

文章编号 :1003 - 651X(2000)01 - 0009 - 04

使用 HFWD 时路面弹性系数的研究

张志强 编译

(长沙交通学院,湖南 长沙 410076)

摘 要 :HFWD(锤击式落锤弯沉仪)是小型的 FWD(落锤式弯沉仪),它的重量是 FWD 的 1/5,容易搬运,机动性好。对不同路面结构的沥青铺装层,在同一地点,用 FWD 和 HFWD 进行了弯沉测定,并反算求出了弹性系数。通过比较弹性系数,确定了 HFWD 的弹性系数范围。结果是,对停车场这样的简易路面结构,能够确定从上基层到路基各层的弹性系数,对一般的路面(从 A 型交通到 D 型交通),能够确定上基层 + 沥青稳定处治层的弹性系数。

关键词 :FWD; HFWD; 弹性系数; 多层弹性理论*

假设沥青路面各层的弹性系数是在非破坏情况下,根据多层弹性理论通过反算确定的。FWD 通常状态的冲击荷载为 50 kN,是用来测定沥青路面表面弯沉的设备。

根据这个原理开发出最大加载荷重为 5kN 的小型 FWD,这就是 HFWD。由于 HFWD 用手就能搬运,机动性能优越,与 FWD 相比载重只有 5 kN,是 FWD 的 1/10,除

了应用在薄的路面结构外,因不能测定弯沉的形状,故在很多情况下不适合用于多层弹性理论的反算。

本次研究中,对这样问题的对策之一是,增加落锤的重量,用经过改进的能产生 10 kN 冲击荷载的 HFWD,对路面结构的各弹性系数的可靠性和 FWD 反算确定的结果进行比较。同时讨论了从一般道路的 A 型交

通过 C、D 型交通和同等结构的铁路货物堆置场的铺装层 ,及相当于简易路面的停车场上 ,在同一地点用 FWD 和 HFWD 测定的路表弯沉值 ,并由弯沉值和多层弹性理论反算确定各层的弹性系数 ,以及上基层和底基层 ,路基在何范围里 HFWD 和 FWD 可以对应 ,另外还讨论了引入 HFWD 的可能范围。

1 弯沉值的测定和各层弹性系数的确定

FWD 是フェニクス公司生产的 ,HFWD 是フリージャマクロス公司生产的。弯沉传感器是双方共同生产的 ,因此精度大致相等。它们的参数见表 1。

对 FWD 测定弯沉用的传感器设置在加载点及距它 20、30、45、60、75、90、150、200 cm 的位置处 ,可 9 个点同时测定。对于 HFWD ,在加载点的下方有一个可移动的传感器 ,可以测定各点的弯沉值。

表 1 FWD 和 HFWD 的参数

项目	FWD	HFWD
移动方式	车载型	能用手搬运
载荷/kN	10 ~ 150	10
荷载板的直径/cm	30	9
压强/MPa	0.71	1.57
最大弯沉值/mm	2	2
最小弯沉值/mm	0.001	0.001

表 2 测定区间的铺装类型

测定区间	铺装层结构/cm			等值换算 厚度 T_A /cm	设计 CBR 值	设计交通 量类型	测定序号	路面温度/℃
	As 层	As 稳定处治层	碎石层					
货物堆置场	10	10	55	31	6	相当 D	1 2 3 4 5 6	25
城市道路	5	6	32	17	6	A	7 8 9	37
城市道路	10	5	65	30	8	C	10 ,11	31
城市道路	5	6	65	26	4	B	12	31
停车场	3	5	12	10	3		13 ,14 ,15	35

3 测定结果和观察

3.1 弯沉值

FWD 和 HFWD 的弯沉是在同一地点测定 3 次取平均值求出的。为了研究平均值对

因此 ,测定点在加载点及距它 20、30、40、50、60、70、80、90、100 cm 处共 10 个点。另外 ,标出了 HFWD 的弯沉测定位置。测定区间的 FWD 的弯沉曲线 ,从 60 cm 处到 75 cm 处附近有变化点 ,是测定值的 3 倍 ,因此 ,HFWD 的弯沉曲线的变化点是从 30 cm 处到 40 cm 处之间 ,在 100 cm 处测得最大值。

测定日期是在 1998 年 7 ~ 8 月的晴天或阴天进行的。另外 ,对沥青路面的各层弹性系数是用推广的贝兹法通过反算求得。再有 ,各弹性系数的初始值 ,对沥青层为 5 000 MPa ,碎石层为 200 MPa ,路基为 60 MPa。

2 测定地点的路面结构

测定地点选定札幌市内的城市道路和 JR 货物的札幌货物终点站以及札幌近郊的停车场。它们的铺装类型有 5 种 ,测定点共 15 点(表 2)。

在表中 ,设计的 CBR 值是根据 FWD 的弯沉反算求得的路基的弹性系数的 1/100。设计交通量类型是根据由路面结构求出的换算路面厚度和设计的 CBR 值确定的 ,但对货物堆置场的铺装层 ,为了确定和道路的关系 ,采用了相当的道路类型 ,停车场是按简易路面要求施工的 ,因此省略了交通量类型。

标准偏差的影响 ,求出了各地点的标准偏差 (σ) 和平均值(m) 的比值 (σ/m) (图 1)。从结果看出比值最大达到 16% ,5% 以下占全体的 2/3 ,因此 ,可以断定 HFWD 的弯沉传感器的精度是没有问题的。

这次测定中最小的弯沉值是在铁路货物

堆置场铺装层(相当于 D 型交通),HFWD 和 FWD 的弯沉数据见图 2 所示。从图上可以看出 HFWD 的最小值(D_{100})是 0.008 mm, HFWD 测定的最小值是 0.001 mm,因此,本次测定的数据在 HFWD 各传感器规定的精度内。

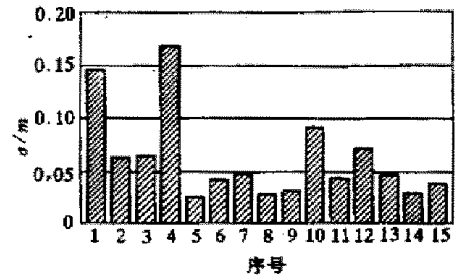


图 1 标准偏差与平均值之比

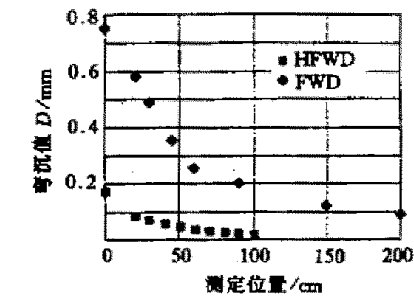


图 2 弯沉测定结果的比较

弯沉值是评价路面结构的重要指标。日本的笠原先生着眼于 D_0 (用 FWD(50 kN)和 HFWD(5 kN)对不同路面结构的 6 种类型的铺装层,在同一地点测定加载点下方的弯沉值,得出 2 次方相关关系表达式,相关系数是 0.948,得到非常相关的结论。

图 3 表示的是 FWD(50 kN)和 HFWD(10 kN)的 D_0 相关关系的比较。式(1)是求出的相关关系 2 次方表达式。

$$Y_0 = 2.12X_0^2 + 0.066X_0 - 0.0006 \quad (1)$$

式中：

Y_0 ——HFWD 的 D_0 ；

X_0 ——FWD 的 D_0 。它们的相关系数是 0.882,显示出有比较高的相关关系。

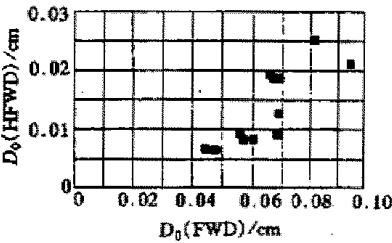


图 3 D_0 的比较

3.2 弹性系数

由 FWD 和 HFWD 的弯沉测定结果,通过广义贝兹法的路面弹性系数反算程序确定铺装层各层的弹性系数。在这里沥青稳定处治层的弹性系数和上基层相同,上基层+沥青稳定处治层的弹性系数为 E_1 ,底基层的弹性系数为 E_2 ,路基的弹性系数为 E_3 。

1) 与路面厚度的关系

此次研究中所测定的对象的路面结构各不相同,通过等值换算系数把各铺装类型的路面厚度换算成共同的指标(T_A)。图 4 表示的是用 FWD 测定的弯沉值确定的弹性系数对数值和同样由 HFWD 求出的弹性系数的对数值的比值和等值换算路面厚度(T_A)的关系。

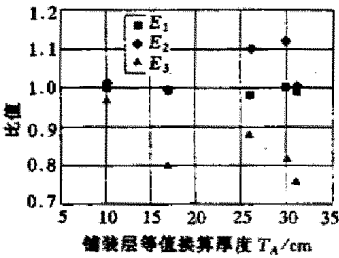


图 4 路面等值换算厚度的对比

从上面结果,停车场这样的简易路面($T_A = 10$ cm)的 E_1 、 E_2 、 E_3 是完全连续的,从 HFWD 确定的弹性系数和由 FWD 确定的弹性系数大致相等(最大的误差路基是 3%)。其次,相当于 A 型交通路面厚度为 $T_A = 17$ cm 时,上基层和底基层各自的比值大致为 1,

因此用 HFWD 和 FWD 确定的弹性系数是一致的,路基的比值差得相当大(约 20%)。另外,在路面较厚的情况下(B 型交通,C 型交通,D 型交通)上基层的比值大约为 1,对底基层和路基,HFWD 和 FWD 相差很大(约 12%~24%)。

2) 整体的关系

由 HFWD 和 FWD 确定的弹性系数,求出关于上基层(E_1)、底基层(E_2)和路基(E_3)各路面结构的整体相关系数,研究 HFWD 的使用范围(图 5 所示)。

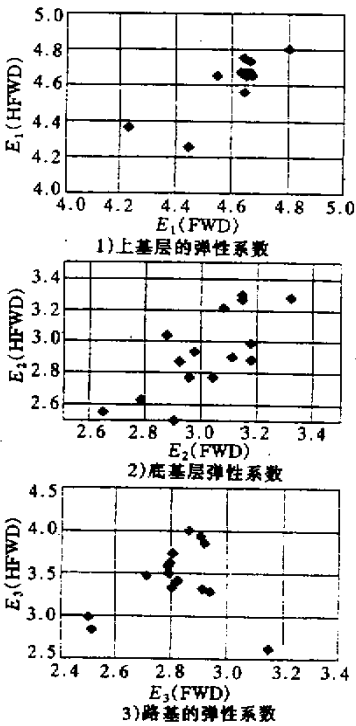


图 5 弹性系数的比较(对数表示)

各关系式和相关系数见式(2)~(4):

$LY_1 = 1.003 LX_1$ (2)

式中:

LY_1 ——HFWD 中 E_1 的对数;

LX_1 ——FWD 中 E_1 的对数。

相关系数为 0.820

$LY_2 = 0.970 LX_2$ (3)

式中:

LY_2 ——HFWD 中 E_2 的对数;

LX_2 ——FWD 中 E_2 的对数。

相关系数为 0.734

$LY_3 = 1.22 LX_3$ (4)

式中:

LY_3 ——HFWD 中 E_3 的对数;

LX_3 ——FWD 中 E_3 的对数。

相关系数为 0.333

从上得出,上基层的弹性系数(E_1)的相关系数为 0.820 可以认为是相关的。另外(2)式中可以看出斜率大致为 1,因此,从 HFWD 确定的弹性系数可以认为是 FWD 的弹性系数。

对底基层的弹性系数(E_2),FWD 和 HFWD 的相关系数为 0.734,大致可以认为是相关的。因此,不得已要用 HFWD 确定的弹性系数时,要乘 1.03(=1/0.970),来确定 FWD 的弹性系数。

另外,不能认为路基的弹性系数(E_3)是相关的。

4 结论

先求出 HFWD 弹性系数的确切范围,然后在同一地点,由 FWD 和 HFWD 测定弯沉,比较两者数据得出以下结论:

(1)在加载点下方的弯沉值(D_0),近似于 2 次方表达式,相关系数为 0.882,相关关系比较高。

(2)像停车场这样的简易路面结构,能够确定从上基层到路基的各层的弹性系数。

(3)一般的路面(A 型交通到 B 型交通),能够确定上基层+沥青稳定处治层的弹性系数(E_1)。

今后还需收集更多的资料,从理论方面说明 HFWD 的荷载影响范围。