

滑移支座在连续梁桥中的性能模拟分析

钟栋青¹, 吴发红²

(1. 盐城工学院 材料学院, 江苏 盐城 224051; 2. 盐城工学院 土木工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要:通过借助于 SAP2000 有限元分析软件,对连续梁桥上设置的滑移支座(聚四氟乙烯支座),采用常用的3种非线性连接单元进行模拟:水平非线性弹簧单元、Wen 塑性单元以及摩擦板单元。首先,简单介绍了3种单元的特性,然后以某地区四跨连续梁桥结构为例,对滑移支座分别采用以上3种连接单元进行非线性时程分析,对其分析结果进行对比,为今后桥梁支座的分析提供参考。

关键词:连续梁桥;滑移支座;聚四氟乙烯支座;非线性时程分析

中图分类号: TU311.2

文献标识码: A

文章编号: 1671-5322(2008)03-0041-04

近20年的地震灾害经验表明,随着城市现代化的发展,交通网络在整个城市生命线抗震防灾系统中越来越重要。而连续梁桥由于其具备受力合理、构造简单、施工方便、伸缩缝少等优点,在城市桥梁中占据了主要的份额^[1]。

当前,比较容易实现且有效的桥梁减隔震方法之一就是采用减隔震支座(聚四氟乙烯支座、叠层橡胶支座和铅芯橡胶支座等),在梁体与墩台的连接处增加结构的柔性 and 阻尼以减小桥梁的地震反应^[2]。因此,一般来说,对于大跨连续梁桥结构,每一联仅设一个固定墩,其余各墩均设置支座,这样可使主梁具有一定的柔性。由于现如今的连续梁桥广泛的采用了预应力钢筋,使得桥的跨径越来越大,上百米的跨径已经是比比皆是,如此大的跨径所引起的混凝土收缩徐变以及温度变化等影响是不能忽视的。所以采用滑移支座,还可使主梁在纵桥向具有一定的滑动来抵抗自身所引起的内力。本文主要探讨聚四氟乙烯支座。

1 滑移支座的模拟单元

聚四氟乙烯支座主要是以聚四氟乙烯板和不锈钢板作为支座的相对滑动面来隔离桥梁墩、台与上部结构,能够有效的控制传到下部结构的地震作用,从而减小墩、台所受的地震力。连续梁桥采用这种支座时,传到桥梁墩、台的地震力最大值

等于支座的摩擦力^[3]。这种支座对于支承面上的压力以及滑移速度相当敏感,一般来说,压力越大,摩擦系数越小;速度越大,摩擦系数越大。在利用软件分析时,通常采用非线性水平弹簧单元(n-spring)、Wen 塑性单元(Wen)或摩擦板单元(SLD)3种方式来模拟。

1.1 水平非线性弹簧单元

水平非线性弹簧单元的内部变形是相互独立的。用它来模拟支座沿纵向的恢复力特性,可采用双线性模式^[3](见图1)。

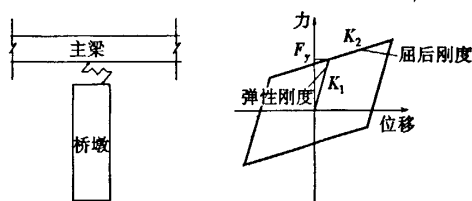


图1 水平非线性单元及其恢复力滞回曲线

Fig.1 The horizontal of non-linear hysteresis loops of restoring force

对于滑移支座来说,图中的 F_y 为滑动荷载,此值与支座所承受的压力以及滑动面的摩擦系数有关($F_y = \mu N$)。弹性刚度 $K_1 = F_y/d$, d 为支座移动的微小位移,取为2 mm(仅作为参考)。屈服

收稿日期:2008-06-03

作者简介:钟栋青(1981-),男,江苏盐城人,助教,硕士,主要研究方向为道路桥梁抗震。

后的刚度 K_2 可取为 0(理想状态)或者根据经验取一相对较小值。

1.2 Wen 塑性单元

Wen 塑性模型的所有内部变形也是相互独立的。一个自由度的屈服不影响其它变形行为。其滞回曲线如图 2。在图中可以发现, Wen 塑性单元与 n -spring 单元的最大区别在于弹性阶段到塑性阶段的过渡, n -spring 单元为折线型过渡, 而 Wen 塑性单元为圆弧型过渡。对于滑移支座, 在定义相关参数时需考虑: ①对于初始刚度也就是弹性刚度的确定可以采用 n -spring 单元的定义方式。②在 Wen 塑性单元在进入塑性后屈服刚度较小, 在定义参数 $ratio$ (屈服后刚度/弹性刚度)可取为 0(理想状态)或者根据经验取一微小值。③对于刚进入塑性阶段的圆弧段来说, 指数越大, 屈服比率越陡, 一般取值 $1 < exp \leq 20$ ^[4](参见图 3)。

