



T/CECSxxx-202x

中国工程建设标准化协会标准

双扁钢箱-混凝土组合桥梁技术规程

Technical Specifications for Double Flat Steel Box-Concrete Composite

Bridges

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设协会标准

双扁钢箱-混凝土组合桥梁技术规程

Technical Specifications for Double Flat Steel Box-Concrete Composite
Bridges

T/CECS xxx—202x

主编单位：陕西省交通规划设计研究院有限公司

北京中诚建标工程管理咨询有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

中国计划出版社

202X 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2023 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2023]10 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 6 章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、材料、构造要求、设计计算、制造、施工。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理，由陕西省交通规划设计院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送陕西省交通规划设计院有限公司（地址：陕西省西安市雁塔区科技六路 37 号，邮政编码：100142）。

主 编 单 位：陕西省交通规划设计院有限公司

北京中诚建标工程管理咨询有限公司

参 编 单 位：长安大学

中铁宝桥集团有限公司

陕西路桥集团有限公司

陕西高速机械化工程有限公司

主要起草人：XXX

主要审查人：XXX

目 次

1 总 则	1
2 术 语	3
3 基本规定	4
4 材 料	5
5 构造要求	7
5.1 钢主梁	7
5.2 联结系	7
5.3 行车道板	8
5.4 抗剪连接件	8
6 设计计算	9
6.1 总体计算	9
6.2 主梁计算	9
6.3 行车道板计算	9
6.4 抗剪连接件计算	10
6.5 细部计算	11
7 制 造	12
8 施 工	14
8.1 钢梁施工	14
8.2 行车道板施工	14
附录 A 双扁钢箱-混凝土组合梁设计流程	16
附录 B 钢梁 BIM 辅助加工	18
B.1 总体设计	18
B.2 深化设计	18
附录 C 钢-混凝土组合行车道板设计流程	19
用词说明	20
引用标准名录	21

Contents

1	General provisions	2
2	Terms	3
3	Basic Requirements	4
4	Materials	5
5	Detailing Requirement	7
5.1	Steel Main Girder	7
5.2	Connection System	7
5.3	Deck Plate	8
5.4	Shear Connector	8
6	Design Calculation	9
6.1	Overall Calculation	9
6.2	Main Girder Calculation	9
6.3	Deck Plate Calculation	9
6.4	Shear Connector Calculation	10
6.5	Detailed Calculation	11
7	Manufacturing	12
8	Construction	14
8.1	Steel Girder Construction	14
8.2	Deck Plate Construction	14
Appendix A	Design Process of Double Flat Steel Box-Concrete Composite Beam	16
Appendix B	BIM-Aided Fabrication of Double Flat Steel Box-Concrete Composite Beam	18
B.1	Overall Design	18
B.2	Detailed Design	18
Appendix C	Design Process of Steel - Concrete Composite Roadway Slab	19
	Explanation of Terms	20
	List of Cited Standards	21

1 总 则

1.0.1 为统一公路双扁钢箱-混凝土组合梁的材料、设计、加工、施工，制定本规程。

1.0.2 本标准适用于各等级公路桥梁，市政桥梁可参照执行。

1.0.3 公路双扁钢箱-混凝土组合梁的材料、设计、加工、施工除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 双扁钢箱-混凝土组合梁 double flat-box composite girder

采用钢筋混凝土、预应力混凝土或钢-混凝土组合行车道板与两道扁钢箱组成，并能共同受力的主梁。

2.0.2 钢主梁 steel girder

支撑混凝土行车道板并与行车道板组合受力的钢构件。

2.0.3 混凝土行车道板 deck plate

设置在钢主梁上侧与钢主梁连接并承受桥面荷载的混凝土板式构件。

2.0.4 抗剪连接件 shear connector

设置在钢主梁与行车道板间用于传递连接界面剪力的连接构件。

2.0.5 跨间横梁 internal cross beam

设置于桥梁支点间的钢横梁，对钢主梁进行横向连接。

2.0.6 支撑体系横梁 support system beam

上缘与行车道板连接，共同参与横向受力的横梁。

2.0.7 非支撑体系横梁 unsupport system beam

上缘不与行车道板连接，横向单独受力的横梁。

2.0.8 端横梁 end cross beam

设置于桥梁端支点处的钢横梁。

2.0.9 中横梁 end cross beam

设置于桥梁中支点处的钢横梁。

3 基本规定

3.0.1 双扁钢箱-混凝土组合梁的设计施工应综合考虑现场地形地质条件与施工方法，宜对构件进行标准化设计与装配化施工。

3.0.2 双扁钢箱-混凝土组合梁的设计极限状态应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》TG D60 和《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定，同时构件设计应符合现行国家标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定，具体设计流程见附录 A。

