

# 桥梁结构连接构造分析

文 / 罗伟宸 重庆交通大学 土木工程学院

**摘要:** 桥梁的连接构件是桥梁结构重要的组成,它传递力的作用,约束桥梁变形。本文总结了桥梁连接与约束的特点,简要介绍了连接与约束的几种常见的构造、传力方式及工作原理。还举例了几种混凝土组合桥梁的连接件。通过对不同桥梁连接件的分析和查阅文献资料,可以发现其中可能发生的病害,并且找到国内外对于这些问题的处置办法,根据经验提出了对混凝土支座和拱桥吊杆的改进。

**关键词:** 连接与约束;桥梁构造;桥梁设计;维护措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.050

## 引言

在桥梁结构中,连接可以将不同构件之间的内力相互传递和调整,从而使整个桥梁结构能够适应不同的荷载工况和环境条件。约束则是对这个受力体系的进一步完善和补充,它能够限制构件在空间中的自由度,确保桥梁结构在各种荷载作用下的稳定性和可靠性。约束是限构件或结构在其全部或部分方向上自由移动的装置<sup>[1]</sup>。

### 一、对连接与约束的认识

#### (一) 连接

连接属于一种传递不同部位力的构造,它能够连接各种构件。桥梁中有多种重要连接部位,例如拉索锚固连接、锚碇连接、拱梁连接、牛腿连接、鞍座连接、缆索与梁连接和吊杆连接等。

##### 1. 牛腿

牛腿常见于梁式桥中,当T形刚构桥采用悬臂梁与挂梁结合时需设牛腿,此外,在墩柱顶或中部设置支撑桥梁上部结构时,同样需要设置牛腿<sup>[2]</sup>。

悬臂梁和挂梁端结合部的局部构造称为梁牛腿。当挂梁的肋数与悬臂梁梁肋片数一致且相互对齐时,各挂梁反力可直接由悬臂梁承受。对于多数悬臂体系梁桥,尤其是T形刚构桥,其悬臂部分通常由箱形梁构成。

##### 2. 拱梁连接部位

对于拱式桥梁,拱脚连接的形式对桥型极为关键(如图1)。

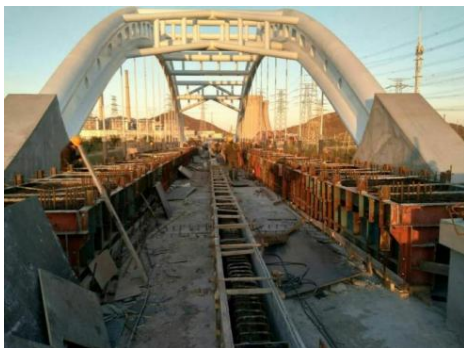


图1 拱梁链接

以系杆拱桥为例,拱脚是把拱和梁合为整体的构

件,辅助纵向预应力的稳固。拱脚能够保障拱肋在各个方向上保持稳固,以及在其拱上建立起端横梁的固定部位。综合来看,拱脚位置处传递力的情况十分繁杂,锚固构件多且配筋量大,故而作用关键,意义重大。

##### 3. 斜拉桥拉索锚固

塔梁连接、索在塔、梁上连接方式的变化,都会改变桥梁整体受力形态。梁和桥塔连接形式的不同,会直接对斜拉桥的受力产生影响,其中包括全漂浮体系、支承体系、刚构体系等。

主塔的拉索锚固部位,是将拉索的集中力安全、均匀地传递到塔柱的重要受力构造<sup>[3]</sup>。拉索与主塔锚固使用频率较高的方法是锚固钢梁,或者是锚固钢锚箱(如图2),而在过去,则多是通过桥塔施加环向预应力来实现。锚固钢横梁支承于空心塔柱内部牛腿,直接承受拉索的水平拉力,拉索的垂直分力则传至两侧支承牛腿,拉索两侧的不平衡水平力通过横梁水平限位装置传至塔壁。



图2 索塔锚固

##### 4. 悬索桥鞍座、主缆与梁、锚碇以及吊杆的连接

悬索桥中,主索鞍、散索鞍、索夹、中央扣均为重要结构连接部件,其中主索鞍位于桥塔顶部,固定支撑主缆并传递拉力至桥梁结构;散索鞍在锚碇或锚固系统内,支撑分散主缆拉力;索夹紧箍主缆索股连接主缆与吊索以传递拉力;中央扣连接加劲梁与主缆,增强结构整体稳定性及力学性能。

主索鞍作为悬索桥体系中连接主缆的永久性构件<sup>[4]</sup>,位于塔的最顶端。主索鞍按传力方式可分为斜肋板直接传力式与纵横肋间接传力式。按主索鞍的制作方

式可分为4种，即全铸式、全焊式、铸-焊式与组合式。

散索鞍座安装于锚碇前墙的位置，作用是使得各个束股散开以利于锚固缆索的工作，同时能够支持支承的转向。悬索桥散索鞍座有摆轴式散索鞍座和辊轴式散索鞍座两种。

中央扣又称中央夹具，是设置在悬索桥跨中将主缆和加劲梁连接起来的构造。设置中央扣，是提高结构刚度的有效措施之一。中央扣有3种设置方式，一是用刚性三角架联结主缆与加劲梁，使缆梁在跨中相对固定，形成刚性中央扣；二是在跨中增设一对或多对斜吊索，建立缆梁纵向约束，此为柔性中央扣；三是直接将主缆与加劲梁相联结<sup>[5]</sup>。

### (二) 约束

约束可细分为柔索约束、光滑面约束、光滑铰链约束、固定约束。

#### 1. 柔索约束

柔索约束由绳索、链条等柔性材料组成，它只能限制构件沿缆索延伸方向的位移，故其约束反力方向就是沿着缆索线延伸且背对被构件，并且该约束是承受的拉力。

#### 2. 光滑面约束

当物体贴合处摩擦力可忽略时便形成光滑接触面约束，它对被约束物在贴合点处公共相切平面内的运动没有约束，但是物体沿公共相切直线进入约束内部的运动会被阻止，其约束反力方向是贴合面公共相切平面的垂线方向且朝着被约束物体。

#### 3. 光滑铰链约束

光滑铰链约束可细分为活动铰约束、固定铰约束以及滑动约束等多种类型。其中，活动铰约束具有以下特点：其结构能够绕着铰实现自由转动，并且还可以在支承面上进行少量的移动，不过它会对物体沿支承方向的运动加以限制，即物体无法在该方向上随意移动。

#### 4. 固定约束

固定约束，也叫插入约束，是工程实际中常见的一类约束类型。在此种约束下，构件的一端处于固定状态，这意味着该固定端既无法在任何方向上进行随意移动，同时也不能绕着此固定端做任意转动。

## 二、组合结构桥梁连接件

### (一) 刚性连接件

刚性连接件在通常情况下主要有型钢连接件和PBL连接件这两类<sup>[6]</sup>。

当刚性连接件承受剪力作用时，它具有刚度大，变形能力欠佳等特点，如此一来，混凝土上的支压力为均布压力（如图3），进而致使附近混凝土大片发生应力集中问题。一旦混凝土所受应力达到其所能承受压力的最大值，就会出现一定程度的破坏。

另外，型钢连接件常用的型钢涵盖槽钢、T形钢以及方钢等多种类型<sup>[7]</sup>。这些用于连接型钢的构造连接件不仅仅有着输出剪力的基本功能，同时够增大与之接触翼缘的惯性矩，进而做到在施工过程中，有效减少翼缘

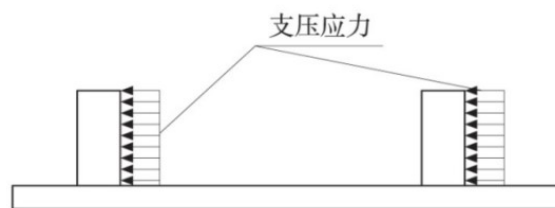


图3 刚性连接件支压力分布

出现面外鼓屈现象的发生概率。

PBL连接件别名叫作开孔板连接件<sup>[8]</sup>（如图4），是一种纵向方向的且与主梁方向平行的，借助混凝土榫来平衡钢材料构件与混凝土之间相互作用产生的力的连接构件。

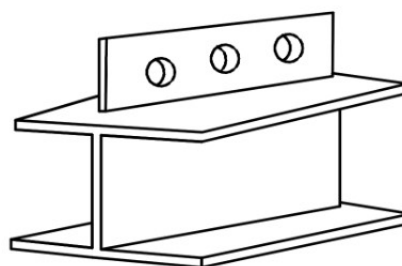


图4 PBL连接件

### (二) 弹性连接件

弹性连接件，一般来说包含钢筋连接件与焊钉连接件这两类。这类连接件易于产生形变延伸，然而它存在着刚度较低的特点，于是在承受剪力时，会因钢材料和混凝土的接触面产生位移，从而导致形状变化的发生。相对位移数值固定时，其抵抗变形的能力较为稳定且不会下降，同时延伸能力表现良好，其支压力分布情况（如图5）。

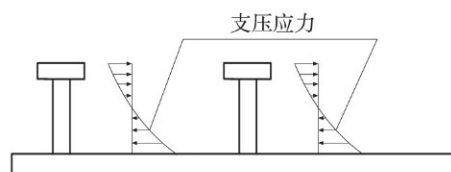


图5 弹性连接件支压力分布

钢筋连接件一般情况下是指，压弯拉起螺纹钢筋，并通过电焊的方式连接到钢梁上，以此方式形成的构件能够输出接触面上的剪力。压弯拉起的钢筋依靠本身传递的力来平衡两个构件接触面上产生的剪力，其方向与压翼缘剪力流的走向平行且一致。该连接件采用柔性材料，故而延展能力良好。钢筋能够承受拉力的能力影响着该种连接件承受剪力的极限<sup>[9]</sup>。

焊钉连接件把焊钉通过电焊的方式与钢板连接，这种方法能够平衡存在于钢材料与混凝土材料两者接触位置的剪切力。这种连接件凭借其本身力学性能的各向同性，于是在安装过程中不会出现因忽略受力方向而产生的问题（如图6）。

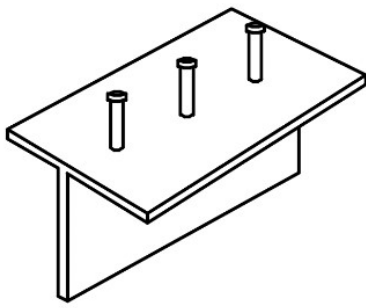


图6 焊钉连接件

**(三) 组合连接件**

组合连接件由钢和多种有机混合材料组成(如图7),常安装在型钢腹板或焊钉根部等位置,不同的有机材料能实现不同的效果,如降低抗剪刚度、增加黏度与弹性模量等,当遇到钢混组合结构且施工过程较为繁杂时,可选用组合连接件。

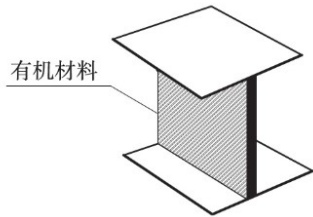


图7 组合连接件

**三、连接构件病害及措施维护**

**(一) 桥梁连接与约束的病害**

连接与约束的常见病害有:支座位移;斜拉索回缩、腐蚀、索力退化等;混凝土表面的裂缝和剥蚀;焊缝夹渣、留缝、绑扎钢筋断裂等;牛腿开裂;锚固区纵向、横向裂缝;吊杆锈蚀;锚固松动等等。这些所有的问题都会导致连接或约束的崩坏,降低构件的性能发挥,使桥梁的受力不稳,影响其稳定。

**(二) 构件病害维护**

在桥梁投入使用期间,要时刻对连接与约束构件进行关注,并在发现病害出现时对其进行维护如修复构件、更换构件等方法,以保证桥梁的安全可靠。

在连接构件的修复方面,当前全球使用频率较高的修补方式有3种:

**(1) 表面修补法**

当遇到需要修复构件裂缝,但在采取修复之后要求不能过度降低构件承载能力时,可以使用表面修补法<sup>[10]</sup>。这种修复方法过程简短,先以水泥填充构件表面的缝隙,而后使用环氧树脂覆盖表面并做防水工作。

**(2) 内部修补法**

当遇到存在缝隙破坏构件完整性时,应采取内部修补法。借助压力泵加压把内部的黏结剂打入构件内部破损的空隙中,填入的黏合材料固化后,可与内部混凝土黏合在一起从而达到修补的目的。

**(3) 结构加固法**

该修复法存在一定问题,会降低构件承载能力及结

构完整性,常用预应力法,通过设置预应力杆产生预应力以提升结构承载力。

**四、连接构件的改进**

**(一) 混凝土梁支座改进**

支座设计是支座施工的重要环节,支座设计不合理会导致支座与梁体之间的缝隙过大、支座安装不牢固等问题。因此,应该对支座设计进行改进,采用新型的支座设计方案,如减小支座与梁体之间的缝隙、增加支座的接触面积等,这些设计方案能够有效地解决支座施工过程中出现的问题,提高支座的使用寿命和性能。

**(二) 拱桥吊杆改进**

混凝土吊杆拱桥具有美观、轻盈的特点,其能够横跨的距离大、抗灾害能力强,因此应用场景较多。吊杆是拱桥用来承受力的重要部分,耗损较多,这导致其使用年限大大缩短。然而以前的老式吊杆两端都在固结到拱桥结构上,根本无法更新吊杆。为解决旧吊杆无法更新问题,保证拱桥结构安全和正常运营,可结合既有构造,在拱桥上布置安装新吊杆,使每一根位于原来的两根中间。

**总结**

桥梁的连接与约束是桥梁结构重要的组成,它传递力的作用,约束桥梁变形。不管是在桥梁设计或是旧桥改造中,连接与约束的应用都是举足轻重的。随着时代的发展和科学的进步,桥梁的施工过程中出现了许多新工艺、新技术、新材料。因此,要求设计师在工作过程中努力跟上时代,在具体的设计方案中,结合新工艺、新材料、新技术,不断更新设计理念,满足现代化的要求。

**参考文献**

[1] 张洪祥. 系杆拱桥连接与约束的优化[J]. 北方交通, 2019, (02): 9-11.  
 [2] 钢筋混凝土牛腿的计算和构造[J]. 建筑结构, 1976, (03): 18-20.  
 [3] 岳勇. 公路工程桥梁施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2024, (03): 70-72.  
 [4] 常志军, 张克. 西堠门大桥主索鞍座设计[J]. 公路, 2009, (01): 80-85.  
 [5] 夏支贤, 刘斌, 陈永亮, 等. 中央扣对独塔地锚式悬索桥动力特性及地震响应的影响[J]. 中外公路, 2016, 36(02): 169-172.  
 [6] 王一博, 刘世忠, 栗振锋, 等. 钢-混组合结构桥梁连接件发展趋势研究[J]. 公路交通技术, 2021, 37(02): 45-52.  
 [7] 唐亮, 樊健生, 聂建国, 等. 角钢连接件力学性能及混凝土脱空对其影响研究[J]. 工程力学, 2020, 37(10): 45-55+115.  
 [8] 王一博. SFRC栓钉-橡胶组合连接件抗剪性能研究[D]. 太原科技大学, 2021.  
 [9] 苏亮亮. 混合梁桥接头复合剪力连接件受力分析[D]. 吉林建筑大学, 2017.  
 [10] 王辉, 焦宝莉. 大跨度预应力桥梁病害分析及处理分析[J]. 交通世界, 2022, (21): 48-50.