

围垦海堤道路软基处理方案对比

金伊诺 孙兴

温州设计集团有限公司 浙江 温州 325000

【摘要】：路基作为承托路线形的带状构造物，是道路结构的底部承载层，而软基作为特殊路基，是道路工程设计施工的重中之重。软基处理方案需以场地现状、工程地质条件、沉降分析等作为设计依据，并结合处理效果、施工工期、工程难度和技术经济等因素综合权衡确定。本文结合工程实例，通过对设计过程要点说明，提出软基处理多方案对比分析。

【关键词】：软基处理；方案对比；真空预压；堆载预压；预应力管桩；水泥搅拌桩

引言

软基处理是一门古老又年轻的学科，路基的软基处理技术在我国的应用可以追溯到很久以前，随着科技水平的发展以及工程措施的不断推陈出新，新的路基软基处理技术和材料的不断出现，路基软基处理方法也得到了不断的发展。特别是在近 20 年来，不管是软基处理技术的普及和提高，还是软基处理理论的进步都得到了日新月异的发展，而路基的软基处理作为其中的一种分支，其处理的手段也层出不穷，包括真空预压、EPS 超轻质填料、泡沫混凝土，刚性桩复合地基、土工合成材料等处理手段都是对历史传统技术的传承和创新。

1 工程概况和设计依据

1.1 场地现状条件

项目隶属于温州龙湾东部沿海围垦用地北单元围区，紧邻围垦海堤。场区地貌为海积平原，现状基本为滩涂、空地、河道及水塘，总体地形较为平坦。由于场区长期作为温州市区的土方消纳场，其表层多为杂填土，含较多建筑废料。场地内除临时便道和电力架空线外，并无其他构筑物，用地空间充裕，建设条件良好。

设计道路环场北路沿线大部分路段为填方，一般路段填高为 1~2m，局部段填高达 3~4m，应进行针对性加强处理。

1.2 工程地质条件

根据本项目地质勘察报告资料，拟建场址地形平坦，国家 85 基准高程一般在 2.4-6.5m 之间。具体土层如下图 1 所示。

由地基土的物理力学参数可知，区域内符合软土特征的土层为②₂ 含砂淤泥、②₃ 淤泥，厚度约 20m，具有力学性质差，含水量高、孔隙比大、灵敏度高、抗剪强度小、承载能力差等特点，属典型的软弱地基土，为地基土受荷后的主要压缩层，道路建设时，应进行必要的地基处理。

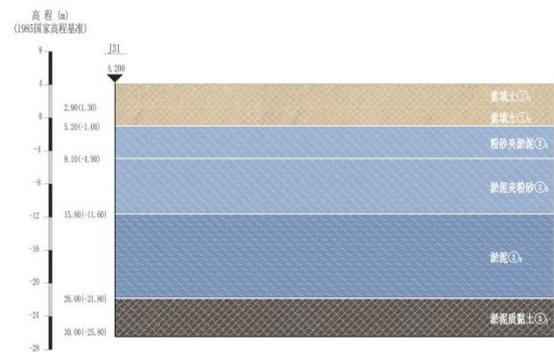


图 1 工程地质剖面图

1.3 沉降计算分析

在深厚软土上修筑的道路路基出现沉降的原因是在附加荷载（路基填土）的作用下，欠固结土或固结土再次发生土体固结和流变，土体压缩变形，从而导致沉降的发生。路基总沉降组成为瞬时沉降、主固结沉降和次固结沉降。路基沉降计算一般采用分层总和法或者应力路径法，本次设计计算采用《城市道路路基设计规范》（CJJ 194-2013）推荐的分层总和法，同时考虑侧向变形对沉降的影响，在分层总和法算得的沉降量基础上进行修正。

1.4 初步分析结论

根据上述地质资料及沉降计算分析，可得以下初步结论：

- （1）单纯采用真空预压处理方案，在高路基填筑时，仍会产生较大地基沉降，且所需的稳定时间较长。建议真空预压适用在设计高差≤2m 路段。
- （2）真空联合堆载预压基本都能满足道路的工后沉降要求。
- （3）路基填筑较高时，采用堆载预压联合塑料排水板处理会有较大的工后沉降。当路基填筑较低时，采用堆载预压联合塑料排水板处理虽然能够满足工后沉降要求，但所需

的预压工期较长。因此，堆载预压联合塑料排水板可适用在设计高差 $\leq 2m$ ，且对项目工期不敏感路段。

2 工程借鉴

根据调查情况可知，温州沿海各围垦区一般路用抛填矿渣成陆并结合无塑排堆载预压工艺，通过实施临时道路、临时管线进行过渡外，基本都是采用排水固结法进行一般路段软基处理，桥头路段则普遍采用复合地基+轻质换填工艺。龙湾围垦区市政基础设施工程，一般路段软基处理均采用真空联合堆载预压进行处理，桥头路段在近桥段采用预应力管桩，远桥段采用水泥搅拌桩进行处理。

3 多方案比选

由于本工程为沿海滩涂围海造陆而成，未经过软基处理，且道路下覆土层多为深厚软土，市政道路工程所需进行的路基处理难度较大。选择一种合适的、经济的软基处理方式至关重要。根据设计道路填方高度，初拟一般路段和特殊路段软基处理方案，见下表 1：

表 1 软基处理方案

一般路段	排水固结法		
	真空预压	真空联合堆载预压	堆载预压联合塑排
特殊路段	复合地基处理法		
	预应力管桩	深层水泥搅拌桩 (钉形水泥土双向搅拌桩)	

