

河南省工程建设标准

DB/TXXX-XXX

备案号 J XXXX-XXXX

城市道路杂填土路基处理技术标准

Technical standard for treatment of miscellaneous filled soil
subgrade in urban roads

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

河南省住房和城乡建设厅 发布

前 言

根据《河南省住房和城乡建设厅关于印发 2020 年工程建设标准（定额）编制计划的通知》（豫建科【2020】448 号）的要求，本标准在深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制而成。

本标准的主要技术内容：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 勘察；5 设计；6 施工与质量验收。

本标准由河南省住房和城乡建设厅负责管理，由河南省城乡规划设计研究总院股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送河南省城乡规划设计研究总院股份有限公司（地址：河南省郑州市惠济区文化北路 298 号，邮编：450000）。

本 标 准 主 编 单 位：

本 标 准 参 编 单 位：

本 标 准 主 要 起 草 人 员：

本 标 准 主 要 审 查 人 员：

目录

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	4
3 基本规定	5
4 勘 察	9
4.1 一般规定	9
4.2 初步勘察	10
4.3 详细勘察	11
4.4 勘察报告	13
5 设计	15
5.1 一般规定	15
5.2 浅埋杂填土的处理	16
5.3 深埋杂填土的处理	21
5.4 填筑杂填土的处理	25
6 施工与质量验收	26
6.1 一般规定	26
6.2 浅埋杂填土	26
6.3 深埋杂填土	30

6.4 填筑杂填土	31
附录 A 沉降计算	32
A.1 一般规定	32
A.2 建筑垃圾沉降计算	33
A.3 生活垃圾沉降计算	35
A.4 杂填土地基沉降计算	38
附表：（杂填土）工程地质综合成果表	40

1 总则

1.0.1 为了在城市道路杂填土路基处理和设计中贯彻执行国家节能环保的技术经济政策，做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市新建、改建、扩建道路及广场、停车场等工程中杂填土路基处理的勘察、设计、施工和质量验收。

1.0.3 城市道路杂填土路基处理除应符合本标准外，尚应符合国家、行业及河南省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 杂填土 miscellaneous fill

由基质土与建筑垃圾、工业废渣、生活垃圾中的一类或多类杂填物混合组成的堆填物。

2.1.2 基质土 matrix soil

杂填土中包含的在《公路土工试验规程》JTG 3430 定名的工程土类。

2.1.3 建筑垃圾杂填土 miscellaneous fill of construction and demolition wastes

建筑垃圾指由拆除等工程建设活动中产生的水泥混凝土、砖、石等类固体废弃物夹土组成；建筑垃圾杂填土为基质土与建筑垃圾混合组成的堆填物。

2.1.4 工业废渣杂填土 miscellaneous fill of industrial residue

工业废渣指由现代工业生产的废渣、废料堆积而成，主要由炉渣、煤渣、电石渣等以及其他工业废渣夹少量土类组成；工业废渣杂填土为基质土与工业废渣混合组成的堆填物。

2.1.5 生活垃圾杂填土 miscellaneous fill of domestic garbage

生活垃圾指由大量从居民生活中抛弃的有机物，包括厨余等易降解垃圾及塑料、纺织、木制等类轻质垃圾；生活垃圾杂填土为基质土与生活垃圾混合组成的堆填物。

2.1.6 素填土 plain fill

经人工扰动和搬运堆填而成，不含杂质或含杂质很少，一般由黏性土、粉性土、砂土或碎石等一种或几种材料组成。

2.1.7 路基工作区 subgrade working area

汽车荷载通过路面传递到路基的应力与路基土自重应力之比大于 0.1 的应力分布深度范围。

2.1.8 地基承载力特征值 characteristic value of subgrade bearing capacity

由荷载试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形值所对应的压力值，其最大值为比例界限值。可由荷载试验或其他原位测试、公式计算，结合工程实践经验等方法综合确定。

2.1.9 加州承载比 California bearing ratio, CBR

表征路基土、粒料、稳定土强度的一种指标，即标准试件在规定贯入量时所施加的试验荷载与标准碎石材料在相同贯入量时所施加的荷载之比，以百分率表示。

2.2 符号

S ——杂填土的总沉降

S_F ——填埋建筑垃圾产生的沉降

S_S ——填埋生活垃圾产生的沉降

S_D ——填埋的杂填土引起的坑底地基沉降

ψ_i ——沉降计算经验系数

h ——填土层厚度

p_i ——附加压应力

E_s ——建筑垃圾土层的压缩模量

γ ——填土层的重力密度

σ_0 ——垃圾前期固结应力

C_c ——垃圾主压缩指数

C_a ——垃圾次压缩指数

C_{∞} ——完全降解垃圾的主压缩指数

e_0 ——初始空隙比

d_s ——垃圾平均颗粒比重

W_C ——垃圾初始含水率

γ_0 ——填埋垃圾初始容重

$\varepsilon_{dc}(\sigma_i)$ ——上覆应力 σ_i 长期作用下垃圾降解压缩应变与蠕变应变之和

$\varepsilon_{dc}(\sigma_0)$ ——前期固结应力 σ_0 长期作用下垃圾降解压缩应变与蠕变应变之和

t_0 ——垃圾主压缩完成时间

3 基本规定

3.0.1 城市道路杂填土路基处理，应做到措施得当、经济合理、节能环保，确保路基稳定安全，满足使用要求。

3.0.2 城市道路杂填土路基处理应满足国家和地方有关环境保护、固体废物污染环境防治等法律法规的管理与规定。

3.0.3 城市道路杂填土路基处理应区分建筑垃圾杂填土和生活垃圾杂填土，依据其垃圾含量、层位、基质土类别及参数、固结程度按下列规定进行相应处理：

1 建筑垃圾杂填土按照建筑废弃骨料含量（重量比）的不同可划分为素土型杂填土、悬浮型建筑垃圾杂填土、骨架型建筑垃圾杂填土和架空型建筑垃圾杂填土；结合力学性质和使用实际，按下列应用：当 $\leq 20\%$ 时，称为（基质土土名的）素土型杂填土； $20\% \sim 50\%$ 称为（基质土土名的）悬浮型建筑垃圾杂填土； $50\% \sim 70\%$ 称为（基质土土名的）骨架型建筑垃圾杂填土； $\geq 70\%$ 称为架空型建筑垃圾杂填土。

条文说明

《公路土工试验规程》JTG 3430 指出，对于细粒土，土内粗粒组含量少于或等于总质量的 25%时，粗粒零星散布，对土的性质影响不大；试验表明，当骨料含量达到 50%时，已由悬浮结构形成骨架结构，并随填充的细粒土密实可形成骨架密实结构，当含量达到 70%时，试样内已形成骨料的架空结构，透水性强，排水固结快，但渗透力作用下，易发生渗透变形。

2 生活垃圾杂填土当有机质含量大于 5%时,应根据生活垃圾含量、填埋龄期及降解程度,结合沉降计算分析进行处理;有机质含量小于等于 5%时,可按建筑垃圾杂填土判断处理,并进行沉降复核;有机质含量小于 1%时忽略不计。

3.0.4 对于非架空型建筑垃圾杂填土,道路设计中,其力学性质可按含骨料较少的杂填土或素土型填土性质简化使用。

条文说明

建筑垃圾杂填土中,建筑废弃骨料(砖头、瓦片、混凝土块)的强度远大于基质土的强度,骨料的含量对杂填土的性质影响较大,试验表明,基质土为细粒土的杂填土,其强度不低于同类基质土的素填土,一般随骨料含量的增加抗剪强度增加,但由于杂填土的不均匀性,同时勘察取样困难增大,提出本条款。

3.0.5 城市道路不同阶段的勘察,应适应确定深埋杂填土的范围及处理措施的需要。在可行性研究阶段的勘察调查中,应加强地形地貌的变化调查,特别是沟壑地区及平地取砂、取土等区域,了解是否存在深埋杂填土的情况。如存在深埋杂填土情况,建议在可行性研究阶段开展初步勘察。

3.0.6 勘察应满足不同设计阶段的需要，应结合勘察数据提出杂填土固结状况的判断和处理建议，设计应对固结判断进行复核和措施分析，必要时应补充勘察参数完善处理措施。

3.0.7 勘察内容及评价：阐明填土的成分、分布和填埋年代（生活垃圾为填龄，建筑垃圾为封场时间）；判定地基的均匀性、压缩性和密实度，必要时按厚度、强度、地基承载力和变形特性分层或按成分进行评价。勘察应给出固结状态评价，对于欠固结状态的建筑杂填土应给出便于计算沉降的参数。

沉降计算及过程应按本标准附录 A 的规定执行。

3.0.8 设计结合勘察资料，处理填埋杂填土时，应进行经济、技术、可实施性的比较，合理选取处理工艺和方法。

3.0.9 对于深埋杂填土土层一般应进行地基处理，应达到自重下固结，宜超固结状态。当确属条件限制，建筑垃圾杂填土层完全处理困难时、生活垃圾杂填土中存在少量生活垃圾难以完全消除沉降时，经方案技术经济比较，可按表 3.0.10 进行工后容许变形控制设计。

3.0.10 杂填土设计变形控制要求如下：

1 当沉降变形因素仅由杂填土控制时，路基容许工后变形应满足表 3.0.10 的要求。

表 3.0.10 路基容许工后变形

工程位置 道路等级	桥台与路堤相 连处	涵洞、通道处	一般路段	
			有排水管线	无排水管线

快速路、主干路	≤ 0.10 m	≤ 0.20 m	≤ 0.30 m	≤ 0.30 m
次干路、支路	≤ 0.20 m	≤ 0.30 m	≤ 0.30 m	≤ 0.50 m

注 1：有管线及构筑物，应按管线及构筑物的沉降要求进行设计，并做好与相邻路基的良好过渡。

注 2：在桥（涵）与路基过渡段范围内，不宜采用杂填土，位于杂填土范围内的桥（涵）的地基承载力及沉降变形，根据桥（涵）工程设计的需要另行确定。

注 3：当引起路基沉降变形因素较多时，本表为允许总变形控制指标。

2 深埋杂填土区域内的管线应采用柔性接口等适应沉降变化的措施。

3 工后沉降设计期，按至生活垃圾降解期末，基本降解期取 40 年。

条文说明

工后沉降设计期的确定结合了排水管线运营的需要。

表 3.0.10 路基允许工后变形参照《城市道路路基设计规范》CJJ 194—2013 表 6.2.8 的规定，有排水管线的次干路、支路路基容许工后变形标准与快速路、主干路标准相同。

3.0.11 填埋工业废渣杂填土的使用，应进行水稳定性、高温稳定性、体积稳定性等的评价。对于质地坚硬、性能稳定并满足腐蚀性和放射性安全要求的工业废渣，其利用处理同建筑垃圾杂填土。

4 勘 察

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于城市道路杂填土的岩土工程勘察。

4.1.2 城市道路的杂填土勘察除应符合本规范规定外，尚应符合现行国家标准规范《市政工程勘察规范》CJJ 56 和《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

4.1.3 城市道路的杂填土勘察按《市政工程勘察规范》CJJ 56，配合工程建设分阶段进行。存在设计埋深较大的杂填土宜将初步勘察纳入可行性研究勘察阶段，在初步设计阶段完成详细勘察。

4.1.4 勘察应提供杂填土组成物质成分和特征，并：

1 建筑垃圾杂填土：对于建筑垃圾含量少于 70%时，应提供基质土的土名、含量及相应参数。

条文说明

勘察中遇到旧路面，应明确标为“旧路结构”，宜给出结构组成与厚度，不应笼统称为杂填土或建筑垃圾。

2 工业废渣杂填土：提供其腐蚀性、放射性、强度特征等调查结果；提供对其（水、高温等）稳定性的判断。

3 生活垃圾杂填土：应提供有机质含量，包括实物有机质和浸入在基质土中的有机质含量。

4 杂填土中的杂填物含量为重量比（%），宜采用称重法，为该类杂填物重量占总重量的百分比（%）。

条文说明

称重法中杂填土试验，可采用烘干法或风干法。细粒土有机质含量测定可采用 700℃烧失法或重铬酸钾容量法，报告中注明方法。

5 建筑骨料含量小于 20%的建筑垃圾称为（基质土土名的）素土型杂填土，勘察的物理指标同天然细粒土。

4.1.5 杂填土埋深较大的场地划分采用一级（复杂），岩土条件复杂程度等级采用一级（复杂）。浅埋杂填土的场地划分岩土条件复杂程度等级按城市道路常规要求进行。

4.2 初步勘察

4.2.1 初步勘察应重点分析评价下列内容：

1 初步勘察应进一步完成可行性研究勘察工作，搜集资料，现场踏勘，调查地形和地物变迁等、深入查明杂填土的来源、堆积（填埋）年限和堆积方式。

2 勘探测试，初步查明杂填土的分布范围、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实度、压缩性和湿陷性。

