

# 软弱地基上旧路加宽的路基综合处治设计

刘桂强

(广州市公路勘察设计院, 广东广州 510500)

**摘 要:**软弱地基上旧路加宽主要的技术难题是如何减小新老路基之间的差异沉降, 并保证新老路基的有效衔接, 避免道路通车后路面出现纵、横向裂缝等病害。该文介绍广州番禺区 S362 线沙湾至紫坭段加宽工程的路基综合处治设计, 着重论述软弱地基处治、新老路基结合部位处理的方法, 为珠江三角洲及其他旧路加宽工程提供借鉴。

**关键词:**软弱地基; 旧路加宽; 地基处理; 沉降; 设计; 广州市

**中图分类号:** TU472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)02-0026-04

## 1 概述

省道 S362 线沙湾至紫坭段位于广州市番禺区西南面的沙湾镇境内, 原为二级公路, 路基宽 12 m, 水泥混凝土路面宽 9 m。随着区域国民经济的快速发展, 该路段交通量迅速增加, 至 1998 年日平均交通量达到了 16 566 辆(混合车型), 使公路处于超负荷运作状态。为此, 当地政府决定对该路段进行加宽改造。加宽工程施工图设计于 2001 年 2 月完成, 同年 7 月开工建设, 2003 年年初完工。

该工程是珠江三角洲地区城乡结合部干线公路改造中一个颇具代表性的例子, 具有以下特点: (1) 标准高、路幅宽: 设计路基宽度为 35 m, 行车道为双向八车道, 中央分隔带宽 3 m; (2) 位于城市边缘, 房屋建筑、地下管道及地面线路拆迁多, 对路基工程也有一定的影响; (3) 沿线地表广泛分布有人工杂填土、淤泥及淤泥质土等软弱土层, 软弱地基较多; (4) 一般路基填土高度较小, 低路堤多; (5) 道路交通量大; (6) 全线基本上是沿着旧路作单边拓宽。

路基加宽主要的技术难题是如何减小新老路基之间的差异沉降, 并保证新老路基的有效衔接, 避免道路通车后路面出现纵、横向裂缝等病害。为此, 设计中采取了一系列路基综合处治措施。目前, 道路加宽已经完成并经过了一年多时间的运营使用, 大多数构造物功能正常, 但也有不如意之处, 由此使我们得到了一些成功或失败的经验。本文对该路段加宽工程路基综合处治设计进行总结, 为其他珠江三角洲地区旧路加宽工程提供借鉴。

## 2 路基综合处治设计的目的与要求

### 2.1 旧路加宽常见病害及其产生原因

在道路拓宽工程中, 因新老路基之间不均匀沉降而导致道路通车后路面出现纵、横向裂缝等病害是较为普遍的现象。特别是软弱地基地段, 新拓宽路基工后沉降较大, 而老路基的固结沉降已基本完成, 新老路基结合部位沉降量不一致, 在新老路基之间产生相对过大的差异沉降, 成为道路产生裂缝的主要原因。另外, 在旧路边坡上进行拓宽填筑, 新填的土方和运营后的汽车荷载也会引起老路基的附加沉降, 进而引起老路基变形, 甚至可能出现路基拉裂、下沉过速等病害, 如图 1 所示。



图 1 拓宽路堤引起原有路堤的变形

新老路基产生不均匀沉降的主要原因有:

- (1) 软弱地基的工后沉降, 导致新老路基之间的沉降差异。新拓宽路基工后沉降较大, 而老路基的工后沉降已接近完成, 这样就产生一个沉降差值;
- (2) 新加宽路基土的压缩变形和塑性累积变形比老路基大;
- (3) 新老路基结合部位处理不当;
- (4) 水的作用。

### 2.2 路基综合处治设计的目的与要求

进行路基综合处治设计之前, 必须作原有旧路的调查和详细地质勘探工作, 收集有关旧路基设计、施工和现状的资料。然后, 在分析旧路基固结沉降的情况, 以及拓宽新基对旧路基影响的基础上, 找出引起新旧路基差异沉降的因素, 确定相应的路基综合处治措施。

该工程原有旧路采用了设砂垫层和袋装砂井加

收稿日期: 2004-06-02

作者简介: 刘桂强(1965-), 男, 广西钦州人, 工程师, 副总工程师, 从事道桥设计工作。



砂垫层等方法处理软弱地基。旧路通车至今已近二十年,从理论计算,地基固结度已接近 100%,故可以认为老路基的固结沉降已基本完成。

根据现有旧路状况和沿线地质条件,路基综合处治设计应达到以下目的:

(1)通过地基处治,减少新拓宽路基的工后沉降量,控制新老路基的沉降差;

(2)通过新老路基结合部位的处理,加强新老路基的结合强度,减轻新老路基因材质、施工质量及路面结构层的差异等所引起的病害;

(3)完善排水防渗系统,阻止雨水渗入新旧路基结合面。

### 3 地基沉降与路基稳定性分析方法

在旧路加宽设计中,地基沉降和路基稳定性分析无疑是非常重要的。沉降计算和稳定性分析的结果,是决定地基是否需要处理和选择处理方法的重要依据,也是控制路基填土施工的依据。该工程地基沉降和路基稳定性分析按《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017—96)(以下简称《软基规范》)第 4 节的规定进行,并采用理正软土地基路基设计软件计算。

#### 3.1 稳定验算

采用圆弧条分法进行稳定验算。施工期验算采用总应力法计算,营运期验算采用有效固结应力法计算,稳定安全系数容许值按《软基规范》表 4.2.4 的规定。土工合成材料的加筋作用按在常规的圆弧稳定分析方法中增加一个拉力的办法进行考虑,把加筋力作为水平力施加于滑动土体,来计算其稳定性和确定加筋层数。

#### 3.2 沉降计算

在沉降分析中,假定旧路路基下的地基已趋于完全固结,采用分层综合法计算新加宽部分路基的地基总沉降量。沉降标准为:工后沉降 $\leq 10$  cm。

(1)主固结沉降计算:

根据《软基规范》第 4.3.1.1 条,用  $e-p$  曲线和分层综合法计算主固结沉降:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{e_{0i} - e_{1i}}{1 + e_{0i}} \times \Delta h_i \quad (1)$$

(2)地基总沉降:根据《软基规范》第 4.3.4.1 条的经验公式:

$$S = m \times S_c \quad (2)$$

计算总沉降量( $m$  为沉降系数,范围 1.1~1.7),低路堤取 1.2,高路堤处取 1.6。

(3)在地基固结过程中任意时刻  $t$  的地基沉降:

$$S_t = (m - 1 + U_t) S_c \quad (3)$$

地基平均固结度  $U_t$  根据《软基规范》第 4.3.5 条计算。

### 4 地基综合处治措施

路线所经地带地形较为平缓,地貌单元较为简单,属珠江三角洲冲积平原。沿线土层主要属于第四纪冲积层,地表土多为淤泥及淤泥质土、亚粘土、亚砂土。淤泥主要分布在低洼的湿地地表及沟渠、池塘底,厚度 0.3~3.0 m;淤泥质土层埋深 0.50~5.90 m,其特征为:灰黑色,饱和,流塑~软塑状,层厚 1.80~10.20 m,平均含水量  $W=55.9\%$ ,平均孔隙比  $e=1.289$ ,平均压缩模量  $E_s=2.64$  MPa。另外,局部地段旧路两侧有人工堆填的杂填土,一般承载力不高,压缩性较大,且不均匀。

#### 4.1 基本处治措施

(1)清除耕地表面的腐殖土、浮土等不适宜土层,并对地基进行压实,路基下地表面以下 30 cm 以内要求达到 85% 以上的压实度(重型),如果路基填土高度小于 80 cm,基底的压实度应达到 95%(重型)。原有路肩质量较差、达不到设计要求,须将路肩翻晒后再碾压,以满足质量要求。

(2)人工填筑的杂填土,主要由粘性土、砂砾、碎石、碎混凝土块等组成,不少是属于建筑垃圾,结构松散,含水量大,必须将其挖除,换填符合要求的路基填料,并严格压实。

(3)拆迁建筑物如房屋、电力铁塔、废弃的桥涵等遗留下来的基础,最好将其完全挖除,无法完全挖除的,其顶面必须低于路槽底 1.5 m 以上。这一点在软弱地基路段尤须值得注意。该工程施工时,有个别建筑物基础只挖除至路槽底面,结果通车不久即出现路面开裂现象。

#### 4.2 软弱地基处治

##### 4.2.1 浅层处理措施

低洼湿地及沟渠、池塘底的沉积淤泥,厚度在 3.0 m 以下,采用清淤换填或填石挤淤的方法处理。

##### 4.2.1.1 基底清淤与换填

埋置较浅( $<1.0$  m)且厚度较薄( $<1.0$  m)的软土层,主要是地表淤泥或淤泥质土,采用清淤与换填的方法处理。彻底清除软弱土层以提高路基基底承载力,减小由于软弱土层压缩沉降而造成的新旧路基间的不均匀沉降。清淤后换填天然砂砾,砂砾层顶面需高出常水位 20 cm 以上,并在其上设置



3%的横向排水坡以利排水。

#### 4.2.1.2 填石挤淤

对于沟渠、池塘底沉积形成的厚度大于2 m的淤泥层,因淤泥数量大,彻底清除不仅难度大,也难以处置挖出来的淤泥,故采用填石挤淤的方法处理。施工时,先将水疏干,然后由靠旧路一侧开始抛填片石或块石,边填边振压,将淤泥往外排挤;当填石完成后,用推土机、压路机进行碾压,直到地基无“弹簧”现象后,填30 cm厚砂砾,最后填土预压。

#### 4.2.2 深层处理措施

深层软土地基处理共计7处约2200 m,软土层厚3.0~10.20 m,除路线终点处紫坭大桥两侧引道路路基填土高度为2.5~6.3 m,属高路堤处,其余各段均为填土高度小于1.5 m的低路堤。

##### 4.2.2.1 低路堤软土地基处理

软土地基上的低路堤,很少存在象高路堤那样的不稳定和侧向位移,以及施工中大的沉降问题。但是,开放交通后,经常发生路面不平整和路面破坏的现象。其原因有:(1)由于软土层上的路堤较低,路槽不能得到充分压实,很难达到要求的承载力;(2)由于地下水位相对较高,地下水上升至路槽附近,路基的承载力容易降低;(3)交通荷载不能在路堤中充分扩散再传递到软土地基上,因而加剧地基的变形沉降;(4)交通荷载引起的震动容易直接传递到软土地基上;(5)地基上层的不均匀性影响到路堤上。

低路堤地基在路基填土和路面荷载引起的沉降的基础上,增加了由交通荷载引起的新沉降。根据该工程施工中观测的结果,低路堤新老路基工后不均匀沉降是明显的,而且实测沉降小于理论计算沉降,地基沉降固结很慢,主要原因为地表硬壳层使路基荷载应力扩散,即路基下土层实际附加应力小于理论计算。

为了提高地基的整体承载力,减轻新老路基不均匀沉降差所造成的破坏,原设计采用堆载预压法处理软弱地基,不设竖向排水体,超载预压填土高度1~1.5 m,预压时间6~9个月。从排水和降低地下水位的需要出发,路基下设砂垫层,新路基坡脚外设深度为1 m的水沟。同时在路基中铺设土工格栅,以加强路基的整体强度及板体作用。后来,由于扩建工程工期紧,而堆载预压法处理软弱地基需要6~9个月的时间,无法满足工期要求,最后改用在堆载预压法的基础上,增加砂桩的方法加固地基。砂桩直径为30 cm,长度5.6~12.5 m(穿透软土层),平面按正方形布置,桩距1.3~1.5 m。砂垫层

