

UHPC 在公路改扩建桥面板加固中的应用

王明法

(山东高速集团有限公司, 山东 济南 250098)

摘要: 本文从京沪高速公路改扩建实际工程案例出发, 采用 UHPC 增大截面法对桥面板结构进行加固。通过有限元计算, 本加固方案可以满足抗剪承载力要求, 通过植筋加固将加固层与原构件进行连接, 保证超高性能混凝土与旧混凝土共同工作, 养护完成后桥面加固层无裂缝出现, 桥面平整度符合设计及规范要求。

关键词: UHPC; 增大截面; 改扩建; 加固

中图分类号: U414 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 02—0159—02

目前高速公路桥梁由于超载、养护不到位等因素, 陆续出现各种病害, 而传统加固方法存在加固困难、效果不理想等问题。超高性能混凝土材料以其强度高、延性好、与普通混凝土黏结好等优点而特别适用于桥梁加固^[1]。

采用 UHPC 对桥梁结构加固的主要方法为增大截面法。研究表明, UHPC 加固方法以 UHPC 材料自身超高的抗拉强度, 在一定程度上可以提高普通混凝土板的刚度和延性^[2]。刘超等以沪嘉高速公路蕰藻浜大桥加固项目为背景, 为修复桥面板的裂缝, 改善桥梁受力, 提出超高性能混凝土 (UHPC) 薄层加固法, 发现其可以增强主梁和桥面板之间的联系, 提高桥面板的刚度, 降低桥面板横向应力及挠度。

本文从京沪高速公路改扩建桥面板加固实际工程案例出发, 采用有限元计算来研究超高性能混凝土应用于桥面板加固的承载力, 提出采用超高性能混凝土增大截面加固桥面板的施工方案。

1 工程概况

京沪高速公路临沂段改扩建工程起自蒙阴县与新泰市交界处 K540+580, 经蒙阴县、沂南县、兰山区、高新区、罗庄区、兰陵县、郯城县七个县区, 止于郯城县红花埠南 (鲁苏界) K710+000, 接已建京沪高速公路江苏新沂至淮安段, 全长 169.3 公里。

本次加固维修的工作范围为红花埠互通全桥桥面。

红花埠互通立交原桥设计为 (15+20+15) 钢筋混凝土连续空心板, 分左右两幅, 左幅宽 20.6m, 右幅宽 13.5。柱式墩, 桩柱式桥台, 与下穿通道斜交 70°。

2 加固方案

加固的思路是通过增大截面法对空心板梁桥进行加固, 采用 UHPC 加固既有普通混凝土结构, 形成 UHPC 外层与普通混凝土结构的复合结构, 使加固后桥梁满足承载力要求, 同时使普通混凝土结构容易受环境与机械荷载损伤的部位得到高强度、高耐久的 UHPC 层保护, 最终结构使用寿命得到大幅延长。

2.1 加固设计

本项目中空心板总体性能良好, 采用超高性能混凝土 UHPC 加厚桥面板方法来加固桥梁, 方案如下:

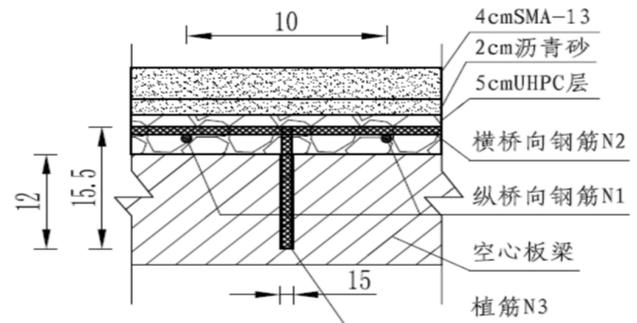


图 1 高性能混凝土-普通混凝土叠合层植筋构造图

相关标准指出, 增设超高性能混凝土层时, 原构件

表 1 空心板加固方案

桥面方案	截面配筋	界面处理
	单层双向直径 10mm 钢筋网, 布置间距与原桥相同。	原构件混凝土露出骨料断面后, 应在原构件凿毛成凹凸差不小于 6mm 且露出至少一半的粗骨料的粗糙面, 并按要求进行植筋。

混凝土表面宜进行凿毛处理。除此外，尚宜采取种植剪切销钉（钢筋）或将加固层新增钢筋与原构件钢筋采用短筋连接等措施。本方案采取植筋加固以更好保证超高性能混凝土与旧混凝土共同工作，具体如上图 1 所示。

2.2 加固计算

计算模型采用 Midas civil 2019 梁单元有限元。UHPC 加固层与原空心板之间为刚接；桥面铺装作为二期恒载采用外荷载施加；边界条件采用弹性支撑模拟。基本组合下剪力计算结果如下图所示：

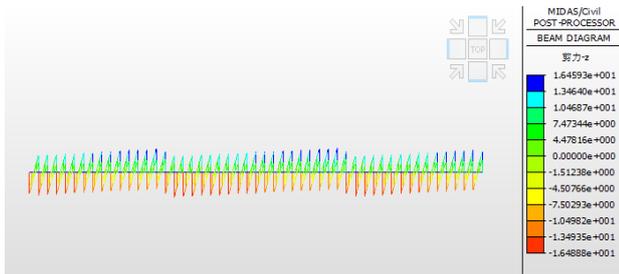


图 2 UHPC 层剪力计算结果

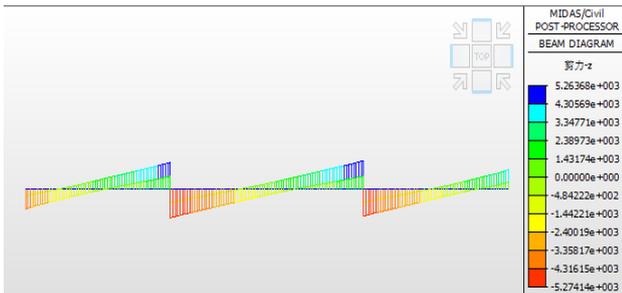


图 3 下层空心板剪力计算结果

经计算，本加固方案可以满足抗剪承载力要求，结果如下表所示：

表 2 红花埭互通空心板抗剪承载力验算结果

抗剪承载力验算			
截面	Vu(KN)	r*Vd(KN)	安全系数
支座截面	9237.17	5819.66	1.58
1/4 截面	8910.20	4765.2	1.85

3 现场实施

3.1 超高性能混凝土

超高性能混凝土由水泥、干混料、钢纤维和外加剂等组成，其中水泥采用 P.O42.5 普通硅酸盐水泥；钢纤维采用抗拉强度 $\geq 2000\text{MPa}$ 的镀铜钢纤维；减水剂采用减水率 $\geq 30\%$ 的粉体聚羧酸减水剂；干混料由中交公路长大桥建设国家工程研究中心有限公司根据本工程需求针对性开发。通过优选原材料，混凝土配合比如表 3 所示：

表 3 混凝土配合比 (kg/m^3)

水泥	干混料	钢纤维	水
700	1400	273	199

根据 T/CCPA7-2018《超高性能混凝土基本性能与试验方法》进行混凝土力学性能试验，各强度指标如表 4 所示：

表 4 超高性能混凝土设计指标

性能指标	设计要求
抗压强度 /MPa	≥ 130
轴压强度 /MPa	≥ 90
抗弯拉强度 /MPa	≥ 25
弹性模量 /GPa	≥ 40

3.2 加固施工

凿除钢筋锈胀部位疏松的混凝土。混凝土凿除过程中，钢筋应完全剥离出来，特别注意钢筋内侧与混凝土粘结面之间应剔除干净。原构件混凝土露出骨料断面后，应在原构件凿毛成凹凸差不小于 6mm 且露出至少一半粗骨料的粗糙面。在凿除施工之前，需要判断结构的安全性。在原下部结构上进行植筋，为了避免植筋对原结构造成损伤，在植筋之前需要探明原钢筋位置，尽量避开，并适当增大植筋孔间距。

采用满足性能要求的超高性能混凝土增厚截面，增厚厚度为 5cm。施工过程中保证混凝土材料的性能要求及施工质量，严格控制钢筋网的保护层厚度。每完成 2-3m 长度超高性能混凝土振捣整平，马上沿横桥向覆盖薄膜进行保湿养护。

本桥面板加固施工，通过植筋加固将加固层与原构件进行连接，保证超高性能混凝土与旧混凝土共同工作。一方面依靠配筋 UHPC 自身超高的材料性能增强加固结构的整体刚度、延性及承载能力，同时充分利用 UHPC 与普通混凝土的表面粘结力来提供界面抗剪能力^[2]。养护完成后桥面加固层无裂缝出现，桥面平整度符合设计及规范要求。

表 5 超高性能混凝土强度

性能指标	实测值
抗压强度 /MPa	144.5
轴压强度 /MPa	115.2
抗弯拉强度 /MPa	31.6
弹性模量 /GPa	40.3

4 结论

根据工程实际，通过混凝土工作性调整和施工工艺优化，很好地实现了超高性能混凝土桥面加固实施，主要结论如下：

(1) 采用 Midas civil 2019 有限元计算本加固方案满足抗剪承载力计算要求，其抗剪钢筋可按构造要求进行配筋。

(2) 通过植筋加固将加固层与原构件进行连接，保证超高性能混凝土与旧混凝土共同工作，养护完成后桥面加固层无裂缝出现，桥面平整度符合设计及规范要求。

参考文献：

[1] 王春晖. 采用超高性能混凝土加固槽型梁预制桥面板技术探讨 [J]. 上海公路, 2018(1):58-61.

[2] 张阳, 党祺, 穆程. UHPC 加固箱梁顶板受弯性能试验研究 [J]. 湖南大学学报 (自然科学版), 2017(3):8-17.