

# 新世纪台湾桥梁的技术发展与远景

张荻薇

(中华顾问工程司 台北)

**摘要:** 本文拟介绍台湾桥梁的技术发展现状及近年来的代表作, 也将探讨台湾桥梁所面临的问题及永续发展的远景。

**关键词:** 高架桥 共构工程 梁桥 拱桥 斜拉桥

## 1. 前言

交通建设为台湾之城市与乡村, 西部与东部均衡发展的首要工作。台湾公路路网之规划, 为避开人口密集地区, 大多沿市镇外缘或山区布设路线; 在平原地带为增进土地资源的有效运用, 道路建造方式, 尽可能舍弃土堤, 而采用不具阻隔性之桥梁构造。近年来兴建的高速公路、快速公路, 甚或未来规划之公路路网, 桥梁所占比例渐高。此外, 在工商发达、人口密集的都会区, 为适应交通量之快速增长, 市区高架桥之兴建仍不可避免, 又为了兼顾商业活动及增加停车空间, 提高土地之使用效率, 开始采用与堤防共构之双层桥梁或地下建筑共构之立体刚构高架桥。

70年代以前台湾的桥梁建设, 绝大多数为混凝土桥, 钢桥为数甚少。传统之预应力混凝土桥梁施工, 大都采用预制梁吊装或现场支撑浇筑。近年来先进之桥梁施工法, 是适应大量高架桥之兴建及配合多孔连续桥梁布设之趋势, 传统方法已不易达到, 才被引进及推广。先进施工法之特点在于桥梁断面标准化、施工备机械化, 制式化的循环施工可克服不良地形因素及避免影响地面交通运转, 对于工作效率提高与成本的降低, 有很大的益处。1977年中钢公司生产钢料之后, 配合经济建设之需, 陆续进行多项重大交通建设, 为适应错综复杂之系统交流道、用地受限的都市高架桥、地形险峻的河川桥, 以及为创造地标的景观桥等特殊情形, 才逐渐有采用钢桥的案例。

目前台湾的预应力混凝土桥梁施工, 广被采用的工法有: 支撑先进工法、节块推进工法、悬臂工法及预筑节块法等四种。钢桥采用之桥型则包括: 合成钢板梁桥、连续箱型梁桥、共构高架桥、各种拱桥与斜拉桥等。台湾的桥梁技术在上述的背景下, 已有长足之进步与发展, 但在台湾特有的地理环境影响下, 桥梁建设也面临着许多新的挑战。

## 2. 台湾桥梁之技术发展概况

### 2.1 预应力混凝土桥之发展概况

台湾预应力混凝土桥梁可追溯至1955年台糖公司屏东糖厂建造第一座18.4公尺预应力混凝土铁路桥; 1956年台湾建造第一座公路PC桥(桃园第一旭桥), 跨径30公尺; 1958年完成台北中兴大桥主跨40公尺, 全长1,055公尺; 1968年完成花莲长虹桥, 跨径达120公尺, 为台湾当时最大跨径梁式桥。1978年中山高速公路完成300余座预应力混凝土桥, 加上一般公路、铁路桥, PC桥总长超过100公里以上; 至2002年台湾PC桥梁已高达约19,000余座, 桥总长超过1,000公里。

近年来, 预应力混凝土桥梁设计施工技术水平, 随着重大工程建设之推动已日益提高, 以往以I型预制预应力梁为主流之桥梁, 已被外型美观且能增进行车舒适性之多孔连续预应力箱型梁桥取代。由于能降低成本、缩短工期, 并为了推动技术应用, 近年来公路桥梁之兴建, 均采用自动化之施工方法, 如陆续完工之第二高速公路、北宜高速公路、东西向快速公

路及西滨快速公路等工程之桥梁，已全面采用自动化工法施工，其它仍在规划设计中的桥梁，也绝大部分采用自动化工法。目前广被采用之自动化施工法计有：支撑先进工法、节块推进工法、平衡悬臂工法、预制节块工法等<sup>[1]</sup>。

### 1. 支撑先进工法(Advanced Shoring Method)

桥梁采用支撑先进工法是利用模板组立在于支撑钢架上，一跨施工完毕后，将整组支撑钢架及模板推移至下一跨继续浇筑，重复推移支撑钢架及模板，来完成全部桥孔之浇筑。本施工法之特点在于施工机械化，具有周期循环性，工程质量较易控制，施工时不受地形或交通之影响，适用跨径在30~60公尺间，本工法虽然初期设备成本较高，但当桥长达一定规模时（通常2公里以上），其造价反比一般工法为经济。

