

淮安—盐城高速公路软 土路基稳定性评价

郭 睿

(西安科技学院,西安 710054)

张 健

(陕西省 194 煤田地质勘探队,铜川 727000)

【摘 要】 淮安至盐城高速公路广泛分布着软土,根据室内和室外试验,查明了该路段软土的工程性质和特征,从而对该段路基的强度进行了评价,并对其沉降量进行了预估,从总体上对该路段的稳定性进行了评价。

【关键词】 高速公路;软土路基;稳定性评价

【中图分类号】 P 642.13

The Stability Evaluation of Soft soil Foundation in the freeway of Huai'an to Yancheng

【Abstract】 Large soft soil distribute in the freeway of Huai'an to Yan cheng. According to indoor and outdoor experiments,discovering the engineering property and character,evaluating the strength of soft soil foundation of this section,estimating the settlement in advance,evaluating the generally stability of this road.

【Keywords】 freeway;soft soil;foundation;stability evaluation

0 引 言

淮安至盐城高速公路是江苏省规划的“四纵四横四联”干线网中的“横二”徐州至淮安、盐城公路的东段,它连接淮安和盐城两个省辖市,直接沟通沂淮江、盐靖高速公路和沿海大通道。它的建成对促进苏北腹地的经济发展和内外部联系进而推动全省经济向更高层次的发展具有重要作用。但该段高速公路所经地区分布着大量的软土,如何正确评价该区的软土路基对今后该段公路建设具有重要的参考价值。

1 软土分布及性质

该区软土分布较为广泛,在射阳湖、盐城以南广泛分布,在路段上主要分布于 K13~K101 段。该路段主要以淤泥质土为主,局部

夹淤泥,呈软塑~流塑状态,具高压缩性,多混粉砂或夹粉砂层。埋深 0~4 m,层厚 0~22 m,层底标高 1.3~22.2 m。天然含水量为 31.8%~66.3%,孔隙比为 0.88~1.875,液性指数为 0.98~2.82,压缩系数为 0.47~2.21 MPa⁻¹,快剪内聚力为 10~23 kPa,内摩擦角为 0.9°~20.6°,锥尖阻力 q_c 为 0.3~0.8 MPa,侧壁摩阻力 f_s 为 6.3~44.5 kPa。

2 软基承载力确定

软土地基容许承载力的确定合适与否对工程预算起着举足轻重的作用。现就已有的资料对该路段的软土用以下几种方法进行容许承载力的计算。

通过土工实验得出部分路段(K80~K88)的物理力学性质指标见表 1。

作者简介:郭 睿,男,汉族,1978 年生,湖北天门人,现为西安科技学院硕士研究生,主要研究方向为道路工程地质。

表 1 路段软土的物理力学指标统计表

分 段	含水量 $w/\%$	饱和度 $S_r/\%$	孔隙比 e	液限 $w_L/\%$	塑限 $w_P/\%$	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	压缩系数 a_{1-2}/MPa^{-1}	压缩模量 E_{s1-2}/MPa
K79+955~K81+500	43.2	98	1.215	43.9	20.4	21.6	1.47	14	4.6	1.21	1.8
K81+500~K85+500	45.0	98	1.258	43.2	20.4	21.3	1.94	10	4.9	1.26	2.3
K85+800~K87+150	46.6	98	1.289	41.3	20.1	21.2	1.93	13	4.6	1.37	1.6
K87+150~K88+800	47.3	96	1.306	41.9	20.3	21.4	2.02	14	4.1	1.12	1.9

通过野外静力触探统计各段的力学指标见表 2。

表 2 静力触探力学指标统计表

分 段	锥尖阻力 q_c/MPa	侧摩阻力 f_s/kPa	摩阻比 $R_f/\%$	比贯入阻力 p_s/MPa	压缩模量 E_{s1-2}/MPa
K79+955~K81+500	0.4	14	4.6	1.21	2.90
K81+500~K85+500	0.4	10	4.9	1.26	2.90
K85+800~K87+150	0.3	13	4.6	1.37	2.49
K87+150~K88+800	0.35	14	4.1	1.12	2.71

注: $p_s = 1.1q_c$; $E_s = 3.72p_s + 1.26 (0.3 < p_s < 0.5)$

以 K87+150~K88+800 断面为例对该路段的软土用以下几种方法进行容许承载力的计算。

(1) 静力触探(由上海经验公式^[1])

$$q = 29.1 + 0.074 p_s \quad (1)$$

式中: q ——地基土的容许承载力, kPa;

p_s ——静力触探的比贯入阻力, kPa, 算出该段软土: $p_s = 390 \text{ kPa}$, $q = 58.0 \text{ kPa}$ 。

(2) 按理论公式计算地基容许承载力^[2]

