



快速认识 CSiBridge

筑信达 魏赞洋

CSiBridge 是一款桥梁三维有限元设计软件，其前身是 SAP2000 桥梁模块。自 v15 版本开始 CSiBridge 成为独立的桥梁专业软件，专注于桥梁结构的分析与设计。相应地，SAP2000 v15 及以后版本不再包含桥梁模块与桥梁设计规范。

CSiBridge 重新整合了 SAP2000 桥梁模块，并涵盖了 SAP2000 的所有建模与分析功能。针对桥梁专业，CSiBridge 进一步深化了 SAP2000 基于对象的概念，使针对桥梁的设计分析更加自动化、人性化，大幅提高工作效率和分析精细程度。

1 程序与案例简介

1.1 软件操作界面

CSiBridge 采用“Ribbon”式操作界面，与 SAP2000 传统界面相比，外观简洁友好、概念清晰。点击从“开始”到“高级”的各个选项卡，下方的功能区会显示相应的功能面板。选中“开始”选项卡时功能区中显示的“向导”、“视图”、“捕捉”、“选择”和“显示”功能面板，如图 1.1-1 所示。一般情况下只要从左至右依次使用各个选项卡中的功能即可完成整个工程的建模、分析与设计。

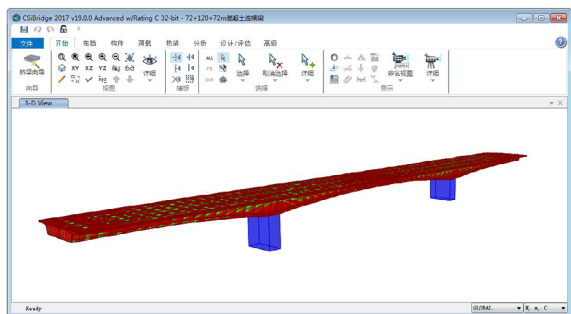


图 1.1-1 CSiBridge 操作界面（“开始”选项卡）

1.2 工程对象概念

CSiBridge 的对象对应着工程中实际存在的构件。用于通用结构分析的 SAP2000 中就有框架梁、框架柱对象的概念。而针对桥梁结构，CSiBridge 中对象的概念被进一步扩大。单个独立桥梁工程可被存储

为一个桥对象，桥对象包含上部结构、下部结构等子对象。而有限元分析所需的材料属性、结构几何尺寸、荷载与作用、模型边界和单元网格等有限元参数作为子对象的属性进行存储，如图 1.2-1 所示。

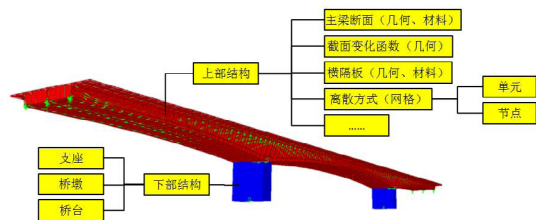


图 1.2-1 CSiBridge 实现对象概念的数据储存结构

由于构件对象中存储了的实际工程意义，CSiBridge 的前后处理更加智能化、自动化。工程师能从繁重的建模与结果处理工作中解放出来，专注于结构的设计优化。实际运用中，基于对象概念产生的具体功能为上部结构精细分析和自动抗震设计。

其中，上部结构精细分析功能为壳 / 实体模型的实际工程应用提供了从快速参数建模到截面批量规范设计的集成解决方案。CSiBridge 可以使用实体模型轻松捕捉宽、弯、斜桥以及开口薄壁截面桥梁的复杂响应，大幅提高分析精细程度。由于可以采用壳单元模拟上部结构，CSiBridge 可以清晰直接地模拟钢混复合梁桥先钢梁后混凝土桥面板的施工过程，如图 1.2-2 所示。



