

# Cala Galdana 之桥

梅诺卡的 Cala Galdana 桥横跨 Algendar 河。从跨度 55 米、13 米宽的桥上可以看到这个著名的海边度假胜地的全景。包括两道平行拱、两条的纵梁和支持桥面的横梁在内的桥梁主结构完全是不锈钢。桥两端的桥台由强化混凝土建造,坐落在桩基上面。这座于 2005 年投入使用的桥梁是欧洲的第一座不锈钢路桥。

## 选材

跨越 Algendar 河的一座混凝土桥已经有了 30 余年的历史,但海洋性气候导致它的结构严重恶化。随着其中一座桥台的结构支撑发生沉降后,人们决定要更换这座桥梁。为了做到在低维护要求条件下的长使用寿命,就要求采用一种高度耐用的材料。由于旅游收入对这一地区的重要性,这种材料要融入周围的自然环境并使在建造期间产生的中断影响最小。

选材时对不同种类的碳钢和不锈钢进行了考察,表 1 对它们的机械性能进行了对比<sup>[1]</sup>。双相不锈钢 1.4462 (S32205)最终入选,它具有高强度(超过大部分碳钢)良好的延展性并且在海洋环境下耐用。

施工后,对桥梁结构进行了质量控制检验,测量显示,最低规范值均被大大超过(同见表 1 说明)

表 1: Cala Galdana 桥考虑使用的各种钢材的机械性能的

钢种	屈服强度 0.2%(N/mm <sup>2</sup> )	抗拉强度 (N/mm <sup>2</sup> )	延伸率(%)
碳钢(S355)规范值 specified	355	510	15
奥氏体不锈钢规范值 (1.4404 / S31603) specified	220	530	40
双相不锈钢规范值 (1.4462 / S32205) specified	460	640	25
双相不锈钢实测值 (1.4462 / S32205) measured	535	767	35



图片 1: 桥梁全貌

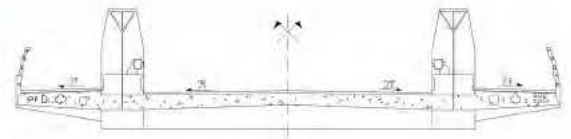


图片 2: 拱与纵梁的连接

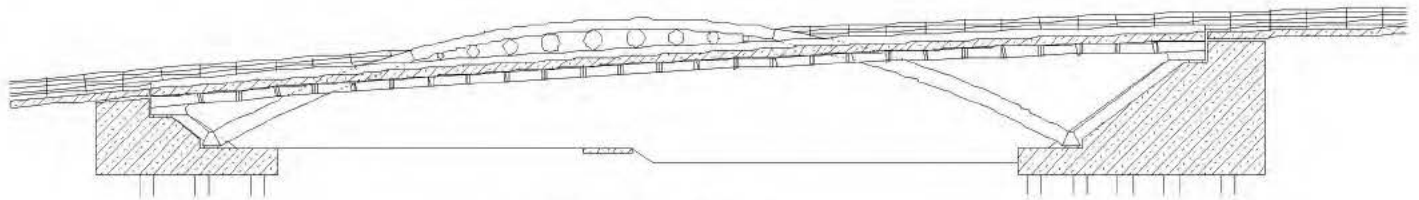
## 设计

该桥的设计基于草案版本的 Eurocode 3, 第 1.4 节, 及其他欧洲指南<sup>[2],[3],[4]</sup>。对最终极限状态下的力学检验和极限使用状态下变形与振动的限定标准的推荐意见依照西班牙钢桥设计规定<sup>[9]</sup>。

支撑桥梁的两道平行拱的跨度为 45 米, 最高处距水面 6 米。安装在桥台台基上的支座将水平方向的力传递到倾斜的不锈钢支撑杆上 (并因此不会传到基础部分)。拱连接到纵贯桥梁全长的两根梁上。这使其表现得如自锚定拱桥。纵梁支撑着承载桥面的横梁。通过沿横梁焊接的剪力连接件使桥面与横梁之间产生复合作用。



图片 3: 桥面断面



图片 4: 桥的侧面立视图

桥拱为三角形断面, 装有中心腹板, 全长进深固定为 700 毫米。但断面宽度在 700–1000 毫米之间变化。在桥的中间区域, 拱高于纵梁, 并将这一区域的拱和梁用格子钢板完全连接起来, 以使断面类似杂合 I 型钢结构 (图片 5 和 9) 这种结构形式允许将纵梁 (长方形中空断面 1000 x 500 毫米, 厚度有变化) 的垂直载荷直接转移到拱上。

横梁的间隔为 2 米, 长方形中空断面, 宽度为 250 毫米, 进深值在 500–570 毫米间变化, 这使桥面获得了 2% 的横坡。梁的断面厚度从 10 毫米到 12 毫米有所变化。这些横梁被连接到下面的纵梁上, 并通过直径 20 毫米的双相不锈钢剪力连接件连接到上面的强化混凝土板上, 混凝土的平均厚度为 300 毫米。



