

文章编号:1672-4348(2004)01-0079-06

# 台湾日占时期钢构屋架构造工法初探<sup>\*</sup>

## ——以台湾总督官邸(今台北宾馆)屋顶为例

李树宜

(华梵大学建筑研究所,台湾)

**摘要:**以日占初期具有近代化风格的台北宾馆(旧称总督府官邸)为例,探讨在日占初期移入台湾的施工技术及设计观念的具体现象,并藉此找寻日占时期台湾建筑构造观念中洋风建筑屋架中的结构弱点及其建筑技术中钢构工法的一般性看法。

**关键词:**台湾;日占时期;钢构屋架;工法技术;构造方式

**中图分类号:**TU391

**文献标识码:**A

## Initial research to the working skill to roof truss of steel construction in Taiwan during Japan colonial period ——taking the case of the roof truss of Taiwan governor mansion ( Taipei hotel) for example

LI Shu - yi

(Architecture Research Institute , Hua Fan University , Tai wan)

**Abstract :** Taking Taipei hotel (governor mansion) with the style of modernization in the initial stage of Japan colonial period for example , this paper discusses the detailed phenomenon of the working skill and designing ideas which entered into Taiwan during this period , and on the basis of it , looks into the constructional weakness of roof truss in europeanized architecture among the viewpoints of Taiwan architecture construction and the general views to the working skill of steel construction among the history of architecture technology.

**Key words :** Taiwan ; Japan colonial period ; roof truss of steel construction ; working skill ; construction pattern

日占初期,台湾的洋风建筑大多以官方建筑形式出现,同时,建筑表现在形式、构造及材料上,自欧洲移植当时,视为进步的作法。因此,钢构式屋架普遍运用于日占时期台湾的洋风建筑,尤其运用于官舍建筑。其构造方式于近代建筑技术史上,代表了迈向近代化构造观念的一个重要阶段。

笔者企图透过屋架的构造方式及力学构造形式的比对关系,讨论日占时期日本人应用钢铁技术及

构造力学的落实过程中,与理论的差异及冲突,并藉由此种工项分析其结构特性,作为未来修复的基础。

但钢构屋架如何寻找其最接近的特殊性呢?首先,笔者企图透过对原始设计观念的了解,掌握钢构屋架之构筑设计观念与技术理论;其次,透过日占时期屋架构筑的类型,分析其形式的来源;其三,透过原始设计观念的原型、构造力学,分析其理论与实际应用的差距。

<sup>\*</sup>该文为第五届海峡两岸传统民居理论(青年)学术会议交流论文。

收稿日期:2003-12-22

作者简介:李树宜,男,华梵大学建筑研究所研究生。

## 1 钢构屋架之原始设计可能原则

### 1.1 日本近代化建筑技术引入及近代化构造观念的确立

在日本近代化的过程中通过雇佣大量的外国人、领导者全面西化及教育普及的过程进行欧化使欧化主义进入日本。建筑技术的学习上,日本工部省在明治初期,所聘雇的外籍人士中以英国人最多,并且透过外国人教导日本人学习“欧化”,将欧洲的建筑技术传入日本。

村松真次郎认为,明治初年是西洋建筑技术的导入时期,明治以降,日本的近代建筑技术理论进入“本筋”(拉力杆件)及“练瓦”的生产时代。

日本近代化流入的特征之一为洋风小屋组,至明治中期,已诉求发展耐震及符合力学标准的屋架系统。

日本全面欧化的结果,使日本人对于由西洋引进的技术,产生文明进步的想象,钢铁构造技术便是其中之一。

另外,明治二十五年(1892)起,日本东京大学建筑系设置图示力学、材料强弱学及构造学演习与变迁等科目,显示当时已对构造力学的解析,已经进入现代化结构计算的开始。

而日占初期,台湾的洋风建筑大多以官方建筑形式出现,同时,建筑表现在形式、构造及材料上自欧洲移植,当时视为进步的作法。台湾钢铁技术由海外引进,至日占时期以前,大多运用于桥梁及灯塔,延至日占时期,台湾钢铁技术在大跨度的运用上已有初步成果,如1905年以后日本兴建新式钢构制糖厂。

