

大榭港区围海造陆工程软体排施工技术

胡利文,李英杰,林涌潮

(中交第四航务工程局有限公司,广东 广州 510230)

摘要 针对大榭港区围堤工程施工特点,对排体适应性、布排结构及充灌砂量进行分析。改进了不同水位区排体和砂被的加筋处理技术,系统分析了深水位区、浅水位区及潮间带软体排铺排施工技术及改进措施。围堤水平位移和沉降监测表明,软体排整体性好,抗滑移强,土体沉降均匀,效果良好。

关键词 软体排 围海造陆 土工织物 施工技术 大榭港区

中图分类号 U656.3 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2007)03-0060-04

Construction technique of soft mattress used in land reclamation at Daxie Port//HU Li-wen, LI Ying-jie, LIN Yong-chao
(China Communications Guangzhou Port Construction Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract :In consideration of the complicated construction condition of the land reclamation project, the feasibility of the soft mattress construction technique, the rational structure of the soft mattress, and the amount of sand filling were analyzed. The mattress and sand bag reinforcement technique for different water levels was modified, and the construction technique and modified measures for paving the soft mattress in deep water, shallow water, and intertide zones were systematically discussed. The horizontal displacement and settlement monitoring of the polder dike shows that the soft mattress is of good performance in structural integrity and anti-sliding effect, that the soil settlement is uniform during the construction, and that the effect of this construction technique is satisfactory.

Key words :soft mattress ; land reclamation ; geotextile ; construction technique ; Daxie Port

软体排被广泛应用于港口航道及滩涂地带做护底围堤,以及围海造陆工程护底及软基处理工程中。在长江界牌及长江口工程中,不同形式的软体排结构被广泛应用^[1-2]。宁波大榭招商港围海造陆工程则是典型的不同的水深软体排施工的工程,包括全长 2719m 的围堤施工、69.4 万 m² 的滩涂地回填及软基处理。围堤基础采用铺设砂被软体排、水上施插塑料排水板、铺设砂肋软体排的方式进行处理。陆域利用回填砂采用堆载预压和真空预压的方式进行地基处理。工程区域为典型的季风风和台风区域,潮流性质属非正规半日浅海潮流,平均潮差 1.9 m,最大潮差 3.1 m,最高高潮面 2.79 m,最低低潮面

-2.02 m,涨、落潮平均流速 62 cm/s(涨潮流速较落潮大),底层平均流速 56 cm/s。该工程设计高水位 1.66 m,设计低水位 -1.22 m,形成了复杂环境下围海造陆软体排护底施工的典范,围堤结构断面如图 1 所示。

1 软体排的适用性

对于河口海岸地区,围海造陆工程往往是先进行围堤施工,再进行围堤内吹填施工,最后经过软基处理形成陆域。此类工程围堤一般建在深水、浅水或滩涂地上,面临着复杂地质条件及风大浪高等恶劣施工环境。地基下部多为海相淤泥,上部为粉细

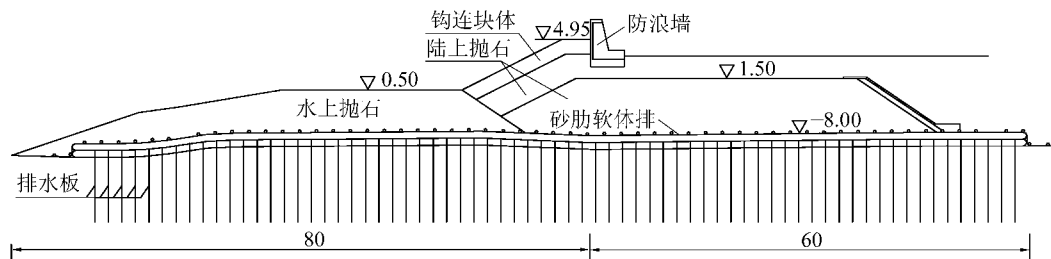


图 1 围堤断面结构示意图(单位:m)

砂,粉细砂及吹填砂在水动力条件下有较高的流动性,并且在陆域形成后,粉细砂可能在水动力或台风巨浪情况下发生液化。在波浪作用下填筑围堤会使海床孔隙水应力产生动态累计,降低有效应力^[3]。采用软体排进行护底处理,可有效地减免建筑物附近因水动力场改变引起的冲刷,有利于建筑物自身的稳定,同时填筑速度也很快。

