

越流堰ナップの衝撃圧解析について (その1) -実験による問題提起-

Analyses on Dynamic Pressure of Nappe (I) - Experimental Approaches -

○光成 明, 万田 伸生, 黒田 正治, 竹内 真一

Akira Mitsunari, Nobuo Manda, Masaharu Kuroda, Shinichi Takeuchi

1. 研究の目的 越流堰は、農業水利システムの随所に用いられている見慣れた水利構造物の一つである。例えば、取水工、分水工、減勢工、魚道工などにこの形式のものが多く見られる。とくに、魚道工は、越流堰が連続して連なった構造物である。本研究では、越流堰からの自由落下水脈（ナップ）の水理学的な挙動について実験と解析を試みた。

ナップの水理学的な挙動は、水脈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、図-1に示す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ともなって床面に直達する場合であり、ケース3は、ナップ先端が貯留水塊に潜り込む場合である。また、ケース2は、ケース1とケース3との遷移領域の流れの形態である。

ケース1の流れは、運動量保存則から導かれたWhiteの式¹⁾およびその修正式である安芸の式²⁾によって解析することができる。また、ケース3の流れは、二次元噴流拡散現象として解析する¹⁾ことができる。

これに対し、ケース2の流れ（遷移領域の流れ）は、ナップが突入する貯留水塊の水深の如何によって、頻繁に出現する流れであるにも拘わらず、現時点では、未だ、このケース2の流れ（遷移領域の流れ）に関しては、解析的な取扱い方法が確立されていない。また、ケース2で発生している流れの詳細についても不明な点が多い。とくに、ケース2の流れは、減勢工や、魚道工において、通常、よく見られる流れであり、この解明は、生態環境保全の見地からも緊要なものである。筆者らは、このような観点から、ケース2の流れに着目し、その現象の把握と解析を試みた。

2. 実験方法 実験用の模型水路（延長2.045m、幅0.400m、高さ0.570m）に堰高0.405mの刃型堰を設置し、所要の流量を設定して実験を行なった。

圧力水頭は、堰下流床面に水圧測定孔に圧力変換器を配置し、データロガーにデータを収録した。走査間隔の決定に際しては、間隔0.01秒と0.02秒の両者について、ピークの数および振幅をチェックし、両者に差異が認められなかったので、収録時間をできるだけ長く採るため、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、マノメータを併用した。

3. 実験結果と考察

ケース1（露出射流を伴う流れ） ナップの落下床面における圧力測定例を図-2に示す。これ

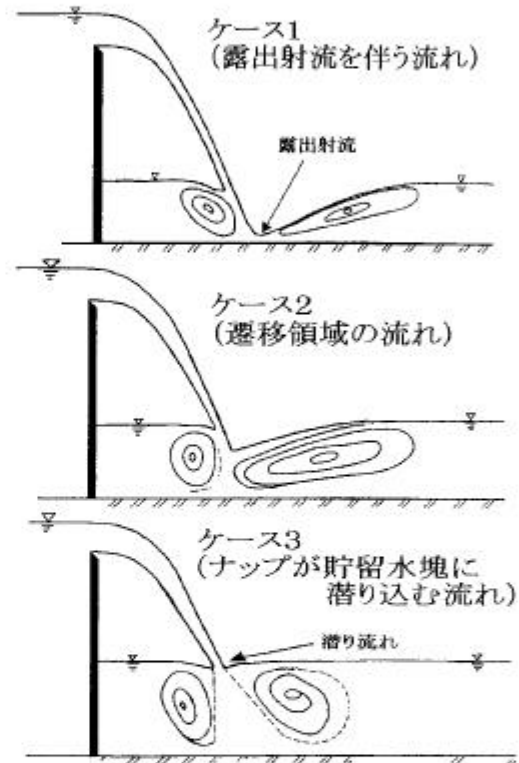


図-1 ウォーター・クッションの形態

によれば、圧力水頭の変動周期は0.081秒、最大振幅は0.308mであった。時間平均の圧力水頭は0.259m、これに対応する安芸の式による計算値は0.261mであった。このことは、安芸の式による値が、露出射流を伴うナップの平均衝撃圧を適切に与えることを示している。また、Whiteの式による計算値は0.260mであった。このことは、Whiteの式が、露出射流を伴う流れの上目平均値0.259mに対応していることを示唆している。

