

韩国西海大桥设计

李丰群 刘钊 译

(东南大学土木工程学院 210096)

摘要: 韩国西海大桥的主桥为三跨迭合梁斜拉桥, 主跨为470m, 该桥塔梁之间安装了活塞式阻尼装置(LUD装置); 为扇形双索面; 钢绞线张拉采用等拉力控制法。介绍了西海大桥的设计与施工。

关键词: 斜拉桥 迭合梁 活塞式阻尼装置(LUD装置)

1. 简介

韩国西海大桥为一主跨470m的迭合梁斜拉桥, 桥面宽34m, 设6车道, 双向各三车道。旧金山林同炎国际公司负责该桥设计, 同时对该桥进行了悬臂施工阶段分析、特殊施工设备的设计和现场咨询。斜拉桥位于韩国西海岸的牙山湾。当2000年完工时, 它是韩国最大跨度的桥梁。西海大桥最大的设计挑战是它处于多风地带。因此, 该桥安装了活塞式阻尼装置(LUD装置), 允许桥梁在温度变化、蠕变、收缩徐变等情况下发生的变形, 但可以阻止桥梁在气流运动和地震等动力荷载下的位移。西海大桥总长9.4km, 由几千米的混凝土连续箱梁辅桥和990m的主桥组成。主桥包括870m的斜拉桥部分和两个60m的端跨部分。斜拉桥中跨通航净空为60m。整个结构威严而雄伟, 象征着韩国的大门(见图1)。



图1 雄伟的西海大桥

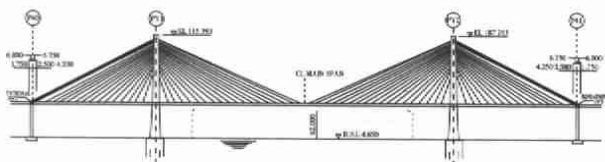


图2 西海大桥斜拉桥结构立面

2. 主桥设计

主桥由三跨斜拉桥和端跨组成。斜拉桥中跨为470m, 边跨为200m。60m长的端跨(39#墩和40#墩之间, 41#墩和42#墩之间)和斜拉桥部分在40#墩和41#墩上设铰连接。因此, 端跨和斜拉桥跨都可以自由转动, 但不允许发生相对纵向位移。

可更换的大位移量伸缩缝设在端跨和引桥跨之间, 这样不仅整个主桥可以发生纵向位移, 而且方便伸缩缝更换。由于斜拉桥的端部锚固区结构复杂, 若把缝设在那里, 显然是不明智的。

两个桥塔处边梁下的弹性支座约束了桥面系的横向位移, 同时设在边主梁边上的侧向缓冲挡块进一步抑制了梁与塔的横向相对最大位移。竖向支座要求提供与相邻拉索相近的刚度, 使主梁更像一个悬浮构件。这就要求设计不能采用强约束的固定支承点, 以免在该区段主梁上产生很大的弯矩。为了控制大桥在活载和其他动力荷载下的位移, 同时允许蠕变、收缩、温度变化下产生的微位移, 主梁在一端桥塔处铰支, 另一端则自由。然而, 为了激活带有铰支承的塔柱在气流运动、地震等动力荷载下的水平约束作用, LUD装置连接塔柱和梁, 允许缓慢位移, 但在急速运动中会有抑振作用。故与此相应, 整个系统结构在静力荷载和动力荷载下会产生不同的反应。

LUD装置的本质是活塞阻尼。蒸气发动机中普通活塞的两端各有一个阀门, 故活塞依靠蒸气推动而来回移动, 相比之下, LUD装置更像是两端不开口的活塞。活塞本身就有许多小洞。圆柱筒内充满了粘稠的液体, 可以缓慢移动, 以适应

桥梁的徐变、温度膨胀力的作用。因为液体可以通过这些小洞从活塞的这一端流向另一端。但是当力很快地作用在桥上时，小洞不允许液体很快的流过而使活塞冻结。通过调整液体的粘稠度和洞的尺寸，LUD装置可以具有不同的抑振效果。

西海大桥的桥面系由纵向钢边梁和横梁组成。两根边梁相距为34m，钢横梁间距4.1m横向排列。桥面板为厚310mm的预制混凝土板，连接处现浇板缝。塔柱附近梁的压应力很大，因此主梁做成实体。随着梁中轴向压力逐渐减小，板的厚度逐渐减小，整个主梁呈边主梁截面。越靠近塔柱，主梁的压应力就越大。因此，在塔柱两边各五个索距范围内，板厚一律增加到310mm，而在轴压较小的跨中，板厚仅为260mm。由于现浇缝通常设在钢梁的上部，故无需模板。桥面板的横向和纵向后张预应力产生所需压应力从而使预想的拉应力控制在可以接受的范围内，这样就减弱了桥两端和中央剪力滞后的影响。钢绞线束每束4根，直径为15.2mm。桥合龙后，张拉这些钢绞线束。

边梁、沿桥中心线的钢纵肋和横梁共同支承起预制的桥面板。安装完预制板后，板间的缝隙由无收缩混凝土来填充。横梁顶部缝宽为420mm，纵肋顶部缝宽为500mm。在边梁处，加厚的现浇无收缩性混凝土板同别处的预制板连成一体。钢梁和混凝土路面之间设置抗剪钢筋以传递剪力。预制板周边预留大量短钢筋伸入到接缝之间，保证了混凝土路面板的连续性，使之成为弹性支撑上的连续板。

边梁绝大部分受压、底缘受拉的区域，竖向加劲肋栓接在边梁底缘以避免发生疲劳问题。边梁腹板高2.8m，下翼缘除了桥端部增加到60mm外，其他区域均为50mm。下翼缘宽度在860mm到920mm之间变化。上翼缘板的标准尺寸为500×50mm，为适应拉索锚固空间的需要，只有在腹板的内侧有上翼缘。斜拉索在边梁处的锚头用螺栓连到边梁的腹板上。与腹板直接连接可最大限度的减少锚座的偏心。

边跨长为200m，不到中跨470m的一半，好

几根斜拉索集中锚固在边跨的端部锚墩上（见图3）。该处边主梁加高到5m，以便为拉索锚固和大尺寸的端横梁提供空间。端横梁是用来支承边跨的边梁的。

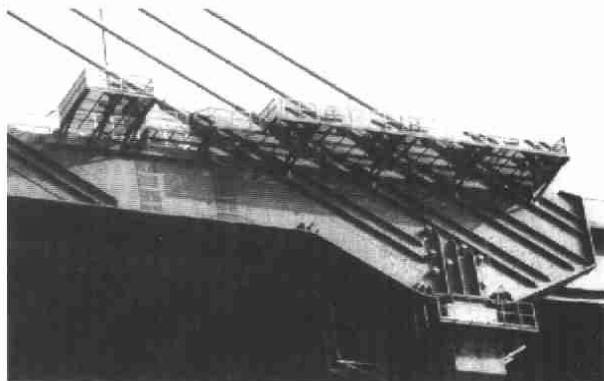


图3 端部梁高加大区域与拉索锚固

承载桥面板的钢横梁同两根边梁垂直，横梁在跨中腹板高为2.8m，随着桥面板横坡，下降到2.5m，最后又上升到同边梁一样的高度。横梁的上翼缘宽600mm，为搁置预制混凝土板提供了足够的空间，同时也给板间留有较大现浇缝，方便钢筋对接。

横梁按简支设计承受全部结构恒载，不考虑混凝土桥面板的作用。但在施工中，在浇灌桥面板缝之前，用一个倒置的主桁架顶起横梁，完工后使桥面板产生压应力，从而减小桥面板产生裂缝的可能性。

混凝土端横梁重达1300吨，在工地预制后由巨型浮吊整体吊装就位。端横梁的重量以及端跨的反力足以克服使用荷载下的上拔力。端横梁两端同钢纵梁由横向后张预应力筋连接，锚固在边主梁腹板的外侧。在端部区域的边梁和桥面板之间还设置了额外的短钢筋，以承担端部边梁和桥面板的垂直水平剪力。

3. 主塔设计

西海大桥的塔柱在基础顶面以上高达180m，由两个箱形截面柱组成。从顺桥向看，塔柱外部尺寸由基础处的15.7m变到塔顶处的6.6m；从横桥向看，塔柱尺寸在桥面板以下为6m，桥面板以上为4m。一般塔柱按4m一段浇注，但是在上横梁上部的斜拉索锚固区按2m一节浇注。

斜拉桥选用两根横梁是出于美学考虑。塔柱

的上部是竖直的，其间距同索面间距是一样的，故从横桥向看索面为竖向平行双索面。因为道路的竖曲线关于主跨并不完全对称，故两个塔柱高度稍微有点不同，但这种差别并不显著。

