

等寬明渠直角滙流段水力分析

Hydraulic Analysis for Right Angle Junction of Unique Width Open Channel

國立成功大學水利及海
洋工程研究所研究生

國立成功大學水利及海
洋工程研究所副教授

國立成功大學水利及海
洋工程研究所副教授

伍 勝 園
Sheng-Yuan Wu

蔡 長 泰
Chang-Tai Tsai

顏 沛 華
Pei-Hwa Yen

摘 要

為瞭解明渠滙流段之水理現象，本研究對等寬明渠直角滙流段之水理現象加以研討，以為進一步研究之先驅工作。

由實驗觀察，滙流段中由於支流流向改變及流離區之存在，不僅有明顯的水面下降，甚且有水躍發生，並因流線彎曲，而有離心力作用及顯著的超高現象，本研究將這些觀察到的現象，配合質量守恒、動量守恒及能量守恒原理，導出全滙流段之基本方程式，由這些基本方程式之理論解與實驗結果比較，顯示理論之有效性。此一研究結果應可進一步擴充至更一般化之滙流問題。

Abstract

In this paper, the behaviour at the 90° junction of a rectangular open channel and a side channel which are unique width is investigated by theoretical analysis and experimental observation of a laboratory channel system.

Due to the change of tributary flow direction and the existence of separation zone, some local hydraulic behaviours are observed. These behaviours include: water surface descent, hydraulic jump, centrifugal force and superelevation. By means of some observed assumptions, and a large control volume enclosing the neighborhood of the junction and having the control surface located at the cross sections where the flow is unidirectional, the formulas of open channel junction are established by means of conservation of mass, conservation of momentum and conservation of energy. The conformity of actual behaviour to theoretical results shows that the theory is valid. The results of thesis may be extended to the general problems of open channel junction.

一、前 言

明渠滙流的現象常見於有關都市、農田、山坡地等之排水系統設計，自然河系之防洪規劃等

。此類問題常須求得設計流量下的水面線。水面線可應用各種迴水演算如標準步驟法⁽²⁾或通用模式⁽³⁾演算得之。但當演算至滙流段時，由於主流在滙流段之上、下游流量不等，支流流入主流時，流向改

變等，均將使滙流段之水理現象有異於無滙流之渠段。為提高數值演算之精度，使排水設計、防洪規範等儘可能的有效、經濟、安全，自有必要研討滙流段之水理現象，此亦為本研究之主要目的。

明渠滙流之後，因滙流附近之岸壁常非流線型，以致有流離 (separation) 現象。流離區 (Separation zone) 內之渦流增加了能量損失，流離區外並因流線彎曲，內外岸有超高現象。

因流離區內之渦流增加了滙流段之能量損失，為提高滙流段水力演算之精度，有關滙流所造成的能量損失之研究，乃成為一重要課題。

除增加能量損失外，滙流所造成的流離區內，流速甚小，將使泥沙淤於此處。流離的末端，即再觸點 (reattachment point)，渠壁將因水流衝擊而有所侵蝕。且將因為流離區的發生，以致滙流段有效寬度減少，因而在亞臨界流況下，有水面洩降之現象，甚而發生水躍。流離區外及其上下游附近之流線彎曲，以致有外岸水面比內岸水面較高的超高現象產生。故滙流段的外岸渠壁，當依照超高的程度而有所加高。

由於影響滙流段水理現象的變數相當多，諸如渠寬、流量、邊界形狀、交滙角度、流況、底床坡度等。使得滙流問題顯得愈發複雜，故本研究希望能由滙流實驗之觀察，研討前人研究之成果，並配合質量、動量及能量守恒之基本原理，期能對滙流之水理現象有較深入之了解。

因一般之排水工程設計中，交滙渠道之交角，多小於 90° ，又由 Greated⁽⁹⁾ (1966)，Best⁽¹⁶⁾ (1984) 等之研究，小於 90° 之滙流中，有關滙流所造成之能量損失，流離區之長度等，均以 90° 者為最大。為使有較顯著之各種滙流水理現象，以利觀測分析，故本研究將先僅研究 90° 滙流之水理現象。

Taylor⁽⁶⁾ (1944) 根據動量守恒原理，忽略摩擦力並假設交滙處上游主流和支流之水深相等，而導出此一水深和下游水深之比值，與主流之流量比及主流下游福祿數之關係式，並配合實驗加以比較。

Bowers⁽⁷⁾ (1950) 則以實驗來求出流況為超臨界流時，最佳的滙流段之設計。其最佳設計乃指使得滙流後水面可較為平靜，並使滙流處所產生壅高量在結構安全及經濟之考慮下為最小。

Greated⁽⁹⁾ (1966) 以保角映像 (conformal mapping) 理論，忽略滯性求得亞臨界流時滙流段

之流線，並利用動量守恒得出水深比 (d_1/d_2) 和下游福祿數，流量比 ($N_{Q1}=Q_1/Q_2$) 之關係，並以實驗驗證。理論所得之流線，可用以求得理想之滙流段幾何形狀，以避免流離現象。他亦利用能量守恒求得相對能量損失 $[\Delta E / (E_1 + E_2)]$ 和下游福祿數之關係。

Wong⁽¹¹⁾ (1971) 亦利用動量守恒，探討滙流段之問題，以實驗驗證之。他提出四個設計滙流段之原則：(一)在滙流段入口處，二渠道的水面高程應是一樣。(二)交滙角度最好是零度，勿超過 12° 。(三)滙流段下游渠道寬於上游渠道，將有較好之流況。(四)滙流段之水深最好是臨界水深之 85% 至 90% ，福祿數大於 1.2 ，以使有穩定之超臨界流通過滙流段。

Soliman⁽¹²⁾ (1977) 應用動量守恒原理導出主流下游水深比和交角之關係，顯示在任何角度下，水深比隨尾水福祿數之增加而增加。

Lin和Soong⁽¹³⁾ (1979) 將明渠滙流之能量損失，分為摩擦損失 (friction loss) 及紊流混合損失 (turbulent mixing loss)。依其實驗結果，二者為同階 (order)，且明渠滙流的能量損失係數，略大於管流交滙的能量損失係數。

Modi⁽¹⁴⁾ 等人 (1981) 和 Greated 一樣，依勢能流理論，利用保角映像之方法，證明明渠滙流之流動型態 (flow pattern)，因滯留點 (stagnation point) 之位置與流量比有所不同。Modi 的方法可應用於各種交角及滙流處上下游不等渠寬之情況。

Rice⁽¹⁵⁾ 由試驗研討滙流處為超臨界流時之水理現象。他由實驗中找出能使滙流產生之擾動保持於滙流段內的適當變數，並得出由於滙流產生壅高，渠壁所需增加之高度。

Best⁽¹⁶⁾ 等人 (1984) 則探討明渠滙流中，由於支流進入主流所造成的流離區。他們以實驗得出流離區的長度及寬度，在不同交滙角度和流量比的關係。並認為在不同交滙角度及流量比下，分離區的形狀並沒有太明顯之改變。

王如意⁽⁴⁾ 等人 (1984) 在探討滙流段的能量損失時，將能量損失分為摩擦損失和混流損失 (mixing loss) 兩部份。他們測得上下游的能量頭，扣除由檢定出之曼寧糙率係數所得出的摩擦損失，即為混流損失。並以實驗數據，迴歸出混流損失和主渠坡度、交角、渠寬比及流量比的關係式。他們由

實驗數據發現摩擦損失約佔總損失的89%，混流損失則約只佔11%左右。

二、試驗與現象之觀察

本研究所進行之滙流實驗係在成功大學水工試驗室內之渠道進行，如圖2—1。主支渠之平均坡度各為1/1000及1/500，交角為90°。主渠為有玻璃側壁之鐵製渠道，全長16公尺，淨寬0.5公尺，深0.6公尺，支渠則以油漆處理過的鐵製渠道，長3

公尺，0.5公尺寬，0.5公尺深。供水系統為循環式，由蓄水池（3.1公尺×5.1公尺×3公尺）×—10馬力抽水馬達，抽水至主渠進口的水箱，在進口處設有消能設備及一矩形堰（0.16公尺×0.25公尺）。支渠的水源亦由—10馬力抽水馬達，抽水供用，經一寬0.3公尺無橫束縮之傾背堰，進入支渠。在支渠進口亦同樣設有消能設備，二渠道之流量均由閘門控制。在主渠下游設有百葉窗式尾水閘以控制尾水深及福祿數。在渠道下方則設有一回流渠道，使水回流至蓄水池。

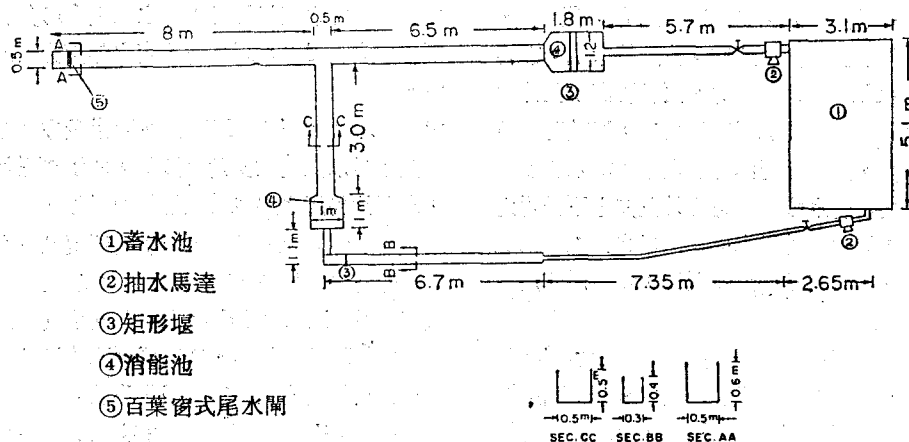


圖2—1 實驗佈置圖

每次實驗時，渠中流量之大小，可由堰上水頭之觀測及率定曲線得之。經過幾個檢定實驗，以測量出之水面線及流量配合迴水演算來檢定曼寧糙度係數，結果顯示其值可取為0.01。

