



防波堤波浪越顶对港内波高的影响

张学亮¹, 周益人², 孙忠滨²

(1. 中石化天津液化天然气有限责任公司, 天津 300457;

2. 南京水利科学研究院 河流海岸研究所, 江苏南京 210024)

摘要: 较低顶高程的防波堤波浪越顶会对港内波高产生影响。针对某一具体工程实例, 进行防波堤波浪越顶后透射波高的断面和整体模型试验, 结果表明: 斜向浪(45°以下)作用下, 堤后透射比波高随着距防波堤距离增大而逐渐消减, 当水工结构物距防波堤较远时, 透射波高远小于断面试验结果; 局部防波堤波浪越顶对港内波高的影响明显小于全部防波堤波浪越顶情况。

关键词: 防波堤; 波浪透射; 港口

中图分类号: U 656.31

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)09-0064-04

Effects of low crested and submerged breakwater on wave attenuation in harbor

ZHANG Xue-liang¹, ZHOU Yi-ren², SUN Zhong-bin²

(1. Sinopec Tianjin LNG Co., Ltd., Tianjin 300457, China;

2. River and Harbor Dept. of Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China)

Abstract: Wave transmission at low crested and submerged breakwater will affect the wave height in the harbor. 2-D and 3-D tests on the wave transmission ratio in the harbor are carried out for different arrangements. The results show that the wave transmission ratio attenuated with the distance away from the breakwater under the oblique wave action, and is less than the values in 2-D test when the sites are far away from the breakwater. Also, the wave transmission ratio will be decreased in the harbor as the wave transmission range of the breakwater is reduced. The paper puts forward some suggestions on the engineering design.

Key words: breakwater; wave transmission; harbor

防波堤是港口工程中重要的防浪设施, 主要作用是掩护港内码头、护岸等结构物, 改善港内码头作业条件, 减小水工结构物的设计波浪。对于没有特别要求的防波堤, 其顶高程控制标准相对较低, 通常根据设计高水位及相应设计波高确定^[1]。然而, 一些地区的极端高水位与设计高水位相差较大, 按设计高水位设计的防波堤堤顶高程有时甚至低于极端高水位而成为潜堤, 波浪作用下堤后有较大的越浪和次生波, 可能影响到港内码头和护岸。

多年来, 国内外对于潜堤或超高较小的出水

堤堤后波高研究相对较多^[2-8]。文献[2-6]进行了堤后波浪传播试验, 分别提出了考虑不同因素的堤后次生波高的计算公式; 文献[7-8]结合众多试验结果对抛石潜堤的波浪透射系数进行归纳, 并给出透射系数与相对超高的经验关系。这些研究成果考虑的影响因素已比较全面, 但大多通过断面试验获得, 即使是整体试验也只是针对堤后局部范围的透射波高, 因此, 当堤顶高程较低时堤后波高通常较大。事实上, 在实际工程中, 由于港池及防波堤布置、水工结构物位置、波浪方向等因素的不同, 越过潜堤的透射波浪对港内波高影

收稿日期: 2013-03-27

作者简介: 张学亮(1968—), 男, 高级工程师, 从事LNG码头、LNG接收站工程工作。

堤后波高断面试验。越顶波浪在堤后1.2倍波长后已经基本稳定，堤后波测量结果见表2。

表2 防波堤堤后波高试验结果

波浪要素	水位	入射波高 $H_{13\%}/m$	堤后波高 $H_{13\%}/m$	透射系数
NE向波浪	100 a一遇高水位6.19 m	3.56	2.14	0.60
	设计高水位4.33 m	3.14	0.88	0.28
ENE向波浪	100 a一遇高水位6.19 m	3.89	2.39	0.61
	设计高水位4.33 m	3.39	1.01	0.30

由表2可见，在100 a一遇高水位时，防波堤顶高程低于静水位，此时波浪透射较大，透射系数在0.60左右；在设计高水位时，尽管防波堤顶高程高于静水位，但越浪仍然在堤后产生次生波，透射系数在0.30左右。