台湾桥梁首次采用支撑先进工法的是北部第二高速公路内环线之大浦高架桥及桃园高架桥，目前台湾地区应用支撑先进工法建造的桥梁大多为高速公路或快速公路的桥梁，总长度超过200公里。

### 2. 节块推进工法(Incremental Launching Method)

节块推进工法是预应力混凝土箱型梁由节块组成，每一节块先在桥台后方所设置之临时预制场内制造、待混凝土达到规定强度后拆除模板，并在相邻节块间施加轴向预应力，再将节块向另一端桥台推进，节块推离底模后，在其后方制造新的节块并施加预应力，使前后节块相连，继续向前推进，如此重复制造、施加预应力及推进，直至全部箱型梁推至预定位置为止。采用节块推进工法之箱型梁桥，单孔跨长一般为40m~65m，10~15孔连续箱型梁结构为一单元，每一单元之长度约300m~700m时较为经济。

台湾应用节块推进工法建造的桥梁分布于北二高、中二高、南二高及东西向快速公路，

以此工法建造的桥梁，总长度约35公里。

### 3. 悬臂工法

悬臂工法是采用工作车或工作桁架于桥面上施工，可不受地形影响。当桥墩愈高、桥梁跨径愈长时，愈有经济效益。悬臂工法桥梁，跨径可从60公尺至200公尺，甚至更长。桥梁类型除常用之预应力混凝土连续梁桥、连续刚构桥外，诸如 $\pi$ 型桥、拱桥及斜拉桥等皆可采用悬臂工法建造。

本工法引进台湾三十余年，使用此工法建造的桥梁主要在北二高、中二高、南二高、东西向快速公路等，少部分在各省道快速公路与纵贯铁路。以此工法建造的桥梁，总长度约62公里。

### 4. 预制节块工法

预应力混凝土桥梁之施工技术，日前仍以节块施工法为主流，节块推进工法、支撑先进工法或悬臂工法皆为节块施工概念之应用与延伸，其目的均为将桥梁施工程序简化，反复循环操作节块之制造与施加预应力工作，以达到缩短工期、降低造价之目标。

预制节块工法是将箱梁划分为适当大小之节块，在桥址邻近择一合适的场地实施节块之预制作业。在下部结构完成后，将节块运输并安装于预定之桥位并施加预应力，逐步完成上部结构。预制节块之安装可采用逐块吊装及施加预应力的方法，或采取整跨组装后再一起施加预应力的方法。前者通常是配合大跨径之平衡悬臂工法，后者则须辅以临时支撑钢架以支托全跨之预制节块。

桥梁预制节块吊装工法自1975年应用在台北市北门高架桥后，迄今已有二十多年。目前台湾以此工法建造的桥梁总长度约95公里。

## 2.2 钢桥之发展概况

早期台湾的桥梁建设，钢桥仅出现于深山吊桥或平地桁架桥或铁路的钢梁桥，其中，中部的西螺大桥与北部横贯公路的罗浮吊桥最为

闻名。直至1977年中钢公司生产钢料以后，钢桥才逐渐地被采用。

近年来由于计算机软硬件之突飞猛进，加上国外高水平钢桥技术之引进，台湾钢桥建造技术迈入新的境界。各种长跨径、造型优美的拱桥与斜拉桥已巍然耸立于各河川山谷间，成为代表城乡文化的景观地标；在市区，建造多层桥面或与其他结构物共构的钢桥工程案例相当多，尤其是台北都会区之快速道路，是典型例子。现将近年来钢桥之技术发展情况介绍如下<sup>[2]</sup>：

#### 1. 梁桥

台湾地区的钢梁桥，大都应用于都市高架快速道路，如台北市水源快速道路向南延伸工程，台北市公馆圆环、基隆路高架桥等。值得一提的是台北市市民大道经由正气桥改建工程，续接环东大道长约14km的高架快速道路，全部采用钢梁桥，它是台湾最长的钢桥工程。至于较大跨度的钢梁桥，有1992年完成的水源快速道路向南延伸工程新店溪桥（五跨连续钢箱梁桥，跨度 $80+3 \times 125+80=535\text{m}$ ）、1994年完成之台二线十八王公庙桥（跨度150m），以及于2002年年底完工的台北市洲美快速道路跨基隆河主桥（三跨连续钢箱梁桥，跨度 $126+168+126=420\text{m}$ ）。

#### 2. 拱桥

在拱桥方面，自1983年台北关渡大桥之五孔（ $44\text{m}+143\text{m}+165\text{m}+143\text{m}+44\text{m}=539\text{m}$ ）连续钢系拱桥<sup>[3]</sup>完成后，陆续有南投云龙桥、宜兰冬山河桥、台北市麦帅二桥等相继完成。而最近完工之拱桥有台北市环东大桥、麦帅一桥，花莲立雾溪桥、屏东进德大桥等，施工中的有大溪镇的嵌津大桥等多座拱桥。在台湾，各种造型优美的单层、双层钢拱桥陆续出现，大大的提升了钢桥的技术水准。

#### 3. 斜拉桥

台湾斜拉桥的起步较晚，首座是1989年完

成的台北市重阳大桥，为三孔连续复合式斜拉桥（ $92.5\text{m}+200\text{m}+92.5\text{m}=385\text{m}$ ）；在1999年完工之南部第二高速公路高屏溪桥，是采用钢与预应力混凝土之复合式单塔斜拉桥，主跨径长达330公尺，并首次采用全断面焊接之钢桥工程。另外，南投猫罗溪斜拉桥，是采用钢拱桥塔之两孔非对称斜拉桥，造型新颖壮观，极具特色，使得台湾钢桥之技术发展更往前迈进一步。

#### 4. 钢桥在台湾之适用性

钢桥因价格高、维护不易等因素，而未被普遍采用。但基于下列理由，钢桥将有扩大使用的机会<sup>[4]</sup>。

##### (1) 配合都市发展

随着经济建设蓬勃发展，乡村人口向都市集中，有限的空间必须得到有效的利用。为满足都市发展的需求，提高人民生活品质，市区内之桥梁工程规划，莫不以减少占用道路面积、缩短工期、降低施工中对周围环境影响、维持交通及城市景观等列为首要考虑因素，钢桥符合上述的各项需求，因此将成为都市高架桥之最佳选择。

##### (2) 地理特性需求

桥梁是人类生活中重要的生命线，台湾位处地震频繁的地带，避免地震时桥梁遭受损坏是相当重要的课题。由于钢桥材质均匀、强度高、自重轻、韧性佳，因此具有良好的耐震性，适合多震地区之使用。此外，近年来台湾屡受台风侵袭，经常暴雨成灾，河床冲刷及泥石流常造成桥梁的崩塌，而增加桥梁高度及增大跨度解决上述灾害对桥梁的影响，因此采用钢桥的机会大增。

##### (3) 施工技术提高

随着结构物大型化的发展，钢结构数量也快速增长，为适应市场的需求，大型设备完善的钢构厂陆续设立，提升了钢结构之制作能力。钢结构专业厂商采用计算机与精密机器的

配合作业，可确保钢桥之施工质量，提高生产力，节省工时并降低成本，施工技术因此大幅提高，从而又助长了钢桥之蓬勃发展。

### 3. 台湾先进桥梁之实例介绍

#### 3.1 梁桥

##### 1. 台北市水源快速道路新店溪桥

本桥基于水利防洪要求及避免对自来水加压站取水口之影响，采用大跨度桥梁，以减少桥墩布设。桥梁依傍河岸天然地势而行，呈S状线形，采用五跨连续（ $80+3 \times 125+80=535\text{m}$ ）之钢桥面板箱梁钢桥，以减轻大跨径桥梁之静载重，充分发挥钢结构之特性。本桥于1992年完工，为台湾大跨径梁式钢桥建造写下新的里程碑<sup>[5]</sup>。



图1 台北市水源快速道路新店溪桥

##### 2. 北二高关内大桥

位于北部第二高速公路，跨越牛澜河，为上下部结构刚接之PC桥，跨径配置为 $75+3 \times 120+75=510\text{m}$ ，箱梁断面为单箱三室，梁宽 $3.2\sim 6.6\text{m}$ 变断面，桥墩高达49公尺，为当时最高之桥梁。施工采用预制节块悬臂工法，本桥1995年完工，开启了台湾高桥墩长跨径预应力混凝土梁桥的新纪元<sup>[6]</sup>。



图2 北二高关内大桥

##### 3. 中山高新圆山桥

位于中山高速公路汐止一五股拓宽段，采用单箱单室预应力混凝土箱型梁，跨径配置 $75+120+140+175+150+90=750\text{m}$ ，梁宽 $3.5\sim 8.75\text{m}$ 变断面。以预制节块悬臂工法施工，1996年完工，为目前台湾跨度最大之PC梁桥。



图3 中山高新圆山桥

##### 4. 台北市市民大道-正气桥-环东大道高架桥工程

横越台北市东西方向的市民大道-正气桥-环东大道全长约14公里，为目前台湾最长的钢桥工程，全线于1990年开始建设，分段施工、分段完工通车，目前除预留衔接北二高部份外，全线于2001年9月通车，使用钢达19万2千吨。

(1)市民大道（图4）的部份路段与铁路共享路权，是将高架桥兴建于地下铁路隧道之上，将桥墩座落于隧道顶面，使两者构成一体；而非共享路权路段，是在道路下兴建地下停车场，以疏解市区停车空间之不足；在台北车站地区之路段，兴建了地下街，以便各主要交通据点有个舒适、便捷之地下公共通道与行人广场，此部份是将高架桥桥墩贯入至地下建筑物基础，使地下建筑物与高架桥形成整体结构<sup>[7]</sup>。

(2)正气桥工程西接市民大道，东往环东大道，位于台北市数条交通要道之交接处，是台湾第一座在交通极为繁忙的市区兴建的双层高架桥（图5）。本工程在1999年2月春节期间拆

除原有旧桥，着手兴建新桥，至2001年9月底通车，完成了贯通台北市东西向交通大动脉的建设目标。

(3)环东大道是单层、双层高架桥并存，沿现有道路兴建路段为单层箱梁桥，沿堤防路段高架桥基础与堤防基础共构，采用双层钢箱梁桥，并全部采用钢桥墩（图6）。



图4 台北市市民大道高架桥

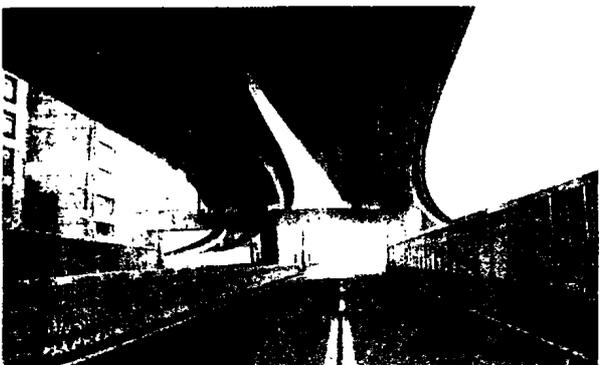


图5 台北市正气桥



图6 台北市环东大道高架桥

#### 5.台北市洲美快速道路

本工程高架桥全长4.1公里，跨越基隆河主桥采用26+168+126=420m之三跨连续钢箱梁桥，

是台湾跨度最大的钢梁桥。其它路段采用跨度50m~77m的3~5跨连续钢箱梁桥，为钢桥墩，全工程使用钢达6万2千吨。本工程堤防共构段，全长约1.1公里，建造RC中空式堤防外加覆土，堤顶宽6公尺，规划有自行车道、慢跑道，提供台北市民休憩的亲水性堤防景观。RC中空式堤防内设共同管道，完工后将成为多功能之亲水性堤防工程。本工程高架桥部份于2002年年底完工。



图7 台北市洲美快速道路跨越基隆河主桥

#### 6.北二高基汐段四号桥

桥址位于北部山区地形起伏路段，是典型之山谷桥梁，采用单箱单室预应力混凝土箱型梁，跨径配置40+90+150+90=370m，梁宽变化3.5~8.5m。以预制节块悬臂工法施工，上下部结构刚接，桥墩高达52m，井筒式基础，施工以小型机具作业，以减少对地形地貌之破坏。本桥于2000年完工，是桥梁工程师保护大地环境、尊重自然景观之代表作。



图8 北二高基汐段四号桥

(未完待续)