在地基软弱的地段,特别是风浪较大的地段,采用柔性好、强度高、厚度薄的软体排才能适应工程规模大和机械化施工要求,并且围堤在施工期不易滑动,在陆域吹填期也不易发生破坏。

国内外常用的软体排,多利用土工织物作为紧贴被保护土面的排体,然后在其上以抛石、砂枕或砂肋,或以预制混凝土联锁块或砂垫层作压载,使土工织物在水下保持稳定。

2 软体排结构设计

本工程的施工条件恶劣,断面结构形式较复杂,水深变化较大,局部区域坡陡,施工难度大,主要具有以下特点 ①潮间带浅滩区一般施工船舶无法近岸作业,水深较浅处运砂船无法靠舶作业,应尽量选择吃水浅的船舶,同时,还需考虑其他施工工艺作为补充。②季候风施工期间风大浪高,砂被及软体排在风浪及紊流作用下将会产生变形、鼓包、撕裂、漏砂,除及时覆盖保护外,应从材料结构设计方面作出改进。③由于工程结构形式的特点,各工序搭接紧凑,特别是插板完成后的砂被需覆盖通长袋、软体排保护,但受天气影响,有效施工天数少,传统的铺排工艺工效较低,受工作面限制,难以满足进度要求。④使用传统橡胶充灌机具容易堵管,充灌机具的选择是关键。

依据本工程特点,围堤护底必须具有足够的强度以满足堤身及两侧水动力荷载要求,排体须具有良好的排水、保砂性能,余排必须具有适应滩面冲刷变形的能力。在设计时需对袋体材料、充填料质量、排体耐久性及堤身反滤进行充分考虑。

由于水深不同,设计采用砂被软体排进行潮间带施工,采用砂肋软体排进行浅水位区和深水位区护底施工。砂被软体排采用上、下两层土工布缝制成袋,中间设隔仓,保证砂充盈均匀,整体性强。本工程砂被软体排采用 200 g/m^2 的编织土工布缝制,方便及时充灌排水。砂被软体排袖口材料为 150 g/m^2 的编织布,由于此软体排兼作横向排水垫层,充填中粗砂厚度为 0.6 m ,袖口应加密,袖口间距按 $3.5\text{ m} \times 3.5\text{ m}$ 布置,长度 $30 \sim 50\text{ cm}$,直径 30 cm 。而砂肋软体排则用于浅水区和深水区中,采用铺排

船铺排。排底布采用单层 250 g/m^2 编织布加 150 g/m^2 无纺布复合加工,砂肋材料选用 150 g/m^2 编织布,以便充填砂及时固结排水,加筋带选用宽 5 cm 的丙纶加筋带,单位质量不小于 52 g/m ,伸长率不大于 25% ,拉伸负荷大于 16 kN 。砂肋软体排主要起护底及压载作用,间距满足软体排抗浮及抗滑稳定。经计算,确定砂肋间距为 1.5 m ,砂肋采用砂肋套固定,砂肋套利用加筋带直接缝制在排体上,砂肋套直径 28 cm 。砂肋软体排结构如图 2 所示。

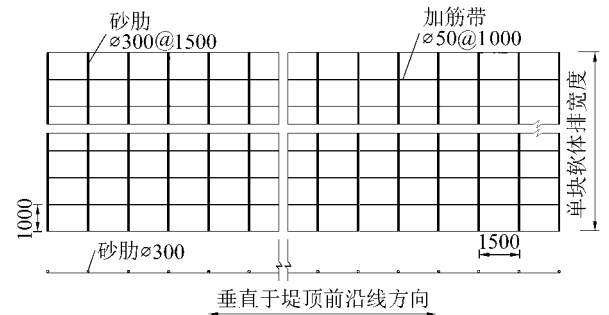


图 2 砂肋软体排结构加工平面示意图(单位: mm)

施工时,软体排结构尚需根据铺排船舶尺寸及不同施工方式综合考虑,在工厂加工时一般考虑收缩影响而增加 5% 的预留尺寸。对于砂被软体排,考虑鼓胀及不均匀充填的影响,两端需预留,中间增设隔仓,保证充填厚度均匀。对于砂肋软体排,由于船体最大铺设宽度为 25 m ,考虑动水情况下水流波浪的影响,横向收缩约 $50 \sim 60\text{ cm}$,同时考虑到软体排搭接宽度大于 2 m ,排体按 22.5 m 宽度加工。