滑模施工可以简化塔柱的施工。下横梁在现场预制后由柱腿处的钢绞线千斤顶提升到预定位置。下横梁两边的钢筋同埋在塔柱上的钢筋连接，现浇缝把下横梁同塔柱整体连在一起。两个上横梁中的下边一根（即中横梁）在下横梁上立模浇筑，然后由钢绞线提升就位，并用相同工序与塔柱现浇成整体。当中横梁施工完后，在其上设模板支架，上横梁就在这个支架上进行浇筑。

4. 斜拉索体系

斜拉桥的双索面在塔柱上呈扇形展开最后锚固到边主梁上，每个索面有72根斜拉索，每根拉索包含37到97股钢绞线不等。钢绞线由法国Freyssinet公司提供，每根钢绞线直径15mm，经镀锌后涂蜡并设独立护套，最后不灌浆直接放入塑料管中。拉索套管外表面缠绕螺旋形肋，以改善斜拉索的空气动力稳定性。

为了保证各根钢绞线同步受力，Freyssinet公司采用逐根张拉钢绞线的等拉力控制法。压力传感器安装在第一根受拉钢绞线上，其读数基本反映其他钢绞线承受了同样的拉力。

斜拉索可以在不中断交通的情况下更换。其张拉端集中在塔柱上部，使得张拉过程方便高效；非张拉端锚固在桥面之上，使得常规的拉索检测无需特殊的工作平台。拉索在桥塔的锚头用高强摩擦型螺栓连到边梁的腹板上，避免了焊接带来的疲劳问题。

5. 主跨施工

和其它梁段一样，桥塔根部梁段（即0号块）由钢框架和现浇桥面板组成，现场安装。当下横梁施工完毕而塔的上部还在施工的时候，大吨位船式浮吊把0号块起吊就位（见图4）。这样不仅节省时间，而且方便0号块安装。斜拉桥的端横梁支承在T形锚墩上，60m的端跨边主梁通过铰支座支承在端横梁上。

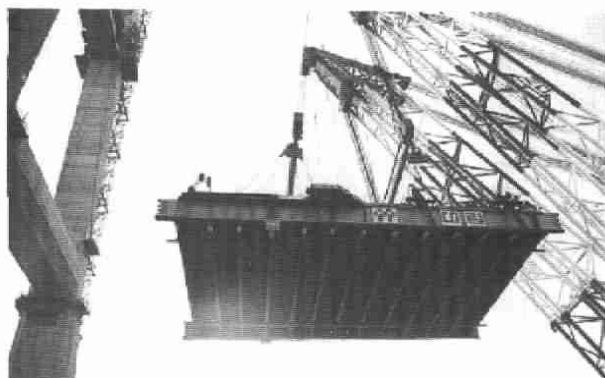


图4 吊装0号块

2根37股钢绞线拉索把端横梁固定在桥墩上，以保证施工时斜拉桥的稳定性。它们同样可以在偶发事件中（比如，当60m的端跨在意外情况下突然和主跨脱离或者是由于加固更换而移开时），保证斜拉桥的稳定性。在使用荷载下，锚墩总处于受压状态。

当端跨上部结构的钢框架现场安装完后，1700吨的混凝土端横梁立模浇注张拉，最后由吊装0号块的浮吊把端横梁吊到边墩上边（见图5）。每榀钢框架由34m长的横梁和12.3m长的边主梁组成。四个普通吊机抓在四个悬臂部分，把钢框架从驳船上吊起就位。当边主梁位置校准后并栓接在悬臂部分后，同样的起重机把预制板吊起并放在钢框架的上边，板与板之间的缝由无收缩性混凝土来充填。斜拉桥两边的钢边主梁安装同时进行。当有新的节段安装时，调整索力以保证桥面板的拉力接近为0。为了方便最后的12.3m合龙部分容易安装，两边的梁体由液压千斤顶后移30cm左右。然后，把最后一榀钢框架吊到预定位置，并用螺栓连接好。