3 提供探孔土样的密实状况，提供基质土土名、性质等，根据工程需要提供杂填土容重、含水量、压缩模量等，提供路面设计线下 2~3m 及以下的地基承载力。

- 4 调查有无暗浜、暗塘、渗井、废土坑、旧基础及古墓等。
- 5 查明水土的埋藏条件、动态变化规律以及地表水的补排关系。
- 6 初步查明和分析杂填土的固结程度。

4.2.2 初步勘察勘探点的间距宜根据道路分类、场地及岩土复杂程度进行，杂填土埋深在路面设计线下 3m 内的场地按《市政工程勘察规范》CJJ 56 表 5.3.2 确定。杂填土埋深在路面设计线下超过 3m 的场地，勘探孔间距宜 100m~150m。对于场地及岩土条件复杂的区段，宜加密勘探点，初步圈定杂填土的分布范围。

4.2.3 初步勘察勘探孔的孔深应满足地基稳定性分析、变形计算、地基处理方案比选的要求，且勘探孔深应穿透杂填土层并满足计算深埋杂填土引起坑底原状地基的变形要求。

4.2.4 对可能采用的杂填土处理方案进行初步分析评价。

4.3 详细勘察

4.3.1 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 应根据堆积年限、堆积方式和杂填土分布、成分、均匀性及密实度，评价地基承载力，对深层杂填土提供沉降计算参数。

2 应根据杂填土性质、道路等级和设计要求，提出地基处理方法和检测的建议。

4.3.2 详细勘察勘探点的间距宜根据道路分类、场地及岩土复杂程度按《市政工程勘察规范》表 5.4.2 确定。对于杂填土埋深在路面设计线下超过 5m 的场地，勘探孔间距宜 30~50m。对于场地及岩土条件复杂的区段，宜加密勘探点，圈定杂填土的分布范围。

4.3.3 详细勘察勘探孔的孔深技术要求同初步设计 4.2.3。

4.3.4 详细勘察的取样和测试工作应符合下列要求：

1 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应根据地层结构、地基土均匀性和杂填土范围确定，且不应少于勘探孔总数的 1/2，控制性勘探孔的比例不应少于勘探孔总数的 1/3。

2 勘探方法应根据杂填土的性质确定。对以粉土、黏性土等细粒基质土为主的杂填土，可采用钻探取样、轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗粒成分的建筑垃圾、工业废料杂填土，宜采用动力触探、钻探，并应有一定数量的探井。

4.3.5 杂填土的工程性质指标宜采用下列测试方法确定：

1 杂填土的均匀性及密实度宜采用触探确定，并辅以室内试验。静力触探、标准贯入试验及轻型动力触探适用于以粉土、黏性土为主的杂填土；重型动力触探适用于含较多粗粒成分的建筑垃圾、工业废料杂填土。

2 对于以粉土、黏性土为主的杂填土，其压缩性、湿陷性宜采用室内固结试验或现场载荷试验确定。

3 杂填土的密度试验宜采用大容积法。

4.3.6 详勘阶段应结合工程杂填土处理设计提出的参数需求进行深化补充。

条文说明

例如，对于旧路的路基，根据设计需要，配合提供旧路基层位的压实度、弯沉和回弹模量等。

4.3.7 杂填土的岩土工程评价应符合下列要求：

1 阐明杂填土的成分、分布和填埋（堆积）年代和方式，结合调查分析给出填龄、封场时间。判断地基的均匀性、压缩性和密实度；必要时应按厚度、强度和变形特性分层或分区评价。

2 对于由建筑垃圾和性能稳定的工业废料组成的杂填土，当较均匀和较密实时，可考虑作为一般道路的天然地基。有机质含量超过 5% 的生活垃圾和对基础有腐蚀的工业废料组成的杂填土，未经有效处理不能作为天然地基。

4.4 勘察报告

4.4.1 勘察报告由文字和图表构成，勘察报告应资料完整、数据准确、图表清晰、结论有据、建议合理。对于工程重要性较低、场地复杂程度简单的工程，可适当简化勘察报告的内容。

4.4.2 初步勘察报告，应查明道路沿线的工程地质条件、不良地质作用、场地稳定性及适宜性，为合理确定平面布置，进行不良地质防治提供依据。

4.4.3 详细勘察报告，应提供各土层（杂填土）的物理、力学性质指标，岩土强度参数、变形计算参数等建议值，并作出针对性的分析、评价，提出相关建议。

4.4.4 勘察报告文字部分应包括下列内容：

- 1** 勘察目的、任务要求及依据的技术标准；
- 2** 拟建道路工程概况；

- 3 勘察方法和勘察工作布置；
 - 4 场地地形地貌、地层、地质构造、岩土性质及均匀性；
 - 5 杂填土分布范围、厚度、物质成分、腐蚀性、固结程度等；
 - 6 各项岩土性质指标，岩土的强度参数、变形参数、地基承载力建议值；
 - 7 建议地基处理方案；
 - 8 对工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行分析预测及预防、监控及治理措施的建议；
- 场地稳定性和适宜性评价。

4.4.5 勘察报告图表部分应包括下列内容：

- 1 勘探点平面布置图；
- 2 工程地质柱状图；
- 3 工程地质剖面图；
- 4 原位测试成果图表；
- 5 室内试验成果图表；
- 6 建议地基处理方案的图表。

条文说明

结合杂填土处理、沉降分析的需要，整理一空白《(杂填土)工程地质综合成果表》(见附表)，供使用参考，使用中可结合需要，适当增减表的列项。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 浅埋杂填土的处理是指杂填土的埋深小于等于自路面设计高程（方案）以下 5m 范围内的处理，包括虽然埋深略深于 5m，但其处理措施为浅埋范围内的延续范围。

