

文章编号：1002-0268（2000）01-0028-03

软土地基桥头跳车处理探讨

王亦麟

（上海市公路工程质量监督站，上海 200023）

摘要：根据上海市 10 多年来高速公路的建设实践和运行状况，探讨在软土地基上修建高速公路如何克服桥头跳车现象，分析桥头跳车的主要影响因素，介绍已建成的沪嘉高速公路、沪宁高速公路（上海段）等工程的软土地基处理措施和效果。

关键词：软土基；沉降

中图分类号：U445.55

文献标识码：B

桥头跳车现象是目前公路建设中常见的质量缺陷之一，也是多年来困扰公路行业的一大难题。严重的桥头跳车现象，不仅使得行车的不舒适感大为增加，而且在高速公路上，当高速行驶的车辆通过桥头时，严重的跳车现象导致车辆失控而易发生交通事故。即使在车速较低的情况下，由于引道路堤和桥台两者各自沉降后形成的高差，产生车辆对桥台台背反复的冲击，使得台背混凝土较早出现破损现象。因此，长期以来，人们在克服桥头跳车方面不断地提出许多技术处理措施。其中，桥头设置搭板和路面衔接，是目前许多公路工程中为减少桥头跳车现象而采取的一种处理方法。

从桥头搭板本身的涵义来讲，桥头搭板是指搁置在桥台或悬臂梁端与路堤之间的连接板。其作用是调节板两端的不均匀沉陷，以减轻车辆对桥头的冲击。搭板一般为混凝土（或钢筋混凝土），其常见的设置方法是：板的一端搁置在桥台（桥梁构造物）上，另一端搁置在路堤上（有时也在板下设置枕梁），长度有 6m、8m、10m 不等。由于桥头搭板能改善桥台与路堤连接状态，调节桥、路之间的不均匀沉陷，因而在公路建设中得到了普遍的应用，也不乏成功的示例。但是，我们也看到，在一些已建成的公路上所设置的桥头搭板，其实际使用效果并未达到所期望的程度，甚至在路堤端出现了新的跳车点。换句话说，是将原来的桥头跳车移至搭板与路面的衔接处跳车。在此，本文根据近年上海公路建设的实践，通过对上海地区应用最广泛的简支梁桥设置桥头搭板防止桥头跳

车和桥涵构造物与路堤衔接处纵坡的分析，就相关的一些问题作一探讨。

1 引起桥头跳车的主要因素

一般情况下，桥头跳车最直观的感受是：当车辆在行驶过程中由路面经过桥涵构造物时，由于在车辆轴载的作用下，路面和桥面衔接处产生相对竖向位移致使车轮产生上下跳动，从而使得驾驶员和乘客产生极不舒适感。而这种相对竖向位移的现象，引用水泥混凝土路面中的概念，就是路、桥之间的错台。从影响因素来说，主要还是路、桥之间的沉降差所致。

现行的公路桥涵设计规范中，对现在普遍运用的简支梁桩基桥台工后沉降值有明确规定，其规定容许值为：墩台均匀总沉降值（不包括施工中的沉降） $2.0\sqrt{L}$ （cm）， L 为相邻墩台间最小跨径长度，以 m 计，跨径小于 25m 时仍以 25m 计算。以 20m 跨径的简支梁为例，桩基桥台的容许工后沉降为 10cm。而实际上，上海地区简支梁桥桩基桥台的设计容许沉降量比规范规定还要小得多。以上海沪杭高速公路为例，一个桩基桥台的容许沉降量在 2~3cm。从上海已建成的一些高等级公路情况来看，这点沉降值相对于路堤的沉降来说，几乎可以忽略不计。这是因为，按照现行的公路软土地基路堤设计与施工技术规范的规定，高速公路、一级公路的容许工后沉降为：

桥台与路堤相邻处	$\leq 0.10\text{m}$
涵洞或箱型通道处	$\leq 0.20\text{m}$
一般路段	$\leq 0.30\text{m}$

上海沪杭高速公路的软土路基路堤处理标准也是以容许工后沉降为准，在施工过程中则通过控制沉降速率来控制道路的工后沉降，它的技术指标（容许工后沉降）为：

- 桥梁与路堤衔接处 ≤0.10m
- 路段 ≤0.30m
- 施工控制沉降速率 ≤0.8cm/月

显然，设计桩基桥台的轻微沉降和软土地基路堤的工后沉降相比要远远小得多。而正是这种沉降差，导致了桥面和路面的错台现象，改变了原来的线路纵坡，最终出现桥头跳车。因此，减少路堤在桥台相邻处的工后沉降，是减少桥头跳车最直接的方法。

当然，施工过程中一些不合适的施工方法（如路堤采用不合格的填料，压实度不足），软土地基在附加压力作用下所产生的压缩沉降，也会导致桥、路出现错台，引起桥头跳车。因此，我们把以上桥头跳车的因素归结为两类，并以图 1 所示。

