

بررسی عددی پدیده جدایی ستون مایع در سیستم‌های انتقال آب

نیما توکلی شیرازی^۱، غلامحسین اکبری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان پردیس بین‌المللی چابهار

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

n.tavakoli.sh@mail.usb.ac.ir

خلاصه

در بررسی و تحلیل شبکه‌های لوله در حالت جریان غیر ماندگار، زمانی که فشار به مقدار فشار بخار برسد پدیده جدایی ستون رخ خواهد داد. در این مقاله به بررسی رفتار دینامیکی سیستم‌های لوله توزیع سیال با در نظر گرفتن پدیده جدایی ستون مایع پرداخته شده است. مدل مورد استفاده در این تحقیق یک لوله مستقیم و معلق می‌باشد که مورد برخورد یک میله فولادی توپر قرار می‌گیرد. نتایج تغییرات فشار در نقاط مختلف لوله، مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج معتبر واری واری گردیده است. مشخص گردید که فشار سیال درون لوله تحت اثر تداخل سیال - سازه (FSI) تشدید می‌شود که نشان دهنده اثر بحرانی FSI بر روی فشار سیال است. نتایج به دست آمده برای حالت ضربه بدون در نظر گرفتن جدایی ستون مایع انطباق بسیار مناسبی بر نتایج آزمایشگاهی دارد. برای حالت ضربه با در نظر گرفتن شرایط جدایی ستون مایع دارای انطباق کمتری است که می‌تواند به علت سادگی مدل استفاده شده در شبیه سازی جدایی ستون سیال باشد.

کلمات کلیدی: اندرکنش سازه و سیال، جدایی ستون مایع، منحنی تغییرات فشار

۱- مقدمه

جریان غیرماندگار جریانی است که خصوصیات آن در هر نقطه با زمان تغییر کند. زمانی که جریان از یک حالت ماندگار به حالت ماندگار دیگری تغییر شرایط می‌دهد، جریان غیر ماندگار مابین را جریان میرا (گذرا) می‌نامند. ضربه قوچ یا چکش آبی نوعی جریان میرا است که در خطوط لوله می‌تواند در اثر بسته شدن شیر ها یا توقف ناگهانی پمپ ایجاد شود.

تغییرات فشار در یک سیستم خط لوله باعث ایجاد جابجایی‌های دینامیکی در سازه لوله می‌شود که این جابجایی‌ها در جهت طولی و در جهت جانبی هستند. این لرزه‌های سازه ای می‌توانند باعث ایجاد نیروهای قابل ملاحظه ای در تکیه گاهها شوند. همچنین با تاثیرگذاری در معادله پیوستگی و شرایط مرزی می‌توانند امواج فشاری درون مجرا را متاثر نمایند. بنابراین یک اندرکنش بین سیال و سازه خط لوله وجود دارد و هر دو رویهم تأثیر گذارند. پس برای تحلیل سیستم باید معادلات حاکم بر حرکت سیال و حرکت دینامیکی سازه، بصورت همزمان (کوپله) نوشته شده، و با روشی مناسب حل شوند.

تداخل سیال-سازه در شبکه لوله ها اولین بار توسط اسکالاک در سال ۱۹۵۶ با ارائه معادلات تداخلی حاکم بر ضربه قوچ مطرح گردید [۳]. پس از آن این موضوع به طور پیوسته مورد بررسی قرار گرفت و روشهای مختلفی اعم از کوپله، نیمه کوپله و الگوریتم های مختلفی جهت مدل سازی عددی آن ارائه گردید که از مهمترین آنها میتوان به حل معادلات تداخلی ارتعاش یک لوله با روش کاملاً خطوط مشخصه توسط وینگر [۵] و بعدها توسعه آن توسط تایلینگ [۴]، حل معادلات سازه ای با روش اجزای محدود و معادلات هیدرولیک با روش خطوط مشخصه [۶] و حل تحلیلی مساله تداخل سیال-سازه برای یک لوله [۳] اشاره کرد.

تایلینگ و واردی [۲] آزمایشی بر روی یک سیستم لوله ای T شکل جهت بررسی اثرات FSI و جدایی ستون مایع انجام داده اند. با تنظیم فشار استاتیکی درون سیستم لوله در حالت سیال ساکن می‌توان آزمایش FSI با جدایی ستون یا بدون جدایی ستون مایع را انجام داد. آزمایش های انجام