

مدل سازی عددی انقباض در مجرای تحت فشار برای جریان آرام

فاطمه فرشی^۱، عبدالرضا کبیری سامانی^۲، محمدرضا چمنی^۳

۱- دانشجوی دکترای مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار دانشکده مهندسی عمران- دانشگاه صنعتی اصفهان

f.farshi@cv.iut.ac.ir

خلاصه

مطالعه‌ی جریان در محدوده‌ی یک انقباض در کانال یا مجرای یکی از موضوعات مورد توجه در مهندسی هیدرولیک است. با مشخص شدن الگوی جریان پشت انقباض، می‌توان پارامترهای مهمی از جمله مؤلفه‌های سرعت و فشار را به‌دست آورد. در پژوهش حاضر، جریان آرام در یک مجرای تحت فشار منتهی به یک انقباض، مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور بررسی عددی میدان جریان از روش عددی تفاضل محدود با نام تصویرسازی استفاده شده است که در آن، از یک شبکه‌ی جابه‌جا شده برای حل معادلات ناویر-استوکس بهره گرفته می‌شود. با این کار امکان به هم جفت کردن متغیرها فراهم شده و پایداری بهتری حاصل می‌شود. خطوط جریان، مؤلفه‌های سرعت و تغییرات فشار در مقاطع مختلف پشت انقباض محاسبه می‌شوند. جریان در ابتدا ناماندگار فرض می‌شود و با قدم زدن در زمان، به شرایط ماندگار منتهی می‌گردد. شرایط مرزی به‌صورت یک جریان ورودی در ابتدای مجرا، یک خروجی به‌عنوان انقباض و مرزهای صلب به‌عنوان دیواره‌های آن تعریف شده‌است. این مسأله پیش از این به روش‌های تحلیلی و آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن یک جریان پتانسیل غیرچرخشی حل شده است. مزیت حل عددی حاضر در نظر گرفتن شرایط واقعی جریان با استفاده از حل معادلات ناویر-استوکس است. مقایسه‌ی نتایج نشان می‌دهد که در محدوده‌ی انقباض، با استفاده از این روش جواب‌های بهتری حاصل می‌شود.

کلمات کلیدی: انقباض، جریان آرام، مجرا، تصویرسازی.

۱. مقدمه

یکی از مسایل مهم در مهندسی هیدرولیک، بررسی جریان در محدوده‌ی یک انقباض در کانال‌های باز و یا مجراهاست. با مشخص شدن الگوی جریان می‌توان پارامترهایی مانند ضریب انقباض، پروفیل‌های سرعت و کانتورهای فشار را تعیین نمود. بسیاری از روش‌هایی که به همین منظور پیشنهاد شده‌اند برپایه‌ی جریان پتانسیل بوده‌اند. از جمله Batchelor (۱۹۶۷) که خطوط جریان را در اطراف یک اریفیس به‌دست آورد [۱]. برخی از محققین روی دریچه‌های عمودی که بر آنها جاذبه تأثیر می‌گذارد، متمرکز شده‌اند، از جمله Benjamin (۱۹۵۶)، Larock (۱۹۶۹) (به‌صورت عددی) و Chung (۱۹۷۲) [۳ و ۴]. تأثیر سطح آزاد نیز در پژوهش‌های محققینی مانند Montes (۱۹۷۷)، Venden-Broeck (۱۹۹۷) و Binder و Venden Broeck (۲۰۰۷) به چشم می‌خورد که دو تحقیق اول مسأله را به‌صورت عددی حل نموده‌اند [۵، ۶ و ۷]. از دیگر مطالعات عددی صورت گرفته می‌توان به Binnie (۱۹۵۲) و Fangmier و Strlkoff (۱۹۶۸) اشاره کرد [۸ و ۹]. Montes (۱۹۹۷) نشان داد که فرض جریان پتانسیل یا واقعی نتایج تقریباً مشابهی برای پروفیل‌های سرعت و فشار به‌دست می‌دهند [۵]. اخیراً Belaud و Litrico (۲۰۰۸) با فرض یک جریان پتانسیل در بالادست یک انقباض، به محاسبه‌ی سرعت و فشار در محدوده‌ی انقباض پرداخته‌اند [۱۰]. آنها برای شبیه‌سازی انقباض از تعدادی چاه استفاده کرده‌اند که به‌صورت یکنواخت در محدوده‌ی انقباض توزیع شده‌اند. در پژوهش حاضر، با فرض یک جریان واقعی، به بررسی مسأله‌ی بیان‌شده توسط Litrico و Belaud (۲۰۰۸) به‌صورت عددی پرداخته شده است. یک مجرا مانند آنچه در شکل ۱ ترسیم شده، در نظر گرفته شده است. در این شکل سیستم مختصات کارتزین (x, y) نماینده‌ی جهت‌های افقی و عمودی در صفحه‌ی فیزیکی و (u, v) مؤلفه‌های سرعت در جهت‌های x و y هستند. جریان به‌صورت

^۱ دانشجوی دکترای رشته‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان