[输电塔]

输电塔带肋圆钢管混凝土柱轴压承载性能有限元研究

文/中国电力科学研究院有限公司　朱彬荣　刘海锋
中国矿业大学力学与建筑工程学院　王振兴　陈惠羚

采用有限元软件ABAQUS对带肋圆钢管混凝土柱的轴压承载性能进行了分析，从应力、位移及极限承载力等方面对比分析了无肋、带肋圆钢管混凝土柱的轴压受力性能。

近几年来，西电东输、三峡外送和区域联网等电网工程的实施，全国各地涌现了许许多多的大跨越输电工程。而大跨越输电工程中，跨越塔的结构设计是整个工程的关键项目之一。

带肋圆钢管混凝土形式

由于钢管较易发生局部屈曲，从而降低构件的承载力，并影响其正常工作性能。为此，国内外专家先后提出一些抵消这种影响的构造措施，主要包括在方钢管内部设置纵向加劲肋、采用约束拉杆和角部隅撑这三种方法，其中设置纵向加劲肋的方法制作的板件较少，加劲肋和钢管焊在一起，整体性好，有利于提高钢管和混凝土的共同工作性能，同时还有利于提高构件的抗火性能。

有限元分析模型

采用ABAQUS建立本文有限元模型时，钢材（包含钢管、加劲肋及内配钢骨）和核心混凝土材料本构关系提供的模型。钢管及加劲肋采用减缩积分的壳体单元(S4R)，核心混凝土采用减缩积分的三维实体单元(C3D8R)，外钢管和核心混凝土界面模型采用切向摩擦，法向硬接触；纵向加劲肋嵌固在混凝土中。考虑到分析过程中引入初始缺陷等因素，取构件全模型进行分析，如图1所示。

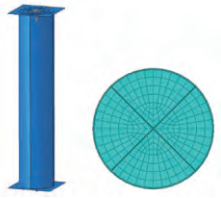


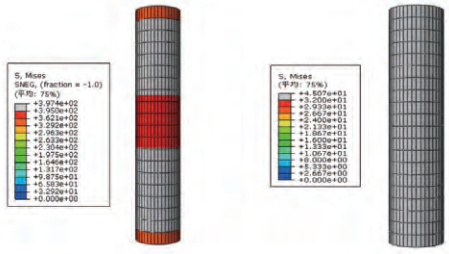
图1　带肋圆钢管混凝土模型

有限元结果分析

1．应力分析

（1）ZY－1试件

受压试件的应力发展过程如图2所示。即混凝土整体压溃→钢管屈服→试件破坏。在极限荷载时，混凝土开始破坏，而钢管并未屈服，试件的极限承载力主要由混凝土的抗压强度决定。



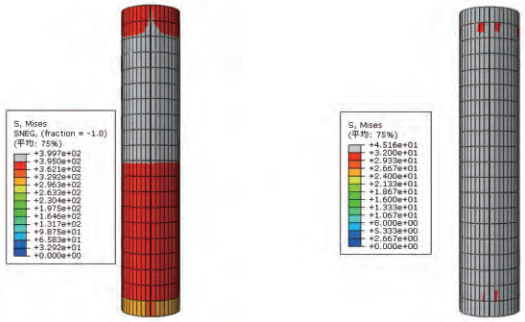
（a）钢管　（b）混凝土

图2　ZY－1试件破坏时应力

基金项目：国家电网公司科技项目（钢管混凝土输电杆塔设计及施工技术研究GCB17201600064）

（2）ZY－2试件

试件的应力发展过程如图3所示。即混凝土整体压溃→带纵肋钢管屈服→试件破坏。在极限荷载时，混凝土开始破坏，而带肋钢管并未屈服；与ZY-1试件相比，钢管上布置纵向加劲肋提高了试件的极限承载力，但效果并不显著，试件的极限承载力仍主要由混凝土的抗压强度决定。

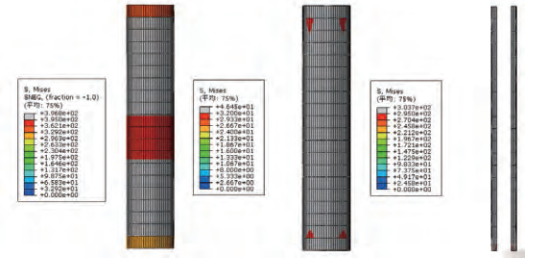


（a）钢管　（b）混凝土

图3　ZY－2试件破坏时应力

（3）ZY－3试件

试件的应力发展过程如图4所示。即内置钢骨屈服→混凝土整体压溃→钢管屈服→试件破坏。将试件的荷载-位移曲线和应力发展过程与ZY－1试件相比较，配有内置钢骨的钢管混凝土试件中，钢骨有效约束了核心混凝土，极限承载力提高较大。



（a）钢管　（b）混凝土　（c）钢骨

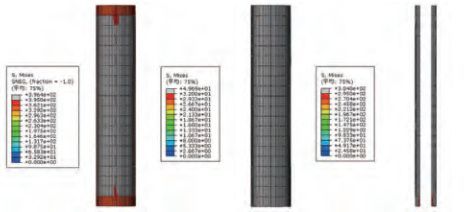
图4　ZY－3试件破坏时应力

（4）ZY－4试件

试件的应力发展过程如图5所示。即内置钢骨屈服→混凝土整体压溃→带肋钢管屈服→试件破坏。将试件的荷载-位移曲线和应力发展过程与试件ZY－3相比较，钢管上布置纵向加劲肋提高了试件的极限承载力，但效果并不显著。

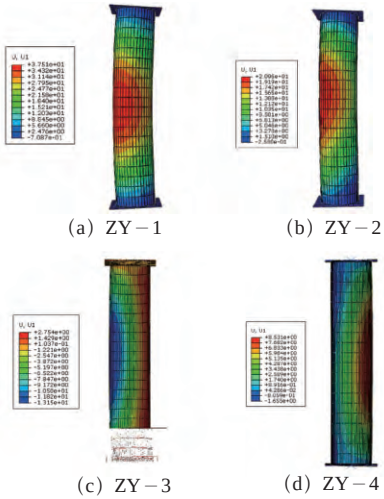
2．钢管和混凝土的相互作用

各轴心受压试件的变形机制与破坏形态如图6所示。由图可知，各试件的破坏形态较为一致，均为钢管中部发生较明显的局部变形。在钢管混凝土柱中内置钢骨和纵向加劲肋，提高了含钢率，增强了对核心混凝土的约束作用，从而使得试件变形减小和极限承载力提高。



（a）钢管　（b）混凝土　（c）钢骨

图5　ZY－4试件破坏时应力



（a）ZY－1　（b）ZY－2

（c）ZY－3　（d）ZY－4

图6　轴心受压试件位移图

3．极限承载力分析

由图7可知，受压构件随着含钢率的增大，相应的承载力增大。

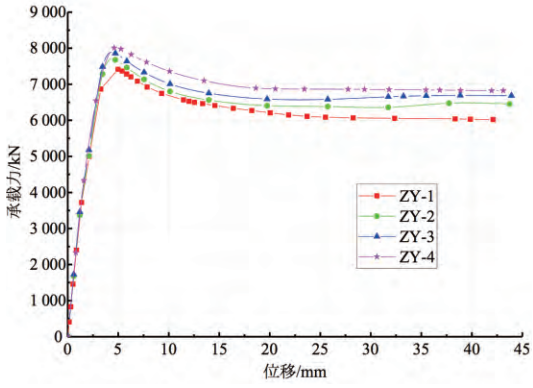


图7　轴心受压试 件荷载－位移曲线

结束语

通过对普通和带肋圆钢管混凝土柱进行了有限元分析得到：

1）受压构件随着含钢率的增大，承载力增大。

2）在钢管混凝土柱中内置钢骨和纵向加劲肋，提高了含钢率，增强了对核心混凝土的约束作用，从而使得试件变形减小和极限承载力提高。EA

（收稿日期：2018.09.15）

（编辑：白文亭）