### 1.2 近代钢铁工业引入的主要观点

钢铁工业的引入主要于明治——大正年间,并形成一股新建材的风潮,依据日本本土发行的大正十五年《土木建筑资料总览》,其中著录当时日本本土的铁筋铁骨构造,可以窥知,铁骨构法及材料的主要诉求在于:

可抗地震力。

经科学试验,具有高强度及耐火性能。

利用近代构造观点,以理性的验证成果,比较近代工业居住环境重视的主要项目——耐久性、耐火性,凡此种种皆为当时“近代化”的社会主流价值观。

### 1.3 台湾总督官邸营建目的及其钢铁运用可能原则

总督府官邸(今台北宾馆)在日本的定位上,是一个宣扬南进政策的成功及近代化宣示的效果,值此时期,儿玉总督企图建造台湾神社及总督官邸以展现殖民的决心,在十川嘉太郎于台湾建筑会志中,大意说明了形式传达殖民统治的象征:

台湾神社是统一人心的归向,总督官邸则是显示总督的威严,以威服人民,故尽可能的要气派。

因此,使用洋风的建筑形式及使用当时最进步的工法,是可以理解的。

总督官邸兴建时,《台湾总督府事务成绩提要》是这样介绍的“...砖与石材混用之二层楼建筑,二楼之梁采用铁材,并用混凝土(Concret)填充其间。楼上楼下室内均为拼花木地板,外廊道及一楼中央大广间敷设英国瓷砖,屋顶铺设石版,...”这段文字说明了当时所强调的建材为砖、石材、铁材。可见铁材在当时而言,属于象征文明进步的材料。

又总督官邸之施工采用图面制作,图面上标明材料、尺寸外,仍特别重视角度关系,显示其施工图中,已相当重视以图面来表达力学关系,显示出此类钢铁屋架与近代化结构计算有直接关系。

## 2 日占时期屋顶屋架构法总类及材料

台湾常见的洋式屋架主要有 King - post (真束)、Queen - post (对束)、Fink - post、French - post、Warrn - post、Pratt - post 等6种基本形式(见图1),施作屋面时,将斜面上的钢造上方支檩条,直接依所需的曲面形式成形,再铺设“节点版”将各材料以筑接的方式接合在各个交接点,屋顶上方施作瓦作,外观即构成所需的屋顶样式。值得注意的是,此种构架系统,均以简支与墙面固结,

