

بررسی اثر اندرکنش خاک-لوله در لوله‌های انعطاف پذیر مدفون بر روی نوسانات فشاری حاصل از پدیده ضربه قوچ

سیف الله سعدالدین^۱، طاهره ابتدائی^۲، مجتبی شجاع الدین^۳
^۱استادیار، سمنان، دانشگاه سمنان، شرکت آب و فاضلاب شهری استان سمنان
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد، سمنان، دانشگاه سمنان، شرکت آب و فاضلاب شهری استان سمنان
^۳کارشناس ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی مکانیک

¹S_Sadodin@iust.ac.ir
²sm_ebtadaei@yahoo.com
³m.shojaedin@yahoo.com

در خطوط انتقال آب، جریانهای گذرای سریع یا ضربه قوچ در اثر تغییرات آنی سرعت سیال و به طور عمده بواسطه باز یا بسته شدن ناگهانی شیرها، توقف یا شروع به کار پمپها پدید می آید و سبب افزایش و یا کاهش فشار در لوله میگردد و به صورت موجی مثبت و یا منفی با سرعتی که به سرعت موج موسوم است در طول لوله پیش می رود. در سیستم های انتقال سیالات، لوله ها باید به گونه ای طراحی و ساخته شوند که در مقابل امواج حاصل مقاوم بوده و خوردگی ها و صدمات به حداقل ممکن برسد. مدفون کردن لوله های انعطاف پذیر از جمله پلی اتیلن (با توجه به گسترش استفاده از آنها در سالهای اخیر) در خاک از طریق پارامترهای مختلف اثرات متفاوتی بر روی نوسانات فشاری وارد بر جداره لوله دارد. خاک به عنوان یک مقاومت اضافه (علاوه بر جداره لوله) در برابر موج فشاری ایجاد شده، عمل می کند و روی شکل موج ایجاد شده و فرآیند مستهلک شدن آن تأثیر می گذارد. در این تحقیق با استفاده از مدل اجزای محدود لوله و خاک و مدلسازی اندرکنش خاک-لوله توسط فنرهای الاستوپلاستیک، اثر دفن کردن لوله های پلی اتیلن بر روی نوسانات فشاری ناشی از ضربه قوچ و تأثیر پارامترهای مختلف از قبیل عمق دفن، قطر و جنس خاک اطراف و... بر روی این پدیده بررسی شده است.

کلمات کلیدی: لوله های انعطاف پذیر، اندرکنش خاک-لوله، نوسانات فشاری، ضربه قوچ، لوله مدفون

۱. مقدمه

ضربه قوچ، پدیده جریان گذرای سیال و عبور موجهای فشاری است که نوعی از جریان گذرای خاص است که در شبکه لوله های شامل سیال بوسیله تغییرات ناگهانی در شرایط پایدار سیال روی می دهد. این تغییرات معمولاً توسط باز کردن و بستن ناگهانی شیر، و یا راه اندازی و از کار انداختن پمپها اتفاق می افتد. ضربه قوچ تغییر ناگهانی و گذرای سیال را در پی دارد و ممکن است به تجهیزات خط لوله ضربه بزند و برای جلوگیری از این آسیب باید توسط اجزایی مانند سرچ تانکها، اتصالات قابل انعطاف، محفظه های هوا، چرخ طیار پمپها و شیرهای فشارشکن و... کنترل و مهار شود. پیش بینی بیشترین میزان فشار حاصل از ضربه قوچ، مقاومت مورد نیاز در خط لوله را مشخص می کند. تئوری ضربه قوچ حاضر بر اساس مطالعات ژوکوفسکی^۱ (۱۸۹۸) و آلیوی^۲ (۱۹۰۲) است. ژوکوفسکی در بررسی های تئوری خود فرمولی را استخراج کرد که به نام او شهرت یافت.

$$\Delta P = \rho_f c_f \Delta V \quad (1)$$

این معادله تغییرات فشار سیال از حالت استاتیکی، ΔP را به تغییرات سرعت، ΔV بوسیله ضریب $\rho_f c_f$ مربوط می کند. ρ_f چگالی سیال و c_f سرعت صوت در سیال است. ژوکوفسکی از معادله صوت حاصل از نتایج کورتوج^۳ (۱۸۷۸) که هم تراکم پذیری سیال و هم الاستیسیته لوله را در محاسبات وارد کرده بود، استفاده کرد. با اختراع کامپیوترهای اولیه در حدود سالهای ۱۹۶۰، محاسبات ضربه قوچ به شکل امروزی در آمده روش مشخصه ها (MOC)^۴ روش استاندارد حل عددی برای معادلات ضربه قوچ شد. (مدل ۲ معادله ای)

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{\rho_f} \frac{\partial P}{\partial z} = 0,$$

$$\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{1}{\rho_f c_f^2} \frac{\partial P}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

t زمان، z فاصله در راستای لوله هستند. از اصطکاک و جاذبه زمین هم صرف نظر شده همچنین فرض بر این است که پدیده جدایی ستون آب رخ نمی دهد؛ که در نظر گرفتن آن روند حل معادلات را پیچیده می کند. در هر نقطه از خط لوله، مدت زمانی که طول می کشد تا افزایش (یا کاهش) فشار بر اثر

¹. Jowkowsky

². Allievi

³. Korteweg

⁴. Method of charactristics