



بررسی عددی رفتار آرایش بحرانی مربوط به خطوط لوله فراساحلی تحت اثر جریان

عباس یگانه بختیاری^۱، مجید زینلی^۲

تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران

E-mail: yeganeh@iust.ac.ir

خلاصه

به منظور تعیین آرایش مناسب و بهینه خطوط لوله فراساحلی موازی تحت اثر جریان که نزدیک بستر دریا قرار دارند، ضرورت دارد تاثیر تداخل دنباله‌ای (wake interference) و همچنین نزدیکی بستر بر روی میدان فشار و نیروهای هیدرودینامیکی مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور تاثیر تداخل دنباله‌ای و نزدیکی بستر به ترتیب با در نظر گرفتن فواصل طولی مختلف L/D (فاصله طولی بین خطوط لوله و D قطر لوله می‌باشد) و فواصل دهانه‌ای مختلف e/D (فاصله لوله تا بستر می‌باشد) مطالعه شده است. جهت به دست آوردن مولفه‌های سرعت و فشار در میدان محاسباتی مستطیلی شکل، معادلات ناویر-استوکس و پیوستگی در حالت دو بعدی حل شده و از یک مدل آشفتگی $k-\epsilon$ استاندارد برای تعیین ادی-ویسکوزیته استفاده شده است. نتایج به دست آمده در عدد رینولدز $Re = 7000$ بیانگر آن است که در آرایش‌های ویژه‌ای از خطوط لوله، ضریب دراگ متوسط لوله پایین دست تغییر علامت می‌دهد که با فاصله طولی بحرانی (L_C) و فاصله دهانه‌ای بحرانی (e_C) متناظر است. پس از بررسی آرایش‌های مختلف رفتار کلی فاصله طولی و دهانه‌ای بحرانی به دست آمده است.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی عددی، تداخل دنباله‌ای، آرایش بحرانی

مقدمه

بررسی خصوصیات جریان در اطراف لوله‌های موازی در بسیاری از حوزه‌های مهندسی از قبیل طراحی خطوط لوله و تاسیسات فراساحلی مطرح می‌باشد. تداخل دنباله خطوط لوله با آرایش موازی سبب تغییرات نیروهای هیدرودینامیکی و بسیاری از مولفه‌های مهم میدان جریان می‌شود. مطالعه خصوصیات هیدرودینامیکی جریان اطراف خطوط لوله موازی به فهم بهتر دینامیک گردابه‌ها، توزیع فشار و نیروهای لیفت و دراگ و طراحی ایمن تر و دقیق تر آنها کمک خواهد کرد.

اگرچه مطالعاتی در زمینه لوله‌های موازی توسط برخی از پژوهشگران صورت گرفته است، تاثیر نزدیکی بستر فقط برای لوله منفرد مورد بررسی قرار گرفته است. وجود بستر سبب ایجاد یک لایه مرزی آشفته می‌شود. تاکنون پژوهشگرانی همچون Sarpkaya (۱۹۷۷)، Sumer (۱۹۹۱)، و همکاران (۱۹۹۱)، تاثیر نزدیکی بستر به یک لوله منفرد را بر ضرایب نیرو مطالعه کرده‌اند. نتایج مطالعات آنان نشان می‌دهد وقتی خط لوله به بستر نزدیک می‌شود، توزیع فشار اطراف لوله تغییر کرده و منجر به افزایش کلی ضریب لیفت متوسط و کاهش ضریب دراگ متوسط می‌شود. با استفاده از تکنیک تصویربرداری از جریان Igarashi (۱۹۸۱)، Zdravkovich (۱۹۷۸) و Sumner (۲۰۰۰) آزمایشهایی را ترتیب داده و طبقه‌بندی‌هایی را برای رژیم‌های تداخلی اطراف دو لوله موازی پیشنهاد کردند. عموماً، سه حالت اصلی که می‌توان با توجه به این مطالعات برای رژیم جریان اطراف لوله‌های موازی در نظر گرفت به صورت زیر می‌باشد: (۱) برای فواصل طولی در محدوده $1/8 < L/D < 1/2$ که در آن لایه‌های برشی جدا شده از لوله بالادست دوباره با لوله پایین دست تماس پیدا می‌کنند و تشکیل گردابه‌ها^۳ فقط در ناحیه دنباله لوله پایین دست رخ می‌دهد (۳) برای فواصل طولی بیشتر که تشکیل گردابه‌ها در ناحیه دنباله هر دو لوله رخ می‌دهد. در هر حال، طبقه‌بندی یاد شده همواره برقرار نبوده و به عوامل مختلفی از قبیل عدد رینولدز جریان و شرایط مرزی از قبیل زبری سطح لوله و نزدیکی بستر بستگی دارد. از اینرو، ضرورت دارد تاثیر شرایط مختلف بر روی مولفه‌های مختلف رژیم جریان اطراف خطوط لوله موازی بررسی شود.

^۱ استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تلفن/فاکس: ۰۲۱-۷۳۹۱۳۱۳۰

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تلفن: ۰۹۱۲-۵۳۶۰۵۳۴