مهار امواج جریان فوق بحرانی در خم‌ها با موانع عرضی

علیرضا شمخالچیان[۱]، محبوبه جمعه زاده[۱]، محمدرضا جعفرزاده[۲]

۱- کارشناس ارشد مهندسی آب- دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه عمران- دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

Shamkhalchian_alireza@yahoo.com
Mahboobeh_jomehzadeh@yahoo.com
Jafarzad@um.ac.ir

خلاصه

در این مقاله نخست رفتار جریان فوق بحرانی در کانال‌های خمیده مرور می‌شود، سپس آزمایشات بلترامی و همکاران در کانال‌های خمیده با زاویه خم ۱۸۰ درجه به‌طور عددی شبیه‌سازی شده و با داده‌های آزمایشگاهی ایشان و روابط سایر محققین مقایسه می‌گردد. در حل عددی از جداسازی معادلات دو بعدی آب‌های کم عمق با الگوی حجم محدود Roe-TVD بر یک شبکه چهار گوش استفاده می‌شود آنگاه روش بلترامی و همکاران برای نصب موانع عرضی به منظور کاهش ارتفاع امواج معرفی می‌شود و کارهای آزمایشگاهی این محققین مدلسازی عددی می‌شود. تحقیقات عددی نیز کاهش ارتفاع امواج را در صورت استفاده مناسب از موانع عرضی تا ۲۰ درصد تایید می‌کند.

کلمات کلیدی: کانال‌های خمیده، رژیم فوق‌بحرانی، امواج مورب، کاهش شدت امواج، Roe-TVD.

۱. مقدمه

تولید و توسعه امواج جریان فوق بحرانی در گذر از خم‌ها اجتناب ناپذیر است. بالا رفتن ارتفاع فراز موج باندازه چندین برابر عمق جریان ورودی به خم، باعث افزایش ارتفاع دیواره‌های کانال می‌شود که به لحاظ مهندسی و اقتصادی مطلوب نیست. بویژه آن‌که این امواج در محدوده بزرگی از کانال پایین دست خم نیز گسترش پیدا می‌کنند. شکل‌گیری امواج در کانال‌های طبیعی مانند رودخانه‌ها نیز برای کشتیرانی و بسیاری از استفاده‌های دیگر مناسب نیست بنابراین ابداع روش‌هایی که به کمک آن‌ها از ارتفاع بیشینه امواج کاسته شده و سطح هموارتری در خم ایجاد شود ارزش فراوانی خواهد داشت. برای نیل به این هدف استفاده از موانع عرضی در کانال بالادست خم پیشنهاد شده است. این روش توسط بلترامی و همکاران[۱] در سال ۲۰۰۷ به صورت آزمایشگاهی به کار گرفته شد و در آن با تعبیه موانع در کانال بالادست خم، امواج مثبت با فاز مناسب تولید شدند تا در ترکیب با امواج جریان فوق بحرانی در خم از شدت آن‌ها کاسته و سطح هموارتر گردد، [1]. در مقاله حاضر آزمایشات این محققین با کمک روشهای عددی شبیه سازی می‌شود.

۲. مشخصات امواج فوق بحرانی در خم‌ها

هنگامی که یک جریان فوق بحرانی واردکانال خمیده‌ای می‌شود بر اثر انحنای دیواره‌های کانال، مجموعه‌ای از امواج مورب در سطح آب به وجود می‌آیند. در شکل ۱، امواج فوق بحرانی مثبت و منفی در یک خم ترسیم شده است. اولین فراز(نشیب) موج در دیواره خارجی(داخلی) با زاویه θ_m از ورودی خم تولید می شود. موقعیت فراز (نشیب) این امواج از هندسه کانال و مشخصات جریان بدست می‌آید و بر این اساس داریم، [2 و3]:

1. Beltrami G.M. and Repetto R. and Del Guzzo