新建路面设计

1. 项目概况与交通荷载参数

该项目位于西南地区，属于二级公路，设计时速为40Km/h,12米双车道公路，设计使用年限为12.0年，根据交通量OD调查分析，断面大型客车和货车交通量为1849辆/日, 交通量年增长率为8.2%, 方向系数取55.0%, 车道系数取70.0%。 根据交通历史数据，按表A.2.6-1确定该设计公路为TTC4类，根据表A.2.6-2得到车辆类型分布系数如表1所示。

表1. 车辆类型分布系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 车辆类型 | 2类 | 3类 | 4类 | 5类 | 6类 | 7类 | 8类 | 9类 | 10类 | 11类 |
| 车型分布系数(%) | 28.9 | 43.9 | 5.5 | 0.0 | 9.4 | 2.0 | 4.6 | 3.4 | 2.3 | 0.1 |

根据路网相邻公路的车辆满载情况及历史数据的调查分析，得到各类车型非满载与满载比例，如表2所示。

表2. 非满载车与满载车所占比例(%)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 车辆类型 | 2类 | 3类 | 4类 | 5类 | 6类 | 7类 | 8类 | 9类 | 10类 | 11类 |
| 非满载车比例 | 85.0 | 90.0 | 65.0 | 75.0 | 55.0 | 70.0 | 45.0 | 60.0 | 55.0 | 65.0 |
| 满载车比例 | 15.0 | 10.0 | 35.0 | 25.0 | 45.0 | 30.0 | 55.0 | 40.0 | 45.0 | 35.0 |

根据表6.2.1，该设计路面对应的设计指标为沥青混合料层永久变形与无机结合料层疲劳开裂。根据附表A.3.1-3，可得到在不同设计指标下，各车型对应的非满载车和满载车当量设计轴载换算系数，如表3所示。

表3. 非满载车与满载车当量设计轴载换算系数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设计指标 | 沥青混合料层永久变形 | | 无机结合料层疲劳开裂 | |
| 车辆类型 | 非满载车 | 满载车 | 非满载车 | 满载车 |
| 2类 | 0.8 | 2.8 | 0.5 | 35.5 |
| 3类 | 0.4 | 4.1 | 1.3 | 314.2 |
| 4类 | 0.7 | 4.2 | 0.3 | 137.6 |
| 5类 | 0.6 | 6.3 | 0.6 | 72.9 |
| 6类 | 1.3 | 7.9 | 10.2 | 1505.7 |
| 7类 | 1.4 | 6.0 | 7.8 | 553.0 |
| 8类 | 1.4 | 6.7 | 16.4 | 713.5 |
| 9类 | 1.5 | 5.1 | 0.7 | 204.3 |
| 10类 | 2.4 | 7.0 | 37.8 | 426.8 |
| 11类 | 1.5 | 12.1 | 2.5 | 985.4 |

根据公式（A.4.2）计算得到对应于沥青混合料层永久变形的当量设计轴载累计作用次数为8,109,551, 对应于无机结合料层疲劳开裂的当量设计轴载累计作用次数为562,339,245。 本公路设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量为4,989,710，交通等级属于中等交通。

2. 初拟路面结构方案

初拟路面结构如表4所示。

表4. 初拟路面结构

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 结构层编号 | 层位 | 材料类型 | 厚度(mm) | 模量(MPa) | 泊松比 |
| 1 | 上面层 | 沥青混合料 | 40.0 | 12000 | 0.25 |
| 2 | 下面层 | 沥青混合料 | 50.0 | 13500 | 0.25 |
| 3 | 基层 | 无机结合料稳定材料 | 300.0 | 18000 | 0.25 |
| 4 | 底基层 | 粒料材料 | 200.0 | 400 | 0.35 |
| 5 |  | 土基 |  | 50 | 0.40 |

路基标准状态下回弹模量取50MPa,回弹模量湿度调整系数Ks取1.00,干湿与冻融循环作用折减系数Kη取1.00,则经过湿度调整和干湿与冻融循环作用折减的路基顶面回弹模量为50MPa。

3. 路面结构验算

3.1 沥青混合料层永久变形验算

根据表G.1.2，基准等效温度Tξ为20.1℃，由式（G.2.1）计算得到沥青混合料层永久变形等效温度为21.5℃。可靠度系数为1.04。

根据B.3.1条规定的分层方法，将沥青混合料层分为6个分层,各分层厚度（hi）如表5所示。利用弹性层状体系理论，分别计算设计荷载作用下各分层顶部的竖向压应力（Pi）。根据式（B.3.2-3）和式（B.3.2-4），计算得到d1=-8.23，d2=0.77。把d1和d2的计算结果带入式（B.3.2-2），可得到各分层的永久变形修正系数(kRi)，并进而利用式（B.3.2-1）计算各分层永久变形量(Rai)。各计算结果汇总于表5中。

各层永久变形累加得到沥青混合料层总永久变形量Ra=19.2(mm)，根据表3.0.6-1，沥青层容许永久变形为20.0(mm)，拟定的路面结构满足要求。

表5. 沥青层永久变形计算结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分层编号 | 分层厚度(mm) | 竖向压力(MPa) | 修正系数（kRi） | 永久变形(mm) |
| 1 | 10.0 | 0.70 | 2.23 | 0.9 |
| 2 | 15.0 | 0.70 | 3.28 | 2.0 |
| 3 | 15.0 | 0.70 | 6.95 | 4.2 |
| 4 | 10.0 | 0.68 | 7.77 | 3.0 |
| 5 | 20.0 | 0.66 | 7.42 | 5.4 |
| 6 | 20.0 | 0.60 | 6.04 | 3.7 |
| 总计 |  |  |  | 19.2 |

3.2 无机结合料层疲劳开裂验算

根据弹性层状体系理论，计算得到无机结合料层层底拉应力为0.480MPa。根据气象资料，工程所在地区冻结指数F为50.0℃•日，按照表B.1.1，季节性冻土地区调整系数ka取1.00。根据式（B.2.1-2），现场综合修正系数为-0.747

根据工程所在地区，查表G.1.2得到基准路面结构温度调整系数为1.31，根据初拟路面结构和路面结构层材料参数，按式（G.1.3-1）计算得到温度调整系数kT2为1.15。由表B.2.1-1，对于无机结合料稳定粒料，疲劳开裂模型参数a=13.24，b=12.52。弯拉强度为2.0MPa。

根据以上参数，按式（B.2.1-1）计算得到无机结合料层底疲劳寿命为678,769,556。

3.3 贯入强度验算

公路所在地区月平均气温大于0℃的月份数为11个月，由此得到对应于贯入强度验算的设计车道累计设计轴载作用次数Ne5为7,433,755。所在地区月平均气温大于0℃的各月份气温平均值为20.0℃。根据公路等级，参照表3.0.6-1，得到沥青混合料层容许永久变形量为20.0mm。路面结构系数根据式（5.5.8-2）计算为0.91，沥青混合料层的综合贯入强度由式（5.5.8-3）确定为0.55MPa，根据式（5.5.8-1）,得到沥青混合料层的贯入强度要求值为0.49，所以，拟定的路面结构和材料满足贯入强度要求。

4. 路基顶面和路表验收弯沉值

根据附录B.7节，确定路基顶面和路表验收弯沉值时，采用落锤式弯沉仪，荷载盘半径为150mm，荷载为50kN。

路基标准状态下回弹模量取50MPa,回弹模量湿度调整系数Ks取1.00,则平衡湿度状态下的回弹模量为50MPa，采用公式（B.7.1）计算得到路基顶面验收弯沉值为373.5（0.01mm）。

采用拟定的路面结构以及各层结构模量值，路基顶面回弹模量采用平衡湿度状态下的回弹模型乘以模量调整系数kl(kl=0.5)，为25MPa，根据弹性层状体系理论计算得到路表验收弯沉值la为35.2（0.01mm）。

5. 结果汇总

各项验算结果汇总如下表所示：

表6. 分析结果汇总

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 验算内容 | 计算值 | 对比值 | 是否满足 |
| 沥青层车辙(mm) | 19.2 | 20.0 | 是 |
| 半刚性层疲劳开裂对应的累积当量轴次 | 678,769,556 | 562,339,245 | 是 |
| 沥青层贯入强度 | 0.55 | 0.49 | 是 |

由上表可知，所选路面结构和材料能满足各项验算内容的要求。