

重复荷载对沥青混凝土裂缝愈合周期的影响

萨阿德·伊萨·萨萨姆^{*}, 哈南·卡迪姆·侯赛因

伊拉克 巴格达 巴格达大学工程学院土木工程系

摘要: 沥青混凝土路面设计为在其设计寿命内承受重复荷载, 且维护要求最低。在这种加载模式下, 柔性路面结构中出现了微裂缝, 同时表现出微裂缝的自愈能力。在这项工作中, 研究了反复拉伸和剪切应力对沥青混凝土永久应变累积和微裂纹愈合循环的影响。已制备了直径为 100mm、高度为 63mm 的沥青混凝土试样, 其沥青含量达到最佳要求, 并在最佳值以上和以下添加了 0.5% 的沥青。在 25° C 环境下, 使用三个应力水平 (69、138 和 207) kPa, 试样在反复拉伸和剪切应力下表现出永久应变。负载循环包括 0.1 秒的负载重复施加, 然后是 0.9 秒的休息期。在每 1000 次负载重复后, 通过 60° C 的外部加热使试样愈合 120 分钟, 然后进行另一次负载重复循环。愈合周期重复两次。结果表明, 随着裂纹愈合周期的进行, 弹性模量增加, 而永久应变减小。沥青含量对弹性模量的影响在拉伸应力和剪切应力之间的裂纹愈合循环中是可变的。在裂纹愈合循环后, 与冲压剪切应力 (PSS) 下的参考混合物相比, 永久应变分别降低了 (45、36 和 23) %, 分别为 (69、138 和 207) kPa, 而与间接拉伸应力 (ITS) 下的参比混合物相比, 其分别降低了平均 (5、23 和 21) %。

关键词: 沥青混凝土; 应力水平; 愈合周期, 重复拉伸; 重复剪切; 压力

Impact of Repeated Load on Crack Healing Cycles of Asphalt Concrete

Saad Issa Sarsam^{*}, Hanan Kadim Husain

Department of Civil Engineering, College of Engineering, University of Baghdad, Baghdad, Iraq

Abstract: Asphalt concrete pavement is designed to under take repeated loading for its design life with minimal maintenane requirements. Under such loading mode, micro cracks appears in the flexible pavement structure, while it exhibit self healing ability of micro cracks. In this work, the impact of repeated tensile and shear stresses on accumulation of permanent strain of asphalt concrete and micro crack healing cycles have been investigated. Asphalt concrete specimens of 100 mm diameter and 63 mm height have been prepared with optimum asphalt requirement and with extra 0.5% asphalt above and below the optimum. Specimens exhibits permament strain under repeated tensile and shear stresses using three stress levels (69, 138 and 207) kPa at 25°C environment. The loading cycle consists of load repetitions application for 0.1 second followed by 0.9 seconds of rest period. Specimens were allowed to heal by external heating at 60°C for 120 minutes after each 1000 load repetitions, then subjected to another load repetition cycles. The healing cycle was repeated twice. It was concluded that as the crack healing cycles proceeds, the resilient modulus increases while the permanent strain decreases. The impact of asphalt content on resilient modulus is variable through the crack healing cycles among tensile and shear stresses. After crack healing cycles, the permanent strain was reduced by an average of (45, 36 and 23)%, for (69, 138, and 207) kPa respectively as compared to reference mix under punching shear stress (PSS), while it was reduced by an average of (5, 23 and 21)%, for (69, 138, and 207) kPa respectively as compared to reference mix under indirect tensile stress (ITS).

Keywords: Asphalt concrete; Stress level; Healing cycles, Repeated tensile; Repeated shear; Strain

1. 引言

柔性路面预计能够承受反复的车轮荷载, 并在整个设计寿命内保持其理论弹性性能和可使用性。过度的车轮荷载和环境影响将在路面层中引发微裂缝, 如果实施 (不采取行动) 替代方案, 微裂缝将发展为宏观裂缝, 然后发展为许多其他类型的路面破坏^[1]。当允许适当的加热或休息时间时, 沥青混凝土混合物具有自愈能力。

沥青混凝土损伤的自愈过程包括两个主要阶段, 即裂缝闭合和强度增加阶段^[2]。驱动力可以是热的 (温度) 或机械的 (通过限制、压力)。自愈合能力与沥青水泥的粘度有关, 粘度随愈合时间、温度的增加以及裂缝尺寸非常小而增加^[3]。在微裂缝范围内, 由于温度升高而发生愈合, 这会增加路面的使用寿命^[4]。罗克等人^[5]开发了一项测试, 以评估沥青混合料的愈合行为。测试程序

包括在损伤阶段重复加载损伤测试（弹性模量），然后是愈合阶段，在此期间，弹性模量测试仅定期进行，以测量模量恢复（愈合）。随着载荷循环次数的增加，弹性模量的降低表明在损伤阶段微损伤的累积。在愈合阶段恢复弹性模量表示损伤恢复或愈合。^[6] 报道称，在反复的交通荷载下，沥青混合料会恶化，硬度降低。然而，由于愈合效应，沥青混合料显示出强度恢复。^[7] 指出裂纹愈合率是根据恢复的刚度、变形和疲劳寿命的增加来确定的。梁试样在 20° C 下重复加载，直到保留 50% 的刚度，然后将梁在 85° C 的烘箱中储存两小时，冷却至 20° C，然后重复加载另一个循环。得出的结论是，在实验室试验的加载和愈合部分，类固醇硬化似乎在混合物的反应中起着重要作用。愈合现象可用于克服裂纹萌生的负面影响。据信，裂缝愈合可以保持沥青混凝土的弹性财产^[8]。本研究的目的是评估沥青含量和沥青混凝土对裂缝愈合的弹性模量敏感性。弹性模量 M_r 将使用间接拉伸强度 ITS 和双冲切强度 PSS 测试技术确定。

2. 材料和方法

2.1 沥青水泥

沥青水泥来自多拉炼油厂，其物理财产如表 1 所示。

Test Procedure ASTM [9]	Result	Unit	SCRB Specification [10]
Penetration (25°C, 100g, 5sec) ASTM D 5	43	1/10mm	40-50
Ductility (25°C, 5cm/min) ASTM D 113	156	Cm	≥ 100
Softening point (ring & ball) ASTM D 36	49	°C	50-60
After Thin-Film Oven Test ASTM D-1754			
Retained penetration of original, % ASTM D 946	31	1/10mm	< 55
Ductility at 25 °C, 5cm/min,(cm) ASTM D-113	147	Cm	> 25

表 1. 沥青水泥的物理财产。

2.2 粗骨料和细骨料

粗骨料和细骨料均来自 Al Nibae 采石场，其物理财产如表 2 所示。

Property	Coarse Aggregate
Bulk Specific Gravity (ASTM C 127 and C 128)	2.610
Percent Water Absorption (ASTM C 127 and C 128)	0.423
Percent Wear (Los-Angeles Abrasion)	20-10

表 2. Al-Nibae 粗骨料和细骨料的物理财产。

2.3. 矿物填料

普通硅酸盐水泥用作沥青混凝土混合料中的矿物填料，硅酸盐水泥的物理财产如表 3 所示。

Physical Properties	
% Passing Sieve No.200 (0.075mm)	98
Apparent Specific Gravity	3.1
Specific Surface Area (m ² /kg)	3.55

表 3. 波特兰水泥的物理财产。

2.4 沥青混凝土级配的选择

根据 SCRB^[10] 规范，通常用于磨损层的密实级配沥青混凝土，骨料标称最大粒径为 12.5 (mm)。表 4 显示了所选骨料级配和规范限值。

Sieve size (mm)	Percentage finer by weight of total Aggregate	
	Specification Limits (SCRB)	Gradation adopted
19	100	100
12.5	90-100	95
9.5	76-90	83
4.75	44-74	59
2.36	28-58	43
0.3	5-21	13
0.075	4-10	7

表 4. 磨损层骨料的选定级配，SCRB^[10]。

2.5. 热拌沥青混凝土的制备

将骨料筛分至不同尺寸，分离并储存在塑料容器中。粗骨料和细骨料与矿物填料混合，以满足规定的级配。混合骨料混合物和沥青水泥在与沥青水泥混合之前均已加热至 150° C。然后，将沥青水泥添加到加热的骨料中以达到所需的量，并使用机械混合器充分混合两分钟，直到所有骨料颗粒都涂覆有沥青水泥薄膜。马歇尔试样按照 ASTM D1559^[9] 的要求制备，在试样的每个面上使用 75 击马歇尔锤。确定最佳沥青含量为骨料重量的 4.9%。使用高于和低于最佳沥青含量 0.5% 的沥青水泥制备了额外的沥青混凝土试样。将制备的马歇尔试样分为两组，第一组在 25° C 下承受重复的间接拉伸应力，而第二组在 25° C 下承受重复双冲切应力。每组样本分为三组，分别在 (10、20 和 30) Psi (69、138 和 207) kPa 的三个应力水平和两个愈合周期下进行测试。已对样本进行了两次测试，并考虑了平均值进行分析。

2.6. 反复间接拉伸应力下沥青混凝土试样的试验

图 1 显示了气动重复加载系统 (PRLS) 内部的 ITS 测试设置。在 25° C 下，将试样反复承受间接拉伸应力 (ITS) 20 分钟，以允许产生微裂纹。^[11] 和^[12] 提出了这样的时间和测试条件。通过两个平行的加载条 (12.7 mm) 宽，对位于垂直直径平面中心的试样施加压缩重复加载。这种载荷组件以矩形波的形式在试样上施加间接拉伸应力，恒定载荷频率为每分钟 (60) 个循环。已经实施了 (10、20 和 30) Psi (69、138 和 207) kPa 的三个应力水平。在测试持续时间内施加 (0.1) 秒负载持续时间和 (0.9) 秒休息时间的较重正弦脉冲。试验前，将试样储存在室温 (25 ± 1° C) 下的试验机室中。数字摄像机固定在 (PRLS) 的顶面上，以捕捉千分表读数。测试持续 20 分钟，测试完成后，记录终止。将试样从试验室中取出，并在 60° C 的烘箱中储存 120 分钟，以允许裂纹愈合。将试样返回试验室，在 25° C 条件下调节 120 分钟，然后在 25° C 条件下进行另一个重复的间接拉伸应力循环 20 分钟。记录试样在重复间接拉伸应力下的变形和载荷重复次数。在另一个愈合和测试周期中重复加热、调节和测试样本的程序。根据^[12] 的建议，

计算每个沥青水泥百分比的两个样本的平均值，并考虑进行分析。

2.7. 重复双冲切应力下沥青混凝土试样的试验

沥青混凝土试样在 25° C 下经受重复的双冲切应力 (PSS) 20 分钟，以允许产生微裂缝。按照^[13]中所述的程序，在直径为 25.4mm 的两个柱塞之间居中的试样上施加重复压缩载荷。这种载荷组件施加压缩载荷，该压缩载荷通过剪切阻力被试样抵抗。试样上的应力呈矩形波形式，恒定加载频率为每分钟 (60) 个循环。已经实施了 (10、20 和 30) Psi (69、138 和 207) kPa 的三个应力水平。在测试期间施加 (0.1) 秒负载持续时间和 (0.9) 秒休息时间的较重正弦脉冲。试验前，将试样储存在室温 (25 ± 1° C) 下的试验机室中。数字摄像机固定在 (PRLS) 的顶面上，以捕捉千分表读数。测试持续 20 分钟，测试完成后，记录终止。将试样从试验室中取出，并在 60° C 的烘箱中储存 120 分钟，以允许裂纹愈合。将试样返回试验室，在 25° C 条件下调节 120 分钟，然后在 25° C 条件下进行另一个重复剪切应力循环 20 分钟。记录试样在反复冲切剪应力下的变形和荷载重复次数。在另一个愈合和测试周期中重复加热、调节和测试样本的程序。计算每个沥青水泥百分比的两个样本的平均值，并根据^[13]的建议进行分析。图 2 显示了具有 (PSS) 设置的 (PRLS) 系统。

2.8. 裂纹修复周期技术

本工作中采用的裂纹愈合技术通过外部加热进行愈合，在每个加载循环后，将试样在 60° C 的烘箱中保存 120 分钟。将试样送回 (PRLS) 试验室，在 25° C 条件下调节 120 分钟，然后进行另一个负载重复循环。图 3 显示了用于裂纹愈合的试样加热。



图 1.PSS 测试设置。



图 2.ITS 测试设置。



图 3. 加热裂缝愈合。

3. 结果和讨论

3.1. 沥青含量对 ITS 应力水平下沥青混凝土永久应变的影响

如图 4 所示，永久应变随着应力水平的增加而增加。对于 (ITS) 下的参考混合物，在 10Psi (69) kPa 的低应力水平下，永久微应变的变化不显著，但随着应力水平的增加，其变化会增加。在 30 Psi (207) kPa 时，各种沥青百分比的应变范围在 (320-370) 微应变之间。

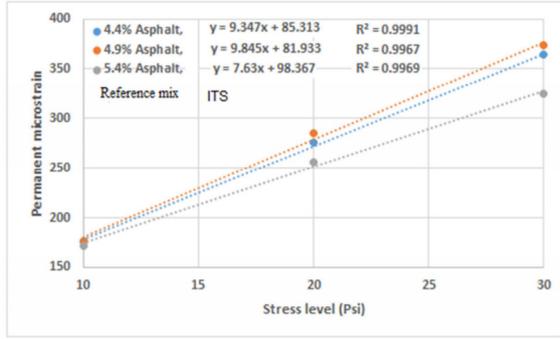


图 4. 沥青含量对 ITS 应力水平下参考混合物永久应变的影响。

图 5 显示了一个愈合周期对永久应变的影响，可以观察到沥青含量的影响在所有研究的应力水平上都不显著。与参考混合物相比，斜率减小，而截距值增大。

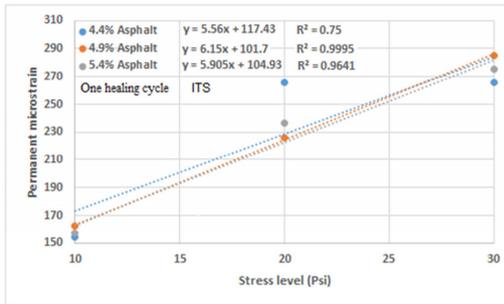


图 5. 在 ITS 应力水平下，沥青含量对一个愈合周期后永久应变的影响。

图 6 显示了两个愈合周期对永久应变的影响，可以观察到截距也随着斜率的减小而增加。与其他沥青百分比相比，最佳沥青含量保持了最大斜率变化和最小截距。截距表示 N=1 时的永久应变（N 为荷载循环次数），截距值越高，应变越大，永久变形的可能性越大。斜率表示永久应变的变化率，该变化率是对数 - 对数比例中加载周期（N）变化的函数。混合物的高坡度表明材料变形率增加，因此抗车辙能力降低。这一发现与 [2] 非常吻合。坡度较低的混合物是优选的，因为它可以防止车辙的发生。可以注意到，裂纹愈合周期对防止永久应变具有积极影响。表 5 总结了沥青含量对 1000 次重复（ITS）荷载下沥青混凝土永久应变特性的影响。

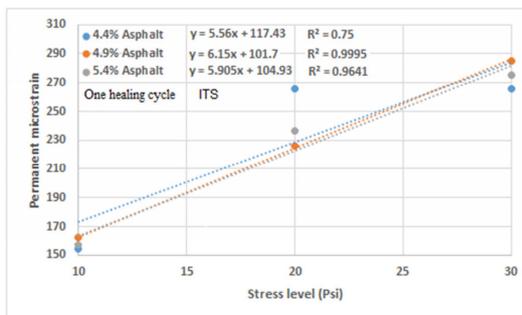


图 6. 沥青含量对 ITS 应力水平下两个愈合周期后永

久应变的影响。

Asphalt content (%)	Repeated indirect tensile stress (ITS) after 1000 loading cycles					
	Micro crack healing cycles					
	Reference mix	One		Two		
	Intercept	Slope	Intercept	Slope	Intercept	Slope
4.4	85.3	9.34	117.4	5.56	122.3	5.31
4.9	81.9	9.84	101.7	6.15	97.8	6.56
5.4	98.3	7.63	104.9	5.90	138.2	3.90

表 5. (ITS) 1000 次加载循环后的永久应变特性总结。

3.2 沥青含量对 PSS 应力水平下沥青混凝土永久应变的影响

如图 7 所示，永久应变随着应力水平的增加而缓慢增加。对于（PSS）下的参考混合物，在 30 Psi（207）kPa 的高应力水平下，永久微应变的变化不显著，但随着应力水平的降低，其变化会增加。在 10 Psi（69）kPa 时，各种沥青百分比的应变范围在（220-320）微应变之间。

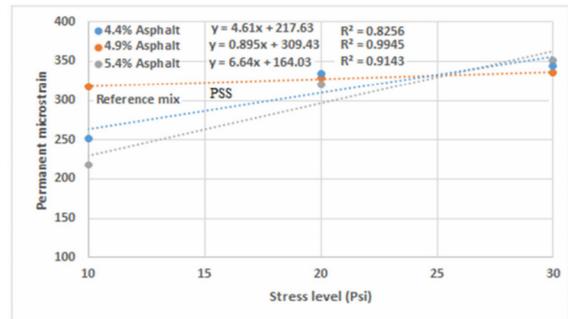


图 7. PSS 应力水平下沥青含量对参考混合物永久应变的影响。

图 8 显示了一个愈合周期对永久应变的影响，可以观察到沥青含量的影响在 20 Psi（138）kPa 的中等应力水平下并不显著。与参考混合物相比，斜率是可变的，而截距值减小。在 30Psi（207）kPa 应力水平下，不同沥青百分比之间的永久应变变化在（250-300）微应变范围内。[11] 报道了类似的发现。

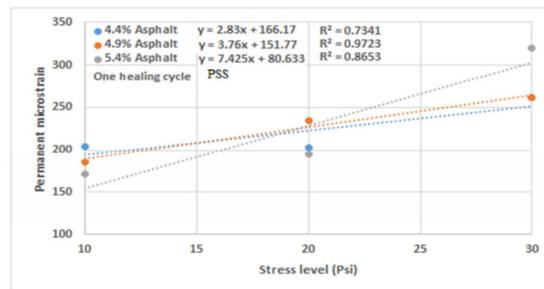


图 8. 在 PSS 应力水平下，沥青含量对一个愈合周期后永久应变的影响。

图 9 显示了两个愈合周期对永久应变的影响，可以观察到，当斜率变化时，截距也会减小。与其他沥青百分比相比，最佳沥青含量保持了最小斜率变化和最大截距。可以注意到，裂纹愈合周期对防止永久应变具有积极影响。表 6 总结了沥青含量对 1000 次重复（PSS）荷载下沥青混凝土永久应变特性的影响。

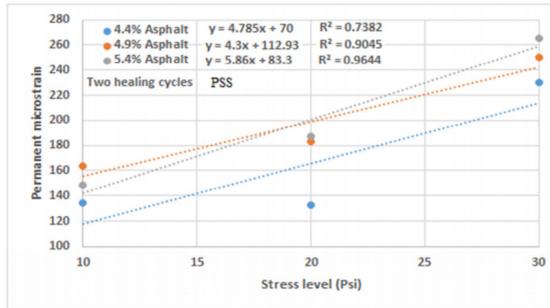


图 9. 沥青含量对 PSS 应力水平下两个愈合周期后永久应变的影响。

Asphalt content (%)	Repeated punching shear stress (PSS) after 1000 loading cycles					
	Micro crack healing cycles					
	Reference mix		One		Two	
4.4	Intercept	Slope	Intercept	Slope	Intercept	Slope
4.9	217.6	4.61	166.1	2.83	70.0	4.78
5.4	309.4	0.89	151.7	3.76	112.9	4.30
5.4	164.0	6.64	80.6	7.42	83.3	5.86

表 6. (PSS) 1000 次加载循环后的永久应变特性总结。

3.3. ITS 应力水平和裂纹愈合对永久应变的影响

图 10 说明了 ITS 应力水平对不同愈合周期的永久微应变的影响，可以观察到，随着 ITS 应力级别的增加，对照混合物的永久应变在 (61 - 111) % 的范围内增加。当引入愈合周期时，可以注意到类似的趋势，一个和两个愈合周期的永久应变分别在 (39-76) % 和 (22-76) % 的范围内增加。另一方面，在裂纹愈合循环后，与 10 Psi (69 kPa) 应力水平下的参考混合物相比，永久微应变降低了 (3 - 8) %，而 20 Psi 和 30 Psi (138 - 207 kPa) 的永久微应变分别降低了 (20 - 26) % 和 (23 - 19) %。这些发现与 [12] 一致。

3.4. PSS 应力水平和裂纹愈合对永久应变的影响

图 11 显示了 PSS 应力水平对不同愈合周期永久微应变的影响，可以观察到，对于参考混合物，随着 PSS 应力级别的增加，永久应变也在 (3 - 5) % 的范围内增加。在试样经历一个愈合周期后，不同应力水平之间的永久微应变变化在 (26 - 40) % 的范围内。两个愈合周期后，不同应力水平之间的永久微应变变化在 (11 - 52) % 的范围内。另一方面，在裂纹愈合循环后，与 10 Psi (69 kPa) 应力水平下的参考混合物相比，永久微应变显著降低了 (41 - 48) %，而 20 Psi 和 30 Psi (138 - 207 kPa) 下的永久微应变分别降低了 (28 - 44) % 和 (22 - 25) %。

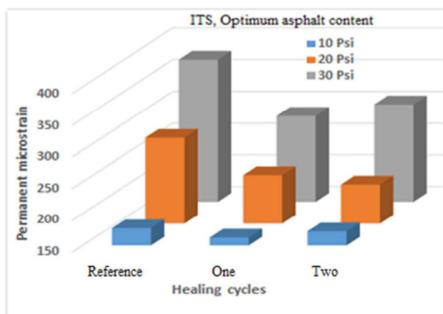


图 10. ITS 应激水平对愈合的影响。

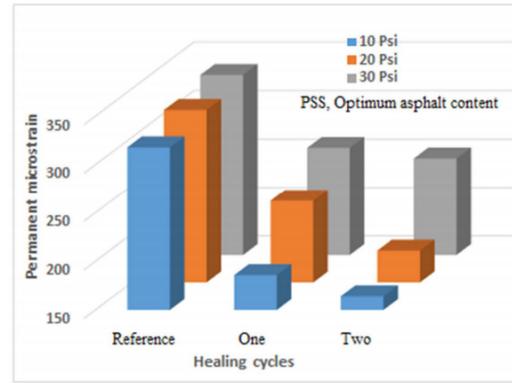


图 11. PSS 应激水平对愈合的影响。

3.5. 裂缝愈合对沥青混凝土弹性模量 (Mr) 的影响

图 12 表明，在重复 ITS 试验的最佳沥青含量下，可以达到最大弹性模量。当沥青含量从 (4.4-4.9) % 升高时，弹性模量增加 (25-42) %，而当沥青含量由 (4.9-5.4) % 升高，弹性模量减少 (63-78) %。另一方面，裂缝愈合周期对弹性模量有积极影响。与沥青含量为 4.4% 的混合料无愈合循环的参考混合料相比，裂缝愈合的一个循环 (Mr) 增加了 100%，而两个愈合循环 (Mr) 增加了 400%。与参考混合料相比，对于具有最佳沥青百分比的混合料，裂缝愈合对 (Mr) 的潜在影响在一个和两个愈合周期内分别为 (75 - 366) %。当沥青含量为 5.4% 时，与参考混合料相比，裂缝愈合对 (Mr) 的潜在影响在一个和两个愈合周期内分别为 (90 - 171) %。这种行为可能是因为最佳沥青含量能够支持沥青混凝土的弹性和柔性财产，而较低或较高的沥青百分比可以分别支持沥青混凝土刚度和塑性财产。[13] 也报道了类似的发现。

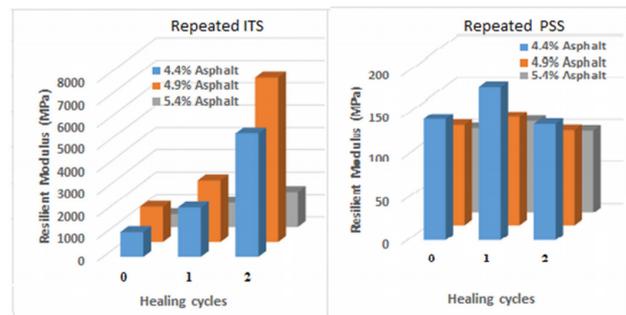


图 12. 裂缝愈合对弹性模量的影响。

当考虑重复 PSS 时，图 12 表明，与 ITS 情况相比，沥青含量和愈合周期之间的行为不同。随着沥青含量的增加，弹性模量降低。最大弹性模量可以在低于重复 PSS 试验的最佳沥青含量 0.5% 的沥青下实现。当沥青含量从 (4.4-4.9) % 上升时，弹性模量下降了 (16-24) %，而当沥青含量由 (4.9-5.4) % 上升，弹性模量则下降了 (15-20) %。另一方面，裂缝愈合周期对弹性模量有积极影响。与沥青含量为 4.4% 的混合料无愈合周期的参考混合料相比，一个裂缝愈合周期 (Mr) 增加了 11%，而两个愈合周期 (Mr) 减少了 16%。在最佳沥青

含量下, 裂缝愈合对 (M_r) 的潜在影响为 9%, 一个愈合周期, 而与参考混合料相比, 在两个愈合周期后, 其降低了 7%。当沥青含量为 5.4% 时, 裂缝愈合对 (M_r) 的潜在影响在一个愈合周期内为 16%, 而在两个愈合周期后, 与参考混合料相比, 其降低了 5%。这种行为可能归因于沥青混凝土测试技术和要求的变化, 以克服施加的应力模式。它符合以下事实: 较低的沥青含量能够支持沥青混凝土抵抗压缩载荷和剪切应力的刚度特性, 而较高的沥青含量可以支持沥青混凝土的塑性财产, 从而降低所需的弹性特性。

4. 结论

根据测试程序, 可以得出以下结论:

(1) 裂纹愈合周期对弹性模量有积极影响。与 ITS 下的参考混合物相比, 一个裂纹愈合周期 (M_r) 增加了 100%, 而两个愈合周期 (M_r) 增加了 400%。

(2) 与 PSS 下的参考混合物相比, 裂纹愈合的一个周期增加了 11%, 而两个愈合周期导致 (M_r) 减少 16%。

(3) 在裂纹愈合循环后, 与 PSS 下的参考混合物相比, 10 Psi (69 kPa)、20 Psi (138 - 207 kPa) 和 30 Psi (38 - 207) 的永久微应变分别显著降低了 (41 - 48) %、(28 - 44) % 和 (22 - 25) %。

(4) 裂纹愈合循环后, 与 ITS 下的参考混合物相比, 10 Psi (69 kPa)、20 Psi 和 30 Psi (138 - 207 kPa) 的永久微应变分别降低了 (3 - 8) %、(20 - 26) % 和 (23 - 19) %。

(5) 与对照混合料的剪切应力相比, 拉伸应力下应力水平对永久应变的影响更为显著。

参考文献

- [1] S. I. Sarsam “Sustainability of asphalt pavement in terms of crack healing phenomena - a review” Trends in Transport Engineering and Applications, STM Journals, (TTEA) Vol. 3, Issue 2. 2016.
- [2] S. I. Sarsam “Crack Healing Potential of Asphalt Concrete Pavement” International Journal of Scientific Research in Knowledge, IJSRK 3 (1), pp. 001-012, 2015.
- [3] J. Qiu “Self-Healing of Asphalt Mixtures: Towards a Better Understanding of the Mechanism” PhD. Dissertation, Delft University of Technology (TU delft), 2012.
- [4] T. Grant “Determination of Asphalt Mixture Healing Rate Using the Super-pave Indirect Tensile Test” MSc. thesis, University Of Florida, 2001.
- [5] R. Roque, R. Simms, Y. Chen, C. Koh, G. Lopp “Development of a test method that will allow evaluation and quantification of the effects of healing on asphalt mixture” University of Florida, Project UF00084223, Final report, 2012.
- [6] A. Zofka, Marasteanu M, Clyne T “Determination of optimum time for application of surface treatments to asphalt concrete pavements” Minnesota Department of Transportation, Office of Research Services, final report, MS 330, 2005.
- [7] S. I. Sarsam and S. A. Barakhas “Influence of Load Repetitions and Heating on Micro Crack Healing of Asphalt Stabilized Subgrade Soil” International Journal of Materials Chemistry and Physics, Public science framework, American institute of science Vol. 1, No. 3, 2015, pp. 399-405.
- [8] A. H. Garcia, E. Schlangen, & Ven, MFC van de “Asphalt mastic self-healing” Proceeding of the 3rd international conference self-healing materials (pp. 299-300). 2011, Bath, UK.
- [9] ASTM, “Road and Paving Materials” Annual Book of ASTM Standards, Volume 04. 03, American Society for Testing and Materials, 2009, USA.
- [10] State Commission of Roads and Bridges SCRB “Standard Specification for Roads & Bridges” Ministry of Housing & Construction, 2003, Iraq.
- [11] S. I. Sarsam and A. M. AL-Shujairy “Assessing Tensile and Shear Properties of Recycled Sustainable Asphalt Pavement” Journal of Engineering, Volume 21 Number 6, June 2015.
- [12] S. I. Sarsam, I. AL-Zubaidi “Resistance to Deformation under Repeated Loading of Aged and Recycled Sustainable Pavement” American Journal of Civil and Structural Engineering, (AJCSE), Vol. 1 (2) (P34-39), April 2014. Sciknow Publications Ltd. USA.
- [13] S. I. Sarsam, K. H. Al-Delfi “Initial Cracking Potential of Asphalt Concrete” International Journal of Scientific Research in Knowledge, IJSRK 2 (12), pp. 538-548, 2014.