

多孔板体结构抗道路冻害的研究

The Research of Slab Structure on Preventing

朱云斌¹ 郭祖辛²

(¹ 黑龙江省伊春市公路管理处; ² 哈尔滨建筑工程学院)

提 要 利用硅质页岩与灰土组成一种新的混合料,经压实形成多孔板体结构,为抗道路冻害提供了一种抗冻性能较好的路面基层结构。利用这种混合料铺筑的道路基层,其物理力学性能优于其它板体结构层,可减薄道路基层厚度,不仅对抗道路冻胀与翻浆具有实际的应用价值,而且对开发利用硅质页岩提供了广泛的前景。

关键词 多孔板体结构 物理力学性能 工程实践

在冰冻地区,由于冰冻作用引起的道路冻胀与翻浆,使道路遭到严重破坏。笔者利用黑龙江省部分地区盛产的硅质页岩与灰土组成一种新的混合料,经压实形成多孔板体结构,为抗道路冻害提供了一种抗冻性能好的路面基层结构。硅质页岩具有高硅低铝成分,外观呈多孔、轻质,属轻质石料。利用粒径20—30 mm的硅碎石在室内与剂量10%的石灰土制成混合料(简称硅碎石混合料)进行了分析研究。利用这种混合料铺筑道路基层,不仅对抗道路冻胀与翻浆具有实际的应用价值,而且对开发利用硅质页岩,具有广泛的技术经济效益。

1 硅碎石混合料的物理力学性质

(1) 力学性质:硅碎石混合料的压缩模量由试验结果汇总于表1和图1。混合料的模量随细料掺量而增加,当灰土掺量 $\geq 30\%$ 时,模量值达200 MPa以上。用层状体系的理论分析,200—300 MPa的模量值,对于水文不良的土基,相对刚度 E_2/E_0 能满足拉应力和结构稳定性的要求。因此,该材料可以作为道路的基层或底基层。

表1 压缩模量表

混合料配比 硅石:灰土	试 验 状 态	压缩回弹模量 (MPa)
0:10	饱 水	250—300
3:7	饱 水	230—250
5:5	饱 水	200—220
7:3	饱 水	180—200
10:0	饱 水	95—100

注:硅石:灰土为重量比。

(2) 水性质: 硅碎石孔隙率高达 35—40%。混合料在与水作用时, 其水分分配情况见表 2。硅碎石能吸收较灰土多 6—8% 的水分, 保证了灰土的结构性粘结力, 使混合料的强度稳定, 有利于防止潮湿状态下的路面结构强度和春融阶段翻浆。硅碎石发达的孔隙还可容纳因水作用而可能增加的体积(图 2)。这一作用在严寒条件下表现为, 路面结构底层在水文不良路段能抵御冰冻作用下可能引起的结构体积膨胀, 这对冰冻地区的路面结构具有重大意义。

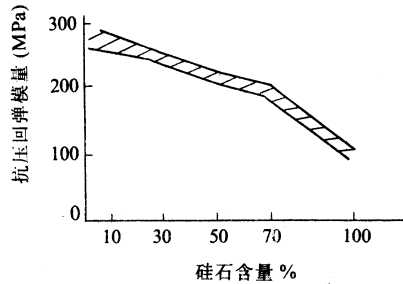


图 1 硅碎石混合料压缩模量变化图

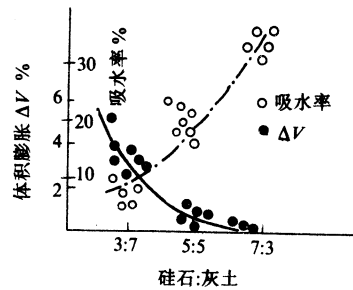


图 2 体积膨胀率与吸水率关系曲线

表 2 硅碎石混合料水分分配表

混合料类型	成型含水量 (%)	混合料水分分配 (%)	
		硅 石	灰 土
5:5	19	23	16.8
3:7	19.8	23.6	18.5

(3) 冰冻稳定性: 对硅碎石混合料按下述条件进行冻融循环试验: 1) 试件有侧限以模拟路面上部层次对之施加的重力; 2) 试件饱水 72 h 后开始冻融循环 5 次; 3) 冻温 -20°C , 时间 4 h。融温为室温(约 $10-15^{\circ}\text{C}$), 时间 2 h, 水浸。试件处理后, 体积膨胀和强度损失见图 3 所示。由冰冻稳定性试验证明硅碎石含量 $\geq 50\%$ 时, 混合料的强度与

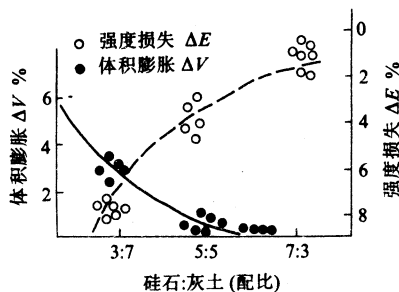


图 3 硅碎石混合料与体积膨胀、强度损失关系曲线

体积都具有足够的稳定性; 即孔隙结构是稳定的。因此, 材料强度与隔温性能都具有实用价值。

(4) 热工性质: 导热系数根据瞬态线热源原理组装的仪器进行正温和负温下的测定。热工参数列于表 3。热工参数的测定表明, 硅碎石混合料的隔温性能随着硅质页岩

表 3 热工参数表

材 料	参 数	数 值	单 位
沥 青	C_v	1.97×10^6	$J/m^3 \cdot K$
	λ^+	0.871	$W/m \cdot K$
	λ^-	1.196	$W/m \cdot K$
硅碎石混合物 5 : 5	C_v	1.36×10^6	$J/m^3 \cdot K$
	λ	0.755	$W/m \cdot K$
硅碎石混合物 3 : 7	C_v	1.471×10^6	$J/m^3 \cdot K$
	λ	1.393	$W/m \cdot K$
湿粘土	ω	0.28	100%
	C_0^T	2.455×10^6	$J/m^3 \cdot K$
	C_0^{TM}	2.137×10^6	$J/m^3 \cdot K$
	λ_{TM}	1.510	$W/m \cdot K$
	λ_T	1.220	$W/m \cdot K$

集料的比例而显著提高。硅碎石混合料的导热系数比水泥稳定土、石灰稳定土相对小。

2 试验路段抗冻性的测定

根据室内试验分析，选择两种配比的硅碎石混合物作为高级路面的基层修建了试验路段(图 4)。冰冻地区路面结构抗冻性主要表现在冻胀与春融翻浆两方面。

(1) 冻胀值测定：通过一个冬季对 45 个点的标高进行观测，多孔板体结构冻胀值在 1 cm 左右。而其它结构冻胀在 8—9 cm 左右(表 4)。由此可见，多孔板体结构作为道路路面结构层的冻胀十分微小而且稳定。

(2) 春融翻浆期弯沉值测定：为验证春融期试验路使用情况，在施工结束的 8 月、秋末和春融期三次进行了路面结构弯沉测定(图 5 和表 5)。结果采用硅碎石混合物基层

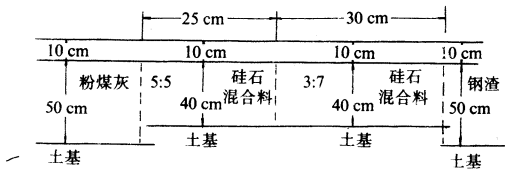


图 4 路面结构分段

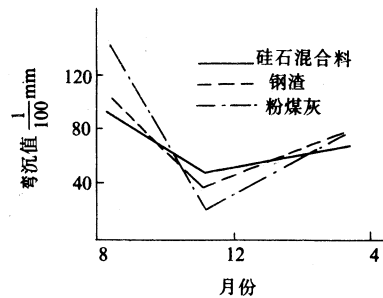


图 5 不同基层结构弯沉值变化图

路面结构的总体强度比较稳定，明显证实路面结构抗冻性最好。

综上所述，可以得到如下结论：

(1) 硅质页岩虽是软质低强的石料，但经破碎成 20—60 mm 的集料并按悬浮原则设计成硅碎石灰土混合物后，其强度就足以用来修建路面结构的基层或底基层。该路面

表 4 多孔板体结构冻胀值观测表

结构类型	标 高 变 化 (cm)									
	86.12		87.1		87.2		87.3		87.4	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
5:5	0.92	0.90	1.10	1.00	1.23	1.21	1.25	1.21	1.24	1.20
3:7	0.93	0.90	1.14	1.00	1.25	1.18	1.25	1.23	1.25	1.23
钢 渣	0.89	0.89	1.15	1.13	1.30	1.25	8.40	8.01	8.41	8.40
粉煤灰	0.91	0.90	1.20	1.13	1.35	1.23	8.71	8.23	8.70	8.53

