

吊车水平荷载作用下柱顶不动支点反力的简捷算法

张频频,刘俊,高振世

(三江学院土木工程系,江苏南京 210012)

摘要:对单层厂房排架内力分析通常采用的吊车水平荷载柱顶不动支点反力 R_T 的系数 C_5 (即吊车横向水平荷载 $T_{\max}$ 作用于 $0.6H_u$ 、 $0.7H_u$ 、 $0.8H_u$ 处的不动铰支座反力系数)进行改善,采用增添 1 个新计算参数 γ ,运用结构力学的方法推导出 T 作用在任意点处新的计算系数 C_5' ,借助 C_5' 可直接求吊车水平荷载作用下柱顶不动支点反力 R_T 的精确值,省去了原有方法中的插入计算过程。

关键词:吊车水平荷载;柱顶不动支点反力;计算系数;简捷算法

中图分类号:TH2;TU312 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2004)07-0075-02

1 问题的提出

目前,单层厂房排架内力分析时吊车水平荷载 T 作用下柱顶不动支座反力 R_T 的计算公式为 $R_T = C_5 T^{[1]}$,文献 [1] 中仅给出当集中水平荷载作用在上柱 $y = 0.6H_u$ 、 $0.7H_u$ 、 $0.8H_u$ 时系数 C_5 的数值,查其附录 10 的附图 10-4、10-5、10-6 的计算公式和计算曲线,而除 $y = 0.6H_u$ 、 $0.7H_u$ 、 $0.8H_u$ 这 3 个特定位置的曲线外,即 $0.6 \sim 0.8H_u$ 中间任一位置都只能通过插值法来求,查附图确定 C_5 值,很不精确,若用原有计算公式求 C_5 ,则需先求两次定点值,然后再插入计算要求值,这种方法实际上增加了两次计算,而如果采用本文提出的计算系数 C_5' 则可直接求反力 R_T 。

2 计算系数 C_5' 的推导

本文拟增加一个计算参数 γ ,用 γH_u 来表示 T 的作用点位置,求解吊车水平荷载作用任意处的柱顶不动支点反力 R_T ,实际是求解变刚度单阶柱一次超静定的结构计算问题,其计算简图如图 1 所示。

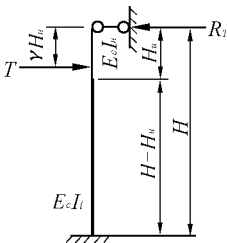


图 1 计算简图

基本方程式为:

$$\delta_{11} R_T + \Delta_{1T} = 0 \tag{1}$$

式中: δ_{11} 为柔度系数, $\delta_{11} = \frac{H^3}{E_c I_l C_0}$ 。

由文献 [1] 中的附图 10-1 可知 $C_0 =$

$$\frac{3}{1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right)}$$

$$\delta_{11} = \frac{H^3 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}{3 E_c I_l} \tag{2}$$

其中 $n = \frac{I_u}{I_l}$, $\lambda = \frac{H_u}{H}$ 。

荷载系数 Δ_{1T} 的推导如下:利用结构力学图乘法^[2],可得吊车水平荷载 T 作用下在 R_T 方向上的位移 Δ_{1T} (图 2):

$$\begin{aligned} \Delta_{1T} = & -\frac{1}{E_c I_u} \left[\frac{1}{2} T H_u (1 - \gamma) H_u (1 - \gamma) \frac{2}{3} H_u + \right. \\ & \left. \frac{1}{2} T (1 - \gamma) H_u (1 - \gamma) H_u \frac{1}{3} \gamma H_u \right] - \\ & \frac{1}{E_c I_l} \left[\frac{1}{2} T H_u - \gamma H_u \left(H - H_u \right) \left(\frac{2}{3} H_u + \frac{1}{3} H \right) \right] - \\ & \frac{1}{E_c I_l} \left[\frac{1}{2} T (H - \gamma H_u) (H - H_u) \left(\frac{2}{3} H + \frac{1}{3} H_u \right) \right] = \\ & -\frac{1}{E_c I_l} \left[\frac{TH^3}{2} \left[\frac{(1 - \gamma)^2}{3} + \frac{(1 - \gamma)^2 \gamma}{6} + \frac{3n\gamma}{6} - \frac{n}{3} \right] \lambda^3 - \right. \\ & \left. \frac{n\gamma}{2} \lambda + \frac{n}{3} \right] \tag{3} \end{aligned}$$

