

越流堰ナップの水理特性と衝撃圧の解析 (その1)

- 衝撃圧の特徴的な挙動 -

Analyses on Dynamic Pressure of Hydraulic Nappe (1)

- Specific Aspects of Dynamic Pressure -

○光成 明*, 万田伸生*, 黒田正治**, 竹内真一**, 弓削こずえ**

A. Mitsunari*, N. Manda*, M. Kuroda**, S. Takeuchi** and K. Yuge**

1. はじめに

ナップの水理的な挙動は、ナップの突入部におけるウォーター・クッションの形態によって3つのケースに大別される。ケース1は、ナップの先端が露出射流を伴って床面に直達する場合であり、ケース3は、ナップの先端が貯留水塊に潜り込む場合である。また、ケース2の流れは、ケース1とケース3の遷移領域の流れである。これら3つのケースで発生している流れの形態とその特性を把握するために、水理実験と解析を試みた。

2. 実験方法

実験には、越流堰模型水路(全長2.0m, 幅0.4m, 堰高0.4m)と同(全長4.0m, 幅0.5m, 堰高0.6m)の2台を用いた。圧力水頭は、刃形堰下流床面に設けた水压測定孔に圧力変換器センサを設置し、データロガーに収録した。走査間隔0.01秒と0.02秒について、衝撃圧の最大値、平均値、最小値を比較検討し、両者に差異が認められなかったので、収録時間を長く採るために、走査間隔は、0.02秒に設定した。なお、定常部分の圧力測定には、マンメーターを併用した。

3. 衝撃圧の解析

1) ケース1の流れは、Whiteの式および安芸の式によって、定量解析ができる¹⁾。

まず、Whiteの式では、ナップの床面到達流速 V_1 は(1)式で与えられ、これを運動

量方程式(2)式に代入して、動水圧 p_d を求めることができる。

ここで、Whiteの式は、

$$V_1 = \frac{V_0}{2}(1 + \cos\theta) \quad \dots (1)$$

また、運動量方程式は、

$$p_d = \frac{w}{g}(V_1 \sin\theta)^2 \quad \dots (2)$$

一方、安芸の式では、ナップの床面到達流速 V_1 は、(3)式で与えられ、

$$V_1 = \frac{1}{1+\alpha} \sqrt{V_0^2 + \frac{g(h_{d_0} - d_s)^2}{q}} \left\{ V_0 \cos\theta + \frac{g(h_{d_0} - d_s)^2}{4q} \right\}$$

ここで、 $\alpha = d_s/h_1$ $\dots (3)$

これとベルヌーイの式

$$p_d = \frac{w}{2g}(V_1 \sin\theta)^2 \quad \dots (4)$$

を組み合わせると動水圧 p_d を求めることができる。

2) ケース2の流れには、解析式は未だ、設定されていない。

3) ケース3の流れでは、二次元噴流拡散の式(5)式¹⁾とベルヌーイの定理(6)式から動水圧 V_p を求めることができる。

$$V_1 = \frac{k}{\sqrt{\xi/d_0}} V_0, \quad k=2.3 \quad \dots (5)$$

ベルヌーイの式

$$p_d = \frac{w}{2g}(V_1 \sin\theta)^2 \quad \dots (6)$$

なお、(5)式中の ξ は、流入点から衝突点ま

*九州共立大学大学院 Graduate School of Kyushu-Kyouritsu University. **九州共立大学工学部 Faculty of engineering, Kyushu-Kyouritsu University. キーワード：ナップ，水理特性，衝撃圧

での距離である。

4. 実験結果と考察

1) ケース 1(露出射流を伴う流れ, 図-1)

露出射流を伴うケース 1 の流れでは, 実測値のピーク圧の上目平均値と White の式とがよい一致を示す. White の式は, 落水水脈が床面で総て下流に方向を変えるとの前提で導かれたものだからである. 一方, 安芸の式は, ナップ背面の貯留水頭とナップの運動エネルギーがバランスするとの前提で導かれているので, 実測の衝撃圧の平均値を与えることとなる. このように, ケース 1 の流れでは, White の式および安芸の式が示唆する特徴が明らかとなった. なお, ケース 1 の流れでは, ナップの衝撃圧は, かなり大きな振幅をもって変動することが実測から明らかとなった. また, 変動周期は, 0.08 秒程度である.

2) ケース 3(完全潜り流れ, 図-2)

ケース 2 の流れは, この後に述べることとして, まず, ケース 3 の流れについて述べる. ナップ落下点における貯留水深が充分大きくなると, ウォーター・クッションの水深が充分にあるため, 床面における衝撃圧は減殺され小さくなる. また, 圧力脈動の振幅も, ケース 1 に比べて極端に小さく安定である. その変動周期は, 0.013 秒程度である.

3) ケース 2(遷移領域の流れ, 図-3)

ケース 2 の流れとは, ケース 1 とケース 3 の遷移領域に位置する流れである. ケース 2 の実測衝撃圧の上目平均値は, 安芸の式による計算値に近い値を示す. また, 頻繁に出現するピーク圧(尖頭圧)の値は, ケース 1 の場合とほぼ一致する. この事は, ケース 1 の流れの様態が, 瞬間的に, そして, 頻繁に出現することを示唆している. 一方, 実測圧力の下目平均値は, 噴流拡散の式による値に一致する. この事は, 瞬間的にケース 3 の流れも出現していることを

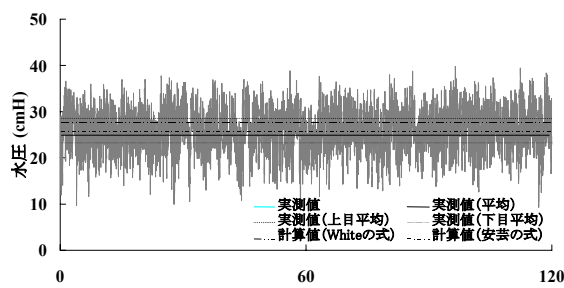


図-1 衝撃圧測定結果(ケース1)
result of measures dynamic pressure (case1)

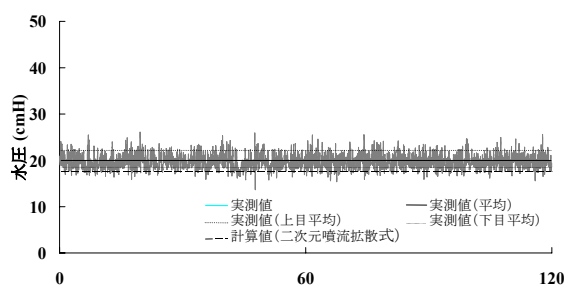


図-2 衝撃圧測定結果(ケース3)
Result of measures dynamic pressure (case3)

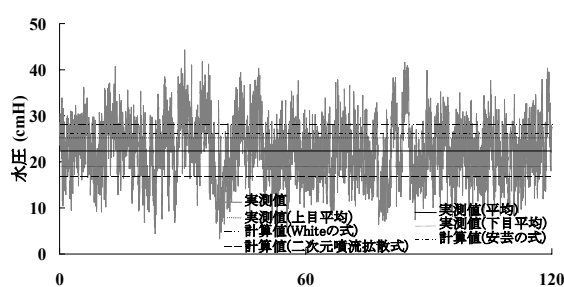


図-3 衝撃圧測定結果(ケース2)
result of measures dynamic pressure (case2)

示している. したがって, 圧力水頭の振幅は, ケース 1 の場合よりもさらに大きくなる. これらのことから, ケース 2 の流れとは, ケース 1 の流れからケース 3 の流れに暫変する流れではなく, ケース 1 の流れとケース 3 の流れが併存する流れであると解釈することができよう. この事が, ケース 2 の流れを解析的に取り扱う事を困難にしていると考えられる. 次報で, ケース 2 の流れの定量的な取り扱いについて述べたい.

実験に際し, 本学技師元村友次氏, 専攻生村上善章君の協力を得た. 記して謝意を表す.

引用文献 1) 水理公式集 S.46 年版, H11 年版 (土木学会刊)