

江汉平原地区软土地基上 铁路T梁制梁台座基础设计及研究

赵春友

中铁十一局集团第三工程有限公司

摘要：江汉平原地区地下水位较高，可液化地层和软土层较厚，为确保梁场建设安全可靠，满足T梁制梁要求，同时保证梁场临建工程经济合理性，达到经济与技术有效结合。选择通用有限元软件 ABAQUS (V6.10) 进行地基承载力验算、地基沉降计算和基础配筋设计，研究制梁台座混凝土基础及配筋。

关键词：制梁台座；承载力；验算

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.22.053

一、计算依据及原则

对江汉平原××城际铁路工程“××制梁场”大临基础设施进行计算，包含32m制梁台座、32m和24m共用制梁台座基础。根据场地的工程地质勘查报告，梁场简要地质情况如下：

(1) 地表层：

0-2淤泥质黏土 (Q_4^{al+1})：厚度约为0.3~2.5m，褐灰~灰黑色，流塑，局部夹腐殖质，地基基本承载力取 $\sigma_0=60kPa$ 。

(2) 粉质黏土层

1-1粉质黏土 (Q_4^{al+1})：厚度约为0.3~2.1m，褐黄色~褐灰色，流塑，地基基本承载力取 $\sigma_0=80kPa$ 。

1-2粉质黏土 (Q_4^{al+1})：厚度约为5.5~14.3m，褐黄色~褐灰色，软塑，地基基本承载力取 $\sigma_0=100kPa$ 。

(3) 粉土层

2-2粉土 (Q_4^{al+1})：厚度约为2.5~7.7m，褐灰色~灰色，中密，饱和，地基基本承载力取 $\sigma_0=110kPa$ 。

(4) 粉砂层

3-3粉砂 (Q_4^{al+1})：青灰色~深灰色，中密，饱和，地基基本承载力取 $\sigma_0=110kPa$ 。

3-4粉砂 (Q_4^{al+1})：青灰色~深灰色，密实，饱和，地基基本承载力取 $\sigma_0=150kPa$ 。

(5) 细砂层

4-3细砂 (Q_4^{al+1})：青灰色~深灰色，中密，饱和，地基基本承载力取 $\sigma_0=150kPa$ 。

4-4细砂 (Q_4^{al+1})：青灰色~深灰色，密实，饱和，地基基本承载力取 $\sigma_0=200kPa$ 。

地基处理原则：

由于梁场地表层为不具备持力能力的淤泥质黏土层，在进行大临基础设施过程中，挖去表层的淤泥层，采用清砂和毛石换填，并碾压密实，碾压后的地基承载力满足下表所示要求：

类型	制梁台座 (32m、32/24m)	存梁台座/滑移轨道	80t/10t龙门吊轨道基础
地基承载力 (kPa)	100	200	70

下卧持力层：

清砂和毛石换填层下选择1-1粉质黏土 (Q_4^{al+1}) 为持力层，褐黄色~褐灰色，软塑，地基基本承载力取 $\sigma_0=80kPa$ 。计算时其厚度取平均厚度为10m (约5.5~14.3m)。

选择通用有限元软件ABAQUS (V6.10) 进行地基承载力验算、地基沉降计算和基础配筋设计。

二、32m制梁台座

(一) 计算条件及基础结构概述

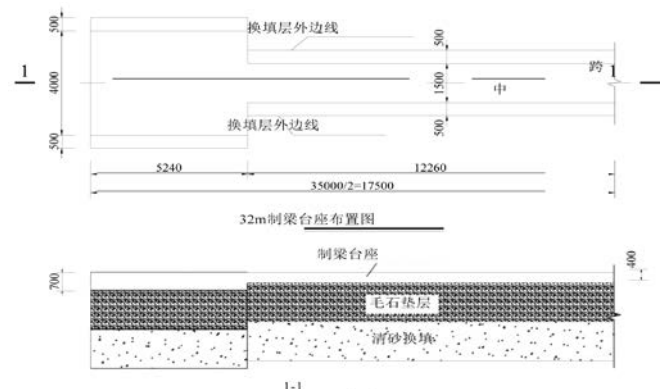
32m制梁台座设计荷载取单片梁的设计荷载最重为单线边梁，32mT梁边梁重147.3t (含防水保护层)，模板自重为50t，考虑施工人员及设备荷载，模板荷载放大10%，取55t，共计202.3t。结合施工流程，制梁台座存在两种荷载工况：

