

## การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนในรางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด  $0.60 \times 20.40 \times 0.75$  เมตร โดยใช้ทรายจากแม่น้ำสะแกกรัง บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี เป็นวัสดุท้องน้ำ โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ( $d_{50}$ ) 0.35 มิลลิเมตร และค่าการเรียงเม็ด ( $\sigma$ ) = 1.66 เป็นวัสดุท้องน้ำ ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมา สำหรับข้อมูลที่จะนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับจะมีรายการดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากผลการทดสอบซึ่งกระทำ ณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้สูบน้ำปนทรายเข้าไปในรางส่งน้ำดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่สาม การทดสอบใช้เวลาเตรียมการจนถึงข้อมูลเป็นเวลาประมาณ 3 เดือน ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1, 4.2 เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดทราย .35 มิลลิเมตร และการเรียงเม็ดของทรายที่ทำการทดสอบ (Gradation) เท่ากับ 1.66 ดังแสดงในรูปที่ 4.1

2. สวัสดิ์ ลุ่มชัยชนะ (เอกสารอ้างอิง) ได้ทำการเก็บข้อมูลจากผลการทดสอบ แต่ละสภาพของรูปแบบท้องน้ำรวมทั้งหมด 15 รูปแบบของท้องน้ำโดยใช้ทรายท้องน้ำซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 0.70 มิลลิเมตร และมีค่าของการเรียงเม็ด (Gradation) เท่ากับ 2.134 (รูปที่ 4.2)

3. Mr.Ong-Ach Khuhapinat (เอกสารอ้างอิง) ได้ทำการเก็บข้อมูลจากผลการทดสอบแต่ละสภาพของรูปแบบท้องน้ำรวมทั้งหมด 11 รูปแบบของท้องน้ำ โดยใช้ทรายท้องน้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 มิลลิเมตร และมีค่าการเรียงเม็ด (Gradation) เท่ากับ 1.824 (รูปที่ 4.3)

4. Simons และ Richardson (เอกสารอ้างอิง) ได้เก็บข้อมูลจากผลการทดลอง แต่ละสภาพของรูปแบบท้องน้ำ รวมทั้งหมด 130 รูปแบบข้อมูลของการทดสอบเหล่านั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 ถึง 4.11 โดยใช้ขนาดของเม็ดทรายเฉลี่ยเท่ากับ 0.19, 0.27, 0.28, 0.32 และ 0.47 มิลลิเมตร และมีค่าการเรียงเม็ด (gradation) เท่ากับ 1.323, 1.54, 1.653, 1.497, 1.534 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้อีกกล่าวมาแล้วมาวิเคราะห์ เพื่อหาความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

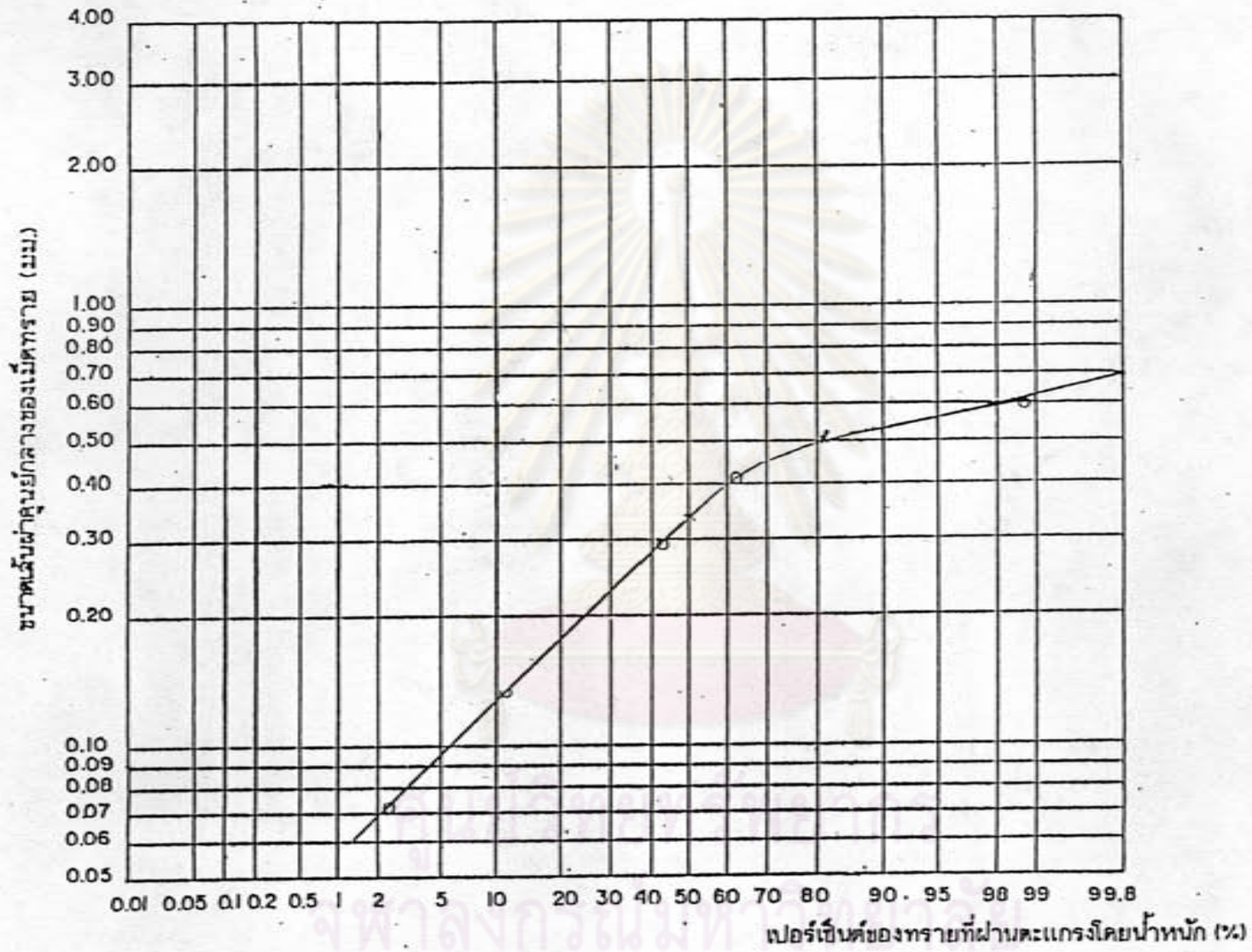
ตารางที่ 4.1 ผลการกระจายของขนาดเม็ดทรายท้องน้ำ ของทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย  
0.35 มม. ( $\sigma = 1.66$ )

Run No.	Bed form	Percent Finer than Indicated Size in mm.							
		0.74	0.149	0.297	0.420	0.590	1.190	2.00	4.76
1	Ripple	2.91	12.93	48.31	65.39	97.77	99.01	99.80	100.00
2	Ripple	1.73	13.22	47.22	64.92	97.79	99.23	99.45	100.00
3	Ripple+Dune	1.97	11.38	46.33	63.47	97.63	99.36	99.59	100.00
4	Dune	3.10	10.06	46.95	64.50	96.95	98.72	99.91	100.00
5	Dune	2.73	12.53	47.39	65.00	98.02	99.01	99.72	100.00
6	Dune	2.57	11.77	48.51	65.08	96.99	98.09	99.65	100.00
7	Washed out Dune	1.65	11.62	46.77	65.11	98.34	99.27	99.64	100.00
8	Washed out Dune	3.23	11.77	48.51	65.08	96.99	98.09	99.65	100.00
9	Plane	3.10	12.05	48.51	65.14	97.84	98.43	99.83	100.00
10	Standing Wave	2.56	11.91	48.01	64.78	97.52	98.70	99.01	100.00
11	Standing Wave	2.78	11.91	48.01	64.78	97.52	98.70	99.01	100.00
12	Standing Wave	2.96	11.64	47.38	65.52	97.89	99.35	99.45	100.00
13	Standing Wave	2.83	11.22	48.21	65.42	97.68	99.15	99.33	100.00
14	Antidune	2.52	10.00	47.77	64.65	96.35	99.47	99.72	100.00
15	Antidune	2.37	10.89	47.21	64.27	97.34	98.50	99.81	100.00
Average % Finer		2.60	11.67	47.58	64.80	97.55	98.89	99.60	100.00

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบที่วัดได้โดยใช้ทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม. และมีค่าการเรียงเม็ด = 1.66

Run No.	Slope (S) (ft./ft.) $\times 10^{-3}$	Discharge (Q) (cfs)	Depth (D) (ft)	Velocity (V) (fps)	Viscosity ( $\nu$ ) (sq.ft./sec) $\times 10^{-4}$	Temperature (T) ( $^{\circ}$ C)	Total Load $C_t$ (ppm)	Suspended Load $C_s$ (ppm)	Bed Material		Regime	Bed Form
									Diameter (ft.) $\times 10^{-3}$	Gradation ( $\phi$ )		
1	0.21	1.132	0.50	1.15	8.77	26.0	38	0	1.140	1.643	Lower	Ripples
2	0.30	1.621	0.49	1.68	8.57	27.0	67	3	1.133	1.625	Lower	Ripples
3	0.51	1.855	0.49	1.923	8.77	26.0	75	14	1.156	1.656	Lower	Ripples
4	0.61	1.730	0.50	1.758	8.67	26.5	110	34	1.210	1.678	Lower	Dunes
5	0.80	2.110	0.49	2.188	8.77	26.0	427	62	1.195	1.682	Lower	Dunes
6	1.12	2.910	0.50	2.957	8.57	27.0	1,210	220	1.122	1.693	Transition	Washed Out dune
7	1.73	2.720	0.51	2.710	8.77	26.0	2,030	435	1.105	1.705	Transition	Washed Out dune
8	1.82	2,020	0.52	1.974	8.66	26.5	2,210	382	1.093	1.655	Transition	Washed Out dune
9	2.71	3.181	0.50	3.232	8.55	27.2	4,071	1,215	1.136	1.662	Upper	Plane bed
10	3.42	4.125	0.49	4.277	8.40	27.5	5,535	2,728	1.136	1.685	Upper	Standing Wave
11	4.53	4.605	0.50	4.741	8.57	27.0	4,620	2,239	1.122	1.655	Upper	Standing Wave
12	5.22	4.023	0.50	4.088	8.77	26.0	5,238	2,770	1.096	1.630	Upper	Standing Wave
13	6.62	4.532	0.51	4.515	8.67	25.5	5,777	2,846	1.125	1.600	Upper	Standing Wave
14	7.54	4.720	0.49	4.895	8.67	26.5	7,122	2,901	1.120	1.684	Upper	Antidunes
15	8.83	4.552	0.50	4.626	8.57	27.0	8,611	3,320	1.113	1.645	Upper	Antidunes

Mean size of bed material  $d_{50} = 1.134 \times 10^{-3}$  ft = 0.35 mm. with a measure of gradation  $\phi = 1.66$



รูปที่ 4.1 กราฟการกระจายของทรายท้องน้ำขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม. ( $\sigma = 1.66$ )

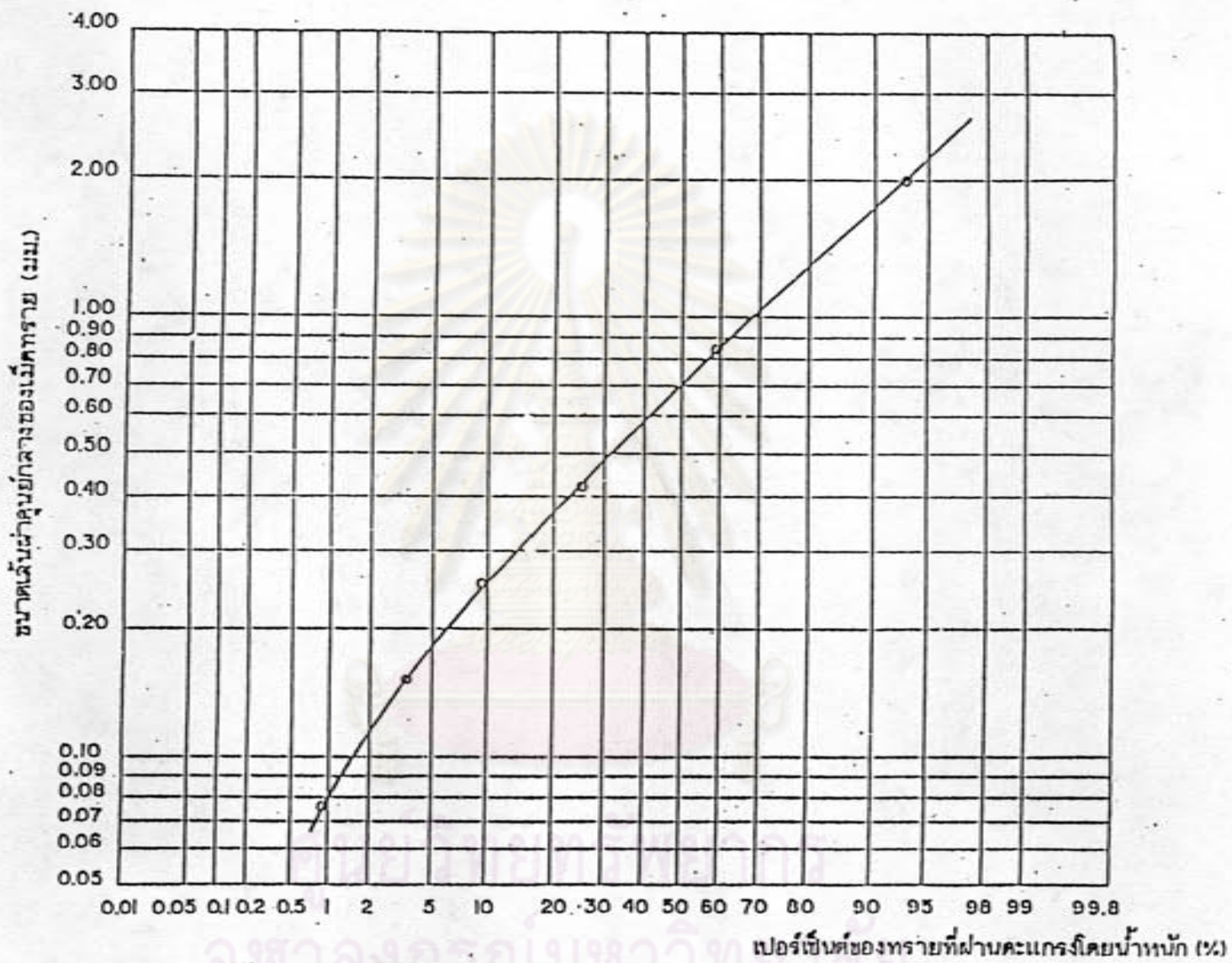
ตารางที่ 4.3 ผลการกระจายของขนาดเม็ดทรายที่ongน้ำ ของทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ( $\phi = 2.13$ )

Run No.	Bed Form	Percent Finer than Indicated Size, in mm.						
		0.075	0.149	0.250	0.420	0.841	2.000	4.760
2	Ripple	1.03	3.18	8.42	21.98	54.58	90.21	100.00
3	Ripple	0.67	2.22	7.44	21.25	53.71	90.20	100.00
5	Ripple	0.46	1.83	8.30	27.18	60.96	93.83	100.00
1	Dune	0.47	1.70	6.97	22.11	56.09	90.83	100.00
4	Dune	1.15	3.85	8.44	23.09	58.08	90.56	100.00
6	Dune	0.34	1.36	5.99	21.10	55.61	91.77	100.00
7	Dune	1.78	4.98	11.71	28.15	63.48	93.09	100.00
8	Dune	0.48	1.81	6.88	20.20	55.61	95.47	100.00
9	Dune	1.63	6.07	12.52	29.76	65.46	91.45	100.00
12	Dune	1.18	6.14	12.92	28.74	64.73	96.30	100.00
13	Washed Out Dune	1.26	4.14	8.85	24.26	58.89	90.99	100.00
14	Washed Out Dune	1.18	4.19	8.74	23.24	58.39	92.31	100.00
10	Standing Wave	0.79	5.39	12.16	29.11	64.93	93.77	100.00
11	Standing Wave	0.43	2.03	8.52	27.44	61.25	93.70	100.00
15	Antidune	0.86	3.08	8.13	21.81	55.47	89.61	100.00
Average % Finer		0.91	3.46	9.07	24.63	59.15	92.62	100.00

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบที่วัดได้โดยใช้ทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. และมีค่าเรียงเม็ด = 2.13

Run No.	Slope (S) (ft./ft.) $\times 10^{-3}$	Discharge (Q) (cfs.)	Depth (D) (ft.)	Velocity (V) (fps.)	Viscosity ( $\nu$ ) (sq.ft./sec.) $\times 10^{-6}$	Temperature (T) ( $^{\circ}$ C)	Total Load $C_s$ (ppm)	Suspended Load $C_{s'}$ (ppm)	Bed material		Regime	Bed Form
									Diameter (ft.) $\times 10^{-3}$	$\phi$		
2	0.25	1.186	0.489	1.232	8.11	33.2	68	22	2.461	2.200	Lower	Ripple
3	0.46	1.420	0.497	1.503	8.26	32.2	99	34	2.526	2.160	Lower	Ripple
5	0.75	1.097	0.494	1.129	8.45	31.2	80	26	2.133	2.176	Lower	Ripple
1	2.29	1.858	0.496	1.903	8.08	33.4	548	94	2.329	2.156	Lower	Dune
4	2.92	2.106	0.496	2.157	8.22	32.5	738	136	2.362	2.120	Lower	Dune
6	4.24	2.508	0.496	2.589	8.45	31.2	969	237	2.441	2.013	Lower	Dune
7	5.14	2.629	0.496	2.646	8.30	32.0	2,134	963	2.133	2.146	Lower	Dune
8	6.18	2.816	0.505	2.811	8.40	31.5	2,567	1,775	2.428	2.061	Lower	Dune
9	6.76	3.035	0.502	3.030	8.54	30.7	3,404	1,958	2.001	2.086	Lower	Dune
12	7.15	2.919	0.496	2.991	8.45	31.0	3,948	2,591	2.067	2.173	Lower	Dune
13	7.50	3.106	0.472	3.344	8.45	31.2	2,936	2,236	2.329	2.188	Transition	Washed Out Dune
14	7.54	3.196	0.492	3.301	8.34	31.8	4,026	2,701	2.329	2.116	Transition	Washed Out Dune
10	8.68	3.899	0.460	4.307	8.09	33.3	5,328	2,739	2.034	2.190	Upper	Standing Wave
11	8.96	4.041	0.467	4.327	8.40	31.5	5,562	2,776	2.165	2.152	Upper	Standing Wave
15	10.00	4.191	0.484	4.400	8.34	31.8	6,507	2,390	2.461	2.198	Upper	Antidune

mean size of bed material  $d_{50} = 2.268 \times 10^{-3}$  ft. = 0.70 mm. with a measure of gradation  $\phi = 2.13$



รูปที่ 4.2 กราฟการกระจายของทรายที่อน้ำขนาด เม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ( $\sigma = 2.13$ )

ตารางที่ 4.5 ผลการกระจายของเม็ดทรายท้องน้ำ ของทรายขนาด เม็ดเฉลี่ย  
0.95 มม. ( $\sigma = 1.82$ )

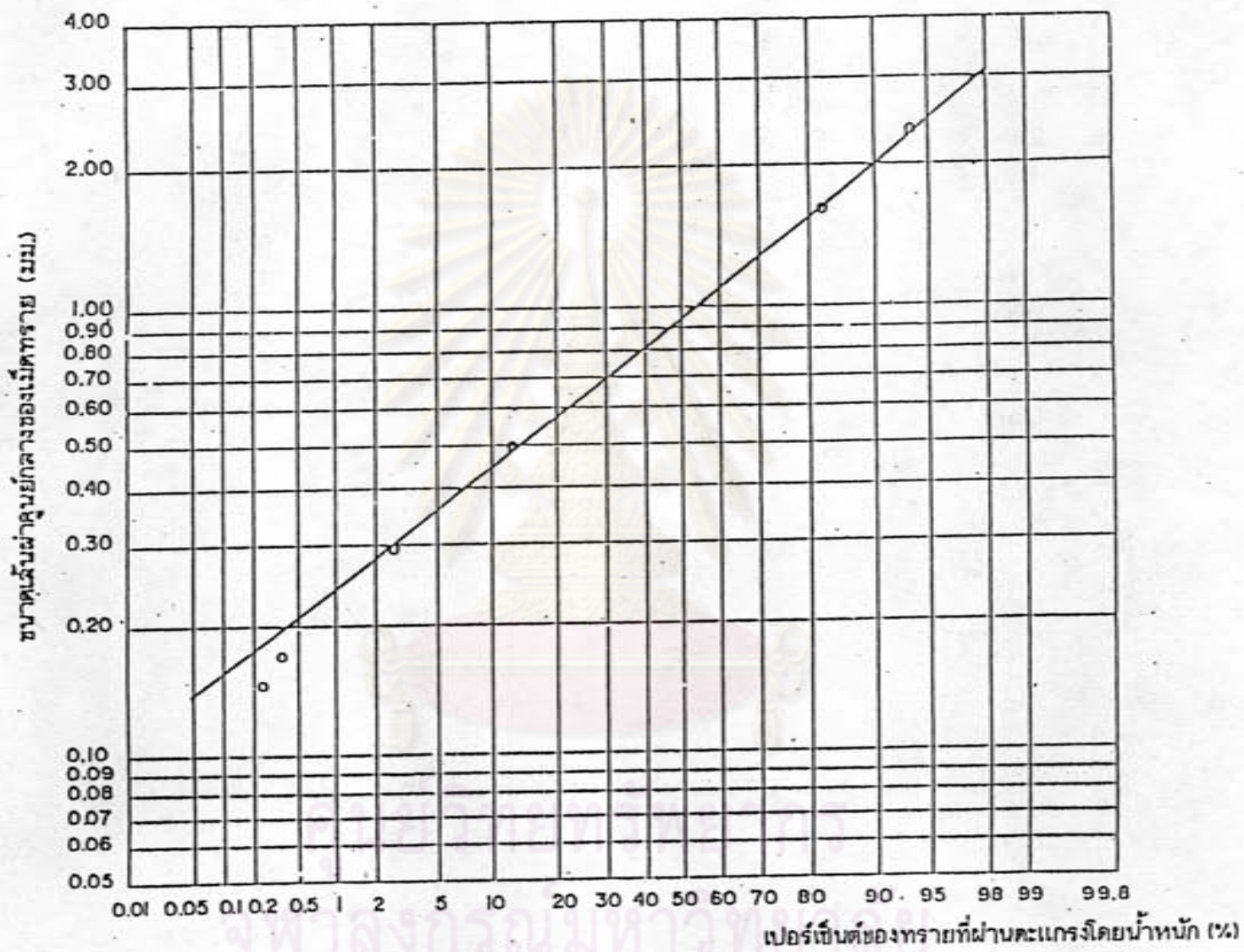
Run No.	Bed Form	Percent Finer than Indicated Size, in มม.						
		0.147	0.300	0.500	1.000	1.500	2.380	4.760
6	Ripple	0.59	5.50	19.40	56.00	77.00	93.84	100.00
9	Ripple	0.62	5.00	18.00	53.80	75.00	94.96	100.00
8	Dune (small)	0.42	4.10	9.00	58.00	80.00	97.15	100.00
3	Dune	0.41	3.50	14.00	53.00	77.00	94.38	100.00
7	Dune	0.11	2.40	12.00	53.00	76.00	94.41	100.00
10	Dune	0.40	2.00	18.00	41.80	70.00	92.26	100.00
11	Dune (big)	0.05	3.70	14.00	55.50	80.00	91.24	100.00
12	Transition	0.24	2.50	15.00	58.00	83.00	94.19	100.00
13	Standing Wave	0.14	3.20	16.00	57.00	80.00	91.91	100.00
14	Standing Wave	0.14	2.30	13.50	54.00	78.20	91.91	100.00
15	Standing Wave	0.14	2.30	13.50	54.00	79.10	93.19	100.00
Average % Finer		0.29	3.23	14.84	54.01	77.80	93.59	100.00



ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบที่วัดได้โดยใช้ทรายขนาดเม็ดทรายเฉลี่ย 0.95 มม. และมีค่าเรย์นอลด์ = 1.82

Run No.	Slope (S) (ft./ft.) $\times 10^{-3}$	Discharge (Q) (cfs.)	Depth (D) (ft.)	Velocity (V) (fps.)	Viscosity ( $\nu$ ) (sq.ft./sec.) $\times 10^{-6}$	Temperature (T) (°C)	Total Load $C_s$ (ppm)	Suspended Load $C_{ss}$ (ppm)	Bed Material		Regime	Bed Form
									Diameter (ft.) $\times 10^{-3}$	Gradation ( $\phi$ )		
6	0.52	1.21	0.490	1.200	8.650	30.3	38	10	2.950	1.978	Lower	Ripple
2	5.70	1.45	0.510	1.490	8.350	31.8	65	24	3.080	2.101	Lower	Ripple
8	1.37	1.60	0.510	1.625	8.480	31.2	127	28	2.885	1.875	Lower	Dunes (Small)
3	1.83	1.80	0.520	1.780	8.510	31.0	128	97	3.145	1.834	Lower	Dune
7	3.16	2.10	0.480	2.285	8.540	30.8	778	49	3.145	1.810	Lower	Dune
10	3.88	2.29	0.505	2.350	8.500	31.1	528	272	3.670	1.738	Lower	Dune
11	6.79	2.82	0.480	2.830	8.510	31.0	1,383	907	3.150	1.788	Lower	Dunes (Big)
12	6.90	2.87	0.520	2.860	8.490	31.2	2,707	1,954	2.950	1.727	Transition	Washed Out Dune
13	7.50	3.16	0.520	3.150	8.450	31.3	4,507	2,857	2.950	1.810	Upper	Standing Wave
14	8.33	3.50	0.500	3.620	8.340	31.8	4,779	2,101	3.080	1.823	Upper	Standing Wave
15	8.50	3.75	0.490	3.980	8.600	30.5	5,394	2,171	3.080	1.775	Upper	Standing Wave

mean size of bed material  $d_{50} = 3.08 \times 10^{-3}$  ft. = 0.95 mm. with a measure of gradation  $\phi = 1.82$



รูปที่ 4.3 กราฟการกระจายของทรายท้องน้ำขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 มม. ( $\sigma = 1.82$ )

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลจากผลการทดลองของ Simons และ Richardson สำหรับทราย  
ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.19 มม.

Run No.	Total Bed Material Discharge Ct, (ppm.)	Suspended Bed Material Discharge Cs, (ppm.)	Bed Material		Bed Form
			Ave. Diameter (ft.) x 10 <sup>-4</sup>	Gradation ( $\phi$ )	
2	0	0	6.560	1.340	Ripple
1	1	0	6.430	1.320	Ripple
5	120	105	6.400	1.360	Ripple
23	2	0	5.970	1.330	Ripple
29	58	31	6.430	1.310	Ripple
8	519	506	6.300	1.330	Dune
11	1,300	795	5.830	1.320	Dune
34	503	393	6.530	1.300	Dune
12	1,270	929	5.903	1.360	Dune
6	861	550	6.200	1.330	Dune
7	1,240	918	6.140	1.330	Dune
35	999	729	6.560	1.270	Dune
9	1,210	697	6.230	1.340	Dune
13	1,240	772	5.900	1.310	Transition
14	1,490	950	5.640	1.290	Transition
15	2,000	1,130	5.840	1.320	Transition
16	2,750	1,350	5.970	1.310	Transition
10	2,480	861	5.870	1.330	Transition
17	4,650	4,030	5.610	1.390	Antidune
18	9,240	7,270	5.970	1.300	Antidune
20	23,900	23,300	5.900	1.300	Antidune
21	25,200	21,900	-	-	Antidune

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลจากผลทดลองของ Simons และ Richardson สำหรับทราย  
ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.27 มม.

Run No.	Total Bed Material Discharge Ct, (ppm.)	Suspended Bed Material Discharge Cs, (ppm.)	Bed Material		Bed Form
			Ave. Diameter (ft.) x 10 <sup>4</sup>	Gradation (φ)	
50D	0.5	0	8.560	1.480	Ripple
51	12	9	8.890	1.600	Ripple
52	98	57	8.200	1.520	Ripple
57	93	0	9.510	1.520	Ripple
54	200	157	9.350	1.570	Dune
56	550	407	8.230	1.540	Dune
43	931	556	9.120	1.500	Dune
44	833	623	8.560	1.420	Dune
42	704	416	8.370	1.540	Dune
58	753	751	9.020	1.520	Dune
45	1,270	679	9.510	1.760	Transition
46	1,670	857	8.270	1.560	Transition
47	4,670	3,770	8.630	1.510	Antidune

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลจากผลการทดลองของ Simons และ Richardson สำหรับ  
ทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.28 มม.

Run No.	Total Bed Material Discharge Ct, (ppm.)	Suspended Bed Material Discharge Cs, (ppm.)	Bed Material		Bed Form
			Ave. Diameter (ft.) x 10 <sup>-4</sup>	Gradation (6)	
8B	3	0	9.850	1.780	Ripple
10	1	0	8.660	1.520	Ripple
5	12	0	9.850	1.620	Ripple
4	51	0	9.020	1.510	Ripple
11	20	1	9.510	1.570	Ripple
12	150	74	8.860	1.640	Ripple
14	298	134	8.530	1.610	Dune
20	506	347	9.280	1.650	Dune
2	664	583	9.180	1.800	Dune
21	732	528	8.660	1.530	Dune
19	563	423	8.700	1.650	Dune
16	540	436	8.200	1.650	Dune
17	505	262	8.920	1.690	Dune
3	733	445	8.430	1.680	Dune
15	789	389	8.370	1.690	Dune
23	1,230	608	9.970	1.710	Dune
18	1,040	439	8.970	1.690	Transition
30	1,370	548	8.140	1.670	Transition
24	2,350	763	8.990	1.730	Transition
22	1,540	442	9.510	1.720	Transition
25	2,710	972	10.310	1.700	Plane
28	2,760	804	8.730	1.580	Plane
29	3,120	1,240	9.290	1.690	Plane
26	5,060	1,740	8.860	1.600	Plane
32	10,500	9,490	8.460	1.650	Antidune
27	11,500	8,240	9.160	1.620	Antidune
37	19,900	7,820	9.350	1.700	Antidune
38	36,100	33,800	9.120	1.630	Antidune

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลจากผลการทดลองของ Simons และ Richardson สำหรับทราย  
ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.32 มม.

Run No.	Total Bed Material Discharge Ct, (ppm.)	Suspended Bed Material Discharge Cs, (ppm.)	Bed Material		Bed Form
			Ave. Diameter (ft.) $\times 10^{-4}$	Gradation ( $\phi$ )	
3	55	0	0.854	1.340	Ripple
4	61	0	1.021	1.440	Ripple
30	91	24	1.019	1.360	Ripple
29	117	9	0.837	1.330	Dune
5	226	56	0.854	1.310	Dune
6	168	33	1.038	1.520	Dune
27	455	168	1.035	1.570	Dune
28	787	251	1.035	1.570	Dune
26	854	80	1.071	1.620	Dune
25	719	274	1.019	1.520	Dune
21	907	169	1.035	1.650	Transition
22	1150	498	1.051	1.500	Transition
24	663	307	0.969	1.490	Transition
23	1150	227	0.916	1.400	Transition
8	1720	248	1.003	1.590	Transition
7	1410	196	0.950	1.040	Transition
19	4340	735	0.979	1.420	Plane
10	5180	2020	1.001	1.640	Plane
12	3520	1480	1.051	1.560	Plane
20	5600	1520	1.001	1.450	Antidune
9	5530	1480	0.935	1.500	Antidune
11	5250	1810	1.051	1.480	Antidune
14	12300	5340	1.215	1.560	Antidune
13	8780	2100	1.049	1.490	Antidune
15	26100	19000	1.160	1.590	Antidune
16	21000	14700	1.527	1.890	Antidune
18	20800	17400	1.231	1.600	Antidune

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลจากผลการทดลองของ Simons และ Richardson สำหรับทราย  
ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.47 มม.

Run No.	Total Bed Material Discharge Ct, (ppm.)	Suspended Bed Material Discharge Cs, (ppm.)	Bed Material		Bed Form
			Ave. Diameter (ft.) x 10 <sup>-4</sup>	Gradation ( $\phi$ )	
86	4,800	4,070	1.437	1.560	Ripple
87	8,400	7,100	1.521	1.560	Ripple
88	11,400	10,000	1.604	1.540	Ripple
90	6,990	6,690	1.355	1.330	Ripple
89	9,030	7,490	1.509	1.480	Ripple
93	100	53	1.742	1.500	Dune
92	6,180	5,350	1.610	1.550	Dune
91	8,660	8,050	1.610	1.580	Dune
82	562	235	1.610	1.580	Dune
52	2,200	1,830	1.417	1.470	Dune
76	9,790	9,520	1.456	1.510	Dune
53	11,200	2,750	1.561	1.590	Dune
83	588	503	1.633	1.540	Dune
54	2,600	772	1.469	1.510	Dune
55	4,820	2,590	1.692	1.530	Dune
57	5,080	3,140	1.518	1.390	Dune
58	6,080	5,010	1.535	1.480	Dune
78	13,500	4,220	1.453	1.490	Dune
59	7,490	13,306	1.535	1.500	Dune
60	6,890	5,320	1.699	1.480	Plane

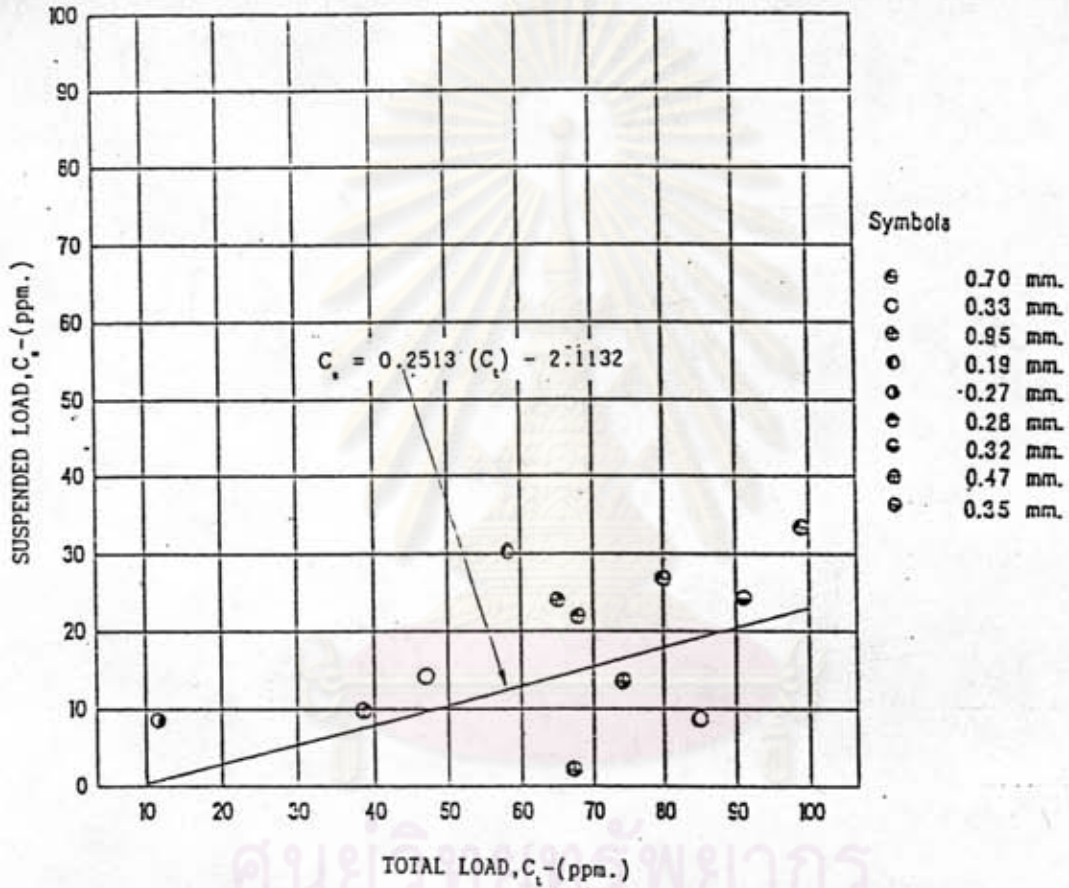
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลจากผลการทดลองของ Simons และ Richardson สำหรับทราย  
ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.47 มม. (ค่อ)

Run No.	Total Bed Material Discharge Ct, (ppm.)	Suspended Bed Material Discharge Cs, (ppm.)	Bed Material		Bed Form
			Ave. Diameter (ft.) x 10 <sup>-4</sup>	Gradation (6)	
71	8,850	7,910	1.722	1.550	Plane
72	12,800	3,040	1.673	1.610	Plane
70	10,200	7,490	1.588	1.560	Plane
100	8,550	3,840	1.584	1.660	Plane
81	4,490	4,240	1.561	1.510	Plane
62	9,280	3,380	1.584	1.660	Standing Wave
67	15,600	7,320	1.647	1.480	Standing Wave
79	18,200	11,400	1.355	1.480	Standing Wave
68	14,400	15,200	1.738	1.580	Standing Wave
63	8,380	12,400	1.535	1.540	Standing Wave
64	12,000	4,540	1.601	1.560	Antidune
65	14,200	8,400	1.506	1.490	Antidune
66	17,400	11,600	1.526	1.560	Antidune
80	19,100	14,000	1.594	1.460	Antidune
84	7,110	3,700	1.640	1.530	Antidune
69	15,300	9,800	1.430	1.580	Antidune
98	59,700	57,700	1.440	1.570	Antidune
99	43,000	42,300	1.492	1.600	Antidune
D7	14,800	6,300	1.507	1.660	Antidune
61	9,560	4,390	1.722	1.550	Plane



RELATION OF TOTAL LOAD & SUSPENDED LOAD

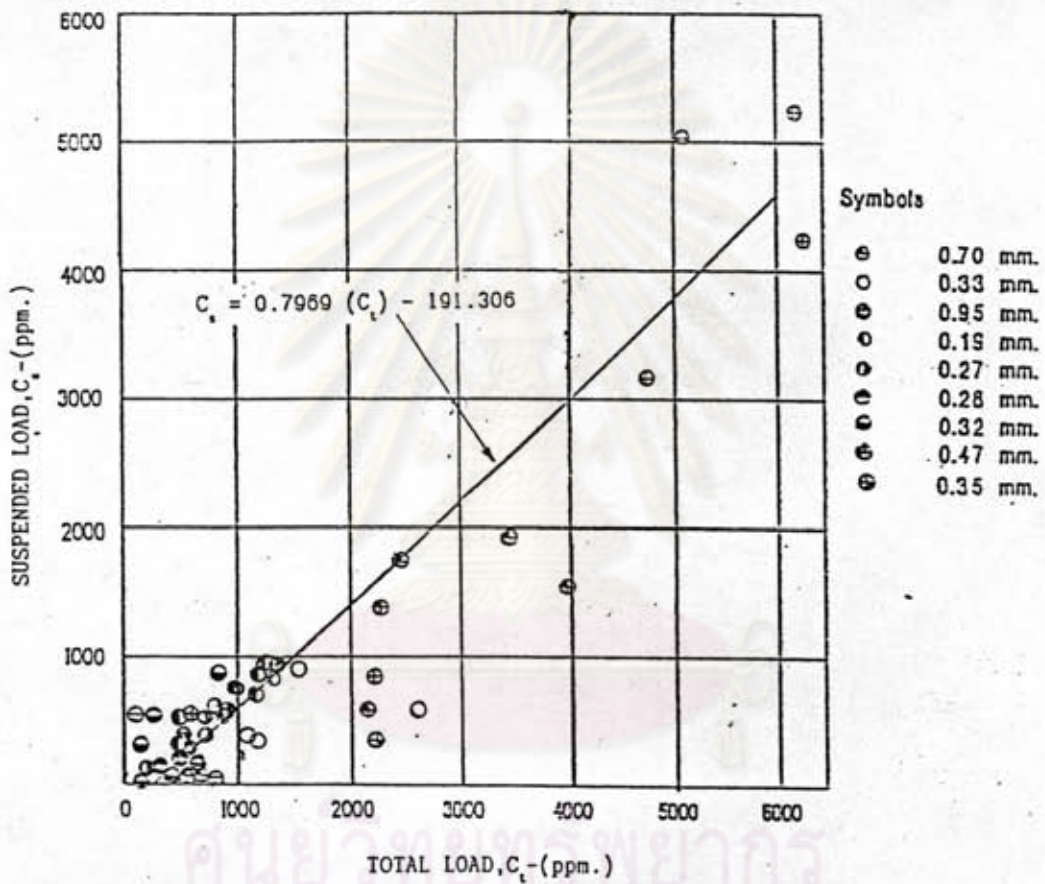
In ppm. for RIPPLE BED FORM



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด สำหรับลักษณะท้องน้ำแบบริบเปิ้ล

## RELATION OF TOTAL LOAD &amp; SUSPENDED LOAD

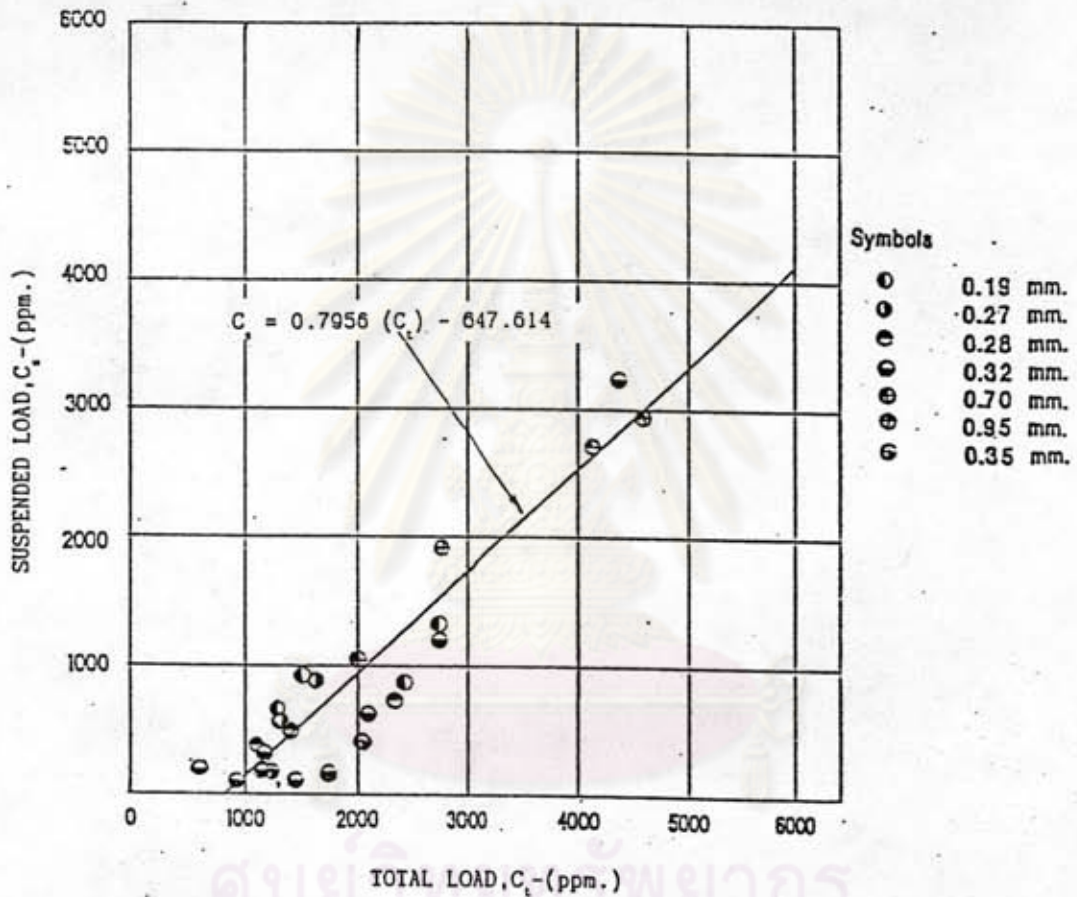
In ppm. for DUNE BED FORM



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด  
สำหรับลักษณะท้องน้ำแบบคุน

## RELATION OF TOTAL LOAD &amp; SUSPENDED LOAD

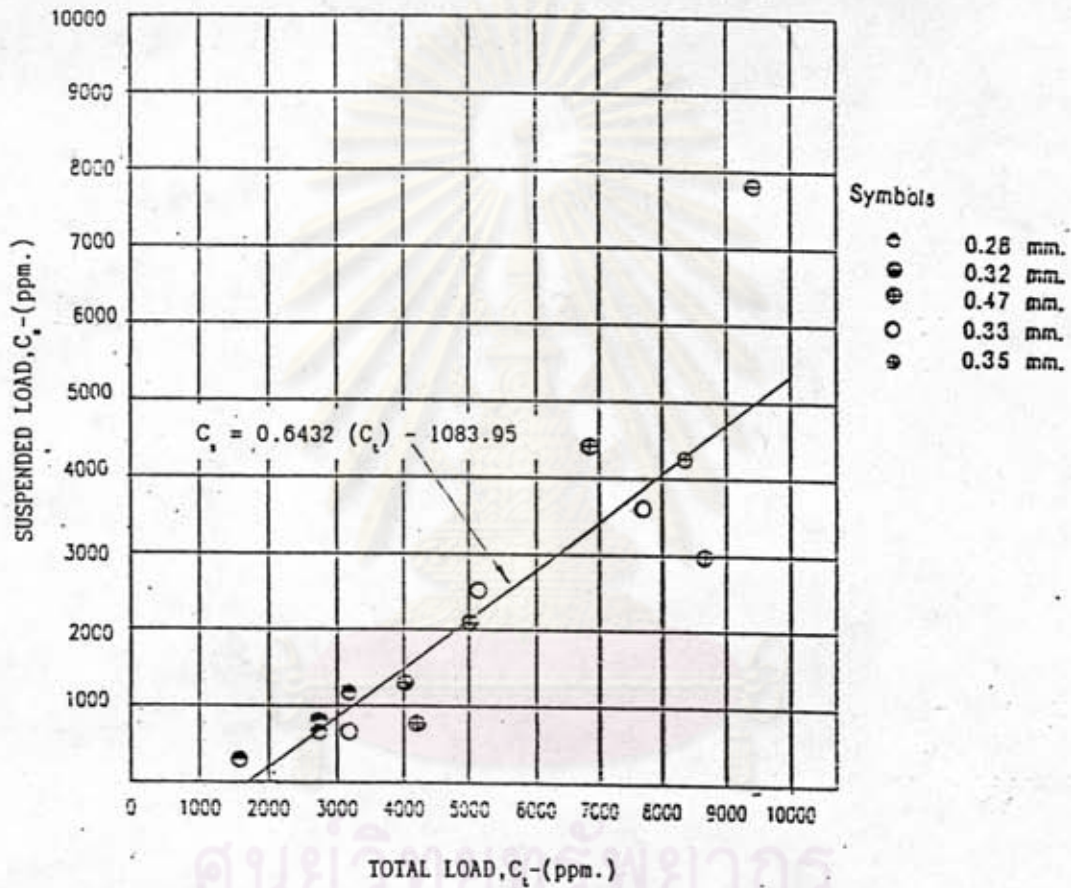
In ppm. for TRANSITION BED FORM



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด  
สำหรับลักษณะท้องน้ำแบบทรานซิชัน

## RELATION OF TOTAL LOAD &amp; SUSPENDED LOAD

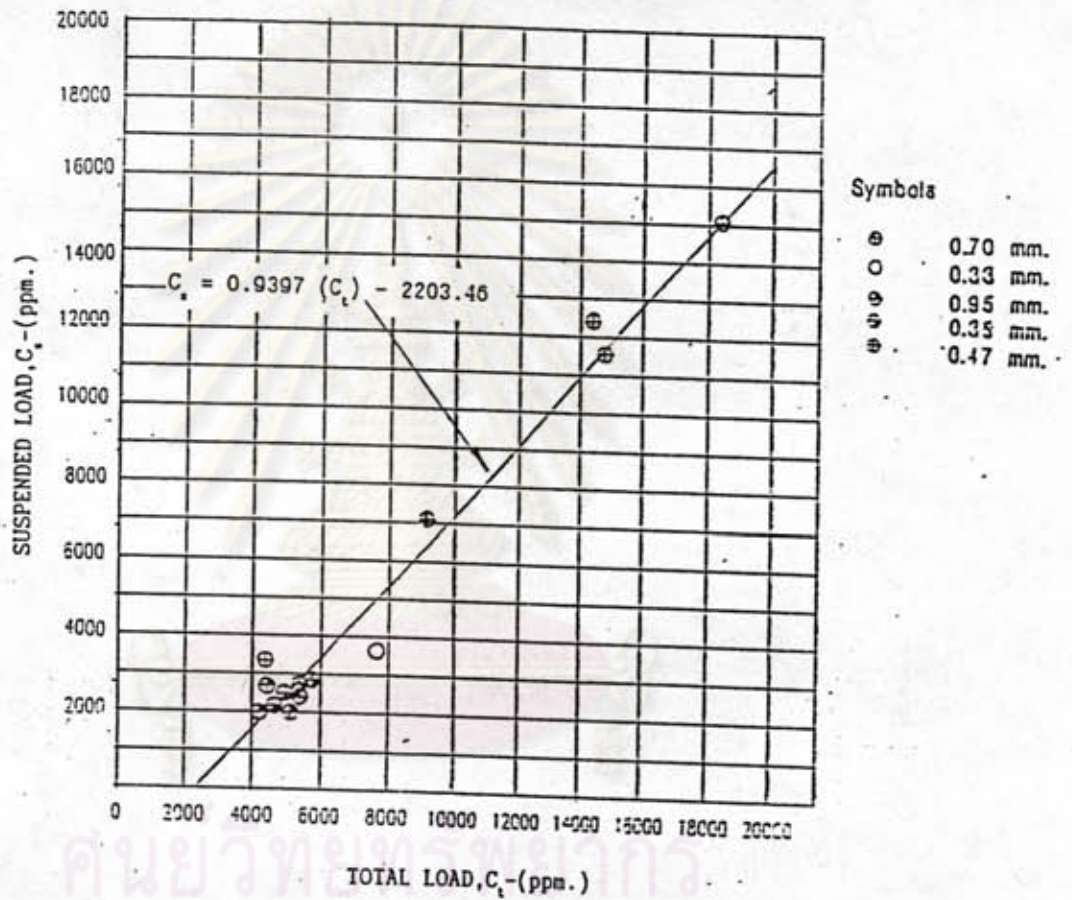
In ppm. for PLANE BED IN UPPER REGIME



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด  
สำหรับลักษณะท้องน้ำแบบ เพลน เบค

RELATION OF TOTAL LOAD & SUSPENDED LOAD

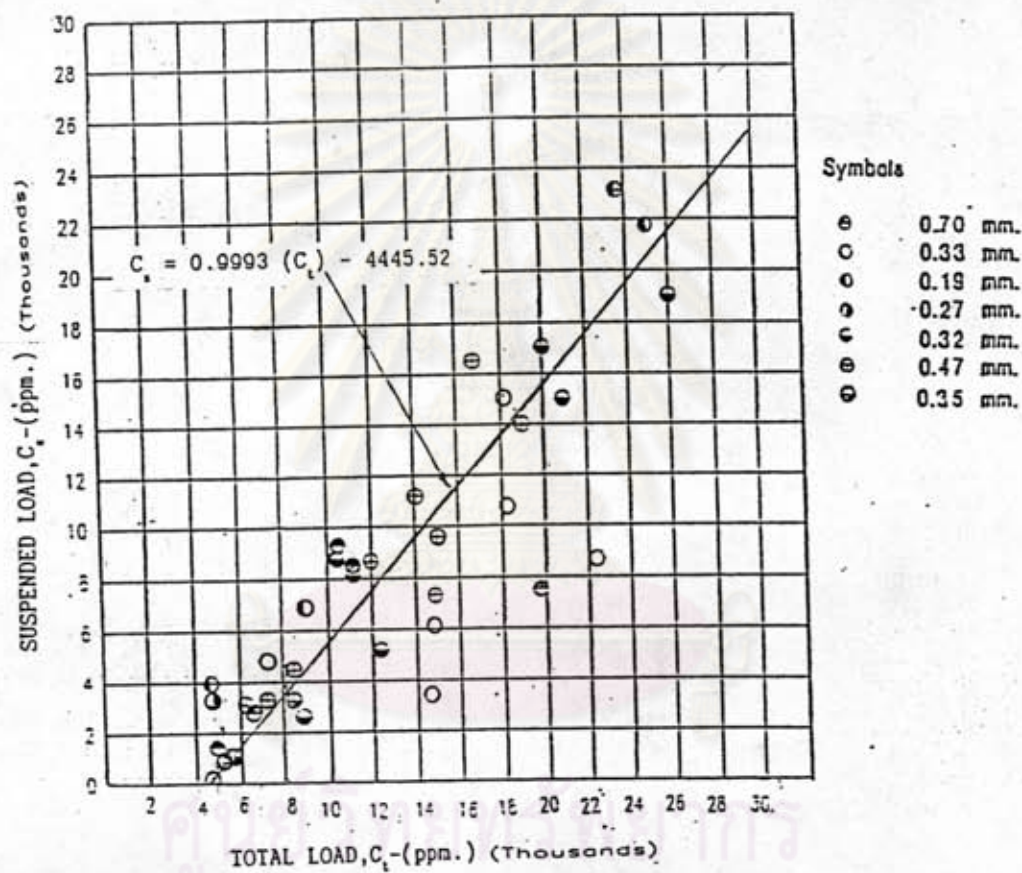
In ppm. for STANDING WAVE BED FORM



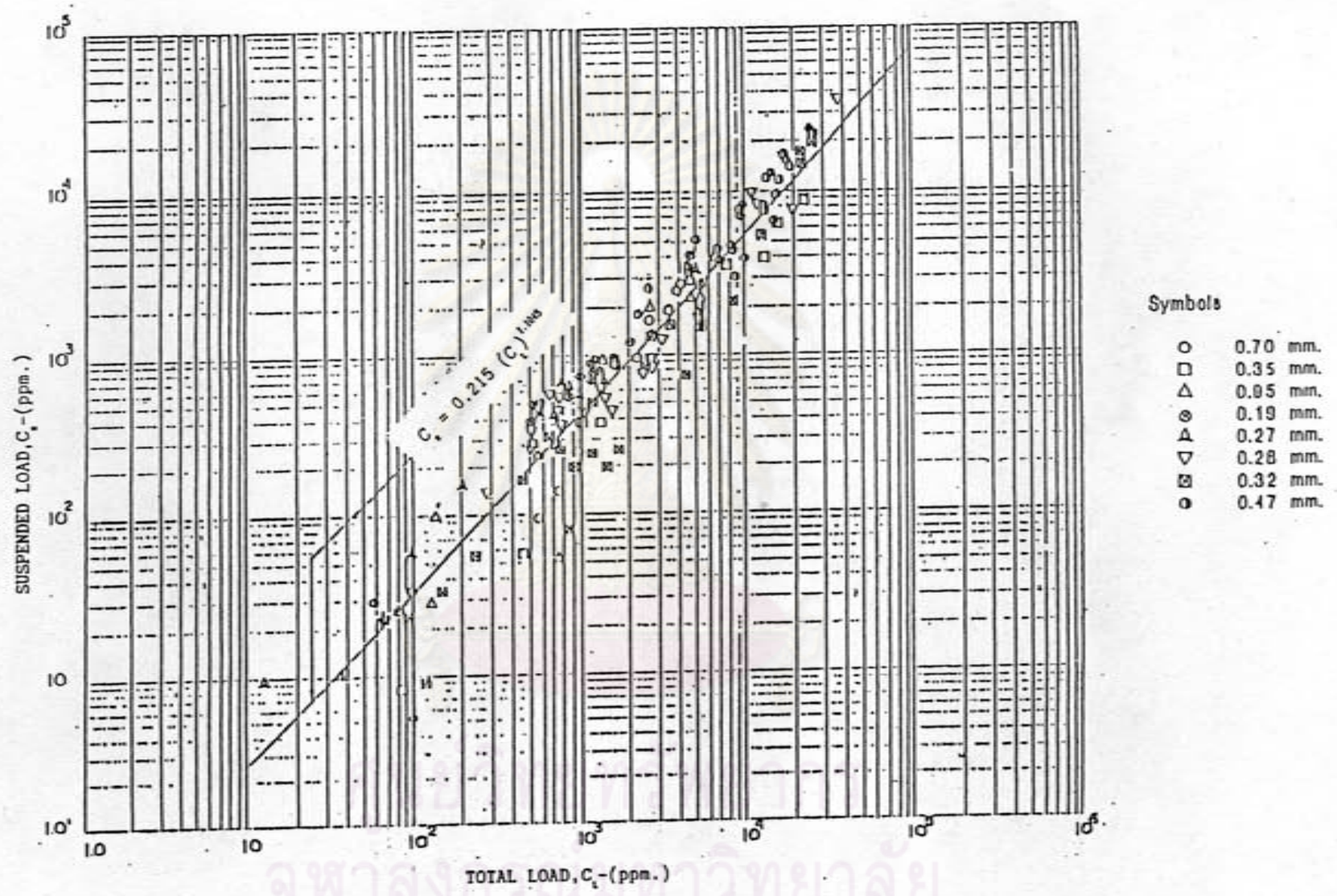
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด สำหรับลักษณะท้องน้ำแบบแอสคนดิง เวฟ

