

III-36 急勾配水路における energy loss の一例

北海道大学工学部

正員 尾崎晃

1. 急勾配開水路の流れについて： いわゆる急勾配水路の流れは、総て高速の射流となり、又その殆んどが空気混入流となる。この種の流れについては近年になつて、いろいろの角度より急速に研究が進められ、主として流速分布及びこれと関連する抵抗法則に關する方面からは、本間、石原、岩垣、岩佐、Keulegan, Powell, Halbronn, Bauer, 等の研究があり、又主として空気混入現象を取扱ったものには、Straub, Halbronn, Viparelli 等の大規模な装置による実験結果が発表されている。これらに対し他的一方においては、實際のダム余水吐、急勾配の放水路等について実測を行うことが各地で見られ、この種のものには古くは Lane から、L.S. Hall, Hickox, Randolph, Michell and Lovely, R. Maitre and S. Obolensky 等の研究が知られている。これら両系統の研究が相まって、急勾配水路の流れは次第にその本質が明かにされつつある。しかしこれらの多数の研究の結果によつても今直ちに急勾配開水路の流れの head loss を計算したり、水路断面を決定したり出来る一般式を求めることは困難であろう。従つて實際の設計に當つては Lane や Randolph の提案するような近似的方法によるか、米口開拓局のような図式法、あるいは夫々の場合について模型実験を行つて決めるかのいづれかによつてゐるのが現状である。

2. 北海道電力の岩知志発電所余水路計画： 同発電所（北海道日高、沙流川水系沙流川、最大出力 13500 kW）の水槽余水路は図-1 に示すような計画の下に設計されたが、余水路の中でも特に最後の急勾配区間を流下する流れに対して、その流速、水深、及び終端の bucket よりの water jet の飛距離などを知らなければならないことが必要であり、近似的な計算も行われたが、前記のような事情で不確実なため、それらを模型実験により検討することとした。

3. 模型実験： 模型縮尺は縦横共に $1/50$ で木製滑面仕上げの上を更にラツカー吹付塗装によつて、ほとんど完全に滑面と考えられる程度に作製した。

ダム余水路をも含めて、この種の短距離区間で大きな水面差を伴うような流れに關する実験の際には、従来とも Froude の相似法則が用いられている。この実験の場合にもそれが一応成立つものと仮定して、模型流量の換算を行つた。

実験結果の中、急勾配水路の energy loss に關係のある分について見ると次の通りである。図-2 の余水路模型に示す 1, 2, 3, の各位置において水面の測定を行い、これより平均水深、平均流速を求め、又一部のものについては水路中心線上の流速分布を測つた。それらの結果は図-3、及び図-4 の通りである。

4. 実験結果より見た相似法則に対する考察： この実験には

図-1 岩知志発電所余水路縦断面図

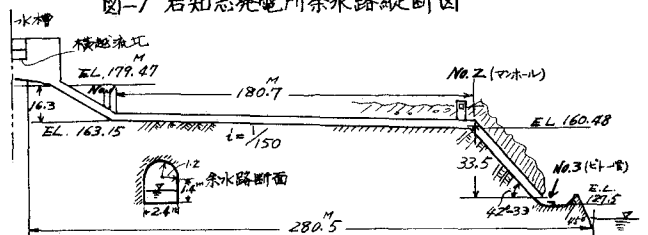
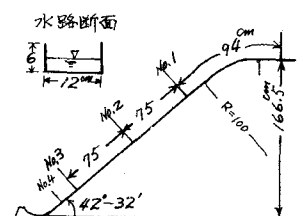
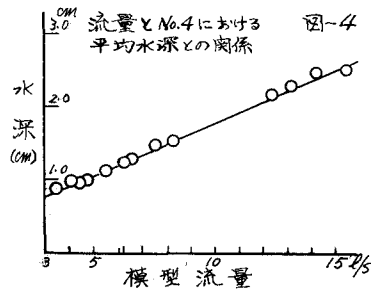
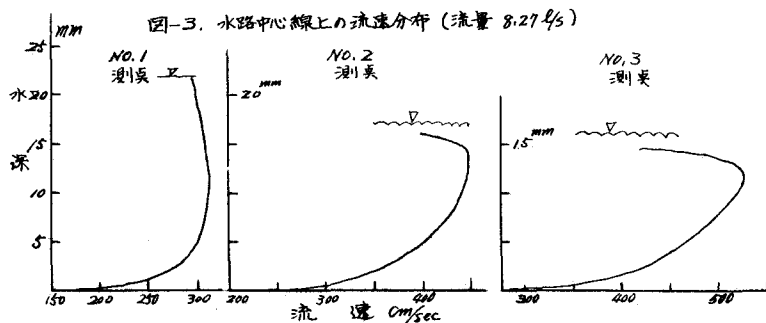
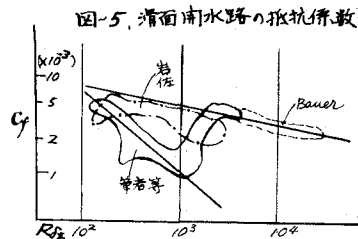


図-2 余水路模型





仮りにFroudeの相似律を用いたが、実際にはこれがそのまま当てはまらないことは、完成後の実物余水路における観測結果からも明らかである。第一にはこの模型の規模では空気混入は殆んど問題にならないが、実物は完全に空気混入流であること。第二にはこの程度の滑面模型と実際のコンクリート水路とでは、流れが抵抗法則を異にする領域に属する場合が生じ得ることである。これは図-3の様に流速分布を測定し、それを整理することによって判定できる。更に滑面水路については図-5に示すように C_f と R_{eff} の関係がかなり明かになりつつあるが、水路幅や相対粗度の影響についてはまだよくわかっていない。以上のような理由により、この場合には總ての *energy loss* を一括して表わす *Randolph* や *Jansen* などと同様の方法を用い、その場合に対する実物との比較によってFroude相似律を修正した。一例として、この模型の測点3における $1/2$ ($1/2$ は実測の平均流速, $1/2 = \sqrt{2gh}$), 及びL.S.Hallの実物観測値を同様に整理したものが次の図-6である。



5. 岩知志余水路における実測；発電所竣工後, *governor test* の機会を利用して、流量 $0 \sim 23 \text{ m}^3/\text{s}$ の範囲で実測を行った。測定したのは、図-1のNo.2測点及び余水路末端のNo.3における水深、及びNo.3に予め埋設されたピット管による流速（底面上15cmの高さの英一ヶ所、—この測定は電力技術研究所が実施した。）である。図-7はNo.3測点における模型水深、それに図-6（実物と模型の夫々対応する流量に対する *energy loss* の比率の相違を示す関係）を利用して修正をほどこした値を20倍した実物水深、及び実測による空気混入流の水深をplotしたものである。

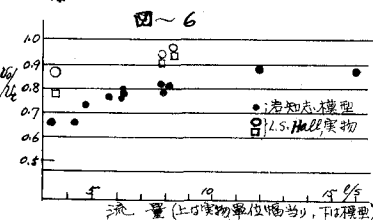


図-7によれば、もし実物の流れに空気混入が起らないものとするれば、水深は0印のように模型の値をそのまま換算したものより小に出てくる筈であるが、実際には●印のように流量が増すにつれて見かけ水深は大になる。この余水路の場合も流量が $15 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度までの範囲では、結果的にはFroude相似律が合っているように見える。しかしその本質は4に述べた理由により別のものである。

