

立命館大学理工学部 正員 大同 淳之
日鐵建技(株) 正員 末成 健夫
日鐵建技(株) 正員 石川 秀也

1. はしがき

コルゲート柵渠は、掘削地盤上に波形を持つ側壁をたて、ある一定間隔に支柱と切ばりを設けたものである。水理学的には、側壁と底面とのまざつ抵抗係数が異なり、その上に底面および側壁にそれぞれ突起高の異なる粗度を有する水路である。本報告は、実物の $1/5$ の大きさをもつ模型水路を用いて実験を行ない、種々の表面粗度の組合せに対してまざつ抵抗係数を測定した結果を述べたものである。実験結果から、組合せの変わった場合の抵抗係数の変化を述べるとともに、この変化が水深によって側壁と底面の抵抗が影響する割合が変わることから生じているため、その計算法について説明し、計算によって組合せの変わる水路の抵抗が得られることを示した。

2. 粗度係数の測定と測定結果に対する考察

2-1 実験の範囲

実験は、コルゲート柵渠の $1/5$ の大きさの水路で実験を行なった水路の大きさは図1のとおりである。はしがきに述べたように底面粗度と側壁粗度との相対的な大小関係および支柱、切ばりの大きさとその間隔の変化によって、まざつ抵抗係数は大きく変化することが予想されたので、実験は、1) 滑面床の上に模型側壁をおいて、支柱および切ばり間隔を、標準状態を中心に、その $1/2$ および2倍にした場合の3種類、2) 粒径 5mm の砂で底面を切ばりが露出しないように被って1)と同じように支柱間隔をかえた場合、3) 粒径 1mm の砂で、2)と同じように底面を被った場合、なお、この大きさの粒径では、水路床が不規則の波形を生じ、そのために、底面粗度の支配領域が不明確になる恐れがあるので、砂の粗さの効果を失なわないよう留意して底面に固定した。水路のこう配は、流れの領域が常流から射流にわたるよう全 2m のケースに対して $1/100$, $1/200$, $1/400$, $1/800$, の4種類、水深は下の切ばりがようやく水没する水深から水路があふれる状態までの範囲で行なった。水路の大きさ、波形の大きさ、形状は一定で、従って水路幅は一定である。

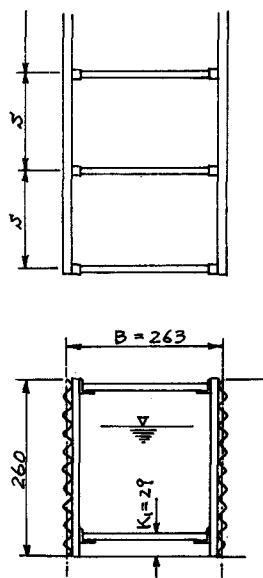


図 1

2-2 実験の方法

実験は、有効長 12m の鋼製水路の床面上に、模型の側壁をおき底面と側壁との角は、パテで水止めた。実験における流量は、ベンチュリーメーター およびフローセル流量計で測定した。水面こう配は、 5m 離れた2点間の静圧差を用いて決定した。水深はポイントゲージによって測定した。

2-3 測定結果とその考察

開水路の抵抗係数は、一般に実用的見地から 指数式の成立を仮定した平均流速式の経験係数がある。その代表的な係数としてのマンニングの粗度係数は、

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.1)$$

の指数型平均流速式で定義される。この経験公式と抵抗係数との関係は

$$n = \frac{R^{1/6}}{\sqrt{g}} / \frac{U_m}{U_*} \quad (2.2)$$

で与えられる。棧粗度において U_m/U_* は、

$$\frac{U_m}{U_*} = A_r + \frac{1}{K} \cdot \frac{y}{R} \quad (2.3)$$

と表され、式中の相当粗度 U_m は、棧の高さとその間隔との比の関数であることが指摘され、棧粗度の抵抗は、砂面その他の抵抗に比べて圧倒的に大きいことから、まず切ばりの高さと間隔をパラメータに用いた。図2は、切ばりの間隔 S とその高さ K_1 との比 S/K_1 が 21.72 のとき、実験で得られた粗度係数 n を、径深と切ばりの高さ K_1 との比との関係に表わしたものである。この図2から、つぎのことがいえる。

- (1) コルゲート柵渠の粗度係数 n は、底面が滑面で、その上に切ばりが露出した場合には、水深が増加するほど、 n は減少し、切りばりの高さに対する相対水深が4ぐらいになると一定値となる。
- (2) 底面を平均粒径 5 mm の砂で被ったときは、粗度係数 n の水深による変化は少ない。
- (3) 底面を平均粒径 1 mm の砂で被ったときは、水深が高くなると、むしろ抵抗係数が大きくなる。これは水深が高いときには側壁の影響が大きいことを示しているものといえる。
- (4) 以上の結果を通じていえることは、水深が低いときには底面の粗度に変配されているが、水深が深いときには、側壁の粗度に変配されるようになる。滑面上に切ばりが突起した面、支柱が突起した側面および砂面のそれぞれの抵抗を比較すると、上述の順に抵抗は小さくなり、 $n \sim R$ の曲線はほぼ平行にひかれる。従って、上の三つのうち、いずれか二つの要素の影響を受ける水路では、水深が比較して小さいときには、底面の抵抗を表わす線の近傍の値を示し、水深が大きときには側壁の抵抗を表わす線に近いところの値が示されるものと考えられる。

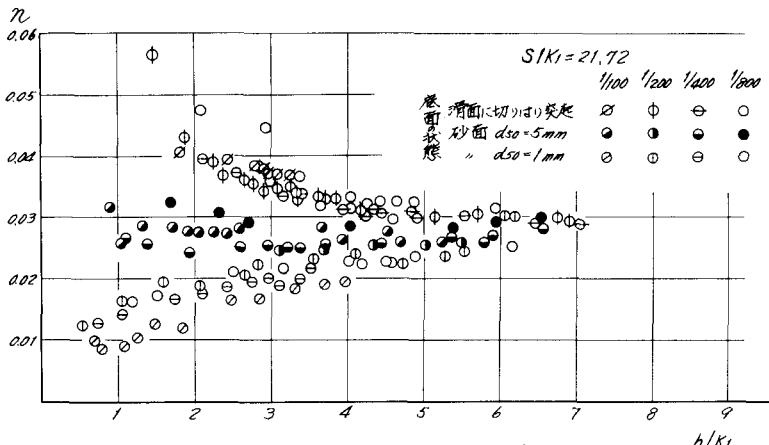


図2. コルゲート柵渠のマニング係数 n と相対水深との関係 ($S/K_1 = 21.72$)

3. 側壁と底面とで抵抗係数が異なるときの平均抵抗係数の算定法

コルゲート柵渠は、側壁と底面の粗度が変わるため、潤辺粗度の構成が、水路の抵抗に重要な影響をもつことが実験的に示された。これを解析するためには、流れの内部機構を三次元乱流として取扱うことが必要であるがこれは極めて困難である。従って、断面形状あるいは潤辺粗度の変化に応じて流水断面を分割し、各部分ごとに抵抗係数を吟味する Einstein の方法を若干修正し、これと足立による図解法を用いて算定した。実験結果と比較するとこの方法で、平均抵抗係数は十分予測可能であることが判明した。

- 参考文献 1) H.A. Einstein; Formulas for Bed-Load Transportation Civil Eng. Vol 107, 1942
2) 足立昭平; 固定床河川模型水路の人工粗度に関する研究 昭 36. 9.