

长壁园池的计称

长壁园池的计算

(二) 有盖园池

江苏工业学院图书馆
藏书章

引 言

根据工艺要求，水池往往要加顶盖。但是用盖作为壁顶支撑，造成热应力更为严重，并使盖和壁的连接构造比较困难。

从应力分析看，有盖园池较开口园池复杂得多，须在池壁上下两边做两个切口，并取四个内力为未知数。当壁厚按直线变化时，其弹性曲面基本微分方程中，四个积分常数很难解决。

众所周知，当 $\frac{H}{S} \geq 2.65$ 时，双曲线三角函数迅速衰减，因此，池壁两端可分别计算，近端应力状态接近端边界条件决定，与远端边界条件无关。这样使计算大为简化，并且保证设计所需要的精度。

在下述章节中，我们将阐明这一方法，并推荐一整套公式及实用计算图表。

目 录

引言

第五章 有盖变壁厚园池的计算..... (1)

第一节 液压作用下变壁厚园池的计算..... (2)

第二节 边缘力作用下变壁厚园池的计算..... (6)

第六章 有盖等壁厚园池的计算

第一节 液压作用下等壁厚园池的计算..... (9)

第二节 边缘力作用下等壁厚园池的计算..... (12)

第七章 有盖园池实用计算法

第一节 等壁厚园池..... (14)

第二节 变壁厚园池..... (15)

表—13 等壁厚园池顶端固定在三角形荷载作用下系数 K_{M2} 、 K_{Q2} 、 K_M 、 K_T 的数值表..... (19)

表—14 等壁厚园池顶端固定在矩形荷载作用下系数 K_{M2} 、 K_{Q2} 、 K_M 、 K_T 的数值表..... (29)

表—15 等壁厚园池顶端铰接在三角形荷载作用下系数 K_T 的数值表..... (37)

表—16 等壁厚园池顶端铰接在矩形荷载作用下系数 K_{Q2} 、 K_M 、 K_T 的数值表..... (44)

表—17 等壁厚园池顶端或底端有边缘弯矩作用时系数 K_M 、 K_T 的数值表..... (52)

表—18 等壁厚园池顶端或底端有边缘剪力作用时系数 K_M 、 K_T 的数值表..... (60)

参考文献..... (70)

开口园池部分勘误..... (18)

第五章 有盖变壁厚园池的计算

有盖变壁厚园池，须在池壁上下边缘作两个切口，并取四个内力为未知数(图 5-1)。在液压作用下变壁厚园池池壁底端的计算，在本文第一部分已详细论述，此处仅研讨池壁顶端的计算问题。但是，边缘力作用下池壁底端的计算，本文第一部分没有讨论，因此，本章中在叙述顶端计算的同时还将底端的计算予以补充。

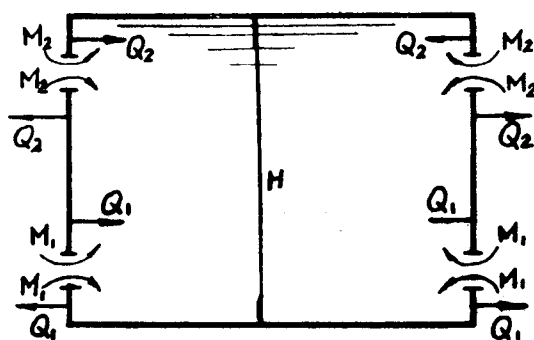


图 5-1

根据顶端切口处的变形条件，可成立下列力法典型方程式：

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}^u M_2 + \delta_{12}^u Q_2 &= \delta_{1g}^u \\ \delta_{21}^u M_2 + \delta_{22}^u Q_2 &= \delta_{2g}^u \end{aligned} \right\} \quad (5-1)$$

上列方程式中，弹性变形系数的 EJ 倍为：

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}^u &= \frac{S_2}{C} \\ \delta_{12}^u &= \delta_{21}^u = \frac{S_2^2}{2C} \\ \delta_{22}^u &= \frac{dS_2^3}{2C} \end{aligned} \right\} \quad (5-2)$$

(5-2 式中)

$$C = 1 + 1.25 \frac{S_2}{H_2}$$

$$d = 1 + 0.25 \frac{S_2}{H_2}$$

在梯形荷载作用下，荷载项的 EJ 倍为：

$$\left. \begin{aligned} \delta_1^u &= \frac{S_2^4}{4H} \left(q_1 - \frac{q_2 h_1}{h_2} \right) \\ \delta_2^u &= \frac{S_2^4}{4} q_2 \end{aligned} \right\} \quad (5-3)$$

方程式采用的符号（图 1—2）其意义详见第一章第一节。

应用弹性地基上无限长梁理论，沿壁高变化的弯矩及环拉力之公式为：

$$\left. \begin{aligned} M_x &= M_2 \eta_1 + (M_2 + S_2 Q_2) \eta_2 \\ T_2 &= T_{20} + \frac{4R}{S_2^4} [M_2 \delta_{12}^u \eta_2 - (M_2 \delta_{12}^u + Q_2 \delta_{22}^u) \eta_1] \end{aligned} \right\} \quad (5-4)$$

必须指出：在公式（1—5）、（1—6）及（5—4）中，座标 $\varphi = \frac{X}{S_1}$ 及相应的 $\frac{X}{S_2}$ 从各自边缘算起。

第一节 液压作用下变壁厚园池的计算

（一）顶端固定

解力法方程式（5—1）得：

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= \frac{\delta_{12}^u \delta_{22}^u - \delta_{22}^u \delta_{11}^u}{\delta_{12}^u \delta_{21}^u - \delta_{11}^u \delta_{22}^u} \\ Q_2 &= \frac{\delta_{11}^u \delta_{22}^u - \delta_{21}^u \delta_{12}^u}{\delta_{11}^u \delta_{22}^u - \delta_{12}^u \delta_{21}^u} \end{aligned} \right\} \quad (5-5)$$

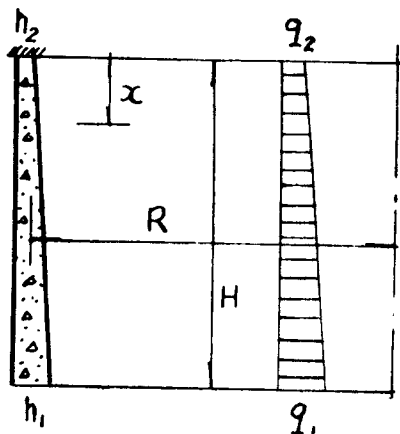


图 5-2

以公式 (5-2) 及 (5-3) 代入公式 (5-5) 得梯形荷载作用下 (图 5-2) 顶端之边缘力:

$$M_2 = \left[\frac{S_2^3 d}{4H} \left(q_1 - q_2 \frac{h_1}{h_2} \right) - \frac{S_2^2 q_2}{4} \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-6)$$

$$Q_2 = \left[\frac{S_2^2 q_2}{2} - \frac{S_2^2}{4H} \left(q_1 - q_2 \frac{h_1}{h_2} \right) \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-7)$$

上列两式可写成如下形式:

$$M_2 = \frac{S_2^2 q_2}{4} \left[\left(\frac{q_1}{q_2} - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{S_2 d}{H} - 1 \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-6_a)$$

$$Q_2 = \frac{S_2^2 q_2}{2} \left[\frac{1}{S_2} - \left(\frac{q_1}{q_2} - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{1}{2H} \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-7_a)$$

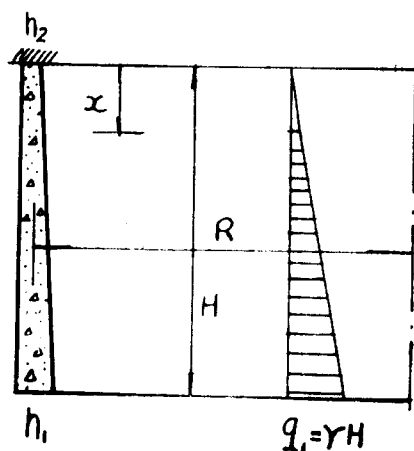


图 5-3

当荷载为三角形时 (图 5-3), 以 $q_1 = \gamma H$; $q_2 = 0$ 代入公式 (5-6) 及 (5-7) 得边缘力:

$$M_2 = \frac{\gamma S_2^3}{4} \cdot \frac{cd}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-8)$$

$$Q_2 = - \frac{\gamma S_2^2}{4} \cdot \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-9)$$

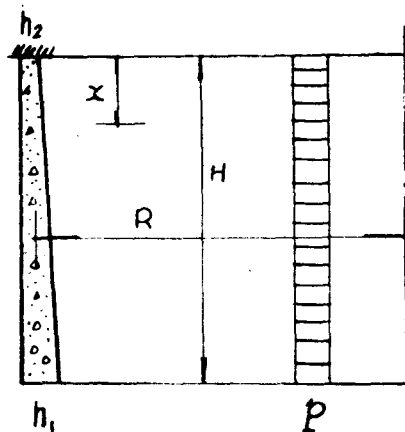


图 5-4

当荷载为矩形时 (图 5-4), 以 $q_1 = q_2 = P$ 代入公式 (5-6_a) 及 (5-7_a) 得边缘力:

$$M_2 = \frac{P S_2^3}{4} \left[\left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{d}{H} - \frac{1}{S_2} \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-10)$$

$$Q_2 = \frac{P S_2^2}{2} \left[\frac{1}{S_2} - \left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{1}{2H} \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-11)$$

在三角形荷载作用下, 变壁厚圆池的池壁弯矩及环向拉力 (图 5-3), 可将公式 (5-8)、(5-9)、(5-2) 代入公式 (5-4) 求得:

$$M_x = \frac{\gamma S_2^3}{4} \left[d (\eta_1 + \eta_2) - \eta_2 \right] \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-12)$$

$$T_2 = \gamma R H \left[\frac{X}{H} - \frac{S_2}{2H} \cdot \frac{d}{(d - \frac{1}{2})} \eta_2 \right] \quad (5-13)$$

在矩形荷载作用下, 变壁厚圆池的池壁弯矩及环向拉力 (图 5-4), 可将公式 (5-10)、(5-11)、(5-2) 代入公式 (5-4) 求得:

$$M_x = \frac{P S_2^3}{4} \left\{ \left[\left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{d}{H} - \frac{1}{S_2} \right] (\eta_1 + \eta_2) + 2 \left[\frac{1}{S_2} - \left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{1}{2H} \right] \eta_2 \right\} \frac{C}{(d - \frac{1}{2})} \quad (5-14)$$

$$T_2 = PR \left\{ 1 - \left[\left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{d S_2}{2H} - \frac{1}{2} \right] (\eta_1 - \eta_2) \frac{1}{(d - \frac{1}{2})} - \left[1 - \left(1 - \frac{h_1}{h_2} \right) \frac{S_2}{2H} \right] \frac{d \eta_1}{(d - \frac{1}{2})} \right\} \quad (5-15)$$

(二) 顶端铰接

当顶端铰接时, 根据切口处的变形条件, 其力法方程式为:

$$M_2 = 0$$

$$\delta_{22}^u Q_2 = \delta_{2g}^u$$

(5 - 16)

以 (5 - 2) 及 (5 - 3) 式中 δ_{22}^u 及 δ_{2g}^u 代入上式解得:

$$Q_2 = -\frac{C}{d} \cdot \frac{S_2 q_2}{2} \quad (5 - 17)$$

当池壁顶端为部分铰接时, 将 (5 - 17) 式乘以铰接系数 m 予以修正:

$$Q_2 = m \cdot \frac{C}{d} \cdot \frac{S_2 q_2}{2} \quad (5 - 18)$$

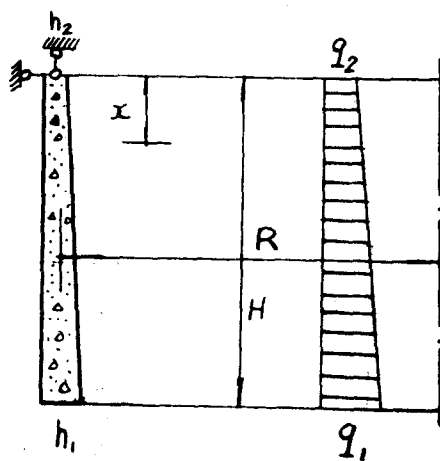


图 5-5

于是在梯形荷载作用下 (图 5 - 5), 考虑铰接系数的变壁厚圆池的池壁内力为:

$$M_x = m \cdot \frac{C}{d} \cdot \frac{S_2^2 q_2}{2} \eta_2 \quad (5 - 19)$$

$$T_2 = T_{20} - m q_2 R \eta_1 \quad (5 - 20)$$

顶端为理想铰接时取 $m = 1$, 公式 (5 - 19) 及 (5 - 20) 可改写为:

$$M_x = \frac{C}{d} \cdot \frac{S_2^2 q_2}{2} \eta_2 \quad (5 - 21)$$

$$T_2 = T_{20} - q_2 R \eta_1 \quad (5 - 22)$$

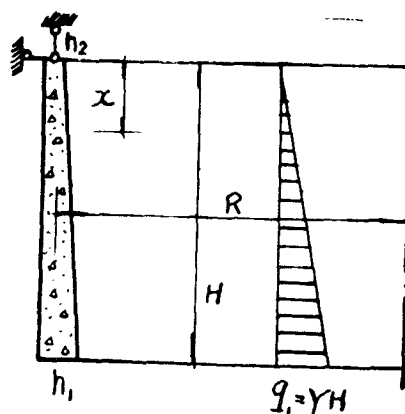


图5-6

当荷载为三角形时，以 $q_2 = 0$ 代入(5-21)及(5-22)式得：

$$\left. \begin{aligned} M_x &= 0 \\ T_z &= T_{z0} = \gamma R X \end{aligned} \right\} \quad (5-23)$$

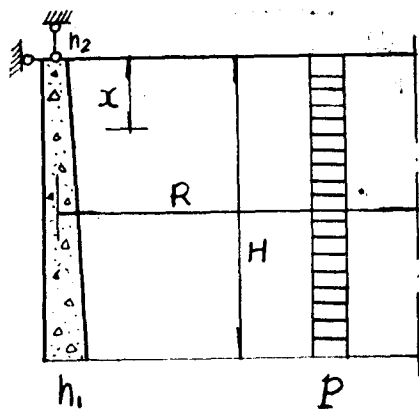


图5-7

当荷载为矩形时，以 $q_2 = P$ 代入(5-21)及(5-22)式得：

$$M_x = \frac{C}{d} \cdot \frac{P S_2^2}{2} \cdot \eta_2 \quad (5-24)$$

$$T_z = PR(1 - \eta_1) \quad (1-31)$$

第二节 边缘力作用下变壁厚园池的计算

(一) 池壁顶端

(1) 顶端自由，有边缘弯矩 M_0 作用(图5-8)

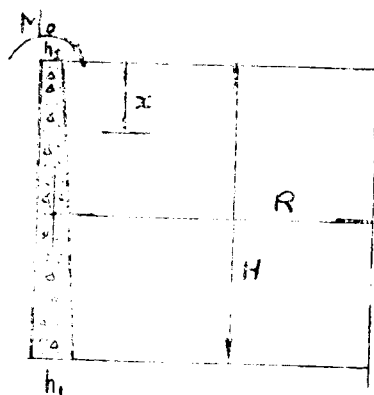


图 5-8

当 $X=0$ 时有: $M_2=M_0$; $Q_2=0$

以该边界条件代入公式 (5-4) 得:

$$M_x = (\eta_1 + \eta_2) M_0 \quad (5-25)$$

$$T_2 = \frac{4R}{S_2^2} \delta_{12}^u (\eta_2 - \eta_1) M_0 \quad (5-26)$$

将 (5-2) 式中 δ_{12}^u 代入 (5-26) 得:

$$T_2 = \frac{2R}{S_2^2 C} (\eta_2 - \eta_1) M_0$$

(2) 顶端自由, 有边缘剪力 Q_0 作用 (图 5-9)

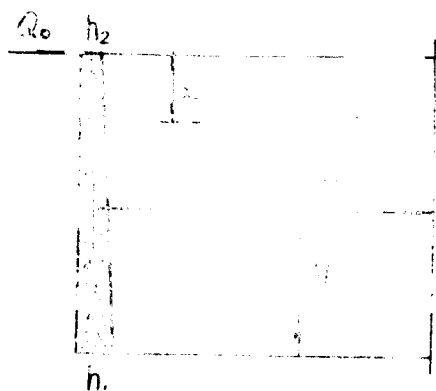


图 5-9

当 $X=0$ 时有: $M_2=0$; $Q_2=Q$ 。

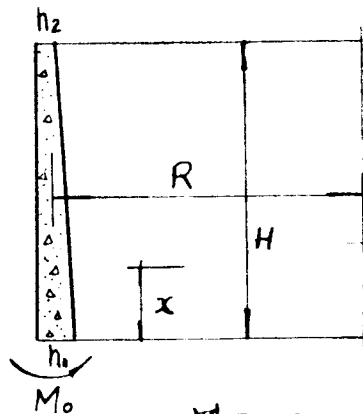
以该边界条件代入公式 (5-4) 得:

$$M_x = S_2 \eta_2 Q. \quad (5-28)$$

$$T_2 = -\frac{2Rd}{S_2 C} \cdot \eta_1 Q. \quad (5-29)$$

(二) 池壁底端

(1) 底端自由, 有边缘弯矩 M 。作用 (图 5-10)



当 $X=0$ 时: $M_1=M_0$; $Q_1=0$

以该边界条件代入 (1-5) 及 (1-6) 式得:

$$M_x = (\eta_1 + \eta_2) M_0. \quad (5-25)$$

$$T_2 = \frac{4R}{S_1^4} \delta_{12} (\eta_2 - \eta_1) M_0. \quad (5-30)$$

将 (1-2) 式中 δ_{12} 代入 (5-30) 式得:

$$T_2 = \frac{2R}{S_{1a}^2} (\eta_2 - \eta_1) M_0. \quad (5-31)$$

(2) 底端自由, 有边缘剪力 Q 。作用 (图 5-11)

当 $X=0$ 时: $M_1=0$; $Q_1=Q$ 。

以该边界条件代入 (1-5) 及 (1-6) 式得:

$$M_x = S_1 \eta_2 Q. \quad (5-32)$$

$$T_2 = -\frac{4R}{S_1^4} \delta_{22} \eta_1 Q. \quad (5-33)$$

将 (1-3) 式中 δ_{22} 代入 (5-33) 得:

$$T_2 = -\frac{2Rb}{S_{1a}} \eta_1 Q. \quad (5-34)$$

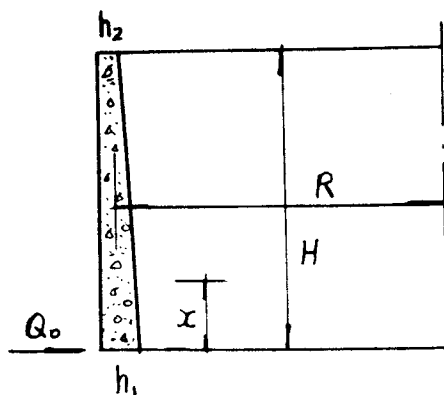


图 5-11

第六章 有盖等壁厚园池的计算

等壁厚是变壁厚的特殊情况，我们从第五章可以很简便地得到等壁厚园池的内力公式。

第一节 液压作用下等壁厚园池的计算

(一) 顶端固定

(1) 边缘力

(a) 三角形荷载 (图 6-1)

以 $C=d=1$ 及 $S_2=S$ 代入 (5-8) 及 (5-9) 式得:

$$M_2 = \frac{\gamma s^3}{2} \quad (6-1)$$

$$Q_2 = -\frac{\gamma s^2}{2} \quad (6-2)$$

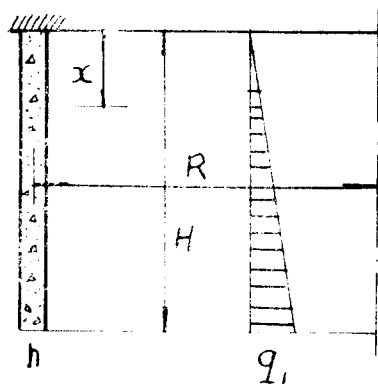
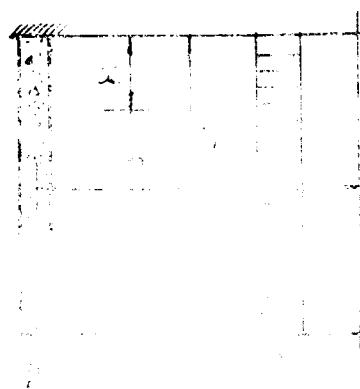


图 6-1

(b) 矩形荷载 (图 6-2)



以 $h_1 = h_2 = h$; $C = d = 1$; $S_2 = S$ 代入 (5-10) 及 (5-11) 式得:

$$M_2 = -\frac{P S^2}{2} \quad (6-3)$$

$$Q_2 = P S \quad (6-4)$$

(2) 池壁内力

(a) 三角形荷载 (图 6-1)

以 $C = d = 1$; $S_2 = S$ 代入 (5-12) 及 (5-13) 式得:

$$M_x = \frac{\gamma S^3}{2} \eta_1 \quad (6-5)$$

$$T_2 = \gamma R H \left\{ \frac{X}{H} - \frac{S}{H} \eta_2 \right\} \quad (6-6)$$

(b) 矩形荷载 (图 6-2)

以 $h_1 = h_2 = h$; $C = d = 1$; $S_2 = S$ 代入 (5-14) 及 (5-15) 式得:

$$M_x = \frac{P S^2}{2} (\eta_2 - \eta_1) = -\frac{P S^2}{2} \eta_4 \quad (2-7)$$

$$T_2 = P R (1 - \eta_1 - \eta_2) = P R (1 - \eta_3) \quad (2-8)$$

(二) 顶端铰接

(1) 边缘力

(a) 三角形荷载 (图 6-3)

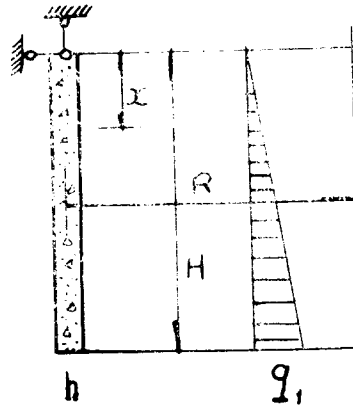


图 6-3

$$M_2 = 0$$

$$Q_2 = 0$$

(6 — 7)

(b) 矩形荷载 (图 6 — 4)

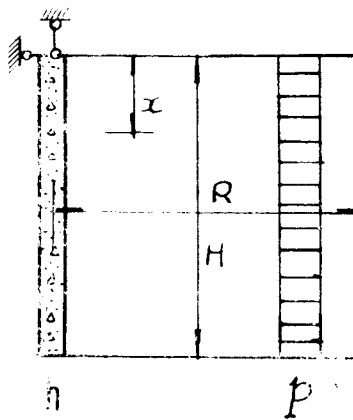


图 6-4

$$M_2 = 0$$

$$Q_2 = \frac{S P}{2}$$

(6 — 8)

(2) 池壁内力

(a) 三角形荷载 (图 6 — 3)

$$M_x = 0$$

$$T_2 = \gamma R X$$

(5 — 23)

(b) 矩形荷载 (图 6-4)

以 $C=d=1$ 及 $S_2=S$ 代入 (5-24) 式得:

$$M_x = \frac{P S^2}{2} \eta_2 \quad (2-12)$$

$$T_2 = PR(1 - \eta_1) \quad (1-31)$$

第二节 边缘力作用下等壁厚园池的计算

(1) 顶端或底端有边缘弯矩 M_0 作用

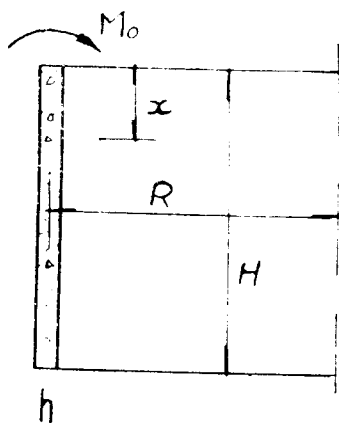


图6-5

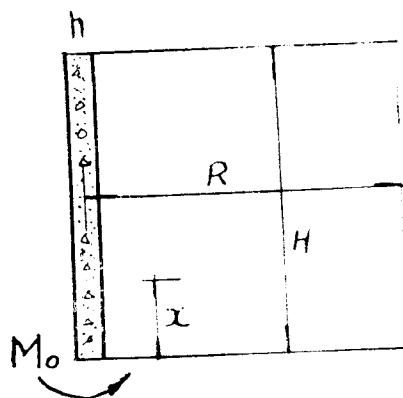


图6-6

(5-25) 式表明: 不论顶端或底端有边缘弯矩 M_0 作用, 池壁弯矩与壁厚无关。因此, 等壁厚园池顶端 (图 6-5) 或底端 (图 6-6) 有 M_0 作用时, 亦有相同关系:

$$M_x = (\eta_1 + \eta_2) M_0 \quad (5-25)$$

以 $C=a=1$ 及 $S_1=S_2=S$ 代入 (5-27) 及 (5-31) 式得:

$$T_2 = \frac{2R}{S^2} (\eta_2 - \eta_1) M_0 \quad (6-9)$$

(6-9) 式表明: 等壁厚园池不论顶端 (图 6-5)

或底端 (图 6-6) 有 M_0 作用, 其环向拉力的计算相同。

(2) 顶端或底端有边缘剪力 Q 作用

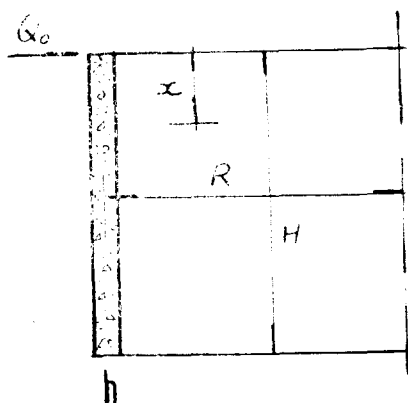


图6-7

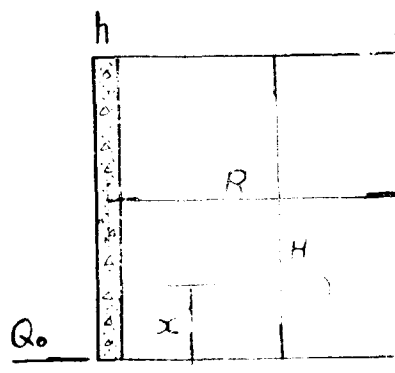


图6-8

以 $a=b=c=d=1$ 及 $S_1=S_2=S$ 代入 (5-28)、(5-29) 及 (5-32)、(5-34) 式得:

$$M_x = S \eta_2 Q_0 \quad (6-10)$$

$$T_2 = -\frac{2R}{S} \eta_1 Q_0 \quad (6-11)$$

上述两式表明: 等壁厚园池不论顶端 (图 6-7) 或底端 (图 6-8) 作用有 Q_0 时, 其池壁内力的计算相同。

第七章 有盖园池实用计算法

通过第五章、第六章所导得的在各种支承条件、各种荷载作用下的内力计算公式和边缘力计算公式, 我们可以研究园池内力的变化规律, 拟定实用计算法, 求得简化公式和图表, 以供设计计算时使用。

必须重申, 引言所阐明的长壁有盖园池的计算原则: 池壁两端可分别计算, 然后将二者池壁内力加以迭加, 即得池壁最终内力。读者可以根据各种荷载和支承条件, 在第一部分和第二部分文章中选择相应的图表, 进行组合。

例如, 等壁厚有盖园池在三角形荷载作用下两端固定情况的池壁最终内力, 可查表一1、表一13中的数值加以迭加即得。同例, 底端固定顶端铰接的情况, 可查表一1、表一15中的数值加以迭加即得。

此处注意: $\frac{x}{H}$ 应从各自的一端算起。