厚度为50 cm,顶面设一层土工布,路基内设两层土工格栅,土工布、土工格栅伸入老路基内不小于1 m,每层相隔20 cm,如图2所示。

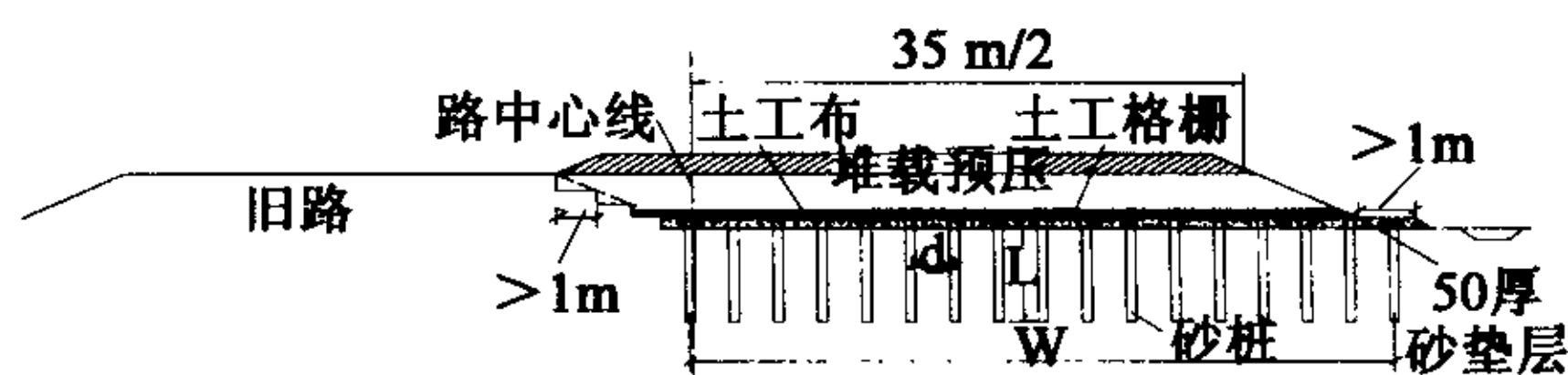


图2 低路堤软基处治

设砂桩后,超压填土高度为1 m,预压时间为3个月。由于砂桩有挤密、置换、排水等作用,配合堆填预压的措施处理地基,效果较为明显。实践证明,实施超压是有必要的,因为软土地基渗透性较小,超压可使成桩过程中土内产生的超孔隙水压力迅速消散,提高加固的效果。经过一年多时间通车运营后发现,经过超压的路段路面平整度较好,而个别因拆迁原因使施工滞后,不能实施超压的路段,局部出现了路面下沉的现象。

##### 4.2.2.2 高路堤软土地基处理

紫坭大桥两侧引道路路基填土高度为2.5~6.3 m,属高路堤,软土层厚10 m左右。因该路段比其它路段早开工半年,施工工期较充裕,因而按原设计采用堆载预压排水固结法处理地基。固结时间按9个月考虑,以袋装砂井作竖向排水通道,袋装砂井井径7 cm,井距1.2 m,按梅花形布置,超载预压填土高度为1.5 m。砂垫层厚度为80 cm,顶面设一层土工布,路基内设两层土工格栅,土工布、土工格栅伸入老路基内不小于1 m,每层相隔50 cm,如图3所示。

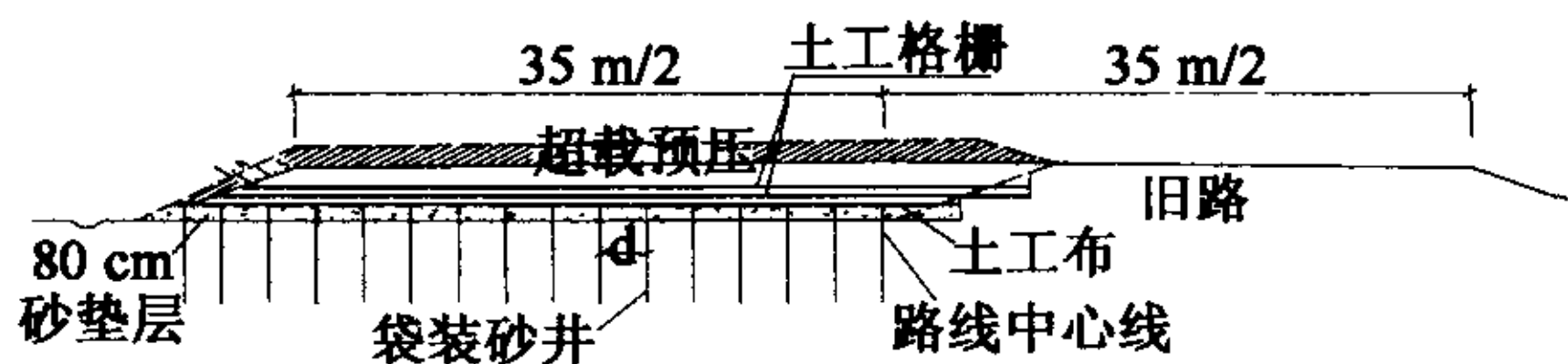


图3 高路堤软基处治

从观测结果来看,地基处理后,其沉降量无论是实际沉降值还是理论计算值均明显降低,新拓宽的高路堤采用堆载预压处理软基的效果是明显的。由于软土沉降固结较慢,施工时在后期将预压填土高度增加至2 m,连续两个月观测其月平均沉降量不大于0.8 cm后方卸载,施工路面。

在高路堤软基处理过程中,因新拓宽路堤下地基沉降引起老路堤的变形,使老路堤产生裂缝(如图1所示)的问题是不应忽视的。特别是采用堆载预压、排水固结等措施时,因地基固结慢,强度增长慢,往往在施工过程中就引起老路堤的变形开裂。



## 5 新老路基结合部位的处理

为了使新老路基之间紧密衔接形成整体,在结合部位主要采取了以下措施:

