

# 科洛抗裂防渗产品试验试浇总结

## 1 产品原理

科洛产品分为科洛永凝液 DPS（外涂型产品）和科洛无机纳米抗裂防渗剂（内掺型产品）两个类别，可单独或共同使用。内掺科洛抗裂防渗剂可降低水泥水化热并缩小及平衡混凝土内外温差，消除混凝土凝固过程中产生的拉力；外喷科洛永凝液 DPS 由外而内深层渗透，结晶密封，堵塞混凝土毛细孔，密实混凝土内部结构。

## 2 试验研究方案

根据科洛内掺型及外涂型产品类别，设定基准、内掺、外涂和内掺+外涂四种方式，对 C50 桥面铺装混凝土工作性能、抗压强度、抗水渗透压力、早期抗裂性能及混凝土碳化性能等进行试验及比对分析。测试按照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG 3420-2020 等相关规定执行。

## 3 试验研究用相关材料

- (1) 水泥为兆山集团诸暨水泥有限公司普通硅酸盐 42.5 级水泥；
- (2) 粉煤灰为嘉兴电厂 F 类 I 级灰；
- (3) 矿粉为日照京华新型建材有限公司 S95 等级；
- (4) 细集料为自加工机制砂（母料产地金华磐安）；
- (5) 粗集料为自加工 5~25mm 的连续级配碎石（母料产地金华磐安）；

(6) 外加剂为浙江交工新材料有限公司聚羧酸系高性能减水剂；

(7) 水为绍兴市自来水。

以上材料均已检测且各项指标满足规范要求。

## 4 混凝土性能测试试验

### 4.1 混凝土配合比

表 1 混凝土配合比

配合比	编号	组别	水灰比	砂率%	水泥/kg	粉煤灰/kg	矿粉/kg	砂/kg	碎石/kg	水/kg	外加剂/kg	防渗剂/kg
基准	Ks1-1	基准	0.36	42	298	85	43	751	1038	155	5.75	/
	Ks2-1	外涂										
内掺 0.3%	Ks3-1	内掺	0.36	42	298	85	43	751	1038	154	5.96	1.3
	Ks3-2	内掺+ 外涂										
内掺 0.4%	Ks4-1	内掺	0.36	42	298	85	43	751	1038	153	6.22	1.7
	Ks4-2	内掺+ 外涂										
内掺 0.5%	Ks5-1	内掺	0.36	42	298	85	43	751	1038	153	6.39	2.1
	Ks5-2	内掺+ 外涂										

注 1：混凝土坍落度控制在  $200 \pm 20\text{mm}$ ，外加剂用量根据坍落度测试情况进行调整，外加剂为一次性加入。

注 2：外涂组试件按基准配合比搅拌、成型、并按规定龄期喷涂科洛 DPS 永凝液。

注 3：内掺+外涂组试件按内掺组配合比搅拌、成型，并按规定龄期喷涂科洛 DPS 永凝液。



## 4.2 混凝土工作性能

### 4.2.1 结果及分析

表 2 混凝土工作性能及参数检测

配合比	编号	组别	棍度	粘聚性	保水性	1h 坍损 /mm	初凝时间 /min	终凝时间 /min
基准	Ks1-1	基准	上	良好	无	15	350	540
	Ks2-1	外涂						
内掺 0.3%	Ks3-1	内掺	上	良好	无	10	360	560
	Ks3-2	内掺+外涂						
内掺 0.4%	Ks4-1	内掺	上	良好	无	10	360	575
	Ks4-2	内掺+外涂						
内掺 0.5%	Ks5-1	内掺	上	良好	无	5	370	600
	Ks5-2	内掺+外涂						

注 1: 考虑基准组与外涂组混凝土配合比相同, 混凝土性能参数检测仅检测一组。

注 2: 考虑内掺组与内掺+外涂组混凝土配合比相同, 混凝土性能参数检测仅检测一组。

表 2 结果中表明, 内掺 0.3%~0.5% 抗渗剂对混凝土工作性能无影响,

对混凝土 1h 保坍有提升效果，并且可提高混凝土约 6%初凝时间、11%终凝时间。



(a) 基准组配合比坍落度 205mm (b) 内掺 0.5%配合比坍落度 200mm

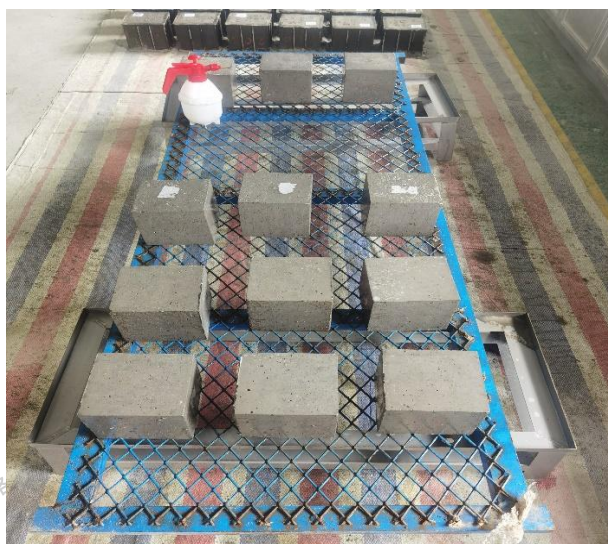
### 4.3 抗压强度试验

#### 4.3.1 成型及养护方式

抗压强度试验用混凝土试件尺寸为 150mm\*150mm\*150mm,试件喷涂及养护如下表 3 所示。

表 3 抗压强度用试件喷涂及养护方式

编号	类别	养护方式
Ks1-1	基准	标准养护至 36d
Ks2-1	外涂	标准养护至 28d、室内静置 1d，喷涂科洛 DPS 永液 (0.25kg/m <sup>2</sup> ) 后室内静置 1d 后再标准养护 6d，共计 36d
Ks3-1、 Ks4-1、 Ks5-1	内掺	标准养护至 36d
Ks3-2、 Ks4-2、 Ks5-2	内掺+外涂	标准养护至 28d、室内静置 1d，喷涂科洛 DPS 永液 (0.25kg/m <sup>2</sup> ) 后室内静置 1d 后再标准养护 6d，共计 36d



(a) 外涂组抗压强度试件喷涂 DPS      (b) 外涂组抗压强度试件喷涂 DPS 完成

### 4.3.2 结果及分析

表 4 混凝土抗压强度试验结果

编号	组别	初始坍落度	36d 抗压强度 /Mpa	抗压强度比%
Ks1-1	基准	220	62.6	/
Ks2-1	外涂	215	64.9	104
Ks3-1	内掺	210	63.8	102
Ks3-2	内掺 0.3%+外涂	215	66.7	107
Ks4-1	内掺	215	65.5	105
Ks4-2	内掺 0.4%+外涂	215	67.6	108
Ks5-1	内掺	210	67.9	109
Ks5-2	内掺 0.5%+外涂	210	69.4	111

表 4 结果表明，对于 C50 混凝土，外涂科洛永凝液 DPS 组较基准组抗压强度比为 104%；内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂组较基准组抗压强度比为 102%~108%；内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂和外涂永凝液 DPS 组

较基准组抗压强度比为 107%~111%。

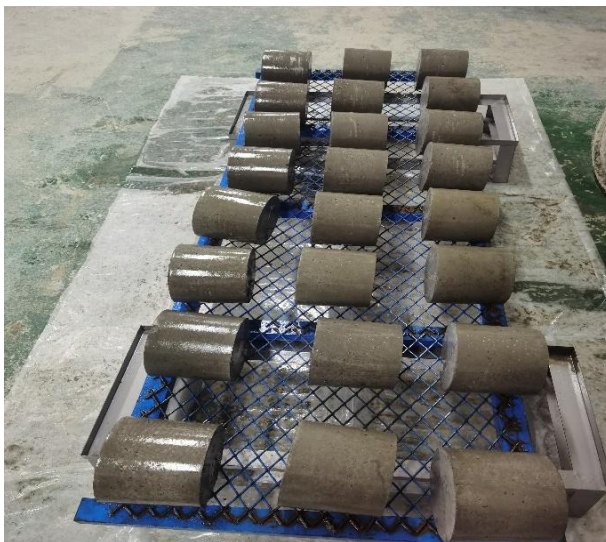
## 4.4 抗水渗透压力试验

### 4.4.1 成型及养护方式

抗水渗透压力试验用混凝土试件尺寸为上表面直径 175mm,下表面直径为 185mm,高度为 150mm 的圆台体,试件喷涂及养护如下表 3 所示。

表 5 抗水渗透压力试验用试件喷涂及养护方式

编号	类别	养护方式
Ks1-1	基准	标准养护至 36d
Ks2-1	外涂	标准养护至 28d,室内静置 1d,喷涂科洛 DPS 永液 (0.25kg/m <sup>2</sup> ) 后室内静置 1d 后再标准养护 6d, 共计 36d
Ks3-1、 Ks4-1、 Ks5-1	内掺	标准养护至 36d
Ks3-2、 Ks4-2、 Ks5-2	内掺+外涂	标准养护至 28d、室内静置 1d,喷涂科洛 DPS 永液 (0.25kg/m <sup>2</sup> ) 后室内静置 1d 后再标准养护 6d, 共计 36d



(a) 外涂组抗水渗透压力试件喷涂 DPS (b) 外涂组抗水渗透压力试件喷涂完成  
4.4.2 结果及分析

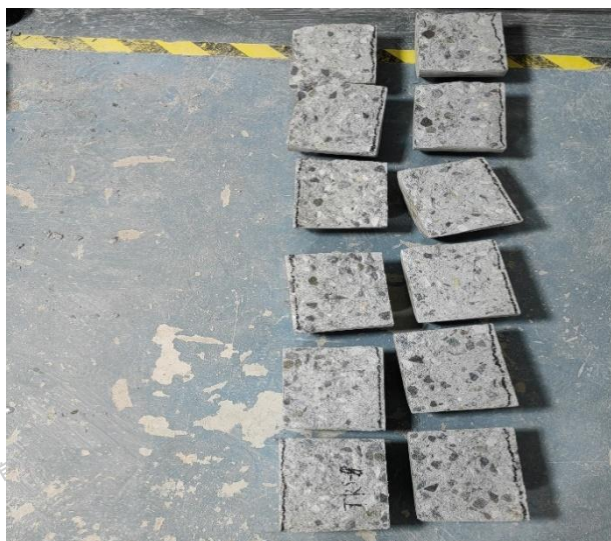
表 6 抗水渗透压力试验结果

编号	组别	初始坍落度/mm	加载水压/Mpa	渗透高度/mm							渗透高度比/%
				试块 1	试块 2	试块 3	试块 4	试块 5	试块 6	均值	
TKS-1	基准	80	1.0	50	55	37	40	43	38	44	/
TKS-2	外涂	80	1.0	19	17	22	30	29	42	27	61
TKS-3	内掺 0.3%	85	1.0	28	36	35	41	26	29	33	75
TKS-4	内掺 0.3%+ 外涂	85	1.0	14	16	31	29	18	27	23	52
TKS-5	内掺 0.4%	80	1.0	28	25	30	30	25	22	27	61
TKS-6	内掺 0.4%+ 外涂	85	1.0	12	12	9	11	15	10	12	27
TKS-7	内掺 0.5%	90	1.0	15	19	17	38	18	11	20	46
TKS-8	内掺 0.5%+ 外涂	90	1.0	6	7	5	10	6	8	7	16

表 6 结果表明,对于 C50 混凝土,外涂科洛永凝液 DPS 组较基准组渗透高度比为 61%;内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂组较基准组渗透高度比为 75%~46%;内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂和外涂永凝液 DPS 组较基准组渗透高度比为 52%~16%。



(a) 基准组试件劈开图



(b) 0.5%内掺+外涂组试件劈开图

## 4.5 抗裂性能试验

### 4.5.1 成型及养护方式

根据《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》T0573-2020 试验方法验证早期抗裂性能，采用尺寸为 600mm×600mm×63mm 的平面薄板型试件，试件喷涂及养护方式如下：

表 7 早期抗裂试验用试件喷涂及养护方式

编号	组别	喷涂及养护
Ks1-1	基准	试件抹平后，立即用塑料薄膜覆盖，2h 后将塑料薄膜取下，立即调节风扇位置和风速，使试件表面中心正上方 100mm 处风速为 $5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$ ，并应使风向平行于试件表面，风吹 1h 后喷洒自来水，喷洒量为 $0.25\text{kg/m}^2$ ，折算每个平板开裂试件的用量为 90g，每隔 7min 喷洒一次，共喷 4 次，每次喷洒 22.5g，喷洒时关闭风扇，在 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 测量读取裂缝
Ks2-1	外涂	试件抹平后，立即用塑料薄膜覆盖，2h 后将塑料薄膜取下，风吹 1h 后喷洒 DPS 永液，喷洒量为 $0.25\text{kg/m}^2$ ，折算每个平板开裂试件的用量为 90g，每隔 7min 喷洒一次，共喷 4 次，每次喷洒 22.5g，风吹方式相同，喷洒时关闭风扇，在 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 测量读取裂缝
Ks3-1、	内掺	试件抹平后，立即用塑料薄膜覆盖，2h 后将塑料薄膜

Ks4-1、 Ks5-1		取下，立即调节风扇位置和风速，使试件表面中心正上方 100mm 处风速为 $5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$ ，并使风向平行于试件表面，风吹 1h 后喷洒自来水，喷洒量为 $0.25\text{kg/m}^2$ ，折算每个平板开裂试件的用量为 90g，每隔 7min 喷洒一次，共喷 4 次，每次喷洒 22.5g，喷洒时关闭风扇，在 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 测量读取裂缝
Ks3-2、 Ks4-2、 Ks5-2	内掺+外涂	试件抹平后，立即用塑料薄膜覆盖，2h 后将塑料薄膜取下，风吹 1h 后喷洒 DPS 永液，喷洒量为 $0.25\text{kg/m}^2$ ，折算每个平板开裂试件的用量为 90g，每隔 7min 喷洒一次，共喷 4 次，每次喷洒 22.5g，风吹方式相同，喷洒时关闭风扇，在 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 测量读取裂缝



(a) 抗裂试件第二遍喷涂

(b) 抗裂试件喷涂完成

#### 4.5.2 结果及分析

表 8 早期抗裂试验结果

编号	组别	单位面积总开裂面积 (mm <sup>2</sup> )	裂缝降低率/%
TKS-1	基准	549.9	/
TKS-2	外涂	0	100
TKS-3	内掺 0.3%	323.5	41
TKS-4	内掺 0.3%+外涂	0	100
TKS-5	内掺 0.4%	187.6	66
TKS-6	内掺 0.4%+外涂	0	100
TKS-7	内掺 0.5%	93.7	83

TKS-8	内掺 0.5%+外涂	0	100
-------	------------	---	-----



(a) 基准组抗裂试件

(b) 内掺 0.5%+外涂组抗裂试件

表 8 结果表明,对于 C50 混凝土,外涂科洛永凝液 DPS 组未见裂缝;内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂组较基准组裂缝降低率为 41%~83%;内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂和外涂永凝液 DPS 组未见裂缝。

## 4.6 混凝土碳化性能

### 4.6.1 成型及养护方式

碳化试验采用 C50 混凝土试件尺寸 100mm\*100mm\*300mm,试件浸泡及养护方式如下表所示

表 9 碳化性能试验用试件喷涂及养护方式

编号	类别	养护方式	测试龄期
Ks1-1	基准	标准养护至 34d	34d
Ks2-1	外涂	标准养护至 26d、室内静置 1d, 喷涂科洛 DPS 永液 (0.5kg/m <sup>2</sup> ) 后室内静置 1d 后再标准养护 6d, 共计 34d	

Ks3-1、 Ks4-1、 Ks5-1	内掺	标准养护至 34d	
Ks3-2、 Ks4-2、 Ks5-2	内掺 +外 涂	标准养护至 26d、室内静置 1d，喷涂科洛 DPS 永 液 (0.5kg/m <sup>2</sup> ) 后室内静置 1d 后再标准养护 6d， 共计 34d	

#### 4.6.2 结果及分析

表 10 碳化性能试件试验结果

编号	组别	初始坍落度 /扩展度 (mm)	34d 碳化深 度/mm	34d 碳化深 度比/%	34d 抗碳化 性/%
Tth-1	基准	200/350	1.25	/	/
Tth-2	外涂		0.25	20	80
Tth-3	内掺 0.3%	205/340	0.75	60	40
Tth-4	内掺 0.3%+外 涂		0.00	0	100
Tth-5	内掺 0.4%	220/320	0.50	40	60
Tth-6	内掺 0.4%+外 涂		0.00	0	100
Tth-7	内掺 0.5%	205/320	0.50	40	60
Tth-8	内掺 0.5%+外 涂		0.00	0	100

根据表 10 中结果表明，对于 C50 混凝土，外涂科洛永凝液 DPS 组较基准组 34d 抗碳化性提高 80%；内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂较基准组 34d 抗碳化性提高 40%~60%；内掺 0.3%~0.5%科洛水性无机纳米抗裂防渗剂和外涂永凝液 DPS 组较基准组 34d 抗碳化性提高 100%。

## 5 室内试验总结

通过 C50 混凝土内掺科洛无机纳米抗裂防渗剂和外涂科洛永凝液 DPS 对混凝土性能影响的系统试验研究，主要试验结果如表 11:

表 11 主要试验结果汇总

组别/项目		基准	外涂	内掺 0.3%	内掺 0.3%+ 外涂	内掺 0.4%	内掺 0.4%+ 外涂	内掺 0.5%	内掺 0.5%+ 外涂
工作性能	和易性	良好	/	良好	/	良好	/	良好	/
	终凝时间 min	540	/	560	/	575	/	600	/
抗压强度	测试值 /Mpa	62.6	64.9	63.8	66.7	65.5	67.6	67.9	69.4
	比值%	/	104	102	107	105	108	109	111
渗透高度 (1.0 水压)	测试值 /mm	44	27	33	23	27	12	20	7
	比值%	/	61	75	52	61	27	46	16
早期开裂	开裂面积 mm <sup>2</sup>	549.9	0	323.5	0	187.6	0	93.7	0
	早期裂缝 降低率	/	100	41	100	66	100	83	100
碳化检测	碳化深度 mm	1.25	0.25	0.75	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
	34d 抗碳化性%	/	80	40	100	60	100	60	100

表 11 中结果表明：

(1) 内掺科洛无机纳米抗裂防渗剂和外涂科洛永凝液对混凝土和易性影响不大，凝结时间有所提高。

(2) 内掺科洛无机纳米抗裂防渗剂和外涂科洛永凝液对混凝土强度影响不大或有所提高。

(3) 内掺科洛无机纳米抗裂防渗剂和外涂科洛永凝液对混凝土抗渗性能有一定提高，内掺 0.3%~0.5% 防渗剂组渗透高度为基准渗透高度 75%~46%。外涂渗透高度为基准渗透高度 61%。内掺 0.3%~0.5% 防渗剂+外涂 DPS 组渗透高度为基准渗透高度 52%~16%。

(4) 内掺科洛无机纳米抗裂防渗剂和外涂科洛永凝液对混凝土早

期抗裂效果有提高，内掺 0.3%~0.5% 防渗剂早期裂缝降低率为 41%~83%。外涂 DPS 及内掺防渗剂+外涂 DPS 组室内试验检测均无裂缝。

(5) 内掺科洛无机纳米抗裂防渗剂和外涂科洛永凝液对抗碳化性能有提高，内掺 0.3%~0.5% 防渗剂 34d 抗碳化为准基准组的 40%~60%；外涂组碳化检测 34d 抗碳化为准基准组的 80%；内掺 0.3%~0.5% 防渗剂+外涂组碳化检测 34d 抗碳化为准基准的 100%。

(6) 综合以上，对 C50 混凝土使用科洛产品试验研究，内掺及外涂产品对混凝土工作性能及强度影响不大或有所提高；参考抗渗、早期开裂及碳化试验结果，内掺+外涂组优于外涂组，外涂组优于内掺组，内掺组优于基准配合比组。

## 6 现场结构物应用情况

### 6.1 桥面 C30 混凝土护栏

#### 6.1.1 施工及养护方式

表 12 混凝土护栏施工及养护

编号	试验组别	施工及养护方式
HL-1	基准	常规混凝土配合比，浇筑完成后土工布覆盖，养护 7 天
HL-2	内掺 0.3%	常规混凝土配合比中内掺 0.3% 抗裂剂，浇筑完成后土工布覆盖，养护 7 天。
HL-3	外涂	常规混凝土配合比，顶面二次收面完成后、侧面拆模后喷涂 DPS 永凝液；表面干燥后土工布覆盖，养护 7 天。
HL-4	内掺 0.3%+外涂	常规混凝土配合比中内掺 0.3% 抗裂剂，顶面二次收面完成后、侧面拆模后喷涂 DPS 永凝液；表面干燥后土工布覆盖，养护 7

		天。
--	--	----

## 5.1.2 混凝土护栏试验结果分析

表 13 混凝土护栏施工试验结果

编号	试验组别	试验结果
HL-1	基准	顶部有纵向裂缝、内侧有纵向裂缝。
HL-2	内掺 0.3%	顶部有纵向裂缝、内侧有纵向裂缝。裂缝减少不明显。
HL-3	外涂	顶部偶有纵向裂缝、内侧基本无裂缝。裂缝明显减少。
HL-4	内掺 0.3%+外涂	顶部偶有纵向裂缝、内侧基本无裂缝。裂缝明显减少。

根据表 13 中结果表明，内掺 0.3%抗渗剂抗裂缝效果不明显，外涂组及内掺 0.3%抗渗+外涂组抗裂缝效果较为显著。

## 6.2 桥面 C50 混凝土铺装

### 6.2.1 施工及养护方式

桥面铺装混凝土施工在基准及科洛产品方案以外，增加外涂养护剂组别进行施工比对。

表 14 桥面铺装混凝土施工及养护

编号	试验组别	施工及养护方式
PZ-1	基准	常规混凝土配合比，浇筑完成后土工布覆盖，养护 7 天
PZ-2	外涂养护剂	常规混凝土配合比，浇筑完成拉毛过后，喷涂养护剂；表面干燥后土工布覆盖，不洒水覆盖养护 7 天。
PZ-3	外涂	常规混凝土配合比，浇筑完成拉毛过后，喷涂 DPS 永凝液；表面干燥后土工布覆盖，养护 7 天。
PZ-4	内掺 0.3%+外涂	常规混凝土配合比中内掺 0.3%抗渗剂，浇筑完成拉毛过后，喷涂 DPS 永凝液；表面干燥后土工布覆盖，养护 7 天。



(a) 外涂组喷涂 DPS 永凝液



(b) 内掺 0.3%+外涂组喷涂 DPS 永凝液

## 6.2.2 桥面铺装混凝土结果分析

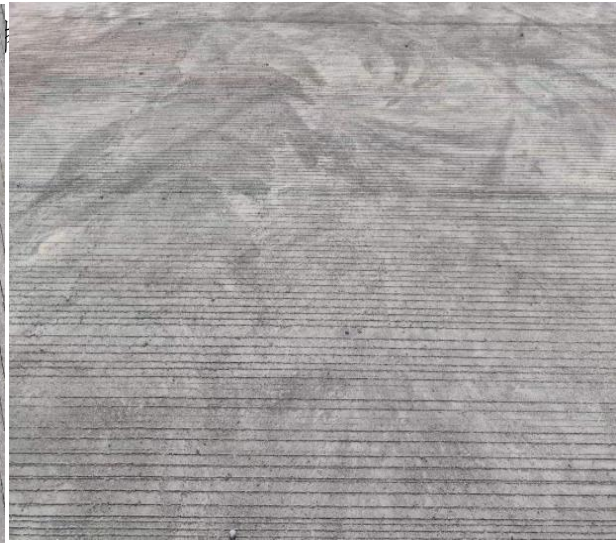
表 15 桥面铺装施工试验结果

编号	试验组别	试验结果
PZ-1	基准	表面局部有网状裂缝
PZ-2	外涂养护剂	局部有轻微裂纹
PZ-3	外涂 DPS	局部有轻微裂纹，基本无裂缝
PZ-4	内掺 0.3%+外涂	表面未发现裂缝

根据表 15 中结果表明，外涂养护剂组及外涂 DPS 组对桥面铺装抗



(a) 内掺 0.3%+外涂组表面无裂缝



(b) 内掺 0.3%+外涂组表面无裂缝