

0号工况之谜

董礼

盈建科软件一直有一个神秘的0号工况。除0号工况之外，构件信息里的工况号是可以一一对应的。大家是否对这个神秘的0号工况产生过好奇呢？今天我们就来扒一扒神秘的0号工况。

```

N-B=19 (I=5000038, J=5000039) (1)B*H(mm)=200*480 按T形梁设计(1040*130)
Lb=1.75(m) Cover= 20(mm) Nfb=5 Nfb_gz=5 Rcb=30.0 Fy=400 Fyv=400
砼梁 C30 非框架梁 不调幅梁 矩形 重要性系数0.600
livec=1.000 stif=1.500 stif_w=1.600 stif_s=1.300 jzx=1.668. jzy=2.187 nj=0.400
ηv=1.000

```

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
-M(kNm)	0	0	0	0	23	(23)	(23)	(23)	(11)
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(0)	(23)	(23)	(23)	(23)	(11)
Top Ast	0	0	0	0	192	192	308	488	722
% Steel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.35	0.56	0.83

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
+M(kNm)	116	98	80	69	65	60	52	45	40
LoadCase	(13)	(13)	(13)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(24)
Btm Ast	752	636	512	447	420	383	335	285	256
% Steel	0.86	0.73	0.59	0.51	0.48	0.44	0.38	0.33	0.29

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
V(kN)	-89	-95	-101	-108	-116	-123	-130	-137	-143
LoadCase	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)
Asv	19	19	19	19	19	23	27	31	35
Rsv	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18

非加密区箍筋面积: 20

1.构造配筋率要求。

```

N-B=3 (I=1000001, J=1000003) (1)B*H(mm)=300*500
Lb=6.00(m) Cover= 20(mm) Nfb=2 Nfb_gz=2 Rcb=30.0 Fy=360 Fyv=360
砼梁 C30 框架梁 调幅梁 矩形
livec=1.000 tf=0.850 nj=0.400
ηv=1.200

```

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
-M(kNm)	-63	-15	0	0	0	0	0	-15	-63
LoadCase	(1)	(28)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(27)	(1)
Top Ast	450	375	0	0	0	0	0	375	450
% Steel	0.30	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.30
+M(kNm)	0	26	48	63	74	63	48	26	0
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(1)	(1)	(1)	(0)	(0)	(0)
Btm Ast	450	375	375	396	470	396	375	375	450
% Steel	0.30	0.25	0.25	0.29	0.34	0.29	0.25	0.25	0.30
V(kN)	72	65	50	29	-2	-29	-50	-65	-72
LoadCase	(1)	(1)	(1)	(1)	(27)	(1)	(1)	(1)	(1)
Asv	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Rsv	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

非加密区箍筋面积: 33

支座处底截面计算弯矩为0，不受力的受压区为何执行此配筋率？这是由于程序考虑到地震为往复作用，对于框架梁的支座（1号、9号断面），程序会采用对称配筋的方式，这里对称的是构造配筋。即当支座顶截面为受拉时，考虑对称配筋，底截面需满足顶截面的最小配筋率要求：300x500x0.3%=450，并输出0号工况。

2.考虑受压钢筋影响（抗规 6.3.3-2）

```

N-B=3 (I=1000001, J=1000003) (1)B*H(mm)=300*500
Lb=6.00(m) Cover= 20(mm) Nfb=1 Nfb_gz=1 Rcb=30.0 Fy=360 Fyv=360
砼梁 C30 框架梁 调幅梁 矩形
livec=1.000 tf=0.850 nj=0.400
ηv=1.391

```

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
-M(kNm)	-192	-38	0	0	0	0	0	-38	-192
LoadCase	(1)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1)	(1)
Top Ast	1286	450	0	0	0	0	0	450	1286
% Steel	0.94	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.94
+M(kNm)	0	77	135	172	185	172	135	77	0
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
Btm Ast	664	490	896	1173	1274	1173	896	490	664
% Steel	0.48	0.36	0.65	0.85	0.93	0.85	0.65	0.36	0.48
V(kN)	223	182	128	68	-0	-68	-128	-182	-223
LoadCase	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Asv	55	36	36	36	36	36	36	36	55
Rsv	0.18	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.18

