

防冲装配式基础

张成海

(成人教育部)

摘要 本文论述了防冲刷装配式基础的构造、设计原理和施工程序。它是在双壁钢沉井和钢筋混凝土沉井的基础上发展起来的。通过实例和试验,找到了深水中扩大基础防冲刷原理,解决了施工措施等方面的难题。与其它型式的基础相比,还具有工期短、造价低的优点。是解决桥梁深水基础问题的一种较好的形式。

关键词 装配式基础, 防冲, 沉井, 桥墩

1 问题的提出

目前世界上桥梁的工程事故,大多出在基础上。从投资上看,一座大型桥梁基础工程的造价占总投资的35%—40%,而工期则只占总工期的一半左右。在科技发展的今天,大量的建设高速公路,这必然要建造大跨度和通行大吨位车辆的桥梁,由于这些桥位是由路线决定的,往往需跨越工程难度大的河段。因此要迅速建成高速公路并投入营运,关键是桥梁的工期。这就向我们提出了工期短、造价省的基础型式问题。目前,装配式沉井基础在山区和丘陵地区的河流中显示出它许多的优越性,在我国南方一些省区的桥梁基础中较广泛地采用了这种基础型式。笔者在前些年实地调查发现一些主河槽的墩位基础底部有部分悬空,从收集到的资料表明,这种空洞随时间的增加在不断加大,同时,调查也证实空洞不是因施工质量问题所造成的。那问题是如何产生的呢?

2 对问题的分析

2.1 桥位流态分析

桥梁规范要求桥址要选在顺直河段上。通过实测证实,这时河水流速最大是在主河槽的形心附近,即不在水面上和河底处,(如图1所示)。这是流水断面周界的摩擦和紊流造成的。在过水断面任何一垂线上的流速分布(如图2所示)其最大值在水面下一定深度处,在直河段水流呈螺旋状向前流动(如图3所示),在河弯处水流除如上述外,对凸岸严重冲

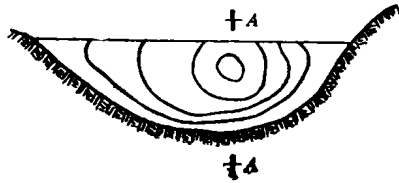


图1 河道断面的等速流线

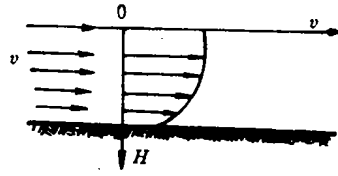


图2 A—A剖面流速分布



图3 直河段螺旋流状态

刷对凹岸则淤积呈现宽阔河滩。

在未建桥前，在直河段主河槽一般冲淤不大，是处于相对动态平衡的。建桥后，河床有效过水断面被减小，造成墩前有一壅水高度 ΔH (ΔH 大小与河床纵坡、有效过水断面等有关)。墩上、下游水位差值加大，使墩位水流速度大增。在墩位周围的流速场和压力场发生了根本改变。所引起的高速水流（尤其在洪水期间）有一部分呈立轴旋涡水流，由面流潜入水下流向下流，再向外流动，如图4所示。这种立轴涡流带着泥沙、石块等粒状物沿三经座