砂肋软体排充灌砂要求粒径大于 0.05 mm 的含量大于总质量的 70% ,粒径小于 0.005 mm 的黏粒含量小于 10% 。砂被软体排及通长袋充填料采用渗透系数大于 10^{-3} cm/s 的细砂或中粗砂,粒径小于 0.005 mm 的黏粒含量小于 3% ,粒径大于 0.1 mm 的含量大于 95% 。

3 软体排施工技术优化

3.1 排体加工技术改进

排体沉放中的风浪水流对排体引起附加荷载,在施工过程中由排布和加筋带共同受力,并以加筋带受力为主。根据船舶施工特点,各种不同水位区排体和砂被加筋处理特点如下:

深水位区(水深大于 2.5 m) 四周的加筋带和拉环设置与正常水位情况相同;由于铺排船滑板与海床落差较大,沉放过程排底布承受拉力较大,因此,加筋带加密,每 3 m 设 1 道。在陡坡区段,必须设置隔仓,而且为尽量减少横向接缝、降低排体强度,每层砂袋横向加筋带应正反面各缝 1 道。

浅水位区(水深 $1.5 \sim 2.5\text{ m}$) 加筋带沿砂袋四周缝

制2道,沿纵向每隔6m上、下2层各缝制1道砂袋3边设置加筋带拉环,直径30cm,起施工定位作用。

潮间带区(水深小于1.5m)由于施工期砂被受力不大,不设置加筋带;虽然拉环受力不大,但为避免涨落潮施工时固定袋体,相邻袋体间设置拉环。由于季候风期间浪大流急,坡脚处的砂被受潮水冲刷往往鼓包、隆起、不平整,因此,可在坡脚处设置一定数量的隔仓,根据潮水冲刷范围,按50m²设置1个隔仓,并利用加筋带缝接在袋体上。

3.2 深水水位区铺排技术

深水水位区采用船供砂铺排船,施工涉及到铺排船、运砂船、材料运输船、起锚船、拖轮及交通船等一系列的船舶配合。水上铺排船直接供砂见图3。

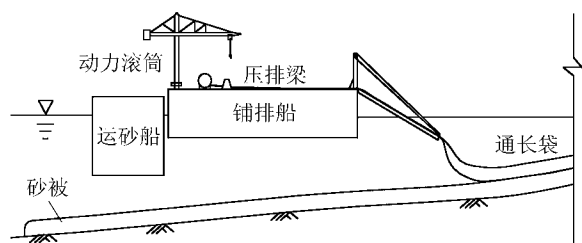


图3 靠驳供砂铺排工艺示意图

施工时,铺排船用GPS定位系统校正船位后,放下滑板,打开高压水枪,启动充砂泵。先充砂肋两边再冲中间,避免受力不均引起砂肋变形,当端头砂肋自重满足下滑时,松开压排梁和滚筒刹车,让软体排下沉到泥面并利用滚筒收紧排底布,同步砂泵继续充砂入袋,检查下滑软体排长度与充灌量,满足要求时拔出输砂管,并将输砂管插入下排袖口,开动锚机绞缆,缓慢移动船位,利用海达GPS定位校正船位,填写充灌量与移动船位施工记录,重复充灌、检查、移船过程,直至整个砂被铺完。

3.3 潮间带铺排技术

大榭码头围堤堤头段2+719~2+419约300m长堤段泥面标高在-1.5~0.3m之间,浅滩区退潮时能露出水面,具备岸上供砂、人工趁潮铺排的条件,该段采用潮间带铺排工艺。由于砂泵的吹距至少要达到300m以上,因而增设了1台加压泵,解决供砂效率及易堵管问题。

砂被软体排施工时应注意因砂浆的自重、充灌压力及涨落潮时的水流量而造成砂被变形。岸上利用高压水枪进行水力造浆,控制好砂浆浓度,充灌时应交替在各袖口间均匀进行,避免受潮水冲击变形,充盈率控制在85%左右,厚度控制在0.6~0.7m左右。相邻砂被除绑紧套环以外,还要确保充填后两砂被之间相互紧密,没有通缝。由于潮间带砂被易受潮水冲击鼓包,当端头砂被采取隔仓处理后,效果

