

荷兰 Zandhazen 铁路桥

Niobium Nb

结构钢
案例研究: P425





图 1 Zandhazen 铁路桥 - 斜吊杆系杆拱桥
资料来源: Iv-Infra b.v.

摘要

Zandhazen 铁路桥全长 255 米，是欧洲最长的铁路拱桥。

它承载了阿姆斯特丹东部默伊德贝赫跨越 A1 高速公路上的两条铁轨，宽约 17 米，高 55 米。此桥于 2016 年 8 月通车。

由于需要尽量减少对道路和铁路交通的干扰，设计中最关键的方面是确保运输和安装的便利性。因此，主梁和拱形截面选用 S460 钢种来限制桥梁的自重。

该铁路桥包括底层结构在内的总成本约为 4000 万欧元。

背景信息

Zandhazen铁路桥是斯希普霍尔-阿姆斯特丹-阿尔梅（SAA）项目的一部分，这个庞大的基础设施开发项目旨在增加斯希普霍尔-阿姆斯特丹-阿尔梅走廊的道路通车流量，以缓解目前的交通拥堵。SAA 将是 2012 至2024 年期间荷兰最大的道路建设项目。

在默伊德贝赫交叉口，A1 高速公路将从6 车道扩宽到16车道，现有的预应力混凝土铁路桥将被拆除，由跨度显著扩大的 Zandhazen 新桥取代。



图 2 Zandhazen 铁路桥
资料来源: Ronald, 持CC BY-SA 4.0 许可

选材

由于需要最大程度减轻桥梁结构的自重以便于运输和安装，因此选择了屈服强度为 460 MPa (S460) 的高强度钢作为主要结构元件用钢。此外也无法使用强度较低的 355 MPa (S355) 钢，将导致使用更厚的钢板，不符合 EN 1993-1-10 允许的最大厚度。由于疲劳强度和刚度都不是影响主要结构设计的重要因素，因此 S460 的使用在技术上是可行的，并且使总重量减少约 30%。在某些位置，选用 S460 使得板厚度从 160 mm 减小到 90 mm。

由于作为荷兰铁路管理部门的 ProRail (荷兰铁路基础设施部) 要求对 S460 钢进行控轧控冷以提高可焊性，因此采用了钕微合金化的合金设计。此外，针对碳含量、碳当量和屈强比，ProRail 施加了比 EN 10025-4 产品标准和欧洲规范 3 设计标准中规定的更加严格的限制 (表 1)。

由迪林格钢铁公司 (Dillinger) 提供的 S460 钢板是含钕微合金化钢 (钕含量 0.03% 重量百分比)，由此提高了钢材的韧性、强度、成形性和焊接性能。此外，钕合金化有助于采用低碳的成分设计，从而满足碳当量限制，改善焊接性能。

桥面部分的横梁采用了 S 355 K 2 + N，以便在被车辆撞击损坏时加快维修工作。

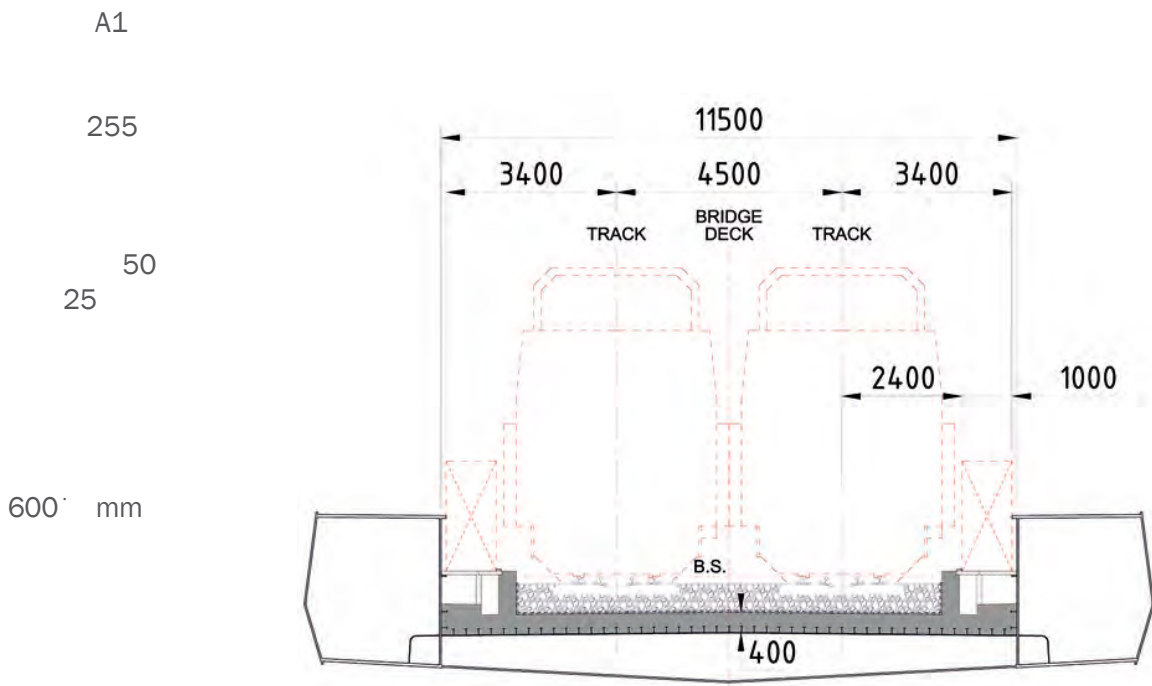
建造这座桥梁总共使用了 8400 吨钢材，主要用于主梁、拱形结构、吊架和横梁，其用量大致相当于埃菲尔铁塔使用的钢材数量！

