

文章编号: 0451—0712(2006)04—0093—04

中图分类号: U441

文献标识码: A

轴向力逼近法在圆形截面偏心受压构件承载力复核中的应用

姜云霞

(内蒙古大学职业技术学院 呼和浩特市 010023)

摘 要: 介绍了圆形截面偏心受压构件正截面承载力复核的轴向力逼近法, 和传统算法相比, 该方法更直观易懂, 逼近目标明确, 计算速度更快些。

关键词: 圆形截面偏心受压构件; 承载力复核; 轴向力逼近法

圆形截面偏心受压构件计算方法自 1985 年桥规以来已基本定型, 2004 年桥规在此基础上做了必要的简化与改进, 并增加了诺模图算法。由于图算法比公式算法(公式查表法)快, 日常小量手算时, 用图算法就行了。但不论图算法、公式算法还是电算, 其理论依据都是基本公式, 因此, 对公式算法进行研究或改进仍有实际意义。

圆形截面偏心受压构件承载力复核, 传统采用偏心距逼近法, 此外, 文章主要推荐了轴向力逼近法。

1 基本计算公式

圆形截面偏心受压构件的基本计算公式是:

$$\gamma_0 N_d \leq A r^2 f_{cd} + C \rho r^2 f_{sd} \quad (1)$$

$$\gamma_0 N_d e_0 \leq B r^3 f_{cd} + D \rho g r^3 f_{sd} \quad (2)$$

式中: A 、 B 为有关混凝土承载力的计算系数;

C 、 D 为有关纵向钢筋承载力的计算系数, 以上系数可按桥规 JTG D62 附录 C 表 C. 0. 2 查得; r 为圆形截面的半径; g 为纵向钢筋所在圆周的半径 r_s 与圆截面半径 r 之比, $g = r_s / r$; ρ 为纵向钢筋配筋率, $\rho = A_s / \pi r^2$; N_d 为轴向力荷载效应不利组合设计值; e_0 为轴向力 N_d 的偏心距, 计算时要考虑偏心距增大系数 η 。

2 偏心距逼近法与轴向力逼近法

2.1 偏心距逼近法

由式(1)、式(2)解得轴向力的偏心距 e_0 , 考虑 η 后:

$$\eta e_0 = \eta \frac{B f_{cd} + D \rho g f_{sd}}{A f_{cd} + C \rho f_{sd}} r \quad (3)$$

偏心距逼近法是以计算偏心距(用式(3)计算)逼近实际偏心距 $\eta e'_0 = \eta M_d / N_d$ 确定 ξ 及系数 A 、 B 、

收稿日期: 2005—11—01

(6)摊铺时, 摊铺机角落里部分混合料如果不能及时摊铺, 会因固化形成“死料”难以压实。因此, 应设专人负责翻动螺旋布料器与熨平板之间的混合料, 以防止产生“死料”; 若已产生“死料”, 则立即将其清除。

5 结语

(1)大跨径钢桥面铺装设计, 必须充分重视对铺装所处环境、交通荷载及钢箱梁构造等使用条件的分析。

(2)环氧沥青混合料配合比设计应在马歇尔试

验指标的基础上, 选用其他性能指标对混合料的级配及油石比进行微调, 确定最佳设计油石比。

(3)认真分析环氧沥青混凝土特点, 加强施工组织管理, 精心组织、精心施工, 才能保证铺装施工实现设计意图, 确保工程质量。

参考文献:

- [1] 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 东南大学. 润扬大桥钢桥面铺装研究报告[R]. 2004.
- [2] 东南大学. 润扬大桥钢桥面铺装施工实施指导意见[Z]. 2004.

