

桥梁协同设计系统的数据预定义存储

陈明¹, 胡世德²

(1. 上海应用技术学院土木建筑与安全工程学院, 上海 200235; 2. 同济大学桥梁工程系, 上海 200092)

摘要: 桥梁协同设计过程是一个数据不断生成和处理的过程, 如何提高资料存储和管理的效率是影响设计质量和设计周期的重要内容。通过对现有桥梁设计系统在数据存储方面的不足进行分析, 提出协同设计环境下桥梁设计系统的数据表达模型, 以此为基础研究桥梁协同设计系统的交互式预定义和基于知识的预定义两种数据预定义存储方式, 通过实例对数据预定义模型的可行性进行了验证。

关键词: 桥梁设计; 协同设计; 数据存储

Data Pre-defining Storage of Bridge Collaborative Design System

CHEN Ming¹, HU Shi-de²

(1. College of Civil Engineering and Safety, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200235;
2. Department of Bridge Engineering, Tongji University, Shanghai 200092)

【Abstract】 Bridge collaborative design is a process of data continuous generation and management. How to improve the efficiency of data storage and management influences design quality and design period. Based on the analysis of bridge design system in data storage, a model for data representation of bridge collaborative design system is presented. Two kinds of data pre-defining storage mode including interactive mode and knowledge-based mode are studied. Pre-defining model of data storage is validated through an engineer project.

【Key words】 bridge design; collaborative design; data storage

1 概述

随着先进的设计理论、大型复杂结构的广泛应用和协同设计技术的快速发展, 工程设计产生的数据日益庞大。尽管磁盘容量增长速度很快, 但仍远不能满足数据量快速增长的需求。海量资料的存储已成为世人瞩目的问题。现有工程设计系统在预定义存储方面进行了大量的研究^[1-6], 取得了一定的成果, 但是由于现有系统本身的缺陷, 导致相关研究成果很难直接应用于协同设计系统。这主要有 2 方面的原因: 现有系统的预定义存储方式只适用于数据集, 没有涉及构件级和结构级。例如, 现有系统可以输出某一单元的内力, 而不能直接输出由若干单元组成的某一结构的控制内力; 现有系统处理的单元、节点等只是面向纯粹的数据层面, 没有涉及结构的物理意义, 由此导致协同设计群体只能面向数据(低层次的数据库共享), 不能面向整个结构。本文以工程设计系统的预定义数据存储为研究内容, 目的在于改变耗费大量系统资源的数据存储方式, 为高效数据检索奠定基础。

2 协同设计系统的数据模型

通常的数据模型只考虑对数据的内容与结构建模, 数据模型不涉及数据本身的工程意义, 数据模型的格式通常是程序员设计或由辅助工具(表格/报表)生成的, 这种方式适合于简单的数据表达, 目前在关系模型中已经非常成熟。然而, 对于工程数据来说, 表达方式却非常复杂。一方面, 工程数据所支持的数据类型不仅是格式化数据, 还包括大量的非格式化数据, 不可能用简单的方式予以描述; 另一方面, 工程数据具有时效性, 设计数据必须与设计阶段保持同步。

定义 1 数据: 数据是系统存储的最小单元, 是设计中原子信息的表达方式, 数据由值、数据类型、单位元、工程意义和生成时间 5 部分组成。

定义 2 关键词: 关键词是描述数据本质的单个字符串, 是进行数据划分的依据。

定义 3 关键词集: 完成数据划分的多个关键词组成的集合称为关键词集。关键词一般由参与协同设计的群体随机提供, 所以, 关键词集本身是一个可数无限集, 系统实现中无法直接应用, 必须研究从可数无限集到有限集的映像算法。关键词集是一个有序集, 不同的关键词应该具有不同的权值, 由此可以实现数据的快速划分。

定义 4 类别: 给定 (D, K) , 其中 D 为数据集, $n = |D|$; K 为关键词集, $m = |K|$ 。对关键词集 $K = \{k_i\}_{i=1}^m$, 定义:

$$K^{-1}(x_i) = \{d \in D \mid f(d) = x_i\}, i = 1, 2, \dots, n$$

为数据集 D 的一个划分, 称为基于 K 的一个类别, 其中 x_i 描述数据集中第 i 个数据在划分后的状态, 取值为 0 (不属于划分后的类别) 或 1 (属于划分后的类别); f 是数据集与关键词集的匹配算法。

定义 5 类别族: 具有相同工程意义的多个类别的组合称为类别族, 应用中工程意义由关键词集确定, 例如在对桥梁抗震设计资料进行划分时, 可以定义 K_1 和 K_2 两个关键词集, 由这两个关键词集对数据集 D 进行划分的结果 $K_1^{-1}(x_i)$, $K_2^{-1}(x_i)$ 组成的类别族。

定义 6 构件: 构件是经过数据划分的有序数据组成的具有工程意义的最小设计实体, 构件由各种数据、设计知识、构件描述(关键词) 3 种信息构成, 如果与桥梁设计的物理形态

基金项目: 上海市自然科学基金资助项目(06zr14079)

作者简介: 陈明(1975-), 男, 副教授、博士后, 主研方向: 计算机支持的协同工作, 桥梁抗震; 胡世德, 教授

收稿日期: 2007-11-20 **E-mail:** chenmchen@21cn.com

对应, 构件由材料集、截面集、构件描述集和规范集组成。

定义 7 结构/子结构: 结构/子结构是具有工程意义的实体, 是设计思想在设计过程中的表现, 结构由 n 个构件构成 ($n \geq 2$)。结构是一个二元组:

$$S = \langle E, \theta, F \rangle$$

其中, E 为构件集合; θ 是操作数集 $\theta = \{ //, \perp, \wedge, \vee, \dots \}$; F 为由构件演化到结构的一系列有序函数。

3 基于知识的预定义数据存储

基于知识的预定义有 2 种实现方式: 交互式预定义和基于知识的预定义。系统运行中工程师可以选择一种预定义方式, 也可以同时使用 2 种预定义方式。

3.1 交互式预定义

交互式预定义是通过工程师与协同设计系统交互的方式定义输出信息。交互式预定义有 2 种实现用法: (1)兼容现有系统预定义: 工程师通过自己面对的协同设计接口定义需要输出的信息。(2)智能方式: 由工程师输入“关键词”, 系统自动确定需要输出哪些信息。

交互式预定义的 2 种方式区别在于输入信息有所不同, 前者直接作用于目标对象, 例如节点、单元等; 后者仅仅是输入“关键词”信息, 系统把“关键词”与数据的工程意义或构件的描述集进行匹配, 自动生成目标对象。交互式预定义的主要步骤包括: 格式转换, 关键词匹配, 结构拆分, 结构拼装等几个步骤。

3.2 基于知识的预定义

桥梁设计知识是工程师在长期实践过程中的经验总结, 这些设计知识将在未来进行的同类设计中起到指导作用。以桥梁抗震设计为例, 基于知识的预定义可以通过以下几个步骤实现:

(1)经过长期的研究, 工程师总结出了大跨度桥梁抗震设计的性能目标。

(2)根据地震动输入方向(“纵向+竖向”和“横向+竖向”)可以确定需要存储的结果有:

纵向+竖向: 桥塔、辅助墩、边墩和桩基应存储应存储“轴力 N 、剪力 Q_2 、弯矩 M_3 ; 支座应存储固定墩的支座剪力 Q_2 (2 轴和 3 轴根据工程实际确定)。

横向+竖向: 桥塔、辅助墩、边墩和桩基应存储应存储“轴力 N 、剪力 Q_3 、弯矩 M_2 ; 支座应存储剪力 Q_3 (2 轴和 3 轴根据工程实际确定)。

(3)结构设计控制信息一般都来源于某些特定截面, 即最不利截面。

(4)自动生成关键词。

通过以上 4 个步骤, 基于知识的预定义可以根据存储于设计知识库中的设计知识(性能目标、地震动输入方向与内力的对应关系、最不利截面位置等)自动确定约束结果数据存储的关键词。以大跨度斜拉桥抗震设计为例, 生成的关键词信息如下:

{时程、100 年 10%、纵向+竖向、主塔、塔底、 N 、 Q_2 、 M_3 }

(5)根据关键词生成预定义结果(同交互式预定义)。

4 应用实例

4.1 工程概况

现有某长江大桥的非通航孔预应力混凝土连续梁 6×70 m 引桥一联(PM34~PM40), 基本信息如下:

主梁: 主梁材料为 C30 混凝土, 截面特性为 $A = 10.32$, $T = 83.73$, $I_2 = 24.05$, $I_3 = 161.58$ 。

桥墩: 桥墩材料为 C40 混凝土, 截面特性为 $A = 24.01$, $T = 82.1$, $I_2 = 24.72$, $I_3 = 101.7$ 。PM37 墩顶设固定支座, 其他墩墩顶设纵向滑动支座, 各墩墩顶横向均固定。

桩基础: 桩基采用 $\Phi 1.2$ m 钢管桩, 截面特性为 $A = 0.08$, $T = 0.03$, $I_2 = 0.014$, $I_3 = 0.014$ 。

以反应谱分析为例, 反应谱分析支座采用主从处理, 桩基础的模拟方式为: 根据群桩等效抗推刚度, 计算桩基固结点。一般来说固结点位于冲刷线下($2d \sim 6d$, 其中, d 为单桩直径)。结构体系阻尼比取 5%。

4.2 存储实例

预定义存储有交互式预定义和基于知识的预定义 2 种方式, 两者的区别是确定关键词的方式不同。前者由工程师手动定义关键词, 后者由系统根据设计知识自动定义。系统提供基于浏览器模式的用户接口, 其中包括项目设置、交互式预定义设置、基于知识的预定义设置、提交服务器等选项。通过这些选项, 用户可以在系统的辅助下完成关键词设置。

以下是系统生成部分关键词列表:

{反应谱、50 年 10%、纵向+竖向、桥墩、墩底、 N 、 V_2 、 M_3 }

{反应谱、50 年 3%、纵向+竖向、桥墩、墩底、 N 、 V_2 、 M_3 }

.....

单击“提交服务器”按钮, 系统将根据关键词列表把预定义信息存储到数据库中, 并返回存储后的结果信息。

4.3 应用效果

为了展示数据预定义存储方式与传统有限元软件存储方式的差别, 选用了某长江大桥的 4 联引桥在抗震设计过程(时程分析)中的数据存储进行了分析, 4 联引桥的基本情况如表 1 所示, 比较结果如图 1 和图 2 所示。

表 1 引桥基本情况

引桥	单元数	存储单元数
4 × 70 m	876	55
5 × 70 m	1 034	68
6 × 70 m	2 582	80
7 × 70 m	4 397	109

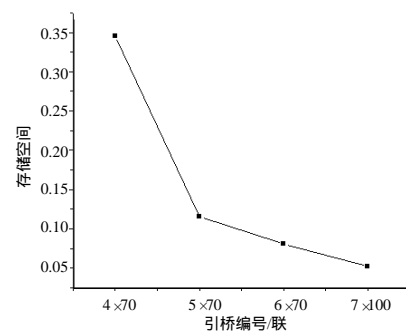


图 1 存储空间比较

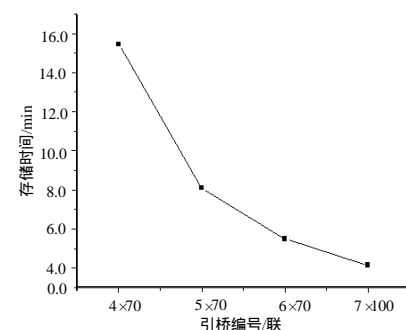


图 2 检索时间比较 (下转第 247 页)