

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

PHN10107261264

تعیین ضریب اصطکاک دینامیکی لوله مدفون و خاک

فردین جعفرزاده^۱، سید سجاد هادئی^۲، مرتضی رجیبی گل^۲، هادی فرحی جهرمی^۳

۱- دانشیار، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی عمران، اتاق ۴۰۳

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی عمران

۳- دانشجوی دکترا، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی عمران

s.hadei@yahoo.com

خلاصه

اصطکاک سطحی موجود میان خاک و لوله، جزو عوامل موثر در رفتار دینامیکی خطوط لوله مدفون در خاک می باشد. هدف این پژوهش تعیین ضریب اصطکاک خاک و لوله با یک روش نسبتاً کم هزینه آزمایشگاهی می باشد. خاک مورد استفاده در این تحقیق، ماسه بابلسر با چگالی بیشینه و کمینه 1.67 ton/m^3 و 1.45 ton/m^3 و زاویه اصطکاک داخلی 33° درجه بود. آزمایش در چگالی نسبی 50% درصد انجام گرفت. خاک با روش ریزش بارانی از ارتفاع 70 سانتیمتری داخل جعبه آزمایش ریخته می شد تا تراکم نسبی 50% درصد حاصل شود. لوله های استفاده شده در این پژوهش از جنس آلومینیوم بودند. ضریب اصطکاک دینامیکی لوله و خاک، در این پژوهش در حدود 0.5 به دست آمد.

کلمات کلیدی: لوله مدفون، اصطکاک سطحی لوله و خاک، ضریب اصطکاک، روش آزمایشگاهی

۱. مقدمه

^۱دانشیار گروه ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
^۳دانشجوی دکترا گرایش ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

اصطکاک سطحی خاک و لوله یکی از عوامل موثر در پاسخ دینامیکی لوله‌ها در اثر زمین لرزه و یکی از پارامترهای مهم در مدل‌سازی اندرکنش محوری لوله و خاک در مدل‌های عددی می‌باشد. ضریب اصطکاک خاک و لوله همچنین یک پارامتر بسیار مهم در مقایسه نتایج آزمایش‌های مدل فیزیکی با نتایج به دست آمده از مدل‌های عددی می‌باشد. اندرکنش محوری خاک و لوله دارای سازوکاری پیچیده است و ضریب اصطکاک خاک و لوله دارای نقش اساسی در تعیین نیروی محوری ایجاد شده میان خاک و لوله و کرنش محوری لوله می‌باشد. هدف این پژوهش تعیین ضریب اصطکاک خاک و لوله با یک روش نسبتاً کم‌هزینه آزمایشگاهی می‌باشد.

۲. روند آزمایش

برای انجام آزمایش از یک جعبه فولادی با ابعاد $60\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 28\text{ cm}$ استفاده شد. جعبه آزمایش دارای دو سوراخ به قطر 2 cm در دو وجه متقابل است. فاصله مرکز سوراخ‌ها از بالای جعبه 12 cm می‌باشد. با قرار دادن پلاستیک بر روی سوراخ‌ها از ریزش ماسه به بیرون، جلوگیری می‌شود. پلاستیک به اندازه قطر لوله سوراخ شد و لوله از میان آن عبور کرد. جلوی سوراخ‌ها بلبرینگ‌هایی تعبیه شده بود که لوله روی آن‌ها قرار می‌گرفت.

لوله‌های استفاده شده در این آزمایش از جنس آلومینیوم بودند. آزمایش‌ها بر روی دو لوله با قطرهای 1 cm و 1.8 cm انجام شد. لوله‌ها دارای طول 1 m بودند که 57 cm از آن‌ها داخل خاک مدفون بودند.