(1)清除原路基边坡上草皮、树根及腐植土等杂物,并开挖台阶,台阶宽度不小于 1 m,台阶挖好后与新路基一同进行分层回填碾压施工。

(2)原有路肩质量较差,将土路肩翻晒重新碾压,使达到质量要求。

(3)在新路基底面以上采用了两层土工格栅和一层土工布,土工布位于砂垫层之上起反滤作用并能使应力均匀,土工格栅则位于土工布之上,间距 20~50 cm,并伸入老路基边坡不小于 1 m。采用土工布、高强度土工格栅处理,以加强新老路基结合部位强度,增强路基路面的整体抗变形能力,防止新老路基结合部位路面出现纵、横向裂缝。

(4)因珠江三角洲是多雨水的地区,且路基填筑材料多以砂性土为主,故须考虑排水防渗措施,防止雨水渗入新老路基结合面。在新老路基结合部顶面铺设一层不透水土工布有两方面的好处:不透水土工布可起加筋作用,可增强新旧路基间的整体稳定性,减少路基的不均匀沉降;不透水土工布的隔离防渗作用,可防止雨水浸入对路基的破坏。

## 6 结论和建议

相对于新建公路的设计,旧路加宽对路基稳

定和工后沉降有更高的要求,路基综合处治设计以解决新老路基的不均匀沉降和整体衔接为主要考虑因素。从该路段路基综合处治设计中总结以下体会:

(1)软土地基低路堤的拓宽,采用超载预压措施处理地基,在珠三角地区是比较常用的办法,也是行之有效的办法。为了加快地基的固结沉降,可设砂垫层、砂桩等排水通道,必要时在新路基坡脚以外设较深的排水沟,以降低地下水位。但保证预压时间却是关键。

(2)对于高路堤,若采用堆载预压措施处理地基,由于软土沉降固结较慢,往往施工周期过长。同时,新拓宽路堤引起老路堤的变形,使老路堤产生裂缝,这种裂缝通常在袋装砂井施工时就可能出现。要避免老路堤的变形开裂,一般是在新拓宽路基底预先填砂或土,也可以在旧路边坡上部采用打板桩的方法对旧路进行加固。因此,对于高路堤的拓宽,宜采用粉喷桩等复合地基处理方法处理地基,一方面可以缩短施工周期,另一方面可以先在旧路边坡上部设桩,增加旧路的稳定性。加宽部分桩体布置可采用里密外疏的方式布置,以节省工程量。

(3)新老路基结合部位采取挖台阶和加铺土工合成材料的处理方法,效果是明显的。可以加强路基的整体强度及板体作用,防止路基因不均匀沉降而产生反射裂缝,具有较好的推广价值。

## 我国将耗资 2 万亿元建成 8.5 万 km 的国家高速公路网

我国将用 30 a 时间,耗资 2 万亿元人民币,建成 8.5 万 km 国家高速公路网。路网由 7 条首都放射线、9 条南北纵向线和 18 条东西横向线组成,将把我国人口超过 20 万的城市全部用高速公路连接起来,覆盖 10 亿人口。这 7 条首都放射线是:北京—上海、北京—台北、北京—港澳、北京—昆明、北京—拉萨、北京—乌鲁木齐、北京—哈尔滨;9 条南北纵向线是:鹤岗—大连、沈阳—海口、长春—深圳、济南—广州、大庆—广州、二连浩特—广州、包头—茂名、兰州—海口、重庆—昆明;18 条东西横向线是:绥芬河—满洲里、珲春—乌兰浩特、丹东—锡林浩特、荣成—乌海、青岛—银川、青岛—兰州、连云港—霍尔果斯、南京—洛阳、上海—西安、上海—成都、上海—重庆、上海—昆明、杭州—瑞丽、福州—银川、泉州—南宁、厦门—成都、汕头—昆明、广州—昆明。

规划中的 8.5 万 km 高速公路网中,已建成 2.9 万 km、在建 1.6 万 km、待建 4 万 km,分别占总里程的 34%、19%、47%。实现这个目标,预计需要 30 a 时间。根据计划,到 2005 年末,建成 3.5 万 km,占总里程的 40%以上;到 2007 年末,建成 4.2 万 km,完成“五纵七横”国道主干线系统中的高速公路;到 2010 年末,实现“东网、中联、西通”的目标,建成 5 万~5.5 万 km,完成西部开发八条省际通道中的高速公路。根据规划方案,国家高速公路网将连接全国所有的省会级城市、目前城镇人口超过 50 万的大城市以及城镇人口超过 20 万的中等城市,实现东部地区平均 30 min 上高速,中部地区平均 1 h 上高速,西部地区平均 2 h 上高速。

高速公路网中,有一条北京—台北高速路。将来“三通”时,先通过某种运输方式连接这个网络。也许是用隧道或其他工程来连接台湾的高速公路网络。