5.1.2 深埋杂填土的处理是指杂填土埋深大于自路面设计高程（方案）以下 5m 范围的处理。浅埋范围以下的深埋杂填土采用固结状态控制，应达到不低于自重固结状态。

条文说明

在可行性研究阶段，路面设计高一般为高程方案（多结合规划等制定），如后续设计有较高的高程调整，牵动路基处理措施，需要补充勘察，应及时与勘察结合并配合。

5.1.3 设计应熟悉杂填土的分布、范围、堆填时间、地质环境，掌握杂填土的类型、成分、地质环境的地层参数、地下水位，合理确定处理范围，采用保证质量、经济、环保的填筑措施。

5.1.4 杂填土路基的处理应有减轻或避免环境（雨水等引起的）动水入侵影响的措施。

5.1.5 杂填土路基处理设计前，设计应做好如下准备工作：

- 1 调查熟悉地质报告的杂填土成分、基质土土名等参数；
- 2 收集落实填筑（包括封场）时间等资料；

3 将设计路面纵断或纵断方案线及路床顶面线绘于工程地质剖面图上，并结合填埋地形标高进行竖向比较及杂填土填埋状况的判断。

5.2 浅埋杂填土的处理

5.2.1 浅埋杂填土的处理措施宜采用翻挖，适当筛捡和处治后，经路基分层拌合回填压实的工艺，级配要求满足 5.2.2 条，生活垃圾含量不宜大于 1%，不应大于 5%。工业废渣应经过环境稳定性试验。

5.2.2 杂填土级配应根据现场实际确定或论证。

1 其允许级配如下：

级配 1：粗粒及以上含量小于等于 60%（细粒土含量大于 40%），自路床顶面下小于等于 2.5m 范围内最大粒径为 10cm，2.5m 以下允许 15cm；粗粒含量不大于 20%时，可作为基质土类的素填土使用；基质土为粉质土、黏质土，粒径小于 10cm（路床顶面下 2.5m 以下按小于 15cm）的建筑垃圾可作为级配 1 的路床用土和处理用土使用。

条文说明

如果基质土为湿陷性土、膨胀土甚至有机土时，按同类土规范要求使用。

实验表明对于基质土为粉质土、粘质土，粒径小于 10cm 的建筑垃圾，由于含有建筑骨料，在规定的压实度下其力学强度及经过稳定剂处理后的强度不低于基质土。

级配 2: 粒组不均匀系数 $C_u \geq 5\%$, 粗粒及以上含量不小于 90% (细粒土含量 0~10%), 自路床顶面下小于等于 2.5m 范围内最大粒径 10cm, 2.5m 以下允许 15cm。

2 路床顶面下首层宜采用级配 1。

3 当骨料含量在级配 1 和级配 2 之间时, 应采取措施, 使之满足级配 1 或级配 2。

条文说明

当骨料含量在级配 1 和级配 2 之间时, 实际为架空结构, 掺有的细粒土在空隙中很难形成规定压实的密实要求, 在动水作用下流失, 有可能造成骨料位移架构失稳, 所以不建议采用级配 1 和级配 2 之间的级配。

4 细粒土含量较多时, 粗粒及以上含量不宜大于 60%, 不应大于 70%, 宜拌合呈悬浮状结构; 在与现状杂填土衔接的红线附近及路堤边坡等界面处建筑骨料含量不应大于 60%, 宽度不小于 1.5m。

5.2.3 级配 1, 宜使用基质土材料为粉性土、黏性土的杂填土, 不应直接使用基质土为强膨胀土、淤泥、沼泽土、泥炭土、冻土、有机质土、易溶盐超过允许含量的土以及液限大于 50%、塑性指数大于 26 的细粒土的杂填土。

5.2.4 基质土为砂砾碎石类时, 应与建筑杂填土骨料拌合, 一并进行颗粒分析和处理使用。

5.2.5 压实度要求:

浅埋杂填土的压实度要求见表 5.2.5，并不小于《城市道路路基设计规范》CJJ 194 的规定。

表 5.2.5 浅埋杂填土路基的压实度要求

项目分类	路床顶面下 深度 (m)	压实度 (%)			
		快速路	主干路	次干路	支路
杂填土 深度内	0~0.8	96	95	94	92
	0.8~2.5	94	93	92	91
	>2.5	93	92	91	90
原状土地基		90	90	85	85

注：1 非机动车道、人行道可按支路标准；

2 表中数值均为重型击实标准。

条文说明

使用《城市道路路基设计规范》CJJ 194 的标准，路基工作区参考《城市桥梁设计规范》CJJ 11 城-A 车辆荷载的最大轮载 (100kN)，将路基深度范围由路床顶面下 1.5m，调整为 2.5m。

5.2.6 填料、翻挖分层回填填料加州承载比 (CBR) 的要求，见表 5.2.6。

表 5.2.6 浅埋杂填土路基填料的最小强度 (CBR) 要求

路床顶面以下深度 (m)	填料最小强度 (CBR) (%)		
	快速路、主干路	次干路	支路

0~0.3	8	6	5
0.3~0.8	5	4	3
0.8~2.5	4	3	3
>2.5	3	2	2

条文说明

试验结果表明，建筑杂填土骨料可以有效提高路基土材料 CBR 强度，例如当塑性指数为 10 的细粒土掺有 25%建筑废料作为骨料，CBR 可达到 8，鉴于杂填土的不均匀性，使用时应加强均匀性，同一区域考虑提高 CBR 的措施宜保持一致。

5.2.7 路床顶面下大于 2.5 m 范围内，对于基质土级配满足 5.2.2 的杂填土，可采用重锤夯实工艺。

5.2.8 已判断固结，封场线不低于设计路面线，骨料含量不大于 60%，基质土满足 5.2.2 条的建筑杂填土区段，当连续勘察承载力特征值（路床顶面及以下至原土地基，间距 1m 连续测得的地基承载力特征值）下不低于 100kPa，可按《城市道路路基设计规范》CJJ1 94 要求作为正常路基使用。