C 、 D 的,计算采用试算法,步骤如下。

(1)已知 f_{cd} 、 f_{sd} 、 ρ 、 g 、 r ,假定 ξ ,查桥规 D62 附表 C.0.2,将查得的系数 A 、 B 、 C 、 D 值等代入式(3),若此值与实际偏心距相符,则假定的 ξ 为所求者;若不相符,重新假定 ξ 值,重复上述计算,直到相符为止。

(2)将最后确定的 ξ 相应的 A 、 B 、 C 、 D 值等代入式(1)或式(2),进行构件正截面承载力的验算。

从 1985 年桥规到今天的桥规 D62,20 年来,一直沿用这种计算方法。分析表明,正截面承载力的验算在采用基本公式(1)、(2)的前提下也可以换一种算法进行。

2.2 轴向力逼近法

轴向力逼近法是以式(1)计算得的轴向承载力 N_{du} 逼近轴向力不利组合设计值 $\gamma_0 N_d$ 确定 ξ 及系数 A 、 B 、 C 、 D 的,计算采用试算法,其步骤如下。

(1)已知 f_{cd} 、 f_{sd} 、 ρ 、 g 、 r ,假定 ξ ,查桥规 D62 附表 C.0.2,将查得的系数 A 、 B 、 C 、 D 值等代入式(1),若按式(1)右端算得的承载力 N_{du} 与左端的荷载不利组合设计值 $\gamma_0 N_d$ 相符,则假定的 ξ 为所求者;若不相符,重新假定 ξ 值,重复上述计算,直到相符为止。

(2)将最后确定的 ξ 相应的 A 、 B 、 C 、 D 值等代入式(2),进行构件正截面承载力的验算。

两种算法看起来差不多,实际不同。前者是以计算偏心距逼近实际值确定 ξ 及 A 、 B 、 C 、 D 的,后者是以计算轴向承载力逼近轴力效应组合设计值确定 ξ 及 A 、 B 、 C 、 D 的。验算时,前者既可以代入式(1)也可以代入式(2)验算;而后者只能代入式(2)验算。

3 算法的图形解释

3.1 $M \sim N$ 曲线与结构承载力

讨论两种算法离不开偏心受压构件承载力的弯矩(M_{du})轴力(N_{du})相关曲线(习惯上称 $M \sim N$ 曲线)。不论矩形截面还是圆形截面偏心受压构件,其承载力的 $M \sim N$ 曲线都具有相同的形状(图 1~图 4),其形状与桥规 D62 图算法的诺模图(桥规 D62 图 5-3)形状相同;因为诺模图的纵横坐标就是由圆形截面偏心受压构件承载力的 $M \sim N$ 曲线上各点坐标(N_{du} , M_{du})分别除以常数 $f_{cd}r^2$ 及 $f_{cd}r^3$ 得到的。

圆形截面偏心受压构件的 $M \sim N$ 曲线把平面上的点分成了两个区域,凡是曲线上的点或被包围在曲线内的点及其对应的弯矩轴力组合效应($\gamma_0 N_d$, $\gamma_0 M_d$)都满足承载力要求(式(1)及式(2)成立),而

曲线外的点其对应的弯矩轴力组合效应都不满足承载力要求。因此,承载力验算实际上只需判断设计弯矩、轴力数组对应的点($\gamma_0 N_d$, $\gamma_0 M_d$)是在 $M \sim N$ 曲线包围之内(含)或之外就行了。

3.2 偏心距逼近法的图形解释

偏心距逼近法示如图 1。由 $M = (\eta e_0)N$ 知,平面上任一点(N , M)与原点连线的斜率为 ηe_0 。当 ξ 不同时,由式(3)可算得不同的 ηe_0 ,图 1 对应的斜直线就会有不同的斜率 ηe_0 ,逼近的过程就是绕坐标原点转动斜直线(ηe_0)向已知斜率($\eta M_d/N_d$)的斜直线靠拢的过程,而验算则是沿确定了的斜直线判定被验算点是在曲线(含)包围之内(安全)或之外(不安全)。从图 3 相似关系可以看出,轴力和弯矩必然具有相同的安全系数 K ($K = N_{du}/\gamma_0 N_d = M_{du}/\gamma_0 M_d$),因此,式(1)或式(2)只需验算一个就行了。