显著,只要用高压水枪在袋口往砂被中稍作冲平即可保证砂被的平整要求。

3.4 浅水位区铺排技术

由于运砂船受天气影响,供砂船受水深制约,造成潜水位区铺排工效很低。采用水上浮管,从陆域向铺排船供砂铺排的方法,可以实现施工工艺的改进。施工中,岸供砂畅通是关键,经试验采用了浮力大、摩阻力小、弯曲挠度大的高密塑料管作为输砂管道。高密管直径20cm,长10m,由法兰盘首尾连接。采用22kW的泥浆泵输砂并在每条管道中间用船作平台设置1台接力泵,同时船还可起着调整浮管方向的作用。为提高工效,将砂浆质量百分比调整为30%,每台泵能保证50~60m³/h的充填量。岸上供砂水上铺排工艺见图4。

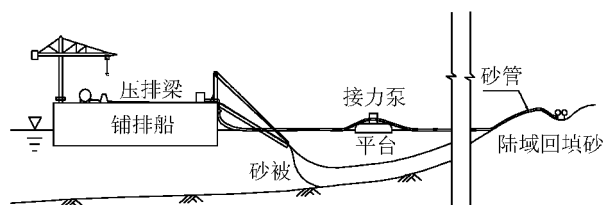


图4 水上浮管岸上供砂铺排工艺示意图

4 围堤施工效果分析

4.1 围堤分层水平位移监测

为了进一步了解围堤护底软体排的使用效果,在多个断面埋设了监测仪器。在1+000断面,根据测斜资料,得到不同日期的分层水平位移,见图5。

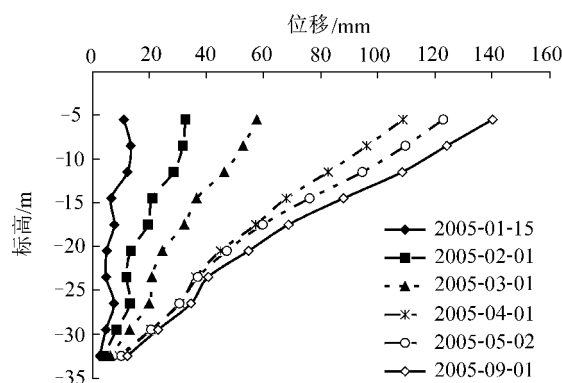


图5 1+000断面水平位移曲线

4.2 分层沉降监测

为了分析围堤施工时各标高的沉降,经监测得到1+000断面不同日期分层沉降如图6所示。

由图5、图6可知,围堤沉降速率前期较大,平均沉降速率为20mm/d,单日甚至达到59mm,超出规范控制沉降标准,但侧向位移及位移速率不大,特别是5.5m以下土体水平位移不大。由水平位移可知,围堤侧向位移不大,没有造成稳定性破坏,结合围堤沉降,表层沉降达到1.6m左右,土体压缩性较

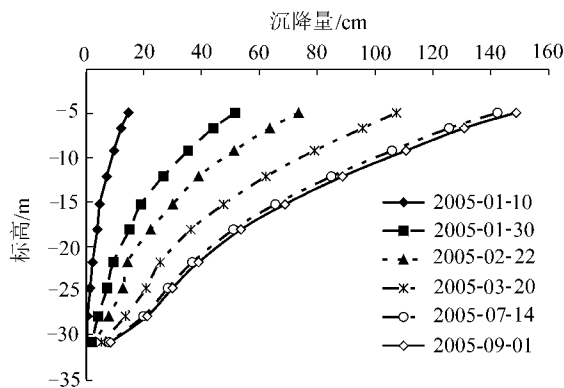


图6 1+000断面分层沉降曲线

高,排水板排水效果较好,土体沉降均匀,没有明显的挤淤现象。

4.3 软体排护底效果分析

由于对砂被、软体排采取了加筋、隔仓处理,克服了风浪及紊流作用的影响,避免砂被变形、鼓包、撕裂等。工程施工期间,虽连续遭受台风、天文大潮及暴雨的袭击,仍基本保持完好。局部发生鼓包现象,用高压水枪在袋口往砂被中稍作冲平就基本恢复原形,效果显著,保证质量。