5.2.9 杂填土区域封场线均在设计路面线 1m 以上的固结建筑骨料杂填土区段，依据超固结程度分析，当满足 5.2.3 条，并建筑骨料不大于 60%，可按《城市道路路基设计规范》CJJ194 要求正常使用。

5.2.10 使用多年的市政道路旧路破除新建，对于存在建筑杂填土的旧路基，其超固结的建筑杂填土经试验论证后可直接作为原状路基利用。路基破除翻挖换填，也应论证其必要性。

条文说明

市政道路旧路基，使用多年已超固结。因为土体受过扰动改变了土粒原有结构、破坏了土粒间的联系强度，土的原有结构是否受过扰动（破坏），对土的压缩性有明显的影 响，扰动后虽经回填压实，仍不能恢复原来的密实状态。所以应加强旧路基的使用论证。如：土基回填模量的测定（弯沉）、压实度（干容重）的测定等，根据可松性规律，检验旧路基的压实度标准可比规范值降低 1.5%以内。对于基本满足压实度要求的旧路床，旧路基可以利用并应做到路床顶面下 20cm 内按规范要求压实。

旧路基最大干容重测定的击实试验方法采用《公路土工试验规程》JTG 3430 中重型击实试验方法。

5.2.11 杂填土路槽开挖，宜先将路床顶面清运或运至备用场地，边坡宜参照 5.4.5、6.2.4 条文规定。

5.2.12 对于路堤式杂填土路基，应翻挖至原地面，在回填前，按填方路基要求进行地基表面处理。

5.2.13 高含水量、受地下水位影响（附近及以下）的杂填土地基处理，按照软土地基的处理要求进行。

条文说明

依据《城市道路路基设计规范》CJJ 194 要求，软土地基方法：对于浅埋杂填土，有无机结合料拌合、换填、抛石挤淤等；对于深埋，采用排水固结法、粒料桩、加固土桩、刚性桩等深层处理措施。

5.2.14 未尽事宜，执行《城市道路路基设计规范》CJJ 194。

5.3 深埋杂填土的处理

5.3.1 深埋杂填土的上层路基处理：

1 应结合 5.2 浅埋杂填土处理的方法进行。

2 应满足表 5.2.5 压实度要求和表 5.2.6 的最小填料强度（CBR）要求。

3 路面下 5m 深度范围内不宜留有骨料占 60%以上的建筑垃圾层。

4 深层处理措施可向上延伸至路床顶面以下 2.5m 范围，同时应满足浅埋范围压实度要求。

5.3.2 较深填筑的建筑垃圾，设计应综合地勘资料、填筑封场时间及试验数据等，与勘察交互结合判断是否完成自重下的固结。

条文说明

关于素填土的固结，可参考《河南省建筑地基基础勘察设计规范》（DBJ 41/138-2014）的规定：对于堆积时间超过 10 年的黏性土，超过 5 年的粉性土，地基承载力和压缩模量可参照下表，并与原位测试成果配合使用。

表 素填土承载力特征值 (kPa)

压缩模量 $E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	7	5	4	3	2
地基承载力 (kPa)	160	135	115	85	65

表 素填土承载力特征值 (kPa)

N_{10}	10	20	30	40
地基承载力 (kPa)	85	115	135	160

注：1 本表只适用于黏性土和粉性土组成的素填土；

2 N_{10} 表示轻型动力触探锤击数 (N 标准贯入试验锤击数)。

5.3.3 尚未完成固结的建筑杂填土，其处理措施应根据建筑环境、地质环境进行经济、技术、可实施性、质量及检验可控性进行比选。

5.3.4 建筑垃圾杂填土的处理宜选用挤密或复合地基等措施中经济实用、效果较为显著的方法，在满足建筑环境、处理深度的条件下，宜首先选用强夯措施。

5.3.5 深层杂填土处理措施及技术要求按照《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 进行。

条文说明

根据《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 对深埋杂填土的处理方法汇总如下表。

填土地基处理方法表

处理方法	杂填土	素填土	应用条件
预压法			
强夯法	√	√	对周围建筑有影响,加固深度 10m 内
冲震法(碎石)	√	√	75KW 冲振器 15m
砂石桩法	√	√	
CFG 桩		√	
水泥土桩	√	√	处理 10m 内, 洛阳铲 6m
水泥土搅拌桩		√	深度干法 15m, 湿法 20m
高压喷射注浆		√	
石灰桩法	√	√	机械成孔 8m, 洛阳铲 6m
灰土挤密桩	√	√	深度 5~15m
柱锤冲扩桩	√	√	深度 6m
注浆法		√	

注：以上应结合实际和技术发展，供使用参考。

5.3.6 深埋生活垃圾杂填土的处理措施选用，应做到地基变形基本消除或满足表 3.0.10 的要求。

5.3.7 对于生活垃圾含量大，采用地基处理方法后，其降解和蠕变沉降也无法满足要求的填埋生活垃圾，宜考虑换填法或刚性桩法等。

5.3.8 应采取措施防止雨水对深埋杂填土地基的损坏。

1 城市低影响开发雨水系统不应设置复杂型生物滞留设施和广义的下沉式绿地等。

2 在与现状杂填土衔接处附近，处理范围红线外宜不小于 5m 且不小于填筑深度的 1/3。

3 路堤边坡处应采用悬浮结构（宜素土型杂填土）包边，其宽度不小于 2m，压实度不小于 93%。

5.3.9 所采用的地基处理方案，提出在有代表性的场地进行试验段施工，检验设计参数和处理效果。当施工检测结果未达到设计要求时，及时查明原因，修正设计或采用其他必要措施。

5.3.10 对于预估可能接近或满足允许变形值的深层未处理的生活垃圾杂填土、建筑垃圾杂填土，应进行沉降评估。沉降计算过程应按本标准附录 A 的规定。

5.3.11 当沉降计算满足表 3.0.10 要求时，结果较大时，宜在浅埋区域内，采取减缓沉降的过渡措施。

5.3.12 路面基层及重力流管线铺筑应在沉降稳定后进行。对于固结判断困难或存在部分尚未处理的建筑杂填土，路基容许工后变形虽然满足表 3.0.10 要求，但沉降计算结果较大时，应要求进行沉降量观测，连续两月每月不超过 5mm。

