

组合刚构桥钢混结合部设计和施工

兰 林 王恒心

中交公路规划设计院有限公司 北京 100010

【摘要】组合刚构桥在受力性能、施工性能、经济性和美观性等方面具有诸多优势，本文介绍了组合刚构桥的钢混结合部常用的六种构造形式，分析各种构造形式的受力特点及适用条件。在设计中，可以根据需要采用某一种或者相似的构造形式，需要指出的是，钢混结合部的构造都应当具有明确的传力路径，保证结构的安全性。

【关键词】桥梁工程；组合刚构桥；钢混结合部

1 引言

刚构桥具有结构刚度大、跨越能力强、抗震性能好、造型美观、行车性能好、养护费用低等优点，是适用于跨越深阔河谷、城市高架桥、跨线桥的优良结构形式之一。但是，刚构桥超静定次数高，对基础变位、温度作用较为敏感，其主要适用于柔性桥墩基础。

纵观桥梁发展历史，桥梁结构主要往两个方向发展：一是结构体系的不断优化；二是结构新材料的迭代更替。随着桥梁建设能力和设计理念的不断进步，近年来，将钢结构或钢混组合结构与刚构桥二者的优势进行结合形成的组合刚构桥^[1]得到了越来越广泛地应用，其在受力性能、施工性能、耐久性、经济性和美观性等方面具有诸多优势，可使刚构桥在一些墩高较低的情况下也得以应用。此外，受限于地形地物条件，在曲线桥设计中，尤其是对于城市曲线匝道桥，为提高结构的整体性和抗倾覆性能，组合刚构桥具有优良的适用性。（见图1）

2 钢混结合部构造形式及受力特点

与常规混凝土刚构桥不同，组合刚构桥的主梁与桥墩结合部的构造措施和技术方法相对复杂。而从保证安全性的角度考虑，要求结合部的破坏应滞后主梁或桥墩的破坏^[3]。因此，结合部必须设计得足够强，同时还应具有良好得耐

久性和延性以抵抗温度和地震作用的影响^[4]。

对于结合部，根据传递弯矩的构造不同，其主要有以下几种形式：

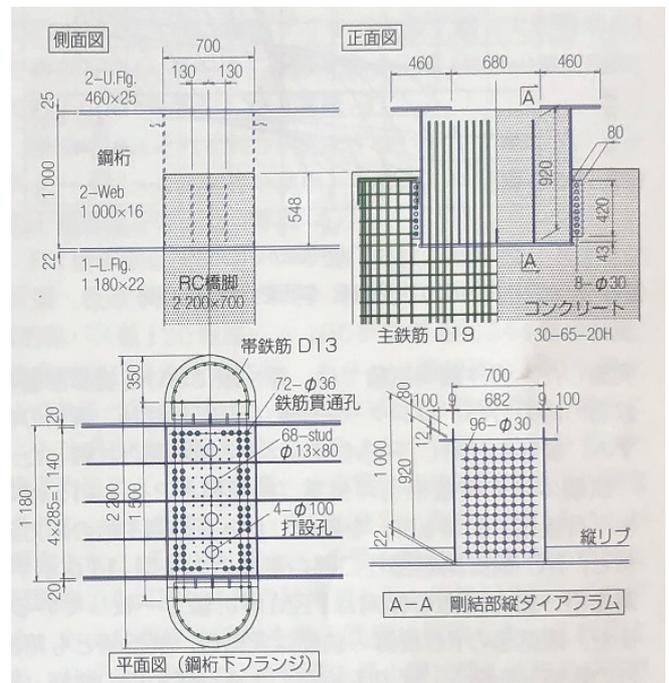


图2 钢筋锚固式结合部



(a) 多摩川天桥^[2]



(b) 花牌大桥

图1 组合刚构桥

2.1 钢筋锚固式结合部

钢筋锚固式结合部适用于钢梁与混凝土桥墩的连接，其构造如图2所示。在这种构造形式中，桥墩主钢筋需伸入箱梁内部，再在箱梁内浇筑混凝土，将墩梁固结形成整体。主梁腹板内侧及横隔板内侧可配置栓钉连接件，从而将主梁荷载传递给桥墩，或者也可采用开孔板连接件来代替栓钉连接件，以改善结合部的施工性及受力性能。（见图2）

此种构造的荷载传递路径包括了钢主梁、栓钉连接件或开孔板连接件、混凝土、主钢筋、混凝土桥墩。其中连接件起到了钢梁与混凝土间的传力作用，最终通过主钢筋实现梁和墩的固结。

2.2 锚杆式结合部

锚杆式结合部构造如图3所示，与钢筋锚固式结合部构造相似，钢主梁均连续贯通混凝土桥墩顶部，预应力钢筋要伸入结合段内部，不同之处在于钢筋锚固式结合部通过主钢筋实现固结，锚杆式结合部则通过预应力钢筋把主梁与桥墩锚固形成整体。此外，由于横梁下缘存在底板，横梁内的混凝土与桥墩并不相连。因此，可在底板下填充无收缩砂浆，有利于底板受力均匀。

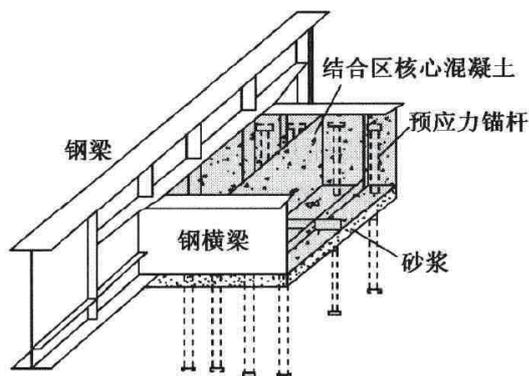


图3 锚杆式结合部

2.3 钢柱式结合部

钢柱式结合部构造如图4所示，钢主梁与钢柱形成一个整体，直接嵌入混凝土桥墩内，同时在钢柱外侧设置栓钉连接件，实现主梁向混凝土桥墩的传力。钢柱的埋入深度可取为短边长度的1.5倍^[5]。这种构造形式的传力模式为：轴力通过钢柱与混凝土间的承压来传递；弯矩通过钢柱上的栓钉连接件，经由混凝土传递到桥墩内的钢筋；剪力通过栓钉连接件来传递。（见图4）

2.4 局部承压式结合部

与钢柱式结合部相反，局部承压式结合部的钢主梁底板在桥墩顶部位置断开，桥墩浇筑至主梁内部，如图5所示。通过在钢梁底板设置承压板、主梁上翼缘内侧焊接的纵向加劲肋，并在腹板、横隔板及其加劲肋上设置栓钉

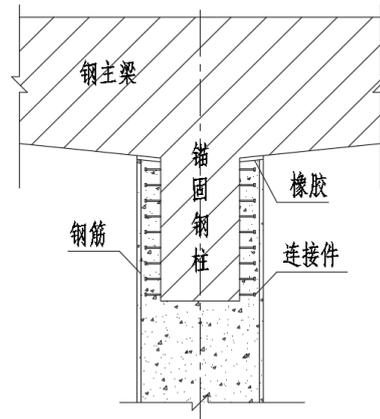


图4 钢柱式结合部

连接件，确保钢与混凝土的有效结合，以将钢梁内力均匀地传给桥墩。

局部承压式结合部的传力方式为：竖向剪力和弯矩通过焊接于横隔板和纵向加劲肋上的栓钉连接件传递给桥墩；轴力则通过主梁下翼缘的承压板传递给桥墩混凝土。（见图5）

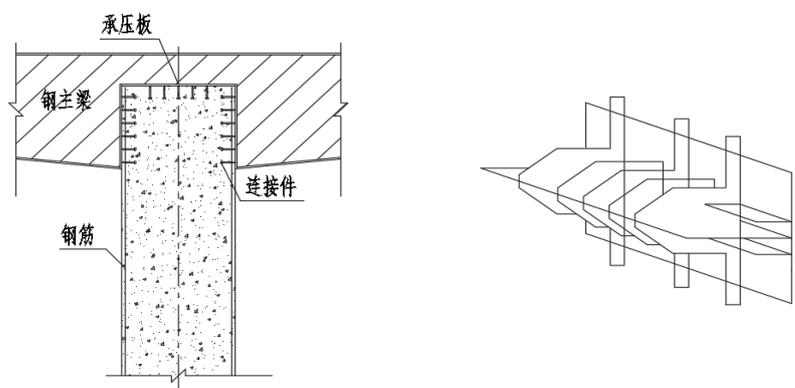
2.5 钢套筒式结合部

钢套筒式结合部设计理念与钢柱式结合部设计理念相似，不同之处在于钢套筒式结合部为钢结构外包混凝土形成整体，钢柱式结合部为钢结构内嵌混凝土形成整体。在接近桥墩顶部区域时，桥墩由钢筋混凝土结构过渡为钢管混凝土结构，然后将钢管混凝土结构与钢主梁连接。

钢套筒式结合部构造相对简单，其在节点核心区可不设或少设加劲肋，而可通过在节点核心区灌满混凝土来保证节点的受力性能。施工中，将由钢主梁与钢梁牛腿连接形成的钢套筒节点核心区与墩模板固定在一起以后，然后安装墩中钢筋，浇筑混凝土至主梁上翼缘，填实节点区，形成有效刚性连接。（见图6）

2.6 外置式结合部

外置式结合部通常应用于城市立交桥或跨线桥，为提高结构整体刚度和抗震性能，抑或是解决弯桥抗倾覆问题，



(a) 立剖面图

(b) 承压板加劲构造

图5 局部承压式结合部

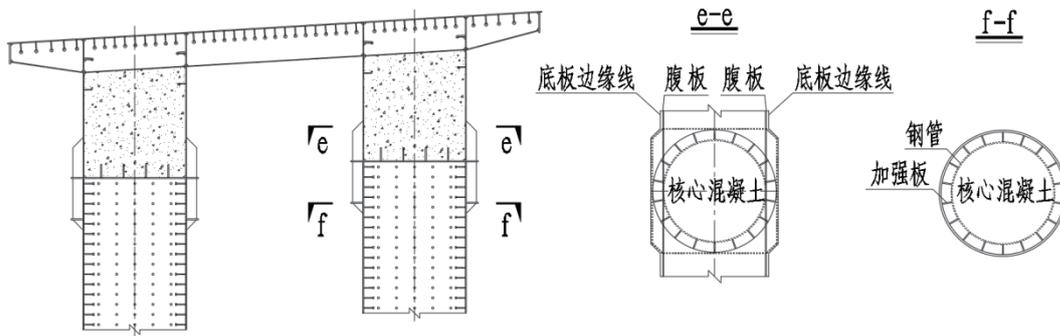


图7 外置式结合部

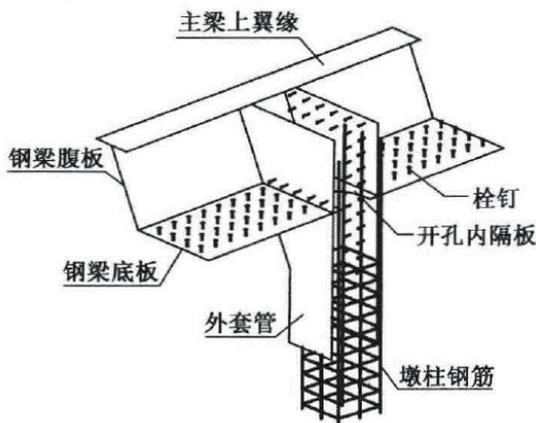


图6 钢套筒式结合部

而将部分墩梁节点进行固结。对于这类结合部，竖向压力通过钢箱梁底板的承压作用传递至钢管及核心混凝土，对于剪力和弯矩，则通过钢管于钢箱梁底板，经由栓钉连接件传递至混凝土。（见图7）

3 施工要点

钢混结合部构造复杂，施工质量要求高，施工难度大，为保证工程质量，应采用先进的钢结构焊接工艺和合理的混凝土浇筑工艺，制定专项施工方案。

3.1 钢结构施工

钢结构施工总体工艺流程如下：钢板预处理→下料→U肋制作→板单元制作→节段组装及预拼装→节段除锈、涂装→节段运输→桥上连接。

钢主梁节段工厂制造完成后，节段运输至现场，经现场精确对位后，进行现场熔透焊接。其中，焊接是钢结构施工最重要的环节之一，为保证焊接质量，在钢梁制造中对焊工、焊接材料、焊接方法、焊缝形式、焊接设备及器具、焊接工艺参数、焊接工艺要求、焊缝返修、焊接检验等应按相关规定进行规范操作。

3.2 混凝土施工

为保证结构优良的受力性能和整体性，应严格控制混凝土

土施工质量，主要包括以下几个方面：

- 结合试验优化混凝土配合比设计，控制坍落扩展度500~600mm，倒坍时间不高于10s，含气量小于等于3%；
- 结合结构特点，采用合理的混凝土浇筑顺序和方法；
- 在施工过程中应对混凝土进行充分振捣，保证混凝土浇筑密实性，对于局部空间相对狭小、振动棒无法操作的部位，必要时人工振捣确保混凝土密实。此外，对于局部小范围内不密实，采用真空压浆技术压注水泥浆至饱满；
- 在混凝土浇筑完成后，应进行充分的养护，加强对温度的监控，同时应设置防裂钢筋，防止温度裂缝。

4 结语

组合刚构桥作为一种新兴的桥梁结构，具有良好的受力性能，同时兼具经济性和美观性。本文针对组合刚构桥钢混结合部常用的几种构造形式进行了探讨和分析，在实际设计中，根据需要，可以采用某一种结合部构造形式，或与上述相似的结合部构造形式，需要指出的是，钢混结合部的构造都应当具有明确的传力路径，保证结构的安全性。

参考文献：

- [1] 聂建国. 钢-混凝土组合结构桥梁 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [2] 刘海燕. 日本多摩川天桥 [J]. 世界桥梁, 2023, 51 (01): 124-125.
- [3] 王海涛. 钢管混凝土塔柱结合段传力机理研究 [D]. 长安大学, 2023.
- [4] 刘玉擎. 组合结构桥梁 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [5] 吴文明. 大跨度钢箱拱桥钢与混凝土结合部试验研究 [D]. 同济大学, 2007.

作者简介：

兰林 (1997-), 男, 苗族, 广西桂林人, 硕士, 助理工程师, 从事路桥设计工作。