

เอกสารอ้างอิง

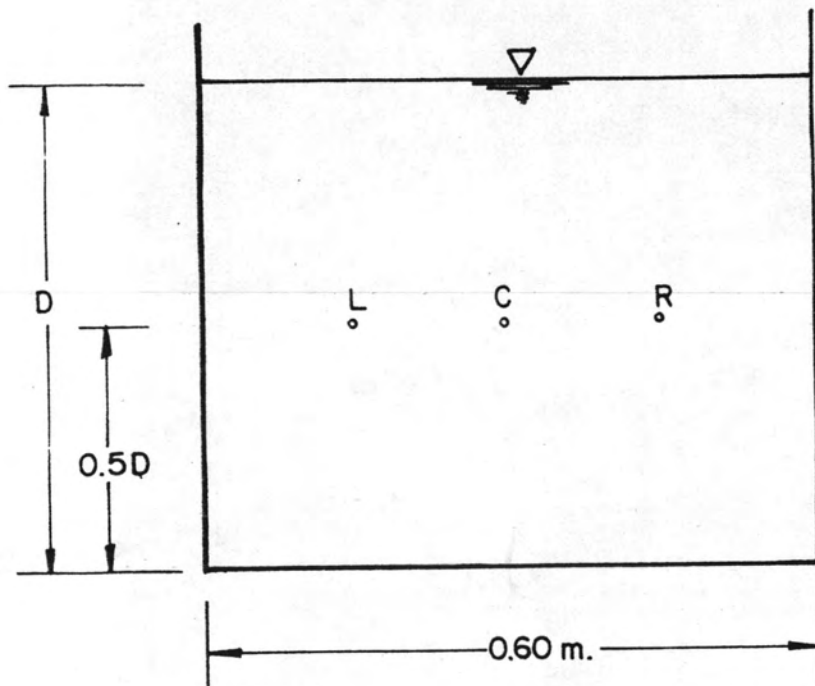
- ฉลอง เกิดพิทักษ์. "การไหลในทางน้ำเปิด" ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, มิถุนายน 2525
- นิวัตต์ ดารานันท์. "เอกสารบันทึกการสอนวิชา Erosion & Sediment
Transportation" คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหา-
วิทยาลัย, 2527
- วีระ เวตติวงศ์ "เอกสารประกอบการบรรยาย หลักสูตรการวางโครงการ
พัฒนาแหล่งน้ำ รุ่นที่ 2, ลำดับที่ 11 การตรวจวัดตะกอนในแม่-
น้ำลำธาร, อ่างเก็บน้ำและวิธีการป้องกัน แกะไขการตกตะกอน
ในอ่างเก็บน้ำ" กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน, พฤษภาคม
2529
- วีระพล แต่สมบัติ. "เอกสารประกอบการสอน วิชาอุทกวิทยาประยุกต์
(Applied Hydrology)" ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ลัจจะ เสถบุตร. "การไหลในทางน้ำเปิด" ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, มิถุนายน 2528
- สุรีย์ สอนสมบุรณ์. "วิธีตรวจวัดตะกอนในน้ำ" กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน
Ali, S.M., and Albertson, M.L., "Some Aspects of Rounghness
in Alluvial Channel." Colorado State University
, Dept. Civil Eng. pub., No.CER 56 SMA16, Fort
Collins., 1956
- Hogardi, J., "Sediment Transport in Alluvial Streams."
Akademiai kiado, Budapest, 1974
- Chow, Ven Te, "Open Channel Hydraulics." McGraw - Hill,
USA, 1959

- Daranandana, N., "A Preliminary Study of the Effect of Gradation of Bed Material on Flow Phenomena in Alluvial Channels." Ph.D. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, 1962
- Einstein, H.A., "The Bed - Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flows." U.S. Soil Conservation Service, Technical Bulletin No. 1026, p.41, September, 1950
- Gilbert, G.K., "The Transportation of Debris by Running Water." U.S. Geological Survey Professional Paper 86, 263 p., 1914
- Graf, W.H., "Hydraulics of Sediment Transport." McGraw - Hill Book Company, 1971
- Khuhapinant, O., "Relationship Between the Bed and Suspended Loads in the Transportation of Sediment." Master Thesis, AIT, 1966
- Meyer-Peter, E., and Muller, R., "Formulars for bed-Load Transported." International Association for Hydraulic Structures Research, Transactions, Second meeting, June 7 - 9, 1948
- Shields, A., "Application of Similarity Principles and Turbulence Research to Bed-Load Movement", p.42, 1936
- Simons, D.B., and Richardson, E.V., "Studies of Flow in Alluvial Channels, Basic Data from Flume Experiments." U.S. Geological Survey, Colorado State University, Fort Collins, No. CER 61 EVR 31, p.41, 1961

- Simons, D.B., Richardson, E.V., and Albertson, M.L.,
"Flume Studies Using Medium Sand (0.45 mm.),
Studies of Flow in Alluvial Channels." U.S.
Geological Survey, Water-Supply Paper No.
1498-A, 1961
- Streeter, V.L., "Fluid Mechanics." fourth edition,
McGraw - Hill, 1966
- Vanoni, V.A., Brook, N.H., "Laboratory Studies of the
Roughness and Suspended Load of Alluvial
Streams." Report no.E-68, California Institute
of Technology, Sedimentation Laboratory,
Pasadena, California, 127 p., December, 1957

ภาคผนวก ก.

ผลการปรับค่า (Calibrated) ผ่าน Orifice meter โดยใช้ Pitot tube



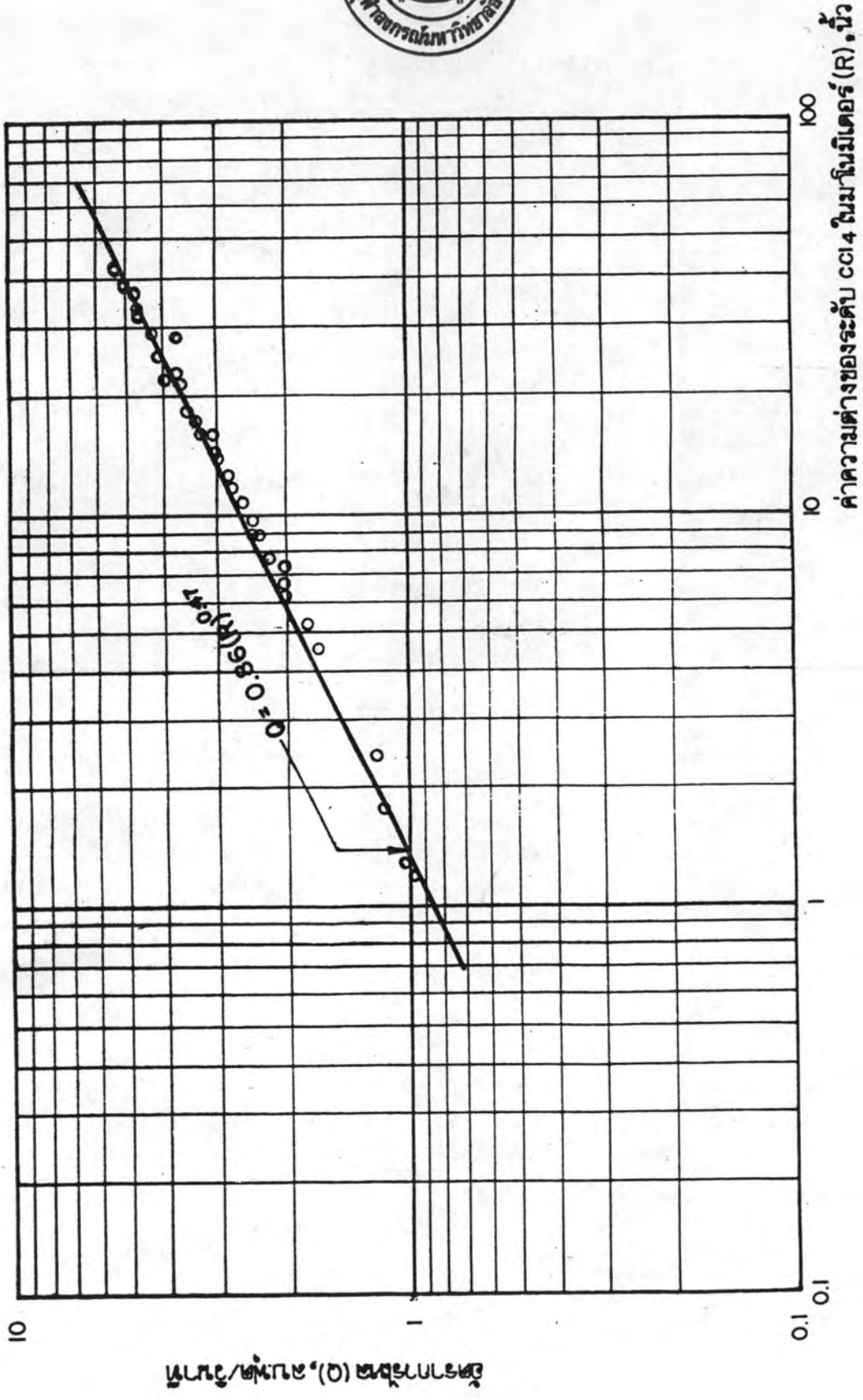
รูปที่ ก.1 แสดงตำแหน่งของ Pitot Tube ซึ่งใช้วัดความเร็วในรางน้ำ

