

公路技术资料



人民交通出版社

公路技术资料

(10)

斜拉桥译文辑

人民交通出版社

1977·北京

内 容 提 要

这是一本斜拉桥译文辑，由七篇文章组成。对于各种结构型式的斜拉桥的弯矩和挠度、应用 Kani 法和还原法解析斜拉桥、拉索加劲结构的动力分析和有关设计计算等，进行了系统的研究和计算。此外，还介绍了日本丰里大桥的设计和施工情况。可供我国桥梁工作者和大专院校有关专业师生参考。

公 路 技 术 资 料

(10)

斜 拉 桥 译 文 辑

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：4.5 字数：95 千

1977年8月 第1版

1977年8月 第1版 第1次印刷

印数：0001—6,000 册 定价(科三)：0.33元

(限国内发行)

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

古为今用，洋为中用。

目 录

关于各种结构型式的斜拉桥的弯矩和挠度 的研究.....	1
还原法.....	25
应用还原法作斜拉桥的解析.....	56
斜拉桥的设计计算.....	77
用 Kani 方法解析斜拉桥	87
拉索加劲结构的动力分析.....	104
丰里大桥的设计和施工.....	118

关于各种结构型式的斜拉桥的 弯矩和挠度的研究

〔日本〕 长谷川纪夫 成岡昌夫

前 言

斜拉桥已经设计过大致如图 1 所示的三种形式及其变化形式。此外，塔架和钢索的连接有图 2 所示的三种情况。就塔架同梁在其交点的相互关系以及塔架底部的状态而论，有如图 3 所示的五种状态。

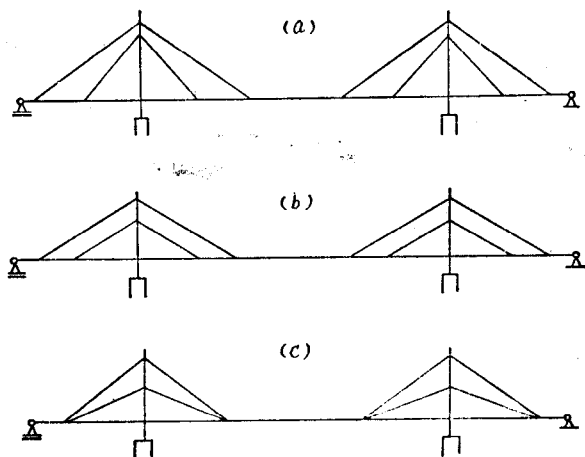


图1 斜拉桥的三种形式

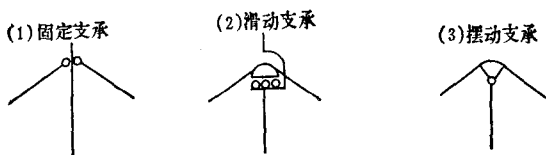


图2 塔架上连接钢索的三种情况

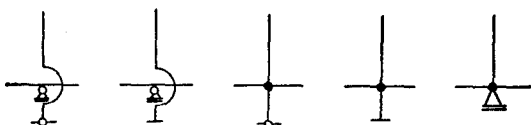


图3 塔架和梁的交点之间的相互关系及塔架底部的状态

本文的研究方法采用了适应于各种结构系统的“按还原法解析斜拉桥的程序”。

本文以尾道大桥（图4）为研究对象，有下述五种结构系统的变化。

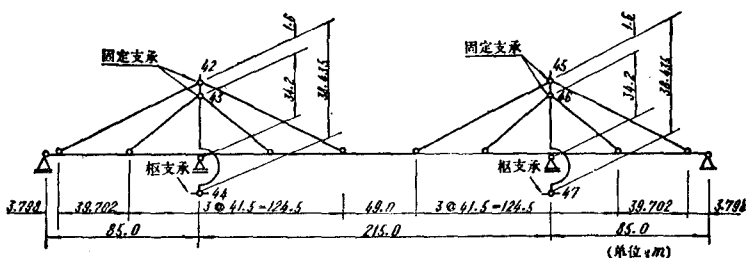


图4 尾道大桥图

1. 钢索连接于梁上的位置变化；
2. 按形式的变化（图1）；
3. 钢索在塔架上连接条件的变化（图2）；
4. 塔架底部的变化（图3）；
5. 钢索根数的变化。

本文研究上述五种变化情况如何影响到下述一些问题:

1. 中跨的中心弯矩及挠度;
2. 中间支点上的弯矩及轴向力;
3. 对于钢索连接位置及形式变化引起的钢索拉力。

截面各因素和荷载

计算用的截面各因素采用尾道大桥的数据,如表 1 所示。

尾道大桥截面各要素

表1

分 类	面 积 (m^2)	惯 性 矩 (m^4)	弹性模量(t/m^2)
梁	0.14796	0.202406	2.1×10^7
塔架	0.08826	0.019730	2.1×10^7
钢 索—1	0.01388	0	1.6×10^7
钢 索—2	0.00832	0	1.6×10^7
钢 索—3	0.00896	0	1.6×10^7
钢 索—4	0.01224	0	1.6×10^7

为了明确比较对象,加载近似于实际的荷载强度值,以便求出该荷载下的截面力和位移值。()内的数字是尾道大桥的设计计算数据。

a) 恒载: $2.9t/m$ (前恒载——1.642,后恒载——1.236)

b) 活载:

集中荷载—— $20.0t$ (边跨——21.310,中跨——19.950)

均布荷载—— $1.3t/m$ (边跨——1.471,中跨——1.197)

c) 作用在梁上的钢索连接点的恒载 (图 5) :

$$P_1 = 9.0t(9.080) \quad P_2 = 8.5t(8.543)$$

$$P_3 = 8.5t(8.517) \quad P_4 = 9.0t(9.275)$$

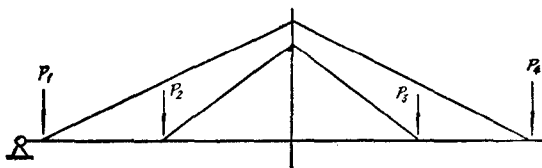


图5 作用于梁和钢索连接点的恒载

d) 冲击荷载 (省略)。

对于钢索在梁上连接位置变化的影响的研究

以图 6 所示的斜拉桥作为对象, 在钢索的连接位置上, 使塔顶一头的连接为固定, 然后使拉索在梁上的连接位置如表 2 所示那样, 分别由情况 A1 变化到情况 A5, 其他结构都不变更。

梁上连接钢索的位置

表2

钢 索	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
A1	4	7	13	16	26	29	36	38
A2	3	6	14	17	25	28	36	39
A3	2	5	15	18	24	27	37	40
A4	1	5	15	19	23	27	37	41
A5	1	5	16	21	21	26	37	41

图 6 中所示为尾道大桥的钢索配置, 其构造概略如下:

1) 主梁的节点 2~40, 塔架的节点 43、46 均为刚性连接。

2) 塔顶钢索的连接规定为固定支承, 而钢索两端则采用枢接。

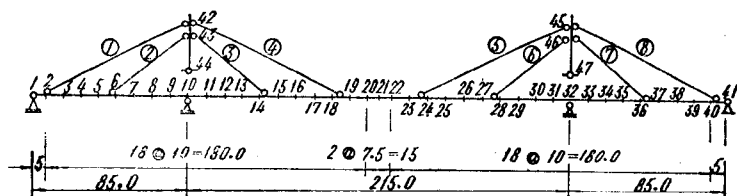


图6 斜拉桥的一例

3)塔架底部规定为枢支承，而所谓梁则作为独立存在的结构。

图7和图8表明了梁的节点10(中间支点)和21(中跨中点)的弯矩影响线。表3一并表明了边跨外侧钢索的拉力 T_1 ，中间支点上轴向力 N_1 和弯矩影响线面积的比较。同时表4表明了荷载加载时的截面力和位移值。

从上述比较来看，A4以及尾道大桥的钢索布置法对于梁及钢索都似乎有效。虽然A4的方法似乎较好一些，但在实际设计上，不仅是从上述情况比较是否优良，还要考虑其他一些问题，例如，在梁上的钢索连接位置过于接近支承点时，施工就增加困难，而且，由于钢索有较长的缓坡，在架设时容易产生长度上的误差，也容易受到温度变化的影响等等这样一些问题。

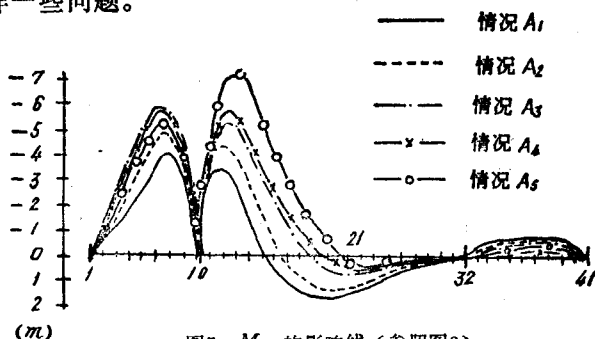


图7 M_{10} 的影响线(参照图6)