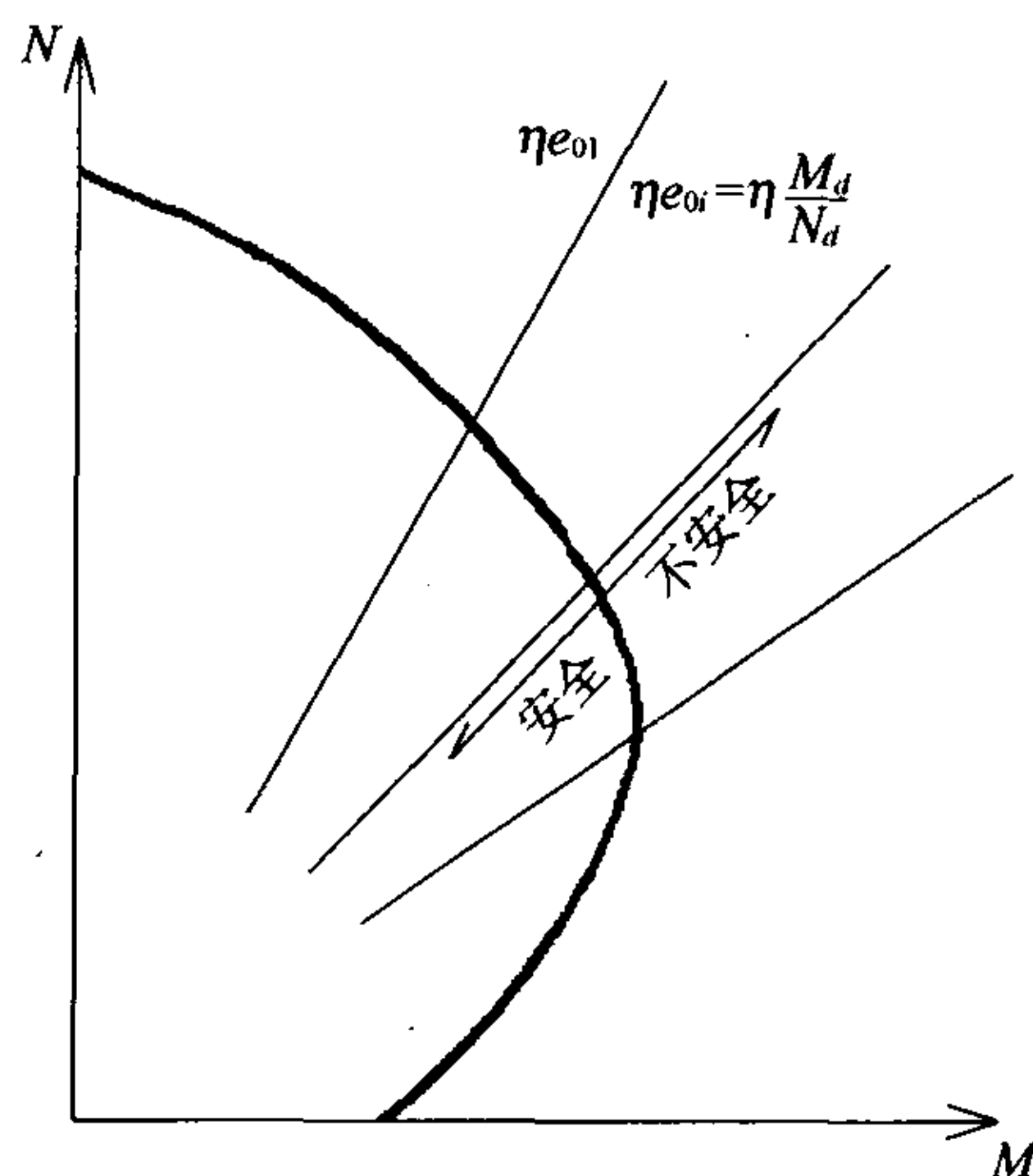


图 1 偏心距逼近法

3.3 轴向力逼近法的图形解释

轴向力逼近法如图 2 示。当 ξ 不同时,由式(1)可算得不同 N_{du} ,对应图 2 的水平线就有不同的纵坐标,逼近的过程就是移动水平线 $N = N_{du}$ 向已知纵坐标($\gamma_0 N_d$)的水平直线靠拢的过程,而验算则是沿逼近法确定了的水平直线判定被验算点是在 $M \sim N$ 曲线(含)包围之内(安全)或在曲线之外(不安全)。

4 轴向承载力函数的单调性及应用

4.1 轴向承载力函数的单调性

轴向力逼近法试算时,可利用轴向承载力函数 $N_{du} = f(\xi)$ 随受压区高度系数 ξ 增加单调上升的特性,该特性可从多方面理解。

(1)定性理解:随着受压区高度系数 ξ 的增加,

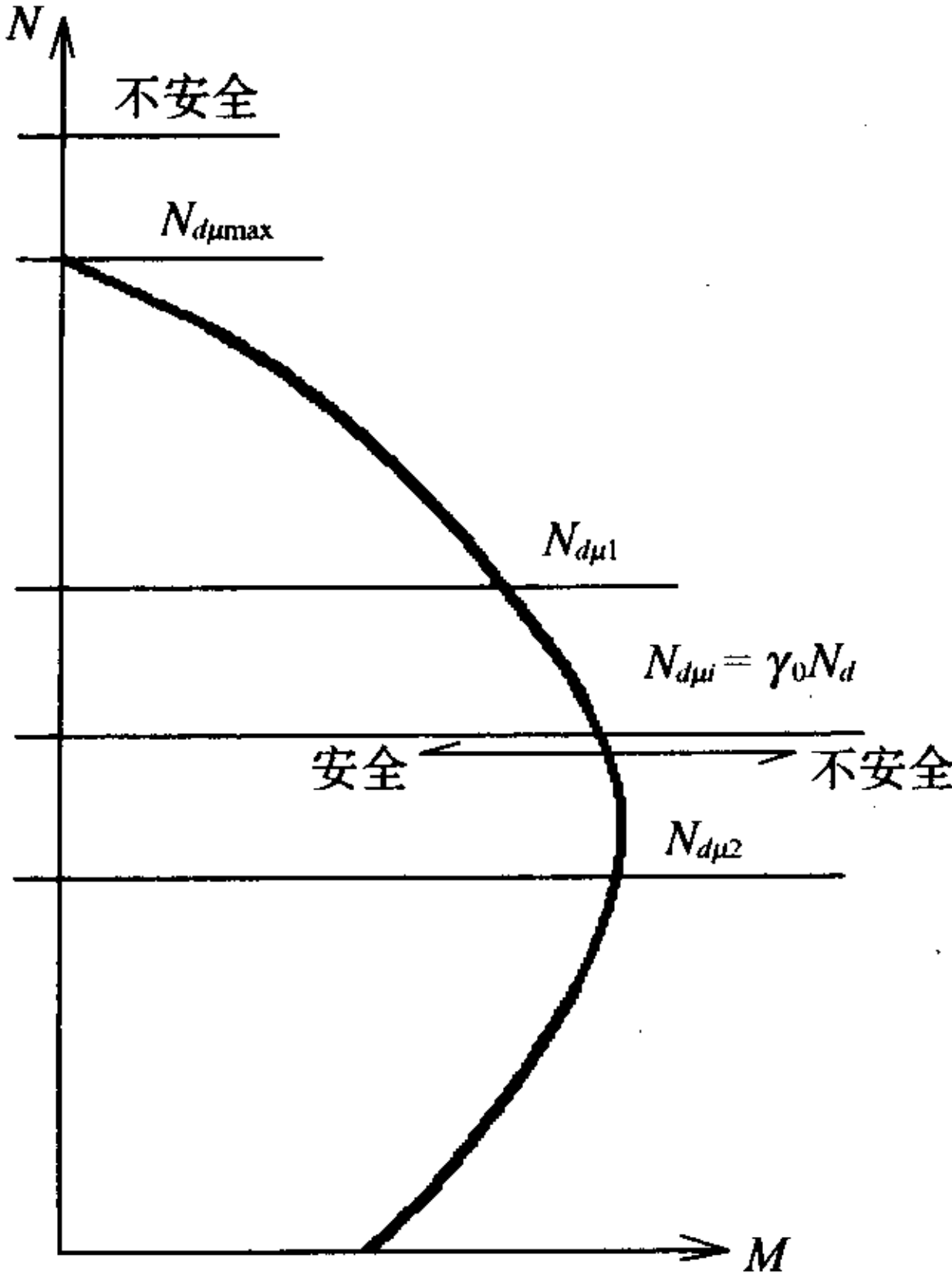


图 2 轴向力逼近法

圆形截面偏心受压构件混凝土及钢环受压区面积加大,轴向承载力相应呈单调上升。

(2)定量理解:由桥规 D62 附表 C.0.2 可查明,式(1)中的计算系数 A、C 是有关ξ的单调上升函数,即函数 $N_{du}=f(\xi)$ 在ξ的取值区间[0.2,1.5]内是关于ξ的连续及单调上升的函数。

(3)图形理解:可利用桥规 D62 附表 C.0.2 及式(1)计算并绘出 N_{du} 随ξ单调上升的图形(略),单调性直观易懂。

(4)解析理解:将 N_{du} 对ξ求导,根据导函数在取值区间的符号判断 N_{du} 的单调性(略)。但 N_{du} 是关于ξ的多重复合函数,导函数表达式冗长复杂,鉴于以上所述理由充分,求导没必要。

4.2 单调性及 M~N 曲线的应用

N_{du} 的单调性及 M~N 曲线是轴向力逼近法(图 2)的依据。当ξ=1.5 时,构件为轴心受压。这时构件

轴向承载力最大,若这时仍有 $N_{du}<\gamma_0 N_d$,不必验算弯矩,即可判明该偏压构件承载力不够。否则,利用 N_{du} 随ξ单调上升的特性,若 $N_{du}<\gamma_0 N_d$,则增加ξ,否则减小ξ,直到 $N_{du}=\gamma_0 N_d$ 成立。取定这个ξ相应的 B、D,连同其他已知参数代入式(2)求得 M_{du} ,由图 2 直观看出,若 $M_{du}\geq\gamma_0 M_d$,说明验算点在曲线包围之内,安全;否则,不安全。采用查表法实际计算时,由于ξ的最小表值间距为 0.01,使计算精度受限,寻找使等式 $N_{du}=\gamma_0 N_d$ 成立的ξ,实际上是寻找使该等式左右最接近相等的ξ。

4.3 算例

某钻孔灌注桩直径 $D=1.5\text{ m}$,采用 C25 混凝土,30φ28 HRB335 钢筋, $f_{cd}=11.5\text{ MPa}$, $f_{sd}=280\text{ MPa}$, $A_s=18\,470\text{ mm}^2$, $a_s=80\text{ mm}$, $\eta=1$ 。该桩能否承受以下作用效应的不利组合。

- ① $\gamma_0 N_d=15\,040\text{ kN}$ 、 $\gamma_0 M_d=4\,443\text{ kN}\cdot\text{m}$;
- ② $\gamma_0 N_d=20\,300\text{ kN}$ 、 $\gamma_0 M_d=4\,000\text{ kN}\cdot\text{m}$;
- ③ $\gamma_0 N_d=4\,820\text{ kN}$ 、 $\gamma_0 M_d=3\,483\text{ kN}\cdot\text{m}$ 。

解: $\sigma=A_s/\pi r^2=18\,470/(3.141\,6\times 750^2)=0.010\,45$, $g=(750-80)/750=0.893$ 。

(1)对于作用效应不利组合①,先采用偏心距逼近法。 $\eta e_0=\eta M_d/N_d=\frac{4\,443}{15\,040}=0.295\,4$ 。当ξ=0.75 时,计算结果如表 1。轴向力逼近法计算结果相同,但不需算 e_0 。两种算法都安全。

表 1 按作用效应不利组合①算得的 N_{du} 、 M_{du}

ξ	A	B	C	D	$\frac{\eta e_0}{\text{m}}$	$\frac{N_{du}}{\text{kN}}$	$\frac{M_{du}}{\text{kN}\cdot\text{m}}$
0.75	1.968 1	0.627 1	1.403 0	1.270 6	0.295 4	150 40	4 443

(2)再用两种逼近法,分别对不利组合②及③两组作用效应进行验算,计算结果见表 2 及表 3。

表 2 按作用效应不利组合、用两种算法算得的 M_{du} 、 N_{du}

计算方法	ξ	A	B	C	D	$\eta e_0/\text{m}$	N_{du}/kN	$M_{du}/(\text{kN}\cdot\text{m})$
作用②偏心距法	0.87	2.334 2	0.519 1	1.914 9	0.939 7	0.194 7	18 251	3 554.3
作用②轴向力法	0.96	2.589 0	0.401 1	2.201 2	0.744 6	不需算	20 370	2 767.0
作用③偏心距法	0.48	1.111 0	0.613 6	-0.095 4	1.907 5	0.722 6	7 029.8	5 079.6
作用③轴向力法	0.40	0.866 7	0.541 4	-0.474 9	1.880 1	不需算	4 824.8	4 699.1

偏心距逼近法 $N_{du}/\gamma_0 N_d=M_{du}/\gamma_0 M_d(\geq 1$ 安全, <1 不安全)。轴向力逼近法 $N_{du}/\gamma_0 N_d=1$, $M_{du}/\gamma_0 M_d(\geq 1$ 安全, <1 不安全)。两种算法对结构安全性判断完全一致。表 3 中, $0.899\neq 0.889$, $1.003\neq 1$, $1.001\neq 1$,是表算法误差引起的。

两种算法的受压区高度系数ξ一般不同,只

有当 $N_{du}=\gamma_0 N_d$ 且 $M_{du}=\gamma_0 M_d$ 时,两种算法的ξ才相同(表 1)。这是因为偏心距逼近法是用式(3)计算值逼近已知偏心距确定ξ的,而轴向力逼近法是用式(1)计算值逼近轴向力效应组合设计值确定ξ的,图 3 表达了这两种不同逼近法的区别与联系。

表 3 按作用效应不利组合、用两种算法
算得的 $N_{du}/\gamma_0 N_d$ 、 $M_{du}/\gamma_0 M_d$

计算方法	偏心距法	轴向力法	计算方法	偏心距法	轴向力法
作用② $N_{du}/\gamma_0 N_d$	0.899	1.003	作用③ $N_{du}/\gamma_0 N_d$	1.458	1.001
作用② $M_{du}/\gamma_0 M_d$	0.889	0.692	作用③ $M_{du}/\gamma_0 M_d$	1.458	1.349
承载力判断	不安全	不安全	承载力判断	安全	安全

