

文章编号:1005-8737(2001)04-0070-03

掩护海水养殖网箱的浮式防波堤的消浪特性

盛祖荫¹, 孙 龙²

(1. 河海大学 交通及海洋工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 中国水产科学研究院 水产规划设计所, 北京 100039)

摘 要:为保障海水养殖网箱在风浪中的安全及良好的海水交换功能,采用浮式防波堤掩护是切实可行的工程措施。该防波堤具有轻便、机动、经济等优点。模型试验结果表明,浮式防波堤(箱式浮堤和筏式浮堤)对于深水短波具有良好的消波效果,当水深与波长比 >0.5 ,不论何种浮堤方案均能得到较好的消波效果;当水深波长比 <0.2 ,不论何种浮堤方案消波效果均较差;相比之下,轻型筏式浮堤具有良好的实用前景。

关键词:海水养殖网箱;浮式防波堤;消浪特性

中图分类号:S953.5

文献标识码:A

随着海水网箱养殖规模的不断扩大,有些自然海域,由于受到波浪的作用使网箱的应用受到限制。为保障网箱的安全和避免风浪造成的损失,可采用浮式防波堤掩护。浮式防波堤具有重量轻、结构简单、造价低廉等优点,此外,还具有不破坏水域的整体性和生态环境,不改变水流和泥沙运动条件的特点。对于浪大而无法进行海水网箱养殖的水域,浮式防波堤可有效改善养殖水域条件,并拓宽海水养殖面积。本文根据国内外文献资料^{[1-3][1], [2]}和我国海岸的工程环境特点,结合海水网箱养殖的要求,开展不同浮式防波堤结构类型消波效果的实验室研究,并对几个浮堤类型进行模型试验,旨在找到一种良好的实用型浮堤结构类型。其研究结果为应用浮堤的工程可行性和工程实施提供参考和依据。

1 浮式防波堤消浪机理及类型

1.1 浮式防波堤的消浪机理

收稿日期:2000-12-16

基金项目:中国水产科学研究院科研基金资助项目(109)

作者简介:盛祖荫(1945-),男,高级工程师,主要从事海岸动力、港口航道及海岸工程研究。

1)河海大学. 浮动式防波堤[A]. 海岸工程研究资料(C), Vol 13, 1976.

2)河海大学. 掩护浮游平台消浪设施方案的研究[R], 1992.

浮式防波堤种类繁多,按消浪机理来分主要有:

(1)反射方式,利用浮堤的迎波断面,使波高反射,与入射波产生相应的相位差以及摩擦等复合作用使堤后波高减小;(2)摩阻方式,主要利用浮堤沿波浪传播方向的结构长度,使入射波在浮堤上沿程破碎摩擦,从而消耗部分波能。

浮式防波堤的消波效果,与波浪中的速度场关系最大。按照微幅波的理论:(1)当水深与波长的比值 $d/L > 0.5$ 时,水体的质点是循圆形轨迹运动,圆半径按指数规律从水面向下衰减,水质点的水平速度分量在水表面最大,随着水面向下而急剧减小,在半水深处的速度约为水面的 $1/5$ 。由于波浪的动能大部分靠近水面,采用浮堤消波效果很好;(2)当 $d/L \leq 0.05$ 时,为极浅水波,水质点几乎呈水平轨道往复运动,其速度水平分量从水面到水底几乎不变;(3)当 $0.05 < d/L < 0.5$ 时,为浅水波,水质点轨迹为一椭圆,水平速度沿水深的衰减率介于二者之间。由此可见,波浪水质点运动速度的水平分量沿水深的分布规律实际上是波浪能量的分布规律,也是应用浮堤进行消波的机理所在。

影响消波效果的另一重要因素是结构物的尺度。浮式防波堤结构物尺度可用该结构体吃水深度 D 、水平长度 L_0 、吃水深度与水深之比 D/d 、结构长度与波长之比 L_0/L 等参数来描述。一般来说,

D/d 值愈大,其消波效果愈好; L_0/L 值愈大,即浮体的长度愈长,其消波效果亦愈好。

1.2 浮式防波堤的主要类型

1.2.1 箱式浮堤 由单个或几个刚性浮箱组成,浮箱的断面形状一般为矩形、三角形或倒梯形,或采用2个浮箱做成连体式。箱式浮堤主要靠反射波能来消波,同时,波浪与浮堤运动之间的相位差也对波浪的传输产生一定的抑制和衰减作用。箱式浮堤的吃水越深,消波效果愈好,但其锚力亦相应加大。为了减小锚拉力,也可在迎水面的箱形板上开孔,使波浪第1次冲击的作用面积减小,从而降低相应的波击力。

