

## เอกสารอ้างอิง

1. ชัยพันธุ์ รักริภัย 2526 ชลศาสตร์ของทางน้ำเปิด สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม.
2. ดำรง เปรมปรีดี และ จักรี จัตุหะศรี 2527 ชลศาสตร์และเครื่องกลพลังน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม.  
(โรเนียว เย็บเล่ม)
3. วรุณ คุณวาสิ 2519 ทางน้ำล้น (Spillway) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม. (โรเนียว เย็บเล่ม)
4. \_\_\_\_\_ 2527 ไฮดรอลิกซ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม. (โรเนียว เย็บเล่ม)
5. สุราณี ประดิษฐานนท์ 2526 กลศาสตร์ของไหลเบื้องต้น ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
6. Chow, Ven Te, 1959, Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Company.
7. Elevatorski, Edward, A., 1959, Hydraulic Energy Dissipators, McGraw-Hill Book Company.
8. Frank Ayres JR, 1972, Theory and Problems of Differential and Integral Calculus (SI Metric Units), First and Second Editions, McGraw-Hill Book Company.
9. Golzw, Alfred R., 1977, Handbook of Dam Engineering. Litton Educational Publishing, Inc.
10. Henderson, 1966, Open Channel Flow. Macmillan Publishing Co., Inc., U.S.A.
11. Herschy, R.W., 1978, Hydrometry. John Wiley & Sons, Inc.
12. Kindle, Joseph H., 1950, Analytic Geometry. McGraw-Hill Book Company.
13. Lal, Jagdish, 1976, Hydraulics and Fluid Mechanics. Seventh Edition, Metropolitan Book Co. Private Ltd.

14. McPherson, M.B. and Karr, M.H., ASCE, 1957, "A Study of Bucket Type Energy Dissipator Characteristics", Journal of Hydraulics Division. Vol. 83, No. HY 3.
15. Linsley, Ray K. and Franzini, Joseph B., 1972, Water Resources Engineering. McGraw-Hill Koga Kusha Ltd.
16. Morris, Henry M. and Wiggert, James M., 1972 Applied Hydraulic in Engineering. Second Edition, The Ranold Press Company.
17. Simon, Andrew L. 1981, Practical Hydraulics. Second Edition John Wiley & Sons. Inc., USA.
18. Thai Nation Committee on Large Dam, 1977, Large Dam in Thailand. Samarn Advertising Thailand. \*
19. Thomas, Henry H., 1976, The Engineering of Large Dams. Part I, II., John Wiley & Sons Inc.
20. United States Department of The Interior Bureau of Reclamation, 1974, Design of Small Dams. Second Edition, Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi.
21. ——— . 1958, Hydraulic Laboratory Practice. Engineering Monograph No. 18.
22. United States Army, Corps of Engineers, Hydraulic Design Criteria. Sheets 112-6 to 112-6.2.
23. USBR, 1958, Hydraulic Design of Stilling Basins and Bucket Energy Dissipators. Engineering Monograph No. 25.
24. Vennard, John K. 1961, Elementary Fluid Mechanics. Fourth Edition, Toppan Printing Company. Ltd., Japan.
25. Warnock, J.E., 1940, Spillways and Energy Dissipators. Proceedings of Hydraulic Conference, State University of Iowa Engineering Bulletin 20.

26. Yuan, S.W., 1969, Foundations of Fluid Mechanics. Prentice-Hall of  
India Private Limited.

## ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก.1 ตารางข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของตัวลตพลังงาน
- ภาคผนวก ก.2 รูปแสดงอัตราการสูญเสียพลังงานของตัวลตพลังงาน
- ภาคผนวก ข.1 การหาปริมาณการไหลของมวลน้ำผ่านฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- ภาคผนวก ข.2 ตารางข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณปรับค่าที่ถูกต้อง
- ภาคผนวก ข.3 รูปแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับระดับน้ำเหนือสันฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าและทางระบายน้ำล้น
- ภาคผนวก ค แบบรายละเอียดทางระบายน้ำล้นจำลอง
- ภาคผนวก ง โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก ก.1

ตารางข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของตัวลดทพลังงาน

ตาราง ก-1 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะเทาะรูปส่วนของวงกลม R = 60 ซม.

No.	Hd (ม.)	Q1 (cu.ม./sec)	q1 (cu.ม./sec/ม.)	y1 (ม.)	V1 (ม./sec)	Fr1	y2(T.W) (ม.)	V2 (ม./sec)	x=y1*cosθ (ม.)	Z1 (ม.)	$E1=z1+y1*cosθ+v1/2g$ (ม.)	$E2=y2+v2/2g$ (ม.)	(E1-E2)/E1
1	.15	.0977	.1041	.031	3.359	6.091	.272	.3828	.0178	.272	.8649	.2795	.6769
2	.144	.0919	.0979	.029	3.3767	6.331	.27	.3627	.0166	.27	.8678	.2767	.6811
3	.13	.0787	.084	.025	3.358	6.781	.236	.3557	.0143	.236	.8251	.2424	.7062
4	.12	.0698	.0744	.023	3.2357	6.812	.238	.3127	.0132	.238	.7848	.243	.6904
5	.11	.0612	.0653	.0184	3.5481	8.351	.233	.2802	.0106	.233	.8852	.237	.7323
6	.1	.0531	.0566	.0162	3.4914	8.758	.223	.2536	9.3E-03	.223	.8536	.2263	.7349
7	.086	.0423	.0451	.013	3.4671	9.709	.188	.2397	7.5E-03	.188	.8081	.1909	.7637
8	.071	.0317	.0338	.01	3.3776	10.784	.163	.2072	5.7E-03	.163	.7502	.1652	.7798
9	.06	.0246	.0262	7E-03	3.7452	14.292	.163	.1608	4E-03	.163	.8819	.1643	.8137
10	.05	.0187	.0199	5E-03	3.9848	17.992	.142	.1403	2.9E-03	.142	.9542	.143	.8501
11	.041	.0139	.0148	4E-03	3.6948	18.652	.14	.1056	2.3E-03	.14	.8381	.1406	.8323

ตาราง ก-2 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะเทาะรูปส่วนของวงรี a = 60 ซม. b = 30 ซม.

No.	Hd (ม.)	Q1 (cu.ม./sec)	q1 (cu.ม./sec/ม.)	y1 (ม.)	V1 (ม./sec)	Fr1	y2(T.W) (ม.)	V2 (ม./sec)	x=y1*cosθ (ม.)	Z1 (ม.)	$E1=z1+y1*cosθ+v1/2g$ (ม.)	$E2=y2+v2/2g$ (ม.)	(E1-E2)/E1
1	.144	.0919	.0979	.0298	3.286	6.078	.287	.3412	.0171	.287	.8544	.2929	.6572
2	.13	.0787	.084	.025	3.358	6.781	.254	.3305	.0143	.254	.8431	.2596	.6921
3	.12	.0698	.0744	.0226	3.293	6.994	.23	.3236	.013	.23	.7957	.2353	.7042
4	.11	.0612	.0653	.02	3.2643	7.37	.23	.2839	.0115	.23	.7846	.2341	.7016
5	.1	.0531	.0566	.0185	3.0573	7.177	.217	.2606	.0106	.217	.704	.2205	.6869
6	.09	.0453	.0483	.0169	2.8559	7.014	.206	.2343	9.7E-03	.206	.6314	.2088	.6693
7	.086	.0423	.0451	.015	3.0048	7.833	.202	.2231	8.6E-03	.202	.6708	.2045	.6951
8	.071	.0317	.0338	.0116	2.9118	8.632	.192	.1759	6.7E-03	.192	.6308	.1936	.6931
9	.06	.0246	.0262	9.7E-03	2.7027	8.761	.182	.144	5.6E-03	.182	.5599	.1831	.673
10	.05	.0187	.0199	8.5E-03	2.344	8.117	.169	.1179	4.9E-03	.169	.4539	.1697	.6261

ตาราง ก-3 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะเทาะรูปส่วนของวงรี a = 60 ซม. b = 40 ซม.

No.	Hd (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	q1 (cu.ม/sec/ม)	y1 (ม)	V1 (ม/sec)	Fr1	y2(T.W) (ม)	V2 (ม/sec)	x=y1*cosθ (ม)	Z1 (ม)	E1=z1+y1*cosθ+v1/2g (ม)	E2=y2+v2/2g (ม)	(E1-E2)/E1
1	.185	.1339	.1428	.044	3.2451	4.939	.378	.3777	.0252	.378	.94	.3853	.5901
2	.17	.1179	.1257	.0392	3.2071	5.172	.332	.3767	.0225	.332	.8787	.3393	.6139
3	.16	.1076	.1148	.034	3.3751	5.844	.319	.3597	.0195	.319	.9191	.3256	.6457
4	.144	.0919	.0979	.0314	3.1186	5.619	.289	.3388	.018	.289	.8027	.2949	.6327
5	.13	.0787	.084	.0255	3.2922	6.582	.256	.3279	.0146	.256	.823	.2615	.6823
6	.12	.0698	.0744	.0225	3.3076	7.04	.256	.2907	.0129	.256	.8265	.2603	.6851
7	.11	.0612	.0653	.02	3.2643	7.37	.243	.2687	.0115	.243	.7976	.2467	.6907
8	.1	.0531	.0566	.0165	3.4279	8.52	.234	.2417	9.5E-03	.234	.8424	.237	.7187
9	.09	.0453	.0483	.0147	3.2833	8.646	.227	.2126	8.4E-03	.227	.7849	.2293	.7079
10	.086	.0423	.0451	.013	3.4671	9.709	.216	.2087	7.5E-03	.216	.8361	.2182	.739
11	.071	.0317	.0338	.0105	3.2168	10.023	.216	.1564	6E-03	.216	.7494	.2172	.7101
12	.06	.0246	.0262	8.7E-03	3.0133	10.315	.214	.1225	5E-03	.214	.6818	.2148	.685
13	.05	.0187	.0199	7.5E-03	2.6566	9.794	.206	.0967	4.3E-03	.206	.57	.2065	.6378

ตาราง ก-4 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะเทาะรูปส่วนของวงรี a = 60 ซม. b = 50 ซม.

No.	Hd (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	q1 (cu.ม/sec/ม)	y1 (ม)	V1 (ม/sec)	Fr1	y2(T.W) (ม)	V2 (ม/sec)	x=y1*cosθ (ม)	Z1 (ม)	E1=z1+y1*cosθ+v1/2g (ม)	E2=y2+v2/2g (ม)	(E1-E2)/E1
1	.192	.1416	.151	.051	2.9606	4.186	.384	.3932	.0292	.384	.86	.3919	.5443
2	.17	.1179	.1257	.0391	3.2153	5.192	.336	.3742	.0224	.336	.8853	.3431	.6124
3	.16	.1076	.1148	.033	3.4774	6.112	.317	.362	.0189	.317	.9522	.3237	.6601
4	.144	.0919	.0979	.029	3.3767	6.331	.29	.3377	.0166	.29	.8878	.2958	.6668
5	.13	.0787	.084	.0241	3.4834	7.164	.261	.3217	.0138	.261	.8933	.2663	.7019
6	.12	.0698	.0744	.022	3.3828	7.282	.246	.3025	.0126	.246	.8419	.2507	.7023
7	.11	.0612	.0653	.0184	3.5481	8.351	.234	.279	.0106	.234	.8862	.238	.7315
8	.1	.0531	.0566	.0162	3.4914	8.758	.227	.2492	9.3E-03	.227	.8576	.2302	.7316
9	.09	.0453	.0483	.0143	3.3752	9.011	.219	.2204	8.2E-03	.219	.8078	.2215	.7258
10	.086	.0423	.0451	.0128	3.5213	9.937	.206	.2188	7.3E-03	.206	.8453	.2084	.7534
11	.071	.0317	.0338	.0105	3.2168	10.023	.197	.1715	6E-03	.197	.7304	.1985	.7282
12	.06	.0246	.0262	8.8E-03	2.9791	10.139	.184	.1425	5E-03	.184	.6414	.185	.7115
13	.05	.0187	.0199	7.3E-03	2.7293	10.199	.171	.1165	4.2E-03	.171	.5549	.1717	.6906

ตาราง ก-5 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะทะรูปพลาโบล่า a = 10 ซม.

No.	Hd (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	q1 (cu.ม/sec/ม)	y1 (ม)	V1 (ม/sec)	Fr1	y2(T.W) (ม)	V2 (ม/sec)	x=y1*cosθ (ม)	Z1 (ม)	E1=z1+y1*cosθ+v1/2g (ม)	E2=y2+v2/2g (ม)	(E1-E2)/E1
1	.185	.1339	.1428	.046	3.104	4.621	.382	.3738	.0264	.382	.8994	.3891	.5674
2	.17	.1179	.1257	.0345	3.844	6.264	.33	.361	.0198	.33	1.0266	.3374	.6713
3	.16	.1076	.1148	.032	3.5861	6.4	.313	.3666	.0184	.313	.9868	.3199	.6759
4	.144	.0919	.0979	.027	3.6268	7.047	.294	.3331	.0155	.294	.9759	.2997	.6942
5	.13	.0787	.084	.0235	3.5724	7.44	.279	.3009	.0135	.279	.9429	.2836	.6992
6	.12	.0698	.0744	.0215	3.4615	7.537	.256	.2907	.0123	.256	.879	.2603	.7039
7	.11	.0612	.0653	.019	3.4361	7.959	.242	.2698	.0109	.242	.8547	.2457	.7125
8	.1	.0531	.0566	.0166	3.4072	8.443	.229	.247	9.5E-03	.229	.8302	.2321	.7204
9	.09	.0453	.0483	.0148	3.2612	8.559	.217	.2224	8.5E-03	.217	.7675	.2195	.714
10	.086	.0423	.0451	.0139	3.2426	8.781	.189	.2385	8E-03	.189	.7329	.1919	.7382
11	.071	.0317	.0338	.01	3.3776	10.784	.188	.1797	5.7E-03	.188	.7752	.1896	.7554
12	.06	.0246	.0262	7.7E-03	3.4047	12.388	.181	.1448	4.4E-03	.181	.7762	.1821	.7654
13	.05	.0187	.0199	5.3E-03	3.7593	16.487	.171	.1165	3E-03	.171	.8743	.1717	.809

ตาราง ก-6 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะทะรูปพลาโบล่า a = 14 ซม.

No.	Hd (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	q1 (cu.ม/sec/ม)	y1 (ม)	V1 (ม/sec)	Fr1	y2(T.W) (ม)	V2 (ม/sec)	x=y1*cosθ (ม)	Z1 (ม)	E1=z1+y1*cosθ+v1/2g (ม)	E2=y2+v2/2g (ม)	(E1-E2)/E1
1	.184	.1328	.1416	.044	3.2187	4.899	.362	.3912	.0252	.362	.9153	.3698	.596
2	.17	.1179	.1257	.0375	3.3525	5.527	.347	.3623	.0215	.347	.9413	.3537	.6243
3	.16	.1076	.1148	.0336	3.4153	5.949	.328	.3499	.0193	.328	.9418	.3342	.6451
4	.144	.0919	.0979	.028	3.4973	6.673	.306	.32	.0161	.306	.9455	.3112	.6708
5	.13	.0787	.084	.0237	3.5422	7.346	.28	.2998	.0136	.28	.9331	.2846	.695
6	.12	.0698	.0744	.0214	3.4777	7.59	.264	.2819	.0123	.264	.8927	.2681	.6997
7	.11	.0612	.0653	.0184	3.5481	8.351	.251	.2601	.0106	.251	.9032	.2544	.7183
8	.1	.0531	.0566	.0163	3.47	8.678	.226	.2503	9.3E-03	.226	.849	.2292	.7301
9	.09	.0453	.0483	.0139	3.4723	9.403	.204	.2366	8E-03	.204	.8265	.2069	.7497
10	.086	.0423	.0451	.012	3.7561	10.947	.161	.28	6.9E-03	.161	.8869	.165	.814
11	.071	.0317	.0338	9.3E-03	3.6319	12.024	.151	.2237	5.3E-03	.151	.8286	.1536	.8147
12	.06	.0246	.0262	7.3E-03	3.5913	13.42	.15	.1748	4.2E-03	.15	.8115	.1516	.8132
13	.053	.0204	.0218	5.5E-03	3.9547	17.025	.148	.147	3.2E-03	.148	.9483	.1491	.8428



ตาราง ก-7 ข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณของกะทรูปพาลาโบล่า  $a = 17.6$  ซม.

No.	Hd (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	q1 (cu.ม/sec/ม)	y1 (ม)	V1 (ม/sec)	Fr1	y2(T.W) (ม)	V2 (ม/sec)	$x=y1*\cos\theta$ (ม)	Z1 (ม)	$E1=z1+y1*\cos\theta+v1/2g$ (ม)	$E2=y2+v2/2g$ (ม)	$(E1-E2)/E1$
1	.181	.1296	.1362	.0385	3.5856	5.839	.361	.3627	.0221	.361	1.0395	.3685	.6455
2	.17	.1179	.1257	.0343	3.6653	6.319	.339	.3709	.0197	.339	1.0434	.346	.6684
3	.161	.1087	.1158	.032	3.6198	6.461	.332	.3489	.0184	.332	1.0182	.3382	.6679
4	.144	.0919	.0979	.0279	3.5098	6.709	.304	.3221	.016	.304	.9479	.3093	.6737
5	.13	.0787	.084	.024	3.498	7.209	.278	.302	.0138	.278	.9154	.2826	.6912
6	.12	.0698	.0744	.022	3.3828	7.282	.259	.2873	.0126	.259	.8549	.2632	.6921
7	.11	.0612	.0653	.0188	3.4726	8.086	.235	.2778	.0108	.235	.8604	.2389	.7223
8	.1	.0531	.0566	.0143	3.9553	10.56	.216	.2619	8.2E-03	.216	1.0216	.2195	.7851
9	.086	.0423	.0451	.0123	3.6644	10.549	.213	.2116	7.1E-03	.213	.9045	.2153	.762
10	.071	.0317	.0338	.0101	3.3442	10.624	.211	.1601	5.8E-03	.211	.7868	.2123	.7302
11	.06	.0246	.0262	8.5E-03	3.0843	10.661	.205	.1279	4.9E-03	.205	.6947	.2058	.7037
12	.05	.0187	.0199	6.4E-03	3.1131	12.424	.202	.0986	3.7E-03	.202	.6996	.2025	.7106

ตาราง ก-8 อัตราส่วนระหว่าง  $h_b$ ,  $h_s$  และ  $y_2$  กับ  $h_1$  ของกะทะแบบส่วนของวงกลม

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.327	.502	.413	.2672	.4101	.3374
2	.144	1.224	.0919	.312	.497	.399	.2549	.406	.326
3	.144	1.224	.0919	.292	.485	.386	.2386	.3962	.3154
4	.144	1.224	.0919	.273	.472	.373	.223	.3856	.3047
5	.144	1.224	.0919	.247	.457	.358	.2018	.3734	.2925
6	.144	1.224	.0919	.177	.425	.328	.1446	.3472	.268
7	.144	1.224	.0919	.167	.418	.311	.1364	.3415	.2541
8	.144	1.224	.0919	.152	.418	.297	.1242	.3415	.2426
9	.144	1.224	.0919	.13	.392	.277	.1062	.3203	.2263

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 13$

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.086	1.166	.0423	.327	.398	.344	.2804	.3413	.295
2	.086	1.166	.0423	.308	.384	.33	.2642	.3293	.283
3	.086	1.166	.0423	.288	.365	.312	.247	.313	.2676
4	.086	1.166	.0423	.253	.345	.292	.217	.2959	.2504
5	.086	1.166	.0423	.233	.341	.273	.1998	.2925	.2341
6	.086	1.166	.0423	.203	.318	.254	.1741	.2727	.2178
7	.086	1.166	.0423	.183	.316	.234	.1569	.271	.2007
8	.086	1.166	.0423	.148	.298	.216	.1269	.2556	.1852
9	.086	1.166	.0423	.138	.293	.199	.1184	.2513	.1707
10	.086	1.166	.0423	.125	.29	.191	.1072	.2487	.1638

ตาราง ก-9 อัตราส่วนระหว่าง  $h_b$ ,  $h_s$  และ  $y_2$  กับ  $h_1$  ของกะทะแบบส่วนของวงรี

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$  และ  $b = 30$  ซม.

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.ม/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.287	.408	.407	.2345	.3333	.3325
2	.144	1.224	.0919	.272	.403	.387	.2222	.3292	.3162
3	.144	1.224	.0919	.202	.328	.323	.165	.268	.2639
4	.144	1.224	.0919	.177	.318	.309	.1446	.2598	.2525
5	.144	1.224	.0919	.147	.303	.287	.1201	.2475	.2345

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$  และ  $b = 40$  ซม.

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.m/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.311	.423	.411	.2541	.3456	.3358
2	.144	1.224	.0919	.281	.393	.374	.2296	.3211	.3056
3	.144	1.224	.0919	.28	.383	.366	.2288	.3129	.299
4	.144	1.224	.0919	.26	.378	.357	.2124	.3088	.2917
5	.144	1.224	.0919	.25	.363	.347	.2042	.2966	.2835
6	.144	1.224	.0919	.24	.358	.337	.1961	.2925	.2753
7	.144	1.224	.0919	.197	.353	.33	.1609	.2884	.2696
8	.144	1.224	.0919	.191	.331	.311	.156	.2704	.2541
9	.144	1.224	.0919	.19	.323	.297	.1552	.2639	.2426
10	.144	1.224	.0919	.184	.32	.289	.1503	.2614	.2361

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$  และ  $b = 50$  ซม.

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.m/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.32	.455	.407	.2614	.3717	.3325
2	.144	1.224	.0919	.281	.43	.364	.2296	.3513	.2974
3	.144	1.224	.0919	.25	.41	.352	.2042	.335	.2876
4	.144	1.224	.0919	.24	.385	.334	.1961	.3145	.2729
5	.144	1.224	.0919	.2	.38	.311	.1634	.3105	.2541
6	.144	1.224	.0919	.19	.36	.299	.1552	.2941	.2443
7	.144	1.224	.0919	.16	.35	.29	.1307	.2859	.2369

ตาราง ก-10 อัตราส่วนระหว่าง  $h_b$ ,  $h_s$  และ  $y_2$  กับ  $h_1$  ของกะทะแบบพลาโยลา

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$  เมื่อ  $a = 10$  ซม.

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.m/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.33	.55	.409	.2696	.4493	.3342
2	.144	1.224	.0919	.269	.5	.369	.2198	.4085	.3015
3	.144	1.224	.0919	.225	.48	.338	.1838	.3922	.2761
4	.144	1.224	.0919	.17	.47	.319	.1389	.384	.2606
5	.144	1.224	.0919	.14	.445	.308	.1144	.3636	.2516
6	.144	1.224	.0919	.11	.45	.297	.0899	.3676	.2426
7	.144	1.224	.0919	.09	.45	.294	.0735	.3676	.2402

เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 13$  เมื่อ  $a = 10$  ซม.

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.m/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.086	1.166	.0423	.32	.4	.346	.2744	.3431	.2967
2	.086	1.166	.0423	.24	.34	.281	.2058	.2916	.241
3	.086	1.166	.0423	.2	.32	.257	.1715	.2744	.2204
4	.086	1.166	.0423	.19	.304	.249	.163	.2607	.2136
5	.086	1.166	.0423	.17	.292	.239	.1458	.2504	.205
6	.086	1.166	.0423	.15	.292	.234	.1286	.2504	.2007
7	.086	1.166	.0423	.14	.28	.228	.1201	.2401	.1955
8	.086	1.166	.0423	.13	.27	.225	.1115	.2316	.193
9	.086	1.166	.0423	.12	.268	.215	.1029	.2298	.1844
10	.086	1.166	.0423	.08	.26	.201	.0686	.223	.1724

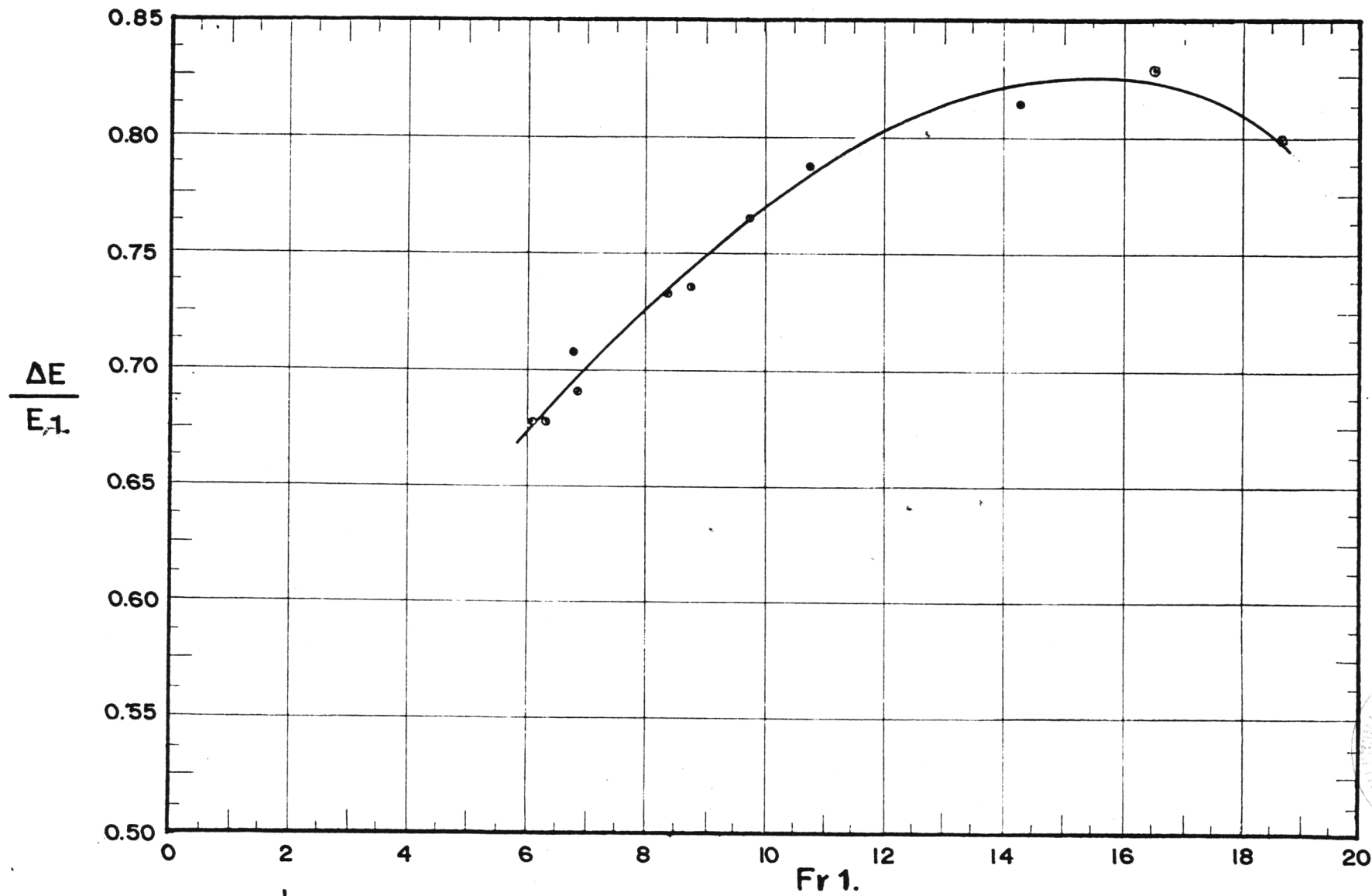
เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$  เมื่อ  $a = 14$  ซม.

No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.m/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.32	.53	.404	.2614	.433	.3301
2	.144	1.224	.0919	.25	.47	.36	.2042	.384	.2941
3	.144	1.224	.0919	.2	.45	.334	.1634	.3676	.2729
4	.144	1.224	.0919	.17	.43	.317	.1389	.3513	.259
5	.144	1.224	.0919	.13	.43	.306	.1062	.3513	.25

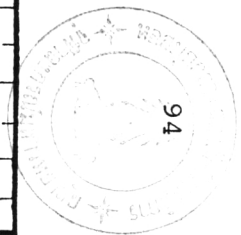
เมื่อ  $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot h_1^{3/2}} \times 10^3 = 26$  เมื่อ  $a = 17.6$  ซม.

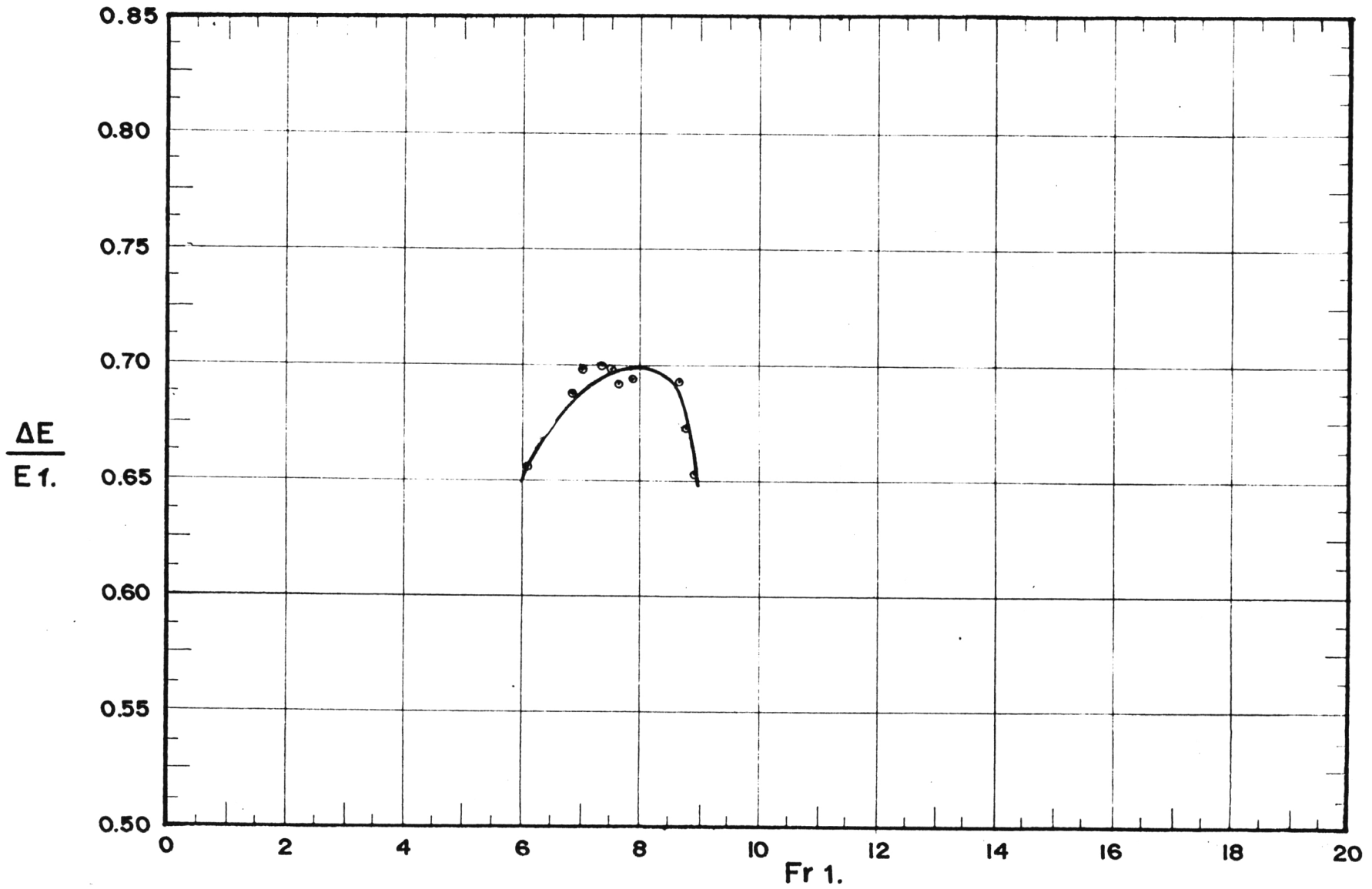
No	Hd (ม)	h1 (ม)	Q1 (cu.m/sec)	hb (ม)	hs (ม)	y2(T.W) (ม)	hb/h1	hs/h1	y2/h1
1	.144	1.224	.0919	.31	.52	.406	.2533	.4248	.3317
2	.144	1.224	.0919	.245	.45	.358	.2002	.3676	.2925
3	.144	1.224	.0919	.22	.44	.339	.1797	.3595	.277
4	.144	1.224	.0919	.18	.42	.327	.1471	.3431	.2672
5	.144	1.224	.0919	.13	.41	.304	.1062	.335	.2484

**ภาคผนวก ก.2****รูปแสดงอัตราการสูญเสียพลังงานของตัวลวดพลังงาน**

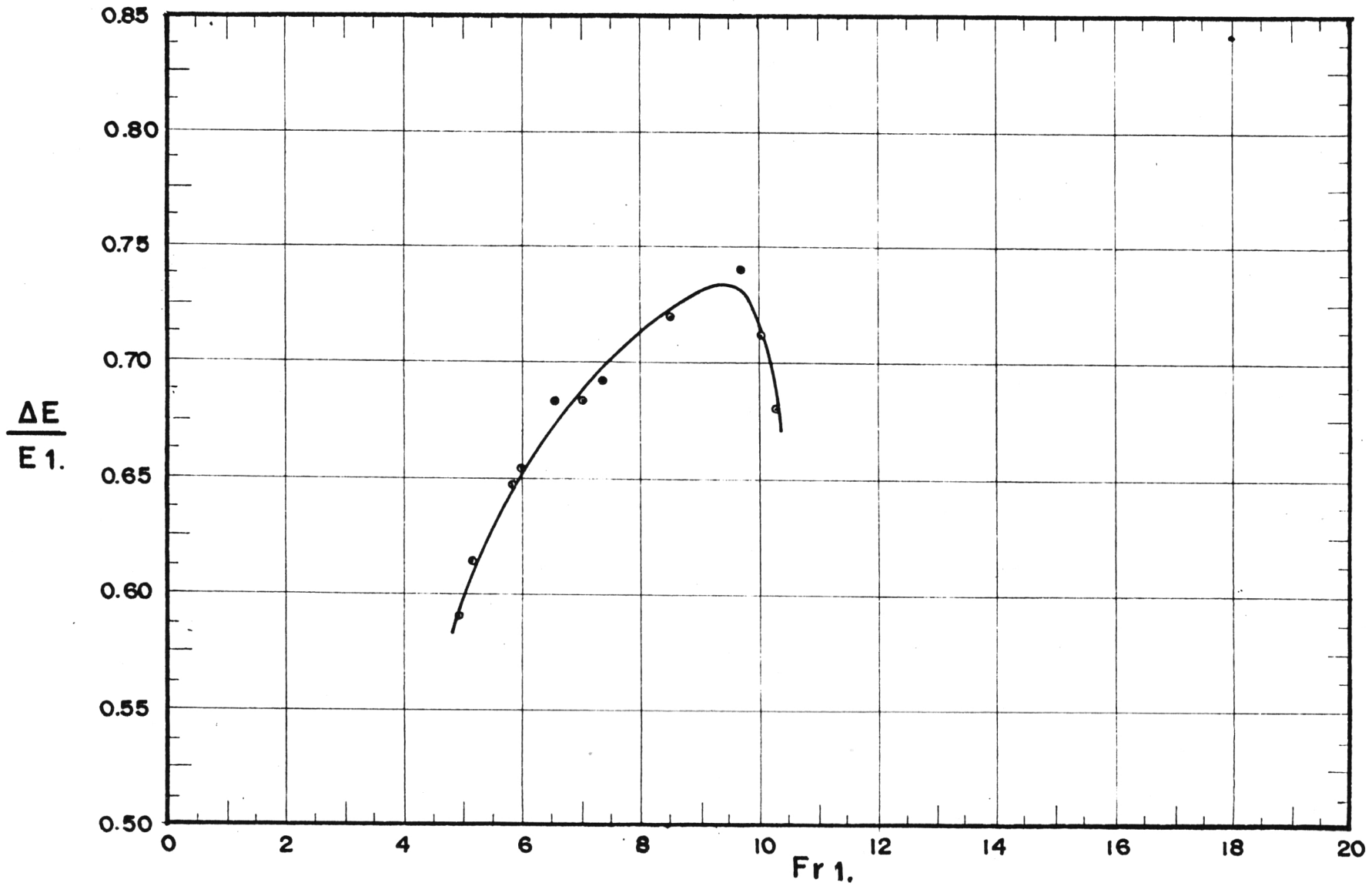


รูปที่ ก-1 แสดงอัตราการสูญเสียพลังงานจำเพาะของกระแทกรูปส่วนของวงกลม R = 0.60 ม.



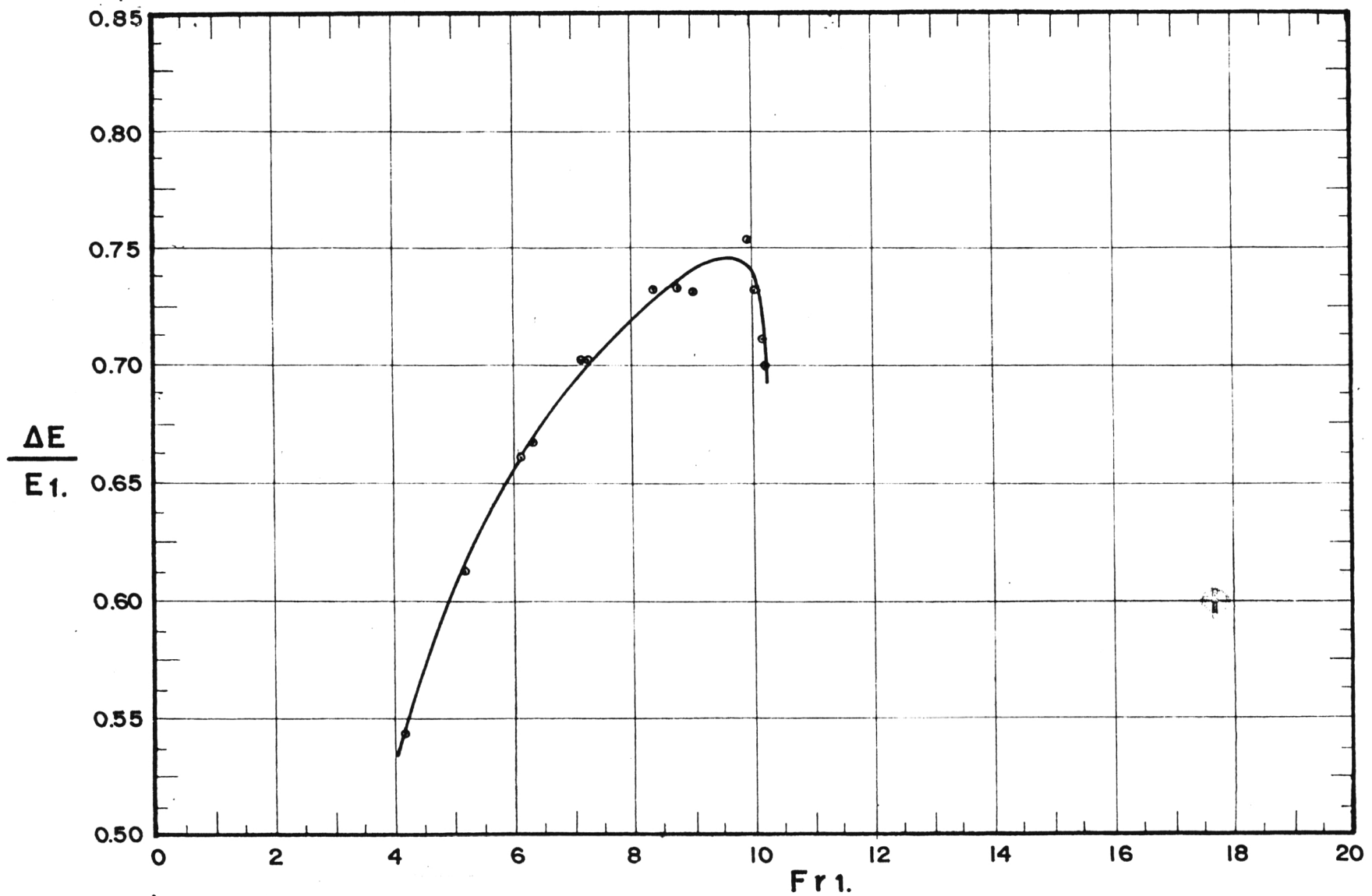


รูปที่ ก-2 แสดงอัตราการสูญเสียพลังงานจำเพาะของกะทะรูปสี่เหลี่ยมของวงรี  $a = 0.60$   $b = 0.30$  ม.

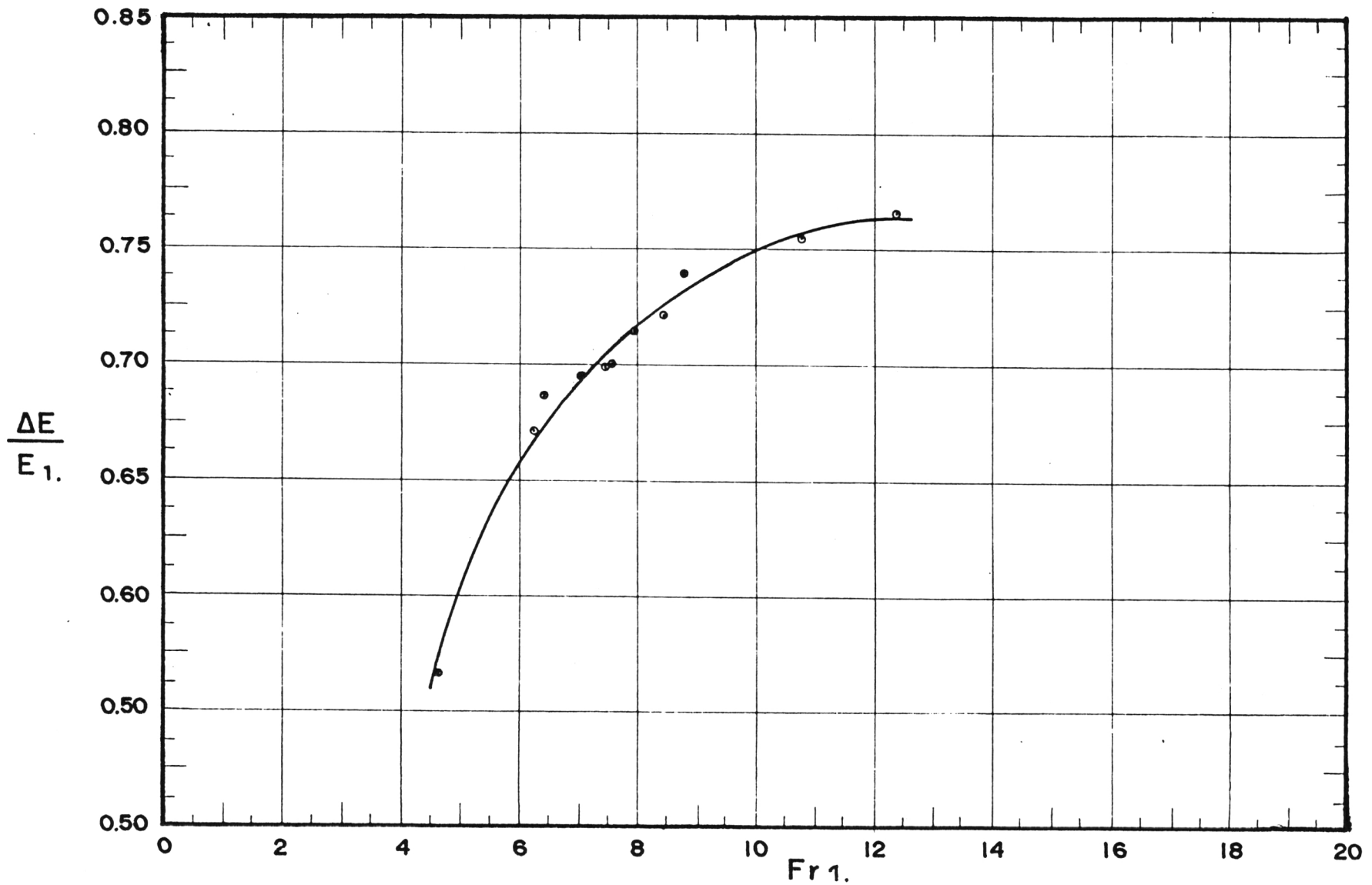


รูปที่ ก-3 แสดงอัตราการใช้พลังงานจำเพาะของกะทะรูปคลื่นของวงรี a = 0.60 ม. b = 0.40 ม.

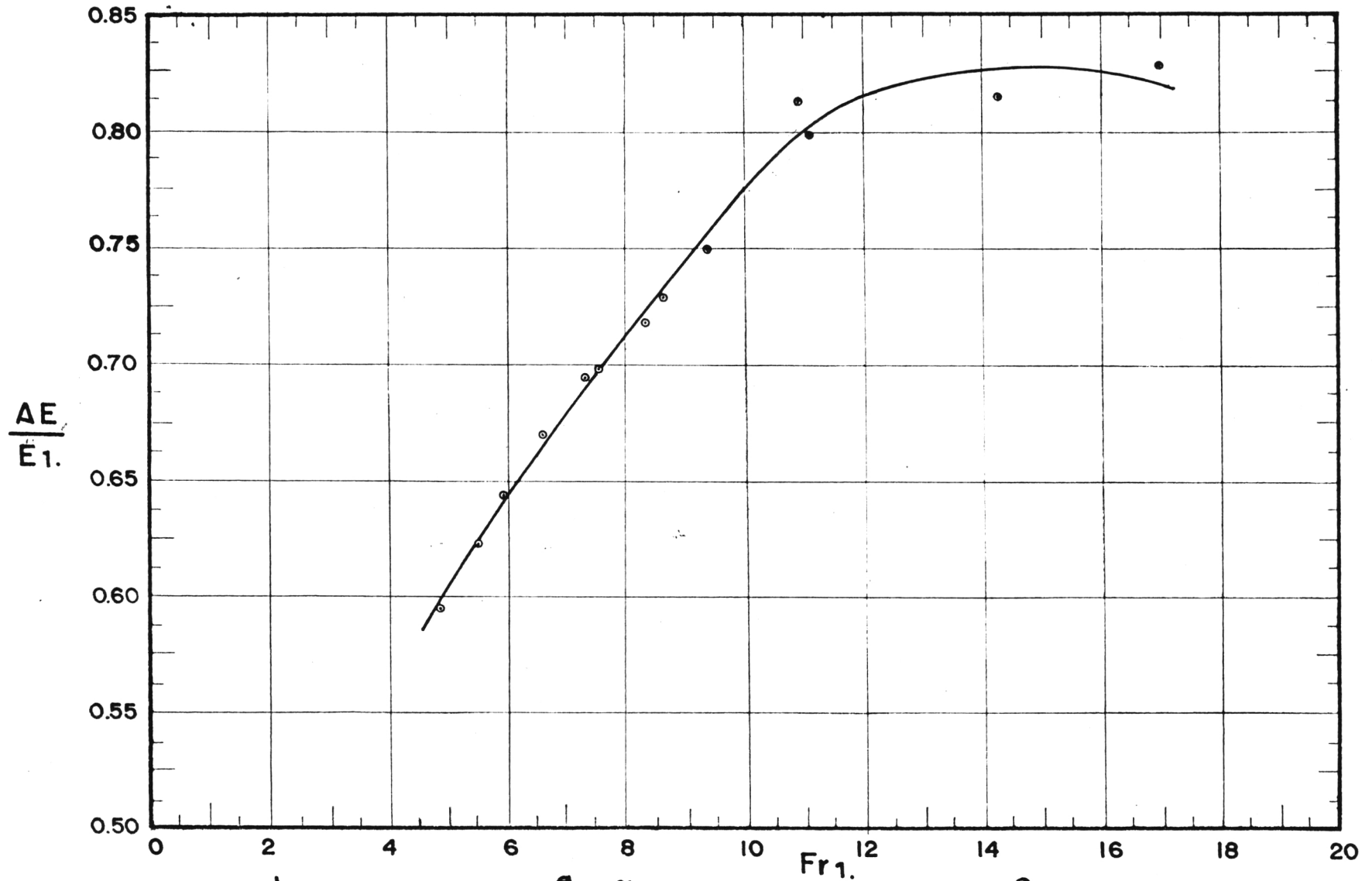




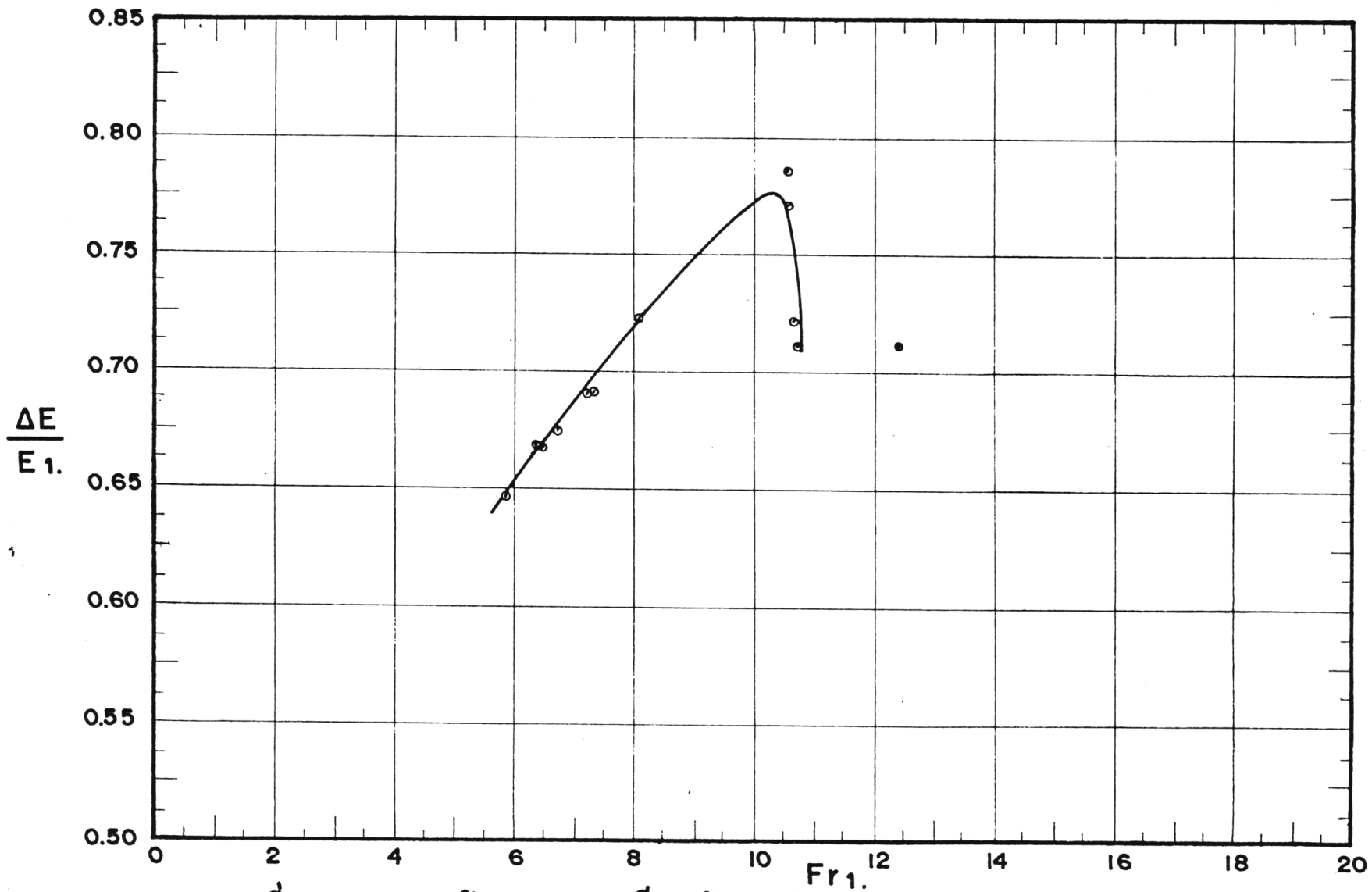
รูปที่ ก-4 แสดงอัตราการผลิตพลังงานจำเพาะของกระเพาะรูปของวงรี  $a = 0.60$  ม.  $b = 0.60$  ม.



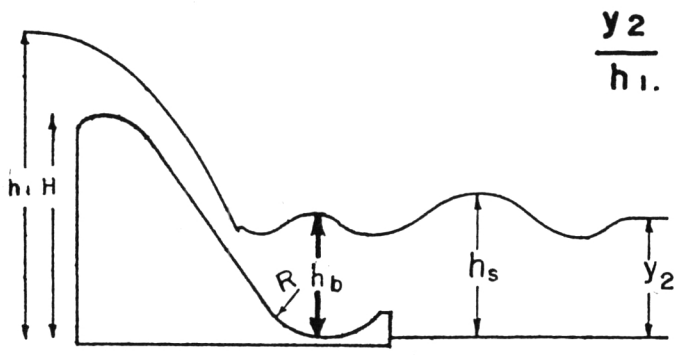
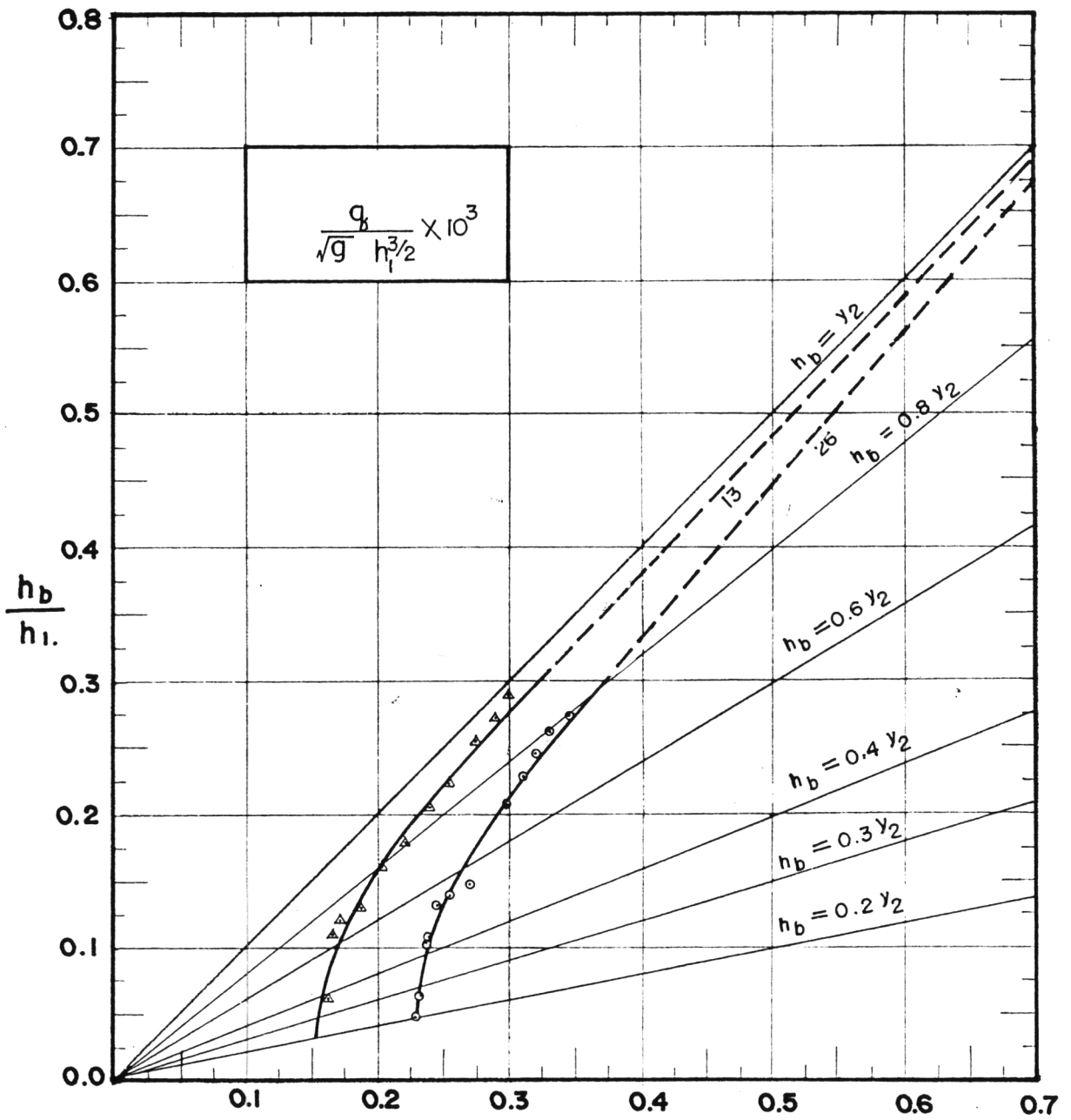
รูปที่ ก-5 แสดงอัตราการสูญเสียพลังงานจำเพาะของกระแทกรูปพลาโบลา  $\alpha = 0.10$  ม.



รูปที่ ก-6 แสดงการสูญเสียพลังงานจำเพาะของกะทะรูปพลาโบลา  $\alpha = 0.14$  ม.

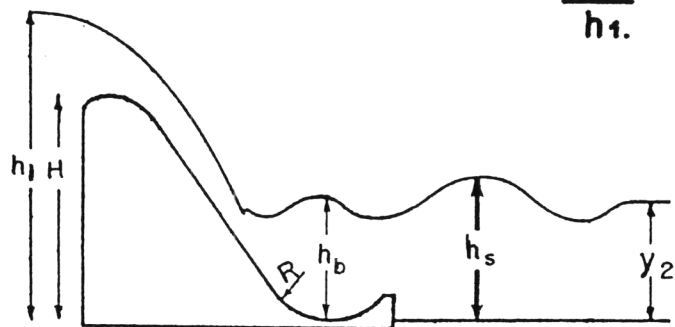
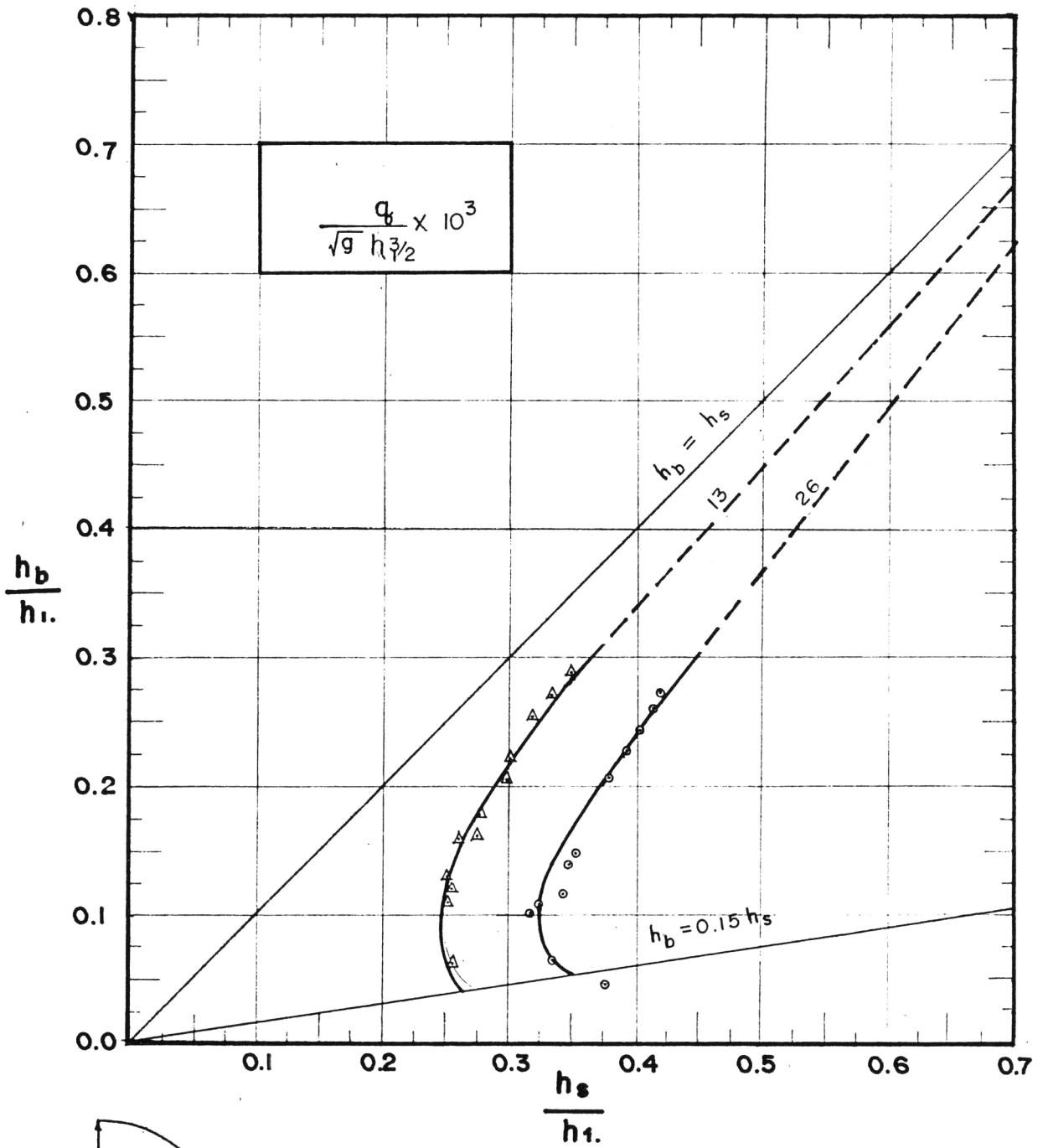


รูปที่ ก-7 แสดงอัตราการสูญเสียพลังงานจำเพาะของกระแทกรูปพลาโบลา  $\alpha = 0.176$  ม.



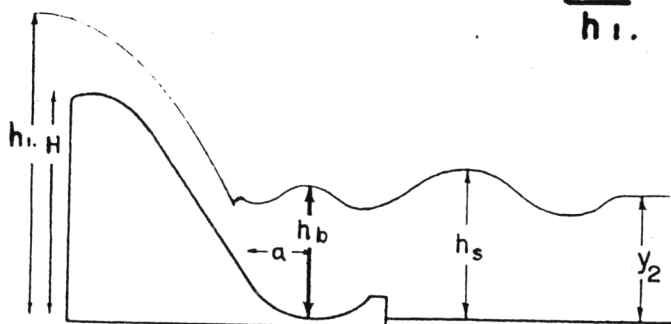
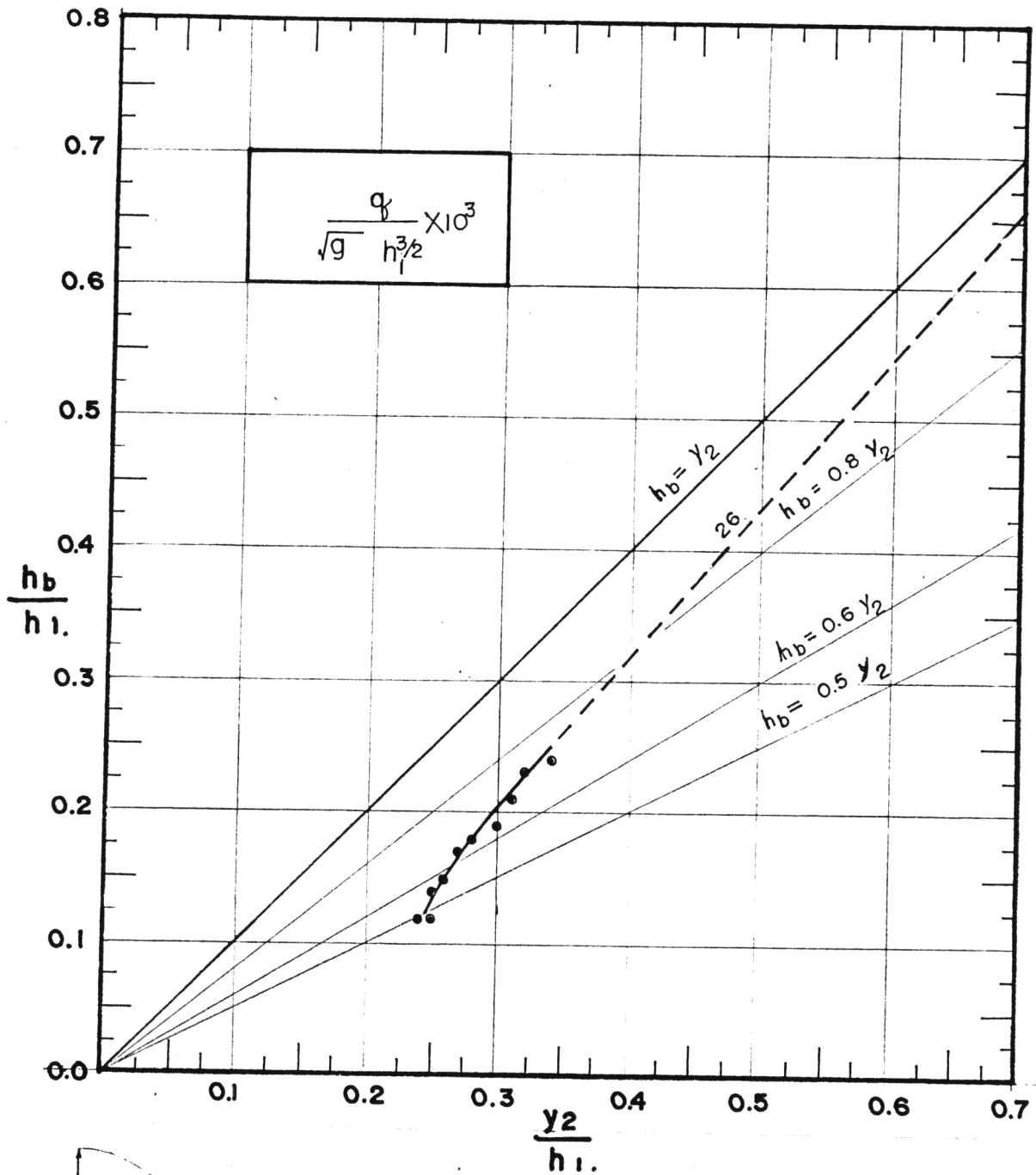
ความลาดทางระบายน้ำสัน	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88-0.93
h <sub>1</sub> /R	1.94-2.00

รูป ก-8 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปด้านของวงกลม α = 0.60 ม.