张瑞雄,林显宗 2000《日本社会》,第9-17页。

摘录 村松真次郎 1979《日本近代建筑技术史》,第2-4页。

小屋组,日式用语即屋顶。

参阅 村松真次郎 1979《日本近代建筑技术史》,第81页。

参阅大正十五年,第二回《土木建筑资料总览》,第508页。

参阅 1932,十川嘉太郎(台湾总督官邸石树物语)《台湾建筑会志》8:5,第337页。

参阅 明治三十四年,台湾总督府编《台湾总督府事务成绩提要》。

数据来源:吴卓夫,叶基栋《营造法与施工(增订本)》,第362页。

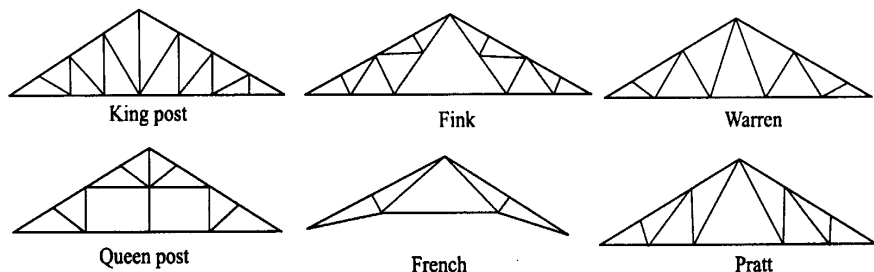


图 1 屋架类型图

Fig. 1 Map of types of roof truss

使屋架在主体建筑物中,最须注意的是防止水平侧向力攻击时,造成屋架与墙面脱节,屋面崩塌毁损现象。

台湾日占时期屋架构造多为木构造,由横跨两道墙之陆梁为主,于两端立对束,垂直柱外侧再立一根坡度较陡的合掌,成为马萨屋顶斜率较大的部分,真束立于二重陆梁上方,再以合掌搭成马萨屋顶斜率较缓的部分,在形式上为上述屋架的变形,属于轻型且单独的构造形式,主要接受垂直向重力,最后由承重墙所支承,因此横向作用力在整体架构中,最须注意其横向力的强度。

### 3 总督官邸屋架构造工法及特征

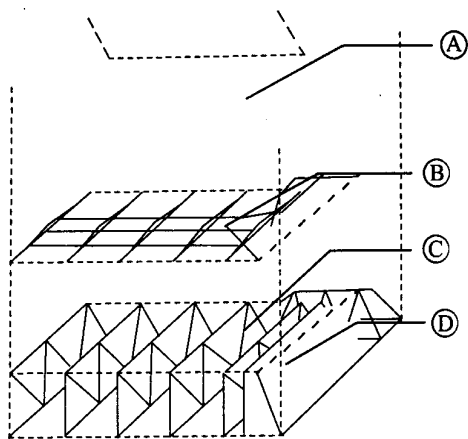
日本于 1911~1913 年进行官邸改筑工事,将木构架整体更换为钢桁架系统(黄俊铭,1999),此次改建,将结构钢桁架作有系统的排列,可分为 6 大类,其中 4 大类为主屋架部分(见图 2),分别为形塑不同屋面造型,另外两大类则作为跨距较短的塔家及角家。为解释方便,笔者依其结构设计概念特性,将屋架结构系统分为两大类,其一为上述常见屋架类型之变形“桁架组群系统”,主要支承屋面之主要结构系统,第二类为施工时,因造型需求所建立的“屋面造型支承系统”。

#### 3.1 结构系统使用分类及力学分析

桁架组群系统:屋架系统大致以  $11.5 \times 11.5$  之 L 铁为组成钢架之主要元素,拼组成 4 种类型

A B C D 桁架形式。其中除 C 桁形式是屋架外,其余皆横跨于两道承重墙。

⊠ 为主要收边构架组,其垂直向之倾斜决定



A 屋面 B 屋面造型支承系统

C 行架组群系统 D 屋面造型支承系统

图 2 总督官邸屋架构造示意图

Fig. 2 Sketch of roof truss construction of governor mansion

屋面外观的造型斜度比例。此种构法,在传统的日本屋架中,是不曾出现的。在国外所传入的标准屋架形式中,此种做法是将一般标准格式中的桁架加以变形,成为最具弹性的造型构架组。

此种独立一组构架组观念,亦普遍使用于马萨式屋顶中的造型构架组做法。

以监察院为例,木构架搭接使用镀锌铁件、螺栓、蚂蝗钉等构件接和。其造型屋架组,即使是木钩架,仍然以独立系统的方式来处理屋面造型的问题。

屋架组构时具有以下结构特征:

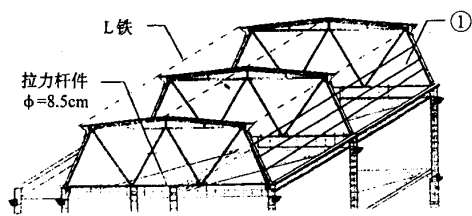
1) 整体连结为一结构体:

各屋架形式为主屋面造型轴向之垂直向排

数据来源:吴卓夫,叶基栋《营造法与施工(增订本)》,第 362 页。

福日东吾等兴建以构屋架的总督官邸,然台湾气候潮湿,白蚁猖獗,于 1911~1913 进行官邸改筑工事,将木构架整体更换为钢桁架系统。参阅 黄俊铭 1999《国定古迹“台北宾馆”调查研究》,第 183 页。

列,各屋架间距平均约为3.1m,其间以拉力杆件进行连接,上端则有三处9.5×9.5L铁进行纵向连接,另外则透过12根断面15×9cm木系杆加强固定,以补强桁架本身水平正向力结构的弱点,形成稳定的桁架组群系统(见图3)。



断面 15×9cm 木系杆

图3 桁架组群系统

Fig.3 Group system of xing truss

其中拉力杆件因属于圆形构造,劲度较小,容易因自重产生较大变形或振动过大,且若受拉力及压力反复作用,如斜撑杆件受地震力或风力,易于发生挫屈破坏,因此依现代的力学观念,此种拉力杆件仅适用于拉力较作用力小的地方。

由以上推论,屋架组以木系杆及拉力杆件作为联系构架组的方式,使整体屋架具有束制的作用。

## 2) 应力集中处补强的特征

结构桁架承受自重及屋面重力,使整体屋架于钢架上,承载向下压力,其余部分则为承载拉应力,而可能产生挠曲(见图4)。在抗弯矩处,则于受力最大处,增加同型L铁作为补强,使结构更为稳定。

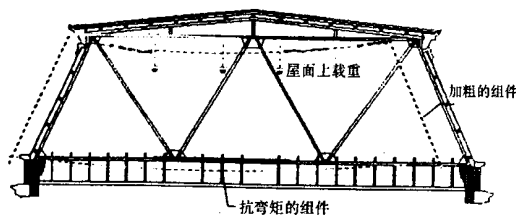


图4 桁架受力方式示意图

Fig.4 Sketch of stress style of xing truss

此种类型钢架,组成方式类似于 French - post 之变形,基本上遵守洋式屋组的做法,并且在结构弱点处补强及整体成为束制系统。此种做法,尚普遍使用于台湾其它官舍建筑的屋架中,比如说现今的监察院及台大医院。

## 3.2 屋面造型支承系统

屋架大致以单支9.5×9.5L铁,于主桁架结构上搭设,于屋面突出较高部分,采用两支L铁并列,因此部分结构须承载较高的重力,而采用加粗组件材料的概念。屋面造型支承系统搭接于桁架组群系统的顶部,使桁架组群系统均匀承受屋面之载重。

值得一提的是,屋面造型支承系统之搭接目的为最后屋面呈显之形象,其搭接方式与屋架的桁架组群系统出现许多不合结构逻辑的现象,如屋面造型支承屋架搭接于主结构屋架之结构弱点处(见图5)。

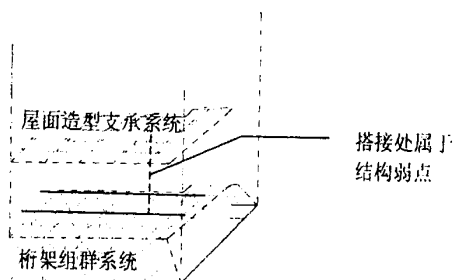


图5 屋面造型支承屋架搭接示意图

Fig.5 Lap sketch of support truss of roofing modeling

## 3.3 搭接点的搭接方式及应力分析

### 1) 钢材料之加强刚性强度搭接

屋架铁件搭接方式为厚1.2cm拼接板(钢材)搭接L角铁与并接板以 $\phi=3\text{cm}$ 之丸头卯钉搭接作为剪力连接器,此拼接板具有抵抗钢架间因无剪力接着而变形的功能。但因钢板劲度较小,故仅能使用于角隅抗筒力补强(见图6)。

