



# 海堤不同地基加固衔接位置的处理方法

许增会, 高晓兵

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 针对爆破挤淤与塑料排水板衔接堤段条件复杂的特点, 对其衔接位置选址及处理方法进行研究。通过分析堤基范围内地质条件特征, 结合海堤建设时序、整体稳定性、差异沉降及工程投资等因素, 选择软土层薄、砂层厚及轴线拐角的堤段作为衔接位置。基于爆破振动影响, 减少衔接位置的爆破挤淤进尺, 预留排水板安全距离, 先进行爆破挤淤再施工排水板。采用简化肖普法对衔接段海堤进行稳定复核, 增加反压平台, 与相邻海堤平顺过渡, 并经现场验证。结果表明, 选择合理的衔接位置可有效减少工程投资, 确保海堤安全可靠、平面平顺衔接。

**关键词:** 爆破挤淤; 塑料排水板; 衔接位置; 安全距离; 施工顺序

中图分类号: U 656.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)05-0022-04

## Treatment method of connection position between different foundation reinforcement of sea embankment

XU Zeng-hui, GAO Xiao-bing

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

**Abstract:** Aiming at the complex conditions of the connection embankment between blasting compaction and plastic drainage plate, we study the site selection and treatment method of the connection position. Based on the analysis of the geological conditions within the scope of the embankment foundation, we combine with the factors such as the construction sequence, overall stability, differential settlement, and project investment of the sea embankment, select the embankment section with thin soft soil layer, thick sand layer and axis corner as the connecting position. Based on the influence of blasting vibration, we reduce the blasting compaction advance progress in connection position, reserve the safety distance of drainage plate, implement the blasting compaction first, then implement the drainage plate, use the simplified Bishop method to check the stability of the embankment in the connecting section, add counter pressure platform to make a smooth transition with the adjacent embankment, and verify the effect on the site. The results show that selecting the reasonable connection position can effectively reduce the project investment, and ensure the safety and reliability of the sea embankment as well as the smooth connection of the plane.

**Keywords:** blasting compaction; plastic drainage plate; connection position; safety distance; construction sequence

舟山绿色石化基地通过开山、筑堤、围垦形成陆域, 其中边界海堤总长 13 km。由于开山石料丰富, 且爆破挤淤堤具有成堤速度快、施工受风浪影响小、工后沉降小等优势, 边界海堤优先选择采用爆破挤淤抛石斜坡堤。但爆破挤淤地基加固法有一

定的局限性, 须考虑爆破振动的安全影响, 受建设时序及边界条件的制约, 部分堤段采用塑料排水板排水固结法。因此, 爆破挤淤与塑料排水板的衔接方法是工程须关注的重点问题。目前不同地基加固衔接位置的处理方法研究较少, 蔡军等<sup>[1]</sup>提出采用

收稿日期: 2020-12-01

作者简介: 许增会(1979—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口工程设计。

减少单次爆破药量或全清淤的方案可有效保障衔接段海堤稳定性，林耿荣等<sup>[2]</sup>提出通过加密塑料排水板加快衔接段土体固结，从而减少不均匀沉降，但均未提及衔接段的选址和安全距离。

本文通过分析鱼山东堤地质资料，选择合理的不同地基加固衔接位置，提出不同地基加固影响范围的安全、可靠的施工顺序，采用圆弧滑动法对衔接段海堤进行稳定复核，确定衔接位置的处理方法。

1 工程概况

鱼山东堤全长 7.2 km，起末端分别位于大鱼山北部和大鱼山南部。大鱼山北端分布有鱼山供水管线和鱼山 35 kV 海缆路由，与东堤轴线的最小距离为 200 m；中部连接鱼山岛及岱山本岛的鱼山大桥与东堤同步建设，中部拟铺设的 220 kV 海缆与东堤轴线的最小距离为 196 m。根据《水电水利工程爆破施工技术规范》<sup>[3]</sup>，大桥桩基爆破振动速度安全允许标准为 2~3 cm/s。管线对爆破振动安全允许标准更高。受爆破振动影响，若采用爆破挤淤方案，对海缆路由及供水管线均有较大影响，管线破坏风险大，因此东堤北段、中段不宜采用爆破挤淤堤，而采用塑料排水板堤。为加快施工进度，东堤南段具有陆推条件，且爆破振动影响范围内无建筑物、管线等，可采用爆破挤淤堤。因此，爆破挤淤与塑料排水板的衔接位置在东堤南段选择。

