

文章编号: 1002-0268 (2003) S1-0174-04

高速公路水泥稳定粉土底基层研究

苗宝珠¹, 郭大进², 胡力群³, 张嘎吱³, 沙爱民³

(1. 河南省公路工程局, 河南 郑州 450052; 2 交通部公路科学研究所, 北京 100088 ;
3 长安大学, 陕西 西安 710064)

摘要: 结合商开高速公路建设, 通过室内试验, 发现增加水泥用量后水泥稳定粉质土可以满足规范中对与路面底基层的强度要求, 并通过试验段的铺筑及现场水泥剂量、压实度检测结果, 指出了大剂量水泥稳定粉质土施工中合理的施工方法及应注意的问题。

关键词: 大剂量水泥稳定粉质土; 配合比设计; 施工方法

中图分类号: U416 216 **文献标识码:** A

Silty Soil-cement Base Course under Expressway

MIAO Bao-zhu¹, GUO Da-jin², HU Li-qun³, ZHANG Ga-zhi³, SHA Ai-min³

(1. Highway Engineering Bureau of Henan Province, Henan Zhengzhou 450052, China;
2 Research Institute of Highway, Beijing 100088, China;
3. Highway College, Chang'an Univ., Shaanxi Xi'an 710064, China)

Abstract: In this paper, combined with the construction of ShangKai expressway, many laboratory experiments were completed, and test results show that the performance of silty-cement can meet the requirement for base course strength as specified in the specifications after increasing the dose of cement. And through constructing test road and in-situ test of cement content, compaction density, reasonable construction methods and the problem need to be controlled carefully about the material are pointed out.

Key words: Silty-cement; Material component design; Construction methods

商丘至开封高速公路是连云港—霍尔果斯国道主干线河南省境内的一段, 起点为永城朱大厂村南500m 皖豫两省交界处, 终点与开封至洛阳高速公路相接, 全长为 203.28km。该路路面底基层设计为 18cm 水泥、石灰综合稳定土, 设计配合比为水泥 : 石灰 : 土 = 5 : 5 : 10, 其中规定底基层用土应为塑性指数为 10~20 的粘质土, 水泥选用 325 号, 石灰质量应达到三级以上的标准, 且按照以上配比制成的试件, 经过 7 天的室内养生后, 其无侧限抗压强度应大于 1.5MPa。其中第 11 标段全长 12.46km, 该路段沿线多为粉土, 与底基层配合比设计中所要求的粘土不同, 出于经济成本考虑, 又不可能大量外运粘质土, 所以需要结合当地土质情况对该路段底基层稳定土配

合比开展配合比试验及施工工艺研究。

1 原材料性质

结合第 11 标段底基层用土、石灰、水泥等现场所用原材料, 通过试验分析其性质。

(1) 土 商开高速公路位于黄河冲积平原, 由于黄河改道、泛滥时所携带的大量泥沙沉积, 形成了土层上部的第四纪全新世黄河泛流层, 其中部分地区内存有粉土。11 标段内可供底基层施工使用的取土场有土场 1 和土场 2, 在土场 1、土场 2 取土后分别进行有关性质试验结果 (表 1) 表明, 两个土场均为含砂低液限粉土。这种土持水能力很差, 粘性低, 当土体失水时, 强度下降很快, 在外力的作用下极易成粉

末状。

底基层用土性质			表 1
土源	塑性指数	最大干密度 (g/cm³)	最佳含水量 (%)
土场 1	8.8	1.73	15.0
土场 2	10.3	1.70	15.2

(2) 石灰 所用的石灰来自河南新乡, 经试验石灰中的有效钙、镁含量在 65%以上, 达到 II 级灰的要求。

(3) 水泥 水泥采用郑州七里岗的 425 号水泥, 各项指标满足要求。

2 水泥稳定粉质土配合比试验

影响水泥稳定土强度的一个重要因素是土的种类及其性质。由于本路段底基层用土为粉质土。粉质土中粉粒含量大, 土颗粒比较均匀, 属级配不良的土类, 为了达到规范中规定的 7 天无侧限抗压强度, 需要较大的水泥剂量。

从抗压强度试验结果中可以看出, 当水泥剂量取 10%时, 水泥稳定粉质土的强度值不能满足 1.5MPa 的设计要求, 当剂量采用 12%, 14%, 16%后则稳定土强度满足要求, 且随着水泥剂量的增加, 强度一直增大。

有关成果表明, 水泥稳定土中水泥剂量的大小不但影响其强度, 而且影响其抗裂性^[1]。一般认为, 随着水泥剂量的增加, 水泥稳定土的强度继续增加, 但其收缩系数也随之加大。这会使得水泥稳定土结构层在使用过程中当外界温度发生变化时产生温缩裂缝的机率大大增加, 影响路面使用性能, 缩短道路使用寿命。因此对于水泥稳定类材料的水泥剂量都应有所限制, 即在能够满足规范规定的强度要求条件下, 应该尽量减少混合料中的水泥用量, 这样无论对减少基层、底基层的收缩性还是对工程造价的节约都是有益的^[2]。因此, 对于本标段所用粉质土, 决定所用水泥稳定土底基层用 12%的水泥剂量。