A. S. K. Buisman(1940)和 Terzaghi(1943)的极限承载力公式

$$f_u = c_k N_c + \gamma_0 d N_d + \frac{1}{2} \gamma b N_b \quad (2)$$

式中: N_c 、 N_d 、 N_b 均为承载力系数。

对于该段软土: 极限承载力为 $f_u = 128.3 \text{ kPa}$, 那么容许承载力一定小于 128.3 kPa , 根据经验可推知其容许承载力在 80 kPa 左右。

(3) 按规范公式计算地基容许承载力^[3]

$$[\sigma] = \frac{5.14}{m} k_p c_u + \gamma_2 h \quad (3)$$

$$k_p = \left(1 + 0.2 \frac{B}{l}\right) \left(1 - \frac{0.4 \varphi}{Blc_u}\right)$$

对于该段软土, 计算出该软土层的容许承载力 $[\sigma] = 72.5 \text{ kPa}$ 。

(4) 查表法^[3]: 由土工试验指标 $w = 47.3\%$, 按文献[3]中的表 2.1.3, 可得容许承载力基本值 $[\sigma] = 75 \text{ kPa}$ 。

分析以上四种方法的结果, 式(2)计算出的结果最大, 式(1)计算出的结果最小。静力触探所测得指标比较接近实际, 由其测出的指标计算容许承载力, 比较符合实际。查表法由于考虑的因素少, 结果也有些偏大, 由于本工程对安全的要求较高, 考虑安全系数。确定该层软土的容许承载力为: 60 kPa 。

3 软基稳定性评价

3.1 强度分析

在路堤作用下, 地基内任一深度 Z 处的垂直应力 σ 由地基土的自重应力和路堤荷载所引起的附加应力两部分组成^[4], 即:

$$\sigma = \gamma z + \sigma_z \quad (4)$$

式中: γ ——软土的有效重度, kN/m^3 ;

σ_z ——路堤填土荷载在深度 Z 处产生的附加应力, kPa, 由文献[5]中的图 6-6-119 查得。

路堤填土设计高度为 3.5 m, 荷载呈梯形分布。由式(4)可计算出软土层的垂直应力为 $\sigma_z = 108.8$ kPa, 而该层软土的容许承载力为 60 kPa, 故不能满足要求。

3.2 沉降量分析

地基总沉降量可分为三部分, 一般表示为:

$$s(t) = s_s(t) + s_d + s_c(t) \quad (5)$$

式中: $s(t)$ ——在时间 t 的总沉降量;

s_d ——瞬时沉降量;

$s_s(t)$ ——次固结沉降量;

$s_c(t)$ ——固结沉降量。

本文采用 $e-p$ 曲线法对 K87+590 断面(堤高 3.5 m)处的地基沉降量进行计算, 其结果见表 3。

表 3 地基沉降量计算表

层号	分层厚度 H_i/m	附加应力 δ_z/kPa	自重应力 δ_c/kPa	自重应力下 孔隙比 e_{0i}	自重应力与附加 应力下孔隙比 e_{1i}	第 i 层沉降量 s_{ci}/cm
①	1.0	17.1	69.97	1.125	1.045	3.765
②	1.0	35.5	69.89	1.09	1.03	2.871
③	1.0	53.5	69.86	1.215	1.115	4.524
④	1.0	71.1	69.83	1.19	1.11	3.653
⑤	0.9	88.7	69.80	1.17	1.09	3.318
⑥	0.9	104.5	69.78	1.15	1.05	4.418
⑦	0.9	121.9	68.94	1.13	1.02	4.648
⑧	0.9	139.3	68.88	1.11	1.00	4.692
Σ						31.66

地基设计中常只计算固结沉降, 然后乘上一个综合影响系数 M_s (本文中 M_s 取 1.2), 作为其总沉降量。这种计算方法没有考虑地基加载后发生侧向变形引进起的附加垂直沉降(即瞬时沉降), 会使计算沉降量与实际沉降量有一定的出入。但计算结果表明, 此时的沉降量已大于 30 cm (当路堤填土高度为 3.5 m 时, 乘上综合影响因素后为 37.99 cm), 总观整个压缩层, 沉降量必定大于 30 cm。根据文献[6]要求, 必须对它进行处理才能满足要求。