2 衔接位置选址

2.1 东堤南段地质条件

工程区勘探深度范围内揭露的地基土层划分为 6 大层及其分属不同地基土层的亚层：③<sub>1</sub>淤泥层及③<sub>2</sub>淤泥质粉质黏土层工程性质差，在该区域累计厚度达 20~35 m，为不良地基土层及主要压缩土层；③<sub>21</sub>粉砂层厚度 3~12 m 分布不均，顶板高程-25.5~-11.5 m 起伏变化大，局部以透镜体状发育于③<sub>2</sub>淤泥质粉质黏土层中；④<sub>1</sub>粉质黏土层工程地质性质一般，其下⑤粉质黏土层、⑦粉细砂工程性质较好。

东堤堤基范围内最为突出的地质特征是软土

层深厚，粉砂层普遍分布且变化不规律。当粉砂层较薄时，地基处理方式考虑穿透砂层，进一步处理砂层下方的软土层；当粉砂层较厚时，选择砂层作为海堤持力层；地质条件突变的位置易出现差异沉降，须设置合理的过渡段。

2.2 不同地基处理衔接位置选址

不同地基处理衔接位置的选址应考虑海堤的建设时序、整体稳定性、差异沉降及工程投资。

东堤爆破挤淤堤段与塑料排水板堤段同步施工，爆破挤淤堤自大鱼山南部单侧推进，因后续油管线铺设的时间需求，1 年内须完成爆破挤淤施工，按爆破进尺 7 m 考虑，单月可完成近 150 m 爆破挤淤施工，1 年可完成 1 500~1 800 m 爆破挤淤施工。因此，爆破挤淤与排水板衔接位置距离大鱼山不宜大于 1 800 m。

爆破挤淤与排水板衔接段受不同地基处理工艺交叉的影响，地基处理的效果难以保障。若采用全清淤方案对衔接段进行处理，将增加工程投资。距离大鱼山 1 520 m 的位置，砂层厚度 12 m，上层淤泥及淤泥质粉质黏土层厚度 5 m，选择该位置作为衔接位置，无论选择全清淤方案还是选择增加反压平台宽度，对海堤整体稳定均是有利的。

东堤轴线布置范围，砂层起伏变化较大，地基处理的深度变化相应较大。在地基处理深度突变的位置易发生差异沉降。不同地基处理加固衔接位置属于海堤加固的薄弱环节，应避免选择地质分层突变的区域。距离大鱼山 1 520 m 的位置，相邻的 600 m 范围砂层分布较为稳定，不会因为地基处理的影响造成明显的差异沉降。

综合以上分析，爆破挤淤与塑料排水板衔接选址于距离大鱼山 1 520 m 的位置，该规模可在既定时间内完成爆破挤淤施工，该位置软土层薄、砂层分布稳定且可作为持力层，有利于海堤结构稳定，缓解不均匀沉降并减少工程投资。

3 衔接位置处理方法

3.1 施工工艺控制

爆破挤淤法施工工艺是将埋置于淤泥土体中的炸药通过爆破形成空腔，使其上已抛石方靠自

身重力填入土层,并落在硬土层上,在原软土层内形成含石方比例较大的混合体。抛石工艺采用陆上抛填,先进行堤头爆填,每次爆破循环推进量一般为5~7 m,然后进行侧爆,使抛石充分落底。该方法抛石和埋药、起爆可全部在陆上施工完成,软基处理深度可达到10~30 m,落底效果好,工后沉降小。