## RELATION OF TOTAL LOAD & SUSPENDED LOAD

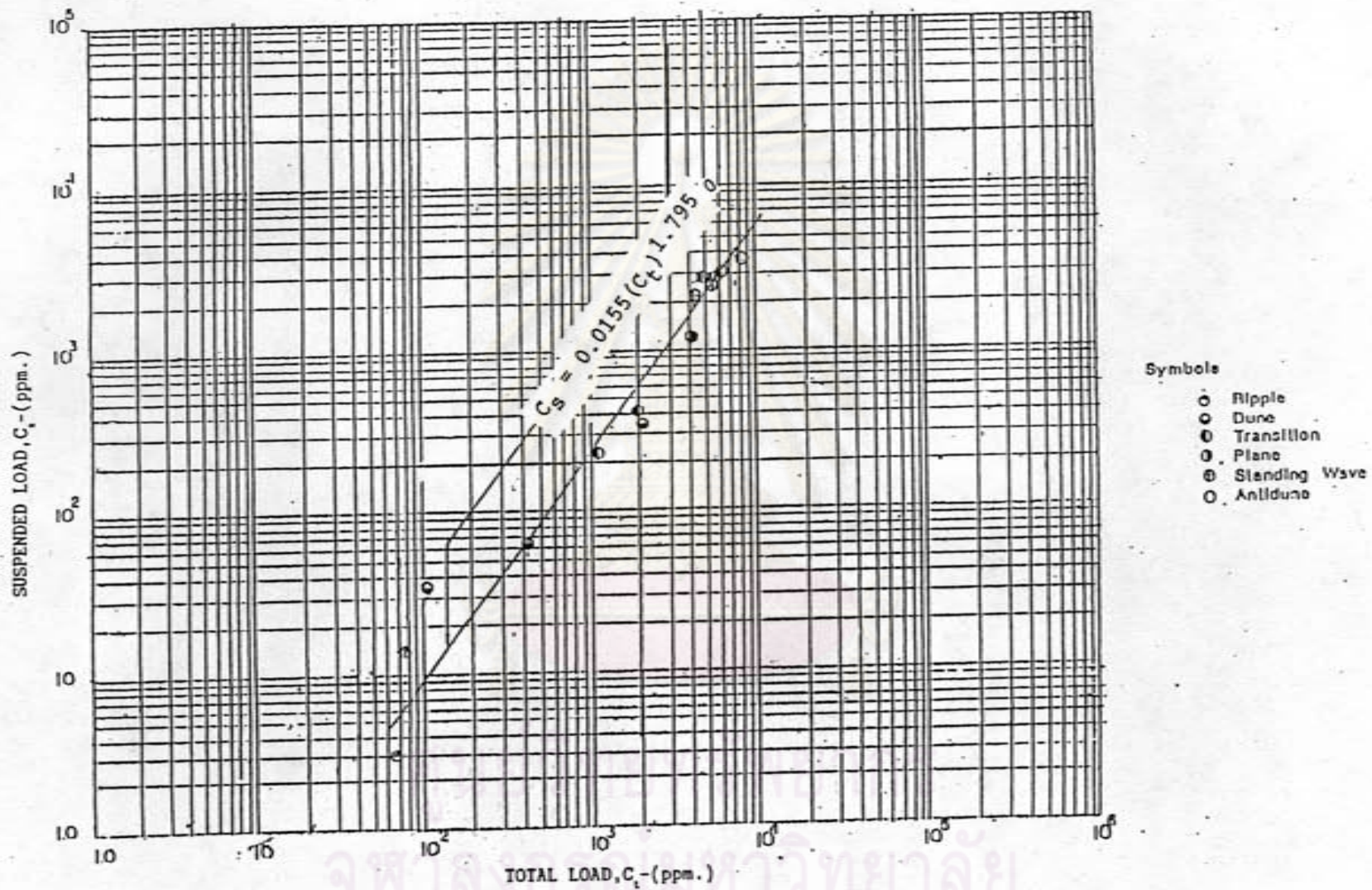
In ppm. for ANTIDUNES BED FORM



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด  
สำหรับลักษณะท้องน้ำแบบแอนติคูน

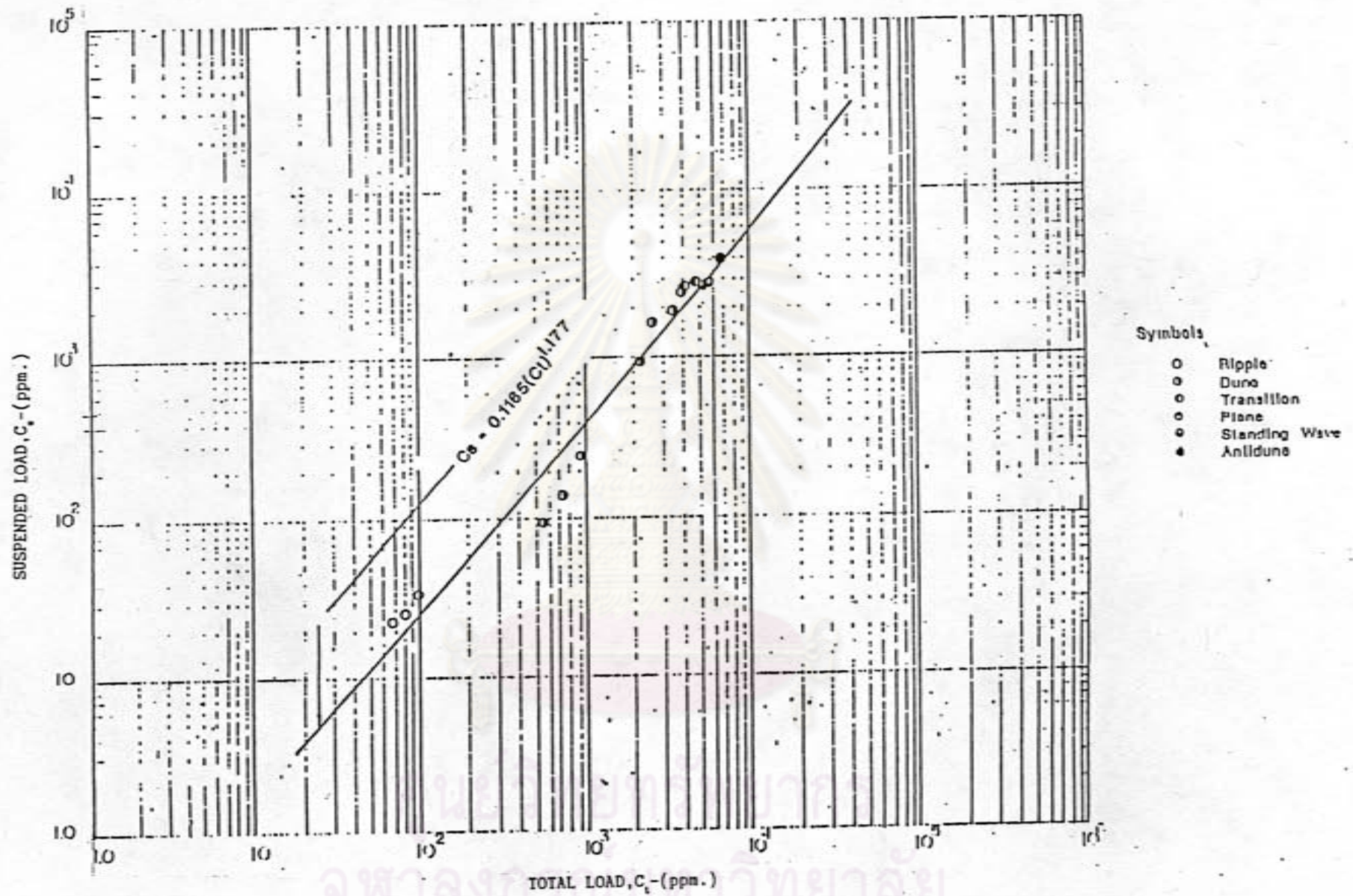


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด สำหรับทุกลักษณะท้องน้ำของทรายขนาด เม็ด เล็กหลายขนาด

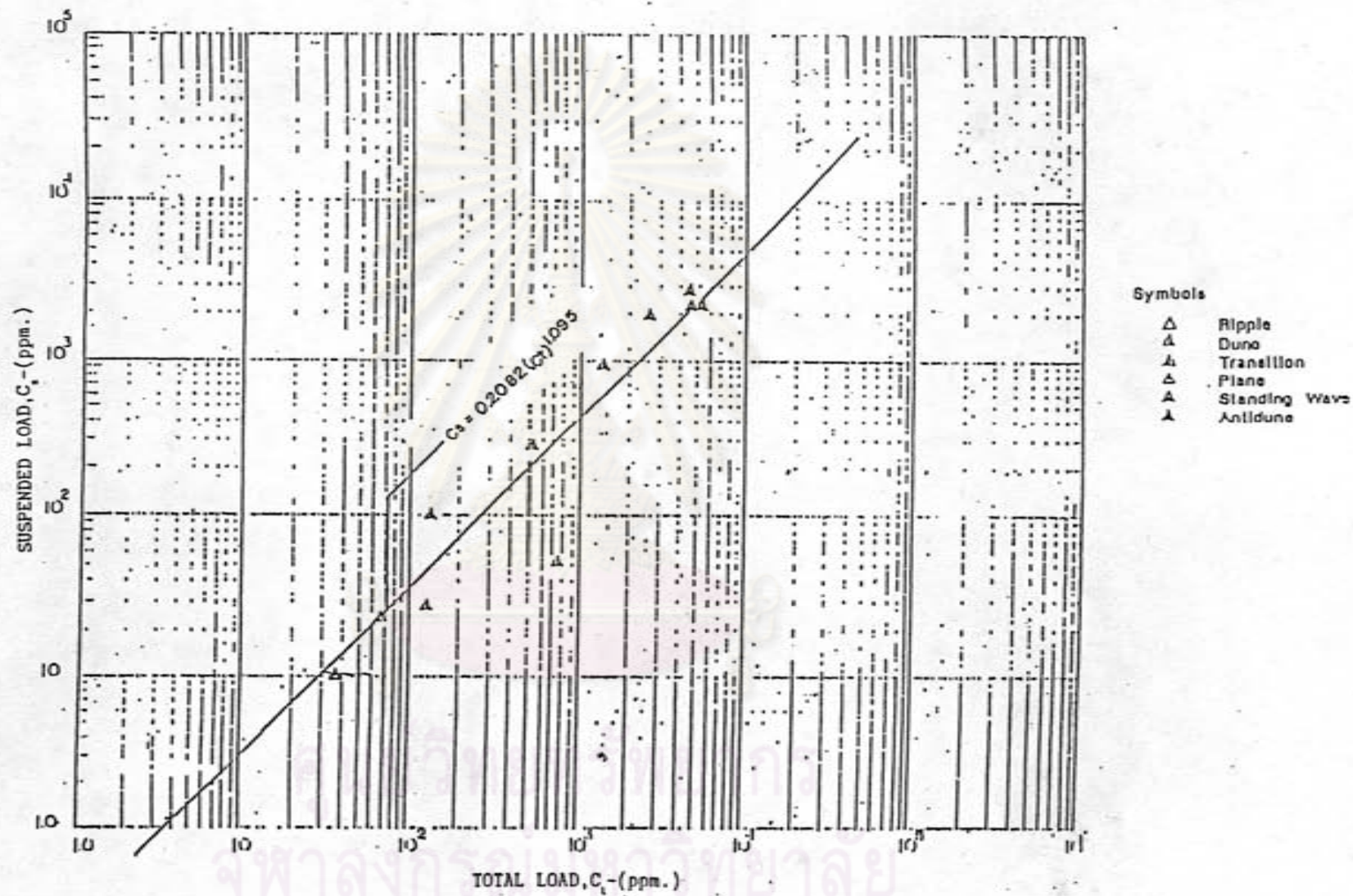


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด สำหรับทุกลักษณะท้องน้ำของทราย ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม. ( $\sigma = 1.66$ )





รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด สำหรับทุกลักษณะท้องน้ำของทราย ขนาด เม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ( $\sigma = 2.13$ )



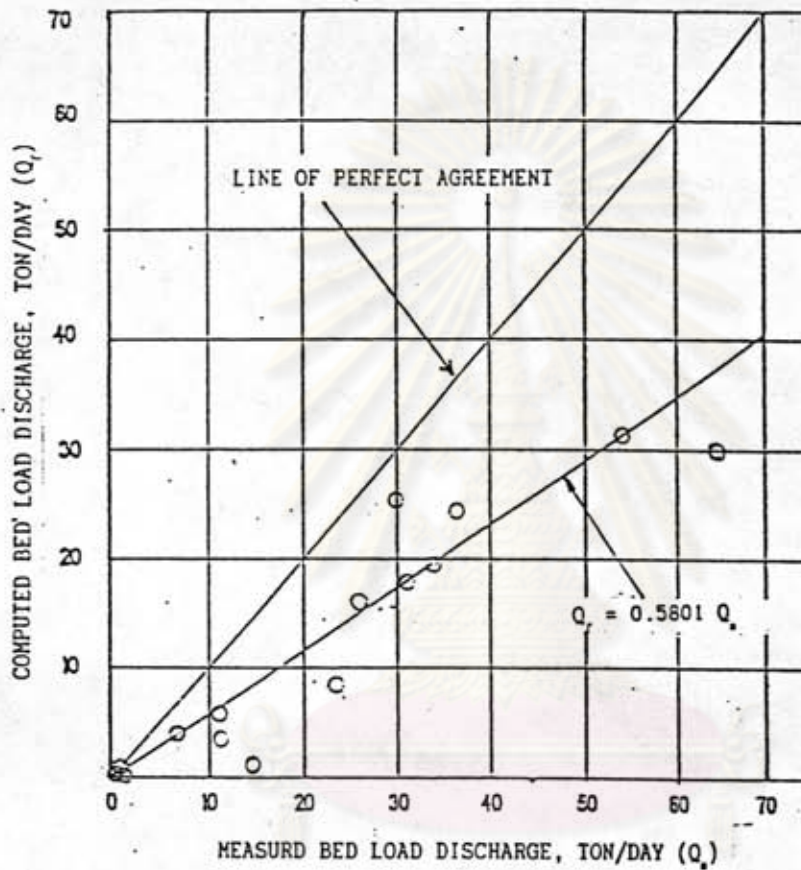
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมด สำหรับทุกลักษณะท้องน้ำของทราย ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 มม. ( $\sigma = 1.82$ )

ตารางที่ 4.12 อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายจากผลการทดลองและผลการคำนวณสมการ  
การเคลื่อนที่ของตะกอนที่ท้องน้ำสำหรับทรายขนาด เม็ด เล็ก 0.35 มม. ( $\phi = 1.66$ )

Run No.	Bed form	Meyer-Peter & Muller Bed Load discharge (ton/...)	Engelund & Hansen Bed Load discharge (ton/...)	Ackers & white Bed Load discharge (ton/...)	Van rijm Bed Load discharge (ton/...)	Indirect - measured Bed Load Discharge (ton/...)
1	Ripple	0.01	0.02	0	0.338	0.116143
2	Ripple	0.3767	0.09	0.1525	2.376	0.280108
3	Ripple	0.8749	0.33122	0.8531	3.924	0.305518
4	Dune	0.712	0.3605	0.722	2.53	0.354996
5	Dune	1.65	0.7338	2.3027	7.839	2.079405
6	Washed out Dune	4.38	1.8902	9.382	34.079	7.77843
7	Washed out Dune	4.33	4.6969	11.15	18.556	11.71368
8	Washed out Dune	1.88	3.3889	4.094	3.7834	14.56963
9	Plane Bed	8.22	13.09775	27.708	41.7834	24.56963
10	Standing Wave	17.77	28.538	76.494	151.11	31.30085
11	Standing Wave	25.39	53.46	124.988	234.12	30.02202
12	Standing Wave	19.03	56.017	88.89	114.6389	26.68998
13	Standing Wave	26.87	110.0463	144.02	186.1047	35.87712
14	Antidune	33.685	139.4366	189.746	251.7758	53.79242
15	Antidune	31.6095	177.9527	176.86	189.08	65.02850

COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
MEYER-PETER & MULLER

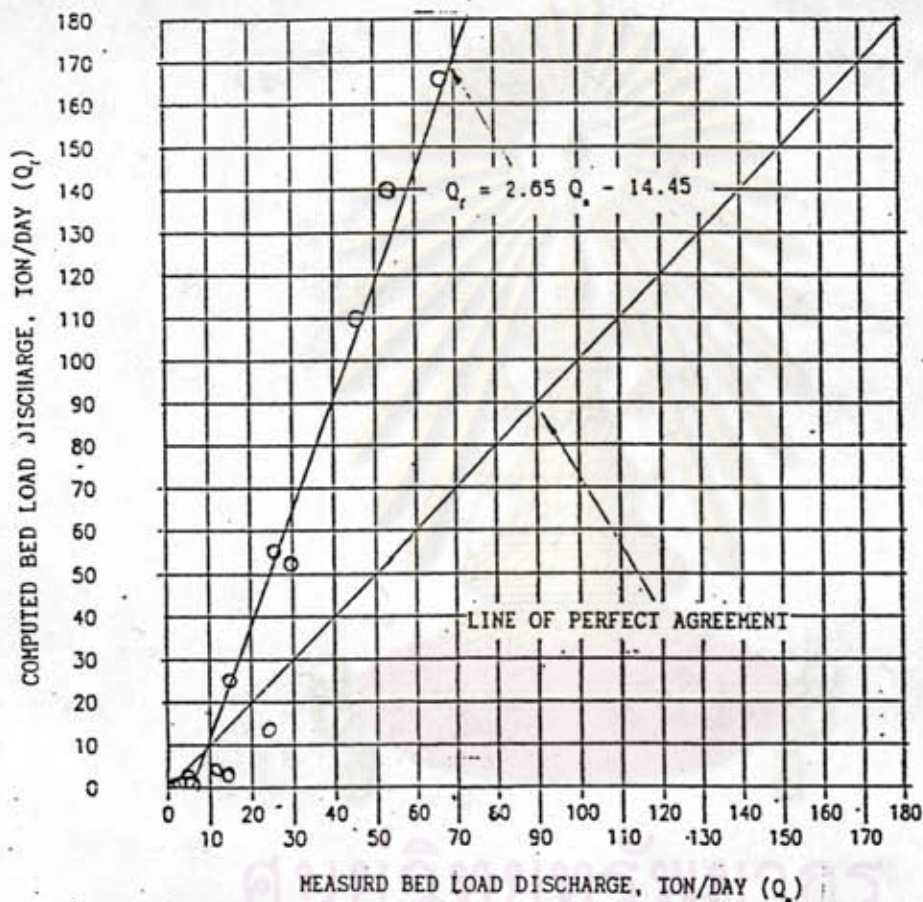
for 0.35 mm ( $\sigma = 1.66$ )



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบกราฟอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ท้องน้ำ  
ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Meyer-Peter  
และ Muller สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม.  
( $\sigma = 1.66$ )

COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
 ENGELUND AND HANSEN

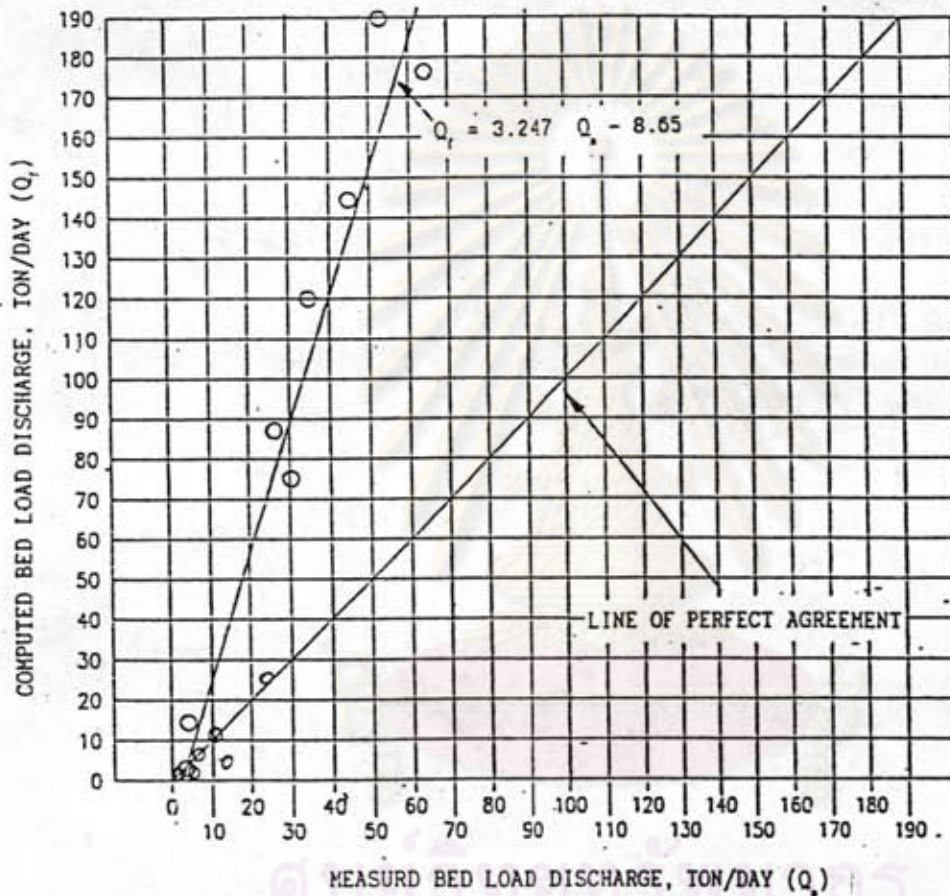
for 0.35 mm ( $\sigma = 1.66$ )



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
 ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Engelund  
 และ Hansen สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม.  
 ( $\sigma = 1.66$ )

COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
ACKERS AND WHITE

for 0.35 mm ( $\sigma = 1.66$ )

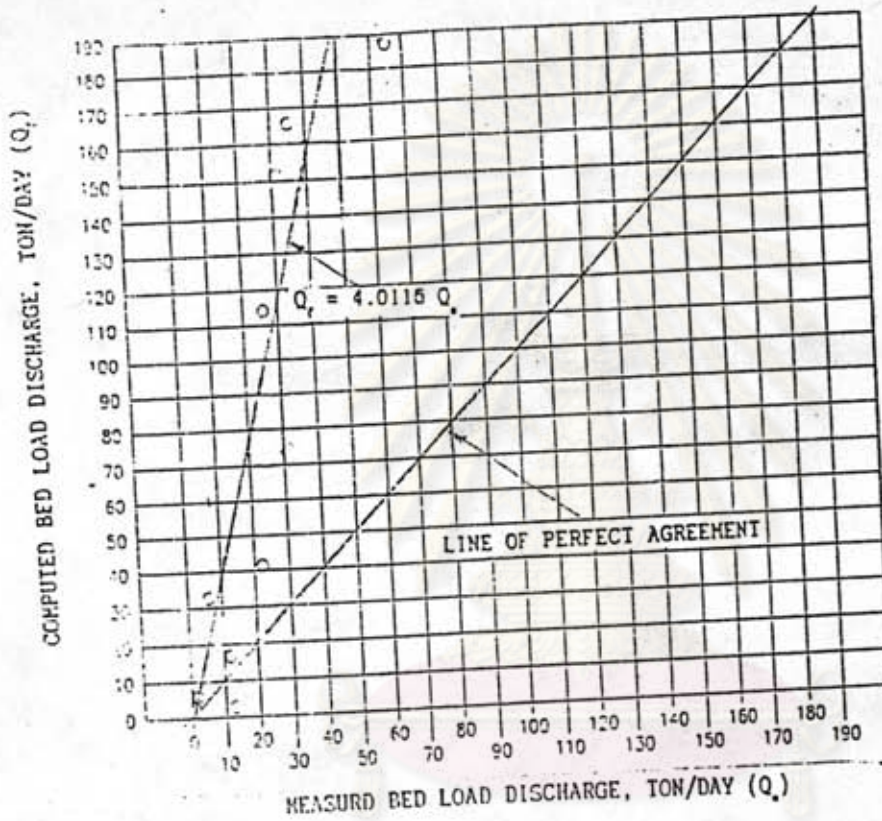


รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ท้องน้ำ  
ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Ackers  
และ White สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม.  
( $\sigma = 1.66$ )

# COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD

## VAN RIJN

for 0.35 mm ( $\sigma = 1.66$ )



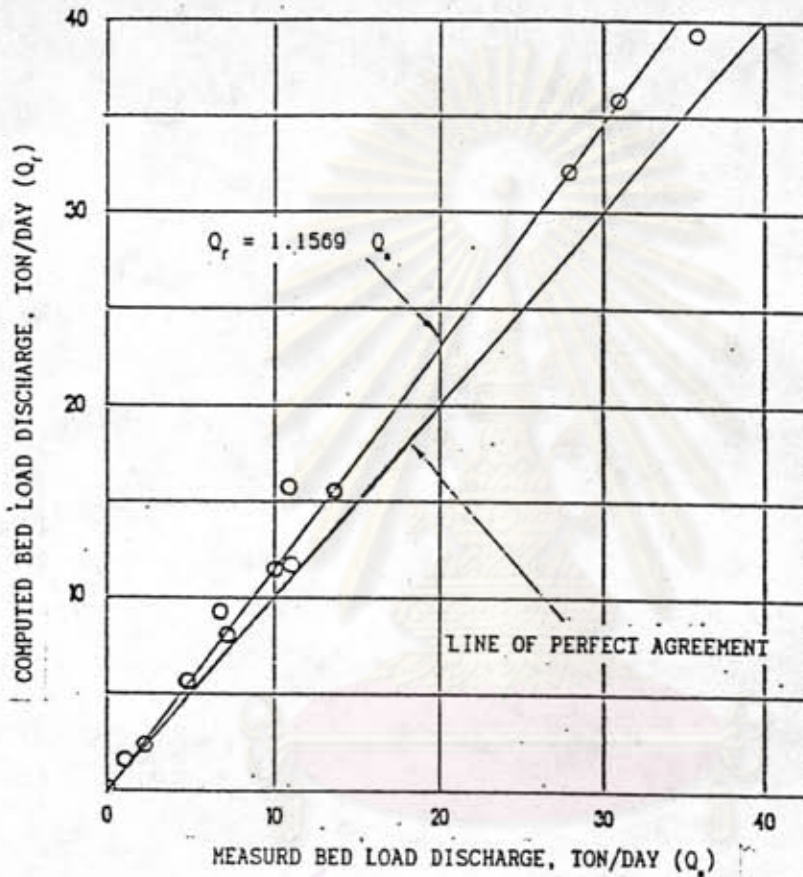
รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Van Rijn  
สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มม. ( $\sigma = 1.66$ )

ตารางที่ 4.13 อีกรากการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายจากผลการทดลองและผลการคำนวณสมการ  
การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำสำหรับทรายขนาด เม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ( $\sigma = 2.13$ )

Run No.	Bed form	Meyer-Peter & Muller Bed Load discharge (ton/...)	Engelund & Hansen Bed Load discharge (ton/...)	Ackers & white Bed Load discharge (ton/...)	Van rijn Bed Load discharge (ton/...)	Indirect measured Bed Load Discharge (ton/...)
2	Ripple	0	0.03720	0.0084	0.16287	0.1500
3	Ripple	0	0.13841	0.2799	0.7448	0.2622
5	Ripple	0	0.16258	0.0553	0.0709	0.1628
1	Dune	1.476557	2.464408	2.674872	2.943011	2.3146
4	Dune	3.134411	4.841839	5.33137	6.683865	3.4788
6	Dune	6.130291	11.31592	10.19878	13.82524	5.0368
7	Dune	7.373048	16.024	11.92325	15.73023	8.4472
8	Dune	9.597699	23.84289	15.49429	21.08234	6.1196
9	Dune	12.33435	31.68919	20.43935	30.16978	12.042
12	Dune	12.21222	33.58807	19.87605	28.31071	10.8688
13	Washed out Dune	16.06255	45.10536	28.85965	48.98674	14.8464
14	Washed out Dune	16.33117	44.30542	27.3797	43.94397	11.6196
10	Standing Wave	34.40627	93.17385	63.48429	141.1131	27.8984
11	Standing Wave	36.70753	101.84	89.52784	158.167	30.8914
15	Antidune	38.48058	120.2374	71.25622	157.9221	35.8446



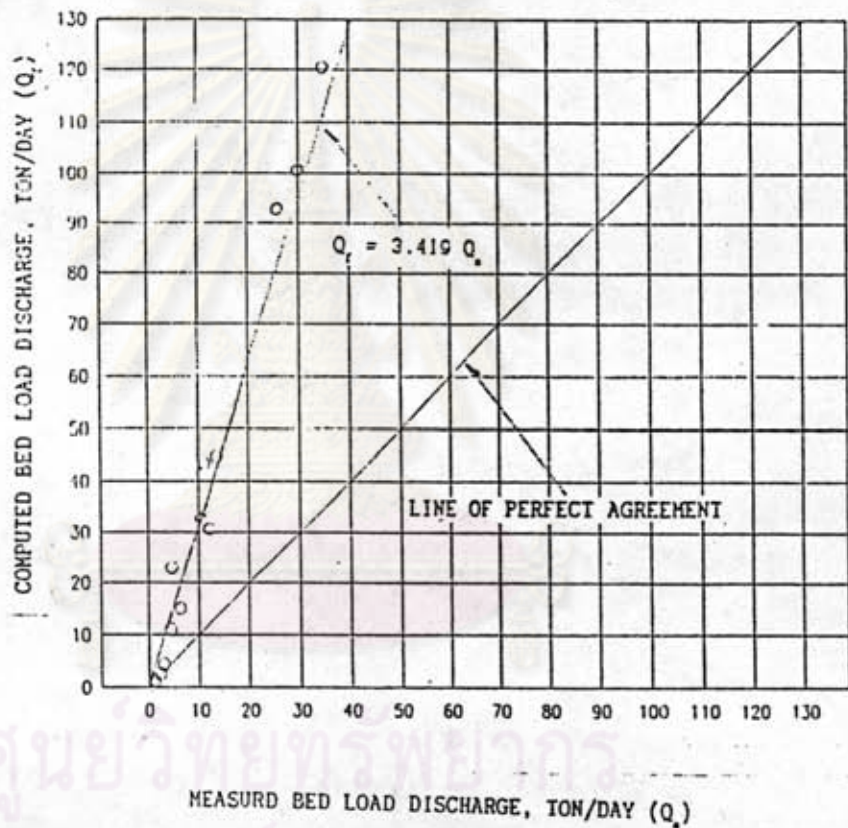
COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
 MEYER-PETER & MULLER  
 for 0.70 mm ( $\sigma = 2.13$ )



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
 ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Meyer-Peter  
 และ Muller สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม.  
 ( $\sigma = 2.13$ )

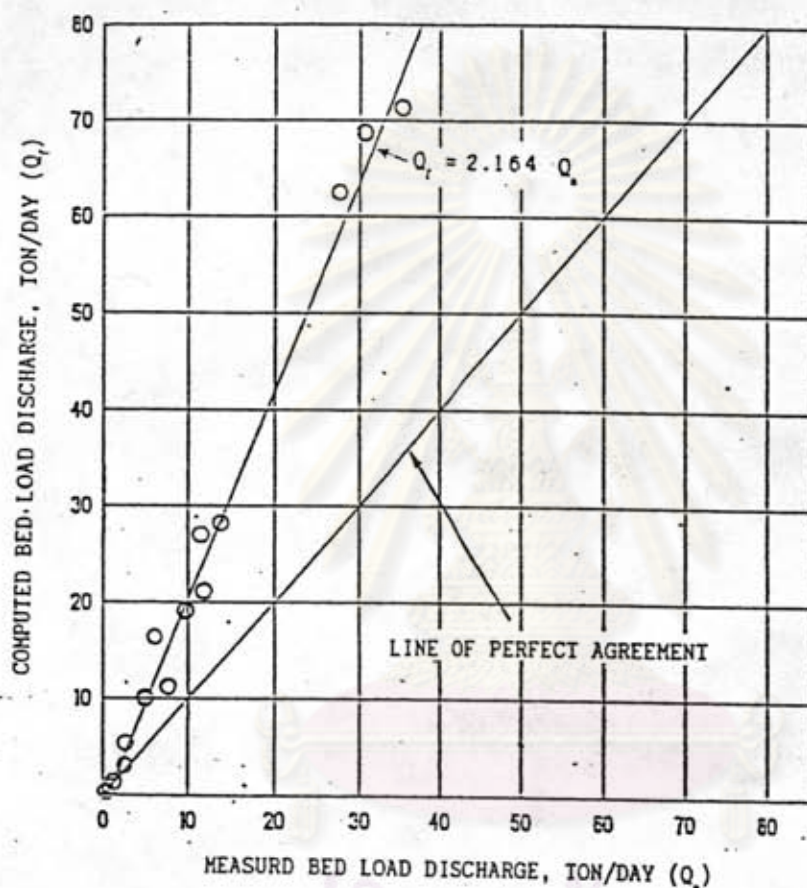
COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
ENGELUND AND HANSEN

for 0.70 mm ( $\sigma = 2.13$ )



รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Engelund  
และ Hansen สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม.  
( $\sigma = 2.13$ )

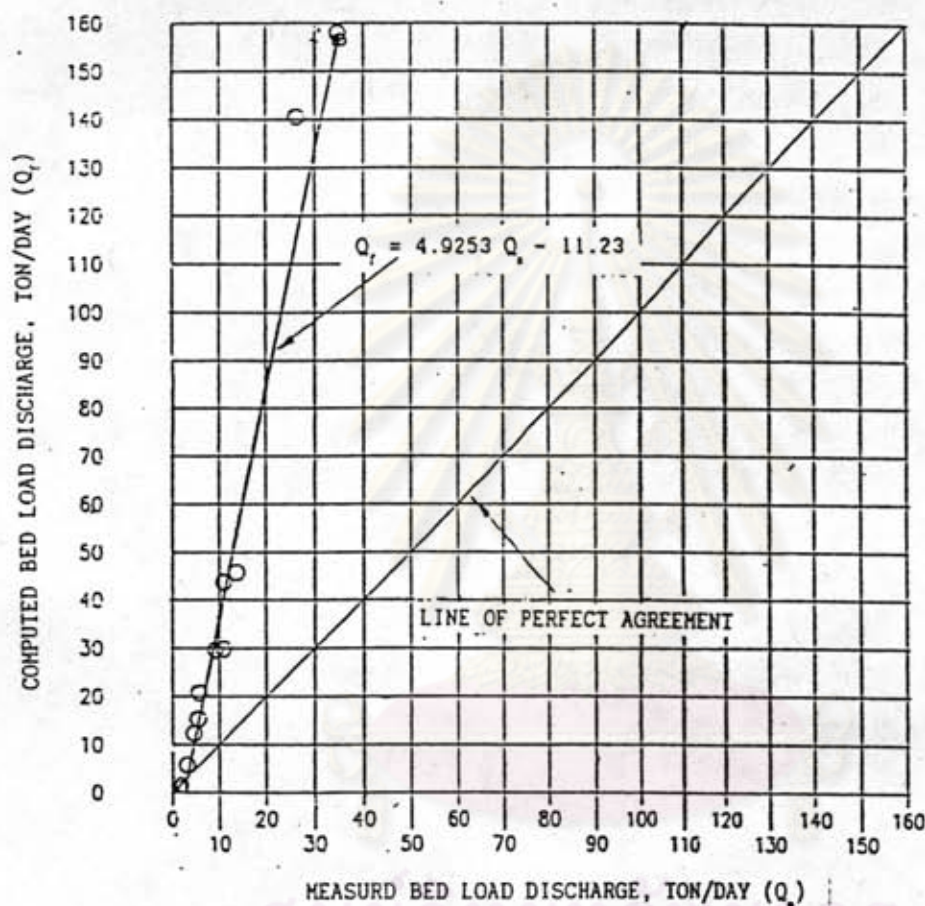
COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
 ACKERS AND WHITE  
 for 0.70 mm ( $\phi = 2.13$ )



รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
 ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Ackers  
 และ white สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม.  
 ( $\phi = 2.13$ )

## COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD

VAN RIJN

for 0.70 mm ( $\sigma = 2.13$ )

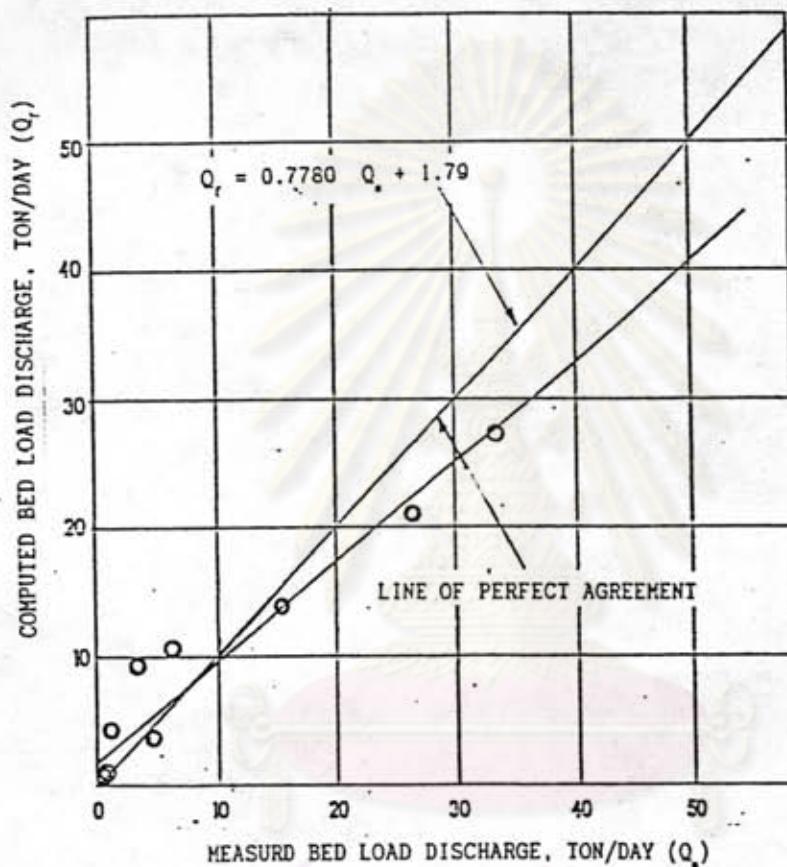
รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Van Rijn  
สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ( $\sigma = 2.13$ )

ตารางที่ 4.14 อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายจากผลการทดลองและผลการคำนวณสมการ  
การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำสำหรับทรายขนาด เม็ดเฉลี่ย 0.95 มม. ( $\phi = 1.82$ )

Run No.	Bed form	Meyer-Peter & Muller Bed Load discharge (ton/...)	Engelund & Hansen Bed Load discharge (ton/...)	Ackers & white Bed Load discharge (ton/...)	Van rijn Bed Load discharge (ton/...)	Indirect measured Bed Load Discharge (ton/...)
6	Ripple	0	0.09965	0.0288	0.0543	0.0948
2	Ripple	0	0.1382	0.2095	0.2686	0.1664
8	Dune	.1813673	0.6127865	0.7317235	0.544616	0.4432
3	Dune	.6220224	1.134927	1.350553	1.03459	0.1562
7	Dune	3.102124	4.170844	4.5770404	4.314365	4.2834
10	Dune	4.018848	6.108425	5.573085	5.237169	1.6402
11	Dune	9.831039	20.50763	12.36185	13.484339	3.4894
12	Washed out Dune	10.21997	21.45357	12.83743	14.17198	6.0446
13	Standing Wave	14.03086	29.49285	17.95752	22.4937	15.2958
14	Standing Wave	21.525792	45.59584	28.45893	42.7271	26.225
15	Standing Wave	27.51189	56.23865	38.48078	65.6465	33.8164

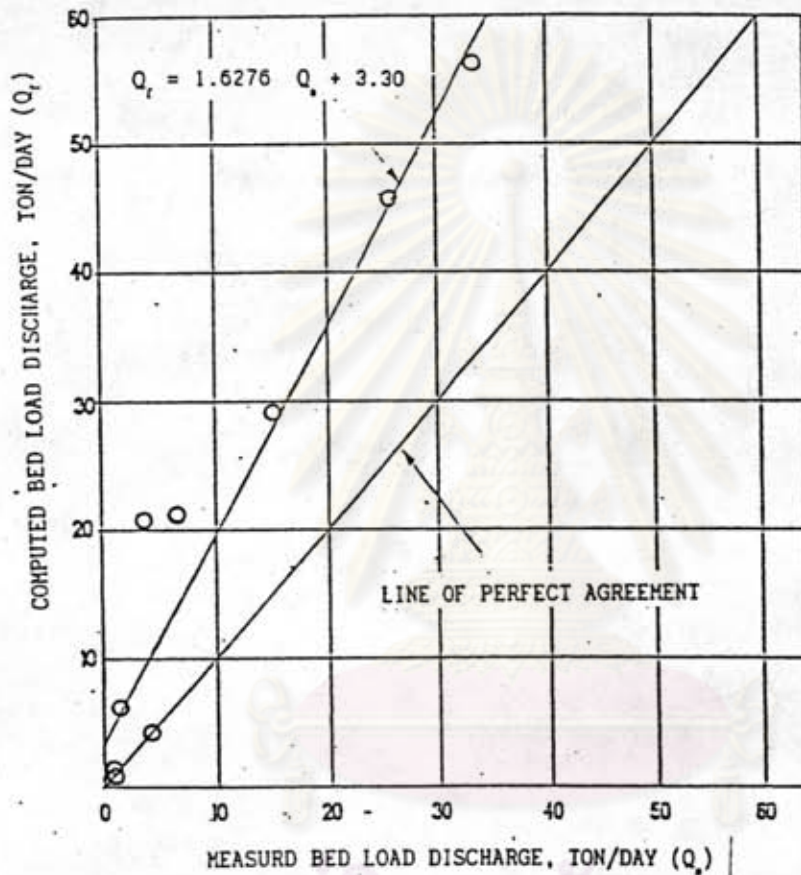
## COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD

MEYER-PETER &amp; MULLER

for 0.95 mm ( $\sigma = 1.82$ )

รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ท้องน้ำ  
ระหว่างผลการทดลองกับสมการของ Meyer-Peter  
และ Muller สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95  
( $\sigma = 1.82$ )

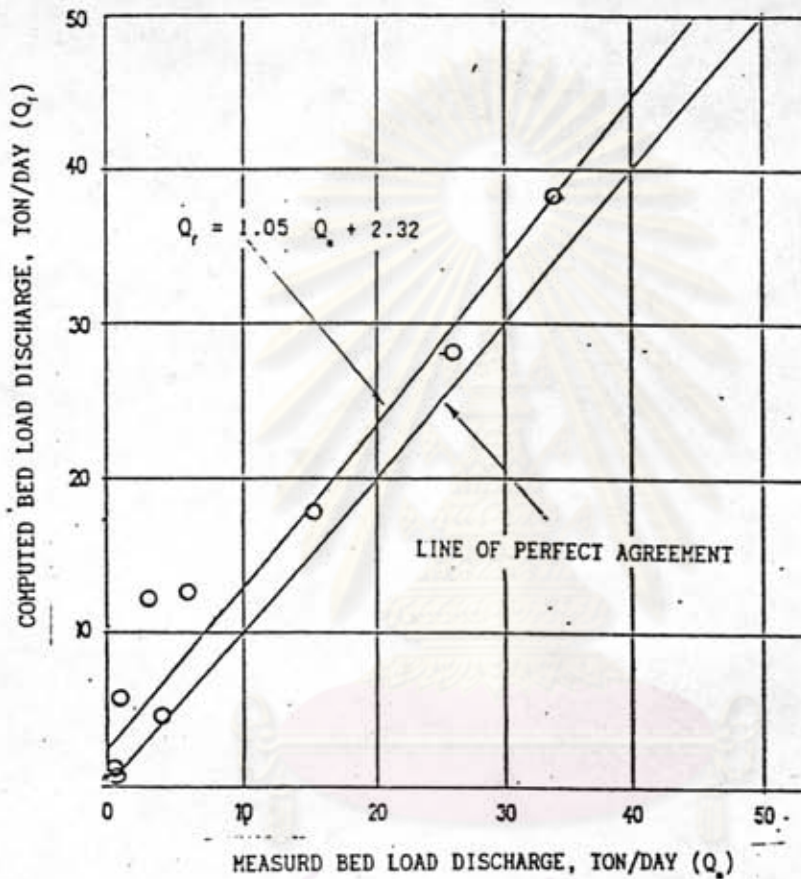
COMPARISION BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD  
 ENGELUND AND HANSEN  
 for 0.95 mm ( $\sigma = 1.82$ )



รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนที่ขนานน้ำ  
 ระหว่างผลการทดลองกับสมการของ Engelund  
 และ Hansen สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95  
 ( $\sigma = 1.82$ )

## COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD

## ACKERS AND WHITE

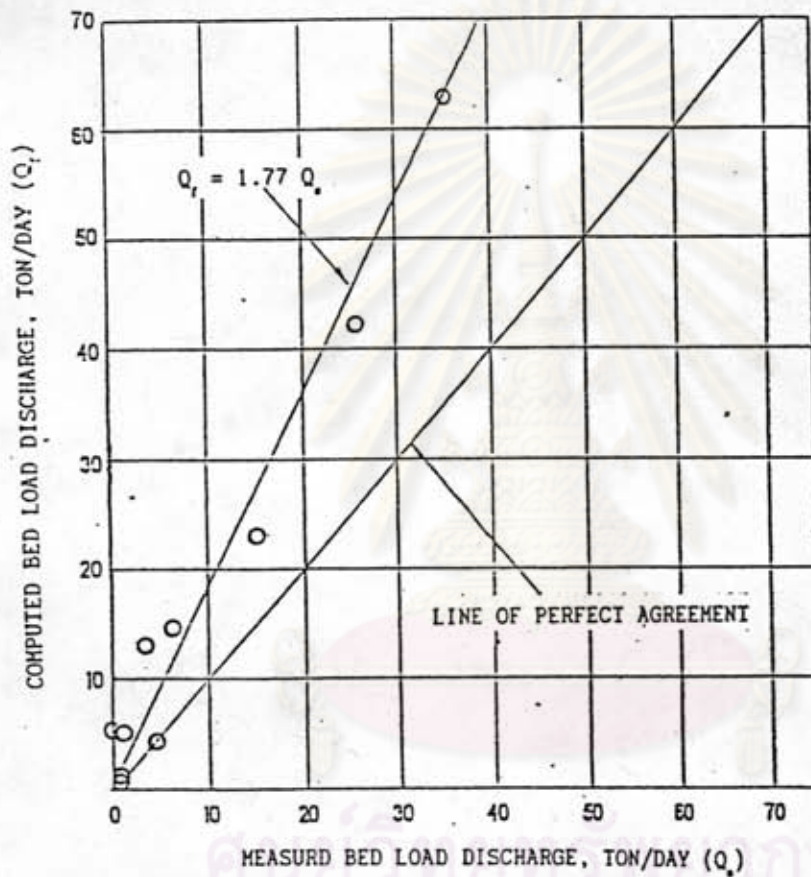
for 0.95 mm ( $\sigma = 1.82$ )

รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
ระหว่างผลการทดลองกับสมการของ Ackers  
และ White สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95  
( $\sigma = 1.82$ )



## COMPARISON BETWEEN MEASURED AND COMPUTED BED LOAD

VAN RIJN

for 0.95 mm ( $\delta = 1.82$ )

รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ  
ระหว่างผลจากการทดลองกับสมการของ Van Rijn  
สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 ( $\delta = 1.82$ )

4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (Suspended sediment load)  $C_s$  กับความเข้มข้นของตะกอนทั้งหมด (Total sediment load)  $C_t$

ผู้วิจัยได้นำค่าของ  $C_s$  และ  $C_t$  แต่ละรูปแบบของท้องน้ำลง plot ในกระดาษกราฟตามขนาดต่าง ๆ ของเม็ดทราย และได้ลากเส้นซึ่งเป็นตัวแทนของค่าที่ได้ plot ไว้จากเส้นต่าง ๆ ที่ได้นำมาหาสมการดังปรากฏผลต่อไปนี้

4.1.1 ความเข้มข้นระหว่างตะกอนแขวนลอย,  $C_s$  กับความเข้มข้นของตะกอนทั้งหมด  $C_t$  มีในหน่วยเป็น ppm, ซึ่งสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ ของท้องน้ำ ริปเปิ้ล (Ripple), ดูน (Dune), ทรานซิชัน (Transition), เพลนเบด (Plane bed), แสตนดิงเวฟ (Standing wave), แอนติดูน (Antidune) โดยใช้ค่าต่าง ๆ ของเม็ดทรายที่ประกอบเป็นวัสดุท้องน้ำ ผลการทดลองที่ได้สามารถแสดงในรูปของกราฟและกำหนดเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

4.1.1.1 สำหรับลักษณะท้องน้ำเป็นริปเปิ้ล (Ripple)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทั้งหมดในหน่วย ppm. แสดงในรูปที่ 4.4 โดยมีความสัมพันธ์ในรูปของสมการดังต่อไปนี้

$$C_s = 0.2513 (C_t) - 2.1132 \quad (4-1)$$

4.1.1.2 สำหรับลักษณะท้องน้ำที่เป็นดูน (Dune)

ความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_s$  กับ  $C_t$  แสดงในรูปที่ 4.5 และสมการที่ได้คือ

$$C_s = 0.7969 (C_t) - 191.306 \quad (4-2)$$

4.1.1.3 สำหรับลักษณะท้องน้ำเป็น washed out dune (Transition)

ความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_s$  กับ  $C_t$  แสดงในรูปที่ 4.6 และสมการความ

สัมพันธ์ คือ

$$C_s = 0.7956 (C_t) - 647.614 \quad (4-3)$$

4.1.1.4 สำหรับท้องน้ำที่เป็นเพลนเบด (Plane bed in upper regime)

ความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_s$  กับ  $C_t$  แสดงในรูปที่ 4.7 และสมการความ

สัมพันธ์คือ

$$C_s = 0.6432 (C_t) - 1083.95 \quad (4-4)$$

4.1.1.5 สำหรับลักษณะท้องน้ำเป็นแอสตนดิงเวฟ (Standing wave) ความสัมพันธ์ระหว่าง  $C_s$  กับ  $C_t$  แสดงไว้ในรูปที่ 4.8 และสมการ

ความสัมพันธ์ คือ

$$C_s = 0.9397 (C_t) - 2203.46 \quad (4-5)$$

4.1.1.6 สำหรับแอนติคูน (Antidune)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย,  $C_s$  กับตะกอนทั้งหมด  $C_t$  แสดงในรูปที่ 4.9 และสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ

$$C_s = 0.9993 (C_t) - 4445.52 \quad (4-6)$$

2. กรณีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยกับความเข้มข้นของตะกอนทั้งหมด ในทุกลักษณะความขรุขระของท้องน้ำ (หน่วย) ppm. สำหรับขนาดเม็ดทรายเฉลี่ยหลายขนาด แสดงในรูปที่ 4.10 และความสัมพันธ์ในรูปของสมการ คือ

$$C_s = 0.215 (C_t)^{1.1045} \quad (4-7)$$

4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบกับสมการต่าง ๆ ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว  
ในบทที่ 2 ซึ่งเป็นการหาอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ (bed load) ตามรูปแบบต่าง ๆ  
ของท้องน้ำ

ถ้าให้  $Q_b$  เป็นอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ (Bed load discharge) ซึ่งได้มาจากผลการทดสอบ

และ  $Q_s$  เป็นอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ที่ได้จากการคำนวณจากสมการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2

ผู้วิจัยได้แสดงความสัมพันธ์ในรูปของกราฟ (graph) ระหว่างค่า  $Q_b$  กับ  $Q_s$  ของสมการทั้ง 4 โดยได้เรียก plot ค่า  $Q_b$  และ  $Q_s$  ของแต่ละสมการดังปรากฏใน graph รูปที่ 4.14 ถึง 4.25 ผลที่ได้จากการ plot graph ดังกล่าวสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบกับสมการ Meyer-Peter  
และ Muller

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มิลลิเมตร ( $\phi = 1.66$ ) ซึ่งเป็นทรายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากทดสอบสมการของ Meyer - Peter และ Muller ดังได้แสดงในตารางที่ 4.12 และในรูปที่ 4.14 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 0.5801 Q_u \quad (4-8)$$

ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าปริมาณที่คำนวณได้จากสูตรของ Meyer Peter และ Muller มีค่าประมาณ 58% ของค่าที่วัดได้

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.13$ ) เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Meyer - Peter และ Muller ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และในรูปที่ 4.18 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 1.1569 Q_u \quad (4-9)$$

ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าปริมาณที่คำนวณได้จากสูตรของ Meyer Peter และ Muller มีค่าประมาณ 115% ของค่าที่วัดได้

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.07$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับผลทดสอบกับสมการของ Meyer - Peter และ Muller ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และในรูปที่ 4.22 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 0.7780 Q_u + 1.79 \quad (4-10)$$

ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าปริมาณที่คำนวณได้จากสูตรของ Meyer Peter และ Muller มีค่าประมาณ 78% ของค่าที่วัดได้

#### 4.2.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Engelund and

##### Hansen

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มิลลิเมตร ( $\phi = 1.66$ ) เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Engelund and Hansen ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และในรูปที่ 4.15 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 2.65 Q_u - 14.45 \quad (4-11)$$

สำหรับเม็ดทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.13$ ) เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Engelund and Hansen ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และในรูปที่ 4.19 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 2.164 Q_u \quad (4-12)$$

สำหรับเม็ดทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.07$ )

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Engelund and Hansen ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และในรูปที่ 4.23 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 1.6276 Q_u + 3.30 \quad (4-13)$$

#### 4.2.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Ackers and

white

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มิลลิเมตร ( $\phi = 1.66$ )

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Ackers and white ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และในรูปที่ 4.16 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 3.247 Q_u - 8.65 \quad (4-14)$$

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.13$ )

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Ackers and white ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และในรูปที่ 4.20 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 3.419 Q_u \quad (4-15)$$

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.07$ )

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Ackers and white ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และในรูปที่ 4.24 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 1.05 Q_u + 2.32 \quad (4-16)$$

#### 4.2.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Van rijn

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.35 มิลลิเมตร ( $\phi = 1.66$ )

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Van rijn ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และในรูปที่ 4.17 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 4.0116 Q_u \quad (4-17)$$

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มิลลิเมตร ( $\phi = 2.07$ )

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Van rijn ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และในรูปที่ 4.21 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 4.9253 Q_u - 11.23 \quad (4-18)$$

สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.95 มิลลิเมตร ( $\sigma = 2.13$ )  
เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบกับสมการของ Van rijn ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และในรูปที่  
4.25 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q_r = 1.77 Q_u \quad (4-19)$$

สรุปจากการนำสมการทั้ง 4 มาใช้ ถ้าไม่คำนึงถึงขนาดและการเรียงเม็ด  
จะเห็นว่าสมการของ Meyer Peter และ Muller จะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้มากที่สุด



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย