

汶川大地震简支梁桥落梁震害与设计对策*

王东升¹, 王吉英², 孙治国¹, 李晓莉¹

(1. 大连海事大学道路与桥梁工程研究所, 辽宁 大连 116026; 2. 辽宁省交通勘测设计院, 沈阳 110004)

摘要: 总结了 5·12 汶川大地震中简支梁桥落梁震害及主要影响因素, 发现除地震山体滑坡等地质灾害外, 断层地表破裂、近断层地震动效应、桥台胸墙冲切破坏、防落梁构造措施单一及桥梁体型复杂等因素都是引起简支梁桥落梁震害的重要原因。提出了简支梁桥防落梁设计的基本理念及相关技术方案要点为允许墩梁间发生滑移, 以降低桥墩承受的地震惯性力, 以及盖梁提供允许的最大滑移长度及支座支承宽度, 再辅助挡块或拉索限位器等共同防止落梁发生。最后结合现行规范, 以拉索限位器为例给出了简支梁桥防落梁设计方法。

关键词: 汶川地震; 简支梁桥; 落梁震害; 挡块; 拉索限位器

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2132(2011)05-0595-08

引言

2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级大地震发生后, 震区较多的简支梁桥主梁发生横、纵向移位乃至落梁, 直接导致交通中断, 给抗震救灾造成了极大困难。结合 1971 年美国 San Fernando 地震、1976 年我国唐山大地震、1989 年美国 Loma Prieta 地震、1994 年美国 Northridge 地震、1995 年日本 Kobe 地震及 1999 年我国台湾集集地震的震害经验, 可认为落梁是简支桥梁结构体系的严重震害之一。

汶川大地震中, 我国按《公路工程抗震设计规范》^[1] (简称《89 规范》) 设计的桥梁首次遭受强震检验, 为桥梁抗震研究提供了众多宝贵资料, 深入总结震害经验和教训, 是推动桥梁抗震研究的重要手段。文献 [2-11] 对桥梁震害情况、特征及经验等进行了详细总结。本文主要侧重于落梁震害, 总结了汶川大地震中简支梁桥落梁震害及其主要影响因素, 提出了简支梁桥防落梁设计的基本理念及相关技术方案。若无特别说明, 本文所述落梁系指纵桥向。

1 简支梁桥落梁震害分析

简支梁桥落梁的原因, 除为较多文献提及的地震山体滑坡次生灾害外, 还受到很多因素影响。

1.1 断层地表破裂影响

比较典型的为高树大桥, 其位于映秀镇, 平行于岷江, 已完成部分桥面连续配筋构造。汶川大地震使该桥落梁破坏在先, 倒墩在后。主发震断层 (映秀-北川断裂) 沿沟谷走向从该桥跨涵洞处几乎垂直穿过, 因不能适应很大的断层地表位移, 涵洞处桥孔首先落梁, 此后 (断层) 左侧各孔发生连锁性倒塌, 倒塌的桥墩压在主梁之上 (图 1)。高树大桥可认为是中国大陆首例因断层穿过而产生落梁震害的桥梁。之前发生的 1999 年台湾集集大地震, 断层地表破裂亦长达 100 余 km, 造成乌溪桥、碑丰桥、一江桥、名竹大桥等多座桥梁毁损^[12-14]。

1.2 近断层地震动效应

近断层地震动效应是指在发震断层附近 (距离一般小于 10 km), 因断层破裂的方向性效应, 使其地震动在速度波形上表现为明显的长周期脉冲 (特别是垂直断层破裂方向分量), 并伴有强烈的竖向地震动 (图 2)。长周期脉冲作用使主梁整体沿桥纵向或横向发生很大的位移反应, 当桥墩反向运动后, 主梁因惯性仍继续运动, 导致产生较大的墩梁相对位移, 引发落梁^[15, 16]。汶川大地震中, 发生落梁的高原大桥 (图 3)、北川龙尾大桥 (图 4) 距离主发震断层 (北川-映秀断裂) 不足几百米。笔者曾详细研究了 1976

* 收稿日期: 2011-03-10; 修回日期: 2011-07-02

基金项目: 辽宁省交通厅科技课题 (090604) 资助

作者简介: 王东升 (1974-), 男, 教授, 博导, 主要从事桥梁抗震研究。Email: dswang@dlmu.edu.cn



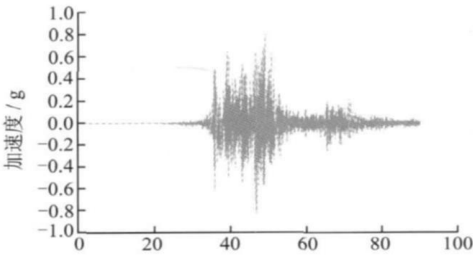
(a) 落梁倒塌



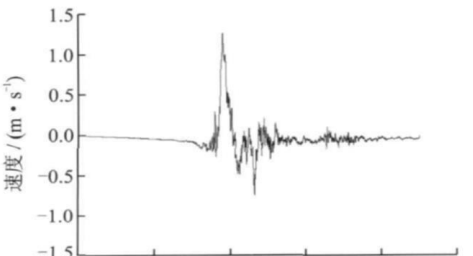
(b) 连锁性倒塌

图 1 高树大桥震害

Fig. 1 Damage to Gaoshu bridge



(a) 加速度记录



(b) 速度记录

图 2 汶川大地震清平强震记录 -EW 方向 (距断层 0.7 km)

Fig. 2 Records at Qingping station in EW direction during Wenchuan earthquake



图 3 高原大桥落梁

Fig. 3 Unseating damage to Gaoyuan bridge



图 4 龙尾大桥落梁

Fig. 4 Unseating damage to Longwei bridge

大地震时,发生落梁破坏的桥梁亦分布在距发震断层(车笼埔断裂) 10 km 范围之内(文献 [12-14])

1.3 桥台胸墙冲切破坏

桥台胸墙主要承担台后填土的被动土压力作用。在地震时,桥梁主体结构与桥台的刚度存在明显差异,以致主梁与桥台胸墙的相对位移反应远远大于伸缩缝间距,从而发生碰撞。若胸墙截面较小,强大的冲击力将使其沿根部发生剪切破坏,主梁在纵桥向一侧失去位移约束,引发落梁(图 5 图 6)。进一步比较高原大桥与寿江大桥的震害情况,前者高原村一侧桥台胸墙撞碎并被顶入路基 50 cm 以上;后者



图 5 高原大桥桥台胸墙破坏

Fig. 5 Abutment damage of Gaoyuan bridge

年唐山大地震 35 孔跨径 22 m 的滦河大桥的落梁震害,考虑到桥墩、支座及邻梁碰撞等非线性因素,并以行波输入进行了时程分析,认为近断层地震动是落梁震害的重要外因(文献 [16])。1999 年台湾集集

虽亦发生主梁与桥台碰撞,但仅台帽与翼墙交角处近似 45°开裂(图 7),尽管该桥主梁整体向映秀镇侧纵向滑移,但最边跨仅接近落梁。



图 6 龙尾大桥桥台胸墙破坏

Fig. 6 Abutment damage of Longwei bridge



(a) 边跨接近落梁



(b) 台帽与翼墙交角处破坏

图 7 寿江大桥震害

Fig. 7 Damage to Shoujiang bridge

汶川地震桥梁震害表明:若桥台未发生大的整体位移,可在很大程度上保证中、小长度桥梁的抗震性能,但桥台本身强度验算应引起重视;主要破坏方式为胸墙冲切破坏和台帽与翼墙交角处 45°开裂破坏

1.4 防落梁构造措施单一

震区桥梁主要的防落梁构造措施为横向挡块,尽管其毁损较多,但在防止横向落梁方面起到了积极作用。设计时,可能认为桥面连续构造已经满足《89规范》要求的“简支梁桥纵联”原则,因而在纵向防落梁措施方面考虑不足,导致较多桥梁发生纵向

落梁。图 8给出了挡块破坏情况及暴露出的若干设计问题,如挡块因尺寸较小发生直接冲切破坏(图 8(a)),挡块因竖向纵筋锚固不足发生粘结破坏(图 8(b)),挡块纵筋深入盖梁但因抗剪不足发生斜向剪



(a) 挡块冲切破坏



(b) 挡块纵筋粘结破坏



(c) 挡块根部斜向剪切破坏



(d) 表现良好挡块

图 8 汶川大地震挡块破坏

Fig. 8 Damage to shear keys

切破坏(图 8(c)) 图 8(d)为地震中表现良好的挡块,该桥位于 213 国道漩口镇至映秀镇之间,地震烈度为 9~10 度。总体上看,抗震挡块宜适当加强但不可过刚,配筋必须注意具备足够锚固长度,竖向深入到(盖梁)内部并做好抗剪箍筋配置,这需要适当的定量计算。