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการปรับค่า(Calibrated) แผ่น Orifice meter โดยใช้ Pitot tube

| TEST No. | hp (cm.) | hp (cm.) | hp (cm.) | Ave. hp (cm.) | Velocity V, (mps.) | Depth (m.) | Area, A (sq. m.) | Discharge Q, (cms.) | Discharge Q, (cfs.) | Diff. of GC14, H (inches) |
|----------|----------|----------|----------|---------------|--------------------|------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.364 | 0.242 | 0.145 | 0.053 | 1.866 | 5.2 |
| 2 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.389 | 0.252 | 0.151 | 0.059 | 2.077 | 7.4 |
| 3 | 1.00 | 1.10 | 0.90 | 1.00 | 0.435 | 0.263 | 0.158 | 0.069 | 2.423 | 9.8 |
| 4 | 1.20 | 1.15 | 1.25 | 1.20 | 0.477 | 0.277 | 0.168 | 0.079 | 2.796 | 12.4 |
| 5 | 1.35 | 1.45 | 1.40 | 1.40 | 0.515 | 0.283 | 0.170 | 0.087 | 3.085 | 16.0 |
| 6 | 1.90 | 2.00 | 1.80 | 1.90 | 0.600 | 0.310 | 0.186 | 0.112 | 3.937 | 22.5 |
| 7 | 2.00 | 2.10 | 1.90 | 2.00 | 0.615 | 0.318 | 0.191 | 0.117 | 4.144 | 26.0 |
| 8 | 1.40 | 1.50 | 1.45 | 1.45 | 0.524 | 0.340 | 0.204 | 0.107 | 3.772 | 29.0 |
| 9 | 2.00 | 2.20 | 2.10 | 2.10 | 0.630 | 0.342 | 0.205 | 0.129 | 4.567 | 32.5 |
| 10 | 2.25 | 2.40 | 2.25 | 2.30 | 0.660 | 0.333 | 0.200 | 0.132 | 4.653 | 32.8 |
| 11 | 2.30 | 2.50 | 2.40 | 2.40 | 0.674 | 0.342 | 0.205 | 0.138 | 4.882 | 36.8 |
| 12 | 2.50 | 2.60 | 2.40 | 2.50 | 0.688 | 0.345 | 0.207 | 0.142 | 5.026 | 38.8 |
| 13 | 2.50 | 2.70 | 2.60 | 2.60 | 0.701 | 0.351 | 0.211 | 0.148 | 5.215 | 41.2 |
| 14 | 1.40 | 1.60 | 1.50 | 1.50 | 0.533 | 0.282 | 0.169 | 0.090 | 3.182 | 14.0 |
| 15 | 0.90 | 1.10 | 0.85 | 0.95 | 0.424 | 0.263 | 0.158 | 0.067 | 2.362 | 9.0 |
| 16 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.389 | 0.251 | 0.151 | 0.059 | 2.069 | 6.6 |
| 17 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.275 | 0.210 | 0.126 | 0.035 | 1.224 | 1.8 |
| 18 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.238 | 0.198 | 0.119 | 0.028 | 0.999 | 1.2 |
| 19 | 0.75 | 0.85 | 0.80 | 0.80 | 0.389 | 0.345 | 0.207 | 0.081 | 2.843 | 13.2 |
| 20 | 0.95 | 1.10 | 0.95 | 1.00 | 0.435 | 0.357 | 0.214 | 0.093 | 3.290 | 16.4 |
| 21 | 1.00 | 1.20 | 1.10 | 1.10 | 0.456 | 0.362 | 0.217 | 0.099 | 3.498 | 18.7 |
| 22 | 1.20 | 1.30 | 1.10 | 1.20 | 0.477 | 0.371 | 0.223 | 0.106 | 3.745 | 21.4 |
| 23 | 1.15 | 1.25 | 1.20 | 1.20 | 0.477 | 0.373 | 0.224 | 0.107 | 3.765 | 22.6 |
| 24 | 1.35 | 1.50 | 1.35 | 1.40 | 0.515 | 0.378 | 0.227 | 0.117 | 4.121 | 25.6 |
| 25 | 1.50 | 1.60 | 1.40 | 1.50 | 0.533 | 0.387 | 0.232 | 0.124 | 4.367 | 29.4 |
| 26 | 1.50 | 1.70 | 1.60 | 1.60 | 0.550 | 0.400 | 0.240 | 0.132 | 4.662 | 34.6 |
| 27 | 1.70 | 1.80 | 1.60 | 1.70 | 0.567 | 0.406 | 0.244 | 0.138 | 4.878 | 37.5 |
| 28 | 1.75 | 1.90 | 1.75 | 1.80 | 0.581 | 0.410 | 0.246 | 0.144 | 5.069 | 38.4 |
| 29 | 1.95 | 2.00 | 1.90 | 1.95 | 0.607 | 0.414 | 0.248 | 0.151 | 5.327 | 41.4 |
| 30 | 1.10 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 0.456 | 0.358 | 0.215 | 0.098 | 3.460 | 17.7 |
| 31 | 0.80 | 1.00 | 0.90 | 0.90 | 0.413 | 0.349 | 0.209 | 0.086 | 3.051 | 14.8 |
| 32 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.364 | 0.333 | 0.200 | 0.073 | 2.567 | 10.7 |
| 33 | 0.65 | 0.70 | 0.60 | 0.65 | 0.351 | 0.326 | 0.196 | 0.069 | 2.422 | 9.0 |
| 34 | 0.50 | 0.60 | 0.55 | 0.55 | 0.323 | 0.319 | 0.191 | 0.062 | 2.180 | 7.8 |
| 35 | 0.40 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.308 | 0.310 | 0.186 | 0.057 | 2.020 | 6.3 |
| 36 | 0.30 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.275 | 0.300 | 0.180 | 0.050 | 1.748 | 4.6 |
| 37 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.25 | 0.218 | 0.280 | 0.168 | 0.037 | 1.290 | 2.4 |
| 38 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.195 | 0.263 | 0.158 | 0.031 | 1.084 | 1.3 |

Remark : 1. $V = 0.435 \sqrt{h_p}$ (hp) 0.5
2. $Q = V \cdot A$

3. Average width of flume = 0.599 m. (1.968 ft.)

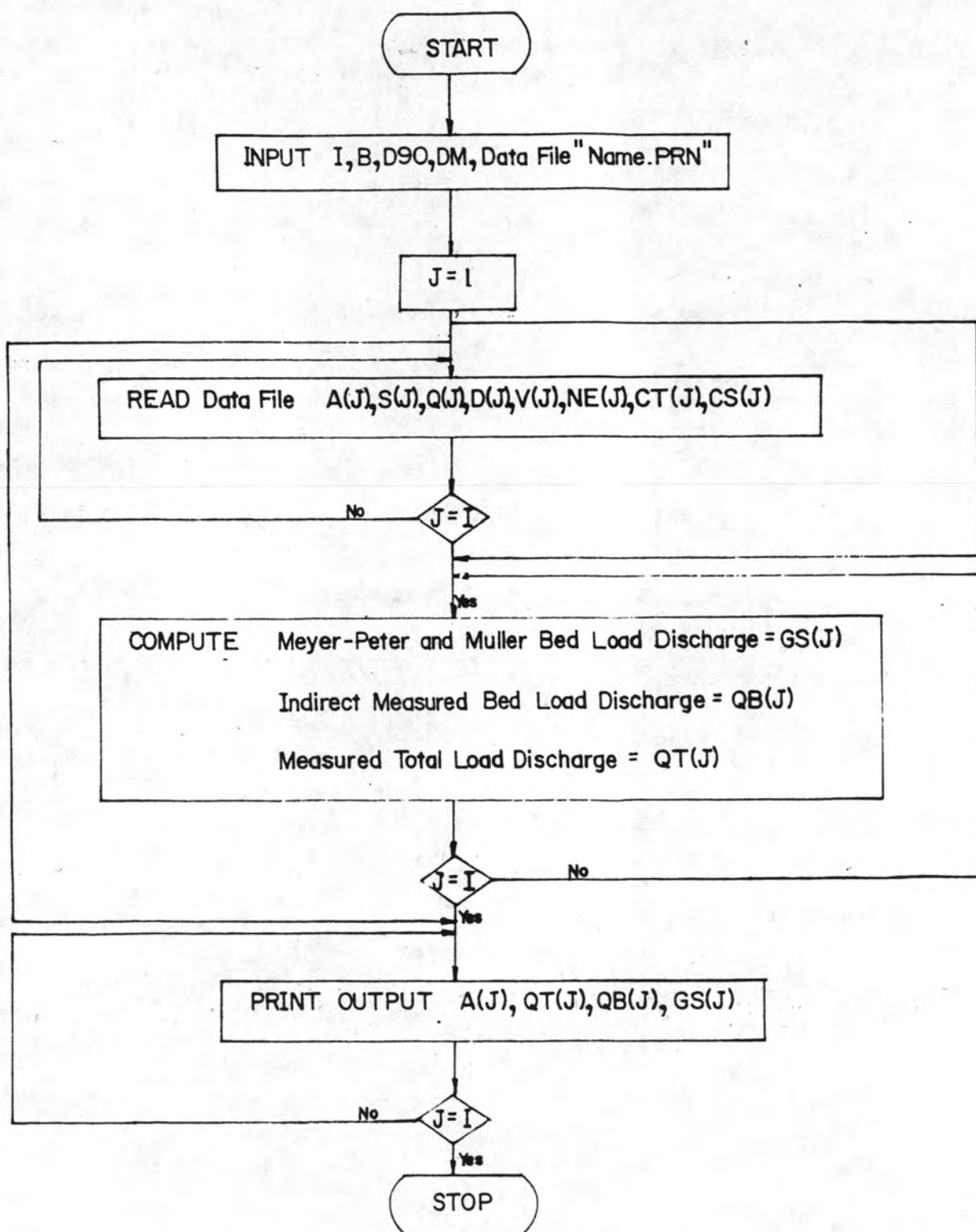


รูปที่ ก.2 กราฟแสดงผลการปรับค่า (Calibrated) แทน Orifice โดยใช้ Pitot tube

ภาคผนวก ข.
ตัวอย่างการคำนวณ

- ส่วนที่ ข.1 รายละเอียดการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ โดยวิธี
ของ Mayer-Peter และ Muller
- ส่วนที่ ข.2 รายละเอียดการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทั้งหมด โดยวิธี
ของ Einstein

ส่วนที่ ข.1



รูปที่ ข.1 แผนภูมิลำดับการทำงานของโปรแกรมคำนวณโดยวิธี Meyer-Peter and Muller

ตารางที่ ข.1 ผลการคำนวณค่า d_m ของทรายท่อน้ำขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ($\sigma=2.13$)

| Size Range (mm.) | | Representative Size, d (ft.) | Representative Size, d (mm.) | p (%) | d* Δp |
|------------------|--------|------------------------------|------------------------------|---------|---------------|
| 0.0625 | 0.0750 | 2.246E-04 | 0.0685 | 0.910 | 0.062 |
| 0.0750 | 0.1490 | 3.468E-04 | 0.1057 | 2.550 | 0.270 |
| 0.1490 | 0.2500 | 6.332E-04 | 0.1930 | 5.610 | 1.083 |
| 0.2500 | 0.4200 | 1.063E-03 | 0.3240 | 15.560 | 5.042 |
| 0.4200 | 0.8410 | 1.950E-03 | 0.5943 | 34.520 | 20.516 |
| 0.8410 | 2.0000 | 4.255E-03 | 1.2969 | 33.470 | 43.408 |
| 2.0000 | 4.7600 | 1.012E-02 | 3.0854 | 7.380 | 22.771 |
| SUM | | | | 100.000 | 93.151 |
| I | | II | III | IV | V = III*IV |

$$d_m = \text{sum}(d*\Delta p)/100 = 0.9315 \text{ mm.}$$

ตารางที่ ข.2 ตัวอย่างไฟล์ข้อมูล (Data file) ของทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ($\sigma=2.13$)

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|------|
| L | 2 | 2.50E-04 | 1.186 | 0.489 | 1.232 | 8.11E-06 | 68 | 22 |
| L | 3 | 4.60E-04 | 1.470 | 0.497 | 1.503 | 8.26E-06 | 99 | 34 |
| L | 5 | 7.50E-04 | 1.097 | 0.494 | 1.129 | 8.45E-06 | 80 | 26 |
| L | 1 | 2.29E-03 | 1.858 | 0.496 | 1.903 | 8.08E-06 | 548 | 94 |
| L | 4 | 2.92E-03 | 2.106 | 0.496 | 2.157 | 8.22E-06 | 738 | 136 |
| L | 6 | 4.24E-03 | 2.508 | 0.496 | 2.569 | 8.45E-06 | 969 | 237 |
| L | 7 | 5.14E-03 | 2.629 | 0.505 | 2.646 | 8.30E-06 | 2134 | 963 |
| L | 8 | 6.18E-03 | 2.816 | 0.509 | 2.811 | 8.40E-06 | 2567 | 1775 |
| L | 9 | 6.76E-03 | 3.035 | 0.509 | 3.030 | 8.54E-06 | 3404 | 1958 |
| L | 12 | 7.15E-03 | 2.919 | 0.496 | 2.991 | 8.49E-06 | 3948 | 2591 |
| L | 13 | 7.50E-03 | 3.106 | 0.472 | 3.344 | 8.45E-06 | 4678 | 2936 |
| L | 14 | 7.54E-03 | 3.196 | 0.492 | 3.301 | 8.34E-06 | 4026 | 2701 |
| L | 10 | 8.68E-03 | 3.899 | 0.460 | 4.307 | 8.09E-06 | 5328 | 2739 |
| L | 11 | 8.96E-03 | 4.041 | 0.467 | 4.397 | 8.40E-06 | 5562 | 2776 |
| L | 15 | 1.00E-02 | 4.191 | 0.484 | 4.400 | 8.34E-06 | 6507 | 3390 |
| A(J) | S(J) | Q(J) | D(J) | V(J) | NE(J) | CT(J) | CS(J) | |

ตารางที่ ข.3 ผลการคำนวณจากโปรแกรม โดยวิธีของ Meyer-Peter และ Muller ของทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ($\sigma=2.13$)

| Run no. | Measured Total Load Discharge, ton/day/ft. | Indirect measured Bed Load Discharge, ton/day/ft. | Meyer-Peter&Muller Bed Load Discharge, ton/day/ft. |
|---------|--|---|--|
| 2 | 0.1106 | 0.0748 | 0.0000 |
| 3 | 0.1997 | 0.1311 | 0.0000 |
| 5 | 0.1204 | 0.0813 | 0.0000 |
| 1 | 1.3969 | 1.1573 | 0.7702 |
| 4 | 2.1323 | 1.7394 | 1.4885 |
| 6 | 3.3342 | 2.5187 | 3.2674 |
| 7 | 7.6970 | 4.2236 | 3.9355 |
| 8 | 9.9174 | 3.0598 | 5.1327 |
| 9 | 14.1738 | 6.0210 | 6.6075 |
| 12 | 15.8107 | 5.4344 | 6.5419 |
| 13 | 19.9343 | 7.4232 | 9.0477 |
| 14 | 17.6530 | 5.8098 | 8.7611 |
| 10 | 28.5007 | 13.8492 | 18.5056 |
| 11 | 30.8360 | 15.4457 | 19.7481 |
| 15 | 37.4143 | 17.9223 | 20.7052 |

โปรแกรมการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ โดยวิธีของ Meyer-Peter และ Muller

```

10 DIM A(20),CH(20),CK(20),CS(20),CT(20),D(20),F(20),FB(20),FW(20),NE(20),NM(20)
20 DIM NS(20),NW(20),R(20),RB(20),RE(20),RF(20),RW(20),Q(20),QB(20),QSQ(20),QT(20),S(20),V(20),VO(20),GS(20)
30 INPUT " Number of running " = " ,I
40 INPUT " Average width of channel , ft. " = " ,B
50 INPUT " Grain size of which 90% by weight is finer , mm. " = " ,D90
60 INPUT " D50 , mm. " = " ,DM
70 INPUT " ENTERDATA/OUTPUT FILENAME " = " ,FZ$
80 FI%=FZ$+".PRN":FO%=FZ$+".OUT"
90 OPEN "I",#1,FI$:OPEN "O",#2,FO$
100 G=32:Z=1/6:Z1=2/3:Z2=3/2
110 FOR J=1 TO I
120 INPUT#1,L$
130 A(J)=VAL(MID$(L$,2,8))
140 S(J)=VAL(MID$(L$,10,9))
150 Q(J)=VAL(MID$(L$,19,9))
160 D(J)=VAL(MID$(L$,28,9))
170 V(J)=VAL(MID$(L$,37,9))
180 NE(J)=VAL(MID$(L$,46,9))
190 CT(J)=VAL(MID$(L$,55,9))
200 CS(J)=VAL(MID$(L$,64,9))
210 NEXT J :CLOSE#1
220 FOR J=1 TO I
230 R(J)=B*D(J)/(B+2*D(J)):VO(J)=(G*R(J)*S(J))^.5:F(J)=B*(VO(J)/V(J))^2:RE(J)=(4*V(J)*R(J))/NE(J):RF(J)=RE(J)/F(J)
240 IF RF(J)<250000! OR RF(J)>7E+07 THEN END
250 IF 2000000!<=RF(J)<=250000! THEN GOTO 290
260 IF 1E+07<RF(J)<2000000! THEN GOTO 280
270 FW(J)=.2405*RF(J)^(-.166):GOTO 300
280 FW(J)=.2732*RF(J)^(-.175):GOTO 300
290 FW(J)=.4061*RF(J)^(-.2025)
300 FB(J)=F(J)+(2*D(J))*F(J)-FW(J)/B:RB(J)=FB(J)*R(J)/F(J):RW(J)=FW(J)*R(J)/F(J)
310 NW(J)=.0926*RW(J)^Z*FW(J)^.5:NM(J)=1.486*R(J)^Z1*S(J)^.5/V(J):NS(J)=NM(J)*(1+(2*D(J)/B)*(1-(NM(J)/NM(J))^Z2))^Z1
320 QSQ(J)=1/(1+2*D(J)/B*(NM(J)/NS(J))^Z2)
330 CH(J)=3.306*QSQ(J)*(D90^Z/NS(J))^Z2*D(J)*S(J):CK(J)=.627*DM
340 IF CH(J)<CK(J) THEN GS(J)=0:GOTO 360
350 GS(J)=1.606*(CH(J)-CK(J))^Z2
360 QT(J)=Q(J)*CT(J)*.0027/B:QB(J)=Q(J)*(CT(J)-CS(J))*0.0027/B
370 NEXT J
380 PRINT#2," Run Measured Total Load Indirect measured Bed Load Meyer-Peter&Muller Bed "
390 PRINT#2," no. Discharge,ton/day/ft. Discharge,ton/day/ft. Load Discharge,ton/day/ft."
400 P1$=" ## ###.#### ###.#### ###.####"
410 FOR J=1 TO I : PRINT#2,USING P1$;A(J),QT(J),QB(J),GS(J):NEXT J
420 CLOSE#2
430 PRINT," Run Measured Total Load Indirect measured Bed Load Meyer-Peter&Muller Bed "
440 PRINT," no. Discharge,ton/day/ft. Discharge,ton/day/ft. Load Discharge,ton/day/ft."
450 FOR J=1 TO I : PRINT USING P1$;A(J),QT(J),QB(J),GS(J):NEXT J
460 END

```

ส่วนที่ ข. 2

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำและตะกอนทั้งหมด โดยวิธีของ Einstein สำหรับตัวอย่างการคำนวณใช้การทดลองที่ 8 ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

| | | | |
|-----------------|---|--|--------------------------|
| S | = | 0.618×10^{-2} | ฟุต/ฟุต |
| D | = | 0.509 | ฟุต |
| B | = | 1.968 | ฟุต |
| V | = | 2.811 | ฟุต/วินาที |
| v | = | 0.840×10^{-5} | ฟุต ² /วินาที |
| T | = | 31.5 | °c |
| C _s | = | 2,567 | ppm. |
| C _s | = | 1,775 | ppm. |
| d ₅₀ | = | 2.297×10^{-3} | ฟุต |
| d ₆₅ | = | k _s = 3.15×10^{-3} | ฟุต |
| d ₈₅ | = | 1.772×10^{-3} | ฟุต |
| g | = | 32.2 | ฟุต/วินาที ² |

ขั้นตอนที่ 1

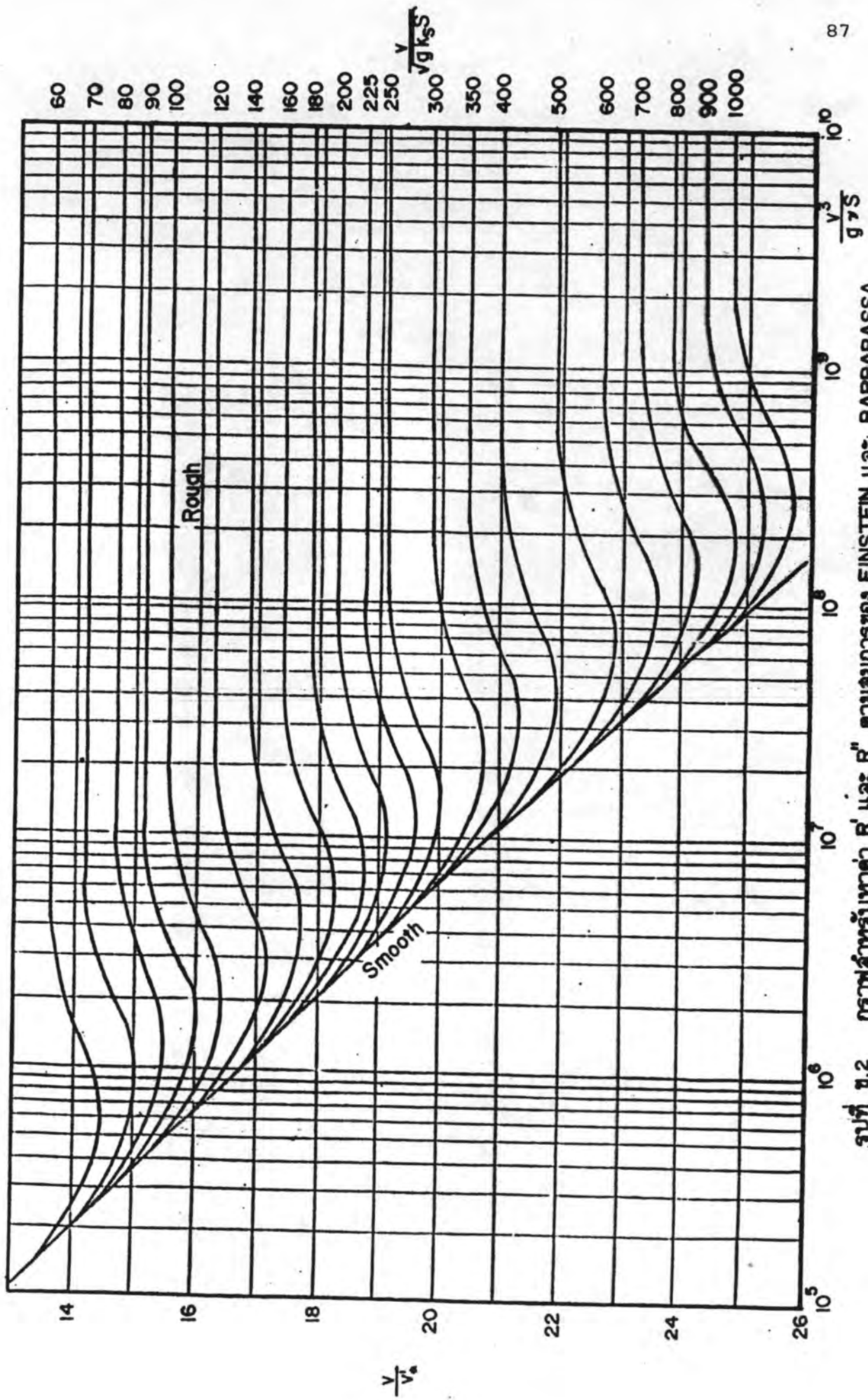
$$\frac{V}{\sqrt{gk_s S}} = \frac{2.811}{32.2 \times 3.15 \times 10^{-3} \times 0.618 \times 10^{-2}} = 112.28$$

$$\frac{V^3}{g v S} = \frac{(2.811)^3}{32.2 \times 0.84 \times 10^{-5} \times 0.618 \times 10^{-2}} = 1.328 \times 10^7$$

ขั้นตอนที่ 2

จากรูปที่ ข.2 จะได้ $\frac{V}{V_*} = 15.9$

$$V_* = \frac{2.811}{15.9} = 0.1768$$



รูปที่ ๒.๒ กราฟสำหรับค่า R' และ R'' ตามผลการของ EINSTEIN และ BARBARASSA

ขั้นตอนที่ 3

$$R' = v_*' / gS = \frac{(0.1768)^2}{32.2 \times 0.618 \times 10^{-2}}$$

ขั้นตอนที่ 4

$$\begin{aligned} \psi' &= \left(\frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \right) \left(\frac{d}{R'S} \right) = \frac{1.65 \times 1.772 \times 10^{-3}}{0.157066 \times 0.618 \times 10^{-2}} \\ &= 3.01215 \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 5

$$\delta' = \frac{11.6v}{v_*'} = \frac{11.6 \times 0.84 \times 10^{-5}}{0.1768} = 5.511 \times 10^{-4}$$

ขั้นตอนที่ 6

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{3.15 \times 10^{-3}}{5.511 \times 10^{-4}} = 5.7158$$

ขั้นตอนที่ 7

จากรูปที่ ข.3 และค่า $\frac{k_s}{\delta'}$ จะได้ $x = 1.40$

ขั้นตอนที่ 8

$$\Delta = \frac{k_s}{x} = \frac{3.15 \times 10^{-3}}{1.4} = 2.25 \times 10^{-3}$$

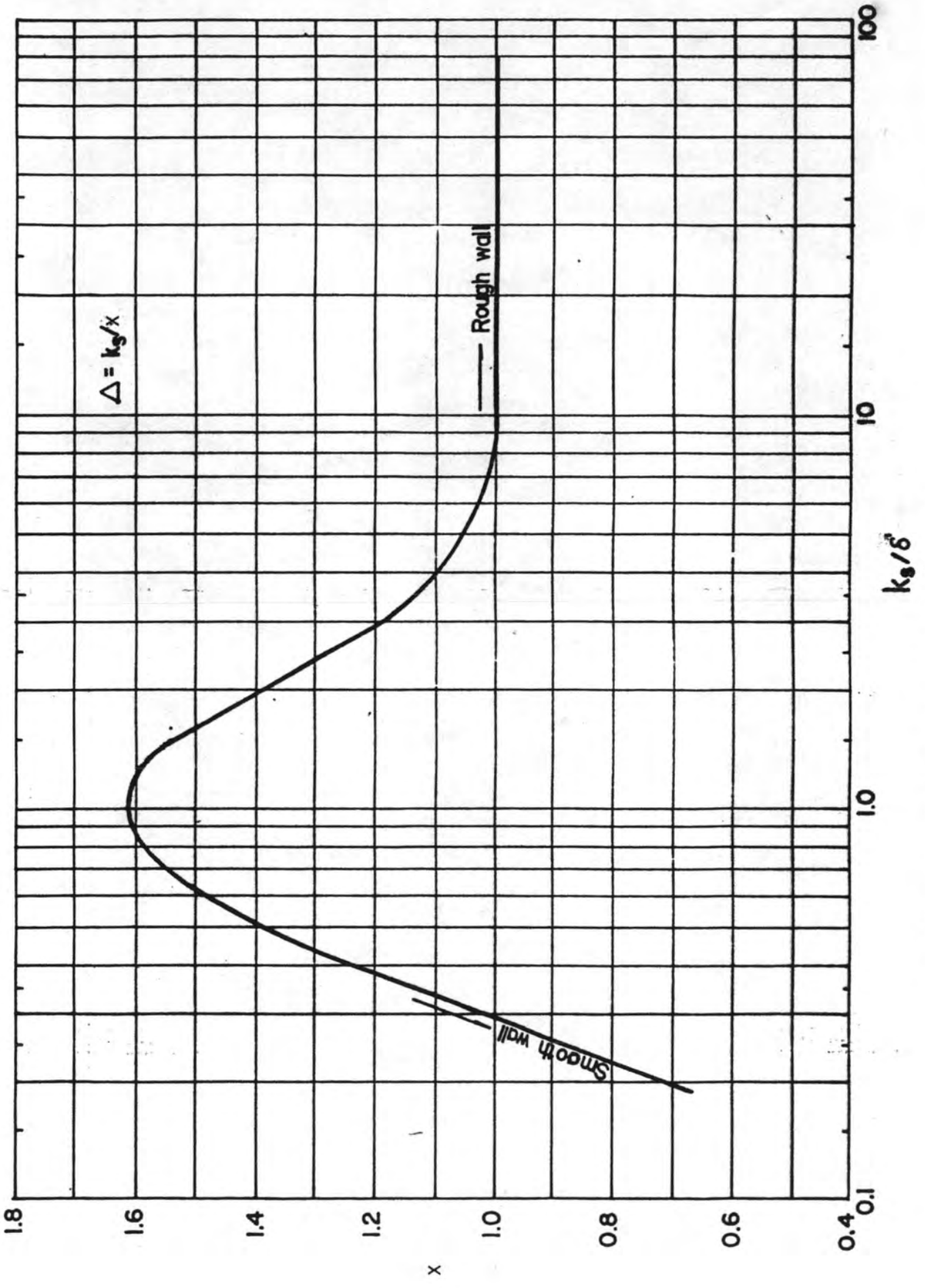
ขั้นตอนที่ 9

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{2.25 \times 10^{-3}}{5.511 \times 10^{-4}} = 4.082 > 1.80$$

$$x = 0.77\Delta = 0.77 \times 2.25 \times 10^{-3} = 1.7325 \times 10^{-3}$$

ขั้นตอนที่ 10

$$\begin{aligned} P &= 2.303 \log_{10} \left(\frac{30.2x}{k_s/D} \right) = 2.303 \log_{10} \left(\frac{30.2 \times 1.40}{3.15 \times 10^{-3} / 0.509} \right) \\ &= 8.6342 \end{aligned}$$



รูปที่ ข.3 แพคเตอร์ของค่า x สัมพันธ์กับ k_s/δ

ขั้นตอนที่ 11

จากรูปที่ 4.1 กำหนดช่วงการกระจายของขนาดเม็ดทราย และหาค่า Geometric mean ในแต่ละช่วงของค่าการกระจายขนาดเม็ดทราย ดังแสดงในตารางที่ ข.4 ช่องที่ I และ II และค่าร้อยละของ % Finer ในแต่ละช่วงการกระจายอยู่ในช่องที่ III

ขั้นตอนที่ 12

คำนวณค่า d/X ลงในช่องที่ IV

ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

$$d/X = 1.0631 \times 10^{-3} / 1.7325 \times 10^{-3} = 0.614$$

ขั้นตอนที่ 13

คำนวณค่า $\psi = \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} = 1.65 \frac{d}{R'S}$ ลงในช่องที่ V
ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

$$\psi = 1.807$$

ขั้นตอนที่ 14

จากรูปที่ ข.4 และค่า d/X ในขั้นตอนที่ 12 จะได้ค่า ξ ลงในช่อง VI
สำหรับ $d/X = 0.614$ จะได้ $\xi = 2.20$

ขั้นตอนที่ 15

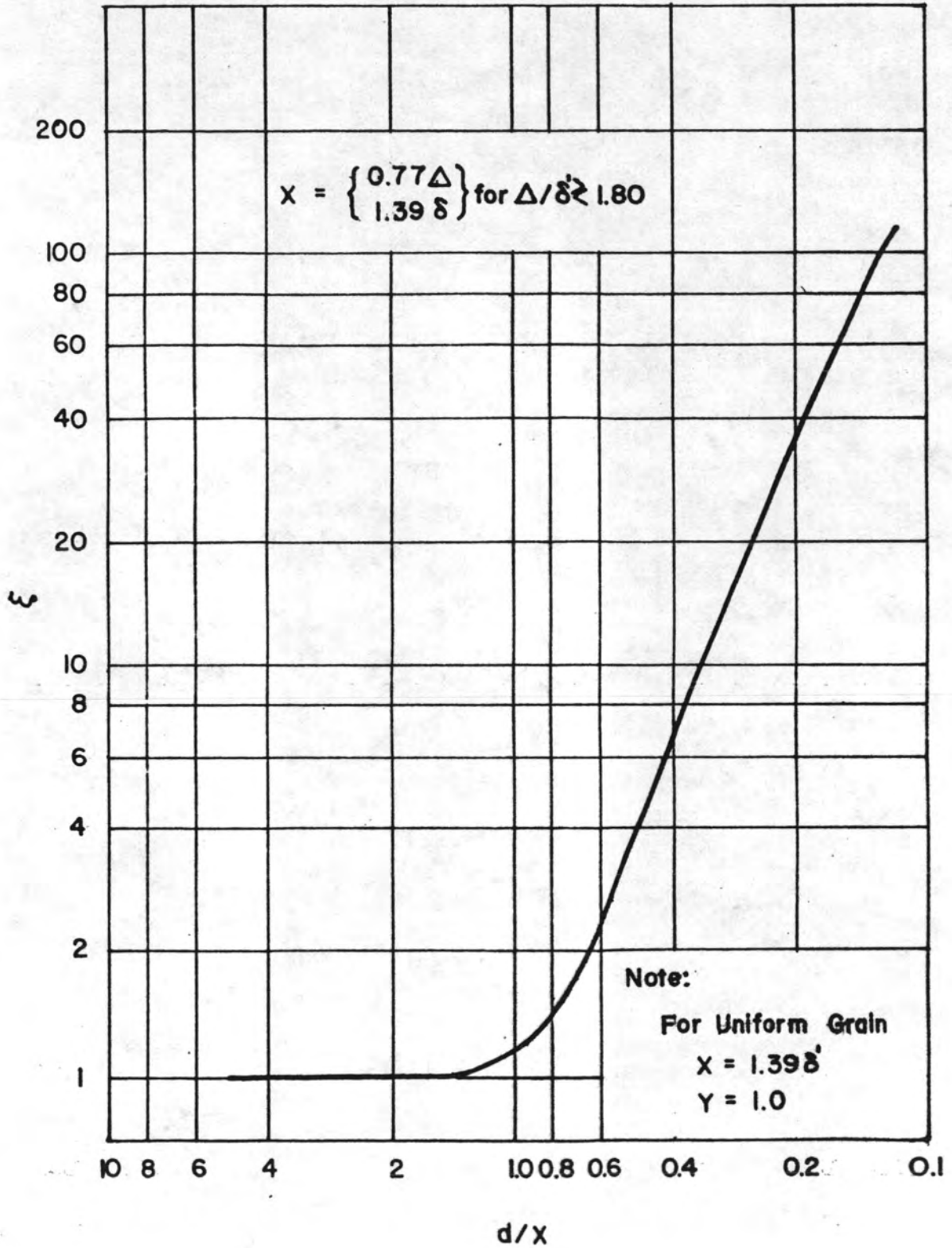
จากค่า $\frac{k_s}{\delta'} = 5.7158$ (ในขั้นตอนที่ 6) และจากรูปที่ ข.5
จะได้ค่า $\gamma = 0.54$ (ในช่อง VII)

ขั้นตอนที่ 16

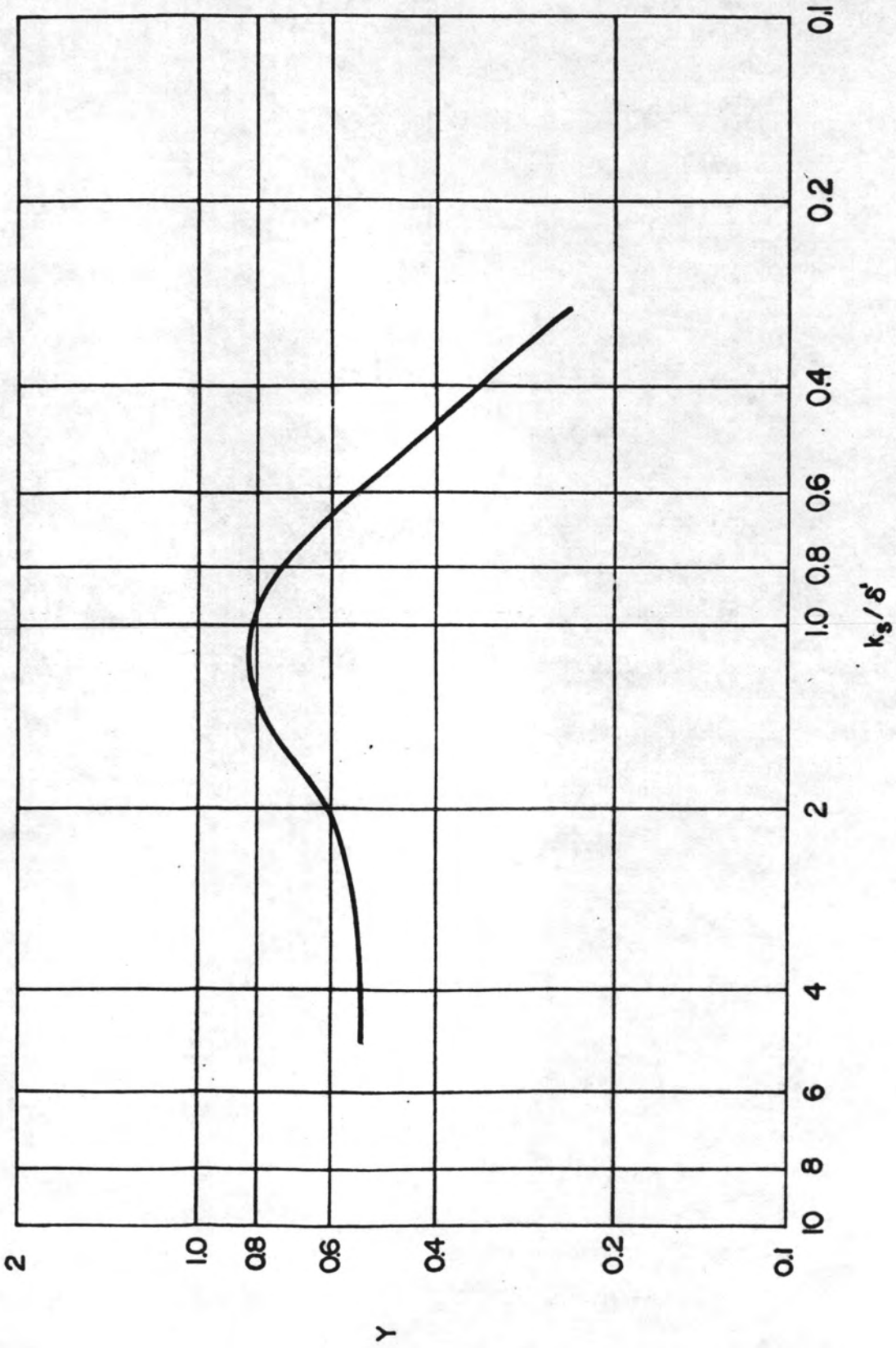
คำนวณค่า $\left(\frac{\beta}{\beta_x}\right)^2 = \left\{ \frac{\log_{10} 10.6}{\log_{10} (10.6 \frac{X}{\Delta})} \right\}^2$

ตารางที่ ๒.4 ตัวอย่างการคำนวณของการทดลองที่ 8 โดยวิธีของ Einstein สำหรับทรายขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.70 มม. ($\sigma = 2.13$)

| Size Range (mm.) | Representative Size, d (ft.) | t_b | d/X | v | ξ | y | $(\rho/\beta_x)^2$ | v_* | ϕ_* | $i_B^{Q_B}$:lb/sec/ft:ton/day/ft: | A | Z | I ₁ | I ₂ | $i_T^{Q_T}$:lb/sec/ft:ton/day/ft: | $i_T^{Q_T}$:ton/day/ft: | |
|---------------------|---------------------------------|-----------|--------|-------|--------|------|--------------------|-------|----------|---------------------------------------|----------|------|----------------|----------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------|
| 0.0625 | 0.0750 | 2.2468-04 | 0.0091 | 0.130 | 0.382 | 0.54 | 1.264 | 21.90 | 0.0020 | 0.000000 | 0.000003 | 0.16 | 58.000 | 72.000 | 0.000033 | 0.001407 | |
| 0.0750 | 0.1490 | 3.4688-04 | 0.0255 | 0.200 | 0.590 | 0.54 | 1.264 | 14.49 | 0.0200 | 0.000004 | 0.000171 | 0.42 | 10.500 | 19.000 | 0.000297 | 0.012814 | |
| 0.1490 | 0.2500 | 6.3328-04 | 0.0561 | 0.365 | 1.076 | 0.54 | 1.264 | 6.10 | 0.4000 | 0.000431 | 0.018613 | 1.05 | 0.840 | 3.000 | 0.002334 | 0.100845 | |
| 0.2500 | 0.4200 | 1.0638-03 | 0.1556 | 0.614 | 1.807 | 0.54 | 1.264 | 2.71 | 2.0500 | 0.013324 | 0.575577 | 1.84 | 0.210 | 0.910 | 0.025908 | 1.119210 | |
| 0.4200 | 0.8410 | 1.9508-03 | 0.3452 | 1.125 | 3.315 | 0.54 | 1.264 | 2.49 | 2.4500 | 0.087748 | 3.790698 | 3.39 | 0.080 | 0.370 | 0.117273 | 5.066177 | |
| 0.8410 | 2.0000 | 4.2558-03 | 0.3347 | 2.456 | 7.233 | 0.54 | 1.264 | 4.94 | 0.7000 | 0.078359 | 3.385101 | 5.23 | 0.000 | 0.000 | 0.078359 | 3.385101 | |
| 2.0000 | 4.7600 | 1.0128-02 | 0.0738 | 5.843 | 17.207 | 0.54 | 1.264 | 11.75 | 0.0055 | 0.000498 | 0.021820 | 8.34 | 0.000 | 0.000 | 0.000498 | 0.021820 | |
| SUM | | | 1.0000 | | | | | | | 0.180363 | 7.791884 | | | | 0.224701 | 9.707074 | |
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII | XIV | XV | XVI | XVII | XVIII |



รูปที่ ๒.๔ แฟคเตอร์ X สัมพันธ์กับ d/X



รูปที่ ๕.๕ แพคเตอร์ของค่าแกมมาสัมพันธ์กับ k_s/δ'



$$= 1.264$$

(ลงในช่องที่ VIIII)

ขั้นตอนที่ 17

คำนวณค่า

$$\psi_* = \xi Y \left(\frac{\beta}{\beta} \right)^2 \psi \quad \text{ลงในช่องที่ IX}$$

ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

$$\psi_* = 2.71$$

ขั้นตอนที่ 18จากรูปที่ ข.6 และค่า ψ_* จะได้ค่า ϕ_* ลงในช่องที่ Xตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

$$\phi_* = 2.05$$

ขั้นตอนที่ 19

อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ในแต่ละช่วงของการกระจายขนาดเม็ดทรายท้องน้ำ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (ช่องที่ XI และ XII)

$$i_B q_B = \phi_* i_b s^3 d^2 (s_s - 1)^2$$

$$\text{หรือ} = 1205 \phi_* i_b d^2$$

ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

$$i_B q_B = 1205 \times 2.05 \times 0.1556 \times (1.0631 \times 10^{-3})^2$$

$$= 0.013324$$

ปอนด์/วินาที/ฟุต

หรือ

$$= 0.575577$$

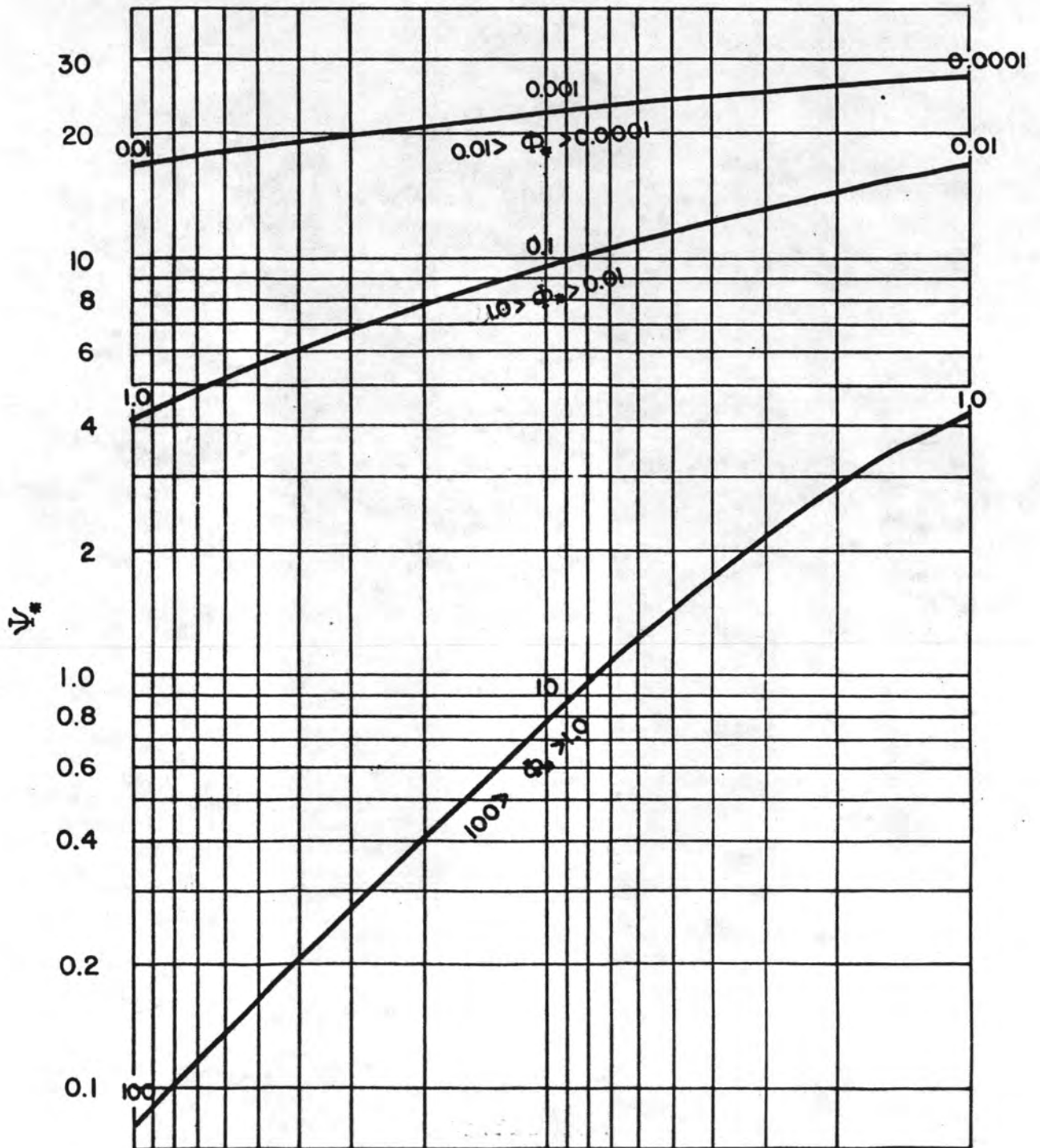
ตัน/วัน/ฟุต

ขั้นตอนที่ 20คำนวณค่า $A = 2d/R$ ($R = BD/B+2D = 0.335$ ฟุต)ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

$$A = 2 \times 1.0631 \times 10^{-3} / 0.335$$

$$= 6.338 \times 10^{-3}$$

(ในช่อง XIII)



รูปที่ ข.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ_* กับ Ψ_*

ขั้นตอนที่ 21

คำนวณค่า Z จาก $Z = \frac{V_s}{0.4V'_x}$ ลงในช่อง XIV
ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$ จะได้ค่า $V_s = 0.13$ (จากรูปที่ ข.7)
 $Z = 1.838$

ขั้นตอนที่ 22

จากค่า A และ Z และรูปที่ ข.8, ข.9 จะได้ค่า I_1, I_2
(ช่องที่ XV และ XVI)
ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$ และ $A = 6.338 \times 10^{-3}$ และ $Z = 1.838$
จะได้ $I_1 = 0.21$ และ $I_2 = -0.91$

ขั้นตอนที่ 23

อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทั้งหมด ในแต่ละช่วงของการกระจายขนาดเม็ดทรายท้องน้ำ คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (ช่องที่ XVII และ XVIII)

$$i_{Tq_T} = i_{Bc_B} (PI_1 + I_2 + 1)$$

ตัวอย่างสำหรับ $d = 1.0631 \times 10^{-3}$

| | | |
|------|-----------------------|------------------|
| | $i_{Tq_T} = 0.025908$ | ปอนด์/วินาที/ฟุต |
| หรือ | $= 1.119210$ | ตัน/วัน/ฟุต |

ขั้นตอนที่ 24

ผลรวมของอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทั้งหมดในแต่ละช่วงของการกระจายขนาดเม็ดทรายท้องน้ำ จะเท่ากับอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทั้งหมดในลำน้ำนั้น

$$= \sum i_{Bc_B} (PI_1 + I_2 + 1)$$

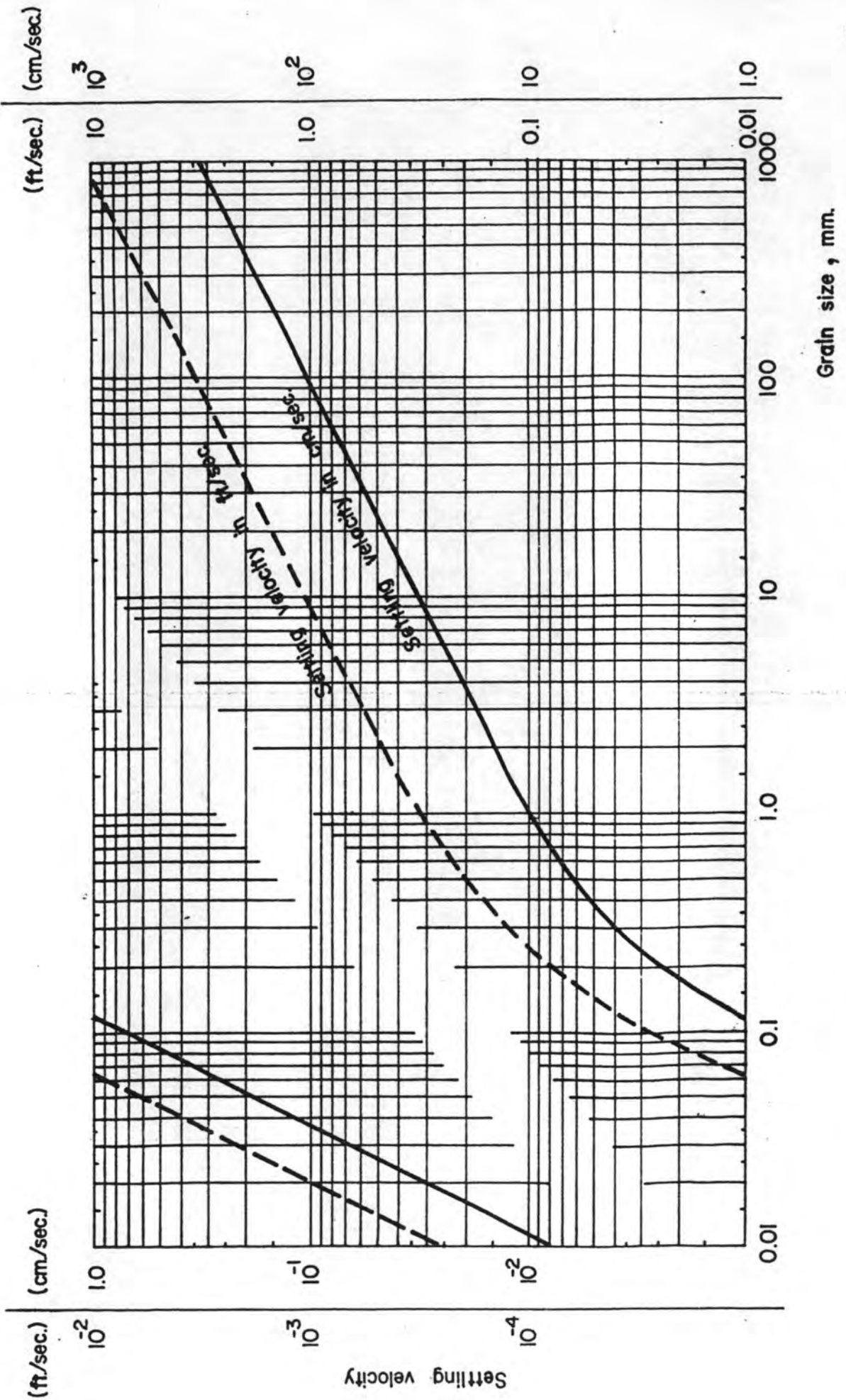
$$= 0.224701$$

ปอนด์/วินาที/ฟุต

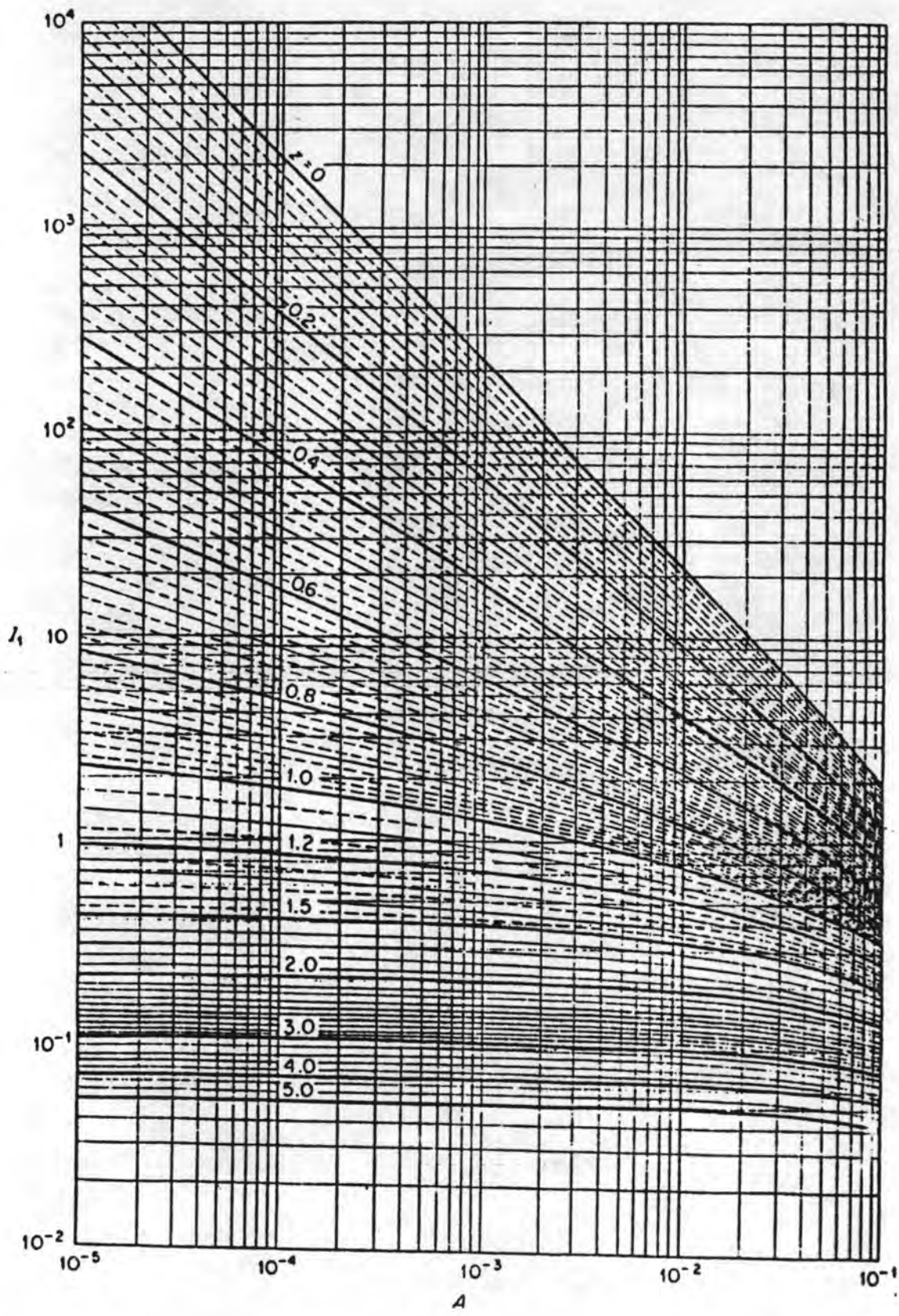
หรือ

$$= 9.707074$$

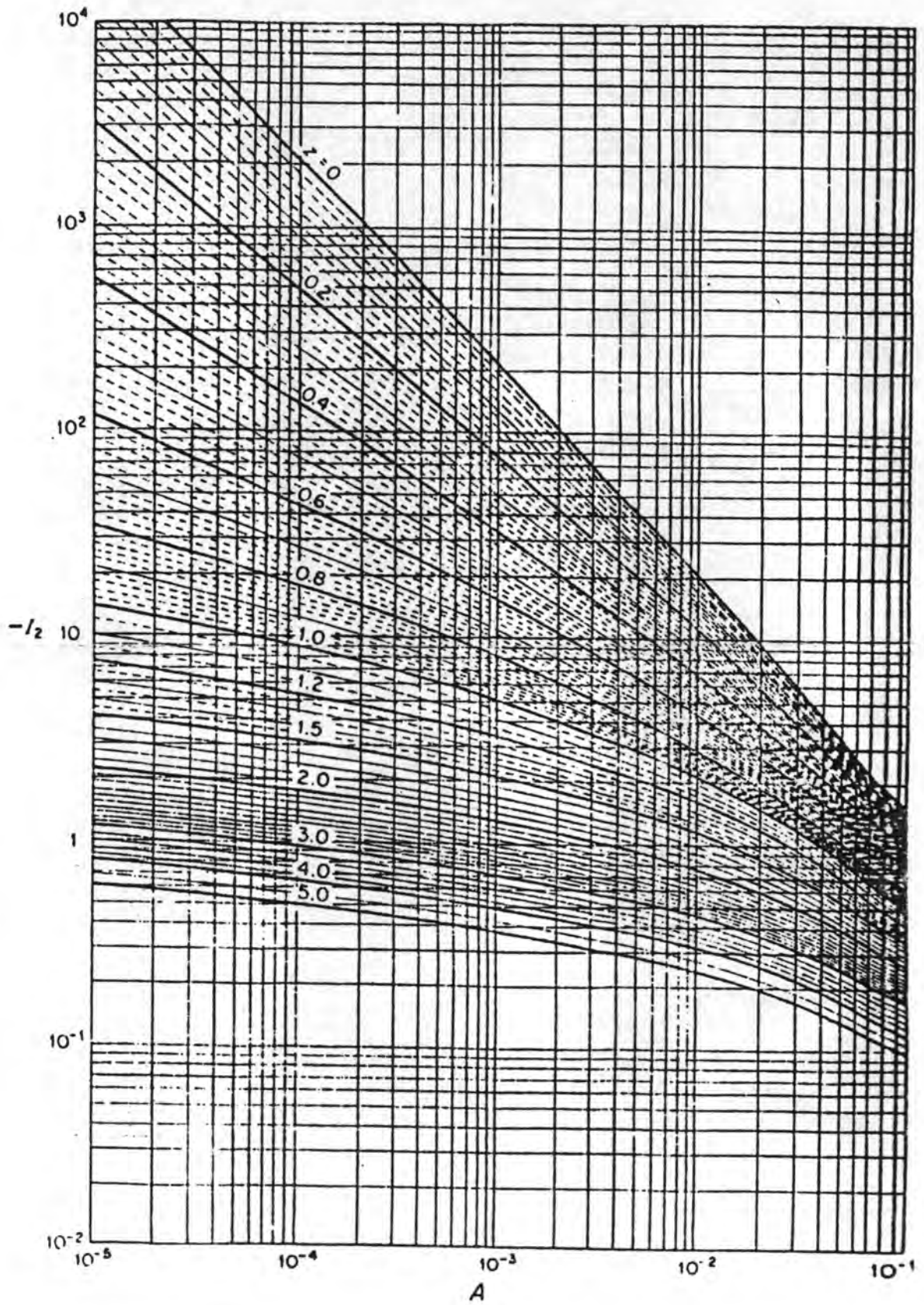
ตัน/วัน/ฟุต



รูปที่ ข.7 ความเร็วของการตกตะกอนสำหรับทรายขนาดเม็ดต่างๆ



รูปที่ ๘.๘ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I, กับ A และ Z



รูปที่ ข.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_2 กับ A และ Z

ประวัติผู้ศึกษา

นายสวัสดิ์ ลู่ชัยชนะ เกิดวันที่ 13 กรกฎาคม 2502 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2524-2525 และได้เข้าศึกษาต่อในสาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีพ.ศ. 2527 ประสบการณ์ทำงานที่ผ่านมา รับราชการในตำแหน่งวิศวกรโยธา 3 กองแผนงานและนโยบาย กรมพัฒนาที่ดิน เมื่อเดือนกรกฎาคม 2525 และระหว่างการศึกษาได้ร่วมเป็นผู้ช่วยวิจัยเรื่อง "การศึกษาวิจัยและทำแผนผังแม่บทระบบระบายน้ำ และป้องกันน้ำท่วมบริเวณพื้นที่กองทัพอากาศดอนเมือง" ระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน 2528 และเป็นผู้ช่วยวิจัยเรื่อง "การศึกษาวิจัยและทำแผนผังแม่บทระบบระบายน้ำ และป้องกันน้ำท่วมบริเวณการทำอากาศยานกรุงเทพ" ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - กันยายน 2530

ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งวิศวกร 3 ฝ่ายแผนงาน กองแผนงานและงบประมาณ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

