

防落桥系统

汤宇剑 译 朱万旭 谭柳芳 整理

(柳州欧维姆机械股份有限公司 545005)

摘要: 本文译自日本道路协会《关于道路桥梁的耐震设计资料》第16章“防落桥系统”，主要介绍防落桥系统的支撑长度，防落桥结构、移位限制结构、错位防止装置等。为尊重原作，本文在结构上不作任何调整，不当之处请读者指正。

关键词: 防落桥系统 支撑长度 防落桥结构 移位限制结构 错位防止装置

16.1 概述

本节要点

(1) 构成防落桥系统的要素为：对应桥型的支承类型，地基类型，地基条件所选定的支撑长度，防落桥结构，移位限制结构以及错位防止装置。

(2) 在作为桥轴方向的防落桥系统，端支承点以及错位支承点按16.2的规定来设计支撑长度，及按16.3的规定来设计防落桥结构。对结构上在桥轴方向难以产生位移的桥，防落桥结构可省略。但16.5的1)和2)所规定的桥以及第8章所规定的在抗震时不稳定的地基上所建的桥时，不能省略。

(3) 在成桥轴方向或直角方向的防落桥系统中，端支承点及错位支承点按16.5(1)的规定的桥；以及连续梁中间支撑点按16.5(2)的规定的桥，桥轴直角方向按15.5的规定来设计位移限制结构。

(4) 按2.3规定的B种桥中，支承高度使用高支承时，按16.4的规定来设计错位防止装置等。

本节分述

(1) 出现设计时预想不到的地震，周边地基的破坏或结构部件出现不能预测的复杂振动时，就会产生超过想象的地震力或位移，就会导致桥会产生变形。在本章中，也制订了对在这种不能预测事态的防落桥系统的规定。通过平成7年兵库县南部的地震取得了防落桥结构所受的各种破坏的经验教训，更明确了防落桥的各个构成要素的作用，规定了支撑长度、防落桥结构、位移限制结构及防错位防止装置为组成防落桥系统的4个要素。

1) 支撑长度

即使上下部分发生超过预期的大相对位移时，也要防止上部结构从下部结构脱落。

2) 防落桥结构

在上下部分发生预料不到的大相对位移时，也不能超过支撑长度。

3) 位移限制结构

类型A的支撑部应是能抵抗等级2的地震，因此在支撑受损的场合，上下结构间的相对位移不能变大。

4) 错位防止装置

在支撑高度的高支承损坏时，不能使路面发生车辆通行困难的错位。

图16.1.1展示了有关防落桥系统构成选定的基本考虑方法。并且是以综合了上下部支撑结构形式的桥为宜。不要把上承式拱桥、斜张拉桥等千篇一律。应考虑到各个桥的实际情况，为不产生上部构造下落而要慎重的进行研讨。

从以往的震灾经验中得出以下几点应列入防落桥系统研讨中。

1) 在有可能发生变形的地基上建造下部结构(的桥)。在有可能变形的地基上建造下部结构，由于地基的液化或流动性，软质粘土层的滑动等，都会产生很大的位移。像这样的场合应结合动态分析来决定支撑长度式防落桥结构强度。

2) 下部结构建在地基条件不同(的桥)

当一座桥的下部形式不一样时，或下部结构一样，但当地基本条件不同时，地震时桥的振动是复杂的。鉴于此，应加上动态分析结果来决定

注：因本文属译文，故章节编号仍按原文

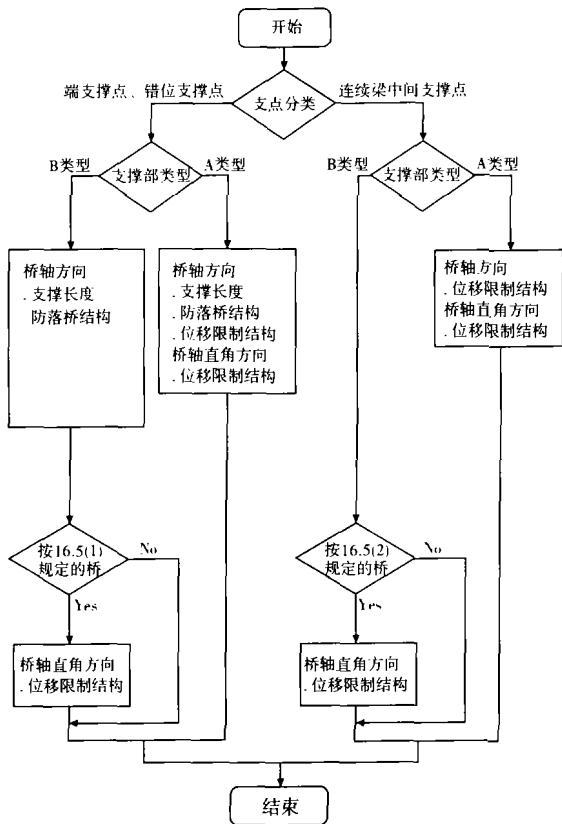


图16.1.1 防落桥系统构成的基本考虑步骤

支撑长度。并且在选择桥的形式时，在这样的地方应避免错位支撑而选用连续结构。所以在基本设计的阶段像这样的情况应考虑进去。

3) 邻接上部结构的形式规模显著不同的桥

邻接上部结构的形式或规模显著不同的桥，由于设计振动单位不同所以会发生大的相对位移。象这样的场合，应避免采用使邻接上部结构相互连接的防落桥系统。并且，按16.2的规定参考动态分析结果，预计梁之间的冲突影响将支撑长度留出余地。一般的，要这样考虑的桥应是邻接桥重量比在2倍以上时或者两者的设计振动单位的固有周期比是1.5倍以上时的桥。

4) 桥脚非常高的桥

桥脚非常高的桥由于固有周期长，所以必须加大支撑长度。像这样的桥应按16.2的规定也要参考动态分析结果来研讨支撑长度。

5) 斜桥及曲线桥

斜桥在地震时上部结构会绕垂直轴回转，从而产生复杂的振动。特别是斜角小的时候，由于上部结构回转容易使上部结构的顶端分离发生落

桥。曲率半径小的桥上部结构会发生回转或向曲线外侧位移，从而产生大的突变。象这种形状的桥，应按16.5的规定不仅在桥轴方向而且桥轴直角方向也要设置防落桥系统。

6) 下部结构顶部的桥轴直角方向狭窄的桥

象设有横梁的桥脚那样的下部结构顶部的桥轴直角方向狭窄的桥，发生支撑破坏面的桥轴直角方向发生落桥可能性是高的，所以耐震设计一般都困难。在不得不采用这样的下部结构时，应按16.2的规定参考动态分析结果，来进行防落桥系统的研讨。而且还要按16.5的规定，不仅在桥轴方向，桥轴直角方向也要设置位移限制结构。

7) 1条支撑线上支撑数少的桥

1条支撑线上只有少数支撑的桥，支撑损坏时上部结构向桥轴垂直方向落桥的可能性是高的，因此按16.5不仅在桥轴方向，桥轴直角方向也要设置位移限制结构。而且采用A类型支撑的桥，支撑线上的支撑间隔采用相对梁的结构时，1对支撑线上的支撑即使有2个，在桥轴直角方向，也应设置防落桥系统。

(2) 作为桥轴方向的防落桥系统，应规定支撑长度及防落桥结构的设计

由于结构特性而在桥轴方向难以产生位移的桥，省略防落桥结构也可以。这一般指两端为刚性高的桥台支持的桥，并且长度在25m以下的有单一上部结构（的桥），还要求不是16.5(1)的1)和2)所规定的（桥）。另外两端桥台为同一种地基支持，长度为50m以下的有单一上部结构的桥也适用本规定。在这里，单一上部结构是指单支撑或连续结构的复数支撑的桥，不包含将单桥连接的情况。斜角小的斜拉桥或交角大的曲线桥，由于斜角或交角的影响会发生大的位移，因此必须选定防落桥系统的多构成要素。

(3) 桥轴直角方向的防落桥系统中要设置位移限制结构的桥也有相应规定。在这里作为在桥轴直角方向需防落桥的桥，应是16.5(1)所规定的斜桥、曲线桥、下部结构的顶部狭的桥、1条支承线上支撑数少的桥等等。但是，连续梁的

斜桥及曲线桥，如果梁的回转处用端交点固定（控制）的话，因为在桥轴直角方向的位移不容易产生，所以在中间支撑点位置位移限制结构就没有必要。

(4) 在使用高支撑来支撑高度时，大地震时，由于支撑损坏而导致上部结构从下部结构顶部落下或上、下部结构受损伤的可能性是有的。而且其结果会使路面产生数百毫米的错位，会妨害震灾后救援车辆的通行或交通保障。因此在2、3规定的B种桥那样的重要路线的桥上用高支撑来支撑高度时，为避免发生错位而应放置错位防止装置。但是，用一般橡胶支撑的场合，支撑高度比较小，并且因为相对支撑作用，平面尺寸比较大，因此即使支撑损伤的场合，也能防止路面产生大的错位，所以设置错位防止装置就没有必要了。

16.2 支撑长度

本节要点

(1) 支撑长度应不小于(16.2.1)式算出的值。但当这值小于式(16.2.2)算出的值时，支撑长度按式(16.2.2)算出的值。并且像斜桥式曲线桥那样桥轴方向和下部结构作用时对地压力方向不一致时，支撑长度应与支撑线成直角方向。

$$S_E = u_R + u_a \geq S_{EM} \quad \dots\dots\dots (16.2.1)$$

$$S_{EM} = 0.7 + 0.005 \times l \quad \dots\dots\dots (16.2.2)$$

$$u_a = \epsilon_a L \quad \dots\dots\dots (16.2.3)$$

其中：

S_E ：支撑长度(m)。按图16.2.1所示的从梁端部到下部结构顶端边缘的上部结构的长度及错位(支撑)梁的长度。

u_R ：根据等级2地震所产生的上部结构和下部结构顶端面的最大相对位移(m)。但算出值是没有将防落桥结构和位移限制结构的效果考虑进去的。当地基的液化化及流动性对第8章的规定的桥产生影响时，要将这个影响考虑进去。

u_a ：地震时地基变形。所造成的地基结构间的距离(m)。

S_{EM} ：支撑长度的最小值(m)。

ϵ_a ：地震时地基变形，所分成的地基类别：(分为)I类、II类、III类，各自为0.0025、0.00375、0.005。

L ：给支撑长度带来影响的下部结构间的距离(m)。

l ：支撑(点)间的长度(m)。当1个桥脚上2个上部结构的支撑端部两侧的梁的支点长不一致时，取支点长的一方的数据。

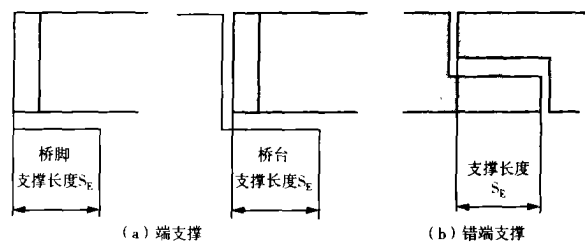


图16.2.1 支撑长度

(2) 地震时振动复杂，而按第7章规定的动态查照法进行耐震性能设计的桥，用式(16.2.1)的 u_R 做的动态分析所求得的最大相对位移来查出支撑长度。

(3) 上部结构为具有(16.5.1)的形式的斜桥时，支撑长度应满足(1)的规定及式(16.2.4)。并且上部结构两端的支承线不平行的非对称斜桥时，可用两端任何一个小的斜角计算出 $S_{E\theta}$ 。

$$S_{E\theta} \geq (L_\theta/2)(\sin \theta - \text{sinc } \theta - \alpha_E) \quad \dots (16.2.4)$$

其中：

$S_{E\theta}$ ：用于斜桥的支撑长度(m)

L_θ ：上部结构为同一(体)的长度

θ ：斜角($^\circ$)

α_E ：临界脱落回转角($^\circ$)一般为 5° 比较好。

(4) 上部结构满足式(16.5.2)的形状的曲线桥时，按(1)的规定及式(16.2.5)来规定支撑长度。

$$S_{E\phi} \geq \delta_E \frac{\sin \phi}{\cos(\phi/2)} + 0.3 \quad \dots\dots\dots (16.2.5)$$

$$\delta_E = 0.005 \phi + 0.7 \quad \dots\dots\dots (16.2.6)$$

$S_{E\phi}$: 用于曲线桥的支撑长度 (m)

δ_E : 上部结构的曲线外侧方向的移动量 (m)

ϕ : 曲线桥的连续同一体上部结构的梁两端部夹角 ($^\circ$)。

本节分述

(1) 支撑长度是以等级2的地震振动时所发生的端部最大相对位移和地基变形为基础计算出来的。但这样计算出的支撑长度如果比式(16.2.2)算出的值小时, 按式(16.2.2)算出的值(以上)来决定。

地震时支撑脚、基础等桥体变形会使端部发生相对位移, 因此求出的支撑长度要与支撑点的支撑条件相对应, 一般按以下情况来算出相对位移。

1) 当该支撑点用橡胶支撑时(参照图16.2.2(a))

当该支撑点为减震支撑、水平力分散支撑时。按15.1规定的B类型的橡胶支撑作为弹性支撑的桥时, 该支撑点的桥脚塑性化也被考虑进去时桥脚的水平力应按9.3.3的规定乘上动态修正系数C得出。并且对基础考虑塑性化的场合, 使基础发生最大位移的水平力乘上动态修正系数C得到的水平力作用, 将该支撑点的上下结构间的相对位移作为 u_R 。

该支撑点的下部结构及所支撑的上部结构为相同振动单位时, 将 u_R 改为橡胶支撑的弹性变形量, 由式(式16.2.1)算出。

$$u_R = \frac{C_m P_M}{K_R} \dots\dots\dots (\text{式16.2.1})$$

其中:

u_R : 等级2的地震所产生的上部结构和下部结构顶端间的最大相对位移 (m)。

P_M : 考虑桥脚塑性化时的与桥脚最极限水平力相当的水平力, 或考虑基础塑性化时基础最大的位移水平力。

C_m : 9.3.3所规定的动态修正系数。

K_B : 支撑的弹簧常数 (kN/m)

并且, 按15.1所规定的使用A类型的橡胶支

时, 因为要假设支撑受损坏, 因此支撑长度的计算按3)所示, 将该支撑点根据动态支撑的形式算出。

2) 当该支撑点采用B类型的固定支撑时, 相对位移 u_R 为宽支撑面。因为B类型的固定支撑考虑桥脚塑性化而得出桥脚极限水平力; 而且考虑基础塑性化即使基础受到最大位移水平力时, 也要确保传递上部结构的惯性力, 所以即使不出现设计时所预料的地震使支撑部发生相对位移, 但当支撑部发生不能预料的损伤时, 也要防止落桥发生。

而且, 对于支撑的宽度方向, 金属支撑时, 以桥轴方向为宽方向; 橡胶支撑时, 以橡胶支撑本体的桥轴方向为宽方向。

3) 当该支撑点为可动支撑时(参照图16.2.2(b))

在该支撑点中, 上部结构部分的设计振动单位和下部结构的设计振动单位产生的最大位移被看作是 u_R 。最大相对位移用14.4.1的解说所示的上部结构端部的所求出的游离量的方式推导也可以。这是因为一般埋入土里的桥台刚性高, 在这个方向的位移小。

一般相对位移 u_R 由以下公式求出

$$u_R = \sqrt{\sum u_{Ri}^2} \quad (i=1, 2) \dots\dots\dots (\text{式16.2.2})$$

$$u_R = u_{Fi} + u_{Bi} \dots\dots\dots (\text{式16.2.3})$$

$$u_{Fi} = \mu_{Ri} \delta_{yi} \dots\dots\dots (\text{式16.2.4})$$

$$u_{Bi} = \delta_{FY} + \theta_{Fi} h_{oi} \dots\dots\dots (\text{式16.2.5})$$

$$u_{Pi} = C_m P_{wi} / k_{BM} \dots\dots\dots (\text{式16.2.6})$$

其中:

u_R : 式(16.2.1)所规定的相对位移 (m)。

u_{Ri} : 图16.2.1(b)所示的设计振动单位i的发生的位移 (m)。

u_{Fi} : 代表设计振动单位i的桥脚体的位移。

u_{Bi} : 根据代表设计振动单位i的桥脚基础变形所产生的上部结构的惯性力所产生的水平位移 (m)。有第8章所规定的地基液化及流动化现象产生时, 应把其影响考虑进去再计算出来。

u_{Pi} : 代表设计振动单位i的支撑部所产生的相对位移。

μ_{Ri} : 代表设计振动单位i的桥脚的塑性率。

δ_{yi} : 代表设计振动单位*i*的桥脚的屈服位移 (m)。

δ_{FY} : 代表设计振动单位*i*的桥脚基础的水平位移 (m)。

θ_{Fi} : 代表设计振动单位*i*的桥脚基础的回转角 (rad)。

h_{ω} : 代表设计振动单位*i*的桥脚的时候, 从耐震设计上的地基面到上部结构的惯性力作用位置的高度 (m)。

P_{ω} : 考虑桥脚塑性化时, (代表设计振动单位*i*) 桥脚极限水平力。

考虑基础塑性化时, (代表设计振动单位*i*) 使基础最大位移的水平力。

C_m : 9.3.3所规定的动态修正系数。

k_{BM} : 设计振动单位*i*的支撑弹簧常数 (kN/m)。

并且, 当桥脚非常高的时候, 按以上所算出的支撑长度有时会很大, 但即使这样, 原则上还是确保支撑长度的好。但当支撑长度在桥的结构上过度不合理时, 要参考动态分析结果边增大下部结构的刚性, 考虑设置能抑制过大位移的防落桥结构式位移限制结构是比较好的

地震时的地基形面产生的相对位移, 按式 (16.2.3) 算出。式 (16.2.3) 对应地震地基所产生的变形种类数。即 I 种地基、II 种地基、III 种地基, 分别取 0.25%、0.37%、0.50% 进行计算得出。一般的, 地震时地基变形会比这种 (预测) 小, 但像过去那样大地震而使地表面龟裂等产生大的变形也是有的, 所以要将余量留出来。作为对支撑长度有影响的下部结构是对支撑点产生振动的主要原因。如图 16.2.3 所示, 并且同一桥中, 当地基条件不一样时, 按地基更软弱的条件算出比较好。

当判定地基的流动性会对桥梁产生影响时, 按 8.3 (的规定) 产生流动力导致桥脚基础变形, 使上部结构惯性力产生水平位移, 用式 (16.2.5) 算出。这个时候, 1) 以考虑流动性为主。2) 考虑只产生液化化为主。3) 按液化化和流动化都不产生考虑。用 3 种主要考虑方式来算出支撑长度, 不管哪一种都选用最大值。并且在 1) 的场合基础

顶端发生水平位移达到基础屈服, 应将支撑长度留出 0.5m 以上的余地比较好。这是当基础达到屈服的程度, 负荷稍微有一点变动都会发生很大的位移, 所以更要加强流动力的计算精度, 由于流动力的作用不能预测的变形也要考虑进去。并且, 考虑了流动性而计算出支撑力时, 没有必要再同时考虑由于地震作用产生的支撑、桥脚、基础的变形。

象斜桥那样桥轴方向和土压的水平作用作用不一致时, 支撑长度按图 16.2.4 所示土压水平分量的作用方向。这是因为斜桥 (梁的) 主轴和下部结构的主轴不一致。桥轴方向的振动和桥轴直角方向的振动综合的结果以及桥在地震时的复杂性所决定的, 还应考虑到安全性, 如图 16.2.4 所示, 以梁端到下部结构顶部的最小距离方向为支撑长度。

(2) 按照第 7 章根据动态照查法进行了耐震性能对照表时, 通过根据动态解析求得的端部上下结构间的相对位移将支撑长度查出。

(3) 如图 16.2.5 所示的斜桥上部结构, 因回转所以发生落桥的可能性是有的, 因此要考虑到回转的影响来设定支撑长度。关于斜桥包括简支桥, 连续桥, 当斜角和上部结构的一列长度及关系符合 (16.5.1) 的范围时, 因回转发生脱落回转角 α_E 及相对于回转的支撑长度 $S_{E\alpha}$, 按 (1) 或 (3) 所算出的值相比取大的值。

式 (16.2.4) 在斜桥以重心为回转中心, 只是以临界脱落回转角回转时, 考虑上部结构端部的中心只是以临界脱落回转角回转时, 考虑上部结构端部的中心从支撑长度脱离的状况进行求解。在这里, 临界脱落回转角, 通过平成 7 年的兵库县南部地震的灾害事例, 及用地震动对桥梁进行动态分析的结果得知 (临界脱落回转角) 一般为 5° 。

当在多孔连续桥等斜角不能不小的场合时, 应用动态解析进行充分地研讨, 定出适合的临界脱落回转角。并且当多孔连续桥等上部结构中 L_0 较大者, 按式 (16.2.4) 算出的支撑长度 $S_{E\alpha}$ 也会是大值。象这样情况时, 支撑长度在桥全体结构上就明显不合理。一般的应为 (1) 式算出的支

撑长度的1.5倍为好。

并且，上部结构两端的支撑不平行，两端的斜角不一样时，设定以桥轴线中心点为中心回转，用小的斜角求出支撑长度。

(4) 曲线桥由于图16.2.6所示的结构特性上部结构的回转方向曲线的外侧方向移动会有可能发生落桥，因此应考虑这些影响来设定支撑长度。当曲线桥的主角，上部结构的一列长度，宽的关系符合式(16.5.2)的场合时，会有可能发生上部结构不被桥台式按上部结构的约束的回转。而且在地震时，由于复杂的振动使上部结构向曲线外侧移动也是有可能的，从而会发生上部结构从下部结构顶部结构脱落的危险。因为向曲线的外侧方向移动受交角的影响，所以由交角来求出临界移动量 δ_E ，由此再用式(16.2.5)算出支撑长度。和斜桥同样，像这样求出的支撑长度与(1)或(3)求出的支撑长度比较，取大的值来改为支撑长度。并且当连续桥的曲线桥两梁端部交角大时，针对上部结构时回转或向曲线外侧方向移动来设定支撑长度是必要的。按式(16.2.5)算出的支撑长度 $S_{E\phi}$ 会有大值的时候，因此支撑长度在桥全体结构上明显不合理时，为了能确实约束曲线桥的回转式向外侧方向移动，而按16.3的规定设置桥轴直角方向的位移限制结构或进行有同样作用的强化处理。在这里，支撑长度在桥全体结构的不合理情况下，由于桥的结构条件或规模不同也各不同，一般的支撑长度取按(1)或(2)计算长度的1.5倍以上为好。

16.3 防落桥结构

本节要点

(1) 防落桥结构的屈服强度不能低于按式(16.3.1)计算出的设计地震力。在这里，防落桥结构的屈服强度要再乘上系数1.5算出。并且防落桥结构的设计位移量在不超过(16.3.2)算出的值的范围内取最大值。

(2) 防落桥结构为不损伤支撑的移动，回转等机能的机构。

(3) 防落桥结构随着向桥轴直角方向移动，并且能缓和地震力的结构。

(4) 防落桥结构的安装，应确保防落桥结构的设计地震力能传至上部结构。

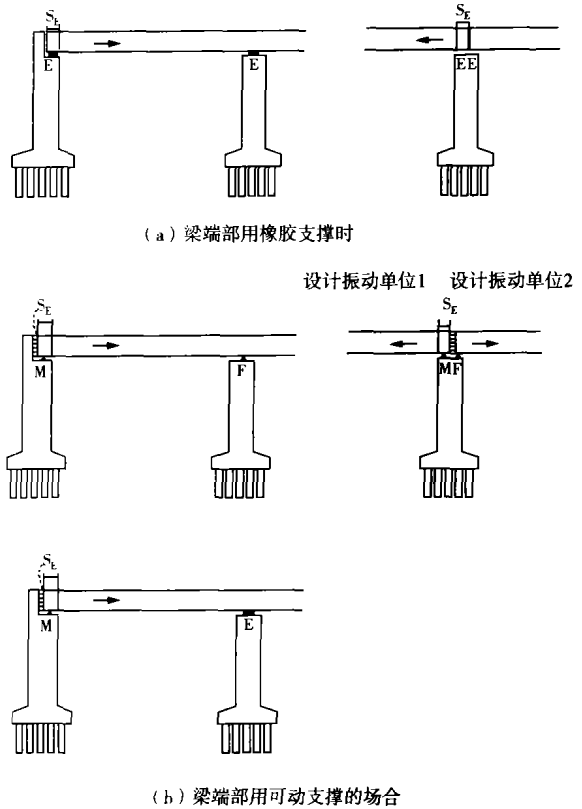


图16.2.2 计算支撑长度的惯性力的作用方式

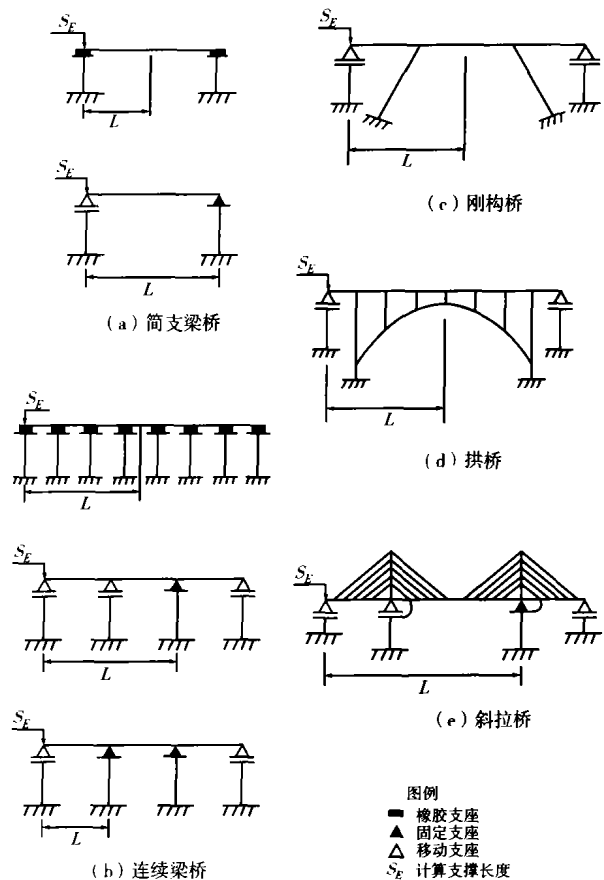


图16.2.3 对支撑长度有影响下部结构间的距离L确定方法

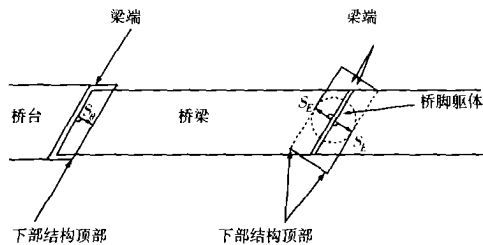


图16.2.4 桥轴方向和土压水平作用方向不一致时的支撑长度确定方法

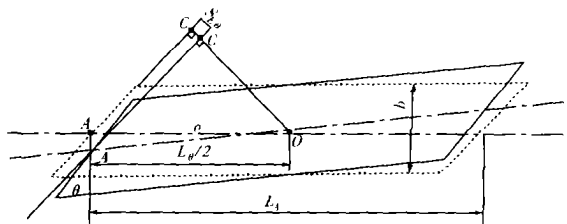


图16.2.5 用于斜拉桥的支撑长度

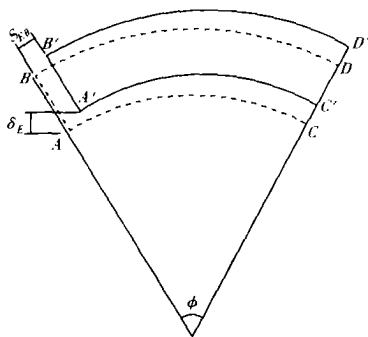


图16.2.6 用于曲线桥的支撑长度

(5) 防落桥结构不能妨碍支撑部分的维护管理。

本节分述

(1) 防落桥结构是补充支撑长度的构造。当下部结构或支撑被破坏而且上下部间产生未有预料到的大的相对位移时，本结构能代替支撑长度的机能。因此，有防落桥结构时，不需要太大支撑长度，但设计时，要达到当发生预想不到的地基破坏或特殊结构被破坏时，也要具有可靠的性能，因此规定了防落桥结构和支撑长度两方面的设计。

在防落桥结构的设计中，即使存在上部结构发生脱离状态等特殊情况，但为了仍能支撑上部结构所以还是要按式(16.3.1)的静载荷反作用力的1.5倍的水平力来作为设计地震力。在计算防落桥结构的屈服强度时，应考虑到地震的情况加上系数1.5时的容许应力算出。

防落桥结构的设计位移量 S_F ，某种程度的

位移在全桥中是允许的，但要将全体结构的损害减小，同时要比支撑长度 S_E 小，因此从这个观点出发，应在不超过式(16.3.2)的范围选大的值。因此，作为防落桥结构的设计位移系数 C_F 以0.75为标准。但是，由式(16.2.1)算出的 S_E 的值很大，防落桥结构的位移量过大时，在不妨碍支撑部的机能式维护管理的前提下，可比 $C_F = 0.75$ 小。

作为防落桥结构有：1) 上下部结构连接的结构；2) 上部结构及下部结构突起的结构；3) 相邻的上部结构相应连接的结构等形式。结构如图16.3.1~16.3.3所示。对于具体的桥梁，上部结构和下部结构用PC钢材或锚杆等进行连接。也有部分桥梁相邻两段上部结构用PC钢材等进行连接的。

防落桥结构和位移限制结构，即使在有类似的情况下，因为机能不一样，原则上不能兼用。这是为了避免当防落桥结构和位移限制结构兼用时，当一方面的机能丧失时会影响其他功能的正常，甚至丧失。也就是为了确保各个机能正常。但当采用两方机能分开的结构时，也可以兼用。

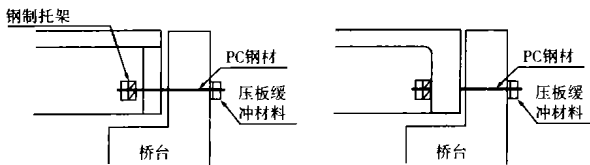
(2) 防落桥结构不能约束地震时上部结构的温度变化，或由于活动载荷而使支撑部发生的移动、回转等。在B类型的橡胶支撑时，为了在大地震时能最大限度地运用橡胶支撑的变形能力，应确保使橡胶有极限内的移动量。