3 试验路段施工及现场检测情况

试验段分别设在第 11 标段的 K120+536~K120+970 段的北半幅, K120+189~K120+829 段的北半幅, K120+754~K120+430 段的南半幅。

(1) 铺筑试验路段时的天气情况 试验段施工期间为 8 月下旬, 天气炎热, 日平均气温为 36~37℃, 其间几天有风。

(2) 施工段的划分 每个施工段的长度约为 300~350m, 在正常情况下, 半天可以完成一段。

(3) 施工人员的配备 每个施工段由一名施工队长负责, 除机械操作手外, 设有 3 名测量人员、2~3 名工人以及 10~12 名民工。

(4) 施工机械 (见表 2)

底基层施工机械		表 2
机械名称	机械型号	产地
履带式推土机	红旗 100	中国 沈阳
	东方红	中国 沈阳
振动压路机	英格索兰	美国
振动压路机	YZ12	中国 徐州
稳定土拌和机	WB210	中国 西安
	宝马	德国
平地机	PY120	中国 天津
自卸汽车	五十铃	日本
挖掘机	WY80	中国 武汉
	PC220SE	日本
洒水车	8T	中国 石堰

(5) 施工情况

①挖、运土 挖掘机将土从取土场挖出 (挖深 1~2m), 装入自卸汽车, 经施工便道运至底基层施工现场。按照预先估算需土量, 由专人指挥将土倒在指定的位置。根据实测结果, 现刚挖出的土的天然含水量略大于素土的最佳含水量, 接近水泥土的最佳含水量。

②推土、摊铺水泥 用推土机将堆状土推开、整平, 然后稳压一遍, 以便人工摊铺水泥时能够比较准确地掌握水泥掺入的剂量。因为施工阶段气温高, 且所用土的持水能力很低, 为了使素土能够保持一定的湿度, 在用推土机将土推开以后需要用洒水车补水。对于堆放时间不长的土, 一般补水 1 次; 对于堆放时间在 3d 以上的土, 则需要多次补水。在素土被推土机推平后, 运送水泥的车辆直接将袋装水泥运到施工现场, 施工人员根据预先划定的方格, 按每格内所需水泥的袋数, 指挥工人将水泥拆袋, 并铺撒在素土层表面上。

③拌和 在完成水泥的摊铺工作后, 先用国产稳定土拌和机将水泥与土拌和 1 遍, 然后, 洒水车补水 1 次, 紧接着用进口稳定土拌和机再拌和 1 遍, 此时水泥已经比较均匀地分散在土中。经过稳定土拌和机拌和 2 遍后的水泥土非常松散, 经测量, 虚高在 25~30cm 之间, 从颜色上看, 水泥土明显地深于素土颜色。对刚拌和后的水泥土多次取样测定, 测得其含水量大于室内击实试验所确定的最佳含水量约 2%~

3%。

④碾压 用 2 台东方红履带式推土机快速稳压 1 遍，以保证压路机进行碾压时不发生推挤现象。

水泥土在拌和、稳压之后，采用平地机进行精平。由于摊铺素土层时没有严格的控制高程，为了达到设计标高，此道工序有时很费时间，使得碾压工作不能很好的衔接上。

在试验段的施工中，采用 2 种方式进行碾压：(a) 用进口宝马振动压路机不起振快速碾压 1 遍，然后起振，并以 10~11km/h 的速度来回碾压 8 遍，碾压时，压路机轮迹相互重叠 1/2。(b) 用进口宝马振动压路机不起振快速碾压 1 遍，然后起振，并以 10~11km/h 的速度来回碾压 4 遍，碾压时，轮迹相互重叠 1/2。接下来用光轮压路机碾压，碾压时压路机轮迹同样相互重叠 1/2。

压路机在碾压时，根据施工规范的要求，先两边后中间进行碾压。在施工中，从水泥拌入土中至压路机碾压成型所需的时间在 2~2.5h 之间。

⑤养生 碾压成型后的底基层马上用洒水车洒水 1 遍。在以后的 7d 里，负责养生的人员将根据气温的变化情况确定洒水时间，洒水量以水泥土表面不干燥、不起浮土为准。

⑥施工中含水量的控制 含水量控制的目标是：当压路机对基层开始进行碾压时，混合料中的含水量接近于击实试验中所确定的最佳含水量，此时的含水量直接关系到压实的效果。在实际施工过程中，由于天然土中含水量的影响、天气气温的高低、风力的大小以及补水方式的影响，要想使混合料中的水分均匀的达到最佳含水量的要求并非易事。

在试验路铺筑期间，日平均气温高达 36~37℃，加上路堤较高，不断有风，因此水分蒸发很快，为了在碾压时使混合料的水分达到最佳含水量的要求，采取以下措施：

- (a) 素土运至施工现场之后，若不立即进行基层施工，则将土堆放成堆。
- (b) 推平的素土用洒水车补水 1 次，此次补水量较大，经现场测定补水后的含水量可达 20% 左右。
- (c) 稳定土拌和机拌和第 1 遍后再补水 1 次。
- (d) 第二次拌和结束后、压路机碾压开始时，视具体情况，需要时再补水 1 次。

