

盈建科水池计算软件 YPool 有限元计算结果验证

——与 Midas 结果对比

郭峰

对于较复杂的水池结构来讲，一般的手算方式无法考虑结构的整体受力，所以推荐采用软件进行整体有限元分析。受力复杂的结构采用有限元分析后，结果是否正确合理有时还需要多软件的综合对比分析。下面结合一个实例工程，采用盈建科水池设计软件 YPool 和 Midas gen 进行对比验证，证明了 YPool 的计算结果是正确合理的，并总结了两款软件在水池类结构计算结果对比的一些注意事项，方便大家进行类似工程校核。

水池基本情况为：地下式整体钢筋混凝土多格矩形水池，平面尺寸 16m×8m，池高 $H = 12.5\text{m}$ ，池内设置内支撑梁两道，支撑梁截面 600x800mm，混凝土等级 C45。

YPool 软件模型如下，水池顶、底板和池壁之间按实际约束考虑，持力层为岩石地基，底板基床系数取 10000000kn/m^3 ，有限元网格按照 0.5m 进行划分。

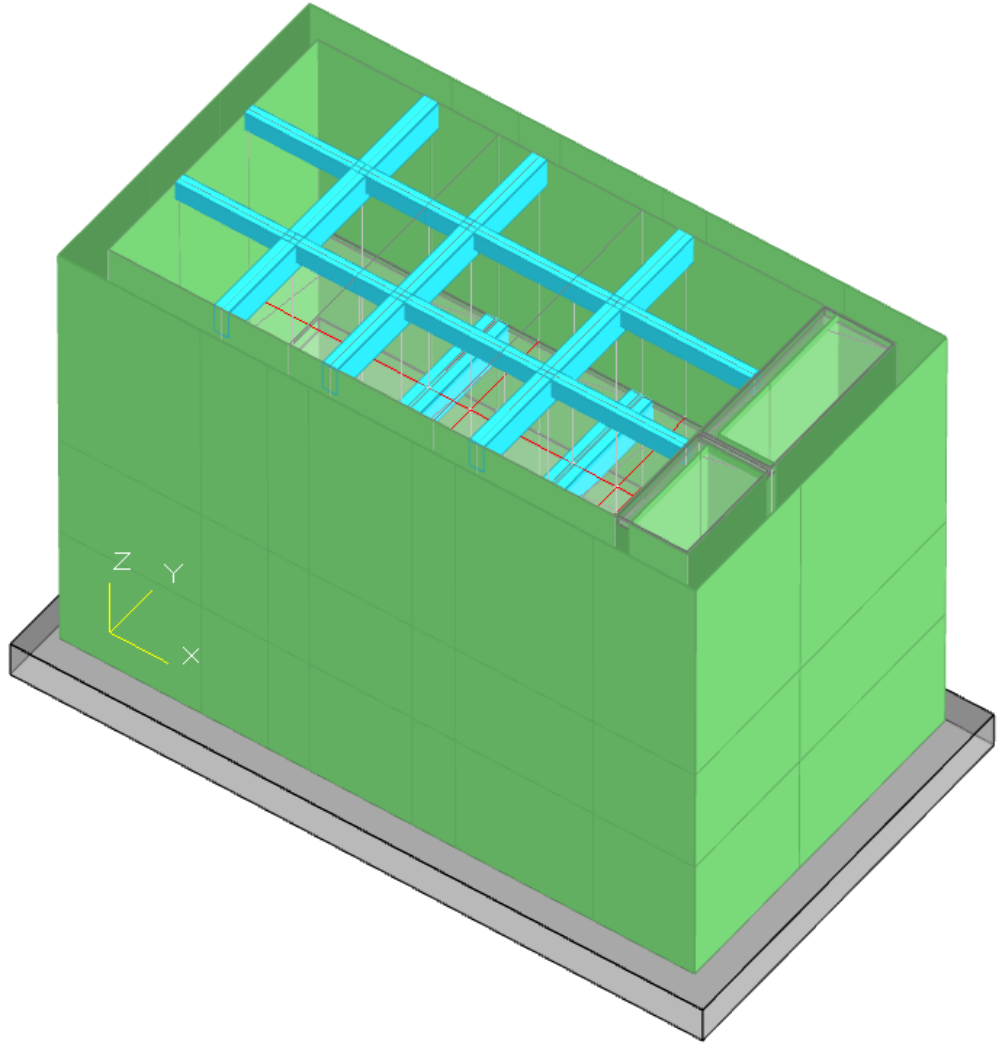