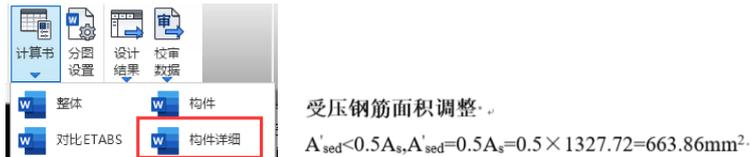
非加密区箍筋面积: 36

抗震等级为一级，梁端底截面弯矩为 0，钢筋为 664，0.48%的配筋率显然不是构造配筋率的要求。如果不是构造配筋率控制，另一种常见情况就是考虑受压钢筋的影响（抗规 6.3.3-2）。

6.3.3 梁的钢筋配置，应符合下列各项要求：

- 1 梁端计入受压钢筋的混凝土受压区高度和有效高度之比，一级不应大于0.25，二、三级不应大于0.35。
- 2 梁端截面的底面和顶面纵向钢筋配筋量的比值，除按计算确定外，一级不应小于0.5，二、三级不应小于0.3。
- 3 梁端箍筋加密区的长度、箍筋最大间距和最小直径应按表6.3.3采用，当梁端纵向受拉钢筋配筋率大于2%时，表中箍筋最小直径数值应增大2mm。

通过“构件详细”我们可以发现。664 就是受拉钢筋 1327.72 的 0.5 倍。



但是构件信息梁端弯矩明明是 1286，并不是 1327.72。

	-1-	-2-	-3-	-4-
-M (kNm)	-192	-38	0	0
LoadCase	(1)	(1)	(0)	(0)
Top Ast	1286	450	0	0

这是由于考虑受压钢筋是一个反复迭代的过程，1327.72 仅为一个过程解，迭代完成后最终的结果是 1286，对于迭代过程不作为本文的重点，感兴趣的读者可以阅读往期技术期刊《框架梁梁端配筋考虑受压钢筋影响》。

https://mp.weixin.qq.com/s/bd9kaFC_lp_qFCIPsiuCoQ

3.跨中弯矩不小于按简支梁设计弯矩的 50%（高规 5.2.3-4）

N-B=450 (I=1000293, J=1000090) (1)B*H(mm)=401*601
 Lb=8.00(m) Cover= 20(mm) Nfb=3 Nfb_gz=3 Rcb=35.0 Fy=360 Fyv=360
 砼梁 C35 框架梁 调幅梁 矩形
 livec=1.000 tf=0.850 nj=0.400
 ηv=1.100

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
-M (kNm)	-735	-143	0	0	0	0	0	-149	-763
LoadCase	(1)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1)	(1)
Top Ast	4403	737	0	0	0	0	0	770	4601
% Steel	2.06	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	2.15
+M (kNm)	0	298	501	619	661	631	514	305	0
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
Btm Ast	1356	1606	3091	4051	4432	4154	3188	1650	1404
% Steel	0.63	0.72	1.44	1.89	2.07	1.94	1.49	0.74	0.66
V (kN)	568	411	219	110	-26	-99	-282	-524	-630
N (kN)	-18	-16	0	-16	-16	-16	10	-18	-21
LoadCase	(1)	(1)	(28)	(1)	(1)	(1)	(30)	(1)	(1)
Asv	159	81	46	46	46	46	47	137	190
Rev	0.40	0.20	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.34	0.47

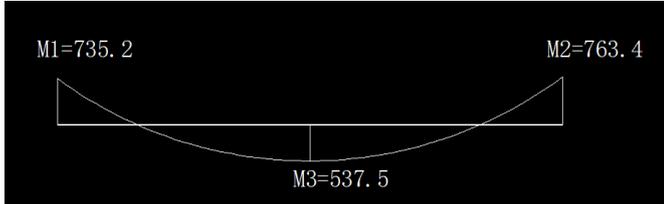
跨中正弯矩值为 661，但是控制工况却是 0 号，这种常见于各种组合的跨中弯矩不满足高规 5.2.3 条要求。