1.5 桥梁体型

斜交桥因主梁运动在钝角处受到伸缩缝的挤压(碰撞)约束,主梁将绕竖轴产生减少斜交角度的刚性转动,这种转动的累加将导致在锐角处首先脱空及落梁(图 9) 图 10 所示为接近完工的南坝大桥落梁情况,横、纵向都有发生

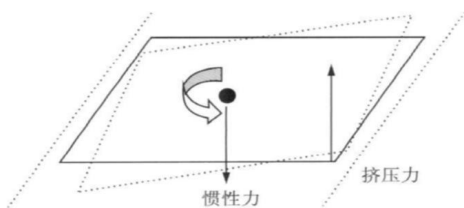


图 9 斜交桥的转动效应

Fig. 9 Rotation of skew bridges



图 10 南坝大桥落梁(斜交桥)

Fig. 10 Damage to Nanba bridge (skew bridge)

曲线梁桥的支座受主梁弯扭耦合因素影响,可能会因承受拉力而发生脱空及失去约束。与斜交桥类似,曲线梁桥也存在因伸缩缝挤压导致的转动效应,并且有向曲线外侧运动的趋势。这些都是落梁破坏的潜在威胁。图 11 为汶川地震百花大桥震害,其垮塌部分为曲线梁桥,曲率半径 66 m,该桥距震中映秀镇不足几千米,距离发震断层较近。破坏原因最可能是牛腿处支承宽度不足且缺少纵向、竖向限位装置,导致首先发生落梁;其次可能是薄弱的系梁桥墩及细部构造引发(文献[7,9])。1971 年美国 San Fernando 地震时,Golden State 高速公路接近完工

的 SR14/I5 立交枢纽上下跨交叉的桥梁结构,亦发生了类似原因的落梁破坏^[17]。

高墩桥梁一般周期较长,位移反应较大,亦容易发生落梁破坏。图 12 所示为墩高百米的庙子坪大桥引桥落梁震害。



图 11 百花大桥震害(曲线桥)

Fig. 11 Damage to Baihua bridge (curved Bridge)



图 12 庙子坪大桥引桥落梁(高墩桥)

Fig. 12 Damage to Miaozipping bridge with high piers

综上所述,斜交桥、曲线梁桥和高墩桥梁与直桥或矮墩桥梁相比,地震时支座更易于损坏,且墩梁间将发生更大的相对位移。设计时,要考虑适当增大盖梁支承宽度,而《89 规范》在这方面考虑尚不全面。此外,对于多跨长简支梁桥(可达几十跨或长达数百米),因变异地震动作用、邻梁碰撞等,加之桥台对跨中主梁纵向运动约束较弱,也易发生落梁破坏。

2 梁式桥防落梁抗震设计

防落梁设计需要合理地处理桥墩(下部结构)、主梁(上部结构)、支座、盖梁支承宽度及防落梁构造措施之间的相互关系。若桥梁支座及防落梁系统设计较“强”,则桥墩承受主梁惯性力很大,会发生明显损伤乃至倒塌;若桥梁支座及防落梁系统设计较“弱”,则在桥墩免受严重破坏的同时将引发落梁破

坏。落梁和桥墩倒塌都会导致交通中断,都无法达到“大震不倒”的抗震设防目标。

2.1 梁式桥防落梁设计理念

结合汶川大地震桥梁震害经验,本文提出了强震区梁式桥防落梁设计理念,其要点为:① 允许主梁在橡胶支座顶部滑移,以降低桥墩承受的地震惯性力,且建议将支座“浮放”模式改为在底部与桥墩锚栓连接,以提供相对稳定的滑动面;② 盖梁提供足够的支承宽度,允许墩梁发生最大的可接受滑动位移,以此来消耗地震能量,同时防止落梁;③ 作为防止落梁的辅助手段,采取盖梁边缘设置挡块或墩梁间设置拉索限位器等构造措施。Chang 等^[18,19]根据桥梁震害经验,提出了“功能性支承”的设计概念,与本文观点总体上是一致的。

图 13 给出了常见的防止落梁的构造措施,其中抗震销因一般不允许墩梁发生较大的相对位移,使用时宜对局部受(冲击)力和桥墩损伤情况做适当分析。综合国内外桥梁抗震实践,笔者较倾向于采用拉索限位器,国内的柳州欧维姆公司已有定型产品,并在台湾、山西及四川等省初步应用^[20]。陕西西安机场高速公路桥梁减震系统的设计中,也采用拉索限位器来防止落梁震害^[21]。