3.0.3 双扁钢箱-混凝土组合梁的抗倾覆稳定性应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG 64 的有关规定。

4 材料

4.0.1 双扁钢箱-混凝土组合梁使用的材料除应符合本标准的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业现行有关标准的规定。

4.0.2 进厂材料应有质量证明文件，制造厂应按相关标准和设计文件规定进行抽样检验，检验合格后方可使用。

4.0.3 主体结构钢材牌号不应低于 Q345qD，若采用耐候钢，钢材牌号不应低于 Q345qDNH，交货状态均宜为 TMCP，质量应符合现行国家标准《桥梁用结构钢》GB/T 714 的有关规定。

4.0.4 钢材强度设计值应按照现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定执行，Q460 及以上钢材的强度设计值应符合表 4.0.4 的规定。

表 4.0.4 钢材强度设计值 (MPa)

钢材		抗拉、抗压和抗弯 fd	抗剪 fvd	端面承压（磨光顶紧） fcd
牌号	厚度 (mm)			
Q460q	≤16	365	210	410
	16~40	350	200	
	40~63	340	195	
	63~80	325	185	
	80~100	320	180	
Q500q	≤16	400	230	460
	16~40	390	225	
	40~63	380	220	
	63~80	365	210	
	80~100	360	205	

4.0.5 耐候钢在无涂装使用情况下，耐大气腐蚀性指数不应小于 6.0，且不应在以下环境使用，且应符合现行国家标准《桥梁用结构钢》GB/T714 的有关规定。

- 1 年平均湿度大于 80%；
- 2 空气中的盐分（NaCl）含量超过 0.05mdd；
- 3 重腐蚀性工业大气或浓硫酸（SO₃）含量超过 2.1mdd；
- 4 通风性较差地区；
- 5 距离设计水位线 2.5m 以内；

6 大量使用融雪剂（除冰盐）且有大量盐分聚集地区。

4.0.6 钢筋混凝土行车道板混凝土强度等级不应低于 C40，预应力混凝土行车道板强度等级不应低于 C50，设计指标应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的有关规定。

4.0.7 现浇行车道板、现浇湿接缝及剪力槽混凝土宜采用补偿收缩混凝土，相关技术指标应符合现行行业标准《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T178 的有关规定。膨胀剂的掺量应以补偿收缩混凝土膨胀率等于预制混凝土行车道板的收缩应变为原则，并根据试验确定。

4.0.8 普通钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1 和《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的有关规定。

4.0.9 行车道板横向预应力钢束应采用高强度低松弛钢绞线，其主要技术标准应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定。

4.0.10 螺栓连接应采用高强度螺栓摩擦型连接，应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓连接副》GB/T 1231 的有关规定。

4.0.11 抗剪连接件宜采用圆柱头焊钉，其材料、尺寸、化学成分、机械性能等应符合现行国家标准《紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环》GB/T10433 的相关要求。

4.0.12 焊接材料应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T5117 和《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110 等相关焊丝设计规范要求，焊接材料的选择须与母材相适应，在焊接后其熔敷金属的屈服强度、极限强度、延伸率、冲击韧性及耐腐蚀性等性能应不低于母材性能。当两种不同性能的钢材组焊在一起时，可按其中强度较低的母材选用焊条和焊丝，但焊接工艺应满足强度较高的母材的工艺要求。

4.0.13 涂装材料应符合设计文件和现行行业标准《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722 的有关规定。

5 构造要求

5.1 钢主梁

5.1.1 钢主梁纵向节段板厚与节段划分应根据内力分布进行设计。

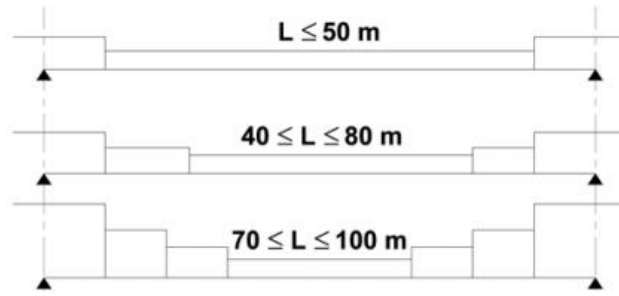


图 5.1.1 翼缘厚度变化示意图

5.1.2 钢主梁在梁段连接部的上翼缘厚度变化不应超过 2 倍，且板厚差不应超过 20mm。

5.1.3 钢主梁位于边中支点处应设置临时顶升构造。

5.2 联结系

5.2.1 非支撑体系横梁的板梁式横梁设计应符合下列规定：

- 1 横梁间距一般为 5.0m~9.0m，宜等间距布置；
- 2 跨内横梁高度宜取为主梁间距的 1/3，且不小于 0.5m；中横梁高度可取为主梁高度的 1/2，端横梁梁高可取为主梁高度的 2/3，且不小于跨内横梁高度；
- 3 钢筋混凝土行车道板悬臂长度大于 2.5m 时，宜在主梁外设置悬臂横梁。

5.2.2 板梁式横梁体系的横梁设计应符合下列规定：

- 1 横梁间距跨中区域不宜大于 10m，中支点区域不宜大于 6m；
- 2 跨内横梁高度可取为 0.5m~0.8m；中横梁高度可取为主梁高度的 1/2，且不小于跨内横梁高度；端横梁应与桥面板连接，梁高可取为主梁高度的 2/3，且不小于跨内横梁高度。

5.2.3 钢主梁与板梁式横梁联结系连接部宜设置连接端头。

5.2.4 横撑体系可采用桁架式横撑。

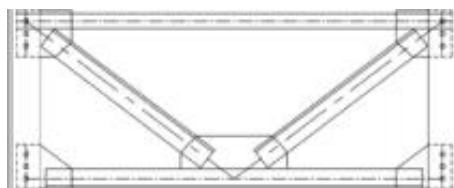


图 5.2.4 桁架式横撑

5.2.5 双扁钢箱-混凝土组合梁纵向联结系可采用 X 形、钻石形或 K 形。

5.3 行车道板

5.3.1 混凝土行车道板宜采用分块预制形式，块段划分应考虑运输和吊装能力，一般宽度不超过 3m。

5.3.2 行车道板支撑间距大于 4m 时宜采用横向预应力行车道板。若采用预制预应力行车道板，宜采用全宽预制，并在预制板与湿接缝中均设置横向预应力钢束。

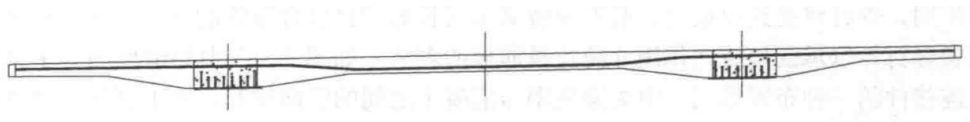


图 5.3.2 横向预应力合理布置

5.3.3 行车道板细部尺寸、配筋率、局部加强筋构造应符合国家现行标准《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 和《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定。

5.3.4 预制行车道板之间湿接缝宽度宜大于 50cm，保证纵向钢筋连接可靠。

5.3.5 预制行车道板剪力槽处钢筋应保证避开抗剪连接件。

5.4 抗剪连接件

5.4.1 抗剪连接件的设置应符合现行国家标准《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 的有关规定。

5.4.2 圆柱头焊钉连接件长度不应小于其杆径的 4 倍。

5.4.3 圆柱头焊钉连接件杆径不应大于与其焊接的钢板厚度的 2 倍。

5.4.4 预制行车道板与钢梁间宜采用集束式连接，设置于剪力槽与湿接缝处，并考虑主梁平面曲率的影响。

5.4.5 现浇行车道板与钢梁间宜采用连续式连接，剪力钉布置间距和数量应按现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定确定。

6 设计计算

6.1 总体计算

6.1.1 双扁钢箱-混凝土组合梁的截面特性应考虑负弯矩区混凝土开裂的影响，混凝土行车道板仅计入有效宽度范围内的刚度贡献。初步计算时，负弯矩区开裂范围可取中支点两侧各 0.15 倍桥梁跨径，精细化分析时，应根据行车道板拉应力水平对开裂范围进行修正和迭代。开裂截面刚度计算方法应符合现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定。

6.1.2 混凝土行车道板收缩徐变计算方法应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 与《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定。

6.1.3 双扁钢箱-混凝土组合梁设计应考虑结构动力效应的影响，保证行车舒适度。

6.2 主梁计算

6.2.1 钢主梁与联结系强度验算应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。

6.2.2 钢主梁与联结系的整体与局部稳定验算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定，双扁钢箱-混凝土组合梁整体侧扭稳定性验算应符合现行国家标准《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 和现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定。

6.2.3 钢主梁与联结系的疲劳性能应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。

6.2.4 钢主梁与联结系的连接应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。

6.2.5 钢主梁横隔板刚度应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。

6.2.6 钢主梁计算应考虑扭转应力，包括自由扭转、约束扭转与畸变产生的正应力、剪应力、横向弯曲应力。

6.3 行车道板计算

6.3.1 行车道板横桥向设计时，若仅支撑在钢主梁上可按单向板设计，对于多主梁式钢箱-混凝土组合梁，应考虑钢主梁的不均匀挠曲对行车道板横向弯曲的影响；若行车道板同时支撑在钢主梁与联结系上且长宽比小于 3，则应按双向板设计。

6.3.2 行车道板横桥向设计时，应考虑钢箱梁因扭转变形传递至行车道板的横向弯矩及剪力。

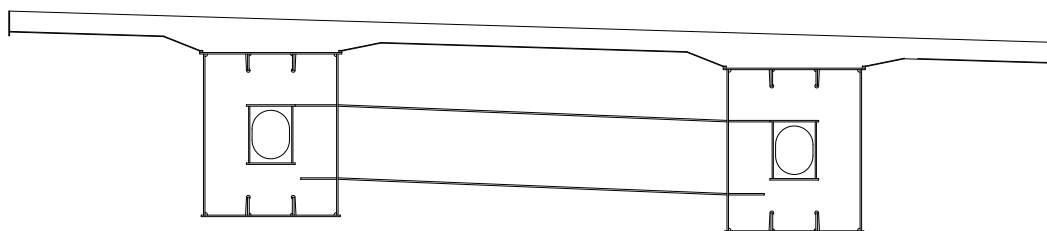


图 6.3.2 双扁钢箱-混凝土组合梁截面

6.3.3 行车道板纵向抗剪应符合现行国家标准《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 的有关规定，对图 6.3.3 中 a-a b-b c-c 断面进行抗剪承载能力验算。图中 b_e 为行车道板有效宽度， b_0 为抗剪连接件横向宽度。

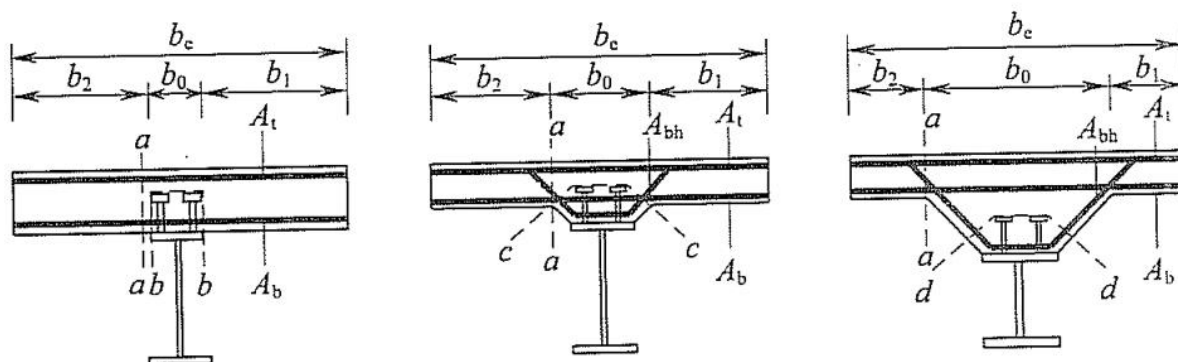


图 6.3.3 纵向抗剪验算截面

6.3.4 行车道板纵桥向设计时，承载能力极限状态与正常使用极限状态的钢筋应力与裂缝宽度应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的有关规定。

6.4 抗剪连接件计算

6.4.1 双扁钢箱-混凝土组合梁抗剪连接件的选用应保证钢主梁与混凝土行车道板形成有效组合，连成整体承受荷载。

6.4.2 双扁钢箱-混凝土组合梁抗剪连接件的抗剪承载能力计算应考虑抗剪连接件本身的剪切破坏与混凝土压溃两种破坏形式，承载能力计算方法应符合现行国家标准《钢-混凝土

土组合桥梁设计规范》GB 50917 和现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 的有关规定。

6.4.3 双扁钢箱-混凝土组合梁抗剪连接件的疲劳验算荷载应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定的有关规定，且抗剪连接件的疲劳承载能力取抗剪承载能力的 20%。

6.5 细部计算

6.5.1 钢主梁与联结系加劲肋间距及尺寸要求应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关要求，在进行负弯矩区钢主梁腹板加劲肋设计时，应考虑施工过程及的腹板应力叠加对钢腹板受压区高度的影响。

6.5.2 钢主梁与联结系翼缘板宽厚比应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关要求。对于与混凝土行车道板连接的翼缘板，可根据施工阶段应力进行适当放宽，但应保证施工阶段翼缘稳定性，且抗剪连接件应符合现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01 对受压翼缘连接件间距的构造要求。

7 制造

7.0.1 钢梁加工应符合下列规定：

- 1 钢主梁及横梁采用工厂化制作，经除锈、涂装后运输至安装现场。
- 2 制造厂应对设计图进行工艺性审查。当需要修改时，应取得原设计单位同意并签署设计变更文件。
- 3 制造厂应根据设计图绘制施工图并编制制造工艺，钢主梁及横梁制造应根据施工图和制造工艺进行。
- 4 钢主梁及横梁制造及验收应使用经计量检定合格的计量器具，并按有关规定进行操作。

7.0.2 钢主梁与横梁加工宜采用 BIM 技术进行三维建模并深化设计，具体流程见附件 B。

7.0.3 钢主梁与横梁组装与焊接应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定，同一部位焊接返修次数不应超过 2 次。

7.0.4 钢主梁与横梁在批量制造前，应进行试装。

7.0.5 验收时，钢主梁与横梁制造尺寸允许偏差应符合表 7.0.5 的规定。

表 7.0.5 钢构件基本尺寸允许偏差（mm）

项 目		允许偏差	说 明
主 梁	梁高 h	± 4.0	测量两端腹板处高度
	宽度	± 2.0	——
	极边孔距	± 1.0	测量两端孔群间距离
	旁弯	≤ 3.0	梁立置时，在腹板一侧距主焊缝 100mm 处拉线测量
	腹板平面度	$< h/350$ 且 ≤ 8	用平尺测量，h 为梁高或纵向加劲肋至下盖板间距离
	顶板对腹板的垂直度	1.0（有孔部位）	
		1.5（无孔部位）	
	梁长	± 5.0	——
横 梁	扭曲	≤ 3.0	在平台上测量
	梁高 h	± 2.0	测量两端及跨中腹板处的高度
	长度	± 4.0	——
	盖板宽度	± 2.0	——

项 目		允许偏差	说 明
	极边孔距	± 2.0	测量两端孔间距离
	旁弯	≤ 3.0	梁立置时，在腹板一侧距主焊缝 100mm 处拉线测量
	拱度	$+10$ -3	梁卧置时在下盖板外侧测量
	盖板对腹板的垂直度	≤ 1.5	用直角尺测量
	腹板平面度	$h/500$ 且 ≤ 5	用平尺测量，h 为梁高或纵向肋至下盖板间距离
	扭曲	≤ 5.0	在平台上测量

8 施 工

8.1 钢梁施工

- 8.1.1** 安装施工前，应根据现场施工环境条件，选择合理安装方法，编制专项施工方案，经批准后方可实施。
- 8.1.2** 计算钢梁节段或整体运输和安装受力时，构件自重应乘以动力系数。动力系数应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定。
- 8.1.3** 钢梁节段或整体施工时，应进行钢梁的抗倾覆稳定性验算，应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的有关规定。
- 8.1.4** 钢梁节段或整体施工时，应进行钢梁的整体稳定验算，以及进行钢主梁、联结系的腹板与翼缘板的局部稳定验算，应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。
- 8.1.5** 钢梁节段或整体施工时，应进行钢梁的强度验算，应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。
- 8.1.6** 在运输与架设时应保证钢主梁与联结系临时吊点、临时支撑点及承受局部荷载的部位传力可靠。若以架设完成的钢梁作为上部施工机械、构件的临时支撑时，应准确考虑钢梁承受的荷载。
- 8.1.7** 在运输与架设时应实时监测钢梁及其支撑的整体与局部变形。
- 8.1.8** 支座宜先安装至钢梁底部，待钢梁就位后，再进行支座垫石浇筑。

8.2 行车道板施工

- 8.2.1** 应对预制行车道板吊装状态的裂缝宽度进行验算，并考虑动力系数。动力系数取值应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的有关规定。
- 8.2.2** 应对预制行车道板临时吊点构造进行验算，并考虑多吊点受力的分配不均匀。
- 8.2.3** 预制预应力行车道板在湿接缝浇筑前，宜尽可能少张拉横向预应力钢束，在湿接缝混凝土达到施工张拉要求后，将湿接缝与行车道板剩余横向预应力钢束进行张拉。
- 8.2.4** 现浇行车道板应保证浇筑时混凝土模板刚度，应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650 的有关规定。
- 8.2.5** 预制行车道板与钢梁连接界面边缘应布置止水胶条，力学性能应符合现行行业标准《水工建筑物止水带技术规范》DLT 5215 有关规定。

8.2.6 预制行车道板与钢梁连接界面应涂抹钢混粘结胶，粘结胶材料应符合国家现行标准《室内装饰装修材料 胶粘剂中有害物质限量》GB 18583 和《公路桥梁加固设计规范》JTG/T J22 的有关规定。

8.2.7 桥面防水层应确保能有效防水，且与桥面现浇层及沥青混凝土铺装层间有足够的粘结强度和剪切强度，防水材料必须具备柔韧性、温度稳定性和耐久性。

附录 A 双扁钢箱-混凝土组合梁设计流程

A.0.1 主梁钢材应符合现行国家标准《桥梁用结构钢》GB/T 714 的有关规定，根据设计中的钢材应力水平合理选择牌号。需要同时考虑的因素有钢材延展性和韧性、可焊性能，其指标主要有屈服强度、极限强度、延伸率、冲击韧性、冷弯性能、等效含碳量。厚度方向性能应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的有关规定。

A.0.2 单幅桥面宽度为土路肩+右侧硬路肩(L2)+行车道(W)+左侧路缘带(S1)+侧向净宽(c)+防护设施宽度，其中路缘带及侧向净宽根据时速选择。

A.0.3 跨径可采用等跨与不等跨布置。从受力方面考虑，边跨可采用小跨，有利于边跨受力和等强设计，连续梁边中跨比最大可达到 0.8。等跨布置，边跨与中跨跨径相同，外形美观，适合于跨越道路及平坦地形，但边跨受力更为不利，需要进行加强设计。

A.0.4 双扁钢箱-混凝土组合梁为典型开口截面，适用于曲线半径较小的桥梁中，一般曲线半径 $R \geq 60m$ 。

A.0.5 立面布置有等高、变高两种形式，等高结构形式是工厂化制造最经济的结构形式，方便钢梁运输及安装施工，尤其对采用顶推施工时采用等高梁是最为合适的选择。

A.0.6 钢梁高度估算时宜取 $h = L_{eq}/20 \sim L_{eq}/30$ ， L_{eq} 为计算跨径。

A.0.7 混凝土行车道板可选择非支撑体系或支撑体系，依据支撑间距决定是否设置横向预应力钢束，进行横向配筋设计，纵向行车道板应按参与主梁受力进行配筋设计。

A.0.8 双扁钢箱-混凝土组合梁的安全性能设计主要包括：施工阶段与成桥阶段的倾覆稳定设计；主梁整体稳定、局部稳定设计；主梁强度设计；钢梁疲劳设计；行车道板纵横向承载力；连接件承载力、疲劳验算；连接设计。上述设计内容在正文中均已给出设计方法或应符合的相关规范及标准。

A.0.9 双扁钢箱-混凝土组合梁的使用性能设计主要包括主梁在运营阶段挠度、行车道板混凝土裂缝宽度、抗剪连接件滑移量等，在正文中均已给出设计方法或应符合的相关规范及标准。

A.0.10 双扁钢箱-混凝土组合梁的构造设计主要包括：

- 1 钢梁构造细节：翼缘板、腹板加劲肋、纵横向联结系相关构造等。
- 2 行车道板构造细节：行车道板轮廓尺寸、保护层厚度、配筋率等。

3 抗剪连接件构造细节：抗剪连接件的纵横向布置间距、保护层厚度、与钢梁边缘间距、与混凝土行车道板边缘间距；圆柱头焊钉连接件的长度、杆径等。

上述内容正文中均已给出设计方法或应符合的相关规范及标准。

附录 B 钢梁 BIM 辅助加工

B.1 总体设计

- B.1.1** 建立模型之前需要建立标准件的题材库，包括钢主梁、钢横梁、行车道板、抗剪连接件、螺栓、螺母等数据库。
- B.1.2** 建立材料明细表，包含构件的名称、数量、材质、重量、装配体名称等。
- B.1.3** 建立施工阶段零件模型，并分块。
- B.1.4** 将零件进行装配。
- B.1.5** 对装配拼接误差进行分析。

B.2 深化设计

- B.2.1** 道路线型的三维坐标点通过拟合的方式提取出来，并在三维软件中拟合放样出来。
- B.2.2** 合材料采购、现场运输安装方案，确定双扁钢箱-混凝土组合梁的节段划分。
- B.2.3** 输出钢结构部分的钢板下料尺寸图，普通钢筋下料图。

附录 C 钢-混凝土组合行车道板设计流程

C.0.1 钢-混凝土组合行车道板宜按照如下流程进行总体计算。

a) 施工阶段底钢板受力计算。

此阶段主要考虑混凝土浇筑荷载并计入动力系数，对于底钢板与加劲肋组成的模板体系，应按现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTGD64考虑剪力滞效应有效宽度与受压局部稳定有效宽度折减。浇筑阶段中，底钢板挠度不应超过0.05倍行车道板总厚度。

b) 成桥阶段行车道板抗弯、抗剪承载力计算。

应同时考虑恒载、汽车荷载以及因钢主梁扭转产生的横向附加内力等。

c) 成桥阶段行车道板使用性能计算。

验算成桥阶段裂缝宽度、汽车荷载挠度。

C.0.2 钢-混凝土组合行车道板宜按照如下流程进行细部计算。

a) 抗剪连接件连接承载力计算。

b) 抗剪连接件连接疲劳计算。

c) 底钢板与抗剪连接件复合疲劳计算。

d) 底钢板顺桥向连接计算。

用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 《钢-混凝土组合桥梁设计规范》 GB 50917
- 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 《焊接符号表示法》 GB/T 324
- 《桥梁用结构钢》 GB/T 714
- 《补偿收缩混凝土应用技术规程》 JGJ/T 178
- 《公路工程技术标准》 JTG B01
- 《公路桥涵设计通用规范》 JTG D60
- 《公路钢结构桥梁设计规范》 JTG D64
- 《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》 JTG/T D64-01
- 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》 JTG 3362
- 《公路桥涵施工技术规范》 JTG/T 3650
- 《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》 JTG/T 3651
- 《公路桥梁抗震设计细则》 JTG/T 2231
- 《公路桥梁板式橡胶支座规格系列》 JT/T 663
- 《公路桥梁多级水平力盆式支座》 JT/T 872

中国工程建设标准化协会标准

双扁钢箱-混凝土组合桥梁技术规程

T/CECS xxx—xxxx

条 文 说 明

制 定 说 明

本标准《双扁钢箱-混凝土组合桥梁技术规程》制定过程中，编制组在系统梳理与总结国内外相关技术标准和研究成果的基础上，遵循现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01)中的相关原则，结合近年来公路行业丰富的工程实践经验，对标准中未详尽规定的设计施工内容进行了必要的扩展与细化。本标准还进一步明确了双扁钢箱-混凝土组合梁的细化设计施工流程，确保了该类结构在实际工程设计建造过程中的各环节质量。编制组通过广泛的调研、严谨的分析论证，以及多轮次的讨论与修订，最终完成了本标准的制定工作。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准《双扁钢箱-混凝土组合桥梁技术规程》时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总 则	错误！未定义书签。
3 基本规定	错误！未定义书签。
4 材 料	错误！未定义书签。
5 构造要求	错误！未定义书签。
6 设计计算	29
8 施 工	错误！未定义书签。

1 总 则

1.0.1 本标准适用于主体工程采用扁钢箱的钢-混凝土组合结构桥梁。

3 基本规定

3.0.2 在参照现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 进行构件设计时，应考虑钢-混凝土组合梁的钢主梁形心位置变化，验算腹板局部稳定采用的钢梁高度按照 2 倍腹板受压区高度计算。

3.0.3 抗倾覆稳定性验算方法按照现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 相关要求执行。

4 材 料

4.0.3 钢材技术指标应符合现行国家标准《桥梁用结构钢》（GB/T 714）的规定，主梁（钢箱梁、横梁）钢材的交货状态宜采用 TMCP 作为交货状态，并在质量证明书中注明，行车道板底模和 PBL 件钢材的交货状态满足现行国家标准《桥梁用结构钢》（GB/T 714）即可。与中横梁和支点横梁进行对接焊的箱梁内侧腹板钢板性能同时要求满足现行国家标准《厚度方向性能钢板》（GB/T 5313）Z15 相关要求。所有钢材必须具有国家技术质量监督部门确认的产品质量说明、出厂合格证明；必要时可要求制造厂对钢板材料进行无损探伤复验。如桥梁所处环境为严重以上环境等级，应选用专用的钢结构耐久性钢材。Q420qENH（耐候钢）主要适用于桥梁最小工作温度为 $-40^{\circ}\text{C} \leq t < -20^{\circ}\text{C}$ 。当桥梁工作温度大于等于 -20°C 时，桥梁钢材可采用 Q420qDNH（耐候钢）；桥梁工作温度小于 -40°C 时，桥梁钢材应采用 Q420qFNH（耐候钢）。

4.0.7 现浇筑行车道板采用 C50 高性能不收缩自密实混凝土，其技术标准应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010）、现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）、《补偿收缩混凝土应用技术规程》（JGJ/T 178）及《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。

5 构造要求

5.1.2 在钢梁上翼缘厚度变化处，因翼缘厚度突变会影响抗剪连接件局部受力，为降低对抗剪连接件局部应力集中，限定上翼缘厚度变化量的范围。

5.2.2 对于非支撑横梁体系，中支点区域横梁具有保证组合梁整体稳定的作用，故缩小该区域横梁间距。

5.2.3 为了保证横梁翼缘与箱梁腹板连接处传力平顺，消除应力集中，宜在翼缘端头设置圆弧倒角，图 5.2.3 中给出了建议的圆弧半径。

6 设计计算

6.1.1 本条规定与现行行业标准《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01)保持一致,限于边、中跨跨径比例不小于 0.6 以及主跨跨度不大于 60m 的情况,对于超过此范围的组合梁桥,应根据行车道板拉应力水平修正开裂范围。

6.1.2 对于开裂区混凝土行车道板,无需计入混凝土收缩徐变效应。

8 施 工

8.1.4 钢梁施工过程中的整体及局部稳定计算方法符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 相关规定的计算假定，可直接按照 JTG D64 条文执行。

8.1.8 为消除支座垫石的误差，宜采用垫石后浇的工序，即为安装临时支座→主梁底部安装支座→安装主梁→确认支座位置及标高→浇筑支座垫石灌浆料→拆除临时支座。

8.2.3 对于预制行车道板，若在安装前张拉全部横向预应力，将导致湿接缝处横向预应力的不均匀施加，故宜将预制行车道板吊装到位后，与湿接缝横向预应力一并张拉。