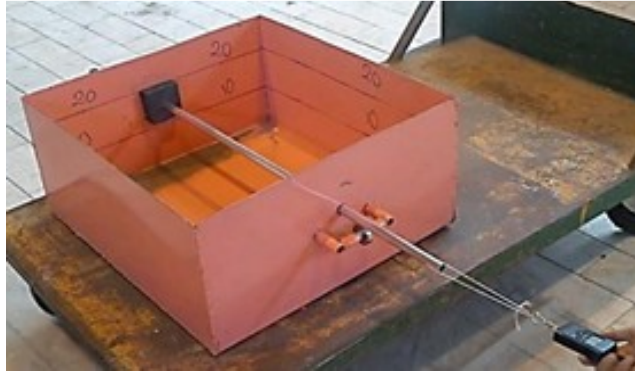
خاک مورد استفاده در این تحقیق، ماسه بابل‌سر با چگالی بیشینه و کمینه 1.67 ton/m^3 و 1.45 ton/m^3 و زاویه اصطکاک داخلی 33° درجه بود. برای رسیدن به تراکم نسبی 50% درصد، خاک از ارتفاع 70 cm با روش بارانی به وسیله یک باکت به داخل جعبه ریخته شد.

پس از پر شدن جعبه از خاک، لوله به وسیله نخ‌کی که به نیروسنج متصل بود کشیده می‌شد تا نیروی لازم برای حرکت لوله با سرعت ثابت اندازه‌گیری شود. نیروسنج مورد استفاده در این آزمایش دارای ظرفیت 40 Kg و دقت 20 g بود.



شکل ۱- پلاستیک قرار گرفته در جلوی حفره‌ها (به منظور ممانعت از بیرون ریختن ماسه)

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲



شکل ۲- نحوه اتصال نیروسنج و نخ به لوله



شکل ۳- لوله آماده آزمایش

۳. نتایج آزمایش

برای به دست آوردن ضریب اصطکاک استاتیکی، ضریب اصطکاک میان خاک و لوله در آستانه حرکت لوله در خاک، از فرمول زیر استفاده شد:

$$F = \mu_s N(1)$$

که در آن F نیروی اصطکاک بین لوله و خاک، μ_s ضریب اصطکاک استاتیکی و N نیروی عمودی و جانبی وارد بر لوله است.

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
 دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
 ۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

$$N = A \sigma'_m \quad (2)$$

که در فرمول بالا، A مساحت جانبی لوله و σ'_m تنش میانگین وارد بر لوله از طرف خاک می‌باشد. A و σ'_m به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$A = 2\pi R L \quad (3)$$

در فرمول شماره ۳، R شعاع لوله و L طول مدفون لوله می‌باشد.

$$\sigma'_m = ((1 + K_0)/2) \gamma (H + D/2) \quad (4)$$

در فرمول بالا، K_0 ضریب فشار جانبی خاک، γ وزن مخصوص خاک، H عمق دفن و D قطر لوله می‌باشد. نحوه تعریف K_0 در خاک‌های ماسه‌ای به صورت زیر است [1]:

$$K_0 = 1 - \sin\phi \quad (5)$$

که در آن ϕ زاویه اصطکاک داخلی ماسه می‌باشد.

پس در کل می‌توان رابطه زیر را نوشت:

$$F = 2\pi \mu_s R L \gamma (H + D/2) (1 - 1/2 \sin\phi) \quad (6)$$

به صورت مشابه برای تعیین ضریب اصطکاک دینامیکی، ضریب اصطکاک خاک و لوله در حین حرکت لوله با سرعت ثابت در خاک، رابطه زیر را می‌توان نوشت:

$$F = 2\pi \mu_k R L \gamma (H + D/2) (1 - 1/2 \sin\phi) \quad (7)$$

در فرمول بالا، μ_k ضریب اصطکاک دینامیکی می‌باشد.

برای لوله با قطر 1cm، نیروی لازم برای شروع حرکت وقتی که خاکریزی انجام شده است، برابر با 1.44kg می‌باشد. در حالتی که خاکریزی انجام نشده و پلاستیک قرار گرفته دور سوراخها تنها مانع حرکت لوله است نیروی لازم برای شروع حرکت لوله برابر با 0.14kg می‌باشد. پس با توجه به رابطه شماره ۶، می‌توان نوشت:

$$\mu_s = 0.56 \quad (8)$$

برای لوله با قطر 1.8cm، نیروی لازم برای شروع حرکت لوله در حالت پر و خالی بودن جعبه به ترتیب برابر با 2.64kg و 0.18kg می‌باشد. لذا بر اساس رابطه شماره ۶، می‌توان نوشت:

$$\mu_s = 0.57 \quad (9)$$

برای تعیین ضریب اصطکاک دینامیکی خاک و لوله آزمایش‌های نسبتاً زیادی انجام شد.

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

برای لوله با قطر 1.8cm، نیروی لازم برای حرکت با سرعت ثابت وقتی که خاکریزی انجام شده است، برابر با 1.26kg می باشد. (این عدد میانگین اعداد به دست آمده از آزمایش ها می باشد.) در حالی که خاکریزی انجام نشده و پلاستیک قرار گرفته دور سوراخها تنها مانع حرکت لوله است نیروی لازم برای حرکت لوله با سرعت ثابت برابر با 0.12kg می باشد. پس با توجه به رابطه شماره ۷، می توان نوشت:

$$\mu_k = 0.49 \quad (10)$$

برای لوله با قطر 1.8cm، نیروی لازم برای حرکت لوله با سرعت ثابت در حالت پر و خالی بودن جعبه به ترتیب برابر با 2.32kg (میانگین اعداد به دست آمده از آزمایش ها) و 0.14kg می باشد. لذا بر اساس رابطه شماره ۷، می توان نوشت:

$$\mu_k = 0.50 \quad (11)$$

ذکر این نکته لازم است که برای به دست آوردن ضرایب اصطکاک استاتیکی، حاصل تفریق نیروی لازم برای شروع حرکت لوله در حالی که خاکریزی انجام شده است و در حالی که پلاستیک جلوی روزه ها تنها مانع حرکت لوله است، به عنوان نیروی F در رابطه شماره ۶ قرار می گیرد. به صورت مشابه، به منظور تعیین ضرایب اصطکاک دینامیکی، حاصل تفریق نیروی لازم برای حرکت با سرعت ثابت لوله در حالی که خاکریزی انجام شده است و در حالی که پلاستیک جلوی روزه ها تنها مانع حرکت لوله است، به عنوان نیروی F در رابطه شماره ۷ قرار می گیرد.

نتایج آزمایش ها به صورت خلاصه در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول ۱- خلاصه نتایج به دست آمده از آزمایش ها

| ضریب اصطکاک / قطر لوله | 1.0cm | 1.8cm |
|------------------------|-------|-------|
| استاتیکی | 0.56 | 0.57 |
| دینامیکی | 0.49 | 0.50 |

۴. نتیجه گیری

اصطکاک سطحی خاک و لوله یکی از عوامل موثر در پاسخ دینامیکی لوله ها در اثر زمین لرزه و پارامتری بسیار مهم در مقایسه نتایج به دست آمده از آزمایش های مدل فیزیکی با نتایج به دست آمده از مدل سازی های عددی برای رفتار دینامیکی لوله های مدفون می باشد. در این تحقیق ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی لوله و خاک با یک روش نسبتاً کم هزینه آزمایشگاهی به دست آمده است. آزمایش ها با ماسه بابلسر در چگالی نسبی ۵۰ درصد انجام شد. ضریب اصطکاک استاتیکی برای لوله های با قطر 1.0cm و 1.8cm به ترتیب برابر با 0.56 و 0.57 و ضریب اصطکاک دینامیکی برای لوله های با قطر 1.0cm و 1.8cm به ترتیب برابر با 0.49 و 0.50 به دست آمد.

اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی
۳۰ مهر و ۱ آبان ماه ۱۳۹۲

۵. منابع و مراجع

۱. . 1. بر اجا ام. داس، ترجمه شاپور طاحونی (۱۳۸۸) "اصول مهندسی ژئوتکنیک" جلد دوم، موسسه انتشاراتی پارس آئین، چاپ چهاردهم
2. HSU, T.W., CHEN, Y.J And WU, C.Y (2000), "SOIL FRICTION RESTRAINT OF OBLIQUE PIPELINES IN LOOSE SAND" 12th World Conf. On Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand