

暗渠排洪道雙邊跌水型進水口之設計規準

The Design Criteria for Two-Way Drop Inlet for Closed Conduit Spillways

經濟部水資會副工程師兼科長

盧 欽 城

一、概 說

雙邊跌水型進水口，係一種配合暗渠排洪管道頗為有效而適宜的進水結構物。可用之於防洪。集水區防護，或蓄水等小型水庫之排洪，

其結構略如附圖所示。因庫水係溢過進水口中平行於排洪管軸線之兩邊邊牆流入排洪渠，故可稱為「雙邊跌水型進水口」(Two-Way Drop Inlet)。此種進水口之兩端端牆向上延昇，並向外擴展，形成懸臂式支座，支持蓋於進口上方之水平平板。此平板係為阻止渦流之發生及其對排洪容量之影響而設置者；可稱之為防渦平板(Anti-Vortex plate)。在雙邊進水口之端牆邊及防渦平板外緣下，並設有欄污鐵柵，以阻止水庫中之浮流物流入排洪渠管，阻塞水路，防渦平板之設置又可使這種進水口形成自動虹吸式之排洪作用。因此，若採用此種設施，則在某適當範圍內，可保持相當穩定之水庫水位。若裝設之於以觀光育樂為目的之水庫，尤為適宜。若用之於防洪水庫，此種設施亦可保持蓄洪容量之穩定。在某種情形下，甚至可以將壩高降低，以較低之壩高，達成調節較大洪水量之目的，節省相當程度的工程費用。

二、進 水 口 尺 寸

附圖中所示各尺寸，係以排洪渠管直徑， D ，之倍數表示。因為如此，即可將實驗室中所獲得之結果，應用於與實驗體具有幾何相似的任何大小結構物上。本文所述規準係依下列各種尺寸之實驗體，實驗決定者：

- W 為進水口寬度，與排洪渠管直徑 D 相等。
- B 為進水口長度，變化範圍在 $0.1D$ 至 $1.4D$ 之間。
- Z_1 為進水口高度，變化範圍在 $2D$ 至 $5D$ 之間。
- t 為進水口溢流牆厚度，變化範圍在 $0.111D$ 至 $0.658D$ 之間。
- L 為兩端端牆懸臂長，係自進水口外緣起算，其變化範圍在 $0.1D$ 至 $4.0D$ 之間。

Z_2 為防渦平板高，係指自進水口溢流牆頂至防渦平板底之高差；變化範圍在 $0.1D$ 至 $1.4D$ 之間。

防渦平板之長度與進水口長度 B 相等。

三、設 計 規 準

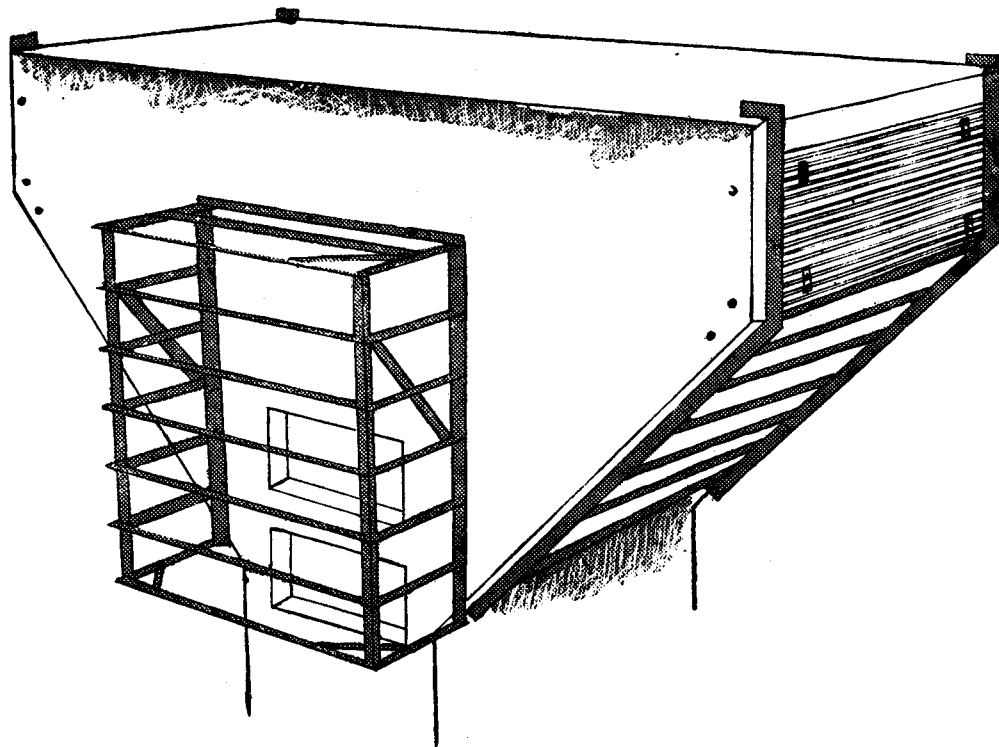
完滿理想的暗渠式排洪道，應具有下列條件：

1. 排洪時之水位流量關係穩定，而且不論在水位上漲或減退時，均符合同一關係。排洪渠管中之流量，只依序受到溢流堰，平板，及管流之控制。
2. 各部流況呈平整而穩定，不致有孔流(Orifice flow)現象之產生。
3. 可自然消除旋渦現象之發生；以免因旋渦之作用減低排洪容量多至三分之二。

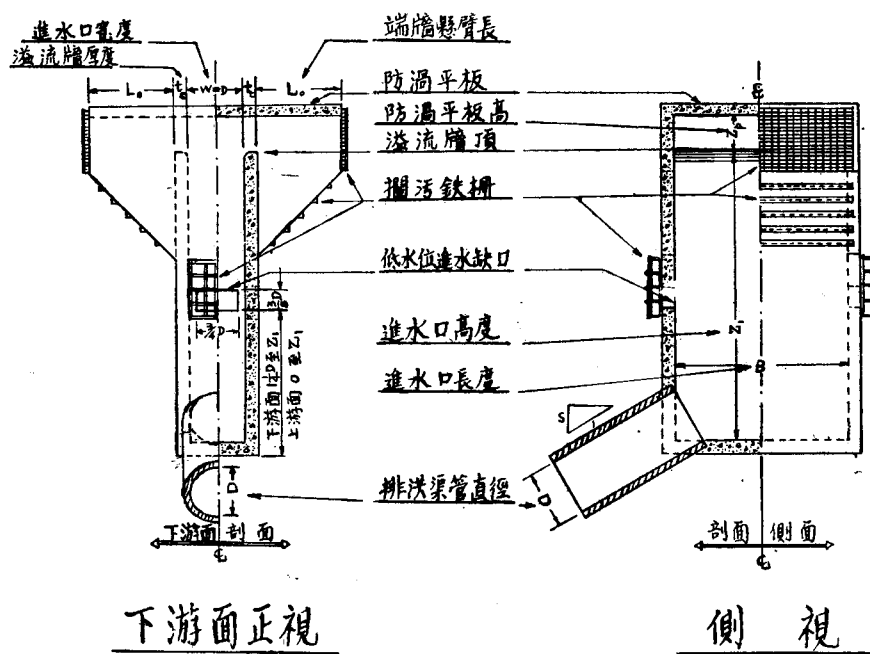
為符合上舉各點要求，進水口之設計，宜據下文所述各規準為之。茲為明瞭計，除將各極限值逐點指述外，並將各階段之流況及設計上應注意之點，併述於下：

(一) 孔流、平板控制流及管流階段：

當水庫水位達到跌水型進水口溢流牆頂至防渦平板底之間時，水流即受溢流牆頂之控制，形成堰流狀態。至水位到達防渦平板底面起，至排洪渠管滿流時為止，水流將堵封進水口，致形成自動虹吸現象。在此期間水庫水位當可維持幾乎同一的高度。此種虹吸作用是因為此時之水流形成了空氣與水之混合體，(Slugs) 流經渠管，而致使跌水進水口形成部份真空而產生。此種部份真空，足使排洪之有效水頭，在水庫水位未增加之情形下，仍節節增高。水頭增高後，流量將隨之增大。但若由水庫水面流入進水口之水量，不足供應此項增大之渠管流量時，防渦平板底下之空氣，將代替不足之水量，被吸進跌水進水口中，流量愈增，吸入之空氣亦將愈增；至其最大限後，亦即



暗渠排洪道雙邊跌水型進水口概圖



下游面正視

側視

當排洪渠管滿流後，空氣之吸入量即轉降至零。自此時起水流即行轉變為管流狀態。

(二) 孔流現象：

若在進水口溢流堰頂，或渠管進口處發生孔流現象，則在渠管中的流況將無法穩定。應盡量防止其發生。若跌水進水口不够高，孔流現象將在渠管進口處產生。故跌水進水口長度等於或大於 1.5D 時，進水口高度宜等於或大於 3 D。此種配合，將可達成防止孔流發生之目的。進水口長度則不宜小於 1.5D；因為小於此尺寸之進水口，已被證實為不良之設計。

又若溢流牆頂至防渦平板間之高差過小，則孔流現象，將在進水口溢流堰頂處發生。此乃因防渦平板過低，形成了一種孔道，控制水流所致。故防渦平板必須高到適於保持溢流之流量足夠形成渠管中之水汽混合流體 (Slugs)，繼而使之形成虹吸作用，始算符合要求。

長度等於或大於 2 D 之雙邊跌水型進水口之水流，在 $Q/D^{5/2} \geq 5.1$ 時，就開始發生水汽混合流體。長度為 1.5D 時，即在 $Q/D^{5/2} \geq 6.7$ 或 7.4 時，開始形成水汽混合流體。所以，溢流牆頂至防渦平板間之最小高差，應等於形成此等流量時之水頭。(即水庫水位減去溢流堰頂標高之高差)。

(三) 旋渦之防止：

當旋渦發生時，空氣就代替水流流入進水口中，進水口之通水容量，因而大為減小。所以對於旋渦之發生，應極力防避。一般在渠管開始滿流之直後，為形成旋渦之最極時期。因此防渦平板之最大標高，應等於滿管流況開始時之水庫水位。若平板之標高再高於此，則在平板之下，將形成旋渦，而使平板之裝設失去意義。

另外一個影響防渦平板效用之重要因素，為平板之長度。亦即端牆懸臂之長短 (L_0)；假如過短，則旋渦形成，而減低排洪容量；設若過長，當然在工程

經濟上，就屬浪費。經屢次實驗結果顯示：當進水口長度在 1.5D 時，最小懸臂長度應為 1.0D；而進水口長度在 10.0D 時，最小懸臂長度則只須 0.1D。就是說，最短的進水口須要最長的懸臂；恰成反比關係。這乃因為最短的進水口，可促成最大的接近流速所致。此時所形成之旋渦，亦將是範圍較大屬於大型之旋渦，所以需要較長的平板與懸臂，以阻止其形成。

防渦平板的高度對懸臂的長短，倒無顯著的影響。平常為防止旋渦發生所需要之最小懸臂長，都會比裝設並支持攔污鐵柵所需長度小得多。這是因為攔污鐵柵的通水面積，常受到通過鐵柵之流速牽制，致必然構成相當大的容積與重量。為了支持此大型鐵柵及其重量，懸臂之長度，往往就非大於水理上所要求的長度不可。若有此種情形存在，則懸臂之長度可採用超過水理上所要求之最小值數值，適予延長。

(四) 低水位進水缺口

假如為了經濟理由，蓄洪目的，或其他的考慮；須要有兩階段或多階段進水口時，可將低水位進水缺口，如附圖所示，設置於跌水進水口之兩端端牆上。但為了使流況符合水理條件，其裝設位置及大小，亦須加以適當的考慮。若進水缺口之寬度等於跌水進水口本身之寬度，則流況不佳；而其寬度比例在 0.75:1 時，流況即可平穩。至於其裝設位置，可在左右兩端端牆或上游側邊牆之任何高度上，任選一處或數處，視需要而決定之。

四、結 論

以上所述雙邊跌水型進水口之設計規準，係根據約七千次水工模型試驗之結果所確定者。工程師們若能根據此項規準作設計，無疑地，必可完成更經濟而且符合水工原理之另一排洪設施。故特予彙集為文，謹提供同題參考。

茲為便於查閱，再將文中所述各規準彙列於下：

項	目	記 號	設 計 限 值
跌 水 型 進 水 口	長 度	B	等於或大於 1.5D
	高 度	Z ₁	等於或大於 3.0D
	低水位進水缺口寬度		0.75 D
	低水位進水缺口高度		0.375D

防 渦 平 板	高出溢流牆頂之最小高度	Z_p	(1) 當進水口長度等於1.5D時，為堰流流量 $Q=7.4D^{3/2}$ 時之水頭(H)
	高出溢流牆頂之最大高度 懸臂長度	Z_p L_o	(2) 當進水口長度等於或大於2.0D時，為堰流流量 $Q=5.1D^{3/2}$ 時之水頭 滿管流開始時之堰頂水頭 進水口長度等於下值時，其最小長度應如下：
			1.5D 1.0D
			2.0D 0.4D
			3.0D 0.4D
			5.0D 0.4D
			10.0D 0.1D

註： D為排洪渠管直徑，以呎計； Q為流量，以立方呎 / 秒計。

Abstract

The summary of the design criteria for the two-way drop inlet, supported by nearly 7,000 laboratory experiments on models are presented in this report. These criteria insure satisfactory performance of the spillway. Positive and smooth priming of the spillway is insured by specifying the minimum height and length of the drop inlet, the minimum height of the anti-vortex plate above the drop inlet crest, and the maximum width of low-stage entrances. Vortices are controlled by specifying the minimum overhang and maximum height of the anti-vortex plate. The recommended dimensions, expressed in terms of the pipe diameter, enable the design engineer to apply the criteria to inlets of any size. Thus, he is assured of the most economical structure consistent with dependable performance.

五、參考文獻

1. "Journal of Soil and Water Conservation" Vol. 20, No. 6
2. "Hydraulics of Closed Conduit Spillways-Part X. The Hood Inlet" Technical Paper No. 20-B, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, University of Minn. Mpls.
3. "Hydraulics of Closed Conduit Spillways-Part XI. Test Using Air" Tech Paper. No 44-B; St. Anthony Falls Hydraulic Lab. University of Minn. Mpls.