4 试验路段检测结果

(1) 水泥剂量与水泥土强度 在施工现场跟机取样，取稳定土拌和机刚拌好的

水泥土，测定其含水量、水泥剂量，并在室内分别成型 5cm×5cm 和 10cm×10cm 的试件，用来做 7d 无侧限抗压强度试验，试验结果见表 3。

检测试验结果					表 3
项目	K120+754~ K120+430 南半幅	K120+536~ K120+970 北半幅	K121+189~ K120+829 北半幅	K121+189~ K120+829 南半幅	备注
水泥剂量 (%)	13.10	13.02	13.67	13.62	EDTA 法
含水量 (%)	16.4	17.1	18.3	17.7	酒精法
7d 抗压强度 (MPa)	1.65	—	1.64	1.63	

从表中的试验结果可以看出：现场经过拌和机拌和后的混合料中水泥剂量达到设计的要求；现场取料，室内按照规范成型的试件，其 7d 无侧限抗压强度满足规范中的要求（大于 1.5MPa）。

(2) 压实度

为了研究在不同的压实情况下，12%水泥稳定粉土的压实度变化情况，在现场施工过程中，分别测定了振动压路机在不同碾压遍数下的压实度。并测定了碾压后水泥土的含水量。

水泥土最大干密度为 1.74g/cm³，最佳含水量为 15.3%。

K120+536~K120+970 现场测试结果 (2000-08-20)

表 4					
压实遍数		a	b	c	均值
第 4 遍	干密度 (g/cm ³)	1.656	1.651	1.545	1.617
	含水量 (%)	18.90	18.0	18.84	18.58
	压实度 (%)	95.2	94.9	88.8	92.9
第 8 遍	干密度 (g/cm ³)	1.662	1.685	1.676	1.674
	含水量 (%)	17.28	17.24	17.31	17.28
	压实度 (%)	95.5	96.8	96.3	96.2

K121+189~K120+829 现场测试结果 (2000-08-21)

表 5							
压实遍数		A	b	c	d	e	f 均值
第 4 遍	干密度 (g/cm ³)	1.649	1.661	1.550	1.588	1.563	1.505 1.586
	含水量 (%)	15.31	15.68	13.35	19.12	17.65	18.30 16.57
	压实度 (%)	94.8	95.5	89.1	91.3	89.8	86.5 91.2
第 8 遍	干密度 (g/cm ³)	1.665	1.659	1.621	1.655	1.682	1.655 1.656
	含水量 (%)	15.98	17.18	13.82	19.02	18.33	19.15 17.25
	压实度 (%)	95.7	95.3	93.2	95.1	96.7	95.1 95.2

K120+754~K120+430 场测试结果 (2000-08-22)

表 6

压实遍数		a	B	c	均值
第 4 遍	干密度 (g/ cm ³)	1.550	1.581	1.660	1.597
	含水量 (%)	14.62	13.55	17.19	15.12
	压实度 (%)	89.1	90.9	95.4	91.8
第 8 遍	干密度 (g/ cm ³)	1.658	1.672	1.686	1.672
	含水量 (%)	13.56	16.88	17.53	15.99
	压实度 (%)	95.3	96.1	96.9	96.1

从现场各桩号干密度、含水量和压实度的检测结果 (表 4、5、6) 可以看出: 一般情况下 12% 水泥稳定粉土底基层施工中, 随着碾压遍数从 4 遍增加至 8 遍。各测点的压实度、干密度都有不同程度的提高; 振动压实达到 8 遍后大部分测点的压实度达到 95% 的要求, 且在上述测点处土体的含水量一般超过最佳含水量 1.5~3.0 个百分点; 此外需要指出的是环刀法属破坏性试验, 两次试验不可能绝对位于同一点上, 只能在不同压实遍数尽可能的围绕同一点进行, 所以试验结果会有少许偏差。

5 结论

(1) 水泥稳定粉质土的 7d 抗压强度在水泥剂量

较大时 (12%) 能够满足要求。

(2) 由于粉土中水分易散发, 与其它土类相比, 水泥稳定粉性土的施工中应更严格的控制含水量, 在碾压前现场的含水量应比室内试验确定的最佳含水量略高一些 (2%~3%), 从而确保在压路机碾压过程中, 土体能够维持在最佳含水量。

(3) 在水泥稳定粉土的碾压过程中, 宜采用先振动, 后静压的组合。这种组合方式对于消除碾压后底基层表面的松散、起皮现象有很好的效果。

(4) 根据完工后的情况来看, 大剂量水泥稳定粉土底基层表面没有出现明显的干缩裂缝。

(5) 经现场取拌和好的混合料, 室内成型标准试件并测试后, 12% 水泥土的强度能达到设计及施工规范中的要求。

参考文献:

[1] 沙庆林. 高等级道路半刚性路面 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社. 1993

[2] 中华人民共和国交通部. 公路路面基层施工技术规范 (JTJ034-93) [S]. 北京: 人民交通出版社. 1993.