

文章编号：1004-051X(2002)02-0015-02

南宁市快速环道某箱涵基础的优化设计

欧孝夺¹，温卫权²

(1. 广西大学土木建筑工程学院，广西 南宁 530004；2. 南宁市基础工程总公司，广西 南宁 530022)

摘 要：分析了箱涵的工程地质条件和水文地质条件。结合箱涵的荷载特点，对原设计方案（碎石桩基础）进行了优化，介绍了一种经济、合理的地基处理方法。

关键词：优化；箱涵

中图分类号：U449.8 文献标识码：B

Optimized Design for a Box Culvert Foundation of Nanning Express Ring Road

OU Xiao - duo¹ , WEN Wei - quan²

(1. Civil Architectural Engineering College of Guangxi University , Nanning Guangxi 530004 ;
2. Nanning Foundation Engineering Corporation , Nanning Guangxi 530022 China)

Abstract : The paper analyzes the geology and hydrogeology conditions for the project. Based on the load characteristic of the box culvert , the original design (gravel pile foundation) is optimized. Furthermore , the paper introduces accordingly an economical and reasonable method for road foundation treatment.

Key words : optimization ; box culvert

1 工程概况

南宁市快速环道路幅宽60 m，某箱涵跨越朝阳溪，尺寸为2×5 m×6 m（孔数×宽×高）的过水箱涵。箱涵轴线与道路成30°角斜交，箱涵宽度11.3 m，底板高程为70.0 m，厚40 cm，边、中墙厚分别为40 cm、50 cm，原基础设计为箱涵通过60 cm厚的15#毛石砼垫层，放置在碎石桩复合地基上，碎石桩直径为0.5 m，桩长7.5 m，梅花形排布，间距为150 cm，共902根，箱涵两端分别设长度5 m的搭板，箱涵进出口段设相应的浆砌石挡土墙。

2 场地工程地质与水文地质条件

2.1 场地岩土层特征与土性指标

本工程地处邕江Ⅱ级阶地，地形平坦，高程约

75.0 m。场地自上而下的土层岩性分别为：

①杂填土：褐色，稍湿，松散，由建筑垃圾和生活垃圾组成，埋深0~1 m。

②粘土：褐红，土黄色，可塑~硬塑状态，中等压缩性。

③粉质粘土：黄色，稍湿，可塑~硬塑状态，中等压缩性，埋深0~1.5 m。

④粉土：黄色、灰夹褐色、黑褐色、灰色，饱和，密实状态，箱涵基础置于该层的灰夹褐色、黑褐色、灰色粉土上。

地基土的物理力学性质指标见表1。

2.2 地下水

桥址跨越朝阳溪，地下水主要是粉土、细砂及圆砾层中的孔隙潜水，该层水水量丰富，稳定水位埋深标高在70 m左右。地下水对砼无侵蚀性。

2.3 工程地质条件评价

钻探揭示本场地土层自上而下的分布属于典型的南宁邕江Ⅱ级阶地的土层分布，即存在自上而下，粒径渐粗的“二元结构”。由于该小溪的形成年代较新，

收稿日期 2002-04-28

作者简介 欧孝夺(1970-)男,广西来宾人,广西大学讲师,博士研究生,从事岩土工程的科研;温卫权(1970-),男,广西陆川人,工程师,从事市政工程施工与管理。

因此未引起面积较大、厚度较厚的淤泥土层的存在。正是因为本场地的土层无明显的异于其它地段的特殊性，而城市道路的路基静荷载一般都较箱涵的静载要

大（活荷载是一样的），从而引发我们确信箱涵下的地基不必特殊处理，进而审视本箱涵的设计，发现其存在优化的空间。

表 1 土性指标表

指 标 土 层	液 限 (%) ω_L	塑 限 (%) ω_P	塑性指数 I_P	液性指数 I_L	孔隙比 e	承载力标准值 f_k (kPa)	压缩模量 E_S (MPa)
粘 土	47.9	25.4	22.5	0.67	—	220	12.0
粉质粘土	33.2	21.1	12.1	0.72	—	180	8.0
粉 土	22.3	14.4	3.8	0.56	0.69	120	4.0