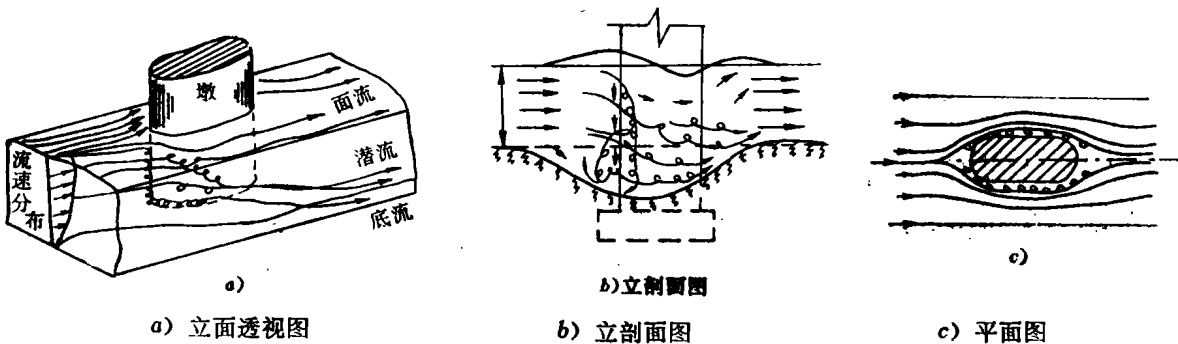


图4 桥墩位冲刷和流线示意图

标向岩面淘刷和撞击，在基岩节理发育或内力地质作用强烈的地带，墩位岩面剥蚀会较快。尤其是强度低的泥质页岩河床冲蚀会更快，同时坑大而深。基岩在旋转、滚动向前的大小颗粒撞击下，河床表层逐渐剥蚀见图4。剥落的碎屑逐渐被渲泄水流带到下游。这样，在基础周围岩面造成坑，当坑达到一定深度后，冲蚀造坑的速度会减慢处于暂时的动态平衡，当水位增高水速变大时，又会向下冲蚀，直到重新达到动态平衡，但不会停止。通过实地调查发现原嵌岩一定深度的基础，经过多年这种物理演变，基底已部分悬空。四川达县通川桥就是由于这种演变导致倒塌。

2.2 施工原因

这种沉并要求在基岩上嵌岩（规范要求）不少于0.5米。为达到这一目的，几乎都采用

潜水员在水下桥墩位打眼爆破，再清、吹底，大块的岩块是清吹不走的。因受水下条件限制，造成一个类似铁锅的基坑，这与在排水开挖凿成直壁的基坑有根本的不同。另外，在爆破过程中，对基岩表面施以冲击能造成岩体更加破碎，在立轴涡流的冲撞下，破碎较大块状石变成较小块粒状被水流带走形成更深的冲刷坑。这是桥位水文计算中无法算出的冲刷深度。

上述原因造成了象桂林阳朔大桥中墩底和重庆上清寺嘉陵江大桥2号墩沉井底的局部冲刷悬空，曾多次治理未收成效。

3 防冲原理和结构计算

前面已分析出建桥后造成冲刷的主要原因是有效过水断面减小，墩前形成壅水，加大了墩周流速，立轴旋涡流对河床的破坏几乎象螺旋钻一样，直接冲击、造坑，使节理发育或破碎的河床基岩表面层剥落，其碎屑在墩周强大的旋涡水流下暂处于悬浮状态，被行进的螺旋流带到墩位下游。在未设防冲设施前设计时，其冲刷的边界条件认为岩石的完整性未遭到破坏，而实际调查某桥各中墩这种基础有一定（局部）冲刷，缝隙最高处竟达44厘米，造成局部悬空。了解施工、设计情况后，实际边界条件，褶皱构造使岩体有一定节理产生，再有施工时水下爆破开挖又使基岩遭到了进一步破坏，这时基床的平均粒径为 $d \geq 200\text{mm}$ ，用65—1局部冲刷公式计算如下（以上面调查的桥为例）：

$$h_b = K_\xi \cdot K_{n'} \cdot b_1^{0.6} (V - V'_0)$$

式中： $K_\xi = 0.85$

$$K_{n'} = \sqrt{\left[\frac{2.16}{d^{0.4}} + \frac{0.11}{d^{1.9}} \right]} = \sqrt{\left[\frac{2.16}{200^{0.4}} + \frac{0.11}{200^{1.9}} \right]} = 0.51$$

