

一门边缘学科——海洋工程地质学

山东海洋学院 郑继民

人类在征服海洋的进程中,促进了海洋科学的进展。各门学科相互渗透和影响,形成了许多边缘科学。近几十年来,由于人类开发利用海洋的生产活动和军事活动日益加强,促使海洋地质学与工程地质学之间的一门边缘学科——海洋工程地质学迅速发展起来。

海洋工程地质学,是研究海洋沉积物与工程建设有关的地质问题的科学,其研究方法是海洋地质与工程地质等技术科学相结合的方法。

在广袤的海底,除一部分地区出露坚硬基岩外,绝大部分是厚层松散沉积物。这些松散的海洋沉积物,在外力作用下,会产生剧烈变形,显示出特有的工程特性。我们把它归结为以下十大特性。

1. 高灵敏度 沉积物在天然结构无侧限抗压强度与扰动状态下,无侧限抗压强度的比值,称作沉积物的灵敏度。由于海水的离子作用,海洋沉积物的灵敏度是很高的,一般都在4以上,有的则高达88。当沉积物受扰动时,其强度丧失75%以上,而海洋沉积物则丧失98.8%的强度。

2. 高孔隙比 由于海水的长期作用,粘土质海洋沉积物呈现典型的絮凝结构,絮凝的细小粒子,堆积成巨大絮凝物。这些絮凝物的粘土粒排列较凌乱,孔隙比变化一般都高于1.5,有的高达10.43。

3. 高触变性 粘土质海洋沉积物有一定的结构联接。当沉积物其胶体特性显著,受到扰动,破坏了结构联接时,便发生胶溶作用而降低了强度或很快变成稀释状态。但静止后,由于凝聚作用使强度又有所恢复。这种触变的性能可以多次地重复。

4. 高蠕变性 粘土质海洋沉积物在固

定不变和连续发生剪切应力作用下,随着时间的增长而产生长期流变变形,这种流变变形称为蠕变性。当剪应力超过某一极限时,沉积物粒子之间联结遭到破坏,粒子发生错动,使建筑物之沉降常年持续,以致沉积物长期稳定性降低而造成不良后果。

5. 高液化性 细粒砂质海洋沉积物在某种动力作用的瞬间使饱和砂结构突然破坏,砂粒相互脱离,从而使砂粒悬浮而失去稳定性,这时会使地基产生不均匀沉降,或由于液化砂的流动,而使建筑物受到破坏。

6. 高含水性 所有粘土质海洋沉积物的含水性都是很高的。其含水量都在塑限以上,大部分又都在液限以上,呈软塑—流塑状态。有的海洋沉积物的含水量高达423%。

7. 高压缩性 粘土质海洋沉积物由于具有高孔隙比,所以均属高压缩性(压缩系数大于 $0.050 \text{ 厘米}^2/\text{公斤}$)的软土。其压缩系数一般大于 $0.78 \text{ 厘米}^2/\text{公斤}$ 。高压缩性反映在海洋工程建筑物的沉降方面为沉降量大。

8. 低透水性 粘土质沉积物的透水性比较低。而粘土质海洋沉积物因长期处于海水作用下,其透水性更低,也可以视为不透水。这样它的水份渗出条件就很差,对地基的固结排水很不利,反映在海洋工程建筑物地基的沉降方面,则是延续时间长。在加荷初期,地基中常出现较高的孔隙水压力,影响地基强度。

9. 变异性 就其沉积类型而言,海洋沉积物虽然不如陆地沉积物多,但由于海洋沉积物处在特殊的海洋环境中,在空间分布上有很大的特有的变异。实际调查证明,不仅粘土与砂质海洋沉积物在平面分布上有很大差异,在垂直方向上也有明显分选性。即使是粘土质沉积物,从表面看来好像是均质的,但在性能

上(如孔隙比、压缩性及抗剪强度)也有重要变异。海洋沉积物的这种变异性,对海洋工程建筑物地基来说是很不利的,易产生不均匀沉降,对地基强度和稳定性以及建筑物的使用年限等都有很大影响。

10. 低承压性 由于海洋沉积物具有上述特性,加之有机物质含量高,对地基的强度有很大影响。反映在地基的承压性方面常常是很低的,无论是抗压强度或是抗剪强度都很低,长期强度则更低。

上述海洋沉积物主要工程特性,对不同的海域和不同沉积物所体现的程度是不同的。总的来说从滨海、浅海到深海其海洋沉积物的工程特性有很大的变化(见表1)。在垂直方向上也有很大的变化。如某处大洋底2.5米以上

的范围内,间隔仅20厘米的柱状样,其工程特性就有很大的变化(见表2)。从表2中明显可见,在这样短的距离内,抗剪强度增加约7倍,灵敏度增加约14倍。不仅大洋中沉积物的工程特性有这样大的变化,海湾沉积物,甚至同一种沉积物在同一海域的不同地点、不同部位也都有一定的变化。这种变化给海洋工程建筑带来很大困难。

对海洋沉积物的研究虽已有一百多年的历史,但在海洋地质发展的早期阶段,只限于对海洋沉积物的物质组成,包括矿物学、岩石学、化学和古生物学方面的研究,对沉积物的工程特性方面的研究很少注意。自1920年美国著名学者卡尔·特扎基等把陆上应用的某些工程学科移到海洋工程方面以来,相继世界有关

表1 部分海域沉积物物理力学性质对比表

地 点	性 质	G	γ (克/厘米 ³)	n (%)	e	W (%)	Sr (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p	I _L	c (公斤/厘米 ²)	ϕ (度)	St	a (厘米 ² /公斤)
胶 州 湾		2.70	1.85	44	1.03	44.4	77.7	30.2	1.80	1.56	0.8	0.26	27°	45	0.14
渤 海 湾		2.66	1.51	6.23	1.60	60	99	28.4	1.81	10.3	1.71	0.18	20°		0.08
黄 海		2.76	1.61		1.67	86.5	96.6	59.1	28.4	30.7		0.04			0.23
东 海		2.70	1.65		1.15	45.6		48.1	24.2	23.7	1.43	0.09	14.4°		0.078
南 海		2.55	1.40	85	2.3	150									
大 西 洋		2.73	1.52	66	2.05 (最大 5.39)	86 (最大 207)		65 (最大 104)	27	34		0.05 (最大 0.93)			
太 平 洋		2.71	1.45	67	3.29 (最大 10.43)	175 (最大 423)		100 (最大 231)	41	68		0.05 (最大 0.56)			

注: 1. 表中所列各参数指标系平均值,括号内数字为最大值。

2. 表中各符号分别表示:

G为比重, γ 为容重, n为孔隙度, e为孔隙比, W为天然含水量, Sr为饱和度, W_L为液限, W_p为塑限, I_p为塑性指数, I_L为液性指数, c为内聚力, ϕ 为内摩擦角, St为灵敏度, a为压缩系数。

表2 20厘米间隔的三个沉积物柱样物性的变化

层 位	物 性 样 品	取样间隔(厘米)			灵 敏 度			抗剪强度(克/厘米 ²)		
		柱样 I	柱样 II	柱样 III	柱样 I	柱样 II	柱样 III	柱样 I	柱样 II	柱样 III
A		0—8	0—7	0—9	3	3	3	2.06	2.26	1.37
B		8—15	10—17	10—17	3	5	3	5.10	3.92	3.43
C		17—25	17—25	17—26	6	41	7	7.06	14.61	5.30

表3 胶州湾沉积物物性变化对比表

地 点 \ 物 性	W (%)	γ (克/厘米 ³)	W _L (%)	W _p (%)	I _p	L _p	c (公斤/厘米 ²)	ϕ (度)
软 泥								
A 地	23.6	2.00	29.9	19.9		0.49	0.30	21.6°
B 地	24.7	1.95	28.8	16.9		0.68	0.39	21.0°
C 地	33.5	1.89	33.8	1.81		0.98	0.12	39.5°
粘土软泥								
A 地	27.0	1.92	20.1		20.7	0.33	0.83	18.3°
B 地	65.3	1.63	52.8	28.0	24.8	1.50	0.04	16.7°
C 地	49.3	1.75	42.0	20.8	21.2	1.34	0.09	3.5°
砂质软泥								
A 地	28.0	1.91	25.8	21.4		1.65	0.23	22.9°
B 地	25.0	1.98	26.5	20.8		0.74	0.21	29°

注：各物性指标均为平均值，各符号含义同表1。

表4 胶州湾淤泥物性对比表

比 值 \ 物 性	W (%)	γ (克/厘米 ²)	W _L (%)	W _p (%)	I _p	I _L	c (公斤/厘米 ²)	ϕ (度)
A 地								
最大值	74.4	1.81	47.1	27.5	20.3	5.36	0.36	22.8°
最小值	35.6	1.35	23.5	16.2	4.8	1.29	0.04	16.7°
平均值	53.9	1.70	32.6	22.5	10.2	3.46	0.16	19.3°
B 地								
最大值	59.1	1.85	38.0	24.8	13.9	4.13	0.07	8.3°
最小值	37.4	1.64	25.6	17.6	5.6	1.83	0.00	2°
平均值	44.7	1.75	30.0	20.9	9.3	2.73	0.04	5.1°

海洋沉积物的调查报告、国际学术讨论的论文和研究专著等不断出现，积累了许多经验。

我国自建国以来，在各种海洋工程建筑、海上油田开发以及大陆架调查中，也积累了不少有价值的资料。

在浩瀚的海洋里，建筑在软弱地基上的海洋工程，是很不安全的，常常发生沉降、坍塌、滑动等现象。在沿岸流、混浊流的作用下，往往会造成灾难性事故。为防止事故，必须对海洋沉积物的物理性质(粒度成分、比重、容重、含水量、饱和度、孔隙度、孔隙比、相对密度、热力学性质、声学性质、剩磁特性、电磁波传导性质等)、水理性质(液限、塑限、塑性指