ケース3 (ナップが貯留水塊に潜り込む流れ)
 ナップ落下位置における貯留水深が充分大きくなると、床面における衝撃圧は減殺され小さくなる。その状況を図-3に示す。この場合、圧力脈動の振幅は0.124mとなり、ケース1の場合に比べて、明らかに小さくなる。ここで、変動周期は0.133秒となった。実測による圧力水頭の平均値は0.198mであった。一方、二次元噴流拡散現象として求めた圧力水頭の計算値は0.179mであり、両者はよい一致を示した。

このように、ケース1の場合とケース3の場合には、従来、提案されている解析法が現象をよく表現している。

ケース2 (遷移領域の流れの場合) ナップが図-1のケース2(つまり、ケース1とケース3

の遷移領域)の状況下で落下する場合の水路床面に対する衝撃圧の測定例を図-4に示す。これによれば、圧力水頭の変動周期は0.089秒、最大振幅は0.408mに達する。この値はケース1の場合よりはるかに大きい値となった。時間平均の圧力水頭は0.227mであり、ケース1の場合よりも小さな値となった。

一方、圧力水頭の上目平均値は0.259mであり、これに対応する安芸の式による計算値は0.260mであり、よい一致を示す。また、Whiteの式による計算値は0.283mであった。一方、下目平均値は0.196mであり、これは、二次元噴流拡散式で求めた値0.173mによく対応する。このように、上目平均値は安芸の式に対応し、下目平均値が二次元噴流拡散式に対応すると云う事実は、ケース2の遷移領域の流れが、ケース1とケース3の中間的な流れと云うよりも、ケース1の流れとケース3の流れが短い時間間隔で併存する流れであることを強く示唆している。つまり、ある瞬間には、ナップが床面に直達し、ある瞬間には、ナップが貯留水塊に潜り込む現象が、短い時間間隔で頻発していることを示唆している。このことが、ケース2の流れの統一的な解釈を困難にし、未だ、解析的な取扱い法が確立されていない原因と考えられる。

引用文献

- 1) 水理公式集 S46 改訂版 pp.296-312 (土木学会刊)
- 2) 水理公式集 H11 年版 pp.264-276 (土木学会刊)

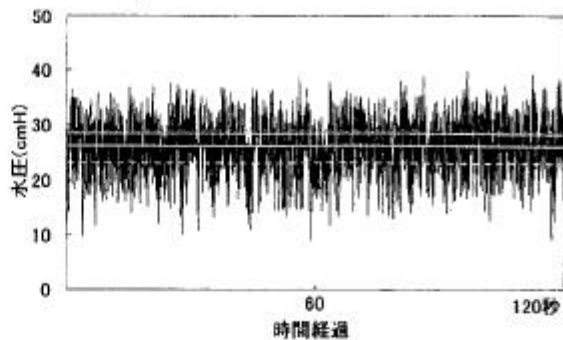


図-2 ケース1(露出射流あり) 末端堰0cm

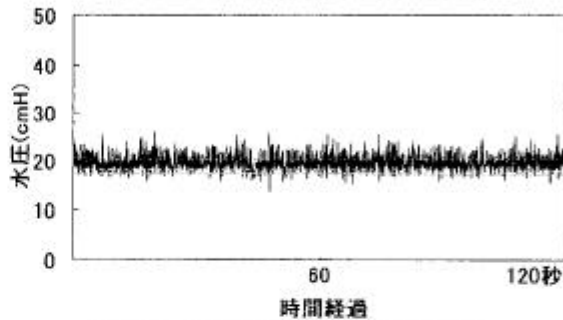


図-3 ケース3(潜り流れあり) 末端堰13.1cm

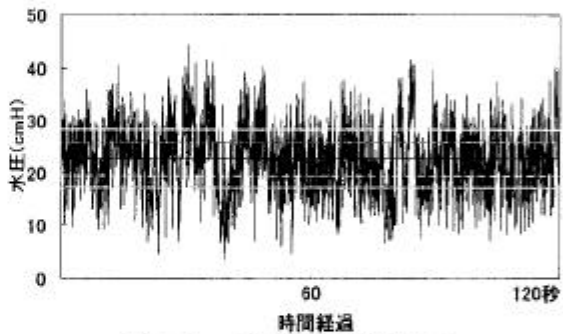


図-4 ケース2(遷移領域) 末端堰高3.0cm