3.1 一般路段

一般路段初选三个处理措施在国内应用广泛，技术成熟，具有较强的适用性和可比性。其优劣对比如下表 2：

表 2 一般路段软基处理方案比选 (1)

	真空预压	真空联合堆载预压	堆载预压联合塑排
优点	负压固结不需要考虑路堤稳定问题，施工时间短；软基处理技术成熟，处理效果好；	负压固结不需要考虑路堤稳定问题，施工时间短；软基处理技术成熟，处理深度深，效果好；	工程费用低廉；施工技术要求低；形成交通速度快；技术保障性强，处理效果好；
缺点	施工前应对原回填料基填料进行清理，施工技术要求高；对处理对象的地质条	施工前应对原回填料基填料进行清理，施工技术要求高；对处理对象的	需考虑一次回填料基填料高度，防止路堤失稳；处理时间长，管线、路面施工滞后；

件、地下水赋存情况有特殊情况；工程费用较高。	地质条件、地下水赋存情况有特殊情况；工程费用较高	加载材料需求大
------------------------	--------------------------	---------

表 3 一般路段软基处理方案比选 (2)

方案名称	处理效果	预压期	处理费用 (元/m ²)
真空预压	高差 $\leq 2m$ 路段效果较好； 高差 $> 2m$ 路段效果不佳	6~8 个月	680
真空联合堆载预压	不受设计高差限制	6~8 个月	750
堆载预压联合塑排	高差 $\leq 2m$ 路段效果较好； 高差 $> 2m$ 路段效果不佳	10~12 个月	550

对比上述软基处理方案可知，填高 $> 2m$ 路段，采用真空预压方案和堆载预压联合塑料排水板方案的处理效果不佳，推荐采用真空联合堆载预压方案。

在设计填高 $\leq 2m$ 路段，真空预压方案、真空联合堆载预压方案、堆载预压联合塑料排水板方案均有较好的处理效果，原则上均可予以推荐。但考虑到真空预压与真空联合堆载预压的处理费用差价较小，但后者由于堆载附加应力的存在，会使土体的有效应力加大，固结效率更高，对工后沉降的控制更为有利。堆载预压联合塑料排水板方案的处理费用虽然最少，但需要的预压期相对最长，对片区的整体开发建设会有进度影响，还需要结合建设单位的整体开发计划进行确定。因此，在设计高差 $\leq 2m$ 路段，推荐采用真空联合堆载预压方案，堆载预压联合塑料排水板方案作为本项目的比选方案。

3.2 特殊路段

特殊路段指环城北路设计填高 3~4m 路段，方案对比如下表 4：

表 4 特殊路段软基处理方案比选 (1)

	真空联合堆载预压	预应力薄壁管桩复合地基	水泥土双向搅拌桩复合地基
优点	同表 2 所述	施工技术要求不高；技术保障性强，处理效果好	软基处理技术成熟，处理效果一般；施工简便，技术要求不高；施工时间短

缺点	同表 2 所述	桩基施工对周边影响较大，一般不宜在城镇中使用；桩基成本费用最高	成桩施工质量较难检测，质量检测手段单一受限；场地有宕渣层和粉砂层，可能存在施工困难；工程费用较高
----	---------	---------------------------------	--

由于涉河路段设计高差约 4m，且存在粉砂夹淤泥层，采用混凝土双向搅拌桩不仅存在桩机施工困难情况，且处理深度仅约 15m，软基处理效果也难以满足道路及管线的使用要求，故不予以推荐。

预应力薄壁管桩相比与混凝土双向搅拌桩，不仅不受地层条件限制，且处理深度可达 30m 以上，其软基处理效果能够满足道路及管线的使用要求。但考虑到本工程一般路段采用真空联合堆载预压方案，若在涉河路段采用预应力薄壁管桩方案，容易在工程交接处，因两者的不均匀沉降而造成路面开裂、管道错位等情况，故仅做比选方案予以考虑。

真空联合堆载预压方案的软基处理效果基本能够满足

道路及管线的使用要求，且与周边路段的处理方式保持一致，对能保证后期路段沉降的均匀性，对路面及管道质量更为有利。抛石层虽然会影响塑排插设，但可通过深挖换填、引孔法补插塑料排水板等方式予以解决。故推荐真空联合堆载预压作为涉河路段的软基处理方案。

4 结语

路基沉降处理是道路使用功能稳定安全的重要保障措施，沉降量过大不仅给道路行车带来不适，减少道路使用寿命，还会影响道路下敷设管线的使用要求。所以选择一种合适的、经济的软基处理方案至关重要。

软基处理效果除了确定较优设计方案，还需跟进施工过程，建立系统连续正确完整的观测及分析，掌握并控制路堤的稳定沉降，预测沉降趋势，验证和指导工程设计及施工，控制填筑速率，确保路堤稳定性。因此软基处理是一个贯穿设计、施工，以及运行的全过程措施，而反馈的数据与验证，将为后续工程完善设计、指导施工起到积极指导作用。

参考文献：

- [1] 住房和城乡建设部.城市道路工程设计规范[S].中国建筑工业出版社,2016.(CJJ 37-2012).
- [2] 国家建设部.公路路基设计规范[S].中国建筑工业出版社,2015.(JTG D30-2015).
- [3] 孙兴.龙港新城朝辉路等道路软基处理方案的选择[J].工程经济,2021.

作者简介：金伊诺（1982-），女，温州，大专，工程师，主要从事市政道路设计。