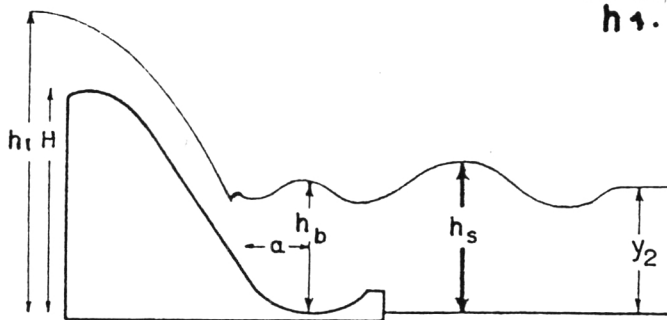
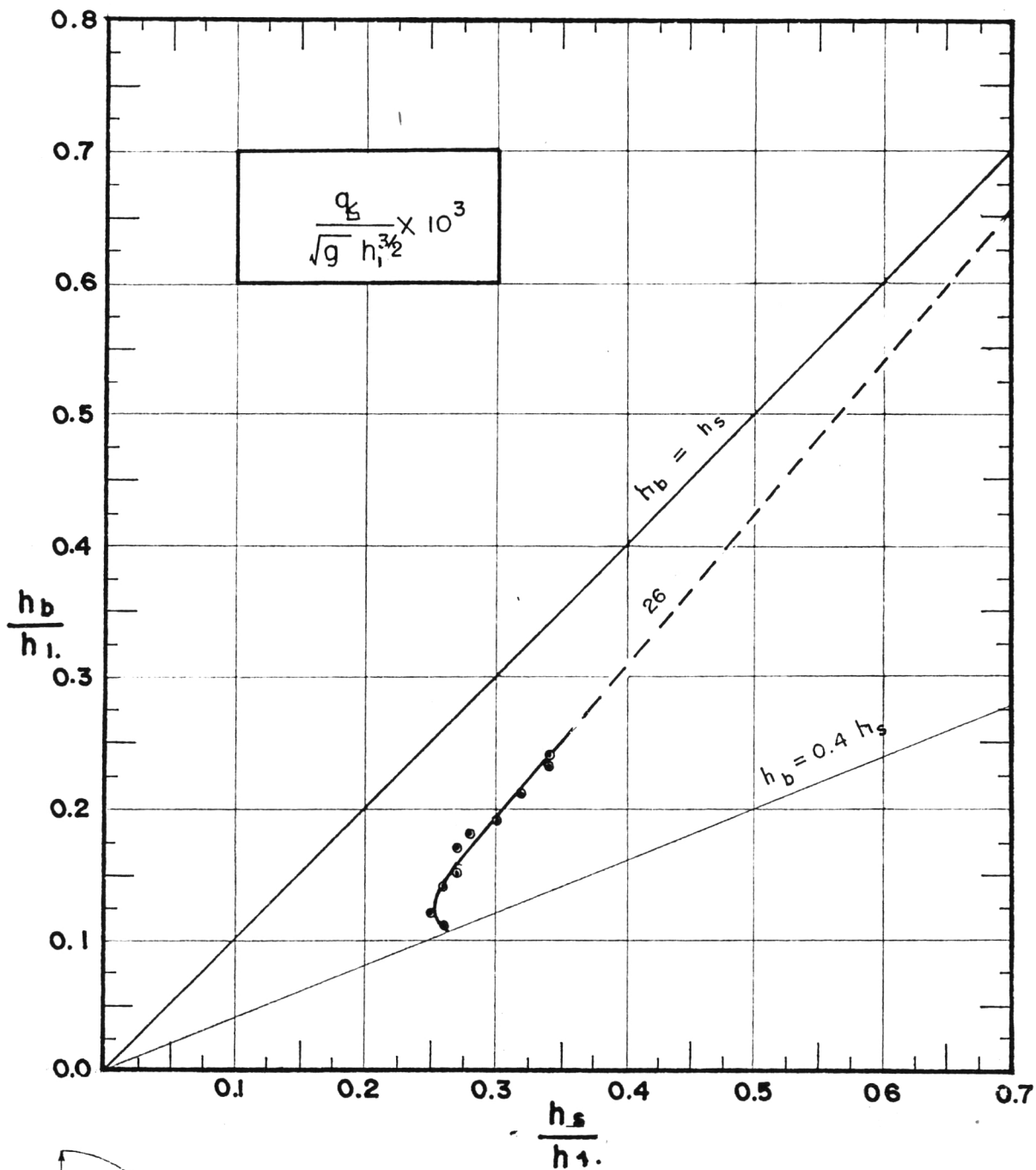
ความลาดทางระบายน้ำล้น	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88-0.92
h <sub>1</sub> /R	1.94-2.04

รูป ก-๑ แสดงความลึกของคลื่นปลายกะทะรูปด้านของวงกลม  $\alpha = 0.60$  ม.



ความลาดทางระบายน้ำสัน	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /b	4.08

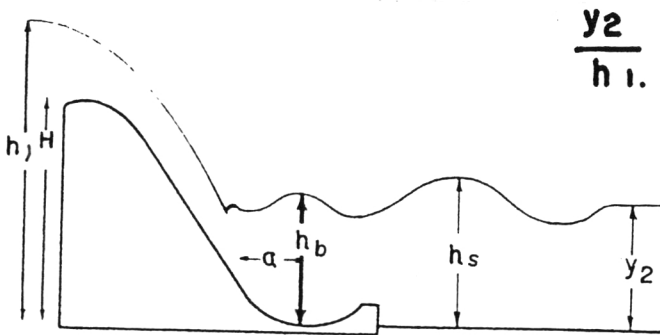
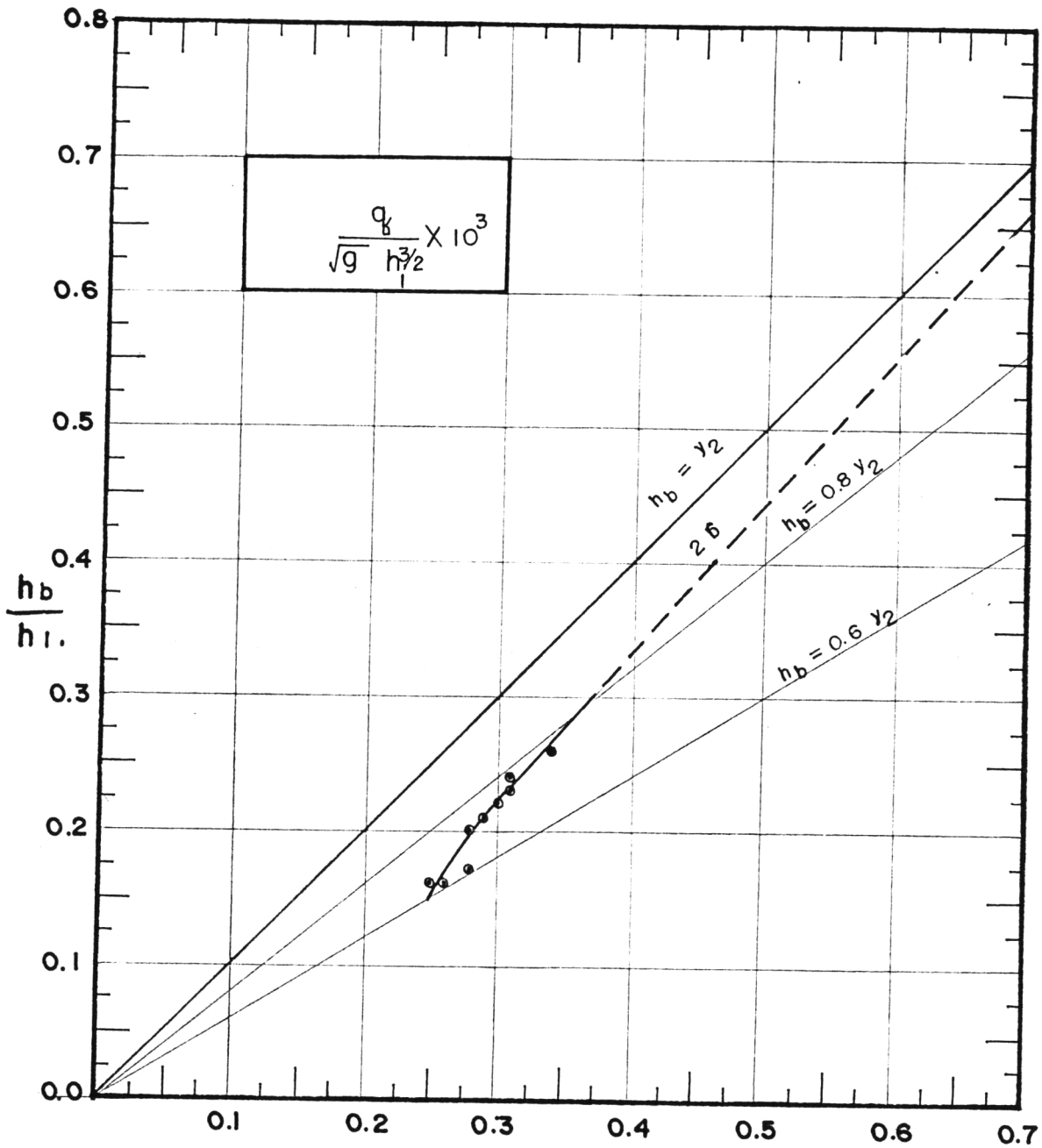
รูป ก-10 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปส่วนของวงรี a = 0.60 ม. b = 0.30 ม.



ความลาดทางระบายน้ำสัน	0.7 : 1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /b	4.08

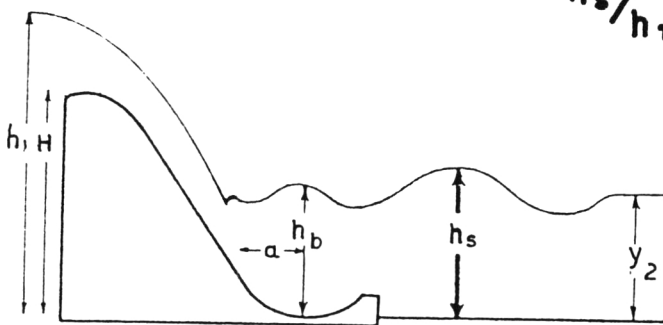
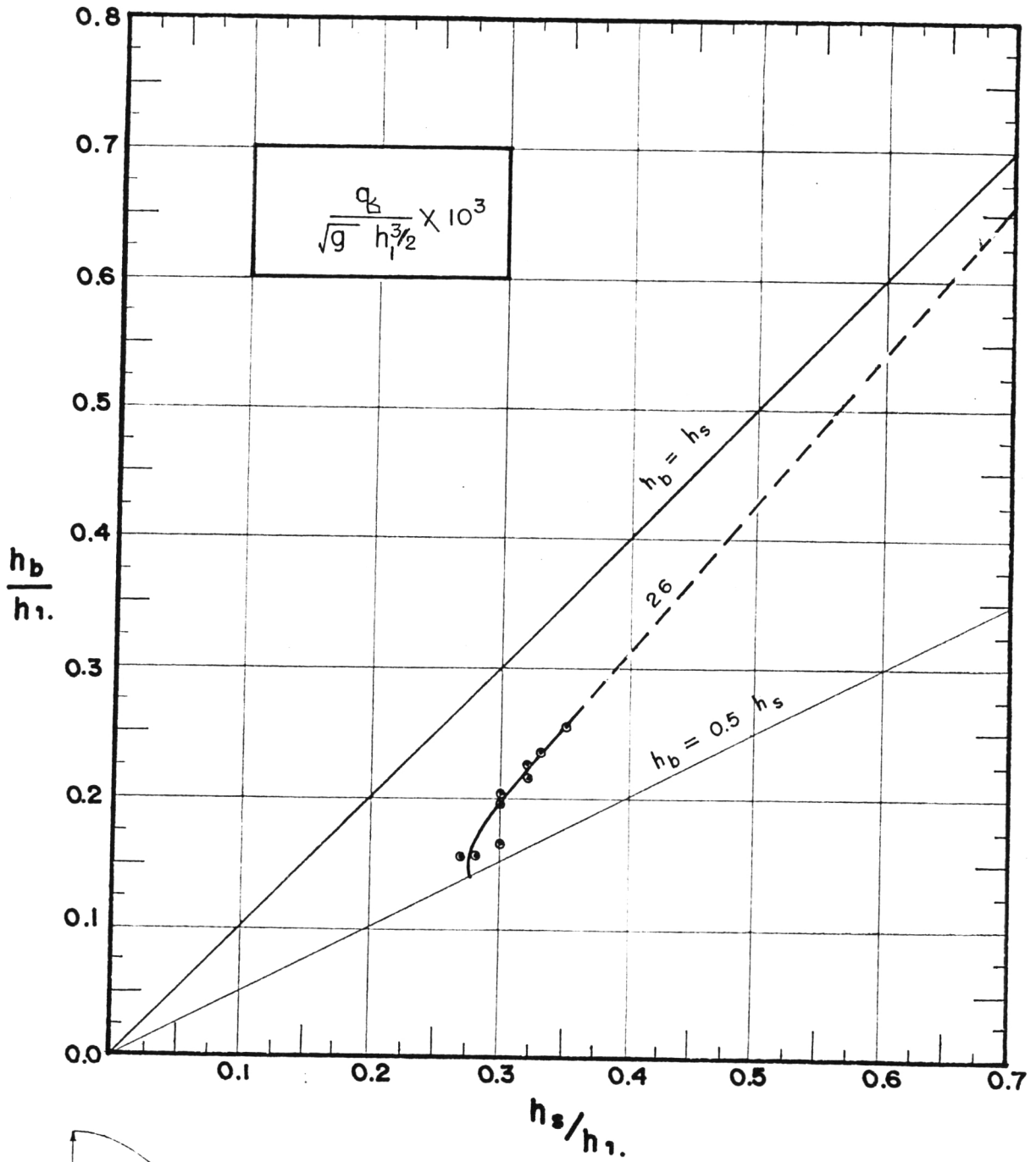
รูป ก-11 แสดงความลึกของคลื่นปลายกะทะรูปส่วนของวงรี a=0.60 ม. b=0.30 ม.





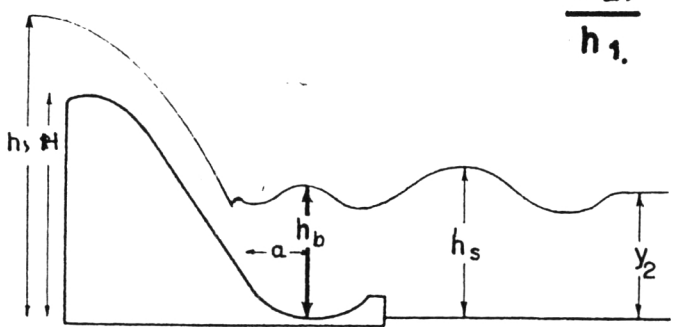
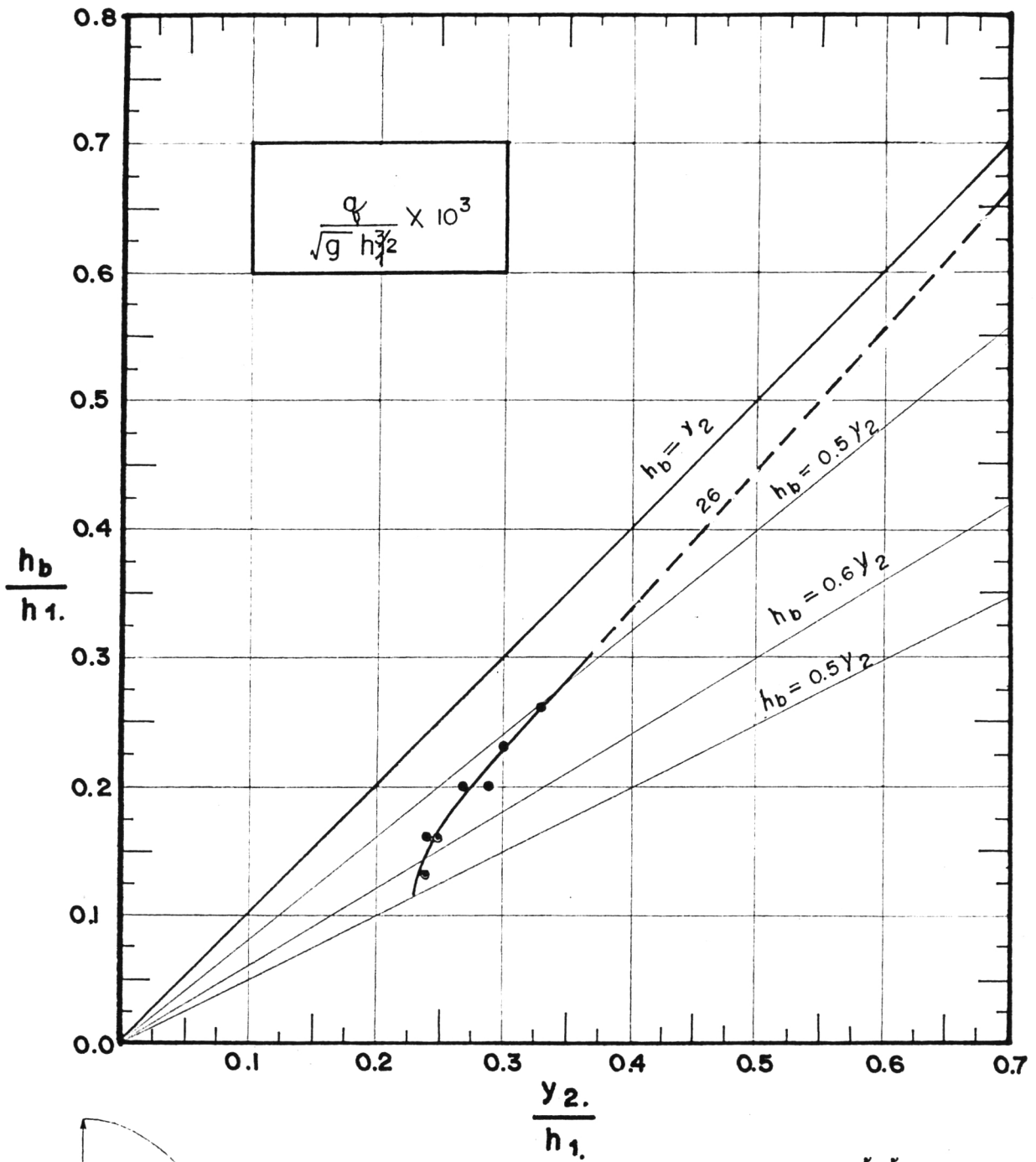
$\frac{y_2}{h_1}$	ความลาดทางระบายน้ำล้น	0.7:1
	ความลาดของขอบกะทะ	$45^\circ$
$H/h_1$		0.88
$h_1/b$		3.06

รูป ก-12 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปส่วนของวงรี  $\alpha = 0.60$  ม.  $b = 0.40$  ม.



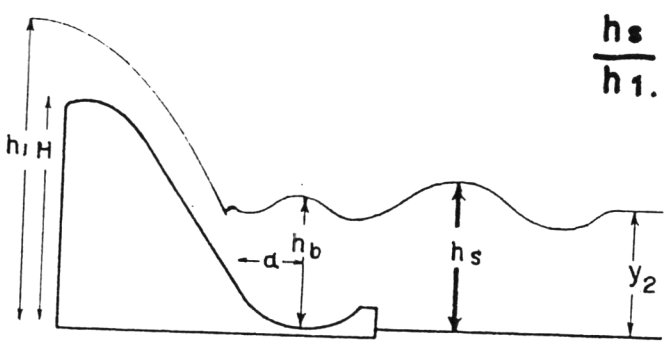
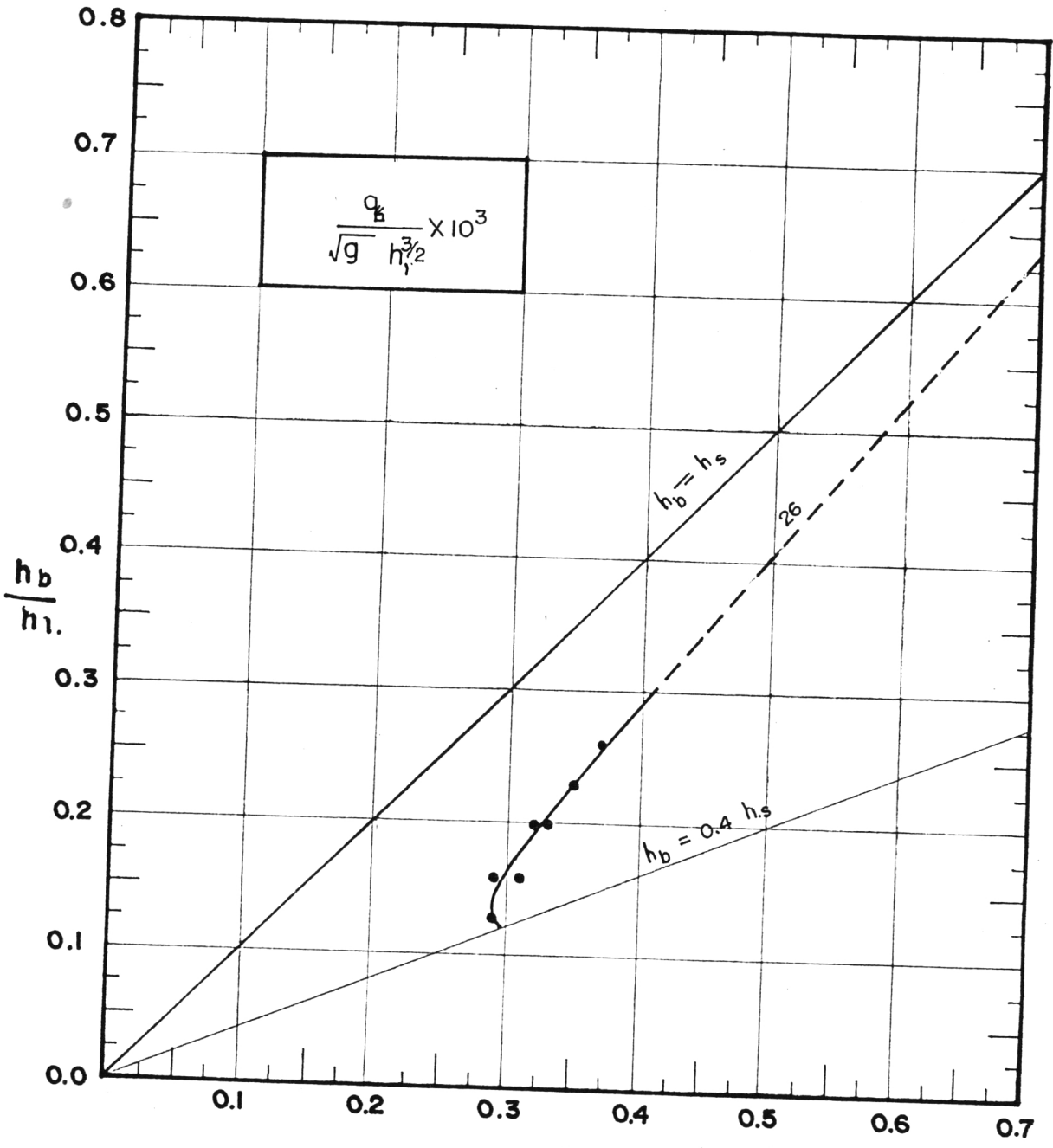
ความลาดทางระบายน้ำล้น	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
$H/h_1$	0.88
$h_1/b$	3.06

รูป ก - 13 แสดงความลึกของคลื่นปลายกะทะรูปส่วนของวงรี  $a=0.60$   $b=0.40$ ม



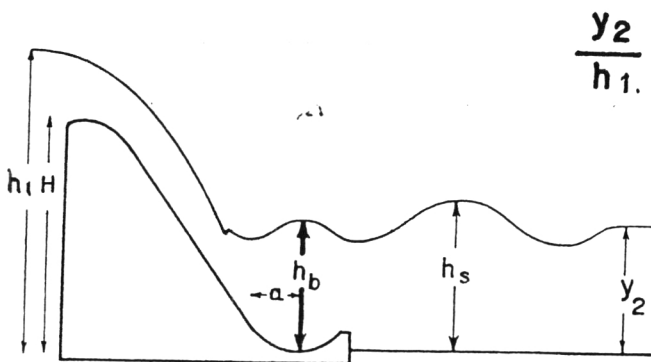
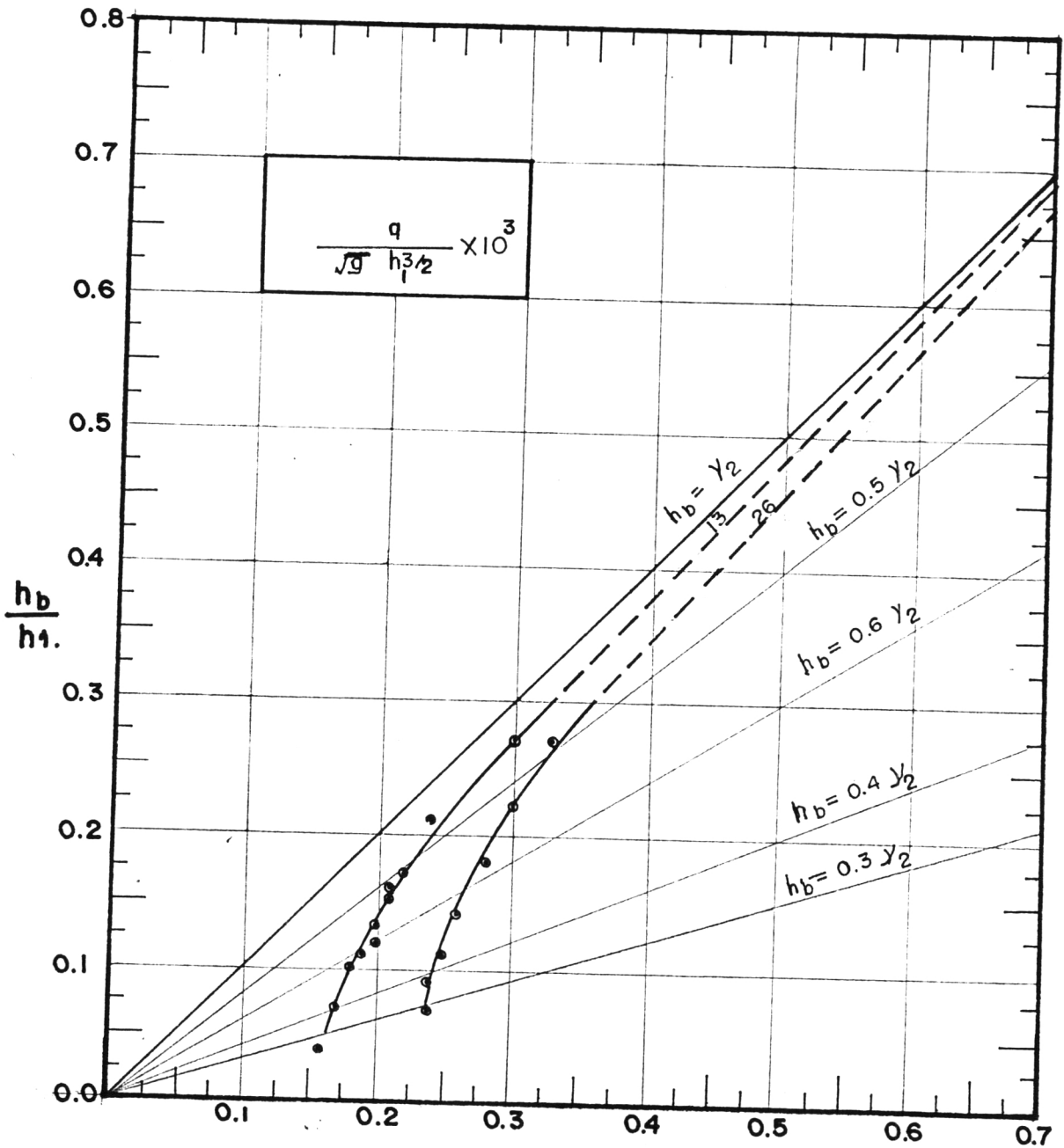
ความลาดทางระบายน้ำขึ้น	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /b	2.45

รูป ก-14 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปถ้วยของวงรี a=0.60 ม. b=0.50 ม.



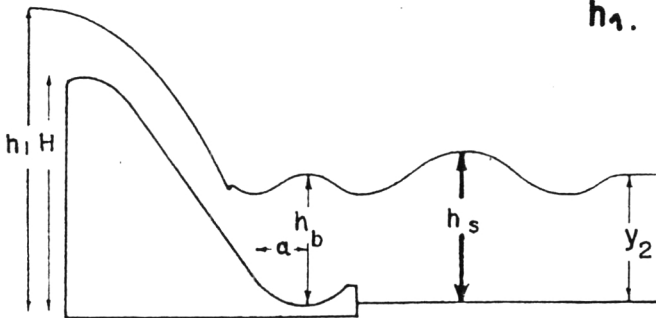
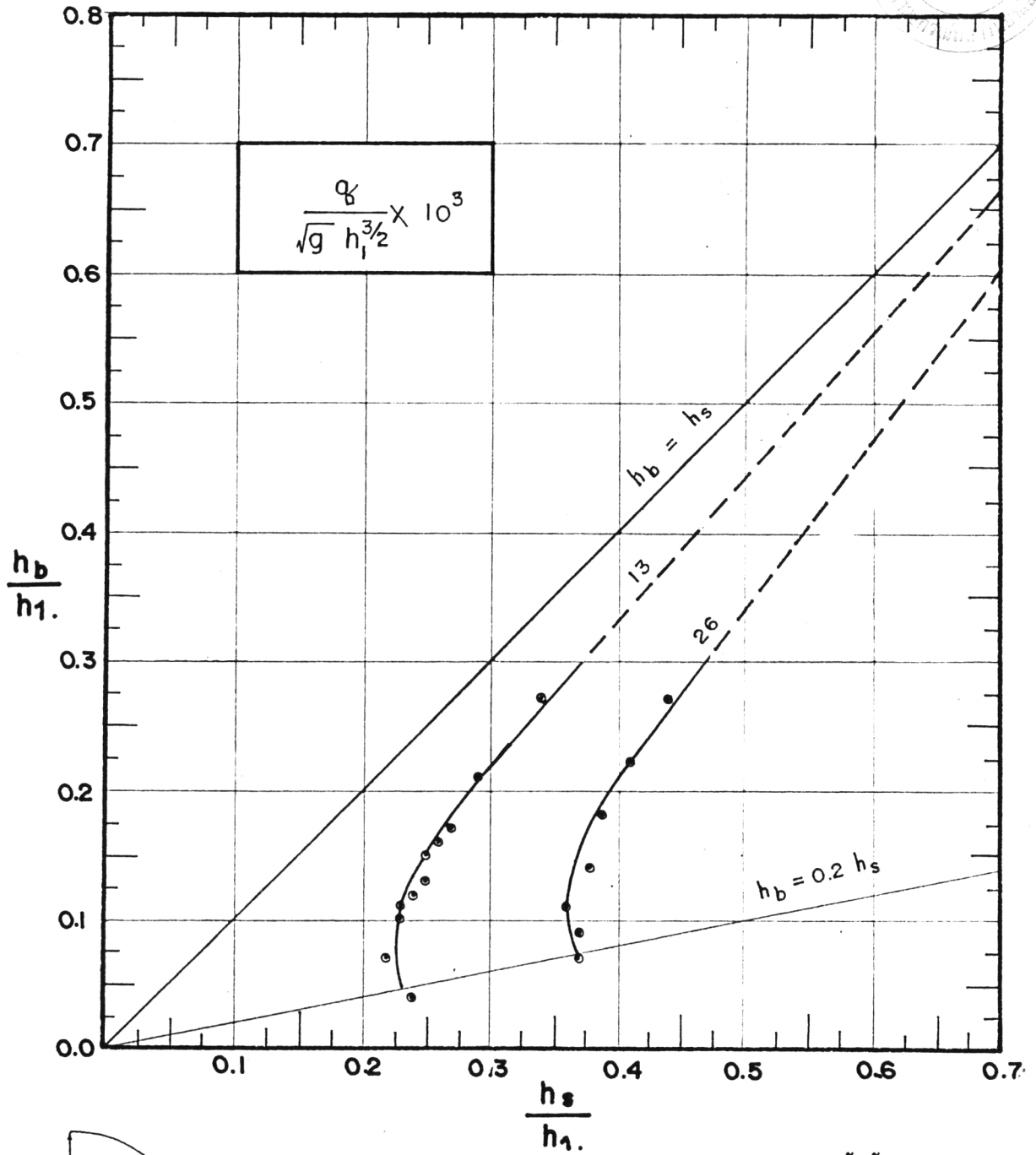
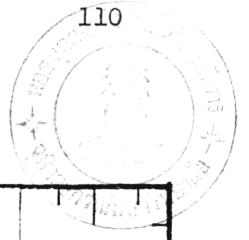
ความลาดทางระบายน้ำคัน	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /b	2.45

รูป ก-15 แสดงความลึกของคลื่นปลายกะทะด้านของวงรี α=0.60 ม. b=0.50 ม.



ความลาดทางระบายน้ำล้น	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88-0.93
h <sub>1</sub> /a	11.66-12.24

รูป ก-16 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปพาด้าโบล่า a = 0.10 ม.



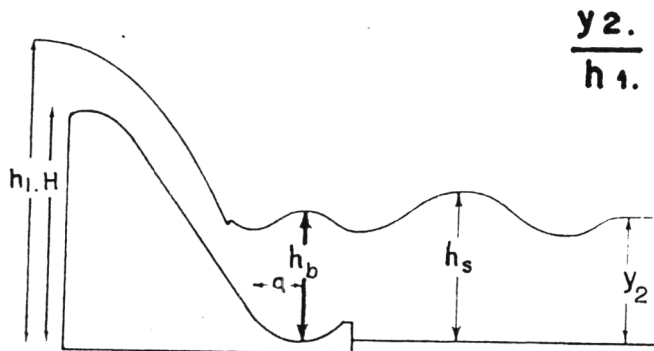
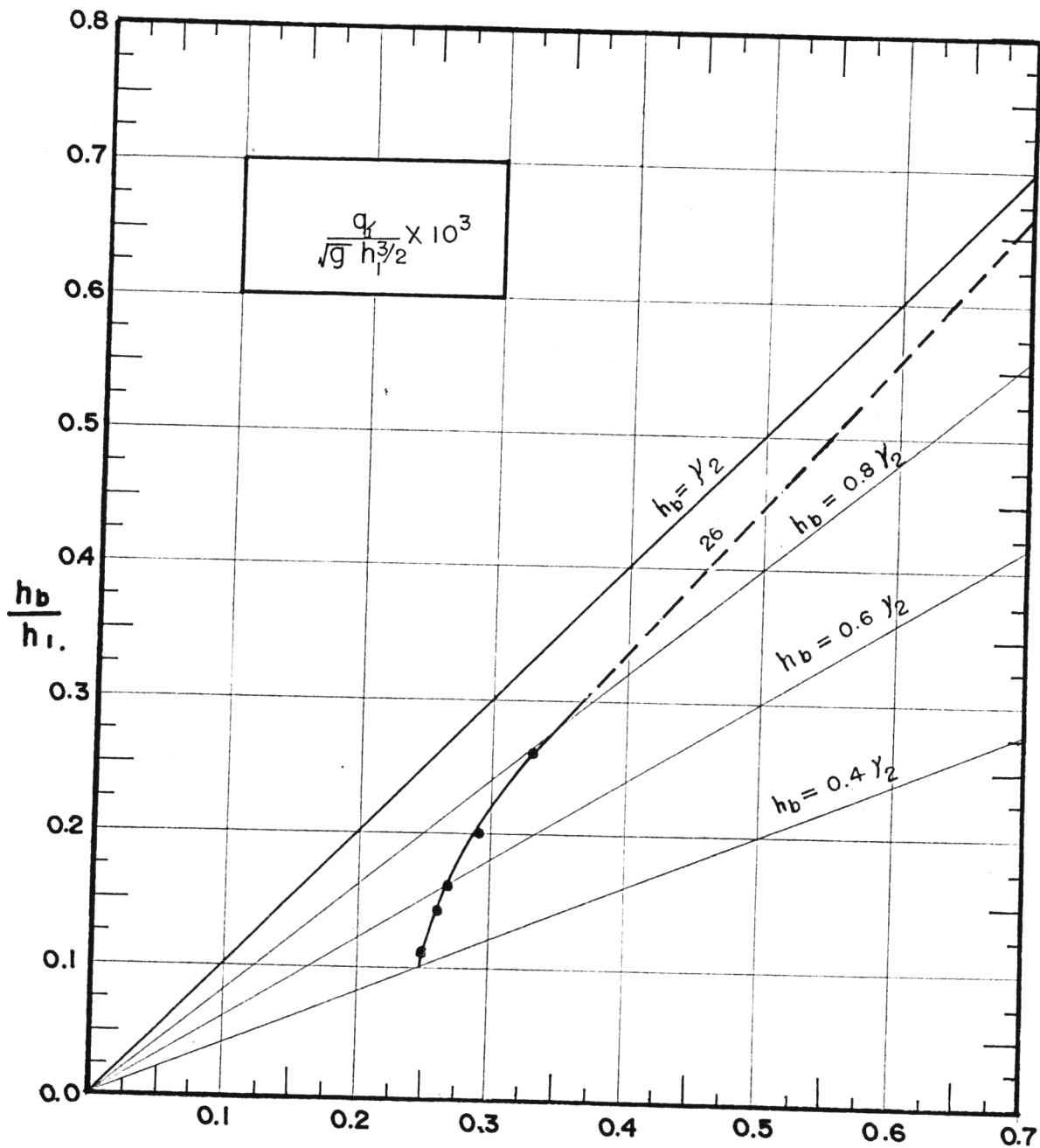
ความลาดทางระบายน้ำล้น 0.7:1

ความลาดของขอบกะทะ 45°

$H/h_1$  0.88-0.93

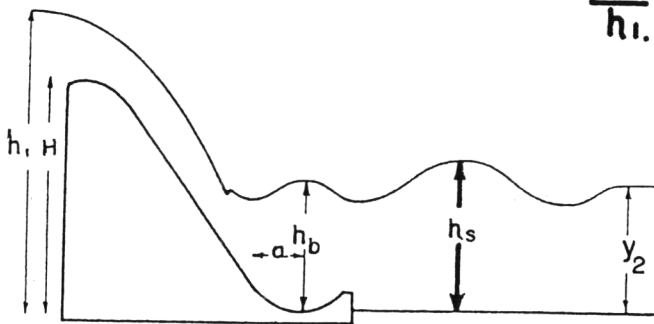
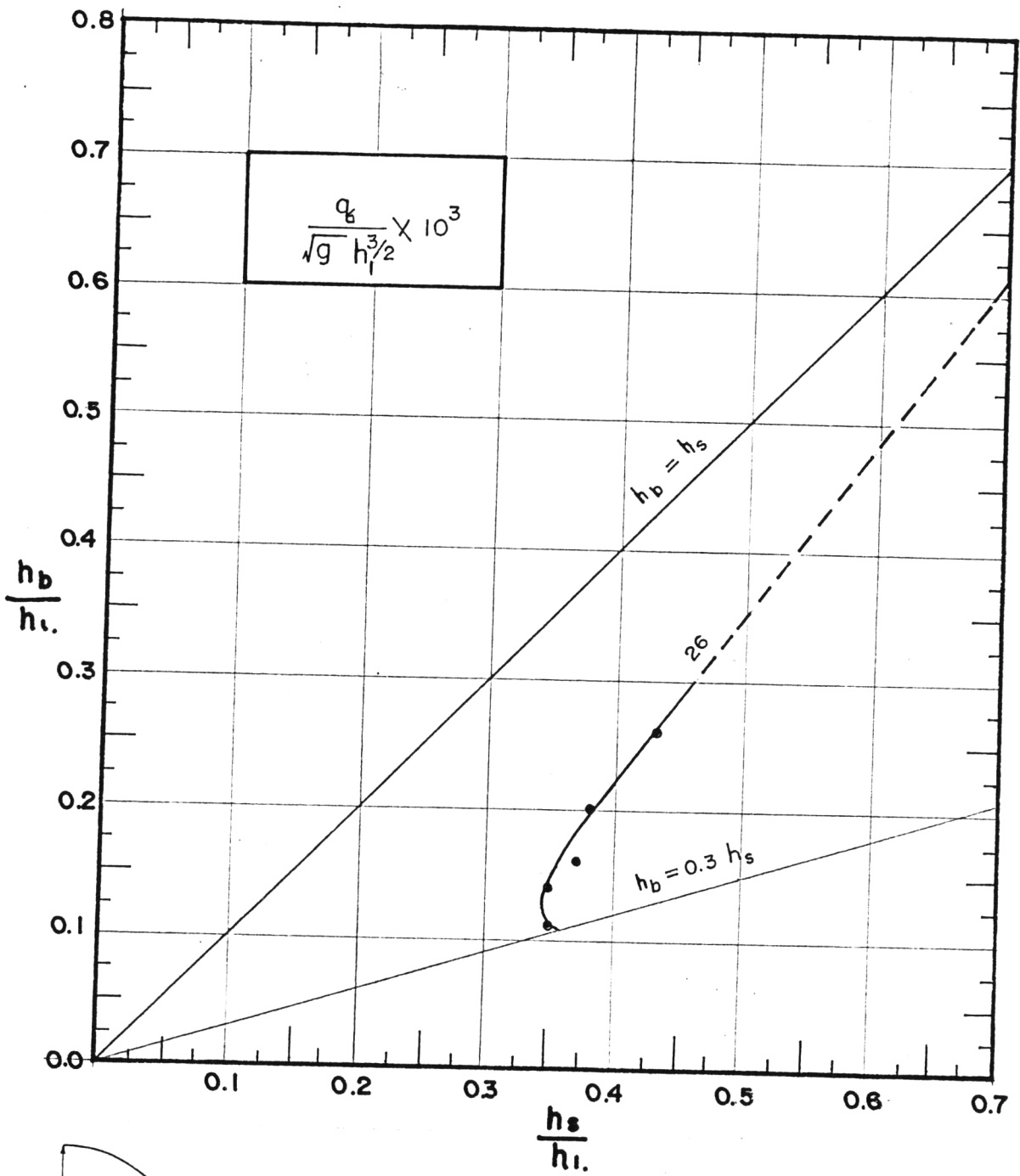
$h_1/a$  11.66-12.24

รูป ก-17 แสดงความลึกของคลื่นปลายกะทะรูปพลาโบลา  $a = 0.10$  ม.



ความลาดทางระบายน้ำ	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /a	8.74

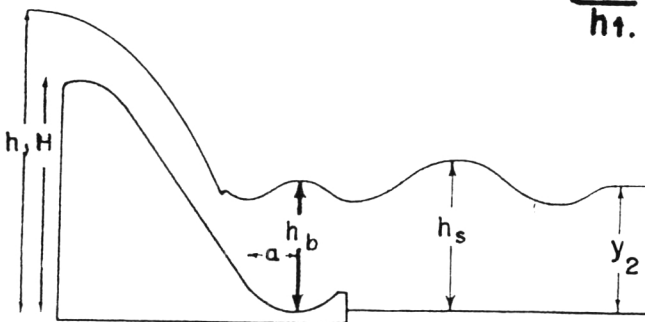
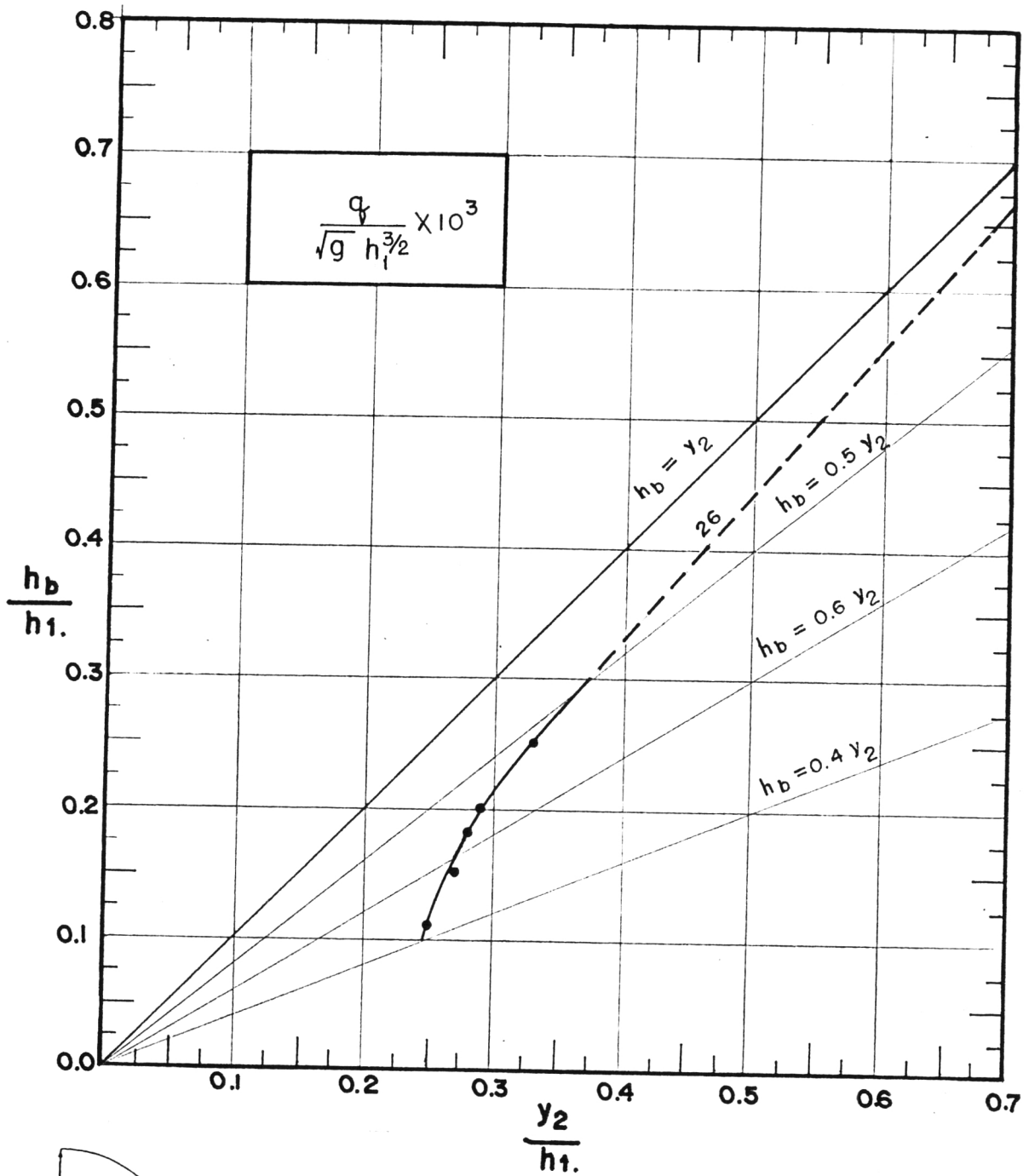
รูป ก-18 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปพาราโบลา  $\alpha = 0.14$  ม.



ความลาดทางระบายนํ้าล้น	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /a	8.74

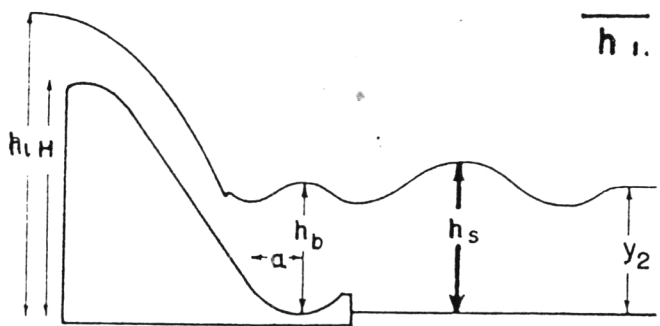
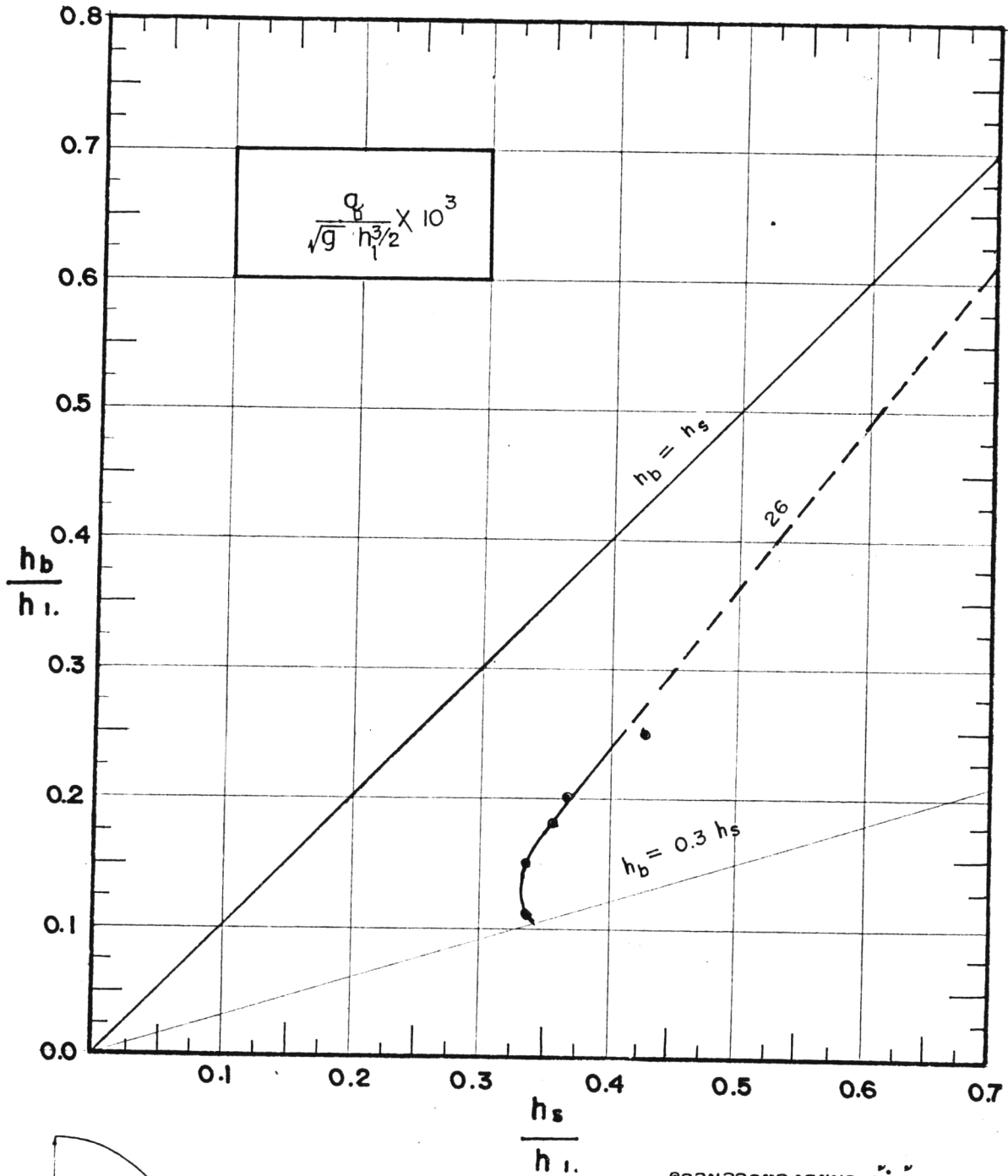
รูป ก-19 แสดงความลึกของคลื่นปลายกะทะรูปพลาสิโบล่า α = 0.14 ม.





ความลาดทางระบายน้ำต้น	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /a	6.95

รูป ก-20 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปพลาโบลา a = 0.176 ม .



ความลาดทางระบายน้ำสัน	0.7:1
ความลาดของขอบกะทะ	45°
H/h <sub>1</sub>	0.88
h <sub>1</sub> /a	6.95

รูป ก- 21 แสดงความลึกของคลื่นในกะทะรูปพลาโบลา a = 0.176 ม.

**ภาคผนวก ข.1**

**การหาปริมาณการไหลของมวลน้ำผ่านฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้า**

### ฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Weir)

การหาปริมาณการไหลของมวลน้ำที่ไหลผ่านทางน้ำล้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ใช้ทางระบายน้ำล้น (Ogee Spillway) เป็นตัววัด แล้วตรวจสอบค่าที่วัดด้วยฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Weir) จากที่คำนวณไว้ในท้ายบทที่ 3) และจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในภาคทฤษฎีบทถึงสมการในการหาปริมาณของมวลน้ำที่ไหลผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าว่า

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \sqrt{2g} \cdot L \cdot H^{3/2}$$

และเพื่อให้ค่าของการวัดหาปริมาณการไหลของมวลน้ำที่ผ่านฝายมีค่าถูกต้องแน่นอนสำหรับฝายอันหนึ่ง ๆ จึงสมมุติให้

$$Q = KH^n$$

จากนั้นจึงทำการปรับ (Calibrate) หาค่า K และ n ในฝาย (Weir) แต่ละอันที่สร้างขึ้น โดยการทดลองและวัดค่า H คือความสูงที่ระดับผิวน้ำเหนือสันทางระบายน้ำล้น และวัดหาค่า Q (โดยการทำ Weight Time Measurement) ดังค่าต่าง ๆ ที่ทำได้ในตารางที่ ข-1 ลำดับต่อมาใช้วิธีการของ Correlation and Least-Squares Methods แปลงข้อมูลต่าง ๆ ในตาราง ข-1 ให้เป็นค่า log ดังนั้นจาก  $Q = KH^n$  จะได้สมการเส้นตรง

$$\log Q = \log K + n \log H$$

หรือเขียนให้อยู่ในรูปของ  $y = A_x + B$  และถ้ากำหนดจุด (Plot) ของสมการเส้นตรงนี้แล้วอาจจะใช้สายตาในการคาดคะเนเฉลี่ยให้เส้นตรงอยู่ใน Mean และสัมพันธ์กับจุดต่าง ๆ ซึ่งวิธีนี้ไม่สู้ดีนัก อาจจะทำให้ความเอนเอียงของเส้นตรง (Slope) หรือค่า n มีการคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงควรใช้หลักที่ว่า เส้นตรงต้องผ่าน Mean พิกัด โดยการนำข้อมูลจากตาราง ข-2 ซึ่งแปลงมาจาก ข-1 หาค่า Coefficient of Correlation เพื่อดูถึงว่าข้อมูลจากตาราง ข-1 ที่ได้จากการทดลองทดลองนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่และมากน้อยเพียงใด เช่นถ้ามีสมการ

$$y = A_x + B \quad \dots\dots\dots (a)$$

ที่ซึ่งค่า A และ B เป็นค่าคงที่

$$A = \frac{\epsilon(x-\bar{x}) \cdot (y-\bar{y})}{\epsilon(x-\bar{x})^2} \quad \dots\dots\dots (b)$$

ค่า x และ y เป็นข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ สำหรับค่า  $\bar{x}$  และ  $\bar{y}$  เป็นค่ามัธยฐานเลขคณิตของแต่ละข้อมูลตามลำดับ โดยสามารถหาค่า Coefficient of Correlation (r) จากสมการต่อไปนี้

$$r = \frac{\epsilon(x-\bar{x}) \cdot (y-\bar{y})}{\sqrt{\epsilon(x-\bar{x})^2 \cdot \epsilon(y-\bar{y})^2}} \quad \dots\dots\dots (c)$$

ถ้าค่า  $r = 1$  หมายความว่า ค่า x และ y มีความสัมพันธ์กันโดยตรง

ถ้าค่า  $0.6 < r < 1$  หมายความว่า ค่า x และ y มีความสัมพันธ์เป็นอย่างดี

ถ้าค่า  $0 < r < 0.6$  หมายความว่า ค่า x และ y เกี่ยวข้องกันน้อย

ถ้าค่า  $r = 0$  หมายความว่า ค่า x และ y ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตัวอย่างการคำนวณ (จากตาราง ข-2)

$$\text{จากสมการ (c)} \quad r = \frac{\epsilon(x-\bar{x}) \cdot (y-\bar{y})}{\sqrt{\epsilon(x-\bar{x})^2 \cdot \epsilon(y-\bar{y})^2}}$$

จากตาราง ข-2 นำมาแทนค่าจะได้

$$\begin{aligned} r &= \frac{2.52579}{\sqrt{(1.67797) \cdot (3.80327)}} \\ &= 0.99984 \end{aligned}$$

แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันดี

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\varepsilon(\bar{x}-\bar{x}) \cdot (\bar{x}-\bar{y})}{\varepsilon(\bar{x}-\bar{x})^2} \\
 &= \frac{2.52579}{1.67797} \\
 &= 1.50527 \\
 &= \bar{y} - A\bar{X} \\
 &= (-1.45781) - (1.5027) \cdot (-1.12726) \\
 &= 0.22998
 \end{aligned}$$

จากสมการ (a)  $y = 1.50527x + 0.22998$

เปรียบเทียบกับสมการ  $\log Q = \log K + n \log H$

จะได้  $\log K = 0.22998$

$$K = 1.69818$$

$$A = n = 1.50527$$

ดังนั้นสมการ  $Q = KH^n$

$$Q = 1.69818H^{1.50527}$$

**ภาคผนวก ข.2****ตารางข้อมูลระดับน้ำและผลการคำนวณรับค่าที่ถูกต้อง**

ตาราง ข-1 ระดับน้ำเหนือสันทางระบายน้ำล้นและสันฝายกับน้ำหนักมวลน้ำ เทียบกับ เวลา

N	Hd (ม)	Hw (ม)	W (kg)	V (cu.ม)	Tav (sec)	Q (cu.ม/sec)
1	.175	.171	375	.3764	3.07	.1226
2	.162	.1595	375	.3764	3.4333	.1096
3	.154	.1505	375	.3764	3.72	.1012
4	.151	.147	375	.3764	3.8533	.0977
5	.145	.14	375	.3764	4.1	.0918
6	.138	.134	375	.3764	4.39	.0857
7	.132	.127	375	.3764	4.64	.0811
8	.12	.115	375	.3764	5.36	.0702
9	.112	.107	375	.3764	5.9933	.0628
10	.108	.104	375	.3764	6.2733	.06
11	.103	.094	375	.3764	6.6133	.0569
12	.095	.092	375	.3764	7.62	.0494
13	.092	.088	375	.3764	8.0067	.047
14	.085	.083	375	.3764	9.0033	.0418
15	.08	.078	375	.3764	9.8533	.0382
16	.07	.067	375	.3764	12.3	.0306
17	.065	.0615	375	.3764	13.3467	.0282
18	.06	.0575	375	.3764	15.36	.0245
19	.058	.055	375	.3764	16.4333	.0229
20	.051	.049	375	.3764	19.5	.0193
21	.048	.0455	375	.3764	21.7533	.0173
22	.045	.042	375	.3764	24.28	.0155
23	.042	.0405	375	.3764	25.9567	.0145
24	.04	.0385	375	.3764	28.0867	.0134
25	.035	.0335	375	.3764	34.53	.0109
26	.033	.0325	375	.3764	35.8433	.0105
27	.029	.0275	375	.3764	47.0467	8E-03
28	.0265	.0255	375	.3764	52.2733	7.2E-03

อุณหภูมิของน้ำขณะทดลอง  $27.5^{\circ}\text{C}$  จะได้น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (Specific Weight) กก./ม<sup>3</sup> (ตามตาราง ข-4)



ตาราง ข-2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลในการปรับอัตราการไหลให้ถูกต้องของระดับน้ำเหนือสันทางระบายน้ำล้น

N	H (ม)	X=LOG(H)	Q cu.ม/sec	Y=LOG(Q)	(X-X)	(Y-Y)	(X-X)(Y-Y)	(X-X)	(Y-Y)	
1	.175	-.75696	.1226	-.91151	.3643	.5463	.19902	.13271	.29845	
2	.162	-.79048	.1096	-.96019	.33078	.49762	.1646	.10941	.24763	
3	.154	-.81248	.1012	-.99482	.30878	.46299	.14296	.09535	.21436	
4	.151	-.82102	.0977	-1.01011	.30024	.44771	.13442	.09014	.20044	
5	.145	-.83863	.0918	-1.03716	.28263	.42065	.11889	.07988	.17695	
6	.138	-.86012	.0857	-1.06702	.26114	.39079	.10205	.06819	.15272	
7	.132	-.87943	.0811	-1.09098	.24183	.36683	.08871	.05848	.13457	
8	.12	-.92082	.0702	-1.15366	.20044	.30415	.06096	.04018	.09251	
9	.112	-.95078	.0628	-1.20204	.17048	.25577	.0436	.02906	.06542	
10	.108	-.96658	.06	-1.22185	.15468	.23596	.0365	.02393	.05568	Xbar = -1.12126
11	.103	-.98716	.0569	-1.24489	.1341	.21292	.02855	.01798	.04534	Ybar = -1.45781
12	.095	-1.02228	.0494	-1.30627	.09898	.15154	.015	9.8E-03	.02296	REGRESSION = .99984
13	.092	-1.03621	.047	-1.3279	.08505	.12991	.01105	7.23E-03	.01688	N = 28
14	.085	-1.07058	.0418	-1.37882	.05068	.07899	4E-03	2.57E-03	6.24E-03	A = n = 1.50527
15	.08	-1.09691	.0382	-1.41794	.02435	.03988	9.7E-04	5.9E-04	1.59E-03	B = LOG K = .22998
16	.07	-1.1549	.0306	-1.51428	-.03364	-.05647	1.9E-03	1.13E-03	3.19E-03	K = 1.69818
17	.065	-1.18709	.0282	-1.54975	-.06583	-.09194	6.05E-03	4.33E-03	8.45E-03	
18	.06	-1.22185	.0245	-1.61083	-.10059	-.15302	.01539	.01012	.02342	Q = 1.69818H^1.50527
19	.058	-1.23657	.0229	-1.64016	-.11531	-.18235	.02103	.0133	.03325	
20	.051	-1.29243	.0193	-1.71444	-.17117	-.25663	.04393	.0293	.06586	
21	.048	-1.31876	.0173	-1.76195	-.1975	-.30414	.06007	.03901	.0925	
22	.045	-1.34679	.0155	-1.80967	-.22553	-.35186	.07935	.05086	.1238	
23	.042	-1.37675	.0145	-1.83863	-.25549	-.38082	.0973	.06528	.14502	
24	.04	-1.39794	.0134	-1.87289	-.27668	-.41508	.11484	.07655	.17229	
25	.035	-1.45593	.0109	-1.96257	-.33467	-.50476	.16893	.112	.25478	
26	.033	-1.48149	.0105	-1.97881	-.36023	-.521	.18768	.12976	.27144	
27	.029	-1.5376	8E-03	-2.09691	-.41634	-.6391	.26608	.17334	.40845	
28	.0265	-1.57675	7.2E-03	-2.14267	-.45549	-.68486	.31195	.20747	.46903	
SUM		-31.39529		-40.81873	0	0	2.52579	1.67797	3.80321	

ตาราง ข-3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลในการปรับอัตราการไหลให้ถูกต้องของระดับน้ำเหนือสันฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้า

N	H (ม)	X=LOG(H)	Q cu. m/sec	Y=LOG(Q)	(X-X)	(Y-Y)	(X-X)(Y-Y)	(X-X)	(Y-Y)	
1	.171	-.767	.1226	-.91151	.37078	.5463	.20256	.13748	.29845	
2	.1595	-.79724	.1096	-.96019	.34055	.49762	.16946	.11597	.24763	
3	.1505	-.82246	.1012	-.99482	.31532	.46299	.14599	.09943	.21436	
4	.147	-.83268	.0977	-1.01011	.3051	.44771	.1366	.09309	.20044	
5	.14	-.85387	.0918	-1.03716	.28391	.42065	.11943	.08061	.17695	
6	.134	-.8729	.0857	-1.06702	.26489	.39079	.10352	.07017	.15272	
7	.127	-.8962	.0811	-1.09098	.24159	.36683	.08862	.05837	.13457	
8	.115	-.9393	.0702	-1.15366	.19848	.30415	.06037	.0394	.09251	
9	.107	-.97062	.0628	-1.20204	.16717	.25577	.04276	.02795	.06542	Xbar = -1.13779
10	.104	-.98297	.06	-1.22185	.15482	.23596	.03653	.02397	.05568	Ybar = -1.45781
11	.099	-1.00436	.0569	-1.24489	.13342	.21292	.02841	.0178	.04534	REGRESSION = .99984
12	.092	-1.03621	.0494	-1.30627	.10157	.15154	.01539	.01032	.02296	N = 28
13	.088	-1.05552	.047	-1.3279	.08227	.12991	.01069	6.77E-03	.01688	A = n = 1.491
14	.083	-1.08092	.0418	-1.37882	.05686	.07899	4.49E-03	3.23E-03	6.24E-03	B = LOG K = .23862
15	.078	-1.10791	.0382	-1.41794	.02988	.03988	1.19E-03	8.9E-04	1.59E-03	K = 1.73231
16	.067	-1.17392	.0306	-1.51428	-.03614	-.05647	2.04E-03	1.31E-03	3.19E-03	
17	.0615	-1.21112	.0282	-1.54975	-.07334	-.09194	6.74E-03	5.38E-03	8.45E-03	Q = 1.73229H^1.491
18	.0575	-1.24033	.0245	-1.61083	-.10255	-.15302	.01569	.01052	.02342	
19	.055	-1.25964	.0229	-1.64016	-.12185	-.18235	.02222	.01485	.03325	
20	.049	-1.3098	.0193	-1.71444	-.17202	-.25663	.04415	.02959	.06586	
21	.0455	-1.34199	.0173	-1.76195	-.2042	-.30414	.06211	.0417	.0925	
22	.042	-1.37675	.0155	-1.80967	-.23896	-.35186	.08408	.0571	.1238	
23	.0405	-1.39254	.0145	-1.83863	-.25476	-.38082	.09702	.0649	.14502	
24	.0385	-1.41454	.0134	-1.87289	-.27675	-.41508	.11488	.07659	.17229	
25	.0335	-1.47495	.0109	-1.96257	-.33717	-.50476	.17019	.11368	.25478	
26	.0325	-1.48812	.0105	-1.97881	-.35033	-.521	.18252	.12273	.27144	
27	.0275	-1.56067	8E-03	-2.09691	-.42288	-.6391	.27026	.17883	.40845	
28	.0255	-1.59346	7.2E-03	-2.14267	-.45567	-.68486	.31207	.20764	.46903	
SUM		-31.858		-40.81873	0	0	2.54998	1.71025	3.80321	



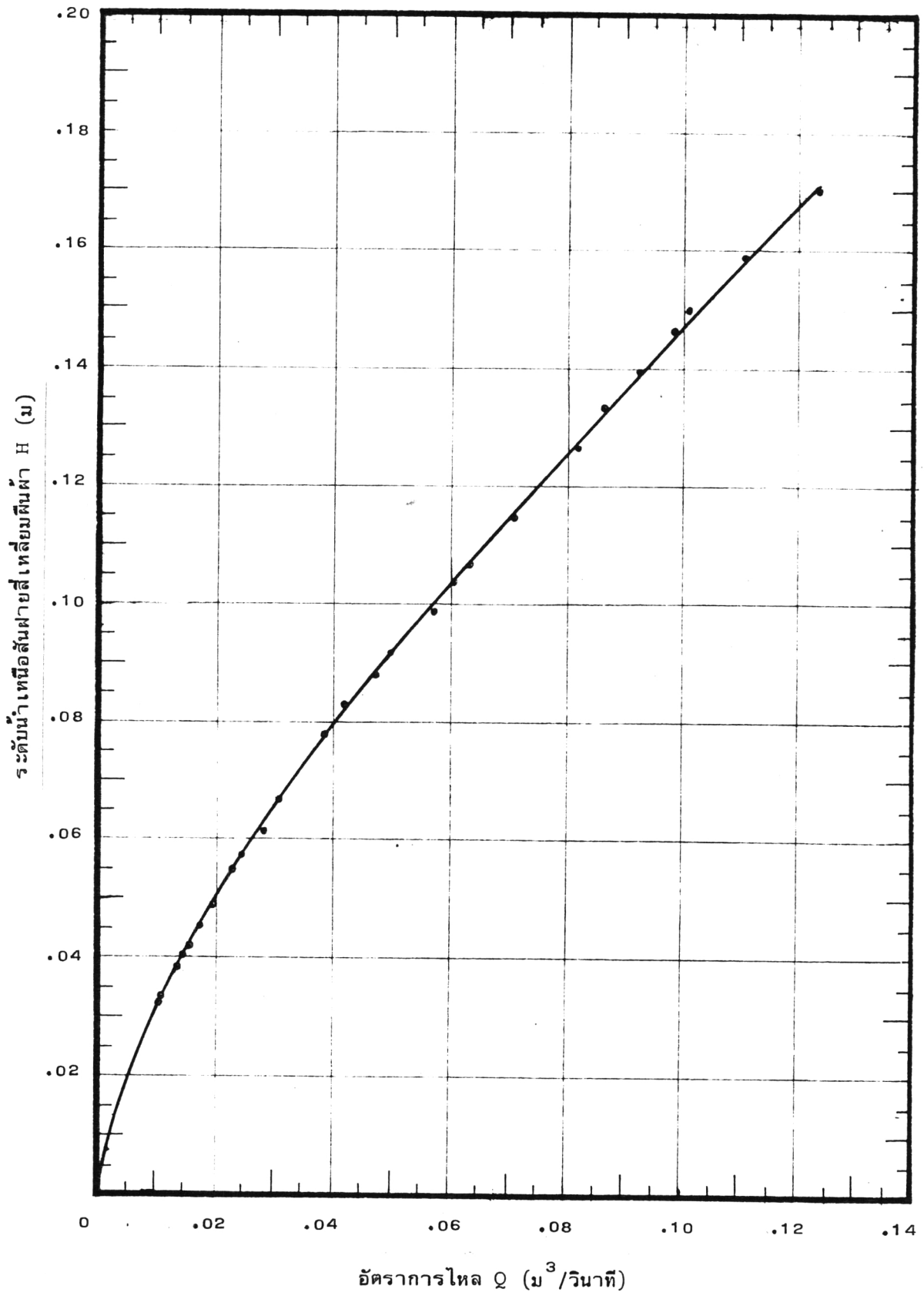
ตารางที่ ข-4 คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในหน่วย egs

Temp. °C	Specific gravity	Density gm/cm <sup>3</sup>	Heat of Vaporization cal/gm	Viscosity		Vapor pressure		
				Absolute Centipoises	Kinematic centistokes	mm Hg	Millibars	G.cm <sup>2</sup>
0	0.99987	0.99984	597.3	1.79	1.79	4.58	6.11	6.23
5	0.99999	0.99996	594.5	1.52	1.52	6.54	8.72	8.89
10	0.99973	0.99970	591.7	1.31	1.31	9.20	12.27	12.51
15	0.99913	0.99910	588.9	1.14	1.14	23.78	17.04	17.38
20	0.99824	0.99821	586.0	1.00	1.00	17.53	23.37	23.83
25	0.99708	0.99705	583.2	0.890	0.890	23.76	31.67	32.30
30	0.99568	0.99565	580.4	0.798	0.801	31.83	42.43	43.27
35	0.99407	0.99404	577.6	0.719	0.723	42.18	56.24	57.34
40	0.99225	0.99222	574.7	0.653	0.658	55.34	73.78	75.23
50	0.98807	0.98804	569.0	0.547	0.554	92.56	123.40	125.83
60	0.98323	0.98320	563.2	0.466	0.474	149.46	199.26	203.19
70	0.97780	0.97777	557.4	0.404	0.413	233.79	311.69	317.84
80	0.97182	0.97179	551.4	0.355	0.365	355.28	473.67	483.01
90	0.96534	0.96531	545.3	0.315	0.326	525.89	710.13	714.95
100	0.95839	0.95836	539.1	0.282	0.294	760.00	1013.25	1033.23

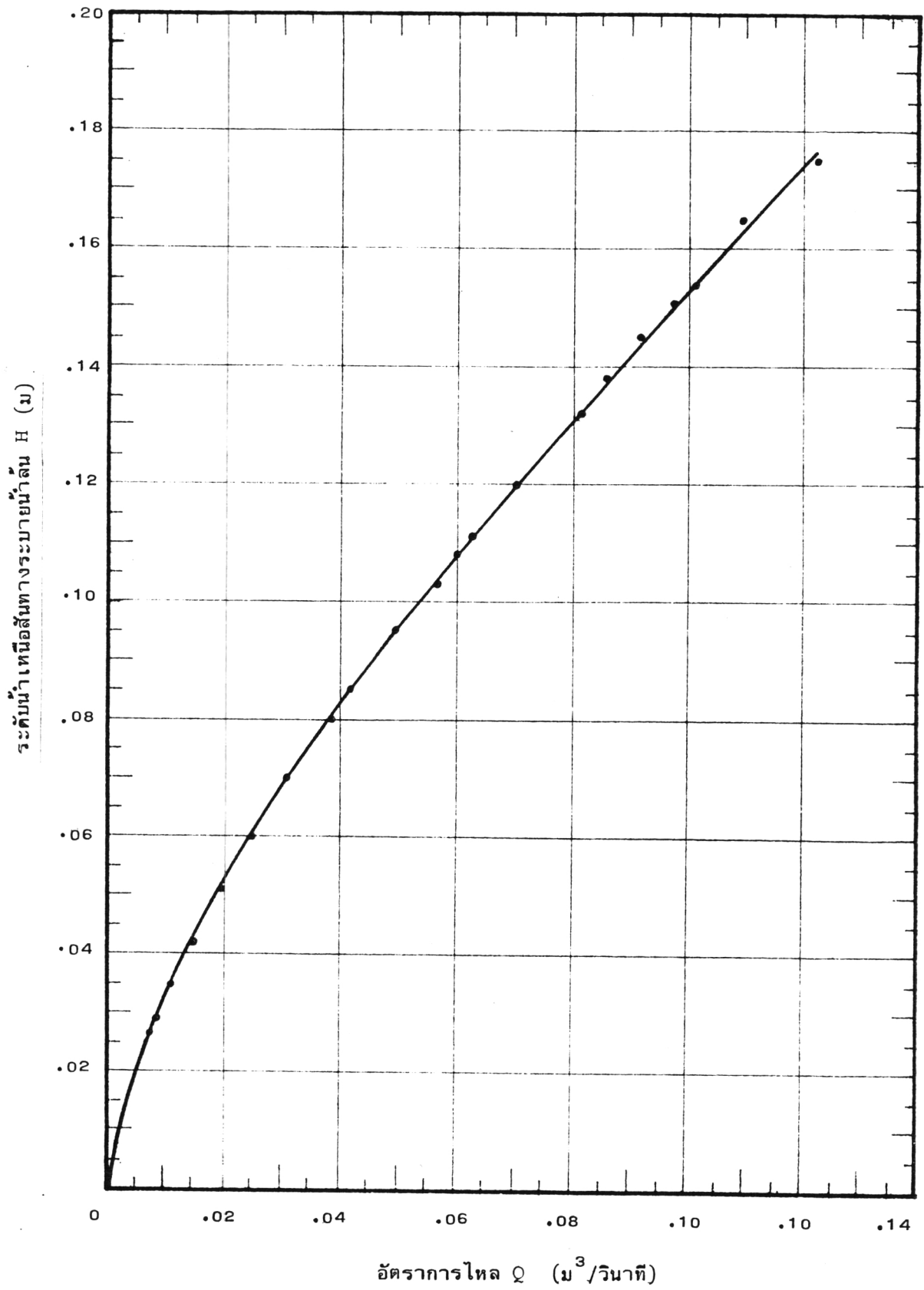
Source: LIMSLEY, KOHLER and PAULHUS HYDROLOGY FOR ENGINEERS, SECOND EDITION  
pp. 448, McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental  
Engineering; McGraw-Hill Book Company.

ภาคผนวก ข.3

รูปแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับระดับน้ำเหนือสันฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าและ  
ทางระบายน้ำล้น



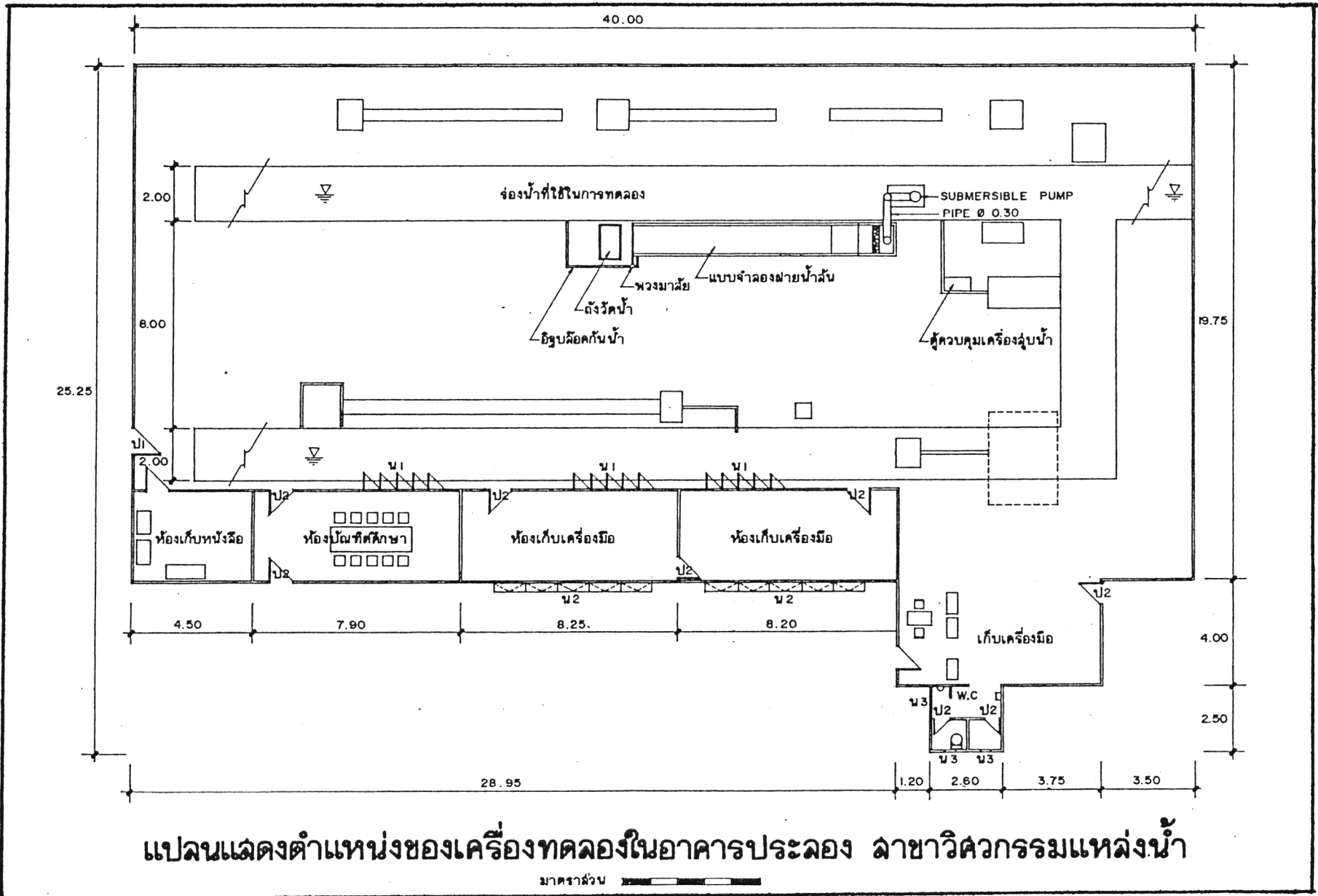
รูป ข-1 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับระดับน้ำเหนือสันฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูป ข-2 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับระดับน้ำเหนือสันทางระบายน้ำ

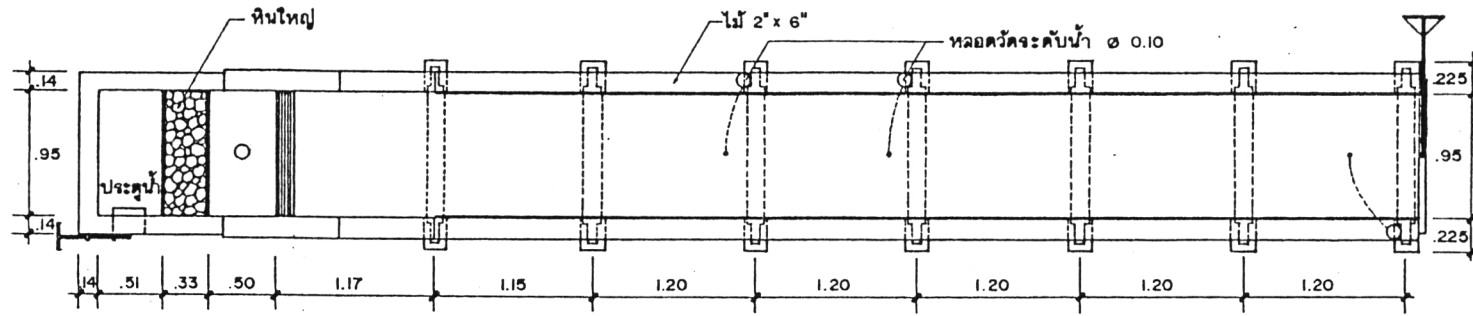
ภาคผนวก ค.

รูป ค-1    แบบรายละเอียดทางระบายนํ้าฝนจำลอง



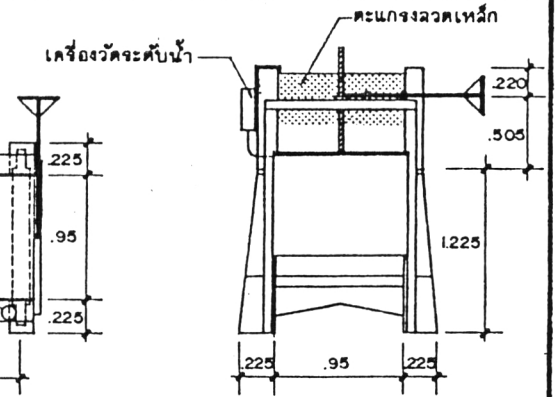
แปลนแสดงตำแหน่งของเครื่องทดลองในอาคารประลอง ภาควิศวกรรมแหล่งน้ำ





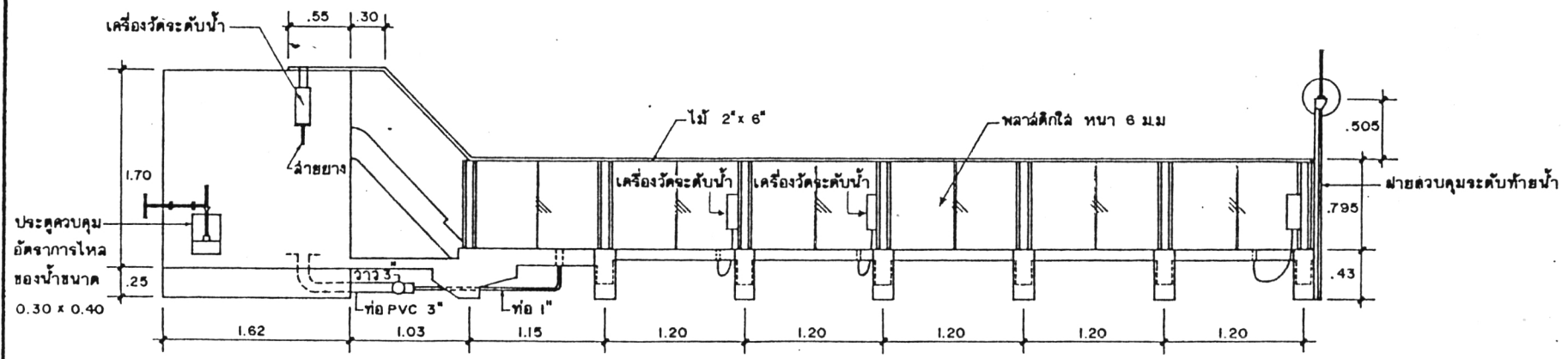
**แปลน**

มาตราส่วน



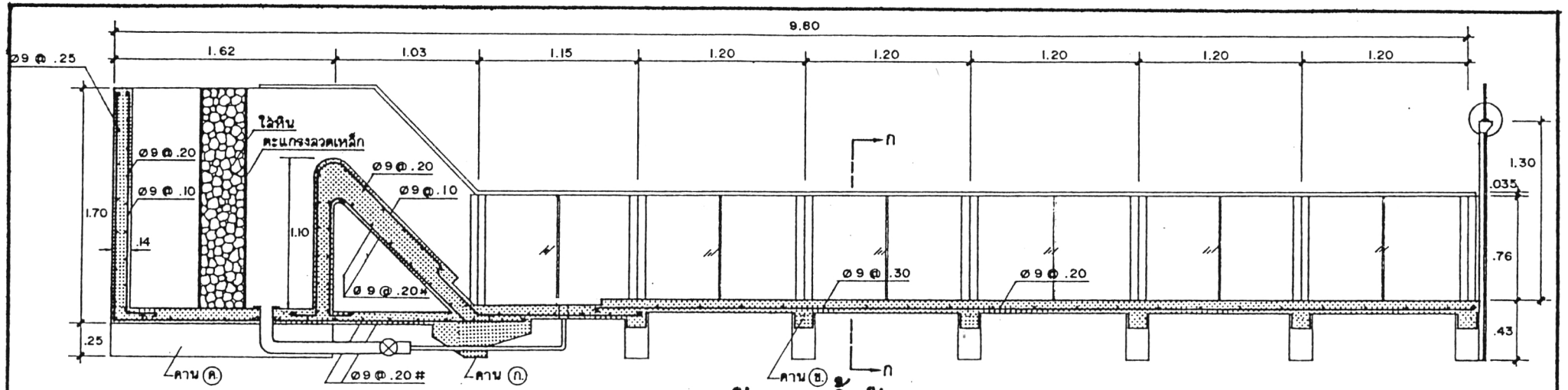
**รูปด้านหน้า**

มาตราส่วน

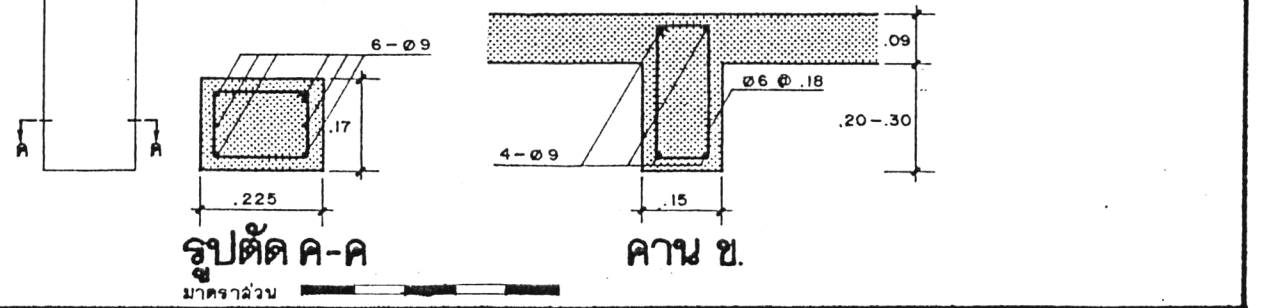
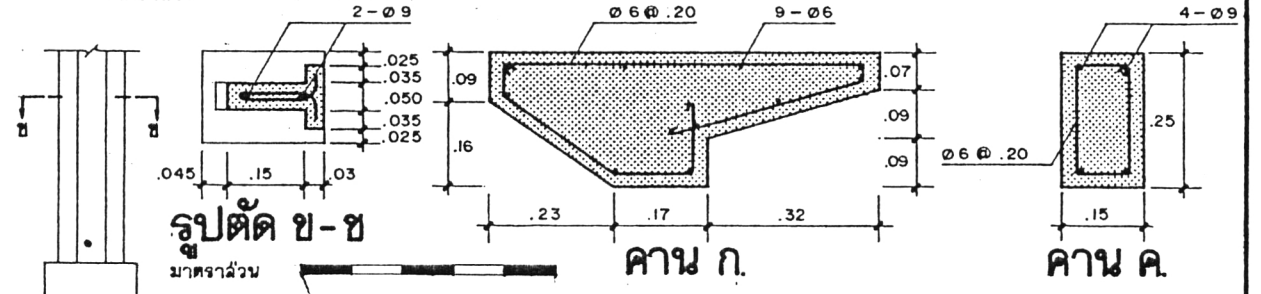
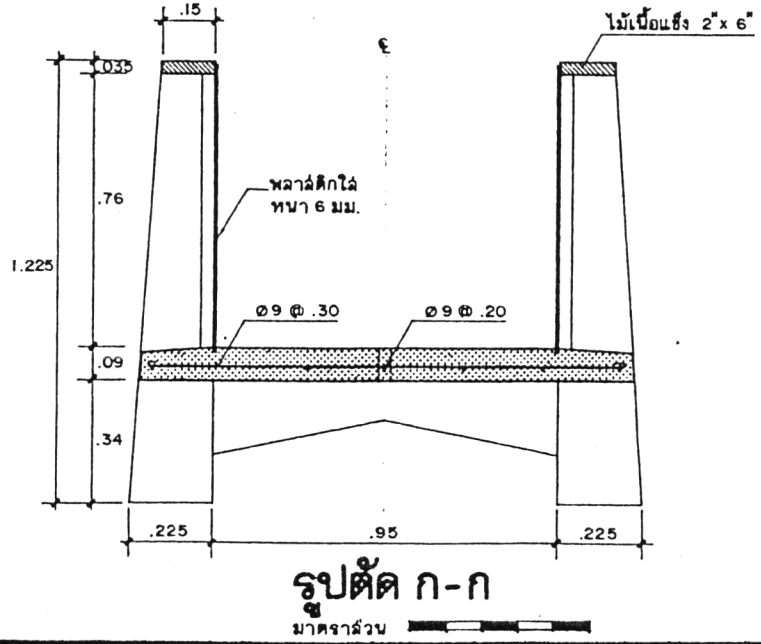


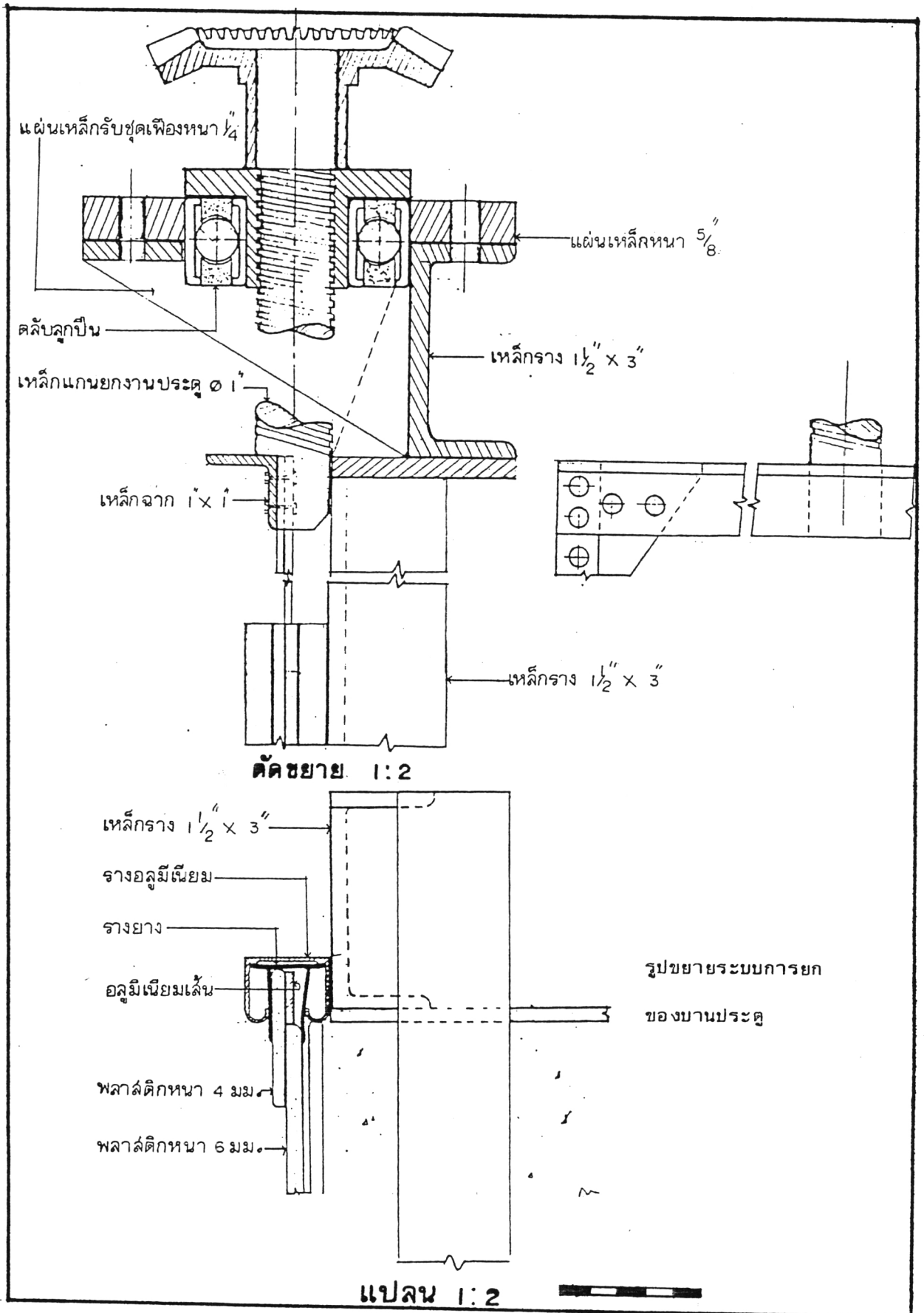
**รูปด้านข้าง**

มาตราส่วน



**รูปตัดทางน้ำตาม ๕**  
 มาตรฐาน  
 ๒-๐๙

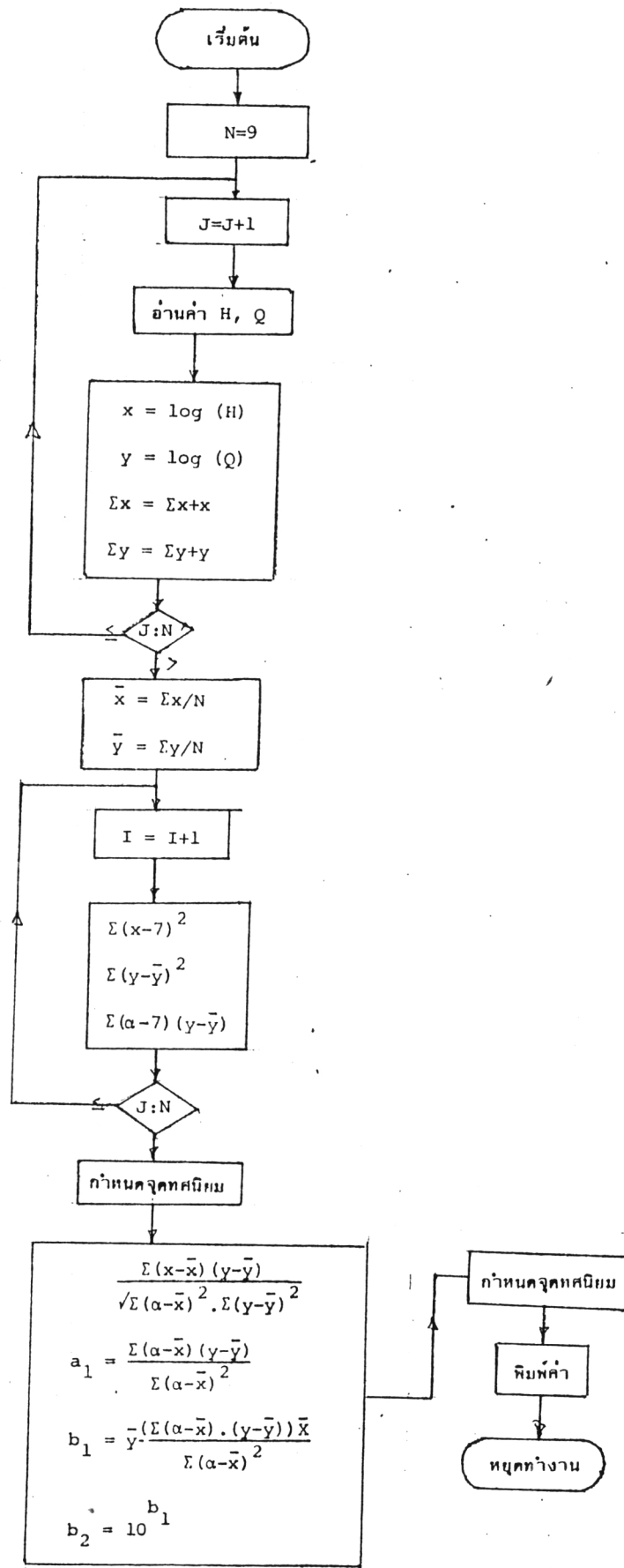




ภาคผนวก ง.

โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

(ภาษา ABASIC)



แผนภูมิลำดับการทำงานในการปรับข้อมูล เกี่ยวกับอัตราการใช้ให้ถูกต้อง

โปรแกรมการปรับข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการไหลให้ถูกต้อง

```

0 REM A(I)=Xi-Xbar
1 REM B(I)=(Xi-Xbar)^2
2 REM C=SUM(Xi-Xbar)^2
3 REM D=SUM(Xi-Xbar)
4 REM P(I)=(Yi-Ybar)
5 REM T(I)=(Yi-Ybar)^2
6 REM R=SUM(Yi-Ybar)^2
7 REM S=SUM(Yi-Ybar)
8 REM XY(I)=(Xi-Xbar)(Yi-Ybar)
9 REM SUMXY=SUM(Xi-Xbar)(Yi-Ybar)
10 REM REGRESSION=SUMXY/SQR(C*R)
11 REM A=SUMXY/C=n
12 REM B=Ybar-SUMXY*Xbar/C=K
25 DIM H(50),Q(50),X(50),Y(50),A(50),B(50),P(50),T(50),XY(50)
30 N = 28
40 FOR J = 1 TO N
50 READ H(J),Q(J)
60 X(J) = .4342944 * LOG (H(J))
70 Y(J) = .4342944 * LOG (Q(J))
80 SX = SX + X(J)
90 SY = SY + Y(J)
100 NEXT J
110 XBAR = SX / N
120 YBAR = SY / N
130 FOR I = 1 TO N
140 A(I) = X(I) - XBAR
150 B(I) = A(I) * A(I)
160 C = C + B(I)
170 D = D + A(I)
180 P(I) = Y(I) - YBAR
190 T(I) = P(I) * P(I)
200 R = R + T(I)
210 S = S + P(I)
220 XY(I) = A(I) * P(I)
230 SUMXY = SUMXY + XY(I)
240 NEXT I
250 PRINT TAB( 15);"TABLE 2.3 (REGRESSION ANALYSIS FOR CALIBRATED DESIGN HEAD DATA FROM CU
RVE)": PRINT
255 PRINT TAB( 2);"N";
260 PRINT TAB( 10);"H"; TAB( 18);"X=LOG(H)";
270 PRINT TAB( 34);"Q"; TAB( 43);"Y=LOG(Q)";
280 PRINT TAB( 18);"(X-X)"; TAB( 31);"(Y-Y)";
290 PRINT TAB( 42);"(X-X)(Y-Y)";
300 PRINT TAB( 18);"(X-X)"; TAB( 32);"(Y-Y)"
310 PRINT TAB( 9);"(m)"; TAB( 30);"cu.m/sec": PRINT
320 FOR K = 1 TO N
330 GOSUB 599

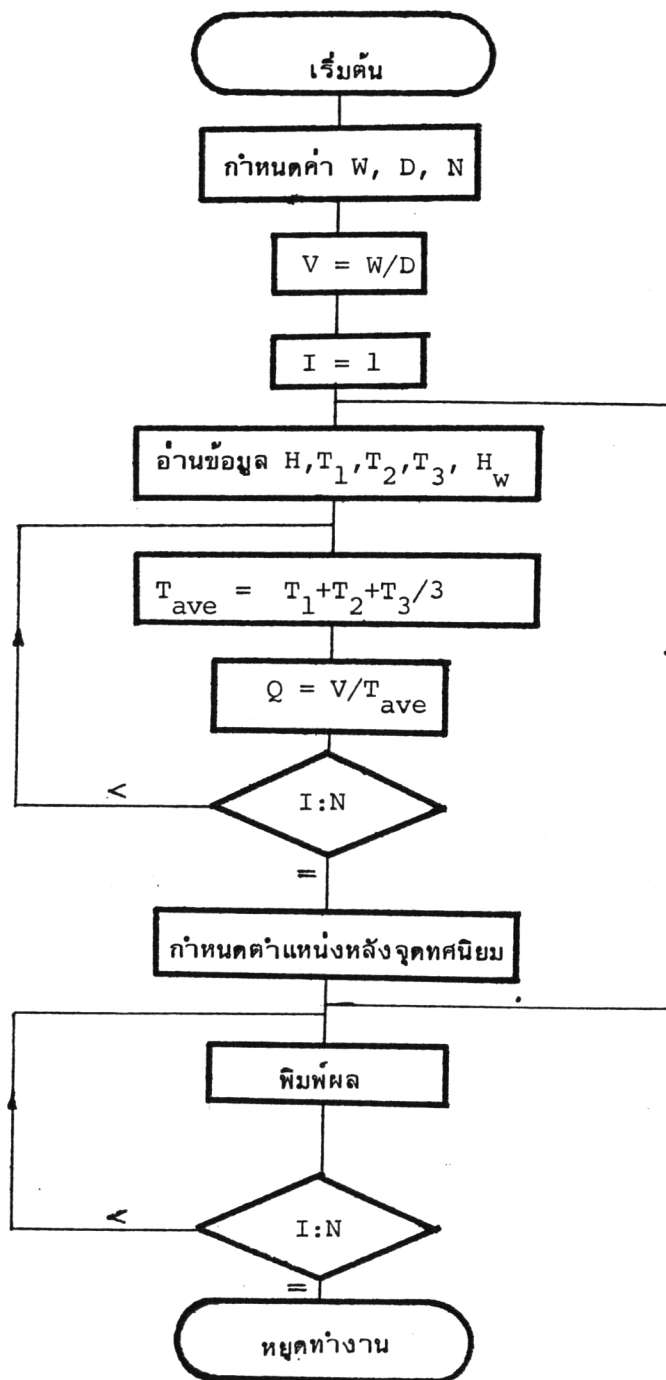
```



```

335 PRINT K;
340 PRINT TAB( 8);H(K); TAB( 18);X(K);
350 PRINT TAB( 31);Q(K); TAB( 43);Y(K);
360 PRINT TAB( 18);A(K); TAB( 30);P(K);
370 PRINT TAB( 43);XY(K);
380 PRINT TAB( 17);B(K); TAB( 31);T(K)
390 NEXT K: PRINT
400 PRINT TAB( 8);"SUM"; TAB( 18);SX; TAB( 43);SY; TAB( 22);D; TAB( 34);S; TAB( 43);SUMXY; TAB(
17);C; TAB( 31);R: PRINT : PRINT
410 RE = SUMXY / SQR (C * R)
420 A1 = SUMXY / C
430 B1 = YBAR - SUMXY * XBAR / C
432 B2 = 10 ^ B1
435 GOSUB 614
440 PRINT TAB( 20);"Xbar"; TAB( 33);"= "XBAR
450 PRINT TAB( 20);"Ybar"; TAB( 33);"= "YBAR
460 PRINT TAB( 20);"REGRESSION"; TAB( 33);"= "RE
470 PRINT TAB( 20);"N"; TAB( 33);"= "N
480 PRINT TAB( 20);"A = n"; TAB( 33);"= "A1
490 PRINT TAB( 20);"B = LOG K"; TAB( 33);"= "B1
495 PRINT TAB( 20);"K"; TAB( 33);"= "B2: PRINT
496 PRINT TAB( 20);"Q"; TAB( 33);"= 1.73229H*1.491": PRINT
540 END
599 A(K) = INT (100000 * A(K) + .5) / 100000:
600 X(K) = INT (100000 * X(K) + .5) / 100000:
601 Y(K) = INT (100000 * Y(K) + .5) / 100000:
602 P(K) = INT (100000 * P(K) + .5) / 100000:
603 XY(K) = INT (100000 * XY(K) + .5) / 100000:
604 B(K) = INT (100000 * B(K) + .5) / 100000:
605 T(K) = INT (100000 * T(K) + .5) / 100000:
606 SX = INT (100000 * SX + .5) / 100000:
607 SY = INT (100000 * SY + .5) / 100000:
608 D = INT (100000 * D + .5) / 100000:
609 S = INT (100000 * S + .5) / 100000:
610 SUMXY = INT (100000 * SUMXY + .5) / 100000:
611 C = INT (100000 * C + .5) / 100000:
612 R = INT (100000 * R + .5) / 100000:
613 RETURN
614 A1 = INT (100000 * A1 + .5) / 100000:
615 B1 = INT (100000 * B1 + .5) / 100000
616 RE = INT (100000 * RE + .5) / 100000
617 XBAR = INT (100000 * XBAR + .5) / 100000
618 YBAR = INT (100000 * YBAR + .5) / 100000
619 B2 = INT (100000 * B2 + .5) / 100000
620 RETURN

```



แผนภูมิลำดับการทำงานในการคำนวณอัตราการไหล



## โปรแกรมการคำนวณอัตราการไหล

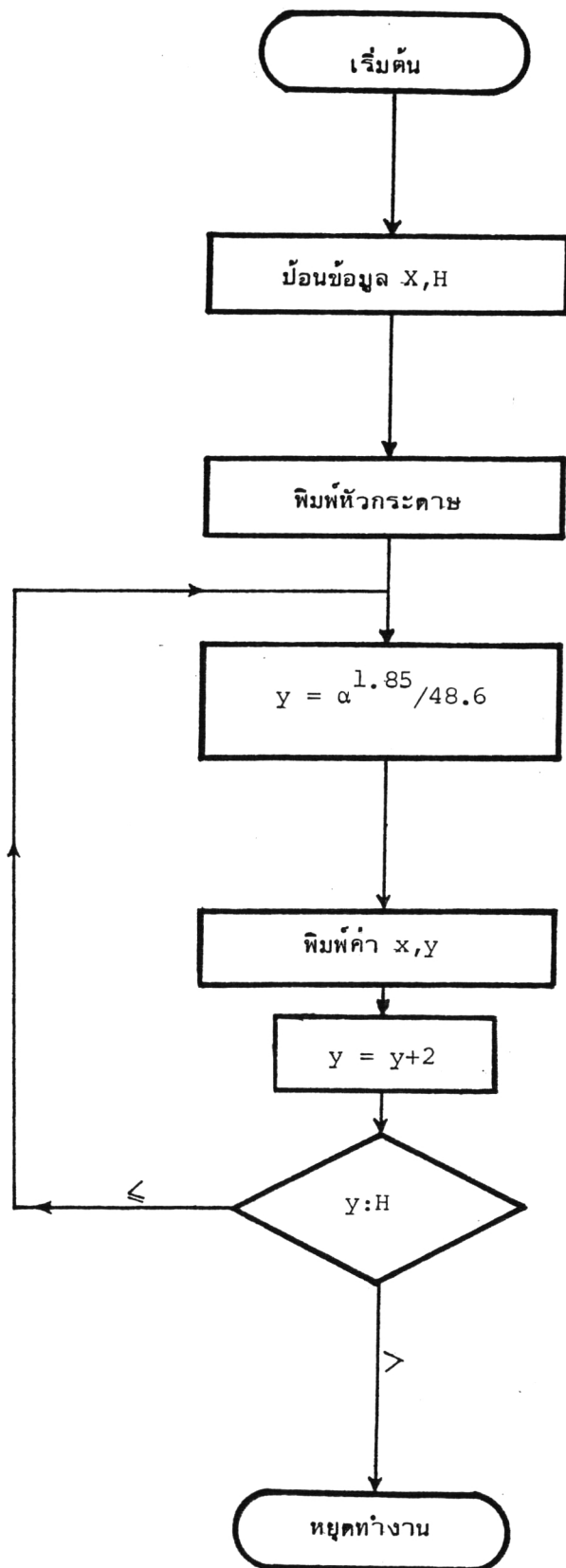
```

10 N = 28
20 DIM H(50),T(50,5),MEAN(50),Q(50),HW(50)
30 W = 375
40 D = 996.38
50 V = W / D
60 FOR I = 1 TO N
70 READ H(I),T(I,1),T(I,2),T(I,3),HW(I)
80 MEAN(I) = (T(I,1) + T(I,2) + T(I,3)) / 3
90 Q(I) = V / MEAN(I)
100 NEXT I
105 PRINT TAB( 30);"TABLE B1 (DESIGN HEAD &DISCHARGE)": PRINT : PRINT : PRINT

110 PRINT TAB( 4);"N"; TAB( 13);"Hd"; TAB( 24);"Hw";
120 PRINT TAB( 35);"W"; TAB( 44);"V"; TAB( 14);"Tav"; TAB( 27);"Q"
130 PRINT TAB( 13);"(m)"; TAB( 23);"(m)"; TAB( 33);"(kg)";
140 PRINT TAB( 42);"(cu.m)"; TAB( 13);"(sec)"; TAB( 23);"(cu.m/sec)": PRINT

150 FOR I = 1 TO N
160 GOSUB 250
170 PRINT TAB( 4);I; TAB( 12);H(I); TAB( 22);HW(I); TAB( 33);W;
180 PRINT TAB( 42);V; TAB( 13);MEAN(I); TAB( 25);Q(I)
200 NEXT I
230 END
250 V = INT (10000 * V + .5) / 10000:
260 MEAN(I) = INT (10000 * MEAN(I) + .5) / 10000:
270 Q(I) = INT (10000 * Q(I) + .5) / 10000:
280 RETURN

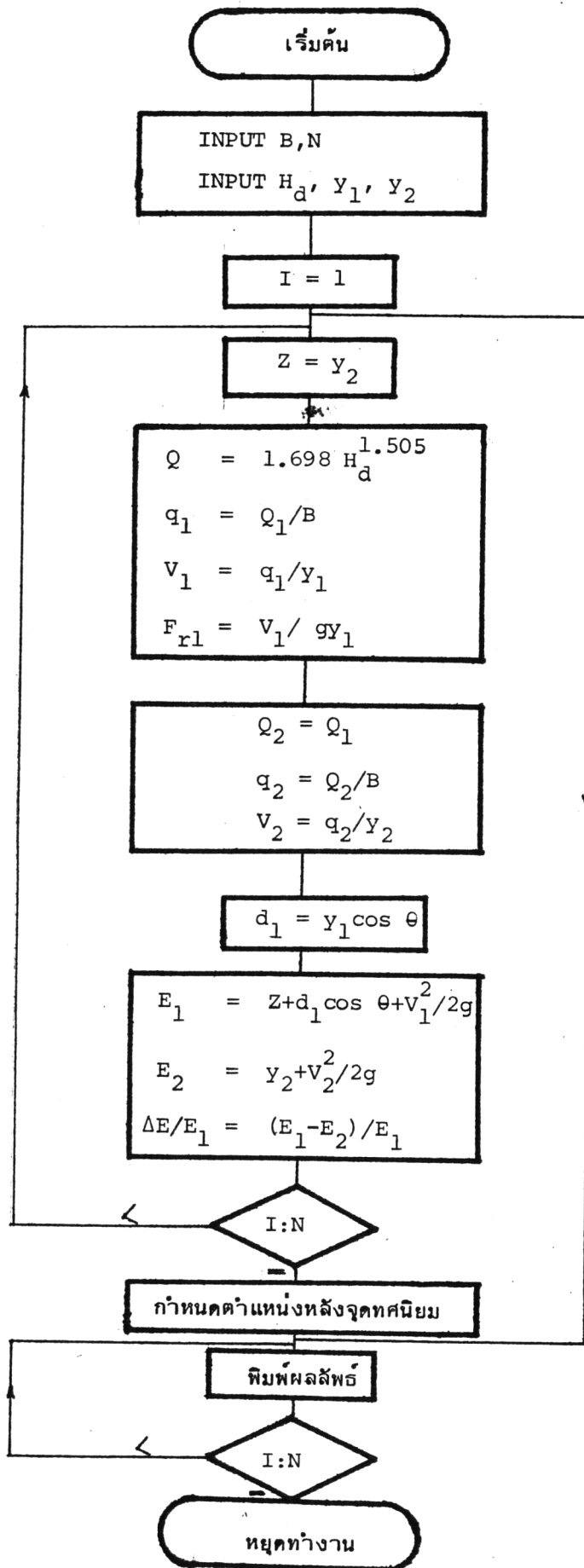
```



แผนภูมิลำดับการทำงานในการคำนวณพิกัดด้านหลังทางระบายน้ำล้น

## โปรแกรมการคำนวณพิกัดด้านหลังทางระบายน้ำล้น

```
5  REM "COORDINATES OF DOWNSTREAM QUADRANT PROGRAM FOR SPILLWAY"
10  INPUT "INITIAL VALUE OF X=";X
15  INPUT "H=";H
20  PRINT "Coordinates of Downstream Quadrant for Spillway"
30  PRINT TAB( 16)"X"; TAB( 36)"Y": PRINT
40  XI = INT ( INT (X + .5) / 5) * 5:HI = INT (H)
50  Y = INT ((XI ^ 1.85 / 48.6) * 100 + .5) / 100
55  YI = - Y
60  PRINT TAB( 16)XI,YI
70  XI = XI + 2
80  IF Y > HI THEN 200
90  GOTO 50
200 END
```



## โปรแกรมการคำนวณหาอัตราค่าสูญเสียของพลังงาน

```

2  REM "Program of Roller Depth"
5  DIM HD(50),HB(50),HS(50),Y2(50),Q1(50)
10 DIM H2(50),H3(50),H4(50)
15 INPUT "N=";N
16 INPUT "Name";M$
20 FOR I = 1 TO N
25 INPUT "HD,HB,HS,Y2";HD(I),HB(I),HS(I),Y2(I)
30 H1(I) = HD(I) + 1.08
40 Q1(I) = (HD(I) ^ 1.50527) * 1.69818
50 H2(I) = HB(I) / H1(I)
60 H3(I) = HS(I) / H1(I)
70 H4(I) = Y2(I) / H1(I)
80 NEXT I
90 PRINT "For";M$; PRINT : PRINT : PRINT
100 PRINT TAB( 3);"No"; TAB( 10);"Hd"; TAB( 18);"h1"; TAB( 29);"Q1"; TAB( 40);"hb";
110 PRINT TAB( 10);"hs"; TAB( 18);"y2(T.W)"; TAB( 30);"hb/h1"; TAB( 40);"hs/h1";
120 PRINT TAB( 10);"y2/h1"
130 PRINT TAB( 9);"(m)"; TAB( 17);"(m)"; TAB( 24);"(cu.m/sec)"; TAB( 39);"(m)";
140 PRINT TAB( 9);"(m)"; TAB( 19);"(m)": PRINT
180 FOR I = 1 TO N
190 GOSUB 701
200 PRINT TAB( 3);I; TAB( 9);HD(I); TAB( 17);H1(I); TAB( 27);Q1(I); TAB( 39);HB(I);
210 PRINT TAB( 9);HS(I); TAB( 19);Y2(I); TAB( 30);H2(I); TAB( 40);H3(I);
220 PRINT TAB( 10);H4(I)
230 NEXT I
701 Q1(I) = INT (10000 * Q1(I) + .5) / 10000
702 H2(I) = INT (10000 * H2(I) + .5) / 10000
703 H3(I) = INT (10000 * H3(I) + .5) / 10000
704 H4(I) = INT (10000 * H4(I) + .5) / 10000
710 RETURN

```

## ประวัติผู้เขียน



นาย บุญเลิศ รุ่งเรือง

เกิดวันที่ 2 กันยายน 2494 ณ จังหวัดภูเก็ต

การศึกษา

- พ.ศ. 2521 จบหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
- พ.ศ. 2522 จบหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
- พ.ศ. 2524 เข้าศึกษาในหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำงาน

- พ.ศ. 2516 รับราชการในตำแหน่ง นายช่างโยธา 3 กองทางหลวงท้องถิ่น  
กรมโยธาธิการ

- ปัจจุบัน รับราชการในตำแหน่ง วิศวกร 4 ฝ่ายสาธารณูปโภคและสิ่งแวดล้อม  
สำนักนโยบายและแผนมหาดไทย กระทรวงมหาดไทย