工况1：混凝土浇筑完成时，台座均匀受力

工况2：初张后梁体上拱，台座两端受力。

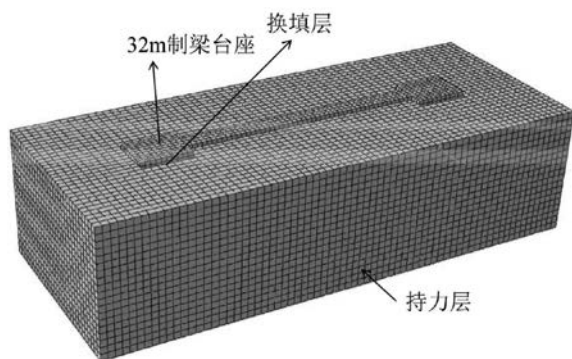
设计台座按照地基板、扩大基础进行设计，结构尺

寸如下图所示，基础混凝土标号为C30。基础底部采用清砂和毛石进行换填，换填层经过碾压后承载力不低于100kPa，换填层外放0.5m，换填层下持力层为1-1粉质黏土 (Q_4^{al+1}) 层，地基基本承载力取 $\sigma_0=80kPa$ ，计算时其厚度取平均厚度为10m。

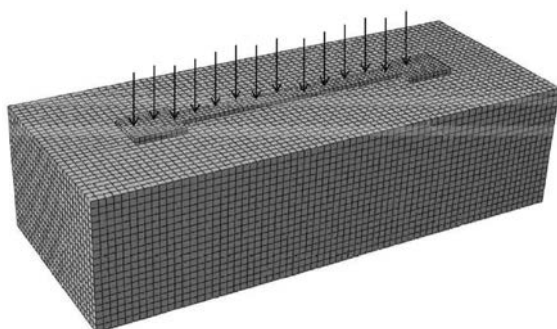


32m制梁台座结构图 (单位: mm)

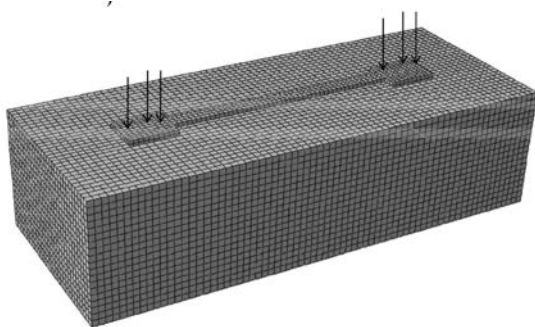
采用有限元软件ABAQUS建立计算模型，如下图所示。



32m 制梁台座计算模型



工况 1 受力图 (均匀受力)



工况 2 受力图 (两端受力)

