

软土地区现浇混凝土连续梁的实践 — 软土地基处理

尤昌龙* 袁松 庄季栋

(铁道部第十四工程局)

提 要 在软土地基上进行现浇混凝土连续梁的施工,关键是如何控制地基的下沉量,保证梁的预拱度控制在设计的范围内,防止因地基下沉导致脚手架变形过大而造成梁的开裂等破坏现象的发生,正是基于此,本文探讨了控制软基下沉确保现浇混凝土连续梁顺利施工的措施。

主题词 软土地基 混凝土连续梁 基土沉降 地基处理 预拱度

1 关于软基的沉降

在软土地区进行现浇连续梁的施工,软基的沉降量及如何控制软基的沉降量自然成了人们最关心的课题。

软基在一定荷载作用下的下沉量:

$$S_t = S_d + S_c + S_s \quad (1)$$

其中: S_d ——由于剪切变形而引起的瞬时沉降量;

S_c ——由于土的固结变形而引起的固结沉降量;

S_s ——土体的次固结沉降量,除非有机质粘土或泥碳土粘土等,可忽略不计。

因此(1)式可改为:

$$S_t = S_d + S_c \quad (2)$$

1.1 地基的瞬时沉降量

根据既有资料^{〔1〕〔2〕}经计算并结合资料^{〔3〕〔4〕},宁波、上海等地软土地基瞬时沉降量约占总沉降量的28%,因此该沉降量不可忽视,但实践及理论均表明,采用合理的处理方法,该沉降量是可以克服的。

从 $e \sim p$ 曲线来看,土经过压缩、回弹,再压缩、再回弹……,等几次反复的压缩变形,其孔隙比 e 的变化量 Δe 是逐渐衰减的。如图1所示:

* 本文收稿日期:1997-01-15 尤昌龙 32岁 工学硕士 工程师 铁道部第十四工程局施技处 济南 邮编:250014

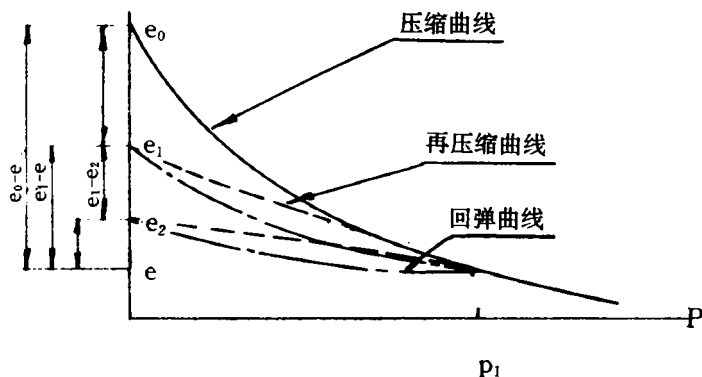


图1 $e \sim p$ 曲线压缩、回弹、再压缩、再回弹……曲线图

当对土体施加荷载 0 时,其孔隙比为 e_0 ,当施加荷载为 P_1 、然后卸荷至 0 时,其孔隙比回弹至 e_1 ,则此时孔隙比的变化量为 $\Delta e_1 = e_0 - e_1$,再施加荷载至 P_1 ,再卸荷至 0 时,其孔隙比回弹至 e_2 ,相应的孔隙比变化量 $\Delta e_2 = e_1 - e_2$,如此反复几次施加荷载,孔隙比的变化量 Δe 逐渐衰减并趋近于 0,即: $\Delta e_1 > \Delta e_2 > \Delta e_3 > \dots > \Delta e_n \rightarrow 0$

$$\text{而} \quad \Delta S_i = \frac{\Delta e_i}{1 + e_i} \Delta H \quad (3)$$

ΔS_i ——地基土每次受压、卸载、再受压过程中,土体不可恢复的变形量。

$$\text{当 } \Delta e_i \rightarrow 0 \text{ 时, } \Delta S_i \rightarrow 0, \text{ 相应地, } \Sigma \Delta S_i \cong \frac{e_0 - e}{1 + e_0} \Delta H$$

当地基所承受的上覆荷载小于地基所承受过的荷载 P_1 时,地基的瞬时沉降量基本上不再发生。

1.2 地基的固结沉降量

土体的固结沉降量 S_t 主要取决于土体所受到的荷载大小及土体固结变形的速度。土体的固结速度亦可通过对原地基的处理等方式降低,例如在消除地基的瞬时沉降量的过程中,孔隙比减小,

$$\text{而固结系数} \quad C_v = \frac{K(1 + e)}{a_v \gamma_w} \quad (4)$$

其中, K ——土体的渗透系数;

a_v ——土体的压缩系数;

γ_w ——水的容重。

$$\text{土体的时间因素} \quad T_v = \frac{C_v T}{H^2} \quad (5)$$

其中: T ——土体的固结时间;

H ——土体固结排水的厚度。

$$U_t = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2} e^{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2}{4} T_v} \quad (6)$$

因此土体的固结速度降低。

而 $S_c = SU_i$,

S ——土体的总固结沉降量,可通过有关公式求得。

可见,经过碾压处理并消除了瞬时沉降量的地基,其固结沉降的速度将降低,这种消除瞬时沉降、降低固结速度的方法可称之为“预加变形法”。

2 地基处理

地基处理的目的:(1)消除地基的瞬时沉降量,降低地基的固结速度;(2)分散上部荷载,使上部荷载通过处理层,均匀地传递至地基土中,防止发生局部剪切破坏。

上部混凝土荷载经模板沿钢管脚手架传至基底处理层上部时,均为局部荷载,其单位面积的承载力均大于地基土的承载力,再加上部分土体在施工过程中的扰动,地基土的承载力大大降低。因而,为保证荷载均匀地分布于下伏地基上,并有效地发挥地基的承载力,其上部必须做处理层。

目前,根据工地的具体情况分别采用了:

(1)下伏地基采用塘渣回填压实,处理层上部铺枕木,并用道碴找平,钢管脚手架置于枕木上,承担上部荷载。

(2)下伏地基采用塘渣回填压实,处理层上部铺打 15 cm~20 cm 厚 C_{15} 或 C_{20} 混凝土板,钢管脚手架立于混凝土板上。

2.1 塘渣处理层加枕木

在欲处理的软基上,以下伏软基的基本承载力为基本参数,按照梁部混凝土传来的荷载大小、钢管脚手架之钢管间距,计算出处理层的厚度。按分层施工的方法,分层铺设,碾压压实,在处理层的上部铺设枕木并利用道碴找平后,模拟现场施工荷载作模拟试验,确定预留沉降量,实施浇筑混凝土施工。处理层结构断面图如图 2。