3 箱涵地基的承载力及变形计算

3.1 持力层承载力分析

对持力层（粉土）进行的 109 次的重Ⅱ型动探及 4 次标贯试验，得承载力标准值， $f_k = 120$ kPa，土层压缩模量 $E_s = 4.0$ MPa。现根据此数据进行计算。

粉土的承载力修正系数， $\eta_b = 0.0$ ， $\eta_d = 1.1$ （ $S_r > 0.5$ ）

$$\begin{aligned} f &= f_k + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_o (d - 0.5) \\ &= 120 + 0 \times (19 - 10) \times (6 - 3) + 1.1 \times 19 \\ &\quad \times (6 - 0.5) \quad (\text{基础埋深 } d \text{ 取 } 6.0 \text{ m}) \\ &= 120 + 115 = 235 \text{ kPa} \end{aligned}$$

箱涵自重引起的基底应力 $P_z = 45$ kPa，上部填土高 3 m 引起的基底应力 $P_c = 60$ kPa，从以上计算可知箱涵持力层不须要特殊处理。

3.2 变形分析

现计算竣工后的沉降值：

压缩层厚度（自砂砾垫层底到砂砾层顶）5.5 m，压缩层初始应力 $\sigma_0 = 120$ kPa，涵顶填土到标高后，附加应力 $\Delta\sigma = 45$ kPa，土层初始孔隙比 $e_o = 0.69$ ， $C_c = 0.033$ 。有

$$\begin{aligned} \Delta e &= C_c \log \left(\frac{165}{120} \right) = 0.033 \times 0.1383 = 0.0046 \\ S &= \left(\frac{\Delta e}{1 + e_o} \right) \times 5.5 \times 10^2 = 1.49 \text{ cm} \end{aligned}$$

按经验，在工程量达到 80% 以上时，该沉降已基本完成。

4 箱涵结构强度复核

原设计已进行结构配筋，现用 ANSYS 有限元软件进行复核，箱涵结构设计荷载按城—A 级车道荷载计算，其应力和位移计算值： $\sigma_{y\max} = 6.09$ MPa， $\sigma_{y\min} = -11.90$ MPa，最大位移 2.896 mm。原设计配筋能满足要求。

5 施工技术方案要点

由上述论证知道，在该工程中采用碎石桩复合地基是不经济的。在认真研究地质资料及设计意图的基础上，提出以砂砾换填与土工格栅相结合的方法进行处理。但，科学的施工技术方案的和严格的施工管理是确保该优化设计得以实施的重要保证。为了使本工程做到精心施工，列出下述施工技术要点：

5.1 基坑开挖及围护

该基坑开挖深度为 6~7 m 左右，属于浅基坑。施工场地开阔，东、西、南三面都不存在现有建筑物的障碍，北面距现有房屋也有 10 多米。根据地质土层条件，直接采用放坡开挖的办法；遇局部地段地质情况较差者，可结合使用砂袋和松木桩进行加固围护，初拟开挖边坡 1:0.8 至 1:1.0，液压反铲机械开挖，距离设计标高 0.3 m 时，再采用人工开挖到设计标高。

由于地下水位较高，在基坑开挖过程中，拟在箱涵进、出水口附近设坑降水，以保证基坑开挖的正常进行。

5.2 砂砾垫层施工

基坑人工开挖至设计标高后，经整平、虚铺回填 15 cm 厚的砂砾，摊铺土工格栅，然后逐层（每层 $\delta = 30$ cm）填筑砂砾，同时通过集水坑调节地下水位，使该砂砾层厚度的一半浸泡与地下水中，进行振动碾压使其密实，按此方法再填一层后，覆盖土工格栅，最后人工摊铺 10 cm 厚砂砾，碾压密实。直至砂砾换填结束。其施工程序见图 1。

5.3 箱涵两接头的回填施工

该处路段为沥青路面结构，使用一段时间后，箱涵顶再填土高达 3 m。因此，认为两接头搭板的作用不大。改为采用土工格栅处理，以提高接头填土的填筑质量，使其变形与箱涵的沉降相协调。此处的回填土碾压，距涵壁 1.0 m 外以振动平碾（下转第 25 页）