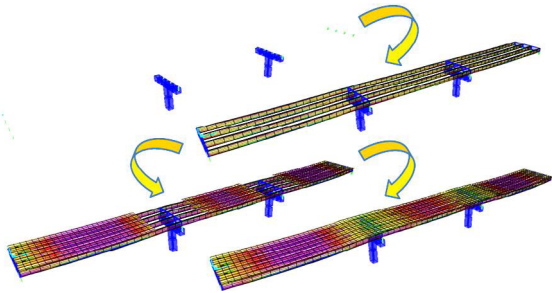


图 1.2-2 CSiBridge

模拟钢混叠合梁先钢梁后混凝土桥面板施工过程

针对壳与实体模型建模效率低下的问题，CSiBridge 采用参数化建模，先定义桥对象，再根据桥对象生成有限元模型。其中生成有限元模型由程序自动完成。由图 1.2-1 中可知，构件几何尺寸与网格数据在对象中分别储存。所以桥对象的几何尺寸可以独立于网格采用参数化的方式输入。修改模型时只需改动对应几何参数，程序自动重新划分网格，不必基于单元逐个修改。在图 1.2-3 中，通过在布局线窗口中修改线型参数就可以快速修改全桥单元的位置。在实际工程应用中，设计局部优化改动极为频繁，参数化建模可以大幅提高工作效率。在新建桥梁模型时，也可以使用程序默认参数快速生成默认桥梁对象。

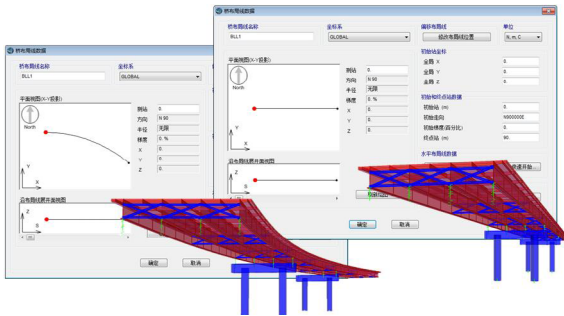


图 1.2-3 CSiBridge 参数化建模

——通过布局线窗口快速实时修改桥梁线型

完成桥对象定义之后，上部结构的离散方式可以通过更新窗口在框架单元、壳单元、实体单元之间任意切换。程序会自动重新生成线、面和实体对象。用户可以根据现阶段设计深度或实际需求灵活地选择模拟精细程度。例如在施工图设计阶段可以直接将方案设计阶段使用的框架单元模型转换为壳单元模型，以获得更加精细的分析结果。在更新窗口中也可以设置离散网格的最大尺寸，如图 1.2-4 所示。

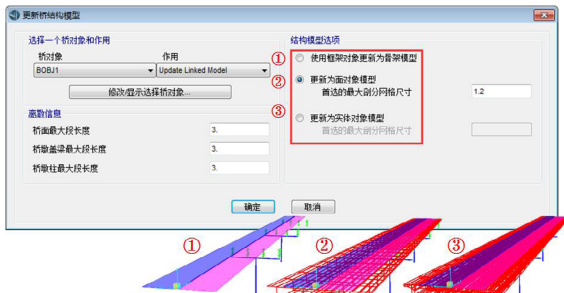


图 1.2-4 CSiBridge 多种模型离散方式

——上部结构可以在框架、壳和实体模型间实时切换

壳与实体模型难以应用于实际工程的一个主要原因是提取构件内力困难，进而无法批量进行截面规范验算。由于 CSiBridge 中储存了上部结构验算截面的信息，程序会自动对位于验算截面上的框架、壳、实体和钢束单元内力进行积分，获得上部结构对象的内力，进而引导截面批量规范验算。验算结果输出如图 1.2-5 所示，程序可以直接绘制荷载组合内力图和承载力包络图，查看设计结果更加直观。

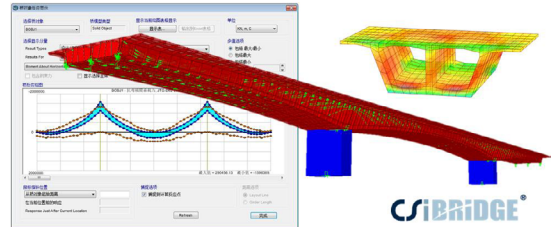
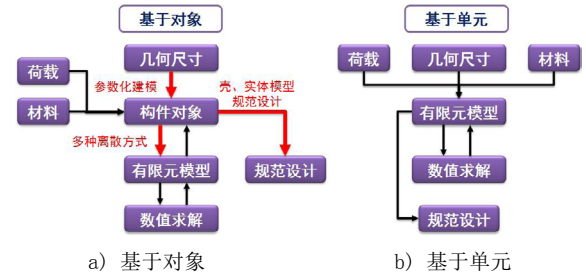


图 1.2-5 壳与实体模型规范设计

——自动积分验算截面上的单元力取得构件内力引导规范验算

在图 1.2-6 中展示了基于对象和基于单元有限元软件中数据流程的差别，阐释了上部结构精细分析功能与对象概念之间的关系。构件对象封装了有限元单元，隔离了其几何尺寸的直接联系。进而产生了参数化建模、多种离散方式、壳与实体模型设计等功能，构成了壳与实体模型应用于实际工程的完整解决方案。



a) 基于对象

b) 基于单元

图 1.2-6 基于对象和基于单元有限元软件中的数据流程

对象概念衍生的另一项功能为自动抗震设计。由于对象对着应实际工程构件，程序能够识别下部结构中的盖梁和墩柱。所以在用户完成建模并定义反应谱之后，程序能够全自动执行以下步骤：设置桥墩截面有效抗弯惯性矩 > 执行反应谱分析获得位移需求 > 取桥墩为隔离体并定义塑性铰 > 执行 Pushover 分析判定位移能力 > 计算需求能力比并生成报告书。目前自动抗震设计功能支持除规范要求必须使用时程分析的所有桥梁延性抗震验算。

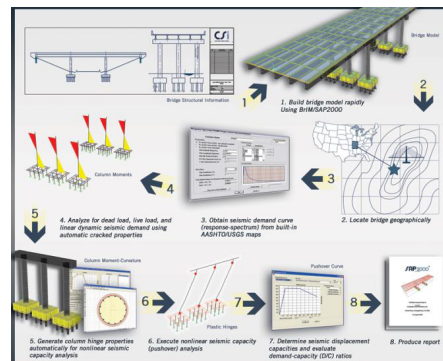


图 1.2-7 自动抗震设计流程

2 程序建模流程

2.1 参数建模思路

CSiBridge 采用参数化的思路进行建模，程序的功能区域划分概念非常清晰。一般来说从左至右使用布局、构件、荷载和桥梁选项卡即可完成建模。每个选项卡中需要输入对应的参数，以描述桥梁对象。在需要修改模型时只需修改相应的参数即可。布局选项卡中可以定义桥梁的线型和车道；构件选项卡中可以定义构成桥对象的构件；荷载选项卡中定义作用于桥对象的荷载形式；最后桥梁选项卡会以布局线里程为参考系将构件组装成桥梁对象，指定荷载的作用位置。具体细节如图 2.1-1 所示。

