

整体大厚度半刚性基层 沥青路面的结构性能分析

刘世武 阎开军 彭德潭

(长沙交通学院交通设计研究所 湖南长沙 410076) (湘西自治州交通勘察设计院 湖南湘西 416000)

【摘要】通过对湖南省科委重点科研项目《湖南省高等级公路路面材料及结构的研究》课题中子项目的认识和体会,通过对整体大厚度半刚性基层沥青路面的结构性能分析,为整体大厚度半刚性基层沥青路面结构的应用提供了理论依据。

【关键词】整体 大厚度 半刚性 性能分析

随着我国公路事业的迅速发展,以及交通荷载的加重,在高等级公路上越来越多地采用整体大厚度半刚性基层沥青路面结构。这种结构的性能究竟如何?在我国大部分省,以及多条高等级公路上都铺设了实验路,对其性能进行了分析和总结。现就《湖南省高等级公路路面材料及结构的研究》课题谈谈对这种结构性能的认识和体会。

1 整体大厚度半刚性基层的概念

所谓整体大厚度半刚性基层是指整个基层(包括底基层)用同一种稳定类基层材料组成,其厚度一般在35cm以上。它具有如下特点。

1.1 整体大厚度半刚性基层具有较强的分布荷载能力。国内外经验表明:沥青路面的整体承载力完全可以通过半刚性基层材料予以满足,沥青面层仅起功能性作用,有关资料表明半刚性路面的承载力约为相同厚度柔性路面承载力的8倍,因此,当半刚性基层达到一定的厚度时,增加沥青路面的厚度对路面整体承载力提高很少。有关资料表明沥青路面厚度从9cm到15cm对路面整体承载力无影响,同时还表明不同类型的半刚性基层材料对路面的整体承载能力无影响。

1.2 理论分析表明,增加半刚性基层的厚度,

有利于提高基层材料整体刚度,减少底面的弯拉应力。

1.3 在路基强度和稳定性得以保证的条件下,整体大厚度半刚性基层的经济性明显地提高,国外的研究资料表明,当碾压层的厚度从30cm提高到38cm时,其路面综合成本将降低32%。当然,半刚性基层的厚度并非越厚越好,国内研究资料表明,半刚性基层达到一定的厚度后,继续增加其厚度,将不会明显地提高路面的承载力,从经济上来说总造价也相应地提高,只是一种浪费。因此,国内有关资料表明,在正常的路段,强度大的半刚性基层材料层的总厚度可控制在45cm~50cm,强度较小的半刚性基层材料层的总厚度可控制在50cm~55cm。

1.4 整体大厚度半刚性基层可抵消土基强度的巨大差别,有关资料表明土基的回弹模量变化值在23Mpa~55Mpa之间,加铺50cm左右厚的半刚性基层后,路面的代表弯沉值 $L_{0.997}$ 均小于0.4mm。

1.5 这种结构便于施工,因为材料的品种极少,无论从进料、拌和都比采用多种基层材料方便得多。

2 整体大厚度半刚性基层的力学性能分析

半刚性基层的承载能力与其厚度有很大的

关系。国外分析资料表明,半刚性基层的承载能力 W_u 与厚度 h 的关系如下式:

$$W_u = \frac{(2.8I + (r + d))f_n h^2}{0.584(3.5I - (r + d))} \quad (1)$$

式中 W_u —半刚性基层极限承载力;