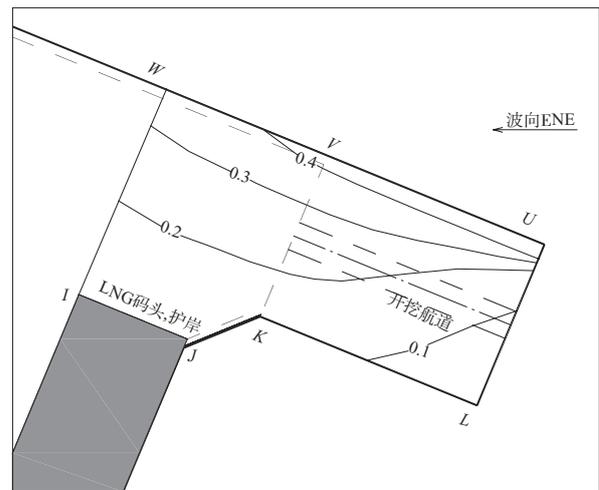
2.2 整体试验

2.2.1 波浪方向的影响

100 a一遇高水位（6.19 m）NE向和ENE向波浪作用下，港内透射波高随着距防波堤距离增大而逐渐减小，透射比波高分布分别见图4。

由图4可见，100 a一遇高水位，NE向（与防波堤交角45°）波浪作用下，堤后约100 m（约1.2倍波长）处的透射比波高为0.5，约500 m处透射比波高为0.4，至码头和护岸（距防波堤距离约2 000 m），透射比波高降到0.2以下。

ENE向（与防波堤交角22.5°）波浪作用下，堤后约100 m（约1.2倍波长）处的透射比波高为



b) ENE向

图4 波浪作用下港内透射比波高分布（水位6.19 m）

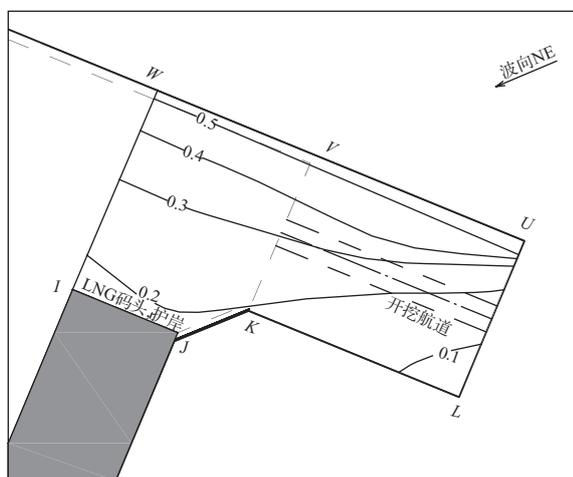
0.4，约500 m（约6倍波长）处透射比波高为0.3，至堤后约1 250 m，透射比波高降到0.2以下。与NE向波浪作用相比，港内透射波浪影响范围明显减小。与断面试验相比，斜向浪作用下，越顶波浪在港内不断扩散、消减，只是在堤后约1倍波长范围内的透射系数与断面试验结果接近，随着堤后距离的增大，透射比波高逐渐减小，至码头和护岸时已远小于断面试验结果。

在设计高水位，尽管断面试验时透射系数仍达到0.3左右，但整体试验时，由于静水位低于堤顶，只有波列中的较大波浪越顶产生堤后次生波，堤后透射波高消减比100 a一遇水位时更快，只在堤后约1倍波长范围内透射比波高达到0.1~0.15，港内大部分水域透射比波高小于0.1，透射波高小于0.3 m。

2.2.2 波浪越顶范围的影响

在实际工程中，由于港池布置及波浪方向不同，港域防波堤通常不会同时都发生波浪越顶，本试验提高北防波堤（WV段）顶高程，使波浪不能越顶，研究口门防波堤（VU段）波浪局部越顶对港内波高的影响。100 a一遇高水位（6.19 m），NE向波浪作用下，港内透射比波高分布见图5。