塑料排水板排水固结施工工艺是在软土中插入塑料排水板形成竖向排水通道,在上部堤身荷载的作用下,软土中产生超孔隙水压力,在压力差的作用下,孔隙水沿竖向排水通道排出,然后进入水平排水通道,最终软土得到固结,强度也有所增加,从而达到加固软基、提高海堤整体稳定性的目的。

爆破挤淤与塑料排水板的衔接位置软土层厚度5 m,减少爆破挤淤炸药用量仍能保证爆破挤淤堤段的落底效果。爆破挤淤炸药用量减少可降低爆破振动的影响,单次爆破进尺控制不超过5 m可有效缓解爆破挤淤对塑料排水板的影响。

3.2 结构方案控制

爆破挤淤与塑料排水板的衔接堤段的地基范围内分布一定量的爆破挤淤石舌,将影响塑料排水板的打设。通过地形探摸,清除爆破挤淤淤泥包至原天然泥面,铺设砂被排水垫层,在爆破挤淤石舌范围外打设塑料排水板,按塑料排水板堤段堤身结构填筑,外海侧设置两级反压平台,第一级平台高程1.0 m,宽度15 m;第二级平台高程-2.0 m,平台宽度35 m。衔接堤段横断面见图1。

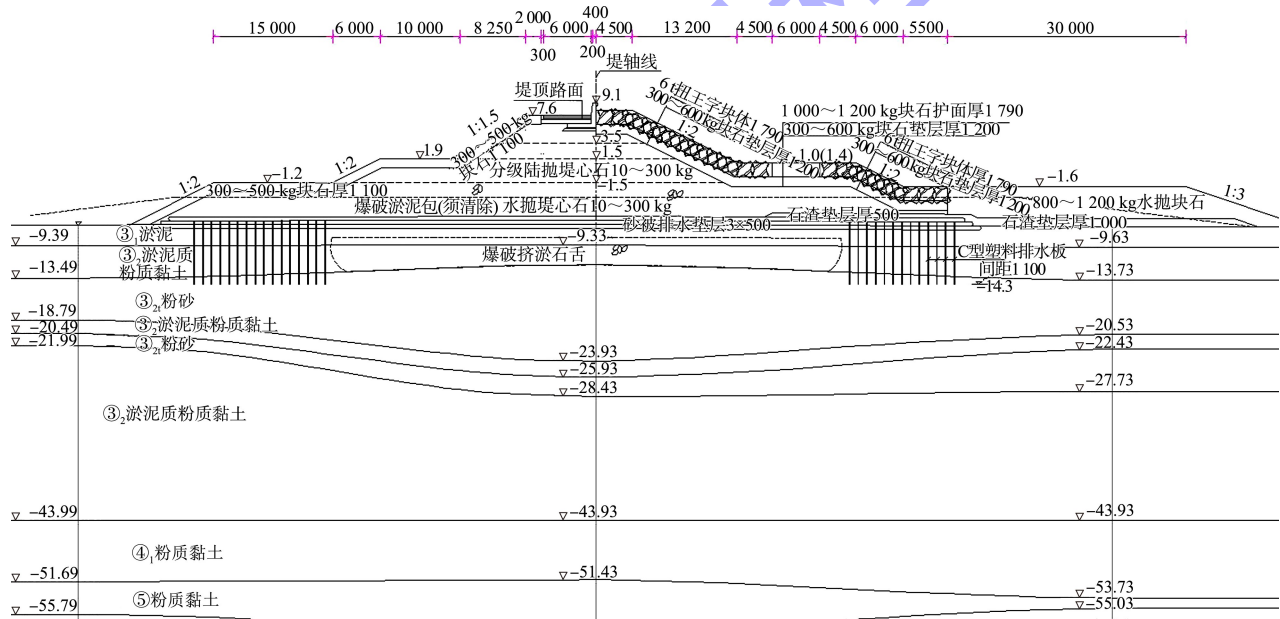


图1 不同地基加固衔接堤段横断面(尺寸:mm;高程:m)