I —半刚性基层的相对刚度半径;

$$I = \frac{Eh^3}{(12(1 - \mu^2)K)^{1/4}}$$

(K 为地基反应模量, E 为半刚性基层材料的抗弯拉回弹模量, μ 为泊松比)

r —荷载作用当量圆半径;

d —沥青层的厚度;

f_n —半刚性基层的抗弯拉强度;

h —半刚性基层厚度。

根据上式,因为 $E \gg (12(1 - \mu^2)K)^{1/4}$, 对于薄层沥青面层(厚度小于 8cm)下的半刚性基层,一般 h 大于 35cm,故也有 $h^3 \gg (r + d)$,故在计算 W_u 时可以略去 $(r + d)$ 项,并令:

$$G = \frac{2.8I \times f_n h^2}{0.584 \times 3.5I} \quad (2)$$

则(1)式可变为(3)式

$$W_u = Gh^2 \quad (3)$$

由(3)式可知,设半刚性基层厚度由 h_1 变到 h_2 ,则 W_u 的相对变化率为

$$\frac{h_2^2 - h_1^2}{h_1^2} \quad (4)$$

根据(4)式可举例算出结果如表 1

表 1 半刚性基层厚度变化时承载力的变化率

厚度变化 $h_1 \rightarrow h_2$	35cm→40cm	40cm→45cm	35cm→45cm
W_u 的变化率	+30.61%	+26.56%	+65.31%

由表 1 的计算结果可知,半刚性基层的厚度增加对抵抗外荷能力的提高十分明显。

3 半刚性基层的厚度增大对底面弯拉应力的影响

影响

国内有关资料表明,由于半刚性基层的刚度较大,由行车荷载引起的半刚性基层底面的弯拉应变或弯拉应力的大小近似地与半刚性基层厚度的平方成反比,也就是说厚度越大,则弯拉应力越小。

在实际的课题研究工作中,我们采用了几组不同的基层厚度、基层抗压强度和抗弯拉模量以及土基的回弹模量进行组合,对图 1 所示的结构示例进行了基层底面的弯拉应力的计算和分析,其计算结果如表 2。

沥青砼面层	$h_1 = 2.5\text{cm}$
沥青碎石	$h_2 = 4.5\text{cm}$
半刚性基层	$h_3 = 30 \sim 45\text{cm}$
土基	$E_0 = 20 \sim 50\text{Mpa}$

图 1 大厚度半刚性基层沥青路面算例结构

根据计算结果,可分析得出如下情况。

3.1 基层底面弯拉应力主要决定于土基的回弹模量和基层本身的弯拉模量。当基层材料厚度和材料相同时,土基回弹模量从 20Mpa 增大到 40Mpa 时,基层底面的弯拉应力将减小 14% ~ 20%。当基层本身的弯拉模量从 600Mpa 增大到 2400Mpa 时,基层底面的弯拉应力将增大 43% ~ 66%。

3.2 当土基回弹模量相同时,对于同一种基层材料(即抗弯拉模量不变),基层底面弯拉应力将随基层的厚度增大而减小。从本算例结果可知,当基层厚度从 30cm 增大到 40cm,底面弯拉应力可减小 33% 左右(参见图 2 和图 3)。

以上分析资料说明,适当增加基层厚度,对于提高基层抗弯拉破坏能力是有效的。

表 2 基层底面弯拉应力计算结果

沥青面层厚 $h_1 = 2.5\text{cm}$, 抗压回弹模量 $E_1 = 1\ 000\text{Mpa}$; 抗弯拉模量 $E_{SI} = 1\ 500\text{Mpa}$; 沥青碎石层 $h_2 = 4.5\text{cm}$, 抗压回弹模量 $E_2 = 800\text{Mpa}$; 半刚性基层 $h_3 = 30 \sim 45\text{cm}$, 抗压回弹模量 $E_3 = 400 \sim 1\ 200\text{Mpa}$, $E_{s3} = (1.5 \sim 2.0) \times E_3$

基层厚度及模量 (Mpa)	土基回弹模量 (Mpa)	20	30	40	50
$H_3 = 30\text{cm}$	$E_3 = 400, E_{s3} = 600$	0.295	0.260	0.235	0.215
	600, 900	0.346	0.311	0.284	0.263
	800, 1200	0.386	0.349	0.322	0.301
	1000, 1500	0.419	0.381	0.353	0.331
	1200, 1800	0.446	0.407	0.379	0.357
35	$E_3 = 400, E_{s3} = 600$	0.242	0.214	0.194	0.178
	600, 900	0.283	0.254	0.233	0.217
	800, 1200	0.314	0.285	0.263	0.246
	1000, 1500	0.340	0.310	0.288	0.270
	1200, 1500	0.361	0.330	0.308	0.290
40	$E_3 = 400, E_{s3} = 600$	0.202	0.179	0.162	0.149
	600, 900	0.235	0.212	0.195	0.181
	800, 1200	0.260	0.236	0.219	0.205
	1000, 1200	0.281	0.256	0.238	0.224
	1200, 1800	0.297	0.272	0.254	0.240
45	$E_3 = 400, E_{s3} = 600$	0.171	0.152	0.138	0.126
	600, 900	0.198	0.179	0.164	0.153
	800, 1200	0.219	0.199	0.184	0.173
	1000, 1200	0.235	0.215	0.200	0.189
	1200, 1800	0.249	0.228	0.213	0.202
30	$E_3 = 400, E_{s3} = 800$	0.331	0.295	0.269	0.249
	600, 1200	0.386	0.349	0.322	0.301
	800, 1600	0.428	0.390	0.362	0.340
	1000, 2000	0.462	0.423	0.394	0.372
	1200, 2400	0.491	0.450	0.421	0.398
35	$E_3 = 400, E_{s3} = 800$	0.271	0.242	0.222	0.205
	600, 1200	0.314	0.285	0.263	0.246
	800, 1600	0.347	0.317	0.295	0.277
	1000, 2000	0.373	0.342	0.320	0.302
	1200, 2400	0.395	0.363	0.340	0.323
40	$E_3 = 400, E_{s3} = 800$	0.225	0.202	0.185	0.171
	600, 1200	0.260	0.236	0.219	0.205
	800, 1600	0.287	0.262	0.244	0.230
	1000, 2000	0.307	0.282	0.264	0.250
	1200, 2400	0.324	0.299	0.280	0.266
45	$E_3 = 400, E_{s3} = 800$	0.190	0.171	0.156	0.145
	600, 1200	0.219	0.199	0.184	0.173
	800, 1600	0.240	0.220	0.205	0.193
	1000, 2000	0.257	0.236	0.221	0.209
	1200, 2400	0.271	0.250	0.234	0.222

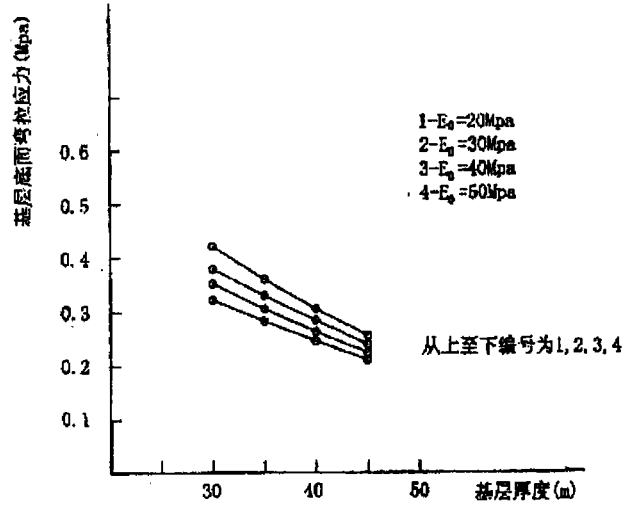
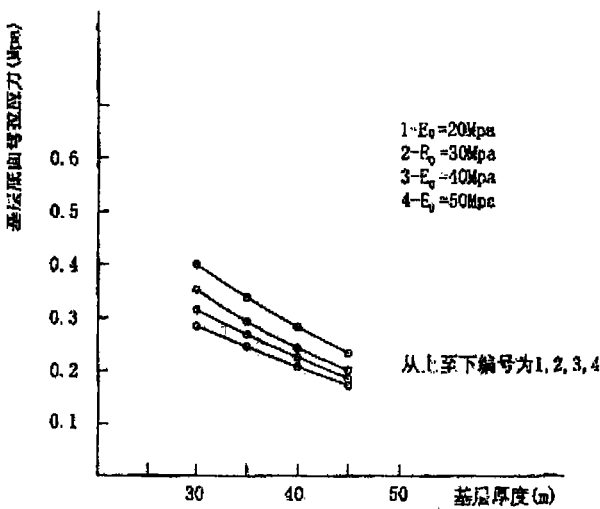


图2 基层厚度变化对基层底面弯拉应力的影响($E_0 = 1.5E_3$) 图3 基层厚度变化对基层底面弯拉应力($E_0 = 2.0E_3$)

4 厚度增大对沥青路面疲劳特性的影响

根据有关资料表明:半刚性基层沥青路面的寿命(达到疲劳破坏所需的荷载反复作用次数)对半刚性基层的厚度的变化很敏感。半刚性基层的厚度少量增加,可使产生的疲劳破坏所需的荷载反复作用的次数大量增加。这一结论可从如下结果分析说明。

(1)由于半刚性基层材料的疲劳寿命与荷载作用内力的关系很密切($S_1 = a + b \lg N_f$),半刚性基层的厚度少量增加,可使该层底面的拉应力明显减小,从而可使产生的疲劳破坏所需的荷载反复作用的次数大量增加。有关资料疲劳试验结果表明,当二灰砂碎石的厚度从11.8cm增加到19cm时,能经受的重复荷载的次数从 1.44×10^4 增加到 70×10^4 次,疲劳寿命约增长50倍。

(2)在环道试验中,基层厚度在的路面,其疲劳开裂少。厚度为15cm左右的路段在环道运行的初期即开裂;厚度为18~21cm的路段,基层开裂的荷载作用次数为 27×10^4 次;厚度

为23cm的路段,基层开裂的荷载作用次数为 55×10^4 次以上,根据最后对沥青表面裂缝数量的观测,基层厚度在20cm以上的路段,其裂缝数量较之厚度为15cm左右的路段少69%~91%。

5 结论

以上分析说明,适当地增加基层的厚度,对于改善半刚性基层沥青路面的力学性能是十分有利的,从而为整体大厚度半刚性基层沥青路面结构的应用提供了理论依据。

参考文献:

[1]半刚性基层沥青路面结构疲劳寿命的环道试验报告[R].交通部重庆交通科学研究所等,1988.
 [2]张起森.半刚性基层沥青路面断裂应力分析及反射裂缝研究综述[Z].1989.
 [3]习应祥.刘世武等.湖南省高等级公路沥青路面结构研究[Z].1992.
 [4]沙庆林.高等级公路半刚性基层沥青路面[M].人民交通出版社,1995.

论文降重、修改、代写请加微信（还有海量Kindle电子书哦）



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>



阅读此文的还阅读了：

- [1. 半刚性筑路材料在平原地区县乡道路基层施工中的应用](#)
- [2. 海水粉煤灰性能及应用研究](#)
- [3. 以沥青稳定碎石做基层的沥青路面结构性能分析](#)
- [4. 半刚性基层沥青路面早期裂缝产生的原因和处理工艺](#)
- [5. 整体大厚度半刚性基层沥青路面的结构性能分析](#)
- [6. 半刚性基层沥青路面设计浅谈](#)
- [7. 浅谈高速公路半刚性基层单幅、大厚度一次性摊铺施工技术](#)
- [8. 大厚度水泥稳定碎石基层压实特性研究](#)
- [9. 重载水泥混凝土路面基层类型研究](#)
- [10. 半刚性基层沥青路面结构性病害维修方案探讨](#)