图片 5: 拱与纵梁之间的钢格板

## 拱与支撑杆之间的连接

为不使轴向拱水平部件上的力传导到桥台上,设计出了两个倾斜的支撑杆以把拱基与锚定在桥台顶部的纵梁端头连接起来。支撑杆为长方形中空断面,外缘尺寸与纵梁(1000 x 500 毫米)相同,厚度在 20 至 25 毫米间变化。支撑杆在横向和纵向均经内在硬化处理。

这座桥设计和建造中最为困难的部分就是长方形倾斜支撑杆与三角形拱基的连接。该连接通过采用高硬化处理的盆式橡胶支座(图片 6 和 10)来实现,这是一个由完全被包在钢‘盆’内的天然橡胶盘,这个‘盆’的变形量可允许围绕任何水平轴向进行的倾斜运动。



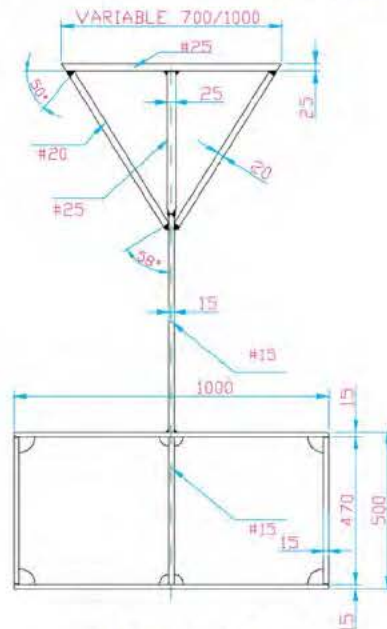
图片 6: 盆式橡胶支座



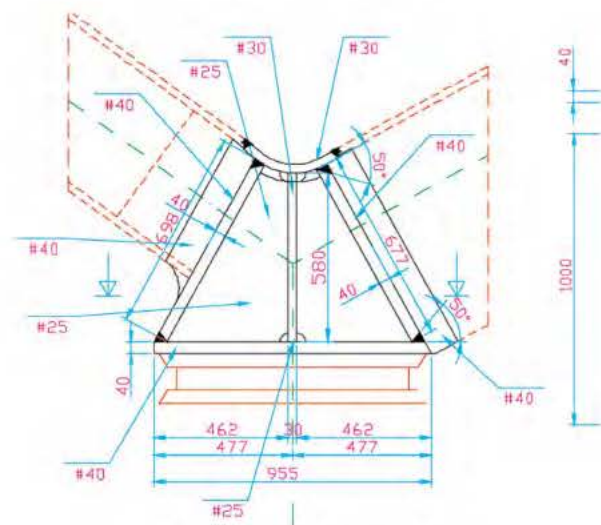
图片 7: 用于除去污染物和氧化物的酸洗膏



图片 8: 结构部件的最终表面状态



图片 9: 拱 - 梁横断面



图片 10: 盆式橡胶支座横断面

## 制作与建造

**制作:**双相不锈钢钢板为在瑞典生产,钢板的切割和边部处理准备工作也在瑞典完成。构件在西班牙的 Asturias 进行组装。采用的焊接工艺为惰性气体保护手工电弧焊(用包剂焊条)(SMAW),熔化极惰性气体保护电弧焊(MIG),药芯焊丝电弧焊(FCAW)和埋弧焊(SAW),无预热处理且在两焊道之间温度不超过 150℃。焊后,对所有焊缝区域进行酸洗处理,以除去焊接中产生的表面污染物和氧化物。酸洗也能帮助形成防腐钝化膜。图 7 所示为酸洗后的钢材表面,而图 8 所示为酸洗后再用高压玻璃珠进行喷丸处理后的表面,这样做的目的是为了产生出设计要求的无光泽表面。

**建造:**自拆除既有桥梁,新桥的建设工作在 2004 年 10 月开始进行,于 2005 年 6 月完工。主要不锈钢结构在现场由 8 段组装而成;为便于焊接,各段被抬放到临时支撑上(图 11)。剪力连接件通过手工焊接到上面(图 12)。所有焊接均用标准方法进行控制(目测检验、X 光、磁粉探伤等)。



图片 11: 对主要结构进行临时支撑



图片 12: 横梁的剪力连接件

本案例信息由 Pedelta 友情提供

## 参考文献

- [1] EN 10088-2:2005 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes
- [2] ENV 1993-1-4:1996 Design of steel structures. Supplementary rules for stainless steel (now superseded by EN 1993-1-4:2006)
- [3] Design manual for structural stainless steel (2nd edition), Building Series, Volume 3, Euro Inox and SCI, 2002 (now superseded by Third Edition, 2006)
- [4] Structural design of stainless steel, SCI Publication P291, SCI, 2001
- [5] NBE-EA-95 Estructuras de Acero en Edificaci ó n

结构用不锈钢网上信息中心:  
www.stainlessconstruction.com

## 采购详情

业主:	Consel Insular de Menorca
结构工程:	Pedelta
主承包商:	Ferrovial
钢铁工程承包商:	Ascamon
制作工场:	Asturias, 西班牙

本系列结构用不锈钢案例研究由 Team Stainless 赞助