图 1 YPool 模型

Midas gen 软件计算模型如下，参数与 YPool 保持一致。较为便捷的方式是通过盈建科的转换接口进行模型的转换：



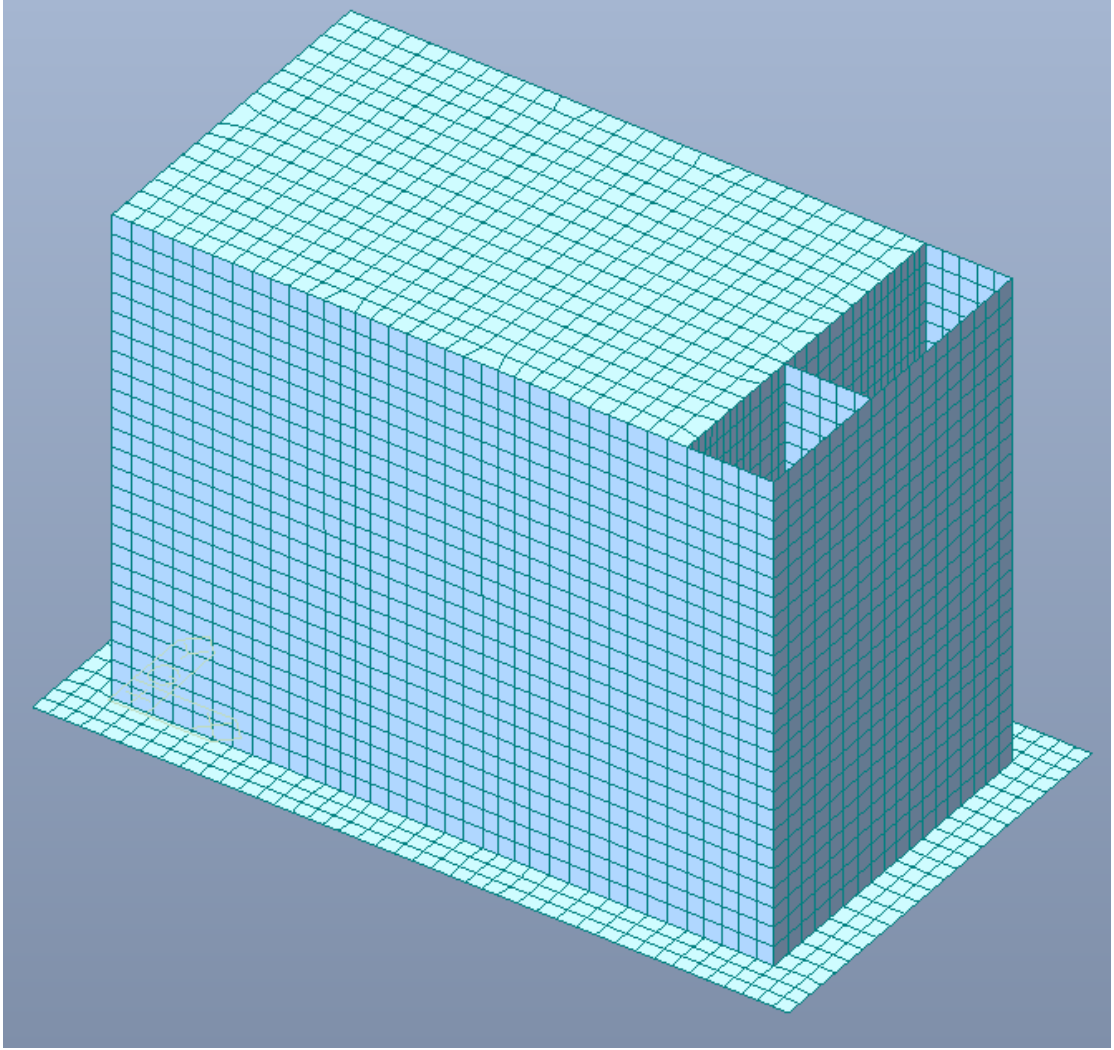


图 2 Midas gen 模型

一、池壁弯矩

池壁水平弯矩结果，对比池外水压力工况，选择下方纵墙进行查看（注意两款软件默认的弯矩符号相反）。

YPool 软件计算结果云图如下（默认对应等值线结果中的 M_{xx} ）：

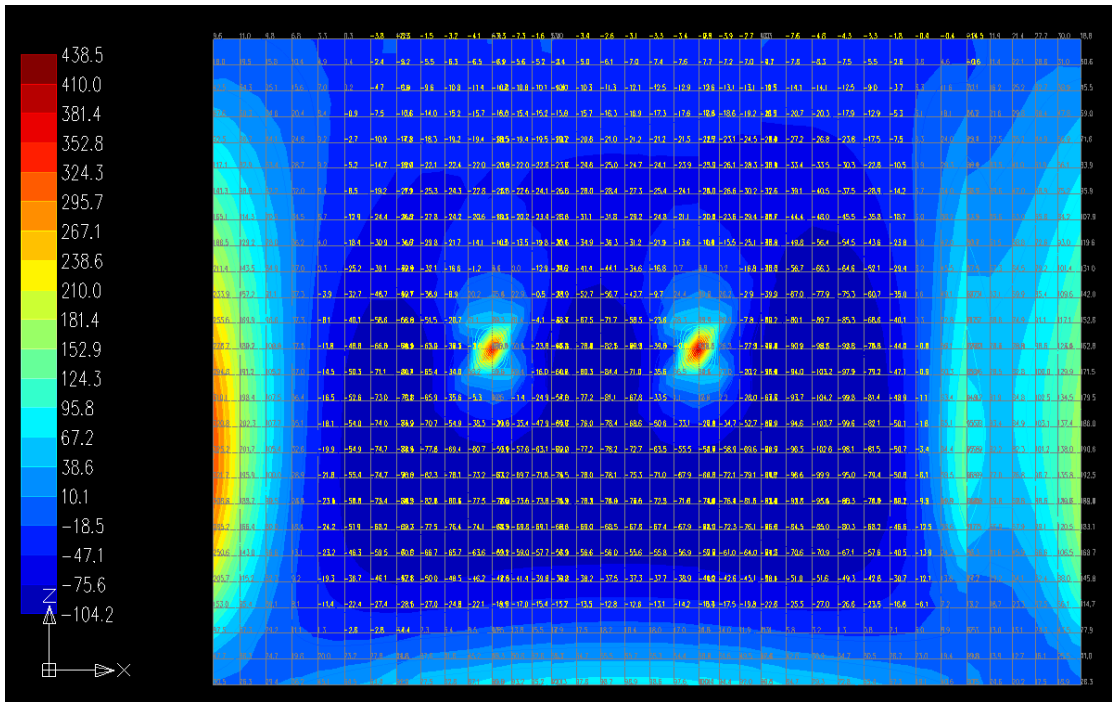


图 3 Ypool 池壁水平弯矩图

左侧弯矩最大值 325.2KN*M,跨中弯矩最大值-84.4 KN*M, 右侧弯矩最大值 192.5KN*M (数值选项勾选“最大值”)。

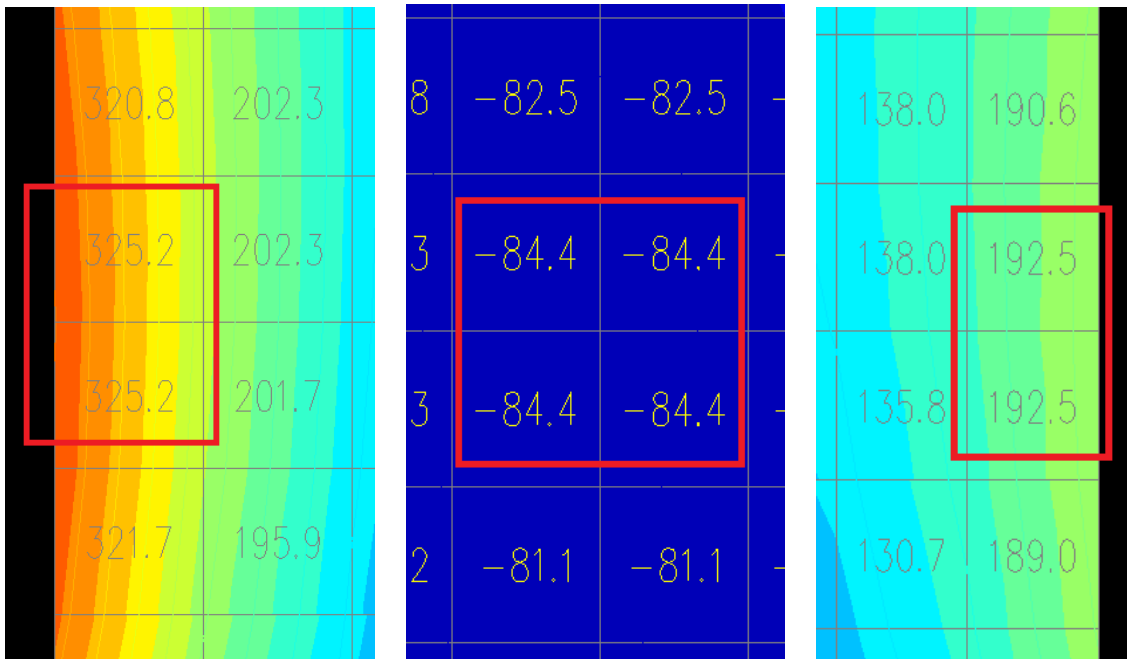


图 4 YPool 池壁水平弯矩图 (左侧、跨中、右侧)

