

早高强水泥混凝土在 道路路面工程中的应用

(专题译文集)

(第一辑)

交通部重庆公路科学研究所

技术信息室

一九九三年十月

早高强水泥混凝土在 道路路面工程中的应用

(专题译文集)

(第一辑)

交通部重庆公路科学研究所

技术信息室

一九九三年十月

前 言

为适应公路运输发展对路面的要求,重要途径之一是积极发展水泥混凝土路面。国外水泥混凝土路面的发展很快,在高等级公路路面中所占比重很大。但在修建水泥混凝土路面时,也发现一些不足之处,如使用的摊铺机具费用高,从铺筑到交付使用需时间较长,在市区进行路面养护引起严重的交通阻塞等。为使水泥混凝土路面在修建、翻修、养护和修补时,尽可能缩短交通阻塞或封闭交通的时间,国外研究了掺加塑化剂的早高强水泥混凝土。

为得到早高强混凝土,应正确选用原材料;采用早期强度高的水泥;混凝土最佳配合比;适合的水泥配量;降低水灰比;选用塑化剂种类并正确确定其剂量。

使用早高强混凝土修建路面,不需使用特种压实机具;路面摊铺简便、快速、合理;铺筑路面的早期强度高,1到3天后即可开放交通,从而使交通阻塞降到最低水平;早高强混凝土路面的使用寿命不少于30年。

“早高强水泥混凝土在道路路面工程中的应用”译文集是配合我所道路研究室“八·五”国家攻关项目“快硬早强混凝土在高等级路面工程中应用技术的研究”而立题,共选收10篇文章,可供从事快硬早强水泥混凝土的道路工作者参考。由于时间关系,我们收集的有关资料不很全面,再加上编者水平有限,集子中不可避免地会出现一些缺点和错误,敬请读者批评指教。

参加本译文集编辑工作的有熊有言,谢文忠,王泽明。

编者

1993年10月

目 录

掺塑化剂的早期高强路用混凝土.....	(1)
早期高强路用混凝土.....	(4)
采用捷克和民主德国的专用塑化剂生产早强路用混凝土的性能与配合比比较.....	(11)
高早强混凝土.....	(17)
高强混凝土的生产.....	(19)
掺硅粉的超高强现浇混凝土.....	(23)
高强混凝土试验.....	(32)
高强混凝土中的微裂缝及与时间有关的应变.....	(35)
高强混凝土的收缩和徐变.....	(41)
高强混凝土的断裂韧性.....	(51)

掺塑化剂的早期高强路用混凝土

Kohhout O

随着交通量的不断增长，城市区域内的路面养护会引起严重的交通阻塞。

在维也纳城，目前大约有 $14 \times 10^6 \text{m}^2$ 混凝土路面需要养护。如果根据相应的规范所要求的混凝土龄期维修养护，就会引起严重的交通阻塞。因此，如果将来的混凝土路面翻修也采用混凝土结构，就必须尽快寻找一种缩短交通阻塞时的适用维修养护措施。在路面维修养护中，采用掺有塑化剂的早期高强混凝土对试验具有决定性的作用。

因此应达到：通过不使用特种压实机具施工，使路面摊铺更为简便、快速和合理；通过获得较高的初始强度来缩短至开放交通所需的龄期。

在大规模实际应用之前，进行了深入的初步试验，试验内容包括适用的混凝土组份，塑化剂的种类及剂量。

1 初步试验

初步试验和后来进行的试验获得了如下的基本认识：

——要获得一种既满足有良好内聚力又满足有很好流动性要求的混合料，除了使用合适的塑化剂外，砂的性质及颗粒级配具有决定的意义。

——对于内聚力和避免离析现象很关键的是选用比普通路用混凝土高出约40%的4mm粒料组份。

——要达到相应的流动性，具有决定性的是要使用高出常规路用混凝土20~25%的1mm粒料组份(图1)。

——考虑到尽量用低水灰比和高水泥含量，看来使用粉粒含量少和需用拌和水少的砂较为合适。

维也纳城数十年来在路用混凝土工程中采用的河床砂合乎这种条件。即是在采用塑化剂的情况，同样可保留适用的开级配混凝土拌和料组份(去掉粒径组份4/8)。

——根据对路用混凝土提出的抗消冰盐稳定性要求，特别重视所用添加剂的相容性。因为加气剂和塑化剂或许在其作用方式方面会互相产生影响。

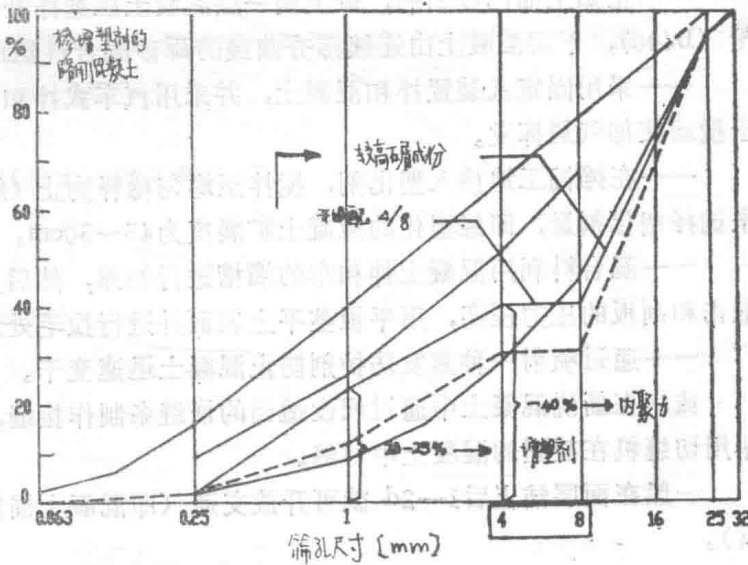


图1 掺有塑化剂的路用混凝土粒径级配

——为达到所期望的较高初始强度，必须适当地确定水灰比(0.40)。

——对开放交通非常重要的抗弯拉强度发展应进行专门硬化检验。受弯小梁是在具有特殊的隔热模板中制作的，以这种方式为试件创造了一种非常接近路面混凝土凝结的条件。受弯小梁的尺寸与路面层相匹配，为20×20×60cm。

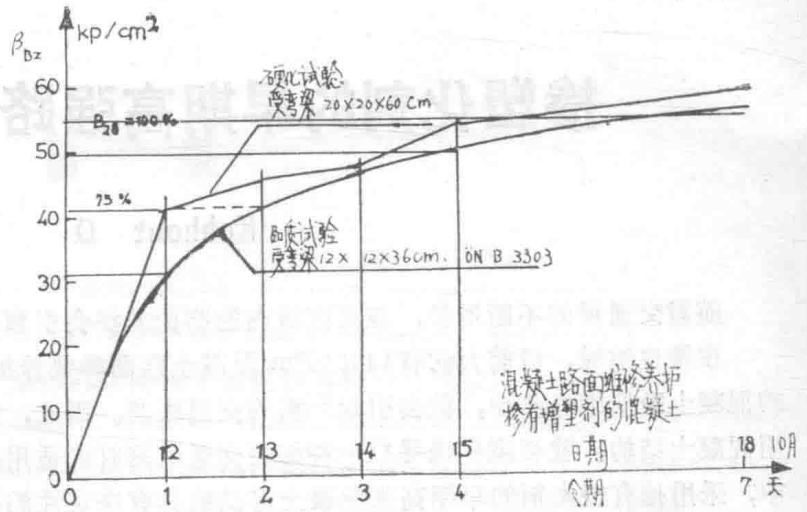


图2 硬化试验结果—抗弯拉强度

硬化试验结果表明 (图

2)，在采用适当的混凝土组份和正常的铺筑条件情况下，一天后达到的强度值超过了所要求的28d龄期抗弯拉强度5.5N/mm²的70%。

在奥地利混凝土路面铺筑技术条件中，有关最早开放交通的时间规定与这个结果相符。

2 实际应用

近两年来，在奥地利越来越广泛地使用掺有塑化剂的路用混凝土。根据试验结果和工地上的实践经验，闯出了一套适用的施工方法，其最主要的特征简述如下：

——一般情况，在使用塑化剂时，采用两层摊铺。这种施工方式不仅证明是经济的，而且从技术上讲也是合理的。如在摊铺最上面一层时，已铺筑好的下层混凝土凝缩流动性已减弱，即使是在较大的纵坡和横坡(约5%)时，摊铺也没有任何困难。

——正如上面已提到的，最上面一层混凝土应选择开级配粒料和石屑含量高的混凝土组份(B400)，下层混凝土由连续筛分曲线的砾砂混合料组成(B350)。

——采用固定式装置拌和混凝土，并采用汽车式拌和机运往工地。必须防止运输期间由于搅动使加气剂挥发。

——在摊铺工地掺入塑化剂，搅拌至均匀稀释为止(约5—8min)。根据初步试验要这样来选择塑化剂量，即经塑化的混凝土扩展度为45~50cm。

——混合料利用混凝土拌和车的溜槽进行初摊，然后人工用路耙均匀摊铺。通过用路耙敲击和刮板的压力压实，用平板整平上表面并进行拉毛处理。

——通过喷射一种蒸发防护剂防止混凝土迅速变干。

或者在新浇混凝土中通过嵌设适当的嵌缝条制作接缝，或者根据凝结过程快的特点，及早用切缝机在凝固的混凝土中切缝。

一般在面层铺上后1—2d就可开放交通(即混凝土铺筑和凝固期间，气候和温度条件正常)。

3 结构方式的应用

在目前的路面维修养护工作中，不仅在维也纳市区，而且在高速公路上也采用掺有塑化剂的路用混凝土。

由于采用这种结构方式取得了成功的经验,在新建混凝土路面中,越来越广泛地应用该结构方式。

这种新结构方式既适用于人工铺筑,又适用于用小型机具进行铺筑。例如在新建高速公路路面施工段中,采用这种方法来铺筑加速车道和减速车道以及路肩。

就大规模的面层铺筑来说,如Semperit公司新建轮胎试验场的试验车道铺筑中(12600m^2),通过采用掺有塑化剂的混凝土,找到了一种技术上可行而又经济的合理方案。

从近两年在奥地利采用掺有塑化剂混凝土新铺筑的一系列路面来看,更为强调对奥地利和意大利之间的Thörl—Maglern过境公路的重车道和停车道改成混凝土路面。这段公路的重交通量大,每天向南行驶的载重汽车超过500辆,现有沥青路面一再出现危及交通安全的压碎破坏。采用掺塑化剂的早强路用混凝土,可快速整治这条路面。

1977年夏,只用一个周末的时间,在重车道上用早强混凝土铺筑了500m长的一段,其余路段是1978年用早高强混凝土整修的。

这个实例表明,由于铺筑方式简便,从而使多年来一直保留沥青路面的联邦公路可采用早强混凝土铺筑,因为在通常的混凝土路面施工中,使用必要的摊铺机具施工和常规的养生期,必然阻塞交通和封闭交通,这种施工方式在多数联邦道路上是不容许的。

在城市道路工程中,在使用频率高的交叉路口壅水区内,沥青路面压陷严重阻碍雨水排出,从而危及交通。通过使用早期高强增塑混凝土,为这类难题提供了一种快速有效的解决办法。

4 结论

在混凝土路面铺筑中使用塑化剂的主要优点在于,由于不需要特种压实机具,手工摊铺混凝土既简便又快速。这种结构方式既不需要修整机、压路机,也不需要特种压实机具,一台汽车式拌和机和数量不多的熟练工人就足够了。

因此,这种混凝土路面可用于因较长的交通封闭期和较高的铺筑费用而不能施工,且其使用特性特别适用的地方。

参考文献1—7(略)。

田建中译自《Beton》, 1979, No3(德文), 田其轩校。

早期高强路用混凝土

Manns W等

在只允许短时间封闭交通的混凝土路面施工时,需要使用早期高强的路用混凝土。这种混凝土必须具有很高的早期强度,以便路面铺上1—3d后就可开放交通,即在凝固试验时根据基层不同,一般必须达到60~70% 28d所必需的强度。

用初始强度高的水泥和适合的添加剂,才能生产出这种早强混凝土。在道路工程中常规压实机具无法施工时,建议使用增塑剂把混凝土的稠度调整到摊铺时普通新浇混凝土的稠度。

本研究指出目前在混凝土技术方面,能生产出具有足够气孔特征值且为道路工程常用稠度的早强路用混凝土的可能性及水泥和添加剂的适用范围。

1 试验计划

为了把混凝土试验规模限制在一定范围,首先采用德国不同品种的水泥进行灰浆试验。各用5种Z45F和Z55号波特兰水泥,参照标准DIN1164改善的普通灰浆,进行了用和不用加气剂试验。

为了对掺有速凝剂和高效增塑剂的灰浆进行试验,根据每一种水泥标号,选用不同早期强度的三种水泥。既试验了甲酸钙、铝酸钠和硫氰酸钠类速凝剂、也试验了蜜胺、木素磺酸酯和奈衍生物类增塑剂对新拌灰浆特性和强度发展过程的影响。

灰浆试验表明,使用速凝剂没有获得实用的结果。因此,放弃了对混凝土掺加速凝剂的试验。

混凝土试验各用一种早期强度特别高的Z45F和Z55号波特兰水泥,制作干硬性和塑性路用混凝土,其骨料为砾石或砾石—小石子混合料,水灰比有所变化。为了限制试验范围,没有制作流态的早期高强混凝土,因为考虑到在增塑剂添加量较高时,塑性会变化为流动性。这种混凝土既可在20℃时拌制和存放,也可在春秋季路面维修时,温度范围在5~10℃时制作和存放。表1为混凝土试验一览表。

按照新浇混凝土的特性,制作了试验龄期为8, 24和48h,其强度达28d的试件。此外,测定了混凝土的磨损和气孔特征值。

2 混凝土试验

2.1 原材料

根据灰浆试验结果,选择早期强度最高的水泥进行混凝土试验。采用供使用的这两种水泥的第二种制作砾石砂混凝土,用第一种制作砾石砂——小石子混凝土。根据德国标准DIN 1164,供使用的两种水泥性能差别很小。

混凝土试验如同灰浆试验一样,采用相同的添加剂。

采用卡尔斯鲁厄地区的河砾石砂作为砾石砂混合料混凝土的填充料,其粒径为0/0.6,

表1 混凝土试验一览表

混凝土代号	水泥标号		增塑剂 ¹⁾				水灰比		填充料		存放温度℃	
	Z45F	Z55	—	M	L	N	0.40	0.36	砂砾	小石子	+20	+5
4—0	×		×				×		×		×	
4—M	×			×			×		×		×	
4—L	×				×		×		×		×	
4—N	×					×	×		×		×	
4—N36	×					×		×	×		×	
4—MS	×			×			×			×	×	
4—MS5	×			×			×			×		×
5—0		×	×				×		×		×	
5—M		×		×			×		×		×	
5—L		×			×		×		×		×	
5—N		×				×	×		×		×	
5—N36		×				×		×	×		×	
5—MS		×		×			×				×	
5—MS5		×		×			×					×

(1) M=蜜胺, L=木素磺酸酯, N=奈衍生物。

0.6/1, 1/2, 2/4, 4/8, 8/16, 16/32mm, 颗粒级配原则为, 混合料符合78年混凝土补充技术规范的要求;

0.25	0.5	1	2	4	8	16	31.5	mm
4.5	11	20	30	38	49	76	98	量重(%)

在制作砾石砂小石子混凝土时, 采用8/16mm和16/32mm冰碛优质小石子代替8/32mm砾石砂。冰碛优质小石子体积密度符合8/32mm砾石砂体积密度(2.64kg/dm³)。砾石砂与0/32mm的砾石砂小石子混合料的粒径级配是相同的。

2.2 制作混凝土

在制作混凝土时, 除按照78年混凝土补充技术规范外, 还要遵照80年补充草案, 对掺有增塑剂的早期高强混凝土, 尤其要按在稠度和含气量方面规定的要求和说明来制作。

对原混凝土掺入增塑剂生产的早期高强混凝土, 其固结度应在1.20和1.40之间, 或扩展度在25和33cm之间。在塑性混凝土中, 掺入增塑剂后, 扩展度必须在41和50cm之间, 或在流态混凝土情况下, 在51和60cm之间。

粉状粒料含量低于450kg/m³时, 含气量日平均至少必须为4.0% (体积); 当粉状粒料含量在450和500kg/m³之间时(最高值), 含气量日平均至少必须为4.5% (体积)。允许上述两项含气量值减少0.5% (体积)。

将含水量调整到与干硬性混凝土的稠度一致, 用波特兰45F水泥拌制的混凝土其含水量为145~149l/m³, 用波特兰55号水泥拌制的混凝土, 其含水量为147~152l/m³。

当水灰比为0.40时, 用波特兰45F水泥制作的混凝土, 需用水泥359~368kg/m³; 用波特兰55号水泥时, 需用水泥374~380kg/m³。当水灰比为0.36时, 将水泥含量提高到415或410kg/m³。

为了对所有试件尽可能采用相同特性的混凝土, 根据预先确定的试件数量, 混凝土用量

大约300l,分三种配合比,每种100l在额定容积150l的圆盘形拌和机中拌制混凝土。液体加气剂随拌和水加入。在掺有增塑剂的混凝土中,已将增塑剂剂量计入拌和水内,也就是说,拌和水用量比总的拌合水用量少了增塑剂量。因此,当增塑剂添加量较高时,出现原混凝土很稠的现象。

混凝土拌和时间为2min,在掺有增塑剂的混凝土中,根据测定的原混凝土的稠度,将预定的增塑剂量,在2min的拌和时间内,掺入原混凝土中拌和。

在低温下制作混凝土,需将原材料放在低温冷冻装置内存放。水、水泥和填充料的温度在1和3℃之间,混凝土温度约为9℃。为达到与样品混凝土相比所必需的稠度,必须增加增塑剂添加量。

测定已拌制好的每种混合料混凝土的温度、稠度(扩展度和固结度)、含气量和体积密度。根据新浇混凝土体积密度和配合比,计算出混凝土组分。新浇混凝土的特性列于表2。

表2 新浇混凝土的组份和特性

混凝土代号	每公斤水泥 添加剂量		温度 ℃	新浇混凝土特性					混 凝 土 组 分		
	加气剂	增塑剂		固 结 度		扩展度	含气量	体积密度	水 泥	水 ⁽¹⁾	填充料
	cm ³	cm ³		无增 塑剂	有增 塑剂	cm	% (体积)	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
4—0	1.5	—	20.5	1.26	—	—	5.1	2315	368	147	1800
4—M	0.4	20	22	1.38	1.02	50	5.9	2312	367	147	1798
4—L	0.4	20	23.5	1.35	1.04	48	6.0	2385	363	145	1777
4—N	0.4	10	22	1.28	1.03	49	5.9	2300	365	146	1789
4—N36	0.8	10	22.5	1.40	1.05	47	5.7	2316	415	149	1752
4—MS	0.35	20	23.5	1.38	1.03	50	6.6	2293	364	146	1783
4—MS5	0.3	25	9	1.33	1.04	46	7.6	2263	359	144	1760
5—0	1.5	—	22.5	1.31	—	—	4.6	2318	380	152	1786
5—M	0.4	21	22	1.42	1.02	46	5.9	2288	375	150	1763
5—L	0.4	22	21	1.40	1.04	45	5.9	2280	374	150	1756
5—N	0.45	10	22	1.38	1.02	46	6.0	2285	375	150	1760
5—N36	0.8	12.5	22.5	1.48	1.04	47	5.9	2286	410	147	1729
5—MS	0.45	20	23.5	1.44	1.04	47	5.6	2305	378	151	1776
5—MS5	0.5	30	9	1.55	1.08	42	5.1	2308	378	151	1779

(1)包括增塑剂在内。

2.3 试件的制作、存放和试验

对每一种混凝土方案,为试验8、24和48h以及28d后的抗压和抗弯拉强度,用三种配合比的每一种混凝土,制作了边长为20cm的立方体试件和70×10×15cm的小梁以及测定气孔特征值的另一个边长20cm的立方体试件。在制作试件的20min时间内,肉眼观察混凝土的稠度显然是相同的。将试件放在振动台上,在合乎当时稠度的振动持续时间情况下压缩成型,紧接着刨光表面,放入20℃的恒温室存放,或放入5℃空调室内盖上湿布存放。

8h龄期后,对每一种配合比的立方体试件和小梁脱模。试验试件的体积密度,抗压强度和抗弯拉强度。在48h龄期或7d龄期内作试验,都要对试件进行湿润养护,然后放在20~65℃正常气温下存放。

将龄期24h和28d试件弯拉试验时剩余的部分试件,锯成长7.1cm和厚2.5cm的试件,在龄

期48h和29d进行磨耗试验。磨耗试验时，在上表面施加荷载。

按照1974年颁布的混凝土添加剂有效性试验标准，借助测定气孔特征值而制作的具有最高和最低含气量的新浇混凝土立方体试件13×4×6cm，用显微镜观察气孔数量。

凝固的混凝土试验结果平均值列于表3。各种混凝土抗压强度的发展示于图1和图2。

表3 凝固混凝土的抗压强度、磨耗和气孔特征值

混凝土代号	凝 固 的 混 凝 土 特 性							
	平均抗压强度			平 均 磨 耗		平均气孔特征值		
	龄期 (h) 或 (d)					含 气 量		间距系数
	8h N/mm ²	24h N/mm ²	28d N/mm ²	2d cm ³ /50cm ²	29d cm ³ /50cm ²	总体积 %	φ至0.3mm 体积%	mm
4—0	6	31	49	9.6	6.7	4.5	2.4	0.14
4—M	11	41	57	9.8	6.5	4.0	1.4	0.20
4—L	(1)	33	56	10.7	7.3	5.1	2.2	0.18
4—N	12	40	58	8.6	7.2	5.9	2.3	0.16
4—N36	13	41	55	10.5	7.1	4.9	2.1	0.17
4—MS	11	36	57	(2)	9.0	7.0	3.1	0.12
4—MS5	1	18	56	9.4	6.1	5.4	2.1	0.17
5—0	17	39	57	9.3	6.1	3.9	2.1	0.13
5—M	22	49	68	8.8	6.8	7.8	2.9	0.14
5—L	(1)	42	69	8.7	7.2	3.9	2.1	0.13
5—N	18	46	63	9.8	7.8	4.8	1.9	0.16
5—N36	26	53	67	8.4	6.7	4.5	1.5	0.24
5—MS	24	47	67	(2)	8.4	4.5	2.5	0.15
5—MS5	2	37	75	8.6	6.8	2.7	1.5	0.21

注：(1)没有完全凝固，无法试验。

(2)未获得值。

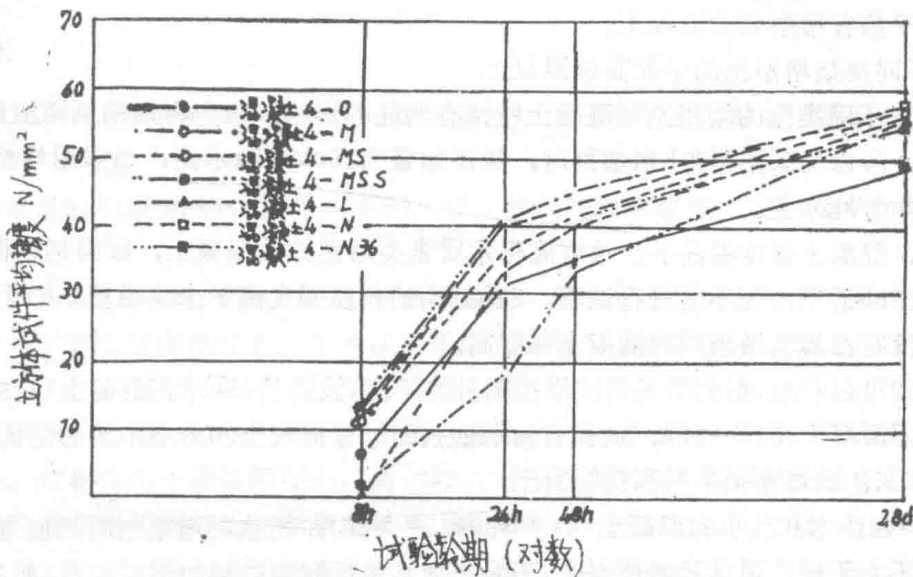


图1 用波特兰45F水泥制作的加气混凝土抗压强度发展

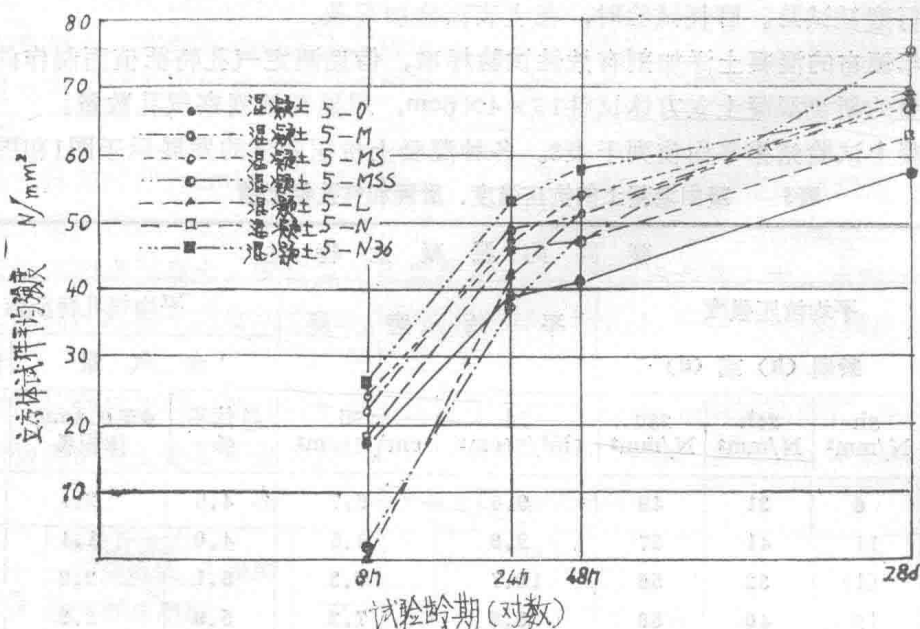


图2 用波特兰55号水泥制作的加气混凝土抗压强度发展

3 混凝土试验评价

3.1 抗压与抗弯拉强度

3.1.1 没有增塑剂的早期高强混凝土

既可采用波特兰45F水泥(混凝土4—0),也可用波特兰55号水泥(混凝土5—0)生产水灰比0.4、没有增塑剂的干硬性混凝土和具有足够气孔特征值的早强混凝土。在标准存放温度时,24h龄期内的抗压强度为 31N/mm^2 (混凝土4—0)和 39N/mm^2 (混凝土5—0),该强度值超过78年混凝土补充技术规范中对龄期为2d的早期高强混凝土在适用性试验时要求的最低强度 31N/mm^2 。在48h龄期,就达到了28d龄期所要求的最低抗弯拉强度 5.5N/mm^2 。波特兰45F水泥混凝土在48h龄期达到的抗压强度,被波特兰55号水泥混凝土24h龄期达到的强度所超过。这也合乎掺有增塑剂的混凝土。

3.1.2 掺有不同类型增塑剂的早期高强混凝土

试验表明,不同类型的增塑剂对混凝土特性有明显的影响。因为将增塑剂添加量已计入总的含水量中,所以当采用M和L增塑剂时,其添加量为 $20\text{cm}^3/\text{kg}$ 水泥;当采用增塑剂N时,其添加量为 $10\text{cm}^3/\text{kg}$ 水泥。

一般来说,混凝土强度提高了。掺有硫化木质素类增塑剂的混凝土,凝固延迟很明显,以致于混凝土在8h龄期内还不能进行试验。24h龄期的抗压强度高于未掺增塑剂的干硬性混凝土。但还是没有掺其它增塑剂的混凝土强度高。

从图1和图2可以看出,根据所采用的增塑剂种类不同,波特兰45F水泥混凝土在15~23h,波特兰55号水泥混凝土在10—18h,就具有掺增塑剂的早强混凝土2d龄期中所必需的强度。

3.1.3 减小水灰比的增塑剂早期高强混凝土

用增塑剂N制作水灰比小的混凝土(4—N36和5—N36),用这种增塑剂的添加量较小,因为原混凝土不太干硬。用这种增塑剂时,不是在含水量低时通过增加增塑剂量,而是通过增加水泥含量来达到减小水灰比,否则原混凝土将变得太干硬。为避免混凝土太干硬,给原混

凝土掺加稀释剂，然后增加增塑剂剂量，即通过减小含水量，而不是通过提高水泥含量来达到降低水灰比。

为达到足够的含气量，加气剂剂量必须提高约一倍 ($0.8\text{cm}^3/\text{kg}$ 水泥)。

采用这种措施表明，将波特兰55号水泥混凝土的水灰比从0.40减小到0.36，使抗压强度明显提高。这样制作的混凝土，在不到12h的龄期内就达到开放交通所必需的抗压强度。因此，在一般机场维修中，只需一夜的封闭交通，施工即可完成。

3.1.4 砾石砂和小石子组成的掺增塑剂的早期高强混凝土

由砾石砂和小石子组成的混凝土 (4—MS和5—MS) 只能与相应的砾石砂混凝土相比，因为这种混凝土是采用后来提供的水泥生产的。基于这个事实，可以作出结论，砾石砂和小石子混凝土与砾砂混凝土没有明显的区别，只是当小石子添加量较多时，抗弯拉强度略有提高。

3.1.5 低温时掺增塑剂的早期高强混凝土

制作温度和存放温度较低的混凝土 (4—MS5和5—MS5)，强度增长比较缓慢。在正常温度下，24h龄期具有的强度，在低温时48h才能达到 (表3)。

3.2 磨耗

根据标准D1N52108测定的新浇混凝土表面强度特征值的磨耗，波特兰45F水泥混凝土在龄期2d时为 $8.6\sim 10.7\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ ，波特兰55号水泥混凝土为 $8.4\sim 9.8\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ 。在混凝土表面的磨耗最高值不会超过因行车荷载磨耗损坏的范围 (表3)。

3.3 气孔特征值

采用压力均衡法测定波特兰45号水泥制作的新浇混凝土含气量在5.1和7.6% (体积) 之间，波特兰55号水泥混凝土在4.6~6.0% (体积) 之间。测试值高于所需值4.0—4.5% (体积) (表2)。

借助显微镜对凝固混凝土气孔观察表明，除混凝土4—MS和5M外，含气量低于压力均衡法对新鲜混凝土的测试结果。

在几种混凝土中，发现局部含气量低和气孔间距大的现象很少，因而通过改变加气剂添加量完全有把握达到要求值。

4 结论

根据Otto—Graf研究所对市场上一般水泥和添加剂制作的早期高强混凝土进行的试验，可以作出如下结论：

采用常用的Z45F和Z55F标号的水泥，掺入加气剂和增塑剂，可有目的地生产出早期高强路用混凝土。

无论采用砾石砂或砾石砂—小石子作填充料，对混凝土的强度和气孔形成影响不大。

不管是干硬性新浇混凝土，还是使用添加剂改善和易性的新浇混凝土，都能在已凝固的树脂皂类加气剂混凝土中满足一般要求的气孔系。

对干硬性早期高强路用混凝土，在没有稀释添加剂情况下所推荐的固结度1.3~1.4是可以调整的。对相应的干硬性混凝土，通过掺入市场上不同原料制作的增塑剂，可生产出和易性好的早期高强路用混凝土。如果在工地上制作流动性混凝土，由于将增塑剂已计入含水量中，所以掺入少量增塑剂是特别有利的。作为预拌混凝土稠度太大时，因运输时间较长可能会使和易性变差，如同原混凝土掺入稀释剂一样，通过掺入少量增塑剂可避免和易性变差。

密胺和萘衍生物类增塑剂除了在有利的情况下起稀释作用外,还可提高1—3d龄期的早期强度和28d龄期的强度。比起密胺和萘衍生物类增塑剂,木素磺酸脂类增塑剂起着一种缓凝作用,根据水泥品种不同,这种缓凝作用会影响到1—3d龄期。

在正常的增塑剂添加量情况下,使用木素磺酸脂类增塑剂一般会产生缓凝作用,有时会出现缓凝作用减小到低于1h,因此常常需考虑增加增塑剂剂量。

在生产和易性好的早期高强路用混凝土时,如不加大附加掺合料量来消除凝固延迟和凝固时的不均匀性,使用木素磺酸酯类增塑剂看来不特别合适。

甲酸钙、铝酸钠和硫氰酸钠类速凝剂,一般会明显降低和易性。这类速凝剂首先是在其强度范围内加速初始几小时的凝固。它对早期高强混凝土一般不太有用。在灰浆试验中进行的观察,应该说多数情况是符合混凝土情况的。因此,用作试验的速凝剂不一定特别适用于早期高强路用混凝土。

由于水泥和添加剂的特性对早期高强混凝土的特性影响较大,以及在生产技术方面不可避免地出现原材料特性的分散性,因此最好是将几种供使用的水泥和添加剂作适用性试验。

就早期高强路用混凝土的适用性试验只考虑增塑剂和加气剂,在有效性试验范围内,应对0.20mm的气孔间距符合情况进行检验。

对I—Ⅲ类建筑级,在早期高强混凝土适用性试验时,2d龄期须达到的最低强度 31N/mm^2 ,28d龄期所要求的最低强度 44N/mm^2 是肯定能达到的。按所用的材料,使用PZ45F水泥和PZ55号水泥拌制的混凝土,分别在24h和12h后达到所要求的早期强度。在拌制温度为 10°C 和存放温度为 5°C 时,所要求的早期强度大约要比在正常存放温度下晚24h才能达到。

根据材料和环境条件不同,就波特兰45F水泥混凝土来说,1—3d后就可达到开放交通所必需的60~70% 28d强度。对波特兰55号水泥混凝土来说,12h—2d后就可达到开放交通所需要的60~70%的28d强度。

采用预拌混凝土时,就加工技术来说,波特兰45F早期高强混凝土可以提供优越性,而在较短的封闭交通时间内,如须在一夜之间进行修补时,适宜采用波特兰55号水泥制成的早期高强混凝土。

田建中译自《Beton》,1982, №1 (德文), 技术校对 熊有言

采用捷克和民主德国的专用塑化剂生产 早强路用混凝土的性能与配合比比较

Petra WENZEL

近年来,基于原材料状况,在路面铺筑中,大量采用水泥混凝土结构方式。

为克服这种结构方式的一些缺点(如用摊铺机具铺筑费用高以及从铺筑到交付使用一般需要较长的时间),不得不开发新的先进工艺。采用塑化剂生产路用混凝土和早强路用混凝土就是一种方案。

路用混凝土和早强路用混凝土不仅可用于新建道路,而且可用于各种道路改建。正如大量有关文献所指出的那样,这两种混凝土具有一系列优点。主要优点是,采用早强路用混凝土来改建和维修道路交叉口、停车场、交通量大和狭窄的路面具有特别突出的优点。在这些路段改建维修时,混凝土达到较高的早期强度,具有重要的经济意义。

在道路施工条件下,为了达到较高的早期强度,应考虑下述措施:选择最佳的原材料和混凝土组配;采用早期强度高的水泥;适合的水泥配量;降低水灰比;使用速凝剂。

根据对路用混凝土和早强路用混凝土的有关文献分析评价结果,制定了相应的试验计划,并在斯洛伐克布拉迪斯拉发工科大学道路工程研究所进行了试验。

1 目的与试验范围

根据文献中对早强路用混凝土组份和特性的不同说明,本项试验工作的目的是,在采用捷克斯洛伐克路用材料以及相应规范情况下,探索生产早强路用混凝土的可行性,并适应民主德国的需要。这就特别意味着,要确定满足新浇混凝土和早强路用混凝土各种要求的最佳混凝土组份。

试验大纲中对下列因素给新浇混凝土和已凝固混凝土各种特性的影响进行了试验:

- 水泥品种;
- 水泥含量;
- 水灰比;
- 集料混合料组份;
- 混凝土添加剂(塑化剂及加气剂)。

试验以下列条件为基础:

- 混凝土原材料
- 水泥:路用水泥 SC70,
- 波特兰水泥 PC400。

水泥的主要特征值列于表1。

水灰比: 0.40—0.35。

骨料

混合料 I

0/1砂18%

1/4砾石砂25%

4/8砾石10%

8/16砾石12%

16/32砾石35%

混合料 II

0/1砂20%

1/4砾石砂20%

4/8砾石10%

8/16石屑15%

16/32石屑35%

粒料级配满足捷克标准736171的要求（大体上满足民德标准TGL 16237筛分曲线），该标准对骨料中使用一定比例的轧制石料没有作规定。

表1 水泥特征值

水泥品种	白莱因氏 磨细度	密 度	初凝时间	凝固延续 时 间	抗弯拉强度 (N/mm ²)			抗压强度 (N/mm ²)			C ₃ A 含量 (%)
	(cm ² /g)	(g/cm ³)	(h—min)	(h/min)	3天	7天	28天后	3天	7天	28天后	
SC70	3040	3.08	1—50	3—20	4.90	6.13	8.47	26.3	35.1	46.0	8.91
PC400	3451	3.12	2—50	4—00	6.63	7.60	9.13	31.3	39.2	54.1	9.5

塑化剂：Viskoment A Umaform SF(捷克产品)按照所要求的稠度确定剂量。

加气剂：Vusal(捷克产品)，剂量调整到约5%气孔率。

——混凝土组份

在多次初步试验中，借助5种试验系列测定各种因素对混凝土特征值的影响。混凝土组份见表2。

表2 系 列 试 验 混 凝 土 组 份

混合料名称	水泥含量 (kg/m ³)		添 加 剂 (占水泥含量%)			填 料 含 量 (kg/m ³)		
	SC70	PC400	加气剂	Viskoment A	Umaform SF	W/C	混合料 I	混合料 II
A—1	420		0.10	1.6		0.38	1724	
A—2	450		0.10	1.6		0.38	1674	
A—3	450		0.11	2.0		0.35	1705	
B—1	420		0.25		1.2	0.38	1724	
B—2	450		0.25		1.4	0.35	1705	
C—1		420	0.03	1.0		0.38	1724	
C—2		450	0.03	1.1		0.35	1705	
C—3		420	0.05	1.4		0.35	1759	
D—1		420	0.14		0.95	0.38	1724	
D—2		450	0.13		1.0	0.35	1705	
D—3		420	0.16		1.4	0.35	1759	
E—1	420		0.10	2.0		0.40		1687
E—2	450		0.11	1.8		0.38		1655

——制备与存放

混凝土在自落式拌和机中拌和，通过振动压实，根据混凝土稠度，振动时间为 5~10S。1d龄期后将试件拆模存放在20℃水中直到试验。

——测定混凝土特征值

添加塑化剂前后的扩展度；

新浇混凝土的气孔含量；

体积密度；

1、2、3和28d后的抗弯拉、拉裂和抗压强度；

1、2、3和28d后的弯拉弹性模量；

直至2个月龄期后的收缩度；

抗融冻消冰盐能力(在3%氯化钠溶液中，-20℃/+20℃条件下冻融循环50次)；

试件在+10℃或-8℃下存放1—5d后的抗弯拉和抗压强度。

2 结果与评价

2.1 新浇混凝土特性

所采用的两种塑化剂都适用于生产扩展度超过500mm的路用混凝土。这两种塑化剂特别适合于扩展度超过300mm而低于400mm的原混凝土。对扩展度为250~270mm的原混凝土，相应地增加塑化剂剂量，也可生产出合乎质量要求的路用混凝土。

Viskoment A和Umaform SF塑化剂的剂量与下述因素有关：

a) 水泥含量

塑化剂的塑化作用随新拌混凝土水泥含量增加而增长。从图1可以看出，在接近混凝土原稠度时，在塑化剂剂量Viskoment A数量不变时，水泥含量增加与塑化作用之间呈一直线关系。该结论也适用于Umaform SF塑化剂。

b) 水泥种类

为达到相同的增塑稠度，由较细的PC 400号波特兰水泥（白莱因氏细度比表面积为3450cm²/g）制成的混凝土，比较粗路用水泥（比表面积为3040cm²/g）

（见表2）制成的混凝土少用约30%塑化剂。这是因为使用比表面积大的水泥，即使使在相同的混凝土组份时，达到较大的原扩展度，同时塑化剂的塑化作用也增强。

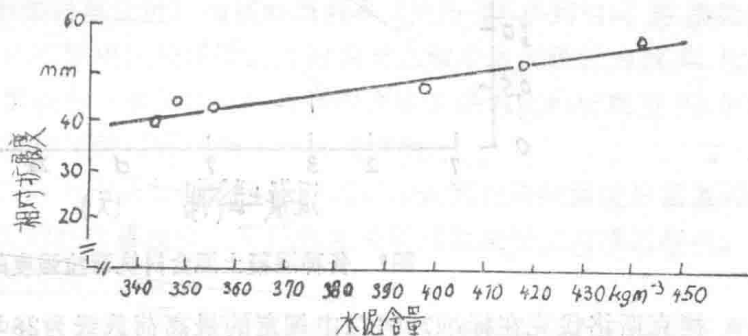


图1 原混合料掺入1.5%Viskoment A塑化剂后，混凝土中水泥含量与扩展度增大间的相关关系

c) 原始稠度

塑化剂的塑化作用随着原始扩展度的下降而减小。与扩展度300mm和400mm间的原混凝土相比，用扩展度为270mm的原混凝土制作路用混凝土时，只有增加塑化剂剂量30~50%才有可能，但材料费用明显增加。

d) 塑化剂种类