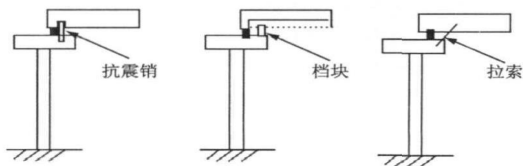


图 13 防止落梁的构造

Fig. 13 Seismic design details to prevent unseating damage

目前在高等级公路桥梁设计中,较多采用桥面连续简支梁桥或先简支后连续梁桥形式,防落梁构造宜在各个桥墩处都有设置,而非仅在伸缩缝处。

2.2 简支梁桥防落梁设计方法

仅就盖梁支承宽度和拉索限位器设计方法做简单介绍。

2.2.1 盖梁最小支承宽度

汶川大地震后,交通运输部颁布施行了《公路桥梁抗震设计细则》^[22](简称《08细则》),规定了简支梁桥、斜交桥和曲线桥盖梁的最小支承宽度,有关条文源于日本规范,比较国际上的现行规范,日本规范

规定的盖梁最小支承宽度一般为较高值,在实际桥梁设计时可照此执行。

2.2.2 拉索限位器设计方法

拉索限位器在 20 世纪 70 年代即开始应用,安装在简支梁跨和悬臂梁跨,以防止发生落梁破坏。其在 1989 年 Loma Prieta 地震中经受了考验,认为是最经济、有效的防止落梁破坏装置。之后,在设计方法、连接细部等方面也进行了若干改进。美国较多采用墩梁连接形式的拉索限位器,对简支梁桥规范设计方法主要有: Caltrans(加州运输部)方法和 AASHTO 方法。Saïidi 对简支梁桥拉索限位器设计方法进行详细研究,提出了 W/2 方法,细化设计方法和修正 Caltrans 方法^[23,24]。W/2 方法假定主梁脱离墩顶后被拉索限位器悬吊,将承担主梁一半的重力;细化设计方法区分边跨、跨中及支座类型,考虑墩柱、地震动、场地等因素,其较为复杂,不便应用。

本文提出的拉索限位器设计方法主要基于修正的 Caltrans 方法。主要步骤如下^[25-27]:

(1) 评估盖梁支承宽度,若大于表 1 中的要求值,则按“最小用量要求”设置拉索限位器。

表 1 盖梁支承宽度

Table 1 Seating length provided by cap beams					
场地类型	I	II	III	IV	备注
最低支承宽度 /cm	30	30	70	100	《08 细则》要求: $70 + 0.5L$ (cm), 其中 L 为以 m 为单位的跨径

注:若桥梁与可能发震断层的距离在 10 km 以内,则乘以 2.0 的提高系数

表 1 数据源于在仅考虑主梁质量并假定支座破坏后力学特性以库仑摩擦理论描述的“单墩”模型基础上提出的半经验的墩梁相对位移谱(S_r 谱)的统计分析,并偏安全地以 3 s 周期对应的 S_r 值确定盖梁支承宽度要求。可以看出:按《08 细则》设计的 I-III 类场地条件的桥梁,若不考虑近断层地震动影响,则盖梁支承宽度能满足表 1 要求。

(2) 若不满足 (1) 项,在墩梁可能发生最大允许相对位移的情况下,确定拉索限位器设计位移,设计地震力采用仅考虑拉索限位器刚度的单自由度体系模型(假定桥墩无限刚及支座完全破坏),用反应谱方法计算(图 14)。

设计地震力为

$$F = W S_{a,max} \quad (1)$$

式中 W 为一跨主梁的质量;

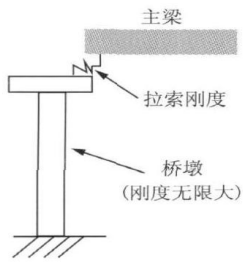


图14 拉索限位器设计分析模型

Fig. 14 Analysis model for cable restrainers

$S_{a, \max}$ 为E2地震作用下体系对应的加速度反应谱值。

(3)最小用量要求:满足拉索刚度0.3~0.5倍桥墩刚度和设计拉力 F

$$F = 1.5k_h Wg \quad (2)$$

式中 k_h 为水平地震系数;

