仏師ケ野えん堤の水理模型実験

金沢大学　高　　敏　郎

1. まえがき

仏師ケ野えん堤は手取川河口より３５.９㎞の本川（牛首川）に設置された堤高１０m、堤長９８mの砂防えん堤であり、同川河口より３５.７㎞の支川尾添川に設置された瀬戸えん堤とともに各流域の最下流部に位する枢要えん堤で、各流域の水理的解析の拠点となるばかりでなく、下流改修地域の計画検討並びに水防活動に重要な役割を果すものである。このような観点から両えん堤に水位計を設置して流量を把握するため水理模型実験を行い水位流量関係を求めたものである。

2. 模型実験設備

(1) 模型縮尺

模型縮尺は平面および鉛直とも１／５０とした。

(2) 模型えん堤および河床

模型えん堤および河床は添付図（図－１）の通り製作した。

模型河床用材料は次の計算により決定した。

Ｎｉｋｕｒａｄｓｅ の実験公式により

$$n_M = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{g}} \Big/ \left(Ar - \frac{1}{K} + \frac{1}{K} \log_e \frac{R}{K} \right)$$

ただし n_M ：Ｍａｎｎｉｎｇ流速公式の粗度係数

R ：径深　　k ：河床材料の平均粒径

Ar ：定数≒８.５

K ：定数≒０.４　　g ：重力の加速度

故に上式を書き直せば次のようになる。

$$n_M = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{g}} \Big/ \left(6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{K} \right)$$

仏師ケ野えん堤上流８０m、右岸７mにおける河床材料粒度によれば平均粒径ｋは５０.９６㎜である。またＲ≧０.５mの場合は実用上 n_M ≒一定と

考えられる。

粗度の縮尺はＦｒｏｕｄｅの相似法則により

$$n_{Mm} = n_{Mp} \diagup L_r^{\frac{1}{6}}$$

ただし n_{Mm} ：模型の粗度係数

n_{Mp} ：実物の粗度係数

L_r ：模型の縮尺比＝５０

すなわち今の場合は次のようになる。

$$n_{Mm} = n_{Mp} \diagup 50^{\frac{1}{6}} = n_{Mp} \diagup 1.919$$

径深Ｒ＝０.５～１.０mの場合の模型河床材料の平均粒径kmは計算結果より１,０１９～１,０２４mmとなり、これに該当する篩の目１,０００～１,１９０mmの粒径の砂を平均粒径の砂とし、その平均値を１.０９mmとする。

しかして実際河床構成砂礫の粒度曲線に準拠し、平行移動の作図によつて模型河床材料の粒度分布を求めると表－１－ａのようになる。この粒度分布を実験の都合上安全側に多少変更して表－１－ｂの通りとする。

表－１－ａ　仏師ケ野えん堤模型河床材料粒度分布表

篩別＼種別	重量百分率％	通過百分率％
０.６０mm以下	４０	４０
０.８４	７	４７
１.００	４	５１
１.１９	４	５５
１.４１	５	６０
１.６８	８	６８
２.００	９	７７
２.５０	７	８４
３.３６	５	８９
４.００	１	９０
８.００	５	９５

表－1－b　仏師ケ野えん堤模型河床材料
粒度分布表　（変更の分）

篩別 ＼ 種別	重量百分率%	通過百分率%
0.60mm以下	41	41
0.84～0.60	15	56
1.00～0.84	7	63
1.19～1.00	7	70
1.41～1.19	6	76
1.68～1.41	6	82
2.00～1.68	6	88
2.50～2.00	12	100

模型えん堤および上流河床は与えられた縦横断面図の資料に基づき、木製の骨組を作りモルタルで全面を仕上げた上、上記粒度分布の砂粒をワニスで塗布して表面粗度を与えた。

(3)　水位および流量測定装置

水位の測定には最小目盛１／１０mmまで測定可能のポイントゲージを実物えん堤の量水標のある位置と同じ位置で使用し、流量の測定は、１００×５０×４０cm³ ＝ ２００,０００cm³ ＝ ２００ℓ の量水桝に満水する時間をストツプウオツチで測つて求めた。

正確さを期すため増水時と減水時に分けて測つたが、増水時の方が同一水位に対して大きな流量を示したので、安全側をとり水位流量関係は増水時の測定値を基準にした。

水深の縮尺は１／５０であるに対し、流量の縮尺はＦｒｏｕｄｅの相似法則により

Q：流量　Q_m：模型の流量　Q_p：実物の流量

u：流速　u_m：模型の流速　u_p：実物の流速

A_m：模型の横断面積　A_p：実物の横断面積

L_m：模型の長さ　L_p：実物の長さ

g：重力の加速度　Frm：模型のFroude数

Frp：実物のFroude数

とすれば$Q = Au$と$Frm = Frp$なる関係を用いて

$$\frac{U_m}{\sqrt{g L_m}} = \frac{U_p}{\sqrt{g L_p}} \text{ より } \frac{\frac{Q_m}{A_m}}{\sqrt{g L_m}} = \frac{\frac{Q_p}{A_p}}{\sqrt{g L_p}}$$

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \frac{A_m}{A_p}\left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{2}\left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{\frac{5}{2}} = \frac{1}{50^{\frac{5}{2}}}$$

$$= \frac{1}{17678}$$

3. 実験結果

仏師ケ野えん堤模型について実験した水位流量観測値より相似法則による縮尺を用いて求めた同えん堤実物の水位流量関係値は増水時の場合は表－2に示す通りであり、その水位流量曲線図（図－2）に示す。

表－2　増水時の水位流量関係値

水位		流量	
観測値 (cm)	観測値×50 (m)	測定値 (l/sec)	測定値×17678 (m^3/sec)
1.74	1.870	3,120	55.2
2.38	1,190	5,666	100.2
2.79	1.395	7,722	136.5
3.27	1.635	10,309	182.2
3.75	1.875	13,514	238.9
4.23	2.115	17,094	302.2

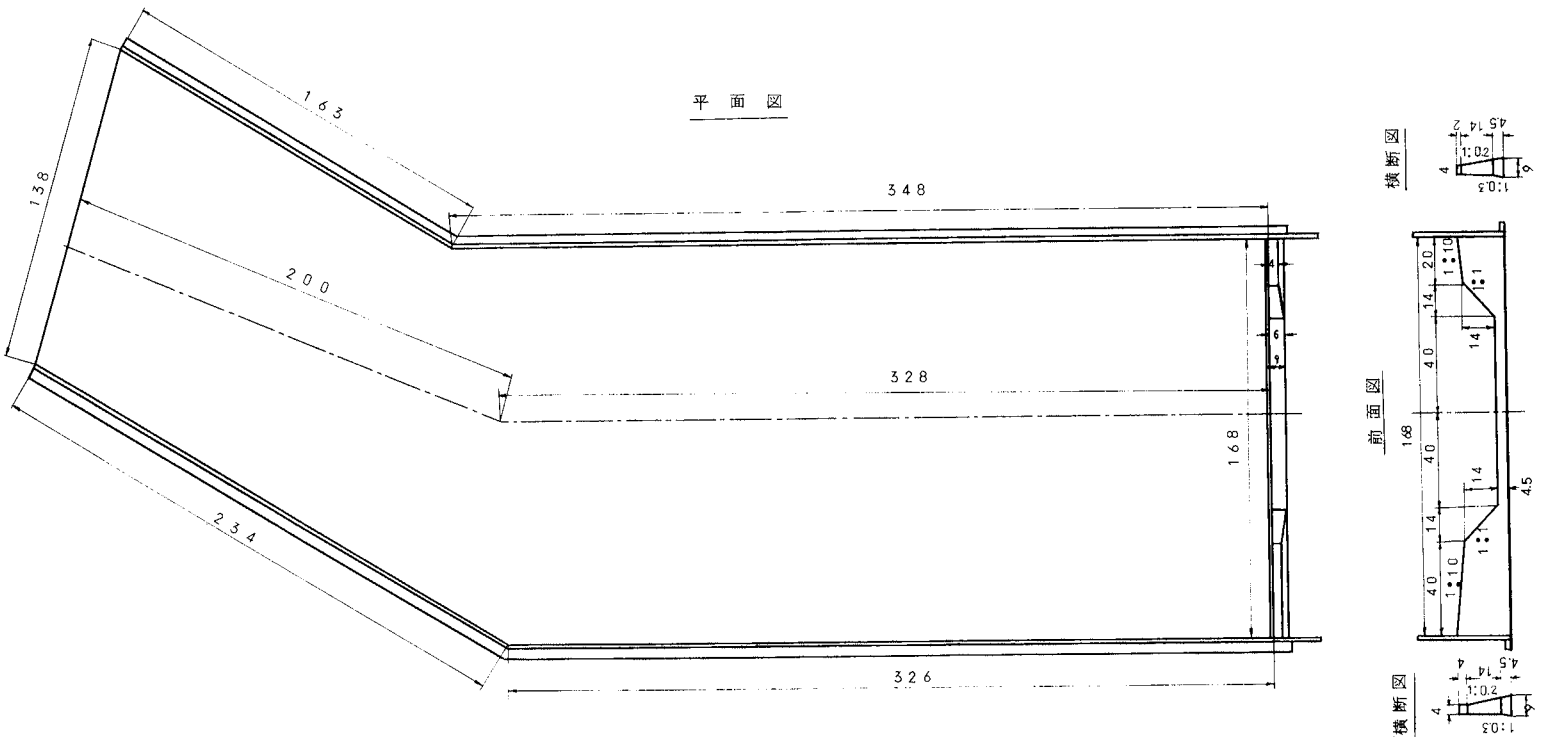
水位		流量	
観測値 (cm)	観測値×50 (m)	測定値 (l/sec)	測定値×17678 (m³/sec)
4.93	2.465	21,739	384.3
5.03	2.515	21,978	388.5
5.26	2.630	22,727	401.8
5.81	2.905	25,641	453.3
6.07	3.035	26,667	471.4
6.36	3.180	28,986	512.4
6.86	3.430	34,483	609.6
7.35	3.675	38,462	679.9

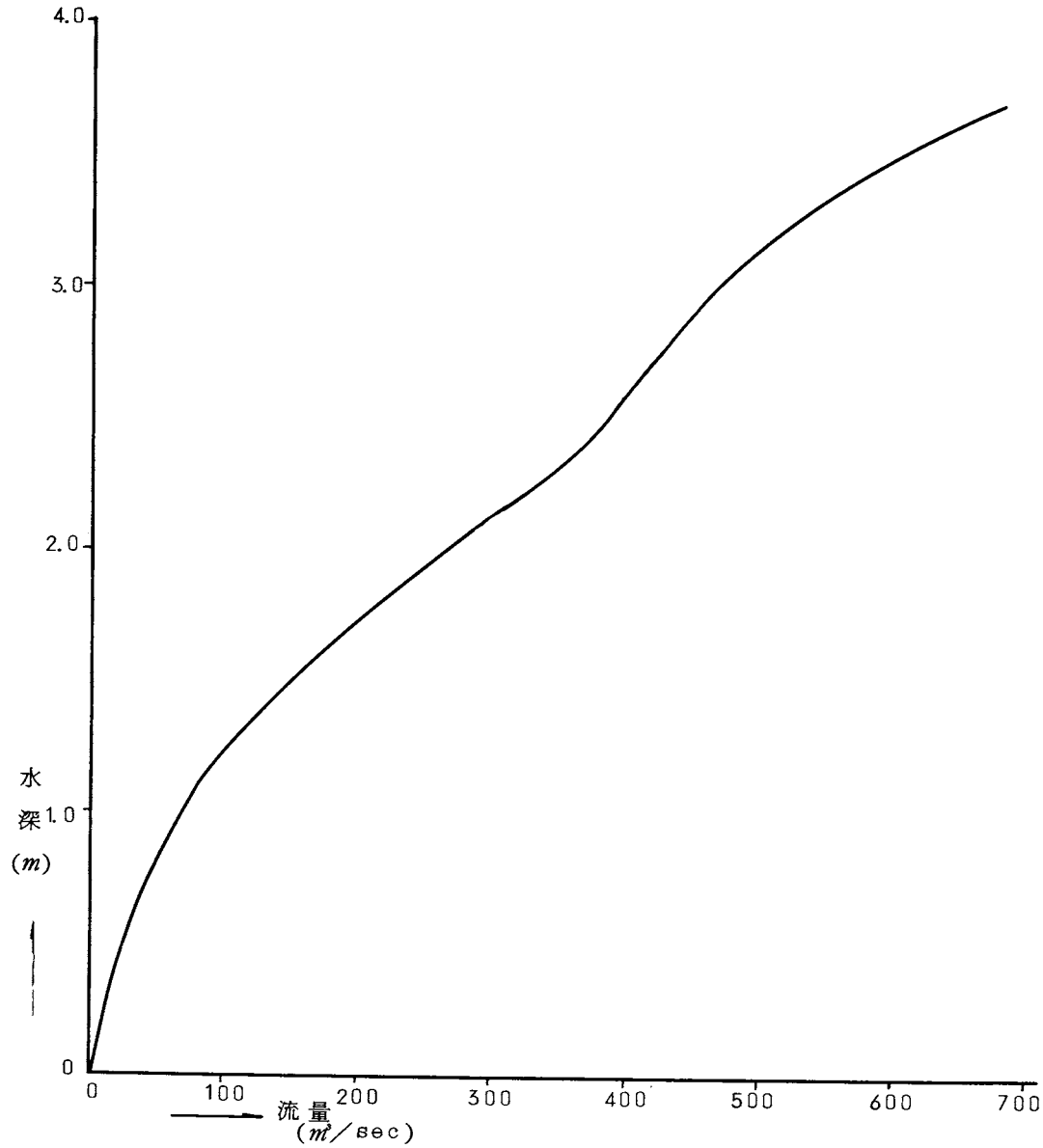
4. あとがき

本実験の資料は建設省手取川工事事務所より提供され、実験には土木工学科学生鷲茂雄・近藤幸夫両君の協力を得た。

なお発表会の際参考として固定床開水路と移動床開水路における流況の比較検討について論及する予定である。

図－1　仏師ケ野えん堤模型図　　縮尺　1／20　　単位 cm



図－2　　牛首川水位流量曲線図

—仏師ケ野えん堤—