

60-42

40

国外公路

第15卷 第4期
1995年8月

10

世界上最长最深的海底隧道

A

摘要 挪威的西海岸由许多长的狭湾组成。该文叙述其中两个狭湾如何分别用 5 860 m 和 4 405 m 长海底公路隧道跨越,较长的次狭湾隧道在海平面下 223 m,是当前世界上最长和最深海底公路隧道。该文还叙述了两隧道的初步调查和地质条件。

关键词 海底隧道;爆破;支护

水下隧道

马彩新

4459.5

0 引言

挪威西海岸被许多长的狭湾所分离,这对旅行者具有吸引力而对陆上的交通则成为障碍。旅客从南面的斯塔万格(Stavanger)到北面的特隆赫姆(Trondheim)必须借助渡船跨越 12 个狭湾。

跨越次狭湾和主狭湾(Mastrafjord)的两座海底公路隧道的长度分别为 5 860 m 和 4 405 m,是快速行驶计划的两个较重要的结构,其中次狭湾隧道是当前世界上最长、最深的海底公路隧道,计划还包括分别长 170 m 和 280 m 两座常规桥梁的建设以及 19.2 km 长的双车道公路建设。

两座海底公路隧道总造价预算为 7 500 万美元,费用包括所有规划、建设管理和隧道实际建设的开支。

1 初步调查研究

工程的初步调查研究是在 1985~1986 年冬季由地质学家实施现场调查开始,这些调查资料以及绘制的 1:5 000 地形图、具有立体视界的航空摄影和普通地质图,形成第一个可能隧道通道略图的基础。

在 1986 年夏季,完成粗网格的声学测量剖面图(图 1),这些剖面覆盖面大,包括所有隧道道路。完成地质评估后在更感兴趣的范

围完成较细网格剖面,在该两座隧道范围内完成全部 230 km 剖面。

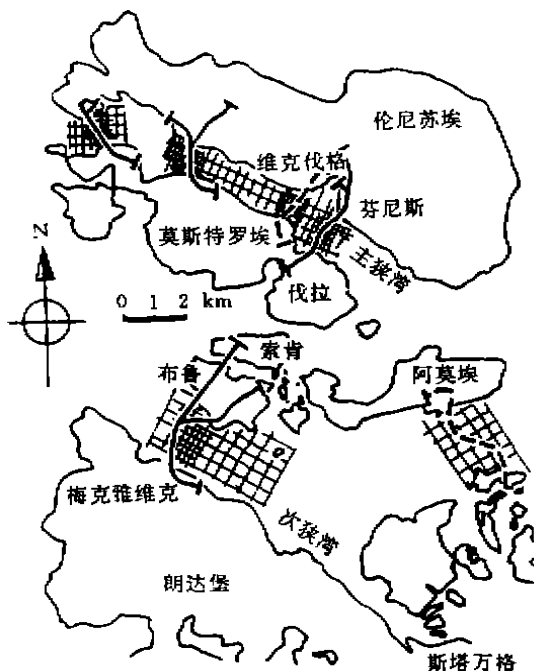


图1 一般调查隧道线路图(包括地震探测断面网)

纵断面分析表明最短隧道道路是梅克雅维克(Mekjarvik)与布鲁(Bru)间约 5.8 km 的曲线。初步的地震探测断面证实梅克雅维克——布鲁线路是最适宜的线路。

在 1986~1989 年的规划期间,在次狭湾隧道实施了 15 个海上反射地震探测断面和 4 个向陆地断面,对主狭湾隧道实施了 14 个海上断面和 4 个向陆地断面,断面覆盖整个建议隧道线路全长。

收稿日期:1994-10-25

在沿隧道线路向陆地延伸的一些软弱点进行岩石控制钻孔。此外,对主狭湾隧道进行岩心钻孔。

和次狭湾隧道的纵断面。

2 隧道的纵、横断面

次狭湾总长 5 860 m,最深点在狭湾中央海平面下 223 m,反射地震探测测量结果显示,在这一点,岩石表面在海平面下 168 m 深处。

确定隧道线路定位有 4 个主要要求:

①隧道顶板必须有承受荷载的能力,足以承受压在其上的荷载(包括岩体、土体和水压力)。

②必须有供高压预喷施工的空间和平衡压力。

③对于可能发生岩石滑动的软弱带,必须有一定的安全余地。

④在含粘土的软弱带,覆盖应有助于保持低的引入水梯度。

要求③和④比①和②更重要,这是由于隧道建在海平面下很深处。

主狭湾隧道的总长是 4 505 m,其最深点是在海平面下 133 m。

由于交通和安全的要求纵坡不超过 8%,隧道设计成三车道。隧道的标准断面示于图 2,图 3、图 4 分别表示主狭湾隧道

3 排水

在隧道一侧设计了一条贯穿全长的主排水沟,在另一侧安装了辅助排水沟,以便收集泄漏水。所有的水用管道输送到隧道的最低

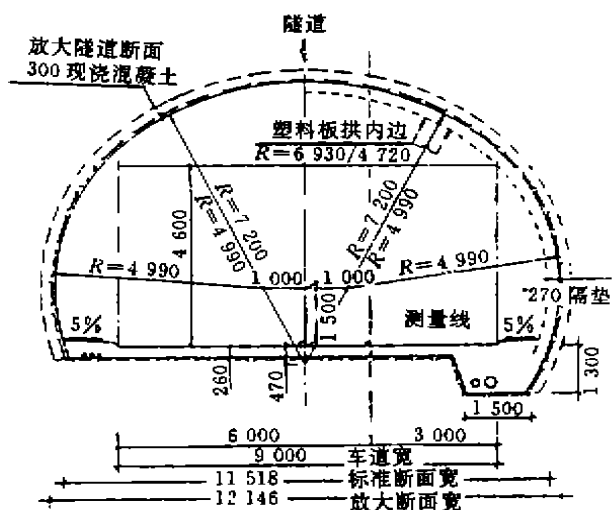


图 2 隧道标准断面 (单位:mm)

