

永盛河桥第 8 跨板梁铰缝检测

1 工程概况

永盛河桥第 8 跨为简支空心板梁，由 15 片空心板梁组成，跨径约为 20m，桥下净空约为 4.5m，如图 1 所示。



图 1 永盛河桥第 8 跨

在日常检查中发现，板梁部分铰缝存在渗水痕迹，10#梁纵向开裂，11#梁横向开裂，9#~13#梁间铰缝有渗水痕迹，如图 3 所示。初步推测可能存在铰缝损伤及单梁受力情况。其他梁间铰缝目测较为正常，故仅对 9#~13#梁间铰缝进行测试分析，测试梁板编号如图 2 所示。



图 2 主梁梁片编号

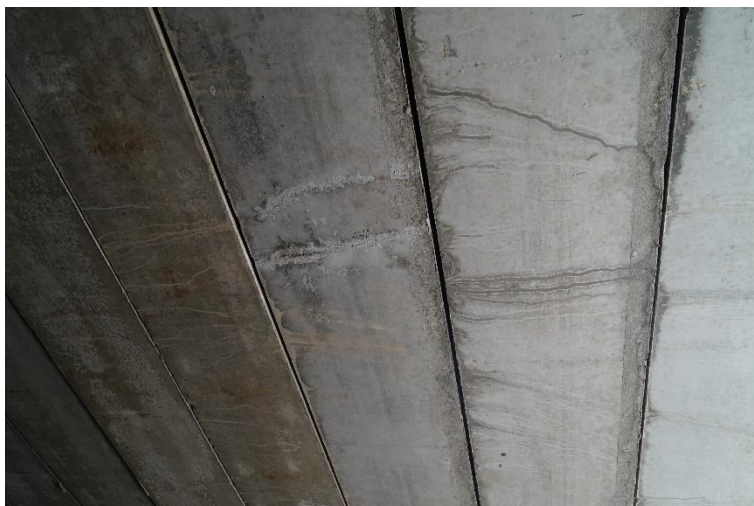


图 3 空心板梁横向裂缝及铰缝渗水痕迹

2017 年 8 月 2 日，上海市政养护公司检测部采用非接触式多点动态挠度检测仪对永盛河桥第 8 跨板梁进行了铰缝损伤检测。仪器设置于梁端一侧，依次对各梁片进行动态挠度测量，如图 4 所示。



图 4 非接触式多点动态挠度检测仪现场检测

2 铰缝损伤评定标准

采用铰缝处相对位移与板梁绝对位移的比值来作为评价指标：

$$D_i = \left| \frac{\Delta f_i}{f_i^L + f_i^R} \right|$$

式中： D_i 为第 i 条铰缝的检测指标； Δf_i 为损伤铰缝处的梁底相对位移； f_i^L 和 f_i^R 分别为第 i 条铰缝左侧及右侧的梁底绝对位移。

由上式可知，检测指标 D_i 为一个无量纲参数，当铰缝完好无损时，铰缝处

板梁间的相对位移为 0，即 $D_i=0$ ；当铰缝完全失效时 $D_i=1$ ；当铰缝出现一定程度的损伤时， D_i 在 0~1 之间变化。

将铰缝损伤的情况分为完好、轻微损伤、中度损伤、严重损伤及完全破坏这五种，并列出的损伤检测指标区间如表 1 所示，作为铰缝损伤检测的依据。

表 1 空心板梁铰缝损伤评定标准

标度	评定标准	
	定性描述	定量描述
1	完好	中板铰缝损伤 D_i 为 0~0.015，边板铰缝损伤 D_i 为 0~0.005。
2	轻微损伤	中板铰缝损伤 D_i 为 0.015~0.1，边板铰缝损伤 D_i 为 0.005~0.02。
3	中度损伤	中板铰缝损伤 D_i 为 0.1~0.25，边板铰缝损伤 D_i 为 0.02~0.1。
4	严重损伤	中板铰缝损伤 D_i 为 0.25~0.45，边板铰缝损伤 D_i 为 0.1~0.2。
5	完全破坏	中板铰缝损伤 D_i 为 0.45~1.0，边板铰缝损伤 D_i 为 0.2~1.0。