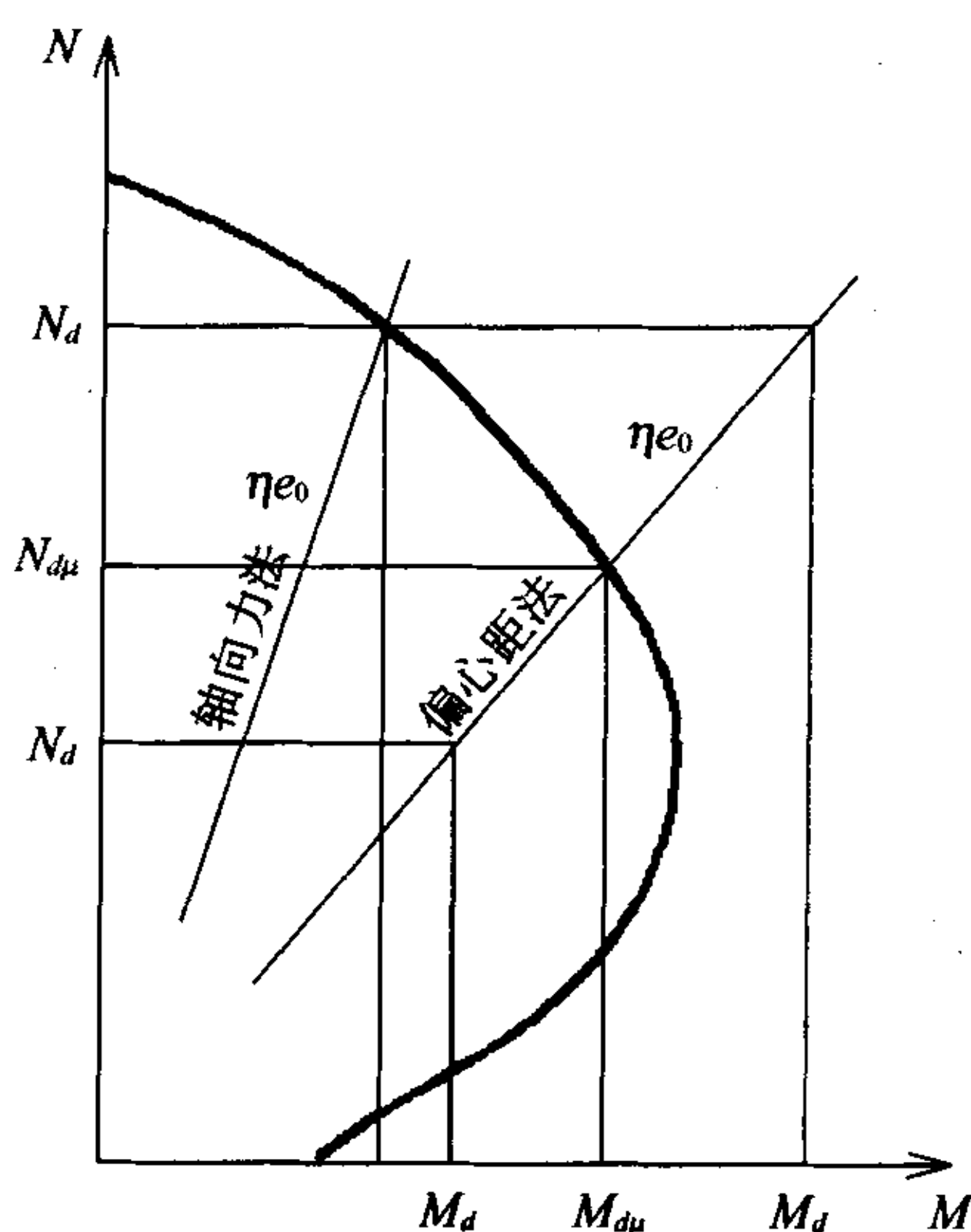


图 3 两种算法的直观联系

5 结论

轴向力逼近法与偏心距逼近法相比有下列优点:

(1) 轴向力随受压区高度系数 ξ 单调上升的特点直观易懂, 试算时可凭直觉调整 ξ 的增减而不致出错; 而偏心距逼近法由于偏心距大小随受压区高度系数变化的规律^[2,3] 不直观, 逼近计算难免带有盲目性, 常会增加无效试算次数。

(2) 从四则运算的次数看, 轴向力逼近法, 当将式(1)前后两项中的 r^2 提到括弧外面后, 每逼近一次要进行 6 次四则运算, 而偏心距逼近法每逼近一次要用式(3)进行 11 次四则运算, 多次逼近, 轴向力逼近法计算速度明显快于偏心距逼近法。但轴向力逼近法无法算得偏心距逼近法那样的相同的综合安全系数; 而且其受压区高度系数是按设计轴力一个条件求得的, 一般不代表设计弯矩轴力共同作用下的实际受压区高度系数。顺便告知, 轴向力逼近法与诺模图算法兼容(步骤略)。

参考文献:

- [1] JTG D62—2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [2] 柴金义. 圆形截面偏心受压构件配筋率分析与负配筋率的处理[J]. 华东公路, 1992, (5).
- [3] 姜云霞. 圆形截面偏心受压构件算法讨论、算式的功能开发及电算编程概说[J]. 内蒙古公路与运输, 1989, (1).

Application of Method of Approaching Axial Pressure to Checking Computation of Ultimate Bearing Capacity of Circular Section Members in Eccentricity Compression

JIANG Yun-xia

(Department of Civil Engineering, Technical and Vocational School, Neimongol University, Hohhot 010023, China)

Abstract: A method of approaching axial pressure for checking computation of ultimate bearing capacity of circular section members in eccentricity compression is introduced. Comparison of the traditional method of checking computation shows that the method of approaching axial pressure is audio-visual and understood easily and makes the goal clear. Further more, the operation speed is more fast.

Key words: circular section member in eccentricity compression; checking computation of ultimate bearing capacity; method of approaching axial pressure