5.4 填筑杂填土的处理

5.4.1 采用杂填土作为路基填料,应符合 5.2.2 中级配 1 或级配 2 的要求。

5.4.2 采用级配 2 时,材料生活垃圾含量 $\leq 1\%$,易溶盐含量 $\leq 0.5\%$ 。当用于垫层或换填处理时,最大粒径不宜大于 10cm,细粒土含量不应大于 5%。

5.4.3 填料工艺、质量要求、压实度、CBR 等按《城市道路路基设计规范》CJJ 194 进行。其中采用级配 2 时,使用填石(软质石料)路基对应标准。

5.4.4 半填半挖路基中,填挖结合部宜采用强夯等进行增强补压,以消减路基填挖间的沉降差异。

5.4.5 当采用路堤式时,路基高度小于 10m 时,上部高度($\geq 5\text{m}$)边坡坡度不陡于 1:1.5,下部高度($\leq 5\text{m}$)边坡坡度不陡于 1:1.75。路基高度大于 10m,结合周边环境进行稳定性计算说明。级配 2 的边坡应结合绿化要求,覆盖宽度 1.5m~3m,并为不含生活垃圾且满足 5.2.2 中级配 1 填料。

条文说明

使用杂填土采用级配 2 的材料,常采用经过加工处理符合路基填筑材料的建筑废弃物。其加工生产存放等应符合《公路工程利用建筑垃圾技术规范》JTG/T 2321 的要求。

6 施工与质量验收

6.1 一般规定

6.1.1 施工前应熟悉勘察报告、施工图纸，掌握杂填土的特性、填埋分布及设计处理措施，施工交底中与设计加强交流，做好施工组织设计。

6.1.2 应结合不同的路基处理方法，明确施工过程中的具有针对性和有效性的质量控制和验收措施，并保证实施。

6.1.3 均应进行试验路段施工。

6.2 浅埋杂填土

6.2.1 浅埋杂填土翻挖回填的施工与验收，参照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 相关规定执行。

6.2.2 杂填土路基翻挖回填施工应拌合均匀，满足级配要求；路基施工过程中应有专人清捡建筑废弃物填料中混有的生活垃圾、大粒径垃圾等杂物。

6.2.3 杂填土采用翻挖回填分层压实工艺开挖时，路槽范围内，与原状土衔接处不应遗留未处理的杂填土，并原状土坡度不宜陡于表 6.2.4 的要求。加强观察和分析开挖产生立面的稳定性。

6.2.4 杂填土开挖边坡要求如下：

1 深度在 5m 以内的杂填土临时开挖的边坡要求见表 6.2.4。

表 6.2.4 深度在 5m 以内的杂填土临时开挖最陡坡度

土的种类	边坡坡度（高：宽）	
	坡顶无荷载	坡顶有静载

中密的砂土、固结杂填土*	1: 1.00	1: 1.25
中密的碎石类土 (充填物为砂土)	1: 0.75	1: 1.00
硬塑的粉土	1: 0.67	1: 0.75
中密的碎石类土 (充填物为黏性土)	1: 0.50	1: 0.67
硬塑的粉质粘土、粘土	1: 0.33	1: 0.50
老黄土	1: 0.10	1: 0.25
未固结杂填土、软土(经降水后)	1: 1.25	-

注：固结杂填土包括自重下已固结的杂填土。

2 开挖临时堆土距开挖边缘不小于 0.8m，堆置高度不应超过 1.5m 且不得超过设计堆置高度。

3 开挖坡顶不宜有动载。

6.2.5 杂填土范围内管线铺设不宜采用顶管施工；明挖施工应先将填土处理至管顶以上后开槽施工。

6.2.6 距路床顶面 2.5m 以下的浅埋范围内，采用重锤等夯实机械时，满足如下规定：

1 应熟悉机械规格、性能和有效夯实深度，确定夯实次数、布点等夯实施工质量控制措施。

2 质量控制同 6.3.6 条。

条文说明

为便于施工控制，提供重锤夯施工参考范例：

例 1：某型号液压夯实机能 36KJ，作业点布置采用夯实机底座边缘接触方式，作业时宜每三个夯击点为一排。每三锤为一组，质量控制按最后三锤与相邻三锤的相对沉降差应不大于 10mm。

例 2：某型号液压夯实机（对应夯击能 66kJ），夯击二次可有效影响 1.5m 深，3m 外影响消散；质量验收按最后两击平均夯沉量不大于 50mm；清理冲击虚土后，灌砂法检测压实度。检测和冲击虚土的处理对夯实补强的最下一层进行压实度检测，压实度合格后人工清理干净冲击产生的虚土，不同夯击次数下夯击能的有效影响深度如下：

夯击次数（次）	1	2	3	4	5
有效影响深度（m）	1.35	1.5	1.55	1.60	1.65

6.2.7 选用重锤夯实工艺前，应加强现状管线和地下构筑物的调查，结合夯击能考虑对构筑物和地下管线的影响。

6.2.8 杂填土路基压实度应满足表 5.2.5 的要求。

对于含有粒径大于 40mm 的杂填土，压实度检验方法可采用后击实法，即先采用灌砂法或灌水法现场取样，测密度及建筑骨料含量，然后适当扩大取样，按《公路土工试验规程》JTG 3430 进行最大干密度击实试验，以计算压实度。

条文说明

后击实法的步骤为：

第一步，先现场密度取样：根据建筑杂填土成分可采用（环刀法）灌砂法或灌水法，求得现场取样的密度。取样不小于 6500cm^3 （边长不小于 20cm ，深度不大于层厚）。

第二步，最大干密度实验：利用现场密度取得后的土样（当测密度土样不够时，可收集土样四周 10cm 内的土），粉碎制作试块，如果土样中含有大于击实试筒允许的最大粒径，挑出后敲击成小于允许粒径的块状，放回土样中，拌匀，按《公路土工试验规程》JTG 3430 规定的方法进行击实实验，得出最大干密度数据。