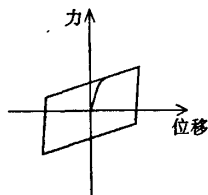


图 2 Wen 塑性模型恢复力滞回曲线

Fig. 2 Restoring force hysteresis of Wen plastic model

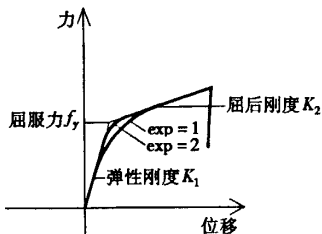


图 3 Wen 塑性属性参数定义

Fig. 3 Parameters definition of Wen plastic attribute

1.3 摩擦板单元(SLD)

在 SAP2000 软件中, 这是一个双轴摩擦摆, 对于两个剪切变形, 沿摆的滑移面的径向可以具有滑移后刚度, 在轴向只能受压的连接单元。其塑性特性基于 Wen 和 Park, Wen 和 Ang 提出的滞回行为^[4]。若将此摆滑动面定义为平面, 也就是将摆滑动面的半径设定为 0, 便是本文所谈到的摩擦板单元。此摩擦板具有 3 个特殊属性: ①该摩擦板的摩擦系数随着速度的变化而变化; ②该

摩擦板的摩擦系数随着板上的轴压力的变化而变化; ③摩擦板在屈服后刚度是动态的, 随着速度、压力的变化而变化。

摩擦板的滞回曲线与水平非线性弹簧单元相似, 其初始刚度取速度最慢时的摩擦系数所对应的刚度。由于此单元的水平剪切刚度与竖向的正压力是相互耦合的, 因此, 需预先对板上定义初始压力值。

2 算例

2.1 工程概况

某连续梁桥结构, 选取其中一联四跨独墩独桩, 等距离跨径, 均为 50 m, 中间一个墩为固定墩, 其余各墩均仅竖向约束。主梁采用单箱截面, 在靠近支座处内空间逐渐减小, 以增加支座处压重。各桥墩墩高相同, 均为 9.2 m, 每个自由墩顶设置 2 个聚四氟乙烯滑移支座; 对于主梁和桥墩均采用 C50 混凝土。本文将对连接主梁与自由墩的滑移支座采用以上介绍的 3 种单元来模拟分析并进行比较。

2.2 动力分析模型的建立

本文采用 SAP2000N 非线性有限元软件的空间杆系模型对该桥进行动力特性及非线性时程分析。力求使所建立的计算模型能如实地反映结构构件的几何、材料特性, 以及各构件的边界连接条件。结构阻尼比为 5%。

空间杆系模型采用脊梁模拟, 主梁、桥墩均采用梁单元模拟, 将桥面系的竖向、横向挠曲刚度、扭转刚度和平动质量、转动质量都集中在中间节点上(见图 4)。支座分别采用水平非线性弹簧单元、Wen 塑性单元以及摩擦板单元来模拟。

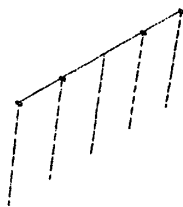


图 4 连续梁桥动力分析模型

Fig. 4 The dynamic analysis model of continuous beam bridge

非线性时程分析时, 对于非线性弹簧单元以及 Wen 塑性单元所对应的分析模型时, 由于其不

存在竖向与水平向的耦合,因此,初始状态可取为zero 初始状态。而对于摩擦板单元由于竖向和水平向的耦合,需在输入地震波之前,将重力荷载以时程曲线的形式输入,首先进行计算作为初始状态,在此基础上输入地震荷载进行计算^[5]。

设计地震动选择:1940 年 Imperial Valley 地震时 El Centro 纪录的 NS 分量以及 1952 年 Kern County 地震时 Taft 纪录的 EW 分量,且地震动的输入水平按8度地震区设计基本地震加速度 0.3 g 的标准输入,竖向分别取水平向的 2/3 和 2,即 0.2 g 和 0.6 g,来考虑竖向力的变化对支座的影响程度。

2.3 3 种模拟滑移支座单元的对比分析

该连续梁桥在恒载及二期荷载的作用下:辅助墩上每个支座承受 9 670 kN,过渡墩上每个支座承受 4 700 kN。支座摩擦系数约为 1% ~ 5% (在进行分析时取中间值 3% 进行对比计算)。下面从以下几部分进行对比分析:

2.3.1 动力特性

由于支座边界条件的模拟方式不同,该连续梁桥在自身的动力特性上有了一定的改变,见表 1。

表中可以看出,①对于 n - spring 单元,由于在定义时,屈服后刚度设为 0,而其余两种方式屈

表 1 3 种模拟支座单元动力特性对比
Table 1 The dynamic characteristics comparison with 3 kinds simulation bearings elements

阶数	n - spring	Wen	SLD		动力特性
			3%	1% ~ 5%	
1	1.936	1.464	1.464	1.464	一阶横弯
2	1.702	1.189	1.189	1.189	同侧横弯
3	1.189	1.108	1.108	1.108	纵飘
4	0.835	0.641	0.641	0.641	二阶横弯
5	0.459	0.459	0.449	0.449	二阶竖弯