	最大屈服强度/抗拉强度	最高含碳量% (钢包分析结果)	M最大碳当量 (钢包分析结果)
EN 1993-1-1 要求	0.909	-	-
EN 10025-4 要求	-	0.16	0.45-0.48, 取决于 钢板厚度
ProRail 要求	0.88	0.12	0.41

表1: S460M/ML 的材料性能

	C	Mn	Si	S	P	Nb
典型重量百分比%	0.10	1.60	0.50	0	0.01	0.03
最大重量百分比%(EN 10025-4)	0.16	1.70	0.60	0.025	0.03	0.05

表2: S460M 轧制钢的典型钢化学成分



=j !=bzU V j "

3.05 m 2.38 m

2.74 m

3.60 m y 2.50 m 3

制作和安装

桥梁施工和调试期间，必须将道路和火车交通的中断保持在最低限度。结构钢桥梁构件在比利时的两处地点制造。预制的桥梁断面必须合乎 $3 \times 4 \times 20$ m 的虚拟封装，重量在 80 到 200 吨之间，以便于在夜间通过公路运输到现场，最大限度地减少交通中断。

该桥从 A1 高速公路旁开始组装（图 4、图 5 和 图 6）。在 7 小时的夜间作业中，使用自行式模块化平板车（共 976 个车轮）将其移动到 A1 上方，放置在与原桥梁平行的临时支架上。这是有史以来在荷兰跨越公路移动的最大物体。然后用混凝土桥面、轨道和架空线完成了新桥的施工。随后拆除旧铁路桥，新铁路桥滑入到位。在整个项目期间，轨道只有过两次短暂的封闭（分别为 52 小时和 120 小时），公路只有过一次为期 12 小时的封闭。由于使用高强度钢材，桥梁重量的减少使得运输和起吊更加容易，同时减少了整个项目的碳足迹。



图4 使用钢绞线千斤顶组装拱形结构
资料来源：Iv-Infra b.v.



图5 在 A1 公路旁组装 Zandhazen 桥
资料来源：Rijkswaterstaat



图6 组装Zandhazen 桥
资料来源: Iv-Infra b. v.



图7 使用自行式模块化平板车将桥梁移动到A1 上方
资料来源: Iv-Infra b. v

参考文献

- EN 1993-1-1 欧洲规范3: 钢结构设计。一般规则和建筑物规则。
 EN 1993-1-10 欧洲规范3: 钢结构设计。材料韧性和厚度方向性能。
 EN 10025-4 结构钢热轧产品 - 第4 部分: 控轧控冷可焊接细晶粒结构钢交货技术条件。

Langedijk, Walter, van Lierop, Pieter and van Korten Hof, Britte (2016):

在复杂的交通枢纽设计和建造一座大型铁路桥。发表于: 《设计和建设创新和可持续建筑环境的挑战》, 第9 届国际桥梁与结构工程协会斯德哥尔摩大会, 2016 年9 月21 日至23 日, pp. 2543-2550。

参与方

建筑师
预制与施工的设计和监督

业主
客户
总承包商

钢结构
钢生产商

Zwart & Jansma Architects
IV-Infra b.v.

ProRail
Rijkswaterstaat
SAAone (联营企业 VolkerWessels,
Boskalis, Hochtief en DIF)
Victor Buyck Steel Construction
Dillinger

此 延时拍摄 视频所示为中间拱形结构 的吊装, 此 动画 所示为铁路桥 的建 造、运输和放置。

CBMM | Niobium Nb

作为铌产品生产和商业化领域的全球领先企业，CBMM的客户遍布了40多个国家。公司总部设在巴西，并在中国、荷兰、新加坡、瑞士和美国设有办事处和子公司，为基础设施、交通、航空航天和能源领域提供产品和尖端技术。CBMM于1955年成立于米纳斯吉拉斯州的阿拉沙市，并依靠一个强大的技术项目增加铌的应用，从而使这一市场不断发展和多元化。

结构钢案例研究（P425）由以下机构代表CBMM准备：

The Steel Construction Institute (SCI)

Silwood Park, Buckhurst Road, Ascot, Berkshire. SL5 7QN



更多铌科技领域前沿资讯请搜索

www.niobium.tech/structural

请关注铌科技微信公众号

v7.2021 Copyright © 2021 CBMM