桥 跨		1			2		
		(+)	(-)	计	(+)	(-)	计
M_{10}	A1	0.000	-187.069	-187.069	133.959	-109.299	24.660
	A2	0.000	-231.772	-231.772	94.501	-160.916	-66.415
	A3	0.000	-285.228	-285.228	46.143	-246.357	-198.211
	A4	0.000	-279.510	-279.510	27.197	-270.999	-243.801
	A5	0.000	-257.299	-257.299	20.592	-393.353	-372.761
	尾道大桥	0.000	-230.580	-230.580	37.323	-200.978	-163.655
M_{21}	A1	0.000	-51.905	-51.905	968.215	0.000	968.215
	A2	0.000	-32.915	-32.915	721.133	0.000	721.133
	A3	0.167	-13.314	-13.148	524.511	-24.488	500.023
	A4	0.102	-11.156	-11.054	406.729	-28.181	378.548
	A5	0.164	-15.825	-15.661	257.341	-72.928	184.413
	尾道大桥	0.000	-18.498	-18.498	498.846	-6.452	492.395
W_{21}	A1	0.000	-0.035	-0.065	0.544	0.000	0.544
	A2	0.000	-0.045	-0.045	0.384	0.000	0.384
	A3	0.000	-0.029	-0.029	0.282	0.000	0.282
	A4	0.000	-0.023	-0.023	0.267	0.000	0.267
	A5	0.000	-0.026	-0.026	0.294	0.000	0.294
	尾道大桥	0.000	-0.026	-0.026	0.292	0.000	0.292
T_1	A1	0.000	-25.150	-25.150	168.321	0.000	168.321
	A2	0.000	-32.570	-32.570	155.186	0.000	155.186
	A3	0.000	-36.229	-36.229	137.537	0.000	137.537
	A4	0.000	-35.791	-35.791	132.954	0.000	132.954
	A5	0.000	-32.820	-32.820	137.604	0.000	137.604
	尾道大桥	0.006	-34.801	-34.801	143.121	0.000	143.121
N_{10}	A1	0.363	-6.619	-6.256	0.000	-134.750	-134.750
	A2	0.848	-4.711	-3.863	0.000	-139.625	-139.625
	A3	1.871	-2.182	-0.311	0.000	-142.822	-142.822
	A4	1.520	-2.259	-0.740	0.000	-145.190	-145.190
	A5	0.405	-5.289	-4.884	0.000	-146.963	-146.963
	尾道大桥	0.997	-3.289	-2.292	0.000	-143.803	-143.803

N₁₀的影响线面积

表3

3			1~3		
(+)	(-)	计	(+)	(-)	计
0.000	-16.862	-16.862	133.959	-313.230	-179.271
0.000	-13.535	-13.535	94.501	-406.223	-311.722
0.000	-8.850	-8.850	46.146	-540.435	-494.289
0.000	-5.258	-5.258	27.197	-555.767	-528.570
0.000	-3.625	-3.625	20.592	-654.277	-633.685
0.000	-5.867	-5.867	37.323	-437.425	-400.102
0.000	-51.905	-51.905	968.215	-103.810	864.405
0.000	-32.915	-32.915	721.133	-65.830	655.303
0.167	-13.314	-13.148	524.845	-51.116	473.729
0.102	-11.156	-11.054	406.933	-50.493	356.440
0.164	-15.825	-15.661	257.669	-104.578	153.091
0.000	-18.498	-18.498	498.846	-43.448	455.399
0.000	-0.065	-0.065	0.544	-0.130	0.414
0.000	-0.045	-0.045	0.384	-0.090	0.294
0.000	-0.029	-0.029	0.282	-0.058	0.224
0.000	-0.023	-0.023	0.267	-0.046	0.221
0.000	-0.026	-0.026	0.294	-0.052	0.242
0.000	-0.026	-0.026	0.292	-0.052	0.240
0.000	-9.420	-9.420	168.321	-34.570	133.751
0.000	-7.930	-7.930	155.186	-40.500	114.686
0.000	-6.831	-5.831	137.537	-42.060	95.477
0.000	-5.808	-5.808	132.954	-41.599	91.355
0.000	-8.613	-8.613	137.604	-41.433	96.171
0.000	-6.138	-6.138	143.121	-40.939	102.182
7.906	0.000	7.906	8.269	-141.369	-133.100
7.533	0.000	7.533	8.381	-144.336	-135.955
6.477	0.000	6.477	8.348	-145.004	-136.656
6.759	0.000	6.759	8.279	-147.449	-139.170
9.946	0.000	9.946	10.351	-152.252	-141.901
6.502	0.000	6.502	7.499	-147.092	-139.593

