

隧道工程

第 12 讲：曲墙式和直墙式衬砌结构计算

土木与交通学院
School of Civil Engineering and Communication

一、曲墙式衬砌结构计算

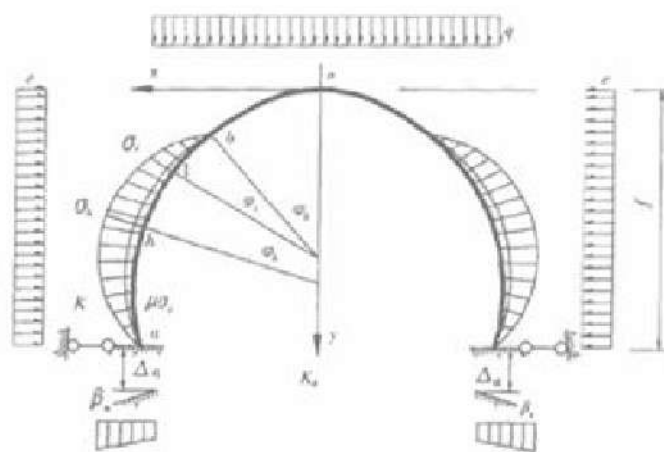
1.概述

在衬砌承受较大的垂直方向和水平方向的围岩压力时，常常采用曲墙式衬砌形式。它由拱圈、曲边墙和底板组成，有向上的底部压力时设仰拱。曲墙式衬砌常用于类围岩中，拱圈和曲边墙作为一个整体按无铰拱计算，施工时仰拱是在无铰拱业已受力之后修建的，因此，一般不考虑仰拱对衬砌内力的影响。

2. 计算图式

在主动荷载作用下，顶部衬砌向隧道内变形而形成脱离区，两侧衬砌向围岩方向变形，引起围岩对衬砌的被动弹性抗力，形成抗力区。抗力图形分布规律按结构变形特征。

假定如下图所示。



抗力图形的分布按以下假定计算。

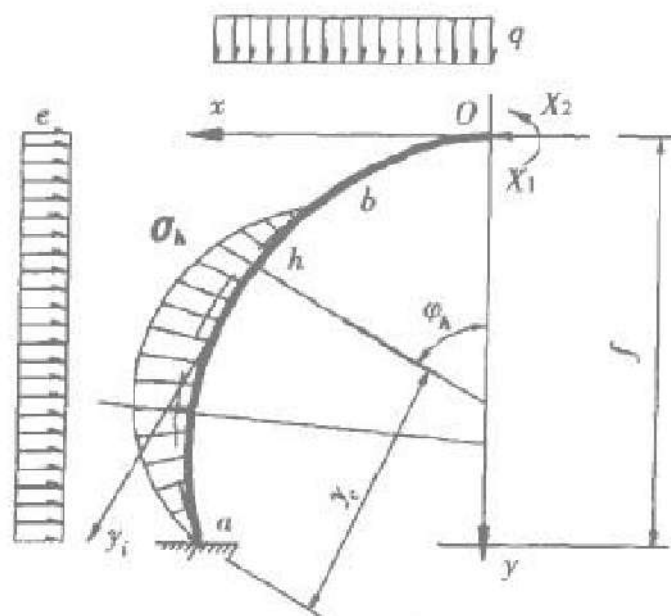
拱部段抗力按二次抛物线分布，任一点的抗力与最大抗力关系为：

$$\sigma_i = \frac{\cos^2 \varphi_b - \cos^2 \varphi_i}{\cos^2 \varphi_b \cos^2 \varphi_h} \sigma_h$$

边墙段的抗力为

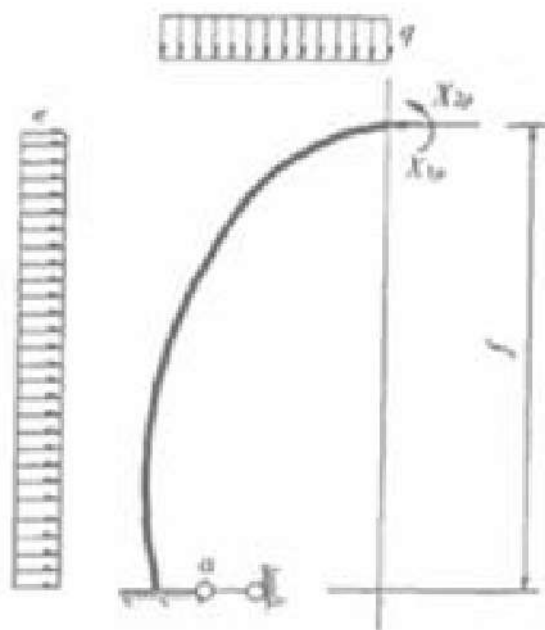
$$\sigma_i = \left[1 - \left(\frac{y'_i}{y'_h} \right)^2 \right] \sigma_h$$

根据结构力学的力法求解内力，取基本结构如下图所示。



3. 主动荷载作用下的力法方程和衬砌内力

主动荷载作用下，取基本结构如下图所示：



根据拱顶截面相对变位为零的条件，可以列出力法方程式：

$$X_{1p}\delta_{11} + X_{2p}\delta_{12} + \Delta_{1p} + \beta_{ap} = 0$$

$$X_{1p}\delta_{21} + X_{2p}\delta_{22} + \Delta_{2p} + f\beta_{ap} + u_{ap} = 0$$

求得两个基本未知力后，截面内力可表示为：

$$M_{ip} = X_{1p} + X_{2p}y_i + M_{ip}^0$$

$$N_{ip} = X_{2p} \cos \varphi_i + N_{ip}^0$$

在具体进行计算时，还需根据最大抗力点处的变形协调条件，进一步确定被动抗力的大小。并利用叠加原理求出h点的最终位移。然后利用温克尔假定，求出h点的应力。

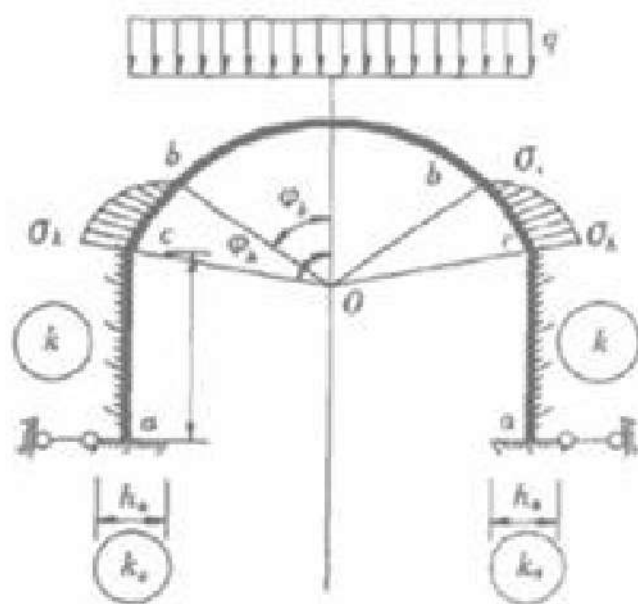
二、直墙式衬砌结构计算

1. 概述

直墙式衬砌广泛用于道路隧道，它由拱圈、直边墙和底板组成。计算时仅计算拱圈及直边墙，底板不进行衬砌计算，需要时按道路路面结构计算。

2. 计算原理

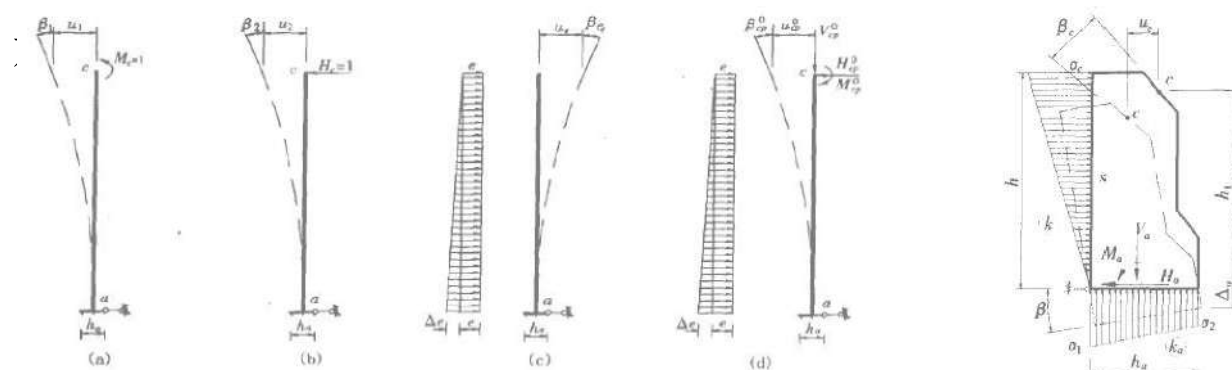
拱圈按无铰拱计算，与前述半衬砌结构计算方法相同。拱脚支承在边墙上，边墙按弹性地基上的直梁计算，并考虑边墙与拱圈之间的相互影响。如下图所示。



直墙式衬砌的拱圈计算原理与本章第三节拱圈计算及第四节曲墙式衬砌计算相同，可以参照相应公式计算。

3. 边墙的计算

由于拱脚不是直接支承在围岩上，而是支承在直边墙上，所以直墙式衬砌的拱圈计算中的拱脚位移，需要考虑边墙变位的影响。直边墙的变形和受力状况与弹性地基梁相类似，可以作为弹性地基上的直梁计算。墙顶（拱脚）变位与弹性地基梁（边墙）的弹性特征值及换算长度有关，分为三种情况：短梁、长梁、刚性梁。其中，短梁和刚性梁的计算图式分别如下图所



短梁

刚性梁

重点： 掌握曲墙式衬砌和直墙式衬砌结构计算模型的建立方法和内力求解方法； 理解计算中公式推导的方法和过程。

难点： 内力计算公式的推导过程。

课外作业： 总结掌握曲墙式衬砌和直墙式衬砌结构计算模型的建立方法和内力求解方法，推导计算中公式推导过程。