

越流堰ナップの水理特性と衝撃圧の解析（その2）

－遷移領域ナップの定量解析－

Analyses on Dynamic Pressure of Hydraulic Nappe (2)

- Quantitative Analyses of Nappe in Transient Zone -

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

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

1. はじめに

越流堰ナップの挙動は、ウォーター・クッションの形態によって、ケース1、ケース2およびケース3の三つに分類される¹⁾。しかし、前報²⁾で述べたように、遷移領域のナップ（ケース2）の定量解析手法は、未だ確立されていない。筆者らは、一連の水理実験から、遷移領域ナップの水理特性に関する知見を得ることができた。この知見に基づき、遷移領域ナップの定量解析手法の提案を試みることにする。

2. 実験方法

堰高 $H_0=40\text{cm}$ および 60cm のスケールが異なる2つの刃型堰について、フルード数を、10から0.035まで変えながら一連の水理実験を行った。圧力の測定ならびにデータの処理は、前報²⁾の手法を踏襲した。

3. 実験結果と考察

図-1は、ナップの衝撃圧の平均値を種々のフルード数に対して示したものである。

1) ケース1の流れ（完全ナップの流れ）

図-1で、フルード数 Fr が10から1までは、ナップの下流に射流を伴う流れ（ケース1の流れ）が発生している。図-1によれば、衝撃圧水頭 p_d と堰高 H_0 との比 p_d/H_0 は0.62程度で、フルード数に拘わらず、一定である。このこと

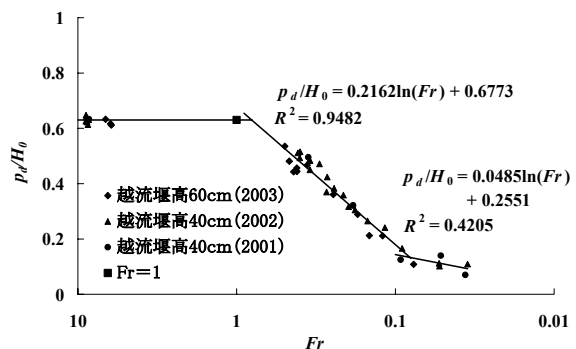


図-1 衝撃圧平均値とフルード数の関係
Relationship between the dynamic pressure and Froude number.

は、ケース1の流れが、ナップの上流側の条件のみで定まることを示している。なお、 $H_0=40\text{cm}$ の場合も $H_0=60\text{cm}$ の場合も等しく同一線上に乗っている。このことは、フルードの相似律が正確に成り立っていることを示している。

2) ケース2の流れ（遷移領域の流れ）

フルード数 Fr が1から、ほぼ0.1までは、ナップは、下流の貯水を激しく攪拌しながら貯水の中に侵入するケース2の流れ（遷移領域の流れ）が生じている。図-1に示すように、衝撃圧水頭と堰高との比 p_d/H_0 はフルード数の対数値に比例して低下する。その様子は、(1)式で定式化することができた。

*九州共立大学大学院 Graduate School of Kyushu-Kyूरitsu University. **九州共立大学工学部 Faculty of engineering, Kyushu-Kyूरitsu University. キーワード：遷移領域ナップ，フルード数，相似律

$$\frac{p_d}{H_0} = 0.2162\ln(Fr) + 0.6773 \quad [0.1 \leq Fr \leq 1] \cdots (1)$$

なお、ここでも堰高 $H_0=40\text{cm}$, 60cm のいずれの場合も、等しく同一線上に乗っている。このことは、ケース 2 (遷移領域) の流れにもフルードの相似律が成り立つことを意味している。

3) ケース 3 の流れ (潜り流れ)

フルード数が 0.1 よりも小さくなると、ナップは下流の貯水に静かに潜入するようになる。図-1 に示すように、衝撃圧水頭と堰高との比 p_d/H_0 は (2) 式のように定式化することができた。

$$\frac{p_d}{H_0} = 0.0485\ln(Fr) + 0.2551 \quad [Fr \leq 0.1] \cdots (2)$$

なお、堰高 $H_0=40\text{cm}$, 60cm のいずれの場合も、等しく同一線上に乗っている。

4) 尖頭圧(ピーク圧)の平均値について

ケース 1, ケース 2 およびケース 3 のいずれの流れにおいても、圧力脈動現象であるから、尖頭圧(ピーク圧)の平均値、つまり、圧力の上目平均値についても検討しておくことが必要である。図-2 に尖頭圧(ピーク圧)の平均値とフルード数の関係を示す。ここでも、堰高に拘わらず、 p_d/H_0 が、フルード数の関数となることが示されている。

4. 結論

1) 実験の結果から、ケース 1 の流れは、フルード数 1.0 以上の流れであり、また、ケース 2 の流れは、フルード数 1.0~0.1 で出現し、ケース 3 の流れは、フルード数が 0.1 以下となって現れることが明かとなった。

2) 通常、ナップ下流部に生ずる流れは重力の影響下の現象であり、フルード数によって流れが規定される。この場合、流れの様子は、 $p_d = f(Fr, H_0)$ で与えられるが、とくに、フルード

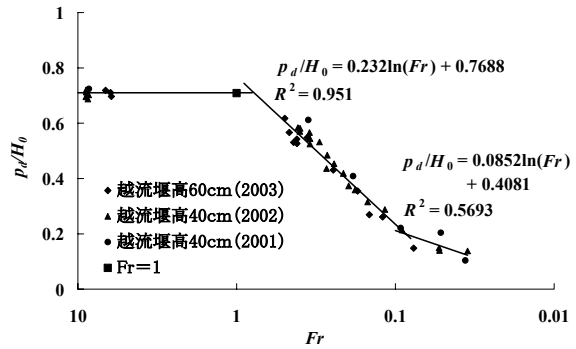


図-2 尖頭圧平均値とフルード数の関係 Relationship between the pointed dynamic pressure and Froude number.

の相似律が厳密に成り立つ場合には、

$$p_d = H_0 \cdot f(Fr) \quad \cdots \cdots (3)$$

となる。

ここで、(1) 式も (2) 式もまさに、(3) 式の形式をなすものであり、ケース 2 およびケース 3 の流れには、フルードの相似律が厳密に成り立っていることが明らかになった。

3) 従来、ナップ下流部に生ずる**ケース 2 の流れ (遷移領域の流れ)** は定式化がなされておらず、定量的な取り扱いが困難であったが、本実験と解析から、定量解析に見通しをたてることが可能になった。**ケース 2 の流れ** は、ダム、頭首工の減勢工などでよく見られるものであり、この正確な解析と把握は、安全設計上、大切なことである。

本研究を行なうに当たり、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。

文献:

- 1) 水理公式集 S.46 年版, H.11 年版 (土木学会刊)
- 2) 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 - 光成 明, 万田伸生, 黒田正治, 竹内真一, 弓削こずえ. H16 年度農工学会大会講演集 (2004)