5.2.3 在竖向荷载作用下，可考虑框架梁端塑性变形内力重分布对梁端负弯矩乘以调幅系数进行调幅，并应符合下列规定：

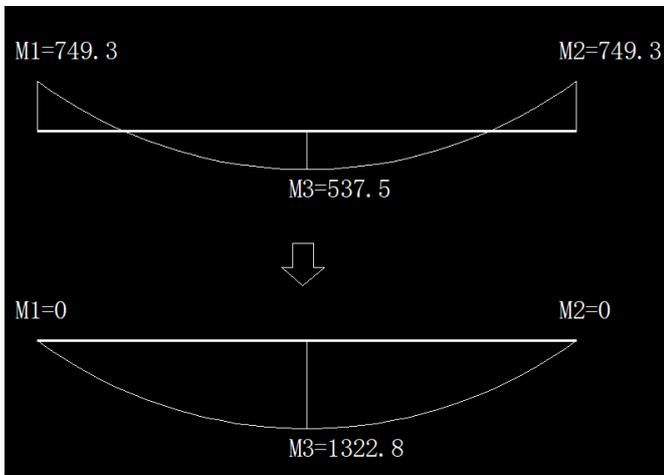
- 1 装配整体式框架梁端负弯矩调幅系数可取为0.7~0.8，现浇框架梁端负弯矩调幅系数可取为0.8~0.9；
- 2 框架梁端负弯矩调幅后，梁跨中弯矩应按平衡条件相应增大；
- 3 应先对竖向荷载作用下框架梁的弯矩进行调幅，再与水平作用产生的框架梁弯矩进行组合；
- 4 截面设计时，框架梁跨中截面正弯矩设计值不应小于竖向荷载作用下按简支梁计算的跨中弯矩设计值的50%。

我们看一下初始的弯矩，是 573.5 而不是 661。

组合号	截面	Mx	My
1	1	-735.2	1.9
1	2	-142.9	-0.2
1	3	260.3	-0.1
1	4	493.1	-0.0
1	5	573.5	-0.0
1	6	509.4	-0.0
1	7	271.9	-0.1
1	8	-149.1	-0.3
1	9	-763.4	2.3



我们对梁端弯矩进行修正，采用两端弯矩的平均值，使两端弯矩相等：
 $(735.2+763.4)/2=749.3$ ，再将弯矩图向下调幅为简支梁：



简支梁弯矩的一半= $1322.8/2=661.4$ ，与构件信息结果吻合。

4.人防延性比控制（人防规范 4.10.3）

```

-----
N-B=173 (I=1000624, J=1000625) (1)B*H(mm)=500*900
Lb=3.40(m) Cover= 20(mm) Nfb=3 Nfb_gz=3 Rcb=35.0 Fy=360 Fyv=360
砼梁 C35 框架梁 调幅梁 矩形 人防构件
livec=1.000 tf=0.850 nj=0.400 xfc=0.800
ηv=1.100
-----

```

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
-M (kNm)	-2637	-771	0	0	0	0	0	-835	-2722
LoadCase	(35)	(35)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(35)	(35)
Top Ast	7864	2189	1125	1125	2643	1125	1125	2371	8114
% Steel	1.89	0.51	0.25	0.25	0.63	0.25	0.25	0.55	1.95
+M (kNm)	0	435	804	1874	2230	1852	804	435	6
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(35)	(35)	(35)	(0)	(0)	(0)
Btm Ast	3836	1464	2802	5741	6670	5667	2802	1464	4086
% Steel	0.92	0.34	0.65	1.38	1.60	1.36	0.65	0.34	0.98
V (kN)	1825	1685	1296	685	-12	-709	-1320	-1709	-1848
LoadCase	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)	(35)
Asv	358	320	215	57	57	57	222	327	364
Rev	0.72	0.64	0.43	0.11	0.11	0.11	0.44	0.65	0.73

非加密区箍筋面积: 267

设计调整信息：
 人防考虑材料强度综合调整系数 《人防》4.2.3

对于人防构件，梁跨中出现 0 号组合，大多数为人防规范 4.10.3 中延性比控制。
 软件执行此项规定时取 $[\beta]=3$ 。

4.10.3 结构构件按弹塑性工作阶段设计时，受拉钢筋配筋率不宜大于1.5%。当大于1.5%时，受弯构件或大偏心受压构件的允许延性比 $[\beta]$ 值应满足以下公式，且受拉钢筋最大配筋率不宜大于本规范表4.11.8的规定。

$$[\beta] \leq \frac{0.5}{x/h_0} \quad (4.10.3-1)$$

$$x/h_0 = (\rho - \rho') f_{yd} / (\alpha_c f_{cd}) \quad (4.10.3-2)$$

式中 x —混凝土受压区高度 (mm)；
 h_0 —截面的有效高度 (mm)；
 ρ 、 ρ' —纵向受拉钢筋及纵向受压钢筋配筋率；
 f_{yd} —钢筋抗拉动力强度设计值 (N/mm²)；
 f_{cd} —混凝土轴心抗压动力强度设计值 (N/mm²)；
 α_c —系数，应按表4.10.3取值。

表4.10.3 α_c 值

混凝土强度等级	≤C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
α_c	1	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94

