

梁柱节点核心区验算实例（一）

董礼

您是否曾因节点核心区截面不满足抗剪要求而苦恼？等式左边的 V_j 值是怎么算的？等式右边的限值手工核算之后，与程序输出的数值相差甚远？

```
-----
N-C=12 (I=7000073, J=6000073) (1)B*H(mm)=400*800 Ang=180.0
Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=3.60(m) Lcy=3.60(m) Nfc=2 Nfc_gz=2 Rcc=60.0 Fy=360 Fyv=360
砼柱 C60 矩形
livec=0.850 jzx=1.112, jzy=1.105 02vx=2.487, 02vy=3.229
ηma=1.200 ηvu=1.440 ηmd=1.200 ηvd=1.440
( 74)M= 234.1 V= 85.0 λc=3.637
( 44)Nu= -2774.3 Uc= 0.32 Rs= 2.21(%) Rsv= 0.69(%) Asc= 443
( 53)N= -2331.2 Mx= 340.3 My= -702.8 Asxt= 1772 Asxt0= 1772
( 53)N= -2331.2 Mx= 340.3 My= -702.8 Asyt= 2658 Asyt0= 2658
( 53)N= -2331.2 Mx= -103.7 My= 682.3 Asxb= 1772 Asxb0= 1772
( 53)N= -2331.2 Mx= -103.7 My= 682.3 Asyb= 2658 Asyb0= 2658
( 53)N= -2331.2 Vx= 461.7 Vy= 147.8 Ts= -0.6 Asvx= 158 Asvx0= 100
( 53)N= -2331.2 Vx= 461.7 Vy= 147.8 Ts= -0.6 Asvy= 158 Asvy0= 44
节点核心区设计结果:
( 53) N= -2066.7 Vjx= 1538.7 Asvjx= 418 Asvjxcal= 418
( 58) N= -2158.2 Vjy= 836.7 Asvjy= 176 Asvjycal= 0
**(组合号:53) 节点核心区截面不满足抗剪要求 Vjx=1538.7>1/γre*0.30*1.00*βc*fc*bj*hj=1087.3 《砼规范》11.6.3
抗剪承载力: CB_XF= 521.95 CB_YF= 866.74
```

今天我们就结合几个算例，来告诉大家梁柱节点核心区到底该如何验算。

在介绍算例之前，我们先回顾下规范是如何规定的：《混规》11.6.2、11.6.3 对于节点核心区做了详细的规定，《抗规》附录 D 公式基本与《混规》一致。因此程序采用《混规》公式进行验算。

11.6.2 一、二、三级抗震等级的框架梁柱节点核心区的剪力设计值 V_j ，应按下列规定计算：

1 顶层中间节点和端节点

1) 一级抗震等级的框架结构和 9 度设防烈度的一级抗震等级框架：

$$V_j = \frac{1.15 \sum M_{\text{bua}}}{h_{\text{b0}} - a'_s} \quad (11.6.2-1)$$

2) 其他情况：

$$V_j = \frac{\eta_{\text{lb}} \sum M_{\text{b}}}{h_{\text{b0}} - a'_s} \quad (11.6.2-2)$$

2 其他层中间节点和端节点

1) 一级抗震等级的框架结构和 9 度设防烈度的一级抗震等级框架：

$$V_j = \frac{1.15 \sum M_{\text{bua}}}{h_{\text{b0}} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{\text{b0}} - a'_s}{H_{\text{c}} - h_{\text{b}}} \right) \quad (11.6.2-3)$$

2) 其他情况：

$$V_j = \frac{\eta_{\text{lb}} \sum M_{\text{b}}}{h_{\text{b0}} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{\text{b0}} - a'_s}{H_{\text{c}} - h_{\text{b}}} \right) \quad (11.6.2-4)$$

11.6.3 框架梁柱节点核心区的受剪水平截面应符合下列条件：

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.3\eta_j \beta_c f_c b_j h_j) \quad (11.6.3)$$

式中： h_j ——框架节点核心区的截面高度，可取验算方向的柱截面高度 h_c ；

b_j ——框架节点核心区的截面有效验算宽度，当 b_b 不小于 $b_c/2$ 时，可取 b_c ；当 b_b 小于 $b_c/2$ 时，可取 $(b_b+0.5h_c)$ 和 b_c 中的较小值；当梁与柱的中线不重合且偏心距 e_0 不大于 $b_c/4$ 时，可取 $(b_b+0.5h_c)$ 、 $(0.5b_b+0.5b_c+0.25h_c-e_0)$ 和 b_c 三者中的最小值。此处， b_b 为验算方向梁截面宽度， b_c 为该侧柱截面宽度；

