

撬力对柱脚节点底板抗剪验算的影响

本案例主要介绍 IDEA 中撬力对柱脚节点底板抗剪验算的影响。



使用软件/SOFTWARE

IDEA v24.0.0



模型简介/MODEL

该模型为柱脚节点，如图 1 所示。

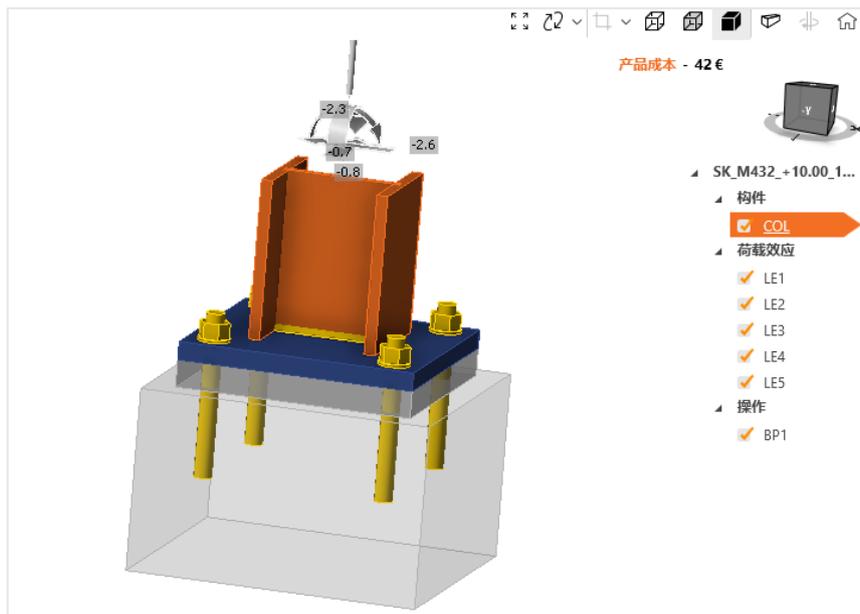


图 1 某柱脚节点示意图



问题描述/PROBLEM

在对该柱脚节点做分析设计时，调整了模型中的基础底板的厚度（base plate thickness，图 1 中蓝色板件的厚度），导致该柱脚节点的底板和混凝土接触面之间的抗剪验算（shear in contact plane）结果发生了改变。如图 2 中所示，当底板厚度设置为 12mm 时，该底板的抗剪承载比为 0.65 小于 1，满足规范要求。但是当把底板厚度设置为 20mm 时，该底板的抗剪承载比为 1.01 大于 1，不满足规范要求。为何将板厚度有 12mm 改为 20mm 后，底板的抗剪验算反而不通过？



图 2 不同板厚的抗剪验算结果

解决办法/SOLUTION

该项验算的是底板和水泥之间的抗剪承载能力，底板抗剪承载力=该节点承受的荷载/底板抗剪承载能力。节点底板厚度改变时，节点承受的荷载大小不会改变，但是底板的抗剪承载能力发生了改变。依据规范 EN 1993-1-8 中 6.2.2 条，如图 3 所示，底板的抗剪承载能力 $F_{f,Rd} = \text{混凝土承受的轴向力 } N_{C,Ed} \times \text{摩擦系数 } C_{f,d}$ 。其中摩擦系数为常数，当底板厚度不同时，混凝土承受的轴向力 $N_{C,Ed}$ 发生改变。如图 2 中红色选框所示，当板厚为 12mm 时轴力设计值为 $N_{C,Ed} = 16.3\text{ kN}$ ，当板厚为 20mm 时轴力设计值 $N_{C,Ed} = 10.6\text{ kN}$ ，混凝土承受的轴力不同导致板抗剪承载能力不同，最终校核结果的不同。

- (6) In a column base the design friction resistance $F_{f,Rd}$ between base plate and grout should be derived as follows:

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{C,Ed} \quad \dots (6.1)$$

where:

$C_{f,d}$ is the coefficient of friction between base plate and grout layer. The following values may be used:

- for sand-cement mortar $C_{f,d} = 0,20$;
- for other types of grout the coefficient of friction $C_{f,d}$ should be determined by testing in accordance with EN 1990, Annex D;

$N_{C,Ed}$ is the design value of the normal compressive force in the column.

NOTE: If the column is loaded by a tensile normal force, $F_{f,Rd} = 0$.

图-3 规范截图

接下来解释混凝土承受的柱轴力不同的原因。当板厚度较小 12mm 时，由于板刚度较小导致板和锚栓之间形成撬力的作用，撬力的相关知识可以参考知识库文章：[螺栓拉力与外荷载的平衡问题](#)。查看 12mm 厚度板中混凝土的应力分布可以看到，由于底板刚度较小，板件的弯曲变形以将板边缘为支点形成杠杆作用，混凝土压应力的极值在边缘位置处且范围较大，此时相邻的锚栓拉力较大，A7 为 11.2 kN，A8 为 7.7 kN。对比 20mm 厚的板，板的刚度增加，撬力作用减弱，混凝土压应力的极值在边缘位置处但是范围较小，相邻位置的锚栓拉力也逐渐减少，最终混凝土承受的轴力也变小。

