

中国交通运输协会团体标准

# 超大规格 H 型钢混凝土组合梁 设计规范

Code for design of ultra large H-section steel concrete composite girder

（征求意见稿）

编制说明

2024-08

## 一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

根据中国交通运输协会发布的“2024 年度第 6 批团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2024〕79 号）要求，由中铁工程设计咨询集团有限公司联合多家单位作为起草单位，负责本规程的编制工作。

主要起草人：徐升桥、李辉、邹永伟、彭岚平、王洪新、金令、赵博、胡豪、夏龙。

## 二、制订标准的必要性和意义

为规范公路、城市桥梁超大规格 H 型钢混凝土组合梁的设计要求，使超大规格 H 型钢组合梁的设计满足安全可靠、先进成熟、经济适用、保护环境的要求，制定本技术标准。传统的钢混组合梁，钢梁采用钢板焊接，工程造价高，常用跨度钢混组合梁在我国公路、城市桥梁建设中的应用极少。国内外钢混组合梁的发展趋势为采用高性能钢材、新型钢材。超大规格 H 型钢混凝土组合梁，显著减低工程造价，提高钢混组合梁的经济性和适用性，符合绿色环保发展方向和节省碳排放的国家政策。总结和吸纳超大规格 H 型钢混凝土组合梁研究、设计的先进成果，制定我国超大规格 H 型钢混凝土组合梁设计规范，推进钢混组合结构桥梁技术发展。

## 三、主要工作过程

本文件在总结国内外钢混组合桥梁工程实践经验、借鉴 H 型钢组合梁科研成果的基础上进行编制。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

## 四、制订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本文件制订的基本原则是以现有研究工作为基础，参照国家规范、标准，依据《钢-混凝土组合桥梁设计规范》（GB 50917-2013）的基本规定要求，针对超大规格 H 型钢混凝土组合梁设计的特点进行定义、描述和规定。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

- 1 《桥梁用结构钢》(GB/T 714-2015)
- 2 《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591-2018)
- 3 《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》(GB/T 11263-2017)
- 4 《钢结构设计标准》(GB 50017-2017)
- 5 《钢结构焊接规范》(GB 50661-2011)
- 6 《钢-混凝土组合桥梁设计规范》(GB 50917-2013)
- 7 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018)
- 8 《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)
- 9 《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01-2015)
- 10 《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)

《钢结构设计标准》(GB 50017-2017)、《钢-混凝土组合桥梁设计规范》(GB 50917-2013)、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》(JTG/T D64-01-2015)关于钢混组合梁的规定,均针对传统的焊接钢梁。现有规范从钢混组合梁的材料、设计、施工、验收等方面分别提出了相关要求,钢梁均为焊接钢板梁、钢箱梁和钢桁梁等,未包含 H 型钢组合梁的技术内容。本标准是对现有标准规范体系的补充,提高钢混组合梁的经济性,推动公路、城市桥梁常用跨度钢混组合梁的工程应用。

## 五、主要条款的说明,主要技术指标、参数、实验验证的论述

### 1 范围

本文件规定了公路、城市桥梁超大规格H型钢混凝土组合梁的基本规定,材料,结构计算,结构构造和耐久性等要求。

根据国家重点研发计划“超大规格H型钢高性能热轧成形技术(2021YFB3401000)”的成果,超大规格H型钢的截面高度1.2m~1.7m,适用于公路、城市桥梁30m~40m跨度的钢混组合梁。

### 5 材料

5.1.1 钢材宜采用Q355、Q390、Q420和Q460,其化学成分、力学性能等应符合GB/T 1591的规定。钢材强度设计值应按表1采用。

根据国家重点研发计划“超大规格H型钢高性能热轧成形技术(2021YFB3401000)”的成果,超大规格H型钢的屈服强度为420MPa及以下。公路30m~40m跨度的钢混组合梁,钢材材质Q355、Q370、Q390和Q420可满足受力需要。当

桥址温度较低或钢板厚度较厚时，钢材材质可根据需要采用Q345q、Q370q、Q390q和Q420q，其化学成分、力学性能等应符合GB/T 714的规定。

5.1.5 超大规格H型钢的交货长度应满足桥梁孔跨布置的需要，交货长度和热轧预弯值应满足组合梁预拱度设置的需要。

《热轧H型钢和剖分T型钢》(GB/T 11263-2017)规定，H型钢的交货长度一般不大于15m，但常规的H型钢很少应用于桥梁主体结构。超大规格H型钢应用于桥梁工程时，可根据梁段划分及施工方法确定H型钢的交货长度，但整个项目的H型钢交货长度应尽量统一，便于H型钢轧制的工艺控制和桥梁的标准化施工。

5.2.1 钢筋混凝土的混凝土强度等级不应低于C40。

30m~40m跨度的钢混组合梁，混凝土板优先采用钢筋混凝土结构，便于施工。连续钢混组合梁，中支点负弯矩区采用高配筋的形式控制混凝土板的裂缝宽度。

## 6 结构计算

6.1.1 超大规格H型钢混凝土组合梁截面尺寸和构造应满足梁体刚度要求，中性轴宜位于钢梁截面范围内。

结合梁中性轴规定位于钢梁截面范围，主要考虑如下因素：

如将结合梁的中性轴置于混凝土板内，则受拉部分的混凝土不能形成截面的一部分，因而损失了这部分材料的作用。

抗剪连接件附近混凝土内的应力状态比较复杂，据文献介绍，即使混凝土部分在计算中为全部受压时，受力后在抗剪连接件受压面背后的混凝土已非全处于受压状态，如果中性轴位于混凝土板内，则截面受力更复杂。

根据科研成果，超大规格H型钢的截面高度1.2m~1.7m，组合梁采用密纵梁布置，适用于跨度不大于40m的钢混组合梁。跨度大于40m的钢混组合梁，可进一步研究，如采取增加H型钢片数、H型钢与混凝土板先结合再吊装上桥等措施。

6.1.4 H型钢组合梁宜进行整体结构计算，也可对边梁和中梁分别进行纵向计算、对混凝土桥面板进行横向计算。

格H型钢混凝土组合梁采用密纵梁结构，对于横向多片钢梁的组合梁采用空间有限元分析，钢梁采用梁单元模拟，桥面板采用板单元模拟；也可先计算活载横向分布系数，并对边梁和中梁分别进行纵向计算，混凝土桥面板进行横向计算，并对结构强度、刚度、连接件等进行检算。对于常用跨度组合梁，空间有限元分析与平面分析的结果基本一致。

6.1.7 连续组合梁负弯矩区截面特性可按下列规定计算：

a) 混凝土板按钢筋混凝土设计时，中支座两侧跨度 15% 范围内混凝土板不计入，但其有效宽度内的纵向受拉钢筋可计入。

b) 混凝土板按全预应力混凝土或部分预应力混凝土 A 类构件设计时，可按 6.1.6 的规定计算

英国规范 BS5400 及欧洲规范 4 对连续组合梁考虑混凝土开裂时均规定：在距中间支座两侧各  $0.15L$ （ $L$  为梁的跨度）范围内，组合梁取用开裂截面刚度，其余区段仍取为开裂截面刚度。

#### 6.1.8 H 型钢组合梁的结构内力及变形计算应计入施工方法和施工顺序的影响。

钢混组合梁的施工，往往是将钢梁架设在桥位上以后，在钢梁上灌注或铺设混凝土板。此时钢梁和混凝土板的自重只能由钢梁单独承受，为第一受力阶段的荷载。当混凝土板和钢梁通过抗剪连接件形成整体且混凝土达到足够强度后再在混凝土板上进行桥面铺装、承受汽车荷载，这部分荷载由整个组合梁承受，为第二受力阶段的荷载。我国钢混组合梁大多采用这种施工步骤进行设计，以充分体现组合梁施工方便的优势。但钢梁与混凝土板也可在桥下结合，再整体吊装上桥，此时全部荷载均属于第二受力阶段的荷载，理应由组合截面承受。

6.2.2 混凝土板徐变产生的效应可按 JTG 3362 的规定计算。计算组合梁截面特性时，可采用调整钢材与混凝土弹性模量比的方法考虑混凝土徐变的影响。

国内外钢混组合梁设计一般使用换算截面法，采用钢与混凝土弹性模量比  $n = E_s / E_c$  将两种材料换算成钢进行计算。由于混凝土的徐变效应，再根据荷载性质的不同对  $n$  进行折减。恒载工况钢混弹模比按公式  $n = (1 + \varphi) E_s / E_c$  计算，设计者可根据具体工点桥混凝土的加载龄期确定徐变系数  $\varphi$ ，计算弹模比  $n$ 。

6.2.3 混凝土板收缩产生的效应可按 JTG 3362 的规定计算。作为简化分析方法，混凝土板收缩产生的内力可按降低温度的方法计算，并符合下列规定。

混凝土板收缩的简化分析方法，参考了《铁路桥涵设计规范》（TB 10002-2017）的规定：“刚架、拱等超静定结构、预应力混凝土结构、结合梁等，应考虑混凝土收缩的影响，涵洞可不考虑。混凝土收缩的影响，可按降低温度的方法来计算。并符合下列规定：

- 1 整体灌筑的混凝土结构可按降低温度  $20^\circ\text{C}$  计算。
- 2 整体灌筑的钢筋混凝土结构可按降低温度  $15^\circ\text{C}$  计算。

3 分段灌注的混凝土或钢筋混凝土结构可按降低温度  $10^{\circ}\text{C}$  计算。

4 装配式钢筋混凝土结构可按降低温度  $5\sim 10^{\circ}\text{C}$  计算。”

混凝土收缩，主要是由于水泥浆凝结而产生，也包括了环境干燥所产生的干缩。混凝土收缩有下列现象：

1 随水灰比加大而增加。

2 高强度等级水泥的收缩较大，采用各种外加剂时也会加大收缩。

3 增加填充集料可减少收缩，并随集料的种类、形状及颗粒组成的不同而异。

4 收缩在凝结初期比较快，以后逐渐迟缓，但仍继续很长时间。

5 环境湿度大的收缩小，干燥地区收缩大。对于超静定结构（如拱式结构、刚构等）和结合梁等，必须考虑由于混凝土收缩变形所引起赘余力的变化和截面内力的变化。但对于涵洞，此项影响力不大，一般可略去不计。

对于钢筋混凝土结构，当混凝土收缩时，钢筋承受压力，阻碍了混凝土部分的收缩变形，并使混凝土承受拉力。

分段灌注的混凝土结构和钢筋混凝土结构，因收缩已在合龙前部分完成，故对混凝土收缩的影响可予酌减，拼装式结构也因同样理由进行酌减。

研究混凝土收缩问题时，往往与混凝土徐变现象分不开。混凝土收缩使构件本身产生应力，而这种应力的长期存在又使混凝土发生徐变，此种徐变限制或抵消了一部分收缩应力。混凝土的收缩系数一般可定为  $2\times 10^{-4}\sim 4\times 10^{-4}$  之间，平均为  $3\times 10^{-4}$ 。但这些数值是指实验室内的试件而言，而实际上随着构件体积的增大，表面模量（单位体积的表面面积）相对减小，影响到表面的水分散发。另外还要考虑实际构件施工过程中已完成部分收缩，因此采用的收缩系数标准为  $0.0002\sim 0.00015$ ，而混凝土的线膨胀系数为  $0.00001$ ，相当于降低温度  $20^{\circ}\text{C}$  和  $15^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.4 竖向温度梯度引起的效应可按 JTG D60 的规定计算。作为简化分析方法，钢梁与混凝土板之间的温差可按  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  计算。

当环境温度变化时，由于钢材和混凝土的导热性能不同，二者之间存在温度变化的滞后现象，即产生温差，可按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定计算。根据国内相关研究成果，组合梁钢梁与混凝土板之间的平均温差不会超过  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ，简化计算时钢混温差可按  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  考虑。

6.3.1 关于钢混组合梁混凝土桥面板有效宽度的计算，目前各国规范的计算方法不尽相同。《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》（JTG/T D64-01-2015）借鉴了欧洲规范4

(EuroCode 4)，本标准有效宽度计算借鉴了日本《日本道路桥示方书》、《铁道构造物等设计标准及解说》的有关规定。

## 8 结构设计

8.1.1 H型钢的横向间距和截面高度应结合桥面宽度根据计算确定。根据国家重点研发计划“超大规格H型钢高性能热轧成形技术(2021YFB3401000)”的成果，提出了30m、35m、40m跨度的H型钢横向布置间距、H型钢截面高度参考值。

### 附录A

A.1 根据国家重点研发计划“超大规格H型钢高性能热轧成形技术(2021YFB3401000)”的成果，提出了超大规格H型钢的截面尺寸，供设计选用。同型号的H型钢，腹板净高 $h$ 、翼缘外伸宽度 $b$ 相同，在保持 $h$ 、 $b$ 不变的情况下，可以调整翼缘厚度 $t_2$ 和腹板厚度 $t_1$ 进行规格优化设计，具体规格需由供需双方协商确定。

## 六、重大意见分歧的处理依据及结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

## 七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

## 八、作为推荐性标准建议及其理由

由于目前钢混组合梁的钢梁采用钢板焊接，工程造价高，30m~40m常用跨度钢混组合梁在我国公路、城市桥梁建设中的应用极少。超大规格H型钢组合梁，显著降低工程造价，提高钢混组合梁的经济性和适用性，符合绿色环保发展方向和节省碳排放的国家政策。为此，国家科技部立项十四五重点专项“超大规格H型钢高性能热轧成形技术”，开展超大规格H型钢热轧技术和应用技术研究。2016年，为推进公路桥梁建设转型升级，充分发挥钢结构桥梁性能优势，交通运输部研究决定推进公路钢结构桥梁建设，并出台《关于推进公路钢结构桥梁建设的指导意见》。应用超大规格热轧H型钢，显著降低组合梁的工程造价。制定《超大规格H型钢混凝土组合梁技术标准》，促进我国钢混组合桥梁建设发展，提升我国桥梁建设品质。

## 九、贯彻标准的措施建议

(1) 精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，主要对设计单位开展标准实施培训和宣贯普及，有效推动贯标工作的开展及落实，在公路、城市桥梁建设中推广超大规格 H 型钢混凝土组合梁。

(2) 定期组织设计人员进行技术交流，不断对钢混凝土组合梁结构进行完善，保持技术领先、造价经济。

## 十、其他应说明的事项

暂无。