

中 国 城 镇 供 水 排 水 协 会 标 准

T/CUWA XXXXX—202X

排水工程管道回填自密实技术应用规程

Technical specification for application of self-compacting backfill in
drainage pipeline engineering

(征求意见稿)

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

中国城镇供水排水协会 发布

中国城镇供水排水协会标准

排水工程管道回填自密实技术应用规程

T/CUWA XXXXX—202X

**Technical specification for application of self-compacting backfill in
drainage pipeline engineering**

批准部门：中国城镇供水排水协会

实行日期：202X 年 X 月 X 日

XX 出版社

202X 北京

前 言

根据中国城镇供水排水协会《关于印发〈2021 年中国城镇供水排水协会团体标准制订计划〉的通知》（中水协 [2021] 9 号）的要求，编制组经广泛调查研究，参考有关国内外标准，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程主要技术内容为：1、总则；2、术语；3、基本规定；4、材料；5、设计；6、施工；7、质量检验。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任，对所涉专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

本规程可能涉及必不可少的专利，编制单位承诺已确保专利权人或者专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该标准时实施其专利。

本规程由中国城镇供水排水协会标准化工作委员会归口管理，由上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。本规程执行过程中如有意见或建议，请寄送上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司（地址：上海市东方路 3447 号城建设计大厦， 邮编：200125）。

本规程主编单位：上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

北京市市政工程设计研究总院有限公司

本规程参编单位：上海市排水处

常州市排水管理处

嘉兴市规划设计研究院有限公司

鼎蓝水务集团股份有限公司

上海善胜建筑材料有限公司

上海万朗水务科技集团有限公司

上海绍伊环境技术有限公司

上海百理新材料科技股份有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 次

1	总 则	1
2	术 语	3
3	基本规定	4
4	材 料	6
	4.1 一般规定	6
	4.2 原材料	6
	4.3 自密实回填材料性能	8
	4.4 自密实回填材料制备	9
5	设 计	11
	5.1 一般规定	11
	5.2 沟槽开挖设计	15
	5.3 沟槽回填设计	17
6	施 工	20
	6.1 一般规定	20
	6.2 施工准备	22
	6.3 自密实回填材料运输	23
	6.4 自密实回填材料浇筑	24
7	质量检验	26
	7.1 一般规定	26
	7.2 原材料检验	26
	7.3 施工质量检验	27
	本规程用词说明	29
	引用标准名录	30

Contents

1 General provisions

2 Terms

3 Basic requirements

4 Materials

4.1 General requirements

4.2 Raw materials

4.3 Properties of self-compacting backfill materials

4.4 Preparation of self-compacting backfill materials

5 Designs

5.1 General requirements

5.2 Design of trench excavation

5.3 Design of trench backfill

6 Constructions

6.1 General requirements

6.2 Construction preparation

6.3 Transportation of self-compacting backfill materials

6.4 Pouring of self-compacting backfill materials

7 Quality inspections

7.1 General requirements

7.2 Inspection of raw materials

7.3 Inspection of construction quality

Explanation of wording in this specification

List of quoted standards

1 总 则

1.0.1 为规范自密实回填材料在排水管道工程中的应用,实现管土一体回填效果,提高排水管道的工程质量,做到安全适用、技术先进、经济合理,制定本规程。

【条文说明】1.0.1 说明制定本规程的宗旨目的。

我国城镇排水管道质量问题突出,管道沟槽回填材料的选择和回填施工密实程度的控制的优劣是影响管道施工质量的重要影响因素。

管道基础的回填材料多采用中粗砂,根据《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 要求,回填至管顶以上 500mm,回填施工应严格控制回填材料的含水率,遵循管道两侧对称,分层回填与夯实的原则。沟槽回填材料的压实度为质量控制关键指标,设计文件通常规定不低于 95%,并要求严格按照 GB50268 规范要求施工,可为排水管道工程安全提供保障。但在工程实施过程中,却常会遇到以下问题:一是随着天然河砂资源的减少,便于质量控制的优质中粗砂材料价格逐渐走高,且外购运输距离较远,在实际施工中往往就地取材进行回填,工程质量难以控制;二是回填土未按规定分层回填,掩盖了回填土含有大石块等质量隐患,造成回填土未能夯实,使土体工后沉降量大;三是在城区施工空间受限的排水管道工程中,一般采用钢板桩基坑支护方案,钢板桩拔除过程对管周新近回填土(特别是底部)极易产生扰动,破坏了夯填工程建立的管土共同作用受力体系,导致新建排水管道的耐久性能差,容易发生接口脱开、管壁破裂、管道沉降等结构性缺陷。

通过改善沟槽回填材料性质和施工工艺,实现回填材料的自我密实,从而提升实现管土协同作用的保证率,改善管道受力状态,减少回填材料流失,提高排水管道质量,避免管道破裂及路面塌陷发生。自密实回填材料的骨料一般可施工现场就地取材,也可采用化学性能稳定、安全环保、工程性能达到要求的固体废弃物,如经破碎后的建筑垃圾、钢渣、泥浆、施工弃土等。

为保证排水管道工程沟槽回填,推广应用新型的自密实回填材料及施工工

艺对于提高城镇排水管道工程质量是十分必要的。

1.0.2 本规程适用于排水管道工程应用自密实回填材料的设计、施工及验收。

1.0.3 排水管道自密实回填材料的应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】 1.0.3 本条是对本规程在实施过程中与其他相关标准配套使用的关系做出规定。城镇排水管道工程中的工程设计，必须以性能指标和工程措施保证工程建设符合国家现行规范规定，为工程在建设期间和运行期间提供安全保障。因此，工程中采用的自密实回填材料的力学性能、耐久性能力、环境污染隐患等技术参数，以及全过程施工工艺管控要求，均应以工程设计文件规定为依据，在满足工程安全的前提下，提高工程的经济合理性。

2 术 语

2.0.1 自密实回填材料 self compacting backfill material

由土料、胶凝材料、外加剂和水等原材料，按一定配比均匀拌和，形成具有一定流动性、均匀性和稳定性，回填施工无需外力碾压或振捣，能够在自重作用下流动充填沟槽空间，且固化后具有一定抗压强度的材料。

2.0.2 土料 soil material

制备自密实回填材料的主要骨料，可采用工程施工弃土、建筑垃圾再生材料、钢渣、废弃泥浆等。

2.0.3 胶凝材料 binder

自密实回填材料中除土料、水、外加剂以外的其它矿物掺合料的总称，常见类型有水泥、石灰、石膏。

2.0.4 外加剂 admixtures

为改善自密实回填材料性能所添加的减水剂、引气剂、早强剂、缓凝剂、泵送剂、防冻剂、速凝剂、膨胀剂、防水剂和阻锈剂等的总称。

2.0.5 坍落扩展度 slump flow

自坍落度筒提起至自密实回填材料拌合物停止流动后，测量坍落扩展面最大直径和与最大直径呈垂直方向直径的算术平均值。

2.0.6 泌水率 bleeding rate

拌合物泌出水量占总水量的比例。

2.0.7 管土一体 integration of pipe and soil

管道和回填材料共同抵抗应力和变形，实现管道的稳定性。

3 基本规定

3.0.1 刚性、柔性排水管道及检查井沟槽可采用自密实回填料回填。

【条文说明】3.0.1 自密实回填材料是通过其良好流动性的特点，材料倒入沟槽后，可依靠自身重力充满沟槽，实现沟槽密实的目的；待凝固后，又有一定的强度，不需要夯实，与排水管道实现“管土一体”的效果；可以替代中粗砂回填，适应于各类排水管道的沟槽回填；通过调整材料配比，可以满足不同施工期的要求。

3.0.2 当排水管道敷设于道路下方时，自密实回填料抗压强度应满足道路设计荷载的要求。

【条文说明】排水管道在运维期间因长期承受自重、荷载和周边环境的作用，自密实回填材料的抗压强度需能保证在设计荷载作用下不产生影响使用的变形、沉降和破坏。

3.0.3 自密实回填材料不得对管道周围环境造成污染。

【条文说明】3.0.3 自密实回填材料不得有污染物析出，故需要对原材料选用质量把关。

3.0.4 排水管道工程施工前，应编制专项施工方案，并在施工过程中严格执行，单项验收不合格应予以纠正。当沟槽回填工程验收中管道变形检测不合格时，工程返修合格前不得实施后序工程。

【条文说明】3.0.4 施工单位在开工前应编制施工组织设计，对关键的分项、分部工程应分别编制专项施工方案。施工组织设计、专项施工方案必须按规定程序审批后执行，有变更时要办理变更审批。

3.0.5 当施工环境温度低于 0℃时，不得进行自密实回填材料的露天施工，应采取防冻措施。

【条文说明】3.0.5 本条规定了冬季施工自密实回填材料施工时气候温度的下限值要求。降雨、雪或低温均会对自密实回填材料自密实性能产生较大影响，甚至导致材料离析，因此，在降雨、雪及低温时，不宜直接在露天浇筑自密实回填材料，需要在采取相应挡雨、雪及防冻措施后方可使用。

3.0.6 管道运行期间拆改管道周围自密实回填材料前，应编制和评审实施方案，方案内容应包括原管材的保护措施。

【条文说明】3.0.6 投入运行后的管道拆改，需重点关注地下管线对拆改施工过程中产生的附加变形的适应能力，实施方案应综合考虑管道材质、管节长度、接头构造、管道状况、埋深及内压等因素，以便采取有针对性的保护措施。

4 材 料

4.1 一般规定

4.1.1 自密实回填材料性能应符合工程设计文件要求。

【条文说明】4.1.1：工程中采用的自密实回填材料的力学性能、耐久性能力、环境污染隐患等技术参数，以及全过程施工工艺管控要求，均需要与工程设计文件规定相结合。

4.1.2 制备自密实回填材料的原材料应符合取材便利、再生利用、绿色环保、低碳节能的原则。

【条文说明】4.1.2 自密实土料一般就地取材，可采用化学性能稳定、安全环保、工程性能达到要求的废弃物，如：工程弃土（如淤泥质土、黏性土、粉土、砂土和混合土等）、经破碎后的建筑垃圾、钢渣、泥浆、杂填土等。

4.1.3 原材料及自密实回填材料中不得含有污染地下水、土体及降低管材使用年限的成份。

4.1.4 自密实材料宜在工厂制备完成，采用搅拌车运输至工程现场。

4.1.5 自密实材料进入现场时应提供性能参数检测报告，并应符合设计文件要求。

4.2 原材料

4.2.1 制备自密实回填材料的土料应符合下列规定：

1 自密实回填材料的土料宜采用工程弃土，以及建筑垃圾的再生材料或废弃泥浆。工厂制备自密实回填材料的土料应按配合比设计要求分类贮存；

2 土料采用工程弃土时，应经筛分处理，最大颗粒粒径不宜大于 50mm，有机

质含量不得大于 5%；

3 土料采用建筑垃圾再生材料时，应去除装饰材料、钢筋等杂物，经磨碎和分选按细土料、粗土料分类。细骨料的粒径不应大于 4.75mm，粗骨料的粒径不应大于 50mm；

4 未经处理的污染土不得作为土料；

【条文说明】4.2.1 关于制备自密实回填材料的土料的规定。

1 有机质含量过高，影响固化剂的作用和自密实回填料的性能，土料颗粒粒径过大会影响自密实回填料的扩展度和材料性能的均匀性；

3 对于工程废弃物的再生材料的分类和技术要求，可遵照现行国家标准《工程施工废弃物再生利用技术规范》GB/T 50743-2012 执行；砖、石、混凝土块、瓷砖、砂浆等均可作为自密实回填土料；钢筋、合金材料、木料、塑料、纸质材料、布料、有机材料等不能作为自密实回填土料，需在分选时将其去除；

4 自密实回填材料不能对环境造成污染；若需要使用污染土时，则要对污染土进行处理，达标后方能使用。

4.2.2 制备自密实回填材料的凝胶材料应符合下列规定：

1 胶凝材料宜采用通用硅酸盐水泥，应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定；

2 采用粉煤灰作为胶凝材料的掺合料时，宜采用Ⅲ级粉煤灰，应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定；

4.2.3 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定；

4.2.4 拌和用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定；

4.2.5 原材料的贮存应符合下列规定：

1 土料应按品种、规格分别贮存，并应采取防雨和防污染措施；

2 胶凝材料应按品种、强度等级及生产厂家分别贮存，并应采取防水、防潮和防污染措施；

3 外加剂应按品种和生产厂家分别贮存在密闭容器内，并应采取防水、防潮、防晒及防冻等措施。

4.3 自密实回填材料性能

4.3.1 自密实回填材料性能指标应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 自密实材料性能指标

指标	单位	数值	检测标准
坍落扩展度	mm	500~600	±10%
湿重度	kN/m ³	16~20	±10%
28 天无侧限抗压强度	MPa	0.4~2.0	±10%
3 天早期无侧限抗压强度	MPa	≥0.3	±10%
渗透系数	cm/s	≤1.0×10 ⁻⁷	±10%
泌水率	%	≤5	±10%

【条文说明】4.3.1 扩展度为自密实回填材料流动性指标，当大于 500 时，其自流性能良好，但也不能过大，否则凝固时间较长，影响排水管道快速回填施工要求，对自密实回填材料性能也有影响，实践证明，扩展度 500~600 较适宜；材料坍落扩展度、泌水率的性能试验方法需满足《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016 的相关规定。自密实回填材料性能指标范围值跨度较大，适用范围广，表中性能均高于中粗砂回填材料性能指标，满足有关规范和设计要求，故检测标准要求不要求太高，±10%较为合适，有利于产品制作、质量验收。±10%的检验标准对象是设计文件中的指标值。自密实回填材料的原材料分别采用建筑垃圾、工程弃土等时，回填材料 28d 时的无侧限抗压强度具有较大的离散性。自密实回填材料 28d 时的无侧限抗压强度为 0.4~2.0MPa，设计人员在确定该指标时应事先与材料生产商进行沟通。

4.3.2 自密实回填材料的初凝时间宜为 3h~6h，终凝时间宜为 12h~24h，测定方法可按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 500806 的相关规定执行。

【条文说明】4.3.2 自密实回填材料的初凝时间按照不小于运输时间和现场回

填的时间之和来确定，确保回填过程中材料具有较好的流动性和填充性；自密实材料回填到位后，要尽快实现终凝，从而继续回填上部区域及恢复地面功能，初凝和终凝之间的时间差要尽可能短，满足快速回填的要求。

4.3.3 自密实回填材料的单位面积贯入阻力达到 3MPa 时，方可回填管顶以上区域。

【条文说明】4.3.3 单位面积贯入阻力的性能试验方法需满足《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080-2016 的相关规定；自密实回填材料达到一定强度后，方能对管道提供足够的侧向约束，限制管道变形的发展，从而承担上部荷载；考虑自密实回填材料的特性，早期材料的变形模量较难测定，故采用单位面积贯入阻力来衡量。

4.4 自密实回填材料制备

4.4.1 自密实回填材料应根据设计要求、施工工艺和环境因素，综合考虑回填材料自密实性能要求，提出初始配合比，并应经试验和检测后确定设计配合比。

4.4.2 自密实回填材料可通过添加外加剂的方法改善浆体的黏聚性和流动性。

4.4.3 自密实回填材料配合比的试配、调整与确定应符合下列规定：

1 材料试配时应采用工程实际使用的原材料，每盘材料的最小搅拌量不宜小于 25L；

2 试配时，应检测拌合物坍落扩展度、泌水率等指标，不能满足要求时，应在水胶不变的条件下，以胶凝材料用量和外加剂用量合理为原则，调整胶凝材料或外加剂用量，直到符合要求为止。应根据试拌结果提出材料强度试验用的基准配合比；

3 材料抗压强度试验时每种配合比至少应制作一组试件，标准养护到 28d 或设计要求的龄期；

4 根据试配结果对基准配合比进行调整，直至拌合物自密实性能和硬化后材料性能都满足相应规定为止，获得生产配合比。

5 对于应用条件特殊的工程，可对确定的配合比进行模拟试验，以检验所设

计的配合比是否满足工程应用条件。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 排水管道工程采用自密实回填材料时，除沟槽开挖与回填设计应符合本规程的规定外，还应符合现行国家标准《室外排水设计标准》GB 50014、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 和《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定。

【条文说明】5.1.1 本条主要阐明现阶段排水管道工程采用自密实回填材料时，管道结构设计和管道验收要求，仍遵循现行规范体系；由于自密实材料的特性，回填压实系数按 100%考虑，28 天抗压强度不低于 0.4MPa，回填材料的变形模量在缺乏试验数据时，可按照《给水排水工程管道结构设计规范》附录 A 中砂砾、砂卵石、细粒土含量大于 12%时的回填土取值；通过沙箱试验表明，采用自密实材料回填的管道竖向变形非常小。

沙箱试验中管顶以上回填自密实材料 70cm 厚，其余荷载通过液压千斤顶和加载板施加到管顶回填材料上，其中加载板为 3cm 厚的钢板、平面尺寸为 2×1.9m；试验中采用的自密实回填材料 28d 无侧限抗压强度为 1.0Mpa，试验管材采用 DN1200 HDPE 缠绕塑料管材（环刚度为 SN10、管材结构壁 68mm、外壁 6.6mm、内壁 7.9mm、弯曲模量 2014MPa，弯曲强度 31.2MPa，拉伸强度 21.9MPa）；沙箱试验的装置见图 1，管道的变形数据见表 1。

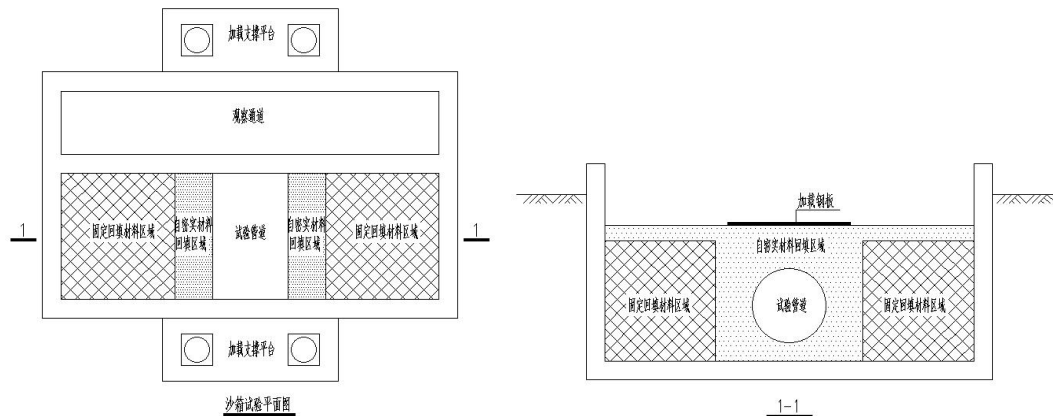


图 1 沙箱试验装置

表 1 沙箱试验结果

管顶等效覆土厚度 (m)	回填材料龄期 (d)	管道竖向最大变形 (mm)
5.2	3	0.49
8.7	4	0.30
10.7	5	0.25

采用 Plaxis 有限元分析软件, 分析采用自密实材料回填后回填材料本身和管道的竖向变形, 详见图 2、图 3 和图 4。管道采用和沙箱试验相同的管材规格, 自密实回填材料的粘聚力 $C=200\text{kpa}$, 内摩擦角 $\Phi=25^\circ$ 。

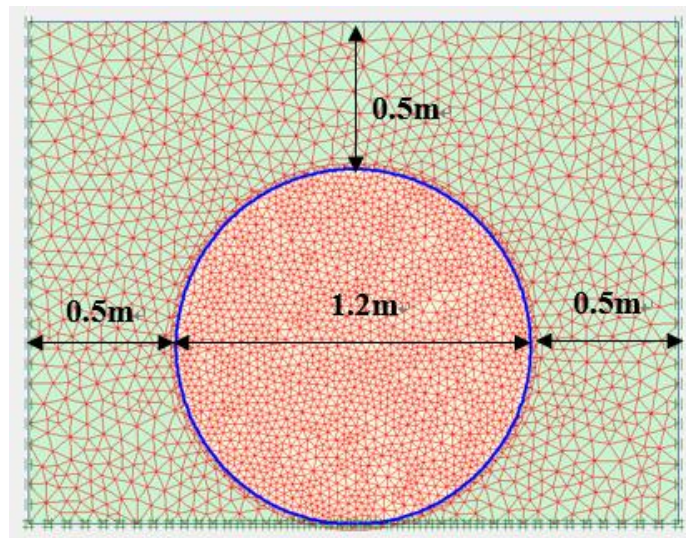


图 2 有限元分析模型

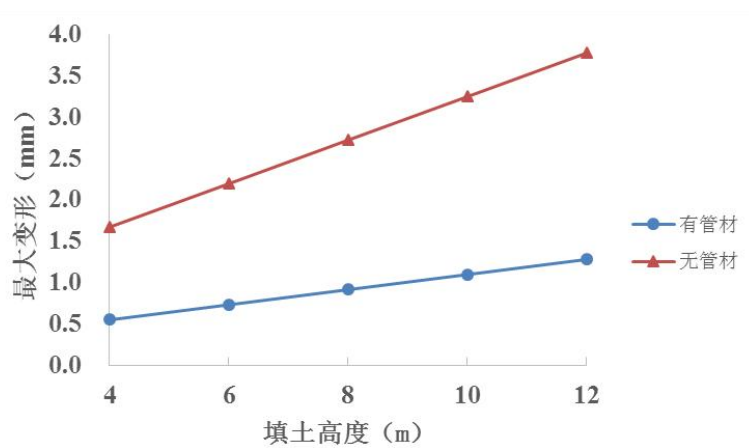


图 3 不同覆土厚度下的土体竖向变形图 ($E=100\text{Mpa}$)

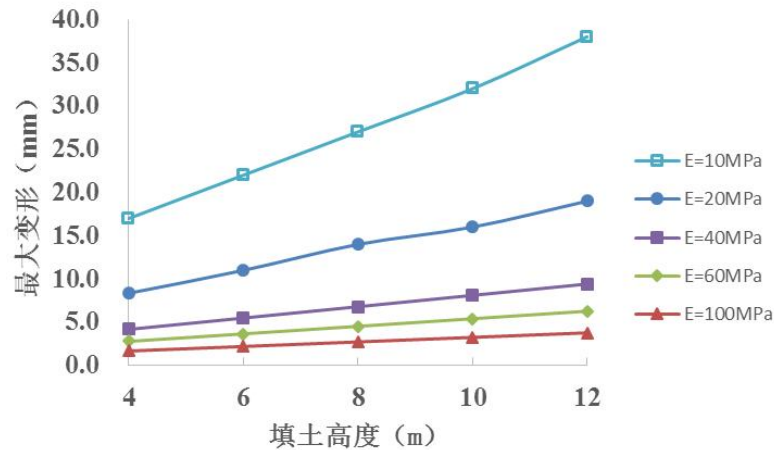


图 4 不同填土高度与回填材料弹性模量下的管道竖向变形图

通过以上分析，相同覆土高度时，随着自密实回填材料弹性模量的增大，管材的变形量均减小；当回填材料弹性模量取值 100 MPa(抗压强度大于 0.5MPa 时，弹性模量大于 100 MPa) 时，10m 覆土高度工况下，无管材时的土体竖向最大变形量约 3.4mm，有管材时的土体竖向最大变形量约 1mm，均可满足管道变形量要求。

鉴于本规程数据限于仅有沙箱试验和有限元分析，未经实际工程使用检验，故管道结构的计算分析模型仍按规范执行。

5.1.2 管道沟槽开挖断面设计应以保证工程质量，控制材料用量为原则。

【条文说明】5.1.2 沟槽开挖宽度及高度应满足设计要求；设计无要求时，可按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 第 4.3.2 条执行，鉴于自密实材料的特性，在满足管道安装最小空间时，可以适当缩窄沟槽断面。

5.1.3 管道工程的地基承载力设计值不宜低于 80kPa。对于软弱地基和施工扰动土体应进行地基处理。

【条文说明】5.1.3 地基承载力设计值需根据管道埋设及基础宽度进行修正，管道天然地基承载力不满足设计要求时，应按设计要求进行加固处理。施工时应采取措施避免沟槽超挖，遇有某种原因，造成局部超挖或且不超过 150mm 时，可采取沟槽原土回填夯实，压实度不低于原地基土的密实度，或采取自密实回