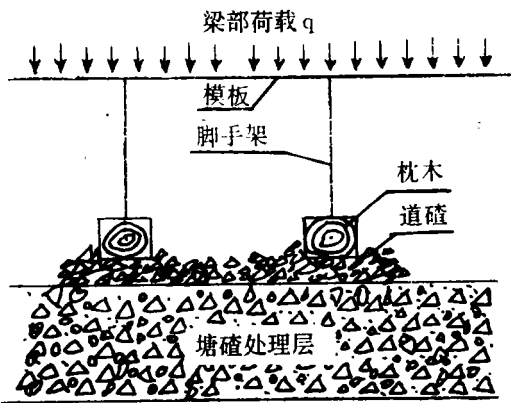


图 2 塘渣处理层加枕木结构断面图

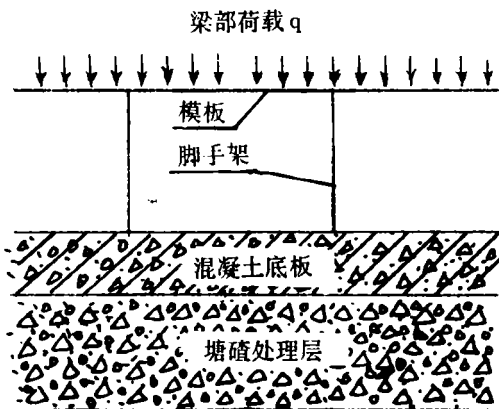


图 3 塘渣处理层加混凝土底板结构断面图

2.2 塘碴处理层加混凝土底板

即在处理好的塘碴处理层上铺打 15 cm~20 cm 厚的 C₁₅或 C₂₀混凝土,其结构断面图如图 3。

3 施工方案及实施

因不同的地区、不同的地质条件,地基处理的施工方案也略有差异,仅以某立交桥的施工方案为例,其地基处理方案为塘碴处理层加枕木。

3.1 地质状况

本区所有地貌均为宁波泻湖相软土,分层清晰;从地质图上看,该地区 1—1 层地层缺失,其主要地层如表 1:

表 1

地层 编号	岩 土 名 称	土层 厚度 (m)	地状 层 柱图	天然 含水 量 (%)	天 然 湿密度 γ g/cm ³	孔 隙 比 e	压 缩 系 数 a_{1-2} MPa ⁻¹	压 缩 模 量 E_s MPa	固 结 系 数 C_{v1-2} cm ² /s	推 荐 承载力 σ_0 (kPa)
1—2	粘土	1.15		32.0	1.90	1.02	0.56	3.73	9.16×10^{-2}	80
1—3	淤泥	1.50		65.6	1.62	1.82	1.78	1.33	1.98×10^{-2}	45
2—1	亚粘土	1.20		49.4	1.76	1.32	0.78	2.4	3.04×10^{-2}	55
2—2	淤泥	9.20		55.1	1.69	1.52	1.95	1.22	3.10×10^{-4}	50
3—1	亚粘土	9.8		29.6	1.93	0.82	0.28	6.30	6.21×10^{-3}	120
3—2	亚粘土	8.3		40.5	1.76	1.20	0.56	3.81		85

4—3、5—1、5—2 地层在本地区基本缺失,其实附加应力对该部分的影响已基本较小,可以不考虑之。

现场勘察认为,由于钻孔桩及系梁的施工,1—2 层基本上遭到破坏,基本上影响到了 1—3 及 2—2 地层中的淤泥质软土部分,有鉴于扰动后淤泥质粘土的承载力下降,(软土的灵敏系数为 2~8),因此,经处理后的软土的承载力至少应满足 1—3 层的承载力标准,

即: $[\sigma] \leq 45/2$ kPa,否则,地基会因失稳而引起破坏。

3.2 计算参数

根据现场所用的填料及现浇混凝土梁所传来的荷载等现有资料,经计算列于表 2:

表 2

上部荷载 (kN/m)	枕木间距 (m)	钢管脚手 架间距 (m)	枕木底 压 力 (kPa)	基底处理 层厚度 (m)	基底处理 层压力 (kPa)	满足承载 力要求否	瞬时沉降 量 (mm)	总固结沉 降量 (mm)
198.7	1.0	1.0	76.9	0.7	16.9	满足	117.1	313.8
397.4	0.7	0.7	153.8	0.8	33.8	不满足	246.66	653.2

3.3 地基处理实施方案

3.3.1 初步试验

为了初步判断地基受荷后的变形状况,在原地基上模拟加载过程做了一圆形载荷板试验,其直径为 1.5 m。原地基在钻孔桩及基坑开挖过程中,曾受到过部分覆土的覆盖,部分土体得到了预压,后来,该部分土体由推土机推至一旁,因而原土体相当于受压、卸荷,取原地面下约 20 cm 范围内的土体做试验,该土体含水量为 31.8%,密度为:1.34 g/cm³,孔隙比 e 约为 0.99,实验结果如表 3:

表 3

施加荷载(kPa)	15.0	25.0	15.0	25.0
	不同荷载相应的固结沉降量 (mm/d)		不同荷载相应的瞬时沉降量 (mm)	
理论值	1.405	2.68	105.27	174.8
试验值	1.4425	2.38	1.907	2.396