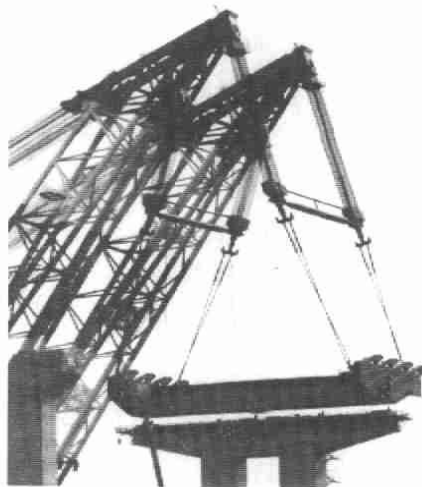


图5 吊装端横梁

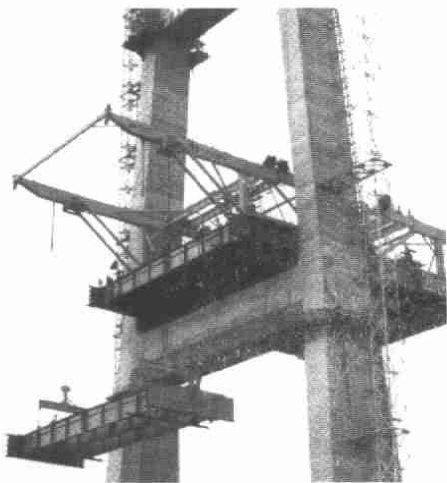


图6 吊装钢框架

随着最后一榀钢框架安装就位,中间两根横梁之间的距离不足以吊起桥面板了,所以要把最后一根横梁拆除以获得所需的空。这根横梁暂时存放在已吊装完工的桥面板上,在所有预制板吊完以后再安装。在主梁安装完成后,对桥进行详细检测,然后根据预定值来调整索力。

塔柱施工开始于1998年中期,斜拉桥在2000年12月竣工通车。

参考文献

- [1] Man-Chung Tang. A Grand New Bridge. Civil Engineering Magazine[J], February, 2001
[2] 邓文中. 造桥三十六年, 清华大学出版社, 2003年8月

· 简讯 ·

欧维姆基金管委会会议在柳州召开

2004年3月30日,中国科学技术发展基金会欧维姆预应力技术发展基金在柳州饭店召开了基金管理委员会会议。

参加会议的领导及专家有:第一届管委会常务副主任丁永贵、第二届管委会常务副主任王柳平、管委会副主任陈肇元(清华大学教授,中国工程院院士)、郑皆连(广西交通厅高级技术顾问,中国工程院院士)、陈一雄(中国科学技术发展基金会秘书长)、朱万旭,以及管委会委员王守海、邓小琼、李志华(柳州市科学技术奖励办公室主任)。

与会委员听取了基金秘书处关于首届欧维姆预应力优秀工程设计奖评奖结果、基金近年工作的总结和基金“管理办法”及“奖励办法”的修订报告等三项议题的汇报,并经逐项认真讨论后,一致同意评选结果和总结报告,对两个办法提出一些补充修改意见。

一、首届欧维姆优秀预应力工程设计奖评选工作严格按照评奖办法和评奖通知的要求操作并对终评过程进行了公证,尊重专家评委的意见,切实做到了公开、公平、公正评选。一致同意将评选结果

上报中国科学技术发展基金会和国家科学技术奖励工作办公室。

二、对基金过去几年的工作予以肯定和好评。一致认为欧维姆基金虽然成立不久,规模较小,但作为国内首个企业办的基金,基金有着自身鲜明的特色,活动范围也很广泛,各项工作很有成效,说明设奖单位的领导对基金工作重视和支持,秘书处的工作扎实和到位。

三、针对基金运作情况及评奖实际情况,对基金“管理办法”及“奖励办法”进行了修订,使其更符合实际、更易于操作。

另外,会议还就基金如何做大做强、提高奖项知名度以及争取把基金创办的《预应力技术》办成公开发行的核心期刊等方面提出了建议。

会议结束后,陈肇元院士、陈一雄秘书长参观了公司生产现场及试验中心。陈肇元院士还与公司副总经理龙跃及有关技术人员进行了座谈。郑皆连院士则参观了建设中的柳州红光悬索桥主桥面的施工现场。

另据悉,首届欧维姆优秀预应力工程设计奖的颁奖工作将于5月份在北京举行。(玉进勇 文)

柳州欧维姆公司四项新技术通过专家鉴定

2004年4月10日,广西壮族自治区科技厅在桂林主持召开了“OVM250拉索体系”、“OVMLZM拱桥吊杆体系”、“LSD液压提升系统”及“单根换索式新型体外预应力体系”等四个项目的专家鉴定会。由范立础、郑皆连等院士专家组成的鉴定委员认真听取了研制单位—柳州欧维姆机械股份有限公司

和同济大学关于研究、试制以及应用等报告,仔细审阅报告,仔细审阅了各项目相关的研制报告、试验检验报告、查新报告、产品标准、用户报告等鉴定材料,进行了充分的讨论和质疑,最后均通过了鉴定,四个项目的研究成果均达到了国际先进水平。