某标准堤堤基工程地质条件及滑坡成因分析

翁新海　赵国军
（浙江省水利水电勘测设计院，杭州，310002）

提　要　本文概述标准堤堤基的工程地质条件，分析了滑坡的成因，并对软弱地基的处理方式进行了探讨。

一　前　言

经过多年洪灾之后，痛定思痛，浙江省沿海各地掀起了兴修千里海塘的热潮。大多数标准海塘发挥了较大的防洪效益。但沿海堤基土层成因较复杂，新近沉积的第四系软土厚度较大，由于未采取合适的地基详勘及处理手段，新修建的 50 年一遇的个别标准堤，在 1999 年特大洪水浸泡下，产生了滑坡，堤身整体下滑。未产生滑坡的堤段，堤身整体下沉，堤顶产生裂缝，导致海水倒灌。

二　区域地质概况及堤基工程地质条件

工程区内河流宽度 500~1000m，为平原型河流。地面高程一般 0.5~4m，局部滩地为 0.7m，堤顶 5.3~5.7m，两岸为滨海相沉积，受潮汐影响，水位涨落频繁，在江两岸及支流河沟，均受咸潮影响，形成海相、冲海相沉积，土层厚度大于 60m，土体具有多层结构。

1. 水文地质

本区地下水属潜水类型，受地表水及大气降水补给，因受潮水影响，地下水位，直接受江水位影响。

2. 地震及区域稳定性

工程场地位于华南褶皱系（I_2），温洲-临海拗陷（III_8）的泰顺-温洲断拗（IV_{12}）区内，历史上温洲-临海曾多次发生地震，近期仍有活动。

根据中国地震烈度区划图，本区地震基本烈度为Ⅵ度。

3. 堤基工程地质条件

防洪堤于 1999 年 6 月前建成，防洪标准为 50 年一遇。内堤(背水坡)堤脚设砌石挡墙，

坡度 1:0.2；迎水面设 60cm 厚混凝土挡墙。堤顶加高 60cm，材料为碎、块石，上部铺设混凝土路面；迎水面堤脚设干砌块石保护层。1999 年 7 月外堤(迎水面)产生滑波，堤身、砼挡墙及干砌块石下滑，未下滑段堤身产生裂缝，宽度 5~10cm,最大 20cm，滩地鼓起，形成推动式和牵引式混合型的土体滑坡，并造成决口。

土层根据土工试验和静力触探划分如下：第Ⅰ层为粘土;第Ⅱ层为淤泥、淤泥质粘土、淤泥粉质粘土;第Ⅲ层为粉细砂、淤泥、淤泥质粉质粘土。各土层分布见图 1 。

在勘探深度内又可细分为 10 层。各层地基土主要物理力学指标如下：

Ⅰ层为粘土，灰黄色，软塑，分布在堤内和堤身，厚约 2.0~4m，强度略高，向上游方向尖灭。

ω=45.5%，γ=17.kN/m^3，γd=11.7kN/m^3，e=1.35，快剪 c=9.3kPa，ϕ=5.4°，f_k=75kPa。

Ⅱ_1层为淤泥，青灰色，饱和，流塑，顶板高程 0.86m，厚 0.5~8.0m，靠近堤身段厚度变薄，堤身两侧变厚。

ω=62.5%，γ=16.3kN/m^3，γd =10.kN/m^3，e =1.76，快剪 c =9.1kPa, ϕ=2.5~3°，f_k =40kPa。cu =5.743+2.0Z；qc =0.18MPa，fs =2.5kPa。

Ⅱ_2层为淤泥质粘土，青灰色，饱和，流塑，顶板高程 - 0.74～ - 5.5m，厚 1~7.5m。

ω=54.0%，γ=17.3kN/m^3，γd =11.10kN/m^3,e =1.48，固结快剪 c =10.0kPa, ϕ=8.4°；快剪 c =9.1kPa, ϕ=4.3°，f_k =60kPa。

Ⅱ_3层为淤泥质粉质粘土，青灰色，饱和，流塑，顶板高程 - 2.34～ - 2.5m，厚 1.5~7.8m，分布于整个勘察堤段。

ω=46%，γ=17.1kN/m^3，γd =11.8kN/m^3, e=1.32，固结快剪 c=11.9kPa, ϕ=9.8°;快剪 c =9.6kPa, ϕ=5.0°。

cu =10.084+0.24Z，qc =0.23MPa,fs =5.4kPa。f_k =60kPa。

Ⅱ_4层为淤泥，青灰色，饱和，流塑，顶板高程 - 5.5～ - 5.74m，厚 1.70m。

ω=54.5%，γ=16.9kN/m^3，γd =11.kN/m^3, e =1.5; 快剪 c =10kPa, ϕ=3.2°。f_k =60kPa。

Ⅲ_1层为粉细砂，夹有少量的淤泥质粘土、淤泥，青灰色，疏松-稍密，顶板高程 - 6.0～ - 7.9m,分布于整个堤段。

压缩模量 Es =8.1MPa，快剪 c =2kPa, ϕ=28°，f_k =100kPa。

Ⅲ_2层为游泥，青灰色，饱和，流塑，顶板高程 - 9.5m，厚度 1.8m。

压缩模量 Es =2.8MPa，快剪 c =10kPa, ϕ=3.0°，f_k =60kPa。

Ⅲ_3层为粉细砂，夹有少量的淤泥质粘土、淤泥，青灰色，稍密，顶板高程 - 11.3m，厚度 3.2m，分布于整个堤段。

压缩模量 Es =8.7MPa，快剪 c =2.0kPa, ϕ=28°，f_k =120kPa。

Ⅲ_4层淤泥质粉质粘土，青灰色，饱和，流塑，顶板高程-14.5m，厚度 0~2.5m。

压缩模量 Es =2MPa，快剪 c =10kPa, ϕ=3.5°，f_k =80kPa。

Ⅲ_5层为粉细砂，夹有少量的淤泥质粘土，青灰色，稍密，顶板高程-15.06～-17m 分布于整个堤段。

压缩模量 Es =11MPa，快剪 c =2kPa, ϕ=30°，f_k =130kPa。

塌方段Ⅱ_1至Ⅱ_4淤泥和淤泥质粘土层，其工程地质性质差，不能作为天然地基的持力层。Ⅰ、Ⅲ_1、Ⅲ_3、Ⅲ_5层可作为地基持力层。

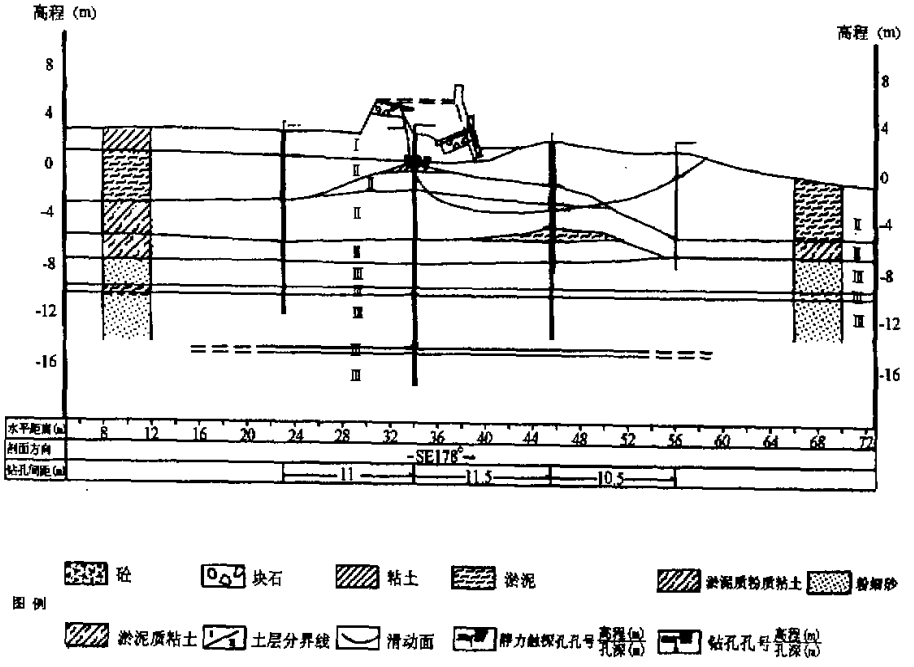


图 1 滑坡段堤基工程地质横断面图

三 滑坡成因分析

经现场原位测试，滑动面在II层淤泥质土中。II层淤泥质土具有高含量、高压缩性、低强度特性，且厚度较大。当上覆荷载较小时，采用II层淤泥质土作为天然地基持力层是可行。但当堤身和砼挡墙荷载超过地基的极限承载力时，土体就会产生破坏，堤身就会产生不均匀沉降，堤身向堤外滑动。

四 处理方式及参数选择

根据堤基的工程地质条件，此堤段宜采用桩基或其它地基加固手段。 各土层强度参数见表 1。

五 结束语

此堤基软土的特点，决定了滑坡的必然性。因此软土地基处理和设计、施工，应首先根据勘察成果的进行详细分析、计算其稳定性，然后才能决定使用何种地基处理方式。稍

有疏忽或遗漏，就会影响整个工程的质量，后果不堪设想。

表1 各土层地基强度建议值

土层编号	承载力标准值 f_k(kPa)	压缩模量 Es(MPa)	桩周土摩擦力标准值 q_s(kPa)	预制桩的桩端土极限端阻力标准值 q_{pk}(kPa)	灌注桩桩端土极限端阻力标准值 q_{pk}(kPa)	预制桩的桩端土极限侧阻力标准值 q_{sik}(kPa)	灌注桩桩端土极限侧阻力标准值 q_{sik}(kPa)
I	60	2.13	8				
II_1	40	1.75	3			11	10
II_2	45	1.65	5			20	18
II_3	60	2.2	10			23	20
II_4	55	1.96	5			21	20
III_1	100		10	1000	350	22	20
III_2	40		5			20	18
III_3	120		10	1100	400	22	22
III_4	60		8			11	10
III_5	110		15	1200	400	25	25