填材料回填；由积水、施工造成地基土扰动时，需根据扰动深度采取相应的换填或地基处理措施。

5.1.4 管道基础应满足设计要求。

【条文说明】5.1.4 管道基础根据管材等不同，分别采取天然土弧基础、砂石基础、混凝土基础等方式，具体由设计根据规范等技术要求确定。

5.1.5 当刚性管道采用刚性基础时，刚性基础应单独设计，刚性基础以外的回填区域可采用相同的自密实材料回填；当管道基础类型为柔性基础时，管道基础及胸腔部分均应采用自密实材料回填，其余部分宜采用自密实材料回填。

【条文说明】5.1.5 自密实回填材料的作用是代替传统的中粗砂，而且自密实材料本身的抗拉、抗弯性能非常低，故采用本规程中自密实材料回填的基础需要按柔性基础设计；对于采用柔性基础的管道沟槽，自管道基础底至管顶以上50cm 区域空间内均采用自密实材料回填，既能保证管道沟槽的回填质量，又便于施工组织安排。

5.1.6 设计文件应规定自密实回填材料的性能参数和验收标准。

【条文说明】5.1.6 根据施工时的环境温度、管道的路由位置来确定自密实回填材料的流动性、抗压强度等参数；施工时环境温度较高时，自密实回填材料的坍落扩展度需取高值。对于自密实回填材料28d 的无侧限抗压强度，当管道位于绿化带下方时应取低值，当管道位于车行道下方时应取高值。考虑后期工程土体开挖的便利性，回填材料的抗压强度不能过高。

5.1.7 柔性管道的管周回填所采用自密实回填材料的初凝时单位面积贯入阻力应满足设计文件规定，且不应低于3MPa。

5.2 沟槽开挖设计

5.2.1 排水工程采用自密实回填材料进行回填的管道沟槽设计，宜采取直壁型或坡面型断面；分步开挖的沟槽顶面宜与分步回填控制顶面平齐。

5.2.2 管道沟槽开挖到底后，铺设找平砂垫层，然后架设管道支座，管底与砂垫层之间、管道两侧胸腔部分、管顶以上 30cm 范围内均采用自密实材料回填。

【条文说明】5.2.2 根据管道结构类型及环境、地质条件，管道沟槽开挖断面的形式主要有以下类型：围护桩直壁开挖型和放坡斜面开挖型；自密实回填材料的最小回填范围为基础底至管道外顶以上 30cm 处，管外顶以上 30cm 至设计地面处亦能采用自密实材料回填，如上方道路路基有特殊要求时，则需要满足道路回填要求。刚性管道柔性基础的管道沟槽断面详见图 5，柔性管道柔性基础的管道沟槽断面详见图 6。

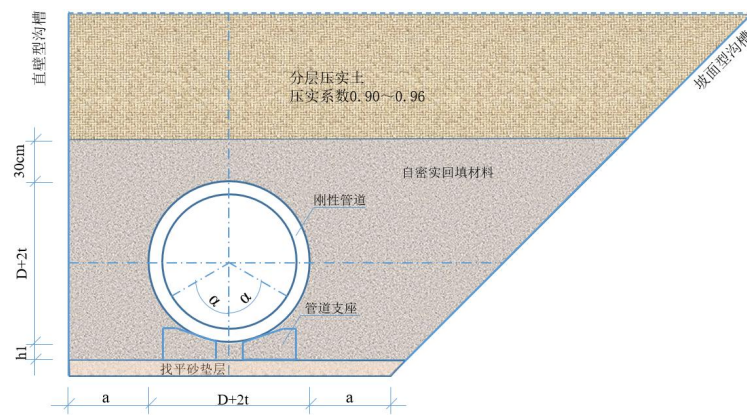


图 5 刚性管道柔性基础管道沟槽断面示意图

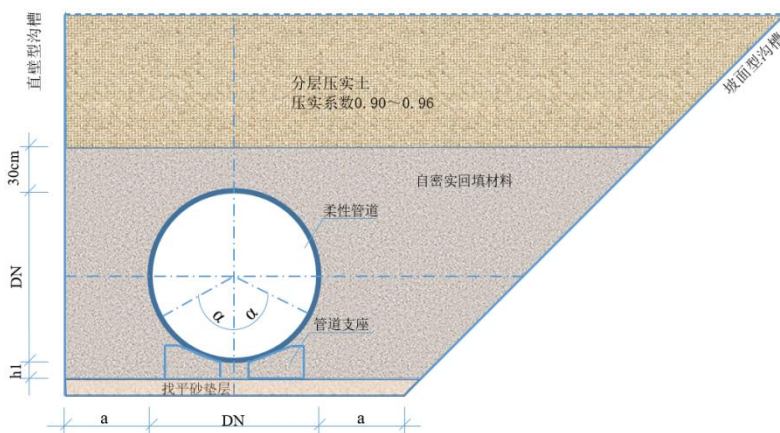


图 6 柔性管道柔性基础管道沟槽断面示意图

图中：D——刚性管道的内径 (mm)；

- t——刚性管道的壁厚 (mm);
- DN——柔性管道的公称直径 (mm);
- a——管道壁外侧距沟槽壁的最小距离 (mm);
- h_1 ——管底与找平砂垫层顶部之间的最小高度 (mm);
- α ——基础支撑角 ($^{\circ}$)。

5.2.3 管道沟槽开挖与回填断面中的几何尺寸应符合下列规定:

- 1 管道结构设计时管道基础支撑角按 120° 取值;
- 2 管道壁外侧距沟槽壁的最小距离 (a) 应满足自密实回填材料的浇筑扩散和填充性能要求, 且不宜小于 100mm。