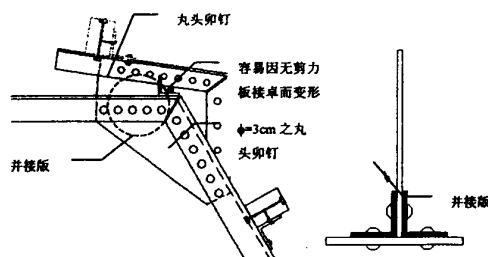


图6 钢材料之加强刚性强度搭接示意图

Fig.6 Lap sketch of steel material for strengthening stiffness

木系杆 兼具支承屋面的作用,木系杆与桁架L铁间,以长12cm的螺栓垂直穿过L铁后固着,使

木系杆与 L 铁联系成一个结构体,下端交接处使用 10cm ×10cm 的 L 铁托住,令木系杆不致于向下滑动,木系杆与下端的 L 铁则以铁丁骨固着,可见木系杆与 L 铁间的搭接,不十分重视是否真正固着。

木料与木料间的搭接则透过榫接的方式进行固定,使材料间形成钢性强的稳定的系统(见图 7、8)。此种榫接方式与日本传统的大木作榫接方式极为类似,颇为坚固,使木料搭接之应力传递为一整根木料的传递方式,显示对于木料搭接时,并未引进西方的技术。

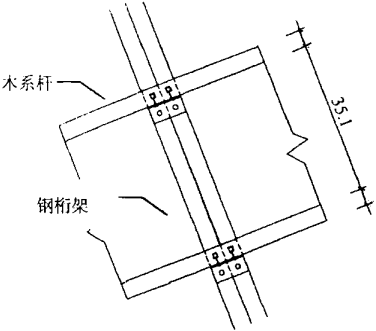


图 7 木系杆与钢桁架搭接方式

Fig. 7 Lap method between wooden pole and steel truss

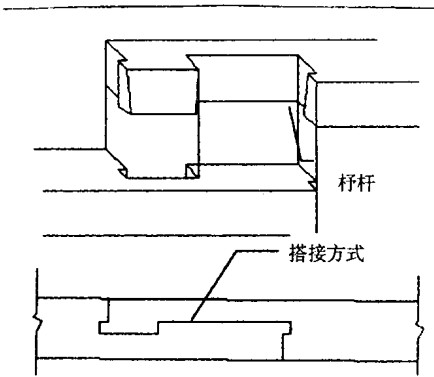


图 8 木系杆间木料搭接示意图

Fig. 8 Lap sketch of wood between wooden pole

2) 铁桁架与墙面接合面

由于墙面仅约 2.5B 砖墙厚度,又需与外加屋面层的施作,故须以砖出挑方式,增加载重面与钢架接触,较坚硬 25cm ×40cm ×38cm 垫石(花岗石)与砖墙初挑 5 皮砖搭接,透过长 64cm 螺栓固定,如此,桁架与垫石形成 Fixin 的固接方式。

值得注意的是钢架置放于承重墙体时,采用的是简支的支承方式,使整个钢架及屋顶的重量集中于此处,因此除了厚重的承重墙体在平均分

摊重力之外,仍需要以砖出挑 19cm,来传递应力所集中的位置,如图 9 所示。

依上所述,总督官邸的接点方式,具有表 1 所整理的结构特性。

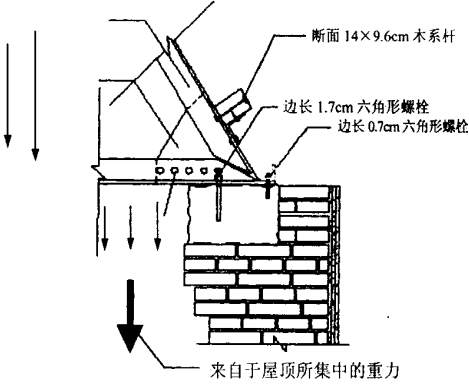


图 9 钢架置放墙体时的重力分摊

Fig. 9 Share of gravity when steel frame is put against wall body

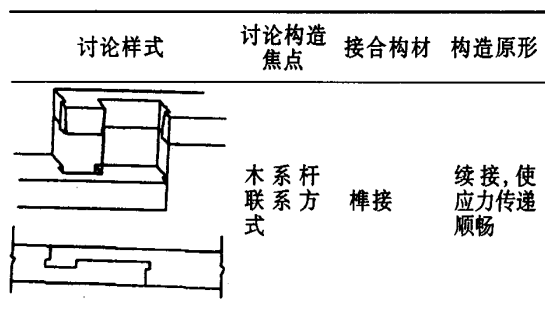
4 结论

总督官邸的构造及结构特色,可以观察出其构造技术,在形式及构造上,欧洲构造技术与过去传统工匠的斧凿同时并存,但不具备近代建筑的“西化”式样特征。我们大致可作日占初期钢构设计观念中的以下暂时推论(见表 1)。

