

مدلسازی اصطکاک غیرماندگار در حل حجم محدود جهت مند جریان در مجاری بسته

علی عباسی^۱، سعیدرضا صباغ یزدی^۲

۱- کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

aliabbasi.civileng@gmail.com

خلاصه

در این مقاله، یک روش موثر برای مدلسازی تنشهای کلی اصطکاک در جریان غیرماندگار، با استفاده از معادلات پیوستگی و حرکت جریان یک بعدی در لوله ها ارائه شده است. معادلات بدست آمده، با روش حجم محدود (روش گودنف) برای حل مسائل جریان غیرماندگار (ضربه قوچ) در مجاری بسته، مورد حل قرار گرفته اند. در مدلسازی حاضر برای تعیین تنشهای کلی غیر ماندگار ناشی از اصطکاک جداره های مجرا، از دو روش تقریبی و روش دقیق استفاده شده است و نتایج بدست آمده با داده های اندازه گیری شده و نتایج سایر مدلها مقایسه شده اند. هر دو روش تقریبی و دقیق مدلسازی تنشهای کلی اصطکاک برای دامنه وسیعی از اعداد رینولدز و فرکانسهای مختلف موج دارای تطابق خوبی با اندازه گیریهای گزارش شده و نتایج مدلسازی با روش دوبعدی آشفته می باشند. روش تقریبی ارائه شده تنها نیازمند ذخیره سازی اطلاعات جریان در یک گام زمانی می باشد در صورتی که روش دقیق، نیازمند ذخیره سازی متغیرهای جریان در تمام گام های زمانی قبلی در تمام نقاط محاسباتی می باشد. لذا روش تقریبی مدلسازی تنشهای کلی اصطکاک با توجه به زمان مورد نیاز برای انجام محاسبات و نیز حفظه مورد نیاز برای ذخیره سازی اطلاعات از کارایی بیشتری نسبت به روش دقیق برخوردار می باشد. این امر خود باعث رغبت بیشتر برای استفاده از روش تقریبی شده است.

کلمات کلیدی: تنش برشی، جریان غیرماندگار، مجاری بسته، مدل حجم محدود، روش گودنف.

۱. مقدمه

در خطوط لوله تحت فشار، آشفتنگی های جریان ناشی از خاموش شدن پمپ و یا تغییرات سریع در میزان بازشدگی شیر، تولید موجهای فشاری مثبت و منفی می کند که دارای قدرت کافی برای تخریب خط لوله و سایر وسایل هیدرولیکی شبکه می باشند. امواج فشاری منفی همچنین می توانند باعث کاویتاسیون، ایجاد حفره و خوردگی شوند. بنابراین مدلسازی دقیق پدیده ضربه قوچ (جریان غیرماندگار) به منظور طراحی مناسب و عملکرد مطمئن سیستم خط لوله تحت فشار ضروری می باشد. همچنین مسائل مربوط به کیفیت آب به دلیل نفوذ آلودگی درون ترک ها و حفره های ایجاد شده، می تواند ایجاد شود. در طول پدیده ضربه قوچ، کیفیت آب نیز تحت تاثیر این پدیده می باشد، چرا که لایه نازک زنده ایجاد شده بر روی جداره لوله، به دلیل تنش های برشی بزرگی که در این جریان اتفاق می افتد، گندزدائی شده و حتی ذرات دوباره بصورت معلق تحت تاثیر اختلاط شدید جریان درون لوله درمی آیند. طراحی سیستم های خط لوله و پیش بینی تغییرات کیفیت آب، نیازمند مدل های ریاضی کارآمدی می باشد که بتواند مسائل جریان غیرماندگار را برای بیش از یک سیکل حل نماید. مدل های ضربه قوچ یک بعدی (ID) تجاری، که در آنها تنش برشی توسط فرمولهای حالت ماندگار (معادله دارسی - وایسباخ) تخمین زده می شود، در تخمین مقدار فشار (هد آب) برای سیکلهای دوم به بعد دچار ضعف می باشند. دلیل اصلی این ناتوانی، عدم توانایی فرمولهای افت حالت ماندگار برای در نظر گرفتن تاثیرات رفتار دوبعدی پروفیل سرعت در افت انرژی می باشد. این رفتار دوبعدی پروفیل سرعت ناشی از پراکنده شدن گردابه های تولید شده توسط موج در جداره لوله می باشد. یک لوله افقی را در نظر بگیرید که به یک مخزن با هد ثابت در بالادست و به یک شیر در پائین دست متصل شده است. بستن ناگهانی و کامل شیر در پائین دست، تولید یک موج فشاری می کند که با سرعت زیاد (بیش از ۱۴۰۰ متر بر ثانیه) به سمت بالادست حرکت می کند و مقدار جریان در پشت موج فشاری به صفر کاهش می یابد. در اثر عبور موج از یک نقطه در امتداد طول لوله، نرخ جریان به صفر کاهش یافته و در نتیجه سرعت محلی تمام ذرات سیال که در تماس مستقیم با جداره جداره لوله نیستند، به اندازه سرعت میانگین اولیه تغییر می یابد. اما، بدلیل عدم لغزش (ثابت بودن) لوله، موج عبوری نمی تواند باعث تغییر سرعت ذرات سیال که در تماس با جداره بوده و دارای سرعت صفر می باشند، گردد. این تفاوت در مقدار تغییر سرعت برای ذراتی که در تماس با جداره هستند و ذراتی که در تماس با جداره نیستند، تولید یک رینگ (حلقه) گردابه ای می کند که به پیرامون لوله، متصل می باشد. این حلقه گردابه ای، با گذشت زمان، از سمت جداره لوله به