

预应力筋约束农业设施混凝土柱中心局部承压性能分析

王研

(广西农业职业技术学院农业工程学院 广西南宁 530007)

摘要: 本文采用后张法,在 ox 、 oy 两个方向布置两根预应力钢绞线来充当拉杆,抵抗混凝土构件在横向的拉应力作用,进而代替传统的局部承压处理方法。使用有限元分析软件 ANSYS,对预应力钢绞线约束下的素混凝土方形柱进行中心局部承压模拟分析,结果表明,钢绞线约束的素混凝土柱仍然存在压应力带。同时,局压面积比对横向应力的分布形状影响较大,局压面积比的增加能明显的降低局压试件的承载力。局压荷载作用下预应力钢绞线约束的素混凝土构件与相应的素混凝土构件的纵向应力分布状态不同。局压面积比对纵向应力的扩散速度影响较大。局压面积比的增加能明显的降低局压试件的承载力。总体来看,在素混凝土构件横向拉应力的峰值位置附近布置预应力钢绞线,能使压应力带下方原本为拉应力的区域在预应力的作用下转为受压,进而约束了混凝土柱,使其局压承载力有所提高。

关键词 局部承压;有限元;预应力筋;承载力

前言

工程中,对混凝土局压问题的处理通常是采用在构件局部受压的端头设置螺旋箍筋或焊接网片,以增强混凝土的局部抗压强度,限制集中力作用下在柱端部产生的裂缝。但局压区产生纵向裂缝仍是屡见不鲜的。

本文采用后张法,在 ox 、 oy 两个方向布置两根预应力钢绞线来充当拉杆,代替传统的局部承压处理方法。本文对一组预应力钢绞线约束的素混凝土局部承压柱进行有限元分析,从而找到更有效的处理局部承压问题的方法。

1.1 材料模拟

混凝土单元采用三维八节点实体单元 SOLID65 来模拟,垫板采用三维八节点实体单元 SOLID45 来模拟,锚固端的垫板同样采用 SOLID45 来模拟,预应力钢绞线采用 LINK10 单元进行模拟,对弹塑性本构关系的定义:等强化(Isotropic Hardening Plasticity),屈服准则(Von Mises),塑性属性选择为多线性等强化模型(Multilinear Isotropic Hardening)。钢质垫块的弹性属性选择为各向同性^[1-4]。

1.2 模型的建立及求解

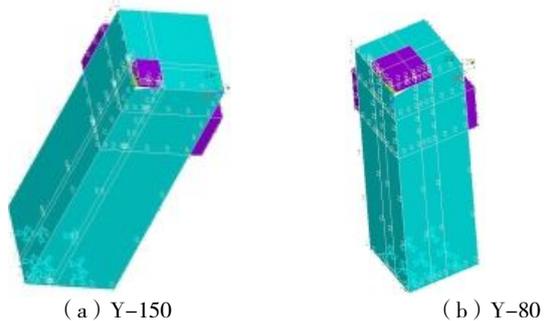
本文模拟试件为方形柱,混凝土构件的尺寸为: $500 \times 300 \times 300$ 。选取的垫板尺寸分别为: $150 \times 150 \times 20$; $80 \times 80 \times 20$ 。

模拟柱均为中心局部承压构件,几何形状对称,荷载对称,因此取 1/4 模型进行计算分析,设对称轴为 z 轴,以对称轴与柱顶面的交点为坐标原点 o ,柱的顶面为 xoy 平面,水平方向为 x 轴,垂直方向为 y 轴^[5-8]。

对 2 个相同尺寸、参数的素混凝土构件进行有限元分析,得到其横向拉应力的峰值约在距离混凝土构件顶部平面 120mm、110mm 处,预应力钢绞线分别布置在峰值位置附近,钢绞线选用直径为 15.2 的钢绞线, ox 、 oy 两向分别布置 2 根。如图 1 所示。其中,图 a 是局部承压面积为 150×150 的预应力筋约束的素混凝土柱有限元模型(编号为 Y-150);图 b 是局部承压面积为 80×80 的预应力筋约束的素混凝土柱有限元模型(编号为 Y-80)。

将混凝土切割面和钢垫板切割面设置成为对称面约束,并约束混凝土模型底部节点的三个方向平移自由度。在对构件进行非线性求解时,施加的荷载同样取 $500N/mm^2$,荷载子步也分为 100 步。