表 1 马萨式层架的接点的构造特性

Tab. 1 Construction characteristic of the joint between layer and truss with Masa style

讨论样式	讨论构造焦点	接合构材	构造原形
	钢架与承重墙	L 铁 + 石材	简支结构
	钢架间版并固着方式	并接版 + L 铁 + 丸头卯钉	抗剪力
	木系杆与钢架的方木与本接式	螺栓底层的 L 铁 + 的	与主结构形成可水用抗力



4.1 日占初期日本人钢构设计观念,已经走向近代构造力学的阶段,包含所使用的建筑图面展现的概念之所使用的材料,大致上均符合力学原理。

4.2 在“西化”概念下,主要架构由欧洲传入,但钢构造施作时,为了屋面造型,采用了许多结构不合理的现象:

1) 屋架之桁架支承结构与屋面造型支承结构分离,其搭接处可依屋面外形改变,不考虑应力集中处是否为结构弱点。

2) 屋架之系梁系统,使桁架具有束制效果,木料的接着方式与传统榫接相似,束制之力量传递得以顺畅,同时作为屋面装修之支承功能。

未来修护上,总督官邸建筑本体,虽然已佚失其原本的结构计算方式及工法的操作程序,但仍可藉由同时期的历史文献及设计原则等方式,综理各种信息及比对,在实务研究中,或许可以针对其它类型之屋架之构造特性,做一个整合,以提出更完善的修护对策,这些都是近期台湾亟待建立的应用目标及方向。

### 参考文献:

- [1] 建筑资料研究会. 土木建筑资料总览(第二回)[Z]. 东京:1926.
- [2] 村松贞次郎. 日本近代建筑技术史[M]. 东京:彰国社,1976.
- [3] 黄俊铭. 国定古迹“台北宾馆”调查研究[M]. 台北:内政部,1999.
- [4] 十川嘉太郎. 台湾总督官邸石树物语[A]. 台湾建筑会志[C]. 1932. 337.
- [5] 台湾总督府. 台湾总督府事务成绩提要[Z]. 明治三十四年.

(上接第60页)并且施工场地不受限制、安全储备要求较低的工程。

4.2 (1.2)方案,采用地连墙弥补了(1.1)方案的不足,适用于土层较硬、施工场地狭窄、安全储备要求较低的工程。

4.3 (1.3)方案,施工方便,适用于土质均匀、土体受力性能较幻、施工工期紧、投资额限定、但安全储备要求较高的工程。

4.4 (1.4)方案,结构受力性能良好,适用于安全

储备要求很高、地质条件较差,施工场地狭窄、经济效益有规定的工程。

4.5 本文在有限元分析过程中采用了比较理想化的边界条件,实际上坝体与基岩的咬合、基岩受风化的影响、回填土石与坝体的接触等程度是非常复杂的,较难模拟。随着我国对水电工程的重视程度日益提高,对于大型水电站坝体的分析方法和理论的研究与探索应该进一步深化。

### 参考文献:

- [1] 刘文清. 最新水利水电工程一级施工实用技术与管理(第一卷)[Z]. 吉林:吉林人民出版社,2001.
- [2][6] SL104-95,水利工程水利计算规范[S].
- [3][5] DL5108-1999,混凝土重力坝设计规范[S].
- [4] 肖焕雄. 施工导截流与围堰工程研究[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [5] GB50199-94,水利水电工程结构可靠度设计统一标准[S].