表 5 弯沉值测定表

路 段 类 型	计 算 弯 沉 值 (1/100 m)				
	施工结束	秋 末	减 少 (%)	春融末	增 加 (%)
3:7 混合料	80	42	46	66	43
5:5 混合料	85	46	46	66	43
粉 煤 灰	143	24	83	69	187
钢 渣	106	40	62	71	78

结构具有良好的抗冻性, 达到抵抗道路冻胀与翻浆的效果。

(2) 用硅碎石灰土混合料做成的路面结构层是一种多孔板体结构。稳定的多孔微孔结构在路面结构中起着水温调节作用; 它的隔温作用减少了路基、路面的冻结深度; 它的吸水作用不仅有利于整个路基上部的干燥, 而且有利于混合料细料部分的干燥, 从而既保持了路基强度又保持了底基层的结构粘结力。水温调节的相互影响构成了路面结构较小的总冻胀与春融期较大的整体强度, 即路面结构的抗冻性。

(3) 研究表明, 设计兼具板体作用和水温调节作用的路面结构层是可行的。由于硅碎石混合料兼具水温调节与板体作用, 因此, 路面结构层有减薄的潜力。

(4) 综合已有的试验成果, 统一考虑集料的压碎性、混合料的强度和对土基的水温调节作用, 推荐硅碎石混合料配比以 5:5 为佳。

(5) 资源调查表明, 硅质页岩不仅分布广、储量大, 而且因质软易于开发。已有资料分析, 料场单价低廉, 易于加工破碎, 具有开发利用价值。

表 4 多孔板体结构冻胀值观测表

结构类型	标 高 变 化 (cm)									
	86.12		87.1		87.2		87.3		87.4	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
5:5	0.92	0.90	1.10	1.00	1.23	1.21	1.25	1.21	1.24	1.20
3:7	0.93	0.90	1.14	1.00	1.25	1.18	1.25	1.23	1.25	1.23
钢 渣	0.89	0.89	1.15	1.13	1.30	1.25	8.40	8.01	8.41	8.40
粉煤灰	0.91	0.90	1.20	1.13	1.35	1.23	8.71	8.23	8.70	8.53

表 5 弯沉值测定表

路 段 类 型	计 算 弯 沉 值 (1/100 m)				
	施工结束	秋 末	减 少 (%)	春融末	增 加 (%)
3:7 混合料	80	42	46	66	43
5:5 混合料	85	46	46	66	43
粉 煤 灰	143	24	83	69	187
钢 渣	106	40	62	71	78

结构具有良好的抗冻性, 达到抵抗道路冻胀与翻浆的效果。

(2) 用硅碎石灰土混合料做成的路面结构层是一种多孔板体结构。稳定的多孔微孔结构在路面结构中起着水温调节作用; 它的隔温作用减少了路基、路面的冻结深度; 它的吸水作用不仅有利于整个路基上部的干燥, 而且有利于混合料细料部分的干燥, 从而既保持了路基强度又保持了底基层的结构粘结力。水温调节的相互影响构成了路面结构较小的总冻胀与春融期较大的整体强度, 即路面结构的抗冻性。

(3) 研究表明, 设计兼具板体作用和水温调节作用的路面结构层是可行的。由于硅碎石混合料兼具水温调节与板体作用, 因此, 路面结构层有减薄的潜力。

(4) 综合已有的试验成果, 统一考虑集料的压碎性、混合料的强度和对土基的水温调节作用, 推荐硅碎石混合料配比以 5:5 为佳。

(5) 资源调查表明, 硅质页岩不仅分布广、储量大, 而且因质软易于开发。已有资料分析, 料场单价低廉, 易于加工破碎, 具有开发利用价值。