η_j ——正交梁对节点的约束影响系数；当楼板为现浇、梁柱中线重合、四侧各梁截面宽度不小于该侧柱截面宽度 1/2，且正交方向梁高度不小于较高框架梁高度的 3/4 时，可取 η_j 为 1.50，但对 9 度设防烈度宜取 η_j 为 1.25；当不满足上述条件时，应取 η_j 为 1.00。

算例 1：《混规》11.6.2-4

疑问：

节点核心区控制工况为 30 工况，二级抗震（图 1），反弯点距离为 2362mm+2383mm（图 2）。

根据《混规》11.6.2-4 公式：

$$V_j = \frac{\eta_b \sum M_b}{h_{b0} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{b0} - a'_s}{H_c - h_b} \right)$$

$V_{jy} = 1.35 \times (174.8 + 433.9) \times 1000 / (460 - 40) \times (1 - (460 - 40) / (2362 + 2383 - 500)) = 1763 \text{ kN}$

与程序输出的 1805.3 不符，请问是哪里算的不对吗？

```

N-C=7 (I=2000028, J=1000022) (1)B*H(mm)=600*600
Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=5.20(m) Lcy=5.20(m) Nfc=2 Nfc_gz=2 Rcc=35.0 Fy=360 Fyv=360
价柱 C35 矩形
livec=1.000
eta_mu=1.500 eta_vu=1.950 eta_md=1.500 eta_vd=1.950
X: lambda_c=4.664
Y: lambda_c=4.664
( 27)Nu= -1396.5 Uc= 0.23 Rs= 1.76(%) Rsv= 0.60(%) Asc= 254
( 34)N= -952.7 Mx= -577.4 My= -307.3 Asxt= 1515 Asxt0= 1515
( 27)N= -1396.5 Mx= -85.1 My= -813.2 Asyt= 2157 Asyt0= 2157
( 34)N= -952.7 Mx= 686.8 My= 132.0 Asxb= 1987 Asxb0= 1987
( 31)N= -1100.2 Mx= 78.2 My= 583.0 Asyb= 1395 Asyb0= 1395
( 27)N= -1396.5 Vx= 361.3 Vy= -41.8 Ts= -3.9 Asvx= 161 Asvx0= 46
( 27)N= -1396.5 Vx= 361.3 Vy= -41.8 Ts= -3.9 Asvy= 161 Asvy0= 46
节点核心区设计结果:
( 27) N= -543.6 Vjx= 1121.8 Asvix= 134 Asvixcal= 0
( 30) N= -478.7 Vjy= -1805.3 Asvjy= 540 Asvjycal= 540
    
```

图 1



图 2

解答:

用户手算的过程基本正确，但 YJK 软件在验算节点核心区的时候会做如下处理:

1) H_c 的选取

《混规》规定 H_c 为反弯点距离，不过目前程序很难判断上一层的柱高以及反弯点的情况。因此 H_c 程序取的是本层的高度，即 $H_c=5200\text{mm}$ 。

2) as' 的取值

由于节点核心区的验算在设计阶段完成，因此程序并不知道钢筋的实配值是多少，只能按照纵筋直径为 25mm，箍筋直径为 10mm，本工程保护层厚度为 20mm

因此 $as'=20+10+25/2=42.5\text{mm}$ (图 3)。

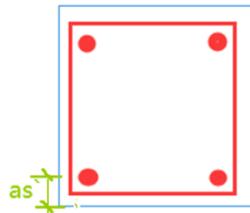


图 3

综上， $V_{jy}=1.35 \times (174.8+433.9) \times 1000 / ((457.5-42.5) \times (1-(457.5-42.5) / (5200-500))) = 1805.3\text{kN}$ 与输出值一致。

总结:

1) H_c 的取值以及 as' 的偏差，会导致用户在手核节点核心区的时候存在一定的误差。

2) 通过算例 1，我们也不难看出，尽管 YJK 采用层高作为 H_c ，在大多数情况下，其计算值与实际值相差不大。

3) 在 YJK7.0 版本中，我们在【高级选项】—【柱】中提供了【 H_c 取上柱和下柱中点之间的距离】参数 (图 3a)，若不勾选， H_c 取层高；若勾选，则 H_c 取上柱和下柱中点之间的距离，以适应上下层层高不同的柱节点核心区计算。

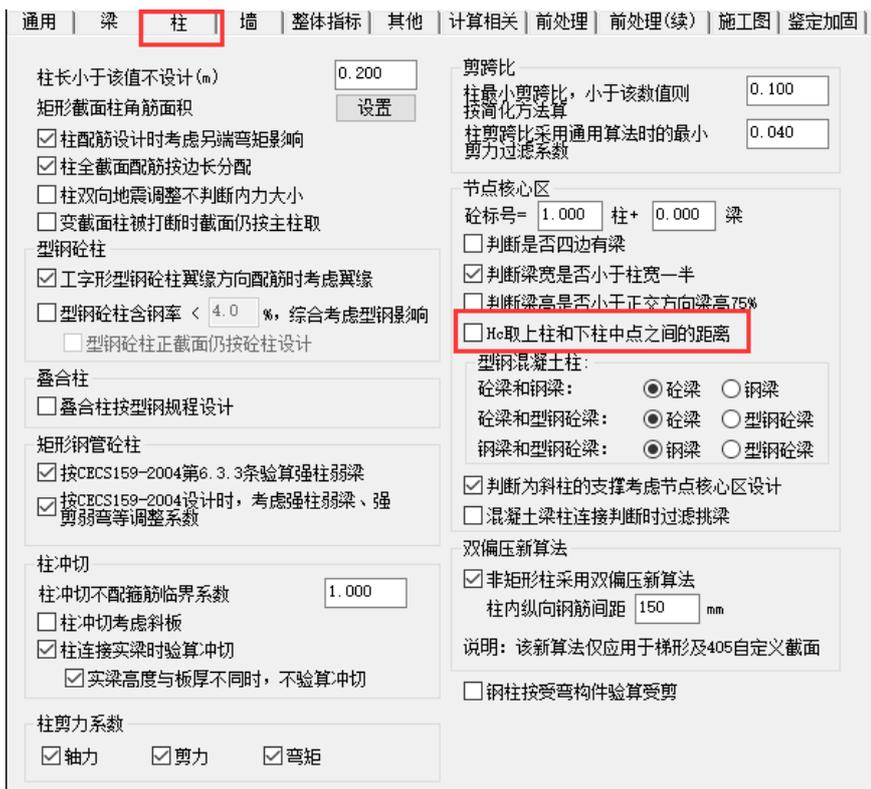


图 3a

算例 2: 《混规》11.6.2-3

疑问:

《混规》11.6.2-3 中, M_{bua} 为根据实配钢筋面积反算求得, 程序是如何处理实配钢筋反代的, 我想要手算如何核算呢?

$$V_j = \frac{1.15 \sum M_{bua}}{h_{b0} - a'_s} \left(1 - \frac{h_{b0} - a'_s}{H_c - h_b} \right) \quad (11.6.2-3)$$

$\sum M_{bua}$ ——节点左、右两侧的梁端反时针或顺时针方向实配的正截面抗震受弯承载力所对应的弯矩值之和, 可根据实配钢筋面积 (计入纵向受压钢筋) 和材料强度标准值确定;

解答:

施工图实配钢筋是需要根据配筋简图进行配置。而在配筋简图这一步, 程序并不知道施工图配筋是多少, 因此这样就会产生一个悖论。为了解决这个问题, 程序引入了超配系数这个概念。程序采用计算弯矩值乘以超配系数, 来模拟实配钢筋面积反算的弯矩。

超配系数可以在总参数进行指定, 也可以在特殊构件定义中进行定义, 默认值为 1.15 (图 4)。

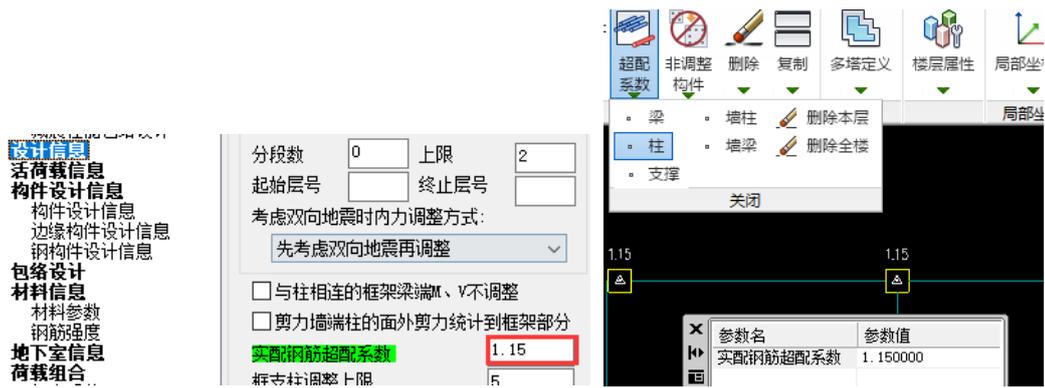


图 4

值得注意的是，规范规定这个 M_{bua} 需要采用材料的标准值来确定。因此尚需将材料的设计值换算为标准值。本例为三级钢，设计值为 360，标准值为 400。换算系数=400/360=1.111
 综上 $M_{bua}=1.15 \times M_{bx} \times 1.111$

通过图 5 我们可知，控制 v_{jy} 的工况为 30 工况。我们在梁弯矩图中（图 6）找到 y 方向的弯矩 $M_b=697.1$ 。（因为混规规定框架节点左右弯矩均为负弯矩时，绝对值较小的弯矩取 0）

N-C=5 (I=5000005, J=4000005) (1)B*H(mm)=900*1100
 Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=1.80(m) Lcy=1.80(m) Nfc=1 Nfc_gz=1 Rcc=40.0 Fy=360 Fyv=360
 圆柱 C40 矩形 短柱
 livec=1.000
 $\eta_{\mu}=1.700$ $\eta_{vu}=2.581$ $\eta_{md}=1.700$ $\eta_{vd}=2.581$
 X: $\lambda_c=1.050$
 Y: $\lambda_c=0.851$
 (30)Nu= -2199.6 Uc= 0.12 Rs= 1.05(%) Rsv= 1.20(%) Asc= 490
 (33)N= -1523.2 Mx= 731.7 My= -5.8 Asxt= 2829 Asxt0= 30
 (1)N= -3822.7 Mx= -39.4 My= -22.5 Asyt= 3349 Asyt0= 0
 (1)N= -3822.7 Mx= -13.4 My= -14.2 Asxb= 2829 Asxb0= 0
 (1)N= -3822.7 Mx= -13.4 My= -14.2 Asyb= 3349 Asyb0= 0
 (27)N= -2100.8 Vx= 476.6 Vy= -8.4 Ts= -4.5 Asvx= 555 Asvx0= 0
 (30)N= -2199.6 Vx= 9.1 Vy= -686.7 Ts= -234.0 Asvy= 555 Asvy0= 0
 节点核心区设计结果:
 (27) N= -1063.2 Vjx= 1031.3 Asvjx= 294 Asvjxcal= 0
 (30) N= -1101.4 Vjy= -734.4 Asvjy= 294 Asvjycal= 0