1.3 有限元分析结果



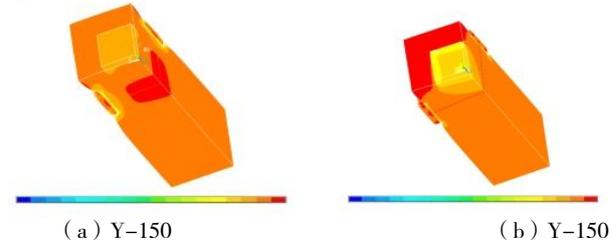
(a) Y-150 (b) Y-80
图 1 有限元模型

Fig 1 Finite element model

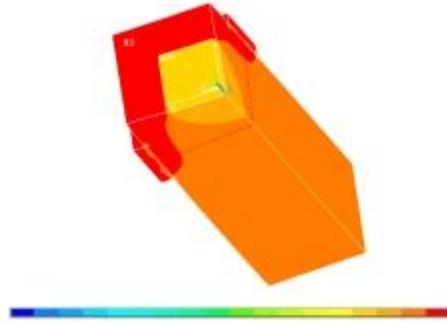
图 2 至图 5 是预应力钢绞线约束的素混凝土构件 Y-150、Y-80 在局压荷载作用下的有限元计算结果,其中图 (a) 是加载初期素混凝土构件的应力分布图,图 (b) 是加载中期素混凝土构件的应力分布图,图 (c) 是加载后期素混凝土构件的应力分布图。

1.3.1 钢绞线约束素混凝土柱纵向应力 (σ_z) 的变化规律

如图 2 示,在预应力筋的作用下,加载初期锚固端垫板正下方附近的区域内,混凝土受到压应力作用,出现应力集中现象,这种现象沿 x 轴逐渐减弱,混凝土所受的压应力逐渐减小,在混凝土试件的中间区域,最终过渡为拉应力。顶部和底部的混凝土均受压应力作用。随着局压荷载的增加,混凝土试件中间区域的拉应力逐渐减小,最终过渡为压应力。试件顶部垫板下的混凝土所受的压应力逐渐增大,应力集中现象逐渐增强。锚固端垫板附近的混凝土所受的压应力也逐渐增加,但增加的幅度较小。在应力集中区域以外的混凝土所受的压应力由 z 轴向四周稍有减小,并趋于均匀。其应力值约为锚固端垫板附近的混凝土压应力的两倍,为试件顶部垫板附近的混凝土压应力值的 1/2。局压承载力有较大提高。



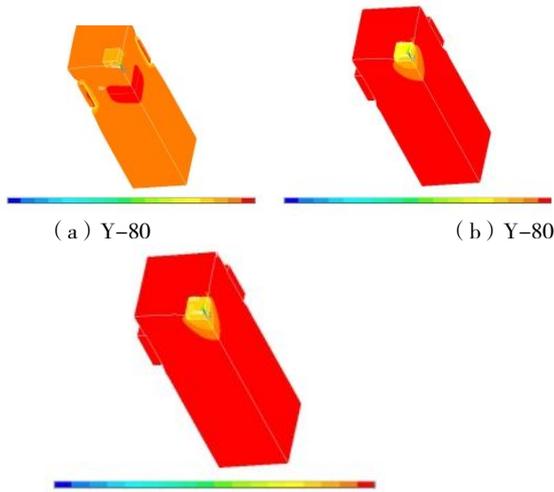
(a) Y-150 (b) Y-150



(c) Y-150
图 2 Y-150 纵向应力分布

Fig 2 Y-150 Longitudinal stress distribution

如图 3 示, 构件的纵向应力分布状态与 Y-150 大致相同。但是在应力集中区域以外的混凝土所受的压应力值与锚固端垫板附近的混凝土压应力值相差较小; 与试件顶部垫板附近的混凝土压应力值相差很多; 应力集中现象要早些趋于平缓, 且局压承载力降低。



(a) Y-80 (b) Y-80
(c) Y-80
图 3 Y-80 纵向应力分布

Fig 3 Y-80 Longitudinal stress distribution

从图 2、图 3 可以看出, 局压面积比对纵向应力的扩散速度影响较大, 当局压面积比增加时, 峰值压应力增大, 局压承载力降低。

1.3.2 钢绞线约束素混凝土柱 xoz (yoz) 面的横向应力 σ_x (σ_y) 的变化规律

由于素混凝土柱几何对称, 同时所施加的荷载也对称, 所以还是以纵向 xoz 面的横向应力 σ_x 为代表, 对构件横向应力进行分析。在加载初期, 沿着 z 轴方向, 由于局压荷载的扩散, 使得局压荷载正下方(承压面)附近混凝土横向受压, 在离局压荷载一定深度后横向受拉, 在离局压荷载较远处, 又过渡到横向受压。由于预应力钢筋的作用, 使得锚固端垫板下方的混凝土受到较大的横向压应力, 压应力值沿 x 轴向四周逐渐减小。随着试件顶部局部荷载的增加, 沿 z 轴方向, 混凝土受到的横向压应力均增大, 原横向拉应力也逐渐减小并向压应力过渡。在锚固端垫板正下方的混凝土出现明显的应力集中现象, 并且压应力有小幅度增加。在局压荷载承压面附近, 仍可以看到一个明显的压应力带, 由于布置了预应力钢筋, 使得压应力带下方原本为拉应力的区域在预应力的作用下转为受压, 进而约束了混凝土构件, 使其局压承载力有很大的提高。

构件 Y-80 的横向应力分布状态与 Y-150 大致相同, 但局压承载力降低。由于布置了预应力钢筋, 使得压应力带下方原本为拉应力的区域在预应力的作用下转为受压, 局压承载力提高。

局压面积比对横向应力的分布形状影响较大, 局压面积比的增加使构件的局压承载力明显降低。合理的布置预应力钢筋, 能使压应力带下方原本为拉应力的区域在预应力的作用下转为受压, 进而约束了混凝土构件, 使其局压承载力有很大的提高。Y-150、Y-80 的局压承载力分别为: 1075KN、655KN。

结论

通过对预应力钢绞线约束的素混凝土构件模型的非线性有限元分析以及同相应的素混凝土构件的对比, 可以得到如下结论:

- (1) 局压面积比对纵向应力的扩散速度影响较大。局压面积比的增加能明显的降低局压试件的承载力。
- (2) 钢绞线约束的素混凝土构件存在压应力带。同时, 局压面积比对横向应力的分布形状影响较大, 局压面积比的增加能明显的降低局压试件的承载力。在合理的位置布置预应力钢筋, 能使压应力带下方原本为拉应力的区域在预应力的作用下转为受压, 进而约束了混凝土构件, 使其局压承载力有很大的提高, 预应力钢绞线约束的素混凝土构件局压承载力的大小, 与布置预应力钢筋的位置有关。

参考文献:

- [1]Uehara T .Simulation of Crack Pattern Formation Due to Shrinkage in a Drying Material[J].2023, 11(1):1-13.
- [2]Nie W , Sun N , Liu Q ,et al.Comparative study of dust pollution and air quality of tunnelling anchor integrated machine working face with different ventilation[J].Tunnelling and Underground Space Technology, 2022, 122:104377-.DOI:10.1016/j.tust.2022.104377.
- [3]Poomima V , Lute V .Damage integrity assessment for beams using structural health monitoring technique[J].International Journal of Structural Engineering, 2021, 11(4):413-.
- [4]Baumgarten A S , Kamrin K .Analysis and mitigation of spatial integration errors for the material point method[J].International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2023.DOI:10.1002/nme.7217.
- [5]Joshi A , Wang F , Kang Z ,et al.A three-dimensional thermoregulatory model for predicting human thermophysiological responses in various thermal environments[J].Building and environment, 2022(207)-Jan. Pt.B).DOI:10.1016/j.buildenv.2021.108506.
- [6]Malik H S , Jawad D A M .Brace Forces in Horizontally Curved Steel Box Girder with Two Types of Lateral Bracing System by Using ANSYS Program[J].IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1090(1):012098 (18pp).DOI:10.1088/1757-899X/1090/1/012098.
- [7]Wang F , Tian L J , Lyu Z D ,et al.Stability of full-scale orthotropic steel plates under axial and biased loading: Experimental and numerical studies[J].Journal of Constructional Steel Research, 2021, 181(122):106613.DOI:10.1016/j.jcsr.2021.106613.
- [8]Suhendri S , Hu M , Su Y ,et al.Performance evaluation of combined solar chimney and radiative cooling ventilation[J].Building and environment, 2022(Feb.):209.DOI:10.1016/j.buildenv.2021.108686.
- [9]王研, 1981.9, 男, 汉族, 吉林长春人, 广西农业职业技术学院农业工程学院, 邮编: 530007, 副教授, 博士研究生, 从事建筑结构、农业建筑环境与能源工程、土壤改良、园艺设施等方向研究。