

II-249 断面急縮部における流量低減の数値解析手法

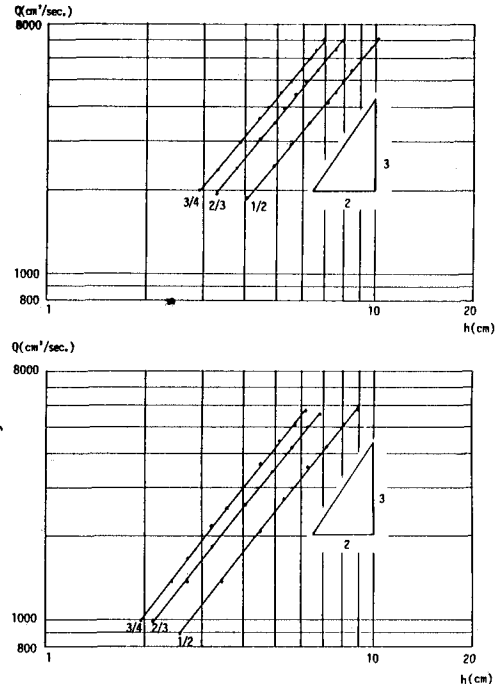
群馬大学 正員 小葉竹 重機
群馬県庁 正員 松井 紀
建設省 岩井 潤一

1. まえがき 断面急縮部を洪水流が通過する場合に生じる流量波形の扁平化を数値計算で求める手法について検討を加えてきたが、単に急縮部の幾何学的特性を取り入れただけでは2次元の不定流式を基礎式としても妥当な解は得られなかった。これは急縮部において何らかの水理学的条件を持ち込む必要があることを示しており、本報告は実験によってこの条件を探り、これを急縮部における境界条件として用いる数値計算法について述べる。

2. 急縮部における境界条件 幅40cm、長さ12mの塩ビ製水路において、勾配を1/250と1/500の2種類に設定し、水路下流端付近に水路幅が1/2、2/3、3/4になる急縮部を取り付けて定常流を流して、流量 Q と急縮部前面の水深 h との関係を求めた。その結果を示したものが図-1であり上の図は勾配1/250、下の図は1/500のものである。勾配1/250では等流区間では射流、1/500では全水路区間常流である。図-1より Q と h の関係は支配断面の関係を表す3/2乗の関係に近いことから、急縮部が流れをコントロールする支配的な断面となっていることが分かる。この関係を $Q=10^{\alpha} \cdot h^{\beta}$ 、($\log Q = \alpha + \beta \log h$)と表したときの α と β の値を最小自乗法で求めた結果を示したものが表-1（CGS単位系）である。これが急縮部における流れを支配している条件と考える。

3. 数値計算の方法 基礎式としては1次元の不定流式を用い、2-Step Lax-Wendroff法によって計算を行なった。計算領域としては下流端を急縮部断面とし、下流端境界条件として表-1の結果を用いた。表-1は定常状態における結果であるが、これが非定常時にもそのまま成立するとした。下流端を急縮部断面に選ぶことから、ここでは急縮部内部の流れについては計算を行っていないが、急縮断面を上流断面として同様の条件を付して計算を行なえば急縮部内部についても計算を行なうことができる。以下、実験結果との比較および実河川への適用例について示す。

4. 計算結果および考察 実験結果との比較の一例を示したものが、図-2～図-7である。図-2は勾配1/250で、2/3急縮の場合の水上上流端からの流量の流入波形（実験値）である。この流入波形に対して、急縮部通過後の波形を示したものが図-3の激しく変動している波形である（水路下流端での堰の水深から求めた）。この実験結果に対して、滑らかな曲線で記入してあるのが計算結果である。図-4は急縮部直前面での水深の比較で、変動しているのが実験値、滑らかな曲線が計

図-1 急縮部直前面の h と Q の関係表-1 最小自乗法による各場合の α と β

水路床勾配	急縮率	α	β
1/250	1/2	2.396689	1.44001
	2/3	2.54487	1.44886
	3/4	2.63200	1.43463
1/500	1/2	2.32838	1.51898
	2/3	2.50170	1.49547
	3/4	2.56755	1.52413

算値である。図-5は急縮部前面3mの地点での水深の比較で、鋸歯状の変動をしているのが実験値、鋸歯状の変動のあと滑らかな曲線となっているものが計算値である。

この鋸歯状の水深変動は急縮部において形成された反射波によるものである。反射波まできれいに再現できる精度の高い計算が行なえることが分かる。図-6は増水期における水位の縦断形状を経時的に示したものである。急縮部前面3.5m～4.5mの位置にある水深の変動は跳水によるものである。

図-7は勾配1/500、2/3急縮の場合の、急縮部上流7.6mの位置での水深の経時変化である。滑らかな曲線が計算値である。60秒あたりに現われる反射波の遡上による水深増加が精度よく再現されていることが分かる。

つぎに、実河川に適用してみた結果について示す。図-8は横軸に急縮率（急縮後の幅/前の幅）をとり、縦軸に表-1の α をとったもので、両対数紙上で直線となる。したがって任意の急縮率に対して α を求めることができる。また β については実用上3/2としてよいと考えられる。以上の定数値をそのまま実河川に用いて計算した結果の一例が図-9である。急縮率は河道横断面図から平均的な値として1/5としたが、実際には2回の急縮を含む複雑な断面変化となっている。図中、破線が上流の流量波形、一点鎖線が急縮部通過後の流量波形、実線が計算波形である。計算流量と通過後の実測流量との間に時間差があるのは、計算は急縮部上流のかなりの区間を省いて行なっているためである。計算流量の方が若干大きい、計算値は実測値を良く再現しているというべきである。以上のことから、本報告で示した方法は工学的実用性の高い方法であると考えられる。

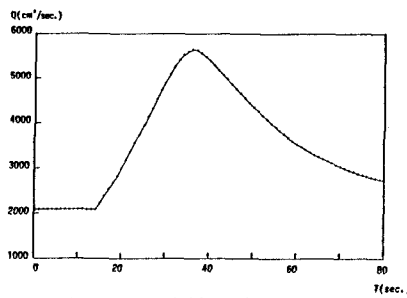


図-2 上流の流量波形

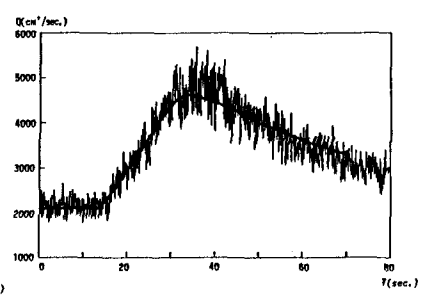


図-3 通過後の流量波形の比較

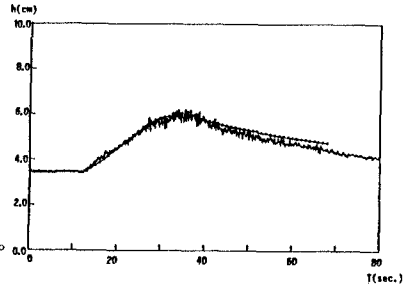


図-4 急縮部直前面の水深

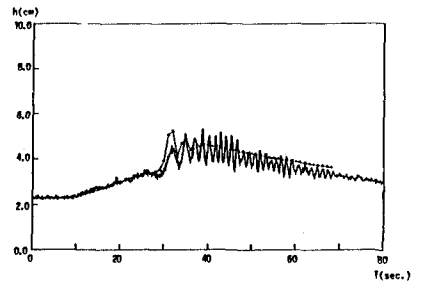


図-5 急縮部上流3mの位置の水深

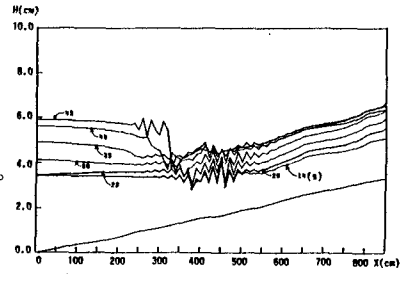


図-6 水位の縦断形状

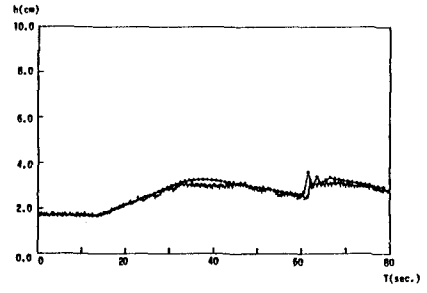


図-7 7.6mの水深変化(勾配1/500)

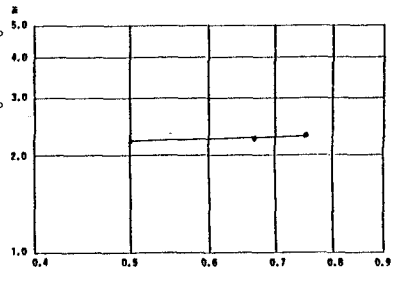


図-8 急縮率と α の関係

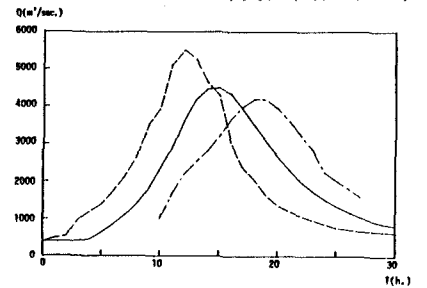


図-9 実河川への適用結果