

基于北部湾海域疏浚淤泥的块体制备研究

覃昌佩¹, 蒋乙平¹, 何奇¹, 江朝华²

(1. 广西交通设计集团有限公司, 广西 南宁 530029; 2. 河海大学疏浚技术教育部工程研究中心, 江苏 南京 210098)

摘 要: 以北部湾海域淤泥为主要原料制备块体替代普通混凝土, 当淤泥: 水泥: 矿粉: 石膏=70: 20: 18: 2 时, 在 15MPa 成型压力下, 基于半干法压制成型的淤泥块体 28d、90d 抗压强度分别为 23.5MPa 和 27.3MPa, 后期强度不倒缩。与普通 C20 混凝土相比, 淤泥块体成本降低 37.5%。该材料可以替代普通混凝土制备护面砖、护面块体等应用于航道整治或道路工程, 为港口、航道整治疏浚淤泥的资源化利用提供有效途径。

关键词: 北部湾; 疏浚淤泥; 水泥基材料; 资源化利用

中图分类号: U616 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 08—0119—02

随着国家对自然资源的保护严格要求, 传统开山采石方式受到限制。而港口建设、航道整治工程等工程带来大量疏浚砂土, 疏浚砂土的建材资源化利用, 可以减轻对环境的影响, 间接地节省土地, 降低工程造价。大量利用废弃疏浚砂土、有效缓解天然砂石材料短缺和枯竭问题, 对推动绿色水运、促进生态保护将起到积极作用^[1]。广西铁山港在港池开挖过程中产生大量的疏浚淤泥, 将产生过亿方的淤泥, 对于如此大量的疏浚淤泥, 若仅将其作为废物进行外抛处理, 不仅占用大量土地, 还会导致周围环境及水资源的二次污染, 造成土资源的巨大浪费^[2]。由此, 亟待对铁山港在港池开挖过程中产生的大量废弃疏浚淤泥进行经济有效的处置与利用。

进行疏浚淤泥建材化循环再生利用技术的研究及应用, 以港口建设过程产生的海域疏浚淤泥为主要原材料制备具有自重轻、抗裂性强、低收缩的水泥基材料替代普通混凝土就近应用于港口航道或市政等工程, 可以为港口建设或航道整治废弃物的资源化利用提供有效的途径, 具有显著的社会和经济效益。

1 试验原材料及方法

矿粉为 S95 级矿粉, 比重比为 2.83g/cm³, 比表面积为 385m²/kg; 粉煤灰二级粉煤灰; 水泥为 P.O42.5 普通硅酸盐水泥; 淤泥 PH 值大于 7, 呈碱性。颗粒小于 0.075mm 的占 94.0%, 0.25~0.075mm 为 6.0%。淤泥外观形貌如图 1 所示。

将一定质量的疏浚淤泥、矿粉或粉煤灰、水泥添加到砂浆搅拌机的料桶内, 将干料用 JJ-5 水泥胶砂搅

拌机搅拌 2 分钟, 干料搅拌均匀后再加一定量的水再搅拌 2 分钟; 将搅拌后的物料称重, 加入到模具中, 然后在 SHT4305 型微机控制电液伺服万能试验机上以规定的压力压制成试件, 压制制度为 600N/S 速率加压至 15MPa 恒压两分钟; 试件采用定期洒水养护。试件抗压、劈裂抗拉试验按照 SL 352—2006《水工混凝土试验规程》进行, 采用 100×100×100mm 试模养护 7、28、90d 后在 SHT4305 万能试验机上进行抗压和劈裂抗拉试验。



图 1 北部湾海域淤泥



图 2 试件压制成型

2 试验结果及分析

2.1 疏浚淤泥块体力学性能

疏浚淤泥块体配合比及性能见表 1:

表 1 疏浚淤泥块体力学性能

序号	淤泥 (%)	水泥 (%)	矿粉 (%)	石膏 (%)	水 (%)	抗压强度 (MPa)			劈裂抗拉强度 (MPa)		
						7d	28d	90d	7d	28d	90d
S1	70	30	0	0	15	13.6	24.3	25.5	1.91	2.88	3.68
S2	70	20	8	2	15	12.0	23.5	27.3	1.80	2.61	3.78
S3	70	10	18	2	15	11.4	22.1	28.6	1.71	2.50	3.87
S4	65	35	0	0	15	15.9	27.3	29.6	2.63	2.94	3.46
S5	65	25	8	2	15	16.5	27.0	31.3	2.44	3.10	3.75
S6	65	15	18	2	15	17.2	26.1	32.6	2.69	3.24	4.18
S7	60	40	0	0	15	18.6	30.8	31.2	2.98	3.53	3.63
S8	60	30	8	2	15	17.1	32.3	35.6	2.71	3.71	4.18
S9	60	20	18	2	15	16.6	34.8	37.2	2.80	3.83	4.23

从表 1 可知,淤泥含量固定时,早期淤泥块体的抗压强度和劈裂抗拉强度随着水泥含量的增加而减少,其中 S₇ 的 7d 抗压强度和劈裂抗拉强度达到了最大,分别为 18.6MPa、2.96MPa。而 90d 后期强度随着矿粉掺量增加,块体强度增加,矿粉掺量为 18% 的 S9 试样较之矿粉掺量为 0% 的 S7 试样,90d 抗压强度提高 19.2%,矿粉替代以及适量石膏的掺加可以有效改善淤泥试件干缩问题,从而获得持续增长的长期强度。这是因为矿粉本身具有很强的活性成分包括 SiO₂、Al₂O₃ 等,可与水泥的水化产物氢氧化钙发生反应,生成水化硅酸钙等凝胶从而对强度起到增强作用。王立久^[3]等通过研究发现混凝土中矿粉的加入,不仅可以起到增强骨料与水泥浆界面过渡区的作用,还能使混凝土更加密实孔隙更少。其原因为矿粉可与水泥的水化产物氢氧化钙发生反应,并生成 C-S-H 凝胶,氢氧化钙的消耗使得界面过渡区得以增强,C-S-H 凝胶可以填补混凝土中的孔隙,优化了孔级配。得出结论:矿粉在混凝土中具有填充效应、火山灰效应和微集料效应。同样潘跃鹏^[4]等人也发现活性矿粉可与水泥的水化产物氢氧化钙发生反应,产生 C-S-H 和钙矾石。氢氧化钙的减少致使 C-S-H 等水化产物中孔的尺寸减小,进而使得试件更加密实从而提高其强度。此外,矿粉的活性可被水泥中的 C₃A 激活,使得水泥水化加快,生成碳铝酸钙晶使其早期强度提高。

2.2 经济分析

疏浚淤泥块体综合费用分析见表 2:

表 2 疏浚淤泥块体综合费用分析

项目	C20 普通混凝土 (元/m ³)				疏浚淤泥块体 (元/m ³)				备注
	材料	单方材料用量 (kg/m ³)	材料价格 (元/吨)	单方材料价格 (元/m ³)	材料	单方材料用量 (kg/m ³)	材料价格 (元/吨)	单方材料价格 (元/m ³)	
单方材料价格分析	42.5 水泥	300	480	144	42.5 水泥	280	480	134.4	
	石子	625	110	68.75	疏浚淤泥	1190	40	47.6	含开挖及上岸
	普通砂	1269	140	177.66	矿粉	168	380	63.84	
	水	165	2	0.33	水	255	2	0.51	
	减水剂	1	5000	5	石膏	42	300	12.6	
	合计	395.74			258.95				

从表 2 可知,与普通 C20 混凝土相比,淤泥材料

成本降低 34.8%,可大量应用废弃疏浚土,减少土地占用的同时有效缓解天然砂石材料的短缺,不仅降低了工程造价,并且废物利用避免了其对环境的二次污染,是航道整治等工程降低对环境影响的有效措施,具有巨大的社会与经济效益。

3 结论

通过以上研究可以得到以下结论:

- (1) 研究首次以北部湾海域淤泥制备块体,当淤泥:水泥:矿粉:石膏=70:20:18:2 时,在 15MPa 成型压力下,块体 28d、90d 抗压强度分别为 23.5MPa 和 27.3MPa,长期性能稳定,该材料有望替代普通混凝土制备护面砖、护面块体等应用于航道整治或道路工程,为港口、航道整治疏浚淤泥的资源化利用提供了一条有效途径。
- (2) 与普通 C20 混凝土相比,淤泥材料成本降低 34.8%,可大量应用废弃疏浚土的同时实现大量工业废渣矿粉等的废物利用。以港口、航道工程疏浚淤泥为主要原材料制备块体替代普通混凝土,不仅符合国家节能减排政策,而且经济优势显著。

参考文献:

[1] 李明东,夏霆,刘洋洋,等.海港疏浚含盐淤泥烧结陶粒试验研究[J].重庆交通大学学报,2016,35(6):81-85.

[2] Andrea Mezencevova, Nortey N. Yeboah, Susan E. Burns, et al. Utilization of Savannah Harbor river sediment as the primary raw material in production of fired brick[J]. Journal of Environmental Management, 2012(113):128-136.

[3] 王立久,董晶亮,谷鑫.不同矿物掺合料对混凝土早期强度和工作性能影响的研究[J].混凝土,2013(04):1-3.

[4] 潘跃鹏,陶桂兰.矿粉掺量对废弃超细砂制备砂混凝土密度及强度影响研究[J].硅酸盐通报,2018,37(03):849-855.