4 路堤极限填土高度与稳定性分析

(1) 路堤极限高度的确定

路堤的极限高度是指在天然软土地基上, 基底不作任何特殊的加固处理, 用快速施工方法(即不控制填土速度)修筑路堤所能填筑的最大高度。由于极限填土高度仅为设计施工时的参考数据, 通常都近似的假设内摩擦角为零, 可按式(5)进行计算[5]:

$$H_c = N_s(c/\gamma) \quad (6)$$

式中: c ——快剪测得的软土粘聚力, kPa;

γ ——填土重度, kN/m³;

N_s ——稳定因素。

N_s 与边坡角 β 和深度因素 n_d ($n_d(H+d)/H$, 其中 H 为填土高度, d 为软土厚度)有关, 可参考相关图表(文献[5]中表 6-6-116)。经计算, 软土地段路堤的极限填土高度为 3.9 m。

(2) 路堤的稳定性分析

采用分段法验算路基稳定性[7]。求得第一、第二和第三条滑动曲线的稳定系数分别为 3.01、2.20 和 2.81。稳定系数均大于 1.25, 相对较稳定。

5 结论与建议

(1) 淮安—盐城地区软土分布广泛, 共有两层。第一层为典型的淤泥质黏土、亚黏土, 埋深较浅(本文主要评价该层软土); 第二层为软弱饱和黏土, 埋深较大, 约在 30 m 以下, 其

工程性质与淤泥质软土的工程性质基本一样。

(2)该地区浅部2 m以上的静力触探 E_s 值比土工试验的值小,深部2 m以下的静力触探值却比土工试验的大。

(3)静力触探所得的容许承载力是最安全、最接近实际的。该区第一层软土的容许承载力为60 kPa,由强度分析可知软土层的强度不能满足设计要求。

(4)该路段的软土的沉降量大于公路路基的沉降量要求(公路路基的沉降量要求不大于30 cm),必须进行地基处理。

参 考 文 献

- 1 金问鲁等.地基基础实用设计施工手册.北京:中

国建筑工业出版社,1995.53~61

- 2 《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册(第三版).北京:中国建筑工业出版社,1992.422~427
- 3 JTJ 024—85 公路桥涵地基与基础设计规范
- 4 高速公路丛书编委员.高速公路路基设计与施工.北京:人民交通出版社,1997.92~119
- 5 刘宝兴等.路基工程新技术实用全书(第四卷).北京:海潮出版社,2000.2618~2631
- 6 JTJ 017—96 公路软土地基路堤设计与施工技术规范
- 7 方左英.路基工程.北京:人民交通出版社,1996.82~88

收稿日期:2002-11-01

(上接第68页)

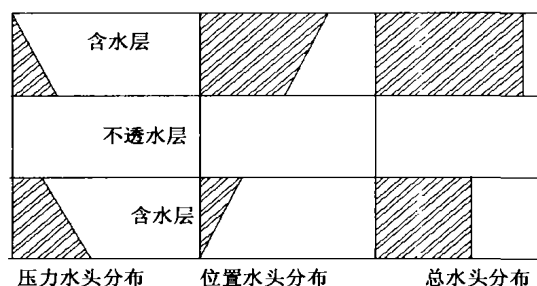


图6 两含水层之间为不透水层条件下的水头分布示意图

外水绕过隔水帷幕向坑内渗流,帷幕外的水向下流,增加重力,帷幕内的水向上流,减少重力。超过临界梯度时发生渗透破坏。

4)地下水的渗流方向取决于地下水总水头,地下水对地下工程的浮力取决于地下水的压力水头,而与位置水头无关。地下工程抗浮设计时,除应注意水头分布规律并作必要实测外,还应参照历史资料和宏观背景预估工程使用期间的最高水头。

4 结 论

1)严格地说,在越层渗流条件下,含水层中的上下水头不相同,但差别不大,可以忽略,即总水头呈矩形分布。在两相邻含水层之间的相对隔水层中,水头分布由其上下两个含水层的水头决定,总水头一般呈梯形(正梯形或倒梯形)分布。

2)在越层渗流条件下,渗透力将改变土的重力,向下渗透增加重力,向上渗透减少重力。

3)地下水绕过隔水构筑物渗流时,同一平面位置上水头是随深度变化的。例如基坑坑

参 考 文 献

- 1 黄志仑.关于地下建筑物的地下水扬力问题分析.岩土工程技术,2002(5):273~283
- 2 周善生.水力学.北京:高等教育出版社,1980.82~96
- 3 薛禹群.地下水动力学原理.北京:地质出版社,1986.3~20
- 4 张在明.地下水与建筑基础工程.北京:中国建筑工业出版社,2001.93~112

收稿日期:2003-01-14