$$b_1^{0.6} = 1.2^{0.6} = 1.12\text{m} \text{ (墩身宽度)}$$

V ——建桥位处历年最大的流速（从桥下游300米处水文站获得数据）

$$V'_0 = 2.08\text{m/s}$$

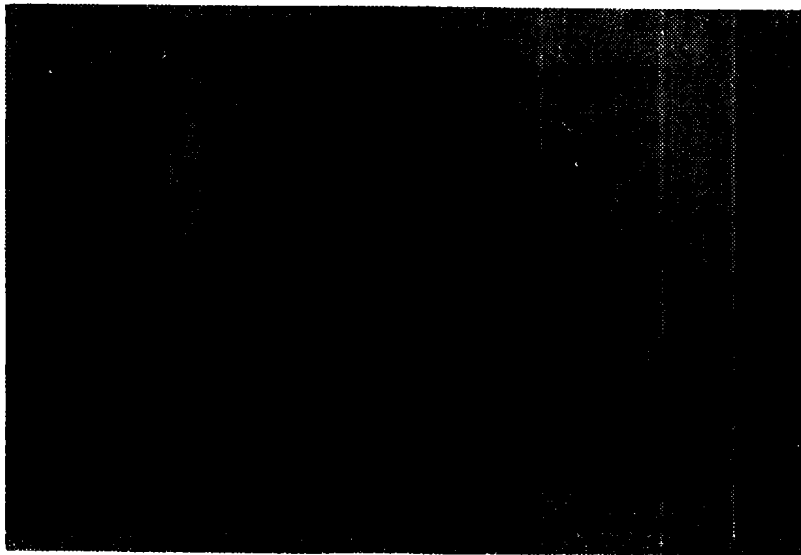


图5 基本的平面构造图

$$V - V'_0 = 3.05 - 2.08 = 0.97 \text{ m/s}$$

$$\therefore h_b = 0.85 \times 0.51 \times 1.12 \times 0.97 = 0.47 \text{ m}$$

这和实际情况仅差 5 厘米，误差为： $\frac{0.47 - 0.44}{0.44} \times 100\% = 6.8\%$ ，这些主要由墩周立轴旋涡流和螺旋流，促使风化岩层的崩解造成的，为了使上述水流作最大的能量消耗和改变它们的方向和流态，由变态动床模型试验得出，设一消能节 A（预制），在 A 范围内预制成钢筋混凝土消能的网格状，这就使由于墩周的立轴螺旋流和涡流，改变了它的流向，并消耗了它大部分能量，有少量上述水流达到基岩表面时，其 $V \leq V'_0$ （起冲流速），对河床基岩不会

