

CECS G

中国工程建设标准化协会 (CECS) 标准

CECS G XX-XXXX

公路路侧水泥混凝土 构造物滑模施工技术规范

Technical Regulation for Construction
of Highway Cement Concrete Structures

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国工程建设标准化协会公路分会发布

中国工程建设标准化协会（CECS）标准

公路路侧水泥混凝土构造物滑模施工技术
规程

Technical Regulation for Construction of Highway Roadside

Cement Concrete Structures

CECS G XX-XXXX

（征求意见稿）

主编单位：交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会公路分会

实施日期：

出版社：

前 言

根据中国工程建设标准化协会公路分会“中建标公路[2017]37号”文《关于开展2017年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》的任务要求，由交通运输部公路科学研究院等单位承担《公路路侧水泥混凝土构造物滑模施工技术规范》（以下简称本规程）的制定工作。

本规程包括5章和1则附录，即第1章总则、第2章术语、第3章滑模施工准备、第4章滑模施工、第5章滑模施工质量标准；附录A水泥混凝土拌合物振动出浆量试验方法。

本规程由中国工程建设标准协会公路分会提出并归口。

主编单位：交通运输部公路科学研究院

参编单位：哈尔滨工业大学

西藏自治区交通勘察设计研究院

云南省交通规划设计研究院

吉林省交通规划设计院

天津市公路工程总公司

广西交通投资集团广西邕洲高速公路有限公司

维特根(中国)机械有限公司

广东冠粤路桥有限公司

海南中交恒乐公路工程有限公司

广州路诚建设有限公司

主 编：权磊

主要参编人员：侯荣国、田波、李立辉、何哲、李思李、谢晋德、柯国炬、李新凯、王东升、易军艳、张锋、次仁拉姆、舒天平、洛桑慈成、陈亮亮、焦明伟、崔洪川、赵含、裴忠实、赵文志、王存海、崔立超、袁野真、虞勇智、沈炬、朱江、李自坤、王智民、张昌波、朱赞

主 审：杨东来

参与审查人员：梁军林、黄世武、尹峰、吴万平、王彦莹、朱新实、徐建东

参 加 人 员：

征求意见稿

目 次

前言.....	I
1 总则.....	- 1 -
2 术语.....	- 2 -
3 滑模施工准备.....	- 3 -
4 滑模施工.....	- 21 -
5 滑模施工质量标准.....	- 28 -
附录 A 水泥混凝土拌合物振动出浆量试验方法	- 33 -

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为规范公路路侧水泥混凝土构造物滑模施工过程，保证路侧水泥混凝土构造物的施工质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建或改建公路采用滑模摊铺机械施工的路侧水泥混凝土构造物（路肩、护栏、路缘石、边沟、排水沟、挡土墙等）工程。

1.0.3 本规程规定了路侧水泥混凝土构造物（路肩、护栏、路缘石、边沟、排水沟、挡土墙等）滑模施工配合比设计、滑模施工、质量检验与要求。

1.0.4 公路路侧水泥混凝土构造物的滑模施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家颁布的现行有关标准、规范、规程的规定。

征求意见稿

2 术语

2.0.1 低坍落度水泥混凝土 low-slump concrete

满足滑模机械摊铺工艺要求的较低塑性水泥混凝土材料，一般坍落度小于50mm。

2.0.2 水泥混凝土构造物滑模施工 slipform construction of cement concrete pavement

一种采用滑模摊铺机摊铺水泥混凝土构造物的施工工艺方式。其特征是不架设固定模板，将输料、高频振捣棒组、振动排气仓、挤压成形滑动模板等机构安装在一台可自动行走的机械上，通过基准线或自动引导装置控制，能够一次性摊铺出密实度高、几何形状准确、表面光洁的水泥混凝土构造物。

2.0.3 工作性 workability

混凝土拌和物在浇筑、振捣、挤压成形、抹平等一系列操作过程中，易于流动、塑形、抹面、达到稳定和密实的程度。它是拌和物流动性、可塑性、稳定性和易密性的综合体现。

2.0.4 水泥混凝土可滑性 slipforming property of concrete

在滑模摊铺机各工作机构参数设定正确时，滑动摊铺出的混凝土构造物表面平滑、尺寸稳定，不粗涩、不麻面、不拉裂，混凝土拌和物适宜滑模摊铺的性能。

3 滑模施工准备

3.1 原材料要求

3.2.1 一般规定

1 公路路侧水泥混凝土构造物所用的原材料运至现场后必须取样进行质量检验，经评定合格方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

2 公路路侧水泥混凝土构造物所用的粗、细集料宜尽可能就地取材，通过配合比优化使混凝土性能满足设计和滑模施工要求。

3.2.1 水泥

1 应选用品质稳定的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；在有充分证明条件时也可选用其他水泥。水泥的技术要求应满足现行《道路硅酸盐水泥》（GB 13693）、《通用硅酸盐水泥》（GB 175）或《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥》（GB / T 200）相关规定。

2 不同强度等级、品种的水泥不宜混合存放、使用。水泥进场应提供出厂检验报告等质量证明文件，并应进行检验。检验项目及检验批量应符合 GB 50614 的规定。

3.2.2 掺合料

掺合料主要为粉煤灰、磨细矿渣、硅灰等。使用时应保证其产品品质稳定，来料均匀。

1 粉煤灰、磨细矿渣、硅灰的质量指标及适用范围见《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.2.2 与表 3.2.3。

2 掺合料在运输与存贮中，应有明显标志，严禁与水泥等其它材料混淆。

3 施工需要掺用掺合料（粉煤灰、磨细矿渣、硅灰等），使用前应通过试配检验，确定其掺量。掺用掺合料的混凝土应符合设计、有关的施工要求，并符合国家现行有关标准的规定。

4 严禁使用已结硬、结团的或失效的掺合料用于混凝土工程中。

5 应采取有效措施防止由于在混凝土中掺入掺合料而产生的不利影响（如：

掺入硅粉后应加强降温和保湿养生，避免混凝土的温缩、干缩和自缩裂缝产生）。

3.2.3 粗集料

1 应采用质地坚实、均匀洁净、级配合理、粒形良好、吸水率小的碎石，也可采用碎卵石，低标号混凝土还可采用卵石。粗集料的技术指标应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.3.1 的要求。强度等级为 C30 以上及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土应采用不低于 II 级要求的集料，强度等级为 C30 及以下的混凝土可采用满足 III 级要求的集料。

氯盐锈蚀环境严重作用下的混凝土，不宜采用抗渗性较差的岩质（如花岗岩、砂岩等）作粗集料。

2 强度等级 C30 及以下的混凝土可使用再生粗集料，其质量应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.3.2 的规定。再生粗集料可单独或掺配新集料后使用，但应通过配合比试验验证，确定混凝土性能满足设计要求。

有抗冻、抗盐冻要求时，再生粗集料不应低于 II 级。无抗（盐）冻要求时，可使用 III 级再生粗集料。

3 粗集料应采用二级或多级配。粗集料的颗粒级配，宜采用连续级配或连续级配与单粒级配合使用。在特殊情况下，通过试验证明混凝土无离析现象时，也可采用单粒级。粗集料的级配范围应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.3.3 的要求。

4 粗集料最大粒径应按混凝土结构情况及施工方法选取，但最大粒径不得超过结构最小边尺寸的 1/4 和钢筋最小净距的 3/4；在两层或多层密布钢筋结构中，不得超过钢筋最小净距的 1/2，同时最大粒径不得超过 100mm；混凝土实芯板的骨料最大粒径不宜超过板厚的 1/3 且不得超过 40mm。

氯盐锈蚀环境严重作用下的混凝土，粗集料粒径不宜超过 2.5mm（大体积混凝土除外），且不得超过保护层厚度的 2/3。

5 混凝土结构物处于表 3.4 所列条件下时，应对碎石或卵石进行坚固性试验，试验结果应符合表内的规定。

表 3.2.3 碎石或卵石的坚固性试验

混凝土所处环境条件	在溶液中循环	试验后质量损失不宜大
-----------	--------	------------

	次数	于(%)
寒冷地区，经常处于干湿交替状态	5	5
严寒地区，经常处于干湿交替状态	5	3
混凝土处于干燥条件，但粗集料风化或软弱颗粒过多时	5	12
混凝土处于干燥条件，但有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求高或强度大于 C40	5	5