3 测试分析

3.1 9#~10#梁间铰缝

测试时间 837s，有效数据 97765 个，得到 9#梁和 10#梁底竖向绝对位移时程的实测结果如图 5 所示。

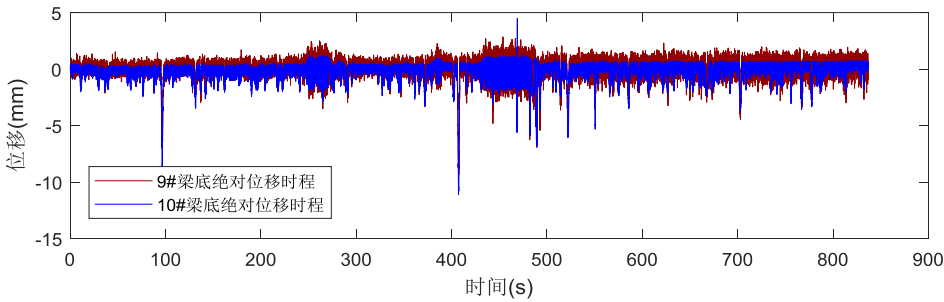


图 5 9#梁和 10#梁竖向位移原始波形图

取大于 1 mm 的绝对位移峰值及对应的相对位移峰值来计算各铰缝的损伤检测指标，如图 6、图 7 所示。进行检测指标计算前均需对原始数据（包括绝对位移和相对位移）进行小波去噪和温度效应剔除处理，以提高计算精度。

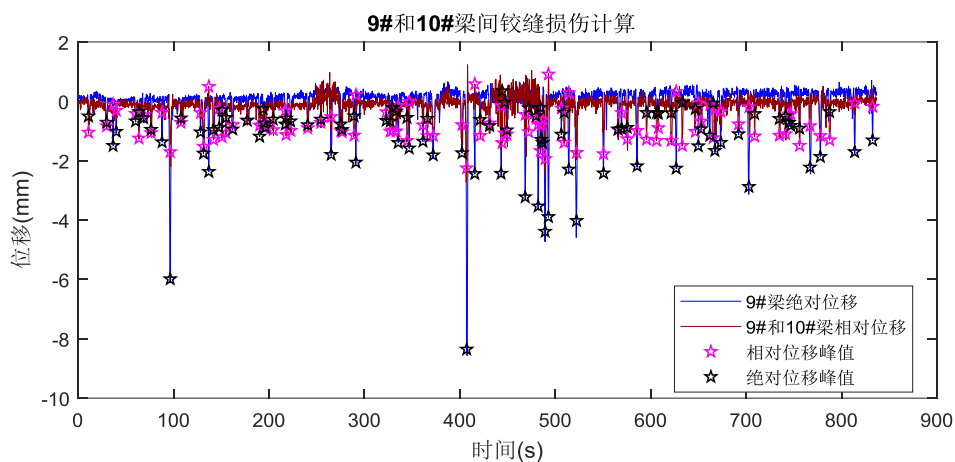


图 6 9#梁和 10#梁间铰缝损伤检测指标计算

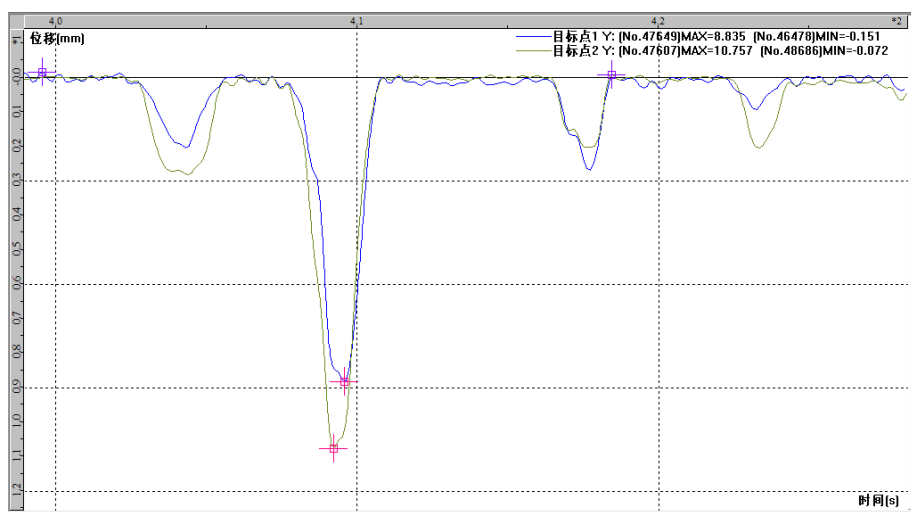


图 7 9#梁和 10#梁间铰缝损伤计算局部图

计算得到铰缝的损伤检测指标为 0.098，铰缝的损伤程度轻微损伤。

3.2 10#~11#梁间铰缝

测试时间 837s，有效数据 97765 个，得到 10#梁和 11#梁底竖向绝对位移时程的实测结果如图 8 所示。

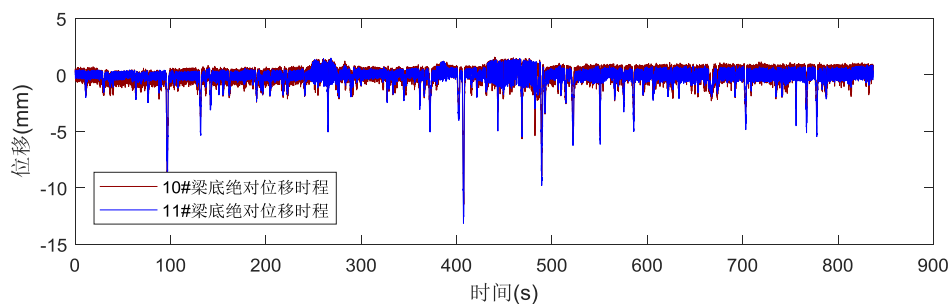


图 8 10#梁和 11#梁竖向位移原始波形图

取大于 1 mm 的绝对位移峰值及对应的相对位移峰值来计算各铰缝的损伤检测指标，如图 9、图 10 所示。进行检测指标计算前均需对原始数据（包括绝对位移和相对位移）进行小波去噪和温度效应剔除处理，以提高计算精度。

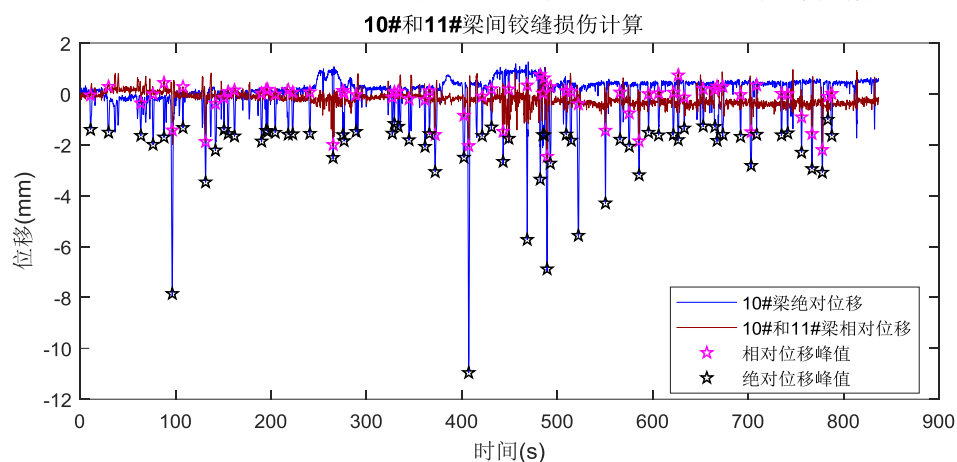


图 9 10#梁和 11#梁间铰缝损伤检测指标计算

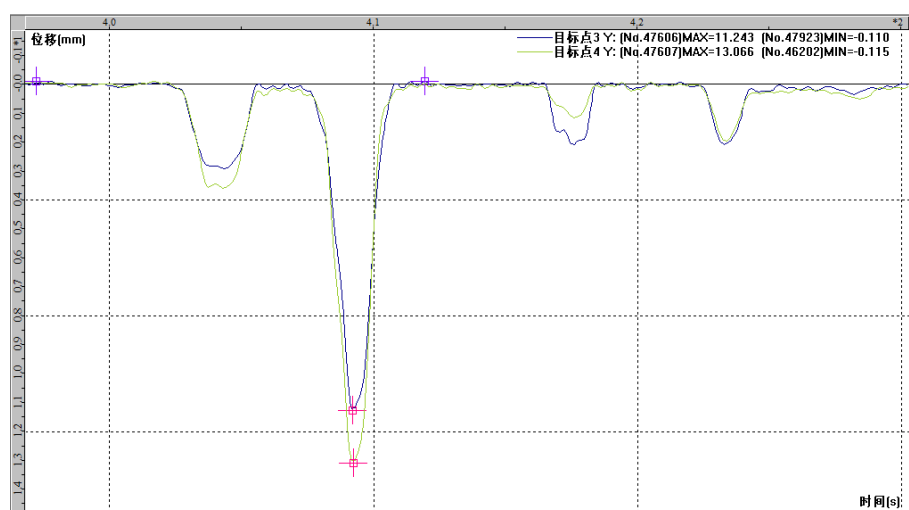


图 10 10#梁和 11#梁间铰缝损伤计算局部图

计算得到铰缝的损伤检测指标为 0.075，铰缝的损伤程度为轻微损伤。

3.3 11#~12#梁间铰缝

测试时间 837s，有效数据 97765 个，得到 11#梁和 12#梁底竖向绝对位移时程的实测结果如图 11 所示。

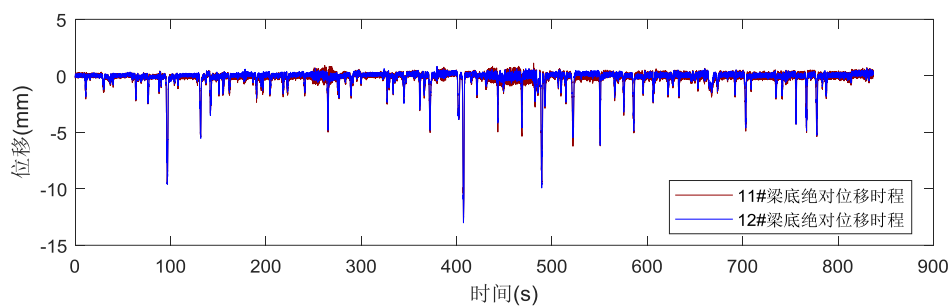


图 11 11#梁和 12#梁竖向位移原始波形图

取大于 1 mm 的绝对位移峰值及对应的相对位移峰值来计算各铰缝的损伤检测指标，如图 12、图 13 所示。进行检测指标计算前均需对原始数据（包括绝对位移和相对位移）进行小波去噪和温度效应剔除处理，以提高计算精度。

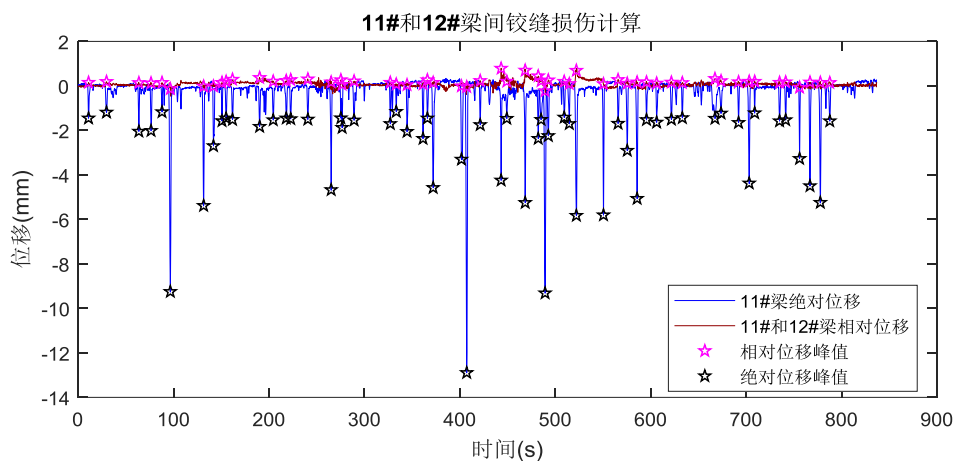


图 12 11#梁和 12#梁间铰缝损伤检测指标计算

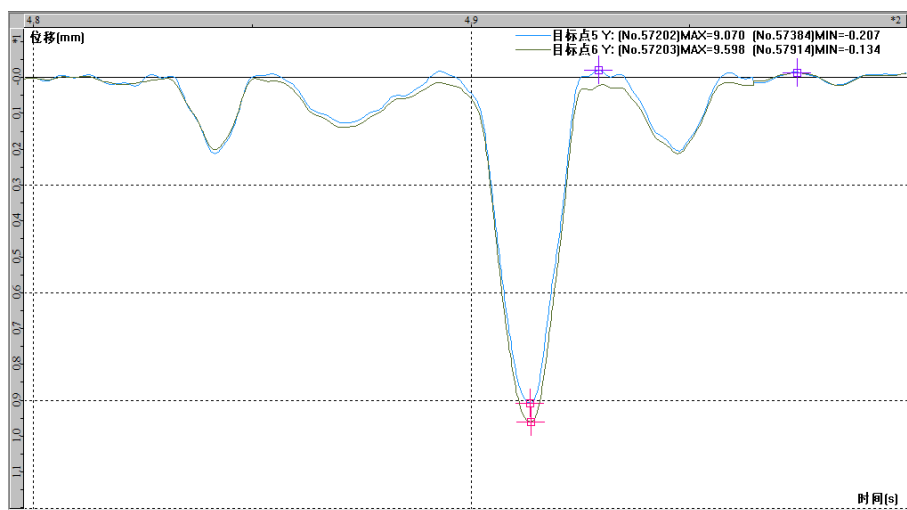


图 13 11#梁和 12#梁间铰缝损伤计算局部图

计算得到铰缝的损伤检测指标为 0.028，铰缝的损伤程度为轻微损伤。

3.4 12#~13#梁间铰缝

测试时间 837s，有效数据 97765 个，得到 12#梁和 13#梁底竖向绝对位移时程的实测结果如图 14 所示。

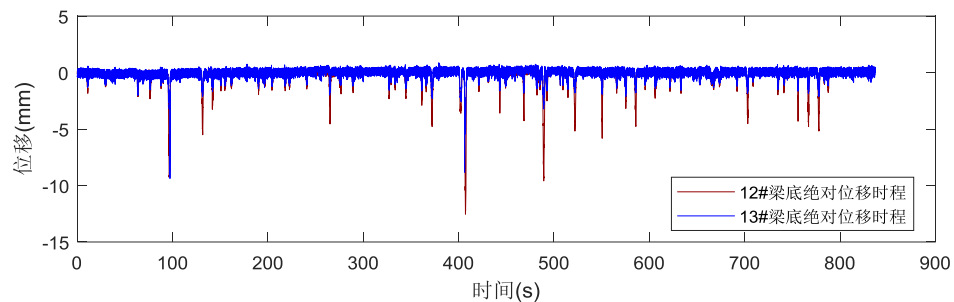


图 14 12#梁和 13#梁竖向位移原始波形图

取大于 1 mm 的绝对位移峰值及对应的相对位移峰值来计算各铰缝的损伤检测指标，如图 15、图 16 所示。进行检测指标计算前均需对原始数据（包括绝对位移和相对位移）进行小波去噪和温度效应剔除处理，以提高计算精度。

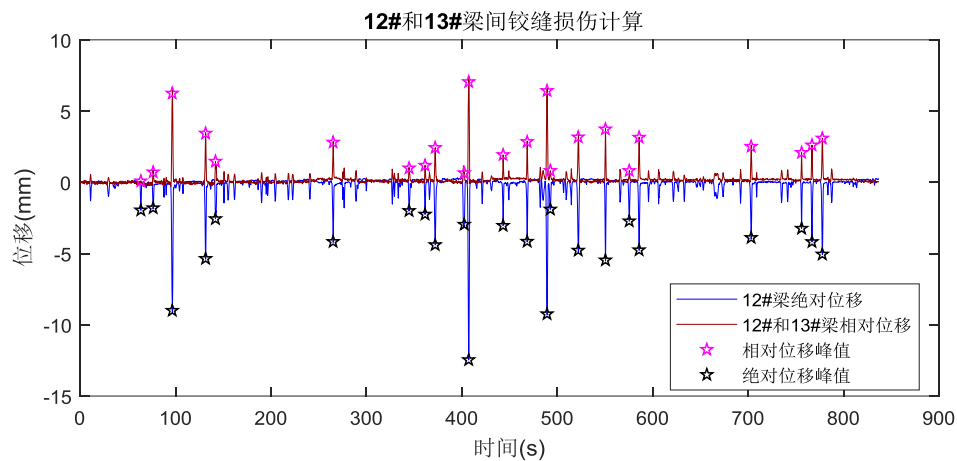


图 15 12#梁和 13#梁间铰缝损伤检测指标计算

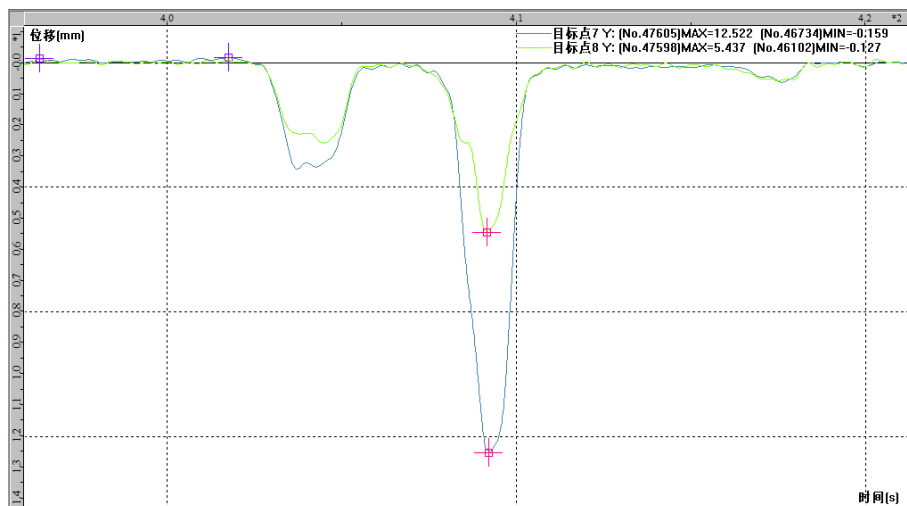


图 16 12#梁和 13#梁间铰缝损伤计算局部图

计算得到铰缝的损伤检测指标为 0.394，铰缝的损伤程度为严重损伤。

4 检测结果

将各片板梁铰缝损伤程度汇总如表 2 所示。

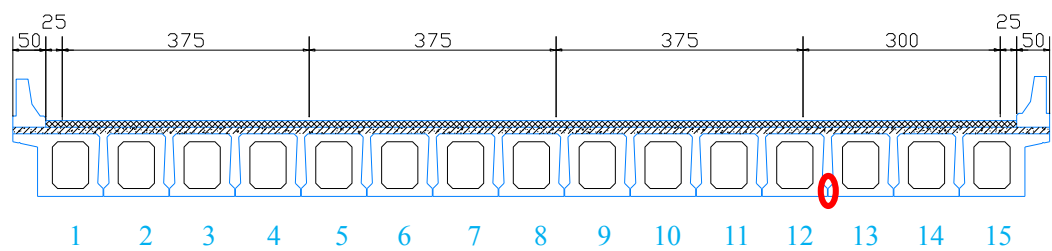
表 2 主梁挠度及铰缝损伤程度汇总

铰缝编号	梁号	最大损伤对应 挠度 (mm)	梁间相对 挠度 (mm)	损伤度	铰缝损伤程度
9#-10#	9#右侧	8.84	1.92	0.098	轻微损伤
	10#左侧	10.76			
10#-11#	10#右侧	11.24	1.83	0.075	轻微损伤
	11#左侧	13.07			
11#-12#	11#右侧	9.07	0.53	0.028	轻微损伤
	12#左侧	9.60			
12#-13#	12#右侧	12.52	7.08	0.394	严重损伤
	13#左侧	5.44			

可知，12#~13#梁之间铰缝损伤较大。

5 病害成因分析

永盛河桥第 8 跨为空心板梁桥，横向联系主要采用企口缝铰联结，横向连接较为薄弱，在外部荷载作用下，除承受剪力外还承受横向弯矩，弯剪叠加作用容易导致空心板铰缝破坏。铰缝破坏可能导致企口内混凝土分离、脱落、破碎，进而发生雨水渗入并侵蚀混凝土，长期作用引起铰缝渗水。



0——实测分析完全破坏的铰缝

图 17 桥梁横截面示意图

从桥梁横截面上看，3 车道为重车道，经过统计分析，大量的轮压重载作用于 9#和 12#梁，易引起 12#~13#梁之间铰缝损坏，和实测结果一致。