(二) 地基承载力验算

通过计算，得到两种工况下换填层和持力层的地基反力如下图所示：



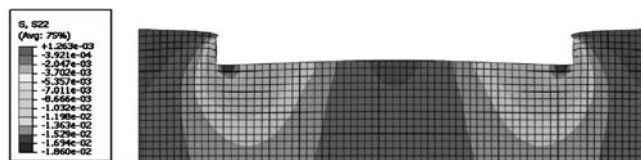
换填层在工况 1 下的地基反力图



持力层在工况 1 下的地基反力图



换填层在工况 2 下的地基反力图



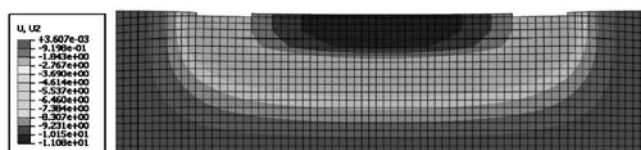
换填层在工况 2 下的地基反力图

汇总得到地基分别在两种工况下的地基反力，如下表所示：

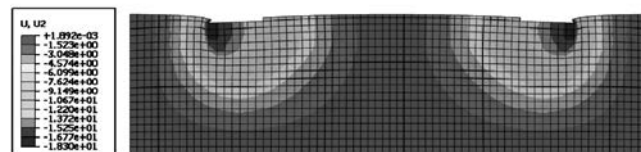
编号	地基情况	工况	最大地基反力 (KPa)	地基承载力 (KPa)	安全性
1	换填层	1	20.9	100	安全
2	换填层	2	56.9	100	安全
3	持力层	1	10.1	80	安全
4	持力层	2	18.6	80	安全

(三) 地基变形验算

同时得到两种工况下的地基变形如下图所示：



工况 1 下的地基变形 (放大 30 倍, 单位: mm)



工况 2 下的地基变形 (放大 30 倍, 单位: mm)

汇总得到在两种工况下的地基变形，如下表所示：

编号	地基情况	工况	最大地基沉降 (mm)
1	换填层与持力层累积	1	11.0
4	换填层与持力层累积	2	18.3

(四) 基础配筋验算

根据有限元计算的工况2下，台座跨中与两端的变形差为上挠度为18mm，由此根据下式反推跨中弯矩为：

$$M = \frac{48 \cdot EI \cdot f}{5L^2} = \frac{48 \times 30000 \times \frac{1}{10^6} \times 1500 \times 400^3 \times 18}{5 \times 24520^2} \times \frac{1}{10^6} = 68.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1. 计算信息

(1) 几何参数 截面类型：矩形

截面宽度：b=1500mm

截面高度：h=400mm

(2) 材料信息

混凝土等级：C30 $f_c=14.3\text{N/mm}^2$

$f_t=1.43\text{N/mm}^2$

钢筋种类: HRB335 $f_y=300\text{N}/\text{mm}^2$

最小配筋率: $\rho_{\min}=\max(0.200, 45\cdot f_t/f_y)$
 $=\max(0.200, 45\cdot 1.43/300)=\max(0.200, 0.214)$
 $=0.214\%$ (自动计算)

纵筋合力点至近边距离: $a_s=50\text{mm}$

(3) 受力信息

$M=68.900\text{kN}\cdot\text{m}$

2. 计算过程

(1) 计算截面有效高度

$h_0=h-a_s=400-50=350\text{mm}$

(2) 计算相对界限受压区

高度

$\xi_b=\beta_1/(1+f_y/(E_s\cdot \epsilon_{cu}))=0.80/(1+300/(2.0\cdot 10^5\cdot 0.0033))=0.550$

(3) 确定计算系数

$\alpha_s=\gamma_0\cdot M/(a_1\cdot f_c\cdot b\cdot h_0\cdot h_0)=1.0\cdot 68.900\cdot 10^6/(1.0\cdot 14.3\cdot 1500\cdot 350\cdot 350)=0.026$

