

# 印度尼西亚Grand Wisata斜拉桥

陈志敏 译 李小培 校

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

**摘要:** 本文原作者为印尼著名华裔桥梁设计师梁庆昌教授。文章介绍了印尼Grand Wisata斜拉桥的设计和应用的新技术。该桥尽管跨度不大,但代表了印尼在混凝土斜拉桥建筑方面应用的一些新技术:高强度自密实混凝土、斜拉桥系统中预拱度的预制梁、斜拉索使用无粘结环氧钢绞线。

**关键词:** 斜拉桥 预制混凝土梁 高性能混凝土 自密实混凝土

## 1 引言

Grand Wisata斜拉桥位于Bekasi东部,距离雅加达大约20公里,横跨于一条高速公路之上。该桥于2007年5月完工,并于同年7月通车。该斜拉桥跨度81米,两个混凝土斜立柱经拱顶连接形成独塔,外形设计独特美观。

由于40米高的塔为3D倾斜和变截面外形,混凝土浇筑过程中采用了完全支撑的脚手架系统,这主要是考虑到浇筑时塔本身的重量产生的侧向分力,这样就可以通过一步步的挠度分析适应该塔在建造过程中的变形。

由于塔为中空结构和变截面形状,需要特别注意混凝土密实度,尤其是拱顶连接部分。因此,该塔的浇筑应用了强度为60MPa、扩展度标准为650-750mm的高性能、自密实混凝土(SCC),这是目前印度尼西亚所生产的用于现场灌注的最高等级的自密实混凝土。

为了克服高速路中间的空间限制而安装临时支架支撑预制梁,我们设计了一种斜拉索多级受力的方法以适应临时支架产生的最大反作用力。一项特殊的设计亦运用于制造有轻微抛物线外形的主要预制梁,以顺应拱形板的设计需要。

## 2 结构设计

Grand Wisata斜拉桥位于Bekasi东部,距离雅加达大约20公里。该桥跨于雅加达-Cikampek之间的高速路上,跨度为81米,使用斜拉索系统。

本文译自国际桥协主办的杂志《Structural Engineering International》(2009年2月),作者为印尼著名华裔桥梁设计专家梁庆昌教授。

40米高的独塔由两个混凝土斜立柱组成,通过顶端的拱顶相连接(图1)。

桥面系统由纵向的主梁和横梁组成,通过横向筋(次梁)连接。行车板道由100mm厚的预制平板和现场浇筑的120mm厚顶板组成。图2是Grand Wisata桥的结构设计模型。



图1 Grand Wisata斜拉桥

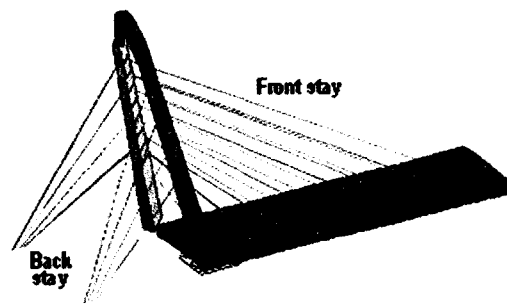


图2 Grand Wisata斜拉桥结构设计模型

## 3 地基

根据当地的土壤状况,桩基支持上部结构。由于塔和后拉索锚具的负载较重,所以桥桩的直径达1000mm,混凝土强度为40MPa,而桥基的直径为600mm,混凝土强度达50MPa。

### 3 塔

由于40米高的塔为3D倾斜和变截面外形，混凝土浇筑过程中采用了完全支撑的脚手架系统。由于塔的大量配筋，尤其是接近斜拉索锚具的位置，混凝土密实度的效力需特别注意。因此，该塔的浇筑应用了强度为60MPa、扩展度标准为650-750mm的高性能、自密实混凝土（SCC），这是目前印度尼西亚所生产的用于现场灌注的最高等级的自密实混凝土。

使用自密实混凝土基于以下原因：

- 将混凝土压实工作降到最低限度，克服混凝土塔在高位和倾斜位置工作的困难；
- 保证混凝土密实；
- 节约劳动力并加快塔的建设速度；
- 提高该建筑的可靠性和耐用性。

在设计阶段考虑建造塔所使用的模板时，曾考虑使用一种攀爬结构，但是由于该塔的3D倾斜度，建筑过程中采用了仔细的研究方法一步步地计算该塔的变形，以及因此可能会造成的扭曲和细微偏斜。然后，为塔的建设选择了一个完全支撑的脚手架系统（图3）。

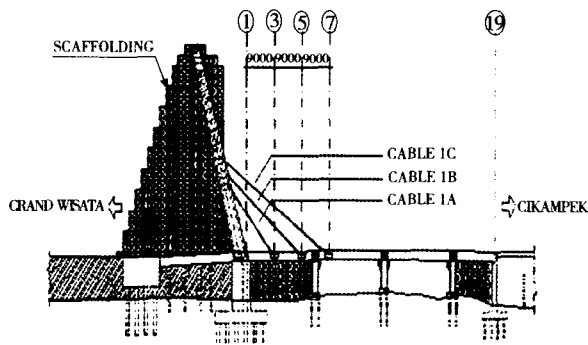


图3 脚手架系统

### 4 梁和桥面平板

此斜拉桥跨于雅加达-Cikampek之间的高速路上。为此，桥面平板设计成了四个部分，其中两部分为现场灌注的整体混凝土梁以及接近塔和桥基的平板，另外两部分（两对=4片梁）由直接横跨高速路的强度为60MPa的预制预应力混凝土主梁组成，与预制横梁，横向筋和预制平板相连接。根据平板上的竖向定线的要求，预制梁要在斜拉桥中间呈一个400mm抛物线的拱形。因

此，生产了一种特殊的微微弯曲（垂直面）的模板以适应预拱度的需要。

安装主梁的第一步，先要将预制混凝土梁置于位于高速路中部的临时支架上，然后用强度为60MPa的高性能无收缩自密实混凝土进行连接。为此SCC的扩展度指定为750mm，粗集料以最大10mm为限。

桥面平板由厚度100mm的半平板组成，然后浇筑厚度为120mm的混凝土作为顶板。

由于高速路中部的临时支架的承受力有限，在混凝土顶板完全浇筑前，预制梁与部分斜拉索部分受力相结合，以降低临时支架的固定负载。

### 5 斜拉索

斜拉索部分，该桥采用的是直径0,6"（15.2mm）的OVM高强度环氧无粘结筋，外裹HDPE管。这种类型的拉索是第一次用于印度尼西亚的斜拉桥。

考虑使用这种拉索的几个原因如下：

- 良好的抗腐蚀性及优秀的耐久性；
- 良好的抗疲劳性能，意味着高可靠性和安全性；
- 低成本。

### 6 结论

Grand Wisata斜拉桥并非大跨度的斜拉索桥梁。然而，它代表了印度尼西亚在混凝土斜拉桥建筑方面使用一些新技术，如下：

- 60MPa的高强度和扩展度高于750mm的自密实混凝土；
- 斜拉索系统中预拱度的预制梁；
- 斜拉索使用无粘结环氧钢绞线。

整座桥于2007年5月完工，并于同年7月通车（图4）。

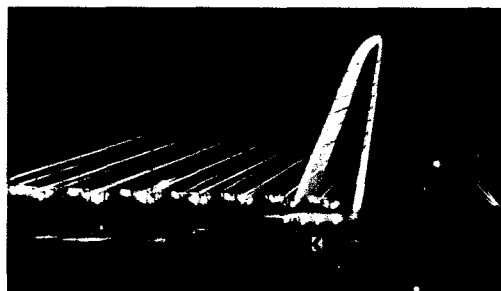


图4 Grand Wisata斜拉桥夜景

Grand Wisata斜拉桥SEI数据表如下:

业主: PT Putra Alvita Pratama

总设计: PT Eskapindo Matra CE

斜拉桥设计: PT Partono Fondas Eng.Consultant

桥梁结构设计: PT Partono Fondas

Eng.Consultant

总承包商: PT Lampiri Djaja Abadi

桥基承包商: PT Geocon Persada Jaya

施工管理: PT Indah Karya

斜拉索分包商: 欧维姆机械股份有限公司

/PT Multistran Eng.Indonesia

混凝土供应商: PT Pioneer Beton Industri

混凝土用量 (m<sup>3</sup>): 6560

斜拉索用量 (环氧喷涂钢绞线/吨): 61.5

总造价: 4220000美元

通车时间: 2007年7月

### (上接第23页)

经过试验和计算最终确定在桥塔处设置四个防撞墩。每个防撞墩为直径20米、高度16米、壁厚1米的高密度混凝土,基础采用7根直径为1.2米的钢管桩。在水面以上部分设置3道橡胶保护圈以减弱船的冲击作用。

### 2.7 桥墩

桥墩的设计尺寸为35m×20m×15m,支座的施工不采用围堰以防来往船只撞击,并且不能封锁通航超过12个小时。桥墩采用预制顶推下沉的方法施工,此方法曾用于修建诺曼底大桥。过程如下:

(1) 打入钢管桩,并把预制的扇形底板套在钢管桩水面以上的部分;

(2) 在这些预制板铺设钢筋网,浇注混凝土使之联成一体;

(3) 在此基础上立侧模板,浇注混凝土使之成为高15米、壁厚为1米的薄壁筒形结构;

(4) 使用千斤顶将此结构沿钢管桩顶推至河底,使整个桥墩作用在河床上,并与钢管桩在底部固结见图10;

(5) 从筒形结构底部开始灌注素混凝土,形成桥墩。



图10 顶推下沉的千斤顶

### 3 运输

主梁和蝴蝶架均为工厂预制而成,通过海运至塞纳河,再由拖船运至桥底,主梁由两艘大型吊船同时作用,将主梁安放在支座上,蝴蝶架由一艘臂长为120米的吊船吊装到桥塔上部,调整位置后安置在桥塔顶部。

### 4 结语

福楼拜桥是世界上最大的可升降桥,其结构新颖并且涉及机械传动等交叉专业。整个设计由三家设计院联合完成:Arcadis公司设计主梁部分,Eurodim公司设计机械传动部分,Serf公司设计引桥部分。建筑师为Aymeriz Zublena。

项目总花费1.5亿欧元(约15亿人民币),其中:研究设计费用900万欧元(约9000万人民币);土地使用费用600万欧元(约6000万人民币);主梁和桥塔及升降装置建造费用7000万欧元(约7亿人民币);引桥建造费用3500万欧元(约3.5亿人民币)。资金来源为:国家投资27.5%,省政府投资27.5%、塞纳河管理委员会投资35%、鲁昂市政府投资10%

这座桥给法国鲁昂地区的交通和航海文化都带来了生机,也实现了现有桥型的突破,比较适合沿海或是有内河流域的城市,亦为我国的升降桥设计与施工做出积极的参考意义。

### 参考文献

- [1] Frédéric Carmillet. Le pont Flaubert à Rouen. Ouvrages d'art,2007,n:55-jeillet.