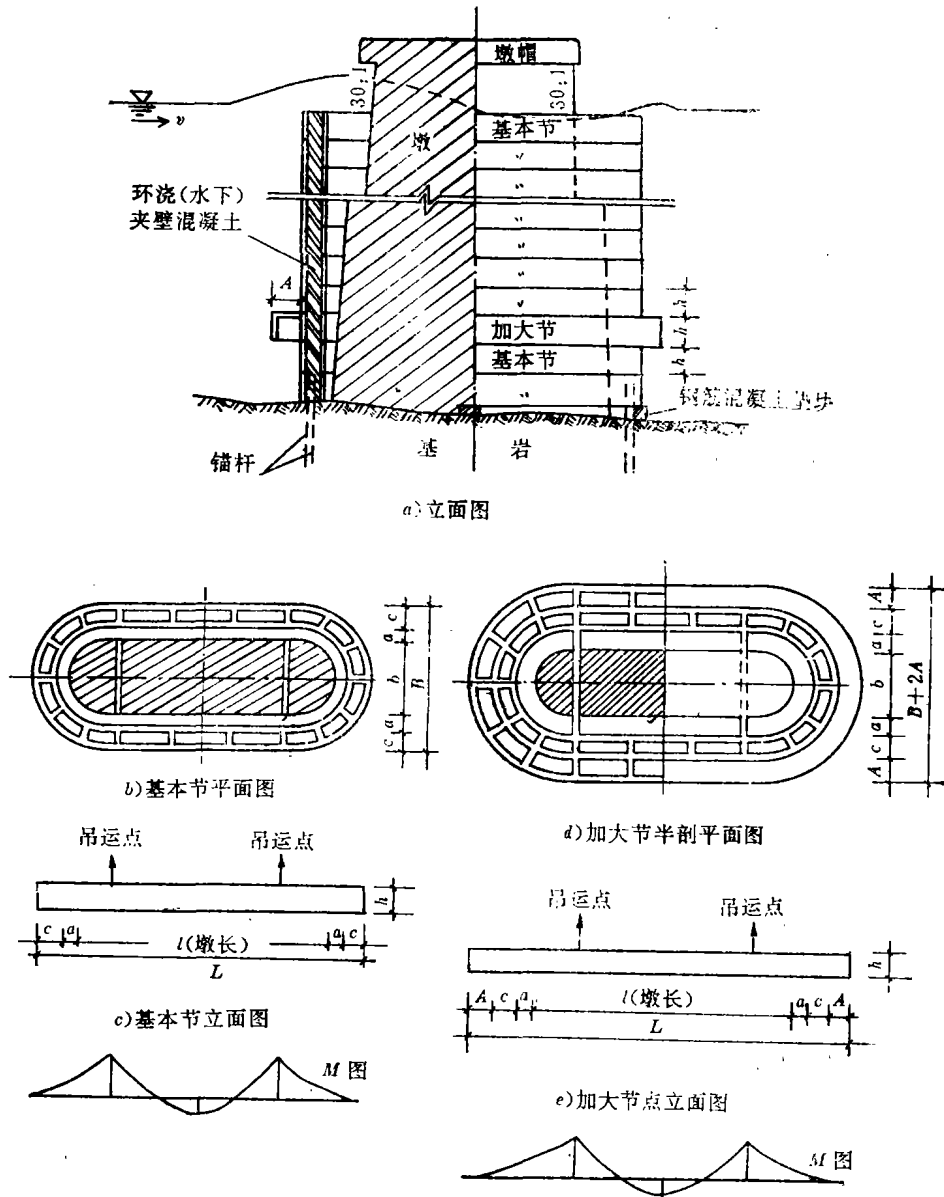


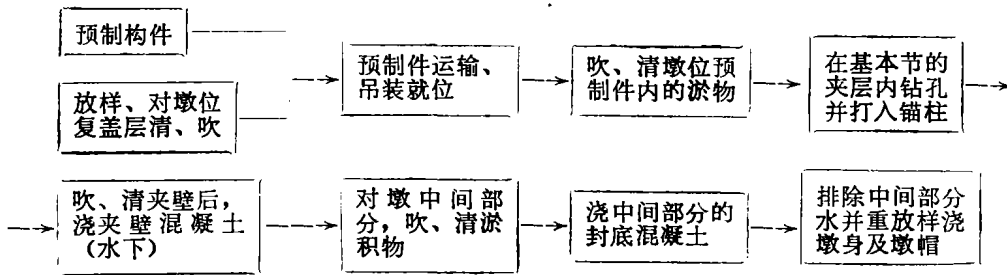
图 6 防冲装配式基础构造、受力图示

造成局部冲刷了，通过上述模型试验 A 在 $0.60\text{m} \sim 1.0\text{m}$ 之间。

结构计算，在施工单位起吊能力范围内，来决定预制井筒结构物每节的高度 h_i 。一般最小 $h_i = (0.6 \sim 0.8)$ 米，井壁厚度 $e = 10\text{cm}$ 。一节钢筋混凝土重20吨至40吨之间，基本节的平面构造图形如图5（现场预制构件）和图6所示，其具体尺寸由墩形、墩高来决定。每节配筋计算如图6所示，一般按自重作用下的简支悬臂梁计算配筋。

4 施工工艺及适用性

在桥址处设置一预制场，或在桥上下游的预制工厂，预制好再用船运输到桥位处。每个墩有若干个基本节和一个加大节，并且加大节（又叫消能节），置于由下往上数的第三节为宜，其施工程序如下：



在第一次清除复盖层时，如河床起伏大，则将底节尽量作成与河床地形相吻合的形状。对基岩一般不开炸，对确要炸去的突出部分，将药量控制在最少，以免造成河床基岩整体性的破坏，清除淤积物由潜水员在水下操作高压气枪，对基础范围的复盖层进行吹、清，并把它们推出基础范围，第一次清、吹工作要作好，底节就位之前要作彻底的清、吹工作。

还有一个关键是当沉井构件堆码出水面后在夹壁中由组合钻机或风动钻机，由潜水员在水下操作，钻孔二排（如图7）大致按图中尺寸布孔。孔深由岩石硬软程度来决定，一般为 $0.5 \sim 3.5$ 米（风化层除外），钻孔直径不小于 $\phi 45$ ，在钻好的孔中插入不小于 $\phi 30$ 的锚杆，锚杆露出基岩表面不少于1米，在浇夹壁混凝土前再清一次小格底面的淤积物。

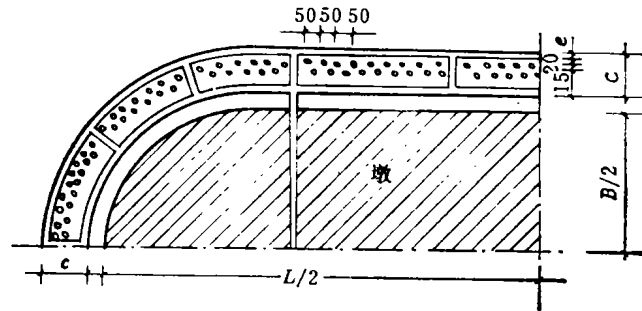


图7 底节1/4平面锚孔布置示意图

注：图中尺寸以厘米计

5 结束语

这种防冲装配式基础，仅适用于基岩复盖厚度在1米以内的河床上。施工时水流速度不宜过大（速度1米/秒左右）。由于基础围水结构用小块构件，制作方便，单件重量轻，吊

装，运输设备都易于解决，从类似已施工的桥墩基础来看，一个十多米深的墩基要作出水面，只需用30天左右，若该墩用其它方法施工至少要用8个月才能完成。由此可见，这种基础型式工期短，造价低。在山区或丘陵地区河流上修桥时，采用这种形式是可行的，有益的。

参 考 文 献

- 1 Graf W.H. Hydraulics of Sediment Transport. 1971
- 2 Lansen E.M. Scour at bridge crossings. 1962
- 3 Laursen E.M. Scour at bridge crossings. 1962
- 4 Rockfill in Hydraulic Engineering. David Stephenson Elsevier Scientific publishing Company. 1979
- 5 公路桥涵设计手册编写组. 公路设计手册. 桥位设计. 人民交通出版社, 1977
- 6 吴应辉. 桥涵水文计算. 人民交通出版社, 1988. 6

(编辑: 徐维森)

ASSEMBLY FOUNDATION OF EROSION PROTECTION

Zhang Chenghai

(Department of Adult Education)

ABSTRACT In this paper, the structure of assembly foundation of erosion protection, its design and construction procedure are studied. It is the development of double wall steel open caisson and reinforced concrete open caisson. Based on the data collected in tests, some difficult problems about the principle of expanding foundation erosion protection in deep water and construction methods are resolved. Compared with other foundations, the assembly foundation narated in this paper can decrease the time limit and construction cost of a project. The method may de better for solving the problem of bridge foundation in deep water.

KEY WORDS assembly foundation, erosion protection, open caisson, pile body