注:表中 3%, 1% ~ 5% 表示滑移支座的摩擦系数,下同。

服后仍有较小的刚度。因此,其基本周期较其他两种要长,最大相差 32.2%;②该桥的纵向振动周期,3 种模拟方式基本上相差无几;③对于滑动摩擦支座来说,其摩擦系数的适当改变对该桥梁结构的振动周期变化不大;④3 种模拟滑移支座的方式并没有改变该结构的动力特性。

2.3.2 自由墩的受力分布

3 种支座单元模拟方案在地震动输入水平下的自由墩的最大剪力、弯矩受力分布绘于图 5、图 6,从图中可以看出,3 种方案并没有改变其自由墩的受力分布,基本保持一致。



图 5 自由墩最大剪力分布图
Fig.5 The max shear distribution of free piers



图 6 自由墩最大弯矩分布图
Fig.6 The max moment distribution of free piers

2.3.3 固定墩墩底内力

剪力和弯矩,见表 2。

对于 3 种模拟方式所引起的固定墩墩底最大

表 2 固定墩墩底剪力、弯矩表

Table 2 The shear and moment of the bottom from fixed piers

地震分量组合	地震波	模拟单元类型	3%		1% ~ 5%	
			剪力/kN	弯矩/kN · m	剪力/kN	弯矩/kN · m
水平 + 2/3 竖向	El	n - spring	10 882	21 336	-	-
		Wen	11 282	22 226	-	-
		SLD	11 311	22 659	14 123	28 056
	Taft	n - spring	15 191	28 877	-	-
		Wen	12 887	26 697	-	-
		SLD	12 303	25 029	17 811	33 820
水平 + 2 * 竖向	El	n - spring	10 882	21 336	-	-
		Wen	11 281	22 223	-	-
		SLD	11 780	23 675	14 312	28 407
	Taft	n - spring	15 191	28 874	-	-
		Wen	12 888	26 697	-	-
		SLD	13 162	25 975	17 832	34 146

由表中可知,①当摩擦系数约为 3% 时,对于 El centro 波来说,其剪力和弯矩相差不大,而对于 Taft 波来说,剪力与弯矩相差相对较大,剪力最大相差达 23.5%,弯矩最大相差达 15.4%;②对于 SLD 模拟支座单元,根据摩擦系数的改变,其内力也在发生变化;③对于竖向作用比较明显的时,n - spring 单元与 Wen 单元并没有剪力和弯矩的变化,与实际情况不符。而 SLD 单元则可以反映这种变化。

3 结语

在桥梁的抗震分析中,正确模拟支座的作用

对确保桥梁的整体抗震性能具有非常重要的意义。本文对于现阶段在大跨连续桥上使用比较普遍的滑移支座(主要指聚四氟乙烯滑移支座),采用了 3 种非线性连接单元进行模拟,比较了各自的特点。主要可归纳为以下几点:

(1) 在竖向作用不明显或者滑移支座摩擦系数变化范围不大的情况下,3 种模拟方式均可以比较真实的反映滑移支座的性能。

(2) 当竖向作用或者滑动速度的快慢引起了滑移支座摩擦系数变化范围较大时,选用摩擦板单元较为适合。

参考文献:

- [1] 范立础,王志强. 桥梁减隔震设计[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 叶爱君,胡世德,范立础. 桥梁支座抗震性能的模拟分析[J]. 同济大学学报,2001,29(1):6-9.
- [3] 李建中,廖元装,王克丽. 桥梁的减震设计与分析[J]. 桥梁建设,1998(1):10-13.
- [4] Computers and Structures Inc. Sap2000 analysis reference manual[Z]. Berkley,2002.
- [5] 程华群. 高层建筑隔震设计方法研究[D]. 南京:南京工业大学,2006.

(下转第 53 页)

Analyse on Corrosion of Reinforcement in Underground Engineering

SUN Ya-fei, XU Xiu-ping

(Department of Constrecton Engineering of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China ;
Jiangsu Zhongsha Group Co. ,LTD ,Jiangsu Yancheng 224001 ,China)

Abstract: As regards the reinforcing steel corrosions in underground engineering from several aspects such as chemical erosion and gas erosion their causing reasons are elaborated; at the same time preventive measures for reinforcement corrosion are proposed so as to enhance durability and safety of the structure are proposed to ensure the engineering quality and service performances of buildings.

Keywords: underground engineering; reinforcing steel corrosion; concrete crack; pH value; Ion

(上接第44页)

Simulation of Behavior for Sliding Bearings in Continuous Girder Bridge

ZHONG Dong-qing¹, WU Fa-hong²

(1. School of materials engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China;)
(2. School of Civil engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: This paper analysing a software by the aid of SAP2000 finite element method, adopt 3 kinds nonlinearity link element in common use to carry out a simulation to the sliding bearings on continuous girder bridge (teflon bearing): Level nonlinearity spring element, Wen plasticity element and sliding board element. Firstly, the property of 3 kinds elements is introduced simply. Secondly, by taking a four-span continuous girder bridge in some area as an example, the sliding bearing adopts the above 3 kinds link element to carry out nonlinearity time history analysis respectively, contrast on its analytical result, the bridge bearing analysis provides a reference to the days to come.

Keywords: continuous girder bridges, sliding bearing, teflon bearing, nonlinear time history analysis