表 1 监理抽检的部分路段压实度及实测回弹弯沉

测段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
压实度（%）	96.4	95.6	95.1	97.8	96.3	96.7	96.9	95.0	95.8	98.2
弯沉值（1/100mm）	42	52	46	48	58	46	38	72	66	38
抽测的不利季节		46			50			64	56	
弯沉值（1/100mm）										

材料的运输可直接在成型后的路基上运输，可不另设施工便道。

（2）与用普通土作为填料施工的路基相比较，风化白云岩路基避免了雨季施工中由于土源的含水量过大，导致机械设备处于停滞状态的浪费。采用风化白云岩施工的路基，由于风化白云岩的饱水含水量接近其最佳含水量，其天然含水量小于最佳含水量，在雨季进行风化白云岩路基的填筑，不但不受天气影响，反而免去了洒水保证最佳含水量的过程，直接减低了成本，有效的利用设备，加快了施工进度，取得良好的经济效益。

（3）用风化白云岩填筑路基有进度快、质量好的优点，虽然存在取料困难，增加爆破、大型推土机松

土等作业程序，但在沿线土质差的状况下，与掺灰改良土质等方法比较，用风化白云岩填筑路基仍然有着不可比拟的优势。况且，风化白云岩路基有近似于路面基层、垫层的密实度机理及质量效果，有效地降低毛细水上升的高度，因此，在高速公路施工中有一定的使用价值，尤其在推广沥青混凝土面层时，此类路基能有效减少水对面层的危害，能更有效的保证路面工程的寿命和服务质量。

参考文献：

[1]JTJ 033-95，公路路基施工技术规范[S].
[2]JTJ 071-98，公路工程质量检验评定标准[S].

（上接第 16 页）

施工，严格按设计含水量、铺摊厚度、碾压遍数、现场检测 γ_d 等程序要求进行，不合格坚决返工。靠近涵壁 1.0 m 范围内以无砂大孔混凝土代替。

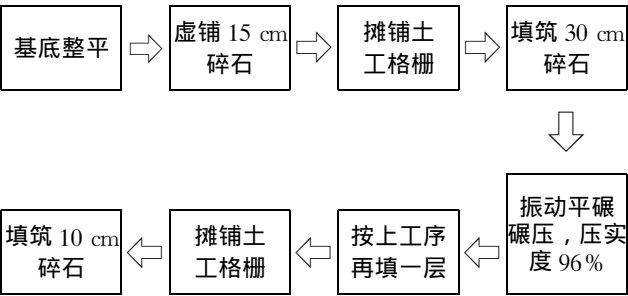


图 1 砂砾施工程序图

6 结束语

6.1 地基持力层属中等压缩性土层，承载力为 $f_k = 120 \text{ kPa}$ ，估计在全部荷载加上后箱涵基底以下土层沉降为 1.49 cm；而路基以下的土层沉降亦同时发生，因此，不存在路、涵之间的过大的沉降差。

6.2 从基坑开挖及垫层施工的过程看，箱涵持力层

的情况要比原先预想的要好，25 t 的振动碾能在砂砾垫层上行走施工便是很好的证明。但由于基底持力层是饱和的粉土，因此，施工开挖时仍需注意减少扰动和基坑排水。

6.3 关于饱水粉土液化问题基于下述两点可不予考虑：①该持力土层埋深较大（大于 6 m）。②本市是低地震烈度区。

6.4 原设计碎石桩、搭板、毛石砼垫层的投资费用为 73.3 万元，经修改、优化后该部分的投资可减至 12.6 万元，大幅度地节约投资，并且大大缩短施工工期，其效益是相当显著的。

综上各点，进一步论证了对原设计（碎石桩复合地基）的优化是必要的、合理的。

参考文献：

[1]洪毓康主编，土质学与土力学[M]，北京：人民交通出版社，2000。
[2]陈仲颐主编，土力学[M]，北京：清华大学出版社，2001。
[3]JTJ 033-95，公路路基施工技术规范[S].