

连续梁桥悬臂浇筑施工体系转化模拟分析

李伟鹏,石明强

(中交第二公路勘察设计研究院有限公司,湖北 武汉 430056)

摘要:为有效指导连续梁桥合拢阶段的施工与监控,分析了临时固结及体系转换的原理和模拟方式,并结合有限元程序 midas/civil,研究4种不同的模拟方法在 midas/civil 程序中的实现过程.结果表明,临时固结的刚度及下部结构的刚度是体系转化模拟的关键,在模拟体系转化的过程中,应结合施工的实际情况来考虑临时固结及下部结构的刚度对体系转化的影响.

关键词:连续梁桥;悬臂浇筑;临时固结;体系转换

中图分类号:U448.215

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.06.008

0 引言

连续梁桥悬臂浇筑,是在桥墩施工完毕后,沿桥跨逐段对称浇筑桥梁上部结构,采用预应力及普通钢筋连接新、旧节段.由于施工过程中难以做到各个方面的完全对称,会在已浇筑的节段上产生不平衡力矩,为了抵抗这种不平衡力矩,有必要采用临时固结措施,使桥墩与梁体固结,形成悬臂T形刚架,直到梁段合拢后解除临时固结,形成连续梁.解除固结前后结构体系的转变称为体系转换^[1].悬臂施工法示例见图1.

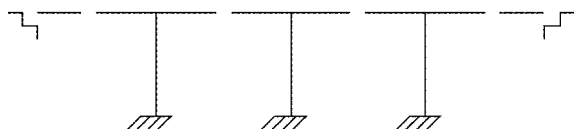


图1 连续梁桥悬臂施工

Fig.1 Cantilever construction of continuous beam bridge

连续梁桥合拢前后,存在着体系的转换,体系转换带来了结构受力的转变.体系转换之前,一部分的弯矩由临时固结来承担,而体系转换的过程实际上也是拆除临时固结的过程,即结构此时由分段受力和与临时固结共同受力转换为结构整体受力和独立受力,因此对临时固结的研究在连续梁桥的体系转换中意义重大.

1 工程中临时固结设置方式

连续梁悬臂施工中,桥梁上部结构与下部结构的临时固结是一个重要环节,桥梁在合拢之前的很长一段时间内,都处于临时固结发挥作用的一个受力状态,因此,对临时固结的合理设置直接

影响到桥梁施工质量.临时固结的设置方式有下列形式^[2]:

a. 桥位较低,方便设置临时支架,则可采用临时支架来形成临时固结,依靠梁体自重来抵抗不平衡荷载(见图2a).

b. 采用临时立柱及预应力钢筋来形成临时固结.预应力钢筋张拉并锚固在箱梁中,另一端则锚固在立柱里,依靠立柱中的预压应力来抵抗不平衡荷载(见图2b).

c. 利用桥墩设置三边形托架来形成临时支撑,同时在悬臂浇筑完成后,用砂筒法来实现体系转化^[2](见图2c).

d. 利用混凝土和预应力粗钢筋在桥墩上形成临时支座,用临时支座来承担施工中的不平衡荷载.悬臂浇筑完成后,凿除临时支座,并利用硫磺砂浆切断预应力粗钢筋.这一方法拆除方便,施工阶段效果好,应用比较广泛(见图2d).

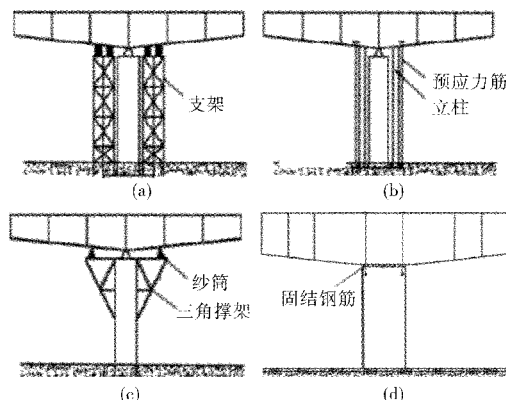


图2 临时固结设置方式图

Fig.2 Setting patterns of the temporary consolidation

收稿日期:2012-03-21

作者简介:李伟鹏(1979-),男,山东郓城人,工程师.研究方向:桥梁工程.

2 现行临时固结的模拟原理及存在的问题

在连续梁桥施工控制计算时,空间有限元程序应用较为广泛.考虑到大跨长联的连续梁桥体系转化的复杂性,为了便于建模和计算,通常采用一种简化的结构模型,保证边界及位移条件与实际结构相吻合^[3].

在模拟施工过程时,对于拆除临时固结前后的模拟,通常忽略桥墩刚度及临时固结刚度的影响^[4].拆除临时固结前,用固定铰支座模拟边界条件,拆除临时固结后,根据实际约束条件模拟永久支座.某三跨连续梁桥体系转化前后计算模型简图如图3和图4所示.

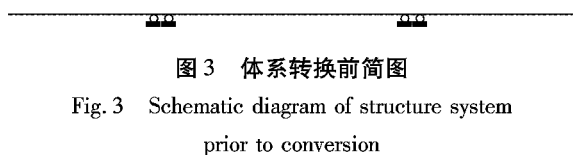


图3 体系转换前简图

Fig. 3 Schematic diagram of structure system prior to conversion

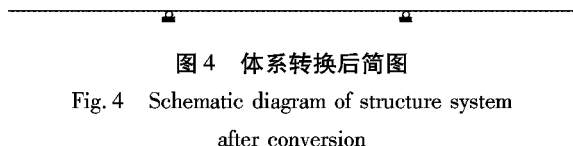


图4 体系转换后简图

Fig. 4 Schematic diagram of structure system after conversion

这种计算模型忽略了桥墩刚度对体系转换的影响,在一定程度上简化了计算过程.同时,临时固结的刚度值也要合理选取,是取用一个较大的刚度值来模拟固结,还是用一个临时支座来模拟,对体系的受力是有不同影响的.多数情况下,计算模型难以与实际状态完全相符,实测值与计算值有一定差别.归根结底,计算模型中的边界条件与实际情况有差别,这种差异来自于桥墩的刚度及临时固结刚度的取值问题^[5].因此在连续梁桥悬臂浇筑施工中,体系转化的模拟,关键在于如何对桥墩及临时固结刚度进行正确的考虑,并在有限元程序中体现出来.

3 体系转换模拟

3.1 体系转换理论

依据有限元理论^[6],节点的静力平衡方程为:

$$K\delta = P$$

得,节点位移:

$$\delta = K^{-1}P$$

体系转换前,节点位移:

$$\delta_p = K_p^{-1}P_p$$

体系转换后,节点位移:

$$\delta_N = K_N^{-1}P_N$$

由体系转换引起的节点位移,取体系转换前、后的

节点位移差值^[7],即

$$\delta = \delta_N - \delta_p$$

结构整体刚度矩阵 K ,由箱梁刚度矩阵 K_1 、临时固结座刚度矩阵 K_2 和及桥墩刚度矩阵 K_3 组成,即:

$$K = K_1 + K_2 + K_3$$

为了方便说明各种刚度因子在体系转化中的影响,建立图5所示模型来模拟临时固结.主梁采用梁单元模拟,刚度矩阵为 K_1 ; BC 和 EF 表示两个临时支座, IJ 表示永久支座,刚度矩阵为 K_2 ; JK 表示桥墩,刚度矩阵为 K_3 ; BA , IH 及 ED 表示梁底与相应支座节点的连接, CJ 和 JF 表示桥墩顶面,均视作刚性连接.拆除临时固结前,永久支座不参与工作,不考虑其刚度,拆除临时固结后,不考虑临时固结刚度,计入永久支座刚度.在有限元模型中,通过激活或钝化功能,及适当改变支座刚度数量级来实现^[8-9].

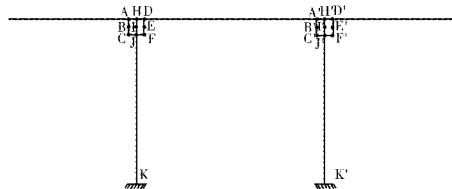


图5 结构临时约束模拟简图

Fig. 5 Schematic diagram of the imitation of structure temporary constraints

一般而言,可以概括为下面四类情况:

- 不考虑临时固结刚度及桥墩刚度,即 $K = K_1$. 临时固结拆除前,用固定支座模拟临时固结,临时固结拆除后,用固定支座模拟成桥支座.
- 不考虑临时固结刚度及桥墩刚度, $K = K_1$. 临时固结拆除前,用完全固结模拟临时固结,临时固结拆除后,用固定支座模拟成桥支座.
- 考虑临时支座的影响,不考虑桥墩的影响,即 $K = K_1 + K_2$.
- 综合考虑临时固结刚度及桥墩刚度, $K = K_1 + K_2 + K_3$.

3.2 体系转换中的几种不同模拟方法

以某黄河大桥为工程背景,来研究体系转换的几种不同模拟方法.该桥是 45 + 70 + 45 预应力混凝土连续梁,主梁采用变截面箱梁,单箱单室.支点处梁高 4.2 m,跨中截面梁高 2.2 m,其间梁高按二次抛物线形式渐变.桥墩为矩形独柱墩,截面尺寸为 3.2 m × 7.4 m,桩基长 60 m,截面尺寸为 1.5 m × 1.5 m.其中一个桥墩处设固定支座,其余设活动支座.应用有限元程序 midas/civil,建立全桥有限元模型如图6所示.

分以下4种情况来研究和说明体系转换的模

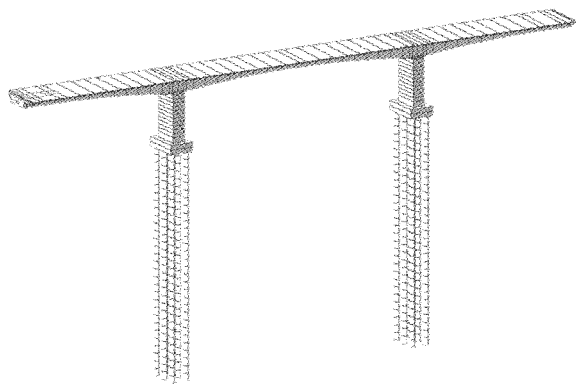


图 6 连续梁桥全桥有限元模型

Fig. 6 Finite element model of the whole continuous beam bridge

拟方式:

a. 忽略桥墩刚度及临时支座刚度的影响, 拆除临时固结前, 采用固定铰支座模拟临时固结, 拆除临时固结后, 采用固定铰支座模拟成桥支座. 程序中的实现方法: 在实际位置处建立临时支座节点, 将临时支座的节点与相应梁单元节点之间刚性刚接. 采用钝化桥墩单元的功能, 忽略桥墩刚度的影响. 体系转换后, 钝化临时支座, 激活永久支座, 将永久支座两个节点采用弹性连接来模拟, 输入弹性连接各自由度方向的刚度, 临时支座底节点采用一般全约束.

b. 忽略桥墩刚度及临时支座刚度的影响, 拆除临时固结前, 用完全固结的方式模拟临时固结, 拆除临时固结后, 采用固定铰支座模拟成桥支座. 程序中的实现方法: 临时支座的顶节点与相应梁单元节点之间刚性刚接. 临时支座采用弹性连接来模拟, 选择弹性连接的刚接方式, 即将临时支座视为刚度无穷大的刚臂, 采用钝化桥墩单元的功能, 忽略桥墩刚度的影响. 体系转换后, 钝化临时支座, 激活永久支座, 将永久支座两个节点采用弹性连接来模拟, 输入弹性连接各自由度方向的刚度, 临时支座底节点采用一般全约束.

c. 考虑临时支座的刚度, 忽略桥墩刚度的影响, $K = K_1 + K_2$. 在结构有限元模型中, 桥墩视作刚臂. 程序中的实现方法: 临时支座的顶节点与相应梁单元节点之间刚性刚接. 临时支座的顶节点与相应梁单元节点之间弹性刚接, 并输入支座自由度方向的刚度, 临时支座底节点采用一般全约束. 采用钝化桥墩单元的功能, 忽略桥墩刚度的影响. 体系转换后, 钝化临时支座, 激活永久支座, 将永久支座两个节点采用弹性连接来模拟, 输入弹性连接各自由度方向的刚度, 临时支座底节点采用一般全约束.

d. 综合考虑桥墩及临时支座刚度的影响, $K = K_1 + K_2 + K_3$. 程序中的实现方法: 临时支座的顶节点与相应梁单元节点之间刚性刚接. 临时支座的顶节点与相应梁单元节点之间弹性刚接, 并输入支座自由度方向的刚度, 临时支座底节点与桥墩顶节点刚性连接, 激活桥墩单元. 与桥墩相连的桩基单元采用节点弹性约束模拟土的作用. 体系转换后, 钝化临时支座, 激活永久支座, 永久支座的顶节点与相应梁单元节点之间弹性刚接, 并输入支座自由度方向的刚度, 永久支座底节点与墩顶单元节点采用刚性连接, 桥墩及桩基约束方式不变. 体系转换前后有限元模型分别如图 7、图 8、图 9、图 10 所示.

以上 4 种体系转换模拟方法, 在施工监控的计算分析中, 应该根据桥梁施工时具体采用的临时固结设置方式来选用. 这样, 有限元程序分析的结果才能有效的应用于实际施工监控的指导上^[10].