数、液性指数、粘着性、膨胀性、渗透性、毛细性等)、力学性质(压缩性、抗压强度、抗剪强度、弹性常数、固结度等)、物理化学性质(胶体特性、颗粒电荷、 ζ 电位、交换离子成份、吸附、凝聚、胶溶等)、工程特性等进行深入的研究。通过深入研究和综合分析，有助于了解海洋沉积物的来源、固结过程和沉积历史，有助于海洋沉积物工程特性的对比研究，以便划分沉积环境，掌握海洋沉积物在空间的分布、变异规律、以及对海洋沉积物稳定性的预测等。

* 在实际应用上，也有的人常常把水理性质与物理性质合在一起，而不单独分出。

对海洋沉积物各种性质的研究,不仅有重要的理论意义,而且在指导生产实践方面,有重要的现实意义。海洋沉积物各种性质的指标,一方面可作为海洋工程建筑设计不可缺少的计算参数。另一方面,在建筑物施工过程中和峻工后数年的长期观测中,可作防止出现各种事故和采取防范措施的指导。如果缺少海洋沉积物各种性质的资料作为工程设计的依据和施工指导,那就不可避免地会给工程造成严重后果。这种教训在国外是不少的。如美国密西西比河及尼日尔河三角洲附近的海底峡谷上,曾生过大规模的滑动、崩塌现象。又如在挪威谷、西班牙的河流三角洲及纽芬兰大砂洲的边,由于混浊流的作用,使沉积物大量移动引起海底电缆断裂。

我国的渤海油田,其钻井平台就是建筑在海底沉积物上。就固定平台来说,其桩柱穿入沉积物的深度达10—25米左右。在正式竖立钻井平台之前,需用机械冲击钻机,先行钻探、取样,作土工试验,确定沉积物的物理力学性质,对地基作出定性评价。选好的地段,避开不良地段。如图,沉积物自上而下分为五层:泥、粘土软泥、砂质软泥、软泥、粘土软泥大的粉砂透镜体。各层厚度为4—6米。第一层(淤泥层)的特点是呈软塑—流塑状态,孔隙比大,含水量高,有机质含量高,压缩系数大,渗透性能低,灵敏度高,具有强烈触变能力,抗压强度及抗剪强度极低。第二至第四

层物理力学性能有所改变,抗压强度与抗剪强度有所增高。第五层的物理力学性能则很差。如果平台的桩柱穿入这几层时,很容易使地基产生不均匀沉降,甚至会导致地基或土体失稳,使工程结构物遭到破坏。因此,在平台的选址中,应尽量避免那些沉积物工程特性变化大、强度低的地段。

近年来,不少国家很重视对海洋沉积物的物理力学性质的现场测试和实验室研究,在方法和设备上都有很大的改进。现场测试技术常用钻孔载荷试验、十字板剪力仪来取得软土的抗压强度和抗剪强度;用静力、动力触探法测定沉积物的变形模量;用备有电阻、声波等系统的海底测针测定孔隙度、比重、粘土含量等。在实验室里,除普遍用精度较高的三轴剪力仪测定抗剪强度和孔隙水压力外,还利用了较新科学成就,如利用红外线测定含水量,利用 γ 射线和电容法测定比重等都收到了良好的效果。

总之,海洋工程地质学在经济建设和国防建设上越来越显示其重要性。我们要重视研究它,使这门科学在我国四个现代化建设中发挥更大的作用。

(上接第20页)

3. 四种钢材在海水中腐蚀,在抗拉强度上变化都不大,但延伸率稍有下降。

4. 低碳钢在青岛港全浸腐蚀,夏季比冬季严重。

参 考 文 献

- (1) H.Д.托马晓夫, 1964. 金属腐蚀及其保护的
理论。华保定、余柏年等译。中国工业出版社。
- (2) H. Uhlig, 1963. Corrosion and Corrosions Control. P.87.
John Wiley & Sons Inc., New York.
London.
- (3) H. Unlig., 1955. Corrosion Handbook.
P.391.
New York. John Wiley & Sons, Inc.
London. Chapman & Hall, Limited.

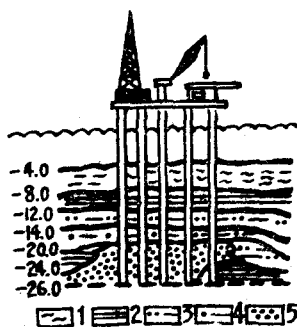


图 固定平台桩柱穿入地层示意图

1. 淤泥, 2. 粘土软泥, 3. 砂质软泥,
4. 软泥, 5. 粉砂。