【条文说明】5.2.3 本条提供自密实回填材料所需要的最小沟槽断面尺寸。

- 1 本条对柔性管道的变形计算给出了依据;
- 2 本条为自密实回填材料所需要的最小尺寸要求。

5.2.4 管道接口处的沟槽开挖空间应满足现场安装操作的基本要求, 分步回填高度应与管道回填要求一致。

5.2.5 管道地基承载力和结构沉降验算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。

5.2.6 软弱地基处理设计应符合现行行业标准《建筑地基处理规范》JGJ 79 的规定。

5.3 沟槽回填设计

5.3.1 设计文件应规定自密实回填材料分层回填的工序控制条件和技术指标，可用材料初凝期或终凝期作为分层浇筑或顶部回填土、地面交通恢复等分界的控制点。

【条文说明】5.3.1 由于自密实回填材料初期为流体，在初凝前无法为管道提供有效支撑，同时初凝前的回填材料会对管道产生浮力，故管道基础和胸腔部分需要分层浇筑，待管道基础部分初凝后，方能浇筑胸腔部分；当胸腔部分终凝后，才能回填上部覆土或恢复地面交通。

5.3.2 管道与两侧基础顶面交点的圆心角应满足结构设计规定的基础支撑角（ 2α ）要求。

【条文说明】5.3.2 采用自密实回填材料的管道基础支撑角不小于 120° 。

5.3.3 管道结构设计采用自密实回填材料作为管周胸腔回填时，回填材料的变形模量应满足设计文件的规定，且不得低于原状土的变形模量。

【条文说明】5.3.3 相比于传统的回填方式，采用自密实材料回填管道沟槽时，回填材料应具有较高的变形模量，且不得低于原状土的模量。

5.3.4 在管道铺设前，应在槽底铺设 $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 的砂垫层进行找平处理，并应均匀放置管道支座；支座间距应以临时固定管道的工况计算确定，且每节管道不应少于 2 组。支座宜采用自密实回填材料预先制作，管底高度 h_1 宜为 $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 。当采用混凝土、砖石、木材支座时，应考虑支座与回填材料的刚度差异对管道受力的影响。

【条文说明】5.3.4 排水管道工程采用自密实材料回填时，需将自密实材料全部包裹住管道，管道下方进行找平处理后，应安放管道支座临时架空管道，确保自密实材料能够充分回填至管道下方和两侧腋角处；管道支座可采用整体式或分离式，并据管道临时稳定性和管道受力变形计算结果，确定支座的间距。

5.3.5 自密实回填材料初凝前，管道工程应满足整体抗浮稳定性的要求，结构设计可按下式验算：

$$F_{Gk} \geq K_{Gf} F_{fk} \quad (5.3.1)$$

式中： F_{Gk} ——管道重力抗浮作用标准值之和（kN/m）；

F_{fk} ——自密实回填材料初凝前对管道最大浮力作用标准值（kN/m）；

K_{Gf} ——管道抗浮稳定性的抗力系数，不应小于 1.1。

【条文说明】5.3.5 由于自密实回填材料初始状态为流体状态，管道承受一定的浮托力，为确保回填后管道的标高符合设计要求及管道接口安全，需对回填材料初凝前的管道进行整体抗浮验算。

5.3.6 自密实回填材料初凝前，管道最大浮力作用标准值可按下式计算：

$$F_{fk} = \gamma_{sb} V_p \quad (5.3.2)$$

式中： γ_{sb} ——自密实回填材料浇筑时的表观密度（kN/m³），当缺少产品确认值时，可按 20kN/m³ 取值计算；

V_p ——管道浸没在自密实回填材料中的体积（m³/m）。

【条文说明】5.3.6 本规程中回填材料初凝前对管道的浮力按照流体力学中静水压力理论计算，位于静态流体中的物体所受的浮力，为物体排开的流体体积与流体重量的乘积。

5.3.7 自密实回填材料初凝前，管道工程宜采取管材和管内水体自重抗浮。当采取管顶配重抗浮措施时，配重体宜沿管道纵向均匀布置。配重抗浮作用所引起的管道挠曲变形值不得大于管道公称直径的 0.5%。可按达到初凝期后逐层浇筑的原则，采取施工工序管理的方式进行管道抗浮。

【条文说明】5.3.7 采用临时配重抗浮措施时，应对临时配重措施引起的管道变形和附加内力进行验算。

5.3.8 管道结构设计应对不同阶段管道作用工况，按国家现行标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 进行结构设计验算。

【条文说明】5.3.8 验算中自密实回填材料的变形模量取值应符合材料龄期性能的技术指标，初凝期材料的变形模量按材料贯入阻力值取值，当缺少确认资料时，按按 3.0MPa 计算；终凝期材料的变形模量可按材料的弹性模量取值，当缺少确认资料时，则按 15.0 MPa 计算。

5.3.9 排水管道铺设完毕并经检验合格后，宜先做闭水试验或闭气试验，试验合格后回填沟槽，回填时宜保留管内水增加管材抗浮力。

【条文说明】5.3.9 采用自密实材料回填时，管道铺设完毕后仍按相关规范要求要求进行闭水试验；闭水试验过程中的管内水可待沟槽回填结束后再排出，借以增加自密实材料回填时管道的抗浮力；对于压力管道，尚应按规范进行水压试验，试验前自密实回填材料需填管道两侧及管顶以上不小于 0.5m，水压试验合格后再回填其余部位。

5.3.10 采用自密实材料回填沟槽时，宜在地基刚度突变处设置管道接头，协调管道的差异沉降。

【条文说明】5.3.10 采用自密实材料进行沟槽回填后，易将管道形成一个半刚性体，不利于管道的协调变形，故需要根据管底地基土层情况，选择在刚度突变处设置管道接头，同时刚度突变两侧的自密实材料之间应采取隔离措施。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 施工前，应根据沟槽基础状况和设计要求，编制施工技术方案，并应符合下列要求：

1 采用自密实回填料施工的排水管道工程，除确定槽底宽度和回填施工外，均应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268的有关规定；