第三步，求得压实度。

6.2.9 杂填土路基填料最小强度（CBR）应满足表 5.2.6 的要求。

6.2.10 路基顶面验收弯沉值不应大于设计要求。

6.2.11 当采用级配 2 时，施工压实质量宜采用孔隙率或压实沉降差与压实度联合控制，压实质量控制要求见表 6.2.11。

表 6.2.11 压实质量控制要求

分区	压实干密度 (g/cm^3)	孔隙率%	最后来回一遍的沉降 差 mm
路床顶面以下 $\leq 2.5\text{m}$	由试验确定	≤ 14	3
路床顶面以下 $> 2.5\text{m}$	由试验确定	≤ 16	5

6.2.12 浅埋杂填土的分部工程、分项工程和检验批的划定应包括在路基及对应的分项与检验批中。

6.3 深埋杂填土

6.3.1 深埋杂填土施工和质量检验参照《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 相关规定执行。

6.3.2 规模较大的深埋杂填土处理，应选取试验段进行施工现场试验。核对能否达到预期效果；确定合适施工工艺、质检方法和控制标准。

6.3.3 加强杂填土沉降观测。路面基层及重力流管线铺筑前，应满足 5.3.12 条的观测要求，方可进行下道工序施工。

6.3.4 城市道路路基深层杂填土宜作为路基分部工程的分项工程，进行深埋路基处理验收，并做好与浅埋路床处理的交接验收。

6.3.5 深埋杂填土施工质量验收参照《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 相关规定执行，必要时通过勘探，补充进行沉降验算核对。

6.3.6 当深埋处理措施向上深入路床下 2.5m 及以下的浅埋处理范围时，同时应满足：

- 1** 质量验收执行《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202。

条文说明

处理地基顶面承载力验算应考虑至路面的自重荷载和城-A 汽车荷载。

2 执行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 进行验收，其对应压实度应满足 5.2.5 的要求。压实度检验方法，当粒径较大时，采用后击实法（见 6.2.8 条文说明）。

3 压实度检验层位为表面下 0.2m、1m、2m。

检测压实度，可探坑测试，也可用动力触探的方法进行检验。采用动力触探方法应先将锤击数换算，不应小于规定压实度下的锤击数。

条文说明

由于较深层位压实度，特别是较深层位杂填土的压实度测定困难，国内目前没有较易实施的简便方法，为控制压实，提出使用检验地基承载力的动力触探的方法，希望实施中总结经验。

6.4 填筑杂填土

6.4.1 填筑杂填土的施工工艺要求参照浅埋杂填土翻挖回填的处理措施及分层要求进行。

6.4.2 填筑杂填土的施工与质量验收执行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的标准。级配 1 采用土路基标准，级配 2 采用填石方路基标准。

6.4.3 当采用级配 2 时，压实质量要求宜采用孔隙率作为控制指标，施工压实质量采用孔隙率或压实沉降差与施工参数按表 6.2.11 联合控制。

附录 A 沉降计算

A.1 一般规定

A.1.1 杂填土的沉降计算是指道路设计时为开始，针对杂填土地基，经过路基设计和地基处理措施后，道路运营中所发生的沉降。

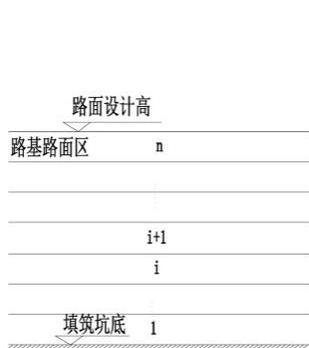
A.1.2 对于开工推迟 n 年的道路工程，宜重新按推迟 $n-1$ 年重新计算沉降，依结果对设计措施进行必要的分析修改。

A.1.3 对于如下情况，可不计算路基沉降：

- 1 已按照设计处理的路基工作区。
- 2 已判断固结。
- 3 采用有效固结处理的填埋杂填土层。

A.1.4 杂填土的变形计算采用分层总和法：

- 1 分层模式如图 A.1.4。



计算建筑垃圾沉降、生活垃圾沉降土柱分层示意图



计算垃圾填筑引起坑底下原状土体沉降土柱分层示意图

图 A.1.4 杂填土的变形计算分层模式

2 每层厚度宜取 0.5~1.0m。

A.1.5 杂填土的变形计算按下式计算：

$$S = S_F + S_S + S_D \quad (\text{A.1.1})$$

式中：

S ——杂填土的总沉降（指设计路面顶面的可能沉降）（mm）；

S_F ——填埋建筑垃圾产生的沉降（mm）；

S_S ——填埋生活垃圾产生的沉降（mm）；

S_D ——填埋的杂填土引起的坑底地基沉降（mm）。

A.2 建筑垃圾沉降计算

A.2.1 填埋建筑垃圾产生的沉降按式（A.2.1-1）计算：

$$S_F = \sum_{i=1}^{n-1} S_f \quad (\text{A.2.1-1})$$

式中：

S_f ——单层建筑垃圾的沉降值（mm）。

单层建筑垃圾的沉降值按式（A.2.1-2）计算：

$$S_f = \frac{\psi_i h_i p_i}{E_{si}} \quad (\text{A.2.1-2})$$

式中：

ψ_i ——沉降计算经验系数，见表 A.2.1；

h_i ——填土层的相应厚度（m）；

p_i ——附加压应力（kPa），取该分层及顶部以上的自重应力；

E_{si} ——所求建筑垃圾土层的压缩模量 (MPa)，应取其“自重压应力 $\frac{1}{2}$ ”至“附加压应力之和”的压力段计算。

式 (A.2.1-2) 中第 i 层建筑垃圾的附加压应力按式 (A.2.1-3) 计算：

$$p_i = \frac{1}{2} \gamma_i h_i + \sum_{i=i+1}^n \gamma_i h_i \quad (\text{A.2.1-3})$$

式中：

γ_i ——填土层（包括生活垃圾层等）的容重 (kN/m³)；

ψ_i ——沉降计算经验系数，见表 A.2.1。

表 A.2.1 沉降计算经验系数 ψ_i

附加压应力 p_i (kPa)	E_{si} (MPa)				
	2.5	4.0	7.0	15.0	20.0
$p_i \geq [f_{ak}]$	1.4	1.3	1.0	0.4	0.2
$p_i \leq 0.75[f_{ak}]$	1.1	1.0	0.7	0.4	0.2

注：表中 $[f_{ak}]$ 为沉降计算范围内的地基承载力特征值 (kPa)。

条文说明

采用《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 中 5.3.5 公式，其中附加压应力为计算变形层上所受的压应力，附加应力作用在该层顶面，附加应力系数取 1。