W 为一跨梁主梁的质量;

g 为重力加速度

之所以采用0.3~0.5倍的桥墩刚度限制条件,是认为此时拉索限位器对墩梁相对位移约束的效果较优(文献[25])

3 结 语

落梁是桥梁结构的严重震害,直接导致交通中断。本文在详细总结汶川大地震简支梁桥落梁震害及影响因素的基础上,提出了梁式桥防落梁设计理念,要点是允许墩梁发生滑移,以降低桥墩承受的主梁惯性力,以及盖梁提供允许的最大滑移长度及支座支承宽度,再辅助挡块或拉索限位器,共同防止落梁破坏。以拉索限位器为例,给出了简支梁桥的防落梁设计方法

参考文献:

- [1] JTG 004-89,公路工程抗震设计规范[S].
- [2] Li J H, Peng T B, Xu Y. Damage investigation of girder bridges under Wenchuan Earthquake [J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2008, 7(4): 337-344.
- [3] 杜修力,韩强,李忠献,等.5°12汶川地震中山区公路桥梁震害及启示[J].北京工业大学学报,2008,34(12): 1270-1279.
Du X L, Han Q, Li Z X, et al. The seismic damage of bridges in the 2008 Wenchuan Earthquake and lessons

- from its damage [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2008, 34(12): 1270-1279.
- [4] 李鸿晶,陆鸣,温增平,等.汶川地震桥梁震害的特征[J].南京工业大学学报(自然科学版),2009,31(1): 24-29.
Li H J, Lu M, Wen Z P, et al. Characteristics of bridge damages in Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Nanjing University of Technology (Natural Science), 2009, 31(1): 24-29.
- [5] 刘健新,赵国辉.“5·12”汶川地震典型桥梁震害分析[J].建筑科学与工程学报,2009,26(2): 92-97.
Liu J X, Zhao G H. Typical bridge damage analysis in “5·12” Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2009, 26(2): 92-97.
- [6] 庄卫林,刘振宇,蒋劲松.汶川大地震公路桥梁震害分析及对策[J].岩石力学与工程学报,2009,28(7): 1377-1387.
Zhuang W L, Liu Z Y, Jiang J S. Earthquake-induced damage analysis of highway bridges in Wenchuan Earthquake and countermeasures [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, 28(7): 1377-1387.
- [7] 王东升,郭迅,孙治国,等.汶川大地震公路桥梁震害初步调查[J].地震工程与工程振动,2009,29(3): 84-94.
Wang D S, Guo X, Sun Z G, et al. Performance of highway bridges during Wenchuan Earthquake [J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2009, 29(3): 84-94.
- [8] 王克海,李茜,韦韩.汶川地震对我国地震区划图与桥梁抗震设计的启示[J].工程力学,2010,27(6): 120-126.
Wang K H, Li Q, Wei H. Enlightenment in bridge seismic design and seismic zonation from Wenchuan Earthquake [J]. Engineering Mechanics, 2010, 27(6): 120-126.
- [9] Kawashima K, Takahashi Y, Ge H, et al. Reconnaissance report on damage of bridges in 2008 Wenchuan, China Earthquake [J]. Journal of Earthquake Engineering, 2009, 13(7): 965-996.
- [10] Lin C C J, Huang H H, Liu K Y, et al. Reconnaissance observation on bridge damage caused by the 2008 Wenchuan (China) Earthquake [J]. Earthquake Spectra, 2010, 26(4): 1057-1083.
- [11] Yen W P, Chen G, Yashinski M, et al. Lessons in bridge damage learned from the Wenchuan Earthquake [J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2009, 8(2): 275-285.

