midas FEA Training Series

预应力箱梁横向分析

一. 概要

1. 分析概要

PSC箱梁进行横向分析时,有理论指出梁单元模型的分析结果往往比有限板 单元的分析结果要偏大。通过本例题对配有预应力钢筋的箱梁横向模型进行 三维板单元分析并与梁单元模型的结果比较,验证上述理论。



■ 几何模型

本例题主梁是截面宽度为15.74m,梁高为3m的等截面箱梁。顶板的悬臂 板、腹板顶、顶板中心的厚度依次为0.25、0.45、0.23m,横向预应力钢筋 是曲线布置的。建顶板时可采用程序中变厚度板单元,预应力钢筋采用B样 条曲线。

■ 材料及特性

主梁采用40MPa的高强度混凝土材料,钢束选择钢筋单元中的预应力类型。 顶板采用变厚度的板单元建模,腹板与底板用0.5m、0.2m厚度的板单元来 建模。

■ 生成主梁(板单元网格)

首先利用"定义线"功能定义箱梁截面几何体(如上图所示),再利用"扩展" 功能生成50m的全桥板单元网格。

生成钢束(线单元网格)

利用"定义线"功能生成B样条曲线,然后以0.6m为等间距复制到整个主梁顶 板中。

■ 恒荷载与活荷载

结构自重由程序内部自动计算,二期荷载(防撞墙、铺装)通过压力荷载施 加在整个桥面板上。

将一辆整车荷载添加在主梁跨中顶板上,按悬臂板、顶板中心弯矩最大布置 车辆,共有六种布置方法。每个车轮考虑着地面积施加压力荷载。

■ 预应力荷载

对钢筋单元 (预应力类型) 施加预应力荷载。

■ 分析结果

将恒载、活荷载的内力结果以及预应力荷载的应力结果与梁单元模型的分析 结果相比较。

二. 建立主梁顶板(考虑加腋)



操作步骤				
分析 > 函数				
1. 名称 [Top Slab]	3. 编辑表格			
2. 独立变量 [X]	[输入顶板相应于X坐标的板厚]			
	4. 点击 [确认]			

独立变量

横向顶板的厚度在X方向上有变化,独立变量选择X方向。

数值

输入随X方向变化的板厚度。X坐标原点以顶板中心为基准输入。



■ 建立/修改函数

定义随位置变化的可变荷载或边界条件等的空间函数(Spatial Function)。可 直接在左侧的表格里输入变量和函数,也可利用方程式生成函数。各变量之 间的函数值是线性内差计算的。

三. 建立预应力钢筋

1. 定义钢筋特性值

2D	操作步骤
3D 界面	分析 > 特性
时期 其他 封連/得放與訪特性 は、 件後面 無約 書 ↓ 目前 一日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日	 选择 [创建 > 钢筋…] 洗择 [杆截面]表单
号 5 紀称 Tenden 摄色	3 . 输入"号", "名称" 后点击 [适用]
部語/形成時時世 样) 号 「 4 名称 「 Tendon 」 創品 <u>-</u> 」	 选择 [杆] 表单 材料: "2: Steel"
材料 2: Steel 3 ()	 6. 横截面积: "0.0004161" 7. 钢筋类型选择 [预应力钢筋]
	 8. 规范: "韩国规范" 9. 预应力钢筋与管道壁的摩擦系数: "0.2 5" 10. 签送有火日如停盖对磨擦处图响系数
	10. 官坦母木同部偏差对摩擦的影响系数:"0. 0066"

钢筋面积

横向预应力钢筋, 0.6m为等间距纵向布置。 钢筋面积 = 138.7×3 = 416.1mm²

钢筋类型

选择"预应力钢筋"类型。

规范

选择计算预应力损失的规范。

■ 钢筋类型

钢筋类型中有"预应力钢筋"与"普通钢筋"两个选项。"普通钢筋"适用于定义混

凝土普通钢筋,"预应力钢筋"使用于施加预应力荷载的预应力钢筋。

■ 预应力损失

对于曲线预应力钢束,预应力钢束与管道壁之间摩擦损失是不可忽视的,同 时还要考虑锚具变形损失。

2. 定义钢筋单元

定义钢筋单元有以下两种方法。

- 在"自动网格线"对话框,对几何曲线进行"播种"后,勾选"钢筋"选项, 直接生成钢筋单元。
- ② 在"自动网格线"对话框,不勾选"钢筋"选项,首先生成线网格,然后在 "网格>单元>创建钢筋单元"定义钢筋单元。