A.3 生活垃圾沉降计算

A.3.1 填埋生活垃圾产生的沉降

采用垃圾次压缩阶段，以勘察设计时填埋状态，采用应力-降解压缩模型或 Sowers 次压缩模型计算，综合使用计算结果。

$$S_S = \sum_{i=1}^n S_{si} \quad (\text{A.3.1-1})$$

式中

S_{si} ——各生活垃圾层的沉降变形量（mm）。

条文说明

《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》CJJ176 正在修编，修编稿填埋生活垃圾产生的沉降删除了 Sowers 次压缩模型计算方法，考虑到修编中的《生活垃圾卫生填埋处理岩土工程技术标准》尚未施行，且 Sowers 次压缩模型计算相对简便，可对沉降量进行预估，本标准对 Sowers 次压缩模型计算方法仍予以保留。

A.3.2 采用应力-降解压缩模型时，按式（A.3.2-1）计算：

$$S_{si} = H_i \cdot \varepsilon_{dc}(\sigma_i)(1 - e^{-\alpha_i}) \quad (\text{A.3.2-1})$$

其中

$$\varepsilon_{dc}(\sigma_i) = \varepsilon_{dc}(\sigma_0) - \frac{C_c - C_{c\infty}}{1 + e_0} / \log\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_0}\right) \quad (\text{A.3.2-2})$$

其中

$$C_c = \frac{e_0 - e_1}{\log(1000 / \sigma_0)} \quad (\text{A.3.2-3})$$

式中：

H_i ——所求的第 i 层生活垃圾填埋厚度 (mm)；

$\varepsilon_{dc}(\sigma_i)$ ——上覆应力 σ_i 长期作用下垃圾降解压缩应变与蠕变应变之和；

σ_0 ——垃圾前期固结应力 (kPa)，无实验数据时取 30 kPa；

σ_i ——第 i 层垃圾所受上覆有效应力 (kPa)，即第 i 层及以上垃圾有效自重应力；

C_C ——垃圾主压缩指数，宜采用室内大尺寸新鲜垃圾压缩实验测定，无实验数据时，主压缩指数可采用式 (A.3.2-3) 计算；

e_1 ——在 1000kPa 压力下垃圾空隙比，宜为 0.8~1.2，有机质含量高的垃圾取高值；

e_0 ——初始空隙比，按式 (A.3.2-4) 计算：

$$e_0 = \frac{d_s \gamma_w}{(1 - W_C) \gamma_0} - 1 \quad (\text{A.3.2-4})$$

式中：

d_s ——垃圾平均颗粒比重，按重量含量加权平均计算或虹吸筒法测定，无试验数据时可取 1.3~2.2，有机质含量高、降解程度低取的垃圾取低值；

γ_w ——水容重 (kN/m³)；

W_C ——垃圾初始含水率；

γ_0 ——填埋垃圾初始容重 (kN/m³)。压实程度不良宜 5kN/m³~7 kN/m³；压实程度中等宜 7kN/m³~9 kN/m³；压实程度良好宜为 9kN/m³~12 kN/m³；

$\varepsilon_{dc}(\sigma_i)$ ——上覆应力 σ_i 长期作用下垃圾降解压缩应变与蠕变应变之和；

$\varepsilon_{dc}(\sigma_0)$ ——前期固结应力 σ_0 长期作用下垃圾降解压缩应变与蠕变应变之和；宜采用室内压缩实验测定，无实验数据时宜取 20%~30%，有机质含量高时取高值；

C_{∞} ——完全降解垃圾的主压缩指数，宜采用室内压缩实验测定，无实验数据时， $C_c / (1 + e_0)$ 宜取 0.15；

c ——降解压缩速率（1/月），宜取 0.005/月~0.015/月，有机物含量高的垃圾取高值；

t_i ——第 i 层垃圾的沉降计算时间（月；对于已填埋龄期 n 个月，一般取 $480 - n$ ）。

A.3.3 采用 Sowers 次压缩模型时，按下式计算

$$S_{Si} = H_i \frac{C_a}{1 + e_0} \log\left(\frac{t_i}{t_0}\right) \quad (\text{A.3.3-1})$$

式中：

C_a ——垃圾次压缩指数，无试验数据时修正次压缩指数

$C_a / (1 + e_0)$ 可取：新鲜垃圾 0.04~0.08，已填埋垃圾 0.02~0.05，有机质含量高的垃圾取高值；

t_0 ——垃圾主压缩完成时间（月），宜为 1 个月。

A.3.4 计算中：有机质含量 30%及以上，为有机质含量高；有机质含量 5%为有机质含量低，并采用有机质含量低时的相应最低取值计算有机质含量 5%的沉降值，有机质含量 0~5%时的沉降值，按其有机质含量 0~5%内插。

条文说明

具体采用《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》CJJ176-2012第5.2节相关公式计算。生活垃圾压缩沉降包括主沉降和次沉降，设计时所涉及的生活垃圾主压缩沉降已基本完成，所以只计算次压缩沉降。

一般新填垃圾前期（可按新填埋后10年内）降解快，后期（可按填埋25年后）降解慢。新鲜垃圾一般按新填埋3年内考虑，实际工程中一般不存在新鲜垃圾。

A.4 杂填土地基沉降计算

A.4.1 填埋杂填土引起的地基沉降 S_D 的计算方法，按照《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011中第5.3.5条进行。

条文说明

采用《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011中第5.3.5条公式，其中附加压应力为自坑底至设计路面的压应力，即为该深度范围内各土层自重产生的均布荷载；作用在杂填土与坑底接触面的中点。

A.4.2 在稳定地层先开挖，再填筑并路面高度维持原地面挖方或另填，其坑底原状土层的压缩模量应采用卸荷压缩模量，卸荷模量如无数据，可按压缩模量的2~3倍取值。

A.4.3 加强杂填土坑底地基的勘察分析，包括填土坑和填土的成因、填龄、承载力等。对于下列情况可认为基坑地基沉降计算经验系数（ ψ_i ）为0：

- 1 填筑已判断达到固结期。
- 2 已经按照相关规范要求处理加固。