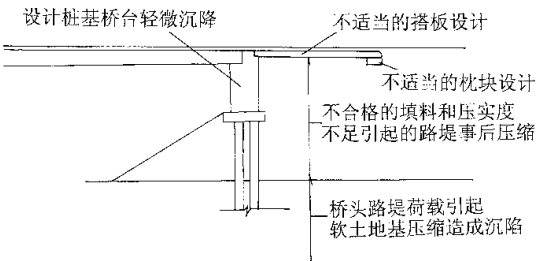


图 1 桥头跳车影响因素

- 第 1 类：设计桥、路容许工后沉降差；
- 第 2 类：施工不当引起的路堤工后沉降。

至于软土地基在附加压力作用下所产生的压缩沉降，在预估路基沉降、拟定路基处理方案时已予以考虑，因而对桥头跳车的影响仍可列入第 1 类。

2 软土路基沉降处理及效果

如前所述，由于桥台和路堤的沉降不均匀造成路、桥错台，是产生桥头跳车的主要原因。因此，就软土地基路堤的处治而言，桥头接坡段一直是软土地基处理的重点，一是由于在一般情况下，桥头路堤的填筑高度都比较高，以沪杭高速公路为例，路段路堤

的平均填土高度和桥头路堤的填筑高度如表 1 所示。其次，在设置搭板的条件下，桥台和搭板下路堤的不均匀沉降不仅造成错台，而且所产生纵坡差的变化带来的行车不舒适感，是在桥台-搭板-路段之间，而不像路段只是反映在路段-路段之间。

表 1

标 段	HH01 标	HH02 标	HH03 标
路段路堤平均填筑高度（m）	3.07	3.63	3.42
路段路堤最高填筑高度（m）	5.51	5.42	5.00
桥头路堤平均填筑高度（m）	3.76	4.12	4.00
桥头路堤最高填筑高度（m）	5.70	6.19	5.35

就软土地基处治而言，它的处治方式的选用、技术标准可以根据总沉降量与容许工后沉降来确定，而我们所希望要达到的是尽可能地减少路堤的工后沉降，尤其是在桥头。从上海地区几条高速公路的建设来看，其软基处理方式一般采用表 2 所列几种。

表 2

工程名称	袋装砂井	塑料排水板	粉喷桩	钢渣桩	超载预压
沪嘉	✓				✓
莘松	✓	✓			✓
沪嘉东延伸段			✓		✓
沪宁上海段			✓	✓	
沪杭上海段		✓	✓	✓	✓

在上述各项处治措施中，袋装砂井和塑料排水板是在软基中设置竖向排水体以缩短软基中的排水距离，加速地基固结，以达到提高预压效果，严格控制工后沉降；钢渣桩对地基土起置换作用、竖向排水体作用，桩体与桩间土形成复合地基；粉喷桩也是复合地基的一种，它通过加固材料来改良软基性质进而减少总沉降量；预压则是在工期允许的情况下，最为经济的一种软基处理方式。当然，工后沉降和工程的地质条件有关，也和软基的处理方法有关。但是，根据已有的上海地区几条高速公路在建成后的工后沉降量观测值来看，不论采用何种软基处治方式，都不能根本消除软基沉降现象。而更为重要的是，软基路堤的工后沉降量一般情况下都大于桩基桥台的容许沉降量（见表 3）。

表 3

工程名称	沪嘉				沪嘉东延伸段				莘松		沪宁					
桩 号	1+541	1+486	1+030	1+085	0+400	0+420	1+100	1+190	1+310	1+360	20+290	20+360	19+760	19+800	20+580	20+540
工后沉降量，cm	16	10.5	3.6	3.4	40	45	13	18	20	24	7.6	7.5	7.6	7.7	7.3	7.5
备 注	8 年	8 年			5 年	5 年	5 年	5 年	5 年		2 年	2 年				2 年

需要指出的是，由于路堤沉降源于路堤的自重，采用超轻质材料作为桥头路堤的填筑料，可以极大地减少软基沉降，因此，在 1998 年的 4 号线工程中，试用了聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）和发泡珍珠岩作为路基填料，两者的容重分别为土的 1/90 和 1/5 ~ 1/8，有效地减轻了路堤自重，经半年多的运营，情况基本良好。但由于缺乏工程实践和定量观测，尚需在技术效果、经济评估、设计方法、施工工艺方面作进一步的分析和研究。

3 桥头跳车的处理措施

大量的工程实践和研究成果表明，当桥台和路堤不均匀沉降引起两者之间错台现象时，在桥头设置搭板的情况下，桥头接坡段路线的纵坡变化是使行车有跳车感的直接原因。在“七五”国家重点科研项目——软土地基路堤综合处理设计中，提出该纵坡差值（即设计纵坡与工后沉降引起的纵坡变化差值）为 0.25%；宁扬一级公路桥头跳车的调查分析结果，当 $V = 100\text{km/h}$ 时，由工后沉降引起的纵坡变化在小于 0.6% 的桥头，未感到有行车不舒适感；根据杭甬高速公路桥头跳车的调查分析结果，当 $V = 120\text{km/h}$ 时，由工后沉降引起的纵坡变化在小于 0.4% 的桥头，未感到有行车不舒适感；瑞典道路专家介绍软基桥头处理技术标准，其纵坡变化值为 0.4%；联邦德国、法国规定工后沉降值 3 ~ 5cm，若搭板长度为 8m，则纵坡变化值为 0.38% ~ 0.63%。综上所述，对于桥头路堤的纵坡设置，考虑到工后沉降所引起的纵坡差宜在 0.3% ~ 0.6% 之间。因此，在沪杭高速公路的建设中，对于桥头路堤纵坡的设计，即按此原则进行了调整。

（1）设置钢筋混凝土搭板。此项技术措施，在上海高速公路的建设中已多次使用，在沪杭高速公路中，根据以往的实践，在两个方面对搭板设计进行了改进。

1. 搭板长度。以往的搭板长度，一般分别为 4m、6m、8m。这次在沪杭高速公路上，钢筋混凝土搭板的长度为 10m。如前所述，沪杭高速公路的纵坡差按 0.3% ~ 0.6% 控制，这样就能避免由路线纵向坡差所引起的行车不舒适感。这里，我们按搭板长度和纵坡之间的关系列出，如表 4 所示，我们可以发现，要完全依赖桥头搭板来解决路、桥之间纵坡差变化带来的跳车现象，搭板的长度必须在 17 ~ 33m。对于沿线桥梁大部分为中小桥的沪杭高速公路来说，这是很不经济的。而且，从沪嘉高速公路的实践来看，

工后沉降所引起的纵坡变化点，绝大部分位于距桥台约 8m 处（搭板长度为 6m）。因此，最终确定沪杭高速公路的搭板长度为 10m。

表 4

Δi (‰)	2	3	4	5	6
L (m)	50	33	25	20	17

$\Delta i = 10\text{cm}/L$

2. 搭板枕梁。在过去所设置的桥头搭板，在路堤段往往将该端搭板搁置在枕梁上（枕梁亦为钢筋混凝土构造）。从使用实践来看，该方法虽然能在一定程度上（主要是在搭板下垫层脱空时）起到搭板的支撑作用，但其弊端也是显而易见的，即在枕梁位置对下面的垫层施加了一个集中荷载（尤其是在搭板下垫层脱空时），该部分的集中应力加剧了该端路堤的沉陷，使得路线纵坡的变化加大。为此，在沪杭高速公路上取消了搭板下的枕梁，改为设置一定长度厚度的二灰稳定碎石的半刚性体的过渡层。

（2）设置一定量路堤预抛高（见图 2，图 3）。

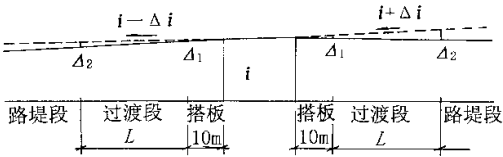


图 2

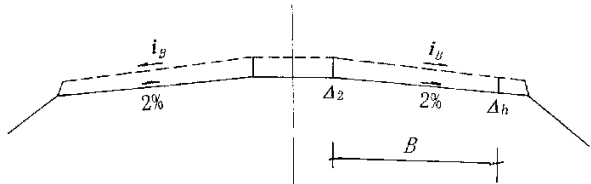


图 3

图中， Δi ——纵坡差， $\Delta i \leq 6\text{‰}$ ；
 Δ_1 ——搭板端部抛高值；
 Δ_2 ——路堤段中心抛高值， $\Delta_2 = \Delta_h + B \times i_B$ ；
 i_B ——路堤段施工横坡（2.3% ~ 2.5%）；
 Δ_h ——路堤段路基边缘抛高，（1/2 ~ 1/3）工后沉降值；

L ——过渡段长， $L = (\Delta_2 - \Delta_1) / \Delta i$ 。

根据以上分析可知：当桥头路堤的工后沉降量确定以后，可以按照道路所采用的纵坡差来确定路堤适宜的抛高量。这里主要考虑以下几个因素。

1. 路堤的工后沉降量。虽然在工程设计中已经给出了桥台与路堤相邻处的容许工后（下转第 38 页）

(上接第 30 页) 沉降量, 但是对每座桥梁而言, 地质条件、路堤高度、填筑材料不同, 所以实际上工后沉降量是不完全相同的, 故而相邻结构物间路堤的抛高量也不一样。所以需要根据沉降观测曲线来推算二座结构物之间路堤的工后沉降值 Δ_s ; Δ_h 宜选取 $1/2 \sim 1/3$ 的 Δ_s 。

2. 搭板端部 Δ_1 的确定。当采用路槽法施工路面结构时, 根据 $p-s-t$ 沉降曲线预估路面施工期的沉降量, 和选定的桥头接坡顺接段纵坡差 Δi 乘以搭板长

度得到 Δ_s , 取大值得 Δ (在沪杭高速公路, 此值取为 3cm)。

3. 抛高后横坡的调整。由路堤沉降我们可以知道, 在横断面上, 路堤呈盆式沉降。因此, 在横断面上的抛高, 可以以加大横坡为宜。但究竟以多大为合适, 根据高速公路的建设实践和施工规范及质量检验评定标准的规定, 沪杭高速公路取 $2.3\% \sim 2.5\%$ 。由此得 $\Delta = \Delta_h + (0.3\% \sim 0.5\%) B$ 。