图 5

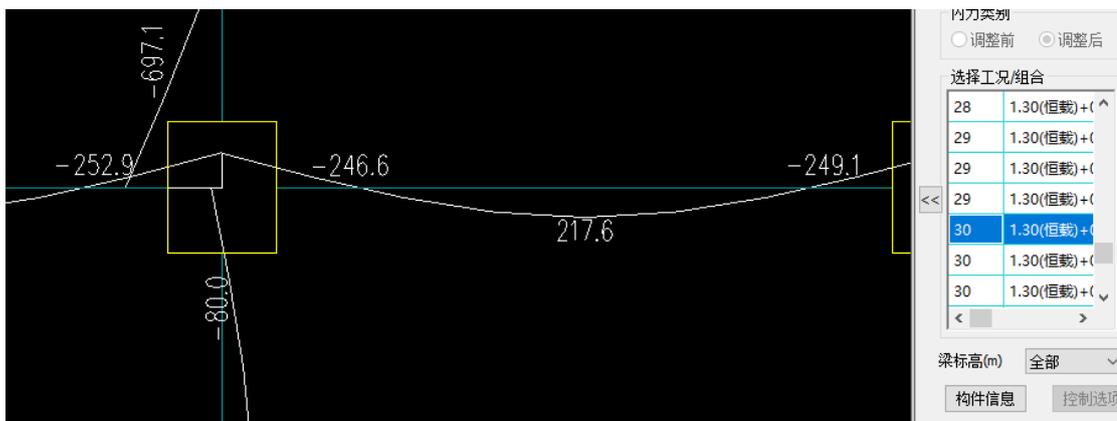


图 6

$M_{bua}=1.15 \times 697.1 \times 1.111=890.7$

框架两侧梁高不同，程序采用平均梁高作为 h_b （图 7）.hb=700



图 8

勾选该参数之后，程序会在“设计结果”文件夹下，输出 dsnnl*.out 文件，本工程选取第五层即 dsnnl5.out（图 9）

新建文件夹 (14) > 设计结果

名称	修改日期	类型	大小
check.out	2024/6/24 20:21	out文件	1 KB
dsnnl1.out	2024/6/24 20:22	out文件	811 KB
dsnnl2.out	2024/6/24 20:22	out文件	811 KB
dsnnl3.out	2024/6/24 20:22	out文件	811 KB
dsnnl4.out	2024/6/24 20:22	out文件	811 KB
dsnnl5.out	2024/6/24 20:22	out文件	811 KB
dsnnl6.out	2024/6/24 20:22	out文件	811 KB

图 9

根据构件信息（图 10）我们可知柱子编号为 N-C=5

N-C=5 (I=5000005, J=4000005) (1)B*H(mm)=900*1100
 Cover= 20(mm) Cx=1.25 Cy=1.25 Lcx=1.80(m) Lcy=1.80(m)
 砼柱 C40 矩形 短柱
 1:1=1.000

图 10

我们在 dsnnl5.out 中（图 11）可以看到 $V_y=734.4$ 为构件信息中的 V_{jy} ；
 BeamX 和 BeamY，分别为 x 方向和 y 方向的 M_b ；
 YBeamB 为梁宽、YBeamB 为梁高，通过 YBeamB=700 我们也可看到程序采用的是平均梁高，YBeamEcc 为偏心距 e_0 ；
 BeamXL、BeamXR、BeamYL、BeamYR 也分别与弯矩图中框架节点周围梁弯矩吻合（图 12）。