1.2.2 筏式浮堤 主要利用抑制波能水质点垂向运动速度来达到消波效果。结构尺度在波浪传播方向上较长,吃水较小。根据材质和使用要求的不同,有单层筏式和双层筏式,但其厚度与长度相比均较小,其消波机理是阻止波浪质点运动的垂直分量,使波动质点有规律的轨迹运动转化为杂乱的紊流消能运动。筏式浮堤由于结构本身透水的特点,使筏上波动水体下渗破坏排筏底与水底之间波质点水平分量,从而加剧消波作用。筏式浮堤反射较小,紊动消能强。

2 模型试验

由于海水养殖需要有较好的水质环境条件,网箱的使用又对波高提出一定的要求,掩护海水养殖网箱的防波堤应同时满足良好的过水性和消浪作用,为此主要对可供实用的箱式和筏式防波堤进行消波效果的室内试验。

2.1 试验参数和方法

考虑到海水养殖海域大多处于小波深水区,一般来说,按高潮水深15 m及8级风对应的波高 $H=3.5$ m为控制参数进行模型试验,但在模型试验中,还需要考虑一定的波要素范围,从而探索消波效果的规律。为此试验采用 $H=1.5、2.5、3.5$ m,波坦 $L/H=10、15、20$ 。

浮堤模型按重力相似律设计正态模型,模型比 $M=30$,试验参数见表1。

试验在波浪水槽中采用间歇波,二维测量堤前、堤后波高值。

堤前入射波高由计算机自动控制,堤后测波点安排在浮堤后2倍波长的位置,试验数据全部由计算机自动采集和处理。波浪及浮堤主要尺度符号见

图1。

表1 试验参数

Table 1 Test parameters

水深 (d) / m Water depth	波高 (H) / m Wave height		
	3.5	2.5	1.5
15	波坦 (L/H) Wave steep		
	10	10	10
	15	15	15
13	20	20	20
	10	10	10
	15	15	15
11	20	20	20
	10	10	10
	15	15	15
11	20	20	20
	10	10	10
	15	15	15

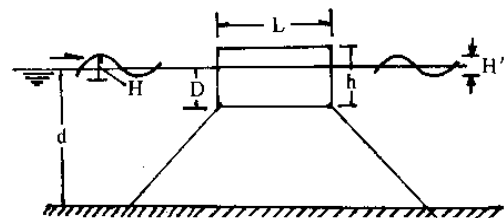


图1 波浪与浮堤主要尺度符号

Fig. 1 Main symbols and dimension of wave and floating breakwater

消波效果采用透波系数 C_T 表征, $C_T = \frac{H'}{H}$,其中 H 为入射波高, H' 为堤后波高。

2.2 浮堤结构设计

浮堤结构设计采用锚链悬系矩形浮箱的型式,浮箱长度 $L_0=0.5$ m,高度 $h=0.2$ m,吃水深度 $D=0.14$ m。刚性支撑三角形箱式浮堤在水底采用2个刚性支撑,箱体长度为 $L_0=0.4$ m,箱体斜边0.25 m,吃水深度 $D=0.14$ m,刚性支撑臂长0.5 m。排筏式浮堤采用竹木和角钢为主体结构,试验模型采用单层排筏,主体为 $\varnothing 3.6$ cm的毛竹,纵向排列嵌固,长度 $L_0=2$ m,厚度0.05 m,用锚链悬系。

3 结果与分析

3.1 箱式浮堤消浪效果

试验表明,箱式浮堤消浪效果主要取决于浮箱的挡水面积。但是,作用在浮箱上的波压力较大,对箱体构造要求较高,锚系力也较大。

3.1.1 锚链固定的矩形浮箱 当波浪推进到箱前, 前面锚链随即拉紧, 在波浪作用下, 箱体无水平移动仅有垂直摆动, 其摆动幅度在 $0.2H \sim 1.3H$ 范围内, 同时有一定的后倾度。在试验中可知, 长波基本不越浪, 而短波越浪, 这是因为长波时箱体上举且稍后倾, 而不越浪, 但箱前反射明显。