本實驗大致可分二部份，断面水深之量取及流離區長度的測量。

2—1 断面水深之量取

1. 以水準儀測各測點之底床高程。
2. 開啓供應主支流水源之抽水機，並調整閘門至所需的流量。
3. 待水流穩定，堰上水頭不再有變化，由堰上水頭讀數及流量率定曲線，可得主渠及支渠的進流量。每一試驗過程均須使蓄水池及二渠道的矩形堰之堰上水頭保持穩定，若有改變則須待其穩定，重新量取水深。
4. 調整尾水閘，改變不同尾水深。
5. 以砂面測定儀測取指定断面之水深，每一断面均測中點及中點左右各10公分處之水深。

6. 重複步驟4及5。

7. 調節不同的流量比及流量，重複2.至6.之步驟。

本實驗之總流量 Q_3 在 0.0078CMS~0.023CMS 之間，流量比 (Q_1/Q_3) 主要為0.2、0.4、0.6及0.8，尾水福祿數在 0.14~0.66 之間，如表2—1及表2—2。

2—2 流離區長度的測量

本部份之實驗以高錳酸鉀為染料，以點滴方式注入緊靠左渠壁的水中，調整所需流量比，及不同尾水閘開度，得出各種不同尾水福祿數；並觀察其注入染料流動方向。由於在流離區內染料必迴流，在流離區外染料必流向下游，故可判知再觸點之位置，即可知流離區之長度，如照片2—1。於是可得到不同的流量比，不同尾水福祿數下的流離區長度。

在實驗過程中，裝染料之容器，不應放置在太高處，以免注入水中之染料受到重力之影響，而導

表 2-1 水工試驗條件及結果 (檢定實驗)

RUN	Q3(CMS)	NQ1	D1(M)	D2(M)	D3(M)	h1(M)	h2(M)	h3(M)	雷諾數	FN3
1	.0077932	.660	.0458	.0360	.0401	.4133	.4121	.4001	15586.4	.383
2	.0077932	.788	.0438	.0326	.0406	.4113	.4087	.4006	15586.4	.369
3	.0077932	.539	.0471	.0375	.0396	.4148	.4136	.3996	15586.4	.398
4	.0077932	.426	.0489	.0385	.0403	.4164	.4146	.4003	15586.4	.379
5	.0077932	.322	.0491	.0394	.0384	.4166	.4155	.3984	15586.4	.437
6	.0089143	.373	.0560	.0464	.0508	.4235	.4225	.4108	17828.7	.248
7	.0089143	.190	.0574	.0474	.0503	.4249	.4235	.4103	17828.7	.255
8	.0089143	.519	.0544	.0446	.0519	.4219	.4207	.4119	17828.7	.232
9	.0089143	.614	.0354	.0438	.0509	.4209	.4199	.4109	17828.7	.246
10	.0089143	.715	.0528	.0439	.0523	.4203	.4200	.4123	17828.7	.227
11	.0077932	.200	.0569	.0487	.0560	.4244	.4248	.4160	15586.4	.141
12	.0077932	.400	.0494	.0411	.0424	.4169	.4172	.4024	15586.4	.325
13	.0077932	.600	.0465	.0378	.0418	.4140	.4139	.4018	15586.4	.340
14	.0077932	.800	.0431	.0342	.0401	.4106	.4103	.4001	15586.4	.383
15	.0089143	.200	.0583	.0494	.0540	.4258	.4255	.4140	17828.7	.206
16	.0089143	.400	.0595	.0507	.0576	.4270	.4268	.4176	17828.7	.169
17	.0089143	.600	.0571	.0483	.0575	.4248	.4244	.4175	17828.7	.170
18	.0089143	.800	.0508	.0425	.0515	.4183	.4186	.4115	17828.7	.237
19	.0108754	.200	.0706	.0611	.0669	.4381	.4372	.4269	21750.8	.161
20	.0108754	.400	.0685	.0596	.0675	.4380	.4357	.4275	21750.8	.157
21	.0108754	.600	.0823	.0531	.0601	.4298	.4292	.4201	21750.8	.222
22	.0108754	.800	.0602	.0505	.0603	.4277	.4266	.4203	21750.8	.221
23	.0123807	.200	.0745	.0658	.0699	.4420	.4419	.4299	24761.4	.183
24	.0123807	.400	.0736	.0651	.0705	.4411	.4412	.4305	24761.4	.178
25	.0123807	.600	.0694	.0602	.0679	.4369	.4363	.4279	24761.4	.200
26	.0123807	.800	.0685	.0596	.0699	.4360	.4357	.4299	24761.4	.183
27	.0142263	.200	.0863	.0776	.0834	.4538	.4537	.4434	28452.6	.142
28	.0142263	.400	.0840	.0754	.0820	.4515	.4515	.4420	28452.6	.150
29	.0142263	.600	.0825	.0735	.0820	.4500	.4496	.4420	28452.6	.150
30	.0142263	.800	.0729	.0633	.0725	.4404	.4394	.4325	28452.6	.217
31	.0155431	.200	.0895	.0805	.0835	.4570	.4566	.4435	31086.2	.169
32	.0155431	.400	.0886	.0801	.0843	.4561	.4562	.4443	31086.2	.165
33	.0155431	.600	.0855	.0782	.0846	.4530	.4523	.4446	31086.2	.163
34	.0155431	.800	.0834	.0746	.0848	.4509	.4507	.4448	31086.2	.162
35	.0167352	.200	.0949	.0847	.0891	.4624	.4608	.4491	33470.4	.161
36	.0167352	.400	.0924	.0838	.0885	.4599	.4599	.4485	33470.4	.165
37	.0167352	.600	.0906	.0811	.0889	.4581	.4572	.4489	33477.0	.163
38	.0167352	.800	.0870	.0788	.0885	.4545	.4549	.4485	33470.4	.165
39	.0182838	.200	.1005	.0905	.0938	.4680	.4668	.4538	36527.6	.165
40	.0182838	.400	.0973	.0886	.0921	.4648	.4647	.4521	36527.6	.174
41	.0182838	.600	.0988	.0894	.0966	.4661	.4655	.4566	36527.6	.151
42	.0182838	.800	.0944	.0853	.0951	.4619	.4614	.4551	36527.6	.158
43	.0198213	.200	.1105	.1018	.1053	.4780	.4779	.4653	39642.6	.137
44	.0198213	.400	.1090	.1006	.1046	.4765	.4767	.4646	39642.6	.140
45	.0198213	.600	.1063	.0972	.1045	.4738	.4733	.4645	39642.6	.140
46	.0198213	.800	.1053	.0968	.1070	.4728	.4729	.4870	39642.6	.131
47	.0217298	.200	.1214	.1124	.1156	.4889	.4885	.4758	43459.6	.125
48	.0217298	.400	.1188	.1095	.1154	.4863	.4856	.4754	43459.6	.125
49	.0217298	.600	.1165	.1070	.1150	.4840	.4831	.4750	43459.6	.127
50	.0217298	.800	.1153	.1066	.1176	.4828	.4827	.4776	43459.6	.118
51	.0232689	.400	.1241	.1146	.1208	.4916	.4907	.4808	46537.8	.125
52	.0232689	.600	.1216	.1120	.1210	.4891	.4881	.4810	46537.8	.125
53	.0077932	.200	.1004	.0931	.1061	.4679	.4683	.4661	15586.4	.021
54	.0077932	.200	.0509	.0463	.0463	.4184	.4215	.4063	15586.4	.250
55	.0077932	.200	.0468	.0419	.0438	.4143	.4171	.4038	15586.4	.295
56	.0077932	.800	.0734	.0685	.0793	.4409	.4416	.4393	15586.4	.050
57	.0077932	.800	.0446	.0394	.0450	.4121	.4125	.4050	15586.4	.272
58	.0077932	.800	.0430	.0380	.0428	.4105	.4111	.4028	15586.4	.317
59	.0142263	.200	.0736	.0659	.0649	.4411	.4390	.4249	28452.7	.302
60	.0142263	.200	.0740	.0679	.0686	.4415	.4410	.4286	28452.7	.256
61	.0142263	.200	.1039	.1006	.1058	.4714	.4737	.4658	28452.7	.070
62	.0142263	.800	.0975	.0931	.1021	.4650	.4662	.4621	28452.7	.077
63	.0142263	.800	.0654	.0596	.0645	.4329	.4327	.4245	28452.7	.308
64	.0142263	.800	.0626	.0608	.0646	.4301	.4339	.4246	28452.7	.306
65	.0198213	.200	.0916	.0868	.0813	.4591	.4599	.4413	39642.6	.298
66	.0198213	.200	.1004	.0928	.0889	.4679	.4659	.4489	39642.6	.228
67	.0198213	.200	.1275	.1258	.1286	.4950	.4989	.4886	39642.6	.075
68	.0198213	.800	.1276	.1235	.1320	.4951	.4966	.4920	39642.6	.070
69	.0198213	.800	.0830	.0763	.0806	.4505	.4494	.4406	39642.6	.306
70	.0198213	.800	.0866	.0805	.0882	.4541	.4536	.4482	39642.6	.233

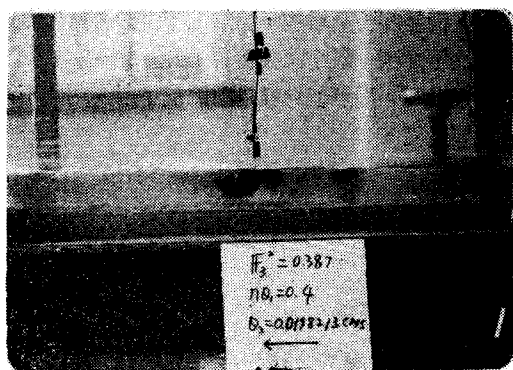
$S_b=0.001$, $b=0.5(M)$, $FN3=V_s^2/(gd_s)$, Q_s : 滙流後總流量

表 2-2 水工試驗條件及結果 (驗證實驗)