表4

加载时的 M_{10} 、 M_{21} 、 W_{21} 、 N_{10} 、 T_1 各值

桥名	M_{10} (t/m)		M_{21} (t/m)		W_{21} (m)		N_{10} (t)		T_1 (t)	
	恒载	活载	恒载	活载	恒载	活载	恒载	活载	恒载	活载
A1	-578.811	-1059.625	2534.945	4159.439	1.232	2.047	-406.033	-615.402	404.218	654.507
	-480.744		1624.494		0.815		-209.369		250.289	
A2	-960.185	-1588.100	1940.419	3195.705	0.887	1.465	-416.705	-632.123	350.806	582.561
	-627.975		1235.286		0.578		-215.418		231.755	
A3	-1492.069	-2310.579	1429.842	2385.881	0.699	1.121	-425.571	-643.445	297.127	503.224
	-818.510		956.039		0.427		-217.874		206.097	
A4	-1558.106	-2394.552	1113.134	1880.650	0.593	1.095	-434.777	-655.406	286.651	485.052
	-836.446		767.516		0.402		-220.628		198.401	
A5	-1876.821	-2866.744	596.470	1120.582	0.770	1.210	-447.315	-671.840	304.719	507.185
	-939.923		524.112		0.440		-224.525		202.466	
尾道 大桥	-1215.118	-1883.557	1383.445	2295.156	0.742	1.182	-434.675	-652.831	316.623	530.561
	-669.439		911.711		0.440		-220.156		213.938	

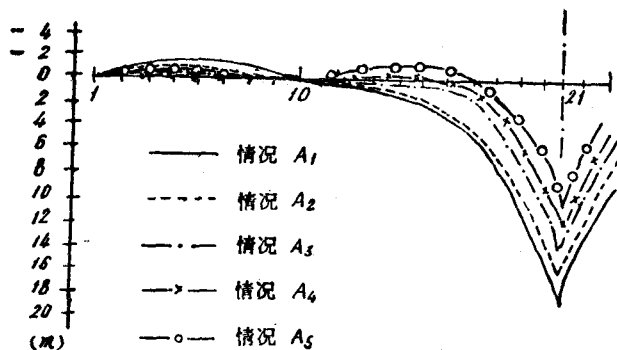


图8 M_{21} 的影响线 (参照图6)

对形式变化影响进行的研究

对于图 9a~c 所示三种形式的斜拉桥进行了计算。关于截面各要素采取尾道大桥的数据, 三种形式均相同。钢索的

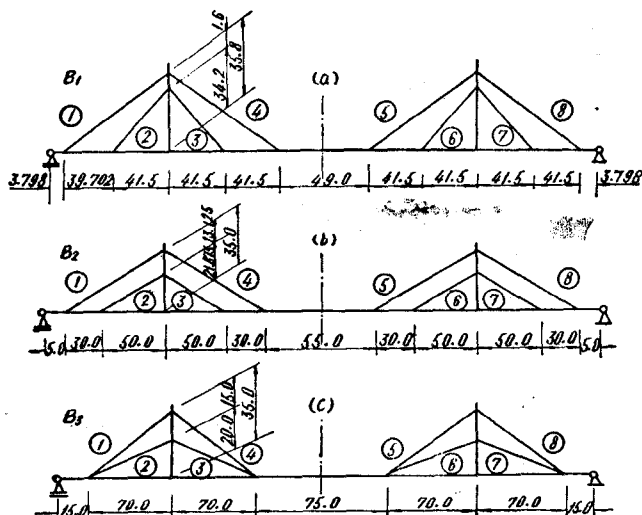


图9 用于计算的三种斜拉桥

连接条件及塔架底部状态等均与《对于钢索在梁上连接位置变化的影响的研究》一节相同。

梁的节点10（中间支点上）及中跨中点21的弯矩和挠度影响线如图10、图11和图12所示，影响线面积的比较如表5所示，加载时的截面力、位移值的比较如表6所示。

由图10、图11、图12和表6可知，与B2比较，B1中跨中点的弯矩和挠度虽然没有较大差异，但关于中间支点的弯矩远比B2有利。其原因是：虽然也有钢索2、3、6、7在梁上连接位置的影响，但不能认为仅限于这种原因。在B2的形式中，使钢索和梁的连接与B1全部相同的情况下，与B1^①相比，就不会有那样大的有利之处，都比B1不利。对于B3是一看便知，与B1和B2相比，应力上不具备妥当性，因此不能构成问题。究竟是采用B1还是B2，不仅是一个美观问题，而且有其他种种问题。虽然不能一概而论，但是关于B1和B2的钢索拉力，如表7所示，分别作了比较。表7的数值与前述同样，是使荷载加载的数值。

由表7可知，关于钢索，B1和B2两种情况，都没有象梁的中间支点弯矩有那样大的差异。在B1的情况下，钢索1、3是较大值；在B2的情况下，钢索3、4是较大值。

如果要根据上述比较来决定形式时，在钢索的拉力上并无较大差异，从弯矩和挠度两点来看，认为采用 M_{10} 、 M_{21} 、 W_{21} 、 N_{10} 等值都小的B1是合适的。

在这次比较中，B3的情况虽然不能构成问题，例如不论2跨或3跨，试图设计与尾道大桥不同的跨度比，但是如果揭示出B1、B2两种情况并无多大差异的截面力和位移值，那末采取这种形式也是理想的。

① 原文为B2——校者。

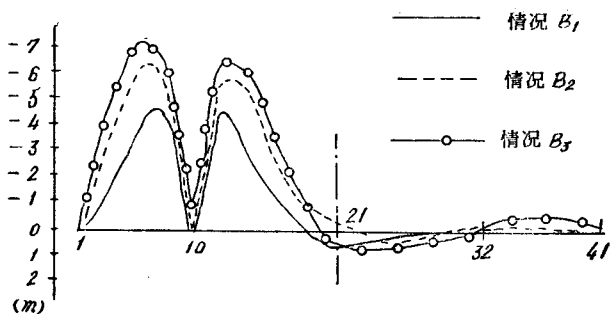


图10 $M_{1,0}$ 的影响线 (参照图9)

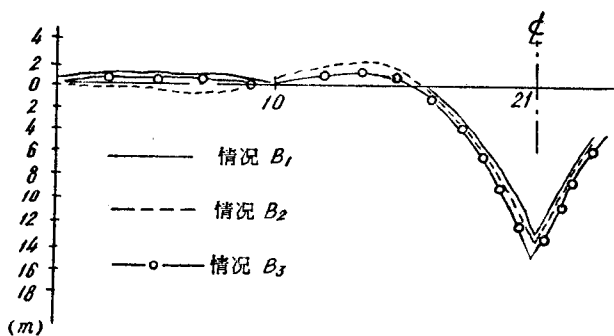


图11 $M_{2,1}$ 的影响线 (参照图9)

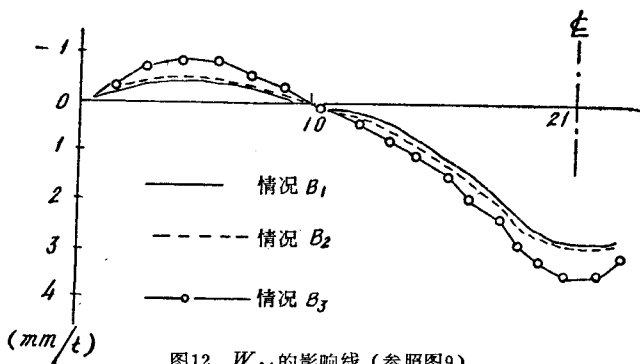


图12 $W_{2,1}$ 的影响线 (参照图9)

$M_{10}, M_{21}, W_{21},$

桥 跨		1			2		
		(+)	(-)	计	(+)	(-)	计
M_{10}	B1	0.000	-230.580	-230.580	37.323	-200.978	-163.655
	B2	0.000	-325.056	-325.056	28.007	-330.053	-302.046
	B3	0.000	-389.977	-389.977	54.850	-55.893	-301.043
M_{21}	B1	0.000	-18.498	-18.498	498.846	-6.452	492.395
	B2	23.390	0.000	23.390	485.847	-85.430	400.417
	B3	3.515	-7.789	-4.274	601.029	-60.734	540.295
W_{21}	B1	0.000	-0.026	-0.026	0.294	0.000	0.294
	B2	0.000	-0.031	-0.031	0.313	0.000	0.313
	B3	0.000	-0.044	-0.044	0.363	0.000	0.363
N_{10}	B1	0.997	-3.289	-2.292	0.000	-143.803	-143.803
	B2	1.594	-3.410	-1.456	0.000	-161.533	-161.533
	B3	5.395	-0.486	4.908	0.000	-163.690	-163.690