Midas gen 软件计算结果云图如下 (默认对应等值线结果中的 M_{xx}) :

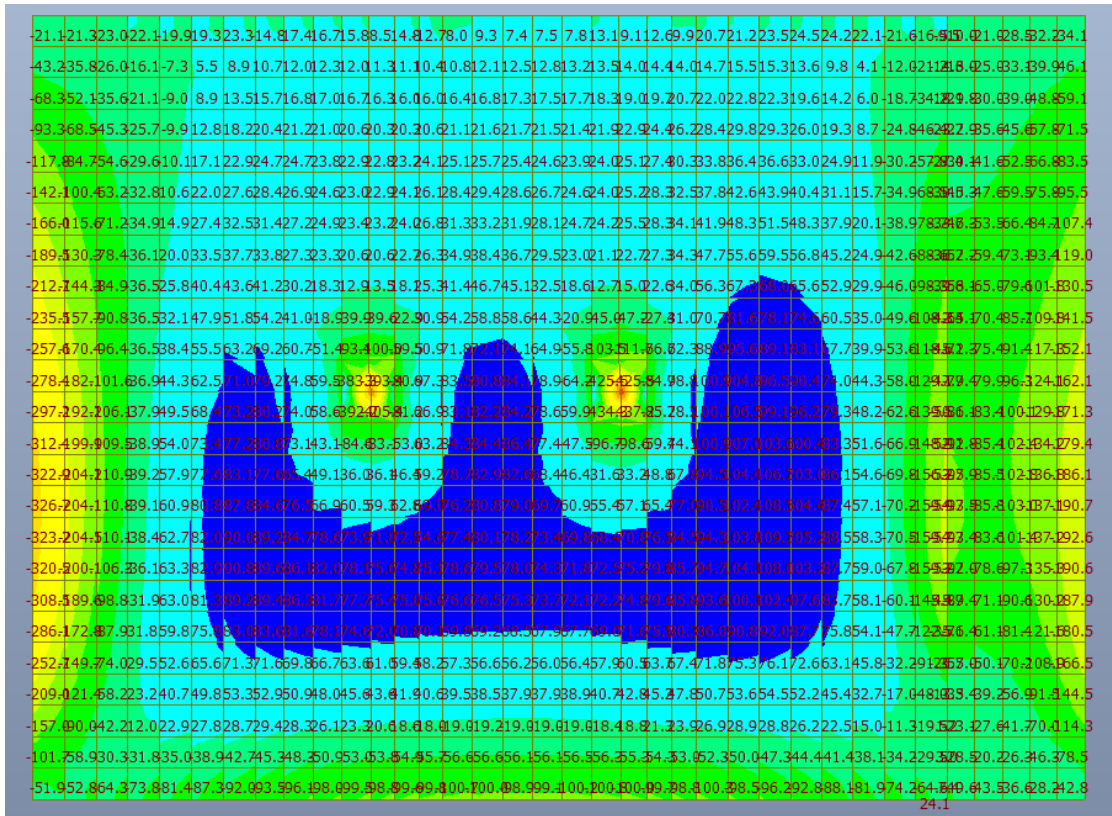


图5 Midas gen 池壁水平弯矩图

左侧弯矩最大值 326.7KN*M,右侧弯矩最大值 192.6KN*M (内力选项勾选“单元”、数值选项勾选“最大值”), 跨中弯矩最大值 84.3KN*M (内力选项勾选“节点平均”、数值选项默认“最大值”)。

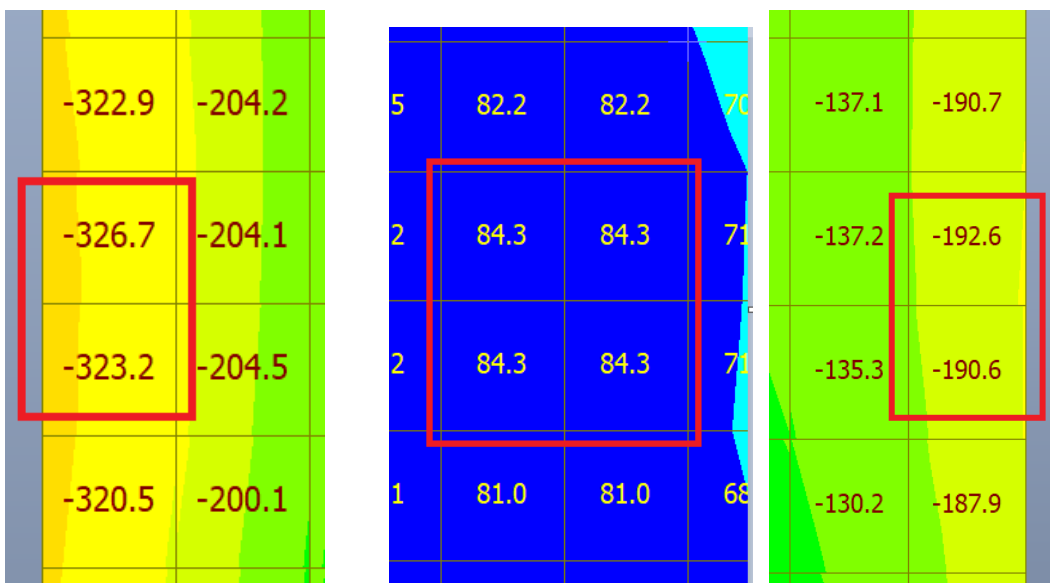


图6 Midas gen 池壁水平弯矩图 (左侧、跨中、右侧)