采用简化毕肖普法对衔接堤段的海堤稳定进行验算,爆破挤淤石舌范围按原状土体参数设定,塑料排水板打设范围考虑土体排水固结后的强度增长。经验算,衔接堤段整体稳定可满足规范<sup>[4]</sup>对于I级海堤的稳定要求。

3.3 施工顺序控制

爆破挤淤与塑料排水板接头纵断面如图2所示,主要施工顺序为:1)测量ECK1+500~EBK2+060段现状地形后,爆破挤淤堤头再向前推进;2)塑料排水板堤段堤头分级放坡抛填,堤脚与

ECK1+520位置预留约60 m的安全距离;爆破挤淤堤段自ECK1+478起爆破挤淤单次进尺不大于5 m,爆破挤淤地基处理至桩号ECK1+520;3)重新测量堤头至EBK2+060段地形,判断淤泥包扩散情况;4)根据地形测量结果,清除爆破挤淤堤头至排水板堤脚淤泥包至原泥面;5)清除排水板堤段已抛石堤身上可能覆盖的淤泥包;6)ECK1+520~ECK1+578.462段铺设两层砂被排水垫层,打设排水板,覆盖一层排水垫层,再抛填堤心石。

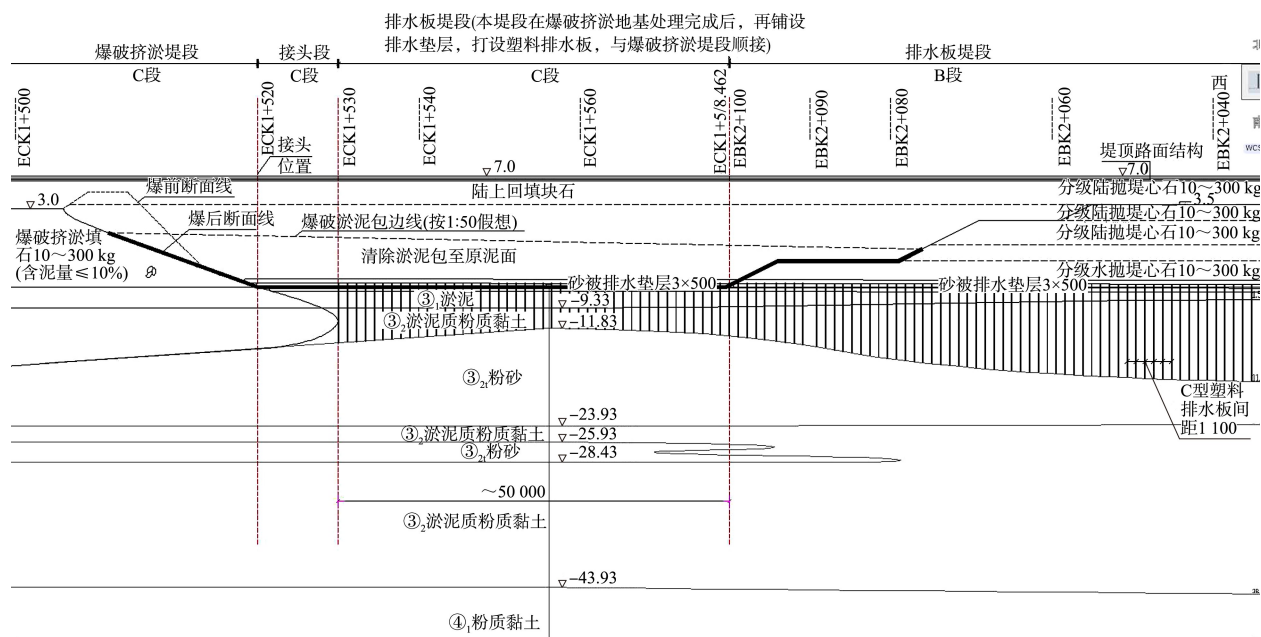


图2 不同地基加固衔接堤段纵断面 (尺寸: mm; 高程: m)