2 应根据管道安装及安全需要确定槽底宽度；

3 施工前，应根据土的性质、排水管道的结构形式、管材性质、管径等情况，依据设计要求确定自密实回填料流动性、抗压强度等技术参数；

4 自密实回填料拌合、运输、回填、养护过程强度不应降低，并应考虑回填料强度增长龄期要求；

5 应根据排水管道结构形式、管材性质、管径等情况，结合沟槽断面是否支撑，确定管道抗浮加固方式；

6 当沟槽需要支撑时，除应保证沟槽侧壁支撑安全、稳定外，还应保证管道抗浮加固措施需要，确定纵向、横向支撑位置。

【条文说明】 6.1.1 制定施工方案时，应充分考虑自密实回填料的特点及设计要求。采用自密实回填料施工与传统回填土施工发生了如下变化：1.传统回填质量用密实度判断，分为不同的密实度，自密实回填料回填质量则用抗压强度判别控制强度等级和强度增长龄期；2.操作方法由夯实，改为浇筑，操作简化质量容易控制；3.采用素土夯实腋角等处夯实困难，分层夯实工期较长，自密实回填料在做好抗浮的情况下可连续回填，且有利于窄槽施工。

施工方案中需包括施工平面布置、配合比和施工顺序等，还需验算浇筑自密实回填材料对围护结构和管道结构的影响及管道的抗浮，确定关键的施工参数。

当沟槽有支撑措施时应，充分利用支撑制定管道抗浮措施。沟槽无支撑时常用管道抗浮措施有管道注水、管顶压沙袋等。

6.1.2 自密实回填材料的胶凝材料、外加剂等原材料进场时，应具有产品合格证、出厂试验报告。

【条文说明】6.1.2 胶凝材料、外加剂是影响自密实回填料抗压强度、初凝时间的主要材料，必须加强检验。

6.1.3 施工的安全技术要求应符合现行国家标准《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870 的有关规定，并应编制安全施工方案和应急预案。

【条文说明】6.1.3 自密实回填料施工过程与回填土的施工过程关注的安全事项不同，应根据施工现场环境、施工条件、采用的机械设备等因素，确定安全施工方案和应急预案。

6.1.4 排水管道施工完成后，应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定验收，验收合格方可投入使用。

【条文说明】6.1.4 排水管道工程的主控项目除管道埋深深度、轴线位置以及管壁裂缝、缺损等隐蔽性验收内容外，还应包括管道功能性试验等内容。

6.2 施工准备

6.2.1 回填前应对安装完成的管道、沟槽进行验收，验收应包括下列内容：

- 1 管道安装符合施工验收规范要求；
- 2 管道抗浮加固措施验收合格；
- 3 沟槽内清理干净，无杂物、无积水；
- 4 填写隐蔽验收记录。

6.2.2 应确保回填施工不会造成沟槽侧壁开裂、坍塌等风险，应对施工人员进行安全技术交底，并应制定预防措施及应急预案。

【条文说明】6.2.2 回填材料浇筑需采用泵车、罐车等大型施工机械，有可能造成槽壁开裂、沟槽塌方等事故。因此，施工准备阶段，应认真排查风险源，制定相应应急预案。

6.3 自密实回填材料运输

6.3.1 自密实回填材料运输应采用搅拌运输车，并宜采取防晒、防冻等措施。

6.3.2 采用搅拌运输车运输自密实回填材料时，应符合下列规定：

- 1 接料前，搅拌运输车应排净罐内积水；
- 2 在运输途中及等候卸料时，搅拌运输车罐体应保持均匀转动，不得停转；
- 3 卸料前，搅拌运输车罐体宜快速旋转 20s 以上后方可卸料。

4 运输车从开始接料至卸料的时间不宜大于 3h，如需延长运送时间，应采取相应的技术措施，并应通过试验验证。

【条文说明】6.3.2 在运输过程中，搅拌车的滚筒保持匀速转动有利于减少自密实回填材料流动性损失，卸料前快速旋转的目的是提高回填材料的均匀性。

6.3.3 采用搅拌运输车运输时，施工现场车辆出入口处应设置交通安全指挥人员，施工现场道路应顺畅，有条件时宜设置循环车道；危险区域应设警戒标志；夜间施工时，应有良好的照明，并应设置围挡和安全警示标志。

【条文说明】6.3.3 本条主要强调运输的现场道路环境各方面的要求。良好的道路环境是快捷、安全运输的保障。

6.3.4 采用搅拌运输车运送自密实回填材料，当坍落扩展度损失较大不能满足施工要求时，可在运输车罐内加入适量的与原配合比相同成份的外加剂；外加剂掺入后罐车应快速旋转，搅拌均匀；外加剂掺量和旋转搅拌时间应通过试验验证。

【条文说明】6.3.4 本条强调运输中，当自密实回填料坍落扩展度损失较大时，应采用同品种加外加剂（一般为减水剂），重新搅拌的方法增加坍落扩展度。而不得采用加水等方法。

6.3.5 当采用机动翻斗车运输自密实回填材料时，道路应通畅，路面应平整、坚实，临时坡道或支架应牢固，铺板接头应平顺。

【条文说明】6.3.5 机动翻斗车没有搅拌功能，颠簸路况增加自密实回填料的沉淀、

离析现象，平坦的路况有利于保障自密实回填料的浇筑施工时质量。

6.4 自密实回填材料浇筑

6.4.1 首次浇筑时，应先制定试验方案，进行试验性浇筑，确定分层浇筑高度及验证抗浮措施的可靠性。

【条文说明】6.4.1 本条要求首次浇筑先要进行试验性浇筑，主要是复核抗浮加固计算，是否复核实际。当实际浇筑后管道稳定，可开始正常浇筑。如管道出现浮动，应停止浇筑，调整加固方案，并将浮动移位管道复位。

6.4.2 浇筑自密实回填材料时，现场应有专人进行监控，并应根据监控结果调整施工措施。

【条文说明】6.4.2 由于自密实回填材料流动性大、侧压力大等特点，在施工过程中应加强对施工过程的监控，并根据检测情况及时调整施工措施。

6.4.3 自密实回填材料浇筑过程应分层、沿管道两侧对称浇筑进行，分层浇筑时，每层宜连续泵送及浇筑；管道两侧高差不应超过 10cm，第一层宜浇筑至排水管 2/3 直径处。检查井回填应沿四周均匀浇筑，高差不超过 20cm。

【条文说明】6.4.3 自密实回填材料用于排水管道回填，初凝时强度低，流态的自密实回填材料会对侧壁产生一定的压力，因此需分层分片进行浇筑，每层浇筑的厚度需通过强度验算，第一层宜浇筑至排水管 2/3 直径处，有利于抗浮；为了防止自密实回填材料对基槽或管线产生较大的侧向推力，浇筑时需对称进行，且需控制不同部位浇筑的高度差。高差一般不超过 10cm，经过计算满足强度和稳定性要求时高差可以适当增加。