① "自动网格线"直接生成钢筋单元方法



请选择线

选择要生成网格的几何曲线。 利用己定义的B样条曲线生成预应力钢筋网格。

钢筋

生成的线网格为钢筋单元时勾选此项。

生成高次单元

生成高次预应力钢筋单元。

■ 生成高次单元

曲线布置的钢束需要考虑预应力损失。如果生成的是低次单元,程序内部默 认为是直线单元,故无法考虑曲率对摩擦的影响。 生成高次线网格单元时,线单元的中心就会生成一个高次节点(考虑曲率后 的位置),故可考虑曲率对摩擦损失的影响。

② 创建钢筋单元法

不勾选"自动网格线"对话框的"钢筋"选项,首先只生成线网格,然后在

"网格>单元>创建钢筋单元"中定义钢筋。

自动网格线	操作步骤
	网格>自动网格划分> 自动网格线
交型 头体単元的附筋	1. 与前一个自动网格线方法定义
	2. 不勾选"钢筋"
	3. 点击 [确认]

创建钢筋
_ 类型
板单元的钢筋
截面
▶ 选择截面
? 选择开始节点(可选)
主单元 2 选择主单元
特性 4 4: Tendon • H 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1: 1:
名称 钢筋单元
确认 取消 适用 >>>

1. 与前一个自动网格线方法定义
2. 不勾选"钢筋"
3. 点击 [确认]
操作步骤
网格>单元 > 创建钢筋单元
1. 类型 "板单元的钢筋"
2. 选择截面: "选择定义钢束的线网格"
3. 选择主单元 : "选择包围钢束的周围混
凝土单元"
4. 特性: "4:Tendon"
5. 点击 [确认]

选择截面

选择要生成钢筋单元的线网格。

选择开始节点 (可选)

张拉预应力钢束时,需要选择预应力张拉方法(单端、两端)。在这里区分 预应力钢束的开始点和结束点。

选择母单元

选择包围预应力钢筋的周围混凝土单元。确定受预应力钢束影响的混凝土单元。(可全选或局部选择)



3.预应力荷载



		课作步骤	
5	ト析> i	荷载 > 钢筋预应力	
1.	荷载线	徂 "Prestress"	
2.	选择	"钢筋网格"	
3.	选择	"后张法"	
4.	选择	"应力"	
5.	起始	"1425000"	
c	占土	「确计】	

沿钢筋全长均匀力

定义均匀的预应力荷载时使用,选项"**应力XX**"适用于钢筋杆单元的情况,选项"**应力XX与应力YY**"适用于钢筋栅格单元。

后张法

适用于后张法预应力结构,同时能够考虑预应力损失。

应力 / 内力

预应力荷载输入方法,可选应力法或内力法。根据选择的方法,显示相应的 单位。

开始端/ 结束端

单端张拉时,输入其中一端的张拉荷载即可。两端张拉时,同时输入两端的 张拉荷载。



网格>转换网络 >**平移网络**...

操作步骤

1. 选择"均匀复制"

2. 距离 "0.6"

3. 数量 "83"

- 4. 勾选"包括荷载边界条件"
- 5. 点击 [确认]

距离 / 数量

50m跨径范围内,纵向以0.6m为等间距布置84根预应力钢束。



横向预应力钢筋间距:0.6m, Ap=416.1mm², Ep=2.0×10⁵Mpa Fpy=1600Mpa, Fpu=1900Mpa 张拉力 = Po = 0.75×Pu = 0.75×1900 = 1425Mpa

四. 活荷载

1. 考虑车轮着地面积的活荷载

在主梁顶板上, 施加考虑着地面积的车轮荷载。将每个车轮荷载转换为矩形 分布荷载。

任意四辺形分布荷载
荷载组 LL1-1 L
? 选择单元
单元类型
四边形荷载区域
参考坐标 Global Rectangulau 💌 😪
左下点(1) -7.532,-4.469,0.0 4
右下点(2) . 167, -4. 469, 0. 015
右上点(3) -7.532,-4.469,0.0
左上点(4) -7.167,-3.93,0.01
误差 0.1 m
荷载值
▶ 均布 基本函数
P -0.122 kdW/m*2 无 🔹 🙀
P2 0 P3 0 P4 0
荷载方向
6 2 洗择方向 6
- ☑ 投影
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
0,0,0
• 荷载方向



移动荷载布置图

车辆间距为**3m**,共有六种布载情况。左侧偏心一车道、左侧偏心两车道、 左侧偏心三车道、两侧各一车道、两侧各两车道、中心两车道。



LL-1 分布荷载四点坐标值

L	ANE 1	左下点	右下点	左上点	右上点	Р
	前轮	-7.532,-4.469,0.015	-7.167,-4.469,0.015	-7.532,- 3.93,0.015	-7.167,-3.93,0.015	-122
左	后轮	-7.59,-0.414,0.015	-7.109,-0.414,0.015	-7.59,-0.414,0.015	-7.109,0.414,0.015	-241
	后轮	-7.59,3.786,0.015	-7.109,3.786,0.015	-7.59,3.786,0.015	-7.109,4.614,0.015	-241
右	前轮	-5.732,-4.469,-0.0866	-5.367,-4.469,-0.1183	-5.732,-4.469,-0.0866	-5.367,-3.93,-0.1183	-122
	后轮	-5.79,-0.414,-0.0815	-5.309,-0.414,-0.1233	-5.79,-0.414,-0.0815	-5.309,0.414,-0.1233	-241
	后轮	-5.79,3.786,-0.0815	-5.309,3.786,-0.1233	-5.79,3.786,-0.0815	-5.309,4.614,-0.1233	-241

Transfer to FE

荷载组

移动荷载具体加载位置(六种情况)。



选择荷载定义时的基准坐标系。

点击└──按钮可以定义新的参考坐标系。

矩形分布荷载

定义矩形分布荷载的加载区域。通过四个点来确定矩形分布荷载的加载区 域。

荷载值

考虑着地面积后换算的车轮矩形分布荷载,前轮为0.122Mpa,后轮为0.241 Mpa。

■ 矩形分布荷载

一辆车有六个车轮,故需要定义六个矩形分布荷载。对于n车道的情况,就 需要定义6xn个矩形分布荷载,工作量非常大。

遇到多车道的情况时,首先可在顶板的所有车轮加载位置,定义与车轮着地 面积相同的矩形线框,利用捕捉顶点功能定义分布荷载的四个顶点,这样就 没必要一个一个手动输入坐标值了。

将矩形分布荷载转换为节点荷载

仅显示(L)

显示(S)

隐藏(H)

删除(D)

表格の

显示诜项(O)...

将荷载转换到节点

矩形分布荷载转换为节点荷载来计算。可在树型菜单中,使用"将荷载转换 到节点"自动功能将矩形分布荷载转换为节点荷载。

■ 车轮着地面积

L 11-1

E 11-2

□ <u>112</u> 任意日 □ 112

日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日

型 结果

车轮荷载以及着地面积如下表。

轮载	着地宽度(mm)	着地长度(mm)	分布荷载(Mpa)
P=24kN	365	539	0.122
P=96kN	481	828	0.241

2. 活荷载布置图





③ LL1-3: 左偏心三车道

④ LL2: 中心两车道



⑤ LL3-1: 两侧各一车道

⑥ LL3-2: 两侧各两车道





五. 查看分析结果

1. 三维板单元分析结果

① 自重弯矩图 (Mxx)











④ 预应力荷载弯矩图 (Mxx)



midas FEA Training Series

荷载工况	顶板支承处	顶板中心	腹板	底板
自重	-50.357	8.254	-10.970	-12.603
二期荷载	-43.941	1.290	-30.525	0.356
活荷载	-127.296	31.905	119.558	-13.579
预应力荷载	138.692	-31.265	-	-

2. 钢束应力



[各种预应力损失]

	所有损失 (摩擦、偏差、变形)		忽略管道摩擦损失	
分析央型	最小应力 (Mpa)	最大应力 (Mpa)	最小应力 (Mpa)	最大应力 (Mpa)
三维板单元	1158.03	1291.01	1217.0	1320

分析类型	忽略锚具变形损失		忽略局部偏差损失	
	最小应力 (Mpa)	最大应力 (Mpa)	最小应力 (Mpa)	最大应力 (Mpa)
三维板单元	1209	1425.0	1265.01	1345.03

当不考虑损失时

当不考虑预应力损失时,钢束的有效应力将维持不变(1425Mpa)。

考虑摩擦、局部偏差、锚具变形损失时

考虑预应力损失后的钢束有效预应力的范围为1290~1158Mpa。

当忽略摩擦损失时

忽略摩擦损失,只考虑局部偏差损失和锚具变形损失后的钢束有效预应力的 范围为1217~1320Mpa 。

当忽略锚具变形损失时

忽略锚具变形损失,只考虑摩擦损失和局部偏差损失后的钢束有效预应力的 范围为1425~1209Mpa。