### 3.4 平面协调性控制

根据舟山绿色石化基地整体物理模型试验研究成果<sup>[5]</sup>,东堤南侧堤轴线转弯处海堤建成后,堤脚呈现冲刷趋势。因此,东堤南侧堤轴线转弯处须加抛块石棱体防护堤脚冲刷。而爆破挤淤与塑料排水板衔接位置选址于堤轴线转弯处,堤脚增设防冲刷棱体,有利于海堤整体稳定。爆破挤

淤堤头清除淤泥包时, 仅清除至原天然泥面, 不需要对地基土清淤即可满足稳定要求, 可有效节省投资。

海堤不同地基加固衔接堤段平面布置见图 3。衔接位置两端各 200 m 范围内 -2.0 m 平台宽度由 10 m 逐渐增加至 30 m, 堤脚线总体形态平顺, 对水流无不利影响。

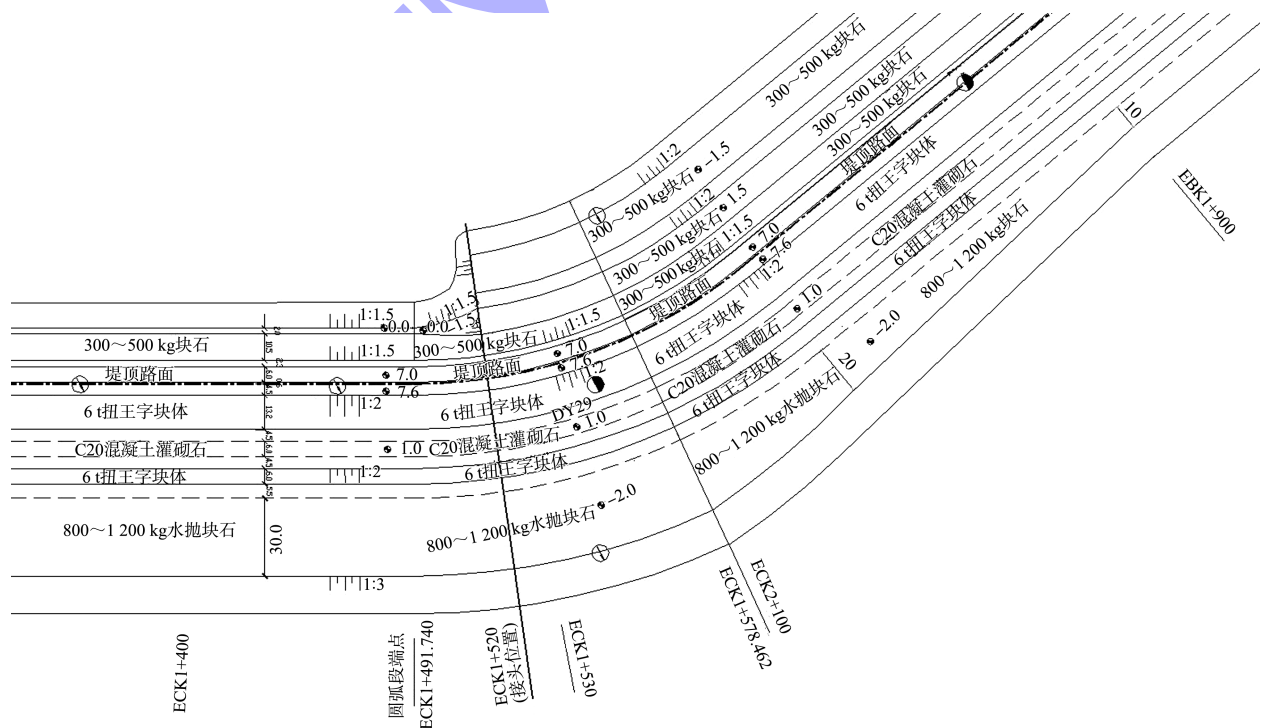


图3 不同地基加固衔接堤段平面布置 (单位: m)