该试验结果表明:
(1)固结沉降的理论计算值与试验值很接近,可以用来指导施工。
(2)利用“预加变形”法可以消除地基的瞬时沉降变形。

3.3.2 地基处理实施方法

利用含有一定比例土的塘渣做填筑处理层,并利用 YZ12 或 CA25 振动压路机进行振动碾压,保证地基持力层受力均匀。

(1)利用推土机配合人工将原地基基底找平,并利用推土机的履带对原地基均匀碾压 2~3 遍。

(2)土夹石处理层

第一处理层:控制虚铺厚度约 50 cm 以内,利用推土机找平,压路机碾压,振动碾压 3~4 遍,而后,进行静压,压实度大于 90%。

若下部已经含有处理层,则利用推土机推平,压路机进行振动碾压,压实度大于 90%。

第二及第三处理层:其虚铺厚度分别约 30 cm,利用振动压路机压实至设计的压实厚度为止,压实度要求大于 95%,以地基不出现“软弹”^[5]为宜。

(3)对于开挖的基坑部分,排干积水,晾干后进行地基处理,处理过程中应辅以蛙式打夯机配合压路机进行施工。基坑回填往往是软土地基处理中的薄弱环节,必须引起足够的重视,进行重点处理。

3.3.3 模拟实际加载过程,确定预拱度

在处理好的地层上,按照足尺比例铺设枕木、搭设脚手架、立好模板,模拟混凝土的实际浇筑过程进行加载试验,确定地基的实际变形量,并判断地基的稳定性,为确定混凝土施工时的预拱度和模板及支架承受的最大荷载提供第一手资料,其预拱度资料参见表 4。

4 实践检验效果

通过我局近几年的施工实践,即山东青岛大沽河 1 号公路桥、浙江余姚立交桥、宁波段塘立交桥及正在施工中的宁波潘火立交桥,都采用了这种方法,证明上述处理方法在现浇连续梁的施工中是行之有效的。

其实际检测数据如表 4:

表 4

大桥名称	青岛大沽河 1 号公路桥	浙江余姚立交桥	宁波段塘立交桥	宁波潘火立交桥
桥梁结构	现浇预应力混凝土连续板梁	现浇混凝土连续板梁	现浇混凝土连续箱梁	现浇混凝土连续板梁
软地基处理方法	1.0 m 塘渣处理层铺枕木、道碴找平	0.7 m 塘渣处理层 20 cm 厚 C ₁₅ 混凝土板	0.7 m 塘渣处理层 15 cm 厚 C ₂₀ 混凝土板	1.0 m 塘渣处理层铺枕木、道碴找平
预留预拱度 (cm)	2.5	3.0	2.5	2.5
地基及支架实测下沉量	<2 cm	<2 cm	2~3 mm	

参考资料

- 1 同三国道宁波市境《工程地质勘察报告》. 浙江省工程勘察院. 1994 年 12 月。
- 2 杭甬高速公路段塘出口环城西路立交桥《工程地质勘察报告》. 浙江省工程勘察院. 1996 年 2 月。
- 3 《地基处理手册》. 中国建筑工业出版社. 1988 年 8 月第一版。
- 4 《软土地基与地下工程》. 孙更生、郑大同主编. 中国建筑工业出版社. 1984 年 9 月第一版。
- 5 尤昌龙.《路基软弹破坏及其防治措施》.《路基工程》总第 58 期,1995 年 2 月

PRACTICE OF CAST-IN-PLACE CONCRETE BEAM ON SOFT FOUNDATION

You Changlong Yuan Song Zhuang Jidong

The 14th Engineering Bureau of Railway Ministry

Abstract During the construction of the cast-in-place concrete continuous beam on the soft foundation, the key questions are how to control the settlement of subsoil and make the pre-determined camber within the extent of design, and prevent the beam from the distress etc caused by scaffold's deformation which is caused by the subsoil's settlement. Based on this, the paper discusses the way how to control the foundation's settlement and make the construction of cast-in-place concrete continuous beam doing well.

Keywords soft foundation; continuous concrete beam; subsoil settlement; foundation treatment; predetermined camber