

公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土修复技术研究

何渊

天津开发区永道市政工程有限公司

[摘要]随着我国国民经济的快速发展,高速公路建设取得了令人瞩目的成就。特别是在高速公路向山区延伸和向江河跨越时,高速公路桥隧比重越来越大,桥梁伸缩缝的数量也越来越多。桥梁伸缩缝装置是桥梁结构的重要构件之一,及时做好其使用期间的保养、维修及更换工作并保持伸缩缝的整体完好性,对确保桥梁结构稳固、保障行车安全都具有重要意义。近年来有关公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土病害修复技术最新研究进展,然后根据功能/结构一体化设计理念,建立了一种基于功能梯度组合结构设计的超高韧性混凝土快速修复技术,并探讨了其在实际工程中的应用。

[关键词]桥梁伸缩缝过渡区;混凝土病害;修复

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.2163

随着道路重载交通增多,对桥梁伸缩缝过渡区混凝土的早期损坏日益严重。过渡区混凝土的常规维修,通常要封闭或者半封闭交通,养生周期长,严重影响高速公路的通行能力,不能满足现代道路快速通车的需求。桥梁伸缩缝是桥梁工程设置于梁体与梁体之间以及梁端与桥台背墙之间的一种重要附属结构,其作用是保证桥梁主体在荷载、气温变化以及混凝土收缩等作用能自由伸缩变形。

一、桥梁伸缩缝破坏类型

现在国内外工程中主要应用的桥梁伸缩缝,除无缝式伸缩缝是将伸缩体直接与路面铺装层黏结,实现桥梁结构无缝化外,其余类型伸缩缝都需在伸缩体与路面铺装层之间设置过渡区锚固混凝土,实现伸缩缝与主梁结构的一体化。常见桥梁伸缩缝破坏形式,如下:

(1) 伸缩缝装置本身的损坏;如橡胶带的断裂及与钢板之间的剥离、桥面盖板的断裂、钢构件焊接部位损坏等。

(2) 伸缩装置过渡区锚固混凝土的破坏;如混凝土表面裂缝常以纵向裂缝出现;混凝土与沥青混凝土面层之间的分离,同时伴有裂缝出现;混凝土松散破坏露出钢筋或预埋筋。

(3) 桥面板端部的损坏;桥面板端部的损坏是指伸缩缝对过渡段混凝土一种的损坏,而这种损坏现象称之为“啃边”。调查结果表明伸缩缝锚固混凝土开裂、破损最普遍,伸缩缝钢梁断裂现象出现频率相对较小。但是伸缩缝的破坏之间的影响是互相进行的,常常是一个环节上产生损坏后然后诱发其他损坏。比如伸缩缝自身的损坏往往会诱发桥面铺装的损坏;过渡区锚固混凝土的破损通常情况下会导致锚定螺栓破坏。

二、公路桥梁伸缩缝病害形成机理

公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土病害主要有混凝土断裂、

网裂、剥落以及混凝土与桥梁主体结构、桥面沥青混凝土铺装层发生脱粘分离等。目前,主要从结构受力和材料性能等角度对此进行了理论分析和研究^[1],得出的结论主要有:

1、混凝土断裂病害一般主要发生在顺桥方向上,且是众多病害类型中的一种最严重破坏形式。其产生主要是由于桥台两侧不均匀沉降所引发的局部应力集中以及车辆轴重等反复作用所引起的,而根本原因主要是过渡区混凝土的断裂韧性严重不足;

2、混凝土网裂病害一般伴随其他类型的病害共同发生,且主要发生在使用初期。其产生主要是由于在施工过程中,因混凝土振捣不密实产生了大量的蜂窝、孔洞等原因造成的。此外,在后期使用过程中,混凝土温度变形以及车辆轴重反复碾压等同样会加剧这种病害发生的概率;

3、混凝土剥落病害产生的原因较为复杂:一是其材料性能自身方面的原因;二是桥梁伸缩缝结构服役环境条件方面的原因。如混凝土自身抗冲击能力不足、车辆反复冲击等;

三、公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土修复技术

1、修复结构。目前,国内外对公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土所采用的修复方法^[2]:先凿除桥梁伸缩缝过渡区预留槽内已破损的原充填材料,然后不加处理而直接将修复材料一次性浇注在桥梁伸缩缝过渡区预留槽内,收光抹平,养护一定时间后即开通交通,这种修复方法所获得的修复结构。

在属于单层修复结构,且修复结构与桥梁主体结构之间没有构成有机整体,无法实现协同受力。由以病害机理可知,导致公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土过早发生混凝土断裂、网裂等病害的因素很多,且往往是工作环境条件和材料自身性能等多种因素综合作用的结果,尤其近年来大量超载车辆频繁的上路更会加剧桥梁伸缩缝过渡区混凝土诸多病害发生的概率。因此,现代交通迫切需求桥梁伸缩缝过渡区混