(3) 在以往的震灾事例中，防落桥结构向轴直角方向位移而破损或被冲击情况也是很多的。因此，防落桥结构应是能向桥轴直角方向一起移动的结构，并且也是为了缓和地震的冲击而使用橡胶缓冲器等缓冲材料的耐冲击性质的结构。

(4) 在平成兵库县南部的地震中，防落桥结构本体在上下部结构的安装部分发生了多处破损。如果不能确保安装部分的安全性，就不能保证防落桥结构。防落桥结构的安装部分为：(1)考虑到所规定的设计地震力按钢桥篇混凝土桥篇及下部结构篇将安全性查出。例如：在桥台的墙安装防落桥结构时，按下部结构篇8.4.3

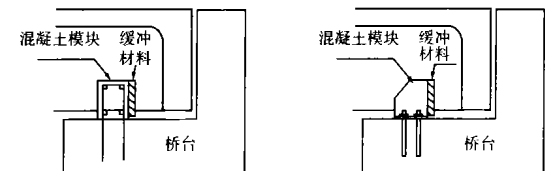
的说明来进行护墙的设计。混凝土上部结构为T型梁的桥、箱梁桥及混合梁桥等的支撑部的主梁、横梁及旁边安装防落桥结构时，在设有突起的场合还包括了突起本体，而且连安装突起的上下部结构也包括在内。防落桥结构的安装部分是在能将地震力尽量地分散，不能让应力集中的结构。

(5) 防落桥结构多设在支撑部附近，因此不能妨碍支撑部检查或维修等维护管理。特别是上部结构或下部结构设有突起的结构或上下部结构。采用连接构造时，一定不能妨碍支撑或伸缩装置检查等维护管理。为能提高下部结构顶部的排水机能，在下部结构的顶部放排水沟是比较有效果的。见图16.3.1、16.3.2、16.3.3。



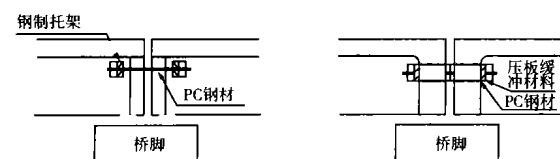
(a) 钢梁上部结构的场合 (b) 混凝土梁上部结构的场合

图16.3.1 连接上部结构和下部结构的防落桥结构实例



(a) 使用混凝土模块的防落桥结构 (b) 使用钢制托架的防落桥结构

图16.3.2 上部结构和下部结构设有突起的防落桥结构实例



(a) 钢上部结构的场合 (b) 混凝土上部结构的场合

图16.3.3 两联上部结构相互连接的防落桥结构实例

16.4 错位防止装置

错位防止装置是即使支撑部破损也能将上部结构支撑在适当高度的结构。

为了使在大地震发生后的住民能紧急避难或急救车辆能通行，当支撑部被损时，也要尽量减小路面发生错位，这对于防灾、抗灾很重要。因此，有必要设置错位防止装置，用高支

撑时更应设置。在结构上，可用橡胶支撑，混凝土结构时可设置台座。一般情况下，受灾路面下沉50~100mm对地震后的急救车辆的通行并没有致命的影响，所以可根据路线决定限制值为好。当支撑部破损，位移限制结构还能支持上部结构的错位。也可用架设或维护管理用的千斤顶支撑，达到荷重就可以了，所以水平方向的设计地震力不用考虑。

16.5 位移限制结构

本节要点

(1) 符合下列所示条件的桥，在端支点要加桥轴方向的防落桥系统，在桥轴直角方向设置位移限制结构。

1) 满足式(16.5.1)的斜角小的斜桥

$$\sin^2 \theta / 2 > b/L \quad \dots\dots\dots (式16.5.1)$$

其中：

L：同一连的上部结构的长(m)。

b：上部结构的全宽(m)。

θ ：斜角(°)

2) 满足式(16.5.2)的曲线桥

$$\frac{115}{\phi} \frac{1-\cos \phi}{1+\cos \phi} > b/L \quad \dots\dots\dots (式16.5.2)$$

其中：

L：同一连的上部结构的长(m)。

b：上部结构的全宽(m)。

ϕ ：斜角(°)

3) 下部结构的顶部窄的桥

4) 一条支撑线上支撑数少的桥

5) 按8.3规定的因地基的滑动而导致桥脚发生桥轴直角方向移动可能的桥

(2) 在(1)中规定的桥，从3)到5)的场合中，即使在中间支撑点也要设置位移限制装置。

(3) 桥轴直角方向的位移限制结构按15.5的规定进行。

本节分述

(1) 在一般桥轴直角方向，梁移动落下的可能性是低的，因此采用B类型支撑的场合，在这个方向没有必要设置防落桥系统。但是按16.1说明所示的斜桥或曲线桥，下部结构的顶部窄的

桥，及在一条支撑线上支撑数少的桥，还有因地基流动化有可能发生桥轴直角移动的桥都会有可能发生落桥，因此，即使在B类型的支撑时也要设置位移限制结构。在使用A类型的支撑布置时，作为补充支撑的结构已设置了位移限制结构，所以就没有必要再设置另外的位移限制结构了。

式(16.5.1)及式(16.5.2)如图16.5.1~图16.5.3所示，根据上部结构的几何学的条件，上部结构应是不受梁和桥台护墙约束能传导回转的。在这里假设上部结构的两端按部分的梁或护墙对回转的影响很小。图16.5.4及图16.5.5显示了式(16.5.1)及式(16.5.2)的关系。

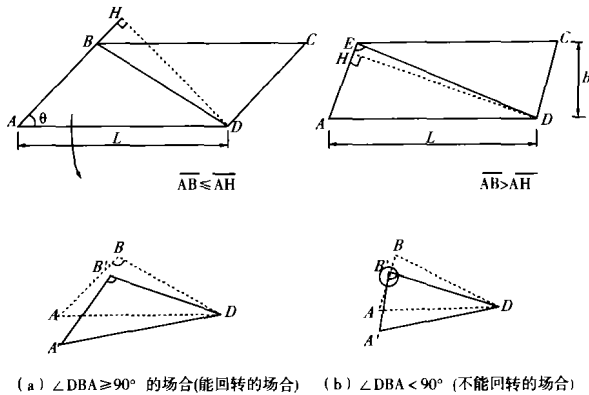


图16.5.1 不受邻接梁式桥台影响的斜桥回转条件

(2) 下部结构的顶部窄的桥，一条支撑线上的支撑数少的桥，因地基滑动影响而可能向桥轴直角方向发生桥脚移动的桥。不仅桥轴方向，在桥轴直角方向也有可能发生落桥，因此在中间支撑点也必须在桥轴直角方向位移设置位移限制结构。见图16.5.2、16.5.3。

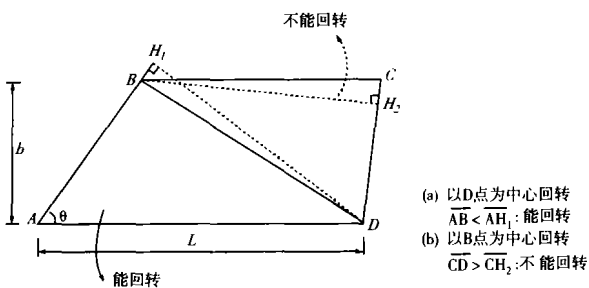


图16.5.2 上部结构两端的支撑线不平行的斜桥能回转的条件

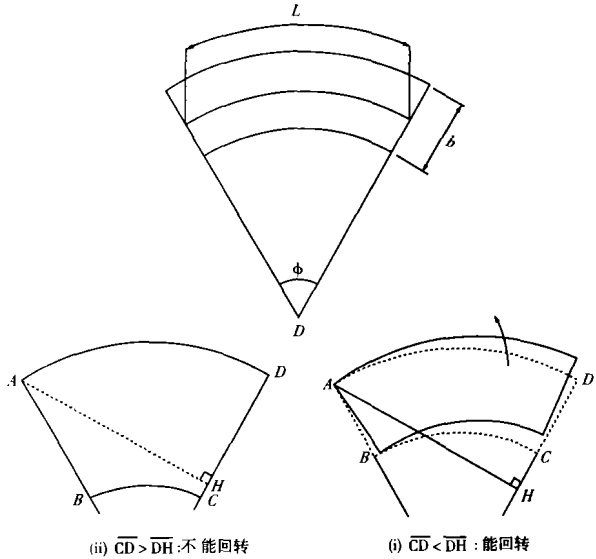


图16.5.3 不受邻接梁和桥台影响的曲线桥能回转的条件

(3) 关于桥轴直角方向的位移限制结构和桥轴方向的位移限制结构。同样，按15.5的规定进行设计。但是，桥轴直角方向的位移限制结构的设计位移量按等级2的地震时的支撑移动量。在桥轴直角方向的移动量不计入温度变化时，设置在一般状态下不约束上下部结构间的桥轴方向的相对移动量为好。见图16.5.4、16.5.5。

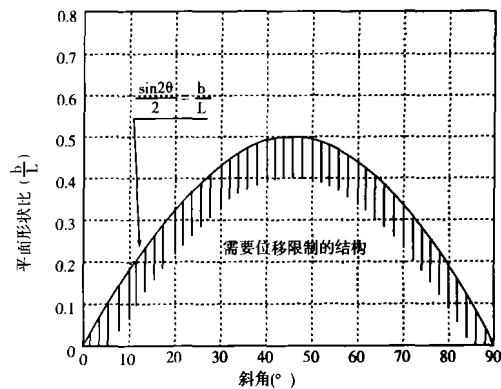


图16.5.4 桥轴直角方向需设位移限制结构的斜桥的条件

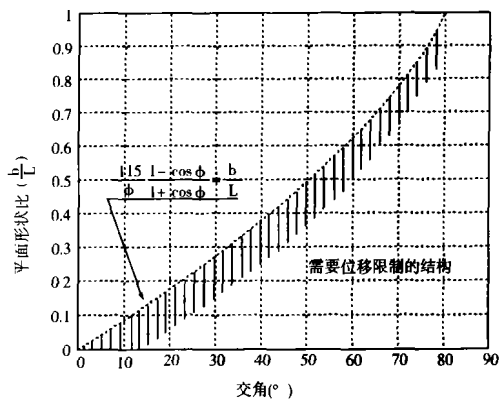


图16.5.5 桥轴直角方向需要位移限制结构的曲线桥的条件