注：1.有抗冻、抗渗要求的混凝土用硫酸钠法进行坚固性试验不合格时，可再进行直接冻融试验。

2.处在冻融循环下的重要工程混凝土应进行坚固性和抗冻融试验。坚固性试验结果失重率应小于 10%。

6 施工前宜对所用的碎石或卵石进行碱活性检验，在条件许可时尽量避免采用有碱活性反应的骨料，或采取必要的措施。具体试验方法可参照现行《公路工程集料试验规程》（JTG E42-2005）进行。

3.2.4 细集料

1 细集料应使用质地坚硬、耐久、洁净的天然砂或机制砂，不宜使用再生细集料。不得不采用再生细集料时，应通过试验验证，确定混凝土性能满足设计要求。

条文说明

再生细集料的吸水率较高，水灰比难于控制，拌合物的坍落度损失大而快，因此规定不宜使用。

2 天然砂的质量指标应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.4.2 的要求。天然砂的级配范围宜符合表 3.4.3 的规定。滑模摊铺路侧混凝土构造物宜使用中细砂。

机制砂的质量指标应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.4.4 的要求。机制砂的级配范围宜符合表 3.4.5 的规定。

强度等级为 C30 以上及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土应采用不低于 II 级要求的细集料，强度等级为 C30 及以下的混凝土可采用满足 III 级要求的细集料。

条文说明

公路路侧构造物对细集料磨光值可不作要求。

3 公路路侧构造物配有钢筋时所用细集料不宜采用海砂，不得不采用海砂时，应具备有可靠的冲洗条件，冲洗后的细集料，其氯离子含量等技术指标必须符合表 3.4.2 和表 3.4.4 的规定。

公路路侧构造物无钢筋时可采用海砂，海砂混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量不应超过 0.3%（水泥用量的质量百分比），海砂混凝土工作性能、力学性能、耐久性能应满足设计要求。

3.2.5 水

混凝土搅拌与养生用水应满足《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）3.5 条要求。

3.2.6 外加剂

1 外加剂的产品质量应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.6.1 的各项技术要求。施工单位在外加剂采购进场前，应有国家或省级外加剂检测机构认定的一等品质检报告。

2 滑模摊铺路侧混凝土构造物中应使用引气剂，其它外加剂品种视现场气温、运距和混凝土拌和物振动粘度系数、坍落度及其损失、可滑性、强度、耐久性等需要选用。

3 引气剂应选用表面张力降低值大、水泥稀浆中气泡容量多而细密、泡沫稳定时间长、不溶残渣少的产品。

3.2.7 钢筋

1 路侧混凝土构造物中的钢筋必须符合现行《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB13013）、《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1499）、《冷轧带肋钢筋》（GB13788）、《低碳钢热轧圆盘条》（GB/T701）的规定。

2 钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收，分别堆存，不得混杂，且应设立识别标志。钢筋在运输过程中，应避免锈蚀和污染。钢筋宜堆置在仓库（棚）内，露天堆置时，应垫高并加遮盖。

钢筋表面上的油渍、漆污和锤击能剥落的浮皮、铁锈应清除干净。带有颗粒状或状的老锈的钢筋不得使用。钢筋除锈通常可通过在冷拉或调直过程中除锈，

少量的除锈可采用电动除锈机或喷砂，局部除锈可采用人工用钢丝刷或砂轮等方法进行，亦可将钢筋通过砂箱往返搓动除锈。如除锈后钢筋表面有严重的麻坑、斑点，已伤蚀截面时，应降级使用或剔除不用。

3 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单。对桥涵所用的钢筋应抽取试样做力学性能试验。

3.2.8 养生材料

1 水泥混凝土路侧构造物用养护剂的质量应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.11.1 的标准。

2 使用养护剂时，强度等级为 C30 以上的混凝土应采用满足一级品要求的养护剂，强度等级为 C30 及以下的混凝土可采用满足合格品要求的养护剂。

3 水泥混凝土路侧构造物用节水保湿养护膜应由高分子吸水保水树脂和不透水塑料面膜制成，其质量应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）表 3.11.3 的规定。

4 高温期施工时，宜选用白色反光面膜的节水保湿养护膜；低温期施工，宜选用黑色或蓝色吸热面膜的产品。

3.2.9 接缝材料

胀缝板、填缝料等质量要求参照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30-2014）3.9 节执行。

3.2 设备与人员要求

3.2.1 一般规定

应根据公路路侧水泥混凝土构造物的断面尺寸、质量要求、工程规模、进度工期等条件，选配适宜的搅拌站、运输车辆、滑模摊铺机规格及数量，确定劳务人员数量，制订施工方案和施工组织计划。

3.2.2 拌合站要求

1 混凝土拌合站的生产能力应满足滑模施工需求，公路路侧水泥混凝土构造物滑模摊铺所需拌合站的混凝土拌和生产能力按式(6.2.3)计算：

$$CM = 60 S v \quad (3.2.2)$$

式中：

C —考虑低坍落度混凝土搅拌难度对额定生产能力进行折减，一般取 0.7~0.8；

M —搅拌站所有混凝土搅拌楼的每小时拌和总能力(m^3/h)；

S —公路路侧水泥混凝土构造物的断面尺寸(m^2)；

v —摊铺速度(m/min)，一般取 1.5 m/min 。

2 滑模施工水泥混凝土拌和应采用间歇式双卧轴搅拌机，搅拌楼应配备自动供料、称量、计量设备，配料精度满足表要求。

表 3.2.2 搅拌楼配料精度要求

材料名称	水泥	掺合料	细集料	粗集料	水	外加剂
允许误差(%)	± 1	± 1	± 2	± 2	± 1	± 1

3 拌合楼应根据配合比要求对粗、细集料进行分仓，各级集料不得混仓。

4 拌合站应设置防雨棚，保证粗、细集料含水量的稳定性。混凝土拌合物性能稳定性要求较高时宜在搅拌楼配备粗、细集料含水量自动监测系统。

5 搅拌时间应根据混凝土拌合物的匀质性、粘聚性经试拌试铺确定，公路路侧水泥混凝土构造物滑模用低坍落度混凝土搅拌时间不宜小于 80s。

3.2.3 运输要求

1 应根据公路路侧水泥混凝土构造物的断面尺寸、滑模摊铺速度、运距及路况，配备运输车型和车辆总数。总运力应比总拌和能力略有富余。

2 公路路侧水泥混凝土构造物滑模施工宜优先选用罐送车，罐送车出/入料口应满足低坍落度混凝土出入速度要求，不满足施工要求时应对罐送车出/入料口进行改装。

大断面尺寸路侧构造物滑模施工应选配车况好、装载质量大的自卸车，远距离运输宜选配罐送车，也可选用其它低坍落度混凝土专用运输车辆。自卸车后挡板应关闭紧密，防止漏浆、漏料和污染路面。烈日、大风、雨天和冬季施工，应遮盖自卸车上的混凝土。

3 应根据新拌混凝土工作性损失规律确定运输允许最长时间和最长距离。不满足要求的混凝土严禁用于现场摊铺。

3.2.4 布料设备要求

滑模摊铺机应配备侧向上料的布料机(传送带或搅龙)，采用自卸车运料时，

还应配备一台轮式挖掘机或装载机辅助布料。此外，可因地制宜地选配其他布料机械，新拌混凝土转运过程不应出现离析等现象。

3.2.5 滑模摊铺机要求

1 滑模摊铺机应配备螺旋或皮带输料器、振动排气仓，适宜数量和直径的振捣棒，可提升边模板等装置。连续摊铺断面尺寸较大的钢筋混凝土防撞墙、排水沟时，宜配备侧向上料的布料机或自动上料机构的滑模摊铺机。