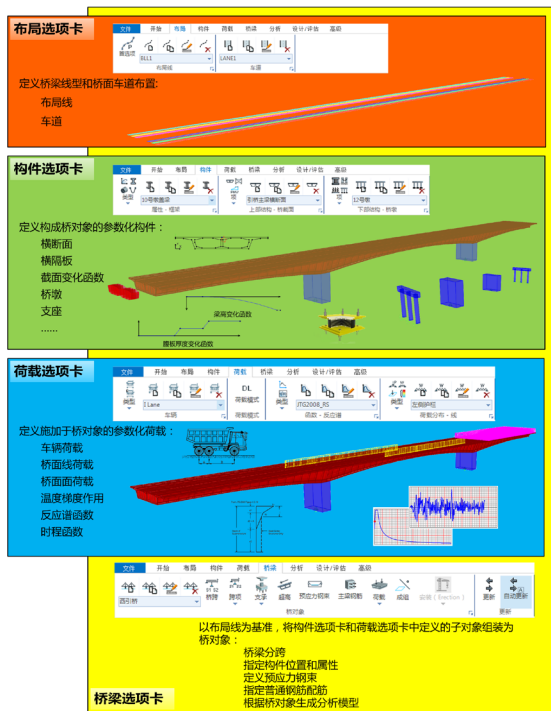


图 2.1-1 CSiBridge 各个选项卡功能示意图

2.2 桥梁建模向导

对于不熟悉基于对象工作流程的用户，程序提供了桥梁建模向导功能引导用户完成建模。通过路径：开始选项卡 > 向导面板 > 桥梁向导命令就可以打开桥梁建模向导窗口，如图 2.2-1 所示。在桥梁建模向导窗口左侧的“当前定义项”区域内显示当前模型的树形菜单，可以查看所有模型对象。窗口右下角的“总信息”区域是主要的导航区域，此处按照程序建议的建模顺序列出所有的定义项，后续步骤所必须的项目会在注释栏中标记为“必要”。选中树形菜单或和“总信息”中的项目后，二者会自动连动，同时在窗口右上方的注释区域会显示该项目的详细描述。点击注释区域与“总信息”区域之间的定义按钮可以在建模向导中直接定义或修改选中项。建模向导可以与常规界面建模操作混合使

用完成模型的新建和排查。

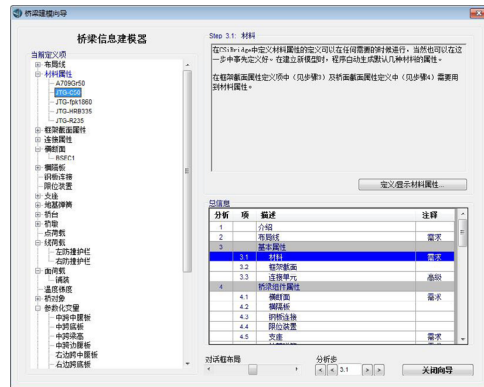


图 2.2-1 桥梁向导窗口

2.3 快速全桥建模

除了常规手动建模和桥梁建模向导，用户也可以使用快速建模模板。在快速建模模板中，用户只需输入少量的必要参数，程序会先根据自身内默认的参数初始化全桥模型。得到全桥模型之后，再使用上文介绍的参数化修改功能改动默认生成模型得到预期模拟模型。

通过文件选项卡 > 新建功能打开新模型对话框，在“选择模板”区域中点击“快速桥梁”或“分段式桥梁”就可以快速得到一般桥梁对象和分段桥梁对象（悬臂浇筑施工连续梁桥）的全桥模型。

2.4 复杂结构模拟

实际工程中经常会遇到一些特殊结构，桥梁构件对象不可能全部参数化覆盖。例如图 2.4-1 中展示连续梁变体系加固中，除了常规的桥梁对象之外还需要对桥塔、斜拉索和锚固梁等一般结构进行建模。这里可以使用“高级”选项卡中功能，基于更通用的梁、柱、索、壳、实体和连接对象工作。桥对象与一般结构可以在同一模型中混合使用，另外其他选项卡没有涵盖的 SAP2000 其他功能均可以在高级选项卡中找到。

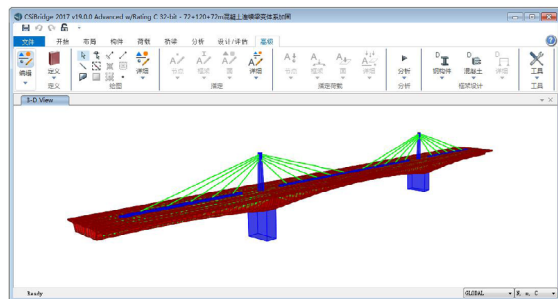


图 2.4-1 使用“高级”选项卡完成特殊结构建模