我们先求解 x/h_0

$$x/h_0 = (\rho - \rho') f_{yd} / (\alpha_c f_{cd}) \quad (4.10.3-2)$$

$$x/h_0 = (1.6\% - 0.63\%) \times 1.2 \times 360 / (1 \times 1.5 \times 16.7) = 0.167$$

$$[\beta] \leq \frac{0.5}{x/h_0} \quad (4.10.3-1)$$

$$[\beta] = 0.5 / 0.167 = 3$$

通过该结果可以判断出，此处的 0 号组合为人防延性比控制。

对于人防延性比的详细计算过程，可以查看技术期刊《延性比的正算与反算》。

<https://mp.weixin.qq.com/s/18aLle2R29jz3HKxlw67Fg>

5.拉弯（压弯）控制

N-B=1169 (I=1000137, J=1000571) (1) B*H(mm)=1400*900
 Lb=7.16(m) Cover= 20(mm) Nfb=2 Nfb_gz=2 Rcb=45.0 Fy=360 Fyv=360
 砼梁 C45 框架梁 调幅梁 矩形
 livec=1.000 tf=0.850 nj=0.400
 $\eta v=1.200$

-M (kNm)	0	0	0	0	0	-240	-538	-868	-1232
N (kN)	0	0	0	0	0	-9577	-9577	-9577	-9577
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(27)	(27)	(27)	(27)
Top Ast	4084	3456	3456	3456	3456	3456	3456	3456	4084
% Steel	0.32	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.32
+M (kNm)	756	622	456	257	26	0	0	0	0
N (kN)	-9577	-9577	-9577	-9577	-9580	0	0	0	0
LoadCase	(27)	(27)	(27)	(27)	(28)	(0)	(0)	(0)	(0)
Btm Ast	4084	3456	3456	3456	3456	3456	3456	3456	4084
% Steel	0.32	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.32
V (kN)	-162	-197	-234	-270	-307	-344	-380	-417	-456
N (kN)	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577
LoadCase	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)
Asv	195	195	195	195	195	195	195	195	195
Rsv	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

非加密区箍筋面积：195

结构模型通常采用刚性板模型，刚性板模型平面内刚度无限大，因此梁大多数都是没有轴力的，因此梁多为纯弯设计。当采用弹性板模型时，由于弹性板可以考虑平面内真实刚度，梁会出现轴力。

此时，梁会按拉弯或者压弯进行设计，规范并没有对拉弯梁或者压弯梁进行规定。

当梁的轴拉比超过【钢/砼梁忽略轴拉力的轴拉比】限值，程序会参考柱子的拉弯公式

对梁进行设计。



当轴压比超过【受弯构件按压弯设计控制轴压】限值时，程序会参考柱子的压弯公式对梁进行设计。



由于柱子按压弯进行设计时为对称配筋，因此梁也采用了跟柱子相同的原则。如下图所示：1~5 顶截面没有负弯矩，考虑对称配筋，故将下铁的面积配置到上铁位置，同时显示为 0 号工况。

N-B=1169 (I=1000137, J=1000571) (1) B*H(mm)=1400*900
 Lb=7.16(m) Cover= 20(mm) Nfb=2 Nfb_gz=2 Rcb=45.0 Fy=360 Fyv=360
 砼梁 C45 框架梁 调幅梁 矩形
 livec=1.000 tf=0.850 nj=0.400
 $\eta v=1.200$

	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
-M (kNm)	0	0	0	0	0	-240	-538	-868	-1232
N (kN)	0	0	0	0	0	9577	9577	9577	9577
LoadCase	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(27)	(27)	(27)	(27)
Top Ast	4084	3456	3456	3456	3456	3456	3456	3456	4084
% Steel	0.32	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.32
+M (kNm)	756	622	456	257	26	0	0	0	0
N (kN)	9577	9577	9577	9577	9580	0	0	0	0
LoadCase	(27)	(27)	(27)	(27)	(28)	(0)	(0)	(0)	(0)
Btm Ast	4084	3456	3456	3456	3456	3456	3456	3456	4084
% Steel	0.32	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.32
V (kN)	-162	-197	-234	-270	-307	-344	-380	-417	-456
N (kN)	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577	-9577
LoadCase	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)	(27)
Asv	195	195	195	195	195	195	195	195	195
Rsv	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

总结一下，0 号工况其实就是非计算控制的构造要求。他大致可分为构造配筋率、考虑受压钢筋、跨中按简支梁弯矩的 50%、人防延性比、拉弯（压弯）控制等五种最常见的情况。

希望通过本文，让 0 号工况不再神秘。