由式 (1) 可知,只要求出 Δ_{1T} ,即可得到 R_T 。将式 (2) 及式 (3) 代入式 (1) 中得

作者简介:张频频(1982—),女,江苏镇江人,大学专科学历,土木工程专业。

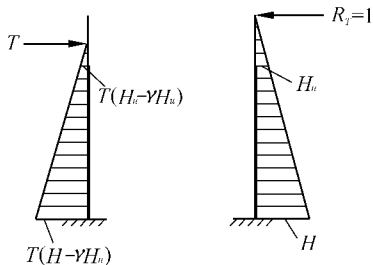


图2 位移 Δ_{1T} 的计算

$$R_T = \frac{-\Delta_{1T}}{\delta_{11}} =$$

$$\frac{T \left\{ \left[\frac{(1-\gamma)^2}{n} + \frac{(1-\gamma)^2\gamma}{2n} + \frac{3\gamma}{2} - 1 \right] \lambda^3 - \frac{3}{2} \gamma \lambda + 1 \right\}}{\left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]} \quad (4)$$

又已知 $R_T = C_5' T$ 则 $C_5' = \frac{R_T}{T}$, 于是

$$C_5' = \frac{\left(\frac{\gamma^3 - 3\gamma + 2}{2n} + \frac{3\gamma}{2} - 1 \right) \lambda^3 - \frac{3}{2} \gamma \lambda + 1}{1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right)} \quad (5)$$

分子、分母同乘以 2 得

$$C_5' = \frac{\left(\frac{\gamma^3 - 3\gamma + 2}{n} + 3\gamma - 2 \right) \lambda^3 - 3\gamma \lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]} \quad (6)$$

式(6)即为计算吊车水平荷载作用在任意点处时柱顶不动支点反力的计算系数通式。

3 计算系数 C_5' 的验证

令 $\gamma = 0.6, 0.7, 0.8$ 本文计算系数 C_5' 与文献[1]附录 10 中的系数 C_5 的比较见表 1。可见 本文给出的 C_5' 计算式与原有计算系数 C_5 计算式完全相同, 说明本文所给出的计算系数 C_5' (式(6))是正确的。

表 1 系数 C_5 与 C_5'

γ	C_5	C_5'
0.6	$\frac{\left(\frac{0.416}{n} - 0.2 \right) \lambda^3 - 1.8\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}$	$\frac{\left(\frac{0.416}{n} - 0.2 \right) \lambda^3 - 1.8\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}$
0.7	$\frac{\left(\frac{0.243}{n} + 0.1 \right) \lambda^3 - 2.1\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}$	$\frac{\left(\frac{0.243}{n} + 0.1 \right) \lambda^3 - 2.1\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}$
0.8	$\frac{\left(\frac{0.112}{n} + 0.4 \right) \lambda^3 - 2.4\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}$	$\frac{\left(\frac{0.112}{n} + 0.4 \right) \lambda^3 - 2.4\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]}$

4 计算举例

下面通过举例对本文给出系数 C_5' 的公式与文

献[1]推荐的计算方法进一步比较。令水平力 T 作用在 $y = 0.653 H_u$ 位置, $\lambda = 0.314, n = 0.369$, 计算反力 R_T ($R_T = C_5 T$)。

a. 利用原有方法计算。先计算出 $y = 0.6 H_u$ 时

$$C_5 = \frac{\left(\frac{0.416}{n} - 0.2 \right) \lambda^3 - 1.8\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]} \approx 0.695$$

再计算出 $y = 0.7 H_u$ 时

$$C_5 = \frac{\left(\frac{0.243}{n} + 0.1 \right) \lambda^3 - 2.1\lambda + 2}{2 \left[1 + \lambda^3 \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \right]} \approx 0.648$$

然后利用插值法求 $y = 0.653 H_u$ 时的 C_5 :

$$(C_5)_{0.653} = \frac{0.695 - 0.648}{0.7 - 0.6} \times (0.7 - 0.653) + 0.648 = 0.6701$$

b. 利用本文公式(6)直接求得

$$C_5' = 0.6697$$

查文献[1]中附图 10-4 得 $C_5 = 0.67$ 。因此可证明本文所提出的方法与文献[1]给出的方法相比既简捷又精确。

5 结 语

综上所述两种方法比较, 可见本文增加计算系数 γ 后的推导公式 C_5' 比原公式的查表插值简便, 省去了插值计算过程, 使计算吊车水平荷载 T 作用下柱顶不动支点反力 R_T 更简捷、精确。

参考文献 :

- [1] 东南大学, 同济大学, 天津大学. 混凝土结构(下册)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 535 ~ 539.
- [2] 龙双球, 包世华. 结构力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1979. 140 ~ 146.

(收稿日期 2004-05-08 编辑 高建群)

(上接第 32 页)

c. 利用瑞利波法定量分析堤防基础的刚度等特性还需进一步从理论模型、现场测试方法及数据处理手段等方面作进一步深入的研究。

参考文献 :

- [1] 王兴泰. 工程与环境物探新方法新技术[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 32 ~ 66.
- [2] 赵明. 瑞利波法在工程勘探中的应用[J]. 勘探科学技术, 199(5): 54 ~ 57.

(收稿日期 2004-05-11 编辑 熊水斌)