自密实回填材料的浇筑效果主要取决于回填材料的工作性能。因此，保持回填材料浇筑的连续性是其关键，如停泵时间过长，自密实回填材料自密实性能变差。

6.4.4 自密实回填材料浇筑的布料点宜接近浇筑位置，应采取降低材料下料冲击影响的措施，浇筑沟槽平面有高差时，宜先浇筑低区部分再浇筑高区部分。

【条文说明】 6.4.4 在浇筑过程中为了保证回填材料质量，控制回填材料流淌距离，应选择适宜的布料点并控制间距。

6.4.5 自密实回填材料浇筑后，在初凝前宜对回填材料裸露表面进行整平处理。

6.4.6 泵送自密实回填自密实回填材料浇筑应符合下列规定：

1 宜根据自密实回填材料供应、浇筑设备、场地内外条件等划分每台输送泵浇筑区域及浇筑顺序；

2 采用输送管浇筑时，宜由远而近浇筑；采用多根输送管同时浇筑时，其浇筑速度宜保持一致；

3 泵送浇筑宜保持连续；当自密实回填材料供应不及时，可采取间歇泵送方式；

4 浇筑后，应按要求完成输送泵和输送管的清理。

6.4.7 当沟槽采用钢板桩支护时，应在回填达到安全高度，且自密实回填料抗压强度能够支撑沟槽边坡后，拔出钢板桩；钢板桩拔除后应回填桩孔，可采用流动性较大的自密实回填料，采取边拔桩边填充的方法施工。

【条文说明】 6.4.7 采用钢板桩支撑沟槽时，拔桩后必须将桩孔及时回填密实，使沟槽侧壁土体与固化的自密实回填料紧密结合。如果沟槽侧壁土质稳定性较差，可采取间隔拔桩填充，待填充的自密实回填料固化后，再进行二次拔桩填充。

6.4.8 常温状态自密实回填料完成浇筑，而不能及时进行下次浇筑或下道工序时，浇筑表面应采取洒水等保湿措施。冬季施工时应采取表面覆盖等防冻措施。在降雨、降雪期间，不宜在露天浇筑回填材料。

【条文说明】 6.4.8 自密实回填料胶凝材料为水硬性材料，常温下失水，及冬季受冻均会影响强度增长。对于不能及时进行下道工序时应采取保护措施。

降雨、雪或模板内积水均会对自密实回填材料自密实性能产生较大影响，甚至导致回填材料离析，因此，在降雨、雪时，不要直接在露天浇筑回填材料土。在采取相应挡雨、雪措施后方可使用。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 自密实回填材料的制备单位或施工单位的试验室应能进行施工质量检验，应配备进行材料、施工质量控制和检验所需的试验设备和仪器，应配备相应的技术和管理人员。

7.1.2 施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上按检验批次进行。

7.1.3 质量检验除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 及《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

7.1.4 排水管道沟槽回填施工完成并检测合格后，应将相关工程资料进行汇总、整理和归档。

7.2 原材料检验

7.2.1 自密实回填材料制备过程中，应对原材料进行随机抽样检验，每个检验批的检验次数不应小于 1 次。

【条文说明】原材料检验是指土料、胶凝材料、外加剂及水的检验，土料检验是指重金属、有机物含量是否存在超标情况的检验。采用通用硅酸盐水泥胶凝材料时，要按现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定进行检验；采用Ⅲ级粉煤灰作为胶凝材料的掺合料时，要按现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定进行检验；外加剂要按现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定进行检验；拌和用水要按现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定进行检验。

7.2.2 原材料的检验数量应符合下列规定：

- 1 土料应按每 1000t 为一个检验批；
- 2 胶凝材料应按每 500t 为一个检验批；
- 3 外加剂应按每 50t 为一个检验批；
- 4 当采用饮用水作为施工用水时，可不作检验；当采用再生水、搅拌站清洗水或施工现场循环水等其他水源时，应对水的成份进行检验。

7.3 施工质量检验

7.3.1 自密实回填材料的质量检验项目应包括湿重度、坍落扩展度和抗压强度。

【条文说明】7.3.1 湿重度、坍落扩展度和抗压强度为自密实回填材料的主要性能控制指标。

7.3.2 首次制备的自密实回填材料应进行开盘鉴定，性能指标应满足设计要求。

7.3.3 自密实回填材料的湿重度检验应按连续浇筑每 200m 沟槽不得少于 1 次，检验合格标准应为与设计值的允许偏差不应大于 10%。

7.3.4 自密实回填材料的坍落扩展度检验应按连续浇筑每 200m 沟槽不得少于 1 次，检验合格标准应为与设计值的允许偏差不应大于 10%。

7.3.5 自密实回填材料应进行立方体抗压强度检测，试件应在浇筑地点随机抽取，试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定，并应符合下列规定：

- 1 应按连续浇筑每 200m 沟槽应制取一组试件，一组应为 3 个试件；
- 2 试件尺寸宜为 150mm×150mm×150mm 的标准立方体，若尺寸非标，应乘上相应的折算系数；
- 3 试件拆模后，应按组密封养护 3d、28d，养护温度应为 20°C±2°C；
- 4 检验合格标准应为 3 个试块的抗压强度平均值与设计值的允许偏差不应大于 10%；单个试块的抗压强度与设计值的允许偏差不应大于 15%；

【条文说明】7.3.5 自密实回填材料具有适宜的抗压强度范围值，当 3 个试块的抗压

强度平均值满足设计要求，但其离散性较大，单个抗压强度超过本标准规定的抗压强度范围值时，应视为不合格。

7.3.6 材料取样记录应符合下列规定：

- 1 取样应在管半径以下及以上部位分布采取，并应标明取样部位；
- 2 应标明取样的干线、支线名称、桩号等位置；
- 3 取样记录应与试件编号对应。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

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，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《室外排水设计标准》 GB 50014
- 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 《给水排水工程管道结构设计规范》 GB 50332
- 《建筑施工安全技术统一规范》 GB 50870
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63