组合号	Mx	My	Vx	Vy	N	T	BeamX	BeamY	BeamXL	BeamXR	BeamYL	BeamYR
1	0.0	0.0	792.9	-393.9	-1936.0	0.0	483.4	-549.4	483.4	-470.9	523.8	-549.4
2	0.0	0.0	763.1	-376.9	-1843.8	0.0	465.2	-525.7	465.2	-453.0	502.6	-525.7
3	0.0	0.0	133.0	-73.8	-399.6	0.0	81.1	-103.0	81.1	-75.1	92.0	-103.0
4	0.0	0.0	-131.1	-73.8	-399.7	0.0	-79.9	-102.9	76.4	-79.9	92.0	-102.9
5	0.0	0.0	129.3	-69.9	-399.2	0.0	78.8	-97.5	78.8	-77.5	94.7	-97.5
6	0.0	0.0	129.2	-77.7	-400.1	0.0	78.8	-108.4	78.8	-77.5	89.2	-108.4
7	0.0	0.0	795.2	-393.9	-1936.0	0.0	484.8	-549.4	484.8	-469.5	523.8	-549.4
8	0.0	0.0	790.6	-393.9	-1936.0	0.0	482.0	-549.4	482.0	-472.3	523.8	-549.4
9	0.0	0.0	792.9	-391.6	-1935.7	0.0	483.4	-546.2	483.4	-470.9	525.4	-546.2
10	0.0	0.0	792.9	-396.3	-1936.3	0.0	483.4	-552.7	483.4	-470.9	522.1	-552.7
11	0.0	0.0	597.6	-297.9	-1475.1	0.0	364.3	-415.5	364.3	-350.5	394.3	-415.5
12	0.0	0.0	590.0	-297.9	-1475.1	0.0	359.7	-415.5	359.7	-355.3	394.2	-415.5
13	0.0	0.0	593.8	-293.9	-1474.6	0.0	362.0	-410.0	362.0	-352.9	397.0	-410.0
14	0.0	0.0	593.8	-301.8	-1475.6	0.0	362.0	-421.0	362.0	-352.9	391.5	-421.0
15	0.0	0.0	103.2	-56.8	-307.4	0.0	62.9	-79.2	62.9	-57.2	70.8	-79.2
16	0.0	0.0	-101.7	-56.8	-307.5	0.0	-62.0	-79.2	58.3	-62.0	70.8	-79.2
17	0.0	0.0	99.4	-52.8	-307.0	0.0	60.6	-73.7	60.6	-59.6	73.5	-73.7
18	0.0	0.0	99.4	-60.7	-307.9	0.0	60.6	-84.7	60.6	-59.6	68.0	-84.7
19	0.0	0.0	765.4	-376.9	-1843.7	0.0	466.6	-525.7	466.6	-451.6	502.6	-525.7
20	0.0	0.0	760.8	-376.9	-1843.8	0.0	463.8	-525.7	463.8	-454.4	502.6	-525.7
21	0.0	0.0	763.1	-374.5	-1843.5	0.0	465.2	-522.4	465.2	-453.0	504.2	-522.4
22	0.0	0.0	763.1	-379.2	-1844.0	0.0	465.2	-529.0	465.2	-453.0	500.9	-529.0
23	0.0	0.0	567.8	-280.9	-1382.8	0.0	346.1	-391.7	346.1	-332.6	373.0	-391.7
24	0.0	0.0	560.2	-280.8	-1382.9	0.0	341.5	-391.7	341.5	-337.4	373.0	-391.7
25	0.0	0.0	564.0	-276.9	-1382.4	0.0	343.8	-386.3	343.8	-335.0	375.8	-386.3
26	0.0	0.0	564.0	-284.8	-1383.3	0.0	343.8	-397.2	343.8	-335.0	370.3	-397.2
27	0.0	0.0	1031.3	-316.7	-1063.2	0.0	419.1	-294.5	419.1	-78.9	280.3	-294.5
28	0.0	0.0	-1026.2	-320.8	-1067.6	0.0	-417.0	-298.3	89.1	-417.0	277.9	-298.3
29	0.0	0.0	628.1	626.4	-1029.4	0.0	255.3	582.4	252.9	-246.6	478.2	10.2
30	0.0	0.0	622.3	-734.4	-1101.4	0.0	252.9	-697.1	252.9	-246.6	80.0	-697.1

图 11

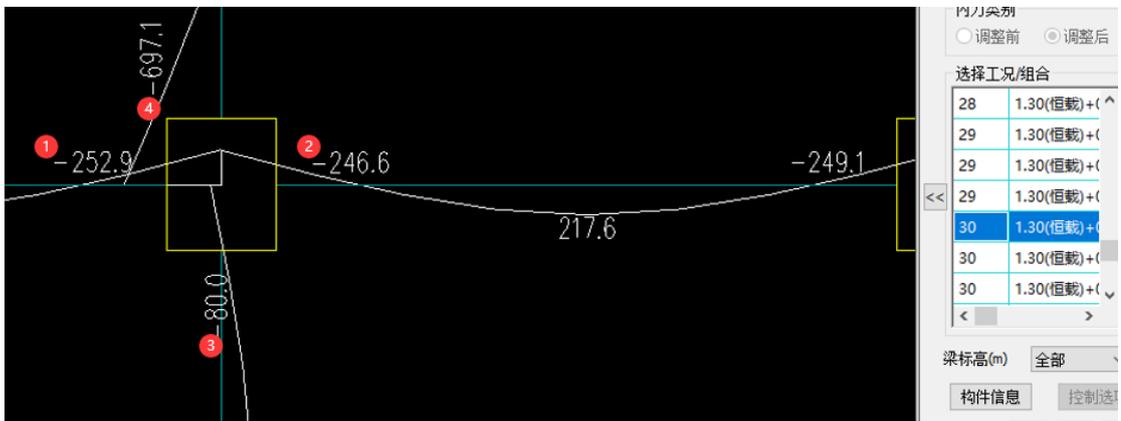


图 12

限于篇幅的关系，今天的内容就到此为止了，关于《混规》11.6.3 条规范限值如何计算、组合结构节点核心区的算例，后续会陆续更新，敬请关注。