2 滑模摊铺机应采用可调频的高频振捣棒，振捣棒影响范围约为振捣棒直径的 10 倍范围的锥形体，应根据构造物断面尺寸选配和布置振捣棒，保证混凝土振捣密实。

3 滑动模具宜使用钢模板；应根据混凝土构造物断面尺寸和振捣舱内混凝土挤压强度验算滑动模具的强度和刚度是否满足要求；滑动模具板面拼接处应严密不漏浆，能够保证混凝土构造物表面光洁，边角线平顺；滑动模具宜设置可自动调高侧模板，适应基层高程的变化。

4 一般情况模具应设置 3° 左右的倾角，使得混凝土在尾模板处受到一定挤压。

5 新旧混凝土接头施工所用模具宜使用钢模板；模板尺寸应符合混凝土构造物断面尺寸要求；必要时设置拉杆固定模板。

6 可根据材料工作性和摊铺效果选择摊铺速度，一般情况小断面尺寸构造物可选择更高前进速度。

3.2.6 摊铺机履带行走区要求

应检查并平整滑模摊铺机的履带行走区。行走区应坚实，不得存在湿陷等病害，并应清除砖、瓦、石块、废弃混凝土块等杂物。履带行走部位基层存在斜坡时，应提前整平。

3.2.7 基准线要求

1 滑模摊铺水泥混凝土路侧构造物的施工基准设置有基准线、滑靴、多轮移动支架和搬动方铝管等多种方式。应根据路侧构造物标高控制要求选择基准线设置方式，当前宜采用基准线方式。

2 摊铺具有横坡的路侧构造物（如路肩板）时滑模摊铺机应具备 2 侧 4 个水

平传感器和 1 侧 2 个方向传感器,沿基准线滑行,摊铺出构造物所要求的断面尺寸、高程、横坡、弯道等。

摊铺无横坡要求的路侧构造物时滑模摊铺机应具备 1 侧 2 个水平传感器和 1 侧 2 个方向传感器,沿基准线滑行,摊铺出构造物所要求的断面尺寸、高程、弯道等。

3 基准线桩纵向间距:平面直线段应小于等于 10m,圆曲线段视弯道半径大小,一般可为 5~7m。在小半径弯道或山区极小半径回头弯道上,宜加密到 2.5~5m,平面缓和曲线段和纵断面竖曲线段宜为 5~10m。实际设置基准线桩距离可小于上述值,但不得大于给定尺寸。

4 基准线桩固定:基层顶面到夹线臂的高度宜为 45~75cm。基准线桩夹线臂夹口到桩的水平距离宜为 30cm。夹线臂到桩顶垂直距离宜为 15cm。基准线桩应牢固打入基层 15~25cm。当打入困难时,应采用电钻钻孔后再钉牢固。

5 基准线长度:一根基准线的最大长度不得大于 450m。超过此长度并需要继续摊铺时,应续接基准线,续接方式应通过同一个过渡桩的夹线臂口平顺连接。

6 基准线张紧:基准线两端应各设一个紧线器,并应偏置在基准线桩外侧 30~50cm 处。在第一根桩与紧线器之间,应设一根扯线桩,扯线桩的夹线臂应低于基准线桩夹线臂。扯线桩应钉牢固,不因弯道水平拉力而倾斜。基准线必须张紧,每侧基准线应施加大于等于 1000N 的拉力。张紧后基准线上的垂度不应大于 1.0mm,基准线应先张紧,再扣进夹线臂槽口。

7 已铺路面上设置基准线:连接摊铺路面或悬臂式连接摊铺硬路肩路缘石时,在已铺路面上设置基准线,可采用 20cm×20cm 混凝土底座锚固基准线桩或使用角钢焊接基准线桩。设置时,每 5m 插入路面已切割的缩缝槽内,用木楔别紧,在路面上基准线高度宜用 15~30cm。

3.2.8 切缝要求

路侧构造物的接缝施工,可使用软锯缝机、支架式硬锯缝机和普通锯缝机。配备的锯缝机数量及生产能力应与滑模摊铺进度相适应。

3.2.9 劳务人员要求

劳务人员配置应满足钢筋加工与安装、测量、打桩搅拌、运输、摊铺、切缝、

磨平、养生等施工环节的要求。

3.2.10 施工机械配套

使用一台滑模摊铺机施工路侧构造物时的主要机械设备、仪器、机具和工具配备，一般可参照表 3.2.10 的要求进行。

表 3.2.10 一台滑模摊铺机施工主要机械和机具配套表

工作内容	主要施工机械设备名称	机型及规格
钢筋加工、安装	钢筋锯断机、折弯机、电焊机	根据需要定规格和数量
测量	水准仪、经纬仪、全站仪*	根据需要定规格和数量
基准线	基准线、线桩及紧线器	100 个桩、3 个紧线器、1000m 基准线
搅拌	强制式搅拌楼	≥ 50 (m ³ /h)，数量由计算确定
	装载机	2~3m ³
	发电机	≥ 120 kW
	供水泵和蓄水池	≥ 250 m ³
运输	运罐车*	6~12m ³ ，数量由匹配计算确定
	自卸车	6~24m ³ ，数量由匹配计算确定
摊铺	布料机*、挖掘机、吊车等布料设备技术	根据需要定规格和数量
	滑模摊铺机 1 台	参数见表 6.2.2
	手持振捣棒、整平梁、模板	根据人工施工接头需要定
切缝	软锯缝机	根据需要定规格和数量
	常规锯缝机或支架锯缝机	根据需要定规格和数量
	移动发电机	12~60kW，数量由施工需要定
磨平	水磨石磨机	需要处理欠平整部位时
	灌缝灌缝机或插胶条工具	根据需要定规格和数量
养生	压力式喷洒机或喷雾器	根据需要定规格和数量
	工地运输车	4~6t，按需要定数量
	洒水车	4.5~8t，按需要定数量

* 可按装备、投资、施工方式等不同要求选配。

3.3 混凝土配合比要求

3.3.1 一般规定

1 公路路侧构造物水泥混凝土的配合比设计应满足其强度、工作性、耐久性要求，兼顾经济性。配合比设计应重点校验新拌混凝土的工作性，以坍落度、出浆量等工作性指标确保其满足滑模施工要求。混凝土性能相关试验方法应符合现

行《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG E30）的规定。

2 配合比设计应采用工程实际使用的原材料；配合比设计所采用的细骨料含水量应小于 0.5%，粗骨料含水率应小于 0.2%。不同的原材料组合应分别进行配合比设计。

3 强度等级为 C30 以上水泥混凝土配合比设计宜采用正交试验法；强度等级为 C30 及以下水泥混凝土配合比设计可采用经验公式法。

4 混凝土配合比设计应包括目标配合比设计和施工配合比设计两个阶段。目标配合比应确定混凝土的水泥、集料用量、水灰（胶）比、外加剂类型及掺量。施工配合比应通过拌和楼试拌确定拌和参数。经批准的配合比在施工过程中不得擅自调整。

3.3.2 混凝土工作性控制标准

表 3.3.2 同断面尺寸构造物混凝土工作性参考值

构造物高度	坍落度（mm）	出浆速度（kg/20s）
<30cm	<50	>1.0
30~80cm	<30	>1.2
>80cm	<40	>1.5

条文说明：

坍落度和出浆速度的指标值系根据广东、广西、河南、内蒙等地钢筋混凝土防撞墙、排水沟、路缘石、路肩板等工程经验和理论分析综合得到，坍落度主要控制构造物的变形，出浆速度主要控制构造物表面光洁度。上述指标值可根据具体原材料情况有所浮动。

3.3.3 混凝土配制强度的确定

1 当混凝土设计抗压强度等级小于 C60 时，配制强度应按下式确定：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (4.2-1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，这里取混凝土的设计强度等级值（MPa）；

σ ——混凝土强度标准差（MPa）。

2 当设计强度等级不小于 C60 时，配制强度应按下式确定：

$$f_{cu,0} \geq 1.15 f_{cu,k} \quad (4.2-2)$$

混凝土强度标准差应按下列规定确定：

有近 1~3 个月同品种、同等级混凝土强度资料，且试件组数不小于 30，其混凝土强度标准差时 (≥ 30 组数据)按式 (4.2-3) 统计计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n \cdot m_{fcu}^2}{n-1}} \quad (4.2-3)$$

式中： $f_{cu,i}$ ——第 i 组试件强度 (MPa)；

m_{fcu}^2 —— n 组试件的强度平均值 (MPa)；

n ——试件组数。

对于强度等级为 C30 及以下的混凝土，当混凝土强度标准差计算值不小于 3.0MPa 时，按式 (4.2-3) 计算结果取值；当混凝土强度标准差计算值小于 3.0MPa 时，应取 3.0MPa。

对于强度等级大于 C30 且小于 C60 的混凝土，当混凝土强度标准差计算值不小于 4.0MPa 时，应按式 (4.2-3) 的计算结果取值；当混凝土强度标准差计算值小于 4.0MPa 时，应取 4.0MPa。

当没有近期的同一品种、同一强度等级混凝土强度资料时，其强度标准差 σ 可按下表取值。

表 3.3.3 标准差 σ 取值 (MPa)

混凝土强度标准差	$\leq C20$	C25~C45	C50~C55
Σ	4.0	5.0	6.0

3.3.4 水胶比的确定

当混凝土强度等级小于 C60 时，混凝土水胶比宜按下式计算：

$$W/B = \frac{\alpha_a f_b}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_b} \quad (4.2-4)$$

式中： W/B ——混凝土水胶比；

α_a 、 α_b ——回归系数，按表 4.2-2 取值；

f_b ——胶凝材料 28d 胶砂抗压强度（MPa），可以实测；也可按照式（4.2-5）计算确定。

表 3.3.4-1 回归系数 α_a 、 α_b 取值表

系数	碎石	卵石
α_a	0.53	0.49
α_b	0.20	0.13

当胶凝材料 28d 胶砂抗压强度值（ f_b ）无实测值时，可按式计算：

$$f_b = \gamma_f \gamma_s f_{ce} \quad (4.2-5)$$

式中： γ_f 、 γ_s ——粉煤灰影响系数和粒化高炉矿渣粉影响系数，按表 3 选用；

f_{ce} ——水泥 28d 胶砂抗压强度（MPa），可以实测；也可按照式（4.2-6）计算确定。

表 3.3.4-2 粉煤灰影响系数 γ_f 和粒化高炉矿渣粉影响系数 γ_s

掺量（%）	γ_f	γ_s
0	1.00	1.00
10	0.85-0.95	1.00
20	0.75-0.85	0.95-1.00
30	0.65-0.75	0.90-1.00
40	0.55-0.65	0.80-0.90
50	—	0.70-0.85

注：1.采用Ⅰ级、Ⅱ级粉煤灰宜取上限值；

2.采用 S95 级粒化高炉矿渣粉宜取上限值，采用 S105 级粒化高炉矿渣粉可取上限值加 0.05；

3.当超出表中的掺量时，粉煤灰和粒化高炉矿渣粉影响系数经试验确定。

当水泥 28d 胶砂抗压强度（ f_{ce} ）无实测值时，可按下列公式计算：

$$f_{ce} = \gamma_c f_{ce,g} \quad (4.2-6)$$

式中： γ_c ——水泥强度等级值的富余系数，可按实际统计资料确定，也可按表 4.2-4 选用；

$f_{ce,g}$ ——水泥强度等级值（MPa）。

表 3.3.4-3 水泥强度等级值的富余系数（ γ_c ）

水泥强度等级	32.5	42.5	52.5
富余系数	1.12	1.16	1.10

混凝土的最大水胶比应符合表 4.2-5 规定。

表 3.3.4-4 滑模施工水泥混凝土最大水灰(胶)比

强度等级	强度等级为 C30 以上	强度等级为 C30 及以下
最大水灰(胶)比	0.44	0.46
有抗冰冻要求时最大水灰(胶)比	0.42	0.44
有抗盐冻要求时最大水灰(胶)比	0.40	0.42

条文说明：

最大水灰(胶)比为综合考虑混凝土结构所处环境类型和滑模施工工艺要求后确定的。

3.3.5 单位用水量的确定

每立方混凝土的用水量（单位用水量）（ m_{w0} ）可参考表选取或根据试验确定。

表 3.3.5 滑模施工用混凝土的单位用水量

最大公称粒径（mm）	卵石				碎石			
	10.0	20.0	31.5	40.0	16.0	20.0	31.5	40.0
单位用水量（kg/m ³ ）	190	170	160	150	200	185	175	165

注：1.本表用水量系采用中砂时的取值。采用细砂时，每立方米混凝土用水量可以增加 5kg-10kg；采用粗砂时，可减少 5kg-10kg；

2.掺用矿物掺合料和外加剂时，用水量应相应调整。

3.3.6 单位胶凝材料用量的确定

每立方米混凝土的胶凝材料用量（ m_{b0} ）应按式（7）计算，并应进行试拌调整，在拌合物性能满足的情况下，取经济合理的胶凝材料用量。

$$m_{b0} = \frac{m_{w0}}{W/B} \tag{7}$$

式中： m_{b0} ——计算配合比每立方米混凝土中胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

m_{w0} ——计算配合比每立方米混凝土中用水量（ kg/m^3 ）；

W/B ——水胶比。

滑模施工混凝土的最小单位胶凝材料用量应不少于 $330\text{kg}/\text{m}^3$ ；最大单位胶凝材料用量宜不大于 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 。有抗冰冻、抗盐冻要求时最小单位水泥用量应不少于 $320\text{kg}/\text{m}^3$ 。

条文说明：

满足最大水胶比条件下，最小胶凝材料用量是满足混凝土施工性能和掺加矿物掺和料后满足混凝土耐久性的胶凝材料用量。

3.3.7 掺合料用量的确定

矿物掺合料在混凝土中的掺量应通过试验确定，采用普通硅酸盐水泥时矿物掺合料的最大掺量宜符合表的规定。处在海水、海风、酸雨、除冰盐或硫酸盐等腐蚀环境中的构造物水泥混凝土使用硅酸盐水泥时，宜掺加适量粉煤灰、矿渣粉、硅灰或复合矿物掺合料。

表 3.3.7 滑模施工水泥混凝土矿物掺合料的最大掺量（%）

矿物掺合料类型	强度等级为 C30 以上	强度等级为 C30 及以下
粉煤灰	30	35
粒化高炉矿渣粉	45	55
钢渣粉	20	20
磷渣粉	20	20
硅灰	10	10
复合掺合料	45	55

3.3.8 砂率的确定

砂率（ β_s ）应根据骨料的技术性质、混凝土拌合物性能和施工要求，参考既有历史资料确定。

当缺乏砂率的历史资料时，混凝土砂率可根据粗骨料品种、最大公称粒径及水胶比按照表 4.2-9 选取：

表 3.3.8 混凝土的砂率（%）

水胶比	卵石最大公称粒径（mm）			碎石最大公称粒径（mm）		
	10.0	20.0	40.0	16.0	20.0	40.0
0.4	36-41	35-40	34-39	39-44	38-43	36-41

注：1.本表数值系中砂的选用砂率，对细砂或粗砂，可相应的减少或增加；

2.采用人工砂配制混凝土时，砂率可以适当增加；

3.只用一个单粒级粗骨料配制混凝土时，砂率应适当增大。

3.3.9 粗、细骨料用量确定

当采用质量法计算混凝土配合比时，粗、细骨料用量应按式（8）计算，砂率按式（9）计算。

$$m_{b0} + m_{g0} + m_{s0} + m_{w0} = m_{cp} \quad (8)$$

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{g0} + m_{s0}} \times 100\% \quad (9)$$

式中： m_{b0} ——计算配合比每立方米混凝土中胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

m_{w0} ——计算配合比每立方米混凝土中用水量（ kg/m^3 ）；

m_{g0} ——计算配合比每立方米混凝土中粗骨料用量（ kg/m^3 ）；

m_{s0} ——计算配合比每立方米混凝土中细骨料用量（ kg/m^3 ）；

β_s ——砂率；

m_{cp} ——每立方米混凝土拌合物的假定质量（ kg ），可取 $2350\text{kg}/\text{m}^3$ - $2450\text{kg}/\text{m}^3$ 。

当采用体积法计算混凝土配合比时，粗、细骨料用量按式（10）、（11）计算。

$$\frac{m_{b0}}{\rho_b} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + 0.01\alpha = 1 \quad (10)$$

$$\beta_s = \frac{m_{so}}{m_{go} + m_{so}} \times 100\% \quad (11)$$

式中： ρ_b ——胶凝材料密度（ kg/m^3 ）；仅采用水泥作为胶凝材料时，便为水泥密度；

ρ_g ——粗骨料的表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_s ——细骨料的表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_w ——水的密度（ kg/m^3 ），可取 1000 kg/m^3 ；

α ——混凝土的含气量百分数，在不使用引气剂或引气型外加剂时， α 可取 1。

3.3.10 混凝土抗冻等级的确定

1 路侧构造物混凝土有抗盐冻要求时，应按附录 C 方法检测混凝土的抗盐冻性，5 块试件经受 30 次盐冻循环后，其平均剥落量 $< 1.0 \text{ kg/m}^2$ 为合格； $\geq 1.0 \text{ kg/m}^2$ 时为不合格。严寒与寒冷地区水泥混凝土的抗冻等级要求应满足表规定。

表 3.3.10-1 严寒与寒冷地区水泥混凝土的抗冻等级要求

强度等级		C30 以上		C30 及以下		试验方法
试件		基准配合比	现场取芯	基准配合比	现场取芯	
抗冻等级 (F) $\geq$	严寒地区	300	250	250	200	按 JTG E30 T0565 进行
	寒冷地区	250	200	200	150	

注：严寒指当地最冷月平均气温小于 -8°C 的地区；寒冷指当地最冷月平均气温在 $-8^\circ\text{C} \sim -3^\circ\text{C}$ 的地区。

2 水泥混凝土应掺加引气剂，确保其抗冻性，提高工作性；拌和机出口拌合物含气量均值及允许偏差范围宜符合表 4.2.9-1 的规定，钻芯实测水泥混凝土面层最大气泡间距系数宜符合表 4.2.9-2 的要求。

表 3.3.10-2 拌和机出口拌合物含气量均值及允许偏差范围 (%)

公称最大粒径 (mm)	无抗冻性要求	有抗冻性要求	有抗盐冻要求	试验方法
----------------	--------	--------	--------	------

9.5	4.5±1.0	5.0±0.5	6.0±0.5	混凝土拌合物含气量测定应符合 JTGE30 T0522。
16.0	4.0±1.0	4.5±0.5	5.5±0.5	
19.0	4.0±1.0	4.0±0.5	5.0±0.5	
26.5	3.5±1.0	3.5±0.5	4.5±0.5	
31.5	3.5±1.0	3.5±0.5	4.0±0.5	

表 3.3.10-3 水泥混凝土面层最大气泡间距系数(μm)

环境		公路等级		试验方法
		高速、一级	二、三、四级	
严寒地区	冰冻	275±25	300±35	气泡间距系数检测方法应符合附录 B.2。
	盐冻	225±25	250±35	
寒冷地区	冰冻	325±45	350±50	
	盐冻	275±45	300±50	

条文说明

混凝土中掺加优质引气剂，引入均匀、封闭的微小气泡，可以有效改善混凝土耐久性能，但如果引气剂质量差，引入气泡均匀性差、尺寸大，对混凝土性能反而有不利影响，因此要求钻芯实测混凝土的气泡间距系数，检验气泡的尺寸和均匀性。

3.4 试验段铺筑

3.4.1 一般规定

滑模摊铺路侧混凝土构造物经验缺乏时应制定试验段施工方案和质量检测计划，并铺筑试验段。试验段长度不应短于 100m，宜首先在工程现场外进行试铺，然后按照设计要求在工程现场试铺。

3.4.2 试验段铺筑时，应确定以下内容：

1 搅拌站配料精度，搅拌站生产路侧混凝土构造物滑模摊铺用低坍落度混凝土的产量；合理投料顺序和时间、搅拌时间；新拌混凝土的坍落度、出浆量、工作性经时损失、含气量等参数；电流控制范围等。

2 运输车辆类型与数量；罐送车的进出料口是否满足低坍落度混凝土要求；自卸车是否满足低坍落度混凝土运输要求。

3 滑模摊铺机履带行走区是否满足要求；混凝土转运工具能否满足要求。

4 滑模摊铺机配制性能是否满足要求；振捣棒数量与排布位置是否满足要；模具刚度、尺寸、抹光度是否满足要求；基准线设置方式是否满足要求，采用无

线摊铺时设备控制精度能否满足要求。

5 确定振捣舱混凝土合理料位高度；确定振捣频率、摊铺速度合理范围；确定表面光洁度是否满足要求。

6 验证施工各工艺环节操作要领，确定各关键岗位作业指导书。

7 检验施工组织形式和人员配置是否满足要求。

3.4.3 试验段铺筑后，应确定以下内容：

1 按照本规程第5章施工质量控制标准相关要求和检查方法对试验段进行全面质量评定。

2 应提交试验段总结报告，包含设备配置、人员组织、工艺参数、质量评定结果、存在问题及改进措施等内容。

3 试验段质量检验评定不合格或未能达到预期目标时，应重新铺筑试验段。

征求意见稿

4 滑模施工

4.1 一般规定

4.1.1 施工过程中，应结合工程的进展速度及变化情况，及时调整施工组织设计，使工程质量及进度始终处于可控状态，确保质量与工期目标的实现。

4.1.2 摊铺现场和拌和站之间应建立快速有效的通信联络，及时进行生产调度、指挥和应急处置。

4.1.3 交通繁忙的路口应设立标志，疏导交通。夜间施工时，应保证施工照明，模板或基准线桩附近应设置警示灯或反光标志。

4.2 混凝土护栏滑模施工

4.2.1 钢筋加工及安装

1 梁顶清理

人工凿除桥面铺装施工时在桥面防撞护栏位置处遗留下的水泥浆等杂物并用清扫工具和空压机配合清理干净后，再用高压水枪冲洗。

2 预埋钢筋校正

根据放样结果用人工调查梁板预制时已经预埋的防撞护栏钢筋骨架中的偏位钢筋，以便于与护栏钢筋连接。对于偏位严重的预埋筋，用氧焊割除，并在正确位置采用打孔置筋的方式重新进行预埋。

3 钢筋安装

钢筋不能有锈皮、油污等。钢筋加工在钢筋集中加工场内完成，加工的半成品用平板车转运到施工现场进行安装，与梁顶预埋的护栏钢筋采用双面焊连接，每位焊工配备小铁锤一把，边焊边敲除焊渣。

现场在每隔 5m 的控制点上，根据测量计算出的高程，按照标准模具进行防撞护栏控制断面钢筋的安装。然后以控制断面钢筋为标准，顶部拉线贯通依次进行防撞护栏钢筋的安装，以保证钢筋安装位置准确，间距均匀。钢筋绑扎时所有交叉点均应绑扎牢固，必要时，亦可用点焊焊牢。

在钢筋安装过程中，将反光立柱钢板等预埋件进行准确定位，牢固安装，防

止漏埋、少埋现象发生。

混凝土护栏通过传力钢筋与基础连接。传力钢筋长度为 250mm，直径不应小于 25mm 固定在埋置于基础中的 20cm×20cm×20cm 的混凝土块中，应错列布设。

4.2.2 排水构造预埋

无钢筋构造物可在滑模铺筑后，混凝土终凝前直接在设计位置插入排水管，应保证构造物的稳定。

配筋构造物可采用前置法将排水管固定在钢筋网片上，排水管端头采用土工布或其他材料封堵，带滑模施工后拆除封堵材料。

4.2.3 胀缝板预埋

滑模摊铺路侧水泥混凝土构造物的胀缝宜采用前置法施工。前置法施工时，应预先加工好胀缝钢筋支架，接缝板夹在两支架之间。施工前运至现场，将支架准确定位，用钢钎将支架和胀缝板锚固在基层上，保证支架不推移，胀缝板不倾斜。

4.2.4 滑模摊铺混凝土护栏

1 机手操作滑模摊铺机应缓慢、匀速，连续不间断地摊铺。滑模摊铺速度，根据拌和物稠度和设备性能可控制在 0.5~3.0m/min 之间，一般宜为 1.5m/min 左右。当料的稠度发生变化时，先调振捣频率，后改变摊铺速度，不得料多时追赶，然后随意停机等待，间歇摊铺。

2 摊铺中，机手应随时调整振捣排气仓料位高度，开始应略设高些，以保证进料。正常状态下应保持振捣仓内混凝土料位高于最上部振捣棒 50cm 左右，料位高低上下波动宜控制在±5cm 之内。

3 滑模摊铺机以正常摊铺速度施工时，振捣频率可在 6000~12000r/min 之间调整，宜采用 9000r/min 左右。应防止混凝土过振、漏振、欠振。机手应随时根据混凝土的稠度大小，调整摊铺的速度和振捣频率。当混凝土显得偏稀时，应适当降低振捣频率，加快摊铺速度，但最快不得超过 3m/min，最小振捣频率不得小于 6000r/min；当新拌混凝土偏干时，应提高振捣频率，但最大不得大于 12000r/min，并减慢摊铺速度，最小摊铺速度宜控制在 0.5~1m/min；滑模摊铺

机起步时,应先开启振捣棒振捣 2~3min,再推进。滑模摊铺机脱离混凝土后,应立即关闭振捣棒。

4 滑模摊铺纵坡较大的构造物,上坡时,模具前仰角宜适当调小;下坡时,模具前仰角宜适当调大。

5 滑模摊铺弯道和渐变段路侧构造物时,单向横坡,使滑模摊铺机跟线摊铺,应随时观察并调整模具内外侧的抹面距离,防止压垮边缘。

6 机手应随时密切观察所摊铺的构造物表面效果,注意调整和控制摊铺速度,振捣频率。表面砂浆层厚度宜控制在 2mm 左右。

4.2.5 滑模摊铺中出现问题的处置

滑模摊铺的表面应平滑,几何形状规矩,不应出现麻面、拉裂、塌边、溜肩等病害现象,出现问题应立即查找原因,迅速采取措施。

1 摊铺中应经常检查振捣棒的工作情况。发现构造物表面某处多次出现麻面或拉裂现象,表示该处的振捣棒出了问题,必须停机检查或更换该处的振捣棒。摊铺后,发现构造物表面上留有发亮的振捣棒拖出的砂浆条带,则表明振捣棒位置过深,必须调整到正确位置。

2 滑模摊铺路侧构造物出现横向拉裂现象,应从如下几方面进行检查:

(1)拌和物局部或整体过干硬、离析,集料粒径过大,不适宜滑模摊铺,或在该部位摊铺速度过快,振捣频率不够,混凝土未振动液化而拉裂。应降低摊铺速度,提高振捣频率。

(2)模具的位置和前仰角设置是否变化,前倒角时必定拉裂,前仰角过大,亦可能拉裂,应在行进中调整前 2 个水平传感器,即改变挤压底板为适宜的前仰角,消除拉裂现象。

(3)拌和物较干硬或等料停机时间较长,起步摊铺速度过快,也可能拉裂构造物。等料停机时间较长时,应间隔 15min 开启振捣棒振动 2~3min;起步摊铺时,宜先振捣 2~3min,再缓慢推进。

3 当混凝土供应不上,或搅拌楼出现机械故障等情况时,停机等待时间不得超过当时气温下混凝土初凝时间的 2/3,超过此时间,应将滑模摊铺机开出摊铺工作面,并做施工缝。当滑模摊铺机出现机械故障,应紧急通知后方搅拌楼停止生产,在故障停机时间内,滑模摊铺机内混凝土尚未初凝,能够排除故障,允许

继续摊铺，否则，应尽快将滑模摊铺机拖出摊铺工作面。故障排除后，重新起步摊铺。

4.2.6 表面修饰

混凝土外露面无装饰设计时，应对浇筑时无模板的外露面进行压光或拉毛；对有模板的外露面应安装同一类别的模板和涂刷同一类别的脱模剂，模板应光洁，无变形、无漏浆。发现表面质量有缺陷时，应根据缺陷的严重程度，分析原因，采取改正措施，应报有关部门批准后再进行修饰。

滑模施工后的混凝土一般不允许进行修饰，只有较严重的表面缺陷出现时方可修饰，对于较小的气泡麻点，采用白水泥与普通水泥调配的干灰修饰，白水泥灰与普通水泥的比例一般控制在 1:1 左右（可提前进行调配试验，以使调配的灰粉颜色与混凝土面颜色一致），禁止拌制灰浆涂刷，避免混凝土失去原有光泽，修饰分 2—3 次进行。

4.2.7 滑模摊铺结束工作

1 将滑模摊铺机驶离工作面，先将所有传感器从基准线上脱开，并解除滑模摊铺机上基准线自动跟踪控制，再升起机架，用水冲洗干净粘附的混凝土，已结硬在滑模摊铺机上的混凝土，应轻敲打掉。清理干净后，应对与混凝土接触的机件喷涂废机油或吹(揩)干防锈。同时，对滑模摊铺机进行当日保养，加油加水，打润滑油等。

2 设置施工缝。应先将滑模摊铺机振动仓内脱出的厚砂浆铲除丢弃，然后设置施工缝端模和侧模。为使下次摊铺能紧接着施工缝开始，两侧模板应向内各收进 1~2cm，且宜小不宜大，长度与滑模摊铺机尾模板等长或略长。连接接头施工，应辅以人工振捣密实，应采用长度 3m 以上抄平器保证端头和结合部位的顺直度。

4.2.8 切缝

横向缩缝、施工缝上部的槽口，应采用切缝法施工。切缝方式有全部硬切缝、软硬结合切缝和全部软切缝三种。采用哪种切缝方式视施工地区下午 1~3 时最高温度与凌晨 1~3 时最低温度的温差决定，见表 6.14。

表 4.2.8 施工气温与防止断板应采用的切缝技术

白天夜间温差(℃)	切缝方式	缩缝切深
<10	以 200 度时积控制硬切缝，最长时间不得超过 24h	硬切缝 1/4~1/5 厚度
10~15	每隔 1~2 条提前软切缝，其余用硬切缝补切，软硬结合	软切深度 4~5cm，补深 1/4 厚度，已断开的缝不补切
>15	宜全部软切缝，抗压强度约为 1~1.5MPa，人可踩踏行走	软切缝深大于等于 5cm，未断开的接缝，应硬切补深到不小于 1/4 厚度

注：①注意降雨后刮风引起构造物温度骤降，温差在表中规定范围内，应按表中方法提前切缝。

②度时积：自拌和起算的混凝土平均温度与延续时间的乘积。

4.2.9 养生

1 对于在施工现场集中养护的混凝土，应根据施工对象、环境、水泥品种、外加剂以及对混凝土性能的要求，提出具体的养护方案，并应严格执行规定的养护制度。

2 混凝土构造物滑模施工完成后，应在收浆后尽快、及早予以覆盖和洒水养护。

3 当气温低于 5℃时，应覆盖保温，不得向混凝土面上洒水。

4 混凝土养护用水的要求与拌和用水相同。

5 混凝土的洒水养护时间一般为 7d，可根据空气的湿度、温度和水泥品种及掺用的外加剂等情况，酌情延长或缩短。大掺量矿物掺合料或气温较低时，养护时间应根据现场的具体情况来确定，一般不宜低于 28 天强度的 70%。

每天洒水次数以能保持混凝土表面经常处于湿润状态为度。

采用塑料薄膜养护层时，其敞露的全部表面应覆盖严密，并应保持塑料薄膜内有凝结水。采用喷化学浆液养护层时，应经试验证明并采取措施确保不漏喷后，可不洒水养护。

6 当构造物混凝土与流动性的地表水或地下水接触时，应采取防水措施，保证混凝土在强度达到 50%以前，养生不少于 7d 时，不受水的冲刷侵袭。当环境水具有侵蚀作用时，应保证混凝土在 10d 以内，且强度达到设计强度的 70%以前，不受水的侵袭。当与氯盐、海水等具有严重侵蚀作用的环境水接触的混凝土，养

护龄期一般不宜少于 4 周。在有冻融循环作用的环境时，宜在结冰期到来 4 周前完工。

7 为预防非受力裂缝的出现，混凝土养护期间应注意采取保温措施，防止表面温度因环境因素影响（如曝晒、气温骤降等）而发生剧烈变化。特别是对大断面尺寸构造物混凝土的养护，应根据气候条件采取控温措施，并按需要测定浇筑后的混凝土表面和内部温度，将温差控制在设计要求的范围内，当设计无要求时，温差不宜超过 25℃。

8 混凝土强度达到 1.2MPa 前，不得在其上踩踏；强度达到 2.5MPa 前，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。

4.3 排水沟滑模施工

4.3.1 钢筋加工及安装、胀缝板设置、滑模施工控制、切缝、养生等施工注意事项宜参考 4.2 混凝土护栏滑模施工相应条款进行。

4.3.2 缝隙式水沟等空心构造物采用滑模施工可采用特制模具施工或采用充气芯模施工工艺。

1 采用特制模具施工时，起支撑作用的内模板宜较外模板长 0.5~1.0m。现场应准备聚乙烯泡沫板，泡沫板厚度应与缝隙式水沟的缝隙宽度相同，泡沫板的长度应达到 0.5m 以上，用于对缝隙处混凝土进行临时支撑作用，待混凝土硬化后移除。

2 采用充气芯模施工工艺时所使用的芯模应符合下列要求：

（1）充气胶囊在使用前应经过检查，不得漏气，安装时应有专人检查钢丝头，钢丝头应弯向内侧，胶囊涂刷隔离剂。每次使用后，应妥善存放，防止污染、破损及老化。

（2）从开始浇筑混凝土到胶囊放气时止，其充气压力应保持稳定。

（3）浇筑混凝土时，为防止胶囊上浮和偏位，应采取有效措施加以固定，并应对称平衡地进行浇筑。

（4）胶囊的放气时间应经试验确定，以混凝土强度达到能保持构件不变形为宜。对于直径为 250~300mm 的胶囊，其放气时间可参考表 6.9.2 确定。

表 4.3.2 胶囊放气时间

气温 (°C)	0~5	5~15	15~20	20~30	>30
混凝土浇筑完后 (h)	11~12	8~10	6~8	4~6	3~4

(5) 充气胶囊芯模在工厂制作时，应规定充气变形值，保证制作误差不大于设计规定的误差要求。

(6) 木芯模使用时应防止漏浆和采取措施便于脱模。应控制好拆芯模时间，过早易造成混凝土坍落，过晚拆模困难。应根据施工条件通过试验确定拆除时间。

(7) 钢管芯模应由表面匀直、光滑的无缝钢管制作，混凝土终凝后，即可将芯模轻轻转动，然后边转动边拔出。

4.4 路缘石、路肩滑模施工

4.4.1 胀缝板设置、滑模施工控制、切缝、养生等施工注意事项宜参考 4.2 混凝土护栏滑模施工相应条款进行。

4.5 其他构造物滑模施工

4.5.1 变截面构造物滑模施工

变截面路侧构造物可采用分段施工方案或采用可变截面模具系统。

4.5.2 旧构造物增高加宽

采用结合式增高加宽施工，应符合下列规定：

- 1 旧混凝土构造物应凿毛，达到表面粗糙。
- 2 清除混凝土碎渣，用水冲洗洁净。
- 3 加厚混凝土构造物的接缝应与原结构重合。

4 浇筑新混凝土前应洒水湿润旧混凝土板，待凉干无积水时喷刷水泥砂浆。水泥砂浆水灰比宜为 0.4~0.5，水泥砂浆用量宜为 $1.5\sim 2.0\text{kg/m}^2$ 。喷刷水泥浆后应立即浇筑混凝土。

5 滑模施工控制方法与前文相同。

5 滑模施工质量标准

5.1 一般规定

5.1.1 公路路侧水泥混凝土构造物滑模施工应建立完整的施工质量保证体系,对施工全过程进行全面的质量控制。

5.2 混凝土护栏

5.2.1 混凝土护栏应符合下列基本要求:

混凝土护栏的地基承载力应满足设计要求。

混凝土护栏标准段、起终点的几何尺寸应满足设计要求。

混凝土护栏与基础之间的连接应满足设计要求。

混凝土护栏的埋入深度、配筋方式及数量应满足设计要求。

混凝土护栏的端头处理及过渡段的处理应满足设计要求。

混凝土护栏的胀缝、假缝、泄水孔等构造设置应满足设计要求。

5.2.2 混凝土护栏实测项目应符合表的规定。

表 5.2.2 混凝土护栏实测项目与评定方法

项 目		规定值或允许偏差	检验频率		检测方法
			范 围	点 数	
护栏钢筋骨架尺寸(mm)		满足设计要求	每 200m	2 侧各 5 处	尺测
护栏混凝土强度(MPa)		在合格标准内	200m	1 组 3 块	*
护栏断面尺寸(mm)	高度	±10	每 200m	2 侧各 5 处	尺测
	顶宽	±5			
	底宽	±5			
护栏横向偏位(mm)		±20 或满足设计要求	每 200m	2 侧各 5 处	全站仪、尺测
护栏基础厚度(mm)		±10%基础设计厚度	每 200m	2 侧各 5 处	尺测
侧向线形顺直度(mm)		10	每 200m	2 处	20m 拉线、尺测
顶面平整度(mm)		10	每 200m	2 处×5 尺	3m 直尺测
预埋件位置(mm)		±5	每件		尺测

注: *

采用室内标准试件评定强度时按照附录 C 方法进行;

现场钻芯取样评定强度时按照附录 C 方法进行；

采用现场回弹法评定强度时按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》（JGJ/T 23）方法进行。

5.2.3 混凝土护栏外观质量应符合下列规定：

护栏混凝土表面缺陷应满足表规定的控制标准。

护栏混凝土应无损边、掉块问题。

混凝土护栏线形无异常凹凸、起伏现象。

表 5.2.3 混凝土护栏外观质量评定方法

名称	现象	控制标准
裂缝	表面延伸到内部的缝隙	裂缝宽度应 $\leq 0.3\text{mm}$
孔洞	深度超过保护层厚度的孔洞	不应存在
露筋	钢筋未被混凝土包裹而形成的外露	不应存在
蜂窝	表面缺失水泥浆或气泡破裂形成的局部蜂窝样粗骨料外露	蜂窝深度 $\leq 10\text{mm}$ ；单个蜂窝面积 $\leq 0.02\text{m}^2$ ；蜂窝总面积不得超过所在面面积的 1%
疏松	由离析、振捣不足而形成的局部不密实	疏松深度 $\leq 15\text{mm}$ ；单处疏松面积 $\leq 0.04\text{m}^2$ ；疏松总面积不得超过所在面面积的 2%
夹渣	混凝土中夹有杂物	若杂物为钢筋、钢板等易腐蚀金属，视同为露筋；若杂物为土块、木块、混凝土碎块及其他杂物等视同为蜂窝
麻面	混凝土表面局部缺浆、粗糙或密集小凹坑	麻面总面积不得超过所在面面积的 2%
外形缺陷	棱线不直、翘曲不平、飞边凸肋、啃边、崩角	深度不应超过钢筋保护层厚度，不应影响使用功能
其他表面缺陷	掉皮、起砂、污染	总面积不得超过所在面面积的 2%

5.3 排水沟

5.3.1 排水沟应符合下列基本要求：

混凝土排水沟的胀缝、假缝等构造设置应满足设计要求。

5.3.2 排水沟实测项目应符合表的规定。

表 5.3.2 混凝土护栏实测项目与评定方法

项 目	规定值或允许偏差	检验频率		检测方法
		范 围	点 数	
钢筋骨架尺寸(mm)	满足设计要求	每 200m	5 处	尺测
排水沟混凝土强度(MPa)	满足设计要求	200m	1 组 3 块	*
排水沟断面尺寸(mm)	不小于设计值	每 200m	2 处	尺测

排水沟横向偏位 (mm)	±50	每 200m	5 处	全站仪、尺测
排水沟沟底高程 (mm)	±15	每 200m	5 处	水准仪
墙面顺直度 (mm)	30	每 200m	2 处	20m 拉线、尺测
沟底坡度	满足设计要求	每 200m	2 处	坡度尺
预埋件位置 (mm)	±5	每件		尺测

注：*

采用室内标准试件评定强度时按照附录 C 方法进行；

现场钻芯取样评定强度时按照附录 C 方法进行；

采用现场回弹法评定强度时按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规范》（JGJ/T 23）方法进行。

5.3.3 排水沟外观质量应符合下列规定：

排水沟混凝土表面缺陷应满足设计要求或参考表规定的控制标准执行。

排水沟内不应有杂物，无排水不畅。

5.4 路缘石

5.4.1 路缘石应符合下列基本要求：

路缘石应稳固。

路缘石形应直顺，曲线圆滑。

5.4.2 路缘石实测项目应符合表的规定。

表 5.4.2 混凝土护栏实测项目与评定方法

项 目	规定值或允许偏差	检验频率		检测方法
		范 围	点 数	
混凝土强度 (MPa)	满足设计要求	200m	1 组 3 块	*
横向偏位 (mm)	±50	每 200m	4 处	全站仪、尺测
宽度 (mm)	±5	每 200m	4 处	尺测
顶面高程 (mm)	±10	每 200m	4 处	水准仪

注：*

采用室内标准试件评定强度时按照附录 C 方法进行；

现场钻芯取样评定强度时按照附录 C 方法进行；

采用现场回弹法评定强度时按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规范》（JGJ/T 23）

方法进行。

5.4.3 路缘石外观质量应符合下列规定：

路缘石混凝土表面缺陷应满足设计要求或参考表规定的控制标准执行。

路缘石不应破损。

平缘石不应阻水。

5.5 混凝土路肩

5.5.1 路肩应符合下列基本要求：

路肩表面应平整密实，无积水。

路肩线形应直顺，曲线圆滑。

5.5.2 路肩实测项目应符合表的规定。

表 5.5.2 混凝土护栏实测项目与评定方法

项 目	规定值或允许偏差	检验频率		检测方法
		范 围	点 数	
混凝土强度 (MPa)	满足设计要求	200m	1 组 3 块	*
平整度 (mm)	≤ 10	每 200m	2 处×5 尺	3m 直尺测
厚度 (mm)	满足设计要求	每 200m	2 处	尺测
宽度 (mm)	满足设计要求	每 200m	2 处	尺测
横坡 (%)	± 1.0	每 200m	2 处	水准仪

注：*

采用室内标准试件评定强度时按照附录 C 方法进行；

现场钻芯取样评定强度时按照附录 C 方法进行；

采用现场回弹法评定强度时按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》（JGJ/T 23）方法进行。

5.5.3 路缘石外观质量应符合下列规定：

路肩混凝土表面缺陷应满足设计要求或参考表规定的控制标准执行。

路肩不应破损。

路肩无阻水无杂物。

5.6 其他构造物

本规程未涉及的其他混凝土构造物采用滑模施工工艺，强度与外观质量控制应满足《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）相关规定或满足设计要求。

征求意见稿

附录 A 水泥混凝土拌合物振动出浆量试验方法

A.1 目的、适用范围、引用标准

本方法规定了低坍落度水泥混凝土振动出浆量及松铺系数试验方法和步骤。

本方法适用于 10mm ~ 80mm 水泥混凝土拌合物在振动过程中的液化出浆试验。

引用标准：

JG/T 250 《维勃稠度仪》

JG/T 248 《混凝土坍落度仪》

A.2 仪器与材料

A.2.1 出浆量筒，见图 A.2.1-1，带出浆量筒的维勃稠度仪，见图 A.2.1-2。

1 出浆量筒：金属筛网制成，内径 240mm，内高 200mm，壁厚约 3mm，底厚约 7.5mm；筛网圆孔直径 4.75mm，孔中心间距 7.25mm。出浆筒应有把手。

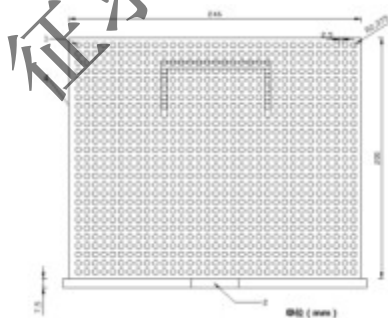


图 A.2.1-1 出浆量筒（尺寸单位：mm）

2 透明圆盘：用透明有机玻璃制成，上装有滑杆。圆板直径 $230\text{mm} \pm 2\text{mm}$ ，厚 $10\text{mm} \pm 2\text{mm}$ ，荷重和滑杆的总质量为 $2.75\text{kg} \pm 0.05\text{kg}$ ，滑杆可通过套筒垂直滑动。滑杆及套筒的轴线与容器轴线重合。

3 配重砝码：两块，共 8.7kg。

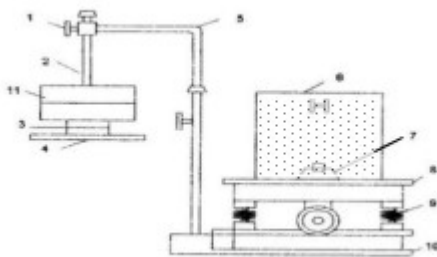


图 A. 2. 1-2 低坍落度水泥混凝土振动出浆仪简图

注：1-螺栓；2-滑杆；3-砝码；4-圆盘；5-转向弯杆；6-出浆量筒；7-固定螺栓；8-台面；
9-弹簧；10-底座；11-配重砝码 12-维勃稠度筒

4 振动台：工作频率 $50\text{Hz} \pm 3\text{Hz}$ ，空载（含筒）振幅 $0.5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

5 维勃稠度筒：为无孔的出浆量筒。

A. 2.2 捣棒：直径 16mm，长 600mm，一端为弹头形。

A. 2.3 秒表：分度值为 0.5s。

A. 2.4 磅秤：量程大于 50kg，感量 5g。

A. 3 出浆量试验步骤

A. 3.1 试验前用湿布擦拭出浆量筒内壁及透明圆盘的上、下面。

A. 3.2 取质量均匀，有代表性的水泥混凝土试样 16kg，精确至 50g。

A. 3.3 将试样分两层装入出浆量筒，底层应超过半筒，上层应高出筒口。装料时应避免自由下倒，以防试样离析；每装一层用捣棒从出浆量筒周边向中心螺旋形均匀插捣 25 次。插捣底层时，捣棒应贯穿整个深度但不触及筒底；插捣上层时，捣棒应插入底层表面以下 10mm ~ 20mm。每层插捣后，用橡皮锤均匀敲击出浆量筒周围 10 次，以消除插捣产生的孔洞；上层插捣完毕后，并将表面整平。

A. 3.4 开动振动台，同时按下秒表，20s 后立刻停止振动台。记下振动前出浆量筒和混凝土的总质量 m_0 ，振动结束后用抹布抹去出浆桶外壁浆体称取质量 m_1 。

A. 3.5 仪器每测试一次后，必须将容器、筒模及透明圆盘洗净擦干，并在滑杆等处涂薄层黄油，以备下次使用。

A. 4 结果计算

A. 4.1 液化出浆量，按式（A.4.1）计算：

$$m_2 = m_0 - m_1 \quad (\text{A.4.1})$$

式中： m_2 ——混凝土液化出浆量（kg）；

m_0 ——振动前出浆量筒和混凝土的总质量（kg）；

m_1 ——振动结束后用抹布抹去出浆量筒外壁浆体称取质量（kg）。

结果计算精确至 1g。每个试样重复两次试验，以两次测值的平均值为试验结果，如果两次测值与平均值的误差均超过 20%，试验结果无效。

征求意见稿

条文说明

本方法根据混凝土振动液化原理，在维勃稠度仪的基础上改造而成，操作简便，可通过时间精确控制试验终点，可重复性高，干扰因素少。通过试验对比发现本方法可以很好地评价坍落度值为 10mm ~ 80mm 的低坍落度混凝土的液化效果，区分度明显。开发的低坍落度混凝土工作性表征新方法，弥补了现有工作性测试方法的不足，对控制滑模摊铺混凝土施工性能具有十分重要的意义。

征求意见稿

对执行标准严格程度用词说明

- 1 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不得”或“不应”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

征求意见稿