بررسی تاثیر نحوه بازشدگی شیر کنترل و جنس مصالح بر مشخصات هیدرولیکی جریان در پدیده ضربه آبی

حمید پورباقری[۲]، حامد زمانی[۱]، جلال بازرگان[۳]

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده فنی دانشگاه زنجان

۱- استادیار سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده فنی دانشگاه زنجان

Pourbagheri.hamid@gmail.com

خلاصه

در سیستم‌های انتقال آب ، بروز پدیده ضربه آبی در اثر بسته شدن سریع یا تدریجی شیر کنترل در خروجی لوله پدیده متداولی است که در طراحی تاسیسات انتقال بایستی مد نظر قرار گیرد. جریان حاکم بر پدیده ضربه آبی، جریان ناپایدار تحت فشار است. در این مقاله پس از معرفی معادلات حاکم بر جریان ناپایدار تحت فشار در ضربه آبی، معادلات مشخصه برای یک مسئله نمونه حل شده است. سپس مشخصات جریان ناپایدار در دو حالت بسته شدن سریع و بسته شدن تدریجی دریچه کنترل خروجی مقایسه شده است. همچنین تحلیل‌ها برای دو نوع مصالح مختلف محاسبه و مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بسته شدن سریع دریچه خروجی جریان در سیستم‌های تخلیه مخازن، نوسانات فشار قابل توجهی را در طول لوله تحمیل می‌کند.

کلمات کلیدی: جریان ناپایدار تحت فشار، ضربه آبی (ضربه قوچ)، روش مشخصه‌ها، دریچه کنترل

۱. مقدمه

یکی از طبقه‌بندی‌های جریان، طبقه‌بندی بر اساس ثبات یا تغییر مشخصات جریان نسبت به زمان در یک مقطع معین است. اگر مشخصات جریان نسبت به زمان تغییر کند، جریان را غیردائم، غیرماندگار و یا ناپایدار می‌گویند. برای یک جریان تحت فشار که موضوع بحث این مقاله است، سرعت و فشار مشخصات اصلی جریان در نظر گرفته می‌شوند.

گاهی در روند لوله، تغییر سرعت‌ها به قدری سریع است که می‌بایست خصوصیات کشسانی لوله‌ها و مایع درون آنها را نیز در تحلیل منظور کرد. در این صورت نوعی از ناپایداری هیدرولیکی به وجود می‌آید که به نام *ضربه آبی* یا *ضربه قوچ* شناخته می‌شود. با وجود اینکه تحلیل جریان در این حالت پیچیده‌تر از تحلیل جریان ستون صلب است اما رفتار هیدرولیکی سیال را دقیق‌تر بیان می‌کند.

یکی از پارامترهای تاثیرگذار در روند تغییرات ناشی از ضربه آبی در تاسیسات انتقال آب، نحوه بسته شدن دریچه‌های خروجی جریان است. این امر اساسا اجتناب‌ناپذیر است. چرا که روند مصرف منابع آب در شرایط مختلف و بر اساس نیاز مصرفی مختلف، قطع یا وصل جریان را ایجاب می‌کند. از این رو مسئله حائز اهمیت شناخت پارامترهای موثر و لحاظ کردن آنها در تحلیل و طراحی تاسیسات انتقال آب است [۱].

۲. معادلات حاکم بر جریان ناپایدار تحت فشار

مطالعه ناپایداری کامل جریان‌ها باید شامل اینرسی سیال بوده و علاوه بر آن، می‌تواند شامل قابلیت فشردگی سیال و کشسانی مجرا هم باشد. تحلیل ناپایداری جریان در هر دو حالت نیازمند کاربرد قانون دوم نیوتن است که به معادله اولر منجر می‌شود. معادله اولر که همان معادله حاکم بر حرکت سیال است در حالت کلی به شکل رابطه (۱) نوشته می‌شود [۲]:

$$\frac{1}{g}\frac{dv}{dt}+\frac{1}{\gamma}\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{dz}{dx}+\frac{f}{D}\frac{v.|v|}{2g}=0 \qquad (1)$$

که در آن $v(x,t)$ سرعت جریان؛ $P(x,t)$ فشار هیدرواستاتیکی؛ t ، متغیر زمان؛ x ، متغیر مکان در راستای خط لوله؛ g ، شتاب ثقل زمین؛ f ، ضریب دارسی-ویسباخ و D ، قطر لوله انتقال آب می‌باشد. علت اینکه به جای مربع سرعت، از حاصل‌ضرب سرعت در قدرمطلق آن استفاده شده این است که در اثر معکوس شدن