第Ⅱ部門 直線矩形水路取水設備における空気吸込み渦の特性

近畿大学総合理工学研究科 学生会員 〇進藤誠士郎 近畿大学理工学部 正会員 竹原 幸生 関西電力(株) 正会員 久末 信幸 近畿大学理工学部 正会員 高野 保英

1. はじめに

水力発電施設には、取水口や水槽の開水路から圧力水路へ水が流れ込む区間があり、空気吸込み渦により 自由水面から圧力水路に空気が混入することが良く知られている.圧力水路内に混入した空気は、空気塊を 形成し取水口や水槽の自由水面で解放され、エアハンマーとなって水力発電施設のコンクリート躯体に悪影 響を与える.また、水力発電機の羽根車にキャビテーションを生じさせ、さらには、発電能力の低下を招き、 問題となっている.

本研究では取水設備を単純化した直線矩形水路に円形の鉛直管を設置した模型において, PTV 法 (Particle Tracking Velocimetry, 流体可視化計測) により,空気吸込み渦の特性の解析,把握を行った.

2. 実験装置および実験方法

実験装置の平面図を図-1に示す.水力発電施設の取水路を対象とし,取水路から取水管までの範囲(長さ *L*=5.000m,幅*B*=0.300m,高さ*H*=0.600m,取水管内径 (個)を再現した.図の右側が上流側,左側が下流 (個)となっており,水は貯水池から整流壁を通って取水路に流入し,取水管から流出する構造となっている.循環 式の水路とし,所定の流量を電磁流量計で制御し,取水路の水位を一定に保つようにした.

PTV 計測装置の配置図を図-2 に示す. 図中のx, y, z は 座標を表しており,座標原点はo点となる. PTV 計測は, YAG レーザー (120mJ/pulse), CCD ビデオカメラ (1600 ×1200pixel),制御用 PC から構成される. 照明光である レーザーは、シリンドリカルレンズによりシート状に変 換され、計測断面に照射される. トレーサー粒子はナイ ロン 12 粒子 (平均粒径 80 $\mu$ m,比重 1.02)を用いた.

3. 実験条件

実験条件は、取水路内で空気吸込み渦が非定常に発生 する流量 Q=0.021 m<sup>3</sup>/s,水深 h=24cm とした. PTV 計測 を行う水平断面は渦流れが顕著に見られる水面近傍を計 測するため、水面の振動を考慮して水面下 5cm (z=19cm) とした.また、鉛直断面は代表断面として取水路中央 (y=15cm)とした.照明光とするレーザー光は、取水路 終端壁のアクリル面を通して下流側から上流側に向け照 射した.渦流れは非定常で変動が非常に大きい流れであ るため、PTV の撮影時間間隔は△t=10Hz で、計測時間 t=69.4sec とした.レーザーのパルス間隔は 3msec とした.



Seishiro SHINDO, Nobuyuki HISASUE, Kohsei TAKEHARA, and Yasuhide TAKANO 1333350506e@kindai.ac.jp



4. 実験結果および考察

取水路内の水面近傍の水平断面(z=19cm),水路中央の鉛直断面(y=15cm)の平均流速ベクトル分布を図 -3,4に示す.流れは右から左に流れている.図-3に示す水面近傍の水平断面は,図の右側が取水路上流側, 左側が取水路終端壁である.取水管は破線で表している.取水路終端壁付近に左右対称の渦が見られる.ま た,図-4に示す取水路中央の鉛直断面では,流れは取水路終端壁に向かって流れ,その後,取水管がある下 側に流れていることがわかる.また,取水管近傍で取水管に強く引き込まれる流れが見られる.

取水路内の水面近傍の水平断面および取水路中央の鉛直断面の平均渦度分布を図-5,6に示す.図-5では 取水路終端壁近傍の左岸側に反時計回り,右岸側に時計回りの渦度の大きい領域が見られる.これらの渦度 の大きい領域は,図-5に示す取水路終端壁近傍の旋回流に対応している.図-6より水路床の*x*=20cm付近に 反時計回りの渦度が大きい領域があり,*x*=10cm付近に時計回りの渦度の小さい領域が見られる.水面付近 では*x*=35cm付近から下流にかけて時計回りの渦が見られた.

取水路内の水面近傍の水平断面および取水路中央の鉛直断面の渦度の変動強度分布を図-7,8に示す.図-7に示す取水路内の水面近傍の水平断面の渦度の変動強度分布では,取水路終端壁近傍の左岸側,右岸側に 発生する旋回流近傍で渦度の変動強度が大きい.また,図-8の取水路中央の鉛直断面では,水路床の取水管 中心である x=15cm 付近で渦度の変動強度が大きい領域が見られる.