锚链悬系浮箱相对刚性支撑浮箱而言, 其自由度较大, 试验规律性略差。试验结果见图 2。

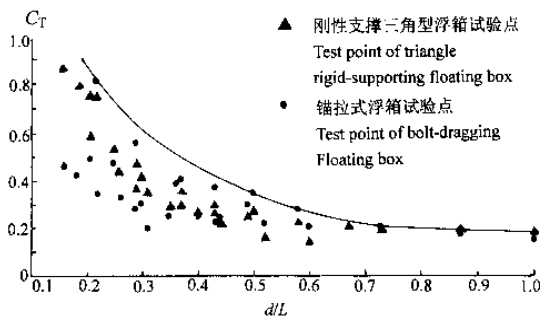


图 2 箱式浮堤相对水深 d/L 与透波系数 C_T 的关系

Fig. 2 Relationship between relative depth d/L and coefficient C_T of wave elimination of box breakwater

试验结果表明, 当 $d/L > 0.5$ 时, $C_T < 0.30$, 其消波效果较好; 当 $0.3 < d/L < 0.5$ 时, 则 $C_T < 0.40$; 当 $d/L < 0.3$ 时, 一般消波效果尚可, 但对波高较大的长波几乎没有效果。

3.1.2 刚性支撑三角形浮箱 根据前面的试验参数, 箱体的吃水相对水深 $D/d = 0.28 \sim 0.38$ 或 $D/H = 1.20 \sim 2.80$ 。当波浪作用时, 它的摆动情况介于固定透空式防波堤及锚锭的浮式防波堤之间, 所以它的消波性能比锚锭的箱形浮式防波堤好。但是, 由于其刚性支撑固定在水底, 受水深的制约较大, 试验结果见图 2。

当 $d/L > 0.5$ 时, 消波效果比较明显, 一般 $C_T < 0.25$; 当 $0.3 < d/L < 0.5$ 时, $C_T < 0.35$; 当 $d/L < 0.25$ 时, 其消波效果较差。由此可见, 该类型浮箱在深水短波且波高较小时消波效果较好。

试验表明, 由于波浪推进到箱体前产生明显的波浪反射, 故刚性支撑与水平面的夹角不宜过大, 一般夹角应 $< 45^\circ$, 否则浮箱的垂直摆动太大。

3.2 排筏式浮堤消浪效果

此浮堤结构尺度在波浪传播方向上较长, 吃水较小。但由于结构本身透水的特点, 波动水体爬到筏上后很快落到筏底, 所以反射较箱式小, 紊动消能增强, 它的消波作用主要决定于摩阻长度及其透水性。

当波浪推进到排筏前, 锚链拉紧后, 筏头部倾斜入水, 一般在 $0.3H$ 范围内, 试验结果见图 3。

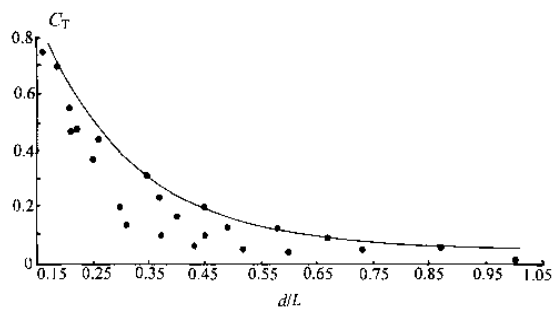


图 3 排筏式浮堤相对水深 d/L 与透波系数 C_T 的关系

Fig. 3 Relationship between relative depth d/L and coefficient C_T of wave elimination of raft breakwater

结果表明, 排筏式浮堤的消波效果明显好于箱式浮堤, 其消波效果可提高 $15\% \sim 20\%$ 。当 $d/L > 0.5$ 时, $C_T < 0.15$; 当 $0.3 < d/L < 0.5$ 时, $C_T < 0.30$ 。

4 讨论

浮式防波堤的消浪效果与波要素密切相关, 特别是波长和水深因素, 而波高直接影响锚力的大小。对于掩护海水养殖的浮堤不仅需要较好的消浪效果, 同时还应具有良好的海水交换功能, 二者如何兼顾, 必须对浮堤适用条件、类型以及结构尺寸作进一步的研究和模型试验。

参考文献:

- [1] Harms V W. Design criteria for floating tire breakeanten[J]. J of the WPCODP of the ASCE, 1979, 105: 48-51.
- [2] Hales L Z. Floating breakwaters: state-of-the-art literature review [A]. Technical Report[C]. New York: Corps of Engineers, CERC, 1981.
- [3] Gaithwate J. Practical aspects of floating breakwater design[M]. Maine: Maritime Engineering Consultants Inc. 1988.

(下转第 61 页 Page 61 continued)