由图5可见，100 a一遇高水位，NE向（与防波堤交角45°）波浪作用下，局部防波堤波浪越顶对港内波高的影响明显小于全部防波堤波浪越顶情况。较大的堤后波高主要发生在防波堤局部越



a) NE向

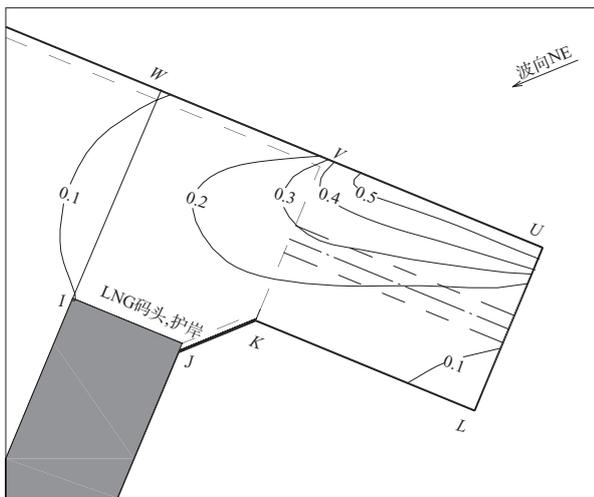


图5 NE向浪作用下防波堤局部越浪港内透射比波高分布
(水位6.19 m)

浪段,由于港域面积较大,透射波浪在港内扩散较快,至码头和护岸前,透射比波高已降到0.1。

3 结语

1) 当静水位高于堤顶(100 a一遇高水位)时,断面试验的堤后透射比波高较大,而整体试验的斜向浪作用下,堤后透射比波高随着距防波堤距离增大而逐渐消减。入射角 45° 时,堤后约1倍波长范围内透射比波高接近断面试验结果,6倍波长处约为断面试验结果的67%,至码头和护岸(距防波堤距离约2 000 m),已远小于断面试验结果;入射角 22.5° 时,港内透射波高比小于入射角 45° 时情况,6倍波长处透射比波高约为断面试验结果的50%。

2) 当静水位低于堤顶(设计高水位)时,尽管断面试验时透射系数仍达到0.3左右,但斜向浪作用时,堤后透射波高消减比100 a一遇水位时更快,港内大部分水域透射比波高小于0.1。

3) 局部防波堤波浪越顶时港内波高明显小于全部防波堤波浪越顶情况,若港域面积较大,透

射波浪在港内扩散较快。

由此可见,当港内水工结构物距防波堤较远(大于6倍波长)时,采用断面试验或公式计算得到的堤后透射波高结果可能偏大,按规范^[1]设计的防波堤堤顶高程虽然相对较低,但可能更为经济、合理。

参考文献:

- [1] JTS 154-1—2011 防波堤设计及施工规范[S].
- [2] Tanaka N. Effects of submerged rubble mound breakwater on wave attenuation and shoreline stability[C].Tokyo: Proc 23rd Japan Coastal Eng Conf, 1976.
- [3] 杨正己,贺辉华,潘少华.波浪作用下抛石堤的稳定性及消浪特[J].水利水运科学研究,1981(3):1-9.
- [4] Seabrook S R, Hall K R. Wave transmission at submerged rubble mound breakwaters[G]// Edge B L. Proceedings of 26th international Conference on Coastal Engineering. New York: ASCE, 1998: 2 000-2 013.
- [5] Calabrese M, Vivinanza V, Buccino M. Large scale experiments on the behavior of low crested and submerged breakwater in presence of broken waves[G]// Edge B L. Proceedings of 28th international Conference on Coastal Engineering. Cardiff, UK: ASCE, 2002: 1 900-1 912.
- [6] Buccino M, Calabrese M. Conceptual approach for prediction of wave transmission at low-crested breakwaters [J]. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 2007,133 (3):213-224.
- [7] Van der Meer J W, Daemen I F R. Stability and wave transmission at low crested rubble-mound structures [J]. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering: ASCE, 1994, 120(1): 1-19.
- [8] Van der Meer J W, Wang B, Wolters A, et al. Oblique wave transmission over low-crested structures [J]. Coastal Structures, 2003: 567-579.
- [9] JTJ/T 234-1—2001 波浪模型试验规程[S].

(本文编辑 武亚庆)