061000*)

Received: July. 30, 1997

Key Words: Cohesive soil, Sedimentary face, Consolidated strength

Abstract

Based on the data of two drilling holes in the Southern Bohai Gulf, the relationship between sedimentary environment and physical-mechanical properties of sediments was studied with the view to find out the engineering geological properties of shallow layers in space and time.