查看跨中弯矩和支座弯矩时在 Midas gen 中切换了内力选项，是因为两款软件在输出单元内力时的处理方式有差异，具体差异在文末总结中详述。

池壁竖向弯矩结果，工况和池壁选取同水平弯矩。

YPool 软件计算结果云图如下（默认对应等值线结果中的 Myy）：

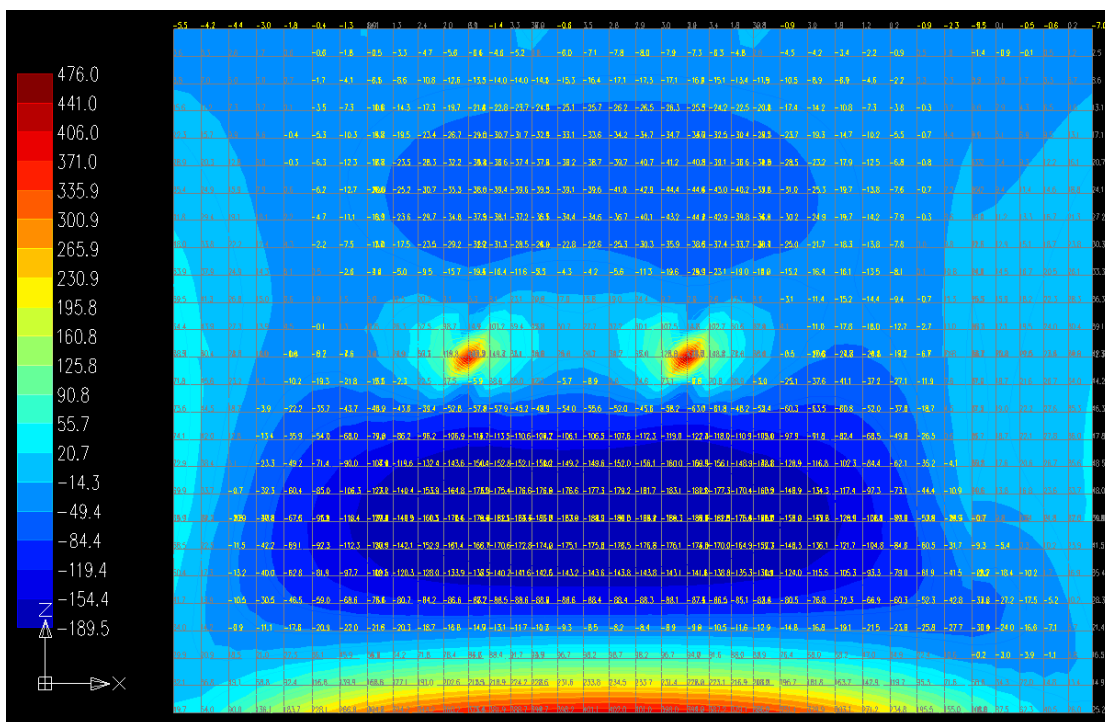


图 7 YPool 池壁竖向弯矩图 (Myy)

底部弯矩最大值 402.0KN*M,跨中弯矩最大值-189.5 KN*M（数值选项勾选“最大值”）。

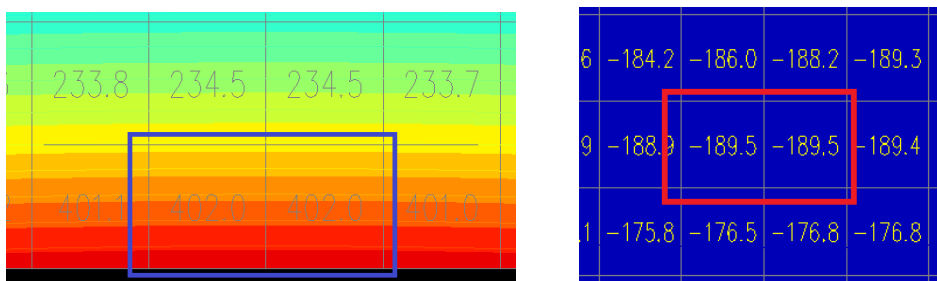


图 8 YPool 池壁竖向弯矩图（底部、跨中）

Midas gen 软件计算结果云图如下（默认对应等值线结果中的 Myy）：

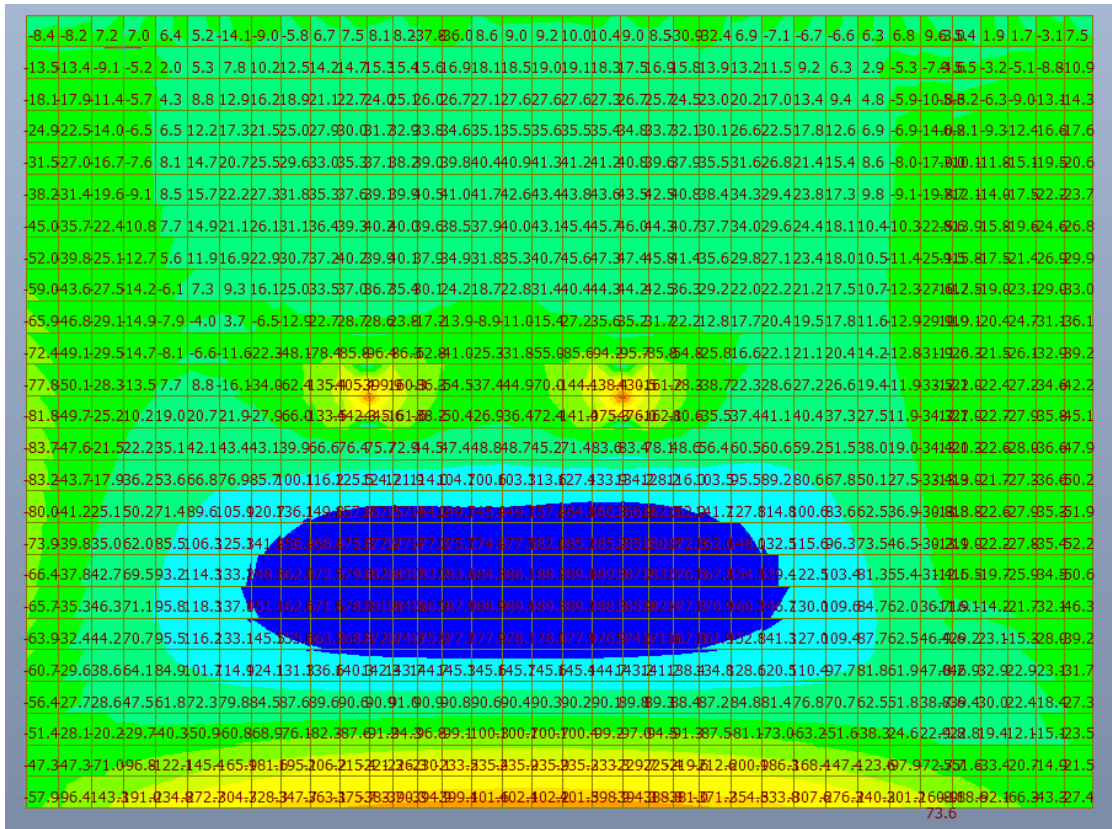


图9 Midas gen 池壁竖向弯矩图

底部弯矩最大值-402.1kN*M（内力选项勾选“单元”、数值选项勾选“最大值”），跨中弯矩最大值 188.7kN*M（内力选项勾选“节点平均”、数值选项默认“最大值”）。。

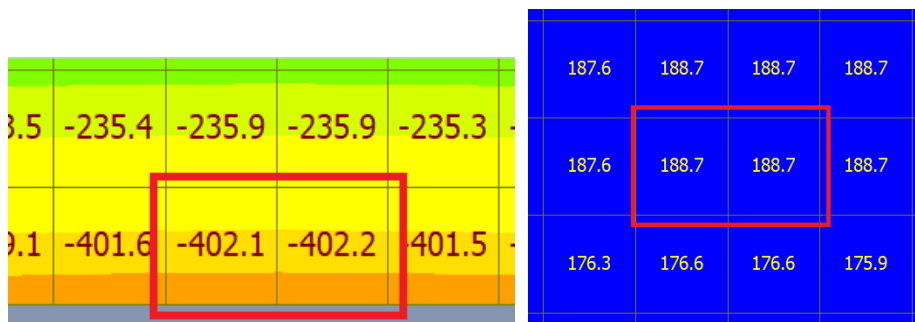


图10 Midas gen 池壁竖向弯矩图（底部、跨中）

将以上池壁弯矩数据进行汇总对比，如下表，两款软件有限元计算内力值误差值很小，结果非常接近。

池壁弯矩结果对比（两款软件默认的弯矩符号相反）			
名称	Ypool 结果	Midas 结果	误差 (%)
Mxx 左	325.2	-326.7	-0.46
Mxx 中	-84.4	84.3	0.12
Mxx 右	192.5	-192.6	-0.05
Myy 中	189.5	-188.7	0.42
Myy 下	-402	402.1	-0.02

二、底板弯矩

底板弯矩分别对比池外水压力工况下的 Mxx 和 Myy。YPool 软件 Mxx 计算

结果云图如下：

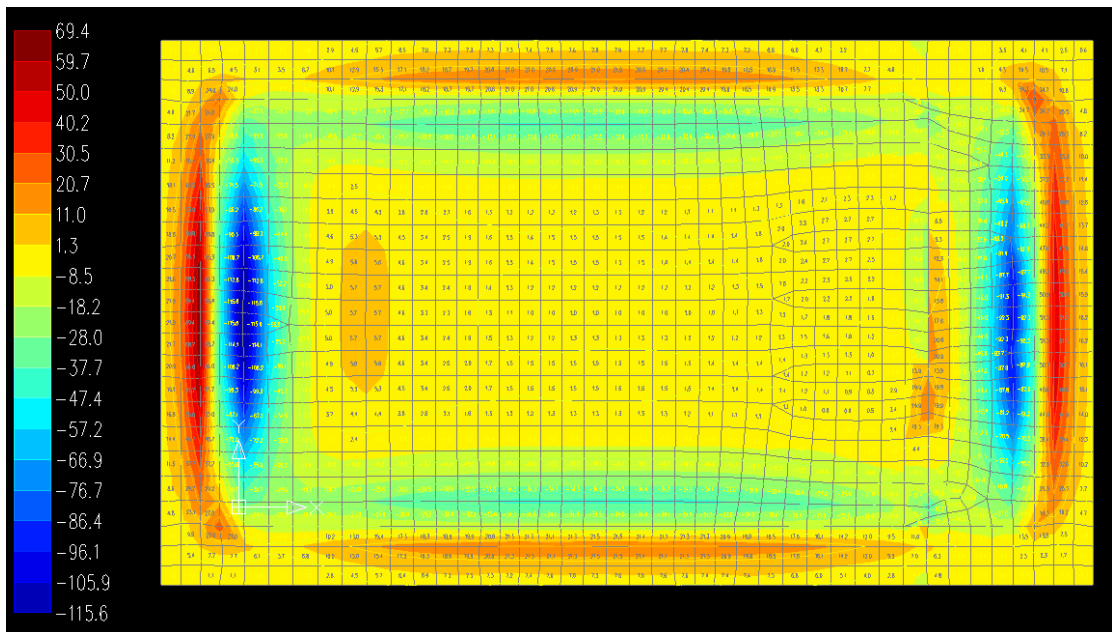


图 11 YPool 底板弯矩 Mxx

其中左侧弯矩最大值-115.6KN*M,跨中弯矩最大值 1.0KN*M，右侧弯矩最大值-92.3KN*M（数值选项勾选“最大值”）。

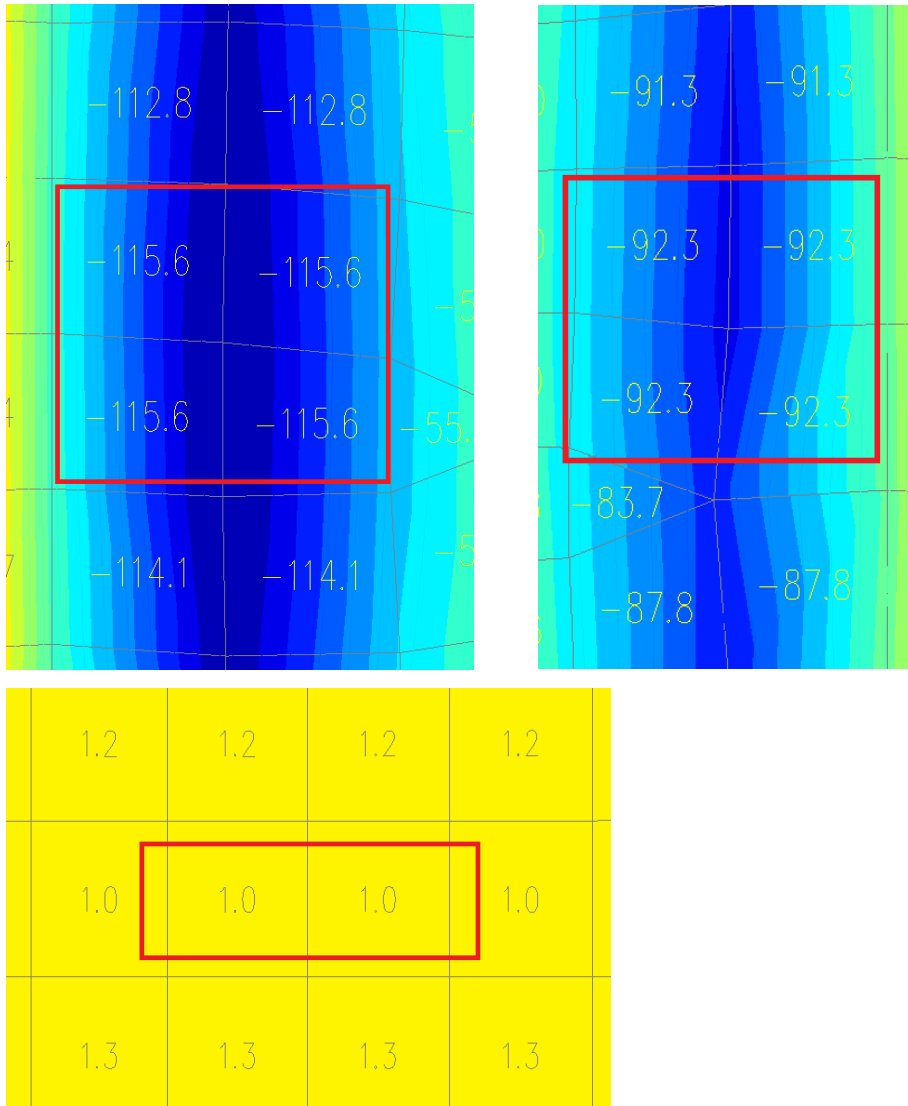


图 12 YPool 底板弯矩 M_{xx} (左侧、跨中、右侧)

YPool 软件 M_{yy} 计算结果云图如下:

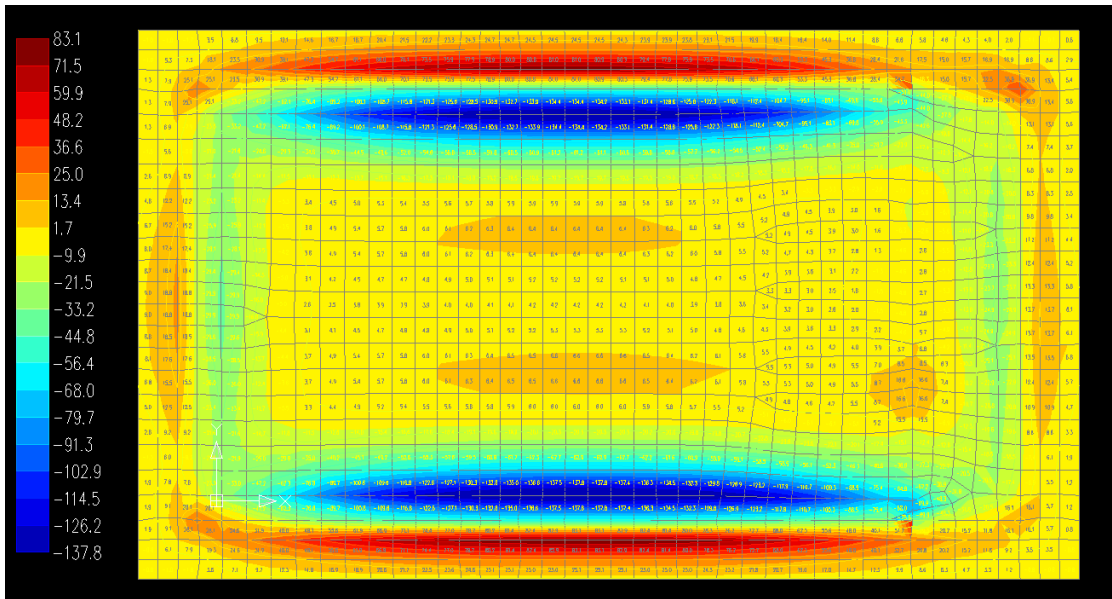


图 13 YPool 底板弯矩 Myy

其中上部弯矩最大值-134.4KN*M,跨中弯矩最大值 4.2 KN*M, 下部弯矩最大值-137.8KN*M (数值选项勾选“最大值”)。

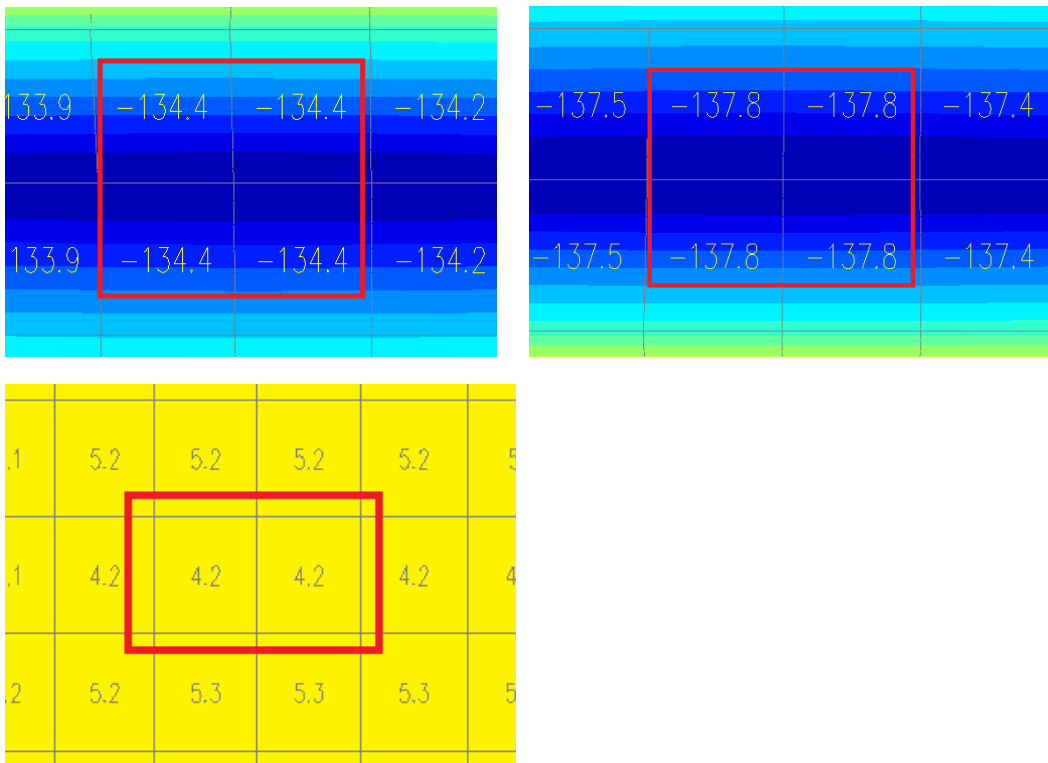


图 14 YPool 底板弯矩 Myy (上部、跨中、下部)

Midas gen 软件 Mxx 计算结果云图如下:

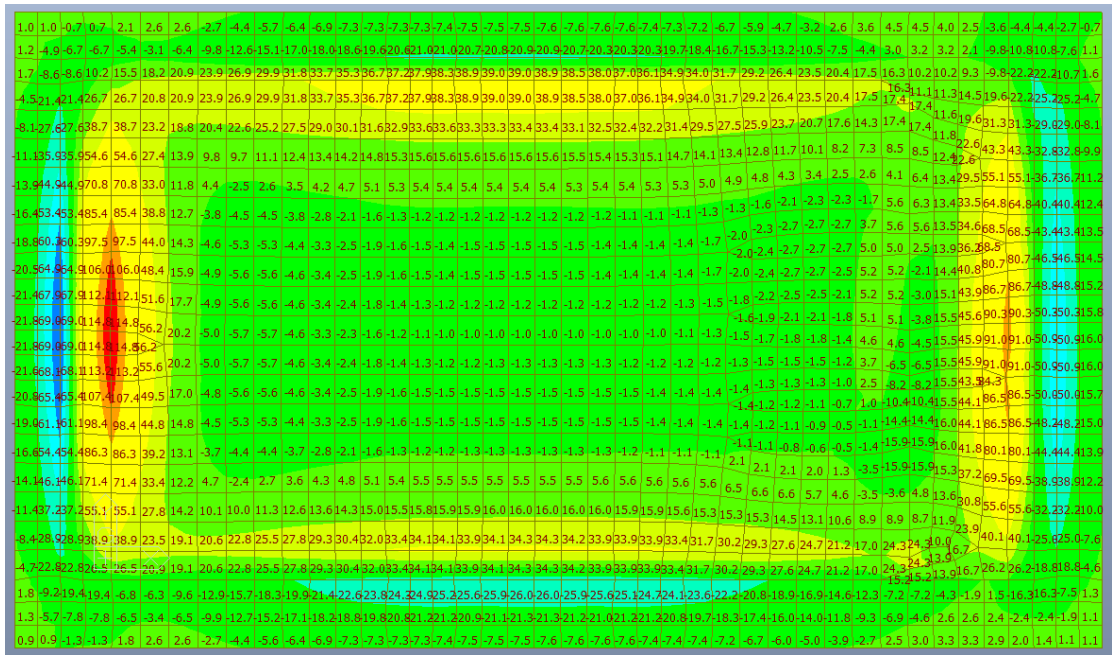
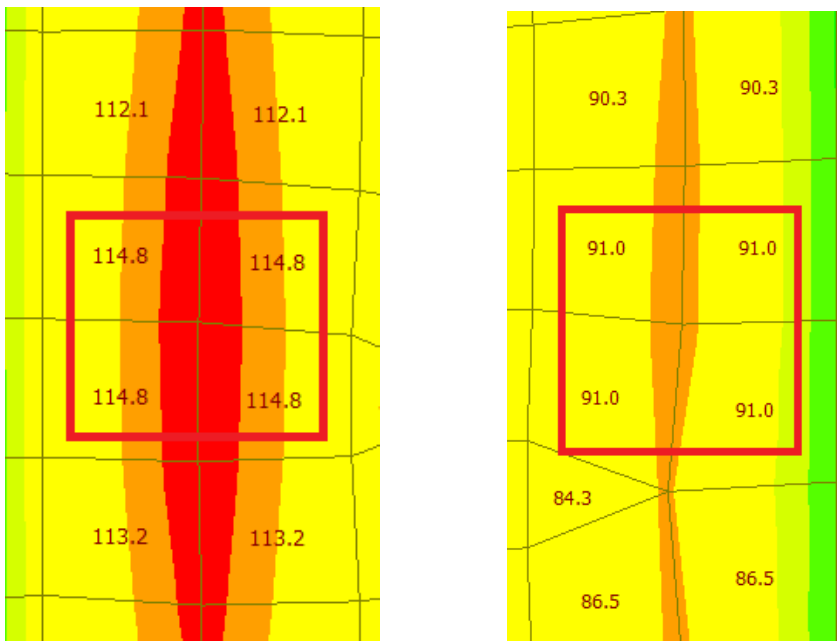


图 15 Midas gen 底板弯矩 Mxx

其中，左侧弯矩最大值 114.8KN*M,跨中弯矩最大值-1.0KN*M, 右侧弯矩最大值 91.0KN*M（内力选项勾选“节点平均”、数值选项默认“最大值”），见下图。



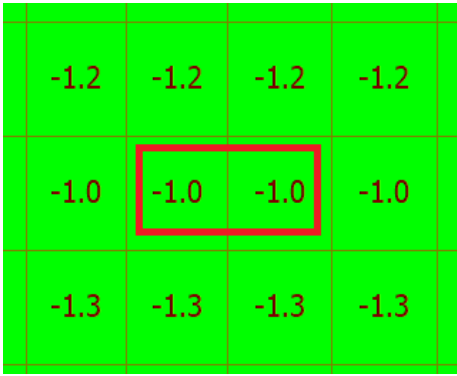


图 16 Midas gen 底板弯矩 Mxx (左侧、跨中、右侧)

Midas 软件 Myy 计算结果云图如下:

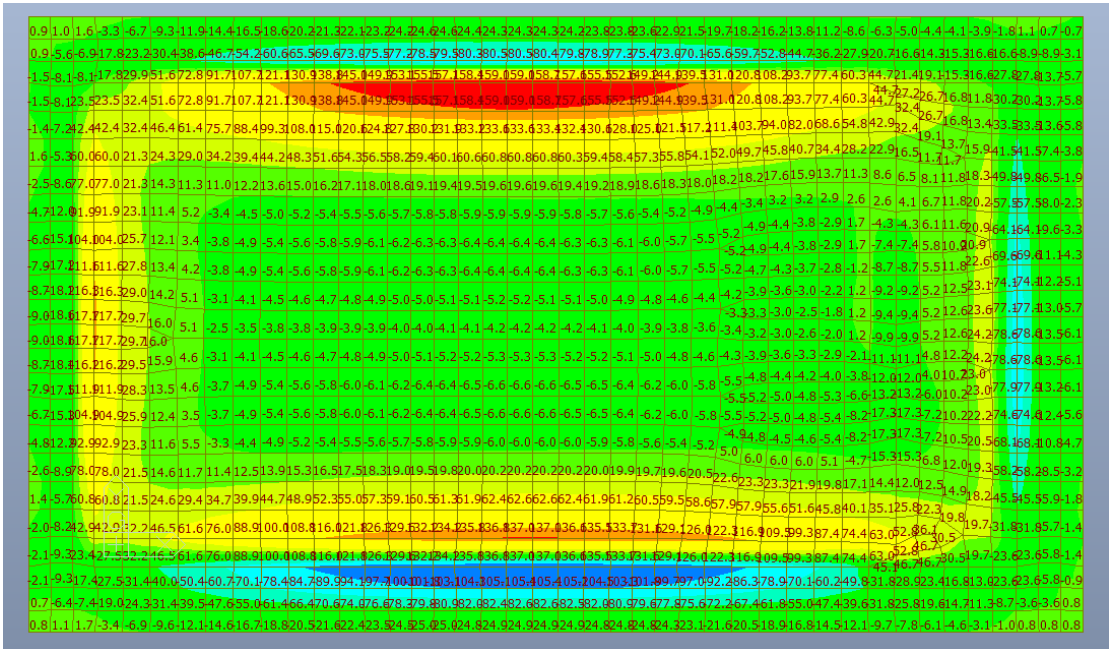
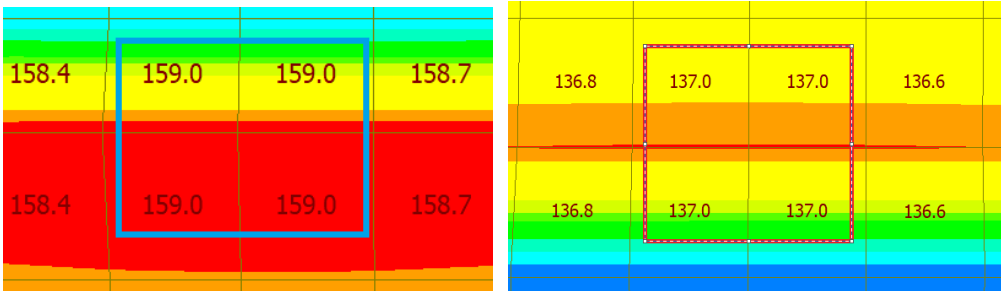


图 17 Midas gen 底板弯矩 Myy

其中，上部弯矩最大值 159.0KN*M,跨中弯矩最大值-4.2 KN*M，下部弯矩

最大值 137.0KN*M (内力选项勾选“节点平均”、数值选项默认“最大值”)。



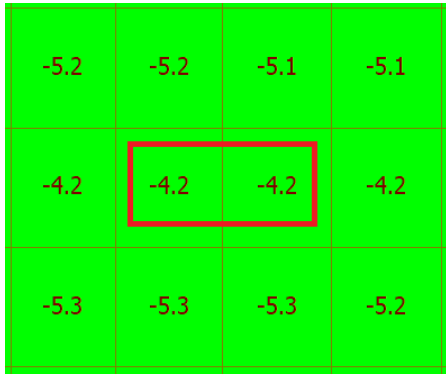


图 18 Midas gen 底板弯矩 Myy (上部、跨中、下部)

将以上底板弯矩数据进行汇总对比，如下表，

底板弯矩结果对比			
名称	Ypool 结果	Midas 结果	误差 (%)
Mxx 左	-115.6	114.8	-0.70
Mxx 中	1	-1	0.00
Mxx 右	-92.3	91	-1.43
Myy 上	-134.4	159	15.47
Myy 中	4.2	-4.2	0.00
Myy 下	-137.8	137	-0.58

其中“Myy 上”弯矩值 Ypool (-134.4KN*M) 和 Midas gen (159.0KN*M) 有差异，主要原因是两软件取内力规则稍有不同。Ypool 是**构件内**单元节点内力取平均，而 Midas gen 的“节点平均”，是将节点处**所有共用此节点的单元**“节点内力取平均。举例来说，当底板有挑出时，底板与竖向池壁相接位置的单元内力，Ypool 是取底板单元节点内力平均值，Midas gen 不仅考虑了底板，还考虑了相连竖向池壁单元节点内力平均值 (YPool 后续版本将加入该处理规则)，当起控制作用时则会表现为两个软件单元内力结果有差异。比如本例中的 Myy 上部弯矩。

为了进一步验证内力值正确性，下面按照同一规则来手核对应的节点内力，即 Midas gen 按照 Ypool 目前的规则，只考虑底板节点内力。

手工复核方法如下：

先查看 Ypool“最大值”为-134.4 KN*M，切换到“节点值”，四个节点内力分别为-42.6 KN*M、-42.4 KN*M、-134.4 KN*M 和-134.2 KN*M，如下图所示：

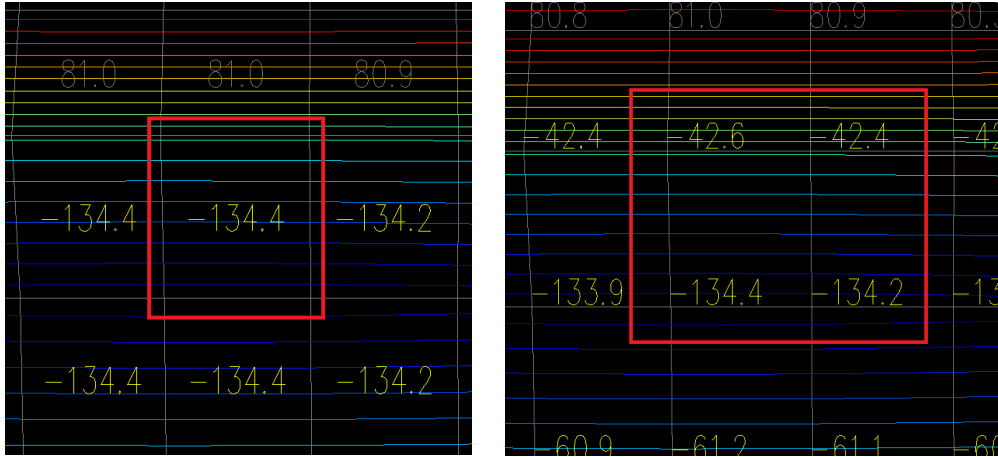


图 19 Ypool 单元内力、节点内力

对应 Midasgen 中的 1961 号单元，即下图红框单元，查看其四周节点号分别为 103、104、669 和 668，

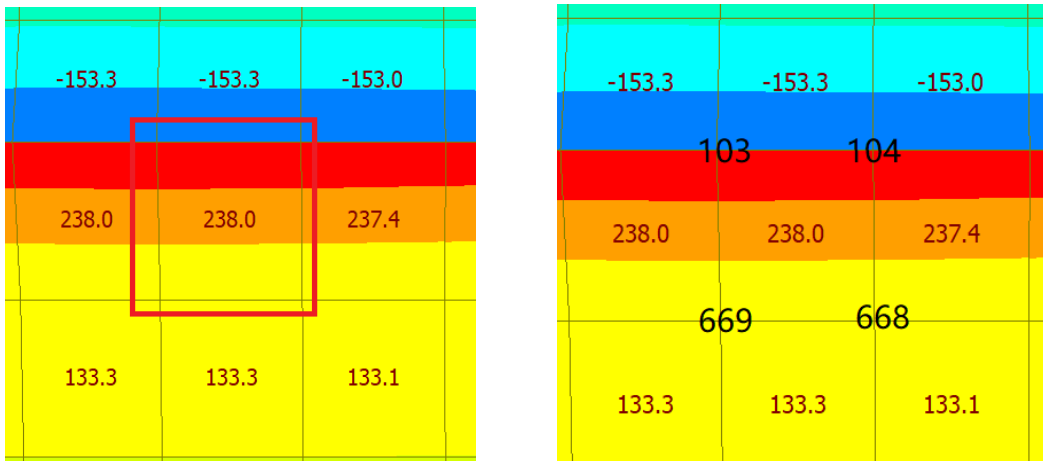


图 20 Midasgen 单元内力、节点号

通过 Midas gen 的表格输出单元内力。以 103 号节点为例，将此节点周边共用单元中，隶属于底板的 1961、1962、2098 和 2099 四个单元对应的此节点内力取平均，这样就和 Ypool 规则统一，可以得到节点平均内力为 **42.3**

KN*M，和 Ypool 的节点内力 **-42.6** KN*M 一致。其余节点类似。

2918	LC-15	102	391.263		
2919	LC-15	102	390.379		
1961	C-15	103	237.955	42.3295	
1962	C-15	103	237.959		
2098	C-15	103	-153.309		
2099	C-15	103	-153.287		
2919	LC-15	103	392.45		
2920	LC-15	103	392.343		
1960	LC-15	104	237.434		

三、结论

从以上池壁、底板弯矩对比分析可知，两款软件计算的有限元节点结果基本一致，进一步验证了盈建科水池设计软件 Ypool 有限元计算的结果是合理可靠的。

最后分享一下多软件工程对比的经验：

- a) 保证模型一致性，包括模型构件、荷载、边界条件，网格划分也尽量一致；
- b) 需要熟悉不同软件内力输出规则，如局部坐标系、方向、是否磨平、内力取值规则等。必要时对节点内力值进行手工校核。