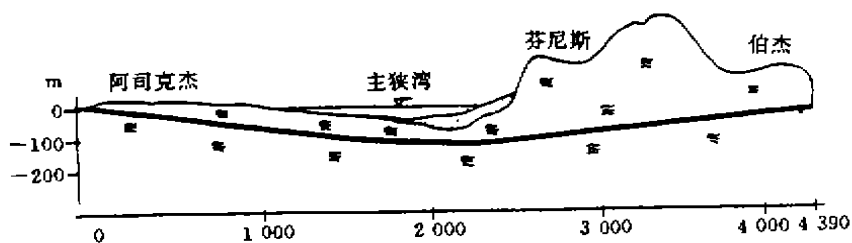


图 3 主狭湾隧道纵断面 (单位:m)

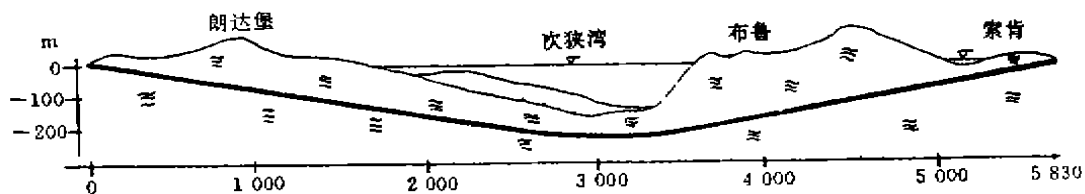


图 4 次狭湾隧道纵断面 (单位:m)

点,集中于抽水槽中,再通过压力管将水抽到地面上,然后排放到海滨。

为了减少泄漏,在次狭湾Ⅰ隧道曾经实施了 42% 的预灌浆。自施工以来量测的水泄漏比预期的水泄漏少得多。

4 地质条件

次狭湾隧道所处地基的岩石是千枚岩和石英千枚岩,而沿主狭湾隧道的主要岩石是角闪石片麻岩和拉斑玄武片麻岩。

5 隧道爆破

隧道借助传统的钻孔和爆破自狭湾两边进行施工。现代液压钻孔设备由数控臂和封闭的噪声控制室组成,装备在同一导坑面上。

隧道施工进度示于表 1(1991 年 10 月)。

表 1 隧道施工进度

隧道部分	l, m	l_{max}, m
次狭湾Ⅰ	36.9	64
次狭湾Ⅱ	44.1	64
主狭湾Ⅰ	41.9	82
主狭湾Ⅱ	30.2	62

l ——每周平均进度; l_{max} ——一周中最大进度

6 支护措施

隧道的主要支护措施有:①锚杆;②喷射混凝土;③浇灌混凝土。

表 2 使用的支护措施数量,包括对隧道各部分的永久支护。

表 2 支护措施

隧道部分	A (锚杆)	B (喷射混凝土)	C (浇灌混凝土)
次狭湾Ⅰ	4.7	2.0	5.4
次狭湾Ⅱ	3.6	1.7	11
主狭湾Ⅰ	4.5	1.4	1.9
主狭湾Ⅱ	4.0	1.4	2.8

A: 每米平均锚杆数; B: 每米平均喷射混凝土体积, m^3 ; C: 部分长度混凝土衬砌, %

所有锚杆用热浸电镀和用环氧粉漆处理。大多数情况下,直接使用末端锚固作为临时支护,灌浆后作为永久支护作用的锚杆。

末端锚固是借助 1~2 种混合树脂夹头或由一膨胀装置实施。锚杆孔的下部(100~150 mm)采用聚氨基甲酸酯泡沫密封,分别将供灌浆和抽出空气的管道穿过底座板和密封泡沫(抽出空气管直至孔顶)。用变形钢筋锚杆,自下实施灌浆(图 5)。

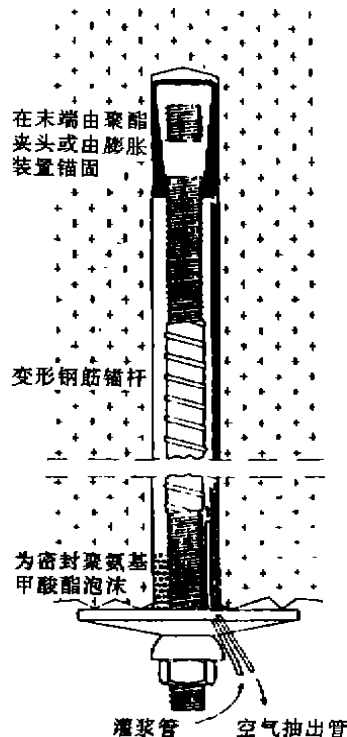


图 5 用于隧道支护的组合锚杆

7 设备

隧道的纵向通风,由对称和不对称不锈钢冲击式通风机提供,在次狭湾隧道安装了 48 台风机,在主狭湾隧道安装了 28 台风机。在隧道中安装了备用电话、一氧化碳计和供无线电通信的设备。

隧道所在地区设有安全机构,由该机构对隧道进行管理和监督。

——摘译自《隧道工程与地下空间技术》, 1994, No2

译: 马积新(杭州市人防办公室)

校: 刘玉兰(长沙交通学院)