(4) 计算相对受压区高度

$\xi=1-\sqrt{1-2\alpha_s}=1-\sqrt{1-2\cdot 0.026}=0.027\leq \xi_b=0.550$ 满足要求。

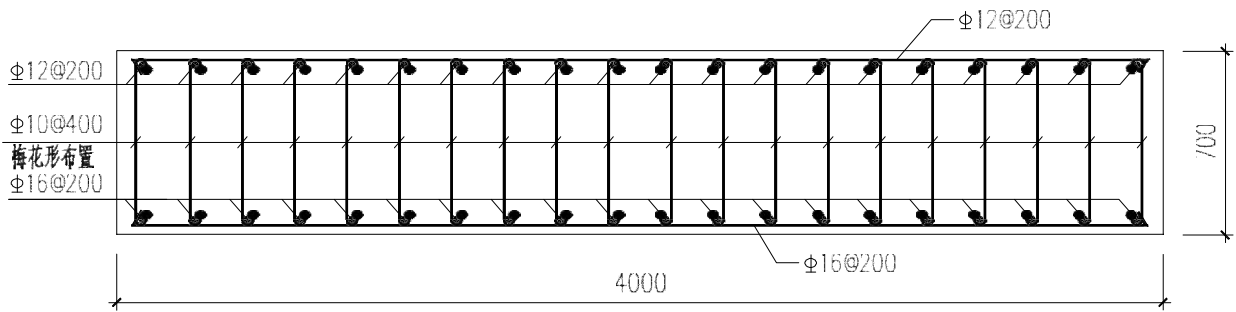
(5) 计算纵向受拉钢筋面积

$A_s=\alpha_1\cdot f_c\cdot b\cdot h_0\cdot \xi/f_y=1.0\cdot 14.3\cdot 1500\cdot 350\cdot 0.027/300=665\text{mm}^2$

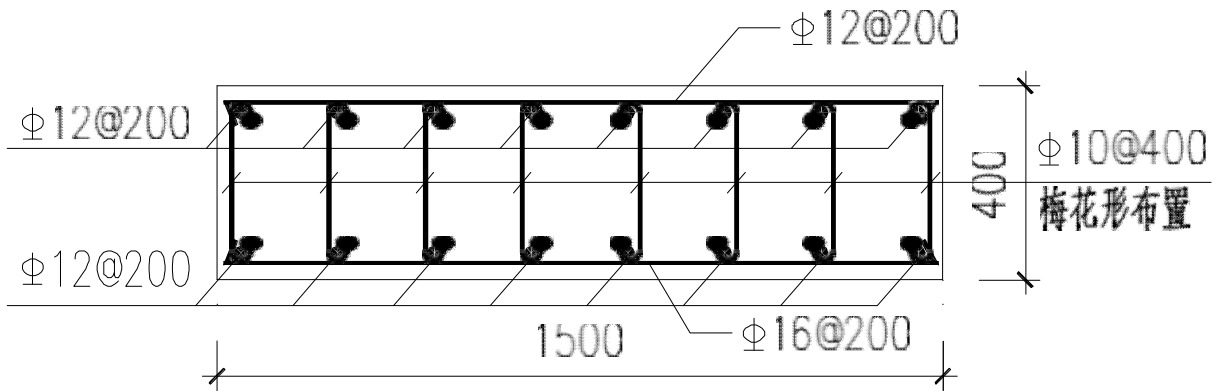
(6) 验算最小配筋率

$\rho=A_s/(b\cdot h)=665/(1500\cdot 400)=0.111\%$

$\rho=0.111\%<\rho_{\min}=0.214\%$, 不满足最小配筋率要求, 取 $A_s=\rho_{\min}\cdot b\cdot h=0.214\%\cdot 1500\cdot 400=1287\text{mm}^2$
 调整后, 配筋如下图所示:



32m台座配筋信息 (端部)



32m台座配筋信息 (跨中)

三、结束语

江汉平原××城际铁路工程1770片T梁已全部预制完成, 对制梁台座基础及配筋设计计算总结如下:

(1) 制梁台座基础及配筋设计计算合理。

(2) 通过制梁台座基础及配筋设计计算既保证台座既满足施工过程质量、安全, 同时也达到经济合理性要求。

参考文献

[1] 江汉平原××城际铁路工程地勘报告。

[2] 中华人民共和国铁道部《铁路桥涵地基与基础设计规范》(TB10002.5-2005)

[3] 中华人民共和国建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布《混凝土结构设计规范》(GB/T 20933-2007)

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2010)