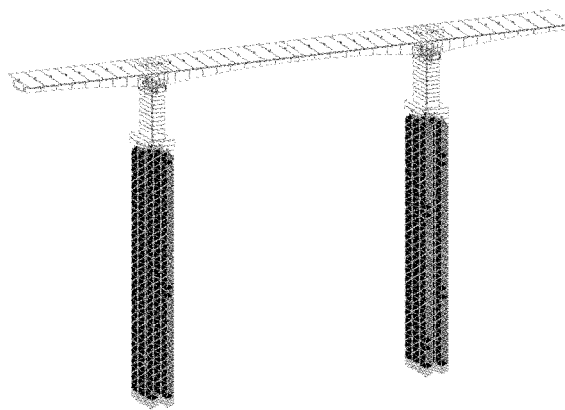


图 7 体系转换前双 T 构模型图

Fig. 7 Model of double T-shape structure prior to system conversion

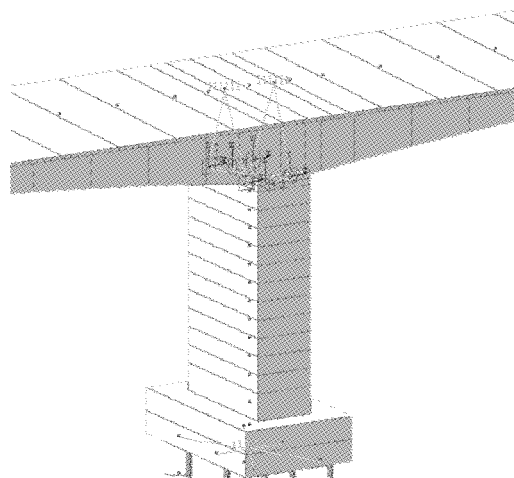


图 8 体系转换前临时支座处模型

Fig. 8 Model of structure prior to system conversion at the temporary supports

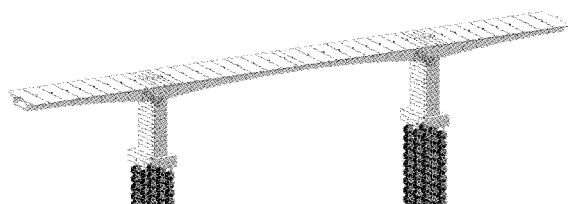


图9 体系转换后双T构模型图

Fig. 9 Model of double T-shape structure after system conversion

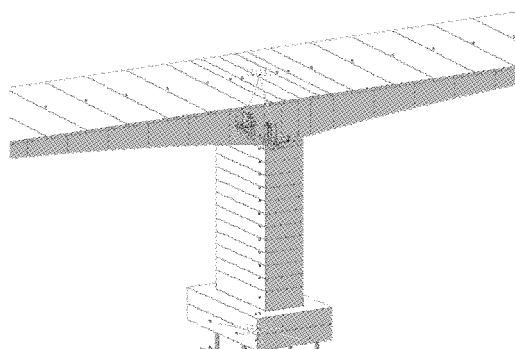


图10 体系转换后永久支座处模型

Fig. 10 Model of structure after system conversion at the permanent supports

4 结 语

连续梁悬臂浇筑施工目前已经成熟的应用于各种跨径的连续梁桥施工中,这种施工方法的一个特点是,在施工过程中存在着体系转换,体系转换的过程实际上是梁段合拢并拆除临时固结的过程.本文从临时固结的模拟方法开始,分析并阐述了四种常见的体系转换方式,并结合有限元模型,说明了各种转换方式在程序中的实现方法,对该

类型桥梁的施工与监控的分析计算具有一定的借鉴意义.在具体的桥梁施工计算分析中,应根据实际施工采用的临时固结设置方式,建立相符合的有限元模型来模拟分析.

参考文献:

- [1] 雷俊卿. 桥梁悬臂施工与设计[M]. 北京:人民交通出版社,2000.
- [2] 韩红春. 大跨度预应力混凝土连续梁桥悬臂施工控制研究与实践[M]. 成都:西南交通大学出版社,2005.
- [3] 范立础. 预应力混凝土连续梁桥[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [4] 许泽宁,潘安亮. 结构体系转换顺序对大跨连续梁桥施工控制的影响研究[J]. 工程与建设,2007(6): 827-829.
- [5] 章铁军. 南水北调丹江口汉江大桥主桥合拢顺序设计研究[C]//第17届全国结构工程学术会议, 2008:595-596.
- [6] 张谢东,詹昊,舒红波. 大跨度预应力混凝土连续梁桥合拢施工技术[J]. 桥梁建设,2005(2):63-66.
- [7] 王凯. 大跨长联连续梁桥施工控制及合拢顺序优化研究[D]. 武汉理工大学,2009.
- [8] 魏胜勇,王根会. 结构体系转换对PC连续梁桥变形的影响研究[J]. 兰州交通大学学报:自然科学版, 2004,23(1):35-37.
- [9] 韩国栋,郭锐,余诗泉. 龙华松花江特大桥悬臂浇注时墩梁临时固结与1#块的施工[J]. 森林工程, 2008,24(1):58-59.
- [10] 北京迈达斯技术有限公司. MIDAS/Civil 用户手册[M]. 北京:北京迈达斯技术有限公司,2010.

Simulation analysis of system conversion in continuous beam bridge cantilever construction

LI Wei-peng, SHI Ming-qiang

(CCCC Second Highway Consultants Co. Ltd, Wuhan 430056, China)

Abstract: In order to give efficient directs to the construction and supervisory control of continuous beam bridge in the process of closure, we analyzed the principle and simulation methods of the temporary consolidation and system conversion, and illustrated how the four different simulation methods were realized in the finite element program MIDAS / Civil. The results show that the rigidity of temporary consolidation and infrastructure is the key points to the simulation system conversion, and the effect of the rigidity of temporary consolidation and infrastructure to the system conversion should be took into consideration according to actual situation of construction in the process of simulating system conversion.

Key words: continuous beam bridge; cantilever casting; temporary consolidation; system conversion

本文编辑:龚晓宁