

V-2 高落差水ナップの変動について

西日本工業大学

正・赤司信義

学 岩崎英利

学 百賀義国

学 下山義孝

学 原田重喜

1. まえがき

高落差水による落下地帯の流れは、落下地帯下流側の水位によって異なる。その水位が低い時水脈拡散は上流側に形成される水フッシュンによって片側拡散となる。又水脈落下更下の下流の水位差がなくその水位が大きい時、流れは近似的に軸対称噴流拡散となり、水叩きへの衝突流速は通過距離の二乗根に比例する事が知られている。が、水フッシュン効果に多大の影響を及ぼすと思われる噴流に付く湾曲により水脈の落下に伴う空気混入については論じられてない。本報告はこうした更をふまえて、まず落下前のナップ形状及び流れの空気量の分布、混入空気量について考察しようとしたものである。

2. 実験装置と方法

実験水路は水路幅 30 cm, 段落地帯上流水路長さ 2 m, 下流水路長さ 2 m, 落下高 $H = 0.7$ m で側面はアクリルガラス、底面は塩ビ板を設置して行った。ナップ形状の測定は側面ガラスを通して鏡みとったものである。又ナップ下面空間の圧力測定は沈鐘式装置によって行った。バネ定数 $C = 2.36 \text{ gr/cm}$, 沈鐘側面計面積 $A_s = 0.55 \text{ cm}^2$, 容器底面積 382 cm^2 , 容器高 20 cm で、この時沈鐘移動距離 z とすると圧力は $P = (C + A_s w) / A_s$ と求められる。又静圧測定には外径 2 mm, 内径 $\phi 1 \text{ mm}$ のステンレスパイプにて測定した。実験は落水更下の上下流水深差がない場合についてのみ行ったものである。ナップ下面空間の圧力変化は水深を急激に増減させる事によって生ぜしめた。

3. 実験結果及び考察

3.1 実験結果及び考察

ナップ下面空間を通過した状態及び下面空間の圧力を増減させた時のナップ上面形状を図2に示した。通気した状態のナップ形状については野見、岩崎両氏が実験的に求めており同図中に一変換線を示した。ナップ下面空間の圧力を増大するとナップは前面に押し出され、空間圧力が低下するとナップは押し込まれる事が分かる。この傾向は落水地帯に近づく程つまりナップの厚さが薄くなる程顕著にみられる。通気した場合のナップ流線方向の力は重力成分、並びに、ナップ内圧力による釣り合いであり、ナップ下面空間の圧力が生じるとこの力が流線方向に働くためナップ形状が変化する。今ナップ内圧力変化が微小であるとしてナップ単位面積当たりの流線方向の力の釣り合いを考えると次の様に表わされる。

Fig-1 段落水の流れ

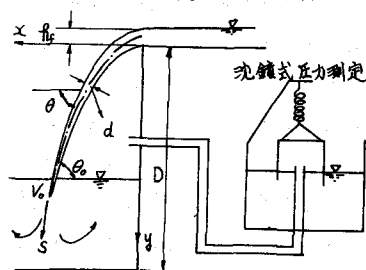
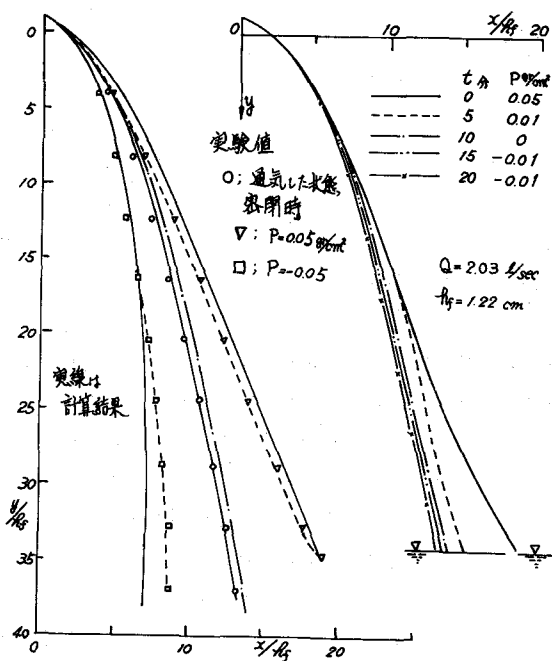


Fig-2 圧力によるナップ形状変化 Fig-3 ナップの時間的変動



$\cos \theta = P_0 / \rho g d + V^2 / 2g r$ のこに V は法線方向の速度、 P_0 は圧力。又流線方向の力の釣り合いを $V^2 / 2g = g \sin \theta$ とすると、フリップ上面について $V^2 = 4g + 2g(y + r_f)$ となる。上式は放物体運動の式である。この時の曲率半径を求め、これがフリップ形状が変化した時のそれに近いとして①式に代入し、①式； $y = \tan^2 \cos^{-1} (P_0 / \rho g d + V^2 / 2g r)$ を解く時フリップ下面空間に圧力が働いた時の形状が近似的に求まる。この結果を図2に示した。大まかな取り扱いではあるが十分形状変化は説明される。図3は干流水深が28.5cmで密閉空間圧力が0.05 atm/cm²の状態を $\theta = 0$ として時間的フリップ形状変化をみたものである。初期の頃フリップ突入角度がゆるいため混入空気はほとんどが下流に流送され急激に圧力が低下していく。そして圧力変化に伴ってフリップ形状が変化し、突入角度が漸次急角度になるため下流への混入空気の流送は少くなりフリップの変動も緩慢になり、ほぼ定常的な状態へと落ちつく事が分かる。図5、6は通気した状態での落水水による空気混入の分布をみるため静圧分布と空気混入分布を示したものである。図5は測定した静圧と静水圧分布と比較してその差を示したものである。その差が空気混入によって生じた差と考えると図6を描いた。図5は突入した流れがフリップ上流壁によって制せられ混入量が少い区間に振数せられるため下流の分布状況より大まかにでている。通気状態から密閉状態にするとフリップは上流へとひきこまれ図3の定常フリップ形状となる。水脈によって混入された空気は水中に没すると水脈の振数により上流側にも下流側にも振数される。図3の時間的フリップ形状変化をもとに混入空気の下流への流量をみたのが図7である。同図中にはフリップ突入角度の変化をも記入してある。突入角度が80°付近になるとフリップの変化はほとんどみられなくなる。今幅 d の二次元噴流が板にある角度で衝突する時下流に流下する流れの幅 d_1 は $d_1/d = 0.5(1 + \cos \theta)$ といえられる。混入空気量もこれに従うとして単位時間当りの混入量を Q_{in} として5分毎の平均値を使って定めると、 $Q = 4A / \{0.5(1 + \cos \theta)\} \cdot \Delta t$ より、 $Q = 2.03 \text{ l/sec}$ の流量下では、0~5分の平均は0.2、5~10分では0.19、それ以後はフリップの変化はない。 $Q = 3.71 \text{ l/sec}$ の時フリップ変動は5分を越えつて、この間の平均は0.18であった。突入地先の $Re = V d_0 / \nu$ は5000程度である。

4 あとがき

フリップ密閉空間の圧力変化による形状は放物体運動に法線方向の力を考慮する事でおおむねその形状は近似された。空気混入について、噴流の水面への突入条件によって、その量が0の場合がよくみられるが、本報告の様に段落水による空気混入は落水水中の水脈動揺、フリップ下面空間の圧力、突入角度等によって非常に把握しにくく混入空気の分配的要因と見なせないでいる。今後は空気混入に関する基礎実験を重ねて落水中の水脈に因って空気混入に伴うもの考察の結果の説明を目標に翻べていきたい。

参考文献；岩崎敏夫；段落水流の物理現象に関する実験的研究；土木学会誌 52巻 6

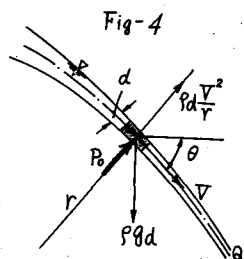


Fig-5 静圧分布

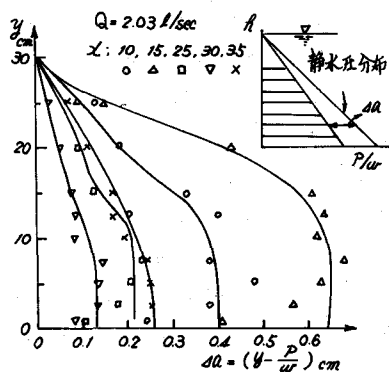


Fig-6 混入空気量の分布

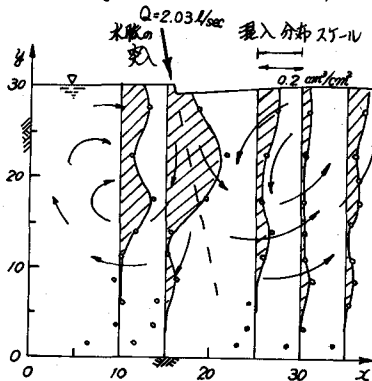


Fig-7 下流流量