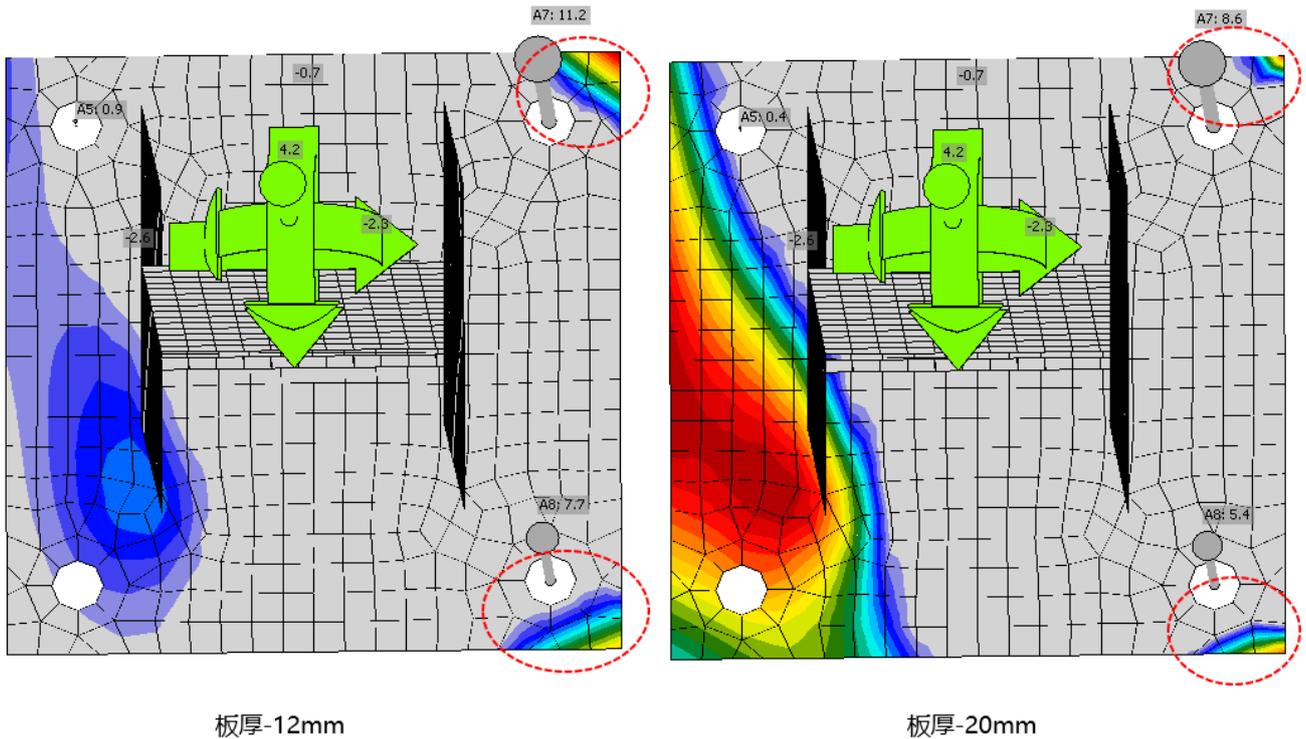


图-4 不同板厚度下节点应力分布云图

撬力作用往往会显著降低连接的承载能力，在设计中应避免该问题。假如适当增加底板的厚度，加强底板的刚度，减小底板的弯曲变形，则可以削弱该锚栓的撬力作用。这里将底板厚度修改为 60mm，可以看到混凝土右侧的压应力已经没有了，仅在左端有压力，此时已没有撬力作用，混凝土承受的轴力为 9.7KN。

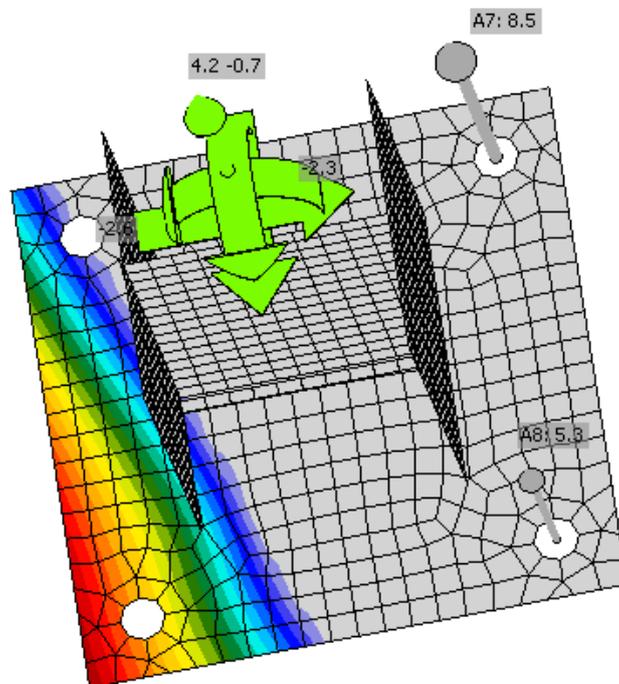


图-5 底板 60mm 厚度-壳体应力分布云图

综上，柱脚节点设计时，需要避免由于底板厚度取值过小出现撬力作用，导致设计结果出现异常。