混凝土不仅要求其结构有很高的断裂韧性和抗冲击等性能，而且还要求其自身有较高的使用性能。但是，目前公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土所采用的修复结构，不管断裂韧性（小于 0.12kJ/m^2 ）还是抗冲击性能（初裂时的抗冲击次数小于155次）及其材料自身性能都还比较低，尚未达到《公路桥涵工程施工质量验收》的要求。

2、修复材料。目前，公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土采用的修复材料主要有普通混凝土、微膨胀高强混凝土和钢纤维混凝土等几种传统修复材料，可以看出，在目前常用的修复材料中，普通混凝土修复材料的性能最差，尤其断裂韧性。工程实践也表明使用普通混凝土修复的公路桥梁伸缩缝过渡区基本上每隔1~2年需要重修2~3，因此，目前公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土基本上不再使用普通混凝土进行修复，而使用微膨胀高强混凝土和钢纤维混凝土。但从工程应用情况来看，尽管微膨胀高强混凝土和钢纤维混凝土的各项指标较普通混凝土的均有较大的提高，但仍然没有很好解决公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土时常过早发生断裂、网裂等问题，每隔1~2年还是需要重修1~2次。此外，也有用环氧树脂、硫铝酸盐水泥等特种混凝土用作修复材料，但实施效果同样不佳。超高韧性混凝土（UTC）不仅具有优异的耐久性能，而且具有超高的断裂韧性和抗冲击性能，因此可用UTC对公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土进行修复。UTC主要是根据最大密度理论，通过剔除粗骨料采用微硅粉、粉煤灰等高活性矿物掺合料以及水泥、石英砂、钢纤维等，在 $80\sim 200\text{ }^\circ\text{C}$ 蒸汽高温养护条件下制备而成的一种超高性能混凝土[1]。这显然难以满足公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土修复工程的现场生产和施工条件，尤其对空间狭小、交通流量需要严格控制的高速公路日常运营维护工作而言更加难以满足。

3、修复技术

(1) 设计方法。为了解决以上技术难题，根据功能/结构一体化设计理念，通过引入功能梯度概念，在研发出一种综合性能优良且制备工艺简单的超高韧性混凝土的基础上，采用传统修复混凝土和超高韧性混凝土对公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土的修复结构进行设计和施工，建立了一种基于功能梯度组合结构设计的超高韧性混凝土快速修复技术，具体方法为：在完成各项准备工作后，首先将与修复结构构成结合面的桥梁伸缩缝过渡区预留槽内混凝土结构表面凿成凹凸

点阵式粗糙面，然后将超高韧性混凝土和微膨胀高强混凝土传统修复材料，分别浇注在桥梁伸缩缝过渡区预留槽的上下两半部分区域内，形成超高韧性混凝土为抗冲击增韧功能层且与微膨胀高强混凝土共同抗压受拉的功能梯度组合修复结构。超高韧性混凝土浇注的厚度可根据公路交通设计等级、桥梁伸缩缝工作环境条件以及修复材料性能等，为了消除这两种功能层之间的界面效应，提高增加它们之间的连接刚度，在浇注超高韧性混凝土之前先采用适当方式将传统修复混凝土，如微膨胀高强混凝土表面设置成锯齿状结合面，或在其表面插入一排剪力键，并喷洒一层混凝土界面粘剂。

(2) 工程应用。某高速公路大桥全长1150.2 m，桥梁类型主要为预应力混凝土连续刚构箱梁，通车近年以来，高速公路大桥桥梁伸缩缝先后出现不同程度的病害，破坏类型主要是过渡区混凝土断裂和混凝土网裂。为此，结合高速公路开展的全线检修工作，将所建立的超高韧性混凝土快速修复技术应用在泉南高速赣江特大桥过渡区混凝土病害整治工程中，经实际工程检验表明，这种基于功能梯度组合结构设计新型快速修复技术实施效果良好，修复的桥梁伸缩缝过渡区混凝土使用仍然完好，没有出现混凝土断裂和混凝土网裂等破坏现象。

(1) 导致公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土过早发生断裂、网裂等病害主要是由于混凝土及其结构的断裂韧性和抗冲击性能严重不足。采用微膨胀高强混凝土、钢纤维混凝土等单层修复技术不能解决此问题；

(2) 对公路桥梁伸缩缝过渡区混凝土病害整治技术难题，根据功能/结构一体化设计理念建立了一种基于功能梯度组合结构设计的超高韧性混凝土快速修复技术。工程实践表明该新型快速修复技术实施效果良好，具有广阔的推广应用前景。

参考文献

[1] 李宏江, 李万恒, 赵尚传. 混凝土梁式桥纵向连接构造研究进展[J]. 中外公路, 2019, 34(6): 10.

[2] 唐古南, 李立寒. 连续式桥梁伸缩缝界面黏结性能研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2018, 33(1): 12-16.

[3] 曾文彬, 王松飞. 水泥混凝土道面结构收缩补偿与裂缝修复研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.