RUN	Q3(CMS)	NQ1	D1(M)	D2(M)	D3(M)	b1(M)	b2(M)	b3(M)	雷諾數	FN3
71	.0077932	.200	.0587	.0527	.0580	.4262	.4258	.4180	15568.4	.127
72	.0077932	.200	.0512	.0467	.0394	.4187	.4198	.3994	15586.4	.405
73	.0089140	.200	.0621	.0562	.0576	.4296	.4293	.4176	17828.0	.169
74	.0089140	.200	.0568	.0509	.0441	.4243	.4240	.4041	17828.0	.377
75	.0108750	.200	.0646	.0610	.0508	.4321	.4341	.4108	21750.0	.369
76	.0142260	.200	.0854	.0808	.0788	.4529	.4539	.4388	28452.0	.169
77	.0142260	.200	.0775	.0745	.0627	.4450	.4476	.4227	28452.0	.335
78	.0182630	.200	.1001	.0965	.0904	.4676	.4696	.4504	36526.0	.184
79	.0182630	.200	.0925	.0891	.0772	.4600	.4622	.4372	36526.0	.296
80	.0077932	.400	.0545	.0503	.0519	.4220	.4234	.4119	15586.4	.177
81	.0077932	.400	.0506	.0451	.0405	.4181	.4182	.4005	15586.4	.373
82	.0089140	.400	.0611	.0548	.0606	.4286	.4279	.4206	17828.0	.146
83	.0089140	.400	.0570	.0509	.0500	.4245	.4240	.4100	17828.0	.259
84	.0108750	.400	.0634	.0599	.0590	.4309	.4330	.4190	21750.0	.235
85	.0108750	.400	.0704	.0639	.0669	.4379	.4370	.4269	21750.0	.161
86	.0142260	.400	.0848	.0778	.0816	.4523	.4509	.4416	28452.0	.152
87	.0142260	.400	.0763	.0701	.0824	.4438	.4432	.4224	28452.0	.340
88	.0182630	.400	.1081	.1011	.1043	.4756	.4742	.4643	36526.0	.120
89	.0182630	.400	.0950	.0879	.0873	.4625	.4610	.4473	36526.0	.205
90	.0182630	.400	.0934	.0834	.0749	.4609	.4565	.4349	36526.0	.323
91	.0077932	.600	.0496	.0423	.0406	.4171	.4154	.4006	15586.4	.370
92	.0077932	.600	.0491	.0422	.0400	.4166	.4153	.4000	15586.4	.387
93	.0089140	.600	.0581	.0491	.0532	.4256	.4222	.4132	17828.0	.215
94	.0089140	.600	.0560	.0467	.0448	.4235	.4198	.4048	17828.0	.362
95	.0108750	.600	.0713	.0620	.0713	.4388	.4352	.4313	21750.0	.133
96	.0108750	.600	.0618	.0536	.0514	.4293	.4267	.4114	21750.0	.356
97	.0142260	.600	.0818	.0714	.0799	.4493	.4445	.4399	28452.0	.162
98	.0142260	.600	.0751	.0669	.0667	.4426	.4400	.4267	28452.0	.278
99	.0182630	.600	.0985	.0905	.0969	.4660	.4636	.4569	36526.0	.150
100	.0182630	.600	.0913	.0825	.0853	.4588	.4556	.4453	36526.0	.220
101	.0182630	.600	.0828	.0762	.0689	.4503	.4493	.4289	36526.0	.416
102	.0077932	.800	.0465	.0380	.0414	.4140	.4111	.4014	15586.4	.349
103	.0077932	.800	.0465	.0379	.0410	.4140	.4110	.4010	15586.4	.359
104	.0089140	.800	.0530	.0453	.0525	.4205	.4184	.4125	17828.0	.224
105	.0089140	.800	.0519	.0425	.0448	.4194	.4156	.4048	17828.0	.362
106	.0108750	.800	.0626	.0531	.0605	.4301	.4262	.4205	21750.0	.218
107	.0108750	.800	.0588	.0503	.0554	.4263	.4234	.4154	21750.0	.284
108	.0108750	.800	.0594	.0498	.0529	.4269	.4229	.4129	21750.0	.326
109	.0142260	.800	.0715	.0631	.0661	.4390	.4362	.4261	28452.0	.285
110	.0142260	.800	.0699	.0606	.0604	.4374	.4337	.4204	28452.0	.375
111	.0182630	.800	.1058	.0963	.1071	.4733	.4694	.4671	36526.0	.111
112	.0182630	.800	.0910	.0820	.0904	.4585	.4551	.4504	36526.0	.184
113	.0182630	.800	.0861	.0764	.0825	.4536	.4495	.4425	36526.0	.242
114	.0086614	.300	.0616	.0561	.0568	.4291	.4292	.4168	17322.9	.167
115	.0112805	.300	.0675	.0631	.0598	.4350	.4362	.4198	22561.1	.242
116	.0140819	.300	.0863	.0812	.0855	.4538	.4643	.4455	28163.9	.129
117	.0170409	.300	.0924	.0873	.0857	.4599	.4604	.4457	34081.8	.188
118	.0201365	.300	.1126	.1071	.1095	.4801	.4802	.4695	40273.0	.126
119	.0086614	.500	.0570	.0532	.0559	.4245	.4263	.4159	17322.9	.175
120	.0112805	.500	.0676	.0629	.0545	.4351	.4360	.4145	22561.1	.321
121	.0140819	.500	.0788	.0746	.0753	.4463	.4477	.4353	28163.9	.189
122	.0170409	.500	.0916	.0853	.0897	.4591	.4584	.4497	34081.8	.164
123	.0201365	.500	.1121	.1051	.1080	.4796	.4782	.4680	40273.0	.131
124	.0086614	.700	.0527	.0465	.0499	.4202	.4196	.4099	17322.9	.247
125	.0112805	.700	.0636	.0569	.0597	.4311	.4300	.4197	22561.1	.244
126	.0140819	.700	.0681	.0623	.0629	.4356	.4354	.4229	28163.9	.325
127	.0170409	.700	.0908	.0843	.0908	.4583	.4574	.4508	34081.8	.158
128	.0201365	.700	.0911	.0846	.0861	.4586	.4577	.4461	40273.0	.259

$S_b=0.0001$, $b=0.5(M)$, $FN3=V_s^2/(gd_s)$, Q_3 : 滙流後總流量

致實驗誤差。



照片 2-1 滙流段局部現象—流離區

2-3 滙流現象之觀察與討論

在任何不同的尾水福祿數，二渠道在滙流段進口處，其水位幾乎是相同的，如圖 2-2 所示，且

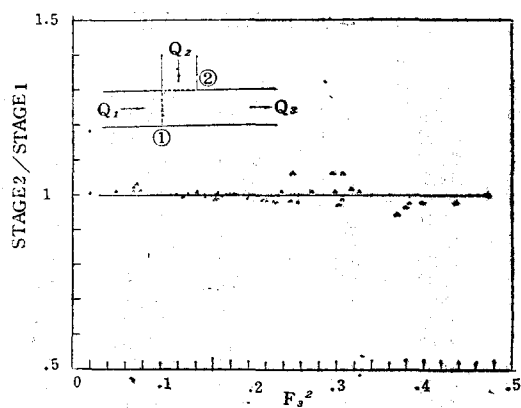


圖 2-2 滙流段進口水位比

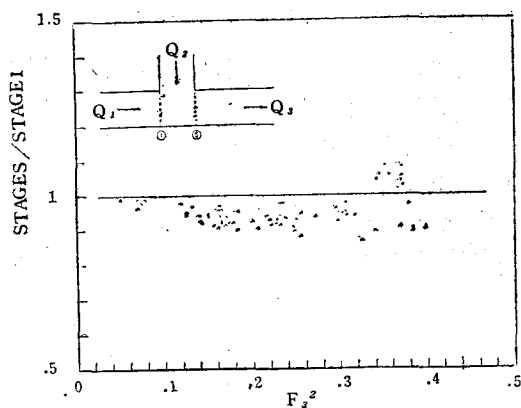
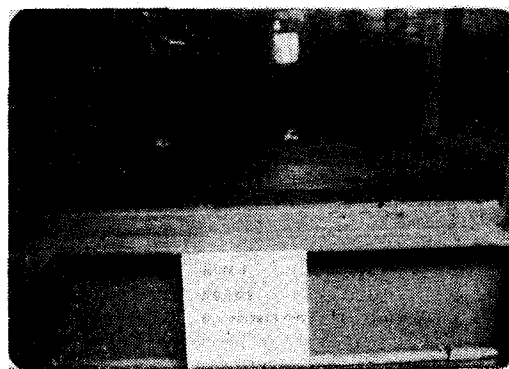


圖 2-3 主流滙流處水位比

其水面要較下游平穩。若為平床，即表水深相等，Taylor⁽⁶⁾之假設與此相符。下游主流進口断面⑤，其水位略低於滙流段進口處之水位。圖 2-3 為断面⑤和断面①之水位和尾水福祿數之關係。由圖 2-3 可知，尾水福祿數愈小，此一值愈接近 1.0，並隨尾水福祿數增加而減小。



照片 2-2 滙流段局部現象—水面下降 (RUN N65, $Q_s=0.0198\text{CMS}$, $N_{Q1}=0.5$, $F_s^2=0.298$)



照片 2-3 滙流段局部現象—水躍 (RUN 65, $Q_s=0.0198\text{CMS}$, $N_{Q1}=0.2$, $F_s^2=0.298$)

滙流處支流流向有急劇之改變，流線彎曲，岸壁交角為銳角，而產生明顯之流離區。流離區的存在使得渠道通水有效寬度減少。而亞臨界流況時，有效寬度減少處，水面常有明顯的下降，甚至發生傾斜水躍，照片 2-2，照片 2-3 及圖 2-4 可看出此二現象。惟同一流量，若尾水深够大，亦即尾水福祿數够小時，則將浸溺此一傾斜水躍，且水面較為平穩，如圖 2-5。顯然在亞臨界流況下，滙流段下游福祿數對滙流段之水理現象有顯著之影響，應為一重要參數。

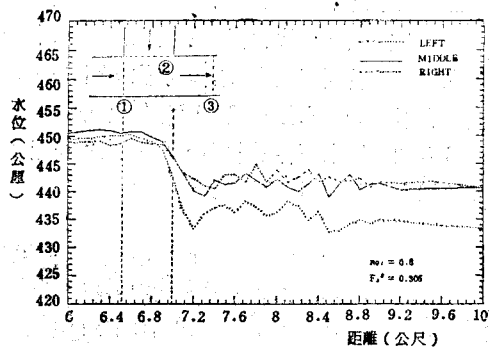


圖 2-4 RUN69 之水面線

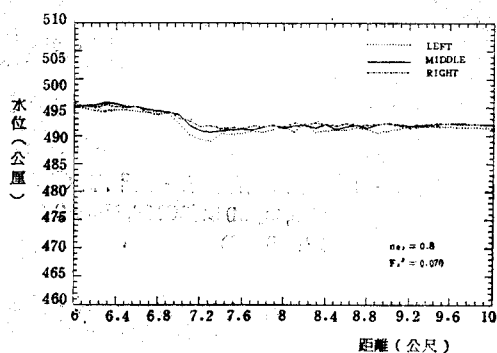


圖 2-5 RUN68 之水面線

流離區的寬度，也與支流流量比有密切關係。在相同尾水福祿下，水面隨著支流流量比增加而更加不穩定，滙流處流離區外側的水面下降現象也愈加明顯，如圖 2-6 及圖 2-7。這說明了，支流流量比增加，則流離區寬度加大，有效寬度減少，致有更明顯之水面下降，如照片 2-4 及照片 2-5。

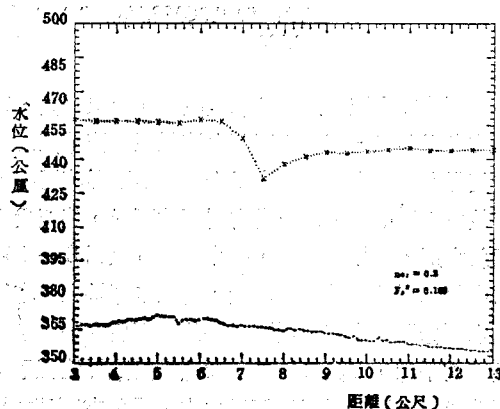


圖 2-6 RUN31 之水面線

5。

流離點與再觸點間，有效寬度漸減，直至一最小值，而後即再漸增加，再觸點下游即再與渠寬同，水面下降至一最小值後即再上升。此一有效寬度最小之断面，頗類似於孔口射流或下射式閘門下游之脈縮断面。

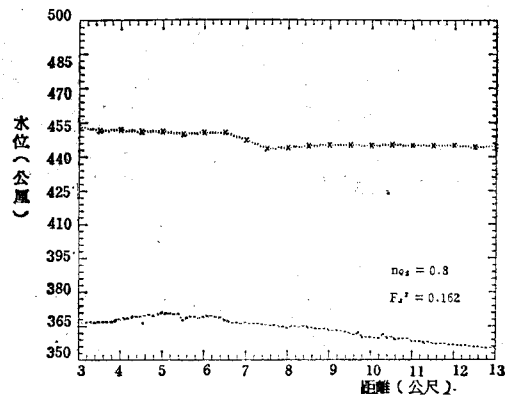
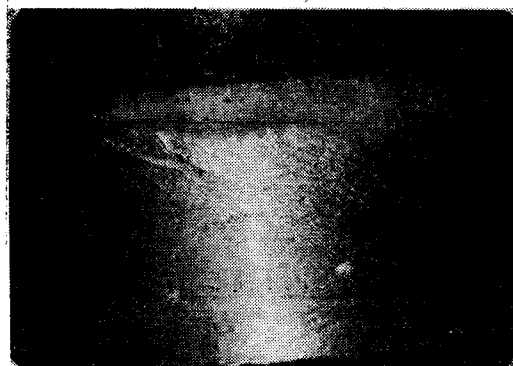


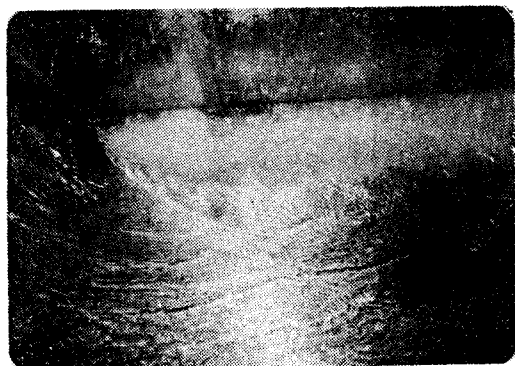
圖 2-7 RUN34 之水面線



照片 2-4 滙流段局部現象一流離區 ($Q_3 = 0.014 \text{ CMS}$, $N_{Q1} = 0.8$, $F_{1.37}$)

由於支流進入主流後，流向改變及流離區之存在，滙流點下游之流線除外岸附近外有明顯之曲率，致有離心力的作用，此一離心力之作用使得有外岸水位高於內岸水位之超高現象。流離區之再觸點下游，流線即漸趨平順，但仍有超高現象。水面有超高之處，顯示流線仍有彎曲，断面上之壓力分佈將不會是靜壓力分佈。一般對一維性緩變速渠流之主要假設為流線接近平行之直線，則壓力分佈可取為靜壓力分佈。因滙流將使滙流處附近之流況偏離此一假設，但由試驗觀察滙流入口處，水面無顯著超高，故本文將取之為滙流段之起點。滙流段之終

點則為下游超高已不顯著之處，此處之壓力分佈可滿足一般明渠變速流所作之靜壓力分佈之假設。



照片 2-5 滙流段局部現象—流離區 ($Q_3 = 0.014 \text{ CMS}$, $N_{Q1} = 0.2$, $F^2_3 = 0.37$)

由前述實驗所得之一些物理現象的觀察，本文作以下之假設：

1. 滙流段進口處斷面①和斷面②之水位可視為相等，若為平床之渠道，即為水深相等。
2. 滙流段之起點與終點，即①②③等三個斷面均為靜壓力分佈。滙流段之終點為橫向水面超高不顯著之處。

由於實驗設備及儀器之限制，並未能求得滙流段之摩擦阻力、摩擦損頭及滙流段兩岸之壓力分佈，本文再作以下之假設：

3. 滙流段之摩擦損頭及主流方向上摩擦力可由緩衝速渠流之公式表示之，垂直主流之水平方向之摩擦阻力忽略。
4. 滙流段兩岸為直線，岸壁上之壓力分佈可視為靜壓力分佈。

三、基本理論

3-1 基本方程式

為能對滙流段之水理現象，有較深入之瞭解，本研究依據質量、動量及能量守恒之原理，配合以上之假設，推導滙流段之基本方程式。由於目的在研討滙流之基本現象，並配合所進行之實驗。以下所推導的為如圖 3-1 所示之等寬明渠直角滙流之基本方程式。

取①②③三斷面間為一控制體 (control volume)，如圖 3-1 及圖 3-2 所示，長 ℓ ，寬 b 。 F_c 為由於流線彎曲所導致之離心力， F_{cx} 及 F_{cy} 各為 F_c 在 x 方向及 y 方向之分力。

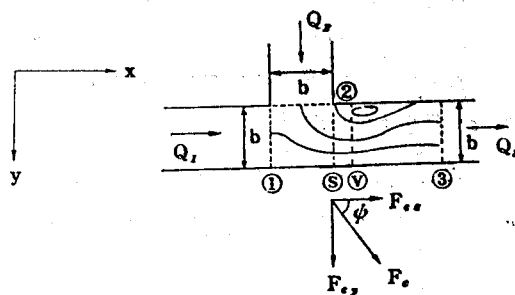


圖 3-1 滙流段示意圖

連續方程式 (continuity equation)

在定量流的情況下，依據質量守恒原理，則滙流段之連續方程式為：

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \dots\dots\dots(1)$$

式中 Q_1 、 Q_2 各為滙流段上游主流與支流之流量， Q_3 則為滙流後之總流量。

動量方程式 (momentum equation)

根據動量守恒， x 方向之動量方程式如下：

$$P_1 - P_3 - F_{fx} + P_{bx} + F_{cx} = \beta_3 \rho Q_3 V_3 \cos \alpha' - \beta_1 \rho Q_1 V_1 \cos \alpha' \dots\dots\dots(2)$$

式中 P_1 、 P_3 各表斷面①③之靜水壓力；

$$P_1 = \frac{1}{2} \gamma b d_1^2;$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \gamma b d_3^2;$$

γ 表流體的單位重量；

b 表渠寬，

F_{fx} 、 P_{bx} 、 F_{cx} 各表摩擦、底床反作用力離心力在 x 方向的分力；

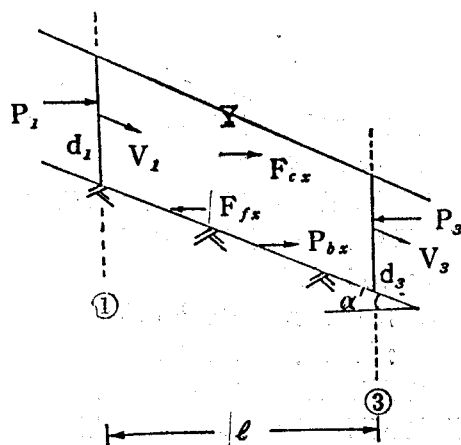


圖 3-2 滙流段 x 方向作用力之示意圖

V_1, V_3 表断面①③之断面平均流速；

α' 表底床傾斜角；

β_1, β_3 表断面①③之動量修正係數。

當 α' 很小, $\cos\alpha' \approx 1$

$$\therefore \frac{1}{2} \gamma b d_1^2 - \frac{1}{2} \gamma b d_3^2 - F_{ix} + P_{bx} + F_{cx} =$$

$$\beta_3 \rho Q^2 / (b d_3) - \beta_1 \rho Q^2 / (b d_1) \dots \dots \dots (3)$$

式中 d_1, d_3 各断面①③的水深, ρ 表流體密度。

能量方程式 (energy equation)

依據能量守恒, 則①②③三断面之能量方程式可表如下:

$$Q_1 \gamma Q H_1 + \gamma Q_2 H_2 = \gamma Q_3 H_3 + \gamma Q_3 H_L \dots \dots \dots (4)$$

式中 H_1, H_2, H_3 各表断面①②③之能量頭;

H_L 為能量損頭;

$$H = h + \alpha V^2 / (2g) = Z + d + \alpha V^2 / (2g);$$

$$H_L = K_L V^2 / (2g), K_L \text{ 表全滙流段能量損失係數};$$

α, h 各表能量修正係數及水位 ($h = d + z$)。由(4)式可得:

$$(Q_1 h_1 + Q_2 h_2 - Q_3 h_3) + 1 / (2gb^2)$$

$$(\alpha_1 Q_1^3 / d_1^2 + \alpha_2 Q_2^3 / d_2^2 - \alpha_3 Q_3^3 / d_3^2 -$$

$$K_L Q^3 / d_3^2) = 0 \dots \dots \dots (5)$$

在迴水演算之應用, ①②③之能量關係, 常取如下之形式:

$$z_1 + d_1 + \alpha_1 V_1^2 / (2g) = z_3 + d_3 + \alpha_3 V_3^2$$

$$/ (2g) + K_{L13} V_3^2 / (2g) \dots \dots \dots (6)$$

$$z_2 + d_2 + \alpha_2 V_2^2 / (2g) = z_3 + d_3 + \alpha_3 V_3^2$$

$$/ (2g) + K_{L23} V_3^2 / (2g) \dots \dots \dots (7)$$

K_{L13}, K_{L23} 各表主支流進流量之能量損失係數。

摩擦力 F_f

僅考慮 x 方向之摩擦力 F_{fx}

$$F_{fx} = \tau \bar{P} \omega \ell \cos\alpha'$$

上式中 τ 及 $\bar{P} \omega$ 為断面①③間之平均剪應力及平均濕周, 若①③二断面剪應力取為 τ_1 及 τ_3 則

$$\tau = (\tau_1 + \tau_3) / 2$$

$$\tau_1 = \gamma R_1 S_{f1} = \gamma n^2 Q_1^2 / (R_1^{1/3} A_1^2)$$

$$\tau_3 = \gamma R_3 S_{f3} = \gamma n^2 Q_3^2 / (R_3^{1/3} A_3^2)$$

n 表曼寧糙率係數; S_{f1}, S_{f3} 各表断面①③之摩擦坡度, 依假設 3, n 值取為緩變速渠流時之 n 值。 R_1, A_1, R_3, A_3 各表断面①③之水力半徑及通水面積, 而對於寬深比大於 5 之渠道而言, 濕周約

與水面寬相等, 水力半徑約等於水深故:

$$F_{fx} = \frac{\gamma}{2} [(n^2 Q_1^2) / (b d_1^{7/3})] \cdot [(Q_1 / Q_3)^2 \cdot (d_3 / d_1)^{7/3} + 1] \ell \cos\alpha' \dots \dots \dots (8)$$

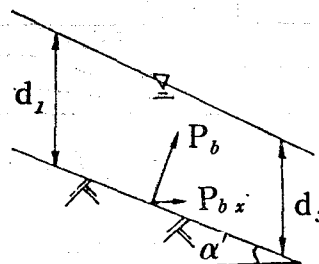


圖 3-3 滙流段 x 方向底床反作用力之示意圖

底床反作用力 P_{bx}

x 方向之底床反作用力 P_{bx}

$$P_{bx} = \frac{\gamma}{2} b (d_3 + d_1) \ell \sin\alpha' \dots \dots \dots (9)$$

離心力 F_c

$$F_c = \int \rho b_c dv$$

式中 v 為控制體之流體體積, 且同一流量下, d_3 愈大, d_1 也愈大, 故:

$$v = \frac{1}{2} (d_1 + d_3) \ell b \propto d_3 \ell b$$

a_c 為離心加速度, 若令 V_θ 及 r_c 為断面①③間平均之切線速度及平均曲率半徑, 則

$$\int \rho a_c dV = \int \rho V_\theta^2 / r_c dV \propto m V_\theta^2 / r_c$$

m 表滙流段流體質量, 因假設断面③之流線已為互相平行直線故 $V_\theta \propto V_3$, 又因渠道愈寬, 流線曲率愈小, 即曲率半徑愈大, 故 $r_c \propto b$

$$F_{cx} \propto \rho d_3 \ell b V_3^2 / b \cos\psi$$

$$\text{ie, } F_{cx} = K_{cx} \rho \ell d_3 V_3^2 = K_{cx} \rho \ell Q_3^2 / (b^2 d_3) \dots \dots \dots (10)$$

離心力係數 K_{cx}

對於明渠水流滙流段, 其水理現象之特性參數為 $\rho, \mu, g, b, \theta, \ell, S_b, V$ 等。其中 μ, θ 為流體滯性及主支流交角, S_b 為底床坡度, 故可得 $K_{cx} = f_{cx}(\rho, \mu, g, d_3, \ell, b, \theta, \ell, V_3, V_2, S_b)$ 若取 ρ, d_3, V_3 為基本量, 則由白金漢 π 定律可得

$$K_{cx} = f'_{cx}(\rho V_3 d_3 / \mu, \ell / d_3, b / d_3, \theta, S_b, V_2^2 / (g d_3), V_2 / V_3)$$

對於指定之交角及渠床坡度, 則

$$K_{cx} = f''_{cx} (\rho V_3 d_3 / \mu, \ell / d_3, b / d_3, V_3^2 / (g d_3), V_2 / V_3) \dots\dots\dots (1)$$

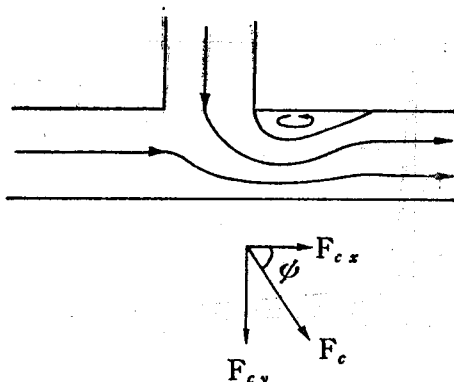


圖 3-4 滙流段離心力之示意圖

3-2 基本方程式之無因次化

無因次化之形式，不僅可看出影響物理現象之重要參數，亦可使方程式本身較為簡明。前述各基本形式將進一步予以無因次化。

無因次連續方程式

$$\text{將(1)式除以 } Q_3, \text{ 令 } n_{Q1} = Q_1 / Q_3, n_{Q2} = Q_2 / Q_3 \\ n_{Q1} = n_{Q2} = 1 \dots\dots\dots (2)$$

無因次動量方程式

$$\text{將(3)式除以 } \frac{1}{2} \gamma b d_3^3, \text{ 令 } F_3^2 = Q_3^2 / (g b^2 d_3^3) \\ n_{d1} = d_1 / d_3$$

$$n_{d1}^2 - 1 - F_{fx}^* + P_{bx}^* + F_{cx}^* = 2 F_3^2 (\beta_3 - \beta_1 n_{Q1} / n_{d1}) \dots\dots\dots (3)$$

$$F_{fx}^* = n^2 g F_3^2 / (d_3)^{1/3} (n_{Q1} / n_{d1}^{1/3} + 1) \ell / d_3 \cos \alpha' \dots\dots\dots (4)$$

$$P_{bx}^* = \ell / d_3 (n_{d1} + 1) \sin \alpha' \dots\dots\dots (5)$$

$$F_{cx}^* = 2 k_{cx} F_3^2 \ell / b \dots\dots\dots (6)$$

將 $F_{fx}^*, P_{bx}^*, F_{cx}^*$ 代入(3)式則可得 x 方向之無因次動量方程式

$$n_{d1}^2 - 1 - n^2 g F_3^2 / d_3^{1/3} (n_{Q1} / n_{d1}^{1/3} + 1) \cdot \ell / d_3 \cos \alpha' + \ell / d_3 (n_{d1} + 1) \sin \alpha' + 2 k_{cx} F_3^2 \ell / b = 2 F_3^2 (\beta_3 - \beta_1 n_{Q1} / n_{d1}) \dots\dots (7)$$

無因次能量方程式

$$\text{將(5)式除以 } Q_3^2 / (2 g b^2 d_3^3) \text{ 則} \\ 2 / F_3^2 (n_{Q1} n_{h1} + n_{Q2} n_{h2} - n_{h3}) + [\alpha_1 (n_{Q1}^3 / n_{d1}^2) + \alpha_2 (n_{Q2}^3 / n_{d2}^2) - \alpha_3 - k_L] = 0 \dots\dots (8)$$

式中 $n_{h1} = n_{d1} + n_{z1}; n_{h2} = n_{d2} + n_{z2};$

$$n_{h3} = 1 + n_{z3}$$

將(6), (7)式除以 d_3 則可得

$$n_{z13} + n_{d1} + \alpha_1 (F_3^2 / 2) (n_{Q1}^3 / n_{d1}^2) - 1 - \alpha_3 F_3^2 / 2 - k_{L13} F_3^2 / 2 = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$n_{z23} + n_{d2} + \alpha_2 (F_3^2 / 2) (n_{Q2}^3 / n_{d2}^2) - 1 - \alpha_3 F_3^2 / 2 - k_{L23} F_3^2 / 2 = 0 \dots\dots\dots (10)$$

式中 $n_{z13} = (z_1 - z_3) / d_3;$

$$n_{z23} = (z_2 - z_3) / d_3.$$

根據以上之基本方程式，對於等寬直角滙流之明渠滙流段，當 $F_3^2, d_3, \ell, \alpha', Q_3, Q_1, z_1, z_2, z_3$ 等為已知，且離心力係數 k_{cx} ，能量損失係數 k_L 及曼寧糙率係數 n 等經驗係數可由經驗公式或現場調查求得時，則由無因次連續方程式、動量方程式及能量方程式，可以解 n_{d1}, n_{d2}, n_{Q2} 三個未知數。其中 n_{Q2} 可由連續方程式求得， n_{d1} 可由 x 方向動量方程式求之， n_{d2} 可由能量方程式求解，則主流支流因滙流而造成的能量損失，可由(9)式及(10)求得。

雖然可由上述方法求得 n_{Q2}, n_{d1}, n_{d2} ，但由於滙流段之能量損失包括渦流損失、摩擦損失及水躍能量損失（若發生水躍時），因此影響能量損失係數 k_L 之因素頗複雜，較難求得良好之關係式。再則因為根據實驗之觀察， h_1 與 h_2 可視為相等，故本研究乃根據假設 1 取 $h_1 = h_2$

$$\therefore n_{d2} = n_{z12} + n_{d1} \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{又 } n_{Q1} h_1 + n_{Q2} n_{h2} = n_{h1} (n_{Q1} + n_{Q2}) \\ = n_{z1} + n_{d1}$$

因此能量方程可寫為：

$$2 / F_3^2 (n_{z13} + n_{d1} - 1) + (\alpha_1 n_{Q1}^3 / n_{d1}^2 + \alpha_2 n_{Q2}^3 / n_{d2}^2 - \alpha_3 - k_L) = 0 \dots\dots\dots (12)$$

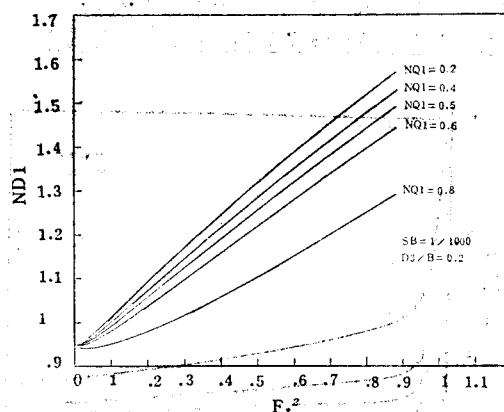


圖 3-5 n_{d1}, n_{Q1} 和 F_3^2 理論曲線

故若 h_1 與 h_2 可視為相等時，則由 x 方向動量方程式求得 n_{d1} 後， n_{d2} 可由(11)式求之。

由動量方程式可知，影響滙流段入口處水深之因素，包括支流流量比、底床坡度等，此一影響可由圖3—5及圖3—6看出。主流上游水深比 n_{d1} 之理論值在同一底床坡度、尾水深、尾水福祿數下，隨支流流量比增加而增加。而同尾水深、尾水福祿數、支流流量比時， n_{d1} 之理論值隨著底床坡度的增加而減小。

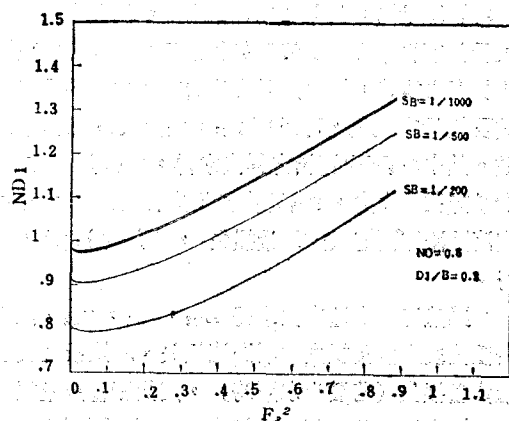


圖3—6 n_{d1} , S_b 和 F_s^2 理論曲線

能量損失係數隨著尾水福祿數的改變，而有所不同，在同一底床坡度、尾水深下，尾水福祿數大時，其變化較小，如圖3—7、圖3—8及圖3—9所示。由圖中可看出在尾水福祿數小時，能量損失係數相當大，但不表示此時能量損失大。正如穆迪圖 (Modi diagram) 中，在雷諾數小時，摩擦係數較大，並不表示摩擦損失大。能量損失係數也受到支流流量比的影響，同一流量、尾水福祿數下，支流流量化愈大，能量損失也愈大。值得注意的

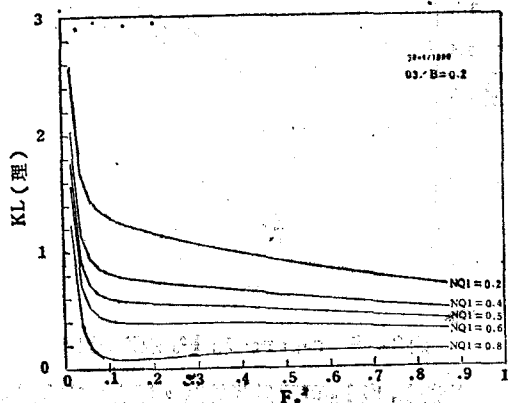


圖3—7 KL , n_{Q1} 和 F_s^2 理論曲線

是 KL_{23} 在 $n_{Q1}=0.8$ 時，竟有負值產生，其原因將在後面加以討論。

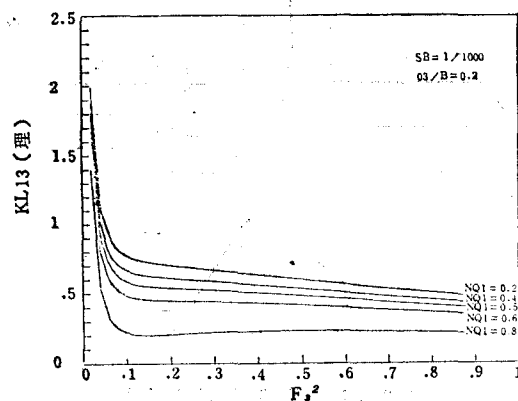


圖3—8 KL_{13} , n_{Q1} 和 F_s^2 理論曲線

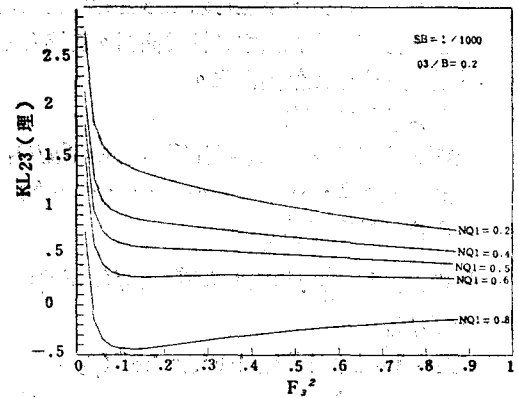


圖3—9 KL_{23} , n_{Q1} 和 F_s^2 理論曲線

四、理論之驗證與討論

主流等寬之明渠直角交匯時，亞臨界流況下之基本方程式已建立，其中離心力係數，無法完全由理論分析求得，須借助因次分析及試驗求其經驗公式。故本研究進行70組實驗以求得有關 k_{cx} 之經驗公式，由此一經驗公式，則可由 x 方向動量方程式求得滙流段上游水深，為驗證此一理論之有效性，本研究另進行58組試驗以驗證之。為說明方便，本文稱用於檢定之70組實驗為檢定實驗，用於驗證之58組實驗為驗證實驗。

4—1 離心力係數之經驗公式

亞臨界流況下，由因次分析結果，如圖式所示 k_{cx} 當與雷諾數、尾水福祿數、 b/d_3 、 l/d_3 及 Q_2/Q_3 有關，唯由檢定實驗之結果分析， k_{cx} 與上述各

無因次變數之關係顯示⁽⁵⁾， k_{cx} 與雷諾數、 ℓ/d_3 、 b/d_3 及 Q_2/Q_3 等之關係較不明顯，而與福祿數則有較明顯之關係，此一關係如下：

$$k_{cx} = 0.01 F_3^{-1.3} \dots\dots\dots (2)$$

故亞臨界流況下，已知 F_3 時，由(2)式求得 k_{cx} ，即可由(1)式求得 n_{d1}

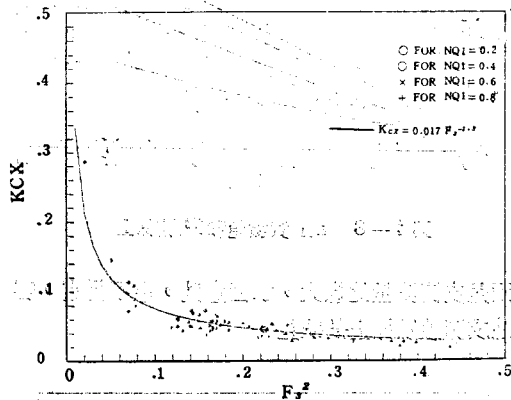


圖 4—1 x 方向離心力係數和 F_3 關係圖

4—2 滙流段入口主、支流水深

一般以動量守恒處理滙流段問題時，多未考慮離心力，亦即(1)式改為如下之形式：

$$n_{d1}^2 - 1 - n^2 g F_3^2 / d_1^{1/3} (n_{d1}^2 / n^{7/3} d_1 + 1) \ell / d_3 \cos \alpha' + \ell / d_3 (n_{d1} + 1) \sin \alpha' = 2 F_3^2 (\beta_3 - \beta_1 n^2 q_1 / n_{d1})$$

圖 4—2 即為忽略離心力所得之 n_{d1} 理論值和實驗值之比較，可發現理論值大於實驗值。對於此種理論值與實驗值不一致之情形，Greated 認

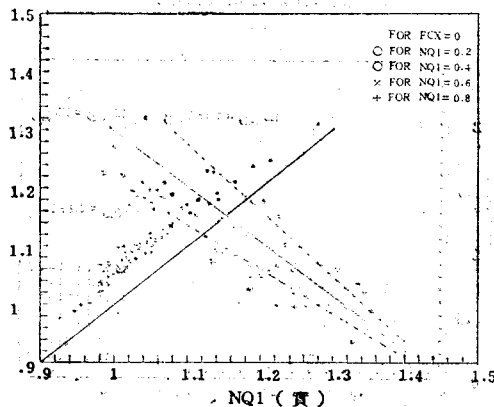


圖4—2 忽略離心力， n_{d1} 理論值與實驗值之比較（檢定）

為是所取斷面之壓力分佈並非靜壓力分佈結果所致，而就壓力分佈作一修正。然則此一非靜壓力分佈之現象，事實上乃是因為流線在垂直方向彎曲所致

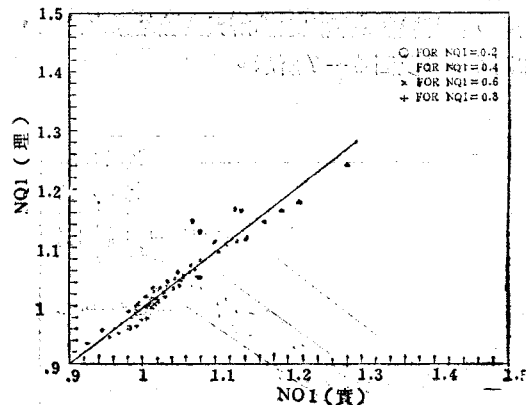


圖 4—3 n_{d1} 理論值和實驗值之比較（檢定）

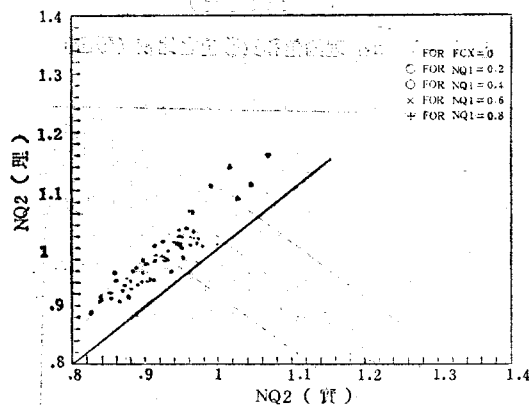


圖 4—4 忽略離心力， n_{d2} 理論值和實驗值之比較（檢定）

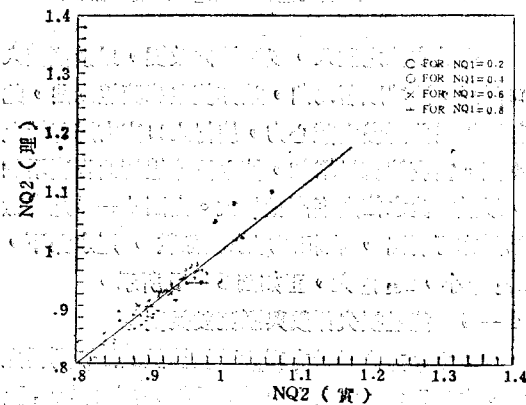


圖 4—5 n_{d2} 理論值和實驗值之比較（檢定）

，即為離心力之作用。若介入離心力項後，其結果將得相當之改善，如圖4—3所示。圖4—4及圖4—5顯示 n_{d2} 亦然。可見在滙流段問題之處理上須對離心力加以考慮。應用檢定所得之離心力係數公式，演算驗證實驗之理論解與實驗結果之比較，如圖4—6及圖4—7所示。

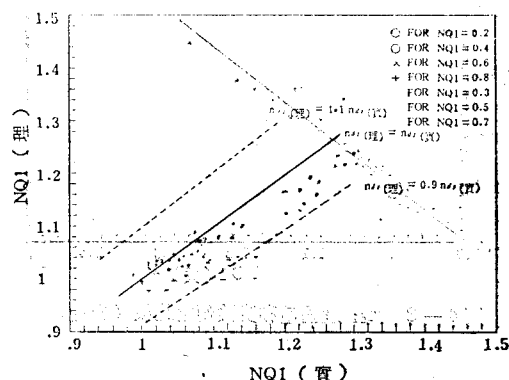


圖4—6 n_{d1} 理論值和實驗值之比較 (驗證)

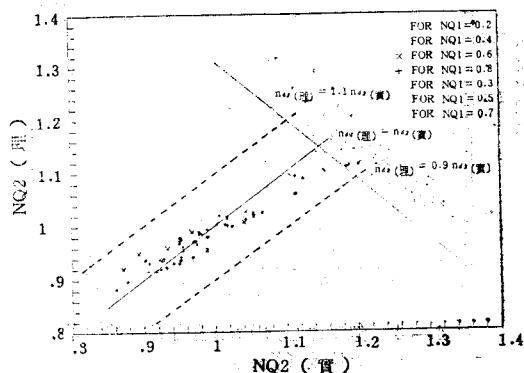


圖4—7 n_{d2} 理論值和實驗值之比較 (驗證)

由於支流之滙入，支流流向改變，以致滙流入口附近，流線顯著彎曲，並亦使主流流線彎曲，此種流線彎曲誘發之離心力，使得入口處有局部性之壅高。當支流流量增加，使主流流線彎曲程度增加，以致主流水位之壅高量加大。由圖4—8之實驗結果亦可看出，在相同尾水福祿數，尾水深下， n_{Q1} 愈小， n_{d1} 愈大，正如圖3—5所示。

4—3 能量損失係數與滙流段長度

當由 x 方向動量方程式及根據試驗觀察所得之主、支流入口處之水位相等之現象，而求得 n_{d1} 及 n_{d2} ，則可由(2)式求得能量損失係數 K_L 之理論值。圖4—9及圖4—10各表之檢定結果與驗證結果。

結果尚屬良好，但 $n_{Q1}=0.2$ 者，有較大之偏差，其

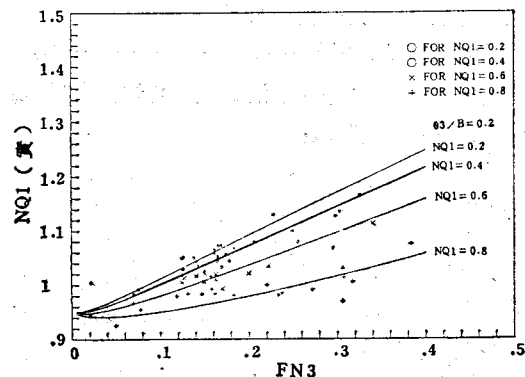


圖4—8 n_{d1} 實驗值和 $FN3$ 關係圖

原因是支流流量比愈大，水面愈亂，愈不穩定，容易造成測讀數據上的誤差。

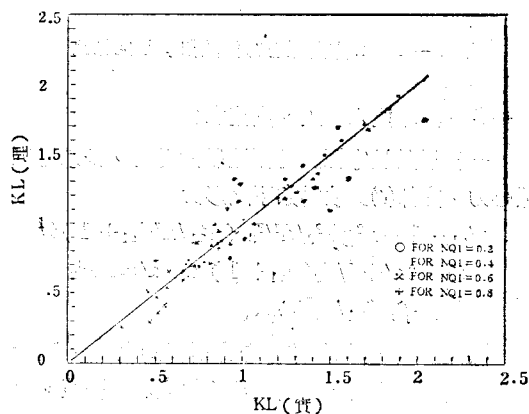


圖4—9 全滙流段能量損失係數理論值和實驗值之比較 (檢定)

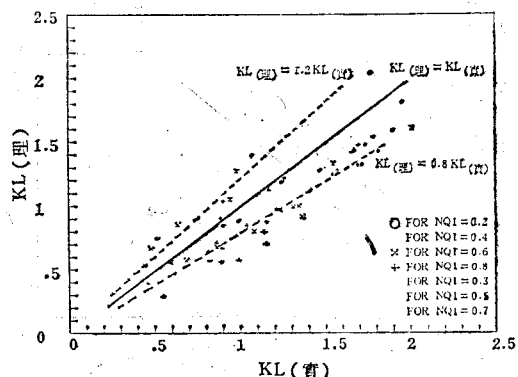


圖4—10 全滙流段能量損失係數理論值和實驗值之比較 (驗證)

在常用之標準步驟法或變量流演算上，在滙流外處常用分別估算 k_{L13} 及 k_{L23} 而引用(9)、(20)式，

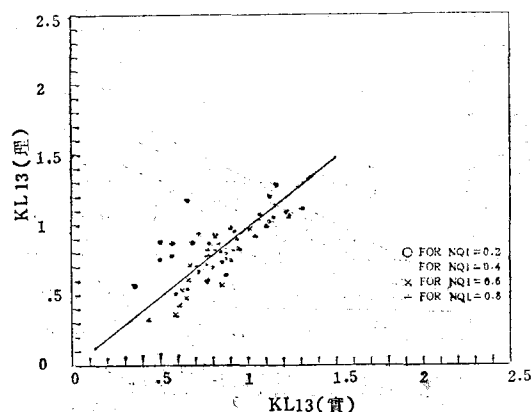


圖 4-11 主流進流量能量損失係數理論值和實驗值之比較 (檢定)

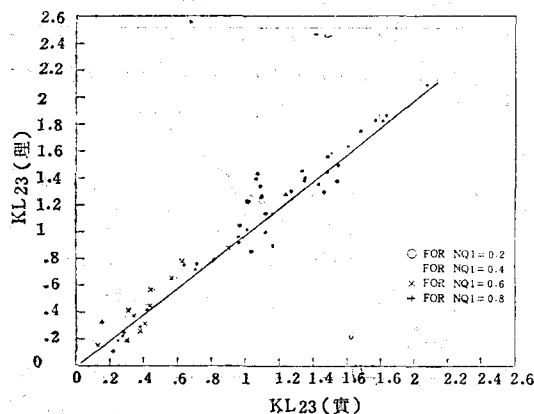


圖 4-12 支流進流量能量損失係數理論值和實驗值之比較 (檢定)

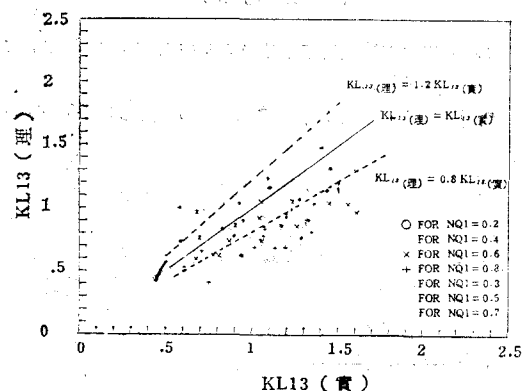


圖 4-13 主流進流量能量損失係數理論值和實驗值之比較 (驗證)

此一應用有時有下游能量頭反比上游能量頭為大之情形發生，其原因可能是滙流段長度不够，以致所取之下游断面處，主流尚未完全混合。 k_{L13} 及 k_{L23} 之檢定結果與驗證結果如圖 4-11、圖 4-12、圖 4-13 及圖 4-14 所示。

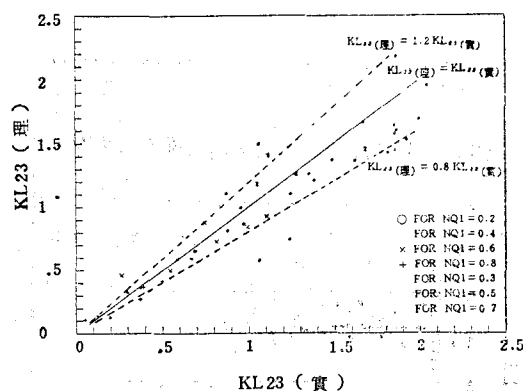


圖 4-14 支流進流量能量損失係數理論值和實驗值之比較 (驗證)

4-4 流離區之長度

支流滙入主流時，由於流體滯性及二渠道岸壁交接處之非流線型，致有流離區發生。流離區之存在，不僅增加能量損失，且使有效寬度減少，水面有洩降之現象，甚至發生水躍，更增加能量損失。本文亦將研討此一離離區之長度。

圖 4-15、圖 4-16、圖 4-17 及圖 4-18 各為 n_{q1} 為 0.2, 0.4, 0.6 及 0.8，流離區長度和尾水福祿數之關係。結果稍微散亂，此原因乃流離區之尾部水流異常紊亂，使得流離區之再觸點位置飄移不定，造成測量上之困難。唯由圖仍可明顯看出流離區的長度，隨着支流流量增加而增加。

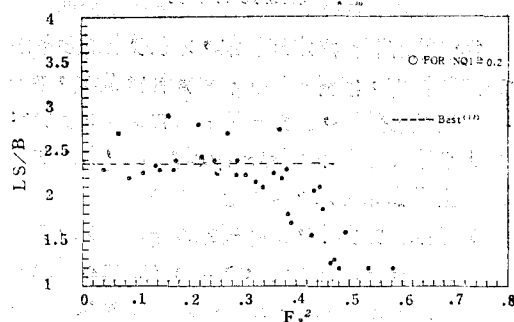


圖 4-15 流離區長度和 F_s^2 值關係圖 ($n_{q1}=0.2$)

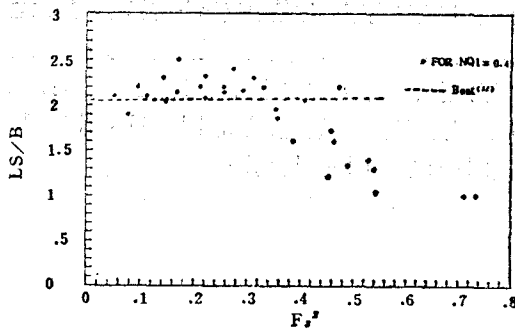


圖 4—16 流離區長度和 F_s^2 關係圖 ($n_{Q1}=0.4$)

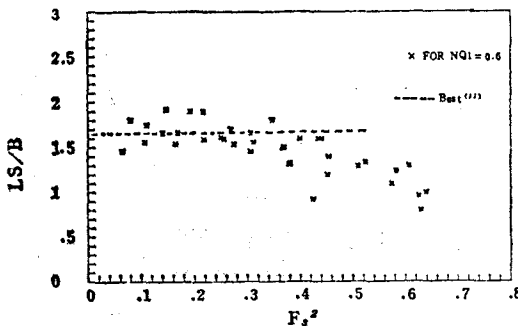


圖 4—17 流離區長度和 F_s^2 關係圖 ($n_{Q1}=0.6$)

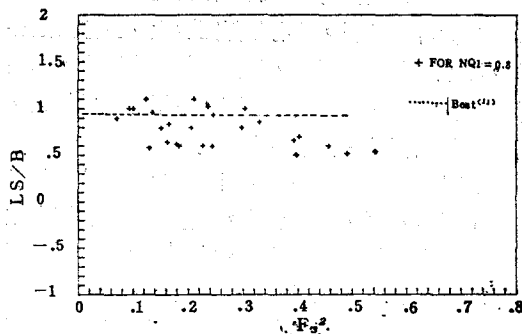


圖 4—18 流離區長度和 F_s^2 關係圖 ($n_{Q1}=0.3$)

五、結論與建議

爲能瞭解滙流之水理現象，本研究經由實驗觀察及理論推導，獲得一組俱有實用性之公式，並由實驗證明其有效性，由此一研究獲得以下之結論：

1. 亞臨界流況下，尾水福祿數愈大，則滙流段上游水深愈大。
2. 亞臨界流況下，支流流量比 n_{Q2} 愈大，則滙流段上游水深比 nd_1 、 nd_2 ，能量損失係數 k_L 、 k_{L13} 、 k_{L23} ，流離區長度等，均愈大。
3. 明渠滙流段由於流線彎曲，應考慮離心力對水位之影響。就等寬明渠直角滙流之流況而

言，在垂直主流之方向上將造成超高，沿主流方向上，則比忽略離心力作用時之水位爲低。

4. 若主流入口處水位可視爲相等，則由 x 方向動量方程式，即可由滙流段尾水福祿數及支流流量比，求得滙流入口處之水深比，此一應用和試驗結果比較，顯示結果相當良好。
5. 由於滙流段中，除摩擦損失外，尚有流離區渦流損失，因此頗不易以一簡單之關係式，求滙流段中之能量損失。但可由結論 2. 所述，在求得入口水深後，再由能量方程式求得此一能量損失，經實驗驗證顯示，結果尚屬良好。惟滙流段所取範圍若不恰當，將因斷面水流尚未完全混合，而產生能量損失係數爲負值之情況。
6. 滙流段所取之範圍，影響着能量損失係數，以及離心力之計算值，倘若能够正確的定出其範圍，將有助於滙流段水力演算之正確性。斷面流速均勻、超高現象已不明顯，水面較爲平靜之處，即可視爲已不受滙流段影響。
7. 離心力係數 k_{cx} 除和尾水福祿數 F_s^2 有較明顯之關係外，寬深比 b/d^3 等亦有影響，猶有待進行更精確之測量，詳細的分析，以改善有關 k_{cx} 之經驗公式。又本文只探討定床、等渠寬、直角交滙及主流渠坡度各爲 1/1000 及 1/500 之明渠滙流。而在動床、不等渠寬、非直角交滙、不同底床坡度之明渠滙流則有待進一步之研究。

十、參考文獻

1. 「防洪工程設計手冊」，1969，中國水利工程學會，pp.45-50。
2. 盧衍祺，1976，「流體力學」，pp.189-190，478-484。
3. 蔡長泰、顏清連，1981，「通用水面線演算模式」，臺灣水利季刊，第二十九卷第三期，pp.11-18。
4. 王如意、何興亞，1984，「溪流系統中滙流與分流水力分析及模型試驗之研究——花蓮嘉儀溪個案研究」國立臺灣大學水工試驗所第六十九號報告。
5. 伍勝園，「等寬明渠直角滙流段水力分析」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，1985。
6. Edward H. Taylor, 1944, "Flow Characteristic at Rectangular Open-Channel Junc-

- tions", Trans. ASCE, Vol. 109 pp. 893-912.
7. Charles E. Bowers, 1950, "Studies of Open Channel Junction", pt. V of Hydraulic Model Studies for Whiting Field Naval Air Station, Milton Florida, Univ. of Minnesota, St. Antong Falls Hyd. Laboratory, Technical paper No.6, Serils B. January.
 8. Ven Te Chow, 1959, "Open Channel Hydraulics", Mc Graw-Hill Co. pp. 512-516.
 9. Clive Alan Greated, 1966, "An Investigation of Flow Behaviour at the Junction of Rectangular Channels" Pr. Instit. of civil Engr. 34, pp. 321-334.
 10. F. M. Henderson, 1966, "Open Channel Flow", Macmillan Co. pp. 40-44, 116-117.
 11. Ralph F. Wong, Alfonso Robles "Flood-Control Facilities for unigue Flood Problems", Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engr. Div. ASCE, 1976, Vol. 97, No. wwl, February, pp. 191-195.
 12. Mostafa M. Solman, 1977, "The Hydraulic Characteristics of River Confluences", Modeling Hydraulic Processes, Sec. V pp. 663-668.
 13. J. D. Lin, H. K. Soong, 1979, "Junction Losses in Ooen Channel Flows", Water Resources Research Vol. 15, pp. 414-418.
 14. Pashupat, N. Modi, 1981, "Conformal Mapping for Channel Junction Flow", Journal of Hydraulic Div. ASCE, pp. 1713-1733 December.
 15. Charles E. Rice 1983, "Open Channel Junctions with Supercritical Flow".
 16. James L. Best, 1984, "Separation Zone at Open-Channel Junctions", Journal of Hydraulic Div. ASCE Vol. 10 pp. 1588-1594.

(上接第77頁)

般常溫或輔熱通風乾燥方法上，尤為重要。

就質變(Deterioration)之觀點言之，在乾燥期間，為維持玉米適當品質，其所施用之風量率有一最適之範圍。例如，在穀層厚度2呎，熱風120°F，水分33.3%（乾基）情況下，最適風量率約在12cfm/英斗左右。

在此適當之風量率下作業，高於常溫10°F以內之輔熱乾燥常可降低質變率，否則熱量雖增，徒增上層穀物之質變率。

在一般之常溫乾燥中，初始含水率在20—25%範圍時，每增加2%之含水率，其質變率將加倍，霉菌亦將伴隨滋長。同時，風量在0.5~2cfm/英斗範圍內，風量減半，質變率亦隨之加倍。

八、誌 謝

本計畫承農委會74年農建-4.11-產植-92(7)計畫經費補助，始克完成，謹誌謝忱。

九、參 考 文 獻

1. Saul, R.A. 1970 Deterioration rate of

moist corn at low temperatures ASAE Paper No. 70-302.

2. Fon, D.S. 1983 Management Strategies for corn production and drying systems. Unpublished Ph. D. dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa.
3. Foster, G. H. 1953 Minimum air flow requirements for drying grain with unheated air Agric. Eng. 34 (10):681-684.
4. Steele, J. L., R. A. Saul, and W. V. Hukill. 1969 Deterioration of shelled corn as measured by carbon dioxide production. Trans. ASAE 12(5):685-689.
5. Thompson, T. L. 1972. Temporary storage of high-moisture shelled corn using continuous aeration Trans ASAE. 15(2): 333-337.
6. 方煒 使用個人電腦對靜置式厚層玉米粒乾燥系統模擬程式之研究 臺大農工所碩士論文七十四年六月。