

考虑桥面板开裂的连续桥面简支梁桥力学性能研究

林幸福¹, 林云², 丁勇^{1,2*}

(1. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211; 2. 上海市工程结构安全重点实验室, 上海 200032)

摘要: 连续桥面简支梁桥可以减少桥梁伸缩缝、降低冲击荷载、提高行车舒适性。但该类桥梁的桥面连续段容易开裂, 且开裂分析理论尚不完善, 阻碍了相关的设计与施工优化。因此, 针对连续桥面多跨简支梁桥, 建立了一种带边界转动弹簧的简支梁模型, 提出了考虑桥面板开裂的力学性能分析方法, 探讨了荷载作用下桥梁整体与桥面连续段局部的工作性能。实例分析表明, 汽车荷载作用下桥面连续段上部混凝土存在开裂, 下部混凝土容易压碎, 需要通过加大连续段长度等构造措施加以改进; 连续段混凝土的开裂对主梁的受力性能影响不大。

关键词: 多跨简支梁桥; 连续桥面; 边界转动弹簧; 混凝土开裂; 混凝土压碎

中图分类号: TU312

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 04-0086-06

多跨连续布置的简支梁桥具有结构简单、施工方便、造价低的优势, 但也会带来较多的桥梁伸缩缝。车辆在伸缩缝上的行车振动不仅影响乘客的舒适性, 也容易造成伸缩缝冲击破坏。为了克服这个缺点, 可以采用连续桥面代替伸缩缝, 形成一种只在桥面局部连续的新桥型, 该桥型既不同于简支梁桥, 又不同于连续梁桥, 这就对结构分析和设计提出了挑战。国内外学者对该桥型进行了一些研究, 如文献[1]用力素分析的方法研究了桥面连续段对主梁的影响; 文献[2]提出了主梁用简支梁理论来设计, 桥面连续段的转角边界条件被考虑在内; 文献[3~5]提出了用纤维增强复合材料、水泥基替代混凝土建造桥面连续段, 以解决桥面连续段容易开裂的问题。文献[6]使用有限元模拟的方法计算分析了桥面连续段的轴向力、开裂弯矩, 提出了相应的改进措施。文献[7]提出了一种带边界转动弹簧的简支梁模型, 分析了该类桥梁在车辆荷载作用下的静力响应和动力特性。

上述研究表明, 桥面连续段的开裂对于该桥型的性能具有重要影响, 但是对于连续段开裂的理论分析尚存在不足。为此, 本文采用带边界转动

弹簧的简支梁模型, 提出了桥面连续段开裂及其对主梁抗弯性能影响的分析方法, 以期连续桥面简支梁桥的优化设计提供参考。

1 理论分析

1.1 带边界转动弹簧的简支梁模型

为考虑桥面连续段对主梁的影响, 建立带边界弹簧的简支梁模型^[7], 如图1所示。

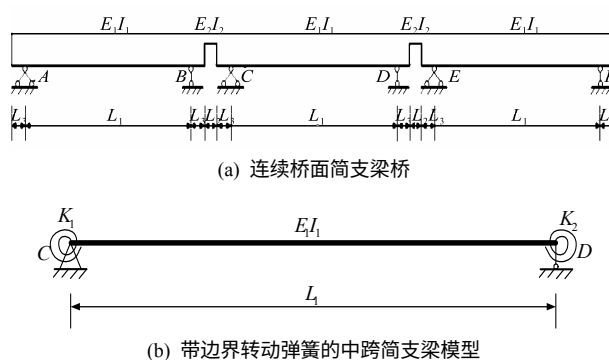


图1 连续桥面简支梁桥力学模型

图1(b)为桥梁第二跨的简化模型, 其中 K_1 和 K_2 为边界转动弹簧刚度, 需根据相邻跨的约束情况求解。因该桥型大多采用横向约束较弱的板式

收稿日期: 2016-03-15.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journallg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省公益性技术应用研究计划(2015C33036); 上海市工程结构安全重点实验室开放课题(2015-KF07); 宁波市科技服务业示范项目(2015F1008)。

第一作者: 林幸福(1991-), 男, 浙江衢州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 桥梁工程。E-mail: lxf_1991515@163.com

*通信作者: 丁勇(1975-), 男, 浙江余姚人, 教授, 主要研究方向: 桥梁工程。E-mail: dingyong@nbu.edu.cn

橡胶支座, 轴力引起的转动刚度很小, 只需计算弯曲和剪切引起的转动刚度, 计算模型如图2所示。

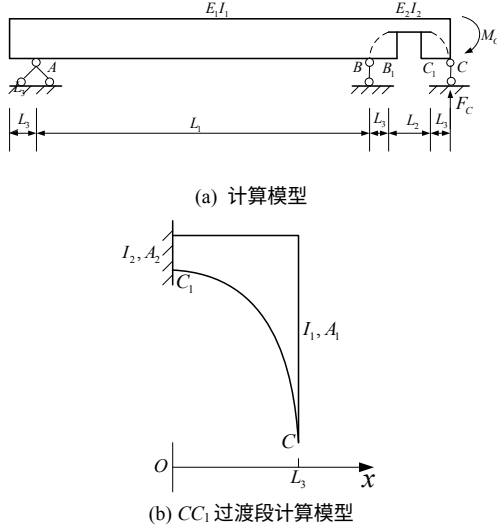


图2 计算边界弹簧转动刚度模型

连续段高度相比于主梁高度要小很多, 所以 BB_1 段和 CC_1 段局部受力。假设有效梁高在 BB_1 段和 CC_1 段是关于横坐标的三次函数, 那么有效抗弯惯性矩就是关于横坐标的九次函数。

$$I(x) = a(x+b)^9, \quad (1)$$

其中常数 a, b 由 CC_1 段两端的 I_1, I_2 确定,

$$b = \frac{L_x \sqrt[9]{r_2}}{1 - \sqrt[9]{r_2}}, \quad a = I_2 / b^9, \quad r_2 = I_2 / I_1. \quad (2)$$

同理, 有效剪切面积公式是关于横坐标的三次函数,

$$A(x) = c(x+d)^3, \quad (3)$$

其中常数 c, d 由 CC_1 段两端的 A_1, A_2 确定,

$$d = \frac{L_x \sqrt[3]{r_1}}{1 - \sqrt[3]{r_1}}, \quad c = A_2 / d^3, \quad r_1 = A_2 / A_1. \quad (4)$$

然后用结构力学的方法, 求得图2(a)所示结构在 M_C 的作用下 C 点的转角 θ_C , 进而得到边界弹簧刚度值, 其公式为:

$$K_1 = M_C / \theta_C. \quad (5)$$

图2(a)是一个一次超静定结构, 移除 C 支座, 代之以支持力 F_C 后, 可得基本静定系, 然后由超静定结构的计算方法得到边界弹簧的刚度为^[7-8]:

$$K_1 = \left\{ \frac{L_1}{3E_1I_1} + \frac{[(L_3+b_1)^8 - b_1^8]}{8E_1a_1b_1^8(L_3+b_1)^8} + \frac{L_2}{E_2I_2} + \right.$$

$$\begin{aligned} & \frac{[(L_3+b_2)^8 - b_2^8]}{8E_1a_2b_2^8(L_3+b_2)^8} - \frac{w_{CM}(2L_3+L_2)L_1}{3w_{CF}E_1I_1} - \\ & \frac{w_{CM}}{56w_{CF}E_1a_1} \left[\frac{1}{(L_3+b_1)^7} - \frac{b_1-7L_3}{b_1^8} \right] - \\ & \frac{w_{CM}(L_3+L_2)[(L_3+b_1)^8 - b_1^8]}{8w_{CF}E_1a_1b_1^8(L_3+b_1)^8} - \\ & \frac{w_{CM}L_2(L_2+2L_3)}{2w_{CF}E_2I_2} - \frac{w_{CM}}{56w_{CF}E_1a_2} \cdot \\ & \left. \left[\frac{1}{(L_3+b_2)^7} - \frac{b_2-7L_3}{b_2^8} \right] \right\}^{-1}. \quad (6) \end{aligned}$$

式中: w_{CM} 、 w_{CF} 为单位力偶 M_C 和单位支持力 F_C 分别作用在基本静定系上时 C 点的挠度, 其表达式参见文献[7].

1.2 主梁力学分析

当车道荷载^[9]作用于连续桥面简支梁的一跨时, 分析模型如图3所示。

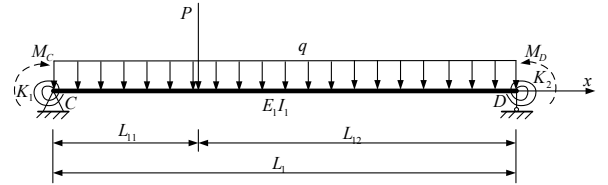


图3 带边界转动弹簧的中跨简支梁静力分析

计算边界约束力偶 M_C 、 M_D 的方程组为:

$$\begin{cases} \left[\frac{PL_{11}L_{12}(L_1+L_{12})}{6E_1I_1L_1} - \frac{M_CL_1}{3E_1I_1} - \frac{M_DL_1}{6E_1I_1} + \frac{qL_1^3}{24E_1I_1} \right] \\ K_1 = M_C, \\ \left[\frac{PL_{11}L_{12}(L_1+L_{11})}{6E_1I_1L_1} - \frac{M_CL_1}{6E_1I_1} - \frac{M_DL_1}{3E_1I_1} + \frac{qL_1^3}{24E_1I_1} \right] \\ K_2 = M_D. \end{cases} \quad (7)$$

求解后可得 M_C 、 M_D , 然后由式(8)求出梁的挠度和弯矩,

$$\begin{aligned} w(x) = & \frac{PL_{12}x(L_1^2 - x^2 - L_{12}^2)}{6E_1I_1L_1} + \\ & \frac{qx}{24E_1I_1}(L_1^3 - 2L_1x^2 + x^3) - \frac{M_Cx}{6E_1I_1L_1} \cdot \\ & (L_1-x)(2L_1-x) - \frac{M_Dx}{6E_1I_1L_1}(L_1^2 - x^2), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 0 \leq x \leq L_{11}, \\
 & w(x) = \frac{PL_{12}}{6E_1I_1L_1} \left[\frac{L_1}{L_{12}}(x-L_{11})^3 + (L_1^2 - L_{12}^2)x - x^3 \right] + \\
 & \frac{qx}{24E_1I_1} (L_1^3 - 2L_1x^2 + x^3) - \frac{M_Cx}{6E_1I_1L_1} \cdot \\
 & (L_1 - x)(2L_1 - x) - \frac{M_Dx}{6E_1I_1L_1} (L_1^2 - x^2), \\
 & L_{11} \leq x \leq L_1, \\
 & M(x) = \frac{PL_{12}x}{L_1} + \frac{1}{2}qx(L_1 - x) - \\
 & \frac{M_C(L_1 - x)}{L_1} - \frac{M_Dx}{L_1}, \quad 0 \leq x \leq L_{11}, \\
 & M(x) = \frac{P(L_1L_{11} - L_{11}x)}{L_1} + \frac{1}{2}qx(L_1 - x) - \\
 & \frac{M_C(L_1 - x)}{L_1} - \frac{M_Dx}{L_1}, \quad L_{11} \leq x \leq L_1. \quad (8)
 \end{aligned}$$

进一步得到跨中梁底应变公式:

$$\varepsilon(x) = \frac{M(x)H_2}{E_1I_1}, \quad (10)$$

其中: H_2 为梁底到主梁形心的距离.

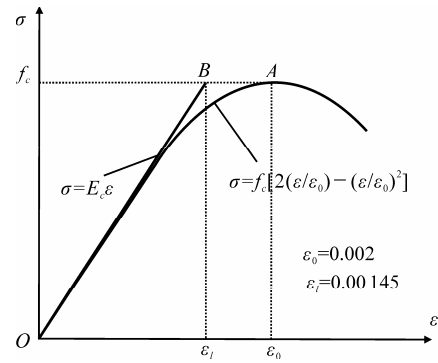
1.3 桥面连续段开裂分析

桥面连续段在边界约束力偶 M_C 、 M_D 的反作用下, 常常会发生开裂, 开裂后会降低边界转动弹簧刚度 K_1 , 因此该类桥梁的力学分析需要考虑桥面连续段的开裂.

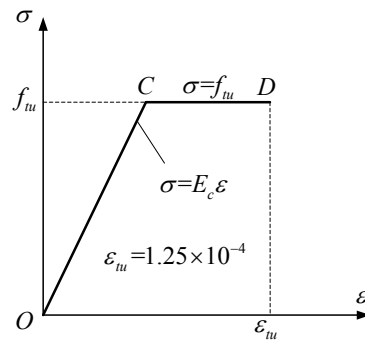
1.3.1 连续段受力分析

桥面连续段为钢筋混凝土结构, 混凝土实际的应力应变关系为图 4(a)中曲线 OA , 本文将其简化为折线 OBA . 当应变达到 ε_i 后, 塑性变形显著增大, 应力应变曲线的斜率急剧减小^[10]. 所以为了保证桥面连续段在重复荷载作用下能够正常工作, 应该控制混凝土受压应变在 ε_i 之内. 混凝土受拉时的应力应变关系如图 4(b)所示. 由于桥面连续段横向联系较强, f_{cu} 选择立方体抗压强度, f_{tu} 按照 $0.1f_{cu}$ 取用.

由于车辆作用于主梁时, 桥面连续段(图 2 中的 B_1C_1 段)存在反弯矩, 故在汽车荷载布置时, 按照最不利要求, 桥面连续段不布置荷载, 因此 B_1C_1 段是纯弯曲段, 且上部受拉. 横截面上的应力应变分布如图 5 所示.



(a) 受压



(b) 受拉

图 4 混凝土应力应变关系

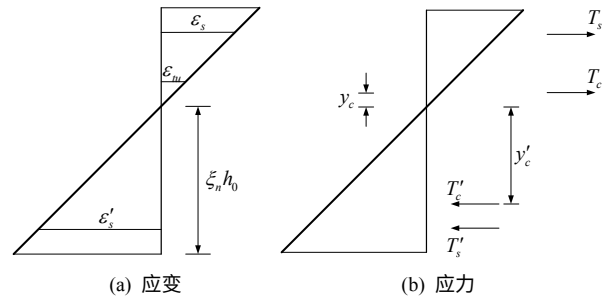


图 5 连续段截面混凝土的应力应变关系

横截面上作用有受拉钢筋的拉力(T_s)、受拉区未开裂混凝土的拉力(T_c)、受压钢筋的压力(T'_s)、受压区混凝土的压力(T'_c). 这 4 个力合力为零, 对中性轴的合力矩值等于外加力偶, 方程组为:

$$\begin{cases} T_s + T_c = T'_c + T'_s, \\ M_c = T_s h_0 (1 - \xi_n) + T_c y_c + T'_c y'_c + T'_s (\xi_n h_0 - h_a), \end{cases} \quad (11)$$

式中: y_c 为受拉区未开裂混凝土的拉力到中性轴的距离, y'_c 为受压区混凝土的压力到中性轴的距离,

$$\begin{aligned} T_s &= E_s A_s \varepsilon_c \frac{1 - \xi_n}{\xi_n}, \quad T'_s = E_s A'_s \varepsilon_c \frac{\xi_n h_0 - h_a}{\xi_n h_0}, \\ T_c &= \frac{f_t^2 h_0 (1 - \xi_n)}{E_c \varepsilon_c}, \quad T'_c = \frac{b \xi_n h_0 E_c \varepsilon_c}{2}, \end{aligned}$$

$$y'_c = \frac{2}{3}\xi_n h_0, y_c = \frac{4f_t h_0 (1 - \xi_n)}{3E_c \varepsilon_c}. \quad (12)$$

将式(12)代入式(11)后, 有 2 个未知数 ξ_n 和 ε_c , 分别代表桥面连续段在力偶 M_c 作用下, 开裂之后的相对受压区高度和受压区边缘压应变, 求解方程组(11)后即可得解。

1.3.2 桥面连续段开裂后的截面几何特性

桥面连续段受拉区混凝土开裂后, 有效梁高减小, 中性轴向受压区移动。受拉区未开裂混凝土高度 l_c 可按如下公式计算:

$$l_c = \varepsilon_{tu} / \varepsilon_c \xi_n h_0. \quad (13)$$

设 A_s 为受拉钢筋面积, A'_s 为受压钢筋面积, 将钢筋面积换算成混凝土面积, 可得等效面积为:

$$A_{s0} = (E_s / E_c) A_s, A'_{s0} = (E_s / E_c) A'_s, \quad (14)$$

式中: E_s 和 E_c 分别为钢筋和混凝土的弹性模量; h_a 为受拉钢筋形心处到混凝土受拉区边缘的距离, 也是受压钢筋形心到混凝土受压区边缘的距离; h_x 为形心轴到混凝土受压区边缘的距离, h_x 可以根据横截面各部分对形心轴的静矩为零求得, 即

$$A_{s0}(h_0 - h_x) = A'_{s0}(h_x - h_a) + b\xi_n h_0 \cdot (h_x - \xi_n h_0 / 2) + b l_c (h_x - \xi_n h_0 - l_c / 2). \quad (15)$$

确定上述参数后, 可进一步求出开裂后截面的惯性矩 I'_2 和面积 A'_2 ,

$$I'_2 = A_{s0}(h_0 - h_x)^2 + A'_{s0}(h_x - h_a)^2 + (1/12)b\xi_n^3 h_0^3 + b\xi_n h_0 (h_x - 1/2\xi_n h_0)^2 + (1/12)b l_c^3 + b l_c (h_x - \xi_n h_0 - l_c / 2)^2, \quad (16)$$

$$A'_2 = b(\xi_n h_0 + l_c) + A_{s0} + A'_{s0} - (A_s + A'_s). \quad (17)$$

用考虑混凝土开裂的 I'_2 和 A'_2 替换式(6)中的 I_2 和 A_2 , 重新计算边界弹簧转动刚度。经循环迭代, 收敛后得到混凝土开裂后的桥面连续段有效面积与惯性矩, 最终求出开裂后的边界弹簧刚度 K_1 。

2 实桥案例分析

通过分析一座四跨的连续桥面简支梁桥(图 6)来验证上述理论。该桥每跨由 12 块空心板组成, 空心板长度为 20 m, 预应力钢筋总面积为 2 380 mm²。采用板式橡胶支座, 支座中心线到梁端间的距离 L_3 为 0.35 m, 主梁的计算长度 L_1 为 19.3 m, 连续段长度 L_2 为 0.04 m。桥面连续段横截面采用 $\Phi 50$

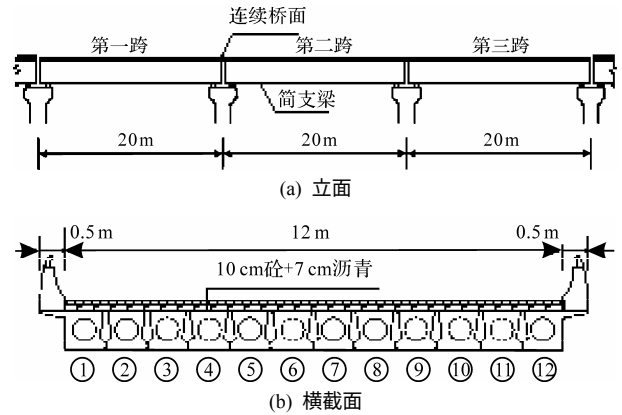


图6 桥面连续简支梁实桥

砼, 高度 10 cm, 受拉钢筋面积 3 054 mm², 受压钢筋面积 1 356 mm²。以图 6 中第三跨为例, 计算模型如图 6(b)所示, 其中 K_1 、 K_2 由相邻第二、四跨和连续桥面提供, 第一跨对第三跨的影响较小, 因此 $K_1 \approx K_2$ 。相应的计算参数为: 主梁的弹性模量 $E_1 = 3.45 \times 10^4$ MPa, 横截面面积 $A_1 = 0.673$ m², 抗弯惯性矩 $I_1 = 6.392 \times 10^{-2}$ m⁴; 连续段的弹性模量 $E_2 = 3.45 \times 10^4$ MPa, 横截面面积 $A_2 = 0.121$ m², 抗弯惯性矩 $I_2 = 1.23 \times 10^{-4}$ m⁴; 而 $L_1 = 19.3$ m, $L_2 = 0.04$ m, $L_3 = 0.35$ m。

2.1 桥面连续段的开裂与压碎

当桥面连续段长度 $L_2 = 0.04$ m 时, 由式(10)求得边界转动弹簧刚度为 2.38×10^8 (N·m)·rad⁻¹, 此时按照使边界力偶最大的布载方式对第三跨布置车道荷载^[7,9], 再利用式(7)求得图 6(b)中各梁板的初始边界力偶(M_C 或 M_D)。结果表明, 2 号和 10 号梁板的连续段边界力偶最大, 达 1.24×10^5 N·m。将此最大边界弯矩值代入式(11), 求得桥面连续段混凝土的最大压应变为 $\varepsilon_c = 0.001 61 > 0.001 45$, 这说明受压区混凝土已出现相当大的塑性变形, 不能保证长期正常工作性能。为解决这种情况, 可以加大连续段高度, 并适当增加配筋量。

改进后的桥面连续段高度 $h = 13$ cm, 受拉钢筋面积 $A_s = 6 280$ mm², 受压钢筋面积 $A'_s = 2 412$ mm²。此时桥面连续段开裂前、后的边界转动弹簧刚度、边界力偶见表 1。7~12 号梁对应的桥梁面连续段性能可由对称性得到。

从表 1 可知, 改进后的桥面连续段混凝土塑性压应变较小($< 0.001 45$), 满足承受反复荷载作用要求。在车道荷载作用下, 桥面连续段上缘发生开裂, 其所代表的主梁边界转动弹簧刚度下降约

20%。车道荷载和自重作用下的主梁挠度和梁底应变见图 7 和图 8。主梁底部施加预应力钢筋, 故主梁存在一个初始压应变。由于连续段的铺装是在主梁施加预应力之后进行, 故不考虑因预应力而产生的主梁预拱度。

表 1 开裂前后 1~6 号梁计算结果

梁号	开裂前		开裂后			
	$K_1/$ ((N·m)·rad ⁻¹)	$M_c/$ (N·m)	$h/$ m	ε_c	$K_1/$ ((N·m)·rad ⁻¹)	$M_c/$ (N·m)
1	3.35×10^8	1.43×10^5	0.0471	0.00122	2.65×10^8	1.29×10^5
2	3.35×10^8	1.45×10^5	0.0472	0.00123	2.65×10^8	1.31×10^5
3	3.35×10^8	1.43×10^5	0.0470	0.00122	2.65×10^8	1.29×10^5
4	3.35×10^8	1.38×10^5	0.0469	0.00118	2.65×10^8	1.25×10^5
5	3.35×10^8	1.36×10^5	0.0468	0.00116	2.65×10^8	1.23×10^5
6	3.35×10^8	1.35×10^5	0.0467	0.00115	2.65×10^8	1.22×10^5

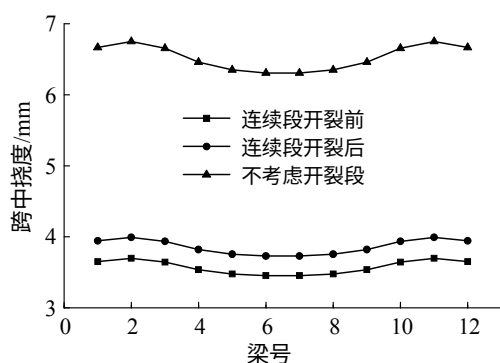


图 7 第三跨跨中挠度

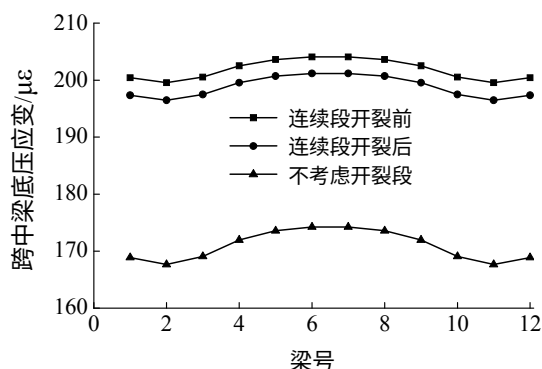


图 8 第三跨跨中梁底应变

图 7 和图 8 表明桥面连续段的抗弯刚度使主梁的挠度和梁底应变减小, 这对于主梁承受汽车荷载是有利的。连续段开裂之后, 连续段的抗弯刚度减小, 主梁挠度有所增大, 梁底压应变有所减小。开裂之后, 挠度大小在 $L_1/250$ 之内, 梁底压应变在 $1449 \mu\epsilon$ 之内, 这说明主梁依然是安全的, 开裂并不会影响主梁的安全性^[10]。

2.2 桥面连续段长度的影响

在实际工程中可改变桥面连续段长度, 提高混凝土抗裂与抗压性能。以第三跨 2 号梁板为例, 改变连续段长度 L_2 , 计算开裂前后的边界弹簧刚度与力偶, 结果见表 2。从表 2 可知, 增加桥面连续段长度对结构性能有利, 混凝土的开裂深度与最大受压应变减小, 连续段开裂对弹簧刚度的影响始终不可忽视。

表 2 桥面连续段长度对性能的影响

$L_2/$ m	开裂前		开裂后			
	$K_1/$ ((N·m)·rad ⁻¹)	$M_c/$ (N·m)	$h/$ m	ε_c	$K_1/$ ((N·m)·rad ⁻¹)	$M_c/$ (N·m)
0.04	3.35×10^8	1.45×10^5	0.0472	0.00123	2.65×10^8	1.31×10^5
0.14	2.68×10^8	1.31×10^5	0.0465	0.00111	2.12×10^8	1.17×10^5
0.24	2.15×10^8	1.18×10^5	0.0455	0.00096	1.65×10^8	1.02×10^5
0.34	1.64×10^8	1.02×10^5	0.0439	0.00079	1.21×10^8	0.84×10^5
0.44	1.21×10^8	0.84×10^5	0.0414	0.00062	0.86×10^8	0.67×10^5
0.54	0.89×10^8	0.68×10^5	0.0378	0.00047	0.61×10^8	0.52×10^5
0.64	0.66×10^8	0.55×10^5	0.0325	0.00035	0.40×10^8	0.40×10^5

桥面连续段长度变化时弹簧刚度和跨中挠度变化如图 9 和图 10 所示。连续段长度越大, 边界弹簧刚度越小, 则主梁跨中挠度增大, 相应的跨中应变也将减小。

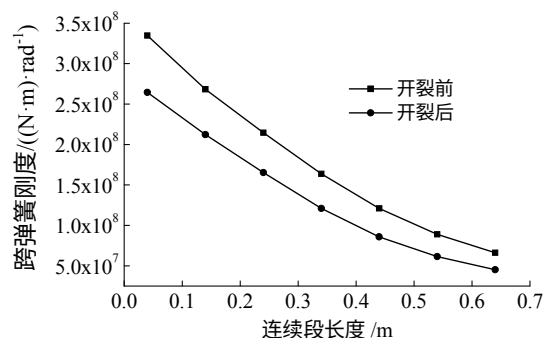
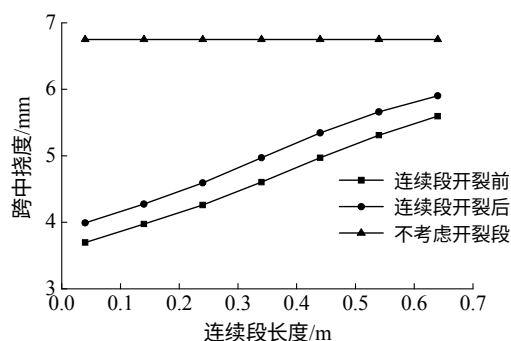
图 9 L_2 不同时开裂前后弹簧刚度的变化

图 10 连续段长度取不同值时第三跨跨中挠度

3 结论

(1)桥面连续段上部混凝土存在开裂现象, 因此该类桥梁是带裂缝工作的, 混凝土开裂将降低连续段对主梁的约束刚度。

(2)桥面连续段高度不足时, 截面下部的混凝土将产生受压塑性变形, 应通过提高连续段高度等构造措施防止混凝土压碎或产生不利于长期性能的塑性变形。

(3)桥面连续段开裂使主梁跨中的挠度增加, 梁底压应变减小, 但是这些变化不会影响主梁的安全性。

(4)桥面连续段的抗弯刚度与其长度有关。连续段长度越长, 抗弯刚度就越小, 开裂越少, 因此适当增加桥面连续段长度有利于提高结构长期性能。

参考文献:

- [1] 马广德. 桥面连续简支梁桥的力学分析及设计方法的探讨[J]. 华东公路, 1985(2):49-60.
- [2] CANER A, ZIA P. Behavior and design of link slabs for jointless bridge decks[J]. PCI Journal, 1998, 43(3):68-80.
- [3] KIM Y Y, FISCHER G, LIM Y M, et al. Performance of bridge deck link slabs designed with ductile ECC[J]. ACI Structural Journal, 2004, 101(6):792-801.
- [4] SABER A, ALETI A R. Behavior of FRP link slabs in jointless bridge decks[EB/OL]. [2015-12-16]. <http://www.docin.com/p-1458660559.html>.
- [5] ZHANG J, WANG Z B, JU X C. Application of ductile fiber reinforced cementitious composite in jointless concrete pavements[J]. Composites (Part B), 2013, 50: 224-231.
- [6] 何畅, 向中富. 简支梁桥桥面连续构造的空间仿真分析[J]. 重庆交通学院学报, 2005, 24(1):9-15.
- [7] 丁勇, 黄奇, 黄剑源. 连续桥面简支梁桥静动力特性的理论方法研究[J]. 工程力学, 2015, 32(9):100-110.
- [8] GERE J M, TIMOSHENKO S P. Mechanics of materials [M]. 4th ed. London: Kluwer Academic Pub, 1998:154-155.
- [9] 中华人民共和国交通部. 公路桥涵设计通用规范(JTJ D60-2004)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004:24-26.
- [10] 滕志明, 朱金铨. 混凝土结构及砌体结构[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003:18-19.

Research on Mechanical Properties of Simple Supported Girder Bridge with Continuous Deck Considering Crack of Slab

LIN Xing-fu¹, LIN Yun², DING Yong^{1,2*}

(1. Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Key Laboratory of Engineering Structure Safety of Shanghai, Shanghai, 200032, China)

Abstract: Application of the simple supported girder bridge with continuous deck can decrease expansion joints, reduce the impact load and improve riding comfort. But the continuous deck of this kind of bridge is easy to be cracked, and the analytical theory is incomplete to examine this problem. It hinders the improvement of design and bridge construction. Therefore, a simple supported beam model with boundary rotational spring is built to simulate simple supported girder bridge with continuous deck. An analytical method is presented which considers the crack of continuous slab for the mechanical behavior, the performance of the whole bridge and the link slab under load as well. The analysis shows that the concrete is cracked on the top of link slab when the bridge is under vehicle load, and is easily crushed on the bottom, too. It is found that the crack of the link slab concrete will not noticeably affect the mechanical behavior of the main girder of bridge.

Key words: multi-span simply supported bridge; continuous deck; boundary rotational spring; concrete crack; concrete crush

(责任编辑 史小丽)