- [12] Chang K C, Chang D W, Tsai M H, et al. Seismic performance of highway bridges [J]. *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, 2000, 2(1): 55-77.
- [13] Loh C H, Liao W I, Chai J F. Effect of near-fault earthquake on bridges lessons learned from Chi-Chi earthquake [J]. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 2002, 1(1): 86-93.
- [14] Hsu Y T, Fu C C. Seismic effect on highway bridges in Chi Chi earthquake [J]. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, 2004, 18(1): 47-53.
- [15] Huang C T, Chen S S. Near-field characteristics and engineering implications of the 1999 Chi-Chi earthquake [J]. *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, 2000, 2(1): 23-43.
- [16] 王东升, 杨海红, 王国新. 考虑邻梁碰撞的多跨长简支梁桥落梁震害分析 [J]. *中国公路学报*, 2005, 18(3): 54-59.
Wang D S, Yang H H, Wang G X. Seismic analysis of girders falling down in multi-span long simply supported bridges with adjacent pounding effects [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2005, 18(3): 54-59.
- [17] Kawashima K, Penzen J. Theoretical and experimental dynamic behavior of a curved model bridge structure [J]. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 1979, 7(2): 129-145
- [18] Chang K C, Kuo K Y, Liu K Y, et al. On seismic retrofit strategies of highway bridges-experiences learned from Chi-Chi earthquake [C]// *Proceeding of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada [s. n.], 2004. 639.
- [19] Liu K Y, Chang K C. Parametric study on performance of bridge retrofitted by unseating devices [J]. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 2006, 5(1): 111-118.
- [20] 朱万旭, 欧进萍, 黄颖, 等. 一种新型的钢绞线拉索式落梁防止装置 [J]. *预应力技术*, 2008, (5): 3-7.
Zhu W X, Ou J P, Huang Y, et al. A new prestressing device to prevent unseating damage of bridges [J]. *Prestress Technology*, 2008, (5): 3-7.
- [21] 赵国辉, 刘建新, 陈长海, 等. 西安机场高速公路桥梁减震系统设计 [J]. *桥梁建设*, 2009, (2): 50-53.
Zhao G H, Liu J X, Chen C H, et al. Design of seismic mitigation and isolation system for a bridge on Xi'an airport expressway [J]. *Bridge Construction*, 2009, (2): 50-53.
- [22] JTG/T B 02-01-2008, *公路桥梁抗震设计细则* [S].
- [23] Saidi M, Maragakis E, Feng S. Parameters in bridge restrainer design for seismic retrofit [J]. *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 122(1): 61-68.
- [24] Randall M J, Saidi M, Maragakis E M, et al. *Restrainers Design Procedures for Multi Span Simply Supported Bridge* [R]. Berkeley: University of California, 1999.
- [25] 戴福洪, 翟桐. 桥梁限位器抗震设计方法研究 [J]. *地震工程与工程振动*, 2002, 22(2): 89-93.
Dai F H, Zhai T. Research on seismic design of restrainer for bridge [J]. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 2002, 22(2): 89-93.
- [26] 朱文正. *公路桥梁减抗震防落梁系统研究* [D]. 西安: 长安大学, 2004.
Zhu W Z. Study on the collapse-proof system for bridges [D]. Xi'an Chang'an University, 2004.
- [27] 王军文. *非规则梁桥在地震作用下的碰撞效应及防落梁措施研究* [D]. 上海: 同济大学, 2005.
Wang J W. Pounding and unseating prevention of irregular bridges during earthquakes [D]. Shanghai Tongji University, 2005.

Unseating Damage to Simply Supported Bridges during Wenchuan Earthquake and Design Countermeasures

WANG Dong-sheng¹, WANG Ji-ying², SUN Zhi-guo¹, LI Xiao-ti¹

(1. Institute of Road and Bridge Engineering, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;

2. Liaoning Provincial Communication Survey & Design Institute, Shenyang 110004, China)

Abstract The unseating damage to simply supported bridges and their main influencing factors during the Wenchuan earthquake are summarized. It is found that excepting the earthquake-induced landslide hazard, the earthquake surface rupture, near fault ground motion, punching shear failure of the abutment breast

wall, the invalidity of the devices for preventing unseating damage to the bridges and the complex bridge types are main influencing factors leading to the unseating damage to the simply supported bridges. Basic seismic design idea and method to prevent unseating damage to simply supported bridges are presented in this paper, which include (1) sliding between bridge girders and cap beams is allowed to reduce the seismic actions concentrated on the bridge piers; (2) cap beams with enough seating length are recommended for sliding between girder and pier to avoid unseating damage; (3) shear keys or cable restrainers should be used as added measures to prevent unseating damage. The design method for simply supported bridges with cable restrainers is illustrated in detail by using current seismic design code for bridges.

Key words Wenchuan earthquake; simply supported bridges; unseating damage to the bridge girders; shear keys; cable restrainers

本刊启事

本刊为《中国科学引文数据库》《中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)》和《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊,已由中国知网、《中国学术期刊(光盘版)》等全文收录。作者著作权使用费已同本刊稿酬一次性给付。凡不同意将文章编入上述数据库者,请在投稿时声明,本刊将遵从个人意愿做相关处理。

《防灾减灾工程学报》编辑部

2011-08-09