在高风浪港区造陆,采用护底软体排,大大节约了工程时间,经过软体排护底,即使在高沉降速率的情况(见图6)下仍可进行围堤填筑施工。因软体排的作用,围堤侧向位移及位移速率不大(见图5)。

(上接第48页)措施,应从原材料储运、混凝土拌制、运输、浇筑(包括仓面喷雾、覆盖保温被等)及养护等各个环节采取措施,加强控制,同时通水冷却也是混凝土温控防裂的重要措施之一。

在温控管理方面,业主应充分发挥在工程建设中的主导作用,建章立制,明确各家职责,积极引导设计、科研单位制定切实可行的温控标准及要求,督促监理严格按照有关要求对施工单位加强监管力度,同时建立奖惩机制,充分调动各方的积极性,同心同德,做好温控防裂工作。

通过采取上述温控措施以及强有力的温控监督管理,温控工作基本达到了预期成效,有效地控制了裂缝的发生:①一般情况下,当骨料堆料高度大于8m时,堆存5~7d骨料温度可接近当地月平均气温。②当水泥、粉煤灰温度为60℃左右,砂子温度为23℃左右(接近月平均气温),粗骨料一次风冷到8~10℃左右,二次风冷到2~4℃左右,加冰或加冷水拌和,出机口温度可控制在14℃之内。③采取运输车车厢喷雾、遮阳措施,运距在1.5km内,可将运输过程混凝土温升控制在1.0℃左右。④采取仓面喷雾营造小环境、覆盖保温被等措施,可将从混凝土

另外,软体排的使用不仅在技术上可快速造陆,缩小围堤断面,而且在经济上比不用软体排直接填筑围堤减少投资约20%。

5 结 语

a. 软体排用于围海造陆工程可以均化地基应力,防止发生较大的侧向变形,有利于施工期及使用期时的地基稳定。

b. 采用不同工艺可满足不同水深及潮位等复杂工况下软体排的施工,特别是对浅水区采用岸供砂充填软体排可克服不同船型施工要求。

c. 实践证明,软体排的利用及工艺改进可进行快速围堤及造陆施工,并提高围堤抗滑稳定性,节约砂石料,大幅度提高施工效率,保证质量,节省施工成本约20%。

参考文献:

- [1] 余帆,周克当,冯刚.系接压载软体排在护岸工程中的应用[J].人民长江,2002,33(8):32-34.
- [2] 程玉来,赵龙根,楼后为.土工织物软体排在长江口深水航道治理工程一期北导堤工程中的应用[J].水运工程,2000(12):53-58.
- [3] 吴梦喜,楼志刚.波浪作用下海床的有效应力分析[J].海洋工程,2002,20(1):64-68.

(收稿日期 2006-04-18 编辑 骆超)

入仓到上一层混凝土覆盖前的温升控制在3~5℃。⑤初期通水是削减浇筑层水化热温升的措施之一,初期通水冷却宜采用10℃左右的制冷水,通水时间18~20d,在混凝土开仓时开始通水,单根水管通水流量不小于20L/min,一般可削减混凝土水化热温升2~4℃。⑥表面保护及流水养护也是降低混凝土最高温度的有效措施之一,采用表面保护及流水养护可使混凝土早期最高温度降低1.5℃左右。⑦根据混凝土内部埋设的温度计测值允许最高温度基本能控制在标准要求内,但仍有局部超标2~3℃,追查原始资料发现这与个别仓号浇筑温度超标有关,受各种因素影响,个别仓号从混凝土入仓到浇筑温度回升达到10℃。⑧至今,纵向围堰碾压混凝土未发现有危害性温度裂缝的产生。

参考文献:

- [1] DL 5108—1999,混凝土重力坝设计规范[S].
- [2] 吕大勇,向弘.景洪水电站右岸冲砂底孔坝段555m高程以下混凝土温控防裂施工技术要求[R].昆明:中水顾问集团昆明勘测设计研究院,2006.
- [3] 戴会超,张超然.三峡混凝土施工及温控材料成果[J].水利水电科技进展,2003,23(1):17-21.

(收稿日期 2006-05-12 编辑 骆超)